

## ギリシヤに於ける物理的科學の發生

桑木彥雄

カツシイラーは其著「実体概念と函数概念」の中で、「近來の研究はギリシヤ人が科學的に實驗を利用しなかつたという偏見を去らしめた」と云つてゐる。實際、今日科學上に用ゐる「元素」とか「原子」とかいう重要な概念の多くがギリシヤに基いてゐるがギリシヤ人にはこれらに神話若くは哲學的詩以上の意味は与えてゐなかつたと従來推定されてゐた。マツハの力學史などでもアルキメデス以前に遡らないのは、夫より以前の記述はポシティブ・サイエンスでないとしてゐるからである。然しながらギリシヤの文獻に関する歴史的言語學的研究が進むと共に、ギリシヤ人がいかに科學的精神を以て問題を取扱つてゐたかを愈々詳細に知るに至つた。それらの文獻の現代語訳も近來益々其数を加え、又それらの文獻を基とした科學思想の淵源に関する特殊の研究も其数少くない。ここにはソクラテス前のギリシヤの哲學者と呼ばれてゐる人々によりていかに現代の物理的科學の基礎が拓かれたかに就て述べる。人名等の記し方は普通慣用のに従つたが長音の多くを略した。

考古學的言語學的研究も學術の發生をイオニヤのタレース以前には遡らせないようである。タレース時代にはまだ學者という階級若くは境涯もなく、賢人、發明家、技術家としてタレースは知られてゐたが、その

「万物の根源は水である」と云つたという事により、學術の祖と称せられている。近時の研究者もタレースあたりのは神話的とし又東洋思想の影響があるとし、アナクサゴラスに至つて初めて眞のギリシャ精神が現れたというもあり、又タレースの初めから東洋思想の實際的なとは無関係であるとする説もある。「万物の根源」と云う、「根源」の字をここに用い得べきか、「水」という意義のいかん等の考説は茲に省いて、「根源」をアリストテレスのいう「物質的原因」と解し、原始物質「*iston*」という考がタレースによりて発見されたことを見ることを得るであろう。此考が十九世紀に入つて、プラウトの水素となり、現在に於て電気となつてゐる。又タレースが磁石の作用に基いて、ヒロゾイズムの考を得たという。中世に於てオツカルト・フォースとなり、ニュートンに引力となり、ライプニッツに活力となつて近代科学に受継がれた。タレースに続いた、同じく技術者であつたアナクシマンドロスの「無限」は「水」に比し非經驗的であるが、やはり物質的であり、無限と云い、変化を量的に見たことに彼れの発見があるであろう。アナクシメネスの「空気」は「水」の如く流動し（又滋育し）、不可視にして「無限」の量あることに前人の説を綜合した。アナクシマンドロスが變化の生因として物活論の他に冷熱乾濕の相反（対偶）性を発見したのに対し、アナクシメネスは既に空氣の疎密ということを注意し、冷熱を之に配した。「氣」という漢字は三本の平行線を以て蒸発の形象に用いたのに出でたと云い、アナクシメネスの空氣一元説は、宋儒の理氣説から出た伊藤仁齋（語孟字義）の一元氣論に、蓋をした匣中に「氣」の盈つるを云い、陰陽の対立に依りて現象を説明しようとするに相似があると云えよう（三浦梅園の一元氣の説の中にも水入れの器に二孔あるは器中に氣充てるためとある。なお「氣」には精神的エネルギーのような義もあり、物活論的の力の意もある）。「理」はクセノファネスに至つて問題と

なり、「根源」として不変のプリンシプルを求め、実有の考に至り、現象界に「地」が「根源」となった。

ヘラクレイトスに於ては、「根源」は運動それ夫自らであり、不断に燃ゆる「火」が現象の「根源」を表わすとす。ヘラクレイトスが流転の相ばかりを現実とするは、近世物理学がエーテルの中の渦環も若くは歪の形姿其者に物質を認めようとする説にも似、或はなお最近にエーテルもない場の相（所謂 Hier-so Relation）を考ふるのに一層似ているとも云えよう。ヘラクレイトスに正反対でクセノファネスに系統を引いているエレア派の所説、実体の概念、性質の不変、運動の不可能、真空の否定等を前者の流転説に調和せしめたエンペドクレスには近世科学は「元素」の概念の創始を負うている。ミレトス派の唯一原始物質に代うるに四種の元素を以てし、それぞれにエレア派のいう性質不変、不生不滅の條件を保たしめ、各元素の混和によりて諸物を造るとした。混和せしめようと各元素の運動不可能なるに依つて之を運動せしめる力の考を創始した。但し其表出は神話的に、愛によりて合し争によりて離れ、離合の間にヘラクレイトスの流転があり、離合の両極にエレアの不変があった。四個の元素の中の二個、水と空気とはタレースとアナクシメネスとの原質であり、ヘラクレイトスの「火」は物質的よりも過程であったが、エンペドクレスは「火」を四元素中の最上位に置き第四位にクセノファネス並にエレア派の物理学にいう「地」を置いた。アナクサゴラスはエンペドクレスの説を継いで、ただ元素の数を無制限とした。機械的に分析して骨、肉、金属など皆元素の列に入っている。之等の元素の中に所謂ヌースいわゆるがあり、目的論の魁さきがけをなした。又エーテルなる文字はエンペドクレスには空気（エール）と同様に使われたということ、却てアリストテレスの解釈に反して Burnet 等の主張する所であるが、アナクサゴラスに至つてエーテルを空気と別に火と同意義に使つたという。アリストテレスは

エンペドクレスのいう四元素の外にエーテルを第五元素とし、天体は之によりて成るとした。印度で地水火風を四元行とすることウパニシャッド以来諸派に共通し、此外に「空」という実体を考え、之を声の主体としたというは物理的には「空」は「風」と同一物であるが、第五の実体というところでエーテルに相当する。天球運行の音楽ということはピュタゴラスの宇宙論にもある。とにかくアナクサゴラスが元素として導いたエーテルが近世のエーテル対物質の二元論を導いた根元であり、又彼がヌースという稀薄物質で夫自身活らはたきあるものを導いたのが、後に光素たる微粒子、熱素たるカロリック、電気磁気の流動体を導入せしめた所以ゆえんとも云い得るであろう。アナクサゴラスは又アナクシマンドロスが導いた「無限」の概念を分析し、分割の無限という事から「連続」という考を初めて精細にし、あたか恰も当時流行の円積問題に利用する所もあつた。

エンペドクレスの四元素説の発展としては、所謂四元素のみならずあらゆる物体の示す性質をみな本質的のものとするか、或はそれらの一切を本質的でないとするかを考え得べく、前者がアナクサゴラスの、後者がロイキッポスに始まる原子論者の論拠となつたのである。エレア派パルメニデスの言う実有は不生不滅、不変質、不可分の唯一体であつたが、之に生成の原理を与うるために、原子論者はこの唯一体を無限個に分ち、夫々が不生不滅、不変質、しこ而して不可分であるとして、之を「原子」と名づけた。無限個の原子はもと同一体的（考の上で）即ち性質はみな均一で地水火風等の別がない。これに運動の原理を与うるためにエレア派に反して真空の現実を考えた。ピュタゴラス派で「空所」と云つたのは空気の在る所であり、エレア派が真空を否定し、後にアリストテレスが之に従つた。神は真空を憎むという言葉さえある。所謂「トリチェリの真空」は当時原子論者の真空否定の実験証明として意味があつたのである。エンペドクレスやアナクサ

ゴラスは元素の離合を説明するに「力」の働き（愛と争又はヌース）を要したが、原子論に於ては分離には他の力を要せず、又原子の相近づくを以て合一とした。ロイキッポスは運動の創生に何等説明を加えなかったが、デモクリトスが原子に大きさと形との二性質を与え、後にエピクロスが更に之に重量を附加したと云われ、之について種々の考説はあるが、とにかく原子論者は色味香のようなアナクサゴラスが本質的絶対的客観的とする性質を主観的として、これらの属性のない原子の配列を本体とするのであるから本体は単に数量的に定まることとなる。印度勝論派の原子論では原子に四種の別があり、色味香触の感覺的属性を具して粗なるもの<sup>1</sup>和合して「地」の元素をなし、色味触を有して粘性あるもの<sup>2</sup>和合して「水」を成し、色触を有し熱あるもの<sup>3</sup>「火」をなし、触のみを有し<sup>4</sup>圧あるもの<sup>5</sup>「風」の元素を成すという。さながらエンペドクレスと原子論者との綜合の如きものである。アリストテレスがデモクリトスの原子論を<sup>6</sup>卻け、近世にガリレイ、ガッセンデイ、ホイゲンス等が原子論を復活せしめたのにはライプニッツが反対した、それらの理由はみな前述アナクサゴラスの「連続」の説明に拠っている。このガリレイ等が復活した原子論は運動学的原子論で、原子に属性の別がなかったが、後にドルトンが始めた<sup>7</sup>所謂<sup>8</sup>化学的原子論は印度の原子論を更に発展せしめたようなもので、化学的<sup>9</sup>元素だけの種別のある属性ある原子を考えたのである。クラウジウス、マクスエルの気体論は弾性的反撥だけを運動の原理としたギリシャ直系の原子論であり、ボルツマンは之に運動の自由度という属性を与え、ファン・デル・ワールズ式を説明するためローレンツは之に引力という運動の原理を附加した。今日に於ては電子の集団を考うる<sup>10</sup>ときのみ各個に属性の別のないことを得る。

ロイキッポス、デモクリトスの原子論は色味香のような性質を主観的としたが、本体たる原子にはなお印

度の原子論の「風」の原子のように「触」という一属性が残っている。原子は固体であり、不可入性があるというは触覚に基いた属性である。之も一的感覺であるから、之だけを主觀の取除けとする理由がない。即ち物体からこの所謂物体性を抽象するとすれば残るは唯だ単なる空間的幾何学的形象、即ち数学的の点、線、面などばかりである。ピユタゴラスはこの幾何学的形象のみを实体としたので、原子論者は幾何学を物理学とし、ピユタゴラスは物理学を幾何学としたとも云われるのである。引力のはたらきを空間の性状の中に摂取したアインシュタインの仕事にも後者のような評語がある。原子論者が不可分割の原子を考えたのに反して、ピユタゴラスは分析を数学的の点にまで及ぼし「単子」の概念に到達した。ボスコヴィッチに於て「力の中心」である。原子論者が初めて現象を数量的に表わすという考に至ったが、ピユタゴラスはもっと徹底的に「万物は数である」というに及んだ。今日重要な意義のある数学及物理学の姉妹科学の結合はこのときに始まったのである。音の調和に於て数的關係の在ることを見出し、自然の現象の数量的關係に一定の法則あり、意義あることがピユタゴラスに依つて発見されたのである。

ソフィストの一人プロタゴラスが説いた人間認識の相対性は、新旧の相対性原理も畢竟するに是に出発したといふべきであるが、又世界像のプルラリティーを明かにし、エレア派とヘラクレイトスとの調和となり、プラトンに於て感覺の世界の外に觀念の世界を樹立せしめ、この後者に原子論の世界、力学の世界、理論物理学の世界の存在の理由を見出さしめたのである。

かようにソクラテス前の時代に於て、原始物質という統一觀、其転化生成の原因たる力や、恒常不變なるものの追求、元素や原子の発見など、自然に対するギリシヤ人の特有の眞実さ（エジプト、バビロンに於けると

ギリシヤに於けるとの彫刻の差などにも見るといふ)を以て展開され、恰も現代物理学の基礎を造り上げていたことを知る。それがギリシヤ時代に於てはプラトンを経てアリストテレスに至り大成したのであるが、アリストテレスの物理学は数量的よりも定性的、説明的よりは記述的、又機械論的よりも目的論的であったので、オックスフォードのロックス教授もアリストテレスは物理学よりは博物学に於て成功したと述べている。ルネサンス以後説明的物理学が復活し、其方が効果が多かったのである。プラトンのティメウスに基いた、プラトンの物理学の研究は E. O. v. Lippmann, *Abhandlungen und Vorträge zur Geschichte der Naturwissenschaften*, Bd. 2, 1913. に在る。

タレースが大地は大洋に浮んでいるとした以後の宇宙論の発達についてモニユメンタルな著述に P. Duhem, *Le Systeme du Monde; Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic* 五卷(遺稿を整理しなお続刊するといふ)がある。アナクシメネスの宇宙論は、星は天の穹窿に固定して之と共に旋ぐり、地の北方に高き所あり、其後方に隠るとき、夜となるとする。支那で伏羲氏に出で周公殷に受け、周人は周髀と称する蓋天の説というもの、「天は蓋笠に似たり、地は覆槃に法とる、天地各中高く外下る、北極の下、天地の中たり、其地最も高うして、滂沱として四に墮る、三光陰映して以て昼夜をなす云々」(周髀算経、晉書天文志等)というに相似ている。クセノファネスは地は下方に無限に広がり、不動であるとする。漢の虞喜の安天の論は、「天高けれども窮りなきに窮む、地深けれども測れざるに測る、天確乎として、上に在り、常安の形あり、地魄焉として下に在り、静なるに居るの体あり云々。」安天の説の依る宣夜の説といふは、「天つひに質なし、仰て之を見れば高遠極りなし、眼くらみ精絶ゆ、故に蒼々然たり、之を、遠道の黄山を望て皆青く、俯して千

刃の深谷を察し窈黒なるに譬ふ。青も真色に非ずして黒も体あるに非ざるなり。日月衆星自然に虚空の中に浮出す、其の行、其の止、皆氣を須つ云々。」葛洪聞いて之を譏て曰く、苟も辰宿、天に麗（つか）ずんば天無用たり、便ち無と言ふべし、何ぞ必しも復た之あつて動かずと云わんやと。虞聳、穹天論を立て云う。「天の形、穹窿として鷄子幕の如し、其の際、四海の表に周接して元氣の上に浮ぶ。譬へば奩を覆へして以て水を抑るが如し、而かも没せざるは氣其の中に充る故なり、日、辰極を繞て西に没して東に還る、地中に入らず、天の極ある、なほ蓋の斗あるが如し、天、北の方、地より下ること三十度、極の傾く地の卯酉の北に在ることまた三十度、人、卯酉の南十餘万里に在り、故に斗極の下、地の中たらず、まさに天地卯酉の位に對すべきのみ、日、黄道を行いて極を繞る、極、北のかた黄道を去ること百一十五度、南の方黄道を去ること六十七度、二至の舍る所、以て長短をなす。」呉の姚信の所天論に云う。「人は靈蟲たり、形最も天に似たり。今人の頤前多く胸に臨んで項は背を覆ふこと能はず、近く諸身に取る、故に天の体、南低れて地に入り、北は則ち偏に高きことを知る、又冬至は極低れて天運南に近し、故に日、人を去ること遠くして、斗、人を去ること近し、北天の氣至る故に氷寒なり、夏至は極起て天運北に近し、斗、人を去ること遠く日人を去ること近し、南天の氣至る、故に蒸熱す、極の立つとき日、地中を行くこと浅し、故に夜短し、天、地を去ること高し、故に昼長し、極の低るとき日、地中を行くこと深く、故に夜長し、天、地下を去ること浅し、故に昼短し云々。」是等の説は奇を好み異を徇むるの説にして數を極みて天を談ずるの説に非ずとし、渾天の説所謂璇機玉衡の説があり、漢の王仲任の駁論、桓君山の再駁、前者は日が地中を通るといふを駁し地下水ありとし、蓋天説を主張し、後者は日の出沒のとき更に大なるは唯だ遠きに行くが故に非ずと再駁せる、ともか

く支那のこの時代にギリシャの初期時代に蓬髪たる宇宙論があつた（計数的には支那の方が精密であつたようである）。ピュタゴラスよりパルメニデスを経てプラトンの頃には大地の球状をなすこと一般に承認されていた。渾天説の「天は鷄子の如し、地は鷄中黄の如し、地、天の内に居る、天大にして地小なり」というに当る。日月諸星の何者なるかに就ては、日は陽にして火の精、月は陰にして水の精と支那では云つていたが、クセノファネスは諸星を火の雲とし、エンペドクレスは天の形は鷄子の様とする（これはオルフォイス的思想の名残りと言われる）。所謂四元素が争に依りて別れたとき、空氣が世界を囲む最外側に在る、外側は氷結して水晶宮をなす。氷らせる力は火に在るとする。愛によりて運動を生じ、火がこの外側の空氣をつき破り、その空氣は少量の火を伴うて下降し斯くして世界を包む天球の、上半は全部火で、下半は空氣に少量の火を混じ、上半球は昼を、下半球は夜を支配する、天球が旋轉して昼夜の交替があるとする。蓋天説に、日朝に陽中に出で、暮に陰中に入る、陰氣暗冥なる故に没して見え、陽氣光明にして日と輝を同うすと云つてある。ギリシヤはアリストテレスに至つて、月、日、金、火、土、木、恒星の八重の天の説が造られたが、支那は明末に利瑪竇の伝えたのが即ちこのアリストテレスの説で、天経或問等がテキストとなり日本にも渡來した。八個の天の外に宗動天、常静天など之に相当する名はアリストテレスの中にプリムム・モビレ等として見出される。

上述、二千数百年前に於ける物質論及び宇宙論の概観を示したが、物質論と宇宙論とは恰も現今の物理学に於ても中心問題として量子論と相對論とによりてそれぞれ劃期的な變化をなしつつある。古き歴史の回顧も所謂 Errors の歴史であつても Follies の歴史でないという意味に於て興味がないともしないであらう。

以上の記述に関し不完全ではあるが若干の書目を挙げれば、科学史としては有名な Whewell のより前のこと Adam Smith の未定稿 History of astronomy, History of ancient physics 等。キリシヤの哲学に関し Bäumker, Burnet, Diels, Gompertz, Windelband, Zeller 等。数学に関し Cantor, Gow, Heath, Zeuthen 等は知られたオーソリティーであるが、又 E. Frank, Plato und Pythagoreer, 1923; A. E. Haas, Der Geist des Hellenentums in der modernen Physik, Antrittsvorlesung, Leipzig, 1914; O'Neill, Cosmology, the Greeks and the aristotelian schoolmen, 1923; Tannery, Oeuvres scientifiques 及びアリストテレスに関する比較的新しき Jarger (1923), Ross (1923), Stocks (1922), Taylor の著訳等に負う所が多かった。

(大正十五年一月、自然科学)

- 
- 桑木或雄著 『科学史考』（河出書房、昭和一九年）所収。
  - 読みやすさのために、旧漢字は新漢字に、旧かなは新かなに変更し、適宜振り仮名をつけた。ただし、「堯」、「儘」などの一部の漢字は旧漢字のままにした。
  - PDF化にはL<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X<sub>2 $\epsilon$</sub> でタイプセッティングを行い、dvipdfmxを使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、

「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。