

263.7
84



始



IF1K65

263-84
7



大嶋鎮治著

理科教授の原理

東京 株式會社 同文館藏版

大正
9. 8. 24
内交

序言

我が教育界に於ける理科教授革新の要望は既に三年前より叫ばれて居るのであるが、大正七八年頃は其の絶頂にあつたやうに思はれる。而して今や其の聲は漸次中央教育界より遠ざかり、邊輒に尙ほ其の餘波が残つて居るといつた風である。將に昨日の問題として取扱はれやうとする理科は既に革新の實績を擧げて前途洋々何等難關なしとして樂觀すべきであらうか。私は理科教授の趨勢が今日に到れる事情、其の経過を観察して感慨なきを得ない次第である。回顧すれば理科教授に對する我が教育界の輿論ともいふべきものは決して堅實徹底したものでなかつた。適々世界的の思潮と大勢とに促されて我が官憲先づ動き、政治家之に賛し、上局の指導其の當を得て、所謂一瀉千里の勢を以て、各階級の學校に革新の聲が傳播したに過ぎなかつたのである。唯上からの刺戟力に反應してこゝに到つたもので割合に教授の實際に當つて居るものゝ感奮や自覺が伴つて居らなかつた。従つて文政の方針、上局の獎勵、監督の行き届く間は何事も緊張して居るが、一度中央の手が緩くなるといつしか四方の聲は小となり、遂には消え失

せてしまふのである。或人は日本國民は徹頭徹尾官憲に支配さるゝ國民であつて世界中日本國民の如く自發的奮闘努力心に欠けて居る國民はないと評して居る。頂門の一針として吾人の大に反省すべきことであらう。かくては政府の力、上局の後援のある間は随分盛にもなり、發達もするが、其の力の薄い所又は全然及ばない所には何事も改善の施されやうがない。殊に教育事業の如き百年の大計に待つべきものに於てはかくの如く熱し易く醒め易き不徹底の革新は何等内容ある結果を運ばないで、唯皮相上の改革、形式上の革新に止まつてしまふ。理科教授の如きは將に此の運命に會ひつゝあるものでなからうか。

今や我が中等學校は有形上では到る所立派な實驗室を建設せられ、實驗上の諸器械も中々完備されたやうであるし、小學校では一足飛びに兒童實驗が大流行となり、兒童實驗の伴はざる理科教授は更に其の價値なきものゝ如く思はるゝやうに進んで、理科教授上何等悲觀すべき點を見出さないやうであるが、少しく其の教授の實際を視察したる者には甚だ遺憾とすべき事實を發見するのである。第一に我が教育界は未だ満足すべき理科教師を有つて居らぬ。たとへば充分でもよいとして、數に於て非常に不足を告げ、中學校では生徒實驗の指導に手が行届かず、折角建てた實驗室も利用されないといふ實狀であつて、未だ教師の素養を吟味すべき程度に達

して居らない。又小學校に於ては兒童實驗を指導するに足る素養と訓練とを有つて居る教師は甚だ少いといつてよい位である、尤も今までの師範學校は此の點に就て定見を有つて實行して居らなかつたのであるから今日あるは止むを得ざる結果であらう。第二設備上から見ても小學校は聲のみ大にして其の實は意外に貧弱なものである。三萬の我が小學校中兒童實驗を實施し得るだけの實驗室ラボラトリーを有つて居るもの果して幾何かある。第三に制度上に於ても我が邦の小學校等では適切なる理科教案が未だ考へられて居らない。教材や、時間の配當、受持制度の如きは唯官製の教材に没頭し、法令上の解釋を専らとする以外には多く出て居らぬ實狀である。煎じつむれば、我が邦理科教授の實際は唯其の必要の叫びがあるのみであつて、内容には幾何の進歩も遂げて居らぬと思ふ。之から内、國民性の由來に考へ、外、世界の趨勢を察し、我が邦の立場として特に理科教授の必要なる所以を自覺し、確信し、徐ろに眞面目なる發達向上の實績を挙げねばならぬ。一波起て萬波誘はるゝが如く、それ理科が必要だ、體操が急務だ、次は社會科だといつて無秩序に一夜作りの案に雷同するやうでは決して健全なる永久的の發達は遂げられまい。殊に理科は其の學科の性質上模範的進歩の計畫を實行せられんことを切に望む次第である。

理科教授革新の第一歩として、一に優良なる教師、二に完全なる設備、三に適切なる制度を

調ふるにあることは論ずるまでもないのであるが、就中其の中心點は教師の素養にあることに重きを置かねばならぬ。理科室が理科を教授するのではない、實驗室が實驗を指導するのではない。専ら理科に關する豊富なる知識と、教授法の研究に熱心なる教師とを得て初めてそこに價値ある理科教授ができるのであるから理科教授革新の中心點は一に教師の素質にありといつてよいのである。設備の如きは學校の事情と地方教育費の支出力とに伴ふて何時でも完備の域に達することができる、又制度の如きも教育社會の輿論が強くなつて、此の制度を改めねばならぬとあつたならば當局者を動かして改廢もできるのであるからさして憂ふるに足らぬ。唯教師の素質改善に至りては其の關係する所頗る廣く、容易な仕事ではない。第一に理科教師としてどれだけの知識修養を得て居らねばならぬかといふ調査ができ、其の學識補充養成法に及ばねばならぬ。第二に其の養成機關の完成を期すると共に、そこに教師たる人々を訓練して以て理科教師の模範人物たらしめねばならぬ。従つて其の努力に對する優遇昇進の途も講ぜねばならぬ事情も起つて来る。かくて方法上の調査ができ、實行に着手するとするも若干年の後にあらざれば其の成績が現はれて來ないのであるから理科教授革新の如き事業は決して早急に其の目的を達せらるゝ性質のものではない。

さて理科教師の素養として何が最も緊要であるか、又現今の理科教師に最も望ましき要件は何であるかといふに、私は教師が理科に對して今少しく高き見識を有すること、各教師が理想を以て仕事に従事するやうにありたいといふことを心底から感じつゝある者である。現今の教師は教材に關する知識が乏しいといふ非難もある。されど之は程度問題であつて、相當に参考書や教材解説書の備はつて居る學校では必ずしも知識の不足を訴へないと思ふ。寧ろ知識が豊富に過ぎての結果にや（之は語弊はあるか）却て生徒に難硬不消化なる多くの事項を授けんとし、生徒をして其の受納に苦ましむる所に缺點が現はれて居るとも評しやうか。之即ち知識よりも理科教授に對する見識の足らざる一表現ではないか。私の視察したる範圍の地方に於ても教師は多くのことを知り、多くのことを調べ多くのことを準備せるに驚きたる場合が多かつたけれども一見識を以て實行する所の自信ある教授は甚だ稀なることを感じたのである。勿論教授に對する見識は豊富な知識があつて其の中から生るゝことを考ふれば、先きの知識なるものは洗練されない皮相のものなりともいへるが、之に對する用意、即ち理科教授法の研究が未だ體系を整へて居らぬことが一の原因であると觀察しつゝあるのである。私は高き見識は最良の教授法であると共に、最上の教授法は高き見識を養成するに足るものであらねばならぬと信

ずる。

今日まで理科教授法に屬する著書は我が邦でも可なり多く、殊に最近に於ては各々特色ある新刊書を夥しく見たのであるが、それ等は或は國定理科書使用上に關する精細なる心得を記し、或は兒童實驗法を中心として其の指導法、取扱方を論じ、或は歐米の理科教授を紹介し、或は教授に關する沿革、學說の紹介を主としたる等であつてそれ／＼教育界に歡迎されつゝあるのである。されど理科教授法としての體系其のものにつきては何等捕へ所なく、未だ一定の組織系統ができて居らぬやうである。之は今日まで吾人の努力がこゝに及ばなかつた結果であつて甚だ遺憾のことと思ふ。而して自分は理科教授を革新する爲めには各教師が理科に對する一見識を有つやうに至るべき科學的教授法の組織を企つることの急務なるを感じたのは昨今のことではない、抑も我が教育界に革新の聲の叫ばれた最初の日であつたのである。

サイエンスとしての理科教授法には、緒論にも述べた通り、三要素として三つの方面の内容を論究せねばならぬ。一は理科の背景となつて居る自然科學其のものゝ本質、現今の科學が許容して居る各事項の意義を明かにするための科學的原理を學ばねばならぬ。二は自然科學の發達に伴ふて其の教授が學校の教科の中に現はるゝに到つた史的觀察で、科學が如何に各時代の

社會生活、國家の消長と人間の思想とに影響したかの因果關係を知り、以て將來の方針に對する定見を養ふことに資せねばならぬ。三は廣い教育觀から理科教授の職能と其の内容とを論究し、以て教育の目的に調和すべき理科教授の建設に向はねばならぬ。殊に第一の方面は之までの理科教授法では多く顧みられなかつた。多分之は論理學の仕事であると思へられた結果であらうけれども、苟くも理科教授の方法として實驗觀察推理するといつても、これらの科學的根本原理を明かにせずして如何で教授の進行ができやうか。之は論理學にあることであるからといつて放任すべき性質のものではない、理科教授に適用すべき科學的原理として別に研究すべき重要な一編を成すのである。私はかくして大膽にも理科教授法の組織にまで進む一步として上記の三方面から研究を進めた結果本書となつた次第である。論理學、哲學史、教育史、教育學、心理學などの知識を藉りてこゝに教授法の組立てを試みたのであるから固より絶対に獨創的のものではない。されど材料は有りふれたことであつても、そこに新しい排列を與へ、新しい組織を附け之によつて將來に期すべき方針を示すことゝなるならば之亦一種の創作であるといつて差支あるまいと思ふ。此の意味に於て本書は今日まで世に現はれたる理科教授法に對し、一の新しい系統に立てるものと信ずる次第である。既に述べたる如く、本書の編纂は現時

の理科教授革新の要望に對し、其の根柢たるべき知識を明かにし、教育者として一見識を以て飽くまで其の仕事の改善に従事して貰いたいといふ志から起つたのである。かくて本書が理科教授革新の事業に對し幾分なりとも裨益する所あらば、自分の教育界奉仕の幸を甚だ欣ぶ次第である。

大正九年秋九月末

著者識

理科教授の原理

目次

緒論 理科教授と自然科学……………

- 一、理科の意義——教則上の理科——歐米小學校の理科——學校科學
- 二、自然科学の意義——自然とは何ぞや——科學とは何ぞや——知識とは何ぞや
- 三、自然科学の分ち——ヴントの科學分類——自然科学諸分科の領分——物理學——化學——生物及び無生物に關する科學
- 四、自然科学の使命——科學の本質的目的——科學の現實的目的——科學の教育的意義——科學と人生觀
- 五、理科教授の根柢——理科教授の科學的基礎——理科教授の歴史的基礎——理科教授の教育的基礎

第一編 理科教授の根柢としての科學的原理……………

第一章 自然科学の公理……………

- 一、自然科学の出發點——性質——物自體——感覺と實在の本性——科學的事實——哲學上の實在

- 問題——法律學上の物
- 二、科學の公理——同一律——矛盾律——拒中律——理由の原理
- 三、因果律——因果律の四形式——因果の量的關係
- 四、科學構成に關する精神作用——科學創造の精神作用——比較——想像——科學構成の高等精神作用——概念——斷定——推理

第二章 科學的推理……………四二

- 一、科學的推理の本質——體系的知識——推理の原則——等しきもの——類似せるもの——類似を發見する手段——推理の三形式
- 二、演繹的推理——直接推理——定言的三段論法——假言的三段論法——選言的三段論法——演繹的推理の眞偽
- 三、歸納的推理——歸納的の意義——歸納法の根本問題——過去より未來、已知より未知を豫言し得る根據
- 四、演繹と歸納——演繹と歸納の關係——知識取得の途
- 五、比論推理——比論の意義——比論と發見——比論の價值
- 六、科學的研究法——證言——變類——説明——檢證

第三章 觀察及び實驗……………六五

- 一、觀察と實驗との區別——實驗的觀察法

- 二、觀察の要件——虚心平氣なる觀察——有りのまゝの觀察——多方面なる觀察——意識せる觀察
- 三、觀察の限界——觀察の方便としての器械
- 四、實驗の論理——定性的と定量的の實驗——歸納的と演繹的の實驗——實驗の境遇——實驗の要件
- 五、ミルの科學的分析法——一致法——差異法——一致與異併用法——共變法——剩餘法

第四章 測定法……………八二

- 一、單位——測定の標準——人爲的及び自然的標準——補助單位——誘導單位——量單位の簡單化
- 二、三基本單位——三基本觀念——時間の單位——長さの單位——質量の單位
- 三、測定法——測定と器械——測定と感度——感覺の誤謬——精密なる測定法
- 四、誤差消去法——逃避法——差異法——校正法——補正法——轉倒法
- 五、近似の理論——法則の近似的性質——法則及び説明の假說的なること——器械の誤差——逐次眞境に近づくこと——近似の數學的説明——等しきことの種々なる意義——等號に就て

第五章 分類、概括、及び蓋然度……………一〇五

- 一、分類の意義——分類の心理——分類の基礎
- 二、自然及び人爲分類——分類の要件——二肢分類
- 三、概括——概括の意義——概括と比論の差別——概括の注意
- 四、統計的研究——統計的研究の價值——平均
- 五、蓋然度——蓋然度の意義——自然現象と蓋然度

第六章 假説 科學の法則……………一二二

- 一、假説の意義——ドルトンの原子假説——假説の眞諦
- 二、假説の要件——假説と演繹的推理——假説と法則——假説より演繹されたる結果と事實
- 三、假説の使用——對立せる假説——光の射出及び波動説——決定的實驗——假説使用の注意
- 四、科學の法則の意義——自然の法則と國家の法律——科學の法則の起源——科學の法則と人——科學の法則の分ち
- 五、科學の法則の進化——惑星運動に關する法則の進化——重力の法則——進化の行程

緒論及び第一編參考書……………一四一

第二編 理科教授の根柢としての科學及び科學教育史概観……………一四七

第一章 古代の科學及び科學教育……………一四七

- 一、原始人の知識——人類創造時代の智力——原始人知識の特色——言語の起り——應變と淘汰——構成的思考の始まり——進歩の過程
- 二、古代人の知識——カルデア人の知識——埃及の文明——古代支那の文明
- 三、古代希臘と科學——古代希臘人の特性——古代希臘の科學
- 四、希臘哲人と科學——タレイス——ピタゴラス——ソクラテース——プラトーン——アリストタレイス——アリストタレイス以後の學者
- 五、羅馬と科學——希臘人と羅馬人の特性比較——ルクレシアス——ボリオとセネカ

六、古代の科學教育——希臘の教育——羅馬の教育——古代基督教教育

第二章 中世紀の科學及び科學教育……………一七二

- 一、亞刺比亞と科學——中世紀の特色——亞刺比亞の化學——亞刺比亞の物理學
- 二、基督教會と科學——基督教の教理——羅馬教會と科學——僧院學校と科學
- 三、スコラ哲學と科學——スコラ哲學の目的——スコラ哲學とアリストタレイス——ローヂヤ、ペーコンと科學——佛蘭西に於けるスコラ學徒の活動
- 四、中世紀の科學教育——中世紀教育の特色——大學及び市民學校の創立——猶太人及び亞刺比亞人と科學教育

第三章 近世の科學及び科學教育……………一八四

- 一、文藝復興と科學——文藝復興——海上の發見と科學——太陽中心説——自然科學諸分科の獨立——科學の應用
- 二、文藝復興と科學教育——人文主義と科學教育——エラスムス——ネアンデル——科學教育の振はざりし原因
- 三、ペーコンと科學新研究法
- 四、ガリレオと新科學
- 五、ニュートンと現代科學——ニュートンの略歴——ニュートンの事業——ニュートンと科學研究法

六、第十七、十八世紀に於ける自然科学の進歩——物理学——化学——ラヴオアジエーリンネー
——ワット

七、第十七、十八世紀に於ける科学教育の勃興——ラブレール——モンテリン——ペーコン——科学
教育に対する輿論——コメニウス——ルッソー——獨逸啓蒙思潮の教育に及ぼしたる影響

第四章 現代の科学及び科学教育……………二二一

一、第十九世紀前半の科学——世紀前半に活動せし科学者——科学發達の特色——物理学の發達——
——化学の發達——地質礦物の諸分科——生物学の發達——學會の創立

二、第十九世紀前半の科学教育——科学の通俗化の原因——新人文主義と實科主義の対抗——ベス
タロッチと科学教育——ディースタルウエヒと理科教授——實證主義の哲學と科学教育——學校
の科学

三、第十九世紀後半の科学——エネルギー不滅の法則——熱の動力説の勝利——永久瓦斯の液化——
——光の電磁説——ヘルツの發見——電氣時代——レントゲンの發見——獨逸化学の勃興——理
論化学——元素及び化合物——結晶學の進歩——進化説の出現

四、第十九世紀後半の科学教育——世紀後半に於ける理科教授の特色——スベンサーと理科教授——
——ハツクスレーの意見——獨逸に於ける理科教授改革意見——コンラードの意見——バイヤー
の意見——ロスマスラーの意見——自然科学主義の理科教授——折衷説——世紀後半に於ける
學校教育と理科

五、物理化学實驗室の發達——實驗の創始——最初の實驗室——リービッヒの實驗室——ケルグイ

ンの實驗室——巴里に於ける實驗室——米國に於ける實驗室——國民實驗室

六、第二十世紀の科学及び其の傾向——ラヂウム發見の科学に及ぼしたる影響——物質觀——ラヂ
ウムの放射線——陰極線の性質——電氣物質觀——エーテル觀——エーテルと物質との關係——
——科学の傾向

第五章 我邦理科教授の沿革……………二五八

一、明治前半の理科——明治以前の教育——科学的文明崇拜の風潮——文部省獨立と理科教育——
明治五年制定の小學校令と理科——明治十二年の教育令と理科——英國風の教育書と理科——
開發教授法

二、明治前半に於ける中學校の物理化学

三、明治後半の理科——森有禮と教育の改革——明治十九年改正小學校令と理科——理科教科書——
——明治二十年代の教授法——明治三十三年の小學校令と理科教授の要旨——明治の二大外戚と
理科教育——國定理科書の刊行

四、明治後半に於ける中學校の物理化学——理化示教——新物理學書——新化學書——教授法の進
歩——明治四十四年の改正令

五、大正時代の理科——世界戦争の影響——理科教授革新の大勢——我邦に於ける生徒實驗問題——
物理及化学生徒實驗要目——大正八年の改正——小學校の理科革新

第二編參考書……………二九二

第三編 理科教授の根柢としての教育原理……………二九七

第一章 社會生活と理科……………二九七

- 一、社會生活と自然科学——産業革命——社會生活の不安と科學——ペーコンのノブ、アトランテ
ヌに現はれたる思想——階級戦争と科學——社會政策と科學
- 二、社會本位の教育と理科——社會本位の教育——社會的職能としての教育——學校教育の任務——
職業と理科

第二章 創造教育と理科……………三一四

- 一、創造の意義——相對的創造——創造と模倣——我國民性と模倣——創造教育の可能
- 二、創造教育と理科——創造教育の任務——創造教育に對する理科の使命——創造と感覺の鋭敏——
創造と想像
- 三、作業主義の教育と理科——創造教育と作業主義の教育——作業主義の起れる原因——作業主義
による理科教授——理科と手工科

第三章 人格教育と理科……………三三一

- 一、人格教育の目的——在來の教育思潮と人格教育——學術界の新趨勢と人格教育——現代社會の
傾向と人格教育——人格教育の立脚地
- 二、人格教育と理科教授——品性陶冶と科學——理科の蔑視さるゝに至れる原因——理科の修養的

第四章 理科教授の教育的職能總括……………三四二

價值——自然と人事の相互關係——人格教育と理科教授の調和

- 一、科學的知識と理科——知識の分ち——近世の知識觀——科學的知識に關する問題——準備とし
ての知識——實際的知識——實科的知識の人文的價值——理科教授に於ける知識——兒童の經
驗的知識
- 二、科學的訓練と理科——訓練の意義——科學的訓練——科學的習慣の養成——科學的習慣の價值
論理的思考法の訓練——論理的思考の價值——兒童の思考
- 三、科學的理想と理科——科學的理想——科學的精神の養成——理科教授と徳的陶冶——理科教師
の人格的感化
- 四、自然美鑑賞と理科——セネカの自然觀——自然の美觀——自然美鑑賞者の乏しき原因——自然
の感化
- 五、總括

第五章 理科教材論……………三八四

- 一、自然科学諸分科と理科教材——教材の位置——教材と教師の素養——現時の理科教材——博物
教材と理化教材
- 二、教材選擇の問題——教材選擇の傾向——教材選擇の心理的條件——理科の基礎教材——日常生
活と教材——科學的理想と教材——新奇なる教材

三、教材排列の問題——教材の統合に関する諸説——獨逸國民學校に於ける理化教材——排列問題の結論

四、教授細目の問題——細目編制に関する二見解——教授細目の具備すべき要件

第六章 理科教法論

…………… 四〇四

一、講義式教授の任務——理科教授の形式——講義式教授法の出発點——教授に於ける教師の地位 教授の理想

二、講義實驗——講義實驗の通弊——講義實驗の處分——觀察の自由

三、觀察旅行——觀察旅行の要件

四、實驗室作業——實驗室作業の意義——實驗室作業の眞髓——我邦現時の小學校に於ける兒童實驗——實驗室作業に於ける教師の任務——良き實驗室作業の特性

五、發見的教授法——發見的教授法の沿革——發見的教授法の眞髓——發見的教授法理化教授細目——發見的教授法による教案の一例

六、自學復習——從來の學習上の缺陷——理科教授に於ける自學——米國に於ける自學的學習——自學の習慣養成の要件

第七章 理科教授設備論

…………… 四四〇

一、一般原則——理科教室特設の必要——理科設備の根本問題

二、學校別による理科設備の方針——小學校の設備方針——中等學校の設備方針——理化學教授

設備に関する文部省調査案——師範學校の設備——中學校の設備——高等女學校の設備——實業專門學校の設備

三、理科室内の設備——理科室の區域——理科室の様式——窓——暗室裝置——教師机——生徒机——黑板——戸棚及び藥品棚——圖表掛及び書架——洗滌場——水の供給——電氣の供給

第三編 參考書

…………… 四五九

索引

理科教授の原理

大島 鎮 治 著

緒論 理科教授と自然科学

一 理科の意義 理科といふ言葉が我が教則の上に初めて現はれたのは、明治十九年彼の有名な森文部大臣の時に發布になつた小學校令の中であつた。爾來連綿として今日に至るまで小學校の一教科となつて居る。其後高等女學校實業學校等の學科の中にも之を見るやうになり、學術の蘊奥を究むる大學にも理科を冠し、(今は改正されたけれども)常人の會話の間にも理科學理思想理科的などいふ言葉が盛んに使用せらるゝやうになつた。小學校の教科としての理科は明治三十三年八月文部省令第十四號を以て發布になつた小學校施行規則によつて其の意義及び内容を明かにすることができる。其の第七條に曰く、



教則上の
理科

理科ハ通常ノ天然物及自然ノ現象ニ關スル知識一斑ヲ得シメ其ノ相互及人生ニ對スル關係ノ大要ヲ理會セシメ兼テ觀察ヲ精密ニシ自然ヲ愛スルノ心ヲ養フヲ以テ要旨トス

尋常小學校ニ於テハ植物・動物・礦物及自然ノ現象ニ就キ主トシテ兒童ノ目撃シ得ル事項ヲ授ケテ重要ナル植物・動物・礦物ノ名稱・形狀・效用及發育ノ大要ヲ知ラシメ又通常ノ物理・化學ノ現象及人身生理ノ初步ヲ授クベシ(明治四十年改正)

高等小學校ニ於テハ前項ニ準シ漸ク其ノ程度ヲ進メ特ニ重要ナル元素及化合物・簡易ナル器械ノ構造・作用・人身ノ生理衛生ノ大要ヲ授ケ兼テ植物・動物・礦物ノ相互及人生ニ對スル關係ノ大要ヲ理會セシメ女子ノ爲ニハ家事ヲ併セ授クベシ(明治四十年追加明治四十四年改正)

理科ニ於テハ務メテ農業・水産・工業・家事等ニ適切ナル事項ヲ授ケテ植物・動物等ニ就キ教授スル際ニハ之ヲ以テ製スル重要ナル加工品ノ製法・效用等ノ概略ヲ知ラシムベシ

理科ヲ授クルニハ成ルベク實地ノ觀察ニ基キ若ハ標本・模型・圖畫等ヲ示シ又簡單ナル實驗ヲ施シ明瞭ニ理會セシメンコトヲ要ス

之で以て小學校の理科教授の要旨より、教材の内容、教授法に至るまでの大體の方針を窺ふことができる。之によると理科は自然界に關する事物現象を兒童心身の發達、兒童教養の見地より考察して適當に選擇排列し、其の教授によりて教育一般の目的と調和せんことを期する一教科であるといひ得る。小學校の理科では自然科学を初歩的に又は系統的に教ふるといふ意味は少しも含んで居ないけれども、前に擧げたる女學校等の理科では植物學動物學化學物理學等

自然科学諸分科を初歩的に教授するやうになつて居り、普通に使用する理科なる概念には自然科学の意義が強く響いて居る。

理科は歐米の小學校では如何であるかといふに、日本のやうな一科を以て表はすべきものゝ有してゐない。郷土の自然界につき觀察を主眼とする理科初歩の教授には觀察科又は直觀科といふ名を附け、稍進みたる所では自然科(英米 Nature study 獨 Naturkunde)と名けて居る。之は我が理科に餘程接近して居るのであるが、博物教材を主とし理化教材の大部分は之を別に取扱ふとが其の異なる所である。歐米の小學校では何れも上級の方に於て物理及び化學教材を初等科學又は理化科(英 Science 米 Elementary Science 獨 Naturlehre)として教科を獨立せしめ、自然科と時間を別にして配當して居るのである。自然科は歐米の小學校では基礎的の教科として學校教育の出立點から之を課することを普通として居るが、其の要旨は我が理科に於ける如く自然物の研究によつて、自然物の各部分と全體との關係、自然物相互の關係、自然物と人生との關係を學ぶことになつて居る。又初等科學といふ方は物理初歩、化學入門といったやうな風に多少系統を整へた教科である。獨逸國民學校の教則要綱によれば、

理化科は(イ)工業商業家事等と連絡ある物理及び化學的現象の觀察、(ロ)それらの間に存する關係の把握、(ハ)自

然現象に關する知識を堅實なる基礎の上に置き、(ニ)事實より定律を導き之を現象の説明に適用し、(ホ)兒童をして自
力活動の人たらしむにあり云々。(千九百二年柏林組合同民學校教則要綱による。)

學校科學

之を以て見れば、我が小學校の理科は歐米小學校に於ける觀察科、自然科、理化科を網羅し
全般的の教科として時代の要求に應ぜざる原始的のものゝやうに見えるけれども、教育的には
含蓄ある一教科として適切なる名稱であると思ふ。即ち之によつて理科は學校科學又は教育科
學たることを意味し、學校の事業として教育の目的の爲めに採用さるゝ自然科學的教科である
と見るべきである。吾人は此の見解からして中學校や高等女學校の理化博物は勿論、實業の諸
學校に於ても普通教育的陶冶を目的とする該科の教授は齊しく理科教授と稱せんことを主張す
るものである。

二 自然科學の意義

自然といふ言葉は吾人の會話に瀕繁に用ひらるゝが、其の意味は人
により、又時と場所により同じからざる様である。第十八世紀に於ける佛の哲學者ルッソーは
「人は自然に歸れ」といつたが、其の自然は生具の能力や傾向を意味して居る。第十七世紀に於
ける奥の教育學者コメニウスは教授の原則として「教授は自然に則るべし」といつたが、其の

自然とは
何ぞや

自然は吾人の眼に影ずる森羅萬象を總體的に名けて居るやうである。元來英語のネーチュア
Nature又は獨語のナツール Natur は共に拉典語のナスコール Natur 即ち「生れる」といふことか
ら起つて居るのであつて、技巧により作つたものではなく、自らなつたものといふことを意味す
るのである。我が國語としての自然の字義も亦人力を須たざるの意である。而して自然を造物
者、神、吾人を司配する勢力、生を托せる世界といふ意味に使ふ如く、實質的に用ふる場合と、
物の先天的に定まれる順序、人力の如何ともすべからざること、赤裸々にして虚飾なきこと等
の如く形式的の使用法とに分つことができる。希臘人や中世紀の自然觀は自然を以て全く生命
を有するものと見做し、之を尊敬し、之を畏怖したのであつた。又近代新進作家の主張する文
藝上の自然主義は自由の世界を認めずして必然なる宇宙間活動の原則を承認し、研究的態度
を以て事物の純正なる客觀的描寫を行ふことを主義として立つて居る形式的自然である。理科
教授の對象たる自然即ち科學に冠せる自然は吾人の感官によりて其の存在を認め得るもの、即
ち認識の對象たる物體を總體的に意味する。換言すれば、吾人の經驗によりて客觀的に存在す
と認むる物の全體を包括して自然といふのである。吾人に感覺印象を運ぶ物が客觀的に存在す
るや否や又其の本質如何の問題の如きはこゝには無關係である。

自然に歸れといつたルツソ―は近世に於ける自然主義の思潮の淵源であるが、此の自然の意味には三つの方面が含まれて居るとコペンハーゲン大學教授ヘフヂンガが説いて居る。其第一は神學的的自然觀ともいふべきものであつて、神の創造したものである。第二は心理的自然觀であつて、吾人の官能に映ずる自然即ち耳目の感覺に見られる事物をいふ。第三は物理的自然觀であつて、精神の上に現はれる自然の傾向を其の儘に發達せしむることを自然と見たのである。けれども自然といふ言葉は極めて多種多様に用ひられたもので必ずしも此の三つの意味のみに限つて居ないやうである。最も普通に用いられて居る意味だけでも六通りに區別し得る。第一は主觀對客觀の世界としての自然。第二、精神界に對する物質界の意味。第三は理想に對する現實といふ意味の自然。第四、技巧に對する人為を加へない事物の意味。第五、事物の性質より見たる自然、即ち生れながらの性質、天性を自然といふ。第六、異常に對する正常の意味の自然である。(樋口龍峽著現代思想の解剖第十章参照)

科學といふ言葉も亦時代の流行語として種々の場合に用ひられてあるが其の思想の中には見方が一樣でない。(イ)科學は有用なる發明發見を吾人に齎すものであつて、科學の價値は其生む效果の人生に益する程度如何によると考ふる一派がある。成る程現代の文化は科學發展の結果であり、人類の幸福を増進するに役立つた利器ともいはるゝものは悉く科學の果實であるに相違ないが、之は科學の内容とすべき必然的關係であらうか。科學研究の價値は決して其の効果應用の如何によるのでないことは後節に説明せんと欲する所である。(ロ)又科學の性質を精密で打算的なるものと觀する一派がある。或婦人が科學者より縁談の申込に答へて「科學者に

科學とは
何ぞや

は几帳面で隅から隅に至るまで注意の到らざるはなく、何事も數量的に打算するの性癖あるが故に、妾の理想とする夫にあらずと」いへしは科學の本質を誤想せしものにあらざるか。科學必ずしも精密一點張りではない。科學者は一分子一原子の中に世界を想像することもあるが又地球を完全なる球とし、又之を一點と見做す場合もあるのである。(ハ)又科學は理性的で感情を認めず、宗教と水火唯ならざるもので、宗教を壓伏せんがために生れたるものと觀する一派もある。成る程現代以前の文明に於ける兩者の關係を概観すれば衝突反目の事跡を認めぬ譯にゆかないが、彼のジエームスの説の如く、科學と宗教とは自然の寶庫を開く二個の關鍵として、各立場を異にし、一は他に代はることのできるものではなく、互に同様な方法によつて發展し、調和すべきものである。宗教は科學の眞理を、科學は宗教的精神の存在を拒絶することができぬといふ思想は現代最も進歩したる人々の頭に宿つて居る信念ではないか。

科學といふ語は我邦では何時如何なる意義から用ひらるゝに至りしか明かでない。科學には「ホド」「スヂ」「キマリ」「コワケ」「オキテ」等の意味あるより見れば、科學の本質に照應すといふべきか。英語の Science 獨の Wissenschaft は共に拉典語の Scire 即ち知るといふ意義から來て居る。スペンサーは科學を統合されたる知識 Systematized knowledge とし、ハックスレーは

組織されたる常識 Organized commonsense なりと定義した。此の知識又は常識は廣き觀察、豊富なる經驗を一定の理法に従ひ系統を正しく、分類した體系的知識である。單なる斷片的知識の蒐集だけでは科學をなさぬ。以上は科學を實質的に見たものであるが、其の知識を得る方法即ち形式に着眼する場合に於て又科學的方法なる使用法があるのである。即ち一群の現象事物を研究するに當りて廣く觀察實驗を施して豊富なる材料を得、其の材料の間に存する異同に従つて類別を施し、關係を明かにして理法を發見し、次で來るべき現象變化を説明する等の階段は之科學的方法である。混沌たる自然界の森羅万象を以上の方法によつて整然たる體系的知識に組織せられたるものが即ち自然科學である。而して將來も益々科學的方法によつて自然を闡明せんとするのが万物の靈長たる吾人々類の慾望であつて、又大なる特權であらう。

已に上文に述べたる如く、科學の語原には知識といふ意味があるが、其の知識とは何であるか。普通に使はれて居る知識といふ意味は眞である、と證されてある人間思想の一部であると解するより致方がない。而して人間思想は外界の事實と一致する範圍に於て眞なりといひ得る。

例へば草は成長する、鐵は堅い、人は死する、火は熱い等は人間思想を言語てふ機關を借りて發表したるもので、それが外界の事實と一致するを以て吾人の精神と自然との間に成立せる知識

知識とは
何ぞや

である。此の例にも見る通り知識には實在の世界及び此の世界を理會することの可能なる靈智の兩方面を含蓄して居る。此の知識の兩成因は到底分離すべからざるもので、其の孰れを缺くも知識は存立しない。通常知識を科學的と非科學的とに區別するが、それは一は眞實で他が誤謬であるといふ意味ではない。草は成長する、鐵は堅いといふ事實は非科學的知識たると共に又眞實なる科學的知識たり得るのである。要は成立の方法にある、慣習的には科學的知識は反省的思索的に得られたる知識であるに對し、非科學的知識は平凡なる日常經驗、單に見えるまゝなる事實の發表といふ意味に使つて居る。未開人は天空に關する知識としては無數なる光點を以て飾られたる無關係の星の集まりと見る靜的思想を一般に有つて過ぎないけれども、文明人は事實は同じくとも、各星の連絡や關係を豫見しての動的なる知識として有つて居る。後者が眞に科學的なる名を戴くことができるのである。

三 自然科學の分ち 既に述べたる如く、科學は一群の事物現象に關する系統的組織的知識であるが故に其の範圍頗る廣い。されど科學本來の性質は自然の研究が主體となつて、其の研究法が他の現象に適用さるゝことによつて漸次科學の種類を分つやうになつたのであるから單

に科學と稱して之を自然科學の意義に用ふることの多きを思はねばならぬ。

科學の分類といふことは古くから種々の學者によつて企てられ、種々の標準に従つて當時成立して居た科學を分類排列されたものである。例へば、**ブラトーン**は種々の問題に上り來る心的三作用即ち**認識**・**感覺**・**意欲**に基いて分類を試みた。即ち辨論學(論理學哲學)物理學倫理學の三學を之に配した。**アリストテレス**は更に又學の目的から理論的、實際的の區別を立てた。即ち辨證學及び物理學は前者に屬し、倫理學は後者に屬すとしたのである。後には英の**ペーコン**佛の**コムト**、英の**スペンサー**等相續いて該博なる識見を以て精細なる科學分類系統案を發表して居るのである。概していへば、科學の分類は歴史的、自然陶汰的、進化的のものであつて、時代と共に常に變遷し行くべき性質のものである。例へば化學といふ一部門に就いて見ても、從來は有機、無機の二分科に過ぎなかつたのであるが、今日は物理化學、生理化學、光化學等幾多の分科學の獨立を見るに至つた。今こゝに其の發達の沿革や標準に關する説述を後述に於て現今最も正鵠を得て居ると認められて居る獨逸の哲學者**ウキルヘルム**、**グント Wilhelm Wundt**の科學分類法を採用しやうと思ふ。(グントは醫學殊に病理解剖學に身を起し、心理學の泰斗として名聲四海に轟きたる人である。氏は舊心理學に對する新心理學の創立者であり、又實驗心理學

の建設者である。のみならず、氏は哲學者とし、倫理學者としても一方の重鎮であり權威である。)最近逝去の報が傳へられた、享年八十八歳

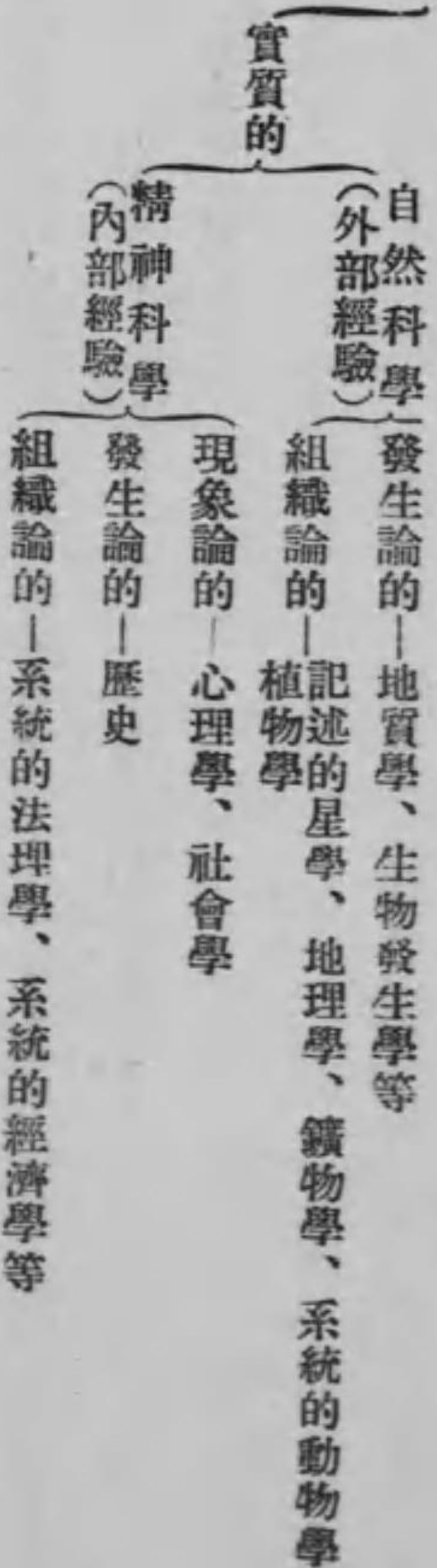
グントは科學の對象を實質と形式の二に分ち、自然科學の如き經驗を基礎とするものを前者に、數學の如く唯抽象的であつて經驗の可能に束縛せられざるものを後者に配した。數學を從來の歴史を破つて自然科學の中から除き、之を純粹形式科學としたのは實に氏の獨創である。氏は又實質科學を自然科學と、精神界の現象に關する精神科學との二大部門に分ち其の各を更に現象論的、發生論的、組織論的、三標準に従つて細分し個々の科學を配することに定めた。其の現象論的とは自然精神兩界に於て現象の因果關係に基く説明を主とする方であり、組織論的とは取扱ふ對象(自然或は人爲產物)の親疎に従つて組織を立て、其の特徴の記述を主とする方である。又發生論的科學といふのは恰かも前記兩者の中間に位するものといふべく、現象論的科學の法則を適用し自然や精神活動の產物の生成發達の研究を主とする方である。

形式的—純正數學

科學

(現象論的—物理學 化學、生理學)

自然科学
諸分科の
領分



自然科学諸分科は其の成立の初めより確然たる領分の定められたものではなく、最初混沌として分科せられず、人智の開発と共に其の研究の方面多岐なるに従ひ、漸次分科分擔の必要に迫られて、今日の如き複雑多様な科目を對象とするやうになつたのである。而して其の領分の廣狹、内容の貧富如何は必然的進化の一定路一方針に従つて開拓せらるゝ譯ではなく、人心の歸向する所、天才の出現するまゝに擴張されてゆくやうである。猶我地球面上に人類の繁殖すると共に次第に洲を分ち、國を分ち、國民の努力と名君、英雄の出現によつて領土を弘め、他を自國化するに到る有様にも比すべきであらう。近世科學の創建者たる伊太利のガリレオを首として近世物理學が興り、佛蘭西のラボアジエーあつて現今の化學が其の體系を整ひたのであつた。古の植物學は主として植物の形態のみを研究の對象として居たのであるが、第十七世

物理學

紀には植物解剖學、第十八世紀には植物生理學、第十九世紀には植物發生學及び植物生態學の發達を見るに至り、植物學の内容が非常なる豊富となつたのである。何れの分科に於ても同様の歴史を有せること勿論自然的であつて、各時代の科學者は各其の專攻の科學の領分と内容との擴張に向つて奮闘せる戰士であるといつてよい。

物理學は自然現象の中にて變化が物體の實質に及はず、唯外觀的なるもの、例へば力の作用による位置形狀の變化、音響、溫熱、光、電磁氣的現象等を研究するものであつて、自然科学諸分科中に於ては最も重要にして基礎的なるものと稱せられて居る。蓋し近來物理學の研究が自然科学の根本問題に觸れて居るからである。物理學は其の研究の形式によつて理論物理學と實驗物理學の二派に分たれる。前者は物理的現象を全然數學的規則に還元し、感覺を超越したる假説の下に普通の必然的關係を求めんとするものであつて、一名數學的物理學とも稱せらるゝ。物理學は又研究の内容によつて音學、熱、光、電磁氣學等の小分科に分たるゝのみならず近來は天體の物理現象を専らとする宇宙物理學、地球を對象とする地球物理學が各獨立の旗を翻へして盛んに發達しつつあるのである。

化學

化學は物體の内部的變化につきて攻究する科學であつて、物質の組成、性質、成分と性質と

の關係、他の物質に對する作用等を研究し、以て物質現象の間に行はるゝ法則を明かにせんとするにあるが、物理學と相並んで自然科学の一大分科である。而して理化學といふ名稱が物理學と化學の併合に用ひらるゝ如く、兩者は親密なる關係の科學であることを知らねばならぬ。純正化學は普通無機界に關する無機化學、有機物の組成に關する有機化學(炭素化學)、實驗化學(分析化學、合成化學)及び物理化學(熱化學、光化學、電氣化學、膠化學等)等の小分科を有するに到つた。應用化學に到りては其の分派枚舉の繁に堪へぬ位になつて居る。

自然物は之を無生物、及び生物の二種に分つ、生物と無生物との最も著しき差違は外部よりの刺激に感應する性質の有無にある。無生物に關する組織的研究は礦物學及び岩石學であつて、生物に關するものは之を生物學と稱する。生物には動物及び植物の二大別がある。其主なる區別すべき點は、動物は移動し運動するけれども、植物は能はざることに、動物は感覺を有するけれども植物は之を有せざること等にあるが、下等の顯微鏡的微生物に至りては兩者の區別は明白でない。従つて植物學、動物學の領分も劃然たらざる所があつて、微生物學なる一分科の成立する位である。植物學も動物學も實驗觀察の多方面なるに従つて形態學、生理學、生態學、分類學、古生植物學、古生動物學等を區別するやうになつた。

生物及び
無生物に
關する科
學

科學の本
質的目的

四 自然科学の使命

自然科学の中最も早く發達したのは天文學である。元來天界の現象は人力の如何ともすべからざる性質のものであるけれども、早くより之が人の注意を引き、人類本來の知識慾の爲めに、鋭き觀察眼が此の方面に向けられたることを證明するものである。此の如く人間は本能的に知識に憧憬する動物ともいふべく、錯雜せる萬有の間に聯絡の絶ゆることに安んずる能はずして、何等か一以て之を貫かんと欲して止まざる性向を有して居る。或る格斷なる觀察、格斷なる經驗を爲したる結果、種々なる事實關係の判明することあるも、其の格斷特殊なるまゝでは恰かも幾條の水流に橋なくして連絡し得ない通り、不満足懊惱の感に堪えないで、何等かの通路を求め、知識に體系を求めざれば已まざる傾向を有つて居る。之は必ずしも生活の必要からではない、利益の打算からではない。之は人間の本來に備はる知的慾求から來るのであつて科學は之に由つて成立し、之あるが故に無限の發展を遂ぐる可能性を有するのである。古代の科學者は慥かに左様であつたが、現代の科學者も此の動機に動いて居る必ずしも社會の利益徹底や個人の幸福を追ふて居るのではない。科學の此の使命に關し、佛國近代の代表的科學者アンリー、ポアンカレは「科學の爲めの科學」といふことを唱ひ、科學の目的を人生に對する利用にありとする實利主義に反對した。科學の理想とする所は眞理の探

求であつて、人生に如何なる利益幸福を齎らすかを豫見しての業ではない。科學の究竟の目的とする所は自然に關する統一的普遍的知識を組織するにあるのである。此の本質的目的を達する見地に立てる科學を純正科學と稱する。

太古天文學の開けると共にアストロギ、Astrology 即ち占星術は早くから行はるゝやうになり、各星晨の運行から人間の吉凶運命を豫言することに應用するの術が行はるゝやうになつた。此の如く科學は上記の如き理想に根據を据いて居るとはいひ、元來人間の生産物であり、人間の生活的興味と没交渉で有り得ないのである。現代の文明的生活は總じて科學研究の賜物ならざるはなく、科學は必ずや人間生活の上に影響を與へやうとする。科學の研究が應用上の適確なる豫想を有たないとしても、全般的には何等かの應用すべき途のあることを豫見し得るのである。之と同時に科學は又生活の改善が動機となつて、研究の緒を進むることを否定する具合に行かぬ。現今最も多數の人々に考へられて居る科學研究の必要なる理由は決して上記の理想主義からではないのであつて、科學と社會國家との關係換言すれば、科學の應用が社會生活及び國家經濟の上に大なる影響のあることを豫見しての結果である。科學の目的から見ても、用といふとは輕視することのできぬ、第二の使命として充分なる注意を拂ふべき領分を有す。

科學が吾人の知識慾を満足せしめ、或は物質的に社會を進歩せしむることから離れて、尙ほ近世科學の大なる使命を有することを記さねばならぬ。之は科學の教育的意義であつて、現代社會に生活し得べき能率高き公民としては或程度の科學的知識を有して居らねばならぬ。科學的方法に自己を訓練した者であらねばならぬ。進んで科學的理想に生きた人でなければならぬ。即ち現代社會國家は知的にも徳的にも獨立獨行し、無限の創造發展を爲すべき性格の人を要求する次第である。

自然科學の發達が人間の思想界に大なる革命を來たし、新しき人生觀を樹立するに到らしむることも亦科學の歴史が明かに證明して居る。古の天文學は地球を不動の中心に置き、他の天體星晨は盡く、地球を中心として一晝夜に一周するものゝ考へて居たのであるが、天動説の確立するに及び、人間の思想界が根本的打撃を被り從來の宗教的傳説の如きは殆ど其の信用を失ふやうになつたではないか。斯くの如く宇宙の幽玄なる真相の發見するに常に人類の思想感情を動かして居る。實際吾人は演劇を見、繪畫を見、彫刻を見てさへ心情を動かさるゝ。自然の森羅萬象の顯現が微妙なる法則の下に行はるゝことを發見するに於ていかでか吾人の思想感情に影響せずして止むべけんや。ニュートンの萬有引力説、ケプレルの天體運動の法則、

ラブライスの星霧説、ダーウインの生物進化論の如きは人類一般の思想界に革命的轉機を與へた歴史的事實であつて、今も尚ほ其の影響の及んで居る有様である。斯くの如く自然科学上の發見は時代思潮に動搖を來たし、新しい人生觀が後から／＼と建設されて行くのである。而して道徳も宗教も此の新しい人生觀と調和しなければ成り立つことができない。斯くして自然界の科學的解説、宇宙間の科學的理法は人類の行動の規範を指導すべき勢力を有するに至り、科學と倫理的理想との一致を求め、人道の向上に適用することが自然科学の一任務となつて來るのである。此の如き思潮は第十九世紀後半に於ける自然科学の全盛に伴つて起つた最近思潮の一であつて、科學者を驅つて自然科学の人生觀、世界觀の樹立に向はしめたのである。例へば彼の獨逸の生物學者ヘッケルの如きは生物專攻の見地から一元論を稱導し、獨自の人生觀を抱き、一元的倫理宗教の研究三昧に入つた人である。

之を要するに自然科学の使命或は任務としては自然の眞理を探究し、之を統一ある知識の體系に組織することを以て眞髓とする外に、(イ)、社會生活問題の上に最も緊要なる光を投ずる燈源たること、(ロ)、社會の公人としての充分なる訓練を與ふる教育的使命を有すること(ハ)人間の道徳的判斷の上に永久なる光明を與ふることを擧げねばならぬ。實に吾人の科學的知識の成長と共に道徳的判斷の基底が變化しつゝあり、又變化しなければならぬ事情に陥つて來る。而して漸次科學の進歩と共に道徳的判斷が一層満足に一層永續的の歡喜を發見するに至ることを期待する次第である。換言すれば、吾人の知識を科學的にする程、無智迷信の境界を脱して世界は愈々永久なる正義と平和との支配下に置かるゝに到ることを疑はない。

理科教授の基礎

五 理科教授の根柢

理科と自然科学とは密接なる關係にありといふよりも本質的には異體同心であるといつてよい。近來理科教授の目的を以て科學的精神の養成にありとする説の唱ひられつゝあるのも上の本質的關係に着眼する結果である。實に理科教授の正當なる任務を達せんとするには必ず自然科学の上に根柢を置かねばならぬ。之には二つの方面に分けて考ふることが必要となつてくる。(一)は教材の科學的基礎であつて、理科教材として取扱ふ所のもの、現代の科學的意味を正當に了解して居らねばならぬ。三基本觀念、運動と靜止、波動と輻射力及び質量、仕事及びエネルギー、熱と溫度、光、電氣等の概念につき、今日の物理學は如何なる意義を與へて居るか。元素、原子及び原子量、分子及び分子量、化合と混合、化學的エネルギー等の正當なる化學的概念如何を明かにすることは理科教授上の根本的要件である。(二)

は教法の科學的基礎を意味する。之は科學を成立せしむる原則、觀察實驗の論理、科學的研究法、科學的法則の意義等を明かにするの意であるが、今日まで理科教授上等閑に附せられて居つた根本的要件である。一は教授の實質に關する根本的觀念を意味し、理科教材の何たるを問はず、教師の頭に以上の明了なる意義が徹底して居らなければ教授は誤謬に陥り易く、問題に正解を與ふることができないのである。二は教授の形式に關する指針を與ふるものといふべく一の實驗も一の説明も科學的原理の素養なくては論理透徹した教授のできる道理がない。以上の二方面は理科教授の科學的基礎として教授學に於て重要な位置を占むべきものである。

自然に對する人間の努力は文明史上の主要なる對象であるが、之位驚くべき人間の業績があるであらうか。人類は最早我地球表面上を開拓したる觀あるではないか。試みに人力の干渉を経ざる自然は幾何指摘し得るか。人間は已に動物界を制御して彼等の目的に適するやうな、而して自然に放任して置いては到底生育することのできない物に改造したのである。植物界に關しても亦同様であつて、今日人間の努力の迹を止めて居る幾千の植物を我々が有つて居て、人間の目的に役立て、居る。無生の地上を開拓し、地中を探り、到れる所、見出せし物に就て彼等の利用の途を開き、創作改造を企て、不自然なる發明を澤山作つて居る。斯くして赤道より

理科教授
の歴史的
基礎

極に至る間苟くも人迹のある所では人力の偉大なる努力の痕迹か残されて居るのである。加かも、人間は之で決して満足して居る譯ではなく、愈々益々微に入り細に涉りて科學といふ武器を用いて研究を遂げ、我が地球上は勿論廣く宇宙に涉りて彼等の勢力を扶植せざれば止まぬ傾向性僻を先天的に有する如く見える。此の人力の偉大なる業績は即ち學校の中に理科なる一學科を建設するに至れる理由であつて、理科教授に於て常に回顧せねばならぬ一の重要な仕事となつて居る。而して此の自然に對する人力の發展即ち自然科学の傾向といふことは常に理科教授を司配左右すべき力を有つて居るのであつて、之を正當に理解せる人にして始めて理科教授を正鵠なる途に發展せしめ得るのである。されば此の科學の沿革、科學の傾向、及び學校に起れる科學教育促進運動の歴史を知るといふことは又理科教授の根柢たるべき一要件といはねばならぬ。

學校教育の目的を達する仕事の一面を擔當せる理科は飽くまで其の學校教育の目的と調和すべきは本質的自明の理である。問題は理科教授によつて達すべき教育的職能の性質及び之を達成する方法の研究であらねばならぬ。之には(イ)現代社會の歸向と人生の眞趣とを考へて如何なる教育觀を有せねばならぬか。(ロ)既に流れて居る現代の教育思潮は那邊に向つて動き

理科教授
の教育的
基礎

つゝあるかを知らねばならぬ。(ハ)高き教育理想から見たる理科教授の職能を定めねばならぬ(ニ)而して此の職能を完全に達するための方法の研究に入らねばならぬ。(ホ)そこに教授の對象としての児童生徒が位するのであるから、それらの心理作用、思考の發達を知り、教材の本質及び教法の原理を研究せねばならぬ。概言すれば、教育の原理に照して理科教授の教育的基礎を研究することが理科教授の根柢として頗る重要な仕事を爲すのである。此の見地から從來の理科教授は如何であつたかといふに、或は品性陶冶主義といひ、或は實利主義といひ、或は自然科学主義といひ、其の目的とする所さへも常に動搖しつゝあつて、加かも教授の實際はといへば、これらの目的の徹底にすら縁の遠い、教育の原理から見ても頗る低級のものであつた。理科教授を革新するには是非此の教育的基礎を明かにして、高き理想に向つて進むやう努めねばならぬ。殊に之は現代文明の弊害として數へらるゝ所の傾向を矯正する上に於て交渉する所大きく、理科教授眞の使命の存する所を發耀する上に於て極めて大切なる一編を成すのである。

第一編 理科教授の根柢としての科學的原理

第一章 自然科学の公理

一 自然科学の出發點 自然科学は科學的事實の蒐集を以て出發點とする。其科學的事實とは如何なる本質を有するものか、其の蒐集の方法は如何なる要件を具ふべきか、又其の集め得たる科學の素材を整理して科學の體系を與ふるには如何なる原理に信賴すべきか。之は科學を背景とする理科教授に於ても根本原理として確實なる基礎を有つて居らねばならぬ重要な仕事である。

吾人は外界に物として存在すと認むる黑板に就て先づ注意を向けて見たい。其の形ちの直方形板なること、色の黒きことを認める。之に接觸するに及んで、其の質の堅きこと、表面の滑かなることを認め、進んで其の高さ、厚さ、幅の量的測定、重さ、外力に抵抗する硬さ、皮膚に與へらるゝ寒暖の度までも識別するに至るであらう。之等の事實を黑板の性質といふのであ

るが、(厳密にいへば温度は性質でなく状態である)其の初めに於て簡單なるものと見えしも深く注意することによつて頗る複雑なる性質を有することに驚くのである。而して之等の直接的感覺は外界の客觀的存在を構成する要素となるものであつて、畢竟感官の印象が基本となるのである。吾人は感覺器官といふものに通譯されて初めて外界なるものを窺ひ知ることが出来るのみで、之以外には何等の方便を有たない。従つて科學の對象たる物質現象界は之から出發するより外ないのである。然らば吾人の感覺によつて與へらるゝ現象界なるものと物の實體即ち物自體なるものと一致せるかと問ふに、吾人が感覺を介して知り得る現象界なるものは物自體に一致せるものではない、外界の真相なるものは到底吾人の感覺器官を通じて知ることができぬと答へざるを得ない。例へば眼球内の網膜に配布せる視神經に對して光學的、電氣的、器械的刺激を與ふるも一樣に光の感覺を生ずるのである。又同じ電氣的刺激を種々なる感覺神經に働かしむるに、視神經に對しては光を、聽神經に對しては音を、味神經に對しては味覺を、皮膚に對しては痛溫等の諸感覺を起すのである。即ち各種の感覺は各種の感覺神經が先天的に具有せる特殊の勢力によつて定まるものであつて、外部よりの刺激の性質によるものでないことを示せるではないか。吾人は現象界を超越せる物自體に關しては何等知る所なく又いふべき

物自體

權利を有して居らない。右は大哲カントの宣明せし所であつて、其後大體に於て多くの哲學者の同意せる所である。物理學者であるヘルムホルツも亦同一意見であつて、總ての感覺の性質は一に刺激を受容すべき感覺神經の特性によつて決定されるのであると主張して居る。同一の輻射線でありながら眼に入れば光の感覺を、皮膚に當れば溫の感覺を起す所を以て考ふれば我等の感覺なるものは實在の本性につきては何等語ることができないではないか。紅き花の紅は花の本性ではない、寧ろ外的性質のものである。美しき花、朗かなる琴の音、複郁たる梅香を以て吾人は其の物體固有の本性と考へ、之等の本源たる物自體の真相を看破したる如く感じて居るけれども、冷靜に思考するならば、實在せるものゝ特殊なる作用によつて初めて感覺に生れたる性質に過ぎないことを知るであらう。實在の真相は依然として吾人に知られざる海底に埋れて居るのである。併しながら、茲に一塊の鐵があつて之に觸るれば冷たく、堅く、之を叩けば音を發し、之を手を支ふれば重く、其の他大さ、形狀等に關して經驗する所あり、たとひ意識状態が著しく變化して居ても何時でも同様なる感覺を起す所から見ると感覺と實在の本性との間には或連絡の存在して以て齊一なる作用の行はるゝことが分る。唯感覺其の者は實在の標語たるに止まり、實在の本性と一致するものでないことを許容せねばならぬ。

感覺と實在の本性

自然科学の素材たる科學的事實とは感覺的要素の合成である。獨り直接的又は間接的感覚が科學を構成する事となつて、科學が發展して行くのである。外界に關する認識の本體は如何、物自體の本性如何、認識の本質如何等の如き問題は哲學の交渉に俟たねばならぬ、吾人の立場たる理科教授の上からはかかる問題に就て深入する必要はない。飽くまで自然科学の本領たる感覺的世界に於て統一ある知識を求むるのみである。

感覺印象に相當する實在の本性は眞實に存在するものか、或は單に思惟に止まるものなるかは古來哲學上の重要問題として今日に至れる長き歴史を有して居るのである。常識的には黒板といふ一個の物は吾人の意識作用とは全然無關係なる獨立の存在物と考へらるゝけれども、實は吾人の感官が黒板から受取る様々の印象即ち性質を意識の中に總合して拵へた統一的觀念に過ぎない。別の例を以て説明すれば、砂糖を白とか、甘いとかいつても砂糖と白い又は甘いといふことゝ等しいとは考へられない。之は唯砂糖の性質の發表に過ぎない。かくの如く、物は其の個々の性質と等しいといふことができないならば其の諸々の性質の總和とも同一視することができない道理である。そこでかかる諸々の性質の帶所有者は一體何であるかといふ問題が起つて来る。之即ち物の實在又は實體の問題であつて、多くの論點の起る所である。英のロックは實體を「存在する」といふことだけはいへるが、それが何であるかといふことがいへない「諸性質の不可知な保持者」といつた。かくの如き種類の思考は物理學者に採りては興味ある問題であるけれども、物理學の對象ではない。マッハとかオストワルドとか、ヘッケルとかいふ科學者達は自己専門の立場から哲學の界に入つてかかる問題の研究に従事したけれども、彼等は已に此時に立派な哲學者として一家を爲し得たのである。單なる物理學者、化學者、生物學者ではなかつた。自然科学はかかる問題に頓着せずに進展して行くことは科學の歴史が之を證明して居る。ガリレオ、ニュートン、ヴォルタ、ファラデー等の

大科學者はかかる認識上の疑惑を基礎として立たなかつた、彼等は實在の世界を採用して偉大なる發見に到着し得たのである。

自然科学上に意味する物と法律學上に規定する物とは多少の交又を成して居る。法律學では物とは吾人の支配に關せしめ得べき人(自然及び法人)以外の自然界の一部にして吾人の需要を充たし、場所的存在を有する獨立の一體なりと規定して居る。従つて吾人の意思に服従せしむることを得ざる日月星辰の如きは物理學上の物なるも法律上の物ではないといふことになる。又吾人の生活の需要を満足せしむることのできないものは權利の目的とならず、従つて法律上の物ではない。又物體の一部は獨立の存在を有せざるを以て物とならぬ。例へば一個の時計は物なるも時計の蓋は時計と分離せざる間は時計の一部なるが故に物ではないといふことになる。

二 科學の公理 科學的事實を素材として自然科学が發展し行くには、之を可能ならしむる公理の存在を要する。公理(或は公準)といふことは之を他に依りて證明する事のできない眞理で、吾々が吾々の經驗によりて眞なりと認むる凡ての知識の原理である。或は之は人類の數世代の經驗によりて、證明はできないけれども、吾人をして斯く信ぜしむるに到れる眞理であるといひ得る。其の基本的なるものを同一律、矛盾律、拒中律、及び充足理由の原理の四原理に分つ。理科教授は一面からいへば思考の教科である。正當なる思考法を練磨することが教授の重き一任務である。而して思考の原理即ち正しき思考に導く基礎的の武器は以上の科學公

同一律

理であるが故に、理科教授に於て其の眞理を體得することは甚だ大切であると思ふ。

1. 同一律 The Principle of Identity. 之は思考の第一原理として、思考の對象となる各觀念の内容がそれ自らと同一に保たるべしといふとを規定するもので、正確なる思考活動を起す基礎である。之を一般式で示せば「甲は甲なり」(水素は水素なり)といふ。一たび水素を思考の對象に採れば、飽くまで之は水素として其の本能を保持すること、即ち水素觀念の内容がそれ自らと同一に保たるゝことを信ずるのである。科學は種々の科學的事實を比較し、之を相互の關係に由て綜括するところから構成されるものであるが、若し其の事實即ち思考するゝものにして變轉極まりないものであつたならば、即ち同一律を認諾しなかつたならば、其の關係は到底無意義たることを免れない。かくて同一律は一定の觀念の内容は時と場所との如何を問はず、常に同一に保たれ、他のものより判別せられ得ることを默認するのである。

されど同一律は事物の變化又は差別を否定するものではない。唯變差の間に同一性が保たれてあることを肯定する。例へば、松樹は高さ、形ち、位置其他の點に於て異なり得るけれども、松の生命の歴史に於て一般的に同一性が示さるゝ如く、或同一性が保存さるゝことを思考する。時間は凡ての物に多少の速さを以て變化を持來する、吾人は其の變化の程度まで

も豫定することができるのである。而して其の變化が存立しなかつたならば、凡てに於て同一性を認容することを拒否する。例へば、今日三十年以前に曾て知つた小供と能く一致する一人の小供を見るならば、其の似て居るといふことが同一人であることを信ずることから吾人を妨げやうとする。之變差の間に同一性が常見出さるゝといふ譯であつて、同一律を適用したるものである。

2. 矛盾律 The Principle of Contradiction. 此の原理は思考作用に於て一對象を甲と定むれば、之と同一の意味、同一の關係に於て甲ならずといふと能はざるとを規定する。其の公式は「甲は非甲にあらず」といふ式を以て表はさるゝ。こゝに金屬なりと定むると同時にそれは非金屬なりといふことができない。又木葉は綠なりと同時に非綠なりといふことができないのは此の矛盾律を眞理とするからである。甲は甲にして同時に非甲なることは矛盾である、一方を取れば他方は捨てねばならぬ。故に又此の原理は「甲は乙なると同時に非乙なること能はず」といふ公式を以て表はさる。即ち同一の事物に就て同一のことを肯定すると共に否定することができぬ。共にといふ意味は同一の場所又は同一の時間に於ての意である。水は液體氣體等の状態を有ち得るも、水は液體なりと定むれば、同一時間に於て非液體或は氣體

矛盾律

なることは撞着である。かくの如く肯定と否定とは思考の矛盾活動として同時に真なること能はざることを示すが故に若し肯定が妥當なれば否定は妥當ならずとして除外せねばならぬ之を以て同一律を肯定的思考の基礎とすれば、矛盾律は否定的思考の基礎なるものと見ることが出来る。

拒中律

3、拒中律 The Principle of Excluded Middle. 此の原理は矛盾律より導き來れるものであつて同一の思考對象に就て、同一の關係より何等かを肯定するか否定するか必ず一ならざるべからざることを規定する。換言すれば相矛盾せるものの中に就て一方が真なれば他方が必ず偽、一方が偽なれば他方が必ず真なることを必然的に要求し第三のもの即ち中間位の存在を許さぬ性質のものである。例へば、線は直線か又は直線ならぬものであつて、兩者の中間に位するものを思考することができぬ。されば一般には拒中律は「甲なるか然らざれば非甲なり」或は甲は乙なるか或は非乙なり」といふ形式を以て表はさる。吾人の觀念には甚だ漠然たるものがあつて、此の原理に反するが如く思はるゝ場合ないでもない。例へば人が曙光を見て日は出でしといひ、又日は出でぬといふ。或は之は熱しともいひ、又熱からずともいひ得ることがあるの類である。然れども其の日出とは太陽が如何なる位置にありたるときを

稱するか、又溫度何度を標準として熱しといふかを定むれば、吾人は其の何れか一をいはずるべからざることを要求する。

以上三個の原理は思考の同じ活動を方面を違へて見たまで、あつて、互に獨立して區別せらるべきものでない。各原理は他の二原理を包含する。而して共に觀念内容の一致又は差別の基礎を明かにするものである。之を以て三原理を總稱して同異の原理ともいふ。而して其の價値は同一のもので何れが根本的であるといふことはいひなす。

4、充足理由の原理 The Principle of Sufficient Reason 此の原理は「思考の正確なるが爲めには必ずそれに充分なる理由を伴はねばならぬ」といふ一般的要求である。即ち吾人の思考は相當の論理的の根據があつて行はれるので、其の根據から一定の結論を生ずることを規定する。かくて各考想は一定の他の考想(即ち理由)より生起し來り、之が更に理由となつて他の一定の考想(即ち歸結)を結果するのである。即ち吾人の各考想は相關連せる一連鎖として相依存し、相制約し、決して何等の理由なくして偶然的に生來するものでないといふことを含めるのである。充足理由の原理或は單に理由の原理と稱するのは此の論理的關聯の下に正確なる思考を爲し得るがためであつて、吾人の思考の連續には充分なる理由の伴ふべきを

信するのである。されば、此の原理こそ知識の體系を樹立する根柢をなすものといはねばならぬ。實に吾人は此の原理の存在に依據して初めて已知の知識から未知の知識を導き出すことができるのである。ショーペンハウエル Schopenhauer 1788—1860 は此の原理を四種に分ち(一)自然界に行はるゝ變化に充分なる理由ありとする、則ち物理的理由の原理、(二)吾人の認識的判斷に充分の理由ありとする論理的理由の原理、(三)直觀に現はるゝ物の存在に關する畢竟數學的理由の理由、(四)人間行為の動機に關する道德的理由の原理に區別して居る以上の四原理は如何なる程度の思考にも必ず基準たるべきものである。元來知識を擴充するに未開幼稚なる時代から最高深奥なる哲學的思想に達するまで其の程度に非常に差があるけれども、此の差は知識の發達によつて可能となつた出發點の差別に依るのであつて方法上の區別がある譯ではない、原理に到つては皆同一である。以上の四原理が、單に感覺的經驗に適用せられ、事物を獨立した個々の集積と見て、これらを正しく記載し分類するに用立つ原始の知識階段から、事物の關係即ち科學の法則を導くに適用し、遂に科學最後の理想とする宇宙を一の系統に歸着する場合にも依然として活用せらるゝ生血である。知識が進むに従ひ、これらの公準は愈々廣い意味を取るけれども、其の本質に至りては變りはない。之を以て以上の四原理は

科學的知識の根柢を成す眞理であるといはねばならぬ。

三 因果律 已に述べたる理由の原理によれば、一切の自然界の變化活動は充分なる理由があつて生起すべく、決して亂雜混沌たる状態にあるものでないといふことを教ふる。即ち此の原理を吾人の經驗内容に應用したものが因果律なのである。幸にも吾人の生活する世界には偶然の出來事といふことは存在しない。一切の自然現象は必ず其の原因を有し、原因あれば必ず結果ありと信ぜしむる。其の原因若しくは結果が未だ吾人に發見せられざる場合と雖も必ずあり得べきことを確信して居るのである。其の原因といふのは論理學では連續的な變化の顯現の中に就て、其の或状態の生起を必然に規定すべき事情にあるものを指し、結果とは其の生起さるゝものゝことである。吾人は其の原因の已知なると未知なるとに關せず、因果律の下に置いて、種々なる現象の生起存在を思惟する、又相互の連鎖的關係を認識するのである。然らざれば科學の成立する道理なく、吾人は科學研究の勇氣を起す理由がない。此の如く因果律は科學的知識の基礎を爲す原理であつて、従つて理科教授の凡ての分野に此の根本的原理が伴ふて來る。靜止せる物體は自ら運動を始むることができない。又運動せる物體は自ら速くなり、

遅くなり又は方向を變ずることができないといふことは物理學に於て慣性の法則と稱し運動を論ずる基本的法則であるが、吾々の經驗が多く之を裏切るにも關せず、因果律から其の理由を求めて之を疑はないのである。一片の新鮮なる鐵を空中に放置すれば數日にして鏽を其の表面に見るに至ることがある。之は鐵自身の自殺的行動か、或は他から暗殺された結果か。前者とすれば、自殺を促す動機がなければならぬ。後者とすれば外から之を犯すに來れる物の存在を認めねばならぬ。何れにしても吾人は其の原因の存在を確信して之を探究するのである。生物の自然發生といふことは非常に論争の問題であつたけれども、一般律から之を疑ひ、遂に生物の無より忽然と現はれ來るにあらざることを確め得たのである。斯くして物理學も化學も生物學も一歩／＼建設されて行き、又力の觀念、物質量の不變、エネルギー不滅の原理も、其基礎を因果律に置いて居るのである。理科教授の根柢には此の思考の原理が活動すべきは當然のことである。

因果律の四形式

原因と結果の關係は最も普通なることであるけれども、又最も曖昧な考方、表方の一つである。従つて之には種々の誤解も生ずるのである。因果關係の根本形式は次の四點に分つことができる。(一)は一物が原因で他物が結果だといふ形式である。例へば樹が實を結び、母體から幼児が生れるといふ如きである。之は恐らく因果關係を應用せる最も根本的なもので

あると思ふ。(二)は物が其の狀態や活動の原因として見られるといふ形式である。例へば物體(殊に有機體)は其の運動の原因であるといふ如きである。此際には原因と結果との媒介として自然現象に於ては力といふ考へを入れ、精神現象に於ては能力を考ふる。例へば物體の重さ、慣性或は有機的生活力が運動を生ずる原因といふことになる。此場合に於ける力とは特殊なる諸作用の原因として考へらるゝ普通の概念である。(三)は(一)と反對の形式を探る方で狀態や活動が物體の原因であるとするのである。例へば光線の作用によつて植物が成長するといふ時に、其の光線の何たるを問はず、植物の成長に對して直接の原因と見る。(四)は或狀態が他の狀態の原因と成る場合である。例へば、精神現象に於ては知覺は記憶の原因(聯想によつて)或は目的の意欲は手段の意欲の原因だといふ如きである。又自然現象に於て此の關係を見られないこともない。例へば消化は血液製造の原因とし、末梢神經の刺激は腦の中樞刺激の原因と見らるゝが如きである。

日常の考方に於ける因果關係は以上の四形式に歸することが出来る。已に之によりて明かなる通り、同一の事件でも其の見方によつて原因結果の異なることがある。又原因が複雑せる場合には何れを主要原因とすべきか、副原因とすべきかは一定し難いのであつて、見方により異なるを得ないのである。原因と結果の量的關係は如何といふに、之又同様に複雑であつて、等量に現はるゝと見ゆる場合もあれば、比較を許さざる場合もある。例へば一つの運動體が他の物體に衝突して自らは静止し、他の物體は運動狀態に置かれたりとせば、力學上一の物體の運動量(原因)は他の物體に其の値を損することなく運動量(結果)を交附したことを肯定する。此の考方の背景には運動量は二つの物體の何れにも屬せず各物體が借りて他の物體に渡す獨立のものとして考へられるのであつて、現象の凡ての變化交代に關せず、大局から見れば同一であるといふ前提を含んで居る。かく原因と結果との同一性といふ假定は外界の印象に對して吾人の知性が要求する所であつて、一見然らざる場合にも此の前提に歸着せしめんとするのである。例へば、運動體が衝突によりて静止すると同時に熱を發生する。化學的變化から熱を生じ、光を放ち、又は器械的の力を見るに至る。電氣が熱、光、器械の仕事、化學的變化を生ずるに至る等、原

因と結果との關係が著しく複雑を加ふるに際しても、同一性の假定をこゝに適用して解決せんとする傾向を吾人は有つて居るやうになつた。自然科学のあらゆる方面に於て一定量の原因は一定量の結果を生ずる、又一定量の結果から原因を測ることは常に當然のことと考へて居るのである。例へば一定量の電氣量から一定量の物質を分解し得る。其分解生成量は電氣量に比例する。従つて分解量から電氣量を測ることは常に居るのである。要するに、自然科学に於ける因果律本來の意味は世界に新なるものは何もない。一見して新生と見ゆるものも古きものの交代であると考ふる。此の意味の上に物質の不滅、エネルギー不滅の法則が打立てられたものである。

以上の如く、因果律の本質的關係から自然科学は自然界の一切の出來事を機械的に説明せんとする傾向を有する。即ち見得べき運動は變じて見得べからざる分子の運動即ち熱に交代するといひ、電氣や光をエーテルの振動として説明せんとする如きである。

四 科學構成に關する精神作用 科學的事實を蒐集し、之を體系的の知識即ち科學にまで進むには複雑なる精神活動を要し、之を明かにすることは一通り心理學全般に涉りて論究せなければならぬこととなる。殊に感覺、知識の要素から注意、記憶の條件、感情、意志の特質と其の知識構成に寄與する所を明かにし、思考の本質として概念、斷定の成立及び推理の諸形式にまで及ばねばならぬ。之は本書の能くする所でないから、こゝには後章の説明に現はれて來る言葉の正確を期する意味に於て、主なる精神作用に就て必要なりと信ずる方面を記するに

止む。

科學創造
の精神作用

科學構成の基礎たる精神作用は心理學者 **ペイン** A. Bain も擧げて居る通り、(1)、**辨別作用** (2)、**抽象作用** (各印象から類同を抜き出す作用)、(3)、**把住作用**に歸することができる。凡て意識作用の過程に於て感覺なり、或は感情なりはそれに先行する印象から異なることを辨別する働きに依て起るものである。即ち意識が一状態から次の状態に移り行く間に變化あること、破らるゝことが原因となつて、辨別の精神作用が現はるゝ。恰かも感應電流は一次電流の不變なる場合には起らないで、唯其の電流の變化即ち斷續によつてのみ生ずると相似て居る。吾人は常に辨別に從事して科學的要素の蒐集を行つて居るのであるが、之のみで科學的事實が構成されるものではない。一つの感覺が他から異なつて居ることを意識するだけでは單に消極的の報告を受取るに過ぎないのであつて、それが何が起るであらうかを吾人には教へない。知能のかゝる状態では各感覺は孤立して纏まりのないものとなつてしまふ。此の境遇では各感覺を結びつける帶もなければ親和せしむべき橋もない譯である。吾人は現在及び將來の印象を過去のものに統一する別の心力を要するのである。ヘーコンは人によつて辨別力と抽象力の程度を異にすることをいつて居るのは、(1)と(2)とは別種の精神作用なることを語るものと思ふ。辨別作

用には必然的に同等を認定する作用を含蓄することは真なりといひ得る。されどいかに辨別力が豊富であつても變種の假装を看破すること、及び等種の共通性を把握することに於て貧弱なる心意作用のものあることも否定できぬ。而して此の作用の強弱が知力の發達を測る眞實の尺度を與ふるのである。(3)の把住する作用とは如何なることであるか。昔の人は心を以て蠟の如きものと考へ、外から刺激が來ると、これに印象を残すものであると考へて居つたのである。併し今日一般に採用されて居る説によると、把住は習慣によく似た一個の生理作用と見る。即ち一度神経が活動すれば、その部分は何等かの變化を残し、再びそれと同じ活動を反覆せやうとする傾向があるものである。此の傾向が即ち把住の力であつて、決して觀念がそのまま觀念として残るのではない。この残された傾向が基となつて再び元の仕組の活動が始まるから、そこに觀念が再生するのである。従つて始めて經驗したときからそれを再生するまでの間觀念として存在して居るのではなく、適當なる境遇に出會へば、その傾向が實現されて觀念が浮ぶのである。

以上の精神作用は科學的事實を構成して比較に進む階段であるが、心理學上比較は如何にして可能であるかは多くの學者を苦しめた問題である。今Aなる事實とBなる事實とを比較する

比較

に當り、A Bを同時に注意することは不可能であつて必ず交代に行はれる、即ちAに注意する間はBに注意せられず、Bに注意する間はAに注意せられずといふことになる。従つて、兩者を重ね合はして見るやうに公平な比較は不可能である。常識的の解釋ではBの知覺に際しAの記憶心像が現はれてBと比較せらるゝが故に比較は可能であるとするが、之は實驗的研究によつて否定されて居る。現今の心理學は比較には第一印象の記憶心像を故意に再生せしむる必要はない、第一印象中の比較せらるべき點と、第二印象中の同じ點との合致するが否かによりて二印象の知覺は特種の合致感情又は相違(矛盾)感情を伴ふ、かくして第一印象に能く注意しなへすれば、第二印象の知覺は自ら合致感情又は相違感情を伴ひ比較は直覺的に行はれるのであると教ふる。(高橋稷著心理學三二〇頁參照)

想像

想像は科學構成上非常に重要な精神作用である。いふまでもなく、想像は過去の經驗の再生ではなく、實際の經驗を素材として從來の經驗にない仕方等新しきを組立つるものであるが故にこゝに始めて精神上の創作が可能なのである。されど科學的の想像は單純に無意義の空想的なものではなく、合理的なることに於て特色があらねばならぬ。

科學構成の高等精神作用は考へるといふことである。思考即ち考へる作用とは如何なること

科學構成
の高等精神作用

であるか。幾何學の問題を考へる、自然現象の變化生成の原因を考へる或は文章の意味を考へるなどの語の示す如く、それは常に目的意識を有する有意作用である。而して動機は常に何等かの形の疑問又は問題であつて、其の不明に伴ふ不安の感情は問題の解決によつて満足さるゝ性質のものである。然らば問題の解決は如何なる精神作用によつて達せらるゝか。思考の要素は何であるかといふに概念、斷定及び推理の三作用に歸する。

概念とは知覺、記憶、又は想像に現はるゝ個別的な表象の代りに多數の事物を代表する心象であつて、思考活動の經濟から起つたものである。吾々は特種なる事物に就て考ふることもあるが、之では知識とならない。單に表象又は觀念のみによる知識は聯絡のない切れ／＼の甚だ不完全なものである。科學的知識は普遍的統一的のものであらねばならぬから、問題は概念に就て取扱ふを要するのである。此の連絡ある統一的の知識となすものが即ち概念作用である。概念の本質如何は哲學史及び心理學史上の大なる争ひの問題であつた。

斷定は思考の根本的作用であつて、概念の構成されたる後に始めて斷定の生ずるものではない、概念は即ち一種の斷定の結果である。例へばX線といふ概念を考ふるに、吾々は必ずX線は寫眞乾板に感ずるものである、普通の不透明體を通過するものである、青化白金バリウム板

概念

斷定

に螢光を發せしむるものである等の斷定を下す。かゝる斷定を離れてはX線なる概念の内容は零であつて、單に文字又は言語として響くのみである。然れども斷定の形式は二つの概念の關係を言語によりて表はすものであるから、二概念を結合したものが斷定であるといふ方が便利である。例へば「人は動物なり」といへば人と動物との二概念の關係を表明するが如く、人てふ概念の内容を分解して其の動物性の存せることを明かにせる一斷定である。

推理作用は一個又は數個の斷定から必然的に他の正確なる斷定に到達する精神作用であるが故に之を斷定に比ぶれば複雑なる知的作用であるといはねばならぬ。例へば「凡ての物質は重力の作用を受く」「水素は物質なり」との二斷定から「水素は重力の作用を受く」と推理するが如きである。斯くて推理は充足理由の原理に基づき、一般的事實から特種なる場合に、或は特種なる場合から一般的事實に及ぼして知識を擴充して際限なく、凡ての科學は此の武器の精銳に依つて、無限の發達を爲し得、吾人の遠く過去現在未來に涉りて統一的知識を得らるゝのは此の精神作用の賜物である。

推理

第二章 科學的推理

一 科學的推理の本質 科學の全價値は一對象に就て得たる知識を、之と類似した他の對象に適用するとの可能なるに依る。單に科學的事實を保持する許りでは、吾人は満足せないで必ず之等の間に存在する關係を求めて知識の體系を構成しやうとする。之が即ち科學を構成する過程に外ならぬのであるから、此の關係を整理して行く精神の働きが科學上甚だ貴きものである。科學的推理とは即ち科學的事實と事實とを連絡せしめて、全體を一個の體系的知識即ち法則と爲す作用である。體系とは雜然たる積み重ね又は寄り集りとは異なり、種々なる事實が一定の原理によつて連絡せられ、一全體としてまとまりのあることをいふ。木材を重ねた許りでは其の構造は體系的とはいはれない。之を力學の原理に従つて組合せ、一個の家を建築することによつて初めて體系的の排列を採り得るのである。かくして、各部分は全體に對し、又其他の部分に對しても一定の必然的の關係を結び、其の存在が全體に對して或る意味を有することとなる次第である。かくの如き體系は外部から與へられた原理によつて統一せられた人為的のものであるが、各種有機體の如きは、其の統一の原理が自身内に存在して居る所謂有機

體系的知識

的體系を成して居る。自然界の現象變化には有機的體系の下に生長發達を遂げるものが多いのであつて、之を發見するは科學的推理の職能である。

推理の原則

推理作用の基づく所は類似體、當量體、相似體、或は全く等しと認むべき事物に就て知り得たる事實を、新しき現象に推及して之を探り、求めんとするにある。其の等しいとか、相似して居るとかいふことは程度問題であるが、何れも次の原則を肯定して居る。

同一、相等、或は類似の存在する範圍に於て一物に眞なることは他物にも眞なるべし。

一所の水、一塊の硫黄につき研究し得たることは、他所の水、他産の硫黄にも眞として適用し得べきことを此の原則は規定する。若し之が不可能であつたならば科學的推理の存在の餘地がないのである。此の原則は同一律其他の原理から來る當然の歸結であるが、之を適用するには大なる困難のあることを思はねばならぬ。疑もなく此の原則を適用するに足るだけ、相等又は類似の程度が充分に保證され、確實であるかといふこと、及び其の不完全な類似體に就て、推理法を間違なく運ぶ條件如何を知ることの難局がある。科學的推理に於て過ちなき行路を研究することが即ち重要な仕事なのである。今先づ等しい事物といふことに就て考へよ。我等の認識する森羅萬象の間に絶對的に等しとするに足る二物を發見し得るか。人の心は其顔の等し

の等しきも

からざるが如しといふが、二十億の人類中全く等しき二人は求められまい。米粒は皆相等しと我々は認めて居るが、一度蟲眼鏡の力を藉りて窺へば、各粒は各々個性を有する。尙ほ人の如きに驚かん。又人工によりて全く等しき何物かを製作し得るや。學校は生徒用の机を注文して凡てに於て全く同一なるものとして取扱つて居るが、少しく其の材料や構造の詳細なる所を検するならば、數百の机中一として相等しきものを發見せぬであらう。人工に依て絶對に相等しきものを得んとする企ても亦全く徒勞に終るのである。同様に化學的に同一であると思はれて居る同一元素の分子に於ても我等は各個性を有すと認むる理由を發見するのである。

以上と反對に何等類似、相似のないと斷定さるゝ事物に於ても亦或程度の類似を求め得られる。亞細亞人種と歐羅巴人種との間に類似を發見し得べきはいふまでもないことであるが、人と馬、人と蛇、人と櫻それ／＼其れ等の間に發見さるゝ類似があるではないか。水先案内と總理大臣は余りに間隔が多い。併し一は船の航路を定め、一は一國行政の方針を定むることに於て類似なる理由がある。科學的推理は既知の關係(知識)の媒介によつて類似の概念間に存する關係を認知する作用に外ならぬ。推理の過程として類似を發見するに最も簡單なる手段は標本と稱すべき中間物を用ふることである。一貨物の二部分が等しきことを吟味するには必ずしも一

類似せるもの

類似を發見する手段

を他の側に運びて其の等しきを検する必要がない。其の一部分に組織、外觀、其他の顯著なる性質に於て似たる標本を用ひ、之に他が一致するか否やを知れば二部分の等しきか然らざるを知る事ができる。二つの寺塔の高さを比較するに、一を他の側に並べて見る必要もなければ又事實不可能である。かゝる場合に、一塔の高さと一致する中間物を用ひて、即ち標本を以て比較して高低を決定することができる。此の標本が即ち單位の始まりである。此の代用法によつて、場所に於て、時間に於て、異なる物をも比較することができる。此の原理は音の場合に於ては一定の音叉を用ふるにより調子を比較せらるべく、又サイレンによつて振動數を測ることの原理を教ふる譯である。

推理に於て其の理由を求むべき斷定若くは導き出さるゝ斷定は之を斷案又は結論といひ、其の理由とする斷定は之を前提と稱する。普通には前提は已知の知識であつて、結論は新に求むるものである。論理學者は前提と結論の性質から推理を演繹と歸納の二種に分つ。演繹は前提と結論との關係が全體と部分との關係になつて居て普遍的法則又は原理から特種の事實を推知するものであり、歸納は此の反對で、前提と結論との關係が部分と全體となつて居て、特種の事實を根據として普遍的法則又は原理を導き出すものである。尙ほ右の外推理の一種として比

推理の三形式

論又は類比推理と稱する形式がある。之は前提と結論との關係が部分と部分との關係になつて居て或特種の事實から他の特種の事實を導き出すもので、不完全なる歸納推理ともいふべきものである。以下節を改めて論述を試みやうと思ふ。

二 演繹的推理

演繹的推理の一般的論述は之を論理學の參照に譲るとして、こゝには理科教授上に起る問題に關して必要と思ふ斷片的の説述を試み様と思ふ。既知の一個の命題から直ちに他の命題を推定する所謂直接推理は推理の諸形式中最も簡單なるものである。例へば、

電氣導體は無發電體なり。

といふ前提から

液體電氣導體は液體無發電體なり。

といふ結論を得る。又

植物は炭酸瓦斯を分解する物體なり。

と斷定するならば、此の前提から

顯微植物は炭酸瓦斯を分解する微生物體なり。

直接推理

定言的三段論法

と斷案を下し得るが如きである。

演繹的の最も普通なる形式は已知の二命題から一新命題を推定する所謂間接推理であつて三段論法と稱するものである。其の模範式なる例は

凡べての金剛石は可燃物なり。

(大前提)

MはPなり

此の寶石は全剛石なり。

(小前提)

SはMなり

故に此の寶石は可燃物なり。

(斷案—結論)

故にSはPなり

凡べて酸(P)は青色リトマス紙を赤變(M)せしむ。

此の液體(S)は青色リトマス紙を赤變(M)せしむ。

故に此の液體(S)は一の酸(P)なり。

の通りであるが、之によつて知らるゝ如く、三段論法は大前提たる命題から小前提たる命題を媒介として第三の命題を立する法である。此の法中科學上に起る推理として最も注意に値する形式は前提の兩命題の主辭が同一なる場合である。例へば

水素は最小密度の物質なり。

水素は最小原子量の物質なり。

より、次の断案を導く。

最小密度の物質は最小原子量の物質なり。

但し此の形式に前提の主辭と賓辭とが同一性なるときに於てのみ断案が真なるべく、部分的一致なるときには推理することができない。例へば、「水素は氣體なり。」「水素は無色なり。」より「氣體は無色なり。」とは断定し得ざるが如きである。數學の公理に於て $A=B$, $A=C$ なるとき $B=C$ を真なりとするは此の種の形式に屬すと見做し得べきか。

二つの部分的一致の命題から新部分的一致の命題を導くは古來よりの三段論法の特徴とする所で、前形式以上に科學上注意を拂はねばならぬものである。先きに擧げたる金剛石の例は之を示して居る。今否定命題を有する例を擧ぐれば

海王星は惑星なり。

惑星は逆行運動せず。

故に海王星は逆行運動せず。

次の例も亦此の形式の複雑なる一例である。

凡ての方向に等しき弾性を現はす物體は複屈折せず。

假言的三段論法

或結晶體は凡ての方向に等しき弾性を呈す。

故に或結晶體は複屈折せず。

既に述べたる推理の形式は定言的の命題よりなり、一般に「甲は乙なり」「甲は乙ならず」なる形式を以て表はさる。之に次ぐ推理の第二種として前提の一が假言的命題よりなれるものがある。例へば「若し甲が乙なれば丙は丁なり」といふ形式で表すことを得るものである。其の「若し甲か乙なれば」は之を推理の前件といひ、其の「丙は丁なり」を後件と稱する。今假言的命題を大前提として、小前提に於て其の前件を肯定又は否定するか、或は後件を肯定又は否定するかによつて四種類の三段論法を得ること次に示す如くである。

一、若し甲が乙なれば丙は丁なり。

甲は乙なり。

故に丙は丁なり。

二、若し甲が乙なれば丙は丁なり。

甲は乙ならず。

故に丙は丁ならず。

若し物質が炭素なれば、それは燃ゆべし。

それは炭素なり。

故にそれは燃ゆべし。

若し物質が炭素なれば、それは燃ゆべし。

それは炭素にあらず。

故にそれは燃えざるべし。

三、若し甲が乙なれば丙は丁なり。

若し物質が炭素なれば、それは燃ゆべし。

丙は丁なり。

それは燃ゆべし。

故に甲は乙なり。

故にそれは炭素なり。

四、若し甲が乙なれば丙は丁なり。

若し物質が炭素なれば、それは燃ゆべし。

丙は丁ならず。

それは燃えざべし。

故に甲は乙ならず。

故にそれは炭素にあらず。

以上の四式中二と三は明かに真でない。物質が炭素でないといふ事實は性質に就て何等告ぐることができない。又單に燃ゆるといふ事實だけでそれは炭素であると断定することを許さぬ。即ち假言的三段論法に於て前件を否定し或は後件を肯定する場合には推理は一般に不真なる形式に陥る。

選言的三段論法

推理の第三種として大前提が「甲は乙なるか丙なるかなり」といふ選言的命題よりなれる選言的三段論法を擧げることが出来る。此の場合に於て小前提は相互を肯定するか否定するかの一であり、結論は何れか他を否定し或は肯定する。こゝにも亦四種の形式を生ずる。

一、甲は乙なるか丙なるかなり。

それは雨か雪の何れかなるべし。

甲は乙なり。

それは雨なるべし。

故に甲は丙ならず。

故にそれは雪ならざるべし。

二、甲は乙なるか丙なるかなり。

それは雨か雪の何れかなるべし。

甲は丙なり。

それは雪なるべし。

故に甲は乙ならず。

故にそれは雨ならざるべし。

三、甲は乙なるか丙なるかなり。

それは雨か雪の何れかなるべし。

甲は乙ならず。

それは雨ならざるべし。

故に甲は丙なり。

故にそれは雪なるべし。

四、甲は乙なるか丙なるかなり。

それは雨か雪の何れかなるべし。

甲は丙ならず。

それは雪ならざるべし。

故に甲は乙なり。

故にそれは雨なるべし。

四形式共に眞實である。唯誤謬に陥るのは大前提にある。大前提に於て甲は乙なるか丙なるか明かでないけれども其の何れかなること、従つて、甲若し乙なるときは甲は丙ならざること、甲若し丙なるときは甲が乙ならざることを含んで居る。反對に甲が乙にあらざるときは甲は必

す丙でなければならぬ、甲が丙にあらざるときは甲は乙でなければならぬといふ意味もあるのである。

選言的命題には以上の兩肢の外甲が乙丙丁等の如く三肢を取ることもあり、又次の如く假言的と選言的の連合せる命題を前提とする複雑なる形式を有する場合もある。

若し甲が乙なれば丙は丁なるか成なるかなり。

詳細は論理學の參照に譲る。

演繹的推理の眞偽

演繹的推理の眞偽は實質形式の二方面に歸因する。前提に判断せることが事實上正しく、推理の形式にも規則上間違なかつたならば、その斷案は事實上正しくなければならぬ。前提の事實が正しく、斷案との關係が形式上不正なるときには、斷案は事實上正しきこともあるべく或は正しからざることもありて一定しない。前提の兩命題とも若しくは其の一方が事實上不正なりとして、其の斷案との關係が形式上手落ちなき場合には、其の斷案は事實上或は正しきこともあるべく或は不正なることもある。例へば

凡て鳥類は哺乳動物なり。

凡て鯨は鳥類なり。

故に凡て鯨は哺乳動物なり。

といへば事實上不正なる前提から形式上正しき論法によつて事實上正しき斷案を下したのである。前提も事實上不正、前提と斷案との關係も形式上不正とするも尙ほ斷案は事實上正しきこともあり得ることは前例などから考へらるゝ。之を以て論理上斷案を正なりと断定し得るのは兩前提の事實上正しきが上に、それから斷案を得る形式上の手順の上にも誤りなき場合に限るのである。故に前提となるべき斷定の正確を期すると共に演繹する方法上の誤謬を避けることは科學研究上最も大切なる仕事といはねばならぬ。

歸納的の意義

三 歸納的推理

歸納法に於ては判断さるべき眞理は前提たるものよりも一層普遍的なること、其の達する方法に於ては分析的なるを特色とする。吾人に現はるゝ自然現象は甚だ複雑混沌たるが故に之を要素に分解して、それらの間に存する關係を決定する方法、即ち或る未知の法則に従ふ事件を與へられて、その法則を發見するに到るのが歸納的である。與へられたる法則から到着する結論を求むる代りに、與へられたる結果から之を統一する法則を發見せんとするのが歸納法の目的である。されば演繹と歸納とは互に反對の方向に推理するものといふべく、一

は一般より個々に向ひ、一は個々より一般に向ふ。

金は元素なり、銀は元素なり、銅は元素なり、金銀銅は金屬なり、故に金屬は元素なりと歸納的に推理するに當り、如何にして個々の例から普遍的の立言に達し得るかは歸納法の根本問題である。此の例に見る如く、二三の知られたる事實から一般的に進むには、已知を未知に及ぼすのであるから、そこに思想上の飛躍をなさねばならぬ。(即ち歸納的飛躍) 如何なる根據によつて此の飛躍は可能であるか。此の推理の根柢には自然の齊一を信ずること、吾人の思想上の傾向として、各の事實は必ず孤立無縁のものではなく、必ず普遍と何等かの關係を有することを要求する所にあるのである。枚舉的歸納法に於ては多くの例を枚舉して之等は皆かくくゝなるが故に其の種類のものは悉くかくなるべしと論ずる。例へば今まで實驗したる磁石は皆鐵片を引くを以て、凡へての磁石は鐵片を引くものなりと斷定する。されど如何に多くの磁石を實驗したればとて、個々のものから一切のものへ論究することは決して絶對的に確實なりとはいひ難いのである。歸納的推理に前提たる例が多いのみでは、斷案が確實なりとは斷定し難い。唯實例の數多き程吾人をして主辭と賓辭との間に偶然ならぬ關係の存するならんと思はしむる所に根據があるのである。例へば、金屬は熱の良導體であるといふは、單に金屬につき

過去より
未だ、
知より
未だ、
知を得る
豫言の
根柢

て經驗せし度數によるのではなく、物理的又は化學的に同じ性質を有する金屬の等しく、又此の新性質を有することを類推する根據に立つものである。されば類推の根據は甲概念 乙概念と伴ふ關係の有無に係るのであつて、必ずしも甲と乙と相伴ふ實例の數多きを要しない。又其の數の多きことのみでは未だ以て甲と乙との必然相伴ふことを證するに足らないのである。

科學の價値は現在から未來を豫知することに於て其の光彩を發揮するのであるが、如何なる根據によつて之は可能であるか。或は吾人の五官を以て試験した所から發見しない事物の本性を豫知するのは如何なる基礎に立つが故であるかは困難なる意味深き疑問である。有限時間に於ける經驗は之を司配する最後の知識を與ふるに足らざることは次の二重の不確實に基づくと思ふ。吾人は宇宙が全體として不變に進行するものであると想像するとはいひ、吾人は全體としての宇宙其の物の實際を知らない。吾人は其の無限の廣表に於ける一點を知るのみで、又無限の連續に於ける一瞬時を經驗するに過ぎない。されば過去の中に未來を變展せしむる原因たる事實の伏在せるを、吾人は看逃ししなかつたとの保證はできぬ。又恐らく未來は實に過去の生産であるとも吾人は確言するに苦しまざるを得ない。こゝて於て經驗せざる事物及び時間に就ては次の假定の下に進むより外ないのである。

1、吾人の過去の観察は已に存在する事物に關して完全なる知識を興ふること。

2、已に存在せし事物に適應する條件は未來に存在するものにも又條件たること。

宇宙の創造につきては、そこに行はるゝ如何なる變化にもあらゆる經驗と凡ての概念の作用とを必要とする。然るに之は吾人の能力の能ふべき所ではない。斯く吾人は根柢のない經驗や知識の上に立つのであるから、吾人の科學も吾人の推理も問題に關して眞實性を缺くといはねばらぬ。唯未來に關する凡ての推理の基礎的公準としては推理の問題となるものに任意的な變化があるべきものでないといふだけのことである。之を以て歸納推理の結果は常に假說的性質を帶び蓋然性のものであるといはねばならぬ。

四 演繹と歸納

既に述べたる如く、演繹と歸納とは推理の方法に於て相反對して居るが、目的に於ては根本的に差違ある譯でなく、共に個々の事實間の關係を一般的法則に由つて確明することを目的とすることに於て同一である。唯兩者は其の出發點を異にして居るだけのことである。演繹にあつては一般的の法則が已に知られてあるか、若しくは知られたとして之を他の事實に適用することを提示し、歸納は經驗せる個々の事實を出發點として、そそれを連絡す

べき法則又は原理を發見してそれらの本來の意義を發揮するにある。演繹の難點とする所は其の大前提に立つ「凡ての金剛石は可燃物なり」といふ斷定は如何にして得られたるかといふことであるが、此の全稱的斷定は多くの場合に於て歸納的推理の結果から得られる。故に演繹的推理の材料を供給するものは實に歸納的推理であるといひ得るのである。即ち一面から考ふるに演繹的推理は歸納的推理の力を藉るにあらざれば其の働きを擧ぐる事ができない。歸納的推理は特種なる場合から一般に進むに當り、其の推理の前提即ち原則とする所は二三の場合に眞實なるときに於ては事情の同一なる限り、その他の場合に於ても悉く眞實なりといふことである。歸納法はかくの如き大前提を携へて之を特種の場合に應用するのであるから、一種の演繹的なるものと考ふる事ができる。

吾人の有せる知識は一體歸納、演繹、何れによつて得らるべきかの問題であるが、之は立論が兩方共成立し得ると思ふ。或意味に於て、凡ての知識は歸納的なりといひ得る。吾人は自然に於ける關係なり法則なりを學び得るのは、唯自然の事物を観察することに由つてのみ達せらるゝのである。而して感覺的知識は唯格斷なる事實の知識であるから、是等に共通なる關係、一般的なる法則を索むるには推理の手段を採らねばならぬ。即ち經驗は知識の材料を供給し、

歸納法はそれらの材料を消化して一般的知識を生む。今吾人が、かやうな知識を概括的命題或は自然の法則の形ちで有するときは之を演繹なる逆の方法によつて何時でも必要に應じて特種なる場合に應用する事ができる。かくの如く演繹の基礎が經驗的事實から歸納的推理によつて導き得るといふ立場から見れば、凡ての知識は歸納的なりといひ得るであらう。又一方から考ふれば、凡ての推理作用は演繹の原理に立脚することを眞實なれといひ得る。演繹的方法の知識なくしては如何なる推理法も存在し得ない。凡そ與へられたる法則から如何なる結果が導かるゝかを決定するの能力なくしては現象の依據する法則を確立するの手段ない譯である。算術の演算に於て恰かも除法は乗法の先行的知識を必要とするが如く、或は積分法は微分法の記憶の上に立脚する如く、歸納は演繹の先行的知識なくてはできぬ仕事である。迷路に入りたる者の原の入口に歸り得るのは偶然に機會に依るか、或は原蹈み入りし路を精確に記憶するより外ない。經驗によつて吾人に提供さるゝ事實は格斷なる結果の迷路である。偶然に機會に乘じて適用さるべき法則を發見し得ることもあらうが、蓋し之は稀有の場合であつて、吾人は或格斷なる法則に依據する成果を詳知することによつて、一般法則に進む關鍵を與へらるゝ譯である。此の意味に於て演繹は二重の要なる役目を有する。一は歸納の結果を格斷なる場合に適

用すること、他は其の逆なる歸納の基礎として理解することである。

之を以て見れば科學の研究には演繹と歸納は車の兩輪の如く、相共に働くことに於て、其の機關の作用を全くし得ることを理解さるゝであらう。ジョン、スチュアート、ミルは科學の研究は歸納法を以て始めざるべからざれど、一旦歸納法によりて若干の原因結果の關係を發見した後は之を基として更に演繹的に現象の生起の規則を推定し得べしといつて居る。例へば、歸納的に甲に乙なる一原因の働く法則を知り、又丙なる原因の作用する法則を知らば、甲に乙丙兩原因が共に作用する場合には如何なる現象を呈すべきかを演繹することができるのである。理科教授は歸納的に始むべしと雖も歸納的のみが理科教授の進むべき路ではない。教材の性質によりては演繹的方法の效果大なるに加かざるのである。殊に理科教授に於ける似非歸納的なものは最も避くべきことである。

比論の意

五 比論推理 比論とは二個以上の事物が幾多の類似する條件の下に起り來る時、其の物の有する或特性は他物にも亦發見するを得べしと推論する方法である。例へば、惑星の一たる火星は軸の周圍を自轉し、地殼、空氣、及び水を有する點に於て地球に似て居るから火星に

も亦人類ありと考ふるが如きである。比論は此の如く、單に事物の間に於ける或性質の有無を推究し、其の因果關係若しくは法則を暗示するに止まり、其結果は蓋然的の性質を有するに過ぎない。要するに比論は二個の事物現象の間に存する一の類似より他の類似を豫想せしむる方法である。

比論は又事物の間に於ける類似といふこと許りでなく、事物の關係の間に於ける場合にも及ぼすものである。水先案内者は總理大臣とは甚だ異なる職能のものであるが、前者の船に對する關係は後者の國家に對する關係と類似して居る。左様なことから比論的に總理大臣は國家の水先案内者なりといふ。溫度と熱との關係、電位と電氣量との關係は水位と水量との關係に於ける如く比論することができる。

比論推理は發見の魁として大に有用なることは、種々の歴史的事實に就て發見することができる。吾人が新しき一現象を知覺するや、心の第一衝動は最も近く類似せる現象と之を關聯せしむることである。化學者が一新元素であると信ずるものを發見したる場合に其の處理法及び試験法は種々限らない位であらうが、若し其の物が呈する性質の中にアルカリ金屬に類似せることを發見するならば進んでそれはアルカリ金屬の他の性質を有せざるかを研究する。沃化カ

比論と發見

リウムが立方體に結晶するが故に之に比すべき鹽類なる鹽化カリウムも亦同様に立方體の結晶を爲すと豫言する。此の如く化學は物質の性質を廣く注意し、比較聯合の作用により發展し行くものであつて、其の深き底に埋れて居る比論を光明に導くに外ならぬ。他の科學に於ても亦同一である。ニュートンが林檎の落下と天體運行の比較から重力説を立てたるが如き、或はダーウインが人工淘汰によつて動植物の變種を來すことから進化論の基礎たる自然淘汰或は適者生存の思想に説き及せしが如き皆之比論法の賜である。

比論の結果をして有効ならしむる爲めには、比較さるゝ二物若しくは二現象は少くとも二三の點に於て相類似せねばならぬ。兩者の類似點愈々多く、確められたる差違點愈々少ければ比論の結果は愈々確實である。然れども其結果の蓋然的なることはいふまでもない。比論は最も簡單にして又最も原始的の推論であるから、之によつて蓋然的なる暗示を得、此の暗示を確むるに歸納法を以てし、或は之を検證するに演繹法を以てするにより、知識を擴充してゆくことができるのである。之を以て又比論は凡ての推論の根底として大なる價值を有するものであるといひ得る。實際理科教授に於ては比論推理が甚だ重用されて居ることに氣が附くであらう。液體の代表としての水、氣體の總代としての空氣を授け、其の知識は水ならざる他の液體、空氣

比論の價値

外の他の氣體に充分に發見され、適用さるゝものとして少しも怪しまないのである。教授の過程に於て常に以上の如き比論推理が遠慮なく行はれて居る。

六 科學的研究法 經驗的事實より出發して新原理を發見し、或は之より推理して新事實を闡明し、更に一切を説明すべき一大原理、即ち科學の目的とする普遍的法則を獲得するには論理的思考法に依るより外ない。科學は實に此の方法によつて建設さるゝものであるから此の形式を科學的研究法と稱する。其の内容に於ては應用論理學に過ぎないのである。

科學的研究法の第一歩は科學的事實の蒐集を以て始まる。其の事實の集め方に觀察、實驗、及び證言の三方法を算ふ。證言とは他人の經驗を採用することである。普遍的知識を得るには公平に自他の經驗を綜合せねばならぬ。個人の觀察には限りがあり偏頗なるを免れない。研究法の第二歩は其の獲たる事實を分析し、比較し、類似點と差違點とを識別して彙類を行ふことにある。即ち經驗的事實を整理してそれら相互の關係を同時に認知する方法である。されど以上は單に事實の記載に過ぎないのであるから之を科學的知識とするには更に一步を進めて其の間にある共通普遍なる關係を究め、以て事實を説明せねばならぬ。之には歸納的に出る場合

證言

彙類

説明

と演繹的に出るとの二つがあり得る。前者は實際の事物の觀察實驗より一般の法則に達するが故に之を又發見法と稱し、後者は一般法則に依據して事實を説明し、知識を系統的に排列するが故に之を系統法と稱する。多くの科學は歸納的推理に出て、法則原理に到達するが故に歸納的研究法を特に科學的研究法と稱することがある。然れども科學的研究法は嚴密に徹頭徹尾歸納的なりとはいひ兼ねる。或場合に於ては想像的に構成せる假説を前提として、之を眞なりとせば果して如何なる歸結を必然に生ずべきかを演繹的に説明し以て科學の眞理を確むることも多いのである。假説の眞偽を検討して其の正否を判別する方法は科學的研究法の第四步にして檢證と稱する。之に由て假説の誤謬なることを知ることもあるべく、或は其の確からしさを加へ、或は其の眞なることを確め得ることもある。檢證に由つて確かめられたる假説は之即ち定理である。こゝに至りて始めは斷片的で不規則無秩序の如く見えたる事實も整然たる體系的知識に編制せられ、事物の關係が明かになるのである。然れども凡べての科學的知識は右の方法により一躍して發展するものではなく、秩序的に種々の方面から進んで行かねばならぬ。實際一方面的知識を充分に發達せしむるには之と關係して居る他方面的知識と協力するにあらざれば決して完全に行くものでない。之を研究者の方からいへば、其の専門として居ることを充分に

檢證

定理

全ふる爲めには他の研究者の爲して居る専門的知識を得ることが必要件である。

以上は科學の全野に涉りて適用せらるべき研究法を概括して述べたるに過ぎない。特種の分科々學にはそれ／＼研究法の特徴のあることを思はねばならぬ。唯一の山頂に達するにも幾條の道があり、山の異なるによつて開拓すべき道も異なつてくる如く、獨善完美なる方法とはあるものでない。唯科學的研究法に關する一般的知識を有つて居ることは、科學の法則若しくは原理が如何にして暗示せられ、發見せらるべきか、疑問の解決に手を下すに當り如何なる道を踏むべきか、其の最初の關鍵を與へらるゝに過ぎないのである。

第三章 觀察及び實驗

一 觀察と實驗との區別

科學的研究法は先づ科學的事實の獲得より始む。觀察と實驗とは之を爲すに必要な手段であつて、諸々の經驗は之より成る。觀察は個々の事實を知覺することであつて、吾人の經驗を統一するに當つて最初に爲さるべき必須の段階であり、實驗は人爲を以て事物由來の條件を變更して其結果を觀察することである。觀察は現象の發生を自然に待ち、之を注意して認識することであり、實驗は自己の努力を以て任意の時、任意の場所に於て現象を現出せしめて觀察する。又觀察は自然の有りのままを看取せんとするのであるから受動的であり、實驗は吾人の究めんとする事件に勢力を加へて之を左右するのであるから活動的觀察ともいひ得る。科學を研究するに當り觀察實驗何れを主とすべきかは科學の對象によつて自ら定まる。天文、氣象、地質に關する科學は主に觀察的科學であつて、物理化學の如きは實驗的科學である。

觀察によりて現象と其の起る條件との關係だけは之を知ることができるとは、此の條件は此の現象に必要な原因の全體なるかを確定することはできぬ。虹と雨との相伴ふことを經

實驗的觀察法

驗して雨は虹の一原因であると判断するが、雨のみが虹の成因であるかどうか分らぬ。實驗に至りては人爲的に此の條件を變更し、其の現象の起るや否やを觀察し得るが故に、兩者の因果的關係を確むることが出来る。之を以て見れば正確なる知識を得るには實驗の方遙かに優れりと認めねばならぬ。實際自然科学の根據とすべき原理を見出すためには吾人は金屬の上に酸を注ぐといふ不自然のこと、實驗することを要する。故に純粹に觀察に依るより外ない場合でも、自然的實驗とも稱すべき觀察法を施すのである。古の天文學者は天體の運行を研究するに純粹觀察に依るのみであつたが、今日の學者は其觀察に適當なる時と場所とを選択するやうになつた又吾人の勢力を以て氣象に變化あらしめて之を觀察する方便を有たないけれども、或は山嶽を利用し、氣球、飛行機を飛ばして觀察を任意の時、任意の場所で行ふやうに進んで居る。即ち實驗的觀察が行はるゝやうになつて觀察的科學に一段の進歩を來したのである。曾て電光と、摩擦されたる琥珀の輕體を引く作用とは人類に深い印象を與へた偶然的の觀察であつたが、此の兩現象を同一原因に歸着せしめ、其の真相を知るに至れるは實驗の結果である。されど仔細に考察すれば、觀察と實驗との區別は程度の問題であつて、種類の相違ではない。人爲的に條件を變更して其の結果を觀察するも、或は自然の起生を待つも、根本的に何等の相

違なく、因果の關係に至りては一である、其の論理的價值に變りはない。唯現象の由來する條件を人爲的に變更し得る程實驗に近く、之に反すれば觀察に近いだけのことであつて、實驗も亦一種の觀察である。

二 觀察の要件

誤謬なき觀察は精確なる知識を得る第一要件であり緻密なる觀察は事件の真相を發見するに欠くべからざる要素である。觀察上注意すべき條件は凡そ次の通りである。

(一) 觀察者は心を虚心平氣にし、情に激せざる状態にあること。

五官及び精神に異状ある人の正當なる觀察を爲し能はざるは明かなることであつて、彼の鹿追ふ者は山を見ず、心不在愛視而不見聽而不聽食而不知其味といふ諺と同一である。ペーコンは「人の心は凹凸ある鏡の如し、自然の事件を歪みなしには反射せず」といつて居る。誤りなき觀察を行ふ爲めには心を冷靜にし、公平無私の態度を以て事件に臨まねばならぬ。されど事物の研究は其の興味を感ずるに由りて起るものである。此の感情までも没却する意ではない。

(二) 偏見又は豫想を避け、事實を有りのまゝに觀察すること。

人は何等か偏見又は豫想を有つて居ると、之に好都合なるやうに觀察を強ひんとする傾向あ

虚心平氣なる觀察

有りのまゝの觀察

るに至るが自然である。之は古來多くの科學者が苦き經驗を嘗めたことで、此の爲めに發見の時機を遅くしたる場合乏しくないのである。人は主として既往の經驗、既有の知識に支配されるものであるから、物理學者は何事も物理的に、化學者は何事も化學的に觀察することは免れ難いことである。唯結論を急ぎて之に都合よき觀察を得んと努むるが如きは戒しめなければならぬ。之を以て事實を有りのまゝに觀察せんが爲めには研究題目の目的を周知せざるものに委任して觀察せしむるを良しといふ説がある位である。

(三) 觀察は成るべく多方面に涉りて正當なる感官に依ること。

吾人の知識の廣さは感官の作用に制限せらるゝ。故に事物の觀察すべき事項はそれ／＼正當なる感官に運びて、多方面ならしめなければならぬ。即ち視覺に委ぬべきは眼に、聽覺は耳に、嗅覺は鼻に、觸覺は皮膚に等眞實なる感官に認へて眞の感覺を印象することが必要である。加ふるに感官の作用には自然的制限と錯覺とがあるから、間接法を用ひて感覺の範圍を擴大する例へば視覺によるには形態の擴大法、距離遠近法を講ずるとか、聽覺によるには微音聽取法を用ふる等である。

(四) 觀察は一定の意識せる目的に従つて行ふこと。

多方面なる觀察

意識せる觀察

之は(一)(三)の要件と矛盾するやうに見ゆるが、決してそうではない。吾人の觀察する事物は常に恒等不變に留まるものでなく、絶えず變化流轉しつゝあるから、其有りのまゝなる觀察は非常に複雑多様なものである。又同一の事物も之を觀察する吾人の立脚地によつて異なつた外觀を呈する。こゝに於て科學的知識の素材を得るためには豫じめ一定の目的を意識し、此の目的に従つて觀察することが必要である。唯漫然と有りのまゝの事實に對する觀察では科學的價值を有する材料を得ることは困難である。例へば琴の音を觀察するに之を空氣の振動として見れば物理學の目的から觀察されるのであるが、又其の音波が耳に入つて美音の感覺として考ふれば精神的事實として心理學からの觀察である。即ち觀察に當りては注意すべき方面を豫じめ考へて置くことを要する。特に反覆して觀察することを許さない様なものに於ては尙更のことである。

三 觀察の限界

元來吾人の感覺には自然的制限があるから觀察にも一定の限界を生ずる譯である。吾人の聽覺は毎秒約三万回以上の振動を音化することができない、又毎秒十六回のもものは其の振動余り緩漫に過ぎて同様に音の感覺を印象するに足らぬ。熱、光の感覺に於ても

亦吾人の五官の組織より来る自然の制限があるのである。感覺力に範圍があるからといつて、それ以外の事實の存在を否定することにはならぬ。吾人には振動急速にして音の感覺を起すに至らざるものも、或る昆蟲にはかゝる高振動を聞き分け、以て相互の通信をしようとさへ知られて居る。又光には視覺を呼び起すに足りない赤外線、紫外線がある。又或現象には吾人の感官で直接に感覺することの不可能なる性質があつて、間接法によつて始めて觀察の目的を達する場合もある。導體の表面に配布せる電気密度、電位差、放射體の放射能の如き即ち之である。之等は今までの人類には必要を認めなかつた所の性質である。斯くの如く事物の性質には直接に感覺する方便はないけれども間接に觀察を可能ならしむる方法の發見によりて認識し得るものが現はれ、科學界の革命を起す誘引となることが珍しくはない。

觀察の方便として器械を用ふる場合には其の制限は器械の構造性質に司配せらるゝ。遠距離にある物體は望遠鏡により、細微なる物體は顯微鏡により吾人の視力圈に運ばるのであるが之等器械の倍率が觀察の範圍を定むる。吾人は直接の觀察によれば動物は動くもの、植物は固定せるものと認識するが、顯微鏡の出現によつて、動物よりも一層活動する微生物を發見し得らるゝやうになつた。今日の學者は無生物たる礦物を成せる分子と雖も盛に運動の状態にあ

觀察の方
便として
の器械

りと考へて居る。唯其の程度までも觀察し得る装置を未だ吾人は有せぬまである。斯くの如く精巧なる器械の發明といふことも亦科學界に大變動を起す源である。

四 實驗の論理

自然界の現象は極めて複雑なる關係に結びついて居るから單純なる觀察だけでは其の真相を知ることができぬ。之を分析的に研究せんが爲めには事物を種々の境遇、例へば温度、壓力、電気力、化學作用等の下にあらしめ、其の現象の變化關係を觀察することが必要である。之即ち實驗と稱する一つの仕事なのである。

實驗は其の性質から性の實驗と量の實驗とに分つ。前者は定性的で物理學者が高塔の頂上と地床とに於ける重力の大きさに差あるかを實驗するが如き又化學者が或種類の礦物中に與へられた元素の存否を知る目的を以て分析を行ふ如きは之皆定性的實驗である。後者は定量的で重力の大きさの差、元素量の百分比等を要求するが如く、精密なる程度の實驗として、原因と目される條件の一定量より生ずる結果の數量的關係を發見せんとするにある。實驗は又其の目的に従つて歸納的(發見的)と演繹的(檢證的)の二種に分つことができる。前者は事實より結論を、後者は結論の導く所に事實の一致するや否やを試みるとする目的を以て行ふ實驗である。

定性的と
量的實驗

歸納的と
演繹的實驗

実験の境

最も簡單なる實驗と雖も之を行ふに際し考察に入るべき境遇は甚だ多いので論理的に吟味すれば限りのないことになる。例へば、二本の棒を互に摩擦して起る熱に就て條件を確むる場合に考へよ。こゝには棒の形状、硬度、組織、成分、摩擦の壓力及び速さ、周囲の空氣の性質等を考察に入るべきは勿論、地球の重力及び電氣作用、太陽よりの輻射、實驗者の體温までも顧みなければならぬ。以上の複雑なる境遇が此の發熱に影響なきものと見做し、唯摩擦の器械的仕事のみが其の原因なりと宣言するは不安心の至りではないか。此の實驗の目的は熱の發生する眞實なる境遇を發見するにあるが故に逐次の實驗により發熱は無關係なる境遇を確め去つて二物體の摩擦によりて消費する器械的エネルギーのみが熱の發生する唯一の原因なりとの結論に到達するのである。併しかくの如き論理的に吟味する實驗法は實行上に於ては殆ど不可能なる場合が多い。何となれば、論理的實驗法の要求する場合は非常に多くして實驗者の堪え得る所でないからである。こゝに於て實驗者は必然的に嚴密なる論理的實驗法を見捨て自分の先見見的考察に信頼して早く結論に到達する。故に時として之は意外の誤謬に陥ることがある。

吾人の行ふ實驗は多く空氣中にて行ひ、氣壓、氣温等につきては無關係の境遇として考察に入れざるが常である。然るに其空氣中には吾人の觀察を脱し易い種々の物質があり、壓力、温

度の變化といふことも豫想外に現象上に効果を及ぼすものであるから、此の境遇を脱して實驗することが必要である。空氣中に浮遊する微量の食鹽はスペクトル研究上に大なる妨げを爲したのであつた。生物の自然發生説は空氣中に於ける微生物の萌芽を考察の度外に置いた結果であつた。排氣機の發明がなかつたならば稀薄氣體の放電現象より進んでエックス線の發見に及ばなかつたことと思ふ。

實驗の結果RがABCなる三種の境遇によつて得られたとすればRの原因は一個の條件とすればABCの三種、二個條件の結合によつたとすれば、AB, AC, BCの三種、或はABC共に關係すると思へば唯一ヶ條件^{ABC}を數ふことができる。ABCなる三種の境遇に於て已に七種の原因を考察に入れなければならぬ位であるから、境遇の増加と共に、考ふべき原因の複雑なること推して知るべきである。故に實驗の第一要件としては、實驗の簡單化を擧げねばならぬ。之は原因と思はるゝ種々の條件を逐次に檢して其の數を減じ行き、遂に眞の原因に達することである。單に一個の境遇によつて研究せんとする現象の結果が現はるゝといふことを確定すれば、其の境遇は恐らく與へられたる現象の原因であると思ふことができる。化學分析は實に此の方法で進行せられて居る。

實驗の要件

實驗の第二要件は一度に唯一つの境遇を變化せしめ、他を不變に留めて置くことである。其の理由とする所は、同時に二條件を變ずるときは實驗の結果は其の何れに原因すべきか、又兩者提携するかを決定することができぬ。又他の理由としては、此際何等の結果がないといふことは二條件共關係するけれども相中和して一は他の結果を打消すや否やを適確に決定することができぬ。例へば酸素が動物の生活に必要なことを證明せんと欲するならば、蠟燭の燃焼によつて酸素を除いた殘氣中に直ちに動物を入れてはならぬ。之動物の死は酸素の欠如に原因するか、又燭火によつて生じたる瓦斯の有毒又は窒息性によるか斷定できぬからである。同一理由からして彼のラザオアジェーは燃焼の實驗に普通の空氣を用ふることを避けた。何となれば空氣は單純なる物質ではなく、種々なる氣體の混合せるが故に、其等の影響の知るべからざるがためである。

五 ミルの科學的分析法 前述の如く自然界現象は其の關係する所頗る複雑であつて、之を系統的に定むるには、科學的研究法の示す所に従ひ、精密なる實驗と觀察とを伴はなければならぬ。漠然たる觀察非論理的の實驗は之を如何に多く重ねたりとも之より正當なる結論を導

くことができぬ故に、特別に實驗觀察と科學的研究法との關係を吟味する必要がある。之には論理學者スチュアート、ミル Stuart Mill 1806-73 の定めたる五種の科學的分析法が最も適切なるものであつて、今は之に據るより外ないのである。之を又ミルの歸納的方法とも稱する。

(一) 一致法 The Method of Agreement. 氷、蠟、鉛、鐵等の固體に何れも熱を加ふれば融解するを見る。之を以て吾人は固體融解の原因を熱ならんと推定するが如く、研究せんと欲する現象の事例二個又は二個以上につき、單に一個の事情のみを共通に有せるときは、其の事情は多分現象の原因(又は結果)であるか、若しくは之と何等かの關係につながつて居ると思考する方法である。此の方法によつて成功したる實驗の一例は英國の物理學者ブリュースターの眞珠光の原因發見に於て見る。眞珠貝の呈する特種なる色澤は、或學者は其の化學的性質に歸するならんと考ひ、種々の眞珠光を呈する物質を分析するに非常に努力を費やしたのである。然るにブリュースターは偶然に母眞珠の一片を樹脂又は蜂蠟の上に印刷したるに、それらの表面も亦眞珠光を放つに至ることを發見した。こゝに於て氏は更にバルサム上に、可融金の上に、鉛に、アラビヤゴムに印刷して之を檢したるに、何れも一様に眞珠光を放つことに於て一致せるを以て、眞珠光の現象は其の化學的性質によるのではなく、其の表面の物理的性質こそ眞の原因で

あるといふことを知り得たのである。水面に浮べる油膜、雲母の薄片、硝子の割目等に日光を投射すればスペクトルの色を現すのであるが、これらは何れも透明なる薄層といふ境遇を一にせるが故に此の現象の原因は薄層にありと判断するも其一例である。

此の一致法は科学研究に於て廣く用ひらるゝ方法であるが決して完全な策では無い。唯之によりて大體に因果關係の存在を認め得る許りのことで、他に之を確定するに足る補助的方法を要するのである。一般に科學者は事物の如何なる事情が現象に關係するかを巧みに着眼するものであるが、其の一弊害として専攻の方面に従つてそれ／＼自己流の考察を爲し、強て之に倚らんとすることが多い。研究の誤謬は此の邊から來ることが多いので、無關係と思はるゝ事情にも注意を怠らず、適當なる實驗によつて、之を判断することが必要である。

差異法

(二) 差異法 The Method of Difference. 吾人は空氣中に鈴を振れば其の音を聞くも、眞空中に於てすれば音聞え難きを以て、空氣は音響傳達の一原因なりとする如く、研究せんと欲する一現象の現はるゝ場合と、現はれざる場合とに於て、唯一の事情のみ差異あつて、其の他一切の事情を共通に有するときは、其の唯一の事情は其の現象の原因(又は結果)若しくは原因の要部なりと推論する方法である。差異法は主として實驗によるのであるが、其の方法宜しきを得れ

ば甚だ有力なる研究法である。唯其の原因と認むる事情を加へ又は除くに當り、多少の時日を要するが如き場合に於て、實驗者の氣附かざる事情の加はるありて誤謬を招くことがあるから此法を用ふるには綿密なる注意を拂ふを要する。此の差異法を用ふることに於て大なる成功を收めたる實驗は科學史に著名なるサー、ハンフリー、デーヴィーの水の成分に關する研究である。

千七百八十一年にキャヴェンディッシュは水素と酸素と化學的に結合すれば水を生ずることを實驗し千八百年ニコルソンは水を電氣分解すれば上記の二氣體を得ることを証明した。然るに其の後デーヴィーは純粹と見做し得る水の分解に於て陰極にはアルカリ、陽極には酸の生ずることを見たのである。氏は純粹に水素と酸素とより水を得るならば其の反對に純水を分解すれば精密に水素と酸素とを得らるゝのみでなければならぬ。其れ以外にアルカリ及び酸の生ずるのは水以外の原因から來るならんと考へたのである。そこで分解器を連絡する動物性膜中に存在する食鹽に疑を置き、其の代りに分解器を連絡するに洗滌したる木綿絲を代用した。此の場合に於ては鹽酸の生成を見なかつたけれども亞硝酸と一方アルカリを生ずること前の通りであつた。此の實驗から動物膜が酸の生ずる一原因であることを明にしたけれども亞硝酸とアルカリは疑問である。氏はアルカリは硝子の一成分なることに氣付き、硝子分解器を止めて碼頭製杯を用いた。之に於ても依然として酸とアルカリの存在を見たのである。次に氏は黄金の杯を採用した。然れども依然たる結果である。こゝに至るもデーヴィーは其の信する所を捨てず、實驗上の不行届から來るものと考へ、所謂純水に疑を抱いた。蒸溜水を蒸發して殘査を見しに勇を鼓し水を再三蒸溜して之を分解器にかけた。此の時鹽酸や苛性曹達の生成を見なかつたけれども亞硝酸とアムモニヤの痕跡を尙

は発見した。氏は更に水の表面を覆ふ空気を水素にて排除し、分解を續けたるに、水素及び酸素以外何物をも生ぜざること
を證明することを得た。かくて氏は科學的推理、實驗上の手腕、忍耐に完全なる證明を以て報酬せられ、水の電氣分解から
來る酸及びアルカリは水中の不純物及び空氣から來ることを発見し得たのである。

一致差異
併用法

(三) 一致差異併用法 The Joint method of Agreement and Difference. 此の法は其の名の示す如く先づ一致法により或現象の行はるゝ多くの事例を比較して、共通なる一事情を因果的關係ありと豫定し、更に差異法によつて、前の現象の行はれざる多くの事例にありては、前の共通なる事情の存せざることを知りて一層其の事情は其の現象の原因(若しくは結果)若しくは原因の要部であると推論する方法である。例へば一方に肺呼吸の發達せる動物は皆温血なることに於て一致するを見、他方肺呼吸の不完全なる動物は温血ならざることに於て一致するを見、肺呼吸が温血の原因なりと推論するが如きである。又彼のチャールズ、ダーウィンの植物の異花受精及び自花受精の現象を研究するに當り、行ひたる實驗は此の一致差異併用法に依れるものである。氏は百個の花に一々網をかけて蜜蜂其の他の昆蟲の花中に入るを防ぎ、又他方に於て同種類の植物の花百個には網をかけずして自由に昆蟲の來るに任せ置いた。其の結果網をかけたる方の花は一個の實をも結ばざるに、他方の花は夥しく結實せることを知り得た。之に由つて氏は此

共變法

の植物は異花受精を爲すものであることを確め得たのである。

四) 共變法 The Method of Concomitant Variation. 物體を摩擦すれば熱を發し、其の度強ければ熱多く、弱ければ熱の發生少きを見て摩擦は熱の生原因なりとするが如く、一現象に或變化起る毎に、之に伴ひて他現象の變化するときは、其の現象は他の現象の原因(又は結果)若しくは兩者が或事實によつて關係すると推論する法である。此の法の簡單なる例は、寒暖計の水銀柱が温度の高低に應じて上下するよりして、水銀の昇降と温度の高低との間に或因果の關係ありと認むるが如き、又絨の張力を増せば音高く、減ずるに従つて音低くなるを以て、音の高低と張力との間に或因果關係の存在を推知する等、理化學實驗に於て其の例證頗る多い。

此の法の特徴は原因と見做す事情を或現象から全く除去すること能はざる場合に於て、從つて差異法を適用すること能はざるときに重寶であること、科學的研究法が最も要求する所の量的關係の測定を伴ふことである。因果の關係は定量的に決定するに至つて始めて理想的に達する。ボイルの法則、オームの法則等は何れも共變法を定量的に行ふことによつて確明されるのである。

(五) 剩餘法 The Method of Residues 一室内に氣温を高むる二つの原因(例へばストーブと火鉢)あ

剩餘法

りて、一時間後室内の温度若干度昇りたる時、前以て其の一原因に由て同時間内に昇るべき温度を知るときは、他の原因によつて昇し得べき温度は前の兩者の温度差に等しと推定するが如く、一現象を分析し、先立てる現象の其或部分と因果的關係の既に確立せる部分を控除するときは、其の残りの部分は先立せる現象の残りの部分の結果なりと推論する方法である。此の研究法は海王星発見の歴史に於て顯著である。千七百八十一年天王星の発見さるゝや、其の軌道は既知の關係によつて説明することのできない異狀のものなることに着目し、之を未知の惑星の影響によると推定したのは英のアドムス Adams 1819—1892 及び佛のルヴェリエー Le Verrier 1811—77 である。而して殆ど同時に其未発見の惑星の位置までも推測し置きたるに、果して其後柏林大學教授ガレル Galile によつて豫言の通りの位置に海王星が発見さるゝに到つた。此の剩餘法は科學研究上甚だ重要な方法である。吾人の研究せんとする現象に於て既知の理論に照して相違ある場合を發見するに於ては、何等か其の原因が他に存在することを認め、其の原因の性質、數量的關係をも推定することができる。英國の化學者ラムゼーは空氣中より酸素を除きたる所謂空中窒素と、化學的に製したる純窒素との間に密度に於て差あることを發見し、之を窒素と異なる類似の氣體の混在するにありと判斷し、遂に分析の結果アルゴン元

素を發見するに到つた。炭化水素の燃燒熱から炭素の燃燒熱を引きたるものは、残る水素の燃燒熱なりと判斷するが如きも亦此の適用である。

第四章 測定法

一 單位 知識の各方面は概算的の定量より始まり、其進歩するに従つて愈々精密の度を増して行く。例へば山の高さを表はすに、非常に又は少し高いといふ言葉を以て表はし、空氣の溫度を表はすに寒冷暖熱等と稱するが如きである。之より一方進みて共通の標準を選び、之によつて誰にも高さ又は溫度の程度が浮ぶやうになれば、前よりは知識が科學的となつた譯である。例へば山は高さ幾尺、溫度は攝氏幾度と呼ぶが如きである。其の比較の標準となる共通的一尺、一度等は單位といひ、量の大小多寡を比較することを測定といふ。

測定には比較する方便物即ち器械を要する。而して其の比較の標準となるものは一般的には任意の量であつて、測定の凡ての結果が其の幾倍又は幾分の一等として表はさるゝ。其の幾倍又は幾分の一といふ數は其の絶対の大きさを示すものにあらず、單に比に過ぎないのであるから各量には一つの比に加ふるに一つの絶対量を伴はなければならぬ。時間、空間、密度、質量、重量、エネルギー其の他の物理量を測定するに當りては常にそれ／＼具體的の標準に依らねばならぬ。此の標準物は一度消滅すれば最早回復すべからざる性質を有するが故に此の場合に於

測定の標準

ては測定は絶対に無意味に歸する譯である。此の具體的標準物は理論上から云へば、任意的であつて、其の設定は實際の便宜の問題である。

測定の標準には人為的と自然的の二系統がある。長さにはメートル原器、質量には同じく既原器を以てするが如きは人為的標準であり、長さには特種の光の波長を用ひ、時間に其の振動の周期を採用せんとする企ての如き(英國の近代理論物理學者クラーク、マクスウェルの提案)は之自然的標準である。人為的標準體は一度破損すれば再び同じ物を作ることができないけれども、自然的標準は必要に應じて任意の時に之を再現せしめ得る。實行上の見地からは、現今の科學の進歩では、波長又は原子の重さをメートル原器や既原器に於ける如く、精確に測ることができないから此の方法は甚だ價値の乏しいものといはねばならぬ。

時間、空間、密度或は質量の標準單位を一度設定するとも、測るべき量によりては其の倍數又は分數を單位とすることの最も好都合なる場合がある。地球の大きさを表はすには尺よりも里が便利であり、恒星までの距離を表はすには、地球と太陽との距離を單位とするも、余り大なる單位ではあるまい。然るに顯微的の微細物につきては一耗又は其の千分の一なるマイクロン等を用ふるの便利なるが如きである。斯くの如く、主單位の外にそれより大なる又は小なる各種の

人為的及び自然的標準

補助單位

単位を用ふる場合に於ては、是等を補助単位といふ。主単位と補助単位との間には科學上最も簡單なる關係を保たしむべきである。科學者は又數關係は繁雜であつても、量關係に於て合理的なる補助單位を設定することがある。例へば化學に於て、標準溫度、標準壓力に於ける水素瓦斯一瓦の占むる體積即ち一・二立に等しき絕對量を體積の單位と定むるが如きである。(ウイリヤムソン教授の提案)即ち此の體積に等しき窒素、酸素等の質量もそれ〳〵十四、十六瓦にして原子量を表はす數と一致することとなる。

時間、空間及び質量の單位を一度定むれば、其の他の諸量の單位を之より組立つることができ。例へば、長さの單位メートルより、面積の單位平方米、體積の單位立方米を採るが如きである。運動體の速度は、其の運動が均一なる場合には、經過したる距離と、其の間に要したる時間との比にて表はし得るが故に、速度の單位は單位時間に單位距離を運動する物體の速度を以てする。同様に加速度の單位は單位時間に單位速度の變化を生ずる物體の加速度を以て表はす、メートル法に従へば毎秒一秒種(即ち速度の單位)である。力の單位には單位質量の物體に單位加速度の變化を與ふるものを採る。CGS法によれば、質量一瓦の物體に一秒時間作用して、其の終りに毎秒一秒種の加速度を生ずる力を一ダイン(Dyne)と稱し、力の絕對單位とす

誘導單位

量關係の簡單化

る。斯くの如く、長さ、時間及び質量の三單位より組立てられたるものを誘導單位と名づける之に對して時間、空間及び質量の單位を基本單位といふ。

各量の單位の採用は全く吾人の自由である。長さに於て尺、體積に立、質量に封度を用ふるも吾人の任意であるが、それら諸量間の關係は複雑となる許りである。吾人の要望する誘導單位は諸量の數量間に最も簡單にして自然的關係あるものを採り、以て計算及び量概念を得る勞力を節約し得るものであらねばならぬ。殊に科學上に用ふる單位としては基本及び誘導單位に共通的の單純なる關係あるものを採り、凡ての量を之を以て表はし得ることが至極便利である斯くすれば、彼我測定の結果は容易に比較し得べく、科學上の記録を調査するにも、其の勞力の經濟は莫大である、此の點からして已に科學上のこと許りでなく日常生活上の問題にもメートル法を採用せんとする傾向が著しく現はれて來た。

三基本觀念

二 三基本單位 一現象の起るに際しては、それが何時、何處で、何物がといふ三觀念が必然的に吾人の意識に入つてくる。一は現象の連續に關する時間量であり、二は存在の位置に關する空間量であり、三は變化を運ぶ主體たる物質質量である。此の三觀念は基本的のものであつて

之よりも簡單なる觀念を以て發表しやうがない。一つの觀念を定義するといふことはそれを一層簡單なる觀念の上に歸着せしむることであるが、此の時、空間、質量の三觀念に至つては定義を許さない終局的のものである。古來、幾多の哲學者は之を定義せんと試みたけれども、何れも満足すべき結果を得て居らぬ。唯現象の展開を觀察するによつて吾人に得らるる第一の概念であるといふより外ない。而して又此の三觀念の哲學的意味の如きは自然科学に於ても、理科教授に於てもさして重要な問題ではない、寧ろ、其の單位の選擇に關する基礎原理が大切である。

時間の單位

時間の單位は地球の太陽、又は恒星に對する運動から定めらる。其の基づく所は地球の運動は不變であると假定するにある。即ち一の均一運動を行ふものと考ふる。此の均一運動といふのは等しき時間毎に等しき空間を動くといふことであつて、運動の第一法則に照し、一つの運動體に之を妨ぐる何等の力が作用しなかつたならば、それは必ず均一運動を行はねばならぬと考ふる。されど此の運動の法則は未だ絶對的に經驗によつて證明されて居らぬことを記憶せねばならぬ。又等時といふことは、力の作用を被らない運動體が等しい空間を經過する間の時間と定義する。

長さの單位

空間の單位を定むるには長さを定義するに基づく。長さの單位を定むるに之までは三つの方法が提供された。一はメートル、ヤードの如き標準とすべき長さの原器を作ること、二は地球を終局の標準とし、其の子午線の長さの幾等分を以て實際上の目的に供せんとするもの。三は秒振子の長さを以て標準とするもの之である。一は現今吾人の採用せる所の方法であるが、此の目的に對しては原器は唯一つなることを要件とする。二つの絶對に等しき長さの棒を作ることに、又は其の幾倍幾分の一に等しきものを作ることは人力の及ぶ所ではない。若し、今日の精密度に於て二つの原器を等しいものとしても、後日に至り狂ひを生じるとき、其の何れを探るべきか、何れが正しきかを判断し難い譯である。然るに唯一の原器を採用したりとするも、之が永久に不變なりとは斷言できぬこと尙ほ地球の運動の等速運動なることをいひ能はざると同じである。此の際には運動に於て均一なりと信ずる他の運動體と比較するより外なきが如く不變なりと想像する他の棒と比較するにあらざれば長さの變化を検することができぬ道理である。實際剛體と見られ、不變の物質と考へられて居る物も長時間の間には長さに變化の起ることには現實である。寒暖計の硝子管に於て精密な研究ができて居る通りである。如何に硬き金屬棒と雖も長さ年月の間に收縮し、或は溫度の變化によつて、構造に變化の起るなきを斷言し得やう

か。第二の地球を標準とするに於ても絶対不変の保證ができぬ。況んや地球の収縮の如きは餘程まで確實と考へらるゝ理由があり、又測定上困難であつて、誤差の著しく表はるゝことを思はねばならぬ。唯此の標準は盜難、破損等の憂は絶対にないと思はるゝ所が長所である。第三の法は和蘭のホイゲンズにより提唱せられ、一時は英國政府に於ても採用せられたのである。振子の法則により、振動を促かす力と、其の週期が等しければ、其の振子の長さは等しからねばならぬ。之にも理論上の困難を免れることができぬ。東京といふ一地方に於ても重力の加速度が不変であり、又恒星時も同じく絶対に不変なりとは吾人の判断し得る限りではない。此方は時と力といふ二物理量から、長さといふ一物理量を得る間接法に過ぎない。況んや測定上には此の方法に少からず困難が伴ふ。

物理的物體は幾何的物體とは異なり、其の形状のみならず、内容につきても考ふる。之を物質と稱し、物體の性質の荷手であり、感覺の根源である。其の空間的に占有せる量を質量と稱する。質量の單位の建造には溫度攝氏四度即ち水の最大密度の時に於ける一立方糶の有する純水の質量を一瓦とする方と、長さに於ける如き人工的原器を用ふるものとある。測定上から見て精密度は後者の方が著しく大である。水の場合には測定の都度、誤差が千分の一に上ること珍

しくないけれども、純銅の方は現今の程度で少くとも百萬分の一以内の誤差で比較ができる。されど又原器標準は長さの場合と同じ短所を有すること勿論である。

三 測定法 精密なる測定には器械を用ふるのであるから、特種なる測定器械の發明は測定法に一新紀元を造る。デーヴィーの語に「新器械の適用の如く知識の進歩に貢獻するものを他に見ない。各時代に於ける人類の本性的智力は左程成效の原因とは認められぬ、寧ろ其の時代の有せる器械及び人工的資源が大なる影響を及ぼすものである」と。熱學は水銀寒暖計の發明によつて一進歩を來たし、更に熱電堆の應用によつて溫度の測定が余程精密となつた。化學は天秤の使用によつて創立された科學であるが、アルキメデスが最初科學研究の爲めに作りしものものであつたならば、今日の如き進歩は得て望むことができなかつたであらう。第十八世紀の末に佛のクローン捻秤を科學の研究に用ひ出したのであるが、之を地球の密度測定或は微弱なる電氣力の測定、或は鋭敏なる電流計の製作等多方面に應用し、現今に於て精密なる測定に欠くべからざる装置となつたのである。

測定と新器械との關係が如何に密接なるかは溫度の測定に於て之を見ることが出来る。皮膚

の感覺より一進して諸物質の融解點によつて溫度を測ることゝなつた、併し其精密度は知るべきのみである。次で溫度の變化に伴ふ物體膨脹性を應用することゝなり、著しく精密度を増した。就中水よりも酒精、水銀よりも空氣寒暖計となるに従ひ愈々溫度の測定が精密にできる。更に熱電堆と電流計の結合により、測定驚くべき鋭敏となり、其の電流計の構造を改め、之に望遠鏡を連合して指針の微振を観察し得ることゝなりてより、實に攝氏溫度一度の一万分の一の差をも檢示し得るやうになつたのである。

自然界の現象は多くは連續的に其の關係量が増減することによりて現はれる。連續的量とは例へば長さの如く、制限なく分割し得る量であつて、一耗は十分の一、百分の一、千分の一等心意に於ては無限に細分し得ると考へられる。然れども、現象の測定には最良なる測定器械の助けによるも、吾人の感官の認識力には自ら制限があるから、其の精密度にも限りがある。例へば、物指で、物の長さを測るとして能く一耗又は其の幾分の一までは目分量にて知ることが得るも、十分の一、百分の一等の細分を感覺することができぬ。唯略近數値を知り得るのみである。天秤で物の質量を測るにしても、天秤には一定量以下の差を示すことができぬ極限即ち感量があつて、それ以内の差は知ることができぬ。

測定と感度

感覺の誤差

吾人の感覺が觀測上間違を傳ふることは種々の例に於て之を見ることができぬ。目は光度又は照度によつて、大きさを見誤る。鼻は他の強き臭氣を感ぜる室内に於ては同室内の他の臭氣を識別することかできぬ。冷き手を湯に入れたる場合と、暖き手をそれに浸したる場合とは同じ湯なれども異なりたる溫度の感覺を受くる。聽覺、味覺に於ても又同じである。一般に吾人の感覺を醒起するには一定の強度を要すること尙ほ天秤の如きで、其の刺激小に過ぐれば意識が起らぬ。眼前を通過する飛丸を見ること能はざるは此の理による。反對に感覺的印象を消すにも一定の時間を要する、線香火を廻はして輪の如く見ゆるは此の爲めである。こゝに於て現象の測定には感覺的印象について適當なる判斷を下し、補正を要する場合少からざるのである。二條の鐵道線路は遂に一點に合する如く見えても、吾人は之を然りと判斷してはならぬ。觀察は正しくとも判斷で虚偽に陥る場合があることを記憶せねばならぬ。

精密なる測定法

精密なる測定法には測る所の量の性質により種々異なつて、中々變化に富む。されど之を大要三種類にまとめることができる。

1、測るべき量を一定の比にて増し又は減じ、以て吾人の感覺の範圍に來らしめ、之を標準物と等しからしむるか、又は此の單位の幾倍或は幾分の一に等しからしめて測定する方法

例へば一枚の紙の厚さは直接には知ることが得ざるも、之を數十枚又は數百枚重ねて其の厚さを測り、之より一葉の厚さを定め得るが如きである。

2、測らんとする量と直接關係ある現象につき、自然的連鎖の發見による方法。例へば温度を測るに物體の膨脹を以てし、又温度の變化によつて起る電流の強さ、電氣抵抗の變化から温度を測り得るが如きである。

3、測るべき量と數學的關係ある他の量によつて間接に測定する方法、例へば金箔の厚さを測るに、其の重量よりするが如し、ファラデーは金箔の二千葉の重量三百八十四グレインと箔の面積三個八分の三吋平方を測り、已に知られたる金の比重を用ひて、金箔の平均厚さは一時の二十八万二千分の一なることを計算し得た。

精密なる測定の要件としては、第一に量の大さに確然たる境界を定め得ることを要求する。

月蝕に於ける半影の如く、其の境界漠然たる現象に於ては測定に精密を期することは不可能である。太陽スペクトルの中に暗線なきか、又はナトリウム光の如き單光を有つてゐなかつたならば、各色の波長を現今の如き精密度に於て測ることができなかつたであらう。第二には、量の大きさを他量の倍數又は分數量と等しからしめんが爲めに、一量を著しき誤差のなき範圍に於

て倍すること、又除することを要求する。非常に大なる量を非常に小なる量と比較する場合には、此の條件の下に中間量を用ひて以て其の目的を達することができる。東京廣島間の距離を測るに、測量竿を逐次に當て、實地踏査するのではない。水準地面に數哩の基線を設け、一方之と標準ヤードと比較して其の數値を求め、他方基線と東京廣島間の距離とを比較するにより精測することができるのである。

四 誤差消去法

自然界の現象は單純に單獨に現はること稀有であつて、之を分解して觀察し測定すると常に必要とする。液體を熱すれば膨脹する。寒暖計は全く此の應用に過ぎないのであるが、吾人の觀測する所は單に液體の膨脹に原因する結果ではなく、器の膨脹、寒暖計ならば硝子の膨脹との差について行ふのである。故に液體の膨脹を測らんとするには、器の熱による膨脹をも知らねばならぬ。更に精確に論ずれば、液柱の壓力によつてする器の擴大をも考へなければならぬ譯である。最多數の場合に於ては、觀察したる結果は少くとも二つの分離したる結果の和である。油(炭化水素を成分とする)の燃焼によつて生ずる熱量は一は炭素の燃焼により、他は水素の燃焼に基づく。而して其の炭素によつて生ずる熱量と水素のとを區

別する方法はないけれども、全熱量から、已に知れる水素のみの燃焼熱を引けば炭素の燃焼に由て生ずる熱量を知ることが出来る。液体によつて運ばるゝ熱は一は液体の対流により、一は傳導による。化學に於て液量の重さを測るには必ず、容器と合せたるものゝ重さを求め、それより器の重さを引きて知ること周知の事實である。又物理學に於て晴雨計の水銀柱の高さの變化は、一、氣壓の變化に基づくもの、二、熱による水銀柱の膨脹によるものとの兩効果に因ることを學んで居る。斯くの如く自然の現象は複雑なるが故に、之を精査するには、其の測らんとする量の性質により、それ／＼分離して適當なる方法を講究せねばならぬ。何となれば觀察又は實驗の目的とする所は單純なる原因によつて生ずる單純なる結果であつて、他の効果の干渉を免れんとするにあるが故である。此の目的を達し難き場合に於ては、實驗者は、其の干渉する効果、觀察に入つて來る目的外的影響をできるだけ少くすることに努力するを要する。此の事を誤差を消去すといふ。此の目的を成功する方法は主として次の五つに歸することが出来る。

差避法

1. 差避法 The Method of Avoidance. 實驗者は誤差の存在せざる場合又は最小なる機會を捕へて實驗觀察を行ふ方法である。觀察的科學たる天文學に於ては常に此の法を適用する。天

體觀測に於て星より來る光線の大氣による屈折の爲めに、星の位置が變化して現はるゝ。屈折率から眞の位置を計算することを得るけれども、一層之を避け得る場合に於て觀測する方が便利である。即ち星が子午線上に來れる場合は最も其の影響の少い時であるから、多く此機會を選んで觀測する。

差異法

2. 差異法 The Differential Method. 觀察者は誤差の伴ふとを避け難き場合には下の方法によつて其消去に成功することか屢々ある。即ち凡ての觀察に誤差の差が殆ど等しきやうな境遇の下に觀測を反覆して之を中和するにある例へば二物體 A B を天秤の兩秤盤に吊るし、平均せしむ。然れども天秤の構造上種々の缺點から、之より直ちに A と B の質量が相等しとは判斷することができぬ。B の代りに他の物體 C を採り、再び精確に平均せしむ。然るときは B と C とは精確に其の質量が等しい、何とならば、此の場合に於て誤差を生ずる原因は精密に不變に止まるが故に C が B に全く相等しき場合に於てのみ平均するためである。同理により、次の事實は一般的事實である。齊一なる器械的方法にて原型に法とる物を製作する場合に、此の器械的に得らるゝものは、形狀大小共に原型物に全く等しからざるも、得たるものゝ相互は能く一致し類似することを知ることが出来る。

3、校正法 The Method of Correction. 観察者は最善の方法により現象に干渉する効果の量を測定し、之を観察の結果につきて校正する方法を採る。晴雨計の水銀柱の高さは気圧の變化に因る外に、水銀柱の熱による膨脹及び毛細管現象による降下の作用を受く。故に膨脹係數其の他により豫じめ一般使用の目的に供し得べき校正表を作製し、之によつて観測の結果から眞の晴雨計の気圧による高さを知ることが出来る。或は又之を標準晴雨計に比較して、常に器の構造及び温度により幾何の誤差を生ずるかを表し、之に由て簡単に眞の気圧を讀むことも出来る。此の場合に於ては、標準晴雨計は非常に大切であつて、其の構造に就ては多大の注意を要する。

4、補正法 The Method of Compensation. 實驗者は干渉する現象の効果を中和するやうな方法を考案する。之は未知の量を精密に等しくし、反對の釣合によつて誤差を消去する方法である。精密にいへば、天秤にて物體を秤量するに當り、此の物體と同體積即ち物體によりて排除された空氣の重さを知るにあらざれば眞の重さを求めることが出来ぬ。物體の小なる場合に於ては、化學者は之を等閑に附して居るけれども、瓦斯體の比重を測定するが如き場合に於ては、之を算入すること甚だ必要である。然れども、之は氣壓、氣温等により變化する

が故に一々計算を行ふことは甚しき勞力である。こゝに於て、天秤の他側に瓦斯容器と等しい容積を有し、之と平均する器を選択して吊るす。然るときは校正すべき要量は兩方の器に於て等しきが故に之を閉却するとも差支ない。同一の方法は電流の強さを測定する電流計にも適用される。電流計内の磁針の偏りは、地磁氣及び針を吊るしたる絲の振れに左右せられ殊に前者の影響は著しきが故に、之を補正すること甚だ必要である。然るに此の力は地球の磁場によつて變化するが故に計算上甚だ手数を要するから電流計に用ふる磁針と相等しく、其の極の強さ亦相等しき磁針を採り、其の極を反對にして、前の針と連結して吊るす。即ち無定位針 Astatic とする。而して前をコイル中に、後をコイル外に置くやうに位置を定む。之を以て地磁氣による影響は消去せられて、一極の一方に轉せんとするに對し、同地位にある他極は反對に轉せんとするが故に力は釣合ふ。此の構造によつて電流計の感度を著しく増し得るのである。

5、轉倒法 The Method of Reversal. 之は干渉する原因を反對に置き得るやう實驗を仕構へ交互の観測により平均の結果を求めて以て干渉より免るゝ方法である。吾人が二つの實驗上の結果について、一は大きく、一は小に過ぐるときは、其の誤差は兩者の差の半分に等しと

する。天秤にて質量を非常に精密に測定する場合に、兩秤盤上の物體が平均するとも、天秤の構造上の欠點から、兩方の物體の質量相等しと認むることができぬ。今物體の位置を交換せよ、而して其の小なる方に分銅を加へて平均を廻復せしめ、兩測定の幾何平均を求めて眞の質量に近き値を求むることができる。秤差小なる場合には算術平均にて算出するも差支ない。音の速度を測るに甲乙兩地にて交互に音の達する時間を測り、之を平均して以て二地間の距離を傳はる音波の要する時間とするも此の理による。

法則の近似的性質

五 近似の理論

實驗的研究によつて得たる知識の性質及び價値を眞に理解せんためには

之が近似的性質なることを充分に徹底して居らねばならぬ。多くの人は精密科學といふ意義から、誤解を招いて居ることが多い。科學的方法によつて得たる知識は絕對的に眞實なる法則であつて、精密に最終的のものであると信じて居るが比々皆然りである。一例を天文學上の事實から採らう。惑星はケプレルの法則に従つて楕圓の軌道を運轉することを吾人は信ずる。満足すべき程度に於て疑ひなきことであるが、少しく考ふれば之は飽くまで近似的性質に基いて創造されたる法則に過ぎないことを發見するであらう。第一ケプレルの法則が理論的見地から精確

に眞理なりとするも、惑星實際の運動は精密に此の法則に一致せぬ。太陽以外に他から何等干渉を受けない完全球體なる惑星の運動を観察し得て、之が完全なる楕圓軌道を走ることを實際に證明することができぬ。唯吾人の爲し得る所は、他から擾亂されざる惑星の運動は甚だ近似的に楕圓に接近し、之を観察し得るといふに過ぎないのである。事實の問題として、如何なる惑星も完全楕圓軌道を畫かない、ケプレル法則を精察に表現しない。重力の法則が己に之を妨げる、何となれば惑星相互の干渉が楕圓軌道を擾亂するからである。科學的方法に於て何が一番確實なりやと云へば、唯吾人は近似的の一致を望み得るに止まるといふことである。連續量の測定に於て完全の一致は偶然的であつて、之に満足するよりも寧ろ結果を疑ふが正當である。

科學上の凡ての法則及び説明は或意味に於ては假說的である。吾人の見且つ感ずる實在物について、數學者は假想的に求めたる結果を適用し、又は説明せんとするのであるから、完全の一致は到底望み得ない、唯部分的性質の合致に満足するのみである。吾人は屈撓すべからざる棒、延長せざる線、重き質點、均一體、均一球、完全液體及び完全氣體等について考へ、計算を施し、多數の見事なる定理を誘導するのである、之等は悉く假說的の事柄ではないか。普通

法則及び假說的なること

槓杆は力の釣合の定理が証明する條件では事實に於て精確に平均せぬ。何となれば槓杆は理想的の剛體でなくて、力によつて撓み、且つ全部均一質ならざる等のためである。唯吾人の感覺の届く範圍に於て誤差なきを得るに止まるのみである。吾人の感覺は相當一定の強度を有する印象でなくは意識するに至らざることを記憶せねばならぬ。

測定を行ふに使用する凡ての器械は多少の誤謬を傳ふるものであるといひ得る。簡單なる一例を擧ぐれば、鉛垂は鉛直線を表すと定む。然れども、絶對の意義に於て之は眞實でない、山其の他地球面の凹凸によつて異なつてくる。精密なる三角測量に於て、已に其の偏差を近似的に發見し得るのである。水銀面は完全なる平面なりと吾人は考ふ。然れども廣さ五寸の液面に於て已に測定し得べき偏曲を呈する。實際には鉛垂線と同じく一層絶對の水平面から遠かるのである。其の他完全なる器械といはるゝ振子、捻秤等に於ても或事實を假想して立てることを見よ。單振子の振動の公式は唯無限小の弧を動くときのみ適用せらるゝのである。

吾人は科學上の問題に關する歴史を緝くならば、一人又は一代は唯一時に一步を進むに止まることを發見するであらう。以上の説述は少し要領を得ないが、事實は次の如くである。一つの問題は其の最初に於て或大膽なる假說的簡單化によつて解かれてある。次の研究者は此の上

器械の誤差

逐次眞實
に近づく
こと

に假說的變化を爲して一層眞實に近き結果に到達する。かくして以上の解法に於て逐次に誤差のある所を指摘せられ、希望する範圍の誤差に達するまで研究をつゞけられる。今拋射體の例について之を説明しやう。砲丸の運動の如き拋射體の法則は現今に於ても決して完全と稱せられぬまでも、今日に到るまで幾多の變遷を経て居る。今より四世紀乃至五世紀以前までは砲丸の如きは其の初め直線に運動し、次に曲線運動に移るものと考へて居つた。次にタータグリヤ Tartaglia は連續の原理に立脚して砲丸の經路は通じて曲線であることを主張したのに對して、ガリレオは此の意見を證明することを要求し、其の曲線は近似的に拋物線なることを唱導した而して彈道が眞に拋物線なることを確めるには、其の道は完全に眞空なること、何等の抵抗する媒體のなきこと、重力は均一に平行に到る所作用すること、尙ほ其の他に運動體は一點なるか、或は重心不動に止まる物體なること等の假設を要求するのである。併し之等の條件は實際には満足せしめられざるものである。此問題に關する次の大なる進歩がニュートン及びホイゲンスにより爲された。後者は空氣は運動體の速度に比例する抵抗を呈するものであることを確めた、而して拋射體の經路は拋物線に近似の一種の曲線なることを唱へたのであつた。ニュートンは抵抗媒體の問題を一般的方法にて研究し、抵抗は速度の自乗に近似的に比例するものな

ることの結論に達した。次に問題はダニール、ベルノリー、Daniel Bernoulliの手に落ちた。氏は急速なる運動の場合には空氣の抵抗の莫大なることを指摘し、大砲の彈丸は真空中に於て鉛直に投上せらるゝときは、空氣中に於けるものゝ八倍の高さに達することを計算した。最近に於ては此の問題に關して實驗的及び理論的兩方面から非常に盛んなる研究が行はれて、愈々其の實際に近き結果を得つゝあるのであるが、今尙ほ完全に最後の解決に達せりと見做すべき道理を發見し得ない。唯逐次眞實の法則に接近し行くと考へらるゝのみである。

吾人が實驗の精密を期するときには、簡單なる實驗に於ても數多の誤差の原因の入つて来るに驚く。今ボイルの法則を實驗せんが爲めに一端閉ちたるU形管に空氣を封じて水銀柱の壓力を加ふる場合を考察せよ。實驗の精密を欲する以上は次の條々に注意を拂はねばならぬ。(1)氣壓の變化。(2)水銀の壓縮度、即ち水銀の密度を變ずる原因である。(3)水銀柱の温度。(4)空氣の温度、之は壓縮中不變に止まり難きものである。(5)空氣を封入せる硝子管の壓力による膨脹。レイノール Regnaultは以上の個條につき考察を費やし、ボイル法則を實驗せしも、加かも氏は不精密の凡ての原因を除去したと想像し得べき道理がないといつて居るのである。

測定の近似的性質なることは數學上から論ずれば一層明らかになつてくる。今其の一例を普通物理學にて取扱ふ場合から採らんに、固體の體膨脹係數と線膨脹係數との關係を求むる方法が最も適切であらう。前者を α にて表はさんに、一邊の長さ單位なる正立方體の温度一度昇れば、其の體積は $1+\alpha$ となり、面の各方向には α 宛延長するを以て次の關係を得。

$$1 + b = (1 + \alpha)^3 = 1 + 3\alpha + 3\alpha^2 + \alpha^3$$

固體の線膨脹係數は一般に α より甚だ小にして、十萬分の五を越ゆるもの稀である。故に其の二乗、三乗に至りては遂かに小さく、事實に於て之を消去するも差支ない、即ち二乗三乗等は測定の上に零と見て差支ない値である。故に此の關係から新に

$$b = 3\alpha$$

即ち熱學上最も能く知られて居る體膨脹係數は線膨脹係數の三倍に等しいことを證明し得る。此の法則たるや已に見たるが如く絕對ではなく、近似的なることは明瞭である。

科學者は等しいといふ意義を種々の場合に用いて居る。同じ底邊を有し、高さ等しき三角形の面積は凡て等しいといふは、之絕對に等しき意味であつて、唯理論的に知らるゝのみである。凡て幾何學其他初等數學の定理は此の意義に於ける等號を用ふる次に或數に其の數の微分を加へたるもの $x + \Delta x$ は x の無限微分をとりたる意義の符號は ϵ に等しと見る。第三には見懸けの等しい義であつて、實測すべからざる量に於て異なるだけならば之を等しと見るのである。大工が長さの差一分の十分の一以下のものは凡て等しいとする。物理學や化學上の量に於ても此の種の等號を用ふる。第四には蓋然的に實驗の結果が互に一致するときには之を等しいと見、其の差は不必要なる干渉の原因から來ると考ふる。實驗者は用いたる方法の蓋然的誤差の制限以内に於て結果が等しいと稱するは此の種類である。吾人は實驗が理論に實驗相互が一致する程度よりも一層近似することを望むことができる。

同じ、又は恒等の關係を表はすには、數學者が從來慣用し來れる符號 $=$ を用ふ。此の符號はロバート、レコード R. Records が "is equal to" なる言葉を反覆することの繁を避くるため氏の著 Whetstone of Wit. の中に用ひたるを始めとする。然れども符號の意味は量の等しいことを表す外に、漸次増強せられ、數學者自らも演算の同じ結果となることを表はすやうになつた

等しきこと
の種々な
意義

等號に就
て

等號は更に之に止まらないで、科學の他の諸分科に於ても、此の符號を採用するに至り、言語學者は言葉の意義の等しきことを表はすに用ひ、化學者は反應の前後に於ける元素の種類及び重量の不變なることを示すやうになつた。等號は普通に用ひられてある通り、量に關して用ふる場合と性質に關して用ふる場合とある。108g || 32g は明かに量の等しきことを示す式であり、(—) × (—) || (—) + (—) は演算の結果の等しきを意味し即ち性質の符號となる。

第五章 分類 概括 及び 蓋然度

一 分類の意義 觀察及び實驗によりて、廣く精確なる事實を集め得たとするも、吾人の記憶には自ら限りありて、一々之を把握することができぬ。こゝに於て、事實の間に存する關係に従つて、其の系統を明かにし、一は以て記憶に便にし、一は以て普遍的なる法則に入るの準備とすることが、心力の經濟より見、又科學の目的より見て至當の仕事となつてくる。此の仕事进行分类と稱するのである。

或事實进行分类せんとするには、先づこれら事實間に存する類似點及び差違點を發見せねばならぬ。之には事實の分析を必要とする。次に其の分析したる結果に注意を拂ひ、或特別なる要素を捉ふることを要する、之即ち抽象である。かく分析し抽象したる上で、之等事實の幾何が一群と認め、幾何が區別の圏外に出づべきかを定めねばならぬ。即ち比較によつて事實の辨別結合の關係を定むることを要する。之即ち分類である。之を以て見れば分類といふことは決して簡單なる心意作用ではなく、分析、抽象、比較等の諸階段を経て達せらるゝものであることが分る。而して、分類は客觀的に存在するものを發見するのではなく、全く主觀的に一定の方針

分類の心

分類の基

によつて行ふ技に過ぎないのであるから、其の着眼點即ち分類の基礎とする所の異なるに従つて、分類の仕方亦一様でない。今學殖乏しき婢僕に命じて、書齋に堆積する書籍を架上に整理することを命じたりとせよ。此の場合に於て、彼等は如何なる分類によつて、書籍を排列するであらうか。多分其の大きさ、表紙の色、等によつて分類することを疑はぬ。即ち無學者の此の場合に於ける分類の基礎は最も分り易い、把握し易い類似點にあるので、彼等に對して、熟練されたる圖書館員の行ふが如き結果を望むことは無理なることである。即ち、大とか小とか又赤とか緑とかいふ要素が主として分類の基礎となり、彼等の勞作を司配する譯であつて、其の仕事たるや、科學的であるとはいへぬ。然るに圖書吏であるならば、彼等は圖書の内容に従つて、先づ分類し、更に之を年代によつて區別する等の科學的分類を施すことは受合である要するに、物體の性質は一として、分類の基礎としての要求を満足せざるものはない。例へば動物は其の眼の色に従つて分類もできれば、家は其の有する窓の數によつて分類することもできる。然れどもかくの如き分類は實際的價値のなきことは明かなることである。吾人の目的とする所は、事物を最も緊要にして且つ普遍的命題を最も多數共有する群に分つことである。それ故に分類の基礎となる諸性質は、できるだけ其の事物たる確實なる特性を以てせねばならぬ。

或分類の科學的なりや否やの試験は、其の一群に含くまると、凡ての事物に共通と見做し、能ふ諸性質の數と其の緊要度によつて評點を附せらるゝ譯である。

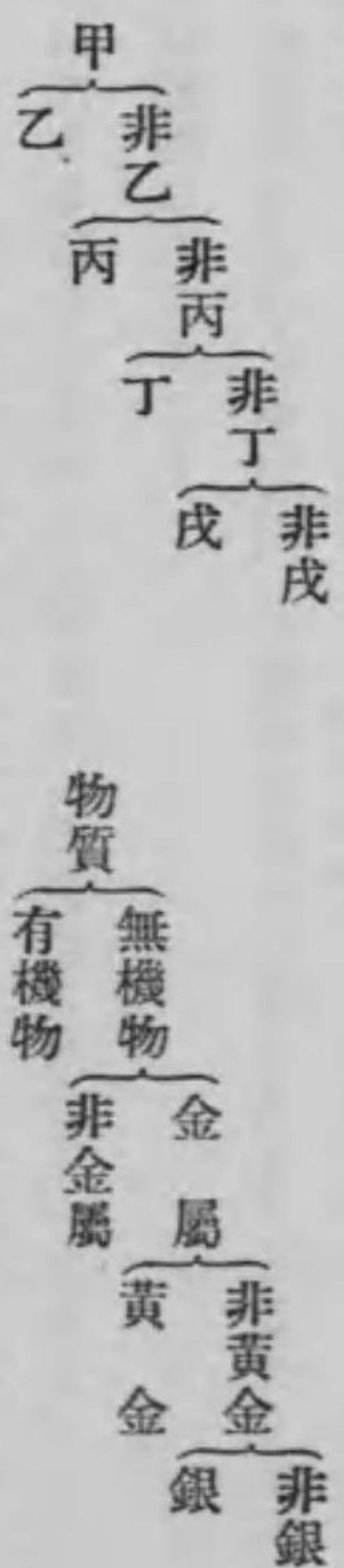
二 自然及び人爲分類

分類に自然及び人爲の二種を區別し得る。自然分類とは分類の基礎が分類されるもの、本質と直接關係ある特性に因るもので、其の一群の中には分類の基礎たる本質を共有する許りでなく、其の他の副次的性質に於ても類似する所多きものを包括して居るのである。例へば、元素を分類するに當りて、或はハロゲン元素（鹽素、臭素、沃素及び弗素）といひ、アルカリ金屬（リチウム、ナトリウム、カリウム、セシウム）といふ一群を分つのは、其の本質的なる化學的性質を基礎としたるものであつて、自然分類である。又動物學上に於ける背推動物、軟體動物、節足動物等と分つ如きも、自然分類であつて、是等は共通の屬性を兼有するのみならず、又何れも相互に關連せる屬性によつて複雑なる體系を組織して居るのである。斯くの如き自然分類の基礎は分類されるべきもの、本質的屬性であるから單に皮相的の觀察によつて容易に得らるゝものとは異なり、外觀上に於ては非常に異なつて居るものでも精密なる觀察によりて、其の本質上に密接なる關係の存在することを發見し得ること屢々であ

なる。即ち分類肢は凡ての場合を丁度網羅せねばならぬ。5は各肢が欠陥なく秩序的なることを要求する。若しこれを犯せば時として急激なる間隙を生じて分類は精密なるを得ないのである。

二肢分類

以上の要件によつて分類するに當り、其の分類肢の數によつて二肢分類三肢分類等を分つ。就中二肢分類は以上の要件から見て論理上完全なる分類法であること明かであらう。今其の方法及び例を次に擧ぐ。



二肢分類は以上の如く嚴密に3、4の二要件に準據せるが故に論理上完全なる分類であるが分類肢の一は常に消極的に規定さるゝを以て、之に由て成立せる分類の統態は半ば不確定に存する欠點ないではない、之を以て唯整理の端緒を開くに過ぎない。若し分類さるべき事物の明確なる知識ある場合に於ては、此の方法に依らずとも直ちに他の分類法によつて一層簡單明瞭となすことを得る譯である。

三肢分類は兩極端と其の中間に位するものとを擧ぐる場合の如き分類法であつて、大、中、小の如き、天、地、人の如き、又、上、中、下の如きは普通に用ひらるゝ三肢分類である。此の方法も亦屢々用ひらる。

概括の意義

三 概括

觀察又は實驗によつて得たる夫々特殊なる現象に就て、其の各に共通なる特徴が存在すれば、之を同一類のものとして之を一括する、一括されたものが更に他の部類の現象と共通な特徴を有つて居れば又之を一層廣い部類に屬するものとして一括する。斯くの如く種々多様多態なる現象をでき得る限り簡單なる部類にまとめ、これを概括するといふ。概括が科學の仕事として重んぜらるゝ理由は、一事實又は部分的法則から出發して、同じ條件に従屬すと信ずる所の尙ほ試験を経ざる多數の場合に及ぶことのできる點にある。即ち吾人の目前に現はるゝ事物間に類似を認得する以前に概括により其の類似の存在を豫言することができる。此の種類の概括は勿論蓋然的の豫言である。水や水銀が熱すること、冷却することの程度によりて或は固體となり、或は液體氣體にも變化することを觀察することから凡ての物質は其等の三態を熱の状態によつて形成し得ると定むるが如きである。此の法の眞髓は觀察したる現象群の中か

ら現象の共通の本性を決定する普通の條件を發見することにある。而して概括は單に實例の數に依るものではなく、單一の例と雖も注意深き分解作用によつて完全なる概括的知識を得ることが出来る。

概括による推論と比論による推論とは、程度問題といふ外には何等差別する所がない。兩場合ともに或觀察したる類似より、多少の蓋然度を以て、他の類似の存在を推及するのである。概括に於ては類似は大なる外延と通常小なる内包を有するけれども、比論に於ては吾人は大なる内包に依據し、外延は少量に過ぎない。吾人は性質のAとBとが甚だ多くの場合に關連して現はれ、未だ分離せられたることを見ざる時には、次に性質Aに會するときは此の物又性質Bを有することを余程の確からしさを以て豫言できる。又Bに遭遇したる場合にも同様である。例へば吾人は一物體が重力を有すると共に慣性を有することを經驗し、未だ會つて重力を有するも慣性を呈せざる物體、又は慣性を有するも重力なき物體を觀察したることがない。之を以て次に重力又は慣性を有する物體に會するときは大なる蓋然度を以て其の物體は兩性のそれ／＼他を有つことを推論する。之明かに概括による推論の一例である。

比論に於ては多くの點に於ての類似よりして他點に於ける類似を推論する。類似の性質又は

點が多數なのであつて、事物の數ではない。水星の兩極に於て、二つの白點を觀察する。その凡ての點に於て地球の兩極に於ける氷雪地域に似て居ることを現はす。他に同様と比較する物を知らないけれども、水星と地球、此の二つに於て類似の甚だ精確なることから吾人は大なる確からしさを以て水星に於ける白點は氷又は雪より成れりと推論するのである。簡言すれば多くの類似點は更に多くの類似を含むといふことにある。白點の外観及び行動から氷結水の物理的及び化學的性質の凡てを有することを推及する。要するに概括は多くの事物に於ける一つの性質は凡てに於て其の性質の存在を推論し、比論は一事物に於ける多くの性質は、其事物に他の残りの性質を發見し得べしと推論するのであつて其の兩者の蓋然的なることは一である。

フランシス、ペーコン曰く「吾人の智力には羽翼を要せざるも、其の速歩を緩和する爲めに鉛を欲すと」。實に推論上最も陥り易き傾向は概括を急ぐことである。之は小供時代に一度危害を受たる物は類似の場合に於ても同じ危害を受くることを豫想して恐るゝ如く、習慣的になつて居る性質であるともいへる。此の急行的皮相的概括は常に科學の妨害であつて、古來其の例證に乏しくない。數に於て等しき物の間には或類似がある、即ち七といふ數を有するものを擧げんに、七惑星あり、之と連係して七金屬あり、七曜日あり、赤兒は七ヶ月にして齒の發

生を見、七才にして之等の抜換あり、七呎は身長の極限であり、希臘には七賢人あり、世界には七不思議ある等其例甚だ多い。然れども七なる數に於て類似を有する許りであつて、科學者の想像の内に之に深き類似を有すること、即ち七といふ數を以て凡ての性質に配當するは早計である。音階に八階律ある如く、光に七色あるべきことを許せしは其の概括誤れりといはねばならぬ。同様の事實が、三、六、九といふ數等に於ても發見するので、迷信的虚偽に陥る場合は乏しくないのである。

又自然の法則は簡單なる形式及び關係を完全に有つものであるとの想像も概括の誤謬から來れるものである。例へば天體は圓軌道上を運行せざるべからずと。何となれば圓は完全な簡單なる圖形であるからといふ。ニュートンの如き大家も自然は常に最も簡單なる仕方で進展するとの疑はしき公理を採用しつゝあつたやうに見ゆる。此の公理は眞理として明確なる基礎を有せざることは事實に於て之に反する場合の多きを以て知らるゝではないか。天體の軌道は圓のみではなく、楕圓、双曲線、拋物線等もあるのである。

概括は智力の大なる特權であつて、最近科學の進歩は之から發展したのであるけれども、之を行ふに當りては大なる注意と長き訓練とを経て初めて安全なるを得る次第である。各人は一

般に概括推論をするけれども、發見の深さに非常の差あるのは全く此の注意と訓練の素養の如何に歸因するのである。科學的偉人と凡人の差別は主として此の才能に原因して居る、ラブラースの言に、「人類の智力進歩に大なる貢獻をした凡ての發明家例へばラグランヂ、ニュートンに徴するに、周圍の事物の間に存する概括的原理を見出すことの幸福なる才能を高程度に於て有せしに過ぎない、而して此の才能は科學的天才の眞の特性とも考ふべきものであると」

四 統計的研究 或種類の現象は複雑であるがために、容易に因果關係を確定することができるが、又實驗することも困難なる場合に於ては、統計的方法により研究することができる。例へば、甲の職業(例へばマッチ工業)と乙の職業(例へば炭坑夫)とを比較し、孰れが果して健康を害し易さかを知らんとするには、理論的又は實驗的研究法は甚だ困難であるといはねばならぬ。此の場合に於て、甲に於ける毎年の死亡者を統計し、其の率を乙の死亡率と比較して以て職業と健康の關係問題を研究することができるのである。此の如く統計的研究とは各々同一類なる多數の事例の集合を算數の上に概括し、其の數量から相互比較の基礎を得る方法である。而して之によつて得たる結果を暫らく普遍的法則の準備として代用しやうとするのである。若

し精確なる因果の關係が発見せらるれば、殊更に統計的方法に依る必要はない。例へば、測候所に於て日々の天候の晴雨、氣温、氣壓の變化を記録して、以て其の土地の之等に關する統計を求むるのは、未だ之等の天候又は氣温氣壓に關する確實な法則が発見されないからである。遺傳の現象の如きも今日に於ては尙ほ統計的研究の必要を感じて居るけれども、漸次科學的研究によつて其の眞理が闡明されつゝある有様である。

統計的研究の科學的價值は主として現象の二群の間に統計によつて量的關係の存在を知るとき、彼等の間に存する因果的關係を暗示することを得ることである。例へば一地方に於ける雨量と收穫との關係の如く、毎年の雨量及び收穫の統計から知ることが出来る。又都市に於ける水道及び下水道の設備と傳染病との關係の如きも該設備のある都市と、ない都市の多數に就て傳染病患者の數を統計的に調査することによりて究めることができるのである。之を要するに統計的研究では、因果の關係を十分に説明するまでには達しないけれども、かゝる關係の存在を暗示して所謂經驗的法則を発見することを得るのである。

統計的研究の基礎として、(一)前例の通り統計の總和を以て比較することもあれば、又(二)其平均數を定めて以て比較を爲すこともある。例へば甲地と乙地の氣候の差を知るには甲地の

統計的
研究の價値

平均

一ヶ年の平均温度と乙地の平均温度とを比較して得らるゝが如きである、平均には通例算術的平均と幾何的平均との二種を分つ。前者は全體の總和を其の個數で割りて得たる物、後者は全體の相乘積を個數の根に開きたるものである。今 a, b 二數に就て求むれば次の式の通りである。

算術的平均 $\frac{1}{2}(a+b)$ 幾何的平均 $\sqrt{a \times b}$

平均使用の結果は之を三種の場合に分つ。(1)、或量の系列の一般的大さを表はす代表的數を與ふる場合で、他量の系列と比較する上に便宜なる法として採用せらる。例へば、日本人の平均身長、平均年令の如きもので、之と他國人の身長、年令と比較する上に代表的の基礎數である。(之は日本語では平均といふが、英語では Average result といふ)(2)、結果に誤差を及ぼす原因があつて、一は一つの方向に他が反對の方向なるとき、平均によつて、此の妨害する量を近似的に免れるために行ふ場合である。例へば、音の速度を測るに、一定の距離にある甲地と乙地で、甲より乙に音の達する時間、及び、乙より甲に達する時間を平均して求むるが如きである。(3)、知らざる又は不確實なる誤差より多少とも遠かる結果を得るために行ふ場合である。例へば、不完全なる天秤を以て質量を測るとき、分銅と物體の位置を交換して、其の幾何的平

均を求むるが如きである。此の三種の場合に就て、(1)は(2)(3)とは根本的に平均の性質が異なつて居る。此の種の数は多くの場合に於て兩極端の中間に位し、或量に屬する多數を最も公平に代表するものと見做すことができる。(2)及び(3)は或量を測定して其の結果の不定なるに際し、此の中より最も確實に近きものを得るに必要な方法である。

蓋然度の意義

五 蓋然度 偶然といふことは自然に存在しない、之は吾人の知識とは兩立しないものである。ラブラースの言の如く、之は行動の原因に關する吾人の無智、従つて、結果を逐次豫言することの不可能から生ずる發表に過ぎない。自然に於ては一事件一現象の起生も其出發點から己に定まつて居ると信ずる理由があるのである。蓋然(Probability)は全く心に關する。同時に起つた一事件も人の異なるに従ひ非常に異なつた蓋然的斷定を下すのを見て分る。例へば、或汽船が喪失したる場合に、或人は海洋で沈没せりと考ひ、或人は然らずとする。事件其の物は左様に不確實なるものではなく、チャンと定まつた運命にあるけれども、事件の蓋然度は日により、心により變じて行く、當時の天候とか發見したる破片とか、又遭遇したる船の報告とかいふことが大に蓋然度を變化せしめるのである。斯くの如く蓋然といふことは、吾人の心的條件による

るもので、其の起るか起らざるかは其の物自体に就て確實なるものである。骰子を投じたる時其の熱れの面が現はるか否かは吾人は全く偶然であると考ふる。然れども、其の骰子の持ち方、投げ方、骰子の構造等から力學的に論究して必然的な結果を豫言し得べき道理である。唯吾人の知識がそこまでは及ぶことできないから、之を偶然の結果に歸するに過ぎない。即ち偶然と必然とは畢竟吾人の知識の程度によるものと考ふることができる。無智無學なるものゝ偶然とする現象も科學者にとりては必然的なことが多いのである。併し、吾人は一々の場合に於て結果を豫言することはできないけれども、其の大體に於ける結果は之を數學的、理論的に定むることができる。例へば、先きの骰子の場合に於て一より六まで目の現はるか蓋然度は六分の一なりといふことができる。蓋し吾人は何れの面が特に有利に現はるか考ふべき理を發見し得ないで、凡ての面が平等に現はるべき權利を有して居るから、何れの面も其の蓋然度が六分の一なりとするのである。此の如き推論に基づきて得たる結果を蓋然度と稱して居るのである。同理で、銅貨を地面に落して上に現はるか蓋然度は二分の一である。斯くの如く蓋然度の計算は現象の性質によつて、數學的に論究し得るので、數學に於ける一分科となつて居る。

吾人の實際に經驗する現象は多くは非常に複雑であつて、數學的に其蓋然度を求むることのできない場合が多いのである。然れども、かゝる場合に於ても、過去に於て屢々經驗せし比例を以て蓋然度を知ることができる。但し此の經驗が長い歳月に亘り、廣い範圍に涉りて精確になされたるもの程蓋然度は信賴するに足る譯である。前節に述べた統計的研究は此の點に於て其の價値を發揮するものである。例へば、千人の生兒中、六歳に達せずして死するもの二百五十人なりとの統計を得たりとすれば、或兒童の六歳に達することの蓋然度は

$$\frac{1000-250}{1000} = \frac{3}{4}$$

と豫定し得る。之に對して六歳までに死する蓋然度は

$$\frac{250}{1000} = \frac{1}{4}$$

なるを知られ、兩者の和が一に等しい。兩蓋然度の和は一となり、除外例のないことを示す譯である。此の如きは畢竟過去に起つた事實を統計的に表はすに過ぎないのであるが、之が非常に多數の場合から得られたる結果であるとする、例へ因果の關係は不明であつても、將來に於ても同様の關係が持續されることを豫言し得るのである。勿論某といふ一個人に就ては何歳で死するかといふことは到底吾々の不完全な知識では知ることが不可能であるが、多人數の平

均的死亡率は之によると大體間違はない。實に生命保險の如きは此の原理を基礎として統計的研究の結果から保險料を算定するのである。

第六章 假説 科學の法則

一 假説の意義 英國の化學者ジョン、ドルトンは第十九世紀の初め、種々なる物質の化學的組成を研究しつゝあつたが、炭化水素の二瓦斯たる、生油氣(エチレン C_2H_4)及び沼氣(メタン CH_4)を分析したるに次の結果を得たのである。

炭素		水素		計
生油氣	八五・七	一四・三	一〇〇	
沼氣	七五	二五	一〇〇	

其の水素の炭素に対する割合は生油氣に於ては六と一、沼氣に於ては三と一、或は六と二となり、與へられたる炭素量と化合すべき水素の量は一は他の場合の精密に二倍なることを知るに至つた。尙ほ同様なる事實を炭素の酸化物なる酸化炭素及び炭酸瓦斯の場合にも發見し、又種々の窒素の酸化物につきても倍數的關係の存在することから、經驗的法則たる倍數比例の法則を導き出したのであつた。氏は更に此の經驗的法則の由て來る所を説明せんとして一の假定を作つた。即ち凡ての元素は(一)、原子と稱する極微の分割すべからざる粒子より成れること、

ドルトンの原子假説

(二)原子は一定の重量を有すること、(三)各單體の原子は凡て恒等にして、他元素の原子とは異なる性質を有すること、(四)化合物の原子は又夫々特殊なる性質を有し、之を成す元素の原子の結合によつて生ずること。之即ち有名なるドルトンの原子假説である。此の假説が認容されたならば、化合の法則は甚だ好都合に演繹されるので、事實説明の爲めに甚だ重寶であり其の後數多の確認的實驗によつて愈々信頼の度を高めつゝあるやうな次第である。

右の如く、假説は、從來吾人の知れる法則では説明することのできない事實に遭遇した時、之等の事實を説明しやうとして設くる一種の科學的想像である。故に假説又は臆説とも稱する此の意義の如く、假説は事實の説明の爲めに構成した想像的素質であることを忘れてはならぬ。假説の概念は之に由て自然の眞實なる運轉を代表するものであるとの誤謬に陥つてはならぬ。原子の如き物が實際存在するや否や、原子假説が自然に於ける凡ての事實と眞實一致すべきや否やは吾人の知識では及ばざる次第である。然れども假説は一方に於て科學上非常に必要なる機構であること、發見を導く上に於て重要な任務を有するとを認めねばならぬ。殊に化學に於ては假説は殆んど化學を司配すとも稱すべき次第である。尙ほ此の場合に於て吾人の知る凡ては、假説が眞實であることを裏書きする化學的現象のみなりといふことを心に銘して居

假説の眞諦

らねばならぬ。若し未來に於て此の假説と容れない新事實を發見するならば直ちに此の假説を放棄し、更に現在の化學的法則及び新なる事實を説明するに足る新假説を構成せねばならぬことになるのである。現在の假説を最終的のものとするは科學の方法に背反せるのみならず、又假説の眞義を誤解せるものといつてよい。假説は畢竟吾人の知識を組織的ならしめんとする根本的慾求から起つて來るもので、既得の知識だけでは充分に説明することができない場合、又は既得の法則を統一し、其の相互の聯絡を結ばんが爲めになさるゝ想像であるといひ得る。従つて原子假説の如く超經驗的概念を含めるもの、即ち最高の假説と見做すべきもののみならず、未だ充分なる確證を得ざるも、兎も角從來説明のきかなかつた事實を説明し得る法則を考へ出したる場合には、此の法則は即ち假説といつてよい。例へば、第十七世紀の初めに於てハーヴェイが各靜脈に於ける辨膜の存在と、其の心臟の方向にのみ開ける事實とに基づき、之を血液循環の目的に歸したるが如き、又或植物の花冠の形狀、色香、蜜の存在をば蟲媒受精の目的にありと説明的假説を下したるが如きである。而して假説が確實に幾多の事實を説明すべき證據を得るときには之を定説又は定理と稱して區別するのが普通である。

二 假説の要件

假説の事實と一致すといふとは良き假説の必要にして且つ充分なる要件であるが、ゼボンヌは之を更に次の三條件に分解して居る。

- 1、假説は演繹的推理を適用し得られ、且つ此の推理の結果と觀察の結果との比較を爲し得べきものたること。

假説の眞理か事實と一致することを證明さるゝ爲めには、之に演繹的推理法を適用し得らるゝものたることは必然的の要件といはねばならぬ。而して此の假説から如何なることが起つて來るだらうかを學ぶことを要する。一例を挙げんに、物質を以て占有されて居ない空間を光の輻射線が透過する現象を説明せんと企つるときに、吾人はエーテルと稱するものゝ存在を假定する。然し、此のエーテルなるものが吾人に知られてある如何なるものとも全く異なつた性質のものであるならば、之について推理することは無益なる試みといはねばならぬ。吾人は少くとも運動の法則をそれに適用し、物質と同視して扱はねばならぬ。而して、それらの法則を彈性媒體なる空氣に適用するとき、音の現象を演繹し得る如く、エーテルに關して同じ方法を適用することによつても光に關して實際起る現象を推理し得ることを要する。此の假説の有する凡ては充分完全なる彈性體で、重力及び物質の或性質を剝脱されたるものと考ふる外、他の諸

點に關しては物質と充分なる相似一致を保ち演繹的計算を許すことにある。然るに全然吾人の經驗し得るものと離れて居るものを假定して之に由つて説明したのでは、其の眞否の判定のしやうがない。恰かも水がポンプの吸管内に昇るのを以て神が真空を厭ふと説明するが如きである。科學上の假説は已知の知識と没交渉な不可思議のものであつてはならぬ。

假説と法則

2、假説は吾人の眞理とせる自然の法則と衝突せざることを要する。

之は程度問題であつて、新しい學説の唱導するものは已知の法則に不満足のあるが爲めであつて、従つて新假説は舊假説又は法則と多少の衝突あることを免れない。若し假説が已知の法則と一致せざる場合には、其の確實の程度は法則の確實の程度に由て變化する。即ち其の法則が確實で毫も疑なきものであるならば、假説は不完全で早晚放棄するか、或は變改せらるべきものである。然るに其の法則が未だ一般に亘りて十全なりと明言できないものであるならば、其の假説も亦必ずしも不確實と斷言し難いのである。故に此の條件は從來知られたる法則又は學説で説明し得らるゝ場合には特別に新説を設ける必要がないといふことを示せるものと解釋するがよい。

假説より演繹されたる結果と事實

3、假説より演繹された結果が觀察の事實と一致すること。

此の條件は最も明かなること、其の假説が事實と一致することの多ければ多い程確實の度を増す譯である。ガリレオは水が吸上げポンプの吸管内に三十二呎の高さに上らざること認めたるも、之を説明することできないで逝いたが、其の弟子たるトリチェリーは空氣の重さといふ假説を以て之を説かんと試みた。而して此の假説が眞であつたならば、水の十四倍重さ水銀は彼の水の高さの十四分の一に止まるべしと演繹し、彼の有名なるトリチェリーの真空を作る實驗を以て之を實際に證明し得たのである。斯くて此の假説は高山に於ける水銀柱の降下の實驗、及び其の他幾多の實驗に由て益々確實なるものとなつて、一の定理と認容するに到つたのである。此の例によつて又演繹的推理が如何に科學的研究に役立つかを知ることができ

る。尙ほ假説の構成上注意すべきことは、假説から演繹される事が實際に存在せるの故を以て之を眞理なりとするこの誤謬である。唯之は假説の導く推論に矛盾する事實に遭遇しないといふ條件の下に假説の確實なることが知らるのみであつて、一つの衝突と雖も、それが絶對に眞なる場合には假説は放棄さるべき運命を有する。

對立せる
假説

三 假説の使用 同一現象に對して、二説以上の假説が同時に對立する場合がある。之兩説は共に大部分の實驗的事實を説明し得て、其の何れが正當なるかを決定すること困難なる事情に基づく。明かに兩説共に眞なること不可能で、兩説共に惡しきか、又何れか一説正しかるべき理である。かゝる場合に吾人は如何に之を判定し得るか。こゝに於て吾人は一説とは一致する結果を與へ、他説とは容れざる結論を與ふる實驗を要求する。此の決定的實驗は一説を確定し、他を排斥するのである。科學の歴史に於て其の著名なる實例は光の本性に關する波動説と射出説の争に及ぶものはあるまい。

ニュートンは光の本性を唱導するに先立ちて、彈性體の衝突に關する法則を熟知して居つた。即ち見得べき彈性體の衝突に關して(例へば玉突臺に於ける經驗の通り)投射の角が反射の角に等しいことを知つて居たので、光の反射の場合に於ける實驗的事實と對照して、光の本性に關する射出説を構成するやうになつたのである。氏は唯射出説に到達するのには、氏の頭に先きに畫いて居た概念に就て物の大きさを變化するに過ぎなかつた。氏は光は見得べからざる彈性微粒子よりなり、之が發光體から非常の速度を以て射出するものと想像したのである。光の反射は光がかくの如き粒子より成れりとして満足に説明ができる。のみならず光の本性に關す

光の射出
説及び波動

るニュートンの概念は氏の前有の知識に刺激されたる所の格斷なる事情が存する。氏は重力の現象に就て熟考しつゝあつたので、光の屈折に於て、光粒子の上に作用する引力の結果を見得べしと考へたのである。物體が地面上に於て自由に落下する場合には、地面に近づくに従ひ、速度を増加することを見るが故に光が鉛直に空氣中より水平面なる水又は硝子面に達するに従ひ、其速度が加速されなければならぬと結論した。而して、若しも粒子が表面に斜めに接近し來る場合には拋射體が其方向を變ずる如く漸次下方に引きつけられて方向を變ずるに至るべき理と考へ、此のフレが即ち光の屈折なる現象を起すのであるとしたのである。いふまでもなく此の假説に従へば、光の速度は空氣中に於けるよりも大なる譯である。

光の本性に關する他の一説は、和蘭の星學者ホイゲンス、英國の物理學者ヤング等により唱へられたのであるが、光を以て宇宙間に瀰漫せるエーテルの波動なりとし、之から屈折の現象を演繹する。此の説に従へば、波動が兩透明體の境界に達すると、空氣の如き粗體より硝子の如き密體に入る場合には其の速度を減せられ、其の結果として波の進行の方向を變じ、屈折の現象を起すものとなる。屈折の法則は此の假定から完全に説明せらるゝのである。(其の説明法は普通の物理書に明かなり就て見られたし)然れども兩假説の導く結論は正反對で波動説に従

決定的實
驗

へば空氣中に於ける光の速度は水中に於けるよりも大であらねばならぬ。

今兩假説の困難する所を見よ。波動説はエーテルの存在を假定する、之は吾人の常識に入ることの六ヶ敷い要求である。然れども此の説は光現象として知られたる反射、屈折、廻折、偏光等諸他の事實を最も便利に明瞭に説明し得る長所を有して居る。射出説に就ては、光線中に於ける器械的運動量の全く存在せざるは此の説を受納するに困難を感せしむるものである。而して此の説の根據となりし現象を除いては他の現象を簡単に適切に説明し難き事情がある。新しき事實は新しき想像を要求し、原の假説の漸次複雑とならざるを得ないのである。兩假説にはそれ／＼有力なる支持者があつて長き間解決しなかつたのであるが遂にこゝに決定的實驗の爲めに射出説の打破らるゝやうになつた。此の實驗は佛人アラゴによつて提出せられ、非常なる熟練を以て同じく佛人フーコー及びフィゾーにより成功せられたのである。即ち兩氏は光の速度を空氣中及び水中に於て實際に測定し、其の空氣中に於ける速度が水中よりも大なること、一點の疑を狭む余地のないことを實驗的に證明したのである。こゝに於て光の射出説は倒れざるを得ざるに到つた。勿論此の實驗は波動説の全然眞理であるとは證明しないのであつて此の説の廢棄さるゝこと豫想し得ぬ譯ではない。

ニュートンの「吾は假説を作らず」といつた言は有名なことであるが、之は科學に於ける假説の避くべきことを示したのではなく、唯不必要なる假説、事實に根據を有せざる空想的假説を作らないことを意味せるものと解せねばならぬ。科學の使命は種々の經驗的事實から出發して之等を包括すべき普遍的法則を立するにあるが故に、吾人はどうしても經驗以上に出ることとせねばならぬ。即ち科學的想像の産物たる假説によりて統一的知識の體系を作ることとは高等なる科學的方法である。唯假説を使用する上に於て注意すべき要件は、其の取捨に輕率ならざることを要する。輕信は科學研究上の大禁物である。而して、事實に注意を絶えず拂ひ、それが假説を肯定するか否定するかを監視せねばならぬ。否定すべきことの明白ならば、之を廢棄するに躊躇を要しない。然るに假説を愛護せんが爲めに事實を曲解するが如きは其者の頭の非科學的なる證據である。

四 科學の法則の意義 既に述べたる如く、科學的方法是直接なる感覺印象を出發點として之に由つて構成さるゝ科學的事實を比較分類し、概括し、訓練されたる想像作用の助けを藉りて遂に一の簡單なる發表或は式 Formula の發見にまで進むのである。此の最後の獲物たる式は

自然の法
則と國家
の法律

廣き範圍に亘れる事實を數言の中に包括するものであつて、今日まで吾人が屢々用ひ來つた科學の法則 Scientific Law と名づくるものに當る。かくの如き科學の法則の發見によつて達せらるゝ收獲は何であるかといふに、思想の經濟といふことであつて、貯藏された感覺印象から導き出した概念の適當なる連合によつて直接なる感覺印象の受納を最も安易明確ならしむる所以である。科學の法則が萬有に眞實であるといふことから又自然の法則 Natural Law と稱せられて之を人類の規約に止まる國法、道德法、宗教法等から區別する。元來兩者の間には混同することのできない區別の存在するのであつて、常識を以て容易に判斷のできるものである。即ち後者には命令があり義務が伴ふけれども、自然法則には之が存在しない。國家の法律といへば、國家に立法部が存在して之を議定し、國民は之を履行するの義務を負ふ。若し之に従はざる場合には相當の人為的制裁を受けることに立ち至るのである。又此の法律なるものは元來生存競争の原理に立脚して各時代に適應する設定を必要とするが故に、立法部では常に之を變化し、改正するの止むを得るのである。道德上の法則に於ては嚴格にかゝる制裁がないけれども、時代により社會により變化性のあることは同じである。自然の法則を人為的なる社會上の規約等と區別せんが爲めに定律といふ語を用ふることもある。例へば萬有引力の定律、ボイルの定

科學の法
則の起源

律、ヘンリーの定律等と呼ぶが如きである。こゝに於て疑問の起ることは、自然の法則は人類により其認識及び發表を得ざる以前から存在せるや否やといふことである。法律の如き規約はいふまでもなく、人類あり社會あつての生産に過ぎないのであるが、自然の法則は人類に關係なく、客觀的に存在すべきものであると思考するやうである。然し之は自然科學の立場から否といはざるを得ない。科學の法則は人類の智覺力推理力に由つて構成さるゝ知覺及び概念に關するものであつて、之等と連絡なき科學的法則は無意義である。即ち科學的法則は吾人の知覺及び概念の一定の群に於ける連續關係の包括であり、簡單なる發表であつて、人間によつて構成された其の日に初めて存在するに至るものである。

科學の法
則と人

科學の法則が萬有に通じ、眞理であるといふことは、以上の意義から次の如く解釋せねばならぬ。即ち模範的なる人類として正當なる知覺機能を有する者に對して初めて科學的法則の共通の意味を有するのであつて、不完全なる機能の者に對しては之が一樣に眞理であるといへぬ。例へば、スペクトル分散に關する法則は色盲者には意識することのできないものであり、視覺を有せざる者に對しては日月の蝕は考ふべからざる事實である。今日まで非常の努力を拂つて、自然科學上の天才が成し遂げた自然界の法則なるものは、獨り吾人と同じ標型の者の所有

たるに止まるのである。こゝに多くの人の疑問とする所は人は自然の法則の作者として法則は人類の知覚機能に由て制裁さるゝけれども、法則が言葉で發表されしと否とに關せず、永續的に行はれつゝあつたのではなからうか。惑星運動を司配する所の重力の法則はニュートンの生れない以前から行はれて居たに相違ない。此の疑問に對する答は語義の定め方によりて然りとも否ともいひ得るのである。天體の運動を吾人が知覚するに當り、其の知覺の内容連續はレミットの時代もニュートンの時代も變りあることはない、疑もなく同じでありと吾人は考ふる原始人にも吾人にも太陽の運動は共通の知覺として差別はない。然れども感覺印象の連續關係といふだけの中には何等の法則が存在しない。惑星が動くといふことは感覺印象の連續關係であつて、科學にて取扱はるべき事實であり得るが、之等は自體で法則とはならぬ。少くとも言葉で有効なる翻譯を経て居らぬ。惑星系の變化を知覺し得られ、其の知覺を近世觀測者が行ふ以上に精密なる言葉を以て發表したとするも、此の知覺の連續關係の記載だけでは何等の法則の存在を含蓄して居らぬのである。知覺の連續關係は他の關係と比較せられ、之に分類及び概括が續行せられ、心意の純産物たる概念又は觀念が構成されて初めてそこに科學の法則なる名を冠するに至る譯である。

こゝに注目すべきことは、科學の法則に達する經過が心理的たると共に法則は自然事實又は自然現象と心の概念との連合を包含して居ることである。法則は心の概念なくしてあり得ざる通り、又其の概念が現象と連合することによりて初めて存在するに至るのである。ニュートンが惑星運動を規制する重力の法則を發見したのは相互の加速度を以て接近するといふ純概念と共に之を現象の一定の範圍に於ける事實と連合して、以て夥多の知覺を包括すべきことを宣言したることにある。科學の法則又は自然の法則といふことは飽くまで吾人の感覺印象の間に於ける連續關係の長々しき記載を最も簡明に包括的個條にて置換する役目を有するもので、人の心意の産物であり、人から離れて無意義のものとなせばならぬ。即ち自然が人に法則を與ふるといふよりは寧ろ人が自然に法則を與ふといつた方が一層意義あることである。

既に科學の使命として述べたる如く、科學の目的とする所は科學的事實を最も概括的なる法則に包括せんとするにあるが、其の包括の程度範圍によつて、法則に高低廣狹の差ある譯である。例へば、ニュートンの運動の法則、萬有引力の法則、勢力不滅の法則、或は質量不變の法則の如きは最も概括的なるものとして自然科學の根據を爲すものであるが、彈性に關するフックの法則、光の反射屈折の法則、元素の化合に關する定比例、倍比例、氣體化合體積の法則の

如きは部分的現象に關するものとして、其の適用の範圍自ら狭少なる次第である。之を以て科學的法則には單に知覺の範圍を脱したる科學的知識に止まるものと、更に高等精神作用の助けによりて開拓したる、自然の全野を覆ふ所の大法則のあることを知らるゝ。物質不滅と勢力不滅の二大法則は一切のものに共通な自然界最高の法則として實質的法則と名付けらる。

科學的法則は其の質と量とにより定性的と定量的とに分つことができる。磁氣又は電氣に關して、同名は相斥け異名は相引くといふのは之定性的の法則に過ぎないが、更に其の間に作用する力は極の強さ(又は電氣量)の相乗に比例し、距離の二乗に反比例すと、(クーロンの法則)いふ發表は定量的法則である。科學的知識は定性的で満足せなければならぬ場合もあるが、定量的なるだけ確實度を増すことは明かなることである。

科學的法則は又其の内容よりして、物理的、化學的、星學的、生物學的等に分つことができる。

五 科學的法則の進化

吾人は現象の分類及び概括する作用を有して居るから、之から出發して概念を構成して普遍的法則に達するとは已に述べた所である。其包括する現象の範圍が

惑星運動
に關する
法則の進
化

廣き程、又法則の限定が簡單である程自然の基本的法則に接近する譯である。科學の進歩とは漸進的に包括的式の連續を見することを意味するもので、吾人は此助けによつて、現象の愈々廣汎なる群の時間的又は空間的關係を理解し得るのである。其の以前の式は必ずしも不正であるといふ譯ではなく、唯一層多くの事實を記載し、説明するに足る一層簡單な言語で表はさるゝものと置き換へられたといふに過ぎない。此適切なる例は惑星系の運動の法則に於て見ることが出来る。此の運動の容易に觀察せられたる事實は太陽が東より昇り來つて西に没する毎日の運行であつた。此の運動の原始的の説明は西に没したる同じ太陽は北方の山岳に隠れて平たき地に沿ふて過ぎ行き再び東に上るものと假定することによつて成立して居る。此の記述は明かに甚だ不十分であるけれども惑星運動に關する法則の最初の企てであつたのである。次に太陽は立體的の地を周りて原位置に歸ると想像するやうに到り地は空間の中點に位し、太陽と星晨とは其周圍を運行するものであると結論するに到つた。記述は斯く改良されたけれども尙ほ完全の域に達しない。太陽は恒星に關し其の位置を變ずることが觀察された。太陽が毎年同一圓の周圍を運行することを知り得た。ヒバロカスは地は太陽の畫く圓の中心に精密に位せざること確めた。其都度法則が改善せられ太陽運動に於ける或見懸けの不整齊を一層精密に記

述することを得るやうになつたのである。尙ほ完全なる記述はヒバカス後三百年にしてトレミーによつて完成された。氏は地の球體なることを確かめ、太陽と月は地球の周囲の圓周軌道を毎年運行し、他の惑星も亦各自の圓周軌道を有し、それらの中心は再び地球の周囲に圓を畫くものと考へたのである。此の有名なるトレミーの法則は數世紀間に亘り永く採用せられ其の或事實の如きは今日の天文学に於ても首肯されつゝある。トレミーの説明を以て誤謬であると全然見做すべきか吾人は、加かく信ぜざるものである。唯不充分なる企てであつたといふべきのみである。中世紀の末にコペルニカス出て、地球は其の地軸の周囲を回轉するものとして、系の中心を太陽の位置に求めて、トレミーに比ぶれば、記述の簡潔と精確なることに長足の進歩を與へたのであるけれども尙ほ除却すべき難點が残存して居た。此の難點はケプレルによつて解決され、氏は地球及び他の惑星は楕圓と稱する或曲線上を運行すること、太陽は其の焦點と稱する中心外の一點に居を占めて居ることを假定することに於て成功したのである。ケプレルの説明は科學的方法の大なる成功と稱するに足るもので、氏の訓練された想像作用の賜物である。ケプレルの式よりも更に一層包括的のものがニュートンに依つて建設された。ニュートンの式は惑星の運動のみならず、惑星に屬する衛星の運動も、又是等の表面上に於ける運動まで

も規制する所の頗る廣汎なるものであつた、即ち普ねく知られて居る重力の法則なのである。

重力の法則は、宇宙に於ける物質の各質點は、各々の質點に關して如何に其運動を變じつゝ、行くかの記述である。何故各質點が斯くの如く運動するかを吾人に説明せぬ、何故地球が太陽の周圍に或曲線を畫いて運行するかを告げぬ。唯夥多の現象の間に觀察した關係を僅少の簡潔なる言葉の中に包有せしむるに止まる。吾人は重力の法則に由て、科學的法則が如何に不斷の進化の途にあるかを見たのである、此の例に由て層一層包括的なる精密な式に達せんとして人心の永續的の奮闘が行はるゝかを學ばねばならぬ。讀者一たび此のニュートンの法則に達するまでの事情を知り得たならば凡ての科學的法則の本質を了解し得るに相違ない。

科學的法則は常に一層廣汎なる概括的法則によりて置換せらるゝが順序であつて、之が科學發達の正道なりといつてよいのである。従つて、其の進歩は急速なりとはいへぬ。既に述べたる重力の法則に於ける通り、ニュートン式に至るまで二千年の歲月を閲して居るのである。自然科學者が宇宙の謎を解決し行くに、一難去つて一難來り、大體に於て勝利の大勢にある戦闘と雖も、部分的の小戦は所在行はれて容易ならざる曲折のあるのは進化の道程上止むを得ざる次第である。吾人は重力の法則を以てニュートンといふ一個人の發見の如く考ふるけれども、

事實は決して然らず、尙ほワットを以て蒸氣機關の發明者とするの正しからざると同じである。彼は唯科學の法則に一進化を興へたまでである。

自然科學に認められたる法則は其の種類擧げて數ふべからざる程であるが、今日の進歩の状態では多くは部分的であつて、殆んど總べての事物に適用せらるゝといふ程度に進化して居らぬ。各法則は一部の現象の記述に止まつて、相互の間に連絡の橋がない。故に本來密接の關係あるべき性質のものをも強て全く關係なきが如く取扱はるゝ傾き無しとしない。例へば物理學及び化學は自然科學の諸分科中比較的重要の地位を占めて居るけれども、それらの諸法則は未だ充分に他を聯結するの力を有して居ない、他の諸分科に光被するに至つて居らないのである。將來自然科學の研究法の進むと共に科學的法則の愈々包括する所を擴充し來り、整然たる系統の下に科學的知識を網羅する大法則の進化開展を見るに至るであらう。自然現象の研究法も精神現象の研究法も歳を逐ひて進歩し、或は二者相近づきて終に同一法則の下に論ぜらるゝ日のあるべきを想像し得るのである。物と心は二元なりや一元なりやは依然として謎であるけれども譬ひ其孰れなりとも、律せらるべき法則に差別なしとすることは強ち無理な空想であるまいと思ふ。

緒論及び第一編參考書

左記諸書は余の坐右に有つ書中本編の編纂に參考せしものである。記して著者諸氏に謝意を表す。

W. S. Jevons: *The Principles of Science.*

全編を通じて本書を參考したる所が多い。深く科學原理を研究せんとする者は是非本書の精讀を要する。

K. Pearson: *The Grammar of Science.*

科學の意義、使命、法則の論究につきて本書に負ふ所が多い。前書と共に科學原理研究上是非とも一讀すべき良書である。

F. Westaway: *Scientific method, its philosophy and practice.*

深からざるも淺く、科學の理論及び實際問題を網羅し、教授法にも論及してある、良參考書と思ふ。

L. Walton: *The Logical Bases of Education.*

本書は理科教授の論理的基礎を簡易に説けることに於て本編の目的と一致する所が多い、教育的には最良の參考書である。

A. L. Jones: *Logic: Inductive and Deductive.*

書中「科學的方法の梗概」なる一編あり、論理學の良參考書たると共に科學的方法の一般概念を得るに便利である。

E. B. Strong: Lectures on the Method of Science.

諸家の論文集なるが、就中牛津大學教授ケース氏の Scientific method as a mental Operation は一讀すべき價值充分である。

J. W. Draper: History of the Conflict between Religion and Science.

科學と宗教の關係につき史的概観を得るに良參考書である。現代文明と科學の一章は一讀の價值充分にある。

W. Ostwald: Natural philosophy.

R. B. Arnold: Scientific fact and Metaphysical Reality.

物の實在問題に関する良參考書である。此の問題については以下の二書と共に内容頗る豊富なる良參考書である。

F. H. Bradley: Appearance and Reality.

C. D. Broad: Perception Physics and Reality.

空間、時間、物質量を始め物理的諸量の科學的意義を詳知するに次の五書は根本的なる良參考書なりと思ふ。

P. G. Tait: Properties of Matter.

H. Poincaré: Wissenschaft und Hypothese.

”
Moderne Physik.

Müller-Pouilllets: Lehrbuch der Physik.

Poynting and Thomson: Text-book of physics.

ギユリツク、科學概論

科學の公準、科學の分類及び科學と宗教との問題につき参照する所多い。殊に分類については詳細に論述されてある。

田邊元、科學概論

著者は斯道の權威者であるだけ本書には大に參考すべき所が多いのである。自然科學認識の意義、科學の分類、自然科學の方法、經驗の成立、論理の根本原則等につきましては是非本書の参照を望む。

田邊元、科學の價值

有名なるポアンカレの著書を譯したるものである。科學の客觀的價值といふ一章の参照を望む。

田邊元、最近の自然科學

自然科學の特色、自然科學認識の意義の参照を望む。

桑木嚴翼、哲學綱要

哲學の概念を得るに良參考書である。又自然科學者の哲學觀の一章は自然科學と哲學との關係に関する見解を知るに最も適切である。

三宅雄次郎、宇宙

原生界の一篇、科學の傾向には参照する所が多い。

緒論及び第一編參考書

ヘッケル原著 栗原古城譯 宇宙の謎

生物學より入りて哲學の研究に進みたる獨逸ヘッケルの著書を譯せるものであるが、宇宙的研究として實質の法則、世界的進化、自然界の一致等の問題につき一元論の根據を論じてある所は参照すべき價值充分にある。

赤松智城 宇野圓空 共著、現代哲學と宗教

佛の現代哲學者たるブートルの書を譯したるもの、科學的精神と宗教的精神との關係につきて参照を勧む。

村澤喜代人 征矢野見雄 共譯、現代哲學批判

コペンハーゲン大學哲學教授ヘフヂング氏の原著である。哲學的科學者としてマツハ、オストワルド、ヘルツ等の哲學說の梗概を知るに便である。

高橋里美、現代の哲學

以太利バツア大學教授アリオッタ氏の「科學に對する唯心論的反動」の第一編を譯したるもので現代哲學の各思潮を知るに最も便利である。

紀平正美、認識論

科學的認識の本性を知るに参照を勧む。

宮本和吉、哲學概論

實在問題、因果關係、認識問題につきて参照すべきことが多い。

速水滉、論理學

本編々纂につきて論理學的方面は本書及び次の二書を最も忠實に参照したのである。

大西祝、論理學

今福忍、最新論理學要義

上野陽一、心理學通義

心理學的事項につきては全般的に本書及び次の二書を参照したることが多い。

高橋種、心理學

速水滉、^{ヴァン}心理學要領

第二編 理科教授の根柢としての科學 及び科學教育史概觀

第一章 古代の科學及び科學教育

人類創造
時代の智
力

一 原始人の知識 地球上に人間らしき動物が現はれて來たのは、幾百萬年の太古であるか知ることができぬけれども、現今の人類學の教ふる所によれば、幾十萬年といふ大昔に於て余程現代の人類に似よつた體格を有つた人類があつたことは疑ない。彼等の残した遺跡によつて見ると、彼等の知能が如何に優秀であつたかを知ることができる。彼等は已に石器を使用し、早く已に火を利用して居た證據がある。彼等の唯一の仕事であつた野獸との争闘の武器には驚くべき發達を遂げて居た弓矢を使用した形跡さへあるのである。原始的人類の遺骨其他から判斷して見ると、彼等は體力に於て、自然の恩恵(羽翼、爪牙の如き)に於て決して他の動物に勝つては居らなかつた。然るに能く猛獸其の他の動物を征服して地球上を我物顔に濶歩するに到つたのは全く人類の智力の優秀なりし賜物に外ならないのである。かく考へ來ると、幾十萬

年の太古に於て吾人の祖先が有つて居た智能の程度は意外に高いものであつて、今日の文化を創造するに至れる深い深い根柢が早くから培はれて居たことを吾人は首肯せねばならぬ。

原始人の知識は尙ほ今日の幼兒又は未開人に見ると同じく、第一に不精密で断片的なること、第二に直接的必要なることから得られ、知識慾又は種族の進歩といふが如き遠大なる考の下に起つて居らぬとを特色とする。彼等の直接的必要とは何であるか。いふまでもなく、衣食住の問題で生命を保たうがために必要欠くべからざる物及び方法に關する知識のことである。此の間には敵人及び猛獸に對する防禦又は攻撃の手段、異性者に對する愛着、生活を一層圓滑ならしむる等の方法に關する知識も含まれて居るのであるが、最初感覺的、受働的の境界から知覺的活動的に進み、比較、分類の諸作用を藉るに至りて益々擴充されて行く。彼等は經驗から或植物は喰ふに適し、或植物は喰ふ能はざることを、或物は獲るに易く、或は難く、或物は蓆、籠を編むに適し、或は屋根を葺くに堪えること。或樹木は火を作るに良く、或は舟を造るに、或は弓矢を製するに適すること。或石は削りて矢の頭に付け、或は磨きて滑かとし屋根に用ひ、或は穀物を碎くこと。或動物の肉は食用として美味なること。其の毛皮は衣服とし、其の齒牙は裝飾とし、其の腱筋は皮を縫ふに適する等を學ぶのである。斯くの如き感覺的經驗は各彼等

原始人知識の特色

の生活と連絡して或意味を與へ、未開の生活法相應の直接的必要に關聯して、例へば粗雜なるものとはいへ、分類されたる知識、組織立ちたる知識となつて進み行く。

自然物に關する知識の獲得及び分類に次で言語の必要が起つて来る。原始時代に於ては自發的に發せられた音又は會て聞きたる音聲が基となつて丁度自然物に關する知識を得たと同様に選擇、比較、分類によつて選練されて行く。例へばバウ／＼は犬を、ワク／＼は家鴨を、ウーは苦痛を指示し、或は身振りに於て口を開けば飢と食物の入用、手を動かして來れ又は歡迎の意を表するが如きである。斯くの如き音聲又は身振りは漸次知覺、事實、及び之と連關した意味の符號となり、感覺觀念又は想像を之に由て發表するに至るのであつた、而してかくの如き演劇的の言語が思想の交換及び思考の進化に欠くべからざる助力を與ふるやうになつた。

原始未開時代に於ける知識の進歩は唯應變 Variation 淘汰 Selection の二事に由る。無意識的に又は有意識的に他を模倣し、行動する際に或新しき方法が更に便利であることを自覺したならば、古きを捨て新しきを採り、更により便利なるもの、發見するまでも之を繼續して行くのである。此の變に應じ淘汰して行く知識の收得を経験法と稱するのである。未開人は經驗的に學び、殆ど全く感覺的知覺の平面内に、思考する許りで構成的觀念の面に出ることは稀である。從

言語の起

應變と淘汰

つて、彼等の意識すること、行動する方法は習慣及び傳習に司配されて居る、以て知識の進歩の遅々たることが想像できる。彼等は自然の環境に圓滑に安易に殆ど自動的に適應するの才あることは賞するに値するけれども、全く新しい地位に發現するときは考ふることもできなければ、如何に進むべきかも知らぬ。此の區域に於ては彼等の習慣的方式といふものは役に立たぬ。

構成的思考の始まり

原始人の知識修得に關する次の轉化は構成的の思考を行ふとに始まつて居る。其の次第を舉ぐれば下の通りである。(一)、目的と之を達する方法との齟齬を認識することから、必要な條件を知るに至ること。(二)、反省を行ひ、判断及び分類に進むこと。(三)、歸納的に推考して適切なる觀念を淘汰し假説を設くるに至ること。(四)、演繹的に推考して、假説の含蓄を發展せしめ、推考を擴めて問題を解決し行くこと。(五)、事實に檢證して結論に達すること。一本の槍の發明に至る歴史に徴するも右の順序をたどつて居ることが分る。初めは長き木棒の端を鋭くして用ひたのみであつたけれども、殺戮の目的に不充分なることを認め、如何なる條件の必要なるかを考へた。從來の經驗を反省したる結果、燧石を矢の根とし、小刀として有効なることから之を槍の尖端に用ふることの方法を案出し、之を實行に表はして成功を收めたの

進歩の過程

である。事實は簡單であるけれども、此の間に科學的研究法の次第が普ねく演ぜられて居ることを發見するであらう。

技藝、商業、政治、軍事の建設に至る各般の驚くべき進歩發展が、原始未開の時代に比して埃及、バビロン、カルデアの諸人種により大に成功されたのであるが、上述の經驗的思考及び分類を無限に實現し得た結果に外ならぬ。斯くの如き思考法の發達が人類をして野蠻未開の時代から遊牧、素農的生活を経て組織立ちたる工藝的社會生活 現出せしむるに至つたのである。經驗的應變及び淘汰が新しき條件と新しき觀念を導き、之が更に新しき要求と必要とを生ずる。此の新要求と新必要は解決さるべき新問題を提供して、思考家を活動せしむる誘引となる。此の問題の解決と共に更に以前よりも一層複雑な新條件を必要とするに到り、再び新要求が新問題を生む等限りなき進化の途をたどるのである。

カルデア人の知識

二 古代人の知識 歴史的暗黒時代から二つの文明が頭を上げた。一はカルデアの文明であり他は埃及の文明である。紀元前二千五百年に於て、長さ、重さ、及び容さの法定標準といふものがバビロンの官憲から發布されて居つた、疑もなくカルデア人は早くも物理量測定上單位

確定の甚だ必要なることを認めて居つたのである。科學の確實なる根底が既に此の時代に實行に現はれて居る。算術、幾何の如きもの、初歩も此時代に研究されて居る、年を月、日、時、分秒に區分したるはバビロン人である。彼等は一年を三百六十日に分ち、日時計を工夫した。天文學上の知識も早くから發達して、紀元二千年前にバビロン人により可なり精確な天體觀測が行はれたのである。而して天象を以て人を卜する所謂アストロ、ギイ（占星術）がバビロンの僧侶によつて盛となり、紀元前五百四十年其の全盛に達した有様であつた。之は支那に於ても早くから行はれ、日月の蝕は天子以て天の戒むる所と爲したる等其の例擧げて數ふべからざる程である。農業は原始人の間に發現して居るが、之には時候の知識の必要なることが知られて來た。農業に於ける著しき事實は禾穀及び食用植物の栽培が支那及び極東に於て始まつて居ることである。

他の一大文明を産んだ埃及は宗教的態度の異なる所から異なつた科學的精神を生ぜし如く見ゆる。カルデア、アッシリヤに於ては諸神は人類に敵對する性能を有するものと考へられかに反して、埃及に於ては希臘に於けると同様に、神は人類に好意を表し、生死共に保護するものであると觀じて居た。前民族にあつてはチギリス、ユーフラチス兩河の暴風的に時ならぬ厄

埃及の文明

濫の襲來が人畜を奪ひ、住居を流し、萬物を一掃するに對し、後者にあつてはナイル河水の定期的干満が豊饒の根源となり、自然の確實 信賴、親切等の信念を培養するに至れるは無理ならざる次第である。兩民族の起源の類似せるにも關せず、自然環境の差違が人心の發達の歸向を變ぜしめ、民族的差別を強大ならしむるに大なる力あることは恐ろしいではないか。此の宗教的態度の傾向が哲學的傾向及び科學の發達の上に影響せざるを得ないのである。埃及に於ては神は全體として人類に親切好意的なるものであつて、知識の收得の上にも喜んで其の努力を助くるものと考へたのである。埃及文明が比較的發達して居つたといふ理由もこゝにあるであらう。斯くして埃及に於ては凡て知識の進歩は神の天啓に依ると爲し、殊に眞理の女神たるソット・Thotの力に俟つと考へて居た。此の信仰は時として靈能なる人を惑はしめ、其才能の眞價値を發揮せしむるに大なる妨げとなる場合のあることは争はれぬ。埃及に於ける數學の發達はカルデアと同一平面にあつたが、天文學に於ては敵すべくもあらぬ状態であつた。之埃及に於ては熱心なるアストロ、ギイの研究が行はれず、觀測も從つて進まなかつたからである。之に反して醫術に關しては後世希臘を経て西歐諸國までも傳へた程、非常に進歩したのである。種々の醫藥配劑の術も高級のものであつた、埃及風の治療が廣く世界に行はれたのである。

古代フエニキヤ人、イスラエル人、アラビヤ人等は彼等の周囲にある自然物に對して經驗から得たる相應の知識理解を有つて居たけれど、科學上の効績として擧ぐべきものを有しない。又印度人は冥想に耽ける人種として宇宙の起原とか又は其の構成とかに關する種々の想像や獨斷の説を抱いて居たけれども、周到なる觀察實驗に基づく科學的知識については何等明かなるものがない、兎に角、古代科學の萌芽はバビロンを中心として遙か東部亞細亞に浸入して、こゝで獨立に繁茂したやうな形迹がある。

古代支那人の科學に貢獻せし事績は著しいものである。天文學の方面では耶蘇紀元前三千年頃に天界の現象を官廳の手にて嚴重に觀測する制度が行はれて居た位である。かくて全數百年中の星學上の出來事は細大洩らさず政府で作られた年報中に記入されてあるといふ。近時學者の説によると、其の年報中の記事から當時出現した慧星などの軌道を正確に算出することができるといふ話である。その他バビロン人も知つて居た日時計を用ひて正確なる測定を行ひ、又太陽の黒點をさへ肉眼で觀察したと傳へられて居る。支那人は昔も今も甚だ實用的精神に富んで居て能く自然力を利用して日常生活に應用するの途を可なり澤山に發明したやうである。耶蘇紀元以前に於て己に火藥で岩石を爆開することや、硫黃と水銀から朱を作ることを知つて居

古代支那の文明

た。金屬に關する技術、礦物に關する知識も他國人に比し決して乏しくはなかつた。羅針盤が支那人に依て發明されたことは疑ふ余地がない程確かである。電氣も全く知られて居ないではなかつたといふ。而してこれらの知識は支那人の保守的傾向を有することから判斷すると、大部分は太古時代から傳はつて居たものであると想像さるゝ。其後日本や朝鮮、後印度などがこれらの知識を支那から輸入して特種の文明を東洋方面に開いたことも亦疑ない事實である。

三 古代希臘と科學

古代希臘人の特性として擧ぐべき事は知識に對する愛であつた。加かも彼等は知識を方便とせずしてそれを目的として愛したる點に於て特色を發揮したのである。彼等は自然を實際に觀察し、その意味を識り、その關係を整ひ、その機密を恐るゝことなく探り究めやうとした。彼等は己に早く科學的精神を有つて居たのである。知識を愛する情熱の燃えて居た彼等は當然理性に信賴する勇氣を有つて居た。理性の導くところには結果を顧みずして進まうとする。『どこへ連れて行かれるにしても、とにかく論證に従はうではないか』といふプラトンの言葉は彼の哲學の標語である許りでなく、又希臘人の特性の一面をも示して居るのである。上述の如く、理性の力を確實に見出したのは希臘人の天才であつた。彼等は確

古代希臘人の特性

かな快活なる本能を以て知識を追求し、例へて其の探究には疲れなかつたのである。近代科學の出發點となつた「自然は法則に従つて動く」といふ觀念はかくしてイオニヤに生れたのである。實に古代希臘の精神生活の焦點は小亞細亞の西海岸イオニヤにあつたのである。イオニヤの詩人や哲學者等は人間の知力をして經驗的知識の彼方へ突進せしむる衝動を與へた。かくして希臘人は將來科學の礎石建設者としての榮譽を荷ふに到つたのである。西歐文化の幸福なる開展も主として此の希臘人の遺産に基つたのである。

古代希臘人は經驗の成功に加ふるに抽象的思想を意識的に構成すること、及び結果に達すべき方法規則などの科學的方法を敏活に實行した。かくして希臘人は論理學、數學、解剖學等の堅固なる基礎を築いたのである。天文學に於ては彼等は科學的方法の各階段を應用した、即ち觀察した事實の蒐集及び組織、歸納的推理、假説の採用、及び演繹したる結論と更に觀察した結果とを比較して假説を検すること等を實行した。之が希臘人の天文學の方面に著しい成功を収めた主要原因である。解剖學の領分に於ては彼等は最も著しい進歩を爲した。然るに化學の方面には實際に何等の成功なく、物理學に於て其の僅かを見るのみである。之等希臘人は物理や化學の研究を促がすべき工業農業を輕蔑し、工業や商業の如きは奴隸僕婢の所業に過ぎずと考

古代希臘
の科學

へて居たからである。従つて、彼等の知識慾は此の方面に満足を求めないで、唯皮相的觀察、無趣味なる取扱方をするに過ぎなかつた。又彼等の間に行はれたる奴隸制度は勢力を節約する器械の發明を杜絶するに至つた。

四 希臘哲人と科學

希臘哲學の發端は自然界の根本的研究を以て始まつて居る。其の代

タレイス

表的人物はミレイトス(イオニアの一都府)の一市民であつたタレイス(Milesius)である。氏の生死の年月は明かでないけれども、凡そ紀元前六百年頃にあつたとは間違ない。氏はミレイトス學派の祖として最初の宇宙説明を試み、或は幾何學を科學の基礎とし、或は日蝕を豫言し、或は氣象學の才能を發揮する等科學上の貢獻中々大きい。後世希臘哲學の創立者とし、常に希臘七賢人の第一に擧げられてあつた。タレイスを中心とするミレイトス學派の主眼とする所は萬物の根本たる一物素を認めて、之を以て宇宙の凡ての現象變化を説明せんとする所にある。タレイスは水を以て其の物素と見做したのであるが、今日から見ると笑ふべき頗る幼稚なる思考たるを免れないけれども、今から二千五百年前に於て已に宇宙の諸現象の原理を認めて統一的知識を得んとする思想は卓見といはねばならぬ。其の後ミレイトス學派の哲學者としてタレイスの感

化を受けたるデモクリトス、エンペドクレス、アナクサゴラス等がある。デモクリトスは原子論の初の建設者であり、エンペドクレスは萬物の根源を土、水、火、風の四元素に求めた。氏は又人間が感覺するには光、熱、臭氣を發するもの、表面から出る微細な流出物が人體の視覺、觸覺及び嗅覺等の器官に達するを要すと述べて、古代希臘に於て主要學科であつた感覺生理學を創めた。

タレースと同時代の人で氏より稍弱年であつたピタゴラス Pythagoras 及び氏の學徒は主として熱烈な宗教的人物であつたが、科學に關しても幾多の貢獻を爲して居る。氏は有名なるピタゴラス定理の發見者たるのみならず、科學的音響學の創立者であり、又最初の物理器械を發明した人である。氏は單絃琴を作つて絃の振動の法則を實驗したと稱せられて居る。又氏は氏の哲學上の根柢から地球は球なりとの説をたてた。星學及び數學の研究は特にピタゴラス學徒の獎勵せし所であつて、著しく其の進歩を助けた。醫學も亦其の學徒の研究する所となつた。

以上の外、古代希臘に於て、宇宙觀や自然科學上に卓見を有したる學者は雲の如く林の如しであつたが、後世科學の發展に大なる感化を及ぼし、後くべからざる影響を與へた者はソクラテース Socrates 469—399.C.B. プラトーン Platon 429—348.C.B. 及びアリストテレース Aristotle 384—322.B.C. の三人に加くはなす。

4—322B.C. の三人に加くはなす。

ソクラテースの事業は物理、天文の如き自然界の研究よりも寧ろ倫理道德の方面にあつたのであるが、氏の科學上に残した偉績は知識の理想を明かにし、之を得るの方法を實物教授を施したる點にある。知識即ち事物を知るとは氏の見解に従へば、其の普遍不易なる所を取取るにありといつて居る。例へば勇を知るとは唯或特種なる場合の勇まじき行爲を知覺するに止まらず、遍く勇といはるゝものに通じて變らざるもの、即ち勇たる所を知るを要すといふのである。氏のたてたる此の知識の新理想は希臘哲學の大動力となり、又科學的知識の大根柢となつたのである。ソクラテースは常に『汝自身を知れ』といふ語を以て自らを戒め、又他を戒めたのであるが、其の意味する所は知識の始めは先づ自身を知るにある、自身が問題に對して果して幾何のことを知れるかを知らずしては知識の得らるゝ筈がないといふのである。故に氏は學徒を教ふるに當り、對話によつて問題に對して無知なることを自白せしめ、次に之より共に知識研究の途に出立せんとしよのであつた。此の爲めに彼と論ぜざる誰でも彼に耳を傾けざるを得ざるのである。さて氏は如何にして知識を開發せしかといふに、先づ多くの事物を蒐集して之を比較對照し、其の間に存する本質的關係を尋ね、以て普遍なる性質を發見せしむるに至る

のである。其方法の歸納的なるが故に後世哲學者は之を「ソクラテースの歸納的研究法」と稱へて居る。かくして事物に普遍なる性質を求め、概念を構成し、之に定義を下すによつて始めて事物の眞知識を得らるゝのであるといふ。氏は研究法を形式的には發表して居ないけれども、其の教授の實際は近世論理學者のいふ所に一致せるので、氏を科學研究法の創立者として忘れ得ざるのである。上に述べた所から明かなる如く、氏の人を教ふるは外から新しき知識を詰込ひのではなく、彼等を助けて自らをして知識を開發せしめ、自覺せしむるに、あるので氏の教法を「産婆術」といつた。蓋し教師は知識を生み出す助けを爲すこと、尙ほ出産の際に於ける産婆の仕事に類するからである。

阿典府の人プラトンは教をソクラテースに受けたのであるが、師の説は勿論彼以前の諸家の説をも咀嚼し、哲學上に一大組織を立て、以て西洋哲學史上の一大偉觀たるプラトンの哲學を創設した。プラトンは確固とした科學的の信念に説の基礎を置けることは、數學の修養を以て根本的の要求とせるについても考へらるゝ。彼の學室の上に「幾何學を知らざるものは此處に入るべからず」といふ文字を書いてあつたといふことである。自然科學の中では星學を最も好み、氏は一生涯其の研究を止めなかつた。又彼の爲した多くの對話を讀むと氏は豊富な

プラト
ン

る解剖學の知識を有せしことも明かである。プラトンの科學上に於ける大効績は、ソクラテースの用ひた歸納的研究法を一層活用せしと、之に加ふるに已に得たる概念を確むる方法即ち演繹的なる研究法をも説けることである。即ち已に得たる概念から出發して之より出で來る事實を論じ之を己に確實として知られたる事物に照らし、兩者の相合することによりて更に其の概念を確むる方法である。されど氏の最も力を注ぎし所は科學上の問題にあらずして、眞知識の本質に關する哲學、及びその學說全體の究極の目的ともいふべき倫理説であつたのである。

プラトンの門弟たるアリストテレスは自然界の現象を觀察して之を精細に研究することに於て師と色彩を異にして居た。アリストテレスはかくして自然界に關する科學的研究を遂げ後世の科學發展の地盤を築きしものであるといつて決して過言ではない。さればこそ、後世の學者がアリストテレスを崇拜することは中々根柢の深いものであつた。氏の科學的思想學說は全中古時代を通じて專制的權威を有して居たもので、アリストテレスの言は以て凡ての論争を決定するの標準とせられ、氏の説を誤りなく傳ふることを以て學者の能事としたのであつた。第十七世紀に於てさへ大膽に氏の説に反抗するやうなものがあると其の報酬として必ず生命を奪はるか又は非常なる迫害を受けたものだそうである。以て氏の勢力の一斑を知ること

アリス
ト

ができる。

アリストテレイスは紀元前三百八十四年トラキアの一市府スタギイラ(希臘人の殖民地)に生れた。氏の父はマケドニア王の侍醫であつたため幼少より自然に醫學及び自然科学の方面に興味を有するに至れるものと想像される。十八才の時阿典府に來りプラトインの門に入り、爾後二十年間其の師の歿するに至るまで師事したといふ。四十二才の時マケドニアの皇子アレキサンダーの家庭教師として教育的天才を發揮し、五十才に垂んとして阿典府に出て逍遙學派(此の名は氏が歩みながら門弟を教へたるに起因せりと、或は學校所在地の並樹道が散歩に適したるより其の名を得たりと)の學校を立て、人間として有すべき全知識を新に系統的に組織して之を講義したといふことである。氏の著述は頗る浩瀚なもので、就中氏の論理學、政治學、物理學等に關する書は其の後千數百年絶えず知識の源泉として愛讀されたものである。

論理學は其の萌芽をソクラテイス、プラトインに發して居るけれども、之を一學科として組織するに到つたのはアリストテレイスの力である。氏の論理學は一切の學術の研究に用うる方法を論ずるものであつて、研究に入るに最初に究明すべきものとせられた。従つて其の内容は學術研究の目的と相離れざるものであつた。政治に關しは、人間は社會的動物で其の天性とし

て自然に社會を成すものである。社會の大目的は相合し相助けて人々の發達を全くするにある。故に國家の究極の目的は(プラトインの如く)人を教育して有徳のものと爲すにありといつて居る。氏の自然哲學中天地の成り立ちを説くや、萬物は圓満なる神を極致とし之に向つて進み行くと考へ、天は常住の圓運動のある所、地は直線運動のある所とし、又地上の萬物は地水火風の四元素より成るとした。氏の氣象學は頗る多方面に涉つて論ぜられ、凡ての宇宙の現象より地震、海水の性質等にまで及んで居る。當時の不完全な物理學で説明が驚く程正鵠を得て居つたのである。而して氏の偉業として最も著しきものは恐らく動物學であらう。氏は實に余程鋭敏なる觀察家で又動物採集家であつたやうである。氏の「動物の歴史」といふ著書には事實の材料が非常に澤山に記されてあつて、如何に熱心な動物學者であつたかを想はしむる。

以上に其の大略を述べたる如く、古代希臘に於て、ソクラテイス、プラトイン、アリストテレイスといふ師第の關係につながる三大哲人が相續いて生存したことは後世の科學進歩の上に大なる勢力であつた。今日の歐米の學術の根柢には到底抹殺することのできない希臘趣味があつて、世は如何に反抗の吠聲を放つとも、古典の研究ができて居らねば學問の眞髓に達することのできないのは事實である。過去の科學偉人は慥かに左様であつた、今後の科學者と雖も尙ほ

永久に希臘三哲人の研究の精神、高遠の理想に三昧して以て科學の結實を齎らすことであらうと思ふ。

アリストテレス以後氏の後繼者と目すべき科學天才は最早一人も現はれなかつた。科學上の問題を一の最高學說によつて統合總括するやうな事業も生れなかつた。唯各知識の範圍を明かにし、専門的敘述を爲して科學的觀念の愈々確固たるやうになつたことは特記すべきことである。特殊部門では可なり知名の學者を出して居る。アルキメデス Archimedes 287-212B.C. は應用的科學者として時代の尊敬を博したるものである。氏は液體靜力學を科學的に研究した最初の人であつて、氏の名を不朽に傳ふる「アルキメデスの原理」は其の出發點を爲して居る。氏は又重心の理を詳かに論じ、器械の應用に關して實際生活上に應用の道を開くこと多かつた。アレキサンドリヤの人ヘロン Heron は紀元前百五十年から二十年の間に活動して居た人であるが、發明の才と技術の手腕に於て世に知られた。氏は幾何學者としても有名であり、又鑛山測量法に於ても著名であつた。氏の名を冠するヘロン球とヘロン噴泉は有名なものであるが、又蒸氣タービンの原型ともいふべき器械を發明して居る。

アリストテレス以後の學者

希臘人と羅馬人の特性比較

五 羅馬と科學

羅馬時代は之を二つの時期に分けて上古時代と古典時代とする。上古時代は純羅馬的思潮の行はれた時代であつて、古典時代は希臘文明の影響を受けて思想の上にも教育の上にも前と異なる現象を呈した時代である。紀元前百四十六年に羅馬は希臘を征服して之を羅馬の屬國となしたる結果、希臘の文物は悉く移入せられ、上古羅馬の状態を全く一變するに到つたのである。羅馬人と希臘人とを比較して見ると多少其の特質を異にして居る。羅馬人は實際的、道徳的民族で實行を重しとしたが、希臘人は理性的で美的情操に富んで居たのであつた。希臘に於ては哲學者即ち睿智の優れた圓滿なる人格を理想として居たのであるが、羅馬に於ては民衆を相手にして活動する雄辯家を理想としたのであつた。従つて羅馬では純理的な科學を嫌ふ傾向があり、自然に關する知識に余り重きを置かず、寧ろ家政學とか法律學とか軍事學とかいふ方面に多く注意したやうである。唯二三の者が此の平凡な羅馬科學の水平線から燦然と傑出するを見る許りである。

自然哲學者 ルークレシウス Lucretius 96-55B.C. は其の一人で全くの天才である。氏は原子論から出發して巧みに物質不滅の理を説いたものである。氏は又此の時代に希臘人に全く知られて居らなかつた磁石の理を科學的に研究した。ルークレシウスの最も卓越したる見解は「エ

ルークレシウス

トナ」といふ詩の中に讀める火山の本質に就てある。火山作用は希臘の自然研究者によつて看過されて居たのであるが、氏は此の詩の中に現今の假説とよく一致する完全な火山の學説を發表して居るのである。

ポリオとセネカと
ポリオは紀元元年頃
ポリオは淡水泉の源を現今の學説と同じく説き、又音響の傳達を空中に起る波動に歸した。セネカは實際の觀察から來る正確な思考法及び表現法を氏の著『自然に關する疑問』といふに表はして居る。氏は又地震等につきても卓見を抱いて居た。

六 古代の科學教育 具案的教育が人類開化の上に緊要なる仕事であると認められ、其の實施と共に、科學教育の曙光が現はれ出したといつてよい。殊に希臘の文明、羅馬の全盛時代に於ては中々進んだ意見を有つて居た學者もあり、今日から見れば偏したるやり方ではあるが、或程度の科學教育の行はれたることを發見するのである。今こゝに其の一斑を紹介しやう。

希臘の教育

希臘教育の理想とする所は、個人の天性及び勢力を圓滿に調和的に發展せしめ、人性を其の

總べての方面に就きて高尚にし完美ならしむることにあつて、實利實益の爲め、又は生活の手段の爲めにする教育といふ考を抱いて居らなかつた。而して此の理想を達するが爲めには體操と音樂とは最も良き方便であるとしたのである。蓋し、前者は身體を練り、後者は精神を陶冶する上に於て最も大なる價值あり、兩者相俟つて完全なる教育ができるものとせられたのである。然るに知識の進歩するに従ひ、後者の目的を達する爲めには音樂、唱歌だけでは不十分なることを知られ、其の教科を次第に増し、文法、修辭、哲學、算術、音樂、幾何、天文の七科を數ふるに至つた。希臘の教育を通じて一體に哲學が余程重要な位置を占めて居たことはソクラテース、プラトーン、アリストテレス等の赫々たる哲學者の効績に歸すべきであるけれども、又一面には希臘人の特質の能く之に適へるものありしことを看取せねばならぬ。而して其の第一期に屬する希臘哲學なるものは、其の創始者たるタレース以降凡て物理的研究であつて客觀なる天地萬物を以て其の攻究の對象とし、天地萬物の真相を究めんとするにあつたから、余程自然科學の色彩を帯びて居たのである。

希臘の哲學者中科學教育の價値を力説したるはプラトーン及びアリストテレスに加くは無い。プラトーンの教育の目的は人を道德に導き、善の理想を實現するにありと爲し、之が爲め

體操及び音樂の調和的使用は當然要求せらるゝと共に、算術、幾何、天文及び哲學の必要を叫び、之等によつて漸次に物の本質の認識に到達せしめらるゝものと考へた。之等の科學は單に其の實質的必要の爲め許りてなく、哲學的陶冶の最良準備たるが爲めである。就中哲學は科學の科學として全人格を陶冶し、全眞理を明かにし、現象界から出發して眞の理念に達し、遂に其の最高なるもの即ち善の理念に達することができると説いて居る。故に教育の初期より以上の科學的陶冶を行ふと共に、終期即ち十八歳乃至二十歳に達しては音樂的陶冶を減じ、科學を以前よりも一層嚴密に一層廣く學ばしむるを要すと述べて居る。

アリストテレスはプラトンの門に學んだけれども、其の哲學的思想は其の師に一致して居らない。プラトンの精神は普ねく自然界の現象を觀察して、それを精細に研究することにあらで、寧ろ現象界を離れた理想の建設に向へるが、アリストテレスは自然界の事實を採集し、科學的研究に一大歩を進むることにあつた。プラトンは理想の高地に立ちて經驗界なる個々の事物を看下したるが、アリストテレスは經驗界の事物から出發して漸次理想の高さに上らんとするが如き趣きである。故に前者を以て理想主義の代表者とすれば、後者は現實主義の代表者と稱すべきである。アリストテレスは哲學者たると共に古代希臘に於ける大教育家

として、品性高潔、知力強健なる誠に敬服すべき人であつた。殊に氏の長所として觀察力の明敏なること、科學的思考の豊富なること、哲學的精神の嚴正なることに於て當代の學者に比類なく、氏自ら科學的活動の典型であつた。

羅馬人と希臘人との氣質上に於ける差別は、教育の目的及び方法に於ても見解を異ならしむるに至つた。希臘の理想的教育に反對して羅馬の教育は實用的見地から出發して居る。羅馬教育の理想とする所は善良なる愛國者、實地の活動に長じ、勇氣に富む公民を造るに在つた。然れども此の理想は羅馬の發達と共に著しい變化を経て居るのである。殊に後に至り希臘文化の影響を受けて、希臘風の教育が高等なる學校に於て堅固なる地盤を有するに至つた。羅馬の科學的教化は帝政期に入つて全盛となつた。羅馬の皇帝アウグスツスは科學者及び科學の嗜好を有する者を保護し、圖書館を建て、又ハドリアヌスは哲學者、修辭家及び詩人の爲めにアテナウムを設立する等、斯くして學術は大に進み、學校は次第に増し、教化は四方に傳播するに至つた。羅馬帝政期に於ける學者として科學教育の價値に言及せしはセネカである。セネカは西班牙人であるが、幼にして父母と共に羅馬に來り、學術の研究に従事し、特に深く哲學を修め後ネローの教育主任となつた人である。氏の教育の目的は勿論道德的陶冶にあつて、教授の方

針としては眞の内部的發達を計り、實地の生活に對する實地的陶冶を主とすべく徒らに多く授け、多く讀ましむべからずと主張して居るのである。實科特に幾何、天文を授くるも其の目的とする所は自然を學ぶことによつて、神の存在を認め得べく、且つ心的生活を自然の順序に従ひ組織し得るからであると説いて居る。

古代基督
教教育

古代基督教教育が一般的人道的で強き出世間的傾向を帯びて居ることは其の系統上當然のことである。基督教では現世を以て一時的のものとし、單に天國に達する準備に過ぎないとし従ふて身體の慾望及び必要を制し、精神を清淨にすることを以て未來の生活に適せしむるを得とせるが故に基督の教育では以前の教育に見るが如き客觀的美的要素といふ分子は其の勢力を失ふて居る。基督教の學校では希臘羅馬の科學即ち哲學、幾何、文法、修辭及び特に數學と天文とを教科として用ひたけれども、其の目的は基督教の理を科學的に取扱ひ、之に由つて宗教の眞理を傳へ且つ之を保護すべき未來の宗教教師を養成することにあつたやうである。

基督教教育に於ける反科學的態度を著しく表しつゝ、あつたのは僧庵學校である。之は現世界から一切の交際を絶たしめんが爲めに僧庵の中に遁世的生活をなさしめ、祈念、沈思、手技を事とせしめたるものであるが、此の遍見的教育の圏内では科學を修むるが如きは神に接近せん

とする心を再び現世に向はしめんとするものとして危險視されたのである。而して精神にして道德的ならば科學を知らずとも害なしと極論せる有様であつた。

之を要するに古代に於ける科學教育は其の目的精神の陶冶、調和的發達を主とし、生活の切實なる要求又は社會生活の改善等に着眼せらるゝことなく、従つて其の教材の範圍は逼狭にして寧ろ日常生活と縁遠きものに限られ、其の取扱方は全く獨斷的にして、秩序的教授を見ることのできなかつたのである。

第二章 中世紀の科學及び科學教育

中世紀の特色

一 亞刺比亞と科學 自然科學の立場から中世紀といへば古代文明の没落してより以太利に於ける文藝復興に至る殆んど一千年の永き期間に當るのである。此の世紀の特徴としては、第一に羅馬政治の放埒及び殘忍なる所業に對する早世紀基督教徒の反動と彼等住民の思想が未來中心主義と變り、現世紀に於ける工業的生活の趣味を缺き、物質界及び人生界の兩方に事實と力を閑却するに到つたことを擧げねばならぬ。第二に信仰の守護の爲めに早世紀の教父等（基督教の根本思想は造物主なる唯一の神を萬民の父と見、人間は凡て兄弟で神即ち天父に護らるゝものとする。其の教の漸次諸方に弘まつて諸種の異教と接觸するに従ふて種々の問題を生じ來り、此の新宗教を信仰する者の奉ずべき宗旨の何たるかを明かに定むる必要を感じて來た。之基督教の教理組織の起つた所以で、此の事業に與つて力ある人々を教父と名けたのである。）は獨斷的神學説を打立て、此の系統が中世紀間教會や國權に依つて勢援されて勢力を振ふやうになつた。中世紀の科學に與へた第三の影響は羅馬の社會組織が頽廢に歸したること、歐洲の天地はゲルマン民族の潮來によつて數世紀間に涉り暗黒時代を出現したることである。

かくの如き事情から智力優秀なるものも、研究の余力を有つて居たものも共に科學の研究に冷淡とならざるを得なかつた。彼等は事實を閑却することを以て別に怪しむ所なく、希臘哲學者及び教父等の傳説或は獨斷説を受納することに努め、凡ての知識を形式的推理から演繹するやうに傾いた。斯くして思想の高尙なる平野は日常活動の卑近なる平野から全く離別するやうに到つたのである。

以上の如き科學の不生産時代の永き間にも後世の科學發展に影響を及ぼした事件の絶無といふ譯ではない。殊に中世紀の初め頃漂浪の生活を送つて居た亞刺比亞の砂漠民が爲し遂げた科學上の成功は一の奇蹟である。亞刺比亞人は彼等の宗教的政治活動が一段落を結ぶと共に、直ちに希臘人等の學校に通ひ、又一所に住んで居た一派の基督教徒を盛に教師として招き醫術、星學等を研究したのである。又アリストテレス以下希臘哲學者の有名なる著書は澤山通俗な亞刺比亞語に翻譯されて、それ等の知識を普ねく民族間に傳播せられたのであつた。代數學、機械學の如きは亞刺比亞人により獨立に研究されたものである。化學に至つては亞刺比亞人の最も誇りとする所だと思ふ。其の代表的なる一流の化學者は第八世紀頃に生存して居たゲイブル・Gaborである。氏はアルケミー即ち鍊金術者として有名であつたのみならず、化學上幾多の

亞刺比亞の化學

発見發明をして居る。鍊金術といふのは卑金屬を化して金屬の王たる金に改造することを目的とするもので、又哲學者の石を探見して不老不死の境界に到らんことを目的として研究する。氏は化學分析上二ヶの重要な方法たる蒸溜及び濾過作用を創め又昇華作用を發見したる外に硫酸及び硝酸を製出し、種々の金屬酸化物に就きても精細に研究を遂げて居る。實際化學歴史に於て亞刺比亞の此の時代をゲール時代と呼んで居る。ゲールの研究に誘はれて鍊金術は勃然と盛になつたけれども、當時之に反對する學者もあつたのである。亞刺比亞人の化學實驗室は今日から見ても中々完備したものであつた。

亞刺比亞の物理學も亦幼稚ではなかつた。殊に應用物理學に於て中々卓越して居たのである。彼等は槓杆の連結を研究して之を時計、水車、軍用機械等に應用した。巧みな水力工事も稀ではなかつた。比重の測定法及び約五十種の物質の比重表が能く一致したる値で報告されてあつた。光學に關する種々の器械及び原理等も希臘時代に比べて一層正確なる研究を遂げられてあつた。アルンゼン Alluzen 965—1038 は光の傳達には多少の時間を要するものなることを考へ、又平面鏡、球面鏡等を正確に検査し、屈折角と投射角の關係を調べ、レンズに就きても精しく研究する所あつた。亞刺比亞人は又數學を深く研究し、之によつて大に星學の進歩

亞刺比亞の物理學

を促かし、觀測上の器械及び技術は中々豊富であつた。

基督教の教理

二 基督教會と科學

基督教はもと猶太教より起り、其の初めは些も科學又は哲學上の思想と混ざる事なく、單純なる宗教的信念から成り立つたものである。其の根本思想は天地萬物の主宰たる神と世界萬民の救主たる基督を以て人類の崇拜し信賴すべき唯一のものと信ずる所にある。此の單純なる思想が時代人の宗教的渴望に適應したるために羅馬國に於て種々なる宗教のあつたに係らず、其の教は漸次四方に傳播するやうになつた。其の基督教が歐羅巴に於て盛になつた頃他宗教に對する態度は頗る嚴格となり、異教を惡魔愚昧なるものと見做し政權兵力の如き非常手段に訴へても排斥説服しやうとしたものである。之が基督教の歴史に拭ふべからざる汚點を止めた。

第二世紀以降基督教會の組織した教理は主として之を希臘羅馬の哲學に取れるものである。『力は權利である』といふ考で非常手段を以て傳播と勢力の扶植に努めし結果歐羅巴の天地に於ては基督教の教理は人心を支配した。併し其の教理は大體神學的の性質（神學は宗教の知的方面で、宗教的思想を組織的に研究する科學である）を帯びて居つたからして自然科學とは余り