

科学史

HINOTE

CONTAINING BEST RULED PAPER
SUPERIOR NOTE BOOK. HATA CO., LTD. NO. 1581 150

II

32

西洋^の近世の成立と東洋^の科学技術

{ 希臘の復活
東洋科学技術

(1660)

科学研究機関を設置しようとする気運が高まって来た。その年の内にロンドンの科学者達はグresham・カレッジに集り、科学研究機関の設立を決議し、国王に許可を求め、内諾を得て準備に取掛かり、1662年に国王の正式な認可を受けて「自然的知識を改善するためのロンドン王立協会」が発足した。最初の近代的な科学の学会であり、^{これが}躰て其の中からニュートンを生み出す事に依って、17世紀の終りには最高の名声と権威を獲得するのである。

(4) 16 この新しい組織を作り、研究の計画を練り上げ、協会の活動の中心と成った人物は、1662年に協会の主事と成った R. Hooke ロバート・フックであった。創立期の協会の^{メンバー}会員は、多かれ少なかれフランシス・ベーコンの思想の影響を受け、その新機関の思想に導かれて科学研究を推進した。中でもフックこそは、ベーコンの真の思想的後継者だった。ベーコンの見果てぬ夢を実現する為には協会は、フックの指導の元に総べての事に努力を傾むけたのである。

協会の目的と計画を宣言した文書は、1663年にフックが書いた「王立協会規約前文草案」であるが、其れには、次の様な事が述べられて居る。

協会の事業と計画は、自然の諸事物及び総ての有用な技術に就いての知識を改善すること。
(工芸、製造技術、機械の実務、原動機、実験に依る発見)

既に忘れられた技術を再び発見する事。

古代や近代の著作に記録され居る所の、自然的、数学的、機械学的な諸事物に関する一切の体系、原理、理論、仮説、説明、自然誌、実験を調べる事。
(当時の現在)

つまり、言い換へれば、人類が所有して居る自然と技術に就いての知識を改良し、過去の忘れられた知識を復元し、また此れ迄に達成された総べての科学の理論と実験を再検討しようとする者であった。

又この規約の事^で二つの注目すべき点がある。その一つは「神学、形而上学、道徳、政治、文法、修辭、論理学には介入しない」と述べて居る事である。つまり、総てのスコラ的、ルネッサンス的な伝統的教養に属する分野をハッキリと避けていることである。その第2は最終目標を「自然と技術に関する全現象を説明し、諸事物の原因に就いて合理的に説明出来る様を強固で完全な哲学体系を建設する為の基礎を作り出す事に置いて居た点である。


つまり、^{新しい}科学理論其ものを生み出すのが目的ではなく、理論体系の基礎と成る事実に就いての知識を集める事が目的だった。

これは理論を^{マツシクラ}基地に追求したガリレオの道とは、大分違つた方向だ

理論

たつた。かつてベーコンは、公理を導き出す基礎作業として、自然と技術に關するあらゆる知識を集め、「自然と技術の百科全書」を作ろうとしたが、この協会の活動は、ベーコンの思想に依つて、その事業に乗出したのである。

ベーコンの夢めた科学綜合研究所「ソロモン学院」には及びも着かなかつたが、グレシャム・カレッジに本拠を置く協会は、

実験室、機械室、天文台、光学室、図書室などを持ち、様々な実験装置を備えて居た。例えば望遠鏡、四分儀()、天球儀、其他の天文器械、顕微鏡、拡大鏡、其他の光学器械、振り時計、風力計、雨量計、晴雨計、温度計、重力測定装置、海深測定器、磁気器械(偏角、伏角)、圧搾器、計算器、補聴器、解剖器具、潜水装置、水中速度計(log)、船や車の模型、火薬力測定装置、火砲等々50余種に及んで居た。

前に述べた様に、協会の集团的、組織的な活動の目的は、自然現象や実験や産業に就いての事実を記録し収集する事であつたが、その記録を自然誌、実験誌或いは産業誌(ベーコンも同じ様に呼んでゐたが)なども呼び、^{フェロー}會員は其の目的に従つて、八つの専門委員会に分れ、関心と興味に依つて何かの委員会に所屬して活動した。

機械学委員会、天文学光学委員会、地質農業委員会、産業交易誌委員会、過去の観測と実験誌を収集する委員会、海外通信委員会等があり、

會員は共同の目的の爲に仕事を分担し、或は実験を行ない、或は工場や鉱山や農村や外国に出掛けて調査し、報告書を提出した。

又、協会の名の元に、外国や植民地に居る知人、旅行する友人、或は遠洋航海に出る船長等に、調査、観測、実験を依頼した。

そして国の内外から集つた報告は、週一回の例会で讀上げられ、検討され、記録として保存された。又例会では公開実験も行なわれ、工場などに出掛けて出張実験も行なわれた。こうして、実験、観測、観察の成果が、自然と技術に就いての様々な知識が、^{オックス}夥しく積み上げられて行つた。勿論、新しい理論や仮説も提出され、報告の一部は協会の機関紙 Philosophical Transaction に發表された。

この頃にはまだ、職業的な科学者は殆んど居なかつた。オックスフォードやケンブリッジ大学やグレシャム・カレッジの数学や天文学の少数の教授達を除けば殆んどが、外に職業を持つて居た人々で、前に述べた様に大部分は貴族と富裕な大商人達であつた。会の経費は国王からは一文も

出す、総べて会員の入会金と会費だった。会員は選挙に依つて会長、副会長、理事、及び書記を選り、其等の役員が会を運営した。研究や実験の指導は主事が行ない、ロバート・フックが其の職に在った。

この王立協会は以上の様に会の運営方式が極めて近代的で、この時代の外国の学会の様には王侯貴族の後援に依つて会が運営されるのではなく、王侯の個人的事情に依つて左右されず、科学者自身の自主性に於て学会が運営されるのであった。会員数も1670年代には延べ200名にも達しこの協会の活動が、17世紀イギリス科学の目覚しい発展をもたらしたのである。

しかし、科学が一つの制度と成り、しかも勳章と儀式や尊大さと、衒学性(Pedantry)を備えてくると、学会は事実上、科学の法廷と成り、眞の科学が^{から}ホラ吹きや、気遣を排除する権威を備えてくると、それは又多くの革命的着想や理論をも、一時的には排除する暴力を持つ法廷とも成る事は何時の~~時~~時代でも同じである。

1670年代に入ると、ベーコンの新機関の思想に導かれた協会の活動方向は少しづつ変化して行つた。ベーコンの方向に代つて、ガリレオ的方向とでも言うべき傾向が現れ出来た。それは技術から^{基礎}純正科学への転換と云うべきもので、この転換は~~不~~漸進的なものだった。それを象徴したものは、1671年、若いアイザック・ニュートンが、反射望遠鏡と光学理論を携えての、王立協会への登場だった。協会はフック時代からニュートン時代へと移行して行つたが、ニュートン出現は逐つて協会を衰微させた。

パリ王立科学アカデミー Academie Royale des Sciences
フランスでは、科学愛好者のサロンの集會から初まった。早くも1620年頃から、金持ちの弁護士ピエレスク Pieresc の家に度々集つて居たとされる。しかしフランス科学の眞の最初の中心はフランシスコ会の修道士メンセンヌ Mersenne の僧庵であつて、これは1648年の彼が死まで續いた。メンセンヌ自身一角の科学者だったが、彼の家には Fermat フェルマー、パスカル Pascal、原子論者のガッサンディ Gassendi などが集つて色々な情報を交換し、討論を行なつた。又メンセンヌと云う人は疲れを知らない通信員^があり、ヨーロッパの全科学者の中央郵便局の様な役割を演じた。

その後、会合は王室顧問官モンモール Montmort の家に移り、この例会から公的な科学研究機関を作ろうとする活動が起つた。それを促したものは、英国の王立協会の活動の刺激であり、もう一つは研究資金難であった。

科学の研究が最早、富豪一個人の援助に依存して居たので、何んとも成らない程、大規模になり、~~社会性~~^{イゾン}を帯び初めたのである。フランスの科学者達は宰相コルベール J. B. Colbert に援助を求めたのである。コルベールと言ふ人はフランスの産業の振興に大変努力した人で、リヨンの絹織物、セーヴルの陶器、パリーのゴブラン織工業は彼は奨励に依って盛に成つたのであるが、科学の研究が産業の発展に役立つと考へて、王立の研究機関を設ける決意を固め、1666年にパリ王立科学アカデミーは設立された。

この英国とフランスの学会の設立の過程を振り返って見ると、科学の社会的機能、^{アカデミー}明らか^{イゾン}に言へば金儲けに役立つ者であると言ふ機能に關して、当時、抱れて居た期待が如何に大きかつたかを、よく物語っている。王立協会に多くの商人が参加したのも、その期待の爲であつた。

しかし、科学が目覚しい大きい社会的機能を果すには、科学と技術に或る程度の水準が必要である。当時の科学技術が解決を迫られ居た問題の多くは、力学的問題であつたが、この力学の原理、力学の基礎科学は、当時まだ部分的にしか、解明されては居なかつた。この基礎科学、純粋科学が解決されて居たと假定したとしても、その原理を應用して實際の機械等を作り出すには、かなり高度の機械技術の一般水準が必要であり、経済的には尨大な需要に支えられて、生産が^{マニファクチャ}間に合な^{イゾン}い様な環境、後世の産業革命の時代を待たなければならなかつた。

この時代の様な段階の科学の技術に、科学の直接的効用に余りにも多くの期待を掛け過ぎれば、失望する外は無かつた。

王立協会の技術から純粋科学への転換、^{イゾン}フック時代からニュートン時代への移行も、この事情を反映している。フランスの科学アカデミーも似た様な経過をたどつた。

しかし、此様な法外な期待があつたればこそ、科学の研究が国家機関に依つて遂行され、一つの社会的な制度と成る事が出来たのである。

ロンドン王立協会の王立とは名前ばかりで、實際は會員の出資に依つて運営されたのに対して、フランスのパリー科学アカデミーは純然たる国立の研究所であつて、アカデミーの運営は總べて王室の出資に依つて居り、20名程の會員は總て国家から給料が支給された。

又研究組織の面でも、ロンドン王立協会とは大分違つて居た。

乾隆帝

王立協会^{アソク}は飽く迄、個人研究が主体であり、それが各部門の委員会の枠内で、共同の目的を分担する形を取ったのに対して、科学アカデミーでは完全な共同研究体制を取った。そして国家から課せられた問題を共同で取り組んだのである。時と共にアカデミーの規模は大きく成り、会員の数も増加して行った。

アカデミーの指導者は創立期の会費の内、唯だ一人の外国人であったオランダの科学者ホイヘンスであった。彼もデカルトと同じくフランシス・ベーコンを深く尊敬し、彼を新しい科学思想の創始者と考へ、その影響の元には、科学アカデミーの研究活動を組織した面もある。全員達は集团的に動植物の自然誌を編集し、共同で執筆して出版し居り、機械や発見の目録も同様に作つて居るが、この科学アカデミーの最も重要な事業は測地学の分野であった。フランスの地図作成や海上に於ける経度決定の問題に会員達は精力的に取り組んだ。この分野の研究が、やがてフランス科学の伝統を形成し、18世紀に於ける地球の大きさを測定と成り、現代でも中国地図の基礎を成しているフランス人の耶蘇会士に依つて行われた、康熙帝時代の中国の大測量事業と成り、又メートル法の制定に於て継つて行つたのである。

しかし、フランスでも1670年代に成るヒベーコンの影響はイギリスと同様に急激に衰え、ガリレオ・デカルト的方向に転換して行く。

ホイヘンス自身がデカルト自然^学の●後継者であり、デカルトの誤りを正しながら、それを科学的に精密にし、発展させた人である。

かくして科学アカデミーはデカルト主義の本拠と成るのであるが、其頃、イギリスの王立協会●も、ガリレオ・ニュートン的方向を歩み始めていた。ニュートンのプリンキピア Principia (1686) 出版後、確立した王立協会のニュートン主義と、科学アカデミーのデカルト主義とは、17世紀の末から18世紀の30年代に掛けて鋭く対立し、火花を散して、科学と思想の歴史を色取るのである。

アイザック・ニュートン Isaac Newton 1643-1727

自然科学史の中でアイザック・ニュートン程、偉大な仕事を成し遂げ、後の時代に大きい影響を与えた科学者は外にない。¹⁷世紀の末はから19世紀に至る百数十年の間の科学の発展の主流は、このニュートンの流れを汲み、それに依つて体系化された。彼は天文学、力学、光学の

古典理論を打ち立てたが、それは17世紀に於ては、この三分野だけだが、近代科学の名に価するものであった。^{ここに}古典理論と云うのは20世紀の相対性理論や量子論等の現代理論に対して、19世紀迄のニュートン体系の理論を古典理論と呼ぶ習慣と成っている。

彼は又、新しい数学である微分、積分を作り、それを自分の研究に應用した。~~彼の偉大な功績~~、彼は科学の方法を確立し、自然界の色々な運動の中で、最も単純な運動形態の分野で、現象を秩序立て、原理から出発して、それを体系付け、科学理論の典型を作った。それによつて~~自然~~自然の総べての領域で、科学的研究を推進する爲の基礎を作り、彼以後の科学の諸分野は、このニュートンの古典理論の方法をモデルとして作り出されて行つた。~~彼の功績~~。彼は又、機械論的自然觀の完成者でもあった。彼の思想的影響は自然科学的領域を越えて、社会科学の方面にも大きい影響を与えた。しかし、20世紀に成つて、このニュートンの古典理論の根柢を成つていた時間、空間などの諸觀念や諸前提は相対性理論や量子論等の現代科学に依つて克服される事となる。

ニュートンは1642年12月25日(当時英国ではユリウス暦が用いられて居り、グレゴリオ暦では1643年1月5日)^{午前7時と2時の間に}にウールズソープ^{Woolsthorpe}と言ふ村(ケンブリッジの北5,60哩)^{五六十}の余り豊かでない農家の子として生れた。父親は粗野な変り者で、意気地のないパットしない男で、母親 Anna Ayscough^{アイスコフ}と結婚後、数ヶ月にして死んで了い、ニュートンは父親の死後、生れた。7箇月の早産で、小さく弱々しかつたので誰も生き延びるとは、期待しなかつたが、彼は85歳に^{しかし}生れた。

母は3年後に隣村の牧師バーナバス・スミス Barnabas Smith に再婚し、ニュートンは独りウールズ・ソープに残されて、祖母に養育された。村の學校に通い、12才の時に、その地方の都會グランタム Grantham の王立學校に入り、その所の藥劑師クラーク家に寄宿した。

初めは成績が悪く學級で尻から二番目だつたと云う。處が或る日彼より成績の良い一少年に辱しめられ蹴られた事から、彼は^奮奮し、彼より強い思れて居た、その對手を打ノメした事が有つたが、その後の彼は學業に於ても^奮奮し、級の首席と成つたと云われる。彼の初期の成績不良は、彼が風車や日時計等の製作、現代流に言へば

学

プラ・モデルの組立てに執中して課業を怠った為だ"と言われる。ニュートンがグラントムに居た向は再婚教師とも死別し、二女一男の連子と共にウルスゾープに歸ってくる。ニュートンも、やがて歸郷し、暫くの向は家業の農業に従事するが、母方の叔父の勧めで、再びグラントムの学校で準備教育を受けた後、1661年六月、19歳の時にケンブリッジ大学にトリニティ・カレッジ(Trinity College 三位一体)に学僕 Subsidiary に採用される。

(水) 12/15

この前後にニュートンの唯一のロマンチックなエピソードが残っている。それは薬劑師クラーク家の養女 Storey 嬢 Miss と恋愛であるが、當時の中世的な伝統が重じられて居たカレッジでは厳しく独身を守らなければならなかつたから、その火は消えて了つた。でも彼女との友情は一生を通じて續いたと言われる。

(一生独身で置いた)

(月) 12/15

ニュートンがトリニティ・カレッジに入って教師に勧められて最初に讀んだ本は前に言ったケプレルの光学書であつた。その事は彼が初期に光学の方面で多くの発見を成した発端と成つた。彼は又、ケンブリッジに入学して後に初めてユークリデスの幾何学を知つたと言われる。彼の當時の数学の素養は他の學友に較べて低かつた様である。そしてユークリデスの幾何学書の二三の定理を讀んで、分り切つた自明の理を説いて居るツマライ書物と見て打捨つて顧みなかつた。後に彼は其の事を大変後悔したと人に語つたと言ふ。彼の有名なプリンキピア Principia は、このユークリデスの幾何学書の形式に従つて書かれた著書である。當時の彼は数学者理論者であるよりも、實驗家的傾向にあつた。

彼は生来、手先の器用な人であつて、工作や實驗を好み、故郷の都會、グラントムの藥屋に寄宿して以来、化学實驗を好み、當時の鍊金術を試みたが、その習癖も終生彼から離れなかつた。

彼は夢みる空想家ではなく、精密に思考する實際家であり、彼の性質は、同じく数学や力学で劃期的な仕事を成し遂げながらも、他の瞑想的傾向に在つたデカルトやライブニッツと異つた道を歩かしたものである。

(12/5 平安)

(22歳の時)

やがて彼は代数学や新しいデカルトの幾何学を研究し、1665年1月25人の學生と共に得業士 Baccalaureus の學位を受け、その頃、二項定理を発見する。二項定理は $(a+b)^n = a^n + nC_1 a^{n-1} b + nC_2 a^{n-2} b^2 + \dots + nC_{n-1} a b^{n-1} + b^n$ 。 $nC_r = \frac{n(n-1)(n-2)\dots(n-r+1)}{r!}$ $r! = r(r-1)(r-2)\dots 1$

階乘

この二項定理の発見のみでも彼の名を不朽にするものであった。

その前年1664年の暮からロンドンに発生したペストは1667年にイギリスで猛威を振るい、1665年の夏にはロンドンだけで14万人以上の死者が出た。この伝染病から逃れる為には、人々は都会から田舎へ疎開した。この流行はケンブリッジをも襲い、大学も一時閉鎖される。彼も故郷のウールソープに疎開する。それは大体1665年8月から1666年3月迄と、1666年6月から1667年3月までの歸郷であった。

その為には計画して居た光学の実験は中止しなければならなかったが、大体2年間は田舎の静けさの中で、大学で^{思い付いた}新しい発見のヒラメキを完全に集中的に考え抜く事が出来た。彼の最も大きな三つの発見、光の分析の発見、萬有引力の発見、微積分法の発見は、このウールソープに於ける二年間の滞在の間に、その芽生えがあったと言われる。かの林檎の話も、この期間の出来事である。

1667年に成ってペストの流行も下火に成ったのでケンブリッジに歸る^{当時}、上に述べた新発見に就いては誰にも話さなかったが、彼の学力が認められて、10月にはトリニティー・カレッジのMinor fellow、翌1668年10月にはMajor fellowに推され、7月にはMaster of Artsの学位を受ける。この1668年の終りに、有名な彼の発見の一つである反射望遠鏡を作っている。この評判がロンドンに傳わると、王立協会から、一見させて呉れる様^にとの希望が寄せられる。其時にも彼は、この新しい科学器械の原理よりも、その出来映え、工作の技工を誇ったと傳えられる。

1669年、彼が26歳の時、神学者で数学者であるアイザック・バロー(I. Barrow)の推薦で、バローが擔當していたルカス教授職を受ける。
(1630-1677) ルカス教授職と云うのは、^{LUCAS}ヘンリー・ルカス(?-1663)と言う人の寄附した資金で1663年に出来たもので、規定に依って一週間に一度、幾何学、算術、天文学、地理学、静力学、又は他の数学的科目に就いて講義することと、週に4時間、講義の終った科目に就いて学生達と討論する事の義務付けられて居た。この初代のルカス教授は、このニュートンの師であるアイザック・バローであった。

このバローは王党派の息子であったから、内乱時代にはフランス、イタリア、小アジアの旅行に過し、1660年の王政復古と共に^{歸国し}ケンブリッジのキリシヤ語の教授と成る。このバローは実に多方面に渡る知識を持っていた人で、1662年にはロンドンのグレイシアム・カレッジの哲学教授と成り、1663年に王立協会

の会員と成り、ケンブリッジのルカス教授と成り、光学と幾何学を講義した。前に述べた如く、1669年にルカス教授職をニュートンに譲り、ロンドンの王室禮拜堂の職に付き、チャールス二世付きの牧師と成り、1672年にはトリニティー・カレッジの寮長、1675年にはケンブリッジ大学の副総長に成った人である。

このルカス教授職の講座は現代も存続し、この教授職に着く事は大変名譽とされている。現在は近代量子力学の確立者の一人である有名なディラックが、この席を占めている。

ニュートンはルカス教授として光学を講義題目に選ら^{んだ}、1672年に王立協会の会員に選ばれ、彼は光の分析の實驗に関する論文を王立協会に送る。これはペスト流行を避けて故郷ウールソープに在った間に一個のプリズムを得て、色々実験した結果である。また1675年には透明物質の薄膜の生ずる色彩、所謂ニュートン^の環の發明も報告している。

又彼は二項定理の發見に繼いで無限級数(数列)の研究、繼いで微分法を發見する。彼はこれを Method of Fluxions 流分法と呼んでみた。ニュートンは方程式の變量を流量(流動するもの)と名付け、流量の増分の變化する速さ、即ち流量の無限小の増分の速さ、現代式の書方で $\frac{dy}{dx}$ を流率と呼んだ。流量の無限小の増分(現代に使用されるライブニッツ Leibniz の用語に依る微分)をニュートンは $o(x) = dx$, $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$ していた。

このニュートンも若い頃には王立協会の初期の傾向、ベーコン的思想の影響を受け居なかつた訳ではない。1669年5月18日付の、外国へ旅行する若い友人 Francis Aston 宛の手紙が残っている。それはニュートンが Lucas 教授職に成る数ヶ月前の手紙である。それには次の様な事が書かれて居る。

旅行者の目的は教える事ではなく、学ぶ事であるから、相手の社会の氣風を研究して、自分を押し、無暗に自説を主張してはならない。

そして、知りたいと思ふ事を、相手が喜んで打明けて呉れる氣風を作る様に振舞わなければならぬ。

どんな悪い物事でも悪口は慎む事、物事を公平に貶すよりも、値する以上に褒める方が無難である。

侮辱を受けると、外国では黙つて忍ぶがよい。多少體面を損つても名譽の回復を決闘で解結しようとするよりは、ユーマアで論ずる方がましである。

(先ず)
と言う様な調査研究者としての心構を(先ず)解き、次いで研究や観察の
具體的な注意を与えている。

1. 国家の政策、繁栄、国政上の重要な事柄。
2. その国の税金の様子。
3. 法律や習慣のイギリスとの違い。
4. その国の商業や技術がイギリスより進んでいるか、遅れているか。
5. 旅行中に出合った城塞の様式、強度、防備上の長所、その他重要な軍事上の事。
6. 貴族や政治家の勢力と、その受けている尊敬の度合。
7. その国で最も賢い人々、学識ある人々、尊敬されている人々の名前や事績の目録を作る事。
8. その国の船舶の機構と、その管理方法の調査。
9. 各地の天然産物、特に鉱産物、その採掘法、精錬法を觀察すること。特に物質の転化(鍊金術的)、何かの金属から水銀へ、一つの塩類から、他の塩類への転化の方法に出合ったならば、何物にも増して、総べての注意力を其事の調査に向けねばならない。
10. 食料品の値段、その他の物価。
11. その地方の特産物の觀察。

そしてニュートンが当時興味を持って居た具体的な事柄の調査を依頼している。それはハンガリーのシエムニツで行って居る方法と言う「鉄を岩の裂目や鉱山から出る硫酸塩水に溶解して、その濃い溶液を強火で熔融し、それを冷却すると銅が出てくる、と云うか、その方法の調査。これと同じ方法がイタリアにも有ると聞くが、どんな様子か。

又、中部ヨーロッパに、水に金を含んでいる河は無いか。そんな河では、金は王水の様な性質の水に溶けて流れて居るのだから、河の中に水銀を入れて、充分に金を飽和(アマルガム)させて、後で、その水銀を鉛で処理して純金を得る方法か、秘密されて居るものか、公然と行われて居るものかの調査。

又最近オランダで、ガラスを平らに磨く機械が發明された様に聞くが、それは參觀してみる価値がある。オランダにはローマ法王に捕えられて、数年向も監禁されて居たボリー(Borri)と云う人が居るはずだ。何んでも、法王が医薬上の極めて重要な秘密を、その人に自白させ様と

して居つたヒ云う事があるが、その人の事を、又オランダ人が其人の才能を何かを利用して居るか、どうかを調査して呉れ。

又オランダ人はインドへの航海中、船の虫の害を防止するのに、何か特別な手段を講じて居るかどうかが。

また振子時計を経度決定に実用されて居るか、どうかを調査する様に書を送つて居る。

(ロンドン王立協会の活動方向、そして)

この手紙はニュートンの初期のベーコン的傾向を示す、ものであるが、ニュートンが、この手紙の初めに述べて若い友人に教えている、^{甘く}対人関係を處理する方法は、ニュートン~~自身~~自身の生涯には実行され^{なかつた}様~~々~~に思われる。彼は學問上の事から多くの人々、中でもフックやフラムステード、ライプニッツとは、感情的な紛争を繰り返し、又、この手紙のベーコン、フック的傾向に^別知らせを告げ、彼自身の道を進んで王立協会の傾向をまったく変えて了つたのであつた。

1679年以後ニュートンは天文学及び重力の問題、つまり万有引力の問題の研究期に入る。

ニュートン以前から色々議論はあつた、
一体、物の重さの本性は何かと云う事に就いて、オランダ人ホイヘンスはデカルトの渦動説に添つて、水を容れた器の底に水より少し重い小物体を置き、器を廻轉すれば、その物体は廻轉の中心から遠ざかるか、急に器を止めると、水は尚、廻轉を続けるが、その時、小物体は却つて中心に近づく、この現象を以て、地球上の物体の重力を説明出来ると思つた。
又イタリア人ボレリは惑星や衛星が軌道運動を行う模様を、線の先に石を結び付けて、糸の他端を手を持って、振り廻す場合に摸つて遠心力、求心力に大分明瞭な觀念を作つた。

そして、この事に数量的表現、 $求心力 = k \frac{r}{t^2}$ (求心力は半径に比例し、周期の二乗に逆比例する)を与えたのはホイヘンスだつた。

ロンドン王立協会でも、この重力の問題は初期から取組んでみた問題の一つだつた。協会が正式に認可された年の前年、1661年に、その爲の委員会が作られていた。この問題を主として研究したのは^{やはり}Robert Hookeだつた。彼の思い付きは、重さの性質は磁力の様な物と考え、左様であるとすれば、物体の重さは地球の中心から離れるに従つて減少しなければならぬと考へ、セント・パウル寺院の尖塔の上と、地面上の重量を比較を、天秤

に長い糸で吊りした天秤皿を用いて実験したが、失敗したと1666年に協会に報告して居る。併し、其差は測定可能であると云つてゐる。

その二ヶ月後に、彼は惑星の運動と引力の関係を論じてゐる。惑星の軌道が直線ではなく、曲線であることは、始めに与えられた力、始動力以外の力が絶えず作用を續けておると考えねばならない。この事を説明する為の唯一の仮定は運動の中心に在る物体に、物を吸引する性質があつて、運動体を絶えず引き寄せておると見なければならぬ。

この仮定の上に立つ力学的原理に依つて、総べての惑星の運動は正確に計算出来る様になるだろう、と云うのである。

彼は実験的方法で重力法則を導き出そうと色々努力したが、総ては無駄だった。

又、フックは1674年の報告で、惑星運動論の輪郭を畫き出している。これには、惑星運動論の主要な結論は総て揃つて居る。

後のニュートンの

1. 総ての天体は、其の中心に向つて引力、乃至重力を及ぼし、その天体の総ての部分を引き張つておるだけでなく、外の天体をも引張つて居り、太陽や月だけでなく、外の惑星も地球の運動に影響を与へ居り、地球の引力も、其等の天体の運動に影響を及ぼして居る。(万有引力)

2. 単純な直線運動をしている物体は、何にか外の力が働かない限り、直線上の運動を續ける。(慣性の法則)

3. 引力は、その作用の對象が、引力の中心に近い程、強い。しかし、この関係を自分は、まだ実験的に確めて居ないと述べている。

しかし、重要な事は、これ等の関係を数学的に纏める事であつた。

フックと云う人は優れた直観力を持ち、大実験家であつたが、前に述べた様に数学的な才能のない人であつて、ベーコンの思想的な直系弟子である彼は、数学的認識法の重要性を理解出来ず、この種の認識の方法を実験の補助手段と考えた。

しかし、その後、1670年代の終りには、Royal Societyの指導的会員であるフック(Hooke)、レン(Wren)、エドモンド・ハリー(Edmund Halley)などは、引力は距離の自乗に逆比例すると言う結論に達して居た。それはケプレルの第3法則(調和法則) $\frac{t^2}{r^3} = C$ と、ホイヘンスの等速円運動に於ける求心力の公式 求心力 $= k \frac{v^2}{r}$ を組合せれば

論述を
今日
まで

簡単に導き出せる。ケプレルの第三法則を $t^2 = Cr^3$ と変形してホイヘンスの求心力の公式に入れると 求心力 $= K \frac{r}{Cr^3} = \frac{K}{C} \cdot \frac{1}{r^2}$ となり、 $\frac{K}{C}$ は定数であるから、求心力即ち引力は距離 r の自乗に逆比例する。

この様にして、引力が距離の自乗に逆比例すると言う結論には達して居たが、この方法から天体の楕円運動を説明する事が出来ないうで居た。その後ロンドンの或る喫茶店で、レン、フック、ハリーが落合った時に、レンは、この距離の自乗に逆比例する力で、惑星の楕円運動が成立することを確実に証明した者には賞金を出してもよいと宣言した。

(水) 12/22

ニュートンが引力や天体運動の問題に真剣に取り組む様になったのは1679年11月24日付のフックのニュートンへの手紙であると言われている。

この手紙は ~~フックが~~ 王立協会の前の書記が死亡したので、^(フックが) 新しく書記に選ばれ、書記としての職務上、王立学会の機関誌に資料を送って欲しいと云う、ニュートンに依頼した手紙であるが、その中に、

或る人々が自分(フック)と貴方(ニュートン)との向を裂こうとして居る事を耳にするが、学向上の意見の違いから敵意の生ずる事の無い様に願って居ると記し、

もしも、貴方が私の何にかの一つの仮説に就いて意見を手紙でもで示して下さるなら有難い。特に惑星の運動を、切線の方に沿った直線運動と、中心体、つまり太陽に向う求心運動との複合であるとみる見解に就いて意見をお渡し下さるなら有難いと書き送っている。

この「切線の方に沿った直線運動と太陽の方に向う求心運動との複合」と言う文章が、ニュートンを力学と重力の問題に真剣に取り組む様になった事は確かである。しかも此の手紙にはフランスのピカルド Jean Picard 等に依って ^(新しい) 地球の測定が成された事が通知されて居た。

この地球測定から地球の直径が正確に分れば、それから月との距離が明かに分るはずなのであり、これはニュートンにとっては極めて重大なことであった。

レン、フック、ハリーがロンドンの喫茶店で会合して、距離の自乗に逆比例する力で、惑星の楕円運動が成立する未知の理論に就いて議論し合つてから、少し後の1684年8月ハリーはケンブリッジへ行きニュートンを訪れた。そしてハリーの持ち出す話題にニュートンは応答

して居ったが、このレンやハリーが求めたがって居る証明をニュートンは最早完成して居ると云った。そして、その原稿をハリーに送ってやうと約束した。その原稿は11月にハリーの手に届けられた。彼はニュートンの、この新しい論文が非常に大きい意義を持つ物である事を即座に見て取り、再びケンブリッジを訪れ、出版する様に勧めた。そして近くニュートンから非常に重要な論文「運動について、De Motu」が送ってくるだろと機関誌に予告した。その原稿は1685年5月に着いたが、それは機関誌には発表されなかった。プリンキピアの第一巻の原稿の完成したのは、それから一年後だった。

1686年5月の王立協会の例合で、それを協会の費用で出版する事が議決され、ハリーに出版に關する事務が委託された。しかし、協会は必要な出版資金を調達する事が出来ず、結局ハリーが自費で出版するしか方法がなかった。又、フックの異議申立ても、出版を大変遅らせた。その申立の根拠は、ニュートンが最初の原稿には一度もフックの名前を挙げた居ない事で、フックは大いに不服(不満)だった。

フックにして見れば、ニュートンの研究にプログラムを作ってやり、御膳立をしたのは自分ではなかったか、序文に自分に触れても良くはないか、と云うのであった。ニュートンは非常に立腹した。ニュートンに言わせると、早くも1666年に、自分は地球の重力が、月に及んで居る事を考え始め、それを如何に計算すべきかを発見した。そしてケプラーの第三法則(調和の法則)から惑星を楕円軌道に保たせる力は、惑星の回転の中心からの距離の自乗に逆比例しなければならぬと結論した。そして月を軌道に保たせるに必要な力と、地球面上の重さとを比較して、それが~~大體一致する~~^{体のものがある}事を見出した。この1666年当時、自分は^{発見力}發明力^は絶頂に^{達してあり}居り、その後の何時よりも非常に数学や自然哲学に就いて思索を^{巡らして}居ったのだと云うのである。

しかし、色々な経緯の後には、ハリーの努力に依って、プリンキピアの註釈文の中で、レンやハリーと並べて、フックの名前を挙げる事をニュートンが承知し、この紛争はケリがつき、1687年の中頃に発行され、相当よい賣行きを示し、1691年には店頭には一部の姿も見られなかったと言われる。これが「自然哲学の数学的^{三卷}原理」Philosophiae Naturalis Principia Mathematica、略してプリ

ある。それは)

ンキピア Principia で、コペルニクス以後150年に及ぶ近代科学の発展の中の主要な歴史的課題を解決し、近代科学を確立させた名著である。

☆¹²/₁₄ 月¹²/₈

ニュートンがプリンキピアを著した目的は、重力の一般理論に基付いた天体の運動を明らかに、する事であった。しかし、彼は重力の発生する原因を論じては居ない。この書の最後に於て彼は言っている。

現在まで、自分は重力の色々な性質の原因を、自然現象その物の中から発見する事は出来なかった。私は仮説を作らぬ (Hypotheses non fingo)。つまり現象から導き出された物以外は、総べて仮説と云うべきで、仮説と言う物は、(形而上学的な物でも、自然科学的な物でも、また隠れた性質に属する物でも、機械的な物でも) 実験哲学に入り込む余地はない。この実験哲学に於ては、一つ一つの命題(定理)は現象から推理され、帰納的に一般化される物である。重力と言うものが、現実に存在して居り、それが、自分が説明した諸法則に従って作用して、天体の運動や海洋の運動を充分説明して呉れる。それで充分ではないか。

ニュートンの重力の諸法則は原理であつて、仮説ではないと云う。

仮説と言うのは思考する事が出来ても、現在の處、自然現象に依つて裏付けられない者。原理とは自然現象から帰納的に推論されて一般化した者である。従つて原理は、その方面の総ての現象を説明し盡せる物である。

ニュートンが言つて居る仮説は、彼の言つて居る原理と相對立する概念であつて、科学者が研究の過程で立てる仮説とは違つて居る。例えば湯川さんは「中間子の存在」と云う仮説を立てたが、暫らくしてアメリカの実験室で、その実在が実證されたが、この種の仮説まで排除する物ではない。

ニュートンの有名な「私は仮説を作らぬ」と云う言葉は、研究の段階に於て科学者の取る態度を言つて居るのでなく、最終的な原理の決定基準に就いて述べて居るのである。

科学の研究を進めるのに、所謂「作業仮説」の果たす役割は極めて大きい者である。それまで非定するのではない。

このニュートンの態度は、或る意味ではデカルトが「方法序説・第六部」で言つて居る態度「考へ得らるる様々な公理の中で、実験的に証明出来る物を採用する」と相通する者である。

近代科学の形成期 ~~は~~、ニュートン以前には、科学の方法に雑多な

(つまり)

親ライ性

ダトウセイ

混乱があつた。科学の法則の性格や、その妥当性の限界は、まだ明確にはされて居なかつた。この「プリンキピア」第三巻の初めに「哲学に於ける推論の規則 Regulae Philosophandi」を掲げて、それを明確にしてゐる。

[規則1] 自然的事物の諸原因は、現象を眞に、且つ十分に説明する事が出来るもの以上に、認めてはならない。

[規則2] だから、同一の自然的結果に対しては、出来るだけ同一の諸原因に依るものと、しなければならぬ。

[規則3] 度合いを、強める事も、減らす事も出来ない様な、そして実験が到達した限り、^{アリュール}総ゆる物体に見出される様な、諸物体の性質は、其が^{ドンナ}如何な物であろうと、^{アリュール}総ゆる物体の普遍的性質と見なさなければならぬ。

以上の三つの規則は『プリンキピア』の初版から在る規則であるが、第3版からは次の『規則4』が付加される。

[規則4] 実験哲学に於て、現象から一般的帰納に依つて推論された諸命題は、其に対立する^{ドンナ}如何な仮説を想定出来るとしても、その命題が、もつと正確に成るか、或は例外に成る様な、外の現象が起る時は、正確乃至、極めて^真に近い物と見なさなければならぬ。^(前半)

この「規則4」は^{所謂}エンゲルスの自然辯證法^の規則である。一命題に従ふ様な現象が発見されると、^{その}命題は揚棄されて、一段高級な命題が出来る。これが科学発展である。~~唯物辯證法~~、~~科学の法則~~に連つて居る話である。^(真空中の)

「プリンキピア」の第一巻は^{惑星運動の}惑星運動の理論を質点及剛体の力学として取扱ひ、第二巻では抵抗媒質中の物体の運動を考え、第三巻が実際の天体の運動を取扱^うが、この第三巻がニュートンの最大の業績である。その根本的な原理である万有引力の法則(ニュートン自身は相互重力の原理と云つてゐる)が、第一、二巻で論じた重力の一般理論から必然的に導き出されると云うのは、どう云う事か、どの様な意味で普遍妥当性を持つ^{のか}、そうした事を此等の諸規則で主張し、予想される反対論^{アウカシ}に^答め^たものである。事実、「プリンキピア」出版後、ライプニッツとホイヘンスから、原因の分らない重力概念は、スコラ哲学の隠れた性質の様な概念と同じだと、厳しい批判が起つたのである。これ等の規則の意味

規則①②で

規則③で

彼の主張が(はつきり)

規則④で

する處は、原因を重力、性質を天体が相互に引き付け合う性質、命題を相互重力の原理、と置き換えて見れば、一層ハッキリする。この四つの規則は、しかし、この規則は、重力の一般理論にも^{アダムス}適用される。その意味で、ニュートンの科学論と科学の方法の集約的表現と云つてよい。かくして近代科学の性格は、ニュートンに依つて初めて、正確に認識されたのである。 (金) 12/10

ヒトタビ である万有引力の法則に

一度^{アダムス}根本的な原理に到達すれば、それに依つて^{アダムス}総ゆる力学的現象を叙述する事が出来る。その叙述をニュートンは^{アダムス}厳密に幾何学的に、体系的に展開するのである。

(このプリンキピアの中で)

先ず「プリンキピア」は序論で、質量、運動量、力、求心力の諸概念を定義する。そして此等の定義の意味を確定する爲に必要だ^{アダムス}と考へて、ニュートンは絶対的及び相対的な時間、空間、場所、運動の諸概念を注釈の中で定義する。

~~この絶対、相対の諸~~

何の

次の様

(I) 絶対的^{アダムス}で、眞の数学的時間は、その本性上、外的な物とは無関係に、それ自体で、一様に流れるもので、別名で「持續」とも呼ばれる。

相対的^{アダムス}で、見掛けの、或は普通の時間^{アダムス}は、一つの^{アダムス}測度(それが正確で有ろうと、無かろうと、に^{アダムス}関わらず)何かの運動に依つて定まり、持續の感覺に依つて^{アダムス}獲えられた外的な^{アダムス}測度であつて、日常生活では眞の数学的時間の代りに^{アダムス}使用されて、1時間、1日、1月、1年と云う様に測られる。

(II) 絶対的空間は、その本性上、どんな外的なものにも無関係に、常に同一で、不動のまま止まる^{アダムス}空間。

(III) 場所は一つの物体が占める空間の一部であつて、空間が絶対的、もしくは相対的であるのに応じて、それぞれ絶対的、もしくは相対的である。

(IV) 絶対的な運動は、一つ絶対的な場所から、他の絶対的な場所への物体の移動であり、相対的な運動は、一つの相対的な場所から、他の相対的な場所への移動である。-----絶対的な場所や運動の代りに、相対的な^{アダムス}其が使用されているが、これは日常の事物に関しては何ら不都合を生じない。^{アダムス}それでも、哲学的な事柄に関しては、感覺からの捨象が必要である。外的^{アダムス}物体の場所や運動の規準にし得る様な、現実に静止した物体は存在し得ないのである。

このニュートンの絶対空間と絶対時間の概念の定義は、その後、早くから疑問視されて居たが、アインシュタインの相対性理論に於て、その批判は

絶頂に達した。

けれども、ニュートンに取つては、それは力学の構成や力学法則の定式化に必要な物と感じ、これらの概念を用いて導き出された。力学の原理や結論が正しいと云う事が、即ち此等の概念の正しさを保証する物であると考えた。

以上の諸定義を基礎として、^{絶対}運動の三法則が導入される。

第一法則 総べての物体は、それに加えられる力に依つて、その状態を変える事を、余儀なくされない限り、静止、もしくは直線上の一様な運動の状態を保ち続ける (慣性の法則)

第二法則 運動量の変化は、加えられる力に比例し、その力が加えられる直線の方^向に起る。

第三法則 総ゆる作用には、常に等しい反作用が対抗する。即ち、お互いに働き合う物体の相互作用は常に等しく、反対の部分に向う。(作用反作用の法則) ニュートンの

以上が運動の三法則である。この第一法則、第二法則は、既に表現は違うがガリレオとデカルトに依つて見出されて居たが、この法則に依つて定式化された。第三法則はニュートンに依つて初めて確立された物である。

この運動の三法則に續いて、幾つかの副次的な法則が系として述べられてみる。その中には、力の合成、力の平行四辺形も定式化して含まれている。

以上の序論に續く第一巻は「物体の運動」で、惑星運動の理論を質点及剛体の力学の問題として取扱われる。

先ず命題 (Proposition) 1 で、中心力の基では、物体の運動は面積速度一定の法則 (ケプラーの第2法則) に従う事を証明する。

その後に力の中心から、物体に力が一定の時間的な周期で、衝撃力として作用すると考え、ニュートンの運動の第一法則と第二法則を使って、衝撃から次の衝撃までの間に動径ベクトルの描く面積の等しい事を證明し、そして衝撃の周期をゼロに近づけて、その極限の状態を考へて行^き、それを證明する。



次にニュートンは、中心力の基での運動に於て、距離の関係の様々な場合を検討して行く。そして命題11の所で、力の中心が、軌道の一焦点に存在する楕円運動の場合には、力は距離の自乗に逆比例する事を証明する。

つまり、ニュートンは、ケプラーの第1、第2法則と自分の運動の第1、第2法

力学で衝撃と言うのは運動量 (mv) の変化 $\Delta(mv)$ である。運動の第二法則を定式化すると

$$\Delta(mv) = F \Delta t$$

Fは力、 Δt は運動量の変化が起る時間。この方程式を次の形に換えると

$$F = \frac{\Delta(mv)}{\Delta t}$$

と成るが、これは力の定義を定式化したものである。この式の運動量の変化 $\Delta(mv)$ は、まったく独立した量と見なす事が出来、それは質量と速度から独立し、測定され、知覚されるもので、衝撃と呼ばれる。

幾何学の平面や立体に質量を加へたものとして

から、楕円運動に於ける求心力を見出し居るのであつて、逆自乗の法則から楕円軌道を導き出したのではないのである。続いて命題15で、ケプラーの第3法則(調和法則)を証明する。

それに続く部分も、殆んど惑星運動に連環する物であるが、やはり総べて一般的な力学の問題として、数学的に処理されて行く。

特に重要な物は、命題70以下の球状物体の引力を論じた部分で、命題70では「球面の総の質が距離の自乗に逆比例する求心力を、球面内に置かれた一つの粒子に及ぼすならば、粒子は平衡状態を保つ事を証明する。」

命題71では「その粒子が球面外に置かれた場合には、粒子は球の中心の方へ、球の中心からの距離の自乗に逆比例する力を受ける事を明らかにする。」

命題72-74では「球の表面は勿論、球内の総べての質が、逆自乗の法則に従う求心力を持つ場合の、粒子に及ぼす作用が論じられ、

命題75-76では球と球の間の引力が考察されるが「均質な球体の総べての質が距離の自乗に逆比例する引力を粒子、又は他均質な球体に及ぼす場合には、それが受ける力は球体の全質量が、その中心に存在したと考へた場合に等しい。」

命題85以下では、同様な考察が、非球状の物体の場合を取扱つてゐる。

第二巻は「抵抗媒質中の物体の運動」と題して居り、抵抗の有る媒質中の物体の運動を論じる。流体静力学と流体動力学の問題、振動、流体の円運動、即ち簡単な渦動運動等を主題とする。

此等の問題は、^{渦動説の}一見大抵の力学とは何等直接には関^係ない様に見える。しかし、当時はデカルトの世界体系が深く信じられて居り、前に述べた様に諸惑星(第三物質・不透明物質)は第二物質(透明物質)と云う「抵抗媒質」中を運動して居る事を思ひ出せば、当時ニュートンには是非、触れておかなければならない問題であつた。当時、^{デカルト学説は}ヨーロッパ大陸では大きい影響力と支配力を持つて居り、ニュートンに取つては其れとの対決を意味した。

この第二巻は、デカルト学説に決定的な打撃を与える目的で書かれた部分である。渦動運動を論じて終つて居る事も、ニュートンの意図を明かに示して居る。現代から見れば「不必要と思われ」る第二巻も、ニュートンに取つては自分の理論を確立する爲には、是非必要な部分であつた。

世
具体に地界体系を論ずる

第一巻
第一部で、重力の一般理論、
え、第三部で本束の目的である「^{第二巻}数学的に取扱われた世界体系」に入る。
この第三部冒頭に前に述べた「^{第一巻}哲学に於ける推論の規則」を掲げるの
があるが、この第三規則

「度合いを、強める事も、減らす事も、出来な^い様な、そして実験が到達
した限り、^ア総ゆる^る物体に見出される様な、諸物体の性質は、其が^{ドンナ}如何な
物であろうと、^ア総ゆる物体の普遍的性質と見なさなければ成ら^ない」
と云う規則を説明して、彼は次の様に述べている。

『もし実験と天文観測に依って、地球の周りの総べての^ア物体が地球の
方へ引き寄せられ、しかも、其が各々の含む質量に比例する事、月も同様に、
その質量に従って、地球の方へ引き寄せられる事、他方では、我々の海洋が月
の方へ引き寄せられる事、総べての惑星が相互に引き寄せられる事、同じ
様に彗星が太陽の方へ引き寄せられる事、此等の事が普遍的に明かされ
るならば、我々は此の規則に従って、^{ドンナ}如何な物であろうと総ての物体
は相互重力の原理を^ア居ると普遍的に認めなければなら^ない』
と書いて居る。
^ア支配されている事と

それで、最初に検討しなければ成ら^ないのは、観測に基^き付けて、天体の間
に相互重力の原理が、実際に成立^ちて居るか、どうかを検討し確認する
事^があった。

ニュートンは、この第三部の始めに於て、木星と土星、その衛星及び月
の運動の^ア経験的^な法則を述^べ、相互重力の原理が成立^することを実証
して行く。この検討の中で、特に最終的に重要性を持つものは、月をその
軌道の上に保たせる力と、地上で物体が落下する場合に働く重力とが
相等しい、と云う計算がある。相互重力の原理(万有引力の法則)が正しい
か、どうかの実証は、この計算に懸^かって居るのである。

ニュートンは、地球と月の間の平均距離として、ホイヘンス等が与えた
地球の半径の60倍と云う値を採用するが、逆自乗の法則に依れば、地球
の月に及ぼす重力加速度は、地表面上に於ける重力加速度の $\frac{1}{(60)^2} = \frac{1}{3600}$ に成
らなければ成ら^ない。所以、実際的に、其の値を計算するには、月の運動
周期の外に、地球を球と考^えた場合の地球半径の正確な値が是非
必要である。

フランスの科学者ピカード Jean Picard がフランス王立科学アカデミー

$$s = \frac{1}{2}at^2$$

米法以前のフランスの単位

地

測

一寸

から指名されて1669-1670年に掛けて測地観測を行った事は、前に話したか、彼はパリ-近郊の平地に長さ4700 Toise (1 Toise = 1.9498) の基線を精密に決定して、この基線を出発点として南はマルヴォアサン Malvoisin、北はアミアン Amien に三角網を拡大して行って、两地間の緯度の差を天文観測して、地球の緯度1度の長さ56980 Toise (111.1 料) を得た。

この測地報告は、1675年には英国の王立協会にも到着して居て、前に話したフックの1679年のニュートン宛の手紙の中で、フックは其事を知らせている。ニュートンは其を使ったのであ^る。

月が、其の軌道に保たれる為には、切線方向から絶えず地球の中心へ向つて落下して居なければ成らない。その場合、月の重力加速度は1分間に15 $\frac{1}{2}$ Toise である。月が地表に落下した場合には $\sqrt{(60)^2 \times 15\frac{1}{2}}$ Toise と成る。

(~~60~~ ~~分~~) であるから、つまり1秒間に15 $\frac{1}{2}$ Toise となる。

一方、ホイヘンスの測定の結果、得られた地表に於ける重い物体の重力加速度は1秒間に15 $\frac{1}{2}$ Toise であり、実測値と計算値は完全に一致する。 (A) ¹²/₁₅

ニュートンは、この月の運動の研究から、天体の回転運動と地上の物体の落下現象とが共に中心力によって起り、その法則は完全に同一である事を証明する。さらに「惑星全体の力は其を構成する諸部分から生ずる」ものであり、其々の部分の重力の全重力に対する比は、其の部分の物質の全物質に対する比に等しい。従って、物体を構成する総べての粒子の間に相互に重力が働き合ふと結論するに至る。斯様にして、先一部の結論を基礎にして、観測に裏付けられて、相互重力の原理、所謂万有引力の法則が次式で定式化される。

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Fは相互重力(引力)、 m_1, m_2 は~~二~~つの物体の質量、Gは物体の形や物理的性質には無関係な常数である。ニュートンは、物体の運動の三法則と天体の運動の三法則(ケプラーの法則)とから、この万有引力の法則を導き出し、地上の物体の力学と天体の力学とを統一した。しかも、この法則は、小は微粒子から、大は天体に到る迄の総べての物質に成り立つ根本的な法則である。かくして、近代科学の最大の課題は、此處にニュートンによって成しとげられた訳である。

この第三部には、以上は續いて、月、惑星、衛星、彗星の運動と形状、^(軌道の)潮汐現象などの問題を取上げてみる。天体運動には楕円の他に、^に拋物線

重屋, 連屋
~~Double~~ binary

又, 地球の形状は地軸を短軸とする
双曲線でも有り得る事を証明する。~~地球~~地球の形状は地軸を短軸とする
回転楕円体で有る事を確かめ, その扁平率を計算してゐる。

このニュートンに續く, 18世紀, 19世紀の天文学の歴史はニュートンの万有
引力の法則の絶え向のない勝利の連続だった。天王星, 海王星, 冥王星等も
発見されて, このニュートンの法則は全太陽系の45億年以上の空間内で成立
つ事が明らかに成り, さらに太陽系の限界², はるか彼方に有る連星系(数
十光年)でも, 同じ引力法則に従う事が明かに成り, それ以上の30億光年
の彼方に有る球状星団(直径500万光年)でも成立する事が證明されて
いる。

20世紀に成って幾つかのニュートン力学では説明出来ない現象が~~現~~現
来たが, それにしても, 比較するのは少々無理な点も有るが, アインシュタインの
指摘した「水星の運動の異常」を説明する為には, 引力が距離の二乗で
はなく, 2,000,000.15乗に逆比例すると仮定しなければ成らない,
とされるが, ニュートンの法則は, この程度の極めて小さい補正(修正)ですむ
程度に正確である。最近の人工衛星の運動も, 完全にニュートン力学で
所理されて居るのである。

ロバート・ポイル

この「プリンキピア」の^{最後}書末の「一般的注釈」はニュートンの思想的立場, 神学
思想を圧縮された形で述べてゐる。^{それは}先づデカルトの滑動の仮説を論駁する。
この「プリンキピア」の目的の一つがデカルト学説の打破に有ったことが分る。
この書の第二部が其の爲に加えられた事が分る。次いでニュートン^は神
の性質を論ずる。彼には外に^{1686-1689年名義執筆}多くの神学の論文が有^る, ここでは彼は
「起る現象, 自然現象から神を論ずることは, 勿論自然哲学の対象
に属する事である」として, 神学者でも有るニュートンの神の観念は, 彼
の自然観の核心だった。神は在がままの世界を作った創造者であった。
~~神が天文現象に対して, 宗教的証明を行つた根本の動機は, 初期条件~~
~~に~~あった。彼は「この最も美しい太陽, 惑星, 彗星の体系は, 全知全能
の存在, 神の計画と支配から生じた物に外ならない」と記して居て, 神は
創造した世界を持続させるのである。神が初期条件^{初期}, 最初の衝撃を与
えて, 世界が一度運動する様になる^{ヒト}と, 永遠に, 或いは世の終りた, 神が
あらかじめ定めた楕円軌道^{アラクシ}を回転するのである。神は其れ以上には太陽系
には干渉しないのであつて, ^{神の支配は}アソキ窓からカンシして居るだけである。
それで, ニュートンの世界大系には宇宙創成説や宇宙進化論は無い。

デカルト

イニシャル・コンディション

Initial Condition

7) 判、ニュートンの力学的機械論的自然観は、宇宙を支配する知性ある神と云う
観念に支えられ居る。神は世界を創造したが、もし神が世界を支配し、それを
維持する事を止めれば宇宙は崩壊し、或いは運動を止めるであろう。天体は
衝突し、又は軌道は狂つたろう。運動に依つて、そのエネルギーは消耗し絶す
であろう。唯だ神の不断の干渉のみが、宇宙機械を創造の時のままの姿に保た
せるのである。

ニュートンの自然は、神の^{ダイエ}絶えざる支配に依つて、創造の時以来、変らぬ秩序と
美を維持する体系である。ニュートンの機械論的自然観はこの理神論と~~神学説~~
力学の諸原理_{の支配}に依つて構成される。神学説

この神の観念に依つて、なぜ「ニュートン」が、この「プリンキピア」の始めに絶対時
間、絶対空間の概念を導入したかが、理解出来る。崩壊した宇宙などには時間、空
間は考えられないと思つたから、外的な物とは無関係に一樣に流れ、持続とも
呼んだ絶対時間と、外的な物とは無関係に常に同一で動かない絶対空間を
導入したのである。無限の空間は、云わば神の感覚中枢であり、それを通じ神
は^{アエテル}総ゆる事物を知覚し、完全に理解する」と「光学」書の中でニュートンは述
べて居る。この絶対時間、絶対空間の概念は、宇宙の構造と運動を維持し、
支配する神の働きに換るものであつたのである。

この神学論に續いて、前に述べた「私は仮説を作らない」と云う言葉を含む
一節があり、この「プリンキピア」の最後は、次の文章で結ばれている。

「さて、我々は、総ての物体に充滿し潜んで居る最も微妙な靈氣（
spirit）に就いて、若干付け加えなければならぬ。この靈氣の力と作用に依つ
て、物体の粒子は相互に近距離で引き合い、接触すれば付着する。

電氣的な物体は、もっと遠い距離まで作用し、付近に有る微粒子を反発
し、或は吸引する。光は放射され、反射され、屈折され、彎曲され、又物体
を暖める。総ての感覚は刺激され、重力物の身体の器官は意志の命する
ままに動く。即ち、この靈氣の振動に依つて、感覚の外部器官から脳へ、
脳から筋肉へと、神経の固い纖維に添つて相互に伝達される。

だが、これらは数語では説明出来ない事柄であり、それに我々は此の電氣的
及び彈性的靈氣が作用する諸法則を正確に決定し、証明するのに必要な
実験を十分持つて無いのである。」

と結んで居る。引力の伝達、電気や磁力の伝達、光の伝達、感覚の伝達
が靈氣（spirit）の力と作用に依つて行われると言う、統一的な力学的

~~仮説に依つて~~

自然像を彼は考へて居るのであるが、この靈気の仮説も彼の神の觀念と深く結付いて居る様である。

「プリンキピア」の出版と共に、ニュートンの生涯の、^眞本来の意味での創造的時期は終つた。学生時代の着想や計画の大部分が實現される到り、以後の彼の研究生活は、その隋性(慣性)●に過ぎなかつた。

1686-1689年の革命^{名譽}の際には、カトリックの支ヅするジェームス二世に反対して、オレンジ公ウィリアム(ウィリアム三世)を支ヅし、1688年にケンブリッジ大学の代表者として下院の国会議員に選出された。国会議員として裏面工作では相当働いた様であるが、下院では一言も發しなかつたと言われている。唯だ一度、會議室の回転窓を閉める様に、守衛に頼んだのが、唯一の發言だと言われている。

1694年にニュートンの友人で、ケンブリッジ大学のトリニティ・カレッジ出身のチャールズ・モンタギユ Charles Montague が大蔵大臣となり、ニュートンは造幣局の監事(Warden of the Mint)に1696年に任命される。年俸●500-600ポンドもある要職であつた。~~1699年には~~ ^{ニュートンの数学や化学の學力を認め} ~~あつた~~ ~~造幣局長官(Master of the Mint)となり、~~ ~~1701年にはルカス講座を弟子のホイストンにゆずつ~~ ~~た。~~ これはモンタギユの貨幣改革の一翼であつた。17世紀末頃のイギリスには、重さの足りない貨幣や贋造貨幣が氾濫していた。当時の製造技術も実に幼稚で、貨幣の重さも法定規準の平均から可成り出入りの有る事は普通であつたし、貨幣の縁を削り取る事も広く行われて居た。この縁の削り取りや贋造者は法律に依つて絞首刑に処せられる事に成つて居たが、古くから国内到るところに、重さの足りない縁の削られた貨幣がハンカシしていた。

そこで馬力で運轉する新しい打刻機が据えられ、この機械で刻印された貨幣は、古い貨幣と違つて、規則正しい形をとり、縁に銘が入り、削り取りが不可能と成つた。ニュートン時代以前の造幣局では1週に最大1,500ポンドの銀貨を製造したが、ニュートン時代には、それが4倍に、後には8倍にも増大した。この様な加速度的増産にもかわらず、1697年初には、まだ国内の貨幣は不足勝ちだつた。1699年に成つて始めて改革が完了した。ニュートンは、この年に造幣局長官(Master of the Mint)の称号を授けられ、生涯、この地位を保つたが、ケンブリッジの講座に付いて居る収入等は尙題に成らなかつた。ルカス教授職も弟子のホイストンにゆずつて了つた。次々と榮興が舞入んで來た。1697年にはカシニ=を通じてフランス國王

から年金の申出を受けたが、辞退し、1699年にはパリ科学アカデミーの会員に選ばれた。1703年には王立協会の会長となり、終生この地位に止まった。又1705年にはアン女王から貴族 Sir が授けられ、ニュートンはアイザック卿と成って、議会や内閣の種々の委員会に關係し、宮中に入出し、ウェールズ王女のサロンの哲学者と成った。

彼の周囲には多くの追隨者や弟子達が集った。彼等 Newtonian と呼ばれる。前にも言った様にニュートンの總ての数学的研究は、本質には1690年代迄に出果上つて了り、1695年にロンドンへ移った後は、真に創造的な仕事は終った。この時代以後のニュートンは、この Newtonian の助けを借りて創造的時代の総ての ~~業績~~ ^{業績} を付けただけであつた。

この Newtonian の内 ~~で~~ John Keill ~~の著書~~ や Benjamin Martin ^{の著書} の和蘭語訳書が徳川時代に輸入されて、相当大きい影響を与えた。John Keill はオックスフォード大学の教授であつたが、ニュートンのライフワークとの論争に援助を与えたが、彼の訳書は長崎 ~~の~~ 和蘭通詞出身の志築忠雄に依つて熱心に研究され、志築の曆象新書の原書は Keill の書である。Benjamin Martin の Philosophical Grammar は通俗科学書であるが、20版 ~~も~~ 版を重ね、仏、伊蘭語などにも翻訳された ~~20版~~ ^{20版} ベストセラー書であつたが、^{（和蘭語訳書の）} 我国で「マルチンの究理書」と呼んで多くの人に熱讀された。

近代化学の成立

現在、物理学と化学は非常に接近した學問であつて、この二つをハツキリと區別することは困難であり、将来はモット近接して行くであろう。然し化学には特有な方法や概念が、まだ存在して居る事は否定出来ず、大雑把に言つて、物理学は物体の性質や運動を研究する學問であり、化学は物体を構成する物質自体の変化を取扱う學問であると言える。勿論學問自体は絶えず發展して居り、其の方法なり、内容なりも變化して行くし、以上の様な定義其物も完全な物では有り得ない。

古代に於ける化学的知識は、色々な技術から得られた。冶金、染色、香料製造などの技術を通じて得られて来た。又卑金屬から黄金を作り出そうと云う錬金術が、ヘレニズム時代、イスラム時代からヨーロッパの中世紀に掛けて盛んに行なわれた。勿論錬金術自体は誤つた方向であつたが、その發展過程の中で化学的知識は増大し、又色々な化学器械

が使用された。中世には硝酸や硫酸や、その混合である王水なども知られて居たし、アルカリ性物質の多くも知られて居た。

現在のChemistry(化学)と云う言葉はAlchemy(錬金術)から生れたが、この事は化学の唯一の源流が錬金術だつた訳ではない。

寧ろ近代の化学は、^{最初}薬の化学的製造に取り組む医化学(~~iatrochemistry~~)の中から生れた。

この新しい方向は1493-1541 Alchymia collecta (1595) ^{最初の化学教科書} Paracelsus(パラケルスス)に依つて開かれた。彼はスイス人 ^{Von} 本名はホーエンハイム(Hohenheim)であるが、ギリシア語の以上の意味の Para とローマ時代の名医ケルスス(Celsus)を組合せて、ケルスス以上と云う事に因んで ^{アウグ} 自稱した。↑パラケルススの考えに依れば、生命は化学現象であり、

人間は水銀と硫黄及び塩より成る化合物であるから、健康を保つ爲には、それ等が正しい割合に成つて居なければならぬと云う。彼は医薬として初めて無機物を用いた。以前はギリシアの医者ガレーノスの処方に従つて、草根木皮のセンジ薬が用いられて居た。彼は錬金術師に忠告して、換金を目的としなくて、自分の化学技術を医薬の調製に向ける様に進め、又医者には少し化学を勉強する様に忠告した。医者と云う者は何時の世でも、割合に社会的地位の高い者であるから、錬金術の技術は職人の手から、可成り教養ある人々の手に移つて行つた。

この様にして化学を医薬に従属する分野と考へる事は、18世紀にも、しばしば見られた事であった。 ^(と考へる事に成つたが、それは)

フランダース人の

(Van Helmont ファン・ヘルモント (1577-1644) も医化学の流れを汲む人であったが、化学的な操作に初めて計量的方法を取入れた人であった。又気体に瓦斯(Gas)と云う言葉を初めて使つた人であった。

既に述べた様に古代ギリシアには四元素説が有つた。総べの物質は土・水・空気・火から成立し、この元素の離合集散に依つて自然現象が起るの説明された。然し此等の元素は相当漠然とした概念であり、又現代の立場から考へれば、土・水・空気はトモカク物質であるが、火は全く異質的な物である。しかるに昔は火も物質と考へられた様であり、此様な考えは、17-18世紀迄、生きて居た事は後に述べるが、火と列んで古代や中世の学者をナヤマシタのは空気であった。この空気とは各種の気体や水蒸気等を包括する概念であったが、極めて取扱い難い物であった。

元来は貴族の出であつたが、ルーテルに共鳴した宗教改革時代の典型的人物の一人としてヨーロッパ各地を放浪して観察と経験を拵げ、医学と錬金術を修め、「医学のルーテル」と呼ばれ、~~当時~~ 当時の医者から反逆児として取扱われ、一生安定した地位を得なかつたが、48年間の生涯に莫大な著作を残した。「化学の眞の目的は金銀を作る事ではなく、医薬の効力を研究し、新医薬を作る事である」と云う新しい旗印を掲げ、~~その~~ その強烈な実践と影響とに依つて、所謂医化学時代が現出した。

彼は、これを希臘語のChaos(カオス)(ギリシア神話の宇宙が其處から創造されと云う、形も秩序もない始原物質・中国語の混沌(天地がまだ、ハッキリと分かれ切らない時の状態)の名前で呼んだが、彼の国語フランダース語の発音に合わせて綴ったので、それがGasと成った。

ヘルモントは初めに木炭の目方を量り、燃焼した灰の目方が木炭より減って居る事から、その差は気体と成って逃げ出したと考えた。そして現在炭酸瓦斯(二酸化炭素)である、彼が「森の気体」(Gas Sylvestre)と呼び、~~その~~気体の存在を知った。また大理石(石灰岩)に酸を注ぐと同じ気体が発生する事も、又物がアルコール発酵する時にも同じ気体が生ずる事も彼は発見した。

又ヘルモントは物質が不生不滅で有る事、物質不滅の法則を堅く信じて居た。この法則は19世紀の終りに、現代原子物理学が起って物質とエネルギーの境が無くなる迄、自然科学全体の根本法則の一つであった。

キリスト教の思想を強く受けて居たヨーロッパの学者達は、物質は神が創造の時に作った物であり、其は新たに生じたり、滅んだり、しない物であると堅く信じて居て、それが物質不滅の法則を支える強い根拠と成った。

彼の仕事には、計量的方法を最初^初に化学に用いた学者では有ったが、錬金術的信仰も持っていた。總ての物質の根本は水で有ると云う古代ギリシアのダーレス的思想からも解放されて居なかつた。しかし、それは單なる思考思弁ではなく、幼稚では有るが、計量に根拠を置いて居た。先づ土の目方を量り、それに柳の若木を植え、水だけ与えて成長させ、五年後に再び土の目方を量り、其れに變化のない事を確かめて、柳の生長は、その目方の増加は、水に依ると結論した。彼は、この場合に、空気中の炭酸瓦斯の存在には考え及ばなかつたのである。

17世紀から18世紀に懸けて化学を推進した学者はイギリス人が多かつた。化学を錬金術や医化学から解放し、新しい分野の学問である事を主張したのは、イギリスのロバート・ボイルであつた。1661年に刊行した彼の懐疑的化学者The Sceptical Chymistと云う本を書く時にAl-Chymistから初めてアラビア語の冠詞Alを除いた。この時以来、この科学を化学と呼び、この分野で働く人を化学者と云う様になつた。

彼は初めて気体をガラス容器に分離する事に成功し、ガラス容器の中のガスの容積が圧力に逆比例すると云うボイルの法則を発見した。

このボイルの法則に発見は、当時の増加しつつ有った原子論者に勇気を与えた。原子論は古代ローマのルクレチウスの詩「事物の本性について」が活字印刷本と成って、ギリシアのデモクリトスやエピクロス等の原子論がヨーロッパの学者の間に注意を引く様に成り、フランスの哲学者ガッサンディ (Gassendi 1592-1655) は原子論を復活する。彼の著作がボイルに感銘を与えて、このボイルも原子論者と成ったのである。

ボイルが明瞭にした様に、^{ガス}瓦斯は容易に圧縮されるが、もしも瓦斯が空虚な空間に依って^{隔て}隔てられた小さい原子から出来て居ないならば、ドウシテ此様な現象が起り得るであろうか、瓦斯が圧縮されると云う事は、原子論の立場からすれば、瓦斯の占める体積から空虚な空間を^{シボ}シボり出して原子をヨリ近く接近させる事である。この瓦斯の場合に原子論が受入れられるならば、圧縮されない液体や固体も原子から出来ていると信ずるのも容易に成る訳である。例えば水は蒸発するが、それは水の原子が一つづつ蒸気に成るのであり、水が^{瓦斯}瓦斯状態で原子から出来て居るならば、液体の水も、氷と成った個体の水も原子から出来て居るはずである。水に原子論が成立するならば、他の総べての物体に就いても原子論が成立するはずで~~ない~~はないか、と云うのであつた。

ボイル^{ボイル}が活躍して居た1652年に、前に話した様にドイツのマグ^ハデ^ルクの市長ファン・ゲーリックが空気ポンプを發明して真空を作る事が出来る様になつた。ボイルも空気ポンプを利用して燃焼の関する実験を行つた。この燃焼の爲には空気の必要な事を初めて^見發明した。彼の行なつた一つ実験は、密閉したレトルトの中に錫を入れ、外から火を燃やして錫を焼き、灰が出来るのを見て、レトルトの封を解くとシューと音かして空気が進入したが、中の錫の目方は実験の前より、灰に成った場合の方が増大した。これは勿論、錫が酸化錫と成つたので、化合した酸素の分量だけ目方が増えたのであるが、ボイルは火を物質と考え居たので、全く違つた解釈をした。彼は原子論者であつたから、火の原子がガラスの壁を通過して入り込み、それが錫に付着して灰と成り、火の原子の目方だけ増えると説明した。

ボイルとほぼ、同じ頃にはイギリス人のロバート・フックやジョン・メイヨウ Mayow (1645-1678) も燃焼に就ての研究を行なつたが、空気は燃焼に必要なばかりでなく、生物の呼吸にも欠く事の出来ない物

である事も知った。また硝石^{カリ}が^硝空気の助けなしに燃える事から、硝石と空気には共通の気体が含れて居て、それが燃焼や呼吸に必要な物であらうと考ふる様に成つて居た。

フロギストン説 phlogiston

ホイルと同じ時代に燃焼に關してドイツに統一的な見方をする学説が現れた。それは、その後一世紀に渡つて自然觀を支配して、化学の發展にも相当な影響を与えた物であるが、それはフロギストン説である。Phlogistosとはギリシア語で「燃える物」と云う意味である。

このフロギストン説はベツヒャ^{Becher}(1635-1682)の思想に端を発する。ベツヒャと云う人は初めは医者だったが、各地で多方面の活動を成し、極めて不安定な生涯を送った。最後にイギリスに渡り、炭鉱に働き、石炭の工業的利用に身を捧げた。コールタール工業、^{石炭}ガス工業の創始者で、石炭ガスを照明に初めて用いた人である。フロギストン説~~の~~は彼が一著書の中で「Terra Pinguis(肥えた土)」なるものが、総らゆる燃焼性物質中に含まれ、燃える際に逃れ去ると考ふる事に初まる。

この「肥えた土」、燃える本質をシュタール(1660-1734) Stahlが1697年にフロギストンと改~~め~~名した。このシュタールも医者で、後にウィルヘルム一世の侍医に成つた人である。ホイルの実験に見られた様な金属の燃焼の際に重さの増す事はシュタールを初め、当時の化学者には知られて居たが、呼吸、醗酵、腐敗の際にもフロギストンが逃れ去る物として、諸現象を統一^的理論で把握する處が強く人の心を引き付けたので、哲學者カントがさえ、これより一世紀後に出版された²⁰⁷純粋理性批判の中で「シュタールのフロギストン説に依り、アラユル自然科学者の上に一つの光明が投げ与えられた」と礼讚している程である。

フロギストン説では、燃焼は物質からフロギストンが^特逃げ出す現象であり、總べての物質はフロギストンを含んで居り、^特に良く燃える油や木材には多量のフロギストンが含まれる。錫が燃えて灰に成る様に、金属も又、フロギストンを含んでおり、『金属 = 灰 + フロギストン』であると説明する。ところが錫からフロギストンが逃げ出した灰の方が、返つて目方を増すのであるから、これを説明する爲には、フロギストンに負の目方を持つと考へねばならない。フロギストン説には最初から、此様な矛盾を含んで居たが、色々修正されながら、18世紀に於ても燃焼を説明する爲の有力学説であつた。

酸素の発見

一時中断して居た英国の化学研究は18世紀後半に成って再開された。有名な学者は総てフロギストンの信者達では有ったが、色々新しい発見が行われた。ジョセフ・ブラック (Joseph Black 1728-1799) は、やはり医化学系統の学者であった。フランス生れの、スコットランドのウイスキー屋の息子で、グラスゴー大学の医学の教授で、蒸気機関で有名な Watt の友人で、潜熱を始め知った学者であった。彼は炭酸マグネシウムを強熱すると目方が凡そ半分になって、酸化マグネシウムに変わるが、その目方の減少は瓦斯が出る為で、石灰岩を強熱して生石灰を作る時にも同じ気体が出る事を発見した。彼は其の気体を固定気 (Fixed Air) と呼んだが炭酸瓦斯の事である。彼は石灰岩等を焼く事は固定気を追い出す事であると説明しているが、これは、これまでのフロギストン学説の説明とは、マツタク逆で、フロギストン説の説明ならば「熱は燃素 (Caloric) を含んで居るから、石灰岩を焼くと燃素が入る」と説明されねば、ならないはずである。彼の頭の中では、自分の結論と燃素説とが モツレ 合ったままに成っていた。

ブラックに依って知られた固定気を、さらに詳しく研究したのはヘンリー・キャベンディッシュ (Henry Cavendish, 1731-1810) である。彼はデヴォンシヤ Devonshire 公の甥で、大変なハニカミ屋で、恋愛を知らず、徹底的な女嫌いで、多の奇癖に富んだ逸話を残している。中年に成って バク 大な遺産を受け継いだか、質素な生活を続け、別に野心もなく、人を そねます、マツタク 自由な気持で生涯を研究に費した。地球の質量を始めて測定したのも彼だったが、又1720年に英国でハールス (Hales, 1677-1761) が水と置換して瓦斯を分離する装置を考案したが、キャベンディッシュは、此の方法を使って炭酸瓦斯の性質を良く調べた。金属を酸に溶かす時に、可燃性の瓦斯の出る事はパラケルススもウァン・ヘルモントもボイルも知って居たが、しかし、こそ水素の研究を徹底的に行ったのは、このキャベンディッシュであつて、これを可燃気 (Inflammable air) と名付けた。この水素と、同じ英国人で、後に述べるプリーストリー (Priestly 1733-1804) が発見した酸素を電気火花で結合させて水を作り、酸素と窒素を やはり 電気火花で結合させて硝酸を作つたのもキャベンディッシュであつた。彼は又、空気中の窒素を完全に固定化しようとした所が、常に少量の不活性初期が残る事を認め、その量は空気

全体の $\frac{1}{120}$ であると推定した。それは彼の死後80年位後に発見されたアルゴン、クリプトン、ネオン等の希有瓦斯元素である。実際は空気の $0.95\% = \frac{1}{105}$ である。

プリーストリ (Priestly 1733-1804) はイングランドのヨークシャー Yorkshire の住んで、初め牧師として立つつもりで非国教教会で説教を行ったが、弁説が不得手で、牧師として成功したとは云えず、次第に化学実験に身を入れる様になり、この方面で有名になり、1766年には王立協会の会員、1772年にはフランスの科学アカデミーの特別会員と成った。~~ヨーロッパ大陸にも旅行してフランスの科学者とも知り合った。~~そして再び、或る貴族の後援に依ってパーミンガムの教会の講壇に立つ事に成ったが、フランス革命が起ると、その運動に共鳴し、バステューユ牢獄開放の祝賀会に出席した為め、同僚から危険人物と見なされ、反対派の群集に襲われ、彼の教会は焼き払られる。けれども再び牧師として立ち上がって見たが、最早人望を失って居て、成す術もなく、僧職を断念して、1794年に新天地を求めてアメリカに渡った。しかし彼の学問的業績は ホント 英国で行われた物であつたが、その社会観は自由を愛する南拓時代のアメリカ精神に添う者であつた。

彼の著書「種々の気体の関する実験と観察 Experiments and Observations on different kinds of air」は1774-1786年の間に出版された。彼の仕事振は マツタク 無計画で、乍ら次第に勢力的に行つた様で、しばしば自分の発見を偶然に帰している。

彼の仕事の成功の原因は瓦斯を集める置換器に水を用いないで、水銀を用いた事であつた。その爲に水に溶け安い亜硫酸瓦斯や塩化水素やアンモニア等を集める事が出来た。塩化水素を海酸気 Marine acid air, アンモニアをアルカリ気 Alkline air と名付けたが、その中性気 (neutral air) を作る つもり で、兩者を混合した所が、予氣に反して瓦斯体ではなく、固体の塩化アンモニウムが出来て了つた。

彼の酸素の発見も亦は偶然であつた。1774年頃には彼は多くの物質に乍ら次第に、大きいレンズで太陽光線を集めて当てて見ていた。彼はもしも、その熱に依つて、何にか新しい瓦斯が追いつき出されて来たら、水銀の置換器に集めて、その性質を研究してやろうと企てていた。たまたま酸化水銀にレンズを当てて見た時に酸素を発見したのであつた。

この気体は水に溶け、ローソクの火を入れると勢よく燃えた。又この気体

を密閉した容器の中の動物を入れると、普通の空気の場合よりも長く生き延びる事を知った。これは前にフックやメイヨー Mayow 等が既に知って居た様に、燃焼と呼吸を助ける瓦斯であった。彼は此の瓦斯を硝石の精と考えた。此の瓦斯は酸素であるが、そして彼は此の瓦斯に就いて多少の知識は持つて居たが、燃焼のメカニズムを説明する迄には到つて居なかつた。

このフリーストリと同じ頃に、スエーデンにシェール (Scheel 1742-1786) と云う学者が居た。少年の頃は薬屋の小僧(丁稚)で、後に小さい薬屋を開いて、仕事の余暇に手近かの化学の本を讀み、好んで種々な実験を行つた。彼の実験場所は随分不完全な^物で、砒化水素や青化水素の様な極めて有毒な瓦斯の研究を行つて居て、その性質を詳しく書いて居るに掛わらず、その毒性に就いては何も記載して居ない處から見ると、彼の実験室は極めて風通しの良い處で有つたらしい。最初、彼の業績は学会から「ホトンド」問題にされず、提出した論文は印刷はされず、又返却もされず、いたずらに止め置かれて居た。そんな訳からフリーストリよりも早く酸素を発見して居つたに掛わらず、文字に成るのが少し後れた。シェールは空気は元素的物質ではなく、酸素 (Feuerluft 火の気) と窒素 (Verdorbene Luft 多よごれた気) の両気体が 1:3 の割合の混合であると述べている。

このフリーストリとシェールは崩壊寸前のフロギストン説の信者であつた。フリーストリは自分が発見した酸素は、燃えている物質から出るフロギストンを吸収する機能を持つと考へて居た。しかし、この吸収力には限度があり、その限度に達すると、燃焼は止るのである。つまり、フロギストンは最早、火の微粒子の様な物では無く成つて居る。彼は酸素の事を Dephlogisticated air 脱燃素気と呼び、窒素を phlogisticated air 含燃素気と呼んで居る。フロギストンの正体も知らない内に意味が變つて來て居る。それでも彼は燃焼は分解作用であると言う考へに取付かれて居た爲に、燃焼に際して空気の一成分が眼の前で消え去るのを見て居りながら、燃焼は結合で有ると云う考へを受け入れる力を失つて了つて居た。

ラヴォアジエ (Lavoisier, 1743-1794)

フロギストンと云う亡霊を化学の世界から追い出し、燃焼の向題に終止符を打つたのは、有名なフランスの化学者ラヴォアジエであつた。彼は正確な測定的重要性を認め、研究手段として天秤を最も有効に用いる事を始めた学者であつた。彼はパリで、初め法律を學んだが、

後に化学の方に転傾して行った。当時の大方の学者が左様であつた様に、彼も何んでも屋だつた。23歳の1766年に科学アカデミーから初めて金メダルをもらったが、其は化学の研究ではなく、都会の照明に関する論文であつた。1768年にアカデミーの化学の準会員(Adjoint Chimiste)と成り、化学のみならず、色々な向題に対して、報告を~~學~~アカデミーに提出した。1769年に收税官(Fermier général, 当時の收税は請負制度で、貴族や富豪がこれに當つた)と成り、其他多くの委員会に關係して居た。1789年にフランス革命が起り、收税官は人民から前々から疑惑の目で見られて居たので、官金~~を~~で私腹を^{ウヤシ}満して居るとの風説がシキリに飛んで居た。1793年11月に逮捕され、翌年の春、革命政府裁判所で裁判を受けた。告発の理由は兵隊用の煙草の中に水を入れて量を増したと言う事であつた。その年の5月28日に^{キロケン}断頭台で首を切り落された。判決に當つて判事は「共和国は学者を必要としな」と宣言したと傳えられる。

「ラボアジエは何一つ新しい物質や、新しい自然現象を発見しては居ない。彼の用いた素材は皆な既に知られて居た物である」と言われている。研究手段として天秤を有効に用いた事は前に言つたが、化学者と云うよりも、寧ろ物理学者であつたが、化学の革命を遂行し、化学の体系は一変した。古代希臘の哲人タレスは万物の根元は水だと考へて居た事は前に話した。又、前週に出て来たフランダースの学者ファン・ヘルモントも同様な考へを持つて居り、ラボアジエ時代でも同様な考へを持つて居る人は多かつた。

その考への有力な根拠は、水を長期間ガラス瓶に入れて置くか、煮沸すると、土様の沈澱物(水アカ)が出来ると云う事だつた。其處で、ラボアジエはペリカンの実験と呼ばれる研究を行つて、その誤りを正した。ペリカンと云うのは首が長く、又曲つた蒸溜器と冷却器の働きを兼ねている実験器物である。1770年、彼は水の目方を量り、それを目方の知れたペリカンに入れ、凡そ3ヶ月、100日向煮沸を續けた。煮沸を終つて蒸溜器内の水の目方を測定したが、それは前と變りはなかつた。それで煮沸に用いた火の影響はないと結論した。しかし蒸溜器自体の目方は減少し、水と沈澱物の目方の和は、それだけ増加していた。それで灰白色の沈澱物は水が土に變つたのではなく、器具のガラスに由来すると結論した。前に話したスエーデンの化学者シェーレも水がガラス器に入れて同じく長時間煮沸したが、彼の場合は全々目方を量らなかつた。けれども其の代りに

酸

沈澱物を定性分析して、それはカリ成分(K_2O), ケイ酸(SiO_2) 石灰(CaO)
であると確認している。この二人の化学者は全く異った方法で、同じ結論に
~~達した~~ ^{達した} 誤で、^{イヌ} 何方が優れていると云う事は出来ない。前に話した様にキャベン
ディッシュは酸素と水素を電気火花で結合させて水を作つて居り、最早水は
元素である事は出来なく成つて来た。

ラボアジエは次に燃焼の問題に着手した。硫黄、燐などの燃焼実験の後に、
前に英国のホイールの行つた錫の煅焼(Calcination)の実験を幾度も行つた。
密閉したガラス器の中で錫を焼いて出来た灰の目方は増えたが、これに対する
ホイールの考へはフロキストンが錫に付着した爲とした。ラボアジエは灰に化した
錫を入れたまま、容器全体の目方を量つてみたが、それは実験前と全く変りな
かつた。ホイールの考へた様にフロキストンが入込んだとすれば、全体の目方は
増加せねばならない。彼はフロキストン説を棄てて空気自体の中に燃焼
の機巧を追求する手懸りを得た訳であつた。1774年英国のプリーストリが
ハリーの彼の実験室を訪れ、自分が発見した脱燃素気(酸素)に就いて
説明した。ラボアジエはタダチニ其の意義を認め、プリーストリの酸素発見
実験の逆、~~水銀~~ 水銀を焼くと灰、つまり酸化水銀と成る事、そして再び
プリーストリ同様の実験を行つて出て来た瓦斯の性質を詳しく調べて、
その瓦斯が顕著な可燃性、燃焼を支える性質を有する事を確認する。
1777年、彼は自分の燃焼説を四ヶ條に総括した。

- ① 燃焼に際しては、常に熱と光が放出される。
- ② 物は高純気(Air éminemment pur)の中に於てのみ燃える。
- ③ 高純気は燃焼に依つて消費される。燃えた物質の目方の増加は、空気
の目方の減りに等しい。
- ④ 燃焼の過程に依つて、可燃物は通常酸に変わる。ただし^(の場合)金属は煅
焼される。

(増えるものがある一方に減るものがある。つまり)

この様にして、ラボアジエに依つて物質不滅の法則は科学的に確立されて
定量化学分析の基礎が出来た。物質の質量と云う物は体積、温度、形、色
などに比べて、ハルカニ根本的な量で有るとされ、其後の質量に関する種々
な法則発見の基礎と成り、原子説の発生する糸口と成つた。

彼は、この気体(高純気)を生命気(Air vital)とも呼ぶ、空気は最早元
素ではなく、生命気と悪臭気(Mofete 窒素)の混合であることを知つた。
この生命気を酸素Oxygèneと後に改名したのも彼である。酸素と結合

(Shape) シゲキ強

した炭素、硫黄、燐などの化合物、炭酸、硫酸、燐酸は何れも酸、 塩、パク 成るからである。(1775年4月、アカデミーで講演した)

ラボアジエが酸素に就いて~~著~~時、酸素の発見者は自分ではないかとプリーストリは抗議とて来た。この講演で彼はプリーストリの業績にも、又、シエーレの発見にも言及しなかつたので、プリーストリの憤激を買った訳である。確かに酸素ガスを発見したのはプリーストリであり、シエーレであるが、燃焼とは酸素との結合である事を立証したのはラボアジエであり、この意味で、酸素の真の発見者はラボアジエであったと言つてよい。

燃焼に関する彼の^{完全に補ったのは}実験と、さらに酸素に関する研究は1772年から1783年に渡つて行われており、根気強い研究に依つて燃焼の機巧は明瞭と成つた。最早フロギストン説は全く必要が無くなつた。~~やがて~~1785年頃に成ると、フランスの化学者の殆んど全部がフロギストン説を捨て、彼の学説の基に集決した。外国ではグラスゴウ大学のブラックが真先きに彼の学説を採用して大学で講義を行つた。

ラボアジエの新しい理論は、化学を完全に合理化する内容を含んで居た。總の神秘的な原理は消滅し、彼以後では、重量その他が測定出来る様な物質だけが、化学者の興味の対象と成つた。

以上の^確基礎造りを達成した後、ラボアジエは化学の体系の建設に取り掛つた。1780年代には他の三人のフランスの化学者モルヴェー、ベルトレ、フルクロアとの共同研究に依つて、化学に於ける論理的命名法を研究して、その成果を1787年に発表した。

化学は最早、其々の著者が自分勝手な体系を用いて、他人を悩ました錬金術時代の名前の^混乱は無く成つた。總ての化学者が「用いねばならぬ公認された体系が有るべきで、それは論理的体系に基づくものであるから、化合物の名前を聞けば、其を作つて居る元素を知る事の出来る物であるべきで有る。例之は、酸化カルシウムはカルシウムと酸素から出来、塩化ナトリウムはナトリウムと塩素、硫化水素は水素と硫黄から成り立つて居た。また異なる元素が存在する割合を示す爲に、接頭辞と接尾辞の体系が作られた。例へば二酸化炭素は一酸化炭素より多く酸素を含み、塩素酸カリウムは亜塩素酸カリウムより多く酸素を含んで居るが、過塩素酸カリウムは、さらに多く酸素を含んで居るが、一方、塩化カリウムは全く酸素を含んで居ない。と云う風に成る。

入門
原論
要論

1789年にラヴォアジエは有名な化学概説 *Traité élémentaire de la chimie* を出版した。この本は彼の新しい理論と命名法に基づいて、化学の知識の統一された姿を世界に与える役割を果たした、世界最初の現代的な化学の教科書である。

又このラヴォアジエの化学革命の意義の第一は、元素の概念の確立であった。彼は元素を単体 (Substances simples) と呼んだが、それは此以上分離出来ない物の意味である。その第二は、物質不滅の法則と元素の概念の確立に依って、定量分析の意義を明瞭にし、極めて明解な化学変化の表現法式である化学方程式の基礎がラヴォアジエに依って案出された。

彼の単体は四つの群に分けられている。

A) 酸素, 窒素, 水素, 光, 熱素の五種

B) 硫黄, 燐, 木炭の酸化出来る非金属の六種

C) 十七種の金属

D) 塩となる簡単な土類五種 白堊, マグネシヤ, バリタ, アルミナ, シリカ

この中には、現在では元素ではなく、化合物である物や、光・熱素の様なエネルギーも含まれて居る。彼の単体の中で、現在でも元素で有る物は23種である。彼の単体は完全な物ではなく、後の学者に依って次第に修正されて行つた。

ラヴォアジエに依る物質不滅の法則と元素の概念の確立は、定量分析法に理論的基礎を与えたので、多くの学者に依って、分析技術が発達し、多くの新しい元素が発見されて行つた。しかし、化合物の組成、含まれている元素の割合は、其れが如何なる環境で作られても、一定であると言う事は実験的な確証なしに、暗黙の内に承認された形に成つて居た。其れを当時のフランスの化学の大家ベルトレー Berthollet (1748-1822) が疑った。この人はラヴォアジエの協力者であったが、革命時代、ナポレオン時代にも、うまく立ち廻り、ブルボン朝が復辟、復活すると貴族に列せられる等、一生涯世間的栄誉を失わなかった。

このベルトレーの疑いに対してスペインのマドリッドで教授をして居たフランスの化学者プルースト (Proust 1754-1826) は純粋な物質は常に一定の化学組成を持つ物だと主張し、^{異議} 異議からベルトレーに反対し、二人の向の火花の出る様な論争は学術雑誌の上で8年向も続いた。これ論争の間にはプルーストの定比例の法則が生まれ、長かった論争はプルーストの勝利に終わった。

原子と分子

ラボアジエの単体が古代の四元素説の新しい復活だ"とすれば、近代の原子論は古代の原子論の再生である。古代ローマのルクレチウスの詩「事物の本性について」が活字に成った事を切掛けとして、17世紀に入って、主としてギリシアの原子論者エピクロスの説を通じて、物質が最早分割出来る微小な原子から成ると云う説が広まって、フランスの哲学者ガッサンディ Gassendi (1592-1655) が、その代表的学者であった事は前に話した。

物質を作っている微粒子は其々の物体に依って、形、大きさ、及び重さが違って居ると考えられていた。又此等の微粒子は幾つか集まって、幾らか強く結した集団を作ると云う説が述べられ居り、これは後の分子を予想される物であった。このガッサンディの説は、物質の連続で、無限に分割可能を主張するデカルトの説とは相入れないものであったから、フランスよりもイギリスで流行した。火の微粒子を考えたボイルもガッサンディ説の支持者であった事は前に述べたが、ニュートンも熱心な微粒子説の支持者であった。彼は「プリンキピア」の中で、ボイルの気体法則「気体の体積は圧力に逆比例する」を説明して、気体では其を構成する粒子の間に相互の(距離)に逆比例する力が働くのだと述べ、また「光学」の中で「固くて重さを持つ微粒子を作ったのは神であり、此を壊す事は普通の力では出来ないのであろう」と述べて居る。ニュートンが光を●微粒子の運動として説明したのも、この原子論の影響である。

化学変化を原子の立場から説明する原子論は、イギリスのドールトン Dalton (1766-1844) に依って確立された。当時、最早や分割出来ない究極の物質を呼ぶのに Particle, molecule, atom 等の言葉が使われて居たが、ドールトンに依って Atom と云う用語が採用された。

彼は北イングランドのイーグルフィールドと云う小さい村の生れで、父は貧しいクエーカー教徒のラシヤ織工であったから、丁度イギリスの産業革命期 (1760-1830) を、その中心地であった「ランカシアのマンチェスター」で一生の大部分を過ごした。少年時代から、ほとんど独学で、古典、外国語、数学、自然科学を学び、後には国内の方々に招かれて、数学、物理学、化学を講義して廻った。一生結婚せず、「左様なセ^レイタクをする余暇はない」と言つて居た。言葉少ない控え目な性質で、金銭に対しては可成りシマリ屋で、日課は極めて規則的で、近所の人々は彼の通行するのに合わせて時計の針を直したと伝えられる。

他人の実験を余り信用せず、それを自分でやり直さなければ承知しなかった。しかし、実験家としては余り秀れた天分は無かったし、その上に経済的理由から粗末な手製の装置を使つて居た。それにも、かかわらず、近代科学の根幹と成つた幾つかの法則を発見している。彼の研究は自分が色盲であつたから、その色盲の研究を始めたが、余り大した結果は得られなかった。次に気象学に大変興味を持ち、57年間、死の直前迄、気象に関する日記を付け続けた。この気象学への興味は気体に関する興味に継がり、気体に関する幾つかの法則を発表した。

気体の体積が温度に依つて変化する事を知つたが、しかし、それはシャルル ^{Charles} _{Gay-Lussac} (1746-1823) やゲールサク (1778-1850) に依つて独立に発見されていた。

これはボイルの法則と結合してボイル・シャルルの法則、或いはボイル・ゲールサクの法則と呼ばれる。「気体の体積は圧力に逆比例し、温度に比例する」である。續いてドールトンは混合気体の場合に成立する分圧の法則、又フーレーストに依つて発見されて居た定比例の法則も独立に発見して居り、さらに倍数比例の法則も知つて居た。彼はラボアジエの化学概説を熱心に讀んで居り、その元素説の支持者だつた。倍数比例の法則と云うのは「二種の元素が二種以上の化合物を作る場合、Aの元素の同一量と化合するBの元素の質量の割合は、1, 2, 3... の様な整数比を成す」と云うのである。

物質が原子から出来て居ると云う事はドールトンには分り切つた事であり、化学変化を説明する爲の前提であつた。例之ば、定比例の法則にしても、倍数比例の法則にしても、化合物を作る個々の複合原子(現在の分子)が、其々の元素の原子の結合で作られるとすれば、簡単に説明出来る。

ドールトンが原子の相対重量比の測定を思ひ立つたのは、直接的には大氣の組成を研究して居た時であつたと言われている。彼が1803年10月21日マンチエスターの Literary & Philosophical Society で7人足らずの聴講者の前で原子論を簡単に述べる講演したが、その中で、水素、窒素、炭素、酸素、燐、硫黄の六元素の原子の比較的重量、相対重量比を与え、また13種の化合物の複合原子にも重量比を与えている。この講演は1805年に協会報に印刷されたが、可成不精密で、人々の注意を余り引かなかつた。

例之ば水素を1として、酸素は5.5と云う値であつた。然し、この原子の相対重量比は現在の原子量の初めての測定である。この測定に當つて彼は次の様な仮定をした。2つの元素A, Bから成る化合物が1種類

しか知られて居ない場合には、その化合物は/個ずつの原子の結合A+Bで組成され、若し2種類が知られて居る時には、A+B, 2A+B^{或は}A+2Bの場合が考えられるとした。3種類以上の化合物が知られて居る場合にも同様である。

既にラボアジエは水を水素と酸素に分解する時、その重量比が大体15:85である事を知っていた。このラボアジエの著書の愛好者であったドールトンは其事を知つて居た。然レドールトンの生きて居た時代には、水素と酸素の化合物は水しか知られて居なかつたので、水は/個ずつの水素と酸素とから組成されて居ると考え、つまりA+Bと考え、85:15として、或5.5:1として酸素の水素に対する相対重量比が求められたのである。然し水はHOではなくH₂Oで有るから、85: $\frac{15}{2}$ 或は 11:1と求めなければ、ならなかつた訳である。

1808年及び1810年に出版されたドールトンの化学の新体系(New System of Chemical Philosophy)¹部及び²部はラボアジエの「化学概説」と列ぶ化学書の古典である。その中の「物質の構造について」及び「化学的組成」の章で、原子説を論じ、さらに調った^{ト/ツク}原子相対重量比の表を乗せている。

彼は、此書の中で、単体原子及び化合物の複合原子を表す記号を發表して居るが、それは~~繪画的~~的^{図形的}な物で、現在使用のアルファベット記号程、便利ではない。

水素 ○
炭素 ●
酸素 ○

銅 (C)
銀 (S)
金 (G)

水 ○○
一酸化炭素 ○●
二酸化炭素 ○●○

~~Ber~~ Berzelius
ベルセリウス

○ 水素
① 窒素
● 炭素
○ 酸素

⊕ 鉄
② 亜鉛
C 銅

○○ 水
○① アンモニア

⊕ 磷
⊕ 硫黄

L 銀

* ⊕ マグネシア

G 金

○ ⊕

P 白金

⊕

⊕ 水銀

(原子量)

総べての

前述の如く、^にドルトンは彼の原子説に於て、~~各~~原子、水素を1とする相対重量比を間接的な観察に依つて考へ、原子量表を作り上げた。この表は恐らく彼の仕事の中に、彼の最も重要な業績だつたが、多くの處で大変な誤りがあつた。その主要な欠点は、彼は分子を一般的に一つの元素の一個の原子と、他の元素の唯だ一個の原子の結合に依つて生じると、考へ勝じ、彼は此の見解を、何んとも考へ方が無い場合以外には変へなかつた爲であつた。

しかし、此の様な一対一の結合は、必ずしも原則的ではない、と云う証拠が次第に集まつて来た。彼は水を OO と考へたが、それへの疑問も認められて来た。
アンモニア ON

ここで始めて電氣的な力が化学の世界に入り込んで来たのである。前に古代には元素であつた水を、水素と酸素とを電気火花で結合させて作つたキャベンティッシュの實驗を述べたが、それは電気結合であり、その逆反応である電気分解と云う事も現れてくる。

電気に関する知識は、コハク(琥珀)を摩擦すると軽いチリ(塵)の様な物体を吸着ける事は、発見して居た古代のギリシアや中国に迄、遡るが、近代に成つてイギリスの物理学者ギルバートの「磁石に就て」と云う著書を發表し、その磁力が引力の概念を色々な学者に連想させた事は前に述べたが、彼は又、摩擦して吸引力を持つ様に成る物質はコハク(琥珀)だけではなく、他の多くの物質が摩擦に依つて吸引力を得る事を発見して居る。1600年頃、彼は此種の物質をギリシア語のコハクに因んで「エレクトリクス」Electricusと呼ぶ事を提議した。その結果、摩擦等に依つて、此様な力を得た物質はエレクトリック・チャージ Electric 電荷を持つとか、エレクトリシティ Electricity 電気を帯びて居る等と言われる様になつた。

空気ポンプを発見し、有名なマクデウルクの實驗を行つたドイツのフォンゲ-リックは硫黄を玉を回転し、その摩擦に依り帯電現象を起し、摩擦起電機を發明した。この起電機が電池發明以前には電気を起す唯一の方法だつた。この起電機の知識は我國の江戸時代に輸入され、エレキテルと呼ばれて、江戸や浪蕪の蘭学者に大変な興味を持たれ、
由來 電氣や磁氣をエレキと呼ばれる様になつた。このエレキと云う言葉は大正時代頃迄は生残つて居たが、その後忘れた様に見えたが、
分け

ギターとして復活した。

1733年にフランスの化学者デュフェイ F. Dufay 1698-1739 はガラスを摩擦して蓄る種類のガラス電気と、コハク(琥珀)に蓄る種類の樹脂電気の二種の電荷が有る事を発見する。そして電気には二種の異なる性質の流体が有って、電気の引力と斥力は、この二つの間の作用に依って起るが、この二つが合体すると中性と成って、何ら電気作用を示さないと考えた。これに対してアメリカの空中電気、雷の研究で有名な B. Franklin 1706-1790 は、このデュフェイの二流体説に対して、一流体説を唱えた。総べての物体には共通に一定量だけ存在し、その不足、又は過剰が電気の二つの状態は生れるとした。ガラスは通常の量以上の電気流体を含むと考えて、ガラスは正(+)^の電荷を持ち、樹脂は負の電荷を持つと説明した。このフランクリンの用語は以後今日迄、使用されて居る。唯し、この用語の使用に依って、電流の方向の概念が事実と反対に成って居る。電流は負の電子の移動であるからである。

イタリアの物理学者ヴォルタ A. Volta (1745-1827) は1800年に最初の電池を發明し、連続的に電流を発生せしめた。

この電流は二種の金属と、其の間の溶液の間に起った化学反応に依って持続させられた。ヴォルタの業績は、化学反応が電気と何らかの關係を持って居る事を最初に明確に示した者である。もしも、或る化学反応に依って電流が生ずるので有れば、電流が現象を逆にして、化学反応を起すと考える事も可能に成ってくる。

このヴォルタが初めて彼の業績を發表してから、六週間後に、早くも二人のイギリスの化学者ニコルソン(1753-1815)とカーライル(1768-1840)は、その逆反応の実例を行つた。彼等は水に電流を通じた所が、水の中の二つの金属極面上に泡が生ずるのを発見した。一方の金属面に生じた気体は水素で、他方に生じた気体は酸素であつた。この彼等は水を水素と酸素に分解したので有って、これが電気分解であつて、それは水素と酸素を電気火花で結合して水を作つたキャベンディッシュの實驗の逆反応を成し遂げたのである。

この泡と成って発生した水素と酸素を別々に集めてみると、丁度酸素の二倍の体積の水素が生じた。それが水の分子はドルトンが主張した様に水素と酸素が各一原子から成るのではなく、二個の水素原子と一個の酸素原子を含むと云う考へにも幾分根拠が出て来たのである。しかし左様であつても、重量から考えると、一部の水素が八部の酸素と結合して水を作る事は正しいから、

酸素原子一個は二個の水素原子の重さの八倍で有る事と成り、水素原子の重さの十六倍と成る。水素の重量を一と定めれば、酸素の原子量は、ドルトンの定めた八ではなく、16でなければならぬ。

この彼等の発見はフランスの化学者ゲイ・リュサック Gay-Lussac (1778-1850) の業績に依つて確証された。ゲイ・リュサックは二体積の水素が一体積の酸素と反応して水を生ずる事を発見し、更に幾つかの気体が結合して化合物を生ずる時、其等の体積は簡単な整数比を成す事を発見した。それが彼の「気体反応の法則」と呼ばれる物が1808年に発表した。

彼は水素と酸素から水が生成する時に、この整数比が認められる事から水の分子は水素二原子と酸素一原子とから成ると考える事は合理的であると考へた。同様な証拠からアンモニア分子も、ドルトンが考へた様には窒素一原子と水素一原子の組合せではなく、窒素一原子と水素三原子の組合せで有ると論じ、それが窒素の原子量は五ではなく、14であると(論結)した。

また水素と塩素との場合は、一体積の水素と一体積の塩素が化合して塩化水素を生ずるので塩化水素分子は水素原子一個が塩素原子一個と結合したものと考へるのが合理的であると考へた。

ところで水素が単一の水素原子として空間に存在し、塩素も単一の塩素原子として空間に存在するとして、その一個づつが結合して同様に空間に散在する塩化水素分子に成ると考へて見る。例えば、水素原子100個と塩素原子100個が初めに存在して居たとすれば、その一つづつが結合し、100分子の塩化水素が出来出すのである。もしも空間の大きさが反応の前後に等しいならば、水素一体積と塩素の一体積が結合して、ただ一体積の塩化水素が生ずるはずである。しかし、事實は左様ではない。

実験に依ると、水素の一体積と塩素の一体積が反応して、塩化水素二体積を生ずる。つまり、水素原子100個と塩素原子100個が反応して200個の塩化水素分子と云ふ大変な矛盾が生ずる。

この矛盾を解決したのがイタリアの化学者アボガドロ A. Avogadro (1776-1856) であつた。この場合に水素ガスが単一水素として存在するのではなく、二個の原子から成る水素分子として存在し、又塩素も二個の原子から成る塩素分子として存在すると仮定して見ると、この場合、100個の水素原子は50個の水素分子として存在し、又100個の塩素原子は50個の塩素

分子として存在する。^{そこ}これが結合して100分子の塩化水素を生ずる事が理解される様に成る。この事は一体積の水素と一体積の塩素から二一体積の塩化水素が生ずると云う実験の観察に一致する。つまり、色々な気体の粒子は、それが単独な原子から成り立って居ようと、原子の組合せから成り立って居ようと、同じ距離だけ離れて居ると云う事を前提として考えている。むしろ左様であるならば、一定温度では等しい数の気体粒子は、その気体が何んで有っても等しい体積を占める事と成る。

この「気体では、等しい数の粒子は等しい体積を占める」と云う此の仮説の必要性を最初に指摘したのはイタリアの化学者アヴォガドロであつた。1811年に発表された、この仮定をアヴォガドロの假説と云う。このアボガドロの仮説に依つて化学に初めて分子が登場し、原子論に依る化学変化の説明が大體完全な物と成つた。しかし、アボガドロの仮説は半世紀程も学界から無視されて居て、これが化学変化を説明する重要な法則として再び確認されたのは1860年以降であつた。

新元素の発見

ラヴオアジエが彼の名著「化学概説」の中で挙げてゐる元素は、熱素及び光を除いて31種であつたが、その内では白亜^亜、マグネシア、バリタ、アルミナ、シリカの五種は酸化物である。当時の技術では、此等から元素を取出す事の出来なかつた物である。彼ラヴオアジエは『元素に分けられぬ物は単体と考へてよい』と書き添へて居る。

新元素は1789年と云う特記すべき年から急増して行つた。それは元素概念の確立と、同時に無機及び鉱物の分析術が急に進歩したからである。分析術の進歩に貢献したドイツ人クラフプロート^{Klaproth} 1743-1817の如きは一人で六種の新元素を発見して居る。もつとも彼の発見したのはジルコン、ウラン、ストロンチウム、チタン、テルル、セリウムの酸化物であつて、元素の単体を取り出したのはいないが、彼の発見方法は簡単な化学分析であつて、色々な鉱物を分析して、既に知られた物と一致しなければ、新元素とするとう方針であつた。

このクラフプロートは其外にもベリリウム、クロム、モリブデンの新元素を確認して居た。彼以前に新元素の発見に最大の貢献をした人は、前に話したスエーデンのシェーレであり、1771-1781年の十年間に、弗素、酸素、塩素、バリウム、モリブデン、タンクステン^{Tungsten}を発見して居る。

又19世紀の初期に成ると又、多くの新元素が色々な化学者に依つて発見

された。中でも、王水で処理された白金の鉱石から色々な金属が検出された。即ち、1802年には、化合物に様々な色の有るイリジウム (Iris ≡ 虹) が。1804年には四酸化物が刺激臭を出すオスミウム (Osme ≡ 臭) が、テナント (Tennant 1761-1815) に依って発見された。1803年には Wollaston (1766-1828) に依ってパラジウム (Pallas ≡ アテネの女神)、1804年には酸性塩の溶液がバラ色を呈するロジウム (Rhodon ≡ バラ) が発見された。

19世紀も少し進むと、18世紀的な化学分析の方法は、新元素発見の爲には殆んど限界に到し、新しい元素の発見は新しい物理的方法の助けを借って飛躍的に増加する。それは新しく登場した力、即ち電気を用いる方法であった。

画期的発見はイギリスの化学者デーヴィー H. Davy (1778-1829) に依って成された。彼はドールトンに初まる近代的な原子論には代表的な反対者であって、ドールトンの定比例の法則は高く評価して居たが、その原子論的解釈を嫌って、化合物と云う得体の知れない概念を導入して定比例の法則を説明しようとした。

しかし、デーヴィーは秀れた化学者で、電気分解の方法を割合早く化学に適用して、1807年に、分析化合物的方法では単体では遊離出来なかつたカリウム、ナトリウム、カルシウム、ストロンチウム、バリウムの五つの金属元素を確実に発見した。彼のナトリウムやカリウムの発見は当時人々を驚ろかし、異常な関心を集めたもので、それは科学界の人々のみならず、政治的なセンセーションも巻起した。かのナポレオンさえも、自分が其の電気分解の実験を行なつた言われる。

デーヴィーは1807年10月9日に苛性カリを融して電気分解した。ところが驚ろいた事には、陰極に強い光が現れ、接触点から炎が立ち上つた。「強い金属光沢を持った、外見が水銀に似た小球が現われ、その内、幾つかは出来るソバから爆発と明るい炎を伴って燃え、その表面が曇り、終りには表面に白い膜が出来た。」と記して居る。これはカリウム発見の状況であるが、その二、三日後にナトリウムを発見した。

このデーヴィーの研究に影響されて、この電気分解法に依って色々な化学者が、^{この二、三日間に}ホウ素、アルミニウム、ベリリウム、イットリウムの元素が純粋な形で分離して行つた。電気分解に関するデーヴィーの研究は彼の弟子であり、~~其後には新元素発見にはスペクトル分析法が使われる様になった。~~後には師匠を凌ぐ程の大科学者に成つたファラデー Faraday (1791-1867)

に依つて発展した。電気分解、電解質、電極、陽極、陰極等はフラーデーの用語の訳語である。電流は溶解物や溶液の中をフラーデーが「イオン」と呼んだ物に依つて運ばれる。イオンと言う言葉はギリシア語の旅人、放浪者を意味する。陽極に向つて移動するイオンが「陰イオン」で、陰極に向つて移動するイオンが陽イオンと呼んだ。1832年に彼は~~電気化学~~電気分解に二つの法則の有る事を発表した。

第一法則は「電気分解中に電極に生ずる物質の質量は、溶液に通じた電流量に比例する。」

第二法則は「一定量の電気に依つて遊離する金属の重量は、その金属の当量に比例する。」

である。当量とは $\frac{\text{原子量}}{\text{原子価}}$ である。

このFaradayは師匠のデーヴィと同様に原子論には余り興味を持つなかつた様である。

ドールトンの原子量測定を受け継ぎ、これを詳しく再検討し、原子論をより堅い基礎の上に打立てたのはスエーデンの学者ベルツェリウス Berzelius (1779-1848) だつた。彼はストックホルムの大学で講義をする時に、良い化学の教科書を作らうと思つたが、精密なデータの無い事を痛感し、自分で実験をする必要を感じた。その頃知つたドルトンの原子論が化学研究で一番重要な問題だと思つたので、彼は原子論に^{論に}実験的証明を与える事に努力し、一生涯の仕事の大部分をこの仕事に捧げた。

当時知られた大部分の元素(約40有つた)の原子量を多年に渡つて測定に努力し決定し、^{1823, 1826}1818に原子量表として発表した。これは化学史上最も精密な原子量の最初の物であつた。彼は酸素の原子量を100として、此を標準に選んだが、僅か二、三の元素を除くと、~~現代の値とも充分~~現代の値とも充分に肩を並べられる物である。

ベルセーリウスの表とドルトンの表との重要な相違は、ドルトンは水素を1と定め、此を基準にして、総べての原子量を整数で与えたが、ベルセーリウスの値は一般に整数では無いものである。

彼は又、現在の化学記号を初めて考案した学者であつた。元素を表すラテン名の頭文字を取つて、例えば水素をHで表した。又ニッ又は其以上の元素が同じ頭文字を持つ場合には、名前^の二番目の文字を加えた。

例えば金(Aurum) 銀Ag(Argentum)の如くである。彼は1814年に

^{Au}46種の元素に此のアルハバット式の原子記号を与えた。

ドルトンは晩年に近い1837年に、この化学記号を使わなかった。図形的な記号を創始した彼は「ヘブライ語の様に思えて使う気がしない」と云って云たと傳えられる。

ベルセリウスは、立派な実験家であり、理論家であり、組織的な能力があつて、又良い教師だつた。彼の業績は化学の全領域に渡り、無機化学を体系化したのも彼であつた。だから、彼はデーヴィを批評して「彼デーヴィは光輝ある断片を造つただけだ。そもそもから体系を作る必要に迫られなかつたからだ」と云つた。

Turnip 蕪菁

ジョージ三世の即位(1760年)から、其の子のウィリアムIV世の即位(1830)に到る短い年月の間に、イングランドの姿は一変した。古くから開放耕地(Open field)として耕され、共同牧地(Common pasture)として放置されていた荒地の土地制度は~~崩壊~~、所謂、囲込み(Enclosure)運動に依つて崩壊した。農業は最早、生活維持の爲の生産ではなく、市場の爲の生産者の手に握られた。此等の囲込み運動者達は積極的な農業改良家で、一定の農業理論や農業実務を実行した。砂の多い土壌には泥灰土や粘土を混入する客土を行い、蕪菁やクローバーその他の新しい植物を導入するに代つて、三圃式輪作~~三圃式~~(冬作物、春作物-休耕)に代つて、四圃式輪作(蕪菁→大麥→クローバー→小麥)を研究した。又クローバーや蕪菁の栽培は永久的な牧地と考えられていた荒地も耕作可能に成り、又、冬越に家畜を飼う事も可能に成り、それは又穀物や根菜類に対する自然肥料の供給した。

この囲込みの過程は、土地所有が、より少数の人間の手に集中して行き、開放耕地時代の何時の時代からか分らないが、単に其の土地を耕作して居ただけで、所有権のない弱小農民達は農村から離散して行くしか方法が無かつたし、僅か存所有権を持つていた~~自由~~自由土地保有農民達も色々と圧迫されて保有地を賣り、その金を持って都会に集つて行つた。

又小さな村~~村~~だつた所が、人口豊かな都会に成長し、都市では、昔は堂々と構えて人を威圧して居た古い教会の尖塔は、林立する工場の煙突の中で最早チツポケな存在~~に~~に過ぎなく成つて居た。昔の汚悪な道路も真直すぐで、堅固で、幅の広い公道(High roads)と變り、国内の河川の航行可能な部分は、互いに運河の網で結び付けられ、北部では新しい機関車を走らせる爲にレールが敷かれ、河口や海峡の交通には定期蒸気

などの
輪作
農業

船が走つて居た。

それに平行して、社会の構造も変つた。人口は著しく増大し、子供と青年の占める割合が増加した。この人口の増加は、出生率が~~変化した~~^{増大}の爲にはなく、死亡率の減少の爲であつた。クローバーや燕菁の導入に依つて、冬にも多くの家畜を飼養する事が出来る様になり、従つて一年中新鮮な肉を供給することが出来る様になった。又小麦や馬鈴薯がライ麦や燕麥などの劣等な穀物に代り、野菜の消費量が増大し、病気に対する抵抗力を強化とした。又石鹸や安い木綿下着が普及して清潔度が向上し、病気感染の危険が減少した。又家の壁は木材に代つて煉瓦となり、屋根もスレートや石に代つて悪疫の数が減り、又昔の^{家内}製造業の有害な工程が、工場に移つて行つて家庭から離れて、家庭の快適さは増大し、比較的大きな都市は舗装され排水され、奇麗な水が供給され、医薬や外科手術に関する知識も発達し、病院や薬局も増加し、塵芥の処理や死人の埋葬にも適切な注意が拂われる様になったからであつた。

(イングランドの)

そして新しい社会の成長は、人口密度の重心を南東から北部に移して行つた。そして企業心の旺盛なスコットランド人と先頭に多くの移民が殺到した。その多くは工業的熟練な農民だつた。農村に生れ、そこに育つた男女が今は密集して生活し、工場の労働力の単位としてパンを稼いで居るのである。作業は分業され、新しい型の熟練が鍛えられ、古い技術の幾らかは役に立たないものと成つたが、その事は又、労働者の移動を一層容易した。~~就業の機会が多に中心地を移動する能力があり、産業~~

以上の事柄と同時に新しい原料源が開発され、新しい市場が開かれ、新しい商業手段が考え出された。資本の量も、流動性も増大し、通貨は金を、その基礎に置く様になり、銀行制度が誕生した。多くの封建的特権や独占が一掃され、企業に対する法律上の制約は除去され、国の果す役割は増々す消極的な物と成り、個人や任意団体がより積極的な役割を務める様になった。革新と進歩の思想が、伝統的な諸観念を振り崩し、人々は過去よりも寧ろ未来に眼を向ける様になり、社会生活に関する人々の考え方は、すっかり一変して了つた。

以上の様な一連の変化を「産業革命 Industrial Revolution」と呼ばれる。この「産業革命」と云ふ言葉はエンゲルスが最初に命名した様で、其後幾人もの歴史家に依つて採用され、特にA.トインビーに依つて不動な名前と成つた。
(有名な歴史家)

英国で、王立協会初期の時代に、あれ程、関心を持たれ居た科学も、1687年にニュートンの「プリンキピア」が出版されてから、幾年も経ない内に、いや其が書かれた以前から、一般の科学への好奇心は衰えて居た。

それは、アマチュア(素人)であった一般の王立協会の会員達にはニュートンの仕事は、同時代の人々から、はるかに又キン出た物で有ったから、理解に絶するものであり、^{その}ニュートンの威信が返って「^{その}と^{その}も着いて行けないと云う」一般人の科学研究心を絶望的な断崖に突き落した。

又、それ以上に社会的、経済的要因も科学の進歩を停顿せしめた。王立協会の初期の時代に科学の発展を盛り立てた、つまり当時の航海や商業や手工業の手段に科学に基づく新しい方法の利用に大いに関心を持つた英国紳士達、彼等が王立協会を作ったのであったが、

かの進取の気象と好奇心に満ちた人々の時代は去り、彼等の子孫達である、新しい世代は、名目的には、やはり王立協会の会員として名を列べて居たが、最早、進取の気象も、好奇心も無くして居た。財力は祖先より、むしろ増さって居たが、自己満足的な人々だった。彼等の関心は最も確実な投資である土地や、又その投機心のハケ口を南洋貿易泡沫会社 The South Sea Bubble の様な素晴らしいバクチに見出して居た。

これらの変化は科学の殿堂である王立協会に反映し、協会自身も一時非常に不毛な時代に陥つて了つた。

1710年にグレスチャム・カレッジに在った王立協会を訪れたコンラド・フォン・ウッペンバッハは其處に陳列された器械に就いて次の様に記して居る。

「全然整理されても、居なければ、磨かれても、居ないと」ころか、ホコリとアクアとススに被われ、多くの物が破損したり、全く残骸に成つて居る。もし人が、何物かの在る所を尋ねたら、見物人と案内して廻る技手は大概「それは泥棒に盗まれた」とか、さもなければ、その破片を見せて、それは壊れて了つた」と云うのだらう。器械類の管理状態は此様な物であった。

又王立協会は経済的にも非常に困窮し、1740年の調査書を見ると多数の会員が、その会費の払込みを止め了つて居た。

この様な有様であったから、産業革命の最初の技術と云うものは科学からでなく、名も知れない在野の発明家の一寸した思い付、当時の科学の水準からすれば、取りに足りない発明から出発した。

ところが産業革命が先ずイギリスに起つたと云う事は、イギリスでは1642-1646年のピューリタン革命として知られる最初のブルジョア革命に成功し、1686-1689年の名誉革命などを経て、ブルジョア民主主義が確立し、~~封建制~~ 封建制と王制の両方の束縛が一掃され居たからである。

イギリスばかりでなく、総べて国の主要産業は繊維工業であったが、布に対する国内外の需要が増加するにつれて、南イングランドの古い商人と組合に縛られていた英国の繊維工業は十分速やかに膨張する事が出来ず、低い賃銀と束縛からの自由を求め北方に引っぱられて行かれた。そして先ずヨークシャー、次にランカシャー州でその好条件を見出した。そして

1750年には繊維工業は新しい繊維である綿を扱う様になった。それは綿布はインドから輸入されていた。それがラシヤ商人の提議で禁止されると、綿布を国内で作る事が大いに急立てられた。綿花は新しいアメリカの農園で栽培出来たが、しかし木綿工業は新しい技術を必要としたので、古い羊毛の伝統には縛られなかった。それが最初に作り出されたのは、湿った気候の爲に非常に適合した貧しいランカシャー地方であつて、其處では紡ぎ糸の需要がたちまち古い手操紡糸の能力を越して了つた。

こうした木綿工業の勃興は、一方では技術上の改革を必然的に要請し、これが以下に述べる各種の発明を生んだのである。先ず其のキッカケと成つたのは、木綿工業の爲ではなく、絹織物工業の爲だった。ランカシャーの時計師(織布工)ジョン・ケイ John Kay 1704-1774 に依る飛梭 Fly shuttle の発明である(1733)。其れは、車の上に乗せられた梭がバネ仕掛で叩かれて経線の向を駆け抜ける様になった。其により、織機の前に坐し、バネ仕掛に結びつけられた紐を手にした織工が、以前は男二人の働きを必要とした広幅の布を織り得る様になった。しかし、この考案はランカシャーの織工達の反抗を引き起した。それには恐らく急には克服出来ない機械上の難点もあつたのであろう。飛梭が一般的に用いられる様になったのは漸く1760年以後のことである。(?-1759) ^{発明者の息子であったパーミンガムの} ~~発明者~~ J. Wyatt (1700-1766) はポール Lewis Paul はローラー紡績機を1738年に考案した。それは梳かれた綿や羊毛を異った速度で回転する二組のローラーの間を通過させ、線に撚りを与える紡錘に移される前に、引き伸すのであつた。しかし當時は技術的欠陥の爲に実用的には成功しなかったが、数十年後にアークライト Arkwright

機械

井

この二つの工程は工場の中で~~離~~列して設備された。彼の機械を設備した新しい工場が数多くダービーシャーに設立され、1777年ランカシャーに於ける最初の水力工場が建設された。1781年、あらゆる種類の独占に対する断乎たる反対者であったマンチェスターの木綿紡績業者達が彼の特許を取消させる事に成功してから後は、ランカシャーのみならず、各地の農村地域では、幾百と云う生産者が、新しい工場の建設を始めた。

1780年代の^{十カハ}央頃、紡績に於ける、もう一つの発明に依って事情は再変した。それはホウルトンの織布エサミュエル・クロムプトン(1753-1827) Samuel Crompton の Mule (ミュール、ラバ、ロバと馬の相生子) である。それはジューとフレイムの双方の特長をそなえて居ったから此の様に呼ばれた。この機は丈夫で細く、太さの平均して居て、経線にも緯線にも適し、従って総へて種類の織物の生産に適し、中でも、それと東洋から高級品として輸入されて居た上等のモスリンの生産にも適した線を製産することに成功した。このミュール機は何の特許も取られなかった。

そこで1785年に、アークライトの特許が二つとも無効になると、この企業分野は総べて人々に開放される事になった。ワットの蒸気機関が初めてローラー紡績に適用されたのも此年であり、更に1790年蒸気力がミュールの運転に用いられる様になったから後は、大工場を都市に設立する事が可能と成った。

しかし、此の事は農村の水力工場が衰退した事を意味しな。反対に19世紀の最初の十年頃には、その数は反対に増加した。それは水力運転の方が振動が少く、蒸気力よりも細番手の線の紡績に適して居ったからである。しかし、都市の蒸気の工場も急速に発達した。1782年にマンチェスター周辺には、たった二つ木綿工場しか無ったが、1802年には其数は52に達し、1811年にはランカシャーで生産される綿製品の五分之四はミュール線で作られ、その線の大部分は都市で紡がれた物であった。

ところが、1780年代の後期から90年代の初期に、新しいモスリンに対する需要が非常に大きくなり、モスリンの手織工は非常に繁栄を経験した。これは全く一つのブームで、多数の男女が、この産業の織布部門に吸収されて行つた。また、此の時代は、納屋やウスキーの醸造場がトントン織布場に変り、農村地域の到る處で織機小屋が大急ぎで建てられた時期であった。しかし、この「手織工の黄金時代」も何時までも續くことは出来なかった。既に1784年に牧師で詩人であったエドマント・カート E. Cartwright

これに

ライトは紡績業に換つて、今度は織布業の繁栄が訪れるであろうと予見して、馬や水車や蒸気機関で動かす事の出来る力織機を發明して居た。この力織機の進歩は、紡績機の場合と違って比較的緩慢であつた。力織機が工場生産の有効な手段と成る迄には、それに續いて多くの改良を経ねはならなかつた。しかし1813年に於ては、国内に2400台の力織機しかなく、これに対して、その百倍に及ぶ機械が手で動かされて居た。しかし、ナポレオン戦争が終つた後に成ると、その生産の速度は高まつた。1820年には約1万44台、1833年には約十万台の力織機が英国に存在して居た。そして、30年前、毛スリンの需要ブームに「手織工の黄金時代」を謳歌した手織工達は蒸気力や工場の優越組織と「機械破壊者」として資本家と戦わねはならなかつた。

無慈悲

木綿工業の仕上の工程も大きな変革を経験した。十八世紀の初めにはキヤラコの捺染は、職人が木製の版型を用いて、手で布に模様を押し着ける方法に依つて居たが、最初の發明は、銅版を以つて此に代える事だつたが、しかし最大の進歩は1783年にスコットランド人のトマス・ベル Thomas Bell が、この銅版の代りに動力で動く大きな迴轉シリンダーを採用した時に實現した。彼の發明は直ちに、多くの業者に依つて採用された。

「さらし粉」は産業革命期に一番重要な役割を演じた化学製品である。伝統的な漂白の方法は織物を長時間、天日(太陽)にさらしたり、初めに灰汁の中で、次に酸敗ミルクの中で煮る事だつた。1756年にエディンバラの教授フンシス・ホウムは「漂白方法」と云う出版物を著して、酸敗ミルクを硫酸に換える事を教えた。

塩素に漂白作用の有る事は、1774年、その発見者シェーレの認める所であつたが、これを漂白剤として用いたのは1785年にフランス人の Berthollet ベルトレ (1748-1822) であつた。彼がパリ郊外で作つて發賣した「さらし液 (Eau de Javelle) は次亜塩素酸カリウムを含む物であつた。

このベルトレ式漂白法は1787年に蒸気機関で有名なジェムス・ワット James Watt に依つてフランスから輸入れ、彼の義父マクレガ其他のスコットランド人達に依つて採用された。しかし、1795年、グラスゴー大学の Charles Smithson Tennant (1761-1815) の發明した至極便利な「さらし粉」に圧倒されて居つた。彼はブラック門下の化学者だつたが、消石灰に塩素ガスを通じて、それに依つて、取扱いや、輸送が、「ベルトレのさらし液よりも容易で、人体に害の少ない晒粉を製造する方法を發見した。

又、木綿工業の前提として困難な作業だった綿花と種実を引き離す原料綿花の繰別けも、1792年に、アメリカのホイットニー E. Whitney (1765-1825) に依って、綿繰機が發明されて解決した。

木綿工業は一層躍進し、1760年には20万ポンドであった綿織物の産額は、1800年には5600万ポンドに増え、1830年代には毛織物工業に代って木綿工業がイギリス経済の支柱となった。

一方、織物工業と平行して鉄工業、石炭工業も発達して行った。英国の製鉄工業を テイソン させて居たものは、永年に渡る森林伐採によつて木材が不足し、木炭が高価に成つた事であった。~~1709年~~ ~~は木炭の代わりにコークス~~ ~~を燃料とする高炉が解決~~ ~~となり、製鉄業~~ ~~石炭業も盛大に向つて行つた。~~

~~1709年~~ ~~は木炭の代わりにコークス~~ ~~を燃料とする高炉が解決~~ ~~となり、製鉄業~~ ~~石炭業も盛大に向つて行つた。~~

でも1709年に初めてクエーカー教徒のアブラハム・ダービに依つて木炭の代りにコークスを使用する事が考えられ、1730年代にはコークスを燃料とする高炉が南発されると、製鉄業と石炭業とは盛大に向つて行つた。この石炭に基礎を置く工業が盛に成ると、北イングランドと南イングランドの間の均衡を変えたばかりでなく、スコットランドを第一級の産業と學術の国に変えて了つた。

スコットランドは、その伝統の古さと、16世紀のカルヴァン主義の運動にもかかわらず、17世紀にはイングランドの急速な発達に足並をそろえる事は出来なかつた。それは初期の産業革命の爲の資源が無かつたからであつた。しかし石炭の利臭が現実化すると事態は一変した。国の貧しさと、高い知識慾と清教徒の伝統との結合が、革新の思想を受け入れると、当時のイングランド人の場合の様に自己満足と無學と無氣力に停頓しては居なかつた。その上にカルヴァン主義を通してスコットランドはオランダ、特に其處のライデン大学と知的連係を打立ててみた。18世紀には、スコットランドの諸大学はイングランドの大学とは全く似ても似つかないものだった。当時スコットランドの大学は科学の進歩の活発な中心となり、総ゆる方法で、技術と理論を結ぐ道を探求して居た。

既に述べた様に産業革命は最初、科学に負う所は少なかつたが

その前進を指導した人物達は完全に科学的精神を吸集して居た。
科学の価値は、最早宮廷や首都では、そう高く評価されなかった
が、北部の工場主達や、その友人達に依つて、よく握られていた。
その上、航海学校以外でも初めに科学が系統だつて教授され
初めた。

科学は古い諸大学^{では}が無視~~され~~^{されて居た。}~~されて居た。~~これ等の大学では
非国教派の人々に門を閉ざしてあり、新しい人の大部分は非国教
派であった。科学はウオリントンや、ダウエントリーなどの非国教派の
諸学院 (Dissenting Academies) に居を占めた。これらの施設は
18世紀を通じてスコットランドの諸大学に次りて世界中で最良の科学
教育を施した。

又この時期は、後の19世紀よりも、はるかに多く、工場主層と科学者
層と新しい職業的エンジニア層が仕事と社交の両面で交わり合つて
ゐた。彼等は姻戚関係を結び、気前よく御馳走し合い、実験や新事業
を一緒に企てた。

これはバーミンガムとブラック・カントリー (石炭と鉄の出るスタフォード
シャ州一帯) でルーナー協会 Lunar Society が作られた時代だつ
た。

かくして科学が産業から学ぶ事の多かつた時代から、産業が全く
科学に委存する時代へと転換して行つた。

日本、中国共に耶蘇士

日本と中国の受入れ方
口演筆受

身分制度、科擧

郷試 秀才
殿試 進士

ミイラ、
節氣
立春 春蟄
清明 夏種
立夏 芒暑
小立 白露
白寒 立大
中氣
雨水 春穀
小夏 大處
秋霜 小冬
大寒

明治初年留學生
正月
二月
三月
四月
五月
六月
七月
八月
九月
十月
十一月
十二月

(建寅月)
(寅卯辰巳午未申酉戌亥子丑)
丑

インボウ
シン
シゴ
シン
ユウ
ジユ
ガイ
シ
チウ

In Sphaeram Joannis de Sacrobosco Commentarius

乾坤体義

~~In Sphaera~~

渾蓋通憲図説

Astrolabium

幾何原本

Euclidis elementorum

同文算指

Epitome arithmeticae practicae.

圍容較義

Figura isoperimetrie 同周図形の研究

天
則武后

ロンドン王立協会の設立の
思想と社会的背景、そして
~~その~~ ニュートンの出現に象
徴される変貌について
その
討論

正朔を奉ずると云う事は属国に成ること

漢代から清朝迄 40程の曆法が出来 780年 — 3年 5年

日、月食を予告出来なければ改曆、天子が換れば

南朝	宋	元嘉曆 (百濟)	儀鳳 (麟德) 690 (新羅) 持統(4)	大衍曆 吉備真備 天平宝字7年(763)	五紀曆 天安1 (857)	宣明曆 貞觀3 (861)
----	---	-------------	------------------------------	----------------------------	---------------------	---------------------

— 貞享
823年間 1685

690
麟徳元

Macerata

Matteo Ricci 利瑪竇、字西泰、イタリア人 (1552-1610)

10余歳 → 羅馬、三年間の初等教育を受けた後に、耶蘇会の神学校

Collegio Romano 入学、^{特に} Christophus Clavius = 天文学、数学教育受

1577 — 東洋傳教を志し、航行5年、1582年中国広東省の香山嶼に

着仕し、先ず中国語を学び、翌年(1583)に羅明堅 (Michel Ruggieri)

と共に廣東省の肇慶府 (端州) に入る。役人の郭心聰 (広東制台)

王泮 (肇慶府) に興味を持たれ、教会堂を作る事が出来た。しかし

1588年に成つて肇慶府の知事が妻り劉繼文は耶蘇会士を逐放

した。そこで利瑪竇は肇慶府 → 韶州府 → 南雄 → 南京と移転

するが、其内に瞿汝夔、王心麟、徐光啓等の友人を得る。特に

徐光啓を知った事は中国のキリスト教史上特記すべき事であった。

1598、新しく禮部尚書に成つた王忠銘の一行に加つて北京へ入つた

が、この最初の北京入りは、大した成果が得られず、南京にもどる。

1600年再び北京入を謀り、多くの天子への献上物を用意して、

天主画像一幅、天主母画像二幅、天主經一本、珍珠鑲嵌十字架一座

報時自鳴鐘二架、万国図誌一冊、西琴一張

この中で、報時自鳴鐘が時の神宗皇帝に気に入られ、北京で正式

に教会堂を建て、傳教が出来た様に成る。

天主実義

彼はこの北京生活 1600-1610年の10年間に15種程の傳内外の中国

語の述著を作つてゐる。それは徐光啓、李之藻などの友人の共力に

依る物で、彼は口演、友人が筆受すると云ふ方法でであった。^強向

科学書としては萬國輿図、乾坤体義、測量法義、^{フコ}句股義、^股渾蓋通

憲図説、幾何原本、同文算指、圜容較義

Clavius

数学的学物の多し事に注意

豊礼問題

この

利瑪竇は1610年に内外人におしきれながら北京で永眠する。
彼の死の泣の乾かない1611年春に神宗皇帝から、後継者の龐迪我
(Didece de Pantoja), 熊三拔 (Ursis) 等の神父達に中國改正の事業
に參加する構にとの救命が下る。この事は耶蘇会士の明國に於け
る地位を固る強固にし、延いては天主教會の立場を大いに安泰
にするものであった。それは徐光啓や李之藻などの有力な信徒の力
に依るものであったが、利瑪竇は其様な事の有り事を予想して (月) 12
数学、天文学に精通した熊三拔を1606年に北京に招いて、当時の
中国の曆の缺欠などを調査させて好機会の到来するのを待つて
居ったのである。この熊三拔には泰西水法、表度説、簡平儀説
があり、曆法を作る上の基礎となる日食月食の観測を盛に行つた。
その中には、1612年11月8日の月食時に北京の熊三拔、マカオの
文儒略 (Jules Aleni), 長崎の Carlo Spinola の同時観測を行
つて、三地莫の経度を観測したものも含まれている。

又、この時代の耶蘇会士の著書には陽瑪諾の天問略 (万曆42年
1614) がある。天文書であるが、ガリレオが望遠鏡で発見した木星の衛星
や土星の観測のことが書いてある。

然し、耶蘇会士の事業が完全しないうちに1617年に大変な状況と成つ
て了う。徐光啓の部下だった南京禮部侍郎の沈澹が、相当以前
から、南京で傳道して居た耶蘇会士の主豊爾 (Alphonse Vagoni) と
不仲であったが、反目する様になり、その事から、耶蘇会士の罪状
を訴えた弾劾し、天主教の教説その物が人心、と国家を危くする
もので速かに駆逐すべしと主張したので、多く耶蘇会士が国外に
逐放され、教難に直面した。

この教難も徐光啓の力に依って重大に成らなかつた。1622
年にも沈澹一派に依つて天主反對運動が起つたが、宣教師達が
之を切抜けたのも徐光啓一派の力であった。

この頃の耶蘇会士の漢文著書を纏めたものが天学初函と云

(この初期)

ふ叢書で李之藻の編輯であり、天主教関係 (理編) 九種、
科学関係 (器編) 十種、總計 19種が含まれている。

ネストリウス派キリスト教教会の歴史を略記した碑文がある。
〔150年同位の〕
唐代

この度重なる教難の悲み最中に在った中国天主教会を元気づけた一大朗が傳えられた。それは唐時代の都であった長安の郊外から「大秦景教流行中国碑頌并序」の石碑の発見である。

これが悲みの中に在った耶蘇会士や中国天主教徒を喜せた事は尋常一様ではなかつた。耶蘇会士の金尼閣 (Nicholas Trigault) や魯德照 (Alvarez Semedo) は万難を排して長安に出かけ、此石碑を調査して大要を羅典文に訳して欧州に傳えた。この景教碑文の研究が、欧州に所謂中国学 (Sinology) なる物が形成される元の一つであつた。当時の天主教徒は景教後學と自稱してホコリを持っていた。

この石碑発見と共に、中国天主教には好運が又回つて来た。

明朝では北の方では清の兵力の勢が益々強大と成り、流賊も四方に起る天下騒然たる有様だつたので、徐光啓などの言を聞き、マカオの葡萄牙人の銃砲を利用する策を立てる爲に、利瑪竇無き後の中国耶蘇会の長である龍華民 (Longobardi) を北京に召し還し、1629年には毅宗皇帝の勅命に依つて、明朝曆を西洋天文学を利用して改曆する事が採用された。

受難の時代、マカオに追放されていた耶蘇会士達は新しい望遠鏡や幾千冊もの欧州の書物を持って北京へ歸つて来た。

名目だけは龍華民が欽天監補 (副天文台長) に任命されたが、實際の仕事をはじめたのは、カトリックの親友であつたスイス人の鄧玉函 (Jean Terrenz) であつたが、満一年後の1630年に彼の病歿してしまふ。その後を継いだのが獨逸人の有名な湯若望 (Adam Schall) である。

この湯若望が實際上の中心と成つて、徐光啓、李之藻、李天経などの中国人と多の耶蘇会士の手に依つて崇禎曆書と云う大きな天文表が完成される。しかし、この曆法は明代には實際上には採用されず、次の清朝に成つて施行された。

この崇禎曆書にはコペルニクスの地動説は採用されず、依然として昔ながらの天動説であるが、Tycho Brahe等の天文学の新しい成革は大きく採用されている。

この湯若望は清朝でも最初重用され、この崇禎曆書を基本とした曆法が時憲曆の名で採用され、崇禎曆書中の重要な部分が「西洋新法曆書」と改名として出版され、これが清代の史までの曆の基本と成つた。

順治帝の母、孝莊文皇后が
失帝の信任の篤かつた功臣

キ 1665 III 死刑
1665 III 2 地震

湯若望は順治元年1644 - 康熙^初年¹⁶⁶⁴に、清廷の信望を繋ぐ居たが、
回教徒天文家 吳明烜や楊光先^先に曆の推算の誤を以て弾劾され
た。それは迷信的もの算定の誤りであるが順治帝の皇子榮親王の安
葬日期に關係して居たので重大視され、死刑される處を多年の工勞
に依つて監禁入獄される。時に湯若望は腦イッ皿で口が不自由
に成つて居たの 耶蘇会士の南懷仁 (Verbiest) が辯護と通訳
を務め湯若望を辯護した。

曆法に対する批難には立派に釋明する事が出来たが、天主教
を信認させる事は出来なかつた。当時、しばらくの間は天主教は邪教
として嚴禁される事をまぬかれない事は出来なかつた。

康熙8年に楊光先や吳明烜^烜の回教徒が曆の誤謬で免職
に成り南懷仁が新しく欽天監に任せられ、湯若望も名譽を
改復され官爵、嘉号が再び贈られ、監禁の賠償と邸宅の
補償の銀兩を賜はる。

南懷仁は康熙12(1673)に^{天文}新製儀器、天体儀、黃道經緯儀
赤道經緯儀、地平緯儀、紀限儀のを作り、又康熙永年曆法を
作つた。彼は又滿州語に通じていて、幾何原本の滿州語訳を作
つた。

南懷仁と共に來華した^{ポーランド}波蘭人の^{ボク = カ}穆尼閣 (Jean Nicolas Smo-
golenski 1611-1656 は中国に對数表と平面、球面の三角法をもた
らした。

康熙24年(1685)にフランスのルイ14世は従前からの葡萄牙に對抗
して中国傳導を積極的に進める事として、大量にフランス耶蘇会
士を中国に送る。1687年に來華した者には

塔沙爾 (Guy Pachard) 1656-1737、洪若翰 (Jean de Fontaney) 1643-1710 自晉
(Joachim Bouvet), 李明 (Louis Le Comte) 張誠 (Jean-
François Gerbillon) 劉心 (Claude de Visdelou) 1656-1737 があり

その後バ多明 (Dominique Parrenin) 1665-1741 杜德美 (Pierre
Jartoux) 等 属々と來華した。これらの人々は数学に詳しく、又
康熙帝の露西亞外交の工門として活躍した。又中国全圖
測量に當つた。又これ等の^{Geodetic}人々に依つて遂に中国の文化美術工芸
Survey

がフランスに招齊され、フランスのルイ王朝に中国趣味を
もたらした。

これらのフランス系耶蘇会士の仕事は多端に渡る^二一々挙げ
る事は出来ないが、

曆象考成、律呂正義、数理精蘊の三部から成る律曆考
源一百卷は康熙帝の死んだ1722年に完成し、翌1723年版刻
されたが、明代以来輸入されは西洋数学天文を纏めたもので、
それが一段落した記念碑である。

これ以後は^{邦文}中国の古代からの数学と以上の西洋より輸入された
数学を基礎として中国人自身の清代数学研究が初まる。

この曆象考成は日本の寛政曆の源流となつたが、乾隆7年
に出された曆象考成後編には天体運動の軌道に楕円が初めて
現れ、天保改曆迄の和蘭天文学研究の口火と成つた。

は雍正初年(1723)戴進賢 Ignace Koenig

この時に定められた尺度が、清朝の工部營造尺で、一華里を1800
營造尺で、それはメートル法以前のフランス尺度の285.3 Toise に
当り、地度を200華里(57060 Toise)と定められた。この營造尺を
以て全国測量が相當精密に行われた。そして欧州でまた

地球が廻轉楕円体であるとの実測以前に、この測量では、その
證固を挙げた。

北京附近(北直隸) 1707年12月10 - 1708年6月29日
1708年7月4日 長城に沿つた - 1709年1月10日
1709年5月18日 滿州 - 1710年12月14日

1716年 - 一段落 1718年 全国完成

西藏、新疆 → 乾隆

イエズス会
シエスイット

コヨラ 1534 (1540)

Francisco de Xavier 1549

Alessandro Valignano ヲアリ=ア-1 巡察師

印刷機 1590

Pedro Gomez De Sphaera

林吉左衛門

島原乱 寛永16 (1639)

林生荆死 (正保三年)

1646

小林謙貞 (21年入牢)

二儀略説

吉村長蔵

胡麻屋了益

朝日玄青

本山作左 (18年入牢)

金屋孫右

三島吉左

向井元升

松且宗順

沢野忠庵 (Christovão Ferreira 1580-1650)

乾坤并説 向井元升

宗門奉行 井上筑後守

半田順庵, 杉本忠惠, 西玄南

南蛮流外科秘伝書

阿羅陀外科指南

切支丹

中国影響

蘭学

五紀

宣明

崇去

胸·肺

0		0	✓
78	78	449	449
	17		✓
139	61 15 2	822	373
	46 1	1122	360
185	32 14 1	1346	224
	19 13 1	1481	135
236	7 12	1526	45
	7 0	1481	45
243	7 12	1346	135
	19 13 1	1122	224
217	32 14 1	822	329
	46 1	1122	374
185	32 14 1	822	329
	46 1	1122	374
139	61 15 2	449	449
	78 17	0	
78	78		
0			

肺

積

0	+782		
782	+613	-169	+18
1395	+462	-151	+17
1857	+328	-134	+6
2185	+200	-128	-5
2385	+67	-133	
2452	-67	-0	
2385	-200	-133	+5
2185	-328	-128	-6
1857	-462	-134	
1395	-613	-151	-17
782	-782	-169	-18
0			

212
32
180

(気海観瀾 寒 267 野温管 華氏
(青地林宗撰 (1825)
(驗温器 水戸藩医柴田方庵 撰 1851 華氏

(長久保源五兵衛(赤水) 長崎和蘭商館に昇降圖を見た
(1767)

(蘭学事始 テルモメートル 寒暖驗器 文化12
1815

(平賀源内 1765(明和2)
吉雄 耕牛の示す テルモイテル
1768(明和5)
日本創製寒熱昇降記を草す 攝氏

(後藤梨春 紅毛談 升降圖 (明和2 1765)

(高野長英 驗温管略説

蘭説并惑 (大槻玄沢) 1788 升降水
てるもめりとは

僅か

人類の存在^{人間には}の跡は200万300万前に遡るに過ぎないと言われるが、^{考へる}、思考という本能があつて、^{種々存?}智工と云うもの思ひ付き、文字 言葉を作りだしてそれを記憶すること^を始めた。この本能が人類の生存にとって良いか悪いの分る存い。人類の存在^に初があつた^{とすれば}~~た~~が、終末があるに違ひないが、人間の作り出す智工、この科学が人類の終末を早めるのではないかと思われる昨今である。

人間の智工の歴史、科学の歴史に思をはせるべき事もハンセイしてやる事も必要であると考へらる

科学史

(科学者)

科学技術史と言つても、色々な分野がある。一個人の傳記的な物から、一地方の地方科学史、中国とか、日本とか、印度とかの科学史。西洋の科学史、東洋の科学史又はメキシコに盛えたマヤの科学史。その中でも時代区分して古代、中世、近世近代、現代の科学史とす分野がある。又科学の分野ごとに天文学史、物理学史、化学史と云う様な分野があり、それは研究する人の興味の方向とイテ「オロギー」に依つて無限の分野が産み出さる。或る人は世界中の民族の宇宙観に興味を持ち、或る人は磁石と羅針盤の古代から現代まで歴史に興味を持つ。又或る人は地方の一人物に就いて、その一家の古文書、墓石、過去帖を調べ上げ、その人物の行った業績の来源を調べ上げる。或る研究者は時代の^{政治}経済との關係を追求し、又或る人は科学の方法や思想に目を向ける。科学史を研究する人の方向分野は各個人の興味本意である。

本年は大體一般の西洋科学史を中心にし進め行くが、西洋ばかりとは限らず、關係する東洋の事にも及んで行く。先頃まで科学史と云へば「西洋科学史」と考へる傾向が有つたが、西洋科学自身も独立單獨で発達した物ではなく、東洋科学の恩恵を相當に受けて、発達した物である事が最近頃になつて次第に認識される様になつた。

唯だ西洋科学が優位を占めて居るのは、西洋に近代が成立した事がある。15世紀頃までの~~科学~~西洋科学と中国の科学とを比較してみると、大して優劣が有る訳ではなく、中国の方が進んで居つたと考へられる處も幾つかは有る。

いや西洋の近代の成立の要因の一つ要素は中国の科学であつた。紙、印刷術、羅針盤、火薬は中国人の発明である。これを中国人の四大発明と云う。

西洋の中世紀は暗黒時代と云われ、社会全体が「固定し、^術學問の世界でも大きな変化は無かつたと云われるが、十字軍遠征以來色々な東洋技術が輸入されて近代を準備して居る時代でもあつた。中国人の四大発明も、この時代にイスラム人を通して西洋に輸入された。それが、ルネッサンスのギリシア文化の復活、再発見と重なつて西洋の近代を形成して居つた。火薬が無つたら、西洋の新大陸発見時代(Reconnaissance)は成立しない。1492年のコロンブスの新世界発見も、16世紀初頭のマゼラン

急激に

の世界一周も成功しない。在来の弓矢とか、刀劍とを持った少人数の航海者が新大陸の人々を征服出来はしない。又羅針盤がなかったら、陸地のまわたく見えない大洋を航海出来はしない。又紙、印刷術が無ったら書物を安價に大量に製産し、學術を大集に普及する事は出来ない。

ルネッサンスのギリシヤ文化復活に人間性を復活させたヨーロッパ人に人間の可能性を深く自覚させたのは、この中国人の四大發明であつた。1545年にフランスの医学と地理学者としても有名なジャン・フェルネル J. Fresnel は次の如く書いている。

世界一周、地球の大陸の最大な物の発見、羅針盤の發明、知識を普及させる印刷術、戦争技術を革新した火薬、それに古代の文献の再発見と學問の復活、此等の事が我々の新時代への勝利をもたらした。と。



磁鉄鉱が鉄片を吸付ける事はギリシア人も知っていたが、磁石が南北を指す事は知らなかった。磁石の指極性を発見したのは中国人だつた。それは西暦紀元前に溯る古くからので、磁鉄鉱を七形に細工して、それを廻転させて占いを行ふ事に使用された。中国には別に指南車と言うのがあるが、それは磁石にはマツタク関係ない齒車仕掛の車である。一方、中国には磁石が針を吸付ると云う録記、それに針が表面張力で水に浮くと云う記録も古くからある。それで頭や鼻の油を塗って置くと、浮く安全度を高める事も知られて居た。この知識の連想から鼻の油位で鉄が水に浮くのであるから、特種な仙薬を足の腹に塗って置けば人間も水の上を歩く事が出来ると云ふ仙術を考えた。

この針を水に浮かせる事は女子供の七夕の日に行ふ遊戯的な占とも成つて居た。器巧と云うのがそれで、針を水に落して浮沈の状態で占う遊びであるが水盤八針法と云う大人の占の方もあつて、水に浮した針に磁石を近付け廻転させたりした。つまり針が水に浮くと云う知識と、磁石が鉄を吸吸付けると云う知識が合体して磁針盤が成立した。つまり幾度も幾度も針を磁石で吸付け居る内に、針某物が磁化したのである。宋代の沈括と云う人の夢溪筆談には針を磁石で磨擦して磁針を作る方法が載つてゐる。当時の羅針盤は水磁針で、水を盛った丸い天池に針を浮べて方向を指した。針その物も裸では沈むかも知れないで、針を芥子等に通して浮べた。この夢溪筆談には又、磁針がホントウの南北を指すのではなく、少し偏して居る事も記されてゐる。つまり磁針の偏角も発見されて居たのである。

(朱或)

又羅針盤が航海に便利した事も、宋時代の萍洲可談との宣和奉使高麗図経(徐兢)に載っている。

これ等の知識が西洋に知られるのは1世紀も後の事で、中国と貿易して居た回回教徒に依って本国に傳わり、それが西洋に傳わったのである。磁針の偏角の存在は中国人は11世紀には知って居たが、ヨーロッパでその事実を知ったのは15世紀に成ってからである。唯だ中国人は偏角の知識を占いの中に織込んだだけだったが、羅針(楊公),天文, 正針(丘公・磁極) 中針(頼公) 欧州では各地の偏角を測定して航海に実用した。(1014)

火薬も中国人の発明であって、宋代の曾公亮の武經總要に載っている本炭, 硝石, 硫黄を混合した黒色火薬で、~~硝石~~がある。それを鉄製の容器に入れて、これを投石機で敵陣中に投げ込んだので、烈しい音を立てて炸裂するので鉄砲と呼ばれた。中国在来の投石機は  であるが、元代には  式の投石機輸入されたが、これを回砲と言う。蒙古軍が日本に攻め込んだ所謂元寇は、この火薬を使った日本軍を撃たせた。

中国で火薬を実戦に使われたのは1126年の冬、金の軍隊が宋の都府封城を攻めた時に宋軍が防禦に使ったのが初めてであって、現在の様に火薬を發射薬としては用いて居なかった。

硝石の事がアラビアの文献に見られるのは1250年に Ibn Al-baythar の医学字典に載って居るのが初めてで、彼は硝石を「中国の雪」と呼んでいる。彼はスペイン生れの薬劑師で、30年以上も近東地方に住みタマスクスで死んだ人であるが、火薬も又、回教徒の手を通して13世紀に欧州に伝わった。Roger Bacon の Epistola de Secretis operibus artis et Naturae et nullitate magiae (秘密に被われた技術と自然、それに無價値の魔術の書) 1267 や Albertus Magnus の Mirabilibus mundi (世界奇觀) などのスコラ学者の書に火薬の事が載っているが、戦争に実際に使用されたのは1326年よりも早くはない。欧州各国に於ける火薬火器の最も早い記録はフランスでは1338年、英国では1340年、ドイツでは1346年等であって中国より200年以上も後れてゐる。

次の紙であるが、エジプト時代のパピルスは葦の葉を列べて押しかためた物であつたが、原植物を採り絶して無くなつて了い、

後には西洋では羊の皮をなめした所謂羊皮紙を写字用に使われているが、それは安價ではなく、多量に使用する事も出来なかった。紙の発明も中国に起った。普通紙は後漢の大宦官の蔡倫が纖維屑をかためて西紀105年に初めて作ったと言われるが、現代の考古学的調査に依って、この蔡倫よりも古い時代の紙が中国の西北地方から発掘されている。紙の製作の技術が回教徒に知られる様に成ったのは相当後の唐の時代に回教徒と戦った時に、捕虜に成った中国の製紙取人に依って伝えられたのだらうと云われてゐる。紙は回教圏ではサマルカンドの特産だったが、後にはダマスカス等にも製紙業が起つて長い間ヨーロッパに紙を供給していた。現在でも500枚一メの紙を一連と云うが、それは英語 Ream, 西語 Resma, 意語 Risma, 佛蘭西語の Rame などであるが、皆なアラビア語の Al-Rezma 小包から来ている。製紙業が欧州で発達し始めるのは相当後の事である。

印刷術は紙が無くては成立しない。中国では古くから印刷と言う事が行われた。石碑等の文字の拓本を取る事は南北朝の梁の時代(502-556)には既に発明されて居た。また道教では紙に護符の印章を刷った物を配布していたし、佛教の僧侶は小型の木版刷の佛像を民間に配布して居た。木版刷を印刷の発端とすれば中国での印刷の発明は7世紀の頃だと考えられる。その後、佛教の教典も印刷される様に成るが、現存する経文で最も早いものは868年に刷られた金剛経で、スタイン Stain が敦煌から発見した物で、ロンドンの王立博物館にある。又曆も盛んに発行されたし、紙幣も通行して居た。

活字印刷の記録は前に羅針盤の所で話した沈括の夢溪筆談の中にある。それは畢昇と云う人が活版を發明した記事であるが、彼はネン土に字を刻んで焼いた素焼の活字を作つて印刷した。この活字の活は「自由に取りはずしの出来る」と云う意味である。やがて木の活字も出来る。

中国の印刷術の事が西洋に傳つたのは Marco Polo の旅行記であるが、元朝の紙幣の事を述べて居る。印刷が西の方に傳つたのには紙幣に依ると考へるのが、最も可能性が大きい。中国では紙幣は唐末五代の時代には四川省で印刷され「交子」と言つて通用して

Magna Grikia

いた。現存世界最古の紙幣は金時代の貞祐年間(1213-1217)の物がある。勿論 Marco Polo 以前にも回教徒を通して西の方に伝えられたと言えない事もない。紙と印刷は同じ頃に西傳したに違いない。

以上の如く西洋の近世の成立には中国人の蔡明が大きな要因と成ったのであるが、勿論この近世への転換にはヨーロッパ人が、その偉大な祖先と仰ぐギリシア科学の復活が、より重要な役割をはたした。ヨーロッパの文明、科学は東西の古代文明の遺産の上に、新しい近世科学への道をたどって行った。

西洋の根原は希臘であるが

アリヤ

現在のギリシアの地はインド・ヨーロッパ語族の民が南下して来のは西暦前2000年の頃だと言われているが、ギリシア人が世界史の上に出現するのは前700年の頃からである。ギリシアの地は荒はれた山岳地帯が大部分で、平野は少なく、雨量にも恵まれぬ土地柄で、穀物の生産には適せず、農作物はオリーブ油と葡萄酒位が出来るに過ぎない。しかし、豊かな海岸線には恵まれて居て、先駆けをせし居たフェニキア人に學んで、早くから海上貿易に従事するギリシア人が多く7世紀の頃には小アジアから黒海沿岸、さらに西の方ではイタリア半島の南岸一帯に多くの植民都市を作つて居た。ギリシア人は古代の東洋やオリエントの様な統一国家を作つた事は一度もなく、小地域に分立したポリス国家、都市国家群を作つてゐた。その政治形態も民主的な色彩が強かつたが、中から所謂僭主 Tyrant が現れて僭主政治になるかと思ふと、市民のグーデターに會つて民主形態に成ると言う様な事を繰返した。ギリシア人の論理好き、議論好きは、此様な事から来て居ると言われている。この都市国家群のギリシア人に依つてヨーロッパ科学の源泉が出来たのであるが、この偉大なギリシア人の科学も、最初から總べてがギリシア人の手に成つたのでは無かつた。

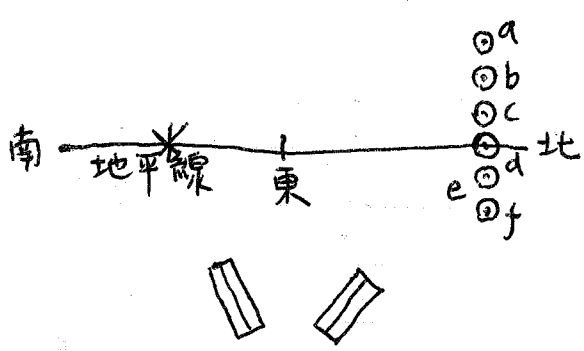
その源泉にはエジプトとメソポタミア文明があつた。

古代の国家では都市の中心に神殿があつて、神に仕える神職達が国家の管理で、国王が支配者であり、最高聖職者だつた。神職達が農業の水や種子の分配し、種まきや取入れの時期を指示、人間の生活の智慧の保存者だつた。

エジプトは太陽暦の発生地である。それは其地が太陽とナイル河

に支配される土^地柄から来ている。ナイル河の氾濫は有名である。増水直前のナイルの水は最低水位で、乾燥し切った土地が広がり、照り付ける太陽は、それを^{カラカラな}砂^塵に^カ変える。運河と云う運河は三、四ヶ月も前から涸れ切っている。人々は専らナイルの増水を待ち望むのは毎年の苦しみであつた。この増水の始まる事を予告して呉れる物は無いものかと苦心している内にソフ・ドウ（ギリシヤ化してソティス Sothis）の Heliacal Rising（伴日出現）を祭見する。ソティスは「水の上の星」の意味であるが、トート（犬）の異名でも^もあつて、大犬座のα星シリウスの事である。なぜ、この星が犬であるかと言うと、農家の忠実な犬の様に~~地~~朝、地平線上に現れて、水難を知らせ、沿岸の人々を~~地~~避難させた為だと解釈されている。

それで古代の都テーベのハトシェプスの神殿や、テンテラーのイシスの神殿など幾つかの神殿は、このシリウスの出現方向を向いて建て居る。



この Heliacal Rising は今の暦で言えば6月23日頃、夏至の頃に起つたが、その頃からナイルの水は毎日増水し、人々は豫め用意して居る台地に避難する。9月末に満水に成るが、ナイルの谷は満々たる湖と成り、住民の居ない村々^の椰子の林の梢^の近くまで水に浸つて村は浮島に^な変つて了う。

氾濫季が過ぎるとナイルの水は日に日に低下し、エジプトの異名でもある黒い国土を現われ、見渡す限り濃い紫色をして沃土に蔽はれる。

エジプトでも天文観測は古代国家に共通である様に、それは神取者達の仕事であつた。彼等はシリウスの伴日出現から翌年の伴日出現まで、又次の年の伴日出現までを測つて居る内に、それが365日で有る事を知り、それを一年とした。そして、この365日を30日づつの月12と餘日（エパコーメン）の5日を年末に付加し、また氾濫季、蒔種季、收穫季の4ヶ月づつの三季に分けて、何季の第何月と呼ぶ事も多い。

古い古いエジプトでは一年を360日として居た時代も有つたらしいが、シリウスの伴日出現の観測に依つて一年が365日に成つた時、余日5日を加える事になつたが、其時に怖らく神取者達が作つたと思

氾

ソシゲネス

われる起原神話がある。

太初神ヌーから、天の女神ヌートと地の男神ゲフが産れたが、ヌートが兄弟の地神ゲフと通したので、太陽神ラーが大衆怒って、ヌートに罰として、一年(360日)に属さない日に子供を産む事を命ずる。勿論左様な日は存在しなかった。するとヌートを愛して居たトートの神が月と賽ころのカケをして勝ち、月の光の70分の1を得て、ヌートの爲に年にも属せず、月にも属さない五日の余日を作ってやったので、ヌートは其日々にオシリス、セツ、イシス、ホルス、マートの五神を産んだと言うのである。

しかレ一年は実際は $365\frac{1}{4}$ 日程であるから、一年を365日として行くと4年間に1日づつ後れて行くから、最初の年に一月(トートの月)一日に起ったシリウスの伴日出現が、4年目には一月二日、8年目には一月三日、124年目には30日、つまり一ヶ月も狂って来、年首は夏だつた物が、春と成り、冬と成り、秋と成つたして、1480年たつと一年も狂つて了う。

こんな事では暦でナイルの氾濫を予知する事は出来ない。この暦の狂いがジリジリと起つてナイル河の氾濫期が暦の上でズレて行く事を知つたのは天文を司る神取者ばかりだつた。彼等は神殿の内陣に射し込む日出の光を毎日観測して、最も北よりから太陽の出る日、つまり夏至の日の向隣から一年は $365\frac{1}{4}$ 日である事を知つて居り、年毎のナイルの増水期や其他の年中行事を機に応じて国民の布告した。つまりエジプトでは1年を365日とする民間暦と $365\frac{1}{4}$ 日とする官暦が併存して居た訳である。

この民間暦はエジプトの代々の国王ファラオが厳守する事を即位の時に誓つた傳えられる程で、怖らく4000年近くも神官の権力に依つて、なかなか改正されなかつた。やつと西紀前239年にプロトマイオス三世の世に成つて4年毎に閏一日を加える法令が出された。

羅馬のユリウス・ケザーが西紀前46年にユリウス暦を作つたのは彼がエジプト征服の時に、この暦を知り、それをローマに輸入したのである。

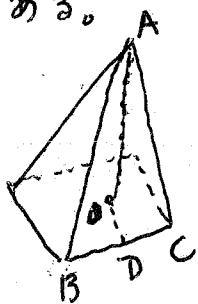
エジプトでは日々の生活に必要な実用算術も、かなり発達して居た。エジプト数学の特徴は独々の分数計算である。彼等は $\frac{2}{3}$ 以外には總べて分子が1の単位分数だつた。つまり整数の逆数しか用いな

かった。それでエジプトの数学書には分数計算に必要な分数表が多く付録されてゐる。

例えば2を奇数で割った表 ($\frac{2}{3} = \frac{1}{3} \frac{1}{6}$, $\frac{2}{23} = \frac{1}{12} \frac{1}{276}$, $\frac{2}{89} = \frac{1}{60} \frac{1}{69} \frac{1}{890}$) や基数(1, 2, 3, 4...9)を10で割った表 ($\frac{3}{10} = \frac{1}{5} \frac{1}{10}$, $\frac{9}{10} = \frac{2}{3} \frac{1}{5} \frac{1}{30}$) など、これ等の表を使つて実際の分数計算を行つたのである。

幾何学 Geometria の語原はエジプトに發すると云われる。ナイル河氾濫減水後の土地の成利、土地を測る事が起つたと云われる。

しかし幾何学は眞に貧弱で実用的なものに限られてゐる。体積では円柱型や角柱形の穀物倉の大きさと、其れに入れた穀物の量との関係であり、面積は円型、三角形型、梯形型などの農地の寸法と面積の関係である。其外にピラミットの斜面の勾配 (Cot 余切) の計算がある。



$$\frac{OD}{AD} = \text{勾配}$$

ピタゴラスの原理はピタゴラスがエジプトの神官から傳へられたと云われるが、エジプト数学の中からは、まだ發見されてゐない。

其他、現在に残る壮大なピラミットや、諸王の墓から發掘した色々な埋葬品は、エジプトの色々な技術に如何に秀れ居たかを物語つてゐる。

バビロン

古い時代からバビロンの僧侶達は熱心な天体観測^(者)であつた。それには二つの目的があつたと言われている。それは、第一に自分の民族の歴史の年代の古い事を誇る爲で、~~その~~ 47萬年も前から天体観測を行つて居た様な事も言つて居~~て~~ ~~その~~ 其の層の研究に熱中した。その第二は占星術の爲である。古代の占星術は人民個人~~の~~ の爲の占星術ではなく、國家の運命、國王の運命を占うものであつた。このバビロンでも中国、印度、メキシコに栄えたマヤ帝国でも左様であつた。現代の様な個人の爲の占星術は個人の確立したキリシヤ時代に成つてからである。

バビロンでは天体観測は所謂楔形文字で粘土板に刻まれて

保存された。この種の粘土版は近年に成って大量に発見された。天文学の資料で重要な物は、アッシリアの都ニネヴェ(Nineveh)から出たが、それはアッシリア王国の出現(前2900)以前から新バビロニア王国出現(前612)に渡る長い期間中の太陽、月、惑星の運行や恒星の伴日出現、伴日没入(Heliacal Rising, Heliacal Setting)などの観測記録である。バビロンの天文学が整備され、観測の数が著しく増大したのは前7世紀の頃で、以前の観測史料を加えて整理され、色々な天体现象の周期性を発見、それは基礎にして将来の現象が予告されたり、過去に溯上って自分の歴史を架空(空想的)に延長した。

例えば、日食や月食の観測も古くから行われて居て、アレキサンダー大王の東征に従軍したアリストテレスの甥のカリステネス(Callistenes)はその頃から1903年も以前の、つまり西紀前2540年の食の記録の有ることを報告して居り、天動説を完成したプトレマイオスの著書アルmagest(Ptolemeios' Almagest)には西紀前721年のバビロンの月食観測を用いて、自分の天文表計算の資料にして居る。

バビロン人は前6世紀頃に、後にギリシア人がサロス、Salos 周期言つて居る物を発見して居る。それは

$$223 \text{ 朔望月} = 6585 \frac{1}{2} \text{ 日} = 1 \text{ サロス周期} = 18 \text{ 年 } 10-11 \text{ 日}$$

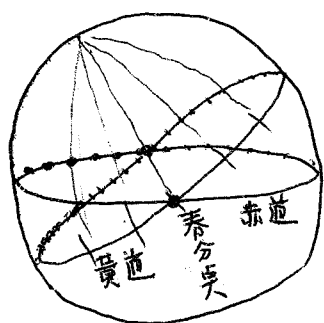
で、これは日月食の起り方の大体同じ状態が繰返される周期である。これに依つて例えば今日、ニネヴェで日食、或は月食があったとすれば、1サロス周期経た18年後に、このニネヴェ附近で日食、或は月食があると、或程度は予報出来る。つまり、これに依つて日食、月食が粗雑では有るが、予報が可能に成つた筈である。

自然の変化、つまり天然現象は偶然や其自身の意志等で重く物ではなく、神の定めた意志で重く物であると、彼等は考へた。太陽も星も月も、雲、地震、雷も神の意志の現れで有るとされた。特に天文、天体の運行が最も重要視された。

そして、太陽、月、水星、金星、火星、木星、土星を神の意志を伝える告知者と呼ばれ、特に太陽、月、金星の現象が重要視された。これ等の天体の運動を数量的に記録する爲に黄道帯、獣帯(Signs of the Zodiac)が作られ、この獣帯を36に等分して「助言する神々」が置かれ、36区分毎に、神々の12の首長を置いた。この12の首長が

獣帯(黄道)の十二宮である。つまり太陽, 月, 金星等の告知者の示す神の意志を, 分り安い様に助言して呉れるのが獣帯の役割であつた。

天球



黄道

0°—30°	白羊宮	Aries
30—60	金牛宮	Taurus
60—90	双子宮	Gemini
90—120	天蟹宮	Cancer
120—150	獅子宮	Virgo / Leo
150—180	處女宮	Libra
180—210	天秤宮	Scorpio
210—240	天蠍宮	Sagittarius
240—270	射手宮	Capricorn
270—300	山羊宮	Aquarius
300—330	水瓶宮	
330—360	双魚宮	Pisces

周天, つまり四直角を 360° とし, $1^\circ = 60'$, $1' = 60''$, $1'' = 60''' \dots$ とする60進法もバビロンの発明であつた。この60進法は角度や時間だけでなく, 一般の数^にも使われて居た。1から60迄の自乗表や, 1から32迄の三乗表が発見されて居るが, それには

$$1^2 = 1, 2^2 = 4 \dots 6^2 = 36, 7^2 = 49, 8^2 = 1; 4, 9^2 = 1, 21 \dots$$

(64) (81)

$$1^3 = 1, 2^3 = 8 \dots 4^3 = 1; 4 \dots$$

(64)

の如くであり, また分数で60を分母とするものが多かつた。曆は太陽太陰曆を使つてゐて, 19年間に7回の閏月を入れて, 曆が季節が外れる事を防ぐ, 後にギリシア人がメトンMeton法と呼んで居るものも發明してゐた。~~このメトン法は中国の四分曆~~

四分曆

マヤ

西洋科学には直接肉原はなれが, マヤの事を一寸挟んで置く。

マヤは恐らく西紀前2000年頃メキシコに定着して, 1-2世紀頃から15世紀の中頃まで栄えて居たが, スペイン人の無残な侵略に依つて抹殺されて了つた。その歴史を伝える文献も, その多神教徒を非常

に憎んだ西洋人が根こそぎ焼いて了った。からくも残ったのは、ドレスデン、マドリッド、パリの図書館が所蔵する少々の写本とスペイン宣教師の書いた「ユカタン見聞記」位の物である。

その遺跡は南グアテマラからユカタン半島にかけて、壮大な寺院、宮殿ピラミットが残っている。長らくジャングルに埋れていた物が19世紀半ば頃から発見され、それ以来アメリカの学術財団に依って復原された。

マヤの天文や暦もエジプトやバビロンと同じ様に僧侶が専門家だった。農民達は彼等によって雨の季節、ハリケンの季節、満月が何時か、等を教えられ、常食で有るトウモロコシの種まきや、刈入れの時期を誤らない様にした。

同時に彼等は迷信深く、天文学も暦も星占の僕べだった。太陽、月、惑星は日々の生活を支配する神々で、毎日、毎月には神々の名前が付いていた。この迷信深さからマヤの天文学、暦学が発達した。特に暦は特に大事され、寺院や宮殿、ピラミット等には所嫌わず、神々の顔である暦の文字が、つまり年月日が浮彫りにされた。その他にマヤ特有な暦碑が所々に有る。それは石の柱で、正面に神の立像、側面や裏面にマヤ紀元から、その碑を建て日迄の日付けが象形文字で刻まれたものである。

マヤ人の抱いて居た観念では、時間(Time)の性質は循環的なもので、同じ月日は同じ影響力を人間に及ぼすものと彼は考えていた。

マヤには三種類の暦がある。 (20進法)

① ハーフ(haav)暦で、これは一種の太陽暦である。一ヶ月は20日で、一年はその18ヶ月(20×18=360)、それに極めて、不吉な日とされる5日を加えた365日が、この暦の一年である。

② ツオルキン(tzolkin)暦で、ハーフを常用暦とすれば、これは神聖暦である。1ヶ月20日の13ヶ月、260日で一周する。誕生日の日付けには、この神聖暦で言っていた。

このハーフ暦とツオルキン暦の月日が組合わされる。ハーフ暦の365×52年=18980日とツオルキン暦の260×73年=18980日は一致するから、例えはハーフ暦のA月A日とツオルキン暦のB月B日の組合せは18980日毎に巡ってくる。つまり、この日の人間に対する影響と同じとされた。それは中国の十干と十二支を組合せて干支が60日或は60年に一度廻り、干支の影響を人間に及ぼすと云うのと同じである。

また彼等は建国記念日と云う物を作つて、其を信じ"ていた。その日から曆碑建立の日迄の総日数を記すものがある。それは西紀前3113年に当るが、勿論それは神武天皇即位記念の同様に架空な幻想であらう。

辛酉革命 儀鳳(麟徳)

彼等は又〇零^{シテユウ}を用いてみた。正月元日のpop, =日 / pop
と云う様に数えた。数の単位には

$$1日 = \text{kin}(\text{太陽}) \quad 20日 = \text{Uinal} \quad 360日 = \text{tun}$$

$$\begin{aligned} \text{で、} \quad 7200日 &= \text{Uinal} \times \text{tan} = 20 \times 360日 = \text{katum} = 7200日 \\ 144000日 &= \text{Uinal} \times \text{katum} = 7200 \times 20 = \text{baktun} \end{aligned}$$

金星曆

~~科学の発展~~

~~ロンドン王立協会成立の思想的、社会的背景と
其後の変貌~~

~~近世の科学と帰納法について~~

~~アルマゲスト~~

~~オレムの解説の最も興味深い部分の一つは、落下物~~

地心までの落下

~~オレムの天球論~~ — Gomez 天球論雑俎 —

~~地心までの落下~~
~~オレムの天球論研究~~

解説

One of the most interesting parts of Oresme's exposition concerning falling bodies is that where he suggests that if we pierced the earth so that a body could fall to its center, the body would acquire an impetuosité which would carry it beyond the center of the earth; and so, rather than coming to rest immediately at the center of the earth, it would oscillate about the center of earth at gradually decreasing distances until it finally came to rest (See Doc. 9.3).¹⁹

This was a view also expressed by Oresme's contemporary, Albert of Saxony (See Doc. 9.2).

(19) Questiones de spera 地心までの落下

The Science of Mechanics in the Middle ages

Marshall Clagett (1959
Wisconsin-London) p. 553

科学史後期試験テーマ

『ロンドン王立協会を中心とした
17世紀の英国科学史』

出 席 表

	月	日	曜日	時限	試験 場	黑板にむかって 左側から	科目
科目名				担当者		担当者	

必ず同じ列のうしろの人に渡して下さい

No.	学部	回生	学生番号	氏 名	No.	学部	回生	学生番号	氏 名
1					16				
2					17				
3					18				
4					19				
5					20				
6					21				
7					22				
8					23				
9					24				
10					25				
11					26				
12					27				
13					28				
14					29				
15					30				

小計	総計
----	----

ロンドン王立協会の創立の思想
と社会とその後の協会の変貌

副題 フックからニュトンへ

