カイザー・ヴィルヘルム

科學振興協會

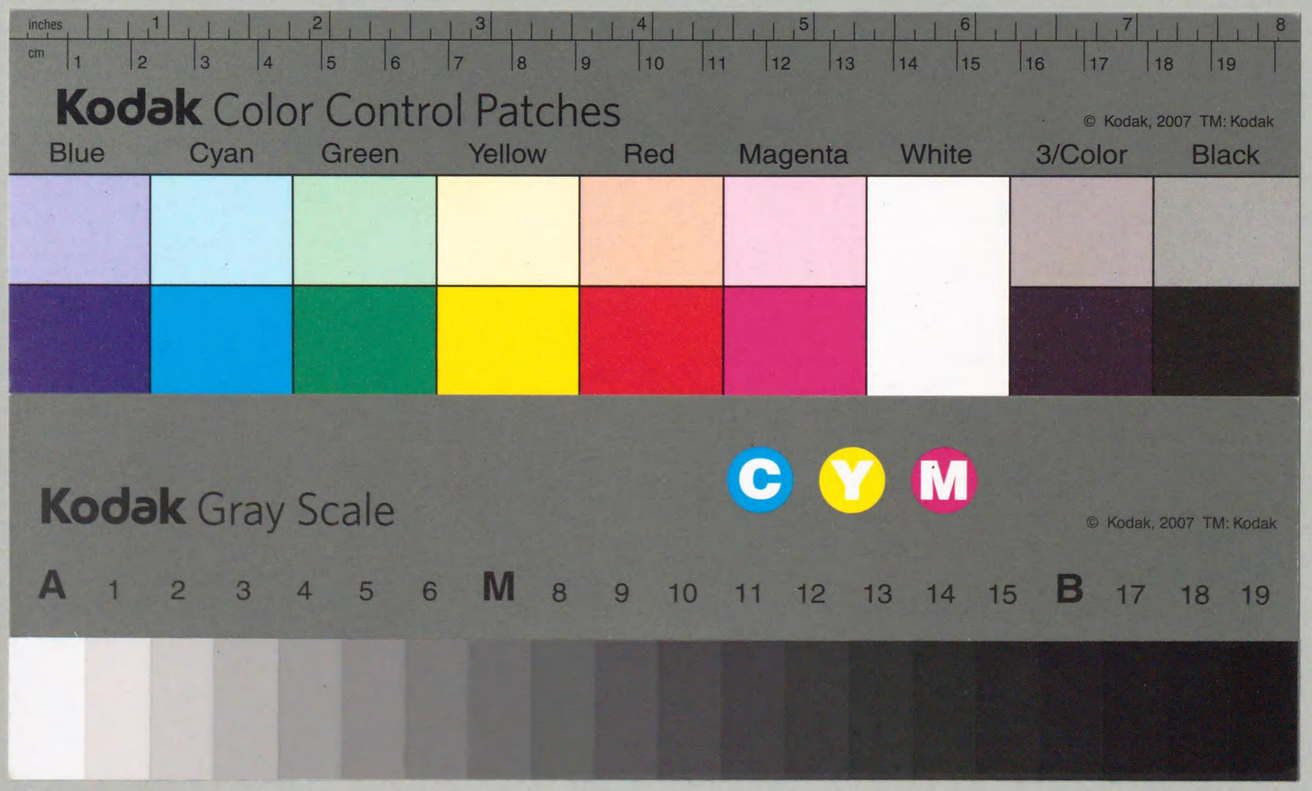
二十五年誌

第二卷

自然科學

(上)

文部省專門學務局



カイザー・ウィルヘルム

科學振興協會

二十五年誌

第一卷

要覽

第二卷

自然科學

第三卷

精神科學

總裁マックス・プランク編

文部省專門學務局

カイザー・ウィルヘルム

科學振興協會

二十五年誌

第二卷

自然科學

上

マックス・ハルトマン監修

文部省專門學務局

406
Ka19k

国立国会
25. 9. 30
図書館

213818

贈
寄
馬場重德
殿

はしがき

科學の振興が國家の伸展に極めて重要なることは言を俟たぬところである。是を以て列國競つて科學の振興に力を致し晩近世界の科學は急速調を以て目覺ましき進歩をなしつつある。今や我國の大東亞建設の重大使命の達成に邁進しつつある秋，之等列國の科學に關する重要文獻を我國に飜譯紹介することの有意義なるを信じ本書を飜譯して本邦科學研究乃至科學行政の參考に資することにしたのである。

本書はドイツ國カイザー・ウィルヘルム科學振興協會（Kaiser Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften）の創立二十五年記念誌全三卷（第一卷要覽，第二卷自然科學，第三卷精神科學）の中，第二卷自然科學を譯したものであり，便宜上，上卷下卷の二部に分つて刊行することにした。

飜譯に際しては專門學務局科學課に於て立案し理學博士玉蟲文一氏に譯出を依囑した。

昭和17年3月

文部省專門學務局

譯 編 者 の 序

今般計らずも，文部省專門學務局科學課に於て立案せられたカイザー・ウィルヘルム科學振興協會創立二十五年記念誌の飜譯遂行に關し，委囑を受けたことは私の深く光榮と感ずるところであるが，その任務の容易ならぬことを顧みれば之を受諾する迄に少からず躊躇致したのである，それにも拘らず遂にこの大任をお引受するに到つたのは，何よりも先づこの仕事のもつべき意義が國家的立場より見て重大であるといふ確信に基くものであるが，同時に私個人としてはかつてこの協會所屬の物理化學及電氣化學研究所に於て研究の指導をうけた幸運を想起し，この仕事に關與することを以て快よい義務と感じたからである，勿論この仕事は到底一個人の力によつて遂行しうるものではなく，各專門領域に於ける協力に俟つべきものあつたが，仕事の緒につくや，幸にして多くの有力な方々が飜譯分擔を快諾せられた，この仕事は實にこれらの方々の熱誠なる協力の下に於て遂行されたのであつて，私はここにこれらの方々に對し深厚の敬意と謝意を表したいと思ふ．

私の委囑を受けたのは記念誌全三卷の中の第二卷自然科學編であり，その內容はA，自然科學の成果と問題，B，カイザー・ウィルヘルム協會の科學的業績報告の二部より成り，Bは更にⅠ 物理學・化學・工學研究所，Ⅱ 生物學・醫學・研究所に分たれてゐる．譯書は都合によつて上下二卷に分冊刊行することとなり，上卷に原書のA及BⅠを下卷にBⅡを收めることとなつた．

上卷に於ける各項目の飜譯分擔は下記の如くである．

A 1. 自然科學の哲學……田上　光氏（成城高等學校）／桐谷信太郎氏（遞信省囑託）

2. 天文學
3. 物理學
……宮村攝三氏（東京帝國大學地震研究所）

4. 原子化學
5. 鑛物學
……佐藤弘一氏（根津化學研究所）

6. 地質構造論的研究の道程と成果……小島丈兒氏（東京帝國大學理學部）

7. 生化學
8. 生物學
……久保秀雄氏（名古屋帝國大學理學部）

BⅠ

1. K.W. 流體研究所附航空力學研究所……岡本哲史氏（東京工業大學航空機工學科）
2. K.W. 河川工學及水力研究所……有江義憲氏（東京工業大學機械工學科）

3. ヴンブリャク及オビル高山觀測所
4. K.W. 協會氣象學研究所
……須田　建氏（陸軍氣象部）

5. K.W. 化學研究所
6. K.W. 物理化學及電氣化學研究所 ……江上不二夫氏（東京帝國大學理學部）

7a 金屬研究所（ベルリン）
7b 金屬研究所（シュトゥットガルト） ……田中　實氏（東京工業大學精密機械研究所）
8. 鐵鋼研究所

9. 纖維科學研究所
10. 珪酸鹽研究所 ……白井俊明氏（理化學研究所）

11. 石炭研究所（ミュールハイム）
12. 石炭研究所（ブレスラウ） ……石村幸四郎氏（東京工業試驗所）
13. 皮革研究所

昭和17年3月

玉蟲文一

序　言

二十五年前カイザー・ウィルヘルム科學振興協會の設立によつて，大學及綜合大學，其他舊科學奬勵機關の外に獨立の研究所特に自然科學の研究所を建設せんことを主唱した Wilhelm von Humboldt の構想が實現された．かやうな研究所設立の要求は當時まことに切實のものであつた．何故なれば，多くの研究者は物資と時との缺乏の爲に，彼等の研究能力を完全に驅使することを得ず，その爲に科學も亦その可能なるべき發達を阻害されてゐたからである．この事情は殊に大學事業に於て當時未だ特有の教科として設置されてゐなつた新な研究方面に於て目立つてゐた．このやうな事態では當然ドイツ國は科學の領域に於て他の國家に飛び越されて了ふといふ危險があつたのである．專門の學者達が教育の大いな負擔から免れ，且又物資の窮乏によつて妨げられずに研究に獻身しうるやうな純然たる研究所を建設するといふことは，その急速な發展が吾々の全近代生活を支配する技術の上に顯著な影響を及ぼしてゐる所の物理學及化學に對して必要であつたのみならず，世紀の轉換に際してその問題の設定と方法とに於て廣大な移動を經驗した所の生物學に對しても亦必要なことであつた．カイザー・ウィルヘルム協會の設立者達はこの使命の重要性を確認し，かくして國家と協和して活動し，而もなほ大いなる獨立性と自由とを備へた組織を作り上げることによつてこの使命の達成への道を見出したのである。

カイザー・ウィルヘルム協會の二十五周年祝賀にささげられた自然科學に於けるこの記念の一卷は，カイザー・ウィルヘルム研究所の研究所員及協力者が，ドイツに於ける自然科學的研究の振興に對して協會が盡力したことに對して，感謝の意を表する爲の記念の贈呈物であるばかりでなく，之は又同時に協會によつて設立された各種研究所が如何にして上述の使命を遂行し來つたかに就いてその顚末を報告するものである．通例の科學上の記念出版物では，現に進行中の，偶々丁度結末を得た研究上の仕事が發表されるのであるが，かやうなものは上述の目的に對して寧ろ適切でないと考へられた．何故なれば，かやうに時機の偶然に依存するやうな仕事は科學的價値に於て必ずしも定まりなきものであり且又それは各研究所の指導的研究並びに科學的傾向の正確な姿を與へ得ない危險性をもつからである．從つて此處では寧ろ研究所の設立以來，各研究所及各部門に於て遂行され來つた業績に就いての綜合報告が蒐錄されるであらう．此等はカイザー・ウィルヘルム協會がその自然科學研究所を設立することによつて吾が祖國の自然科學の進歩と發展に對して如何なる方法によつて且如何なる範圍に於て貢獻し來つたかを適確に示しうるであらう．

今日の自然科學の研究，從つてカイザー・ウィルヘルム自然科學研究所の研究が立脚してゐる所の一般的な大輪廓を知らせる爲に，且又今日の自然科學を支配し，更に又恐らくはそれの

序　　言

近き將來に於ける進展を指導すべき指導的思想と問題の設定とを見易すからしめる爲に，此處に同時に今日の理論的自然科學の主要成果と主要問題が一連の個別的記述に於て簡潔に述べらるであらう．此際直接カイザー・ウィルヘルム研究所に所屬しない研究者達迄も協力されたことは感謝に堪えぬ所であつた．かくしてこの一卷はカイザー・ウィルヘルム研究所の自然科學研究者のみならず，全ドイツ國の自然科學が，この祝典の日に際して，カイザー・ウィルヘルム協會に向つて，協會がその研究所とそこに支配しつつある大規模にして自由なる組織との建設によつて吾がドイツ國に於ける自然科學の振興に對して從つて全ドイツ國民に對して寄與した所のものに對して，捧げんとする感謝の表徵に他ならぬのである．

Max Hartmann.

内　　容

A. 自然科學の成果と問題

1. 自然科學の哲學　M. Hartmann……1
2. 天文學　H. Kienle……39
3. 物理學　P. Debye……47
4. 原子化學　O. Hahn……56
5. 鑛物學　W. Eitel……66
6. 地質構造論的研究の道程と成果　H. Stille……73
7. 生化學　R.Kuhn……94
8. 生物學　F. v. Wettstein……100

B. カイザー・ウィルヘルム研究所の科學的業績報告

I. 物理學・化學・工學・研究所……121

1. K.W. 流體研究所，附航空力學研究所（ゲッチンゲン）……121
2. K.W. 協會河川工學及水力研究所（ミュンヘン）……128
3. ゾンブリック及オビル高山觀測所（オースタリー）……134
4. K.W. 協會氣象學研究所（ダンチッヒ）……143
5. K.W. 化學研究所（ベルリン・ダーレム）……148
6. K.W. 物理化學及電氣化學研究所（ベルリン・ダーレム）……158
7a K.W. 金屬研究所（ベルリン）……160
7b K.W. 金屬研究所（シュトゥットガルト）……171
8. K.W. 鐵鋼研究所（デュッセルドルフ）……173
9. K.W. 纖維化學研究所（ベルリン・ダーレム）……188
10. K.W. 珪酸鹽研究所（ベルリン・ダーレム）……192
11. K.W. 石炭研究所（ミュールハイム）……197
12. K.W. 協會シュレージエン石炭研究所（ブレスラウ）……204
13. K.W. 皮革研究所（ドレスデン）……208

A. 自然科學の成果と問題

自然科學の哲學

Max Hartmann, Berlin-Dahlem.

科學の危機とも呼ばれる時代には，斯學に緣遠い人々の間では，屢々その業績に對して從來もたれてゐた强い信賴の念が動搖して，その場合我々はよく科學の瓦解といふ言葉を耳にするものである．實際かやうな危機の時代は多くは取り分けて豐富な科學的所產を誇る時代に屬するのであるが，之に反して，その前の時代は，幾分とも旣得の業績に對する過度の信賴感に安住して，獨斷的な假睡に耽るやうな危險に陷つてゐたのである．かくして，前世紀の終り頃には，物理學は旣に殆んど完成の域に達した科學であつて，やがてはすつかり安定した究極的の形式を取るやうなものになつて了ふのであらうと思はれてゐた．そして“將來も多分は何處かの隅つこにまだ微かな塵や小さな泡のやうな瑕瑾が見出されたり，或はそれが更めて取り片付けられたりする樣な事はあるかも知れないが，然し全體としての體系はかなり確固たるものとして維持されるであらう[1]，とも語られた．

生物學に於ても，前世紀の終りには，同樣の事情が支配してゐた．Darwin の業績によつて全くその面目を一新し，そして生物體は單純なものから次第に複雜なものへ向かつて進化したのであるといふ事を明言した進化思想の强烈な影響の下に，人々は全く不充分な當時の方法を以てし乍ら，かかる進化の過程が**如何にして**實現されたかといふ一層困難な問題をも，原理的には旣に解決したものの樣に信じてゐた．併し，物理學に於ける相對性理論と量子論，並びに生物學に於ける實驗遺傳學と發生生理學（實驗形態學）との發展は，この兩科學に於て人々の覺醒を喚び起し，そして兩科學が今日もなほその唯中に立つてゐる所の，豐穰な新しい理論構成と新しい實驗的研究との一時期を招來せしめたのである．尤もその現實の事情は兩科學に於て全く異なるものがある．卽ち一方に於て，異常な堅實性を以てなされた過去三百年間の發展を回顧する事が出來，そしてその方法及び精密さに於て極度の完成を示してゐる所の物理學は，正にこの堅實な進展の故に，過去三世紀の間斯學の確實な基礎として妥當して來た基礎原理に對する疑惑を招來せしめる樣な狀態に陷つてゐる。これに反して，自からは全く若年の科學であり，そして其の對象といへば異常に複雜を極めてゐる所の生物學は，今日漸く正當な方法と整然たる槪念及び理論の構成を克ち得んが爲の鬪爭を始めたばかりの狀態に置かれてゐる．かかる生物學に於ては，理論構成の樣式はなほ大部分未熟であり，不正確である．そして，それが新しい（然しながら理論的には尖銳すぎる）說明原理のもたらした結果に對する一應の滿足

1) Planck によれば，彼の師 Ph. von Jolly は，研究の始めに，彼に對して物理學の當時の狀態をこの樣に述べてゐる．(Planck 1933, 128 頁)

感を經驗した後，殊に世紀の替り目にかけて，生物學の或る限られた研究領域に於ては，物理學的な考へ方によつて訓練された精密な方法と概念構成とが行はれるやうになつて以來，當然到來すべき反動の時期を今日未だ脫却することができない狀態に止まつてゐるのである．それ故に，自然科學の兩極をなし，そしてその主な代表者と見られてゐる所のこの二つの自然科學の部門は，各自が全く別の理由からではあるが，相共に危機の狀態に置かれてゐる．そしてこの危機の狀態こそ今日の自然科學に對する哲學的考察を必須の事柄となし，そして今日それを最大の興味ある事柄となす所以である．

かゝる自然哲學と呼ばれるもの—或ひは此處で述べられてゐる様な意味では自然科學の哲學といつた方がよい—が自から兎や角と個々の科學の業績に干與する權利をもたないといふ事は勿論である．又或る人々が主張してゐるやうに，それが個々の科學の業績に對して，何かその內容に亙る總括的な寄與をなさうといふ事も，其の使命とする所ではない．この最後に述べた事柄の如きは自然科學に對する哲學の不當な侵犯に外ならないであらう．今日我々が自然哲學の著述に於てこの種の努力を認める場合，それは大抵明かに愚劣な素人流の自然科學的理論構成といふ極印を免れないものである．如何なる場合にも，自然哲學は直接に自然科學の進步を抑制し或は促進するやうな干涉を加へるものではなく，如何なる場合にも，それは單に自己の觀點を持して自立するものである．卽ち，自然哲學は自然科學の新しい業績を產出するものではなく，單に，既成の業績を科學的研究活動それ自體が依存してゐる條件の所產として根本的に把握することによつて，之を新しい科學的光明の中にもたらすに過ぎないのである．(Hönigswald : 1913, 64頁)

單なる生物學者に過ぎない私は，今日の理論物理學の困難な問題に對して自から決定的な判斷を下し得る様な專門の知識には全く乏しいといふ事を自覺してゐる積りである．然し，一方に於ては，物理學と生物學との自然哲學的考察は當然統一的な觀點から行はれねばならないのであつて，この事は本來望ましい事でもあり，また現に要求されてゐる事でもある様に思はれる．

實際に於て，前述の如く全自然科學の兩極とさへ見なし得る所のこの二つの科學部門に於ても，研究の豫件と方法とは全く相等しいといふことを認めねばならない．といふのは，抑々自然研究の様式と方法とには唯一のものがあり，またあり得るに過ぎないからである．加之，物理學と生物學といふこの兩科學の甚だしく相異する**成年度**こそ却つて同様の哲學的考察を望ましいものにする所以である．蓋し，物理學の成年度は遙かに生物學よりも進んでゐる爲に，屢々隱微の形に於てではあるが，實は斯學の概念や定理の中に今日もなほ包藏されてゐるやうな多くの科學論的基礎や方法的契機（例へば，質的內容をもつた分類概念や因果的命題の意義の如き）が此處ではもはや明視されないが，併し斯學の靑年期に於ては，それが今日の生物學に於ける如く著しく現はれてゐた．ところでその反對に，生物學に於ては，斯學の年齡の未熟の

ために，屢々精密な自然研究の目標及びこの目標へ向かつての進路を眩ますやうな方法や概念構成及び理論構成の流儀が行はれてゐるが，一足先に進んだ物理學の方では，かゝる目標やそれに至る進路は既によく解明されてゐるといふ對照が認められるのである．

I. 豫件と方法

“感覺は吃り，思惟が始めて言葉を創造する.” Cohen : 純粹認識の論理學, 469 頁.

一切の自然科學は經驗を基礎としてゐるが，併し一切の經驗は直觀と知覺とによつて我々の意識に直接與へられたものから出發する．この主張を以てする限り，實證主義は，疑もなく誤りのないものである．しかし，單にこの地盤からしてだけでは，我々が自分達の環境に於て“人間的に”卽ち自から行動しつゝ進み得るだけの充分な經驗は得らるべくもなく，況んや何等かの科學的な經驗を打ち立てるなどといふ事は思ひもよらぬ事柄である.[1] さうなれば其處には何等の聯關のない混沌，意識內容と個別的事實との混沌たる多樣が殘るのみである．徹底的に究極まで考へて行くと（ギリシヤの哲人 Protagoras が獨りこの事をなしたやうに），かゝる實證主義的な立場は，唯我主義及び懷疑主義，卽ち一切の知識や一切の認識の否定に終る事となる．斯くの如き唯我主義や極端な懷疑主義は，成程論理的には反駁の餘地のないものであるが，人間生活そのものの實踐によつて自己撞着を惹き起すものである.[2]

それ故今日の哲學的實證主義や經驗主義がかゝる立場を主張するものでないと言ふ事は，明かであらう．何となれば，斯かる基礎に立つ科學は所詮成り立ち得ないからである．併し，その爲に實證主義や經驗主義は直接的な知覺內容（しかもこれでさへ既に先天的な要素を含んでゐるのであるが）の他に經驗及び認識に對する論理學の普遍妥當的な原理を前提するのみならず，純粹論理的には最早基礎付けることのできないやうな，その他の普遍的な**認識原理**をも承認せざるを得ない．そこで例へば Reichenbach は，自然の秩序原理と言ふ豫件を採用してゐるが，併し彼はこの原理を更に後天的に統計的確率秩序として把握してゐる．但し，これによつて，Kant の先驗哲學の意味に於ける先天的認識原理が，實證主義や經驗主義によつてもまた止むを得ず承認されてゐるのである．斯かる先天的，範疇的な諸原理は，ひとり科學的經驗にとつて不可缺のものたるに止まらず，一切の經驗，一切の認識にとつても正しく不可缺のものであ

1) “かかる先行的知識を驅使し得る力を持たず，その先行的知識が或る限度に於て正しいと言ふ確信を持ち得ないやうな者があるとすれば，その者はこの世界に於て自からの行爲を以てする活動の餘地を有せざるものであり，卽ち自己の行動能力なきものと斷ずべきであらう。純粹な後天的認識は，人生に於て實踐的にさへ無價値なものであると言ひ得るであらう.” (Nik. Hartmann ; 1935, 24 頁)

2) Planck (1933, 99 頁) はかう言つてゐる“唯我主義者が眼覺めてゐようと，眠つてゐようと，世界はそんな事には一向頓着しない．又彼が永久に眼を閉ぢたとしても，世界はそれに一瞥をも與へる事なく自分の慣習的な運行を續ける事であらう.”

る．それ等の原理は，あらゆる經驗，あらゆる認識の基礎をなし，それ等を初めて可能ならしめる**不可缺の豫件**をなすものである．これ等の範疇的認識の心理學的乃至發生生理學的な提示或は誘導が重要なのではなく，範疇の**論理的妥當性**がこの場合問題となるのである．“範疇とは，それが現に考へられやうと考へられまいと，常に妥當する所の思想である”．(B. Bauch) 斯かる先天的な要素は，言ふ迄もなく一切の經驗から離れてはこれを認識する事も提示する事もできず，たゞ經驗の中にのみ，經驗によつてのみこれを認識し，提示し得るものである．“**認識といふ思想は，徹頭徹尾科學的認識の問題についてのみ，之を記述し，規定し，且つ彫琢し得るものである**”と，Cohen (57 頁) は云つてゐる．

“經驗一般の可能性の條件は，同時に經驗の對象の可能性の條件”であるといふ Kant の Kopernikus 的轉換は，今日に於ても，新しい物理學の革命的認識たる相對性理論や量子論から見て正當である．若し Kant の方式が相對性理論の結果と矛盾する場合には，其の方式が拋棄されねばならないといふ事は勿論である．然し乍ら，Kant の**先天說の原理**の中に誤謬があるのではなく，“其の原理が充分嚴密に使用されなかつた”といふ點に，即ち“自然認識に對して斯かる原理的意義を有しないものを，先天的なものとして承認した”といふ點にのみ，その誤謬があるのである．(Winternitz, 15 頁) Kant の業績は，勿論超時代的な妥當性を保有する根本的に重要な認識と並んで，時代に拘束された種々の認識をも含むものである．云ふまでもなく，Kant は當時の科學に强く影響されて居り，彼の自然及び自然認識は全く Newton 物理學の四絆内に囚はれたものである．

今日，偏つた實證主義的又は經驗主義的な立場を取つてゐる哲學者や物理學者たちが，屢々 Kant の先天說を以て相對性理論や量子物理學の結果と相反するものであるかの如く主張すると同時に，彼等の所謂“講壇哲學”を以て，硬直せる獨斷主義であり，既に克服された思惟慣習への固執であり，又新しい物理學に對する無理解であるとして非難するが，斯かる非難は的外れのものである．Kant のみならず，新 Kant 派の人々や，其他の先天主義を主張する哲學者たちが，自然科學の進步を充分に認めてゐるといふ事は，Al. Riehl, Cohen, Cassirer, Br. Bauch, Nik. Hartmann 等々の如き哲學者たちの著述を見れば，反駁の餘地のない位明瞭な事である．それ故，例へば Br. Bauch や Cohen や Al. Riehl は，既に相對性理論の出現に先だつ遙か以前に，範疇體系の組織は，Kant の圖式の中に示されてゐる如くあらゆる時代に通ずる確定的の結果ではあり得ないのであつて，寧ろそれは，自然科學の業績との聯關に於いてのみ促進せられ得る所の科學的課題であり，そして一切の科學的課題と同樣に**悠久の課題**の一つであるといふ說を述べてゐた．“新しい問題は新しい範疇を齎らし，新しい豫件を必要とするであらう．そして，科學の進步といふ必然的な思想は，單にその附隨的條件としてのみならず更に必然的の豫件として，**純粹認識の進步**といふ思想を含んでゐるのである”，と Cohen (396 頁) はまた言つてゐる．

假令その事が研究者自身に自覺されてゐないとしても，又その事を反省する哲學者が件の範疇體系を一義的に引き出し得ないとしても，あらゆる認識，あらゆる研究は，常に一つの範疇體系を豫件とするものであり，又それ等の範疇を生々とした研究活動に利用するものであるといふ事が，認識の分析によつて明かに示される．斯くして成年期に達した今日の理論物理學は，其の多數の概念，法則及び公理の中に一聯の先天的な要素を含んでゐるのであり，そして其等は，斯學の一般理論を純粹に數學的，抽象的に公式化する事によつて，容易に概觀せられ得るのである．結局單に一定の數學的常數のみを含む所の最も抽象的な公式化にあつては，先天的な諸原理の體系が，此等の常數の總體の中に豫件として入り込んでゐるのであつて，**數概念，空間概念，時間概念及び函數（因果）概念**の如きは，少くも斯くの如きものとして，“其等は，物理學が自から提起し得る一切の問題の中に含まれてゐるのである．”(Cassirer, 87 頁)

感性的知覺の上にその基礎を置き，そして先天的思惟を手段として科學的認識に到達せんが爲に，自然科學は**歸納的方法**を利用する．然し乍ら，斯くの如き自然科學の歸納法に於ては，A. Riehl や，Br. Bauch や，其他の論理學者が論じてゐる樣に，認識一般を媒介する所の二種の判斷が常に同時に働いてゐる．それは，基礎付ける事の不可能な，特殊から普遍への推理である**歸納法**と，逆に，普遍から特殊への推理であり，一般の論理的な推理過程と異なる所のない**演繹法**との兩者である．然しこの歸納と演繹との兩法は，**一の統一的な方法體系の相異なる二つの方向であり，二つの段階であつて**，從つて嚴密な意味に於ける純粹に歸納的な自然科學なるものは存在しないのである．斯かる兩種の方法は常に相互に錯綜聯關して**一の統一的な論理の全體**を構成してゐるが，その中，實際の認識に於ては，或は一方が多く用ひられ，或は他方が多く用ひられるといふ風である．加之，演繹的の部分が歸納的な推理過程の中に入り込んで緊密にそれと合體してゐる度合によつて，我々は，Br. Bauch がなしたやうに，歸納法の二つの異つた種類を區別することができる．即ち，**純粹**（或は**普遍化**）**歸納法*** と**精密歸納法****とがそれであり，後者はまた Galilei による本來の**因果分析的方法**と同じものである．

純粹歸納法，即ち**普遍化歸納法**は，先づ以て事態の秩序付けをなすに過ぎないのであつて，之によつて提示された秩序の合法則性に關しては未だ何事をも言明しないのである．之は種々の對象及び過程に於ける相等性及び不等性を明かにする事を試みるが，斯くして對象及び過程を**普遍的概念の體系**に齎らし，そして**事態の特徵付け，即ち記述**に向かふのである．この事は獨り生物學に於いて然るのみならず，更に特殊の無生物體の自然科學並びに物理學に於てもさうであるが，これ等の場合には多くは新しく開拓された領域に於いてのみ一層明かにそれが見られるのである．純粹歸納法は，斯くの如き相等性及び不等性を明かにする事によつて，或る種の

* reine (generalisierende) Induktion　** exakte Induktion

合法則性の表現たる普遍的概念に到達する．蓋しかやうな普遍的概念への包攝によつて，既に純粹歸納法の中に**演繹的な**契機が入つて來るのである．普遍的な內部的合法則性を豫件とする事なしには，歸納法は決して特殊から普遍への進展をなし得ないであらう．Br. Bauch によれば，斯くの如く普遍的なものを論理的な豫件とする事の中に，普遍化歸納法の演繹的契機が存してゐる．秩序性の豫件，即ち普遍的な合法則性の豫件こそ，正に一切の自然認識の論理的基礎の一つであるが，吾々は後に再びこれを問題とするであらう．

さて一切の歸納的方法は，常に一の統一的な**分析的-綜合的方法體系**と結合してゐる．純粹歸納法の場合，常に法則的に複雜な構成物である所の特殊な經驗の對象から，即ち特殊の物體から普遍的概念に到達し，或は特殊の過程から普遍的法則に到達する爲には，個々の物體乃至過程は，先づ以てその各肢節乃至個々の部分に分解されねばならない．といふのは，斯の如く豫備的分析を經た後に其に續く綜合を行ふことによつてのみ，包攝的な普遍者の概念が得られるからである．勿論，研究の初めに於ては，先づ以て分析の側面が著しくその姿を表はす．といふのは，認識は先づ第一に分析によつて事態の正當な記述乃至特徵付けに向かひ，それの本質的特點の明示に向かひ，そしてまた正當な問題の提起に向かはねばならないからである．從つて，或る領域に於ける科學的認識の最初の段階には，秩序概念及び分類概念が出現するのを常とする（Ungerer）．斯かる分類概念は，先づ初めには專ら多少とも蓋然的な準則の樹立に向かふものであるが，然し結局に於ては常に因果的な考察と因果的な問題の提起とに終ることとなる．かくの如くにして得られた諸概念——例へば，生物學に於ける分類學や比較形態學の全概念がこれに屬するが，更にまた化學に於ける分類組織（元素週期律の最初の樹立をも含む），結晶學に於ける最初の幾何學的な分類組織，並びに物理學に於ける分類的概念（分光學に於ける Balmer 公式の如き）等々も同樣である——は，夫々の對象の多樣を整理記錄する爲の便宜上の整序手段たるに止まらず，尙ほそれが往々にして暫定的の性格のものに過ぎず，また最初には何等の構成的，因果的な機能や說明的な機能を具有しないものであつても，既にその中に高度の內部的合法則性が客觀的に把握されるのである．斯くの如くにして確實な認識が得られるといふ事は，物理學に於ける晩近の因果的說明——最近の原子物理學による元素週期律の說明の如き——によつて示されてゐる計りではなく，“未だ發達の途上にある”生物學の代表者の間にあつてもまた其の點に關する完全な一致が見られる．斯くして，例へば，鯨は魚ではなくて哺乳動物であり，所謂舌形蟲* は蠕蟲の類ではなくて蜘蛛の類であると等々いふ事や，高等脊椎動物群の或る頭蓋骨は魚類の鰓弧に相當して後者と相同の形態をなすものであるといふ事を，すべての動物學者は皆確信してゐるのである．

歸納的に得られたかくの如き諸概念及び命題の確實性や妥當性は，這般の歸納的方法と結合

* Linguatuliden oder Zungenwürmer

した分析過程に由來するものである．然し乍ら，分析的方法と綜合的方法とが更に一段と強固に且つ均等に關與してゐる場合には，假令初めは假說的な性格をもつに過ぎないとしても，單なる純粹歸納法，即ち普遍化歸納法の適用によつて既に正當な說明が得られる．然し乍ら，充分に徹底的な分析の後に於てのみ，初めて一の特殊な全體の合法則的な體系組織が把握される．斯くの如くにして，分析的綜合的方法は，特殊から普遍への歸納的な進展を可能ならしめる所の論理的基礎を構成する．歸納的推理が認識を確立する機能は即ち此處に存するのである．

歸納的-演繹的方法體系と分析的-綜合的方法との二重の結合によつて——尤もこれは，分析の進んだ段階に屬する場合に限られ，そして必ずしも究極的に確實な結果を與へるものとは限らないが——單なる純粹歸納法，即ち普遍化歸納法だけで既に實際的に自然現象の合法則的聯關の因果的說明を與へることがある．**精密歸納法**に於ては，勿論，この事は一層高度に而も遙かに確實な結果を以て見ることができる．といふのは，この場合には，方法的に相聯關する上記の四つの部分が一層强固に且つ嚴密な關係に於て相互に結び付けられるからである．先づ以て，この場合にも，それが靜力學的な構造のことであらうと，或は動力學的な過程のことであらうと，一の特殊的-全體的なものは，一の全體，即ち一の體系——その概念は既に複合された綜合的なものや，歸納的に普遍化されたものを豫件としてゐるが——として，分析によつて一旦各部分に分解され，次に綜合的に合法則的な全體に構成されて，包攝的な普遍者へと進められ，斯くして體系組織の全體的構造の法則が假說的に公式化されるが，これは普遍化歸納法の最高段階に於けると全く同樣に行はれるのである．然し今は尙ほ一つの新しい事柄がそれに付け加へられる．といふのは，今や再び演繹的に且つ同時に分析的-綜合的に，普遍者，即ち假說的に承認された普遍的法則から，新しい特定者，即ち新しい特定の事例が誘導されることとなる．而もそれは限定的な單純化された諸條件の下に於てである．かくして構成された個別的の事例，即ち新しい特殊的全體は，實驗によつて證明され，それによつて今や逆の方向に，最初に假說的に承認されてゐた普遍者が普遍的法則として證明され，そして同種類の凡ゆる特殊的全體の法則的な構成體として說明されるのである．

勿論科學的な問題の情況により，また科學的方法に即しての科學者の態度によつて，歸納的な段階が顯著な場合もあれば，演繹的な段階が顯著な場合もあり，また分析的な方法が支配的な場合もあれば，綜合的な方法が支配的な場合もある．從つて或る場合には純粹に分析的な研究であるといふ印象が與へられ，また或る場合には綜合的な研究のやうな印象が生ずる．併しこの相互に絡み合つた四つの方法が嚴密に結び付き，而も相互に充分の調和を保つて働く場合にのみ，始めて認識を生み出す所の最も强力な機能が見出され，從つてまた最高の科學的業績が生み出される．この事は，Galilei が落體の法則を發見した古典的な事例に於て方法論的に極めて明瞭に看取されるのである．

今や物理學に於ける精密歸納法は，Galilei 以來，單に個々の過程を因果法則的に說明し，普遍的法則を以て自然の事象を叙述するに止まらず，同時に一切の因果的-函數的な關係を量的に數學的に把握し，換言すれば，記述に於ける一切の質的な要素に代へるに，測定に基づいた量的な數學的表示を以てしようとする傾向を示してゐる． Galilei が精密歸納法の發見と同時に導入したこの思想は，頗る稔り豊かなことが知られるに至り，そして三百年に亙る物理學の歴史に於て益々その稔り豊かさを發揮した．因果的聯關を數學的に把握するための豫件は**測定**であるが，この測定によつて，質的な現象が數量的に表現される．測定はまた同時に，何時も不充分な，否兎もすれば誤謬に陷り易い知覺に對して，自然に關する我々の立言に“客觀的”な妥當性を與へるための手段ともなる．蓋しそれによれば，同一の現象的な聯關が種々の測定方法によつて規定され，換言すれば種々の感覺器官によつて規制されることとなり，從つて專ら時間-空間的の合致關係* に還元される事となるからである．從つて，今日の物理學に於ては，測定によつて決定され規制されることの可能な表示のみが妥當性をもつものとされるのである．

勿論かやうな研究方法が物理學の首尾一貫した大規模な發展の主要な原因となつたのではあるが，他面にはその爲に先天的な因果觀念を過大視するといふ結果を生ずるに至つた．それは，古典物理學がかゝる因果概念を一般的に使用するに當つて，單なる先天的な措定以上のものを含み，從つて同時に客觀的な契機をも內容とするやうな，不當に擴張された形でそれを使用したためである．古典物理學に於て一般に行はれたやうに，因果律を現象過程の**正確な豫測的計算乃至豫言の可能性**と同視する如きことがそれである．併しこの種の豫測乃至豫言といふやうなことは，吾々が尙は後に論ずる全自然界の普遍的な因果聯關といふ點から見ても不可能のことである．從つて，後章の物理學に關する部分に於て更に詳論されるやうに，今日量子物理學の領域に於て因果性の危機が見られるに至つた如き事は，敢へて驚くに當らない事柄である．

測定の方法が偉大な成果を擧げて，それが如何にも精密なものであるといふ印象を與へ，他方にはまた上述の如く過大視された因果概念の影響も伴つて，物理學に於ては，量的な測定の不可能な現象相互の間にも科學的研究による因果的-函數的聯關の發見が可能であり，或は因果的-函數的說明の可能であるといふことが，屢々忘れられてゐた．かやうに純粹に質的な因果的實驗は今日の物理學に於てはもはや昔日の重要性を失つたものではあるが，さればとて今日と云へどもこの種の實驗が全然無用であるといふのではなく，實驗物理學的研究に於けるその役割は今日も尙は無視することができない．併し他方生物學のやうな，若年の，比較的“未熟”な科學に於ては，現在の所，因果的研究及びこれによつて發見される合法則性の殆んどすべてが[1]，かや

* Raum-Zeit-Koinzidenz

1) 物質代謝の生理學に於ける或る法則性だけがこれに對する例外をなしてゐるに過ぎない．

うに純粹に質的な因果的命題の特徵を帶びてゐる．勿論この生物學の領域に於てもなるべく測定に訴へようとする傾向はあつても，それ等の場合に用ひられる測定は，本來の法則を發見する上にはさしたる重要性をもたない．發生生理學，性の理論，或はまた實驗遺傳學に於ても，それは同樣である．成程 Mendel の法則は一定の計算に基づいた統計的な確率法則に屬するのではあるが，併しその嚴密な因果法則的說明は，遺傳因子の數的な Mendel 的分離及び組換の事實が生殖細胞の減數分裂及び受精の際に於ける染色體の行動によつて生起するといふ證明によつて得られる．併しこれは專ら質的に現象論的にのみ叙述することのできるやうな因果的關係なのである．

さて此處に於て，抑々物理學の使命とする所が單なる記述に存するか，それともまた說明にも存するのであるかといふ，反復論爭された問題に簡單乍ら論及すべきであらう．周知の如く，實證主義の立場を取る物理學者は物理的過程の**說明**を拒否し，有名な Kirchhof の言葉に從つて，物理學の使命は專ら“自然界に生起する運動を記述すること，而も完全にそして最も簡單な方法でそれを記述すること”に存するといふ見解を取つてゐる．併しこの Kirchhof の腦中に存した記述の概念は，決して上述のやうに對象の本質に屬するものの特徵付けをなすといふ意味ではなく，況してや事態の單純な記錄る作成するといふ意味ではない．物理學の最も本質的な使命は飽くまで法則的-函數的な聯關を證明し，特殊を普遍に還元するといふことに存する．そしてこれこそ**說明**と呼ばれるものに他ならない．Einstein の相對性理論は Newton の力學に比して簡單な記述を與へるのではなく，後者よりも一段と普遍的な，從つて一段と正當な說明を與へてゐるのであつて，相對性理論の方が Mach の所謂思惟經濟の趣旨に叶つてゐる等と立張する事はできないであらう．否寧ろ相對性理論は人間の思惟能力に對して從來よりも高い要求を課してゐる．とはいへ，相對性理論は從來の諸理論よりも一段と包括的で且つ普遍的な理論であり，從つて一段と正しく且つ優れたものである．要するに理論物理學の進歩とはすべてこのやうなものである．それにも拘らず，物理學の使命はやはり說明を與へることである．といふのは，事態の合法則的な聯關を構成することこそ正に說明と呼ばれるものに他ならないからである．上に强調したやうに，Kirchhof と云へども本來の狹い意味に於ける記述を考へてゐた譯ではない．Kirchhof は最も簡單な方法による完全な記述の目標は“純粹に數學的な考察によつて力學の一般的な方程式に到達すること”にあると云つてゐるが，彼の所謂簡單な記述とは實は說明を意味してゐるのであるといふことを，この言葉そのものが自認してゐる．といふのは，かやうに一般的な方程式を立てるといふことは，知覺を簡單に記述するといふことではないからである．“說明を求めようとする努力を排除することではなく，諸概念の科學的な分析と根據付けとを要求することが，記述といふ定言の中に含まれてゐる事柄である．”(Hönigswald, 88 頁)

以上に論じた先天的な基礎と方法とに基づいて，自然科學の使命は今や次の如き二重のものとして見られる．即ち：

1. 知覺によつて吟味することのできる經驗によつて，自然の種々の領域に於ける諸現象乃至過程を**特徴付け，記述し**，そしてかやうに特徴付けられた諸現象乃至過程を對象に內在する秩序乃至合法則性の分類的な表現たる諸概念の體系として表現すること．

2. 更に進んで，與へられた狀態から未來の狀態を豫定することのできるやうな自然法則の定立及び構成に到達すること．

この二つの使命は勿論相互に嚴密に別個のものではなく，兩者は絕えず相互に干涉を及ぼし合ふものである．併し種々の科學或は種々の科學部門の間に於ては，その何れかの使命だけが特に强く支配して，恰かもそれだけがあるもののやうに思はれる．例へば，今日の物理學にあつては，既に多くの場合第二の使命のみが問題とされてゐるのに反して，生物學に於ては，最近まで殆んど分類的な概念構成のみがその分野を支配してゐたために，事態は丁度逆の形をなしてゐた．併しかゝる生物學の領域に於ても，今や益々第二の目標が擡頭して來たのが見られる．更に生物學に於けると同樣に，自然界に於ける或る一定の無生物體を對象とする他のすべての特殊科學，即ち純粹に法則定立的な法則科學的基本學科たる物理學とは反對に，**個性記述的乃至系統分類的自然科學***と稱せられるこの種の諸科學に於てもまた然りである．といふのは，これ等の諸科學の使命は時間的に限定された唯一回的な現實に屬する所の，いろいろに限定され，そして延長をもつた個別的の事象を餘す所なく充分に叙述し（Driesch），併せてこれ等の個性化された特殊の自然物乃至過程を分類し，それを秩序ある體系に嵌め込んで行くといふことに存するのである．天文學や地理學，化學や結晶學といつたやうな，否すべての特殊な無生物體の自然科學がみな然りである．併し一切の自然科學の目標が究極に於ては單に記述と秩序づけ，即ち型錄の作成のみにあるのではなくて，要は**現象世界の合理化**に存するのであるから，これ等の分類的な體系概念もやはり究極的には純粹に合理的な性格をもたねばならない事は，云ふまでもない．かやうに取り敢へず純粹の秩序付けを目標とした現象世界の分類的な概念の中に（その研究の進行が正しく行はれ，從つて現象の特徴付けに於て眞に本質的な特徴が取り出されて來た場合には），その基礎に存する內在的な法則性が反映されて來るといふことは，實に吾々の驚嘆を禁じ得ない所である．例へば，化學元素の週期律，結晶の幾何學的分類體系，分光學に於ける Balmer 系列等々のやうな，かゝる體系の一部分に對する法則定立的な解明が物理學の最近の發展によつて示したその例を，此處に擧げることができる．

あらゆる自然科學の究極の目標は，個々の體系及び——あらゆる體系が更に相互に法則的-函數的な聯關をもつものとして前提されねばならない以上——全自然界の函數的（因果的）-法則

* idiographische oder systematische Naturwissenschaft

的聯關の全體を遍く認識することに存するであらう．勿論，この目標は，全自然界に對しては云ふまでもなく，更に一切の個別的な體系乃至はもっと狹い範圍に於ける一切の個別的な體系的聯關に對しても，これを殘りなく實現することは不可能である．それは決して達成することのあり得ない悠久の使命である．併し世界の合理化し得る部分の全面的な認識が可能であり，一切を包括する全面的な法則的聯關が前提され，**“自然の把握し得べきこと”**（Helmholtz）が前提されるといふことこそ，抑々自然研究一般の豫件なのである．この豫件は，吾々が先に普遍化歸納法を論じた際に指摘した所である．かゝる一般論は推理或は證明によつて得られるものではなく，そして尙ほ吾々を一の究極的な問題へと導くものである．

自然科學は先天的豫件の他に尙ほ論理を以て證明することのできない別個の豫件を置くのであるが，これを上述の先天的豫件に對して**形而上學的豫件**と呼ぶことができる．その中の最も本質的な豫件は，云ふまでもなく，我々の感性的知覺によつてのみ知ることのできる**實在的外界の存在の豫件**である．この問題に聯關する所の純粹に哲學的の問題，即ち主觀と客觀との關係，或は觀念論的見解と實在論的見解との關係の問題，並びに實在的外界の假定の哲學的基礎付けの問題の如きは，此處では不問に附して差支あるまい[1]．事實，自然科學的な研究はこの問題から影響されることもなく，從つて諸々の個別科學は未だ嘗つてこの形而上學的領域への飛躍を基礎付けよう等と考へたことはないのである．“事實またそれでよかつた譯ではある．といふのは，第一そんな事に拘はつてゐたら，個別科學は決してこれ程長足の進歩をしなかつただらうし，第二には，更に根本的に大切な點として，この種の問題は理性の推理によつては斷じて決定されるものでない以上，どんな場合にも反駁を恐れる必要がなかつたからである．”（Planck 1933, 107 頁）．

第二の形而上學的豫件は，實在的外界が何處までも法則的な構成をもつてゐるとなす上述の豫件であつて，外界のうちに**普遍的な因果法則的聯關**が存在し，**我々人間の認識手段はこの聯關に對して十全な適應性をもち**，從つて我々は自己の認識手段によつて外界を因果的に把握することができるといふ豫件である．それは，既に述べられた所の**“自然の把握し得べきこと”**（Helmholtz）といふ**證明不可能の豫件**であり，**“自然的現實に於ける秩序性の豫件”**（Ungerer）であり，**“自然の均等性の豫件”**（J. St. Mill）であり，**“合企劃性の豫件”**（v. Uexküll）であり，その他何々と云つた風に，幾樣にも呼ばれ得る所の豫件である．かくの如きは，謂はゞ形而上學的に極度に高揚されて，もはや純粹形式的な先天的な意味を失ひ，客觀的な內容を負荷された**因果觀念の擴張**に逸脫してゐるのである．因果性乃至法則性の範疇それ自體はもともと思惟の手段であり，研究に際して函數的-因果的な聯關を產出結合する爲の形式に過ぎない．併し

1) この立場は Nik. Hartmann の“認識の形而上學”（第二版，Berlin 1925）に於て詳細に基礎付けられてゐる．また Bavink の“自然科學の成果と問題”（第五版，Leipzig 1933）を見よ．

或る一つの體系に屬する因果的聯關の全體を全面的に認識するといふことは勿論科學に取つて不可能である．それにも拘らず,吾々はやはり個々の肢節を全自然界と結び付ける客觀的-普遍的な因果聯關の存在することを假定する．といふのは，存在の合理的な部分を全面的に認識することが可能であり，一切を包括する全面的な因果聯關の豫件が可能であるといふことこそ，正に自然研究一般の豫件に他ならないからである．

苟くも自然的現實が認識し得べきものである限り，それは因果法則的な構成をもつものであるといふこの思想は，畢竟 Kant がその著“判斷力批判”に於て自然の普遍的な**形式的合目的性**と呼んだものと同一である．Kant によれば，この自然の形式的合目的性なるものは，範疇のやうに自然認識の**構成的原理**をなすものではなく，これなくしては抑々自然研究といふことが全く不可能となる所の，**規制的,發見的原理**である．否，我々はそれを**形而上學的原理**といつても差支あるまい．併し,自然科學によつて，一方には**實在的,客觀的な外界の對象及び過程**と，他方には我々人間の感性的知覺の極めて不確實な基礎の上に吾々の範疇的な思惟によつて樹立された所の**自然認識**とが相合致するといふ眞に驚嘆すべき事實が，我々の眼前に示される．そして，科學的研究の初期段階に於て普遍化歸納法によつて造られた所の分類概念も，將又充分の成年期に達した理論物理學の産物である所の純粹抽象的に數學的な法則を表現する公式も，自然的現實に對する何等かの意味に於て“客觀的”な認識を吾々に與へるといふ驚異すべき事實，**世界と我々の思惟との間の調和の神祕**，即ち外界と吾々の思惟によつて成立した諸概念と，否吾々の思惟の最高の抽象的形式たる純粹數學との符合を，吾々は體驗するのである．

II. 物理學の哲學

“物の見方は如何樣に變つても，理論といふものは何時も先天主義的に基礎付けられるやうな構造をもつてゐる．それが意識的に經驗上の事實に基因する場合にも，同じことである．たゞ多くの場合，それ等の理論の何處までがかゝる先天的の構成に屬するかといふことが知られないだけである．先天的の要素は，あらゆる認識の中の他ならぬ本質をなす部分である．尤もそれが全く純粹に先天的のものとして現れるといふ場合は稀であり，殆んど何時も內容的に自分だけであるといふことはない．かといつて，この先天的な要素が全く缺けてゐるといふ場合は決してないのである．それはさまざまの官能の類に對しては更に高級の要素をなし，かゝる高級の要素は,自から何等の事實をも與へることはないが，併しその代りに一切の透徹力を深め，何より先に一切の理解と把握とを成立せしめる所のものである.” Nik. Hartmann, Platon 哲學に於ける先天主義の問題, 頁 224.

a) 空間及び時間(相對性理論)

相對性理論は，過去數世紀間を通じて，ひとり力學の基礎といはず，更に廣く全物理學の基礎として是認されて來た Newton の**絕對空間**及び**絕對時間**論の不適確なことを示し，また空

間及び自然的現實の世界が三次元の Euklid 的性質のものであるといふ見解の正當でないことを明かにした．Newton 以後，かの Kant によつても一切の自然認識及び一切の經驗に對する先天的原理として不動の位置を保つものと思はれた所の諸原理が俎上に取り上げられて，それが或は物理的な意味のない單なる思惟慣習に過ぎないことが曝露され，或は，上に述べた世界の Euklid 的三次元性のやうに，單に**限られた極限の場合**に妥當するだけのもので，**現實の世界**に對して**普遍的に**妥當するものではないと宣告されるに至つた．かくして，空間及び時間の測定について，重力及びエネルギーについて，あれ程多くのことを解き明かしたこの新しい相對性理論が，ひとり物理學に對してといはず，尙更哲學的な認識論に對して甚大の意味をもつものとなつたことは，いふまでもない次第である．

古典物理學は Newton の**絕對靜止空間**論を丸ごとに取り上げたものであつたが，それによれば，一切の物理的變化乃至過程は**絕對時間**の中で進行するものであるとされた．尤も同じ時代に Leibniz はこの Newton の理論に對して强硬な異論を唱へ，後年の Kant もその初期の學說に於ては尙ほかゝる Newton の理論に對する認識論上の難點を認めてゐた．併し一方 Kant は Newton の權威に對する威伏のあまり，結局これ等の點について自から完全な解明に到達することを得ずに終つた．そして彼の“純粹理性批判”に於ける先驗的感性論の章では，空間及び時間に關する彼自身の先天的な觀點を充分明確に把握し完成するに至らなかつたのである．

光學的及び電磁氣的な諸現象の研究からしては，我々は，絕對空間はその中に靜止する光エーテルによつて充たされてゐなければならないといふ要請に到達した．物理學に於ける他のすべての部分は，今世紀の初めまでに，その一部（音響學，熱力學）は力學に,他の一部（光學，化學）は電氣力學にといつた風に，この兩者の何れかに統合把握される狀態になつてゐた．これに反して，殘されたこの物理學の二大領域を更に一つに統合しようとする一切の試みは失敗に終つてゐた．そして，この一方の領域から他方の領域に屬する現象を理論的に把握しようとするとき，その歸結はどうにもならない矛盾に逢着するばかりであつた．若し地球が絕對空間に靜止するエーテルの中を運動してゐるならば，その地球運動の方向に進行する光線の速さはそれと反對の方向に進行する光線の速さと少し異つた測定値を與へねばならない．併しこの光速度の微差を見出すために行はれた Michelson の精密な實驗は否定的の結果に終つた．この兩方向に於ける光速度は却つて同じであることが見出された．この光速度不變の原理は，今や，これ等の觀測値が觀測者の運動狀態によつて變らねばならないといふ運動及び速度の相對性の要請に矛盾することとなつた．尤も，Lorentzは，經驗から結果したこの光速度不變の原理を，Michelsonの實驗によつてその實驗的證明の不可能なことが明かにされた所のエーテル假說と形式的に調和せしめ得るやうな新しい試みとして，一の補助的な假說（所謂 Lorentz 收縮）を提出したが，これがまた實驗的に證明することのできない性質のものであつたので，この

Lorentz の假定は，單に證明することのできない一の假說（エーテル假說）を同樣に證明することのできない他の假說（Lorentz 收縮）によつて說明するといふに止まつて，物理學的には甚だ不滿足な事態を齎らすに過ぎないものであつた．

この困難な事態から脫出するために，Einstein は全く新しい革命的な途を選んだ．彼は，數世紀間も不動の位置を保つた**絕對**空間，**絕對**時間及び**絕對**運動の假定[1]とそれに伴ほ**エーテル假說**とを惜しげもなく放棄して，逆に經驗によつて確かめられ，測定によつて獲得される所の與件として，光速度の不變及び一切の運動の相對性を物理的な諸概念及び諸理論の確定的な出發點とした．

これ等の基礎から發足して，Einstein は先づ特殊相對性理論へ，それから次に一般相對性理論へと赴いた．それ等の新しい理論は，一聯の物理學的諸概念を全く新しい光明の下に立たせ，更にそれから幾多の新しい歸結を引き出したが，これ等の歸結は從來是認されてゐたものから違背する所が餘り大きかつたために，それは，當時多數の物理學者や哲學者たちから，全く革命的な，逆說的な理論として否認された位であつた．併し此處で私はこの新しい理論の具體的な說明を與へることはできないので，たゞそれが認識論的の意味をもつ範圍內で二三の重要な結果を述べるだけに止めて置かねばならない．

この新しい理論によれば，絕對空間及び絕對時間なるものは經驗科學としての物理學の中に存在することのできないものである．凡そ絕對的な時間の測度や絕對的な空間の測度なるものは存在しないのであるから，別個の空間點に於ける，運動狀態に無關係な同時性といふものもなければ，絕對運動といふものもない．といふのは，この兩者は一の靜止系を豫想した上で始めて一定の意味を獲得するに過ぎないからである．即ちかやうに別個の場所に於ての同時性を問ふことが無意味であるのは，それが相對性の問題と關聯して來るからである．一の事象は決して時の表示だけで確定されるものではなく，それには**必ず時と所**との表示，即ち全體で**互に獨立な四つの座標の規定**が必要である．それも互に別々の時間規定と空間規定とではなく，正に唯一個の**不可分な空間及び時間規定の結合**が存在するのみである．

實驗上の諸經驗によつて從來既に確立されてゐた惰性的質量と重力的質量との同等性に新しい解釋を加へることによつて，Einstein はまた重力現象の相對性化に到達した．そしてかゝる重力現象が基準系の如何に依存するものであることを示した．曲率をもつた四次元の世界に於ては，重力そのものは單に事物の時空的聯關の表現に過ぎないものとなり，これによつて重力の遠隔作用性といふ從來の學說の難點をも力學の中から取り除くことが可能になる．實際この遠隔作用性の概念は，既に Newton 自身がその概念を提起した當時から物理學の概念體系內に於ける一の厄介物であると痛感してゐたのであつたが，たゞそれが實際上大きな應用價値を

1) Mach は既に 19 世紀中に，絕對空間，絕對時間及び絕對運動の理論に立ち入つた批判を與へて，Einstein の業績への先達的な準備を整へてゐた．

もつことと，從來他に代るべき適確のものが見出されなかつたといふ事情だけのために，それまで憶面もなく物理學の中に永らへて來たといふやうな代物だつたのである．

Einstein は四次元の Riemann 幾何學の中にまたこの新しい理論を數學的に嚴密に把握し得る格好の數學的利器を見出した．それ自身一の物理的現實性を表はす物理的時空世界に對して妥當する普遍的法則を數學的に公式化するには，たゞこの四次元の幾何學を以てする他はない．而もその場合，この“曲がつた”世界の四つの座標の中で，一の時間座標が他の三つの空間座標に對して特別の取扱を要するやうなものではない．現實の世界，現實の空間に對する三次元の Euklid 空間の普遍妥當性は，Kant もまたこれを先天的に確實なものであると考へたのであるが，併しかやうな三次元の Euklid 空間は實は現實の世界に對應するものではない．たゞ普遍的の世界公式が，四次元の Riemann 幾何學の公式からその極限の場合に於て Euklid 幾何學の公式に移行するだけのことである．

世界が三次元の構造をもたないといふこと，そしてそれに對して Euklid 幾何學が妥當しないといふことは，始めは何としても逆說的にそして不可能なことのやうに思はれる結果であつた．そして，それが不可能であることも實は單に素朴な人間の悟性の迷妄のために過ぎないといふことが悟られるに至らなかつた．併し乍ら，この結果も，實は，自然的-感性的な世界像の擬人觀を克服することを目的とする物理學的な方法乃至理論構成の一般的傾向に基づく正當な論理的展開の結果に過ぎないのであつた．“かやうな考へ方は”，と Planck は云ふ，“確かに吾々の普通な表象能力に取つて困難な注文ではある．併しそれがために直觀性に於て失はれる犧牲は，物理的世界像の簡約といふ廣汎な普遍化によつて得られる所の測り難い大きな收得に比すれば，殆んど無に等しい零細なものであるといふことが知られる．”一般相對性理論の成果は，今やそれによつて單なる空間自體から“物理的對象性”の最後の殘滓が取り去られるといふ，他ならぬこの事實である．空間，時間及び物的-實在的な對象の不可分の結合によつて，物的な多樣の內部に於ける單にいろいろの計量關係のみが呈示され，而もそれ等はひとり四次元の非 Euklid 幾何學の記號體系に於てのみその精密な數學的表現を見出し得るのである．

吾々は次に相對性理論の諸結果の哲學的及び認識論的意義は何であるかといふ問題に眼を轉ずるとすれば，先づ第一に，一群の實證主義哲學者たちの意圖が見られる．即ち，彼等はこの相對性理論を以て多少とも彼等自身の主張する實證主義哲學の勝利及び成果を具現するものであるとなし（Petzold），更に進んではそれを以て彼等の哲學の正當さに對する科學的の證明を與へるものであるとする意圖を示してゐるが，これは吾々に取つて全く拒否すべきことである．相對性理論の諸結果は，他の一切の個別科學の諸結果がさうであるやうに，實證主義哲學の學說に對して**正否何れの**證明を齎らし得るものでもない（そしてそれは他の如何なる哲學說に對しても同樣にいはれることである）．空間-時間的測定（計量）の相對化は直ちに認識の相對化を意味するものではない．實にも，相對性理論は專ら物理的事象のみに關するものであるが，

それは，相對性理論と呼ばれる自己の名稱にも拘らず，それ等の物理的事象の中に於てさへ吾々の知識を相對化してこの世界から絶對者を排除するといふやうなことを企てるものではなく，“それ(絶對者)はたゞ遙か後方に，而も空間と時間とが光速度を媒介として一の統一的な連續體に熔接されることによつて生起する四次元的多樣の計量性の中に却けられただけのことである．併しこの計量性は却つて一切の恣意から解放された自律的の或るものを表現し，從つて他ならぬ絶對者を表現するものである．”(Planck 33, 45頁)“眞の不變者は決して何かの事物であるといふことはなく，何時も單に吾々が吾々の數學及び物理學の記號的言語によつて一定の等式の中に把持する所の或る基本的關係と函數的依存性とに他ならない．”(Cassirer 40頁)

次に哲學的な立場から相對性理論の諸結果を反駁し，或は進んで哲學的な根據から全面的にこれを拒否するといふことは，勿論それ以上の不條理な事柄である．かゝることは，哲學がその領域に於て全く自己の權利を保有せず，單に個別科學其者だけが決定權をもつてゐるやうな領域に向かつて加へられる所の，哲學の不當な干涉に他ならない．そしてかやうな筋違ひの干涉の特徵として，それは，單に Kant 的方向の哲學者のみならず，實證主義派の哲學者や存在論的立場の哲學者たちからもといつた風に，ありと凡ゆる哲學の學派から向けられてゐるのである．

これに反して，相對性理論に關聯して或る認識論上の難點が擧げられ，そしてそれが實證主義哲學に對するよりも Kant 的な先天主義哲學に對して該當する廉が多いといふことは，否まれない事柄である．それは，空間及び時間を直觀の先天的形式であるとする Kant の**純粹直觀**論に對しての矛盾である．これに對して，例へば Reichenbach は，“Kant 哲學か Einstein の理論か，何れか一方が誤りである”といふ立論をなしたが，併しこの矛盾はこんな單純な二者擇一によつて片付けられるやうなものではなく，それについては，寧ろ，Kant の先驗的感性論に於ける先天的といふ概念についての彼自身の實際的見解（それは，既に先にも述べたやうに，Newton 物理學の强力な影響によつて，Kant 自身が充分の解明に到達しなかつた所の見解であつた）が窮窟に過ぎてゐたことに鑑みて，今やそれを彼自身の先天的諸原理の意味に適ふやうに改變し且つ純化するといふことを，吾々の問題として取り上げることができる．そして若し吾々がこのことを遂行するならば，(認識の先天的原理としての)空間及び時間に關する Kant の先天主義は單に相對性理論と矛盾しないのみならず，彼は正に是から最善の論據を受けるものに他ならないといふことを見るであらう．このことは，新 Kant 派の側からは Cassirer 及び Elsbach によつて（それよりも幾分非確證的にはまた Sellien によつて），またもつと實在論の側に傾いてはゐるが併しやはり Kant の先天主義を固守してゐる立場からは Winternitz によつて，確證的に明示されてゐる．Winternitz によれば，吾々は勿論時間又は空間の秩序に關する或る特定の法則を自然科學の先天的豫件として要求することはできないが，併し**一切の現實を律する時間性及び空間性の最普遍的な基本原理**をかゝる豫件として要求

することができる．空間及び時間は單に**非直觀的な先天的秩序の圖式**として物理學の中に介入する．v.Laue のやうな物理學者も亦次の言をなすときにこの立場を代表してゐる．“Einstein がすべての系に對して妥當する一の時間が存在するといふ傳統的な先入見を斷乎として排除した丁度その點にこそ，彼の思想の嚴かな冷徹性と高邁な哲學的意義とが存してゐる．彼が吾々の思惟一切に對して强制する變革が如何に暴力的なものであるとしても，その中には毫末の認識論的な難點も存しない．といふのは，時間は空間と同樣に Kant の言葉に從へば，一の純粹形式であり，その中に吾々が凡百の事象を嵌め込んでそれに一定の秩序を與へねばならない所の一の圖式である．そしてこのことは，かゝる事象が，主觀的な，高度に偶然的な知覺の如きものとは反對に，客觀的の意義を獲得するための要件である．然るに一方この秩序を與へる仕方は單に自然法則に對する經驗的な知識を基礎としてのみ遂行することができるからである”．かゝる理念の論理的な普遍化に徹底するためには，吾々の普通一般の考へ方に取つて既に馴れつ子になつてゐるいろいろの形像を犧牲に供せねはならないといふことは，別段奇とするに足らないことである;——“併し Kant の純粹直觀がこれによつて打擊を受けるのは，吾々がそれを構成的な方法として把握評價する代りに，それ自體を直ちに單なる形像として誤解するやうな場合にのみ該當することである，と吾々は信することができる”．(Cassirer 84 頁)そしてこの意味に於て相對性理論の諸結果と正當に理解された先天主義哲學との間の見掛け上の矛盾は解消されるのである，と私は信する．即ち，空間及び時間に關する Kant の先天主義的見解が相對性理論によつて反駁されるのではなくて，物理的の絶對空間及び物理的の絶對時間に關する Newton の理論が反駁されるのである．

これに反して，Kant が先驗的感性論の中で純粹直觀としての空間の說によつて證明し或は解明し盡したと信じた所の，幾何學に關する說及びそれが經驗的な現實界の基礎をなすものであるといふ說は，Einstein の理論によつて，これを放棄せねはならないやうに强要される．Kant に取つては，幾何學及び經驗的な現實界は Euklid 的のものであつた．現實界に對して，即ち物理學に對しては，單に三次元の Euklid 幾何學のみが正當であるといふことは，彼に取つては疑ふ由もない事柄であつた．それは，丁度同じことが今日もなほすべての人々に取つて自明の事實であるやうに思はれてゐるのと變りない譯である．この自明の事實を“純粹”直觀の立場から證明し，或は少なくも解明することを，Kant は彼の先驗的感性論の中で企てたが，併し，Einstein の理論は，この假定の正當でないことを明かにしたのである．“測定によつて見出されねばならないやうな物體の幾何學的特性，即ち“計量”の場の法則は，例へば物體の電氣的な特性や電氣の場の法則と全く同樣に，經驗的に決定すべき物理的の事實に他ならない”．(Winternitz 201頁)．この場合，實際に，吾々の日常習熟してゐる形像が犧牲にされねばならないし，そして吾々は Kant の學說とも訣別せねはならないが，併しこのことは單に Kant の**先天性の原理**それ自體に矛盾するやうな一の學說との訣別を意味するに過ぎない．そしてこ

の訣別は全く論理的に正當な進展に他ならないといふ意味に於て,單に新しい時代に屬する物理學の進展を意味するのみならず,なほまた哲學の進展をも意味するものである．既に新 Kant 說は，**純粹直觀**の範疇としての空間及び時間の Kant 的な見解に對する批判を行ひ，そして，純粹直觀なるものは**純粹思惟**と區別することのできないものであるといふことを提示した．そして,今や,直觀的に表象される空間は他の種類の經驗的な感性直觀と本質的に異なるものではなく,常に視覺-或は觸覺空間，或はこの兩者の混交したものの模寫に過ぎないといふことが示される．勿論吾々は，吾々のこの視覺-或は觸覺空間の三次元性や Euklid 的特性の自明なことを純粹直觀的に看取する譯ではない．併しそれは全く吾々の思惟に對しての自明ではなく，單に直觀に對しての自明に過ぎない．從つてそれは一切の感性直觀に屬する事柄と同樣に，それの先天的性格とそれの先天的意義とを亡失する．そして，吾々の經驗と認識とに對しては，既に上に述べられたやうな非直觀的な秩序圖式としての意味に於ける空間及び時間の先天性が殘存するのみである．

b) 因果性(量子物理學)

相對性理論は，傳統的に深く根ざした物理的諸概念の意味內容の多樣な變革を惹起したために，如何にも革命的の理論であるやうに感じられた．併し，實際に於ては，それは單に在來の古典物理學の變容に過ぎず，否寧ろ多くの點に於て却つてそれの完成であり，勝利であるときへいふこともできるであらう．これに反して，Plançk がかの作用量子の提唱によつて基礎を置いた**量子假說**の導入は，直接に古典物理學の崩壞を招來せしめるに至つた．蓋し從來の全物理學に於ては連續の原理が一切の物理的事象に對する普遍的の基礎として妥當したのに反して，Planck の作用量子の提唱によつて始めて世界の事象が**不連續的に**生起するといふ主張が出現したのである．この主張は，輻射（光波及び電磁波）の發散及び吸收に於て物質のエネルギーは單に全體的な不可分の**量子**の形に於てのみ授受せられ，その場合，エネルギー量子(*E*)の大きさは輻射の振動數（ν）に比例する（$E=h\times\nu$）といふことを述べてゐる．但しその比例因子をなす Planck の作用量子 h は一の普遍的常數（宇宙常數）として表はれ，そして，それは，Planck が最初にそれを發見した問題の領域を超えて，非常に廣い範圍を支配するものであるといふことが明かにされるに至つた．爾來量子論は眞に異常の成果を示し，そしてそれが物理學の多くの領域に於ける（殊に多くの光學的，電氣的及び取り分け化學的な法則が關聯する場面に於ける）研究の進步につれて，古典物理學に對して遙かに優越な地位を占めることが示されるに至つた．不連續的な作用が自然界にかくも廣く行き亙つてゐるといふことは勿論それ自體奇異に思はれることではあつたが，何もそれだけで矛盾を含む事柄ではなかつた．併しその結果が古典物理學との間の克服し難い乖離として表はれ，そしてこの乖離と矛盾とは到底取りのけることのできないものである．といふのは，光學に於て，或る現象は單に量子論の意味に於て（例へば，輻射の發散と吸收とは，長い間放棄されてゐた古い Newton の發散說の意味に於て）粒子的形像の助けを藉りてのみ表現されるのに反して，他の領域に於て（殊に干涉現象に於て）は量子論によるこの種の表現は不可能であつて，實際それに對して量子物理學の方法を應用するとなると，直ちに經驗に矛盾した虛僞の結果を招くこととなる．そしてこれ等の現象を法則的に把握するにはやはり單に古典物理學の意味に於て波動光學の形像の下に於てする他はないのである．粒子說と波動說との間のこの直觀的な矛盾は，力學に對しても，光學に對すると全く同樣に成立する．このことから，量子物理學に特有な Heisenberg の不確定關係が結果するのであるが，それによると，例へば一の電子の速さの測定は，吾々がその電子の空間的位置の測定を精密にしようとすれば，それだけ不精密の度を增して來るし，同樣のことがまたその反對の場合にも述べられるといふ譯である．

勿論，物理學のどんな部分に於ても絕對的に精密な測定といふものはなく,從つて絕對的の豫言と稱し得るものもない．併し凡そ一切の測定と呼ばれ得るものは，少なくとも原理的に益々洗練されてその精密度を高めることができる筈であり，從つて理論上の要請としてはそれが原理的に精密度の絕對的限界に向つて何處までも近づけられるものと考へられて差支あるまい．併し Heisenberg は，原子的事象を處理する微視物理學に於ては，普通の巨視物理學の場合に反して，その精密度の測定は何處までも高められるものではなく，その場合作用量子によつて客觀的の絕對限度が規定されるといふことを示した．

微視物理學に屬する原子的事象の領域に於ては，古典物理學があの通り異常に豊富を極めた實驗結果の素材を說明することが不可能に終つたのであるが，他ならぬこの領域こそ量子假說が正にその最大の成果を發揮する獨壇場となつたのである．それは，Niels Bohr が彼の最初の原子論によつて企てた第一着の大きな試圖に於ても既に示されたことであつた．併しこの Bohr 原子論の偉大な成功にも拘らず，それは完全に目的を達することができなかつた．といふのは，この理論に於ては，量子物理學の諸概念と共に古典物理學の諸概念も取り交ぜて利用されてゐたからであつた．この解決は，數年後同時に（併し相互に獨立に）Heisenberg の量子力學と Schrödinger の波動力學とによつて實現された．前者は，一切の直觀的な契機を斷念して，微視物理學の現象を所謂マトリクス數學によつて法則的に矛盾なく表現することができたのに對して，後者に於ては，かゝる法則的表現は波動物理學的な直觀の應用によつてなされた．併し，それに續いて，この二樣の公式化が原理的に全く同一の數學的關係を示すものであるといふことが示されるに至つた．電子や光量子といふやうな粒子的の表象を，單に一種の“荷電雲”を表はすとも見られる所の波束を以て置き換へることによつて，粒子的の表象と波動的の表象との間の直觀的な對立が部分的に克服される．そして實驗的に確立された微視物理學の諸結果は，この波動力學の理論に於ては，一の統一的な數學的法則として表現される．とはいへ，この法則は個々の電子や光量子に於ける現象に對して妥當するのではなく，單にかゝる

要素的成分の多數の總和に對して平均的な關係を表現するだけである．個々の事象の成敗を一々精密に規定することができるといふ意味に於ける嚴密な決定論を斷念することによつて，かゝる平均的な關係の數學的把握及びその豫測的計算が可能にされるのである．さは云へ，この波動力學に於ては，**波動**といふ語は，もはや從來の如く直觀的，感性的に表象されるやうな何等の性格をも有せず，單に數學的に公式化された一種の構成物に對する記號に他ならない．"波動といふ名稱は，如何にも直觀的にそして適切に擇ばれたものではあるが，それは，量子物理學に於けるこの語の意味が從來の古典物理學に於ける意味とは全く異なるものであるといふことについて吾々を謬らせるやうなことがあつてはならない．從來の古典物理學に於ては，一の波動とは，一定の物理的過程，即ち感性的に知覺される一の運動，又は直接的な，測定可能な可變の場を名づけたのであるが，量子物理學に於ては，それは，單に非確定的に或る一の狀態が成立する確率を名づけるに過ぎないのである"．(Planck 1933 248頁)

量子論のこの最近の發展を以てしても，粒子と波動との對立といふ點で直觀的に表はれて來た量子物理學と古典物理學との間の上述の矛盾は未だ克服されるに至つてゐない．勿論どんな場合にもなほいろいろの未解決の問題や矛盾は盡きないものである．併し，吾々の認識がこの邊で本當に一の非合理性の限界に當面してゐるのではないかといふことも，また或る程度の可能生を以て數へあげられるかも知れない．さはいへ，今それは確實に決定することのできない事柄である．[1] 他面にはまた，波動力學の純粹に記號的數學的な解明，それに於ては"波動"といふ概念にもはや何等の感性的直觀な意味も該當しないのであるが，かゝる解明の中に眞の問題解決の端緒が見出されるといふことも數へあげることができる．この種の解決も，全く，構成的な思惟によつて一切の感性的なものを排除するといふ物理學の全體的發展の方向に存するものであらう．即ち，この場合從來の如き直觀的な諸要素を背負つた儘で微視物理學の諸法則を把握しようとしても矛盾に到達する他はないが，上のやうな構成的な思惟は，或は，抽象的な記號的—數學的な言語によつて矛盾のない一の解決を與へ得るかも知れない．併し，恐らくは實體(物質)の問題への一層立ち入つた解明によつてのみこの問題の解決は齎らされるので

1) この非合理性の限界は Bohr の**相補性**の理論に於ても表現されてゐる．原子的事象に於て見られるやうに，若し或る量の測定結果が測定の過程によつて影響を受けるものであるとすれば，Bohr に從つて，時空的考察と因果的考察とは相補的の考察であるとされる．即ち，空間及び時間の測定が測定の過程に依存するために，體系の狀態を一意的に定義することはもはや不可能であり，從つてもはや普通の意味に於ける因果性について語ることはできない．"かくして，時空的表現と因果性の要求とは，これを一體に合致せしめることが古典的理論の特質をなしたのであるのに，吾々は今や量子論の本質に從つて，この兩者を，經驗內容の記述に於ける相補的な，而も互に相容れない兩面の性格として把握することに甘んじねばならない．蓋しかくの如きは觀測及び定義の可能性の觀念化を象徵するに他ならないのである"．(N. Bohr, 1928, 245頁) 相補性は，相互に矛盾する二種の光學理論，即ち波動論と發散論(光量子)とに於てその表現を見出す．そして，この二種の理論は共に正當であるが，併しその場合，波動論は時空的解釋への要求に應じ，量子論は因果的解釋への要求に應ずるものである．

あらう．

輓近の量子物理學の發展は，部分的には，相對性理論よりも尙一層立ち入つた認識論上の歸結を招來せしめた．單に實證論的な立場や經驗的な立場を取る哲學者だけではなく，若干の指導的な物理學者たちもまた自から，Heisenberg の不確定關係や波動力學の純粹に統計論的な性格から，從來の全物理學の基礎をなした，**因果法則の普遍妥當性が放棄されねばならない**，そしてそれより疎網な確率論的法則によつて置き換へられねばならない，といふ結論を引き出してゐる．或は，因果法則は空虛である(Born)と呼ばれ，またその非妥當性は決定的に確立された(Heisenberg)[1]と呼ばれてゐる．併しこの廣汎な認識論的歸結が果して正當であるか否かといふことは，未だ疑問とされる所である．

先づ Heisenberg の不確定關係について云へば，それは，測定の過程が測定の結果に影響を及ぼすことなく，そしてその場合測定せられるべき事象に對する何等の因果的干涉を意味しないといふことが，巨視物理學に於ても勿論嚴密には妥當した譯ではないが，併しその場合には**一應許容し得る假定**であると見做されたのに反して，微視物理學の領域では全く正當でないといふことによつて說明される．一の電子の位置を精密に決定しようと思へば，同時にその運動狀態に強く干涉することを避けられないために，電子の速度は攪亂を受け，また逆に運動量を精密に測定しようと思へば，長い時間を要するので，その空間的位置は曖昧にされる．それは Planck 等が正當に取りあげて述べたやうに，**不確定關係の因果的解明**を與へる．否，吾々は更に進んで同じことを逆の方向から次のやうに述べることもできる．Heisenberg の不確定關係は，Kant の意味に於ける一切の科學的經驗の先天的豫件としての因果性の嚴密な應用によつて得られたのであると．かゝる事態は大體に於て空間及び時間の問題に於ける場合と同樣である．正當に理解された先天的の意味に於ける因果性は一切の自然認識に對する豫件であり，それは一切の自然認識の基礎的な範疇を表はすものである．併しそのことは，この豫件の助けによつて見出される所の物理的合法則性が單に測定によつて經驗的にのみ確立される限り，それは常に嚴密に決定論的な性格をもたねばならないといふことを述べるものではない．個々の法則がかやうに嚴密に決定論的な性格をもたねばならないといふ要請を因果性の概念と定義との中に取り込むといふことは，勿論吾々が既に先に見たやうに，範疇としての因果的思惟に擅に昇格せしめて，その範疇的な性格の上に內容的な諸契機の重荷を課することを意味する．(要素的なものの物理學としての)微視物理學に於ける單なる統計論的合法則性を確立することによつて原理的には一切の物理的合法則性が純粹に統計論的性格のものであることが示されるといふ非決定論者の立言が假に正當であるとした場合にも，それは因果法則の普遍妥當性に對して何等の矛盾をも示すものではない．何となれば，かゝる微視物理學の統計論的合法則性と云へど

1) これに反して，一層新しい Heisenberg の說は，本稿で述べられてゐるやうな，範疇としての因果性の普遍妥當性とよく調和し得るやうに愼重に立てられてゐる．

も實驗的及び理論的研究に於ける因果法則の最も嚴密な應用によつて獲得されたものに他ならぬからである.[1]この場合の過誤は，個々の事象の嚴密な決定可能性や嚴密な豫言可能性を因果法則の先天的妥當性と同視するといふ點に存する[2]. 純粹な統計や確率の問題といへどもそれ自體としては再びその基礎に存する所の嚴密な因果法則性を豫件とする．骰子投げの場合に,投げる回數が充分大きければ6の目が $1/6$ の確率を以て表はれるといふ確率は，實際，それを制約する法則性として骰子の均一な構造と一樣な投げ方とを豫件とするものであり，そして同樣のことが一切の確率や統計の場合にも云はれる．紅花の金魚草と白花の金魚草との間の單性雜種の F_2-世代に於て,個體の數が充分大きければ,紅花の個體と白花の個體とは 3：1 の比に表はれるといふ統計的法則もまた減數分裂と受精による遺傳因子の配分が因果法則的に規制され，そしてその遺傳が確定的な優劣型式の法則に從つて行はれるといふことによつて，その因果的な解明を見出すのである．

實證論者や經驗論者が，統計の基礎に存する法則性を問ふことを，現在直ちに直接の經驗(測定)によつてそれを確かめることができないといふ理由で頭から無意味の問題であると考へたらば，彼等は，“彼等が始めから個々の場合に妥當する決定的な法則の樹立を斷念することによつて” 人間の認識欲求に自から人爲的の堰閾を設けるものであり，——“實にそれは驚嘆に値する程の謙讓の態度であつて，これを思へば，かゝる非決定論者が現在非常に多數の贊成者を自分の陣營に集めてゐるといふことが一體何に原因するかと怪しまれる位である”. (Planck 258頁) 兎に角，かやうな謙讓の態度によつて物理學に於ける研究の進展が何程かの抑制を受けるやうなことがないかといふ危險性は憂慮に餘りある事柄である．實際今日から餘り遠くない過去の時代に，原子論もまた當時の優れた物理學者や哲學者たちから同樣の判定を受けて拒否されたのであつたが，それは，今日嚴密な因果法則性が拒否されて,“確率の問題が究極的最高の課題であるとなされ,“從つて確率の概念が全物理學の究極的な基礎とされてゐる” のと同じ見地からであつた．因果概念を基礎的の認識原理として使用することは，既に數世紀間の習熟洗練を閲した Galilei の方法を通じて物理的研究の勞作としつかり結び付いた根柢を得てゐるので，物理學者は，意識的或は無意識的に，彼等の實驗的及び理論的研究に於て因果的-函數的思惟といふこの認識原理を應用するより他のことは全くできない．實際かゝる因果的-函數的思惟こそ精密歸納的方法の基礎であつて，すべての物理學者がこれを利用して居り，そしてまたそれが因果-分析的方法と呼ばれてゐるのもそれだけの理由がない譯ではないのである．そして假令物理學者や經驗論の立場を取る哲學者たちが（嘗つて Mach や Ostwald が物理學に於て原子論を白眼視したやうに）微視物理學に於ける事象の嚴密な決定性を斷念すべきことを說法し，世界の秩序が純粹に統計論的構造のものであるといふことを宣言してゐるとしても，他の物理學者たちは彼等の全努力を嚴密に決定論的な法則性の確立に向けることを忽にしないだらう．そして，恐らくは何時の日にか，或る天才的な思惟實驗の出現，或は然るべき新奇な思惟構成の出現によつて，絕對的な直接測定の不可能な原子的領域に於ても，この種の嚴密な法則性が樹立され，今日測定の不可能な事象にも何とか間接の測定ができるやううになるであらうことを待望し乍ら，彼等はかゝる嚴密な決定論的法則性の確立に向つてその全努力を續行することを止めないであらう．

1) 即ち Planck は云ふ,“量子物理學の世界像に於ても決定論は古典物理學のそれに於けると全く同樣に支配してゐるが,たゞそのために利用される記號を異にし，そしてそれが異なる計算方法によつて處理されるだけである.從つて量子物理學に於ても嘗つての古典物理學に於けると全く同樣に，感性的世界の事象の豫言に於ける不確定性は世界像と感性的世界との間の聯關の不確定性に,即ち世界像の記號と感性的世界に飜譯し,また逆に後者を前者に飜譯する仕方の不確定性に還元されるのである (Planck 247頁) Einstein, v. Laue, H. Weyl のやうな他の優秀な學者たちも同樣に因果法則の嚴密な妥當性を固守してゐる.

2) **校正の際の附註**. 本文の印刷中に出版された Br. Bauch の講義（因果性の問題について. 獨逸哲學通報〔*Blätter für deutsche Philosophie*〕1935. S. 125）に於て，彼は，原理的に同樣の仕方で，因果性の把握と公式化との危機を招來せしめた過誤の所在を明かにした.今此處で古典物理學に於ける因果的な思想の**過度の高揚と過度の明用**とについて述べてゐるやうに，Bauch は因果性の古典的な公式化の**過度の決定性**について述べてゐる. Grete Hermann もまた自然科學〔*Naturwissenschaften*〕誌 (S. 718) 上に發載された最近の一論文に於て明確に因果性の概念のこの新奇な使用法に言及して居り,そして量子力學は決して因果法則を反駁したといふ譯のものではなく,“それはこの法則を解明して,それと必然的な關係のない他の諸原理から解放したのである” (S. 721) といふことを示してゐる.

c) 物　質（實　體）

空間，時間及び因果性の範疇は最近の物理學の諸結果によつて從來とちがつた把握を受けねばならなかつた．そしてその意味內容の變更と純化とが必須の事柄とされるに至つたが,併しそれ等の變化改新は本來先天主義哲學の最內奥に存する志向に對應するものである．それに對して,**實體概念*** の意味內容の變革は,Newton 及び Leibniz 以來の物理學の發展の經過に從つて徐々に遂行されて來た．勿論,17及び18世紀は物質の實體觀に固執した時代であつた．當時の物理學に對しては，空間は力學の法則に從つて運動する同大の球形の多くの原子によつて充たされたものであると考へられてゐた.併し既に Newton 以來實體概念の力動的變革** が進行の途について居り,Leibniz は既にその說の極端な擁護者であつた．次いで19世紀の物理學は舊來の實體觀を益々解體せしめて,それを，此處では一々詳述の暇もないやうな各種各樣の風に改鑄しようと試みた（エネルギー論，渦動原子等々）. Weyl によれば,今日から凡そ 10 年前には,實體が純粹な**場の理論***** によつて置き換へられるか,或は**力動的動因論****** によれて置き換

* Substanzbegriff
** dynamische Umwandlung
*** Feldtheorie
**** dynamische Agenstheorie

へられるかといふことだけが尙ほ殘された唯一の問題であるやうに思はれた．この所謂動因論に於ては，“場はそれだけで放置される場合には一樣な安靜狀態を固守し，そして單に今一つの他者である物質，即ち“不安靜の精神”によつてのみ激發される”．“物質は**場を激發する動因**であり，また場は擴延をもつた一の媒質であつて，それは場の法則として表現される所の自己の構造に基づいて各種の作用を物體から物體へと傳達するものである”．(Weyl 1927, 133 頁) 然るに他面，物質の純粹な場の理論によれば，“電子のやうな物質粒子は，單に電場の一小區域に於て場の强度が異常に高い値を取り，從つて其處では極微の空間內に比較的强力な場のエネルギーが濃縮されてゐるやうな個所に過ぎない．爾餘の場に對して決して明確に限定されてゐないかやうなエネルギーの結節は，水の波が湖の面を進行するのと全く同樣に眞空の中を傳播する．その場合各別を通じてその電子を組成する同一の實體といふべきものは存在しない．そして水波の速度が實體の速度ではなくて位相の速度であるやうに，一の電子が運動する速度といふのも，單に場の時間的經過に基づいて構成される理念的な“エネルギー中心”の速度を意味するに過ぎない．この見解に從へば，たゞ一種の自然法則，即ち，Maxwell が電磁場に對して樹立したやうな種類の透徹性をもつた場の法則が存在するのみである”．(Weyl 1927, 130頁)．

併し，Weyl によつて樹立されたこの二者擇一の究極的な解決は，量子論の最近の發展に屬する Schrödinger の波動力學によつてもまだ實現されてゐるのではない．尤もかゝる量子物理學的の觀點からすれば，第一の主張である一元的な場の理論の方が强く支持されるのではあるが，兎に角，量子物理學によれば，究極の物理的要素（現象の變化交替を通じて“持續するもの”）は Planck の作用量子や電子の荷電量のやうな普遍的の物理常數と並びに保存法則とである．吾々は，この場合再び量子物理學一般の問題に於けると同樣に，**粒子と波動**との矛盾に衝突する．實際，電子や光量子と呼ばれるものは，かやうにそれを一語で矛盾なく表現することのできないもので，それ等は同時に粒子的の性格と波動的の性格とを兼有するものである．從つて，Schrödinger の波動力學が不連續的な構造を連續的に說明しようと試みる場合に，吾々が旣に見たやうに，その波動の形像が直接物理的說明の役に立つのではなくて，それは單に數學的な公式化のための，即ち專ら矛盾のない表現を可能にする數學的記號のための出發點を形成するに過ぎない．“これ等の新しい諸理論は”，と Dirac は云ふ．“それに用ひられる數學的な用具以外には，從前から學生の耳目に親しまれて來たやうな式の中には記述することのできない物理的概念を基礎として居り，實際それ等の諸概念は到底言語によつては充分適確な說明を與へることのできないものである．”この數學的な解答の背後に存する所の**或るもの**はそれが事實何の役目をなすものであらうと，要するに尙ほ舊來の實體概念からの遺物に過ぎないのである．

認識論的な觀點に於て，實體乃至物質に關する近代的な物理學の諸見解が及ぼした作用は，空間，時間及び因果性の範疇に關して相對性理論及び量子論がなした程の大きな革命的のものではなかつた．それは，舊來の實體概念の解絮乃至解體の過程が物理學の中で旣に長期間に亙つて進行の途にあつたことに基づいてゐる．Kant もまた實體の概念を旣に力動的に理解してゐた．そしてそれから力動的動因論或は場の理論への解體過程の進行は 19 世紀の全期間を經て最近に至るまで續いて來た．なほそれ等の理論を因果概念と完全に合體して不可分の協働作用に動員すること[1] もまた實際歷史的に長期間に亙つて準備されて來たことであつた．併し吾々は，この實體概念の變遷の中に於ても，吾々が先に空間及び時間や因果性の場合に心得たのと變らない，正當な理論的勞作の傾向を認める．物理的內容を以て充たされた實體の規定は，全く非直觀的な，單に數學的にのみ把握可能な“或るもの”となつたが，その“或るもの”は Elea 學派の永遠に**存在するもの**と Heraklit の永遠に**生成するもの**とに對して同時にその基礎をなすものである．それは，Galilei 以來の物理學に於て一般にさうであつた所の，一切の直觀的なもの，一切の擬人的なものを廢棄しようとする傾向と同じである．範疇としての實體は，他方に於て空間，時間及び因果性がまたさうであつたやうに，一切の客觀的な內容から解放され，純化されて，單に**純粹な**思惟形式として把握されねばならない．蓋しかゝる純粹な思惟形式といふのは，“持續性の原理”として，併し乍ら他の諸範疇，就中，因果性の範疇と不可分の作用聯關を保ちつゝ，吾々の悟性をして，自然の營力に於ける“持續するもの”と“變化するもの”とを同時に非直觀的な四次元の時空世界として矛盾なく認識せしめる所のものである．

私は今，Weyl が十數年前（1924）物質に關する一の論說の結語とした言葉を引用してこの章を終らうと思ふが，それは私に取つて今日も尙ほ妥當するやうに思はれる所の言葉である．曰く，“物質とは何であるか？——その問に對しては，旣に從來の實體概念が否定されてから，今日未だ物質の力動論と場の理論との間に勝敗の決が定まらない狀態にある．蓋しその解答はもともと少數の言句を以て與へられる筈のものではなく，將來もまた決して與へられないであらうが，と云つてそれは（かの Du Bois-Raymond が指したやうな），永遠の不可知* を意味するものではない．蓋し吾々が物質的事象の法則を次第に完全に認識して行く間に，物質とは何かといふこの問についてもそれだけよく心得て行く譯であり，この問に答へる仕方は決してこの以外に求めることはできない．物理學のやうな一の理論科學に於ける一切の概念と命題とは，相互に相俟つて支持し支持されて行くものである．從つて，この問は，吾々に對して最後的の簡單な公式を紙上に明記してお土產に與れるといふやうに好便に運ばれるものではなく，一切の根本的な問題が何時もさうであるやうに，それは寧ろ吾々を一の渥てしない課題の前に立たしめるのである”．

吾々が最近數十年間に於ける物理學の發展を概觀するときに，吾々は今や異常な多產と眞に

1) **“作用量子”**といふ語の中に實體と因果性とのこの共存の意味はよく表現されてゐる．
* ignorabimus

驚くべき飛躍的な進歩との唯中に立つてゐるといふことを，明かに自覺する．而も豊穣を極めたこの發展を吾々に可能ならしめたのは，窮屈な經驗主義の意味に於て，單に觀察可能なものを對象として限られた記錄や描寫のことに專心するといふやうな愼重な勞作を積み上げたお蔭ではなく，物理的な諸法則乃至諸理論の公式化に於て，一切の直觀的感性的なもの，一切の擬人的なものを正當に除外するといふ精神と結合された所の，飽くまで大膽冷徹な思惟構成作用のお蔭である．換言すれば，吾々はそれを現象世界の完璧な合理化に負ふのである．**感性に對する思惟の勝利**といふこの標語は，恐らくは新しい物理學の本質を最も適確に標徴するものであらう．

吾々は新しい物理學に於ける思惟構成の遂行やその方法を明視するときに，驚嘆の念を以て次のやうな見通に到達する．一方に吾々の思惟の抽象的な構成と，他方に吾々の感性に對して自己を呈示する諸現象との間の何と不可思議な神來の豫定調和が存することであらう．そしてその豫定調和の力によつて，吾々が，錯雜を極めた諸現象の多樣を抽象的數學的な少數の普遍的命題の中に我がものとして取込むことができるといふのは，何と素破らしいことであらう．

III 生物學の哲學

“自然科學の威力は，少なくともそれが“自然の體系”を一氣呵成に描き出さうとする試みを放棄した點に基礎付けられてゐるのではなく，寧ろそれが無限の忍耐を以て個々の小問題に沒入し，而も其等の問題を徹底的な分析にまで導いたといふ點に基礎付けられてゐる.” H. Weyl 自然科學の哲學, 107頁

a) 因果性と目的論 (全體性)

生物學に於ては，やはり物理學と同樣の研究方法，即ち普遍化歸納法* 並びに精密歸納法**，比較的方法並に實驗的方法が行はれてゐる．生物學に於ても，何もその他の變つた方法が行はれるといふ譯ではない．然し，物理學に於ては，精密歸納法が其の全領域を支配してゐると共に比較的方法は，著しく背面に却けられてゐる樣に見える結果，殆んど吾々の注意を曳かずにゐるのに反して，生物學に於ては，數十年前までは比較的方法が一般に支配的であつた丈に，物理學とは反對の事情にあつたといふ事ができる．然し乍ら，今世紀の初頭以來，新しい生物學の著しい進歩は何れも以上の兩方法を併用する事によつて達成されたのであり，又それによつて始めて可能なることを得たのであつた．

比較的方法は，生物學に於て，先づ第一に，正確な特徴付けの仕事を可能ならしめただけで

* generalisierende Induktion
** exakte Induktion

あつた．然し，動物分類學，植物分類學並びに比較形態學の仕事としてかゝる比較的方法によつて得られる基礎的な分類概念は，吾々が既に見たやうに，單に對象の多樣を記錄する爲の便宜上の整序手段たるに止まらず，又それのさまざまな缺點や不十分さにも拘らず，內部的合法則性を具有する高次の內容が客觀的に同時にその中に表はれて來るのである．然し乍ら，研究が更に進むにつれて普遍化歸納法は，絶えず因果的-函數的な問題の立て方に移行し，更に其上に，十九世紀の最大の生物學の學說たる細胞說や進化論に見られる樣な包括的普遍的な因果的-函數的理論にさへ到達し得るのである．然し單なる普遍化歸納法のみを以てしては，其の助力によつて樹立された綜合的理論に對して，常に或る程度の少なからぬ蓋然性を與へ得るとはいへ，この方法はかゝる蓋然性を確實に證明する事が出來ず，更に斯くの如く充分の證明を缺除する爲に，屢々理論構成の任務に於て遠く本來の目標を逸し去ることが甚だ少なくない．蓋し因果分析的方法を介しての實驗によつて更にかやうな理論を吟味する時，初めて一段と大きな確實性がその理論の中に招來せられ得る事となり，かくして終に究極的の基礎付けが可能にされるのである．それ故，例へば，遺傳の染色體說は，既に今世紀の初頭，Boveri の研研によつて極めて確からしい學說となされたのであるが，然しそれはその後の長い間他の學者から手嚴しい非難を甘受せねばならなかつた．この事は，その理論が專らかの普遍化歸納法のみによつて基礎付けられてゐたことから了解される所であり，從つてそれにも幾分の理由あることであつた．然し今日ではこの說が實驗遺傳學と結び付く事によつて完全に確認されるに至つた(單數型遺傳，因子交換)のみならず，更に個々の染色體に於ける遺傳因子の位置及び線狀排列に關する最も適確な說明がその驗證を得るやうにさへなつたのである．(Morgan 並びに其の協力者 Stern，最近では Painter)

進化論に於てもこれと同樣の關係が存在した．Darwin 流並びに Lamarck 流の古い解明の試みは，文獻上無數の論議を惹き起したが，然も根本的の解明には到達することができなかつた．何となれば，此等一切の理論的努力は，當時に於ける事態の分析の乏しきにも拘らず，普遍化歸納法を用ひてなされたからであつた．然しその後實驗遺傳學が優勢になると共に，人々は先づ此等一切の試みに對して批判的に且つ斷然たる態度を以て對立したその結果，Lamarck 流の說明は，今日では勿論，幾百千といふ多數の遺傳學上の實驗によつて之を否認されたものと見做して差支ないが，これに反して Darwin 流の說明は今日も尙ほ遺傳研究の側から廣汎な確證を得てゐるといつてよい．然し乍ら，生存競爭に於ける適者生存を說く Darwin の淘汰說は，勿論新種の起原を說明したものではなく，唯既に發生して，よりよく環境に適合した新種の保存を說明したものに過ぎず，この事は實驗によつても亦確認されてゐる．然し本來の問題はこの場合にも未解決の儘に殘されたのであつた．併し最近十五年間の遺傳研究の結果，この問題についても，突然變異の研究と最後にそれの實驗的起生といふ大業績の完遂とによつて，古い問題の解決に對する新しい道が開かれるに至つた．Muller 及び Goldschmidt は，如何に

して人工的に突然變異を起し得るかといふ方法を實驗的に明かにしたが，その後終に Jollos が，連續的に多數の世代を重ねて實驗的に**方向付けられた突然變異**[1] を造成し得るに至つたのであつた．動物界に於ける方向付けられた直進的發展の系列がこの事から一般的に解明せられ得るか否かといふ事は，更に今後の研究によつて始めて解明されるであらう．兎に角この新しい方法は非常に有望なものであり，そして如何にしてかやうな大問題が實驗的に把握せられ，且つその因果的說明にまで導かれ得るかといふ少なくとも一つの方法がこれによつて示された譯である．

この二つの實例によつて知得される様に，最近四十年間に於て生物學の重要な殆んど全領域に亙つて一の轉換が成熟された．人々は，純粹に普遍化歸納法一點張りの行き過ぎた一般理論を放棄して，もつと狹い問題の提出を以て滿足し，辛棒强く粘張り强い實驗的研究を重ね乍ら此等の問題を因果分析的に解明する事を試み，斯くして始めて包括的の理論に對する一層確實な基礎を獲得するに至つた．但しかやうな方法論的態度を以てして始めて，全く豫想外の而も確實な多くの新しい知見が得られるのみならず，更にまた漸次に確實な基礎の上に安住する所の偉大な綜合的理論が獲得されるといふことを，この新しい遺傳の染色體說が認識させてくれるのである．

斯くして，精密歸納法，即ち實驗的方法が，生物學に於ても，比較的方法に比して，一層深い探求力を揮ひ而も同時に一層豐富な成果と發見力とをもつ方法であることが確證されたとしても，之を以て直ちに比較的方法を輕視する譯にはゆかないし，又それを輕視する事が許されるものでもない．正に生物學に於てこそ，斯くの如くこの方法を輕視する事は特に致命的の誤謬であるといふ事が分かる筈である．といふのは，若しさうした場合，實驗的方法は直ちに自分自身目標を失ふ事となるからである．殊に生物學の如き複雜極まる科學は，其の發展のあらゆる過程に於てどんな場合にも先づ以て個々の體系，構造，過程等の純粹に現象論的な觀察を必要とする．即ち斯くの如くにして兎に角一通り其等の諸點の根本的特質を明かにすることができる．斯くの如き基礎の上に初めて必要な指導假說を立て，正しい問題の提起をなす事も出來，そして實驗的方法を實際有効に適用し得るのである．比較的方法及び實驗的方法，即ち普遍化歸納法及び精密歸納法は，生物學的研究のために**等しく必要**であり．蓋しこの**兩者を併用して**初めて認識の進歩が保證される事となる．然し乍ら，この兩者は，論理的には，現象の函數的關聯を生產し且つ制約する所の範疇としての因果性，若しくは法則性の範疇の上に基礎付けられてゐるのである．

理論生物學に關する最近の文獻の中に，**因果性**に關して二三の重大な誤解が見受けられるので，此處で簡單にその問題に觸れて見る事としよう．活力說或は有機體說の立場を取る若干の

1) gerichtete Mutationen

理論家達は，最近の原子物理學を引用して，因果的研究を生物學に於ける決定的乃至全く獨自の研究原理として承認する事の不可能である所以は，恰かも物理學自身が原子的領域に於いて因果原理を拋棄したのと同樣に考へられねばならないと言ふ說を立ててゐる．然し，吾々が既に原子物理學を取扱つた際に見たやうに，上述の如き見解は，普遍妥當的な範疇としての因果原理を，個々の場合に於ける事象の嚴密な決定論的驗證や斯かる事象の嚴密な豫言可能性と混同する事に外ならない．微視物理學の統計論的法則性と雖も，上述の如く，因果分析的研究（精密歸納法）に於て因果性或は法則性の範疇を嚴密に適用する事によつてのみ得られたのであり，函數的法則性の範疇としての因果性が妥當するといふ事はそれによつて毫も低減されてゐる譯ではない．この事は，普遍化歸納法及び精密歸納法といふ二樣の歸納的方法の前提であり，又基礎であり，而も之を適用する事によつてのみ新しい物理學的見解が得られたのである．然し乍ら，既に前に述べた如く，生物學に於ける因果法則そのものは，概して物理學の法則程嚴密な數學的性格をもつものではなく，多くは質的因果規定性をもつ丈のものであるにも拘らず，其が屢々嚴密な決定論的の意味に使用されてゐるのは宜しくない事である．生物學に於ける斯かる因果法則の性格は，今日の物理學の意味に於ける所謂巨視的法則に外ならない．かういふ譯で，例へば，統計論的な遺傳法則は受精及び減數分裂の際に於ける染色體の嚴密な決定論的行動によつて制約されてゐるのである．

P. Jordan が所謂生物體の增幅機說* といふ名稱の下に詳說してゐる所の見解もまた“沒因果的”な物理學を生物學上の問題に適用する事の一例に外ならない．それは，生物體內に於ける巨視物理學的反應を支配する所の沒因果的-微視物理學的過程が生命過程の基礎をなして居り，從つてかゝる生物體內の巨視的過程は無生物界に於ける巨視的過程とは反對に又沒因果的過程であるといふ見解であるが，この見解によれば，“生物體は微視物理學的體系であつて，巨視物理學的體系ではない”といふのである．“生物體の中心的な諸反應の研究に對しては唯微視物理學のみが物理的基礎を與へ得る”といふ Jordan の斯かる主張は，極めて僅少の生物學的事實によつても證明される事柄ではなく，又 Jordan が之に對して個々に擧げてゐる所の理由も，Bünning が確信を以て示してゐるやうに，すべて確實なものとはいふことができない．例へば Warburg の研究によれば，光化學的合成作用に於ては（光化學的合成作用と細胞呼吸作用とは從來最も詳細に分析された基礎的な物質代謝現象である）四個の光量子が一分子の炭酸を還元し，從つて疑もなく生物學的領域に於ける原子的現象に交涉をもつのであるが，然しそれによつて生じた分子的變化，即ち炭酸の還元及び糖の合成は，嚴密に決定的-因果的な分子的變

* Verstärkertheorie（假譯）．生物體のやうな複雜高級な作用體系では，個々の作用の質の契機は全く極微の微視物理學的過程であつても，それに對する反應に關しては，恰かもラヂオの增幅器の如く，著しくその作用効果を擴大して與へるやうな事情が在在し，之が無生物體に對する生物體の特質をなすといふ P. Jordan の說．（譯者註）

化であり，從つて巨視物理學的現象である．また，知覺並びに刺戟傳導に於ける物理化學的現象に關しては，現在吾々は全く詳細な知識をもたないので．之について微視物理學的考察を加へる事は無益である．然し前者に比して分析が著しく進んでゐる植物の刺戟傳達の場合には，Bünning も詳しく說明してゐるやうに，微視物理學的過程は大した役割を演じてゐないのである．Jordan が自分の說に對して遺傳現象を引用してゐるのは，統計論的遺傳法則の誤解に基づいてゐる．既に上述の如く，遺傳現象に於てもあらゆる事象は全く巨視物理學的領域に於て初めて遂行されるのである．そして遺傳の染色體說の最近の發展が，猩々蠅* の唾線細胞核の染色體の分析によつて特に明瞭に示されてゐるやうに，遺傳現象は，嚴密に因果的に，比較的粗大な機械的過程に還元されるのである．從つて生物の微視物理學的な增幅機說の如きは，全く根據のないものであり，又極めて蓋然性に乏しいものである．

第二の誤解は，活力論者にも機械論者にも廣く行はれてゐる所の，生物學に於ける因果法則的（機械論的）法則性と物理化學的法則性とを同一視することに關するものである．生物學は決して應用物理學でも又應用化學でもなく，一個の獨自の科學であり，そしてそれは單に自己獨自の對象を有するに止まらず，更に自己特有の法則をも有する所の科學である． v. Uexküll, Haldane 及び其他の活力說乃至有機體說の立場を取る人々によつて，大いに强調された所のこの見解は，全く贊意に値する見解であるが，一方この見解はまた機械論の立場を取る多くの學者によつてもすつと以前から主張されてゐるのである． 生物學は個性記述的-系統分類的自然科學** に屬するものであり，其の使命は，物理學とは反對に，一般的基礎法則の發見にあるのではなくて，特殊の個體性をもつた自然形體の本質を規定する種別的複合化の法則を發見する事に存するのである．然し乍らこのことは必ずしも單に生物學に對してのみ妥當するのではなく，特殊の無生物的自然形體を取扱ひ乍ら然も同樣に個性記述的科學と呼ばれるやうなすべての自然科學（化學，結晶學等）に對しても妥當するのである．假令物理的法則が當然無制約的に生物界に於いても其の妥當性をもつものであるとしても，**正に生物學的因果法則と呼ばるべきものは先づ第一にかゝる種別的複合化法則の如きものであり，** そしてそれは，件の法則が既に分析を經た物理的體系の法則であらうと，或は未だ分析されない，從つてそれ自身尙ほ複雜ではあるが，併し比較的單純であると云へるやうな體系の法則であらうと，同じ事である．そしてこれ等複雜なるものの內部肢體が殘りなく物理的-化學的事象に分解して行く事が可能であるか否かといふ事も，生物學的領域に於ける因果的研究にとつて必ずしも初めから決定されてゐるとは限らない．今日廣範圍に亙つて綜合的に種々の生物學領域と關聯してゐる遺傳の染色體說は，包括的な因果的（機械論的）法則性を示して居り，この法則性はその確實さに於て，その意義に於て，又その範圍に於て，物理學の一分科と同等の地位に置かれる事が出來る程の

* *Drosophila*

** idiographisch-systematische Naturwissenschaft

ものにある．とは云へ，夥しい事實的材料を把握する所の斯かる大きな因果的理論體系に於ては，何か特定の物理的乃至化學的法則性が問題とされる譯ではない．同樣に物質代謝の生理學に於ても，或る種の物理的乃至化學的法則其物の妥當性を確定するといふ事が生理學者乃至生物學者の關心を引くのではない．抑々生理學者は，生物學的領域に應用された物理學及び化學を研究するのではなく，生理學者が探究せんと欲するものは，生命現象を特色付け，其の本質をなす所の物理現象と化學現象との一種獨得な協同作用に外ならないのであつて，この點に關しては，v. Uexküll, Haldane 等が常にくりかへし主張してゐる所の見解に同意することができる．生物學的體系の種別的複合化の法則の發見は生物學者の使命である． 然し乍ら，この使命は，前述の普遍化歸納法並びに精密歸納法，即ち因果的研究によつてのみ之を充たすことができる．とは云へ，von Uexküll や Haldane 及び彼等と共に活力論的或は，機械論的立場の何れを取る學者の中でも多數の人々が誤解してゐるやうに，生物學に於ては，因果的研究及び因果的說明と呼ばれるものが決して物理化學的研究と同じものではないのである．

上述の如き二樣の歸納的方法のみが自然認識を可能ならしめるものであるといふ，此處に擧げられた所の見解に對して，多くの生物學者や哲學者は，生物體乃至生物的現象の研究及び認識の爲には因果原理と從つて，上の二樣の歸納的方法とを以てしては未だ充分とするに足らず，之に對して，なほ因果的研究と對立する所の第三の方法，即ち**目的論的考察**（一層適確に云へば，**目標的考察**）或は**全體論的考察**を應用する事が可能であり，又必要であるといふ立場を取つてゐる．彼等によれば，生物體を合目的性或は目標追求性をもつた調和的な全體であると判斷する事によつて初めて，生物體の正しい“理解”が得られるといふのである．公平にして無偏見の人々は，勿論云ふまでもなく，生物體や其の諸器官並びに諸機能の合目的性を率直に承認し，從つてまた，合目的性（合企畫性），目標追求性，全體關聯性の如きものを生物學的諸形態及び諸機能の標徵とするこの判斷の必然性を是認するであらう．生物體は，個々の因果系列が種別的調和的な協働作用を呈する事により，又あらゆる部分が一定の交互作用を行ふ事によつて初めて其の獨特の性格を獲得する所の複雜なる體系である． 而もこの事は，原子，結晶體，鑛物，惑星系等々の如き特殊自然科學の多くの自然對象に對しても同樣に妥當する． 從つて吾々は，ひとり生物體に對してと云はず，生命なき自然形體に對しても同樣に合企畫性並びに全體性を承認せねばならない． 否，それについては，Kant が其の著「判斷力批判」の中で形式的合目的性の原理に對して確信を以て述べたやうに，凡そ自然認識なるものが可能である限り，それはまた全自然界に對しても同樣に妥當すべきものである．合理的な意味充實性，法則的必然性を豫件とする事なくしては，既に前にも述べたやうに，一切の自然研究は不可能である．何となれば，論理的普遍性の豫件は，あらゆる歸納的-科學的方法の豫件であり，基礎であるからである． **自然科學は現象世界の合理化である．若し自然の中に合理化し得るものが存在しないならば，自然に關する何等の科學も存在する事は不可能であらう．**

此處に述べられた見解を反駁して，生命なき體系の統一は，其の各部分の單なる**總計*** であるのに對して，逆に單なる各部分の總計のみを以てしては，何等の生物體，何等の“**全體**”**をも生じ得るものではないといふ異議が唱へられてゐる．所が，無生物界に於ても廣汎に見られる一種の對象乃至體系の如きものが存在して，それは必ずしも一山の石ころの如く單にその各部分の總計を表はすものではなく，一定の統一的性格を具有するものではあるが，その各部分の間の協働作用を規定する種別的な合法則性によつて初めて自己獨特の體系的性格を要求するやうな種類のものがある．斯くの如き體系に於ては，其の體系を制約する一切の部分體系は，互に一つの調和的な作用聯關の下にあつて，且つ一つの統一體を形成して居り，そして生物體或は生物的體系に於けると同樣に，その中に一部分の變化が生じた場合にも，內部的な體系的制約に基づいて再び其處に一定の力動的平衡が回復され，斯くして種別的の（此處では全く因果的に制約された）體系的聯關，即ち統一性乃至全體性が保持さるのである．（例へば，原子，惑星系，質量作用の法則に從ふ二種以上の鹽類の溶液內の平衡）[1]

さて，生物學的全體性論者に屬す人々が，**全體性**の原理を從來閑却されてゐた一の新しい生物學的方法として再び生物學の中に導き入れねばならないと主張しても，直にその主張が適確なものであると承認する譯には行かない．彼等によれば，この新しい方法は，因果範疇を基礎とする普遍化歸納法並びに精密歸納法と相並んで認識を構成する今一つの方法であり，否，それは認識作用に於て因果分析に優るものでさへあると唱へられてゐる．即ち，それによれば，分析的-歸納的方法は，吾々が前に見た如く，常に全體論的な諸形體，即ち體系を端緒としてもつと同時に，又目標としてそれをもつものである．然し，この目標，即ち全體性と其の基礎をなす一般的法則性との構成的聯關を認識することは，先づ以て吾々が行ふ所の分析の手段と更にその分析とによつて得られ，そして吾々が使用する歸納的方法體系を構成する所の綜合的な各部分とによつてのみ同時に達成せられ，就中最も確實には精密歸納法によつて之を達成し得るのである．然し輓近の全體性論者の大多數は，單に生物學的領域に於ける全體的性格乃至目的聯關性（目標追究性）を一面的に强調する事を以て滿足してゐるか，或は徹底的な分析を行ふ事なく，綜合的に而も屢々目的論的概念を弄して生物學的全體性の“理解”又は“說明”を與へようと試みてゐる．然し乍ら，合企畫性，即ち全體論的性格の提示によつて媒介された“理解”は，何等 **問題の解決** を與へるものではなくして，**やつと問題の提出** をなすに過ぎないのである．即ち，自然研究（單に生物界に於けるのみならず，又無生物界に於ける）に對する

* Summe ** Ganzes

1) Driesch は，勿論かやうな**作用統一性**（もつと簡單に云へば，“整序性”† と **眞の全體性** †† とを嚴密に區別してゐる．然し，かやうな區別は，生命の自律性，即ち彼が全體性の定義の爲に用ひたやうな生物體に於ける特殊の活力的特性，從つて活力說自體が，既に證明されたものとして前提される事によつてのみ可能なのである．

† Wohlgeordnetheit †† echte Ganzheit

斯くの如き概念の價値は，正にそれが尙未解決の問題乃至屢々未發見の問題を指示し，そして正當な問題の提出に導くといふ點に存してゐる．そこでかやうにして得られた正當な特徵付けや正當な問題の提出は，勿論確かに偉大な科學的成果たり得るものであり，又この事によつて目的概念及び全體性概念が不可缺の研究原理である事が明かにされるのであるが，然しこの原理は，單なる**發見的**乃至**規制的**原理たるに止まつて，Kant が既に彼の“判斷力批判”に於て强調し且つ確證した様な**構成的**原理ではないのである．この場合，Kant は，當時の生物學的知識の乏しさにも拘らず，問題の皮相にのみ因はれて精密歸納法の複雜多岐な四重的方法體系の契機を單に一面的にしか見ないやうな輓近の全體性論者や目的論者の淺見に比すれば，一層明確にして正當な觀察を下し，且つ生物學の方法論的問題を一層分明に描き出したのであつた．[1]

目的論的判斷，即ち全體論的考察は，因果的研究と對立するものではない．前者は後者を承け繼いでその先を進めるやうな別個の方法ではなくして，寧ろ構成の第一步たる可き豫件であり，又因果的研究の準備を整へて更にそれからの發展を可能ならしめるものである．然し更に其の後の研究の進展に於ては，新しい分析と綜合とが必要となり，その場合最初の綜合的な試圖がもはや事象の正しい說明を與へる事が出來ず，從つて綜合的性質をもつた他のいろいろな假說的の試圖によつてそれが置き換へられねばならないといふ事が屢々明かにされる．斯くの如き進展に際しては，問題の試圖として最初必要であつた所の發見的な全體性概念が，因果的研究それ自體により，又普遍化歸納法，特に精密歸納法によつて排除され，そして全體性を現實に構成する所の因果的概念によつて置き換へられるに至るであらう．

1) **合目的性*** **目標追究性**** 及び **全體聯關性***** といふ概念は，屢と用ひられる如く，この場合にも同樣の意味に用ゐられてゐる．此の事はそれ自身正しい事ではない．といふのは，Driesch や Sapper等が詳しく述べてゐる樣に，この各々の概念には一々相異なる意味內容が該當するからである．合目的性といふ概念は，全然之を避けて，**目的追究性**によつて置き換へるのが一番よい．**全體聯關性**は，より廣義の概念（この點に於いては吾々は Sapper と同意見である）であり，**目標追究性**は，Sapper によれば，生物に對してのみ妥當する所の，より狹義の概念である．然し乍ら，Driesch は，丁度全體聯關性を目標追及性と結び付け，全體性に關する彼の定義の中に生命の自律性を取り入れてゐる．吾々が，Sapper と同樣に，活力說を未だ證明されてゐない理論であると見るならば，全體性の概念は，作用統一性と一致し，上述の如く，又無生物的自然形體に對しても適合するのである．目標追究性は，之に反して，遙かによく生物の特徵を示すものである（Sapper）．尤も目標追及性即ち事象の方向性は單に生物的事象に對してのみ適合するものではないのであるが，然しこの事は此處で詳しく述べる事が出來ない．問題の取扱上此處では簡潔を必要とするために，目的追究性と全體性とを不精密ながら同一視して置くとしても誤解を招く事はないであらう．

* Zweckmässigkeit

** Zielstrebigkeit

*** Ganzheitsbezogenheit

b) 活　力　說

十九世紀の後半に於ては，生物の機械論的解釋，即ち生物體及び生物的現象は原則として因果論的に究極の物質的要素に還元されるものであり，從つて究極的には物理的に說明されるものであるといふ學說が殆んど一般に支配的であつたが，その後に至つて，略今世紀の初頭以來，漸次に事情の變化を來たし，その結果，今日の一般生物學の文獻は大部分活力說の立場を取る樣になつてゐる．斯かる活力說の立場は部分的には又其の中でいろいろと類を異にするものがあつて，全體としては，單に生物的現象は機械論的に說明し得るものではないとする點に於てのみ大體の一致を示してゐるに過ぎない．Hans Driesch の著書は斯かる學說の發展に最も大きな影響を與へてゐるが，彼は疑もなくかゝる新活力說の最も有力な代表者と呼ばるべきである．從つて此處では專ら彼の活力說に就いてのみ論述を進める事とするが，斯かる限定は，Driesch 自身が極めて明確に其他の活力說の根據の乏しさや曖昧さを論證してゐる丈，益々正當付けられるものと見てよいのであらう．新しい所謂有機體論的な諸見解もかやうな其他の活力說の類に屬するのである．尤も其等は，その代表者達によつて，活力說か機械說かといふ二者擇一の彼岸にあるものと稱せられてゐるのではあるが，然し實際は唯遠廻しの活力說に過ぎないか，或は又不得要領な活力說に外ならなぬものである．そして其等の學者がきまつて引合ひに出す所の全體性や綜合性といふ標語は，全體性概念の創始者たる Driesch も最近それを指摘してゐるやうに，生物の自律性の基礎付けをなすには徹頭徹尾不十分なのである．全體性は云ふ迄もなく複合的なものであり，又“整序付けられたもの”*であつて，抑々この事が先づ說明を必要とするのである．即ち，かやうに全體性の概念は當然解決を必要とする未決定の問題を自分自身の中に藏して居り，從つてそれは自分自身では生命の問題を解き得る筈のないものである．“整序付けられた”有機的な事態の全體が（Driesch が其を證明したと信じてゐる樣に）機械論的，因果法則的には說明する事が出來ず，從つて之が證明の爲には生命の自律性及び特殊の活力的要因を採用するの**他はない**場合にのみ，全體性の概念は Driesch に從つてその充實性と同時にその正當性とを得るに至るのである．Driesch によれば，眞の科學的立言は，徹底的な分析によつてのみ之をなし得るものであつて，綜合的生物學や全體性といふ語は本來皮相の見たることを出でず，如何にも科學的態度を缺くものであるといふのである．

Driesch の活力說は一切の斯くの如き誤を避けてゐる．彼は，因果性の機構の中に或る種の活力的要因の介入すること（心理的活力說が之をなしてゐる如き）をも論理的に排除し，因果的研究に無制限な活動分野を許容するのである．とはいへ他面に於て，彼は，生物體の全體的現象，就中形態形成過程及び動物的行爲の場合に吾々が見るやうな諸現象が，純粹の機械論的因果法則を以てしては說明し得ないものであつて，從つて生命過程には特殊な自律性が成り立

* Wohlgeordnetes

ち，活力的要因が働いてゐると確信してゐる．Driesch によれば，彼が Aristoteles の表現を用ひてエンテレヒー*と名付けてゐる所の非空間的な“生成決定者”**が，生命現象の物質的生起を規制して居り，その結果，生命現象は隨意的でなく合企畫的に全體性を生成顯現しつつ進行するといふ點に，特殊の自律性が示されてゐると言ふのである．

斯かる形式に於ける活力說の可能性の論理的根據は，異議なく之を許容する事が出來る．疑もなく生物學的領域に在る所の，未知であり，そして恐らくは認識し得ない“x”をエンテレヒーと名付け，且つ Driesch 學派の Ungerer の如く，このエンテレヒーを，未探究或は探究し難い非合理的なものに對する限界概念であると假定するならば，これに對しては異議の唱へ樣はないのである．然し Driesch はその上更に次のやうに主張する：即ち，彼はかやうな特殊の活力的な自然の要因が前提され**ねばならない**のであり，そして機械論は生物學上の說明としては**全く無能である**と主張するのである．

Driesch は現に形態發生的現象及び動物的行爲の分析によつて生命の自律性に對する三つの直接的な證明をなしたものと信じてゐる．然し乍ら，斯かる生命現象の分析も，未だ之によつてその現象を因果法則的に解明し得ないといふ事を主張し得る位までには進んでゐないのである．この領域に於ける一切の因果的研究は勿論まだその緖についた計りである．Driesch 自身が論究してゐる因果的說明の可能性は，要するに比較的單純な性質のものであつて，必ずしも現代のあらゆる因果的說明の可能性を究め盡すものではなく，況んや將來のそれを究め盡す事は出來ないものである，それ故 Driesch は，例へば，遺傳現象及び形態形成現象に關する Goldschmidt の化學的理論の齎らした可能性に全く考慮を拂つてゐないのである．Driesch の所謂證明を用ひてなす所の詳細な論究は，斯かる事態に於ては必要のないものである．この事は，最も有名で且つ有力な Driesch 學派の一人である Ungerer までが，Driesch の公式によつて究極的の證明を得る事が出來ないといふ事を認めてゐる丈に，益々明かである．然し乍ら，遺傳の染色體說の最近の發達に就いては尙詳細に論ぜらるる可きである．何となれば，同說の最近の發達によつて，Driesch が“不可解なもの”と言つた機械的構造が示されるに至つたからである．

Driesch は機械論的形態形成理論の三樣の論理的可能性を論じてゐるが，吾々はその中の第一說を不適確なものとして彼と共に無造作に否認することができる．次にその第二說によれば，“當初の形態たる卵の或る**一部分**が，一の機械の如きものであり，（吾々は之を一の機構***と呼ばう）そしてそれは斯かる形體の殘部及びいろいろの環境の要因——この兩者は共に 機械に取つ

* Entelechie
** Werdebestimmer
*** Mechanismus

て‘利用し得る’ものである――と，それに又建築家の煉瓦に相當する様な材料とによつて仕事をなすものであるとされるが，かかる假説の可能性を駁して，Driesch は，**多數の**卵が母體によつて作られ，且つかかる多數の卵が**卵原細胞**と呼ばれる**唯一個の**細胞の分裂によつて發生したものであるといふ事實を詳述してゐる．“成體の多様性を目標とする極めて複雑な構造が，如何にして絶えず分裂増殖しながら**而も常に全體性を保有する**事が出來るかといふ事を吾々は尋ねたい．斯くの如き事は到底不可解な事である．“從つて先天的には可能であるやうに見える第二の機械論的思想の推測も發生學的過程を基礎としての考慮によつては否定的に解決される外はないのである”．(Driesch 1935, 37頁.)

核分裂及び細胞分裂に伴つて毎次分裂を續行する所の Driesch の所謂不可解な構造は，猩々蠅*の唾腺細胞核の染色體に於てなされた遺傳の染色體説の新しい業績によつて精密に實證されて居る．Morgan 及び其の協力者達によつて開拓され，既に Stern 等によつて直接に證明された所の個々の染色體に於ける遺傳因子の線狀排列は，この場合染色體の微細構造として顯微鏡下に實見されるが，其の微細構造といふのは，一定の線狀排列をもつた一定數の染色體節を示し，そして其等の染色體節は微細な縦絲によつて互に連結されてゐる (Bauer)．全く一定した一系列の遺傳因子が，突然變異の實驗，遺傳の實驗及び細胞學的研究の結合によつて既に染色體の微細構造(染色體節)を構成する一定の物質的部分と同定されてゐる(Painter, Muller)．それ故遺傳現象及び生物の全發育過程を規定する遺傳因子の全體は，一の微細構成に於て顯微鏡下に實見され，そしてその中に一切の潜在能力を蓄藏してゐる．この微細構造は，核分裂及び細胞分裂の際に縦に兩分され，それが二個の娘細胞に配分されるのである．從つてこの構造は何時も**全體的**のものであり，Driesch の所謂不可解なものに外ならない．この構造の成長及び分裂が如何にして行はれるかといふ事を，勿論吾々は知らない．然し又この事は當面の問題に對しては第二次的意義の事柄に過ぎない．發育中の胚に於ける形態形成過程が如何にしてこの構造から發現され，そして經過するかといふ仕方についても，吾々はまだ餘り多くの事を知らない．然しこの問題を因果法則的説明に導く爲の最初の試圖は，既に見られるのである．本質的なもの，即ち上記の構造自體とその配分の機構とは，最早之を否定する事が出來なくなり，かくして Driesch によつて不可解なものとされた所の機構が明示されたのである．更に，Drieschが**調和的等位體系****の理論から推論した所の機構に對するすべての反駁(第三の證明)も同じ事實から片付けられる．何となれば，調和的-等位的細胞集團(卵割期の胚，若き器官原基，種々の再生の場合)に於て，實驗的な手術によつて或る部分(細胞群)を切除又は移植した後に本來の能力を傷けられることなく再び一個の全體を生ずる場合，いまわれわれが見たやうに[1]，あらゆる細胞がその染色體の微細構造の中に全潜在能力を保有してゐるために，“調和的體系たる機械が兩分されて”駄目になるといふ事はないのである．

* *Drosophila*

** harmonisches äquipotentielles System

かくして形態形成現象から推論された生物の自律性に對する Driesch の證明は，之によつて反駁され，彼の活力説並びにエンテレヒー説は根據に乏しく，尚早に過ぎた結論であるといふ事が明示されるに至つた．H. Weyl は，新しい量子物理學によつて惹き起された因果問題の討論に際して，嘗て，“哲學者といふものは氣の短い連中だ”と言つた．この言葉の正しさはこの場合にも分明である．分析的研究が漸くその緒についた計りの領域に於ては，Driesch が彼の證明に當つて引き出した様な行き過ぎた結論は，一つとして之を引き出す事は出來ない．自然科學(乃至生物學)の發展にとつては，“自然の體系(此處では生命ある自然)を一氣呵成的に”描き出す事を斷念し，且つ“無限の忍耐を以て個々の小問題の徹底的な分析を行ふ事は”，一般的生命理論を――假令 Driesch の活力説の場合の如く，(そして他の種々の活力説，有機體説とは反對に) その理論が叡智と論理とを盡して發展させられたものであらうとも――餘り性急に主張するといふやうな事よりも，尚一層效果の多いものである．

從つて，我々は，特殊の活力的自律性が存在し得るといふ論理的可能性に對して敢へて異議を挟むのではないが，然し一切の生物現象は，徹頭徹尾 物理的-化學的に之を解決し得ると主張する獨斷的機械論を否認した點に於て，人々が Drieschを正しいとせねばならないと同様に，彼に對しては，反對に，生物現象は原則として機械論的，因果法則的に説明し得ないものであるといふ彼の主張も亦之を否認せねばならない．批判的な研究者として，吾々は，今日この問題に對しては**無知**を以て甘んずる外はないのであるが，然しこの事は，決して**永遠の無知**を意味するものではない．然し我々は，今日でも既に，次の**一事**は之を確言し得るのである．即ち，Driesch によつて主張された様な，合企畫的に作用する所の，かやうな非空間的な生成決定者が，生物的自然界に於て實際に働いてゐるとしても，かかる生成決定者を自然の中に指摘する事は，(現在に於ても，又將來に於ても) 吾々人間の所有する認識手段を以てしては不可能である，といふ事である．自然認識は單に因果性の範疇のみを以て之を獲得し得るのであり，又普遍化歸納法並びに精密歸納法以外には自然科學を研究す可き他の方法は存在しないのであつて，斯くの如き歸納法の應用によつて，個々の場合が一般法則性の下に齎らされるのである．斯かる方法を用ひる自然研究者の研究は，凡そ吾々に取つて**認識する事が出來，合理化する事が出來るやうな存在の部分**に妥當し，而もかゝる部分にのみ妥當するのである．吾々は，控へ目な態度を以て，世界に於ける**非合理的なもの**を認容せねばならない．それは自然科學の領域から完全に排除されてゐる．そして形而上學及び宗教といふ文化領域がその中に活動と基

1) 勿論之によつて調節の問題の解決が齎らされるといふ譯には行かない．然し以前には見られなかつた方法による解決の可能性が少くもそれによつて示されるのである．

礎とをもつのである．とは云へ，凡そ認識し得べきものについては，**“諸現象の觀察と分析とは自然の內奥にすら肉迫するものであるが，吾々はこれが時と共に何處まで發展して行くであらうかといふ事を知り得ないのみである”** といふ，希望に充ちた Kant の言葉が妥當するのである．

天　文　學

H. Kienle, Göttingen

天文學は前世紀のなかごろに決定的な方向轉換をなした．そしてその成果は吾々がはぢめて充分に體驗してゐるのである．星の明るさの計畫的測定，とくに Argelander にはぢまる所の變光星の光度變化の研究，Bunsen, Kirchhoff によるスペクトル分析の開始，又 Doppler がスペクトル線のかたよりを視線方向の運動と解釋したこと，及び望遠鏡觀測に於て肉眼に代ふるに寫眞乾板を以てしたこと，これらが古い天文學のからをつきやぶつて多くの問題を提出し，その解決を可能にしたのであつた．

しばらくの間は古い意味の天文學とならんで新しい分科としての天體物理學なるものが存在した．しかしだんだん兩者は方法に於いても問題に於いてもお互ひに融合してきて，今では十年近くつかひなれてきたこの兩學科の區別もほとんど不可能なやうにみえ，再び天文學といへばひろい意味で宇宙現象の研究すべてをさすこととなり，吾々は數學，物理學，化學の思想的に又實際的にあたへるあらゆる補助手段を利用するのである．

天文の測定技術が光の進んでくる方向をきめるだけ，即ち天球上のみかけの位置及び位置變化をきめるだけにかぎられてゐた間は——特別な器械及び觀測法の理論をのぞくと——すべての理論的問題は，自然現象は皆結局は力學に歸するものだといふ古典物理學の理想に對應する“天體力學”のわくに從つてゐて，Newton の萬有引力の法則が宇宙のあらゆる事象のたゞ一つの包括的根本法則であり，觀測される現象を皆それからみちびきだすことが第一のことなのであつた．惑星系の特別な關係に適する攝動論は重要な數學者達の一般三體問題及び天體の平衡形の問題についての努力につれて發展した．

Newton 力學の惑星理論の最もみごとな結果は天王星の攝動から，あらかじめ計算せられた惑星．海王星の發見であつた．そしてすべての惑星の運動がすつかり明らかにされたので，前世紀の末に至つてもなほ存在してゐたところの理論と觀測とのいくらかの矛盾も多くの人にはたゞ適當な假定をつけ加へれば除き去ることのできる位のさう重大でない缺點と思はれてゐた．

ところが別の人達にとつてはまさにこの惑星及び月運動の說明できずにのこつてゐた點が Newton 力學そのものの基礎批判の手掛りとなつたのである．Newton の引力法則の必然的な變更とその普遍妥當性の限界とについての考へがつぎつぎに浮びあがつて，つひに一般相對性理論が一部の困難を解決し得る道をしめすにいたつた．この理論の最も重要な試金石は水星の近日點移動の說明である．“經驗的項”* ——その中で理論で說明のつかない最大の項は月の運

* empirisches Glied

動によるものであるが——は天文時測定の修正と地球の廻轉の一樣でないことの發見とにみちびいた.

大體に於いて今日,大惑星の運動に關する問題にはもはや大きな魅力のないことは確かである.無論今までの理論は純數學的にみて決して"優美"とはいへないからそれを建てなほし,その理論をとりいれてすべての觀測材料をあらたに整理することが,どうしても望ましいと唱へる聲はないことはない.しかし今までの理論の實際的効果は非常に大きく,之に反して新らしい理論によつて期待される改良はほんのわづかであるので,この樣な問題に必要とされる大きな手段を導き入れることは是認され得ない.從つておそらくしばらくの間はなほ水星運動の理論をくりかへし吟味し,觀測とくらべるにとゞめて,惑星系理論の完全な改造は將來にのこしておくことになるだらう.

理論家の注意はむしろ小惑星の問題にむけられるであらう.小惑星の數は新發見によつてたえずふえてゆき,觀測の合理的表現と,整理との問題はますます緊要となり,小惑星系全體は部分的には統計的取扱ひが可能となり,結局宇宙塵物質の力學と,從つて黃道光や惑星系內及び恒星間の空間にある隕石物質に關するいろいろの問題とにみちびかれる.又一方小惑星群の各成員は,その軌道の離心率や傾きの大きいこと,又大惑星に對する關係即ちトロヤ群小惑星(木星の平均距離でまはつてゐる惑星群)の如く三體問題の安定な正三角解をほとんど實現してゐる例として,或は小惑星群中の著しい間隙の近くにあるこの惑星〔木星〕の平均運動との低い通約性*　の例としてまさに特別の注意を要求してゐる.

天體力學に對する一般理論的研究の重心は主に"制限三體問題"**となづける一般三體問題の特別な場合の取扱ひに影響せられて本來の天文學の領域からは大分はなれた方向にうつってしまつた.觀測から理論に提供されるあだへられた始めの條件のもとに運動の時間空間的經過を研究する問題は運動の種々の型とその安定性の問題のうしろにひつこんでしまつた.Poincaré の *"Méthodes nouvelles de la mécanique céleste"* はこの方向を示すもので,そのはしがきに於て天體力學のプログラムをまつたく一般的に次のように述べてゐる"天體力學の眞の目的はこよみを計算することではない.——そうではなくて,Newton の法則があらゆる現象をあらはすのに充分であるかどうかをみとめることである"と.群論と位相幾何學とは今日これらの問題をあつかふ武器となり,制限三體問題に於いて特別な數値積分による軌道の形の大規模な研究は分類にあたつていくらか指導的に作用することができる.

"天體の形狀及び廻轉"——古典的表現ではかういふが——に關する問題は星の內部構造論が

* niedrigzahlige Kommensurabilität 〔註. 小惑星と木星との公轉週期が簡單な整數比をなしてゐる〕
** problème restreint

宇宙進化論的考察に新しい浮揚力と廣い基礎を與へたとき以來強く前景におしだされてきた.こゝに於いても三體問題に於けるとと同じく數學的取扱ひはたゞ特別な場合だけしか可能でない.古典理論が關係してゐる二つの星の理想のモデルは,一樣なちゞまない流體及び點狀の物質を中心とする氣體の球(Roche のモデル)である.

この二つのモデルは廻轉及び潮汐の力によつて全く異つた種々の平衡形をとり又同樣に色々の不安定の形をとる.實際の天體即ち中心に向つて密度のましてゐるちゞむ物質のかたまりの理論的扱ひとしては二つの極端の場合から中間のモデルの性質をつくりあげるといふ半ば經驗的の試みがなされてゐるにすぎない.中でも Roche のモデルでいへば,西洋梨の形が分離して赤道の所が流れだす樣な天體進化上重要な不安定のところに於ける靜力學問題から動力學的問題へのうつりがまだ全くかけてゐる.二重星系の發生及び進化の問題も,又宇宙到る所に色々な形で存在してゐるうづまき構造の原因の問題も未だ全く不十分にしか答へられてゐない.

特別な流體力學的モデルに向けられてゐた考へをすてて他の側から進めば,少くともこのうづまき星雲の問題に對して一つの道が開からるのではあるまいか.銀河系內の運動の說明も,近頃では古いモデル構造に對してもつと一般的な統計力學的基礎の上に試みられた.そして今までのモデルでなされたより,もつとすつと普遍的な假定のもとに系の運動狀態の觀測された諸特質を導くことができた.

恒星界の研究の成果は特に觀測のとゞく空間のひろがつたことによつて特徵づけられる.これは一つには光學的研究手段の性能のましたことと他方にはすでに指摘したやうに物理學的基礎が擴大されて,天文學者が星の光の方向だけでなく量及び性質をもその測定の領分に入れることができるようになつたこととがあづかつてゐるのである.

純粹に幾何學的基礎にもとづく星の距離測定,即ち"三角視差測定"の數多くの努力の結果は,世紀のかはるころ,丁度はぢめての成功から六十五年の後に,まだやつと幾分距離の確かな星は百にも及ばぬといふ有樣であつた.現代の最大の器械に最も精密な天文測定の技術を利用することによりその後この數は三十倍となつた.恐らく來年は又その倍になり,1940 年頃には五六千のよく三角視差のきまつた星の表ができるであらう.しかしいまのところ觀測精度をできるだあげても直接の視差測定のきく空間は數百光年以上には及ばない.これは我々が別の經驗から結論しなければならないところの一萬光年に達する銀河系の大いにくらべるとまことにわづかなものにすぎない.

三角視差にもとづく距離の大きな意味は,他のあらゆる間接的距離測定の主な基礎となり,星の絕對的特性を假定なしに計算することを可能とするといふ點にある.これによつてのみ巨星,矮星の存在,從つて星の絕對光度と光度による距離測定の出發點となつたスペクトルの特性との關係を知ることができ,二重星系の質量を計算し,星の直徑を求めることができるのである.そして星の直徑がわからなければ星の性質についての吾々の概念もたしかな地盤を失ふことに

なるのである.

然しながら大規模な視差觀測の時代も次の足場をたて又更に進むための方法の適用に對する假定をつくるといふ課題をはたすと共に終りに近づいたやうにみえる. そのかはり前の時代の星表及び寫眞を今日の位置とくらべて星の固有運動を導くといふ吾々の先輩の滅私的な仕事のみのりを充分にとりいれることのできる時代が近づき熟してゐる. この場合重點は寫眞によつてのみみとめられるやうな多くの弱い光の星に存してゐる. "寫眞恒星圖" の寫眞及び多くの天文臺がもつてゐる前世紀の末から今世紀の始頃の乾板の中に年々その價値をます多くの材料がある. なんとなれば, 太陽が空間の中を運動するので幾何學的測定の基線は毎年地球の軌道直徑の倍づつ增して行くからである. 一聯の天文臺に於てはすでに固有運動をもとめるために, くりかへし寫眞をとることが行れてゐる.將來はこの仕事はますます重要となるであらう. もし最も弱い光の星にまで充分な固有運動があるとなると吾々が今日あまり大して役に立たない方法で骨折つてやつてゐる多くの問題が解決されるであらう. 即ち太陽及び太陽に近いの星の他の太陽系內の星に對する運動, 種々の光度及びスペクトル型の星の平均距離 (永年視差), 恒星の互に空間的にとなりあつた二つの群への所屬 (運動群及び散開星圖) 等の問題である.

星の運動の研究と關聯して天文學上の座標系の方向位置をきめるといふ思想的にも方法的にもまさしく古典天文學の領域に屬する一つの問題が新に重要性を得てきた. 今までは經驗的座標系は明るい近い星の比較的小さな集りからなる基本の星の全體によつてあらはされ,その銀河系に對する關係は觀測にもとづく經驗的座標系と天體力學による理論的座標系との關係になるのである. 經驗的座標系を銀河のかなたの物體にむすびつけることにより "隋性系" に一層近いものを得ようとする考へは, 近年基本の星を遠い銀河系外の星雲にむすびつけようとする觀測の開始によつて具體化した.

こゝに位置天文學の根本問題の一つと天體力學の關係が示されると同時に天體物理學的方法の有効な結果がみとめられる Doppler の原理によつてスペクトル線のかたよりから視線方向の速度を導いて始めて天球上の固有運動が大きさ方向とをもつた完全な空間運動となつた. この方法は直接に線速度を毎秒何粁と與へるので, 初めに角だけを與へなほ大いさをあとできめねばならぬすべての幾何學的測定の檢定に非常に大切である. そして視線速度のはかりうる限界は專ら對象たる星の明るさと器械の光學的の力とによるのであつて, 觀測者と星との距離にはよらないから, いろいろの關係の說明も一層容易となり, かつ明瞭となる.

うづまき星雲の運動に關する知識はひとへにこの方法の原則的には無制限の効力のおかげであり, 天球上の固有運動からだけではそれはいつまでたつてもとてもわからなかつただらうと思はれる. といふのは Doppler の原理によつて始めてすべてのうづまき星雲は視線方向に吾々から離れてゆき, その速度は遠いほど大きく毎秒數百キロメートルから今日しられる最大の速さである光の速さの四分の一といふ速さにまで達するといふことがわかつたのである.

空間のなかの恒星及び恒星系の分布に關する吾々の概念がひろげられ, 確かになるにつれて古典的な "恒星天文學" の主な部分をなしてゐた一つの問題がおどろくべき方向轉換をなした. "銀河系" なるものは百五十年前 Herschel が單に星の計算にもとづいてその輪廓を與へたのであるが, 後吾々の前時代に於いて恒星研究の指導者たりし Kapteyn と Seeliger によつて少くとも根本に於いて正しい表現にまでつくりあげられたと思はれたのである. このひらたいレンズ形の規則的な密度分配の星でみたされた五千乃至二萬五千光年の直徑の體系は一世紀の間唯一の恒星系として通用してゐたのであるが, 實は之は本質的な點に於いて實際の銀河系とはまるでちがつたつくりものにすぎないことがわかつたのである.

球狀星團の距離をきめることにより Shapley は "大銀河系" * を考へた. その中心は今までの考へでは丁度銀河系の端がある位の所になる. それで次には Kapteyn-Seeliger の銀河系の大銀河系內における位置が問題になる大いきが小さいから "局部恒星系" として從屬的存在とすべきであらうか, 或は又星を數へる古い方法に從つて最も弱い光の星まで數へあげたらそれ自體が大きな系にまで擴大することが出來るだらうか. 併しこの何れもが不可能であることが星雲, 星團, 獨立せる恒星, 輝いた霧狀星雲 (Nebelwolke), 暗い霧狀星雲よりなる大銀河系の極めて不均一な構造が次第に知れてくるとともにわかつてきた, "典型的恒星系" も不充分な方法で試みられた企てとして過去のものになつてしまつた.

これとならんで銀河系のなかの諸運動の說明の問題も似たやうな關係になつてゐる. 太陽運動の向點,* 星の運動の背點,** 恒星系の速度楕圓*** といふ概念は典型的恒星系といふ簡單なモデルからつくられたものにすぎず,そのモデル自身とともにその本來の意味を失はねばならなかつたのである. 大銀河系は大體の發達進化の關聯のあとを示すやうな空間的に多少の關係ある多くの群に分れたので, それらが全體として統一した運動體係の中に於ける位置を得るためには同時に向點, 背點, 速度楕圓がいくつもできることになつた. いまの所第一線に出てゐる簡單な "廻轉說" の考へが勝利をうるかどうかは, しばらくまつてみなければわからない.

そこでどんな方向に研究をすゝめれば大きな成功をうるのぞみがあるかといへば,それには二つの可能性がある. 即ち銀河系の中のいろいろの集團,特に大きな銀河系星雲と散開星團とを光度, スペクト型, 及び運動によつて分類するといふ骨のおれる獻身的の細い仕事をできるだけ大きな器械的手段をつかつてなしとげ, 次第に全體をいはば內側から構成して行くこと. 又は逆にアンドロメダ星雲や三角座星雲のやうな銀河系外の大うづまき星雲の研究も吾々がその一部分をなしてゐるところのこの銀河系の解釋に有効であらう.

銀河系はうづまき星雲と同じやうなものであらうといふ考へは, 思ひつきとしてはうづ

---

* das grössere galaktische System

* Apex ** Vertex *** Geschwindigkeitsellipsoid

まき星雲の最初の發見にまでさかのぼるものであり，觀測によつて益々確實な知識の領分に入つて來たが，數年前にはなほ銀河系の大いさとアンドロメダ星雲の大いさとが大へん違ふのでこの考への非常な難點になるやうに思はれ，“大銀河系”なるものは銀河系外の星雲のたつた一つと較ぶべきものでなく，むしろその小さな集團と較ぶべきものであるともいはれた．しかし暗黑物質による吸收の距離測定に對する影響を考へると銀河系の大さは著しく小さくなるし，一方アンドロメダ星雲のまはりをすつとひろく光電測光法によつてしらべると，渦の腕は今まで寫眞撮影で推測されてゐたよりはるかに中心から遠いところまでのびてゐることが分つて，二つの體系は大きさに於いて比較しうる程度のものであるのみならず，その成立においても同じく色々の種類の恒星，星團，星雲及び霧狀星雲からなつてゐることがわかつた．勿論かかる類推に基づく結論は多少の假說的な點はまぬかれ得ない．從つて宇宙全體の中における銀河系の位置をはつきり知るには決して銀河系的の內部の個別的研究なしですますわけにはゆかない．

この宇宙の全體構造を研究しようといふ努力とならんで星の物理的性質の研究に次第に多くの天文學者がはいつて行つた．スペクトル分析法の完成したことと實驗並びに理論原子物理學による解釋ができるやうになつたことが殆ど無限の實際的及び理論的活動の分野を開いた．

あるスペクトル線からそれに對應する元素の存在を結論するといふ單に定性的-化學的スペクトル分析から，スペクトル線の種類及び强さで物質の物理的狀態をあらはすといふ，定量的-物理的スペクトル分析にうつつたことが原子論をとりいれるにあたり天體物理學におこつた特徵ある轉換である．地球上にまだ知られてゐなかつたヘリウムといふ元素を太陽のスペクトルの中にみつけだしたことは化學的スペクトル分析時代の一つの赫々たる業績であるが，これまで水素の“第二の副系列”とされてゐた“Pickering系列”をイオン化したヘリウムのものとしたことは新しい物理的スペクトル分析の時代にみちびき，傳說的の元素 *Nebulium* の線を多重イオン化してゐる窒素及び酸素の“禁制”* の線と解釋することはそののちの進步の一つの頂點をなすものである．太陽の大氣のスペクトルの中の線はまだ勿論今日まで最後的の說明はついてゐない．しかし地上の諸元素のスペクトル項の分析がすゝめば，これも亦解決されるものと考へられる．

スペクトルからの結果が豊富になり微細になるにつれて觀測に對する要求もましてくる．連續スペクトル及び線スペクトルの定量的スペクトル測光學的研究は位置天文學に於いて決定的な結果をあげたかの“精密觀測”** と同樣の役割を演じてゐる．しかし吾々はまだ，屢々さしあたつての“檢査”と個々の特別にしがひのある或はたやすくなしとげ得る問題とをつつくにとどまつてゐる．之はあたかもおいしいケーキからほしぶだうをちよっちよっとほじくりだした

* verbotene Linien

** Präzisions-Mikrometer-Beobachtungen

りするやうなものである．しかしあきらめられてゐた精密測定もあちこちでやりはじめたし，だんだん恒星表には位置とならんで物理的特徵の明細書がつけられるやうになるだらうと思ふ．

星の內部構造論に對する最初の感激はいくらかうたがひ深い態度に變はつてきた．“質量-光度-法則”* が Eddington のモデルにもとづくよりも一層一般的な理論の假定のもとにえられるといふことがわかり，嚴密な分析の結果は星の內部の流動と渦動の現象に注意する必要を明らかにし，又核物理學の發展によつて物質の構成要素の交互作用の多樣性が示されたりしたので初めの說のやうな簡單化は非常にゆきすぎと思はれてきた．それで今は恐らく，星の內部が實際どんなかといふことは，とても吾々が十年前に知つてゐると信じたやうに確實なものではなくなつたのである．

ごく新しい天文學の教科書が星の內部構造についてはたゞの數語でもつて片づけてしまつて，それだけ“星の大氣”をくわしく述べてゐるのも偶然ではないのである．星の內部では實際すべてが直接經驗によつて吟味することのできない假說なのであるが，之に反して外側の皮の性質ならスペクトルの色々のしるしでもつて認識することができ，理論のいふところを測ることのできる量にかへることができる．かやうにしてまさにこゝに於いて，天文學的立場に立つた物理學者と物理學的訓練をへた天文學者との共同の努力の下に，多くの問題が勿論まだ多くは不完全ではあるがその解答を得たのである．

引力と輻射との間の平衡にある星の大氣の正常な構造の主な點は明らかになつた．Dalton の法則にはづれてゐるのでそれまで解釋のつかなかつた元素高度分布によつて特徵づけられる“彩層の平衡”** の原因も輻射壓の選擇性に歸せられた．今や吾々は又連續スペクトルの中の强度分布の生起，吸收線の强さ及び形，又星雲のあかるさの原因などについても若干の主要な點については充分に精通するにいたつた．

他の點では理論は最初の手探り的試みをなほほとんどこえてゐない．たとへば溫度の低い星のスペクトルの中の輝線の說明，太陽のコロナ，太陽及び恒星の上の電場及び磁場の解釋，“動かないカルシウム線”に於いてその存在を示してゐる恒星間物質の性質の研究等に於いて然りである．更に又新星の複雜な現象（特にそれは最近の最もよく研究された新星に著るしいが）もこゝに忘れてはならないものである．

以上は現代の天文學者の研究活動の行れてゐる二三の方向を大づかみに示しただけで，記述は重點の選擇や配當に於て主觀的であらう．といふのは一個人が彼のやつてゐる學問についての記述を爲してゐるのだから．そして恐らく天文學の外面的進步によつて起つた問題に就いても少からず個人的に制約された答がなされたことであらう．

* Masse-Leuchtkraft-Gesetz

** chromosphärisches Gleichgewicht

吾々は新聞や繪入り雜誌で益々大きな器械がつくられてゐることや,その目ざす成果について讀んでゐる．吾々は之ともつとつつましい裝備しかもつてない天文臺と並らべてみて，次のやうに問ふのである．今日“天文學に於いては,効果的な研究活動が大きな器械の設備と必然的にむすびついてゐるのだらうか”と．

その解決が吾々に最も心にかゝつてゐる問題から出發することにすれば，それにはどうしても最大の手段が必要であるといふ結論になる．何故なれば，殆んどどこでも成功は吾々が任意の弱い對象迄追及しうるか否かといふことにかゝつてゐるからである．之に反して前に今ある小さな器械でなほやるべき問題がないのかどうかといへば，決してたゞ單に“否”と答へなければならないことはない．

しかし，この様な問題といへば，變光星を計畫的に觀測しつゞけることとか，流れ星や隕石を組織的に觀測するとかいふ一つの大きな共同作業に於ける無私の沒頭を要求するやうな種類の仕事なのである．

これらの考慮は結局,“今ある設備を計畫的に組織化することによつて,どこまで一般的要求を滿足することができるだらうか”，といふ問題に導かれる．新しい二百インチの鏡をつくるにあたつてこれが天文學の全領域に對して百インチの鏡を多數つくるより本質的であることを主張されるが，それはこの一つの鏡に百インチの鏡でとくことのできない問題がかかつてゐるからである．このたゞ一つの器械はしかもその場合，もつともよい外的條件のもとにそなへつけられて全世界の天文學者に國際的協同の範圍に於いて提供さるべきである．

近年南米に於てイギリス人の天文臺のわきにアメリカ人とオランダ人との觀測支所が大きな器械などを設備して,專ら本國の天文學者が彼等の研究目的に對して最上の條件のもとで資料を集め，從つて彼等が自國にゐながらにしてそれに就いて研究しうるやうな目的を果してゐる．

La Paz にはドイツの觀測所が Potsdam の天體物理觀測所の支所としてこの數年間おかれてゐる．又今のところ Windhuk の近くに小さな觀測所が一つおかれてゐる．これはドイツの天文學が南天に一大天文臺を得ようとする計畫實現の芽なのである．そこでは天文學の主な問題を研究する人々がすべて共同參加するはづになつてゐる．

疑ひもなく眞の研究者はいつも自分が解決しなくてはならないと感じてゐる問題から,それを一番効果的に研究してゆくに適した手段をもとめてゆくのである．偶然に與へられた，過去からゆづりうけた器械に適する問題をきがすことは，やゝもすると觀測の集積自體を目的とする様なことになる．この態度はこの様な傾向の極端な代表者の“あなたは器械をねかしておくんですね”といふよくひかれることばに表はれてゐる．現に持ち合せの器械的並に精神的補助手段を如何に充分に計畫的に配備すべきかの課題は，結局理想の要求と可能な實現とを協調させることに存するし,大きな問題の解決に適してゐると思はれる研究者に,彼が必要と感する手段を提供することにある．かつ又持ち合せのものは之をそれ自體の爲に保留することなく，むしろそれが利用しうる限りに於て常に新らしい問題の爲に役立たせるに存する．

物　理　學

P. Debye, Berlin

その十年のあひだの發展において現代物理學の一般的特徴をなす所の多くの新らしい概念を提出した量子論は，三十五年まへ Planck が自分の新らしい輻射式をドイツ物理學會で發表したときに基礎をおかれたのである．

Boltzmann が，輻射は Maxwell の電氣力學の法則から導かれる所の壓力をその容器の壁に及ぼすといふ事實から，黑體輻射の全エネルギーは有限であつて絶對溫度の四乘に比例せねばならぬといふ Stefan の法則を理論的に基礎づけたのは，既に 1885 年のことであつた．そして，1893 年に W. Wien は，輻射の壓縮のときに光學の法則によつておこる波長のかはりを正確にしらべて，ある溫度で觀測したスペクトルの種々の波長にわたるエネルギー分布から，他のすべての溫度における分布を知ることのできる變位則なるものを導いた．しかし，そのときは吾々がこの場合出發點とすべきであつたところの原理がかけてゐた．この原理を發見することに成功したのが Planck であつた．　彼は幸運にも，いづれもたゞある制約のもとにのみ成りたつ二つの法則性，即ち Rayleigh-Jeans の法則と Wien の法則とを結びつけることができた．かくして一般的な輻射式が發見され，そしてそれはその後根本的な法則であることが證明されてきたのである．しかし輻射式そのものよりは，むしろ統計論からみてその基礎づけにかくことのできないと Planck が考へたところ根本假定そのものが，吾々の物理學的考へ方の改造をみちびいたものなのである．

Planck によれば，一つの振動子からとりだしうるエネルギーは勝手に小さくは成れなくて，ある有限のエネルギー量子としてのみとりだされ，かつそれは振動子の自己振動數に比例するのである．こゝにはじめてその比例常數として作用のディメンジョン（エネルギー×時間）をもつた一つの新しい自然常數 Planck の作用量子 h があらはれた．この作用量子にもとづく偉大な影響は，ふだんむしろ客觀的で冷靜であつた Lorentz が 1927 年自分の名を冠したメダルをはじめて Planck に授與したときにのべた次の語で特徴づけられてゐる．“今は二十六年も前のことだが，誰も興味をもたす結果をひきだすことのなかつた一つの考へが貴下に思ひつく様にさだめられてゐた．貴下は貴い寶石を見出された．その光は暗い祕密にみちた背景をあらゆる方向にすゝみ，それまで思ひもよらなかつたもろもろの關係を認識させ，非常に離れた領域をもてらしだした.”

實際まづ最も重要な結果といへば Einstein がこの Planck の式を物質の振動子に應用し，ついで Debye が固體の彈性自己振動にうつし，なぜ又どの様にして比熱は絶對零度に近づくに

つれてへつてゆくのかを説明したことである．又 Nernst の熱定理も量子の作用として説明され，Einstein はエネルギー量子の考へを直接應用して光電効果の法則を知ることができた．Bohr は作用量子のたすけによつて古典電氣力學に矛盾する Rutherford の原子模型を生かし，それによつて同時にスペクトル系列の大きな領域と化學元素の週期律とを理解できるやうにした．

しかしこれらすべては Planck の作用量子の本來の意味をはつきり認めることなくしてなされたのであつた．如何に大きな困難がこゝに進歩をはばんでゐたかは Einstein の輻射の統計的ゆらぎに關する二三の考察から特にはつきりあらはれた．Boltzmann によるエントロピーと確率とのむすびつけをもとゝしてこのゆらぎに關する説明が可能となつたので，輻射のエネルギーとエントロピーに關する Planck の表現はいまや確率的見方の出發點となることができた．そして輻射が獨立なエネルギー量子 $h\nu$ からなるとみなしたとすれば，輻射空間の一つの部分におけるエネルギーのゆらぎは氣體でみたされた空間の一部分における分子數のゆらぎと全く同樣に計算されなければならないといふことが明らかになつた．しかしこの結果はいつもなり立つといふわけではなく，たゞ Planck の完全な輻射法則が前にのべた Wien の近似法則でをきかへられうるやうな高い振動數の極限にだけあてはまるのであつた．Planck の式が Rayleigh- Jeans の法則に歸するやうな長い波長の極限では，ゆらぎは丁度光の波長の重合や干渉によつておこされるのと同樣であつた．

波か光量子かの問題はそれ故十年前においては物理學者達を不安ならしめた難問題であつた．一方には多くの光學的干渉現象が電磁波のかさねあはせとしておどろくほどよく理解されたのに，他方輻射を，例へば光電効果に於ける如くに，一つ一つ突然にその全エネルギー $h\nu$ を一つの電子にあたへる光量子のながれとして解釋することも亦簡單かつ魅惑的であつた．

丁度このときにあたつて一つの新しい衝撃が與へられた．それは即ち Compton 効果（X線の散亂するとき波長がのびること）の發見であつた．これによつてはじめて光量子は一層實在的のものとなつた．といふのはそれはもはや Einstein がまへに示したやうに，たゞ理論的にだけではなく，吾々が光量子について考へるときは，みぢかい時間だけ開かれたすきまをとほつた光即ち前後をきられた光の束についてしられてゐたとおなじく，エネルギー $h\nu$ だけではなく同時に運動量 $h\nu/c$ をも光量子に與へなければならないといふことが實驗的に示されたからである．即ち Maxwell の理論によつて示されるやうに光の束は吸收が行れるとき，たゞそのエネルギー量 E をつたへるだけでなく光の壓力として實驗的に證明される力積 E/c に相應する力學的衝撃を生ずるのである．實際X線の散亂のときの Compton 効果における波長のかはりは大いさ及び方向性については古典力學で二つの球の完全に彈性的な衝突をとり扱ふのと全く同じやりかたで，光量子と電子との衝突にエネルギー法則と運動量法則とをつかつて説明することができる．なほかう考へると光量子のかたよりとかはりとが起るとともに電子にきまつたむきと大いきの反動があるはづなのであるが實際そうであつて，そのうへなほ大切なことは Bothe 及び Geiger が實驗的に示したやうに，散亂された光量子と反動の電子とが同時に現れることなのである．これによつて，Bohr, Kramers, Slater が波動説と粒子説とをとけあはさうとしたこゝろみは失敗に歸したのである．といふのは彼等はその目的にいたるためにエネルギー及び運動量の保存則の妥當性を，勿論多くの過程の平均にではないが，ともかく一つ一つの過程については犧牲にしなければならなかつたからである．けれどもとにかく自然に於て，輻射があるときは波のやうに，又あるときは粒子のながれのやうに作用することができるといふ根本の困難は，依然として解決されないまゝであつた．

この矛盾によつてこの世紀のはじめに Einstein が，そして更に後にわけても de Broglie が，自然にはある相反關係があつて，粒子はたゞ古典力學の質點のやうに取扱はれなければならないだけでなく，おそらくは波の性質をも示しうるのではないか，といふことを問題とするやうになつた．振動數 ν，波長の電磁波 λ は量子として作用するときはエネルギー $E=h\nu$，運動量 $p=h/\lambda=E/c$ の光量子でをきかへられる．これに似せて考へると，それぞれエネルギー E，運動量 p をもつ多くの質點のながれは，振動數 $\nu=E/h$，波數 $1/\lambda=p/h$ の物質の波でをきかへられなければならない．この假定的な物質の波の性質を實驗的にしらべること，即ち物質の波がかさなりあふとき干渉現象をおこしうるかどうかをみることが，勿論一番重要なのであつた．

ところが實際そのとほりだといふことが多くの試みによつて確められた．電子についての試みが最もたやすく成功した．それは電子では普通運動量がわりに少ないので，それに對應する波長もあまりひどく短くはないためである．單色のX線で金箔を透過させたときに，金屬のこまかい結晶構造によつてできるのとまつたくおなじような干渉の環が，陰極線によつてもできる．そして物質波の波長はまさしく $1/\lambda=p/h$ になつてゐる．原子と電子との間の相互作用は，原子とX線との間の作用よりすつとつよいので，電子の波の干渉は Laue のX線の干渉よりつくりやすい位である．從つて陰極線はX線とともに構造の研究，わけても最近に於て實施されうるやうになつた個々の自由分子の構造決定の方面で實際的に大切となつてきたのである．

しかし位相，すなはち波長と振動數とが與へられても，自由な粒子に對する特別な場合の物質の波はなほ永い間はつきりとは特徵づけられなかつた．或る任意な力學系に對應する波の像をきめうるやうな根本的重要性をもつた一般方法がこれらのことについてかけてゐた．そこに，Schrödinger があらはれた．彼はすべての力學の問題を輻射光學の問題とおなじ式であらはすことのできる Hamilton の古典的仕事をおもひおこした．が彼は此處を越えてなほ重要な一歩をふみだきなければならなかつた．Hamilton の式には振動數や波長の考へが入つてゐなかつた．すなはち丁度純粹な幾何光學の場合とおなじく波長が限りなく小さいとみなされ，

從つてそこには干渉の現象もまだあらはれなかつた．體系を物理的に特徴づけるところの，初めはちよつと不思議にみえる Ψ といふ函數を導入することによつて，光學の波の方程式ににた微分方程式を，この函數についてつくることができた．それは古典力學の意味でその系に屬してゐる Hamilton 函數からつくるのである．そして作用量子と振動數とは一般の Planck の關係 $E=h\nu$ でむすびついてゐる．この微分方程式にてらしてみると，原子はそのひろがりがその系に屬する波長と同じくらゐのものだといふことがわかる．したがつて原子をかきあらはすには，古典力學的取扱ひ，すなはち波長を無視できるほど小さいとみる取扱ひでは，もはや充分でないことがあきらかである．Schrödinger は，例へば水素原子には一聯のはなればなれのエネルギーの値 E に對してのみ，全空間で有限かつ一義的な波動函數 Ψ が存在するといふことを示すことができた．從つて Ψ の有限性と一義性とを定常狀態の條件として導き，それによつて古典力學に接穗された以前のつけたしの量子條件はなくなるのである．

一般のスペクトル線のつよさの判定に對して，從つて又ふるい量子論の重要な遷移禁示 *に對していろいろの定常狀態の遷移確率が大きな役割を演ずる．この場合に Bohr は相應原理にたよらなければならなかつた．この原理によると，作用量子が事實上無視できるほど小さいとみなせる極限では，量子論の結果は古典電氣力學の結果と一致しなければならないといふのである．勿論相應原理はしばしば大いに强力なてだてとなり，Kramers が正しい分散の理論を發展させることに成功したのも，この相應原理の助けによつたのであつた．そして Kramers と Heisenberg は，特にすでに Smekal によつて推測され，後つひに 1928年 Raman によつて發見された非干渉幅射** の可能性をかんがへて，なほこの原理を深めることができたのであつた．そして散亂光の Raman 効果の研究は，分子のなかの原子の振動狀態をきめる大切なてだてとなつた．しかしこの原理では，その性質上一義的にはきまらないやうな外挿をしなければならなかつた．そこで今度は遷移確率を一義的にきめるために一體又どのやうにして各々の定常狀態の Ψ-函數が用ひられるのかといふ問題がおこつた．Schrödinger の考へは 1926年にはぢまつてゐる．すでにその一年まへに遷移確率の一義的決定をなし，なほ Born, Jordan, Dirac によつて發展せしめられてそれだけで完結したものであることのわかつた一つの量子理論が Heisenberg によつてつくられてゐたといふことが，急激な進歩と Ψ-函數の正しい解釋とにたいへんに重要であつた．かくして Schrödinger は簡單な式で遷移確率を計算するためにはどう Ψ-函數を應用したらよいかといふことと，Ψ-函數を用ひて Heisenberg の理論のもつすべての形式性をうまくあらはすにはどうすればよいかといふこととをしめすことができた．

かうして量子化の問題は一つの一義的な數學的にやさしい形にもちきたされ，その方法の應

* Übergangsverbote　** Inkohärente Strahlung

用はとっつきやすいものになつた．多くの古い問題があたらしく式であらはされ，又いろいろ以前の不完全な方法のためにおこつたあいまいの點はのぞきさられた．だが物質の波動性は 1928 年 Gamow や Gurney, Condon がみつけた Geiger-Nuttal の關係の說明に於て特に見事に示された．この關係によるとα-粒子をだす放射性元素の崩壞常數と，α-粒子の射程，從つてその元素のエネルギーとの間には一つのつながりがあるのである．もし核を，あたかもポテンシヤルのくぼみのやうに考へ，その中ではポテンシヤルは中心からとほのくにつれ，最初はふえてゆき，最大となり，それからなほ中心からの距離がますと，最後はへつてゆくとすると，（とほいところでは Coulomb の法則にしたがつて）運動のエネルギーが古典力學によるポテンシヤルの最大値より小さいやうな α-粒子は，決して核からはなれることはできないはづである．即ち核は安定なはづである．　しかし波動力學では光の全反射のときとおなじやうなことがおこるのである．即ち，よく知られてゐるやうに光の波動說によれば，全反射をする媒質の中へも，いくらかのエネルギーは入つてゆくのであつて，丁度それと同じやうにくぼみのなかの粒子の函數はポテンシヤルの最大値がその粒子の運動エネルギーより大きいときでもくぼみの外でなほ有限の値をもつてゐるのである．Ψ 函數の振幅は確率の振幅と解すべきだといふことは Heisenberg の量子論と Schrödinger の理論とをくらべてみるとき特にはつきりとする．それによれば粒子の波動函數の絕對値の平方はその粒子の，平方のつくられたその場所にあることの確からしさのめやすになるのである．從つて前にのべたやうな狀態でα-粒子の Ψ 函數が核の外でもなほ有限の値をもつてゐるといふ事實は，α 粒子が古典力學の意味で核をとびだすに充分な運動エネルギーをもつてゐなくてもある確率では核をとびだせる，即ち放射能をもつてゐるといふことで說明しなくてはならない．　このやうにして Geiger-Nuttal の關係をたゞ質的にだけでなくなほその數學的形に從つて，いはば物質の波動性の實證として解釋することが成功したのである．

もとのかたちの量子論では電子をまづ第一に要素電荷として用ひたが，やがてまもなく發展のこの時期にいたると，電子もやはり一つのこみいつたつくりのものであることが明らかになつてきた．スペクトル線を詳しくあらはすには三つではなく四つの量子數が必要であつた．そして二三の不充分な試みによればその四つの量子數の原因は電子そのもののなかにもとめられねばならなかつた．これは 1925 年 Uhlenbeck と Gousmit とによつてはつきりしめされた．すなはち彼等は電子に對して電荷のほかになほ一つのねぢり（スピン）と，それに伴なふ磁氣能率とをあたへたのである．古い理論のこの點はいま波動力學にとつても亦非常に重要なのである．このことは Heisenberg や Dirac が 1926 年にヘリウムの問題，即ち一番簡單な多電子の問題をあつかつたとき，特にはつきりとした．まづこの問題にはいはゆる交換縮退といふ概念が基礎的な意味をもつてゐる．まづ第一近似として，二つの電子の間の互の作用を考へないとすれば，兩方の電子の座標をふくむ一つの波動函數から兩方の電子の座標をとりかへつこする

だけで別の同等な波動函數をつくることができる，そしてこの二つの函數は同時にその系のおなじ一つのエネルギーに屬してゐるのである．このことが交換縮退といふ名であらはされる．次の第二近似で二つの電子のおたがひの影響を考へにいれると，いままでおなじエネルギーの二つの振動狀態であつたものが二つの新らしいもはや別々のエネルギーをもつた振動狀態にわかれるといふことが明らかになる．これは古典力學における合成された振子，いはゆるsympathisches Pendel の問題の場合とまつたく似てゐる．すなはちこの場合も運動は一つの振動數からわかれた二つの別々の振動數の振動から合成されてゐる．ヘリウムの問題では一つのエネルギー，從つて一つの振動數に對して，電子の座標について對稱な，つまり，二つの電子の座標をとりかへても符號をかへないやうな固有函數が屬してゐる．これに反して別なエネルギーに對しては電子の座標をとりかへると符號がかはるやうな逆對稱な固有函數が屬してゐる，ちよつとみるとこれでヘリウムの問題は本質的には解けてしまつたやうにみえるかもしれない．といふのはヘリウムにパラとオルトとの二つの狀態がなければならぬといふ線スペクトルの實際からの要求に對應して，ヘリウム原子のお互にむすびつかない（遷移確率なる）二つの狀態をあらはしてしまつたからである．

けれどなほよくみると，これはPauliの原理に矛盾する．Pauliの原理といふのは1925年に初めてたてられたもので，元素の週期律の構造を理解するのに缺くことのできないものであつた．もとの形では“一つの量子狀態はたゞ一つの電子によつてしめられうるのみである”といふのであつて，波動力學では“電子にはたゞ逆對稱な固有函數だけがゆるされる”といふ風にのべられる．それ故之によると前にもとめた對稱な固有函數の狀態は除かれなければならない．從つてどこに困難の解決をもとむべきかといふこともあきらかである．Pauliの原理で一つの量子狀態といふのは四つの量子數できめられる狀態である．だからヘリウムの問題の困難は，位置の座標のほかに電子のねぢり（スピン）を考へればなくなつてしまふのである．實際“ねぢり（スピン）の函數”をつけくわへると，まへにのべた二つの固有函數からつねに四つの固有函數の二つのくみをつくることができる．すべての座標についてかんがへて，電子をとりかへつこするとき，第一の組は對稱的であり，第二の組は逆對稱的である．そして後者だけがPauliの原理によれば，自然において實際に存在しうるのであるが，しかし電子のスピンを導きいれたいまとなつてはそれは充分實際の要求をみたしてゐるのである．即ちそこには位置座標について對稱な一つの波動函數，これらの座標について逆對稱であるが對稱なスピンの函數といふ點でのみ區別され三つの別の函數と共に存在するのである．それ故結局ヘリウムには單一系に對應するパラの狀態と三重系に對應するオルトの狀態とがあること經驗のしめすとほりなのである．勿論電子のねぢり（スピン）をみちびくことによつて，ヘリウムの問題は原理的にはとけたものとして取扱はれるのであるけれど，このねぢりの取扱ひ方がどうもやつぱり非常に表面的であると考へないわけにはゆかなかつた．こうした不滿足な狀態は1927年電子のスピンの概念を電子論へ有機的におりこむことに成功するまでつゞいた．Diracが電子をかきしるすべき相對論的に不變な方程式の二つの系をたてることによつてこれに成功した．そしてその方程式の系から電子が實際スピンの作用をもつてゐるといふことが示されたのであつた．それからのちスピンによつて制約された光の波のかたよりの類似物を物質の波に於てもみいだそうとしてなされたいろいろの實驗はこの點にむすびついてゐるのである．

ヘリウムの問題の取扱ひと電子のとりかへつこの概念を導きいれたことは，化學的結合を原理的にときあかすといふ更に大きな進步に對して手本となつた．この種類の最初のものとして1927年Heitlerと Londonとによつてあつかはれた最も簡單なこれに屬する問題は水素の分子をなしてゐる二つの水素原子の結合の問題である．まづ二つの水素原子を互に遠くはなしてをいて考へれば，電子はとりかへつこができるといふことから同一のエネルギーに對應する二つの波動函數が存在する．それらの一方の波動函數では(1)の電子が(a)の核に，(2)の電子が(b)の核にむすびついてゐて，もう一方の波動函數では(1)の電子に(b)の核が(2)の電子に(a)の核がむすびついてゐるといふことで，互に違つてゐるのである．次に第二近似として互ひの作用を考へるともとの二つの波動函數から，ヘリウムの問題のときと同じやうに，電子の座標について一つは對稱，一つは逆對稱なちがつたエネルギーの二つの新しい波動函數がでてくる．電子のスピンをかんがへなかつたとすれば，第一のものはPauliの原理によつて存在することができない．しかし二つの電子に逆むきのスピンをあたへれば第一の波動函數もゆるされる．大切なことはそのエネルギーが互にはなれてゐる水素原子のエネルギーとちがつてをり，それは核の間の距離がへつてゆくにつれ負の最小値をとり更に近づくとまたふへてゆくといふことである．それ故最小値をあたへる距離になるまでは核が互に近づくにつれエネルギーを出すことができるのである．この今問題になつてゐる餘分のエネルギーは原子の間のCoulombの交互作用に對應するものと，核の間がはなれると指數的にへつてゆくが近いところでは波動力學上の交換作用に特別大切になるやうなものとの二つの部分からなりたつてゐる．こんな風にして波動力學は，すでにLewisやLangmuirが豫感したやうに，二つの電子が同時にあづかつておこる化學的な結合の力をその獨特の方法をもつて解釋することができるのである．

上にのべた第二の逆對稱な波動函數は，核のあひだの距離の函數としてみるとき如何なる原子の結合にも對應しないやうなエネルギーの値をもつでゐる．すなはちその波動函數は有效な化學反應にはならない衝突のやうな場合の電子の分布を示してゐるのである．

波動力學はなほ進んで，もつと電子の數の多い原子をあつかひ，特に例へば有機化學でたいへん大切な原子價の空間的方向を解釋することを試みた．そして勿論簡單に化合物の可能性を計算できるといふ意味ではないが，實在する分子の存在とそのエネルギーの關係とを多くの場合に定性的に理解することができるといふ意味に於てその試みに成功したのである．

これらの適用にあたつては，つねに波動函數の對稱性及び逆對稱性に關することが，電子のスピンを根本的に考慮することとともに問題になるのである．おなじ問題が分子の廻轉についても核のスピンを考へるとき重要であることは，帶スペクトルの强さの變化と H_2 の廻轉比熱の溫度によるかはりとによつて實證的に示される．そしてこの考察に關聯して Bonhoeffer, Harteck 及び Eucken はオルトの水素からパラの水素を實驗的にわけることに成功した．他方帶スペクトルの强さの變化の定量的な觀測は核のスピンをきめる重要なてだてとなつた．

最後に統計にとつてもある系の波動函數の對稱性といふものはたいへん大切である．その一番きれいな例は Sommerfeld の金屬電子に關する新らしい理論である．金屬の中の電子にも原子の電子の場合と同じやうに Pauli の原理があてはまると假定し，從つてもし金屬片全體を**一つの系**とみなすならば，粒子は互に區別することができ，位相空間の一つの場所を勝手にかさなりあつて占めることができるといふ Boltzmann の古典的統計は變更されなければならぬ．それ故絶對零度でも電子が皆位相空間の一つの場所に一緒になつてしまふわけにはゆかない．之に反して位相空間中の體積 h^3 の場所には後にスピンを考へにいれることによつて二箇の電子をいれることができるのである．この結果絶對零度においてそれぞれの原子のもつてゐる電子エネルギーに相當してそれだけの零點エネルギーのあることがわかる．そして溫度があがると電子はもつと高いエネルギーの場所にうつる．しかしこの現象は Boltzmann の古典的統計のなりたつ粒子のエネルギー現象よりはすつと少しのエネルギーのましを要するだけである．こゝに問題になつてきたやうな統計とその分布函數とは 1926 年 Fermi と Dirac とによつて發展せられた．それは對稱的波動函數だけをとりあげる Bose-Einstein 統計の分布函數に對立するものである．Bose-Einstein 統計では粒子の區別はできないと考へるけれど，一つの場所に一緒になることは禁じないのである．Fermi-Dirac の統計を金屬の電子に應用して古典理論ではどうしてもとけなかつた困難をとくことができた．その困難といふのは實驗上何のよりどころもないのに理論的に電子の比熱が原子の比熱の半分になるといふことである．金屬電子に關する新らしい理論の多くの成果は，その基礎に少しの疑ひをもゆるさぬのではあるが，たゞ超電氣傳導の問題一つだけがまだ未解決なのである．それ故これにはあらゆる方面から努力する必要があるのである．

Heisenberg の量子力學と Schrödinger の波動力學とが一緒になつて，自然におけるいろいろの實驗の結果を，觀測に對應して記述することのできる一つの體系ができあがつた．しかしこの記述は，決して古典力學において自然現象の完全な說明に課きなければならぬと信じてゐたやうな條件をみたしてゐはしないのである．たとへば原子が一つの定常狀態から別の定常狀態にうつつて光の波をだすときでも，そのときに電子がどんな運動をするかなどといふことはこたへられないのである．或はまた光電効果の場合に，電子が光の波によつて突然 $h\nu$ のエネルギーをもつてその金屬からとびだすとき，電磁場がどんな具合に

次第に電子のはやさをつくつてゆくのかはつきとめられないのである．吾々はとくに Bohr と Heisenberg との研究によつて，そのやうな古典力學的方法に特有の空間的記述といふものが，物理學の課題をはたすためには現實に適合したものでもなく，又適合する必要もないといふ考へをするやうになつた．この新しい立場の必然性の原因は，觀測といふこと自身がその觀測されてゐる現象に無視することのできないやうな影響をあたへるといふ，以前には充分評價されなかつた事實である．Heisenberg の不確定性原理によつて，このことがらに對する Planck の作用量子の根本的意味が公式化された．量子力學がなりたつとすると，このことは不確定原理によれば，たとへば一つの電子の位置はいくらでもきつかりきめることできるが，同時にその速度も充分詳しくきめることは自然においては不可能であるといふことなのである．同樣に速度を充分詳しくきめれば位置は勝手にいくらでも詳しくきめることはできないのである．量的にいへば，位置座標とそれに屬する運動量の決定の不たしかさはそれらをかけたものがいつも $h/4\pi$ をこえないやうになつてゐるのである．この事實は，實驗家には，いはゆる γ-線顯微鏡の思考實驗によつてわかりよくなる．すなはち γ 線顯微鏡ではできるだけ短い波長の γ 線をつかふことによつて位置の決定の精度をあげてゆくことができるが，そのかはりそれと同時に波長がみぢかいために，つたへられる運動量も大きくなるのである．位置と運動量とを同時にきめようとするときの不確定性は，普通の空間座標だけでなく，一般化された意味の座標と運動量とにもあてはまるのであつて，實に根本的意味をもつたものなのである．この展望のかぎられた紙面でことがらをもつともよく特徵づけるため，Heisenberg がノーベル賞講演でのべたつぎのことばを以て終らうと思ふ．即ち“古典物理學では，吾々は客觀的現象を吾々の認識から原理的にみちびきださうと試み，從て觀察する事象に對して觀測の及ぼす影響を考慮することはあきらめるのである．それ故古典力學は觀測の事象に對する影響が無視できないやうになるところにその限界があるのである．之に反して量子力學は原子的現象の取扱ひの可能性をその時空的記述と客觀化とをある程度あきらめることによつて獲得するのである”．

量子力學は Planck が作用量子をみちびいたそもそものはぢまりからいつも，古いありきたりのものでは解釋することのできないやうな實驗の事實によつて深い影響を吾々にあたへてきたのであつた．今や吾々は再び新しい最も活潑な實驗的活動の時代にあるのである．新らたに今まで達することのできなかつた絶對零度近くの溫度の領域が試みられるやうになつた．宇宙線に於ては非常に大きなエネルギーの光量子が見出された．又一聯の新しい要素粒子が發見され，核の反應が導かれ，新しい未知の元素が人工的に作られ，輻射の物質化と物質の輻射化とは實驗的に觀測ができるやうになるだらう．思想的にも實驗的にも，この短い陳述でも明らかなやうに，問題はいくらでもあるのである．物理學者は正に次の十年間には自然への認識と支配とが今までの十年間におとらぬ步調で發展してゆくだらうといふ希望をもつて進むことができるのである．

原子化學

Otto Hahn, Berlin-Dahlem.

Lothar Meyer, Mendelejeff の元素の週期律の發見は前世紀の化學研究の上の偉大な足跡である．元素を原子量の順に列べると，一定の週期的性質を示すことから，一つの週期律ができ上る．この週期律によつて，その中で缺除してゐる所が判明し，更に未知の元素を推定する事ができる．Mendelejeff が豫言した新元素の性質が基になつて，その後程なくいくつかの新元素が發見された事は人の良く知る所である．

然し乍ら元素が正確に幾ら存在し得るものかは確かにはわからなかつたのであるが,Moseley が 1913 年に元素のX線スペクトルの中に規則性があることを發見して漸く知られるに至つた．元素は全體で水素からウラン迄 92 しか無いと云ふ事がこの規則性によつて證明された．元素總てに番號が付せられてゐて，その番號によつて，週期律の中の各元素の位置が明白にきめられてゐる．Rutherford-Bohr の原子模型(1911—13 年)の說の現はれるに及び，この番號が何を意味するかも說明されるに至つた．それによると，元素の原子は，その原子にほゞ等しい質量を持ち正の荷電をもつた核と，この核の周圍を速かに運動し，核の電荷を中和する負電子とから構成されてゐる．この殼電子は核の化學的性質を決定するものであるから，殼電子の數と，それと等しい正の核荷電は週期律の中の元素の位置を明白に表はすものである．

原子核の直徑は全原子の直徑の約一萬分の一である．原子核の容積はその原子の容積に比すると省略し得る程度である．

存在し得ると考へられた 92 の元素の中で Rutherford-Bohr の原子模型の考へられた當時は 43番, 61番, 72番, 75番, 85番, 87番, 91番元素の七つの元素が缺けてゐた．此等の中で,今迄に Coster, von Hevesy によつてジルコニウムと同族のハフニウム(72), Noddack 夫妻によつてマンガンと同族のマズリウム(43), とレニウム(75),Hahn 及び Meitner, Soddy 及び Cranston によつて放射性アクチニウム族の母體であるプロトアクチニウム (91) の四つの元素が發見された．91番元素の非常に短かい壽命の同位元素は Fajans, Goering によつて既に „Brevium“ として確認されてゐた．今の所 61番 (稀土元素)と放射性元素と推定される 85番 のエカ沃素と 87 番のエカセシウムとが發見されてゐない．

最近，此等の元素に又更に一つ付け加はつた．それは中性子であつて，水素と同じ質量を持ち，而も核荷電は零である．それによつて,週期律は次の様な結論に到達した．(この結論は後で分るやうに決定的なものではない)． 中性子は云はば帶電してゐない裸の原子核であつて，その爲に中性子は他の元素より特別に異つた性質を持つて居るのである．中性子は遊離した狀態で自然に存在すると云ふ事はないと思はれる．之は總ての原子核の一成分であるが,普通の水素は例外であつて，水素の原子核—所謂プロトンは總ての原子核の第二の基本的構成要素である．

總ての原子核はプロトンと中性子とから成立つてゐる事が今日では知られてゐる．プロトンは正に帶電された水素核であるから，プロトンの數によつて核荷電がきめられ，プロトンと中性子との和によつて原子量が決定される．この事から直ちに所謂同位の原子種の存在する事が理解される．換言すれば原子番號が同じ（從つて同じプロトン數）であつて，その爲に明かに化學的性質は同一であるが，中性子の數を異にする原子が存在する事が理解されるのである．大抵の化學元素と云ふものは，その同位元素の少くとも二つ，時にはその全數の混合である事が確められた．酸素の原子量を 16 とすると，一般元素の原子量は整數に非常に近いが決して整數にはなつてゐない．例へば錫（原子番號50）は 11 種類[1]以上の原子種を含んで居る事が知られてゐる． 錫の最も輕い同位元素の原子量は 112 で最も重いのは 124 である． この様に質量の差の著しいのはプロトンは同數でも，自由に入り得る中性子の數の異るためである．輕い元素ではその同位元素は三つ以上は知られてゐないが，又例へばカドミウム（48），テルル(52)，クセノン（54），水銀（80）の様な元素では非常に多くの同位元素が存在する．

この様に，より小さい質量から，より大きい質量に至る迄の同位元素が出來るのは原子核が一つ或ひは多くの中性子を取つた爲であると考へられる．しかも吾々の化學基本物質の多數の原子種は恐らく灼熱されて融けてゐたこの地球が凝固する以前に存在してゐたので，同じ元素の原子は均一に混り，從つて自然界で今日見出される元素はその同位元素の組成が一定してゐる混合物である．

同位元素に於ては核荷電によつて決まる性質は互ひに等しいが，核質量によつて左右される性質は異る．それ故に，その質量の大きさによつて荷電體の電場，磁場によるそれが決まる．質量分光法によつて，元素の同位元素の組成を決めるのは，此等の性質の違ひが利用されるのである．

同位元素が放射性であるときは,その區別は一層顯著である．ラヂウムとメソトリウムは同位元素であるが，ラヂウム（原子量 226）は α 線を放射し,その半減週期は 1500 年である． メソトリウム（原子量 228）は β線[2]を放射し， 6.7 年の半減週期で崩壞する． プロトアクチニウム（原子量 231）は α 線を放射して，その半減週期は 30,000 年である．その同位元素ウラン Z（原子量 234）は 6.7 時間で半減し，β 線を出す．

實際また原子核の種々なる構成が核反應に於て明かにされると云ふ事は期待されていゝと思は

1) 錫の同位原素は今日 10 種類として知られてゐる．(譯者)

2) メソトリウムや他の β 線放射性元素より出るβ線は個有の核構成部分とは云へない．原子核外にβ線が出ることは核内で中性子がプロトンに轉化したことを意味する．

れる.

特性的な光のスペクトル及びX線スペクトルから外部電子殻の構成について結論が得られたやうに，原子核から放射されるγ線の研究からも亦原子核の構成についての說明が得られると期待せられた．實際，核が特性γ線スペクトルを出すことが證明されるに至り，任意の核の可能なる勵起狀態を推測する事が出來る樣になつた(Meitner).

自然に見出される安定な元素はその同位元素の組成が常に一定してゐる混合物であると云ふ規則性があるが，その內二三の例外があつて，例へばウラン鑛石やトリウム鑛石には放射性元素ウランやトリウムの最後の崩壞生成物で原子量が206と208の鉛の同位元素が含まれてゐる．此等の鉛は鑛物の中で，その結晶生成後に出來たもので，普通吾々の云ふ鉛と最早まぢらないものであるから，この鉛は今日放射性鑛物や此等の鑛物の發見される地層の壽命を決定する重要な手がかりである．放射性の鉛の生成の速度は勿論正確に知られてゐて，ウラン，トリウムの含有量のわかつてゐる鑛物の中のウラン鉛とトリウム鉛の量を分析して決定すると，崩壞反應の時間を直接求める事が出來る．從つて鑛石の年齡更に鑛石の出來た地球の地質學的年代が決定される.

安定な同位元素の數は化學元素の數より自然遙かに多いものである．約260が今日知られてゐるが，更に又なほ，二三は附加はる事と思はれるが，確かにもう其程多くは加はるまい．同じ化學元素の同位元素群の質量の差が一定質量以上になると，それらの中の最も輕い同位元素或は最も重い同位元素は其儘で長く存在する事は出來なくて，正又は負の放射線粒子を放射して徐々に安定な原子に移行する(以下人工放射の項參照).

一つ又は二つの中性子が附加されるとき，それが全體の質量の大部分に相當する樣な原子番號の非常に小さい元素に於ては，同一の元素の同位原子群は化學的性質が同一であると云ふ說はそのまゝ當てはまらないのである.

水素に就て，この相違が最も著しく認められる．1932年にアメリカの化學者 Urey が Brickwedde, Murphey と共に質量2なる水素の“重い”同位元素を見出した．この“重い水素”は質量1なる普通の水素に 1:5000 の割合で混つてゐるのであるが，電氣化學的方法によつて短期間に重い同位元素を多量に得ることに成功した．今日では殆んど 100%の純度の重水を1グラムにつき數マルクの安價で買ふことが出來る.

水素の同位元素では，その相違，特にその物理的生物學的性質の差異が甚しく殆んど二つの異つた元素とも云へる位である．實にそれらの質量は互に 100%違つてゐる．あらゆる自然科學の部門に於て種々なる方向から重い水並びに他の水素化合物に對して熱心な研究が續けられてゐる．1934年だけでも，200以上の研究が發表された.

普通の水の密度は 20°C で 0.99998，重水のは 1.107，普通の水は 0°C で凍り 100°C で沸騰するが重水は +3.82°C で凍り 101.4°C で沸騰する．普通の水があらゆる生命現象に對して，

必要かくべからざる要素であるに反して，重水はそれに抑制的に作用する許りでなく，下等動物には毒であることが證明された.

質量2であるこの水素はデューテリウム（Deuterium）と呼ばれるが——この外に更に重い質量3の水素も知られるに至つた．之は質量分光法によつて，重水中に 1:20,000 の濃度で認められた．それ故に普通の水の中には $1:10^9$ の割合で含まれてゐる事になる.

質量2の水素同位元素の核は一つのプロトンと一つの中性子よりなる最も簡單な結合である．プロトンと中性子の原子量は等しくて，酸素 16=16[1] に對して 1.008 と思はれる．然し重水素 $\overset{2}{H}$[2] の原子量は二つの和の 2.016 でなくて，2.0136 で幾分小さいものである．即ち二つの基本要素の核が互に結合して重水素になるときに 0.0024 の質量單位が失はれる．この質量に相當する量が光エネルギーに變する．この當量關係を數式で表すと，エネルギー = 質量×(光速度)^2 であり，光の速度は 3×10^{10}cm/sec である．非常に大きいエネルギー量がこの樣に非常に小さい質量の差に對應する．故に吾々が普通に見る化學反應では質量の減少が極めて僅かである爲に殆んど測定にかゝらないのであるといふことが理解される.

原子核內の反應やかゝる核反應で遊離されるエネルギーに就ては別問題である．例へば放射性元素より出る波長の短かいγ線のエネルギーは大變大きいから重水素のプロトン-中性子の核結合を離し，之を二つの基本粒子，プロトンと中性子とに分離することができる．それに必要な附加されるべき 0.0024 質量單位はγ線のエネルギーに依つて與へられる．この反應は Chadwick，及び Goldhaber によつて實際に觀察され，それにより重水素核は一つの中性子と一つのプロトンより出來てゐる事が實驗的に證明された.

水素核 $\overset{3}{H}$ に對して示された事は總ての原子核に對しても當てはまる．即ちその原子量は常にそれを構成するプロトンと中性子の和より小さい．この質量減少はその原子核がプロトンと中性子から生成されてゐる場合，これら核の結合エネルギーに相當する．遊離狀態のプロトン及び中性子は約 1.008 の原子量を持つてゐるのであるが，其等がより重い元素の原子をつくる場合，1.000 にほゞ等しい，即ち 1.008 より明らかに低い原子量を以つて入り込む．故に比較的高い原子核の生成では非常に大きいエネルギーの放出を伴つて質量が減少する．化學者が今迄の方法で核の變換に成功しなかつたのはこの事によつて說明される.

今日ではプロトンと中性子とから元素を生成することは實驗的に說明された事となつてゐる．十數年以前既に Rutherford は窒素，アルミニウム，燐のやうな多くの比較的輕い元素に放射性物質より出る非常に強いα線を衝てて，之を崩壞し，其等からプロトン即ち水素核を取出

1) 酸素 16 或は $\overset{16}{O}$ は質量 16 なる純粹の原子であつて，化學原子量で云ふ O=16 とは異るものである．自然に存在する酸素の同位元素の混合物を化學原子量 16 と定義するのである．それは 99.8% の O 16 と 0.03%の O 17 と 0.17%の O 18 を含んでゐる.

2) 重水素は $\overset{2}{H}$ の代りに今日では Deuterium の D が用ひられてゐる．(譯者)

すことに成功した．正の核荷電が高まれば高まる程正荷電のα粒子を反撥する力が強くなり，正のα粒子を完全に核の中に飛び込ませることを防ぐ爲に，比較的重い元素では上記の破壞が出來ないのである．

一方，中性子が核構成要素のもう一つの群である事が，今まで明らかに人工的原子變換の研究のみから觀察されて來た．Bothe, Becker, Curie, Joliot 等のα粒子（He 4）によるベリリウム(Be 9)の爆撃の研究に從つて，Chadwick は 1931 年に中性子の出る事を明かにした．ベリリウムの核がα粒子を取入れる結果となり，それにより普通の炭素（C12）の原子が生じ，中性子が飛出すのである．

α線を衝突させるとプロトンを出す元素，例へば上にあげた窒素，アルミニウム，燐等の元素に於ても亦プロトンを放射する以外に中性子を放射することが觀察された．上述の元素にα線を衝てると二通りの核變換をなす．**中性子**の放出に導びく變換に於ては，すぐに安定な原子が生するのではなく，不安定な原子が生する．それから後それ自身で安定な原子に變化する．その際に放出する線は，1933年に初めて透過力の強い宇宙線に於て見出された正の電子即ち所謂陽電子である．

この人工放射能元素を最初に觀察し，その反應過程を說明したのは Curie-Joliot 夫妻の功績によるものである．α線を衝ててこの様な人工放射元素を得る事はカルシウムに至るまでは確實に達せられた．

而も今日殆んど大部分の重い元素から人工放射性同位元素を得る事の出來るのは中性子のお蔭である．

中性子と云ふこの新しい元素が何故かくも長いこと發見せられずに居たかと云ふのは，それが核荷電を持たない事と，從つてこの荷電を中和すべき電子が原子殻にない事によるのである．正常なる化學反應は電子殻の中で起るから，“**裸の**”の原子核としては正常の化學反應は起らないわけである．中性子は荷電のない核であるので，イオン化の作用がない．イオン化作用によつてα線やプロトンの様な荷電のある核はその存在を知る事が出來たのである．中性子の存在は，それが荷電した質量粒子としてイオン化する能力のあるやうな他の原子核に衝突して，その原子核に自分のもつ運動エネルギーを讓り渡すことによつて間接にのみ證明される．

化學にとつて中性子が特殊な意義を持つてゐるのは正しく中性子があらゆる他の元素から異るこの性質に由來してゐる．

比較的重い元素では正に荷電したα粒子は核の場によつて反撥せられて，核內に入る事は出來ないが，荷電のない中性子は容易に核內に入る事が出來る．實際原子の大いさに比して核の極めて小さいときは所謂核への當りはめったに起らないものである．一つの原子(核と殻)の範圍內に入つて來る百萬の粒子の中で正確に原子核の方向にやつて來る確率は僅少にすぎない．然し此等僅かの粒子が中性子であるときは，實際に又核にあたり，此處に最も特異な變化を生ぜしめる事が出來る．

人工放射能元素を得るのに Curie-Joliot が用ひたα線の代りに，荷電のない中性子をかゝる核反應に用ひたのはイタリーの物理學者 Fermi の大變効果的な考へであつた．適當なる速度の中性子ならば，核によつて容易にとらへられる．その結果中性子の質量だけ原子量が增した被衝突原子の同位元素が生成される．又若し速い中性子を衝てると，核からα線又はプロトンを放出せしめて，被衝突原子が持つてゐたより二單位又は一單位だけ低い核荷電を持つた新しい原子が生ずる．同一元素でも中性子を作用させると，三つの異つた原子が出來る．使用された中性子のエネルギーを加減すると變換過程は一定の範圍內で思ふ通りにする事が出來る(Meitner)．その際最も大切なことは中性子を衝てて作る事の出來る新しい原子は總て不安定なものであると云ふ事であつて，此等は放射性であつて，β線を放出して既知の安定な原子に變化して行く．

Fermi とその協同研究者は殆んどすべての化學元素——トリウム，ウランに至るまで——この様な核反應を起させて，人工放射性同位元素を得る事に成功した．緩速度の中性子を必要とする様な核反應もあるが，かゝる場合には Fermi の簡單な方法に從つて，ベリリウムから出る中性子を水やパラフイン等のやうに水素の多い物質の中を通過させる事によつて，中性子の速度を減少させる事が出來る．その時中性子は同じ大きさの水素核に衝突して，その速度の一部分を減じて緩かになる．

多くの放射性原子の變脫速度は一般には甚だ大きいが，數日又は數ケ月の半減週期を有するものも多數見出されてゐる．而も實驗方法によつてはこの様な安定な原子が尙より多く見出されると思はれる．人工的に作る事が出來る數多くの放射性元素によつて利するのは獨り原子の理論的研究だけではなく，此等の物質は將來一般化學にとつても重要な意義を持つやうになるであらう．然し今迄の所，此等人工放射性原子に於て取扱はれる量は化學者の通念にとつて全く想像以上に少いのである．其等の研究は複雜な測定操作でなされるのであつて，而も之によつて，個々の原子を證明する事が出來るのである．物質の測定が驗電器にかゝる位の大きさの强度を得ることは今まで個々の場合にのみ成功してゐるに過ぎない．一般の化學者の研究にも適する位の强度をもつた多數の人工放射性元素が得られる時が必ず來ると思はれる．最も容易に得られる中性子の發生源は今日尙强いα線を出す自然の放射性元素(例へばエマナチオン，或はラヂウム)とベリリウム粉末の混合物である．然し高速度のプロトンの重水素核(Deuteron)を用ひて比較的に强い强度の人工放射性元素をつくる方法が既に見出されてゐる．今後この方向に發展して行くものと思はれる．

此等の不安定な放射性物質が化學にとつて一體どんな實際的意味を持つてゐるのであらうか．又それによつて，眞に化學の知識がどれだけ豊富になり得ると期待出來るかと云ふ質問が出るであらう．

この事を明かにするために自然の放射性原子の意義と用途を述べる事が順序であらう．實際今迄 **自然の** 放射性元素のみが吾々の手に入るに過ぎなかつたのである．

ウラン鑛やトリウム鑛から作られる放射性の此等の物質は廣い意味に於て，化學の廣い分野で研究補助手段として使用される事が認められてゐるのであるが，其等の二三について報告したいと思ふ． 實際に總て化學元素が不安定な放射性原子として用ひられる事が將來如何なる意義を持つかは次に引用する例によつて明かにされる事と思ふ．尙この例の中には人工放射性原子も併用されてゐるのである．

放射性原子が他の安定なるものに比して著しく異る點は，それから出る **放射線** がその物質の檢出に用ひられて，その檢出の感度が實際に高められる事である．放射線の種類と强度の時間的變化から，その放射性原子が何であるかを知る事が出來，而も量的にきめる事が出來る．普通の化學で安定な原子が取扱はれるのと異り，放射性檢出試驗では試驗中に放射線を放射して崩壞して行くものが用ひられる．それ故に放射性元素の絕對的重量は直接問題とならないで，唯測定中にどれだけの原子が崩壞するかゞ問題となる．

多くの放射性原子では單位時間に崩壞する原子の數の全原子數に對する割合は非常に多い．それ故に放射性原子であれば，ほんの微量でも知ることが出來，それにより化學的檢出方法の感度の桁數を多くの場合數桁高めることが出來た．

本來，化學元素の檢出は微量分析化學の方法が絕えず改良されて發達して來たので，判別限度として 10^{-7} グラム，或は 10^{-8} グラムさへも最早珍らしくないのである．多くの元素の分光學的檢出はそれよりなほ遙かに進んで居り，この方法の改良は決して無用の遊戲ではないのである．極く微量の物質の存在してゐるか否かは冶金，裁判化學，就中多くの生命現象に於て重要な意味を有してゐるのであるが，その事は次第に明かにされて來た．10^{-8} グラムの重量でも尙その中に原子は非常に多く含まれてゐる．微量分析化學の方法で直接に檢出し得る 10^{-8} グラムは，鉛ならば 30×10^{12} の原子を含んでゐる．もし **放射性** 鉛原子を用ひるとこの量の 10^4 分の一でも尙强烈な放射性を示す．それを驗電器で測定することも決して困難でない．吾々の檢出方法はこの様に眼に見えない實際に重さのない量にも擴張されて，鉛ばかりでなく，今日ではタリウム（原子番號 81）とプロトアクチニウム（原子番號 91）の間の總ての既知元素に適用される．

簡單な方法で檢出される自然の放射性物質に比して今まで人工放射性原子の量は非常に少ないから，大抵の場合その檢出には複雜な“計數法”が用ひられねばならない．尙この計數法と云ふのは個々の放射線粒子が計數管もしくはウイルソン霧管に記錄される方法である．此の困難さの爲に一般の應用性が阻害されてゐるのであるが，この困難はやがて取のぞかれるであらう．

放射性物質の最も重要な應用範圍は，放射性物質により放射性になる様な化學元素の分析及び

研究である．容易に檢出される放射性原子は檢出し難くい元素の“指示劑”として用ひられる．v. Hevesy 及び Paneth が初めて用ひた指示劑法によつて，化學元素の性質及びその擧動が，從來可能であつたよりも遙かに稀薄の濃度に於ても研究されるやうになつた．

地球化學の問題について，例へば岩石や鑛石の中の非常に微量しか含まれて居ない化學元素の含有量を知ることが重要である場合がある．放射性指示物質を添加することにより之は以前の方法より簡單に且より精密に測定されるのである．若し溶解した鑛石の分離に際し指示劑を加へたのちに，例へば活性度が 80% の沈澱物を分離したとすると，元素の重量を全く問題にしないで，この 80% の活性度と同時に問題の元素も 80% 分離されたことがわかる．

貴金屬や稀土類の様な化學的性質の似た元素の群に對して，分析的分離方法は困難で大抵の場合不確かである．金，白金，イリジウム，の混合物に於て，放射性の金を指示劑として加へて，今迄の分離方法では正確でなかつた個々の沈澱の金の含有量の割合を決定する事が出來る（Erbacher 及び Philipp）．

稀土類の中のあるものは緩やかな中性子によつて大變强い放射能を得ることが認められた．その際生ずる放射性デスプロジウム，放射性ガドリニウム，放射性ホルミウム等の様な，人工同位元素は各々その半減週期を著しく異にするので（v. Hevesy, Sugdan），此等の元素を認知する點からも，分析的分離法に役立つ點からも，疑もなくすぐれたものとして認められてゐる．

中性子をウランに衝てるとき，起る原子的化學反應は特に興味深いものである．Fermi とその協同研究者の研究によると，この時比較的多くの放射性原子が生ずる．此等は互にその半減期によつて明らかに區別されるものである． 就中，13 分の半減期で崩壞する物質はイタリーの學者達の化學的研究によつて，ウランより大きい原子番號を持つた元素の代表者であり，多分 93 番元素であらうと認められた． 然し他方 Fermi の假定は否定され，13分-體はプロトアクチニウム（原子番號 91）の同位元素として說明された．然し乍らプロトアクチニウムの同位元素であるウランZによる指示劑試驗の結果 Fermi の考へが正しいことが疑なく證明される．そして確かに 92 以上の二つ又は三つの異つた元素に屬するところの少くとも二種，多分三種の人工放射性原子が存在する（Hahn及びMeitner）[1]．從つて吾々の元素の週期律は丁度中性子の發見により下の方に一つ擴張された様に上の方に二三の場所を擴張されねばならない．

トリウムの人工的變換生成物に就いても亦指示物質法が用ひられ，生成物の相互關係の說明

1) 最近に至り Hahn-Strassmann により，その中で從來 Ra の同位體と考へられてゐたものが Ba であることが發見され，其後多くの人の實驗によるとウラニウム，トリウムは中性子により Ba, Xe, Te, I 其他原子番號の低い原子が發生することが認められた．而も恐らく此等の原子核は半分位に迄分裂を起すのであらうと思はれるに至り，原子番號 92 以上の元素の存在に就いては現在では大きな疑問が持れてゐる．（譯者）

が容易になつた．原子量 4n+1（nは整數）で表される未知の放射性列が生成される事が實驗的に確められた（Hahn 及び Meitner, I. Curie 及び協同研究者）．

物理化學に於ても放射性指示物質は非常に役に立つた．解離性又は非解離性の金屬化合物の速度論的交換反應，固體及び熔融鹽に於ける位置交換反應，更に又同一金屬內の相互の原子の自己擴散さへも測定し追究された（v. Hevesy）．

後者に於ては指示物質法がその方法の改良を示したばかりでなく，放射性指示物質なくては決して證明され得なかつたやうな現象の研究さへも出來ることを示すものである．

生物學や醫學も放射性指示物質で特別利益を得てゐる．强い放射性同位元素によつて植物や動物の器官の中の鉛，蒼鉛，トリウムの循環の研究が既になされた(例へば v. Hevesy)．又健康な組織や病組織中の此等の元素の分布の研究もなされた．

動物や人體の新陳代謝に重要な元素の作用の研究にこの方法が用ひられる事は最早時間の問題にしか過ぎない．例へば今日既に放射性ナトリウム，放射性燐，放射性鹽素，放射性カリウムの様にその半減期からすると，用ひ方如何によつては實驗に使用出來ると思はれるものも知られてゐる．

放射性の原子の應用範圍は個々の指示物質方法の域を越へて，固態と液態の擔體に於て，その分離と分布からこれら擔體についての推論をすることが出來る様な狀態に迄進んで居る．沈澱物に於ける正常及び異常混晶生成，吸着現象，分裂現象の法則，結晶の內部の選擇吸着，金屬の粒子の大きさの認定及び金屬の絶對的の表面の決定等の問題が自然の放射性原子を用ひて研究する對象となつたのである（カイザー・ウィルヘルム化學研究所）．

終に當り特に放射性原子が用ひられて，而も指示物質方法と本質的に異なる研究分野，所謂“エマナチオン法”*(Hahn)について簡單に述べたい．指示物質法では放射性原子はそれと同じ原子番號の化學元素の識別とその擧動の研究に用ひられるが，エマナチオン法では實際に無限に小なる重さでも容易に證明されるエマナチオンが用ひられるのであつて，エマナチオンを生ずる任意の物質の擧動を研究するのに使用される．

構造の生成や構造の變化は，それが物理的性質であらうと化學的性質であらうとも，この方法で試驗されるのである．一つのエマナチオンを與へる放射性元素を導入し，それを均一に分布せしめる事の出來る物質は總てこの研究に適して居るので，結晶，ガラス，金屬酸化物，複雜な有機鹽は研究に供し得るものである．

所謂エマナチオン能が測定され，之によつて物質から出るエマナチオンの量から物質の中で發生するエマナチオンの全量がわかるのである．例へば，良く結晶する無機鹽からは，普通の條件では，殆んどエマナチオンは生じないので，そのエマナチオン放射能は小である．海綿狀構造を持つた表面の多い金屬酸化物からは多く生ずるから，そのエマナチオン放射能は大きい．物質の構造が變化するか又は表面が變化するか分子轉位や化學反應が起ると此等の反應の間エマナチオンの放出が變化することが，その反應の間及びその反應後簡單な方法で確められる．可逆的變化では元のエマナチオン放射能が再び生ずるが不可逆的變化では生じない．

* Emaniermethode

今日の大化學工業に於て國民經濟の上に重要なものが如何に多く，表面活性の觸媒によつて造られるかを考へる時は，かゝる觸媒の擧動の新しい研究方法こそは更に新しい結果を期待させるものである．

最近エマナチオン法が冶金に應用されるに至つた．構造の變化，再結晶の現象，轉移點等は放射性に感應された金屬のエマナチオン放射能によつて明らかにされる．

最近の原子研究の二十五年の發達は時間的にカイザ・ーウィルヘルム協會の二十五年の發達と一致してゐる．化學原子の特殊な觀念及び知識が化學元素の觀念と知識とを越して發展した．此等の同位原子が特殊な性質を持つてゐて，元素の類型より區別されて，而も單一の原子種としてつくられる時は，化學研究にとつて特別意義深いのである．このことは新しく發見された質量2なる水素の同位元素についても，又普通化學元素の同位元素としての放射性原子に就ても理解される所である．同位元素によつて吾々の認識の新しい道が開かれた．殆んど總ての普通の化學元素の人工放射性原子を得ることは種々なる分野に原子研究の應用方面の新紀元を畫するものである．

鑛物學

W. Eitel, Berlin-Dahlem.

I

吾々が地殻の構成と本質とに就ての科學的知識を得たのは，この數世紀の研究の結果によるものである．古代の世界觀やアリストテレスの世界觀の狹い範圍にとらはれた中世の自然科學的知見を度外視すると，化學が發達し又鑛物學が地質學と結び付いて初めて眼に見える地表の眞の構成に就ての正確な知識が得られる樣になつた．金屬の酸素化合物が鑛物や岩石の主要な構成部分であると云ふ事すら未だ一世紀半前には不明であつた．Klaproth, Berzelius 及び彼等の門下の基本的分析研究によつてこの事實が明かにされたのである．地殻の分析化學による研究以外に岩石の生成の地史學的意味に就て岩石水成論者と火成論者との間に激しい論爭がなされたが，約一世紀前 L. von Buch の古典的研究によつて解決された．

吾々が今日爲してゐる正確な地球化學的研究以前に，行はれた包括的研究の結果からして，酸素以外に珪素が無機の地球の主要部分を占めると云ふ事が明かになつて來た．他の總ての元素は此の重要な物質に附隨し出て來るのであつて輕金屬の多くは天然には珪素，酸素と結合して珪酸鹽となつて存在するのである．それ故に記述的鑛物學及び岩石學は珪酸鹽とその性質に就ての知識が進むにつれて發展してゆくものである．それには特に產出物の結晶學的記載が重要なものであつた．

相當古くから行はれてゐた珪酸鑛物の地文學的記載は十九世紀の內に發展して珪酸鹽鑛物の結晶の生成の化學的物理的條件に就いて大いに資するところがあつた．化學の研究方法の急速なる進歩にともなひ，例へば熔融液から結晶性珪酸鹽を得る方法がやがて知られるに至つた．その性質は少しの相違はあるが天然の珪酸鹽鑛物に一致するものである．珪酸鹽がこの樣に人工的方法で研究される樣になつてから，研究室中で眞似る事の出來る化學反應と比較して，珪酸鹽を含んだ鑛物岩石の天然の生成が觀察される樣になつた．上の樣な人爲的研究から，例へば火山に於ける岩漿の噴出と云つた樣な巨大な現象を推察し得ることは，全地球化學の中での最も重要な進歩である．何故なれば今や自然の生成條件が測定可能の溫度の大きさと反應にあづかる物質の量的關係の要因の下に於て觀察され得るからである．

又珪酸鹽の技術や工業の數多くの製造加工品の中で就中，人造建築材料，陶器，鑛滓，ガラス等の中にも相當多くの珪酸鹽の結晶が規則的組成物として見出され，更にその知識は廣く而も重要な各方面に應用されてゐるのであるが之は珪酸鹽研究に從つた昔の研究者達の功績による所が多い．研究所や工場のこの合成產物を良く顯微鏡で調べる事によつて，最も重要な發達がなされた．岩石の研究に用ひられる薄片を作ると云ふ方法の經驗は今日もなほ多くの合成製品に於て有用なものとされてゐる．

科學的鑛物合成も工業的珪酸鹽研究と同樣に相當古い學派の最も單純な經驗に基いて，基礎が造られた．前世紀の終りに新しい有用な原理として，物理化學の應用特に不均一系平衡の理論が物理化學を基礎として表はれた．嚴密な古典熱力學から生じたこの理論は珪酸鹽研究の基本問題の正に核心を論じたものであつた．即ちこの理論は當時未だ原理的に解決され得なかつた所の物理的狀態の條件（溫度，壓力等）及び反應にあづかる物質の濃度が如何にある結晶の特殊生成に影響するかと云ふ問題にふれるものであつた．この基本原理は W. Gibbs が 1878 年に理論的に發展させたものである．この原理は大洋の鹽沈澱物生成に關する J. H. van't Hoff とその門下の古典的研究に從つて，飽和溶液からの鹽の結晶形成へ適用された事によつて先づ偉大な結果を收めた．此等の非常に重要で見事な研究と匹敵するものが次に G. Tammann とその門下の功勞ある仕事の中に見出される．即ちそれは金屬の合金は不均一系の相平衡に支配される結晶聚合體であることを證明した．

Tammann は又初めて平衡關係を珪酸鹽の熔融反應に正確に應用することを敎へた．彼は更に 1903 年その著 *"Kristallisieren und Schmelzen"* に說明した樣に，ガラス樣の珪酸鹽は過冷狀態の熔融相であると云ふ獨創的見解を吾々に敎へたのである．

珪酸鹽の研究はかくして最も正確と思はれる假說に基いて物理化學的觀察方法が行はれる樣になつて初めて新なる發達をなし得た．G. Tammann とその門下の先導によつて合金の構造の系統的研究が初められ，又最近三十年間續けられて來たと同樣に，珪酸鹽の體系の基本的平衡の研究が Tammann によつて示された方向に從つてなされた．この場合過冷狀態の熔融物の研究は方法論的に特に價値のある事がわかつた．過冷可能でない合金に於いて，冷却曲線の動的研究が平衡の決定に役立つたに對して，珪酸鹽に於ては急冷による靜的方法が効果的である事がわかつた．

殊に 1905 年以來活躍してゐるワシントンのカーネギー財團の地球物理研究所は，珪酸鹽系の系統的研究調查に於ける Tammann の基本概念の確認に對して貢獻する所があつた．この方面の二十數年來の基礎的研究によつてこの研究所の研究結果は今日珪酸鹽に關する鑛物-岩石學上及び技術上の最も重要な研究の基礎となつた．この樣な研究方法の結果の中で特に重要な例は，石灰-アルミナ-珪酸系の研究である．それは 1912 年に既にその大綱に於て說明され，且つ熔融平衡に於ける溫度濃度關係を示す狀態圖（Rankin による）が作られた．かやうな圖表現によつて，灰長石と *Gehlenit* とはすべての三つの成分の中で分解することなしに熔融する唯一の結晶であると云ふ鑛物學上及び岩石學上，意味のある事實が先づ知られた．之に對して自然に產出する石灰アルミナ柘榴石（*Grossular*）は，高溫に於て複雜に分解するものであるから，その成分から直接合成的に作り得ないのである．こつて自然はこの場合も亦人工的

に造り出すことに努めてゐる研究者とは異つた方法で働いてゐる．恐らく何か他の就中揮發性の成分の補充が明かに必要であらう．この様な揮發性物質の存在の下では一層高壓が實現されるといふことは所謂岩石の變態に際して柘榴石鑛物が自然に生成されるに當つて明かに考に入れねばならない事實である．然し，自然界に於て揮發性物質が出來す，從つて低壓の下で，例へば石灰石が酸性珪酸鹽の熔融物，例へば花崗岩と接觸する場合には狀態圖に從つて灰長石と *Gehlenit* が生ずる．そしてそれは大理石系と石灰-珪酸鹽-長石との大きい接觸層に典型的に見られる．

上述の狀態圖は同時に技術の上で不均一系相平衡の應用への勝れた例である．石灰と粘土(即ち含水アルミナ珪酸鹽)とを原料として最も重要な水硬接着劑であるポートランドセメントが造られることは衆知のことである．燒きを入れたポートランドセメント透化煉瓦の鑛物學的組成は如何なるものであるかと云ふ重要な問題は，狀態圖によつて明確に答へられる．この場合の圖表現に於て石灰極の近くの鹽基性側に珪酸トリカルシウムとアルミン酸トリカルシウムが終生成物として現はれ，その脇に少量ではあるが珪酸ヂカルシウムと珪酸ペンタカルシウムが現れるに違ひない．この基礎的知識の上にセメント研究に於ける吾々の全面的な新考察方法が組立てられてゐる．その際狀態圖が本來の意味に於ける熔融平衡に對してのみならず，技術上にしばしば現れる半融反應や固態に於ける變化の過程にとつて最も重要な指導方向を與へる事は殊に意義深いものである．此等の經驗からセメント工業ばかりでなく，多くの珪酸鹽の原料の工業，就中，陶器，耐火石材の製造工業等も亦非常に利益を得た．相平衡に精通しただけで，例へば高周波技術や高壓絶緣體等に對する最近の特殊資材の製造に於ける困難な問題も又解決される．

近時熔融平衡の基礎の上にある珪酸鹽研究の興味は，就中，最も重要な含鐵系の方に向けられてゐる．天然では鐵珪酸鹽を含む結晶が特別重要な役割を演じてゐる．かゝる物質は鎔鑛業の多數の生產物の中にも同じ様に見出され，その正確な知識は合成的平衡決定の特に興味深い應用となつた．周圍の大氣の熔融反應に對する影響を考へに入れねばならぬし，又坩堝物質の選擇も難しいので，この様な研究の實驗上の困難が非常に多いことは勿論である．玆に於て眞空或ひは高周波爐，或は尙多くの特別の方法によつて，正確に基本的體系の平衡が確められるやうになつた事は最近の最も美事な研究の中に數へられてゐる．輝石族特にヘデンベルグ石と石灰マンガン，メタ珪酸鹽(透輝石)の鑛物の生成の困難な問題は殊に近時の製鐵及び冶金業にとつて最も重要なことであるが，今日では原理の上では解決されてゐるのである．多くの混晶列の中に於ける上記のメタ珪酸鹽族の大變複雜な多形現象の關係も既に仔細に確定せられた．

尙合成的平衡の研究は，揮發性物質を持つた珪酸鹽の多相系平衡の研究の分野に於て，正確な研究が進められねばならない．この場合，方法の上から困難なことは，就中，適當な高壓器械の製作の如何にかゝつてゐる．實際この高壓器械は臨界點以上の水蒸氣の化學作用に對して

未だ充分抵抗力を具へるに至らないか，さもなくば操作があまりにも困難なのである．先づ液態溶媒として超臨界狀態の炭酸ガスを用ひたものの研究のみが決定的の進歩をした．この際特に珪酸鹽を有する混合物中の含炭酸鹽岩漿熔融物の自然生成の判斷に對して明確な觀點が與へられた．自然に於けるこの最も面白い現象は炭酸鹽及び珪酸鹽の熔融物が互に廣い範圍で混合し合ふと云ふ事と關係してゐる．(之に反して冶金の方では硫化物及び珪酸鹽の互に限られた範圍でのみ混合し合ふ體系が重要なのである) 炭酸鹽と珪酸鹽の複鹽の生成も亦此處に特に合成的に說明される注目すべき現象として指摘することができよう．

反應にあづかるものとして，超臨界狀態の水を有する體系に就ては，所謂熱水管* による多くの個々の研究が着手された．吾々はこの重要な部門の研究の端緒に有るに過ぎないので，今日實際に珪酸アルカリ水和物を種々な狀態の條件に於て合成的に決めてゐるに過ぎない．けれども多くの優秀な結果は既に次々に雲母やカオリンや他の重要な含水性珪酸鹽の生成をその大要に就いて說明して行つてゐるので，近い將來に於て夫々の存在條件が正確に判定される事と期待してよからう．

不均一系平衡の分野に於て珪酸鹽研究が輝かしい發展をなしたと平行して近年珪酸鹽の結晶の物理學的研究の分野に於ても既に 1891年 A. Schoenflies によつて完全に發展せしめられた結晶學的構造論と最近のX線干涉法とを用ひて基本的進歩が爲された．一方鑛物，岩石及び人工的生產物の顯微鏡判定法による研究，就中，薄片或は粉末の結晶の光學恒數がその判定に用ひられて居るに對して，M. v. Laue の基本的發見によつて與へられたX線法を用ひて單結晶法と粉末法によつて作られるいろいろの結晶の干涉圖を良く調べる事によつて，珪酸鹽研究者にとつて，新しい特に應用範圍の廣い且つ信賴すべき研究手段が提供せられた．極く微粒狀の反應生產物を確認する事は非常に困難なことであるが，今では可成確實に知られるに至つた．その上，其は混合物中の結晶の量的測定法に迄發展されたので，實際上の成果も期待される事になり，工業生產物を調整して行く上から云つて特に意義深い事である．例へばセメント透化煉瓦に於ける非常に困難な研究は，この様に改良されたX線の研究によつて，總ての實際的重要な場合に就て確實にされた．特に透化煉瓦の焙燒過度のとき遊離する石灰を追跡し乍ら分離することは此方法以外には困難なことである．製陶業に於ては極微粒狀の中間相の出現によつて，その事情が殊に尙一層複雜になるであらうが，此等定量的X線法はこの方面に於て特に有望な將來を持つて居る．

然し最近十五年に W. H. Bragg 一派が爲した自然と人造の多くの珪酸鹽の結晶構造の決定は疑もなく最近の珪酸鹽研究の中で最も美事な成功である．結晶性珪酸鹽の構成原理に就て今日得られた知識は無機化學者にとつて先に有機化學で得られた原子と分子の空間的關係に關す

---

* Hydrothermalbombe

る吾々の知識の驚嘆すべき擴張を意味するものである．就中，珪酸鹽構造に於て最も簡單な體積及び結合の法則が統一的に成立してゐることが非常に明確に示されてゐる．四つの大きな酸素イオンによつて空間的にとりまかれた小さな珪素イオンと，四つの酸素イオンを有するアルミニウムイオンの同樣な四面體結合とは，結晶せる遊離の珪酸の種々に變化した石英族の構造の基礎であると同時に所謂アルミノ珪酸鹽の豐富な世界，即ち殊に重要な長石や准長石の構造の基本となつてゐる．Bragg が彼の古典的論文 *"The Structure of Silicates"* の中に如何にも印象的に記述したやうに珪酸鹽の格子の單位胞の構造の中に充たされた素晴しい構造圖は冥想する研究者の眼前にあらはれるのである．

それ以來珪酸鹽の多くの典型的性質が立體構造によつて規定されたものとして說明された．例へば角閃石と石綿の纖維構造，カオリンや雲母の板狀構造，最後に沸石の海綿構造等が明かにされた．後者は基本構造は變化しないで，狀態の條件によつて，水を吸收したり出したりする事が出來るものである．珪酸鹽の世界では正に無機化學の他の物質族に類のない多種多樣の混晶生成の問題も亦構造論の立脚點より空間的-數的關係の法則の結果としてあらはされる．結晶物質の構造をかやうに一層深く觀察することは今日に於ては未だ端緒にある．例へば *Sillimanit* 群の無水珪酸アルミニウムの樣に重要な天然物や人工生成物に於ては未だ問題がある．それに就て今日吾々の研究方法は尙餘りにも近次的であり不正確である樣に思はれる．陶土の焙燒の結果 *Mullit* の中に存在すると同樣に *Sillimanit* の層の中へアルミナの層が入つてゐる事は吾吾の今日の研究方法からすると難かしい問題であつて，その解決には今後多くの洞察力と方法上の正確さが要求されるであらう．

無機化學の大工業の最も重要な目的から云つても亦地殼を研究する上から云つても，吾々は今日珪酸鹽の研究をなすに當り無機的研究の一つ廣い分野の向上發展の途上にあるのである．鑛物學の新しい特殊分野，即ち珪酸鹽の工業的鑛物學は此の緊密な織り合せから發展する．

II

珪酸鹽の鑛物學が前に述べた樣に勝れた發達をしたのに對比して，鑛石や地殼中の他の鑛物群の鑛物學の進步も亦それにおとらぬ重要な役割を演じてゐる．特に鑛床の生成作用は非常に多種多樣であるので，可成以前から"自然"と云ふ研究室の中でそれを條件づけてゐる反應の化學的研究が注目せられたのであつた．就中，硫化物及び典型的鑛石の形成は最も重要な造岩珪酸鹽生成と同樣に合成化學の方面より古くから立ち入つて實驗的に研究せられた．此處に先づ十九世紀中葉に於けるフランスの合成學派の輝しき研究をあげねばならない．此等の人々は最も重要な重金屬とアルカリ土類の結晶しやすい硫化物，酸化物，炭酸鹽，硫酸酸等を造る事を系統的に成し遂げた．同時に此等の人造生成物の測角結晶學的研究が合成の一つの"目安"として役立つことが證明された．且つ又それは自然に產する鑛物を爾來殆んど理想的純粹な形で

認知することを敎へた．今日なは豐富な，特に P. Groth の基本的著書 *„Chemische Kristallographie"* の中にかゝる合成及び結晶學的恒數の測定に關して集められてゐる資料はどの鑛物學者及び化學者にも必要缺べからざるものである．

珪酸鹽鑛物と同樣に，他の鑛物に於ても物理化學の法則，特に相律並びに電離說と關聯した溶液平衡論によつて，全面的知識が深められてきた．吾々は研究が進むにつれて，自然の熱水的水並びに，地表近く循環する水からの沈澱反應に於ける狀態の條件，濃度及び溶液の種類の影響に就いて知つて來た．1910 年頃 J. H. van't Hoff 及びその協同研究者によつて完成された大洋の岩鹽脈に關する偉大な研究こそはかやうな考察の高峯をなすものであり，この研究に於て先づ中部ドイツに於て形成されたカリ岩鹽脈の生成條件が合成的平衡決定によつて解明せられたのである．就中，典型的の Mg, Na, K の鹽化物と硫酸鹽複鹽を持つた岩鹽の基本的結晶條件が生成溫度の函數として明瞭な狀態圖の中に表され，更にその岩鹽脈に伴つて出る硼酸鹽と他の附加物の生成條件も明かにされた．この輝かしい結果は更に相當高溫で可成深い地層の中でこの樣な岩鹽脈中で後に見出された變形過程に就ての尙多くの研究によつて補隨された．全鑛物學及び岩石學に於けるもかく實驗的に重大な問題が一の分野に於て解決されたのであり，この解決は或程度まで珪酸鹽岩石の生成と變形に於ける複雜な關係に對する模範をなすものである．

個々の鑛石の物理學的研究の部門では今日尙之に對應するやうな包括的な基本的結果が出て居ない．個々の珪酸鹽の熱水的鑛物合成に於けると同じ樣に重金屬の硫化物，特に鐵，亞鉛，銅，水銀の硫化物の生成條件の効果的研究を指摘せねばならない．その際も例へば硫化鐵，硫化銅等の熱解離に於いて個々の場合に確認された蒸氣壓平衡の知識が合成の重要な補助として役立つ．溶液の種々なる酸性度に於て或る不安定な硫化物の結晶の特殊な生成の條件は，それがかゝる鑛石が自然の存在條件のもとに於て成立すると考へられる點からみても特に重要であると思はれる．

鑛床に關しては最近數十年の間に，極めて豐富な材料が得られたが特に一定の場所に於て種々の鑛物が一緒に產出される事*の研究が行はれた．鑛床の個々の記載を系統的に多く集める事により，周圍の鑛石產出と岩石の性質に關係して先づ吾々は演繹的に個々の產出の生成歷史の大略圖をうかがひ知る事が出來た．就中鑛床が岩漿噴出地帶と多かれ少かれ制約的に結びつけられてゐるといふことが指導原理として示された．この際鑛床は岩漿中心よりの距離に應じて近接又は遠隔作用の生成物として現出する．この近岩漿鑛床及遠岩漿鑛床の生成に關する一般概念は更に鑛床の個々の型の生成史に關する正式の一般的分類に迄發展した．吾々は今日尙鑛床學のかやうな考察方法の發達の途上にある．殊に近年鑛物顯微鏡の精細化された方法によつて鑛物相互の成因的**關係が巨視的像に表されるのみならず，今や最も小さい像の範圍に於てさへも亦研究され得るに至つた．その際新しい結晶が生ずるに違ひないやうな多くの結晶種の

* Paragenese　** genetisch

變化の鑛物化學的に特に重要な現象（交代作用，排除反應等），更に多種多様な分離現象及び再の成結晶は今や鑛床の成因史の決定のために總ての個々の場合に就て調べられた．その際成因的に同じ鑛床群に於て一定の元素が一緒に產出する事に對する大變重要な觀點が明かにされた．それは冶金術に於て鑛物を加工するに當つて特別の實用的意義をもつものとなつたし，且又近年の一般的**地球化學**の建設に對しても決定的な影響を與へたのである．

一定の元素特に重金屬が鑛石の中に互に相關聯して現出するといふ事實の地球化學的知識は定性的には既に相當古い鑛物化學の文獻の中の分析的，特に分光分析結果から推論されてゐた．然し此等の極めて重要な關係の定量的研究は最近分光學的方法が紫外線部に於ける石英分光器の發達により充分に信用出來る値を與へ得るやうになつた爲に漸く可能になつた．今日，總ての鑛物群の個々の元素の分布の系統的研究は，特に V. M. Goldschmidt の學派の勝れた研究によつて既に完成の域に達してゐる．Goldschmidt は又造岩鑛物中に於てガリウムやゲルマニウムの様に廣く分布し而も極く微量しかない元素の推定に就て重要な規則性を認めた．

此等の非常に興味ある關係は他方**同形**や**混晶生成**の法則に就ての知識を實際に更に押進めた結果である．E. Mitscherlich が 1819 年に彼の古典的研究の中で“化學的類似の”鹽の結晶型の類似に就て“同形”の基本概念の明かな輪廓を指示して以來，極めて多くの個々の事實が集められた．それは例へば既にあげた Groth の尨大な蒐集研究である *“Chemische Kristallographie”* の中に纒められてゐる．此等の材料は今日の結晶構造研究の基礎に於て價値づけられ，同形關係は，格子內で一致した空間を占有することによつて類似的に構成されるところのイオンは互に交換可能であると云ふ事に於て一層深い意義を得たのである．そこでこの様な混晶格子の中に異イオンの入つて來ることは，明らかに，自然界に於て類似の元素が地球化學的に相伴つて產出する事實を說明するものである．かくして種々な結晶や鑛物群や鑛床の研究に於て貢獻する所の多かつた地球化學の基本法則と結晶化學の基本法則との必然的な結合がもたらされたのである．

吾々は今日尙此等大規模の研究目的の發展の途上にある．本筋から云ふと，既に吾々は熔融物或は溶液からの結晶生成條件の物理化學的法則並びに結晶化學のより狹い法則によつて岩石の產出と金屬鑛及び其他の鑛物の鑛床とを結びつける所の緊密な關係を認知してゐる．この知識は純粹の理論的研究にとつての意義にもおとらず實際的應用に多く意義のあるものである．何故ならば一定の鑛床中に比較的稀有な元素の產出することがかやうな考察方法によつて確實に判別する事が出來るからである．之こそは云ふ迄もなく原料の供給が次第に困難になつて來るに際して近時の金屬生產に於ける數多くの改良產物の上に重要工業の發展に多大の惠みを與へるやうな非常な貢獻をなすものである．珪酸鹽生成物に就ての今日の廣く進歩せる工業鑛物學以外に，有用鑛床に就いて最近地球化學的方面からの研究が進展しつゝある．二つの分野は尙完全に相當古い記載的の岩石鑛物學の域を脫して居ないが，物理化學の方法と結晶學の方法によつて最も確かな意味に於て獨自の精密自然科學的教課になるであらう．

地質構造論的研究の道程と成果

Hans Stille, Berlin

以下に於いて地質構造論的研究が“獨立に”(autonom)，即ちそれ自身の獨自の方法，特に動的な歷史的な考へ方によつて包藏してゐる研究道程と將來性に關して一つの概觀を與へようと試みた．この點については二三の地球物理學的觀念と方法とを附加したことだけが例外なのである．

從つて未だ殆んど漠然たる假說の研究以上に出ない所謂地質構造論的“理論”の說明に立ち入ることは避けるつもりである．

1

構造地質學は種々な變形作用が作りあげた地殼の構造を研究の對象にしてゐる．それは個々の土地について，その岩石の種類と層位型式及び岩石系統を明らかにすることから始められる．地質圖の作製はこれに關して最良の根據を提供するものであつて，さうした意味で，ある土地を構造論的に研究しようとする地質學者の仕事の大部分は地質圖作製といふことであるのが通例なのであるある．

ある場所の構造論的關係を明らかにするためになすべき仕事は本質的に分析的に行はれる．地質圖作製は地表にあらはれてゐる岩層とその層位關係を研究するといふ方向において確かに地盤の分析なのである．後者は自然の或ひは人工的に深く開發された様々の露出と共に，二次元的な地表の形象を三次元的な地殼構造にまで擴張する基礎を提供する．

凡べてこれらのことは今日では地質學とよばれてゐるものに對して，なほ古い呼び方の意味での“地相學”(Geognosie) なのである．地相學は吾々が遭遇する地殼の諸現象を研究し，敍述する．しかしこの三次元的な，“地相學的”見方から，それに時間を加へることによつて四次元的な，“地質學的”見方が生ずる．このことによつて地體構造論は特殊な自然科學として特徵づけられる．それは生成といふこと，即ち時間のうちを經過する唯一回の過程を確めなければならない．すべての對象はこの場合には歷史上の文書であり，地殼はその中に讀みうるものとまた祕められたものとをもつてゐる記錄なのである．特に比較的古代から引繼がれて來たものは屢々なほ殆んど解くことができない．なぜならば屢々古い記錄の上に更に新しく書き下されてあり，様々に書きかへられたりしてゐるからである．

歷史的な見方，すなはち形象をその生成の方向から見るといふことは出來上つた形象をその個々の相に分解することを要求する．かくして，構造的分析に對して時間的分析が問題になつ

てくる.

2

吾々の地殻では永續的な運動が廣く行はれてゐる. それはそれぞれの時代の厚い水成岩層がすでに吾々に證明してくれてゐる, 何となれば例へば全く淺海性の特徴を有する極めて厚い海成層はたゞ沈降する地盤の所で, 沈積作用が沈降作用とほゞ歩調をそろへて行はれることによつてのみ形成されうるのである. 實にかやうにして最新の構造論的考察のすべてにおける一つの根本概念に到達する. 即ち多少とも繼續的に"永年にわたつて緩慢に"(säkulär) 沈降する地域としての"地向斜"(Geosynklinalen) なる考へに到るのである. それに對しては緩慢に上昇する地域として"地背斜"(Geantiklinalen) が考へられてゐる.

地向斜と地背斜の區別は層位學的-古地理學的研究法によつて見出だされる. そしてこの點に於いても古地理學が構造論に對して重要な補助學たることが示されてゐる. 地向斜の沈降運動は大局的には"緩慢に"行はれるのであるが, 幾つかの休止期によつて多くの別々の運動に分解されうるといふ考へが層位學的-岩相論的研究から提出される. そしてこれに對照的なことが今日の地形學の多くの事實の比較觀察から地背斜の上昇運動に對しても分つてきてゐるやうである.

地形學的研究法によつて, 例へば古期の準平面をそれのうけた隆起や撓曲に關して研究することによつて, 緩慢な上昇運動についての吾々の考へは一般に本質的に促進され, また補はれてゐる.

吾々の地球の比較的廣い地域についての隆起と沈降, すなはち"永年的に緩慢な"造構造作用は, 最初アメリカ人 G. K. Gilbert によつて"造陸運動"(Epirogenese) と名づけられた. そしてこの名稱はたゞ, 隆起しつゝある地域にのみ向けられるのではなく, すでに Gilbert によつて沈降しつゝある盆狀地域にも適用されてゐるのである. といふのは Gilbert によつて造陸現象の原型と考へられた Utah 州の洪積期における Bonneville 海盆そのものが沈降地域だつたのである. それにもかゝはらず, 下降的造陸運動に對しては L. Kober によつてタラツト運動 (Thalattogenese), また Ch. Schuchert によつて造海洋運動 (Ozeanogenese) といつた特別な名稱が提議されてゐる.

地向斜の沈積物は一般に整合的に(並行層理をなして)堆積する. 整合に對して不整合堆積が存在する. すなはち重り合ふ地層が互ひにある角度をなして交はつてゐる場合である. かゝる場合には構造を變化せしめた現象があつたことを示してゐるのであつて, これを, 造陸運動が基盤の構造には無關係であるのに對して, "造山運動" (orogene od. gebirgsbildende Vorgänge) と呼んでゐる. その主な形式は褶曲運動, 推し被せ斷層, デツケン運動, 斷層運動である.

遺憾なことに, "造山運動" (Orogenese) といふ言葉はこれに對應するドイツ語, "Gebirgsbildung" と同樣に餘り工合のよい言葉ではなく, 容易に誤謬に陷らせる. "造山運動" といふ言ひ方は他の多くの地質學的概念と同じやうに鑛山業者の語彙から借り移されたもので, そこでは"山" (Gebirge) といふ場合に, 地形上の高さを考へないで, "山" は直ちに岩石を意味するのであり, "造山運動" とは岩石の層序型式を與へるやうな運動のことなのである. 基盤の構造を作る作用 ("造構造運動", Struktogenese) といふ定義のもとに, 造山運動といふ概念が地質學の中にはいつて來たのである. 造山運動は (造構造運動の意味で) 非常に多くの場合, 確かに聳え立つ山嶽をも生ずるものである. しかし現在, 地球上に形態上の山地として現はれてゐるものは一般に構造論的な意味では, もはや造山運動に歸せしめえないのであつて, 構造論的命名の上では造山運動に對立するもの, すなはち造陸運動なる概念のもとに包攝されるところの廣區域隆起運動 (en bloc-Hebungen) に全然, あるひは大部分が歸せしめられるのである.

造山運動になほ影響されてゐる地層とこれに對して不整合に重なつてゐる地層群との間の時代的前後關係から, 先づそれぞれの場所の地質斷面について造山運動の時代關係を見出だすことができる. その際吾々は, 整合關係において生じた地層群のうちに"非造山"時代として特徴づけられてゐるやうな——これも勿論, 一應は, 扱つてゐる地域だけに關してのことではあるが——長い時間に比べて, 比較的短期間の運動をとり扱つてゐるのであるといふことは, すでに屢々十分に個々の場合において明らかになるのである. かうして個々の地域において, 構造發達史のうちで靜穩に進行してゐた時期を中斷する革命的な現象に關する考へに到達する.

吾々は非常に多くの地域についてそれぞれ分析してきてゐる. これは今やたゞ構造論的現象の年代記を作るといふ意味ばかりではなく, 構造論的現象界の一般的な類概念に到達しようとしてゐるのであり, また個々の地域を歸納的に研究するといふ基礎の上に構造論的現象を通じての普遍妥當的法則にまで到達しようとしてゐるのである. 吾々はそれ故"比較構造論" (vergleichende Tektonik) を推し進める. そしてそれぞれの研究が獲得した成果が多ければ多いほど, また確實であればあるほど, それだけ大きな確實性をもつて前進できるのである. かうした意味において, たしかに非常に勞苦の多い個々の研究 ("地方地質學 "regionale Geologie) の極めて大きな意義を強調し過ぎるといふことはないであらう. 一群の地質學者達が毎日毎日この方面の研究をつゞけ, かうして比較構造論の基礎が日を追うて改善されて行く. 吾々は比較考察の出發點としてその一部分を, 完了した構造論的形象, その構造, 地球上の他の地帶に對するその位置等におくのではあるが, さらにそれよりもむしろその形象の發達史の中の一つ一つの發展段階から出發するのである.

近代の比較構造論の嚴密な意味での父として Eduard Suess が呼ばれてゐるのは正當なことである. 彼によつて三十年間の勞作として發表された「地相論」(*"Antlitz der Erde"*) は凡

ゆる時代を通じて，比較研究にとつて基本的勞作となるであらう．

個々の地域の發達史を比較して得られたる一つの結果は "造山運動の時間的法則" である．すなはち，吾々の地球全體について造山現象は一定數の獨立した時期（"造山期" orogene Phasen）に組み入れられ，それらの間には長い "非造山"（anorogene）時代が夾在してゐるのである．少くとも現在までは，かゝる時代から著しい造山運動は一つも確認されてゐず，その時代に行はれた構造論的現象は造陸運動的な種類のものに限られてゐたのである．吾々はかうした意味で，構造論的地球形態の永續的ではあるが決して一樣でない進化を對象としてゐる．すなはち，比較的靜穩な長い時代の間にはさまれて，多少とも擴がりをもつた地球の革命的現象の短いエピソードに對してゐるのである．

"造山運動" の不連續は決して"造構造運動"（Tektonik）の不連續を意味しない．なぜなら後者は造陸運動をも包含してゐるからである．しかし "造山運動" が "造構造運動" に等しいとみなされ，"造構造運動" の連續をもとにして "造山運動" の連續を論じたりするといつた誤りがなされてきた．

全地球の造山期を時代別に確立することは嘗てば，そして一部分なほ現在もなほ，比較構造論的研究の課題である．手にし得た觀察材料中から 1924年になされた第一回目の試みでほゞ 30箇の造山期がひき出された．そしてそれらの中から强度と擴がりに關して著しい特徵をもつたほぼ 12 箇のものが第一級の造山運動として選び出された．その後更に約 12 箇ほどの造山期がつけ加へられたのであるが，しかしその中には事實第一級のものは1箇もないといつてもよいのである．最も新しい造山運動はやつと洪積期に，すなはち第四紀の中頃の恐らく 25-30 萬年前頃に始まつたのであつて，特に環大平洋地帶及び南東アジア地域では引續いて活動してゐた．この運動は今日でもなほ全くは消滅してはゐないやうである．

しかしながら型式化を推し進めうるにしても，造山現象の "エピソード性" の中には嚴密な意味での週期性，すなはち一定時間間隔をもつたリズムといふものは何等認めることはできない．このことは Sonder の說明に對してと L. Rüger, S. von Bubnoff, Fr. Lotze とともに指摘しなければならない．Sonder の說明はその後 J. Joly によつて地體構造論的假說の中に組み入れられたものであつて，そこでは或程度の關心をもたれてゐるのである．

革命的な性格をもつた異常な後期が "正常な" 時代——時間的繼續の長さから見て——中斷において成立つといふ認識は，地體構造論的現象に關するかぎり少くとも，昔の宇宙論（Kosmogonie）の天變地異說（Katastrophentheorie）への復歸，現實主義（Aktualismus）からの轉向を意味する．後者はスコツトランド人 James Hutton によつて創始され，前世紀のはじめに von Hoff と Ch. Lyell によつて一般に認められるやうになつた學說であつて，この說においては現在でもなほ實際に本質的な意味においては觀察されるやうな狀態關係のもとに，地球と生物とが徐々に發展してきたものと考へられてゐるのである．現實主義的研究法によると，今日地殼の運動と變形において起ることが，制約されることなしにといふ譯ではないが，地質時代の長い "正常な" 時期の構造論的現象を理解する際の原型になるといふことより以上に，現實主義はこの意味においても動搖させられてゐるやうに思はれる．何となれば地質學的に言つてほんの少しばかり昔になつた洪積期の褶曲運動の後に，現在の時期がすでに再び全く "正常な" 時代になつたやうには考へられさうもないからである．

放射能鑛物とその崩壞生成物の研究から地質時代の絕對的長さについて或る程度の觀念をうるやうになつた後に，構造論的に "異常な" 時代の絕對的繼續時間の問題が生じてくる．一つの場合について，すなはち最も新しい造山運動については，その造山運動がほゞ 25-30 萬年前にはじまり，今日でも，なほ全くは靜穩な狀態には歸してゐないやうに思はれるといふことが言へるのである．それにもかゝはらず，全造山運動のすでに始まつた本質的な**最高潮**に對してはこの時代からはほんの僅少な部分が加はるにすぎないのであり，しかも一方，この時代の主要な部分に於いてもほんの弱い餘韻的活動があつたのみなのである．しかし吾々はかりに，この特定の場合において中位の强度をもつた地球の變異に對して與へられてゐるやうに考へられるものを，造山期全體の時間の計算の基礎におくならば，これに對してほゞ 1500 萬年といふ數に到達する．この場合，すでに吾々は將來の研究の進展を見越して，造山運動の數を 50 としてゐるのである．しかしながら，もし放射能の研究の基礎の上にアルゴンキア代の終つた後の時代をほゞ6億年と假定するならば，1500萬年といふ年數はアルゴンキア以後の時代のやつと 40 分の 1 にすぎないのである．

地球の大きな變革が，先づ古生物學的基礎の上におかれた地球年代記の切りこみと一部分一致するといふことを見誤まることはできない．それ故に，ここに於いて地史學的研究過程に對する生物學の面からの影響に關する問題が提起される．

造山運動に比較して，非造山的時代の造陸運動には地體構造論的な力がたゞ弱められて表現されてゐるとしても，なほ相當な强度の振幅が示されてゐるのであつて，それは地域的に限られてゐるものばかりでなく，比較考察の結果分つてきたところでは，少くとも多くの場合において地球全般に亙つた意義をもつものなのである．かゝる關係の研究のためには，堅固な地殼構造の運動に從屬した現象としての，またその標識としての海面變化（海進と海退）から出發することが提議される．勿論，かゝる現象の他に，海面を局部的に，あるひは特に全般的に（E. Suess の意味におけるユースタティックな海面變化）變化せしめて，海進と海退を惹きおこすやうな違つた種類の現象が存在するといふことは認めることができるのである．氷期において厖大な水塊が氷の形で集められ，そしてそれが引續いた全般的な解氷期にふたゝび融けて海水に加へられた現象にただ注意しておけばよいであらう．

更に，岩漿運動を造構造的現象の時間的變化のどこにはめ込むかといふ問題が起つてくる．

地體構造の比較研究から次のやうに答へられる．すなはち，地上の火山活動は確かに造山期においても行はれるけれども，主として非造山期に入れられるものである．これに對して，"深成岩體"（Plutone）を形成するやうな貫入深部岩漿作用（intrusiver Plutonismus）は少くとも專ら地球發達史のうちで造山期に結びつけられてゐる．その場合二つの樣式が區別される．すなはち，第一はなほ褶曲運動をうけて動いてゐる地盤の中に岩漿が侵入する場合であり，も一つはすでに十分固結して，靜穩になつてゐる地盤構造中への侵入である．はじめの場合，すなはち"盛造山期"（hochorogen）の深部岩漿作用では，岩漿は非火成源の岩塊にそひ，またその間にはさまつて褶曲運動に關與するのであり，屢々殆んど整合的な貫入岩體を形成する（"整合的深部岩漿運動" konkordanter Plutonismus）．固結の際に片麻岩構造が印刻され，そして岩漿と水成岩とが密接に結びつき，滲透しあつて混生片麻岩（Mischgneise）を形作る．また大規模なデツケン運動に岩漿がまき込まれることもあり，その水成岩物質と樣々の樣式で混和して，デツケンとともに前方に移動してゆくことがある．

第二の場合の"晩造山"深部岩漿運動（spätorogener Plutonismus）では，いひかへれば，全く或は殆んど終結した褶曲作用を受けた地層群中へ多くの場合"不整合的"に岩漿が貫入したやうなときには，もはや，並行構造のうちに强度な造山作用の影響を示してゐるやうな片麻岩狀の岩石をもたないし，またあつても例外的な場合なのであつて，主に方向性のない粒狀組織をもつた正規の深成岩が多いのである．

深部岩漿貫入に伴つて同時に通常，地表への岩漿流出が行はれるといふ考へは，直ちに次のことを考へさせるやうに思はれる．すなはち，多くの文獻において屢々ある斑岩などを深部で固結した花崗岩などに對應するものと解釋してゐる場合に，吾々はそれをいぶからないといふことなのである．或る場合にはそれは正當なことであらう．何れにせよ，深部岩漿作用と地表火山作用との同時性に關して先づ更に多くの觀察資料を集めそして深めなければならぬ．

3

多くの場合についての比較考察から明らかになつてくるある種の主要概念を區別することによつて，造山運動の厖大な，そして多種多樣な形態を概觀することが容易になるのである．かうした概念として呼ばれるものにデツケン山地，狹い意味での褶曲山地，斷裂褶曲山地，地塊山地がある．

先づ最初にあげたタイプについていへば，山地の地質學的研究の歷史において，デツケン山地の考へほどに一つの構造論的認識が革命的な影響を與へたことは殆んど一度もなかつたのであつた．この考へといふのは，異なつた地域から由來したためにそれに對應して屢々，その層位學的構成及び殊に岩相的な層位關係に關して，著しい特徵的な差異を示すことのあるやうな岩層が重なり合つて山地が組立てられたといふのである．

このデツケン說は前世紀から今世記へ移る頃にスヰス・アルプス，特にその頃まで全く謎に包まれてゐた，Vierwaldstättersee 地方のクリツペン（Klippen）や，それが構造上フライブルク・アルプスの外來的岩層に連續するといふこと，また Glarner 地方の巨大な推し被せ斷層からはじまつたのである．また，はじめには反對してゐた人達を引きづつて行つては熱心な宣傳者にかへながら，この考へは先づスヰス・アルプスの構造に關する解釋を全く變更するに到らしめ，そして此處からその凱旋行進を他の山地に踏み出したのである．しかしながら多くの個々の場合において，デツケン構造であるとして熱狂的に宣傳された考へが研究の進むにつれて維持されなくなり，多くの所謂デツケン構造が，深く根を下した鱗片構造といふ遙かに控え目な型式に變つてしまつたのである．けれども極めて巨大な推し被せ運動の廣さをもつたデツケン構造があり，それが廣く見られる構造の一型式であるといふことは，今日もはや少しの疑ひもない事實なのである．たゞ多くの個々の場合について，なほ不確實なところがあり，論爭されてゐるのである．

上にあげた造山運動の型式に關する諸概念は必ずしも嚴密に區別されるものではなく，決して他と無關係に並存してはゐないで，互ひに移り變る構造樣式の一つの長い系列中のある主なタイプを意味してゐるのである．そこでその系列の一つの極端としてデツケン山地が，岩塊を壓縮した際の極端なタイプを代表し，他の極端には地塊山地として鉛直方向に互ひに移動する地塊のブロツク構造があるのであつて，後者は壓縮されるといふやうなことがなく，またあつても極く稀で，その代り非常に屢々個々の地塊が側方に互ひに離れ離れになるといふことが認められるのである．すべてのこれらの型式は造山期に，同時に，一般に地球上の異つた地域においてではあるが，形成される．そして今や褶曲運動によつて場所場所について惹きおこされた諸々の關係の比較考察は，一定の構造樣式が全く一定の地盤組織に結びつけられてゐるといふことを示してゐる．かうして，造山運動の比較的特定な型式は關係した基盤の性質によつて先づ決定されるといふ原則が個々の場合の集積から導き出される．かゝる意味で，例へば，岩塊の著しい强度の壓縮を示してゐるやうな"アルプス型"のデツケン山地及び褶曲山地は撓め易い地盤に於ける反應型式であり，それに對して"ゲルマン型"の斷裂褶曲及び地塊形成は抵抗の强い地盤の反應型式なのである．

造山運動によつて襲はれた地盤の當時の狀態はそれに先立つた現象によつて廣い範圍に亙つて與へられまた明らかにされる．この意味で造山運動に反應する樣式もまた地球の當該部分の歷史によつて多くの點で決定されてゐる．それゆゑ，歷史的，構造論的研究はもはや互に無關係な狀態や現象を並べあげるといふことを目的としないのであつて，各々が嘗て如何であつたかといふことによつて大きく影響されてをり，またそれ自身逆に後に引きつゞいて起る歷史を制約するやうになるのである．かうした意味で地球の大變革の歷史を書く者の仕事は，彼がかゝる變革によつて生じた地體構造を個々の場合について明らかにし，しかも恐らくは時間的に分

類することができても，眞に終結したことにはならない． それに從つて現在ある形態が生じ，しかも一定の必然性を以て現はれねばならなかつたやうな關係を明らかにするために，彼の仕事の總計が有効にならなければならない．ここにおいて再び古地理學的研究が構造論にとつて大きな貢獻を果すことになるのである．

大規模なアルプス型褶曲とその位置とが豫め決定されてゐるといふ事に關しては，褶曲帶が堆積物の特に厖大な厚さに達してゐる地帶，すなはちもとの地向斜に一致するといふ，すでに James Hall に歸せられてゐる認識（Hall の法則），を注意すればよいであらう．この意味ですでに久しい以前から山地の "母地向斜"（Muttergeosynklinalen）といふことが言はれてをり，その胎内から山地が生れ出たといふのである．

山地の發達史はそれ故に，長い是非とも必要な準備期間，すなはち地向斜時代から始まるのであつて，そこでは沈降と堆積の兩作用が演ぜられ，地向斜地帶が可動性と褶曲作用に適した性質をもつやうに，單獨にか或は共同して働くのである．この性質は一部分すでに造岩物質の性質にも基づいてゐるが，しかし更に一層堆積物の累層中の數へ切れない層間接合面が廣い範圍にわたつて內部的轉位を可能にするといふことに基づいてゐるのである．しかしながら地向斜の可褶曲性の問題には，確かに他の種類の，地殼上層部の性質に無關係に比較的深い部分に位置してゐる關係もまた干涉してゐるのである．

地向斜地帶がその褶曲可能性と壓縮可能性とに關聯して褶曲しまた壓縮されるやうに，その岩石の種類と岩石組織とから比較的大きな抵抗性を褶曲力に對してもつと考へられるやうな地殼の部分では，造山運動が起らないか，或ひは起つてもただ弱い程度でしかない（ゲルマン型）．

かうして褶曲現象の地方的分布の比較考察から，最初にたゞ造山型式に對してのみ與へられた "アルプス型"（デツケン山地，狹義の褶曲山地）及び "ゲルマン型"（斷裂褶曲山地，地塊山地）なる分類を，造山型式が結びつけられてゐる地域性質にまで擴張することに導かれる．この意味で "ゲルマン型" の地域は地質學上の文獻ではそれ以外にもよく，巨大な "シュヴエルレ"（Schwelle）とか，"楯狀地"（Schild）（バルチツク楯狀地，カナダ楯狀地）とか，"固結地域"（Konsolidationsgebiete），或は "大陸地域"（Aires continentales）（Haug）又は "安定地域"（Aires stabiles）（Haug），或はまた，なほ一層あまりにも暗示的な表現ではあるが，厖大な褶曲地帶の "前陸"（Vorländer）と名づけられてきた． L. Kober は地球のかゝる "堅硬な" 地域に "クラトーゲン"（Kratogene）なる名稱を與へた．しかし "クラトーン"（Kraton）といふ言葉の方が恐らくこの對象の本義に更によくかなつてゐる． "アルプス型" の地方は文獻では多くの場合に "動搖的"（mobil）地域とよばれてゐる．簡單にいへば，クラトーンに對して "非クラトーン的"（akratonisch）なのである． これは本質的には E. Haug の "地向斜地域"（Aires géosynclinales）に一致する．

アルプス型地域とゲルマン型地域との對照に伴なひ，必然的に，永年にわたり沈降する地域

としての地向斜といふ複合體の內部にも更に細かい區分が生じてくる． その際に種々な現象から廣い意味の地向斜といふ概念にもはいるやうな大洋をひと先づ度外視するならば，巨大なアルプス式山系の母地向斜としてのアルプス型の "第一級地向斜" "正地向斜"（Orthogeosynklinale）が先づ殘ることになる． 當初，これに對して「地向斜」といふ概念が導き入れられたのであつて，多くの著者はこの概念をたゞそれに對してのみ適用しようとするのである．これに對して大きく分けた第二の群としてクラトーン地域におけるゲルマン型の "准地向斜"（Parageosynklinale）が存在する（Umbgrove による最近の記載にある "自地向斜"（Idiogeosynklinale）にほゞ等しい）．正地向斜は多かれ少かれ地球をとり卷いてゐるのであつて，一般に廣さに比較して狹く，そして岩相上の關係とともに岩漿上の特質として多くの場合に "綠色岩類"（grüne Gesteine, Ophiolithe, Pietri verdi）を示すのである．しかしながら，准地向斜は屢々圓形のあるひは極端に不規則な輪廓をもつた遙かに局部的な形成物なのである．

綠色岩類の生成に關係した岩石は輝綠岩乃至斑糲岩の成分をもつた高鹽基性岩石の海底噴出岩か，或ひはまた貫入岩床である． この岩石が若い地中海山系にとつて特別に特徵的であるといふ點をすでに E. Suess は「地相論」中で鮮明に述べてゐる． 中部ヨーロツパの前ヴアリスカン地向斜に堆積したデボン紀乃至古石炭紀の岩層中に廣範圍にわたつて輝綠岩の形で綠色岩類が見出だされる． しかしながら最も大規模な例は，北米最西部でジュラ紀に褶曲運動をうけた溝狀地にアラスカからカリフオルニアにわたつて生じた，三疊紀乃至ジュラ紀の時代の數千米にも隆起してゐる，主に鹽基性の火成岩によつて與へられてゐる．

准地向斜もまた——その典型にあてはまるであらうと思はれるものはアルプス外帶の中部ヨーロツパの中生代乃至新生代の盆狀地であつて，地中海山系を生ぜしめたアルプス正地向斜に對立してゐる——局部的に非常に深く沈降して，かうして非常に厚い地層を堆積することがありうる． ここでもまた，褶曲運動が沈降と堆積に引きつゞいて起ることがあるが，しかしそれはもはやアルプス型ではなくて，ゲルマン型のものとして起るのみであり，一般に强度の斷裂作用とむすびついてゐる．けれどもゲルマン型構造の中で比較的小規模な關係についてもまた地向斜の法則が認められるやうに見えるのであつて，その際，その强さとまた褶曲運動の種類とそれに先行した沈降と堆積の擴がりなどの間の聯關を見誤まることはできない．かやうな事情はドイツ以外では最近北東部スペインにおいてもまた研究されてゐる．

造山型式と造山地域を大分けにして "ゲルマン型" と "アルプス型" の二つのカテゴリーの中に組み入れることは多くの場合に實行困難なことなのである． 中間型式があるといふ事情に關聯して更に不確定的になりうるのであつて，まさにかゝる中間的事實について更に研究を進めることは，この點を尙一層明白ならしめるのに役立つに違ひない．

ゲルマン型とアルプス型との型式及び地域を區別することは地球の構造の極めて大規模な事

情を正當に取扱ふことにもなると思はれるのであるが，このことはしかし，かゝる根本的な區別といふ點に關して教へるところが決して少くないのである．何となれば固結した地域は構造論的に言へば，地球物理學的根據に基づいてなされた吾々の地球の大規模な組織といふ意味で，高く聳えてゐるシアル質の大陸塊にほかならないからである．この大規模な組織についてはまたなほ述べることがあるであらう．そして地球の或る部分の地體構造論的發達史において極めて重要な意味をもつ刻みとして，アルプス型の狀態からゲルマン型の狀態への移行は，それ故に終局における "地塊狀態" (Blockphase) を持ちきたすといふこと以外の何物をも意味しないのである．

褶曲山地の地向斜時代の "綠色岩類" は岩漿の化學成分と構造論的環境との間の聯關について吾々に一つの例を與へた．もう一つの例を作つてゐるものはアルプス型地域がゲルマン型の狀態の最初の段階に移る際に（例へば，中部ヨーロツパのロートリーゲント火山作用），Rosenbusch の所謂カルクアルカリ岩類（Becke の大平洋式火山作用）が多くの場合に結びついて現はれ，これに對して Rosenbusch の意味でのアルカリ岩類（Becke の太西洋式火山作用）は遙かに固結が進んで，斷裂作用の著しい地域を多く特徴づけてゐるといふ事實である．かゝる火成岩の化學的-岩石學的諸關係を構造論的に意味づけるといふことについては，Becke, Goldschmidt, Niggli, Scheumann 其他の人々のそれぞれの研究勞作を參照されたい．

造山運動的造構造現象の一つの極端な種類として，すなはち極度に可動的な地球の構成物質の極端な種類の一つとして，深部岩漿作用もまた造山現象の全體の結果に多少とも調和的に關與する．この意味では，すでに說いたやうに岩漿活動が造山期との間に廣範圍に亙つて認められるやうな聯關を示してゐるといふ事實ばかりでなく，特に H. Cloos によつて指摘されてゐるやうに，岩漿と通常の岩石との運動形態の間に多樣な驚くべき一致が成立してゐるといふ事實もまた教へる所がある．岩漿のもつ高度の變位可能性（"進軍可能性" Marschfähigkeit）は造山運動末期の岩漿運動においてもまた，通常の岩石がすでに靜止するにいたつてゐるにも拘はらずなほ前進を許すやうに見える．けれども "通常の造構造作用" と高度に可動的な物質の造構造作用としての岩漿運動との間を，その可動性に關して通常の岩石と岩漿との中間の位置を占めてゐる岩鹽の造構造作用が橋渡しをしてゐる．この造構造現象は，すでに "岩鹽迸入" (Salzinjektion)，"岩鹽脈" (Salzgang)，"岩鹽岩株" (Salzstock) などといふ非常に特徵的な名稱をつけられてゐるやうな現象について認められるばかりでなく，その時間關係に關しても成立するのである．何となれば，もし岩鹽の隆起運動が主に地球發達史中の造山期に結びつけられてゐる場合には，この運動が造山期の後にまで繼續することがありうるからである．

吾々は今まで，個々の地域及び地塊が異なつた物質から成立つてゐるために，造構造力に對して非常にちがつた型式で反應するといふことを見てきたが，今や更に進んで，極端な物質では，すなはち極端な可動性をもつ場合には，非造山時期に通常の岩石に對してはたゞ造陸運

動しかひき起さないやうな力が高度に可動的な物質の中においては，なほ "造山運動" の形にまで導くことがあるといふことによつて，通常の造構造作用に對して時間的偏差が成立するといふことを見るのである．それ故に，造山作用の時間的法則は，嚴密にいへば，たゞ通常の造構造作用にのみあてはまるのみであつて，高度に可動的な物質，すなはち岩漿や岩鹽の造構造現象に對しては弱められた形においてのみ適用されるわけである．

深成岩體，特に造山末期の貫入の場合には，貫入してくる場所の問題が大きな役割を果すのであつて，この問題は最近になつて H. Cloos 及び彼の協同研究者達により，貫入現象，その母岩に對する關係，及びその變形などが明らかになつてくるにつれて，著しい促進を受けたのである．多くの深成岩體はそれまで底盤 (Batholithen) として，すなはち限りなく深い所まで續いてゐるものとして解釋されてゐたのであるが，これらの研究の結果むしろ餠盤 (Lakkolithen) のやうな平な岩體であつて，屢々いはゞ著しく大きな貫入岩床 (Lagergänge) として，豫め定められた層間々隙中に貫入すると同時に空間を押し擴げながら生じたものであると認められるに到つた．かゝる考へに對して，周圍の岩石，特に屋根をなす岩石を機械的に，また化學的にとりこんで（同化作用），構造とは無關係に空間を作り，そして擴張したとする考へはますます後退してゆくのである．岩鹽が歪力帶中への注入の形で地殼の淺處へ上昇するといふ事實は，褶曲運動を伴はない深成岩體生成の個々の場合に對する傍證になる．

造山作用の性質に對して制約をあたへるものとしての基底の定性的狀態，簡單にいへば地盤構造についてはすでに觸れた．地盤構造は時間の經過につれて，また造山現象，造陸現象，岩漿運動，さらにまた外因的現象の經過につれて變化し，そしてこれと聯關して同じ場所において造山作用に反應する形式が變化する．この事はそれぞれの地域についてそこを支配してゐた條件の變化に基づいて，造山運動の型式の交代を比較考察することによつて分つてくるのである．

全體的に大きく見るならば，基盤構造の進展の中に安定度が增大するといふ方向への合目的的運動が表はされて居り，それに對應してますます簡單な型式に向つて造山作用の合目的々運動が見られるのである．またこれに對應して並行現象として，Niggli が强調したやうにこの地域において一般に堅硬な地盤の狀態に結びつけられる "太西洋式" 火山作用が增大してくるのである．

前造山期にはなほ可動的であつた地帶が造山作用をうけた後にはクラトーン的狀態におかれるにいたるといふことを，吾々は地盤の中に描かれた記錄から繰り返し讀みとる．それ故に造山作用によつて，或は少くともそれに關聯して，固結作用が達せられるのであり，かうしたことから，褶曲現象自身がその繰返しの可能性を多少とも妨げてゐるといふ考へが確かなものとして提起されるのである．このことは多分，より堅硬な組織をあたへる物質變化 ("變質作用") によつてすでに說明されることもあらうし，またそれほどではなくても，平滑な層理では

なほ可能であるやうな轉移が，波狀の，特に微細な波狀の層理の場合には失はれるといふことによつても，恐らくは意味づけられることであらう．しかしながら更に，褶曲地域への岩漿の侵入が考慮されるに到るであらう．何となれば，流動狀岩漿が極めて動き易いのに對して，固結した花崗岩は極めて堅硬なのであつて，熔融體が固結するとともにそれによつて貫かれ，滲透された全岩體もまた固結するのである．この意味で造山運動と同時の岩漿運動においてもまた，“盛造山的”型式から“晩造山的”型式への變換が理解されうるのである．

けれどもすべてのこれらの事情は固結作用の進行に關してたゞ部分的な說明にしかならない．何故なら次のやうな事實を見のがすことはできないからである．すなはち，岩石の種類や構造からみて後につゞく造山期にはクラトーンとして特徵づけられるやうに作用する地域とは區別のつかない地域——ヴァリスカン褶曲後のアルプスの基盤のやうな——が，事態の進行につれて再び褶曲可能になりうるといふことである．アルプスの場合には大規模の正地向斜の沈降運動に再び新しく組み入れられることになつたのである．この例の場合における問題はかうなのである．すなはち北側地域（今日のアルプス外側の中部ヨーロツパ）が決定的にクラトーン化したのに對して，地殼淺處に關しては明らかに大した差異のない南側地域（アルプス地帶）は未だ最後的にクラトーン化してゐないといふことである．それゆゑに地殼淺處は ”堅硬な“ 組織になつてゐるにもかゝはらず，新しい地向斜の輪廻における沈降とそれにつゞくアルプス型褶曲作用を導入するやうな事情，正しくは深所の事情が働いてゐなければならない．

4

地體構造論的合目的性の認識に關して重要な一つの課題は，地球を個々の造山地域或はむしろ造山期の**作用地域**（*Auswirkungsregionen*）に分類し，更にそれを地域的な作用樣式の差異に從つて分割するといふ方向にある．この課題は一部分づゝ，すなはち地域的な地質調査がすでに必要な基礎を與へてくれる限りにおいて，着手實行されうるのである．しかしとにかく今日においても多くの場合について多少まとまつた知識を與へることはできる．すなはち褶曲可能の地域としての母地向斜がその位置或は少くともその廣さに關して，一般に容易に古地理學的に證明できるやうに，時代から時代へ，或はむしろフェイズからフェイズへ移り變るといふ性質に關聯して，褶曲作用も時代から時代へ，フェイズからフェイズへと位置をかへてゆくことが分つてきてゐる．

先づ一應それぞれの山地帶を褶曲の年齡に從つて分割するならば，しばしば山地內部が比較的高齡で，外側地帶が若年であるといふこと（”褶曲運動の移動“ Anbau）が認められる．また多くの場合に褶曲作用の ”增築‘（Fortbau），すなはちその走向に沿つた延長も確認されるのである．

最初褶曲作用を受けすにゐた地域において褶曲運動に對する準備がなされてゐるといふ問題

がここで起つてくる．そしてその際褶曲運動の移動といふことは“前淵”（Vortiefen）の問題，すなはち褶曲山地の外緣部において激しい沈降で特色づけられてゐる地帶に關する多樣な問題に結びつけられる．この前淵の問題は地質學と地球物理學の處理すべき問題なのである．この問題の研究に關しては英國からヴェストファーレンに及ぶ“准ヴァリスカン”前淵が特に都合の良いフィールドを與へてくれてゐる．そこでは最近の地殼變動がその生成狀態と生成條件の詳細な點にまで立ち入つて觀察することを可能にしてゐるし，それに加へて石炭事業のために非常に廣い範圍について開發されてゐるのである．

この問題についていへば，これは個別的の山地の框內をとび越えて褶曲作用とクラトーゲンとの關係にまで手をのばしてくる．この場所は褶曲運動の前には山地の母地向斜の緣邊地域（“框”）をなしてゐたのであつて，褶曲運動とともにそれは“前陸”（褶曲運動前面の陸地の意味）の性質を特つやうになり，それに沿つて地向斜內に發生した褶曲は多少とも前陸の方向に向つて重なり合ひ，デツケン運動がその方向をとるやうになるのである（前陸の方向への“動向”Vergenz）．すなはち，アルプスとカルパーテンとは前陸を北側にもち，ウラルは西側に，ヒマラヤは一般に若い南部アジアの高山地帶と同じく南側に之をもつてゐる．“前陸”の概念は E. Suess によつて定義されたのであつて，彼は次のやうに記してゐる．“褶曲運動の際に，一般に一方向の運動がそれに對して行はれるやうな地域が前陸である”．そして更に前陸の特性として“褶曲運動に對する抵抗體”であると記してゐる．古典的な例はアルプスに對する中部ヨーロツパがこれである．

しかし前陸への動向といふこと，すなはち“褶曲運動の一方向性”には例外（“逆方向褶曲作用” Rückfaltung の考へ）があることが分つてゐるので，それ故より正しくいふならば，前陸に對する“一般的動向”（Generalvergenz）といはなければならない．ところが一方からいへば，”逆方向褶曲“ とよばれて居り，また今までよばれてきた多くの褶曲はさうしたものではなくて，も一つの別の前陸への動向なのである．そのやうな問題については前淵と褶曲運動の轉移とが，**前**陸の方向に向ふ運動としての判定の基準を與へうるのであると思はれる．

Suess のたてた地質學說の根本的法則の一つは山地の褶曲運動の一方向性といふことであつた．そして Suess はこの考へを遙かに押しすゝめて，アジアでは南向褶曲が卓越するのに對してヨーロツパの褶曲は一般に北向きであるといふやうに，地球の非常に廣い範圍に對しても褶曲の一般的一方向性を假定したのであつた．この擴張された考へは研究の進行に伴つてヨーロツパとアジアとで繰返へされた．けれどもすでにアルプスにおいてこの一方向性說は困難に遭遇してゐるのであつて，ここではアルプス中核部のやうな北向きの動向は南部地方では卓越せず，南向きの動向が支配してゐるのである．そこでかゝる事實を褶曲作用の一方向性といふ根本的な考へに調和させるために樣々な補助的假定が必要になつた．褶曲山地の一方向性といふ見解は，L. Kober によつて特に代表されてゐるやうな褶曲系の二方向性の考へ，すなは

も“二方向造山帶”(zweiseitige Orogene)の考へに對立してゐる. Kober の考へでは,二つのクラートンの間に生じた地向斜帶は褶曲運動の際に二つの幹部(Stämme)に分れて,その一つは一方のクラトーンへ,他の一つは他方のクラトーンへ向ひ,一方ではその中間に“中間山地”(Zwischengebirge),或は“癒合帶”(Narbenzone)が殘るのである. この Kober の“造山說”(Orogentheorie)は地質學的諸關係の認識において大きな進歩を意味してゐるのであり,非常に多くの場合について實證されてゐる. 實際,二方向構造の方が正規の場合でさへあるのかも知れない. けれども多くの場合,一方向褶曲帶には對抗體をかいてゐるので,此處でもまた,造山說を嚴密に適用しようとすると,樣々な補助的假說に賴らなければならないであらう. それ故ここでも普遍化することが再び限度を通り越してしまふ. もしも一方向褶曲構造を出發點とするならば,共通の分母に對して容易に互ひに矛盾する解釋を齎すことになる. 何となれば次のやうにして,すでに述べたやうに通常の場合としての二方向構造が說明されるのである. すなはち二側面にある前陸邊緣に對應して二つの獨立した褶曲幹(Faltenstämme)が生ずるといふのであるが,これは二方向造山帶の見解に包含されうるものなのである. カルパーテンとディナリデンはそれぞれ一方向的であるけれども,それらを合はせた大規模な全造山帶は二方向性であつて,それぞれの部分に關する後背地としての“中間陸地” Pannonien もこれに屬してゐる.

それ故に造山帶の二方向性は大規模な母地向斜の兩邊緣がクラトーンでかこまれてゐること,いひかへれば大陸塊に狹まれた位置を占めるといふことに對應してゐる. このことを Haug は地向斜の概念と根本的に結びついてゐるものと提稱してゐる. 彼はこの見解の結果を遙かに押しすゝめて,大平洋をとりかこんでゐる褶曲構造の母地向斜が“間大陸的”位置をしめてゐたといふ考へを維持するために,かつて大平洋の大部分を占めてゐて後に沈下した大陸を假定したのであつた.

そのやうな考へはなほ維持し難いのであつて,層位學的,古地理學的考察からむしろ,大陸の間隙に生じた母海洋(Muttermeere)のほかにも,巨大な古大洋の邊緣地帶としてたゞ一方向性の大陸緣邊部が存在すると考へられるのである. そこから生じた褶曲は一部分大洋の側にも向けられてゐる. そこで次のやうに結論されるわけである. すなはち,大陸の形をとつて高く聳えたつてゐる前陸とともに,巨大な大洋海盆の基盤もまた前陸の役割を果しえたといふのである. この場合に對しても,褶曲作用の影響はうけずにそれに對して褶曲運動が向けられたやうな地塊としての“前陸”の定義は完全に維持される. 差異點になるのは,一方の場合には比較的輕い“シアル質の”岩石より成り,それに關聯して高く聳立する大規模な抵抗地塊であるのに對して,他方の場合は一般に比較的重い“シマ質の”岩塊より成つてゐて,大洋下底の位置をしめる抵抗體なのである.

大規模な褶曲地域によるヨーロツパの分割は大體のことに關しては,すでに餘程以前に

Marcel Bertrand と Eduard Suess とによつて實行されてゐる. しかしながらもしもその際,カレドニア褶曲,ヴァリスカン褶曲,アルプス褶曲をそれぞれ獨立に分けるといふよりも,むしろ褶曲作用と同時に起つた固結作用を基にしてするならば,そのやうな大陸の地域的分類といふこともなほ全く別な意味をもつのである. 何となれば,このやうにしてより明確な區分ができるといふ點を今のぞいてみても,幾つかの固結地域への區分配列が同時に固結地塊の合成といふことになるからである. それは地殼の比較的輕い(シアル質の)物質の莫大な集積である. 巨大なアルプス型褶曲作用は一方では廣汎な地域に生じたシアル質の物質を狹い空間に押しこめて,從つて垂直斷面について隆起をもたらし,また一方では新しく深所から上つてきた主に花崗岩乃至閃綠岩質の物質,すなはちいはゞ,シアル質の物質を附け加へることによつて,シアルの集積を齎すのである.

固結基盤はアルプス型造山運動によりアルプス型地域を犧牲にして,そのアルプス型の性質をゲルマン型のものに轉換して作られ,或は擴張される. 造山運動は大陸基盤の歷史においては本質的に構成的な現象となるのである. この意味では地向斜沈降作用をもまた,それが褶曲を準備してゐるのであるから,やはり構成的と稱することができよう. それ故これらは,大陸縮少に協力するやうな破壞的沈降に對立するわけである.

造山作用によつて時代の經過につれて生じた固結基盤の例はヨーロツパによつて與へられる.

“原始ヨーロツパ”(Ur-Europa)はすでにカンブリア紀のはじめから固結してしまつてゐた陸塊なのである. すなはちすでに當時において“地塊時期”(Blockphase)にあつたのであつて,當時なほ著しく廣範圍な地向斜地域の緣邊部を今日のヨーロツパの地域に形成してゐたのである. 古生代前期のカレドニア時代に“古期ヨーロツパ”(Palaeo-Europa)が褶曲し,固結し,さうして原初陸塊に附け加へられた. これに對應してなほ活動性の殘つてゐた地域としての地向斜地域が縮少したのであつた. 古生代後期のヴァリスカン時代には更に“中期ヨーロツパ”(Meso-Europa)が新しい地域として加へられ,つゞいて後に來るアルプス時代には遂に“新期ヨーロツパ”(Neo-Europa)の地域が大陸基盤につけ加はつた. かうしてヨーロツパの今日の輪廓が完成されたのである.

ヨーロツパにおいては,たとへばアジアについても同樣であるやうに,後代の附加物が今日の大陸基盤の非常に大きな部分をしめてゐるのであるが,他方アフリカと南北兩アメリカではそれが原始時代の固結地域に對して比較的ほんの僅かの地域しか占めてゐないといふことが認められてゐる. かゝる特殊事情から北米において大陸地塊の“恒久性”といふ考へ——大洋の見掛け上の恒久性に對照されるものとして——が歡迎されたといふことがよく理解されるわけである. けれどもヨーロツパとアジアにおいて地盤に對する解析によつて一義的に分つて來る事情はかやうな解釋とは反對なのである.

かうした關係から見て，大洋の恒久性といふ考へもまた制限されることになるであらう．何となれば一方においては様々な構造地質學的，古地理學的成果と考察とから，例へばアフリカはかつて極めて大きかつた大陸塊の殘存塊にしかすぎず，それ故に破壞的運動が新しい海洋地域を作つたのであると言ふことができるし，他方において地球物理學の方面から固結陸地より大洋地域への變換に對して持ちこまれた論據には完全な堅固さを缺いてゐるからである．深海に轉換されるためには，われわれの地球物理學的見解にしたがへば，固結基盤はそのシアル質基盤を廣範圍にわたつて失はなければならないであらう．しかしこの點においては變換現象も交換現象も確かに可能性の外にあるわけではない．とにかく，地球物理學の方向からなされた恒久說の論據が地質學的事實に基づいて別の意味で進められた見解に對して主張を押し通すことができるかどうかは，それ故に非常に疑はしいことになる．

さうであるからといつて，多くの大洋地域がすでに全地質時代を通して大洋として存在してゐたといふことについて論爭してはならない．例へば大平洋の大部分及び太西洋の比較的多くの部分もまた確かに“原海洋”(Urmeere) と考へられなければならない．この點に關して解明をうるためには，層位學的，古地理學的，構造地質學的研究，特に古生物學的研究（動物群及び植物群關係）が役立てられなければならない．

5

構造論においては，その規模の大小はあるけれども，主要な問題として變形運動が取扱はれる．それ故に力學 (Mechanik) の問題が關係して居り，實驗力學の結果を構造論の問題に應用し，一般に構造論全體を精密力學的に基礎づけようとする努力がますます多く現はれて來てゐる．第一に運動學 (Kinematik)，すなはち運動と變形それ自身を，第二に運動學の基礎になる動力學 (Dynamik)，すなはち力の配置 (Kräfteplan) を相互に從來より嚴密に區別せよといふ要求が當然起つてくる．かうすれば，ある力學的見解に對しての性急な確定や，後の研究に際して容易に誤謬に導かしめるやうな決定の危險が避けられるのである．

“普通の”岩石の變形作用——すなはち屢々それのみが造構造現象とよばれてゐたのであるが——は運動學の主要部分をなすものではあるが，地質學が取扱ふ現象の一部分にすぎない．といふのは例へば岩漿もまたその可動性の種々の段階において地質學的物體であり，また氷河もさうである．そしてこれらのものの運動學的形態に現はれてゐる事柄は本來の造構造現象における様々な變形作用を思ひ起させるのであつて，その意味を認識する上に有用なものであり得るのである．一例をあげるならば，H. Cloos が指摘したやうに，たとへそれが大規模な地塊であつても，深成岩體であつても，または氷河であつても，巨大な運動體の邊緣部においてその全體の運動に密接に聯關して生ずる，非常によく似た構造上の變形現象を指摘するだけでよいであらう．　それ故に少くとも問題の力學的取扱ひ上では，「造構造現象」を地球の物質の運動現象の全體性から切り離すことはできない．

變形形態から吾々は，それを生ぜしめた應力配置を導きださうと努める．　吾々にとつて本質的に問題になることは壓力，張力，剪斷應力（辷りの應力 Schubbeanspruchung）である．第一のものに關係しては純然たる壓力による應力が取扱はれるのであるが，撓曲應力 (Verbiegungsbeanspruchung) を附け加へることによつて，應用力學において壓潰 (Knickung) とよばれてゐるやうな，褶曲運動の際に働いてゐる力の結合關係が取扱はれることになるのである．

造山構造の全體の中で主要な部分を占める褶曲と推し被せ斷層とデツケン構造とは**壓力**を示してゐる．この際，空間を占めようとする闘爭があるわけで，その戰の結著には最小仕事の原理が廣く適用される．すなはち，體積を狹めるためにも形を變へるためにも最も少い抵抗しか與へないやうな地帶と物質とにおいて，壓力が働くのである．

特に粘土質岩石において，微細組織についていへば，造岩鑛物粒の並行配置とむすびつけられてよく發達してゐる片理現象は，今や一般に**剪斷作用** (*Scherung*) に歸せられてゐる．しかしながらその際にも，剪斷構造の一般の場合に期待されるやうな片理群の二方向性の代りに一方向の片理面群を生ずることついては，尙種々な考へが行はれてゐる．

張力は破碎され易い岩相では地塊の分離によつて示されるが，動き易い岩相では岩石の様々な伸張現象によつて示される．單純な伸張作用の結果，物質の連結が斷たれて生じた切斷罅隙は，或る場合には口があいたままであることもあるが，しかし多くの場合には深所からの物質の注入によるか（火成岩脈及び鑛物脈），或は上盤の構造上の沈下（地溝），又は或る場合には下盤の構造上の押し上りによつてふさがれるのである．

球狀體を楕圓體に變形する際，あたへられた條件の下で多少とも互に垂直に作用し合ふやうな壓力と張力とが結びつけられるやうに，自然界においても褶曲現象を多少とも互に垂直關係におかれてゐる收縮現象と膨脹現象として，統一的な力の配置圖から明らかにすることができる．もちろんその際に，問題にされてゐる岩石の結合狀態の非常に著しい不均一性のために，理想的狀態に對して立ち入つた修正が加へられるのである．

それ故に造山作用の性質は方向の函數でありうるのであつて，吾々の地殼の大規模な構造上の特性に對してすらこのことが當てはまるやうに思はれる．

力の配置の上での著しい變更が一つの造山運動の進行中に，或はその繰返しの際に可能である．例へば裂罅の所に生ずる膨脹（伸張）は，必ずといふわけではないが，裂罅自身を生ぜしめるのと同一な力の配置のもので生じてゐなければならない．むしろ具體的にいへば，はじめは壓力で生じた裂罅において後に力の配置が變つて，兩側の地塊が離れるといふ場合も容易に考へうることなのである．　これとは逆に，ヘツセン，南ハンノーバや其他のザクセン構造區の地方での新しい研究から分つたことは，北西方向（ヘルシニア的）の延長を有する或る地

溝帶はすべて強く壓縮された形跡を示してゐるのであるが，これははじめは伸張の結果生じた形態であつたものが後になつて壓縮されたのであり，それに對し之とは直角の方向をもつ（ライン的）伸張による諸形態は始終その伸張による特性を保つてゐたといふことである．

少くとも伸張による構造の一部は，それ故結局，壓縮の應力關係で說明することができる．しかしそのほかに大規模な地塊の或種の分離現象による“純然たる”伸張作用もあるやうである．例へばアフリカの大地溝帶はこの場合であるやうに思はれる．ここでは一般に北向きが卓越して居り，それがヨーロツパに延長してローヌ低地，ライン谷地溝帶，及びヘツセンや一般に「地中海—Mjösen—地帶」のライン的斷裂地塊になるのである． Suess はその全體を一括して“アフリカ的”斷裂地塊と名づけた． けれども“ライン的”伸張現象は，例へばライン谷地溝帶とかそれのヘツセンにおける延長などでは，造山作用の時間的法則に從ふやうに見える點を見逃すことはできない． それ故にかゝる現象が地球の岩漿帶における“下層流”(Unterströmungen）に歸せしめられるならば，それは特に造山期に起るか，或は少くとも活動したに違ひないと思はれる．このことは，もしも褶曲構造全體を可動的深部地帶における下層流に歸せしめようとするならば，問題になつてくる． 下層流は少くとも一部分は物質の狀態に應じた地殼下層の（subkrustal）造構造現象であらう．そして確かにこれはそれだけで終るのではなくて，これに歸せしめられた様々な作用の時代的關係に從つて，地殼上部の造山相の中に組み入れられなければならないであらう．

6

大規模な構造の研究において，またその運動學と動力學の解明に關して，最新の地質學は**小構造的研究法**（*kleintektonische Arbeitsmethoden*）を利用してゐる．これは大構造を作つた運動と力とはその小部分及び微小な部分にさへ模寫されるのが常であるといふ事實から出發するのであつて，實際その方法によつて多くの場合について特に明らかにされてきてゐるのである．すなはち小裂罅は，地質圖を作ることによつてわれわれに明らかとなるやうな大規模な裂罅系及び斷層系と十分に一致してゐる．大形態を支配する壓縮現象（褶曲作用，推し被せ斷層運動）は一般に，一致した方向において，且つ大體同様なしかも讀みとり易い動向（Vergenz）を以て小構造の中にあらはれてゐる．もしも大形態で伸張裂罅がある場合には，それは小形態においてもまた缺いてゐないのが普通であつて，しかも後者では伸張の特質が一層明瞭に表明されてゐるのが常である．そして大構造の現象と力學的に密接に聯關してゐる小構造の現象のなほその他様々な種類が，その小規模であるために一層よく概觀することができるのである．さうした理由で今日の構造地質學的研究法からいへば，地球のある部分，例へばある山地の大構造を解明するといふだけではもはや滿足できなくなつたのであつて，更に小構造をもまた研究のうちにとり入れようといふ要求が起つてきてゐる．小構造は多くの場合に大構造の解釋に對して

方向を示してゐるのであるから，別の側から見れば大構造について得られた見解に對して屢々先づ試金石になるのである．かうした意味において小構造的研究法は山地のデツケン構造の疑はしい場合についてもまた，今まで行はれてゐたよりも一層多く適用されるべきである．

小構造がアルプスの構造の解釋に對して比較的強く顧慮されはじめたのは，殆んど 50 年前の Alb. Heim の行つた「造山作用の機構」(Mechanismus der Gebirgsbildung）に關する研究からである． ほゞ同じ頃 A. Daubrée は彼が北部フランスの水平乃至ほんの僅かばかり傾いた地層のそれぞれの露頭で見出だして，立ち入つて研究した裂罅系を，造構造的現象の力學に關して——また同時に，起伏狀態の形成作用に對して利用した．ライン斷裂帶の諸現象を解釋する際の基礎としての，ライン地溝谷兩側面の小裂罅構造は，最近の10年間に W. Salomon-Calvi とその門下の人達によつて調べられてゐる． しかしこの研究法は特に，H. Cloos によつて成功され，發展されたのである． 彼は「花崗岩體構造」(Granittektonik）から出發した．ここでは岩漿の流動期，粘張期，最後に固結期などにおいて深部より齎された物質及びその周邊の岩石に印刻された痕跡を研究し，そしてこれらの現象を貫入現象とそれに伴ふ諸關係の解明に利用してゐる． 先づ最初に花崗岩體構造に關して發展された研究法は，Cloos 及びその學派の人々によつて，次には通常の場合の構造に移され，それに關して更に發展させられた．かうした道を通つて，すでに述べたやうに，岩漿物質と水成岩物質との運動による小形態の間に著しい類似があることが明らかになつてきた．Bubnoff やその協同研究者たちの仕事は，Cloos 學派の研究に結びつくものであるが，一方 F. Lotze は極めて複雜な，しかも從來非常に議論されて來た中部ドイツの新期の（“ザクセン的”）地體構造上の諸事實の解釋に對して，この小構造的研究法の適用できることを示した． また Ch. B. Longwell がコネクティカットの三疊系について，そこの大規模な地塊構造を解釋するために，“感應的”（sympathetisch）小擾亂を利用したことも擧げねばならない．

小構造的（kleintektonisch）研究法は微細構造的（kleinsttektonisch）研究法によつて補はれる．後者は岩石の微細組織（Kleinstgefüge）を研究し，それを造山運動の際の大構造的變形作用の決定に利用する． この方法はそれに對應して主に鑛物學的-光學的な岩石薄片觀察の方法を要求する． かやうな“岩石組織學的”な構造論的研究に關しては，Br. Sander とその協同研究者達や Walter Sohmidt によつて主としてオーストリー・アルプスの結晶片岩地方でなされた研究が範例をなすのであつて，特に Schmidt に對しては吾々は組織學的研究に統計的方法を導き入れた貢獻を負つてゐるのである．

構造論的實驗の價値については議論があるし，たしかに一般には物理學における實驗の價値とは略々同じものとして比較することはできない．それは到底實驗では眞似もできないやうな巨大な空間と時間のもとになされた自然界の現象を考へさへすればよいであらう．しかもこれに加へて，空間と時間の縮少に對應するやうな實驗上の設備と物質を見出だきなければならな

い困難がある．けれどもそれらの制限にもかゝはらず，構造論的實驗は構造地質學の様々な現象に對してそれを直觀化するといふ價値をもつばかりでなく，それが新しい認識を齎し，或はまた進むべき道を示すことによつて，直接に研究上の價値をも持ちうるのである．かうした價値を，半世紀以上も前になされて非常に有名になつてゐる A. Daubrée の實驗に對して，たしかに否認しはしないであらう．彼は實驗地質學とでもいふべきものの嚴密な意味での創立者なのである．特に地殼の裂罅系の解明のためになされた實驗の價値は否定できない．最近では特に H. Cloos の實驗を記憶しなければならない．彼は實際の現象に對して實驗上の諸關係を縮少したことを計算にいれて作業物質を選擇し，特に幸運な實驗設備によつて力學的形態を得たのであつて，この結果は實際の場合との驚嘆すべき一致，しかも非常に特性的な個々の點にまで及ぶ一致を示してゐるばかりでなく，實際の形態の運動學，あるひはさらに動力學の解明に對して寄與してゐる．例へば，實驗の過程において明瞭になつてきた一つ一つの現象の順序は大規模な自然についてもその時代的分類に關して價値をもちうるのである．

實驗的研究はまた岩鹽構造の非常に特徴的な現象の解明と理解とに對しても，十分な貢獻をなした．

7

純粹な地質學的研究からはなれた地球の比較的深い部分の問題に關しては，**地球物理學**がその種々な研究方法，特に地震學及び重力測定の方法を以て研究をすゝめる．

はじめにここでは，比較的地殼淺處の狀態の決定に應用され，この意味でまづ比較的地方的な構造の研究に關して意味をもつてゐるやうな，いはば“應用”地球物理學の成果を考へたい．この應用地球物理學は“微動計測學”(Mikroseismik) によつては，——人工的に爆發によつて起された地震を用ひて——岩體の彈性の差を，重力測定の方法によつては密度差を，また磁氣測定的方法によつては帶磁率の差を利用し，互に異なつた地球物理學的反應をもつ岩體や地域を區別する．これらの事實のそれぞれの解釋については，多くの場合地質學を補助としなければならないのである．この方法はすでに鑛山業者たちの實際の作業，特に石油採掘上大いに重要になつてきて居り，地下の，しばしばその邊緣地域に石油の埋藏を示してゐるやうな岩鹽體の位置や形を決定するために，岩鹽の比較的高い彈性（地震計測學的方法）と異常に低い比重（重力測定的方法）を利用して成果をあげてきてゐる．しかしまたこの方法はこのやうな局部的な地盤研究とともに，一般の構造論的認識にも役立つてゐるのであつて，例へば北西部ドイツとかメキシコ灣の緣邊地方の岩鹽體を確定することによつて，岩鹽の上昇の際の條件に關する吾々の見解の進展に寄與してゐるのである．

“應用”地球物理學はそれ故にたゞ比較的淺い地殼の部分を探求するのであつて，そこへは結局はボーリングでも到達しようと思へばできるのである．しかし地體構造論に對する地球物理學の最も大きな價値は，一層遙かに深い地球深處の解明に關してなした成果にあるのである．この點についてはたゞ二つのことを注意すればよいかと思はれる．

先づ第一に想ひ起すべきことは，レントゲン波が人體に對してなしたと同じ成果を，地震波が地球に對してなしとげるといふ，古く E. Wichert によつて言はれた言葉の意味において，地震研究が非常な地球深處について今日吾々の得てゐる觀念の獲得に關して如何に寄與したかといふことである．

第二には，アイソスタシー (Isostasie) に關する觀念の全部に對する基礎を，地殼の重力異常の地球物理學的研究にのみ負うてゐるといふことを指摘するだけでよいであらう——そしてここでは吾々は比較的淺い地殼における地體構造論的事件の非常に多くの特性の認識に關して根底的な重要さをもつ一つの章に觸れるわけである．前世紀の中頃に，山地の側方引力が著しく小さいことに基づいて，ヒマラヤの下底に質量不足のあることを認めて以來，また von Sterneck がティロルで 1887/88 年に行つた，重力測定の發展にとつては古典的な第一回の系統的な振子測定以來，そしてまた Kohlschütter の東部アフリカにおける重力測定及び Hecker の大洋地域における重力測定以來，地球上の廣い範圍に亙つて重力測定が進められてゐる．それは，例へば中部ヨーロツパに關して F. Kossmat, A. Born などがすでに十分につゝこんでしかも成功的に實行したやうな，地體構造論への利用に對して多くの材料を供給する．重力測定上の偉業は，たゞ地球物理學的のみでなく地體構造論的にいつても，最近になつてオランダ人 Vening-Meinesz が潛水艦を用ひて，地體構造論上特に動搖のはげしい地帶である南東アジア或は西インド地方で行つた大規模な重力測定によつて示されてゐる．この仕事から分つてきたことは，正の重力異常をもつ廣い地域にはさまれて，大規模な若い造山構造に沿ふ比較的狹い，そして鋭く限られた地帶において，輕い基底物質が著しく蓄積されてゐるといふことである．

生　化　學

Richard Kuhn, Heidelberg.

ドイツの觸媒化學工業の產みの親の一人である A. Mittasch はスウエーデンの偉大な化學者 Jöns Jakob Berzelius の百年紀念祭に當り,「生理的現象の接觸作用に就て」と題し文獻考證の豐かな論文を發表したが, その中で接觸反應と云ふ言葉並びに概念が J. J. Berzelius に負ふ所大である事を明かにした.〔*Naturw.* 23, 361, 377(1935)〕

動植物體を構成する物質は或る特別な生命力によつてのみ合成されると考へられて居たが, 1828 年に L. Wöhler が人工的に尿素を合成するに及び遂に覆された. 如何なる化學者も“生體內で行はれる基物質からの合成作用をフラスコと坩堝內で模倣し得す”(Gren, 1796) と云ふ一文はかくして先づ打ち破られたのである. 生物の世界の產物である數多くの染料や香料, 調味料や藥劑を人工的に作り出すことが出來る事が明かになつた. 既に有機化學的合成の曉が見え初めたのであつた.

J. J. Berzelius はその當時に既に生命現象の特殊性は單にその現象に關與する物質の化學的性質に存するばかりでなく, むしろその現象過程自體に求むべきである事を感得してゐた樣である. 勿論茜草の根の色素やバニラの果實の香料やその他多くの天然產物が工業的に合成される場合は, 之等の物質が植物體內で作られる際の反應條件とは全く異つてゐるのである. 高溫, 苛性アルカリ, 發煙酸等の不可缺的利用は生物現象には係りの無い事である.

しかしアルカロイドの部門に於ける如く——之は近年やつと成功したのであるが, 殆んど中性の水溶液でしかも常溫で圓滑に合成が行はれ, 更にこの際に用ひる材料物質が細胞構成物質と非常に關係深いものである. この場合, かやうな反應は生理的にも有り得ると考へられる. 例へば, 呼吸中樞に作用するので有名なロベリアのアルカロイドもこの樣な方法で容易に合成し得るのである (C. Schöpf). 將來は單に水素イオン濃度のみがその反應を本質的に左右する樣な合成方法が益々多く知られて來るであらう. 現在は例へば亞片の如く熱帶產の藥種からのみ得られる藥物學上重要な植物鹽基類に關しても化學者は將來の成果を期待しつゝ自然への戰ひを挑み得る. 唯にその生產物に關してのみでなく, 更に進んで之を作り出す方法に關しての競爭である.

先づ第一に, 生體內で行はれる殆んど大部分の化學反應が單に水素イオン濃度のみで左右されないと云ふ事は大きな意味を持つてゐる. すべての細胞や組織內の反應の方向と速度を決定する物質こそ百年前にすでに J. J. Berzelius が“接觸作用力”* と云ふ言葉で表はしたものである. 即ち“或る物質は他の物質と接觸するとその物質に影響を及ぼし, 化學的作用を生ぜしめ, 化合物を分解したり新しい物質を作つたりする樣にするが, しかも少しもその反應には關與しないものである”と述べてゐる. Berzelius は生きてゐる動植物體中ではその組織と體液との間で無數のこの樣な接觸作用が行はれると云ふ創見を發表した. その後の生化學の發展はすべてこの概念の線に沿うて行はれたのである. 今日カイザー・ウイルヘルム科學振興協會が 25 週年を紀念して生化學研究の動向と成果とを一般に廣く闡明するに當つて吾々は Berzelius の精神の下に, この四分の一世紀の間に生化學的研究によつて, 無數の接觸反應の內で如何なるものが明かにされたか, 並びに**細胞內の個々の接觸反應の解明**が一方では新しい生化學的研究方法の確立に對し, 他方厚生並びに治療に對し如何なる意義を齎らしたかを考察しようと思ふのである.

* Katalytische Kraft.

Berzelius の時代には生物體の接觸作用を研究する事は殆んど爲し得なかつた. 何んとなればその當時は細胞の主なる構成物質に關してすらほんの僅かしか知られてゐなかつたからである. それ故にその頃は正常細胞の營む化學的變化を病的な細胞のそれと詳細に區別する事や病氣や中毒の外觀的現象を本質的に一定の作用物質の營む接觸作用に歸着させる事等は思ひもよらなかつた. 先づ第一に行はれねばならぬ仕事は生體細胞の構成物質に關する知識を充分に廣める事である. 人體內の, 又單に酵母細胞內に含まれる有機物質に關しての完全な知識は望むべくもないが少くもその重なるものに就ては研究しなければならない. 生化學的研究が進めば進む程又將來その成果が多ければ多い程吾々は以上の目的に益々近づき得るのである.

吾々は地球を構成する元素をその同位體は別として, 92 箇擧げる事が出來, 又各原子の地殼內含有量も相當の正確さで推算出來る. この元素週期表の內で唯僅かの缺けた所が滿されねばならぬ事もよくわかつてゐる. 更に地殼內に見出される鑛物は現在でもなほ其處此處で新しいものが發見されるが, 大體 1,600 種程を比較的簡單な目錄で記載する事が出來る. 丁度之に匹敵する程には吾々は人體內の有機化合物に關する知識を有つてはゐないのである. 唯量的に多く含まれるもの, 例へば蛋白質, 炭水化物, 脂肪, プリン體, ステリン類及びフオスフアチド等とかその他研究上都合の良い多くの色素類等について大體の知識をもつてゐるに過ぎない. 最近生化學研究の特別な目標は非常に微量に生する**反應中間過程生成物**[1] に向けられてゐる. 之等の物質は生體物質の合成及び分解の際に經過するものであり, どの位の數になるかは豫め推し測る事は出來ない. しかし天文學的數字を思はせる蛋白質の變化の可能性を度外視すれば, 數へ切れぬ程無限ではなき相である. 鑛物界との差異は物質の數にあるのではなくて, むしろそれ等各物質の假令少量にあつてもその作用の重要性に存すると思はれる. たとへ多くの珍らしい

1) こゝに中間課程 Zwischenstufen と云ふのは唯單に物質代謝の中間生成物として分離し取り出される物質ばかりで無く, 酵素-基質結合物をも含めての意味である.

鐵物類が無かつたとしても，この地球の様子並びに變遷には大した變化は無いと思はれるが，例へば炭水化物の物質代謝の際に僅か一つの中間段階に支障を來たすと その生物體全體に重大な故障を惹起する事は想像に難くない．

既に述べた如く觸媒現象の研究の前提は細胞構成物質の明確な知識である．之について今日生化學者は多くの重要な點に關して Emil Fischer に感謝しなければならない． 彼の深い見識とドイツ國の未來に對しての洞察は 更に25年前のカイザー・ウイルヘルム協會の基礎確定にも決定的な貢獻をしたのである．當研究所の特色のある生化學研究狀態の創設は彼に負ふ所多大である．炭水化物，プリン，蛋白質及びタンニンの構造に關しての根本的な知見は E. Fischer のもたらしたものである．以下に述べる之等物質の接觸變化に關するすべての研究が Fischer の研究の上に建設されたのである．

糖類の研究は E. Fischer の死後， 酸素環の結合位置及び二糖類，三糖類並びに多糖類に於ける單糖の結合狀態が高度にメチル化した化合物の分解によつて徹底的に闡明された．(J. C. Irvine, W. N. Haworth等) 糖及びグルコシド分解酵素の特異性も酵素の精製分離に吸着及び溶離の方法が案出されて (R. Willstätter) 新天地が開拓された． 更に酵素作用を用ひて二糖類及び多くのグルコシツド類の合成が行はれた． しかし蔗糖及び多糖類 (澱粉，セルローズ) の人工的合成は今なほ將來の問題として殘されてゐる．

糖類と關係の近い物質で生理的に重要な働きのあるビタミンC (アスコルビン酸,A.v. Szent-Györgyi) とビタミン B_2 (ラクトフラビン，R. Kuhn) が發見された． 兩者とも可逆的に酸化還元を行ふ性質があり， 更にその作用が之等と結合する糖類の構造並びに配置に密接な關係を持つ事も之等物質の合成の研究によつて明かとなつた (P. Karrer, R. Kuhn, T. Reichstein, W. N. Haworth).

新しい研究領域として多糖類に似たもので特殊の働きを示す炭水化物がある． 例へば血液型の (O, A, B.) 擔荷體として尿中に排出される含窒素化合物の如きは之に屬するのである．(K. Freudenberg) 血液の凝固を阻止する含硫黄化合物で肝臟から取り出される *Heparin* (E. Jorpes) も糖類と關聯を持つものである．更に澱粉又はセルローズの如き普通の多糖類でも之を硫酸でエステル化すると血液凝結を阻止する働きを示す (S. Bergström).

C. Neuberg の研究によつて明かにされたアルコール醱酵に關する知識は科學的にも經濟的にも意義が大きい． 即ち糖類のアルコール醱酵は適當な添加物を用ひて新しい途を取らせる事が出來る． 即ちアルコールと炭酸ガスの代りにグリセリンとアセトアルデヒドを作る事が出來るし,又アルコール醱酵を乳酸醱酵に切り換へる事も出來る．酵母を用ひ糖類からグリセリンを得る方法は前大戰の脂肪の缺乏に當つてドイツで充分に活用されたのである． 又その他の多くの醱酵現象が種々の有機酸，アルコール類，ケトン類の工業的製造に大規模に利用されてゐる．

酵母による生理的な糖分解の中間生成物として糖燐酸エステルが發見された (A. Harden).

運動しつゝある筋肉の炭水化物代謝の際にも同様である (O. Meyerhof)．今日では個々の中間段階が研究の中心となつてゐる． 今までに得られた數多くの觀察を綜合し更に新しい事實を豫知する様なアルコール醱酵及び筋肉解糖作用の反應様式表を化學式を用ひて作り出す事が試みられてゐる． 最近 G. Embden, O. Meyerhof, J. K. Parnas 等の研究により此方面の知識は著しく深められた． 脂肪，フオスフアチツド，蛋白質類の合成分解の反應様式圖も糖類と同様に作り出されねばならない． 現在未だ充分に作用機構の判つてゐないビタミン及びホルモン類もいづれは之等の領域の特定の現象に關與するものである事が明かとなるであらう． 榮養及び分泌の作用障害に起因する疾病の本質もかくして化學的に明かとなれば,治療の方法も新しい途が開けてくるであらう． 今日吾々の知識の貧困を如實に示す好例はインシュリンである． この物質は糖の物質代謝を支配してゐるのであるが， 生體外で再現される糖類變化の反應に之を結び付けてその作用を明かにする事は,多くの研究が試みられてゐるが現在なほ不充分である． Banting 及び Best の發見した膵臟のホルモンも今日痕跡の金屬の存在の下で結晶する含硫黄蛋白質である事がわかつて來た (J. J. Abel, K. Freudenberg).

糖類から如何にして**脂肪**が作られるかは今なほ不明である． 炭素原子數が6の倍數になつてゐる脂肪酸の多い事は或ひは偶然かも知れないが，少くとも部分的に葡萄糖がそのまゝ脂肪合成の際の反應に與かると云ふ E. Fischer の推定が當つてゐるかも知れない． しかし脂肪酸の酸化的分解は原則として常に炭素二原子づつ行はれると考へられてゐる (β-酸化, F. Knoop)． 又特別の場合には炭酸基の反對の方から分解されて行く事も明かである (ω-酸化, P. E. Verkade)． 動植物細胞の構成物質の一つであり又特に腦及び神經の構造基質として重要視されてゐるレシチン及びケファリンが合成された (A. Grün)．物理的化學的に之等は兩性イオンの性質を有する事も明かである (J. Hausser 及び R. Kuhn)． 即ち之は特有の透電性を持ち今後の研究によつて細胞の透過性の理解に資し，又は腦及び神經の電氣的現象の重要な手がかりを與へるものではないかと考へられる．

E. Fischer が概略明かにした**プリン體**の方面に於ける研究に於ては，細胞核の特有な構成分たる核酸が特別の地位をしめた． 酵素による分解過程，酵母及び筋肉アデニール酸の化學的差異 (P. A.Levene) 及び糖分解酵素の助酵素としてのアデノシン三燐酸の發見 (K. Lohmann) 等が多くの新しい問題を提供した．B. C. P. Jansen が單離した抗神經炎性ビタミン B_1 は含硫黄化合物であり (A. Windaus)，ピリミヂン誘導體 (R. R. Williams) として之等の物質群と關聯してゐる．

シクロペンタノペルヒドロフエナントレンの誘導體に關しては近時の新しい生化學の驚歎すべき一章をなしてゐる． 最も古くから知られてゐたコレステリンは血液中に侵入する物質の解毒作用をなす． 水酸基が入り側鎖が酸化によつて短くなつて出來る誘導體である膽汁酸

(H. Wieland)は不溶性の物質を腸の吸收の爲に溶かす働きをしてゐる．ある植物には同樣に側鎖を短かくし,更にその上酸素環を形成する働きを持つものがある．この方法で(W. Jacobs, A. Stoll) *Digitalis*の葉,ストロフアントス類及び *Meerzwiebel* では心臟筋肉に特別な作用を及ぼすので古くから醫藥として用ひられてゐる物質が作り出される．コレステリンの側鎖が更に切れる事によつてプロゲストロンが生ずる（A. Butenandt, K. H. Slotta.）．之は卵巢の黃體ホルモンとして姙娠の保持に不可缺のものである．側鎖を完全に切つてしまふと男性ホルモンを得る．この內男の尿から分離したアンドロステロン（A. Butenandt）及び牡牛の睾丸から得られた更に强力なテストステロン（E. Laqueur）は旣に人工的に合成された（L. Ruzicka, A. Butenandt）．シクロペンタノペルヒドロフエナントレンの側鎖を完全に分解した後に,もう一つの環を芳香性にすると今度は女性ホルモンである濾胞ホルモンを得る（E. A. Doisy, A. Butenandt, A. Girard）．作用力の多樣性は之のみに止まらないのであつて，ある種のステリン類(エルゴステリン)に紫外線を照射すると シクロペンタノフエナントレンの炭環素の一つが開いてカルシウム及び燐の物質代謝を調節してゐる 抗佝僂病性の ビタミン D を生ずる．(A. Windaus) 抗佝僂病性に働かないエルゴステリンの紫外線照射產物は 血液 の カルシウム含有量を高める作用を持つてゐるので，之は副甲狀腺缺陷の際 Collip-ホルモンの代用をなす（Tachysterin, Toxisterin）．石炭タールから分離され,又今日は合成も出來る癌腫を生ずる働きをもつた芳香屬炭化水素もフエナントレンの骨格から誘導される（J. W. Cook）．之等は自然がほんの僅かな分子の變化から引き出す特殊の働きの驚くべき多種多樣性の一例である．

すべての生命現象と切り離して考へる事の出來ない **蛋白質** は今日もなほ多くの研究すべき點を殘してゐる．アミノ酸類の組織的な結合によつて解決しようとして E. Fischer が始めて試みた研究方向では,特に E. Abderhalden 及び M. Bergmann が多くの新しいペプチツドを合成し，之によつて蛋白分解酵素の特異性を明かにする研究が目立つてゐる（E. Waldschmidt-Leitz, W, Grassmann）．又**アミノ酸**の內で獨特な生理作用を持つものが更に新しい問題を提出した．例へば甲狀腺の含ヨードホルモン（チロキシン，Ch. Harington); 細胞內の種々の酵素の起働質（Aktivator）として生物に廣く分布してゐるグルタチオン（F. G. Hopkins); 植物ホルモン アウクシン(*Auxin*) a, b と同樣に植物細胞の伸長に特異的に作用するヘテロアウクシン（*β-Indolylessigsäure*）(F. Kögl); 鼠の飼料として多くの合成したアミノ酸と共に用れば完全に蛋白質とおきかへ得る *α*-アミノ *β*-オキシ酪酸（W. C. Rose）の如きものがある．

蛋白質に關しては更に最近結晶狀に取り出された尿素分解酵素ウレアーゼ(J. B. Sumner)及び蛋白分解酵素ペプシン並びにトリプシン（J. H. Northrop）の如き**酵素類**を擧げなければならない．

色素成分を持つた蛋白質,所謂**色素蛋白質**，例へば血液のヘモグロビンはその代表的のものであるが,之等も自然界に廣く分布してゐる．之等に關する研究も色素成分の研究と相待つて著しい進步を示した．殊にヘミンの合成(H. Fischer)の如きは特記すべき發展の一標石である．色素成分と特殊蛋白質との再結合の實驗はヘモグロビン(R. Hill 及び H. F.Holden) 並びに黃色酵素（O. Warburg, H. Theorell）に於て同樣の方法で實現された．之等の人工的に各成分から作られた血液色素は天然のものと同樣に,酸素又は一酸化炭素と結合能力を示し，又人工的に得られた黃色酵素も自然のものと同じ觸媒作用を持つのである．血色素と化學的に密接な關係のある多くの含鐵酵素が知られてゐる．例へばチトクローム（D. Keilin）: この內チトクローム C は殆んど純粹に取り出された; O. Warburg の酸素傳達酵素: これの吸收スペクトルは最近直接見得る樣になつた；カタラーゼ(K. Zeile)：之はヘモグロビンの如く透析し得ない蛋白體と透析し得るヘミンとの二成分に可逆的に分解並びに結合させる事が出來た．酵素は化學的に働く作用群と膠質的擔荷體とから成立つと云ふ Willstätter の考へが最近の研究により益々確かにされた．この膠質的擔荷體は個々の場合に作用を失はずに交換させ得る事も出來ると思はれるのである（E. Waldschmidt-Leitz）．かくして酵素の特異性が化學的に作用を持つ 部分（色素成分）と膠質的擔荷體（蛋白質）との間に如何なる關係にあるか，又はある特定の影響がこの二成分に如何に働くかと云ふ重要な問題が實驗的に證明される可能性を示すのである．

以上に於て吾々は百年前に Berzelius が生命現象を特性付けるものと豫知した無數の觸媒作用の中著しく多くのものが今日解明された事を知ると同時に更に彼が生化學の最後の 問題として特記した言葉が今なほ闡明されずに殘されてゐる事も認めるのである．即ち“ある定つた條件の下に外部から吸收された養分を動植物體に變へ，それから種子や卵を生する**內在してゐる或る力**こそは吾々の解く事の出來ない生命の謎である．吾々が如何に眞面目にこの生物體と云ふ化學實驗室を詳細に觀察しようと努力してもそれぞれの目標へ向つて働いてゐるこれらの力を決定してゐる指導精神（*Spiritus rector*）を認める事は出來ないのである.”遺傳現象並びに種の形質の發現を支配してゐる化學的過程は今なほ蔽はれてゐる． 生化學の將來の重要性は一に化學的實驗方法が之等幾多の純生物學領域に存する問題に如何なる程度にまで近づき得るかを示す點にあると思ふ．

生　物　學

Fritz von Wettstein, Berlin-Dahlem

Darwin の進化論は過去百年間の生物學の輝かしい發展に働いた酵素である．研究方法の長足の進歩殊に顯微鏡操作術は生物學の偉大な發達に大きな役割を演じた．廣範圍にわたる生物に關する觀念の記載が必要とされ,次第に數多くなつた生物學者が驚く程の仕事を成就した．今日生物學が最初に花を開いた時代をふりかへつて考へて見ると，如何に Darwin の進化論の生物學への貢獻が大きなものであつたかを知る事が出來る．しかし輝かしい興隆の裏には同時に甚だしい行き過ぎも含まれてゐた．先驅者により,比較形態學，細胞學，發生學，分類學，生物地理學及び生態學の各方面に驚く程の發展が成遂げられたのであるが,やがて研究の行きづまりと共に，目標もなく無批判に唯多方面に擴げ樣とする亞流が出現した．殊に進化學說に多くの影響を受けた部門では最も早くこの事を經驗した．無批判な學派が，一定の方法にはそれぞれ適用すべき限界がある事を忘れ，唯根據のない憶說をふりまはして，之まで綿密な系統學的思索によつて確かな基礎を創立された學的體系の前途を混亂に陷れようとした．種の起原に關する進化論の基礎が問題となつた場合にも，誤解した事實を根據として間違つた方法で假說を作り上げ，そのために進化論すべてが破壞されさうになつたのである．

やがて此の迷夢は醒めて批判の時代が來た．かくして生物學の全領域に新しい批判的方法が導入される樣になつた．しかもこの方法が Darwin の進化學說の影響を受ける事の最も少かつた生理學的研究の分野から起つた事は特記すべきである．すべての研究分野に於て,先づ第一に比較觀察によつて得られた結果を秩序立てる事によつて問題が奈邊に存するかを明かにし，しかる後に實驗を試み，新しい批判的處理を行ふのである．即ち今日この迷夢から醒めたすべての領域に於て其の前進には實驗的研究の旗印が立てられるのである．

現在，生物學は非常に內氣な對象に關して新しい知識を戰ひ獲りつゝある狀態であるから,その姿を畫き出す事は非常に難かしいのである．生物學は植物及び動物に關する一般的な研究の綜合を意味する．一般に生物體に關する研究の普遍妥當な解決を兩分野の箇々の研究結果から見出す事は實は意外に早く且つ確實に出來るのである．しかし多くの場合には研究方法の差異があるので，確かに根本的な問題は共通であつても,その問題を如何にして解決するかは個々の生物によつて非常にちがつてゐる．研究材料によつて多種多樣な着眼點を取り，色々の研究方向に實驗が進められるのである．時に應じて植物學或ひは動物學の研究結果に重點を置かねばならないが，とにかく此處に一貫した生物學の素描を畫き出さうと思ふ．

213818

遺傳學に於ては動植物に共通な現象が多いので實際に一貫したものを作り出し得たのである．色々の生活狀態に於ける生物のすべての形態並びに現象に關する本質的なもの，即ち生命の起原に關しては吾々の認識は充分ではない．生物の發生は遺傳現象によつて規制されるのであるから，この現象を解明するに先づ生物の最初の狀態を理解しなければならない．それ故に單に側面觀的な過大評價でなしに，先づ第一にこの問題が提出されねばならないであらう．如何なる問題に生物學者は向はねばならぬかといふ事に關しても同じ事が云へるのである．すべての現象並びに性質の中に，先づ第一に原因として生物體が先祖から遺傳によつて獲得したものを含んでゐる．遺傳は云はば生命の運命を意味して居る．しからばこのすべての運命決定の最初に行はれる現象は何であらうか．

すべての生物はその細胞の細胞核內に多種多樣な構成の下に無數に遺傳物質を作る一定の構造を持つてゐる．之を吾々は遺傳基質又はゲンと呼んでゐる．之は細胞から細胞へ世代から世代へと次々に傳へられて行く一定の物質である．

交雜實驗により分析出來るあらゆる場合を試みる事によつて，先づこのゲンの存在並びに分離の問題を徹底的に解決する事が出來た．細胞核內にはその分裂の際に一定の數と形をとる染色體が存在してゐる．之等はすべての生物にそれぞれ一定の染色體組* にまとまつて居り，細胞分裂の際は均等に縱裂してそのまゝ傳へられる．之等染色體の完全に決つた場所に直線的な順序でゲンが位置してゐる．かくしてゲンはその擔荷體と一緒に全部細胞から細胞へと傳へられるのである．ゲンの數は非常に多く，最もよく研究された猩々蠅では ± 10000 位になる筈である．他の生物にもこの數があてはまるかどうか，並びに簡單な生物より複雜な生物の方が數が多いかどうかは將來に殘された問題である．

ゲンがすべての細胞分裂に際し均等に娘細胞に與へられるならば，ゲンの位置の占め方がすべての生殖の際に吾々が Mendel の法則と呼ぶ分離の法則の原因となるわけである．あらゆる生殖細胞は一組の染色體を持つてゐる．受精作用により二つの之等細胞が合一し，二組の染色體を全部含んだ融合細胞が生ずる．この細胞から生物は發生して行く．染色體上に座をしめた遺傳單位はかくして受精作用により組合はされる．同種類の生殖細胞の融合によつては同一の遺傳單位を含んだ生物體が生じ，そうでない場合には雜種が出來てくる．この樣な準備が整つて發生は始まり,遺傳單位は各細體の生育中はそのまゝ維持されるのである．生育の終りに當つて再び生殖細胞形成が行はれる．この分裂に際して染色體分布は,前に一組の染色體が全部そろつて一つの生殖細胞に含まれるのではあるが，それと同時に一組の染色體の內では前に父方から來た染色體と母方から來た染色體との間の自由な組合せが行はれ得る樣に定められてゐる．かくして染色體上のゲンも，母方からのも父方からのも自由な組合せが行はれ．實際に丁

* Chromosomensatz

度期待される様な量的關係ですべて可能な組合せが出現するのである．しかしゲンは各染色體の上に數多く位置をしめてゐるであるから，各ゲンは丁度一組の染色體の數に相當するだけの群にまとまつて遺傳される．しかし實際の觀察によるとこの原則通りでなく，同一の染色體上にある多くのゲンが互に分れて，その後に組合はされる場合も出て來る．更に又個々の染色體の一部分がその上にあるゲンと一緒に他の染色體と置き換はる現象もおこるのである．即ち生殖細胞形成の或る時期に染色體がいくつかの部分に切れて，切れた部分が相手の染色體の之に相當する部分と交換する事が確からしいのである．この染色體の乘換への現象も實驗的に明かとなつたのであるが，正確な分析は現在吾々の研究題目の一つになつてゐる．

ゲンの配置も證明され遺傳法則の基礎となつてゐる分離の現象も之によつてよく說明される．即ち祖父母からの遺傳質が親に傳へられ，之が確率の法則に從つて自由な組合せをして子供の代に表はれて來るわけである．子供の遺傳的素地は，云ひかへれば祖父母の遺傳質の產物であり，しかも親の生殖細胞形成の際の分離現象の產物でもある．ゲンの存在並びに分離樣式は無數の動植物更に人類の場合にも大體共通である事が明かとなつた．更に研究の步武は染色體以外の細胞構成物質の遺傳現象への關與の問題へと進められてゐる．多くは母方からうけつがれる事に，遺傳的にきめられた原形質が遺傳現象に關與するらしい事並びに植物に於ては葉綠素を持つ一定の器官である色素體が更に遺傳要素として考慮する事等も，今日段々と確からしくなつて來てゐる．

ゲンとは如何なる物質であるかあまりわかつて居ない．しかしとにかく非常に微量で驚くべき作用を持つた或る特殊の物質にちがひ無い．ゲンに對する放射線の影響の實驗から，ある一定の分子構成をもつた物質である事は考へられるが，この實驗が將來大いに發展するのを期待しなければならない．

以上で遺傳物質の存在並びにその分離現象を明かにした遺傳の染色體說の正當性を充分に認め得たが，ゲンが染色體上でどんな狀態で存在してゐるかは最主要な研究目標として殘されてゐる．更にゲンの細胞核內に於ける生物的機能，即ちゲンが如何にして驚くべき作用を發現するのであるかが明かとならなければ，遺傳現象の全貌を把握した事にはならない．ゲンの存在する場所が何處であるかと云ふ事だけでは今日もう滿足出來ない．吾々はそれが如何なる働きをなすかが知りたいのである．ゲンの生理的機能は存在する量に關係し，又作用の强さにも關係する．又それが含まれてゐる細胞原形質的內容物との相互作用とも密接な關聯を持つ，アセタブラリア(*Acetabularia*)に就いて行はれた特記すべき實驗によれば，ゲンから種々の現象を方向付ける樣な作用物質が細胞へ分泌されるらしいのである．すべての細胞に存在してゐる多くのゲンが，皆同時に雜然と働かずに常にきまつた順序で非常に精緻に秩序立てられた經過を取つて，次々に生物的現象を方向づけるのは何によるのであらうか．今までは遺傳學的に考察したのであるが，同時に之はすべての發生學的現象の決定性の問題でもあるわけである．この

の闡明こそ實に遺傳現象の餘す所なき理解を意味し，之こそ今將に登りつめるべき眼前の大岩壁である．

遺傳現象の根本は受精現象並びに生殖細胞形成作用である．しかしこの前提には性の分化，生物の性の決定があるが，之等自體が再び次代に分離する際には遺傳現象によつて規制されるのである．之こそ遺傳現象によつ世代から世代へと傳へられる非常に複雜な因果關係並びに生物的現象の相互作用の最適例である，すべての個々の機能は個體差異の限界によつて不連續的であるが，この不連續性は遺傳によつて幾分抹殺されるのである．更に他のすべての生物學的領域では，その研究は各個體について行はれるのであるが，その際に忘れてならない事は之等の各個體內の現象はすべてその祖先の生物の働きによつて作られたものに支配されると云ふ點である．

性の分化の本質，即ち性の遺傳現象は Correns, Goldschmidt 及び Hartmann の生涯を捧げた勞作によつて生物學全領域中最も深く研究された分野である．一般の性決定に關する說は，すべての細胞に，すべての生物體に兩方の性を發現させるべき基質を含んでゐると考へるのである． ある場合には，その個體が生育する環域の外部條件がどちらかの性を發現させる事を決定する． 之に反して之等基質の相對的の强さに應じて，その相互作用の際に强さのすぐれたものの方に決定される場合もあり，更に一之は大部分の動物及び高等植物並びに人類の場合であるが一特別の一對の基質が形成され，之が性分化の最後の決定をなすのである．雌では雌性の基質が含まれ，雄では一つは雄性の基質，もう一つは雌性の基質とが對をなして含まれるのである．それ故に前者の生殖細胞は雌性決定の基質のみを齎し，後者のそれは半分は雌性半分は雄性を決定するものを齎らすのである．故に次代に於て之等任意の組合の結果，再び 50 パーセントの雌と 50 パーセントの雄とを生ずる事になる．

丁度吾々が他の生物的現象で何度となくよく見る如く，性決定の基本原則にも非常に多種多樣な變則的な場合が附隨してゐる．非常に多くの變則的な個々の場合が明かにされて一般的な考察に適合させられた．すべての受精作用の根本的なものとして，吾々は性の分化のすばらしい規則性に驚歎するのであるが，性の分化の本質は未だに不明のまゝに殘されてゐる．この分化がおこつた事は生物の進化に非常に重要な意味を持つてゐる．即ち秩序立つた遺傳及び之に基づく體制の形成の連續性，更に新しい組合せや多くの多種多樣をもたらすすべての現象が之に基礎を置いてゐる．しかしこの事がすべてにあてはまるものでない事は，有性生殖をしない生物群，即ち藍藻類及び細菌が示してゐることでわかる．之等の生物も諸性質の連續性と非常な多樣性とを持つてゐる．故に規則的な染色體の分裂を伴つた受精現象によつて之等が維持されて行くと云ふ考へは，確かに**最も良く出來た**原理を意味してはゐるが，しかしなほ唯單に**一つ**の原理なのである．

遺傳學研究の嵐の如き發展は更に他の學的領域をも搖り動かしたのである．核分裂の際のゲ

ンの分離と染色體の分裂との關聯が明かにされた後，當然染色體の微細構造の特に詳細な研究が進められた．あらゆる多様な核分裂の様式が廣く探究され，染色體の形成狀態や紡維絲による染色體分離等に關する一般的な原則が確定された．染色體の微細構造に關しては次々と意外な事がわかつて來た．一本の糸の上に交互に肥厚した部分と薄い中間の部分とが直線的に並んで居り，この糸が普通の染色體では螺旋狀に卷いてゐる．生殖細胞形成のある一定の時期には長く延びてしまふ．丁度この時期に染色體の乘換へが行はれるのである． 更に特に研究に都合の良い猩々蠅で最近明かとなつた事は，染色體の肥厚した部分こそゲンが染色體上にしめてゐる場所に他ならないと云ふ事である．かくして染色體研究と遺傳學研究の協力によつて，染色體說の一大伽藍を完成しようとする大きな目標へかなり近づいたと思はれる．しかも此處では實驗的研究方法が働くのである．核分裂現象が分析され，紡維糸形成の起原並びにその經過，染色體分裂の機構並びにその促進，成熟分裂と外的諸條件との關係及びゲンの作用と細胞構成物の諸性質等が複雜なうちにもだんだんと判つて來た．ここに於て成長素が細胞分裂及び伸長作用の研究に提出した問題と細胞遺傳學の研究とが結び付いて來たのである．一般的に云へば，細胞生理現象の研究は遺傳學及び發生生理學,系統學及び代謝生理學等の多種多様な研究項目と非常に密接な關聯を持つてゐる．

すでにゲンの機能の考察の際に決定性の問題に觸れたのであるが，遺傳學の立場から云へば，之は如何にしてゲンが發生過程の途中で順々に働きかけるかを明かにする事である．發生生理學は，現在の如く遺傳學との結合が重大な意味を持つ様になるずっと以前から，發生過程の原因を明かにする爲に打ち建てられた學問である．此處では動物と植物との體制の差異と共にその發生様式も全く違ふので，研究の途も動物と植物とでは分れ分れになつてゐた．それが最近遺傳學的思考形式の導入により，發生現象の根本問題研究も丁度遺傳學の場合と同様，動植物の一般的な問題として探究出來ると云ふ事がわかつた．しかし勿論本質的差異がなほ殘されてゐる．色々に問題は別けられるであらうが，主な問題は分化現象の原因をつきとめる事である．

植物に於ては發生様式が動物の場合と異つてゐる．前者では分化は外に向つて行はれる．外部への開放された表面を持つ事，外へ向つて永續的に生長する事，舊い部分の完全な分化，常に次々と若い生長點を生ずる事等が植物の特徵である．之に反して動物の發生は最初から體內表面の再構成によつて行はれる．植物では外圍條件の作用は特別の影響を及ぼす事が明かであり，その爲に之等諸條件の形成作用に關する植物發生生理學的研究には常に大きな空間を必要とする．遺傳學的考察が導入されて以來，ゲンの作用と外部條件との關係もこの方面から盛んに研究される様になつた．しかし更に深く掘り下げた研究及び生物內のゲンの働き又細胞それ自體のゲンの作用を明かにしようとする研究は未だあまり見當らないのであり，今後大いに進められるべきであらう．

植物の發生生理學的研究は全く別の方面から盛んになつた．すでに古く Sachs は所謂器官形成物質の考へを發表した．非常に微量存在し器官形成の働きを持つ特殊な物質によると考へた Haberlandt の實驗が最初にこの假說から導き出された．始めて彼は細胞分裂を惹き起す物質の存在を認めた．斯くして之等特殊物質，就中成長素の研究が最も重大な意義を得て，最近の植物學の輝かしい一章を現出したのである．

植物體のすべての發達は常に生長と結び付いてゐる．生長點に微量存在し，其處から下方に移動し，伸長作用に影響する特殊質の存在は，主として Went 一派により立證された．Kögl によりこの特殊物質は結晶として得られ，更に驚くべきき方法で化學的性質も明かになつた．植物細胞の伸長作用に働く特殊物質がかくて把握されたのである．伸長作用がこの様な研究方法で明かとなつた事が，すべての發生現象の解明に及ぼした根本的な意義を思ふ時，それ自體として非常な進歩である．しかし更に深く考へて見ると，之だけでは未だ必しも充分な意義を認めるわけには行かないのであり，なほ進むべき道がある事が示された．即ち**アウクシン**(*Auxin*) 及び之に類似の物質が,如何にしてその働きをなすかは未だ明かになつてゐない． 之等は確かに細胞膜の伸長に影響を及ぼすが，果して細胞質に對してはどうであるかは未だ決定されてないのである．更に Kögl は成長素の外に細胞分裂に影響する物質を確認し,Went は發根物質の研究を續けて居り，Fitting は細胞內の原形質流動を規制する物質に關する研究に努力してゐる．更に Hämmerling がアセタブラリアで認めた作用物質や Hartmann が種々の下等藻類で發見した性決定物質等を考へ合せる時，この方面の描像も完全となり，吾々を此處まで引き上げてくれたのは之等特殊物質の知識である事がわかるのである．更に之等特殊物質と，すでに遺傳學的研究で知られてゐるゲンとの間の橋が架けられたならば，吾々の前には忽然として廣々とした分野が開かれ，實際にそこで全く新しい方面の研究が行はれ得るのである．

生長素研究の意義は更にもう一つの分野にも存してゐる．器官の開舒及び全植物體の完成に重要性のある運動現象は多分に生長作用と關聯してゐる．光，重力等の外圍條件に對する器官の適應は之等の運動によつて行はれる．運動は外部からの作用によつて，即ち所謂刺戟の結果生ずるのである．之等の運動の分析が植物刺戟生理學の內容である．光刺戟反應はこの様な刺戟現象の一つである．幼植物が光の方へ屈曲するのはよく知られてゐる．この際光は刺戟として働き，その結果典型的な刺戟運動がおこる．この刺戟運動は不整な生長に起因するものであり,この事實によつて生長素研究との聯關が成り立つのである．一側からの入射光により生長素は影になる部分に多く偏在し,その側の生長作用が盛んになり，光の來る方向へ器官が屈曲するのである．光屈曲の“刺戟現象”が,この様に特殊の偏在の作用に由來する事が明かとなつて，一般に植物の“刺戟運動”の研究が，原理的には同様に特別な物質をつかまへる事によつて理解される發生生理學上の問題と著しい關係にある事がわかつた．全く生物獨特の刺戟現象が，

この様な方法で解明され得ると云ふ事が何を意味するかは今更強調するまでもない．しかし前途はなほ遠く，生長屈曲現象の外に非常に複雑に“刺戟現象”が見られるし，又光による生長屈曲の現象にに關してすら未だ完全に餘す所なく解明されたわけではない．しかし常に神祕に滿ちた刺戟現象が關係付けられる様になつた事は最近の生物學が得た本質的發展の一つである．

動物體の發生生理學的研究は別の途を進んで行つた．この場合には分化は主として內部表面の再構成を意味してゐる．一般に動物體は植物とちがつて，生體が完全に分化し切るまでに常に同時に形成と變成とが繰り返へされて，發生が進行するのである．

之等の現象の分析は特に兩棲類の幼胚，ウニ等で行はれる．發生しつゝある胚から個々の細胞群或ひは組織片を早期に切り取つたり，又はちがつた部分に結び付けたりして，之等の發生能力を研究するのである．大抵の場合胚の各部分は既に早く決定されるので，それ等は別々に獨立して夫々體のきまつた部分に發育が進んで行く事が明かにされた．然し又多くの場合複雜な調節作用があつて，各々の部分が相互に影響し合ふと同時に，胚の色々の部分が形成中心*又は形成體**として作用する（Spemann）．その形成體から“分化流”***が流れ出して他の組織に作用し，その發育を一定の方向へ向ける．今迄は動物體の調節作用は，外部條件に非常に影響される植物についての觀察と全く正反對であつたが，最近の研究によつてこの兩部門の問題は再び非常に類似して來た．形成體作用の本質に就て突進んだ研究が Holtfreter 等によつて爲されて，其の結果形成體から或物質がその周圍の組織に浸潤して行くと考へられれるに至つた．この物質を分離し決定するのは困難な事であるが，今までの結果から見ると分化過程の本質に就てく多の事が Spemann の突き進んだ實驗形態學的研究によつて明かになつた後，研究が更に進歩して此の作用物質の究明がなされるに違ひないと思はれる．特に動物體に於て一定の器官の形成や種々の生理的過程を支配するホルモンが以前から知られてゐる．斯くして各生物の發生を實際に支配してゐる作用物質は，發育中の生物のきまつた腺から多量に分泌されるホルモン，形成體作用を示す特殊物質，更に細胞中で作用するダンに到るまで，一系列をなすのである．

發生生理學及び刺戟生理學の問題解決に化學の演じた役割の重大であつた事はすでに述べ

* Organisationszentrum
** Organisator
*** Differenzierungsströme

た通りであるが，生體の物質代謝の研究は古くから生物學と化學との中間に橫たはる領域であつた．生物學者が取り上げた問題が化學者の興味を惹き之を解決した場合が多いが，屢々生物學者の研究が化學の問題の基礎的解決に資した事もある．

多くの物質代謝の本質的な問題は單細胞に關しても又多細胞生體についても同樣である．細胞の物質代謝生理學的な研究は極めて發達し，物質吸收，物質異化作用及び分泌，同化作用及び呼吸作用，細胞の物質代謝現象とエネルギー獲得現象との關係等のすべての根本的な問題が研究された．高等動植物の器官の分化は，物質代謝現象の個々の作用が特別に各器官に於て高められて顯著になる事を意味してゐる．多くの場合にはこの様な個々の作用が一層はつきりと理解される．云ひかへれば各器官で同時に生理的機能の退化（或ひは單純化）が起つてゐる．今日物質代謝生理學研究者が生活細胞內の基礎物質轉換作用の相互關係に着眼するならば，個々の現象が特定の器官で顯現する事は單に見かけ上の單純化に過ぎない事がわかるであらう．それ故に近時益々單一細胞の機能の研究が盛んになり，研究材料として單細胞藻類，酵母菌，細菌等の單細胞が用ひられる事は當然な事である．

單細胞の物質吸收は現在非常に良く探究されてゐる．殊に植物細胞に關しては Pfeffer の滲透作用の研究に立脚して，細胞膜の透過性及び原形質の滲透性が物質吸收の原因として深く研究された．限外濾過說，リポイド說及び表面張力說等最初は互に相對立した假說が立てられたが，すでに現在では之等の矛盾は消失し，多くの物質は原形質表面の複雜な構造により，或る場合にはその物質粒子の大いさに從ひ，又時にはその物質の溶解度に應じて細胞內に吸收される．その際勿論表面張力が重要な働きをしてゐる事は明かである．比較原形質學*が長年の多くの研究結果から建設されて，原形質の組成の極度の複雜性や多彩な物理化學諸性質が吾々に示された．イオンの形でかそれとも分子のまゝで吸收されるかと云ふ事で激烈な論爭が行はれて，物質吸收の問題も徐々に解決されつゝあつたが，最近 Lundegårdh はイオン吸收を可能にするエネルギー源を考慮し，細胞內への物質吸收作用との間に興味ある關係が成立する事を明かにした．斯くて今まで別個に考へられてゐた細胞の物質吸收現象と物質代謝作用とが結び付けられたのである．

エネルギー關係即ち生物體のエネルギー變換の問題も一般に更に深く考察されてゐる．Stern が集大成した“植物熱力學”はこの方面に關する大體の知識と並に之等問題の重要性を示してゐる．

原形質の物質吸收の問題に於ては細胞の示す滲透壓の大いさが重要であり，之は更に水分吸收とも關係がある．この點に關する知識は最近特に植物細胞に就て深められ，細胞の一般及び比較滲透生理學は特によく研究された分野の一つに數へられてゐる．細胞の膨壓は細胞膜と共に植物體保持にも働いてゐると考へられる．

種々の元素の不可缺性は物質吸收と聯關した問題である．精密な分析方法によると生物體內

* Vergleichende Protoplasmatik

に見出されない元素はない事が前から知られてゐる．しかし古くから之等元素の大部分は單に偶然的な隨伴者と考へられ，細胞形成には極少數の元素が不可缺である事が認知された．しかし一方個々の元素が如何なる現象に關係するかは現在未だ不明ではあるが，生物體に微量か又は稀に見出される元素でも多くは何か不可缺の役割を演じてゐるのではないかとの考へが漸次強くなつて來た．更に比較研究の結果，以前考へられた程各生物で同じ事があてはまるものでは決して無い事がわかつて來た．

生物固有の物質變換作用即ち物質合成並びに分解現象は物質吸收の研究以上に困難な問題である．同時に行はれる無數の反應過程の中から，特に詳細にしらべる爲に個々の反應を注目して研究するのである．之等の反應の內で最も近付き易いのは比較的簡單な有機化合物に關聯してゐる炭水化物の物質代謝である．空氣中の炭酸ガスを炭水化物に變化させる事は一般的に見れば，同時に地球上の有機化合物合成の根本的過程であるので，植物の光合成は實に重大な役割を演じてゐる．種々の角度から炭酸同化作用の根本現象の探究が行はれた．葉綠素の形成に關する有名な Willstätter の研究に續いて，Stoll 及び Hans Fisher 等の努力によつて，この重要な色素の化學的合成の最後の段階は未だであるが，詳細な構造まで今日明かになつた．炭酸同化作用の研究は主に Warburg に負ふ所が多く，今日この現象はエネルギー論的に考察され即ち光化學反應を量子力學的に洞察し得る所まで進められたのである．この様な進歩にもかゝはらず，この現象そのものは依然として不明の點が多く，それぞれ根據をもつた種々の假說が立てられ，結局は澱粉にまで進行する炭水化物合成の反應機構に關しての論爭が續けられてゐる．之に比較すれば炭水化物の分解作用の知識は都合よく進められた．澱粉或ひはグリコーゲンから最も簡單な物質即ちアセトアルデヒド及び炭酸にまで分解する全反應過程の各中間段階が實驗的に明かにされた．各段階毎に，それぞれ種々の酵素が關係し次々に之が作用する．之等の酵素に關する知識も今日殆んど餘す所なく明かにされてゐる．更に合成過程も大體似た道程を通つて，酵素作用によつて行はれると考へられてゐる．

呼吸作用はエネルギー獲得の爲の根本的な生命現象として，物質の分解作用の中で特別の位置をしめてゐる．酸素の供給の下に炭水化物が結局炭酸ガスまで分解燃燒される現象が，呼吸作用の本質として重要である事は古くから確かめられたのである．しかしこの現象が如何なる途を通るかが今日特に問題となつてゐる．呼吸の際に脫水素作用が行はれ，遊離した水素は受容體として働く酸素と結合して過酸化水素が生ずると說く Wieland の仕事と，酸素の酵素的酸化作用が重金屬觸媒によつて賦される事に立脚し，精緻な研究の結果その際に働く含鐵酸化酵素の存在を明かにした Warburg の研究とが，先づ最初に判然と對立してゐたが，今日ではこの際立つた對立が相互補足へと進みつゝあり，常に對立する二つの研究方向の激烈な論爭から更に高度の業績が產み出される例に洩れず，この現象の完全な闡明が產れ出る希望が殘つてゐる．

炭水化物の物質代謝の研究はなほ他の分野に於ても特別な意義をもつてゐる．高等動物體に本質的な筋肉運動の原因並にエネルギー代謝の問題は，グリコーゲンから乳酸に變化する可逆的過程に關する Meyerhof の研究によつて，物質代謝生理作用と重大な聯關がある事が明かになつた．殊に筋肉活動に於ける化學的エネルギーの變換並びに筋肉の收縮，疲勞及び回復現象の際には，なほ色々複雜な共軛反應が同時に行はれる事が最近の熾烈な研究により確かにされた．今まで十年位も分裂不能のまゝ休止狀態にあつた細胞が突然急激に限りなく分裂し出す，あの恐るべき惡性腫瘍の組織の神祕的な現象の理解に先づ第一步を進める事が出來たのは Warburg の癌細胞の炭水化物代謝の研究からである．如何にすればこの病氣の進行を一度阻止する事が出來るかと云ふ手がかりが，癌組織の變調の物質代謝に關する知識を掘り下げる事によつて得られる事が望ましいのである．

他の物質代謝即ち脂肪及び蛋白質の合成分解，並びに之に關聯した多くの副作用及び最終生成物に關する物質代謝の研究は炭水化物の場合以上の困難を伴ふのである．炭水化物の多くの場合には單にその變化過程が不明なだけで，それに關聯する物質の構造は良く知られてゐるのである．蛋白質合成作用研究の場合には，その過程の未知に加へて現在の分析的研究の限界，即ちこの現象になる物質の驚くべき複雜性と多樣性が研究の困難をもたらすのである．すべて細胞維持の爲に入り亂れて行はれてゐる之等錯綜した過程を概觀する時，すでに明かな如く，一般に二つのこの本質的な見地が存するのである．すでに示された如く炭水化物物質代謝はすばらしい觸媒作用をもつた特殊物質即ち酵素と結びついてゐるのである．此の酵素は，細胞內の個々の物質變化を，細胞內の溫度狀態及びその他の條件の下で，化學者が通常合成並びに分析に用ひる方法とは全く異つた過程で可能にするのである．之等特殊物質並びにその作用に關する知識，即ち酵素，ヴイタミン及びホルモンの闡明は物質代謝生理學の如實の發展を意味し，更に如何にして傑出した化學者の頭腦が一步一步絕へざる努力の內に此の闡明を獲得したかを生物學者は心からの驚歎を以て認めるのである．

物質代謝現象を先づ個々の過程に分離して分析して行く事が無條件に必要であることは炭水化物代謝の場合にも見られた通りであるが，それと同時にすべての細胞又は生物體の合成及び分解現象はそれぞれ無關係にばらばらに進行してゐるわけではなくて，相互に一つが他の現象と多面的な關係と聯繫を保ちつゝ影響し合つてゐる事が明かである．カリウム及び窒素の吸收は他の物質の吸收に拮抗的に働くが，之は同時に蒸散作用，葉綠素含有量更に同化作用並びに炭水化物合成にも影響を及ぼす．之等と關係の深い呼吸作用も鹽類吸收に影響する．蛋白質代謝作用の合成現象は炭水化物代謝の分解中間產物と關聯してゐるが，更に蛋白質代謝は，それ自體異化作用に對して本質的なものであり，又酵素的特殊物質が合成される際にも決定的な働きを及ぼす等，すべての物質代謝の維持に重要な關係にある．吾々はこの様に幾重にも相互に關聯した例を更に擧げ様とは思はない．しかし合成及び分解の諸過程が聯關してゐて個々の過

程を明かにする事が困難な場合には，錯雜した物質代謝の相互關係を究明する事によつて始めてその複雜性が僅かに理解され，更に大きな思想の飛躍を試みる事によつてこの困難は克服されるのである．

多細胞生物體は單に主な物質代謝現象が各器管に分化してゐる事のみで特性づけられるものではない．之亦體內に物質の移動を必要とし一定の通導組織をもつてゐる．水分及び養分の移動，植物體に於ける同化產物の輸送，動物體に於ける多くの合成物質即ちホルモンビタミンその他特殊物質の供給，更に云ふまでもなく血液の循環等はそれぞれ特別な問題をもつてゐる．植物の蒸散作用及び之に關聯する水分供給の機構に關する最も根本的な問題を解決し，且つ又同化產物の移動に關する問題に資する作業假說を持つに至るならば，之等は明かに植物生理學の偉大な進步と稱すべきである．更にHans Fischer の血色素の分析並びに合成研究と共に血液循環作用の正確な知識が得られた事は確かに物質代謝生理學研究中の白眉である．

最後に是非言及せねばならぬ特に重要な問題は，刺戟作用に於ける神經興奮の物質代謝生理學的闡明である．動物の感覺器官は豫想外の多樣性と精緻な構造を持つてゐる爲に，之に關しては殆んど無盡藏に近い實驗結果が報告されてゐる．しかし生體內で如何に刺戟興奮が行はれるかが餘す所なく明かにされた現象は一つもないのである．Downing, Hill, Gerard 及びMeyerhof 等が神經興奮の際の物質代謝を指示するものとして實熱量（*Wärmetönung*）を測定し，更にその際の微量の酸素消費から炭水化物燃燒作用との關係を推察した實驗は明かに全く根本的な研究を進めた事と云へる．之こそは不可思議な感覺生理學的現象を吾々に理解させた第一步である．

物質代謝と刺戟興奮との關係の確定は之まで行はれた無數の感覺生理學上の實驗並びに觀察の價値を下げるものでは決してないのである．しかし之等は殆んど例外なしに單に色々の條件に於ける動物の狀態，感覺器管の變化，興味深い刺戟反應等の詳細な實驗觀察にすぎない．反應樣式の重要な法則性は明かにされたが，神經裝置內でおこる現象自體が理解されない限りは動物の刺戟現象の本質はすべて以上の樣な實驗からでは決して明かにする事は出來ない．反應樣式及び反應に關與するものの法則性は云はば刺戟現象解明の前提である．現象それ自體の分析は次に來るべきものである．それではこの研究を進める事になつて，知覺並びに思考現象への橋渡しが行はれ得るであらうか．未だに前提すら通り過ぎない時に誰かこの問に明答を下す事が出來よう．

色々の外圍條件に於ける生物の研究は植物學でも重要な役割を演じてゐる．野外及び實驗室內で，すべて可能な外的條件によつてある一つの現象が如何に變化するかを追求し，之によつて本質的な現象過程そのものの研究の多くの根據が得られる事は疑ひないのである．例へば種々の外圍條件の下で陽地植物及び陰地植物の同化作用を研究するとか，乾燥した沙漠又は濕つた降雨林內の蒸散作用や養分吸收についての研究とかその他色々の例がある．之等の研究は同時に植物地理學とも密接な關係にあり，今日では非常に多くの研究結果が得られてゐる．此の研究方向にはしかし一つの危險性がある．物質代謝の根本的な研究は，屢々それ以上先に進む事が非常に困難になり，非常な努力で一步一步とその分析が行はれたる事が多いのであるが，此の困難が大きい程,今問題としてゐる現象が種々の外圍條件で如何に變化するかを研究するだけで滿足してしまふと云ふ橫道に逸れ勝ちになるのである．しかもある場合には根本的な現象を探究すると云ふ本來の目的から全く離れてしまふ事が多い．非常に忠實に實驗する共同研究者の多くがこの橫道を開拓して現象の外圍條件に對する多樣な變化に關する廣範な知識が得られても，此の現象の更に詳細な探究とは似て非なるものである．眞の現象過程の知識は之によつては決して促進されはしない．單に或る個々の場合の植物の狀態の研究であるにもかゝはらず，この方向へ進んだ多くの研究が物質代謝生理學的とさへ普通に呼ばれてゐるのである．

今まで述べて來た學的領域はすべて實驗的研究方法に特徵をもつたものである．この外に實驗的に研究を進めるわけではないが特に重要な學的領域がある．即ち古くから比較形態學及び系統學が，正統な仕事の肥沃な分野として存在してゐる．既にこの方面ではすべての仕事が成し遂げられてしまつたと考へてはならない．今日なほ多くの生物群の正確な系統學的研究は不充分であり，屢々今までの知識を缺けた所を補ふ研究材料が幸運にも齎されるのである．更にこの分野は今まで問題にして來た分野とは全く樣子がちがつてゐる．個々の業績は未だ充分でないので，主として理論的な問題を考慮して見たい．

分類學も亦之に似た狀態である．現存の生物の秩序立つた記載はあらゆる生物學の分野に大きな意義を齎らす仕事である．分類學が今より一層根本的に研究されればされる程，遺傳學者，生物地理學者及び進化論者の仕事は益々効果的に進められる．然し應用生物學の問題には此處では全く觸れない事とする．歐洲の昔からの文明國では各地方の動植物誌はすでに餘す所なく詳細に完成されてゐる事は勿論であるが，地球上のその他の地方では未だ多くの仕事がなされねばならない．既に知られてゐるものと全く異つた生物が發見される事が非常に稀になれば，それだけ地球上の生物に關する研究が進んでゐると云へるのである．今まで最も調査されてない地方，例へば中央アジアの山岳地帶，アマゾンの水源地方或ひはニューギニヤの奥地等でもほんの僅かの全く珍しい新種が齎されたに過ぎない．

生物の分類體系はそれ故昔からの研究で概略出來上つてゐるある．幸運な發見によつて今まで疑はしかつた點が一度に明かとなる場合もあるが，激しく論ぜられてゐる點は多くの場合見

解の相違に基くのであり，然もその決定的な證據は既往から存してないのであるから將來も常に論議が續けられるであらう．しかも現存の生物は曾つて存在したものの僅かに限られた一部分にすぎない．古生物學の現狀は猶恐らく多少分類學とちがつてゐる．此處では當時本質的な解明を齎す樣な新しい材料を分類學者に提供してゐる．

現存生物の秩序立つた記載が完備すればする程，分類學のもう一つの進むべき目標が益々はつきりとなつて來る．即ち歐洲諸國の如く，すでに各國の動植物誌が殆んど完成してゐる國々では，他の生物學領域と關係を保ちつゝ新しい研究目標に向つた分類學を建設しようとする努力が特に目立つて來た．材料が豐富になるに從つて，各生物群の種類の相互關係及び地理的分布を顧慮したモノグラフ的研究が盛んに行はれる．しかしこの研究はどうしても充分には行はれ得ないのである．その理由は，之までに分類學は生物地理學上の問題及び種の起原の問題と關聯して時と共に發展し擴大して行つたのであるが，此等の研究が再び新しく分類學的研究の發展の基礎を與へるからである．之等の問題性を考慮して，最近の分類學は物質代謝生理學，細胞學及び遺傳學と深い關聯を保ち，更にその爲に實驗的研究方法の導入も行はれるのである．

既に Darwin の時代以來地球上の生物の特有な分布の原因探究は最も興味ある問題の一つである．この爲に第一に必要な事は，ある環境狀態の植生の正確な組成の調査である．廣範圍な記錄方法即ち統計學的測定法を用ひ，各環境狀態に一定の組合せで生へてゐる代表的な種類，その環境狀態を特色づけてゐる主な種類又は多少偶然的に現はれる伴性種等を調査する．動植物群落の存立は主としてその環境の氣象狀態，物質代謝生理學的諸條件及び群落內の各生物相互の影響等に左右され，之等の原因追求は實驗室內及びその環境內の非常に困難な實驗的研究によつてのみ成し遂げられる．又之等の生物群落で或る場合には一つの平衡狀態が成立して，比較的長年月變化しない事が屢々見られる．しかし多くの場合，ある特定の段階が次々に生じて群落は遷移するのである．

ある環境狀態に於て，生物の組成を決定して居ると思はれるすべての諸要素を充分に調査しても之等以外の全くちがつた原因がその地の動植物相の共存に働いてゐる事がある．之は即ちその土地に起つた地質學的な變化である．祖國ドイツのフロラ及びファウナは之等諸條件の相互關係を知る一好例である．第三紀の末期には此地方は比較的溫暖な，部分的には亞熱帶の氣候であつた．植生並びに動物群は全くこの氣候に適應したものばかりであつた．その後の週期的な氷結と極度の氣候の惡化が逐次氷河時代毎に暖性要素を減らし，僅かに極少數の所謂遺物がその當時のまゝ山岳地帶及び中部ヨーロツパのある地方に殘つたのである．更に氷河時代に以前極地にあつたものと山岳のものとの混合が行はれた．氷河の退却に應じて各地に遺された動植物の移住が初まつた．氷河時代の後再び氣候が溫暖になるに從つて，今日溫和な中部ヨーロツパの平野に於ては，極地性及び山岳性生物の大部分は消失して，現在の樣に氷河時代の生

物の極少數の遺物が殘されたのである．斯くの如く或る土地の生物の現狀は時代と共にその土地を支配した種々の氣候條件の結果である．外圍條件は生物群の減少と再興並びに混合と孤立とを左右し，この樣な變遷によつて複雜化した生物群が，現在作用してゐる環境狀態並びに生物相互の影響の下に，今日吾々が見る樣な動植物群落を形成してゐる．それ故に昔から孤立した島又は高山が獨特なフロラ又はファウナを示す事は云ふまでもない．又中部ヨーロツパに於ては氷河時代の荒廢の爲に非常に貧弱なフロラになつてゐるし，中部支那山岳地帶やアフリカ南部の草原地方では生物界の發達が古くから妨げられなかつたので，非常に豐富な動植物相を形作つてゐるのは驚くには當らないのである．

斯くて吾々は再び先に述べた考察にもどるのである．Darwinの進化論は實に多種多樣な動植物の分布に關する知見にその特別の根據を置いてゐる．もし吾々が生物界の系統的發達を假定してよければ，即ち種の變化を前提し得るならば，之等のすべての現象は理解出來るのである．斯く考へて來ると，この前提となつてゐる現象，即ち生物の種の變化の現象を充分明かにする事は現代の生物學に課せられた最も大きな使命の一つである．分類學者及び細胞學者，生態學者並びに生物地理學者，遺傳學者並びに發生生理學者の努力はすべてこの問題に注がれてゐる．之等の人々は今やすべて包括的な Darwin の進化論を裏付ける根據を實驗的に求めようとして研究してゐるのである．多種多樣な種の起原は充分に闡明されねばならぬ．

種の概念それ自體も最近再び各方面から盛んに論議される樣になつて來た．分類學者は分類の基礎に足る正確な種の概念を必要とする．進化論を基礎として考へる生物學者は，種の變化性こそ多種多樣な生物界を理解する爲の鍵を與へるものであると考へてゐる．正しい分類學の望みは種の概念の確固とした定義に立脚して分類系を作り上げる事にあるは明白であり，この爲にはすべての研究は幾度となく遭遇する困難を克服しなければならない．種の概念は今日全く異つた二つの原理を考へ合せる事によつて得られる．その一つは遺傳的なものであり，之によつて配合並びに結合が行はれると考へる．他の一つはすべての外的生活條件の働きが種の淘汰を齎したと考へる．

あらゆる種に就ての考へが歸着する基本單位はゲンであり，この遺傳單位から生物の遺傳的構造が形成される．染色體分離に基づくゲンの組合せの機構が次々と無限に多種多樣な新しい組合せをもたらすのである．かくして缺けた所のない連續的なすべての形態の系列が出來る事になる．すべての自由な組合に從つてすべての性質が入り交つて結合して現はれる形態の世界がこの遺傳現象に含まれた組合せの法則によつて作り出されなければならない．このゲンの組合せによつて生じた形態の多樣性の內から，特定の個々の組合せを獨立させるのは他の要素の作用である．この要素が場合に應じて或ひはその程度は强く又は弱く，その方向は一定であつたり又は無傾向に働き，この結果先づ通常の「種の型態」* が出來上るのである．ある環境狀態

* Artbild

の下で色々の種類の生物の共存に都合よかつたり，又はそれを妨げたりするすべての外圍條件として吾々が良く知つてゐるものがこの「種の分離」* に働く要素である．或る組合せは促進され,そして獨立させられ,他の組合せは消滅させられ,又更に他のものは地理的に排除される．即ち或る地方が妨害なしに發達すればする程，それだけ多くすべてのゲンの組合せはそのまゝ保存される．云ひかへれば多様性は增大し,種の概念はぼかされて分類は一層困難になる．之に反して或る地方の障碍が大きければ，種の標準型は極度に獨立し,多様性は減少し,分類するには好都合になる．又或る地域の遺傳的な組合せの具合が色々の程度であれば，激しい爭ひによつて個々のものが淘汰される．その反對にその組合せの變化が同程度のものばかりであれば，多くのものがそのまま殘されるのである．それ故に種の概念は明かになつたり混亂したりする．地域により，生育地の狀態及び歷史的變動により，又諸性質の出來方及び組合せの可能性に應じて，種の概念そのものにこの様な非常な變異をまぬがれないので，統一的な種の概念の定義を下さうとするすべての試みが困難に遭遇せねばならない事は驚くに當らないのである．常に次々と新しい形態を作り出す遺傳の現象と，それ等を淘汰する外圍條件とは互に爭ふ敵對者とも云ふべきであり，この兩者の爭ひによつて多種多様性と同時に特色のある性質を具備した完全な「種の型態」が生ずる．更に遺傳現象のなかにも淘汰を行ふ過程が存在してゐる事も敢へて述べねばならぬと思ふ．交雜によつて起る染色體の組合せに支障を來たし，その爲にゲンの自由な組合せも自ら限定される現象が知られた．恐らく之は染色體の特別の性質でもあるし，或ひは原形質のきまつた作用によるのかも知れない．この現象こそすべての種の起原の問題に對して重要な意義を持ち得るものであり，更にその研究は吾々に再び生物學探究の最前線を示してくれるものである．

以上述べた如く吾々は種々の概念の論究と同時に種の變化性及び種の起原に關して本質的な二三の重要な考察を明かにし得た．すべての外圍條件が，遺傳現象によつて生ずる非常な多様性をもつた生物の分布並びに保存又は絶滅を司るのである．之が Darwin が彼の說に導入した生存競爭に於ける自然淘汰である．之はすでに存在するに非常に變化に富んだ生物のなかから選ぶわけである．この豐富な生物の變異性** を Darwin はすでに存在するものとして考へたが，遺傳學研究の結果始めてこの變異性がすべての種の形成過程の根本として正確に分析されたのである．

發生生理學の觀察によるとすべて生物は發生經過中外的條件の影響を受ける爲に，個體間にその性質がある範圍內で變化を生ずる事がわかつた（彷徨變異）．この變化の限界は遺傳質によつてきめられるが，この限界內の變化は遺傳されない．それ故に生物の永續的な變異を起す爲

* Isolierung
** Variabilität

にはゲンそれ自身が變化しなければならぬし，彷徨變異の限界の變化もゲンの變化によるのである．遺傳單位の遺傳的變化が如何にして生ずるかはそれ故に實驗遺傳學の研究によつてのみ解明されるのである．

染色體上に位置してゐるゲンはよく知られた分配機構により,すべて可能な組合せで結合する多くのちがつたゲンを持つた二つのものから出發しても實に澤山な新しい組合せが出來るのである．例へば僅の 10 個のゲンが異なつてゐる場合でも 59049個の異なつた組合せが生ずる．ゲンが 10 個異なつてゐる事はむしろ非常に少數の例であるから，—すべての人はその隣に居る人とはもつとすつと多くゲンを異にしてゐる—如何に著しい多様性が生じ得るかは容易に納得出來る．

しかし之だけでは既に存在してゐるゲンの組合せがちがふだけである．新しいゲンは如何にして生ずるのだらうか．ゲンの新しい變化は**突然變異**と呼ばれる．不明の原因で野生のものや飼育中の生物が屢々突然變異を起すことは古くから知られてゐた．各方面から此の原因を明かにする研究が行はれ,多くの業績が示されてゐる．種々の外界の影響,殊に紫外線,放射能線特にX線の様な短波長の電磁波がゲン變化の原因と考へられてゐる．又之以外の影響，例へば種々の化學藥品,痲醉劑,溫度變化，老衰等が突然變異を引き起こすものとして知られてゐる．この點に關しては現在まで非常に多くの研究がなされたので，今日吾々が遺傳學研究の必要から突然變異をおこさせ様とすれば，色々の目的に應じて上述の方法で自由に引きおこす事が出來る．

多くの場合のゲンの變化は，あるゲンから全く對照的なゲンへの變化である．又他の場合にはゲンは系列を作つて一つのものが次のものに更にその先きへと變化する事もある．突然變異*は無傾向に行はれる．即ち或る一つの照射によつて花の形，成長又は色彩,翼の保持,眼の形成及び毛の生へ方等のゲンが變る事がある．しかも系列突然變異*の場合には生物のある一つの性質が段々に變化する様にゲンの變異がおこる．今まで述べたのは既に存在してゐるゲンの遺傳的變化であつて，その原因も今日ではもう相當に良くわかつてゐるものである．新しいゲンの出現及び形成こそ問題であり,又種の起原のすべての疑問の最も根本的意義を含んでゐるが,しかし今なほ之に關しては吾々は何等の寄與も加へ得ないのである．

ゲンの突然變異は次々と新しい組合せを生じ，それによつて變化したものの多様性を常に高めて行く基礎を作り出す．この外に殊に植物では明かに重要性を認められてゐる現象がある．即ちゲンが諸形質發現の最後の決定をするものならば，ゲン全體の量が變化する事によつても亦新しい性質が生れるであらう．一組の染色體全部が增加する事，或ひは一段的に染色體量の變化が起る現象に就ては多くの研究がある．染色體數が二倍又はそれ以上になつた生物體はすべての器官が特に巨大になる事實やその他重要な差異がおこる事がわかつた．一つの屬に含まれ

* Reihenmutation

る植物の多くは，染色體數がある種類の示す基本數に對して二倍，四倍又はそれ以上の倍數になつてゐる．特に栽培植物，例へば穀類，砂糖，大根，果樹等では染色體の倍化性が重大な役割を演じてゐる．

ゲンの組合せにより，染色體の組合せ及び倍化により，特に又突然變異及び之に基づいて更に新に出來る組合せ等によつて大規模な遺傳的變化性が動植物に生ずるのである．すべての種の形成の基礎として，又現在吾々が見る如き生物界をもたらした淘汰並びに生存競爭を將來すべきすべての選擇作用の根源として，この變異性のみで充分であるかどうかが研究すべき事として殘つてゐる．この「種の型態」には著しい二つの特性がある．種の多樣性は決して亂雜なものではなく，簡單なものから複雜な型へ．分化したものから退化した形態へと順次に形成されるのである．更に恐らく最も心靜かな觀察者ですら常に生物に心を奪はれる事は，如何にも目的に良く適つた體制，各性質及び複雜な器官の極度に精巧に作られた合目的完成である．生物のすべての形態の世界の生成を明かにするには，正しく之等の特性を把握し得なければならない．

上述の遺傳學の實驗から理解し得た變化性は先づ無傾向であり，無秩序である．無傾向の突然變異及び偶然的な組合せによって作られたものから，外部條件はその完全な多形成性によつて型を獨立させ，この作用の結果，始めて系統器官の順次形成及び合目的的體制の樹立が行はれる．Darwin の根本的な理論構成の內で，今日までに單に最初の變異性のみが遺傳學的研究により分析され，最初にすでに與へられたものと彼の說では假定してゐた，この要素の本質並びにその原因が明かにされ得た．

勿論今までの實驗的研究によつて非常に多くの點が明かにされたが，完全な理解に達する爲にはなほ多くの困難があり，且つ今日の激烈な論爭が統一されて解決に到るまでには，なほ多くの實驗的研究を必要とする事は否み得ない所である．最も本質的な論點は次の點に存する．單一のゲンで決定される性質の多くを吾々は知つてゐる．この場合ゲンが變化を受ければ，それに應じて又その性質は新しく決定され，かくしてこの性質は外部條件の淘汰作用に應じて獲得される系列突然變異の場合には，或る變化した性質が逐次に變化して出現するのを直接見る事が出來る．然し多くのゲンが一緒に働いて，或る一つのきまつた性質が發現する場合，即ち多くのゲンに支配される器官の場合は樣子が全く上述の突然變異と違ふのである．複雜な器官全體がこの場合には外的條件のある一定の淘汰作用によつてのみ生ずる．屢々一つのゲンに突然變異が起ると之等ゲンの協同の働きが妨げられ，再び外界の淘汰作用にあてはまる樣な新しい組合せが生ずるまでには，實に數多くの種々無傾向な突然變異が起らなければならない．多くのゲンで支配される器官が一擧に變化する樣な集團突然變異＊は存在しないのであるから，第

＊ Massenmutation.

一次と第二次の淘汰段階には或る中期が介在してゐるにちがひない．しかし之は外界の淘汰作用から獲得されないのである．淘汰可能な有用又は不利益な性質の外に，實際にいくらかの一恐らく相當數多くであらうが一之とは無關係で害も益もない性質が存在すると云ふ假說が現在の所最も良いと思はれる．多くのゲンに支配されてゐる合目的的な器官の生成を說明するのも恐らく此の中間段階である．しかし之等に關しての正しい解答を與へるにはなほ多くの實驗に待たねばならない．

Darwin の說く所は確かに正しかつた．彼の理論構成の最も大膽に見えた所には最近の實驗的研究が强固な基礎工作を加へ得た．今日生物學が續々と業績を擧げつゝ前進してゐる途を數十年も前に生物學に指示した事は明かに偉大な天才の傑作である．この道の前途にすでに行きづまりが見られるであらうか．屢々聲を大にして間違つた道及びこの途の間近かな行きづまりに用心せよと注意せねばならぬと考へた小心者がこの道に立つた事があり又現在も立つてゐる．確かに屢々この途上には障害物が，屢々越へるに道なき山が現はれた．しかも何度となく嘗つての信ずるに足る自然科學的研究方法が，見るからに非常に踏破し難い山を越す途を見出し得たのである．物理學及び化學の彼岸から吾々の側へと絕えず吹き寄せる新しい順風が必ずや吾々の帆を力强く孕んで，果知らぬ彼方への勇敢な船路を進めてくれるであらう．唯一つ吾々は忘れてはならない．今日化學者の非常な努力によつて，僅かづつは闡明されつゝある物質の複雜性が生物學的對象では無限に高まつてゐるのである．生體內の現象は化學者の知つてゐるものの中では最も複雜なものの最も複雜な組合せを意味してゐる．吾々が生命の謎と呼ぶものは恐らくこの理解し難い複雜性である．この複雜性に恐怖した人は或ひは豫め斷念してしまふかも知れない．しかしこの複雜性の愈々最後の限界までには，實にその開拓に生涯を捧げるべき廣々とした地域があり，又充分それに値するものがあるのである．

B. カイザー・ウィルヘルム研究所の
科學的業績報告

I. 物理學-化學-研究所

1. カイザー・ウィルヘルム流體研究所 附航空力學研究所(ゲッチンゲン)

序

1907年ゲッチンゲン大學教授 Prandtl の計畫になる發動機・飛行船研究會は航空の科學的研究の最初の設備を創設し，玆に模型實驗研究所なる名稱が生れた．この研究會は後にカイザー・ウィルヘルム流體研究所となつたのである．名稱が示す如く研究の重點は實驗に置かるべきである事が明らかにされて居る．この研究所の活動に依り實驗計畫が建てられ，所定の項目に從ひ測定する事が出來た．比較的完成された科學分野に於ては，かゝる業績に依り時間のかゝる小研究が價値あるものになる事が屢々起る．流れの研究の如く進歩の激しい科學分野に於ては一方的實驗研究は效果的でなく，一般に局外視される樣な副研究が必要である．場合に依つてはこの副研究は研究全體の主要部分をなす事がある．

副研究の多くは實驗に要する器具の研究や準備である．實際の必要から研究所に課せられる問題は時間と共に著しく增し，之を取扱ふためには新しい測定法や新しい器具が考究されねばならぬ．

問題の解決には實驗研究の外に理論的考察も行はねばならぬ．之は實驗の指針としても必要で，如何なる實驗が最も必要であるか又效果的であるかを知る事が出來る．理論によるかゝる指針なしに實驗研究を行へば豫測せざる事に逢着し易い．又理論は實驗結果を整理する上にも必要である．この樣に理論と實驗とを結合すれば，ある限定された問題にのみ成立する實驗結果を他の場合に適用する事も可能になる．研究所に於ける自然科學的研究の發展は實驗研究と理論研究に俟つて齎され，單獨なる實驗結果はあまり發展には寄與しないものである．カイザー・ウィルヘルム流動研究所の進歩を見る時は特に副研究が與つて力あつた事を見逃してはならぬ．報告は研究所の出版物，特に *Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen* なる四卷に收錄されてゐる(1).

實驗技術の進歩

流れの研究に先づ必要なものは流れを作る裝置である．かゝる見地から當研究所に 1907/08 年に風洞を作つた．之は四角の循環する風洞で約 2×2m² 斷面を持ち起風機は電氣的に驅動し約 10m/s の風速を得る事が出來た．攪亂を除くため風洞の隅には特に變流器を備へ更に流れ

を良くするため整流器及び篩を設けた．前者は流れを平行にするためであり，後者は速度分布を一様にするためである．この最初の風洞の特徴のうち風路を循環式にする事，變流器及び整流器を取付けることは後にも採用されてゐる．之に對し 1915-1917 年に Eiffel が巴里に作つた風洞は二つの他の方法を用ひた．即ち吹出口と噴流である．

吹出口とは測定場所の直前に於て風洞を絞つた所を云ふ．吹出口の後ろは風洞は徐々に擴大する．この吹出口に依つて次の二つの利益がある．一つは測定場所の速度が增大し得る事，他の一つは風洞の他の部分は速度が小さく從つてエネルギー損失を極度に減少せしめ得る事である．又吹出口を使へば測定場所に於ける風速分布が一様になる．吹出口の前室と測定場所の間には壓力差を生ずるが，斷面に沿ふては壓力は略々一定であるから速度も略々一様になるのである．

測定場所が壁で閉ぢられない時は氣流は吹出口から**噴流**として出て測定場所の後ろで吸込口に集められる．この方式では氣流內に置かれた模型に近寄る事が出來ると云ふ利益があり，更に流れの方向の速度が閉鎖式よりよく一様になると云ふ利益がある．然し噴流は外氣と壓力が混合するため比較的多くのエネルギーを消費すると云ふ缺點もある．この他に流れを如何に吸込口に集めるかと云ふ難問題がある．良くない吸込口では實驗場所の壓力場が攪亂され易く又風洞內の空氣振動が起り易い．大戰中に建設された第二のゲッチンゲン風洞は $4m^2$ の噴流斷面積をもち 300 馬力の動力で 50m/s の風速を出してゐる．この風洞は非常に良い事が認められ後の多くの風洞の模範となつた．

1926-27 年に作つたも一つの風洞は直徑 1m と 1.5m の取換へ得る吹出口を持つもので特に注目さるべき尙一つの裝置を持つてゐる．即ち風洞全體は氣密に閉鎖され約 1/4 氣壓に低壓にする事が出來て低壓に於ける實驗を行ふ事が出來る．[1] 之は種々の目的のために望ましく又同一馬力で風速を向上し得る．例へば 200 馬力で約 120m/s を得る事が出來る．かゝる高速はプロペラ實驗に必要である．即ちプロペラの翼端速度は飛行速度と圓周速度を合成したものであるが，之は屢々音速 (340m/s) に接近し特別の現象が起るのである．之が實驗し得る便がある．

水の流れを作るため Prandtl は第一の風洞を作る前に既にこの設備を作つた．この設備は 1925 年にカイザー・ウィルヘルム流體研究所の創立と共に規模が擴大され設備も改良された．之は水を動かすのみならず，靜止せる水の中を物體を走らす事が出來る．

非常な高速度を得るために $10m^3$ 容積のタンクを二個設け，これらを眞空ポンプで低壓にしたり又壓縮機で高壓にして低壓タンク內に空氣を吸ひ入れるか又は高壓タンクから空氣を排出して，この間の短時間に高速度の流れを測定するのである．この高速度の流れを繼續するには

1) かゝる様式の利益ある事は初めて Margoulis 氏が示した。〔Nouvelle méthode d'essai de modèles en souffleries aérodynamiques. C. r. Acad. Sci. Paris 171, 997 (1920)〕

悠に 2000 馬力の動力を必要とする．音速に近い高速度流は低速流の法則と異なる法則に從ふから重要である．又壓縮空氣に依つて高速度を持つ水の流れを作る事も行つてゐる．タンク內に閉ぢ込めた管の中で水の流れを低壓に保ち，之でキャビテーション現象を研究する事が出來る．キャビテーション現象とは低壓の所で空氣又は水蒸氣が分れ，流れが亂される事である．

流れを眼に見える様にするため Ahlborn が行つた様に水面に粉末（今日は多くはアルミニーム粉末)を浮べ，この動きを活動寫眞に撮影する方法がある．又空氣の流れを見るには煙を使ふ方法があるが，煙の絲の明確さと光の强さには尙多くの希望事項が殘つてゐる．これらの光學的に流れを見る方法は一般に質的のものであるが，充分に注意して行へば Schwabe (2) が發表した研究の如く量的結果をも得る事が出來る．

量的測定のためには特別な測定器具を使ふ．即ち壓力や速度を測るためには測定すべき場所にピトー管を置き，他の所にピトー管の壓力を讀む裝置（微壓力計）を使ふ．この裝置はゲッチンゲンで發達し完成されたのである．

風洞の最も重要なる測定裝置は空氣力とそのモーメントを測る天秤である．既に第一のゲッチンゲン風洞に於ては模型を吊線で吊り之を三つの天秤に接續した．之に依り揚力（風向に直角な力)，抗力（風向に平行な力)及び力の作用點を求める事が出來，この天秤を三分力天秤と云つてゐる．この天秤原理は今日も尙到る處で使はれてゐる．特に模型を三點で細い吊線で吊る事は攪亂が最小限になるから都合がよい．物體がその對稱面を流れの方向に平行に置かれてゐる限りは上述の三分力で充分であるが，一般に非對稱的位置に置かれる場合は，例へば飛行機を流れに斜めに置いたり，方向舵や補助翼を操作する時は他の方が出來るから之を測る様にせねばならぬ．即ちこの時は對稱面に垂直な力と前後軸と上下軸の周りのモーメントとが餘分に出來る．これらを測り得る所謂六分力天秤は前述の三分力天秤の外にこれらを測る天秤を添加したものである．この様式の天秤は外國に於ても廣く使はれてゐる．特別の目的のためには，例へばプロペラ實驗用天秤の如きはこの時々に補助天秤を主天秤に取付けるか又は作り着けにする事もある．

風洞で實驗する供試體即ち模型の製作には特別の熟練を必要とする．模型は寸法を正確にし，表面を滑かにし而も風に當つても變形しない様に丈夫に作らねばならぬ．特に飛行機模型の長い薄い翼は難しい．これには鐵板の心を作り，之に石膏を塗つて形を仕上げる方法が便である．

特に難しいのはプロペラを廻轉しつゝ模型を實驗する事でプロペラに依る垂直尾翼や水平尾翼の影響を實驗する様な場合である．プロペラを驅動する動力は模型の中に收めねばならぬが，この動力を與へる様な普通の動力機械では大き過ぎて迚も模型の中に收まらない．このため特別に小型の大馬力高速電動機を設計せねばならぬ事になる．この電動機は十年間の倦まざる實驗や構造研究の結果完成された．今日では色々の大いさの色々の型のものが出來た．例へ

ば直徑52mm の大いさで回轉數每分 30000 回轉の 5 馬力のものとか，又直徑 90mm の大いさで約30 馬力の電動機が出來てゐる．大型のものは多くは水冷却を行つてゐる．勿論かゝる簡單な說明では測定裝置が測定法の發達に寄與せる幾多の研究內容を充分に傳へる事は出來ないが，研究の外廓や研究の困難さ，重要さは幾分判つた事と思ふ．

二三の研究範圍の發達

研究の最終目的として一つの事柄の物理的基礎を究明し，之を理論的に摑み得る迄努めねばならぬ．このためには必ずしも嚴密な事が役立つわけではない．事柄は屢々理論的に說明出來るけれども，理論を使ふと計算の勞力が大變なものになり，實驗的に求めた方が簡單な時がある．從つて問題を理論的に取扱ふ事は事柄を理論的に摑む事に終るのではなく，理論を變形し簡單化して比較的僅かの勞力で應用が出來る樣にせねばならぬ．このよい例は後述する翼理論である．

殘念な事には多くの問題に於てはこの目的が近似的でなく，うまく達成される事は少い．然し見込の少い時でも少くとも努力する事は捨てゝはならない．確かに多くの場合，部分的知識でも實際に著しく利用される場合がある．この樣にして純實驗研究と理論結果の間の凡ての中間段階が生れるのである．

上述の模型實驗研究所の最初の研究は航空船の周りの流れに就ての研究である．1909-10 年に G. Fuhrmann (3) が行つた最初の研究は實驗的研究と理論的研究を結び付けた典型的な例である．この研究は理論的に比較的によく突込んで究明したもので，飛行船の周りの流れ從つて壓力分布は理論的に求めたものと實際とがよく合致する事を示した．この理論では抵抗は求まらない．間もなく飛行機の研究が緊急問題となつたゝめ飛行船の研究は後廻はしになり，この方面はあまり進まなかつたが，後に他所に於て特にツェペリン飛行船製作所に於ける實驗研究，v. Kármán (4) や Klemperer (5) の理論研究及び當研究所の Lotz (6) の理論研究に依つて進展された．後者の研究は主として偏流を受けた時や曲線飛行をする時の問題を取扱つたものである．

最も重要で而も最も成功した分野は翼の問題である．O. Föppl(7) の最初の實驗は翼の特性が翼型のみならず縱橫比に著しく關係する事を示した．翼端部分の流れに關する理論的考察は初めは失敗したが，間もなく重要な而も簡單な式で表はし得る結果を導出した．かくして有限長翼幅を有する翼の流れを計算で求める事に成功したのである．翼端に於て上面と下面の間の壓力差の平衡に依つて附加流を生じ，之は翼端から後方に走る二つの渦に依つて表はされるのである．この附加流は翼の所では下方に向き，一方では揚力を減少せしめ，他方では附加抗力を作る．この附加抗力は“誘導抗力”と呼んでゐる．この理論に依つて揚力減少及び誘導抗力を非常に正確に計算で求める事に成功したのである．翼の誘導抗力は多くは他の抗力と同程

度の大いさを持つから，この研究に依り飛行機の全抗力を著しく輕減する事が出來た．かくして初めの如く種々の縱橫比の翼を數多く實驗する必要はなくなり，縱橫比の影響は造作なく計算で求める事が出來る樣になつた．又一般的見地から見れば，誘導抗力の理論は抗力を理論的に求め得た最初のものである事に於て注目すべきである．この研究は第一次世界大戰中に得られたもので，之には主として Prandtl, Betz 及び Munk 氏等が參與してゐる．この理論結果は Prandtl の二報告 (8) に述べられてある．

研究に於ける主なる興味は，昔，飛行機の飛行性能（上昇速度，上昇限度）に非常に興味が向けられたのに入れ換つて“誘導抗力”に向けられた．然し後にはこの問題は飛行機の操縱性や强度の問題に戻つたのである．かくして翼幅に沿ふ揚力分布の理論計算が重要になつた．この問題を扱ふ基礎は翼理論の最初の論文に既に充分に示されてゐる．之に依り所望の揚力分布を與へる樣な翼の形を計算する事が出來る．與へられた翼に對する揚力分布を計算する逆の問題に對しては數學的計算が非常に難しくなる．Betz (9) は初めて 1919 年に單純矩形翼の問題を解いたが計算勞力が大きいので實用にはあまり適さない．長年に亙り色々の側面からの努力の後，この數學的困難を克服するため J. Lotz (10) は 1927 年に一つの變形を發見し，この方法は正確度高く計算勞力も極めて輕減されるのである．

翼理論は單獨の翼に限らず，多葉翼，地面の近くに於ける翼，プロペラの問題をも取扱つた．プロペラに就ては 1919 年に Betz (11)が最小誘導抗力に關する翼の重要なる結果を應用してエネルギー損失の最小なるプロペラの理論を導出した．

今日既に高度に展開され廣く實用されてゐる この翼理論は揚力に關聯する現象を扱つたものである．誘導抗力を除いた殘りの抗力に就ては何ら觸れず，又この抗力は揚力に比して小さい事を假定してゐる．又最大揚力については全く理論がないのである．これらの現象は翼型に關係するもので差當り實驗的研究が行はれてゐた．翼の考察は次の二つの部分に分たれる．即ち一つは實驗的に求められる翼型特性であり，他は翼幅に沿ふ翼型の分布に關係するもので理論的に深く考究されてゐる．翼理論で未解決の重要問題の中で特に翼が一部分最大揚力を越えた樣な場合がある事を云はねばならぬ．この狀態は例へば錐揉の問題の如きものである．翼理論はこれ迄普通の揚力範圍即ち最大揚力に達する前の現象にのみ應用されるのであるが，今日理論的にあまり取扱はれざる此の重要問題を近き將來に解決される事が希望されてゐる．

翼の揚力より更に困難な問題は物體の**抵抗**の原因となるべき現象である．1904 年 Prandtl (12) が提出せる摩擦境界層理論は抵抗の發生を質的に物理的に說明した．然し量的研究は過程に於て非常なる困難があつた．この理論に從へば，物體の表面の極めて近くには薄い層が作られ，この層は表面摩擦のために運動エネルギーが著しく減少される．エネルギーの減少した部分は物體の後ろの渦の生成の原因となるのである．抵抗を分ければ，物體の表面に沿ふ境界層の摩擦に因つて運動方向に摩擦應力にを生ずるもの（摩擦抵抗）と，他方には渦に依り物體の

外側の流が攪亂され，それによつて物體に對し垂直の壓力分布を生ずる抗力（壓力抗力）とから成る．この抗力の中どれかが物體の形に依り重きをなす．その中を流體が流れる眞直な管，又は流れの方向に置かれた薄い平板に於ては摩擦抗力が主となり，流れに直角に置かれた平板は壓力抗力が主となる．これらの極端な場合の孰れに類似してゐるかに依り，摩擦抗力が重きをなすか又は壓力抗力が打勝つのである．壓力抗力に就ては，その理論は今日では色々の現象を說明するための補助手段として取扱はれてゐるに過ぎない．從つて壓力抗力の數量的値は殆んど全く實驗に依つてのみ求められてゐる．

境界層流それ自體の研究及び之と表面摩擦との關聯に於ける研究は效果が多かつた．特に管内の摩擦抵抗に就ての實驗的に比較的容易に求める事の出來る實驗結果から平板の摩擦抵抗を求める事に成功した．摩擦法則の說明が進んだため非常に多くの物體即ち摩擦抵抗が壓力抵抗より大なる様な物體の抵抗を全く理論的に求める事が出來た．これらの物體の抵抗の理論は未だ翼理論と同様の程度には建設されず利用もされない．然し少くとも將來究明すべき路は示されてゐる．

境界層流の知識は壓力抗力を考究するためにも必要である．之には先づ物體の如何なる所で境界層が剝離するか，即ち剝離點を定めねばならぬ．この方面の效果的進步は例へば Gruschwitz (13) の研究に依つてなされた．

二つの物體，例へば翼と胴體の個々の空氣力學的特性が知られてゐる時でも，これらの物體を結合すれば，例へば，胴體つき翼の場合はその特性は判らぬ．玆に相互干涉の問題が起つて來る．この部門に對しては概算すら理論的に行ふことは殆んど出來ない．非常に多くの場合は之は不可能である．從つてこの方面は殆んど凡て實驗的に求めねばならない．風洞實驗の結果，この問題の大部分は抗力と最大揚力を除いては明らかにされた．この問題には種々の水平尾翼と垂直安定板の干涉も含まれてゐる．又プロペラと飛行機部分との間にもかゝる相互干涉が存在する．又就中プロペラ後流が翼昇降舵及び方向舵に及ぼす影響は重要である．

飛行速度が增大するに從ひ，航空技術に於て益々重要性をもつ研究部門は，音速の近く又は音速以上の速度をもつ流れの研究である．之に關しては比較的古くから理論的にも實驗的にも研究されてゐる．カイザー・ウィルヘルム流體研究所はこの方面の研究設備を持つて居り，非常に多くの實驗研究を行つてゐるが，Prandtl, Ackeret (14) 及び Busemann (15) は理論的にも廣く研究してゐる．流れの方向に置かれた比較的平な物體，例へばプロペラ翼に就ては少くとも亞音速流に於ける空氣の壓縮性の影響を計算する事が出來る．又この外，翼や回轉體の超音速流は理論的に解かれ，實用し得る結果が出てゐる．

次に物體が水中を高速で動く時は，空洞發生即ち所謂キャビテーションなる現象が現はれる．之は船の推進機や水力タービンに於て非常に邪魔になる現象である．之は機械の效率を低下せしめる外に材質を腐蝕せしめ，推進機翼やタービン翼を早く破壞せしめる．この問題はカイザー・ウィルヘルム流動研究所では，新設した裝置で Ackeret, Walchner 及び Schröter が實驗的に精確に研究し一部は理論的にも明らかにされた．

以上に個々の研究範圍に於て理論の立場が特に强調されたのは實に理論の立場は全研究の立場の尺度となるといふ理由によるものである．然し理論は實驗的研究と密接に助け合つて初めて健康に進展するものである．理論的研究は之が正しい方向にあるや否やを實驗で確めて置く必要がある．かくして理論は實驗に依つて初めて幾倍にも促進され，更に研究すべき新しい現象を發見するのである．然し實驗は必ずしもつねに理論の要求を滿たすために行はれず，多くは單に工業上の實際の要求に依つて行はれてゐる．特に航空研究所に於ては，かやうな工業上の要求に基づく實驗成績が大なる役割をなしてゐる．勿論かゝる非系統的實驗成績から理論が與へる様な普遍的概念を求める事は出來ない．然しこの實用實驗でも研究を進める上に萬更價値のないものではない．寧ろある方面では非常に價値あり，代へ難きものにさへなるのである．即ちそれは緊急の實際上の問題を提示し，この實際上重要なる事柄に從事すべく研究を促進するのである．夙にゲッチンゲンで行はれた如く，科學的研究と緊急問題とが結び合はされた事は蓋し幸運と云ふべきであらう．

文　　獻

1. Prandtl, L. u. A. Betz: Ergebnisse der Aerodynamischen Versuchsanstalt zu Göttingen, I～IV. Lief. München: Oldenbourg 1921, 1923, 1927, 1932.
2. Schwabe, M.: Über Druckermittlung in der nichtstationären ebenen Strömung. Ing.-Arch. **6**, 1 (1935).
3. Fuhrmann, G.: Theoretische und experimentelle Untersuchungen an Ballonmodellen. Diss. Göttingen 1912.
4. Kármán, Th. v.: Berechnung der Druckverteilung an Luftschiffkörpern. Abh. Aerodyn. Inst. Techn. Hochsch. Aachen **1927**, H. 6.
5. Klemperer, W.: Luftschiff-Messtechnik. Handbuch der Experimentalphysik, Bd. 4, 3. Teil, S. 132. 1930.
6. Lotz, J.: Zur Berechnung der Potentialströmung um quergestellte Luftschiffkörper. Ing.-Arch. **2**, 507 (1931).
7. Föppl O.: Winddruck auf ebene schräg gestellte Platten von verschiedenem Seitenverhältnis. Z. F. M. **1**, 87 (1910).
8. Prandtl, L.: Tragflügeltheorie. I. u. II. Mitt. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math-Physik. Kl. **1918**, 451; **1919**, 107.
9. Betz, A.: Beiträge zur Tragflügeltheorie mit besonderer Berücksichtigung des einfachen rechteckigen Flügels. Diss. Göttingen 1919.
10. Lotz, J.: Berechnung der Auftriebsverteilung beliebig geformter Flügel. Z. F. M. **22**, 189 (1931).
11. Betz, A.: Schraubenpropeller mit geringstem Energieverlust, mit einem Zusatz von L. Prandtl. Nachr. Ges. Wiss. Göttingen, Math.-physik. Kl. **1919**. 193.

12. Prandtl, J.: Über Elüssigkeitsbewegung bei sehr kleiner Reibung. Verh. 3. internat. Math. kongr. Heidelberg S. 484, 1904. Leipzig, 1905.
13. Gruschwitz, E.: Die turbulente Reibungsschicht in ebener Strömung bei Druckabfall bfall und Druckanstieg. Ing.-Arch. 2, 321 (1932).
14. Ackeret, J.: Gasdynamik. Handbuch der Physik, Bd. 7, Berlin: Julius Springer 1927.
15. Busemann, A.: Gasdynamik. Handbuch der Experimentalphysik, Bd. 4, Teil 1. Leipzig: Akad. Verlagsgesellschaft 1931.

A. Betz.

2 カイザー・ウィルヘルム研究所河川工學及水力研究所(ミュンヘン)

1926 年創立せられたる研究所は河川及び水力部門の科學的研究と委託研究を實施してゐる. 遂行せられたる主なる研究を次に記述する.

1. モデルによる研究及びモデルの寸法に關する研究

a) 1927 年初めて行はれたモデルの抵抗に關する研究の起源は渠による檢定にあつた.[1] 當時計算値と實驗値との間に相違があつたのである. 實驗値と計算値との差異を說明するには實物に於ける各種の測定と共にモデルの抵抗に關する研究が必要と思はれた. この研究は實物から始めて, 抵抗を異にするモデルの係數を定めねばならない. 更に流動狀態の研究から下流の壁面の狀況に及ぼさねばならない. 多數の抵抗を異にする物體の研究によつて係數相互の關係が明白になつた. 1 : 50 なるモデルで得られる流量係數は水量測定等による實測値と一般に良く一致する. 研究結果によれば流動狀態は抵抗物の形狀よりも水深に左右せられるやうである. モデルと實物の流動を比較する場合モデルの觀測だけからは何等數量的結論は得られない.

b) 大きさを異にする種々のモデルに就て研究を進めれば, 流出量を規定するものは如何なる要素であるかと云ふ問題に到達する[2]. 物體表面の抵抗を考へれば, モデルと實物との壁面に於ける摩擦に相違があるのではないかと思はれる. 斯くしてモデルによつて得られた結果を如何にして自然現象に對して數量的に適用すべきかと云ふ基本的研究が必要となる. この問題を解決するために, ベルリンの研究所では小規模の實驗を始めたが, この研究所に於ては 1:4.375 のモデルによつて研究を行つたのである.

研究の結果モデルに基づく誤差を一定にするにはモデルを成る べく大きく作るべきであると云ふ結論に達した. 從つて研究所に於ては小さなモデルは出來るだけ避けて設備の許す限り大なるものを使用してゐる.

2. 水量測定法に關する研究

a) 1929 年勞働組合が鹽水速度法, 羽根車型量水法, ピト管或はギブソン法等による量水法を比較研究した[3]. 研究の結果, 鹽水速度法と羽根車水量計との數値とは僅かに差があるに過ぎない事がわかつた. ピト管の測定に於ては, 羽根車型水量計と比較すれば水量が小なる場合は比較的大なる値が得られ, 水量が中庸の場合は一致し, 水量大なるに從ひ小なる數値が得られた. ギブソン法によれば羽根車式のものと全然同一であつた.

b) 1930 年の中頃獨逸研究協會援助を得て堰, 羽根車をもつ水道に於て鹽水速度法及び食鹽濃度法による比較研究が實施せられた[4]. 堰の公式より求めた流量と貯水池の標識より得た値との間に著しい差があつた. 羽根車型流量計は一般に水量が小なる時用ひられる. 鹽水速度法による場合は測定は電極の距離によつて觀測せられる. 鹽水濃度法は貯水池の標識による結果と大體一致するが, その偏差は正負の方向に一樣に分布してゐる.

c) 1930 年から 1931 年にわたる冬, 研究所はアー・エー・ゲーの委託によつて鹽水濃度法に於ける測定位置に關する研究を完成した[5].

d) 研究所は鹽水濃度法によつて得た優秀なる結果を發表し, 且つ又液體の濃度決定による色彩法を提出し, 更に完璧なる測定方式を決定した.

3. 河川工事に關する研究

1931年, 1932年, 1934年ドレスデンの Engels 博士の科學的指導の下に河川工事の研究が行はれた.

a) 1931 年モデルによる研究法が完成せられ, 刻々變化する流動及び種々の形狀の土手の影響を受ける場合の河川の模樣が說明せられた.[6]

研究遂行の爲めに, 長さ約 95m 幅約 11mの研究設備が建設せられた. 運河は三ケの弧より成り, 斷面は四邊形をなしてゐる. 研究は次の三條に就て行はれた.

1. 距離約 11m の線狀堤防.
2. 距離約 11m の線狀及び彎曲堤防. 但し彎曲せる堤防は殆ど河川に平行で土手に接近するに從つて低くなつてゐる. 從つて水位が高い場合には部分的に水中に沒する.
3. 距離 4.5m の堤防.

模型試驗に使用した漂石はイザール河の細かい漂石である. 水路に水を通じた場合, 水面の傾斜は河底の傾斜に等しく 1‰ に保たれた. 低水位から高水位を經て再び低水位に復する迄の一回の模型試驗には 94 時間を要した. 中水位(水量每秒 172 リツトル)及び高水位(水量每秒548 リツトル)の後では河床を干上げて水路の斷面撮影を行つた. 個々の試驗を相互に比較し得るやうに, どの試驗に際しても漂石の流入量と流出量とをできる限り等しくした.

これらの大規模な模型試驗に於て, 漂石は隆起した水の表面を流動した. 河底に及ぼす高水

位の作用は實驗第一例の堤防による場合が最小であり，實驗第三例の堤防の場合に最大である．即ち隆起した流の最高水面と一番深い渦の窪みとの間の水位の差が實驗第一例の場合に於て最小，第三例の場合に於て最大である．航行上流心（河川の最深部を連ぬる線）の可否を評價するに當つて特に重視すべきことは，砂洲から渦流に移りかはる間の距離であるが，この距離は實例第二例の堤防によつた場合に最も大である．即ち航行上最も有利であるといふことになる．第三例の堤防實驗で河床の間隔を著しく狹めると，漂石の流出量は流入量よりも大となるが水面は沈降せすに却て上昇する．

b) 1932年支那政府の委頼によつて氾濫に關する組織的研究が行はれた．問題は高水位の場合の水面の位置，高水位の場合氾濫する水の量，河底及び土手の形狀等の影響を根本的に解決するにある．實驗時間は570分を單位とし，この實驗を三回繰返して一組の實驗を終る事とする．實驗結果の相似性に就ては水の運動狀態を等しくすると云ふ前提によつて，總ての研究に於て實驗繼續中は水面の傾斜を河底の傾斜に等しくする．モデルの時の浮游流動物は，例へば支那の黃土の如き自然の流動物に對して水深に對應してゐなければならぬ．運河の兩岸の間隔を約57%小ならしめる事によつて（實驗第一に於ては間隔3.82m，實驗第二に於ては8.91m）運河表面の流速は大となり，流量毎秒548リツトルの場合となる．この場合毎秒の浮游流動物の量は二倍となる事が確認せられる．河底の深さの增加量は河底の沈下と上昇部分との相互關係によつて計算し得る．この觀察法に從へば水の浚渫力は河幅の廣い場合は狹い場合の三倍である．

c) 明確なる結論に達してゐる1932年の研究は，1934年支那國際經濟協會の委託研究によつて完成した．この研究によつて河底沈下に影響する河川兩岸或ひは高水位の關係が明かにせられた．この研究に用ひられた河川のモデルは1.2%の勾配をもち，長さ約125m，幅約9mである．S形に彎曲した運河は四邊形の斷面より成り，圓弧によつて結ばれてゐる．この設備によつて次の四項目に關する研究が行はれた．

1. 平行直線堤防（間隔8.9m）
2. 1.の如き平行直線堤防と之より分岐せる彎曲せる堤防(1932年研究せるものに酷似する)．
3. 細長い線狀堤防．
4. 運河との間隔3.47mの平行なる堤防．

研究結果は1932年の結果に等しかつた．研究はそれより5ヶ年間經續せられた．五ヶ年の經過によつて運河の沈下による水面降下は1.と4.の場合に於てのみ確認せられた．但しその量は非常に僅かなものであつた．前記四實驗に於ては何れも時間の經過と共に單位時間の浮游物質の量は多少減少してゐる．時間の經過による河川兩岸へ推積する浮游物の增加は1.及び2.の場合之が認められた．之に反して運河の浚渫は1.及2.の場合常に增大してゐる．運河表面の流速は4.の場合が最大，1.の場合が最小である．單位時間の浮游物の量は4.の實驗に於て最大であり，2.の場合が最少であつた．同一沿岸面積に對する浮游物推積量は2.の場合は4.の場合の約2.5倍である．

4. 河川構造の研究

a) 研究所が研究用溝を構築するに當り，堆積せる透過性地盤にある溝に對しては水の漏出を防ぐ必要があつた．近年行はれたコンクリートに關する實驗より透過性であると同時に接目なしの地盤に適當せる被覆法の研究に到達した．近代的な街路の研究に倣つて，アスファルトやタールによる被覆構造が考慮せられた[7]．實驗的に作られた被覆は水路に地瀝靑を應用する事の可否を定める根據を樹立するものである．研究設備が冬季酷寒にさらされたので，被覆の實驗には之等の關係も觀察せられた．

實驗によれば，その表面は必要に應じて排水的にも透過的にも作られ，多年四季の影響に堪へ且つ建設は經濟的に行はれる．

b) 從來河川工事に於て金網は價値なきものと思はれてゐた[8]．政府の提案によつて1932-1933年，河川工事に金網を用ひる調査と研究が行はれ，有効性と經濟的な事が判明した．更に實驗室の研究によつて次の様な基礎的根據,即ち金網の繼續的磨耗による機械的破損腐蝕又は金屬の分解による破壞が明確になつた．金網は構造物の長年の方向にも幅方向にも例用せられる．又金網は例へば圓筒形に或ひは四邊形等各種の形狀にして使用せられる．針金は絶えず流水によつて磨耗を受けてゐるから亞鉛鍍金が脫落し容易に銹によつて破損する．河川に於ける金網の用途として遮斷との河底に用ひる事は不便である．この用途に對しては構成法が問題となり，經濟的要素が重要性を帶びる．金網の構成は使用法によつて最も都合のよい方法がある．網目の選定は位置と詰める石とによつて行ふ．繼續的磨耗の大きさは亞鉛鍍金せる金網に於ては針金の強さにより，針金の位置による相違は性質の比較によつて技術的に確められる．研究によれば,その亞鉛鍍金は,効果は非常にあるが間もなく脫落してしまふ．鋼線は連續的磨耗に對しては耐久性がある事がわかつたが，多くの場合建設費の點で經濟的でない．多くの例に見られる如く，水又は濕氣の中に金網があるために，主として電氣的腐蝕が問題になる．亞鉛鍍金の機械的破壞は皆鍍金の過失と腐蝕の發生による様に思はれる．研究が進むに從つて，特に簡單に亞鉛鍍金を行ふ場合は腐蝕防禦不充分である事が明かとなつた．二重鍍金せる針金に於ても必ず缺點のある事は一度鍍金せるものに等しい．唯その程度が小さいだけである．兎に角その耐久力は當然高いのであるから，構造上からも經濟的に作られる．强さを要求する場合には，亞鉛被覆の代りに針金の直徑を大ならしめれば金網に良好な結果が得られる．金網の構成には種々の長所はあるが，然し之と同時に缺點があるのを無視する事は出來ない．

5. 工業物理的研究

a) 色々な大きさの成分より成る粒の混合物の構成を調査する事は土壤學的研究にとつても，

又土木學的研究に取つても重要な役割を演ずる[9]．其際に，即ち粒の混合物の構成を調査する際に，比較的大きな直徑を有する粒の混合物に關するものであるならば，濕式か乾式の過程に於て篩を使ふ方法により構成が確認される．直徑が 0.3mm より小なる粒の大きさの時には，篩による分析の代りに，洗滌或は沈澱方法によつて所謂洗泥分析が行はれる．洗泥分析を完成する爲に，當研究所の光電氣によるの測定裝置の適應性が研究され，そして一揃ひの測定設備が完成された．等しい割合に粒の混合物を含んだ液體がガラス窓の付いた兩壁の平行な容器の中を下から上へと垂直の方向に貫流する．そのガラス窓を抜切つて送られ，平行に向けられた直角な光帶の光度の弱化は，液體が貫流する際に，一個の光電池と非常に鋭敏な指針電流計とに依り測定される．精製白堊，石灰石粉末その他之に類する物を使つて行はれた貫流の實驗は，之等物質を同量の水に同量取つて浮游せしめた場合，透射する光を色々の强度に弱化させると云ふ事を示した．その光の弱化は單に浮游成分の內容及び原料に依るのみで無く，又粒の直徑に依ると云ふ事が確認された．電流計の振幅に表はれる光の弱化は，物質の性質が同じである場合，浮游成分の量及び粒の大きさと關係づけられる．それに關聯して電流計の振幅と粒の混合物の種類即ち色々の直徑を持つた混合物の關係が調査された．同樣に所謂同價値の粒の直徑に基いた規則性が得られた．液體の貫流容器への流入が中斷され，中に入つて居る水が等しく分布された粒の混合物から成る一定の浮游成分から離脫するならば，その浮游成分の微粒子はその直徑が大きい程迅速な速度で沈む．檢査の最中に濃度は降り，電流計の振幅は增加する．沈下する間に起る電流計の振幅の變化から落下法則に基いて粒の組成を求める方法即混合線がち得られた．是の如き光電氣使用の方法による洗泥分析と洗滌方法による洗泥分析とを對照すると，混合線の滿足すべき一致を示した．且又この光電氣的方法による洗泥分析は今迄に知られて居た方法が必要とした時間に比べてほんの少しの時間を消費するのみである．

b) 近年ワルヘン湖發電所の導管の一部を用ひて．カイザー•ウイルヘルム流體研究所の研究を引續いで“キヤビテーション”に依る浸蝕作用或ひは腐蝕作用の研究が爲された[10]．浸蝕作用は，實際タービンの非常に早く回轉して居る導輪又は推進器に於て，特に屢々認められる．キヤビテーション又は流體中の內面に出來る空洞は速い速度の流れに依て，其處の壓力が其の流れに依て流體の蒸氣壓以下に降る所では何時でも出來る．この箇所に流體の蒸發が起り，この蒸發が流體の內面に空洞を作る．組織的研究に依てこの浸蝕度合は次の事項に依る事がわかつた．即ちキヤビテーション作用の時間，材質，材質の表面の狀態，それから，キヤビテーション室の形成，その內面の流れ，その中に於ける空洞のひろがり，流れの速度，水中の固態又は氣態混入物質等の試驗條件に依る．この實驗でキヤビテーション室が作られ，その中で適當な形を與へることにより等速の速度に於ける水の破壞力を增すことができた．實驗の場合，試驗片に相當する部分は管の壁である．最初の實驗では斷面 44m/秒の流速の場合にアルミニウム，鉛，壓延眞鑄等の種々の材料が實驗され，實驗時間が長びくに從つて浸蝕が增進した．總ての材料に於

てすぐには何の浸蝕作用も起きない．先づ一定時間を經て，材料の種類に依つて，時間を異にするが，材料に機械的壓迫影響を認める．實驗を尙續けてゆくと，初めは顯微鏡によつてのみ確認されらる噴火口樣凹みが增加し，遂に全面に亙つて其作用が明瞭に認められて來る．この浸蝕度合が重量減少の測定によつて測定された．其の他に尙浸蝕し始めの時間が種々の流速に就いて定められた．小さな速度の場合には浸蝕されて來る孔は遲々として進まず，爲めに，吾々は浸蝕始めは其の進行が停止して居ると思惟する．次の實驗では，鋼，青銅，鑄鐵，表面保護化された材料の如き他の材質に付き，種々の速度の場合に於けるキヤビテーション作用が試みられた．重量減少は流速に比例する事が認められた．特殊鋼は概して青銅より抵抗が大である事が證明された．金屬の表面の蒸氣-水-混合物の接觸に依る化學的電氣的腐蝕よりは寧ろ主に空洞の崩壞作用が浸蝕作用に影響する事が此等種々の實驗からわかつた．

最近に於ては水力方面の仕事は前述の如く澤山の實驗が爲された．それから周圍の山脈の峯に於て降雨，蒸發，降雪が測定された．そしてその流量，降雪量が決定された．1934 年に建設された約 2m の傾斜のあるタービン，試驗所に於ては色々な型のタービン導輪，吸氣管等の研究を行ふことができる．數年來研究所は內外の發電所の委託により水量測定，タービン試驗，量水標の檢定發電所の水路中の漏出の研究を行つた．

Chr. Keutner.

---

1) Kirschmer:「イーザル河中流」の疏水路中の第一階崖に於ける溢流係數及び渦流形成の研究．モデルと實物との比較．溢流を使用せる水量測定法の批判に寄せて．河川工學及水力學研究所(ミュンヘン)報告．第一卷．1928．ミュンヘン及ベルリン．R. Oldenbourg 書店刊行．

2) Eisner: 種々の大きさのモデルによる溢流試驗．モデルの大きさによる影響と計算法．プロシヤ河川工學及船舶工學試驗所（ベルリン）報告．第十一卷．1933．ベルリン．同試驗所刊行．

3) Kirschmer: ワルヘン湖に於ける量水法の比較研究．Z. VDI (獨逸工業協會雜誌) 74, H. 17, 521(1930).

4) Kirschmer-Esterer: 各種量水法の精密度．Z. VDI 74, H. 44, 1499 (1930).

5) Kirschmer: 量水用鹽分稀釋法, Wasserkr. u. Wasserwirtsch. (水力及水利事業) 1931, H. 18.

6) Engels: 種々なる水位及び種々なる形狀の堤防の影響を受けた場合，彎曲せる漂石運搬水路の狀態に關する大型模型試驗．Wasserkr. u. Wassewirtsch. 1932, H. 3-4.

7) Kurzmann-Mösslang-Wäcken-Ziegs: 土木工事の塡隙並に固着用としてのアスファルト及びタールの効力試驗．河川工學及水力學研究所（ミュンヘン）報告．第 2 卷．1939．ミュンヘン及ベルリン．R. Oldenbourg 書店刊行．

8) Keutner: 水利工事に於ける金網細工の使用．K. W. 科學振興協會ミュンヘン河川工學及水力學研究所報告．第 4 卷．1935．ミュンヘン及ベルリン．R.Oldenbourg 書店刊行．

9) Esterer: 光電氣的方法による粒の混合體の研究．K. W. 科學振興協會ミュンヘン河川工學及水力學研究所報告．第 3 卷．1935．ミュンヘン及ベルリン．R. Oldenbourg 書店刊行．

10) Schröter: 空洞による製作材料の浸蝕問題に關する實驗．K. W. 科學振興協會ミュンヘン河川工學及水力學研究所報告．第 3 卷．1935．ミュンヘン及ベルリン．R. Oldenbrurg 書店刊行．

3. ゾンブリック協會のオビル（2044m）及び ゾンブリック(3106m)に於ける高山觀測所

Sonnblick 及び Obir 上の高山觀測所の科學的業績を概觀する時，我々は之等の觀測所に歸せらるべき研究及び新發見の豐富なる事に一驚を喫せねばならない．カイザーウィルヘルム科學振興協會も此の大事業に對する他の協力者と共に之等の高山觀測所に於ける研究の遂行を可能ならしめる事に就ては全く主要な役割を演じたのであるから，その紀念の年に際し之等觀測所の新しい全盛期及び科學的活潑性に於ける その偉大なる傳統の意味に於て喜びと誇りとを以て之を記錄する事が出來るのである．

之等の觀測所は，經歷から謂へば科學とは關係の無い人々の活動に依り成立したもので，[1] 始めの頃は將來性のある科學的發展を遂げなかつた．吾々は次に行ふ最も重大な諸業績の簡單な要約の中で之に就いて述べる事とする．而して之等の業績は高山觀測所の過去に於ける價値のみならず，その現在及び將來の大きな意義を示すこととならう．

之等の觀測所は優秀な模範的設備を有する高山觀測所として——ゾンブリック 觀測所は其の成立當時(1886年)及びその後長年の間 3000m 以上の高度であらゆる氣象要素の自記器を具へた氣象觀測所としては唯一のものであつた——先づ第一に從來氣象學の研究が及んでゐなかつた高アルプス地方の氣候的新資料を豐富に提供した．之に對し當時及び之に引續き J. Hann やその他の人々の出版物や批評が數多く出た事からも分る様に，之等の資料は大きな一般的興味を喚び起したのであつた．[2] 其の毎日の觀測は從來廣範圍のものとしてウィーン中央氣象臺年報の中に公表されてゐる．この中には一部ではあるが，更に自記記錄の毎時讀み取り又はその大綱も又公にされてゐる．高山觀測所に於ける氣象觀測成果の一月間の概況も ゾンブリック 協會年報の中に毎年發表されてゐる．

毎日の觀測は氣候學的見地以外に更に直接天氣豫報に對しても重要な意味がある．兩觀測所は毎日二回その觀測を無線によつて中央部に通報するから，中央部に於ける豫報者にとつては，之が屢々良好な助けとなるのであるが，之は又更に國際無線通報に依つて全歐洲に放送せられるのである．

然し乍ら山岳觀測所の有する本來の大きな價値は觀測所が吾々に提供した氣候條件の認識や或は天氣豫報に對する觀測所の有する意味にあるのではない．

氣象學者は大氣中に行はれる諸變化の原因を知る事に成功せぬ間は十分な豫報を出す事は問題になり得ない事を知つてゐる．而して他方彼は又大氣條件の單なる記載に依つて滿足する事なく更に此の條件を洞察せんと欲する．即ち彼はその現象が大氣中で如何に行はれるかを知り，又ある現象が他の現象と如何なる程度に關聯してゐるかを決定せんとするのである．

氣象學の課題は一言にして盡せば大氣法則の探究であるが正にこの點でゾンブリック上の觀測は極めて貴重な材料となつたのである．此處に其の價値が存する．[3]

二三の例を擧げる丈けにしても，第一にゾンブリック上に於ける氣壓の極大及び極小に關する Hann の研究[4] が十分に之を立證してゐる．この研究は我々に正に根本的な，從來の意見を全面的に否定する認識，即ち高壓域の氣塊は上空では溫暖であるが，之に對して低壓域の氣塊では寒冷である事を明かにした．玆に又溫度は氣壓の差異の原因ではなく，逆に溫度狀態は氣壓分布に依り決定せられた空氣の上昇及び下降運動の一結果である事も示されたのである．

更に進んだ重要な認識が Trabert のゾンブリック上に於ける溫度並びに日射の日變化及びその成立に關する研究[5] に依つて齎らされた．この研究ではゾンブリックの上に於てさへも猶ほ地表からの對流に基く熱の供給が，輻射の吸收に依つて採り入れられた熱量を遙かに凌駕する事が明かにせられた．更に又之に依つて高度による氣溫遞減の說明に對する數値的證明が與へられたのである．

Hann は高層觀測所の氣壓計及び溫度計の讀み取りを用ひ自由大氣の上層氣層中の溫度變化を推論する事が出來た．[6] 後に彼はゾンブリックの觀測を氣球觀測の成果と比較し，之が自由大氣の條件に當て嵌め得る事を示さうと試みた．[7]

更にゾンブリック上の風の自記記錄は本質的に新しい事實を齎し，之が從來の學說に一部反する結果を與へた爲め新しい學說の成立の機緣となつた．[8]

之等總ての研究に依つて新しく且屢々全く基本的な新認識が得られたのであるが，我々は之をひとへにゾンブリック觀測所の觀測材料に負ふてゐるのである．ゾンブリックの觀測及び自記記錄を使用せる研究としては更に數多くのものが存するのであるが，之等を數へあげる事は本稿の範圍では不可能である．

之に加ふるにゾンブリック觀測所は氣象學にとつて特に又直接研究を行ふ場所としても非常に役立つたのであつた．多數の科學者がゾンブリック上で彼等の現場に於ける測定及び特殊の研究を行ふ爲めある期間滯在してゐる．

斯くしてゾンブリック上の研究に依り空中電氣の認識が著しい進歩を遂げた．この研究を此處で開始したのは Elster と Geitel である[9]．彼等は晴天時の擾亂的電氣量の起源が 3000 米以下の氣層に求むべきである事を立證し得たのであつた．更に聖エルモの火の現象が最初に基本的に研究され得たのも又ゾンブリック上に於てであつた[10]．猶ほ又長年に亙る規則的觀測に基いて無電放送の雜音の日變化及び年變化も研究された[11]．此の爲め長時間連續的にゾンブリックの頂上にて靜電位の自記[12] 及び放電の測定[13] が行はれた．

更にゾンブリック觀測所が高位置に在ることから昔は入射量及び出射量の測定や又谷の中の比較觀測による種々の氣層中の吸收條件の研究が行はれた．而して之は大氣の熱保有を判斷する上に本質的なことであつた．Elster と Geitel は大氣中の紫外線輻射の吸收を決定するのに，

負に帶電された種々の物質が紫外線照射の影響で荷電を喪失するといふ性質を用ひた[14]. 出射量及び入射量の絕對的測定は T. Pernter 及び F. M. Exner によつて行はれた.[15]

ゾンブリック觀測所の位置が雲の高度内に在る事は,同觀測所が雲の組成及びその含水量の研究にとつて最も好適なる場所である事を示してゐる. 而して之は又眞に山岳觀測所に於てのみ解き得る所の氣象學上の重要問題をも表はしてゐる. V. Conrad は獨特の一方法を案出し,之を用ひてゾンブリック上で雲の空氣の含水量及び水滴の大きさを決定した.[16] 更に其の後一層大規模な雲の研究がゾンブリックの上で遂行せられた.[17]

ゾンブリック及びオビル上の觀測所では又重要な地球物理學的研究も行はれた. 即ち大きな山塊のある地域の地球重力分布に關する理論的假定を實驗的に解明する爲めにゾンブリック上で重力の測定が行はれた. 此の目的の爲め山上に特別の觀測小屋が建てられた.[18] オビール上では山小屋から山の内部に通じてゐる坑道の恒溫性によつて地磁氣要素に及ぼす高度差の影響を研究する爲めの磁氣の自記記錄をとる事が出來た. 此の際必要な平行自記は Eisenkappel の近くの谷で行はれた. 更に V. Conrad は同じ坑道内にてオビル峯の日中及び夜間の傾斜及び彎曲を Zöllner 振子によつて測定し, 之を山腹の加熱又は冷却が一樣ならざる事に歸した.[19]

次にゾンブリック氷河上に於ける氷河及びその變化, 雪線の時間的變動[20] 及び萬年雪の密度の研究[21] が擧げられるべきであらう.

此處にはオーストリーの高山觀測所が世界大戰前の發展の第一期に行つた研究及び調査の中二三の最も重要なもののみを擧げ得たに過ぎない. 當時觀測所の指導に沒頭してゐたオーストリー氣象學會及び物質的基礎を形成すべきゾンブリツク協會にとつては, その課題を遂行する事, 即ち氣象學にとつて極めて重要な意義を有する仕事を絕えず進行せしめる事が屢々非常に困難になつて來てゐたのである.

然し高層觀測所が最も困難な時代に遭遇したのは世界戰爭及びその痛ましき結果としての現象, 即ちインフレーションの大きな苦境のためにゾンブリツク協會及びオースタトー氣象學會の存續が殆ど不可能となつた時であつた. 非常な困窮の揚句カイザー・ウイルヘルム科學振興協會, ウイーン科學學士院及び墺太利聯邦文部省の協力に依つて觀測所を沒落から救ひ, その科學的活動力を新に飛躍せしむべき一つの方法が見出された. 定款の變更のみに依つて新事情に適合せしめられなければならかつた舊來のゾンブリツク協會は此の時以來異つた保護官廳の協力の場所となつてゐる.

新しい聯合團體の活動領域はアルプスの比較觀測所の建設及び維持並びに一般山岳氣象の研究にも擴張せられた. 斯くして新しい山頂觀測所 (Villascher Alpe 2157m, Hochkönig 2938m, Schöckel 1436m, Adlersruhe 3465m) が附加されたのみならず Tal, Rauris, Döllach, 及び Mallnitz の永續的な平地觀測所の外に密な觀測所網がゾンブリック地方に殆ど四年間に亙つて維持せられた. 此の觀測所網は連峯の氣候學的及び氣象學的特異性の立ち入つた研究に對して材料を提供する事になつてゐた.

觀測結果の整理は現在進行中でゾンブリック地區の大きな包括的氣候誌の中に纏め上げられるであらう. 而して此の氣候誌はゾンブリック觀測所成立後最初の 50 年を經過せる後 1936年に出版せられる事となつてゐる. 但し F. Steinhauser は既に幾つかの比較統計的研究を公にしてゐるが之も上述のものと關聯して居りそれに先行する研究と見做される.[22]

ゾンブリック地區の觀測所網は 1934 年に一部再び中絕せられ Pasterze の谷に移動された. 之は其處で此の氷河谷の氣象學的特異性の研究に對する材料を蒐集する爲めである.

新時代の要求に應じてゾンブリツク協會及びその觀測所の科學的活動力は近頃特に實際の必要をも滿たす樣に整備せられた.[23] 之に關して第一に問題となつたのは高地域に於ける降水量の觀測で, 之は水力發電所への水の流入の一樣性を判斷し, 同時に又恐るべき早春の洪水に對する準備を可能ならしむる爲め必要なものである. 此の際ゾンブリツク協會にとつて一つの實際的課題が生じたがその解決は最も新しい方法を用ひる事に依つて成功を收めたのであつた. 第一にゾンブリック地方自體の種々の地點に雨量計が設置せられ, 僅か月に一回觀測者が測定の目的で之等を見廻る事となつた. 之等の觀測が從來の考を本質的に修正する樣な新しい結果を齎した爲め,[24] 雨量計の觀測網を更に Pasterze 及び Glockner の地域に迄擴張し, 從つて全體としては 15 の雨量計が之等の地域で活動する樣にする事が目的に適つてゐる事が分つた. ゾンブリック地域では直接の降水量測定と平行して種々の高度に設置された雪量計によつて積雪も又研究せられた.[25]

之等總べての觀測及び更にゾンブリック地區に於ける觀測網の標準定時觀測中の多くの觀測は最近に至つて次の事項に關する限り實際に應用される事となつた. 之即ち Grossgleckner-Hochalpenstrasse の最も有利な設計と,之に際しての最も有利な作業條件に關して一つの判決を得る事であつた. 然し重要な事項として更に主張すべきは, ゾンブリック地區にて得られた成果が, 單に此の地域に限らず直接の觀測が存在しない他の地域にも大抵の場合適用せられるといふ事である. 而してゾンブリック地區に於て此の樣な研究の爲めに支出せられた多額の經費が特に正當なものとされる理由は此の點にも存するのである.

Hochalpenstrasse は數箇の曲り角で氷河に密接して經過しなければならなかつたが,その建設標識を立てる際に近來特に後退中であつた氷河が再び道路を危くする程前進し得るものであるか否かを吟味する事も又特に重要であつた. 之は本質的に溫度又は降水量の變動, 從つて氣候の變動に關聯してゐる. 玆に再び 50 年間繼續して行はれたゾンブリックの觀測によつて事實上近年は溫和な天候の頂點を表はすものであるから,[26] 無造作に現在の弱小な氷河狀態が持續するものとは考へられない事を決定し得たのであつた.

發展して行く航空關係からの要求と共に, 吾々の山岳觀測所の觀測が近年特別な重要性を獲得することとなつた更に一つの分野が開けた. 即ち既に數年前から每日多數回天候通報が航空

氣象觀測所にも放送せられ，其處では山岳觀測値が特に航空路上の天候判斷の爲めに應用されてゐる．而して此の際山岳自對に於ける瞬間的天候狀態が問題となるばかりでなく，此の觀測は他の場所で豫期せられる天候の指示物として價値を有する事に由り遙かに大きな重要性を獲得するのである．**あらゆる時刻**の上層氣流の狀態を明かにする事は，山岳に於てのみ可能であるから，玆に再び山岳觀測所の絶對必要なる事が證明せられたのであつた．從つて低地の空氣中に起る事が，山岳觀測所で觀測せられる現象と如何に結び附いてゐるかを決定する事が特別の價値を有することとなる．此の際主として問題となるのは氣流狀態の決定である．斯くして此の考へから出發して之に應ずる特別の研究が,之又ゾンブリック協會によつて進められた．此の研究の行はれた範圍はゾンブリックの極く近傍のみならず,[27] 更に遠く山麓，及びアルプスの東端に迄及んでゐる(W. Schmidt)．此の際特に興味を持たれたのは,山岳が一般氣流に對し，その谷の部分に於て及ぼす影響であつた(山谷風，氷河風)

氣象學及び實用上の要求の双方に同じ様に役立つ爲め，近年ゾンブリック協會が特に專念したもう一つの研究領域は輻射の研究である.[28] 特に高山に於ける輻射の衞生氣候的作用は，實用方面では，輻射の研究に對する興味を喚起したが，科學の分野では大氣の熱保有に關する問題を提出したのであつた．從つて輻射の研究はゾンブリック[29] 及びオビル[30] の高山觀測所のみに限らず, Kanzelhöhe,[31] Stolzalpe,[32] Semmering,[33] Feuerkogel, Schmidtenhöhe, Lunz 等のオーストリー・アルプスの廣大な地域に亙つて行はれた．全太陽輻射と同時に又特殊のスペクトル領域,特に紫外部が研究せられ,更に地表の輻射,空の輻射及び雲の反射も研究せられた．

更に全く新しい方法に依る雲及びその組成水滴の數及び大きさ，又雲の空氣の含水量の研究も遂行せられた.[34] 又空氣の鹽素及び沃素含有量及び霧氷の附着がゾンブリックにて決定せられ,[39] 空氣の純度の研究の爲めには青空の觀測[40] 及び視程の測定[41] が行はれた．

宇宙線の發見後高山觀測所に於ける研究には全く新しい活動領域が開かれた．蓋し其の謎に包まれた出所及び特性は，低地よりも寧ろ大きな高度に於て手掛りが得られる様に思はれたからである．斯くして先づ第一にオビル上にて,[42] 次いで Hafelekar 上に輻射研究所の設立を見る迄はゾンブリックに於て基礎的且つ廣汎な研究及び自記計觀測が行はれた.[43]

更に無線電信及び電話の普及及び之が一般に採用せられると共に，新しい諸問題が提出せられたが，その解決も又特に高山觀測所に於て着手せられ得るものであつた．此の際主として問題となつたのは大氣の擾亂源と電磁波傳播の決定であつた．此の研究も近年矢張ゾンブリック上で遂行せられた[41]．

更に又忘れてはならないのは氷河及び其の變動に關する廣範圍の研究で，此の爲めにはゾンブリック上が好條件を具へてゐる事が示された．之は觀測所に於ける連續氣象觀測がある爲め降水量及び氷河變動の原因を判斷する爲めの氣候的データを使用し得るからである．

もう一つ觸れて置くべきであるのは，アルプスの雪の荷重に依る地殼の彈性的變形の決定の

様な理論地球物理學的研究に對してもゾンブリックの觀測が主要な基礎を提供した事である[45]．

最後に高山觀測所に於ては近年天文學的研究の試みも爲された事を指摘して置かう．Adlersruhe では選ばれた明るい星の紫外スペクトルの寫眞光度計的研究，太陽と若干の星の直接の分光學的比較及び寫眞的方法による大氣の長波長散光强度と月の明るさの比較が試みられた．[46]

斯くして吾々は高山觀測所の科學的發展に關する以上の概觀によつて多産なる活動期を回想する．此の時期は科學及び實用の双方にひとしく重要な結果を齎したものであり．又觀測所の活動性を維持するに何等かの貢獻をなした總べての人々を，成就された業績に關し喜びと誇りを以て滿たし，且つ强力な今後の活動に馳り立てる事が出來るのである．

F. Steinhauser, Wien.

1. Hann, J.: Zur Geschichte der meteorologischen Station auf dem Hohen Sonnblick Met. Z. **1887**, 42——Obermeyer, A: Die Beobachtungsstation auf dem Hohen Sonnblick, Ihre Anlage, ihre Entwicklung und ihre Kosten. Jber. Sonnblick-Ver. **1**, 1 (1892).——Met. Z. **1887**, 33.——Die meteorologischen Beobachtungsstation auf dem Obir in Kärnten. Jber. Sonnblick-Ver. **17**, 3 (1908).——Hann, J.: Die neue Anemometer- und Temperaturstation auf dem Obirgipfel. Met. Z. **1893**, 281.
2. Sonnblick 又は Obir 上の氣象觀測成果に關する紹介は特に次の文獻中にある。Met. Z. **1970**, 160, 193; **1884**, 331; **1885**, 140, 175; **1887**, 54, 124, 262, 455; **1888**, 134; **1889**, 260; **1891**, 479; **1898**, 1; **1903**, 193; **1912**, 263; **1914**, 265——Wien. Sitzber. IIa **56**, 705 (1867); **59**, 65 (1870); **84**, 382, 965 (1881); **90**, 585 (1884); **97**, 5 (1888); 102, 709 (1893); **104**, 351 (1895); **107**, 537 (1898); **110**, 289 (1901); **116**, 723 (1907); **117**, 217 (1908); **122**, 45 (1913); **127**, 2229 (1918)——Denkschr. Wiener Akad. **58**, 99, 203 (1891); **59**, 177 (1892); **84**, 163 (1909); **88**, 67 (1913); **95**, 1 (1918)——Jber. Sonnblick-Ver. **1**, 25 (1892); **9**, 26 (1900); **10**, 9 (1901); **11**, 12 (1902); **13**, 17 (1904); **15**, 31 (1906); **17**, 16 (1908); **21**, 7 (1912); **26/27**, 3 (1917/1918); **41**, 10 (1932).——Z. dtsch. u. österr. Alpen-Ver. **20**, 71 (1889).
3. Trabert, W,: Die bisherigen Ergebnissen der wissenschaftlichen Beobachtungen auf dem Sonnblick. Jber. Sonnblick-Ver. **3**, 1 (1894).
4. Hann, J.: Studien über die Lu ftdruck- und Temperaturverhältnisse auf dem Sonnblickgipfel, nebst Bem erkungen über deren Bedeutung füe dir Theorie der Zyklonen und Antizyklonen. Wien Sitzgsber. **100**, 367 (1891). 之に關しては又次の論文參照: St. Hanzlik: Die räumliche Verteilung der meteorologischen Elemente in den Antizyklonen. Denkschr. Wien. Akad. **84**, 163 (1903)——Die räumliche Verteilung der meteorologischen Elemente in den Zyklonen. Denkschr. Wien. Akad. **88**. 67 (1913)——Ficker, H: Beziehungen zwischen Änderungen des Luftdruckes und der Temperatur in den unteren Schichten der Troposphäre (Zusammensetzung der Depressionen)-Wien. Sitzber. IIa **129**,

763 (1920)

5. Trabert, W.: Der tägliche Gang der Temperatur und des Sonnenscheins auf dem Sonnblickgipfel. Denkschr. Wien. Akad. **59**, 177 (1892).
6. Hann, J.: Beiträge zum täglichen Gang der meteorogischen Elemente in den höheren Luftschichten. Wien. Sitzgsber. IIa **107**, 51(1894).
7. Hann, J.: Über die Temperaturabnahme mit der Höhe biszu 10 km nach den Ergebnissen der internationalen Ballonaufstiege. Wien. Sitzgsber. IIa **113**, 571 (1904).
8. Pernter, J. M.: Die Windverhältnisse auf dem Sonnblick und einigen anderen Gipfelstationen. Denkschr. Wien. Akad. **58**, 203 (1891)——Hann, J.: Über die tägliche Drehung der mittleren Windrichtung und über eine Oszillation der Lufrmassen von Halbtägiger Periode auf Berggipfeln von 2—4 km Seehöhe. Wien. Sitzgsber. IIa **111**, 1615 (1902).——Die tägliche Periode der Windstärke auf dem Sonnblickgipfel und auf Berggipfeln überhaupt. Wien. Sitzgsber. IIa **103**, 619 (1894).
9. Elster. J. u. Geitel, H.; Elektrische Beobachtungen auf dem Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa **99**, 1008 (1890); **104**, 37 (1895).——Beobachtungen der normalen atmosphärischen Elektrizität auf dem Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa **102**, 1295 (1893).
10. Elster I. u. Geitel, H.: Elmsfeuerbeobachtungen auf dem Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa 101, 1485 (1892).——Obermeyer. A.; Versuche über die „Elmsfeuer" genannte Entladungsform der Elektrizität. Wien. Sitzgsber IIa **97**, 247 (1888).
11. Trabert, W,: Das „Knistern" im Telephon auf den Sonnblick. Jber. Sonnblick-Ver **4**, 3 (1895)——Met. Z. **1897**, 54. ——Conrad, V.: Bemerkungen zum Zusammenhang des Knisterns im Telephon auf den Sonnblick mit Potential und Zerstreuung. Met. Z. **1906**, 318.
12. Conrad. V. u. Exner, F. M.: Registrierungen des luftelektrischen Potentials auf dem Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa **112** 413 (1903).
13. Conrad, V.: Über den täglichen Gang der elektrischen Zerstreuung auf dem Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa **113**. 1143 (1904)——Met. Z. **1905**, 173.——Über den Zusammenhang der luftelektrischer Zerstreuung auf dem Sonnblick mit den meteorologischen Elementen auf dem Gipfel und im Tale. Wien Sitzgsber. IIa **114**, 335 (1905).
14. Elster, J. u. Geitel, H.: Beobachtungen betreffend die Absorption des ultravioletten Sonnenlichtes in der Atmosphäre. Met. Z., **1893**, 41.
15. Pernter, J. M.: Messungen der Ausstrahlung auf dem Hohen Sonnblick im Februar 1888. Wien Sitzgsber. **97**, 1562 (1888)——Exner, F. M.: Messungen der Sonnenstrahlung und der nächtlichen Ausstrahlung auf dem Sonnblick. Met. Z. **1903**, 409.
16. Conrad, V.: Über den Wassergehalt dsr Wolken, Denkshr. Wien. Akad. **77**, 115 (1901).
17. Wagner, A.: Untersuchungen der Wolkenelemente auf dem Ho hen Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa **117**, 1281 (1909).——Met. Z. **1909**, 371.
18. Andres, L.: Die Schwerkraft am Sonnblick nebst allgemeimen Betrachtungen über die Erdschwers, Jber. Sonnblick-Ver. **22**, 3 (1913)
19. Conrad, V.: Die zeitliche Folge der Erdbeben und bebenauslösende Ursachen. Handbuch der Geophysik, Bd. 4, S. 1008.
20. Penck, A.: Gletscherstudien im Sonnblickgebiet. Z. dsch. u österr. Alpen-Ver. **28**, 52 (1897)——Machatschek, F.: Zur Klimatologie der Gletscherregion der Sonnblickgruppe. Jber. Sonnblick-Ver. **8**, 3(1899)——Kinzl, H.: Die Gletscher der Sonnblickgruppe in den Jahren 1896-1928. Jber. Sonnblick-Ver. **37**, 12 (1928).
21. Defant, A.: Schneedichtebestimmungen auf dem Hohen Sonnblick. Wien. Sitzgsber. IIa **117**, 1231 (1908).——Met. Z. **1909**, 362.
22. Stenihauser, F.: Ein Beitrag zur Anwendung der beschreibenden Statistik in der Klimatologie. Met. Z. **1935**, 206.——Eintrittszeiten der täglicher Temperaturextreme in verschiedenen Hohenlagen in den Ostalpen. Jber. Sonnblick-Ver. **43**, 43 (1934)——Roschkott, T.: Die Sonnenscheinverhälnisse auf dem Sonnblick. Jber Sonnblick-Ver. **41**, 10 (1932).
23. Schmidt, W.: Hochgebirgsklima und Technik. Naturwiss. **22**, 381 (1934)
24. Steinhanser F.: Ergebnisse neuer Beobachtungen über die Niederschlagsverhältnisse im Sonnblickgebiet. Jber Sonnblick-Ver. **41**, 18(1932)——Neue Ergebnisse von Niederschlagsbeobachtungen in den Hohen Tauern (Sonnblickgebiet). Met. Z. **1934**. 36.
25. Steinhauser, F.: Schneehöhenmessungen am Sonnblick und im Sonnblickgebiet. Jber. Sonnblick-Ver. **42**, 43 (1933).
26. Steinhauser, F.: Wie ändert sich unser Klima? Met. Z. Okt. 1935.——Wagner, A.: Die Abnahme der Jahresschwankung der Temperatur in den letzten Dezennien in Europa. Met. Z. **1928**, 361——Eine Bemerkenswerte 16-jährige Klimaschwankung. Wien. Sitzgsber. IIa **133**, 169 (1124).
27. Roschkott, A., Steinhauser, F. u. Lauscher, F.: Winduntersuchungen im Sonnblickgebiet; Ergebnisse einer Pilotierungswoche vom 24-29. Juli 1933. Jber, Sonnblick-Ver. **42**, 15 (1933).——Roschkott. A.: Die Windverhältnisse im Sonnblickgebiet. Beihefte zum Jahrgang 1929 der Jahrbücher der Zentral-Anstalt für Meteorologie und Geod. Wien 1933.——Der Wind auf Berggipfeln und in der freien Atmosphäre. Met. Z. **1934**, 347.——Tollner, H.: Gletscherwinde in der Ostalpen. Met. Z. **1931**, 414.
28. Exner, F. M.: Strahlungsmessungen im Östereichescher Gebirge. Jber. Sonnblick-Ver. **36**, 30 (1927).
29. Lauscher, F.: Strahlungsmessungen auf dem Sonnblick. Jber. Sonnblick-Ver. **37**, 37 (1928).
30. Holzapfel, R.: Ergebnisse von Strahlungs-und Polarisationsmessungen auf dem

Hochobir im Sommer 1927. Wien. Sitzgsber. IIa 138, 1 (1929).——Studien über die Diffusion des Lichtes. Beitr. Geophysik 21, 190 (1929).

31. Eckel, O.: Zum Strahlungsklima der Kanzelhöhe. Wien Sitzgsber. IIa 141, 187 (1932).——Die Verteilung der Ultraviolettstrahlung über das Himmelsgewölbe. Met. Z. 1934, 180.——Messungen der Ausstrahlung und Gegenstrahlung auf der Kanzelhöhe. Met. Z. 1934, 234.——Die Intensität der Sonnenstrahlung auf der Kanzelhöhe in getrennten Spektralbereichen. Met. Z. 1934, 266——Lauscher, F. u Eckel O: Zur Kenntnis des Winterklimas der Kanzelhöhe. Mitt. Volksgesdh. amt Wiem 1931.
32. Schembor. F.: Ergebnisse der Strahlungsmessungen anf der Stolzalpe. Wien. Sitzgsber. 138, 497 (1929)——Holzapfel, R.: Hauptergebnisse der Strahlungsmessungen auf der Stolzalpe in der Zeit vom 1 Nov-1928 bis 1 Okt. 1928. Wien. Sitzgsbér. IIa 139, 373 (1930).
33. Toperczer, M.: Strahlungsmessungen am Semmering. Mitt. Volksgesdh. Wien 1929.
34. Albrecht, F.: Wolkenuntersuchungen und Rauhreifuntersuchungen auf dem Hohen Sonnblick. Jber. Sonnblick-Ver. 13, 11 (1924); 15, 25 (1926).——Das geheitzte Haarhygrometer als Mess'gerät des Wassergehaltes von Wolken und Nebeln. Met. Z. 1925, 468——Köhler, H.: Wolkenuntersuchungen auf dem Sonnblick im Herbst 1928 Met. Z. 1929 409——Jber. Sonnblick-Ver. 37 (1929).
35. Cauer, H.: Bericht von Untersuchungen über der Jodgehalt der Luft im Hochgebirge (Hoher Sonnblick,3106m).Jber. Sonnblick-Ver. 39, 19 (1930)——Das Jod der Luft im Hochgebirge Sonnblick-Ver. 40, 20 (1931)——Lanscher, F. u. Schwarz, K.: Über der Chlorgehalt des Nebelfrostes auf dem Sonblick. Jber. Sonnblick-Ver. 40, 32 (1931).
36. Lauscher, F.: Über zweijährige Beobachtungen mit der Linkeschen Blauskala auf dem Sonnblick. Met. Z. 1930, 312.
37. Löhle, F.: Sichtmessungen auf dem Hehen Sonnblick. Jber. Sonnblick-Ver. 19, 13 (1930)
38. Hess, V. F. u. Kofler, M.: Beobachtungen der durchdringendn Strahlunng auf dem Obir. Jahrbücher der Zentral-Anstalt für Meteorologie. Wien 1935——Wien. Sitzgsber IIa 126, 1389 (1917).
39. Steinmaurer, R.: Registrierbeobachtungen der Schwankungen der Hessschen kosmischen Ultrastrahlung auf dem Sonnblck im Juli 1929, Wien. Sitzgsber, IIa 139, 281 (1930).——Priebsch, J. u. Steinmaner, R.: Ganzjährige Registrierbeobachtungen der kosmischen Ultrastrahlung auf dem Hohen Sonnblick. Beitr. Geophysik. 37, 296 (1932).
40. Fuchs, J.: Die Sende- und Empfangsverhältnisse für drahtlose Telegraphie am Sonnblick. Jber. Sonnblick-Ver. 37, 31 (1928).——Z. Hochfrequenztechn. 34, 96 (1929).——Fuchs, J. u. Scholz J.: Untersuchungen über luftelektrische Phänome und die Atmosphärischen Störgeräusche der Radiotelegraphie. Beitr. geophysik 27, 176 (1930).

41. Steinhauser, F.: Über die elastische Deformation der Erdkruste durch lokale Belastung mit besonderer Berücksichtigung der Schneebelastung der Alpen. Beitr. Geophysik 41, 466 (1934).
42. Kienle, H.: Astronomische Beobachtungen auf der Adlersruhe am Grosslockner. Jber. Sonnblick-Ver. 40, 7 (1931).

4. カイザー・ウィルヘルム科學振興協會 氣象學研究所(ダンチッヒ)

カイザー・ウィルヘルム科學振興協會案內書に述べられてある如く，ダンチツヒのカイザー・ウィルヘルム科學振興協會氣象學研究所はダンチツヒ自由市國立觀測所研究部から發展した．從つて此の研究所の業績は以前の研究部の業績に連つてゐる．

研究部の業績に於て第一に問題となるのは，**流體力學及び空氣力學的方法の氣象學の問題に對する適用**である．最初の問題の一つとして**家屋中での氣壓測定**の精度に對する氣流の影響が研究せられた．此の研究には,例へばゲッチンゲンやコペンハーゲンで行はれたと同樣に,同一目的の模型實驗が同時に行はれてゐる．氣壓の示度に對する風の影響を測定するには山岳觀測所が選ばれた．之は山岳上にて始めて，測定に現はれる程の効果が屢々期待せられる位に風が強くなるからである．此の研究はプロシヤ氣象學研究所の好意ある贊同によつて Schneekoppe の觀測所で行はれたが.[1] 此の結果は陽性であつた．即ち家屋の中では適當な條件下に 20m/s の風速では 1mmHg, 30m/s の風速では 2mmHg の過小氣壓が實際に記錄せられた．此の効果は若し吾々が補正を施さない氣壓を以てシュネーコッペの下方にある空氣塊の平均氣溫を算出したとすれば，最大 6° C の誤差を生ずる事に相當するもので，此の意味から注目すべきものである．之に加ふるに，此の氣壓降下は風向(吹き付けの方向)に非常に著しい關係があるから，風向變化に際しては時々，事實上は自由大氣中で氣壓上昇が起つてゐるのに，氣壓降下の起つてゐる樣に誤解する事がある のである．——第二の問題は**雨量の測定法**に關するものであつた[2]．地上に設置された雨量計が氣流を偏らせる爲めに雨量が非常に著しい影響を受ける事は既に前世紀の中葉に知られたことである．蓋し之に依つて落下する雨滴の一部が受水器上に運ばれるからである．現在では此の困難は雨量計全體を土中に埋め，氣流の偏りを避ける事に依り排除されてゐる．飛沫を防止するには圓形の刷子で受水面を取り卷き，その上向きに立つてゐる剛毛が落下した雨滴を受け止める樣にする．地上に置かれた雨量計と土中に埋められたものとの比較觀測は，之又風の強いシュネーコッペ上で行はれたが，その結果風速 10m/s の時には地上に置かれた雨量計は 40% の誤差を，又風速 15m/s の時には實に 65% の誤差を現はす事が知られた．山頂近くの氣流は一つ一つの場合に就いては屢々概觀するのに都合が悪いので，シュネーコッペ上の四年間の測定の結果研究用の雨量計は次いで全く平坦な Wange-

rooge 島に設置せられた．——この二つの研究の結果又“器材，家屋及び地表の擾亂作用”なる概念が立てられた．觀測器材又は觀測用家屋の存在又は地表の平坦ならざる事による誤差は觀測誤差の 10 倍或はそれ以上に達する事が屢であるから，時としては非常に大きい氣象器材の讀み取りの精度を全部使用する事は全然不可能であるといふ事を上の概念が示してゐる．

この様な實驗的研究の外に多數の理論的仕事が行はれた．之は主として**自由大氣中の運動學**に關するものである．一般に大氣中に定常狀態が現はれるのは勿論稀であつて，寧ろ多少なりとも定常的な條件に更に一つの轉移が重合されてゐるのである[3]．大抵の流體力學的研究，或は少くも其の極めて多くのものに於ては，流線と空氣の徑路とは一致してゐるが，この事は最も簡單な大氣現象の思考模型に於てさへも既に當て嵌まらない[4]．この爲め多くの誤謬が氣象現象の解釋の中に包含されて了つたのである．氣象學では地球に固定された座標と空氣に固定された座標とを注意深く區別しなければならない．吾々は Maxwell の案出した重合法則を適用し盡す事によつて諸條件を容易に表現し得るのである．

第二の研究領域は視程の概念に關するものであるが，之は航空の發達に依つて大きな實用的意義を獲得したのであつた．先づ第一に問題となるのは，非常に制限された條件下に於ける視程の理論[5]が如何なる程度に現象の本質を表はしてゐるかを立證する事であつた．此の現象とは次の如きものである．即ちある一つの黑色目標は之が十分遠ければ，大氣中に存在する散光の爲めに非常に強く輝かされるので，肉眼には地平線上の空と同じ様に明るく見えるから，日中はこの目標の消失は目標の暗くなる事にではなく，寧ろ輝かされる事に歸せられるのである．理論の說く所に從へば（黑色目標の目懸けの平面輝度）：（地平線輝度）なる比は單に距離の函數であつて，視線の方向の太陽鉛直圈に對する方位角の函數ではない．この主張は次の様にして試めされた．即ちダンチツヒ港門の東埠頭の週圍に，灣上を一つの黑い目標を移動せしめ，その表面輝度並びにその週圍の地平線上の空の平面輝度が毎回測定された．この結果，實際次の様な一見驚くべき結果に到達した．即ち黑色目標が太陽を脊にしてゐる場合，從つて自身の影でかげつてゐる場合には之が太陽に面して完全に照らされてゐる場合に比し，5 乃至 15 倍も明るく見えたのである．この現象に對する說明は地平線輝度が同じ様に變化する事にある．この事情は黑い天鵞絨の目標と共に白い麻の目標を曳きまはす事に依つて直接見る事が出來る様になつた．斯うしてみると豫期した通り太陽に面した場合には黑い目標は眞黑に見え，白い目標は純白に見えたが，之に對して太陽を脊にする場合には兩目標は相互に全く區別がつかず，黑い目標は照射に依つて謂はゞ白に變化するのである．この測定はそれにしても未だ海岸近くの氣塊が光學的に一様ならざる事に由り妨害されてゐた．次いで原則的には同一であるが，一圓週上に固定せられた更に多數の目標を用ひた測定が Danziger Werder で 1929 年の嚴冬に行はれた．この時期は一様な積雪，即ち一様な“地上光”がある點で有利なる事が示された．この季節に現はれる 4 km 以內の小さな視距離に於て理論からの距りは 6% 以下に止まり，注意深く議論された觀測誤差範圍を殆ど超えてゐない[6]．1930 年の夏遙かに大なる視程の時に行はれた測定は，全然この様に良好な結果を與へず，理論からの偏りは（他の測定を基とした方位角による變動は 60% 又はそれ以上と見積られるの對し）15% といふ僅小さに止まつたにしても，觀測誤差の限界を明瞭に超えてゐる．この偏りの原因は次の點にある．即ち視程が大きい時には目標の反射と同時に他の惡影響を及ぼす光は，目標の輝きが小なる夏季に於て，非常に著しいものとなるからである．第三の測定は補助目標を使用して，惡影響のある光を消す事が出來る様に計畫された．この結果相對偏差は視程 10 km 迄は誤差限界の範圍內の大きさであつたが，視程 50 km 迄では之より大きくなつた．然し之は符號が變化するものであつたから空氣の不均一性に依つてのみ解釋せられるし，更に最大 10% 以下の大きさであるから實際には殆ど問題にならないのである[7]．——斯くして此の理論はその主要部分が立證せられる事が明かになり，更に他の方面からも明るさは之に應じ距離の函數として決定せられたので，其の後この理論は日中に於ける黑色目標の視距離と夜間の燈火光の到達距離との關係を決定するのに用ひられた[8]．計算に依れば次の問題：即ち日中の大氣の混濁度が視程を 2, 10 乃至 20 km ならしめるが如き場合には，完全なる暗夜に，與へられた光度の燈火光の到達距離は幾何であるか[9]，に對する解答が與へられる．簡單な計算に依れば，一つの概觀的圖式表現が得られるが，之は多くの目的に實際に應用出來るものである．勿論この適用性は月の無い夜に限られる．之は他の方面から示されてゐる様に月光は燈火光の到達距離を既に著しく減少せしめ得るものであるからである．次いでこの計算を基礎として夜間視程計が作られたが，之は結局吸收の測定に歸着する[10]．この視程計に於ては小さな探照燈の光が二つに分かれ，その一方の部分は使用する Pulfrich 光度計の一視野に直接向けられ，他の部分は 100 乃至 200 m 遠距離にある鏡に向けられ，其處で反射して他の視野に導かれる．非常に晴れた夜に，空氣中の遠距離を通過して來た同じ光線の吸收に由る消耗等が一度決定されるならば，二つの輝度を比較する事に依り直接吸收係數を決定する事が出來る．ツアイス商會製の此の裝置を用ひれば，更に適當なフイルターを取り附ける事に依り，自然の霧の各の色に就いての透明度を決定する事が出來る．この種の測定は最初ダンチツヒで，次いでブロツケン及びベルリンにて，最後にワンダローゲにて行はれた．之は山上，大都市內及び島の上に發生する，出來る限り様々の霧の種類を理解せんが爲めである．この研究の結果，視程が大で 900 m 以上である場合には一般に考へられてゐる様に赤が青よりも透過性が强いが，之より小さな視程のときには，差は極めて小さいとはいへ，この關係は逆になる事が分つた．之に由れば，煙霧と霧とは成因的に異つた二つの現象として取扱ふべきである様に見える．濃くなつて行く煙霧又は薄くなつて行く霧を夫々別に多數回觀測した結果，煙霧と霧とは視程によるのみならず，先づ第一に又各色別透過性によつて特徵附けられる事が示されるのである[10]．

第三の研究領域は大氣中の輻射に關するもので，それも主として輻射の自記記錄をとる事に努

力が注がれた．市販の器材を用ひて行はれた多くの研究が不十分であつた爲めに，この研究は差し當り太陽輻射のみに限定せられねばならなかつた．この場合にも太陽輻射を受ける裝置が新しく組み立てられた．然しダンチッヒに於ける問題の本質は此の點にあるのではなかつた．他の場所には之と同じ位或は更に良好な裝置が存在してゐたからである．寧ろ目標としては次の様な完全な考察を行ふ事，即ち從來の様に日中のある定められた時刻に於ける（輻射に垂直な面の上への）太陽輻射の强度のみならず，寧ろ全熱量の總和を決定すべき事に向つて努力が注がれた．この爲めには總べての自記曲線を完全に求積する事が必要であるが，之は實際1931～1935年に亙つて遂行せられた[11]．輻射の總量が實際に測定に依つて得られた事は僅かしかないが，之も其の中の一回となつてゐる．この事は求積に際して費さるべき勞力の絶大なる點からみれば驚くに當らない．この様な總和の算出は最後に多數の觀測所を比較する事に依つて價値を生ずるものであるのに對して，此の様に時間を要する計算は僅かの場所に期待し得るに過ぎないから，自動積分器を用ひる必要があるものと考へられた．この問題は次の様に全く一般的方法で着手せられた．即ち自記及び積分のみならず受光器も新しく作製された．受光器には以前 P. Dubois の行つた研究がある．積分にはジーメンス會社の調整された "Sabelzähler" にフースの氣象用クロノグラフを連結し，全求積を自記斷續點の勘定に引き直す事に由つて成功した．原則的には受光器は，之に水平に保たれた熱電堆を取り附ける事により更に完全なものとなる．斯くすれば農業家及び氣象學者にとつて第一に問題となる熱量，即ち水平な地表面に投射する太陽輻射を得る事となる[12]．

最後に數年間に亙り海岸の極く近くで遂行出來る様な研究が着手せられた．海濱は觀測所から僅かに3km距つてゐるに過ぎないから，海岸近くの氣象現象を研究するのは尤もな事であつた．先づ第一に海濱氣候の記載が行はれ[13]，之に依つて海濱から 100 乃至 300 m 距つた沿岸地區では，極めて小さな空間内に最も異つた氣候の共存する事が示された．この事實夫れ自體は既に知られたものであつたにしても，此處で行はれた研究は氣候の差異を判斷する數値的基礎を與へるものであつた．溫度は海岸線に垂直な直線上の四箇の觀測點に於て地表及び地上 5, 25, 100, 150 cm 上の値が日出から日沒迄 20 分間隔で測定せられた．下層空氣の溫度を同時に測定したのは靜止せる人が存在する丁度その位置の條件を得る爲めである．この外，ある觀測日には海岸線から 8m 距つた所で，海上の氣溫及びこの場所の水溫も測定せられ，最後に前に述べた四觀測點に於ける風速が測られた．この四觀測點に於ける氣溫及び風速の差は非常に大きいので，之等のみで海岸に滯在する事に依つて受ける生理學的作用を說明するのに十分である事が明らかにされた．之に依れば，太陽輻射及び空の輻射，更に又紫外線輻射に關しての海陸の差異を以て海岸の療養作用を理由附ける事は不必要である様に見える．海岸近くの强い氣流は一般に太陽輻射に依つて身體に賦與せられた熱量を，一部は身體から周圍の空氣への直接の熱流に由り，一部は汗の蒸發に由つて運び去るのに十分である．斯くして此の烈しい熱の

喪失は，身體が日焦けする事なく，從つて大ざつぱに謂へば，輻射の生物學的に有効な部分のみを變形する事に由り之を利用する事を得しむるのである．

更に近年一つの海岸に關する問題，即ち海風の問題が採り上げられた．ダンチツヒ灣は夏半年には屢々非常に顯著な海風を示し，之は東海又は更に北海の大抵の場所よりも明瞭である．ダンチツヒ灣に海風がよく發達するのは海岸線が直線形でなく，殆ど半圓形をなして走つてゐる事に關係がある様である．直線狀の海岸附近と灣の近傍とに於ける氣壓の場を模型圖的に表現して見れば，灣に於ては直線狀海岸に比し比較にならぬ程大きな氣壓差及び氣壓傾度が見出される．この海風は瞬間風速計と溫濕計を具へた，海岸近くの三つの自記計觀測所を用ひて實驗的に研究せられた．之等の觀測所は直線上に並んでゐないから，侵入する寒冷な海の空氣が，暖められた陸の空氣と共に形成する前線の方向を，海風の起時の差異から決定し，同時にこの前線の進行速度をも決定する事が出來る．1932 年及び 1935 年の觀測によれば，一般に前線の進行速度は，風速の前線に垂直な成分よりも小なる事が明瞭に示された．然るにこの事は侵入する海氣がその前方にて上昇する事を意味するに外ならない．更にもう一つの豫想外の觀測結果は，日中の氣象狀態が陸から海に向ふ氣流を豫想させる場合特に明瞭に海風が現れる事である．この場合に限つて明瞭な前線が形成され，海風が海風として感ぜられるのはこの場合丈けである．前線の形成の爲めに一度は與かると考へられるものは，堆積せられた海上の寒冷氣塊により生じた氣壓差，並びに氣壓配置の決定する陸から海に向つて吹く風によりその下の海上氣塊に及ぼされる歪力である．この外行はれた廣範圍の觀測は今迄に少くも機械的には整理せられてある．即ち 500 m 上空迄全く著しい溫度差を示した 1933 年及び 1934 年の陸上及び海上空氣中での飛行機觀測，又海風の上限を決定する事の出來た 1933 年及び 1934 年の測風氣球觀測，而して最後に 1935 年の測風氣球觀測があり，之は二つの觀測所，即ち海岸の極く近くと海岸から 3 km 距つた所で行はれ，之に依つて水面面內の收斂を數量的に決定し得たものである．この際には選ばれた觀測日に，各觀測所にて日に 10 乃至 15 回の氣流觀測が行はれ，斯くして風の場を *Isopleth* の形で詳細に表現する事が出來た．

上述の主要な研究以外に他の研究が行はれた事は勿論で，その中自由大氣中のエネルギー條件に關する理論的又は "synoptisch" な研究或は氣象自記器の同時化の爲めに拂はれた努力に言及して置くべきであらう．

H. Koschmieder.

1. Koschmieder, H.: Forsch.-Arb. Stl. Obs. Danzig, H. 1.——Zur Theorie: Met. Z. 1930, 317.
2. Koschmieder, H.: 3 Hydrologische Konferenz der baltischen Staaten Warschau 1930 und 4. Hydrologische Konferenz der baltischen Staaten Leningrad 1933.
3. Koschmieder, H.: Met. Z. 1932, 118.——Abschnitt kinematischer Aufbau hydrodynamischer Stromfelder. Physik der Atmosphäre, Leipzig 1933.

4. Frischmuth, G.: Met. Z. 1932, 267.
5. Koschmieder, H.: Beiträge zur Physik der freien Atmosphäre, Bd. 12, S. 33 und 171.
6. Koschmieder, H.: Forch.-Arb. Stl. Obs. Danzig, Heft. 2.
7. Rühle, H.: Forsch.-Arb. Stl. Obs. Danzig, Heft 3.
8. Foitzik, L.: Met. Z. 1932, 134.
9. Foitzik, L.: Naturwiss. 1934, 384.
10. Foitzik, L.: Vortr. Danzig. Tagg dtsch. Met. Ges. 1935.
11. Ergebnisse der Strahlungsregistrierungen in Danzig, Jg. I-V. Umdruck Danzig.
12. Dubois, P.: Naturwiss. 1935, 450.
13. Rühle, H.: Forsch.-Arb. Stl. Obs. Danzig, Heft 6.
14. Koschmieder, H.: Vortr. Danzig, Tagg dtsch. met. Ges. 1935.

5. カイザー・ウィルヘルム化學研究所

(ベルリン・ダーレム)

Beckmann 部門 (1912—1923年)

最初にライプチツヒで中斷された研究，即ち分子量測定，無機化學及びスペクトル分析の領域における研究が Beckmann 及び彼に從つてダーレムに來たライプチツヒ時代の門下生達によつて行はれた．分子量測定においては聚合現象の如き，溶液內にて行はれるあらゆる現象を考慮せねばならなかつた．硫黄の多形の各狀態について，又沃素と硫黄，セレン，テルルとの間の化學反應について詳細な研究が行はれた．

以前の研究と關聯して多くの物理化學上の研究方法が改良された（偏光研究用の新ナトリウムランプの製作，陶器の分析用バーナー等）．

化學研究所及び物理化學研究所の開所祝典において，皇帝は一つの科學上の使命を與へられたのであつた．即ち炭坑における爆發の危險を充分前に豫知する適切な設備の發明といふ問題である．Beckmann は他の研究のかたはらこの問題にも盡し，爆發豫知器を組立てた．彼は晚年迄この研究に携はつた．

大戰の際は研究所の主な活動は戰爭遂行に關係した事項の研究に向けられた．原料及び飼料の缺亡は次第にひどくなつて，飼料改善について詳細な研究をなさねばならなくなつた．就中，强い藁を得る爲の藁の處理についての組織立つた研究がそれであつて，遂に從來の加壓，加熱下における複雜な方法よりも低溫で稀薄な苛性ソーダで藁を處理するといふ簡單な方法がまさつてゐることが見出された．この實用上の問題はリグニンが根本的に調べられる契機となつたものである．

藁の炭水化物のより有利な利用法の研究の問題と共に，これと相應して植物性蛋白飼料を改善しようとする問題が生じた．これにはとくに，はうちはまめがとり上げられた．これは有

毒な辛味さへなければ優良な飼料たるべきものであつた．この辛味ある物質を抽出し去つた度合を知る目安として，Beckmann は抽出液の味を檢査する方法を採用した．然しこの味覺による試驗は全く危險がないわけではないから，その方法を採用すべきか否かは十分考慮すべきであつたのに，Beckmann は殘念乍らあまり注意を拂はなかつたやうである．

Beckmann は次第に苦痛が增すにも拘はらず，研究所の指導を止めてからも，健康の恢復に努めようとはしなかつた．それのみか彼は新に彼の名聲の基をなした壯年時代の研究領域たる，Beckmann 轉移，Beckmann の分子量測定法等の領域に入り，不可避の死が訪れる迄，彼は休み無い努力を續けた．

ダーレム時代の Beckmann の共同研究者として擧ぐべき人は，E. Bark, E. Correns, O. Faust, R. Hanslian, R. Kempf, Fr. Lehmann, H. Lindner, H. Netscher, A. Philippovich, C. Platzmann, K. Steglich, Frl. M. Maxim 等である．特に主任助手の O. Liesche は研究所の創設の時から Beckmann が死ぬ迄，學問上の事務及び管理上の事務について撓まざる熱心さで Beckmann を助けて最も活動した人であつて，特に記憶さるべき人である．彼も既に故人の一人である．

Hahn.

Willstätter 部門 (1912—1916年)

Willstätter が研究所に入つた時には彼の大事業たる葉綠素に關する研究は既に盛に進行中であつた．この研究はダーレムにおいては，A. Stoll, M. Fischer, H. J. Page と共同して續けられ，多くの結果が得られた．葉綠素を順次に分解して行つて，遂に基本物質が得られ，植物色素たる葉綠素と血色素たるヘミンとの關係が見出され，又この色素に不可缺なマグネシウムを金屬の無い誘導體に再び導入する方法が見出された．原料色素を取出して各々の葉綠素，カロチノイドを純粹に得るまでの葉綠素化學のすべての分析法，合成法について新に初めから研究が行はれたのち，それ等の研究は A. Stoll と共著の „*Untersuchungen über Chlorophyll, Methoden und Ergebnisse*" (ベルリン，1913年，424頁) にまとめられた．

この植物化學の仕事に續いて，植物生理學上の多くの研究がある (A. Stoll と共同の研究)．即ち葉綠素の膠質液の調製とその反應，及び生葉中における炭酸同化の過程に關したものである．この研究により實驗的に基礎づけられた光合成の假說が出るに到つた．この研究は大戰の最後の年に出版された („*Untersuchungen über die Assimilation der Kohlensäure*" 七論文を含む．ベルリン，1918年 448頁,)．

更に數人の共同研究者と共に纖維素と木材に關する研究がなされた．纖維素及び木材から葡萄糖を得るのに高收量の，のみならず定量的收量の方法が完成した．これは後に大工業に應用される道を開いたのである．

初期におけるアルカロイド研究は（Pfannenstiel 及 Bommer と共同の研究）アトロピン及びコカインの新合成法の實驗に關聯してゐる．原理はスクシニルヂ醋酸エステルの合成にある．これ等の研究は多くの結果を生み，後にミュンヘンで完結された．

この研究所に於て全く新しい領域の開拓，即ち當時迄全く謎であつた，花，漿果及び根の色素についての研究が行はれた．多數の花や果實のアントシアンが純粋に結晶として分離され，その構造は主要特長を闡明され，且アントシアニヂンの一つが合成されたのである．

この最後に述べた研究領域における多くの有能な共同研究者の中で，こゝでは特に Bolton, Everest, Mallisson, Mieg, Zechmeister, Zollinger の諸氏を擧げておく．

戰爭中には科學的研究は過半數の研究者が志願又は召集によつて研究室から去つて行つた爲，次第に制限された．Willstätter 自身も我軍隊の武裝に適した毒ガス防禦法の完成といふ問題を引受けた．Willstätter 及びその共同研究者，A. Pfannenstiel 及び F. J. Weil とはこの様な軍事技術上の研究設備がより整つた Haber 研究所でこの重要問題を解決し，好結果を得られた．Willstätter の指示に從つて完成されたガスマスクは軍隊に採用された．

Hahn.

Stock 部門（1916—1926年）

主な研究としてブレスラウの工科大學で初められた珪化水素，硼化水素（シラン，ボラン）に關する研究，及びこの研究によつて開かれた珪素及び硼素化學に關する研究が繼續して行はれた．

珪素化學． 高級シラン，Si_2H_6, Si_3H_8, Si_4H_{10} 等の製造とその研究．それらの水，ハロゲン，アルカリ金屬との反應． プロシロキサン $SiH_2(O)$，ヂシロキサン $(SiH_3)_2O$，メチルシラン $SiH_3(CH_3)$，$(SiH_3)_3N$ 等の製造． 珪素の化學は式の上では炭素の化學と或る類似性があるが，その多樣性において到底くらべものにならず，これは珪素が特に陽性であることから說明されるといふ結果が得られた．

硼素化學． シランにおける經驗が實驗の點で非常に困難なこの研究を行ふのに役立つた．ますます發達した高度眞空の技術（自動式水銀空氣ポンプ，脂肪を使はぬバルブ，極微量の揮發性物質の分離及びその吟味）が不安定な物質を空氣や濕氣や脂肪を完全に遮斷して處理するのを可能ならしめた．最も簡單なボランとして，B_2H_6, B_4H_{10}, B_5H_9, B_5H_{11}, B_6H_{10}, $B_{10}H_{14}$ が作られた．それ等の水，ハロゲン，ハロゲン化水素，アルカリ金屬，アンモニアとの反應及びその熱分解によつて多くの注目すべき物質が得られ，重要な多くの事實が見出された．たゞ二三の例をあげておくと，すでに室温で B_2H_6 と BCl_3 に分解する B_2H_5Cl，安定な鹽 $K_2(B_2H_6)$，鹽とみなし得る化合物 $(NH_4)_2B_2H_4$ 等が得られた．

後にカールスルーエの工科大學で行はれた實驗は硼素化學の豫想もしなかつた部門へと發展

した．その構造の多樣性は有機化學のそれを思ひ浮ばしめる．そしてこの部門において化學結合の本質に關する理論が大いに役立つた．

其他の發表論文：

亞酸化炭素 C_3O_2，之に就いて Diels による製造法を改良し，その諸恒數を精確に測定した．

硫酸化炭素（Kohlenoxysulfid）の熱分解．便利な製造法．諸恒數． $2CO+S_2 \rightleftarrows 2COS \rightleftarrows CO_2+CS_2$ の平衡の研究．

フオスゲンの熱分解．これはたゞ $COCl_2 \rightleftarrows CO+Cl_2$ にしたがつてのみおこるのではなく $2COCl_2 \rightleftarrows CO_2+CCl_4$ なる分解も行はれることが初めて確定された．この場合の平衡もきめられた．

Stock の蒸氣壓寒暖計，その簡單な形が報告され，そして製作の容易な事と精確な事によつて以後廣く使はれる．この寒暖計に入れる適當な物質の蒸氣壓の精確な測定，−185°から＋25°の間の温度に對する蒸氣壓表の作成（國立物理工業研究所の F. Henning と共同の研究）．

硼素の原子量． BCl_3, BBr_3, $B(CH_3)_3$, $B(C_2H_5)_3$ を純粋に得ること．

亞鉛の弧光を還元に用ひること． C_3S_2, Si_2Cl_6, B_2Cl_4 の調製．

非金屬水素化物の鹽素との反應．

燐の多形．

液體アンモニアを溶媒として張力計による分子量の測定．

ベリリウムの電氣分解による製法，即ち初めてベリリウムを直接金屬塊として得ることに成功し，かくしてこれ以後ベリリウムが多くの科學上，工業上の研究に用ひられ，ベリリウム冶金工業が發展することゝなつた．

液體比重計の原理による氣體密度測定用の浮秤，特に後にドイツ染料工業株式會社（I. G.）で完成された電磁氣を應用した型式が速に測定し得る點ですぐれてゐる．

命名法の問題．

炭素の化學と炭素に近い元素の化學との比較論．

書物として出版された „*Ultra-Strukturchemie*" と „*Praktikum der anorganischen quantitativen Analyse*"（Stähler と共著）の新版とは兩者共多くの外國語に飜譯されてゐる．

最後の論文の一つは水銀の危險性に關したもので，Stock と共同研究者等が水銀を用ひた多くの高度眞空の研究をしてゐるうちに，慢性の水銀の毒作用をうけ，時々仕事が少しも出來なくなつたが，その原因が長い間わからなかつた．この有害な經驗を明白に述べて，大抵はとかく忘れられてゐるが，揮發性の爲に特に害が大きいこの金屬毒の危險性に一般的な注意を喚起した．これと關聯して非常に普遍的に用ひられる，水銀を含む齒科用アマルガムもしばしば健康を害ふ原因となることを明にした．Stock はベルリンを去つてから後も更にこの問題を調べ上げ，その結果多くの觀察により水銀の毒作用の本質を明白にし，その害を除くのを容易なら

しめたのである。

この研究所で働いた共同研究者は，A. Brandt, H. Fischer, R. Heller, E. Kuss, E. Pohland, P. Praetorius, O. Priess, G. Ritter, P. Seelig, W. Siecke, C. Somieski, P. Stiebeler, H. Stoltzenberg, R. Wintgen, W. Wustrow, F. Zeidler である。

Stock.

Hahn 及び Meitner 部門（1921年以後）

放射能により生じた物質やその放射線については 1912 年に於ては未だかなり不明な事が多かつた。したがつて研究は主として（以前から行はれた研究の續きとして）二つの方向の仕事が含まれる。一方では壞變により生ずる一系の物質群の未知の箇所を明にし，疑はしい壞變の經路を明白ならしめ，他方においては多くの放射性物質の β-放射能の詳しい研究が成し就げられた。第一の部類に屬するのがウラン X_2，ウラン Y，ラヂオアクチニウムについての研究とウラシ Z の發見であり，更に通常のルビヂウムの β-放射線の研究（M. Rothenbachの研究），ピツチブレンドからとつた蒼鉛に想定される α-放射線の研究がある。

特にアクチニウム系列の出發點の物質として長い間探求されてゐたプロトアクチニウムの發見及びその分離は特記さるべきであらう。プロトアクチニウムの發見は放射系列の知識を增進させたといふ意義があるばかりでなく，一般化學上の興味があつたのである。それは壽命が長いから 91 番元素の中で秤量し得る位の量で得られるだらうと考へられた唯一の物質だからである。

第二の部類に屬する研究にはラヂウム，ラヂオトリウム，ラヂオアクチニウム等の β 線の磁氣スペクトルの撮影の外に，吸收係數の測定や，α 線と β 線とを **同時に** 出す物質の研究等が含れる。この α 線と β 線を同時に出す物質に關して放射壞變の機構に重要な事がらが知られた。即ち α 線のみが原子核から出てくるのであつて，したがつて β 線は **二次的** な起原を有するものに違ひないと考へられる。

これ等の研究問題は年と共に大體に於て純粹に化學的な放射能研究の方向か，或ひは純粹に物理的な放射能研究の方向にむいて行くやうになつた。

化學的な放射能 研究の部門ではプロトアクチニウムが初めて純粹な鹽として得られ，そのX線スペクトルが撮影され，不純物の無いことが確證された(A. v. Grosse の研究)．5000 kg のヨアヒムスタールのラヂウム抽出殘渣を處理して後，最近 500 mg の新元素が弗化プロトアクチニウムカリウム複鹽の形で化學的に純粹に分離された．更に 100—150mg の濃厚にした試料がある(G. Graue 及び H. Käding の研究)．その試料の一部は他の研究所に貸與された．その結果 H. Schüler と G. Gollnow（ポッツダム）は超微細構造の寫眞からプロトアクチニウムの原子量は確實に奇數であることをたしかめた．原子量としては 230 と 231 の値しか考へられないからこの元素の原子量は 231 であると證明されたのである。

プロトアクチニウムの研究を除外するとすれば，他の研究の重點は段々と放射性物質を理論化學の問題に**應用する**といふ方向にうつつて行つた．この領域の研究を三種に分つことができる．第一には放射性元素を放射指示藥として使ふ方法，即ち放射能が極微量でも容易に證明され得る元素を指示劑として使つて，この元素の同位元素たる非放射性又は極く弱い放射能を持つ元素の研究に用ひられる．第二に微量の物質が液相又は固相においてどうなるかといふことを研究する場合，即ち放射性物質の移動狀態を知るとともに，その擔體の性質を知り得る．第三に放射性物質吸着法（Emaniermethode）で表面の小さい又は表面の大きい物質の構造の研究又は構造の變化の研究に近年いろいろと用ひられた。

放射指示藥を使ふ方法による仕事の中では O. Erbacher の金屬原子と貴金屬イオンとの間の交換の現象についての精密な一聯の研究を擧げておかう．この研究は恐らく金屬の絕對的な表面の測定として異論の餘地の無いはじめてのものである。

壽命の短いウラン Z を少量では證明が困難なプロトアクチニウムの指示劑に使ふことによつて，プロトアクチニウムがウランから出來ることを證明した．そして初めてその半減期の正確な測定が行はれた（E. Walling の研究）．逆に檢定されたプロトアクチニウムの試料を指示劑としてウラン系列において幾分疑はしいウラン Z の場所とそれが何れの放射線を出してゐるかを調べるのに用ひた（E. Wallingの研究）。

多くの研究が溶液内における，又は吸着，沈澱，結晶等の現象における最微少の物質の行動の研究に向けられた．定量的な及び定性的な方法でいはゆる〃ラヂオコロイド〃の問題が調べられ，どうしてそれが現れるかゞ說明された（O. Werner の研究）。

或イオンの極微の濃度においてもやはり質量作の法則があてはまることが，硫酸イオンを次第に濃くして行つた場合に，硫酸ラヂウムの溶解度を測定することによつて證明された．(O. Erbacher 及び B. Nikitin の研究)。

正常の或は異常な混晶生成の際の現象，生長する結晶内部で定方向に働く吸着の現象，表面の廣い沈澱における吸着の現象等がしらべられ，その原因が明にされた（H. Käding, R. Mumbrauer, L. Imre の研究）．初めて，有極性の沈澱における吸着現象を時間的にいろいろな段階にわかち，又最外部の境界面における變化と關係をつけることができた（L. Imre の研究）。

アルカリ金屬と鉛のハロゲン化物の間の異常的は混晶の研究は地球化學に或推定を可能にし，從來不明であつた多くのアルカリ鑛物に何故ヘリウムが伴つてくるかといふことを說明した．更に進んで北ドイツの鑛泉水のラヂウム含量の豫想がなされ，それは現場で試驗水をとつてみて確證された．(H. J. Born)

放射性物質吸着法の應用の中では以下の例を特に記しておかう．エマネーションの多い，表面の廣い金屬水酸化物の製造とその物の可逆的な及び不可逆的な表面の變化の研究（M. Biltz, G. Graue と共同の研究）．次は觸媒として重要な酸化物の構造の變化の研究，特に水酸化鐵と水酸化アルミニウムについて，それらが流氣法によつて順次に脫水したり，灼熱したりした時の變化の研究で，この時は次第に溫度を高めて行く間の變化を直接に測定することができる（V. Senftner, R. Jagitsch との共同の研究）．

放射線を乾燥狀態で常溫で吸收されることなく殆ど 100%迄外部に放つラヂウム試料の製造（J. Heidenhain と共同の研究）．この様な試料は醫學上にも應用された（アウエル商會のラドナトル放射器）

表面の小さい鹽の構造及び構造の變化の研究，比較的高溫における格子のゆるみ具合，結晶水を含む鹽から順次に水がとれて行く狀態（H. Müller, F. Strassmann, R. Mumbrauer と共同の研究），ガラス粉又はガラス棒の表面積の相對的又は絕對的大きさを求めること（カイザー・ウィルヘルム珪素化學研究所における M. Heckter の研究）．

有機のバリウム鹽のエマネーション放出が炭素の鎖が長くなるにつれて特長ある變化をすることについての實驗（F. Strassmann の研究）．種々の前處理及び加工による金屬の構造及び構造の變化の研究（O. Werner の研究）．

物理的放射能研究の部門には β 線と γ 線の間の關係についての研究がある．この研究で γ 線の波長を確定したのであつて，大抵の場合通常の X 線スペクトルによる方法では測定できない様な短波長の物が問題となつたのであつた．この波長及びそれに歸因する二次 β 線のエネルギーの正確な測定は原子核崩壞の機構及び原子核の構造について本質的な考察をなす可能性をあたへた．放射性元素の原子核の大多數の場合は先づ豫め崩壞によつて勵起狀態にあり，この狀態から一種類又は多種類の γ 線を出して基底狀態に移るといふことが示された．即ち夫々の原子核には種々の勵起狀態が可能なのであつて，それに相應したエネルギー順位はどの γ 線が出るかといふことから推定できるのである．

近年非常に鋭敏な計數管による方法を用ひて個々の γ 線の相對的の强度についての發表があつた．即ちその原子核の種々の勵起狀態の相對的な確率の大きさについての發表である（K. C. Wang の研究）．原子核の電子崩壞（一次 β 線）の研究も面白い結果をもたらした．他の方面から主張された，この一次線のエネルギーが連續的に分布してゐるといふことは，高精度の電位計により W. Orthmann と共同のエネルギー測定によつて確定された．β 崩壞に關聯した，新しく生じた原子核の反跳はくはしく調べられ，この原子核が液體空氣又は液體水素で冷した捕獲面に“凝縮”したのを測定した（K. Philipp 及び K. Donat の研究）．一次 β 線のエネルギーを正確に知ることは根本的に重要であつて，そのエネルギーの連續分布の事實は理論家に極微質量の無電荷粒子，即ちいはゆるニュートリノを假定せしむるに到つた．そしてニュートリノが各々の崩壞電子と同時に放出される筈であると假定されたのである．

以前は殆んど唯一の方法として用ひられた磁場における寫眞撮影の方法による一次及び二次 β 線の研究は更に Wilson 法及び計數管による方法によつて偏移測定と射程測定が行はれ，完全なものとなつた（N. Riehl, J. Petrova, E. Stahel, T. Alper, G. v. Droste の研究）．

Wilson 法による K. Freitag との α 線についての研究及びシンチレーション法による α 線の研究（K. Philipp の研究）はいはゆる長射程の α 線を見出すにいたり，原子核物理學に興味ある問題の研究が可能となつた．

最近，H. H. Hupfeld, H. Kösters, G. v. Droste 等との共同の一系の研究は非常に短い波長の γ 線がいろいろの元素を通りぬけるときの樣子を取扱つてゐる．吸收と散亂の過程は物質の構成と密接に關聯して居り，特に輻射エネルギーが運動エネルギーに相互にかはる變化或ひは正又は負の電子の生成と關係が深い．γ 線から正電子が生ずることは Dirac の理論から豫言されてゐたのであるが，最初にこの研究室で Philipp と共同で直接的に證明された．

核物理學の最近の發展は遂に中性子の發見，人工放射能物質の發見に及んだが，これ等の問題についても多くの研究がなされた．即ち，例へば α 線による窒素とアルミニウムの人工崩壞が詳しくしらべられた（E. Steudel の研究）．特にこゝにあげておきたいのは K. Philipp と共になされたベリリウムから α 線によつて打出される中性子のエネルギー分布と中性子-プロトン間の衝突の際の角度による分布，及び中性子によつて行はれる窒素，酸素，ネオン等にかかはる若干の人工崩壞の定量的研究である（R. Jaeckel）．更にベリリウムから中性子が放出される確率を α 線のエネルギーの函數として調べた研究（F. Rasetti, G. Bernardini の研究），最後に α 線によつて窒素，燐，弗素及び珪素に人工的に放射能を帶びさせることへの貢獻（H. Fahlenbrach の研究）．

中性子によつて放射性元素をつくる研究は物理部門と化學部門と共同で行はれた．O. Erbacher と K. Philipp によつて行はれた金の人工放射能の精密な研究はこの放射性金を普通の金の指示劑として用ひた研究に及んでゐる．この研究によると文獻に述べられた或る金-白金-イリヂウム混合物の分離方法は決して完全ではないといふ結果となつた．

O. Hahn と L. Meitner はウランから中性子を放出して生ずる放射能物質の特殊な研究を行ひ，Fermi の實驗を確證し，且擴張したのである．Fermi はこの實驗からウランより原子番號の多い元素の存在を結論してゐたのである．その結果は少くとも二種の，恐らくは三種の異つた〃超ウラン〃が存在するらしいといふことになつた．

トリウムの人工崩壞に於ては系列的な關係が明にされ，從來知れてゐなかつた原子量 $4n+1$ の種類の放射性元素の系列の生成が證明された．

生物學の領域にわたる研究の中では生きた原形質に及ぼす α 線，β 線の影響についての研究（N. Feichtinger の研究）と突然變異の根底をなす現象の物理的意義に關する大研究（M. Del-

brück の研究）を述べておく．

上記の研究の多くは正確に定められた，その調製にはしばしば非常な努力を要する放射性物質を用ひて初めて可能なのであつて，この點については就中 O. Erbacher に特別の感謝をさゝげねばならぬ．

O. Hahn, L. Meitner.

Hess 部門（1921 年以降，1931 年からは獨立の客員部門）

大部分の研究は 1919 年迄全く顧みられなかつた研究領域，即ち高分子有機天然物質の系統的な研究（纖維素及び澱粉等の多糖類，蛋白質，ゴム）に携はつてゐる．この研究は既にカールスルーエの大學の研究室で纖維素に可能と思はれる構造（Hess の櫛型構造）の研究から初まり，この研究は當時初めてセロビオーゼの收量がこの多糖類の構造研究に重要であることを注意したものであつて，この領域の最近の發達を導いたものである．

先づ專ら有機化學者に慣用の手段を用ひた範圍で行はれた研究では纖維素から加水分解によつて生ずるデキストリン混合物の分離に成功し，更に多くの努力と廻り路を經た研究（W. Weltzien と共同の研究，H. Friese と共同の研究）によつて，以前は不可能と思はれた重要な纖維素誘導體の結晶を得るにいたつた．即ちアセチルセルローゼ（G. Schultze と共同の研究，K. Dziengel と共同の研究），メチルセルローゼ（H. Pichlmayr と共同の研究，E. Garthe と共同の研究），エチルセルローゼ（A. Müller と共同の研究），ニトロセルローゼ（K. Dziengel と共同の研究）である．

纖維素，マンナンび及キシランの銅アミン水溶液が光學的に活性なことにもとづいて，これ等の水に不溶な，そしてその爲他の方法では特徴づける事が困難な多糖類の確實な認定に大變正確な方法が發展し，旋光度と銅及び炭水化物の濃度との關係は質量作用の法則にあてはめて考へられた（E. Messmer と共同の研究，N. Ljubitsch と共同の研究）．

いろいろの多糖類（纖維素，馬鈴薯澱粉，イヌリン及びグリコゲン）を更に多くの點で特徴づける爲に用ひられた古い分子量測定の方法（氷點降下による）は精度の非常な向上にもかゝはらず（Schultze と共同の研究，R. Stahn と共同の研究，E. Garthe と共同の研究），明に考へ得る複雜な溶解狀態を充分な確實さで知り得るには精度が不充分なことが明白となつた．そこで多孔板（E. Askenasy の原理による）を用ひた等溫蒸溜の方法が用ひられ，便利な，確に使用可能な，又一般的に用ひられ得る方法となつた（M. Ulmann の研究）．この方法は今日では分子量測定には最も鋭敏な方法であり，從來不可能であつた濃度及び溫度の範圍で行はれ得る．

この方法を纖維素誘導體及び他の炭水化物の溶液に用ひて，溫度や，時間や，濃度に複雜な關係がある重合及び重合體の分解の現象が見出された．これは古い方法を用ひたときも既に大體豫想されてゐたのであるが，充分精密に研究できなかつたのである．

有機纖維の X 線像撮影の本質的な改良によつて，干渉像が從來この領域では知られなかつた鮮鋭さで，且つボケの無い狀態に得られた(C. Trogus の研究)．かくして X 線による方法の應用が纖維物質の領域に診斷の補助手段として極めて確な結果をもたらしたのである．X 線による方法と分析的，合成的方法とを適當に組合はせて，纖維物質の反應に於て重なり合つた，いちいちの現象の混亂を解き，そしてこの大きな多方面の領域に新しい基礎を與へるのに成功した．アルカリ纖維素の生成（マルセル所理法〔C. Trogus 及び O. Schwarzkopf と共同の研究〕），セルローゼ纖維を銅と化合せしめること（銅絹糸の製造〔C. Trogus 及び K. Uhl と共同の研究〕）；セルローゼ纖維のニトロ化（綿火藥の製造〔C. Trogus 及び T. Tomonari と共同の研究〕），セルロイドの製造（C. Trogus と M. Wadano と共同の研究）等は今日用ひる方法では本質的な點では殆ど凌駕し得ぬ程の確實さで闡明された．そして多くの何十年もの間續いた實驗的矛盾を取除いたのである．これ等の研究の間に發展した研究方法はこの様な形式の研究には模範的なものとなつた．

この研究の進行によつて昔から知られてゐる纖維の膨潤の現象をより正確に記述できるやうになり，この現象は複雜な物であつて，かの膨潤劑と化合物を作ることにもとづく溶解現象に主要な役割をなしてゐるものと認められるにいたつた．暗視野での活動寫眞撮影により膨潤現象の過程が確定され（B. Rabinowitsch と共同の研究），天然纖維の構造が化合物生成や溶解と共に行はれるこの現象にどんな影響をもつかが示されたのである（活動寫眞による膨潤現象の解析）．

高分子天然物質の領域において粘性現象が構造研究に對して重要な意義をもつ故に，この領域においても立入つた研究が必要となつた．粘性と分子の大きさの關係の說明に立入る前に，この様な溶液の力學的性質を從來可能であつた以上に精密に確めるべきである．この爲に研究所の他の研究と密接な關係のもとに粘性の問題を根本から且廣範圍に研究するのに適當した研究者達が呼び集められた．そして初めて纖維素溶液が種々の恒數（粘性，彈性及び緩和時間〔R. Eisenschitz 及び B. Rabinowitsch の研究〕），で特徴づけられそして振動測定によつて精密にたしかめられた（W. Philippoff の研究）．溶液の特徴を更にしらべて行くにつれ，いろいろな新しい合法則性が明になつた．例へば明に親水性コロイドに一般的にあてはまる濃度との關係（W. Philippoff の研究）が知られた．纖維素は稀薄な溶液においては溶解狀態にあることは，滲透壓測定で見出されたが，粘性の精密測定にも現れて來た．

1928 年迄に得られた纖維素研究の領域における結果は „*Die Chemie der Zellulose u. ihrer Begleiter*" ついての大きな著作中にまとめて記述してある．

天然の多糖類の研究はしばしば糖化學の領域における大規模な合成的研究を導いた．これは簡單な糖におけるエーテル狀酸素の位置及び性質に關するもの(F. Micheel 及び O. Littmann

と共同の研究)，無水糖の合成（F. Micheel と共同の研究，O. Littmann と共同の研究，F. Neumann と共同の研究)，グルコーゼの部分的トルオールスルフォン酸エステル化——これはトルオールスルフ澱粉及びトルオールスルフセルローゼの加水分解により得られてゐた——(R. Pfleger と共同の研究，O. Littmann と共同の研究，W. Eveking と共同の研究，H. Stenzel と共同の研究)，セロビオーゼ，セロトリオーゼの合成的研究（G. Salzmann と共同の研究，H. Stenzel と共同の研究）等である．

更に以下の事項に關する研究がある：

1. プライスガウのフライブルク及びカールスルーエ工業大學研究室で初められた簡單な構造の植物鹽基（ヒグリン，カスクヒグリン，ベレチエリン鹽基，スコポラミン等）の研究，これはダーレムにおいて續行され，最初の年に或結論が得られた（O. Wahl と共同の研究，R. Grau と共同の研究，R. Bappert と共同の研究)．

2. アセチレン誘導體の成鹽發色の現象，これはトリフニルメタン誘導體と同樣にして得られ，この類の物質の色の性質に關し新しい觀點をあたへた（W. Weltzien 及び F. Micheel と共同の研究)．

3. グリニヤール化合物の構造についての研究（W. Wustrow と共同の研究)．

4. ペンタエリスリトールの化學構造（H. Bincer と共同の研究)．

5. フルムアルデヒド水溶液の重合及び重合體の分解についての動力學的研究（C. Trogus及び M. Wadano と共同の研究)．

K. Hess.

6. カイザー・ウィルヘルム物理化學及び電氣化學研究所（ベルリン・ダーレム）

カイザー・ウィルヘルム物理化學及び電氣化學研究所は 1912 年の秋創立され，カールスルーエから呼ばれた初代の所長，正教授 F. Haber 博士に委ねられた．

建設や管理の仕事も未だ完成せず，科學方面竝びに技術方面の職員も未熟なうちに世界大戰がおこり，その爲初めた許りの學問上の研究は新しい方向に轉換され，研究所は四年間以上國防に奉仕したのである．この期間に研究所は化學戰を組織立てる中心となつた．當時この研究所の研究の對象となつたのは，戰爭資財として適當な物質の調査，その應用方法の完成，ガス防禦方法等々である．この期間の研究者は製造化學，分析化學，物理化學及び生理化學，物理學及び藥學の殆どすべての分野に踏みこんで行つた．科學的な研究とその應用は當時は完全に國防

に奉仕したのである．

世界大戰の終了は研究方向の突然且根本的な變更を餘儀なくした．聯合國の管理委員會が研究所に入り込んで，戰時組織の急速な解散を監督した．來るべき平和なる發展にとつて有用なるべき，種々の研究の價値ある結果も利用し得なかつたのは，就中この委員會の活動の責任に歸すべきである．

物資缺亡と貨幣價値の崩落が著しく，ドイツ國民が非常な困難に苦んだ，あの 1918 年の革命後の數年において研究所は科學的研究の新しい方向に向つて行つた．所長は以前に指導した燃燒現象の研究を再び取上げ，若干の發表があつた．そして彼は更に科學組織の問題に從事した．彼の〝科學と經濟〟及び〝化學の時代〟についての講演はこの年に行はれた．

物理學者 Franck 及び Hertz，更に引續いて主として Franck とその共同研究者は原子模型及び原子反應，イオン反應についての Bohr の假說の結果に關する研究を初めた．同時に Freundlich はすでにその共同研究者及び門弟と共に界面化學の領域の多くの研究を發表し，その中でとくに運動電位についての研究，電氣泳動及び流動複屈折についての研究は後々迄研究所の研究方向に影響を及ぼした．當時又 Polanyi の結晶の可塑性についての研究，變形の際の結晶構造の變化の研究及び加工と構造の間の關係についての研究が行はれた．又次の時代に盛んな議論をひきおこした吸着についての彼の考へもこの期間に發展した．通貨膨脹の最後の年，化學發光と反應動力學に關する研究竝びに Bonhoeffer の原子狀水素に關する研究が初まつた．

大戰終了後，貨幣價値が安定する迄の初の數年におけるカイザー・ウィルヘルム物理化學及び電氣化學研究所の科學的研究の發展をみると，既にこの期間に次の時代におけるこの研究所の研究方向の萠芽が生じてゐたことがわかる．

貨幣價値崩落の終了と共に，研究の長びいた問題が急速に進められるにいたつた．Haber とその共同研究者の海水の金含量に關する研究の最初の發表が現れた．この研究は多くの資力を用ひて直ちに終了した．その結果，以前種々の方面から考へられた豫想に反し，海水の金含量は今日の條件で經濟的に成立つ收量を得るにはあまり少なすぎることがわかつた．Haberはこの後再び發火現象と觸媒作用の研究に向つた．之に關して 1931 年と 1932 年に彼の歿前最後の二つの研究が發表された．Bonhoeffer は門弟と共同研究者と共に原子狀水素とその反應に關する彼の研究を廣範圍な基礎に立つて續けて行き，これと關聯して遂に Eucken 及び Clusius と殆ど同時にオルソ及びパラ水素の生成と特性決定に成功した．即ち量子力學にもとづく本質的な豫言が確證されたといふ特殊の意義をもつ發見に成功したのである．その外 Ladenburg によつて電氣光學的，磁氣光學的現象が研究され，竝んで Polanyi とその共同研究者によつて反應動力學的研究が行はれた．この際分子線の方法が特別に役立つことがわかつた．Polanyi によつて，主に Beutler と共同で，行はれた非常に稀薄な焰の研究がこれと關聯してをり，これ

は損失の少い光を得るといふ豫想について種々の點を明にしたのである．この研究につゞいて原子反應に關して及び反應動力學の理論に關して發表がなされた．

この期間に Freunndlich とその門下は界面化學の分野に多數の研究を發表した．膠質系の靜力學及び動力學，竝びに膠質系の構造理論の重要な部分が取扱はれ，豐富な結果をもたらした．このうちでは特に不等の大いさの粒子の分散系がくはしくしらべられた．その際この様な體系の光學的，力學的性質について多くの事柄が明にされた．搖變性（Tixotropie）の發見及びこの現象の原因と外的條件との關係の說明はこれと關係してゐる．同時に生物學上の界面化學の問題も取扱はれ，とくに Ettisch とその共同研究者が主として研究した．Freundlich の界面化學の問題についての詳細な研究は當時まとめられて彼の „*Kapillarchemie*" の第二，第三版となつて現はれ，やがてひろくひろまつた．

1933 年の夏，國家社會主義が主權を握り，研究所長及び各部長が辭職し，大部分の研究者が去ると同時に研究所のこの期間の仕事は終りを告げたのである．

カイザー・ウィルヘルム物理化學及び電氣化學研究所の委託指導は文部大臣によつて，Jander 教授に委ねられた．研究所ではその直後多くの國家の緊急問題について研究が行はれた．それ等の研究は短期間に結論を得ねばならぬ様な，又發表することも許されない様な種類のものであつた．その外に Jander と共同研究者によつて異性多重酸（Heteropolysäure）及びその鹽の高濃度溶液及び過飽和溶液の聚合現象に關して多くの研究が行はれた．この期間に研究所の建築物は徹底的に改良され，器具が新設された．そのうちでもとくに研究所の電氣設備，就中X線設備について行はれた．管理上の仕事の遂行を妨げぬ範圍で——それはもう終了したが——多くの研究が主に膠質學の領域で取扱はれた．これは氣媒質における膠質的分散の研究及び力學的成形との關聯の下に於けるゴムの構造研究の領域についてゞある．最後に鎖の長い脂肪酸鹽についての研究がミセル膠質の特性を示す例として行はれた．これらの研究は特に今年の五月，教授 P. A. Thiessen 博士が當研究所長に就任してから促進された．　現在この部門の多くの研究が終了し，一部は印刷中である．

Thiessen.

7a. カイザー・ウィルヘルム金屬研究所（ベルリン）

1921年 開所以來 1933 年 9 月 30 日閉鎖に到る迄 ベルリン・ダーレムに於ける研究所の研究業蹟

物理冶金部　諸合金の性質及び其の熱處理に必要とする知識の基礎は，合金の凝固及び變態點を明示する狀態圖にある．現今に於ては殆ど總ての二元合金狀態圖は大體確立してゐる．然

しこれらの狀態圖は，更に精密なる計測器，新しい研究方法及び特に X- 線分析の導入により，未だ多分に粗漏のものであることが明にされた．これらの新しい研究により，從來確立せられたと考へられてゐた狀態圖も新に構成せられるに到つた．特に固溶體を形成する諸合金及び固溶體の溶解度が溫度によつて變化する處の工業的に重要なる諸合金に就ては，根本的の再檢討を必要とした．この研究は，純理論的興味ばかりでなく，實際的にも甚だ重要であり，溶解度變化は合金の調質，改善及び時效等の諸現象と密接なる關聯を有するのである．

Bauer 及び Hansen は，この基礎的研究の第一步として，理論的にも實際的にも重要である銅-亞鉛系合金の狀態圖に就き，新に實驗を行つた．そして眞鍮の諸性質に就て，詳細なる研究をした結果，亞鉛-銅合金（特殊眞鍮）の組織及び諸性質に及ぼす僅少なる第三元素（鉛，ニツケル，錫，アルミニウム，マンガン，鐵）の添加による影響を明かにした．固溶體の溶解限度に關する研究は，溶解度に密接なる關係ある析出硬化に極めて重要なるものであり，銀-アルミニウム，アルミニウム-カドミウム，アルミニウム-珪素，アルミニウム-亞鉛，蒼鉛-鉛，銅-マグネシウム，銅-錫，銅-亞鉛及びマグネシウム-マンガン等の二元合金に就て行はれた．アルミニウム-亞鉛合金に就ては，アルミニウム-亞鉛固溶體の分離による體積變化を調査した．この體積變化は，工業的に惡影響を及ぼすもので，鑄造物に著しい內部應力を誘起し，破壞の原因となるのである．

銀-アルミニウム合金のアルミニウム側の時效硬化，デユラルミンに於ける諸問題，過飽和銀-銅合金の偏析，溶態化及び諸性質の變化，凝固前後の內部應力及び擴散現象，その他廣範の理論的及び實際的重要問題に就て研究が行はれた．

鑄物研究室　に於ては，物理冶金研究室と密接なる關聯の下に，研究が遂行せられた．

金屬及び合金の鑄造に當つて發生する鑄造組織は，その材料の用途に甚大なる影響を及ぼす．

鑄造組織發生に關する根本的の研究及び壓延，線引，プレスを行ふ際の鑄造材料に及ぼす化學的，結晶學的性質の影響に關する研究が探究せられた．

引續いて鑄造組織に及ぼす鑄造溫度と冷却條件の影響が明かにせられた．更に含酸素銅に關する各種脫酸劑の作用並びに熔融狀態から凝固に到る過程に於ける收縮，熱膨脹，偏析，巢の發生及びその他多くの現象に就て詳細に研究せられた．

合金製造の際に於ける上記の如き缺陷は，壓延，線引，プレス等による成形を困難ならしめるのである．その一例として，モネルメタルに就て說明をすれば，モネルメタルは，銅-ニツケル合金であつて，鑛石から直接製造せられ，その性質は非常に優秀である．從つて，吾々は，銅とニツケルを熔解しその良好なる合金を得んと試みたが，成功することは稀で始ど失敗に終つた．

最近に到つてカイザー・ウイルヘルム金屬研究所では，この失敗の原因を明かにした．銅-ニツケル合金は，凝固狀態に於て約 0.12% の炭素を固溶し得る．若し，炭素含有量がこれ以上

になれば，餘分の炭素は黑鉛となつて析出する．この**黑鉛**の量が多量になると，銅-ニツケル合金の性質は惡化するのである．即ちその壓延加工度は著しく減少し，强度も亦低下し，良好なるべき耐腐蝕性も減退する．從つて，溶解に當り，炭素含有量を固溶體の溶解限度以下に保てば銅及びニツケル合金より溶製することが出來，鑛石から得られるモネルメタルと同樣なものとなる．

X-線及び物理部　の研究は，次に述べる如き四つの異つた分野に一括し得る．

一般X線部　にあつては，純結晶學的研究を主なる對象とする．こゝに於ては，特に結晶構造理論の確立を目的とし，曾て研究所の客員として活躍した K. Weissenberg によつて指導せられた．この研究室で E. Schiebold は X-線圖網の應用に努力し，ラウエ圖網の研究，表面層の研究を行ひ，又 E. Rupp と共に電子曲折の吸引を研究し，更に E. Goens と協力して，國立物理工業試驗所に於て，彈性パラメーター及び其の他の金屬結晶の物理的性質を探究したのである．

第二の部門は，**結晶の變形**を對象とするもので，非常に多くの研究を行つた．多くの金屬及び合金に就て，永久變形の基礎過程として，單結晶に於ける機械的双晶の生成及び移動を研究した．今日に於ても猶，この現象に就ては物理的に完全な理論がないのであるから，これらの研究は，この問題に對して多くの報告を出したことのみでも多少は貢獻したものと考へる．剪斷應力說は，結晶移動の開始に，合理的な說明を與へるものとして認められた．即ち，結晶の移動過程は，相當の精密度を以つて强度曲線に示されたのである．破壞の條件は，結晶の破斷に起因することが明かとなつた．破壞に及ぼす溫度，時間及び化學的組成の影響も詳細に試驗を行つた．特に試驗溫度の影響は，M. Polanyi 及び國立物理工業試驗所の低溫實驗室の前主任であつた W. Meissner の共同研究により，ヘリウムの液化溫度に到る迄調査せられた．低溫加工による物理的諸性質の變化は，單結晶に就て，種々なる條件の下に試驗せられた．結晶の繰返し捩り試驗の結果によれば，粘性的性質は應力の種類によつて根本的に相異するものであり，斯の如き考察が，工業的に非常に重要である疲れ限度を說明する手段となるものであることが明となつた．又岩鹽の粘性的變形に就ても多くの研究がなされ，この問題に重要である同時分離の現象（Joffé-效果）も研究せられたのである．

第三の部門は，**金屬の機械加工**を目的とする．この研究室では，國立材料試驗所の多大の助力を受け，G. Sachs 及びその共同研究者が應力による變形の理論及び實驗に就き根本的に綿密なる研究を行つた．深絞り板の試驗方法が發明せられ，內部應力の測定方法も發表せられた．（材料の辷りによる變形，格子常數の精密測定）

單結晶に就ての研究結果は，多結晶金屬の場合にも擴張せられ，數多くの研究が工業的に重要なる問題に就て行はれた．先づ工業的に重要である冷間加工を行つた多くの材料に就き，その纖維狀組織を X-線的に研究した．その結果，この現象は，單結晶の變形に於ける基礎理論に從つて，多くの場合結晶が同一方向に配列することによるものであることが定量的に導かれ，その他の場合に就てもこれが明かとなつた．又銅及びニツケルに就て引張り及び捩りによる降伏點の比が 1.125 なる結果となり，從來降伏現象の限界は變形エネルギーの假說のみによつて說明せられて居つたものが，剪斷應力說も同樣に適用せらるべきであることが認められた．特有なる纖維組織を有する工業用材料の彈性的並びに機械的諸性質の異方性は，單結晶の研究結果及び金屬組織の規則的配列に關する基礎理論によつて明かにせられた．

高溫に於ける金屬の匍匐現象が熱による原子の位置變換に起因するものであると云ふことは，降伏現象の研究により，再結晶と同時に場合によつては相の變態が暗示せられたのである．

第四の部門の研究は，專ら**合金學**に就て行はれ，主として X-線的方法によつて遂行せられた．Sachs 及び Weerts によつて考案せられた格子常數を精密に決定する背面反射カメラにより，工業的に重要なる諸合金の溶解度の決定が行はれた．最も重要視せられた研究は，合金（ヂユラルミン）の熱處理に關する問題であつた．相の變態機構（鋼の硬化に於けるマルテンサイト生成機構，コバルト-及びニツケル-鋼に於ける變態過程）は，詳細なる研究によつて，單純なる辷り現象であることが判つた．合金の性質に及ぼす原子の配列狀態の影響が研究せられ，結晶粒の格子常數には無關係であることが確認せられた．

以上の記述は，金屬材料學の廣範なる分野に亙り金屬の加工及び改良に就て經驗したことを一般讀者に示したものである．これらの研究は，資金調達に常に相當の困難があつたにも拘らず，研究者一同の絕へざる努力及び工員一同の優れた技術によつて遂行し得たのである．

カイザー・ウイルヘルム金屬研究所は，絕へず他の研究所と關係を有してゐた．特にカイザー・ウイルヘルム研究所の隣にあるベルリン・ダーレムの國立材料試驗所は，その實驗室を開放し，國立物理工業試驗所は，その大きな工場の使用を許可せられたのである．

多くの研究者が，國內及び外國より，來所し，短期間或は長期に亙り特に X-線及物理部に於て，基礎的研究に專心し，協力した．これらの研究員は，E. Seidl, R. Scheu, O. Vaupel, O. Summa, G. Kurdjumow, M. A. Valouch, M. Masima, J. Obinata, N. Lefring, M. Straumanis, G. v. Vargha 氏等である．多くの人々は，卒業研究或は博士論文の研究を完成したのである．

研究所の輪講會は，最初國立材料試驗所で行はれたが，其の後カイザー・ウイルヘルム協會のハルナツクハウスのヘルムホルツ講堂で行はれ，常に多數の人々が出席した．

ダーレムに於て，斯界の進步のために人世の最も光輝ある數年を過したカイザー・ウイルヘルム金屬研究所の全員は，所內に於て絕えざる眞摯なる研究と誠實なる友愛とに感激したのである．

ベルリン・ダーレームの研究所に於て發表せられた研究報告の總數は 220 に達する．その報告中主なるものを各部門及び研究題目によつて分類したものが附記せる如きものである．これ

らの報告は，後記せる如く，各々專門雜誌に發表せられ，又隨時國立材料試驗所報告集及びカイザー・ウイルヘルム金屬研究所報告集（Julius Springer 發行）に一括せられ，公刊せられた．

1934 年に研究所の最後の研究報告集が發刊せられた．

G. Tammann は，その報告集に次の如く述べてゐる．

“ここに記載せる主なる研究は，既に他の雜誌上に於て公表せられたものであるが，今一度研究所に於て偉大なる業蹟をなした眞摯なる勞力を回想せんために一括し，敬意を表せんとするものである．當所の如き金屬材料學上模範となるべき研究所を閉鎖し，その研究を中絶せしめることは，極めて遺憾とする處である．金屬の粘性的變形機構の基礎的探究及び合金學上の多くの研究は，金屬材料學上，**當所の研究が獨逸科學界の名聲を振興せしめたもの**と感謝せられたのである”．

好機に惠まれ，シュトゥットガルトに新に研究が設立され，以前の研究指導者であり，今日も猶海外の科學者達に感謝せられてゐる Bauer, Sachs, Schiebold 及び Schmid 等が任命せられ，彼等は獨逸の金屬の研究を最高度に發展せしめんと最善の努力をなしつゝあるのである．

物理冶金部及び鑄物研究室の報告目錄

Bauer, O. u. W. Heidenhain: Das Verhalten der Aluminium-Zinklegierungen. Z. Metallkde. **16**, 221 (1924).

Bauer, O. u. O. Vollenbruck: Die Härte der Kupfer-Zinnlegierungen. Z. Metallkde. **16**, 926 (1924).

Bauer, O. u. H. Arndt: Das Verhalten einiger Metalle und Legierungen gegenüber der Einwirkung von Plastilin und freiem Schwefel. Z. Metallkde. **18**, 85 (1926).

Bauer, O. u. H. Arndt: Über die Einwirkung von Zink, Zinn, Aluminium und Magnesium auf kupferoxydulhaltiges Kupfer. Gießerei-Ztg. **23**, 671 (1926).

Hansen, M.: Der Aufbau des Rotgusses. Z. Metallkde. **18**, 347 (1926).

Hansen, M.: Über die magnesiumreichen Kupfermagnesiumlegierungen. J. Inst. Met., Lond. **37** (1927).

Bauer, O. u. G. Sachs: Die Bedeutung des Gußgefüges für die Eigenschaften von Kupfer. Met. u. Erz **24**, 154 (1927).

Bauer, O. u. O. Vollenbruck: Härtebestimmungen und Spannungsmessungen mit Zink-Kupferlegierungen. Z. Metallkde. **19**, 86 (1927).

Bauer, O. u. M. Hansen: Der Aufbau der Kupfer-Zinklegierungen. Sonderh. IV. Berlin: Julius Springer 1927.

Hansen, M.: Über die Sättigungsgrenze des α(Cu-Sn)-Mischkristalls. Z. Metallkde. **19**, 407 (1927).

Hansen, M.: Zur Kenntnis der Zinnbronzen. Z. anorg. allg. Chem. **170**, 18 (1928).

Hansen, M.: Der Aufbau der aluminiumreichen Silber-Aluminiumlegierungen. Z. Metallkde. **20**, 217 (1928).

Bauer, O. u. H. Sieglerschmidt: Die Ausdehnung des Zinks bei steigenden Temperaturen. Meßtechn. **4**, 183 (1928).

Hansen, M. u. G. Sachs: Die elektrische Leitfähigkeit von Silberlegierungen. Z. Metallkde. **20**, 151 (1928).

Bauer, O. u. K. Memmler: Die Eigenschaften des Hartmessings. Sonderh. VIII. Berlin: Julius Springer 1929.

Bauer u. M. Hansen: Der Einfluß von dritten Metallen auf die Konstitution der Messinglegierungen.

I. Der Einfluß von Blei. Z. Metallkde. **21**, 145 (1929).
II. Der Einfluß von Nickel. Z. Metallkde. **21**, 357 (1929).
III. Der Einfluß von Zinn. Z. Metallkde. **22**, 387 (1930/31).
IV. Der Einfluß von Aluminium. Z. Metallkde. **24**, 1 (1932).
V. Der Einfluß von Mangan. Z. Metallkde. **25**, 17 (1933).
VI. Der Einfluß von Eisen. Z. Metallkde. **26**, 112 (1934).

Hansen, M.: Alterungshärtung der aluminiumreichen Silber-Aluminiumlegierungen. Naturwiss. **16**, 417 (1928).

Bauer, O. u. P. Zunker: Einfluß der Temperatur und der Abkühlungsverhältnisse beim Gießen von Zink. Sonderh. X, S. 1. Berlin: Julius Springer 1930.

Hansen, M.: Die Löslichkeit von Kupfer in Silber. Z. Metallkde. **21**, 181 (1929).

Bauer, O. u. E. Deiss: Zur Probenahme und Analyse von Rotguß und anderen zur Seigerung neigenden Legierungen. Z. analyt. Chem. **79**, 47 (1929).

Bauer, O. u. O. Vollenbruck: Über den Angriff von Metallen durch Insekten.
I. Mitt. Z. Metallkde. **22**, 230 (1930).
II. Mitt. Z. Metallkde. **23**, 117 (1931).

Hansen, M.: Zur Kenntnis des Vergütungsvorganges in Legierungen. Z. Physik **59**, 466 (1930).

Hansen, M.: Die Härte silberreicher Kupfer-Silberlegierungen. Z. anorg. allg. Chem. **186**, 41 (1930).

Bauer, O.: Arsen im Flußstahl. Mitt. Ver.igg Großkesselbes. **23**, 3 (1929).

Bauer, O. u. P. Zunker: Einfluß geringer Mengen von Fremdmetallen auf die Eigenschaften von Raffinadezink. Z. Metallkde. **23**, 37 (1931).

Bauer, O. u. O. Vogel: Untersuchungen an technischen Gußlegierungen. Sonderh. XVIII, S. 51. Berlin: Julius Springer 1931.

Bauer, O., O. Vollenbruck u. G. Schikorr: Spannungsmessungen und Lösungsversuche mit Zinn-Kupfer- und Zink-Kupferlegierungen. Sonderh. XIX, S. 1. Berlin: Julius Springer 1932.

Hansen, M. u. B. Blumenthal: Zur Kenntnis der Zweistoffsysteme des Aluminiums mit Kadmium, Blei und Wismut. Metallwirtsch. **10**, 925 (1931).

Bauer, O. u. P. Zunker: Einfluß von Temperatur und Fremdmetallen auf die Walzbarkeit von Zink. Metallwirtsch. **11**, 21 (1932).

Blumenthal, B. u. M. Hansen: Über den Einfluß von Kadmium und Blei auf die Eigenschaften des Aluminiums. Metallwirtsch. **11**, 671 (1932).

Bauer, O. u. G. Schikorr: Über die Einwirkung von alkoholhaltigen Treibstoffen auf Aluminium und Aluminiumlegierungen. Automob.-techn. Z. **35**, 583 (1932).

Bauer, O. u. J. Weerts: Die Eigenschaften von Monelmetall und ähnlichen Kupfer-Nickellegierungen. Metallwirtsch. **11**, 629 (1932).

Bauer, O., B. Blumenthal u. M. Hansen: Über aushärtbares magnesiumhaltiges Silumin. Sonderh. XXIII, S. 60. Berlin: Julius Springer 1934.

Bauer, O. u. E. Deiss: Seigerung in einem Silberblock. Z. analyt. Chem. **92**, 161 (1933).

Bauer, O. u. P. Zunker: Die Dichte von Zink in Abhängigkeit von der Verformung durch Kalt- und Warmwalzen. Z. Metallkde. **25**, H. 7 (1933).

Hansen, M. u. W. Stenzel: Die Löslichkeit von Kupfer in Zink. Metallwirtsch. **12**, 539 (1933).

Bauer, O., J. Weerts u. F. Beck: Mechanische Eigenschaften von Elektrolytzinkblech Metallwirtsch. **12**, 615 (1933).

X-線及び物理部の報告目錄

1. 一　　般

Schiebold, E.: Über graphische Auswertung von Röntgenphotogrammen. Z. Physik **28**, 355 (1924).

Weissenberg, K.: Kristallbau und chemische Konstitution. Z. Physik **64**, 406, 420, 433 (1925).

Weissenberg, K.: Der Aufbau der Kristalle. Z. Kristallogr. **62**, 13, 52 (1925).

Schiebold, E. u. G. Sachs: Graphische Bestimmung der Gitterorientierung von Kristallen mit Hilfe des Laueverfahrens. Gesetzmäßiges Wachstum von Aluminiumkristallen bei der Rekristallisation. Z. Kristallogr. **63**, 34 (1926).

Seng, H.: Verfahren zur Herstellung von Metallkristallen. Mitt. Mat.-Prüf.-Amt. u. Kais. Wilh.-Inst. Met.-Forschg. N. F. **1927**, H. 5, 105.

Sachs, E. u. J. Weerts: Die Orientierung einzelner durch Rekristallisation gewonnener Kristalle. Z. Physik **58**, 497 (1930).

Sander, B. u. G. Sachs: Zur röntgenoptischen Gefügeanalyse von Gesteinen. Z. Kristallogr. **75**, 550 (1930).

Rupp, E. u. E. Schmid: Elektronenbeugung an passivem Eisen. Naturwiss. **18**, 459 (1930).

Boas, W. u. E. Rupp: Über Elektronenbeugung an sauerstoffbedecktem Wolfram. Ann. Physik (15) **7**, 983 (1930).

Schmid, E.: Beiträge zur Physik und Metallographie des Magnesiums. Z. Elektrochem. **37**, 447 (1931).

Goens, E. u. E. Schmid: Über die Bestimmung einiger physikalischer Eigenschaften von Magnesiumkristallen. Naturwiss. **19**, 376 (1931).

Goens, E. u. E. Schmid: Über die elastische Anisotropie des Eisens. Naturwiss. **19**, 520 (1931). — Z. Elektrochem. **37**, 539 (1931).

Boas, W. u. E. Schmid: Lauediagramme mit großen Ablenkungswinkeln. Metallwirtsch. **10**, 917 (1931).

Wassermann, G.: Über eine Heizvorrichtung für Röntgenpräparate. Metallwirtsch. **10**, 922 (1931).

Boas, W. u. E. Schmid: Über die Struktur der Oberfläche geschliffener Metallkristalle. Naturwiss. **20**, 416 (1932).

Boas, W. u. E. Rupp: Über Elektronenbeugung an reinem und passivem Eisen. Ann. Physik (5) **13**, 1 (1932).

Goens, E. u. J. Weerts: Elastische Konstanten von Kupferkristallen. Z. Instrumentenkde. **52**, 167 (1932).

Stenzel, W. u. J. Weerts: Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten nichtkubischer Stoffe. Z. Kristallogr. **84**, 20 (1932).

Schmid, E. u. G. Wassermann: Röntgenographische Untersuchungen an elektrolytisch oxydiertem Aluminium. Aluminium **4**, 100 (1932).

Wassermann, G.: Über den strukturellen Aufbau von technischem Zinkstaub. Metallwirtsch. **12**, 1 (1933).

Boas, W. u. H. Ekstein: Über die Bestimmung der Krümmungsachse gebogener Kristalle aus Laue-Diagrammen. Z. Kristallogr. **90**, 408 (1935).

2. 結 晶 變 形

Buchveröffentlichung. Schmid, E. u. W. Boas: Kristallplastizität mit besonderer Berücksichtigung der Metalle. Berlin 1935.

Polanyi, M. u. G. Sachs: Über elastische Hysteresis und innere Spannungen in gebogenen Steinsalzkristallen. Z. Physik **35**, 692 (1925).

Seidl, E. u. E. Schiebold: Das Verhalten von inhomogenen Aluminiumgußblöcken beim Kaltwalzen. Z. Metallkde. **17**, 221, 283, 320, 365 (1925).

v. Göler Frh. u. G. Sachs: Das Verhalten von Aluminiumkristallen. I. Geometrische Grundlagen. Z. Physik **41**, 103 (1927).

Karnop, R. u. G. Sachs: Das Verhalten von Aluminiumkristallen bei Zugversuchen. II. Experimenteller Teil. Z. Physik **41**, 116 (1927).

Sachs, G. u. H. Shoji: Zug-Druckversuche an Messingkristallen (Bauschingereffekt). Z. Physik **45**, 776 (1927).

Schmid, E. u. G. Wassermann: Über die mechanische Zwillingsbildung von Zinkkristallen. Z. Physik **48**, 370 (1928).

Karnop, R. u. G. Sachs: Festigkeitseigenschaften von Kristallen einer veredelbaren Aluminiumlegierung. Z. Physik **49**, 480 (1928).

Masima, M. u. G. Sachs: Mechanische Eigenschaften von Messingkristallen. Z. Physik **50**, 161 (1928).

Masima, M. u. G. Sachs: Leitfähigkeit und Kaltverformung. Z. Physik **51**, 321 (1928).

v. Göler Frh. u. G. Sachs: Untersuchungen von Kristallen des β-Messings. Naturwiss. **16**, 412 (1928).

Schmid, E.: Festigkeit und Plastizität von Metallkristallen. Metallwirtsch. **7**, 1011 (1928).

Karnop, R. u. G. Sachs: Das Fließen von Metallkristallen bei Torsion. Z. Physik **53**, 605 (1929).

Boas, W. u. E. Schmid: Über die Dehnung von Kadmiumkristallen. Z. Physik **54**, 16 (1929).

Masima, M. u. G. Sachs: Dichte und Kaltverformung. Z. Physik **54**, 666 (1929).

Masima, M. u. G. Sachs: Wärmeeffekte bei der Dehnung von Messingkristallen. Z. Physik **55**, 394 (1929).

Göler, Frh. v. u. G. Sachs: Zugversuche an Kristallen aus Kupfer und Messing. Z. Physik **55**, 581 (1929).

Schmid, E. u. O. Vaupel: Festigkeit und Plastizität von Steinsalzkristallen. Z. Physik **56**, 308 (1929).

Boas, W. u. E. Schmid: Bemerkungen zur Kristallplastizität. Z. Physik **56**, 516 (1929).

Boas, W. u. E. Schmid: Über die Temperaturabhängigkeit der kritischen Schubspannung von Kadmiumkristallen. Z. Physik **57**, 575 (1929).

Polanyi, M. u. E. Schmid: Zur Frage der Plastizität. Verformung bei tiefen Temperaturen. Naturwiss. **17**, 301 (1929).

Boas, W. u. E. Schmid: Über die Temperaturabhängigkeit der Kristallplastizität. Z. Physik **61**, 767 (1930).

Schmid, E. u. O. Vaupel: Versuche an bewässerten Steinsalzkristallen. Z. Physik **62**, 311 (1930).

Sachs, G. u. J. Weerts: Zugversuche an Gold-Silberkristallen. Z. Physik **62**, 473 (1930).

Fahrenhorst, W. u. E. Schmid: Über die Temperaturabhängigkeit der Kristallplastizität. Z. Physik **64**, 845 (1930).

Meissner, W., M. Polanyi u. E. Schmid: Messungen mit Hilfe von flüssigem Helium XIII. Plastizität von Metallkristallen bei tiefsten Temperaturen. Z. Physik **66**, 477 (1930).

Wassermann, G.: Deformation von Antimon- und Wismutkristallen. Z. Kristallogr. **75**, 369 (1930).

Boas, W. u. E. Schmid: Über die Bruchbedingung plastisch deformierter Kadmiumkristalle. Naturwiss. **18**, 227 (1930).

Boas, W. u. E. Schmid: Über die Temperaturabhängigkeit der Kristallplastizität. Z. Physik **71**, 703 (1931).

Beck, P. u. M. Polanyi: Rekristallisationsversuche an verformten Aluminiumkristallen. Naturwiss. **19**, 505 (1931).

Fahrenhorst, W. u. E. Schmid: Wechseltorsionsversuche an Zinkkristallen. Z. Metallkde. **23**, 333 (1931).

Schmid, E. u. M. A. Valouch: Über sprunghafte Translation von Zinkkristallen. Z. Physik **75**, 531 (1932).
Fahrenhorst, W. u. E. Schmid: Über die plastische Dehnung von α-Eisenkristallen. Z. Physik **78**, 383 (1932).
Schmid, E. u. G. Siebel: Über die Dehnung ternärer Magnesiummischkristalle. Metallwirtsch. **11**, 577 (1932).
Obinata, J. u. E. Schmid: Über die Dehnung von Zinnkristallen. Z. Physik **82**, 224 (1933).
Fahrenhorst, W. u. H. Ekstein: Über die Gestaltsänderung von wechseltordierten Kadmiumkristallen. Z. Metallkde. **25**, 306 (1933).
Schmid, E. u. G. Siebel: Über Wechseltorsionsversuche mit Magnesiumkristallen. Metallwirtsch. **13**, 353 (1934).
Ekstein, H.: Zur Temperaturabhängigkeit der Plastizität. Z. Kristallogr. **91** (1935).

3. 金屬の機械加工

Buchveröffentlichungen: Sachs, G.: Mechanische Technologie der Metalle. Leipzig 1925.
Sachs, G. u. G. Fiek: Der Zugversuch. Leipzig 1926.
Sachs, G.: Über die Kerbwirkungen beim Stauchversuch. Stahl u. Eisen **43**, 1587 (1924).
Schiebold, E.: Die Verfestigungsfrage vom Standpunkt der Röntgenforschung. Z. Metallkde. **16**, 417, 462 (1924).
Sachs, G.: Großzahlforschung, Zuverlässigkeit technischer Messungen und Streuungsmasse. Stahl u. Eisen **44**, 941 (1924).
Sachs, G.: Zur Analyse des Zerreißversuchs. Ber. Werkstoffaussch. VDE **1925**, Nr 58.
Saeftel, F. u. G. Sachs: Festigkeitseigenschaften und Struktur einiger begrenzter Mischkristallreihen. Z. Metallkde. **17**, 155, 258, 294 (1925).
Sachs, G.: Festigkeitsuntersuchungen an Zink. Z. Metallkde. **17**, 187 (1925).
Polanyi, M. u. G. Sachs: Über die Auslösung innerer Spannungen durch Glühen. Z. Metallkde. **17**, 227 (1925).
Sachs, G. u. E. Schiebold: Rekristallisation und Entfestigung im Röntgenbild. Z. Metallkde. **17**, 400 (1925).
Sachs, G. u. E. Schiebold: Wechselseitige Stauchversuche an Aluminium. Z. VDI **69**, 1557, 1601 (1925).
Sachs, G. u. E. Schiebold: Über die Gitterlage in deformierten Metallkristallen und Kristallhaufwerken. Naturw. **13**, 964 (1925).
Sachs, G. u. E. Seidl: Örtlicher Massenausgleich unter der Wirkung örtlicher Kräfte in Technik und Geologie. Naturwiss. **13**, 1932 (1925).
Sachs, G.: Beitrag zum Härteproblem. Naturwiss. **13**, 1219 (1926). — Z. techn. Physik **7**, 132 (1926).
Seidl, E. u. E. Schiebold: Das Verhalten von Industriekupfer bei der Beanspruchung. Z. Metallkde. **18**, 241, 315, 345 (1926).
Göler, Frh. v. u. G. Sachs: Walz- und Rekristallisationstextur regulär-flächenzentrierter Metalle. Z. Physik **41**, 873, 889 (1927).
Karnop, R. u. G. Sachs: Versuche über die Rekristallisation von Metallen. Z. Physik **42**, 283 (1927).
Sachs, G.: Zur Theorie des Ziehvorganges. Z. angew. Math. Mech. **7**, 235 (1927).
Göler, Frh. v. u. G. Sachs: Gefüge und Festigkeitseigenschaften von sehr reinem Aluminium. Z. Metallkde. **19**, 90 (1927).
Sachs, G.: Versuche zum Walz- und Schmiedevorgang. Z. Metallkde. **19**, 189 (1927).
Sachs, G.: Nachweis innerer Spannungen in Stangen und Rohren. Z. Metallkde. **19**, 352 (1927).
Göler, Frh. v. u. G. Sachs: Innere Spannungen im Röntgenbild. Z. Metallkde. **19**, 410 (1927).
Göler, Frh. v. u. G. Sachs: Zur Deutung des Gußgefüges. Z. VDI **71**, 1353 (1927).
Sachs, G.: Innere Spannungen in Metallen. Z. VDI **71**, 1511 (1927).
Kuntze, W. u. G. Sachs: Der Zugversuch am Flachstab. Stahl u. Eisen **47**, 219 (1927).
Seidl, E.: Der Einfluß der chemischen und kristallographischen Beschaffenheit des Gußmaterials auf das Verhalten beim Walzen; erläutert an Industriealuminium, -kupfer und -zink. Min. Met. New York 1927.

Karnop, R. u. G. Sachs: Versuche über die Rekristallisation von Metallen. Z. Physik **52**, 301 (1928).
Bauer, O., Frh. v. Göler u. G. Sachs: Untersuchungen an Kupfer und Messing. Z. Metallkde. **20**, 202 (1928).
Schmid, E.: Anordnung der Kristallite in Vielkristallen (Texturen). Z. Metallkde. **20**, 371 (1928).
Kuntze, W., G. Sachs u. H. Sieglerschmidt: Elastizität, statische Versuche und Dauerprüfung. Z. Metallkde. **20**, 641 (1928).
Sachs, G.: Zur Ableitung einer Fließbedingung. Z. VDI **72**, 734 (1928).
Kuntze, W. u. G. Sachs: Zur Kenntnis der Streckgrenze von Stählen. Z. VDI **72**, 1011 (1928).
Laute, K. u. G. Sachs: Was ist Ermüdung? Z. VDI **72**, 1188 (1928).
Schiebold, E. u. G. Richter: Studien über den Zugversuch an kristallisierten Stoffen. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1928**, 5. Sonderheft, 68.
Seidl, E.: Kerbwirkung in Wissenschaft und Technik. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1928**, 5. Sonderheft, 122.
Göler, Frh. v. u. G. Sachs: Walz- und Rekristallisationstextur regulär flächenzentrierter Metalle. Z. Physik **56**, 477, 485, 495 (1929).
Schmid, E. u. G. Wassermann: Über die Textur gezogener Magnesium- und Zinkdrähte. Naturwiss. **17**, 312 (1929).
Nix, F. C. u. E. Schmid: Über die Gußtextur von Metallen und Legierungen. Z. Metallkde. **21**, 286 (1929).
Sachs, G. u. H. Sieglerschmidt: Prüfung von Seildrähten durch Zug- und Biegeversuche. Metallwirtsch. **8**, 129 (1929).
Sachs, G.: Schmiedespannungen, Vergütungsspannungen und Wärmespannungen. Metallwirtsch. **8**, 343 (1929).
Sachs, G. u. W. Stenzel: Die Dehnung von Blechen. Metallwirtsch. **8**, 547 (1929).
Karnop, R. u. G. Sachs: Die Grobrekristallisation von Aluminium. Metallwirtsch. **8**, 1115 (1929).
Frommer, L., W. Kuntze u. G. Sachs: Der Einfluß von Poren auf die Festigkeit von Spritzguß. Z. VDI **73**, 1609 (1929).
Karnop, R. u. G. Sachs: Zur Kinetik der Rekristallisation. Z. Physik **60**, 464 (1930).
Kurdjumow, G. u. G. Sachs: Walz- und Rekristallisationstextur von Eisenblech. Z. Physik **62**, 592 (1930).
Sachs, G. u. J. Weerts: Elastizitätsmessungen mit Röntgenstrahlen. Z. Physik **64**, 344 (1930).
Kuntze, W. u. G. Sachs: Der Fließbeginn bei wechselnder Zug-Druckbeanspruchung. Metallwirtsch. **9**, 85 (1930).
Sachs, G.: Ein neues Prüfgerät für Tiefziehbleche. Metallwirtsch. **9**, 213 (1930).
Sachs, G.: Stoffliche Grundlagen der spanlosen Formung und Glühbehandlung von Metallen. Metallwirtsch. **9**, 238 (1930).
Schmid, E. u. G. Wassermann: Über die Walztextur hexagonaler Metalle. Metallwirtsch. **9**, 698 (1930).
Boas, W. u. E. Schmid: Zur Deutung der Deformationstextur von Metallen. Z. techn. Physik **12**, 71 (1931).
Schmid, E. u. G. Wassermann: Über die Anisotropie von Zinkblechen. Z. Metallkde. **23**, 87 (1931).
Schmid, E. u. G. Wassermann: Einfluß von Kaltreckung auf die Plastizität bei erhöhten Temperaturen. Z. Metallkde. **23**, 242 (1931).
Sachs, G.: Zur Einführung in die Theorie der spanlosen Formung. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1931**, 16. Sonderheft, 5.
Sachs, G.: Untersuchungen über Tiefziehen. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1931**, 16. Sonderheft, 11.
Linicus, W. u. G. Sachs: Versuche über die Eigenschaften gezogener Drähte und den Kraftbedarf beim Drahtziehen. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1931**, 16. Sonderheft, 38.
Eisbein, W. u. G. Sachs: Versuche über Stangenpressen. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1931**, 16. Sonderheft, 67.

KUNTZE, W. u. G. SACHS: Eindruckvorgänge bei Metallen. Mitt. dtsch. Mat.-Prüf.-Anst. **1931**, 16. Sonderheft, 96.
SCHMID, E. u. G. WASSERMANN: Über die Walztextur von Kadmium. Metallwirtsch. **10**, 375 (1931).
SCHMID, E. u. G. WASSERMANN: Zur Rekristallisation von Aluminiumblech. Metallwirtsch. **10**, 409 (1931).
FAHRENHORST, W. u. G. SACHS: Über das Aufreißen von kaltgezogenem Rundeisen. Metallwirtsch. **10**, 783 (1931).
SACHS, G. u. J. WEERTS: Technologie und Festigkeitseigenschaften von reinem Aluminium. Aluminium **3**, 182 (1931).
SCHMID, E. u. G. WASSERMANN: Wachstums- und Deformationstexturen von Metallen. AUERBACH-HORTS Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik, Bd. 4/2, S. 319. 1931.
VALOUCH, M. A.: Bemerkungen zur Walztextur von Zink. Metallwirtsch. **11**, 165 (1932).
FAHRENHORST, W., K. MATTHAES u. E. SCHMID: Über die Abhängigkeit der Dauerfestigkeit von der Kristallorientierung. Z. VDI **76**, 797 (1932).
WEERTS, J.: Textur und Eigenschaften von Kupferblech. Z. Metallkde. **25**, 101 (1933).
VARGHA, G. v. u. G. WASSERMANN: Über den Einfluß des Formgebungsverfahrens auf die Kristallgleichrichtung in Drähten. Z. Metallkde. **25**, 310 (1933).
VARGHA, G. v. u. G. WASSERMANN: Über die Walztextur von Aluminium. Metallwirtsch. **12**, 511 (1933).

4. 合 金 學

SCHMID, E. u. G. WASSERMANN: Versuche zum Duraluminproblem. Metallwirtsch. **7**, 1329 (1928).
GÖLER, Frh. v. u. G. SACHS: Die Veredelung einer Aluminiumlegierung im Röntgenbild. Metallwirtsch. **8**, 671 (1929). — Naturwiss. **17**, 309 (1929).
SACHS, G. u. J. WEERTS: Die Gitterkonstanten von Gold-Silberlegierungen. Z. Physik **60**, 481 (1930).
OSHIMA, K. u. G. SACHS: Röntgenographische Untersuchungen an der Legierung AuCu. Z. Physik **63**, 210 (1930).
AGEEW, N. u. G. SACHS: Röntgenographische Bestimmung der Löslichkeit von Kupfer in Silber. Z. Physik **63**, 293 (1930).
KURDJUMOW, G. u. G. SACHS: Über den Mechanismus der Stahlhärtung. Z. Physik **64**, 325 (1930).
AGEEW, N., M. HANSEN u. G. SACHS: Entmischung und Eigenschaftsänderungen übersättigter Silber- und Kupferlegierungen. Z. Physik **66**, 350 (1930).
WASSERMANN, G.: Zur Frage der molekularen oder atomaren festen Lösung einer Metallverbindung im Grundmetall. Z. Metallkde. **22**, 158 (1930).
WASSERMANN, G.: Über die Vergütung einer Konstruktallegierung. Z. Metallkde. **22**, 160 (1930).
SCHMID, E. u. G. WASSERMANN: Röntgenographische Studien zum Vergütungsproblem. Metallwirtsch. **9**, 421 (1930).
SACHS, G. u. W. STENZEL: Versuche über das Altern von Stählen. Metallwirtsch. **9**, 959 (1930).
SACHS, G. u. J. WEERTS: Atomanordnung und Eigenschaften. (Untersuchungen an der Legierung $AuCu_3$.) Z. Physik **67**, 507 (1931).
SACHS, G.: Unterdrückte Zustandsänderungen in Legierungen. Erg. techn. Röntgenkde. **2**, 251 (1931).
SCHMID, E. u. G. SIEBEL: Röntgenographische Bestimmung der Löslichkeit von Magnesium in Aluminium. Z. Metallkde. **23**, 202 (1931).
STRAUMANIS, M. u. J. WEERTS: Über die β-Umwandlung in Kupfer-Zink- und Silber-Zinklegierungen. Metallwirtsch. **10**, 919 (1931).
SCHMID, E. u. G. SIEBEL: Röntgenographische Bestimmung der Löslichkeit von Mangan in Magnesium. Metallwirtsch. **10**, 923 (1931).
HENGSTENBERG, J. u. G. WASSERMANN: Über röntgenographische Untersuchungen der Kaltvergütung des Duralumins. Z. Metallkde. **23**, 114 (1931).

STRAUMANIS, M. u. J. WEERTS: Röntgenographische Verfolgung von Umwandlungsvorgangen. Z. Physik **78**, 1 (1932).
WASSERMANN, G.: Einfluß der α-γ-Umwandlung eines irreversiblen Nickelstahls auf Kristallorientierung und Zugfestigkeit. Arch. Eisenhüttenwes. **6**, 347 (1932/33).
WASSERMANN, G.: Über die Umwandlung des Kobalts. Metallwirtsch. **11**, 61 (1932).
SCHMID, E. u. H. SELIGER: Untersuchungen an binären Mischkristallegierungen des Magnesiums. Metallwirtsch. **11**, 409 (1932).
BOAS, W.: Röntgenographische Bestimmung der Löslichkeit von Kadmium in Zink. Metallwirtsch. **11**, 603 (1932).
SCHMID, E. u. G. SIEBEL: Hängt die Änderung der Gitterkonstanten bei Mischkristallbildung von der Korngröße ab? Metallwirtsch. **11**, 685 (1932).
SCHMID, E. u. G. SIEBEL: Über die Mischkristallbildung bei ein- und vielkristallinem Material. Z. Physik **85**, 36 (1933).
OBINATA, J. u. E. SCHMID: Röntgenographische Untersuchungen an Antimon-Blei- und Zinn-Bleilegierungen. Metallwirtsch. **12**, 101 (1933).
OBINATA, J. u. G. WASSERMANN: Röntgenographische Untersuchung der Löslichkeit von Aluminium in Kupfer. Naturwiss. **21**, 382 (1933).
STENZEL, W. u. J. WEERTS: Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten nichtkubischer Stoffe. Z. Kristallogr. (A) **84**, 20 (1932).
SCHMID, E. u. G. WASSERMANN: Über das System Aluminium-Zink. Z. Metallkde. **26**, 146 (1934).
WASSERMANN, G.: Über die Umwandlungsvorgänge in β-Aluminiumbronze. Metallwirtsch. **13**, 133 (1934).
WASSERMANN, G. u. J. WEERTS.: Über den Mechanismus der $CuAl_2$-Ausscheidung in einer aushärtbaren Kupfer-Aluminiumlegierung. Metallwirtsch. **14**, 605 (1935).

O. Bauer, E. Schmid.

7b. カイザー・ウィルヘルム金屬研究所(シュトゥットガルト)

科學の姿は，之を創る人々と離し難く結びついてゐる．如何にそれが事實を見極め，深く探究し，そして如何なる方向に發展するか否かは，研究者の人柄に左右せられる．從つて，こゝに研究者の智力，學歷，技術及び一般的の豐富なる經驗等が問題となる．以上の觀點より，1934年に設立せられたシュトゥットガルトのカイザー・ウイルヘルム金屬研究所の新組織は，前述のベルリンの研究所のものと比較し，研究方針に變更を行つた．シュトゥットガルトの研究所は，設立後日淺く，こゝに提出する多くの研究事項の一つのみを明かにするのにさへも未だ充分なる時が經て居らぬのである．然し今日指導及び協力に從事してゐる研究者の存在によつて了期せられる如く，大なる成果のあることは疑のない處である．

金屬材料 X-線研究室では，W. C. Röntgen の門下である R. Glocker が指導者として，材料の理論的及び工業的研究に新しき X-線應用の分野を發展せしめつゝある．この研究室の新設以來，材料內部に於ける應力の方向及び大きを決定することに成功し，更に他方面にあつては，非常に微弱な X-線のスペクトル線の測定によつて原子構造に關する新しき考察を行つた．炭化物に就て行つた試驗方法は，最近金屬の結合狀態に關する研究にも應用せられてゐる．部長である U. Dehlinger は長期間に亙り，結晶物理學に專心し，金屬の平衡狀態及び

合金能力に關して研究をなした．その他固體內に於ける變態及び析出硬化の機構を探究すると共に，加工變形及び再結晶の問題に就ても研究した．研究の目的は，從來の研究方法によつて得られた結果を，更に X-線的手段によつてこれを確立せしめんとするにある．

金屬材料學は上述の部門の外に，他の二つの研究室に於て，理論化學の方面からも研究せられてゐる．この二つの研究室の指導者は，斯界に名聲ある W. Köster 及び G. Grube 並びに部長 E. Scheil 及び W. Seith である．これらの人々は，何れも G. Tammann 一派の門弟で既述せる人々以外の金屬材料學に於ける耆宿である．

故に特に，G. Grube の下の實驗所は金屬理論化學研究所と稱せられる．現在こゝに於ては合金の原子配列を決定する新測定方法が研究せられてゐる．これと關聯して實驗的に元素の周期的體系による合金製造に關し，系統的な合金學を完成せんとしてゐる．結晶格子內に於ける原子の可動性に及ぼす結晶を構成する原子の化學親和力及びその濃度の影響が詳細に研究せられてゐる．この目的のために放射性指示藥が使用せられる．この結果，この放射性物質による試驗方法（Emaniermethode）が精密なる金屬材料學の研究手段の一つとして用ひられるに到つた．固溶體に電流を通過せしめる際に起る濃度の移動に關する研究は，金屬の內部構造及び電荷分布を知る新しい研究方法として發表せられた．又この研究室では，腐蝕の根本的研究，並びに金屬の水溶液及び熔融鹽類より金屬を電解生成せしめんとする目的を以つて，電氣化學的研究も行はれた．更に分光分析に就ても研究せられ，特に合金の定性及び定量分析を詳細に調査した．

上記の二研究所の指導者達が純學術的研究を遂行し來つたに對し，W. Köster 及び E. Scheil は，應用金屬材料學の研究所に於て永年技術上の要求に對して活潑に研究したのである．從つて各研究室の問題を解決することにより，技術上の應用が行はれ，實際工業に理論的な操業をなすことが出來た．特に研究題目は，合金の製造，加工及び熱處理等に關聯を有する，合金の化學的，物理的及び機械的諸性質の研究に重きを置いたのである．故にこれらの現象は，若し合金の結晶構造及び組織が判明してゐるならば，多元系合金の特定範圍に就きその組織を研究し，金屬組織を檢することによつて解決し得る．多くの場合には顯微鏡による組織檢査を基礎とし，靜的試驗で定性的より定量的なる確認に成功するものである．將來の研究目標は，合金の製造方法及び材質に及ぼす含有瓦斯，鋼滓及び爐壁材料等に向けられるであらう．

W. Köster.

8. カイザー・ウィルヘルム鐵鋼研究所

（ドユッセルドルフ）

當研究所の目的は，鐵鋼の科學的研究を行はんとするにある．即ち製鐵過程の組織的研究により，製鐵業者にその操業の科學的理論を與へ，以つて鐵鋼の工業的操業方法及び生產物の品質の向上を計り，或は新なる技術的及び經濟的生產方法並びに加工方法を提供せんとするものである．當研究所の設立以來，各研究室は，その全能力を擧げて，これが目的に邁進し，努力をなした．吾々は，金屬材料の製造，加工の際に發生する諸現象に關する理論的說明を目的とする純科學的基礎的研究の外に，絕えず，技術的に又經濟的必要より要求せられた問題を研究し，これによつて現場に於ける難點を明かにし，それを除去し，或は新操業方法を推論するに効果的なる場合には，機會ある每にこれと協力したのである．

斯の如き二重の目的を有するにも拘らず，總ての研究は，獨逸鐵鋼業の重要問題及びそれに伴ふ獨逸經濟界の要求に適應せんとする最終の目標を一時も失はなかつたのである．この努力により，設立以來數年の間に，この研究所の研究は，密接なる連絡及び多くの相互關係の下に，純學術的に行はれ，その多くのものは廣範なる目的を有し，又あるものは輝かしい純理論的研究を完成し，更に急務を要する加工の問題，或は直接技術的な問題にも貢獻したのである．これらの相互關係に就ては，後述の研究所各部の紹介により明かになることと思ふ．これによつて知られる如く，各部はそれぞれ專門的な研究を行つてゐるのであるが，特に緊急なる問題の場合には，各部よりそれぞれの專門家が集り，多年に亙つて組織的に研究を行つて得た實驗結果及び基礎理論を提供して問題を解決するといふことを强調するものである．

鑛石部（部長： W. Luyken）

鑛石部は，1919 年に結成せられた獨逸鐵鋼技術聯盟の鑛石委員會を基礎として，1922 年に設立せられた．當部は，鐵鋼研究所に於て，**獨逸鐵鑛石の富鑛化の研究**を目的とし，その處理方法を確立せんとするものである．當部設立の原因は，獨逸がミネット地方の喪失以來，他國の鐵鑛石に依存しなくてはならなくなつたためである．鑛石部の問題は，二つの方向に分けることが出來る，即ち一つは從來既にその鑛石を富鑛化し來つた鑛山を督勵することであり他は，從來採掘せられなかつたハルツ及びユラ地方に多量に埋積する貧鐵鑛を利用し得る如き新方法を確立することである．

これらの研究は，**鑛物學的及び鑛床學的**研究より着手し，これによつて，鑛石富鑛化に就ては，問題の鑛石の構造を知り，而して最適の富鑛方法に對する研究を行ふ必要がある．この問題に就て多くの研究がこの研究室で行はれた．即ち鑛石の生成及び**ザルツギッター山脈の鑛石**

の富鑛化に就て特に詳細に研究せられた．この地方の卵石系及び沼鐵鑛系鐵鑛石に於ては，鑛石を粉砕しなくては，その成分元素を分解せしめることが出來ないので，この**分解**に關する方法が特に研究せられたのである．

この地方の鑛石の選鑛方法は，非常に短時間で確立しなくてはならなかつたため，その方法は技術的にも又經濟的にも幾分缺點があつた．そこで更に研究を充分行ひ，その失敗を回復し，同時に經濟的にもより適切な富鑛化を行はんとした．その結果，複雜なる過程を必要とする**選鑛方法を施行**せねばならぬことが明となつた．引續き行はれた研究によつて，ある一定地方の鑛石に就ては，富鑛化が再び可能となり，數量的な考察及びその形式が決定されるに到つたのである．

この根本問題が解決せられてから，更に多くの研究が行はれ，**ジーゲルランド地方の粘土を含有した鐵鑛石（菱鐵鑛）の選鑛**が經濟的に有利になされる様になつた．又**ジーゲルランド鐵鑛石中より銅を除去**する研究も遂行せられた．この問題は，浮遊選鑛法の導入によつて根本的に改善することが出來，同時に品位低き鑛泥も亦利用し得るに到つた．

菱鐵鑛の**焙燒**による變態に就ても研究がなされた．この結果，菱鐵鑛は，焙燒により，先づ强磁性の立方晶系の酸化物となり，このものはマンガンフエライトと等質同晶に混入することが明となつた．この酸化物は大氣中で高溫に長時間曝れると，一部は非磁性の六方晶系の酸化物に轉換するのである．

其の他，**淘汰選鑛法**，**泡沫浮遊選鑛法**及び鑛石を强磁性化する**磁化焙燒法**等の**選鑛方法**に就ても研究が行はれた．この磁化焙燒法は，貧鑛處理法として重要なもので，均一に强磁性を有する鑛石を得るには，二つの方法があり，何れもその特徴を有してゐる．これらの方法は，還元焙燒によつて鑛石の一部を還元し，**强磁性鐵鑛石の製造**を行ふものと**炭酸鐵と結合せる酸化鐵の焙燒**即ち酸化焙燒によつて强磁性鑛石を得んとするものとである．何れの場合に於ても鑛石の結合狀態が良好であれば，均一なる强磁性酸化鐵が得られる．然し，他の酸化鐵の磁氣的性質及び强磁性鐵酸素化合物の製造條件等に就ては，確實な基礎が缺けてゐる．これは現在總括的に研究せられてゐる．

粉鑛の團鑛法に就ては，二つの廣範な研究が行はれた．この研究によつて，ジーゲルランドの粉狀鐵鑛は，無煙炭と同量に混合し，適當の形狀の團鑛とすれば，良好なる潰裂强度を示すことが明にされた．鐵鑛石の**燒結**過程に就ても詳細なる研究が行はれた．燒結を行ふ際の操業條件が，燒結鑛の形狀，强度，氣孔度，及び可還元性等に及ぼす影響に就ての試驗が行はれ，又鑛物學的に顯微鏡試驗によつてその組成が明かにされた．

獨逸の鐵鑛石に關する問題を解決せしめると云ふ鑛石部の使命のために，**鑛山方面と協力**し，獨逸の鐵鑛石を外國より輸入せられる鐵鑛石の如く改良し得る様に努力したのである．

鐵鑛石の評價問題に就ても詳細なる研究が行はれた．この問題は既に多年鐵鋼聯盟によつて

なされたものであるが，評價價値と操業結果とは必ずしも一致を見なかつたので，新なる選鑛方法の見地より，合目的的にこれが調査を行つた．その結果，從來專ら高爐に使用することのみを以つて，鑛石の價値を決定する方法は完全な評價方法でないことが明となり，鑛石と，高爐に裝入する添加物との間の相互關係がその價値に大なる影響を及ぼすので，その評價計算としては，供給可能性に就ても考慮すべきであることが認められたのである．

冶金部（部長：P. Bardenheuer）

冶金部に於ては非常に多くの問題が研究せられた．

當部の研究問題の一つとしては，**高爐**內に於ける製銑過程に於ける鑛石の還元速度，骸炭の反應能力及び熔銑と鑛滓間の反應等の重要問題に就での基礎的研究が擧げられる．高爐に於ける諸研究では注目すべき結果が得られた．即ち羽口前に於ける酸化帶にあつては了期せざる副反應が發生し，出銑狀態を惡化せしめ，經濟的操業を困難ならしめる． 依つて，操業方法と爐の構造を改良し，斯の如き副反應を弱める様な提案がなされた．

鑄鐵の進步，改善に就ては，當研究所は活潑なる研究を行つた．炭素含有量の低い高級鑄鐵の基礎的研究は，1922年より連續的に行はれ，數年にして鑄鐵の著しい改善方法に關する操業條件の解決を與へたのである．就中この研究によつて黑鉛の形狀と分布狀況及び鑄鐵の機械的性質に及ぼすパーライト基質の重要性が認められるに到つた．黑鉛の發生に關する多くの研究は，熔解作業に於ける結晶生成に關する研究と共に，鑄鐵製造に對して重要なる實際的指針を與へたのである．特に結晶粒界が明かである場合には，鐵を高溫度で過熱熔解することによりその强度を增大せしめ得る．又熔銑爐から電氣爐に移して操業する場合の多くの失敗に就ても明かにした．同時に，吾々は，鑄造用熔解爐の改良をなし，新しい熔解方法を發達せしめ，完全なる熔解を容易にし，熔解作業を經濟的ならしめ，不完全な操業による不良鑄物の發生を減少せしめたのである．更に凝固及び冷却中の過程即ち鑄鐵の**凝固收縮**の現象に就て，鋼鑄物の場合をも共に，詳細に研究し，種々なる研究方法によつて，形狀の變化せる鑄物に關して現場的の基礎實例を與へた．**"鑄鐵の成長"**に就ても綿密に研究せられた．この現象は鑄鐵の繰返し加熱による體積膨脹であつて，このために過熱蒸汽機關は，比較的短時間の使用によつて破壞するに到るのである．この研究によつて，鑄鐵の成長の原因が究明せられ，鑄鐵の化學組成と金屬組織を適正ならしむれば，廣範圍に亙つて，この成長を阻止し得ることが明となつた．

鋼製造に關する研究には，特に注目すべきものがある．**製鐵過程の研究に理論化學**の法則の適用を行つた．製鋼法の純理論的考察によつて，熔鋼と鋼滓との製鋼中に於ける反應は示されたのであるが，實際操業に當つては猶種々の條件があり，これが明かにならなければ滿足な結果は得られぬ．製鋼反應を理論的に說明する法則に就ての研究は，熔鋼，鋼滓，爐壁材料及び爐內の瓦斯等に於ける各相互間の密接なる關係を明かにする方法に特に困難なる問題が存在す

るのである．從つて**廣範圍の組成に亘つて各々の反應に於ける平衡關係の研究**，及びその平衡關係の種々なる條件の下に於ける擧動の研究が先づ必要であると云ふことが證明せられたのである．又熔鋼と鋼滓との平衡狀態に關する理論に就ても實驗を行ふ必要があつた．この實驗は研究室に於て廣範圍に行はれた．即ち**マンガン，珪素，炭素，クロム，ヴナヂン，硫黃，及び燐等の反應に就き**，平衡關係，反應結果及びそれら各反應の關係等が研究せられたのである．

こゝで特筆すべきことは，**熔鋼と鋼滓間に於ける酸化物の分布**を規定する法則の發見に成功したことである．マンガン，珪素等の**脱酸劑**の作用によつて，熔鋼から熔鋼中に溶解してゐる酸化物を分離せしめる條件は，熔鋼と鋼滓との反應を研究した結果明となつた．同樣に**熔鋼中の炭化物，珪化物及び燐化物**の安定性に關する根本的な問題に就ても滿足なる解決が得られた．**冶金學上重要なる鋼滓成分の狀態圖**に關する研究は，鋼滓を鋼熔解爐の反應生成鋼滓或は脱酸生成物として，熔鋼より分離せしめ得る樣にする目的を以つて行はれたのである．

斯の如くして大型の鋼熔解爐中に於ける反應及び熔鋼の冷却並びに凝固に於ける過程の基礎が得られたのである．又**トマース製鋼法**に關する研究に於ては，轉爐中に於ける鋼滓反應に特に重要性が認められ，鋼中の炭素と酸素とは非常に速い反應速度で反應し得ることが明になつた．從つて，轉爐中に空氣を非常に强く吹き込んだ場合でも，酸素は殆ど熔鋼中に殘存せず，熔鋼は所要の炭素量に保たれるのである．熔鋼中に於ける炭素の還元率が大きいことは，**鹽基性平爐による熔解**の反應生成物に就ての研究に於ても認められた．即ち第一に炭素は，熔鋼中の酸素量に決定的なる影響を與へるものであることを知り得たのである．**酸性平爐法**の研究に於ても，製鋼反應に及ぼす炭素の影響は，一層著しく明瞭であつた．珪素の還元は，多くの場合，鋼滓中に酸化第一鐵が多量に含有せられてゐる時に進行し，熔鋼中の酸素量は，炭素の反應によつて非常に少なくなつてゐることを示した．この珪素の還元は，珪酸含有量の高い，溶解し難い鋼滓の層或は熔鋼と鋼滓との間に殻層を形成せしめるので，酸化第一鐵に富む鋼滓は，極力熔鋼から隔離せられるのである．

これらの製鋼に關する研究によつて，脱炭の著しく起る時期は，熔鋼中のマンガン及び珪素が時間の經過に伴つて，前述の炭素を含有せざる場合に就ての研究によつて得られた平衡含有量より，著しく減少してからであると云ふ結論に達した．この理由は**炭素の作用**によるものであり，鋼滓中の酸化物に及ぼす炭素の還元作用は還元率の順序によるものでなく，固有の反應力及び酸化物の量に比例して起る．從つて，炭素は反應に重要なる位置を失ひ，その平衡から殘つた反應が進行するのである．以上の推察は，更に酸性坩堝爐による炭素鋼の熔解に就て研究室で行つた組織的な實驗によつて確認せられたのである．そしてこゝに製鋼操業に於ける脱炭反應の根本的に新な考察が得られるに到つた．研究所に於て行はれた研究は，組織的な實驗によつて種々なる條件の影響を詳細に調査し，同時に組織的な研究によつて，複雜なる條件を有する技術的な生産方法を明かにし，以つてこれらの進歩改善に資したのである．

脱酸劑に依る熔鋼中の**酸素の除去**は，鋼材の品質に對し決定的意義を有する．トーマス製鋼法の研究の際脱酸に使用したフエロマンガンの種類（了熱せるもの，或はせざるもの，又熔融狀態のもの）の影響を調査した結果，製錬した鋼の含有酸素量は，了熱或は熔融狀態のフエロマンガンを使用した場合の方が，了熱せすに添加した場合よりも少ないことが判明した．變壓器用鋼板のワツト損失と酸素含有量の關係は，變壓器用鋼板製造の際の脱酸過程の研究によつて明となつた．然し取鍋內に於ても，鋼の組成は，熔融せる鋼滓との反應によつて變化するから，鋼材の品質は，種々の條件によつて影響をうける．このことは，鹽基性爐にて製錬せる熔鋼の鑄造取鍋中に於ける組成の變化に就て行つた研究によつても認められたのである．

以上の脱酸及び操業方法の問題に關する研究の外に重要なる研究として，**製錬中に於ける硫黃の擧動，鑄鐵並びに鋼の脱硫**に關する試驗を行ひ，この現象に於ける主なる反應及びその結果に就て明かにした．これによつて，特に鹽基性鋼滓による鋼の脱硫は，マンガンよりも石灰によつて著しく効果的に行はれることが確認せられた．

酸性及び鹽基性爐による鋼に於ける一般工業上重要な合金元素の**冶金學的擧動を說明**せんとする系統的な研究は，先づ第一に**クロム**及び**ヴナヂン**に就て行はれ，クロムに關しては獨逸に不足せるこの原料の効果的，經濟的使用方法の問題を，又ヴナヂンに關しては，獨逸の鐵鑛石中に少量含有せられてゐるヴナヂンの回收及びヴナヂン合金鋼としての廣範圍な利用方法等を探究したのである．この結果，特に重要なることは，クロムはは還元性熔鋼中に於て，單獨に一般に知られてゐた如き高原子價狀態にあるのではなく，大部分は酸化クロムとして鋼滓內に混入することである．

研究所の特殊な研究としては，**無心誘導電氣爐**の發明がある．この研究は，1924 年に着手せられた．これは，從來顧慮せられなかつた，火花放電によつて發生する高周波電流を利用せんとする獨創的な計畫に基くもので，無線電信によつて發達した發電機を使用し，爐の構造は，電氣的に又製作上種々の考察を施し，製造に成功したのである．この爐は，今日では研究室には第一番に設備すべき必要不可缺の裝置となり，簡單な操作で所要の含有成分量のものが確實に熔製出來，その熔解量は，數瓦より 50 瓲に到る迄行ひ得るのである．猶今日操業を行つて居る處では熔解量 300 瓲に達するものもある．この爐を利用することによつて，熔鋼と鋼滓間の製鋼に於ける反應を行ふことが出來，實驗室內で實際操業に於けるが如き研究をなし得たのである．同時に其の後工場には大型の高周波電氣爐が設備せられることとなり，最初には研究室で靜かに豫想して居つたことが實現するに到つた．この高周波電氣爐の著しい特徵は，熔融金屬が激しく攪拌せられることで，この點製鋼に關する系統的な研究に適するか否かと云ふ疑問が生じた．そこで其の後製錬過程及び燐，硫黃の如き鋼に附隨する好ましからざる元素の除去等に就き，操業爐と同樣に實驗室で種々の條件の下に研究せられた．

この問題が解決せる後，高周波電氣爐が實際の製鋼操業に特に長所を有すると云ふ本質的の

特徴が認められたのである．特に熔解條件を重要視する場合には，この爐によつて，鋼及び合金を製造すれば充分にその目的を達することが出來る．從來，**發電機用及び變壓器用材料の製造**或は **工具鋼及び高速度鋼** 等に關する優秀なる研究は，一部は研究室，一部は製鋼所に於て行はれたのである．特に良質の高速度鋼は，適當な操業條件を注意して熔解することにより得ることが出來た．斯の如き研究の發達の外に，高周波電流による熔解法の進展も引續き行はれた．例へば眞空熔解法及びこれに對する適切なる爐が發明せられたのである．

これらの研究により非常に重要なる結果が得られた．この結果は，良好なる性質を有する鋼の製造法に對する指針となり，高周波電氣爐の場合のみならず，他の操業爐の場合にも適用し得るものであつた．この効果的な製造方法は，更に實際操業によつて確立し得たのである．

長期間に亙つて，**鋼材の性質に及ぼす製鋼法の影響**に就て研究せられた．同組成の**酸性及び鹽基性平爐鋼に就き比較試驗**を行つた結果は，普通の機械的試驗法に於ては兩者の間に著しい差異は認められなかつた．同樣の意味により，鎭靜鋼と不鎭靜鋼に就き特殊の目的に對する使用價値を比較した．**鋼の被加工性に對する鎭靜の影響**を詳細に研究し，鋼の被加工性は，鎭靜の狀況及び方法によつて決定せられるものであることが明となつた．鋼の製造方法及び鎭靜方法の外に，**鑄型內に於ける熔鋼の冷却方法**も亦鋼の性質に甚大な影響を與へるものであるから，先づ水冷式の鑄型を用ひた場合の研究より着手した．

鑄込まれた鋼塊は，完全に均一な組織になつて居らぬ．從つて各元素の濃度の差異を決定することが重要である．この問題には，鐵の附隨元素特に酸素の鋼の**偏析**に於ける擧動に關する研究，及び鋼材に於ける鎭靜の有無による偏析の研究が役立つたのである．

鋼材の性質に及ぼす製鋼操業の影響に關する一例として，特に重要なる問題とされてゐたのは，ニツケルークロム鋼に於ける**白點の發生**である．この原因は究明せられ，この缺點を除去し得る方法が得られた．斯の如く鋼の品質向上に對して極めて重要なる諸問題には，基礎的冶金學的研究により得られた結果の適用を特に心掛けてゐるのである．

機械加工部（部長：A. Pomp）

當部の目的は，**鋼の機械加工**に關する研究を行はんとするにある．鑄造せられた鋼塊より，所要の製品を製造する加工方法は非常に多種多樣であり，而してそれに應じて熱間或は冷間加工方法が實に夥しく存在するのである．

加工部の研究は，金屬材料の加工變形の過程を對象とするもので，實際的な加工に於ける諸過程を究明し，廣範なる研究によつて，**粘性狀態に於ける材料力學**の進展に寄與せんとする目的を有してゐる．即ちこの目的は，粘性變形の問題を，彈性變形が彈性學によつて解決せられる如く，數式的に處理せんとするものである．

種々なる加工方法を總括した一元化せる處理方法を得るためには，先づ粘性的狀態の變形に

適應し得る一般法則を確立する必要がある．この變形に關する根本問題の解決及び變形によつて生ずる應力の考察は，**鍛造及び壓延の際の應力**の研究に關聯を有し，これによつて鍛造及び壓延に於ける應力狀態及び彈性並びに粘性變形に就て調査することが出來た．

加工の際の變形抵抗及び變形效果の調査に關する廣範なる研究が，熱間及び冷間壓延，線引，穿孔及び深絞り作業等に就て行はれた．この結果加工の際の合目的的な工具の形狀及び管理方法等に關する重要なる基礎を得ることが出來た．更に加工に伴ふエネルギー消費量に關し，個々の場合に就て調査し，又外力の作用のみでなく綜合的なる應力分布の關係を研究した．この研究によると，線引の例を示せば，線引に必要なるエネルギーは次の如く分類し得る．即ち利用し得るエネルギーとしては，材料とダイスの摩擦に消費せられるものがあり，殘餘のものは，附隨的變形のために材料內部で消費せられるのである．線引の際にダイスの角度を增大せしめると，外部に對するエネルギーの消費量は減少し，內部のエネルギー消費量が增加する．從つて各材料に就き，又各種の斷面減少に就き，加工中のエネルギー消費を最少ならしめるダイスの角度が存在することが明となつた．

線及び管の壓延に於ける詳細なる**變形機構の研究**は，試驗片を中央より長さの方向に切斷し，その斷面に四角な網目を畫き，この網目の變形によつて調査した．これによつて前述の加工變形の場合と同樣に良好な結果を得た．ロールと壓延材との接觸面に於ける**應力分布狀態**は，直接これを測定することに成功したのである．**ロールの間で**，鋼材に效果的に直接掛かる壓縮力は，ピエゾ電氣を利用した壓力測定器をロールに取付け，これによつて測定せられた．他の研究としては，**スティーフェル式圓盤穿孔機**による**穿孔**作業に於ける材料の變形に及ぼす，穿孔圓盤の位置及び誘導裝置並びに穿孔溝に於ける心金の位置等の影響が調査せられた．更に穿孔心金の耐久性に及ぼす，使用鋼材の材質及び操業條件の影響も研究せられた．其の他帶鋼鈑壓延の際の**材料の流動に關する摩擦の影響**に就ても研究せられ，型鋼壓延及び鍛造の場合に於けると同樣明かにせられたのである．壓延溫度の，摩擦及び壓延擴りに及ぼす影響は，線材工場の熱間壓延試驗及び高溫の帶鋼鈑壓延によつて明かにすることが出來た．又鋼の壓延の際ロールの孔型に於ける變形抵抗は，操業中の壓延壓下率の測定によつて決定した．これは新しい壓力測定器の利用により成功したものである．又**押拔鋼管製造の際の過程及び應力の狀態**に關する研究，及び**大型繼目無鋼管の新磨管法**に關する變形過程の研究等も行はれた．**深絞り作業**に就ては，その應力狀態と所要外力が明かにせられた．

他の研究部門としては，材料試驗を對象とするものがあり，これは，**材料の粘性的變形に伴ふ材料の機械的性質の變化**を研究した．從つて，鋼鈑に就て，その機械的性質，時效感度及び金屬組織に及ぼす壓延度，壓延溫度及び熱處理の影響が詳細に研究せられた．同樣な研究は，繼目無鋼管の熱間壓延の場合に就ても行はれた．又**冷間加工**に伴ふ機械的性質の變化に關しても詳細な試驗がなされた．斯の如く，系統的な研究が，線材製造，鋼管製造及び帶鋼，帶鐵並

びに薄板の冷間壓延等に就て遂行せられたのである．**材料の熱處理**は冷間加工と關聯して特に重要なものである．この方面の分野に於ては，この研究室の研究は相當價値ある貢獻をなした．今その研究題目のみを擧げれば，極軟炭素鋼の粗大なる結晶の再結晶に關するもの，冷間製造せる繼目無鋼管の性質に及ぼす加工前の熱處理の影響に關するもの，鋼線の低溫燒鈍に關するもの及び電氣鐵板の燒鈍に關するもの等である．猶**特殊鋼の熱處理**及びこれによる機械的性質の變化に關する廣範な研究も行はれた．更に冷間加工と關聯して，屢々重要なる研究のなされたものとしては，**時效現象**がある．これに關する諸研究の內あるものはこの現象の探究に重要なるものであり，又あるものは工業的加工方法による性質の變化を調査したものである．**壓延直後の軌條の常溫及び燒戾時效による特定の性質の變化**に就て系統的な研究が行はれ，適當な溫度に燒戾をすれば，强度の變化は起らずに加工性を著しく高め得ることが認められたのである．

化學部　（部長：P. Bardenheuer）

冷間加工の際に重要なる操業過程の一つとして**酸洗**がある．酸洗の際材料內部に水素が分子狀態にて浸入し，その水素は，室溫では殆ど鐵中には擴散せず，氣孔或は瓦斯介在物として非常に大きな壓力を有して居ることが簡單なる試驗によつて明かとなつた．特別の研究によつて，酸洗或は陰極的な水素發生に起因する**鐵中の水素の除去**の條件が明となり，鋼中或は酸洗溶液中に，瓦斯狀の水酸化物を形成する樣な元素が存在すれば良いと云ふことが結論せられた．材料內に高壓の下に存在する水素は，**酸洗による氣泡**の發生，即ち鋼材の表面が一部膨上る原因となり，この氣泡は，强激な酸洗の際或は强激な酸洗を行つた後の加熱の際に帶鈑及び薄板等に特に出現するものである．

鋼の**水素脆性**の原因に就ても廣範な研究が行はれ，これを明かにした．酸洗，或は水素雰圍氣中に於ける加熱によつて鋼中に浸入した水素は，非金屬介在物として，例へば結晶粒間の如き小さい氣孔中に存在し，大なる壓力を保有する．これは，組織的には材料內の缺陷となつて，結晶粒間の龜裂を示し，機械的性質に著しい惡影響を與へるのである．この研究は，薄肉鋼管の接合部に見られる如き**鋼の鎖接脆性**の原因も明かにしたのである．この現象は，自轉車，自働自轉車或は航空機等の枠構造にも起り，從來その原因は不明とされて居つた．斯の如き缺陷の原因を探究すると同時にこれらの缺陷の除去方法に就ても研究せられた．即ち，强激なる酸洗を行つた材料は，接合する前に適當なる熱處理を行ひ，結晶粒間の攪亂狀態を完全に回復せしめれば良いのである．水素の吸收に就ては，その重要性が他の研究者達によつても最近特に認められるに到つたのである．

分析化學は，最近の製鋼法の發達に伴つて，その要求を滿すべく非常なる努力を續けた．高級鋼材の製造に當つては，製鍊は，化學分析の結果を基として，長時間行はれ，適正なる添加物を必要量投入してその鋼材組成を一定ならしめるのである．從つて各種元素の分析を短時間に行ふ必要があり，長時間を要する分析法は，製鋼操業には價値なきものである．分析法としては，迅速性と共に分析結果の精度高きこと及び一般的應用性を有するものが望ましい．それは，鋼の化學組成は非常に僅少な變化をなすので，單一元素に行ふ他の定量法では判別し難いと云ふ理由に由るものである．

特定元素を迅速且確實に定量することは，その際他の附隨元素の影響を除去することで，この方法は，鐵冶金研究室に於ける物理的及び理論化學的方法の應用によつて實行し得ると考へられた．**分析研究室**（主任：G. Thanheiser）では，この點に就て特に注意を拂ひ，鋼の**電位差滴定法**による定量分析法に關して多くの試驗を行つた．この方法では，反應の終點を決定する個人誤差を除去することが出來，又一種類の溶液で種々なる元素を定量し得る．その結果，この方法によりマンガン，クロム，ヴナヂンを單一操作で分離せずに短時間に正確に定量し得ることが明となつた．更にこれを基礎として，鋼中のモリブテン，コバルト及び硫黃，フェロクロム，フェロヴナヂンに於ける鐵，クロム，ヴナヂン等の定量方法を研究した．鋼及び鋼滓中のヴナヂンの定量は，迅速法が發見せられ，從來の分析方法に比し，著しく所要時間を短縮した．又鑛石，鋼滓及び鎔劑中に於ける硫黃の新定量法も發見せられた．この電位差滴定方法は，製鋼所の研究室の如く，常に非常に多くの定量分析を行ふ處に特に便利であることが認められたのである．

重量分析法にも，迅速な方法を得んとして，**沈澱反應に及ぼす震蕩の影響**に就て研究を行ひ，この操作によつて反應を促進せしめ得ることが證明せられた．

鐵に附隨する微量含有物の分析は，非常に困難なものであつた．低炭素材料に於ける炭素の定量は，少なくとも一萬分ノ一パーセント迄精密に行ふ必要があり，これは，普通の分析方法では不可能であつた．そこで**炭素の定量法として酸化バリウム法**を完成し，これによつて目的を達することが出來た．他の物理的定量方法例へば**分光分析法**の如きも研究せられ，鋼中の微量分析を完全に確立し，正確に定量し得るに到つた．

最近の鐵冶金研究室の研究は，**鋼の瓦斯分析**即ち鋼に含有せられてゐる水素，酸素及び窒素等の定量分析法の進展に注がれてゐる．これらの瓦斯は，熔鋼と操業中に絕へず接觸してゐるのであるから，如何程の瓦斯，特に酸素が鋼中に含有せられてゐるか，又これによつて鋼の性質が如何なる影響を受けるものであるかと云ふ問題が，根本的に重要性を有することは當然である．**鋼中の全酸素量の定量法**の研究は，この研究室で特に活潑に行はれ，種々なる事柄を考慮して，正確なる定量法の曙光を見出すことが出來た．酸素は，鋼中に於て，鐵，マンガン，珪素，アルミニウム等の種々なる元素と化合してゐる故，全酸素量の定量のみならず，各々の酸化物に就ても定量を行ひ，鋼中の酸素の作用を考察することが重要である．**鹽素法**に就て詳細なる研究を行ひ，**珪酸**及び**酸化アルミニウム**の完全な定量法を確立した．斯の如き酸素定量法の進步，發達は，實際操業にも亦冶金學上の研究にも大なる貢獻をなしたのである．**水素及び**