

769-67



1200501598906

9
67



25 7 11

206
2-196

著 晉 田 額

76
6

史達發學科然自



版 院 書 新 日

醫學博士・理學博士
額田醫學生物學研究所長

額田 晉 著



自然科學發達史



東京 日新書院發行

序

國家の興隆と民族發展の源泉をなすものは實に科學、特に自然科學の研究である。我が日本人は東洋固有の傳統的思想を繼承して精神的方面に於ては著しき發達を遂げ、その人生觀・世界觀は到底他の追従を許さないところであるが、自然科學は主として歐洲に於て系統的發達を示し、我が國に輸入されて以來日尙淺きためか、一般人の自然科學に對する認識は未だ充分であると云ひ難い。一方、學校教育に於ける現狀について觀るに、科學は固定的な知識として授けられ、如何にして斯くの如き眞理を發見するに至りしかについては多く顧みるの餘裕をもたない。加之、教科書の如きも單に知識の羅列に終始せるため、毫も青年學徒の獨創的研究心を誘發するに足るものがない。學生は常に試験に應せんがために字句の暗記に日もこれ足らざるの有様である。

しかれども惟へ、優れたる精神力を有する我が日本人は今や新文化を創造すべき重大なる使命を以て立つてゐるのである。新らしき文化は科學の基礎の上に建設せられねばならぬ。今や自然科學の領域に於ける獨創的發見は、我が日本人の手によつてなされねばならぬのである。余が診

療と研究との餘暇を以て敢て本稿を草するに至りたる所以のものは、他なし、一は以て一般人の自然科学に對する理解を高むると同時に、一は以て今日の眞理は如何にして發見せられたるかの徑路を知る事により青年學徒をして他日獨創的研究に向つて邁進し得べき眞の科學的精神を把握せしめんがために外ならぬのである。

本書の編述に當りて参考したるは、土屋・山本兩氏の譯書、中瀬古六郎氏「世界化學史」、谷津直秀氏「生物學史」、眞島隆輔氏「西洋醫學史」等の他、現代篇に於ては石原純氏及び藤岡山夫氏の著書並びに特に次の如き外國の圖書または論文を参照し、以て輓近に於ける自然科学發達の趨勢を概説せんことを努めた。

1. Debyé, Physik.
2. Hahn, Atomchemie.
3. Wettstein, Biologie.
4. Kuhn, Biochemie.
5. Hartmann, Philosophie der Naturwissenschaften.

Die Naturwissenschaften, 1936.
(Kaiser Wilhelm Gesellschaft)

6. Zimmer, Umsturz im Weltbild der Physik, 1936.
7. Wulf, Die Pausteine der Körperwelt, 1935.
8. Oppenheimer, Chemische Grundlagen der Lebensvorgänge, 1933.
9. Bavinck, Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften, 5. Aufl., 1933.

本文はもと昭和十二年の頃より約四年間に亙り雑誌「高峯」に連載したものであるが、その内容は頗る多岐に互れるため、更めて各方面の専門家を煩はして内容の検討を行ひ、遂に意を決してここに單行本として上梓するに至つた次第である。蓋し醫學は勿論自然科学の一分科に屬し且つ今日の醫學は主として生物學の基礎の上に成立せるを想へば、本書を公けにすることは寧ろ醫師としての余の當然の責務たるを信するが故である。

皇紀二千六百年十一月

千葉市 稻毛海岸

額田醫學生物學研究所復興の日

著者識す

自然科學發達史 目次

第一篇 古 代	一
一、科學の起原	一
二、ギリシア時代	四
三、アレクサンドリア期	四
四、ローマ時代	三
第二篇 中 世	三
第三篇 近 世	三
一、文藝復興期	三
二、十六世紀	五
(上) 解剖學、數學、天文學	五
(下) 天文學	六

三、十七世紀	六
(上) 生理學、博物學、數學、大氣の研究	六
(中) 化學、顯微鏡學、醫學	九
(下) 物理學、數學、天文學	一〇
四、十八世紀	一六
(上) 數學、天文學、物理學	一六
(中) 化學、地質學	一七
(下) 博物學、生理學、醫學、科學の應用	一三
五、十九世紀	一四
(上) 數學、天文學、物理學	一四
(中) 化學、地質學	一五
(下) 生物學、生理學、細菌學	一三
第四篇 現代	一七
一、物理學方面	一七

(上) 物理學の諸問題、エネルギー論、物質構造論	一七
(中) 相對性理論、原子構造論	一四
(下) 量子力學、原子核の物理學、宇宙線の問題	一〇
二、生物學方面	一六
(上) 遺傳、發生生理學、種の概念、突然變異、 進化	一六
(中) 生化學の諸問題、物質代謝、生理學	一五
(下) 免疫生物學、化學療法、ウィールスの本態	一七
各科發達の索引	一九
人名索引	二〇

自然科學發達史

第一篇 古代

一、科學の起原

科學が何時、どこで如何にして始まつたかといふことは確實でないが、科學の起原は、古代民族の毎日の生活に必要な諸種の技術と、神秘や傳説と結びついた占星術・宇宙觀の如きに之を求めることが出來よう。エジプト及びバビロニアの數學・天文學・測量術・冶金術などは單に科學の萌芽として存在してゐたに過ぎないのである。

エジプト及びバビロニアに就ての知識は、從來ギリシア人の記録によつて傳へられたのであり、その資料は決して精確なものではなかつたが、十九世紀後半以降の探検及び發掘によつて彼等の建築物・彫刻・書板等、多くの重要な發見が行はれてから頗かに豊富になつたのである。

エチプトの國が建設されたのはクリスト紀元前約四〇〇〇年の頃である。紀元前二〇〇〇乃至一七〇〇年の頃アームスと呼ばれる一僧侶によつて書かれた所謂アームス文書によれば、古代エチプト人は既に算術及び幾何學に關する知識をもつてゐたことは確かである。かのピラミッドは嚴密に方位を重んじて築かれてあり、且つ凡そ 52° といふ一定の勾配を有つてゐるところから見ると、その建造者は精密な幾何學的及び天文學的知識をもつてゐたに相違ないのである。ナイル河の氾濫は土地測量の必要を生ぜしめ、このことも幾何學の發達を促がしたものであらう。また古代エチプトの建築が天文を考慮してゐたことは、多くの寺院が宗教的信仰から一定の方向に向つて建てられたことによつても知り得るのである。

エチプト人は金・銀・青銅・鐵・銅及びそれ等の酸化物・マンガシ・コバルト・禁土・辰砂・藍・茜草等を諸種の工業に使用し、紀元前三四〇〇年頃既に鐵鑛を熔解したといふ。彼等は鐵を鍛へて甲・劍・槍・鋤・工具その他の鐵器を製作したのである。

醫術も亦エチプトに發達した文化の一に屬する。紀元前約一六〇〇年頃に書かれたと傳へらるるエバース文書には、脈搏・心臟などについての多少の知識・病名・約七〇〇種の治療劑などの

記載があり、またこの文書によればエチプト人は卵から甲蟲に、幼蟲から肉蠅に、「おたまじやくし」から蛙になる發達の順序を知つてゐた。尙死體をミイラにするためには多少の解剖學的知識が必要であり、鹽・葡萄酒・香料などの防腐性も知られてゐたらし。

バビロニアの國は紀元前三〇〇〇年頃ペルシヤ灣に注げるチグリス及びユーフラティス河の流域に建てられたのである。バビロニアに於ける天文觀測は紀元前二〇〇〇年頃に行はれ、その頃の僧侶達は占星術の見地から天空を觀察し、それを粘土板に書き遣した。その最初の記録は金星の出沒であるが、尙數世紀に亙る觀測の結果として日蝕及び月蝕の再現する週期が發見されたことは特記するに値する。一年中に於ける各季節の曉方に現はれる星群にも注意が向けられた。

算術の初歩はバビロニア人に知られてゐたが、幾何學は大した發達を見なかつた。この他ハンムラビ王の出した世界最古の法典中には獸醫術の記録があるといふ。

二、ギリシア時代

エジプト及びバビロニアに於ける薄明期を過ぎ、ギリシア時代に至つて科學は初めて黎明期に入つたのである。ギリシア時代は自然哲學者たるターレスの時代（紀元前六〇〇年頃）より數學者アポロニウスの時代（紀元前二〇〇年頃）に亙る約五〇〇餘年であり、その間に於てピタゴラス、デモクリッス、ヒポクラテス、アリストトーテレスなどを輩出した。

遠い古代に於ては、科學は主として實際生活に必要な應用、或は僧侶の職業的教養の一部として發達したのであり、それは寧ろ擬科學に屬すべきものであつたが、ギリシアに於て初めて眞の科學精神が萌芽し始めたのである。ギリシア科學の中で最も發達したものは數學、特に幾何學であるが、天文學・物理學乃至生物學に於ても進歩を示し、實際生活から離れて漸次に思索的哲學的へと移行したのであつた。

ギリシアに於ける自然哲學の始祖はターレス Thales（前六四〇—四八〇年）である。ターレスの生地ミレトスはアジアの西海岸にある當時のイオニアに於ける最も主要なる都市であり、ギリシア學術の搖籃地となつたのである。彼は吾人の眼前に横はる天地萬象の起原に關して考察し、流轉して極りなき世界の中に根元たる常住の物質を求め、世界の原質を水に歸着せしめた。これが彼の世界觀である。彼は變化の裡に恒久を、多様な自然現象の裡に單一の原理を求めたのである。また彼は自らエジプトに赴きて幾何學の知識を得、日蝕を豫言したと傳へらる。尙所謂ミレトス學派には、ターレスの後繼者であり、萬物の原質を時間的にも空間的にも無限なるものと認めたアナキシマンデル Anaximander や、空氣を以て萬物の原因としたアナキシメネス Anaximenes の名が傳へられてゐる。

ミレトス學派よりも遅れてヘラクリート Herakleitos（前約五三—四七五年）が生れた。彼は日常經驗の世界にも、またその背後にも常住の原質を認めず、變化そのものが世界の眞相であり、生成及び變化の法則のみが不變であると考へた。

科學としての數學はピタゴラス Pythagoras（前五五〇—五〇〇年）に始まるとしてよ。H

デプトにあつた數學の素材はピタゴラスによつてその系統的基礎を得たのである。ピタゴラス及び彼の學派にありては、數が萬物の本質であり、數學が彼等の哲學であつた。

彼は最初の物理器械たる所謂單一絃の發明者とされてゐる。それは度盛りされた板に一本の絃を張つたものであり、その緊張の程度を加減しつつ絃の長さを變へて生ずる音調の高低より、その間の調和を見出した。彼は數學と音響との一致を示し、且つ諸科の學を數に關聯せしめた。そして算術は純正の數を、音樂は應用された數を、また幾何學は靜止に於ける量を、天文學は運動に於ける量を扱ふものとした。かくして彼等は數學に初めて學問の形を與へたのみならず、不完全ながらも數學的法則によりて支配せらるる物理現象の世界を意想せしめたのである。

かの有名な幾何學の定理、即ち「直角三角形の斜邊の上の正方形は他の二邊の上の正方形の和に等しい」といふ定理は、所謂ピタゴラスの定理として今日も尙數學書に記載せらるるところである。これはエジプト人の「綱張り」の方法から學んだのであると傳へらる。

ピタゴラスは同じ星が朝見られ、また夕方現はれることをいひ、また月光が太陽の反射に基くことを説いた。ピタゴラス派のフィロラウス Philolaus は、紀元前約四〇〇年頃に於て、天體の

東から西への運動は見かけ上のもので、それ等自身の運動ではなく、實際はその反對方向に於ける地球の運動に外ならぬとした。

次でアナクサゴラス Anaxagoras (前約五〇〇—四二八年) は、世界の根柢を成す原始的窮極の物質を「種子」と名づけ、ヌース Nous (精神) によつて渦を起し、それによりて世界が作り出されるとし、その渦動論の上に宇宙創成説を立てた。彼の「種子」即ち物質の微粒子の觀念は、次で起る原子論者のために途を拓いたのであつた。

原子論を樹立したのはロイキッポス及びデモクリッスである。ロイキッポス Leukippos (前五世紀頃) は、萬物は究極的に原子 (アトマ) と空虚なる空間とより構成せられ、物の生成及び壊滅はただ原子の配列の變化であるとした。また如何なるものも偶然ではなくて、或る根據から必然性を以て生起するとした。そこには明かに因果律が現はれてゐるのである。

ロイキッポスの原子論を完成したのはデモクリッス Demokritos (前約四六〇—三七〇年) である。彼は凡ての事物の差異は、それらの原子の數、大き、形及び排列の差異から生ずると主張した。また何物も無からは生ぜず、存在する物は決して滅しないとなし、あらゆる變化はただ部

分の結合と分離とであるとした。彼は精神現象をも原子を以て説明せんとした。彼の主張の中には近世物理学に於ける物質恒存とエネルギー恒存の二原理が最も原始的な形で含まれてゐる。されどギリシアの原子説は自然科学といふよりも寧ろ自然哲学に屬すべきものであつた。

この時代に於ける科學者であり、醫術の父と呼ばれたのは小アジアの小島コス *Kos* に生れた **ヒポクラテス** *Hippokrates* (前四六〇—三七七年) である。この島には醫療の神 *エスキュラピヤ* の堂があり、各地より患者の群集せし所で、醫神の後裔と稱する家の祕傳として永く醫法が傳はつてゐた。ヒポクラテスはこの家に生れたのである。

彼は人間の病氣は超自然的な過程ではなくて、自然現象であることを初めて主張し、病氣は正常な健康體の秩序が失はれたものであり、身體を構成せる多くの體液間の平衡が攪亂されるによつて起るとした。彼は醫術を迷信から引き離し、エジプト及びギリシアに於ける醫學上の經驗的知識に系統を興へ、初めて病人に對する注意深い觀察と研究とを勧めた。それ故彼は「臨床家の開祖」と仰がれた。今日も尙眼前に逼れる死の徴候に對してはヒポクラテス顔貌 *Facies Hippocratica* なる名が用ひられ、典型的の頭部繃帯はヒポクラテス帽狀帶 *Mitra Hippocratica* と呼ばれてゐる。

かの有名な句 *Vis medicatrix naturae* (自然の恢復力) を初めて主張したのも彼である。彼によれば、疾病の治癒は自然力に依つて起るのであるから、醫療はこの力を助けるやうにすべきで、少なくとも害を興へないやうに努力するのを以て治療の原則とした。

彼の著書には「空氣、水、及び土壤の性狀に就て」・「骨折に就て」・「流行病に就て」・「急性病の食養法に就て」・「豫後に就て」などがあり、醫學上の凡ゆる問題に關する短文を輯めたる所謂「ヒポクラテスの箴言」は文明史上最高の記念と呼ばれた。この他彼は利用厚生を主とした動物の分類系統を立て、また二百三十餘種の藥用植物の名を擧げた。

ヒポクラテス學派に依れば、醫師の人格は最も大切であり、眞に尊敬すべき人物でなければ、醫となることは出来ない。醫師は自己の利益を一切放棄して獻身的に患者のために盡さねばならぬとした。

キオス *Chios* のヒポクラテス *Hippocrates* (前四四〇年頃) は、最初の數學教科書を編纂し且つ數學の學制を公けにした。彼の定理として有名なるは月形の定理である。

かくしてギリシアの學藝は、紀元前五世紀の中半頃には漸くその全盛期に達したのであるが、

その時に當つてアテネに所謂ソフィスト Sophists (物識り) の一團が現はれた。ソフィストは當時の政治家たらんとする者に必要な學問、辯論術を授ける教師であつた。その中には數學を修めた者もあつたが、その目的は主として實用に在つたので、従つて從來の實際生活から離れた思辨や自然哲學的研究は輕んじられたのであつた。

ソフィストの一人なるソクラテス Socrates (前約四七〇—三九九年) は人間の精神及び行動の學を唱へ、アテネの街を歩きつつ會ふ人毎に熱心に道を説いた。彼の標語は「汝自らを知れ」であつた。彼によれば、智者は必ず善行をなし、愚者は無智なるが故に惡業を爲すものとして、言葉通りの知行合一を主張した。ソクラテスの系統を引いたプラトーン Platon (前四二七—三四七年) に至つては、從來主として自然哲學であつたギリシア哲學は、益々人間の精神及び行爲に對する觀察と思索とに捧げられ、隨つて自然哲學に對して精神或は道德哲學と呼ばるるに至つたのである。彼にとつて最も重要なものは道德的確信の理想化された「イデア」の世界であつた。彼は數學中特に幾何學を重んじ、これを哲學と結合せしめんと努めた。

プラトーンに次いで出で、ギリシア科學及び哲學の發展に偉大なる影響を與へたのはアリストー

テレス Aristoteles (前三八四—三二二年) である。彼は十七歳の時、當時文教の叢淵であつたアテネに於ける有名なプラトーンの學校(アカデミー)に入り二十年間研究に没頭したといふ。彼は哲學者であると同時に、一面に於て科學者であり、廣汎な綜合哲學を樹立すると共に、一時輕視せられたる自然哲學を取上げて、倫理學・論理學と獨立的に發達せしめ、初めてそれに自然科學の形態を與へたのであつた。

アリストーテレスは古代に於ける知識の最大の集成者・組織者であつた。彼は物理學・天文學乃至動物及び植物に關して著作し、ギリシア諸國の法律及び法令を編集し、政治學について書き、修辭學及び詩に就て、並びに倫理學・論理學を著した。彼ほどの知識の系統的な展望と、完全な把握とは、その後の十數世紀の間に於て絶えて見出し得ないのである。

アリストーテレスの自然科學に對する貢獻は、分散せし先人の個々の知識を集結し、豐富なる著作を後世に遺した事である。彼の多くの著作中、「物理學」に於ては運動とその原因・場所・時間並びに音・光などについて論じ、「天體に就て」の中には、天界の構成及び運動・元素等に就て記載し、「氣象學」に於ては天文氣象に關することが記載せられ、銀河・彗星・隕石・風の原因・

颯風・驟雨・暈紅その他の諸現象について説明してある。

されど彼の自然科学に對する最大の貢献は生物學の方面に於てである。物理學や宇宙論に於ける彼の自然哲學は、未だ傳統と想像とより脱却し得なかつたのであるが、生物學に於ては、その理論の根據は常に事實と實驗との上に置かれたのであつた。彼は動物學・植物學・一般生物學・發生學・畸形學・生理學など、生物學の各々の領域に於てそれ／＼独自の研究部門を確立した。

彼の博物學に於ける主著は三部に分れ、その中には彼の自然觀並びに動物及び植物の一般生活現象に對する觀察、動物の各部分、諸器官及びその作用に關する記述、即ち解剖學及び一般生理學、並びに生殖及び發生についての記載を見るのである。彼は五百種以上の哺乳動物・鳥及び魚を記載したが、その多くは彼自身の觀察によりて得た知識を基礎としたものであるといふ。彼は鯨を胎生動物となし、軟骨魚類と硬骨魚類とを區別した。又雛鳥の發生を觀察し、その心臟の形成を検し、卵内にある時の搏動に注意した。海膽の口部にある器官は今日も尙アリストートルスの提灯と呼ばれてゐる。彼の作成した動物分類表は、約二千年以上リンネの時代に至るまで廣く用ひられたのである。彼は生物に最低から最高に向ふ完全な階段があり、その最高に人間が位置

することを確信した。そこには既に進化の思想の萌芽を見出すのである。されど彼は「理論は實驗の事實と符合する範圍内に於てのみ信すべきであり、一般原理は各々の事實に當嵌めて證明されなければならぬ」と述べた。

アリストートルスの生物學的研究は主として動物學に關するものであつたが、彼の學派の後繼者たるテオフラストス Theophrastus (前三七一—二八六年) は主として植物の最初の研究者として、又植物に關する古代の最も重要な著述者として科學史上に有名である。彼の主著たる「植物學」Historia plantarum は、眞の科學的精神に於て書かれたもので、その中には五百種以上の植物が記載され、植物學の一般原理、植物の分布、並びに營養作用をも述べてある。特に興味あるは彼が植物に性別のある事を認めたことである。彼はギリシア最大の植物學者たるのみならず、同時に礦物學の祖とも呼ばれてゐる。

三、アレクサンドリア期

紀元前四世紀はギリシアの政治的衰頹期であつた。それに乘じて北方の強國マケドニアが出現し、そのアレクサンドル大王（前三五〇—三二三）は、ギリシアを征服して尙も東方に遠征を試み、これによつてギリシア文明は故國に於ける進歩を妨げられたが、却つて世界的に發展することとなつた。かくてギリシア語は廣く當時の世界語となつたのである。このギリシア文化の世界文化への轉向を期として、それ以前の文化をギリシア文化と名づけ、その後をギリシア的文化（ヘレニズム Hellenismus）と呼ぶ。これギリシア人は自國をヘラス Hellas 彼等自身をヘレネス Hellenes と呼んだ故である。普通ヘレニスタックの時代とはアレクサンドルの死（紀元前三二三）よりアウグスツスによるローマ帝國の建設（紀元前三一年）に至るまでの約三百年間をさす。

紀元前三三三年アレクサンドル大王により、エジプトの北海岸に新首都アレクサンドリア市が創立された。この新都市はナイル河の交通を支配し、また地中海に沿へる凡ての地方との通商上の地の利を占むると同時に、東方インド及びペルシアとの産物の市場となり、商業の中心地として異常なる發達を遂げた。このアレクサンドリア市はアレクサンドルの死と共に、彼の一將軍であつたトレミー一世の手に歸したが、彼は熱心な科學の獎勵者であり、紀元前三〇〇年この地に博物館を建設して、動植物の蒐集、實驗室・講議室などを設備した。これは今日の大學に比較すべきものであり、これに附隨せる圖書館は古代に於ける最大のものであつた。かくてアテネの衰頹と共に、學者や、心ある青年は多くこのアレクサンドリアに集まつた。従つてこのアレクサンドリア市は、長い間その本質に於てギリシア的な世界文化の中心地となり、學問はこの地に於て安定せる政治下に、旺盛な經濟的活動を基礎として異常な發達を遂げたのである。

この科學史上最も光輝あるアレクサンドリア期に輩出した著明なる科學者を挙げると、數學者には、ユークリッド、アルキメデス、及びアポロニウスがあり、地理學者にはエラトステネス、天文學者にはアリスタルコス、ヒッパルクス及びプトレマイオスなどがある。解剖學及び醫學も

亦この地に於て長足の進歩を示した。

ユークリッド Euclid (前約三三〇—二七五年) は有名な「エレメンツ」Elements の著者である。本書は初等幾何學及び整數論の系統的記述であり、ギリシアに於て標準教科書として使用された。當時に於ては、數學はプラトーン的な哲學研究に必要な準備と考へられて居り、本書はその目的に編纂されたものであるから、従つて本書に於ては抽象的形式的な論理の方法が重んじられ、一切の實用的應用方面は除去されてゐる。

本書はギリシアの他の書と同様、アラビアを通じて後代に傳はり、一五七〇年には英譯され、近代に至るまで世界各國に於て殆んど原形の儘で教科書として採用された。かくて「エレメンツ」は數學の發達、殊に數學教育の上に著しい影響を與へ、「ユークリッド」の名は初等幾何學の代名詞として用ひらるるに至つた。單獨な一著述にして、これ程長い生命を保ち、廣き影響を及ぼしたものは他に類例がない。東洋に傳はつたのは一六〇〇年代の初めである。

次にアレクサンドリア期の科學者中、最も優れた存在はアルキメデス Archimedes (前二八七—二一二年) である。彼はシシリー島の東南海岸にある都市シラクサに生れ、生涯の大部分をこの町に過した。彼の研究範圍は、數學・天文學・力學・液體力學の各方面に互り、同時に技術家としても多大の貢獻をなした。彼はユークリッドの幾何學を一層豊富にし、代數學に重要な進歩を促がし、力學の基礎を築き、微積分學をさへ豫想せしめる程の獨創力を示し、かくてその後の二千年間に於てそれ以上に超える者のない程の高い水準にまで達した。

「凡そ物體が液體の中にある時はその重さが軽くなるもので、それは液體が物體に對して浮力作用を及ぼす故であるが、その浮力は物體と同容積の液の重さに等しい」といふ原理は、有名なアルキメデスの原理として今日も尙物理學書に記載せらるるところである。これは彼が或る時入浴に際し、浴槽中に身體の浸るに連れて、同じ割合に水の溢れ出る事實に氣づき、發見したのであると云ふ。

彼の町シラクサはローマ軍によりて包圍せられ、紀元前二一二年遂に陥落したのであるが、その際この尊敬すべき數學者は幾何學の問題に熱中して居り、遂にローマの一兵卒の凶刃に斃れ、その生涯を終へたのであつた。

アルキメデスと殆んど時代を同じくする第三の大數學者は、アポロニウス Apollonius (前二六

〇一二〇〇年)である。彼は圓錐曲線についての系統的な大著を出したが、その中には近代の教科書に見出される諸定理の大部分を含んでゐる。かくてアルキメデスと彼とによりて、古代の數學は完成せられ、解析幾何學及び微積分學によらずして可能な幾何學の諸問題は殆んど研究し盡されたのである。實にユークリッド、アルキメデス及びアポロニウスを出した世紀はギリシアの數學が最高の發達に達した時代であつた。

次にアレクサンドルの遠征と、それに續いて行はれた移民と殖民とに刺戟されて地理學が發達した。アレクサンドリア圖書館の司書たりしエラトステネス Eratosthenes (前二七六—一九六年)は、集積された資料を組織的に研究して、初めて數學的地理學の基礎を創つた。また彼は夏至の日の正午に、ナイル河の上流に在るシエーネ町に立てた柱は陰影を生じないが、殆んど同じ經線(子午線)上にあるアレクサンドリア市に立てた同じ高さの柱は陰影を生ずることに注意し、これを基として地球の周圍を算定したが、その數値は眞の周圍に極めて近いものである。この測定は測地學の嚆矢をなすものと見られてゐる。

天文學の領域に於ては、先づアリストアルコス Aristarcus (前二七〇—?年)を挙げねばなら

ぬ。彼は、月と太陽との大きさ並びに地球からの距離についての計算を公けにした。彼にとつては、巨大な輝く太陽が地球の周圍を廻るとするよりは、寧ろ地球こそ太陽のまはりを廻るものであるとする方が合理的に見えた。加之、彼は更に一年を週期とする太陽の運動は單に見かけ上のもので、實際はその周りに於ける地球の運動によるものであるとの結論に達し、コペルニクスの地動説に一八〇〇年先驅したのであつた。實にギリシア天文學は彼によつて最高頂に達したのであるが、惜むべし、彼の學説を繼ぐ者が出なかつた。

次に來る偉大なる天文學者はヒッパルクス Hipparchus (前一九〇—一二六年)である。これより先き、アレクサンドリア圖書館に於ける觀測者達は、度盛りある器械を用ひて系統的な天文觀測を行ひ、小さな星表を作つたが、ヒッパルクスは之を基礎として長期に亙る觀測を行ひ、千以上の星を包含する星表の作製に従事した。この表は少し訂正せられたのみで、その後約十六世紀間の標準となり、彼の星座表は現代のもの基礎となつたのである。彼によつて行はれた最も有名な發見で、近代天文學者の最も推賞するところのものは、春分點及び秋分點の移動である。これは、彼の觀測した或る星の位置と、一五〇年前に行はれた觀測との比較から導かれたのであ

つた。また彼は日蝕及び月蝕の理を説明して、從來よりも精確にそれを豫言した。この他ヒッパルクスの科學に對する貢獻としては、天文學上の必要から三角法の基礎を築き、球面三角法を創始したことである。

尙アレクサンドリア期に於て、實際的な力學の方面に貢獻したのはヘロン Heron である。彼は動力としての蒸氣の應用を示し、消火ポンプ・水時計・滑車・測角装置などを工夫し、且つ空氣及び蒸氣の性質に關する最古の著述を行つた。

アレクサンドリア期の末には、名高い天文學者**プトレマイオス** *Klaudios Ptolemaios* (トレミ *Ptolemy*) (紀元後二世紀頃) が現はれた。彼はその大著「アルマゲスト」*Almagest* に於て、當時の天文學を大成しようとして試みた。本書はコペルニクスやケプラーの時代まで約一四〇〇年以上に亙り、理論天文學の基礎的著作として傳はつた。彼の天文學上に於ける貢獻として最も獨創的なものは、惑星の觀測と理論とについてなされた。

ディオファントス *Diophantus* (紀元後四世紀の頃) は、プトレマイオスと共に、その時代から云へば明かにローマ時代に屬するも、その場所はアレクサンドリアであつた。彼の主著 *Arith-*

metica は、代數學に關する最初の著述として知られてゐる。本書は十世紀に至り、アラビア語に譯されてアラビア學派に影響を及ぼし、かくして間接にヨーロッパ數學の發達に貢獻した。

尙アレクサンドリアは、醫學史上に於ても種々の理由で有名である。人體解剖が、初めて自由に行はれたのは此處に於てである。これは恐らくエジプト人が死體の腸を抜き、これをミイラにする習慣があつたためであらう。その結果初期ギリシア人の有せし多くの誤謬が訂正せられた。

當時の著名な醫學者としては、二人の名が傳へられてゐる。その一人**ヘロフィロス** *Herophilus* (前三〇〇年頃) はヒポクラテスの學說を遵奉し、古代の人々よりその後繼者と見做された。彼は神經系統と腦脊髓との關係を闡明した。神經をその起始部から經過に沿うて研究したのは、彼を以て嚆矢とする。また彼は消化管と乳糜管との關係を明かにし、十二指腸にその名を與へた。尙脈搏は動脈自身の力によつて生ずるものでなく、心臟の收縮及び擴張によつて傳達されるものなることを發見したのも彼である。彼は熱心に藥物を研究し、外科學及び産科學にも興味を有ち、進歩した解剖的知識を少なからずその上に應用した。

他の一人**エラシストラトス** *Erasistratus* (前三一〇—二四〇年頃) は、主として血管系と神經

系とを研究し、この兩系統を分離した。彼は神經に知覺神經と運動神經との二種を區別し、後者は腦髓より派出することを確定した。その他心臟の瓣膜を發見し、肝臟及び膽道をも正確に記載した。又彼は初めて病理解剖學を精しく研究し、液體病理説を斥け、疾病の治療よりも寧ろその豫防に重きをおいた。これは醫學の使命に對する彼の識見の高邁なりしことを證するものである。衛生學なる名は、彼によつて初めて通俗的となつたのである。

アレクサンドリア期の醫學中、外科は最も發達し、麻醉劑の應用は最大進歩の一であつた。何人が初めて之を應用したかは不明であるが、アレクサンドリアの外科醫は各手術に際して知覺麻酔を起すためにマンドラゲ浸劑を用ひた。第二の進歩は血管の結紮である。これに依つて外科醫は、従前失血の危険を懼れて手を下し得なかつた大手術、例へば四肢の切斷をも試みるに至つた。

この外、アレクサンドリアに於ては經驗學派なるものが現はれ、自己及び先輩の臨床的經驗を基として治療を行はんと努めた。この經驗學派に於ては水蛭の應用が説かれ、藥用植物、就中毒藥及び解毒藥の研究なども行はれた。

四、ローマ時代

ギリシア本土及びアレクサンドリアに於けるギリシア學藝が衰微しつつあつた數世紀の間に、イタリーの西海岸にローマ國が勃興し始め、最初は比較的微々たるものであつたが、忽ちにして廣大なる版圖を領有し、偉大なる勢力を有するに至つた。

されど科學史上驚くべきことは、ローマ國民及びローマの支配下にあつた民族は、何れも科學及び科學研究に對して何等の興味をも持たなかつたことである。アレクサンドリアの科學も、その地が紀元前一世紀にローマ人に侵略せられた後は、次第に衰へた。教育は進み、圖書館は開放せられ、學者・文人は保護せられてゐたにも拘はらず、ローマには科學の領域に於て獨創が生れなかつた。ギリシア時代に於ては數學が最も旺んであつたが、ローマ時代はその衰頹期であり、アルキメデスやアポロニウスの高等な數學は勿論、ユークリッドの「エレメント」さへも彼等に

は全く顧みられなかつた。ただローマの文明が異常な才能を表はし、獨得の優越さを示したのは土木工學の實際的技術方面である。即ち城壁・要塞・橋梁・船舶・道路・水道・公共建築物などに於ては、ローマ人は明かに前代の人々を遙かに凌駕し、且つ最近に至るまで後代にもその比を見なかつた。このことはその遺蹟によりても明瞭である。

ローマに於ける工學に關する最も有名な著作は、**ヴィトルヴィウス** *Maecius Vitruvius Pollio*

(前七五—二六年)の「建築學」*De Architectura* 十卷である。本書は工學・建築學及び應用諸科學の完全な集成であり、中世まで知られた建築學に關する唯一の重要な書物である。それは數世紀の間、基本的教科書として用ひられたのみならず、ルネッサンス時代の建築家及び技術家達にも利用された。本書中の理論的及び歴史的部分はギリシアの著書から引用、集成したものであるが、實際的な部分に於ては彼自らの多年の經驗の結果を發表してゐる。彼は建築家兼工學者であり、且つ有能な技術家であつたが、理論と實際との關係について次の如くに云つてゐる。「學問を抜きにして機械的な熟練のみを追究する人は、その仕事に於て十分な効果を擧げる事が出來ない。之と反對に、理論のみに依據する人は幻影を追求してゐるのである。理論と實際とによく通曉する人のみが、目的に到達する一切の準備をもつてゐるのである」と。

軍人且つ政治家として名高**ユリウス・ケーザル** *Gaius Julius Caesar* (前101—44年)は、應用數學の領域に於ける二大問題、即ち曆の改正及びローマ帝國全土の測量を企てた。當時ローマに於ては太陽曆が用ひられてゐたが、不規則な閏月の挿入によつてその誤差は益々大となり、紀元前四七年には曆の誤差は八十五日以上に及んだ。ここに於て彼は一年を三百六十五日とし、四年目毎に一回、第二月に一日の閏日を加へるとの法令を出して之を整理した。そしてこの改曆を記念するために、彼は自分の生誕月なる七月を「ユリウス」と命名した。ケーザルの次のアウグスツスは八月を「アウグスツス」と改め、その日數を三十一日とした。従つてそれ以來平年の二月は二十八日となつたのである。尙ケーザルは測量の結果を大きな壁掛地圖として現はす豫定であつたが、中途刺客の手に斃れたので、その計畫はアウグスツスに引繼がれ、約三十年に亙る作業の後遂に完成したのであつた。

ローマの學者中、自然科學史に於て注目すべき重要な人物は極めて僅少である。

ルクレチウス *Titus Lucretius Carus* (前九八—五五年)は、ローマの大詩人としてのみなら

す、ギリシアの自然哲學に對する當時の最も完全な解説者と認められてゐる。彼は「事物の本性に就て」*De Rerum natura* を著はしたが、彼の教訓詩の中には、人類にとつて永久に重要な自然哲學的な問題を取扱つてゐるため、現代の科學者にとつても興味があると謂はれる。彼は一切の迷信を拒否し、理性主義の強い信奉者であつた。

ストラボ *Strabo* (前六三—後一四年) は、ローマの旅行家、且つ地理學者であり、彼の「地理學」は當時の地理學的知識の代表として、古代から残つてゐる地理書の中最も重要なものである。

プリニー *Cajus Plinius* (二三—七九年) は、自然學者であり、科學的學識あるローマ人の一人であつた。彼は、軍人且つ官吏であつたが、晝は政務を見、夜は讀書と執筆とに當てたといふ。その大著「博物學」*Naturae historiarum libra* は三十七卷より成り、極めて一般的な百科辭典的なものであるが、彼の時代及び中世紀に於て最も弘く讀まれたものの一であり、文明史上の目標になつてゐる。本書の範圍は頗る廣汎で、天文・地理・人間より、鳥獸類・昆蟲・魚貝類並びに植物(草木・果實・ゴム・香料・木材・植物の病等)・礦物(金屬・岩石・寶石)乃至醫

術をも取扱つてゐるが、それは科學的著作といふよりも、寧ろ古代文獻よりの興味あるものの蒐集であり、主として經濟的乃至醫療的應用の見地より編纂されたものである。彼は紀元七九年ボムペイを埋めたヴェスヴィアスの噴火に際し、科學的な探究心に驅られて火山に近寄り、ためにその犠牲となつた。

ギリシアとローマとの間に於ける生物學史をつなぐものは醫師あるのみであつた。しかもこの時代に於て最も卓れた醫師として知られてゐるダイオスコリデス及びガレノスの二人は、何れもギリシア人であつた。前者は藥物學の創始者として知られ、後者はローマで醫療に従事した解剖學者であり、ハーヴェー以前に於ける唯一の實驗生理學者と認められてゐる。

ダイオスコリデス *Pelanos Dioscorides* (約四〇—七〇年) の「藥物學」*Materia medica* は長い時代に互つて注意を惹いた植物學書であり、最も影響の大きかつた植物學的記述の一であるがそれは寧ろ實用的の立場に於て卓越してゐたものである。彼はギリシア人であるが、ギリシアの他、遍くイタリー、スペイン、ドイツ等の各地を旅行して、藥物學の見地より動植物及び礦物を觀察し、長くローマに住んで自分の科學を實地に應用した。

ガレノス(ゲレン) Galen, Claudius Galenus (131—110年)は、ローマ時代に於ける最も著明な醫者であり、彼の名は屢々ヒポクラテスのそれと併び稱せられてゐる。彼はギリシア文化の下にあつた小アジアの重要都市なるベルガモンに生れた。最初は郷里及びスミルナに於て研究し、次でアレクサンドリアに於て主として解剖學及び哲學の研究に數年を送つた。後ベルガモンに歸り醫療に従事してゐたが、やがてローマに赴き、後に侍醫となつた。彼は觀察者であつたと同時に實驗者であつた。

アレクサンドリア期の初めに於ては、人體解剖が許されてゐたが、ガレノスの時代には法律を以て禁止された。ここに於て彼は魚・海龜・猿・牡牛などの動物を解剖し、これを人體の構造と比較した。彼の最も卓れた研究は腦・脊髓及び神經について行はれた。そして神經は腦及び脊髓に連なり、且つ脊髓は腦の神經物質の連續であることを認めた。また筋肉は神經を通じて來る刺激に應じて收縮するものであり、若しその一部が神經から離されるか又は神經と中樞神経系との間が斷たれる時は、その部分は運動及び感覺の力を失ふことを見た。彼はかかる知識を實地醫療上に應用した。この他輸尿管の作用についても結紮糸を用ひて實驗を行ひ、また食道についても明確なる實驗を行つた。これ彼が比較解剖學者であると同時に、實驗生理學の創始者と呼ばれる所以である。

紀元一世紀には、早くもローマに政治的、經濟的衰頹の兆が現はれ、科學は著しく實際に偏して、その本來の健全な發達の緒につくに至らずして既に頹廢し始めたのであつた。この科學の發達を更に暗澹たらしめたものは、北方半開蠻族の侵略と、一方ユダヤより發せるキリスト教が政治的勢力を占めたことである。四世紀から五世紀にかけてローマ帝國は遂に崩壊し、カトリック教會は精神の世界と共に知識の世界の王者となつた。ギリシア思想を異教とした教會の僧侶達には、科學の目的と研究とは凡て餘分な空しいものに見えた。學問を占有するやうになつた彼等は、直接自然を觀察する代りにその時代にまで書き傳へられた記録を以て満足したのである。

かくてローマ陷落の後僅か半世紀にして、五二九年にはユスチニアヌス帝の命によりアテネに於ける學校が閉鎖され、六四一年にはアレクサンドリアがアラビア人の手によりて陥れられた。この頃から世界は約千年(約四五〇—一四五〇年)に亘る中世と呼ばれる大きな暗い谷に落込んで終つたのである。暗黒時代中でも最も暗黒な時代は、六世紀の終りからシャールマン帝の下に

於ける學問の復活迄とされてゐる。帝が七八七年に、その治下の凡ての寺院に附屬の學校を建て、
ることを命じたので、中世に於ける學問はそれによつて深い暗黒の裡にも僅かに存続したのであ
つた。

第二篇 中世

西ローマ帝國の滅亡（四七六年）の後、第五世紀より十五世紀に亙り、約十世紀の間ヨーロッパの天地は、中世と呼ばれる學術的に暗黒な大凹地に落ち込んだのである。この所謂暗黒時代に於てインドに於ては、ギリシアの比較的弱點であつた數學の一方面、即ち算術、初歩の代數學及び三角法に於て大なる貢獻をなした。我が國に於ては西曆五五二—四年欽明朝の頃、百濟との間に交渉があつたが、それより奈良朝（西曆七一〇—七八三）及び平安朝（七八四—一一八五）を経て鎌倉時代（一一八五—一三三三）に入つた。

インドに於ける數學の起源は明かでないが、紀元前數世紀の頃、祭壇の建造と關聯して、既にピタゴラスの定理などが知られてゐたらしい。されど數學が發展し始めたのは、第六世紀及び七世紀の數學者達によつてである。即ち紀元五三〇年の頃、アリアバタ Aryabhata（四七六一

？年）は四篇より成れる書を著して、天文学及び球面三角法の初歩を取扱ひ、且つ算術・代数及び平面三角法の諸法則を記述した。その後ブラーマガプタ Brahmagupta (五九八—？年) は、韻文を以て天文学の系統的叙述を試みたが、その中の二章は数学を取扱ひ、算術級数・二次方程式、三角形・四邊形及び圓の面積、三角錐及び圓錐の體積と表面積とを論じてゐる。それより五世紀の後、バスカーラ Bhaskara (一一一四—？年) も亦、数学の章を含んだ天文学書を著した。その目次の一部には、度量衡・十進法・加法及びその他の基礎的運算、平方根・立方根・分數、一次及び二次方程式、級数・體積等がある。この書物は、十進法の最初の組織的著述であり、所謂アラビア數字（123等の數字）及び零を含んでゐるが、就中負數觀念の導入は彼の最も著しい功績であるとせらる。かくしてインド人は算術及び代数の方面に大いに貢献したのであるが、その歐洲科學への影響は主としてアラビア人を通じて行はれたのであつた。

アラビア人は六二〇年より六五〇年の間に於て、マホメット（回教祖）の宗教的情熱に動かされて、アラビア、シリア、ペルシア及びエヂプトを征服して廣大なる版圖を得、七一年にはジブラルタルを渡つてスペインに入り、北方西フランスにまで迫つた。その宗教的、政治的活動が

一段落を告げると共に、彼等はインド及びギリシアより學藝を吸収して所謂アラビア科學（サラセン文化）を作り上げた。かくしてアラビア人は、そのギリシア、インド及び西ヨーロッパに對する關係に於て、科學史上極めて重要な位置を占むるに至つたのである。

初めて化學上の問題に觸れたのは、一世紀の頃アレクサンドリアの鍊金術者であると考へられてゐるが、實際その仕事に着手したのはアラビア人である。彼等の目的は、他の金屬を金に變換すること、並びに凡ての病を癒す醫藥の調製であつた。その努力は報いられなかつたが、その結果多くの化學上の知識が得られ、有用な醫藥が発見された。アラビア人は約七百年に亙つてこの鍊金術 Alchemy を研究したのであるが、その中心は初めはイラク（メソポタミア）であり、後にはスペインであつた。中世後期のヨーロッパに於ける化學は、主としてこのスペインのムーア人によつて導入せられたのである。ムーア人とは北部アフリカ人の血の混つたアラビア人で、八世紀の頃スペインに入つた西部ヨーロッパの回教徒である。

アラビア化學の代表者は屢々ゲーバー Geber なる名を以て呼ばれるアブ・ムサ・ジャビール Abu-Musa-Jabir-ibn-Haiyanal-Azdi (約七二二—八一三年) である。彼はペルシアに生れ、アラ

ピアに於て數學を學んだ。彼には多くの著書があり、その中の幾つかは十二世紀及び十三世紀に於てラテン語に翻譯された。彼は炭酸鉛を造り、砒素及びアンチモニーをその硫化物から分離した。また彼は金屬の精鍊、製鋼、布及び革の染色、濃い醋酸を得るための酢の蒸餾等を説述した。彼は硫黄・水銀等を基礎的要素と見做したが、その元素説はボイルの時代まで用ひられた。尙當時の化學者達は硫酸・硝酸及び王水を作り、また硝酸銀の如き金屬鹽をも造つた。蒸餾・濾過・結晶の如き實驗室操作は、彼等を通じてヨーロッパ人に知られたのであり、アルコール Alcohol なる語の如きもアラビア語より出たものと傳へられる。

數學の領域に於ては、八三〇年頃アルカリスミ Alkarismi は、ブラーマグプタの著書を基礎として代數學を著はしたが、本書自らも亦後世に於ける幾多の著述の基礎となつた。Algebra なる語はその題目より出たのである。

物理學方面に於ては、アルハゼン Al-Hazen (九六五—一〇三九年) は光學の進歩に貢献した。彼は球面及び拋物面鏡を用ひ、レンズの擴大力及び大氣の屈折を研究した。恐らくレンズの擴大作用を注意した最初の物理學者であらう。また彼は眼及び視覺についての知識を進め、太陽

や月が地平線に近づいた時、見かけの大きさを變ずることを説明しようとした。彼は光學に關する書物を著はしたが、そのラテン語譯は特にロージア・ベーコン及びケプラーを通じて、西方の科學の發達に著しい影響を與へた。この他アラビア人は時計に振子を用ひ、金屬の比重表を作つたといふ。

アラビアの醫師アヴィセンナ Avicenna (九八〇—一〇三七年) は、ペルシアの名門に生れ、醫師にして哲學者・政治家を兼ねてゐた。彼には哲學・自然科學・醫學に關する著述が多かつたが、就中最も貴重なるは醫典 Kanon である。この書は五冊より成る大部のもので、ガレノスの知識を基礎としたものではあるが、その整然たる配列と、記述との特徴によつて、五世紀の長き間世界の醫學を支配し、著者の名を不朽に傳へた。

アヴェロイズ Averroës (約一一一六—九八年) は、ギリシアの生物學及び哲學の註解者なる名を得た。彼はその著作に於てアリストートルレスとガレノスの調和を試み、物理學及び化學に關して獨自の知識を示し、天文學及び醫學についても哲學と同様に、眞理そのものの興味について述べた。彼は自然に對して常に批判的な公正な態度を持し、注意深く證據を検索しようとした。

それ故にスコラ哲學者中の彼の追従者は、彼を實證科學の第一人者とした。アヴェロイズの死と共に、アラビア人の自由な科學的文化は終りを告げたが、彼を通じてのアリストートルレスの影響は永らく西方の科學に存続したのである。

かくの如く、回教國民は未開の状態より起り、暗い中世紀を通じて、よく古代科學を保持存続せしめたのであるが、十四世紀の後期には再び未開の状態に復歸して終つた。

イタリーに於ける學術存続の跡を尋ねるに、七八七年シャーレマン Charlemagne は、彼の領土の各寺院に命じて附屬の學校を建設せしめた。また彼は熱心にラテン語を奨励した。ラテン語がその後八百年の間學術語として用ひられたのは、彼に負ふところが多いのである。シャーレマンの學校に於ける課程は、プラトーンの教育原理に基づき、幾何學・天文學・音樂及び算術の四科と、文法・論理學及び修辭學の三科とより成れる所謂「七自由學術」の課程であつた。これ等の學校は、間もなく中世學術の中心となつたが、その根本は神學的東西であり、教師達はギリシヤの哲學に見るやうな自由獨立の思想からは遠くかけ離れて、ただキリスト教の教理に論理的基礎を與へ、寺院の信仰を知的に基礎づけようとする思辨家に過ぎなかつた。所謂、スコラ哲學

Scholasticism と稱せらるるものは之である。その後、キリストの聖地エルサレム奪回の企圖の下に起つた十字軍（一〇九〇—一二九〇年）の遠征の結果は、歐洲の各地を連絡せしめ、西部ヨーロッパ人をして東方の文化に接觸せしめた。かくてアリストートルレスの著作が一二〇〇年より一二二五年にかけて、初めはアラビア語より、後にはギリシヤ語より直接にラテン語に譯され、ここにキリスト教に隸屬したアリストートルレス哲學が生れたのである。

次に中世紀の後半に於て、歐洲に於ける學問の涵養と普及とに重大な役目を演じたものは大學である。その始まりは判明しないが、最古のものはナポリの南方サレルノの地に設けられた醫學學校である。この醫學學校は古代に於けるアレクサンドリアの醫學學校の如く、中古數百年間を通じて醫學の中心となり、その教科目は主としてヒポクラテスとガレノスとの著作の解説であつた。このサレルノの醫師は、九世紀の頃には既に世に知られて來たが、十一世紀の頃には彼等はアラビア人の研究を読み始め、十二世紀にはアラビアの醫術はヨーロッパに弘まる迄になつた。サレルノには女流の醫學教師や醫書著述家があり、中古末には女醫や女外科醫がゐた。紀元一〇〇〇年頃には、北イタリーのボロニアの地に法律學校が設けられ、十二世紀にはそれに醫學と哲學とが

附設せられた。パリイ大學も亦同世紀の初めに始まるといはれてゐる。但しこれ等の初期の大學は、何れも單に教師と生徒との組合或は團體に過ぎなかつたのである。次でイギリスをも含めた北部ヨーロッパの各地にも、順次に諸大學が開設せられた。即ち、一二八四年にはケンブリッジに、一二四九年にはオックスフォードに、一三四八年にはプラীগに、一三八四年にはウィーンに、一三八六年にはハイデルベルヒに設けられた。これ等の中世に於ける大學は、近代的大學の前身であり、その程度はもとより低いものであつたが、この時代より引き續き學問の發達に重要な役目を演じた。されどこの大學の發達にとつて神學の影響は支配的であり、その多くは論理學・哲學及び神學を教へ、數學的科學の方面は重きを置かれなかつた。

第十三世紀に於ては、歐洲の天地に過去數世紀間に見られなかつたやうな知識に對する憧憬と學問に對する熱望との興りつつあつたことは見逃すことが出来ない。アルベルツス・マグヌス Albertus Magnus (一二一〇—一二八〇年) はドミニコ派の教僧で、非凡な哲學者・神學者及び博物學者であつた。彼はアリストテレスの學徒であつたが、教職上、公務を帯びてドイツの各地を徒步にて旅行し、自然現象を精確に觀察した。彼の著書たる「博物學」Opus naturalium には、

「動物學」De animalibus と「植物學」De vegetabilibus とが含まれてゐる。

トマス・アキナス Thomas Aquinas (約一二二五—一七四年) は、その師アルベルツス・マグヌスの著作に秩序と系統とを與へ、絕對的權威をもつキリスト教神學と、アリストテレスの哲學との合理的な綜合に努めた。彼は有名な「キリストのまねび」Imitatio christi を書いた。スコラ哲學は彼に於てその絶頂に達したのである。

この時代に於けるスコラ主義に反抗して立ち、自然科學史上特筆せらるべき學者はローシアー・ベーコン Roger Bacon (一二一四—一九二年) がある。彼は英國に生れ、オックスフォード並びに當時歐洲學藝の中心たりしパリイ大學に學び、後フランス派の僧となつた。彼はオックスフォードに歸つて教授したが、そこに鍊金術の實驗室を持つてゐたため、魔術者として非難され、遂に教へる事を禁ぜられてパリイに追はれ、非常な困窮に陥つた。ところが法王クレメント四世は、パリイに於けるベーコンの研究に興味を有つやうになり、一二六六年、科學に就ての彼の著作を送るやうにと命じた。ベーコンは之に應じて三つの重要な著作、即ち Opus majus・Opus minus 及び Opus tertium を書して法王に贈つた。その後再びオックスフォードに歸り、そこで

二、三の書物を書いたが、後の法王ニコラス四世のために罪に問はれてその書は禁止せられ、身は獄に投ぜられて、死の約一年前迄釋放せられなかつた。

彼はパリーに於ては、特に、物理学と数学とに身を捧げた。彼の著書 *Opus majus* は、古代及び當時の物理学の概要と、ギリシア・ローマ・アラビアの諸學者の説を基礎とする哲学とを要約したものである。彼は、自然科学には注意深い観察と實驗的基礎とが必要であり、且つ天文学及び物理学は数学の上に築かれねばならぬことを主張した。また一面に於て、彼は次のやうに云つた。「吾々は言葉が極めて大きい影響を及ぼすことを考へなければならぬ。殆んどすべての偉業は言葉を通じて行はれるのである。最高の法悦すらも言葉の中に表はされる。それ故に深く考へ、鋭く感じ、よく計量し、熱心を以て話す時は、言葉は非常な力を發揮する」と。

ベーコンは、光学に特別の興味をもち、反射・屈折・球面収差・虹・擴大鏡を論じた。また彼は、歴の改造の主要原理を述べ、潮汐を月光の作用に歸した。地理に關しては、アジアの東海岸とヨーロッパとの間の大洋はそれ程廣くないとの結論に達した。これは二〇〇年後に於けるコロンブスの遠洋航海に影響を與へたのである。

その後、ベーコンと同じフランス派に屬する僧ドゥンス・スコトス *Duns Scotus* (一二七四—一三〇八年) も亦、スコラ主義に反對し、彼の弟子ウィリアム・オッカム *William Occam* (一二八〇—一三四九年) は、更にこの傾向を徹底せしめ、如何なる神學的教理も理性によつて説明し得られるものでないとした。彼の説によつて、直接的な観察と實驗とを重んじる氣運が作られたのである。彼は教會より酷烈な迫害と反對とを受けたが、彼の説は不可抗力を以て播まつて行つた。後に起つた宗教改革のマルチン・ルテルは、その主張の基礎をオッカムの著作に求めたのであるといふ。實に彼は彼の故國イギリスに生ずべき經驗論の先驅者であつた。

第十四世紀の中葉(一三四七—五二年)には歐洲に恐るべき黒死病(ペスト)の大流行があり、この劇烈な病のためにヨーロッパの四分の一乃至二分の一の人口が奪はれ、諸種の社會的變化を惹き起した。それ以來都市の衛生が改善せられ、殆んど完全に近い豫防法が實施せられた。癩の豫防も徹底的に實行せられ、一四〇〇年の頃にはフランス及びドイツを通じて癩隔離所の數は一萬を算した。

第三篇 近 世

一、文藝復興期

中世より近世に入る過渡期に於ては、人類史上最も興味深き所謂ルネッサンス（文藝復興期）なる時代の展開を見る。その時代は明確に限定されるわけではないが、凡そ第十四世紀より十六世紀に及び、人類の文化全般に互る覺醒或は新生の時期である。それはイタリアの諸都市に於ける商業及び産業の勃興が基礎をなし、最初は主として文學的哲學的のものであつたが、同時に古代學藝の復活を伴ひ、科學にも新生を齎らすに至つた。かくして、科學は漸く神學の支配から離れて、自由なる發達の途にいたのである。

十三世紀末より十四世紀にかけて、イタリアのフロレンスには、かなり強固な都市文化が

形成されてゐたが、この地に生れた天才詩人ダンテ Dante (1165—1321年) の詩篇は、中世の哲學的藝術的作品として最後の偉大な産物である。ダンテの神曲と對照をなすものに、同じくフロレンス生れのポッカチオ Poccaccio (1131—1175年) の十日物語^{デカメロン}がある。そこに描かれたものは當時の封建制度と教會とに對する非難であつた。尙ポッカチオと共に、所謂人文主義の先驅者として知られるは、ペトラルカ Petrarca (1304—1374年) である。彼は詩人兼學者としてギリシア及びローマの學者達の功績を強調し、古代學問の復活に力を致し、所謂學藝復興の基礎を固めた。蓋し人文主義 Humanism とは、キリスト教の神秘本位なるに對して、人間性を強調し、古典の復活と古代文化の研究とによつて、人間の教養と文化とを高めようとする運動である。

この過渡期に於ては、地理學的探檢に對する熱心さが著しく高まつた。従つて發見時代とも呼ばれてゐる。その主因は、當時各地の都市に於ける商業の勃興のために、新らしい市場を探求したによるのであらう。支那の船は、紀元後第三世紀の頃、既に磁針を以てインド洋に航海し、アラビア人も之を用ひたと傳へられてゐるが、十三世紀の頃には西ヨーロッパに於ても羅針盤が用ひられ始めた。航海に堪へ得る大型の帆走船も建造せられ、遠洋航海が容易となつた。

先づポルトガル人は、地理學者であり且つ熟練な航海者であつた王子ヘンリー Prince Henry (1394—1460年) の奨励により、最初の探檢者となつた。彼等は大西洋の群島を發見し、後にはアフリカの最西端に達した。また王子ヘンリーは、ヨーロッパの最西端サグレサの地に天文臺を設けて、太陽緯度の精密な表を作製した。ポルトガル人の成功はやがて他の國民をも刺戟した。地球が球形であるとの説は、今やひろく一般の人々に受け容れられ、大西洋を西へ西へと向ふならば、アジアの東海岸に達するであらうと考へられた。一四九二年ドイツの一航海者なるベハイム Behaim の作つた地球儀は、現にミュンベルクに保存されてあるが、それはアメリカ大陸も、廣大な太平洋も記入されてゐない。幾度かの失敗の後、遂にアメリカの發見に成功したのは、ジュノアの航海者コロンブス Christopher Columbus である。彼は一四九二年十月十二日、今日西インド諸島と呼ばれる中の一島バハマに到着した。しかし彼は、アジアへの途を未知の大陸(アメリカ)が塞いでゐるとは考へず、遂にアメリカ大陸を知らずに死んだのであつた。一四八六年王子ヘンリーの探檢隊に屬するディアツ Bartolomeu Diaz は喜望峰を發見し、續

てヴァスコ・ダ・ガマ Vasco da Gama は、その探検隊を率ゐて喜望峯を迂廻し、遂にインドに達した。更に一四九九—一五〇〇年には、ウェスプッチ Amerigo Vespucci がアメリカ大陸を發見した。アメリカなる名は彼の名「アメリゴ」より來たのである。一五一三年スペイン人なるド・バルボア de Balboa は、パナマの地峽を越えて渺茫たる太平洋を望見し、アメリカが一つの新大陸であり、アジアの東部でないことを知つた。その後ポルトガル生れのマゼラン Ferdinand Magellan は、一五一九年にスペインを出帆し、南アメリカを迂廻し、太平洋を横断してフィリピン群島に達し、そこで遂に土人のために殺されたが、彼の指揮した船の一隻は續いてインド洋を航海し、アフリカを迂廻して一五二二年スペインに歸り、初めて世界一周の壯圖に成功した。これによつて、初めて地球の球形なることが實際に證明せられたのである。一五四三年にはポルトガルの商船が我が南九州の小島、種子ヶ島に漂着し、ここに日本と西洋との接觸が始まつた。當時我が國は戰國の世であつた。

人文主義と自然科学とを結びつけ、文藝復興期に於ける自然科学者の先驅となつたのはレギオモンタヌス Regiomontanus の名によつて知らるるゲーニッヒスベルクのヨハン・ミラー Johann

Müller (一四三六—一七六六) である。彼はプトレマイオスや、その他のギリシア學者の著作を、アラビアを通じて來た不完全な「アルマゲスト」ではなしにギリシアの原文より直接ラテン語に翻譯した。一四七一年にはニュルンベルクに天文臺を建て、その翌年には改良された象限儀で初めて彗星を觀測し、天文学に多くの貢獻をなした。一四七五年に發行された彼の表「エフェメリデス」 Ephemerides は、イギリスで毎年刊行される現行航海曆の前身であり、コロンブスや、ヴァスコ・ダ・ガマや、ウェスプッチ等の發見航海にも大いに利用されたのであつた。彼は曆の改良のために法王より招かれてイタリアに行つたが、四十歳の時ローマに於て殺害された。彼の著 De Triangulis は最初の近代的三角法であり、五卷の中、四卷は平面三角法、他は球面三角法について記述してある。

第十六世紀初頭に於ける最も著しい科學史上の進歩は、地球を宇宙の中心と考へた從來の宇宙觀に代へるに、太陽を中心とした新らしい宇宙觀を以てしたことである。ギリシア天文学は、ピタルクスのプトレマイオスなどの天才によつて最高の程度にまで發展したのであるが、それ以上の發達には三つの條件が必要であつた。その第一は、一層完全な天文觀測器械と、長期間に亘る

正確な観測であり、第二は、それ等の観測結果を解釋すべき改良された數學的計算法であり、第三は運動の基礎的事實と法則とに對する本質的な思想の進歩であつた。これ等の條件は、第十六世紀より十七世紀の間に相繼いで現はれた異常な天才、コペルニクス（ポーランド）、ティコ・ブラーエ（デンマーク）、ケプラー（南ドイツ）、ガリレイ（イタリア）及びニュートン（イギリス）によつて、次々に満されて行つたのである。その中コペルニクスとケプラーとは、特に數學的理論的方面に優れて居り、ティコ・ブラーエは偉大なる観測家であり、ガリレイは實驗的及び觀測的技能を物理法則の新たな洞察に結びつけ、ニュートンは他の人々の築いた基礎の上に立つて、その結果を綜合し、合理的な數學的太陽系理論に組織したのであつた。かくて彼等の功績は、この二世紀間に於ける科學史の最も驚くべき部分を構成してゐる。

コペルニクス Nicolaus Copernicus（一四七三—一五四三年）は、ポーランドの小さな町トルンに商人の子として生れた。彼の父は十歳の時死し、僧職に在つた叔父が彼の生ひ立ちをみるこゝとなつた。彼は落着いた學問好きの少年であつた。十七歳の時クラカウ大學に於て醫術を學び、二十三歳の時イタリアに赴き、ボロニア、パツア等の大學に於て天文學と數學とを修め、歸國後

フラウエンベルグで一寺院の僧侶となつた。彼は死に至る迄三十年間、その地に住して種々公共のために盡し、嘗つて修得した醫術を以て治療を行ひ、同時に天文學の研究に身を捧げたのである。彼は幾多の人々によりて行はれた天文學に於ける観測の結果と、計算とを完全に一致せしめようと努力した。

コペルニクスは偉大な観測家ではなかつた。彼の興味と天才とは、寧ろ十三世紀以前に於てトレマイオス以來殆んど變化することのなかつた地球中心説に對する深い分析と、數學的修正とに向けられてゐた。彼は次々にその天文學説を纏めて手記し、一五二九年頃には説の概要を示す *Commentariolus* を發表した。かくて、彼の太陽系に於ける太陽中心説は、漠然ではあるが次第に學者間に知られるに至つた。十年後には、ルテル派の大學の若い數學教授 レティクス G. H. Rheticus が、コペルニクスを訪ねて深くこの新學説を學ぼうと熱望した。レティクスはコペルニクスの原稿の研究を始め、やがてその出版の準備に取りかかつたが、最後にそれをニュルンベルグのオシアンダー Andreas Osiander としふ神學者に委任した。オシアンダーはこの原稿を見て大いに驚き、かやうな反キリスト教的學説は人心の動搖を招くであらうことを憂ひ、次のやう

な序文をつけた。それは、本書に述べてある根本原理は、單に計算の便宜のために設けた抽象的假説に過ぎないといふ意味のものであつた。この不朽の書「天體の廻轉運動に就て」(De Revolutionibus orbium celestium)の印刷が出来上つて、コペルニクスの許に届いたのは、彼の死に先立つこと僅かに一日であつた。これはブトレマイオスの「アルmagest」、ニュートンの「プリンシピア」と並び稱せられるもので、その中に述べられたコペルニクスの中心思想は、「天體の視運動の大部分は眞の運動ではなくて、觀測者に乗せて運行する地球の運動に依るものである」といふのである。彼の思想は古代の哲學に負ふところがあるけれども、彼の説は何等科學的根據のない漠然たる所説ではなくて、觀測上の事實に據り、數學的に合理的な説明を以てその原理を展開したのであつた。

彼は、地球と恒星或は惑星との相對的運動の分析から、地球の自轉及び公轉を論じ、且つ月だけが地球の周りを廻轉する唯一の天體であるとした。また地球の公轉の結果として起る季節の變化、並びに晝夜の長さの變化をも説明した。かくして彼は今日の天文學に於ける根本觀念たる地動説を基礎づけたのである。

レオナルド・ダ・ヴィンチ Leonardo da Vinci (一四五二—一五一九年)

はルネッサンスの學者にふさはしい多彩な天才の持主であつた。彼は藝術のみならず、解剖學・工學・力學及び數學に通曉し、その何れの方面に於ても卓れた才能を發揮した。彼はその多方面に涉る研究ノートに遂に生前に於て著書として公表することをしなかつた。従つて彼は主として偉大な藝術家として知られたに止まり、その科學者としての價値は、當時よく知られなかつたのである。しかるに彼の死後二世紀半、即ち十八世紀の末に至つて、そのノートが発見整理せられ、それによつて數學や物理學の方面にも多くの研究があり、その知識は優に一世紀を先立つてゐたことが明かとなつた。彼のノートの一部分は印刷せられたが、その物理及び數學に關するものは今大英博物館にあり、三冊の小ノートはサウスケンシントン博物館に保存されてゐる。

レオナルドは、イタリアのヴィンチに生れて父の教育を受け、晩年は遠く故國を離れてフランスに過した。彼はスコラ主義的でもなく、また古典の盲從者でもなかつた。彼の努めた科學の法は、ただ自然の觀察と、經驗とであつた。彼は力學を數學的科學の樂園と呼んだ。蓋し力學によつて初めてその果實が得られるからであるといふ。彼は慣性の原理を豫示したが、それは後に

ガリレイによつて實驗的に證明せられた。彼は落體の速さが時間と共に増すことを知つてゐた。また彼は畫家及び彫塑家として解剖學の知識を求めたが、ハーヴェーに先立つ百年にして既に血液循環の一般原理を理解してゐたといふ。また彼は眼の光學的部分の模型を作り、物體の像が如何にして網膜の上に生ずるかを示した。

特に十四世紀以來、西ヨーロッパ社會に於ける經濟機構の發達に連れて、若干の基礎的な技術上の諸發明が現はれ、それに續く科學的諸發見の基礎となつた。即ち羅針盤の外、機械的時計、印刷術の發明、望遠鏡等はそれである。

時計の發達は、技術史に於て最も重要な位置を占めてゐる。時間の測定は、曆の編纂に必要な天文觀測に缺くべからざるが故に、古代から用ひられてゐたが、それには長い間、砂時計または水時計が使用せられてゐた。重錘によつて動作する時計は、十世紀の終り頃、後にシルベスター二世となつた僧ゲルバート Gerbert (九四〇—一〇〇三年)によつて發明せられた。十三世紀にいたると機械的時計についての確かな記録があり、水時計から進歩して簡単な齒車裝置が造られた。間もなく、時計臺が諸所の建築物に高い塔となつて姿を現はし、都市の景觀を添へるに至つた。

かくして永遠と永生とを説く寺院に創められた時計は、次第に寺院以外にも擴がり、人間をして永遠を忘れて現世の營みに急がしめたのである。一三四年の頃には、一時間を六〇分に、更に一分を六〇秒に分割することが普及した。されど時計に振子を應用することは、十七世紀のホイヘンスに遺された。

次に近代の學問の發達に決定的な貢獻をなし、一般文明史上に於て重要性をもつものは、印刷術の發明である。最も古く紙を發明し且つ木版印刷と可動字型とを経験したのは支那であるが、現存せる世界最古の印刷物は實に我が國に於て奈良朝時代(七七〇年)に有名な百萬塔の中に收めるために印刷した陀羅尼經で、紙に木版で印刷してある。歐洲に於ては第十五世紀中葉以前には、印刷術は今日の彫刻、木版等の如く、主として固定した木片、金屬、石等によつて行はれ、種々な組合せの出来る活字の發明は、極めて重要な根本的な進歩であつた。活字による西洋式印刷術の發明はドイツのライン河畔にあるマインツ市のグーテンベルク Johannes Gutenberg によつて一四四〇年に完成されたものと傳へられてゐる。活字は最初木製であつたが、後には金屬鑄型の方法が發達した。一四五〇年代の終りには、ドイツのみにも千以上の印刷機が使用せられ

次でヴェニス、フロレンス、パリ、ロンドン、リオン、その他に弘まった。

二、十六世紀（上）

新大陸の發見、藝術の領域に於ける天才的勞作、ドイツのマルチン・ルテル Martin Luther による宗教改革（一五一七年）などのルネッサンスの各部門は十六世紀の初頭に於て一段落を告げたが、自然科学の復興は寧ろその後を承けた十六世紀に於て見られ、カトリック教會に對する闘争も本世紀に於て續行せられたのである。

實驗と觀察とを主とする科學的研究は、進んで自然界の諸關係を探究せしめ、自然界は如何なる法則によつて連絡せられぬか、を問題とするに至つた。そして、その法則の發見をば、空想的・詩的方法によつてではなくて、實驗によつて求めることとなつた。十六世紀に於て、古代に於けるアルキメデスの著作が翻譯出版せられ、熱心に研究せられたのは、決して偶然ではないのである。

ルネッサンス直後に於ける博物學・醫學及び化學方面の發達は、物理學・力學及び天文學に於ける程に輝しいものではなかつたが、やがて醫學的人文主義の一派が現はれ、中世の醫學より離れて、直接にヒポクラテスやガレノスの著作に注意を向けるやうになつた。次で彼等は觀察と、思索と、實驗とを始め、醫學は鍊金術より解放された化學と結合するに至り、かくして醫學的化學を研究する醫者の一群なる所謂醫療化學派 Iatro-chemists が生れた。

醫療化學派の主なる代表者は、スウァスの醫者であり、且つ鍊金術者であつたパラセルスス Paracelsus, Theophrastus von Hohenheim（一四九三—一五四一年）である。彼は少年時代に父から鍊金術・占星術・醫學及び外科手術の初歩を教はつた。十七歳の時バーゼルの大學に入り、その後有名な鍊金術者について學び、後北歐及び東歐の旅に赴いて多くの醫師、藥劑師・鍊金術者・鑛山技術者を訪ね、三十二歳の時新しい知識をもつてドイツに歸り、次でバーゼルに於て大學教授となり、傍ら市の醫師を兼ねた。彼は最初の講義に於てガレノスその他の著作を公然と焼き棄て、これによつて彼の學理が從來の學者の意見に據らず、且つ教會からも制限せらるること

なく、純粹に彼自身のものなることを強調した。科學上の權威に、反抗する彼の革新的な態度は、同僚教授・醫師及び町の藥劑師等の激しい反感を買ひ、遂に彼をしてその翌年、秘かにバーゼルの町を逃れることを餘儀なくせしめたのである。彼は後にザルツブルグに足を停めたが、間もなく四十八歳を以て逝いた。

實驗と旅行とで休みのなかつた彼の生涯にも拘はらず、彼は一般創傷療法・微毒の療法・一般病原論・大外科學など、醫學及び化學に就ての多くの著作を試みた。彼は、化學の效用は黄金を造るに非ずして、醫藥を造るにあると云つた。醫藥はそれ迄はガレノスの先例に倣つて専ら植物を用ひてゐたが、彼及び彼の一派は初めて生藥より有效成分を抽出して之をチンキ又はエキスとして應用し、また礦物性藥品をも醫療に用ひた。彼等は有效な多數の藥品を發見し、従つて多くの化學的知識を進めた。今尙彼の與へた *Tandannum* なる名によつて知られてゐる阿片チンキを最初に用ひたのは彼であるといふ。また鹽・硫黃及び水銀が重視せられて研究せらるるに至つたのも彼の影響である。當時化學的藥品の使用は醫師團によつて禁じられたが、後になつて醫療化學は醫學上の知識に多大の貢獻をなした。

彼は全有機體を支配する非物質的のもの（アルケウス *Archaens* と名づけた）の存在を認め、心臟の如き器官は意志と全く關係なしに働くことの觀察に基づいて、この非物質的の支配者が化學的方法によりて生命を調節すると唱へた。これは近代の生物化學的解釋への第一歩であり、鍊金術のためにあつた化學は彼によつて醫學の最高の支持者に高められたのである。また、彼は醫業を最も崇高なる職業であると認め、醫師としての使命を果すことを畢生の一大事と確く信じてゐた。

天體に關するコペルニクスの研究に比すべき重要なものは、解剖學者ヴェサリウス *Andreas Vesalius*（一五一四—一六四年）の人體に關する研究である。彼はベルギーのブラッセルに生れ、パリに於て醫學を修めた。次で戰場に於て外科の經驗を得た後、イタリーのパツアに行き、そこで多年希つてゐた實際の解剖を行ふ機會が與へられた。彼は才能を認められ、その大學に於て解剖學を講ずることとなつた。

彼は一五四三年大著「人體の構造」*De Humani corporis fabrica* を出したが、本書は實に近代生物學的科學の基礎をなすもので、歴史的に頗る興味あるものである。その内容は人體の構造に

關する多數の卓れた獨創的な觀察より成り、木版圖三百餘枚が挿入されてあるが、それは極めて藝術的であり、解剖學者ならぬ者の興味をも唆るに充分なものである。彼は觀察した事實の叙述をば精細に行つたが、理論的説明については頗る消極的であつた。彼の書が公けにされると、各方面から反對を受けた。教會側からは虚偽と有害な教理とを弘めるものとせられ、彼が同情と支持とを期待してゐた醫者の側からさへも激しく攻撃されたのである。當時人體内には復活の身體を造るべき永遠に不滅なる復活骨があると一般に信ぜられてゐたが、ヴェサリウスはかやうな骨の存在は神學の方の問題にはなるであらうが、解剖學上の問題にはならぬとして一般の獨斷を排した。

教會の壓迫の手は彼の上に重くかつたので、翌一五四四年スペインに赴いた。その後彼は宗教裁判の忌諱に觸れてエルサレムへ旅行し、その歸途船中に於て逝つた。

ヴェサリウスの後、人體解剖の研究はイタリアに於て盛んとなつた。これ人文主義及び學問の復興は最初にイタリアに於て行はれたからである。ヴェサリウスと同時代のイタリア人、オイスタクキウス *Eustachius* は鋭い觀察者であつたが、彼の名は咽頭と中耳との通路なるオイスタクヒ

(歐) 氏管によつて、また非凡な研究家であつたファロピウス *Fallopianus* の名は子宮喇叭管に對するファロッピー氏管によつて今日に傳はつてゐる。彼の弟子たるファブリキウス *Fabricius* はパツアの地に自ら解剖學研究所を建て、比較解剖學上の業績を公けにし、靜脈の瓣を發見した。彼の門下からはカッセルリやハーヴェー(後出)などを輩出した。この他有名なスペインの解剖學者セルヴェトウス *Serretus* は獨創的思索家であり、事實そのものの價值と重要性とを認め一人であつたが、異端者として追放せられ、遂に焚殺の刑に處せられた。これ等の諸家は何れも解剖學の進歩に貢獻したのであるが、その先驅をなした偉人は實にヴェサリウスであつたのである。

博物學の方面に於ても中世を通じて何等見るべき進歩を示さなかつたが、ルネッサンスに於ける學問の復興、新生に伴ひ、この方面に於ても古代科學への復歸が唱へられたのである。十六世紀に於て解剖學のヴェサリウスと時を同じうしてこの方面に頭角を表はした偉大な學者はスウスのゲスナー *Conrad Gesner* (一五一六—一六五五年) である。

彼は開業醫であつたが、廣汎な學識によつて近世に於ける最初の有名な自然科學者となつた。

一五五三年にチューリッヒの博物學教授となり、科學上の研究の傍ら、ギリシア、アラビアの文献を翻譯し、出版した。彼は博物學の大著 *Historia animalium* を出したが、動物及び植物に關する彼の業績は、その量に於ても質に於ても、生物學史上に高い位置を占めてゐる。

イギリスの優れた臨床家たりし**ジルバート** William Gilbert (一五四〇—一六〇三年) は、化學より更に電氣及び磁氣の研究を行つた。彼は「磁石に就て」*De Magnete* を著したが、それは磁石についての當時の凡ての知識を集め、それに彼自ら行つた多數の新しい實驗を加へたものである。彼の發表によりて、電氣及び磁氣現象の研究は初めて進歩することとなつたのである。彼は地球を一大磁石と考へ、地球の自轉をその磁性に歸した。ガリレイはジルバートの研究を聞いて、次のやうなことを言つたといふ。「私は磁石の著者を尊敬し且つ羨しく思ふ。彼は新しい研究をなしたが故に、最高の賞賛に値する。その獨創的な研究は、他人のやつた事をその儘繰返してゐるはかりで、自ら實驗によつて研究しようとする人達を恥ぢ入らせるものである」と。

十六世紀に於ける代數學の發達に強い刺戟を與へたのは、イタリーに於ける二人の偉大な數學者、タルターリア (フォンタナ) *Nicholas Tartaglia od. Fontana* (一五〇〇—一五七年) 及びカ

ルダン *Girolamo Cardano* (一五〇一—一七六年) である。タルターリアは三次方程式解法の研究に心血を注ぎ、實用を重んじたる算術書を公けにし、また物理學上の著作をも出した。これに對してカルダンの數學書は、商工階級のための書ではなく、寧ろ理論的立脚地からのものであつた。代數學上三次方程式の解法はカルダンの名によつて知られてゐる。

↓アルキメデス以後に於て、初めて靜力學の進歩に貢献したのは**ステヴィヌス** *Simon Stevinus* (一五四八—一六二〇年) である。彼はベルギーのブリュージュに生れ、商業に従事する傍ら、オランダ軍隊の主計であり、また造船術の權威者であつた。彼の靜力學及び靜水力學の論文 (一五八六年) に於て、力學問題の解決に新しい幾何學的方法を導入した。彼は巧みな實驗によつて、液體の壓力は面積及び深さに關するもので、器物の形狀に關係のないことを證明し、上向及び側面壓力をも正しく説明した。また彼は浮體に關する平衡條件を研究し、浮體の側壓の分析より今日の極限の定義に一致する見解を述べた。尙彼は初めて小數の效用を説明し、且つフランスに於けるメートル法の實施に二百年を先んじて、度量衡に十進法を用ひるべきことを主張した。

コペルニクスの新天文學に於ける最大の要求は精確な觀測値であつたが、それはやがてデンマ

ークの貴族出なるティコ・ブラーエ Tycho Brahe (一五四六—一六〇一年) によつて充たされた。彼は十三歳の時コペンハーゲンの大學に入り、將來政治家となる目的で修辭學及び哲學を修めてゐたが、偶々日蝕を見て非常に興味を感じ、それ以來數學及び天文學を勉強した。その後、法律を學ぶためにライプツヒ大學に送られたが、彼は依然として方向を變へず、専心天文學に志した。彼が天文觀測の最良器械の製作及び改良、並びに觀測誤差の吟味及び訂正といふ一生の大事業に着手したのはこの地であつた。彼はドイツの旅からデンマークに歸り、翌年更に旅に出てドイツの天文學者間に知己を得た。

彼の天文學に對する好愛は、一九七二年十一月突如カシオペア座に現はれて十六ヶ月間視えてゐた輝ける新星によつて強く煽られた。ティコは之に對して極めて注意深い多數の觀察を行ひ、最初この星が出現した時に金星と光を争つてゐたが、そのあかるさが漸次に減じて行くことを注意した。彼及び當時の人々がこの事件を重大視したのは、天は不變なりとするアリストーテレスの説に反する證據を示すからである。

一五七六年デンマークのフリードリッヒ二世はティコのために西海岸の小島フヴェーン Hveen

に天文臺を建て、その維持費を供給した。この觀測所は驚くべき設備を有し、二二三の觀測室・圖書室・研究室の外、居室印・刷室・器械工場なども附屬してゐた。この天文臺の跡は、殆んど城廓の如き外觀のまま今日尙保存されてゐる。彼はここで優秀な助手を得、正確な大量の觀測を二十一ヶ年間も續けたのである。

一五七七年には光度の大きな彗星が現はれ、ティコは注意深い觀測を行つたが、その結果は當時行はれてゐた固定天體の教理を揺がすものであつた。

彼の著作の最初のプランによれば、先づ新星、一五七七年の彗星、及びその後の彗星に就ての三卷が纏められ、それより太陽・月及び惑星についての數卷より成る主著が公けにされる筈であつたが、このプランは一部分しか實現されなかつた。その第一卷たる新天文學序説は、一五九二年に大部分印刷されたが、遂に彼の死ぬ迄に完結せず、漸やく一六〇二年にケブラーによつて出版された。一五七七年の彗星についての第二卷は第一卷よりも先に出版されたが、第三卷は遂に書かれなかつた。

ティコの彗星についての書が公けにされた一五八八年には彼の援助者なる國王が歿し、その後

暫らくは同様の待遇を受けてゐたが、遂に年金が支給されなくなつたので、彼は一五九七年にフヴェーンを去り、一五九九年プラーグに赴いてルドルフ二世の保護を受けることとなつた。そこで彼は直ちに観測に着手した。彼の助手の中には、幸ひにも青年ケプラーがゐたのである。しかし一六〇一年ティコはその志未だ成らず、業半ばにして五十五歳を以て世を去つた。

ティコの天文学の進歩に對する主なる貢献は、器械及び観測の正確さを高めたこと、及び多年に亙る廣汎な連続観測を行つたことである。彼は實にヒッパルクス以來の大規模な精緻な天文観測に終始した天文学者であり、ケプラーをしてその劃期的法則を立てしむるに至つた尨大な観測材料を供給した巨人であつた。

十六世紀(下)

コロンブスがアメリカを發見したのは、コペルニクスが漸やく十九歳の時であつた。ティコ・フライエの生れる以前、マゼランは地球を周航してその球形なることを實證し、ルテルは既に新教主義の宗教改革を初めてゐた。ケプラーとガリレイとの晩年は、新舊兩教徒の軋轢から起つたかの三十年戦争の時期に入つてゐたが、彼等は共にその終局を見るに至らなかつた。アメリカにはイギリスの永住的植民が今や始まつたところであつた。

ケプラー Johannes Kepler (一五七一—一六三〇年) はスウェーデン國境に近い南ドイツのウエルテンブルグに貧しい新教徒の子として生れた。彼の私的生涯は貧困と、病弱と、逆境との闘ひの連続であつた。彼は初め宗教學校に送られ、次でチュービンゲン大學に入り、専ら神學の研究に従事してゐたが、コペルニクスの新説を信じて以來その研究を抛ち、グラーツに於て數學講師の職に就いた。しかし生徒は少く、その上彼の職務の中には毎年の曆の作製と、加ふるに天氣豫報、占星術の教授なども含まれてゐた。

かくして彼は天文学に關して益々興味を感ずるやうになり、特に惑星の數、その軌道の大きさ及びその運動について熱心に思索をめぐらした。その結果は、一五九六年に「宇宙の神秘」 *Mysterium cosmographicum* なる著作中に於て公けにされた。

その頃から宗教改革に對する反動が高まつて來、新教徒の同僚は悉く退職を餘儀なくされ、彼に對する排斥の要求も絶えなかつた。そこで、彼は一六〇〇年プラークにティコ・ブラーエを訪ね、その助手として働くことを決心した。一六〇二年ティコの死により、彼はその跡を受けて王室數學者としての位置を得たが、その給料は極めて少額で、それも十分に支拂はれなかつたため餘儀なく占星術によつて生活費の幾分かを補なつたといふ。當時作製中であつた星表（ルドルフ表）の仕事も豫算がなくて中止となつたので、彼は暫らくあまり費用のかからない光學の研究に従つた。彼は光線屈折學に關する重要な書を著し、屈折及び新たに發見された望遠鏡の種々の形を數學的に論じたが、その全内容は近代光學の基礎をなしてゐる。その中に彼は視覺について次の如き最初の正しい理論を展開した。即ち「物を見るといふことは、視界の色彩光線によつて網膜に描かれたところの刺戟を感じることである。この像は次に精神の流れによつて腦に傳へられ、視覺の座に於て再生せられるのである」と。また彼は距離の感覺を兩眼の視角によつて説明した。一六〇七年には、その年に出現した彗星についての記述を公けにしたが、この彗星こそは、次回の出現に際しハリーによつて發見せられ「ハリー彗星」の名を得たものである。

ティコは偉大なる觀測家であつたが、ケプラーは寧ろ理論家であり、ティコの遺した豊富な觀測記録についての研究に、前後二十五ヶ年を捧げたのである。彼は有名な三つの大法則を發見した。その第一は、惑星の軌道は楕圓であつて、太陽はその焦點の一つに位置するといふことであり、ギリシア以來の問題に解決を與へたのであつた。第二の法則は、太陽と惑星とを結ぶ直線は等しい時間に等しい面積を描くといふことである。これらの研究結果は、一六〇九年その著「火星運動の解説」中に於て發表せられた。蓋しティコの惑星に關するあらゆる觀測中、最も説明の困難な不規則性を表はしてゐたものは火星の觀測であり、それは最も強くケプラーの注意を惹き遂に彼を導いて最も美しい發見に至らしめたのである。

次でルドルフ王が崩じて後は、王室より少しも給料が支拂はれなくなり、加之、子供は疫病のために死し、憂鬱症の妻は悲しみのあまり熱病に侵されて間もなく逝き、彼は非常な困苦の中にも尙も研究を續けたのである。一六一九年、彼は「世界の調和」Harmonice mundiなる著作を公けにしたが、かの有名な第三法則、即ち「惑星がその軌道を一周する時間、即ち週期の二乗は軌道の半徑の三乗に比例する」は、その中に載せられてゐる。尙ケプラーの最後に發表した重要

な著作は、一六二四年に完成されたルドルフ表である。それはティコの資料と彼自身の理論とより成る星表であり、爾後一世紀間この種のものの標準とせられたところのものである。

彼の研究は進行して行つたが、一家の経済的困難は依然として続き、健康は衰へ、遂に熱病のために五十九歳を以て逝いた。

かくてケプラーは宇宙間に行はれる數學的關係を立證し、ニュートンの精緻な宇宙觀（萬有引力）の先驅となつたのである。彼がその劃期的發見に到達する迄には、ルネッサンスの特徴を示す空想的な暗中摸索の段階を経たことは頗る興味が深い。實に彼は、コロンブスやマゼランのやうに、學問の未踏の國に旅してその旅程を報告したのであつた。彼の通過した段階には、成功したもの、しなかつたものとあるが、それは逐一吾々に示されたのである。そして彼の成功した發見は實に新しいものであつた。多くの偉大な發見には一人の名が冠せられても、實際は多くの人がそれに寄與してゐるのが常であるが、ケプラーの研究は全く一人の手によつて成つたもので科學史上稀に見るところである。それは大膽な幻想と、熱情的な非常な努力とを以て行はれた精緻な計算とが、幸ひにも結合して實現されたのであつた。この頃ネピアとビュルギー（後出）

とによつて對數が發見せられ、實用化されて諸般の計算に應用せられるに至つたが、ケプラーが對數の發見を知つたのはその晩年で、既に尨大な計算が濟んでしまつた後のことであつた。ケプラーの諸發見の哲學的意義は、「世界は法則によつて支配せられてゐる」との原則の建設に向つて重大なる進歩をもたらしたことである。

ガリレイ Galileo Galilei（一五六四—一六四二年）は、イタリアの大藝術家たるミケランジェロの歿した當日に、イタリア、ピザの地に零落した貴族の子として生れた。それはイギリスに於ける文豪沙翁シェイクスピア誕生の年でもあつた。ガリレイの父は音楽と數學とを深く愛好してゐたといふ。彼はその父から自然科學者としての精神的素質を受けたのであらう。

彼はピザの大學に入り、初め醫學を修めたが、後ち醫學を棄てて數學及び物理學の學徒となつた。彼がピザの一寺院に吊してある懸燈の靜かに揺れるのを見て、その振動を自分の脈搏によつて測り、振子運動の等時性を見出したのはこの學生時代のことであるといふ。彼は二十五歳にして大學を卒業し、直ちに數學の講座を受つた。ガリレイが實驗によつて力學の基礎を築かうとしたのはこの頃である。一五九〇年彼は「運動に就て」*De Motu* を書き、理論と實驗とによつ

てアリストートルスの理論に對し異議を示した。彼は、「凡ての物體は等しい速さで落ちるものである。即ち等しい高さから同時に落された物體は（空氣の抵抗さへなければ）同時に地に落ちる」といつた。また物體の速度は落下時間に比例し、落下距離は落ち始めからの時間の自乗に比例することを、斜面を用ひて實驗的に證明した。アリストートルス以後に於て眞に科學的な力學を發展せしめたのはアルキメデスであるが、彼の仕事は主として靜力學 *statics* に關するものであつた。しかるにガリレイは特に動力學 *Dynamics* に於て近代科學の基礎を作つたのである。

一五九二年から一六一〇年までの十八年間は、彼はパツアの大學に在つて、主として天文學の研究に従事した。彼は當時既にコペルニクスの説を知つてゐた。彼は一五九七年、ケプラーがその新著「宇宙の神秘」を送つてよこしたに對し、自分も夙くからコペルニクス説の支持者であるが、彼の運命をおそれて今直ちに自分の考へを公表しようとは思はない旨を云ひ送つたといふ。

一六〇八年にはオランダの眼鏡師によつて望遠鏡が發明された。それを耳にしたガリレイは自ら一個の望遠鏡を作り、三〇倍の倍率のものを得た。彼は之を以て先づ月を觀察し、その表面には山や谷や、地球のやうに起伏のあることを認めた。また當時まで全く謎であつた銀河は星の群

團なることがわかり、一六一〇年には木星の衛星が發見せられた。この他太陽の黒點や土星の環も發見せられた。しかし世人はこの偉大な發見に對して冷淡であり、教授たちは却つて敵意をもつた。

パツアに於ける彼の輝やかしい十八年が過ぎて、ガリレイは再びピザの大學に轉任することとなつた。パツアは宗教的に自由なヴェニス共和國の所屬であつたが、ピザは法王領内に在り、従つて其處では思想の自由は拘束されてゐた。しかしガリレイは一面熱心なカトリック教徒であり、少しも懷疑的なところがなかつたので、法王治下の地に行くことを少しも躊躇しなかつたのである。しかるに豫期に反して、地球を可動とするコペルニクス説を支持することが遂に頑迷な舊教徒の容るところとならず、彼等は遂にガリレイを異教徒であるとして、怒りに充ちた抗議書をローマ法王廳に提出した。ガリレイは法王の命に應じてローマに赴き、樞議員その他の多くの人に彼の望遠鏡を示し、木星の衛星、その他の彼の發見を觀測せしめた。しかしコペルニクスの書及びケプラーによるその略説は禁書目録に載せられ、ガリレイ自身に對しては、地球の運動を教へ、或は信じることを固く禁する旨を言ひ渡されたのである。

後一六三二年、彼はフロレンスに於てコペルニクスの地動説に對する擁護を企てた有名な著作「宇宙系の二大學説に就ての對話」を書いて、自分の地動論者としての立場を明かにした。この書物中に於て彼は新星の出現や、太陽の黒點並びにその變化を引證して、宇宙は確然たる不變なものではなくて絶えず變化しつつあること、また月面の山を引用して地球と他の天體とが同様のものなることを主張し、アリストーテレス派の説に反對した。二年間の躊躇の後この書は遂に公刊せられた。しかるにアリストーテレス學派の人々は激怒して法王に訴へ、その年ローマの宗教裁判所からは直ちに召喚狀が發せられた。七十歳の高齢であつたガリレイは、翌年二月ローマに到着、四月から六月に亙つて審判が行はれた。その結果ガリレイは牢獄に投ぜられ、その説を放棄する誓書を提出せしめられた。

傷心の老科學者は間もなく許されたが、フロレンスに住むことを許されず、アーチェトリに止まり、且つその住宅からの外出を禁じられた。この地に於ける孤獨な生活の中に、近代科學にとつて意義深き「力學對話」が生れたのである。その中には等速運動・加速せられる運動・強制運動及び抛射運動などが取扱はれてゐる。彼は自分の研究が全く新しい科學であり、その方法が

實驗的であることに對して大なる自信をもつてゐた。彼は新しい眞理を發見する方法は決して從來の如き形式的な論理ではなくて、一定の經驗から假定を立て、その假定が他の經驗と一致することを示すにあるとした。

天文學がティコ、ケプラー及びガリレイの如き三人の偉才によつて、同時に開發せられたことは、科學史上特筆すべき出來事であらねばならぬ。されどガリレイの最大の貢獻は、實驗の基礎の上に力學上の法則を立てて近代科學の眞の始祖となつたことである。

宗教裁判の今一人の犠牲者は、イタリアの情熱的哲學者ブルーノ *Giordano Bruno* (一五四八—一六〇〇年)である。彼は十五歳にしてドミニコ派の寺院に入り、新プラトーン派哲學の研究に没頭したが、彼の生涯にとつて決定的な事件はコペルニクスの著作を知つたことであつた。彼は迫害を蒙つたため、ローマよりフランスに逃れ、後イギリスに赴き、オックスフォードに於てコペルニクスの新世界體系を講じたが、教授達の反對を受けた。一五八四年彼はコペルニクス説の註釋を發表し、のみならず既成宗教を攻撃し、僧侶を愚弄し、聖書や奇蹟を嘲笑した。彼は再びパリーに歸り、次でドイツの諸大學を訪ねたが、どこでも彼に對して好意を示さなかつた。彼

は後イタリイに歸つたが、その地に於て宗教裁判所の獄に投じられた。ローマの審判者等はブルーノの著作を調査し、その異端説を拾ひ上げて取消を要求したが、ブルーノは肯かなかつた。彼は七年間幽閉せられた後、遂に焚殺の刑に處せられたのである。

ブルーノは宇宙を無限であるとなし、また他の天體を地球と同様のものと考へ、他の恒星系を太陽系と同様のものと認めた。尙彼は場所規定の相對性を説いて、物體が宇宙の自然的場所を固有するといふアリストテレス説に反對したのであつた。

近世哲學の第一期(カント以前)を流れた二大思想は、イギリスに於て發達した經驗論と、大陸(フランス・オランダ・ドイツ)に起つた唯理論とである。イギリスに於ては十三、四世紀に於て既にロージャー・ベーコン、スコトス、オッカムなど經驗論の先驅者を出してゐたが、普通それはフランシス・ベーコン Francis Bacon (一五六一—一六二六年)に始まるとされてゐる。彼は「知識は力なり」と唱へ、知識を求むる方法を論じて、イギリス經驗學派の始祖となつたのである。彼は人間生活を幸福とするためには自然を利用しなければならぬとし、それがためには先づ觀察と實驗とによつて自然を認識し、自然法則に順應しなければならぬとした。かくして彼は

自然科学的知識の獲得を第一に置いたのであつた。

この頃計算法に關する新發明が生れた。それは對數の發見である。即ちネピア John Napier (一五五〇—一六一七年)は、一五一四年エジンバラに於て「驚くべき對數規則の記述」を公けにし、それと獨立して天文學者ユルギー Justus Burgi (一五五二—一六三二年)は、一六二〇年ブラーグに於て對數表を公けにした。後にオックスフォードの幾何學教授となつたブリッグス Henry Briggs (一五六〇—一六三二年)は、ネピアと會見してその結果、使用法の簡單な今日の所謂常用對數 common logarithm を發見した。これによつて整數のみならず、小數の對數も容易く見出されることとなつたのである。

尙ここに附記すべきは、グレゴリーの改曆である。一五八二年迄は一年を三百六十五日四分の一とするユリウス曆が行はれてゐたが、それは實際よりも大きいためその誤差は次第に増して、當時に至り遂に十日に達した。そこで法王グレゴリーの保護の下に、一五七二年十月五日から十五日迄の日は除き去られ、將來四百年内に於ける閏年の數は百回から九十七回に減ずることに定められたのである。しかしこの改曆は、當時の新教徒の宗教的嫉妬のために、完全に行はれる迄

には約百年を要した。即ちドイツに於ては一世紀間遅らされ、イギリスに於ては一七五二年に至るまで延期された。この曆は最初にケプラーがこれを推挙し、後ライプニッツが熱心にその採用を主張したのであつた。

三、十七世紀（上）

新思想と新発見との相次いだ十六世紀に續く第十七世紀に於ては、ヨーロッパの各國は政治的、宗教的に頗る多事であつた。即ちドイツに於ては、新舊兩教徒の軋轢から起つた三十年戦争（一六一八—一四八年）があり、その結果科學の發達は著しく妨げられた。フランスに於ては、十六世紀最後の三分の一に互る長い宗教上の戦亂の後、ヘンリ四世が王位に即き、ナント勅令を發布して（一五九八年）信教の自由と新舊兩派の同權とを認めたので、宗教上の紛争は稍緩和され、フランス人の才能が幾分か科學の方面に發揮された。イタリーに於ては、ガリレイの運命が科學へ

の熱心を挫いた。ただ宗教的争闘が國民の注意を獨占するに至らず、一方東インド會社を設立して（一六〇〇年）海外に殖民地を得、新らしき産業の發達を見たイギリスに於ては、ジルバートに續いて科學的貢獻の旺盛な時代を招來した。かくして近代に於ける自然科學の發達は、最も早く且つ盛んにイギリスに於て見られたのである。その頃我が國に於ては江戸時代（一六〇三—一八六七年）が始まつた。

十七世紀に於ける科學史上忘るべからざるは、ロンドン王立協會及びその他のアカデミー（科學協會）の創立である。古くはプラトーンのアカデミー（前五世紀）、アリストートルレスのリュケイオン、アレクサンドリア圖書館（前三世紀）の外、中世に於てはアルキン Alcinus（七三五—一八〇四年）によりて創立された一種のアカデミー（八世紀）など、所謂アカデミーの起源は頗る古いのであるが、ルネッサンス以後にありては、イタリーに於て最も早く現はれた。即ち一五六〇年ナポリに *Academia Secretorium Naturae* が出來、ローマにもガリレイなどの屬してゐたアカデミーがあつた（一六〇〇—一三〇年）。一六三〇年（寛永七年）は、我が國に於て林羅山により昌平齋が創設せられた年である。また一六五七年には實驗アカデミーがメヂチ家の兄弟フ

ルチナンド二世及びレオポルトによつてフローレンスに設立せられた。これは約二十年にして閉ぢられたが、組織的な科學アカデミーの最初のものであり、實驗アカデミーの名に背かず、寒暖計・濕度計・振子等の製作、及びトリチェリーの真空の實驗などが旺んに試みられた。

しかし今日存続するアカデミーの中最も古いものは、ロンドン・ロイヤル・ソサイティー(王立協會) Royal Society of London である。それはフランス・ペーコンの影響を受けた人達が政治や信仰の争ひから離れ、これを超越して、科學の進歩に協同的に寄與しようとして會合を行ひ、遂に一六六二年王立協會として正式に組織されたのである。本會は一六六五年以來トランスアクション(會誌)を發行して近代科學の發達に資した外、會員の重要な著書を刊行した。その初期に於ける主なるものを挙げると、フック Hooke の「顯微鏡圖」(一六六五年)、グラント Grant の「死亡率表」(一六六五年)、マルピギ Malpighi の「蠶に就て」(一六六九年)及び「植物の解剖」(一六七五年)、グリュー Grew の「植物解剖學」(一六八二年)、レー Ray の「植物學」二卷(一六八六—一八八年)、フラムステード Framsteed の「潮汐表」、ニュートン Newton の「プリンシピア」等がある。

次でフランスの科學アカデミーは一六六六年コルベール I. B. Colbert により、ベルリンの科學アカデミーは一七〇〇年ライプニッツ Leibniz によりて創設せられ、各國に於ける諸種の學會の先驅となつた。

ヴェサリウスの新解剖學を基礎とし、生物學の領域に於て近代的な研究方法を築き上げたのは、ハーヴェー William Harvey (一五七八—一六五七年)である。即ちヴェサリウスの研究は大體に於て構造に関するものであつたが、ハーヴェーは生活組織の機能を實驗的に觀察することを主とした。

彼は裕福な農家の子としてイギリス南海岸のフォルクストンに生れ、ケンブリッジに於て醫學を修めた。次で一五九九年當時最も醫學の進んでゐたイタリアに赴いて、パツアの大學に入り、幸ひにもファブリキウスの教へを受けることとなつた。當時ファブリキウス Fabricius (一五三七—一六一三年)は外科醫として且つ解剖學者として比類なき名聲があつた。六十一歳のファブリキウスはこの時靜脈の瓣について研究してゐたが、ハーヴェーは彼の許にて初めて循環系の研究に親しむことが出来たのである。されどハーヴェーにとつては、循環について彼より得た知識より

も、寧ろその友情から受けた刺戟の方が價值あるものであつたといふ。

パツアに於ける青年ハーヴェーは、獨創的な氣力ある學生として教授及び學生達の注意を惹いた。彼は一六〇二年パツアを去つて歸國し、ロンドンに於て開業し、一六〇四年より解剖學に關する公開講義を始めた。

彼は著作を急がなかつた。その名著「動物に於ける心臓及び血液の運動に關する解剖學的研究」*Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* は、血液の循環について説明したものであるが、彼はその出版前十數年間も之について講義し、この書が出版されたのは彼が既に五十歳の時であつた。この外、彼は七十三歳の時發生學についての重要な著作を公けにした。

彼の心臓及び血液の運動に關する著作は、その分量に於てこそ小さいが、ヴェサリウスの著作と共に、實に生物學に於ける劃期的のものである。その初版は一六二八年、フランクフルトに於て出版せられ、四つ折版七八頁のものであつた。彼はこの書に於て初めて「身體内の血液は凡て循環するものなること、そして心臓の搏動が循環の推進力を與へるものなること」を示したので

ある。またファブリキウスの發見した靜脈の瓣は、血液の逆流を防ぐものなることをも明かにした。これ等の事實は動脈又は靜脈を紐で縛る巧みな實驗と觀察とによつて示されたのである。

ハーヴェーの發見は、初め論争好きな當時の學者達や、猜疑心の深い同僚からのみでなく、眞面目な學徒からさへも激烈な攻撃を受けた。しかし他の學者による追試の結果はその正しいことが證明されたのである。

ハーヴェーの生理學に於ける貢獻は、實に天文學に於けるコペルニクスや、力學に於けるガリレイに比ぶべき革新的なものであつた。彼によつて、血液の循環は血液自身の力によるものでなく、また精神力によるものでもなくて、血液を身體に送り出す心臓の收縮作用によるものなることが明かにされ、生理學方面に於て従來信じられてゐた神秘的な力に致命的な打撃が與へられたのである。

尙ハーヴェーは、發生學の方面に於ても獨創的な透徹した觀察家であつた。彼の時代までは、例へば鶏卵内に於ては既に最初から小さい雛として凡ての部分が完備して存在するものと考へられてゐたが、この豫造説（前成説）はハーヴェーによつて反對され、新生説（後成説）が立てら

れたのである。即ち雜は何等かの形で備へられた比較的單純な分化しない物質から、次第に成長分化して形成されてゆくといふのであり、今日の胎生學と大體同一の説である。

博物學の領域に於てはレイ John Ray (一六二八—一七〇五年) の名が知られてゐる。彼はリンネの先驅者として、ゲスナー及びその他の基礎の上に生物學に一段の進歩をもたらした。レイは南部イギリスに鍛冶屋の子として生れ、ケンブリッジを卒へてトリニチー・カレッジのフェローとなり、此處で同じ博物學に興味を有するウィルビー Francis Willughby (一六三五—一七二二年) と友達になつた。その後二人はイギリス及び大陸を廣く旅行し、ウィルビーは動物を、レイは植物を観察研究した。レイの植物學に關する著書の中 *Historia plantarum* 三卷は最も廣汎なものである。彼の提唱した新しい植物の分類は、次世紀に至りジャンパー B. L. de Jussieu (一六九九—一七七六年) によつて採用され、植物史上に名を遺すこととなつた。ウィルビーは三十八歳で死んだが、その遺兒二人の教育とその原稿の出版とをレイに托した。レイは誠實な友情を以てこれらの責任を果し、鳥類並びに魚類に關する遺著は自ら校訂して王立協會から出版した。レイはその後動物學の研究に没頭し、四足獸及び蛇類の研究を公けにしたが、それは動物分類史上に於

て高い地位を占むるものである。

レイは「種」の正確な概念を初めて生物學に導入し、「種」なる術語をして動物或は植物の特殊な種類を表はさしめた。また彼は解剖學を動物分類の基礎として用ひた。

我が國に於ては筑前の貝原益軒(一六三〇—一七一四年) は當時の碩學であつた。彼は哲學・文學・醫學・地理學・史學・農政經濟學及び本草學に精通し、六十部、二百七十卷の著述があるが、その中に草花に關する「花譜」五卷、蔬菜に就ての「菜譜」三卷、並びに「大和本草」と名づくる日本博物誌十八卷を算へる。最後のものは一七〇七年(寛永六年)の公刊に係り、日本博物學の礎石を据ゑたものである。

數學及び哲學の方面に於ては、第一にデカルト René Descartes (一五九六—一六五〇年) を挙げねばならぬ。彼は近世哲學の創始者として、ベーコンの經驗的方法に對し唯理的方法を唱へた。彼は同時に數學の近世的一學派の創始者であるが、それは自家の哲學體系を構成徹底せしめるための手段として研究せられたのであつた。

デカルトはフランスに生れた。彼の母は誕生と共に死し、彼自らは非常に虛弱であつた。學校

に於てスコラ哲學の系統に屬する自然科學と哲學とを學び、特に數學に熱心であつたが、そこで學んだ學問の本質に對しては常に疑惑と不滿とを抱いてゐた。後パリに赴き、一時社交界に投じたが、間もなくそれを離れて數學の研究に従事した。その後軍隊に入り、二年間オランダに滞在し、その間にも數學の研究を續けた。一六一九年三十年戰爭の勃發に際し、ドイツへ移り、ドナウ河畔ノイブルクに於て冬期宿營をしたが、彼は絶えず哲學的思索に耽つた。當時彼は二十四歳であつたが、その時後年の彼の哲學及び數學の研究に對する指導的な思想の閃光に打たれたといふ。軍隊生活を終へた後の五年間は旅行に費したが、その間も純粹數學の研究を怠らなかつた。一六二九年、彼はその好む研究に一層専念せんがためにオランダに居を定め、そこに二十年間を過した。彼の哲學上の著作は殆んどこの間に發表されたのである。

デカルトは最初「宇宙」*Le Monde* なる大著を組織立てようとした。その中心思想は自然現象を數學的、力學的に解釋しようとしたものであり、従つて當然地動説が基礎となつてゐた。一六三七年には、かの偉大な「方法論」*Discours de la méthode* を公けにした。それは詳しくいふと、「理性を正しく導き、科學上の眞理を探究するための方法論」であり、この方法の試みとして

光學・氣象學及び幾何學を附録として述べたものである。この書は各方面から種々な批評を受けた。そこで一六四一年、これ等の批評に答へ、且つ自分の思想を整理するために、多年に亙る形而上學的研究を公けにした。それが「冥想録」*Meditationes* と呼ばれるものである。次で一六四四年「哲學原理」*Principia Philosophiae* を出したが、その大部分は物理學、特に運動の法則及び渦動論を記述したものである。この三つが彼の主著である。

デカルトは深い懷疑家であつた。彼の有名な言葉「われ思ふ、故にわれ在り」*Cogito ergo sum* は彼の哲學の出發點であつた。ベーコンは外的經驗からの歸納によつて眞理を發見しようとしたに對し、デカルトは自意識からの演繹によつて眞理を探らうとした。

デカルトの數學に於ける不朽の貢獻は解析幾何學の創始である。彼によつて爲された大なる進歩は、平面上の一點が、その平面上に直角に引かれた二直線（坐標）からの距離によつて完全に決定され得ることを示したところにある。前述「方法論」中「幾何學」*Géométrie* は彼の數學上の主著であり、それは極めて難解なものであるが、彼の友人ド・ボーム *F. de Beaurne* が註解を加へてラテン語に譯し、一六五九年に更に出版した。アルフッベットの初端の文字を既知數に、

終端の文字を未知數に用ひる慣習はこの書に於て定まつたのである。他の附録「光學」La Dioptrique の部には屈折の法則が述べてあり、その大部分は望遠鏡レンズの最も良き形の決定に費されたが、當時に於ては要求されたやうな形にガラス面を磨く機械的困難のために實用的なものにならなかつた。尙「氣象學」Les Météores には多くの大氣現象の説明が載せられてゐる。彼の後の研究になる渦動論によれば萬物は運動して居り、その運動は渦動の形成に終るものである。そして太陽は一大渦動の中心にあり、各遊星は各自の渦動の中心をなすといふ。即ち大體に於て後の星雲説に類似してゐる。これは宇宙現象を單一な力學法則によつて説明しようとした試みとして注意すべきものである。

デカルトに反對的な立場をとつた學者にガッサンチ Petrus Gassendi (一五九二—一六五五年) がある。彼は南部フランスに生れ、若くして大學に哲學を講じ、後にはパリ大學の數學教授となつた。夙く青年時代に於てアリストテレス哲學に對する異議を示した著書を公けにし、一方古代の原子論を復活せしめた。ガッサンチの哲學は近代自然科學、特に物理學の基礎づけに役立つたが、彼は當時の他の學者やデカルトと同様に、物理學に於ける實驗よりは寧ろ思索的方面に傾

いてゐた。彼も亦、當時の思想家の例に洩れず、機械的自然觀とスコラの形而上學との中間にさ迷ひ、科學と宗教との二元論に終始した。

一六五八年即ち彼の歿後三年には哲學論集が出版されたが、それは著者の極めて多方面であつたことを示すものであり、その中には哲學・論理學・倫理學の外、コペルニクス、ティコ・ブラーエなどの學者の傳記並びに天文學・物理學・音樂等が集録されてゐる。

フランスのフェルマ Pierre de Fermat (一六〇一—一六五五年) は、學校に於て法律を學び、卒業後、町の議員としての公職の餘暇を、一生數學の研究に捧げた。彼は二三の論文を除けば、生前に於て何等の系統的な著作をも公にしなかつた。従つて彼の得た驚くべき結果の或るものは、その死後に見出されたのである。その研究は (一) 數論 Theory of numbers に關するもの、(二) 幾何學に於ける解析及び無限小の使用、(三) 確率論 Theory of Probability の問題に大別することが出来る。かの整數に關する「フェルマの定理」は有名なものである。また彼は微分學の眞の發明者とも考へられてゐる。

次に述ぶべきは大氣の研究である。空氣が重さを有つことはアリストテレス以來知られてゐた

が、真空の存在は當時に至るまで謎であつた。ギリシアの原子論者は空虚なる場所の存在を假定したが、アリストートルスは真空は存在し得ないと考へ、その後「自然は真空を忌む」といふのが正しい信條となり、ガリレイさへもそれを支持してゐた。従つて望遠鏡を除けば、氣壓計及び空氣ポンプを用ひての科學發見ほど當時の人々を驚かせたものはない。

○ 大氣の研究について先づ擧ぐべきは、イタリアのトリチェリ Evangelista Torricelli (一六〇八—四七年) である。彼はガリレイの對話に刺戟されて力學上の著作を公けにしたが、それが縁となつてガリレイの許に赴いてその弟子となつた。

トリチェリは揚水ポンプに於て、水が約一〇メートル揚るのに、ガラス管を用ひ水銀を以てすれば僅かに、その十四分の一にしか達しないことを觀察した。次に、彼は水と水銀との比重を比較すると、水銀の比重が約十四なることから兩者の場合に同じ「壓力」が働いてゐるとなし、この壓力は大氣のそれであると斷定した。彼は管内に真空を生ずる場合に、それと管内の液柱の高さとの間に成立つ關係に着眼したのである。彼の用ひた水銀管は、今日の氣壓計 Barometer の基礎構造をなすものである。トリチェリの發見は極めて收穫の多いものであつた。何となれば、

それは正確に大氣の重さを決定し、真空を作ることの可能性を證明し、且つ新たな價值ある器械即ち氣壓計を興へたからである。

トリチェリの得た實驗結果とその説明とは最初容易に信ぜられなかつたが、間もなくフランス

○ のバスカル Blaise Pascal (一六三三—六二年) により、「真空に關する新實驗」なる論文に於て確證せらるるに至つた。彼は、管中の水銀柱が單に大氣の壓力によつて興へられるものならば、その柱は土地の高くなる程短く筈であると推論し、次で山上に於て實驗を行ひ、平地との差のあることを見た。これより氣壓計によつて土地の高さを定める方法が考案されたのである。

今やトリチェリの實驗によつて真空が容易に得られることとなり、最初イタリア及びフランスで行はれたこの實驗は、次でドイツに於て他の方法によつて試みられた。その最初の研究者はマデブルクの市長ゲーリッケ Otto von Guericke (一六〇二—八六年) である。彼は幾度かの失敗の後、中空の金屬球から空氣を排除することに成功したが、それから空氣ポンプが用ひられ始めた。所謂「マデブルクの半球」の實驗とは、半球を合せてその中の空氣を排除し、兩方より引張つて大氣の壓力の大なることを示す實驗である。尙ゲーリッケは、真空について色々な實驗

を試みた。例へば真空中に置いた時計の音は聴えず、火は焰を上げず、鳥は口を開けて苦しみがら死んだ。大氣の壓力に關するこれ等の多くの實驗と發見とは、ボイル、マリオット、その他の人々の研究及び法則の發見に導き、その後一世紀ならずしてワット Watt の蒸氣機關の發見となつたのである。

イギリスに於て初めて大氣に就て研究したのはボイル Robert Boyle (一六二七—九一年) である。彼はアイルランドに貴族の子として生れ、化學の研究に興味をもち、學問上の友人と共に Invisible College と呼ぶ會合を行つて、靜かに學究の生活を續けた。この會合が王立協會の起源となつたのである。彼はオックスフォードに居を定めて實驗室を設け、その助手フック R. Hook をして空氣ポンプの精巧なものを造らしめ、一六六〇年「空氣の彈性に就ての新實驗」を著はして改良された空氣ポンプに就ての實驗を述べた。有名なボイルの法則とは、「氣體の體積はこれに加へられた壓力に逆比例する」をいふ。彼はその外に「懷疑の化學者」 The sceptical Chymist を書いて、當時の化學思想についての興味あり且つ指導的な描寫を行なつた。ボイルは多數の實驗により、大氣中には燃燒・呼吸・醱酵の如き現象にとりて重要な役割を演ずる何か生氣ある物質

が存在すると推論した。尙多數の元素の存在を主張し、また化合物と混合物との區別を強調した。また彼は恐らく氣體の捕集及び研究に氣體槽を用ひた最初の人であらう。

ボイルの法則は、ボイルがそれを發表してより十四年後に、フランスのマリオット Edme Mariotte (一六二〇—一八四年) によつて獨立的に再發見せられた。フランスに於ては、ボイルの法則を屢々「マリオットの法則」と呼ぶのはそのためである。

氣體(ガス)なる語を初めて導入したのは、十七世紀前半に於ける最も優れた化學者ファン・ヘルモント Van Helmont (一五七七—一六四四年) である。彼は、木炭の燃燒によつて Spiritum sylvestrum なる氣體を得、これを新たに gas と命名した。それは瓶に蓄へることも、眼に見える状態に變へることも出来ないといつた。これは今日の炭酸ガスを暗示してゐることは明かであるが、それを秤量すること、及び化學に導入することは一世紀後のラヴォアジエ Lavoisier に俟たねばならなかつた。また彼は柳を植木鉢に植ゑ、植物と土との重量を別々に計り、塵の入らぬやうにして雨水を與へた。五年の後に五ポンドの柳が一六四ポンドになつたが、土は二オンス減じたのみであつた。それ故彼は植物を成長せしむる要素は雨水にあるとした。

かくして十七世紀は、實驗科學に對して次第に注意が向けられるに至つたといふ點に於て、あらゆる過去の時代と異つてゐる。

十七世紀 (中)

近代化學の起源を尋ねるに、化學はもと鍊金術として専ら實際上の目的のために經驗されてゐたが、それより醫療化學の時代となり、次で近代的實驗期に入つたのである。そしてこの最後の時代に至る道を開いたものは前に述べたボイルの研究であるといつてよ。

大氣の燃焼及び呼吸に對する關係は更にロンドンの開業醫メーヨウ John Mayow (一六四五—一七九年)によつて研究された。彼は、空氣中には焰及び生命を保持すべき或る成分が存在しなければならず、そしてその或るものは空氣の比較的小部分を占めるに過ぎないことを結論した。それは、排氣鐘内の蠟燭の焰は、鐘内の空氣が排除し切らぬうちに消え、又二十日鼠のやうな小

動物の死ぬのを見たからである。彼は此等の場合に於ける空氣の容積の收縮に關して數多の實驗を行ひ、その結果、空氣中には二種のガスがあり、その一は全體の約 $\frac{1}{5}$ を占め、燃焼及び生命を支持するものであり、他は何の作用もないものであるとして、その第一の成分を火氣 *fire-air* と名づけた。それはいふ迄もなく今日の酸素であり、第二の成分は窒素に相當するのである。

しかしメーヨウの發見にも拘はらず、間もなくフロジストン説 *Phlogiston Theory* といふ根本的に誤まつた燃焼理論が自然哲學者の注意を惹くに至り、そのために、略一世紀の間それ以上の化學の進歩が阻止せられた。このフロジストン説を唱へたのは、ドイツの二人の化學者ベッヘル Johann Becher (一六三三—一八二年) 及びシュタール G. E. Stahl (一六六〇—一七三四年)である。これは全く誤つた基礎の上に立つものであるが、當時固く信ぜられたのである。

シュタールはエナ大學に於て醫學を修め、後に侍醫となりベルリンに於て生活した。彼等は燃焼及び金屬の煨焼を研究した結果、燃焼の過程に於ては熱によつて逐ひ出される何物かが與かると假定し、シュタールは之を「フロジストン」と命名したのである。即ちこの説によれば、凡ての燃焼物質は、フロジストン(ギリシア語で焰の意)を含んでゐる。そしてそれが結合してゐる物體

から分離する場合にのみ光と熱とを伴ふて火の形となつて現はれる。それ故凡ての燃焼し得る物質は、フロジストンと殘餘物質との結合より成り、フロジストンに富む物質ほど、その燃焼が容易であるといふのである。この説は誤謬であつたにも拘らず、化學者の關心を化合、分解等の如き化學變化の考察に向はしめた點に於て意義ある役割を果した。この誤つた奇怪な理論が十八世紀の終りに至つて全く主張し難いものとなつたのは、これにて説明し得ない新事實が現はれ、殊に煨焼された物質が、屢々重量を増すことが、天秤の使用によつて明かにされるに至つたからである。

この頃又一種の有機化學がオランダの醫者ベールハーヴ Hermann Boerhaave (一六六八—一七三八年)によつて始められた。今日に於ては有機化學とは殆んど炭素化合物の化學といふ意味に用ひられてゐるが、當時に於ては「有機的」なる語は今日よりも一層廣く、生物體內にあるもの或は生物より産出せられたものを意味してゐた。醫學及び植物學の有名な教師たりしベールハーヴは有機物をも化學的に取扱はうと企てた。彼の「化學原論」は一七三二年に出版せられ、廣く用ひられて化學史上に一つの時代を劃した。

殆んど同じ頃、科學を愛好せしイギリスの僧侶ヘールス Stephen Hales (一六七七—一七六一)年)も亦同様の研究を行つた。尙ヘールスは氣體槽を用ひて大氣に關する重要な諸研究を行ひ、また壓力計を發明して馬の動脈血壓及び植物の根の向上壓力を測定し、その他の多くの研究を完成した。彼は物理学の法則を生物學に應用した者の嚆矢である。

第十七世紀の中葉、醫學理論はトマス・シデナム Thomas Sydenham の影響の下に長足の進歩を遂げた。彼は屢々イギリスのヒポクラテスと呼ばれてゐる。彼は神秘主義を捨てて、病の原因として或る物質的根據 *materies morbi* を主張し、近代科學的醫學の學理と臨床とを基礎づけた。彼は唯物的合理思想を有せし哲學者ロック Locke の親友であり、またボイルと交通した。病氣を以て「病因物質を排泄して病人を回復せしめむと全力を以て努むる自然の努力」であるとする彼の有名な定義は、病氣を病原物質(病原菌の如き)と身體内部の力との闘争と見る近代的思想を含むが故に、今尙興味深いものである。

しかしながら醫學が主として感謝すべきは、シデナムやその後繼者達に對してよりも、寧ろヴェサリウスやハーヴェーに對し、又次に述ぶるフック、マルピギその他の十七世紀の顯微鏡學者達

に對してでなければならぬ。何となれば、解剖學・生理學及び顯微鏡學がより科學的な病理學への道を開拓する迄は、健全な醫學理論或は合理的醫術に於て何等の大なる進歩も見られなかつたからである。

動物及び植物の明確な記載及び分類、並びに肉眼的解剖學及び生理學の研究が急速に進歩しつつあつた間に、近代生物學に決定的な進歩を促がす一事件が起つた。それは顯微鏡を用ひて生物學の各方面に於ける未踏の地を開拓した顯微鏡學者 *Microscopist* と呼ばれる一群の學者の出現である。

廓大鏡（虫めがね）を科學的に用ひることは漸次に行はれ、デカルトはその光學中に顯微鏡を記述してゐるが、生物學の研究に器械を用ひて視力を増進することの重要性を最も夙く認められたのはフックである。

フック Robert Hooke (一六三五—一七〇三年) は王立協會から出版した顯微鏡圖 *Micrographia* に於て初めて顯微鏡による植物組織を圖解した。實に植物解剖學の發達に對する顯微鏡の位置は、天文學の發達に於ける望遠鏡のそれに比すべきものである。フックは自ら改良した顯微鏡を用ひて植物及び動物を研究し、當時に於ける自然科學者のために一層根本的な新しき研究の途を拓いたのである。氏の顯微鏡圖の中には有機體の「小室」 *Cell* なる言葉が初めて記され、且つその圖が描かれてゐる。それは近代生物學に於ける「細胞」に相當するものであるが、その概念は今日の細胞とは著しく遠いものであつた。

グリーン Nehemiah Grew (一六二八—一七〇四年) は、初めコンベンントウに於て、後ロンドンに於て醫を業としたが、その大部分の時間を植物の解剖に費した。彼は連続した顯微鏡的觀察に専念し、その根氣よき研究は博物學の歴史に於て高い地位を獲得せしめた。その著「植物解剖學」は植物構造學の基礎を作り上げたものである。グリーンは特に、植物の葉面に小氣孔の存在を認め、そして内部に於ける過剰の水分を水蒸氣の形で放散し、且つ一面空氣を取入れる作用をこれに歸した。グリーンは又植物に、今日葉綠素 *Chlorophyll* と稱へてゐる、綠色色素の存在することに注意し、初めてこれを葉から抽出した。また彼は、例へば卷鬚がいかにして支柱に卷付くか又いかにして或る植物の葉が夜になると閉ぢるかなどにも注意した。

フック及びグリーンよりも一層重要な研究を行つたのはマルピギ、スワンメルダム及びレーエン

ホエークである。マルピギは解剖に於ける多数の発見によつて有名であるが、その主なるものは、蠶の解剖、植物微細構造の観察及び鶏卵内に於ける雛の發生等であり、スワンメルダムは昆虫の解剖及び變態、軟體動物、蛙その他の動物の内部構造の精確な研究に於て優れ、レーエンホエークはもつと一般的な顯微鏡的研究を行ひ、多くの顯微鏡的微生物を發見し、直接の觀察によつて動脈と靜脈との間の關聯せる事實を確定した。

マルピギ *Marcello Malpighi* (一六二八—一七四四年) はボロニアに近い農家に生れた。初め醫學に志し、後ボロニア大學の教授に任ぜられ、それより教師及び研究者としての彼の生涯が始つた。三十八歳の時退職し、専心解剖學の研究に入つた。

彼の永く残る業績は、構造及び機能上の問題の説明に顯微鏡を用ひたことにある。彼は肺の構造を説明した。それまで肺の組織は均一な實質細胞と考へられてゐたが、彼は空氣細胞の存在を指摘し、如何にして空氣と血液とが肺に於て一所になるか、兩者は實際に接觸するものではなく、常に膜を以て隔てられてゐるといふことについて、かなり正しい見解を有つてゐた。この研究は始め蛙について行はれ、それから人體の肺に推論したのである。彼は比較解剖學者であり、動物の器官は全動物界を通じて相似せることを主張し、且つ簡単な動物について發見されたことを、より高等なものに於ける構造の理解に利用し得るといふ考へを、廣く實際的に用ひた最初の人である。

尙この研究に關聯して、彼は蛙の透明な肺及び腸間膜の毛細管を通じて血液の流れる状態を實際に觀察したことは、非常に興味深いことであつた。一般に動脈と靜脈とが毛狀を成す毛細管によつて連接せられてゐることを發見したのは彼であるとされてゐる。これによつて彼はハーヴェーの生理學說に解剖學的事實を與へたわけである。

次に彼は眞皮と表皮との中間にある皮膚の粘液狀層或は色素層を説明し、これを網狀膜と記載した。これは近代解剖學に於てマルピギ層の名に於て遺つてゐる。尙腎臟に於てはマルピギ氏小體なる名が今日も廣く用ひられてゐる。

マルピギの蠶體構造の研究は、單一動物の解剖學に就ての論文中、第一位に推すべきものである。この微細構造の描寫には非常な熟練が必要であつた。彼はこの新らしい領域に於ける熱心な研究のために、熱病にも罹り、眼の炎症をも起した程であつた。それにも拘はらず、彼は云ふ「自

分の眼前には限りなき自然の驚異がそれからそれへと繰り広げられ、筆紙に盡し難い内心の歡喜を経験した」と。

植物組織についての詳細な顯微鏡的研究も、彼の最も卓れた廣汎な研究の一であつた。彼はその著「植物の解剖」Anatome Plantarum に於て、樹皮・幹・根・種子の構造、發芽過程を明かにし、尙植物の顯微鏡的構造をも記載した。

その他、彼には動物發生の觀察がある。彼はその目的のために雛を選んだ。彼はまた、血液が無色の液(血漿)と、その中に浮んでゐる球と稱する微小の赤色圓板とより成ることを發見した。但し白血球はマルピギよりもずつと後になつて發見されたのである。

スワンメルダム Jan Swammerdam (一六三七—一八〇年) はアムステルダムに生れたが、當時オランダ人は船舶を世界に送り、廣大な殖民地を領有し、商業の繁榮に伴つて百般の文化的設備を興した。私立博物館の如きもその一である。藥劑師たりし彼の父は蒐集家であり、博物標本なども多數に集められた。若いスワンメルダムが博物學の熱心な學徒となつたのも決して不思議ではないのである。

彼の父は彼を教會に入れようとしたが、彼は神學に何等の興味をも感ぜず、醫學の研究に従ふこととなつた。健康上の故障のためか、彼が大學に入つたのは二十六歳の時であつた。彼は醫學の研究をバリに於て繼續し、解剖學に於て重要な觀察を行ひ、細いガラス管を用ひて淋巴管の瓣を發見し、また初めて血管内に注入することを試みた。血球を最初に觀察し記載したのも彼であつたが、それは彼の死後五十七年にして漸く發表せられた。

彼は蜜蜂についての研究を終へると健康を害した。毎日晝は觀察を續け、夜はそれを描き、適切な説明をつけるので、健康な身體にさへ非常な勞苦であつたのである。當時は、昆虫や、それと同様な下級動物は有機物質の單なる團塊であり、何等複雑な内部器官をもたぬと考へられてゐたが、彼はそれらの構造と生活史の研究に、その生涯の大部分を費し、精緻を極めた解剖の技術により、マルピギと共に微細解剖學の基礎を据えたのみならず、下等動物に於てはその構造が簡單であるとの概念を一掃した。

蜜蜂・蠅その他の研究は彼の生前に於て發表されたが、その研究の大部分は彼の死後五十七年を経て友人によりて公けにされた *Biblia naturae* 中に網羅されてゐる。彼の研究の大部分は昆

虫構造學であり、彼は當時にして尙約三千種の昆虫を蒐集したと云はれてゐる。その外、蝸牛の微細構造・二枚貝・ヤリイカの構造・蛙の構造及び發生に就ての觀察・筋肉收縮の觀察等が行はれた。彼の記述は精確と完全との模範である。

動物の構造及びその生活史についての研究の他に、スワンメルダムは實驗的に神經の刺戟感應性及び身體から取離された筋肉の反應をも觀察した。

彼の時代に於ける哲學者や科學者の間には生物の起源に關する議論が分れてゐた。生命なき物質が時として溫度を受けて生命に飛躍するの否か？ 昆虫は果して草葉の露から生れたのか？ エデプトの鼠は、昔の人が信じてゐたやうに、ナイル河の泥土から生れたのか？ 等はすべて謎であつた。當時は肉片に産みつけた蠅の卵が孵化して幼虫（蛆）となる時は、肉が腐敗して蛆になると信じられてゐた。有名なレヂ Francesco Redi（一六二六—一六九四年）は、腐つた肉に蠅を近寄らせなさいといふ簡単な實驗によつてこの謬見を指摘したが、スワンメルダムは下等動物に於ける構造が簡單であるとの概念を一掃することにより、レヂその他の自然發生反對說に尙一つの證據を加へた。

レーエンホーク Anton van Leeuwenhoko（一六三二—一七二三）はマルピギに後れること四年、スワンメルダムに先立つこと五年、顯微鏡の發源地たるオランダに生れた。彼は正規の大學教育を受けず、その學校生活は十六歳の時終りを告げた。彼はアムステルダムの呉服屋に奉公にやられたが、二十二歳の時故郷に歸り、裁判所の小官吏となつたまま、長い生涯を顯微鏡レンズの視野に持込み得る殆んど凡ゆる物體の研究に捧げた。彼の使用した顯微鏡の構造は極めて簡單で、筒も鏡もなく、金屬片で廓大鏡を支へ、ねぢで焦點と位置とを定めるやうに出來たものであつた。

彼は血液の微細な循環系統を觀察して、動脈と靜脈との間の毛細管による連結を確證し、それはマルピギよりも一層詳細なものであつた。それには雛の鶏冠、白兔の耳、蝙蝠の膜翼など、種な動物の循環系を順次に調べて行つたのである。尙おたまじやくしの尾についてもこの毛細管的循環を確め、蛙の脚の膜、幼魚及び鰻の尾にまで及んだ。

一六七五年には溜り水の鏡檢によりその中に無數の微生物の活動してゐるのを發見してその詳細をロンドン王立協會々誌に發表したが、一六八三年には原生動物よりも更に微小なバクテリア

の存在を確認した。極めて不完全な當時の顯微鏡を用ひて、彼はバクテリアが棍棒狀、球狀または螺旋狀をなすことを認めて之を圖示したのは驚くべきことである。尙興味あるは赤血球についての彼の觀察である。彼は赤血球が蛙及び種々なる魚類に於ては扁平で橢圓形をなし、且つ魚類のものには核のあることを認めたと。また蚜虫あぶらむしが受精することなしに發生すること(單性生殖)、受精しない雌虫の體內に幼虫の存在することを記述した。

彼は胚の豫造説を支持してゐたが、精虫が雌によつて孵化さるべき唯一の原種であるといふ解釋をとり、一切の有機體の成形が卵に於てのみ行はれるとするオヴィスト Ovipara に對抗して、スpermist Spermatists 一派の祖となつた。また彼はスワンメルダムと共に生命の自然發生説に反對した。即ち注意深い實驗の後、凡ての生物は必らずそれと同種類のそれに先立つ生物から生れると云ふ生命起源説 Biogenesis に與し、非生命起源説(自然發生説) Abiogenesis に反對した。

かくしてマルピギ、スワンメルダム及びレーエンホーク三人の研究は顯微鏡的觀察によつて、ハーヴェー以後の構造、發生及び生理學の知識に偉大なる進歩をもたらした。マルピギは常に病弱であつたが、異常な精力を研究に集中しつゝ六十七歳迄生き、スワンメルダムは神經質で主我

的・熱情的であり、遂に狂信家となり、四十三歳でこの世を去つた。レーエンホークは圓滿な個性を有ち、強健で精力家であり、九十一歳の長壽を保つた。彼等は時代を同じくし、研究學科を同じくし、共に獨創的な鋭い觀察を行つた。しかも彼等の業績はそれぞれの特色を有つてゐた。

十七世紀の終りには、物理學及び化學の影響を受けて醫學に醫。療。物。理。學。 Iatrophysik と醫。療。化。學。 Iatrochemie との二派を生じた。前者の先驅者と目すべきはパツア及びヴェネチアの教授たりしサントリオ・サントロ Santorio Santoro (一五六一—一六三六年) であり、彼は新陳代謝の謎を解かんとして隠忍三十年、鋭い觀察と實狀とを反復しつゝ研究に没頭した。次で同じくイタリーのボナリ G. A. Borelli (一六〇八—一七九年) は、初めて動物の運動を純物理學的に研究し、今日の運動力學の基礎を据ゑた。それから物理學的の法則により生物體の現象を説明せんとする醫療力學派が發達したのである。醫療化學派の先驅をなすものは、既に述べたパラセルスス及びその他の十六世紀の醫療化學家達であるが、その始祖と認めらるるはオランダのシルヴィウス F. Sylvius (一六一四—一七二年) である。彼は、醫學の基礎は、解剖學と生理學と臨床的經驗とであるとの見解をもつてゐた。

十七世紀 (下)

ガリレイの後繼者としてニュートンに至る迄の物理学に於て、最も卓れたものは **ホイヘンス** Christian Huygens (一六二九—一六九五年) である。彼は数学・力学及び光学の三部門に互つて才能を發揮した。ホイヘンスはハーグに生れて大學教育を受け、その生涯の大部分をオランダに於て過したが、最も活動的な時代はパリに在つた。

彼の數學的研究は主として幾何學のものであつた。彼は望遠鏡の改良に注意を傾け、兄と共にレンズを磨く、新しい改良された装置を造り、その結果、多くの天文學上の問題を解決することが出来た。例へば土星の環を發見し、また土星の大なる衛星を發見した。彼はロンドンの王立協會に赴いて「物體の衝突に於ける運動の法則」を發表した。

ホイヘンスの最も重要な著作は「振子時計」Horologium oscillatorium である。その第一章は

振子時計の發明及び製作などについて述べ、第二章に於ては真空中に於ける自由落下、斜面上の落下などが取扱はれ、第三章は重要な曲線論であり、第四章に於ては主要な力学問題を取扱ひ、第五章は遠心力及び圓周上を廻轉する物體の速度についての定理に宛てられてゐる。

後、彼はオランダに歸つて再び光学の研究に専念し、焦點距離の大なるレンズの構成に従つた。彼の名の冠せられてゐる望遠鏡用色消し接眼レンズを發見したのもこの頃のことである。

彼はニュートンに會ふためにイギリスに赴き、翌年歸國して「光学に關する重要な論文」

Traité de la lumière を公けにした。これは光の波動説を提唱した最初の最も重要な文獻である。

その中には光が機械的に生じ得べき三つの方法が提示されてゐる。即ち(一)ギリシア人が信じてゐたやうに——眼が或る物を送り出し、それに依つて對象を感ずると考ふべきか、(二)放射説に於て考へられてゐるやうに——對象が何物かを送り出して眼を刺戟するとすべきか、それとも(三)眼と對象との中間に或る媒質が擴がつて居り、對象がこの中間媒質の形状若しくは状態に或る變化を與へ、それが眼に感じるものであらうか——といふのである。この第三の波動説によれば、空間は極度に稀薄なエーテルによつて充され、光は發光體の振動によつて運動するこのエー

テル内に於ける波動に基くのであるといふ。

しかるに當時絶大な名聲を馳せてゐたニュートンが光の放射説を唱へ、且つ波動説では一見光の直進する現象を説明し得ないといふ理由でホイヘンスの説を拒否したので放射説の方が正しい理論となり、ホイヘンスの説は一世紀以上も棄てて顧みられなかつた。しかし最近、新波動力学の勃興と共に、光の本性を波とすべきか粒子とすべきかの問題は漸く解消して統一されようとしてゐる。

○ **ニュートン、Isaac Newton** (一六四二—一七二七年) はガリレイの死後一年、コペルニクスの死後百年に、小自作農の家に弱い嬰兒として父の歿後に生れた。彼は小學校に送られたが、あまり學科に興味を有たず、成績もよくなかつたので一時家に戻され、農業の實地を見習ふことになつた。しかし彼は問題を解いたり、實驗を試みたり、機械の模型を工夫したりなどして毎日を送つた。母と叔父とはこれに注意し、相談の上ケンブリッジに送ることに定め、十七歳の時トリニチー・カレッジに入つた。そこで彼はユークリッド、デカルトなどの數學書並びにケプラーの光學を讀んだ。

一六六五年から翌年にかけて疫病が流行し、カレッジはそのために閉ぢられ、彼は二年間を殆んど自宅に過し時々ケンブリッジに住んだのみであつた。恐らくこの時代に彼の獨創力はその頂點に達してゐたらしい。彼がフラクシオン法(微分學)を發見したのは當時に溯ることが出來、二項定理の發見も大體この頃であつた。彼は當時これに没頭してゐたのであるが、その結果を誰にも話さず、勿論直ぐには發表しなかつた。またこの期間に十七世紀の科學的焦點となつた彼の最大の發見たる重力理論の基礎を考察したのである。即ち彼は、月を地球のまはりの軌道に保持してゐる力は地球上の重力と同じものであると考へた。また太陽光線を種々なる色光に分散せしめたのもこの期間と思はれる。結局この二年間に彼の全生涯にわたる仕事全部のプランが出來、あとの六十年はただこれを完成し、發表すればよかつたといつても過言ではないのである。

ケンブリッジに歸るとフェローシップに推薦せられ、間もなく數學教授の位置を得た。その頃の彼の主なる仕事は光學の研究であつた。彼は白色光がプリズムの方法により種々なる色の光線に分散することを發見した。虹の理論の完全な説明はこの發見から導かれたのである。またニュートンは望遠鏡に興味をもち、凸レンズの代りに凹面鏡を用ひて反射望遠鏡を作り、色の種類によ

つて屈折が異なるために生ずる攪亂の色收差を除去することに成功した。

ニュートンは光の効果が如何にして實際に生ずるかの問題に深い興味をもち、一六七五年の終りには、粒子説或は放射説を立て、それが如何に反射・屈折・色・廻折等の幾何光學に於ける諸現象を説明するかを示した。この放射説は王立協會に報告せられ「光學」に採録されてゐる。

彼の色彩の理論及び光學的實驗から導びかれた諸成績は、最初の中は激しい反對を受けた。常に名聞と論争とを厭つたニュートンはそれに對する討議のために非常に悩まされたといふ。彼はその頃數學と同様に、化學及び神學の研究にも多くの時間を捧げた。

數學そのものに對するニュートンの功績は天體力學に對する功績に劣らず獨創的であり、且つ重要なものであつた。一六七四年ライプニッツは王立協會に書を寄せて、自分が「無限級數による一般解析方法」をもつてゐることを通告したが、ニュートンは之に對して彼の方法の叙述を與へた。彼はその中で二項定理を發表し、その後更にフラクシオン法 Method of fluxion (微分法) を説明した。

次でニュートンの注意は次第に重力の問題に向けられた。彼は嘗つて行つた月の軌道の計算を繰返し、地球上の物體に働く重力の作用が月の遠きに迄及び且つその距離の二乗に逆比例するといふことを確めた。尙彼は惑星の軌道が、ケプラーの法則にある通り楕圓なることを證明した。尙質量なる概念を導入したのもニュートンである。

かくしてニュートンは重力問題の研究を進め、一六八六年には有名な「プリンシピア」(自然哲學の數學的原理 Principia philosophiae naturalis mathematica) の第一書(原稿を王立協會に提出した。この書は自由空間に於ける質點或は物體の運動を論じたもので、彼の名を冠する有名な運動法則を提出して、これをはつきりと公式化したのである。彼は自分の目的が自然現象の研究に數學を應用するにあることを述べてゐる。第二書は運動に對して抵抗を及ぼす或る種の媒質内に於ける運動、流體靜力學及び流體力學を取扱ひ、波動・潮汐及び音響學に於ける應用をも含んでゐる。第三書は太陽系の諸現象を萬有引力の法則によつて再構成することを主題としたものであり、その緒論に於て、吾々はニュートンの思想の科學的特性を明かにする叙述を見出すのである。中世紀を通じて多くの思想家は、天空の現象に何等かの神秘的な原因を附加することによつて、地上の現象とはつきりした區別を設けてゐたのであるが、ニュートンは最も力強く之を打

破した。かくして人々は、天に在るものは完全なもの、地に在るものは不完全なものといふ永い間の信仰から解放せられ、凡ての現象は合理的な因果律によつて支配されることとなつたのである。尙彼は第一書に掲げた諸命題を、太陽系の主要な現象に應用し、惑星の質量及び距離を決定し、特に分點の移動、種々なる不規則性をもつ月の運動を論じ、潮汐の理論を述べ、彗星をも合理的に取扱つてゐる。最後にニュートンの哲學的な、寧ろ神學的な省察があり「われは假説を作らず」といふ有名な言葉をその中に見出すのである。プリンシピアは初めラテン語で書かれ、一七二九年に最初の英譯が出版された。

ニュートンによる重力原理の發見のもつ哲學的意義は、地球の表面に於て妥當な法則は、われらの觀察し得る限りに於て、全宇宙に於ても亦妥當性を有つといふことの證明である。プリンシピアの出版後は健康もそれ迄のやうでなく、生活の大部分は公共的な仕事に費された。一六九六年には造幣局の役員となり、ロンドンに歸つた。その後その長官に昇進し、一七〇三年には王立協會の會長に推された。

一七〇四年には「光學」Opticks が出版された。これは光學に關するそれ迄の研究を編述した

ものである。彼の光の反射・屈折及び色に關する解説のすべては、當時行はれてゐたアリストーテレス派の諸觀念とは比較にならぬ程の大進歩であつた。

概して十七世紀は形而上學と實證主義、神學と數學との混在の時代であつた。その混在は、謂はば古いものの殘留と、新らしいものの發生との重なり合ひである。近代科學の開祖たるガリレイが第一に實驗を重んじ、それを近代科學の基礎的特性としたことは周知の事實であるが、同じく近代科學の基礎を完成したニュートンは、哲學（學問）を一般哲學（形而上學）と實證哲學（自然科學）とに區別し、科學は何等窮極原因の説明ではなくて、經驗的事實の數學的敘述であるとした。

ニュートンの同時代人であり、十七世紀のアリストーテレスと呼ばれたライプニッツ G. W. Leibniz (一六四六一一七一六年) はドイツのライプツヒヒに生れた。父は彼の六歳の時に死し、彼の送られた學校の教育は不完全であつたため、彼は主として獨力で凡ての困難に打克たねばならなかつた。デカルト、スピノザ、ニュートンその他の當時の哲學者、科學者の思想は前にも述べた如く、大體に於て自然を純機械的に取扱はうとしながら、窮極の位置にはやはり神學的なも

のを据ゑ、結局二元論を構成し、それが十七世紀思想の特色となつたものであるが、ライプニッツも亦青年時代にライプチッヒ近くの森を彷徨ひながら、その自然觀に機械的なものと目的論的なものとの衝突を感じたといはれる。ライプチッヒに於てドクトルを拒まれたのでニュルンベルグに去り、そこで書いた法律上の論文をマインツ侯に献じて候に仕へることとなり、初め法規の改訂に従つたが、のち外交方面の仕事に當つた。

その後パリに赴き、外交的實務の傍らホイヘンスについて數學の研究に従ひ、同時にデカルトの哲學を學んだ。彼は驚くべく多方面であり、その精力的な興味は法律・歴史・政治・外交・數學・哲學・言語學及び神學のすべてに及んだ。四年間の滞在の後ハンノーヴァーに移り、公領圖書館の司書となつた。彼は多方面の人と通信し、政治上・歴史上及び神學上の問題についての種々なる記録は當時の歴史に於て重要な資料となつてゐる。また彼は一七〇〇年ベルリンに科學アカデミーを創立した。

彼の最大の貢獻である微積分法の發見は、實に彼のパリ滞在中（一六七四年）に行はれたもので、當時の彼のノートに於て初めて今日の積分記號 \int 及び微分記號 dx を見出すのである。ラ

イブニッツが $\frac{d}{dx}$ の微分を今日行はれてゐるやうに $\frac{d}{dx}$ と書いたのはそれより少し経つてからである。彼の數學上の論文の多くは、彼とメンケ Mencke とによつて一六八二年に創刊された *Acta Eruditorum* (通常 *Leipzig Acta* と呼ばれてゐる) と *Journal* 雜誌で發表せられた。その後、彼は哲學小論を著はした。彼は初め二元論であつたが、一元的方法によつて機械觀と目的觀とを調和せしめようとした。

當時我が國は江戸時代の鎖國期であつたが、文人西鶴や芭蕉と殆んど同じ頃に偉大なる數學者關孝和（一六四二—一七〇八年）が出て日本數學（和算）に新機軸を開いた。彼は全く從來の算法と異なつた點竄術^{ツンザン}を發見した。之は一種の筆算による代數である。その後、所謂圓理の算法が發達し、かくして日本の數學は和算と呼ばれる途に於て独自の發達を遂げたのであつた。

天文學の方面に於てはニュートンの友人であり門弟であるハレー *Edmond Halley*（一六五六—一七四二年）は、ニュートンの理論を既知の彗星に適用して「彗星中の或るものは、太陽系を唯一度しか訪ねないものではなく、實際は太陽の周圍に非常に大きな非常な離心率の橢圓軌道を描いてゐる」といふ驚くべき發見をした。これ等の彗星の中に彼は、既に一五三一年、一六〇七年

及び一六八二年に現はれ、彼の認定が正しければ、その後再び一七五九年に歸り來るべき慧星を見出した。この大膽な豫言は適中し、ハレー慧星は一八三五年及び一九一〇年に再現した。彼は船長からオックスフォードの幾何學教授となり、次で宮廷天文學者となつた。

その頃我が國にありては八百年來用ひられてゐた宣明曆が誤差甚だしく漸次に月蝕・日蝕が曆の記載と咀嚼することが見出されたため、澁川（保井）春海（一六三九—一七一五年）が觀測に従事して改曆のことを上申し、遂に一六八四年（貞享元年）（ジヨウキョウ）貞享の改曆（所謂舊曆）が行はれることとなつた。

四、十八世紀（上）

第十六及び十七世紀の大発見の後をうけた第十八世紀は、人間の究知的精神を、その後半から現代に續く科學全盛期に向はしめた時代であり、文明史上、啓蒙思潮（知識發達）の最も代表的

ブルグ及びベルリンに送つた。彼は後に視力を失つたにも拘はらず、その科學的生産力は驚くべきものであり、就中微積分を含む解析學上の優れた著書を出し、且つ應用數學方面に於ても獨創的な論文を書いた。彼はあらゆる時代の數學者中、恐らく最も多産的であり、同時に最も多藝多能であつた。解析的算法をあらゆる幾何學の束縛から脱せしめ、かくて解析學を一つの獨立科學として建設したのは、彼の貴い功績であるとせらる。

ダランベール d'Alembert（一七一七—一八三年）は力學上の彼の著作（Traité de dynamique）によつて最もよく知られてゐる。その中に於て、彼は剛體の運動方程式が如何に書かれるべきかを示したが、その原理は現今尙彼の名を冠して知られてゐる。尙、十八世紀に於ける力學の進歩を促した者にラグランジュ J. L. Lagrange（一七三六—一八一三年）がある。彼は多くの年月をベルリンに過したが、後にはパリに於て新たに建設せられた理工科大學の教授となつた。彼は年二十五歳にして當時最大の數學者と稱せられた。その主著“Mécanique analytique”は力學全般に亙る巧妙な論述であり、新たな數學的方法の助けによつて力學を著しく進歩せしめた。彼の著作は微分方程式及び變分法に對する非常に重要な貢獻を含んでゐる。また彼は、その偉れた解

析の力を天文學及び地圖作製法の諸問題に應用した。

ラプラス P. S. Laplace (一七四九—一八二七年) は、主として自然の問題の解決に數學的方法を用ゐることに傾倒した應用數學者であつた。多くの點に於て、彼は數學的物理学の近代的一派の創立者といはれてゐる。彼の最も永續的な仕事は、引力特に萬有引力の理論とその太陽系への應用とであつた。ラプラスは、初めて太陽系天體の運動の完全な説明、少くともその目的に應用せらるべき方法を公式化しようと企て、彼の“Mecanique céleste”はその後一世紀の間この問題に關する基礎的著作として残つた。彼は、哲學者のカント Immanuel Kant (一七二四—一八〇四年) よりも少しく遅れて、太陽系が原始星雲より進化したものであるとの假説(星雲説)を提議した。ラプラスの星雲説は、太陽系は不意に特別に創造せられたといふよりも、寧ろ自然的に發達したものであるといふその中心思想によつて、人心をして變遷、即ち進化の理論に向はしむる重要な準備となつた。彼はまた確率の理論に貢獻するところあり、彼の“Théorie analytique des probabilités”は全體が正しい基礎の上に立てられた古典的著作である。

同じ頃我が國に於ては志筑忠雄(中野柳圃)は蘭書を研究して閉戸十年、一七九八年(寛政十

年)「曆象新書」を公けにしたが、彼は宇宙の起源に關してカントやラプラスとは別個に星雲説に類似せる見解を述べてゐる。

かくして天文學は、コペルニクス、ティコ・ブラーエ、ガリレイ、ケプラー及びニュートンの革命的發見と、それに次ぐ第十八世紀のラプラス及びその他の人々による引力理論の數學的研究とによつて、他の諸科學に對して一段と高い位置を占め、その模範たるの觀を呈した。

この時代に於てハインホル Sir William Herschel (一七三八—一八二二年) は最も影響の大きい別種の研究を行つた。彼は貧しいドイツの音樂家であつたが、英國に移住し、その餘暇を絶えず天文學に捧げ、近代の物理的天文學 Physical astronomy の基礎を造つた。彼は土星の外側に新しい一つの惑星、即ち天王星を發見して自らも驚き、學界をも驚かせた。彼は手細工から始めて、次第に強力な望遠鏡を作り、天王星の數個の衛星及び土星の二つの衛星を發見した。また太陽系全體がヘルクレス座に向つて運動してゐることを決定した。加ふるに彼は八〇〇個以上の連星、二〇〇個以上の星雲を記録し、その星雲の中に他の惑星系の進化の種々の段階を認めたと信じた。

本世紀に於ける物理學はルネッサンスから十七世紀にかけての偉大な研究の後をうけて沈靜期にあつたともいふべきであり、理論的方面の發達は主として數學の發達に寄與し、實驗的方面の研究題目は化學的のものが多く、本世紀に於て最も重要な位置を占める化學の發達を助成することとなつた。

されどここに見通すべからざるは電氣及び磁氣に關する實驗的知識の進歩である。今電氣及び磁氣に關する近代的觀念の始まりを尋ねるに、一七三〇年の頃に至るまでは、十六世紀のジルバートの研究が電磁氣に關する唯一の重要な知識であつた。しかるにイギリスのグレイ S. Gray (一六七〇—一七三六年) 及びホイーラア Wheeler は、帶電状態が金屬によつて傳導されること、並びに物質によつて傳導率の異なることを發見し、またフランスのデュファイ Dufay (一六九八—一七三九年) は種々の實驗を繰返して帶電状態に二種の相反せるもののあることを見出し、これは硝子電氣及び樹脂電氣と名づけた。これは今日の陽電氣と陰電氣である。

アメリカはベンジャミン・フランクリン Benjamin Franklin (一七〇六—一七九〇年) の極めて重要な仕事により、初めて物理學に寄與するところがあつた。彼は科學に貢獻した最初のアメリカ人ではないが、科學に關して高い名聲と、國際的令名を博した最初のアメリカ人である。彼はあらゆる既知の電氣現象は電光にその模型をもつと論じてゐたが、かの有名な風の實驗を行つたのは實に一七五二年であつた。

この實驗はライデン瓶が電光によつて荷電せられ得る故に、電光が事實電氣現象であることを示し、同時に空中電氣と機械(摩擦)による電氣とは全く同一のものなることを證明した。この實驗は同じ頃ヨーロッパに於ても他の人々によつて行はれたが、それはあらゆる時代を通じての科學の最大の勝利の一であり、自然界に於ける最も怖るべき現象を單純化し、一般人の恐怖を輕減せしめるに役立つたのである。フランクリンの唱導により一七六九年にはフィラデルフィアに於てアメリカ學術協會が開かれた。これはアメリカに於ける科學振興の爲の最古の學會である。

十八世紀に於ける光の研究は前世紀のニュートン及びホイヘンスの研究を繼承したものであつた。本世紀に於ては色消しレンズの研究により色消し望遠鏡は有用な器械となつたが、複式顯微鏡が有效な色消し對物レンズを得る迄には尙半世紀以上を待たねばならなかつた。かくて光に關する知識に大進歩を見たのは漸く十九世紀に入つてからのことであり、十八世紀の物理學は寧ろ

主として電気・熱及び音に於ける進歩の爲に注意せらるべきであつた。

熱の本性に關する初期の概念は光のそれと異なつたものではなかつた。熱は、重さこそ測れないが、物質的なもの、即ち熱素 Caloric であり、熱い物體から放射せられて冷い物體に吸収せられるものであると考へられた。

熱の定量的研究はガリレイの最初の溫度計の構成に始まるが、彼のは空氣溫度計であり、極めて敏感ではあるが、使用上不便なものであつた。その後多くの人によつて幾種かの改良型が創られ、融解してゐる氷のやうなものの溫度が一定であることが發見された。かくして最初の實際的な溫度計は一七一四年にドイツのファーレンハイト G. D. Fahrenheit によりて造られた。

熱についての初期の實驗及び理論は、溫度と熱量との明確な區別が缺けて居り、且つ熱容量及び比熱が物質によつて極めて區々であつたために混亂した。それらの一切の困難はこの世紀の終りに近くエヂンバラの醫師ブラック Joseph Black (一七二八—一九九年) によつて一掃された。彼は加熱及び冷却の實驗中、沸騰してゐる水、或は融解中の氷を含んだ水に熱を加へても溫度は上昇しないが、氷が全部融解してしまふか或は閉ぢた瓶に水を入れて水蒸氣の漏出を止めるかす

れば溫度の昇り初めることを見た。ブラックの行つたこれ等の實驗は當時エンヂンの改良を企ててゐたワットに良い暗示を興へた。ワットが忍耐強くその蒸氣機關の劃時代的大發明を完成するに至つたのは主としてこのブラックの潛熱に關する研究によるものである。

ブラックは今日謂ふところの比熱を認め、熱量計を發明し使用した最初の人である。

ギリシア人は既に音樂と同じく音にも深い興味を持つて居り、ピタゴラスは振動絃の長さとその發する音との間の關係を發見したが、ピタゴラスからガリレイに至る迄は殆んど何らの進歩も見られなかつた。ガリレイは音が鼓膜に達する空氣の振動によることを認めたが、空氣が眞に媒介物であることは、一七〇五年眞空中に時計を入れたハウクスビー Hawksbee の實驗によつて證明せられたのである。

ガリレイの後、音響學はニュートン、オイラーの外、ソヴールの數學的並びに實驗的研究によつて高められ、これを繼いだ近代音響學の父と呼ばれるクラドニによりて大體現在の形態をとるに至つた。

優れた物理學者にして音樂家なりしソヴール Sauvour (一六五三—一七二五年) は、半啞半聾

であつたにも拘はらず、その音及び音楽上の獨創的研究により著明となつた。父母は彼を教會に入れようとしたが、彼は早くより機械の工夫及び算術に興味を覚え、偶然彼の眼に觸れたユークリッドの寫本は彼の一生の方向を決定してしまつた。ここに於て彼は牧師の職を抛ち、數學を教へて生計を立ててゐたが、後にその教授となつた。

彼のその後の生涯は、大部分音響學、特に音樂の科學的理論に捧げられた。彼は音樂に於て倍音或は調和音に注意を向けた最初の人である。彼の論文の多くはフランス・アカデミーの紀要中に發表せられた。

ドイツのクラドニ Chladni (一七五六一—一八二七年) の著作は深く廣く、現今の音響學の基礎を置き、そしてこの基礎の上に十九世紀の中頃獨のヘルムホルツ及びアイルランドのティンダル Tyndall が現代の如き音響學の大部分を建設したのである。彼はガリレイの行つた振動板の實驗を進め、また各音調に應じて振動數を數へる簡単な方法を工夫した。

十八世紀 (中)

十八世紀の化學はフロジストン説の衰頽に始まる。

既に述べたエデンバラの有名な醫師ブラックは、熱化學に確實な基礎を置いた最初の一人であるが、彼は生石灰を造る場合に起る現象の説明を求めた。石灰を煨いて生石灰を造る際に何物かがそれより追ひ出され、目方が減することはわかつてゐたが、ブラックはこの何物かを明かにしようとして石灰石に酸を働かし、それより生ずる氣體をヘルスの氣體槽に導いた。彼はこの氣體と残つた石灰石との重さを測り、前者は後者の減量に等しいことを見た。これは物質恒存の原理の最初の實驗的基礎である。次に彼はこの實驗を逆にして彼の所謂固定空氣 *fixed air* (炭酸ガス) を石灰の溶液に通じたところ、彼が豫期したやうに白い白墨のやうな粉末が現はれて底に沈んだ。この簡単な實驗は極めて意義の深いものであつた。それは分析及び合成の方法に於て、定

量的な性質を有する點に於て、並びにそれに用ひられた化學的推論に於て極めて指示的なものがあつたからである。殊に重要なのは、それらについてのすべての現象を説明するために何等「フロジストン」の如き假想的な、非物質的或は神秘的なものを必要としなかつたことである。

この問題に關して、スウェーデンの優れた化學者ベリーマン T. Bergman (一七三二—一八四年) は、嘗つてボイルが酸に對する試薬として推賞したラクムスを用ひて、ブラックの所謂固定空氣が一つの酸であることを明かにし、これを「氣酸」aerial acid と名づけた。彼は又この新氣體の目方を測り、それが空氣よりも重いこと及び極めて水に溶け易いことを知つた。されどこれが最も普通の元素、即ち炭素と酸素との結合したもので、今日炭酸と呼ばれるものなることは、後にラボアジエの研究に俟たねばならなかつた。

かくして化學研究の最も活動的な、急速な進歩を示した時代が到達した。ブラックはスコットランドにあつて、ベリーマンはスウェーデンにあつて、各化學問題に没頭してゐた間に、これと時を同じくしてイギリスにはキャベンディッシュ H. Cavendish (一七三一—一八一〇年) が出て、一七六六年王立協會に新しい氣體の發見を報告した。その氣體に焰を持つて行くと必ず燃えつき、ま

たそれは鑛坑爆發の原因であると考へたため、彼はそれに「可燃ガス」inflammable gas なる名を與へた。恰もブラックが石灰石を酸で處置して固定空氣を得た如く、キャベンディッシュは鐵・錫・亞鉛その他の金屬を硫酸で處置してこの氣體を得た。それは空氣よりも軽く、空氣と混ずれば爆發性混合物を造るといふ特性をもつてゐた。この新氣體は今日の水素であつたのである。

それから間もなく一七七二年にはスコットランドの醫者ラザフォード D. Rutherford (一七四九—一八一九年) によりて窒素が發見せられ、イギリスのプリーストリー J. Priestley (一七三三—一八〇四年) は硝酸を發見した。しかしプリーストリーの最も重要な發見は一七七四年に於ける酸素の發見であり、それによりて近代化學の基礎が置かれたのである。彼はユニテリアン派の牧師でありながら、自然哲學の撓まざる實驗家であつた。彼は水銀を煨焼して得た赤い粉末を加熱分解してそれより發生する氣體を集めて検査したのである。蠟燭や炭火はこのガスの中では非常な勢で燃え、廿日鼠はこの氣體の入つた硝子器の中では通常の空氣中よりも却つて長く生存した。それは煨燃せられた、即ちフロジストンを除かれた金屬から生じ、しかも通常の空氣のやうに無味無臭であつたから、彼はこれを「フロジストン無し」の空氣「dephlogisticated air」と名づけ

た。それと殆んど同じ頃（一七七五年）スウェーデンの化学者シェーレン K. W. Scheele（一七四二—一八六年）も亦これと獨立して同じ氣體を發見し、火の空氣 Feuerluft と命名した。彼は一生涯を貧しい藥屋として送つたが、しかも眞に歐洲に於ける一流の化学者の一人であつた。

かくしてブラック、キャベンディッシュ、プリーストリー、シェーレ、及びその他の人々が近代科学の基礎を据ゑたのであるが、これら先驅者の得た結果の上に更に宏壯な上層建築をきつき始めたのは、更に有名なフランスのラボアジエ A. L. Lavoisier（一七四三—一七九四年）であつた。彼は問斷なき天秤の使用によつて、かの長い間勢力のあつた神秘的なフロジストン説の理論を永久に捨て去つた。かくして科学分析に天秤を導入使用したため、彼は定量化学の父と呼ばれてゐる。天秤の使用によつて、彼は金屬が空氣中に於て燃焼する場合に残つた物質は以前の金屬よりも重いこと、またそれが密閉された空間に於て燃焼する時は、空氣の重さの減少は丁度金屬の重さの増加に等しいことを證明した。最後に彼はこの實驗を逆にして、プリーストリーの行つたやうに煨焼した水銀の粉末を分解して秤量し、この赤色粉末の重量減少はそれから放出された「フロジストン無し」の空氣の重さに全く等しいことを發見し、かくして生じた氣體を酸素 oxygen（酸

を生成するもの）と名づけた。彼はその構成物を主として酸だと考へたからである。

またブラックの「固定空氣」即ちベリーマンの「氣酸」は空中に於ける木炭の燃焼によつて得られる故に、ラボアジエはそれが炭素のみならず、酸素をも含むものと推定し、分析によつて之を證明し、これを炭酸と名づけた。その後彼は、ダイヤモンドを純粹酸素中で燃やして炭酸を得、この寶石が實は炭素であることをも證明した。

ラボアジエの大著「化學概論」中には三十三個の元素の表が掲げられてあるが、そのうち炭素・水素・酸素等二十三個は今日なほ元素と考へられてゐる。キャベンディッシュは一七八四年に可燃ガス（水素）と酸素とを爆發せしめて水を合成する實驗を行つたが、ラボアジエはこの實驗を一層の精確さを以て繰返し、前者に水素 hydrogen（水を生ずるもの）の名を與へた。

ラボアジエは如何なる時代の科学者中にあつても最も輝かしい一人であり、死に到るまで研究を繼續した。しかし不幸にも、ラボアジエは收税代理人としての官職を持つてゐたため、フランス革命の指導者達に敵視せられ、一七九四年、五十一歳にして斷頭臺上の露と消えた。かくて、恰も十六世紀の終りがジョルダノ・ブルーノの火刑によつて汚された如く、科学その他の學藝に

とり、あらゆる點に於て惠まれてゐた十八世紀の終りに不快な汚點を印することとなつた。

第十八世紀は生物學の領域に於ても亦重大な進歩を見た。尤も生物學なる語は未だ生れず、動物學及び植物學はアリストートルスの廣い包括的な語「博物學」の下に含まれ、地質學とも密接な關係をもつてゐた。一方生物學は、その母なる醫學と密接な關係にありながら、その動物學及び植物學に對する關係は一般に認められてゐなかつた。しかし、今や博物學は地質學・植物學及び動物學に分たれ、更に後の二つは生物學として纏められようとしてゐた。

今日の地質學は主として十九世紀の所産であるが、十八世紀の初めに岩石の知識に就ての貢獻が少數の人達によつて爲された。一七六五年、現在記録に残つてゐる最初の鑛山學校がザクセンのフライブルグに建設せられたが、そこにウェルナー A. G. Werner (一七四九—一八一七年) が現はれた。彼の名は十八世紀から十九世紀の初めにかけて、岩石研究者の間によく知られてゐる。彼の勞多き岩石の系統的試験は鑛石成分に基く分類に導いた。彼は單一な岩石を複成岩から區別し、岩石の主要成分なる鑛石と補助的なものとを分別して、近代の記述的岩石學 Petrography の基礎を据ゑた。岩石の起源に關しては、ウェルナーは水成論者 Neptunist であり、地殼は

水中に沈んでゐたと主張した。これに對して起つたのは他の一學派、即ち火成論者 Vulcanist であり、地殼は寧ろ火山その他これに類似の作用より生じたと論じた。

十八世紀の末、ヘヂンバラのハットン James Hutton (一七四一—一七九七年) 及び英國の測量家 スミス W. Smith は、かなり廣汎な範圍に互つて、化石とその分布及び水の浸蝕、その他の作用に關する忍耐強い精密な研究を行ひ、ハットンは「地球の理論」 Theory of Earth を、スミスは英國の地質圖を發表した。これ等はやがて一八三〇年に於けるライヘル Lyell の劃期的研究に對する基礎となつたのである。地質學は宇宙開闢論ではなくて、地球の物質に關する研究に限定さるべきことを主張したのは、ハットンが初めである。

十八世紀 (下)

動物の生活については、十八世紀の中葉に於てさへ、殆んど探究せられず、分類もせられてゐ

なかつた。動物學に於けるアリストートル、及び植物學に於けるテオフラストスの古い研究、十六世紀のゲスナー、十七世紀のレイ、ウイルビー、グリユー、マルピギ等の研究については既に述べたが、その後フランスの自然學者ブフオン及びスウェーデンのリンネに至る迄は、博物學に關する記録に於て何等の重要な研究をも見出さないものである。ブフオン Buffon (一七〇七—一八五〇年)の科學に對する特殊な貢獻は、博物學に關する彼の立派な著作と、彼の感動的な熱情とであつた。彼は分類せずただ記述したが、その著作「博物學」*Histoire naturelle* 中には既に進化の觀念の萌芽が見出されるのである。

リンネ Carl Linné (一七〇七—一七八八年) は、最初の最も有名な植物學者であり、植物の分類に秩序と體系とを與へてその比較研究を容易ならしめた。科學としての植物學を建設したのはリンネであるといつても決して過言ではない。彼はまた、動物及び礦物についても多くの研究をなした。彼の最大の功績は、類似と差異とを注意深く觀察すること、及び明瞭に、正確に記述することの重要なことを主張した點にある。この目的のために、彼は各種類の有機體に二語より成る名を與へることを主張し、所謂二名法 *binomial nomenclature* を採用した。その第一語は屬

genus を第一語は種 *species* をラテン語で記し、その次に通常命名者の名を附記する。これが所謂學名であり、彼の分類系統の基礎を成すものである。一七三五年には彼の大著「博物大系」*Systema naturae* の第一版が出版された。彼によつて多くの植物及び動物に與へられた學名は、今も尙學界を通じて一般に行はれてゐる。

比較解剖學の領域に於ては、キャンパー P. Camper (一七二二—一八九年) は、魚類の耳の三半規管 *semicircular canalis* を發見し、ドギール F. V. D'Agry (一七四八—一八四年) は、鳥類及び哺乳類の體制に關する廣汎なる研究を行つたが、科學としての比較解剖學はフランスのキューヴィエ H. G. B. de Cuvier (一七六九—一八三二年) に始まる。彼の研究範圍は著しく廣く、動物形態の全系統に互りて比較解剖を行ひ、その著作は實に脊椎・無脊椎動物の比較解剖學の最初の企である。彼はパリーの附近モンマルトル丘の石膏鑛山から發掘された脊椎動物の骨の化石を比較研究する機會を得、その後も各地から集められた各種の化石を研究した。かくして彼は比較解剖學の祖となつたのみならず、同時に脊椎動物の古生物學の創始者となつた。

尙當時の實驗動物學者としては、ジュネーブのボネー C. Bonnet (一七二〇—一八三三年)、イギリ

スの醫師ジョン・ハンター John Hunter (一七二八—一七九三年)、イタリアのスパランツァーニ Spallanzani (一七二九—一七九九年) などの名が知られてゐる。

本世紀に於ける生理學は、ハーヴェー及び顯微鏡學者達の後を受けてハラーの時代に入る。

ハラー Albrecht von Haller (一七〇八—一七七年) はベルンに生れ、ゲッチンゲンに於て解剖學、外科學、及び植物學を講じてゐたが、後には故郷に歸り、主として著述に耽り、遂に六十九歳にして斃れた。ハラーの主なる業績は、解剖學及び特に生理學であつた。彼以前には、生理學の各章を系統的に記述したものはなかつたが、彼はよくこの使命を果たした。即ち一七四七年には「生理學初歩」Prima linæ physiologiae を、次々一七五七年には「大生理學」Elementa physiologiae corporis humani を著し、その他解剖圖などの名著をも出した。彼は、筋肉の收縮性は從來考へられたやうに、神経を通じて送られるところの活精によるのではなく、神経系統或は身體そのものから分離されても筋肉は尙ほ固有の收縮性を有することを證明した。

尙近世醫學の基を開いた人にフランスのビシャー F. Z. Bichat (一七七一—一八〇二年) があつた。彼は解剖學及び生理學の研究に熱中し、更に動物試験によつて藥物の作用を究め、醫學の完

全な系統を樹立せんとした。彼は病的現象を臓器内の個々の組織を受ける變化に歸した。ビシャーは不朽の大著「生死に關する生理學的研究」を出し、尙「生理學及び醫學に應用したる一般解剖學」を著した。彼は初めて自然科學的方法を醫學の研究に應用した一偉人であつた。

植物生理學の領域に於ては、植物榮養の實驗についての最初の記録を作つたのはファン・ヘルモントであつたが、植物生理學の基礎を定めたのはヘールスである。彼は、綠葉植物がその食物の重要な要素を空氣中より得ることを證した。一七七九年には酸素の發見者たるプリーストリーは、酸素が或る條件の下に植物から發散することを示したが、同年オランダの醫師インゲンハウス Jan Ingen-Housz (一七三〇—一七九九年) はロンドンに於て、日光を水草に當てると酸素を出すことを見て、「植物は炭酸ガスを保存して酸素を戻す」ことの一大發見を發表した。後、ジュネーヴのド・ソーシエール N. T. de Saussure (一七六九—一八四五年) は、初めて植物の榮養を量的に研究し、植物體の大部分は空氣中の二酸化炭素より造られること、凡ての窒素及び鹽類は土壤中に水溶液として存するものより攝取し、體內では構成せられないことを發見した。

十八世紀より十九世紀に至る轉回期の醫學は、その根柢が動搖してゐたが、この時代に當りホ

メオパチー Homöopathie なる一新説が現はれて醫界に大なる影響を與へた。その創始者はハーネマン Samuel Hahnemann (一七五五—一八四三年) である。彼はマイセンに生れ、ライプツヒヤウキーンに遊び、その後故郷で開業したが成功しなかつた。彼は化學の知識に富んでゐたが、醫業の閑散なるに乗じて著述に従事した。偶々カレンの藥物學を翻譯する際にヒントを得て、「似たものが似たものを治す」 Similia similibus curantur なる治療原則をたて、之を療法上の公理とし、藥物を極めて少量に用ひるのが目的に適つてゐるとした。一八一〇年には「合理的醫學機關」 Organon der rationellen Heilkunde を著して、その學説をホメオパチーと名づけた。彼の新しい思想は重要なものであつたが、甚だしい獨斷をも含んでゐた。ハーネマンは、療法個人化を高唱し、また藥物の作用を健康體に就て研究することの必要を力説するなど、その學説は時代の上から觀て、遙かに時流に抽んでてはゐたが、彼の思想は誤解せられ、一方に偏して誇張せられ、非醫者によりて利用せられるに至つた。

醫學の理論が絶えず動搖してゐる間に、實地豫防醫學上に於ては、後世に著しい影響を遺した大発見があつた。それは牛痘接種(種痘)の発見である。真正の痘瘡に對して免疫するために人

爲的に天然痘を惹起する考へは、太古時代から傳はつてゐたが、この法によつては重症や死亡例も見られたのである。この時に當り、「人類が一たび無害な牛痘を經過すると、その後決して再び人痘に罹らない」との觀察は、人類に對する尊い福音であつた。

英醫ジェンナー Edward Jenner (一七四九—一八二三) は、天然痘流行時に於て搾乳婦の容易に之に罹らない事實を見て、「搾乳婦の大多數は牛痘を經過した者である」との理由を以てこの現象を解釋しようとし、その事を師ジョン・ハンターに話すと「考へてばかりゐないで、試みるがよい」と誠められた。爾來彼はこの考へを抱きながら二十年間慎重に事實を觀察した後、遂に一七九六年、試みに牛痘に罹つた一婦人から採取した痘瘡の内容を一男兒に接種し、その全治した後に更に真正の人痘を接種したが、この小兒は遂にそれに罹らなかつた。之によつて一たび牛痘を經過すれば、真正痘瘡に罹らないことが實際に證明されたのである。次で一七九八年ジェンナーはこの発見を著書として公表したが、世人の無理解なるために激烈な反對を受けた。彼はロンドンに出でて彼の實驗を友人等に説明しようとして試みたが、誰一人の相手にする者もなく、無論種痘を受けようとする者もなかつた。彼は痘苗を友人の醫師に與へて郷里へと歸つた。併しそ

の後ジェンナーの発見は漸く學界の注意を惹くに至り、次第に禮讀者が現はれた。一八〇三年にはローヤル・ジェンナー研究所が設置されて痘苗の無料配給が圖られ、一八〇八年には英國議會は二萬ポンドをジェンナーに贈與し、且つナショナル・ワクチン研究所を設立して益々種痘の普及を圖つた。尙世人の頑迷を打破して種痘の普及を促したのは實にドイツの醫師フーフェランド C. W. Hufeland 及びストローマイヤー L. Stromeyer の功績である。

當時我が國に於ては前野良澤（一七二二—一八〇三年）、杉田玄伯（一七三三—一八一七年）及び大槻玄澤（一七五七—一八二七年）等の醫者が出で、良澤及び玄伯は一七七四年（安永三年）「解體新書」を刊行した。

科學の應用と諸発見、蒸氣機關はニューコメン T. Newcomen のものを最初とするが、彼の機關は半ば蒸氣、半ば大氣壓を應用したもので、長い間鑛山の坑内の水を汲上げるのみに用ひられてゐた。英人ワット James Watt（一七三六—一八〇九年）がそれを改造して蒸氣機關を完成したのは一七六五年であり、それはブラックの熱・蒸氣・蒸發・熱量の測定に關する科學的研究に力強く助けられたのである。その頃までは殆んど何處に於ても、機械はすべての手足によつて動

かされ、従つて労働者の各個の家庭に於て容易に運轉せられてゐたのであるが、それ以後、機關は労働の主要な手段となり、家内労働に代つて工場労働を齎らしたのみでなく、やがて交通機關の改良ともなつたのである。

水力及び蒸氣力の應用と殆んど時を同じうして、諸種の發明が一時に勃興した。アークライト Sir Richard Arkwright（一七三二—一八二一年）の紡績機は、精紡機や力織機と共に創られ、一方紡織の方面に於ては、これらに應じて綿繰機がホイットニー E. Whitney によつて發明せられ、從來の如く手を以て綿の纖維を加工する緩慢な方法に代つた。石炭の利用は急激に増大し、應用化學も亦、現はれ始めた。即ち燈用のガスは一七九二年英國サルフォードに於てムルドック W. Murdock によつて製造せられた。

一方、この世紀の終りに於けるガルヴァニ L. Galvani（一七三七—一七九八年）及びヴォルタ A. Volta（一七四五—一八二七年）の電池の發明は、それ以後の時代をして電氣の時代たらしめる第一歩であつた。ガルヴァニはボロニア大學の解剖學教授であつたが、一七九一年、蛙の脚が二種の異なつた金屬の結合されたものに觸れると痙攣を起すことについての彼の實驗を記述し、こ

れを一つの電気現象に歸した。それより一年後に、同じくイタリーのヴォルタは、その力は異種の金屬の接合點に起るもので、それは電氣的なものなることを巧みに證據立てた。しかしその効果は極めて微かなものであり、大した注意を惹かなかつたが、一八〇〇年に電池を發明して極めて著しい効果を生ぜしむるに至り、甚だしい注意を喚起した。電位差の實用單位たる「ヴォルト」なる語は彼の名より始まつたのである。

我が國に於ては平賀源内（一七二九—一七七九年）は長崎に於て電気の説を聴き、江戸に歸つて起電機を自製した。之は俗にエレキテルと呼ばれ、それ以來科學についての興味が江戸・大阪その他の地に弘まつた。

フライブルグに於ける最初の鑛山學校（一七六五年）については既に述べたが、最初の土木學校は一七四七年パリに建てられ、またこの世紀には、新大學がエール（一七〇一年）、ゲツチンゲン（一七三七年）、プリンストン（一七四六年）、ボン（一七七七年）及びブルッセル（一七八一年）に建てられた。

我が國の江戸時代に於ては國文學が盛んであり、平民文學も亦大に起つて多數の著名な文人を

一四三—一四八頁

巻下



である。

熱が物質的な流體であるとの信念は多年流布せられて來たが、アメリカ生れの **ルンフォード** B. T. Rumford (一七五三—一八一四年) は一七九八年ミュンヘン滞在中大砲の改良について研究し、砲身に孔を開ける際に熱の發生することより、力學的仕事と發生熱との間に密接な關係のあることを示した。またフランスの **カルノー** N. L. S. Carnot (一七九六—一八三二年) の研究は熱の理論に於て劃期的のものであつた。彼は云つた。「溫度の差があり、次でそれが平衡に歸する場合には常に力が發生し得る。水蒸氣も一つの手段であるが、これのみが唯一のものではない。固體、例へば金屬の棒も、交互に熱したり冷したりする時は伸びたり、縮んだりし、従つてその兩端につけられた物體を動かすことが出来る」と。彼はこの全過程を説明して、用ひられた熱の一部分は失はれ、一部分は仕事に變ずるところの一サイクルとして表はした。彼の名はカルノーの循環過程によつて知られてゐるが、之に依つて熱力學の基礎が築かれ、熱を物質とする考へは捨てられて、熱の仕事當量が略決定せられるに至つた。エネルギー恒存の一般的觀念はかくして進められたのであるが、それが完成は主としてイギリスの **ジュール** J. P. Joule (一八一

八一八九年)並びにドイツのマイヤー J. R. v. Mayer (一八一四—七八年)及びヘルムホルツ H. L. F. von Helmholtz (一八二二—九四年)によるのである。ジュールは醸造家で専門の科學者ではなかつたが、熟練・正確な實驗家であり、年を追うて、凡ての變換の仕方に於ける機械的仕事と熱との相當完全な量的證據を示した。一八四二年醫者であり、物理學者であつたマイヤーは初めてこの法則が普遍的に適用せられ得ることを述べたが、この新理論に確乎たる基礎を與へたのは、ヘルムホルツが一八四七年にベルリンの物理學會に於て公にした有名な論文「力の保存に就て」Ueber die Erhaltung der Kraft であり、それによつてエネルギー恒存原理の一般性と科學のあらゆる分科への適用性が明かにされたのである。

次でエネルギー恒存の原理とカルノーの熱力學の法則とを調和して熱力學第一及び第二法則の樹立に至らしめたのは、ドイツのクラウジウス R. J. E. Clausius (一八五〇年)及びイギリスのヤンソン W. Thomson (ケルビン Kelvin 卿) (一八五一年)である。この法則は、エネルギーの全量は一定であること(第一法則)、及び熱はそれ自身低溫度より高溫度に移り得ないこと(第二法則)を認めるものである。これら二個の經驗的原理は、所謂自然法則の中で最も確實に定立

せられたものであり、この原理の設定は十九世紀に於ける理論物理學の最大の勝利である。しかもジュールの論文に對してはローヤル・ソサイティーが、ヘルムホルツの論文に對しては雑誌 Poggendorff's Annalen が幻想的思索としてその掲載を拒んだのであつた。

熱と機械的仕事とが互に變換し得ることが認められると同時に、物理學者は熱そのものの機械的理論を求めねばならなかつた。そして熱は物質の微粒子若くは分子の運動エネルギーより成るとする假説は、ドルトンが原子説を導入して以來一般に受容されたのであつた。この理論を發展せしめるために、物質の最も簡単な状態である氣體の運動の理論がクラウジウス、マクスウェル及びボルツマン L. Boltzmann 等の研究によつて非常な發展を遂げた。

尙本世紀の末期一八九五年に行はれたドイツのレントゲンによるX線の發見は、これに續いたフランスのベックレルの放射能及びマダム・キュリーのラヂウムの發見、イギリスのトムソン J. Thomson による電子の確認の導火線となつた。そして十九世紀に於ける此等の諸發見は悉く現代科學の發達の豫備的發見となつたのである。

レントゲン W. C. Röntgen (一八四五—一九二三年)の發見したエックス線は、發見後直ちに

一般醫術に應用せられ、次で原子及び分子物理學に長大の進歩を促し、斯學をして新局面を展開せしめたるは、驚嘆すべき成功といはなければならぬ。彼の發見はウ・アルツブルグ大學在職時代に成れるものである。それより先き、英人クルックス *W. Crookes* は高位の電流を眞空管中に放電したるに、その陰極より一種の光線の放射せらるるを發見したのであるが、専ら管内の現象にのみ注意を向け、エックス線そのものを看破しなかつたのである。然るにレントゲンは、肉眼に見えない光線を得るために、クルックス氏眞空放電管を不透明な紙を以て包み、然る後管に放電したところ、恰も偶然室内數メートルを隔てたところにあつた青化白金バリウムの障壁が忽然として輝き出でたるを見、X線の發見となつたのである。

佛人ベックレル *A. H. Becquerel* (一八五二—一九〇八年) の家は代々螢光の研究によつて名高い家柄であつたが、一八九六年に全然異なる源より同種なる放射線を發見した。彼はクルックスの眞空管放電によつてガラス管が螢光を發するに注目し、螢光體が一般に陰極線を變じてエックス線となすに非ざるかを疑ひ、先づウラニウム鹽を黒紙にて包みたる寫眞板上に置き、之に太陽光線を當てたるに、寫眞板のウラニウム鹽に相接せるところに感光せるのを見た。その後太陽

光線に觸れないウラニウム鹽も亦依然として寫眞板に感光することを偶然に發見したのである。そしてウラニウム鹽の感光力は、その中のウラニウムの含有量に正比例するのを見たが、獨りピッチブレンドなる鑽石のみは、そのウラニウム含量の數倍に匹敵する感光力を有つてゐた。茲に於てベックレルはその化學的分析をマダム・キュリーに依囑したのである。

ポーランド生れのキュリー夫人 *Marie Curie* (一八六七—一九三四年) は、二十五歳の時パリに赴きてソルボンヌ大學を終へ、放射性物質に關する研究に従事してゐたが、ピッチブレンド(八〇%の酸化ウラニウムより成る)を分析して、それより非常に強力にしてウラニウムの四百倍の放射能を有する新元素を發見し、之を祖國の名に因んでポロニウムと名づけた。後、夫人は尙も困難なる研究を遂行して、更にそれよりも強力なる新元素を發見し、之をラヂウムと命名したの是一九〇二年のことである。

十九世紀 (中)

化學。は從來主として互に無關係な事實の蒐集に過ぎなかつたが、分光器、エネルギー恒存の原理、原子論、氣體の運動論及び分子構造の研究などの助けによつて、次第に物理學や數學と肩を並ぶるの域に近づいた。一面に於てその有機界との關係も、炭素化合物の研究によつて一層明瞭となつた。かくて十九世紀の化學は主として次の如き特質を示した。即ち化學反應に於ける基礎的な量的諸關係の發見、原子、分子及び原子價に關する理論の發達、有機化合物の合成、化學構造に關する觀念の發達、元素の週期的關係及び諸特性の發見、電氣化學の進歩並びに物理化學の基礎づけ等である。

十九世紀に於ける化學研究は實驗室の建設によつて多大の刺激を受けたが、一八二六年獨逸ギーセンに於けるリービッヒ J. F. v. Liebig (一八〇三—一七三年) の研究室はその先驅であつた。

彼は、すべて青い野菜の營養物は無機物であるといふ説を出して、當時の理論家及び實際家を驚かした。彼は農藝化學の始祖である。

近代化學の父ラヴォアジエの後を繼いで、十九世紀の初めに原子説を提げて出現したのは英のドルトン J. Dalton (一七六六—一八四四年) である。物質が究極に於て個々の微粒子、即ち原子より構成されてゐるといふことは哲學的な思索に過ぎなかつたが、ドルトンはこの假定が如何に實驗的觀察に一致するかを多數の分析によつて確かめた。彼は云つた。「我々が起さしめ得るあらゆる變化は、ただ既に結合されてゐる原子を分離せしめること、及び豫め分離してゐる原子を結合せしめることのみである」と。

酸素と水素とが化合して水を生ずるといふ現象は以前から知られてゐたが、一八〇五年に佛のゲーリュースァック J. L. Gay-Lussac (一七七八—一八五〇年) の行なつた實驗により、酸素の一容積に對し、水素の約二容積を以て化合の起ることが明かとなつた。尙彼は多くの氣體の反應に就て次の重要な法則を見出した。即ち氣體が反應する場合には、その各々の體積は常に極めて簡單な比を示し、その化合物の體積も (もし氣體ならば) 成分の體積に對して簡單な比を示すもの

である」と。

しかしドルトンの原子説とゲーリュースクの氣體反應の法則との間には、原子の上に尙一つの微粒子、即ち今日の分子なる觀念なしには矛盾が起るので、この矛盾を説明せんがために一八一一年伊の**アヴォガドロ** Avogadro (一七七六—一八五〇年)は次の假説を立てた。即ち「總ての氣體及び蒸氣の同容積は、同溫度同壓力の下に於ては同數の分子(彼は完全原子 integral atom と呼んだ)を含む」と。之が有名なアヴォガドロの假説である。併しその論文は難解であつたためにこの説は容易に學界の承認するところとならなかつたが、伊のカニツァーロ Cannizzaro (一八二六—一九一〇年)は一八五八年に小冊子を印刷してアヴォガドロの分子説を詳説し、次で一八六〇年に開かれた化學者の會合に於て之を説明したので初めて世に知られた。この頃から分子は機械的分割によつて得られる物質の最小粒子であり、原子はそれが構成してゐるところの分子を更に分割することによつてのみ得られる。そして同じ原子の結合によつて出來た分子はその元素自身の分子であり、異なつた原子の結合による分子は化合物の分子であると考へられるに至つた。

十九世紀の初頃に至る迄は有機物と無機物との間には劃然たる區別が存在し、有機物の性質は

神祕的な生命力といふやうなものによつて決定されるものと考へられてゐた。然るに一八二八年獨のゲッチンゲンの**ウェーラー** L. Wöhler (一八〇〇—一八二二年)は動物體內の生成物なる尿素を無機物から合成することに成功した。この發見は從來考へられてゐたやうな有機體と無機體との區別を否定するものであり、科學としての有機化學は實にこの時に始まるのである。この實例によつて、化合物の性質は、原子の性質及び數によるのみでなく、分子内に於ける原子の配列にも依ることが示された。即ち物質の性質はその構造によつて異なるものであり、今日有機化學者は十萬以上の化合物を造り、その構造を決定してゐるが、物質の合成が成功するためには、普通先づその構造が明かにされてゐなければならぬ。今二三の合成の例を擧げると、アニリンは一八四〇年に藍の分解生成物として得られたが、後にコルタール中のベンゼンから製造せられ、一八五六年には粗製のアニリンを酸化してモーヴを得たが、之は最初のアニリン染料である。また一八六八年には、從來茜草の根から製出されてゐたアリザリンが合成せられ、一八九〇年には初めて藍が製出せられた。

一八一九年佛のピオー J. B. Biot (一七七四—一八六二年)は、一平面に偏つた光線が或る有

機物質を通過する際に、その平面を廻轉せしめることを観察したが、一八四八年、後に醸酵の問題を解決して細菌學の祖となつたパスツール Pasteur は、普通の酒石酸は偏光面を強く右に廻轉するが、或る酒石が酸となつたラセミ酸と稱ふるものは、他の凡ての性質に於て全く酒石酸と一致するも、光學的には不旋光性なることを見出した。彼は研究の歩を進めてこのラセミ酸は光學的性質に於て正反對な二種の酒石酸の等量混合物なることを知つた。彼は更に旋光性有機物が左旋性及び右旋性の二種の形態の結晶を作ることを見出し、これら一對の物質に於て、原子の配列は或る場合に恰も一つの結晶が他のものの鏡像とならねばならぬことを結論した。一八七四年オランダのファン・ト・ホッフ Van't Hoff (一八五二—一九一二年)及びフランスのル・ベル Le Bel (一八四七—一九三〇年) は各獨立的に、旋光性有機物は少なくとも一個の所謂不齊炭素原子を有たねばならず、炭素がその不齊性でなくなると共に旋光性の失はれることを示して、この現象を完全に解説した。

ファン・ト・ホッフが不齊炭素の説を提出して光學的異性體の問題を解決したのは、實に年齒漸く二十を過ぐる頃であつた。彼は後に氣體平衡・滲透壓など、獨のオストワルド F. W. Ostwald (1

八五三—一九三二年)と共に物理化學方面の研究に力を注いだ。

諸元素の原子量の知識が漸次に増大するに連れ、當然之をそれ等の化學的及び物理的性質、即ち親和力・比重・比熱等と結合せしめようといふ試みが起つた。一八六四年に至り、英のニュールンツ Newlands は諸元素を原子量の順に排列して見ると、その何れを出發點としてもそれより數へて第八番目は同性質の元素に立ち還ることを發見し、之をオクターヴの法則と名づけた。その頃獨のロタール・マイヤー Lothar Meyer 及び佛のド・シャヤンクルトア De Chancourtois も同様の見解を抱懷してゐたが、之と獨立にロシアの化學者メンデレフ Mendeleeff (一八三四—一八〇七年) は、一八六九年當時知られてゐた七十餘種の元素を原子量の順に排列する時は八つ目ごとに甚だ類似した元素の位することを見出し、之を圖示して元素の週期律を發表した。之は無機化學に於ける劃期的な發見であり、その結果は二三の新らしい、從來豫想もせられなかつた元素の發見へ導いた。即ちガリウム、スカンジウム及びゲルマニウムの發見となつた。尙この週期的分類は多くの元素の原子量の正確な値を定めるためにも役立つたのみでなく、近年に至り、この週期律は近代に於ける輝かしい物理學的の諸發見並びに諸理論と深い關係を有つものなるこ

とが明かとなつた。

十九世紀の後半に於ては溶液及びその電解作用の研究によつて、物理學的及び化學的現象の廣い範圍に互つて多くの事實が見出された。例へば電流による物質の分解により、ナトリウム及びカリウムの如き元素が初めて分離せられた。既に電氣學の部に於て述べたファラデーは、或る一物質の電流によつて分解せられる量は全くそれに通じた電氣の量のみに関し、また異なる物質に就ては、電極に於て遊離せられる量はその化學當量に比例することを證明した。電氣分解なる名稱は彼に始まるのである。彼の證明に基づいて、銀・銅などの鹽類溶液の電氣分解を行ひ、その際遊離せられた金屬の重量から電氣量を求めることが今日でも行はれてゐる。

その頃迄は鹽・酸及び鹽基は唯電流の通過によつてのみ分離すると考へられてゐたが、クラウジウスは電氣分解の現象を研究する中に、これ等の物質は實は普通の溶液中に於ても既に電離せられてゐることを假定するに至り、ファラデーは荷電せられたこれらの部分分子にイオンなる名稱を與へた。尙スウェーデンのアルレニウス S. A. Arrhenius (一八五九—一九二七年) は、稀薄な溶液中に於ける鹽は唯だ僅かだけ電離してゐるものでなく、殆んど完全にイオンに電離してゐることを證明した。之はアルレニウスの電解質の電離の理論 (一八八七年) として有名である。

尙十九世紀後半に於ける化學反應の速度及び化學平衡の研究は、次第に所謂質量作用の法則及び重要な熱力學的諸關係の發見に導いた。化學行程に於ける平衡の概念は實に物理化學の中心を成すものであり、それに関してはアメリカニューヘヴンのギブス J. W. Gibbs (一八三九—一九〇三年) の名が知られてゐる。

一八二九年に氣體の擴散速度と密度との關係を示す法則を發見した英のグラハム T. Graham (一八〇五—一八六九年) は後に溶解質の擴散速度を動物質の膜を通じて實驗し、この研究によつて物質を、鹽類の如くに速かに運動する結晶質と、アラビアゴム又はゼラチンのやうに遅く運動する膠質とに分けたが、膠質 (コロイド) 化學は近代に至り生物學及び醫學の方面に於ける進歩の基礎となつた。

我が國に於ては幕末の蘭醫にして博物學者たりし宇田川榕庵 (一七九八—一八四六年) は率先して化學を研究し、一八三七年 (天保八年) 「舍密開宗」を著はしたが、我が國化學の源流は實に榕庵に發すといふべきである。彼は植物學を以て醫學に入る門なりとなし、科學を學ぶことは人

道に一致すると解してゐた。

地質學の方面に於ては、ハuttonの後繼者にライエル Sir Charles Lyell (一七九七—一八七五年) を得たことは幸福であつた。ライエルは彼の先驅者の理論を系統づけ、新事實を集め且つ一八三〇年に發表せられた彼の「地質學原理」The Principle of Geology を通じて當時の研究者を指導した。ライエルの主要な貢献は、地球の表面及び内部に於て過去に働いた力は現在働きつつあるものと同じであるとの説の發展にあつた。即ち彼は天變地異説(激變論) Catastrophism を打破して、天律不變説(宇宙齊一論) Uniformitarianism を建設した。

絶滅した生物の殘骸として化石が一般の注意を受けるやうになつて以來、それは二つの觀點より研究せられた。即ち研究者の一群なる層位學者達は、地質の世代及び相對的年代を決定し得る對象として化石に興味をもち、また古生物學者達は、生命形態の起源・發達及び進化の問題に關聯して化石に大いなる價值を見出した。

一八〇〇年(寛政十二年)我が國に於ては下總佐原の伊能忠敬(一七四五—一八一八年)は、日本海岸線の測量に着手し、十七年間の實測を経て「大日本沿海輿地圖」を著した。之はその

後に現はれた日本全圖の原因となつたものである。

十九世紀 (下)

生物學 第十九世紀に於ける生物學の最高標は、いふまでもなくダーウィンの「種の起源」であり、十九世紀前半の生物學は之に備へ、後半の生物學はこれを發展せしめ、全世紀をして進化論の世紀たらしめた觀がある。

進化の概念の萌芽は既にプフツォンの著書「博物學」中に見出されることは既に述べたが、次でチャールズ・ダーウィンの祖父エラスマス・ダーウィンが出で、ラマルクに至る。英のエラスマス・ダーウィン Erasmus Darwin (一七三一—一八〇二年) は醫を業としつつ博物學に興味を持つてゐたが、一七九四年には Zoonomia を著し、生物の進化は外界の直接の影響によつて變化するのではなく、生物内にある外界の變化に反應する力によるとした。佛のラマルク Jean de Lamarck

(一七四四—一八二九年)は近代的意味に於ける進化説の唱導者として有名である。彼は一八〇九年に「動物學」Philosophie Zoologique を著して、種を絶對不變のものとする思想は、自然界に於て實際に認められる所に反することを示し、動物の漸次に變化するのは主として各器官の用不用に基づくものであるとした。その後、佛のサンチニヤ G. St. Hilaire (一七七一—一八四四年)及び獨のゲーテ Goethe が出で、英のハットン、ライエルと共に進化の思想を助けた。

この間我が國に於ては植物學者小野蘭山(一七二九—一八一〇年)を出した。彼は「本草綱目啓蒙」を編述した外、中央日本の山地を跋渉して植物を採集研究し、「草本」二卷、「木本」四卷を著した。尙その著「花彙」は後に佛譯せられ、一八七三年パリに於て出版せられた。我が文化・文政(一八〇四—一八二九年)の頃には蘭學と共に蘭醫方が益々發達しつつあつたが、一八二三年(文政六年)にはドイツ人シーボルト P. F. von Siebold (一七九六—一八六六年)がオランダの醫官として長崎に來り、我が國の植物・動物及び人類學等を研究し、その著書には日本動物誌 Fauna Japonica 及び日本植物誌 Flora Japonica 等がある。

またこの頃江戸末期の醫者飯沼慾齋(一七八三—一八八五年)は五十歳にして有名な「草木圖説」の著に着手した。この書は三十一卷より成り、リンネ様式に則つて日本産植物を圖説したもので、本邦植物學はこれより漸く舊態を脱する緒についたのである。

十九世紀に於て初めて航海・遠征及び探檢が、自然に關する知識の改善なる特殊な目的のために企てられた。その最初のものゝ獨のフムボルト A. v. Humboldt の試みである。彼は一七九九年より多くの海陸の大旅行、大探檢を行ひ、それによつて後年彼の記念碑たる「宇宙」Kosmos を發表することが出來たが、この書は自然哲學、博物學上の觀察及び反省を以て充たされてゐる。一八〇一年には、顯微鏡下に於ける微分子の所謂ブラウン運動によつて記憶せらるる英國の植物學者ブラウン Robert Brown (一七七三—一八五八年)はオーストラリアの探檢に加はり、約四千の新種植物の標本を持ち歸つた。しかし最も收穫の多かつたのはダーウィンの有名なビーグル號の太平洋航海であつた。これらの科學的諸探檢の結果は、この地球上に於ける動物並びに植物の無限の豊富さ、多様さ、驚くべき四圍の諸條件に對する有機物の適應を示すこととなつたが、これらすべては「如何にしてこれらの適應が生ずるか」・「種の起源は何か」といふ困難な問題を再燃せしめたのである。

チャールス・ダーウィン Charles Robert Darwin (一八〇九—八二年) は、英國の西部に醫師の第六番目の子として生れ、醫學を修めんとして途中で止め、神學を學び、地質學を勉強した。大自然に對する情熱は彼をして無給の博物學者としてビーグル號に乗船し、一八三一年より三六年まで約五年間世界を週航せしめたのである。彼は多數の材料を蒐集して歸國の後、病弱の身となり、ロンドン郊外のダウン村に居を占めて規則正しい生活を送りつつ、自説を確めるために盛んに動物及び植物を飼育栽培し、人文史上特筆すべき名著を公けにし、七十三歳まで生きた。

一八五九年にはダーウィンの二十年間の研究の結果なる「種の起源」 Origin of species が出版され、多數の例證を擧げて進化を立證し、自然淘汰を以て進化の原因の主なるものとした。この思想は航海中特に南米に於て氣づいたものであるが、ライエル並びにマルサス Malthus の人口論に負ふところが多いといふ。ダーウィンが種の起源を公けにする一年前即ち一八五八年、當時マレー群島を跋涉してゐたウォレス A. R. Wallace も亦同様な進化の概念を得てその論文をダーウィンに送つたのであるが、ダーウィンは自己の説とウォレスの結論とが同一なるに驚喜し、自説の發表を後廻しとして彼の論文のみを雑誌に掲載しようとした。當時ライエルその他の學者はそ

の論文と一緒に自己の論文をも發表すべきことを勸告したが、ダーウィンは之に對して眞理の發表は誰がしても同じであると云つたといふ。このことあつて後、ウォレスは自然淘汰説を以てダーウィンの進化説 Darwinismus としたことも學界の美談として傳へられてゐる。

ダーウィンの大著述は世界中の批評と反對とを捲き起したが、彼の友人なる自然科学者達、即ち英のハックスレイ Huxley、ライエル、アメリカのグレイ Asa Gray 等は力強くその説を支持した。ダーウィンは人間の起源については簡單に記したのみであつたが、ハックスレーは人猿の關係をも明白に述べた。尙獨のワイスマン A. Weismann (一八三四—一九一四年) も亦ヘッケル E. Haeckel (一八三四—一九〇三年) と共にダーウィン説を主張した。またスペンサー H. Spencer (一八一〇—一九〇三年) は、ダーウィンの生存競争 Struggle for existence なる語に對して適者生存 Survival of the fittest なる言葉を用ひた。

哺乳動物が下等動物と全く同様に卵より生ずることを發見したのは、ロシアの動物學者フォン・ヤア K. E. von Baer (一七九二—一八七六年) である。彼は一八二八年比較胎生學に關する最初の重要な研究を發表し、動物の幼時はその先祖の幼時に類することを高調した。彼の説は胎

生學的進化として知られ、かくして近代發生學の祖となつた。

遺傳に關する劃期的實驗を行つたのはメンデル J. G. Mendel (一八二二—一八四四年) である。彼はオーストリアに農家の子として生れ、僧院に入つたが、一時ウィーンに於て數學及び博物學を學んだ。彼は「えんどう」その他の植物を栽培して有名な雜交實驗を行なつた。メンデルの研究は一八六五年に名もない博物學雜誌に發表せられ、その後彼はその研究を棄てて僧院長となつた。かくして生物學に一期を劃した彼の科學的研究は早く終りを告げ、今日遺傳に關する有名なメンデルの法則と呼ばれるものは、一九〇〇年に至り他の生物學者、即ちド・フリース H. de Vries (オランダの植物學者で、突然變異説の提唱者)、コレンス G. Correns (ドイツ) 及びチルマック E. von Tschermak (オーストリア) によりて三十五年前の彼の古き論文が世界に紹介せられる迄、全く科學として知られずにあつたのである。

生理學 十七世紀に於けるハーヴェー (英)、十八世紀に於けるハラール (獨)、ビシャール (佛) 等の人々の生理學の研究の上に今やドイツのヨハネス・ミュラー Johannes Müller (一八〇一—一八五八年) の研究が附け加へられた。彼は實に多方面で、プランクトン學の祖と云はれ、動物の記

載、比較解剖 (圓口類の如き)、發生學、特に比較生理學を開き、また生理學的心理学の基礎を据えた。彼は生氣論者であつたが、研究方法は物理化學的であつた。一八三三年から四〇年に互つて現はれた「人體生理學」なる名著には、斯學の全題目を新鮮にして且つ全く科學的な基礎の上に置き、従つてミュラーは近代生理學の創建者と呼ばれた。彼は哺乳類を生きたまま實驗するのを嫌ひ、下等動物を研究材料に用ひた。ヘッケルはミュラーの弟子で、元氣の銷沈する時にはミュラーの肖像を見て激勵されるといつてゐるのを見ても、如何に彼が教師としての感化の大なりしかを視ふことが出来る。尙彼の門人にはデュ・ボア・レーモン Du Bois Reymond (一八一八—一八九五年)、ルードウィヒ Ludwig (一八一六—一八九六年) 等がある。デュ・ボア・レーモンは電氣を以て筋肉・神經を刺戟して研究することを始めた人、ルードウィヒは生理の研究にキモグラフィオンを用ひて曲線を畫く装置を考案した人である。かくして十九世紀を通じ、ヨハネス・ミュラー及びその門下の説は、殊にドイツに於ては、生理學研究に對する力強い刺戟となり、手引となつた。

フランスに於ても生理學はクロード・ベルナル Claude Bernard (一八一三—一八七八年) の研

究によつて名聲を贏ち得た。彼はローヌ河に近い貧困な百姓の子として生れ、牧師の世話で勉強し、リヨンの藥屋に奉公した。後パリで貧苦と戦つて醫學を修め、マジエンデー Magendie の助手となつた。彼は動物體の新陳代謝を研究し、肝臓が膽汁の製造所たるばかりでなく、糖分をグリコゲンとして貯藏すること、延髓を刺すと糖尿病を起すこと、脾臓の消化との關係、血管神經に就て等の研究があり、内分泌とは彼の造つた名である。ベルナール以前には、體内の各器官はただ一つの作用のみを持つと考へられてゐたが、彼以後は動物諸器官の間に於ける相互關係及び複雑性が確認せらるるに至つた。

我が國に於てはシーボルトの門人にして後に幕末の志士として活躍した高野長英（一八〇四—五〇年）は一八三二年（天保三年）に「醫學樞要」なる生理學書を著した。

十九世紀以前に於ては病氣は不可解な神祕として考へられ、種々な流行病や疫病は明白な理由なしに現はれては又去つて行つた。然るに一八三五年の頃に至り漸やく今日見る如き優れた複式顯微鏡が現はれ、その後いくばくもなくこの新顯微鏡によつて極めて豊富なる發見が始まつた。即ち一八三九年にはシュライデン Schleiden 及びシュワン Schwann の細胞理論が現はれ、一八三

七年には酵母菌が再び發見せられた。また蠶の傳染病なる蠶硬化病の寄生菌はバシ Bassi によつて研究せられ、人間の傳染病たる白癬 Favus が黴に類する植物性寄生物によることはシェーンライン Schoenlein によつて解決せられた。尙一八四六年には細胞の原形質が初めて記述せられ、ホーアンベルク C. G. Ehrenberg（一七九五—一八七九年）は、顯微鏡的の植物及び動物に於て多くの重要な研究をなした。彼は下等生物の分類を企てたが、彼の著書中には bacterium, spirillum なる語が初めて用ひられてゐる。

動物細胞の發見につれ、その必然の結果として、學徒は屍體に於ける肉眼的所見を顯微鏡的所見によつて補足し、以て最も微細な部分に至るまで病機を追跡せんと努力した。この問題を徹底的に解決したのは獨のウイルヒウ Rudolf Virchow（一八一二—一九〇二年）である。かの有名な細胞病理學は彼のベルリン大學に於ける二十回の講義で、一八五八年に出版されたものである。彼は癌の發生原因に關して所謂刺戟説を唱へた。（この説に基づき、後に山極勝三郎は家兎の耳に長い間繰返しコールタールを塗つて一九一九年初めて人工的癌發生に成功した。）

一八三七年に於ける酵母菌の再發見の後、酵母が酒精醱酵の原因たることを證明したのは主と

してフランスのパスツールであつた。パスツール Louis Pasteur (一八二二—一九五年) が酒石酸の偏光について研究したのは助手時代のことであるが、後パリーの師範學校に化學教授たりし頃には、有名な微生物論を公けにして、醱酵及び腐敗作用は下等生物によつて起ることを確證した。また尖端を曲げて封じた硝子管を用ひて試験を行ふことにより生物自然發生説を根本的に否定し、「一切の菌は自然に發生することなく必ず既存の微生物から發生するものである。それ故に無菌液は之に空氣を近づけない限り永久に無菌である」ことを證明した。同時に彼は諸種の菌を殺す爲に要する溫度を定め、且つ二三の菌は嫌氣性であつて、その生活に必要な酸素を空氣中に求めないで、酸素に富んだ含水炭素化合物を分解して之を取ることを證明し、これを實地に應用して葡萄酒・ビール・牛乳等の所謂パスツール氏殺菌法を考案した。また彼は蠶の微粒子病の病原とその豫防法とを發見した。その後、パスツールは炭疽病(脾脫疽)の原因を研究し、人工的に毒力を減弱した病原菌を用ひて豫防接種を行ふことに成功した。(一八八一年) 續いて彼は、同様の方法によつて、鶏コレラ、豚丹毒、最後に狂犬病に對する豫防の目的を達した。パスツールが狂犬病の研究に着手したのは一八八二年で、既に六十歳を越えてゐた。彼は一

日狂犬を研究所に捕へ來つてその唾液を兎及びモルモットに注射し、幾多の試験の後にその病毒は神経中樞に存在するとの確信を得、狂犬の腦を家兎の腦に接種したところ三週間の後に兎は麻痺を起して斃れたのを見た。それより狂犬病毒を兎に接種すること幾百回、偶然にもその潜伏期の短縮するを見、此病毒を犬に接種して病毒の弱まつた事を證明した。その後尙彼は家兎に接種した狂犬病毒を乾燥することを試み、遂に十四日間乾燥する時は全く無毒となるを知つた。かくて狂犬病の試験に取りかかつてより僅かに第三年目の終りには、既に家兎通過と乾燥とによりて得た弱毒のワクチンを注射した犬は全く免疫となり、之に強毒を接種しても發病しないことを證明し、彼の努力は酬ひられたのである。一八八五年には狂犬病豫防の最初の注射が小兒に行はれ、その兒は發病を免れたので、この新發見は全歐に喧傳せられたのであつた。フランス國民は彼の功績に酬ゆるために、資を全國に募つて一八八八年パスツール研究所を建て、彼をその所長に推した。

一八九二年パスツールの七十回の誕生の祝が盛大に催された際、彼は立つて一場の演説を試みたが、最後に彼は青年學徒の一團に向ひ聲を張り上げて云つた。「吾が青年よ、安逸なる勿れ、

非難攻撃に遇うて失望する勿れ。研究室と圖書室の靜肅なる平和に生きよ。而して汝等先づ自ら問へ、吾は何を爲せしか、祖國のために盡すところありしかと。かくて汝は人類の進歩と繁榮のために盡したることを思ひ得る無限の幸福を感じるまで勵めよ」と。

その頃エディンバラに住んでゐた英人外科醫リスター L. J. Lister (一八二八—一九一二年) は、パストールの發見によつて、初めて空氣中の微生物が化膿の原因なることに想到し、防腐劑使用の外科術を創めた。之より防腐法は漸次に發達して遂に今日の無菌法を生んだのである。これは人類に對する最も尊い福音の一つであり、十九世紀科學の最大の勝利の一である。

しかし近代細菌學の開祖としてはドイツのコッホ Robert Koch (一八四三—一九一三年) を挙げねばならぬ。彼は初め片田舎の一開業醫であつたが、パストールの病原微生物體の話聞き、またリスターがパストールの説を實地に應用して外科醫的創傷の治療に着々成功しつつあるの報を聞いて心を躍らし、熱心に細菌の研究に没頭した。彼は初め脾脫疽に罹つた山羊の血液を鏡檢し、又は南京鼠に注射し、後に懸滴法を考案して遂に脾脫疽菌の芽胞を發見し、それが發育して細菌になり得ることを證明した。また彼は研究室に半煮のまま放置しありし馬鈴薯上に所々に

同一種の細菌の繁殖するを見て、それより微生物を巧みに次々と培養し、最後に問題の微生物を純粹に培養することに成功した。かくして彼は一八八二年には多年の懸案であつた結核菌を、翌年にはコレラ菌を發見した。その後コッホの方法は益々弘く採用せられ、年々新たな病原菌が發見された。即ち一八八四年には破傷風菌及びデフテリー菌、一八九四年にはペスト菌が發見せられた。またこの頃他の人々によつてマラリア・睡眠病その他の病氣の病原が發見せられた。その後多くの學者、特にベーリング Behring 及び北里柴三郎は、病原の感染に際して體内に起る防衛力、殊に抗毒素の發生を發見し、病理並びに疾病の治療上に新らしい途を拓いた。尙赤痢の本型菌は一八九七年(明治三十年)志賀潔により東京に於て發見せられ、二十世紀に入りてはシャウヂン Schaudin 及びホフマン Hoffmann によりて微毒病原スピロヘータが發見され(一九〇五年)、野口英世(一八七六—一九二八年)は米國ロックフェラー醫學研究所に於てその純培養に成功した。(一九一一年)

我が日本の社會狀態は明治維新を以て劃期的の變化を來し、文明開化なる標語の下に一世を擧げて西洋の文物を輸入したが、一八六八年(明治元年)には夙くも醫學所、昌平黌、開成所等が

復興せられた。翌一八六九年には昌平黌を大學校とし、同時に醫學所を醫學校、開成所を開成學校と改め、同年更に大學校を大學、開成學校及び醫學校をそれら大學南校及び大學東校と改稱した。これ等は現在の東京帝國大學の基礎をなすものである。かくして西洋學術の吸收期を過ぎ、日本の科學は漸次に獨立の機運に向ひ、今や獨創的研究時代に入つたのである。

礎的法則が一六八六年ニュートンの名著プリンシピアによつて確立されたのは著名な事實である。即ちニュートンは此著作の中で運動の三法則を確立し、また萬有引力の法則をも述べたが、それが實際の現象に於て能く成立することは、天體運動に於ける萬有引力の法則と相俟つて、最も見事に證明せられた。従つて彼の確立した運動の法則は、今日に至る迄の力學の基礎を與へたものであり、爾來二百年間に互り種々の方面に應用せられ、又その數學的形式は種々の形に變へられたが、内容に至つては遂に之以上に出でなかつたのである。併しその間に遂にニュートンの法則では説明出来ない現象が見出され、この新らしい現象をも説明するに足るやうな新らしい法則が現はれた。それはアインシュタインの相對性力學である。

諸種の物理現象中、音が物體の振動によつて起されることは既に古くより知られ、又音が空氣中に波動をなして擴がることは既に中世紀時代に考へられたが、その傳播速度の測定は、一七三八年に初めてフランス學士院で行はれた。振動や、空氣及びその他の媒質中に起る音波は、すべてそれらの物質の彈性によつて現はれるのであるから、物理學的に音を研究することは、結局彈性力學の特殊の問題に外ならないのである。

次に光の現象も古くから研究されてゐたが、光の本質に就ては波動説と粒子説との論争があつた。十七世紀の中頃ホイヘンスは光の波動説を立て、且つ光の波動を傳へる媒質を假想し、之をエーテルと名づけて光の反射・屈折等の現象を説明したが、之に對しニュートンは光を發光體から放射される微粒子であると説いたため、十九世紀の初めに至るまで光の粒子説が一般に行はれた。十九世紀の初めに至り、干渉・廻折等の現象が發見されるに及び、ヤング及びフレネルは共に光の波動説を復活し、殊にヤングは光の横波である事を提唱した。爾來光はエーテルなる假想物質中の彈性横波であると見られてゐたが、マクスウェルは電磁場の理論を確立して、光は光源の電氣振動によつて起る電磁波であるとの説を出すに至つた。更に一八八八年に至り、ヘルツは實驗的に電磁波を發見して、光の電磁波説を確立したため、光を彈性波と見る考へは終を告げた。爾來エーテルは電磁波の媒質と見られたが、更に相對性原理に至つて、エーテルを考へるは無意味な事が明かとなり、永い歴史をもつエーテルの考へは遂に物理學から抹殺されたのである。

音や光に對して熱の満足な理論は、一層遅い時代に於て成立した。熱をエネルギーの一形態で

あると解するやうになつたのは、十九世紀の中葉にマイヤー及びヘルムホルツによつて、エネルギー原理が確立せられてからである。ところが、一方、十九世紀初頭以來、物質の原子及び分子説が稱へられて來たので、之と合せて熱を物質分子の運動エネルギーと解しようとする考へが漸次に起つた。固體や液體では分子が互に密接に集合して、分子相互の作用が複雑に關係し合つてゐるが、氣體では分子が互に離れてゐて、その間の相互作用は力學の法則に従ふものとして、所謂統計力學的方法によつて氣體の運動學的理論が試みられた。クレイニヒ *Kronig*、クラウジウス、マクスウェル及びボルツマンによつて相次でこの理論が發展させられ、分子の運動を論ずることにより、氣體の熱的諸性質を演繹的に説明せんとした。

次に直接に感覺によつては受け取られないが、一種の力の作用として古代から知られた物理現象に電氣及び磁氣がある。電氣及び磁氣の現象は、古來別種の互に無關係な現象と見られてゐたが、十九世紀の初め頃、この兩者が互に關聯した現象である事が明かになり、それ以來大に研究が進んだ。この時期以後十九世紀の全體を通じて、實に電氣及び磁氣に關する極めて多數の事實の發見と、著しい理論的發展と、更に人類の文化にとつて驚異に値する應用發明とが相次いで興

り、所謂電氣文明の時代を出現せしむるに至つたが、今日の電磁氣學の基礎を確立したのはファラデー並びにマクスウェルである。

ファラデー以前に於ては、電氣磁氣の作用は凡て遠隔作用と考へられ、即ち帶電體・帶磁體・電流等の間には、途中の媒質と無關係に力が働くものと思はれてゐたが、ファラデーは之に反して、電磁氣力はその媒質を次々へと傳はる近接作用であると解し、初めて電磁場の考へを導入した。彼はその電磁場にある媒質は一種の緊張の状態、例へば引き延ばした或は壓縮したゴムの様な状態にあると考へ、この電磁場に變化がある時、その變化とそこに誘發される電磁場との關係などを論じた。そのファラデーの基礎的な理論的考察を大成して、數學的の微分方程式の形で表はしたのはマクスウェル J. C. Maxwell (一七三二—一八七九年) である。マクスウェルの電磁方程式は電磁氣學の基本法則であり、恰もニュートンの運動の法則から凡ての力學現象が演繹的に説明出來たと同様に、マクスウェルの基礎方程式から凡ての電磁氣現象が説明されたのであつた。

併しその後、十九世紀の末に至つて電子及び原子核が發見せられ、凡ての電磁氣現象の起因は

主として電子の存在による事が明かになつてから、電磁氣學ともいふべきものを生じた。

以上述べたところの音・光・熱・電氣並びに磁氣等の物理的諸現象の理論的發展を通觀すると、十九世紀に於ては一切の物質現象をすべて力學的に理解しようとする傾向が明示されてゐる。

エネルギー論 一面に於ては當時エネルギー論が行はれてゐた。即ちエネルギー恒存の原理が一八四七年ヘルムホルツによりて確立せられた事は、物理學史上に於ける最大な顯著な事蹟の一つである。之によれば單に仕事と熱との關聯のみでなく、光も音も、電氣も磁氣も、化學的變化も、即ちあらゆる物理的並びに化學的現象が互に關聯を見出し、そして凡ゆるそれらの變化過程に於てエネルギーはその形態を變じながら、併しその量に於ては恒存不變であると考へられるのである。これ程普遍的な法則は嘗て存しなかつたから、この點でエネルギー原理は物理學上最も重要な且つ根本的な原理の一つであるといふことが出来る。

單にエネルギー原理といへば、普通にエネルギー恒存の原理を意味してゐるが、之と對立してエネルギー散逸の原理として知られたものがある。之は一八五一年にトムソン W. Thomson (ケルビン卿 Lord Kelvin) (一八二四—一九〇七年) によつて稱へられたもので、所謂熱力學の第

二法則から直ちに導き出される。蓋し熱力學なる名稱は、熱と仕事との關係が知られてエネルギー原理が立てられた後に熱現象に關する理論がクラウジウスによりて大に發展させられ、特にエントロピーの概念を導入してその非可逆性が明かに云ひ表はされた際に（一八六五年）、熱に關するこれ等の諸問題に對して與へられたものである。そして熱と仕事との相當性を現はすエネルギー原理を熱力學の第一法則と稱し、熱現象の非可逆性を現はすものを第二法則として、熱力學の基礎が確立されたのであつた。熱力學の第二法則はエントロピー増大の原理とも名づけられる。

一つの絶縁體系に含まれる全エネルギーはエネルギー原理によつて恒存するけれども、それが何等かの過程によつて熱の形態に變ずると、もはや之を他の形態に引戻して利用することが不能になる。また熱自身もその儘では高温度の場所から低温度の場所に移動して漸次に温度平衡の狀態に傾く。これ等の事情によつて絶縁體系のエネルギーは常にその利用價値を減する傾向を有し、最後には全部が熱となつて且つ温度平衡に達し、その内部に於けるあらゆる現象が死滅するに至るであらうことが考へられる。之をエネルギーの散逸として云ひ表はすのである。吾々の宇宙は全體として一の絶縁體系と考へられるから、このエネルギー散逸の原理によつて遂には現象

死滅の運命を負うてゐることを、W・トムソンは結論した。その結論は當時一般者に大なる衝動を與へたが、併し之に對しては後に熱の統計理論がボルツマンによつて發展されるに及び、その訂正を必要とするに至つた。

ウ・インのボルツマン L. Boltzmann (一八四四—一九〇六年) によれば、熱力學の第二法則は蓋然的には常に成り立つけれども、それは絶對的の必然性を有つてはゐない。吾々が十分に長い年數を待つならば、熱が低温の場所から高温の方へ移動するといふことが經驗されないとはいへない。従つてボルツマンは、熱力學の第二法則に従つて宇宙の熱死滅を結論するのは必ずしも正當でないとした。またたとへ一度かやうな熱死滅が或る場所に於て到達されたとしても、更に大きな宇宙の何れかの部分に於て何れかの時期に之に反する事實が起るといふ確率は決して絶對に零ではあり得ないと言つてゐる。

何れにしてもエネルギー論は單にエネルギーの關係に於て現象を取り扱ふものであつて、その複雑な内部機構に立ち入るものでないから、所謂現象論的である。

物質構造論 物質の構造に關しては十九世紀初頭に於てドルトンにより原子假説が導入せられ

て以來大なる進歩を遂げた。ドルトンは混合氣體の壓力及び溫度に關する法則や、物質の化合に關する法則的事實などを實驗的に見出し若しくは確め、これ等に基いて一八〇七年原子説を立てたのであるが、それは更にアヴォガドロの分子假説（一八一一年）によりて補足せられ、近代に於ける化學理論の基礎が完成された。之が科學的原子論の初めであるといつてよいであらう。この理論によれば、各々の種類の物質は一定の分子より成り、分子は化學的變化に際してのみその構成要素たる分子に分解することが出來、異なる原子の結合によりて他の分子が形づくられると解する。そして原子の結合に對しては一種の化學的親和力なるものが考へられた。爾後化學に於てはこの原子及び分子説は缺くべからざるものとなり、之なしには凡ての化學的變化は理解せられなくなつた。かくして化學者の間には原子及び分子なる概念は全く普遍的となつたのである。加之、十九世紀の後半に及んでは、熱を物質分子の運動として解し、その思考に基づいて氣體の運動學的理論が發展し、熱以外の諸現象さへも之によつて甚だよく説明されるに至つた。例へば固體の融解はその分子運動が溫度の上昇に伴ひて或る程度以上に激しくなることによつて起るものであり、液體の蒸發は多數の分子の中で速度の大きなものが表面の束縛に打勝つて逸出するによ

つて起ること、そして融解に伴ふ融解熱、蒸發に伴ふ蒸發熱（潜熱）の如きは分子間のポテンシャル・エネルギーを増加させるために必要な熱であること、氣體の自然的な膨脹や擴散は同じく分子の各方向への運動によつて當然結果すべきことなどが容易に理解されるのである。

物質の原子及び分子論のこれ等の著しい成功にも拘はらず、當時可能であつた實驗的手段を以てしては、原子や分子の實在を直接に觀測し得る方法がなかつたので、或る人々はこれ等を依然として單なる假説であると見做し、上述の如き説明は吾々が種々なる事實を理解するための便宜的な手段に外ならないとした。

物質の運動學的理論で假定された分子の運動を直接證據立てた最初の事實は、所謂ブラウン運動なる現象であつた。之は一八二七年英の植物學者ブラウンによつて初めて發見された現象で、一般に液體又は氣體中に物質の固體微粒が浮游する時に、これ等の微粒が絶えず全く不規則な運動を續ける現象をいふのである。この現象は最初は不思議なものとして解決に困難を感じたが、ウァーナー E. C. Wiener（一八六三年）及びデルゾー Delsaux（一八七七年）は初めて之が流體分子の運動によつて起されることを推察し、漸次實驗的に確められて來た。物體が分子に比べて

餘り大きくない微粒である場合には一方からの衝突によつて必ずしも平衡に保たれないから、各瞬間毎に之等の個々の衝突によつて起る運動が認められる。かかる思考に基いた數學的計算は後にアインシュタイン（一九〇五年）及びオーストリーのスモルコフスキー M. v. Smoluchovskii（一九〇六年）によつて精密に行はれ、更にフランスのペラン J. B. Perrin によつて實驗的に證明せられて、全く統計力學的理論の勝利を示した。

原子及び分子の實在はその後益々多數の事實によつて確證せられ、特にX線による結晶構造の分析の實驗に於ては、結晶體内に於ける原子排列の有様を最も如實に示してゐると見做され、今日に於ては最早その實在を疑ふ者はなくなつた。

今物質の原子及び分子よりの構成の有様を概観すると次のやうである。氣體に於ては、その運動學的理論の示す通りに、各々の分子は大體に於て自由に飛動して居り、温度の高い程平均に於て速度が大きい。液體に於ては、分子間の平均距離は氣體に於けるよりも一般に小さいから、分子間の交互作用の影響が増して、各分子の自由が減じ、その結果として表面張力が現はれ、一定の自由表面を形づくるやうになる。更に固體に於ては、以前は分子が互に強固に連結せられてゐる

と推定されてゐたが、今日ではその排列の基體は原子であつて、數箇の原子が特に密集して分子を形づくる如くに見えるのは、有機化合物及び特殊の非金屬元素の無機化合物にのみ見られることが明かとなつた。かくの如く固體に於ける原子排列が實驗的に知られるやうになつたのは、個々の原子が光よりも波長の短いX線を干渉して一定の方向に斑點を形づくること、一九一二年獨のラウエ M. v. Laue により發見されて以來のことである。この發見後英のブラッグ父子 (W. H. Bragg, W. L. Bragg) は一九一三年、原子排列の格子に於て多數の原子を含む平面は、適當な方向に入射せるX線を光線反射の法則に従つて反射することを見出し、この事實を利用して原子排列の有様を詳細に分析することに成功した。例へば岩鹽の結晶ではナトリウム原子と鹽素原子とが立方體の各隅に交互に排列してゐて、それらの距離は全く相等しいから、特に或る兩原子が一分子を形成することのなほが之によつて明かとなつた。

爾來結晶の研究は劃期的な進歩を來し、結晶學を一變せしめた觀がある。かくて原子排列が一定の空間格子を作るものはすべて結晶體であり、従つて理論的には固體の本質をこの點に見るべきであるとされるやうになつた。結晶を作らない無定形固體は、外見硬くとも、一定の融解點を