

自然

402-N997



1200500742057

醫學博士・理學博士

額田 晉 著

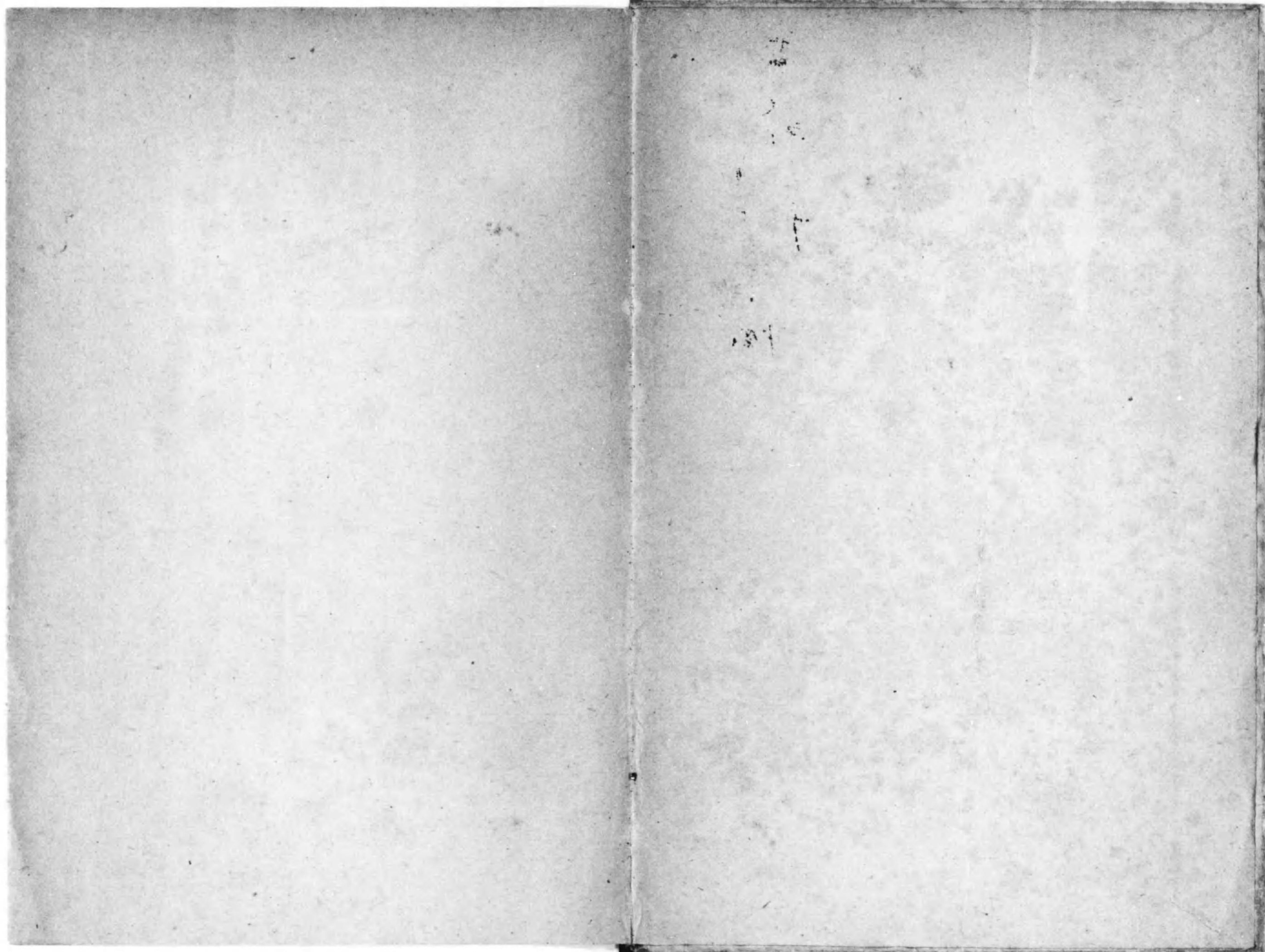
北光書房版

402
N99



始





402
N99

醫學博士

額

田

晉著

自然科學の發展



東京 北光書房發行

序

今より數年前に、私は平素から書きつけておいたものをまとめて、自然科学發達史を公けにした。これにたいしては諸方から批評をよせられたが、殊に現代の部は、一般讀者にとつてかなり難解であるとの聲があり、また全般を通じて今少しく著者の見解が加へられたならばこの意見に一致したやうである。

そこで私は機會ある毎に、なるべく興味深く全部を通讀し得るやう、特に現代篇は出来るだけ平易に書き直し、また所々に餘談を加へ、自分の意見をもさしはさんで、新たに自然科学の發展と改題して世に問ふことにした。

すでに、世界の平和も恢復し、いまやわれわれは科學を通じて文化日本を建設すべく、新しき第一歩を踏み出さねばならぬこととなつた。私が診療と研究との餘暇をもつて敢て本書を青年諸子における所以は、幾分なりともこの目的に向つて貢獻しようとする微意に外ならぬのである。

一九四六年十月

著

者

自然科學の發展 目次

第一篇 古代

- 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……………一四
- 四、ローマ時代……………三三
- 五、支那とインド……………三〇

第二篇 中世

インドの數學、アラビア科學、西歐の科學……………三三

第三篇 近世

一、文藝復興期……………四三

地理的探検、天文學……………四

二、十六世紀……………五

 (上) 解剖學、數學、天文學……………五

 (下) 天文學、數學……………六

三、十七世紀……………七

 (上) 生理學、博物學、數學、大氣の研究……………七

 (中) 化學、顯微鏡學、醫學……………七

 (下) 物理學、數學、天文學……………九

四、十八世紀……………一〇

 (上) 數學、天文學、物理學……………一〇

 (中) 化學、地質學……………一六

 (下) 博物學、生理學、醫學、科學の應用……………一五

五、十九世紀……………一五

 (上) 數學、天文學、物理學……………一六

 (中) 化學、地質學……………一六

第四篇 現代……………一七

 (下) 生物學、生理學、細菌學……………一五

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……………一七

 (下) 量子力學、原子核の物理學、宇宙線の問題……………一九

 — 物理學の應用 —……………三五

二、生物學方面……………三〇

 (上) 遺傳と進化……………三〇

 (中) 物質代謝生理學、生化學の諸問題……………三三

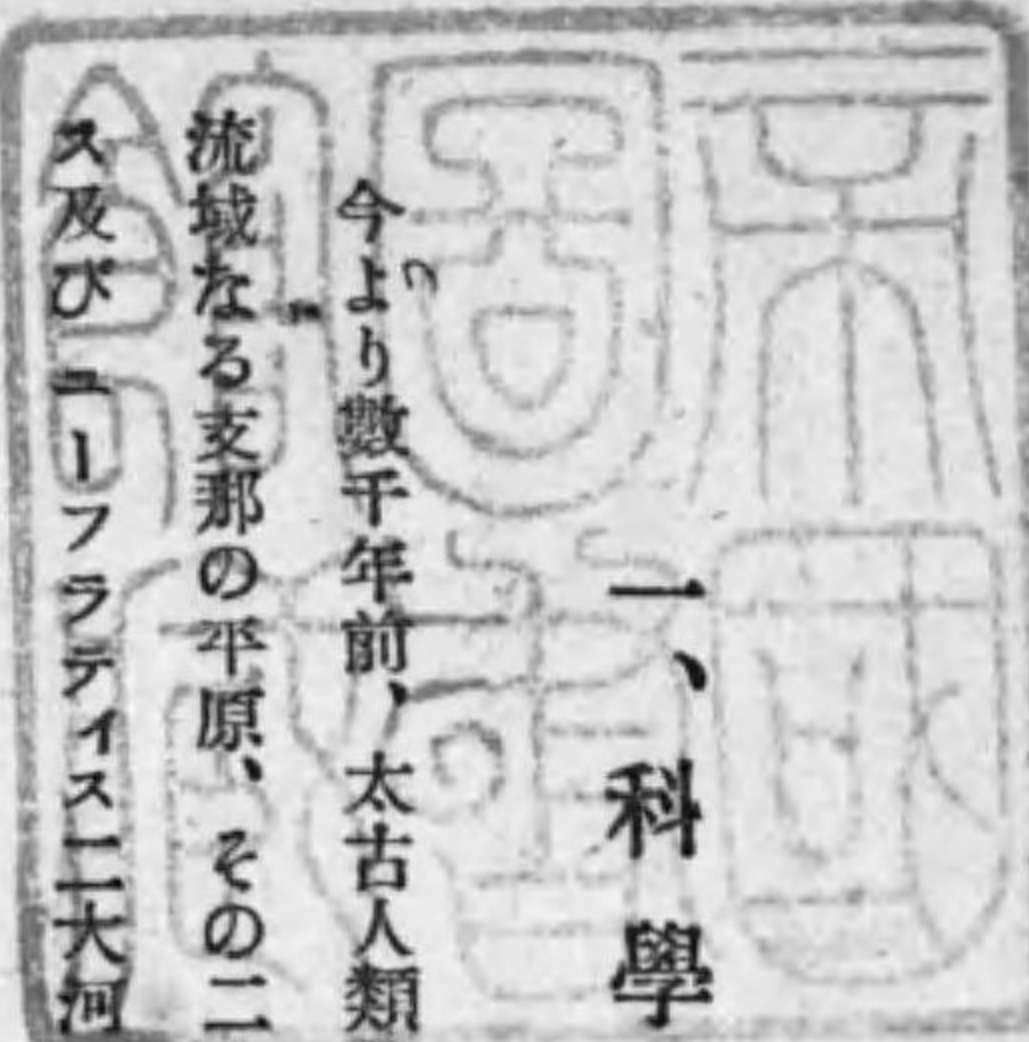
 (下) 免疫生物學、化學療法……………三五

人名索引……………一

自然科學の發展

第一篇 古代

一、科學の起原



今より數千年前、太古人類の文化は凡そ五つの地域において見られた。その一は黄河及び揚子江の流域なる支那の平原、その二はガンジス河及びインダス河の流域なるインドの平原、その三はチグリス及びユーフラティス二大河の流域たるメソポタミアの平原、その四はナイル河の兩岸、エジプトの平原であり、その五はメキシコの高原であつた。これらの多くは熱帯または亞熱帯に屬し、大河の流域で且つ海岸に近接せる平原であつて、人類の生活に必要な自然の要素たる太陽と、大地と、水とに恵まれてゐたのである。就中エジプト及びメソポタミア地方、バビロニアの文化は合流してヨーロッパに入りギリシア文化の發達を促した。

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、神祕や傳説と結びついた占星術・宇宙觀の如きにこれを求めるこ

どが出来よう。エジプト及びバビロニアの数学・天文学・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ついての知識は、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らの建築物・彫刻・書板など、多くの重要な發見が行はれてから、頗る豊富になつたのである。彼らは非常に早くから文字を有つてゐた。十九世紀にはこれらの文字の解讀に成功し、エジプト人の象形文字及びバビロニア人の楔形文字が明らかにされた。

エジプトの國が建設されたのはキリスト紀元前約四〇〇〇年の頃である。西紀前二〇〇〇ないし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、古代エジ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。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。また古代エジ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。

エジプト人は金・銀・青銅・鐵・銅及びそれらの酸化物・マンガン・コバルト・礬土・辰砂・藍・茜草などを諸種の工業に使用し、西紀前三四〇〇年のころ既に鐵鑛を熔解したといふ。彼らは鐵を鍛へて甲・劍・槍・鋤・工具その他の鐵器を製作した。

醫術も亦エジプトに發達した文化の一に屬する。西紀前約一六〇〇年の頃に書かれたと傳へられるエパース文書には、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ジプト人は卵から甲虫に、幼虫から肉蠅に、「おたまじやくし」から蛙になる發達の順序を知つてゐた。なほ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う。

バビロニアの國は西紀前三〇〇〇年の頃ペルシア灣に注げるチグリス及びユーフラティス河の流域なるメソポタミア地方に建てられたのである。バビロニアにおける天文觀測は西紀前二〇〇〇年のころ行はれ、その頃の僧侶たちは占星術の見地から天空を觀察し、それを粘土板に書き遺した。その最初の記録は金星の出沒であるが、なほ數世紀にわたる觀測の結果として日食及び月食の再現する週期が發見されたことは特記するに値する。一年中における各季節の曉方に現はれる星群にも注意がむけられた。

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。この他バビロニ

ア王ハンムラビの編纂した世界最古の法典中には獸醫術の記録があるといふ。

一、ギリシア時代

エジプト及びバビロニアにおける薄明期を過ぎ、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レスの時代（西紀前六〇〇年頃）より數學者アポロニウスの時代（西紀前二〇〇年頃）にわたる約五〇〇餘年であり、その間においてピタゴラス、デモクリッス、ヒポクラテス、アリストテレスなどを輩出した。

遠い古代においては、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、それは寧ろ擬似科學とも呼ぶべきものであつたが、ギリシアにおい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・物理學ないし生物學においても進歩を示し、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。

ギリシアにおける自然哲學の始祖はタレス Thales（前約六四〇—五五〇年頃）である。タレスの

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お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、萬物の原質を水に歸着せしめた。これが彼の世に觀である。この説は、エジプトの土地の如きもナイル河の所産と見做され、また濕潤の地から植物が發生するなどの觀察によつて支持されてゐた。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いて幾何學の知識を得、日食を豫言したと傳へられる。なほ所謂ミレトス學派には、タレスの後繼者であり、世界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（前約六一一—五四六年）や、空氣を以て萬物の原因としたアナキシメネス Anaximenes（前六世紀）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レイトス Heraclitus（前約五三五—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、生成および變化の法則のみが不變であると考へた。

ギリシア人がその思考方法において、どうしてこのやうに根本的な飛躍をなし得たかは頗る興味ある問題である。民族的性格といふこともその一つの原因ではあらうが、また一つにはギリシアの宗教的信仰の性質にもよるものと考へられる。ギリシア人は最も寛大な民族であり、その宗教も政治的色

彩を帯びることが少なかったので、従つて恐怖を感じることもなしに、究極的な問題を自由に追求することが出来たのであらう。

ヘラクレイトスが萬物の本質についてその哲學を説いてゐたと殆んど同時代に、イザヤはバビロンの地で豫言の聲をあげ、インドにおいては佛陀がその教義を説いてゐた。これらの賢哲は、殆んど時代を同じうして、お互にその名前をすら知り合ふことなしに、西紀前第六世紀の世界に生涯を送つてゐたのであつた。この驚嘆すべき紀元前六世紀には、なほ支那において二人の偉大な哲人、老子と孔子が教を説いてゐた。

數學はギリシア人の天分にこの上なく適合した科學であり、科學としての數學はピタゴラス Pythagoras (前約五五〇—五〇〇年) に始まるといつてよい。エジプトにあつた數學の素材は彼によつてその系統的基礎を得たのである。ピタゴラス及びその學派にあつては、數が萬物の本質であり、數學が彼らの哲學であつた。

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おける量を、天文學は運動における量を扱ふ

ものとした。かくして彼らは數學に初めて學問の形を與へたのみでなく、不完全ながらも數學的法則によつて支配せられ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なほ數學書に記載せられるところであり、これはエジプト人の綱張りの方法から學んだのだと傳へられる。

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、西紀前約四〇〇年の頃において、天體の東から西への運動は見かけ上のもので、それら自身の運動ではなく、實際はその反對の方向にお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、世界の根柢をなす原始的窺極の物質を「種子」と名づけ、ヌース nous (精神) によつて渦を起し、それによつ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。

概してギリシア人は實用的動機から生れる研究を輕蔑してゐたが、汝はいかなる目的のために生れたりやと問はれた時に、アナクサゴラスは次のやうに答へたといふ。「太陽と月と天とを思索せんがた

め」云。

原子論を樹立したのはロイキッポス及びデモクリツスである。ロイキッポス Leukippos (前五世紀頃)は、萬物は究極的に原子(アトム)と空虚なる空間とより構成せられ、物の生成およ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。そこには明ら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ツス Demokritus (前約四六〇—三七〇年)であり、すべての物質の差異は、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することはなく、あらゆる變化はただ部分の結合と分離とであるとし、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おける物質恆存とエネルギー恆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學に屬すべきものであつた。

この時代における科學者であり、醫術の父と呼ばれたのは小アジアの小島コスに生れたヒポクラテス Hippocrates (前約四六〇—三七七年)である。この島には醫療の神エスキュラピヤスの堂があり、各地より患者の群集せし所で、醫神の後裔と稱する家の秘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るとした。醫術を迷信から引き離し、エジプト及びギリシアにおける醫學上の經驗的知識に系統を與へ、初めて病人にたいする注意深い觀察と研究とを勧めたので、彼は「臨床家の開祖」と仰がれた。今日もなほ眼前に這れる死の徴候にたいしてはヒポクラテス顔貌なる名が用ひられ、典型的の頭部繙帯はヒポクラテス帽狀帯と呼ばれてゐる。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よ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、少なくとも害を與へないやうに努力するのを以て治療の原則とした。従つてヒポクラテスのすすめる治療法は常識的保守的なものであり、上手な看護・健康な食物・よい空氣などが藥物よりも尊重された。

著書には「空氣、水、及び土壤の性状について」・「骨折について」・「流行病について」・「急性病の食養法について」・「豫後について」などがあり、醫學上のあらゆる問題に關する短文を輯めた所謂「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、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よれば、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人と

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。

キオスのヒポクラテス Hippokrates (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、西紀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、當時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。中には數學を修めた者もあつたが、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が、その標語は「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たいする觀察と思索とに捧げられ、隨つて自然哲學にたいして精神或は道德哲學と呼ばれ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ようと努めた。

プラトンに次いで出で、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テレス Aristoteles (前三八四—三二二年) である。彼はギリシア北方の植民地スタギラに生れ、父も祖父も醫師であつた。父は十七歳の時に死し、その翌年當時文教の叢淵であつたアテネにおける有名なプラトンの學校(アカデミー)に入り、それよりプラトンの死にいたるまで二十年間そこで研究に没頭したといふ。彼は一時マケドニア王フィリップより王嗣アレクサンドルの師傅として招かれたが、後にはアテネ市外に新たに學校(リュケイオン)を興し、ここで最も多くの業績を残した。哲學者であると同時に、一面において科學者であり、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・論理學とは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。

アリストテレスは古代における知識の最大の集成者・組織者であつた。彼は物理學・天文學のみでなく、動物及び植物に關しても著作し、ギリシア諸國の法律および法令を編集し、政治學について書き、修辭學及び詩について、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おいて絶えて見出し得ないのである。

アリストテレスの自然科学にたいする貢献は、分散せし先人の個々の知識を集結し、豊富なる著作を後世に遺したことである。これらの著作中、「物理学」におい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、「天體について」の中には、天界の構成及び運動・元素などについて記載し、「氣象學」におい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・颱風・驟雨・暈虹その他の諸現象について説明してある。

しかしながら、彼の自然科学にたいする最大の貢献は生物学の方面においてである。物理学や宇宙論における自然哲學は、未だ傳統と想像とより脱却し得なかつたのであるが、生物学においては、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・一般生物学・發生學・畸形學・生理學など、生物学の各々の領域においてそれ／＼独自の研究部門を確立した。

博物學における主著は三部に分れ、その中には自然觀並びに動物及び植物の一般生活現象にたいする觀察、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つて得た知識を基礎としたものであるといふ。鯨を胎生動物となし、軟骨魚類と硬骨魚類とを區別し、鶏卵の中の雛の發生を觀察して、その心臓の形成を検し、卵内にある時の搏動に注意した。これは今日もなほ盛んに研究されてゐる問題である。昆虫類の中、特に興味を惹い

たのは蜜蜂の構造と習性とであり、蜜蜂が食物を脚に擔つて運び、蜜房に蜜を吐くことを記述した。海膽の口部にある器官は、今日もなほアリストテレ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いたるまで廣く用ひられたのである。そして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。しかしながら「理論は實驗の事實と符合する範圍内においてのみ信すべきであり、一般原理は各々の事實に當依つて證明されなければならぬ」と述べた。

アリストテレスの時代は西紀前四世紀、支那の戰國時代で、孔子既に逝いて孟子の時代に相當する。孔孟の教は儒教として支那文化の特色をなし、經濟に根柢をおき、道德生活を發達せしめて政治に達せんとするものである。

アリストテレ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、また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。主著たる「植物學」 Historia plantarum は、眞の科學的精神において書かれたもので、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、植物に性別のあること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

西暦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—三二三三年)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お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(ヘレニック時代)と名づけ、その後をギリシア的文化、即ちヘレニスチックまたはヘレニズム時代と呼ぶ。これはギリシア人が自國をヘラス Hellen, 彼ら自身をヘレネス Hellenes と呼んだ故である。普通ヘレニスチックの時代とは、アレクサンドルの死(西紀前三二三三年)よりアウグスツスによるローマ帝國の建設(西紀前三一年)に至るまでの約三百年間をいふ。

西紀前三二三年には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めると同時に、東方インドおよ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發達を遂げた。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プトレマイオス一世の手に歸し、この王の子孫はエチプトが西紀前三〇〇年にローマの屬州となるまでエヂプトを支配した。プトレマイオス一世は熱心な科學の奨励者であり、西紀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・講義室などを設備した。これは今日の大學に比較すべきもので、文學・數學・天文學・醫學の四部門に分たれ、これに附隨せる圖書館は古代における最大のものであつた。この博物館と圖書館との建設は、人類の歴史に大きな時代を劃した不朽の偉業である。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。従つてアレクサンドリア市は、長い間その本質においてギリシア的なる世界文化の中心地となり、學問はこの地におい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。

ヘレニック時代には學術の分化は未だ十分に行はれず、學者はみな同時に哲學者であつたが、アレクサンドリアの時代には哲學と離れて、數學や天文學が攻究されるに至り、知識は一そう分析的となつた。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名な科學者を擧げると、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

にはアリストタルコス、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おいて長足の進歩を示した。

ユークリッド Eukleides, Euclid (前約三三〇—二七五年)は有名な「エレメンツ」Elements of Geometry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、ギリシアにおいて標準教科書として使用された。當時は、數學はプラトンの哲學研究に必要な準備と考へられてをり、本書はその目的に編纂されたものであるから、従つて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、近代にいたるまで世界各國において殆んど原形のまま教科書として採用された。かくして「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れるに至つた。單獨な一著述にして、これほど長い生命を保ち、廣い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—二二一年)である。アリストテレスよりも百年あまり遅れてシシリー島の東南海岸にある都市シラクスに天文學者の子として生れた。彼はアレクサンドリアに遊學したが、シラクスへ歸つて後は生涯の大

部分をこの町に過した。研究範圍は數學・天文學・力學・液體力學の各方面にわたり、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た。また槓杆の原理その他によつて力學の基礎を築き、微積分學をさへ豫想せしめるほどの獨創力を示し、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ほどの高い水準にまで達した。單なる概念に基づかず、實驗と數學的推論に依據したが故に、最善の成功を贏ち得たのであり、従つてアルキメデスの業績はギリシア精神の最も卓越した所産であつた。

「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たい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なほ物理學書に記載せられるところである。これは彼が或る時入浴に際し浴槽中に身體の浸るにつれて、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いふ。これについては有名な王冠に關する物語りが傳へられてゐる。

彼はローマとカルタゴとが世界制覇のために一大決戦をこころみた動亂の時代に生きてゐたわけであるが、シラクスの町がローマ軍によつて包圍せられ、西紀前二一二年遂に陥落した際、この尊敬すべき七十餘歳の數學者は幾何學の問題に熱中してをり、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。襲ひかかる敵にたいし「おれの圓を壊すな」と叫んだといふ傳説は廣く知ら

れてゐる。そのころ、支那では秦の始皇帝により萬里の長城の築造が始められてゐた。

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—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。かくしてアルキメデスと彼とによつて、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、續いて行はれた移民と植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 (前約二七六—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。また夏至の日の正午に、ナイル河の上流にあ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大きさを算定したが、その數値は眞の大きさから僅か五十哩の相異しかないまでに精密なもので、この測定は測地學の嚆矢をなすものと見られてゐる。

天文學の領域においては、先づアリスタルコス Aristarcos (前約二七〇—?年)を挙げねばなら

ぬ。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りを廻るとするよりは、むし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。のみならず、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、實際はその周りにお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、この學説をつぐ者が出なかつた。

次に來る偉大なる天文學者はヒッパルクス Hipparchus (前一九〇—一二六年頃)である。これより先き、アレクサンドリア圖書館における觀測者たちは、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わたる觀測を行ひ、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、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り、これは、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。また日食及び月食の理を説明して、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たいする貢獻としては、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。

なほアレクサンドリア期において、理論よりも實際的な力學の方面に貢献したのはヘロン(Heron) (前一五〇年頃)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。蒸氣機關の最初の發明者として、科學上の先驅者の中でも驚嘆に値する最初の偉人であつた。

アレクサンドリアがローマの支配下になつてから、名高い天文學者プトレマイオス(Klaudios Ptolemaios (トلميー Ptolemy)) (西紀後二世紀頃)が現はれた。彼の偉大な著作は、後にアラビア人によつて「アルマゲスト」(Almagest (最大の書))と名づけられたが、その中において當時の天文學を大成しようと試みた。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わたり理論天文學の基礎的著作として傳はり、天文學上にお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。地理學もプトレマイオスによつて著しい進歩を遂げ、その著「地理學」はアルマゲストと同様に、中世の終り頃まで最大の尊敬をうけた。

ディオファントス(Diophantus (西紀後四世紀の頃))は、プトレマイオスと共に、その時代からい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。主著Arithmeticaは、代數學に關する最初の著述として知られ、十世紀にいたり、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。

なほアレクサンドリアは、醫學史上においても種々の理由から有名で、人體解剖が初めて自由に行はれたのは此處においてである。これは恐らくエヂ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。彼は生體解剖を行つて神経系統と腦脊髓との關係を闡明し、神経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。また消化管と乳糜管との關係をも明かにし、十二指腸にその名を與へた。なほ脈搏は動脈自身の力によつて生ずるものでなく、心臟の收縮及び開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。熱心に藥物を研究し、外科學及び産科學にも興味をもち、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経系とを研究して、この兩系統を分離した。彼は神経に知覺神経と運動神経との二種を區別して、後者は腦髓より出ることを確認し、その他、心臟の瓣膜を發見し、肝臓および膽道をも正確に記載した。また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點、これは醫學の使命にたいする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つであつた。何人が初めてこれ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ガラゲ浸劑を用ひた。第二の進歩は血管の結紮で、これによ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いたつた。

この外アレクサンドリアにおい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ふと努めた。この經驗學派におい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。

アレクサンドリアが生んだ學問上の偉業と發見とは、西紀後十六世紀までは世界に匹儔を見なかつたほど燦爛たる光明を放つてゐたが、それほど光榮も永くはつづかなかつた。

醫藥の分野を除いては、科學の實際的な應用は殆んど行はれず、實際の應用から受ける利益と興味とに刺戟されて一そう科學が進歩するといふやうな点は少しもなかつた。従つてプトレマイオス一世及び二世の獎勵した科學研究の刺戟が衰退すると同時に、早くも科學の研究は中斷されてしまひ、文藝復興期に科學研究の興味が復活するまでは廣く世間に普及するに至らなかつた。

四、ローマ時代

ギリシア本土及びアレクサンドリアにおけるギリシア學藝が衰微しつつあつた數世紀の間に、イタリア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、西紀前二世紀の末にはほぼ地中海を取圍む廣大なる版圖を領有し、西紀前三〇年にはエチプトを屬州とし、ギリシアはそれより百年以上も前に既にローマの屬國となつてゐた。かくてローマ帝國はケーザル、アウグスツス兩英雄の後をうけて、西曆紀元の初め頃より全盛時代を現出し、一時歐洲の文化はローマに集中されるに至つた。

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たい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おいて獨創が生れなかつた。ギリシア時代におい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」さへも彼らには全く顧みられなかつた。彼らは創造的精神に欠けてゐたが、政治的才能に優れてゐた上に、科學や藝術を利用する才能をもつた民族であつた。殊に土木工學の實際的技術方面においてはローマの文明は異常な才能を表はし、獨得の優越さを示したのである。即ち城壁・要塞・橋梁・船舶・道路・水道・公共建築物などについては、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つても明瞭である。

ローマにお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)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でなく、ルネッサンス時代の建築家及び技術家たちにも利用された。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、實際的な部分には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やうにいつてゐる。「學問を抜きにして機械的な熟練のみを追求する人は、その仕事に充分な効果を擧げることが出来ない。これと反對に、理論のみに依據する人は幻影を追求してゐるのであり、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い**ユリウス・ケーザル** *Gaius Julius Caesar* (前101—44)は、應用數學の領域における二大問題、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、西紀前四七年には曆の誤差は八十五日以上に及んだ。これを彼は一年、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整理した。そしてこの改曆を記念するために、自分の生誕月なる七月を「ユリウス」と命名した。またケーザルの次の**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。なほ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、約三十年にわたる作業のち遂に完成したのであつた。

ローマの學者中、自然科學史上に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* (前約九八—五五年)は、ローマの大詩人としてのみならず、ギリシアの自然哲學にたいする當時の最も完全な解説者と認められてゐる。生涯の終りに近いころ「事物の本性について」*De Rerum natura* を著したが、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ひ、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。

ギリシア人、ストラボ Strabo (前六三—後二四年頃) は、主としてローマで生活した旅行家、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。

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プリニウス Cajsus Plinius (一三—七九年) 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おいて最も広く讀まれたものの一つであり、文明史上の一目標になつてゐる。本書の範圍は頗る廣汎で、天文・地理・人間より、鳥獸類・昆虫・魚貝類並びに植物(草木・果實・ゴム・香料・木材・植物の病など)・礦物(金屬・岩石・寶石) および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、むしろ古代文獻よりの興味あるものの蒐集であり、主として經濟的ないし醫療的應用の見地より編纂されたものである。彼は西紀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おける生物學史をつなぐものは醫師あるのみであつた。しかもこの時代において最も卓れた醫師として知られてゐるディ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、ハーヴェー以前における唯一の實驗生理學者と認められてゐる。

ディオスコリデス Pedanios Dioscorides (約四〇—七〇年) の「藥物學」Materia medica は長い時代にわた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おいて卓越してゐたものである。ギリシア人である彼は、ギリシアの他、遍くイタリア、スペイン、ドイツなどの各地を旅行して、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(ガレン) Galen, Claudius Galenus (一三—二〇一年頃) は、ローマ時代における最も著明な醫者であり、そ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、最初は郷里及びスミルナにおいて研究し、次でアレクサンドリアに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るが、やがてローマに赴き、のちに侍醫となつた。彼は觀察者であつたと同時に實驗者で、その著書は古代醫學知識の總計を示すものであり、千五百年間にわたる標準的醫學教科書でもあつた。

アレクサンドリア期の初めには、人體解剖が許されてゐるが、ガレノスの時代には法律を以て禁止

されたので、彼は魚・海龜・猿・豚・牡牛などの動物を解剖し、これを人體の構造と比較した。そして動脈が血液で充滿してゐることを知り、また動脈が靜脈に連続してゐることを覺つた。しかし、最も卓れた研究は腦・脊髓及び神經について行はれ、筋肉は神經を通じて來る刺戟に應じて收縮するものであることを見出して、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は結紮糸を用ひ、食道についても明確なる實驗を行つた。よつて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。

ガレノスは外科醫が神經・動脈及び靜脈の部分避けるためには、解剖學が重要であることを知つた。曰く「私は自分の力の及ぶ範圍で、自身の體驗で納得するまでは他人のいふところを決して信用しなかつた」と。ここに彼の科學的に卓越した秘訣があつたのである。

西紀一世紀には、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。西紀二世紀にはローマと支那に未だ曾て知られないやうな猛惡な疫病の流行があつた。支那では十一年の間それが猖獗を極めて非常に世上の秩序を攪亂したが、疫病はアジアからヨーロッパへと傳播してゆき、西紀一六四年から一八〇年までローマ帝國の領土を荒らしまわつた。ローマ帝國はそれがために大きな打撃をうけ、その後ローマの田舎は人口が非常に稀薄となり、財政は困難に陥つたといふことである。

更に科學の發達を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壞し、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り、ギリシア思想を異教とした教會の僧侶たちには、科學の目的と研究とはすべ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らは、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。

かくて第五世紀の末（四七六年）西ローマ帝國が滅亡して後僅か半世紀にして、五二九年にはユスティニアヌス帝の命によりアテネにお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ヤ人の手によつて陥れられた。この頃から世界は約千年（約四五〇—一四五〇年）にわたる中世と呼ばれる大きな暗い谷に落込んで行つたのである。この暗黒時代の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おける學問の復活までとされてゐる。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、中世の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。

五、支那とインド

古代ギリシアにおけると同様に、支那及びインドにおいても夙い時代に固有な文化が興つた。支那の天文学は最古の時代から行はれ、また地震の観測を初めて耳にするのも支那においてであり、西紀一三二年には簡単な地震計が發明され、錬金術も支那で行はれたが、それは不死の靈藥を作るためであつた。しかし支那の精神的活動は、自然の探究よりは、むしろ生活を優雅高貴ならしめる正しい處世術の方面に向けられたので、純粹な科學は殆んど進歩を見なかつた。

インド文明の起原は、その古さにおいてエジプト文明に劣らない。しかしインドは心理學的天分において優れ、外的觀察よりも、内的洞察ないし推理の結果にはるかに多くの價値を賦與した。従つてインドが今日われわれの考へるやうな科學に貴重な貢獻をなし得たのは、ただ數學の領域だけである。

第二篇 中世

西ローマ帝國の滅亡の後、第五世紀より十五世紀にわたり、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インドは、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おいて大いなる貢獻をなした。

支那は第七世紀、八世紀、九世紀を通じ、隋及び唐王朝の下に最も安定した文化國であつた。西方の人心が神學上の偏狹な固執のために暗黒に閉されてゐた間に、支那では新らしい生彩に富んだ文學が現はれ、美術の上にも大きな進歩がみられた。建築も小さな裝飾品も巧妙を極めたものが製作され、そこには喫茶といふ趣味が生れた。紙も製造され、木版印刷も始められた。わが國は西暦五五二—四年欽明朝のころ、百濟を通じて佛教の傳來があり、それより奈良朝（西暦七一〇—七八三年）及び平安朝（七八四—一一八五年）を経て鎌倉時代（一一八五—一三三三年）に入つたが、奈良朝前より平安朝時代にわたる頃には、屢々遣唐使を派遣して文化の移植につとめた。

インドにおける數學の起原は明らかでないが、西紀前數世紀のころ、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。即ち西紀五三〇年の頃、アリアバータ Aryabhata (四七六—?年) は四篇より成れる書を著して、天文學及び球面三角法の初歩を取扱ひ、且つ算術・代數及び平面三角法の諸法則を記述した。その後ブラーマグプタ Brahmagupta (五九八—?年) は、韻文を以て天文學の系統的敘述を試みたが、その中の二章は數學を取扱ひ、算術級數・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、パースカラ Bhāskara (約一一一四—?年) も亦、數學の章を含んだ天文學書を著し、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、二次及び二次方程式、級數・體積などがある。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れる。かくしてインド人は、算術及び代數の方面に大いに貢獻したのであるが、これら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。

第七世紀の初頭には、西アジアの西端アラビア・メッカの地に回教祖マホメットが現はれ、アラビア人の精神に靈火を點じた。アラビア人は六二〇年より六五〇年の間において、教祖マホメットの宗

教的情熱に動かされて、アラビア、シリア、ペルシア及びエチオ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、彼らは第八世紀において文化の建設に力を傾注し、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、かくしてアラビア人は、ギリシア、インド及び西ヨーロッパにたいする關係において、科學史上極めて重要な位置を占めるに至つたのである。

アラビア人が遺した最大の業績は、何といつても化學の確立である。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。彼らの目的は、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。人々はかかる金屬變換を完全に達し得るやうな一つの物質を製りださうといふ目標へ向つて進み、この假想的物質は「賢者の石」と呼ばれた。その努力は報いられなかつたが、結果は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おける化學は、主としてこのスペインのムーア人、即ち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った西部ヨーロッパの回教徒によつて

導入せられたのである。

アラビア化学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-Jābir-ibn-Haiyan al-Azdi (約712—813年)である。彼はヘルシアに生れ、アラビアにおいて数学を學び、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は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、また金属の精鍊、製鋼、布及び革の染色、濃い醋酸を得るための酢の蒸餾などを説述した。硫黄・水銀などを基礎的元素と見做したが、その元素説はボイルの時代まで用ひられた。なほ當時の化学者たちは硫酸・硝酸および水を作り、硝酸銀の如き金属鹽をも造つた。蒸餾・濾過・結晶の如き實驗室操作は、彼らを通じてヨーロッパ人に知られたのであり、アルコールなる語の如きもアラビア語より出たものと傳へられる。数学の領域では、八三〇年頃アルカリスニ Alkarismi が、ブラーマグタの著書を基礎として代数学を著したが、本書自らも亦後世にお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。

物理学方面において、スペインに住んでゐたアルハゼン Al-Hazen (約965—1039年)は光学の進歩に貢献し、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。また彼は眼及び視覚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て試みた。光学に関する書を著はしたが、そのラテン語譯は特にロージャー・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、金属の比重表を作つたといふ。彼らの業績は、當時キリスト教的西歐諸國が不生産的なスコラ哲學の論争に耽つてゐたことと想ひ合せれば、一そう尊敬に値すると見なければならぬ。

アラビアの醫師アヴィセンナ Avicenna (980—1037年)は、ヘルシアの名門に生れ、醫師にして哲學者・政治家を兼ね、彼には哲學・自然科學・醫學に関する著述が多かつたが、就中最も貴重な「醫典」Canon 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、五世紀の長いあひだ世界の醫學を支配し、著者の名を不朽に傳へた。

アヴェロイヌ Averroës (約1126—1198年)は、ギリシアの生物學及び哲學の註解者なる名を得、その著作においてアリストテレスとガレノスとの調和を試み、物理學及び化學に關して独自の知識を示し、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。彼は自然にたいして常に批判的な公正な態度を持ち、注意深く證據を檢索しようと努めた結果、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。アヴェロイヌの死と共に、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テ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、西歐に文藝復興の機運が熟したころ、即ち十四世紀の後期には再び未開の状態に復歸して終つた。

イタリーにおける學術存続の跡を尋ねるに、七八七年シャーレマンは、彼の領土の各寺院に命じて附屬の學校を建設せしめ、また熱心にラテン語を奨励した。ラテン語がその後八百年のあひだ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おける課程は、ブラト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。これらの學校は、まもなく中世學術の中心となつたが、その根本は神學のものであり、教師たちはギリシア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根據を與へ、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 と稱へられるものは之である。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（一〇九〇年以來約二百年間）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。かくしてアッ

ストテ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、後にはギリシア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テレス哲學が生れたのである。

次に中世紀の後半、歐洲にお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、この學校は古代におけるアレクサンドリアの施設の如く、中古數百年間を通じて醫學の中心となり、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ら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がヨーロッパに弘まるまでになつた。サレルノには女流の醫學教師や醫書著述家があり、中古末には女外科醫がゐた。西紀一〇〇〇年頃には、北イタリアのポ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。パリ大學も亦同世紀の初めに始まつたといはれてゐる。但しこれら初期の大學は、いづ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、一二四九年にはオックスフォードに、一二八四年にはケンブリッジに、一三四八年にはブライグに、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。これらの中世における大學は、

近代的大學の前身であり、程度はもとより低かつたが、この時代より引きつづき學問の發達に重要な役割を演じた。されどこの大學の發達にとつても神學の影響は支配的であり、その多くは論理學・哲學および神學を教へ、數學的科學の方面は重きをおかれなかつた。

第十三世紀には、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たいする憧憬と學問への熱望との興りつつあつたことを見逃すことが出来ない。これは特にドイツにおけるドミニコ派の教僧アルベルツス・マグヌスと、イギリスにおけるフランシスコ派の僧侶ロージャー・ベーコンとの二人によつて實現された。

アルベルツス・マグヌス Albertus Magnus (一二〇六—一八〇年頃)は、準備教育をパツアで受け、後にはケルンで教鞭をとり、一時はパリでも教壇に立つた。非凡な哲學・神學及び博物學者であつた彼は、アリストテレスの學徒で、教職上、公務を帯びてドイツの各地を徒歩にて旅行し、自然現象を精確に觀察した。著書「博物學」Opus naturarum には、「動物學」De animalibus と「植物學」De vegetabilibus とが含まれてをり、かくして彼の影響により再び自然科学の領域で古代の文献が注意されるやうになつたのである。

トマス・アケイナス 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興へ、絶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ので、スコラ哲學はその絶頂に達した。有名な「キリストのまねび」Imitatio christi が現れたのもその頃である。

この時代におけるスコラ主義に反抗して立ち、自然科学史上特筆せらるべき學者にロージャー・ベーコン Roger Bacon (一二一四—九二年)がある。彼は科學再興史上における最初の殉教者であつて、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大學に學び、のちフランシス派の僧となつた。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、遂に教へることを禁ぜられてパリに追はれ、非常な困窮に陥つた。ところが法王クレメント四世は、パリにお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、科學についての彼の著作を送るやうにと命じた。ベーコンはこれに應じて三つの重要な著作、即ち Opus majus・Opus minus 及び Opus tertium を書いて法王に贈つた。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、死の約一年前まで釋放せられなかつた。

彼はパリに在住中、特に、物理學と數學とに身を捧げ、著書 Opus majus は、古代及び當時の物理學の概要と、ギリシア・ローマ・アラビアの諸學者の説を基礎とする哲學とを要約したものである。自然科学には注意深い觀察と實驗的基礎とが必要であり、且つ天文學及び物理學は數學の上に築かれ

ねばならぬことを主張した。

ベーコンは著書を通じて人類に呼びかけてゐる。「漕手を必要としない航海の機械を作ることには可能で、それが出来れば、ただ一人の機關士だけで、多数の漕手が乗つてゐた時よりも一層迅速に大きな船を河に海に航行させることが出来る。同様にまた、われわれが古代の戦争に用ひた鎌附の戦車のやうに、動物に曳かせずに、全然動力で動く車を作ることでもできる。飛行機を作ることでも可能であり、人間がその中央に坐つて、鳥と同じやうに、人工的な翼で空気を搏つ一つの装置を廻轉させることにすればよい」と。

また一面において、彼は次のやうにいつた。「われわれ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、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、光學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。またユリウヌ曆の欠陥を認めて修正案を提出し、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ほど廣くないとの結論に達したが、これは二〇〇年後におけるコンプ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ニス・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、いか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、直接的な觀察と實驗とを重んじる氣運が作られ、教會よりは酷烈な迫害と反對とを受けたが、そ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・ルターは、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。實に彼は故國イギリスに生すべき經驗論の先驅者であつた。

第十三世紀には、世界史の上に重大な出來事が起つた。それは蒙古族が支那の北方から突如として歴史上未曾有の遠征を成し遂げたことである。一二二四年、蒙古聯邦の首領成吉思汗は北京を占領したのち、西方に遠征して西ロシアにまで進出し、彼の繼承者はこの驚嘆すべき壯圖をつづけたが、近代史家の研究によると、彼らは支那の新らしく發明した火薬を得て、それを小さい野砲に使用したのであつた。蒙古人は創造的な人間ではなかつたかも知れないが、知識と方法との傳達者として世界歴史に與へた影響は甚大なるものがあつた。

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ないし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實に一萬を算した。S. 40。

第三篇 近 世

一、文藝復興期

中世より近世に入る過渡期においては、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および、人類の文化全般にわた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おける商業及び産業の勃興が基礎をなし、最初は主に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いたつた。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、この地に生れた天才詩人ダンテ Dante（一二六五—一三二一年）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ボツカチオ Poccaccio (一三一一—一三五五年) の十日物語デカメロンがあり、そこに描かれたものは當時の封建制度と教會とにたいする非難であつた。なほボツカチオと共に、所謂人文主義の先驅者として知られるペトラルカ Petrarca (一三〇四—一三七四年) は、詩人兼學者としてギリシア及びローマの學者たちの功績を強調し、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。蓋し人文主義とは、キリスト教の神祕本位なるにたいして、人間性を強調し、古典の復活と古代文化の研究によつて、人間の教養と文化とを高めようとする運動である。

この過渡期においては、地理學的探檢への熱心さが著しく高まり、従つて發見時代とも呼ばれてゐる。その主因は、當時各地の都市における商業の勃興のために、新しい市場を探求したのによるのであらう。支那の船は、西紀後第三世紀の頃、すでに磁針を以てインド洋に航海し、アラビア人もこれをを用ひたと傳へられてゐるが、十三世紀のころには西ヨーロッパにおいても羅針盤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てきた。

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 (一三九四—一四六〇年) の奨励により、最初の探檢者となつた。彼ら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。王子ヘンリーはヨーロッパの最西端サグレス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、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るやうになつた。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、現にニュルンベルクに保存されてゐるが、それにはアメリカ大陸も、廣大な太平洋も記入されてゐない。幾度かの失敗ののち、遂にアメリカの發見に成功したのはジェノアの航海者コロンブス Christopher Columbus である。彼は二世紀ほど前に出版されたイタリー、ヴェネチアの人マルコ・ポーロの書いた支那旅行記の愛讀者であり、大西洋を横斷して支那へ行かうといふ素晴らしい空想を描いたのであつた。そして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ベハマに到着した。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。

コロンブスの成功はヨーロッパに異常な刺戟を與へて、海外發展策を振興させるにいたり、一四八六年には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、つづいてヴァスコ・ダ・ガマ Vasco da Gama は、その探檢隊を率ゐて喜望峰を迂廻し、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

de Balboa はパナマの地峡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った。

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つづいてインド洋を航海し、アフリカを經由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(天文十二年)にはポルトガルの商船がわが南九州の小島、種子ヶ島に漂着して、鐵砲傳來といふ著しい出来事があり、ここに日本と西洋との接觸が始まつた。當時わが國は戰國の世、足利の末期であつた。天文十二年はコペルニクスの地動説の著述が初めて出版された年で、いはば新天文学の生れた年である(後述)。

紙面に印刷した書物、完全に實驗し得た地球の球形なることの新しい理解、不思議な陸地や、珍奇な動植物や、變つた風俗習慣にたいする様々な想像、海の彼方に、陸地の上に發見された色々の物質は、一時にヨーロッパの人心を激動させた。長いあひだ忘れられ、埋れてゐたギリシアの古典は、俄かに印刷され、研究されて人々の心を華やかに色彩つたのであつた。

人文主義と自然科学とを結びつけ、文藝復興期にお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 の名によつて知られるケーニッヒスベルクのヨハン・ミューラー Johann Müller (一四三六—七六年) である。彼はブトレマイオスや、その他のギリシア學者の著作を、アラビアを通じてきた不完全な「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ドイツ最初の天文臺を建て、その翌年には改良された天文觀測機械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、ウエスプッチら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ーに行つたが、四十歳の時ローマで殺害された。その著 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。

第十六世紀初頭にお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しい宇宙觀、即ち太陽中心的世界説の確立と、それによつて齎された天文学上の大變革である。ギリシア天文学は、ヒッパルクスやブ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、長期間にわたる正確な觀測であり、第二は、それらの觀測結果を解

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たい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あひだ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をり、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。かくて彼らの功績は、この二世紀間にお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、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になつた。彼は落着いた學問好きの少年で、十七歳の時クラカウ大學にて醫術を學び、二十三歳の時イタリアに赴き、ボロニア、パツアなどの大學で天文學と數學とを修め、歸國後フラウエンベルクで一寺院の僧侶となつた。彼は死に至るまで三十年間、その地に住み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、幾多の人々によつて行はれた天文學における觀測の結果と、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觀測家ではなかつた。彼の興味と天才とは、むしろ十三世紀以前にプ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たいする深い分析と、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、かくて、彼の太陽系における太陽中心説は、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、ルター派の大學の若い數學教授レティクス G. I. 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クのオシアンダー Andreas Oriander といふ神學者に委任した。この原稿を見たオシアンダーは大いに驚き、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、本書に述べたある根本原理は、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「天體の廻轉運動について」*De Revolutionibus orbium caelestium* の印刷が出来上つて、コペルニクスの許に届いたのは、一五四三年、彼の死に先立つこと僅かに一日であつた。これはプトレマイオスの「アルマゲスト」、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、觀測者を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こ

るがあるけれども、その説は何ら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、地球と恆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、かくして今日の天文學における根本觀念たる地動説を基礎づけたのである。

畫家として不朽の名を残したイタリーのレオナルド・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、その何れの方面においても卓れた才能を發揮したが、多方面に渉る研究ノートを遂に生前に著書として公表することをしなかつた。従つて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、これら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、知識は優に一世紀を先立つてゐることが明かとなつた。ノートの一部は印刷せられたが、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。

科學と藝術とは各々その分野は異なつてゐても、自然現象にたいする心の働きにおいて互に相通するものがあり、科學的研究の飛躍的構想には藝術的な態度が多分に要望されるのであらう。

レオナルドはイタリーのヴェンチ村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、また古典の盲従者でもなかつた。そして科學の方法は、ただ自然の觀察と、經驗とであり、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。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、また落體の速さが時間と共に増すことを知つてゐた。

一方、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。彼は眼の光學的部分の模型を作り、物體の像がいか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おける經濟機構の發達につれて、若干の基礎的な技術上の諸發明が現はれ、それにつづく科學的諸發見の基礎となつた。即ち既に述べた羅針盤の外、機械的時計、印刷術の發明、望遠鏡(後述)などはそれである。

時計の發達は、技術史において最も重要な位置を占め、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、それには長いあひだ、砂時計または水時計が

使用せられてゐた。鐘によつて動作する時計は、十世紀の終りころ、のち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装置が造られた。まもなく、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いたり、かくして永遠と未來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。一三四五年の頃には、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經驗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わが國の奈良朝時代(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。歐洲においては第十五世紀の中葉以前には、印刷術は今日の彫刻・木版などの如く、主として固定した木片・金屬・石によつて行はれ、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、ドイツのみにて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。

支那は當時明の世であつたが、グヴィンチ、コペルニクスと同じころ、王陽明が出て陽明學を唱へ、わが國にたいしても思想的に大いなる影響を與へた。

二、十六世紀 (上)

新大陸の發見、藝術の領域における天才的勞作、ドイツのマルチン・ルター 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て一段落を告げたが、自然科學の復興は寧ろその後を承けた十六世紀に見られ、カトリック教會への闘争も本世紀にまで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、「自然界はいかなる法則によつて連絡せられてゐるか」を問題とするにいたつた。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。十六世紀には、古代にお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。

ルネッサンス直後における博物學・醫學及び化學方面の發達は、物理學・力學及び天文學の如く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。次で彼らは觀察と、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學化學派 Iatro-chemists が生れた。イアトロはギリシア語で醫者を意味するのである。

醫療化學派の主なる代表者は、スキスの醫者で且つ鍊金術者たるパラセルスス Paracelsus, Theophrastus von Hohenheim (一四九三—一五四一年)であつた。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り、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んだ。のち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、三十二歳のとき新しい知識をもつてドイツに歸り、次でバーゼルの大學教授となり、傍ら市の醫師を兼ねた。最初の講義におい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従來の學者の意見に據らず、且つ教會からも制限せられることなく、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その革新的な態度は、同僚教授・醫師及び町の藥劑師らの激しい反感

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。後にザルツブルクに足を停めたが、ま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生涯にも拘はらず、一般創傷療法・微毒の療法・一般病原論・大外科學など、醫學及び化學についての多くの著作を試み、化學の效用は黄金を造ることではなく、醫藥を造るにあるといつた。醫藥はそれまではガレノスの先例に倣つて専ら植物を用ひてゐたが、彼及びその一派は初めて生藥より有效成分を抽出してこれをチンキまたはエキスとして應用し、また鑛物性藥品をも醫療に用ひた。彼ら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。今なほ彼の與へた Laudanum なる名によつて知られてゐる阿片チンキを最初に用ひ、また鹽・硫黃及び水銀が重視せられて研究せられ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なもの (アルケウス Archaus 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つて生命を調節すると唱へた。また疾病は肉體の化學的組成の變化に起因するものであるとし、それ故に、化學作用を有する藥物が再び健康状態を恢復することができるのだといつた。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、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—一六四四年) の人體に關する研究である。ベルギーのブラッセルに生れ、パリにおいて醫學を修業し、次で戰場に出て外科の經驗を得た後、イタリアのバツアに行き、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、その大學において解剖學を講ずることとなつた。

一五四三年には大著「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。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喚ぶに充分なものである。彼は觀察した事實の敘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。この書が公けにされると、各方面から反對を受け、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き、その後宗教裁判の忌諱に觸れてエルサレムへ旅行し、歸途船中において逝つた。

ヴェサリウスの後、人體解剖の研究はイタリアにおいて盛んとなつた。人文主義および學問の復興は最初にイタリアにおい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、オイスタキウス Eustachius (一五二四—一七四年) 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ヒー(歐)氏管に、また非凡な研究家であつたファロピウス Fallopius (一五二三—一六二年) の名は子宮喇叭管にたい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はバ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。門下からはカッセリヤハーヴェー(後出)などを輩出した。この他、肺循環を説いた有名なスペインの解剖學者セルヴェトウス Servetus (一五一二—一五三三年) 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た一人であつたが、異端者として追放せられ、遂に焚殺の刑に處せられた。これらの諸家は何れも解剖學の進歩に貢献したのであるが、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。

博物學の方面においても中世を通じて何ら見るべき進歩を示さなかつたが、ルネッサンスの學問の

復興・新生に伴ひ、この方面にも古代科學への復歸が唱へられたのである。十六世紀に解剖學のヴェサリウスと時を同じうしてこの分野に頭角を表はした偉大な學者はスキスのゲスナー 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おける最初の有名な自然科學者となつた。一五五三年にはチェ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、アラビアの文獻を翻譯し、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業績は、その量においても質からいつても、生物學史上に高い位置を占めてゐる。探檢旅行によつて益々その數を増していつた動物の種類は、すべて自身の觀察に基づいて記述されると同時に、できるだけ自然に忠實に描寫され、そして動物學を當時著るしく蔓延してゐた寓話から潔めようとする努力が現はれてゐる。

支那では明の李時珍が一五五二—一七八年にわたつて「本草綱目」を著はしたが、この書は支那及び本邦における本草學知識の源泉と仰がれたものである。

イギリスの優れた臨床家たりしギルバート William Gilbert (一五四〇—一六〇三年) は、化學より更に電氣および磁氣の研究を行つた。彼は、近世の初めに當り、イギリスの地において吾々が出あふ最大の科學者であり、電氣および磁氣現象の最初の科學的研究は彼に負ふところである。それまで

人は電氣の引力については單に琥珀に關する知識しかもつてゐなかつたが、ギルバートの實驗によつて、この力がすべての固體に及ぶのみでなく、液體にも及ぶことが證明されたのである。一六〇〇年、彼は「磁石につゞて」*De Magnete* を著したが、それは磁石に關する當時のあらゆる知識を集め、自ら行つた多數の新しい實驗をも加へたものである。この發表によつ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、彼は電氣磁氣學の父と呼ばれてゐる。彼は地球を一大磁石と考へ、その觀點からあらゆる地球磁氣の現象を綜合したことは眞の功績である。ガリレイはギ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まま繰返してゐるばかりで、自ら實驗によつて研究しようとしなない人たれを恥ぢ入らせるものである」と。

十六世紀の代數學の發達に強い刺戟を與へたのは、イタリーにおける二人の偉大な數學者、タルタリーナ (フォンタナ) Nicholas Tartaglia or Fontana (一五〇〇—一五七一年) 及びカルダン Girolamo Cardano (一五〇一—一七六六年) である。タルタリーナ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、むし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、初めて静力学の進歩に貢献したステヴィヌス Simon Stevinus (一五四八—一六二〇年) 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った。彼の静力学及び静水力学の論文(一五八六年)においては、力学問題の解決に新しい幾何学的方法を導入した。巧みな実験によつて、液体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。なほ彼は初めて小數の效用を説明し、且つフランスにお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学の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、偶々日食を見て非常に興味を感じ、それ以來數學及び天文学を勉強した。その後、法律を學ぶためにライプツヒ大學に送られたが、依然として方向を變へず、専心天文学に志した。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專業に着手したのはこの地であつた。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学者間に知己を得た。

この天文学にたいする好愛は、一五七二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。ティコは之にたい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なほ保存されてゐるが、ここで優秀な助手を得、正確な大量の觀測を二十一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。

彼の著作の最初の計畫によれば、先づ新星、一五七七年の彗星、及びその後の彗星につい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、この計畫は一部分しか實現されなかつた。その第一卷たる新天文学序説は、一五九二年に大部分印刷

されたが、遂に彼の死ぬまでに完結せず、漸やく一六〇二年にケプ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巻は第一巻よりも先に出版されたが、第三巻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、一五九七年にフヴェーンを去り、一五九九年ブ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。そこで直ちに観測に着手し、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。

ティコの天文學の進歩にたいする主なる貢献は、器械及び観測の正確さを高めたこと、及び多年にわたる廣汎な連續觀測を行つたことである。彼はヒッパルクス以來の大規模な精緻な天文觀測に終始した天文學者であり、ケプラーをしてその劃期的法則を立てしむるに至つた龍大な觀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・ブラーエの生れる以前、マゼランは地球を周航してその球形なることを實證し、ルター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、彼ら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) はスキス國境に近い南ドイツのウウルテンブルクに貧しい新教徒の子として生れ、私的生涯は貧困と、病弱と、逆境との闘ひの連續であつた。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、グラーツにおいて數學講師の職についた。しかし生徒は少く、その上、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。
かくして天文學に關して益々興味を感じるやうになり、特に惑星の數、その軌道の大きさ及び運動について熱心に思索をめぐらし、結果は、一五九六年に「宇宙の神祕」*Mysterium cosmographicum*なる著作中に公けにされた。

その頃から宗教改革にたい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、彼への排斥の要求も絶えなかつた。そこで、一六〇〇年ブラーグにティコ・ブラーエを訪ね、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、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あつた上に充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、暫らくあまり費用のかからない光學の研究に従事し、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。その全内容は近代光學の基礎をなし、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り、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覺によつて説明した。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、ケプラーはむしろ理論家であり、ティコの遺した豊富な觀測記録についての研究に、前後二十五ヶ年間を捧げたのである。彼は有名な三つの大法則を發見した。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、一六〇九年に著書「火星運動の解説」の中に於いて發表せられた。蓋しティコの惑星に關するあらゆる觀測の中、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、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、加ふるに、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つづけたのである。一六一九年、「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。なほ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新らしい惑星表

であり、爾後ほとんど一世紀間にわたり天文學者たちの補助手段となつ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つづき、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までには、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深い。實にコロンブスやマゼランのやうに、學問の未踏の地に旅してその旅程を報告したのであつた。通過した段階には、成功したものと、しなかつたものがあるが、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り、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、既に尨大な計算が済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。それはイギリスにおける文藝沙翁シニグニ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ひ、彼は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。

ピザの大學に入り、初め醫學を修めたが、のち醫學を棄てて數學及び物理學の學徒となつた。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。二十五歳にして大學を卒業し、直ちに數學の教職についた。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「運動につつ」De Motu を書き、理論と實驗とによつてアリストテレスの理論にたいし異議を示した。彼は「すべての物體は等しい速さで落ちるものであり、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。アリストテレス以後において、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に關するものであり、ガリレイは特に動力學の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、パツアの大學にあつて、主として天文學の研究に従

事し、當時既にコペルニクスの説を知つてゐた。一五九七年、ケプラーがその新著「宇宙の神祕」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いひ送つたといふ。

同じ一五九七年にガリレイは、寒暖計を製作して温度の上昇に伴つて液體が管の中を上昇することを認めたが、このことは、人間の感覺によつて初めて寒暑の差がわかるものと信じてゐた當時の人々を驚かした。

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、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。彼はこれを用ひて先づ月を觀察し、表面には山や谷が地球面のやうに起伏になつてゐることを認め、當時まで全く謎であつた銀河も星の群團なることがわかり、一六一〇年には續いて木星の衛星が、この他太陽の黒點や土星の環も發見せられた。これらはいづれも全く望遠鏡なる科學器械の發明に負ふ結果に外ならぬのである。しかし世人はこの偉大な發見にたいして冷淡であり、教授たちは却つて敵意をもつに至つた。

パツアにおける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。けれども彼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れるところとはならず、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。彼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々に望遠鏡を示し、木星の衛星、その他の新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、ガリレイ自身にたいしては、地球の運動を教へ、或は信じることを固く禁する旨をいひ渡されたのである。

後一六三二年、フローレンスにおいてコペルニクスの地動説にたいする擁護を企てた有名な著作「宇宙系の二大學説についての對話」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ゝあること、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、アリストテレス派の説に反對したのである。二年間の躊躇の後、この書は遂に公刊せられたので、アリスト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、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、四月から六月にわた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、新説を放棄する誓書を提出せしめられた。

傷心の老科學者はまもなく解放されたが、フロー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。この地にお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。書中には等速運動・加速せられる運動・強制運動及び拋射運動などが取扱はれてゐる。自分の研究が全く新しい科學であり、方法が實驗的であることに對して大い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従來の如き形式的な論理ではなくて、一定の經驗から假説を立て、その假説が他の經驗と一致することを示すにあるとした。

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。同時に決して一面的な學者ではなく、仕事の餘暇を音樂と繪畫に捧げ、この藝術家的天分は著作の中にも現はれてゐる。彼の著作は、科學的意義の外に、文章は十七世紀のイタリア文學が産み出した最も完全なものに屬するといふ。

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るが、これらの研究に基づいて創められた宇宙像を完成することは、ニュートンの時代にまで保留されねばならなかつた。

宗教裁判のいま一人の犠牲者は、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。十五歳にしてドミニコ派の寺院に入り、新プラトン派哲學の研究に没頭したが、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おいてコペルニクスの新世界體系を講じたが、教授たちの反對を受けた。一五八四年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。再びパリに歸り、次でドイツの諸大學を訪ねたけれど、どこでも好意を示さなかつた。のちイタリアに歸り、その地において宗教裁判所の獄に投ぜられた。ローマの審判者たち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。ために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。彼は宇宙を無限であるとなし、星を地球と同様のものと考へ、他の恆星系を太陽系と同様のものと認め、場所規定の相對性を説いて物體が宇宙の自然的位置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、四世紀に既にロージャ・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* (一五六二—一六二六年) に始まるとされてゐる。哲學者・思想家として一世を風靡した彼は「知識は力なり」と唱へ、知識を求むる方法を論じて、科學の研究に經驗を重んずべきことを主張し、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

自然を利用すべきであり、それがためには先づ観察と実験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。実験の必要を強調し、自然科学的知識の獲得を第一に置いた第二のペーロンは科學上の研究の大抱負を表示するために幻想物語の形式で「The New Atlantis」といふ書物を著し、明快な言葉を以て十七世紀初頭における自然科学の振興にたいして功績をのこしたのである。このころ對數と呼ばれる計算法に關する新發明が生れた。即ちネピア John Napier (一五五〇—一六一七年) は、一五一四年エデンバラにあつて「驚くべき對數規則の記述」を公けにし、それを獨立して天文學者ビュルギー Justus Bürgi (一五五二—一六三二年) は、一六二〇年ブラーグにおゝ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—一六三一年) は、ネピアと會見してその結果、使用法の簡単な今日の所謂常用對數 common logarithm を發見し、これによつて對數のみならず、小數の對數も容易に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。一五八二年まで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、當時にいた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までの日は除き去られ、將來四百年内における閏年の數は百回から九十七回に減することに定められたのである。

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。即ちドイツでは一世紀間遅らされ、イギリスにおい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舉し、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)

新思想と新發見との相次いだ十六世紀につづく十七世紀には、ヨーロッパの各國は政治的、宗教的に頗る多事であつた。ドイツにおいては、新舊兩教徒の軋轢から起つた三十年戦争 (一六一八—一六四八年) があり、その結果、科學の發達は著しく妨げられ、フランスは、十六世紀最後の三分の一にわた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、宗教上の紛争は稍々緩和され、フランス人の才能が幾分か科學の方面に發揮された。イタリアでは、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は至らず、エリザベス女王の治世下に東インド會社を設立して (一六〇〇年)

海外に植民地を得、新らしき産業の發達を見たイギリスにおいては、ギルバートにつづいて科學的貢獻の旺盛な時代を招來した。「知識は力なり」とのベーコンの言葉が當時もて囃されたのもこの國であり、爾來この言葉が尊重されたことが英帝國繁榮の一因となつたのである。かくして近代の自然科學の發達は、最も早く且つ盛んにイギリスに見られたのである。その頃からわが國では江戸時代（一六〇三—一八六七年）の鎖國期が始まつたのであつた。

十七世紀における科學史上忘るべからざるは、ロンドン王立學術協會及びその他の科學アカデミー（學術協會）の創立である。古くはブラトンのアカデミー（前五世紀）、アリストテ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、中世にはシャーレマンの頃アルキン Alcuin（七三五—八〇四年）によつて創立された一種のアカデミー（八世紀）など、所謂科學アカデミーの起原は頗る古いのであるが、ルネッサンス以後にあつては、イタリーの地に最も早く現はれた。即ち一五六〇年ナポリに *Academia Secretorium Naturae*（自然史學會）が出来、ローマにも更に有名なガリレイなどの屬してゐたアカデミー（山猫學會）があつた（一六〇〇—一三〇年）。一六三〇年（寛永七年）は、わが國において朱子學者、林羅山により昌平費が創設せられた年にあたる。また一六五七年には實驗アカデミーが有名なメヂチ家の兄弟フェルデナンド二世及びレオポルドによつてフロ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・溫度計・振子などの製作、及びトリチェリーの眞空の實驗などが旺んに試みられた。彼らは舊來の方法の無效を認め、力を合せて自然科學を新らしい水路に導き入れようと努力したのであるが、しかもイタリーではこれらの諸科學は依然として中世的な思想を固執してゐる人々の抑壓を受けた。

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（王立學術協會）*Royal Society of London* である。フランスス・ベーコンの影響を受けた人たち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學術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。その初期における主なるものを挙げると、フックの「顯微鏡圖」（一六六五年）、グラント Grant の「死亡率表」（一六六五年）、マルビギーの「蠶について」（一六六九年）及び「植物の解剖」（一六七五年）、グリューの「植物解剖學」（一六八二年）、レーの「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」、ニュートンの「プリンシピア」などがある。

フランスにては、本世紀の初期にはフェルマ、パスカル、ガッサンチなどの偉大な人々が個人的に會合して討論を行つてゐたが、一六六六年ルイ十四世の頃、コルベール I. B. Colbert によつて科學

アカデミーが結成された。ベルリンの科學アカデミーはそれよりも後れて一七〇〇年ライプニッツの
手で創設せられ、各國にお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おいて
構造に關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、ケンブリッジで醫學を修め、
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
外科醫且つ解剖學者として比類なき名聲があり、六十一歳で靜脈の瓣について研究してゐたが(第五
七頁参照)、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。しかし、
循環について彼より得た知識よりも、むし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。

パツアでは青年ハーヴェーは、獨創的な氣力ある學生として教授及び學生たちの注意を惹いた。一
六〇二年歸國してロンドンに開業し、一六〇四年より解剖學に關する公開講義を始めた。

彼は研究の成果を著作として發表することを急がなかつた。名著「動物における心臟及び血液の運

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、十數年間の長きにわたり講義し、この書が出版されたのは既に
五十歳の時であつた。この外、七十三歳のとき發見學についての重要な著述を公けにしたのである。

前記の血液循環に關する著書は、分量こそ少ないが、ヴェサリウスの著作と共に、實に生物學にお
ける劃期的のもので、初版はフランクフルトで一六二八年に、四つ折版七十八頁の内容をもつて出版
せられた。彼はこの書中、初めて「身體内の血液はすべて循環するもので、心臟の搏動が循環の推進
力を與へること」を示し、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。これらの事實は、動脈また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、初め論争好きで當時の學者たちや、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けれども、他の學者による追試の結果は正しいことを證明し
た。

彼の生理學への貢獻は、實に天文學におけるコペルニクスや、力學のガリレイに比ぶべき革新的な
ものであつた。血液の循環は血液自身の力ではなく、また精神力によるものでもなくて、血液を身體に
送り出す心臟の收縮作用によるものなることが明らかにされ、生理學の方面で従來信じられてゐた神

祕的な力に致命的な打撃が與へられたのである。

發生學の方面においても獨創的な透徹した觀察家で、ハーヴェーの時代までは、例へば鶏卵内では最初から小さい雛として凡ての部分が完備し存在するものと考へられてゐたが、この豫造説(前成説)は覆へされて、新生説(後成説)が樹立された。即ち、雛は何ら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、今日の胎生學とほぼ同一の説である。

博物學の領域からはリンネの先驅者として、ダ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 John Ray (一六二八—一七〇五年)の名が擧げられる。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、同じ博物學に興味を有する友ウィルビー Francis Willughby (一六三五—一七二二年)を得たのである。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、レイは植物を觀察研究した。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、新しく提唱した植物の分類は、次世紀にいたり ジュスター 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、その遺見二人の教育と原稿の出版とをレイに托したので、彼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を自ら校訂して王立

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おける高い地位を占めるものである。

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、また解剖學を動物分類の基礎として用ひた。

わが國筑前の貝原益軒(一六三〇—一七一四年)は當時の碩學で、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り、その中に草花に關する「花譜」五卷、蔬菜についての「菜譜」三卷、並びに「大和本草」と名づくる日本博物誌十八卷が算へられる。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。八十五歳を以て歿したが、益軒の最終の著述なる「大疑録」はその二ヶ月前に完成したものであるといふ。

數學及び哲學の方面においては、第一にデカルト René Descartes (一五九六—一六五〇年)を推さねばならぬ。近世哲學の創始者として、ベーコンの經驗的方法にたいし唯理的方法を唱へ、同時に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數學の近世的一學派の創始者である。

フランス生れで、母は誕生と共に死し、彼自らは非常に虚弱であつた。學校ではスコラ哲學の系統

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たいしては常に疑惑と不滿を抱いてゐた。後年パリに赴き、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、その後軍隊に入つて二年間オランダに滞在中も數學の研究をつづけた。一六〇九年、三十年戦争勃發に際し、二十四歳であつた彼はドイツへ移り、ドナウ河畔ノイブルクにおいて冬期宿營をしたが、絶えず哲學的思索に耽り、後年の哲學及び數學の研究にたい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決して怠らなかつた。一六二九年、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* を發表し、これは詳しくいふと、「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、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、各方面から種々な批評を受けたのである。一六四一年、これらの批評に答へ、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ば公けにしたのが「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、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、以上三つが彼の主著である。デカルトは深い懷疑家で、かの有名な言葉「われ思ふ、故にわれ在り」*Cogito ergo sum* は彼の哲學の出發點であり、ベーコンが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、自意識よりの演繹によつて眞理を探らうとした。

數學における不朽の貢獻は解析幾何學の創始者であることで、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」の中「幾何學」*Geométrie* は數學上の主著であり、極めて難解なものであるが、友人ド・ボーヌ *F. de Beune* が註解を加へてラテン語に譯し、一六五九年更に出版した。アルファ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よつ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、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。なほ「氣象學」*Les Météores* には多くの大氣現象の説明が載せられ、後の研究になる渦動論によれば、萬物は運動してをり、その運動は渦動の形成に終るもので、太陽は一大渦動の中心にあり、各惑星は各自の渦動の中心をなすといふ。即ち大體において後の星雲説に類似してゐるが、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。渦動説は、一六四四年の發表以來二十年のあひだ完全に科學を支配し、十八世紀に入つてもなほニュートン説以上に合理的とすら考へられたのであつた。

デカルトに反動的な立場をとつた學者にガッサンデ Petrus Gassendi (一五九二—一六五五年)がある。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。夙く青年時代にアリストテレス哲學にたい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。彼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、その頃の他の學者やデカルトと同様に、物理學における實驗よりは寧ろ思索的方面に傾き、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をさまつて、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、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・音樂などが集録されてゐる。

フランスのフェルマ Pierre de Fermat (一六〇一—一六五五年)は、學校において法律を學び、卒業後、町の議員としての公職の餘暇を、一生數學の研究にさまたげた。二、三の論文を除けば、生前には何ら系統的な著作をも公にしなかつたので、彼の得た驚くべき結果の或るものは死後に見出されたのである。その研究は、(一)數論 Theory of numbers に関するもの、(二)幾何學における解析及

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、また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、眞空の存在は當時にいたるまで謎であつた。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、アリストテレスは眞空は存在し得ないと考へ、その後「自然は眞空を忌む」といふのが正しき信条となり、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學ぶべきは、イタリアのトリチェリ Evangelista Torricelli (一六〇八—一六四七年)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おいて、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、次に、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、これこそ大氣の壓力であると斷定した。彼は管内に眞空を生ずる場合に、液柱の高さとの間に成立つ關係に着眼したのであつて、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

発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。

これらの實驗結果と説明とは最初容易に信ぜられなかつたが、まもなくフランスのパスカル *Pascal* (一六三三—一六六二年) により、「真空に關する新實驗」なる論文において確證せられるに至つた。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ほど短い筈であると推論し、次で山上での實驗を行ひ、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、最初イタリー及びフランスで行はれたこの實驗は、次でドイツにても他の方法によつて試みられた。その最初の研究者はマグデブルクのゲーリック *Otto von Guericke* (一六〇二—一八六年) である。その地の素封家でまた貴族である家系の子孫として生を享けた彼は、幾度かの失敗ののち、中空の金屬球から空氣を排除することに成功して以來、空氣ポンプが用ひられ始めた。所謂「マグデブルクの半球」の實驗とは、半球を合せて中の空氣を排除し、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。彼は、真空について色々な實驗を試み、例へば真空中に置いた時計の音は聽えず、火は焰を上げず、鳥は口を開けて苦しみながら死んだ。ゲーリックの著書「真空について」は、物理學上の對象を論じた古い論文の中

で最も重要な且つ教訓に富むものの一つである。實驗のために多年の苦心と夥しい費用とを支出し、
龐大な著書も、物的報酬はもちろん、なんらの公的稱讃さへも齎らさなかつた。それだけに吾々は、
科學の基礎を築いた人たちの献身的な態度と、科學者としての勇氣とには驚嘆せざるを得ないのである。

大氣の壓力に關するこれら多くの實驗と発見とは、ボイル、マリオット、その他の人々の研究及び
法則の発見に導き、後一世紀ならずしてワットの蒸氣機關の発見となつたのである。

イギリスにおいて初めて大氣について研究したのはボイル *Robert Boyle* (一六二七—一七一九年) である。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つづけたが、この會合が王立學術協會の起原となつたのである。彼はオックスフォードに居を定めて實驗室を設け、助手フックをして空氣ポンプの精巧なものを造らしめ、一六六〇年「空氣の彈性についての新實驗」を著して改良された空氣ポンプの實驗を述べた。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。その傍ら「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。彼の最大の功績は、化學を祕傳的神祕的な技術として取扱ふ錬金術的方法の有害なることを示し、化學は、他のあらゆる科學と同様に、自然研究の一部として取扱は

ねばならぬことを宣言した點にある。また實驗を記録しておくべきこと、科學は確固たる事實を基礎として築き上げられねばならぬことを主張した。

ボイルは、動物を排氣ポンプの容器の中に入れて空氣を抜くと直ちに死ぬ事實を明らかにし、且つ多數の實驗により、大氣中には燃焼・呼吸・醱酵の如き現象にとつ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。多數の元素の存在を主張し、初めて今日用ひられてゐる化學元素の概念を導入したことは最も著名で、また化合物と混合物との區別をも強調した。恐らく彼は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、發表されてより十四年の後に、フランスのマリオット Edmé Mariotte (一六一〇—一八四年) によつて獨立的に再發見せられたので、この地では、屢々「マリオットの法則」と呼ばれる。

氣體(ガス)なる語を初めて用ひたのは、十七世紀前半における最も優れたオランダの化學者なるファン・ヘルモン Van Helmont (一五七七一—一六四四年) である。木炭の燃焼によつて spiritum sylvestrum なる氣體を得、これを新たに *airs* と命名し、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、秤量すること、及び化學に應用することは一世紀後のラヴォアジエに俟たねばならなかつた。また柳を植木鉢に

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ところ、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故に、彼は植物を成長せしめる要素は雨水にあるとした。

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

十七世紀(中)

近代化學の起原を尋ねるに、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。この最後の時代にいた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い。

大氣の燃焼及び呼吸にたいする關係は更にロンドンの開業醫メイヨウ John Mayow (一六四五—一七九九年) によつて研究された。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

す、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。排氣鐘内の燭の焰は、鐘内の空氣が排除し切らぬうちに消え、また二十日鼠のやうな小動物の死ぬのを見たからである。これらの場合における空氣の容積の收縮に關して數多の實驗を行つた結果、空氣中には二種のガスがあり、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 *Phlogiston* と名づけた。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。

しかしメーヨウの発見にも拘はらず、まもなくフロジストン説 (燃素説) *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、ために、ほぼ一世紀の間それ以上の化學の進歩が阻止せられた。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* (一六三五—一八二年) 及びシュタール *G. E. Stahl* (一六六〇—一七三四年) であり、全く誤つた基礎の上に立つものであるが、當時は固く信ぜられたのであつた。

シュタールはエナ大學にて醫學を修め、後に侍醫となりベルリンにおいて生活し、燃焼及び金屬の煅焼を研究した結果、燃焼の過程には熱によつて逐ひ出される何物かが興かると假定し、これを「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。故にすべ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が、誤謬説であつたにも拘らず、化學者の關心を化合・分解などの如き化學變化の考察に向はしめた點で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いた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、殊に煅焼された物質が、屢々重量を増すことが、天秤の使用によつて明らかにされるに至つたからである。

この頃また一種の有機化學がオランダの醫者ベールハーヴェ *Hermann Boerhaave* (一六六八—一七三八年) によつて始められた。今日で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、當時においては「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ェ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。

殆んど同じころ、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ひ、彼は氣體槽を用ひて大氣に關する重要な諸研究をなし、空氣の供給がなければ植物は生存し得ないことを示し、新鮮な空氣の重要性を明らかにした。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、その他多くの研究を完成したが、物理學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、醫學理論は屢々イギリスのヒポクラテスと呼ばれたトマス・シデナム Thomas Sydenham の影響の下に長足の進歩を遂げた。唯物的合理思想を有せし哲學者ロック Locke の親友であり、またボイルと交際した彼は、神祕主義を捨てて、病の原因として或る物質的根據 *materiae 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。「病氣は病因物質を排泄して病人を回復せしめようと全力を以て努め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鬭争と見る近代的思想を含むが故に、今なほ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よりも、むしろヴェサリウスやハーヴェー及び次に述べるフック、マルピギーその他の十七世紀の顯微鏡學者たち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までは、健全な醫學理論或は合理的醫術に何ら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お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)を科學的の目的に用ひることは漸次行はれ、デカルトは光學の中に顯微鏡を記述してゐるが、最初の複式顯微鏡は一五九〇年の頃に造られたのであり、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したのはフックである。

ボイルと共に改良空氣ポンプを工夫したイギリスのフック Robert Hooke (一六三五一—一七〇三年)は、王立協會から出版した「顯微鏡圖」*Micrographia* に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たいする顯微鏡の位置は、天文學の發達における望遠鏡のそれに比すべきものである。彼は自ら改良した顯微鏡を用ひて植物及び動物を研究し、當時の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。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、これは近代生物學の「細胞」に相當するものであるが、概念は今日の細胞とは著しく遠いものであつた。

フックと同じくイギリスのグレュー Nehemiah Grew (一六四一—一七二二年)は、初めコンベントウーにおいて、後ロンドンで醫を業としたが、大部分の時間を植物の解剖に費して、連続した顯微鏡的觀察に専念し、根氣よき研究は博物學の歴史上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り、特に、植物の葉面に小氣孔の存在を認め、内部にお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。彼は植物に、今

日葉綠素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、また、例へば卷鬚がいかにして支柱に卷付くか、或る種の植物の葉が夜になると閉ぢるかなどにも注意した。

フック及びグリューよりも一層重要な研究を行つたのは、マルビギー、スワンメルダム及びレーウエンフックである。マルビギーは解剖上の多數の発見によつて有名であるが、その主なものは蠶の解剖、植物微細構造の觀察、および鶏卵内の雛の發生などであり、スワンメルダムは昆虫の解剖及び變態、軟體動物・蛙その他の動物の精確な内部構造の研究について優れ、レーウエンフックはもつと一般的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に關聯のある事實を確定した。

解剖學者・生理學者として傑出したイタリアのマルビギー Marcello Malpighi (一六二八—一六九四年) はボローニアに近い農家に生れ、初め醫學に志し、のちボロー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生涯が始つたが、三十八歳の時に退職し、専心解剖學の研究に入つた。

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り、先づ肺の構造を説明した。今まで肺の組織は均一な實質細胞と考へられてゐたが、空氣細胞の存在を指摘し、いかにして空氣と血液とが肺臓内で一所になるか、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、より高等なものにお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、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、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。

次に皮膚の眞皮と表皮との中間にある粘液狀層或は色素層を説明し、これを網狀膜と記載し、近代解剖學でマルビギー層の名において遺つてゐる。なほ腎臓の尿の濾過装置にたいしてもマルビギー氏小體なる名が今日廣く用ひられてゐる。

マルビギーの蠶體構造の研究は、單一動物の解剖學についての論文中、第一位に推すべきものである。微細構造の描寫には非常な熟練が必要であり、この新しい領域での熱心な研究のためには、熱病にも罹り、眼の炎症をも起したほどであつたにも拘はらず、「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擴げられ、筆紙につくし難い内心の歡喜を経験した」といつてゐる。

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つで、その著「植物の

解剖] *Anatome Plantarum* では、樹皮・幹・根・種子の構造、發芽過程を明らかにし、植物の顯微鏡的構造をも記載した。

その外、動物の發生を觀察する目的のために雛を選び、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見出した。但し白血球はマルビギーよりもずっ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) はオランダの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、廣大な植民地を領有し、商業の繁榮に伴つて百般の文化的設備を興し、私立博物館の如きもその一つである。藥劑師であつた父は蒐集家であり、博物標本なども多數に集められたので、若い彼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。

父は彼を教會に入れようとしたが、神學に何らの興味をも感ぜず、醫學の研究に従ふこととなり、健康上の故障のためか、大學に入つたのは二十六歳の時であつたが、醫學の研究をバリで繼續し、解剖學におい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、それは死後に漸やく發表せられた。

彼は蜜蜂についての研究を行ひ、毎日晝は觀察をつづけ、夜はそれを描き、適切な説明をつけるの

で、遂に健康を害した。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、何ら複雑な内部器官をもたぬと考へられてゐたが、それらの構造と生活史の研究に生涯の大部分を費し、精緻を極めた解剖の技術により、マルビギーと共に微細解剖學の基礎を据ゑたのみならず、下等動物ではその構造が簡單であるとの概念を一掃した。

蜜蜂・蠅その他の研究は生前に發表されたが、研究の大部分は死後五十七年を経て友人によつて公けられた。 *Biblia naturae* の中に網羅されてゐる。研究の大部分は昆虫構造學であり、當時にしてなほ約三千種の昆虫を蒐集したといはれ、その外、蝸牛の微細構造、二枚貝とヤリイカの構造、蛙の構造及び發生についての觀察、筋肉收縮の觀察などが行はれた。彼の記述は精確と完全との模範であり、動物の構造及び生活史についての研究の他に、實驗的に神経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。

當時代の哲學者や科學者の間には生物の起原に關する議論が分れてをり、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？ エヂプトの鼠は、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し、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。有名なイタリアのレディ *Francesco Redi* (一六二六—一六九四年) は、一六六八年、金網によつて腐つた肉に蠅を

近寄らせないといふ簡単な實驗の結果この謬見を指摘したが、スワンメルダムは下等動物の構造が簡單であるとの概念を一掃することにより、レディその他の自然發生反對説に尙一つの證據を加へた。

レーウェンフック Antony van Leeuwenhoek (一六三二—一七二三) はマルピギーに後れること四年、スワンメルダムに先だつこと五年、顯微鏡の發源地たるオランダに生れたが、正規の大學教育は受けず、學校生活は十六歳の時に終りを告げて、アムステルダムの呉服屋に奉公にやられ、二十二歳のとき故郷に歸り、裁判所の小官吏となつた。長い生涯の正業の餘暇を顯微鏡レンズの視野に持込み得る殆んどあらゆる物體の研究に捧げ、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、ねち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絡を確證し、マルピギーよりも一層詳細なものであつた。それには雞冠、白兔の耳、蝙蝠の膜翼など、種々な動物の循環系を順次に調べて行き、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かめ、蛙の脚の膜、幼魚及び鰻の尾にまで及んだのである。

一六七五年には溜り水の鏡檢により、中に無數の微生物の活動してゐるのを發見して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證した。極めて不完全な當時の顯微鏡を用ひて、バクテリアが棍棒狀、球狀または螺旋狀をなすことを圖

示したのは驚くべきことである。なほ興味ある點は赤血球についての觀察で、蛙及び種々なる魚類では扁平で楕圓形をなし、且つ魚類のものには核のあることを認めた。また蚜虫アホハシが受精することなしに發生し(單爲生殖)、受精しない雌虫の體内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どり、一切の有機體の成形が卵においてのみ行はれるとするオヴィスト Oviposits に對抗して、スペルミスト Spermists 一派の祖となつた。スワンメルダムと共に生命の自然發生説に反對し、注意深い實驗の後、すべての生物は必らず同種類の先立つ生物から生れるといふ生命起原説 Biogenesis に與し、非生命起原説(自然發生説) Abiogenesis を否定した。

かくしてマルピギー、スワンメルダム及びレーウェンフッ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。マルピギーは常に病弱であつたが、異常な精力を研究に集中しつつ六十七歳まで生き、スワンメルダムは神経質で主我的・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。レーウェンフックは圓滿な個性をもち、強健で精力家であり、九十一歳の長壽を保ち、彼らは同時代に研究學科を同じくし、共に獨創的な鋭い觀察を行ひ、しかも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 Iatro-physics と醫療化學

どの一派を生じた。前者の先驅者と目すべきはバヅ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、新陳代謝の謎を解かんとして隠忍三十年、
鋭い観察と実験とを反復しつつ研究に没頭した。次で同じくイタリアのボレリ 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、それ以
後、物理學的の法則により生物體の現象を説明しよう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バラセルスス (第五四頁参照) 及びその他の十六世紀の醫療化學
家たちであるが、始祖と認められるのはオランダのシルヴィウス F. Sylvius (一六一四—一七二二年) で、
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、ニュートンに至るまでの物理學において最も卓れたホイヘンス Christiaan Huygens (一六二九—一六九五年) は、數學・力學及び光學の三部門にわたつて才能を發揮した。

ハーグに生れて大學教育を受け、生涯の大部分をオランダに過したが、活動的な時代はルイ王朝を中
心としてフランス學派の榮えた頃で、科學アカデミーに招聘されてパリに在住した。

彼の數學的研究は主として幾何學的のもので、望遠鏡の改良に注意を傾け、兄と共にレンズを磨く、
新ら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來、例へば土
星の環及び大なる衛星を發見した。またロンドンの王立協會に赴いて「物體の衝突における運動の法
則」を發表した。

ホイヘンスの最も重要な力學上の著作は「振り時計」Horologium oscillatorium であり、その第
一章は振り時計の發明及び製作などについて述べ、第二章では真空中における自由落下、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、第四章には主要な力學問題を取扱ひ、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、オランダに歸つて再び光學の研究に専念し、焦點距離の大なるレンズの構成に従事し、彼の名
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。

ニュートンに會ふためにイギリスに赴き、翌一六七八年歸國して「光學に關する重要な論文」[Traité
de la Lumière を公けにしたが、これは光の波動説を提唱した最初の最も重要な文獻で、内容には光
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、それに依つて対象を感ずると考ふべきか、(二)放射説において考へられてゐるやうに——対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)眼と対象との中間に或る媒質が擴がつてをり、対象がこの中間媒質の形状もしくは状態に或る變化を與へ、それが眼に感じるのであらうか」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おける波動に基くといふ。

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彼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、新波動力學の勃興と共に、光の本性を波とすべきか粒子とすべきかの問題は漸やく解消して統一されようとしてゐる。

1642年 Isaac Newton (1642—1727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、小學校に送られたが、あまり學科に興味をもたず、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のを母と叔父が注意し、相談の上、ケンブリッジに送ることに定め、十七歳の時勞務學生としてトリニチー・カレッジに入つた。そこで彼は勤勞をなしつつ勉學し、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

を読んだ。

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。恐らくこの時代に獨創力はその頂點に達してゐたらしく、フラクシオン法(微分學)を發見したのは當時に遡ることができ、代數學における二項定理の發見も大體この頃であつた。當時これに没頭してゐたのであるが、結果を誰にも話さず、勿論直ぐには發表しなかつた。この期間に十七世紀の科學的焦點となつた最大の發見である重力理論の基礎を考察し、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。かの林檎の挿話もこの間の出來事であり、また太陽光線を種々なる色光に分散せしめたものこの時期と思はれる。結局彼の三大發見たる微分法・萬有引力・及び光の分析の發見は、いづれもこの二年間に萌芽し得たもので、後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、まもなく數學教授の位置を得た。その頃の主な仕事は光學の研究であり、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、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。同時に望遠鏡にも興味をもち、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的色

收差を除去することに成功した。このとき新たに自作した望遠鏡は今もなほ保存されてある。

ニュートンは光の効果がいか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、粒子説或は放射説を立て、それがいかに反射・屈折・色・廻折などの幾何光学における諸現象を説明するかを示し、王立協會に報告して「光学」に採録されてゐる。

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うけたが、常に名聞と論争とを厭つた彼は、それに對する討議のために非常に惱まされたといふ。そのころ數學と同様に化學及び神學の研究にも多くの時間をささげた。

數學そのものに對するニュートンの功績は天體力學への功績に劣らず獨創的であり、且つ重要なもので、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、之にニュートンは自己の方法の敘述を與へ、その中で二項定理を發表し、のち更にフラクシオン法 Method of Fluxion (微分法) を説明した。

次で彼の注意は次第に重力の問題に向けられ、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速きにまで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、なほ惑星の軌道が、ケプラーの法則にある通り楕圓なることを證明した。新らしく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、一六八六年には不朽の著「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)の書は、自由空間にお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、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、運動にたいして抵抗を及ぼす或る種の媒質内における運動、流體靜力學及び流體力學を取扱ひ、波動・潮汐及び音響學上の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、緒論に、吾々はニュートンの思想の科學的特性を明かにする敘述を見出すのである。中世紀を通じて多くの思想家は、天空の現象に何らかの神祕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、彼は最も力強くこれを打破した。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。なほ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り、最後に哲學的な、むし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當時の學術用語たるラテン

語で書かれ、一七二九年即ち死後二年に最初の英譯が出版された。この書は最初の數學的物理学書ともいふべく、それにたいする同時代のデカルト派の非難もやがて終熄し、後世の力学はすべてプリンシピアを動かぬ基礎として築き上げられたのである。

ニュートンによる重力原理の発見のもつ哲學的意義は、地球の表面上で妥當な法則は、われらの觀察し得る限りでは、全宇宙においても亦妥當性をも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、一六九六年には造幣局の役員となり、ロンドンに歸り、その後長官に昇進し、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「光学」Opticks が出版されたが、光学に關するそれまでの研究を編述したもので、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テレス派の諸觀念とは比較にならぬほどの大進歩であつた。

ニュートンはその凡ゆる偉業にもかかわらず、常に一介の謙讓な、物靜かな學徒であり、嘗つて彼は「私は世間が私をどう見るか知らない。しかし私自身には、海邊で遊びながら、時々滑らかな小石や美しい貝殻を拾つては嬉しがつてゐる子供のやうに思はれる。眞理の大海原は究められることなく私の前に横たはつてゐる」といつた。

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り、その原因は、謂はば古

いものの殘留と、新しい事實の發生との重なり合ひであつたからである。近代科學の開祖たるガリレイが第一に實驗を重んじ、それを基礎的特性としたことは周知の事實であるが、そ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、科學は何ら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。

彼の同時代人で、十七世紀のアリストテレスと呼ばれたライブニッツ G. W. Leibniz (一六四六一一七一六年) は、ドイツのライプツヒに生れ、父は六歳の時に死し、彼の送られた學校の教育は不完全であつたため、主に獨力ですべ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、大體におい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え、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、ライブニッツも亦青年時代にライプツヒ近くの森を彷徨しながら、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。ライプツヒではドクトルを拒まれたのでニュルンベルクに去り、そこで書いた法律上の論文をマインツ侯に獻じて侯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。

その後バリに赴き、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。彼は驚くほど多方面であり、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り、多方面の人と通信し、政治上・歴史上及び神學上の諸問題についての種々なる記録は當時の歴史上に重要な資料となつてゐる。また一七〇〇年フリードリヒ一世の庇護を受けてベルリンに科學アカデミーを創立した。

最大の貢獻である微積分法の發見は、實に彼のバリ滞在中（一六七四年）に行はれたもので、當時のノート中に初めて今日の積分記號 \int 及び微分記號 $\frac{d}{dx}$ を見出すのであり、 $\frac{d}{dx}$ の微分を今日行はれてゐるやうに dx と書いたのはそれより少し経つてからである。ライプニッツの數學上の論文の多くは、メンケ Mencke と共に一六八二年に創刊された Acta Eruditorum (通常 Leipzig Acta と呼ばれてゐる) といふ雜誌で發表せられた。その後、哲學小論を著し、初めは二元論であつたが、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。

當時わ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ころに、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算術を發見したが、これは一種の筆算による代數である。その後、所謂圓理の算法（積分學にあたる）が發達し、かくして日本の數學は和算と呼ばれる途において独自の發達を遂げたのであつた。

天文學の方面にてはニュートンの友人であり門弟であるハリー Edmond Halley（一六五〇—一七四二年）が、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、太陽系をただ一度しか訪ねないわけではなく、實際は太陽の周圍に極めて大きな非常な離心率の楕圓軌道を描いてゐる」といふ驚くべき發見をした。これらの彗星の中に、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彗星を見出したが、この大膽な豫言は適中し、ハリー彗星と呼ばれて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。

その頃わが國にあつては、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食・日食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、五代將軍綱吉もこれを支持し、京都の曆官を説いて遂に一六八四年（貞享元年）貞享の改曆（所謂舊曆）が行はれることとなつた。これは文化史的にわが國の一大事件であつたのである。

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には、ガリレイ及びニュートン時代に開拓された分野が一層整備され、人間の究知的精神を、その後半から現代につづ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）の最も代表的な世紀といはれてゐる。この間、特に後半では、物理學・化學・地質學及び生物學の進歩は當時の知識階級のあひだに深い印象を與へ、一方、天文學と數學とは廣く一般化されはじめた。當時は、未だ科學は専門の教養或は最高の尊敬に値するものとして世に認められる迄には至らなかつたが、ニュートンやデカルトの名は屢々バリの客間の話題となり、ヴォルテールの如き敏感な觀察者は、いまや人間の思想に新たな潮が押し寄せはじめたことを感じてゐた。なほ見逃すことの出来ないのは、この世紀において政治上及び社會上の變動、即ちアメリカ獨立戰爭（一七七五—一七八一年）、フランス革命（一七八九—一七九一年）、並びに恐らく最も重大な、かの産業革命が殆んど同時に行はれたことで、わが國では昆陽、青木文藏（一六九八—

一七六九年）が江戸及び長崎に蘭語を學び始め、それより蘭語を學ぶ者の數は次第に増加して、蘭學の全盛期に入つたのである。

數學の方面は、ニュートン及びライブニッツによる微積分學發見の影響を受けて諸分野が開拓せられたが、本世紀の概要を述べると、(一)微積分學を、大體それ以後今日に至るまで行はれてゐるところの形式に作り上げたこと、(二)積分學の發達の當然の結果として微分方程式の始まつたこと、および變分法の始まつたこと、(三)この新しき觀念を力學、特に天體力學にたいして系統的に應用したことである。

當時の主な數學者の中には、マクローリン（スコットランド）、ベルヌーイ家の人々（スイス）、オイラー（スイス生れ）、イタリー生れのラグランジュの外、フランスに於てはグレーロー、ダランベール及びラプラスなどがあつた。右の中、ベルヌーイ家の人々とオイラー、並びにマクローリンは微積分學の組織に指導的な役割を勤め、一方、ラグランジュ及びラプラスはそれぞれ解析的力學及び天體力學を發展せしめるに與つて力があつた。

マクローリン C. Maclaurin（一六九八—一七四八年）の Treatise of Fluxions は、フラクシオン法の最初の論理的組織的記述であり、諸問題にたいするこの方法の應用は、アルキメデスの最も美しい、最も巧妙な著作にも比すべき傑作であるといはれる。またダニエル・ベルヌーイ Daniel Bernoulli

noilli (一七〇〇—一八二二年) は、從來解かれなかつたところの力學問題を解くにこの新らしき數學的方法を極めて巧みに應用し、數學的物理学と稱へられる部門の眞の創始者といふべきであらう。その著「流體力學」には、氣體の分子は大なる速度を以て空間を飛動してをり、無數の分子が不斷に壁に衝突する結果、これに壓力を及ぼすものであると論じ、氣體分子運動論の端緒を開いた。

オイラー J. Euler (一七〇七—一八三年) は、スウェーデンに生れたが、二十歳の時ベルヌイの推薦によつてペテルブルグの大學へ招聘され、一七四一年にはベルリンの科學アカデミーへ招かれた。後に視力を失つたにも拘はらず、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も獨創的な論文を書き、ダニエル・ベルヌイを殆んど凌駕する業績を出した。

パリの科學アカデミーは十八世紀の初め頃、フランスの各港において潮汐現象に關する觀測を行つてゐたが、彼は最初ニュートンによつて展開された潮汐理論の上に、微積分の力をかりて、潮汐現象に影響を與へる諸事情を計量し、次に航海術にたいして重要な意義をもつ緯度測定の問題をも行つたのである。なほ絃と棒との振動を調査して、聽取可能の限界を測定し、音樂の科學的研究に偉大な功績をのこし、一七八三年に死の直前まで、丁度その年に發明された氣球の運動を計算した。

彼はあらゆる時代の數學者中、恐らく最も多産的であり、且つまた多藝多能で、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、貴い功績であるとせられる。

ダランベール d'Alembert (一七一七—一八三三年) は力學上の著作 (Traité de dynamique) によつて最もよく知られ、その中に剛體の運動方程式がいかに書かれるべきかを示したが、その原理は現今なほ彼の名を冠して知られてゐる。同様に十八世紀における力學の進歩を促したイタリー生れのラグランジュ J. L. Lagrange (一七三六—一八一三年) は、多くの年月をベルリンに過したが、のちにはパリに招かれて新たに建設せられた理工科大學の教授となり、年二十五歳にして當時最大の數學者と稱せられた。その名著「解析力學」Mécanique analytique は力學全般にわた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、その著作は微分方程式及び變分法にたいする非常に重要な貢獻を含んでゐる。また偉れた解析の力をば天文學及び地圖作製法の諸問題に應用した。

天文學は、十八世紀の末及び十九世紀の初めには、特にラプラスとハーシェルによつて進歩を見た。

ラプラス P. S. Laplace (一七四九—一八二七年) は、主として天空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り、多くの點で、數學的物理学の近代的一派の創立者と

いはれ、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。彼は、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して、彼の "Mécanique 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。

彼はケーニッヒスベルヒの有名な哲學者カント 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。この星雲説は、太陽系は不意に特別に創造せられたといふよりも、むしろ自然的に發達したものであるといふ中心思想によつて、人心をして變遷、即ち進化の理論に向はしめる重要な準備となつた。また確率の理論に貢獻するところあり、"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。

同じ頃わが國の志筑忠雄(中野柳園)は、蘭書を研究して閉戸十年、一七九八年(寛政十年)に「曆象新書」を公けにしたが、本邦における物理学に關する最初の著述と見なすべきで、宇宙の起原に關してカントやブラースとは別個に、星雲説に類似せる見解を述べてゐる。

かくして天文学は、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、次ぐ第十八世紀のブラー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、他の諸科學にたいして一段と高い位置を占め、その模範たるの觀を呈した。

この時代に最も影響の大きい別種の研究を行つたハイシェル Friedrich William Herschel (一七三八一—一八二二年) の父は貧しいドイツの音樂家であつたが、天文学を非常に讚嘆し、彼自身も同様に音樂で身を立てたが、英國に移住してから、餘暇を絶えず天文学に捧げ、近代の物理的天文學 Physical astronomy の基礎を造つた。後に當時のことを次のやうに回想してゐる。「私はこの科學を知つたとき、一切人の言に頼らず、私以前の人たちが見たものすべてを自分の目で見ようと決意した」

彼は一七八一年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、これによつて王室付天文學者に任命され、以來、専心天文学の研究に没頭できるやうになつた。豊富な資力によつて今や大型の反射望遠鏡をも製作し、天王星の發見後も太陽系に關する幾多の貴重な觀測をつづけ、天王星の數個の衛星およ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、加ふるに八〇〇個以上の連星、二〇〇個以上の星雲を記録し、星雲のうちに他の惑星系の進化の種々の段階を認めたと信じた。

物理学 十七世紀の物理学が主として自然科学の最古の部門たる力学及び光学の分野にて發展したのにたいし、本世紀の物理学は、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黙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、本世紀におい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。いま電氣及び磁氣に關する近代的觀念の始まりを尋ねるに、一七三〇年の頃にいたるまでは、十六世紀のギ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が、イギリスのグレイ S. Gray (一六七〇—一七三六年) 及びホイーラー 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た。またフランスのデュフェイ Dufay (一六九八—一七三九年) は、すべての物體が摩擦によつて帶電され得ることを發見し、且つその作製した金箔驗電器から遂に帶電状態に二種の相反せるもののあることを見出し、これを硝子電氣及び樹脂電氣と名づけた。今日の陽電氣と陰電氣である。

アメリカはフランクリン 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り、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。當時歐洲ではオランダ、ドイツその他から摩擦發電機が製造販賣せられて、一般公衆がその起す火花や衝撃を珍らしがつてゐたが、アメリカに輸入されてフランクリンの注意するところとなつた。彼がその實驗を見たのは一七四六年、

四十歳の時であつたが、やがてその研究に熱中して一七五二年にはかの有名な風揚げの實驗を試み、それより避雷針の發明にまで到達した。

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、電光が實は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もので、同じ頃ヨーロッパにおいても他の人々によつて行はれたが、あらゆる時代を通じての科學最大の勝利の一つであり、自然界の最も怖るべき現象を單純化し、一般人の恐怖を軽減せしめるに役立つたのである。彼の唱導により一七六九年にはフィラデルフィアにアメリカ學術協會が開かれ、これはアメリカにおける科學振興のための最古の學會である。

十八世紀の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、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までにはなほ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は大進歩を見たのは漸や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むしろ主として電氣・熱及び音における進歩のため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たい物體に吸收

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寒暖計の發明に始まるが、彼のは極めて敏感ではあるが、使用上不便なもので、後フロレンスの實驗アカデミーの會員その他多くの人によつて幾種かの改良型が創られ、目盛については十七世紀の末になつて水の氷點と沸騰點とを定點として利用することが提案された。かくして最初の實際的な寒暖計は一七一四年にドイツのファーレンハイト G. D. Fahrenheit (一六八六—一七三六年) によつて造られ、健康人の血液も一定の温度をもち、彼の目盛法によれば九六度であることを示した。寒暖計の製作を職業とした彼こそ、温度に一致する動きをその器械に與へることに成功した最初の人であつた。

熱についての初期の實驗及び理論は、温度と熱量との明確な區別が缺けてをり、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デ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、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温度は上昇しないが、氷が全部融解してしまふか、或は閉じた瓶に水を入れて水蒸氣の漏出を止めるかすれば温度の昇り初めることを見た。彼の行つたこれらの實驗は、當時エデンの改良を企ててゐたワットに良い暗示を與へ、その忍耐強く蒸氣機關の劃時代的大發明を完成するに至つたのは、主としてブラックの潜熱に關する

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楽と同じく音にも深い興味を持つてをり、ピタゴラスは振動絃の長さとその發する音との關係を發見したが、ピタゴラスからガリレイに至るまで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ホウクスビー 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つて大體現在の形態をとるにいたつた。

優れた物理學者にして音楽家なりしソヴール Sauvour (一六五三—一七一五年) は、半啞半聾であつたにも拘はらず、音及び音楽上の獨創的研究により著名となつた。父母は教會に入れようとしたが、早くより機械の工夫及び算術に興味を覚え、偶然眼に觸れたユークリットの寫本は彼の一生の方向を決定してしまひ、牧師の職を抛ち、數學を教へて生計を立てて、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、特に音楽の科學的理論に捧げられ、陪音或は調和音に注意を

むけた最初の人で、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、十九世紀の中ごろ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基礎となつたのである。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頹に始まる。

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おいた最初の一人で、生石灰を造る場合に起る現象の説明を探求した。石灰を煨いて生石灰を造る際には何物かが追ひ出されて目方が減することはわかつてゐたが、彼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ールスの氣體槽に導き、この氣體と残つた石灰石との重さを測つて、前者は後者の減量に等しいことを見た。これは物質恆存の原理の最初の實驗的基礎である。次にこの實驗を逆

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、豫期したやうに白い白量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が深く、分析及び合成の方法上、定量的な性質を有する點、並びに用ひられた化學的推論に極めて指示的なものがあつた。殊に重要なものは、それらについてのすべての現象を説明するために、何ら「フロジストン」の如き假想的な、非物質的或は神祕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マン T. Bergman (一七三五—一八四年) は、嘗つてボイルが酸にたいする試薬として推賞したリトマスを用ひて、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。又この新氣體の目方を測り、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、後にラポアジェ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、スウェーデンにはベリマンが、各々化學問題に没頭してゐた間に、時を同じう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。焰を持つてゆくと必ず燃えつくこの氣體は鑛坑爆發の原因であると

考へたため、「可燃ガス」 inflammable gas なる名を與へられた。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、彼は鐵・錫・亞鉛その他の金屬を硫酸で處置してこの氣體を得た。空氣よりも軽く、空氣と混すれば爆發性混合物を造るといふ特性をもち、これこそ今日の水素であつたのである。

ま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) が窒素を、イギリスの哲學者にして化學者たるプリーストリー 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おける酸素の發見であり、それによつて近代化學の基礎が置かれたのである。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の研究は、範圍が主として「ガス」に限られてゐた。水銀を煨燒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ところ、この中では蠟燭や炭火は非常な勢で燃え、廿日鼠は通常の空氣中よりも却つて長く生存することを見た。この氣體は煨燃してフロジストンを除いた金屬から生じ、しかも通常の空氣のやうに無味無臭であつたから、「フロジストン無し」の空氣「dephlogisticated air」と名づけられた。

プリーストリーは動物の呼吸或は燃焼で汚濁した空氣は綠葉樹によつて新鮮にされることを明らかにしたが、つねに科學的研究の成果は實際にこれを應用し得るものであることを確信し、「われわれは

自然の一部であるが故に、自然に關する知識が完全になればなるほど、より巧みに吾々に適合する施設を造ることができ、自然の法則をより深く洞察することだけが、未開人よりも優れた者となすのである」といつてゐる。

彼と殆んど同じ頃(一七七五年)、スウェーデンの化學者^H K. W. Scheele (一七四二—八六年) も亦、別個に同じ氣體(酸素に當る)を發見して火氣 Feuerluft と命名し、火氣とフロジストンとが結合して熱素を生ずるものとした。一生涯を貧しい藥屋として送つたが、しかも眞に歐洲における一流の化學者の一人であつた。

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化學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宏壯な上層建築をきづき始めたのは、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) である。父は自然科學に特別の興味をもつてゐたといひ、若いラボアジエを特に惹きつけたのは、化學を實際生活に應用することであり、二十歳にしてフランス政府の提出した技術的な課題を解決し、二十五歳のとき科學アカデミーの會員に推された。まもなくある地位を得たが、それと關聯した莫大な収入を多額の費用を要する自己の研究にふり向け、後に彼は硫酸および火藥製造所の監理を委嘱された。

間斷なき天秤の使用により、かの長いあひだ勢力のあつた神祕的なフロジストン説の理論を永久に

捨て去つて、燃焼とは可燃物と酸素との結合する現象に外ならぬことを明らかにし、絶えず化学分析に天秤を導入使用したため、定量化学の父と呼ばれてゐる。天秤の使用によつて、彼は金属が空気中において燃焼する場合に、残つた物質は以前の金属よりも重く、またそれが密閉された空間で燃焼する時は、空気の重さの減少はちやうど金属の重さの増加に等しいことを証明した。最後に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（無酸素）の空気」の重さに全く等しいことを發見し、生じた氣體を酸素 oxygen（酸を生成するもの）と名づけた。

またブラックの「固定空気」即ちベリーマンの「氣酸」は空中における木炭の燃焼によつて得られるから、ラポアジエはそれが炭素のみでなく、酸素をも含むものと推定し、分析によりこれを證明して、炭酸と名づけた。その後、ダイヤモンドを純粹な炭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證明した。なほ炭酸は呼吸によつて排泄されるが、酸素は呼吸によつて攝取される物質であることを明らかにし、正當にも彼は、動物の體温を體内の炭素化合物の燃焼に歸したのである。しかし、酸素が肺から人體の各部に運ばれ、組織全體にわたつて燃焼の行はれることは、漸やく一八三七年の頃に證明されたのであつた。

ボイルに由來する「化学元素」なる概念も、ラポアジエは同じ天才的な鋭さを以て把握し、大著「化

學概論」の中には三十三個の元素の表が掲げられてあるが、うち炭素・水素・酸素など二十三個は今日も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、ラポ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。

彼の創造した學說と方法とは化學その後の發達にたいして顯著な影響を與へ、いまやこの科學も天文學や物理學と優に肩をならべるにいたり、ラポアジエの出現とともに、定量的方法に缺くべからざる前提をなす一つの原理が一般に認められるに至つた。即ち「いかなる化學的變化に際しても、何ものも新たに増すことなく、またなにもも消滅することはない。つまり、化學的變化に關與する物質の總計は常に不變である」といふ質量不變の原理がこれである。

いかなる時代の科學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彼は、不幸にも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たちに敵視せられ、一七九四年、惜むべし五十一歳にして斷頭臺上の露と消えた。かくして、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、科學その他の學藝にとり、あらゆる點に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のである。

第十八世紀は生物學の領域で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

植物學はアリストテレスの廣い包括的な「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たい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、後の二つは更に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ついての貢獻が少數の人達によつて爲され、一七六五年に、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 (一七五〇—一八一七年) が現はれた。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き、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。岩石の起原に關して、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が、これに對して起つたのは他の一學派、即ち火成論者 Vulcanist で、地殼はむし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、エチンバラのハットン、James Hutton (一七二六—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わたつて、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のライエルの劃期的研究にたい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)

動物物の生活については、十八世紀の中葉にさへ、殆んど探究せられず、分類もせられてゐなかつた。動物學にはアリストテレス、及び植物學の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、グリュー、マルビギー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ッフフォン及びスウェーデンのリンネに至るまでは、博物學に關する記録上何らの重要な研究をも見出さないのである。ブッフフォン Buffon (一七〇七—一七八年) の科學への特殊な貢獻は、博物學に關する立派な著作と、感動的な熱情とであつた。彼の著作「博物學」Histoire naturelle の

中には分類せずただ記述してあるが、進化の觀念の萌芽が見出されるのである。動物と植物との間には、彼の意見によると、なんら本質的な差別はなく、動物と最下等の植物とのあひだには連続的な段階が存するとし、全動物界を支配する統一的な體制の考へを樹立した。

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ので、科學としての植物學を建設したのは彼であるといつても決して過言ではなく、また、動物及び礦物についても多くの研究をなした。最大の功績は、類似と差異とを注意深く觀察すること、および明瞭に、且つ正確に記述することの重要性を主張した點にあり、この目的のために、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、第二語は種 species をラテン語で記し、次に通常命名者の名を附記するのが所謂學名であり、彼の分類系統の基礎を成すものである。一七三五年には大著「博物大系」Systema naturae の第一版が出版され、多くの植物及び動物に與へられた學名は、今もなほ學界を通じて一般に行はれてゐる。彼はスウェーデンの一寒村に生れ、初めストックホルムに近いウプサラで醫學を修めたが、後には教師として、また研究家として二十年間をその地で過した。

比較解剖學の領域におけるキャンベール P. Camper (一七二二—一八九年) は、魚類の耳の三半規

管を發見し、ドゥロワール F. V. duRoi (一七四八—一七九四年) は、鳥類および哺乳類の體制に關する廣汎な研究を行つたが、科學としての比較解剖學はフランスのキューヴィエ G. B. de Cuvier (一七六九—一八三二年) に始まる。その研究範圍は著しく廣く、動物形態の全系統にわたつて比較解剖を行ひ、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。初めノルマンディーの地において熱心に軟體動物・甲殻類・ひどで・うに類などの内部構造を研究してゐたが、後にはパリの附近モンマルトル丘の石膏採掘場から發掘された哺乳類や鳥類の骨片を比較研究する機會を得、つづいて各地から集められた各種の化石をも研究した。彼は、化石が現代には生存してゐないやうな生物の遺骸であることを世人にたいして明瞭にし、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。

なほ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—一七九三年)、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)、イタリアのスピランツァーニ L. Spallanzani (一七二九—一七九九年) などの名が知られてゐる。

本世紀の生理學は、ハーヴェー及び顯微鏡學者たちの後を受けてハラリーの時代に入る。

ハラー Albrecht von Haller (一七〇八—一七七七年) はベルンに生れ、ゲッチンゲンにて解剖學、外科學、及び植物學を講じてゐたが、後には故郷に歸つて、主として著述に耽り、遂に六十九歳にし

て斃れた。主な業績は、解剖學および特に生理學であり、これまで、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した。即ち一七四七年には「生理學初歩」Prima lineae physiologiae を、次で一七五七年には「大生理學」Elementa Physiologiae corporis humani を著はし、その他、解剖圖などの名著をも出した。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、筋肉はなほ固有の收縮性を有することを證明した。

近世醫學の基を開いたフランス人のビシャール F. Z. Bichat (一七七一—一八〇二年) は、解剖學及び生理學の研究に熱中し、また動物試験によつて藥物の作用を究め、かくして醫學の完全な系統を樹立せんとし、病的現象を臓器内の個々の組織の受ける變化に歸した。彼は不朽の大著「生死に關する生理學的研究」を出し、なほ「生理學及び醫學に應用したる一般解剖學」を著し、初めて自然科学的方法を醫學の研究に應用した一偉人であつた。

植物生理學の領域では、植物營養の最初の實驗記録をつくつたのはファン・ヘルモンであつたが、植物生理學の基礎を定めたのはヘールスで、綠葉植物がその養分の重要な要素を空氣中より得ることを證明した。一七七九年には酸素の發見者ブリストリーは、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-Houss (一七三〇—一九九年) は

ロンドンにおいて、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」ことの大發見を發表した。後、ジュネーヴのド・ソーシユール N. T. de Saussure (一七六九—一八四五年) は、初めて植物の營養を量的に研究し、その結果、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、並びに溶解してゐる土の礦物性成分を根から吸收することを明らかにし、且つ植物の灰の組成をも研究した。

十八世紀より十九世紀にいたる轉回期の醫學は、その根柢が動搖してゐたが、この時代に當りホメオパシー(類似療法) Homöopathie なる一新説が現はれて醫界に大なる影響を與へた。創始者はハーネマン Samuel Hahnemann (一七五五—一八四三年) で、マイセンに生れ、ライプツヒヒやウィーンに遊び、その後故郷で開業したが成功しなかつた。化學の知識に富んでゐた彼は、醫業の閑散なるに乗じて著述に従事し、偶々カレンの藥物學を翻譯する際に暗示を得て、「似たものが似たものを治す」 Similia similibus curantur なる治療原則をたて、これ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 を著はして、その學説をホメオパシーと名づけた。彼の思想は新しい重要なものであつたけれど、甚だしい獨斷をも含んでをり、療法の個人化を高唱し、藥物の作用を健康體について研究することの必要を力説するなど、學説は時代の上から觀て、遂かに時流に抽んでてはゐたが、この思想

は誤解を受け、一方に偏して誇張せられ、非醫者によつ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、實地豫防醫學上には後世に著しい影響を遺した大發見、牛痘接種（種痘）の發見があつた。眞正の痘瘡にたいして免疫するため、人爲的に天然痘を惹起する考へは、太古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、この時に當り、「人類が一たび無害な牛痘を経過すると、その後決して再び人痘に罹らない」との觀察は、人類への尊い福音であつた。

英醫ジェンナー Edward Jenner (一七四九—一八二三年) は、天然痘流行時に搾乳婦の容易にこれに罹らない事實を見て、「搾乳婦の大多數は牛痘を経過した者である」との理由を以てこの現象を解釋しようとし、そのことを師ジョン・ハンターに話すと「考へてばかりしないで、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のあひだ慎重に事實を觀察したのち、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、その全治した後更に眞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。ここに一たび牛痘を経過すれば、眞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、彼はこの發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、ロンドンに出て、この實驗を友人らに説明しようと試みたが、誰一人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ので、痘瘡を友

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發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、一八〇三年にはロイヤル・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。なほ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ランド C. W. Hufeland (一七六一—一八三六年) 及びシュトロマイヤー L. Stromeyer (一八〇四—一七六年) の功績である。

當時わが國においては豊前中津藩の醫者に前野良澤 (一七二二—一八〇三年) があり、偶々その頃極めて稀であつた蘭書を見、大いに感激して、その讀破を企て、青木昆陽が蘭學に通ずることを聞いて四十七歳にしてその門に入つた。彼につづき同志として、若狭の醫者杉田玄白 (一七三三—一八一七年) が現はれ、その後仙臺の醫者大槻玄澤 (一七五七—一八二七年) が出て、これらの人々によつて蘭學の學習が軌道に乗り出した。良澤および玄白は一七七四年 (安永三年) にかの有名な「解體新書」を刊行したが、當時の苦心の有様は玄白の記録「蘭學事始」に詳らかで、後進をして奮起せしめないでは措かないものがある。

科學の應用と諸發明 蒸氣機關は英のニューコメン J. Newcomen のものを最初とするが (一七〇五年)、彼の機關は半ば蒸氣、半ば大氣壓を應用したもので、長いあひだ鑛山の坑内の水を汲上げ

るために用ひられてゐた。英人ワット James Watt (一七三六—一八一九年) 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、それは既に述べたブラックの熱・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でも、機械はすべて手足によつて動かされ、従つて労働者の各個の家庭におい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したのみでなく、蒸氣機關で舟や車を動かすことが考へられ、やがて交通機關の改良ともなつたのである。

水力および蒸氣力の應用とともに諸種の發明が一時に勃興し、英人アークライト Sir Richard Arkwright (一七三二—一七九二年) の紡績機は、精紡機や力織機と共に創られ、一方、紡織の方面では、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、従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、應用化學も現はれはじめ、燈用ガスは一七九二年英國サルフォードにおいてムルドック W. Murdock によつて製造せられた。かくして最初イギリスに起つた産業革命は、十九世紀の前半には歐米を風靡し、わが國も明治中期以後これに遭遇した。

一方この世紀の終り、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。

ガルヴァニはボロー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實驗を記述し、これを一つの電氣現象に歸した。それは、ほんの些細な觀察がしばしば最も偉大な發見に導くことの例で、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、電氣的なものなることを巧みに證據立てたのであつた。しかし効果は極めて微かで、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著しい効果を生ぜしめたので甚だしく世人の注意を喚起し、彼はナポレオンの招きに應じてパリにも赴いた。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。

ヴォルタの電池によつて供給せられる電流は分極のために急速に低下するものであつたが、一八三六年にイギリスの化學者ダニエル Daniell がその名で呼ばれる電池を發明するまでは、これ以上の有效な電池は得られなかつたのである。

これより先き、わが國では平賀源内 (一七二九—一七七九年) が長崎において電氣の説を聴き、江戸に歸つて種々苦心の末、七年の後、安永五年 (一七七六年) 源内四十九歳のとき、遂に摩擦發電機の製作に成功した。これは俗にエレキテールと呼ばれ、わが國における電氣知識の魁をなし、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。

フライブルグの最初の鑛山學校 (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）、ゲッチンゲン（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）にも建てられ
た。

わが國の江戸時代に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輩出し、
また美術の方面では初期（十七世紀）に狩野探幽、土佐光起を輩出した他、新たに浮世繪が起つて北
齊、廣重、豊國など多くの名家が出て、なほ寫生畫の應舉、文人畫の大雅、蕪村らの名が高い。西洋
に於ても十八世紀は、科學的收穫に豊富であつたのみならず、藝術及び文學の方面にも、奧のハイド
ン Haydn 及びモーツァルト Mozart・獨のベートーヴェン Beethoven の如き音樂家、並びにバー
ンス Burns（スコットランド）、ヴォルテール Voltaire（フランス）、ワーヅワース Wordsworth
（イギリス）及びゲーテ（ドイツ）の如き人々を輩出し、なほ畫家にはワットー Watteau（フラン
ス）などがある。

五、十九世紀（上）

十八世紀の末には、科學的及び社會的生活のあらゆる領域において、文化の全般的發展に一つの新
らしい時代の開始を意味するがごとき進歩が認められた。科學の歴史も社會的及び政治的發展と歩調
をともにして、ここに大いなる轉換を遂げたのである。

科學が眞に實を結び始めたのは十九世紀に入つてからで、これまで自然科學には、個人が主要な役
割を演じて來たが、いまや一段と進歩を遂げるためには、偉大なる天才の飛躍的構想に、加ふるに多
數の協力を必要とするにいたつた。十九世紀の物理學においては、エネルギー保存の原理に關する研
究の結果、いままでの研究成果にたいする大規模な普遍化及び關聯づけが行はれ、生物學の分野にあ
つては進化論が主座を占めるやうになつた。なほ本世紀の末にはレントゲン線及びラヂウムの劃期的
発見があり、細菌學の方面にも新しい領域が開拓せられて、人類の福祉に貢獻するところ甚大なる
ものがあつた。

數學。ニュートンに次ぐ十八世紀にはフランスが數學活動の大きな中心となつたが、十九世紀ではゲッティンゲンのカウス Gauss 及びリーマン Riemann、ケーニヒスベルクのヤコーブ Jacoby、ベルリンのワイエルシュトラス Weierstrass らの刺戟の下に、指導者の位置はドイツに移つた。ドイツ以外の著名な人々には、フランスのコーシイ Cauchy、ガロア Galois、ヘルミット Hermite、ルジャンドル Legendre 及びポアンカレ Poincaré、英國におけるケーリー Cayley、シルヴェスター Sylvester、ノルウヘーのアーベル Abel 及びロシヤのロバチェフスキー Lobatchevskii などがある。この時代の特徴とするところは、統一的な原理に基づく一般函數理論が發達して力強い分化的傾向を補つたこと、および從來承認せられてゐた諸公理にたいする深い批判的修正が起り、例へば非ユークリッド幾何學の如きものの發展に導いたことである。なほ、科學全般として見れば、科學の教育及び研究は、特にドイツにて組織的に發達し、數學は少數科學中における從來の優越的地位を讓つて、多くの科學中の一つと見做されるに至つた。

天文學。ニュートンの時代から、星の運動は絶えざる觀測と研究との題目であつたが、往々計算と觀測上の位置とは一致せず、或る原因から生ずる擾亂力のあることを示したのである。特に新たに發見された天王星の道は、計算上の豫想と正確には合一せず、或る未知の力によつて曲げられてゐたので、ケンブリッジのアダムス J. C. Adams (一八一九—九二年) およびフランスの優れた天文學者

ルヴリエール Leverrier (一八一—七七年) をして、各々別個に觀測せられただけの効果を天王星に生ぜしめる、假想的な惑星の位置と大きさを決定することに没頭せしめ、その結果は一八四六年海王星の發見となつたのである。この發見は、數學的天文學の驚くべき偉力の例證として、またニュートンの重力理論の疑ふべからざる證據として承認せられた。

わが國では本村榮 (一八七〇—一九四三年) が水澤觀測所に一八九五年より緯度變化の觀測を開始し、遂に地軸變動の新方式を發見して歐米の學界を驚嘆せしめ、所謂「Z項」の發見はそれである。ラブラースが太陽系に關する廣汎な議論の中に説いたところの星雲説は、十九世紀のあひだ、多くの見地から研究論議せられ、今や宇宙進化の研究は、星雲における星の起原に始まり、生命現象のみでなく、人類社會をも統御する法則をさへ説明せんとする傾向を生ぜしめた。かくして人類史上に二つの根本的なる知的運動、即ち科學の可能性と、進化論の確立とは、共に天文學の中に發したのである。夜半に天を仰いだわれわれの祖先は、そこに混沌を見ずして秩序を見、彼らは面倒な觀測と計算とによつて、天體運動の比較的簡單な法則を見出し、これらの天體が正確不變に法則と一致することを見出して、全宇宙はあらゆる部分にいたるまで秩序に従ふものであり、従つて「科學は可能である」との信念に導いたのである。加之、宇宙はいかなる瞬間においても秩序ある宇宙であるのみならず、「それは一つの連續的秩序的な仕方での一つの状態から他の状態に變化するものである」との信條は、

近代進化理論の根本要素となつたのである。かくしてラブラースの星雲説は、地質學者たちにその研究の基礎を與へ、やがてダーウィンの研究にたいして道を拓いたのであつた。

物理学 十八世紀の物理学は、ニュートン力学の完成と、靜電氣學の發達以外には新分野の開發として見るべきものに乏しかつたが、十九世紀に入るや、熱・光・電氣及び磁氣に關する實驗的研究と數學的理論の完成とによつて俄然華々しい發展が遂げられた。就中最も注意すべき進歩は、エネルギー恆存の根本原理が徐々に完成せられたことである。

電氣と磁氣現象との間に何らかの關係を見出さうとしてなされた多くの企圖は悉く失敗に歸してゐたが、一八二〇年遂にコッペンハーゲン¹の物理學者エールステッド H. C. Oersted (一七七七一—一八五一年) は、電氣がその近くに置かれた磁針に及ぼす作用を觀察して、正しく記述した。この磁石に及ぼす電流の效果に關する報告がバリーに達すると、アンペール A. M. Ampère (一七七五—一八三六年) はそれに刺戟せられて、直ちに彼の名を不朽に残した研究を始めた。まもなく平行する電流は相互に牽き合ふといふ事實を發見し、磁針が電流によつて向きを變へる状態を一層綿密に研究した。電流の實用單位「アンペア」はアンペールの名を採つて名づけたのである。

十九世紀の電氣學が負ふ最大の名はイギリスのファラデー M. Faraday (一七九一—一八六七年) で、全科學史上最も優れた研究家の一人であつた。ロンドン近郊の鍛冶工の家に生れ、初めは化學者

デーヴィー Davy (一七七八—一八二九年) の助手となつて鹽素の液化、ベンゼンの發見など實驗化學上に幾多の卓越せる業績を示したが、エールステッドの實驗は彼の思想を電氣學に向はしめた。一八三一年には電磁感應現象についての劃期的發見を遂げたが、それは電磁理論の最も根本的なもので且つ電氣の實際的應用の根柢をなすものである。摩擦電氣・接觸電氣・感應電氣など各種の電氣作用に關する知識を悉く蒐集してこれを検討した結果、「電氣はそれがいかなる起原のものであつても、性質は全く同一である」との確信に到達した。その他の多數の發見の中、彼の名を冠する電氣分解の定量的法則は最も有名で、この法則を導いた一八三三年の實驗、並びに光と電氣或は磁氣との間に直接な關係のあるべきを豫想し、遂に豫想を支持した一八四五年の電磁光學における發見は、實に今日の電氣物質觀の先驅をなすものである。

次でイギリスのマクスウェル J. C. Maxwell (一七三二—一八七九年) は電磁場に關するファラデーの卓絶せる思想を繼承し、非凡なる頭腦によつて電氣振動なる現象にたいして解析的計算を試みた結果、波動を現はす式に到達し、一八六五年、電氣振動に伴つて發生するところの電磁波なるもの存在すべきことを結論するに至つた。しかるに、それより二十餘年を経た一八八八年に、ドイツのヘルツ H. R. Hertz (一八五七—一九四年) は所謂ヘルツの振動器を用ひて電氣振動を發生せしめ、その周圍の空間に、マクスウェルの理論に全く一致するところの電磁波が輻射せられることを發見し

た。これが今日の電波の起原であつて、ヘルツ波と呼んでゐる。その後、イタリーのマルコーニが、これを無線電信に應用して今日に至つたのである。

一八〇〇年は光學の歴史にとつても重大な年であつた。この年、イギリスの醫者ヤング T. Young (一七七三—一八二九年)は、ホイヘンス以來殆んど顧みられなかつた光の波動説を復活せしめ、翌年には薄膜の色(ニュートン環)を波の干渉の方法で説明した。この波動説は、更に一八一五年に始まるフランスのフレネル A. J. Fresnel (一七八八—一八二七年)の光の屈折の研究によつて、その反對論たる放射説に打克つこととなつた。しかし、これらの學者は光波を以てエーテル中の彈性波と考へたのであるが、マクスウェルは前に述べたやうに、電氣振動に伴つて電磁波の發生せらるべきことを理論上の計算に基づいて斷定し、なほこの電磁波の速さが光波の速度に等しいことを結論し、且つ光の種々の現象を電磁波の理論から導き出して、光も電磁波の一種であると唱へた(一八七三年)。この光の電磁波動説により、從來の物理學で何らの關聯をも認められなかつた光と電磁氣との間に密接な内的關係の潜在すべきことが暗示されたのであるが、その後ヘルツは實驗的に電磁波を發見したため、ここに光の電磁波説が確立したのである。

ニュートンのスペクトル及び一八一五年にドイツのフラウンホーファー J. v. Fraunhofer (一七八七—一八二六年)がスペクトル中に觀察した黒線(所謂フラウンホーファー線)を一層詳細に研究

するために、同じくドイツの化學者ブンゼン R. W. von Bunsen (一八一—一八九九年)及びキルヒホッフ G. R. Kirchhoff (一八二四—一八七七年)は、一八六〇年のころ分光器を完成した。これによりスペクトルの精密な検査は容易となり、その使用は化學分析の新しい一方法として堅實な基礎を得、茲に分光學が創始された。この方法は更に擴張せられて太陽及び星の雰圍氣の成分を發見する方法として應用せられ、輓近には原子物理學における理論の發展と相俟つて、分子または原子の構造を闡明する有力な利器となり、分光學は物理學における重要な一部門を形成するに至つた。

分光器の發達によつて輻射線の精確な研究が容易となつたが、これには寫眞術の發明も貢獻してゐる。寫眞術は一八三〇年の頃から實用的となり、一八五〇年のころに非常な改良を見、多くの近代的研究の基礎となつたのである。

本世紀の中頃にはエネルギー恆存の原理なる實に劃期的な大發見が行はれ、それによつて物理的及び化學的の一切の現象が、從來推定されたよりも一層密接な相互關係に持ち來たされることとなつた。この發見は元來熱の本性についての考察に基くもので、沿革は極めて興味あるものである。

熱が物質的な流體であるとの信念は多年流布せられ、ラポアジェによりかのフロジストン説が覆へられて後も、なほ重さのない熱素(カロリック)なるものを假定することによつて熱現象が説明されてゐた。熱素説にたいして疑問を抱き始めた最初の學者は、アメリカ生れのトンフン Benjamin

Thompson' 後のルンフォード B. T. Rumford (一七五三—一八一四年) である。一八〇〇年の頃
ミュンヘン滞在中に大砲の改良について研究し、砲身に孔を開ける作業に従事中、驚くべき多量の熱を
発生することより、熱を物質であると考へたのでは説明し得ないとし、更に力學的仕事と発生熱との
間に密接な関係のあることを示した。これは熱をエネルギーとする思想の先驅をなしたものといつて
よい。また政治家にして科學を愛好し、研究を趣味とせしフランスのカルノー N. L. S. Carnot (一
七九六—一八三二年) は、熱から仕事を得る方法を數學的に研究した最初の人で、「温度の差があり、
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、このみが唯
一のものではなく、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」といつた。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、これ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、熱の仕事當量がほぼ決定せられるに至つたのである。エネルギー恆存の一般的
觀念はかくして進められたのであるが、完成は主としてドイツのマイヤー、イギリスのジュール、並
びにドイツのヘルムホルツの功績による。

マイヤー J. R. v. Mayer (一八一四—一七八年) はエネルギー原理の樹立にあつて、生理的觀測

から出發した。一八四〇年に船醫としてジャヴァに渡つてゐたとき、船員に行つた瀉血に際し、靜脈
血が異常に鮮紅色を帯びてゐることに心を惹かれ、生理學的燃燒論から出發して、熱と仕事との間に
は一定の不變的量的關係が存することを結論するに至つた。後に、彼は當量の原理を自然現象全體に
擴大し、「自然界には非物質性の或る種の量が存在する。その大きさはわれわれの觀測する諸對象の間に
常に生起してゐる凡ゆる變化を通じて不變であるが、現象形式は複雑多岐を極めてゐる」とのべた。
かかる量は力と呼ばれ、上述の法則は「力の保存の原理」と稱へられた。一八四二年に發表されたこ
の論文は、宇宙のエネルギーは恆久不變であることを言ひ現はした極めて重要なものであつたが、當
時の學界の注意を惹かなかつた。

彼とは別の領域から出發して、その結論を多くの優れた實驗によつて裏づけつつ、マイヤーと殆ん
ど同時に熱と仕事との當量の認識に到達したのは、イギリスのジュール J. P. Joule (一八一八—一八
九年) で、終世醸造家であつたが、傍ら電氣學や化學を研究してゐた。熟練・正確な實驗家であり、
年を追うて、化合・電氣分解・機械の仕事などにおいて出入する熱量に關する考察から、機械の仕事
と熱との相當完全な量的證據を示し、一八四三年にこれを發表した。一八四七年には學會において初
めてエネルギー不滅の原理を充分に發表したが、議長がこの問題を簡單に片づけて進行しようとした
時、ふと一青年(後のケルビン卿、當時のウリアム・トムソン)が立つてこの新學說の重要性を強調

したため一般の注目するところとなつた。爾來彼は四十年のあひだ熱の仕事當量の測定をつづけた。ジュールがエネルギー不滅の大原理を發表したのと年を同じうしてヘルムホルツ H. L. F. von Helmholtz (一八二一—一九四年) が獨立に同じ原理を發表した。哲學者たる父の勧めで初め醫學を修めて軍醫となつたヘルムホルツも亦、マイヤーと同じく生理學的研究に刺戟されてエネルギー原理をさらに大なる普遍化に齎らした。一八四七年にベルリンの物理學會において二十六歳の青年軍醫によつて發表された有名な論文「力の保存について Ueber die Erhaltung der Kraft」は、當時は何らの注意をも喚起しなかつたが、爾來エネルギー恆存原理の一般性と科學のあらゆる分科への適用性が明らかにされたのである。その後彼は、各地の大學で解剖學・生理學などの教授となつたが、眼や耳の研究に徹底するために物理學の研究に入り、遂にベルリン大學の物理學教授となつた。更に當時における數學の權威者として、ゆくところ非凡の才能を發揮し、晩年には學界の長老として尊敬をうけた。

次でエネルギー恆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) 及びイギリスのウリアム・トムソン(ケルビン卿) (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)、及びエントロピー増大の原理、即ち外部から何らの助けをうけない場合には熱は常

に温度の高い物體から低い物體に移動し、それ自身低温度より高温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お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たいしては、ローヤル・ソサイティーが、マイヤーやヘルムホルツの論文は當時の最高の専門雑誌 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。

ウィリアム・トムソン William Thomson (一八二四—一九〇七年) は英國グラスゴー大學に教授たること五十三年、熱力學の卓拔なる諸研究の外、電氣學上における理論・實驗の兩方面の貢献、その他各方面の貴重なる研究は枚擧に遑なく、功によつて貴族に列せられ、ケルビン卿 Lord Kelvin と呼ばれた。

熱と機械の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。熱は物質の微粒子もし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が、理論を發展せしめるために、物質の最も簡單な状態である氣體の分子運動の理論がクラウジウス、マクスウェル及びウィーンのボルツマン L. Boltzmann (一八四四—一九〇六年) などの研究によつて非常な發展を遂げた。マクスウェルは分子運動の速度を究めるために、數學における確率論の考へを導入して新らしい理論式を提出し

たが、これが所謂統計力學の創まりである。

なほ本世紀の末期には劃期的ともいふべき大発見がなされ、即ち一八九五年（明治二十八年）に行はれたドイツのレントゲンによるX線の発見は、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発見、イギリスのゼー・ゼー・トムソン J. J. Thomson（一八五七年—）による電子の確認の導火線となつた。そして十九世紀におけるこれらの諸発見は悉く現代科學の發達の豫備的発見となつたのである。

レントゲン W. C. Röntgen（一八四五一—一九二三年）の発見したエックス線は、発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足の進歩をもたらし、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。彼の発見はウァルツブルグ大學在職時代に成れるもので、それより先き、英人クルックス W. Crookes（一八三二—一九一九年）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れるのを発見したが、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。しかるにレントゲンは、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、然るのち、管に放電したところ、恰も偶然に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線の発見となつたので、それは偶然の発見といふものの、彼の思想の中には

既に現象の實相を把握し得る準備が出来てゐたのである。

この発見は眞に劃期的の業績といふべく、その後X線の應用は醫學的研究、結晶の研究など頗る廣汎にわたり、またX線スペクトルは原子の構造を研究する上において頗る重要な役目を果した。

X線の発見に刺戟されて多數の放射性元素が見出された。佛の物理學者ベックレル 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ウラニウム元素が、或る種の放射線を發することを発見した。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、これ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、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発見したのである。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、獨りビッチブレンドなる鑛石のみは、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。茲においてベックレルはその化學的分析をマダム・キュリーに依頼したのである。

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い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、ビッチブレンド（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発見し、これを祖國の名に因んでポロニウムと名づけた。後、夫人はなほも困難なる研究を遂行して、更に一八九八年、わが明治三十一年に、それよりも強力なる新元素を発見し、ラヂウムと命名したのである。

電子の発見については、オランダのローレンツ H. A. Lorentz (一八五三—一九二八年) はマクスウェルの電磁論を擴張してこれに原子論をとり入れることにより、電子が實驗的に発見せられるに先立ち、すでに帯電粒子の理論を確立して、各種の現象を説明してゐた。ところが一方、真空ポンプの發達に伴つて真空管内における放電の研究がすすみ、一八五八年ドイツのブリュッカー J. Plücker (一八〇一—六八年) は陰極線を発見した。次でこのものの本性は獨のヒットルフ J. W. Hittorf イギリスのクルックス、J. J. トムソンなどの研究によつて明らかとなり、陰性に帯電された微粒子であることが確認されたのは一八九五年前後のことで、これが即ち電子である。電子の確認以後、電子論は一時物理學界を風靡し、電子がすべての物質の構成要素であると考へられたので、古來の力學的 세계觀は電磁的世界觀を以て置き換へられるに至つた。

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、エネルギー恆存の原理、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べるの域に近づいた。化學と物理學との關係はますます緊密化し、研究者の大多數はこの二つの領域において卓越せる業績をあげ、一面には、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り、十九世紀の化學は主として次の如き特質を示した。即ち化學反應における基礎的な量的諸關係の發見、原子・分子および原子價に関する理論の發展、有機化合物の合成、化學構造に関する觀念の發達、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などである。かくして化學は、十八世紀の終りと十九世紀の初めとを含む時代において、本質的には既に今日の方向と形態とが與へられたのである。

近代化學の父ラヴォアジエの後をついで、十九世紀の初めに原子説を提げて出現したのは英の化學者

ドルトン J. Dalton (一七六六一一八四四年) である。物質が究極において個々の微粒子、即ち原子より構成されてゐるといふことは最初ギリシア時代のデモクリッスによつて唱へられたが、それは哲學的な思索に過ぎなかつた。しかるにドルトンは、この假定がいか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、それを基礎として一八〇七年に原子論を提出した。原子の假説を導入したことはドルトンの不朽の功績で、實にこれ以後のすべての自然科学的觀察の根柢を創つたのである。彼は「われわれ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」といつた。

ドルトンの原子説が公けにせられて間もなく、胃液中に鹽酸を發見した英の醫師フナウト W. Prout は、一八一五年すべての物質の原子は水素原子からなつてゐるといふ説を出したが、この説は現代物理學において同位元素の研究が進むまで捨てて顧みられなかつた。

原子論的假説が認められたのち、化學第一の課題は、原子量をできる限り精密に測定することであり、それは化學的分析に最も重要であるばかりでなく、その後のあらゆる思惟の基礎となるからである。この問題の解決にたいして最も功績のあつたのは、スウェーデンの研究家ベルツェリウス J. J. Berzelius (一七七九一一八四八年) で、二千有餘の物質を分析し、五十個の元素につきその原子量を測定して一八一八年にこれを發表した。彼はウプサラ大學に醫學と化學を修め、後にはストックホルム

ム大學の化學および藥學の教職についた。

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サック J. L. Gay-Lussac (一七七八一八五〇年) の行なつた實驗により、酸素の一容積にたいし、水素の約二容積を以て化合の起ることが明らかとなつた。十九世紀の初めにバリのアカデミーは科學的目的のために高空への上昇實驗を試みることになつたが、當時の空中旅行は極めて危険な企てであり、適當な研究家を得るのが一苦勞であつた。この選に當つた若きゲーリューサックは一八〇四年の夏、七三〇〇メートルの高さまで上昇して大氣の溫度及び組成の分析を行つた。なほ彼は多くの氣體の反應につい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、各々の體積は常に極めて簡單な比を示し、化合物の體積も(もし氣體ならば)成分の體積にたい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サックの氣體反應の法則との間には、原子の上になほ一つの微粒子、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物理學者アヴォガドロ Avogadro (一七七六一八五六年) が次の假説をたてた。「すべての氣體及び蒸氣の同容積は、同溫度同壓力の下においては同數の分子(完全原子 integral atom と呼んだ)を含む」。これが有名なアヴォガドロの假説で、その論文は難解であつたために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学者の會合上これ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来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。

本世紀における化学研究は實驗室の建設によつて多大の刺戟をうけたが、一八二六年ドイツ・ギンセン大學につくられたリービッヒ J. F. v. Liebig (一八〇三—七三年) の研究室はその先驅であつた。彼は實驗的化學的研究に基づいて初めて食品と嗜好品とを區別し、食物には蛋白質・脂肪・含水炭素・鹽類の四營養素のあることを明らかにし、蛋白質は組織の構成及び筋肉運動に、脂肪並びに含水炭素は體温發生に役立つことを唱へた。また人類の生産のうちで最も古い農耕業にたいして、千年の習慣を理解する鍵を提供し、植物にとつて無機物質は缺くことの出来ない營養分であるから、耕作の原理としては、土地から取つたものを充分に土地に返さなければならぬと考へた。まもなく、この提唱の正しいことが證明せられて、到るところに農業研究所が設立され、人造肥料の需要に應ずるための重要な工業が發達した。かくして科學的原理が生産的活動の分野に擴大された結果、これを

十七世紀に比較してみると、同じ面積の地面から約四倍ないし五倍の收穫を得るやうになり、それ故、彼は農藝化學の始祖と呼ばれてゐる。

十九世紀の初頭に至るまでは、有機物と無機物との間には劃然たる區別が存在し、動物及び植物より得られる有機物はある神祕的な生命力の作用によつて、ただ生物の體内でのみ形成されるものと考へられてゐた。ところが一八二八年獨のゲッテンゲンのウェーラー L. Wöhler (一八〇〇—八二年) は、動物體内の生成物なる尿素を試験管内で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物と無機物との區別を否定するもので、以後多數の有機物質の合成が行なはれ、科學としての有機化學は實にこの時に始まつたのである。

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、分子内における原子の配列にも依ることが示された。つまり物質の性質は、その構造によつて異なるものであり、今日有機化學者は莫大な數の化合物を造り、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、普通まづ構造が明らかにされてゐなければならぬ。いま二、三の合成の例を挙げると、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、後にコー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最初のアニリン染料であるモーダを得た。また一八六八年には從來茜草アケボノ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。

かくして化學工業は十九世紀の中半以後その全認識を一新し、染色工業のみでなく、有效な藥劑の發見も有機化學の最も重要な役割となり、その他人造絹絲工業、火藥、アンモニア工業、各種金屬の精練など、一として化學の應用に待たないものはない。

一八一九年佛のビオー 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觀察したが、一八四八年、後に酸酵の問題を解決して微生物研究の端緒を開いたバーストール (後出) 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、他の凡ての性質において全く酒石酸と一致しても、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おいて正反對な二種の酒石酸の等量混合物なることを知り、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おいて、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・ホフ Van't Hoff (一八五二—一九一一年) 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、かやうな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

十を過ぐる頃であり、後には氣體平衡・滲透壓など、獨のオストワルド F. W. Ostwald (一八五三—一九三二年) と共に物理化學方面の研究に力を注いだ。所謂物理化學とは、物理學的方法の化學への適用と見做して差支へないであらうが、この方面は爾來偉大な發展を遂げ、現在の化學工業の多くはその存在をこれに負ふてゐるのである。

諸元素の原子量の知識が漸次に増大するにつれ、當然諸元素の化學的及び物理的性質、即ち親和力・比重・比熱などと結合せしめようといふ試みが起つた。一八六四年にいたり、英のニューランズ Newlands (一八三七—一九八年) は諸元素を原子量の順に配列して見ると、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、これをオクターヴの法則と名づけた。そのころ獨のロタール・マイヤー Lothar Meyer (一八三〇—一九五年) および佛のド・シャンクルト De Chancourtois も同様の見解を抱懐してゐたが、獨立にロシアの化學者メンデレーフ Mendeleeff (一八三四—一九〇七年) は、一八六九年 (明治二年) 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発見し、これを圖示して元素の週期律を發表した。このことは無機化學における劃期的な發見であり、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き、即ちガリウム、スカンディウム及びゲルマニウムの發見となつた。なほこの週期的分類は、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、むしろ各元素は法則によつて結合された「一つの全體」を形成するのであらうと考へられ、元素の週期律は逆に原子構造論の發達を促したのである。かくして近年に至り、この週期律は近代にお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。

十九世紀の後半におい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わたり多くの事實が見出され、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。既に電氣學の部におい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「異なる物質については、電極におい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ここに始まるのである。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。

その頃までは鹽・酸及び鹽基はただ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、これらの物質は實は普通の溶液中で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。なほスウェーデンのアレニウス S. A. Arrhenius (一八五九—一九二七年) は、稀薄な溶液の中の鹽はた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、これ

はア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。

なほ十九世紀後半、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。化學行程にお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、アラビアゴムまたはゼラチンのやうに遅く運動する膠質(コロイド)とに分けたが、膠質化學は近代にいたり生物學及び醫學方面の大なる進歩の基礎となつた。わが國では、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、わが國化學の源流は實に榕庵に發すといふべきである。植物學を以て醫學に入る門なりとし、科學を學ぶことは人道に一致すると解してゐた。

地質學の方面は、ハットンの後繼者ライエル Sir Charles Lyell (一七九七—一八七五年) を得たことは幸福であつた。彼は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

「地質學原理」The Principle of geology を通じて當時の研究者を指導した。主要な貢献は、地球の表面及び内部におい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り、即ち天變地異説(激變論) Catastrophism を打破して、天律不變説(宇宙齊一論) Uniformitarianism を建設したことである。これによつて地質學の新らしい方向が示され、いまや人々は地殼の示してゐる大變動は、些細な變化が幾千萬となく堆積してできたものであるといふ説明を採用した。

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、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、また古生物學者たちは、生命形態の起原・發達及び進化の問題に關聯して化石に大いなる價値を見出した。

一八〇〇年(寛政十二年)わが國においては下總佐原の伊能忠敬(一七四五—一八一八年)は、五十六歳にして日本海岸線の測量に着手し、前後十八年間の實測を経て「大日本沿海輿地圖」を著したが、これはその後の日本全圖の原圖となつたものである。

十九世紀(下)

生物學 十八世紀から十九世紀へ移るころ、生物學にも新らしい時代が始まり、リンネ以後、數十年の間はあらゆる努力が彼の創つた體系の完成へと向けられ、その結果、自然研究の本來の目標たる諸現象間の關聯を認識するといふ努力が殆んど視野から消えたのであつたが、遂に人々は、人爲的分類は單なる索引以外の何ものでもなく、自然研究の眞の目標からはなほ遙かに遠いものであることに氣がついた。

第十九世紀における生物學の最高標は、いふまでもなくダーウインの「種の起原」であり、十九世紀前半の生物學はこれに備へ、後半の生物學はこれを發展せしめ、全世紀を通じて進化論の時代たらしめた觀がある。

進化の概念の萌芽は既にブッフフオンの著書「博物學」の中に見出されることは前述したが、次でチャールス・ダーウインの祖父エラスマス・ダーウインが出で、ラマルクにいたる。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) は近代的意味における進化説の唱導者として有名であり、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意は、自然界にて實際に認められるところ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。例へば麒麟は樹の若枝を喰つて生活し、さらに高い枝に達するために體を伸ばさうとする羚羊の一種から進化したものだとは彼は想像した。その後、佛のサンチレヤ G. St-Hilaire (一七七一—一八四四年) および獨のゲーテ Goethe が出で、英のハットン、ライエルとともに進化の思想を助けた。

この間わが國の植物學者 小野蘭山 (一七二九—一八一〇年) は、「本草綱目啓蒙」を編述した外、中央日本の山地を跋涉して植物を採集研究し、「草本」二卷、「木本」四卷を著した。なほその著「花彙」は後に佛譯せられ、一八七三年パリで出版せられた。わが文化・文政 (一八〇四—一八二九年) の頃には蘭學ととも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) にはドイツ人シトボルト 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、植物・動物及

び人類學などを研究し、著書には日本動物誌 *Fauna japonica* および日本植物誌 *Flora japonica* などがある。

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、これ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、本邦の植物學はこれより漸やく舊態を脱する緒に附いたのである。

十九世紀には初めて航海・遠征及び探検が、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。その最初のもは獨のフムボルト A. v. Humboldt (一七六九—一八五九年) の試みで、一七九九年より多くの海陸の大旅行・大探検を行ひ、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、この書は全宇宙の科學的記述を提供しようとしたもので、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、顯微鏡下における微分子の所謂ブラウン運動 (後述) によつて記憶せられる英國の植物學者ブラウン Robert Brown (一七七三—一八五八年) がオーストラリアの探検に加はり、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検の結果は、この地球上の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たいする有機物の適應を示すこととなつたが、これらのすべては「如何にしてこれらの適應が生ずるか」・「種の起原は何

か」といふ困難な問題を再燃せしめたのである。

チャールズ・ダーウィン Charles Robert Darwin (一八〇九—一八八二年) 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。大自然にたい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のあひだ世界を週航せしめたのである。多數の材料を蒐集して歸國のち、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て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「種の起原」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で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。彼の貢獻は曾て見ない偉大なものであつた。それは單に一つの學説を提供したといふだけでなく、その學説が動かすことの出来ない事實の蒐集によつて支持されてゐたからである。

「種の起原」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渉してゐたウォレス 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、彼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。

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勧告したが、ダーウィンは之にたい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 Darwinism といつたことも、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、友人の自然科学者たち、即ち英のハックスリー 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原については簡単に記したのみであつたが、ハックスリーは人猿の關係をも明白に述べ、獨のワイスマンも亦ヘッケルと共にダーウィン説を主張し、またスペンサー H. Spencer (一八二〇—一九〇三年) は、ダーウィンの生存競争 Struggle for existence なる語にたいして、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ロシアの動物學者フォン・ベア E. von Baer (一七九二—一八七六年) は、一八二八年に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。こ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。ヘッケル E. Haeckel (一八三四—一九一九年) はこの研究をとり上げて、一八六六年に「個體發生は種族の系統發達を繰返す」といふ見解を發表した。

次に遺傳の機構にたいして重要な影響を與へたのはワイスマン A. Weismann (一八三四—一九一四年) で、一八八九年、絶えざる生命の流れとして代々に連続するものは生殖細胞だけであることを指摘した。

他方、遺傳に關する劃期的實驗を行つたメンデル J. G. Mendel (一八二二—一八八四年) はオーストリアに農家の子として生れ、僧院に入つたが、一時ウィーンにおいて數學及び博物學を學び、「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。彼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、その後研究を棄てて僧院長となつたので、生物學に一期を劃したこ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(明治三十三年) にいたり他の生物學者、即ち、オランダの植物學者で突然變異説の提唱者たるド・フリース H. de Vries (一八四八—一九三五年)、ドイツのコンラース C. Correns (一八六四—一九二三年) 及びオーストリアのツェルマック E. von Tschermak (一八七一) によつて、三十五年前の彼の古い論文が世界に紹介せられるまで、全く科學として知られずゐたのである。

生理學 十七世紀のハーヴェー(英)、十八世紀のハラール(獨)、ビシャール(佛)等の生理學の研究の上に、いま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、ブランクトン學の祖といはれ、動物の記載、比較解剖(圓口類の

大著の如き)、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ゑた。生氣論者であつたが、研究方法は物理化學的で、一八三三年から四〇年にわたつて現はれた「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おき、従つて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、いかに彼が教師としての感化の大なりしかを覗ふことができる。なほ門人にはデュ・ボア・レーモン Du Bois-Reymond (一八一八—一九〇五年)、ルードウィグ Ludwig (一八一六—一九〇六年) などがある。デュ・ボア・レーモンは電氣をもつて筋肉・神經を刺戟して研究することを始めた人、ルードウィグは生理學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て、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、生理學研究にたいする力強い刺戟となり、手引となつた。

フランスで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。ロヌス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、小腦の機能の研究で有名なマジヨンディール Magendie の助手となつた。動物體の新陳代謝を研究し、肝臟が膽汁の製造所たるばかりでなく、糖分をグリコ

ゲーンとして貯蔵することを発見し、身體は化合物を破壊することも、構成することも出来るといふ事實を明らかにした。また延髄を刺すと糖尿を起すこと、膀胱の消化との關係、血管神經について等の研究があり、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、以後は動物諸器官の間における相互關係および複雑性が確認せられるに至つた。

少しく後れてロシアにはパウロフ I. P. Pavlov (一八四九—一九三六年) が出た。一僧侶の子として生れ、四十歳になるまでは世に知られなかつたが、胃の一部を切つて別に小さい胃を作ることに成功し、またその他の消化腺に瘻孔を作つて、消化液の分泌や作用の研究を行ふことにより、最近の消化生理學を建設し、今世紀に入つてからは専ら大脳生理の一新研究方法たる條件反射學説の完成に没頭した。

わが國においては、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) が、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また去つて行つた。しかるに一八三五年の頃にいた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発見が始まつた。即ち一八

三八年にはドイツの植物學者シュライデン M. J. Schleiden (一八〇四—一八六四年) は、植物の組織はすべて細胞から成るものであるとの説をたてたが、一八三九年に同じくドイツのシュワン T. Schwann (一八一〇—一八二一年) は同説を動物の組織にも適用し、單純な胚細胞が皮膚・腺・筋肉・神經組織などをつくる多種多様の細胞に分化する状態を明らかにした。細胞核は植物學者ブラウンによつて既に着目されてゐたが、細胞の重要部であることを知つたのはシュワン及びシュライデンである。また一八三七年には酵母菌が再び発見せられ、蠶の傳染病の病原菌はイタリーの醫師バッシイ A. Bassi (一七七一—一八五一年) によつて研究せられ、人間の傳染病たる黄癩が蠶に類する植物性寄生物によることをドイツの醫家シェーンライン J. L. Schöenlein (一七九二—一八六四年) が解決した。なほ一八四六年には細胞の原形質が初めて記述せられ、ベルリンのエアレンベルク 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ついて多くの重要な研究をなした。下等生物の分類を企てた彼の著書「滴虫類」の中には bacterium, spirillum なる語が初めて用ひられてゐる。動物細胞の発見につれ、その必然の結果として、學徒は屍體にお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いた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ィルヒョウ Rudolf Virchow (一八二二—一九〇二年) で、かの有名な細胞病理學はベルリン大學にお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が、この説に基づき、後に山極勝三郎は家兎の耳に長いあひだ繰返しコー
ルタールを塗つて一九一九年（大正八年）初めて人工的癩の發生に成功した。

一八三七年にお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
フランスのバストゥール Louis Pasteur（一八二二—九五年）であり、醫師ではなく、化學者であつ
た彼が、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。後パリ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。當時はなほ細菌類と織毛虫類とは無生物から生ずると信じられてゐたが、彼は尖端を曲げて封じ
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から、無菌液はこれに空気を近づけない限り永
久に無菌である」ことを證明した。同時に諸種の菌を殺す爲に要する温度を定め、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
して攝取することを證明し、これを實地に應用して葡萄酒・ビール・牛乳などの所謂バストゥール氏
殺菌法を考案した。またフランスの絹糸業を破壊しつつあつた蠶の微粒子病の病原とその豫防法とを
發見し、のち、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）。つづいて彼は、同様の方法によつて、鶏コレラ、豚丹毒、最

後に狂犬病にたいする豫防の目的を達した。

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バストゥールは一日狂犬を研
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、この病
毒を犬に接種して病毒の弱まつたことを證明した。その後なほ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つて得た弱毒のワクチンを注射した犬は
全く免疫となり、これ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（明治十八年）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。フランス國民は功績に酬ゆるために、資を全國に募つ
て一八八八年バストゥール研究所を建て、その初代所長に推した。

一八九二年バストゥールの七十回の誕生の祝が盛大に催された際、立つて一場の演説を試みたが、
最後に青年學徒の一團に向ひ聲を張り上げて「わが青年よ、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。而して汝ら先づ自ら問へ、われは何を爲せしか、

祖國のために盡すところありしかど。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勤めよ」と叫んだ。

その頃エディンバラに住んでゐた英人外科醫リスター J. Lister (一八二八—一九一二年) はバスター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、化膿菌の發見に先だつ十三年前に、防腐外科術を創めた。彼は一八六四年に石炭酸のやうな強力な殺菌劑で消毒した繻帶を使用し、空氣中には石炭酸を撒布し、そして熱或は藥品によつて衣類・器具・手術者の手及びその外被を消毒したのである。しかしその後、重要なのは空氣で傳搬される細菌ではなく、化膿を防ぐための根本的な要件は、手・器具・衣類に細菌或はその芽胞を存在させないことであるといふ事實を悟るにいたつた。これ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が、これこそ人類にたいする最も尊い福音であり、十九世紀科學の最大の勝利の一つであつた。

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。初め片田舎の一開業醫であつたが、バスターールの病原微生物體の話聞き、またリスターがバスターールの説を實地に應用して外科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。初め脾脫疽に罹つた山羊の血液を鏡檢し、または南京鼠に注射し、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。また研究室に半煮のまま放置しありし馬鈴薯上の所々に同一種の細菌が繁殖するのを見て、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。その後コッホの方は益々弘く採用せられて、年々いろいろな病氣の病原體が發見され、一八八四年には破傷風菌およびチフテリア菌、一八九四年にはベ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體が發見せられた。

最も重要な熱帯病なるマラリアは、嘗ては他のいかなる疾病よりも高率の罹病と死亡とを齎したのであつたが、マラリア寄生虫は一八八〇年にフランスのラヴェラン C. L. A. Laveran (一八四五—一九二二年) によりアフリカにおいて發見せられ、その病型と原虫の發育との關係は、イタリーの研究家によつて究明された。また一八九七—九九年にはイギリスのロナルド・ROSS Ronald Ross (一八五七—一九三二年) がインドにおいて、この寄生虫が同病に感染した蚊の咬傷により患者より患者へ傳搬されるといふ重大な發見をし、その豫防方針が明らかになつたのである。

その後多くの學者、特にベーリング Behring (一八五四—一九一七年) 及び北里柴三郎は、病原の感染に際して體內に起る防衛力、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しい途を拓いた。なほ赤痢の本型菌は一八九七年(明治三十年) 志賀潔(一八七〇—) により東京において

発見せられ、二十世紀に入りてはシャウチン Schaudin (一八七二—一九〇六年) 及びホフマン Hoffmann (一八六八—) によつて細菌病原スピロヘータが発見され(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おいてその純培養に成功した(一九一一年)。

この他醫學史上の重要な出来事の一つは麻酔劑の発見であつた。麻酔劑と無菌外科術との発見の結果は、人體の殆んどあらゆる部位に長時間にわたる入念な手術を施すことが出来るからである。麻酔劑として最も重要なエーテルの効果は一八一八年に発見され、實際に應用されたのは一八四四年のこと、米國コネチカ州ハートフォードのウエルズ H. Wells 及びボストンの齒科醫モルトン W. T. G. Morton が抜齒に際してエーテルの蒸氣を麻酔用に利用したのに始まるのである。

わが日本の社會状態は明治維新を以て劃期的の變化を來し、爾來「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、開成所などが復興せられた。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、大學南校及び大學東校と改稱し、これらは現在の東京帝國大學の基礎をなすものであつた。かくして西洋學術の吸收期を過ぎて、日本の科學は漸次に獨立の機運に向ひ、獨創的研究時代に入つたのである。

元來わが國は古くより儒教、佛教をはじめ、朱子學、陽明學などをとり入れて、よく傳來の思想と

融合・同化せしめ、ここに独自の日本精神を生んだが、われらは安易なる精神主義に墮する事なく、その精神力、殊に勘による洞察力の鋭さをば自然界の眞理探究に向けるべきであつて、かくてこそ、わが國は世界の文化國として、全人類の福祉に貢獻することを得るであらう。

第四篇 現代

一、物理學方面 (上)

前世紀と今世紀との交替期には、物理學は最も堅固な原理を基礎とし、最も論理的に構成された科學であるやうに見えた。ニュートンにより設立され、その後繼者によつて數學的に展開された運動の法則は、いかなる種類の物體——星や原子——についても、その運動を説明することができるやうに見え、數學的記述の技術的不足の場合があつても、法則そのものには決して誤りはないと考へられた。氣體の運動的理論は熱の性質を闡明し、それに基づいて極めて満足な熱力學が樹立されたし、マクスウェルによつて大成された放射の波動説は光學を見事に説明することができた。一八九五年の物理學者にとつては、物理學の基礎の根本的變革といふことは信じ難いものに思へたであらう。

しかるに二十世紀初頭、物理學上に驚異的な新理論が現はれ、それは相對性理論と量子論の發展と

であつたが、今日の物理學の最大の興味は、量子力學並びに原子核の研究に集注されてゐる。量子力學は原子的體系を論ずる統一理論として物理學上に最も基礎的な理論であるばかりでなく、他の部門にも渺なからざる影響を與へてをり、原子核の問題は、最近更に新しくその研究が進展しつつあり、この方面においては幾多の新しい發見がつついてゐる。

元來物理學とはどんな學問かといふことは、理論的に劃然と定まつてゐるわけではないが、大體は多くの種類の物質に共通な現象の性質や、それらの理論的關係を研究する學問であると解することが出来る。これに反して、物質の種類の變化に伴ふ事柄を主として研究するものを化學(または物化學)と名づける。しかし研究の發展につれて物理學と化學との境界は益々不明瞭になり、今日では殆んど判然たる區別がつかなくなつて來た。

極く古い時代、即ちギリシア時代には、種々な物質現象にたいしてそれが如何なる原因または理由で起るかを思惟的に追求するのが研究の目的であり、従つて自然に關する哲學的思考に屬してゐたから、これを自然哲學と稱してゐた。しかしながら十七世紀の頃ガリレイやケプラーなどの出るに及び、現象が何故に起るかを論ずる代りに、先づそれは「いかに」起るかを明かにすることが必要であると考へるやうになつた。ガリレイは物體落下の法則を見出し、ケプラーは惑星運動の法則を發見したが、更にニュートンに至り一般の運動法則を確立して力學の基礎を置くことが出來たのであつた。これら

の法則は何れも經驗的事實の系統的敘述であると解しなくてはならない。

かくして自然科学の任務は、自然に關する客觀的な經驗の系統的敘述にあるといふことが一般に認められると共に、物理学においてはニュートンの力学が模範的なものとして最初に組織立てられ、その記述は數學的に行はれた。この力学原理と萬有引力の法則との下に、非常な精密さを以て天體運動を豫知することが可能となり、その他の種々の場合における力学法則の適用は、いづれも自然科学の偉大なる効果を如實に示したので、他の物質現象についても、數學的に法則を求めようと努めるに至つた。

すべての物質現象は、直接にわれわれの感覺によつて受け取られる諸現象であり、従つて感覺の種類に應じて、それ／＼分類して取り扱はれた。力による物體の運動や、形の變化並びにそれらに伴ふ種々の状態はすべて力学の下に總括せられ、音響及び發音體の問題は音響學、熱の現象及び温度の變化に伴ふ状態の研究は熱學、また光の種々の作用や發光體に關する問題は光學として取り扱はれた。この外に特殊な場合にのみ現はれるものとして電氣及び磁氣の現象がある。これらの諸部門は最初はそれぞれ獨立的に研究せられてゐたが、次第に相互間に密接な關聯が現はれ、種々の點で境界が判然としなくなつた。そして恰も化學と物理学とが融合したと同様に、物理学内の各部門も亦單に便宜上の或る區分に過ぎなくなつた。

今日の物理学では、先づ自然現象に關する種々の事實を客觀的に觀測するのみでなく、人爲的な實驗を行ふことにより、多くの自然現象間のあらゆる關聯を追究してこれを統一的な理論に組み立て、そこに自然法則を見出さうとしてゐる。そして自然界における未知な關係を深く追求するためには、多くの數學的解析の方法が物理学の理論に取り入れられることが必要であり、物理学にとつては、數學的解析は、あらゆる精密な觀測器械と共にこの上もない有力な利器となつてゐる。

物理学の諸問題とその展開　物理学の中で力学は恐らく最も早くから組織的に形成されたもので、その基礎的法則、即ち運動の三法則および萬有引力の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有名な事實である（第一〇三頁参照）。

彼の確立した運動の法則は、今日に至るまでの力学の基礎を與へたものであり、爾來二百年間にわたり種々の方面に應用せられ、またその數學的形式は種々の形に變へられたが、内容にいたつては遂にこれ以上には出でなかつたのである。しかしそのうちに遂にニュートンの法則では説明できない現象が見出され、この新現象をも説明するに足るやうな新しい法則、アインシュタインの相對性力学が現はれた。

諸種の物理現象の中、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、また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

に初めてフランスの科學アカデミーで行はれた。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弾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、光の本質につい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、エーテルと名づけて光の反射・屈折などの現象を説明したが（第九九頁参照）、之にたいしニュートンは、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。その後、干渉・廻折などの現象が発見されるに及び、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ことを提唱、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。ところが、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し、更に一八八八年に至りヘルツは實驗的に電磁波を発見して、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末を告げた（第一四〇頁参照）。エーテルは電磁波の媒質と見られたが、更に後述の相對性原理にいたつて、エーテルを考へるのは無意味なことが明らかとなり、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。

音や光にたいして熱の満足な理論は、一層遅い時代に成立した。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（第一四四頁参照）。一方十九世紀の初頭以來、物質の原子及び分子説が稱へられてきたので、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複雑に關係し合つてゐるが、氣體では分子が互に離れてをり、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、殊にクラウジウス、マクスウェル及びボルツマンにより相次でこの理論が發展させられて、氣體の熱的諸性質を演繹的に説明せんとした（第一四五頁参照）。

次に直接感覺では受け取れないが、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り、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ことが明らかになり、以來大に研究が進んだ。この時期より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、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（第一三八及び九頁参照）。

以上述べたところの音・光・熱・電氣並びに磁氣などの物理的諸現象の理論的發展を通觀すると、十九世紀に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示されてゐる。

エネルギー論 物體が種々の變化を起し得るのは、物體にその變化を起すべき能力があるからで、これを名づけてエネルギーといふ。エネルギーには位置のエネルギー、機械的エネルギー、熱・光・電氣のエネルギー、化學的エネルギーなど多くの様態があつて、これらは互に變移し得るものであるが、各種のエネルギーは相互に變移しても、その全量は常に一定である。これをエネルギー不滅或は恆存の原理といふ。このエネルギー恆存の原理が一八四七年ヘルムホルツによつて確立せられたことは、物理學史上最大の顯著な事蹟の一つである(第一四四頁参照)。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、そしてそれらすべての變化過程においてエネルギーは形態を變じながら、併しその量は恆存不變であると考へられるのである。これほど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、普通にエネルギー恆存の原理を意味してゐるが、これ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。一八五一年にウィリアム・トムソン(ケルビン卿)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。蓋し熱力學の第二法則はエントロピー増大の原理とも名づけられ、熱現象の非可逆性を現はすものである(第一四四頁参照)。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り恆存するけれども、それが何らか

の過程によつて熱の形態に變ずると、もはや之をその體系外の作用によらなければ他の形態に引戻して利用することが不可能になる。また熱自身もそのまま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状態に傾く、これらの事情で絶縁體系のエネルギーは常に利用價值を減する傾向があり、最後には全部が熱となつて遂に温度平衡に達し、その内部にお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。これをエネルギーの散逸といひ表はすのである。ところが吾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人に大なる衝動を與へたが、しかし之にたい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。

ウィーンのパルツマンによれば、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をらず、吾々が十分に長い年數を待つならば、熱が低溫の場所から高溫の方へ移動するといふことが経験されないと限らない。従つて彼は、熱力學の第二法則によ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で行はれたとしても、更に大きな宇宙の何れかの部分に、いつかこれに反する事實が絶對に起らないとは云ひ得ないといつてゐる。

物質構造論 物質の構造に關しては十九世紀初頭におい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(第一五〇頁参照)。彼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、これら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)によつて補足せられ、近代化學理論の基礎が完成されたのである(第一五一頁参照)。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原子に分解することができ、異なる原子の結合によつ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たいしては一種の化學的親和力なるものが考へられた。

爾後化學におい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、固體の融解は分子の運動が溫度の上昇に伴つて或る程度以上に激しくなることにより起るもので、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り、融解に伴ふ融解熱・蒸發に伴ふ蒸發熱(潜熱)の如きは分子間の位置の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ら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、或る人々は依然として單なる假説であると思ふ、上述の如き説明はわれわれ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たてた最初の事實は、所謂ブラウン運動なる現象であつた。これは一八二七年英の植物學者ブラウン(第一六一頁参照)によつて初めて發見された現象で、一般に液體または氣體中に物質の固體微粒が浮游してをるのを顯微鏡で觀察すると、絶えず全く不規則な運動をつづけるのをいふのである。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、ウィーナー E. C. Wiener (一八六三年) 及びデルゾー Delsaux (一八七七年) は初めて流體分子の運動によつて起されることを推察し、漸次に實驗的に確められてきた。即ち物體が分子に比べてあま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、各瞬間毎にこれらの個々の衝突によつて起る運動が認められるのである。

原子及び分子の實在はその後ますます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

分析の實驗は、結晶體內にお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、今日は最早その實在を疑ふ者はなくなつた。

いま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。氣體にては、その運動學的理論の示す通りに、各々の分子は大體自由に飛動してをり、温度の高いほど平均して速度が大きい。液體では、分子間の平均距離は氣體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。更に固體においては、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、今日では多くの場合、その排列の基體はむしろ原子であることが明らかとなつた。

かくの如く固體の原子排列が實驗的に知られるやうになつたのは、結晶體内の分子構造をX線によつて研究する方法が創められたため、即ち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 (一八七九—) により發見されて以來のことである。この發見の後、英のブラッグ父子 W. H. Bragg (一八六二—)、W. L. Bragg (一八九〇—) は一九一三年、原子排列の格子において、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、この部門は原子排列を研究する結晶物理學へと進展するにいたつた。

その研究の結果によると、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、所謂空間格子をつくり、それら原子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いのが明かとなつた。

なほ近來の研究によると、多くの金屬などにあつては單一の結晶形を作らないが、實際は多數の微結晶から構成されてをり、液體の如きもその構造は或る程度まで固體に近いことが知られた。

以上の外、數種の物質が混合する場合に、各々が分子または原子の形に分れて混合しないで、或る物質だけがそれ以上の微粒をなして、他の物質内に介在することがあり、これを一般に膠質(コロイド)状態と名づけてゐる。

物質の原子は、なほその構成要素としての電子(エレクトロン)の發見によつて更に微小な部分に分たれ、この發見は物理學の全體にたいして劃期的な變化を齎した最大の出來事の一つである。それ以前には、電氣の現象は物質全般に關しては何らか特殊な現象であるやうに考へられてゐたが、電子がすべての物質原子に共通な構成要素であることが示されてからは、電子に關する理論は、物理學上において力學が普遍的であると同様に若しくはそれ以上に普遍的な意味をもつていたつた。

電子の發見は十九世紀の後半、所謂真空放電なる現象の研究の結果であつた(第一四八頁参照)。空氣を排除して低壓にした硝子管の兩端に金屬の極を取付けてこれに電流を通すると、特殊な放電現象