

られて居つた。併しこの物理学には、尙當時親密な關係を持つて居つた化学と同様に極めて徐々に獨立した實驗運動が始まつて來た。先づこの章の題名の始めに記したるゴイリックはケブレルと等しく新しい研究方針を立てた。新しい研究方針とは即ち總明なる努力によつて自然にその深秘を質し、ガリライの様に思考を重んじて實驗を輕んずる様な事はしない事である。この人は化学の獨立をやり始めた人で、この人を科學史上に一の境界點とすると都合がよいのである。元來十七世紀や十八世紀の教科書には尙物理学と化学とは合併されて居つた。のみならず大部分の教科書には地質學すらも物理学と合併されて居つた。その證據にはゲレル (J. S. F. Geller: 一七五一年—一七九五年) が一七八九年から一七九五年までに出した「物理学字典」(Physikalisches Wörterbuch) とカフイッシャー (L. R. Fischer) が一八〇一年から一八〇八年までに完成して出した「物理学の歴史」(Geschichte der Physik) と云ふ書物には現今の物理学も化学も地質學も皆含まれて居る。これから十年程後でも矢張りこの三學科を總稱して自然學と云ふ名稱をつける習慣があつたのである。さて一つの時代の一般了解を最も良く得やうと思へばその時代の概觀を與へる綱要書を見なければならぬ。斯様な綱要書としては先づロオル (L. Rohault: 一六二〇年—一六七五年) が一六七一年に巴里で發行した「物理学綱要」(Traité de Physique) を挙げる。この書はデカルトの色彩を帯

びたものであるが、之をクラーク兄弟 (D. Clark: I. Clark) が羅典語と英語とに翻譯するのに當つて強くニュートンの思想を帯びて居るものに變化した。英國ではデザグリーヤ (I. Th. Desaguliers: 一六八三年—一七四四年) は一七二五年に「實驗哲學綱要」(Course of experimental philosophy) と云ふ一冊の獨立せる書を倫敦で出した。獨逸ではこれよりもずつと以前即ち一六七六年から一六八五年までにシュトゥルム (L. C. Sturm: 一六三五年—一七〇三年) は立派な「珍奇實驗集」(Colloquium experimentale curiosum) と云ふ書をニュールンベルヒ市から出した。數學及び物理学の講義に防害した合理的啓蒙哲學の建設者なるクリスチャン、フォン、ヴォルフ (Christian von Wolf: 一六七九年—一七五四年) はシュトゥルムに關係を結んだ。ヴォルフは一七二一年から一七二三年までにハルンから「物理学實驗」(Experimenta physica) を出した。それから五十年後れてエルクスレーマン (I. D. C. Erxleben) と云ふ人が一七七二年にグッテンゲンで出した「自然學初步概要」(Anfangsgründe der Naturlehre) と云ふ書が盛に獨逸の高等學校で用ひられた。この本の第六版は公開講演を起して成功しなかつたリヒテンベルヒ (G. C. Lichtenberg: 一七四四年—一七九九年) によつて修正せられた。爾後漸次各高等學校に物理学器械増加して總ての科學上の時事問題に當る様になつた。この物理器械は物理学の重學の部分や光學の部分に於ては我々が現今使用して居るものと質量

に於て少いと云ふ差があるばかりである。アルトドルフ市及びゲッティンゲン市はこの點に於ては重要な位置を占めて居つた。

靜力學は全く槓杆の理を基礎として作り上げられた。又ピエール・ヴァリニオン (Pierre Varignon: 一六五四年—一七二二年) は既に昔から使はれ、同時にニュートンにもよく知られて居つた「力の平行四邊形」の理を明かに自覺して一六八八年に釣合ひの理の發足點として深刻な進歩の道を拓いた。ガリレオの「斜面」の理を明かに自覺して一六八八年に釣合ひの理の發足點として深刻な進歩の道を拓いた。ガリレオによつて創められて甚だ成果を收め、爲めに物體の衝突の問題を解決しなければならぬ様になつた程の改革も、更に一層進歩させるには運動學が必要となつた。ホイゲンズやワリス (L. Wallis: 一六一六年—一七〇三年) や及びレン (有名なる倫敦の聖保羅寺院を建築した C. Wren: 一六三三年—一七二三年) 等はこの解決を得ようと競争して遂に成功し、運動量と云ふものを考へ出した。この運動量と云ふものゝ觀念はデカルトが始めたものであるが、その意味は未だ十分明瞭になつて居なかつたのである。現今物理學教室に缺くべからざる撞撃實驗器 (Stoßmaschine) の最初の模型はマリオート (E. Mariott: 一六八四年に死す) が装置したものである。

當時は純實驗的研究方法にはあらゆる天才を熱心に獎勵したものであるが、物理學は自分の力の大部分を形而上學の議論となり易い、精確な解決が出来ない様な傾争のある論争のある問題をとつて來て説明し様とした。ライブニッツは死んで居る力と生きて居る力とを對立させて、デカルトの力の測法 (Kraftmass) を利用した。而して五十年以上もこの争ひは續き、一七四七年にはイマヌエル・カント (Immanuel Kant) が弱冠にしてこの渦中に投じた。斯くて猛烈に論争された結果モーペルチウイ (Maupertuis) の最小の効果の法則が出来上つた、但しオイレルが居なかつたならばこの法則の數學的の證明は到底完成しなかつたであらう。現今ではこの重要な進化相 (Entwicklungsphase) を靜かに且着實にエネルギーの立脚點から判斷して居る、しかしこゝに達するまでにさきの議論が卑益を與へた事は少々でない。ラグランジュは十八世紀の終りに實効速度の原理を立てて力學的問題を解析的に解くのに與つて力ある原理を作つた。氏は伊太利人と佛蘭西人との血を統けた人で、位直の概念を數學の形で明瞭に出した。この位直は數學的物理学を開發したものであつて、勿論その萌芽は前驅者も全く知らないではなかつた。

液體の靜力學は永くステグインの大收護の糟粕を嘗めて居たが、遂に新しい知識が得られる様になつた。一六五七年から一六六七年まであつた有名な伊太利の實驗專門學校 (Virsuclakademie - A. cattedrae dei Cimentoin Florenz) も靜力學に對して黙つて居なかつた。この學校のサッギ (Saggi)

と云ふ器械は今でも實驗家の歎賞する巧みに作つてあるものであるが、羅馬から加へられた壓迫には耐へる事が出来なかつた。この學校の學者は液體はどうしても壓縮する事が出来ないものであると報告した。マリオットは噴水の理を特に進歩させて、動水學(Hydraulik)に二三の眞理を發見した。しかしこの次の世紀中に漸くこの動水學も一の獨立せる科學として面目を保つ事が出来る様になつた。これは重にダニエル・ベルヌーリー(Daniel Bernoulli)が一七三八年にストラズブルで出した「液體力學」(Hydrodynamica)と云ふ書の影響である。次の世紀ではゴッスート(Ole Boscovich)一七三〇年—一八一四年)、デュブアット、チンセー(L. G. Dubuat = Nancy : 一七三二年—一七八七年)伯及びフォン、ラングズドルフ(H. G. von Langsdorf : 一七五七年—一八三四年)等が液體の重學に關して盡したが之は只ベルヌーリーが創めた考へや暗示を實行したに過ぎないと云ふ事が出来る。この時に運動した水の衝突のエネルギーの分量を測定する事が特に問題となつた。新らしい思想は一七五〇年にタービン(Turbin)を發明したゼヒネル(L. A. Segner : 一七〇四年—一七七七年)によつて持ち來された。この人は所謂物體の三つの自由廻轉軸を云ひ出して、運動學に効績を呈したのである。

次に弾力性ある液體に就て述べよう。古今の大數學家ブレース、パスカル(Blaise Pascal : 一六二一

三年—一六六二年)は晴雨計の理を完成した。氏はこの理に關して一六四七年と一六四八年と一六六三年とに三つの小さい書物を出したが、この書を見ると如何に氏の見識が秀で居つたかがわかる。パスカル自身は巴里のノートル、ダームの塔の絶頂まで登つて測定し、又妹婿のペリエイ(Paris)にオーヴェルニュの塔の絶頂へ昇つて測定させた結果、晴雨計中の水銀は海面より高く昇るに従つて沈むと云ふ理を見出した。斯様にして晴雨計で高さを測る理が考按されたがその關係を數學的にあらはす法則は未だ考出されなかつた。而してフック、マリオット、及びアルプス山を初めて科學的に研究したヨハン、ヤコブ、シヨイヒツェル(Johann Jakob Scheuchzer : 一六七二年—一七三三年)等は孰れもこの理を發見しようと思つたが苦心したけれ共駄目であつた。併し遂に一六八六年になつて初めて有名なハリーが次の式に従つて正しく出す事が出来た。即ち h_1 及び h_2 が高い場所と低い場所との晴雨計の讀みとすれば、この兩所の水平の差は $\log \frac{h_1}{h_2}$ に正比例するものであると云ふのである。

この法則は山嶽學に對して見通すべからざる幸福な結果を與へた筈のものであるが、この法則の一般に通用する假定はボイル、マリオットの法則と云ふものであつた、之はボイルもマリオットも互に知らずに永い間苦心して實驗した結果遂に六十年代と七十年代とに各々が發見したものであ

る。之は「即ち氣體の容積とこれに加へられた壓力とは逆比例する」と云ふ法則である。世人は從來物理化學者ロバート・ボイル (Robert Boyle: 一六二七年—一六九一年) がこの實驗中タウンリー (R. Townley) と云ふ人の補助を受けたためこの法則を發見する事が出来たものであつて、タウンリーもボイルと等しい権利があるものであると思ふて居つたが、ガーランド (E. Garland) はこのタウンリーは英國の一田舎紳士であつてその傳記も詳らかでなく、決して斯く尊敬すべき権利を要求する資格がある者ではないと云ふて居るから矢張重要な功勞はボイルに歸せねばならないのである。

この時解つた大氣の壓力の性質は、異ふ方法で即ちマゲデブルグの市長オット、フォン、ゴイリック (Otto von Guericke: 一六〇二年—一六八六年) によつて發明された空氣ポンプの力を藉つても測定された。しかしこの實驗は何日に行はれたかは確定して居ない。この事を主として述べて居る「マゲデブルグの實驗」(Experimente Magdeburgica) と云ふ報告が世に出たのは之から大分後で一六七二年にアムステルダムで發行された。この前に既にゴイリックとヴェルツブルグの物理學者カスバル、シュット (Caspar Schott: 一六〇八年—一六六六年) とが特殊の實驗の報告をした事は事實である。殊にシュットは「學術的魔法」と云ふ本を著して自然の理を一般の人に近づけた。

之等の人達は手を換へ品を變へて空氣に重さと彈力とがあると云ふ證據をあげたから實驗實習には現今でもこの古臭い方法の實驗が利用されて居る。又レーゲンスブルグの議會では二つの半球を合せ、空氣ポンプで之の空氣を抜き即ちマゲデブルグの半球を作つて之を馬で引くか又は餘程の重りでなければ離す事は出来ないといふ見世物が或る特殊の人々に示された。(口繪參照)

空氣ポンプは主にシュトゥルム、ボイル、ゼンゲエルド、スミートン、及び幸福なる發見家のデニス、バビン (Denis Papin: 一六四二年—一七一二年) 等によつて完成された。バビンに就ては後にもつと述べるが氏は更にマルコ、ポロに基く觀察をなし、之を科學的の形に持來つた。即ち「液體の沸騰點はその表面に加へられた壓力の強さに關係するものである」と云ふ事である。十七世紀の後半には、空氣の壓力を昔からある潜水鐘 (Tanchenglocke) の理論及び實驗の解釋に利用する事が出来た。即ちこの事に關してはハリー及びシュットの名を擧げなければならない。理論空氣力學ではオイレル及びダラムベルを以て第一流の代表者とする。この學科にはこの名の外に氣學 (Pneumatik) と云ふ名が認められる様になつた。

この世紀の終りに當つて、述ぶべき事柄の大變多い一つの發見が起つた。この發見の歴史は百年以上もそのまゝに靜かに坐つて居つて進まなかつた所などは未曾有のものであつる。即ち空氣船術

の事である。この方面に於ける昔の半ば神秘的な實驗はガリエン (Galien) やグツマオ (Guzmano) や及びローマイエル (Ph. Lohmeyer) 等によつて行はれたけれ共明白な成績は得られなかつた。ロマイエルは「航空術に就て」(De artificio navigandi per aërem)と云ふ書を一六七六年にリントルン町で發行した。しかし兎も角ラナ (Lana) はこれの理を既に明白に理解して居つた。之をモンゴルフイエー (I. M. Montgolfier : 一七四〇年—一八一〇年) とチャールス (I. A. C. Charles : 一七四六年—一八二三年) とが企てた時には實際進歩して居つた。即ちモンゴルフイエーは空氣を稀薄にして用ひ、チャールスは新に發見された水素を用ひた。この創始時代の實地の飛行家の中にあつてブランカルド (I. D. Blanchard : 一七五三年—一八〇九年) やザンペッカリ (F. Zambecari : 一七五六年—一八一二年) 伯や及びピラツルド、ロヂエイ (Pilatre de Rozier : 一七五六年—一七八五年) 等は傑出して居つた。殊にザンペッカリ伯は自分の生命を失はんとすらしした。ロヂエイは運河の上を飛ばうとした時不幸にも横死した。佛國革命の時に革命軍の指揮官は巴里の近くのミュードンに「飛行家學校」(École de Aérostiers) を建てた。後に之は廢せられたが那翁一世の時に再び設けられた。大オイレルは一七八三年に輕氣球の運動に關する計算を出さうとしたが果さず死んだ。

扱て方面が變つて、液體重學の全く新しい分科は十七世紀から起つた。即ち毛管現象の理である。元來非常に細い管は太い管とは全く異つた關係がある事はレオナルド、ダ、ヴァインチ (Leonard Da Vinci) やガリライなどが既に注意したことであつた。併し毛管力の作用の根本現象はファブリ (H. Fabri : 一六〇六年—一六八八年) が一六六九年に發行した教科書の中に初めて記載されたものである。ボナルツ (G. A. Borelli : 一六〇八年—一六七九年) はこの現象を尙ほ深く研究した。氏の彗星の軌道に關する研究はハリーの研究と同じものであるが不幸にしてあまりあらはれて居なかつた。而して氏の死後に羅馬では一六〇八年に、ライデンでは一六八五年に發行された「動物の運動」(De Motu Animalium) の中で氏は人體の靜力學を正しく作り上げた。しかし一六七〇年に公けられた氏の重力及び衝突に關する論文は毛管現象の理論學界を益しなかつた。毛管現象の理に關しては此の外アギウンチ (F. Aggunti) モンタナツ (G. Montanari) 及び學殖深イアイザク、ウマシウス (Isaac Vossius : 一六一八年—一六八九年) も趣味を持ち、殊にウマシウスの如きは「De Nili et aliorum fluminum origine」と云ふ小さな本を著して地球物理學の新らしい道を示した。毛管の力は空氣の壓力の結果だと云ふヨハン、ベルヌーリの假説は正しいものではなかつたからこれを分子物理學や原子論の領分内で研究しようとして、一七〇〇年頃には諸學者が盛に苦心したものである。

である。重學には最早終りをつけなければならぬからこの事に就て尙一言しようと思ふ。

ガッセンの原子論は最も善い意味に於て古典的のものであつた。氏はデモクリトスに従つて總ての物體は測るべからざる程小さく、絶對に固く且完全に等質な微分子から成立つものであると云ふ事を論じた。しかしすべての現象を最も都合よく説明したのは、ボイルやマールブランシュ(M. A. M. Malebranche: 一六三八年—一七一五年)やビルフィンゲル(G. R. Bilfinger: 一六九三年—一七五〇年)や及びヨハン、ヘルムホルツ等が原子に最も小さい立體的の形を與へ、又或る部分は随分冒險的な微粒子論(Korpuskularphilosophie)を起して正鵠を失しなかつた努力に歸しねばならない。この事に關して特筆すべき事は、ハルレで講義して尊敬を受けた醫化學者フリードリッヒ、ホフマン(Friedrich Hoffmann)が次の定理を創めた事である。即ち「病氣は一般に酸の三角の原子及び粘液の鋸齒狀の原子が循環中に圓の原子と會する時に起る」と。しかし醫藥化學者(Latrochemiker)及び醫藥重學者(Tatromechaniker)の中にはヴィッテンベルヒの教授ダニエル、センネルト(Daniel Senner)及びインゴルスタットの教授アダム、モラシユ等の如く頭腦明晰で且つ元の單純な原子論に走つた人もある。後に原子説とアリストテレスが最も進めた力學説との間に論争起り、カントは後者に與した。之れに反してヴォスコヴィチ(R. Vosovitch)は無形の力點を假定して、互

に反對するこの兩極端説の間に妥協説を作つた。分子説的觀察の貴重なる副産物は、初めガリライが創説し、更らにマリオットが進歩させた剛體論及び新たに起つた摩擦及び抵抗の研究などである。之れを強く刺撃したものは一六九九年に正確な實驗を行つて、摩擦の大きさは重さのみによるものであると云ふ事を決定したアモントン(G. Amontou: 一六六三年—一七〇五年)の効績である。ライブニッツはあらゆる自然科學に通じた人で、眼光鋭く觀察した結果、摩擦には轉がりの摩擦と迂りの摩擦とがある事を明かにした。この考への理論的の規則はオイレルとベルヌーイに於て出された。弾力性と有孔性との關係に就てはボークスビー(F. Hawksbee: 一七一三年に死す)と和蘭の物理學者ビエテル、ファン、ムッシエンブレーク(Pieter van Musschenbroek: 一六九二年—一七六一年)との二人に依て研究された。殊に後者は實驗の示導に熟練して居つたために名聲を博し、その功勞に十分酬はれた。

次に音響學は一時研究界の繼兒たる觀があつた。ガリライは音の高さ、絃の緊張及び長さ等に関する古いピタゴラス時代の研究を續行し、又空氣の定常波の構成に就ても考へた。この研究で最も氏を惱したものは音の速度の問題であつた。この問題に關してメルセンヌ(Mersenne)、ガッセン、伊太利のフロレンツの實驗専門學校の學者達及び斯様な方面に何の能力もない英國のベイコン

までも考へて見た。博學者のアタナシウス、キルヘル (Atanasius Kircher) は二冊の浩瀚な書物を著した。一冊は一六五〇年に羅馬から出た「ムスルギヤ」(Musurgia)と云ふ書で、他の一冊は一六七三年にケンプトンから出た「フォスルギヤ」(Phonurgia)と云ふものであつて、その中には有名な反響や私語の圓天井 (Flüstergewölbe) 及び堅琴 (Isisarten) の事などが記載してある。又サムエル、モルランド (Samuel Morland) は一六七一年に傳話筒を發明した。フック及びスタンカリ (V. Stancari) は音響學の實驗をして前例を示したから、佛國の數學家ソオヅニール (L. Savour : 一六五三年—一七一六年) は進んで音樂的の音響學を起した。このソオヅニールは元來は甚だ非音樂的人で、一瞬も聴覺の天才ある助手がなくつては實驗を行ふ事が出来なかつたと云ふ話である。この實驗にはオルガンの管の振動は振動數を計算するのに最も邊合がよかつた。又氏はメルザンヌが只本能的に感じた倍音 (Oberläne) の性質を確定し且聞き得べき音の限度をも測定した。斯様にやつても永ら間ソルゲ (A. Sorge) ロニエー (E. Romieu) 及びタルチニ (G. Tartini) などの實地の音樂家も合成音 (Kombinationstöne) の間にある微細な類似音樂を認識する事が出来なかつた。オイレルは又一七三九年に音樂上の調和の物理學的説明をなそうと企てた。ブルック、テイロアー (Brook Taylor : 一六八五年—一七三二年) ダニエル、ベルヌーリ及びグランベル等は絃が振動する時

に三位變推 (Gestaltliche Modalitäten) が起る事を研究したのは純數學的の性質を帯びて居る。絃を振動させば單一な音が出るばかりでなく多くの副音も出ると云ふ事は前から實驗上知られて居つたがこの三人は更に此の事をも研究して理論的に出した。筆策 (Flügeloch) の調子を示す爲にソオヅニールは今尙用ひられて居る方法即ち静止して居る節點に紙片をのせる方法を報告した。

音響學と光學とは現今は大變親密な學科であるが十七世紀や十八世紀の時代にはそうではなかつた。その時分に、音は一つの波の運動である事は經驗ある學者は誰一人疑ふ者もなかつたが、光り熱及電氣も之と全く等しい自然現象であると云ふ事には誰も考へなかつた。二三の例外を除いては多くの人は、光りとは微細な物體が非常な速度を以て前進して網膜を壓し、視覺に感じを與へるものであると信じて居つた。之の二三の例外に就ては後に消息を明かにしようと思ふ。斯様にして放射説 (Emanationslypthese) が行はれる様になつた。他方に於ては多くの物理學者は、溫度とは物體に熱素が多くあるか無いかによつて定まるものであると云ふ事を獨斷的に信じて居つた。又磁氣及び電氣は不可測量物 (Impendabilien) と云ふものが物質を通じて現はれる爲めに起るものであると考へられた。斯くの如くにして、我々後世の人間にとつては通常の事と思はれる事即ち狹義に於ては重學に屬しない様な物理學の種々の部門のものを同一の着眼點の下に取扱ふ事はこの時代

には想像もされなかつたのである。

又デカルトも光りの説を一つ立てた。之は餘り明確なものではなかつた。この説は放射説を把持したものでなく、さればとて波動説を根本としたものでもない。數學家が的確な語を使はねばならない様に氏は確たる土臺に立つた、特に「流星」(De Meteoris)と云ふ書の中で虹の理を明かにした。虹に就ては一六一一年に既にドミニス(M. A. De Dominis)もプリズムの色の分散の知識なくして球に水を満たし、之を出来る丈光らして研究した。望遠鏡の發明に次いでガリライ及びシヤイメルも等しく關係して顯微鏡が發明された。之は永い間簡單な形で利用されて居つたが、遂にステルチ(Stelluti)は之を動物學上の觀察に用ふる様になつた。次章に於て述べようとする生物學上の大發見の大部分は是等の原始的な光學器械の助けを藉つて起つたものである。其の光學器械の中組立顯微鏡はディヴィニ(E. Divini)が一六六六年に發明したものが先祖である。次にフツク、ハルゼーケル(N. Harsöker: 一六二六年—一七二五年)及び當時レンズ磨きとしては成功しなかつたワルテル、エーレンフライド、フォン、チルンハウス(Walter Ehrenfried von Tschirnhaus: 一六五一年—一七〇八年)伯などがこの組立顯微鏡のレンズの合成を修正した。同伯は又火線(Brennlinie)の幾何學的理論の創始者であつて且熱線に對する集中力の強い凹鏡の作製者として知られて居る。

測るべからざる程勤勉家ではあつたが左程頭腦は明晰でなかつたキルヘルが一六四一年に羅馬で發行した「明暗大技術」(Ars magna lucis et umbræ)と云ふ本の事もこゝで一寸誌しておかねばならぬ。この本の中には幻燈の事及び變則な光の屈折の結果起るファタ、モルガナ(Fata Morgana)と云ふカラブリエンの海岸に現はれる唇氣樓そとの事等も記述してある。シヨットは光線反射の變形(Katoptrische Anamorphosen)を作る事を世に教へ且圓筒鏡又は圓錐鏡の中に生ずる歪曲の疑問になつて居る點を正しく説明した。鏡及びレンズの焦點を數學上正しく定める事はバアローによつて一六六九年に、ハリーによつて一六九三年に各々世に報告された。

今まで光學上の現象として擧げられたものは現今ではすべて幾何光學と稱する部分に屬して居る。又十八世紀中に光が收束レンズ系を行進する時には光が如何になるかと云ふ事の研究や又は實際的の光線屈折學に大變貢獻した研究などもこの幾何光學の中に算入すべきものである。オイレルが複雑な光學上の疑問を快力亂麻を絶つ様に解決した澤山の論文は驚歎に値する。氏以前の人で人間の眼は一の光線屈折器に外ならずと云ふ事を明かにした人は一人もなかつた。

次に物理光學に就て述べるのであるが、先づ光の本質に就て考究しよう。ガリライ及びキルヘルが述べたプログネゼの光り石即ちカルシウムの硫化物の燐光とか、ピカルド、ホークスビー、ヨハ

ンベルヌーリ(この時には前に述べた様に都合よく行かなかつた)等が説明した所謂光る晴雨計等は之に屬する。後の人でジョン・カントン(John Canton: 一七一八年—一七八二年)は物理光學を大變科學的のものにした。キルヘル及びボイルは古臭ひ現象ではあるが今まで了解する事が出来なかつた螢光を説明した。ボヘミヤの人マルクス、マルチ、フォン、クロンランド(Marcus Marci von Cronland)は一六四八年に色の理に關して一進歩を劃する様な見解を出して有名となり、マリョットは一六七三年に網膜に於ける盲點を發見して有名となつた。すべてこれ等の現象の理は光學の現象に對して熟考を促したが、光は一の放射物であると云ふ假説と未だ決して調和しないものではなかつた。

然るに光素論に反する現象は十七世紀の六十年に至つて二つ發見された。其後益々澤山になつた二つの現象と云ふのは薄い膜の色及び二重屈折である。グリマリヂは以前から光は必ず直線に進むものとは限らないものであると云ふ事を認めて居つた。この伊太利の物理學者は、之は光素が振動運動をもするのでなければ説明がつかないと考へた。大變薄い膜や薄い切片に著るしい色の干渉が起る事はボイルもフックも考へ出した。フックは一六六五年に倫敦から「細微物の哲理的記載」(Micrographia or philosophical description of minute bodies)云ふ書物を出し、光の振動は縦波で

はなくして横波であり、この事實がこの現象の原因をなすものであると述べた。フックは屁理屈を云ふ事と他人の権利を侵害する事との惡癖があつたから随分批難もされたが、熟練した實驗家である事と明晰な思索家であつた事は拒む事が出来ない。

丁抹の首都コペンハーゲンの學者なるエラスムス、バルトリヌス(Erasmus Bartholinus: 一六二一—一六九八年)は一六六九年に通常の光が方解石を通過して行く時には二つの光線に分解されて、この下に置いた一つのものが二つに見へると云ふ著しい現象を観察した。この二つの光線の中の一つはスネルリウス、デカルトの屈折の法則に従ふが、も一つの奴は従はない。然しホイゲンスは光は上下の波動をするものであるとし、特別の光線に對しては楕圓體の波面を作り、斯様にして全く兩線の行進を満足に解決する事が出来た。即ち氏は通常の光線の波面は一の球を形作るものであると述べたのである。氏は「光學論」(Traité de la Lumière)を一六九〇年に著して天才を發揮したが氣の毒にも百年以上も世人に之が了解されず、この著述は無効に歸した。と云ふのは、之は立派な書物ではあるが、放射説を根據として居るニュートンの「光學論」(Optics)が述べて居る事と一致しなかつたからである。この時分の人及び次の世紀の人の間に於けるニュートンの權威は素時しいもので人の眼を幻惑させてしまつたのである。

ホイグンスの書は一六六六年に着手され、一六七五年に大略完成し、一七〇四年に初めて世に出た。その中には小さい穴を通つて暗い部屋に入つて行の光東が三角のプリズムに當る時にはその後七色のスペクトルをあらはす事が述べてある。氏は更に各々の色には夫れ異なる屈折率があるとした。こゝに於て第一、第二の虹の説明が満足に解決される様になつた。曲率半徑の大きい硝子球の一部分切つたものを硝子板の上に押すと出来るニュートンの色環やグリマルヂの廻折の現象なども正確に研究された。要するにこの書は放射説 (Emissionshypothese) を大膽に改造する目的に過ぎなかつた。ニュートンの光學に對してフック、クヌス、ルカス、リツエッチ、バルデイス等が加へた攻撃はニュートンにあまり痛痒を感じしめなかつた。又獨逸の大詩人ヨハン、ヴォルフガング、フォーン、ゲーテがワイマールで一七九一年から一七九二年に出した「光學入門」(Beitrag zur Optik)にもニュートンの説に基礎が置いてある。しかもゲーテはこの本を以て自分のどの詩集よりも秀れて居るものとした。又後に光素説 (Korpuskulartheorie) の衣裳がひきめくられてから「白い光は色のある光線から成立つものである」と云ふ眞理が不滅のものとなつた。ニュートンの最も總明な敵手は恐らくはマリオートであつたであらう。氏は太陽や月の周圍にある所謂大きな暈は浮動して居る六角の氷針の中で光が屈折、反射する爲めに起るものであるとして氣象學的光學の健全なる發達の基を立てた。

大オイレルも亦後に至つてニュートンの教理に従はなかつた。今云つた様な事に關して氏が稀に時々公けにした報告を見ると、オイレルは振動説の遵奉者であつた事がわかる。氏は「若し發光體が極微な分子を送りだすものとすれば、後に至つて漸く其の光力が減ずるからどうして太陽の様な遠い所にあるものが地球に光を達せしめる事が出来ようか」と考へた。矢張りこの場合でも我等が光と名付けて居るものは振動に外ならぬとするのが大變自然的事である。特に次の理は傑出して居る。曰く「ある物體の一部分が、もし之を振つて一秒時間にかく／＼の振動をする、例へば赤色の振動をする様な張力を持つて居るものなればこの物體は赤色であると云ふ」。さてオイレルは自分の合理的な憶説に解柝的の推論を結びつけなかつた事は不思議である。然しオイレルにも劣らず賢明なラブラースは振動説は數學で取扱はれるべきものではないと云ふた。けれ共之も直ちに然らずと斷ぜられた。

此外光素説の範圍にもつかず振動説の範圍にもつかない光學上の二つの進歩に就ても述べなければならぬ。即ち光度計と寫眞術の發明である。光度計は前章で述べた様に天體ばかりでなく地上のものにも用ひられる様になつた。この地上用の光度計はラムベルトが二つの光源の強さを比較す

るのに便利に作つたものである。氏は又光線の屈折及び反射の像の光度の公式をも出した。次に寫眞は十八世紀に創まつたものである。之はハルレの醫師シュルツェが(I. H. Schultze)が一七二七年に原始的な實驗をなし、この世紀の終りにはジョシアス、ウエッチウッド(Josias Wedgwood: 一七三〇年—一七九五年)とハムフリー、デイヴィー(Humphrey Davy: 一七七八年—一八二九年)の二人が各々獨力で同じ考へに落ちつた。然し當時では未だお馴見の飛行家チールスが鹽化銀紙に陰像ネガチフを作る事を成効した位が精々と云はなければならぬ。

次に熱學の事を述べるのであるが、この方面では現今温度と云はれて居る熱の量を測る方法が漸次完全になつた事を注意しなければならない。温度驗(Thermoscope)の濫觴はフィロン、ピザンチヌス(Philon Byzantinus)に始まり、十七世紀には創意的はあつたが、あまり合理的ではなかつた發明家なるドレベル(O. Prehbel: 一五七二年—一六三四年)及びフラッド(R. Fludd: 一五七四年—一六三七年)と云ふ二人の人も之を完成しやうと企てた事を注意しなければならぬ。尙ツォルフの云ふ所によると温度驗の中に在る液體を蔽ふ管に目盛を附けて一歩進めたのは一六一二年の事であつて生理學者のザンクトーリウス(Sanctorius: 一五六一年—一六三六年)の成した所であるといふ事である。ザンクトーリウスは通常温度驗の發明者と云はれて居るガリライよりも古い人である。

ゴイリクは定點の必要を絶叫して温度計の形はどうでもよいと云つた。フロレッツの専門學校の學者はこの考へを實現する爲に氷點を出した。之に對してホイゲンスは一六六五年に沸騰點を出した。而してグランセ(Dalancé)は一六八八年に、ハリーは一六九三年に一層精密な目盛を刻んだ。其後ガブリエル、ダニエル、ファアレンハイト(Gabriel Daniel Fahrenheit: 一六八六年—一七三六年)は十八世紀の二十年代に最初の華氏寒暖計を作つた。この時下の定點としては一の寒劑の溫度を使ひ、上の定點としては一定の氣壓に於ける沸騰して居る水の溫度を使つた。氷の融解點は下の定點より三十二度離れて居る。寒暖計に使ふ液體としては最初はアルコールであつたが、ファアレンハイトは水銀に換へた。通常の溫度ではこの方が理屈に合つて居る。ジョン、レスリー(John Leslie: 一七六六年—一八〇四年)がしたものを云はれて居る示差寒暖計(Differential thermometer)は御辱知のシントゥルムの實驗物理學の教科書の中に既に記載されてある。

寒暖計は次の世紀には種々進歩した。ロームール(R. A. F. Reaumur: 一六八三年—一七〇五年)は自分のアルコール寒暖計に現今も尙用ひられて居る極點を撰び、その二點の間を八十に分けた。この時に酒精は果して均一な膨張をするかどうかと云ふ事が喧しくなつたからウブサラのアンデルス、セルジウス(Anders Celsius: 一七〇一年—一七四四年)は再び水銀寒暖計を作り沸騰點

を百度とし、氷點を零度とした。斯くして百分法の寒暖計が出来たのであるが、しかし現今用ひられて居る形のものには有名なリンネが創めたものである。デリルとかハノーとか云ふ人達の目盛法は少しも賛成されなかつた。

然し又此時分の寒暖計には物理學上の基礎の一の要素が欠けて居つた。「温度は熱と全く等しいものではない。」この眞理は賢明なアモントン (Amontons: 一六六三年—一七〇五年) が一六九五年に既に公けにしたもので、ラムベルトはこの理に基いて一七七九年に高熱寒暖計法 (Pyrometrie) を伯林で出して名聲を博した。アモントンは尙之に止らず氏より百年後にチャールズが作つた空氣寒暖計を既に研究し、又自分が定めた空氣の膨脹係数が其後如何なる影響を及ぼしたかを知らずに絶對温度の零度は攝氏零下二百九十三度五分であると出した。ラムベルトは一層正確に零下二百七十度三分と出した。之に反して後にも同様の實驗をする人が澤山出て來たが皆失敗に終つた。

種々の物質の膨脹を組織的に出す事はフロレンスの専門學校の學者達が始めた事である。若しラムベルトよりもつと特別の意味に於ける高熱寒暖計法と名附けられた又現に名附けられて居るもの即ち高熱に於ける温度を測る事を實行しやうとするには未だ當時この膨脹係数の知識が足らなかつた。實用に供する事が出来る金屬高熱寒暖計は一七三一年にムッシンエンブレイクが初めて作つ

たものである。一七八二年にはウエツデウツドも音調高熱寒暖計を作つたが之は他の原理によるのである。之はノルデンブランドの陶器製造に大變効力があつた。

熱の基に就ての種々の理論的思考はあまり重んぜられて居なかつたものも無理ならぬ事である。と云ふのはベイコンの歸納的方法はこの方面に迫る事が出来なかつたが、其れでも先づ十分確められた實驗的支持物を作らねばならん様になつたからである。この點に關してはフロレンツの専門學校の功勞を認めなければならぬ。當時は寒劑の合成に就て非常に苦心し、人造氷も製造せられた。又傳導と區別すべき輻射の熱線は状態の如何によつては寒線 (Kältestrahlung) にも變化する事が出来ること云ふ事も發見された。輻射する熱の概念は瑞典の化學者シェーン (K. W. Scheele: 一七四二年—一七八六年) が一七七七年に初めて正しく定義したもので、氏はこの時太陽の光線によつて空氣が熱せられない事即ち現今透熱 (Diathermansie) と呼ばれて居るものの性質を擧げた。水はある温度即ち現今の言葉を藉りて云へば攝氏四度以下の温度の冷却に於ては甚だ膨脹する事をポイルは水を満たした銃身が寒氣に洒された時に破壊するのを見て述べた。固體にせずして水を過冷する事が出来る事はファアレンハイトが一七二一年に確説した。ヴォルフは、それ自身は中性であるが運動によつて初めて熱の感覺を認められる熱素と云ふものに就て論じた時に自然と潜熱の存在を認

めた。氷に關する最初の理論的にも實驗的にも満足すべき報告は一七一六年にマイラン (I. I. De Maïran : 一六七八年—一七七一年) が出したものである。

獨逸及び佛蘭西では寒暖計が特に研究家の注意を引いたものであるが、熱量計の實際の母國は英國である。語源の上から云ふと熱量計と云ふ字も寒暖計と云ふ字も同じ意味である。と云ふのは熱量計は Kalorimeter と云ひ、寒暖計は Thermometer と云ふ。Kalor は希臘語の熱と云ふ字で Therm は羅典語の熱と云ふ字で meter は測と云ふ意味である。然しこれが器械に附隨せられた意味は甚だ異つて居る。さてこの熱學の基本になる器械の完成に第一の刺戟を與へた人は瑞典生れの人で露西亞のリッランドに住して居つた物理學者リッマン (G. W. Richmann : 一七二一年—一七五三年) である。氏はベトログラードで空中電氣に關する實驗の犠牲となつて死んで了つた。かの應用の廣い熱學上の混合法は氏の創案にかゝるものである。之は m_1 の質量を有する t_1 度の物體が、 m_2 の質量を有し t_2 度の溫度を有して居る物體と混合すれば、その混合溫度は結局 $\frac{m_1 t_1 + m_2 t_2}{m_1 + m_2}$ に等しくなると云ふ方法である。氏と殆ど同時にゼネバのデルック (I. A. Deluc : 一七二七年—一八一七年) は「氷がとける時にはどんなに熱を奪つても、融け始めと融け終りとは溫度が等しい」と云ふ興味ある事實を観察した。であるから熱は物體の凝集狀態 (Aggregatzustand) Ⅱ この時代の人は最早この話

を使つて居つた) を變ずるのに用ひられるばかりであつて、溫度には何の變化をも及ぼさないものであると考へた。この時にあつて大發明家のジョセフ・ブラック (Joseph Black : 一七二八年—一七九九年) が世にあらはれた。この人は人もあるうに勿體なくもウィリアム・ラムゼイ (Sir William Ramsay) 卿によつて、自分の科學上の傳記を著された人であるから、如何に重んずべき人であるかがわかるであらう。

ブラックは英人で本職は醫師であつたが、化學に全生命を放擲して大成功をなした。この事は本章で後に述べやう。氏は物體の吸收作用と云ふ字を使つて、熱は物體の中に隠れるものであると云ふた。之は後に至つて潜熱作用と云はれる様になつた。こゝに於てアモントンが抱いて居つた、熱と溫度との概念を混合すべからずと云ふ確信が一層明かになつた。ブラックも亦自分で熱の量と強さを區別した。而してこの新術語を作ると同時に熱量計をも作る事が必要となつた。實地に熱量を測定しようとする最初の實驗は一七五七年に行はれた。熱量はそれ自身面白いものであり、且生理學の方面から見ても面白いものであるからスコットランドの人クローフォード (A. Crawford : 一七四九年—一七九五年) 及び瑞典の人ウィルケ (I. O. Wilke : 一七三二年—一七九六年) が絶えず熱心に測定したものである。ウィルケは又比の熱概念をも明かにした。比熱を出すに最も便利な

器械はラヴォアジエとラブラースとが一七七七年に發明した氷熱量計である。こゝに又チャールズ、ブラグデン (Charles Blagden: 一七四八年—一八二〇年) が一七八〇年に發見したが、後年に至つて初めて認められた「一の溶液の濃度が大なる時には氷點の降下をもたらずと云ふ事をも記載する必要がある。

この世紀の終りにあたつて初めて、ベイヤコンとテカルトとの思想を連絡して居る新らしい一の解釋が徐々に頭を擡げて來た。即ち隨意の物質から容易く取る事が出来る獨立した熱素と云ふものを證明し、その物質の内部には常に微粒子の反撥が盛にあると云ふ事であつて、之を證明したのは今述べたウィルケである。第十三章で述べた若いトビアス、マイエル (Tobias Mayer: 一七五二年—一八三〇年) は一七九一年に一冊の本を出してその中で物質説 (Stofftheorie) を組織的の形にした。ラプラスは一物體が固體の状態にあるか液體の状態にあるか又は氣體の状態にあるかは分子引力と分子反撥との絶へざる争闘によつて定まるものであつて、分子反撥力は熱素の侵入によつて一層弱くなるものと云つた。

特に熱學說全體に對して重要な事は蒸氣機關の發明である。之は初めは只工業的の用途、特に鑛山業に大ひに使用される様であつた。元來蒸氣の膨脹力を利用せんとする計畫は前にヘロンやフィロ

ンなどによつても成功され、後になつても更に之を計畫する者もあつたが、その意義の明瞭になつたのはマデチウス (T. Mathesius) やマスカビ (B. Scappi) やブランカ (G. Branca) 等の御陰である。ブランカは一六二九年に蒸氣の流れによつて汽船の外輪 (Paddle wheel) を廻轉させ様と考へた。然しサロモン、ドコオー (Salomon De Caus) や英國のウースターのエドワード、ソマアセ、ソット (Edward Somerset) 卿やデニス、バビン等が出るに及んで初めて信賴するに足るものが出来る様になつた。疑もなくバビンは最も成功した人であつて、氏はヘッセンで拮据發明に苦心して居つたが元來ユグノー派の人であつたから多くの障害が加へられた。若しこの障害がなかつたならば氏は生産力ある運轉機や蒸汽船などを何の苦もなく作る事が出来たであらうに。實地に使用する事が出来る最初の蒸氣機關は一七〇〇年以後ニューカメン (Th. Newcomen) とカウリー (T. Cowley) との共同事業によつて作られたものである。次でポッター (H. Potter) は栓の閉閉に必要な装置をこの機關に据へつけた。其後ハル (Hull) とフィッツケラルド (Fitzgerald) とがなした其他の些細な改良に次いで現今の凝縮器械及び自働的に調節する事が出来る器械が出来たのである。現今の蒸氣機關はジェイムス、ワット (James Watt: 一七三六年—一八一九年) がブルトン (M. Boulton) の力を藉つて一七七五年に完成したものである。氏は元來數學的の頭腦をも持つて居つた人であるから、交

代運動を廻轉運動に轉換させようとする動學的の問題の解決にも殆んど成功した。即ちワットの示し圖 (Watts'ses Parallelogramm) と云ふのがそれである。さてこの蒸氣機關の使用は直ちに全英國を風靡する様になつたけれども大陸、特に獨逸では之の使用が極めて遅々たるものであつて、火力器 (Feuermaschine) と云ふ芳しからぬ名前を以て呼ばれた。更に進んで蒸氣船を作ろうとする第一の努力は十八世紀に始つた。即ち亞米利加のロバート・フアルトン (Robert Fulton 七六五年—一八一五年) は之を完成するのに幾度も幾度も失敗して後遂に目的を達し、造船學の進歩に見逃すべからざる結果を得た。

磁氣學はシルバートが「磁氣入門」を著して新紀元を劃してから以來格別の進歩を見なかつた。然しその中でも先づ有名なる英國の宰相フランシス・ベイコン (Francis Bacon of Verulam : 一五六一年—一六二六年) 卿が改新的の實驗を行つた事を記載しなければならぬ。勿論氏はこんなむづかしい問題は解く事が出来なかつた。又キルヘルは「磁氣學」(Magnes) と云ふ本を著して磁氣の思想を述べたが總體に於てはあまり新奇なものではない。只磁力を重さによつて測らうとしたのは注目に値する。鐵棒が磁氣午後線に持つて行かれると自然に磁氣を帯びる様になると云ふ事はカネオ (N. Cabeo : 一五八五年—一六五〇年) の「磁氣哲學」(Philosophia Magnetica) の中に細々

と記載してある。其他磁氣棒を接觸させて磁氣を帯びしめる方法も其後永く使用されたが之はド・ハメネ (I. B. Duhamel) が一六七八年に公けにしたものである。バーゼルの重學家ディエトリヒ (I. Dietrich) と共同して優秀な馬蹄形の石磁を作つて實驗したベルヌーリは磁氣の吸引力に一の公式を作つて、友人オイレルがなしたのと等しく、以前使用されたものよりもよい伏角針を作つた。このベルヌーリの公式の定理はデカルトによつて渦動の説明の原因とされたが、特にデカルトから指導を受けたオイレルにも特別の關係があつた。オイレルは「磁石の本質は途中で中絶されない渦動の中に出来る故に總ての他の物體と區別する事が出来る」と云つた。之に對してクローム (G. A. Coulomb : 一七三六年—一八〇六年) は現今も通用して居る意見即ち「各々の鐵の棒は隨意に等量丈配置された^{プラス・マイナス}一の磁氣の流れを持つて居る無數の磁氣分子から成立ち、之が磁化法によつて鐵棒の^{マイナス}一の極にはすべての^{プラス}の磁氣が流轉し、^{プラス}の極にはすべての^{マイナス}の磁氣が流れる様になる」と云ふ事を發表した。又クロームが一七八四年に作つて物理學者を喜ばした振り秤の御陰で細微な電氣力及び磁氣力は正確に測定される様になつた。

十七世紀の學者及び十八世紀の學者の一部分は物理學の専門の興味は勿論をそれ以外の方面の興味からも地磁氣等研究した。磁針の偏角は變化するものであつて、偏角で以て海上の距離を測量して

も駄目であると云ふ事は一六二五年以後グリブラント (H. Gellibrand: 一五九七年—一六三七年) によつて初めは英國だけであつたが後には一般に知られる様になつた。この報告は永く輕視されて居つたのであるが巴里のプチー (Petit) 羅馬のオーズート (Auzout) 普露西國のゲーニヒスベルグ市のリンネマン (Linnebaum) 及び特に精密にニールンベルヒの學者フォルカーメル父子の父の方ヨハン、フォルカーメル (Johann Volckamer: 一六一六年—一六九三年) やダンチャッピのヘヴェッウス (Hovelius) 等に依て諸雜誌に同様の報告が載せられる様になつてから最早疑ふものがなくなつた。一六七〇年頃に獨逸に於ては今迄磁針が西の力を指して居つたものが東の方へ變り始めた。こゝに於てシュトゥルム (I. C. Sturm: 一六三五年—一七〇三年) は自分の時代の人よりも遙かに先んじて磁氣的世界統一の建設を思ひ立つた。之は百五十年後になつて實際フムボルト (A. V. Humboldt) によつて實現された。而してシュトゥルムは一六八二年に「Epistola invitatoria」を世に出したが時期早きに失して居つた。

お馴知のジュスイット教徒キルヘルは自分の友人なるボルロ (C. Borro) の小著「航海術に就て」(De arte navigandi) に刺戟されたのか、等しい磁針の傾斜を持つて居る地を線で引續けたる世界地圖を作つた。斯様にして有益な思想が述べられ、且實現された。然しその當時の人は今の等偏角線

の事である *Lineae Climyboticeae* と云ふ曲線に對して興味を持つて居なかつた。海上旅行で多くの材料を集聚したハリーはこんな云ひ難い言葉や云ひ易い等偏角線 (*Isogonelinie*) と云ふ言葉に換へ、又一七〇一年にはこの種のもの、中で最も尊敬すべき等偏角線を作つた。水平針が一日中に週期的に變動する事は一七二〇年に重學者のグラハム (Graham) が注目したもので、氏は同時に地磁氣の他の要素なる伏角と水平分力とは不變なるものであるとした。ハリーが偏角に就てなした事と同じ事をウイルクは伏角に就てなし、一七七八年には等伏角圖を作り、一七〇一年にホキストン (W. Whiston: 一六六七年—一七五二年) が作つた不備な等伏角圖を後へに隱匿たらしめた。

斯くの如く地圖を作る事は、單にデカルトの意味の磁氣的、地球的の渦動系に關する熟語を一般に知らしめるばかりでなく、又數多の實驗的證據を假定して地球上の隨所の地磁氣の要素を豫じめ打算する事を眼中に置いた理論的努力の基礎にもなつたのである。但しこの地圖から起る四つの磁極の憶説は矢張直ぐ捨てなければならぬ様になつた。老トピアス、マイエルは一七五〇年に一の定理を出したけれ共現今は只その一部分丈しか認められて居ない。氏は多分オイレルが一七五七年に世に出したものを真似たのであろう。オイレルの書に従ふと地球の何處か内部には巨大な磁棒があつてその尖が地球の表面に現はれる所が地球の磁氣の極であると云ふのである。オイレルの計算

は例の如く形式上の困難は巧みに打破してあるが、主要事件を更に進歩せしめて居ない。

以前はよく磁氣と電氣とは全く親密な力であるとしたものである。キルヘルはずつと前に電磁氣と云ふ語を作つた。然し現今使用されて居るものとは全く意味が異ふ。物理學の歴史の一部分として電氣學の歴史を専門に研究したジョセフ、ブリーストリー (Joseph Priestley: 一七三三年—一八〇四年) は一七六七年に電氣學の歴史を出した。之に次いで一七七二年に光學の歴史をも著した。ゴイリツクの發見したものがこの方面の積極的知識を進めるのに功勞あつた事をシルバートは自分の大著の中に次の如く書いて居る。

「氏は自ら原始的發電機を裝置して大ひになす所があつた。又氏は把手のある硫黃球を廻轉した時に、之に指を觸ると暗中に低い爆音及び弱い光を發する事を發見した」と。一七〇九年にはホークスビー (Hawksbee: 一七一三年に死す) は電氣火花さへも作る事が出来且硝子管に電氣を起す事も出来た。しかし電氣學の眞の根底は英國のグレイ (G. Gray: 一六七〇年—一七三六年) 及びデザグリーヤズ (I. T. Desaguliers) が佛國人なるデュフエイ (E. DuRoi: 一六九八年—一七三九年) ノンヌ (L. A. Nollet: 一七三〇年) 及びルモンニエ (G. Lemonnier: 一七一七年—一七九九年) 等と共同して築いたものである。グレイは電氣の導體と不導體との區別を明かにした。デュフエイ

イは電氣には二種即ち陰電氣と陽電氣とがある事を知つて居つた。デザグリーヤズは昔の電氣學の標準であつた導體と絶縁體との區別を明かにした。今でも初學者に對して電氣が存在する事を示すに用ひられる重なる器械はノルレが作つたものである。ルモンニエは大氣電氣の眞の發見者である。之れに次いで獨逸ではこの激測な望み多い電氣學の研究が益々盛になつた。即ちライプツヒの教授ハッセン (Ch. A. Hansen: 一六九三年—一七四三年)、ウインクレン (L. H. Winkler: 一七〇三年—一七七〇年) 及び氏のウイッテンベルヒの同僚なるボーズ (G. M. Bose: 一七一〇年—一七六一年) などは電氣器械を改良し且電擊の研究にも苦心した。電擊は一七四五年にクライスト (B. G. V. Kleist: 一七四八年に死す) 及びあまり世に知られては居ないライデン市のクノー (Cunneus) とがライデン瓶を發明して電氣學界に大影響を與へてから著しい強さに昇される様になつた。ウインクレルとワトソン (W. Watson: 一七一五年—一七八七年) とは電氣爆發を研究し、クラッペンシュタイン (Ch. G. Kratzenstein) とヤルラベルト (L. Jallabert) とは直ちに之を醫學に應用した。

講義に使ふ初步の電氣の實驗を作り上たのはノルレ及び亞米利加のベンジャミン、フランクリン (Benjamin Franklin: 一七〇六年—一七九〇年) の功績である。フランクリンは一七四五年以來

熱心に之に就て研究し、有名なフランクリンの板を以て蓄電板に換へ、其の他の器械で種々の新しい實驗をした事はよく知られて居る。フランクリンの板は氏の友人キンナーズリー (Kinnersley) に依て北米の諸市及び西印度に紹介された。氏が空中電氣に關して盡した事は後に述べる積りである。さてその後電氣器械は大ひに數を増した。カントンは摩擦器を改良して接骨木の木髓コハトを使つて作る振子驗電氣を發明し、プランタ (M. Planta: 一七二七年—一七七二年)、シゴウ、ド、ラ、フォ
ン (I. R. Sigaud de la Fond: 一七四〇年—一八一〇年) 及びインゲンフース (I. Ingenhous: 一七三〇年—一七九九年) などは互に平板電氣を作らんと競争して遂に一七六六年に初めてラムスデンから有名なる平板起電機が世に出た。ウイルクケ及びエイビヌス (E. U. W. Aepinus: 一七二四年—一八〇二年) は後年に至つて認められた殘留電氣の理の建設家である。電氣盆は實驗に精通して居つた伊太利の物理學者アレッサンドロ、ヴォルタ (Alessandro Volta: 一七四五年—一八二七年) に依つて發明されたものであつて、氏は又麥稈電位計にも成功した。又ジョセフ、ウエベル (Joseph Weber: 一七五三年—一八三一年) の空氣及び紙電氣盆もこの時代に持も催された。ヴォルタの器械は一七七七年に作られたる、種々の電氣の性質を説明するのに便利がよいリヒテンベルヒの圖解の發明に與つて方あつたものである。尚ヴォルタの蓄電池、電氣ビストル又はナポリから倫敦に來て住んで

居つたカヴァロ (L. Cavallo: 一七四九年—一八〇九年) 及びヘンリー (W. Henry) 傳記詳らかならず) 等に依つて一七七二年に作られた象限電位計其他數多の器械も見通すべからざるものである。渦動説は世人が未だア、ス、イ、ナ、ム及び一の電氣を知らなかつた間は理論界を支配して居つた。一七五九年に初めて、今迄あまり名の聞えなかつた英國の物理學者ロバート、シンマー (Robert Simmer: 一七六三年に死す) は主として前に述べた電氣の定理と一致した定理を發見するの光榮を得た。即ち「すべての非電氣體は二の相反する電氣を拘束された状態に持つて居るもので、帶電状態は一方の方が他方に勝つて居る場合である」と云ふ定理である。之が電氣の本質に關する原始的な定理であつて、こんなものが現行はれて居ない事は勿論である。かく陰と陽とを併立する二流體説をウイルクケは尖端から電氣が流れる現象を見て信じて居つた。又エイビヌスは熱して電氣を帯びさす事が出来る電氣石を知り、之によつて二元的の解釋をなした。之に反してフランクリンは一流體説を確信した。即ち「電氣の現象は只差がある状態の時のみ差がある作用をするものである」と云つた。之を敷衍して云へば「不導體では電氣の量がすべて一定して居るものであつて、ある物體の電氣が之よりも餘計にあればその物體は+となり之よりも少なければその物體は-となるものである」と云ふ事である。當時の専門家の大多數はシンマーの説に左袒した。一七五六年代にカントン、ウイ

ルケ及びエイビス等は、物體は相反する電氣の誘導作用によつて帶電状態になるものであると觀察したが、この觀察の爲に、シンマーの説が大ひに跋扈する事が出来た。

一七九一年には一大發見がなされ之が爲に物理學界に大變動が起る様になつた。この一大發見と云ふのは所謂電流 (Galvanismus) の發見である。これは純粹に年代から云ふと今こゝで述べるべき筈であるが、その結果を見ると十九世紀の物理學の章で述べる方が都合がよいからこゝでは述べない事として次に化學の進歩を述べよう。論戰のあつたこの時代の大概の判斷力ある學者は、化學は物理學とは切つても切れぬ結合があるものであると考へて居つた。今物理學の事を述べたから直ぐ化學の事を述べるのには最も適して居る。

前編で述べた時代から以後の化學の歴史を述べるには先づ第一に有名な化學者の名を擧げなければならぬ。原子論者ヨアヒム、ユング (Joachim Junge : 一五八七年—一六五七年) は進んで原子論の正確な根本概念を現はそうと努力した。氏は錬金術 (Alchemie) の迷信を一向信じなかつた人である。之に反して芒硝 (Glauberz, Na, So₄) を發見して有名な醫師グラウベル (L. B. Glauber : 一六〇四年—一六六八年) は熟練な實驗家ではあつたが昔からのこの迷信を捨てなかつた。醫療化學の天才フランツ、ド、ル、ボエー、シルヴィウス (Franz De Le Boë Sylvius : 一六一四年—

六七年) は後になつてフロギストン説 (Phlogistontheorie) と云はれる説の觀念を持つて居つた。フロギストン説とは物が燃へる時にはフロギストンと云ふものが飛出すと云ふ燃焼説で、誤つて居る事は勿論である。このシルヴィウスと云ふ人に對して有名な物理學者ボイルが現はれて來た。この時は化學が漸次醫學の理を啓蒙し、既に一個の自治的學科になりかけて居つたが尙物理學に頼らうとする時代であつた。であるからこの事を述べるには先づボイルの名を擧げなければならぬ。この物理學と化學との歴史的結合は一寸した打撃位で解けるものではなかつたのである。尙有名な醫學家に二人ある。即ちヘルマン、ベールハーフェ (Hermann Boerhaave : 一六六八年—一七三八年) とルーソー (G. T. C. Rousseau : 一七二四年—一七九四年) とである。ベールハーフェは和蘭の人で一七三二年にライデンで「化學入門」(Elementa chemiae) を出して尊敬された。特にこの人は分析化學を研究した。ルーソーはインゴルシュタット大學の化學教授で、元來は哲學專攻の人であつたが後に醫學者となつた。この時から化學が物理學から獨立すると云ふ事は押へきれないものとなつた。

さてボイルの事業は大ひに尊重すべきものである。氏の氏たる所以の事業は金屬の煅燒 (Veralkung = Kalzination) と重量増加とは深い關係があると云ふ事を認めたる事にある。又氏が現

今如何なる初學者にも出来る酸とアルカリとを試験紙で區別する方法を發明した事も前のに劣らない功績である。レメリー(N. Lemery: 一六四五年—一七一五年)はアルカリを分つてアンモニヤソーダ、炭酸加里としなければならぬと云ふた。炭酸加里は獨逸語で Potasche と云ふから之は獨逸の化學者ポット(L. H. Pot: 一六九二年—一七七七年)と何か關係があるのでないかしらんと考へる人もあろうが、この人は今述べた如く炭酸加里發見以後に生れた人であるから勿論何の關係もない。ポットは大變筆まめな人で、硫酸の分解の問題でレメリーの論敵になつた。レメリーは一六七五年に巴里で「化學精義」(Cours de chimie)と云ふ書を出して化學に對して組織的意義を與へた。この書は十版を重ねた。尚ホンベルヒ(W. Homberg: 一六五二年—一七一五年)と云ふ人は原體(Urkörper)の理の最後の歸依者の一人としてこゝに名を擧げなければならぬ。これは原體に種々のものを加へると勝手な物質を作る事が出来ること云ふ説である。

フロギストン説は正しくはなかつたが一般に優れた理で且巧みに説いてあると思はれた爲に十七世紀の後半には盛に行はれ、百年間も化學界を支配して居つた。この説は嘗て錬金學者に信ぜられ且教育學者アモス、コメニウス(Amos Comenius: 一五九二年—一六七〇年)によつて化學界に紹介された隠れたる性質(Qualitas occulta)のものを假定するのではなくして、フロギストンと云ふ

實際の物體があると説く説である。この新教理は、鋭敏ではあつたか移り氣なヨハン、ヨアヒム、ヤック(Johann Joachim Becher: 一六三五年—一六八二年)によつて學界に紹介されたのであつて其の基本定理は次の通りである。「この世には三つの根本土質があつて、各金屬はこの中の一つのもつとフロギストンと云ふ可燃の土質とから成立つものである」と。尚ベッヘル及びスタールから少しも影響を受けなかつたゼオフロイ(E. F. Geoffroy: 一六七二年—一七三一年)は一七〇四年に「金屬の構成に關する推定」(Conjectures sur la composition des métaux)と云ふ書物を出して、その中で化合物の中の右様を想像して述べて居る。その想像を一層深刻に完成する事は、數多の職業を有つて居るベッヘルにはやりとげる事が出来なかつた。ベッヘルは一六六九年から一六七五年にかけて「地中の物理」(Physica subterranea)と云ふ書を著して造山作用を記述した。又氏は熱心な國民經濟學者であつて、ギヤナに獨逸のクールバイエル州の殖民地を作らうと大ひに骨折つた人である。ゲオルグ、エルンスト、スタール(Georg Ernst Stahl: 一六六〇年—一七三四年)は一六九七年にハルレから「Zymotechnia fundamentalis sive fermentationis theoria」と云ふ書を出してベッヘルの缺點を補ひ、次に又種々の「觀察録」(Observationes)其外合理的で實驗的で且藥物學的の化學に關する著書を五六種出した。氏は燃焼とは燃へつゝある物體からこの物體に密接して居る非常に微細

な、しかし形を持つて居るフロギストンと云ふ物質が逃げて行く爲めに起るものであるとした。若しこの物體が斯様なフロギストンに乏しければ此ものを赤熱してフロギストンに富む様にする事が出来る。例へ硫黄をフロギストン化すれば硫酸になる様なものであるとした。又氏は種々の物質を表にして、他物と容易く化合するかしないかの順に並べた。此外化學的親和力の第一定理をも公けにした。醫療化學者は特に喜んで氏の説を承け入れた。氏の醫學の同窓ホフマンの如きは其の最たるものである。狭義に於ける醫術の化學萬能時代は、バラツェルズ以後この種の教義の完成に對して盛んであつた熱心が後に化學的藥劑の價値を判別するに當つて再び世に盛んになるまではこのホフマンやファン、クラレーネン(Th. van Craenen)及びファン、ボンテコエ(C. van Bontekoe)を以て終りとするのである。

之に反して一の應用化學が發達して來て醫術に大功を立てた。休む暇なく努力した鍊金學者レオンハルト、トゥルナイセル(Leonhard Thurneisser)又はThurnhäuser 又はThurnyser: 一五三一年—一五九六年)の鑛泉水に關する化學的研究は後の時代の合理的な化學者達によつて後繼された。その中で瑞西人のカッペンル(M. A. Cappellet: 一六八五年—一七六九年)は特に有名である。不絶目的の貫徹に務めて居つた藥劑學も之に劣らず盛に研究されて化學と親密に結合した。ベテル(Peter)

(Peter)の藥局方以來初めて善良な藥局方が一五四三年にニュールンベルヒでヴァレリウス、コルドムス(Valerius Cordus: 一五一五年—一五四四年)によつて發行された。その中にはエーテルの製法等をも記してある。而してこの書は博物學上、化學上の藥局の參考書目の中で最大權威を有するものとなつた。この本はニュールンベルヒで一五九二年、一五九八年、一六一二年、一六六六年等に新らしく訂正改版されて出た。一六六六年等に出た版は地磁氣學者として有名なニュールンベルヒの市醫フォルカーメルの指導に依つて作られた物である。氏は獨逸の營養化學を建設するのに第一の努力をなした人である事を忘れてはならない。一六六九年にハンブルヒの鍊金學者ブランド(Brand)及び一六七四年に一層科學的に進歩して居つたクンケル、フォン、レーヴェンステルン(J. G. Kunckel v. Löwenstern: 一六三〇年—一七〇二年)が小便から燐をとる方法を發見した事も醫化學上注意すべき事柄である。レーヴェンステルンも工業化學の進歩に貢獻した人であるが、氏の硝子製造に關する有益なる著書は死後一七八九年に初めて世にあらはれた。又磁器の發明も茲で述べべき事柄である。元來磁器は大概の書物に書いてある如く鍊金學者ベッチェル(J. C. Böttcher, Böttcher)一六八五年—一七一九年)が發明したものではなくして、自然科學に功勞が多いナルンハウス伯が一七〇三年に造つた物である。アグリコラから始まつた冶金學は、昔は自然科學に對して大ひに敬意を拂つた

が後になつて餘り振はない様になつた國で發達した。餘り振はない國とは西班牙であつて、この國は自分の殖民地に産する鑛石を冶金しようと努力した。この國のバルバ(A. Parba)と云ふ人が一六〇〇年頃にベルーとボリヴァイヤの野山を研究して數多の著者を出し、獨逸語にも譯せられた。この人に次でアロンゾ、カッパロ、イ、ランなどが現はれた。ランの「金屬學」と云ふ書は一六七四年に英語に、一六七六年に獨逸語に、一七三八年に佛蘭西語に譯せられた。

ラヴォアジエーの出て来る前までは十八世紀の化學はフロギストン説に拘束されて著るしい進歩をする事が出来なかつた。尙一生懸命になつてどうかしてフロギストンの本體を見定めようと努力したものである。前に述べたポットはフロギストンを、現今の言葉を藉つて云へば、硫黃の同素體から説明しようとした。マツケー(P. J. Macquer)一七一八年—一七八四年)は理論化學の摘要を著してペールハーフェを凌ぎ、この微細な物質は放射學者(Emissions-theoretiker)が述べて居る光素と等しいものであると考へた。フロギストン説の時代にあつて特に注意すべき事業はゼオフロイ(若方 O. S. Geoffroy: 一六八五年—一七五二年)の脂肪及びエーテル油の研究、トルベルン、ベルグマン(Torbern Bergmann: 一七三五年—一七八四年)の明礬及び糖酸の製法、デュアマユ、ド、モンソー(H. L. Duhamel de Moncaus: 一七〇〇年—一七八一年)の加里及び曹達の製出、マル

ググラーフ(A. S. Margraf: 一七〇九年—一七八二年)の滑石土、礬土及び大根中に砂糖を含む事などに關する開拓的研究である。蔗糖の研究にはアヒャルド(F. C. Achard: 一七五三年—一八二一年)が大ひに力を盡して新しい工業を起し之を發達させた。

化學理論に對しては佛國に基を發する「あらゆる價値の變更」(ニイチエ)に關係なく獨逸人リヒテル(J. B. Richter: 一七六二年—一八〇七年)及びウエンツェル(F. K. Wenzel: 一七四〇年—一七九三年)の研究によつて之が豊富にされた。しかも其れは後に至つても抹殺される様なものではなかつた。リヒテルは一七九二年から一七九四年にかけてプレスラウから「化學理論初步原理」(Anfangsgründe der Stöchiometrie)と云ふ著書を出し、その中で新しい術語を使つて理論化學と數學との界に位する新らしいの學科を起した。この本の主なる主張は、酸と鹽基とが鹽になる時の重量を數であらした事である。之はあまり世人に讀まれなかつたが、ベルツェリウスが出て初めて其價値を認めた。又ウエンツェルはオストワルドの辯護によつて化學力學の建設家となつた。グリンデル(Grindel)は一八〇〇年にはドレスデンでウエンツェルの「物體の親和力の理」(Lehre von der Verwandtschaft der Körper)と云ふ書を發行したがウエンツェルは之を見ないで世を去つた。之を要するに十八世紀の大學の化學はあまり爲す所がなかつた。と云ふのは化學や物理學は醫學

と關係が深く、二三の例外を除いては皆實驗室や器械の設備が悪かつたからあまり發展する事が出来なかつたのである。漸く七十年頃から進歩があらはれて來た。その中獨逸で主なる人々はクラブロート (M. H. Klaproth: 一七四三年—一八一七年)、グレン (E. A. K. Gren: 一七六〇年—一七九八年)、ブヒョルツ (C. F. Buchholz: 一七五〇年—一八一八年) 及びトロントムスドルフ (J. B. Trommsdorff: 一七七〇年—一八二七年) 等である。又露西亞の化學界も他の自然科学界と等しく獨逸人から教へを受けた。その獨逸人と云ふのは謀反したホルデン人にヴォルガ河で慘殺されたゲオルグ、モリッツ (Georg Moritz: 一七二二年に生る) の子ヨハン、トビアス、ロツィン (Johann Tobias Lovitz: 一七五七年—一八〇四年) である。併し露西亞にも獨力でやり遂げた有名な化學者がある。即ちロモノソフ (M. W. Lomonosow: 一七二一年—一六七五年) であつて、氏は全くフロギストン説より離れて現今のエネルギー説と合致して居る真理を正しく理解して自己獨特の説であるとした。

すべてこの世界で新奇なものは突然に起るものではない。常に前に準備時代があるものである。今述べる事も之に漏れないで既にベルグマンに基を發し、一七六〇年頃には有力に頭を擡げて來た瓦斯化學はフロギストン説を終焉に導いた。尙ラッヴォアジエ以前にもブラック、ブリストラー、シエーレ、カヴェンディッシュの四人にこの新紀元の曙光が認められた。

ブラックが創造力ある天才である事は既に述べた。氏は生石灰を觀察して、自分が抱いて居つた見解が不十分であると考へ、自分で「固定空氣」(fixe Luft) と稱したものを通常の石炭の中に入れて生石灰を作つた。この新種の空氣は苛性ある石灰以外からも製出する事が出来且つ大氣の成分にも缺くべからざる物であつて、炭酸瓦斯と云ふ適當な名をつけられた。然るにギオアネッチ (V. A. Giannetti) は之を尚ビエモンテスの鑛水から分けとつて Acido atmosferico と云ふ名を附けた。

シェーレ (Schæele: 一七四二年—一七八六年) は一七七七年に著名なる空氣及び火に關する化學上の論文「Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer」と云ふ書を公けにして酸素及び窒素を獨立元素となし少しも他人に注意を拂はれなかつたが、後になつて漸くこの發見の天才の研究が注意せられる様になつた。氏は尙無數の化合物を製出した、即ち珪酸 (Silicium) 滿漣、セレン水表瓦斯 (Oxenwasserstoffgas) 尿酸 (Harnsäure) モリブテン酸 (Molybdänsäure) 乳酸 (Milchsäure) 靑酸 (Blausäure) 蓆酸 (Oxalsäure) 及び沒食子酸 (Galläpfelsäure) 等である。尙氏は黒鉛を炭素の異性體であるとしたのでも有名である。ブリストラーは一生涯中フロギストン説を以て満足して居つたが、幸運見であつて、一七七四年に酸素と鹽酸とアンモニヤとを、一七七五年には亞硫酸と弗化珪素瓦斯とを、一七七九年には亞酸化窒素を發見した。尙氏はインゲンフースの行つた事業を知

らないでインゲンフースと同時に植物内に於ける酸素と炭酸瓦斯との作用を説明した。一七八四年にはカヴェンディッシュによつて大變範圍の廣い發見がなされた。ヘンリー、カヴェンディッシュ (Henry Cavendish: 一七三一年—一八一〇年) 卿は一七六六年に、この時まで燃へる空氣と思はれて居つた水素を發見し、次に炭酸を呼吸する事が出来ない事を確信して、「空氣の實驗」(Experiments of air) と云ふ本を出し、空氣は酸素と窒素とから成立ち、化合物ではなくして器械的に混合したものであると述べた。又硝石を酸素と窒素とに分解したのもこの英國の化學者である。

空氣の組成を研究する爲の氣體容積測定法 (Eudiometric) は一七八四年以來瓦斯化學の重要な部分を占める様になつた。ユーデオメーターは種々研究者の用に立つた。この器械は一七七七年に「沼氣に關する七書翰」(Sieben Briefe über die Sumpfluft) を公けにして江湖の歡迎を受けたヴォルタが發明したものである。又ブリーストリーも沼澤から有毒な瓦斯が出る事を知つて居つた。フォンタナ (F. Fontana: 一七三〇年—一八〇五年) も同様の事を経験した。氏は酸化した空氣に就て書物を著し、又焔の理や毒物學 (蛇及び魚の) の創始家として有名である。

以上永々書いた爲め全くラッオアジェーの傳及び思想を記述する事を忘れた。氏は實に實驗からフロギストン説を覆した人で、十九世紀の初めにはもうこの世には居なかつた。即ち一七九四年にジャコピン黨の兇手の爲めに斷頭臺上の人となつて死んだ。併し氏の一生の收穫は十九世紀に保護されたから後に氏の事業に就て述べる積りである。

第十五章 リンネを中心とする自然記載

この章では博物學の歴史を述べやう。レメリーは一七〇九年に、以前には自明の理として論ぜられて居つた事柄を一括して組織的のものにした。一七四五年にはワイスマン (J. F. Weismann: 一六六八年—一七六〇年) と云ふ醫師はレメリーの意志を繼いで自然界を礦物界 (mineralia) と植物界 (Vegetabilia) と動物界 (Animalia) との三つに分けた。この人は大學に博物學の講座を設けねばならないと提議した人である。次に分類の天才リンネ (Karl v. Linné: 一七〇七年—一七七八年) があらはれて、一七三五年にライデン市で、一七四六年にストックホルム市で「自然分類論」(Systema naturae sive Regnaria natura systematica proposita) を出して自分の仕事をこの順序で發表した。この書は氏の多くの著の中で重要なものゝ一つである。この章で述べべき時代なる一六五〇年から一八〇〇年までの間の博物學の歴史を述べるに當つて、リンネと同じく礦物學、植物學、動物學 (人類學をも含む) の順序で述べやう。

結晶學が微弱乍らも起つたのは一六五〇年よりも少し前の事であつた。ケプレルが一六一〇年にフランクフルトから發行した「六角の雪に就て」(Von sechseckigen Schnee)と云ふ書籍は後の時代までも礦物學を導いた。化學者のベッヘルは、多くの礦物の形、例へば白鐵鏡の形の如きは遊星の影響によつて定まつたと云ふ様な占星學上の迷信に反對した。又氏は水晶は氷が變態したものであると云ふ様な説をも否認した。しかし尙氏より百年許り後に至つてもカッペレルはこの誤説にぞ見へざるを得なかつた。ボイルは結晶について澤山の實驗を行ひ、又特に寶石學をも研究した。その報告の中に、寶石の標準とすべきものは硬度と比重とであると云ふ意見を出したのは綿密な研究家たる事をあらはして居る。しかしこの尊敬すべき結晶學の濫觴も、デンマルクの人ステンセン(Niel Stensen: 一六三八年—一六八七年)とグスレルとの共同研究には一步を譲らなければならぬ。ステンセンと云ふ人は後自分の信じて居つた宗教を變じて伊太利に移住し、名もステノ(Steno)とかステノネ(Stenone)とかと改めた。氏が一六六九年にフロレンツ市で出した(De Solide inter Solidum naturaliter contents)と云ふ一覽表には二つの方面に就て新らしい道が示してある。先づ第一に特に水晶にあてはまる。「結晶の角は、包む面が如何に異つて居つても常に同じ角度を持つて居る」と云ふ定理を擧げなければならない。この事實は數學家のニココロ、ググリアルミニ(Nicoolo

Guglielmini: 一六五五年—一七一〇年)と顯微鏡の研究家レオイヴェンhook(A. Leewenhock: 一六三二年—一七二三年)とによつて證明された。レオイヴェンhookの石膏や明礬や綠礬や其他のものに關する研究の中には角度の不變な事が述べてあるばかりでなく、裂目の一定である事に就てもハウイより百年も前に證明してある。しかしこの新説も未だ組織のものにはならなかつた。礦物の分類法では眼に觸れる特徴を標準としたものや、冗漫な、しかも心底から消化されたものではない研究には決して乏しくなかつた。例へばオラウス、ウオルム(Olaus Worm)とかジヨンストン(J. Johnston)とかペッヘルとかブラッケンホーフ(J. Bruckenhof)とかインペラト(Imperato)とかは一六六〇年代にこの種の分類法によつて採集した礦物を記載して居る。

特別の結晶物理學の建設に第一步を踏んだ人はデンマルクの法律家で醫師で數學家—當時では尙斯様な人格聯合は不可能ではなかつた—なるバルトリンである、氏は方解石の電氣的の性質に就て實驗をした。又起つて間もない礦物化學にもボイルとかシュレーデル(J. Schreder)とかゼオフロイ(C. J. Geoffroy)とかペッヘルとかスタールとか云ふ立派な代表者があつた。ペッヘルは、その性質上既に新らしい工業化學の一分科とせられた冶金學の一分科なるこの礦物化學に *Cheminikus et metallurgus peritissimus* と云ふ名稱をつけた。十八世紀に漸次科學的に着裝されん事を要求したこ

れ等の學科でも、矢張り從來同様物理學や化學によつて牛耳をとられる事を避けて居つた。

ウッドワード (J. Woodward: 一六六五年—一七二八年) の著書を見れば最早物理學と化學とを大變重んじて居る。尤もその中では岩を形成する石と、石を形成する鑛物との區別の如きはあまり認められない。この人は一七二八年にアルプス山の研究家シヨイヒツェルの感化を受けて鑛物の分類をした。しかし鑛山家ヘンケル (J. H. Henkel: 一六七九年—一七四四年) はこの兩人よりも一層秀れた人であつて、氏が一七二五年にライプツヒから出した「岩石の歴史」の中には、化學の原理が第一に置いてある。これは、氏は嘗て立體的形態の理を立て、面白くない經驗を嘗めた様に思つたからである。氏と瑞典のブローメル (M. v. Bromell: 一六七九年—一七三一年) と云ふ研究家とは、火と鑛物との關係即ち耐熱力とか融解度とかを唯一の鑛物分類の標準とした。ブローメルは火に耐へる石と、火の中で固くなる石と、融けて砂となる石と、全く融けて了ふ石とを區別した。しかし氏はこの特質が唯一義のものでもなく且絶對的のものでもないと云ふ事をよく自覺して居つた。又土壤と石との明確な區別に就ては、化學者ポットが幾分か知つて居つたが、根本的には成功しなかつた。ウォルテルスドルフ (J. L. Woltersdorf: 一七二一年—一七七二年) は鑛物分類に門、綱、目を作らうとした。この時代の分類學者ではバルバとかヒエルネ (N. Hierno: 一六四一年—

七二四年) とかクローイテルマン (V. Kraudermann: 一七〇〇年頃の人) とかヘーベンストライト (U. H. Hebenstreit: 一七〇三年—一七五七年) とかバイエル (J. J. Baier: 一六七七年—一七三五年) とかがある。バイエルは綿密な注意の下に「Oryctographia Norica」を著して各高かつた。

十八世紀の博物學者の中で最も著明な人は前にも云つた通りリンネである。氏は第一に植物、次に動物の分類をしたが、其の巧妙な事はアリストテレスを偲ばしめる。そのみならず鑛物學者としても、氏の「自然分類」の中にはこの種のものとしては仲々立派な生産物を残して居る。しかし有機物に關しては大變適切に導いた原理は、無機物に對しては等しく活用する事が出来ないものである事は氏自身知つて居つた。であるから氏に向つての反對はこの方面から起つて來た。その反對者の中で主なる人物は鑛物學の歴史家ゲマリン (J. F. Gmelin: 一七四八年—一八〇四年) である。それはさておき兎も角リンネが無機物を岩石、鑛物、化石としたのは一大進歩と云はなければならぬ。しかしこゝで云ふ化石と云ふ字の意味は現代の化石と云ふ字の意味と必ずしも一致しない。即ち氏の意味の化石は更に三つの種類に分けられる。その中で最も最初にあげられた *Petrefacta* と名付けられたものが現今の化石と一致する。リンネの種の中には同格のもの又は同一のものとしてあるものが澤山あるが、その斷定は進歩せる科學も認める事が出来ない程巧みである。

更にリンネの道を拓いた人はリンネと同國即ち瑞典の農夫なるワルレリウス (J. G. Wallerius: 一七〇九年—一七八五年) である。この人は残念乍ら結晶學の重んずべき事をあまり知らなかつたが、從來の外面的の標準—氏は之が八つあると云ふ—の外に内部の標準をも立てた。此内部的標準こそ價値あるものと認められて現今もちひられて居るものである。あるから氏の説もリンネの説も大概同じ土臺に立つて居るものであるが、氏の説はリンネの説よりも一層完成され、且分類法も一層正確に定められたものである。分類する爲に實驗を行ふ際に吹管を利用する事も亦瑞典の人なるリングマン (S. Ringmann: 一七二〇年—一七九二年) とかエングストレーム (G. v. Engström: 一七三八年—一八一三年) とかクイスト (B. A. Quist: 一七九九年に死す) とかガン (J. G. Gahn: 一七四五年—一八一八年) とかに依つて始められたものである。そして是等の人々は皆鑛山技師であつて、職業の關係上之を發明する様になつたのである。尤もこの道具も以前に全く使用されなかつたものではない、前に云つたバルトルンは結晶を研究する時に之を使つたのである。しかしその組織的使用はクロンステット (A. v. Cronstedt: 一七二二年—一七六五年) から始まつたものであつて、其ロエングストレームとかベルグマンとかが賛成したのである。

ハヤネ (V. Kobell) の云ふ所によると、岩石、土壤、鑛物 (狹義に於ける) の學問にオリクタロ

ギー (Orystallogie) と云ふ名稱をつけた人はベルグマンである相だが、オリクタラゴフヒー (Orystallographie) と云ふ名は前にも述べた通り、この名よりもやゝ前から存在して居つた。この世紀の終りに一の新しい名稱學が起つて、昔の名稱學を壓迫した。特にヴェルネル (Abraham Gottlob Werner: 一七五〇年—一八一七年) が首唱したオリクトグノジイ (Orystallognosie—鑛物鑑定學の意) と云ふ名が新しい流行の先例を作つたものである。氏は世界最初の鑛山學校なるフライベルヒの鑛山專門學校の監督者であつたから當時では唯一の教授用の器具を使用する事が出来、しかも天才を備へて居つたのであるが、クルザクゼンとかポヘミヤとかの様な狭い場所より外へ出た事がなかつたからどうしても偏狭な人にならざるを得なかつた。而して鑛物及び地質の専門家に對しては絶對の支配者であつた。かくして氏の御陰で、地球内に埋められてあるもの、學問が隆盛な學科となつた、即ち鑛物學とか岩石學とか及び地殼構造學とかが混合したものである。その外氏は結晶化學にも通じて居つたけれ共、結晶を標準になるものとはしないで、物理學や化學の試驗を最も信頼すべきものとした。而して是等の試驗の中でも着色の法を最も重んじた。この爲にはシハフヘル (D. C. J. Schöffer) が一七六九年に起した彩色法 (Nannering) が最もその助けをしたものらしい。初め氏が一七九八年にやり始め、次に氏の獎勵を受けた學生のエンムリング (L. A. Eumling: 一七六五年—

一八四二年) が作り上げたウエルネルの鑛物學は三門九綱六十六目からなり、尙一時用ひられた附加門は火成岩及び化石を入れて置く爲に作られたものである。其他獨逸の鑛物名稱學がウエルネルの考へから至大の便利を得た事は争ふべからざる事實である。

博物學の分類法は千八百年頃に完成したが、(其後は暫く一向進歩しなかつた) 結晶形を重んじた幾何學的の分類法を着實に研究されて成功した。勿論ヴァレリウスとかクロンシュテットとかの様にこの方面の尊敬すべき意義を十分認めなかつたり又はユステイ(H. G. T. Steud.) 一七七一年に死す) の様にこの事が正しいと云ふ事を拒まうとまでした學者がないでもないが、遂にロメ、デリル(L. Romé de Lisle: 一七三六年—一七九〇年) が出て、この分類法の不備な點を除くには幾何學上の外形に就てのみ判断を下すべきものであると述べた。氏の争ふべからざる功績は極く近頃になつて初めて認められたもので、それまでは全く蔑視されて居つた。この時分の智識程度は未だどんなに幼稚なものであつたかは次の事柄によつてわかる。即ち氏は結晶は有機物と等しく成長するものであると云ふ當時の迷信と論争しなければならなかつたのである。之はカッペレルが既に金屬植物、例へば鉛木の様なものについて精密に研究をした時にその實相が闡明されたものであるけれども、世の迷信は容易く撲滅されるべくもなかつた。デリルは又、半ばヒル(T. Hill: 一七一六年—一七

七五年) の説に賛成し、半ばその説に反對して、結晶角を研究し、之を精確に測定する爲にカランゼオー(Carangeot)と云ふ人が工夫した測角計(Goniometer)を使用し、又双晶構造(Zwillingsbildung)に就ても熱心に研究した。前に述べたベルグマンも同様の考へで研究した人であつて、注意して結晶を分割して初めてその構造が一層よく觀察されるものであると云つた。氏は、その半ば偶然に起つた觀察が如何に深奥な内容を持つて居るか豫想する事が出来なかつた。一七八四年にはハウイが出て來て、從來眠つて居つた知識を呼び起した。しかしこの事實と共に頭を擡げて來た新紀元を、十九世紀になされた事業と連絡して述べなければ歴史學上當を得たものではあるまいから第二十二章に廻して鑛物學の歴史は一先づやめる事とする。

次に又約百五十年前に遡つて更に植物學の進歩の端緒を述べやうと思ふ。前にも述べた通りこの新時代の入り口には先づツェーザルピヌスが立つて居る。しかしユンギウスは氏よりも遙かに進歩した人であつた。ユンギウスの研究は氏自身によつて公けにされないで後になつて氏の門弟なるフオーゲル(Fogel)とフアゲテイウス(Vogelin)とによつて公けにされた。氏が形態學と生理學とを分離し、又すべての憶説の根源なる自然發生(Generatio aequivoca)を排斥した事も特筆に價する。モリソン(R. Morison: 一六二〇年—一六八三年)は一六六九年に新たに植物學の系統を作り上げた

が、その結果よりも寧ろ傾向の上から見てこゝに記述する必要がある。ジョン・ハー(John Ray: 一六二三年—一七〇五年)は更に一六八六年から一七〇四年までに「植物の歴史」(Historia Plantarum)と云ふ三冊續きの本を出した。この書は古人の事業に同情を表して、之に合理的の批評を加へたものである。永い間この本によつて學者は決定を仰いだもので、リンネの書物が出るまで其の比を見なかつた。リヴィヌス(A. O. Rivinus: 一六五二年—一七二五年)が一六九〇年に出した「藥業植物概論」(Introductus generalis in rem herbarium)や又は科學的旅行家として新紀元を劃したトゥールヌフォール(J. P. De Tournefort: 一六五六年—一七〇八年)が一七〇〇年に出した同様の書物も之には數等及ばなかつた。レイは又アルベルトウス、マグヌスやヴァレニウス、コルドウスやポレルリやユンギウス等の報告を集め、纏繞植物やオジキサウ(Mimosa pudica)等に見られる、植物が刺戟と感應する現象の解釋に利用し、この現象に物理學上の説明を加へやうと試みた。尤もこの現象は以前にウェーザルビヌスによつてアリストテレスの所謂「植物の精神」に原因するものであると解釋されたものである。

レイは大變な多方面の人であつて、その當時の何の研究法によつても解釋のつかなかつた受精作用の學說に手をつけた様な事も驚くに足らない事である。又ミリングトン(Thomas Millington)や

後に述べるグリユー(G. Grew)などもこの研究に従事したが少しも得る所がなかつた。リンネはこの研究の成功を、チュービンゲンの教授ルドルフ、ヤコブ、カメラリウス(Rudolf Jakob Camerarius: 一六六五年—一七二一年)の徹底的に大變化を起した業績に歸したが當を得たものである。しかし當時の人はこの功を見逃して居つた。と云ふのは、カメラリウスは自分の研究して得た所のものを當時の風習に従つて浩瀚な書物に出して外見上の尊敬を受ける様な事を避け、片々たる論文で發表したからである。之等の論文は一七九七年に漸くブラーグのミカン(J. C. Miksa: 一七四三年—一八一三年)によつて一纏めにして出版された。

カメラリウスは桑の樹や其の他の樹木について正確な觀察をなし、雄木が近くになくとも雌木は結實し、雄木が近くにあれば却つてその實が完全に發育しないものであると云ふ事なども確信して居つた。氏は一六九四年にギーセンの同僚なるヴァレンチンに宛てた手紙の中で、當時 *apices* と呼ばれて居つた葯の概念を明かにし且子房は花柱と共に植物の果實形成點であると定義した。又自花受精及び雜種受精の問題をも研究した。遺傳の問題に就ては不明の點が可也あつたが、大體に於て氏は、昔からのこの問題を解決する端緒を作る事が出来た。植物學が氏の達した所から以上に進歩したのは漸く十八世紀の末葉に至つてからである。

従來は植物學者は全く肉眼によつて觀察して居つたから、ツェーザルピヌスも既に努力して居つた様な、植物の構造を深く研究する事は出来なかつたが、この時分顯微鏡が發明されて漸く成功の域に達した。實に顯微鏡の植物解剖學者に必要な事は、望遠鏡が天文學者に必要な事にも劣らないのである。即ち合成顯微鏡はフック (R. Hook) によつて植物學に使用される様になつた。フックは何事にも堪能な人であつて、餘り結構な材料ではなかつたが木炭やコルクの様なものを探つて鏡檢し、自分の主要著書の中に植物組織を圖解したのである。この主要著書と云ふのは前にも述べた如く、ボイルと共同して一六六五年に倫敦から出した「顯微鏡にて見たる微細物の圖」である。氏に次いで二人の學者があらはれた。即ち前にも一寸述べたグリユー (Vehemias Grew: 一六二八年—一七一一年) とマルセロ、マルビギー (Marcello Malpighi: 一六二八年—一六九一年) とである。マルビギーの「植物の解剖」(Anatome Plantarum) は一六七五年に出て、グリユーの「植物の解剖」(Anatomie of plants) は一六八二年に出た。そしてこの兩人共に各々獨立して研究して居つたから元祖としては同等の権利を持つて居るものである。有名なる植物學の歴史家ザックス (T. Sachs: 一八三二年—一八九七年) はマルビギーを天才あり且優雅な人であると評し、グリユーを偏狭心なく且組織的人であると評して居る。ザックスは柔組織 (Parenchyma) と云ふ字を作つて上述の兩研究

家の胸中に潜んで居つた植物組織學に明瞭な表現を與へた。斯様にして、この時から五十年後にルドルフ、フィルヒョウ (Rudolf Virchow: 一八二一年—一九〇一年) によつて確證された「總ての生物は細胞よりなる」と云ふ大原則が世間一般から認められる準備が整つた。しかもこのマルビギーとグリユーと云ふ植物解剖學者は植物生理學者としてはあまり成功しなかつた。と云ふのは、兩者共に花粉の存在を認めたが、雄蕊の本分を發見する事が出来なかつたからである。レオイウエンヘークは鋭敏な顯微鏡で植物の組織の中に結晶が所々に存在する事を發見する事が出来た。

マルビギーとグリユーとの營養作用に關する意見以上に更に進歩する所が無かつた植物生理學は度々述べたマリオットに依つて漸く新しい軌道が敷かれた。但しマリオットの意見も大變後になつて正當に評價されたものである。氏の解釋は全く化學的のものであつて、此の點に於てリービヒを思はしめる。即ちすべての植物は原成分 (Principes grossiers) なる酸、アンモニヤ及び水を含むものであつて、是等の物質は神によつて初めから與へられて居るものではなくして植物が之等を地面から吸ひとるものであると云ふのである。尚氏は植物の成長を物理學の方面から觀察して、毛管現象の液壓を之の説明に正しく利用した。又レイはグリユーの附けた淋巴の運動と云ふ字を使つて、之を特に注意して研究した。而して他方では、物理學者のニエンウエンチート (B. Nieuwenh.

一六二四年—一七一八年)と數學的哲學者のヴォルフ (C. Wolff) とが各々専門の實驗、特に空氣ボンブの中で行ふ實驗を案出した。又ヴォルフは硝石肥料が農事經營に大變有益な理由を解り易く述べた。植物物理学と姉妹の関係がある植物生理学は更にステファン、ヘールス (Stephan Hales: 一六七七年—一七六一年) によつて一大進歩をなした。又植物體の中で行はれる水の運動及び空氣の轉換に關して巧みに案出された氏の實驗によつて植物の生命を保持する事及び植物が強健になる事に附隨する總ての疑問が一の新らしい原理から説明される様になつた。氏が一七一八年に脱稿し、一七二七年に出版した「統計論文」(Statistical essays)は大變立派なもので、永く世間から模範書として珍重がられた爲に却つて害毒を流す様になつた。と云ふのはこの本があつたが爲に皆之に頼つて一歩も進歩しなかつたからである。

十八世紀の中頃からリンネは植物學を初めとして其他總ての博物學科の重鎮たる事が益々明らかになつた。ザックスは氏を創造的天才がある人だとはしなかつたが、科學の進歩史上には改造的研究よりも整理し、篩ひ分ける事が一層必要な時代が時々あるものである。リンネが自分の存在して居つた時代の學界を斯くの如くに威伏させた所以のものは、總て自分の眼の前に現はれて來たもの、要領を得る事に巧みであつたからである。從來知られて居つたものや放擲されて居つたもの

を訓和したのはリンネの一大特質とすべきのみならず、又氏の一大功績とすべきものである。」とザックスは述べて居る。兎も角氏と同時代及び後の時代の人々は氏を無暗と尊敬した。又氏もこの時代に盡す所が多かつたのである。氏は瑞典やラブランドへの植物を氏は一七三八年に記載した—に旅行したり又は自分の監督に委せられた和蘭のハルテカンブのクリッフォートと云ふ人の庭園に入つて研究したりした結果、植物學上の該博な知識を得、之を基礎として矢次早に次の書物を著した。即ち「自然組織」(Systema naturae)「植物學の基礎」(Fundamenta Botanica: 一〇三九年に和蘭のアムステルダム市にて出版す)及び「植物の種族」(Genera Plantarum: 一七三七年にライデン市にて出版す)などである。氏が一七五一年にストックホルム市で出した「植物哲學」(Philosophia Botanica)は氏の豊富な生涯の研究の總計である。氏は又鑛物學者としてはファンルの高等學校の鑛物の教授を勤めた。今こゝに人のあまり注意しない氏の事業の二三を摘んで述べんに、氏は觀察をする爲に旅行した最初の人である。氏は又立派な醫者であつて、病氣は顯微鏡で見なければわからない様な小さい芽から起つて來るものであるとした。又氏以前には唯ダンチックのライゲル (Reyger) 一人が實驗的に研究した植物地味論 (Pflanzenphäenologie) の自覺した創設家である。併しリンネは、解剖學や生理學では當時の知識以上にあまり踏み出さなかつた。又生殖器官の理

などもよく考へたけれ共、更に新らしい着眼點から觀察する所はなかつた。どうしても氏が分類に能才を持つて居つた事を第一に擧げなければならぬ。であるから氏の「植物の種族」と云ふ書物は氏の植物學の著書中最良のものである。すべての植物に族名と種名とをつける二名法は實に氏の創めたものであつて、氏はこの事をこの書物の中で發表したのである。氏は斯様にして實地の植物家が數十年間植物決定の鎖鑰とした有名な人為的分類法を作つた事は作つたが、氏が標準とした植物の生殖器管は實際標準となるものではなくして、將來は却つて自然分類法が用ひられなければならぬと云ふ事をよく知つて居つた。現に氏の二三の遺物の中にはこの事を明かに自分の門人達に示してあるものがある。

是等の門人の中で二人の有名な學者がある。即ち父ベルナルド、ローラン、ド、ジュッシユー (Bernhard Laurant De Jussieu: 一六九九年—一七七六年) と子アントワヌ、ローラン、ド、ジュッシユー (Antoine Laurant De Jussieu: 一七四八年—一八三六年) とである。この二人はリンネが希望して居つた自然分類法と離す事が出来ない關係がある。氏等は植物分類の根據となるものは個々の點でなくして花全體であると述べた。即ち植物全體を無子葉植物と單子葉植物と多子葉植物との三大門に分け、更に之を無花瓣植物と單花瓣植物と多花瓣植物とに分けた。無子葉植物とは地衣類

とか菌とか苔とか藻とかの様な隱花植物と名の付けられたものを云ふのである。この名はリンネが既に使つた。二三の點に至つては息子のジュッシユーは餘りにリンネを凌駕しなかつたが、全體としては遙かに進んで居る。この佛蘭西の學者なるジュッシユー父子の後塵を拜して研究した學者にはウイーン市のジャックイン父子 (Z. S. Jaquin: 一七二八年—一八一七年) と J. F. Jaquin: 一七六六年—一八三九年) とゼネツァ市のド、カンドル (A. P. De Candolle: 一七七八年—一八四一年) とがある。併しカンドルの全盛時代は今述べて居る時代に屬しない故に後章で述べる。十八世紀の自然研究者の殆ど總べての人は「種はそれ自身不變なり」と云ふ定理を固く信じて居つた。

次に分類學から眼を轉じて理論的問題に入ると、先づ生殖學の研究家としてはモerland及びゼオフロイがある。二人共に既に汎生論 (Pangenesis) に傾いて居つた。この説によると、Aと云ふ生物から生ずるBと云ふ生物は萌芽の様になつて既にAの中に含まれて居らなければならぬと云ふのである。ツォルフ (C. V. Wolf) は斯様な定理をませつかへしはしなかつたが、氏と同名で、アルフレッド、キルヒホーン (Alfred Kirchof) によつて眞價を認められたカスバル、フリードリッヒ、ツォルフ (Kaspar Friedrich Wolf: 一七三三年—一七九四年) は斯様な幻想を打破した。氏は一七五九年に既に、教授就任論文の中で新しい生殖の理を論じ、大解剖學者アルブレヒト、フォン

ハルマン (Albrecht von Haller: 一七〇八年—一七七七年) が創めて、後すべての自然哲學者及び顯微鏡學者によつて承認された原則、即ち實際に新しいものは決して生じないと云ふ原則に抗論した。又氏は大膽にも花や葉が萌芽の様になつて植物體の中に存在して居ない事恰も子孫が先祖の體内に存在して居ないと同様であると述べた。王立獨逸科學者協會の制定に依る名譽賞牌を受けた陸軍々醫長コテニウス S. v. Colheims: 一七〇八年—一七八九年) と、リンネの生殖説が不道德であるとの非難に對し熱心に此説を擁護したグライチ (J. G. Gleditsch: 一七二四年—一七八六年) とに對して此ヴォルフは感謝しなければならぬ事がある。其は彼が一七六六年に招聘に應じて永久に母國を離れて露國の首都ペトログラードに行く迄伯林で講師となり、自分の學説を作り上げた事である。又ペトログラードでも尙氏は自分の説即ち新生論 (Epigenetismus) を述べて、生物發生學の創設者となつた。

植物の雄雌の働さが如何にして完成するかとの疑問はリンネによつて正しく認識せられたのである。其れ共、生理學の方面からは未だ完全を期せられて居なかつた。しかし十八世紀の後半に於て解決に近づいた。この重要な進歩思想を抱いて居つた第一流の人々は、*ドウイヒ* (J. Hedwig: 一七三〇年—一七九九年) の外に *キョルロイテル* (J. G. Köhler: 一七三三年—一八〇六年) と

コンラード、スプレングル (Conrad Sprenger: 一七五〇年—一八一六年) とである。ローガン (J. Logan: 一六七四年—一七五一年) やブラッドリー (B. Bradley: 一七三二年に死す) やモルランドやグレディッチなどの實驗は大變趣味のあるものであつて雌雄同體及び雜種受精の問題にも觸れた事は觸れたが、主要問題の説明には著しい進歩を貢獻しなかつた。尙この方面にカールスルーエの教授であり且宮中庭園の園長であつた若い *キョルロイテル* が現はれて澤山の實驗を記載した。氏は「植物の性に關する觀察及び實驗豫報」(Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht betreffenden Beobachtungen und Versuchen) と云ふ本を一七六一年から一七六六年まで掛つて出した。この書によると、氏は合理的の新解釋を抱いて居つた人である事が明かである。氏は植物が昆虫によつて受精され且人工的に雜種を作り得る事などの學理をも首唱して凱歌を奏した。併しこの大發見は獨逸ではゲルトネルの口添へなどもあつたが、大多數の獨逸や其他諸外國の學者に閑却されて居つた。其れ共後になつて一七九三年にスプレングルが「花の構造及び受精に關して新たに發見されたる自然の秘密」と (Das neu entdeckte Geheimnis der Natur im Bau und Betrachtung der Blumen) 云ふ書を伯林から出して、その中に昆虫が花粉を運搬して受精を助ける事を述べてから、この事が一般に認められる様になつた。スプレングルのこの書物も後になつて認められ、新しい生物學の出發

點となつた。

次に動物學の歴史を述べやうと思ふが、之にも分類記載の方面と、解剖生物學の方面とがある。であるからこの二つの方面を別々に分けて述べべきではあるが、この二つは大體密接な關係があつて、恰も糸が錯綜して居る様である。顯微鏡は兩方共に使用された。レイが一六九六年に作つた類目表はアリストテレスの「動物の歴史」やツエーザルピヌスの著書などによつて作られたものであつて、鯨を直接に哺乳動物としてなかつた程保守的なものである。しかし氏は種の概念を明かにせんとする試みに成功し、之に依つて動物學や植物學に大貢獻をなした。それ以來種とは最小なる分類上の單位であると解釋せられた。ずつと後リンネの時代になつて初めて種が變種に分けられた。シャルトン(W. Charleton)は分類家としてレイに左祖し、古生物學者として令名があつたリスナル(M. Liscow)は昆虫學の方面から氏に賛成した。この時代になつてから科學的の旅行家が益々増加し、動物學上に新しい材料を盛に供給した。先に述べたトールネフォルの外に、ルンフィウス(C. H. Ramphus: 一六二七年—一七〇六年)は軟體動物研究の爲に後印度に、ケンベル(E. Kämpfer: 一六五一年—一七一六年)は日本に、騎士であつてこの時代には珍らしい豊富な陳列館の所有者であつたスローン(H. Sloane: 一六六〇年—一七五二年)は中央アメリカに、メリヤン(Merian)と呼ば

れて居つたシビラ、グレーフ(Gelilla Groot: 一六四七年—一七一七年)は動物研究の爲にスリナム河(南米ギアナ)に旅行した事などは有名である。このグレーフは又昆虫の圖工としては比類のな人であつた。暗礁を形作る珊瑚は從來永い間無機物とせられ、後コメニウスによつて植物であることがされたが一七一〇年に有名な地理學者のマルチグリー(M. F. Marsigli: 一六五八年—一七三〇年)伯は動物であると證明した。大膽なニールンベルヒのレーゼル、フォン、ローゼンハーフ(Roesel v. Rosenhof)が一七五〇年に出した「昆虫の歡樂」(Insektenbelustigung)と云ふ本は多くの新らしい動物を記載して學界に紹介し、下等動物研究家の寶とされた。その中、淡水に産する糜(Bryozoen)と水母の一種なるヒドロポリプ(Hydropolyp)とは特に珍らしいものであつた。トレンプリー(D. A. Trembley: 一七一四年—一七六三年)は從來不可解とされて居つたヒドロポリプの分裂繁殖を實驗的に既に年少時代に報告した。

レイが示した模範は注意されなかつた事はないが、これよりも一層非科學的な分類法の試みをすつかり撲滅する事が出来た程の大影響は及ぼさなかつた。斯様な大影響を起した人としては、ゲンナヒ市のクライン(J. E. Klein)を挙げなければならない。と云ふのは、クラインは一七四三年にエランゲン大學の手に賣渡された博物學の陳列館の基礎を作つた人であるからである。之に反して

英國人トレンブリーによつて開拓された道は瑞典人のアルテディ(P. Artedi: 一七〇五年—一七三五年)とリンネとによつて發表された。アルテディは獨逸人プロッホ(M. E. Bohn: 一七二三年—一七九九年)と共に合理的魚學の開祖である。こゝに於て大創業家リンネは動物分類學に於ても支配者となつた。これまで植物學の歴史や一部分まで鑛物學の歴史で述べた様に、氏の定義はこゝでも大變明確であつた。氏は、種とは人工を加へて出來た異種とは異つて、天から定まつてある不變のものを云ふのであると解釋した。リンネが人間を、最も進歩した哺乳動物の一つであるとして動物の最高位に據へ、そして *Homo sapiens* と云ふ學名を附けた事などもこの時代としては一の大事業である。リンネの時代では分類の點に於ては氏の右に出る者が一人も無かつた。シュレーベル(D. V. Söndermann: 一七三九年—一八一〇年)の哺乳動物に關する蕞大な著書は全くこの先師の精神を受け繼いで作られたものであつて、この書は全體完成するのに七十二年を要した。即ちシュレーベルは一七七五年に第一巻を出し、次にゴールドフース(G. A. Goldfuss: 一七八二年—一八四八年)とワグネル(Wagner: 一七九七年—一八六一年)とが氏の死後も引續いてこの仕事に従事し、一八四七年に終編を出した。バルラス(P. S. Pallas: 一七四一年—一八〇一年)は二三の點にかけてはリンネに優つて居る。先づ第一に蠕形動物を分類表中に置いた位置が彼の考に従ふ方が妥當であつた事、次にリンネ

は動物の綱、目及び科の相互間に些の推移をも認めなかつたがバルラスは寧ろ全動物を包括する一大系統分岐恰も樹の如くなる事を指示せんと試みた點にかけてである。記載的の方面からではなくして、この後の方の側即ち個々の動物分科間の親縁の有無と云ふ様な側から見ればプフオン(G. L. De Buffon: 一七〇七年—一七八八年)伯は大變進歩した人であつた。氏は一七四九年に巴里で出した「自然の歴史」(Histoire Naturelle)は新らしい思想を包含して居ると云ふ點よりも寧ろ動物の生活條件を巧みな筆致で縷々描寫してある點に於て世人を驚ろかした。氏が醫學を教へた學生で、後共同研究者となつたドーバントン(L. M. Daubenton: 一七一六年—一七九九年)は正確な骨格を記載した點に於て特に氏の上に出た。であるから有識の士は「自然の歴史」の中でプフオンが著した所と、ドーバントンが書いた所とを明かに區別する事が出来る。尙佛國ではこの二人の學者に與した動物學者が澤山あつたけれど後章で述べる方が便利であるから後廻しとする。

生物學的動物學即ち分類學でない方面は、その性質上醫學と密接の關係があつた。その連絡には特にセヴェリノ(M. A. Severino: 一五八〇年—一六五六年)が努力した。セヴェリノの時代には、その當時の生理學上の最大發見がなされたのである。即ちコロンボが只想像したばかりのものをウィリアム・ハーヴェイ(William Harvey: 一五七八年—一六五八年)が一六二八年に小さい書物を著

して、人間及び高等動物の體中には血液が循環して居るものであると云ふ事を一點の疑をも挿し扱めない様に確證した事である。しかし斯様な根本的の大變革は極めて徐々に成功するものである。即ちアルトドルフの教授ホフマン (K. Hofmann) を筆頭として澤山の醫師達がこの血液動力學 (Haemodynamik) に反對した。しかしベクエー (Bequet) とかアセリ (Aselli) とかウイルズング (Wirsung) とかの消化作用の新研究の結果、すべての生物學上の現象は全く物理學や化學の法則に基いて解釋せられるものであると云ふ信念が益々多方面の人々に抱かれる様になった。

斯くしてマイヨウ (J. Mayow : 一六四五年—一六七七年) は呼吸及び循環の條件を研究し、十八世紀の七十年代にはレディ (T. Redi : 一六二六年—一六九七年) とロレンチン (G. Lorenzini : 一六七八年代の人) とは電氣魚に就て詳しく研究した。魚の解剖はステクが既に獨力で進めた。神経系統の比較解剖學を作り上げたのはトーマス、ウイリス (Thomas Willis : 一六二二年—一六七五年) の功績である。しかし比較解剖學と云ふ名稱は、意味が少々異つて居るが英國のフランシス、ペイロンがつけたものである。又デュヴェレニー (J. G. Duverney) とかチロン (E. Tyson) とかブラジウス (G. Blasius) とかコリンズ (S. Collins) とかヴァランチニ (B. Valentini) とか云ふ人々も有名なこの方面の學者として序でに擧げなければならぬ。今述べたレディは蛇の毒に關して、最も根

本的で且新方針を示す研究をなした。又當時ブッフオンが熱心に信じて居つた自然發生の説と劇しい論戰をして之を打ち破り、大尊敬を博する様になった。この點に於ては、「總べての生物は卵より生ず」(omne vivum ex ovo) と云ふハーヴェーの論文と全く一致して居る。このハーヴェーの論文は後世になつても永い間よく人々に讀まれたものである。

顯微鏡學者に就ては既に光學の歴史中で簡單に述べて置いた。先に植物學者として擧げたマルビギーは擴大鏡を蠶や鶏の發生の研究に利用して成功した。之が成功してから世人は特にこの發生の研究に興味を起す様になつた。と云ふのは、人工的に鶏の卵を孵化させる事が出来るものであると云ふ説が十七世紀に埃及から傳つて來たから之を實行して見やうと思つたのである。さて動物の血管を顯微鏡で檢しやうとすれば色素を注入して保存しなければならぬのであるが、この技術はマルビギーとルイシユ (R. Ruysch : 一六三八年—一七三一年) 及びリーベルキューン (J. N. Lieberkuhn : 一七一一年—一七五六年) などの手に依て完成せられ、其後百年位改良を施されなかつた。又リーベルキューンは指示説明と便利な太陽顯微鏡を發明した。レオイヴェンヘークは特に熱心に助手のファン、ハン (van Hahn) を共に顯微鏡に依る觀察をした。ハンは幸運にも、師匠が純粹な生活して居る精蟲だとした遊走子 (Spermatozoa) を發見し、又滴蟲類として學界に紹介せられた原生

動物 (Protozoa) を發見する事が出来た。鳥賊の出色器官を精密に知つて居つた軟體動物學者のスワンメルダム (Swammerdam) はこの發見をしやうと努めたが成功しなかつたのである。

人類學も同様に大變醫學と密接な關係があつた。併しその材料は、佛國人のド、ラ、コンダミヌ (De la Condamine) とラファトー (Lafiteau: 一七〇〇年頃の人) とが南阿米利加人や印度人などに就て研究し、ペーテルコルプ (Peterkollb) が一七一九年にホテントット人に就て研究し、ハンス、エグデ (Hans Egede) が一七二九年に東エスキモー人に就て研究し、又一七七〇年に世界を帆船で一週したジェームス、クック (James Cook) がヨハン、ラインホルド (Johann Reinhold: 一七二九年—一七九八年) とヨハン、ゲオルグ、フォルスター (Johann Georg Forster: 一七五四年—一七九四年) と云ふ二人の従者と共にポリネシヤ人に就て研究した時に大變豊富になつた。人間を四つか五つの亞種に分ける方法はあまり有名でなく且其の創設家も不明であるが、一六八四年に成し遂げられたものである事は明かである。其の他注意すべき事柄は、進化論を原始時代にまで當嵌めて現在の人間を、アダム以前の傳説時代の先祖から繁殖して來たものであるとする創造的の試みが英國の大審院長マッシュ、ハール (Mathew Hale) や獨逸のザルツブルグの人なるビッテルクラウト (Bitterkraut) などの様な神學の空氣を吸つて居る博物學者によつて成された。この時代に、正確な人類學上の測

定をするに模範的方法として、合理的の頭蓋骨學の建設家なるペテル、カンペル (Peter Camper: 一七二二年—一七八九年) は顔面角と云ふものを云ひ出した。顔面角とは額の中央から鼻の尖端に下した斜めな線と、鼻の尖端を通つて顔面に平行して居る水平線 (約そ鼻尖端から耳穴の下邊まで引いた線) とのなす角を云ふのである。而して之が大なる程優等人種であると云ふ。又ドーバントンも頭蓋測量法が完成して居なかつた時代に之を研究した人である。この時代の殆ど終りに刺戟説 (Irritabilitätslehre) の創始者なる大生理學者ハルレルが先鞭をつけた後に、二人の獨逸の教授ハインリッヒ、マリヤ、フォン、レヴェリング (Heinrich Maria von Leveiling: 一七六六年—一八二八年) とヨハン、フリードリッヒ、ブルーメンバッハ (Johann Friedrich Blumenbach: 一七五五年—一八四〇年) とが人類學を専門學校の獨立學科とした。レヴェリングは一七九四年に獨逸のインゴルスタット市で「純粹人類學摘要」を出した人である。

第十六章 フンボルトとヴァレニウスとを境

堺石とせる地理學地質學的諸學科

今まではこの題名の下に含まれて居る分科を、外の學科から離して別に細論する事は少しも必要

としなかつた。と云ふのは、例へば地質學でも獨立した地質學科と云ふものは無かつたから之に屬するものは止むを得ず鑛物學、化學、物理學から解釋せられて此處に隠れ家を求めて居つたのである。地文學は數學にも歴史學にも附屬物とされなかつたから尙更不便であつた。尤もこの時代に於ける地文學は未だ一學科として獨立する事を欲しなかつたのではあるが、然し之に屬するもので立派な研究は記載しなければならぬ。この世紀の初まりには無比の學者、ベルンハルト、ヴァレニウス (Bernhard Valenius: 一六二二年—一六四九年) がある。一六五〇年にアムステルダムで發刊された氏の「地理學概論」(Geographia generalis) は氏が年齢三十年才にも達せず死んで了つた爲に、完成する事が出来なかつた。この世紀の終りにはアレキサンデル、フムボルト (Alexander Humboldt) の名が有名であつた。氏が一七九九年に行つた南亞米加旅行と共に我が地球研究上に一紀元が劃される。

さて前に述べたアグリコラの死後地質學に關する事柄について著述家と云ふて宜い様な人は永く出て來なかつたが、ヴァレニウス出て形態學上の疑問に鋭い眼を放ち又火山をも等閑に附しなかつた。この火山に關してはお馴染のキルヘルが大變廣く研究し、一六六四年にはアムステルダムで「地下の世界」(Mundus subterraneus) を發行して火山説を建てた。この説はフムボルトやブ、フ等によ

つても極く表面上にしか訂正が加へられなかつた。キルヘルは地球の内部は火の様になつて居る液體の恐ろしい塊りであつて、之が地殻にある溝によつて爆發の時に外界へ突き出されて來るものであると云つた。水成岩層や水成岩山の根本概念に就てはステノは先に述べた書物に書いて居る。地球成形や宇宙成形に就ては大概の人は天災説 (Katastrophenlehre) の述べる通りに考へた。然しライブニッツはこの方面にも大變明晰な觀察を下し、地球形成の經過を實際的に解釋しようと思ひ、一七〇〇年に作られた「Protogaea」と云ふ本(出版されたのは一七四九年)の中で現今の考へ方と大變よく似て居る考へを述べて居る。

扱太古生物學の方では、中には健全な意見の發表も無いではないが、此時代には未だく不安定なものであつた。ステノやウッドワードや、スチルラ (A. Stilla: 一六七〇年頃の人) 等は自然が戯れをするのであると云ふ様な假定を全く否認した。そしてリスターやフックなどは地層の世期を發掘されたる有機物を基にして地質學的に定め得ると云ふ考へを起した。又未決の問題を解くのに地球構造學上の圖を作る事も流行して來た。斯様な立派な考へもあつたに係らず博學のシヨイヒツェルにすらも箭石 (Belemnites) は有機物から出來た物であると云ふ事を承認しなかつた。又ヴォルタイルは伊太利の第三期より成る山の無數の貝殻は中世の貝小屋から落つて來た物であると考へた。之

に反してストラスブルグの學生で後に世界屈指の詩人となつたゲーテは一七七〇年頃に、氏がアルザースやロートリンゲンなどで集めた貝殻は實は海から來たものであると云ふ事を大變明確に説明した。然しこの時代の人は、クリューゲル(J. G. Krüger)が一七四六年に暗示した様に、或動物は全くこの世から無くなつて了つたと云ふ様な事には殆ど信を置く事が出来なかつたのである。

ステノが作つた基礎から進んで、レーマン(J. G. Lehmann: 一七六七年に死す)は一七五六年にフュックゼル(Fuchs)は一七七三年に近世の地層學(Stratigraphie)を創めた。又ロートリーゲンデスとかムツセルカルリとかの如き地層群などに對してもこの時代に現今用ひられて居る説明が起つた、そしてギョヴァンニ、アルド・イノ(Giovanni Arduino: 一七一四年—一七七五年)は一七七五年に地球の全層の構造を初期層、次期層、第三期層とに分けた。又ウエルネルは一七八二年と一七九二年とに出版された化石學の本の中で地質學を地層學や鑛物學や岩石學の方面に持つて行つた。併し氏は總ての自分の學派の人達と共に、化石の力を借らずに或層と或層との年代を比較する事が出來ると云ふ誤想を確持して居つた。

地球形態學は全十八世紀を通じて二方面の考へから決定された。即ち水成論者と火成論者とであつて、この二者は互に頑固に且感情的に論戰して居つた。併し兩方共全く正しいのではなくして共

に極端に走つて居つたのである。同名同姓の二人のウィリアム、ハミルトン(William Hamilton: 一七九七年及び一七三〇年—一八〇三年)やドローミー(D. G. S. F. De Dolomieu: 一七五〇年—一八〇一年)やダイートリツァ(P. F. von Dietrich: 一七四八年—一七九三年)や其他多くの學者等がなした様に活火山に關する深刻な研究は、それ自身は立派なものであつたが、内部の自然力の活動の程度を恐ろしく過重して山が高まるのは全く此力許りによるものであるとされた事が稀でなかつた。殊にその極端に走つたものは、獨逸語にも譯されて澤山讀まれたラツァロ、モロ(Lazzaro Moro: 一六八七年—一七六四年)の書である。之は一七四〇年に出されたものであるが其中には、總ての高い所は、海底の堆積物でも皆この力の結果だとしてある。バルラスも同様の事を考へたが、併し氏は壞れた層は上昇作用の結果生じた現象であるとして構造學(Tektonik)を發達させた。一番激しい論戰のあつたのは大理石と玄武岩とは水成岩であるか火成岩であるかと云ふ問題であつた。大概の専門家殊にウエルネル及びオーヴェルニウ火山の精通家なるギュータル(J. E. Guettard: 一七二五年—一七八六年)などでも水成岩であると固持した。然るにモンロシェー(M. D. R. De Montlosier: 一七五五年—一八三八年)伯は現代の地質學の云ふ様に火山から噴出して固くなつた岩漿であるとした。ウエルネルは一七八九年に、火山は主に地下の燄—燃へて居る炭の層—に等

しい物であるときまでした、尤も此前にレメリーは一七〇〇年頃に既に實驗に依て噴出とは只最上層に於ける化學的の現象の結果に過ぎないと云ふ事を發表しやうと企てた。つまりこの時代の人々は噴火と地震との間に區別を少しもしないで、これ等の現象を化學的のものであるとか又は電氣學的のものであるとかと解釋したのである。一七五五年の十一月一日にリスボンに大地震が起つた爲に地震に關する著述家が再び盛に出る様になつた。カントさへも地震の書物を出した位である。地震を測定する簡単な振子地震計は一七三〇年にカッペレルに依て、又一七八四年にネアボリの人ザルザノによつて云ひ出された。然しベルトロン、ド、サン、ラザル (Bertholon de Saint Lazar : ? — 一七九九年) の地震防禦器によつて地震の慘害を防がうと云ふ考へは勿論一の夢想にすぎなかつた。

水成論的學說から得られた喜ばしい副結果は、流れる水の形態學上の影響を一層適當に評價し且水蝕や削磨を正當に解する様になつた事である。その例證はアルプス山の地質専門家のシヨイヒツエルとかズルツェル (J. G. Sulzer : 一七二〇年—一七七九年) とか又特にホラーヌ、ベネヂクト、ド、ソーシユール (Horace Benedicte De Sausseure : 一七四〇年—一七九九年) とかの報告を見ればわかる。ソーシユールが一七八七年に企てた大規模のモンブラン山附近の旅行は山嶽學を特に進めた。又谿谷形成の理も十八世紀の終りには最早激烈な作用の結果だとはされないで、現代の學說の通り

流水の崩壞作用であるとせられる様になつた。之はリムロッド (E. A. Rimrod : 一七三二年—一八〇九年) やハイム (J. L. Heim : 一七四一年—一八一九年) 等が創めたものである。

次に働力地質學に屬する部分の事業を一寸述べよう。科學的の洞窟學はライブニッツやバイエルやエスベル (J. F. Esper : 一七三二年—一七八一年) やローゼンミュラー (J. C. Rosemüller : 一七〇一年—一八二〇年) 等の力によつて發達されたが、之が發達するのにあつては、一部分鐘乳石に對する趣味と、一部分大古生物學の研究とが重きをなしたのである。ゴルタニ (Forlani) は既に十七世紀に二三の伊太利人は洞窟學 (Speleologie) 上の研究を企て、居つた事を簡單に示した。一七六九年) には瑞西のペロネット (J. R. Peronnet : 一七〇八年—一七九四年) は山崩れに關する最初の明快な論文を出した。石柱の特徴ある形式はチロルの人ツァルリッゲル (E. v. Zallinger : 一七四八年—一八二三年) より前の人には眼につかなかつたらしい。氏は一七七八年に山間の急流と洪水とに關する報告を出し、その中でこの事を記載して居る。地中海の發生に就ては多分ド、ラ、メトリー (J. C. De La Méthérie : 一七四三年—一八七七年) が最初に研究したのであらう。氏は又一七九七年に發行した「地球の理論」(Theorie der Erde) と云ふ書物の中ですべての泉水は水中に浸潤して行つた雨水であると云ふ意見に味方して、現代の考へに全く適して居る泉の説を出した。

この意見は重に昔から傳はつたものであるが、マリオットやベルローやド、ラ、ヒール等によつて後になつて作られたものである。併しキューン (H. Kühn: 一六九〇年—一七六九年) と云ふ數學家が一七四一年に「海綿の理」と云ふ題の懸賞論文の中でも書いて居る様に、この古い説を信じて居つた人は澤山あつたのである。

又山の氷も、之を研究するのに都合のよい國では漸次科學界の研究物となる様になつた。氷河の研究家としてはシヨイヒツエルの外に氏と同國人なる瑞西人でホッチングル (J. H. Hottingsel: 一六八〇年—一七五六年) とかアルトマン (J. G. Altmann: 一六九七年—一七五八年) とかグルーネン (G. S. Gruner: 一七一七年—一七七八年) とかある。ブールリー (M. Th. Bourlié: 一七三九年—一八一八年) は立派な繪畫や記述等によつて、少し前には誰れにも知られなかつたこの世界を廣く知られる様にした。又ボルデーやベッソンやソーシユールやデルック (J. A. Deluc: 一七二七年—一八一七年) 等が氷河や堆石に關して行つた研究は、瑞西人が氷河運動に就てなした勇敢な行動が忘れられた様には等閑に附せられてはならないものである。東アルプスの氷河に關しては殆ど顧みられなかつた。只ハックエー (B. Haquet: 一七三九年—一八一五年) とワルヘル (J. Walcher: 一七一八年—一八〇三年) とが其の西側に出張して研究したばかりである。ヌーエム (A. Poellm) は

蘇格蘭の人プレイフエイヤ (John Playfair: 一七四八年—一八一九年) が漂殘物 (Erraticum) に對して初めて理解ある注意をなした事を發見した。雪線 (Schneegegrenze) と云ふもの、最初の、併し正しくない定義は有名なブーギユーンの南アメリカ遠征の結果出来上つたものである。

海洋學と云ふものを作る組織的の試みは、一六四三年に出たフルニエー (G. Fournier: 一五九五年—一六五二年) の「水路學」(Hydrographie) に見られる。この著者はブリニウスやアルベルトウス、マダヌスなどと同様に、満潮や干潮は月の位置に關係するものであると云ふ事を認めて居つたけれ共、之は流出する瓦斯の爲に海が週期的に脹れあがる結果生ずるものであるとする事は、ケブレルやゲーテの所謂「地球は呼吸作用をする生物である」といふ様な時代精神から起つて來たものである。海流に就てはメキシコ灣から來る暖流が知られて居つた。ヴァレニウスはこの暖流には種々の現象が起る事を述べた。既にキルヘルは斯様な水の運動の地圖を作つた。その原因に就ては、レオナル、ダ、ウインチヤケブレルやボテロ (Botero) や立派な地球物理學者のフォシウスなどは深く熟考した。ボテロは一五九九年に「海の關係」(De rationi del mare) と云ふ書を物した。マシグリ伯は一六八一年にボスボルスに關する書物を出して、その中で海水道に於ける二重流の特別の場合を全く正しく説明した。極海とその氷の状態に就ては船醫のマルテンスが一六七五年に獨り

で觀察した事柄に依て記載した。氏は開放された極海のない事を知つて居つた。尤も斯様な事はずつと以前一六一〇年に醫師ヘリゼウス、レーズリン (Helisus Roslin) も卓越せる學者ペーテルマン (A. Petermann: 一八二二年—一八七八年) の所謂「自己錯覺」に二百五十年も先だつて、星學上の動機から必要であるとした。又十八世紀には海洋學が大變進歩した。マルジグリ伯は一七一一年に、ポポヴィッチ (J. S. V. Popowitsch: 一七〇五年—一七七四年) は一七五〇年に、オットー (F. W. Otto: 一七四二年—一八一四年) は一八〇〇年に銘々専門の海洋研究書を著はした。又ヘルスは一七五四年に深底の水を取て其比重を計り、ニュートンは「光學」(Optik) と云ふ本の中で自然の水の色は青だとした。プッフオンとロモノソフとは海水中の水に就て研究した。一七四〇年に巴里でこの方面の懸賞論文が募集された時、當時で第一流の幾何學者オイレルとベルヌーリとコリン、マクローリン (D. Colin Maclaurin: 一六九八年—一七四六年) との三人はニュートンの原理を潮時學 (Gezeitenlehre) の問題に應用した論文を出して、潮時學を大變進歩させた。巨匠ニュートン自身も既に此事には手をつけ、從來不可解と思はれて居つた對蹠點の潮流 (Nadrlauf) を平易に解釋した。其他フランクリン (E. Franklin) はメキシコ灣の暖流圖を作つたが、是を見ると餘程深く海流の性質について研究して居つた事が解る。氏は又、後に大變重要とされた油を撒いて海を鎮める方法を航海者に知らした。

海と大陸との關係に就いては、澤山の新しい光明が擲げられた。又島嶼もよく注意される様になり、之を發生上の群に分類する事はヴァレニウスに依て、又後一六九一年にツェルフェル (J. Vüller) によつて努力された。珊瑚の構成の特質に就ては、大旅行家モンコンニス (B. Monconys: 一六一一年—一六六五年) が一六三一年に既に明かにしたけれ共、火山島即ち高島 (Vulkaninsel) と珊瑚島に依つて作られた低い島 (Atolls) との區別はカプテン、クツクの太平洋遠洋航海の時に初めてその乗組員なるフォースター (Q. R. Forster) に依てなされたものである。此時には地球物理學上の思想は正しかつたが動物學上の分類は正しくなかつた。又海の水面が或る所では昇り、或る所では降つたりする現象も澤山の瑞典の學者をして熱心に論争せしめた。その中でツェルジウス、リッネ、ヒェルネ、海軍大將ノルデナッカー (J. Nordenfkar: 一七二二年—一八〇四年) 等が著名である。大多數の人は大陸が上昇する結果であると考へた。然し反對に水が減退する爲であると云ふ意見を抱いて居つた人もあつた。この後の説に従つた人の中でスエデンボルグ (E. Swedenborg: 一六八八年—一七七二年) とマイレット (又はテリヤメットと云ふ B. De Maillet, Tellamed: 一六五六年—一七三八年) との二人が有名である。スエデンボルグがこの説を述べたのは一七二二年

であつた。氏は幻想に富んだ人であつたが又科學的修養をも捨てなかつた。マイレットは一七五五年に死後)にこの説を述べ、地球は終局に於ては全く乾燥したものになるであらうと云つた。「佛蘭西國王の第一の地質學者」たるボーシユ (P. Bouché: 一七〇〇年—一七七三年) は一七五二年に出した著書の中で、山は海まで續いて居るものであると云ふ想像を建て様と企てた。

河川學の方面では流れの速度を計るにピトー (H. Pitot: 一六九五年—一七七一年) とウォルトマン (R. Wolman: 一七五七年—一八三七年) とが作つたもの、様な新しい方法や新しい器械が現れて來た。組織的の海洋學の起原はラック、レマン (Lac Lémann) から始まる。砂洲が始終多量の水を振動させると云ふ現象も氏が始めて認めたものである。であるから氏が住して居つたゼネツアの著名な學者は皆氏の云ふ所に注意を拂つた。さて今までに最早有名な學者の名は大概外、原因で載せて了つた。未だ此の外に目的論的觀察法によつて、當時頗る名聲を博したボンネー (Ch. Bonnet: 一七二〇年—一七九三年) と老練な物理學者のチャラベル (L. Jallabert: 一六五八年—一七二四年—一七二二年—一七六八年) 親子との名を附け加へなければならぬ。

大氣物理學に於ては、天氣豫報が新しい器械を以て徹底する迄續行された結果昔の粗惡な經驗が壓迫され出した時に初めて新時代が起つて來た。ヘルマン (Hellmann) の云ふ所に従ふと、星學

家のキルヒと植物生理學者のカメラリウスとのこの方面の研究は賞讃に値するものである。第十五章では重要な器械が如何にして完成されたかを述べたが、併し一六九一年に出たコック、シュリユール (Cook Schiller) の藪大な字書を見てもわかる如く、之が爲めに星學上の迷信がすつかり後を絶つたと云ふわけではない。兎に角この世紀の末に當つては「氣象學は地球上の事柄よりも、宇宙の事柄の方を余計慮からなければならぬ」と云ふ原則が大部分徹底されたのである。此時分晴雨計の度の高さが月に關係するものであると云ふ事を證明しようとする實驗が澤山行はれたけれ共、どうしてもこの根本原則を變ずる事が出来なかつた。天體氣象學上の迷信は初め十六世紀にフレ、アントニオ、デ、ウルダネタ (Enry Antonio De Uraneta) に依つて抱かれたものであつて、後に西班牙、和蘭、英國等の航海家によつて努力され、遂には正しい海上氣象學建設の下拵へとつた。斯様にして積みあげられた經驗から出發してハドリー (G. Halley) は一七三五年に新しい且正確な貿易風の理論を出し、更に哲學者のカント (J. Kant: 一七二四年—一八〇四年) と、上昇氣流 (Courant ascendant) と云ふ語を創めたツォシユールとは是を擴張して半年風 (monsoonwind) の説明に利用した。ランベルトは一七六三年に十九世紀に作られたバインス、パロットの定理に殆ど等しい定理を發見した。尚ビルグラム (A. Pilgram: 一七三〇年—一七九三年) が一七八八年に行つた事業

の中には綜合的氣象觀測法の端緒が窺はれる。而してベックマン (J. I. Baeckmann: 一七四一年—一八〇二年) が作つたバーデン市天氣測候所も同様の目的に貢献する所が多かつた。長老ヘンメル (J. J. Hemmer: 一七三三年—一七九〇年) が作つた Societas Palatina と云ふ會では之等の問題を大袈裟に取扱ひ、一七八〇年から十ヶ年もかゝつて研究し、大ひに得る所もあつたけれ共、此時一度この會の中心地マンハイム市を非道く襲つた戦争があつたから、その中で自分の主意を通す事が到底出来なかつた。

又氣象學に關する光學や大氣電氣學等も十八世紀に氣象學の分科となつた。フンクス (J. K. Fuhr: 一六八〇年—一七二九年) が一七〇五年と一七一五年とに出した、天の色に關する書もこの混亂時代に大急ぎで作られたものである。更に天の色を度數的に計算する事が出来る様にとソーシユールは透明計 (Diaphanometer) と青度計 (Kyanometer) とを發明し、進んで歐洲の最高山なるアルプスの絶頂で青度計の試験をして好結果を得た。十八世紀の終りに當つてクランプ (C. Krump: 一七六〇年—一八二八年) が大氣の屈折作用を研究したり、又はモンヂ (Gr. Monge: 一七四六年—一八一八年) がシシリー島の海岸でよく見るファタ、モルガナ (Fata Morgana) と云ふ一種の蜃氣樓の現象の解剖をした事等は注意すべきものである。斯様な空氣中に現はれる像はモンヂがナポレ

オンの軍に従つて埃及に遠征した時自ら見たものである。又ルモンニエー (Lemmonier: 一七一七年—一七九九年) が大氣電氣の存在を注目してから大氣電氣の研究材料はデュフェイ (Dufay: 一六九八年—一七三九年) やダリバルド (Dalibard) やウォール (Wall) やリッホマン (Richmann: 一七一一年—一七五三年) 等によつて大變増加された。亞米利加のフランクリン (B. Franklin: 一七〇六年—一七九〇年) が一七六九年に初めて避雷針を作つてから大氣電氣の趣味が大變増加した事は尤もの事である。フランクリンの實驗より少し以前にソーレン派の牧師プロコープ、ディヴィシ (P. Prokop. Divisch: 一六九六年—一七六五年) がフランクリンの研究を知らないうで同様の實驗をしたが餘り世界に知られて居ない。現今は異議なく電磁氣學上の現象だと解釋されて居る北極の極光をヴォルフ (C. V. Wolf: 一六七九年—一七五四年) は一七一六年に既に知つて居つて所謂未熟の嵐だとした。又此他多くの物理學者はカントンの先例に倣つて、此の現象を電光にあるものと同じ調整作用であるとした。然し之と共に瑞典人トリヴァルト (S. V. Trievall: 一六八八年—一七四三年) が實驗から割り出して作つた反射屈折の假説も起つて來た。又ドン、ワルロアとクックとが一七〇〇年頃に行つた南極洋旅行の結果南極でも極光が見へるものであると云ふ事になつた。

ハート (J. Cotte: 一七四〇年—一八一五年) が一七七五年に巴里から出した「氣象學參考書」と

云ふ本は氣象學に就て詳密に述べたものであつて、この本によつて季候學も初めて組織的になり、最早前の様につまらないものではなくなつた。此季候學に依頼つて植物地理學や動物地理學も頭を擡げて來た。その最初の本はリンネも云つた如く瑞典人メンツェル(C. Menzel: 一六二二年—一七〇一年)の「日本の植物」(Flora Japonica)である。但しこの本は印刷には附せられなかつた。氏は西比利亞研究家のバルラスやグメリン(S. G. Gmelin: 一七四三年—一七七四年)などと共にこの新しい學科を發達させやうと大に努力したのである。又ヤング(A. Young: 一七四一年—一八二五年)は全く新しい農産物風土學を建てやうと努めた。更にストローマイエル(F. Stromeyer: 一七七六年—一八三五年)は一八〇〇年にこの植物地理學を連絡あり組織あるものにしやうとした。丁度この時に、フンボルトに依つて一大轉回期が起されやうとしつゝある所であつた。動物地理學ではブッフオンに次いで獨逸のハンノフェルの人チンメルマン(E. A. W. V. Zimmermann: 一七四三年—一八一五年)は一七七八年に、デンマルクの人ミュッラーは一七八八年に之の確固たる根底を作つた。

更に數學的地理學にも一瞥を與へなければならぬ。クロノメーターの發明とオイレル、マイエルの月面圖とによつて、今までは全く不可能と思はれたる星學上の距離測定の問題も全くその外觀を一變して了つた。月と地球との距離を測定する方法もスエデンボルグやマスケリーネ等の力によつて一層進歩し、位置測定法の正確さに於ては、當時の何人にも譲らなかつた阿刺比亞の旅行家カルステン、ニーブール(Carsten Niebuhr: 一七三三年—一八一五年)は光線反射器を用ふる方法を取つて大變重んぜられた。又緯度測定の方法も、ホルレボー(P. Horrebow: 一六七九年—一七六四年)は研究旅行家に、ダウエス(C. Douwes: 一七一三年—一七七三年)は航海者に、銘々新法を教へて大變正確にした。又航海や旅行に必要な投射地圖法はオイレル、ランベルト、ラグランジュ、カグノツ(A. Cagnoli: 一七四三年—一八一六年)等に依て創められたものであつて、網見取圖が一一重つて居る様な時代を過ぎて、この投射地圖法で一番正確な地圖が寫し取られると信ぜらる様になつた。年若いトービヤス、マイエル(Tobias Mayer: 一七五二年—一八三〇年)は一七九四年に最初の、然も立派な「地圖學摘要」と云ふ本を出した。併し之の技術的の方面はホーマン(J. B. Homann: 一六六四年—一七二四年)やカッシニ(J. D. De Cassini: 一七四八年—一八四五年)伯の陰影法及び一七九一年にデュバン、トリール(Dupain-Triol)が佛國地圖に應用して完成した高等曲線法及び特にザクゼンの工兵將校レーマン(J. G. Lehmann: 一七六五年—一八一一年)が作つた新陰影法等によつて進歩したのである。

又當時は世界開闢論を數學的地文學に屬するものであると考へた、併しこの世界開闢論も殆ど大部分は荒唐無稽の性質を帯びて居つた。プフオン伯の如きは、抽象的の困難を避け様と思つて、遊星を例に引き出したけれ共少くもその必要が無かつたのである。この時に當つて認識論の大家カントは一七五五年に「一般自然史と天の理」(Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels)と云ふ書をケーニヒスベルヒから出した所が、もう實際議論の迷宮を免れる道が発見された様に思はれて大變な歓迎を受けた。後半世紀たつてラブラースが一七九六年に巴里から「宇宙系統解」(Exposition du système du monde)と云ふ本を出して、我太陽系に屬する各の星の成因に關する新しい意見を述べた時に、世人はカントとラブラースとの思想に似通へる所が澤山ある事を發見して、カント、ラブラースの説と呼ぶ様になつた。して現今でもこの名稱を時々見るが當を得たものではない。と云ふのは、獨逸の哲學者カントは、天體は全く宇宙的原微分子から出來上つたと云ふ凝球説者 (Agglomerationstheoretiker) である、之に反して佛國の數學家なるラブラースは進化論者であつて、遊星は瓦斯球から離れて瓦斯體の塊となり、更に除々として液滴となり、遂に固化した状態に移つて行つたものであるとしたのである。

第四編 最近世

第十七章 現代無機自然界研究の重要問題

十九世紀の極く初めまでの進歩の歴史は第三編に於て既に述べた。然し前編では總ての學科に就て皆同じ年限までは述べなかつた。と云ふのは事物の連絡を重んじて前世紀から次の世紀に移る轉換期がつまりらない年限によつて中斷される様な事がない様にと注意したからである。地質學に於ては丁度一八〇〇年に、學閥を作つて傲つて居つたウエルネル學派が恰度正反對の意見を持つて居る學派の爲に打破られたからこの年を以て境界とする事が出来るが、礦物學では、尙甚だしいのは化學では全體の思想及び觀察の根底を覆す様な大破壊は實に一七八〇年と一八〇〇年との間の二十年間に起つたのであるから、當時に爲された事業を關聯せしめなければこの大破壊を適當に叙述する事が出来ない。次の諸章を讀めばこの主張の正しい事が十分明かになるであらうと信ずる。

さて今後も前編の様に各學科の歴史を別々に述べるのであるが、「先づ第一にすべての範圍、否少くとも多くの範圍に反動を起す様な若干の主要問題をとつて述べた方が適當であると信ずるからそれをする。而してこの十九世紀の始まりと、それから以後の時代とは特に一層注意を拂つて述べや

う。斯様にして豊富な材料の中に境界をつけると表面上から云ふても大變便利の様には思はれる。而して實際僅か一年でなくとも比較的短い期間を以て境界とするのは困難でないのみならず又必要上止むを得ない事である。而してこの境は科學の進歩を注意して研究した歴史家には容易く定められるであらう。即ち十九世紀の五十年代の終りから六十年代へかけてである。この間に、無機界にも有機界にも、これからの後の學問の方向を一轉させた様な大變化が起つたのである。即ちエネルギー不滅則の發現して來た事である。』であるから今この法則及びこの法則がもたらした影響に就て述べようと思ふのである。

エネルギーの不滅則と云ふ最高規範が物理學及び化學に屬する現象で承認せられてから之等の學科は全く新しい學科となつた。しかも生物學も亦この規範に支配された。併しこの新しい大きな思想も突然に完成せられたものではない。科學が少しも進歩をしなかつたのみか却つて靜止の有様にあつた様な素通りの時期もあつた。而して人間の精神は上へ上へと認識に達せしめる道を見出して、この道に執着すべきものとするれば、斯様な時期の状態から脱却する事は避くべからざる緊急事項である。この中途の時期とは所謂自然哲學の時代であつて、何れの國にも起つたが、特に獨逸では暴威を逞しうした。であるから獨逸が數十年の間西歐諸國から進歩が遅れて居つた事は全く自然哲學の罪である。

獨逸の自然哲學家は常にアリストテレス及び煩瑣學派の徒に範を求め、自分の事業を評價する事が出來ない時には直ちに之等の人々に救を叫ばなければならなかつた。と云ふのは是等の人々は、人間が只昔の適當な經驗的事實を研究さへして居れば正確な論理上の結論によつて困難な説明も全く氷解し、且自然の深奥な秘理までも洞察する事が出來ると大體確信して居つたからである。翻つて古代や後の時代の道徳學派の人々に十九世紀の初めに自己辯解の求むれば次の如く云ふに異いながらう。即ち「我等は決して觀察と實驗とを等閑に附するものではないが、此研究方法に對して如何ともする事が出來なかつたからこそ十分に應用しなかつたのである。」(こう云ふ事は一八〇〇年頃には誰も主張しやうとはしなかつた事である。)併し確固とした原理を守る學者に仇敵の如く現れて來たこの自然哲學者は事實に於ては全く之れに反して居つた。最も熱心な同派の一人は云つた。「ある人が、全く自然學の精神即ち自然哲學的の才能なくして自然研究者たらんとすれば、物理學の器械を取扱ふとか又は化學の實驗をするに當つて單に助手の役位が勤まるばかりで、それ以上効績を擧げる事は出來ない。」斯様に實驗家と云ふものが存在するのは止むを得ない災難だと云ふ様に思つて居る人が多かつたのであるから實際實驗家は構成的の思索家のずつと下位に立たねばならなかつ

たのである。

この自然哲學派の運動の指導家はヘーゲル (G. W. Hegel: 一七七〇年—一八三二年) とシェーリング (F. V. I. Schelling: 一七七五年—一八五四年) とであった。併しこの兩人は共にエナの専門學校の教師を勤めて居つて、協同で「思索的物理学新雜誌」(Neue Zeitschrift für Spekulative Physik) と云ふものを出して居つた間は暫く一致して居つたが、後にヘーゲルの思想は乾燥な解釋をする様になり、シェーリングは彼自身の所謂「世界精神」に没入する様な、半ば神秘的の思想を帯びる様になつてから離乖した。この兩師匠から受けた刺撃を丁度この方面に完成しようとした名ある學生達でも、師匠の通りに進んで行つた人は極く稀である。併し最初の十年間には澤山の學者が出て熱心にこの新學理を鼓吹し、實際の自然研究者の攻撃に耐へかねて破れかけて行く自然哲學説を出来る丈救はうとこの世紀の半ば頃まで正直にも盛に努力した。但し斯様な人でも皆經驗から出發して來た學者ばかりであつて實驗を大變尊重した。即ちリンク (H. F. Link: 一七六七年—一八五一年) とか獨逸に歸化した諾威人ステッフエンス (H. Steffens: 一七七三年—一八四五年) とかウインディッシュマン (R. J. Windischmann: 一七七五年—一八三九年) とかネース、フォン、エーゼンベック (Th. F. G. Nees von Esenbeck: 一七七六年—一八五八年) とかオーケン (實はオーケンフースと

云ふ、L. Oken: 一七七九年—一八五一年) とか云ふ人達である。殊にオーケンは全生物學を新傾向に進めて行き、大學講師としても名聲噴々たるものであつた。ヘーゲル及びシェーリングと同郷人なるシュワーベン州のキールマイエル (K. F. Kiemeyer: 一七六五年—一八四四年) はこの派に公然と名乗りをしなかつたが、自然現象の中で兩極相反 (Polaritätsgesetz) の説を見出さうと努めて居つたからその關係上等の人達の間に名を伍しても不當ではなからう。氏は極端に走る事を避けやうと注意したから「彼は自然哲學者にあらずして自然の哲學者なり」と云はれる様になつた。ヘーゲルは感化力に富んだ人であつたから自分の精神上の仕事にも屢々益を受けたが、氏が死んでから直ぐ氏の同一哲學 (Identitätsphilosophie) に對する反動が眼醒しくなつて來た。この同一哲學と云ふ名はキールマイエルが附けたものであつて、之は自然哲學の一部分となつた。

斯様に同一哲學に對する反動が盛になつた原因は尙外にもある。即ち進歩から進歩へと急いで居る佛國人に比して停滯して居つた獨逸人が自分で大變不愉快に感じて來た事と且自分の目的を明白に認めて居つた立派な科學者が國民の眼を開かず様に努力した事とである。斯様な啓蒙家は即ちギルベルト (L. W. Gilbert: 一七六九年—一八二四年) である。氏は當時大變重寶がられた物理学雜誌で、後にポグENDORF (F. C. Pogendorf: 一七九六年—一八七七年) とウィーデンマン (G. Wiedemann

一八二六年—一八九八年)との保護の下に大變發展した「物理化學年報」(Annalen der Physik und Chemie)の發行者として公衆に知られる様になつた。又數學の天才カール、フリードリッヒ、ガウス(Karl Friedrich Gauss: 一七七七年—一八五四年)は、最早言語を弄するに窮した自然哲學者の造り口を初めから斥けた。而してこの自然哲學の決然たる反對者はフンボルト(A. v. Humboldt)である。氏は一七九九年から一八〇四年まで西班牙領の亞米利加の地を大規模に旅行して有名になり、後ヘーゲルが死ぬすこし前に伯林へ歸つて其處に永住した。氏は宇宙を丸呑みにした人であつて眞面目な研究の結果を筆に口に通俗に述べる氏獨特の得意の技術で足場を失はうとして居つた自然哲學者の云ひ分に反抗して遺憾なく効果を收めた。

尙ヘーゲル、ジェーリングの科學の衰微時代の最も悪い結果は獨逸人及び其他の諸國民に哲學的自然觀察を強く嫌惡せしめた事である。「自然科學と哲學とは何の關係もなし」。斯様な言葉を十九世紀の四十年代から五十年代へ掛けて自分の面目や専門學科の面目を損じてはならない立派な物理學者や化學者までが口癖の様になつた。であるから自然科學と哲學との分離は益々甚しくなり、この兩派の先驅者なるカントも兩派の人々から忘却され、又目的のない冥想は決してしない思索家例へば優秀なる教育學者で數學的心理學の創設者たるヘルバルト(H. E. Herbart: 一七七六

年—一八四一年)の如きも經驗學科の鋭い敵意には避易せざるを得なかつた。併し全自然科學を支配して居つたエネルギー不滅則は思索的の方面からも經驗的の方面からも明かにされた事は今更辯を要しない事である。この法則の起原及び形成の歴史を述べれば、斯く根本的に變化を起したこの時代精神(即ちエネルギー不滅則)が前に述べた二方面の中の前者即ち思索的の方面の人達の意見と如何に調和がとれ難くあつた事がわかるであらう。

この大法則の暗示は昔から存在して居つたものである。例へばライブニッツに於けるが如く、トーランド(Taland)に於けるが如く、ゾルフに於けるが如く、露國人ロモノソフに於けるが如くである。特に熱學は、仕事が見掛上は消失するが又再びあらはれて來ると云ふ様な現象を研究する原因を持つて居つたから、亞米利加人ベンジャミン、タムソン(Benjamin Thomson: 一七五三年—一八一四年)(この人は獨逸のバイエルンの將軍となつてルムフォールド Rumfold 伯となつた)は一七七八年以來銃丸が器物を貫徹する事に就て種々實驗をなし、運動は熱に變ずる事が出来るものであると云ふ意見を得た。氏のこの説に説明を加へた人は英國の物理學者ハンフリー、デイヴィ(Humphry Davy: 一七七八年—一八二九年)である。氏の著書の「熱、光及び熱の組合せに關する論文」(Essays on Heat, Light and the Combination of Heat)云々ものは氏の死後出版されたもの

であつて、惜しい事にはあまり有名にはならなかつたが、その中には眞面目に「この宇宙には只一の自然力があるばかりである。然もこの一つの自然力があらゆる形をとつて働く事が出来る」と云ふ思想が述べてある。又トーマス、ヤング (Thomas Young: 一七七三年—一八二九年) 及びグロウター (W. R. Grove: 一八一一年—一八九六年) の二人の英國人も正確に同じ事を考へた。グロウターが一八四七年に出し、後獨逸語にも翻記された「自然力の標準」(Standard of the Natural Powers) と云ふ書籍はこの新しい眞理が目的を達する事に助力した。之より以前に佛國の工兵將校であつたサヂ、カルノー (Andi Carnot: 一七九六年—一八三二年) が一八二四年に蒸氣機關に關する小著を出した時には全く異つた着眼點から研究した。カルノーはラグランジュが初めて起した位直ポテンシャルの概念を適切に擴張し、同一の熱の位直の表面は熱學上の等平面 (Niveaufläche) であると定義し、又質量を有する物體の運動では自明の理とされて居つた如く熱も高い所から低い所へ流れるものであると云ふ原理を作り上げて下の様な定理を述べる事が出来た。即ち「自然は常に熱の平衡が回復する事に努力して居る」。これによつて蒸氣機關が廻轉して居る間に起り、循環作用 (Cyclical process) と名附けられるものに屬する作用に對する説明が得られた。

この循環作用と云ふ名は現代の重學的熱學說や又は熱力學の創設者として祝典を擧げらるべき權利を有する獨逸の物理學者クラウジウス (R. I. E. Clausius: 一八二二年—一八八八年) によつて適切につけられたものである。斯様にして、當時の世間からはあまり了解されては居なかつたけれども間然する所のない蒸氣機關の理が自然と出来上つたのみならず、又運動と熱との關係が他の考へを交へないで説明される様になつた。更にクラバイロン (B. P. E. Clapeyron: 一七九九年—一八六四年) とランキーン (W. J. M. Rankine: 一八二〇年—一八七二年) とに依つてカルノーの思想は工業に應用される機になつた。併し物理學自身は之に全く觸れて居なかつた。

エネルギー不滅の法則を初めて述べた事は獨逸のハイルブロン市の醫師ユリウス、ローベルト、マイエル (Julius Robert Meyer: 一八一四年—一八七八年) の不朽の、しかし云ふべからざる苦しみ闘の後十分認識された功績である。マイエルが踏んだ道にマイエルを向けた動機は生理學から來た。氏は弱年にして船醫となり、一八四〇年にジャヅアに行つて同地で自分の身體を放血して見た時に——當時は斯様な事がよく行はれた——よく知つて居る動脈血の色と靜脈血の色との區別が餘程不明瞭となつて居つた。こゝに於て氏は熱帶地方に於ては、食物を攝取し消化して起る熱の發生は冷い周圍から熱量を多く奪はれる温帶地方よりも小であると適切に結論した。之の動機は極く些細なものであつたにも拘らずマイエルは自分の原理を絶へず研究した。而して二年後に氏は「生きて居

らざる自然の力に關する研究」(Bemerkungen über die Kräfte der unbedobten Natur)と云ふ根本なる論文を出した。この論文は種々の數奇な運命に齟齬せられたが結局、世の人に先立つて居つた二人の研究者即ちリービヒ (Justus v. Liebig: 一八〇三年—一八七三年)とウエーヘル (Friedrich Wöhler: 一八〇〇年—一八八二年)とによつて、その共同編輯になる「化學及び製藥學年報」(Annalen der Chemie und Pharmazie)の中で認められた。マイエルの發見した事柄を一言にして云へば次の様である。即ち「熱と器械的仕事とは同一のものである。外見上消失するエネルギーは熱に變ずるものである。運動は物體の溫度を上昇する事が出来る。」併しこの最後の事實は多くの専門家から疑はれたものであるが、之は桶の中へ水を入れて之を閉ぢ、その水を振りまはすとその中に入れられた寒暖計が昇ると云ふ様な原始的な然も正しい實驗によつて證明された。又氏は器械的の熱當量の値をも殆ど精確に算出する事が出来た。

この本職の學界以外に働いて居つた人の學理に此上もない非道い妨害が加へられたが之には忍びべき嫉妬や眞理を認識する能はざる痴愚の外にこの影響が實に痛切に來ると云ふ事情が重きをなした。その妨害の爲に氏は元氣と精神の明晰とを鋭く害された。さて氏が論敵と惡戰苦闘して居つた間にコルディング (L. A. Colding: 一八一五年—一八八八年)とジュール (P. Joule: 一八一八年—

一八八九年)とヘルマン、ヘルムホルツ (Hermann Helmholtz: 一八二一年—一八九四年)とは各々マイエルに無關係に、實質上全くマイエルの結果と一致するのみならず、否却つてそれ以上に進んで居る結果に達した。ジュールは大變熟練せる且資力に制限されない實驗家であつたから尙一層正確に熱の單位なるキログラムメートルとカロリーとの關係を出した。又ヘルムホルツは力と云ふ字をエネルギーと云ふ字に代へさへすれば、我々が觀察する事が出来る眼界では現今のエネルギー不滅則とそつくりそのまゝのものを正確に述べた。

後に至つて世人は、マイエルや氏の味方の論争者の事業を眞理の爲に史的公平を以て認めた。之に對しては特に國民的偏見を少しも帯びざる英國の物理學大家ジョン、チンダル (John Tyndal: 一八二〇年—一八九三年)の態度が裨益した事が少くない。マイエルの名は今や、氏が自分の反對者を追究する結果及び氏の老年の賢からぬ行動の結果つけられた銑滓から奇麗に洗ひ淨められた。この疑もなく氏によつて初めて發見されたこの根本的な自然法則は今日では全自然科學に透徹した。この全自然科學は近來の、高度の精神的エネルギーのみによつても傑出せる、進歩の代表者によつて、一括してエネルギー説と云ふものになるとまでされた。その代表者の中でもウイヘルム、オストワルト (Wilhelm Ostwald: 一八五三年に生る)は全自然科學に自然哲學——云ふまでもなく新らし

い内容を持つて居る概念に満ちてゐると云ふ名を再び使つた。

近頃になつて器械的熱力學の第一則として認められて居る、「仕事と熱との間の等量」の法則が其全力を發揮するためには、クラウジウス及び氏と殆ど同時に光學、熱學及び電氣學に等しく効績を擧げた英國人ウイリアム・タムソン (William Thomson: 一八二四年—一九〇七年) 死んでからケルヴィン卿と呼ばれた) によつて攻撃せられた缺點を補遺する事を要した。元來循環變化には可逆のもの、不可逆のものもある。不可逆のものでも勿論エネルギーは少しも無くならない。無くならないと云ふと語弊があるかもしれないがつまり、この時にはエネルギーの一部分がクラウジウスが内部の熱勢 (Entropy) と名付けた、最早變化する事が出来ないエネルギーに變ずるのである。之には器械的熱力學の第二則が適用される。この兩大物理學者、特にタムソンが抱いて居つた宇宙觀を見ると、我等の考へる事が出来る宇宙の中では今云つた内部の熱が出来る丈大きくならうと云ふものであると云ふ事が窺はれる。そうすると遂には熱エネルギー丈存在する様になり、世界の滅亡となる。クウォルソン (O. D. Quilson: 一八五二年に生る) の所謂「岩の様に確かなる自然法則」たるこの熱力學の第二則が最近に生物學の結果と一致しないと云つて種々な攻撃的となつた事は實に珍とするに足る。今述べたこの兩自然律によつて、十九世紀の後半に、否將來も永遠に、全科學

の「現象の精止して居る極が動く様に」(シルレルの言葉を借りて云ふと) なれたのである。次に大飛躍をなした革命時代と一九〇〇年との間の諸學科の發達を述べんとするのであるが、この時代が當時の人及び後の世人に與へた強烈な影響と、この時代とを忘れない様に榮にあつた四十年代及び五十年代に心から訣れをつげる。

章第十八章 十九世紀に於ける星學

光學器械の完成に供つて所謂局所的の星學上の知識が益々進んで來た。ウイリアム・ハーシェル(氏の事業を息子のジョン・ハーシェル (John Herschel: 一七九二年—一八七一年) が間もなく手助つたが) はシュレイテルと共に遊星の表面に關する觀測を熱心に續行し、特に星の目錄を作り二重星及び星雲の測定を行つて非常に星辰天文學界を進歩させた。ウイリアムが英國の空で觀測し得なかつた部分を、ジョンは一八三四年から一八三八年までの南阿米利加旅行に於て捕つた。氏は物理的に互に關係を持つて居る二重星及び三重星の三百八十個の目錄を友人サウス (T. South: 一七八五年—一八六七年) と共に容易に得難い精密さを以て記録した。獨逸では、彼の自由戰爭中に建てられて、若いフリードリッヒ・ウイヘルム・ベッセル (Friedrich Wilhelm Bessel: 一七八四年—一八四

六年)の指導の下に置かれたケーニヒスベルヒの天文臺は一八一八年から一八三〇年まで掛つて出来上つた彼の大規模の恒星表を作りあげて急に評判が高くなつた。つまりブラッドリーやボンドやカランドレルリやブリンクリー等が残して置いた仕事をベッセルは續行したのである。同氏は又一八三七年に白鳥座第六十一番と云ふ二重星には年視差があると云ふ事を発見した。同様な事をストルーファ (F. G. W. v. Struve: 一七九三年—一八六四年)も金星座のウエガ (Wega) と云ふ星について一八四〇年に確めた。其後間もなくマクラーヤ (Th. Maclear: 一七九四年—一八七九年)とヘンダーソン (Th. Henderson: 一七九八年—一八四四年)とは、欧州からは見へないが、天全體で最も強く光る美しいアルファケンタウリ星に、右ど一秒許りの視差がある事を発見した。こゝに於てコペルニクスに反対し否難した説は、中には幾分理の有るものも無いではないが、最早全く反駁されて了つた。而して我が太陽系から恒星までの距離が有限である事が明かになり、この距離計算は數億哩と云ふ語で勘定される事になつた。ベッセルは又見へないものゝ天文学を始めて、多くの所謂恒星は、ある一つの暗い中心體の周圍を廻轉して居るものである事を示した。同氏には澤山の傑出した弟子があつて皆恒星學の進歩に功獻した。その中特にアルグランデル (F. W. A. Argelander: 一七九九年—一八七五年)はストルーファ (O. v. Struve) に次ぐ F. G. W. v. Struve にあつて一

八一九年に生る)及びガロロウエイ (Th. Galloway: 一七九六年—一八五一年)と協同してハーシエルの所謂頂點 (Apex) に向つて走る太陽系の運動の問題を更に進め様と努めた。併しその努力は所々で誤解され、爲に全く誤つて居る所謂「中心太陽の假説」が起る様になつたが、勿論こんな事でアルグランデルの説の價値は減損しないのである。こゝでは絶対運動と相對運動との區別が最もむづかしい問題となつたと云ふ事がゼーリゲル (H. Reibiger: 一八四九年に生る) によつて示された。アルグランデルとストルーファとはハーシエルの事業に手をつけて遂にやりとげた。

銀河面及び星辰界の構造はゼーリゲルやフーズーヤやカプティン等の研究によつて天文学の永久の財産となつた。しかし又賢才プロクトル (R. A. Proctor: 一八三七年—一八七八年)の「我世界以外の世界 (Andere Welten als die Unserige: 一八七八年に第四版を出す) を見てもわかる如く、この時代には數多の嚴肅なる研究によつて幻想が取除かれた。新星及び光星に關して多岐に涉れる研究の全部もこの部類に屬する。この變光星の研究には特に獨逸のシェンフェルト (E. Schönfeld: 一八二八年—一八九一年)が大ひに貢獻した。

十八世紀中には純科學用及び教育用の星圖も亦途中幾多の階段を踏んで進歩した。而してブレミケン (Bremiker)、アルグランデル、シュウィンク (Schwink) 等は、この方面の大立物であつた。ベッセル

ルの要求によつて、伯林のアカデミーが一八三〇年に、小遊星の發見を容易ならしめる爲に、黃道圈 (Eklipthkzone) を作らしめる事を決議したが、この決議は一大衝動を起した。現今ではマックス、ウルフ (Max Wolf 一八六三年に生る) の「星の寫眞」が恒星の天界を模寫するには無比の方法として認められてから以來恒星と小遊星とを區別するには今までよりも餘程都合になつた。と云ふのは小遊星は寫眞板の上に點と寫らずに一條の線となり、恒星は點となるからである。丁度この世紀の終りの年なる一九〇〇年にハイデルベルヒは、遊星發見と遊星證明との方面で重要な成功をなした。但し遊星證明とは、一の遊星が最早見へなくなつた場合にも尙位置を知り得せしめるものである。

この時から百年前には遊星を發見する事は至つてむづかしい事であつた。ケプレルは火星と木星との間に空隙があると云ふ事を示したが、ヘーゲルは古代の自然哲學の考へから之を不適當なものとして却け様としたが、ヘーゲルにとつては運悪くも一八〇〇年にバレルモのピアッチ (G. Piazzi: 一七四六年—一八二六年) によつて一の小さい星が發見された。この星は丁度この空隙の中にあるものであつて、特有の運動をするが故に發見後直ちに太陽の光線に隠れて了つて星學家の眼につき難かつたのである。恐らく弱年だつたが當時の數學専門家の間に大變尊敬されて居つたガウスが、

ピアッチの僅かの位置測定法に依つて、この星が實際存在するなれば再びあらはれて來る天界の場所を豫じめ算出する事が出来なかつたならば星學家の蚤取り眼にもこの星は遂に現はれて來なかつたであらう。而して之が實際起つた。この小さい星はセレスと呼ばれて、ケプレルが證明した、火星と木星との空隙に丁度嵌り込むものである。この後間もなくもう一つ新しい小遊星が發見されてセレスの姉妹星とされた。オルベルスは一八〇二年にバルラス星を發見し、一八〇七年にヴェスタ星を發見した。又ハーチング (K. L. Harding: 一七六五年—一八三四年) は幸にして一八〇四年にジュノを發見する事が出来た。この時分から永い間何事もなかつたが一八四五年になつて遂に善良な郵便官吏ヘンケ (K. L. Hencke: 一七九三年—一八六六年) は新たにアストレーヤと云ふ小星の前に述べた伯林星圖の御蔭で發見する事が出来た。後には無數の小星が年々に増加し、ゴールドシュミット (H. Goldschmidt)、ニヤコルナー (Chacornac)、ヒインド (Hind)、ポグソン (Pogson)、ルーラル (Th. Luther)、テンプル (Tempel)、ワトソン (Watson)、ボネルリ (Borelly)、ヘンリー (Henry) 兄弟、ペタルス (H. Peters) 及びパリサ (Palisa) 等は嘗てメッシヤが慧星獵人と云はれて有名になつた如く、遊星獵人と云ふ稱を受ける様になつた。更にスタンヘル (Stamper) やリアイス (Liais) やハルツェル (P. Harzer) やスメンツェ (Berberich) 等は之等の小遊星に對して理論的

の研究をなし、之が科學上重要なものであると云ふ事を明かにした。この數を殖さうとする人達
は、望遠鏡の代りに天體寫眞を利用したから一時は急速に殖へた。千九百年には四百種を越へた。
が漸次この事が衰へて行つた。衛星の數も同様に増加した。ホール (A. Hall) は一八七七年に火星
の衛星を二つ發見し、バーナード (J. G. Barnard) は一八八一年に木星の第五の衛星を發見し、其
後澤山の外の星の衛星も發見された。

火星の表面に關する新研究は主にシュレイタルによつて行はれた。シュレイタルは伯林にあるベ
ール (W. Beer: 一七九七年—一八五〇年) の私立天文臺で好結果を得たものである。この研究によ
つて、火星の表面には水と陸とがあるが、その配置は地球上のものとは餘程違ふと云ふ、ハーシエ
ルが一七八四年に起した豫想は一八四一年に確たる證據を得た。其の後カイゼル (F. W. Kaiser:
一八〇八年—一八七二年) やタービー (Th. W. Terby) やプロクトル等の新貢獻によつて火星學
(Areographie) に新紀之が起つて來た。その旗頭はマイランドのギオヴァンニ、スキヤバレルリ
(Giovanni Schiaparelli: 一八三五年に生る) であつた。同氏が一八七八年に作つた火星圖は、火星と
地球との物理學上の相似について現今盛に流行して居るすべての議論の基礎をなすものである。其
の他の遊星は此望遠鏡の力丈では手が届かなかつた。しかし直ぐ後に歴史上特筆すべき天體物理學

(Astrophysik) が起るに及んで新しい紀元が劃せられたる様になつた。

我が月のみは例外である。と云ふのは、月は望遠鏡や測微尺 (Mikrometer) で多くの結果が得られ
たからである。即ちグリュイトイゼン (F. Gruthuisen: 一七七四年—一八五二年) やロールマン (W.
G. Lohmann: 一七九六年—一八四〇年) やニーヤやメドレル (J. H. Maedler: 一七九一年—一八
七四年) やユリウス、シュミット (Julius Schmidt: 一八二五年—一八八四年) やレーヴィー (M.
Laevy: 一八三三年に生る) やポインソ (P. H. Puitsoux: 一八五五年に生る) やワイネック (J.
Weinek: 一八四八年に生る) やポース (ph. Paulh) やクリーゲル (J. N. Krieger) 等は優秀な月圖を
作つた、尤もその部分は天體寫眞法を利用したのである。我が地球の衛星となる月の山だらけの表
面は漸次精密に解つて來て、一の月面學—當時では事實の明瞭なる事に於ては諸大陸の地理的事
情よりも進んで居つた—ばかりでなく、少し不當な語ではあるが立派な月の地質學 (ケプレルの豫言
の通り比較月文學及び比較地文學と云ふ方が良いかしれぬ) が出來上る位であつた。クライン (H.
J. Klein: 一八四二年に生る) ナスミット (J. Nasmyth: 一八六八年—一八九〇年) とカーペンタ
ー (J. Carpenter: 一八四〇年に生る) との合著やナイソン (E. N. Neison: 一八五一年に生る) の
立派な著書が大變助力した人) とワイネックやブリントック等はこの方面では傑出した人であつた。特

にエドアルト、ジョース (Edward Suess: 一八三一年に生る) は月の火山作用の研究に全力を注いだ。近頃氏の説とは反對に、月の火山は、宇宙の小物體が月と衝突した結果出来たものであると喧しく主張する人が澤山あるが結局氏の説の勝利に歸するであらう。

太陽物理学には、四十年間に種々の方法で発見された材料の爲に更に新らしい、活力ある酵素が得られた。さてこの発見された材料と云ふのはラモン (J. v. Lamont: 一八一五年—一八七九年) やゴーチエー (A. J. Gauthier: 一七九三年—一八八一年) やルードルフ、ヴォルフ (Rudolf Wolf: 一八一六年—一八九三年) やサビン (Sabine: 一七八八年—一八八三年) 等によつて成し遂げられたものである。サビンは海軍大將であつて、且地質學や地理學調査の目的で世界旅行をした人として有名である。その発見と云ふのは十一、二年毎に太陽の斑點は同じ所に現はれて來、その週期は磁石の針が示す偏差の毎日運動 (Tagesbewegung) の平均の週期と一致する。この二重の週期關係が作り上げられる様になつたのは重にデザウの藥劑師シュワベ (S. H. Schwabe: 一七八九年—一八七五年) が毎日班點出現の状態に關して二十年間、極めて徹底的に完行した觀測の御陰である。併し物理的の太陽星學は次章に述べべき分光學の研究によつて特に進歩をした。今や嘗ては獨立して居つた太陽化學は物理学と互に連絡する様になつた。斯くて昔のハーシェルの定理は徹底さ

れ、且赤熱の太陽の中には、地球に存在するものと等しい化學的亢素が含まれて居ると云ふ事が證明された。その時までには、太陽の皆既蝕の時にのみ太陽のコロナと突起とを研究する事が出来たが、スペクトルが研究されてからはアングストローム (A. Q. Angström: 一八一四年—一八七四年) とカスパーン (E. G. W. Späner: 一八二二年—一八九〇年) とカッセルナー (J. K. F. Jaellner: 一八三四年—一八八二年) とカハギンス (W. Huggins: 一八二四年に生る) とカッセルナー (J. K. F. Jaellner: 一八三四年—一八八二年) とカドラーパー (H. Draper: 一八三七年—一八八二年) とカロッキヤー (Lockyer: 一八三六年に生る) とか其の他澤山の學者によつてあらゆる方面から太陽の構造が研究され且太陽の光球 (Photosphaere) の變動は、我が地球の氣象と比較される様になつた。尙又星は、アングロ、ゼッキ (Anglo Secchi: 一八一八年—一八七八年) の手始めによつて分類され、夫々のスペクトルの型が決定された。

この天體寫眞やスペクトル分析と共に又恒星の光度測定法は、この世紀の六十年代に初めて天體物理学中で同等の權利を持つ一分科となつた。この目的の爲めの器械即ち星光度計はシュウェルド F. W. Schwend: 一七九二年—一八七一年) やスタインハイン (K. J. A. V. Steinheil: 一八〇一年—一八七〇年) やビアッチ、スミス (C. Piazzi Smith: 一八一九年—一九〇〇年) やルードウィヒ、

ザイデル (Ludwig Seidel: 一八二一年—一八九六年) やツェルナーや又特に現代多くの天體物理学者の中で一番多方面の人であるフォーゲル (H. C. Vogel: 一八四二年—一九〇七年) 等によつて發明された。ゼーリゲルとロンメン (E. C. I. Tommel: 一八三七年—一八九九年) とは、ランペルトの光度の根本原理を不十分と認めて、之に代ふるに尙一層よく調和するものを發見した。この原理を利用して光度測定をなした結果、永く物理学の理由から事實らしいと思はれて居つた、外見上緻密の土星の環が、實際は小球の聚合體であると云ふ事が確證される様になつた。

十九世紀の前半には彗星の物理的性質の研究は極く少し、か進歩しなかつた。その中で大星學者ベッセルが一八三五年に現はれた彗星を研究して、彗星に尾があるのは全く電氣の作用であると結論した事と、ワシントンのモーリー (M. F. Maury: 一八〇六年—一八七三年) が一八四六年に所謂ピラの彗星の尾は二つに分れて居ると云ふ事實を述べて全世界を驚ろかした事とが注目しに價する。又アラゴ (E. Arago: 一七八〇年—一八五三年) は、彗星の光は一部分自分の體から出し、一部分太陽から受けたものであると云ふ事を自分の偏光鏡を使つて出した。ツェルナーとカイゼル (G. H. E. Kaiser: 一八五三年に生る) とは、彗星のスペクトルの中には炭化水素瓦斯が著しくあらはれると云ふ説を出して認められた。彗星の性質とか又は彗星に特有な反撥力などに關して現今も尙存在し

て居る假説は、大部分ブレディヒン (E. Brédichin: 一八三一年に生る) の深刻な研究や分類法によるものである。

十八世紀に於ては世人の隕石に關する知識は極く僅少であつた、而して一七九〇年に至つても尙ウイーン市の鑛物學者シュトツッパは、天界から地球へ石が降つて來ると云ふ事などは昔嚙にはあるが、そんな事を學者が眞面目に信ずべきものではないと考へた。又當時學界に重きをなして居つた、巴里の學士院 (Académie Française) でも隕石を信じなうであかうとしたが、一八〇三年に再び佛蘭西に隕石が落つて來たから、物理學者のピオー (E. B. Biot: 一七七九年—一八六二年) を實地に派遣して視察せしめ、その研究の結果遂に疑問の餘地がない様に隕石の實體が明かにされた。又クラドニ (C. F. F. Chladni: 一七五六年—一八二七年) も同様の精神で不撓不屈に研究して、隕石の存在の説に對して起つて來た否難を打破しやうと努め、初めは大變困難を覺へたが漸次この問題を明かにした。其他ケトラー (L. A. J. Quételet: 一七九六年—一八七四年) はある流星群の週期的の出現を證明した。斯様に諸所に落下した流星の破片は幾種も博物館に集聚されたから之に依つてギュンツェル (W. V. Gümbel: 一八二三年—一八九八年) やドープナー (G. A. Daubrée: 一八一四年—一八九六年) やコーエン (C. W. Cohen: 一八四二年に生る) やブレチナ (A. Brezina: 一八

四八年に生る)等は天文學に於ては未だ解決されて居なかつた隕石學を起した。よく磨いたる板面に出來た所謂ウィドマンシュタッテンの圖形(Widmanstaetensche Figuren)は之に最良の後援を與へた。又天界の漂浪者なるこの隕石の性質に關して澤山の天體物理學者が研究したが、その先頭に立つた人は有名な星學者ハーシェルの子ジョン及び孫アレキサンダー(Alexander Herschel: 一八三六年に生る)である。之に反してエーベルト(H. Ebert: 一八六一年に生る)が始めた黄道光の分光的觀測は希望通りの成績を擧げる事が出來なかつた。と云ふのは、そのスペクトルの像が散漫した日光のスペクトルの像と大變よく似て居つたからである。黄道光は太陽の周圍を取りまく塵埃様物質の輪であらうと云ふハイス(H. Heis: 一八〇六年—一八七七年)の想像は、近來ゼーリゲルの研究によつて確證された、即ちゼーリゲルはこの事は水星のある不規則な運動からも極く簡單に解釋出來ると云ふのである。

斯様にして理論的星學の無限の所得物なる軌道決定の理に自然と達した。セレス星の位置決定に大變ガウスに役立つた定理は、氏が一八〇九年に公けにした「太陽を中心として圓錐曲線を描きつゝ運動する天體の理」(Theorie der in Kegelschnitten sich um die Sonne bewegenden Weltkörper)と云ふ本の中に集められてある。この本はコペルニクスやケプレルやニュートンの書物等と等しく

現代の數理的星學の標準とせられて居る。かくして又、内容は甚だ多いが大體に於てはあまりよくないラブラースの「天界重學」も同じ位の本としてあらはれて來た。尙又個々の疑問の解決にはボンテクーラン(F. D. Pontécoulant: 一七九五年—一八七四年)伯爵やダモアニー(M. C. Fl. Damoiseau: 一七九一年—一八四六年)やエンケ(U. F. Encke: 一七九一年—一八六五年)等が進歩させた。殊にエンケは幸運にも僅か三年半の間に一廻りされると云ふ大變速力の早い彗星の軌道を報告する事が出來た。尙氏は、宇宙間には一の反抗力があるが爲に隋圓軌道の長軸は短縮すると云ふ説を立て、世間から葬られたけれ共、エンケの星と云ふものがあるが爲は氏は不朽に傳はる様になつた。其後間もなく數多の星學者は、ハリー彗星が一八三五年に再現する事を豫言して適中した爲めに、萬有引力の理は一大勝利を得た。その中で最も精確に一致する計算はローゼンベルグ(A. Rosenberger: 一八〇〇年—一八九〇年)のである。

この年から十一年後に、ニュートンの一生の大事業なる萬有引力の法則に尙一層適切な成功が得られた。ベッセルは天王星の攝動は太陽から余程遠い距離で周廻して居る遊星があるから起るものであると云ふ疑を脱する事が出來なかつたけれ共、氏の死んだ年即ち一八四六年に初めて所謂「逆の攝動」の問題が解決される機運が熟した。之はアダムス(J. C. Adams: 一八一九年—一八九二年

及びルヴェルリエー (U. S. S. Leverrier: 一八一一年—一八七七年) が同時に解決したのであるが、ルヴェルリエーのみ幸にもこの問題の例を擧げる事が出来た。氏は巴里の天文臺に勤めて居つたが、光の非常に弱い星を発見し得る事に就てはこの天文臺を信用しなかつた。であるから氏は伯林の友人エンケにこの事を知らせた。この手紙が着いた日の夜エンケの助手ガルレ (J. G. Galle: 一八一二年に生る) は、自分に指定された場所の近くでその遊星を発見した。ガルレは現今では全世界の星學者中の英雄とも云ふべき人になつて居る。而して海王星が果して太陽系で最端のものである否かは未定の問題である。今から約十年程前から海王星よりも尙遠い遊星を搜索しやうに云ふ考へは熱心に述べられて居る。

丁度エンケとサヴェリー (Savary: 一七九七年—一八四一年) とが二重星の軌道を測定しやうと着手した時に、萬有の物體の重さの法則が恒星界でも確かめられた。ゼーリゲルは蟹座に於ける三重星に根據を置いて三ツの同じ権利の、且引力が働いて居る天體の場合に於ける三體問題について研究した。攝動の計算の標準的研究を完成した人はハンゼン (P. A. Hansen: 一七九五年—一八七四年) とカクリンケルフェース (E. W. Klinkerfuss: 一八二七年—一八八四年) とかオッポルツェル (Th. V. Oppolzer: 一八四一年—一八八三年) とかであつて、ギルデン (H. Gylden: 一八四一年—

一八九六年) とかブルンス (H. Bruns: 一八四八年に生る) とかポアンカレ (L. H. Poincaré: 一八五四年に生る) とかは重に數學の立場から之を完成した。(ハンゼンの月の表は大變精確なものである。) この定理はニュートン (H. A. Newton: 一八三〇年に生れたる人にして大物理學者アイザック、ニュートンにあらざるは云ふまでもなし) とかデニスン、オルムステッド (Danison Olmsted: 一七九一年—一八五九年) とか及び、一八六七年に有名な流星の軌道を出したスキヤバレルリ (G. Schiaparelli) とかによつて興味のあるものにされた。現今では斯様な天體には即ち彗星には二ツの根本的に異つた種類がある事は誰でも知つて居る。即ち一は宇宙自身から出來て、速く運動して居るもので、他は精確に知られて居る軌道を驅けてあるものである。彗星は解けて流星群になり得る。レオニッドとかペルタイデンとかアンドロメダとかの様な流星群は一定の天の放射圈 (Radiationsbezirke) から出發して來る様に見えるが之等に隋圓形の軌道があるのである。

終りに臨んで二回の金星經過を述べなければならぬ。金星の各の相はこの場合に非常に精密に豫告された。即ち一八七四年と一八八二年とに地球上のあらゆる點に派遣された星學家は各々に振りあてられた問題に對して大變行届ける準備をする事が出來た。ある場合に於ては天候悪くつて觀測が妨げられたけれ共全體の結果は非常に満足すべきものであつた。ビューシューとかハークネス

とか、就中アウツェルス (A. Auwers: 一八三八年に生る) 等の共同研究によつて、太陽の視差が約八、八秒より稍大きいと云ふ事が確かめられた。従つて星學上の標準距離は約二千萬哩 (地理學上の) で以て數へる事が出来る。ウインツェケ (E. A. Th. Winnecke: 一八三五年—一八九七年) は火星の衝 (Marsopposition) を觀測してこの角を得たのである。

第十九章 十九世紀に於ける物理學

十九世紀の物理學の有様を述べるに當つて先づ第一に理論的重學から始めよう。之は最初の十年間にはあまり進歩しないで重に佛蘭西物理學界の耆宿なるラグランジュやモンジュやポアソン (S. D. Poisson: 一七八一年—一八四〇年) などの作つた軌道以上に踏み出さなかつた。其後ポアンソネー (L. Poincaré: 一七七七年—一八五九年) は一八三四年に偶力を應用して、前行運動—か廻轉運動とか任意の多數の力が合成して起る運動の理を明かにして先づ靜力學上の一大進歩を促した。之も一見すると唯形式の上で云ふ丈のものである様に思はれたが實際は仲々徹底した深刻なものである。殊に從來解橋的に研究されたる問題なる、物體の一定點を中心として起る廻轉運動に關して氏が一八五一年に中心陪圓體やポロイド (Polodie) やヘルポロイド (Hertpedie) などの新ら

しい觀念を利用して完全にこの運動を説明して、氏が事物の機微を看破するに得意なる赫々たる才能を發起した。ガウスは一八二九年に最小抑制 (Kleinster Zwang) の理を發表して力學に多大の貢獻をなし、ロワン、ハミルトン (W. Rowan Hamilton: 一九〇五年—一九六五年) は、モーペルトゥイスの最小作用の理を敷衍して大いに進歩の道を拓いた。現今剛體の運動に關して襲用せらるる根本概念即ち運動學 (Kinematik) と力學 (Dynamik) とを互に區別して論ずる事は哲學の才あるアンペール (A. M. Ampère: 一七七五年—一八三六年) に基く。しかしその第一の概念 (即ち運動學) の解釋は大變變化があつたものである。例へばリュネロー (E. Reuleaux: 一八二九年—一九〇五年) は之を以て機械の原理だとし、ブルメステル (L. Burmeister: 一九四〇年に生る) は寧ろ眞個の定義に適應して、之は運動の純正義何學であるとした。幾何學を基とする平衡の理の研究はメービウス (A. A. Moebius: 一七九〇年—一八六八年) と建築靜力學 (Graphostatik) を組織的に引きあげたクルマン (K. Culmann: 一八二一年—一八八一年) とに歸する。又一點に對する物體の引力に就ては位直の論と關聯して澤山の研究者を出した、兎も角此の方面で解決を要する困難は、アイツォリー (L. Ivory: 一七六五年—一八四二年) やチャリールス (M. Charles: 一七九三年—一八八〇年) やルジュース、ディリクレット (G. P. Lejeune Dirichlet: 一八〇五年—一八五九年) など

の研究を見ても解る様に全く數學の方面にある。

すべての重學上の問題に對する摩擦の關係はずつと以前にアモンソンとクーロムとによつて明かにされた。併し後の解決を俟つて居つた問題も無論澤山残つて居つて、之等は大部分モリン (A. L. Morin: 一七九五年—一八八〇年) やレーノルド (G. Reynold: 一八四二年に生る) やジェレット (L. H. Jellett: 一八一七年—一八八八年) などの努力によつて解決された。水力工學家としても秀でて居つたブローニー (G. C. F. Prouy: 一七五五年—一八三九年) 男爵は摩擦工程計 (Brensdynamometer) を發明した。この装置が如何に鐵道事業に重要となつたかは一八八六年に出たフランク (A. Frank) の著書を見ればわかる。

現今如何なる物理學の教科書にも記載してある弾性の初步の原理は重にカニヤール、ド、ラトール (G. Cagniard De Latour: 一七七七年—一八五九年) やシュヴァンディーエー (L. Chevardier: 一八一〇年—一八七八年) やヴェルトハイム (W. Vertheim: 一八一五年—一八六一年) などの實驗的吟味によつて築かれたものである。ヴィルヘルム、ヴェーベル (Wilhelm E. Weber: 一八〇四年—一八九一年) によつて初めて認められた弾性の餘効は一八三五年以來物理學の一般の課目の中に加へられる様になつた。而してこれの理論とその衰弱とはコールラウシュ (F. Kohlrausch: 一八

四〇年—一九一〇年) とボルツマン (L. Boltzmann: 一八四四年—一九〇七年) とブラウン (K. E. Braun: 一八五〇年に生る) とウィーヘルト (E. Wiechert: 一八六一年に生る) などによつて研究された。一見すると大體簡單なもの様に思はれる弾性體の衝突の理が如何に興味ある問題を藏して居るかはコリオリス (G. G. Coriolis: 一七九二年—一八四三年) の撞球の理論によつて明かにされた。材料強弱の理は重に之を専門にした技師が研究したものであるが一流の専門家は常に之を物理學にも結びつけて研究した。その中でもナビエーヤ (M. H. Navier: 一七八五年—一八三六年) やバウシנגル (L. Bauschinger: 一八三四年—一八九四年) やフエッブル (A. Föeppel: 一八五四年に生る) などを特にこゝに挙げなければならぬ。物體は固體とか液體とか氣體とかになつて居るが、この凝集状態に對する壓力の作用はバウシングルやトレスカ (H. E. Tresca: 一八一四年—一八八五年) やベルリ (G. Belli) や特にスプリング (W. V. Spring: 一四八八年に生る) が種々に變へて試験したものであつて、其結果固體も液體や氣體の様な流體とする事が出来ること云ふ事實が發見された。

液體物理學はこの世紀の初め二十五五年間に殆ど全く機械工學の部分に編入された。併し才氣煥發のヤコブス (C. G. I. Jacobus: 一八〇四年—一八五一年) が作つた平衡の圖の定理は殆ど純理論的

のものと言ふ事が出来る。之を完成した人はロック (E. A. Roche: 一八二〇年—一八八三年) とマチーセン (L. Mathiessen: 一八三〇—一九〇七年) とである。而して實驗術の方面ではデンマルクのエールステッド (C. Aarsted: 一七七七年—一八五一年) の成功を嘔歌しなければならぬ。之が爲に前に述べたフロレンツの専門學校の學者達やカントンの事業は破壊されて了つた。エールステッドは一八二二年に水は壓縮する事が出来るものであると云ふ事を事實として證明した。又コルラドン (L. D. Colladon: 一八〇二年—一八〇三年) とストゥルム (K. I. F. Sturm: 一八〇三年—一八五五年) とは壓縮計 (Syringometer) の新らしい試みによつて他の液體も壓縮する事が出来るものだと説き及ぼした。水測術 (Hydrometrie) はアムスレル、ラッファン (L. Amstel = Tafon) やハルラツベル (Harlaacher) やシュニット (M. Schmidt: 一八五〇年に生る) やフランク等によつて作られた澤山の器械や、又はハーゲン (G. L. Hagen) やダーシー (Ph. G. Darcy) やグラヴェリウス (H. Gravelius) などの理論的研究によつて物理學上大變價値のある發達をなした。水力學が未だ十分に研究し盡されて居なかつた事は一八五八年にヘルムホルツが渦動で縦運動を説明したり、ブーシネスク (V. I. Boussinesq: 一八四二年に生る) とラム (H. Lamb: 一八四九年に生る) とがこれに屬する澤山の問題を學界に報告したりした時に世人は知つて居つた。渦動の環は決して破壊されないもの

であると云ふヘルムホルツの學説は又宇宙物理學上の點に於ても全く新しい見方を開いた。又諾威の數學家ビエルクネス (K. A. Bjerknes: 一八二五年に生る) とシェッ (O. F. Schiøer: 一八四六年に生る) とによつて解析的にも實驗的にも確證された學説即ち「搏動の状態にある二つの液體(液體中に泳いで居るもの) は互に引き合ふ」と云ふ説も全く新しいものである。液體には内部の摩擦もあると云ふ考へは嘗てニュートンの所でも洩したものであるが、その定義を完全に捕捉する事は、この問題に關するクリスチャンセン (C. Christiansen: 一八四三年に生る) の研究によつてもわかる如く、新時代に於て初めて行はれたのである。水が流通する管の直径は澤山の水力學上の應用に對して大變重要なものである。而して毛管現象も亦輕々に附すべきからざるものである。この毛管現象の嚴密な分拆はポアッソンによつて一八三一年に述べられものであつて、前の方の流出の現象はポアジニエ (L. J. M. Poiseuille: 一七九九年—一八六九年) の定理によつて説明された。この現象と種々の液體の擴散の現象とは大變密接な關係を持つて居るものである。粗笨な媒質を通じて液體が交通する理の定律はデュートロシェ (R. I. H. Dutrochet: 一七七六年—一八四七年) とカマグヌス (H. M. Magnus: 一八〇二年—一八七〇年) とかグラハム (Ph. Graham: 一八〇五年—一八六九年) とかの名と離すべからざる關係を持つて居る。

更に器械學は氣體力學 (Aerodynamik) の完成を促す所が多かつた。瓦斯が管を通過する現象はドーブユイソン (D. Anbuisson: 一八六九年—一八四一年) やワイスバット (S. Weisbach: 一八〇六年—一八七一年) やフリーグネル (A. F. Fliegner: 一八四二年に生る) などが研究した。マダヌスとフライリッチュ (F. O. v. Feilitsch: 一八一七年—一八八四年) とはその實驗をする時に、負號の壓力即ち力強き吸收作用に注意し、之は空氣ポンプにも利用する事が出来るものであつた。其他空氣を排除する技術は重に水銀空氣ポンプが使用されてから得る所が多かつた。この水銀空氣ポンプはガイスレル (H. Geisler: 一八一四年—一八七九年) やジョリー (G. Pl. v. Jolly: 一八〇九年—一八八四年) やテップレン (A. I. Toepfer: 一八三〇年に生る) などの手によつて大ひに改良せられて現今では化學實驗室になくはならないものゝ一つになつた。氣體物理學の中で特に主要な部分占める航空術の理はモンゴルフィエー及びチャールスなどの時代から一九〇〇年に至るまで些しも注意すべき進歩をしなかつた事は不思議な現象である。ツエッペリン伯とかパーセツアルとかの名前や又は其他の航空家の事業に關聯せる猛烈な進歩は全く二十世紀の事に屬する。瓦斯の内部の摩擦はストークス (G. G. Stokes: 一八一九年—一九〇三年) とかオーベルマイエル (A. v. Obermyer: 一八四四年に生る) とかプルーイ (T. Pruij: 一八四五年に生る) とかの研究範圍に屬し、瓦斯

の附着及び吸收に就ては化學の天才ブンゼン (R. W. Bunzen: 一八一一年—一八九七年) は一八五七年に發行した著書の中で之等の現象は重學の既知の法則に關係ある瓦斯體の基本性質だと證明した。吸收に對して、瓦斯體でない物體の表面に瓦斯が密着する吸着 (Adsorption) と云ふ現象があらはれて來た。之はミュッレル、エルツバッハ (W. Müller-Erbach: 一八三九年に生る) が大變立入つて研究した現象である。

同一の物體が液體とか固體とか氣體とか云ふ種々の凝集状態に變移することが出来ることは、水が水蒸氣になつたり氷に變つたり出来る故に原則上常に認められなければならないものであつたにもかゝらず大概の場合に物理學は之と相似の變形を認める事が出来ずして、十九世紀の終りになるまで多くの瓦斯は永久瓦斯とせられて居つた。尤も既に一八二九年にフランケンハイム (M. F. Frankenheim: 一八〇一年—一八六九年) が半ば獨斷的なこの假定に對して抱いた正しい疑は先づ理論的の性質を帯びて居つた。しかし其の後四年にして未だ年若であつた實驗術の大家マイケル、ファラデー (Michael Faraday: 一七九一年—一八六七年) は液體鹽素を製出し、之れに次いでティロリエー (Thilorier) とナッテレル (Natterer) は無水炭酸を液化し、又之れを雪の様な固體ともする事が出來た。ボイル、マリオットの法則はゲー、リュサツクによつても改良せられたが、尙そ

の極限の場合には條件附の下に初めて適用する事が出来ると云ふ事はデュロン (P. L. Dulong: 一七八五年—一八三八年) やデュプレツ (C. F. Duprés: 一七九七年—一八六三年) やレニョー (H. Regnault: 一八一〇年—一八七八年) などの數多の研究から解つて來た。特にレニョーは大なる壓力が加へられたる水蒸氣を観察するに當つて一身の危険が目前に迫るをも顧みず續行した。斯様な實驗が果して危険なものであるか否かはティロリエー及びロブレツスキー (N. F. v. Wroblewski: 一八四五年—一八八八年) が實驗室で倒れた事によつて決定した。ロブレツスキーはオルスツエツスキーと共に取扱ひ難い瓦斯を壓搾し、カイユテー (L. P. Cailletet: 一八三二年に生る) やラウール、ピクテー (Raoul Pictet: 一八四六年に生る) も同じ實驗をしたから遂に酸素や酸化炭素も彼等の研究に抗する事が出来ないうで液體となつた。この時には壓を強める外に溫度を下す事も必要であると言ふ事がわかつた。であるからこの問題は更に熱學と結びつけて説明しやう。しかし之には至る所に分子物理學が入り込むものであると云ふ事が明かになつた。この分子物理學は既に早くから天才ゲオルグ・シモン・オーム (Georg Simon Ohm: 一七八七年—一八五九年) によつて研究され、氏はこれに關する書物を著はさうと一八四九年にその一部なる數學的の誘導を世に出したが氏の死去によつて残念にも中絶さるゝの止むなきに至つた。新しい研究家の中ではオットー、レー

マン (Otto Lehmann: 一八五五年に生る) は永く間液體結晶に就て研究して居つたから自然にこの事業に深い興味を起す様になつた。この疑問は又ファン、デル、メンズブルッゲ (G. L. van der Mensbrugghe: 一八三五年に生る) やノーナー (L. W. S. Rayleigh: 一八四二年に生る) やゾーンケ (L. Sohncke: 一八四三年—一八九七年) やクインケ (G. H. Quincke: 一八三四年に生る) などによつて研究された表面張力の問題と密接な關係を持つて居つて、近來になつて種々の方面に於て興味を呼び起される様になつた。

次に音響學の進歩を述べる。音響學の進歩は波動論の進歩によつて甚だしく左右されたものであつて、波動論の進歩にはポアッソンやコーシイ (A. L. Cauchy: 一七八八年—一八五九年) などの重要な波形の測定よりも、寧ろウェーベル (W. Weber) とヘルンスト、ハインリッヒ、ウェーベル (Ernst Heinrich Weber: 一七九五年—一八七八年) なる兄弟が物理學上の器具に重要な革新を持來した波動水管 (Wellenrinne) の實驗の方が餘程貢獻した。更に固體の振動及び之に關係ある音の發生に關してはサバル (E. Savart: 一七九一年—一八四一年) やホイートストン (Ch. Wheatstone) や及び隕石の研究家なるクラドニ (Chladni) などが研究した。其の中でもクラドニは特に成功し、氏の作つた音圖は現今でも必ず物理學の講義に上される。氏は又振動數を算出する

事も大變重要な事であると思つて企てたが、この計算が全く異論がない様に出されたのはカニヤール、ド、ラトゥールのサイレンが出てからである。又このサイレンによつて人の耳に聞き得る音の限度をも定める事が出来た。トレヴェリヤンの振動棒 (Waakler) とかラブラースが改良して重要なものとなつた音の速度の測定の実験とかもこの方面の進歩を現はすものである。音の速度の測定は一八二二年にもアラゴとフンボルトによつて行はれた。而して一八三七年にはコルラドンとストゥルムとの兩人は進んで之を水中の場合に擴張した。それから三四十年後にレニョーやマツハ(E. Mach: 一八三八年) やクント(A. Kundt: 一八三八年—一八九四年) などは更に之を改良した。クントの塵の圖は以前に應用された器械を整然と完成したものである。

オームは一八四五年に音調の理に重要な補遺を加へた。氏は、波が重疊せる時に、幾何圖で分力にあらはす事が出来る様に耳は合成音を單音に分解する事が出来るものであると云つた。後にヘルムホルツはこの問題をとつて一八六三年に「音の感覺の理」(Lehre von den Tonempfindungen) と云ふ物理学の素養がある音楽家の参考書を著はした。この書では所謂音色の概念を定める事が中心點となつて居る。この音色によつて、高さ及び強さが一定した様に見ゆる調子はどの器械から生じて来るかを區別する事が出来るものである。次にケーニツヒ(K. Koenig: 一八三二年に生る) やメル

デ(E. C. Meade: 一八三二年—一九〇一年) やリッッサユー(L. A. Lissajou: 一八二二年—一八八〇年) やラダウ(R. Radau: 一八三五年に生る) やソンドハウス(K. F. I. Sondhaus: 一八一五年—一八八六年) などによつて誘導されたもので且特に感じのよい炎を音の刺戟の指示器とした音の機械的工程は音響學の理論的の方面を大變進歩させた。又始終何か新しい發明を報告する事を怠らない亞米利加のエヂソン(Th. A. Edison: 一八四七年に生る) が作つた蓄音器フォノグラフやヘルリネル(Berliner: 一八八八年に生る) が作つた精巧なGrammophonなども思ひがけない程廣く使用される様になつた。ヘルムホルツは生理學者であつて同時に物理學者であつたからして聴器官の機能をも大變精密に實驗し、就中一定の調子に整調せるコルチ氏纖維(耳の蝸牛殻の中にあるもの)の機能を明かにする事が出来た。

十九世紀の初めには實在性の熱素と云ふものゝ存在を信する事が未だ打破られなかつた。即ちこの熱素の多寡によつて物體の溫度が定まると云ふのである。しかしその以前一七八九年に瓦斯理論の大家アントアヌ、ローラン、ラウオアシエー(Antoine Laurant Lavoisier: 一七四三年—一七九四年) は下の様な定理を公けにした。即ち「カロリクム(Kalorikum)は非常に彈性に富める液體である。」けれ共ルムフォルドの穿孔の實驗(Boluvorsuch)やピクター(M. A. Pictet: 一七五二年—一八

二五年)やレスリー(L. Leslie: 一七六六年—一八三二年)などの世を聳動させた副射熱に関する研究及び暗い熱線が存在すると云ふジョン、ハーシエルの認識等はこの假定と一致しなかつた。併し寒暖計を完成しやうとする努力も、ポアッソンやフーリエー(L. B. I. Fourier: 一七六八年—一八三〇年)などの熱の傳導に關する巧みなる解析的研究も此熱素説を打破らうとはしなかつた。既にデュロンとプチー(A. T. Petit: 一七九一年—一八二〇年)との定律及びアツァガドロー(A. Avogadro: 一七七六年—一八五八年)の定律は大變な影響を及ぼした。デュロン、プチーの定律と云ふのは、一の物質の比熱と分子量との積は一定であると云ふのであつて、アウガトローの定律からは、二物質の蒸氣密度は分子量に比例すると云ふ事が出来て来る。ゲー、リュサツク及びエルター(L. I. Welter: 一七六三年—一八五二年)は之に和して定壓時の比熱と定積時の比熱との比を定めた。併しこの二重概念すらもカロリクムの理に一致させる事が出来らしく見へた。又クノブラウフ(K. H. Knoblauch: 一八二〇年—一八九五年)の熱線の透熱や反射や屈折や廻折などに關する實驗及びノビリ(L. Nobili: 一七八四年—一八三五年)とメルロニ(M. Melloni: 一七九八年—一八五四年)とに依て作られ、總ての檢温計(Thermometer)の中で最も感じが微細であつて、月光の副射熱からでも變化を受ける熱倍重計(Thermomultiplikator)などの使用によつて光と熱との間に在る關

が更に注意される様になつた。併しアンペールが一八三五年に公けにした論文は尙ほ未だ光及び熱は分子や原子の振動に基くものであると云ふ事に關して直接に好結果を收める事が出来なかつた。

ヘルスローリヤやボスコヴィッチや其他の人々の論文にあらはれた熱の力學論(Kinetische Theorie der Wärme)はウイルヘルミ(L. F. Wilhelmj: 一八一二年—一八六四年)クレーニツァ(A. K. Koenig: 一八二二年—一八七九年)及び應用力に富んで居つた人として前に述べたクラジウスなどによつて現在行はれて居る形に改良せられ、更にマイエル(O. E. Meyer: 一八三四年に生る)ホルツマンやステファン(J. Stefan: 一八三五年—一八九三年)及びロシユネット(J. Josepht: 一八二二年—一八九五年)によつて六十年代及び七十年代に數學上の基礎を有する確固たる組織に完成された。こゝに於て第十七章に述べた熱と仕事との關係は俄かに明かになつた。即ち分子運動(Molekularbewegung)を抑壓すれば極く小さい微分子の運動即ち熱に變るものであると云ふ事になつた。であるから十八世紀からよく知られて居つた熱量計にも全く異つた意義がつけられ、又大變導きがわるく且彈性を持つて居る液體の熱の傳導能の問題にもこの理論の助けを藉つて攻撃の矢が向けられた。クラウジウスとマックスウェル(J. C. Maxwell: 一八三一年—一八七九年)とが出した精密な式はこの傳導能にはどんな要素が關係して居るかと云ふ事を確めて居る。

動力學 (Kinetic) の述べる所によると、凝集状態が變つて行く事は、ガッセンデの意味に於ける合理的原子論の簡單な結果であるらしい。之の價値を最近に至つてラスウィッツ (K. Lapwiz: 一八四八年に生る) は再び呼び起した。即ち高壓は微分子の振動の傾向を妨げ、高温度は之を強くすると云つた。併しアンドリュース (Th. Andrews: 一八一三年—一八八五年) は一八六〇年に、各々の物質に一完なる臨界温度以上では如何に強い壓力を加へても瓦斯體は液體にならないと云ふ事を見出した。更にこの事實に澤山の理論や實際的研究が結び付けられた。その中で和蘭人ファン、デル、ワール (L. D. van der Waal: 一八三七年に生る) とカメルリング、オンネス (H. Kamerling Onnes: 一八五三年に生る) との二人の研究は特に重要なものである。即ちその研究は一八七三年と一八八一年とにあらはれた。ファン、デル、ワールの状態方程式は、ある一定の凝集状態に相當する分子の例が如何にして作られるかと云ふ事に結末を告げるものである。この式を實現する爲に二つの係數を作つたが之によると餘程了解し易くなる。

この熱學的、動力學的の分子物理学の理論が起ると共に瓦斯の固體化や液體化や及び之と離すことの出来ない冷却器の理論などが新時代に入つた。この分子物理学に對しては亞米利加のギッブス (J. W. Gibbs: 一八三九年に生る) は大變な貢獻をなしたものである。寒劑及び揮發によつて起る

寒冷を利用する古い装置はデワー (J. Dewar: 一八四二年に生る) とリンデ (K. P. G. v. Linde: 一八四二年に生る) の新しい器械の爲に舊式とせられる様になつた。デワーやリンデの器械は漫然と發明せられたものではなくして、機械的熱定理の原則から嚴密に考出されたものである。これによつて液體空氣も盛に作られ、現今では大變安い値段で買ふ事が出来る。瓦斯と云ふ瓦斯で此器械にかげられて液化しないものがない様になつた。デワーは一八九八年に水素を、オルスツエヴスキーはこの時代に弗素とアルゴンとを液化し、又カメルリング、オンネスがライデン大學内に設けた低温度發生の實驗室では、永く絶望されて居つたヘリウムの固體化を遂に事實としてあらはす事が出来た。斯様な定理が入らぬ舊式の熱學(と云ふと誤弊があるかもしれない) も亦熱心に舊態を墨守して研究され、得る所が多かつた。例へばレックナーゲル (G. Recknagel: 一八三五年に生る) とレーヴェンハント (L. Loewenthal: 一八四七年—一八九二年) とは温度の測定に効績を立て、物理學的工業的國立研究所 (初め一八九〇年以來ヘルムホルツによつて指導され、後コールラウシュによつて統轄されたもの) では、物理學者であつて社會改良政策家として尊敬されて居つたアッペ (E. Abbe: 一八四〇年—一九〇三年) の下に盛に活躍する事が出来たエナ市のツァイスの光學研究所と同様に信頼すべき測熱計の製作及び調節をなした。併し將來の熱の單位の問題は全くワールブルハ (E. G.

Warburg: 一八四六年に生る) の手中にある。又最高温度だけを測る高温寒暖計法に對しては近來僅かにプリンセツプ (J. Priest) の金屬高温寒暖計があるのみであるが、ウイリアム、シーメンズ (William Siemens: 一八二二年—一八八三年) とバールス (Ch. Barz: 一八五〇年に生る) とが完成したものが却つて見るに足る。

最近光學の歴史は二部分、尙正しく云へば三部分から成立つて居る。その性質上古代及び中古代に流行した幾何光學は光の性質に關しては少しも考へる所がなかつたが、この光の性質が研究される様になると直ぐ放射説と波動説との間に争ひが起つた。之等に對して更に最近になつて重要な光の電磁論が起つた。即ちこの三つの部分である。しかし第一の部分と第二の部分とは度々混交して居る。

今述ぶべき時代には解析的光線屈折學の研究即ち數學上の線として又は厚さを持つて居るものとして計算せられるレンズの中を弱い光束が通過する事に關する研究が特に澤山あつた。ガウスとかメービウスとかザイデルとかベツツァル (J. Petzval: 一八〇七年—一八九一年) とかノイマン (K. Neumann: 一八三二年に生る) とかリスチング (O. Iisking: 一八〇八年—一八八二年) とかはこの現象を出来る丈明確にしやうと努力したが之には焦點とか主點とか節點とかの概念を使つて大變な係

く成功した。光線屈折學の實際上の應用は、ジョセフ、フラウンホーフェル (Joseph Fraunhofer: 一七七年—一八二六年) がライヘンバッハ (H. v. Reichenbach: 一七七二年—一八二六年) やリープヘル (J. Liebherr: 一七六七年—一八四八年) やウツツシュナイデル (J. v. Utzschneider: 一七六三年—一八四〇年) や及び硝子工業家としてあまり成功しなかつたグイナンド (P. L. Guinand: 一七四四年—一八二四年) などと共同して、初め上バイエルンの小都會ベネディクトホイエルンで、後にミュンヘンで立派な望遠鏡製作所を設けてから豫期しなかつた程盛になつた。此製作所で作られたものはそれより以前にあつた事業を悉く瞳惹たらしめ、世界中の大きな天文臺には悉く望遠鏡を供給した。フラウンホーフェルの墓石の銘なる「彼は星を吾人に近づけた」と云ふ語は偽らなものである。次にモーゼル (L. Moser: 一八〇五年—一八八〇年) とカルステン (G. Karsten: 一八二〇年—一九〇〇年) の所謂潜在する光 (latentes Licht) に關する研究は寧ろ物理光學の方面に傾いて居る。之は又吸収の現象をよく理解するのにも大變手助けとなつた。斯くこの時代の物理學と根本的に不和であつた色彩學 (Farblehre) の研究も澤山報告された。詩人や哲學者として有名なゲーテ (J. W. Goethe: 一七四九年—一八三二年) やシッペンハウエル (A. Schopenhauer: 一七八八年—一八六〇年) などは色彩學で専門の物理學者に挑戦した。現今明かになつた觀察點から考

へて彼等の自負はあまり感心すべきものではないが、ケーニッヒ (W. Koenig: 一八五九年に生る) が現今の學説を基礎として行つたゲーテの説の批評によつてその良い方面も明かにされた。特に對比色 (Kontrastfarbe) の解釋に於てはこの大詩人ゲーテは、長生して澤山の好結果を收めた物理化學者シュツリューヒ (M. E. Chevreul: 一七八六年—一八八九年) の前驅者とまでなつた。次に寫眞術は初めシュルツェによつて徐々に進歩され、後ウ・ドワードやデイヴィによつて半ば無自覺に幾分の完成に近づけられたが、更にエヌ、ビー、ニエプス (N. P. Niépce: 一七六五年—一八三三年) 及びその子のエム、エフ、ニエプス (J. M. F. Niépce: 一八〇五年—一八七〇年) や又はダグエル (J. M. Daguerre: 一七八九年—一八五一年) とかタルボー (W. H. F. Talbot: 一八〇〇年—一八七七年) などによつて全く完成された。タルボーは現今も用ひられて居る寫眞術の術語を作つた。斯くの如くこの寫眞術は起つてからホヤホヤにも係らず短日月の間に目立つて發展した。と云ふのは半世紀も立たない間に原始的なダグエル式寫眞術から一躍して瞬間寫眞術や顕微鏡寫眞術や及び地形建物等を各方面から撮る寫眞學的測量法 (Photogrammetrie) とまで進歩し、遂には自然をそのまゝの花であらはず寫眞まで出来る様になつた。之れはリップマン (G. Lippmann: 一八四五年に生る) とかウィーネル (O. Wiener: 一八六二年に生る) とかによつて完成されたものである。最

近のルミエー (Lumière) の三色寫眞は二十世紀になつても矢張り研究されたものである。次に燐光と螢光とに就て簡単に述べて見れば、燐光は初めカントンによつて、後プラチドックス、ハインリッヒ (Placidus Heinrich: 一七五八年—一八二五年) やベッケンル (A. E. Becquerel: 一八二〇年—一八九一年) やハンケル (G. W. Hankel: 一八一四年—一八九一年) などによつて光學の一部分とされ、螢光はロンメル (E. Lommel) 及びウィーデマン (E. Wiedemann: 一八五二年に生る) によつて現在の説に直された。

さて光學が理論上にも實際上にも豊富になつた年は一八五九年である。然しながら勿論之は希臘神話にあるツォイスの頭からアテナが飛んで行つた様に突飛に進歩したのではなくして、一定の度までにはちやんと前から準備がされてあつたのである。この年から百年程も前の一七五二年に既に光線屈折學の天才メルツェル (Th. Melville) はスペクトルを研究し——但しウォラストン (E. Wallaston) もすこし前に同じ様な事をした——太陽のスペクトルの中に黒線がある事を認め、その位置及び距離を精密に測つた (之所謂フラウンホーフェル線である) 時に英國の物理學者ミラー (W. A. Miller: 一八一七年—一八七〇年) は炎のスペクトルの中にあられる明るい線とこの黒い線とを比較しやうとしながら止めた。又ブリュッケル (J. Plücker: 一八〇一年—一八六八年) と云ふ人も之を

研究したが徹底する事が出来なかつた。しかし氏は一八五四年にガイスレル管の光を正しく取扱つた。スペクトル分析の眞の建設家は、獨逸のハイデルベルヒ市の物理学及び化学の代表者なるグスタフ・キルヒホッフ (Gustav Kirchhoff: 一八二四年—一八八七年) とロベルト・ブンゼンとである。之の星學上の勝利は既に述べた。光が種々の波長を持つて高熱されて居る瓦斯を通過する時には、その種々の波長の光の中、瓦斯が灼熱された爲に發する光の波長と同じ波長を有するものだけ吸収される、であるからその通過する光のスペクトル中にある輝くべき所が却つて黒くなつてあらはれるのである。このスペクトルによつて、吸収して居る物體が渾發金屬の如何なる蒸氣又は如何なる瓦斯を含んで居るかを決定する事が出来る。この大發見の化學上の影響に就ては後に述べる事とする。

併しこのスペクトル分析の現象の理論的説明は既に波動説を假定して居つた。であるから今波動説の始まりに遡つて述べよう。即ち以前トーマス・ヤングは半ば無自覺に自分の説とホイゲンヌやオイレルの説とを結びつけたが、ヤングの説は間もなくフレイネル (A. Fresnel: 一七八八年—一八二七年) の大膽な數學上の考案によつて先じられて了つた。光の廻折及び干渉は、光の振動は光線として示される直線の上に直角に進む即ち光波は横波であると云ふ假説から説明された。又フレイ

ネルは波面の力を藉つて複屈折を十分に云ひあらはす事が出来た。波面は通常の硝子では球面で、單軸結晶では廻轉橢圓體で、二軸結晶では四次の表面になるものである。この波動説が確かに勝利を得たのはヤーヌス (E. L. Malus: 一七七五年—一八一二年) が偏光を發見してから後である。この偏光の一層深い研究はニコル (W. Nicol: 一七六八年—一八五一年) ニコルのプリズマを發明した人) やブリュースター (D. Brewster: 一七八一年—一八六八年) 百色眼鏡の發明者) や及びアラゴ (E. Arago: 一七八六年—一八五三年) などによつてなされた。然しラブラースやビオーなどは波動説に對して固く放射説を保持した。かく波動説が勝利を得たが尙之に關する新らしい實驗的の發見が續々鋭敏な計算を供つてあらはれた、次にノイマン (Er. Neumann: 一七九八年—一八九四年) は一八三二年に隋圓の偏光はこの新解釋の直接の結果であると推論した。斯くする間にシユヴェルトは一八三五年に廻折格子の縁に混雜して色があらはれる有様を専門に研究して完全な理論を立てた。ハミルトン (R. W. Hamilton) やロイド (H. Lloyd: 一八〇八年や一八八一年) や及びマック、クラフ (J. Mac Cullagh: 一八〇九年—一八四七年) などもフレイネルの波面はある特別の状態に於ては圓錐形の屈折をなすものであると云ふ證明を出した。後には實用上の光線屈折率即ち望遠鏡の作製や擴大鏡の作製の改良にも波動論を顧る事が必要となつて來た。之はブルンスやストレー

ル (G. Strahl) やアツペなどの研究を見ると解る。さて顕微鏡で見る事が出来る範囲も限りに達したのであらうと云ふヘルムホルツの様な大物理學者の疑懼もエナの大物理學者アツペによつて反駁された。即ち氏はアミチ (G. B. Amici: 一七八六年—一八六三年) の發明に係はる浸透レンズ (Immersionlinse) を基にして廻折された光の散失を防いで益々進歩改良したからである。又螢光の研究も新階段に入つた。ストークスやロンメルとかの人達は、この移り變る色調は光學上丁度音響學の複音に全く相當するものであると云ふアイゼンロール (W. Eisenlohr: 一七九九年—一八七二年) の暗示を一層完成した。勿論新波動論は光線の波長を嚴密に出さなければならなかつた。その方面ではフラウンホーフエルやアイゼンロールやアングストレームやコルヌ (M. A. Cornu: 一八四一年に生る) や及びブルーベンス (H. Rubens: 一八六五年に生る) などの研究が好結果を得た。しかも眼に見へるスペクトルのみならず眼に見へない赤外スペクトルや紫外スペクトルに就ても研究が行はれた。

次に光の電磁學論に就ては電氣學の歴史の所で述べるのであるが今さつと其起りに就て云へば、之の先縦としては、ウイーン (W. Wien: 一八六四年に生る) も云ふ様に、前に述べたマツク、クラフと、函數論を起して最近數學史の中で尊敬されるベルンハルト、リーマン (Bernhard Riemann:

一八二六年—一八六六年) とを挙げなければならない。尙ニーデルランドの人ローレンツもマツクスウエルの根本的改新意見に達した。しかしマツクスウエルの意見は電氣學の全進歩と關聯して初めて適當に評價する事が出来る。

古い摩擦電氣が研究されて居る間に、之の妹分なる新進氣鏡の電流が現れて、摩擦電氣を背後に壓して了つた。ハートストーン (Ch. Wheatstone: 一八〇二年—一八七五年) やフォルセルマン、デ、レーン (P. O. C. Vorseman de Heer: 一八〇九年—一八四一年) やクノツベンハウエル (K. W. Knochenhauer: 一八〇五年—一八七五年) や及びフェッデルゼン (B. W. Feddersen: 一八三二年に生る) などは放雷火花の繼續時間測定を完成したが誰もあまり顧る人がなかつた。併し通常の電氣を以ても高度の電位差を得られる事が漸次明かになつた。新器械の第一着のものはアームストロング (W. G. Armstrong: 一八一〇年—一八九九年) の蒸氣起電器で、之に次いで感應起電器は常に益々完全になつて行つた。之はベルリ (G. Belli: 一七九一年—一八六〇年) やホルツ (W. B. Holtz: 一八三六年に生る) や及びテブレルなどの御陰によるものである。又結晶の熱電氣上の關係はハンケルによつて精密に報告された。リース (S. Th. Riess: 一八〇四年—一八八三年) は摩擦によつて起る電氣の性質を大變巧みに三度記述し、(即ち一八五三年と一八六七年と一八七九年にとである)

又之の最良の測量器なる電氣的空氣寒暖計を作つた。

(ルイギ、ガルヴァニ (Luigi Galvani: 一七三七年—一七九八年) が特殊なる動物電氣の存在を公けにしようとして考へて居つた有名な蛙の實驗の最初の報告は一七九二年に出たものである。しかしこの事に關する意見は始終變化して、之までガルヴァニの説の熱心なる歸依者であつたボロメの解剖學者アレッサンドロ、ヴォルタ (Alessandro Volta) は全く異ふ意見を吐く様になつた。ヴォルタの説は今でも認められて居るものであつて、即ち動物の筋肉は全く中性の媒質として働き、只種々の金屬の接觸電氣のみが痙攣の現象の原因となるものであると云ふのである。併しガルヴァニの主張に賛成して論ぜられたものが大變多くある。就中伯林の生理學者エミール、デニ、ボア、レーモン (Emil Du Bois Reymond: 一八一八年—一八九六年) は一八四三年以來所謂蛙流 (Froschstrom) を改新的に研究し、更に一八四八年から一八四九年にかけて、醫學的物理学のこの部分を革新する様な動物電氣の書を出して、ガルヴァニの云ふ事も全く正しくないのではないと云ふ事を明かにした。けれど共ヴォルタの説はフンゴルトが一七九七年から一七九八年までに編輯した「刺撃され筋肉纖維と神經纖維とに就て」(Über die gereizte Muskel- und Nervenfaser) と云ふ二冊續きの書の中でも重要部分を占めて居る様に、大部分正しく且後の研究の道を拓いたものである。この新現象を純物理学的に

研究するに最も都合のよい器械は亞鉛板と銅板と濕ほされた綿花片とから成立つヴォルタの電堆であつた。しかしこの電堆には直ちに澤山の改造が加へられた。其中でもザンボニ (G. Zamboni: 一七七六年—一八四六年) が初めて乾電堆を作つた事が最も有名である。さて一方獨逸ではバッフ (C. H. Pfaff: 一七七三年—一八五二年) 及びリッテル (J. W. Ritter: 一七七六年—一八一〇年) は未だ發達して居ないこの電流の研究に全力を注いだ(リッテルは注意深い實驗家であつて且自然哲學に魅入られた神秘主義の思索家である)。その結果一八〇〇年に鉛板電池によつて水が酸素と水素とに分解する事が熱心に實驗されて遂に成功した時にリッテルの名はクルイクシャック (W. Cruikshank: 一七四五年—一八〇〇年) やニコルソン (W. Nicholson: 一七五三年—一八一五年) やカーライル (A. Carlisle: 一七六八年—一八四〇年) などの名と共に大變稱揚された。けれ共當時の人は電氣と磁氣とは不可測量の液體であると考へたから、この新現象の理論的解釋に對しては、善かれ悪かれ兎も角其の場さへのがればよいと云ふ態度をとつた。

併し其後も、電氣と磁氣とのこの二自然力は全く唯外見上だけ並列されて居つたのである。之を結合して居る紐は電磁氣學であつて、之は既にフランクリンやリッテル及び大起電器を作つて有名な和蘭人ファン、マールム (M. van Marum: 一七五〇年—一八三七年) によつてその可能なる事が

考へられたけれ共、之に對する巧妙な立證は未だ案出されて居なかつたのである。又ロマグノジ (G. D. Romagnosi: 一七六一年—一八三五年) やコンフィグリヤッチ (P. Configliacchi: 一七七七年—一八四四年) の功勞は如何にも否定する事の出来ないものであるが、電流によつて磁針の方向を變ずる事が出来るると云ふ考を一八二〇年に初めて發表したのは丁抹の物理學者エールステッドである。この發見の結果はシュワイゲル (J. S. C. Schweigger) の倍重器やポグENDORF (J. C. Pogendorf: 一七九六年—一八七七年) の蓄電器などによつて明かに示されたものであつて、この發見があつてから多くの研究が解決された。エールステッドは初め磁針の廻轉する方向を定めるのに稍々複雑な云ひ方をしたが、アンペールは簡單で且要領を得た述べ方をした。ノビリは初めて大變正確な測定をする事が出来る電流計を作り、ド、ラ、リッヅ (O. G. De la Rive: 一七七〇年—一八三四年) は之と並んで正切電流計を作つた。アラゴは一八二五年に廻轉磁氣 (Rotationsmagnetismus) を發見した。熱磁氣及び熱電氣の最初の報告はハーシエル (J. Haessel) 及ヤーベック (W. J. Seebeck: 一七七〇年—一八三一年) から出されたものである。この熱電氣學はノビリとメロニ (M. Melloni) とが殆ど獨專的に進めたものであつて、氏等が作つた熱倍重計に就ては既に述べた。

其後直ぐ電流動力學も亦確なる數學の基礎の上に立つ様になつた。オームが一八二七年に出した

著書 (之は永い間誤解されて居つて、著者が一八四一年にカブリー賞牌 Copley = Medaille を受けた時に初めて十分認められた) の中には、氏が計算と經驗とから出した定理が載せてある。之は後世オームの法則と云はれて居るもので、電流の強さは電動力を全抵抗で割つたものに比例すると云ふのである。これで電流動力學と云ふ新しい學科が出来た。その傑出した代表者はウェーベルとキルヒホッフとである。

諸種の實驗に親んで居つた物理實驗の天才ファラデーはこの電流動力學を他の方面へも擴張した。それは感應電流の發見である。感應電流と云ふのは、電流を通ずる事が出来る回線と、電流を通じない回線とを並べて置き、初めの回線を閉鎖して起る次の回線の電流である。又氏は光の分極面の電磁的回線を發見し、其の他物體の正磁性體と逆磁性體との區別をも明にした。感應作用——特に磁氣感應の場合——の擴張はリースやマリヤミニ (G. Marianni: 一七九〇年—一八六六年) や及エドランド (E. Edlund: 一八一九年—一八八二年) などによつて完成された。

電氣學の實際の利用は次第に重要なものとなつて來たが、この事を述べるのは暫らく措き、先づ **ファラデーとマクスウェル** との根本的假説が成した改造に就て述べよう。電氣が傳はるのは力が傳播するのであると云ふニュートンの舊式の意見には最早賛成する人がなくなつた。エールステッド

が「電氣の衝突は輪の中を進行す」と云ふ露骨な云ひ方で自分の想像を述べた時に既に氏は電氣の理論に就て考て居たのである。而してこの考の中で認められる根本思想はファラデーの力線と云ふ語によつて明瞭に述べられる様になつた。ファラデーは、力線とは一の磁石の極の間を通るものであつて、その作用圏に近づいた物體は單にこの力線が存在する爲に極の状態に變ずるものであると考へた。氏は數學家でなかつたから只便利にしやうと思つて作つたこの解釋が總て電氣や磁氣の現象に對する完全な理論になるとは殆ど思ひ掛けなかつた事であらう。そこで氏と同國人のマックスウェルは之を捉へて、今やこの確定しない定義が非常に精確な概念決定をする事が出来る様にした。後に述べる如く、このマックスウェルの定理は最も重要な結果を生みだした。

斯様な原理が發達すると共に、現象の解剖に應用する事が出来る補助物も歩調を保つて發達して行つた。ダニエル (J. F. Daniel: 一七九〇年—一八四五年) が最初に電池を作つてから續いてグロウやクーパー (Cooper) やマイティングゲル (Meisinger) やスメー (Smee) やルクランヌ (Luchanck) 等が種々改良したものを出した。リッテルが初めて注意した、抵抗の爲に起る分極電流はフェヒネル (G. F. Fechner: 一八〇一年—一八八七年) やレンツ (H. F. E. Lenz: 一八〇四年—一八六五年) やベーツ (W. Beetz: 一八二二年—一八八六年) などによつて闡明された。工業に缺くべからず

る蓄電池はシンスターデン (W. J. Sinseden: 一八三〇年に生る) とプランテ (G. Planté: 一八三四年—一八八九年) とによつて研究せられ、電流計はヴィーデマン (G. Wiedemann) やデプラー (E. M. Deprez) やエーデルマン (M. Th. Edelmann) やルーザー (K. Looser) などの努力によつて完成された。又リュームコルフ (H. D. Ruhmkorff: 一八〇三年—一八七一年にして Ruhmkorff に非ず) とステーレル父子の作つた電磁氣の器械によつて、從來よりも大規模の電氣的の働をする事が出来る様になつた爲に思ひがけずも立派な電氣弧光が作られ様になつた。

電氣の理論研究は後になつて重にファラデーやマックスウェルによつて完成された。其の中でもファラデーの單極感應 (Unipolare Induktion) の證明は特に重要なものであつた。と云ふのは歸一的 (Unitarisch) の假説も二元的の假説も皆失敗したにもかゝらず之が成功したからである。又エドランドのエーテル論も十分に満足すべきものではなかつた。之に反してエンキン (H. C. Jenkin: 一八三三年—一八八五年) やシルヴァナス、トムソン (P. Sylvanus Thomson: 一八五一年に生る) やエーベルト (H. Ebert: この人は一八九七年に「磁場」(Magnetische Kraftfelder) と云ふ書を著した) などは種々の研究界に起つて來るすべての現象をマックスウェルの根本假説から説いて來た。ホール効果 (Hall = Effect) もこの假説から説明が出来る。ホールの効果と云ふのは、金屬板に電

流を通じてこの板面を強い磁石の間に入れ、板面に直角に磁場を適用さしめるとその板面の流線が偏り、元は同じ電位差であつた場所も電位差が變つて來、その二點を電流計に繋ぐと電流計の磁針が振れる様になる現象を云ふのである。若しマックスウエルの云ふ所が眞實であるとすれば空氣中を充滿する筈である電波と云ふものもそのまゝでは首肯出來ないものである。この説の仕上げをした人はハインリッヒ・ヘルツ (Heinrich Hertz: 一八五七年—一八九四年)であつて、氏は澤山の實驗の結果二つの根本眞理を確立した。即ち「電氣は波狀となつて空氣中を傳播す」「その速度は光の速度と全く一致す」と云ふのである。光の速度は既に述べた様に、レーメルは既に星學上から出した。さてこの電氣の放射體なる電波には、光波と同様反射、屈折、廻折及び陰影を作る事等の性質があると云はれた。十九世紀には又光の速度の外にフーコー (J. B. L. Foucault: 一八一九年—一八六八年) やフィゾー (A. H. L. Fizeau: 一八一九年—一八九六年) やコルヌや及びミケルソン (Michelson) などによつて元の定數にもよく適合する地球上の測定も行はれた。

かくて又フラデーによつて開拓せられた光の電磁論は一新紀元を劃した。ノイマン (K. Neumann 一八三二年に生る) は前に述べた廻轉現象を説明した。又ケル効果 (Kerr = Effect) も明かにされた。ケル効果と云ふのは磁性體の輝く面に反射が起ると光の分極面が廻轉すると云ふ現象を云ふのである。

又強い磁場の爲に燐のスペクトルに變化を及ぼす現象なるゼーマン効果 (Zeeman = Effect) も説明された。ステファンやヘルムホルツや氏の門弟なるローランド (A. H. Rowland: 一八四八年に生る) やウィッヤム、トムソン卿や及びプランク (M. Planck: 一八五年に生る) やボルツマンなどはこの理論を完成した。壯年にして死んだドルード (P. Drude: 一八六三年—一九〇六年) も一八九七年に「エーテル物理学」(Physik des Aethers) と云ふ書を出して、この理論を完成した。又少し前の人であるがデンマルクのローレンツ (L. V. Lorenz: 一八二九年—一八九一年) もこの事に關して忘れる事の出來ない人である。氏と同名の和蘭人ローレンツ (H. A. Lorentz: 一八五三年に生る) は恐らくはすべて是等の問題に對して最も永く研究を繼續した人であらう。氏の「運動せる物體に現はれる電氣的、光學的現象の理論の實驗」と云ふ書は一八九五年にあらはれたものであるが現今も盛に觀迎されて居る。

光學と電氣學とを結びつける方面に屬するものに新種の光の理論がある。之を述べるには、先に初步を記述した電氣分解の現象を更に顧みる必要がある。その歴史はオストワルドの云ふ如く、「智力上の慣性の定律に教訓が多い章である。」電流によつて水が酸素と水素とに分解せられる事が科學界に認められ、又グロートス (Th. v. Grothuss: 一七八五年—一八二五年) が水を分解する時の電

極、即ち陽極と陰極との作用を認めてから、ヒットルフ (J. W. Hittorf) : 一八二四年に生るゝ獨逸物理學界の長老) はこの現象を次の様に解釋した、即ち「電解されるすべての物體の分子は任意に貯造されたイオンから成立つものであつて、電流の作用は陽イオンを陰極に、陰イオンを陽極に送る。その時にイオンが進む距離は電極に析出される物質の量を決定するものである。」この電離の意味は徐々に開拓された。瑞典人スヴァント、アルレニウス (A. Svante Arrhenius) : 一八五九年に生る) がオストワルドと共に電氣化學と云ふ獨立の科を設けて、一八八八年に新しい概念によつて解離をよくわかる様に記述した時に始めてファラデーの電氣分解の定律が理論的に導かれた。その定律とは、ある電氣分解の作用によつて拆出された二物質の重量はその化學當量に正比例すると云ふのである。ブランクとワルテル、ネルンスト (Walther Nernst) : 一八六四年に生る) との濃淡電池 (Konzentrationszelle) はこの事實に基づいて作られたものである。

クルックス (W. Crookes) : 一八三二年に生る) は自ら光白即ちラディオメーター (Radiometer) を作つて得た經驗の結果、一八七六年に通常の光に對して之とは異なる、輻射する物質を併立した。又既にツァンテデッシ (E. Zantedeschi) : 一七九七年—一八七三年) やガッシュオット (J. P. Gassiot) : 一七九七年—一八八七七年) やブリュッケル (Pliicker) などがこの現象を示してから以來管中の光の現

象の研究は一層盛に行はれた。ライトリング (E. Reiling) は既にガイスレル管の中で光の層を認めだが、このガイスレル管はこの研究を一般の人に知らすのに大變都合の善い器械となつた。而して一八八〇年以來特にゴールドスタイン (E. Goldstein) も之を研究し、遂には氏の名を冠せる陰極線があらはれて來た。一方では之は光線と類似して居るものとせられ、他方では光線は磁石の爲に方向を變じないが之は變ずるとレナルド (Ph. v. Lenard) : 一八六二年に生る) が云つたから光線とは種類の異つたものだと言はれた。之によると陰極線はクルックスの輻射物質とも種類が異ふのである。ゴールドスタインは陰極線を小穴を通じて管から發出させて其の^{イオ}磁氣の性質を失はしめた。レナルドは一八九二年にこの管光線をアルミニウムの窓を通過させたるに管光管は全く之を透過する事が出来る事を知つた。しかし全く新しい種類の光線が得られたとは一八九五年以前に豫想する事が出来なかつたのである。

暗室で、強く空氣を排出した黒い馬糞紙に包んである硝子管の中に電氣火花を生ぜしめて見ると管の中にある螢光板 (Fluoreszenzschirm) が光り始めると云ふ事を確言した人はレントゲン (K. W. Roentgen) : 一八四五年に生る) である。この豫期しなかつた光線を詳しく研究した結果、之は固有の光線と全く異つたX線即ちレントゲン線と云ふものであると云ふ事になつた。ある陰極線は材

木其他種々の物質を著しい弱り方をしないで通過して行き、螢光を起したり寫真に感じたりし、又特に電氣の傳導體を放電させる能力がある。レントゲンやフォルレルやストウベルやウインケルマン (A. Winkelmann: 一八四八年に生る) やゾンメルフェルト (A. Sommerfeld: 一八六八年に生る) などによつて研究せられた、光線に關する理論上の問題は尙決定しない、又永久に決定しない様な有様であるのに、實用の方面、特に醫學は盛に之を利用して内臟器管や外科手術を要する負傷などは今までよりは餘程便利よく研究される様になつた。又放射線寫真はすでに醫術の主要部分となつた。第十六圖は外科醫が人體をレントゲン線寫真にとつて診斷上の便宜に供する實例を示すものである。

これより先、總ての光線は波動に依つて傳播するものとは限らないと云つた人があつたが反駁されて誰にも顧られなかつた。然るにこの新發見によつてこの事が新らしい光明に向けられた。今度は放射説が勝利を得た様である。又十九世紀の終り方に認められたものであるが後に至つて初めて論争された、ある新種の光線に於ても同様の事實が認められた。ヘンリー (Ch. Henry: 一八五九年に生る) とベッケレル (A. H. Becquerel: 一八五二年に生る) とはウラン線及びある他の螢光を發する物質から放散さたる光線はレントゲン線と二三の點に於ては異つて居るが最も重要な性質をレ

ントゲン線と共にして居ると云つた。之等の事實と關係が深いラヂウムの研究は全く二十世紀の事に屬する。空中電氣の理は最近に至つてイオン説から説明される様になつた。

次に電氣の理が電氣工業に盛に應用せられる事の概略を述べなければならぬ。先づ第一に現今弱流電工学 (Schwachstromtechnik) と稱せられて居るものに就て述べ、更にこゝで電信事業に就ても述べなければならぬ。電信の思想が既に昔からあつた事は讀者の記憶せられる所ならぬが、通常の磁氣とか、又は解剖家のゼンメルグ (S. Th. v. Soemmering: 一七五五年—一八三〇年) によつて提議された電流の水分解とかが之に役立つとは思へなかつた。と云ふのはシャップ (Ch. Chappe: 一七六三年—一八〇五年) の光學的な電信はナポレオン戰爭中に實効を奏したからである。其後始めて電磁氣學に急速な大改造が行はれた。磁針電信の思想は、電氣による坑道發火の發明者なるカンスタットの市のシルリング (P. Schilling) と云ふ人によつて一八三五年以來公表された。しかし一八三三年に既にガウスとゲッケンゲンのウエーベル (W. Weber) とは天文臺と物理學教室との間で之に依て通信したのである。大規模に電信交通をやり出した人はスタインハイル (K. A. v. Steinheil: 一八〇一年—一八七〇年) であつて、氏は地傳導によつて大變費用を省く事が出來た。サミュエル、モース (Samuel Morse: 一七九一年—一八七二年) は一八四四年に書字電信を紹介し、ウエルネル、

シーメンス (Werner Siemens : 一八一六年—一八九二年) は一八四八年に電線を含硫ゴムで捲いて海底電線を布設した。之は一九〇〇年に全世界の海底を蔽ふた。ファン・レーズ (R. van Rensselaer : 一七九七年—一八七五年) とシュウエンドレン (L. Schwendler : 一八三八年—一八八二年) とは交流電信を發明した。電波は大氣を唯一の傳達物として大變な遠距離の所まで傳播して行く事が出来る。と云ふ事がわかる様になつてから無線電信の考へが起つて來た。之は澤山の有力な物理學者の獨立破究によつて確固たる形式をとる様になつた。その物理學者の一斑を挙げると、ブラントリー (E. Branly : 一八四四年に生る)、マルコーニ (Marconi : 一八七四年に生る)、ブラウン (K. F. Braun) 、スノーバー (A. Sauty : 一八四九年に生る) 及びアルノ (Arno) 伯などである。現今では大概の大洋汽船にこの機械が備へつけられる様になつた。

電流の音は一八三七年にペーヂ (Ch. G. Page : 一八一二年—一八六八年) が認めたものであるが、之を電話に應用したのは獨逸のフランクフルトのフィリップ、ライス (Philipp Reis : 一八三四年—一八七四年) が初めてであつて、丁度一八六〇年の事であつた。尤もそれは未だ不完全極まつたものであつた。併し世の公衆は一日も早くもつと完全な電話機が出るのを望んだ。而して獨逸の陸軍郵便局長ステファン (H. v. Stephan : 一八三一年—一八七四年) は之を一部分完成したが、完全

なものは一八七四年に初めて亞米利加のベル (A. G. Bell : 一八四七年に生る) によつて發明された。ホース (D. E. Hughes : 一八三一年に生る) は、顯字電信器の發明者ウエルネル、シーメンスと協同して自分の顯微音器 (Mikrophon) を之に應用した。斯様に漸次公衆電話は現今あるものに完成されたのである。ベルは又セレン元素に光線が當ると電氣が起る事をも認め、一八七八年に光を以て音聲を傳へるフォトフォーン (Photophon) を發明する様になつた。このセレンの性質は、一九〇〇年以來ロルンズ (A. Korn : 一八七〇年に生る) が完成した實驗の主要部分をなして居るものである。この實驗の結果はテレフォグラフィ (Telephographie) 即ち遠距離で寫眞を送るものが出來上る様になつたのである。しかしこのテレフォグラフィには尙改良の餘地が大變多い。

次に強電流工學の事であるが、先づ第一に應用電氣分解と燈明工業と擧げなければならぬ。之等には大變強い電氣力が必要なのである。電氣製板術は初めヤコビ (M. H. v. Jacobi : 一八〇一年—一八七四年)、次にボッチャル (R. Boettcher : 一八〇六年—一八八一年) によつて大ひに研究されて完成した。一八四二年に發明されたロマン (E. v. Kohl : 一八〇三年—一八八二年) の電氣製板術 (Galvanographie) も同時に記さなければならぬ。電流の弧光はリッターとブッフフェルとによつて研究されたが、十分完成したものはドイツによつて一八二一年に初めて公けにされた。而してカッ

セルマン (W. Th. O. Casselmann) : 一八二〇年—一八七二年は之に對して明瞭な説明を與へた。近來はジャスパーやウエルネル、シーメンズやグラムやジャブロッコフやエヂソンやマキシムや及びネルンストなどの電氣ランプが一般に使用されて居る。その中でもネルンストのものが一番有名である。

電流の器械的働きは一八三〇年以來澤山の人々によつて研究された。ダル、ネグロ (G. Dal Negro) : 一七六八年—一八三九年) やボットー (G. D. Botto) : 一七九一年—一八六五年) やネーフ (E. C. Neuff) : 一七八二年—一八四九年) やワグネル (J. P. Wagner) : 一七九九年—一八七九年) などは先づ模型を作る事に力をつくした、而して露西亞のベトログラードの物理學者ヤコビは一八三八年に電氣端艇でネウァ河を航した。巧みな電氣工業は一八六七年に出たウエルネル、シーメンズの「永久磁石を應用せよる電流中の動力の變化」 (Umwandlung von Arbeitskraft in elektrischem Strom ohne Anwendung permanenter Magnete) と云ふ論文から始まる。シーメンズはこの中でこの新らしい重學の模範を作つた。又ダイナモ或其他發電力を有する種々の器械の純重學的の原動力源に對する意味をも判然と述べた。それ以來交流機、直流機及び廻轉流機(多相式交流機)などは無數に實用に供せられ、その働きは一八七一年にグラム (N. Th. Gramme) : 一八二六年—一九〇一年) とバチノッティ

(A. Pacinotti) : 一八四一年に生る) とが兩氏の名を冠せる環狀發電子に倚つて一定の直流が出す様になつてから著しく進んだ。而してこの環狀發電子をヘフネル、アルテネック (V. Helmholtz = Altneck) : 一八四五年に生る) は鼓狀發電子によつて補つた。それから電氣ポンプとか電氣起重機とか改良された電氣船とか又は大都會になくてならない電車とか電氣自動車とか其他斯様なものが無數に出来たが、是等を見ると十九世紀から二十世紀に移る時代に應用電氣學がどれ程進んだかがわかる。電車は一八七九年に伯林で有名なシーメンズ會社とハルスケとによつて布設せられたものである。

さて次に物理學の種々の分科について簡単に述べやう。先づ醫學的物理学と、之に關係が深い衛生學とがある。その進歩はヒポクラテスから始まつてペーテル、フランクの「完全なる醫學政策」 (System einer vollständigen medicinischen Policei) と云ふ、遂にベッテンホーフ (M. v. Pettenkofer) : 一八一八年—一九〇一年) に至るまで常に發展して來た。又心理學的物理学も物理学の一分科であつて、術語の創作や主要内容の豊富の點から云ふとフェヒネルの著が最も重要なものである。その著書の中にはウエーベル (E. H. Weber) の定律が記載してある。フェヒネルはこの定律を次の様に述べた。即ち「感受性は、加へられた刺撃の對數の中から、感じ得る最小刺撃の對數を引いたものに比例す。」この定律は心理學の研究法を大變進めたツント (W. W. Wundt) : 一八三三—

年)によつて種々の方面に應用せられた。

第二十章 十九世紀に於ける化學

ラヴォアジエが化學研究事業の中心點に現はれて來てから十八世紀の化學の特徴は一變してなかつた。氏は實に種々の點に於て新時代の旗頭となつた。當時佛蘭西の急激なジャコピン黨の者は「我等は最早學者を要せず」と怒號してこの化學者の命の綱を絶つたが、次の時代の學者、否極く最近の學者すら皆氏が造つた道をそのまゝ踏んで甚だ氏が必要な人物である事を示した。

氏は全くハーエンハイムの意を繼いで、天秤は化學者には總ての器具の中最も必要なるものと世に教へ、且之に依てフロギストン説(Phlogistontheorie)を終焉に導く事が出來た。既に述べた如く其後直ちに氏は酸素を發見し、一七七七年には「燃燒論」[Sur la combustion en général]を著して燃燒の理を詳しく説明し、天秤にて測つて、金屬カルシウムは燃燒に依て少しも輕くならず、却つて重くなる事を發見した。之は燃燒に依て金屬カルシウムから細微な物質が逃げ去ると云ふフロギストン説とは一致しないのである。氏は之を、何か量を測る事が出来る物質が燃燒に供せられた物體に化合される爲であると述べた。今や金屬の鏘の真相は明かになり、又酸化作用も生理學上

明かになつた。其他氏は水は化學上の元素ではなくして、水素と酸素との化合物であるとした事なども重要な事柄である。但しこの事實の證明は氏の死後電氣分解に依て始めて行はれた。

佛國の化學の全盛時代はラヴォアジエを以て始まり、その代表者としては次の様な人々がある。即ちグイートン、ド、モルツァン(L. B. Guyton De Morveau: 一七三七年—一八一六年)、ベルトノー(C. L. Graf Berthollet: 一七四八年—一八二二年)、フォルクロイ(A. F. Fourcroy: 一七五五年—一八〇九年)、プルース(L. I. Proust: 一七五五年—一八二六年)、ヴォークラン(L. N. Vauquelin: 一七六三年—一八二九年)、アンソー(M. E. Henry: 一七六九年—一八三二年)、テナール(L. J. Thénard: 一七七年—一八五七年)、バルル(A. J. Balard: 一八〇二年—一八七六年)及び御承知のデー、リュサック(L. I. Gay-Lussac: 一七七八年—一八五〇年)などである。ラヴォアジエより前の化學者で反フロギストン説(Antiphlogistontheorie)の胞芽を出した人もあつたが、明かにこの説が勝利を占めたのは此等の人々が皆堂々たる化學者になつた爲である。その中適當な且獨立した命名法が出來上り、酸とか鹽基とか元素とか云ふ言葉も明確な内容を持つ様になつた。ラヴォアジエは、元素とは如何なる化學的變化を加へても必ず重量の増加をなすものであると解釋した。氏が化學的靜力學と名付けた親和力の問題はベルトレーによつて死ぬまで研究された。定比例の定

律が確立されたのは氏の力に依つたのではなくして、氏の反對者なるブルースが発見したものである。併しリヒテルが化學量論 (Stoichiometrie) を立てた事を佛蘭西では知つて居るものはなかつた。之に又専門の眼を始めて向けた人はクラプロート (M. H. Klaproth: 一七四三年—一八一七年) である。氏は瑞西人ギルタンネル (O. Girtanner: 一七六〇年—一八〇〇年) と共に獨逸で反フロギストン説を擧げた。英國人も亦起つて、化學に數學を加味せんとする努力を甚だ容易ならしめた。即ち空氣は化合物でなくして酸素と窒素との混合物であると其性質を決定したるダルトン (J. Dalton: 一七六六年—一八四四年) は獨逸の前驅者の事業を少しも知らないで自分の説を立てた。而して原子論の新解釋の此の確立がタムソン (Th. Thomson: 一七七三年—一八五二年) に依て更に普及された。又倍數比例の定律とか原子量の定義とかもダルトンがなしたものである。ゲー、リュサックのなした研究は極く徐々に完成したけれ共アヴァガドロの學說に依て全原子論は一層確とした基礎を持つ事が出来る様になつたのである。

又他方に於て理論的思考に無關係な實際的の方面の化學の知識は數に於ても實質に於ても急速に増加した。デイヴィは一八〇〇年頃に既に亞酸化窒素即ち笑氣を製造し、其後直ちに元は化合物と思はれて居つたカリウムとかナトリウムとかを元素であると發見し、ラヴォアジエの元素の表

の中にアルカリ金屬として加入した。之は電氣を使つて發見したのである。又當時尙餘り有名でなかつた瑞典の化學者イェンス、ベルツェリウス (Jöns Berzelius: 一七七九年—一八四八年) は友人のヒュッシゲル (W. Hisinger: 一七六六年—一八五二年) と共同して同様な實驗をした。併し氏の電池は、富豪であつて他の學者の様に、金錢の爲に制肘を受けなかつたデイヴィの電池の様な効果を擧げる事が出来なかつた。又燐や硫黄はゲー、リュサックとテナルとの努力によつて元素とされた。之に次いで、一七七四年にシュールは鹽性鹽酸 (Muratische Salzsäure) と云はれて居つた鹽素を發見し、一八一〇年にはデイヴィは之の性質を明かにした。併しベルツェリウスは酸化された鹽酸と鹽素とを永い間區別する事が出来なかつた。病人に必要なモルヒネの眞の發見者であるクルトイは一八一二年に沃度を發見し、又バラルは、週期率の表の中でアルカリ金屬列にあつて鹽素とよく似て居る臭素を海水の中から分け出した。ゲー、リュサックは模範的實驗に依て一八一五年にシヤンを發見し、又合成基の存在をも證明した。

さて化學の理論的の方面は一八二〇年から一八四〇年まで盛であつたけれ共、統率者ベルツェリウスがリービッヒに依て却けられてから止んで了つた。ベルツェリウスの二元的電氣化學の組織は從來信ぜられて居つた化合物の製成や分解に重要であつた基礎に尤もらしい洞察を加へたらしかつ

た。併し此説は悉く用ひられはしなかつたが大變強い刺撃を與へ、又化學研究者に必要な化學方程式を導き出して大ひに進歩させた。この化學方程式なかりせば現今の化學は逆も想像出來ないであらう。氏の考は、微分子の概念を原子と分子とに分割する事には一致しなかつたが、ミッテェルリッヒ (E. Mitscherlich: 一七九四年—一八六三年) が一八二〇年に發見した同形 (Isomorphismus) を自分の意見の産物であるとして之に大變敬意を表した。併し後に至つて却つてこの同形の理によつて氏の説の基柱の一ツが危險に陥つた事を覺らざるを得なかつた。と云ふのはこの世紀の三十年代にロゼ (G. Rose: 一七九八年—一八七三年) が發見した兩形 (Dimorphismus) や異形 (Heteromorphismus) などに依て外見上の變則が益々増加したからである。兩形に對しては既にフックス (L. F. Fuchs: 一七七四年—一八五六年) とか又は自分の知識慾を満足させんが爲に實驗室で斃れたグーレン (A. F. Gehlen: 一七七五年—一八一五年) とかの如き研究家が幾分觸れたが、併し疑問の物體の化學的性質は結晶形のみには依てはどうしても確たる解決がつかないものであると云ふ事を明かに證明したのはミッテェルリッヒが始めてである。之と反對にローゼは同一の物體でも周圍の状態の異なるに従つて全く異つた結晶形になり得ると云ふ事を示した。しかも斯様な化學上の矛盾が其後續々發見された。而して年若い有望なる獨逸の化學者ユストッス、リービッヒに雷酸とシアン酸とは化學上

同一のものであると云ふ事を發見した。この他化學上全く同じ數の原子を有つて居るもので物理的には全く異つた性質を呈するものがファラデイやクラーク (E. D. Clark: 一七六九年—一八二二年) などに依て益々明かにされた。ファラデイの發見に對して、名稱を附けるには大變氣が利いて居つたベルツェリウスは異量 (Polymerie) と云ふ名をつけ、之に次いで異性體 (Metamerie) とか同分 (Isomerie) とかの語があらはれた。然るに前から一般に化學界に認められた同素體 (Allotropie) は、一八四一年にシェーンバイン (C. F. Schönbein: 一七九九年—一八六八年) に依て、少し前に認められた酸素とオゾンとの間の區別に應用された。物體の構造を原子から大變規則正しく出す事が出来るベルツェリウスの説はこぼつければこの新しい事實と結びつける事が出來た。併し永い間當り前の事と思はれて居つた有機化學と無機化學との間の根本的差異は全くあるものでないと云ふ事が漸次分つて來てからその説は瓦解し始めた。

又有機物が出來上る時には既知の原因の外に、當時の大概の人に必要であるとされた生活力 (Lebenskraft) と云ふ人間の力の及ばない作用が與るものであると云ふ事をベルツェリウスは固守した。爲に人力で有機物を作る事は絶対に不可能であると思はれて居つたのである。併し其後一八二八年に獨逸人ヴェーレルが尿素を合成的に作り上げてから一般の人は驚きの眼を睜り、リービッヒの如

きは之を以て新日の曙光だと讚美したと云はれて居る。又佛蘭西の學者ペルトロー(M. Berthelot) : 一八二七年—一九〇九年)は一八六〇年に蟻酸を元素から直接に合成して、之に對して主要な補遺を加へた。今述べたこの二人の獨逸の化學者は死ぬまで甚だ親しい友情關係を結び、この厚い友情が科學の進歩に如何に重要であつたかは、一九〇八年に出版されたフォルハルト(F. Vollard) : 一八三四年—一九一〇年)の立派なリービッヒ傳を讀むと歴然とわかる。氏等が一八三二年になした苦扁桃油(Bittermandelöl)の研究から基(Radikal)の性質の新解釋が起り、そしてこの研究によつて又遂に一八三七年にこの語の精確な概念が決定された。尤もデュマ(J. B. Dumas) : 一八〇〇年—一八八四年)も獨立にこの概念に達した。斯くして有機化學の著しい發達は新航路をとる様になり、又佛蘭西人ローラン(A. Laurent) : 一八〇七年—一八五三年)や獨逸人ゲルハルト(K. Gerhardt) : 一八一六年—一八五五年)等の建てた置換説(Substitutionstheorie)や核説(Kerntheorie)等は、獨逸ではあまり讃成されなかつたが、有機化學が自然科學の一の自律の成分になる事に對して與つて力があつたのである。リービッヒが作つた多くの物質即ちアルデヒド(Aldehyd)とか、又は後にリブライヒ(M. O. E. Liebreich) : 一八三九年に生る)によつて多くの患者に大變よく利く藥とされたクロラール(Chloral)とかはこの時代に、デュマの基型の理(Typentheorie)などが幅を利かして居つた有機物の理の争ひ

でとるべき道を示す事に與つて力があつた。ベルツェリウスは自分の古い學説に下されたこの改新説から自分の説の内を救ひ出せる丈救ひ出さうと試みたが、斯様な事は無役な努力で、唯に佛蘭西の化學者のみならず、獨逸の化學者とも論争しては常に負け、遂には永くベルツェリウスに忠實であつたリービッヒする氏から遠かる様になつた。斯様な氏の晩年の曖昧の行爲の爲に青年時代の立派な事業が少くも一時は排せられた、その中でも氏が初めて原子量を精密な數で出した事などは實に不朽の事業である。分子量と云ふものの存在に就ては勿論氏は確信して居なかつた。之の定義とか、分子と原子との確然した區別とかはローランの効績であつた。ローランの門弟なるゲルハルトは又アヴォガドロー定律の意味を出来る丈正確にし又之を世に教へた。

一五八二年にはリービッヒはミュンヘンへ招ばれて行つたが、この時分の化學の進歩に貢獻した人々にはリービッヒの外にコルベ(A. W. H. Kolbe) : 一八一八年—一八八四年)とかウイリヤムソン(A. W. Williamson) : 一八二四年—一九〇四年)とかフランクランド(F. Frankland) : 一八二五年—一八九九年)とかがある。リービッヒは又氏が主に勤めて居つたギーセンの大學で模範實驗室を作り、當時の學生や研究家などの研究事業を非常に指導して、化學の實用的、教育的の方面でも新機軸を出した。佛國では化學實驗室の設備が改良され又増して行つた。殊にギー、リュサックが滴

定分析 (Titrimetry) を紹介してから以後左様である。併し他の諸國では學校の發達に比してはこの事が未だ大變貧弱であつた。而してウオラストンとかベルツェリウスとかファラデーとかの偉大な大家が如何に貧弱な器具で辛棒せざるを得なかつたかを讀んだならば實に驚かざるを得ないであらう。であるからリービヒは實驗室の設備の改良に腐心し、バルムスタットの議會はリービヒが實驗室を現代式にしやうと云ふ事に對して却々承諾して呉れなかつたに係らずギーセン大學の研究所は專所の様な前世紀のものとは余程現代の大規模な實驗室とよく似て來た。氏は又コルベと共に嚴密な批評家として名高く、氏等の云ふ所常に正しかつたとは云へないが、併し確かに善良な結果をもたらした事が多かつた。普魯西や奧西利の化學研究の状態が一八五〇年から一八六〇年までの間に一躍して進歩したのは慥にリービヒの批難に負ふ所が多かつたのである。

又一寸前へ逆戻りして、十九世紀の前半に既知の元素に次いで續々と新元素が發見された事を述べなければならぬ。ウランとチタンとセリウムとチルコウムとはクラブロートに依つて、クロムはウオー克蘭に依つて、モリブデンとタングステンとは瑞典のシェーレの門弟によつて、パラヂウムとロヂウムとはウオラストンに依つて、オスミウムとイリヂウムとはテンナント (S. Tennant) : 一七六一年—一八一五年) に依つて、硼素はゲー、リュリックに依つて、バリウムとストロンチウム

とカルシウムとマグネシウムとはドイツに依つて、シリシウムとトリウムとはベルツェリウスに依つて、カドミウムはストローマイエルに依つて (尤も之は氏より以前にヘルマン (K. S. L. Hermann) : 一七六五年—一八四六年) によつて發見されてあつたとも云はれて居る)、アルミニウムとベリリウムとはヴェーレルに依つて、ランタニウムとテルビウムとはモザンデル (K. G. Mosander) : 一七九七年—一八五一年) に依つて新しい元素として出された。又瑞典の造幣局員シェッフェルが白金は一の新らしい金屬であらうと想像して居つた事も一八〇二年にウラストンによつて十分に確かめられた。一方に於て元素を發見しやうと努めて居ると同時に他方に於ては一五八〇年頃に窒素や燐や砒素やアンチモンなど、他の澤山の元素瓦斯との化合物を研究の目的物とする範圍の廣い試みが盛に行はれた。後になつて大變重要なものになつた硫化炭素の最初の記載は一八〇二年に物理化學者のクレマン (Clement) とドゾルム (Desormes) とによつて出された。又之を出す前年に兩人は炭酸瓦斯を發見した。(この兩人の傳記はあまりよく知られて居ない。) 尤も前に述べた様にハルレの醫師フリードリッヒ、ホフマンは燃焼の時に生ずる瓦斯が窒息さす作用があるとは既に一七一五年に知つて居つたが、これの眞の性質は未だ研究されて居なかつたのである。

十九世紀の後半の初め頃には實驗を供つて居る理論的思考が盛に廻らされた。併し演釋的の性

質を帯びて居つた事は辭む事が出来な。ゲルハルトとチャンセル (G. C. B. Chance) : 一八二一年—一八九〇年) とはすべての化合物、殊に先づ有機化合物を水とアンモニヤと水素と鹽化水素との様な四つの規定型に分類しやうとしたが、この假説が全く實を結んだのはケタム (F. A. Kekulé : 一八二九年—一八九六年) が混合型を出してからである。この混合型に對して勿論コルベは横槍を入れたが、この混合型はコルベの對偶 (Parings) の説と再び一致する様になつた。對偶とは炭素と基とが組合ふ方法を云ふのである。コルベとフランクリンドとは次の様な定理を出した。「所謂有機物は全く無機化合物から出来て來たものである。換言すれば無機化合物に炭素が規則正しく入つたものである」と。この定理はヴェーレルによつて基礎を作られたものではあるが當時の人からは大變大膽な言ひ方だと思はれた。しかしこの定理はウルツ (O. A. Wurtz : 一八一七年—一八八四年) やブッフ (H. L. Buch : 一八二八年—一八七二年) やベルトロー及び特にケクレなどの研究をよく一致するものであつた。ケクレは炭素の原子價は四價であるとし、フランクリンドは炭素以外の元素の原子價を出した。併しケクレは原子の結鎖の具合は果して證明する事が出来るか否かと云ふ事に疑問を起して、化學界に活氣を生ぜしめた。物體の構造とは、ブトロウ (A. Butlerow : 一八二八年—一八八六年) も云つた如く、分子中に於ける原子の結合の種類や方法を云ふのである。である

から總ての化合物には只一つの構造式があるばかりである。原子價はどの化學教科書にもある様に、幾何學的の系圖を想ひ出さす様な圖解であらはされる。エルレンマイエル (R. A. K. E. Erlenmeyer : 一八二五年—一九〇九年) は蛋白質の研究をする時にこの新しい方法を利用した。又この方法で今までは餘り明白でなかつた異性體の性質もすつかり解つて來た。と云ふのは、原子が分子の中で轉換すれば必ずその結果があらはれなければならないからである。新しい異性體は更にホフマン (A. W. Hofmann : 一八一八年—一八九二年) とカルイ、バストール (Louis Pasteur : 一八二二年—一八九五年) とかによつて澤山發見された。ホフマンと云ふ人は獨逸の高等化學教育の改革者として英國へ招かれて行つた人で、バストールは他の方面で有名である。バストールは化學上の異性體に對して物理學上の異性體と云ふものを起した。斯くして氏は一八五三年に、酒石酸と葡萄糖とは同一の原子の成分から成立つて居るが、光の偏光面の廻轉する方面は反對であると述べた。ケクレは一八六五年に芳香屬の化合物の理を出して新しい認識法を示した。その優れて居る點はファラデーが初めて製出したベンツォールの構造式を正六角形とし、その角に代るく一價及び二價に結びつく炭素を置いて更に之等の炭素に水素をつけて標準的のものにした。さてこの構造式は現今は盛んに使用されて居るが、之が初めて出た時には盛に攻撃された。その中でもアドルフ、バイエル (Adolf

Bayer: 一八三五年に生る)などは鋭い批評を試みたが、根本の思想を動かす事は出来なかつた。又キノンはワオスクレゼンスキー(A. Wostkrenskij: 一八八〇年に生る)やグレーベ(K. Gruebe: 一八四一年に生る)などの研究の結果ベンツォルに相似に構成された物體である事すら認められた。ヴィクトル、マイエル(Victor Meyer: 一八四八年—一八九七年)やラーレル(P. K. Laar: 一八五三年に生る)などによつてもなされた此等の研究は總て化學上の根本思想を改造して立體化學と云ふものを作つた。

斯様に今日では重要で且豊富になつたこの教理を一番初めに述べた人は恐らくローランである。兎も角もケクレは確かに述べた。狭義に於てはル、ベル(A. Le Bel: 一八四七年に生る)は一八八年に物質の構成を立體化學的に解釋して之を述べた。ファン、トホッフ(J. H. van 't Hoff: 一八五二年に生る)は同年に此の新教理の組織的の表現を述べた。又伊太利人のパラルノ(E. Paterno: 一八四七年に生る)が一八六九年に炭素は四價である事を立體的に説明しやうとした事も忘れられない事である。獨逸の學者の中でもヴィスリツェヌス(L. Wislicenus: 一八三五年—一九〇三年)は乳酸の構造を研究した時に大變な困難に遭遇し、同様に先づこの事から研究しようとした。この時特に獨逸ではハンチユ(A. Hantsch: 一八五七年に生る)とかアウツェルス(K. F. Auwers:

一八六三年に生る)とかワルデン(P. Walden: 一八六三年に生る)とかが合理的原子論の新紀元を豫告する様な考へを完成しやうとして居つたから、ヴィスリツェヌスは自分の思想を確立する事が出来た。と云つてもう總てこの疑問が氷解されたと云ふ譯ではない。例へばオストワルドは林檎酸の關係について十分説明する事が出来ない矛盾がある事を報告した。併し之までの正確な成績に依つて幾多の不明の點が除かれ、殊に異性體と云ふものは除外例とすべきものではなくして、却つて一般の通則として見るべきものであると云ふ事があらはされた。ヴェーレルが端緒を開いた化合物の合成は、立體化學上の方法で行はれたのではないが大變堅固な根底を得た。ゲーテがストラスブルグに居つた時代に氏の教師であつたスピールマン(S. R. Spielmann: 一七二二年—一七八三年)が「自然は、化學が追従出来ない位澤山の方法を用ひるが故に元素から物體を作る事は不可能であらう」と考へた時代は永久に去つて了つた。バイエルやマイエルや及び砂糖を合成して有名なエミール、フイシャー(Emil Fischer: 一八五二年に生る)などはこの合成の問題を解決しやうとして善良な成績を得た。又バイエルを中心としてミュンヘンに集つた多數の青年研究者から各自得意の研究が出て來た。ラーデンプルヒ(A. Ladenburg: 一八四三年に生る)やオットー、フイシャ(Otto Fischer: 一八五二年に生る)やベルトロローなどもこの研究をしたのである。殊にベルトロローは十九

世紀が終るすこし前即ち一八九九年にアルゴンを硫化炭素と無理に化合させた。

又他方に於ては、原子量を比較して大小の順に並べ更に元素の数を殖さうとする努力が巧く行つて理論化学上の考へが成功した。この方面で始めにベルツェリウスが不朽の桂冠を占めた事は前に述べた通りである。スタークス (T. S. Starks: 一八一三年—一八九一年) とかトムゼン (J. H. P. Thomsen: 一八二六年—一九〇九年) とかランドルト (H. H. Landolt: 一八三一年—一九一〇年) などは原子量の数を精密に出さうと云ふ事業を繼續して行つた。ブルースト (W. Prout: 一七八六年—一八五〇年) が述べた「各々の原子量は水素の原子量の整数倍である」と云ふ大膽な假説は數字上は既に駄目になつて了つて居つた。併しベッテンコーフェルとクレイメルヌ (P. Krenner: 一八二七年に生る) とは更にこの數の中で法則を見出さうと試みた。しかしこの事に第一に成效したのはロタール、マイケル (Lothar Meyer: 一八三〇年—一八九五年) であつて、氏に次いでメンデレーフ (D. Mendeljew: 一八三〇年に生る) とソーネント (K. F. D. Senbitt: 一八五一年に生る) とが完成した。此の研究によると各元素には、元素の表の中でその原子量によつて定まる一定の場所があるのである。斯様にしてタリウム、リチウム、ツェージウム、ルビヂウム等の元素が初めは分光器に依つて、後に精密に定められた。ニルソン (E. Nilson: 一八四〇年に生る) が一八七九年に新元素として出したスカ

ンヂウムはメンデレーフの表の中の隙間へ入れられた。又イットリウムやイッテルビウムもこの表にあてはまつた。一八七五年にはレコ、ド、ボアボードラン (P. E. F. Lecoq de Boisbaudran: 一八三八年に生る) が発見したガリウムがこの表に加へられ、一八八五年には電燈工業家アウエル、フォン、ウエルスバッハ (Auer von Welsbach) が発見したネオディウムとプラセオディウムとが加へられ、一八八六年にはクレメンス、ウィンクレル (Klemens Winkler) が発見したゲルマニウムが加へられた。ゲルマニウムは全く理論的の発見物であつて、ウエルスバッハはレヴェルリエーの海王星の研究から思ひついたものである。尙又英國のレーリー卿やラムゼー (W. Ramsay: 一八五二年に生る) なども理論上から思ひついて、所謂「貴重瓦斯」なるヘリウム、アルゴン、クセノン、クリプトン、ネオン等の存在を證明した。是等は分子の構造が特別に簡單であるからして例外の場所を取らなければならぬとボルツマンは考へた。更に方面が變つて、總ての元素は將來化合物とされる時代が來るであらうとの考へは屢々起されたもので、マイエルなどもそう考へた。元素と思はれて居るものも鋭い分析にかければ元素と云へなくなるだらう。キューリー夫人の発見した放射性を澤山備へて居るポロニウムに就ても作用がまだあまり決定されて居らぬ。

斯様にして澤山の元素は十九世紀が済む迄に大變其數を増し、化学上や工業上注意すべき化合物

が際限がない程續々と出来上つた。こんなものを一々挙げては真に際限がないものであるから其中唯エミール、フィッシャーとオットー、フィシャーとが努力して出したアニリン色素、コルペやフランクランドやカンニツァロ (S. Cannizaro: 一八二六年に生る) やチャミチヤン (G. Ciamician: 一八五七年に生る) などが注意して研究したアルコール類、シュッロールやリビー、ヒ派の人々が研究した脂肪酸やエステルやアルデヒド、エミール、フィッシャーとキリヤニ (H. Kiliani: 一八五五年に生る) とバイエルとが詳しく研究した甘味物質、クルチウス (Th. Curtius: 一八五七年に生る) の研究したヒドラチン及び窒素化合物などと名丈を一寸挙げて置かう。この窒素化合物の研究によつてホフマンの化学實驗室は有名となつた。さて此等の研究に際して實驗上の技術に對する要求が無暗に喧しくなつた。この種の事業の中では一番重要なものはモアソン (H. Moisson: 一八五二年—一九〇七年) の發明にかゝる電気爐であらう。これによると今まではどうしても出来なかつた高温度が易々と出来、爲に金屬タングステンの塊が一八九六年に製出された。

自然科学の他の諸學科で、人生の多方面に應用される事化學に及ぶものはない。物理學でも化學に及ぶぬ。であるから次に重要な化學の諸分科を述べても蛇足ではなからう。先づ多技多様の藥物學が之に屬する。その中でも特に十八世紀の鑛水の試験が重要である。この學科の大家としては前

にヘルムステット (L. F. Hemptstadt: 一七六〇年—一八三三年) 及びトロムスドルフ (L. B. Tromsdorff: 一七七〇年—一八二七年) あり、最近にフリックゲル (F. A. Frickeger: 一八二八年に生る) 及びシエール (E. Schaeer: 一八四二年に生る) がある。之に關係が深いものは醫化學である。醫化學は現今更に澤山の科に分れて居る。毒物化學は毒藥の作用を調査し、之の豫防法を研究する學科であつて、スタースとかオルフィラ (M. S. B. Orfila: 一七八七年—一八三三年) とかによつて建設されたものである。スタースはニコチンの毒性を發見した。更にモール (K. F. Mohr: 一八〇六年—一八七〇年) とオットー (E. I. Otto: 一八〇九年—一八七〇年) とゾンネンシャイン (E. L. Zonnenschein: 一八一九年—一八七九年) とヘルゲル (N. Hilger: 一八三九年—一九〇五年) とはこの學科と裁判用に發達させた。ヘルゲルは又營養物化學の發達に重要な貢獻をなした一人である。飲料化學の代表者にはハンム (W. v. Hamm: 一八二〇年—一八八〇年) とカバボ (A. W. v. Babo: 一八二七年に生る) とカレスレル (L. Roessler: 一八四一年—一九一〇年) とか及び特に麥酒の研究者たるリントネル父子 (V. Linker: 父一八二八—一八九一年、子一八五五年に生る) などがあつた。リントネル父子はシュネーデルマン (G. H. E. Schmedemann: 一八一八年—一八八一年) が拓いた道を進んで行き、醸造作用を起す要素として知られて居つたヂヤスターゼを研究した。動物

化學には既にベルツェリウスが一八一五年に科學的の基礎を作つた。この外この學科の優れた研究家としてはビブラ (E. v. Biber: 一八〇六年—一八七八年) とかシュロスベルゲル (L. E. Schlossberger: 一八一九年—一八六〇) とかホッペ、ザイナル (E. F. I. Hoppe = Seyler: 一八二五年—一八九五年) とかゴルフ、ベザネツ (E. F. v. Gorup = Besanetz: 一八一七年—一八七八年) とかを挙げなければならぬ。ビブラは又燐壞疽 (Phosphonokrose) を最初に報告した人である。血液の性質はレーツェ (K. I. Loewig: 一八〇三年—一八九〇年) とシエミット (K. E. H. Schmidt: 一八二二年—一八九四年) とによつて研究され、膽汁の性質はストレッケル (A. F. L. Streckel: 一八二二—一八七一年) によつて研究され、蛋白質の性質はブリューゲル (E. F. W. Pflüger: 一八二九年—一八一〇年) によつて精密に研究された。又消化作用の詳しい事に至つては。カール、フォン、フォイト (Karl von Voit: 一八三一年—一九〇八年) が研究して大きな貢獻をした。生理化學の一流の代表者としては和蘭人ムルデル (G. I. Mulder: 一八二〇年—一八八〇年) がある。氏は喧嘩ずきのリービッヒと激論を交へたがその結果は氏の負けとなつた。

リービッヒは又農業化學の眞の元祖である。ソーシュール (Th. C. Saussure: 一七六七年—一八四五年) とかテール (A. Thier: 一七五二年—一八二三年) とかの様な植物構成の理を作つた古い學

者達は「腐蝕土 (Humus) の中に含まれて居る有機物が植物の營養素である」と云ふ確信を死ぬまで抱いて居つた。之に反してリービッヒは「總ての青い野菜の營養物は無機物である」と云ふ説を出したから理論家にも實際家にも殆ど革命的の驚異を來し、爲に一八四〇年に、リービッヒの述べた礦物肥料の利益に對して激しい爭論が始まつた。併し多數の重要な研究家は漸次リービッヒの味方をする様になつた。その中でも特に、總ての地球上の經驗に鑑みたブーサンゴール (J. B. Boussingault: 一八〇二年—一八四六年) が名高い。斯様にして漸次この新らしい意見が勝を占める様になつたが唯二三の點は後に補遺すべき必要を見た。即ち近世に至つてミエンツ (Ch. A. Mitsch: 一八四六年に生る) が新らしい着眼點にあつて古い問題を拉し來り、硝化する物質の影響を正しくした。之に深い關係がある植物化學は獨逸人ベッフネ (W. Pfeffer: 一八四五年に生る) と露西亞人ファミンツ (A. Faminzin) との葉綠素に關する研究によつて大變得る所があつた。今日では農業化學及び織に獨立しやうと努めて居る農業物理學は前より一層豊富となり、農業化學ではマイエル (A. I. Mayer: 一八四三年に生る) がリービッヒの後繼者となつた。この農業物理學には大家ウァー (M. E. Volny: 一八四六年—一九〇一年) 及び芬蘭人ホメン (Th. Hönén) 及びライン (E. Rammann) があるが、之等の人も農業論 (Agronomie) を正し自然科學の一に作り上げる事は出來な

かつた。

寫眞學に就ては既に物理学の所で述べた筈であるが、之と共に光化学をも輕視してはならない。之はブンゼンや分光學の大家ロスコウ(H. F. Roscoe: 一八三三年に生る)などによつて作られたものであつて、十九世紀の末葉から更にエーデル(L. m. Eder: 一八五五年に生る)やルーテル(L. F. Luthier: 一八六七年に生る)やミーテ(Miethle: 一八六二年に生る)などによつてこれの研究が大規模に續行された。色彩化学も見逃すべからざるものであるが、先に二三の説明をして置いたから茲處では一層詳細に立入る事を止める。只ルング(E. E. Rungge: 一七九五年—一八六七年)が初めてアニリン色素を採つてコームタールの重要な事を發見した事と、バイエルがインデゴを人工的に製出してから俄かにこの學科の研究界が廣くなつた事とを述べて置かなければならない。工業化学の他の分科を細々と述べる事が茲では出來ないからごく簡単に述べて見やう。その中冶金學は主にグットリング(J. H. A. Goetting: 一七五五年—一八〇九年)とランバヂウス(W. A. Lampadius: 一七七二年—一八四二年)との時代から化学と共に發達して來た。ベルツェリウスやローゼ(H. Rose: 一七九五年—一八六四年)やプラットネル(K. F. Plattner: 一八〇〇年—一八五八年)などは更に之を進歩させた。この進歩は主にベッセマー(H. Bessemer: 一八一三年—一八九八年)の發

見した新しい鋼鐵の製法が發明される様になつて明らかに勝利を得た。プラットネルと云ふ人は吹管の分析法を發明した人である。又世界的に重要なものである硫酸と曹達との二物質は初めて、ルブラン(N. Le Blanc: 一七四二年—一八〇六年)とムスブラット(T. S. Musprat: 一八二二年—一八七二年)とによつて詳しく研究されてから最早改良の餘地がない様な製造品となつた。鹽酸及び硝酸に就ても同じ事である。爆發物を大規模に作らうと云ふ事は特に軍事當局者の大希望であつたらしい。であるから従來の火藥製造の外にシェンバインの綿火藥やソブレロ(A. Sobrero: 一八一二年—一八八八年)とブルーズ(F. I. Polons: 一八〇七年—一八六七年)とのニトログリセリンが重要なものとなつた。シェンバインは一八四五年にコロヂウムを作つた人である。ノーベル(A. Nobel: 一八三二年—一八九六年)は雷グリセリンを硅土と混合して一八六七年に恐るべき爆發物ダイナマイトを作る事が出來た。之に次いでバンクラスチットとかロブリフトとかエクラジットなどの爆發物が續々發明された。燃焼物工業の端緒はエナの化学者デベライネル(J. W. Doberiner: 一七八〇年—一八四〇年)によつて注意されたもので、瓦斯を燈す事は一八一二年に倫敦で、一八二六年に伯林で始めて行はれた。この時分から燈用瓦斯を石炭から取る様になつた。この燈用瓦斯が木材からとれる事はペッテンコーフェルが一八五一年に始めて報告した。燈明を目的とする工業

の科學的代表者としては最近にはブンテ (H. H. C. Bunte: 一八四八年に生る) がある。

次に十九世紀の後半に獨立した物理化學は、昔の意味の化學から何時分離したかその境界を述べなければならぬ様になつた。併しこの境は何時と定める事が出来ない大變曖昧なものである。物理化學の微かな起りは十八世紀の事であつて、ウエンツェルの書を見ると一の新しい學科と稱する事が出来る重要な力がある事を發見する。併しアラデーやジルベルマン (F. T. Silbermann: 一八〇六年—一八六五年) やファッセル (P. A. Favre: 一八一三年—一八八〇年) などの熱化學上の研究を見るとこの學科のもつと自覺のある端緒を窺ふ事が出来る。特に頭腦の明晰なヘルマン、コップ (Hermann Kopp: 一八一七年—一八九二年) が一八三九年から、否特に一八六三年から熱量法 (Kalorimetrie) を化學の研究方法として採つてからこの事は一層明かになつた。コップと云ふ人は化學の歴史に就ては此上もなく造詣が深かつた人である。オストワルドは「氏は未だ幼稚な且發達の微々として居つた化學の歴史の最初の講座を受持つて、その新しい進歩を如何にも正しく導いた人である」と思つた。併しアヴォガドロの定理とかデューマやホフマンやマイエルなどの實行した蒸氣密度の測定とかは既に物理化學の部分に屬するものであつて、ネルンストが一八九三年に出した書物の中には之等が巧みに連絡して述べてある。又混合物と化合物とその中間物質なども茲處で取扱

はれるものである。合金は混合物の中に含まれるものである。又グトリー (E. Guthrie: 一八三三年—一八八六年) の共融混合物 (Eutektische Mischung) は混合物と化合物との中間状態のもので一種である。溶液の理ではファン、トホッフは一八八五年に新方面を拓き、從來確然知られて居なかつた滲透壓の定義を起した。否氏は從來は唯物理學者や生理學者によつて只中間壁を通じて二液が内部滲透的に交替する有形的場合のみに云はれたものを一層一般的にした。又この壓の大きさを計る事も出来且ファン、トホッフは個體の溶液に就ても此の壓がある事を證明してから更にこの概念を擴張する事が出来た。斯様な事がある事はスプリング (W. V. Spring) も透徹の實驗によつて眞らしいと認めたのである。等滲透の溶液に就ても溫度と體積が等しければアヴォガドロの定理の通り、その液が同数の分子を含んで居る事が證明される。

外觀上は全く他の研究界に屬する様なこの物理化學の研究は電氣化學に對して全く新しい關係を生じて來た。この電氣化學の概念が如何に變化したかを知らうと思へば一八一七年に現はれたランバテウスの教科書と一八九六年に現はれたオストワルドの教科書とを比較して見ればすぐわかる。名稱が同じ事であるものは内容も同じであるべき筈であるのに。アルレニウスは一八八四年にこの電離の働きを次の様に説明した。即ち之によつて分子が大變多くの小さいイオンに分れるもの

であると。電気解離は、分子が分れるとすぐに、陽イオンは陰極に、陰イオンは陽極に運動して行く様に働く。オストワルドとネルンストとは、大體に於て相似である瓦斯と稀薄溶液とを一一の場合に就て決定した。而して漸次イオンの電動力の様な働きも計られる様になつた。ジャミン (Jamin: 一八一八年—一八八六年) が電流を接觸電気と解釋しやうとしたが、この接觸電気の解釋は大變困難なものであつて、有名な化學者も之には不成功に終つた。と云ふのは金屬と液體とは所謂接觸力を呈する。この接觸力と云ふのは何かある働きによつて生ずるものではなくして全くそのもの自身が存在するから出来るものである。斯様な事は新しい考へでは全く豫想する事が出来ないであつて、接觸力は運動して居るイオンのみが呈するものである。又其後仕事の假説 (Arbeitshypothese) が作られた。之はキルヒホッフの「現象の記載」(Beschreibung der Erscheinungen) の序文書の中で重きをなした。この書の中でキルヒホッフは自然研究の第一の義務を探知して居る。この事に就ては後章に於ても更に述べる所があらう。

光學も亦物理化學から得た所が多い。例へばオストワルドの鹽の吸収スペクトルの作用に關する研究を見てもわかる。又先に他の觀察點から述べた光化學もこの物理化學の一部分である。熱化學も亦然り、併しヘス (G. H. Hess: 一八〇二年—一八五〇年) の意見から電離中の時に出て来る熱

量に關する最近の物理化學上の研究に至るまでには尙餘程の距離がある。併し物理化學のこの分科は、ネルンストやファン、トホッフの研究によつて、更に之にギッブスやローズブーム (P. H. Roozboom: 一八五四年—一九〇九年) などの「相律」(Phasenregel) と云ふ概念が附け加へられて著しく進歩した。マ諾威人のワージェ (P. Waage: 一八三三年に生る) やグールドスマン (C. M. Guldberg: 一八三六年に生る) は親和力の理を數學にも應用出来る様にしたから現今では化學的靜力學も化學的動力學も出來上つた。但し化學的靜力學と云つてもベルトレーが使つたものとは全く趣きを異にして居る。化學的動力學の起りはウエンツェルから始まる。であるから分子の絶對の大きさを定める事や又アヴォガドロに從つてその數を確然と定める事は最早空想でも何でもなくなつた。

尙化學の歴史に就ても一言しなければならぬ。先に云つたコップは立派な後繼者を得た。即ちラーデンプルグとかマイエル (E. v. Meyer: 一八四七年に生る) とカリップマン (E. O. v. Lippmann: 一八五七年に生る) とか及び若年で此世を去つたカールバウム (G. Kahlbaum: 一八五三年—一九〇五年) によつて此の方面の歴史的研究が著しく盛になつた事である。

第二十一章 十九世紀に於ける礦物學及び岩石學

吾人は前に十八世紀の結晶學の進歩を述べた時にロメ、デリルを以て止めた。氏は如何にも才能のある人ではあつたが、老年になつて人から寛容され祝典を擧げられた有名な傳物學者ブッフマン伯と同様に、一七八四年にハウィ (R. I. Henry: 一七四三年—一八二二年) が提議した新らしい思想を正しく認める事が出来なかつた。ハウィは一八〇一年に出した「礦物學精義」(Traité de Minéralogie) と云ふ書物の中で自分の礦物構成の理論の組織を詳細に説明した。ハウィに反對した人々はこの革新者を不愉快に思ひ、結晶を壞す虫 (Kristalloläuse) と云ふ綽名をつけた。反對説に對する氏の革新の要旨は、結晶はその自然の劈開面に沿ふてくだけるものであると云ふ事である。之によつて總ての結晶體は全く一定した立體幾何學上の規定形を持つて居るものであると云ふ事が解つた。で結晶學は先づ第一に立體幾何學の一部門となつた。

更にモンタイロ (I. A. Monteiro: 一七五八年—?) やロッシュェー (P. L. A. Cordier: 一七七七年—?) やソレー (F. I. Soret: 一七九三年—一八六五年) やワイス (C. S. Weiss: 一七八〇年—?) や又物理學者として既に紹介したノイマン等はハウィの後を受けて研究し、殊に後の二者は大變成

功した。ワイスは後世に至つても抹殺されなかつた一つの結晶學の原理を出した。即ち外からは見へないが、結晶の性質を決定するのに重要な軸を重んずる事である。尚氏の帶律 (Zonenregeln) によつて、結晶面を都合よく分類する事に、前から希望されて居つた足場が得られた。ノイマンも亦別に結晶の周圍に一の球面を劃き、面角や稜を中心にする軸の交點からその球面の上に投影し、斯様な球面上にある各々の側面の點を並べて、前に述べた帶の結びをこの上もなく明瞭にした。又角を測る方法も大變進歩してロメ、デリルを遙かに凌駕して來た。ウォラストンは一八〇九年に反射測角術を發明した。リーゼ (H. v. Kiese: 一七九〇年—一八六八年) は更にフィリップス (W. Phillips: 一七七三年—一八二八年) とかクッブフェル (A. P. Kupffer: 一七九九年—一八六五年) とか云ふ當時の鏗々たる學者達と大いにこの測角法を進歩させた。又ブライトハツプト (H. E. A. Breithaupt: 一七九一年—一八七三年) とかハウスマン (L. F. L. Hausmann: 一七八二年—一八五九年) とかナウマン (K. F. Naumann: 一七九七年—一八七三年) とか云ふ人達も、時代から云ふと丁度この初期の結晶學者の群に屬する。ハウスマンは吹管を結晶學の實驗に初めて應用した人であり、ナウマンは地質學者であつて同時に又岩石學者として岩石學に貢獻を呈した人である。ヘッセ (I. E. O. Hessel: 一七九六年—一八七二年) と云ふ人も仲々立派な思想を抱いて居つて、之を發

表するに當つて種々の障害に妨げられたが屈せずこの新學科即ち岩石學に新思想をもたらしした。しかし當時の人は未だ氏の云ふ事を了解する事が出来なかつたのである。十九世紀の八十年代になつて始めてゾーンケ (Sohnke) がヘッセルの新思想を認め、之を公けにする様になつた。ヘッセルは實に佛國の大數學家ゾーンケの前驅者である。この大數學者は自分の才能をすべての結晶學に應用する事に盡し、すべての結晶形を實際に分類すると云ふ問題を解いた。

ブラウエー (A. Bravais: 一八一一年—一八六三年) は空間格子 (Raumgitter) と云ふ事が出来る點系を作り上げた。この點系は七つの獨立せる點系に分けられると云ふ事を證明した。かくて一八五〇年は結晶學の進歩史中で、前とは一變した轉回點となつた。總てこの時から後の事業は、この時一時完成した事業によつて著しく影響を受けた。先づ第一にフィンランド人ガドリッ (A. Gadolin: 一八二八年—一八九三年) の論文が、斯様な事業に屬する。氏の範疇は三十二に分けてあつて、之が再び六つに分類されて居り、ブラウエーのした手引を尙一層完全にしたものである。併し氏も、ブラウエーの仕事を完全にしやうとして成功したデラフォツセ (G. Delafosse: 一七九六年—一八七八年) も、自分等が作つた範疇に入れてないもので存在する結晶體があるに異ひないと云ふ事にははつきりした證明を擧げる事が出来なかつた。この欲望を満足させる爲には只幾何學上の計

算丈に安んずる事が出来ないものである。この事を明確にするには、すべての方面に無限に延長せる、可能的な規則的なるすべての點系を見出す事が必要である。この問題を佛國の數學家ジョルダン (C. Jordan: 一八二八年に生る) は一八六九年に、結晶學とは全く縁がない考へによつて解いた。そしてゾーンケは如何にせばジョルダンの云つた事と結晶形との間に密接な連絡をつける事が出来るかと云ふ事を示した。ジョルダンの結果は一層普通のなものである。ジョルダンが出した百七十四の可能なものの中で百丈は斯様な結晶に應用されないものと決定された。而して其他のものは、あらゆる結晶形を包含する規則的の點系の八クラスで以て十分に所理する事が出来る。之で結晶成形學 (Kristallonomie) は築かれたのであるけれど、キュリー (P. I. Curie: 一八一九年—一九〇五年) とかミンニゲローデ (L. B. Minningerode: 一八三七年—一八二六年) とかシェーンフリース (A. Schoenflies: 一八五三年に生る) とかフェオドロウ (E. C. v. Fedorow: 一八五三年に生る) とかマラルド (F. E. Mallard: 一八三三年—一八九四年) とか云ふ學者は更にこの結晶成形學の幾何學的の部分を種々の方面から完成した。

之と共に又博物學の方面に屬する事をも述べる必要がある。この方面の最初の總明な分類學者としてモース (Fr. Mohs: 一七七三年—一八三九年) が新時代にあらはれた。氏が一八〇四年に公け

にした分類法は只外見上の特徴丈を標準とした。この方法には喜んで賛成した人と、又烈しく反対した人があつたが（この反対者には數學者が多かつた。）しかしモース派の標準とする特徴の多くは比重とか硬度とか等であるから永く利用されたのである。この硬度を測るには特別の測定器を使つた。斯様な純肉眼的の分類と共に化學的の分類も亦頭を擡げて來た。この研究者には前驅者ベルツェリウスを始めとして、ポイダント (F. C. Poindant: 一七八七年—一八五〇年) とかノルデンスキュールド (C. G. Nordenskiöld: 父一七九二年—一八六六年) とかブルム (L. Blum: 一八〇二年—一八八三年) とかコベル (E. v. Kobell) とか云ふ人々が有名である。ミルラー (Miller) とかブライトハットとかグラウフェンホルスト (I. C. L. Gravenhorst: 一七七七年—一八五七年) とか云ふ人々は變態や假態などを研究した。尚グラウフェンホルストの、幾分か自然哲學的ではあるが正しい説明に對してハイディングエル (W. v. Haidinger: 一七九五年—一八七一年) は化學上の立脚點から補遺を加へた。

元來六十年代までは無機自然物の研究に關聯するものはすつかり礦物學と云ふ名稱の下に研究されたのであるが、漸次その事物を尙一層深刻に徹底する事が出来る分裂が起つた。狹義に於ける礦物學は、岩石を構成する礦物の研究に集中した、であるから自然に結晶成形學や結晶物理學がその努力の中心點となつたのである。他面に於ては岩石學は岩を形成する岩石と、之が如何なる礦物から出來上つて居るかと云ふ事を研究の對象とした。であるからこゝに於ても亦かく述べられた分業に注意が拂はなければならぬ。

さて前にウォラストンやフィリップスやクッフェルやリッゼ等が測角計を改良したと云つたが之は結晶學に大變重要なものになつた。これはシュラウフ (A. Schrauf: 一八三七年に生る) とか伯林の數學家フュース (E. Fues: 一八三八年に生る) とかブレチナとか云ふ人々によつて現今有る種々の器械に取り付けられた。現今最も都合よく取り付けられて居るものはウエブスキー (O. F. M. Websky: 一八二四年—一八八六年) のものである。又顯微鏡を使ふ測角法もアッペやフェオドロウや諾威の人ブレッゲル (W. C. Brögger: 一八五一年に生る) などの御蔭で科學界の重寶となつた。しかしどうしても止むを得ない小さいものを觀察するにはレーマンの結晶顯微鏡が一番役に立つ。グライツコ (W. I. Grasslich: 一八二五年—一八五九年) とかフリードリッヒ、バッフ (Friedrich Pfaff: 一八二五年—一八八六年) とかフランツ (E. Franz: 一八二七年に生る) とかは特に硬度を一層精密に測定する事に興味を持つた。アウエルバッハ (E. Auersbach: 一八五六年に生る) は硬度を物理學の方面から研究した。ペープ (K. Pape: 一八三六年に生る) とかゾーンケとかチェルマー

ク (G. Tschermak: 一八三六年に生る) とかバウ・ハウエル (H. Baumhauer: 一八四八年に生る) とかラヴィッツァリ (L. Lavizzari: 一八一四年—一八七五年) とか云ふ人々は風化像や腐蝕像即ち分解像の研究に關係した。ゾーンケとロイシュ (F. F. Reusch: 一八一二年—一八九一年) とは劈開 (Spaltbarkeit) を熱心に研究した。元來結晶物理学は分れて結晶光学と結晶熱學と及び電磁器に對する結晶の關係となるのである。第十九章にはこの問題に關して詳しく述べておいたからそこを御覽の事を希望する。この物理學的結晶學に屬するものは特にフォイグト (W. Voigt: 一八三〇年に生る) とベッケンカンフ (I. Beckenkamp: 一八五四年に生る) とによつて熱心に研究されたものであるが、この種のものはずべてバウル、グロート (Paul Groth: 一八四三年に生る) が一八七六年と一八八五年とに出した「物理的結晶形態學」(Physikal Kristallographie) と云ふ本の中に詳しく書いてある。グロートと云ふ人は特別な實驗を澤山行つた。例へば貴金屬學を熱心に研究して新方面を開拓したと云ふ様な事である。其他氏は一八六〇年にランメルスベルグ (K. F. Rammsberg: 一八一三年—一八九九年) が努力の結果系統的の原理を作つた鑛物化學にも注意を拂つた。マルクス (K. W. Marx: 一七九四年—一八六四年) とクエンシュタット (F. A. Quenstedt: 一八〇九年—一八八九年) とは結晶學の歴史家として記憶すべき價値を持つて居る。其他ツェンマロヴィチ (B. L. v.

Zepharovich: 一八三〇年—一八九〇年) やクライン (L. F. K. Klein: 一八四二年—一九〇八年) やノースイ (M. Lévy: 一八三八年に生る) やルグラン、デスクロアノー (A. L. O. Legendre Descloizaux: 一八一七年に生る) 等がこの結晶學及びその方法の完成にどれ程裨益したかは一一〇に記述する事が出来なす。コペルとエッペケ (K. Oehlke: 一八五三年に生る) とが作つた鑛物の測定表は第一流の教材と云つて可なりである。

岩石學は、ソーヨー (H. O. Sorby: 一八二六年に生る) が一八五〇年に研究すべき物體の薄片 (Dünnschliff) を作製した爲岩石の組織が根本的に研究される様になつてから忽ち一の新時代が起つて來た。これ以前には尙信賴し難い方法で實驗して居つたのである。この方法は英國で起つたのであるが忽ち獨逸に擴つて行つた。即ちウエブスキー (Websky) とかラート (G. vom Rath: 一八三八年—一八八八年) とかフォーゲルザング (H. P. S. Vogelzang: 一八三八年—一八七四年) とかフリッツチ (G. K. von Fritsch: 一八七八年—一九〇五年) とかハウスカーフェル (K. Hausknecht: 一八三九年—一八九五年) とか其他澤山の學者がこの方法を會得して立派な効果を收めた。又大きな岩石の玄武岩的構と斑岩的構造との區別は以前は只宜い加減に外見上の目標によつて出されたのであるが、今では鋭敏に確定されて來た。又二人の傑出したる獨逸の岩石學者ナルケル (F. Zirkel:

一八三六年に生る)及びローゼンブッシュ(K. H. Rosenbusch: 一八三六年に生る)の系統的な研究によつて、熱の爲に溶融して熔體となつた噴出塊が冷却して急にか又は徐々に固まつて岩石となつたもの、成因がすべての方面から説明された。而して顕微鏡に依る方法は、微化學の方法と密接な關係を結ぶ様になつた。しかし又水溶液から固體の状態に移つた水成岩も新しい研究の對象になつた。水成岩は昔にも既に地質學者によつて注意深く研究されたが、變成せる岩石は、六十年代にチルケルとギンズ(W. Gumbel: 一八二三年—一八九八年)とが花崗岩と片麻岩との區別を熱心に研究する様になつてから始めて注意される様になつたのである。成層とは少々異なる片狀は、ソービーの截片によつて全く完全に説明された。この二形の確實な對立はラヂウス(G. S. O. Ladius: 一七五二年—一八三三年)が始めて行つたものと思はれる。ロート(L. A. I. Roth: 一八一八年—一八九二年)と云ふ人は、片狀は火の共同作用がなくなつては成立しないと云ふ意見を持つて居つたのに反して、實驗地理學の創祖なるドゥブレイ(G. A. DuRoi: 一八一八年)は壓力でも片狀になる事があると云ふ意見を抱いて成功した。斯様にして働力變成作用は一層明確にされた。この働力變成作用に就ては一八六七年にロッセン(O. H. Rossen: 一八四一年—一八九三年)が正確に論及する所があつた。而してローゼンブッシュとレーマン(I. Lehmann: 一八五一年に生る)とは之を、熱に依て起る接

觸變成作用と區別する事が出來た。變成の複雑な疑問に對して、ザロモン(W. Salomon: 一八六九年に生る)とかカルコウスキー(E. Kalkowsky: 一八五一年に生る)とかフィンシュンク(E. Weinschenk: 一八六五年に生る)とか云ふ人達が大變熱心に研究して著しい影響を與へた。フィンシュンクと云ふ人は自分の大膽な構成を過重して外の方法は適當なものでも排斥した人である。

第二十二章 十九世紀に於ける地理、地質的諸學科

ヴァレニウス以後にも科學的地理學に屬する有益なる研究は澤山あつたが、正しい意義に於ける科學的地理學は以前には無かつた。地文學がその親しい學科に對する關係は未だ明かに認められて居らずして、或時は數學的物理学の方面に、又或時は歴史學の方面に附隨して居つた爲に全科學の構成組織に關する見識が少なからず正鵠を失して居つた。この事に關しては一八〇〇年以來唯自ら地理學者と思ひ又地理學者と名乗つて居つた者ガス、マス(I. G. F. Gals Muls: 一七五九年—一八三九年)やコンラド、マルテ、ブルーン(Konrad Male Brun: 一七七五年—一八二六年)の如き人等が増進したと云ふ事も何等影響する所がなかつた。地理學が一の獨立せる學科として認められる様になつたのは大部分二人の獨逸の學者即ちフンボルトとリッター(Karl Ritter: 一七七九年

一八五九年)との御蔭によるものである。フンボルトは主として自然科学の方面を、リッターは寧ろ歴史哲學の方面を進めた。斯く此二人の名を挙げれば地理學は自然科学と精神科學との中間の位置を主張し、自ら之等人間の精神事業の兩大分科の間の橋梁たる事を認めしめるものであると云ふ事實が同時に現れて来る。然しこゝでは只一方面を述べ様と思ふ。地理學は星學や物理學と密接に結合して居る爲に數學的地文學や物理學的地理學が出来上り、更に物理學的地理學は歴史的に述べれば地質學と離すべからざるものである。その岩石學の部分は前章で既に述べて置いた。然し大氣の圈や、水や地磁氣の地殼に對する關係を知らうと思へば太古生物學と同時に地層學、地球形態學と同時に力學的地理學の一斑を知つて居なければならぬ。

第十三章に述べた度の測定法は規模の點より云ふと、ドランプル(J. B. J. Delambre: 一七四九年—一八二二年)とメシヤン(P. A. F. Méchain: 一七四四年—一八〇四年)とが一七九一年から一八〇八年までに、其後アラゴとビオーとが手傳つたる佛蘭西北部から地中海の西方ピチュゼンまでの測定に使用してメートル法の輸入に備へた方法に三舍を避けざるを得なかつた。ガウスが一八二八年に完成したハンノエルの度測定法やベッセルとバイエル(L. I. Bessel: 一七九四年—一八五五年)少佐とが一八三九年に作つた東プロイセンの度測定法などは廣さより云へば遙かに小さいものであ

るが、地球の眞の形狀を研究するものには少しも輕んずる事の出来ないものであつた。又丁抹や前印度や上伊太利やラブランドなどの測定にも三角法が應用され、前印度ではエヴェレスト(C. Everest: 一七九〇年—一八六六年)が山の王なるガウリザンカー山の高さを三角法で計り、ラブランドではスファンベルグ(L. F. Swaberg: 一八〇二年—一八八二年)はモーベルトイがなした誤りを訂正した。巧みなる平行測量は佛國のブルーソー大佐やアンリー(M. Henry)によつて一八一一年から一八二〇年までの間に行はれた。この事業に際してフックス(W. Fuels: 一八〇二年—一八五三年)はロンバルダイで、山が鉛直線に及ぼす引力の影響を確定したり其他種々有益な副結果を収める事が出来た。かくてベッセルは今日でも尙模範的と認められて居る地球の面積の計算をせねばならない様になり、之によつてこの偏平度(Alphitung)が一に對する二九九と出た。エンケは後になつて、マクラーヤがケーブ殖民地で行つた三角鎖を參考にして計算して見たが之をあまり變ぜしめる事が出来なかつた。不撓のストルーフは子午線及び平行圈に沿へる露西亞の度測定に全三十二年間従事した。斯様にして露國の地はバイエルの大規模の研究に備へられたのである。氏は一八六一年に中央歐羅巴の度測定を始めてから、一八六七年には全歐洲の度測定を行ひ、進んで一八八六年には萬國即ち全地球を包括せる度測定を解決したが、地球の眞の形狀が廻轉體よりどれ丈

外れて居ると云ふ事を出來る丈精しく確定する問題は尙永い間専門家の手に解決されるのを俟つて居つた。

之には測定のみならず、第一に振子の觀察と云ふ様な物理学上の研究をもしなければならぬと云ふ事が十八世紀の末葉から知られて來た。其の中ベッセルの振子の實驗はすべての缺點の原因を模範的に豫防する事が出来るものであつて特に裨益した。又プーイレー(O. S. F. Poiret: 一七九一年—一八六八年)が使つた振子の形及びケーター(H. Kater: 一七七七年—一八三五年)大佐の作つた可逆振子は一般に使用された。リスチングに依つてゲオイドと呼ばれたる静かな水の表面は、シュートルト(Th. v. Schubarth: 一七八九年—一八六五年)及びクラーク(A. R. Clarke: 一八一八年に生る)の三軸隋圓體を以てする實驗が十分な結果を示さず且つフィッシャー(Ph. Fischer: 一八一八年—一八八七年)が解決すべき問題の眞の困難を示す事が出来る様になつてから、測地學上の事項や物理学上の事項の組合せによつて正確な幾何學上の形をとるものではないと云ふ認識に達したのである。これから以後萬國測地學會の委員や澤山の研究家の努力はゲオイドに注がれた。その中ブルンスとヘルマート(F. W. Helmert: 一八四三年に生る)とは第一流の學者である。ゲオイドが不規則の場合に起る形が正しく定められねばならない様なれば、振子の測定や度の測定や精

密水準測量(Precisionsniveauement)による高さの測定等を一纏めして考へねばならない。この高さの測定の完成にはバウエルフアインド(K. M. v. Baumeffind: 一八一八年—一八九四年)及びジョナマン(W. Jordan: 一八四二年—一八九九年)の事業が特に重きをなして居る。マスカルト(E. Mascart: 一八三七年に生る)やイツセル(A. Iszcl: 一八四二年に生る)やバッフ(F. W. Pfaff)等の器械を以てする重力測定法は常に振子で行はれた。一方に於てはサビンやブランタムーン(E. Plantamour: 一八一五年—一八八二年)及びPh. Plantamour: 一八一六年—一八八八年)兄弟等の觀察によつて豊富な材料が作られた間に他方ではドーブレスキー、フォン、ステルネックは持參用で大變微細な感じを持つて居る相對的の重力測定器を發明して之に依つて以前にフネーイ(H. A. E. Faye: 一八一四年—一九〇二年)が起した定理が眞實である事を證明した。その定理と云ふのは「一般に物體は大きな質量のものゝ下では質量が減る故に平野では質量がふへる」と云ふのである。氏はヘルマートと共に子午線のあるアルプス山の重力の配置(Geweropotill)を精密に出した。高い海に於ける振子の重さの關係は、ヘッカー(O. Hecker: 一八六四年に生る)が度々大洋航海をする間に全く満足に解決する事が出來た。

地球の密度を一層精密に出す事は十九世紀の初めの十年間に數多の星學家や地球物理學者達によ

つて熱心に研究された。その學者達の中でペーリー (E. Bailly: 一七七四年—一八四四年) やエーヤー (G. B. Airy: 一八〇一年—一八九三年) やライヒ (F. Reich: 一七九九年—一八八二年) やドローシヒ (M. Drobisch: 一八〇二年—一八九六年) 等が有名である。前の二人は英國人で、後の二人は獨逸人である。地球の平均密度の値としてライヒが振り秤 (Drehwaage) を使つて出した五、六六 (水を一として) と云ふ値は永い間信頼すべきものとされて居つた。最近になつてジョリーとポインティング (J. H. Poynting: 一八五二年に生る) とに依り同時に發明され、更にケーニッホ (A. Köhlig: 一八五六年に生る) とリヒャルツ (E. Richarz: 一八六〇年に生る) とクリガーマンツェル (O. Krüger-Menzel: 一八六一年に生る) とによつて改良された衡り方法や又は前の方法をすつかり變へた新らしいウィルシングの複振子振動法方法や其他何れも成效するならんと思はれる澤山の新しい考へが起つて來た。之等は皆好結果を得るであらう。又地球の内部に於ける密度の分布も熱心に研究された。例へばフォリー (L. Ph. Follie: 一八三三年—一九〇五年) やスキヤパレルリ (G. Schiaparelli) やニールン (M. Neün: 一八三七年に生る) 等は地軸が地球の内部で週期的に移動する事を可能ならしめ、キースナー (F. Kistner: 一八五六年に生る) やマーキューズ (A. Marquise: 一八六〇年に生る) 等は極の高さを測定して、地球の表面に對蹠點 (Nebenwohnerpunkt) があるのは真である

と云ふ事を證明した。一九〇〇年にはチャンドラー (S. C. Chandler: 一八四六年に生る) とファン・デン・ザンデ、バクイゼンヌ (H. G. von den Sande Bakhuyzen: 一八三八年に生る) との研究によつて、オイレルが既に豫知して居つた廻轉軸運動の種類及び大きさ等が可也明かにされた。地球が廻轉すると云ふ事の外界上の證據は一八五〇年には、それよりも二百年前よりもあまり價値が進まなかつたが當時フーコーが振子の實驗を發表して全世界に感興を起させた。其後地球が廻轉すると云ふ事の證據を擧げる事は幾十回となく繰返して行はれ且ポーンメルゲル (F. Bohnenberger: 一七六五年—一八三一年) も此の爲めに地球廻轉證明器 (Tryskon) と云ふものを作つて實驗し、特にギルバート (Ph. Gilbert: 一八三二年—一八九二年) は巧みな發明をしてこの方面で傑出した。

地理學上の位置測定はこの時代に於ては實用星學の發達と密接な關係を失はなかつた。位置測定學で重要な經度が全く豫期する事が出来ない程正確になつたのは、地球を電信の網で以て蔽ふ様になつた事が大變與つて力があつた。又グリニツチの規定子午線は一八八五年以來大概の文明國で採用されたが佛國だけは巴里の計算法を墨守した。其他海上の經度の測定は一時電氣の火花でも試みられたがこれでは二三の例外がある事がわかつた爲に未だ此事に觸れて居なかつたが、此事を正確に出す事はクロノメーターの改良があつてから總ての願が達せられる様になつた。之を試験し、監