

近代科学への発展

別名：近代物理学と分子生物学と神経発生生物学

DESCARTES, RENE (1596-1650)	8
自然諸科学の発達	8
デカルトと機械論	9
RENE DESCARTESの評価	9
コギト・エルゴ・スム <i>cogito, ergo sum</i> (143-4)	10
デカルトからエンゲルスへ	11
デカルトと近代	11
デカルトと分析の方法	11
分析・総合と下向・上向	12
デカルトの先進性とその限界—神と「宇宙発生論」	13
旧約聖書「創世記」の世界	16
アリストテレスの四元因説	16
ニュートンとプリンキピアの世界	17
内部世界とデカルトの心身問題	18
エンゲルスの「自然弁証法」	19
ベーコン FRANCIS BACON (1561-1626) ——デカルトの 35 歳年輩の同時代人	20
NEWTON力学	20
近代力学の成立	21
デカルトとニュートン光学研究	21
ニュートンの数学研究	21
プリンキピア	22
古典物理学の完成	23
熱力学の成立と発展	23
気体分子運動論・統計力学の成立	24
電磁気学の成立	25
世紀転換期の物理学思想	26
化学の新たな展開	28
有機化学の発展と分子構造理論	28
物理化学の形成	29
元素の周期律の発見	30
科学としての生物学の発展	31
農業の合理化と生物学	31

進化と遺伝	32
微生物学の成立	33
生化学の誕生	33
リービッヒと近代農学	34
EINSTEINとPLANCK.....	35
アインシュタイン EINSTEIN, ALBERT 1879~1955 (2)	36
プランク PLANCK, MAX 1858~1947 (410)	36
●量子論QUANTUM THEORY (507)	36
レーニンと「物理学の危機」	37
弁証法的唯物論のレーニンの段階の自然科学的前提.....	38
自然科学における最新の革命	38
現代自然科学の危機.....	40
自然科学の発展によって提起された哲学の諸問題	42
物理学の危機 : 古典物理学から現代物理学へ——物質・時間・空間概念の発展	43
世紀末の2つの暗雲.....	43
比熱と空洞輻射の問題	43
量子仮説の出現	44
量子力学の建設	45
特殊相対性理論の出現	46
空間・時間の概念と人間の認識の発展	47
世界と事物を「連関、連鎖」においてとらえる	48
哲学の根本問題FUNDAMENTAL QUESTION OF PHILOSOPHY (323-4).....	49
弁証法的唯物論	50
科学一般・認識論(観念論から唯物論へ)	50
(1) 物質と意識との関係についての原則.....	50
(2) 反映(模写)の原則	50
(3) 認識の規準は実践であること	52
(4) 自然の可知性の問題—自然認識の限界の問題	53
(5) 絶対的真理と相対的真理	54
●認識cognition, Erikenntnis (367).....	55
●認識論epistemology, theory of knowledge(368-9)	55
●感性的認識と理性的認識sensuous cognition and rational cognition (75).....	57
●観念論idealism (79).....	58

●唯心論spiritualism (482).....	58
●唯物論materialism (483-4).....	59
●自然科学的観念論naturwissenschaftlicher Idealismus (174).....	61
●自然科学的唯物論naturwissenschaftlicher Materialismus (174).....	61
自然科学史と事項（機械論から弁証法へ）.....	62
(1) 相互連関の原則.....	62
(2) 不断の変化と運動の原則.....	62
(3) 対立物の相互作用と統一の原則.....	62
(4) 否定（止揚）の原則.....	64
(5) 量から質への転化、ならびにその逆の転化の原則.....	65
(6) 本質と現象、形式と内容、一般と個別、の関係.....	67
(7) 必然性と偶然性.....	68
(8) 因果性 (Kausalgesetz).....	70
●弁証法dialectics (433-4).....	72
●自然弁証法dialectics of nature (177-8).....	73
●弁証法のおよび史的唯物論 (dialectical and historical materialism) (434-435).....	74
不可知論者たち（デュ・ボアーレモンとヘルムホルツ）.....	75
生物学と弁証法について.....	79
物質と意識.....	80
物質MATTER (405).....	81
意識CONSCIOUSNESS (12).....	81
感覚と知覚.....	82
古典遺伝学とDNA発見後の近代遺伝学.....	84
GREGOR J. MENDEL (1822-1884).....	84
THOMAS H. MORGAN (1866-1945).....	84
遺伝子事始.....	85
MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS.....	87
分子生物学の発展.....	89
分子生物学史年表（年と出来事）.....	89
生命現象とくに生命の発生と進化の問題.....	95
I. 自然哲学。生物界.....	95
(1) 「生命の発生」－「決定的な飛躍」.....	95
(2) 「目的概念」について.....	96
(3) 進化論について.....	97

(4) ダーウィン説の肯定面.....	98
(5) ダーウィン説の限界.....	99
(6) 「適応」と目的論.....	100
II. 自然哲学、生物界（結び）.....	101
(1) 生命の発生.....	101
(2) 生命とは何か.....	101
地球進化と生物進化.....	102
1. 今こそ生命の起源を.....	102
2. 有機物はどこからきたか.....	103
3. 生命の 35 億年.....	103
4. 生態系としての進化.....	105
5. 生命の基本的特徴としての進化.....	106
6. 物質とエネルギーの代謝.....	106
7. 精神活動.....	107
生物の進化についての考察.....	107
生命の歴史のあらすじ.....	107
生命の誕生.....	107
古い微生物と酸素の蓄積.....	108
真核生物の登場、動物と植物の分化.....	108
多細胞生物へ.....	109
陸への進出.....	109
恐竜の時代.....	109
哺乳類の時代、人類の時代.....	110
脊椎動物の進化.....	110
ウミサソリに感謝.....	110
ヒトが千手観音になった可能性も.....	111
陸地の征服.....	112
パンゲア.....	112
シーラカンス.....	113
大量絶滅の謎.....	113
爬虫類の隆盛.....	114
哺乳類の進化.....	114
最初の哺乳動物.....	114
小惑星の衝突が恐竜を絶滅させた？.....	115
進化と偶然.....	115
めざましい適応放散.....	115
霊長類の進化と人類の出現.....	116

靈長類.....	116
アウストラロピテクス.....	116
ホモ・ハビリス.....	116
ホモ・エレクトゥス.....	117
大氷河時代.....	117
ネアンデルタール人とクロ・マニオン人.....	117
ヒトと類人猿はいつ分かれたのか.....	118
サルからヒトへの進化.....	118
人間の祖先をたずねて.....	118
四足歩行から直立歩行へ.....	119
手足の分業とからだの変化.....	119
脳の発達.....	121
労働における科学.....	123
人類へのあゆみ.....	123
労働の成立と自然認識.....	124
労働過程の構造.....	124
進化論など.....	125
ダーウィン DARWIN, CHARLES 1809~1882 (294-5).....	125
進化EVOLUTION (226).....	126
進化論EVOLUTION THEORY (228).....	127
生命の起源 (259).....	127
ダーウィニズムDARWINISM (294).....	128
ダーウィンとマルクス.....	128
進化学への発展－「種の起源」後の歴史.....	129
分子進化の中立説.....	132
DARWIN AND MENDEL(1859-1865) からWATSON AND CRICK(1953)へ.....進化論と遺伝学.....	133
発生生物学の歴史.....	133
進化・遺伝・発生.....	133
とくに神経発生における弁証法的見解（重要）.....	133
量的変化から質的变化への移行の法則、およびその逆LOW OF TRANSITION FROM QUANTITATIVE CHANGE TO QUALITATIVE CHANGE, VICE VERSA (508-9).....	134
対立物の相互滲透INTERPENETRATION OF OPPOSITES, DURCHDRINGUNG DER GEGENSÄTZE (293).....	135
否定の否定の法則LOW OF NEGATION OF NEGATION (388-9).....	135
生物学以外の科学分野における特記すべき事項.....	136

GLOSSARY	136
HOMME DE SCIENCE NATUREL HISTORIQUE :	136
電子軌道	136
参考	137
意志WILL (11)	137
運動MOTION (26)	137
演繹推理DEDUCTIVE INFERENCE (33)	138
概括GENERALIZATION (44)	138
概念CONCEPT (50)	138
仮象SEMBLANCE (58)	139
仮説HYPOTHESIS (58-59)	139
感覚SENSATION (71)	140
感情FEELING (73-4)	140
機構MECHANISM (85)	141
機能FUNCTION (90)	141
帰納、帰納法INDUCTION, INDUCTIVE METHOD (90-1)	141
客観、客観的OBJECT, OBJECTIVE (93)	143
ギリシア哲学GREEK PHILOSOPHY (97-8)	143
経験EXPERIENCE (110)	144
経験批判論EMPIRIO-CRITICISM (112)	145
経験論EMPIRICISM (112-3)	145
形而上学(的) METAPHYSICS, METAPHYSICAL (116-7)	146
言語LANGUAGE (125)	147
現象論PHENOMENALISM (129)	147
錯覚ILLUSION (160)	148
時間と空間TIME AND SPACE (168)	148
質、質と量QUALITY, QUALITY AND QUANTITY (181)	149
止揚AUFHEBEN (215)	150
性格CHARACTER (248-9)	150
精神SPIRIT (254-5)	150
精神科学GEISTESWISSENSCHAFTEN (255)	151
絶対と相対ABSOLUTE AND RELATIVE (266)	151
全体と部分WHOLE AND PARTS (271)	151
想像IMAGINATION (277)	152
存在BEING, SEIN (284)	152
知覚PERCEPTION (302)	153
抽象・抽象的ABSTRACTION, ABSTRACT (309)	153

徴表NOTE, MARK, MERKMAL (311)	154
直観INTUITION (311)	154
哲学PHILOSOPHY (321-2).....	154
デモクリトスDEMOKRITOS前およそ 460—370 (325).....	155
内在、内在的IMMANENCE, IMMANENT (354-5)	156
二元論DUALISM (357)	156
必然性と偶然性NECESSITY AND CHANCE (387)	156
不可知論AGNOSTICISM (402)	157
物神崇拜FETISHISM (406).....	157
物理学的観念論PHYSICAL IDEALISM (407)	158
ヘーゲルHEGEL, GEORG WILHELM FRIEDRICH 1770～1831 (425-6)	158
変化CHANGE (432).....	159
本質ESSENCE, 希USIA (446-7)	160
矛盾CONTRADICTION (466)	160
命題PROPOSITION (470)	160
目的論TELEOLOGY (475-6)	161
唯我論SOLIPSISM (481-2)	161
有機体ORGANISM (486).....	162
了解VERSTEHEN (506).....	162
歴史HISTORY (519)	162
労働LABOUR, ARBEIT(524)	163
労働力ARBEITSKRAFT (525)	163

近代科学への発展 別名：近代物理学と分子生物学と神経発生生物学

Descartes, Rene (1596-1650)

自然諸科学の発達

実験的方法の普及は天文学や力学ばかりでなく解剖学、生理学、光学、化学や数学などの諸分野が呪術的・神秘的な議論から解放され、自然の諸科学として成立可能性をひらくものであった。また自然の諸分野の認識の深化は、秘教的・神秘的自然観を克服し近代的な合理的な自然観を成立させていくうえで大きな役割を演ずると同時に、それ自身の発達そのものが近代的な自然観にささえられるという、両者が深く相互に関係しあう構造をなしているのである。

コペルニクスの「天球の回転について」が出版されたちょうど同じ年（1543年）、ヴェサリウスの「人体の構造について」という解剖学における画期的な労作が発表された。これはダ・ヴィンチの精神がパドヴァ大学のこのヴェサリウスに受けつがれたものであり、ついでレアルド・コロombo、ヒエロニムス・ファブリキウスらをへて、ウィリアム・ハーヴェイによって近代生理学の基礎にまで高められていく出発点でもあった。

ハーヴェイは1628年「動物の心臓ならびに血液の運動にかんする解剖学的研究」（暉峻義等訳、岩波文庫）を出版し、血液循環の理論を実験的に確立した。これによりこれまでの権威ある学説、ローマ時代のガレノスによる医学は完全に打破されることとなった。心臓は生命源たる精気——プネウマをやりとりする器官ではなくなり、それゆえやりとりのための中隔の壁の小孔も否定された。心臓の拡張期が活動状態とされたものも収縮期にこそ活動状態があることを、かれは豊富な実証でしめした。右心室→肺→左心房という小循環をはじめ、大動脈と大静脈が末端の毛細管でつながっているという大循環をも独創的な方法によって完全に論証した。かくて生命活動の基礎が心臓のポンプ作用としての力学的運動におかれることになった。

一方、光学研究も16世紀の後半においては、眼の構造や生理光学的研究という領域でしだいに、光を観測主体からきりはなし対象化する傾向がすすんでいった。これをもっとも決定的ならしめたのは望遠鏡・顕微鏡の出現による光学装置系の設計・製作である。それまでは光の屈折は天文観測における大気層に影響を補正する特殊な問題であった。ケプラーはこの問題やレンズ、眼などを体系的に幾何学的にあつかって「屈折光学」（1604年）を著した。デカルトは「方法序説」の三つの試論の一つとして「屈折光学を著わし、スネルによる屈折の法則をはじめて定式化した。1629～33年にわたって執筆され、出版が断念され結局デカルトの死後出版された「世界論」（1664年）ではその冒頭で観測主体の意識と対象として客観的に実在する光とを区別している。「われわれが光についてもっている感覚像、すなわち眼をなかだちとしてわれわれが光について想像し形づくっている観念と、この感覚像をわれわれのうちにつくりだす対象自体のうちにあるところのもの、すなわち、焰や太陽のなかにあつて光という名でよばれているものとのあいだには、差異がありうるのだということなのである」（「デカルト」野田・神野他訳、世界の名著、中央公論社）。かくして、視覚や視線の学としての経路を幾何学的に論じる学問は、光の物理学的内容および光と物質の相互作用を論じる学問へと展開しうることになった。この分野は1660～70

年代にかけて、ロバート・フック、クリスチャン・ホイヘンスやニュートンによって仕上げられることにことになる。さらに、デカルトによる解析幾何学の成立、ロバート・ボイルの化学現象からの目的論の追求なども、この期の自然の諸科学の到達段階といえる。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

デカルトと機械論

デカルトはガリレオの宗教裁判の結果を知って、「世界論」の出版を断念し、かわりに「方法序説」を公刊した。ここではスコラ学の空理空論を排し「理性をよく導き、もろもろの学問において真理を求めるための方法について」論じ、「屈折光学」「気象学」「幾何学」の三つの分野をその試論として展開した。彼が研究した分野はこの三分野ばかりでなく、力学、化学、生理学、解剖学、医学、数学と広い自然の諸分野に及んだ。そして拡大し深化した自然の諸認識の成果を基礎に、神秘的魔術的自然像のかわりに新しい自然像を構成したのであった。すなわち自然界を機械じかけで力学的法則によって運動しつづけるものと考え、いわゆる機械論的自然観（機械的唯物論）を提唱したのである。このさい、機械を構成する部品に三種類の目に見えない微粒子を考え、この微粒子の力学的運動によってすべての自然の諸現象を説明しようとする力学的粒子論を展開した。ここにわれわれは古代の原子論の発展的継承をみることができる。しかしデカルトは「二元論」を展開し神の存在意義を強調することによって、みずからの哲学が宗教的・社会的場面で革新的ではなく保守的役割をはたすよう調整したのであった。かれの機械論はもともと生成し発展する自然観として構想されたにもかかわらず、今のべた制約のため、つまり教会権力との妥協のために修正されたものになった。こののち、ニュートンの力学の体系化の影響をへて機械論は不動のものとなった。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

Rene Descartesの評価

デカルト Descartes, René 1596～1650 (318-9)

フランスの哲学者、数学者、物理学者、生理学者。＜近世哲学の父＞とよばれ、合理主義哲学に道をひらいた。また解析幾何学の創始者。トゥレーヌ州の貴族出身。スコラ学の教育を受け、軍隊勤務をしたのち 1629 年以後 20 年間、当時ヨーロッパ最初の資本主義国オランダに定住して自然科学と哲学の研究、その著述にしたがった。かれは、ほぼ同時代のイギリスのフランシス・ベーコンと同様に、知識の究極の目的は人間が自然を支配し、技術を開発し、原因—結果の関連をとらえ、人間本質を改善することにあるとした。このために、1) かれの方法論では、スコラ学的思弁によるのではなく、純粹直接的な精神の明証つまり＜直観＞にあたえられる＜明晰判明＞な観念を出発点とし、数学的方法をモデルにする分析と総合をへて、複雑なものの確実な認識にたつすると主張した。まずこれがた

め礎石として数学的真理をもふくめて、いっさいの知識を疑い、その結果<疑う我>の存在は絶対に疑えないという自覚から<我思う、故に我あり (コギト・エルゴ・スム)>を直観的に確実に明晰判明な第一の真理とし、探究の出発点とした。すなわち思考する理性をもとにし演繹的に知識を組み立ててゆく合理主義をその立場にした。2) その形而上学。この<我>、疑い思考する私の不完全性、有限性という意識の背後には、完全で無限なもの観念、神の観念がひかえており、このことから実体としての神の存在がみちびきだされる。それとともに、精神的実体と物質的実体も明晰判明な観念であり、神とともに人間の脳裡に存する<生得観念>だとされて、その存在が承認される。こうして明晰判明なことが真理の規準とされて、この真なる認識があたえるものの存在を承認し、基本的なものとして神、精神的実体、および物質的実体などを生得観念と説いて立論する。ここから、かれの二元論が成立する。3) その物理学、物質的実体たる物体の属性として明晰判明にみとめられるのは<拡がり (extention, 延長ともいう)>と空間における<運動>であり、ここから物体間の作用と反作用をもとにして説かれる機械論的自然観が展開される。かれの生理学も唯物論的にいろいろられているが、非物質たる精神との関係で深い矛盾に陥り、納得のゆく答えが得られなかった。この難問にかんしては、その後継者のうちから機会原因論が提出されるようになる。デカルトは神を無限な実体とし、そのもとに思考を属性とする精神と、拡がりを属性とする物体という相互に没交渉な二つの有限な実体をたてる、物心の二元論の哲学を示したが、その出発点に<我>をおき、思考する個人を根底としたのは近代的な個人の自覚をあらわしたものである。しかし、理性による合理的な明証性を抛りどころにするその演繹的方法は、F.ベーコンの実験的帰納法を基礎とする経験論に対立して、観念論をみちびきだすことになった。他方、かれの物理学、生理学にみられる唯物論は、18世紀フランス唯物論を生む要素になった。かれの哲学がその立場にあいまいさをもったのは、社会的にはフランスにおける封建制から資本主義への交替の未成熟を反映した思想上の所産とみることができる。〔主著〕Discours de la méthode, 1637 (落合訳、方法序説) ; Meditationes de prima philosophia, 1641 (三木訳、省察) ; Principia philosophiae (桂訳、哲学原理) ; Passiones de l'âme (伊吹訳、情念論)。

コギト・エルゴ・スム cogito, ergo sum (143-4)

<われ思う、ゆえにわれあり>の意味。デカルトが主著《方法序説》のなかで、かれの哲学の第一の原理とした命題。かれはスコラ学の教える真理に疑いをかけ、真なる認識に至る方法としてまず、いっさいを疑うことからはじめた。懐疑論ではないこのような疑いは方法論的懐疑と呼ばれる。この場合、デカルトは疑っている<われ>、これを意識する<われ>の存在は、疑えない明晰判明な事実だとし、これを真理の認識のたしかな基礎においた。この命題は<ゆえに(ergo)>という表現から考えられるように推理の形式をとっているが、実は<われ思う>という意識的自我の存在の直観をいいあらわしたものに他ならない。ここにしめされているのは、主体的に思考する近代的個人の自覚の立場をしめすものと評価され、かれは近代哲学の父とよばれる。しかし<思うわれ>を唯一の出発点と

したことは、もっぱら思考の合理的な演繹から真理をたてることになり、ここからは合理主義と観念論とが導き出される。

デカルトからエンゲルスへ

デカルトと近代

ここで諸悪の根源として、近代主義あるいはモダリズムが取りあげられているわけですが、その原点として17世紀のフランスの哲学者で近代合理主義の祖ともいわれるR.デカルト(1596~1650)がしばしば批判の対象とされます。そこでは主に次の二点が問題となります。後にもたびたび触れますが、一つはデカルトが「考えるわれ」として自我を深く自覚し、それが相対する世界を全体として客観的に把握しようとしたこと、もう一つは世界を客観的に知る学問の方法として「分析の方法」を重視したことにかかわります。その現代におよぼす弊害としてもっぱら論難されるのが、まず后者の「分析の方法」で、それは自然界の事物を個別的、要素的にばらばらに分解し分析するあまり、現実の生き生きとした事物の発展的、総体的な把握をそこなう、いわゆる機械論的要素還元主義に陥るものとされます。一方、それがもたらす自然観は人間中心的で、解き明かされる客観的自然の法則性は人間による自然支配の道具とされているとされます。

デカルトと分析の方法

デカルトは例の「方法序説」の第二部で、自らの過去の論理学と数学への反省に立って、「自分の精神が達しうるあらゆる事物の認識いたるための、真の方法」として、四つの規則を提示しています。

「第一は、私が明証的に真であると認めた上でなくてはいかなるものをも真として受け入れないこと。」

「第二、私が吟味する問題のおのおのを、できるかぎり多くの、しかもその問題を最もよく解くために必要なだけの数の小部分に分つこと。」

「第三、私の思考を順序に従って導くこと。最も単純で最も認識しやすいものからはじめて、少しずつ、いわば段階を踏んで、最も複雑なものの認識にまでのぼってゆき、かつ自然のままでは前後の順序をもたぬもの間にさえも順序を想定して進むこと。」

「最後には、何ものも見落とすことがなかったと確信しうるほどに、完全な枚挙と、全体にわたる通覧とを、あらゆる場合に行うこと。」

ここで「第1の規則」は、後に述べるように、最もデカルト的な、したがってまたその限界をもしめすことになる、有名な“明晰かつ判明”という真理の基準です。「第二の規則」は、今日デカルト批判の最大のターゲットとされる、狭い意味での「分析」の方法であり、この視点はまた、次章で触れる古代ギリシアのアリストテレスの「自然学」がその冒頭で提示する「対象と研究方法」のエッセンスでもあります。そして、「第三、第四の規則」は、そのデカルト批判の中でよく見落とされがちな、しかしデカルトにとっては上

の「分析」とワンセットをなす「総合」の方法を述べているわけです。さきに触れた野田又夫氏は、デカルトの「分析の方法」を次のように要約しています。

「……一般に「分析」は「総合」にともなわれねばならないから、真理に達するための「方法」とは、まず「分析」によって明白な真な前提（原理）にさかのぼり、次いでその原理から「総合」によって、問題となっている主張を理由づけ証明する、ということにほかならない。」

分析・総合と下向・上向

実際、今日哲学用語一般としても「分析・総合」は不可分のものとして理解されているようです。しかし現実問題となると、そこから相互に対立する「レダクショニズム（要素還元主義）」とか「ホーリズム（全体主義）」批判が登場したり、あるいは「単純な、形式的古典的な分析・総合」と、「複合された、高次の、弁証法的な分析・総合」との間の論争等々が生じてくることも事実です。そこでもう少し「分析・総合」の内容をこまかくみることにします。

それは現実にもみられる、一般に複雑な具体的現象形態から、まず偶然的とみなされる諸要素を拾象して、その類・実体・要素・法則・原因、等々の抽象的、普遍的な概念あるいは本質をえぐり出す、いわば具体から普遍への「下向過程」があり、一方の抽象的、普遍的なものから再び具体的な現象形態を導き出す、「上向過程」として述べられます。現代科学の常識としても、はじめの下向過程、つまり狭い意味での分析過程については、極端なホーリズムを除けば、その必要性、必然性について反対は少なく、むしろ問題はあとの総合（上向）過程の本質的理解をめぐる発生しているようにみえます。

たとえば、「要素還元主義批判」は、多くの場合、論者が科学研究の実際を正確に理解していないこと—それには個々の研究者が、自ら日常的、無意識的に行っている研究活動の総体、本質を客観的に把握して、他者に伝えることの本質的なむつかしさの結果でもありあます—にもよりますが、一方それは「単純な分析的方法」のもつ本質的な欠陥にたいする正当な批判もふくんでいます。ここで「単純な分析的方法」とは、現象（形態）の背後に普遍的なもの、実体、要素、法則などを発見すること（下向過程）で、こと足れりとする態度です。あとに述べるように、物理学をもつばら「法則発見の学」とみる観点もその一つです。これにたいして「複合的、弁証法的分析方法」においては、そもそも下向（分析）過程で真に求められるものは、単に抽象的普遍一般にとどまることは許されず、そこから具体的現象形態およびそれらの相互の連関が内的、必然的に展開され、発生するものでなければならないことを主張します。さらに進んで、「現象（形態）」と「抽象的普遍（本質）」の両概念の間を結ぶ下向と上向の過程は最終的には統一され、両概念相互の内的、必然的な連関を見いだすことが最終ゴールであるとも言われます。

さて、以上の議論も門外漢からみると大変抽象的でむつかしそうですが、しかしこれを科学研究の現場に移せば、ごく日常的なことがらに関係づけられると思います。ここで改めて、さきのラザフォードに始まる原子構造の解明の過程をふりかえってみることにします。このとき α 粒子の大角度散乱という特徴的現象に着目（デカルトの第二の規定でいう

所の、「問題を最もよく解くための小部分」のとり出しに相応し、それをつうじてえぐり出された（分析・下向過程）原子核および電子は、あきらかにあらゆる物質原子に共通の構成要素—「普遍の実体」に相応します。物理学の関心がこの 1911 年のラザフォード模型でこと足れりということであれば、ある意味でそれは現実の原子を原子核と電子にばらしてみただけの「要素還元主義」といえるかも知れません。しかし物理学者の関心がラザフォード模型の段階—それだけでも歴史的画期的なステップですが—で、停止するはずはなく、ただちにつきの研究課題に移ります。いかに必然的に原子核と（Z 個の）電子が $\sim 10^{-8}\text{cm}$ という一定のスケールの領域に安定した力学系＝原子を形成し、現実の原子がしめす多様な特性、例えば個々の原子が発する特有の光のスペクトル構造や、固有の原子間相互作用等々をもたらすか、つまり普遍の実体（電子・原子核）と現象形態（原子）の間の内的、必然的関連を解明すること（総合・上向過程）が焦点となります。

そしてしばしばその意味が見落とされがちですが、このような総合・上向過程によって、個々の現象過程が解明されると同時に、“多様な現象形態間の相互の連関” もはじめて解明されることになる点が強調される必要があります。反対に「総合・上向」して多様な現象形態およびそれら相互の連関を漸次解明しえないような「分析・下向」やその成果たる普遍的要素、法則等々は、そもそものはじめから大きな間違いや欠陥をもっていたことが深刻に疑われます。科学研究の現場はまさに日常的にそのような厳しい試行錯誤の場となっているわけです。

デカルトの先進性とその限界—神と「宇宙発生論」

さて以上、二〇世紀末の現在、われわれが到達した自然の階層構造の素描をみたうえで、改めて近代科学の原点とされるデカルトに立ち戻ってみることにします。そうすることによって、わたくしたちが現在不思議にも思っていないことが、本当にそうであるのか深く再考する契機をあたえられるように思います。

これまで、近代科学の「分析の方法」によって、自然現象の背後に、抽象的、普遍の実体や法則が見出されるのがつねであったわけです。さきの野田又夫氏の要約によれば、デカルトはこれを「分析」の四つの規則に導かれて人間が到達する「明白な真な前提＝原理」とみます。そこで、自然には“何故に人間が知りうる、しかし人間とは独立な、そのような真の原理が存在するのか”という疑問が本来おこってよかったように思われます。

第Ⅲ章で改めて述べるように、現代物理学の成立に最高の寄与をした A・アインシュタインの晩年のことば、“世界の永遠の神秘は、その了解（理解）可能性である”は、このことの本質を鋭くついているように思います。デカルトがはじめに問題にしたのもまさにこの点です。彼はこの外部世界の真の原理、法則の起源を、人間の最高の善、幸福の観念の起源とともに、四つの規則によって「存在証明」があたえられた、“無限の完全性を自らのうちにもつ存在者＝神”に帰します。このことは本書では後々まで深刻に追求されることがらの一つですので、この考えがデカルトのなかで、どのように展開されているか、再び「方法序説」でみることにします。第五部の「自然学」の冒頭部分には、次のように述べられています。

「……その法則は、神が自然の中にしっかり定めているものであり、かつその観念をわれわれの精神のなかにしっかりと刻みつけているものであって、それについて十分反省しさえすれば、それら法則が、世界において存在し生成するすべてのものにおいて厳格に守られていることをわれわれは疑いえないのである。」

さてここには、二つのことが述べられていることに気づきます。一つは世界において厳格に守られている自然の「法則」は前述の神によって与えられたとする考えです。それは17世紀の近代科学の創始者のほとんどを色濃く把える伝統的なキリスト教文明、あるいは旧約聖書の創世記の世界をはなれて考えることはできません。このことの意義については次章で述べることとなります。もう一つは、その神によって与えられた法則を人間はいかにして知りうるのかについてです。それは同じく「神が人間の精神のなかにしっかりと刻みつけている」と考え、それを知るには外部世界の経験による必要はなく、専ら例の「分析の哲学」＝数学的悟性の力（人間に「生得的」な「真理の種子」から得るとも言います）によって見いだすことが可能とします。この考えも次章で述べるように、古代ギリシアのプラトンの「真理想起説」（アナムネシス）に連らなり、近代に入っても知性の「生得説」、「先天説」として経験論と対立する流れをつくり出すことは、さきにも触れたとおりです。

第IV章でくわしく議論するように、デカルトによって人間精神のなかに刻み込まれているものの典型とされ、やがてカント（1724～1804）にいたって先験的（経験以前の）「感性的直観の形式」にまで高められることになる「延長」あるいは「空間」概念は、今世紀の相対論と量子論の登場によって、「時間」の概念とともに、その超経験的「絶対性」が否定され、相対化されることとなります。またデカルトは、「哲学の原理」において、神の刻み込んだ自然学の第一原理、例えば慣性の法則をふくむ「三つの自然法則」や物体の衝突に関する「七つの規則」を「感覚的知覚」によらずに、もっぱら例の「分析方法」による（数学的）悟性の力で導いたと主張します。実際、「哲学の原理」の第二部「物質的事物の原理」では、「われわれの感覚するものはどんなものでも、何かわれわれの精神とはちがった事物からやってくるのである」として、外部世界の存在を知る上での感覚的知覚の役割を認める一方で、「感覚的知覚は、……外的物体がそれ自体においてどのようなものとして存在しているかは、ときたましか、それも偶然にしか教えない、ということ。実際、このことに留意するなら、われわれは、感覚にもとづく偏見をたやすく捨て去り、ここでは専ら、自然によって自己に付与された観念に入念な注意を向ける悟性のみを、用いることになるであろう」と言います。つまり、ここではあとに述べるような時代的制約（たとえば錬金術の横行）もあって、「感覚にもとづく偏見」を徐々に取り除いていく「近代的実験」への展望を欠いていることが分かります。

そして最後には「私は自然学における原理として、幾何学あるいは抽象的数学におけるとはちがった原理を、容認もせず要請もしない、ということ。なぜなら、このようなやり方で、あらゆる自然現象は説明されるし、それらについての確かな証明があたえられることもできるからである」と述べています。また「省察」（1641年）の第六章冒頭では「物質的事物は、純粋数学の対象であるかぎり、存在することが可能である、私はそれらを明晰に判明に認識するのだから」と断言するにいたります。この確信が外的事物の本質をも

っばら「延長」をもつもの（レス・エクステンサ）とし、内的世界のそれを思惟するもの（レス・コギタンス）としたデカルトの根本思想につながることを知ることができます。

これはデカルトと同時代を生き、「自然は数学のことばで書かれている」として自然の客観的記述における数学の役割を強調しつつ、同時に経験的事実にもとづく万人に開かれた「近代的実証科学」にむけて巨大な一步をふみだしたガリレイ（1564～1642）とも、またそれから約半世紀後、「われ仮説を立てず」（その意味については第Ⅱ章参照）をかかげて、「自然哲学の数学諸原理」（プリンキピア）を打ち立てたニュートン（1643～1727）ともあきらかに異なります。それはまたデカルトの「数学主義」とも言われるものの「限界」をしめすもので、アインシュタインが指摘する「哲学の幼年期」が陥りやすい、二つの幻想（第Ⅲ章）のうちの一つ、「思考の無制限な洞察力についてのいささか貴族的な幻想」に属するものと言わざるをえません。

このようにデカルトの自然学におけるあきらかな限界が指摘されながらも、同時に現代科学に連なる、もう一つの重要な、その先進性を見落とすわけにはいきません。それはさきの「方法序説」の自然学の、例の引用部分を受けるような形で述べられているものです。

「たとえ神が、はじめに、世界に対して混沌の形態をしかあたえなかったと仮定しても、同時に神は、自然の諸法則を定め、自然が通常のしかたではたらくように協力をあたえた、とさえ考えるならば、ただそれだけで、純粋に物質的なすべての事物は、時とともに、われわれが現在みるようなものになりえたであろうと、かの創造の奇跡をなんらそこなうことなしに、信じるのである。そしてそれら物質的なものの本性は、それらをすっかりできがった姿においてのみみる場合よりも、うえのようにしだいに生まれてゆくさまを見るほうが、はるかに理解しやすいのである。」

これはデカルトの「世界論」（1633年）や「哲学の原理」のなかにその構想が具体的に展開されている、よくデカルトの「宇宙発生論」とか「宇宙進化説」などとよばれる考えに当たります。そこでは、たとえ自然の諸法則が神によってあたえられたものだとしても、いったんそれがあたえられてしまえば、事実上神の手をはなれて、その諸法則だけの力で、（神があたえる）世界の初期状態が仮に「混沌」であっても、やがて時間が経過すれば現在みるような多様な物質世界が自然に生成されるはずだという主張とみることができます。これは言うまでもなく、これまでくりかえし述べてきた自然の抽象的普遍的諸原理（その発見の「分析過程」はいま問わないとして）から、自然の諸々の現象形態を導く、「総合（上向）過程」について述べているわけです。

注目すべきことは、ここで言う“通常のしかたではたらく”自然の諸原理は確かにデカルトにあってはその「哲学の原理」の運動法則のように、「くりかえし可能な」、その意味で「機械論的」な力学原理であるにもかかわらず、そこから長い時間の経過のなかで自然の豊富な生々した階層構造が、発生的、進化的に展開可能だという主張です（前述の「構造主義」および終章参照）。なお、そこではキリスト教会への気くばりをしめしながらも、多種多様な地上の物体の「形相」もはじめから物質のなかに個々ばらばらに、実体的にあたえられているのではなく、自動的、相互連関的に形成されるものであると言います。そして実際、彼の「世界論」や「哲学の原理」ではそのような「総合（上向）過程」の素描

が、天体の運行から人間の身体、情念の形成にまでも及びます。そこではプラトンやアリストテレスの地球中心の永遠不変な有限宇宙に代わって、天上と地上を客観的、統一的に見通したダイナミックな無限に広がる宇宙が提示されます。ただ、そこには今日の知識からして、どうみても無理な説明や欠陥が多く見受けられますが、デカルトの自然観が単純に「機械論的自然観」でなかったことは十分読みとることが出来ます。

旧約聖書「創世記」の世界

「人間をあらゆる被造物の中の最も優れたものとして、自然を征服し人間にしたがわせるという考え方」は、西欧文明の背後にあるキリスト教の教理の一つとして近年よく強調されるどころです。つまりキリスト教とユダヤ教の聖典である旧約聖書の「創世記」の解くところでは、神は宇宙の創成にあたって、自然と人間を独立につくり、人間（アダム）を自然を支配し、管理する立場においたとされます。これはあとの議論にも関係しますので、創世記の関連部分をみることにします。

「初めに、神は天地を創造された。地は混沌であって、闇が深淵の面にあり、神の霊が水の面を動いていた」をもって始まる「創世記」は、天地創造の最終日、第六日目のできごととして、次のように神の言葉を記しています。「地は、それぞれの生き物を産み出せ。家畜、這うもの、地の獣をそれぞれに産み出せ」そして「我々にかたどり、我々に似せて、人を造ろう。そして海の魚、空の鳥、家畜、地の獣、地を這うものすべてを支配させよう」「産めよ、増えよ、地に満ちて地を従わせよ」こうして神は土の塵で男（アダム）を形づくり、さらにそのあばらの骨の一部から女（イブ）を作り、エデンの園で耕作に従事させます。このあと、アダムとイブが「蛇の誘惑」によって“神のように善悪を知ることになる”「善悪の知識の木」の実を食べて、エデンの園を追われるという、有名な「人間の原罪」の物語がつづきます。そして「出エジプト記」の「モーセの十戒」は、まさに神が人間に課した掟、法則となります。

「創世記」の“できごと”は、いまから 6000 年くらい前の時期が想定されているようです。それは聖書という唯一神の「啓示の書」ということをはなれてみると、**「呪われた乾いた荒野」**＝砂漠に隣接する古代イスラエルの人々の酷しい自然観、宇宙観そして人間観を物語るものとして興味深いものがあります。

以上概観した「創世記の世界」は、それを固守するキリスト教神学とつぎに述べる古代ギリシアの自然学などとのぶつかり合いをへて、中世の末期には「神が与えた二つの書物」＝「聖書」と「自然」の考え方を産み、また序章で述べたデカルトの中世的側面に深くかかわっていることが分かります。

アリストテレスの四元因説

これまでに述べたアリストテレスの視座はもちろん彼ひとりの力で一挙につくられたわけではなく、すぐれた先人達の見解の批判、継承のなかで形成されたものと言えます。事実アリストテレスの自然観の視座をなす四元因説も、そのような成果とみる事ができます。

そこでは、「知恵の愛求」（フィロゾフィア）としてわれわれが求める「物事の原理・原因」は、すべてつぎの四種の原因に帰着すると主張します。

(1) 「質料因」—「事物がそれから生成しその生成した事物に内在しているところのそれ」（事物の内在的構成要素）

(2) 「形相因」—「その事物のそもそもなにであるか本質を言いあらわす」（事物の種差）

(3) 「起（始）動因」—「物事の転化または静止の第一のはじまりがそれからであるところのそれ」（事物の転化の原因）

(4) 「目的因」—「事物の終り、すなわち事物がそれのためにであるそれ」（事物の目的）

そして序章で述べたように、同じく「分析の方法」にたちながら、デカルトが「神が人間の精神のなかに刻み込んだ自然の第一原理」から、森羅万象を説明しつくすことを試みたのと対照的に、アリストテレスは「われわれにとってより多く可知的でありより多く明晰であるものから出発して、自然においてより多くの明晰でありより多く可知的であるものごとへ進むのが自然的である」ことを強調します。そして天上、地上のあらゆる事物を深く分析し、その中に上述の四原因を探求し、把握することが、“真に自然を知る”「自然学」の課題であると考えます。

その観点からみると先人達はこれら四原因の探究のいずれかにおいて重大な欠陥のあったこと、そのほとんどが第三の起動因の把握において不十分であったこと、そして第四の目的因にいたっては、ごくわずかの人を除いてその視点を全く欠いていたことを指摘します。すなわち、タレスにはじまるイオニア学派や原子論では「質料因」が突出して、さきにも述べたように「目的因」などは全く立入る余地がないこと、他方ピュタゴラス—プラトン学派では現実の事物からきりはなされた数学的な「形相」の追求に陥っていることを批判します。

ニュートンとプリンキピアの世界

デカルトの「方法序説」から約 50 年おくれて、「われ仮説を立てず」として「実験哲学」を強調するニュートンのプリンキピア＝「自然哲学の数学的諸原理」（1687 年）があらわれます。これはニュートン力学の原典としてあまりにも有名ですが、その終わりの第三篇「世界体系について」では、例の「万有引力の法則」を導くに先立って、彼は「哲学することの諸規則」として次の四つをあげています。

規則Ⅰ 自然の事物の原因として、真実であり、かつそれらの（発現する）諸現象を説明するために十分であるより多くのものを認めるべきではないこと。

規則Ⅱ したがって、自然界の同種の結果は、できる限り、同じ原因に帰着されねばならない。

規則Ⅲ 物体の性質で、増強されることも軽減されることもできない、実験によって見いだされるかぎりのあらゆる物体について符号するところのものは、ありとあらゆる物体に普遍的な性質と見なされるべきである。

規則Ⅳ 実験哲学にあつては、現象から帰納によって推論された命題は、どのような反対の仮説によっても妨げられるべきではなく、他の現象が現れて、さらに精確にされうるか、それとも除外されねばならなくなるまで、真実のものと、あるいはきわめて真実に近いものと、みなされねばならない。帰納による推論が仮説によって除き去られないように、この規則が行われなければならない。

以上をみて、われわれはニュートンが単純に「われ仮説を立てず」式の経験主義者でもなく、また容易な「仮説」論者でもないことが分ります。実際、このなかで彼は「渦動エーテル」で埋めつくされたデカルトの「世界論」に反対して、まず「真空」の存在を認め、また「慣性」と「万有引力」の双方の要素的担い手となる「あらゆる物体を構成する最小部分」（アトムに相当）の存在を諸現象から結論づけますが、そこにもニュートンの哲学を読みとることができます。

内部世界とデカルトの心身問題

この様子を“素朴な物理的思考”を前提にして画かれた図Ⅲ—①を手助けにして考えます。まず中央部に引かれたタテの点線（（１）あるいは（２））の位置を、左右どこにとるかが大きな問題です。しかし第ゼロ近似として、その右側が外部世界（自然）あるいは「物の世界」といわれるものに、そして左側がそれを認識する「我」とか内部世界とかよばれるものに対応するとします。そうすると早速左側の世界にデカルトの心身問題がでてきます。認識する我とは何か。それは「考える」心とともに、五官（図では眼で代表されている）を備えた身体からなります。そこでまず、身体は「物の世界」に入れるべきではないか、さらに心はどうか、が問われることになります。確かに今日の脳科学の最前線が示すように、「意識は脳、とくに大脳連合野の活動であり、さまざまな意識を束ねる主体—自我—もやはり連合野の活動である」ということになってくると、タテの点線は図の左端まで漸次移動する必要に迫られてきます。

でもそれは単純な機械論的唯物論への移行ではありません。「自我」は右側の「物の世界」に連続しますが、序章で述べたように、現代物理学があきらかにしつつある「物の世界」の多様な「階層構造」のなかにあつても、人間の脳は最高度に複雑なシステムです。これだけのスケールのなかで、約百億個といわれる神経細胞が入れ子細工のように複雑な多重構造を組んで、「分業と統合」を基本原理として働く、物理、化学的なダイナミックなシステムです。そのシステムは「自らを束ねる」自我意識と、自らもその一部である「物の世界」—序章で述べたように、今日～ 10^{-16}cm の極微から 10^{28}cm に及ぶ広大な外部世界—を「識る」機能を漸次獲得する、まさにそれは数十億年の時間の経過の中で、「物の世界」＝自然がダイナミックに生みだした生物進化の最高の所産です。確かに、人間の脳構造は五官と同じく、あくまでも「地上的、歴史的に制約」された物質的存在です。

しかし一方、そのあまりの精緻さと偉大さは、「およそ知るに値することのすべては、単なる思索によってそれを見いだしうるとする信念」、つまりアインシュタインの言う「天上の、貴族的幻想」をすら生んできたことも歴史的事実です。

エンゲルスの「自然弁証法」

ルソーからおよそ 100 年余りをへて、前世紀末になると、第Ⅲ章で述べたエネルギーとアトミステイクの論争が象徴するように、近代科学あるいは物理学はめざましい転回の時代をむかえます。この世紀の科学を特徴づける歴史的、哲学的意義は何であったのか、それを鮮やかにえぐり出した F・エンゲルス（1820～1895）の未完の著作「自然弁証法」や「フォイエルバッハ論」は、古い観念論や素朴な唯物論の枠組みを覆す貴重な古典です。

これら著作の中でエンゲルスは、**19 世紀の科学のもたらした三つの大発見**として、「細胞の発見」、ダーウィンの「種の起源」、および「運動形態の相互転化とエネルギー恒存則」をあげています。そしてそのいずれもがこの世紀を特徴づける近代科学の諸分科の飛躍的発展・確立とこれら諸分科の間の連関の解明においていることを指摘します。

例えば細胞の発見と進化論の成立には、解剖学、生理学、遺伝学、発生学、古生物学等の諸分科の発展・協力が不可欠であって、まさに両者の発見は序章で述べた「分析と総合」の成果であったわけです（「運動形態の相互転化とエネルギー恒存則」のもつ同様の意義については、すでに第Ⅲ章で述べました）。

一方エンゲルスはこのような 19 世紀の科学の展開が哲学の世界にも決定的変化をもたらしたことを指摘します。「18 世紀の唯物論は、いちじるしく機械論的であった。というのは、あらゆる自然諸科学のうちで当時は力学だけが、しかも天体および地球上の固体の力学だけが、一言でいえば重力の力学だけが、ある程度完成していたからである。……デカルトにとって動物が機械であったように、18 世紀の唯物論者にとっては人間が一個の機械であった」。つまり 18 世紀の「啓蒙思想」の支柱をなしたフランス唯物論はこのような自然科学の水準を反映して、「やむをえない制限」のもとにあったことを指摘しています。

そしていまや 19 世紀の科学の展開は、上述の三大発見が象徴するように、「物質は永久の循環をなして運動する。……この循環のなかにおいては、物質のあらゆる有限的な存在様式は、それが太陽または星雲、個々の動物または動物種族、化学的化合または分解であると否とにかかわらず、おなじように一時的なものであって、そこにおいては、永久に変化し、永久に運動する物質と、それにしたがって物質が運動し変化するところの諸法則とのほかには、永久的なものは何一つ存在しない」、従って“一切の事物は相互の連関と発展のなかでとらえられるべきである”という機械論にかわる弁証法的な物質観をもたらしたと結論します（序章のデカルト「宇宙発生論」参照）。

これまで概観してきたように、このような物質観は、今世紀に入って現代の物理学のあらゆる分野で一例えば現代物理学諸分科の成果を総結集したビッグバン膨脹宇宙論で、素粒子論の最先端で、物性の相転移等々において、より深いレベルから、より統一的に確認され、それは現場の研究者にとっては、いわば常識と化している観があります。N・R・ハンソンも認めるように、今日、大方の「科学哲学」が個々の「すでに完結した」理論体系のあれやこれやの特性の議論におわれて、現実の科学の全体を連関と発展の相で捉える、このような視点を欠きがちであることは不思議です。

ところで上記の「自然弁証法」には気体分子運動論やマクスウェルのエーテル模型等の、

当時の物理学の最先端の課題が含まれるなど、改めてエンゲルスの自然科学への造詣の深さに敬服させられます。しかしその一方で、個々の専門分科の記述においては、そこに時代的あるいは文献的制約がみられることも事実です。ただ、そのような制約下であってなおかつ、目前にめまぐるしく展開する科学全体のエッセンスを見事にとらえた事実は、とかく科学の現場の関心からそれがちな今日の科学哲学のあり方に大変示唆的です。

「物理学と自然の哲学」より(1995)

ベーコン Francis Bacon (1561-1626) ——デカルトの 35 歳年輩の同時代人

経験論による唯物論的見地と帰納法と経験的科学与を、新しく唱えた。

イギリスの哲学者、ルネサンス期の代表的人物、政治家としてもイギリス国王の大法官の地位にあったが、のち失脚した。かれの哲学は、イギリスの本源的蓄積の時代にあたって、新しい知識をもとめる要求に対応したものであった。それは、経験論による唯物論的見地と帰納法と経験的科学与を、新しく唱えたところにあらわれている。かれは、学問の目的が自然にたいする人間の支配力を増大させるところにあり、それには事物の真の原因を明らかにする必要があるし、したがってスコラ学のようにドグマにとらわれて思弁のうちで概念を練りあげるのは誤りであるし、また任意の経験から結論をひきだす経験主義も役にたたないとする。そこから科学に役だつ実験にもとづく帰納法を明確にすることがもとめられ、それとともに従来の先入見をとりのぞくべきことを主張して、イドラ説をしめした。かれが近代哲学の先頭にたつ哲学者として評価されるのは、唯物論の伝統を復活させ、古代ギリシアの唯物論を高く評価して観念論の誤りを指摘しながら、自然の唯物論的概念をしめして、物質が諸分子の結合からなり、その結合の多様さから自然の多様なことが生じるとし、また物質は運動をその本質とするとみるとともに、運動をたんに機械的なものに限定しなかったなどの点である。しかし、かれの見解にも時代的制約がまつわっており、過去の神学的残物がまじっていて、その点でその唯物論は整合的だとはいえない。かれは、その社会観を《Nova Atlantis》(1627)でユートピア的にえがきだし、そこでは科学与技術にもとづく豊かな社会が展開されるとしたが、支配と被支配の人間が存在することを否定してはいない。[主著] *Novum organum*, 1620 (ノーヴム・オルガヌム,これはアリストテレスの《オルガノン》に対立して名づけられている); *The advancement of learning*, 1605 ; ; *Essays*, 1597) 神吉訳, ベーコン随筆集)。

「新機関」*Novum Organum*,1620; [科学論]*Argumentum*,

Newton力学

Isaac Newton 1643—1727 cp. René Descartes 1596—1650

近代力学の成立

デカルトとニュートン光学研究

ニュートンが研究者としての一步を踏みだした光学の分野でも力学の分野に似たような状況があった。光をエネルギー諸力の一つとして、観測主体から独立した物理的実在としてつきつめようとしたのは、すでにのべたようにデカルトであった。ニュートンの光学研究のそもそもの動機は望遠鏡の改良にあったが、光を物理的実在としたのはニュートンの場合もデカルトと同じであった。ニュートンは 1666 年、プリズムを用いた光の屈折の最初の研究を開始した。これは当時、単レンズからなる望遠鏡では拡大倍率を上げると色収差の強い像が結像し性能の向上が望めないことからきていた。当時、球面収差は知られていたものの、色収差は確認されていなかった。ニュートンは色収差の現象に注目し、像の回りにできる虹色の、隈どりの原因を探究したのである。それがプリズムによる光の分散実験であった。1671 年かれは「光と色の新理論について」を発表した。これから 1675 年にかけて、光学研究を展開するロバート・フックとのいさかいがもとで光学研究の論文は 1704 年まで発表することがなかった。1704 年フックの死後、ニュートンの光学研究の集大成ともいべき著書「光学」が出版される。ニュートンを粒子論者、ホイヘンスを波動論者などによくいうことがあるが、こうした議論が正当性をもってくるのは 19 世紀にはいって、光の波動論が確立してからのことである。事実ニュートンは光の本性を論じるときには注意深く、光を「運動または物体」と呼び粒子とも波とも断定はしなかった。もっとも光の直進性をのべるときや、物質と相互作用する光の分散を述べるときには、その物質や光の描像はきわめて明確な粒子像を描いてはいる。だからといって光の反射や屈折が、壁にボールが突き当たって曲げられると信じられているが、どんなに磨かれた鏡の表面でも物質の表面は凸凹をしており光は乱反射されてしまうことになるとして、**力学的アナロジーとはきっぱりと決別している**。「演繹的に証明されない仮説的な」段階では安易な結論を下さないニュートンの光学研究上の立場はきわめて今日的である。かれは徹底した体系的な光学実験の末に色収差を除去不可能という誤った結論に達する。いわゆる色消しレンズは次の世紀にドロンド、オイラーらによって世に出されるが、屈折率の異なる物質からなる 2 枚以上のレンズを張り合わせることで、この困難は避けられることに気づかなかったのである。しかしこの結論から、グレゴリーの反射望遠鏡を参考にして優れた反射望遠鏡を完成させ、イギリスの科学界にさっそうと登場したのである。

ニュートンの数学研究

ニュートンの数学研究は光学研究とほぼ同じ時代に始められ、有名な流率法は 1666 年にその基本骨格が構想された。しかしこれが論文として発表されるのは先にのべた「光学」の付録のなかであった。ためにベルリン科学アカデミー会長ライプニッツとイギリスの王立協会会長ニュートンのあいだに激しいプライオリティをめぐる争いがもちあがったのである。ケンブリッジの学生時代、ニュートンはデカルトの「哲学原理」をはじめ、フラン・バン・スクーテンの数学のテキスト、ウィリアム・オートレッド、ジョン・ウォリス、フ

エルマーらの論文やテキストを渉猟した。そして二項定理、無限級数の研究へと進み 1669 年「無限級数の方程式による解析について」（出版は 1711 年）、1671 年「流率と無限級数の方法」（出版は 1736 年）を書き上げていた。ライプニッツとのプライオリティ論争は二人がドイツやイギリスを代表する科学者であったことから発した国家の威厳をかけた争いであって、現実には二人が独立に微積分法に到達していたのであった。

プリンキピア

ニュートンの力学の基本構想も 1665 年から 1668 年の実りの多い時代になされた。しかし彼は数学研究と同様その成果をすぐには発表しなかった。発表のきっかけは光学論争で不仲になったニュートンとの関係を改善しようと考えたフックの誘いにあった。フックは王立協会の書記として「遊星の天体運動を接線の方向に沿った直線運動と中心体に向かう吸引運動との複合とみる見解について、貴見をおもしくくださるなら栄光のいたりに存じます」とニュートンに投稿をすすめたのである。そしてエドモンド・ハレーの尽力のもとで 1687 年、有名な大著「プリンキピア」(Philosophiae Naturalis Principia Mathematica) を出版する。ニュートンは「読者への著者の序文」で、これまで機械学(力学)は主として技術を目的としたもので、自然界の説明に用いられてこなかった、と指摘する。だから「数学的力学」をもとに「世界体系の解明」をめざし、「天体现象」をも取り扱おうと宣言する。ついで「定義」「公理、または運動の法則」が示され、第 1 編「物体の運動について」、第 2 編「物体の運動について(抵抗のある媒質中における)」、第 3 編「世界体系について」とかれの力学的理論が全面展開される。

質量を定義して、「物質量とは物質の密度と大きさをかけて得られる物質の測度」であるという。密度は質量が定義されないと求められない量でこれでは循環論法になってしまふ。こうした定義のまずさはともかくも、ほかに運動量、力、加速度など 8 個の基本概念が定義され、注では絶対時間、空間の概念が語られる。つづいて運動法則の第 1 「すべての物体は、その静止の状態を、あるいは直線上の様な運動の状態を、外力によってその状態を変えられないかぎり、そのまま続ける」、第 2 「運動の変化は、及ぼされる起動力に比例し、その力が及ぼされる直線の方法に行われる」、第 3 「作用に対して反作用は常に逆向きで相等しいこと。あるいは、二物体の相互の作用は常に相等しく逆向きであること」が言明される。もっともこの第 2 法則は運動の変化そのものであって、運動の時間的変化の割合ではない。こうしたところどころに散見される不備は、のちに力学的諸概念の洗練と形式の整備を通じて、今日知られるようなものになる。第 1 編で数学的な準備を済ませると質点の運動や中心力の作用する場合などが論じられ、第 2 編では抵抗のある媒質内の物体の運動や流体の運動がのべられ、デカルトの渦動論が力学的に否定される。ついでケプラーの三法則が証明される。力学上でも生じたフックとのプライオリティ論争で公刊を断念しようとした第 3 編では万有引力の法則の証明が展開される。

マニュファクチュア期の技術的諸課題から出発した機械の学はかくして、地上の力学と天体の力学をも包含する壮大な力学的理論を創出することとなった。たとえ神の一撃を要請するニュートンの弱さがあっても、力学理論は一人歩きをはじめ、さらにその後の自然

観にも強烈な影響をあたえることとなったのである。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

古典物理学の完成

古典物理学の一領域としての力学は、数多くの実験・観測事実によってその正しさが実証され、解析力学として数学的定式化の点でも、19世紀前半までにはほぼその理論体系が完成されていた。19世紀に熱力学あるいは気体分子論、そして電気磁気学においても、力学原理にもとづく種々の理論化が試みられたことに、当時の古典力学の権威がいかに大きく、かつまた、あらゆる諸現象・過程の法則性が力学法則に還元できるとする機械論、ないしは力学的自然観がいかに広く支配していたか、をうかがい知ることができる。19世紀後半は、力学的自然観がなお少なからぬ影響をあたえながらも、力学以外の古典物理学の諸分科がそれぞれ独自の理論的体系化を終えて自立し、名実ともに古典物理学が完成された時代である。

熱力学の成立と発展

1924年のカルノーの定理の発見、さらには40年代におけるエネルギーの諸形態間の転化と保存の法則（熱と仕事の等価性の原理をふくむ）の発見などによって、熱力学成立の基本的前提が整った。

ところで、24年の段階で熱素説にしたがっていたサルディ・カルノーは、熱機関における動力の発生は、高温物体から低温物体への熱素の移動による、とみなしていた。熱と仕事の等価性の原理は、熱素説を否定するののものであり、したがってまた、上のカルノーの考え方をも無効にする。

ドイツの物理学者クラウジウスは、この点を明確にしてカルノーの定理を熱運動説にもとづいてとらえなおし、1850年に熱力学の第一法則と第二法則を最初に定式化した。

第一法則は、エネルギー保存の法則の熱的過程への適用であるとともに、物質系の状態変化でのエネルギーの諸形態の転換において、その系の熱力学状態のみに依存する内部エネルギーという状態量の存在を規定している点で、クラウジウスによるこの法則の定式化は新しい内容をふくむものであった。一方、第二法則は、熱的過程の普遍的性質である非可逆的な変化とその極限としての熱平衡状態の存在を規定したのものであり、第一法則とともに熱的諸現象の本質を規定する基本原理を定式化したものとなっているのである。

これにたいして、クラウジウスに先だってカルノーの定理の基本的意義をみとめ、1848年にそれにもとづいて最初に絶対温度を熱力学的に定義していたイギリスのウィリアム・トムソンは、翌51年に第二法則を気体以外の物質系一般になりたつかたちで規定した。さらにその翌年、彼は、自然界では力学的エネルギーなどの有用なエネルギーは熱として散逸する普遍的な傾向をもつ、というかたちで第二法則性を表現した。

以後、熱力学は、主としてこれら二人の物理学者がたがいに影響しあいながら、体系的な理論として、また数学的にも明確な定式化がなされることになった。

クラウジウスは、54年に第二法則の解析的表現を初めてあたえ、つづいて、熱機関のよ

うな循環過程だけではなく、化学変化などをふくむ一般的な状態変化にも適用できるかたちで第二法則を定式化することを試みた。彼は、1865年に至って、エントロピーを独自の巨視的状态量として導入して、第二法則に「宇宙のエントロピーは最大値に向かって増大する」という表現をあたえた。こうして、熱力学は、絶対温度、エネルギーとエントロピーという基本概念を基礎に基本的な体系化を完了した。

19世紀における化学工業・技術の発達は、化学反応や物質の状態変化（相転移）などの実験的・理論的研究を刺激したが、70年代に至って、ホルストマン、ギブズ、ヘルムホルツらが、熱力学を化学熱力学の体系に拡張・発展させた。熱力学は、化学平衡、電池の起電力など、広範な物理化学的諸現象・過程の巨視的なレベルでの研究に適用され、数々の成果をうみだした。

こうして、熱力学は、その後の熱機関工学の成立・発展に寄与するとともに、物理科学技術の自然科学的基礎としての物理化学成立の基本的な前提となったのである。

気体分子運動論・統計力学の成立

化学的原子論として再生・発展した原子論は、物理学の領域では、エネルギー保存の法則の発見によって熱素説が否定されたのにもとない、ようやく19世紀後半になって気体分子の動力学理論のかたちをとって本格的な展開がなされる。

その端緒を切ったのは、1856年のクレーニッヒの論文である。彼は、気体が、完全弾性的な個体球として空間内を一定の速度で直線状に運動する諸分子から成る、とみなし、気体の圧力を分子運動の力学法則から計算して、理想気体の状態方程式を導出した。

この論文に刺激されて、翌57年にクラウジウスは、クレーニッヒの計算結果をより正確なものにするとともに、気体比熱の計算値と測定値との比較から、多原子分子の場合、分子の並進運動だけでなく、その自転や内部運動（振動）が重要な意味をもつことをはじめて明らかにした。さらに、彼は、気体分子の平均速度を計算し、それが毎秒数百メートルに達することを示した。

平均速度の大きさにくらべて、気体の拡散などの現象が比較的ゆるやかにおこることの矛盾を指摘されると、クラウジウスは翌年に、気体分子の平均自由行程という概念を導入し、分子は他の諸分子とのたえまない衝突の結果、頻繁にその運動方向を変えることによって、自由に並進運動できる平均の道のりは小さい、としてその異論に答えた。

ところで、クレーニッヒもクラウジウスも、すべての分子は同一の速度（平均速度）をもっていると仮定していたが、じっさいの気体分子の速度は、ある平均値のまわりに分布するさまざまな値をもっている。このことを正面にすえて気体分子の速度分布をあらわす関数（マクスウェルの速度分布則）を初めて導出したのは、イギリスのマクスウェルである(1860年)。彼は、これを使って、気体の状態方程式、平均自由行程などを計算するとともに、拡散、熱伝導、粘性の各係数の値を理論的に求めた。なかでも、彼の求めた粘性係数が気体の密度に依存しないという結果が実験的にも証明されたことによって、気体分子運動論は、とりわけイギリスにおいて大きな信頼を勝ちえたのであった。

このような発展を背景に、オーストリアのボルツマンは、熱力学の第二法則を気体を構

成する諸分子の力学法則によって説明する、という基本課題を設定して、この領域の研究に加わった。すなわち、これは、速度分布関数が時間の経過とともに平衡状態のマクスウェル分布則に近づくことを力学的に証明しよう、という試みである。彼は、1872年速度分布関数から成るある関数(H関数)が時間とともに減少すること(H定理)を示し、熱力学第二法則=エントロピー増大の法則の理論的証明に成功した、と考えた。

しかし、76年になって、力学法則の可逆性とH関数の一方的な減少との矛盾(可逆性のパラドックス)を同僚のロシュミットに指摘され、ボルツマンは理論の再構築をよぎなくされた。そして、翌年に、「第二法則は、確率法則であって、それゆえに力学の方程式だけからそれを導くことは不可能である」、という原理的に新しい方向をうちだし、ある巨視的な熱学的状態に対応する微視的な状態(諸分子の速度と空間的位置によって決まる)の数の統計的算出によって、多数の粒子からなる巨視的な物質系は、確率の小さい状態から確率のより大きな状態に移行する、という表現で第二法則を確率論的統計法則として解釈しなおしたのである。このような原理的な研究をふまえて、彼は、拡散や熱伝導、あるいは化学過程をもふくめた具体的な諸問題を精力的に研究し、一定の成果をあげた。

こうして、ボルツマンは、熱力学の第二法則を力学法則に機械的に還元することはできないことをあきらかにするとともに、分子・原子の微視的運動形態からそれらの集合体としての巨視的物質の運動形態への質的移行の結節点の内容を鮮明なものにしたのである。

マクスウェル、ボルツマンらによってその基礎がすえられた統計力学は、アメリカのギブズによって見事な理論体系にしあげられ(1902年)、今日の量子統計力学の確立につながったのである。

電磁気学の成立

電磁気学は、1800年のヴォルタの電池の発明に端を発した、19世紀前半における電流の磁気作用にかんするエルステッドやアンペールらの研究、およびファラデーによる電磁誘導の研究を直接の源流として、19世紀後半に至って理論的に体系化された。

イギリスのファラデーは、静電気現象をも含め電磁気現象を、空間にひろがった電氣的、磁氣的な力線を媒介とする近接作用の考え方にたって、説明することを試みた。

これにたいして、ドイツのウェーバー、ノイマンらは、40年代から、アンペールの考え方を継承して電磁力を遠隔作用と考え、ニュートン力学の見地から理論展開をおこなった。たとえば、ウェーバーは、電流が帯電粒子の運動からなるとして、電流要素間にはたらく力を導出し、電磁誘導現象をも同じ観点から定量的に表現した。大陸を中心になされたこのような研究は、電気力学と呼ばれた。

以上の二つの流れのうち、19世紀後半における電磁気学成立に寄与したのは、基本的には前者であり、その中心的存在となったのはイギリスのマクスウェルである。とはいえ、電気力学派の帯電粒子の運動論に由来する実体的な荷電粒子の描像は、その後の電子論の形成に重要な基礎をあたえたのである。

マクスウェルは、1855-56年に、ファラデーによる力線を非圧縮性流体の流線との物理的アナロジーのもとで数学的に表現することによって、電磁気の諸現象を統一的に説明す

ることから出発した。

彼は、たぐみな流体力学的モデルを使って、アナロジ的に電磁誘導の数学的表式を導出したのにつづいて、電気を通さない誘電体中での電気力による粒子の変位の時間変化が電流と等価な働きをすることを見いだした。変位電流と呼ばれるこの新しい物理量の導入によって、彼は、媒質中での電氣的粒子の振動が空間内を伝播する可能性を発見し、その伝播速度が光の速さに等しい電磁波の存在を予言するとともに、光が電磁波の一種であると結論づけた。

さらに、マクスウェルは、1864年の論文では、媒質の力学的モデルによる理論構成に代えて、演繹的な理論体系を叙述し、電磁場をエーテルをもふくむ物質的実体が担う一つの状態とみなした。このように、近接作用を担う場の概念を基礎に構成された電磁理論は、古典力学の遠隔作用論とは異質な理論体系として構成されたのである。

1888年、彼の予言した電磁波の存在が、ドイツのヘルツによって実験的に検証されたことによって、光の電磁波説をふくめ、マクスウェルの電磁理論は急速に受容されることとなった。それとともに、電磁場を担う物質的実体（エーテル）の力学的構造をあきらかにする試みが、ウィリアム・トムソン（ケルヴィン卿）らによってなされたがことごとく失敗に帰し、1905年にローレンツが電子論を発表するにおよんで、電磁場は空間に内在する独立した物理的実在とする考え方が定着するようになったのである。

世紀転換期の物理学思想

以上のように、19世紀後半に成立した古典物理学は、それぞれ古典力学とは異質な概念や考え方を内包していた。換言すれば、あらゆる自然現象が力学法則によって説明可能だとする力学的自然観の正当性は根底から問いなおされることになったのである。

もっとも、19世紀末にいたっても、前述のケルヴィンのように、電磁場（エーテル）の力学的モデルの構築を執拗に追求した機械論の流れがいぜんとして存在していた。また、ヘルムホルツらによる、力学、電磁気学、そして熱力学をふくめてそれらを一般的な理論形式（解析力学の数学的形式）のもとに統括しようとする試みは、熱力学の第二法則の非可逆性を包摂することはできなかった。

また、とりわけ1880-90年代における熱力学の物理化学領域での数々の成果にくらべて、分子運動論・統計力学は、その対象がほとんど気体にかぎられており、またその数学的取扱の困難さのために、必ずしもそれに匹敵できるほどの成果をうみだしていなかった。

こうした諸事情は、機械論あるいは力学的自然観にたいする機械的な反発をまねき、ひいては原子・分子仮説＝原子論を否定し、したがってまた**物質そのものの客観的実在性をも否定する考え方を誘発した。**

物理化学の成立期における中心的存在であったオストヴァルトは、90年代にいたって、熱力学の本質をエネルギー論に一面化し、物質概念を捨てさってエネルギーを唯一の実在とみなすエネルギー論を主張し、ボルツマンの原子論的立場にたいする強力な反対者として登場した。

ところで、オストヴァルトの科学思想に大きな影響をあたえたのは、実証主義者マッハ

の認識論であった。マッハは、力学をあらゆる物理学の基礎とみなす見解を否定し、ニュートン力学にたいする根底的な批判的検討をすすめるなどの積極面をもちながらも、他方では、物質をわれわれの感覚から独立した客観的実在とみる唯物論を否定し、感覚要素とその複合を科学の基本的な認識対象とみなしていた。したがって、科学の任務は、彼にあっては必然的に、感覚によって直接観測可能な諸量間のできる限り簡潔で包括的な関数関係を見出すことにありとされたのである。

このような主張にたいして、原子論を敢然と擁護してたたかっていたボルツマンは、人間は感覚データからその背後にあるもの（仮説）を推論する能力をもっており、つねにそれを客観的事実にしたがって修正しながら守り育てていくことこそが重要であることを強調した。また、「自然現象の総体が疑いもなく力学的に説明しつくされうる」、という見方はすでに克服されていること、したがって、オストヴァルトは「もはや全く存在していない見地にたいして反駁している」にすぎない、と反論した。事実、ボルツマンの結論は、前述のように、巨視的物質系の非可逆性を原子・分子の力学的運動法則に一元的に還元することはできないことを示していた。それと同時に、彼は、マクスウェルの粘性係数の導出や気体比熱の比の説明など、分子運動論によってしかできない事例をあげるとともに、熱力学の巨視的理論——ギブスの解離理論やファン・デル・ワールスの状態方程式など——も分子論的見地なしでは達成できないことを指摘したのである。

しかし、物理・化学領域での熱力学の数々の成功と、当時におけるマッハやオストヴァルトの権威は、大陸における原子論の発展に影を落としていた。マックス・プランクでさえも、主として熱力学の研究に従事していた 90 年代中頃までは気体分子運動論にたいして懐疑的態度をとり、91 年の学会ではマッハやオストヴァルトを支持していたとされる。90 年代なかばになって、彼は、エネルギー一元論の一面性を批判して、エネルギーが科学の発展になんらの実証的な寄与もなしえない誤った理論であることをくわしく論証した。その後、1900 年に熱輻射のプランク公式をボルツマンの統計力学によって根拠づけ、エネルギー量子の導入をもって 20 世紀現代物理学の端緒を築いたプランクは、積極的な原子論者として、「世界の真の唯一の要素は感覚である」とするマッハの哲学をしりぞけ、「物理学的世界像は、現実の、われわれとはまったく独立した、自然の諸過程を反映している」（1908 年の講演）、という唯物論的見解を前面に押し出した。つづいて「熱学、化学、電子理論の領域においては、原子の運動理論はもはや単なる作業仮説ではなく、確固として持続的な根拠をもつ学説である」（1910 年の講演）、とする積極的な主張をおこなったのである。

一方にボルツマン、他方にマッハとオストヴァルトを擁して、アトミスティック（原子論）とエネルギーティックとのあいだで激しい論争が展開されていた 19 世紀末に、新たな物理学上の諸発見——X 線、放射能、電子の発見、およびマイケルソン＝モーリーの実験など——があいつぎ、物理学は古典物理学の枠内にはおさまりきれない原理的に新しい諸対象に直面した。

フランスの偉大な数学者ポアンカレは、こうした事態をまのあたりにして、物理学の「あらゆる原理」が「危機に瀕している」、と指摘し、物質の客観的実在性に疑問を呈してマ

ッハやオストヴァルトの見解にくみした。彼らの思想に対して、レーニンは、科学者たちが「唯物論と、その一面的な「機械論的性格」と闘争し」、物質の客観的実在性を否定する観念論へと転落した、と根底的な批判をおこなったのである（「唯物論と経験批判論」）。

ところで、力学的自然観の正当性を主張し続けたケルヴィンは、1900年プランクの量子仮説が発表される直前におこなった講演で、19世紀の力学理論が大きな成功をおさめたことを誇示しつつも、「熱と光の力学的理論」の輝かしき成功に影を落としている2つの暗雲として、光エーテル理論にまつわる謎と熱の分子運動論のエネルギー等分配則をめぐる難点とを指摘した。第1の暗雲からはアインシュタインの相対性理論が、第2のそれからはプランクの量子仮説が姿をあらわした。ケルヴィンの指摘ははからずも、今世紀における物理学革命の端緒を予言するものとなったのである。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

化学の新たな展開

有機化学の発展と分子構造理論

リービッヒとウェーラーによる異性体（同一の化学式をもつが化学的性質の異なる物質）の発見、ウェーラーによる無機物質からの有機物質（尿素）の人工的合成の成功、リービッヒによる化学元素分析法の確立、パスツールによる光学異性体の発見、そしてベンゼンをはじめとする種々の有機物質のタールからの分留の成功など、19世紀前半におけるこれらの成果をつうじて、有機化学は急速に発達しはじめる。

19世紀後半における有機合成化学の成立と分子構造論の形成は、前述のように、染料の人工的合成という技術的課題と不可分に結びついていった。パーキンによる、1856年の偶然ともいえる人工染料モーヴの合成は、その工業化の成功によってその後の合成染料工業の端緒となったが、同時にそれは有機合成化学成立の端緒を築くものであった。

同一の化学式をもつ異性体の存在は、それ自体、分子内での諸原子の結合のしかたのちがいを予想されるものであった。また、有機化合物の反応の過程である種の原子集団が保存されることから、これを有機化合物の基本的な構成要素とする基の理論（リービッヒとウェーラーのベンゾイル基など）なども、有機化合物内の原子の結合・配置にたいして重要な示唆をあたえるものであった。

また、化合物のなかでの元素の結合の仕方を決定するうえで基本的な意義をもつ原子価概念は、1852-53年のフランクランドの研究によって明確なものとなった。すなわち、ある元素の1原子が特定の元素の原子何個と結合できるかを示す原子価は、化合物の内部構造の解明に欠くことのできない概念となる。

こうした発展を前提にして、有機化合物の分子構造論の決定的な地歩を築いたのは、ドイツのケクレである。彼は、メタンなどの炭素化合物の分子構造の探究の過程で、1857年から58年にかけて、まず炭素原子の原子価が4であることを見出し、それにもとづいてメタンやエタンなどの有機化合物の鎖状結合の理論を発表した。そして、1865年には、ベンゼンの構造についての画期的な発見、すなわちベンゼンが六角形をした亀の甲型の環状結合をしている、とするモデルを提出した。また、ファン・ト・ホフとベルは、1873年にそ

れぞれ独立に炭素化合物の三次元的な分子構造の理論を提出し、光学異性体の説明を可能にする立体化学の基礎を築いた。このような有機化合物の分子構造の解明によって、芳香族をはじめとする有機化合物に関する体系的な研究が急速に進展しはじめたのである。

パーキンによるモーヴ合成の成功は、分子式を用いた考察によってキニーネ（マラリアの特効薬）を化学的に合成することを目的にした研究の失敗の代償であり、偶然的要素をともなっていた。だが、分子構造論の発展した段階では、目的とする有機化合物を構造化学的に合成することが可能になろう。ドイツのグレーベとリーベルマンは、1868年にタール誘導物のアントラセンからアリザリンを合成することに、またバイヤーは、1878年にきわめて複雑な構造をもつ天然染料インジゴの分子構造を解明し、それを人工的に合成することに成功した。

以上のような研究の成果を契機に、有機合成化学は化学の一領域として成立し、染料工業だけでなく、医薬品などの膨大な数の化学物質合成の工業化に大きな発展をもたらしたのである。

物理化学の形成

最初の典型的な境界領域科学としての物理化学（バナール「歴史における科学」）は、多様な諸現象・過程——物質の状態変化、化学反応の熱効果、溶解、表面張力、触媒作用、浸透圧、電気分解と電池の起電力など——を対象とし、化学熱力学と反応速度論を主要な柱とする一分科として、1870年代から80年代にかけて成立する。

化学反応における熱効果の研究は、1840年のヘスの法則（反応における総熱量保存の法則）の発見と、エネルギー保存の法則の確立以後著しく発展し、熱化学という一分科を形成した。また、化学反応における反応の動因としての親和力の研究は古くからの蓄積があったが、ようやく、1860年代になって、グルドベリとワーゲが、多量の反応データから化学反応における質量作用の法則を発見するにおよんで、本格的な研究がすすめられた。

化学熱力学は、一方におけるさまざまな物理化学的諸過程の実験的・理論的研究の発展と、他方における熱力学・分子運動論の発展との交互作用・浸透のなから成立してくる。

なかでも、重要な位置を占めていたのは、ある種の化合物の熱分解現象であり、これは最も単純な化学反応として分子運動論の立場からも、熱力学の立場からも比較的考察しやすい対象であった。また、この熱分解（解離）現象の純物質の蒸発現象との類似性が見いだされたことも、この典型的な化学反応の研究から化学熱力学がうまれる重要な契機となった。ドイツのホルストマンは、この解離現象を分子運動論と熱力学の両面から考察し、やがて1873年に熱力学第二法則にもとづいて、化学平衡をエントロピー増大の極限状態として規定し、はじめて化学（解離）平衡論を確立したのである。

また、ギブスは、1873年から78年にかけて発表した諸論文のなかで、別の方向から、すなわち最も単純な純物質の熱力学的平衡状態（相平衡）の理論的研究から、より複雑な多成分・多相系の化学平衡の研究へと熱力学を拡張・発展させるしかたで、今日の化学熱力学の基本的な理論体系をほとんど完全なかたちで作りあげた。しかし、ギブスの理論は、演繹的な解析的形式で表現させたはなはだ難解なものであっただけに、マクスウェ

ルがただちにその意義をみとめ、イギリスの学会で紹介したのを除くと、すぐには受容されなかった。

一方、ヘルムホルツは、1870年代から本格的に開始した電気化学の研究から、1882年にいって自由エネルギーを導入して化学親和力の正しい解釈（親和力を反応における発生熱とする旧説にたいして、彼は吸熱反応の存在を考慮にいて、それを自由エネルギーとした）をあたえ、化学熱力学の成立に加わった。

ホルストマンによって、化学平衡にも熱力学が適用できることが明確にされると、その方向での研究が活発になり、その基本的な成果としてオランダのファン・ト・ホフが、化学平衡に対する温度や圧力の効果、親和力の熱力学的規定、希薄溶液における浸透圧の法則、化学反応速度論など、物理化学の全般にわたる理論をうちたてた。

さらに、スウェーデンのアレニウスが電解質溶液の電離説を1883年に提出し、また、オストヴァルトの触媒研究などの成果が加わって、物理化学は一つの独立した化学領域として自立してくる。オストヴァルトとファン・ト・ホフは、1887年に共同して「物理化学雑誌」を創刊し、名実ともに物理化学の自立を示威したのであった。

元素の周期律の発見

鉱工業や化学工業の発達、化学分析法の進歩にともなって、鉱物などの化学分析から多くの元素の発見にみちびいた。また、ドイツのブンゼンとキルヒホッフは、1860年に分光器を開発して分析化学におけるスペクトル分析法を確立し、セシウムやルビジウムという新しい元素を発見した。

ところで、諸元素の原子量を確定することについては、アヴォガドロの分子説の受容が遅れたために、化学者達のあいだで原子と分子の区別の不明確さや分子式の表しかたのくいちがいもあり、長く混乱がつづいていた。この混乱状況を変えたのが、ケクレが計画して1860年にドイツの都市カールスルーエにて開催された化学者国際会議であった。この会議の席上、イタリアのカニッツァロはアヴォガドロの分子説にもとづいた化学の確立を強調した。これを契機にして、やうやく混乱は収拾にむかい、諸元素の原子量が統一的に確定されるようになった。また、先に述べたように、ちょうど同じころに原子価の概念が確立されたことによって、しだいに諸元素を原子量や原子価に従って系統づける前提条件が整った。

原子量のあいだに一定の規則性が存在することは、19世紀前半にも少数の化学者に気づかれていたが、上述した事情のために、その本格的な研究は1860年代になってからである。フランスのシャンクールトワは、1862年に元素を原子量の順に円筒状に並べて一定の周期性を見出し、また、イギリスのオーランズも、1865年に元素を7つずつ原子量の順に並べると、化学的な性質の類似した元素が一行にそろうことに気づき、これを「オクターブの法則」と名づけた。

前述のカールスルーエ国際会議に出席していたロシアのメンデレーエフは、カニッツァロの演説をとおしてアヴォガドロの学説の正しさに確信をもっており、上述の先駆的な業績を知らずに、独自に諸元素の系統分類の研究にたずさわった。彼は、元素の固有の特性

を決定するのは原子量であることを明確にとらえ、1869年の論文で原子量の大きさの順に元素を配列したものが、原子価に対応して、化学的諸性質の周期性をはっきりとあらわすことを見だして、元素の周期律の基本的な原型をつくりあげた。

同じ時期に同様に研究をおこなっていたドイツのロタール・マイヤーは、メンデレーエフの論文を知ると、それを参照しつつ、翌70年にみずからの周期律表を発表した。

メンデレーエフは、自分のものよりいくつかの点で改善されているマイヤーの結果から多くの示唆を受け、さらに検討を加えて、71年により正確な周期律を示した。

この両者を比較して、元素の周期律の発見の第一人者としてメンデレーエフの名があげられるのは、彼が71年の論文で、周期律表にあらわれるいくつかの空所に未発見の元素を想定し、その原子量、比重、沸点温度、その化学物の性質ふくめて、その存在を予言し、じっさいにそのなかの3つ——ガリウム、スカンジウム、ゲルマニウム——が、その後ほぼその予言どおりに発見されたことによっている。

こうして確立された元素の周期律は、20世紀における原子構造理論に重要な手がかりをあたえるとともに、その後の量子論的原子構造論によって明確な物理学的根拠があたえられることになった。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

科学としての生物学の発展

農業の合理化と生物学

この段階の資本主義的生産の発展は、農業の合理化と農産物にもとづく工業の急激な発展を要請していた。また交易圏の拡大と植民地の開発、経営は、それに先立つ地理的探検とともに、地質学や地球の成立ちにかんする学問的興味を刺激し、生物の新種の記載を飛躍的に増やすことになった。人口の農村から都市への移動、植民地争奪のためにしばしば起こった戦争などから人々は伝染病や、衛生問題の克服と対決しなければならなかった。それらのすべてが新しい生物学の発展の基礎となっていた。

すでに進化論のいとぐちと、博物学(natural history)から分離した「生物学(biology)」という名称はラマルクによって準備されていた。1839年には、シュヴァンとシュライデンによって動物も植物もその最小単位が細胞であることがあきらかにされていた。多くの地主や農場経営者は、農産物と家畜の双方について、経験的に交配や品種改良に努め、また農法の改良に努力して、その成果を交流する品評会や地方学会も盛んになっていた。

こういう背景をもって、きたるべき20世紀の生物学の発展の基礎となる、重要な法則の発見や思想の確立が19世紀の中ごろに相次いだのである。その第一はダーウィンの「種の起源」の発表による進化学理論の確立であり、第二はメンデルの遺伝の法則の発見であった。ついで、パスツールの自然発生説の否定とコッホの病原菌の研究などをおして微生物学が確立されたことであった。また、リービッヒが生命過程を物質の化学反応の過程としてとらえようと努力し、地球上の生物と無機物の全体をとおして存在する物質循環を証明し

て、それを基礎に科学的な農業技術の確立に寄与したことを挙げて置かなければならない。それはこの段階ですでに資本主義的な収奪農業をきびしく批判するものであった。

進化と遺伝

生命の進化のメカニズムを論じたダーウィンの「種の起源」は、彼が1831年から5年にわたって同行したピーグル号の探検旅行中の観察に一つの基礎をおいていた。この探検旅行に彼はライエルの「地質学原理」を携えて行き、帰国後もまず地質学にかんする観察をまとめ、「珊瑚礁の構造と分布」を出版した。ついで動物学の一分野である蔓脚類の研究に時間を費やした。かれは注目した類を、分類や形態や発生のすべての面から調べて、環境に適応した習性と形態の変化との関係を徹底して研究した。そしてそのかたわらで「種の起源」にかんするノートを書きためて、44年には230頁にわたる概要を書きあげていた。

彼の学説がそれ以前の進化理論と違っていたところは、あくまでも推論を避けて、淘汰や適応が自然に起因することを、観察された事実から帰納的に立証するように心がけたことであった。ピーグル号による探検旅行で観察した多くの変異は自然淘汰の結果と考えられたが、そのメカニズムに確信をもつためには、一つには、このような珊瑚礁や動物学の綿密な研究が不可欠であった。この研究はやがて20世紀に発展を遂げることになる生態学の先鞭をつけることになった。

いま一つは熟練した育種家や園芸家との交流から得られた飼育栽培生物の人為淘汰の事実の収集であった。「種の起源」の出版はウォレスの論文の出現によって予定よりも早められ、59年に初版が出され、以後10年間に5版を重ねた。そして68年には「家畜および栽培植物の変異」を出版している。ダーウィンは種の進化の問題が遺伝の法則の問題を内包していることに気がついていて、そこで遺伝にかんして、ジェンミュールという彼にとって唯一の仮説の物質についてここでのべていた。

その問題は別のところで解決されようとしていた。50年代のはじめ、当時オーストリア帝国の一地方で、現在のチェコスロヴァキアの中央部モラビアのプルノ修道院から、もともと物理学の素養のあったメンデルがウィーン大学に派遣されてきた。プルノ修道院には実験農場があり、地域の産業の振興のために自然の研究に力をいれていた。ウィーンから帰ったメンデルはこの実験農場で、予備実験に1年と本実験に8年をかけてエンドウの交雑のメカニズムを研究した。そしてエンドウのはっきりした形質が雑種にあらわれる様子を調べて、形質に優性と劣性があることを示し、その遺伝のあらわれ方を数量的な関係にまとめることに成功したのである。

彼はこの実験の結果を65年のプルノ自然研究会で講演し、翌年には論文として発表した。当時はこの論文の意義が十分に学会で理解されなかったが、1900年に3人の科学者によって再発見され、メンデルの遺伝の法則として、遺伝をになう物質があきらかになるにしがって洗練された表現で知られるようになり、20世紀の遺伝学の発展を導くことになった。メンデルは68年に修道院長となり、植物の実験研究はできなくなったが、農業会の役員として蜜蜂の飼育や果樹園芸の栽培方法の改善に尽くし、気象の観測網の確立に尽力し、みずからも気象の研究を続けていた。それが農業の発展に重要な役割をもっていたことは言うまでもない。

微生物学の成立

もう一つの生物学の革命は発酵という過程をともなう工業の発展とともにもたらされた。ビールやぶどう酒の醸造、チーズの熟成などの過程は経験的發展してきたが、安定した産業として発達するためには、それがどういう過程であるのか、科学的に理解される必要があった。パスツールはリールの醸造工場主からの依頼を受けてその研究を手がけた。彼は正常発酵、異常発酵が進んでいるときにそれぞれ特異的な微生物が存在することを発見し、その微生物の化学作用をあきらかにして、醸造法を改良した。そのなかにはパスツリーゼイションと呼ばれる低温殺菌法もふくまれていた。

この研究のなかで彼は、これらの微生物が自然発生しないことを確信するようになり、60年に始まる考察とひきつづく論争のなかで実験的に自然発生説を否定した。ついでパスツールは当時フランスの生糸業界を破滅に追いこんでいた蚕の黒斑病という不思議な病気の解決を依頼され、長い年月をかけてこの病気が微生物によることを確認し、一方で健全な蚕種の管理と育成の指導をして、問題を解決した。

発酵や腐敗をもたらす微生物が自然発生しないということは、よく似た現象と考えられていた怪我や手術後の化膿を防ぐことができるという意味をもっていた。イギリスの医師リスターは石灰酸を用いる消毒法を考案して、手術後の感染症による死亡者を激減させた。

感染症の多くの病気が微生物、すなわち病原体によるものだという考えが広がり、ドイツの医師コッホは病原体を同定する3原則、すなわち菌の純粋培養、健康な動物に接種して発病させること、感染した動物の血液から同じ微生物を発見すること、を確立して、結核菌やコレラ菌を発見した。コッホの成功には細菌の染色法や固形培養基の開発などの工夫が大きな力となっていた。とくにゼラチンを用いた培養基は、純粋な菌の分離培養を可能にして、病気との関連を特定することを容易にした。

一方パスツールは炭疽病に一度かかった家畜が菌を接種しても発病しないことを発見し、すでにジェンナーが天然痘の予防に種痘をおこなっていたことを一般化して、菌のウイルスを弱くしたワクチンの接種をまず家畜に試みた。この成功は大きな関心をもって迎えられ、パスツールとその一門は家畜や人の病気にたいする免疫療法を確立していった。

医学のこのような発展に社会的な関心が高まり、ドイツの帝国衛生院やフランスのパスツール研究所は、各国の同種の施設センターの役割をはたすことになった。各国の細菌学者が養成されて、さしあたっては、急性の伝染病の病原菌が次々と発見された。病原菌が特定されれば、伝染経路や中間宿主もあきらかになり、伝染病にたいする予防法は科学的になり、衛生思想の普及と相まって死亡者は減少傾向を示すようになった。

生化学の誕生

細菌の研究は医学の内容であるだけにとどまらなかった。細菌は細胞単位のきわめて単純な生命形態であり、培養基の条件を選ぶことによって研究者が成長や世代交替を制御することができる、つごうのよい生物試料となりつつあった。微生物が自然発生しないのなら、どういう仕組みで増殖するのかということが次の問題となった。やがて20世紀になる

と、この微生物学は遺伝学と融合して、細胞内での遺伝と形質発現の仕組みを研究するための宝庫となっていくのである。

しかしそれに先だって、まず生体を構成する物質の特異的な化学反応を研究する生化学が生まれる必要があった。醸造工業のなかで微生物がになっていた機能は一種の触媒作用である。この発酵という有機物質のなかの現象を化学物質の作用として把握したいと考える化学者が現れても不思議ではなかった。その課題はリービッヒとウェーラーがすでに追求していた。リービッヒは長い間フランスにあった近代化学の中心をドイツに移し、ギーセンに有機化学の実験室を創始して、若い実践的な化学者の組織的な育成にとりくみ、化学雑誌を出版していた。

リービッヒとウェーラーは 36 年ごろから発酵について共同研究をしていたのである。彼らの興味は生体内の特異的な化学変化を曖昧な生命力という表現に閉じこめなくて、化学的経過として把握することにあった。そして、生体内で生成される物質が実験室でもつくりだされることを証明したいと考えていた。したがって、パスツールが発酵の研究にとりかかるときにリービッヒとの論争は避けられなかった。パスツールは生命過程が当時理解されているような化学反応に帰せられるほど単純ではないと考えていたのである。この信念は彼が天然有機物の分子不斉を発見したことで強められていた。

しかし、生化学が独立した科学の地歩をかためるためには、有機化学と微生物学との 2 つの側面からのアプローチを必要としていたのである。それにくわえてすでに 50 年代には、最初の人工染料が合成され、つづいて長年にわたって植物から採取していた薬品の合成が始まった。そしてケクレがベンゼン環の構造を思いつき、有機物質の立体構造を理解する重要な一歩がしるされた。19 世紀の後半には多くの酵素が精製されるようになり、それがタンパク質と認定されるにはまだ時間が必要であったが、一方でコロイド物質の研究も進み、生体内物質の性質を理解する準備は着々と進んでいた。

こういう状況にあって、発酵に微生物が関与していることは疑いが無いとしても、リービッヒにとって問題はそこで終わっていなかったのである。彼が生化学の建設のためにおこなったいま一つの重要な寄与は、植物生理学の化学的基礎を築き、それを農業のなかにとりいれようとしたことであった。

リービッヒと近代農学

リービッヒが 40 年以後とりくんで、何度も改訂を重ねた著書「化学」の体系は、「1. 植物栄養の化学過程、2. 動物栄養の化学過程、3. 発酵・腐朽・腐敗の化学過程、及び、4. 農業の自然法則」からなっていた。この著書のなかで、植物がどのような成分をどこから吸収しているのかを彼はのべている。炭酸同化作用に始まり、空気中の窒素の雨水を通しての吸収、他の養分の土からの吸収、それを動物が食べ、吸収し、排泄し、死んで土に帰ることによって地球上の諸元素の安定した循環が保たれていることを力説する。

それは人間が介在しようとしまいと、大気、水、土壌と、植物、動物の二つの形態の生物の生活を通して実現している物質の循環である。そこに人間が介在し農業をおこなうことによって、どういう変化が起こったのか。リービッヒはその当時行われていた農業の化

学的意義を解明していく。無機成分を土壌から作物としてとりだして、人工的に戻してやらなければ、土地はしだいに痩せて行くばかりである。このような農業は略奪農業である。それは歴史的には国家の破滅の原因になったと彼は言う。

焼畑農業だけが略奪的なのではない。家畜のふんを施肥して、注意深く耕作し、ノーフォーク式で有名な輪作伝統をもつイギリスをふくめて、ヨーロッパの農業も、アメリカほどではないが、洗練された、一見略奪とはわからない略奪であると言う。それは栽培植物に吸収された栄養を十分土壌に返していないからである。このような農業経営にかんする彼の見解は、彼の著作が実際に農場経営を行っている、とくにイギリスの地主たちに読まれ、彼らや、農学者、経済学者たちの批判にたいして実験にもとづいた論争をくりかえし、版を重ねていくことによって到達したものであった。

彼を人工肥料の無批判な導入者とみるのはまちがっている。彼はまず農村から都市への人口の流出が人間と土地とのあいだの代謝を断絶させ、農地を疲弊させていると言い、都市に集中した住民の排泄物を有効に利用しなければならないと力説する。人工肥料は彼の手元で実験中のまだ確立されていない技術である。その段階では、人間の排泄物こそ唯一の消費しつくされることのない肥料であることを強調している。そのうえでようやく人工肥料の具体論にはいるのである。

こうして彼は植物栄養の無機質論を唱え、経験に無批判な腐植論や、収量の増大のみを問題にする窒素説を科学的に批判した。以上の彼の考え方からすれば、当時の中国および日本の農業は理想に近いものであって、リービッヒも興味を寄せていたようである。しかしその農法は科学的に自覚されたものではなくて、経験的に伝えられてきたものにすぎなかったため、資本主義的生産の導入とともに破壊されていく運命にあった。

彼の「化学」の体系のうち、3番目の「発酵・腐朽・腐敗の化学過程」はパスツールの発見後しばらくは除かれていたが、このような循環理論のなかでの発酵・腐敗の理論の位置づけは動かしがたいものである。個々の部分では、現代の化学はリービッヒを越えているかも知れないが、地球規模の物質循環と人間の生産・消費活動との関連という問題はきわめて現代的なテーマなのである。

こうしてリービッヒは有機化学だけではなく、生化学や農学の科学的基礎を確立した。それは同じ時代に資本主義経済学の分析にとりこんでいたマルクスやエンゲルスにも大きな影響をあたえたのであった。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

EinsteinとPlanck

相対性理論と量子力学

アインシュタイン Einstein, Albert 1879~1955 (2)

ドイツの理論物理学者。相対性理論 (1905~16) の発見によって 1921 年にノーベル物理学賞を受けた。このほかに、光の粒子性を基礎づけた光量子説 (1905) など多くの画期的な論文を発表した。ヨーロッパ各地で大学教授を歴任した後、カイザー・ウィルヘルム研究所の物理学部長 (1914)。1933 年に、ナチスに追われてアメリカに移り、プリンストン大学高等研究所の研究者になる。ナチスドイツに先がけて原子爆弾を開発することの必要性をルーズベルト大統領に訴え、アメリカにおける原子力開発の端緒を開いた。そして相対性理論の論理的帰結である質量とエネルギーの保存則は、原子爆弾という悲劇的なかたちで全世界の人びとの前に確証された。自分の研究の成果が人類に計り知れない悲惨をもたらしたことの深刻な反省は、その後かれを、平和運動などの社会活動に意を用いるようにさせた。その哲学的見解では、はじめマッハ主義に共鳴していたが、のち (1920 年代) にはこれから離れ、また論理実証主義をもって物理学の諸成果を解釈するのを拒否し、世界の客観的存在とこれの認識の可能なこと、自然のすべての過程が因果的相互依存関係にあることの確信のうえにたった。

プランク Planck, Max 1858~1947 (410)

ドイツの理論物理学者。キールの生まれ、ベルリン大学教授、のちカイザー・ウィルヘルム研究所の総裁。その間、**1918 年に量子仮説の導入**によってノーベル物理学賞をうける。**量子仮説の導入は 1900 年のこと**で、この仮説は固体を熱していく場合に、固体から放射される光 (熱輻射) の性質を説明するのに必要であって、当時は熱輻射の説明に長波長の側でよく実験に合うレイリー・ジーンズの式と、短波長の側で合うウィーンの式があり、プランクは全波長領域で実験によく適合する新しい式を提唱した。この式の理論的基礎づけのために、エネルギーの不連続性、すなわちエネルギー量子が仮定された。この量子の導入は、それ以後の物理学に決定的な変革をもたらした量子論への第一歩であった。かれのこの量子仮説は、それまでのすべての物理学の理論を根底からくつがえすものであり、こうした変革に影響されて 19~20 世紀の境から物理学的観念論があらわれる一因をなしたが、プランクは物理学的理論の客観的性格を疑わず、マッハの思惟経済説などに反対した。

[主著] Vorlesungen über Thermodynamik, 1897 ; Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung, 1906 ; Die Einheit des physikalischen Weltbildes, 1909 (田辺訳, 物理学的世界像の統一)。

●量子論 quantum theory (507)

1900 年の量子の発見によって、古典物理学の概念がそのままでは微視的領域でなりたないことが明らかになると、古典物理学を変更して新しい理論をつくることが課題となった。1913 年にボーア (Niels H.D. Bohr, 1885~1962, デンマークの物理学者) は、原子の中での電子のとりうる軌道を、量子の考えと結びついた特殊なものに制限し、また光の放出も量子的に起こると仮定し、それ以外は古典論を使って原子スペクトル、元素の周期律、元

素の安定性などを説明した。またド・ブロイ(Louis-Victor de Broglie, 1892～、フランスの理論物理学者)は 1923 年に粒子性と波動性とは光だけでなく、電子などすべての物質にもあてはまると考え、その予想はまもなく実験によって確かめられた。ここまでの段階を前期量子論といい、古典論と量子論との折衷である。ハイゼンベルク(Werner K. Heisenberg, 1901～、ドイツの理論物理学者)とシュレーディンガー(Erwin Schrödinger 1887～1961, オーストリアの理論物理学者)は、1925 から 26 年にかけて新しい理論体系をつくった。これを量子論あるいは量子力学といい、分子・原子・原子核など微視的対象にたいしてなりたつ量子論では、状態と観測の概念が古典論とまったく異なり、これが量子論の論理構造の基礎となっている。大きさない 1 個の粒子を考えると、その状態は、古典論ではその粒子の位置と速度によってあらわされるが、量子論では粒子的性質と波動的性質とを同時にそなえた波動関数というものであらわされる。このことから一般に二つの量のあいだに不確定原理があらわれ、二つの量を同時に精密にはかることはできなくなる。量子論によって、化学反応および多くの生命現象、天体現象の法則の基礎が明らかにされ、量子論は物理学・化学・生物学・天体物理学などを結びつける中心的存在となっている。量子論を素粒子の生成・消滅のように粒子数が変わる場合にまで拡張したものを、場の量子論という。→量子、不確定原理、相補性

レーニンと「物理学の危機」

(「『唯物論と経験批判論』によせて」 1982 年から)

レーニンは、自然科学の専門家ではもちろんなかったが、彼が弁証法的唯物論の立場で「物理学の危機」にとりくんだ研究成果は、後世の物理学者が物理学のその後の歴史的な発展の結果をもふまえて、その正しさを断言できるだけのすばらしい内容をもっていた。

第 1 の問題は、「物質は消滅した」という議論である。これまで不変なものと考えていた元素が変化することが明らかとなったり、物質の究極的要素とされた原子が、電子などから構成されていることがわかったりしたことから、マッハ主義者を先頭にする観念論学派は、「物質は消滅した」ととなえだし、これが、実際に物質的自然にとりくんでいる物理学者にも一定の影響をおよぼして、物理学の危機を加速した。

この問題にたいして、レーニンの答えは明確だった。レーニンが、物質の哲学的概念を明確に定式化して(「人間の意識から独立に存在し、この意識によって反映される、客観的実在」、物質の構造や性質についての自然科学の認識がどんなに変化しても、それは、哲学的な意味における物質の客観的な実在性には、なんの影響をもおよぼすものでないことを、明確にしたことは、物理学の危機を打開するうえできわめて重要な意味をもつことだった。

元素や物質の不変性が否定されたぐらいで、これを「物質の否定」という観念論の証明だと思いこんだマッハ主義者たちが、もし今日の物理学が明らかにしている、物質を構成している素粒子が変転きわまりない相互転化を不断におこない、エネルギーに転化して消

滅してしまったりする場合さえある事実や、どんな素粒子も、特定の条件のもとでは、光と同じような波動としてあらわれる事実などを知ったら、どんな喝采をさげぶだろうか。こういう意味では、現代の物理学は「物質の消滅」の無数の実例を提供しているが、これはすべて哲学的には、客観的実在である物質の実在的な運動の一形態にほかならず、物質から非物質への転化や物質の消滅をしめすものではけっしてないのである。

第2の問題は、「物質のない運動」という議論である。これは、一口にいえば、物質を消滅させて、観念論の立場におちこんだ物理学者が、その観念論と自分たちが研究している自然の諸法則とを両立させようとして、となえだした議論だといってよいだろう。

「物質のない運動」論は、物理学の発展の特定の段階——物理学が、研究している物質の構造や性質についての明確な認識をまだあたええないでいる段階で、そういう認識を本来不可能なものとして原理的に放棄してしまうという動機であられることもある。坂田昌一氏は、ある論文のなかで、20世紀の初頭の物理学の危機が打開されて、量子力学が成立した最初の段階で、その解釈をめぐる物理学者の哲学的混乱が生まれたとき、量子力学の創設者たちの一部（ハイゼンベルク）に、物理学は、物質の本質や構造を問題にせず、「知覚の関連の形式的記述」のみにとどまるべきだという議論があらわれたことを紹介している（「理論物理学と自然弁証法」1947年）。これは、物質の存在を積極的に否定するわけではないが、その客観的な認識をあきらめ、運動のにない手は無視して運動の現象だけを問題にせよ、とする点では「物質なき運動」の不可知論的変種といってよいだろう。

自然の弁証法（FT,1988）より

弁証法的唯物論のレーニンの段階の自然科学的前提

社会的＝歴史的な要因とならんで、弁証法的唯物論のレーニンの段階の発生のおかげで大きな役割を果たしたのは、19世紀と20世紀の交代期に生じた自然科学上の新しい情勢である。

自然科学における最新の革命

この情勢の特徴は、まず自然科学における最新の革命が、19世紀のなかごろと後半に起こった革命とひどくちがっているということである。この最新の革命の本質は、まず物理学が原子内の現象（極微現象）の分野に浸透したことである。これに関連して物質の構造と性質についての古い見解が根本的にうちくだかれてしまった。すでに、17-18世紀につくられていた物理学的世界像の限界が暴露された。新しい物理学的世界像の土台となったのは、もはや力学的に理解される原子、不変の質量をあたえられた原子ではなく、その特色の性質（可変的な質量、おどろくべき運動速度、放射崩壊のさいに分離する能力、等々）をもった電子であった。

三つの決定的な発見が自然科学における最新の革命の一般的性格と主要な方向を規定した。第一に、物質に、つまり原子の電子殻に深く浸透してゆく能力をもっているレントゲン線の発見(1895年)。第二に、放射能の発見(1896年)。この発見は放射能の物質的な担い

手たるラジウムの発見(1898年)をもたらした。第三に、あらゆる原子の一般的な構成部分としての電子の発見(1897年)。

第一と第三の発見は原子の外側の領域——原子殻——を深くきわめる可能性をあたえ、第二の発見は、科学が物質の最深の(中心の)領域——原子核——を深くきわめる道を切り開いた。

物理学の分野におけるこれらの発見は、原子と化学元素を絶対に無変化で、転化せず、分割されず発展の能力のないものとみる古い、形而上学的な見解を根本的に破壊してしまった。これらの発見のそれぞれが原子の二つの領域(核あるいは殻)のうちの一つに通じる道を開いたということは、なぜこれら三つの発見のうちの一つだけをあげるにとどまってはならないかを説明するものである。たとえば、三つの発見のそれぞれが、個々に、原子の可変性、可分性、被破壊性を証明し、そのことによって物質の構造とその粒子についての古い、形而上学的見解を粉碎し、物質とその粒子についての新しい、その内容からみて、弁証法的な見解を主張しているにしても、そうである。

20世紀の物理学のその後のすべての発展は、実際には三つの発見の継続であり、深化であって、これらの発見のうち自然科学において始まった革命の本質が現れていた。すなわち、原子の電子殻の研究は量子力学の創設をもたらした、核の研究は核物理学をもたらしたのである。科学の発展のこの二つの方向は「素」粒子物理学で一致した。

物理学が物質の奥底をきわめたことが、この科学を、現代自然科学の指導部門に変えた。17-18世紀には、そういう指導部門は力学であり、力学は自然科学の他のすべての部門にその痕跡をあたえ、自然科学全体に力学的性格をあたえた。19世紀には、自然科学における指導的役割は、物質の運動のもっと複雑な(超力学的)形態を研究する自然科学のグループ、すなわち物理学、科学、生物学へ移った。20世紀に、自然科学の決定的な部門となったのは物理学であった。すなわち、物質のもっとも基本的な(既知のものなかで)種類、存在のもっとも普遍的で基本的な形態(物質と運動に依存する時間と空間)、自然現象の合法的な関連のもっとも普遍的な型(静力学的合法的な型と動力学的合法的な型、その他)を研究した物理学部門であった。

20世紀の自然科学における物理学の指導的役割は、物理学が物質の最も普遍的、基礎的な性質や物質粒子相互の関係を明らかにしたことによって決定された。これは、あらゆる形態の物質運動の起源の問題、生命の担い手や物質の最高の産物——思考する頭脳——をも含めた、物質的構成物の起源の問題の解明を助けた。こうして物理学は、最下級のもっとも単純な(既知のものうちで)段階から、最高のもっとも複雑な段階までの自然の弁証法的発展の道を明らかにすることを助けた。

もっとも重要な新しい問題を提起したのは、生物学であった。発展観の問題が新しい条件のもとで重要な意義をもつようになった。ダーウィンのときから発展の思想は生物学だけでなく、他の自然科学にも浸透した。いまや、弁証法に敵対したのは、自然を不可変のものとする形而上学的見解よりも、むしろ自然の発展を機械論的にみる見解であった。このことは、歴史的に形成された二つの可能な発展観の問題を全面的に解明し、形而上学的、機械的な運動観に対立した弁証法的発展観を基礎づけるという課題をマルクス主義哲学に

課した。

自然科学の最新の革命は、生物学の分野にもおよんだ。この分野で指導的な役割を果たしたのは、イ・ペ・パブロフが条件反射の発見にもとづいて創始した動物と人間の高次神経活動の客観的な研究方法であった。このおかげで、生物の肉体的活動ばかりでなく、心理活動も自然科学の研究の対象となった。すべてこれは、たとえば、意識対物質の関係のような哲学の根本問題に直接に関係があり、哲学的概括を必要とする新しい膨大な自然科学的素材を提供した。

現代自然科学の危機

19世紀と20世紀の交代期の自然科学上に生じた情勢を特徴づける重要な現象は、現代自然科学の危機であった。自然科学の内部での唯物論と観念論の闘争は、この時期にまったく新しい特徴をもつようになった。19世紀末までの自然科学ではほとんど全一的に唯物論が支配していたが、この唯物論は、自然発生的な、歴史的に形のととのっていないものであるか、形而上学的または機械論的なものであるか、ときには俗流唯物論であるかした。19世紀末までの哲学的観念論は自然科学の真の成果のおもな反対者であった。観念論者は、自然科学上の発見が唯物論の立場を強化し、観念論に敵対的な唯物論的自然観の自然科学的支柱を強めるものと考えた。だから、19世紀末まで、概して、観念論者と不可知論者が寄生していたのは、科学の弱点と困難であり、多くの自然科学表象の欠陥であり、とくに、自然の弁証法を確証した科学的発見そのものの客観的内容にそむいて、科学者の頭を支配しつづけていた形而上学的思考方法の限界であった。

19世紀と20世紀の交代期に、自然科学の歴史上はじめて本質的に新しい、19世紀とは根本的にちがった情勢が生じた。その当時、観念論がしがみついていたのは、科学の弱点や欠陥、科学的研究方法の限界ばかりでなく、科学のなかに最新の革命をひきおこした科学のもっとも新しい成果でもあった。

自然科学のうに生じた新しい情勢の特徴は、観念論者が唯物論とのたたかいに形而上学の壊滅、とくに物質とその構造についての古い形而上学的見解の壊滅を利用したということである。彼らは、原子は不変で、質量は恒常的であるなどという古い観念を破壊した物理学上の新しい諸発見を自分の同盟者に変えようとたくらんだ。このような策動を容易にした事情は、科学者が弁証法を知らなかったことであり、ブルジョア的世界観の影響を受けたため、科学者が弁証法的唯物論と縁がなかったことであり、また自然科学者のあいだの唯物論の多くの擁護者が物質と運動、空間と時間、因果性、原子と電子についての形而上学のおよび機械論の見解を擁護していたことである。このような情勢のもとで、観念論者は形而上学の壊滅を唯物論の壊滅であるかのようにみせかけようと試み、唯物論を科学から駆逐し、唯物論を観念論と不可知論とでとりかえる方針をとった。観念論哲学の、この種の反動的な傾向は、帝国主義がもたらしたあらゆる分野の全般的な反動に余儀なくされたものであって、現代物理学の危機とともに自然科学全体の危機をも生みだした。これに関連して、生物学の分野にも、ダーウィン主義と反ダーウィン主義の闘争、また同時に唯物論と観念論、弁証法と形而上学との闘争が、急速に強まった。

独占前の資本主義の情勢のもとでは、エンゲルスが示したように、自然科学のあらゆる分野に作用していた主要な矛盾は、形而上学のとりこにとどまっていた自然科学の陳腐な思考方法と、自然に内属する弁証法の発見を助けた自然科学上の偉大な諸発見の真の内容とがまったく照応していないことであった。これは、自然科学の発展における主観的要素（科学者の思考方法）と客観的要素（発見の内容）との矛盾であり、形而上学（科学者の頭を支配していた）と弁証法（それぞれの科学的発見のなかへ自然発生的に分けいつていた）との矛盾であった。この矛盾からの出口は一つあった。すなわち、科学者自身が唯物論的弁証法を習得することであった。このことだけが、19世紀の理論的自然科学をみだしていた混乱と矛盾に終止符をうつことができたであろう。

エンゲルスが19世紀——その当時の自然科学では唯物論が支配していた——の自然科学の発展のうちに発見した矛盾は、20世紀の新しい歴史的条件のもとで、さらにいっそう激化した。いまや帝国主義の時代には、反動哲学の代表者は、一般に唯物論を自然科学から駆逐し、それを観念論と不可知論でとりかえるために、この不照応を利用し、激化させたのである。科学の進歩そのもの、弁証法的な性格をもつ物理的諸過程の客観的内容を明らかにすることそのものが、科学者たちの解釈の仕方にはかかわりなしに、自然科学上の革命から、科学の成果から、科学の進歩から反動的な認識論的結論を引きだすために利用される。このようにして、帝国主義時代の自然科学の発展のうえに新たな、さらにいっそう深い矛盾が発生したのである。

観念論は、これまでどおり唯物論の猛烈な敵であったが、いまや、観念論が利用したのは、古い形而上学的な物質観や自然観の限界および弱点それ自体ではなく、物理学の最新の発見の結果、これらの見解が崩壊したという事実であった。「物理学的」観念論者は、古い唯物論の形而上学的見解をしりぞけ、観念論的傾向の形而上学を擁護したのであって、そのことは、たとえば、弁証法の構成要素としてのわれわれの知識の相対性のモメントを絶対化したり、研究される物理的諸現象の量的側面を誇張したり、絶対化したり、あげくのはては量的側面を物質そのものから断ち切ったりしたことのうちにあらわれたのである。

多くの自然科学者にとっては、19世紀の末から物理学上におこった新しい現象の真の意味は、不可解な、説明できないものにとどまっていた。一部の科学者にとっては、物質とその微粒子の構造や性質についての時代おくれの古い考えとともに、自然科学の基礎、その要石そのものも崩壊し、科学的認識の土台全体が崩壊しつつある、と思われるようになった。「物質は非物質化されつつある」、「物質は消滅した」——このような意見は、依然として哲学的にまとまった世界観をもっていない自然科学者のまったくの茫然自失ぶりを証明するものであった。そればかりでなく、一部の科学者にとっては、科学は一般に今後の発展の可能性をくみつくしてしまい、行きづまり、八方ふさがりの状態におちいった。科学の完全な破産がやってきた。物理学の危機は科学の滅亡の直接の兆候である、と思われるようになった。他方では、この種の懐疑主義とは反対に、実証主義的な主張が述べられ、観念論の大流行はなんの重大な意義をもたず、科学の発展になんらかの影響をおよぼすことはできないで、危機全体が偶然的な性格をもっているかのようにいわれた。

自然科学の発展によって提起された哲学の諸問題

物理学者のあいだばかりではなく、他の自然科学部門の代表者のあいだにもみられた理論的混乱は、現代物理学には、なにがおこっているか、自然科学が際会している危機の本質はなにか、という問題に明快な深味のある解答をあたえることを、マルクス主義哲学者に要求した。第2インタナショナルのマルクス主義理論家たち（プレハーノフ、その他）は、この問題に解答をあたえようと試みなかった。なぜなら、彼らは現代の自然科学には眼もくれず、自然科学の新しい業績と哲学とにつながりがあることを知らず、現代の観念論哲学が科学の新しい業績をうまく利用しようとしていることを暴露することなしに、この哲学を批判したからである。

自然科学の最新の革命と危機によって提起された哲学問題に対しては、レーニンがその著作のなかで解答をあたえた。

彼は、その論文〈わが解散論者たち〉（1911年）のなかで、現代の物理学は弁証法的唯物論が仕末をつけなければならない、新しい重要な、かつ複雑な諸問題を提起したと書いている。

自然科学の革命と危機の情勢のもとで新規におこった、哲学と自然科学との相互関係についての一般問題は、このような問題の部類に含まれていた。一方では、自然科学と弁証法的唯物論とが、他方では、自然科学と観念論や信仰主義とが、根本的に対立していることが明白になった。これに関連して、すでに述べたような、現代物理学の危機の本質、危機を生みだした諸原因、危機克服の道と方法についての問題もおこったのである。

科学の理論、仮説、概念の客観的意義はどうか、科学そのものとその業績の客観的価値はどうか、すでにできあがっている科学の基礎には恒久性があるかどうか、——これがとくに問題となった。このような問題は、従来のすべての概念と原理が、物理学上においてきわめて深刻に打破されたことによって、科学者に文字どおり押しつけられたものである。まさになにが、このように打破されたか、矢つぎばやに新しい発見がおこなわれているなかで、なにが依然として恒久的で不動なのか——まさにこれが、きわめてさまざまな傾向の哲学者と自然科学者が自分に課した問題であった。それまでに絶対的真理とみなされいた従前の考えが、絶対的性格を失い、その相対性を暴露したという事実は、ほとんどすべての科学者にとって明白であった。しかし、この相対性の性格はなにか、科学的見解にはなにか絶対的なものが含まれていたか、——まさにこのような問題が意見の相違をひきおこしたのである。だから、真理とはなにか、という古い認識論上の問題がふたたび発生したわけである。

以前に科学によって発見されていなかったような性質をもち、やはり以前には知られていなかった種類の物質が発見されたため、物質の問題、物質と運動との相互関連の問題が、きわめて切実なものとなった。一部の自然科学者は、あらゆる種類の物質、その性質、その運動形態は可変的であるにもかかわらず、万有の實在的な基礎としての物質そのものが恒存するのか、もし恒存するとすれば、物質のどのような性質と現象のなかで、このことを明らかにすることができるのかという問題が当面した。

空間と時間に関する物理学の考えが変わりやすいことが、實在的な空間と時間の性格、

運動する物質と両者〔空間と時間〕の関係の問題をひきおこした。自然現象の新しい型の合法則的な関連（函数的な相互関係と依存関係によって数学的に表現される）の発見は、自然の合法則性、原因と結果の相互作用、等々の科学的理解を深める課題を提起した。

パブロフ学説も、ダーウィン主義や新しい物理学とならんで、**決定論の原則を、また自然における因果性と必然性の問題を哲学的に解明する課題を提起した。**

この学説は、**高次神経活動の反射的性格を明らかにし、「生理学的」観念論のぶり返し**とのたたかいでは、弁証法をこの理論にさらにいっそう適用することによって、反映論を全面的に展開させることを、マルクス主義哲学のとくに緊急な課題とした。

こうして、現代の自然科学にとってきわめて重要な意義をもつ諸問題を解明することが、マルクス主義哲学のレーニンの段階の一つの特徴をなしていたのである。

マルクス主義は、自然科学における最新の革命によって提起された哲学問題に、弁証法的唯物論の立場から「仕末をつける」ために、この問題の解決にとりかからなければならなかった。

その結果、マルクス主義哲学は、自然科学の新しいいっそう高い発展段階に照応した、いっそう高い段階にのぼらなければならなかった。

世界哲学史：9（ソビエト科学アカデミー版）（1962）

物理学の危機：古典物理学から現代物理学へ——物質・時間・空間概念の発展

20世紀初頭の物理学の危機...物質は消滅した？

世紀末の2つの暗雲

1824年生まれのイギリスの物理学者ウィリアム・トムソンは、19世紀物理学の発展をになってきたひとりであるが、その世紀末に比熱とエーテルの2つの問題を指摘した。それは19世紀を通じて熱・電気・磁気・光などの諸現象の認識にとって有効であったひとつの自然観、すなわち力学的自然観では説明しきれない現象であった。世紀転換期、これらの問題の解明を通じて、それまでの物質・時間・空間などの物理学の基本概念は変革を迫られ、現代物理学の基本概念としてより豊かな内容をもつものへと発展させられることになる。

しかしまた、同時にそれはさまざまな観念論哲学を登場させることにもなった。ともあれ、そのなかで素朴实在論をこえる新しい哲学すなわち弁証法的唯物論がよりいっそう発展したことは重要である。そして現在、現代科学の発展はその弁証法的唯物論をよりいっそう深め豊かにしていると考えられる。

比熱と空洞輻射の問題

比熱やそれにつづく空洞輻射の問題の解明にあたって、それまでに知られていた力学法

則にもとづいて運動する調和振動子のようなモデルを想定した微視的状态の考察では、実験結果と一致する結論をあたえられないことがわかった。

たとえば固体（結晶）の比熱についてこう考えられた。固体を構成する各原子がその平衡点の近傍に束縛された固有振動数をもつ3次元調和振動子によって記述され、固体はこのような調和振動子が無数に集まっているとみなされるならば、固体1モル当たりの比熱は $3R$ に等しいことになり（ R は気体定数）、その数値は約5.8カロリー/度・モルで温度や原子の種類（振動数）によらない定数となるはずであった。ところが、しだいに広い温度領域にわたって精密な比熱の測定がおこなわれるようになると、低温での測定値をが $3R$ の定数からずれていることがあきらかになってきた。

空洞輻射の問題についても同様であった。ヴィーンの場合は、気体分子運動論に対応するモデルを想定してマクスウェルの速度分布則を利用し、広い波長領域にわたって高精度で成り立つ空洞輻射のエネルギー強度分布式、すなわちヴィーンの分布式（1896年）を得た。しかしのちに、この分布式も実験結果と一致しない領域のあることがわかった。レイリーやジーンズの場合は、熱輻射が広範囲の波長領域にわたる電磁波であることから、熱輻射をマクスウェルの法則にしたがうエーテルの力学現象としてとらえた。その結果、レイリー（1900年）＝ジーンズ（1905年）の分布式は、低い振動数または高い温度領域でのみ実験結果と一致していた。

量子仮説の出現

1896年ごろから熱輻射研究にとりくんだプランクは、1900年に、量子仮説を導入したエネルギー強度分布式を提出した。それは、ヴィーンの分布式のもつ限界、すなわち実験によってあきらかになった低い振動数領域での測定値からのいちじるしいずれを救うための試みであった。

プランクの量子仮説は、熱平衡状態のもとにある個々の調和振動子がマクスウェル＝ボルツマンの統計則にしたがって平均エネルギーを得る、その過程の考察から生まれた。それまで、調和振動子の運動状態を考察するとき、その平衡点からの変位および運動量は、任意の実数値をとるものとされていた。そのために、それに対応して力学的エネルギーも連続的な正の実数値をとるとされた。ところが、プランクの量子仮説はこうした力学的エネルギーの連続性を放棄して、不連続のエネルギー値を導入することであった。それは、振動数 ν の調和振動子の力学的エネルギーの場合には、最小エネルギー要素 $h\nu$ の整数倍に量子化された不連続な値をとると仮定していた。この定数 h はプランク定数とよばれた。

こうした量子仮説を導入したプランクの分布式は、ヴィーンの分布式とレイリー＝ジーンズの分布式をそれぞれの適応領域を生かしてつなぐものとなり、測定値とよく一致した。しかし、プランクの量子仮説の産みの苦しきは、この分布式を提出したあとに訪れた。すなわちそれは、この式をたんなる「運よく選ばれた外挿公式」ととどめることなく、この式の示す「真の物理学的性格」を解明する過程でもあった。科学の本道は、この量子仮説を自分の探究に役立たせ採用させていった研究者たちの研究の結果、それが真に物理的な

考えであることを証明することになった。その一方で、それまでの力学法則からでは説明しきれない、プランクという言葉によれば、「何らかの妥当な形で古典論の枠内にはめこもうという、あらゆる努力をはばみさからう」ような物質の新たな存在形態の発見に直面して、物理的世界の客観的実在性の否定に転落してゆく人々もいた。

1909年に発行された「唯物論と経験批判論」のなかでレーニンは、そうした「物理学的」観念論の立場にたつ科学者たちの考えを批判した。とくにマッハを批判して、マッハの議論は自然科学の陣営から信仰主義の陣営への移行であると指摘していた。マッハ主義者（経験批判論者）は、知識の源泉を感覚であると考えた。この点は、唯物論者も同じである。ところがその先、マッハ主義者は感覚・知覚・経験の成立するそもそもの前提としての客観的実在をみとめない。彼らは、物または物体とは感覚の複合であるとする。そのために、科学のすべての課題は感覚を分析し、感覚的データを記述し、感覚と感覚とのあいだの関連をみつけだすこととした。

こうした観念論者の批判のために、本書でレーニンは、「物質とは、人間にその感覚においてあたえられており、われわれの感覚から独立して存在しながら、われわれの感覚によって模写され、撮影され、反映される客観的実在を言いあらわすための哲学的カテゴリー」と、物質の哲学的概念を明確にした。

レーニンは、観念論者のいう「物質が消滅する」ということについても、それはわれわれの物質についての知識の限界が消滅するということであり、われわれの知識がいつそう深くすすむことにほかならないとのべた。かつて絶対的、不変的、根源的と思われていたような物質の性質は消滅しており、そしてこれらの性質はいまでは、相対的な、物質の若干の状態にだけそなわっているものであることがあきらかになっていると。

量子力学の建設

プランクの量子仮説から5年後の1905年、アインシュタインは光量子仮説を提出した。それは、プランクの量子仮説に実在的意味をあたえると同時に、光の本性についての新たな問題、すなわち光はマクスウェルの電磁理論にしたがう「波動」であると同時に「粒子」でもあるという問題を生じさせた。この新たに生じた問題は、量子力学の建設によって解決され、古典力学的状態と異なる量子力学的状態における物質概念を発展させることになった。

その量子力学の建設は、波動力学と行列力学の2通りの方法で着手された。一方の波動力学の建設は、アインシュタインの光量子仮説に触発されたドゥ・ブローイーの理論研究によって、1924年に提出された物質波の概念にはじまった。1926年から27年にかけてシュレーディンガーは、物質粒子に伴う物質波（波動関数）がみたすべき波動方程式を提出した。この理論はアインシュタインやドゥ・ブローイーの提出した関係を特殊な場合としてふくむ、より一般的な内容をもっていた。

他方の行列力学の建設は、こうした波動力学の建設とまったく独立してなされた。それは、19世紀末からの諸発見、すなわち、放射性物質の発見、電子の発見、放射線の本性解明の研究などと密接に関連してすすめられた原子構造の探究からうまれた。具体的には、

ラザフォードの原子核の発見をきっかけに、原子核のつくるクーロン力のもとでの原子内電子の運動を解明する過程から形成されたといえる。

1913年にボーアは、実験的に証明されている原子構造の安定性や原子から放出される輻射線の性質を説明するために、量子仮説を採用した原子構造論を提唱した。そののち、彼は水素スペクトルからひきだされた量子論と古典電磁力学との間の特徴的な関係を追及して、「対応原理」を定式化した。この「対応原理」を指導原理として、ハイゼンベルクは行列力学を建設した。そこでは、電子の座標のかわりに、古典的軌道運動のフーリエ係数に対応する変数の集合が採用された。その変数は原子の2つの定常状態と関連しており、それらの定常状態間の遷移確率の大きさをあたえた。そして、この種の係数の集合が、線形代数学にでてくる1つの行列（マトリックス）に対比された。古典力学のすべての量は対応する行列を指定され、そのために、古典力学の運動方程式は古典的変数の関係式を行列のあいだの関係式にうつしかえて採用された。

こうして、それぞれ独立に建設された波動力学と行列力学との数学的な等価性は、シュレーディンガーによって、1926年に証明された。さらに、量子力学的対象を古典力学的対象から本質的に区別する量子力学の解釈が、翌年にボーアとハイゼンベルクの導入した「相補性原理」によって確立された。その結果、古典力学的状態と異なる量子力学的状態における物質概念がつぎのように発展させられた。ある時刻に一定の波動関数で記述される電子は、その位置と運動量の値を同時には確定しえない。その意味で、電子はもはや古典力学的な物質概念ではありえない。また、その電子の位置測定をした場合、測定値 \hat{x} が得られる確率は、波動関数 $\Psi(\hat{x})$ の絶対値の2乗によってあたえられるとされた。

特殊相対性理論の出現

“世紀末の2つの暗雲”のもう1つは、エーテルの問題であった。この問題は、マクスウェルの電磁理論の基礎であった光の媒質としてのエーテル仮説をゆるがし、ついにはニュートンの主張した数学的で真に絶対的な時間や空間の概念を変革するアインシュタインの特殊相対性理論を出現させることになる。

光とは何か。この問いにたいし、それまで光は普遍的な媒質エーテルのなかにおこる横波であり、エーテルは全宇宙に充満し、すべての運動の背景として静止していると考えられた。1870年代末にはじまる光の速さを精密に測定しようとするマイケルソンの関心は、測定したその光の速さにおよぼす地球の運動の効果の発見をめざしていた。ところが、モーレーとともにおこなったその実験は、効果発見にすべて否定的な結果をあたえた。

こうして、絶対静止の状態にあるエーテルにたいする地球の相対運動が検出されない結果をみて、2通りの見解がとられた。1つは、ローレンツのものである。彼は、絶対静止エーテルを前提にして原子論的電気力学を完成させており、理論と実験の整合性をはかるために、ローレンツ収縮の仮説を提出した。もう1つは、1905年に発表されたアインシュタインの見解であった。それは、第1の要請として「相対性原理」をおいた。その内容は、電気力学の現象が力学の現象と同様に、絶対の静止という考え方を立証するような性質をもっていないように見える、というものであった。さらに、力学の方程式が成り立つすべ

ての座標系に対して、電気力学や光学の法則がいつも同じかたちでなりたつとした。また、第2の要請としては、「光速不変の原理」をおいた。それは、光がつねに真空中を一定の速さ C で伝播し、この速さは光源の運動状態には無関係であるとしていた。

こうしたアインシュタインの2つの原理を承認することによって、光の媒質としてのエーテルは排除され、エーテルの絶対静止系も意味をもたなくなった。そしてなによりも重要なことは、このアインシュタインの理論が提起している時間・空間概念の発展にあった。それは、外界のいっさいと無関係に均一に流れ、つねに同じ形状をたもち、不動不変のものとしてきたそれまでのニュートン力学に採用されていた絶対的な時間・空間概念から、「走る時計は遅れる」、運動物体の長さは短縮する」という新たな、光速に比べて無視しえない速さで運動する物体の存在形態を認識するために必要な時間・空間概念への発展であった。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

空間・時間の概念と人間の認識の発展

（「『唯物論と経験批判論』によせて」1982年から）

レーニンが、『唯物論と経験批判論』のなかで、空間と時間にかんする「人間の表象」の発展、変化についてのべたが、実際、人類の歴史のなかでも、この1世紀ぐらい、この問題での人間の認識が短時間に大きく変化したことはないだろう。人間は、この1世紀のあいだに、空間的にも時間的にも画期的にその認識をひろげた。いまでは、空間的には十億以上の銀河をふくむ百億光年の彼方まで視野をひろげるようになったし、時間的にも、約二百億年以前も過去にさかのぼって、その時点での“宇宙”の運動の理論的な復元を試みるところまで到達した。

しかし、この分野での変化と発展は、そうした認識と視野のひろがりだけにあったのではない。私たちが生きている世界の空間と時間の構造そのものについての認識に、根本的な変化がおきたのである。それを、もっとも集中的にあらわしたのが、アインシュタインによる**相対性理論の発見**であった。これは、**空間と時間についてのこれまでの常識的な考え方——空間や時間を、運動する物質と無関係に存在している不変不動のわく組みのように考えていた見方を、大きくうちやぶるもの**だった。

空間＝時間概念のこうした発展は、認識論、真理論にとってなにを意味するか。もし空間と時間が、カントなどのいうような「人間の直観形式」であるなら、それが、新しい発見によって変化するなどということは、ありえないはずである。人間が2千年以上ものあいだ、科学的認識の基礎として保持しつづけた空間や時間の認識が、新しい発見や研究によってより正確なものに発展するということ自体、空間と時間が客観的な実在であって、人間の認識がその反映であることを、立証している。

マッハ主義者（ポアンカレなど）は、人間が空間についてのある幾何学を選ぶのは、そ

の方が「便利である」からだと主張した。しかし、アインシュタインの相対性理論が、今日その真理性をひろく承認されているのは、それが人間の思考にとって「便利」だからではなく（それは反対に、人間の思考を複雑で「不経済」にしたといえるだろう）、実在する空間＝時間をより正確に反映したものであることが、「実験的事実」によって確証されたからである。

私たちが生活している日常的な世界では、人類が二千年来保持しているユークリッド的な空間＝時間の概念で、客観世界を十分近似的に反映しているから、それでだれも不便を感じない。問題は、物体の速度が光の速度に近いような超高速の世界や、天文学が対象にする巨大なスケールの世界においてである。ここでは、相対性理論がえがいた空間＝時間の構造をぬきにして、物質の運動を論じるわけにはゆかないことが、「実験的事実」で明らかにされている。

レーニンは、人間の認識の限りない前進について、「電子は、原子と同じように、きわめつくすことができないもの」だと書いた。このことは客観的実在である空間＝時間についても、いえることである。たとえば、素粒子の多くは極度に短命で、その生涯はほとんど内容のないはかないものにみえるが、このきわめて短い時間におりこまれた運動の内容は、その充実ぶり、複雑さの点では私たちの想像を絶するものがある。

素粒子のなかで、もっとも寿命が短いのは重粒子と呼ばれるグループで、その多くは百億分の一秒台の寿命しかもっていない。ところが、百億分の一秒というと、光の三分の一の速さで走ると、約一センチメートル走ることができる。固体や液体のなかでは、原子核どうしはだいたい一億分の一センチメートルぐらひはなれて存在しているから、一生に一センチ走れるということは、約一億個の原子核をおとずれることができるということである。この計算をした物理学者が、素粒子の生涯を人間の生涯とくらべて、われわれ人間が生涯のうちに一億人に会おうと思ったら、時速百キロで自動車を走らせ、24時間不眠不休で、十メートルに一人の割で人に会うとしても、百年かかってやっと目的が果たされると書いていた。これは「素粒子の生涯の複雑さ」とともに、時間や空間のもつ無限に深い内容を理解するためにも、実感的な足がかりになる話だと思う。

自然の弁証法 (FT,1988) より

世界と事物を「連関、連鎖」においてとらえる

(『社会主義入門』1983年から)

エンゲルスが、弁証法的な見方の第1としてあげた、世界と事物を「連関、連鎖」においてとらえるという問題で、私自身が勉強して非常に印象的だったのは、20世紀の原子核物理学の発展が、星・銀河・宇宙という天文学的世界の秘密のとびらを開いていった筋みちだった。

いまでは、太陽のような星が光と熱をだしているのは、星の内部で、水素爆弾と同じ熱

核反応（水素が融合してヘリウムとなる）を、不断に巨大な規模でおこなっているためであることは、広く知られている。また、誕生から終末にいたる星の進化とその生涯をたどることも、できるようになった。星の進化の理論は、だいたい 1930 年代から 50 年代にかけてつくりあげられたものだが、その根底には、原子核物理学の最新の成果を駆使した理論的追求があった。さらに、銀河や宇宙の研究にしても、原子核や素粒子の理論をぬきにしては、一步もすすめない、というのが、現状である。

地上の実験室のなかでの、顕微鏡でもとらええない物質のもっとも微細なしくみの追究が、星・銀河、さらには宇宙という、もっとも巨大な物質世界の謎の解明につながったわけである。ここには、私たちが生きている世界のあらゆる部分が無数の「連関、連鎖」で結ばれていることの、きわめて壮大なスケールでの確証があった、とあってよいだろう。

自然の弁証法 (FT,1988) より

哲学の根本問題 fundamental question of philosophy (323-4)

エンゲルスの有名な言葉がある。〈存在に対する思考の、自然に対する精神の関係という問題、哲学全体の最高の問題〉は〈なにか本源的なものか、精神かそれとも自然かという問題である。〉〈この問題に、あれかこれかどう答えるかにしたがって、哲学者たちは二つの大きな陣営に分かれた。自然にたいして精神の本性を主張し、したがって結局、何らかの仕方の世界創造をみとめた人々は、…観念論の陣営をかたちづくった。自然を本源的なものとみた他の人々は、唯物論の種々の学派に属する〉(《フォイエルバッハ論》)。これが哲学の根本問題である。そして従来、哲学史でこれら相対立する立場が、たがいに闘争してきた。意識と存在・精神と自然、これを別の言葉でいいかえれば、存在するいっさいのもの（精神的存在も物質的存在もふくめて）のもっとも普遍的な対立は、意識と物質であるから、哲学の根本問題はこれら両者のどちらを根源的とするかにあるということができる。この問題には二つの面がある。一つは、どちらが根源的かということであり、他は知識が世界そのものとどういう関係にあるか、知識は世界に照応したものであるのか、それを正しくとらえるのか、ということである。観念論は、意識を物質から引きはなして自立させ、これを神とか絶対理念とか意識一般とし、そこに客観的観念論または主観的観念論を成立させる（→観念論）。唯物論は、物質に基礎をおき、ここから意識もまた成立するものとみる。しかし、マルクス主義以前の唯物論では、意識はたんに受動的なもの、外界を写しとるにすぎないものであるとか、意識もまた物質と同一のものであるとしか考えなかった（→唯物論）。これらにたいするマルクス主義の哲学の特徴は、1) 意識は物質の産物であって、物質は根本的・永遠的存在であるのにたいして、意識は二次的であり永遠なものではないという制限をみる。2) 意識は物質の変化・発展から生じ、物質の組織が感覚器官、神経組織、脳髄を出現させたことによって産出されたものであるとする。3) 意識はその機能にあつて外的世界を反映し（まず感覚で、やがて思考をもって）、外的世界の運動・本質・法則をとらえることができ、そのことによって外的世界に働きかけ、これを変革する機能を発揮することを明らかにする。4) したがって、意識はたんに

受動的なのではなく、それ自身、相対的な独立性をもっていることをみとめる。ここにみられるように、マルクス主義哲学は物質と意識とを、絶対的に分離し対立したものとはみない。意識は物質なしには存在せず、物質の産物なのであるから、またそれは物質をみずからのうちに正しく反映することのできる関連をもっているのである。しかし、この反映は人間が外的世界に働きかける実践の過程を通してしだいに深められ前進させられる。したがって、マルクス主義の唯物論で、物質と意識との対立をきわだたせるのは、哲学の根本問題として、そのどちらかに根源的なものをみるという哲学の基本的な対立を明らかにする点で提起されるものである。→哲学

弁証法的唯物論

科学一般・認識論（観念論から唯物論へ）

自然弁証法の基本原理—唯物論の見地

現代自然科学の土台となっている唯物論の基本原則は、次のようなものである。

（1）物質と意識との関係についての原則

物質と意識、主観と客観、の関係において、どちらの方が根本的なものか、という問いに対する回答の如何によって、世界観が唯物論と観念論にわかれる。唯物論は、物質・客観の方が根源的・第一次的であって、意識・主観は派生的・第二次的だとみなす。意識や主観は、物質によって決定づけられるもの、物質の発展進化の最高の段階たる人間の脳髄——脳髄もまた物質の一つである——においてはじめて現れたもの、脳髄の機能によるもの、とみなすのである。観念論は、意識や観念が根源的なものであって、これが物質や客観的実在を決定づける、とみなしている。たとえば、机という観念（意識）があるものだから、机という物質があるように思われてくるのだと主張する。これにたいして唯物論は、では一体、その観念はどこでどうして得られたのか、脳髄においてその機能たる思考作用が客観的実在を反映することによって、得られたものではないのか、脳髄という物質と客観的実在たる物質とがなければ、観念はあり得ないのではないのか、と反駁する。

（2）反映（模写）の原則

意識や概念は、人間から独立に存在する客観的実在を、人間の脳髄の機能（＝思考作用）がうつしとったもので、客観的実在の多かれ少なかれ正確な反映（模写）である。この反映は対象の完全に正確な反映ではないが、しかしそれに近似したものである。認識の発展とともにこの近似度はたえず高まってゆく。この近似度は、一定の歴史的時期をとってみると、いろいろな条件によって制限されている。たとえば、研究に対する社会的な必要の程度（一例をあげると、原子爆弾の研究を必要とする国では、原子力の研究が強力に推進される）や、実験機械ならびに研究設備の発達程度によって、制限されている。だから、一定の歴史的時代に到達できる対象への近似度は、つねに一定の限界内におかれているのである。しかし、こういう歴史的時代が無限といってもよいほどにつみかさねられると、

人間の認識の対象への近似度も、限りなくたかまってゆくはずである。対象の客観的真理が曲線上にあるとすれば、われわれの認識はその漸近線上を進んでいる、ということができる。漸近線はこれを限りなく延長することによって、限りなく曲線へ近づいてゆくからである。認識は客観的真理を、一つの段階から次の段階へと、漸近的にとらえてゆくものなのである。

ところで、このように限りなく対象への近似度をたかめてゆくわれわれの認識が、一体どういう形で対象を反映しているのかというと、写真のように直接的に単純に反映しているのではなくして、思考作用によって概念や法則を形成しつつ、対象へ近づいているのである。対象から直接にわれわれにあたえられるものは、五官に生じる感覚である。色、形、大小、重さ、硬さ、冷熱、味、臭気、といったふうな直接的感覚であって、これらもまた対象の反映である。しかしながら、われわれは、こういう直接的感覚だけにたよっては、対象の表面的・皮相的な反映しかできない。そこで思考作用はこういう感覚をもととして概念を形成する。たとえば、人間とか馬とか桜とかいう概念を、個々の人間・馬・桜をもととして形成する。そして、こういう種概念をもととして属概念をつくり、属概念から類概念をつくる、というようにだんだんと一般的普遍的な概念をつくってゆく。

われわれの思考作用（認識作用）は、感覚から概念へと移行するにあたって、多かれ少なかれ感覚からはなれさる。概念が個別から種、種から属へと、一般性・普遍性をたかめるにしたがって、感覚からの遊離度もたかくなってゆく。感覚からはなれさる度合に応じて、具体的概念から抽象的概念へと移っていくわけである。直接的感覚から非常にはなれさった概念は、非常に抽象的である。たとえば、人間・馬・犬という概念よりも食肉目とか哺乳類とかという概念の方が抽象的であり、動物とか植物とかいう概念になるとさらに抽象的である。自然科学上の概念には抽象度のたかいものがきわめて多い。たとえば、動電力とかエネルギーとか原子価とかいう概念は、かなり抽象的な概念である。ところで、この直接的感覚から甚だしくはなれさった抽象的概念の方が、直接的感覚などよりも対象をずっと正しく深く本質的に反映している。このことを一つのわかりやすい例で説明しよう。

われわれの眼に生ずる色彩の感覚は、客観的実在たる光が、眼の網膜に作用することによって生じたものである。この場合、光は特定波長の輻射エネルギーとして、眼に作用している。しかるに、これによって生じた感覚は輻射エネルギー（輻射波）という客観的実在からはいちじるしくかけはなれた赤とか緑とかいう色彩感覚である。色彩感覚は、実在的对象から感官（眼）に直接的にあたえられた反映であるが、客観的実在をそのままの姿では反映していない。感覚というものは、実在的对象をその本質的な形、真実の姿では反映していないのである。しかるに、われわれの思考作用は、かかる感覚が生じた原因を追求していった、赤とか緑とかいう色彩感覚をひきおこした客観的実在は、一定波長の輻射エネルギーであることをつきとめるようになる。そして、この「一定波長の輻射エネルギー」という概念は、赤とか緑とかいう直接的感覚よりも、正しく深く本質的に、実在を反映しているのである。

人間脳髓の思考作用による意識（すなわち認識）は、客観的実在の反映であるが、逆は

必ずしも真ではない。すなわち、客観的実在の反映は、人間脳髄における意識であるとはかぎらない。反映ということは、脳髄や感官にかぎらず、あらゆる物質にそなわっている一般的性質だと考えても、不合理ではないのである。一つの物質 A が他の物質 B の影響によってなんらかの変化を被ったとすれば、その変化は A が B を反映することによって生じたのだといっても、不都合ではないのである。リトマスという色素は、酸類にあえば赤色に変化し、アルカリ類にあうと青色に変化する。これは、リトマスが自己の外部の物質を反映する形式だといっても、不合理ではないのである。

客観的実在を反映する仕方にも、ひくい段階のものからたかい段階のものまで、無限に多くの質的段階がある。思考作用（すなわち意識）は、その最高段階における反映の仕方であって、物質の進化の最高段階たる人間脳髄という特殊な物質の特殊な機能である。動物の意識と人間の意識とは、質的な発展段階を異にしてはいるが、しかし絶対的にちがうものではない。アメーバのような下等動物のごく初歩的な反映形式と、無機化合物における反映形式との間にも、絶対的な差別はないのである。無機物質にもそなわっている下位の反映形式と、人間の意識という反映形式とを、絶対にちがうものとみなすことは、人間の意識を、ほかの物質からは絶対的に独立に存在するものとみなすことであって、意識を絶対的なものとみる観念論への道をゆるすことになってしまう。

人間の意識は、物質の反映形式の下位のものから、連続的に、たんなる量的な変化によって、生じたものではない。それは、下位の反映形式から量的変化にともなう質的飛躍の段階をたくさん通過して生じたものである。物質の反映形式の下位のものから、その最高形式としての人間の意識が発生してきた具体的径路をあきらかにすることは、今後の自然科学に課せられた重大課題なのである。

(3) 認識の規準は実践であること

さきにものべたように、われわれの自然認識（自然科学）は、社会的実践上の、とくにそのなかでももっとも根底的な実践活動たる生産的実践上の、必要から発展したものであった。それは、生産的実践から生みだされ、生産的実践に方針をあたえるべきものなのである。人間は生産的実践のなかで自然を変化させ、自分自身をも変化させているが、人間による自然のこの変化こそが、自然認識の原動力である。われわれは、自然を変化させる実践（いいかえると生産的実践）を向上させた度合に比例して、自然認識を発展させることができたのである。だから、われわれの自然認識は生産的実践によって根本的に制約されているわけなのである。

現代自然科学がその認識の真理性の規準を実験と観測においていることは、周知の通りである。自然認識にとっては、実験と観測という実践を介して、対象による検証（検算）をおこなうことが、もっとも重要なことである。しかるに、この実験と観測という実践——自然認識という認識活動にとくに特徴的な実践——もまた、あらゆる人間的実践のなかでもっとも根本的なものたる生産的実践によって（なかんずく生産技術によって）、制約されている。実験および観測の手段は生産技術に依存しているからである。したがって、われわれの自然認識は、社会的生産活動という実践によって、根底的に制約づけられているということができるのである。自然科学は生産技術に根本的に依存しているのである。従

来しばしば、技術の進歩は自然科学の進歩に依存する、というように主張されてきたが、より正しくは、自然科学の進歩は技術の進歩に依存する、とうべきなのである。

(4) 自然の可知性の問題－自然認識の限界の問題

われわれの認識は自然界をあますところなく正しく認識できるかどうかという問題、すなわちいわゆる自然認識の限界の問題、は重要な問題であるが、これもまた、認識の規準としての実践（実験と観測）をもってくることによって、解決される。

自然科学者のなかのあるものは、カント哲学の影響を受けて、人間の自然認識は限定されている、自然を絶対的に正しく認識することはできない、と考えている。哲学者カントは、客観的対象を「物自体」とよび、物自体がわれわれの感官に作用して作りだされた感覚を「現象」とよんだ。そして、人間の思考作用は現象から観念をつくらせて認識を形成してゆくが、「物自体」と「現象」とは原則的に絶対的にきりはなされたものなので、人間の思考作用をもってしては現象を知ることができるだけであって、物自体を知ることができない、と主張した。つまり、客観的自然界は絶対的に不可知だ、とみなしたのである。このような哲学（世界観）は不可知論と呼ばれている。

自然科学者たちの間でカント的不可知論が信奉されている一因は、自然科学においては、これまでにいろいろな学説の交代がたえずおこなわれてきた、という事情にもとずいている。以前には正しい説明（または反映）と考えられていた学説も、今日では正しくはなくなっている。こういう事情は、弁証法を知らない自然科学者たちを、人間の思考作用は仮説をつくることができるだけであって、自然現象の本性や真相は永久につかまえることができないのだ、という不可知論へみちびきこんだのであった。

不可知論を信じている自然科学者は、その信念の第一の論拠として、人間の感官の限界性をあげている。かれらは、感官によって直接感覚できる能力、すなわち感官の能力、は非常に制限されたものだけだということをあげて、人間の感官をもってしては、過去のもの、きわめて微小なもの、あまりに遠方にあるもの、などはいずれも認識することができないから、自然界をあますところなき正しい認識は絶対的に不可能だ、と主張するのである。19世紀の有名な自然科学者であったヘルムホルツは、人間の眼の構造は対象の不正確な知識しかあたえないから、正しい認識に対する限界がここから生ずる、と考えていた。

しかしながら、このような不可知論的見解にたいして、自然弁証法はつぎのように答えるのである。

たとえば、蟻はわれわれ人間とちがう構造の眼をもっていてかれらには紫外線が見えることがわかっている。ところが、人間の眼には見えないこの紫外線を認識した程度は、われわれの方が蟻よりもはるかに立ちまわっているのである。われわれが蟻よりもずっと正しく紫外線の本性を認識していること、人間の眼には見えない紫外線が蟻には見えることを証明できること、——これらのことは人間の眼の特殊な構造が、人間の認識に絶対的な制限を加えるものではないことを実証している。われわれは自分の目の不完全な点を、思考作用でもって補って、紫外線に鋭敏に感ずる写真乾板をつくり、これを用いて紫外線の存在やその性質を認識しているのである。

自然認識の限界を、人間の感官の性質から論断しようとする人々にたいしては、自然科

学がこれまでになしとげた実績をあげてみせるだけで十分である。顕微鏡や電子顕微鏡は、人間の肉眼では見分けられないような微細な物体をも認識させる手段となっている。われわれは思考作用を駆使することによって、顕微鏡や電子顕微鏡を用いても見ることのできない分子を認識し、今日ではその形までも推定できるようになっている。さらにもっと微細な原子、原子核、素粒子、というような物質さえも、今日では認識の対象になっているのである。だから、人間の感官の構造上の欠陥は、人間の認識に多少の困難をあたえることはあるとしても、これに絶対的な制限を加えるものではないのである。

すでに述べたように、われわれの自然認識はつねに歴史的制約をうけている。われわれはこの制限の範囲内でのみ、客観的実在を近似的に反映できるにすぎないのである。だから、一つの時代をとってみると、そこにはつねに未知の領域、未開拓の分野、未研究の現象が存在する。その時代の人々にとっては、これらの領域や現象は、不可知な「物自体」である。しかしながら、われわれの自然認識は歴史の前進とともに進んでゆく。前の時代の人々にとっては不可知な「物自体」であったものも、次の時代の人々にとっては既知の客観的実在となる。アカネという植物のなかに存在する色素アリザリンは、古い時代から衣服を美しい赤色に染める染料として使われていた。しかし 19 世紀中ごろまでの化学にとっては、この色素は未知のもの、赤色の感覚（すなわち「現象」）をあたえる不可知な「物自体」、にすぎなかった。ところが 1869 年ごろに科学者グレーベが、この色素の化学的構造（分子のなかの原子の配置）をあきらかにし、その知識にもとづいてアリザリンの人工的合成に成功してからは、それはもはや「物自体」ではなくなってしまう。絶対的に不可知な「物自体」というようなものは、たえず前進する人間の認識の前には存在しないのである。

（5）絶対的真理と相対的真理

われわれの意識から独立に存在する客観的実在を認める、という唯物論の第一原則から必然的にみちびきだされることは、主観から独立な、客観的真理の存在ということである。観念論者は、なかでもカント主義者は、「客観的真理というようなものは存在しない、なぜかといえば、あらゆる真理は、われわれ人間によって認識されたかぎりでの真理であって、主観の思考作用に依存しているからである」と主張する。これにたいして自然弁証法論者は、「真理の内容が主観にのみ依存するならば、人類（認識する主観）が発生する以前にも地球は存在していたという自然科学的認識は、真理ではないことになるのか？」と反問して、かかる主張のでたらめなことをあばきだす。

われわれの自然認識は客観的真理をあらわすものではあるが、全面的に正しくそれをあらわしてはいない。われわれの現在の自然認識と客観的真理との関係は、絶対的真理と相対的真理の関係だということができるのである。

客観的真理の存在を認めるということは、意識から独立な絶対的真理を認めるということである。ところで、この絶対的真理というものは、すでに述べたように、一度に完全に全面的にとらえられるものではない。われわれの自然認識は、認識の対象が無限にたくさんあることによって、且つまたわれわれの認識手段（実験装置や設備）がつねに完全無欠のものではありえないことによって、つねに不完全なものたるべく制約されている。われ

われらの自然認識は客観的真理（＝絶対的真理）を反映してはいるが、その反映はつねに不完全な反映なのである。それゆえ、われわれは自己認識を相対的真理とよんで、それが客観的実在の全面的に完全に正しい反映ではないことを意味させているのである。

われわれがもっている相対的真理は、絶対的真理からまるできりはなされたものではない。相対的真理のなかにはつねに絶対的真理の小粒がふくまれ、この小粒はたえず増大している。相対的真理は、人間の認識の無限の前進過程によって、絶対的真理へ無限に近づいてゆく。相対的真理の無限の総和が絶対的真理となるのである。相対的真理は絶対的真理の不完全な近似的な反映であって、この近似度は自然認識の歴史的前進とともに、無限にたかまってゆくのである。

形而上学的唯物論者は、われわれの自然認識（自然科学）の相対的性質を認めず、相対的真理と絶対的真理とを直ちに同一視する。かれらは自然認識の歴史的發展性を認めず、一度得られた認識は絶対的に正しいもの、不動のものと考えてしまう。だから、自然科学の歴史的發展途上でいろいろな学説が交代する現象をだだしく理解できないで、われわれの思考作用をもってしては絶対的真理（客観的真理）などはとらえることができないのだ、という不可知論（観念論の一種）への道をゆるしてしまうのである。形而上学的な唯物論では、唯物論の見地を守りぬくことができず、どうしても観念論の混入を許すようになることは、この一事によってもよくわかるであろう。

これに反して、観念論者たちは、われわれの自然認識の相対性だけを見とめ、それが絶対的真理を反映している点を見とめない。だから、彼らは絶対的真理（客観的真理）の存在を否定する。かれらにとっては、あらゆる知識は相対的なもの、仮説的なものであって、客観性をもたないものである。しかし、このような見地にたつときは、空想や妄想が自然科学的法則とまったく同一視されることになってしまうのである。

●認識cognition, Erikenntnis (367)

認識という語は、知識と同義であるが、知識は知る作用よりも、知った成果をさしているが、認識は成果とともに、知る作用をもふくめた意味をもつ。人間は認識過程を通じて歴史的に客観世界（自然・社会）についての認識（知識）をえていき、この成果にもとづいて客観世界に働きかけ、これを変化させ改造する。認識の意義は、たんに客観世界について知るといふ知的満足につきるのでなく、人間の実践に、その実際生活に役だつところにある。この知的成果と実践・生活との相互関係があつてこそ認識は発展していくのであり、思弁のうちだけでそれが磨かれるのではない。しかし、認識と実践との関連を重視することは欠きえないが、認識過程は単純ではないから、たとえば感覚から思考による精錬をへて成立するところからみても、思考そのものがたどる諸段階の研究をないがしろにすることはできない。認識について考察する哲学の分野は、認識論とよばれる。→認識論

●認識論epistemology , theory of knowledge(368-9)

これが問題にするのは、認識の成立するみなもと、認識の過程がとる形式と方法、真理とはなにを意味するか、などについての考察である。epistemology の語の使用は、スコッ

トランドの哲学者フェリア(J.F. Ferrier, 1808～64)が 1854 年の著《Institutes of metaphysics (形而上学要綱)》で用いたのにはじまり、ドイツの Erkenntnistheorie のほうは、カント直後のその哲学の継承者ラインホルト(K.L. Reinhold, 1758～1823)によるといわれている。しかし認識論的考察は、哲学の歴史を通じて古代からおこなわれていたことは、ギリシア哲学・中国の儒教その他・インドの哲学・仏教にみられるところである。ただし認識論がとくに独自の問題として前面的にでてきたのは、近代のことである。これには、資本主義の発生・成立・発展、つまり工業生産にともない人間の自然にたいする関係、人間による自然の利用の拡大、その必要性にともない、旧来のように認識は単に神からさずかる啓示にもとづくものという宗教的教義から解放されることがもとめられ、そこから資本主義生産の独自の要求と、これにとまなう宗教的認識論にたいするイデオロギー上の闘争から、認識の成立・その本質・その獲得方法の新たな探求が求められてきたことによる。このさい、とくに注目されるのは、17 世紀の F.ベーコンいらいすすめられてきたイギリスの経験論であって、それはロックの《人間悟性論》(1690)に結実されたのであり、これは認識論を体系的に説いた最初の著作である。それいらい、カントにみられるように、認識論でかれのいう<コペルニクスの回転>という見解もだされた。19 世紀後半から 20 世紀にかけては認識論への傾倒がいちじるしいたかまりをみたが、それは、過去の時代とはちがって、社会的には労働者階級の攻勢がつよまり、資本家階級との階級闘争が激化していくなかで、資本主義擁護のため唯物論に対抗する思想上の武器として観念論的認識論がとりあげられてきたことによるが、またそれとならんで理論的には、自然科学(とくに物理学)の急速な発展がもたらした科学知識についての検討が求められるようになったことからでもある。この傾向は今日にもつづいており、世界観ぬきの認識論に哲学を限定しようとする新実証主義、分析哲学などに代表されている。

認識論において、認識の起源をどこにみるかによって、合理論と経験論が分かれ、前者は数学の知識を典型的なものとし、確実に真なる認識は思考によってえられるとして観念論の傾向をつよくうちだし、この思考がつくる認識とは人間をこえた、いわば神的世界ないし絶対理念の世界からの分身としての人間の思考がかけられるものだとして、客観的観念論による認識論になっていく。後者は、感覚を通してえられる経験が認識の源泉をなすとみる。経験論は、一方では経験は外的世界から生ぜしめられて、それにもとづいて外的世界を知る手がかりとなるとみなす唯物論的な見地と、経験とは意識上の事実であり、外的世界とはなんら関係のないものだとする観念論的な見地とが分かれる。このほうの認識論は主観的観念論を成立させる。これらの諸学説からみられるように、観念論は、哲学の根本問題から分かれたる唯物論と観念論という世界観の対立と無縁ではなく、世界観から規定されて成立するとし、またそれを認識論のほうから固め、ないし批判していくという関係をもち、両者は哲学の別個独立の領域ではなく、相対的にだけ分かれているのである。したがって、認識論のみに哲学をみて、世界観を切りはなすのは、世界観の側を覆いかくしているだけで、新実証主義など一連の立場は、じつは主観的観念論なのである。

唯物論にたつ認識論は従来、本質的には観想的立場にあるもので、経験によって受動的に意識が外界を映すにすぎないという見方に限定されていた。しかし認識過程はただ眺め

ることで成立するのではなく、人間の生産活動、その階級闘争など社会生活上の実践とむすびついており、認識の根本をなすのは実践にほかならない。そこで、社会的実践が発展するにともない認識の進歩もえられてきたのであり、また認識が実践に適用されることで、認識の力・その真偽がためされ、そのことで認識がさらに発展される。これらのことから、認識論の研究には、人間の生産活動、諸科学や技術の発展とむすびつけられて、認識の起源・本質・諸形式が明らかにされることが必要なのであり、それにともなって真理とはいかなるものかも提示できる。このような認識論をしめしだしたのが、マルクス主義の唯物論的認識論である。

●感性的認識と理性的認識 *sensuous cognition and rational cognition* (75)

古くから認識の源泉、真なる認識の拠りどころをもとめて、二つの立場、経験論と合理論との見解がみられる。すなわち、感性的認識に重点を置く立場、感覚をみなもととし、これにもとづく認識を主張したのが経験論であり、他方、理性的認識の側に重点をおく立場、感覚による認識を低くみるとか、または真なる認識の資格はないとかとして、思考の側にのみ拠る知識（この知識の典型の一つを数学に見いだす）をとりあげる合理論が、たがいに対立しながら説かれてきた。ヨーロッパの哲学史では、プラトン、アリストテレス、中世のスコラ学は合理論の立場をしめし、中世後期の実在論・唯名論の普遍論争は、合理論と経験論の対立のいちじるしい例であった。経験論は近代にはいって、とくに F.ベーコン、ロックらによって唱えられ、また合理論はデカルト、スピノザらによって主張された。ふつう、カントがこれら両論の統一を試みたとされる。しかし、かれは、認識活動をする人間の意識における、感性および悟性・理性に先天的形式なるものをたてて、これで主観的観念論の見地のもとで統一総合をはかったのであって、そこには客観的実在（物自体）は不可知だとする不可知論が結果していた。マルクス主義の唯物論哲学が出現して、認識の過程を唯物論による弁証法の見解をもってとらえ、感性的認識の側と理性的認識の側とを正しく統一的に理解し、認識の全面的把握をもちえた。人間の認識は、なによりもまず、感覚を通じて客観世界とむすびつき、この世界を認識する発端をうる。このさい、人間の物質的生産活動なる実践が人間を客観世界とむすびつけるのであり、これに応じて感覚は人間にその世界のありさまを伝える。感覚は外界対象のさまざまな外面的性質を伝える（冷熱・色・香・硬軟などの区別や諸対象の相違や変化や関係など）。これら多くの感覚、これらによる観念が、生活の実践のなかで積み重ねられていくことで、人間の思考作用（これには言語の役割が大きい）の発展があり、一般的・概括的な認識が生じてくる。すなわち、概念・判断・推理・結論などという抽象的—論理的操作である。感性による認識はその集積の結果として、感覚にもとづく多様な外界対象についての認識に概括・一般化されて、外面的な事物の認識がたんにこれにとどまらずに、それら事物の内部にひそむ本質、そして法則をとらえうるようになる。これは理性（思考作用）による認識であり、こうして、認識は感性的なものからはじまって、理性的なものへと発展する。ただし、理性的認識が諸事物の本質・法則をとらえるといっても、これは感性的認識をまたないでは成立しないことは上述にみるとおりであり、これら両者を分離して別個の認識とするのは誤りで

あることが、マルクス主義唯物論の認識論で明らかにされる。

●観念論idealism (79)

哲学の根本問題にたいする答えのひとつとして、精神的なもの、非物質的なものを世界の根源とし、物質的なものを第二次的とする見解で、唯物論に対立する立場。精神的なものを超自然的な形而上学的実体（神、魂などのように）とみなすものは、唯心論（spiritualism）と同義なものとなり、また事物を、認識する意識の働き（機能）によるものとしてとらえ、世界を意識上の観念としてのみ認める認識論の見方で、精神的なものをなんらかの形而上学的実体とはみなさない立場も、観念論に属する。観念論の発生は、階級社会の成立にともない肉体労働と精神労働との分離が生じ、この精神労働による思考が原始社会における宗教的観念をうけつぐとともに、思考が自然との関連から引きはなされて抽象的に行われてくることによる。精神労働をもっぱらにする人間は支配階級に属していたから、そこからはこの階級の利益の見地から見解を仕上げるようになり、社会の変化を望まず、客観的存在のありさまを正しくとらえない態度が生みだされて、観念論者は一般に保守・反動的な世界観を形成するようになる。しかし観念論をこの一面だけで判断するのは誤りで、観念論者の探究のうちには、哲学問題に新しい局面を呈示して、哲学思想を前進させる場合もある（ヘーゲルが弁証法にいて論じたのはその一例）。

観念論が物質にたいする精神、存在にたいする意識を基本的とするとき、精神、意識の理解の仕方で二大別が生ずる。1)客観的観念論。世界の根源を、超自然的で人間の精神以上の客観的な精神的なものとする立場。たとえば、現実の世界を超越し、この世界の原型である真実在たる<イデア（理念）>を立て、これの影として現実の世界をみるプラトン、この考えに通ずるヘーゲルの、<絶対的理念>の展開として世界を説明するもの。ヘーゲルの用語では、こうした立場の観念論は<絶対的観念論>とよばれた。2)主観的観念論。人間の意識を出発点とし、客観世界は人間の意識から独立には存在せず、人間の意識にあらわれるかぎりでのみその存在を認められるとする主張。この見解を徹底させると唯我論になる。そのためにこの見解はこれを回避しようとして、客観的観念論の立場に移りもする。主観的観念論につながるものには不可知論がある。バークリやヒュームはこれらの主張の代表者である。

現在ではマルクス主義唯物論哲学に対抗する立場として、唯物論と観念論とを乗り越えた、いっそう高い<第三の立場>の主張が普及している。日本の西田哲学や田辺元の哲学でそうであるが、マッハ主義、プラグマティズム、新実証主義、実存主義もまたそうである。これらの本質は主観的観念論にほかならない。現在の客観的観念論の代表とみなされるのは、新トマス主義である。

●唯心論spiritualism (482)

世界は精神的な本源から成立するという学説で、これによると、世界は本源的精神のあらわれたものであるか、または世界はたんなる幻影にすぎず実在しないという主張とな

る。唯心論は、精神を実体化してみとめているもので、観念論の多くは唯心論である。仏教も、また中国の朱子学派も陽明学派も、これであり、プラトン、新プラトン派も同じであり、スコラ学はもちろん、ライプニッツ、ヘーゲルなど、みなこれである。しかし、観念論のすべてが唯心論だということはできない。19世紀いらいとくに説かれた認識論における観念論は、意識の動きを基礎におくが、これが靈魂・精神・理性などという実体化された存在とはせず、認識の作用をする機能にほかならないとするのである。この機能が人間の身体組織、とくに脳髓の機能から生じてくるとすれば、唯物論の立場になるが、そうはしないで、脳髓の機能によって意識作用があらわれると認識しているのも、やはり認識の機能を働かせているのだから、このような機能を認めるのだというわけで、それ以上にはでなくて、この機能をするものを精神的実体とまではすすめない。しかし、このような認識論上での意識のとらえ方をしても、たとえばカントは実践理性の立場からは靈魂の不滅を承認するにいたるように、精神・意識を単に機能とのみ認める観念論も、唯心論のかけがえがつかまとうのをまぬかれていない。

●唯物論materialism (483-4)

観念論に対立する哲学上の立場。ふつう、生活するすべての人びとは自然発生的な唯物論の立場にたっている。すなわち、自分の意識のそとに自然物をはじめ、社会的存在物も、すべて独立に存在しており、自分はそのなかに存在し、それらと種々な関係をもって生活しているとしている。人間の意識のそとに、これとは独立に事物が存在することをみとめるのが、唯物論の根本的特徴である。唯物論哲学は、この自然発生的な唯物論から出発し、それを理論的に基礎づける。唯物論は、世界について物質が第一次的で、精神・意識は第二次的であり、物質としての世界は時間的にも永遠で無限だとし、なんら神というようなものによって創造されたのではなく、それ自体で存在し、精神・意識といわれるものは物質にもとづいて成立すると説く。それは、俗に、物質万能主義とか物質だけを尊重する立場とかいう、道徳的また一般生活態度とはかかわりないものである。このように、唯物論は物質を基礎にしているので、それはまず自然の状態を解明していくことから始める。つまり、宗教的・観念論的立場が、なんらかの超自然的なものを基礎にして世界を説明しようとするのとは根本的に対立し、自然の科学的研究と当初から密接につながりをもっている。また、社会的見地からいうと、唯物論は歴史上、ふつう進歩的な階級または階層の哲学としてあらわれてきた。それは、自然に対する人間の力を増大させ、したがって生産の発展に関心をもち、こうして社会の前進をうながす立場になっているからである。そこで、社会的実践における、とくに生産活動における人間の経験の蓄積、そして科学的知識の進歩が、唯物論の前進をうながしたし、またこの哲学はそれらを促進させるものである。

唯物論の歴史は、哲学が奴隷制社会において発生すると同時にはじまっている。それは、インド、中国、ギリシアにみることができる。それが体系的なかたちをとってしめされたのは、およそ紀元前6世紀のギリシアにおいてであった。それは、自然物の運動・変化をとらえておのずから（自然発生的に）弁証法的見解をしめしており、あたまの自然物からなる世界の、根源的な物質をたずねた（それを水または火などとしてしめた）。すなわ

ち根源的物質の変化によって万物が生じるとしたのである（タレス、ヘラクレイトスら）。この見解は、自然における因果必然の法則をとらえるようになり、また諸物体の根源を原子とすることによって形而上学的な、そして原子論的唯物論へと移っていった。この原子論的唯物論は、古代唯物論として中世にいたる期間、継承された。中世封建制社会での支配的イデオロギーは宗教であり、ヨーロッパではキリスト教であったが、その神学のうちで唯物論は唯名論のかたちをとり、また汎神論のかたちをとってあらわれており、やがてこれらの見解は中世神学思想、観念論の根本を掘りくずしていくようになる。それは近代資本主義の発展とともにあらわれてき、経験的、合理的な探究がおこなわれることによって従来の宗教的、神学的、スコラ学的思弁が批判にかけられ、排除されて、17世紀にみられるイギリスの唯物論の主張となってあらわれた（ベーコン、ホブズ、ついでロック）。この思想をついで、18世紀にはフランス唯物論があらわれ、これは当時唯物論をとらえながらもなお理神論の立場にあった見解をのりこえて、明瞭な無神論の立場を主張した（ラ・メトリ、ディドロ、ドルバックら）。このことは、フランス唯物論のいちじるしい特徴をなしている。しかし、17～18世紀の唯物論は、ルネッサンス期いらい発展してきた科学、数学・力学の影響のもとに、また当時の科学が自然の個々特定の領域の研究にたずさわっていたので、機械的な見方で世界を理解することになると同時に、世界の各領域をそれぞれ個々に分立した状態でとらえて、ここに形而上学的・機械的唯物論となって説かれたものであった。そしてこの唯物論は、人間の社会的実践を唯物論的立場から理解するまでにいたらず、そのためにその世界観は観照的、すなわち世界を眺めて解釈するという見地から抜け出ることができず、社会についての見解では、精神の働きで社会のありさまがきめられるという観念論になっていた。こうした唯物論の頂点は、19世紀半ばのドイツのフォイエルバッハの人間学的唯物論によってしめされた。19世紀なかばには、ロシアの革命的民主主義者（ベリンスキー、ゲルツェン、チェルヌィシエーフスキー）らによってフォイエルバッハよりさらに進んだ唯物論の思想が説かれ、人間の社会的実践の意義や従来注意されなかった弁証法の意義の認識によって、唯物論の発展をもたらしたが、まだ社会発展の観念論的な理解をまぬかれていない。マルクス主義の、弁証法的小よび史的唯物論が出現したことで、新たな段階が画された。これは、世界をたがいに関連をもった一全体ととらえ、それは固定して動きのとれないものではなく、不断に運動し変化し発展する、すなわち弁証法的に存在することを明らかにするとともに、人間の世界についての認識の発展は社会的実践にあること、その基礎にあるのは物質的生産にあることへの理解に達し、実践の意義を強調して観照的立場を脱し、このことにともなう社会発展についても唯物論的見地をおしひろげて、自然・社会、人間の思考、いかえれば世界全体をすべて唯物論の立場からとらえることになった。したがって、この見解は、つねに社会的実践の発展、科学的知識の発展とむすびついて、みずからを発展させていく。こうしてマルクス主義唯物論哲学が世界についての真実性を明らかにするにしたがって科学者の多くもこの世界観に引きよせられてきており、さらに重要なことは、この哲学によって世界を変革すること、現在の資本主義世界の諸矛盾を解決し新しい社会を出現させること、その革命勢力の中心である労働者階級やすべての進歩的な人びとのたたかひの思想的武器として、その実効を

あらかわしつあることである。

●自然科学的観念論naturwissenschaftlicher Idealismus (174)

自然科学は、その研究対象である自然および自然の法則の客観的实在性を承認し前提する立場、つまり唯物論の立場にたってはじめて可能なものであるが、自然科学の成果が正しく理解できないために、また、科学者が当面する問題の困難に打ちひしがれるために、一部の自然科学者や哲学者がそこから観念論的結論をひきだす場合がある。それが自然科学的観念論である。レーニンは、《唯物論と経験批判論》第5章で、感覚内容の感覚器官への依存性を過大評価して前者が客観的实在の主観的な像であることを否定する傾きがあった生理学者ミュラー(Johannes P. Müller, 1801-58)の思想をフォイエルバッハが<生理学的観念論>と名付けて批判したのを取りあげ、かれ自身は、<物理学的観念論>の名のもとに、<感覚においてわれわれにあたえられ、われわれの理論によって反映されている客観的实在の否定、あるいは、そういう实在の存在に対する疑い>を基本思想とする一連の経験批判論者を批判した。この主観的観念論の発生原因は、レーニンによれば、二つある。第一は、物理学の進歩そのものがもたらした、数学者による物質の忘却ということであった。<《物質は消滅し》、方程式だけがのこる。新しい発展段階で、いかにも新しいもののように、理性が自然に法則を指示する、という古いカント主義の考えが現われる。> 第二は、<物理学の危機>を目撃してこれまで不動のものともみなされてきた古い理論がただの相対的真理にすぎないことを知った物理学者たちが、弁証法を知らなかったということである。絶対的真理は存在せず、古い真理はすべて相対的真理に過ぎない、だから、人類から独立した客観的真理はない、とかれらは論じたのである。これは自然科学的観念論の過去の例である。今日でも、電子に<自由意志>をあたえたり、神が創造したという1個の原初原子から宇宙膨張をはじめさせて、神をすべりこませたりする自然科学的観念論にはこと欠かない。

●自然科学的唯物論naturwissenschaftlicher Materialismus (174)

かつて、自然科学の諸成果を絶対視し一般化することで唯物論的見解をたてるもの、すなわちニュートン力学を絶対視して世界におけるすべての運動を機械的運動に還元し、機械的決定論の貫徹を目的とした18世紀のフランス唯物論のように、自然科学にのみ依拠して哲学説を成立させたのを自然科学的唯物論とよびうるが、それは機械的唯物論という呼び名がひろく用いられているので、とくにこの名でいわれるのは、<われわれの意識によって反映される外界の客観的实在性にたいして圧倒的多数の自然科学者がいだいている、自然発生的な、意識されていない、はっきりした形をもたない、哲学的に無意識な確信> (レーニン《唯物論と経験批判論》) と述べられているような、自然科学者がもつ唯物論の立場である。→自然主義、俗流唯物論

自然科学史と事項（機械論から弁証法へ）

自然弁証法の基本的原理－弁証法の諸原則

（1）相互連関の原則

自然界には、他の一切のものから切りはなされて孤立しているような物質や現象は、一つもない。自然の事物や現象は、つねに他の何らかのものと互いに作用し、互いに連関し、互いに依存し、互いに制約しあっている。たとえば、机上におかれた一杯のガラス・コップの水は、引力によって地球と作用しあっており、空気中へ水の分子を水蒸気の形でたえず発散し、逆にまた空気中の酸素や窒素の分子をとかしこむことによって、空気とも互いに作用しあっており、さらにまたガラス壁とも互いに作用しあって、ガラスの構成成分をわずかながらとかしこんでいる。どんな事物でも完全に他の一切のものから孤立しているということはないのである。ただし、連関の原則といっても、すべての事物が何でもかでも連関しているというのではない。個々の場合について具体的に一々規定されるような形式で、他の事物と連関しあっていることをいうのである。自然科学は、この相互連関という一般的（普遍的）原則を、個別的、特殊的に研究するものだということができるのである。

（2）不断の変化と運動の原則

自然界の一切の事物は、一瞬間といえども不動の状態、完全静止の状態にあることはない。すべてのものがたえず変化し運動している。ただ、個々の事物によって、その変化と運動の速さに緩急の差があるだけである。ある種のもは、たとえば爆発的化学反应などのように、一瞬間に変化してしまい、他の種類のもは、たとえば岩石の風化などのように何千年何万年もかかって徐々に変化する。天空の星座などは、何千年をへだてて見てもほとんど不変のように思われ、北極星の位置などは何千年も地球にたいして不変のように思われる。しかしこれはその位置変化が、地球から眺めた場合にごくわずかずつしかおこなわれていないだけのことであって、何十万年、何百万年もたって見ると、北極星は北極を示す星ではなくなっているのである。一切の自然物がたえざる変化のなかにあり、いかなるものも必ず生成し消滅する。現今の学説によれば、地球は約二十億年ないし三十億年前に太陽から分離形成されたものである。いいかえると、それはかつて生成したものである。生じたものはすべていつか消滅しなければならない。したがって、地球もまたいつかは完全に消滅して、宇宙から姿を消してしまい、その構成物質は他のものに転化するはずなのである。

（3）対立物の相互作用と統一の原則

自然界のあらゆる事物のたえざる変化と運動は、内的原因と外的原因にもとずいておこっている。この二つの原因のうちで、根本的なものは内的原因の方であるが、これは事物自体のなかにある内的矛盾によるものである。内的矛盾による事物の自己運動こそが、自然界のあらゆる変化の根本的な原動力なのである。しかも事物の内的矛盾なるものは、その事物の内部における対立的な傾向、性質、側面、力の間の相互作用によっておこっているのである。

たとえば、水が低い方へ流れてゆくという変化（運動）は、水にたいして外的原因とし

ての重力が作用するためにおこっている。しかし、重力という外的原因が作用すればどんなものでもが流れるわけではない。水も固体（すなわち氷）の形をとっているときには、重力が作用しても流れない。だから、水が流れることの内的原因は、それが常温において液体の形態をとっていることにあるわけである。しかも、この内的原因をさらに立ち上げてしらべてみると、水分子の特殊な電氣的分極状態（専門的な化学用語でいうと水分子の双極子）にもとづく分子間引力と、分子の熱振動に基づく分子間斥力との対立が、ちょうど常温において液体状態をとらせるようになっていることがわかるのである。いいかえると、分子間引力と分子間斥力の対立という内的矛盾が、水においては特殊な形態をとっているために、常温における液体状態が現出していることがわかるのである。

形而上学的考え方からすれば、矛盾というものはわれわれの思考のなかにのみありうるものであって、客観的現実のなかにはありえないものである。矛盾なるものは、思考の不一致や思考作用のあやまった運用から生じたものである。それは、できうるかぎりさげなければならぬ害悪である。しかるに、弁証法的考え方においては、思考上の矛盾は実在する矛盾の反映である。客観的実在そのもののなかに矛盾した（すなわち対立した）傾向、性質、側面、力が存在し、この矛盾（対立）こそが、運動と変化の内的原動力となっているのである。投げた石の運動のような、簡単な力学的運動においてさえも、運動物体はある瞬間に一つの場所であって、しかも同時に他の場所にある、というふうな矛盾した形で運動をおこなっているのである。

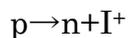
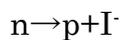
単一のように思われる事物も、その内部には必ず内的矛盾をもち、対立的な要素、傾向、側面、力をふくんでいる。そしてかかる対立の相互作用によって新しい事物へ移行する。新しい物質や現象は、必ず対立の相互作用の結果として、すなわち対立の統一として、出現する。しかもこの新しい事物も、新たな内的矛盾（内部的対立）によってさらに新しい事物へと移行し発展する。かようにして、対立の相互作用と統一の原則は、あらゆる変化と運動の内的原因をなしているのである。この原則はすべての事物の発展と変化を、そのものの内的必然性にもとづく自発的な変化、固有な運動としてとらえるものであって、弁証法の諸原則のうちでもつとも根本的な原則である。

形而上学的考え方によれば、対立物は絶対的に相容れないもの、共存はできないものである。しかるに、弁証法的考え方によれば、対立物はお互いに浸みこみあって一つの事物のなかに共存している。いいかえると、対立物は相互浸透し、統一されているのである。さきにあげた水の例においても、同一の水分子の間に、引力と斥力という対立的な力が共存して互いに闘争していた。二つの物体の間に作用する力は、引力であるか、しからずんば斥力である、というような硬化した形而上学的な考え方は、現実の自然には適合しないのである。現代自然科学は、自然界におけるいかなる差別や対立も絶対的のものではなく、いくたの中間形態によって相互に浸透しあっていることを実証した。脊椎動物と無脊椎動物というような差別も、形而上学的考え方に支配されていた時代には絶対的なものと考えられていたが、今日ではナメクジウオその他の中間形態の存在がわかっている。対立の共存と相互浸透は、自然の客観的真相であることが、見いだされているのである。

現代物理学の研究結果によると、物質を構成する最小単位は、電子、陽子、中性子、中

間子、等々のいわゆる素粒子である。二種以上の素粒子があつまって、さまざまな化学元素の原子を形づくり、これらの原子の相互作用によって、あらゆる多種多様な物質が形成されているのである。ところで、現在もっとも単一なものと考えられているこの素粒子でさえも対立の統一物となっている。素粒子論研究の権威である坂田昌一氏はこの点に関して次のようにいっている。

「原子核は中性子と陽子から構成されている。湯川理論はこれらの素粒子から、いかにして原子核が構成されるかという機構を明らかにした。この理論の核心は、中性子は陽子と陰中間子に転化する性質をもつところにある。しかし、中性子が陽子と陰中間子に転化するからといって、前者が後の二者から構成されているとはいえない。なぜならば、この関係は相互的であって、陽子もまた中性子と陽中間子に転化しうるからである。したがって、中性子も、陽子も、ともに「単一的」であると同時に「複合的」であり、「単一性」と「複合性」の対立を統一したものといえる。しかもこの対立は、素粒子から「新しい質」たる原子核をつくりだす過程において、原動力として作用しているのである。」



(4) 否定（止揚）の原則

対立の相互作用と統一による事物の自己運動をしらべてみると、運動は段階をとおってすすんでいる。一つの対立から他の対立へ移行し、一つの質から他の質へと転化している。運動のすすみ方は、直線的ではなく、ラセン状のまがりくねった、矛盾をふくんだものである。下位の段階は自己の否定を通じて高位の段階へとうつってゆく。この否定は、先行段階のたんなる廃止や抹殺ではなくして、それまでの運動の積極的成果を新たな段階の上で保存するような否定である。すなわち、それは弁証法的な否定である。

弁証法的否定はむやみやたらな否定ではない。それは以前の発展段階の肯定的否定であり、哲学でしばしば使われる言葉でいうと、その止揚（揚棄）である。

否定（止揚）による事物の発展（運動）ということは、以上述べたところから明らかなように、対立の相互作用と統一による発展を、別の側面から見たものである。事物のなかには、その現状を持続させようとし、対立の一時的な統一状態を保持させようとするところの、肯定的な要素・側面・傾向・力と、かかる現状を否定してそれをうちやぶろうとする否定的な要素・側面・傾向・力とが、つねに存在する。そして否定的要素の発展は、現在の対立の統一状態の否定（止揚）をもたらすのである。植物の種子のなかには、その構成要素として、未来の植物の萌芽たるべき胚（否定的要素）と、栄養物（肯定的要素）とがふくまれていて、前者の成長は種子の否定（止揚）をもたらす。すなわち、否定（止揚）ということは、対立の相互作用と統一による一つの質から他の質への転化という過程を、別の方面からみたものなのである。

水を真空の容器へ入れて、一気圧の圧力をかけつつ熱してゆくと、百度において水蒸気に転化する。水と水蒸気とは、その内部における分子間の化学的結合状態がちがっている（すなわち、水においては水分子が相互に結合しているが、水蒸気においては分子は結合していない）から、質的にちがうものである。つまり、水から水蒸気への転化においては、

質的变化がおこっているのである。この変化を他の側面からみると、それは水の内部の否定的な力（すなわち水分子の熱振動による斥力）と肯定的な力（すなわち分子間結合力）との、これまでの対立状態の否定による、一つの質から他の質への転化になっている。つまり、水が水蒸気へ止揚（否定）されているのである。

否定によって生じた新しい段階（新しい質）は、先行の段階（古い質）におけるとはちがった形態の対立をふくみ、その相互作用に基づく内的矛盾によってさらに次のより高い新しい段階（質）へと発展してゆく。このような場合に、第一の段階の一定の特徴または性質が、高い段階で再び出現し、一見したところでは、過程の出発点へ復帰したかのように見えることがある。しかしながら、この復帰は最初の質のたんなるくりかえし出現ではなくて、その後の発展によって内容豊富にされたところの、弁証法的否定を介しての、復帰である。外見上での古いものへの復帰はあくまで外見上のことであって、内容的・実質的にはくりかえしでも復帰でもないのである。しかし、ともかく、「低い段階における一定の特徴の、高い段階におけるくりかえし、外見上古いものへの復帰」という過程は、自然界においてしばしば見うけられるので、これに「否定の否定の法則」という表現をあたえることもおこなわれている。

実例をあげて説明しよう。大麦の粒を地上にまいて適当な温度と湿度とをあたえてやると、それは発芽する。発芽成長によって、大麦の粒は麦粒としては消滅し否定され、その代わりに否定による新しい質として麦の植物が出現する。しかしこの植物もまた否定される。すなわち、それは開花結実して、ふたたび大麦粒を生じ、自らは枯死するにいたる。植物が否定されて大麦粒へもどるのである。この否定の否定の結果として、われわれは再び最初と同様な大麦粒、しかも一個ではなく何十倍もの個数の大麦を得る。

ところで、この「否定の否定」という表現は、誤解をまねきやすい表現である。なぜなら、弁証法は、事物の発展や運動が三段階式に区切っておこなわれることを主張するものではないのに、そのように思いこむ原因となるからである。「否定の否定の原則」の真意は、弁証法的否定をとおしての不連続的な発展という点と、低い段階における特徴や性質の高い段階における反復的出现——たんなる反復ではなくて、発展によって高められた出現——という点と、にあるのである。したがって著者は、弁証法を三段階の図式に解消してしまうような曲解のおこるのをふせぐために、「否定の否定の原則」とう表現をことさらにさけて、「否定（止揚）の原則」とする方をとっているのである。

（5）量から質への転化、ならびにその逆の転化の原則

この原則も、対立の相互作用と統一という核心的過程を別の側面から見たものである。この原則もまた、対立の相互作用の作用の原則の一つの場合とみることができるのである。

自然界のあらゆる事物は、質的側面と量的側面とをそなえている。両者は対立的な側面であるにもかかわらず、つねに同一の事物のなかに共存している。質と量とは、このように相互に密接に結びついているから、その変化も密接な連関のもとにある。「量から質への転化、ならびにその逆の転化の原則」は、この連関を具体的に表現したものである。

一定の事物における量的変化は、それがあがる限界に到達するまでは、事物の質を変化させない。しかし、量的変化がある限界をこえると、質は多少とも不連続的（飛躍的）に変

化して、他の質へ転化する。かくして生じた新しい質は、逆にまた新しい量的変化を生みだす。この場合、量の変化は連続的におこなわれうるが、質の変化は不連続的にのみおこなわれる。

右にあげた水から水蒸気への転化の例についていうと、加熱にともなって、温度変化という量的変化は連続的に起こるが、水の質（液体状態）は不変のままである。しかるに、量的変化がある一定限界すなわち沸点に達すると、質は不連続的に変化して水蒸気という異質的なものになってしまう。量的変化の規準に温度をとらずに、水分子の熱振動エネルギーをとっても同じことである。すなわち、熱振動エネルギーの量的変化はある一定限界までは水の質を変化させないが、その限界をこえると質の転化をひきおこすのである。

水は、2個の水素原子と1個の酸素原子が結合して、1個の分子を形づくっている化合物である。1分子を構成する酸素原子がもう1個だけふえて、水素原子2個と酸素原子2個とが結合して1分子を形づくると、水とは質的にちがう化合物たる過酸化水素ができる。つまり、1分子を構成する原子数の量的変化は、分子の質的变化をひきおこすのである。概略的にいって、**化学という学問は、原子の量的組成の変化による物質の質的变化を研究する科学だ、ということができるのである。**

新しい質の出現、質の変化は、何らかの量的変化なしには不可能であるが、その反面では、質の変化は必ず何らかの量的変化をともなっている。たとえば、水が水蒸気へ転化すると、比熱、熱膨張係数、電気伝導度、その他各種の性質に量的変化をひきおこす。量の変化は常に必ず質の変化をひきおこすとは限らないが、質の変化の方はつねに必ず何らかの量的変化をひきおこすのである。

形而上学的な考え方にしたとすると、あらゆる事物の発展はたんなる量的増減だけである。量的な増大と同一物のくりかえしが発展だというのである。動植物や人間の成長も、ごく微小な萌芽の形で以前から存在していた性質や傾向の量的増大にすぎない、というのである。このような考え方によると、自然界における新しいものの発生は否認されることになってしまう。

「量質転化の原則」と「対立の相互作用と統一の原則」との関係についてはすでにのべた。この原則と「否定（止揚）の原則」との関係も、以上でのべたところから明らかである。すなわち、「量質転化の原則」は、新しい質の発生を量的変化との連関においてあきらかにしているが、「否定の原則」は、この新しい質と古い質との連関が否定（止揚）によるものであることを、あきらかにしているのである。

自然科学者たちのなかには、現代物理学において数学的方法がいちじるしく用いられていることにのみ注意をうばわれて、自然現象の量的記述こそが自然科学の目的だというように考え込んでいる人々がある。しかし、これは全くあやまった考えである。量と質とは、自然界のあらゆる事物のなかに共存している。質的变化は量的変化にもとずいて起こるが、しかし質を量へ還元してしまうことは誤りである。自然科学の目的は、質を量へ還元することにあるのではなくして、量と質との相関関係を具体的にとらえる点、すなわち、「量から質への転化、ならびにその逆の転化」という一般的原則の、特殊的ならびに個別的な形態を認識する点、にあるのである。

(6) 本質と現象、形式と内容、一般と個別、の関係

これらの関係もまた、弁証法の根本的原則たる「対立の相互作用と統一の原則」の適用の基本的な場合である。

自然認識の任務は、事物の外的な表面的な姿・現象を媒介として、その現象のうしろによこたわる基礎的なもの、その内面的機構、その本質をとらえることである。だから、自然科学を学ぶものは、本質と現象の関係をしっかりと理解しておかなければならないのである。事物の現象と本質とが直接に一致するものならば、あらゆる科学は無用となってしまうからである。

現象は本質をそのままの姿で直接的に表現するものではない。現象のなかには多くの非本質的なもの、偶発的なもの、外部的なものがふくまれている。だから、われわれは、自然界の事物の本質を認識するにあたっては、このような非本質的なものをはぎとらなければならないのである。

しかし反面からみると、本質は現象をとおしてのみ自己を表現するものであるからして、われわれは現象をもととし、これに思考作用を加え、実践（実験と観測）をおこなうことによつてのみ、本質をとらえることができるのである。たとえば、各種の物体が示す色彩は現象である。本質は、これらの物体からそれぞれ特定の波長の輻射エネルギーが放出されて、われわれの眼の網膜に作用し、赤とか緑とかの色彩感覚を生ぜしめる点にある。現象（色彩感覚）は本質（輻射波）をそのままの形では示していない。けれども現象と本質とは、相互にいかにかはなれたものに見えようとも、全くきりはなされたものではない。現象は本質の不完全な反映となっているのである。われわれの自然科学は、この不完全な反映たる現象から、思考作用を介して、本質を概念という形で反映しているのである。

形式と内容の対立は、本質と現象の対立に似ている。これは、内的なものとの対立であつて、両者は本質と現象の場合とおなじように、つねに共存し統一されている。内容のともなわない形式はなく、形式をともなわない内容もない。両者はたがいに移行しあい、浸透しあつていて、一方は他方を通じて発現し、かつまた制限される。形式は決してたんなる外面的なものではなくて、内容を発現させ、内容を制限ずけるものなのである。しかし形式と内容の対立関係において、主導的な役割をはたすものは、なんといつても内容である。内容の発展はあらゆる形式をうみだし、その反面では、内容の発現はつねに必ず何らかの形式のもとでおこなわれているのである。

内容と形式の相互作用と統一の弁証法は、生物における機能と形態の関係にもっともよくあらわれている。細胞という形態（形式）は、物質代謝（＝新陳代謝）および増殖という生命機能（内容）の発現に不可欠のものである。生物の進化によつて、機能が、呼吸、消化、運動、感覚、等々に分化する（発展する）につれて、形態もまた分化し、肺、胃腸、手足、感官というような諸形態に分化する。形態は機能の出現に不可欠のものであるが、機能の進化（発展）にともなつて発展し変化してゆくのである。

事物の発展がある段階に達すると、形式は内容のそれ以上の発展をさまたげるようになる。そうになると、形式は内容にするどく対立し、両者の間に抗争が起こる。その結果、古い形式は克服され、否定（止揚）される。そして、発展する内容に適合した新しい形式が

つくりだされ、内容の発展を促進するようになる。生物の進化はこのようにしておこなわれてきたのである。

一般（または普遍）と特殊、特殊と個別、の関係も対立の原則の基本的な一例である。先にものべたように、われわれの認識は、個別的概念から特殊的概念へ、それからさらに一般的概念へとすすんでゆくことによって、現象から本質へ、一つの本質からさらにふかい本質へとすすんでゆく。自然法則の認識についても同様である。これについては、エンゲルスがきわめて興味ふかい実例をあげているから、それを説明することにしよう。

原始人類は、摩擦によって火をつくりだすことを知ったとき、またさらにそれより以前に身体の冷えた部分を摩擦によって暖めることを知ったとき、摩擦という力学的運動が熱に転化することを、実践的に（個別的事実として）知ったのであった。その後何万年かの経験をへて、「摩擦は熱の一つの源泉である」という判断が意識的に知られるようになった。それからまた数千年をへたのち、ジュールおよびマイヤーの二人は（1842年）、「すべての力学的運動は摩擦を仲介として熱に転化できる」という第二の判断に到達した。さらにまたそれから数年ののちヘルムホルツとマイヤーは、それぞれ独立に、力学的運動や熱を含めての一切の運動形態は相互に転化しあう、という第三の判断に到達し、「エネルギー恒存の法則」としてこの判断を定式化した。判断（すなわち認識）の右のようなすみ方について、エンゲルスは次のようにいっている。

「われわれは第一の判断を個別性の判断として理解することができる。すなわち、摩擦は熱をつくりだすという個別的な事実が記録される。第二の判断は特殊性の判断として理解できる、すなわち運動の特殊な形態、すなわち力学的運動は特殊な事情のもとで（摩擦によって）、他の特殊な運動形態、すなわち熱に移行するという性質を示したのである。第三の判断は一般性の判断である。すなわち、いずれの運動形態も他のあらゆる運動形態に転化することができ、また転化せざるをえないものとして示されたのである。この形式をもってこの法則はその最後の表現に到達したわけである。」

抽象と具体という対立的関係についても、一般（普遍）と個別の場合と同様なことがいえる。自然科学が進歩するにつれて、概念はだんだんと、個別的・具体的なものから、一般的・抽象的なものへとうつつてゆく。光、熱、電気、磁気という概念よりもエネルギーという概念のほうが抽象的である。熱の散逸という概念よりもエントロピーの増大という概念の方が抽象的である。このような抽象的概念は、思考作用が客観的自然を正しくとらえてゆく過程において、必然的に形成されたものであって、客観的実在としての一般性が、思考のなかに反映されたものなのである。つまり、認識が自然を高次の具体性においてとらえた結果なのである。かくしてここに、具体から遠ざかったように見える抽象性が、同時にまた高次の具体性でもあるという弁証法——対立の統一——が見いだされるのである。

（7）必然性と偶然性

必然性と偶然性の対立的関係もまた、対立の統一の原則の一つの基本的な実例である。これは、自然科学の基礎的概念の一つたる因果性（因果律）の問題と密接な関係をもっているから、ここで少しのべておこう。

形而上学的な考え方をする人々は必然性と偶然性の問題に対して、二通りの態度をとっ

ている。一つは、この両者を相互に絶対的に排斥しあうものとみなして、偶然性は科学の対象にはなりえないと考える見解である。この見解によれば、ある一つの自然的過程は、必然的であるか、さもなければ偶然的である。この両者は自然においては別々に並んで存在する。たとえば、動物の種についていえば、種の決定的な指標とされている諸性質は必然的なものであり、同一の種の個体間にみられる細かい差別は偶然的なものだというのである。そして、自然科学の対象は必然的過程の方であって、偶然的過程ではないというのである。いいかえると、われわれが一般的法則として知ることのできるものは必然的なものであり、知ることのできないものは偶然的なものだ、と説明するのである。だがしかし、この種の見解によれば、科学は無用物となってしまう。なぜなら、科学なるものは、われわれがまだ知らないものをこそ探究すべきものだからである。この見解は、偶然性は無原因性であって必然性（法則性）とは何らの関係もない、とみる見解なのである。

これにたいしてもう一つの形而上学的見解の方は、すべての過程はみな必然的なものである。偶然性などというものは自然界には存在しない、と主張する。昨夜某所で電車事故がおこったちょうどそのときに、北の空に流れ星がみられたということ、このことは原因と結果の動かしえない連鎖、ゆるぎない必然性によってひきおこされた事実であって、それは太陽系生成以前からすでに、このように生起し別の形では生起できないように、宿命づけられていたのだ、と主張する考え方である。しかしわれわれは、この種の必然的自然観をもってしては、結局のところ宗教的自然観におちいるほかはない。なぜなら、われわれはかかる必然性を、実証的に証明することはできず、したがってそれを、神の摂理とよぼうと、永遠の神意とよぼうと、必然とよぼうと、つまるところ同じことであって、必然性という語はここでは神意という言葉の代名詞にすぎないからである。自然現象に偶然性を認めないところの形而上学的自然観は、唯物論から出発しながら観念論へおちいらざるをえないのである。唯物論は弁証法とむすびつかないかぎり、唯物論の立場を徹底的に守りぬくことはできないということが、ここにおいてもあきらかに見られるのである。

自然弁証法の立場にたつときは、偶然性は必然的に存在するものとして理解される。必然性は偶然性を媒介として自己を規定し、偶然性は絶対的な必然性として出現することがわかる。右の電車事故と流れ星の例についていうと、両者は互いに関連のない二つの必然性である。電車事故にとっては流れ星は全く外的な必然性である。だから、前者にとっては後者は偶然性にすぎない。一般的にいて、一つの必然性にたいして、その過程に本質的な連関をもたないあらゆる外的な必然的過程は、偶然性となるのである。ところで、右の電車事故と流れ星の場合などは、二つの必然性はあくまで連関をもたない別個の必然性としてとどまるから、偶然性もあくまでたんなる偶然性のままであるが、多くの自然現象においては、互いに外的な必然過程が相互に関連しあうため、偶然性が必然性を規定づけられるようになる。たとえば、野原のある箇所に生えている草が、そこを通りすぎた動物によって茎をへしおられるというような事件は、その草にとっては偶然的事件である。しかし、その草がその後にとどるべき必然的過程は、この偶然的事件によって規定づけられてしまう。つまり、必然性は偶然性を仲介として自己を出現させるのである。自然界においては、無限に多種多様な必然性、しかも相互に外的な必然性が、たえず偶然的に関連し、この偶

然性を介して必然性自身が変化している。自然全体は偶然性と必然性の無限の相互作用の過程なのである。

(8) 因果性 (Kausalgesetz)

因果性または因果律とは、原因と結果との間に一定の関係が常に存在することをいう。原因と結果とは時間的に常に前後関係で結ばれているから、因果性のことを「必然的継起の法則」といいかえてもよいわけである。

カント主義者は因果性の概念を、われわれ人間の思考が先天的にもっているもの、自然自体（物自体）のなかの實在的關係ではないもの、とみなした。観念論者はみなこの見解と大同小異の見地をとっている。しかしながら、これは全くあやまった見解である。因果性の概念は、われわれ人間の経験をとおして、とくに人間の自然にたいする実践的活動（生産と実験）をとおして、獲得されたものである。そしてそれは、事物の客観的連関が意識のなかに反映されたものなのである。

われわれは自然界において、ある変化にたいしては他のある変化が継起するのを見るばかりでなく、さらにまた、ある種の条件の下である一定の変化がおこるとすれば、われわれがこの条件をつくりだすことによって、われわれの手でこの変化をおこさせることができるのを見る。なおその上に、自然界においてはおこらないような形の変化を、産業技術と実験によってひきおこすことさえできるのを見る。こういう人間の実践的行動を通じて、因果性の観念、すなわちある変化が他のある変化の原因であるという観念、がつくられるのである。

因果性は客観的實在の反映であるが、しかしその完全な全面的な反映ではない。さきにも述べたように、自然界には必然性と偶然性が互いに交錯し浸透して、全体としての普遍的相互作用関係をつくりあげている。われわれは個々の現象を理解するためには、それを全体的連関のなかからきりはなして、それだけを独立に観察しなければならないのであるが、その場合に、変化の前後関係から一方は原因、他方は結果とされるのである。しかしながら、こういったからとて、因果性を普遍的な世界連結の主観的な一小部分とみるのは誤りであって、それは客観的に実在する連結の小一部分なのである。

因果性の問題と密接な関連をもつのは、物理学における法則性（必然性）の問題である。われわれは物理学において、二つの種類の法則性を知っている。すなわち、機械的法則性（因果的法則性または力学的法則性ともいう）と統計的法則性である。機械的法則性はニュートンの運動法則のようなものであって、そのもっとも一般的なものはエネルギー恒存法則（熱力学の第一法則）である。これは逸脱を認めない法則性である。これにたいして統計的法則性とは、熱力学の第二法則（エントロピー増大の法則）のようなものであって、確率論的な理解を必要とする法則性である。

19世紀中ごろまでの物理学は、機械的法則性（因果的必然性）が自然界を全面的に支配するとみなしていた。この法則性は、先行現象と後続現象との間に、一義的必然的な関係があるとみなすのである。だから、一定の現象の最初の状態があたえられると、その将来の状態は必然的にきまってしまう、それを完全に予言することができる。そこには、いかなる客観的な偶然性もゆるされていない。これがすなわち前項でのべた第二種の形而上学

的自然観（決定論）であって、17世紀および18世紀に支配的だったものである。そして、この自然観に基礎をおく唯物論が、機械論的唯物論＝形而上学的唯物論なのである。このような因果性万能の自然観によれば、偶然性というようなものは、われわれの無知の産物にすぎないことになってしまうのである。

ところが、19世紀中ごろから運動学的気体論が発展するとともに、因果性だけを唯一無二の法則性とみなす自然観は、動揺しはじめた。この理論によれば、気体についての諸法則は、各種の方向に各種の速度で運動するきわめて多数の分子の作用の総計的結果である。たとえば、一定の温度のもとにおける気体が、容器の側壁におよぼす圧力は、その温度についてはほぼ一定しているところの気体分子全体としての速度分布状態に依存する。この場合に、個々の分子がどういう速度で運動しているかは問題ではなく、気体分子全体としての速度分布や位置分布が問題なのである。一つの分子の位置や速度は、げんみつに因果的に変化しているが、その変化は、ほかの分子の位置および速度にたいしては、偶然的なものである。こういう互いに偶然的な事象のきわめて多数の総和たる全体分布状態が、温度によってほぼ一定の値を示し、必然性をもつというわけである。もちろん、この必然性は因果的必然性ではないから、甚だ稀なことではあるが、全体的分布状態がこのほぼ一定した値からわずかにずれることもありうる。同一温度における同一気体が、時間的にちがった圧力値を示すこともありうるのである。ただ、そういうことは確率上からいって、非常に稀なことだということにすぎないのである。つまり、気体に関する諸法則は、確率にもとづく統計的法則性だということになるわけである。

かくしてここに、法則性のあたらしい形態としての統計的法則性が、物理学の対象のなかへ登場した。そしてそれとともに、客観的偶然性というものも物理学の対象の中へ入ってきた。

ところで、かかる客観的偶然性と統計的法則性の登場は、必然性と偶然性の関係についての弁証法的な理解をもたない一部の自然科学者や哲学者を、あやまった道へみちびきこんでしまった。すなわち、かれらは、偶然性の客観的存在ということ、無原因的現象の存在、または偶然性の全面的支配、というふうに誤解して、はなはだしい場合には、因果性一般の否定までも主張したのであった。

自然弁証法の見地にたつときは、因果的法則性と統計的法則性とは、その対立性にもかかわらず、相互に浸透しあい統一されている。統計的法則性は偶然性を前提としたものであるが、同時にそれはまた、因果的法則性をも前提としている。統計的法則たる気体分子全体の速度分布状態は、個々の分子の速度変化のげんみつな因果的法則性を、その要素としてふくんでいるのである。いいかえると、統計的法則性は統計された因果性なのである。しかも、個々の分子の因果的法則性は互いに他の分子の因果的法則性に対しては偶然性であるから、統計的法則性なるものは、多数の因果的法則性（低次の必然性）が偶然性を媒介として作りあげているところの高次の必然性（法則性）なのである。

個々の分子の因果的法則性の総和が、全体としての統計的法則性をつくっているのであるから、前者は後者の内部的必然性になっている。ところが他面からみると、ある一個の分子の速度が急激な変化をしても、全体としての速度分布状態はそれによって必然的に変

化することはないから、個々の分子のしたがう因果的法則性は、気体全体がしたがう統計的法則性にたいしては、外的なもの（外部的必然性）、偶然的なもの、ともなっているのである。かくしてここに、個々の分子の因果的法則性が、全体としての統計的法則性にたいして、内的必然性であると同時に外的必然性（偶然性）でもある、という矛盾がみられるのである。しかもこれはたんなる思考上の矛盾ではなくして、実在する矛盾の反映なのである。

20世紀に入って以来の物理学は、量子論の出現、原子構造論の発展、電子・陽子・中性子・中間子その他の素粒子の発見、等々によって19世紀にくらべて、根本的な前進をとげた。とくに1925年以後における量子力学の確立は、物理学における法則性の問題、因果性の問題、を再び新しい局面へとおしだした。今日ではこの問題についての論議は実におびただしい量にのぼっている。自然弁証法の見地からみた量子的現象における因果性の問題については、ここではのべないことにするが、右にのべた因果的法則性と統計的法則性の連関が、やはりこの場合にも成立することが、明らかにされている。この点については、拙著「自然弁証法」を参照していただきたいと思う。

「以上、アテネ文庫 95, 自然弁証法入門 原光雄著」

●弁証法dialectics (433-4)

自然・社会、そして思考を含む、もっとも一般的な法則にかんする科学であり、実践にとっての方法である。弁証法思想は自然発生的に哲学的思考の開始とともにあらわれている。エンゲルスは、古代ギリシア初期の唯物論哲学にそれがあらわれているのを指摘した。その代表的人物はヘラクレイトスである。そこにみられるのは、すべての事物が変化のうちであり、世界はひとつの過程であるということであった。弁証法の語が用いられた初めには、それは問答における論議の術（希 *dialektiketechné*）としてであったが、プラトンやアリストテレスは、この語の事物が含む対立という意味にも解していた。そののち新プラトン派の思想に神秘的なかたちではあるが、弁証法と解される所説がみられる。中世のスコラ学では、弁証法の語は修辞学と区別されて、形式論理学として用いられた。近代になってからは、ブルーノ、さらにデカルト、スピノザ、また18世紀のフランス唯物論のデイドロの考えのうちに、弁証法的思考の断片が見いだされる。ドイツ古典哲学がとくに弁証法に深い関心をしめして、カントをはじめとしてそれについての考察があるが、ヘーゲルにいたって、それはもっとも包括的に述べられ、その法則についても語られ、それを世界全体をつらぬく一般法則としてしめした。マルクスとエンゲルスは、ヘーゲルをうけつぎ、かれの観念論の立場による弁証法を唯物論的立場からたてなおした。すなわち、弁証法は精神の発展法則として、これが全世界を支配するのではなく、物質世界における発展法則であり、これを基礎にして思考の発展法則もなりたつとする。それは、自然・社会、そして思考にわたる、もっとも一般的な法則なのである。

したがって、ここから一方には客観的弁証法、他方には主観的弁証法という二つが区別される。前者は客観的実在そのもののもつ一般的な運動、その構造、および発展にかんする法則であり、後者はこの客観的弁証法が人間の意識・思考へ反映したものであり、これ

は人間の弁証法的思考方法および実践方法となつて、客観世界にたいして正しく対処するためのみちびきとなるものである。唯物論的弁証法は、まず、すべての客観的事物の相互の関連、相互規定があること、およびそれら事物が不斷に変化し、かつ発展していることを認めるところから出発する。そこに運動の原因をしめす法則（対立物の統一と闘争）、その構造をしめす法則（量的変化から質的变化への移行→変化）、および発展にかんする法則（否定の否定）と三つの原則が成り立ち、そのもとには、本質と現象・内容と形式・現実性と可能性・必然性と偶然性・普遍と特殊などというカテゴリーによって補充される。主観的弁証法の理論は認識論としてあつかわれ、そこには実践と認識（理論）・抽象的と具体的・絶対的真理と相対的真理などの関連、その間の発展関係が明らかにされる。弁証法のこれらの理論はまた、方法の役を果たすものであり、主観的弁証法が、その認識論で明らかにされる認識の発展にもとづいて、客観的弁証法の諸法則ならびに諸カテゴリーをとらえ、それらを運用することで、科学研究においても社会活動においても、実践をみちくのである。弁証法の立場は、このように、前進的であり創造的であつて、人びとを停滞にではなく、積極的な活動へとむかわせる。弁証法が〈革命の代数学〉（チエルヌイシェーフスキー）といわれるのも、このためである。

●自然弁証法dialectics of nature (177-8)

自然界の運動、変化発展の一般的な法則としての弁証法を意味し、自然に対する唯物論的で弁証法的な見解。それによれば、自然界には絶対不変のものはなにひとつなく、すべては生成・消滅の過程にあり、自然は各種の運動形態が相ついで生起する歴史的過程であり、それらは互いに関連しあいながら、統一的な世界を形成しているとする。近代の自然科学は、各分野にわたってひじょうな発達をとげ、またカントーラプラス説をはじめとして、エネルギー保存の法則、生物進化論などがあらわれて、19世紀後半には、自然科学の発達そのものによって統一的な弁証法的な自然観に到達することができるまでになっていた。しかし形而上学的な哲学の強い支配に妨げられて、自然はその本性において不変のものであり、ただ繰り返しがおこなわれるだけで歴史的な発展がなく、全体としては永久に同じ姿のものであると信じられ、そのため各種の運動形態の関連が把握できず、すべてが個々ばらばらな、そして固定的なものとして理解されていた。エンゲルスは、弁証法的唯物論の哲学を自然科学に適用することによって、このような事態が打開できることを、当時の自然科学の達成に即して具体的にしめした。その体系的な記述の試みは《反デュリング論》(1878)にもしめされているが、まだ十分な形では果たされず準備のためにかかれていた覚え書き断片が、死後(1925)に《弁証法と自然》として公刊され、自然弁証法という言葉が前述のような意味でひろく用いられるようになった。エンゲルスは、ヘーゲルが精神の自己運動による発展理論として展開した弁証法を、物質の自己運動による発展の理論としてとらえなおし、自然科学の成果に基づいて自然の領域におしひろげ、弁証法的唯物論の自然観を完成したのである。エンゲルスは〈弁証法の法則を構成して自然の中にもちこむことが問題であるのではなく、この法則を自然のなかに発見し、そこから展開することが問題なのである〉とすることを繰り返し注意して、この新しい自然観は、自然哲

学に代わるものではなく、自然哲学は命脈を断ったのだということを強調している。この自然観はレーニンによって、その《唯物論と経験批判論》(1909)でふかめられ発展されている。

●弁証法的小および史的唯物論 (dialectical and historical materialism) (434-435)

マルクス-レーニン主義の哲学、この理論の基本的構成部分の一つであり、進歩的人々の哲学である。1840年代にマルクスとエンゲルスによって創始され、レーニンによって、またその他のマルクス-レーニン主義者によって発展させられてきた。それは、19世紀の科学の進歩と労働運動の発展にももとづいており、哲学における革命をもたらした。そのわけは、それが哲学を、はじめて真の科学としてなりたせ、その研究対象を明らかにし(→哲学)、かつ自然と社会ならびに人間の思考を通じて唯物論の見地をつらぬき、哲学を世界の解釈の理論としてではなく、それを変革する理論という実践の立場を主張するからである。

- 1) 弁証法的唯物論。これは、哲学における基本的な成果をうけついであらわれた。その一つは唯物論の伝統であり、唯物論は哲学に科学性を保証する基礎である。他は、科学と人間の实践活动から明らかにされてきた世界の一般法則としての弁証法である。唯物論は古くから社会の進歩的階級の見解としてあらわれ、人間にとって認識を前進させるのに役立ってきたが、マルクス主義以前にはそれはまだ形而上学的で機械的な制限を脱せず、またこの見地を自然および社会に一貫してうちたてるにはいたらず、社会については観念論におちいていた。弁証法もまた、古くから哲学思想にあらわれていたが、これをしめたのは主に観念論者の側にあった。マルクス主義哲学は、唯物論の立場にたつて弁証法を明らかにし、形而上学的、機械的な制約を抜けいで、自然と社会とをすべて唯物論をもってとらえるにいたった。これらは、マルクス主義哲学、すなわち弁証法的唯物論にとって基本的特徴である。それは世界の根源を物質とみるばかりでなく、物質はみずから運動・変化するという立場にたつて、客観的物質世界の弁証法的発展によって、無生物から生物へ、さらに人間の意識の成立へとたどり、観念論がその拠りどころとする主張すなわち、意識・精神を物質世界から切りはなして独自の存在だとする主張をうちくたく。したがって、人間に認識とは客観的物質世界の反映によってなりたち、反映としての認識には実践がその基礎になっており、これによって反映の発展があることをしめす。ここに、従来の認識の理解がただ観想的立場だけでなされていたのにたいして大きな画期的前進をおこない、このことによっても観念論に大きな打撃をあたえた。〈理論を神秘主義にさそいこむあらゆる神秘は、その合理的解決を人間の実践とこの実践を理解することのうちに見いだす〉とマルクスがいつているが(《フォイエルバッハにかんするテーゼ》)、これはまさしく弁証法的唯物論が従来の唯物論および観念論一般と、自己を区別する重要な特徴である。実践を前面にとりあげることで、この哲学は、認識の基礎を明らかにするとともに、自然と社会とにたいする変革の立場にたつこと、したがって資本主義にたいす

2) 史的唯物論。マルクス主義以前の唯物論は、社会については人間の観念の重要な役割をみとめるところから、歴史は観念論の力によって動かされるとみ、その観念がどのようにしてつくられ生じてくるかを明らかにせず、したがって観念論の立場におちいるほかはなかった。そこから、社会における天才的人物が社会にとっては重要な歴史的役割をするかのように考え、本来歴史を成立させている人民大衆の働きを無視する見解になっていた。史的唯物論は、社会発展についての一般法則と、人びとがその歴史的活動によって発展を実現していく形態を探求し、それをしめしだす任務を自己に課する。そこからえられるこの唯物論の理論は、まず第一に人間がその生存をなりたいたせる基本である生活物資の生産（→生産）を基底におき、そこに生じる生産関係から、社会のさまざまな人間関係を説明し、土台と上部構造という関係を見いだして、人間がいただくにいたる観念がどこから生じ、どう規定されるのか、したがって人間があれこれの観念をいだいて行動する根源を、生産関係によるものとし、たんに人間は勝手気ままになんらかの観念をつくりだすのではないのを明らかにした。しかしまた、人間の観念という産物、政治という方策も、すべてこれらは土台（生産関係）にたいしては上部構造であるが、それらが土台に規定されて生じるというだけではなく、これら上部構造が成立すると、これは逆に土台に作用を及ぼすことをも説き、ここに弁証法的な相互関係が働くのを見る。社会が変化し発展していく点については、その根本になるのは、上部構造を規定する生産関係と、生産関係を歴史的に特徴づける生産力との相互関係によるのであり、不断に発展していく生産力と一定の形式をとってできている生産関係とのあいだの弁証法的関係（対立物の統一と闘争）にもとづいて起こるものであり、同時にこの相互関係を反映する上部構造における対立と闘争がそれに加わる。ここにしめされる社会の基本とそこから生まれるでる社会の諸側面、そのなかに位置して生活し活動する人間は、経済的社会構成体の相違にしたがってそれぞれに特有な法則と活動の形態がとられるものである。史的唯物論が以上のように、唯物論の立場から明瞭にした社会とその発展とにかんする理論によって、自然科学とならぶ社会科学が成立する基礎があたえられた。史的唯物論は社会諸科学にとって、その一般法則をしめすものであり、また社会における活動にとっては実践の指針をあたえる。→弁証法、唯物論

自然弁証法の第6章～第11章は、当時の自然科学者のあいだで真剣に討論されていた、いわば第1線の問題をとりあげる構想で、そのほとんどが、前年のドイツ自然科学者・医学者大会での討論に関連した問題だった。

「6. 認識の限界。デュ・ボアーレモンとネーグリ——ヘルムホルツ、カント、ヒューム。

7. 機械論。ヘッケル。

8. ブラストイダールの霊魂——ヘッケルとネーグリ。

9. 学問と教えること——フィルヒョー。

10. 細胞国家——フィルヒョー。

11. ダーウィン主義的政治学と社会学説——ヘッケルとシュミット。——勞

働による人間の分化。自然科学への経済学の適用。ヘルムホルツの『仕事』（『通俗講演集』第2集）」 最初の章は、自然科学における不可知論の批判である。

最初に名前があがっているデュ・ボアーレモンが、ネーグリに先だって、5年前の1872年、ドイツ自然科学者・医学者第45回会議で、「自然認識の限界について」と題して講演していたことは、すでに紹介した。彼が2つの「限界」を提起していたこともその時述べたことだが、デュ・ボアーレモンは実力も業績もある自然科学者であるだけに、その議論のすすめ方は、たんにカント流の物自体に逃げるといった「哲学的な」ものではない。

第1の限界——物質の究極の単位や物質界の始原の問題では、人間がそれを認識できるとすると、いやおうなしに自己矛盾におちいることを指摘する。哲学的原子、つまり、「それ以上分割できない実体」がもし存在するとしよう、それが実在するなら、いかに小さくとも一定の空間を充たしているはずだが、そうだとすれば何故それ以上の分割が不可能だといえるのか。反対に、空間を占有しない幾何学的な中心点のようなものだというのなら、そのような「点」が作用を遠方におよぼす中心力のにない手となることが、どうしてできるのか。こういう矛盾におちいるのは、われわれが、本来認識しえない物質の本性——究極の実体を認識できると想定した結果である。こういった論法である。

第2の限界——人間の意識の成立の問題では、精神現象に対応する物質現象は自然科学の進歩とともに次第に解明できるだろうが、それらの物質的過程についての知識がいくら精密になっても、因果法則のらち外に立つ精神現象そのものの説明にはなりえない——「われわれが脳について獲得しうる最高の知識である、脳の解剖学的知識がそこにあばいてみせるものは、運動している物質以外の何物でもない。どんなに物質微分子の配列と運動を工夫しても意識の国へ橋をわたすことはできないのである」と主張する。

これがデュ・ボアーレモンの不可知論である。ここには、**弁証法を知らない自然科学者の弱点が典型的な形で現れていた**が、一応自然科学の当時の達成を考慮に入れて、展開されている議論であっただけに、エンゲルスがこれと直接切り結んで不可知論批判を執筆したら、相当読みごたえのある論戦になったことは、間違いないだろう。

たとえば、第2の限界としてあげた脳の解剖学的知識と精神現象の本質の問題でも、その理論的な解明のためには、脳の生理学の高度な発展とともに、**脳内の諸物質の物理的、化学的、生理的な運動形態と、それらの運動形態と結びつきそれらに基礎をもちながら、**

思考その他の精神活動を物質のより高度な新しい運動形態としてとらえる弁証法が不可欠である。エンゲルスは、すでに第3局面での覚え書のなかで、この問題を取りあげ、「それらの副次的形態がそこにあるというだけでは、それぞれの場合の主要形態の本質はつくされない。われわれはいつかはかならず思考実験によって脳内の分子運動と化学的運動とに『帰着させる』ようになるだろう。しかしそれをもって思考はつくされたことになるであろうか？」として、**脳の機能は化学的・物理学的などの低次の運動形態に解消しえない独自の運動形態であることを、明確に論じていた。**デュ・ボアーレモンの立論には、低次の運動形態からより高次の運動形態へ橋をかけることを可能にする、まさにこの**弁証法**が欠けていたのである。

ヘルムホルツも専門の分野では大きな業績をあげた 19 世紀後半の代表的な生理学者の一人だったが、哲学的には不可知論の立場にたち、「事物についてのわれわれの表象は、事物にたいする記号以外のなにものでもありえない」という「記号」論を主張した。

エンゲルスは以前からその哲学的立場を批判していた。「1853 年以来ヘルムホルツ君はずっと続けて物自体を繰り返しかえし論じていながら、いまだにそれに決着をつけていない」（エンゲルスからマルクスへ 1876 年 5 月 28 日 全集第 34 卷 18 ページ）。また数年後に書いた覚え書「認識」では、ヘルムホルツが人間の感覚器官の不完全性を不可知論の「証拠」としてもちだしたことに、的確な批判をくわえた（同前 547～548 ページ）。

（注）ヘルムホルツの不可知論については、レーニン『唯物論と経験批判論』に詳細な批判がある（第 4 章「6『記号論』（または象形文字論）とヘルムホルツの批判」）。レーニンはこの書で、ヘルムホルツを「自然科学上の一流の大人物であるヘルムホルツは、大多数の自然科学者と同様に哲学上では首尾一貫していなかった。彼はカント主義に傾いていたが、しかしその認識論で首尾一貫してこの観点を維持したのではなかった」と、唯物論と不可知論の間での動揺ぶりを具体的にしめし、「ヘルムホルツの不可知論もまた一ハックスリのバークレ主義的非難とはちがったカント主義的非難を伴った『恥ずかしがりの唯物論』に似ている」としている。

『自然の弁証法』の 1 章として不可知論を批判するというエンゲルスのこの構想は実現されてなかったが、その後『フォイエエルバッハ論』（1885 年）および『空想から科学へ』英語版序論（1892 年）で、不可知論批判を展開したことは、よく知られている。エンゲルスが、とくに後者で、自然科学と不可知論を結ぶつけようとした人々（ハックスリ、デュ・ボアーレモンやヘルムホルツ）をも批判の対象としていたことは、明白である。彼は、認識不可能とされていた「神秘的な対象」が科学の進歩とともに「把握され、分析され、さらにそのうえ再生産されている」事実をあげ、蛋白体や有機的生命もやがてはそうなるだろうということを示したうえで、自然科学のすべての結論を受け入れながら、認識不可能な「物自体」なるものにあくまで固執する「わが不可知論者」について、結論的に次のように述べている。

「彼が科学者であるかぎりでは、つまり彼がなにかを知っているかぎりでは、彼は唯物論

者なのである。だが、彼の科学の外では、それについて彼がなにも知らない領域では、彼は自分の無知をギリシア語に翻訳して、それを不可知論（アグノスティシズム）と名づけるのである」。

中略

弁証法の内容を形而上学との対立のなかで展開することは、最初の覚え書「ビューヒナー」以来、エンゲルスの弁証法論の基調をなしてきた問題で、『反デューリング論』の「序説」では、すでにまとまった形で展開されていた。それをあえて整理していえば、形而上学の、事物とその概念を、（イ）個々ばらばらな、ひとつずつ順次に、他のものと無関係に考察されなければならない、（ロ）固定した、不動の、一度できあがったらそれっきり変わらない研究対象としてとらえ、（ハ）ものごとを「媒介のない対立」において考える思考方法にたいして、弁証法的な思考は、事物とその概念的模写とを、本質的に（イ）それらの連関、連鎖において、（ロ）運動、生成と消滅において、（ハ）固定した対立や不動の境界線にとらわれなくて把握することを、最大の特質としていた。「世界の全体、その発展と人類の発展、さらにこの発展の人間の頭脳における映像を正確に示すことは、弁証法的な方法によって、生成と消滅、前進的または後退的な変化の全般的な交互作用にたえず留意する場合にだけ、達成することができるのである」。

エンゲルスは、その6年後に、『反デューリング論』の新版のために序文を書いたときにも、「弁証法的自然観の核心」として、もっぱら「一般的性質」に属する諸問題を語り、法則については触れなかった。

このように、「連関の科学としての一般的性質」を形而上学との対立のなかで明らかにすることは、エンゲルスが引き続き第1義的な意義をおいたことであって、このプランも、まず弁証法の「一般的性質」を展開した後に、そのことを前提にして「諸法則」にすすもうとしていた。弁証法的な思考の基本と弁証法の諸法則との関連を、こうして総合的にとらえることは、弁証法の把握と理解にとって、核心をなす点の一つであると思う。このことの無理解は、弁証法の見地の定式化にあたってのさまざまな矮小化や一面化、単純化の源泉ともなる。スターリンによる弁証法の4つの特徴の定式化などは、その典型の一つであろう。

エンゲルスは続いて、この論文の主題である「弁証法の諸法則」にうつり、（1）量から質への転化、またはその逆の法則、（2）対立物の相互浸透の法則、（3）否定の否定の法則の3つの法則を一般的な法則としてあげる。エンゲルスによれば、この3つは、ヘーゲルが『論理学』の3つの部で、それぞれ中心法則として「観念論的な流儀」で展開していたものである。エンゲルスは、ヘーゲルの誤謬は、これらの法則が「思考法則として自然と歴史とに天下り的に押しつけられていて、自然と歴史とからみちびきだされてはいない」という点にあったこと、「事柄をひっくりかえしさえすれば、観念論的哲学ではことのほか神秘的に見える」弁証法の諸法則はたちどころに簡単明瞭となること、ヘーゲル自身、その諸法則の説明のためには「何百もの箇所から自然と歴史とから弁証法の諸法則の

最も適切な個別的例証をあたええていること」、そして自分のここでの目的が、弁証法のハンドブックをつくることではなく、「ただ弁証法的法則が自然の現実の発展法則であり、したがって理論的な自然研究にとっても有効であること」の検証にあることなどを、まえおきの解明して、本論にすすんでいる。

自然の弁証法 (FT,1988) より

生物学と弁証法について

日本での生物学論争のなかではなばなしかつたもののひとつに、現代生物学の機械論的傾向にたいする反省あるいは批判として展開された「弁証法的生物学」の主張があった。それは遺伝学におけるワイズマン的な粒子論や進化学における突然変異・自然淘汰説への批判、発生学においてみられた機械論から全体論への転向への反省などを契機としていた。そして全体としては機械(論)的生物観(学)を批判し克服する立場として、機械(論)的方法に代わる弁証法的方法と弁証法的世界観の優位を主張し、少なくない批判的成果を生み、一部ではさらにそれ以上の積極的な功績をのこした。

しかしその反面では否定的な結果しかもたらさなかつた部分も大きく、全体として「弁証法的生物学」の建設には至らなかつた。そしてとくに、細胞以下のレベルの生物学においては、機械論的な立場にたち、形式論理だけを方法論とした徹底的な分析主義によって、かつてない貴重な成果がもたらされた。そのことは否定できない事実である。このことから、反弁証法論者(というよりも哲学無用論者)は、弁証法の敗北、機械論の勝利を宣言しようとする。たしかに、少なくとも細胞レベル以下の生物現象の研究においては、弁証法は姿を消し機械論が横行しているようにみえないことはない。

しかし、それでは、そのレベルで浮かび上がってきた生命像ははたして完全に機械的であるか。いいかえれば、そのレベルには機械的世界観で矛盾なく把握できる事象しか存在しないか。弁証法は見いだされないか。答は否である。それどころか、非(または反)弁証法的「立場」で分析主義的に進められた研究の成果として、いたるところに生命の弁証法的なすがたが浮かび上がり、弁証法的世界観を豊かにする素材を無数に提供している事実がある。それは本書のいくつかの論文で具体的に示される。

このような事実は、論争のなかですでに指摘されていたことである。機械的(あるいは形式論的)唯物論の立場にたつ科学者の研究成果として、**弁証法的な世界像が浮きぼりにされた例が科学史上に数少なくないことに気づかれていたからである。生命の起源、細胞の進化、代謝の調節、発生の機構、遺伝の安定と変異、動物の行動、免疫の理論**などなどの研究の成果に、われわれはその例を数多くみる。それらの少なくとも大部分は徹底した分析と、形式論理の積み重ねによって達成されたものであつた。こうした事実を素直にみるならば、生物の研究にとって弁証法は無用あるいは無効なのではないかとの疑問が生じるのは、しごく当然のことであつた。こうした疑問にたいして当時与えられた説明は、「機械論者でもマジメに研究をすすめていけば、自然自体のもっている弁証法に導かれて、無意識のうちに弁証法的自然観に達するのだ」という説明であつて、筆者もそう考えていた

時代があった。しかし、いうまでもなくこれは苦しい弁明であった。もし右の説明が正しいとするならば、科学研究にとって必要なのはマジメな態度であって弁証法ではないことになるという皮肉な反論もありえたからである。

このような弁証法理解のあやまちは、自然科学研究における弁証法を機械論（あるいは形式論）に対立する立場ととらえるところにあった。

唯物論か観念論かは、明らかに立場のちがいであり、それは論理によって正否が証明されるたぐいの対立ではない。それは生氣論論争のなかですでに例証されたところである。すなわち、生氣論者は、超自然的な目的因を仮定して実在を説明するが、その誤りが唯物論（科学）によって暴露されても、その生氣論をすてることはない。目的因のかたちをかえてかぎりなく抵抗をつづける。それは、かれらの目的因が無規定なもの、あるいはあらかじめ規定しえないものとして設定されているからである。このように、**観念論は唯物論によって論理的に論破されるものではない。これが立場のちがいである。**

しかし**自然における弁証法**はそうではなく、エンゲルスが19世紀の科学を評価したなかでいっているように、**科学研究の成果として、したがって客観性をもって、明らかにされてくるもの**なのである。いいかえれば、科学が進歩すればなんびとによっても無視・否定されえないものとして、あらわれてくるものなのである。

したがって、科学研究において必要なことは、厳密な唯物論的（科学的）態度である。という意味は、対象についての分析（実験といってもよいが意味があいまいになるおそれがあるのでここでは避ける）が可能であり、分析によって未知の知見がえられる条件にあるときには徹底した分析をおこなうことこそが必要であり、分析を回避して、あらかじめ用意された「**弁証法**」を代置することは正しくない、ということである。分析によって自然についての認識を深めることが可能であるとする思想は唯物論の立場であり、これを否定する思想は、たとえ自然についての**弁証法的な見かた**をもっていたとしても、**観念論の立場**である。かつての自然哲学がそれであり、今日散見される自然・人間一体論もその亜流である。分析をこのように、第一義的には唯物論の立場からでた方法論であるとする思想は、なんでも分析しさえすればよいと信じて無意味な分析を終始くりかえしている分析主義とはまったく別物であることは論をまたない。

日本の生物学論争のなかで展開された**弁証法論者**のなかの一部に、自然の**弁証法**の把握が実験の補いあるいは代用になるかのような幼稚な誤解があったのは、右のように、**弁証法**をまず法則としてとらえるのではなく、たんなる方法としてとらえたところに原因があったように反省される。ルイセンコ論争や二つの遺伝学論においても、この理解の不足があらわれていたことは否定できない。

現代生物学の構図、佐藤七郎編、（大月書店）1976より

物質matter (405)

弁証法的唯物論では、意識とは独立に存在し、われわれの感覚の源泉であり、感覚を通じて意識に反映される、客観的実在をいう。それは本源的第一次的存在であり、無限かつ永遠である。自然および社会のこのうえなく多種多様な事物・過程は、運動を永遠の存在様式として空間と時間とを存在形式とするこの統一的物質の、もろもろの存在形態である。この意味でエンゲルスは、〈世界の現実の統一性は、その物質性にある〉（《反デュリング論》）と述べたのである。こんにち、われわれは、現代自然諸科学の成果の哲学的一般化にもとづいて、素粒子－原子核－原子－分子－巨視的物体－星－銀河－銀河団－超銀河系という無機物質の諸階層の系列（素粒子と銀河系とが、それぞれこの系列の終点をなしているというわけではない）、および、分子－生体高分子－細胞－植物・動物－労働する人間とその社会という有機物質の諸階層の系列を、物質的に統一された世界のうちに認識するにいたっている。哲学の歴史をみると、世界の物質的統一性というこの思想が、古代ギリシアの自然学者たちにすでにあつたことがわかる。すなわち、かれらのいわゆるフュシスは、みずから運動し変化する物質であり、不生不滅のものであつた。西洋哲学は、こうして、じつに唯物論的世界観として出発したのである。古代最大の哲学者アリストテレスも、物質恒存の見地をまもり、生成・運動の理論の確立に努力した。ローマの原子論哲学者ルクレティウスが、〈なにも無からは生じない〉〈なにも無へと滅びない〉を自然の二つの根本原理としたのは、特筆に値しよう（19世紀に確立された〈エネルギーの保存と転化〉の法則は、すでに古代哲学において獲得されていたこの見地の自然科学的表現にほかならないのである）。この見地にたいして、キリスト教の教父哲学において〈無からの創造〉説が形成され、唯物論対観念論という哲学上の根本的対立が、きわめて鮮明な、両見地の対立というかたちをとることとなつたわけである。近世の機械的唯物論では、有機的生命の世界をも、人間の意識の世界をも社会生活をも、物理的自然界と同質的に取り扱い、この諸領域を一貫して古典力学の諸法則で説明しようという企てがおこなわれた。物質に機械的運動しかみとめられていなかったことになる。その後、弁証法的唯物論は、こうしたせまさを克服して、自然・社会における運動・変化・発展の論理を解明するのに成功したのである。そして、19世紀から20世紀にかけて、かつて不変と考えられていた原子も変化することがわかり、原子が物質の究極の単位だという観念がくずれるという〈物理学の危機〉をとらえて、観念論者たちが〈物質は消滅した〉〈だから唯物論は打ち破られた〉と宣伝したとき、レーニンのはじめに示した客観的実在としての物質の哲学的概念を明確にしめして、これと、そのつどの自然科学的物質概念とを区別しなければならないことを説き、観念論を徹底的に打ち負かしたのであつた。

意識consciousness (12)

人間に特有な心的活動の総体をいう。意識は人間の知識、感情、意志というあらゆる活動をふくみ、物質世界の反映としてなりたつ。意識は物質の発展から生じた産物で、物質の変化の発展段階で一定の物質的諸条件がととのうことであられる。まず人間以前の長

期にわたる自然史的、生物学的な発展をへて、意識が成立するための生物学的、神経生理学的、心理学的な前提が形づくられ、感覚器官、神経系、脳髄にもとづいて心理的活動が発展してきた。これらは意識の形成に必要で不可欠な条件であるが、これらだけでは十分でない。これらの前提ができたのち、人間の労働、社会生産活動、これとむすびついた言語の発生による脳髄の発達、ここに意識の起源がある。それ以後、社会の発展するにつれて意識はその内容上でも構成上でも、ゆたかさをましてきた。

このように、意識は自然と社会との産物であり、物質的基礎と不可分にむすびついているが、意識は物質ではない。その新しい質とは、社会的実践を媒介として物質的現実（社会的諸関係をふくめて）を観念的に反映し、また観念的にみずから再生産する能力であり、一定の構造をもち、一定の法則にしたがって組織されており、ただ物質世界を受動的に反映するだけでなく、それを能動的、合目的的に変革する機関として、社会生活に不可欠な構成要素である。その機能の点で人間の意識は、動物の心理とは原理的に区別され、つぎのような役割を演じる。すなわち、客観世界を認識する機能、未来を予測し目標をきめ目的をたて、かつその目的にふさわしい行動のための計画をつくる機能、決定し決断をくだす機能、さらに行動の規範、価値の設定、行動、その目的、手段の評価の機能など。これらは科学、道徳など、社会的意識の諸形態を形づくる。こうして意識は複雑な社会生活を統御し、物質世界を実践的に変革する機関として役だつのである。

哲学史において意識と物質との関係の問題は哲学の根本問題であり、さまざまな形態の観念論は意識を物質から独立したものとみなし、意識一般とか絶対精神などをもって世界を説明してきている。→社会的意識、認識、反映論

感覚と知覚

感覚は感覚器官に対する物質(事物あるいは現象)の作用によって生まれるものであり、これらの事物または現象の個々の性質を反映する意識の働きである。周知のように感覚には視覚・聴覚・嗅覚・味覚・触覚のいわゆる5感があり、眼・耳・鼻・舌・皮膚という感覚器官をとおして形・大きさ・色・音の高低・音色・芳香・悪臭・甘さ・からさ・熱さ・冷たさ・固さ・やわらかさ等々が反映される。さらにまた身体そのものの状態や運動を反映する感覚、すなわち平衡感覚や運動感覚がある。**感覚の特徴は要素的な性質の反映であることにある。**

これに対して、これらの**感覚を基礎にしながら**、もろもろの感覚を相互に孤立したのものとしてではなく統合されたものとして、一つの事物または現象の諸性質として、すなわち一つの像として反映するものが**知覚**である。知覚の特徴は対象をまとまった一つの像として、つまり一つの全体的なものとして反映することであって、この点で個々の性質だけの、つまり要素的なものの反映である**感覚と区別される**。すなわち、たとえばある物体の形・大きさ・色などのある組み合わせが眼という感覚器官をとおして反映され、それらの感覚がまとまった一つの像をつくる時に、われわれはそれらの物体を「本」とか「机」とか

として知覚するのであり、またある物体の形・大きさ・色などの組み合わせが眼をとおして反映されると同時に、その物体のにおいが鼻という感覚器官をとおして反映され、それらの感覚がまとまった一つの像をつくるときに、われわれはその物体を「バラの花」とか「イワシの干物」とかとして知覚するのである。

感覚と知覚とはこのように区別される。しかしまた両者を区別せず、両者を一括して「感覚」とよぶ場合もある。本書の第一章と第二章ではこのようなことば使いをしてきた。たとえば第一信号系と第二信号系との区別を述べるにあたって感覚が第一信号系であるといった場合の「感覚」はここで区別した意味での感覚と知覚の両者を含むものであったし、また意識の第二の基本的特徴を述べるにあたって「心理過程の所産である感覚的な像がことばのなかに客観化され、持続性をもつようになる」と述べた場合の「感覚的な像」はここで区別した意味では「知覚像」というべきであった。このようなことば使いも必ずしもまちがいはないのであるが、これからのちの叙述では議論をより正確にするために「感覚」と「知覚」ということばをさきに区別した意味で使いわけることにする。

さて、われわれ人間の**感覚能力**は、正常な状態のもとでは、**対象の諸性質を同時に反映するために共同して働くように習慣づけられている**ので、感覚としてではなく知覚として働いている。たとえばわれわれは山や家を見る場合に、その形や色をばらばらに感覚しているのではなく、さまざまな感覚的要素の統合されたものとして、一つの山・一つの家を知覚しているのであり、さらにまた山や家や樹木からなりたっている一つの風景を知覚しているのである。**個々の感覚的要素を反映してからそれらを統合して一つの知覚像を構成するのではなく、われわれはむしろ知覚内容を分析することによってはじめて個々の感覚的要素に到達するのである**。それだから感覚よりも知覚を直接的に与えられているものとみなすことができる。感覚と知覚を対立的なものとみなすことはもとより正しくない。発生的にみれば感覚のほうが先であるが、**現実**に機能している場合には知覚として機能しているのである。

人間の感覚能力が共同して働くように習慣づけられていることを示すものとして、つぎのような事実があることが明らかにされている。メーデーの会場のような広い場所にいくつものスピーカーがあちこちに備えつけられていて、多数の人が集まっているところへあとから入っていった人は、人ごみで演壇をみることができないあいだは演説している人の声がいちばん近くにあるスピーカーから聞こえてくるように感じる。この場合にはもっぱら耳が感覚器官として働いているのである。ところが前にいる人たちがしゃがむかなにかして壇上で話をしている人の姿がその人の眼に見えるようになると、多くの場合に、その人は近くのスピーカーからではなく壇上で話している人のほうから声が聞こえてくるように感じるようになる。この場合には眼と耳とが感覚器官として共同して働いているのであり、しかも人間の声というものは、話をしている人に結びつけてとらえられるように習慣づけられているので、視覚像（眼でみた人の姿）と聴覚像（耳で聞いた人の声）とが統一されて一つの全体的な知覚像をつくるのである。刺激としては、眼に対する刺激は演壇の方向から、耳に対する刺激はスピーカーの方向からくるのであるが、知覚はまとまった一つの像をつくる働きであるから、刺激のくる方向の不統一に修正を加えて、統一された全

体的な知覚像をつくることができるのである。このように知覚の段階ですでに人間の意識は個々の感覚内容にある程度の修正を加えて対象を反映することができる。これは興味のある事実である。

意識論（寺沢 恒信著）1984年 大月書店より

古典遺伝学とDNA発見後の近代遺伝学

Gregor J. Mendel (1822-1884)

●オーストリアのシレジア地方で生まれた。その地のケニギン修道院の庭でエンドウ豆の交配を行い、遺伝の法則を発見した（1865）。黄色で滑らか（RRYY）な豆だけを生じる株と緑で皺のある（rryy）豆だけを生じる株との間で交配させると雑種第一世代は、全部がRrYy（滑黄）であった。第一世代の自家受精で得た第二世代では滑黄：滑緑：皺黄：皺緑＝9:3:3:1の比になった。翌年に博物学会誌に発表。Mendelの死後16年（1900）、オランダのHugo de Vries（1848-1935）、ドイツのCarl E. Correns（1864-1933）オーストリアのErich von S. Tschermak（?）がそれぞれ独自にMendelの論文を掘出した（メンデルの遺伝法則の再発見）。優劣の法則（第一世代では優性の形質が現われる）。独立分離の法則（第二世代では親の劣性形質が優性の1/3の割合で再び分離して現われる）。独立組み合わせの法則（二つ以上の形質は決して融合せず互いに独立に組み合わさって現われる）。

●Mendelの発見（1865）の重要な点は、遺伝という当時説明のつかなかった現象を一つ一つの遺伝形質（遺伝する特徴）というそれ以上に小さくできない単位に分けて、それぞれの単位形質を支配する因子が親から子へ受け渡されるという単純な過程として把握したところにある。Mendelは形質単位を支配する因子が遺伝するとしたが、この因子の実体についてはわかっていなかった。1882:細胞核のなかに原形質よりも濃く染るものを発見した（Walter Flemming）。1885:細胞分裂時に二分裂し、一組ずつ新しい細胞の中に入っていく、この物質を染色体（chromos, colour）と命名した（H. von Waldeyer）。1887:生殖細胞の減数分裂が発見された。1909:遺伝形質を支配する要因を遺伝子（Gen）と命名（Wilhelm L. Johannsen）。こうして遺伝子という言葉は遺伝学上の概念として生まれた。その後、モルガン（Thomas H. Morgan）の数多くの研究によって遺伝子概念の確立に至る。

Thomas H. Morgan (1866-1945).

遺伝学の実験技術を考案して近代遺伝学の真の父といわれる。ショウジョウバエ、突然変異、赤眼と白眼を交配させて、メンデルの法則を確認し、白眼の系統は雌から雄の子にだけ伝えられること（伴性遺伝）を見出した。また、2-3の形質が一緒に連鎖して伝わることを見出し、形質を支配する因子が近いほど連鎖の頻度は高いが、連鎖しているように

見える形質でも分離して新しい組合わせで現われる事が可能で、遠く離れた因子ほど形質の分離が起こりやすい事を明らかにした。各形質の分離の頻度からショウジョウバエの遺伝子地図をつくり (1911)、 ” 遺伝形質を支配する因子は染色体上に線状に一定の順序にならんでいる ” ことを明らかにし 1933 年にノーベル医学生理学賞を受賞した。ここに遺伝子という抽象的な概念は、染色体という顕微鏡で見られる物質に結びついた。 伴性遺伝 ; 性染色体 Y が小さくて、X 染色体の遺伝子に対応する遺伝子が無い場合に、雄の X 染色体 (母親由来) の遺伝子が劣性でも発現するために起きる。 1953;二重らせんモデル ; ; 1962;Nobel 医学生理学賞 Watson, Crick, Wilkins

遺伝子事始

遺伝子の解説は、科学史において最もめずらしい 1900 年に起きた同時発生的な出来事に端を発し、いまその絶頂期を迎えつつある科学研究なのである。ダーウィンの進化論の発表は、半世紀を経ないうちに植物学の革命に火をつけた。管理された環境において短時間に育種のできる植物は、自然界が生存力の強化された変異種を保存して他を淘汰してきた事実を短時間で確認する手段を提供した。当時でも、両親の性質が子孫に伝わることはすでに疑いのない事柄とされていた。このことは、もっと古い時代から広く知られていたが、どうしてそのようなことが起こるのかについての正確な認識はほとんどないのに等しかった。

1900 年、ちょうど植物学が黄金時代の頂点を迎えたとき、3 人の植物学者がお互いの研究を知ることもなく、それぞれまったく独自の研究を進め、遺伝特性の伝達が予測可能な顕著なパターンで行われることを突き止めた。ドイツのカール・コレンス、オーストリアのエーリッヒ・フォン・チエルマク、オランダのプーホー・ド・フリースの 3 人である。彼らが発見したパターンは、子孫に遺伝する親の特性がそれぞれ両親からもらった 2 つの遺伝因子によって決定されることを示す間違いのない証拠であった。

科学者たちがいまだに賛美してやまない行動の 1 つは、これら 3 人が植物学に関する文献を調べ、ほとんど知られることのなかったグレゴール・メンデルというオーストリアの修道士が 1865 年に書いた論文のなかで、彼らと同じ結論を得ていたことを発見したことである。

1904 年、アメリカの科学者ウォルター・サットンは、この神秘的な遺伝因子が各細胞の核の中心にあるソーセージ状の形をしたものに含まれているという結論に到達した。これらのソーセージ状のものは、当時の生物学者たちが顕微鏡で見えるように特殊な色素で染めていたことから、ギリシャ語の「色のある体」という言葉をとって染色体と名づけられた。染色体は、遺伝形質と同様、2 つで一組になり、両親それぞれから一つずつ子に伝えられる (何年かにわたる混乱を経て、今日では、人間には 23 組の染色体があることが知られている)。1909 年、デンマークの生物学者ウィルヘルム・ヨハンセンは、染色体によって伝えられる目に見えない因子に、ギリシャ語の「新しい生を与える」という意味の言葉

をとって「**ジーン（遺伝子）**」と名づけた。

遺伝子を発見し、その役割と働きを調べようという研究は、1906年にアメリカのトーマス・ハント・モルガンの有名な「ショウジョウバエ」の染色体研究がその端緒となった。まもなく、すべての生物のほとんどすべての生化学的特性は、遺伝子によって決定されていることが明らかにされた。別の言い方をすれば、遺伝子はすべての生命の基礎であるとされた。1941年までに、2人のアメリカ人ジョージ・W・ビードルとエドワード・L・テータムが、遺伝子の機能には、すべての生物の構成要素であるタンパク質をつくと同時に、生命活動を可能にしている絶え間ない無限の多様性をもった化学反応をつかさどる酵素をつくる働きがあるのを証明した。

こうした驚くべき発見にもかかわらず、遺伝子の本質は依然として神秘の扉に閉ざされていた。遺伝子は何に似た形をしているのか、どういうふうに働くのか、子孫に一定の要素を伝えるために細胞はどうやって遺伝子を複製するのかを知る者はまだ誰もいなかった。しかし、1940年代までの一連の発見によって、遺伝子は、細胞核にある酸で構成されたものであることが示唆されるようになった。この核酸には、糖類の一つであるデオキシリボースが多く含まれているところから、デオキシリボ核酸、つまり DNA として知られるようになった。

1953年、遺伝子の秘密が突然明らかにされた。イギリスの物理学者フランシス・クリックと若き同僚のアメリカの生物学者ジュームス・ワトソンが DNA の物理的構造を決定したのである。この構造は、らせん状になった分子の梯子型結合であった。2つの糖ーリン酸塩の鎖（ひも）が撚り合わさる形で、お互いを一定間隔で単純な分子の棧で結び合ったらせん状になっている。2本の鎖を梯子状にしている棧は、ヌクレオチドあるいは単に塩基と呼ばれる2つの相対する分子でそれぞれ構成されている。この「梯子」は、今や有名になった「二重らせん」の名のとおりねじれているのである。

塩基には、わずか4つの種類しかない。すなわち、A（アデニン）、T（チミン）、G（グアニン）、C（シトシン）である。しかし、これらは何億もの数の棧となって糖ーリン酸塩からなる2本の鎖を結び付けている。そこで驚くべきことは、一方の鎖にぶら下がったAのあるところには、必ず相手方の鎖にぶら下がったTが結びついていることである。そして、Cは間違えることなくもう一方の鎖のGと結合している。

遺伝暗号の解読とともに遺伝子複製の秘密がわかったことによって、生化学者たちは遺伝子操作の手段開発に手を着けることになった。1970年代半ばに、1つの生体組織の遺伝子の断片を切り取って、他の生体組織の遺伝子のなかに挿入することを可能にする酵素が発見された。人間の遺伝子を細菌や酵母の遺伝体系のなかに埋め込むことで、遺伝子工学の新しい時代が開かれた。遺伝子を組み換えた微生物を使うことによって、かつては貴重だとされた医学的な用途をもったヒトタンパク質の大量生産が可能になったのである。

遺伝子工学のこの成果は、当時、これほど偉大なものはないとされたが、実際には限界があった。遺伝子工学の研究者たちは、すでに広く知られたタンパク質の遺伝子进行操作できたに過ぎなかった。1960年代にタンパク質研究者は、非常に単純なヒトタンパク質であ

るヒトインスリンのアミノ酸配列を決定していた。遺伝暗号が解読されたとき、このインスリンを構成するアミノ酸配列を細胞につくらせる遺伝子、つまりは DNA の断片を操作する方法を推論することが可能になった。遺伝子工学の技法を使って DNA の断片のプールのなかを、やみくもに探ってこれを見つける研究が可能になり、それからインスリンをつくっているアミノ酸配列に一致する遺伝子を発見することができたのである。こうしてヒトインスリン遺伝子が非常に早い時期に分離され、細菌に組み込まれて大量のヒトインスリンの生産が進められることになった。このヒトインスリンによって、ウシやブタからとったインスリンによる糖尿病治療の宿命と考えられていたアレルギー反応の問題が解消されたのである。

MOLECULAR STRUCTURE OF NUCLEIC ACIDS

A Structure for Deoxyribose Nucleic Acid

Nature Vol. 171, pp.737-738, 1953

We wish to suggest a structure for the salt of deoxyribose nucleic acid (D.N.A.). This structure has novel features which are of considerable biological interest.

A structure for nucleic acid has already been proposed by Pauling and Corey¹. They kindly made their manuscript available to us in advance of publication. Their model consists of three intertwined chains, with the phosphates near the fibre axis, and the bases on the outside. In our opinion, this structure is unsatisfactory for two reasons : (1) We believe that the material which gives the X-ray diagrams is the salt, not the free acid. Without the acidic hydrogen atoms it is not clear what forces would hold the structure together, especially as the negatively charged phosphates near the axis will repel each other. (2) Some of the van der Waals distances appear to be too small.

Another three-chain structure has also been suggested by Fraser (in the press). In his model the phosphates are on the outside and the bases on the inside, linked together by hydrogen bonds. This structure as described is rather ill-defined, and for this reason we shall not comment on it.

We wish to put forward a radically different structure for the salt of deoxyribose nucleic acid. This structure has two helical chains each coiled round the same axis (see diagram). We have made the usual chemical assumptions, namely, that each chain consists of phosphate diester groups joining β -D-deoxyribofuranose residues with 3', 5' linkages. The two chains (but not their bases) are related by a dyad perpendicular to the fibre axis. Both chains follow right-handed helices, but owing to the dyad the sequences of the atoms in the two chains run in opposite directions. Each chain loosely resembles Furberg's model No.1 ; that is, the bases are on the inside of the helix and the phosphates on the outside. The configuration of the sugar and the atoms near it is close to Furberg's 'standard configuration', the sugar being roughly perpendicular to the attached base. There is a residue on each chain every 3.4 A. in the z-direction. We have assumed an angle of 36 degrees between adjacent residues in the same chain, so that the structure repeats after 10 residues on each chain, that is, after 34 A. The distance of a phosphorus atom from the fibre axis is 10 A. As the phosphates are on the outside, cations have easy access to them.

The structure is an open one, and its water content is rather high. At lower water contents we would expect the bases to tilt so that the structure could become more compact.

The novel feature of the structure is the manner in which the two chains are held together by the purine and pyrimidine bases. The planes of the bases are perpendicular to the fibre axis. They are joined together in pairs, a single base from one chain being hydrogen-bonded to a single base from the other chain, so that the two lie side by side with identical z-co-ordinates. One of the pair must be a purine and the other a pyrimidine for bonding to occur. The hydrogen bonds are made as follows : purine position 1 to pyrimidine position 1; purine position 6 to pyrimidine position 6.

If it is assumed that the bases only occur in the structure in the most plausible tautomeric forms (that is, with the keto rather than the enol configurations) it is found that only specific pairs of bases can bond together. These pairs are : adenine (purine) with thymine (pyrimidine), and guanine (purine) with cytosine (pyrimidine).

In other words, if an adenine forms one member of a pair, on either chain, then on these assumptions the other member must be thymine; similarly for guanine and cytosine. The sequence of bases on a single chain does not appear to be restricted in any way. However, if only specific pairs of bases can be formed, it follows that if the sequence of bases on one chain is given, then the sequence on the other chain is automatically determined.

It has been found experimentally^{3,4} that the ratio of the amounts of adenine to thymine, and the ratio of guanine to cytosine, are always very close to unity for deoxyribose nucleic acid.

It is probably impossible to build this structure with a ribose sugar in place of the deoxyribose, as the extra oxygen atom would make too close a van der Waals contact.

The previously published X-ray data^{5,6} on deoxyribose nucleic acid are insufficient for a rigorous test of our structure. So far as we can tell, it is roughly compatible with the experimental data, but it must be regarded as unproved until it has been checked against more exact results. Some of these are given in the following communications. We were not aware of the details of the results presented there when we devised our structure, which rests mainly though not entirely on published experimental data and stereochemical arguments.

It has not escaped our notice that the specific pairing we have postulated immediately suggests a possible copying mechanism for the genetic material.

Full details of the structure, including the conditions assumed in building it, together with a set of co-ordinates for the atoms, will be published elsewhere.

We are much indebted to Dr. Jerry Donohue for constant advice and criticism, especially on interatomic distances. We have also been stimulated by a knowledge of the general nature of the unpublished experimental results and ideas of Dr. M. H. F. Wilkins Dr. R. E. Franklin and their co-workers at King's College, London. One of us (J. D. W) has been aided by a fellowship from the National Foundation for Infantile Paralysis.

J. D. WATSON
F.H. C. CRICK

Medical Research Council Unit for the
Study of the Molecular Structure of
Biological Systems,
Cavendish Laboratory, Cambridge.

April 2

1. Pauling L and Corey. R. B., *Nature*, 171, 346(1953); *Proc U.S Nat Acad Sci.* 39, 84 (1953).
2. Farberg S *Acta Chem. Scand.*, 6, 634 (1952).
3. Chargaff, F for references see Zamenhof, S., Brawerman, C., and Chargaff, E., *Biochim. et Biophys. Acta*, 9, 402 (1952).
4. Wyatt, G.R., *J. Gen. Physiol.*, 36, 201 (1952).
5. Astbury, W.T., *Symp. Soc. Exp. Biol.* 1, Nucleic Acid, 66 (Camb. Univ Press, 1947).
6. Wilkins, M.H. F., and Randall, J.T., *Biochim. et Biophys. Acta*, 10, 192 (1953).

分子生物学の発展

同じ項（年表）を「分子生物関係」の稿に作ったので、この項、簡略化してもよい。また、ここは、文章の記述がほしい。

分子生物学史年表 （年と出来事）

- | | |
|------|---|
| 1869 | DNA の単離(F. Miescher) |
| 1911 | ○ラウス肉腫ウイルスの発見 (F.P.Rous) |
| 1915 | ○コールタール塗布による発がんの証明 (山極勝三郎, 市川厚一) |
| 1940 | ファージグループによる大腸菌ファージの研究開始 (M.Delbrück, S.E.Luria ら)
トウモロコシのトランスポゾンの発見 (McClintock) |
| 1944 | DNA による肺炎双球菌で形質転換の発見 (O.T.Avery ら) |
| 1945 | 1 遺伝子 1 酵素説 (G.W.Beadle, E.L.Tatum)
○「生命とは何か」
(生命現象も物理法則に従うかという問いかけ, E.Schrödinger) |
| 1946 | 大腸菌の遺伝的組換えの発見.微生物遺伝学の基礎を築く (J.Lederberg, E.L.Tatum) |
| 1951 | ○HeLa の細胞の単離 (最初に株化されたヒト由来の細胞, G.O.Gey) |
| 1952 | RNA の化学的構造の解明 (A.F.Markham, M.Smith)
インスリンの全一次構造決定 (F.Sanger)
T2 ファージの遺伝物質は DNA であることを証明 (A.D.Hershey, M.Chase)
ジヌクレオチドの化学合成 (A.R.Todd)
☆ポリペプチド化学合成法 (V.Du Vigneaud ら)
☆レプリカ法 (J.Lederberg)
☆アミノ酸配列決定法 (F.sanger) |

- 1953 B型 DNA の二重らせんモデル (J.D.Watson,F.H.C.Crick)
- 1955 大腸菌の接合を用いた遺伝子地図作成.微生物遺伝学の基礎を築く
(E.L.Wollman,F.Jacob)
- DNA ポリメラーゼの発見 (A.Kornberg ら)
- 1956 DNA の半保存的複製の証明 (M.Meselson,F.W.Stahl,J.Vinograd)
- ☆塩化セシウム密度勾配遠心法
- 1957 大腸菌の遺伝子地図は環状であると発表 (F.Jacob,E.L.Wollman)
- 鎌状赤血球における異常ヘモグロビン S がアミノ酸 1 個の置換によることの
証明 (V.M.Ingram)
- センダイウイルス細胞融合現象の発見 (岡田善雄)
- ☆ショ糖密度勾配遠心法 (Roberts,Britten,Bolton)
- 1958 セントラルドグマの提唱 (F.H.C.Crick)
- 1959 クローン選択説.免疫学の基礎をかたちづかった (F.M.Burnet)
- リボソームでアミノ酸重合が起こることの発見 (R.J.Britten ら)
- RNA 酵素説.リボザイムの研究
- ☆ポリアクリルアミド電気泳動 (Raymond ら)
- 1960 薬剤耐性因子の発見.プラスミドの存在を確立 (Anderson ら)
- X線結晶解析によるミオグロビンの構造決定 (J.C.Kendrew ら)
- がんウイルスによる培養細胞でのフォーカス生成を発がん性の検索に使用
(P.Vogt,R.Dulbecco)
- 1961 sus,am フェージで条件致死変異体形成 (A.M.Campbell,M.A.Epstein ら)
- 核酸の水素結合対の変性・再生 (J.Marmur,P.Doty)
- オペロン説.遺伝子発現の調節機構に関する研究がはじまる
(F.Jacob,J.L.Monod)
- 大腸菌で poly U がフェニルアラニンのコドンであることを発見
(M.W.Nirenberg ら)
- トリプレットコドンの証明 (F.H.C.Crick,S.Brenner,W-Tobin ら)
- mRNA の概念提唱とその証明 (S.Brenner,F.Jacob,M.Meselson)
- ☆高分子 DNA の調整法 (Marmur)
- 1962 大腸菌における制限・修飾現象の発見 (W.Arber)
- RNA ポリメラーゼの発見 (M.Chamberlin,P.Berg)
- アロステリックタンパク質モデルの提唱 (J.L.Monod,F.Jacob)
- 胚細胞の操作によるキメラマウスの作出 (B.Mintz)
- 電子顕微鏡による DNA 観察 (A.K.Kleinschmidt)
- カエルの分化細胞の核を除核卵に注入し個体を発生させ,分化において遺伝子系
が全能性を保つことの証明 (J.B.Gurdon)
- 1963 ○体細胞 (ニンジン) から植物体が再形成され,植物の体細胞不定胚形成の発見
(F.C.Steward ら)

- 1964 RNA レプリカーゼの発見 (S.Spiegelman,I.Haruna)
組換え分子の中間体を予測した Holliday 分岐モデル (R.Holliday)
- 1964 ☆アミノ酸配列のデータベース作業はじまる (NBRF)
コンドの解読完了. 普遍コンドという概念
(M.W.Nirenberg,S.Ochoa,H.G.Khorana ら)
組換え,修復に関与する大腸菌変異株の研究が進展 (P.Howard-Flanders ら)
○免疫グロブリン産生における遺伝子再構成の予見 (Drayer,Benner)
○分子進化時計の概念 (E.Zuckermandl,L.Pauling)
☆DNA・RNA のハイブリット形成 (S.Spiegelman ら)
☆ニトロソグアニジンによる大腸菌の変異誘導.強力な変異誘起剤は微生物遺伝学の進歩を促した (E.A.Adelberg)
- 1966 ラクトースリプレッサーの精製に成功 (W.Gilbert ら)
電子顕微鏡による DNA の部分変性地図作成 (Inman)
- 1967 岡崎フラグメント (岡崎令治ら)
- 1968 色素性乾皮性は DNA 障害修復の欠損によることを発見 (J.E.Cleaver)
高等真核生物には多数の繰返し配列があることを証明 (Britten ら)
レプリコン.複製調節の基本モデル (S.Brenner,F.Jacob)
○タバコのプロトプラストを作成. 培養して個体の再生に成功 (Takebe ら)
○分子進化の中立説を提唱 (木村資生)
☆電気穿孔法による動物細胞のトランスフォーメーション
(A. J .Sale,W.A.Hamilton)
- ～1969 SV40 ウイルスの分子生物学はじまる (R.Dullbecco,P.Berg ら)
- 1969 ○ σ 因子の発見.転写開始機構の解明進む (R.R.Burgess,A.A.Travers ら)
○ ρ 因子の発見.転写終結機構の解明進む (Roberts)
- ～1970 ○がん遺伝子の存在を予見 (がん遺伝子 src を同定) (Huebner ら)
- 1970 制限酵素 Hind II の精製 (H.O.Smith ら)
逆転写酵素の発見 (H.M.Temin,D.Baltimore ら)
☆大腸菌のトランスフェクション.塩化カルシウム法を用いてファージ DNA を導入.その後,プラスミド DNA にも応用されるようになった
(M.Mandel,A.Higa)
- 1971 ○カエル卵母細胞への mRNA の微注入による形質発現 (J .B.Gurdon ら)
- 1972 アラニン tRNA 遺伝子の DNA の化学合成 (H.G.Khorana ら)
試験管内組換え DNA 分子の作製 (P.Berg ら)
○ポテトとトマトの細胞融合から得た個体, ポマト作出 (Melchers ら)
☆ λ ファージゲノムの試験管内パッケージング法.. λ ファージベクターやコスミドベクター開発の原動力となる (Kaiser,Masuda)
- 1974 異種 DNA であるカエル rDNA を大腸菌の中で増やす.組換え DNA 実験法の確立 (S.Cohen, H.W.Boyer ら)

- ヌクレオソーム構造モデル (A.Krug, R.D.Kornberg ら)
 ○Ti プラスミド (細菌と植物間に動く因子) の発見
 (J.Schell, K.Van Montagu ら)
 ☆FACS の実用化 (L.A.Herzenberg ら)
- ～1975 大腸菌遺伝子の転写開始シグナル配列. プリブノーボックスやリボソームとの相互作用決定シグナル配列発見 (Pribnow ら)
- 1975 mRNA のキャップ構造を発見 (Miura ら)
 大腸菌におけるトランスポゾンの発見. 動く遺伝子の概念ができた
 (P.Berg, S.Cohen ら)
 遺伝子工学に関する国際会議,第1回アシロマ会議開催
 ☆ハイブリドーマの開発.モノクローナル抗体産生可能になる
 (J.F.G.Köhler, C.Milstein)
 ☆DNA の塩基配列決定法の1つであるマキサム. ギルバート法の開発
 (A.M.Maxam,W.Gilbert)
 ☆DNA の塩基配列決定法の1つであるサンガー法の開発 (F.Sanger)
 ☆コロニーハイブリッド形成法 (M.Grunstein,D.S.Hogness)
 ☆サザンブロットィング法 (E.M.Southern)
 ☆ポリエチレングリコールを用いる細胞融合法 (G.Pontecorvo)
 ☆タンパク質の二次元電気泳動 (P.H.O' Farrell ら)
- 1976 逆転写酵素の利用による cDNA 作製 (Maniatis ら)
 酵母ゲノムでゲノム DNA ライブラリー作製がはじまる (Clarke,Carbon)
 ○ヒト成長ホルモン遺伝子が大腸菌で発現させる (H.,M.Goodman ら)
- 1977 大腸菌複製開始領域 ori C のクローニング (S.Yasuda, Y.Hirota)
 タンパクキナーゼ C の発見 (西塚泰美ら)
 アデノウイルスの遺伝子の中に介在配列の発見.エクソン,イントロンの概念
 (Sharp,Chow ら)
 φ X174 の全ゲノムの塩基配列決定.この中から重複遺伝子の存在がみつかった
 (F.Sanger ら)
 ☆リン酸カルシウム法による動物細胞のトランスフォーメーション法
 (M.Wigler ら)
 ☆pBR322 クローニングベクターの構築 (F.Bolivar,H.W.Boyer ら)
 ☆ノーザンブロットィング法 (J.C.Alvine,D.J.Kemp,G.R.Stark)
 ☆フットプリント法開発.タンパク質が結合する部位が一目瞭然となった
 (Galas,Schmitz)
 ☆ニックトランスレーション法.これにより DNA の高度放射能標識が可能になった
 た (P.Berg ら)
- 1978 mRNA は前駆体から生成することを証明.スプライシングの概念確立
 (Darnell,Weissman,Leder ら)

遺伝子ファミリーの概念 (遺伝子は重複し,おのおの進化するという考え)

その後,免疫グロブリンスーパーファミリーなどが知られるようになった
(Maniatis ら)

○免疫グロブリン産生における遺伝子再構成の証明 (利根川 進ら)

○ACTH-βLPH 前駆体遺伝子のクローニング.ポリプロテイン概念の確立
(中西重忠, 沼正作ら)

○λファージベクターによる高等動物の遺伝子ライブラリー (Maniatis ら)

○大腸菌を用いたインスリンの生産 (Goeddel ら)

○がん遺伝子 src に対応する正常細胞の DNA を発見 (J.M.Bishop,Hanafusa ら)

1979 真核生物のプロモーターシグナル配列,TATA ボックスの発見
(Hogness,Goldberg)

Z型 DNA 構造の発見 (Rich ら)

☆ウエスタンブロットティング法 (Towbin ら)

1980 ○レトロウイルスの分子生物学はじまる (J.M.Bishop ら)

○受精卵への DNA 微注入.最初のトランスジェニックマウスの作製
(K.Gordon ら)

☆コスミドベクターの開発 (Collins ら)

1981 SV40 転写調節系の研究からエンハンサーの発見 (P.Chambon ら)

○ラウス肉腫ウイルスが v-s r c ,正常細胞内に相同の c-s r c があることを
確定 (J.M.Bishop,Varmus ら)

○ヒトがん活性型遺伝子の検出.がん細胞由来の DNA で 3T3 細胞を形質転換で
きることを発見 (Weinberg ら)

☆レトロウイルスベクターの開発 (K.Shimotohno,E.M.Scolnick ら)

1982 ○ショウジョウハエ P 因子の発見 (G.M.Rubin ら)

○M13 ファージクローニングベクターの構築 (J.Messing ら)

☆塩基配列のデータベース作成がはじまる (EMBL,Genbank)

☆CAT アッセイ法.発現調節領域の同定などに多用されるようになった
(Gorman ら)

1983 ○Ti プラスミドを用いて植物細胞に遺伝子を導入する方法の確立
(M.Van Montague, J.Schell ら)

○ヒト網膜芽種発生は劣性遺伝子 R b-1 に支配されることを発見
(W.K.Cavanee ら)

○ハンチントン舞踏病の原因遺伝子研究に多型マーカーを活用難病研究の新しい
研究方法論を確立 (Gusella,Wexler ら)

○ショウジョウハエ形態形成遺伝子群の分子生物学的解析がはじまる
(W.J.Gehring ら)

○P 因子を用いるショウジョウハエの遺伝子系改造 (G.M.Rubin ら)

○フェニルケトル尿症の遺伝子診断 (S.L.Woo ら)

- ☆パルスフィールドゲル電気泳動 (Schwartz,Cantor ら)
- ☆データベースを使ったホモロジー検索広まる
(タンパク質については 1970 年～)
- 1984 ○AIDS ウイルスの発見と性質解明がほぼ完了 (R.C.Gallo,L.Montagnier ら)
- T細胞レセプター産生における遺伝子再構成の証明 (利根川 進ら)
- Ds,Ac などトウモロコシの動く遺伝子の実体を解明 (Messing ら)
- ☆アンチセンス RNA の発現調節への利用.いくつかの調節系が操作されるようになった (Weintraub,Inouye ら)
- ☆アミノ酸配列のデータベースを統一化 (NBRF·PIR)
- ☆NMR によるタンパク質の立体構造決定 (Wühtrich ら)
- 1985 ○家系分析に基づくヒト遺伝子マップ作成法が広まる (R.L.White,H.Donis-Keller ら)
- ヒトの多型マーカーの発見と利用が広まる (R.L.White,中村祐輔ら)
- RNA 型生命の起源説
- 1986 5～6センチモルガンのヒト遺伝子マップ作成作業が盛んになる (R.L.White,H.Donis-Keller ら)
- デュシャンヌ型およびベッカー型筋ジストロフィー遺伝子 (ジストロフィン) のクローニングに成功 (L.M.Kunkel ら)
- ☆ゲルリターデーションアッセイ法による転写因子の同定はじまる (Singh ら)
- 1987 大腸菌ゲノムの整列クローニングの作製 (小原雄治ら)
- FGF が中胚葉誘導能をもつことが発見.胚誘導研究の新しい時代がはじまる (J.M.W.Slack ら)
- ☆non-R1 である DIG を用いた DNA の塩基配列決定法
- ☆YACベクターの開発 (B.T.Burke,M.V.Olson ら)
- ☆エンハンサートラップ法 (C.J.O' Kane,W.J.Gehring)
- ☆オリゴヌクレオチドによる部位特異的変異導入法の確立 (M.Smith)
- 1988 PCR 反応 (R.K.Saiki ら)
- DNA 複製ライセンス因子の発見 (J.J.Blow,R.A.Laskey)
- ☆ノックアウトマウス (M.R.Capeechi ら)
- 1989 ☆酵母 two hybrid system の開発 (S.Fields,O.Song)
- 1990 ○ヒト遺伝子治療が NIH ではじまる (R.H.Blease ら)
- 1990～ ○アポトーシスの分子メカニズムの解明
- 1991～ サイクリンタンパク質群,Rb の作用の発見 (C.J.Sherr ら)
- 1993 MAP キナーゼカスケードの解明
- DNA のメチル化の機構を解明 (R.J.Roberts)
- 1994 ☆GFP タンパク質 (R.Y.Tsien ら)
- 1995 ○インフルエンザ菌のゲノム完全解読 (J.C.Venter ら)

生命現象とくに生命の発生と進化の問題

I. 自然哲学。生物界

デューリングは「世界図式論」や「時間・空間」論につづいて、「生物界」についての哲学的考案へとすすんでいきます。ここでの議論もきわめて観念論的で思弁的な議論なのですが、エンゲルスはこれらのテーマについても筆をすすめ、生命現象とは何か、とくに生命の発生と生物の進化についての唯物論的検討を行っています。

エンゲルスのこの時点(1876～78年)での生物学についての知識は、驚くほど高度なもので、当時発表されて間もないダーウィンの進化論なども十分に理解し、その意義と同時に限界まで指摘しています。くわしくはこれから見ていきますが、このようなエンゲルスの生命現象についての考察は今日から見ても示唆に富んだ重要な見解をふくんでおり、同時に弁証法的唯物論のすぐれた性格を示すものともなっています。

(1) 「生命の発生」－「決定的な飛躍」

エンゲルスは生命現象について論じるに際して、まず最初に「生命の発生」について、それが自然界における「決定的飛躍」なのだということを強調することからはじめています。それはデューリングが生物界について論じるのに、生命の発生についても、ましてそれが自然界における飛躍なのだということもなにも考慮していないので、その点での欠陥を指摘するためなのですが、これはきわめて重要な論点であり、エンゲルスの弁証法的思考の優位性を示す点だといえるでしょう。

この点についてデューリングは「圧力と衝突との力学から、感覚と思想との結合まで、幾多の中間項からなる、統一的で唯一の段階がつうじている」といっているだけです。例によってわかりにくいデューリングの文章ですが、「圧力と衝突の力学」というのは無機的で物理的世界のことをさしていると思われまゝ。「感覚と思想との結合」というのは人間もふくめた動物界(生物界)をさしていると思われまゝ。この両世界の間「幾多の中間項」があるとはいうものの、「統一的で唯一の段階がつうじている」と彼はいっているわけです。

エンゲルスは「デューリング氏は、生命の発生についてそれ以上になにかを言う手間ははぶいている」とまず批判しています。つまりデューリングは無機的世界と生物界とを「統一的で唯一の段階」で単純につないでしまっており、2つの世界の間「飛躍」を理解せず、したがって「生命の発生」の重大な意義を見逃しているとエンゲルスはいっているわけです。

デューリングは「幾多の中間項」があるとはいっていますが、それだけではまったく不十分で、「ヘーゲルの度量関係の結節線でこれを補わないかぎり、半分しか正しくない」

とエンゲルスはっています。「ヘーゲルの度量関係の結節線」というのは、ヘーゲル『理論学』（ヘーゲル『小理論学』岩波文庫、別に『大理論学』岩波書店があります）のなかの第1編「有論」において、弁証法のいわゆる「量から質への転化」について語った部分に出てくる重要な思想ですが、この量から質への「飛躍」という弁証法的観点でデューリングにはまったく欠けているとっているわけです。

エンゲルスはデューリングを批判することをとおして、生物界（生命現象）を理解するには無機的自然と生物的自然との間に「決定的飛躍」があることを認識すべきこと、そしてこの「決定的飛躍」は歴史的には「生命の発生」という事象として起こったことを指摘して、この飛躍についてつぎのように述べています。「1つの運動形態から別の運動形態への移行は、どれほど漸進的であろうと、あくまでも飛躍であり、決定的な転換である。天体の力学から個々の天体上のより小さい物体(Masse)の力学への移行がそうであり、物体の力学から分子の力学—熱、光、電気、磁気という、本来の意味での物理学で研究される諸運動をふくむ—への移行も、やはりそうである。同様に、分子の物理学から原子の物理学—化学—への移行も、これまた一つの決定的な飛躍によっておこなわれ、また通常の化学作用から、生命とよばれる蛋白の化学作用への移行においては、なおさらそうである」

ここには自然現象を弁証法的に考察するときの基本の考え方が示されています。今日では「物質の階層性」といわれている観点ですが、デューリングにはまったくこの観点が欠けている点が批判されています。

(2) 「目的概念」について

つぎに「デューリング氏にとって、生物界への概念上の移行の手段となっているのは、目的概念である」とエンゲルスはデューリングが「目的概念」あるいは「目的論」を安易に用いて生命現象を説明しようとするのを批判しています。

目的概念や目的論という考え方もヘーゲルが『論理学』のなかで弁証法的に深めた考え方ですが、一般的には古代ギリシャ以来の考え方です。むしろ古代人たちがものごとの生成や運動を考えるときに、どんなものについても「なんのために」生じたのか、「なんのために」動くのか、「なんのために」存在するのかというように、どんなものにも目的があると推定する考え方です。人間の行為を目的という観点から考察するのは多くの場合に必要ですが（政治家の汚職は何のためか、PKO 法案を無理押しするのはなんのためか、というように）、しかし自然現象のなかに目的を見つけようとするとう誤りが生じます。雨が降ったり、風が吹いたり、地震や噴火などを目的概念で説明しようとするとう無理が生じます。これらは自然現象であって目的があって起こっているわけではありません。ところが古代人は神の目的（意志）が背後にあるとして、この考えで自然現象を説明しようとうしました。これが**古代の目的論**です。

デューリングは生命現象を説明するのに、「衝動の感覚は、主としてそれのはたらきにとまなう満足のためにつくられたものである」とか、「自然はまた意志をももっている」というように、「ために」とか「意志」という言葉を使って、目的論的な説明をしている点をエンゲルスはまず批判しています。このような目的論への容易な依存は科学的思考を

妨げることになるので重要な指摘です。

ところが、エンゲルスはすべての目的概念（目的論）を否定しているわけではありません。彼が第1に認めるのは人間の行為（とくに生産労働など）における目的です。人間は目的意識を持って行動しますから当然です。第2に認めるのは、ヘーゲルのいう「内的目的」あるいは「事柄そのものの必然性のうちにふくまれている目的」です。これがどのような意味をもつのかはテキストの108～109ページで述べられていますので本稿でもその場所で説明することにしましょう。とにかくエンゲルスはデューリングのような安易な目的論はきっぱりと批判していますが、生物界における（とくに進化論における）「内的目的」については一定の限度で認めている点を記憶しておいてください。

（3）進化論について

本章の中心をなすのは進化論の問題です。デューリングはダーウィン(1809～82)の進化論にたいして「浅薄な皮相の議論といわば科学上のまやかしとを事とする山師仕事」などといって非難していますが、エンゲルスはこれに反論して、ダーウィンの進化論の肯定面を擁護し、しかもその限界をも指摘するという態度をとっています。

デューリングがダーウィンの進化論を非難する論点はつぎのとおりです。「彼はマルサスの人口論を経済学から自然科学に移しいれている。彼は動物育種者の概念いとわれている。彼の生存闘争説は、非科学的な腰おれ詩をひねったものである。ダーウィン説の全体は、ラマルクからの借りものを除けば、人間性に対置された一片の野獣性である」。デューリングはダーウィンの進化論のなかの「生存闘争説」が気にいらぬ。生存闘争というと、彼は弱肉強食の野獣の状態、「万人が万人にたいして狼である」（ホップス）ような状態を思い浮かべて、かれは進化論を毛ぎらいしているわけです。

ここでマルサスの『人口論』が出てきています。マルサスは18世紀から19世紀にかけてのイギリスの経済学者ですが、食料生産の増加率は人口の自然増大率に及ばないから、労働者の貧困と墮落は避けられないとし、救済策は性欲の道徳的抑制による人口増加の阻止しかないと説いた人物です。彼は人間社会の階級矛盾などを見落として、人口の増加を野獣と同じレベルでしか考えていない点があるのはたしかです。またダーウィンがマルサスの人口論にヒントをえたというのも自分自身の文章からも明らかですが、これはあくまでヒントであって、ダーウィンは豊富な実証的な資料からその学説をつくりあげたのだという点をエンゲルスは指摘しています。

もう1つここで問題となるのはラマルク(1744～1829)ですが、彼はフランスの生物学者で進化論の開拓者の1人であり、ダーウィンの先輩にあたる人です。彼は生物は進化する内的傾向をもっており、環境の変化に対応して習性の変化がおこり、器官の使用不使用によって器官の発達と退化がおこり、それがそれが遺伝し（獲得形質の遺伝）生物が変化（進化）するという説（用不用の説）を提唱しました。生物の生活環境の変化をもとに進化を考える仕方はダーウィンにうけつげがれましたが、ダーウィンが「生存闘争説」をとったのに、ラマルクは「用不用説」とそれに「獲得形質の遺伝」という考えを結合させている点で、両者は相異なるところがあるわけです。

デューリングはラマルク説を支持し、単純にダーウィン説に反対しているわけですが、エンゲルスはそのような単純な評価をせず、ダーウィン説の肯定面とその限界を指摘し、同時にラマルクについても一定の肯定的評価をしています。以下でその点を見ていきます。

(4) ダーウィン説の肯定面

エンゲルスは、デューリングのいうようにダーウィンがマルサスの人口論の考え方を生物界に無批判的に導入して、生存闘争説をとらえたのではなく、実証的で科学的な多くの資料から進化論の考えを得たことを指摘しています。「ダーウィンは、彼の研究旅行から、植物や動物の種は不変ではなくて変化してゆくものだ、という見解を得て帰国した」。この思想を彼は帰国後に動植物の育種学の分野でさらにたしかめました。こうして形成された進化論はデューリングがいうような単純な生存闘争説ではなく、以下のように要約されるものだとエンゲルスは言っています。

「こうして、一方では、種の可変性がある程度まで証明され、他方では、たがいに種特性を異にするさまざまな生物が共通の祖先をもっている可能性が証明されたのである。そこでダーウィンは、自然のうちにも、一育種者の意識的な意図はなくとも一長い間には人為的な育種によるのと同様な変異を生物に引きおこさずにはおかないような原因がありはしないか、それを研究した。彼はこの原因を、自然によって作りだされる胚の数が莫大なのに、現実には成熟に達する生物の数がわずかだという、この不釣り合いに見いだした。ところが、あらゆる胚が発育をめざしてつとめるので、必然的に生存闘争が起こる。これは、直接の肉体的な格闘や捕食として現れるばかりではなく、また空間や光線の奪い合いの闘争となって、植物のあいだにさえ現れるのである。そして、この闘争では、どんなにわずかでもなにか生存闘争に有利な個体的特徴をもっている個体が、成熟に達し繁殖する見こみがいちばん多いことは、目に見えて明らかである。しがたって、こういう個体的特徴は遺伝する傾向があり、またそれが同一種のいくつかの個体に現れるときには、いったんとられた方向に遺伝が集積される結果、そういう個体的特徴が増進する傾向がある。その一方で、こういう特徴をもたない個体は、生存闘争に敗北しがちで、しだいに姿を消してゆく。こういう仕方では、自然選択〔淘汰〕をつうじ、適者の生存を通じて、種は変化してゆくのである」。

エンゲルスはダーウィンの進化論が科学的な実証研究にもとづくものだとこれを支持しているわけですが、ダーウィン自身がマルサスの学説をヒントにしていることを認めているとしても、そしてマルサスの学説には問題があるとしても、ダーウィンの生物学的実証研究の意義は重要だということです。「ダーウィンは、素朴にも、よくも調べないでマルサスの学説を受け入れたことが、どんなに大きなしくじりだったにせよ、自然のなかに生存闘争を見てとるためには、つまり、自然がふんだんに生み出す胚の数が無数なのに、ともかくも成熟に達することのできる胚の数がわずかだという矛盾、実際に大部分が生存闘争…をつうじて解決されている矛盾を見てとるためには、マルサスの眼鏡など必要でないことは、だれにでも一目でわかることである」。エンゲルスはこのようにいってダーウィンの学説を支持しています。

つぎにエンゲルスは「生存闘争」という概念についてのデューリングの理解が狭い点を指摘し、ダーウィンがしているのはそんな狭い点を指摘し、ダーウィンがしているのはそんな狭い意味ではないとあって擁護しています。「デューリング氏は、問題のこういう実証的な側面には十分に用心して、立ち回らない。…意識のない植物や柔和な草食動物のあいだの生存競争などということは、はじめからてんで問題になり得ない、と言う。…生存闘争という概念をこういう狭い限界内に押しこめてしまえば、彼は、自分で野獣界に局限した概念の野獣性について、あとで思うぞんぶん憤激をほとばしらせることができるというものである」

先にも引用しましたが、ダーウィンの生存闘争という概念は、「空間や光線の奪い合いの闘争となって、植物のあいだにさえ現れる」という広い概念であって、「直接の肉体的格闘や捕食」だけでなく、「意識のない植物や柔和な草食動物」のあいだにもあてはまるものだと言っている点も重要です。

(5) ダーウィン説の限界

以上のように、エンゲルスはダーウィンの学説の肯定面を支持していますが、同時にその限界も指摘している点が重要だと思われます。それはダーウィンが生存闘争における自然淘汰を論じるさいに、生物個体あるいはその種におこる変異を前提にして論じています。環境が変化すると、新しい環境のなかで生存に有利な個体的特徴をもつ個体が自然選択されますが、この場合、生物個体の何らかの異変が存在するという事実が前提になっていて、どのような種類の変異が生存に有利かが問われるべきでしょう。ダーウィンの学説ではこの変異がどうやっておこるかが意識されていないという側面をエンゲルスは指摘しています。

「たしかにダーウィンは、自然選択を論じるさいに、個々の個体に変異をひきおこした原因を度外視して、なによりもまずこういう個体的な偏りがしだいにある品種、変種あるいは種の徴表になってゆく、その仕方を論じている。…そのさいダーウィンが、自分の発見に過大な有効範囲を認め、それを種の変化を引きおこす唯一無二の槓子（てこ）にしてしまい、個体的変異が一般化してゆく形態に気をとられて、そういう個体的変異をくりかえし生む原因をゆるがせにしたことは、1つの誤りであるが、これは、彼にかぎらず、なんらかの真の進歩をなしとげる人々の大多数に共通する誤りである」。

ダーウィンが自然選択（淘汰）による進化を考えると、その前提となるべき変異の原因について考察が及んでいない点をエンゲルスは指摘していますが、これは今日から考えても正当な指摘だと思われます。現代の生物学は細胞のなかの DNA（デオキシリボ核酸）の解明など分子生物学の発展によって、遺伝子の仕組みの解明などがすすんできましたが、分子生物学の立場からの進化の解明の試みもなされています。フランスのモノーらのように分子レベルで変異と淘汰を説明する試みもありますが、この説の最大の難点は変異も淘汰もたんなる偶然でしか説明されないという点であり、これについてさまざまな論議があります。近年話題をよんでいる「今西進化論」などもこの点をついたものです。今西氏はダーウィンの説も 20 世紀の分子生物学も変異の必然性を説明できず、承認できないとい

っています。エンゲルスがすでに 19 世紀にダーウィン説では変異の原因が解明できないといい、その限界を指摘しているのは興味のあることです。しかもエンゲルスはダーウィン説の全面否定をやるのではなく、その限界を指摘しつつ、その積極的意義を認めている点が重要だといえましょう。

もちろんエンゲルスは進化の問題をすべて細部にまでわたって解明しつくしたわけではありません。20 世紀の生物学もその完全な解明はできていないのですから当然のことです。エンゲルスはダーウィン説をラマルク説で補う方向で考えていたと思われるのですが、これも興味あるところです。

(6) 「適応」と目的論

エンゲルスは「適応」概念の検討にすすんでいきます。「最近では、とうにヘッケルによって自然選択の観念が拡大され、種の変化は適応と遺伝との交叉作用の結果として把握されるようになった」が、これにたいしてもデューリングが反対している点を取りあげて、エンゲルスはヘッケルを支持し、デューリングの議論を批判します。デューリングが生物の適応を認めないのは、適応という考えのなかには目的論の考えが混入しているからです。適応は「生きるための適応」ですから、「ための」というかたちで目的概念がはっているわけです。彼は機械的唯物論の立場からこの目的概念を攻撃します。これにたいするエンゲルスの批判はつぎのとおりです。

「雨ガエルや葉を食う昆虫が緑色をしており、砂漠の動物が砂黄色をしており、極地の陸生動物がおもに雪白色をしているのは、それらの動物が意図して、または何かの観念にもとづいて、そういう色を獲得したのではないことは、確かである。反対に、それらの色は、もっぱら物理学的な力と化学的な能因とによって説明すべきものである。それにもかかわらず、これらの動物がそういう色のおかげで自分の生活環境に合目的に**適応**していること、しかもその結果、彼らははるかに彼らの敵の目につきにくくなっていることは、否定できない。同じように、ある種の植物が自分の上にとまる昆虫を捕食するために用いる器官も、そういう活動に**適応**している。しかも、合目的にさえ**適応**しているのである」

このように述べて、エンゲルスはデューリングが否定しようとしている「意識的な意図をもたず、観念によって媒介されない**適応**」、「無意識的な目的活動」の肯定的な意義を強調しています。デューリングは自然現象のなかに目的概念を認めることは「心霊論的混乱」だと思いこんでいるわけですが、これはまさに機械的唯物論の考え方だといわざるを得ません。これにたいしてエンゲルスは進化論にたいする唯物弁証法の立場からの深い理解を展開しています。

「反デューリング論」を学ぶ、第 7 章より

II. 自然哲学、生物界（結び）

この章でエンゲルスは生命現象とは何であるかという問題を論じています。

（1）生命の発生

デューリングが生物をどう定義するかという問題をあれこれ論じているのを、エンゲルスは検討する形で生命現象を解明していきます。

まず、デューリングが生物の発生について、「生物論（生物学）においては発生と言わずに合成と言うべきである」と主張している点を取りあげて、エンゲルスは「あらゆる生物体は、細胞、つまり強度に拡大しなければ目に見えない、内部に1つの細胞核をもつ小蛋白塊からなりたっている」と指摘し、「すべての細胞生物体において、細胞の増殖の仕方は共通である。…それは分裂によってなされる。…受精がおこなわれたのち、こういう細胞分裂が繰り返えされて、動物の卵の胚胞から、しだいに動物の完成した成体が発生する。…ここでおこなわれるものは…文字通りの意味での発生であって、断じて合成などではない」といっています。ここでエンゲルスは「合成」という機械論的用語を使う考え方では理解できない生命現象の特質を述べて、生命現象の基本単位である細胞の重要な意義を強調しているわけです。

（2）生命とは何か

デューリングは「生命とは何か」を定義しようとして「生命の徴表」をあれこれあげています。「徴表」というのは、ある概念を規定しているその本質的特徴のことです。デューリングは生命の徴表として「形態分化」だの「特殊な脈管」だの「胚図式」だのというものをもちだしますが、それらはいずれも「生命の徴表」としては不十分であるとエンゲルスはいいます。

続いてデューリングは「感覚は、動物の…絶対的徴表である」というけれども、これも不十分であり、また「物質代謝が…本来の生命過程のめだった特徴である」ともいわれているが、これも不十分だとエンゲルスはいいます。なるほど「有機的な物質代謝が生命の最も一般的なまた最も特徴的な現象だということは」多くの生物学者によっていわれてきたことだけれども、「しかし、生命を有機的な物質代謝と定義することは、生命を定義して—それは生命である、というのと同じである」。このあたりのエンゲルスの論述は物事を定義するとはどういうことかということのを的確に解明することになっています。

デューリングの生命の定義はこのような基準にてらして、ことごとく不十分、あるいは不的確なものです。これに対置してエンゲルスは生命の定義をつぎのように述べています。

「生命とは蛋白体の存在の仕方である。そして、この存在の仕方は、本質的には、蛋白体の化学成分が不断に自己更新をおこなうことにある」。

「生命、すなわち蛋白体の存在の仕方は、なによりもまず、蛋白体が各瞬間にそれ自身でありながら同時に他のものである、ということにある。…生命、すなわち栄養と排泄とによっておこなわれる物質代謝は、その担い手である蛋白に内属する、それに固有な、自立的にいとなまれる過程であって、この過程をともなわない蛋白というものはありえない

のである」。

以上のようにエンゲルスは生命を定義し、生命現象の特徴をあげていますが、同時にこの定義だけで生命が解明しつくされたのではないことも自覚しており、つぎのように述べている点も科学的思考にとって重要だと思われます。「われわれの生命の定義は、すべての生命現象をふくむどころか、むしろ、最も一般的、最も単純な生命現象に限らなければならない点で、もちろん、きわめて不十分なものである。すべて定義というものは、科学的には価値の乏しいものである。生命とは何であるかを真にあますところなく知るためには、最も低級なものから最も高級なものまで、生命のあらゆる現象形態を調べつくされなければならないであろう。けれども、日常の用途のためには、こういう定義は大変便利なもので、場合によってはなくては困るものである。それに不可避免的ともなう欠陥を忘れさえしなければ、定義もまた害になるものではない」。

「反デューリング論」を学ぶ、第8章より

地球進化と生物進化

1. 今こそ生命の起源を

生物は宇宙の進化、太陽系の進化、地球の進化の産物であり、人類は生物の進化の産物である。科学を生みだした精神活動も、生物の進化の産物である。しかし、現在の科学はまだ「どのようにして最初の生物が出現したのか」という問いに十分答えられない。

現在の科学のなかで、宇宙の起源、生命の起源、精神活動の起源などが大きな未知の問題として残されている。これらの過程は自然界の発展のなかで、これまでとはまったく質的に異なったものが出現する過程であり、これを解明する分野の研究が遅れていることのアラわれである。とくに、生物学においては分子生物学が飛躍的に発展したが、生命の起源と初期進化の時点に決まったと思われることのなかに、未解決な問題の多いことがあきらかになってきた。

くわしくは本論でのべるが、たとえば、「タンパク質にはなぜ特定の20種のアミノ酸が用いられているのか」「なぜDNAではアデニン(A)、グアニン(G)、チミン(T)、シトシン(C)の4つの塩基が用いられているのか。またなぜRNAではチミンの代わりにウラシル(U)が用いられているのか」「遺伝暗号において特定のヌクレオチド配列がなぜ特定のアミノ酸に対応しているのか」「アミノ酸では2種の立体異性体(D体とL体)のうち、なぜL-アミノ酸のみが用いられているのか。また、核酸のリボースとしては2種の立体異性体(D、L)のうち、なぜD体のみが用いられているのか」などである。これらは大腸菌からヒトまで、すべての生物に共通しているので生物の出現とその初期進化の時期に決まったものと思われるが、それがどのようにして決まったかという点については、まだよくわかっていない。

生命の起源の研究をすることは、時期尚早であるという意見もある。しかし今、生命の起源を解明しようとするのは、錬金術師が原子核の構造も知らずに金を造り出そうとし

ていたような荒唐無稽な試みであろうか。

物質の階層構造からみても、生物の生きている状態は、種々の分子の特定の相互作用の結果生じたものであることは明らかである。物質の階層構造とは何か。まず生物を中心に小さい方をみると、すべての生物は細胞から構成されており、細胞は大小の分子から構成されている。また生体を構成する分子の中には、タンパク質や核酸のような高分子の他に水や無機イオン類などもあるが、分子は原子からできており、原子は素粒子からできている。さらに素粒子はクォークやレプトンといったものから構成されている。逆に大きい方へと眼をやると種と種は食物連鎖や共生関係など、多様な関係をもって生態系を構成し、生態系は生物以外の外界とも強い複雑な関係を保っている。さらに階層は、地球、太陽系、銀河、宇宙へと大きく広がっていく。

このような階層の一つ一つには、それを支配する法則があり、それぞれの法則を調べるために各階層に対応した学問分野が発達している。生物学の分野では分子生物学、細胞生物学、組織学、分類学、生態学などがあるが、**ある階層を支配する法則を理解するためには一つ下の階層の法則を理解することが大切である。**しかし、それによってその階層を支配する法則がわかるわけではなく、上の階層を支配する独特の法則が浮き彫りになってくるのである。生物の生きている状態を理解するためには、生物を構成している物質の個々の構造と機能を調べるのが重要だが、しかし、それだけでは「生きている状態とは何か」を説明することはできない。それらの分子がどのような相互作用をしたときに、生きている状態が生じるのかを明らかにする必要がある。

生命現象とその進化のメカニズムが分子のレベルで明らかになりつつある今こそ、生命の起源について考えてみる時期であると思う。

2. 有機物はどこからきたか

最初の生物は、無機物を原料として生きる独立栄養生物ではなく、有機物を食べて生きる従属栄養生物であったと考えられる。原始地球で進行した化学進化のなかに蓄積した有機物を原料として、発酵によりエネルギーを獲得する生物が最初に出現したと思われる。

地球の誕生は、46億年前であると推定されている。最初の生物の化石はバクテリアの化石で、35億年前の地層から発見されているので、地球ができてから約10億年たって生命が誕生していたと考えてよいだろう。以前は直感的に、最初の生物は無機物を原料として生きる独立栄養生物であったと考えられていたようだが、オパーリン(1894~1980)は有機物を原料とする従属栄養生物の代謝系がバクテリアの代謝系に普遍的に存在することを重視し最初の生物は従属栄養生物であったという考えを提出した。従属栄養バクテリアの代謝系は独立栄養のものよりも単純であることは、これがより原始的であるという考えにとって都合がよかった。

3. 生命の35億年

地球は46億年前に形成され、最初の生物の化石と思われるものが35億年前の地層にみ

つかっている。生命の起源につづく 20 億年間に、原核生物（核膜をもたない生物。裸核生物ともいう）のなかで進行した生化学的進化の過程を明らかにすることは生命の起源を解明するうえで重要である（図Ⅲ－①）。

現在、地球上に存在する生物は 3000 万種ともそれ以上ともいわれている。ヒトをふくむこの多くの生物種が互いに関連しあって生態系をつくり、地球環境と相互作用をしながら生きているのである。これらの多くの生物種はどのような歴史をたどって生まれたのであろう。地球が誕生してから生命の起源までの約 10 億年が**化学進化の時代**であると考えられている。

もっとも古い生物の化石はバクテリアの微化石であり、その成分はすでに周りの岩石の成分に置きかわってしまっているが、形態だけがのこっているのである。そのころの地球の大気には分子状の酸素 (O_2) が無かったと考えられているので、最初の生物は無酸素状態で生きる嫌気性のバクテリアであったと考えられる。最初の生物は非生物的に原始地球で生成した有機物を原料とし、そこから生体構成物質とエネルギーを採りだす従属栄養生物であったと考えられている。微化石の研究によれば、最初の生物が出現してから 20 億年間は、原核生物の時代であった。

この間の地層から発見される化石は、その大きさと形からみてすべて原核生物で、バクテリアとラン藻（シアノバクテリアともいう）である。ラン藻は密集して棲息し、砂粒を沈着させストロマトライトという層状のマット構造を造り、それが化石となったものが古い地層に多く発見されている。ラン藻は**光合成をおこなう独立栄養生物**で、これが増えると酸素を発生し、水中に溶けている鉄を酸化し、25 億年前から 18 億年前にかけて酸化鉄の沈澱物（縞状鉄鉱層）をつくりだしたことが地質学的に明らかになっている。たとえば、オーストラリアのハマスレイ地方にある大量の鉄をふくんだ赤褐色の岩山は、そのころ形成されたものである。水中の鉄の濃度が減少すると大気中に遊離酸素分子 (O_2) が蓄積しはじめたと思われる。酸素は嫌気性生物にとっては有害であり、多くの生物が死滅したと考えられるが、一方でそれをエネルギー源として利用する好気性生物が現れた。酸素呼吸により効率よく高エネルギー物質をつくりだす機能をもった好気性バクテリアが出現したのである。

最初の好気性バクテリアはラン藻のマットのなかに出現し、共存していたとも考えられている。化石の記録によれば、原核生物の時代は約 20 億年もつづいている。生物の外見はあまり変化しなかったこの長い期間に、生物の内部ではさまざまな生化学的な進化がすすんだと想像される。現存生物の代謝系や、遺伝子の複製系、タンパク質合成系をみると、非常に複雑で巧妙にできている。また、タンパク質にふくまれるアミノ酸についても、化学進化のシミュレーション実験の結果から、そのなかの約 10 種くらいは生命の出現時にすでに存在したと考えられるが、トリプトファンのような複雑なアミノ酸類は生命の起源の時点では存在せず、原始生物の代謝系の進化の結果出現し、遺伝暗号系に取り入れられたものと思われる。これらのことから原始生物が出現してから長期にわたる生化学的進化の時期があったと推察される。

分子生物学の発展にもかかわらず、まだ「20 種のタンパク性アミノ酸がどのようにして

選ばれたのか」「遺伝暗号がどのようにして確立したのか」「タンパク質合成系のなかで主要な機能をはたしているアミノアシル tRNA 合成酵素のような進化したタンパク質が、どのようにしてできたのか」などの疑問に確答することができない。これらは、この生化学進化の過程を明らかにしてゆくことによって今後解明されると思われる。核膜をもち有糸分裂によって増殖する真核生物（被核生物ともいう）がはじめて現れるのは **15 億年前**である。その後、まもなく、多細胞生物が出現し、生物の種数が急激に増えはじめた。

真核生物になってなぜこのように多くの生物種の出現が可能になったのだろう。まだあまりよくは解っていないが、つぎのような考えがある。

ひとつは、真核生物では、DNA の複製と DNA から RNA が転写される過程は核膜の内側で進行し、RNA からタンパク質が合成される翻訳過程は核膜の外側で進行するというように、核膜の内外に遺伝情報の複製と転写、翻訳の過程が分離されているため、**遺伝情報の発現の制御が精緻におこなわれるようになり、細胞の分化が容易になった**というものである。もうひとつは、真核生物の特徴である有糸分裂により、原核生物のものより多くの遺伝情報をもった DNA 鎖が、分離する 2 つの細胞へ正確に分配されるようになり、大量の遺伝情報の正確な伝達が可能になったというものである。

真核生物の出現後、多様な生物種が出現し、緑藻や三葉虫など、海のなかの生物が繁栄した古生代、裸子植物と爬虫類の栄えた中生代、被子植物と哺乳類の時代といわれる新生代となり、現在では 3000 万種以上の生物が地球上に共存している。このなかで人類の歴史は約 400 万年で生物全体の歴史に比べてあまりにも短い。

4. 生態系としての進化

最初の生物は化学進化で生成した有機化合物を食糧にして生きていたバクテリア（分解者）だったと考えられている。有機物が欠乏してきたころ、炭酸ガスから有機物をつくりだし、太陽光からエネルギーをえる光合成生物（生産者）が出現し、地球上の他の生物に食糧を供給する源となった。光合成生物のなかに酸素を放出するものが出現し、地球環境を大きく変えた。水中や大気中の酸素は嫌気性生物の一部を滅亡させたと思われるが、一方でその酸素を使って、呼吸によりエネルギーを獲得し、効率よく生きてゆく生物も生まれた。光合成生物の繁栄にともなって、光合成生物を食糧とする生物（一次消費者）が繁栄した。一次消費者を食糧にして生活する肉食動物（二次消費者）、さらに、それを食糧にして生きる高次の消費者なども現れ、お互いに食物連鎖により関連をもって共存しはじめた。光合成の結果大気中に酸素が増え、それが上層にオゾン層をつくり、紫外線を遮断したため、生物は陸上でも棲めるようになった。生物が海洋から陸上に上がる時もまず生産者である植物が上陸し、それに依存して一次消費者である草食動物が上陸したと考えられる。

ある種の生物が単独で進化することはなく、地球上の多種の生物は互いに密接に関連し生態系全体として進化しているのである、35 億年前、出現した嫌気性バクテリアやその後まもなく出現したラン藻が、現在も地球の生態系の一部を担っているのはそのためである。

5. 生命の基本的特徴としての進化

「自己複製」の他に生物のもう一つの基本的特徴は「進化」である。

生物は自分と同じ種の生物をつくりだす。それと一見矛盾するようにみえるが、生物の一生に比べて数百万倍から数千万倍にもなる長い地質学的年代をとれば、生物は変化し進化していることがわかる。進化の事実は、これまで化石の記録によって明らかにされてきた。しかし、最近では進化の過程をタンパク質のアミノ酸配列や DNA に書き込まれた遺伝子の解析によって推測できるようになった。同じ機能をもつタンパク質のアミノ酸配列の類似性から進化の系統樹が描けるようになったもので、分子進化の系統樹と呼ばれている。しかも、この新しい方法で求めた系統樹は、これまでに化石の分析によりえられていた系統樹とおどろくほどよく一致するのである。

これらの事実から、生物が進化してきたことは明らかであり、その進化の過程は化石の記録と分子進化の解析の双方を用いて求められることになった。

生物進化の基本的メカニズムは DNA の変異と、それが種全体に広がる二段階の過程にもとづいている。

生物の遺伝情報をになう DNA は自己複製するがそのなかに誤りが生ずる（自然突然変異）。その他に自然放射線の影響で複製に誤りが生ずるばあいもあれば、化学変化がおこり複製に誤りが生じるばあいもある。また、DNA の特定の場所が染色体の交叉により入れ替わったり、特定の場所の遺伝子が他の場所にコピーされたり、転移するばあいがある。これらを総称して DNA の変異という。DNA の変異の一部は、その情報にもとづいてできるタンパク質のアミノ酸配列にも変異をもたらす、新しいタンパク質をつくりだす。それがその種の生存にとって有利なばあい（自然選択における優位性をしめす淘汰値を上げるばあい）にはその変異は種全体に広がり種は進化する。

このような過程は自然選択と呼ばれており、ダーウィン（1809～1882）が最初に提唱したので「ダーウィン進化」と呼ばれている。DNA の変異が生物の生存にとって有利でも不利でもないばあいにも、その変異が偶然によって種全体に広がることもあり、その種の DNA の塩基配列の特徴となるばあいがある。これは「中立進化」と呼ばれ、木村資生（1924～1994）によって最初に提唱された。

中立進化は直接、生物の淘汰値を変化させることはないが、生物の種間で DNA の配列を比較したとき、種間の相違の大部分を占めており、これにもとづいて分子進化の系統樹を描くことができるのである。中立進化は生物の多様性を生み出す原因としても重要であると考えられている

6. 物質とエネルギーの代謝

生物の自己複製と進化を可能にしているのはタンパク質と核酸のたえまない生成と分解である。これらの高分子物質の生成と消滅はたえまのない原料物質とエネルギーの供給に支えられている。

現存生物の自己複製と進化の機構は核酸とタンパク質という 2 種の高分子に依存している。生体の化学組成をみても、この 2 つの高分子化合物の多いことがわかる。これらの高

分子化合物はエネルギーの供給がつねにおこなわれているばあいのみ生成されるもので、高い自由エネルギーをもったものである。現存生物では、解糖系、光合成系、呼吸系などのエネルギー獲得系が、アデノシン三リン酸（ATP、図Ⅲ-④）という高エネルギー化合物をつくりだし、そのエネルギーを使って、核酸やタンパク質をつくりだしている。

これまでに述べたことから、化学進化のなかに自己複製し、それと同時に生物進化する系が出現したことが生命の起源であると考えてよいだろう。また、その構成分子が核酸とタンパク質のような自由エネルギーの大きな高分子化合物であったと考えられることから、それが出現し、存続するためには、その原料物質とエネルギーがつねに供給される代謝系が同時に存在しなければならないことになる。生命が現実はこの地球上に存在するということは、これらの基本的特徴をそなえた原始生物がどこかで発生したことになる。また、生物が出現するためには、原始地球のどこかに原始生物を生みだすのに十分な原料物質とエネルギーの供給の場があったことになる。

7. 精神活動

精神活動や運動能力は生物の基本的属性のようにみえる。しかし、よく検討してみるとこれらは生物が進化する過程で獲得した機能であり、すべての生物に共通する性質ではないことがわかる。生物になかには神経系ももたず、意識がないと思われるものがある。

昔は、物質と霊魂の結合によって生物が出現し、生物の死後もその霊魂は不滅で存続する、と考えられていた。現在の科学では、物質の進化の末、生物が出現し、神経系の発達の結果、精神活動がおこなわれるようになったと考えられている。精神活動や意識は、発達した中枢神経系をもつ特定の生物に特有の属性であると考えられる。

「変動する地球と生命の起源」、1995より

生物の進化についての考察

生命の歴史のあらすじ

生命の誕生

まず、地球上での生命の歴史を概観してみよう。われわれの住む地球が太陽系の一員として誕生したのは、今から約46億年前と推定される。そしてこの地球上に最初の生命、すなわち遺伝子類似の自己増殖分子が誕生したのはそれから数億年たった、今から40億年近く前と考えられる。

その頃になると、地殻が形成され、大洋もできあがっていた。海は生命のふるさとであり、最初の生命はこの中で生命のない有機物から物理的・化学的法則に従って作られたというのが現在最も有力な考え方である。

その頃の地球環境で現在のそれと一番大きく違っているのは大気の組成で、その頃は遊離した酸素はほとんど大気中に存在しなかった。そのため上空にはオゾン層は存在せず、

太陽からの強い紫外線は直接地表に降り注いでいたはずである。これが生命の起原に必要な化学反応にとって重要なエネルギーの一つを供給したと考えられる。そして、ひとたび生命が誕生するとその後は生物進化によって次から次へと新しい生物が生まれ、やがて現在見るような実に多種多様な生物の世界が生じたわけである。地球の誕生以来の46億年というのは、われわれの日常生活で体験する時間の尺度からすると余りにも長く、実感がわからないので、これを一年に縮小し、それをさらに12ヵ月に分けて、地球上での主な出来事を表わしたのが図3—1である。このような表現では、1ヵ月は4億年弱にあたるわけである。

古い微生物と酸素の蓄積

このように表してみると、地球が始まったのはもちろん1月1日で、生命の起原は2月の中頃ということになる。現在知られている最古の岩石はグリーンランドで見つかったもので、37億年の古さと推定されるが、これは3月にあたる。一番古い微生物の化石約32億年前で、これはすでに4月下旬ということになる。また、ストロマトライトと呼ばれる、ラン藻類と石灰付着物とからできた推積層が知られているが、最古のものは29億年の古さで、これは5月の半ばである。興味あることは、ストロマトライトが現在でもオーストラリアや南アフリカで実際に作られつつあることである。ラン藻類の光合成作用により、大気中に次第に遊離酸素がふえ、約20億年前には安定した、酸素に富んだ大気が出現したが、これは7月下旬である。

われわれは、いま酸素がなくては絶対に生きていけない。しかし、初期の生物にとって酸素は恐ろしい毒物だったのである。当時の生物は無酸素状態で進化してきたもので、ほとんどが嫌気性であった。したがって、ラン藻によって酸素が作られるようになり酸素が大気中に蓄積しはじめると、大部分の生物の生存にとって大きな脅威となった。この危機を救ったのが、前章のマーギュリス説のところで述べたような共生である。すなわち、これらの生物はたまたま酸素を利用できる微生物を細胞内に取り込み、この助けで危機を乗り越えることができた。現在すべての高等生物が細胞内小器管としてもつミトコンドリアは、このようにして生じたと考えられる。そして過去20億年にわたり大気がずっと酸素に富んだもので、そのような状態で長い間進化したため、生物もこのような環境にすっかり適応し、現在われわれの周囲に見るような酸素なしでは生きていけぬ生物に変わったのである。

真核生物の登場、動物と植物の分化

18億年ほど前（図では8月にあたる）には、いよいよ真核生物が誕生する。それまでは、バクテリアやラン藻のように下等な生物ばかりで、細胞の中に核がなかったが、このあたりから核を持った生物が出てくる。核ができるということは、その中に染色体ができ、そこにたくさんの遺伝子が存在するようになったことを意味する。遺伝子が多いということは複雑な遺伝子的命令を蓄える可能性ができたわけで、これにより、たくさんの細胞を寄せ集め複雑な組織をもつ高等植物が生まれる下地ができた。核がどのようにして生じたか、現在のところ納得のゆく説明はないようである。

動植物の共通の祖先は、今から12億年ぐらい前に出現したと考えられる。これは9月下旬にあたる。この推定値は真核生物誕生の年代の推定値とともに第8章で述べる分子系統学的方法によって得られるものである。それで理論的には12億年前から動物への道と植物への道が分岐したわけであるが、実際に陸上で植物のめざましい進化が始まったのは、そのずっと後、すなわち、その8億年も後のデボン紀の直前（図で11月末日）である。

多細胞生物へ

実際の進化の歴史がよく分かるようになるのはカンブリア紀になってからである。これは今から約6億年前に始まり、5億年前までつづいた時期で、カンブリア紀の始まりは1年にたとえたとすでに11月半ばに相当する。この時期になって三葉虫をはじめとして、たくさんの体制的に進歩した動物の化石が出るようになる。これらの生物の多くはからだに硬い部分を持ち、化石として残りやすくなったのである。

カンブリア紀および、それに先立つ数千万年の間は、高等な各種の多細胞生物への進化が非常に活発に行なわれた時期で、この頃の海は高等生物への進化のためのいわば一大実験場であった。植物を除き、現存のほとんどすべての主要な動物群（詳しく言うと分類学でいう「門」）がカンブリア紀とそれに続くオルドビス紀（ほぼ6000万年の長さ）に出揃ってしまったことをみると、この時期にいかにめざましい適応的な放散が行なわれたかがうかがえる。一般に多細胞の高等な生物はそれ以前の下等な単細胞生物に比べはるかに多様な生活環境に適応する可能性をもつ。したがってこの時期には新しく開かれた多細胞生物の生活様式に向かっていろいろな体制が試みられたわけである。事実、カンブリア紀の化石の中には現存のどの動物群にも属さない実に奇妙な体制の動物が見られるが、これらは進化的な試行錯誤における失敗組で、途中で脱落したと考えられる。

陸への進出

われわれ脊椎動物の直接の祖先は、カンブリア紀の終わりからオルドビス紀にかけて出現した、下顎のない下等な魚の一種である。多種多様な魚が出現したのはデボン紀で、これは今から3億5000万年から4億年ぐらい前のことである。一年になおしてみると12月に入った頃である。脊椎動物の進化については次節に詳しく述べるので、ここでは省略するが、生物の陸への進出について簡単にふれておきたい。生命の誕生以来、生物の進化は長い間大洋中で行われてきたが、デボン紀の直前になってまず植物が陸に侵入を開始した。最初の陸上植物はマツバランの類と考えられている。植物に続いて動物が陸に進出し始めるのもデボン紀で、両生類や翼のない昆虫の出現したのもこの頃である。

恐竜の時代

これに続く石炭紀（約3.6億~2.9億年前）にはシダ植物や松柏類が大森林をなし、この時代の終り頃から、爬虫類が進化してきた。3畳（約2.5億~2.1億年前）ジュラ（約2.1億~1.4億年前）、白亜（約1.4億~0.65億年前）の三紀にまたがる中生代には、爬虫類、

とくに恐竜が大発展をとげ、恐竜の時代と呼べる（中生代は一年になおすと12月の1日から26日頃までである）。また、海ではアンモナイトが大いにさかえ、陸地ではシダ、イチョウ、ソテツなどの植物が繁栄した時代である。

人類もその一員である哺乳類は今から2億年ほど前に出現したが、これは12月も半ばである。哺乳類は中生代には恐竜の目をのがれ、小型で夜行性の生物として生きのびたと思われる。また中生代後半には顕花植物が発達し、これと並行して昆虫のめざましい進化が行なわれた。これは授粉の媒介者としての昆虫と花との間の密接な生活上の関係を示すものである。昆虫と顕花植物の「共進化」は極めて興味ある問題で、これについては、日本が新しく設けた国際生物学会の第2回受賞者ピーター・レイブン（Peter Raven）博士によるすぐれた研究があることを付記しておきたい。

鳥類も恐竜の一系統から中生代に生じ、その中頃から次第に発達した。

哺乳類の時代、人類の時代

今から約6500万年前になって恐竜やアンモナイトの類が突如として滅亡し、地球上の生物相に大きな変化が起こった。これとともに中生代が幕を閉じ、新生代が始まった。これは一年になおした尺度では12月もあと5日ほどを残す頃である。新生代とともに哺乳類が目ざましい進歩発展と遂げ、植物ではシダ類や松柏類が衰退して顕花植物がこれに代って著しい発達を遂げた時代である。鳥類の進出も目ざましい。新生代のうちの主な部分は第3紀と呼ばれるが、これにつぐ第4紀は今から約180万年前始まる、いわば人類の時代である。人類（ヒト属）の誕生はおよそ200万年程度前と考えられるが、これは12月31日の午後8時にあたる。

一万年前から人類は農耕や文字の文明をもつようになったが、これは12月31日の午後11時59分にあたり、地球の歴史を1年に短縮した尺度でいうと、たった最後の1分前に人類は文明をもち、ようやく人間らしくなった、ということが出来る。今から300年ほど前になると、人間はこの知恵をもって自然科学を生み出した。つまり、あらゆる自然現象を客観的に理解しようとするようになるが、これは1年になおした尺度では最後の2秒間といった、ごくわずかな時間のできごとである。

脊椎動物の進化

ウミサソリに感謝

ここで、われわれ自身の属する脊椎動物の進化の歴史を見てみよう。前節で、化石から進化の過程がよくわかるようになったのはカンブリア紀からだと言ったが、この終り近く、今から約5億年前にわれわれの遠い祖先で、最古の真性脊椎動物である無顎類（アグナータ）が現われた。これは下顎のない下等な魚の一種で、口から海底の泥を吸い込み、この中から餌をとって生活していた。つまり、ミミズに似た生活をしていただけと想像される。からだの大きさは長さにして数センチメートルから50センチメートルの間で、一般には小型であったらしい。そして不揃いのひれをもった奇妙な外観であった。その化石はシルル

紀（約4億4000万年前から4億年前）に多く見られ、体はよろい状の甲羅でおおわれていて、甲冑魚類（またはカブトウオ類）とも名づけられている。このよろいが発達したのは、その当時優勢であったウミサソリ（ユーリプテリド）と呼ばれる捕食性の節足動物に対する防御のためであったと考えられている。

事実、シルル紀の終りからデボン紀の初め（約4億年前）にかけて、化石の出方から当時の動物相を考えると、小型の無顎類と大型のウミサソリが動物の主なものであるような場合がいくつも見ついている。当時のウミサソリは、どう猛な肉食動物でなかには体長が2・5メートルに達するものもあった。そして、無顎類を餌にして生きていたと想像される。やがて無顎類の子孫に体制の発達した泳ぎの上手な硬骨魚が出現し、それが繁栄するようになると、ウミサソリは数が減って古生代の終わりには滅亡してしまう。

このように、脊椎動物の骨というものは、まず体表をおおう板として出現し、やがて頭の中へ入り込んだ骨ができ、続いて体の心棒となってこれを支持する脊椎に進化していった。振り返ってみると、骨格なしにはさらに進歩した脊椎動物の出現は不可能だったわけで、それはもとをただせば外敵から身を護るための甲冑である。とくにウミサソリのような恐ろしい敵がいたからこそ、それが生じたわけで、アメリカの有名な古生物学者ローマ（A. Romer）は、われわれは太古の祖先の敵、ウミサソリに感謝せねばならないと述べている。「艱難汝を玉にす」という格言を思い起こさせる出来事である。

これに関連し考えさせられるのは、脊椎動物の進化と直接関係はないが、同じ軟体動物の仲間でありながら、斧足類（二枚貝の類）と頭足類（タコやイカの類）の間に体制上の大きな差のある問題である。すなわち、タコが無脊椎動物随一の高い知能をそなえた「高等」な進歩型であるのに対し、二枚貝は頭が全くない退化型である。おそらく二枚貝の類は、かたい殻にうまく保護され、じっと動かない固定性の生活で大成功をおさめたのがかえってあだとなり、進歩への道がとざされたと考えられる。「自分の殻にとじこもるな」という注意は、われわれ人間社会だけでなく、生物進化にもあてはまりそうである。

ヒトが千手観音になった可能性も

話を本論にもどすと、オルドビス紀に続くシルル紀（約4億4000万年～4億年前）の後期に、以前はえら穴をささえていた一対の骨が大きくなり、顎が発達し、魚類進化に新しい時代が開かれた。デボン紀（3億5000万年～4億年前）に有顎魚類の大きな発展と放散が起こり、同時に無顎の甲冑魚は衰退し、デボン紀の末にはほとんど絶滅した。わずかにヤツメウナギやメクラウナギが退化型として今日まで生き残っている。なお、デボン紀には、たくさんの種類の魚がいたが、有顎のものの主役をなしていた一つは板皮類であった。板皮類とはその名のとおり、体の表面が板状の堅い殻でおおわれている魚で、この種のもので大いに栄えたが、これもデボン紀の終りにほとんど絶滅してしまう。

これら板皮類の魚は、現在の魚と比較してみると大変奇妙な恰好をしており、たとえばボスリオレピスはまるでカメとエビの合いの子のような姿をしていた。この化石を最初に見つけた学者は、しばらくの間これをカメの化石だと思い込んでいたらしい。ところが、その後の研究で、これはやはり魚の一種であることがわかった。体側からはエビのような

腕が出ていて、これで餌をとったり、水底を歩いたりしたものと思われる。

これ以外に現在のサメの祖先や他の硬骨魚もいて、後者の仲間と思われるものには側びれのたくさんある魚もいた。もしこれが陸に上がって、われわれの遠い祖先になっていたとしたら、われわれの体の構造は、今と大分違ったものになっていたであろう。

すなわち、かつて J・B・S・ホールデンが言ったように、われわれの体は二本の腕、二本の足というような形でなく、ことによったら千手観音のようにたくさんの腕をもったものになっていたかもしれない。

陸地の征服

脊椎動物の進化にとって次の大きな進歩は、両生類に始まり爬虫類によって達成された陸地の征服である。地質学的証拠によればデボン紀には多くの浅い沼地が存在し、季節的によく早魃が起こった。このような条件のもとではひれの助けをかりて干上がった沼地からはいだして水の満ちたほかの池に移動することができるような魚が生き延びる機会をより多くもったに違いない。このようにしてひれはついに足に発達した。また、しばしば早魃がおそい、浮き袋を使って呼吸できるものが生存にとって有利であったと思われるが、これも陸上生活への進化の引金となったであろう。やがて総鰭類と呼ばれる、肉質に富む葉状のひれを持つ一群が陸生脊椎動物の祖先となつた両生類を生みだした。総鰭類は、デボン紀に繁栄したが、古生代末期には、急速に衰退した。その子孫であり同じような環境条件に棲む両生類との競争に敗れたためと考えられる。

石炭紀には地球上に大森林をなして陸上植物が繁茂したことは先節に述べたが、これに伴って石炭紀末までには昆虫類が著しく栄えるようになった。これらの昆虫は古生代の終りの時期、2 畳紀とそれに続く中生代に爬虫類が大規模な放散を起こすための重要な食物源となったと思われる。

今から約 3 億 1 0 0 0 万年ほど前の石炭紀後半に爬虫類が両生類から進化してきた。両生類に比べ爬虫類の重要な特徴の一つは、卵に「羊膜」と呼ばれる薄い袋があり、受精卵から発育しはじめた子はその中の羊水に保護され育つことができる点である。このお陰で（もちろん他の変化も加え）、爬虫類は両生類のように生殖のため水に帰る必要から解放され、陸上を自由に移動できるようになった。

陸への多細胞生物の侵入の過程で植物、昆虫および陸上脊椎動物という三種類の生物が 1、2 億年の間に生じ大発展を遂げた事実は、新しい未開拓の生活空間の出現が大規模な進化を起こさせる上でいかに有効なものであるかを示している。なお、この頃には大気中には現在と同程度の酸素があり、その結果、上空にはオゾン層が存在して陸上生物を紫外線の致死的な害作用から守ってくれた。これなくしては高等動物の陸上生活は不可能であった。

パンゲア

古生代の末期には大陸は今と違って、パンゲアと呼ばれる超大陸として一つの塊となって存在した。後にこの大陸は次第に分裂して、互いに別れて浮動し、ついに現在の大陸が作られた。この「大陸移動」説は半世紀以上も前にドイツの地球物理学者、アルフレット・

ウェーゲナー(Alfred Wegener)はグリーンランド探検で遭難し消息を絶ったが、近年の地球科学の研究から彼の説は本質的に正しいことが証明された。ここにも偉大な先覚者の悲運を見る思いがする。

シーラカンス

両生類を生んだ総鱗類はその後完全に絶滅したものと古生物学者の間で長いことが信じられていた。しかし、2、30年前になって、シーラカンスと呼ばれるこのグループに属する残存種がインド洋の深海でとらえられ、ラティメリアと名づけられたが、これは大きな科学ニュースとなった。最近では、シーラカンスはかなりの数の個体が生存していることが分かり、日本からも探検家が送られ標本が得られたと報じられている。いずれにしても、シーラカンスは「生きた化石」の最も有名な例であろう。

大量絶滅の謎

デボン紀に関連して述べておきたいもう一つの出来事は、今から約3億7000万年前のことであるが、大規模な生物の絶滅が起こったことである。その当時、海底の衝撃により想像を絶する大津波が起こり、世界の海で生物の作った礁は絶滅し、海辺やそれに近い所に住む生物も大被害を受けた。ただし、海中の魚類には比較的被害は少なかったらしい。津波の原因は海底地震ではなく、たぶん巨大な隕石または小惑星のようなものが海底に突入し、それにより衝撃が起きたためと考えられる。

実は、全地球的規模で短期間に生物種の大量絶滅(mass extinction)が起こったのはこれが最初ではなく、それ以前にも同様なことが少なくとも2回あったことがはっきりしている。第1回目は今から約5億年前のカリブリア紀の終り頃で、これにより三葉虫の仲間の大多数が死滅した。第2回目は今から約4億4000万年前、オルドビス紀の終り頃のこと、海産の無脊椎動物の属のうちの約57%が絶滅したと言われている。第3回目の大量絶滅はすでに述べたデボン紀のものである。第4回目は古生代の最後の時期である2畳紀の終りに近く、今からおよそ2億4000万年前に起こった。これは生物の歴史が始まって以来の最もすさまじい規模のもので、当時生存していた海産動物の種の96%にもおよぶものが絶滅したといわれる。三葉虫もここで完全に死滅し、古生代の幕が閉じられる。第5回目の(最後の)大量絶滅は今から約6500万年前に起こったもので、これについては後に述べるが、恐竜が完全に絶滅し、中生代の幕が閉じ、新生代が始まる。

生物種が短期間に大量に死滅したという出来事は以上に述べた5回だけでなく、規模はやや小さいが、他にも幾つかあったようである。ラウプ(D.M.Raup)らによると、カンブリア紀以後、全体として大量絶滅は22回あり、これらは2600万年の周期で起こるといふ。彼らはその説明として、太陽には未知の、彼らが仮にネメシスと名づける伴星があり、これが周期的に小惑星や彗星の軌道を乱し、地球に衝突するように影響を与え、それによって生物種の大量死滅が起こるといふ仮説を提唱した。しかし、これに対する証拠は今のところ得られていない。

爬虫類の隆盛

古生代の末期に超大陸パンゲアが形成されたことはすでに述べたが、古生代に続く中生代には爬虫類はパンゲアの王者であった。ところで爬虫類（羊膜類）が両生類の一系統（しかしそれ自体はあまり成功しなかった一系統）から進化によって生じたのは今から約3億1000万年前のことと推定されている。これは石炭紀の後半にあたる。爬虫類も初めは陸上をよたよた走る動物だったが、その後昆虫の捕食などに対する適応を通し、4つ足で走る能力のすぐれたものが現われた。

また、あごの筋肉の発達も重要で、やがてシナプシダ（単弓類）と呼ばれる爬虫類の間で哺乳動物の祖先となったものが進化してきた。これは哺乳動物類似の爬虫類（哺乳類型爬虫類）とも呼ばれるが、ラテン名のシナプシダという名は頭骨にあごの筋肉をおさめる弓の形をした孔ができているところから由来したものである。このグループの爬虫類は石炭紀の後半に出現し、二畳紀の末頃（2億5000万年ほど前）まで非常に繁栄し、極めて多様な種類を包含していた。かれらはその後、中生代に恐竜にその座を奪われるまでは陸上の支配者であった。しかし、中生代になると効率よく二足歩行し、高度に捕食性の恐竜との競争にやぶれた。

中生代は爬虫類の時代と呼ばれるが、その時代に栄えたのは恐竜だけでなく、それ以外にも飛行性爬虫類、海洋性爬虫類、および鳥の祖先がいた。支配的は爬虫類（主竜類）は中生代の終りまでに絶滅したが、鳥類は現在まで生き残り、脊椎動物の一つの綱となって繁栄している。鳥類は優雅であるが、エネルギーをよく使う空中生活によって地上の捕食者から保護されているが、補食動物がいなくともいつでも飛ぶ能力が退化し、地上生活に適応した進化を行う傾向がある。

哺乳類の進化

最初の哺乳動物

最初の哺乳動物は今から2億年ほど前に哺乳類型爬虫類の子孫として生まれた。化石の資料によると、当時の哺乳類は現在のハツカネズミのような小型の夜行性動物で、恐竜の目をのがれて生活していたと想像される。そして、低温の夜の生活に対する適応として、恒温性や毛皮が発達した。化石の研究によると、2億年前の初期の哺乳類はその祖先の哺乳類型爬虫類にくらべ、体の大きさは10分1程度しかないのに、脳の相対的な大きさは4、5倍もあった。暗い夜の生活のために、嗅覚と聴覚が発達する必要があり、脳の増大はそれによってもたされたと考えられる。

哺乳動物にとって、中生代はいわば苦難の時であったが、また有意義な時期でもあった。哺乳動物のすぐれた性質、とくに知能と、温度に依存しない活動性は爬虫類の暴虐の下で生きのびるために大きく改良されたからである。古生物学者A・ローマーはこの問題にふれ、「われわれは、哺乳動物として、恐竜の意図もしなかった援助に感謝せねばならない」と言っている。

哺乳動物は、子供を育て、よくその世話をするという特徴をもつ。それより、子供の脳の発達に必要な時間が確保され、完成した脳はその個体の生涯中、有効に使われる。すぐれた脳の発達は、哺乳動物が成功した真の原因であると言える。

小惑星の衝突が恐竜を絶滅させた？

中生代の終り（約6500万年前）になって、それまで繁栄をきわめていた各種の恐竜はすべて絶滅した。そのみならず、アンモナイトを含め他の多くの動植物がこの時期に急に死にたえてしまった。これは、白亜紀（Cretaceous）と第3紀（Tertiary）との境界（これはC/Tでなく普通はK/T境界と略記される）での出来事なので、K・T絶滅とも呼ばれるが、なぜこのような生物の大量絶滅が起こったかは長い間、古生物学の大きな謎の一つであった。

しかし、最近になって、アルヴァレ（L.W.Alvarez）らがこれを説明する大胆で有力な仮説を提唱した。これは、ちょうどこの時期の地層で、地球ではまれだが隕石には比較的豊富に含まれているイリジウム濃度が急激に増加したことを示すデータに基づいている。彼らの仮説によれば、小惑星（直径10±4キロメートルと推定されている）が地球にぶつかり、この衝撃のため大量のほこりがまいあがり成層圏には入り込んだ。ほこりは数年間空中にただよい、世界中に拡がっていった。このため、地上は暗くなって植物の光合成は低下し、食物連鎖の根源が破壊された。そして恐竜を含む巨大草食性、肉食性動物は絶滅したというのである。

その後この仮説は、次々とこれを支持する観察がふえ、強固になってきたように思われる。こういった天変地異が夢物語ではなく現実のものであるということは現在のわれわれにはなかなか信じがたいことである。しかし小惑星の研究者によると、地球に小惑星が衝突する平均間隔はその直径の二乗に比例するらしい。すなわち、直径10キロメートルのものが地球に衝突するのは1億年に1回くらいだが、1キロメートルのものは100万年に1回、直径が100メートルのものになると地球に平均して1万年に1回の割でぶつかるらしい。

進化と偶然

哺乳動物は、はじめはあまり多様化していなかったが、目ざましい放散が新生代に始まり、絶滅した爬虫類でかつては占められていたさまざまな生態的地位を埋めていった。とくに哺乳動物のうちでも有袋類を除いた一般の哺乳類、すなわち有胎盤類は非常な成功をおさめ、驚くほど拡がり、新生代を「哺乳動物の時代」にした。

このことに関連し、アルヴァレらの小惑星衝突説はわれわれに多くのことを考えさせる。とくに人類の存在が進化的にみるといかに偶然に左右されたかということの意味は重要である。すなわち、コールダー（N.Caider）が繰り返し指摘しているように、もしこの小惑星が地球の軌道を横切る時間がほんの20分だけずれたとしたら、それは地球に衝突せず、その結果恐竜の絶滅もなく、哺乳類の大規模な適応放散も起こらず、従って人類の出現もありえなかったと考えられるからである。

めざましい適応放散

有胎盤類（真獣類）が新生代になっていかにめざましい適応放散をとげたかは、それによって生じた多様な哺乳動物群を見れば明らかであろう。以下、簡単にそれら各種のグループ（分類学的には「目」にあたる）の主なものを列記してみよう。

まず、著しく成功をおさめ、体制的にも進歩したのは食肉類で、ネコ、イヌ、カワウソ、クマなどの肉食の仲間からなり、A・ローマーは「人間の道徳観からすると、この連中が進化的にこうも成功したのは極めて不愉快である」という意味のことを述べている。奇蹄類（ウマ、サイなど）と偶蹄類（ウシ、ブタなど）は草食生活に適応したものである。長鼻類はこれに近く、アフリカ起原の特異なグループで、現在はインド象とアフリカ象しか

残っていない。鯨類は大洋での生活に適応し、後肢は全く退化している。クジラの中には体長30メートルで重さが200トンにも達するものがあり、地球始まって以来の最大の動物である。海牛類（人魚類）も水名生活者であるが、これは系統的には長鼻類などに近いとされている。有胎盤類中で原始的と考えられているのは食中類で、翼手類（コウモリの類）や霊長類（サルの類）、兎類、齧歯類（リスやネズミの類）も食中類に近いと考えられるが、それぞれ特有な生活様式をもつ。

霊長類の進化と人類の出現

霊長類

これら各種の有胎盤類のうちで、霊長類は、キツネザルのような原始的なものから、ニホンザルやさらに進歩した類人猿など、各種のサルの仲間を包含する上にヒト自身も含むので、その進化はわれわれに非常に興味が深い。それで人類の出現に焦点を絞り、この類の進化を簡単に述べてみたい。

霊長類はヒトなど少数の例外を除き一般には樹上生活者で、普通は温暖な地域に住んでおり、草食性に傾いた雑食性のものが多い。その共通の祖先は、今日東インドに生息しているツパイに似た動物であったと信じられている。

霊長類を特徴づける性質の多くは樹上生活の産物である。この中でもすぐれているのは、強い握力をもつ対向性の親指をそなえた両手と、発達した視力をもつ前視性の両眼と、非常な正確さで距離を測ることのできる能力である。大脳はこれらの能力を支配するために高度に発達している。しかし、嗅覚はずっと退化している。

アウストラロピテクス

アフリカからの化石の証拠によると、約400万年またはその少し前に出現したアウストラロピテクス（「南のサル」の意）がヒトの直系の祖先を表わしていると考えられる。これはヒト属（*Homo*）と異なるアウストラロピテクス属（*Australo-Pithecus*）に分類されているが、ヒトに極めて似た性質を備えている。ただし、現在のヒトにくらべれば小さく（背丈約1メートル30センチ）、脳の容積も約3分の1程度であった。彼らは大いに栄えたが、今から130万年前頃には姿を消してしまった。

ヒトの進化は、樹上生活を放棄した時に決定的に始まり、直立2足歩行は約300万年前には確立していた。第3紀後期には森林地帯が減少し、草原性のサバンナがこれに置き換わってきたといわれている。このため、ヒトの祖先は地上生活者とならざるえなかった。A・ローマーの表現を借りると、ヒトが樹木を離れたのではなく、樹木がヒトを置き去りにしたのである。

ホモ・ハビリス

ヒトは、生きものとして格別強いものでもなく、樹木の保護を離れた後は、ただ大脳の発達で可能となった抜け目なさだけで生きのびることができた。約200万年前、ヒト属の最初のメンバーであるホモ・ハビリス *Homo Habilis*（ハビリスは「有能」の意）がアフリカ東部に出現し、約50万年間生存したらしい。彼らは明らかにアウストラロピテクスの子孫と思われ、アフリカに広く分布し、道具（石器）を使用していた。脳の大きさはアウストラロピテクスと現代人の中間くらいであった。

アメリカの遺伝学者H・J・マラーがかつて指摘したように、道具の使用とそれを上手に使う遺伝的能力との間には相互作用があるはずである。すなわち、このような遺伝的能力のすぐれたものは生存に有利であるとともに、さらに進歩した道具を作る傾向があり、

これがまた道具の使用に関する新たな遺伝的能力の淘汰を引き起こす。このようにして、ヒトの祖先の知能の改善が自然淘汰により急速に行われたと考えられる。

ホモ・エレクトゥス

ヒト属のメンバーとして次に出現したのはホモ・エレクトゥス (*Homo erectus*) で、今から約170万年前から栄えた（言うまでもなく、この名は直立歩行することから来ている）。それ以前、人類の祖先の進化はアフリカを舞台にして行なわれてきたが、エレクトゥスはアジアやヨーロッパにも広がっていった。

この種はからだの大きさやその他の特徴についても現在のヒトによく似ており、脳の容積もヒトにかなり近かった。また、今から140万年前と推定されるが、この種が野営した遺跡で火を用いた証拠が見つかっている。さらに、肉を切ったり、木を切ったりその他の目的に各種の石器を用いたことも分かっている。

大氷河時代

最後に、われわれ人類の属する種、ホモ・サピエンス (*Homo sapiens*) の進化について述べよう。ここに「サピエンス」とは賢明の意である。この種の今まで知られている最も古い化石は、約50万年前のもの、ヨーロッパで出土している。以後、人類進化の主舞台はヨーロッパになるが、この時期のヨーロッパの気候についてここでぜひふれておきたい。

新生代の最後の時期である第4紀は今から170万年前に始まり現在に至るものであるが、そのうちのほとんどを占めるのは更新世 (Pleistocene) である。これは約1万年前に始まる現世 (Holocene) を除いた第4紀の大部分 (170万年前～約1万年前) で、大氷河時代として特色づけられる。すなわち、種としてのヒトは氷河期の産物である。とくにわれわれに関心の深いのは後期更新世 (約70万年前～1万年前) で、この時期には何回も氷期がヨーロッパを襲った。過去55万年の間に主な氷河期が少なくとも6回あり、その間に比較的短い間氷河があった。約7万年前に始まった最後の氷河期のうち最も寒かったのは今から約1万8000年前で、その後は温度が上昇し、約1万年前に氷河期は終わり、現在われわれは極めて温暖な時期にいる。最近の知見によると、このような間氷期の暖かい時期は過去の記録では長くなかったらしい。それで、遠からず (何万年も待たずに) 次の氷河期が来るという主張も説得力があるように思われる。

ネアンデルタール人とクロ・マニオン人

今から約12万年前、ネアンデルタール人と呼ばれる、化石でのみ知られる人類が出現し、その後8万年前間にわたりヨーロッパ全土や西アジアで栄えた。彼らは特異な文化を発達させたが、3万年余りに滅亡した。その名はこの化石が最初にドイツのネアンダー川の溪谷で発見されたことに由来する。彼らは、現在では生物学的にはヒトの同一種と見なされ、ヒトの一亜種として (*Homo sapiens Neanderthalensis*) の学名が与えられている。体格は現在のヒトに比べずんぐりしており、背は比較的長く150センチ余り、頭は大きく、脳の容量は現代人よりわずかに大きいほどであった。彼らは負傷者や老人をいたわったり、死者を武器や花と共に葬った証拠がある。一般論になるが、老人をいたわる習慣は老人の知識を若い者に伝えることにより、部族の発展に寄与したと考えられる。すなわち、文化の伝達において適応的であった。やがて彼らは今から約4万年前にアジアの西南部からヨーロッパへ侵入してきたクロ・マニオン人との生存競争にやぶれ、滅び去ったと思われる。ただし、一部は両者の間で雑婚も行われたらしい。

クロ・マニオン人は現代人と本質的に同一で、両者共に生物学的にはヒトの一亜種 *Homo sapiens sapiens* に分類されている。ネアンデルタール人の頭骨の研究から、最近言われていることは、彼らは現代人のように流暢に発音できず、とくに [i]、[u]、[a] のような母音や [k] や [g] のような子音の発音ができなかったらしい。おそらく、話し言葉により、複雑な情報を短時間に伝達するための脳の部分の発達も、現代人に比べてずっと劣り、そのために彼らはクロ・マニオン人との闘争に敗れたのではないかと考えられる。クロ・マニオン人は進んだ石器を用い盛んに狩をした。フランスのラスコー洞窟には彼らの描いたすばらしい牛などの絵が残っていることで有名である。更新世の終りの今から約1万年前には、世界の全人口はおよそ1000万人くらいだったと推定されている。

以上に要約した人類進化の物語は、この分野の研究者の間で現在主流をなしている見解に基づいている。このような見解に到達するまでには多くの紆余曲折があり、また、多数の学者の大変な努力の積み重ねがあったことを忘れてはならないと思う。

ヒトと類人猿はいつ分かれたのか

ついでに、ヒトとアフリカの類人猿（チンパンジーとゴリラ）とがどの時点で分岐したのかの問題にふれておきたい。

この問題については過去に多くの議論が行なわれた。従来の解剖学的構造（たとえば歯）の比較に基づいた伝統的な古生物学の研究では、分岐時点は2000万年前と3000万年前の間であるとされていた。とくに、ラマピテクスとシバピテクスと名づけられた1400万年前に遡る化石が人類の直接の祖先を表わすと考えられ、したがってヒトと類人猿はこれより以前に分岐したことは確実なようにみえた。

これに対し、第8章で述べる分子的系統学方法からの推定によると、分岐年代はせいぜい500万年前くらいにしかならない。もちろん、この結果に対しては、化石人類の研究者の側から一時激しい反対が起こり、分子的方法に対する不信の念が表明された。しかし、最近になって、多くの化石の資料が得られ、以前はヒトの祖先と考えられていたラマピテクスとシバピテクスはむしろオラウータンに近いとされるようになった。したがって化石の記録はヒト対チンパンジーやゴリラの分岐年代が400～500万年前にすぎぬという推定と矛盾しないことが分かった。その上、分子系統学的方法の確実性も次第に広く認められるようになり、今では人類の化石研究者の間でさえ、この分岐年代については、分子的方法から得られた結果の方が化石による推定より確実性が高いと考えられるようになった。これは、分子進化研究における一つの勝利の記録と言えよう。

サルからヒトへの進化

人間の祖先をたずねて

いうまでもなく、人間がサルから進化したものであることは、今日一般に承認されている。そして、今日現存している種では、テナガザル、オランウータン、ゴリラ、および、チンパンジーとピグミチンパンジーを含むヒトニザル類（類人猿）が人類の祖先であると

されている。

【省略】

ところで、人類の祖先型をなすある種のヒトニザルが、地質学でいう第三紀から第四紀に移るころ（200 万年、またはさらにもう少し前）、樹上生活から地上生活に移行しはじめたと推定されている。この場合、下肢で体重を支え、上肢で枝を握る樹上生活を営んでいた彼らが地上に下りたのである。そのさい、樹上生活において枝を握ることのできた上肢が、地上生活における器用な手をつくり出す基礎となり、体重を支えた下肢は、二足歩行の基礎となったと考えられる。

四足歩行から直立歩行へ

サルは樹上生活者であるが、多くのサルは両手と両足で木の枝をつかんで樹上を走ったり跳んだりする。ところが、両手で枝にぶら下がって枝から枝へと跳び移る、いわゆる「腕歩行」とよばれる方法を採用したサルが存在していたのである。（図 1-1）。

腕歩行の場合には、いうまでもなく手と足とに分業が起こっており、手は枝を握る役目を果たし、足はからだを支える役割をする。そして、ある期間「腕歩行」の習性をもっていたと考えられるある種のヒトニザルが地上生活に移行したとき、彼らは四足歩行にもどることなく、二足歩行を採用したのである。

こうして、この種のサルは、その他のヒトニザルとは決定的にたもとを分かち、まさしく人間としての独自の道を歩みはじめたのである。

それからの歩みは、直立歩行の完成へ、そして手の自由な使用の習熟へと進んでいく過程であった。

手足の分業とからだの変化

さて、直立歩行に習熟する過程の進行は、骨盤の形、脊柱や胸郭の形を直立歩行に適したものに变化させ、下肢の骨や足の形をも大きく変化させずにはおかない。

手の自由な使用の習熟は、上肢と手指の形を変容させるだけでなく、あとでもみるように、脳の大きいなる発達をよび起こすのである。

手の使用の習熟と関連しては、すでにオーストラロピテクス型の最初の人類が、「握り斧」とよばれる石の道具をつくっていたことが知られている。彼らは、握り斧のとがった部分で殺したカモシカやヒヒの頭蓋骨を割り、脳を取り出して食べたり、木を切ってこん棒をつくったりしたと考えられている。そして、このような道具はさらに新しい道具を生み出し、長い時代を経て、木をとがらすのに用いたと思われる「歯状石器」とよばれるもの、皮に穴をあけて衣服らしいものをつくるのに用いたと思われる「穿孔器」ともいべき道具などが、出現してくる。この間、さらにいっそう手が自由に使えるようになり、骨を加工した釣り針や、その他の骨性の道具もつくようになる。さらに、投げ槍の先に石をつけることをおぼえ、弓矢を発明するようになる。

このようにして、手が道具をつくり出し、道具がより自由な手をつくり出す過程の進行と同時に、直立歩行の習熟の過程も進行する。樹上生活時代よりも、いっそう腰が伸びてまっすぐになり、ほかの動物とは大いに構造の違った骨格ができあがる。

○骨盤は幅広くて扁平な箱型のつくりに変えられる。四足歩行の場合には、内臓の重みが四肢に分散するが、直立二足歩行では、内臓の重みなど、上半身の重みはすべて下肢にかかり、その下肢は、加えて歩行の役割をも担っている。したがって骨盤は、内臓の重みを支えるとともに、歩行運動の確固たる支点となりうるように、安定性のあるがっちりとしたつくりのものとなり、また、二足歩行のための強力な筋肉である、殿筋の付着部を与える構造となる（図 1-2）。

○下肢の骨も太く、長く、しっかりとしたつくりとなり、かつ、まっすぐになった。同時に骨につく筋肉にも変化が起こった。たとえば、下腿三頭筋は、サルでは下腿の骨の外側に位置しているが、下腿の後面という直立歩行にとって、もっとも適した位置を占めるようになる。直立歩行にとって重要な意義をもつ殿筋についてみても、大殿筋（股関節を伸ばす）が大いに発達して、中殿筋（股関節を外方に開く）の二倍ものボリュームをもつようになり（サルでは中殿筋のほうが大殿筋の二倍のボリュームをもつ）、かつ、大殿筋は歩行にとって、もっとも好位置である大腿の後面を占めるようになる（サルでは、大腿の外側を占めており、これは股関節の伸展にとってよい位置ではない）。

○足の形も、「土踏まず」のようなアーチ状の構造ができるなど、直立歩行に適するように変化した。

土踏まずは、足根部と中足部の諸関節が靭帯などによって固定され、屈曲しうるサルのそれとは違って、屈曲されえない構造となっていることに基づいて形成される。それはうまく歩き、跳んだりねたりするさいのクッションとして重要である。

人間の歩行は、足の外側縁をおもに用いて「よちよち」歩きするサルのそれとは違って、踵の着地、外側縁の着地、内側縁の着地、足の指によるけり出しの順に進行するが、土踏まずの形成は、踵から中足骨の先端に歩行時に働く筋（腓腹筋）の収縮力を直接伝え、足の指骨の短縮化とあいまって、足の指によるけり出しを有効に行いうる仕組みであるといえる。

○直立に伴って当然、頭蓋骨と脊柱の結合関係が変化する。頭が起こされた結果、外後頭隆起の位置が下がり、また、大後頭孔の位置が頭蓋底の中央にくるようになった（サルでは中央より後ろ、イヌではずっと後ろにある）。さらにまた、頭が斜め上方に向けられているサルやイヌでは、顔を上げるためには強力な筋肉でもって引っぱられる必要があるが、直立したヒトでは、そのような必要はなくなり、したがって、うなじの筋肉の退化をきたし、その付着部の面積が狭くなって、後頭部の出っぱりが弱化し（イヌやサルにはある頂稜の消失）、また、その筋肉が起始する脊椎骨の棘突起も退化した。このことは、頭部にたいする後方からの筋肉の圧迫弱化を意味するから、脳頭蓋の発達にとってプラスになっていると考えられる（図 1-3）。

○顔面の後縮化が起こり、前頭部が発達をみるとともに、顔面頭蓋よりも脳頭蓋のほうが大きくなる。たしかに、前に突き出た大きな顔は直立歩行にさいして、バランスをとる

うえで不利であるが顔面の後縮化は、摂取食品形態などの変化とも関連して、咬む力の弱
化の結果として起こる。この場合、いわゆる咀嚼筋の弱化をきたし、咀嚼筋、とりわけ側
頭筋の頭蓋骨への付着部面積の縮小と、その位置の下方への移動は、脳の膨大化を助ける
要因となりうると考えられる（図 14）。また、犬歯が退化するとともに、歯の小型化、歯
列の馬蹄形から半円形への変化も起こる。

右にみたような咀嚼器官の小型化と後退は、顔を小さくしてヒトらしい顔つきを与える
とともに、頭顔部が脊柱の上でより安定性を保つのに役だつと思われる。なお、顔面の後
縮化にもかかわらず、オトガイの部は残存する。それは言語生活との関係を有し、舌を動
かす筋肉がそこに付着するからである。脊柱はもちろんまっすぐになるが、重い頭をうま
くバランスをとって脊柱の上にのせるのに重要な意義をもつ、人間に特有な脊柱カーブを
獲得する。四足歩行動物では、山型の単一のカーブがみられるにすぎないが、ヒトでは頸
部と腰部でCカーブ、胸部で逆Cカーブを示す（図 1-5）。

○直立歩行の採用は胸骨にかかる内臓の重みをなくして、胸骨の形に変化をもたらすと
ともに、胸郭は、脊柱がこの部で逆Cカーブを示して前方に突き出ることとあいまって、
その前後径よりも左右径のほうが大きくなる（図 1-6）。

○直立歩行への移行は当然内臓の下垂傾向を生み出すが、これに対抗して腹筋が強化さ
れ、その筋の起こる部位も直立歩行を反映して低くなる。背方では、脊柱を直立させるた
めの諸筋（脊柱起立筋と総称し、いわゆるへ（ヒレ肉がこれにあたる）が発達する。

○直立歩行への移行の結果、手は歩く道具であることから解放され、道具を
つくり、使うことに媒介されて、自由な運動、デリケートな運動をなしうる手への変化を
とげた。

上肢を体幹に連結する役めを果たす骨は鎖骨と肩甲骨であるが、完成度の高い鎖骨をも
つことなどによって上肢の運動の自由度を増すとともに、デリケートな手指運動、とりわ
け対立運動（母指をほかの指と対向される運動）のできる母指を獲得する。この対立運動
は、握る、つねるなどのデリケートな運動には必ず含まれており、労働において欠かせな
い運動である。

さらに、筋肉においても四肢の分業に対応して、その機能的性質においても、上肢筋と
下肢筋の間に違いが生じる。すなわち、上肢の筋は敏しょう、かつデリケートな運動に適
した性質（白筋的性質）を、下肢筋は歩行のような持続的な運動に適する性質（赤筋的性
質）をそれぞれ獲得する。

ところで、手の使用の習熟は神経系、とりわけ大脳の発達を避けがたくする。なぜなら
ば、手の使用は、手や指を動かす筋肉の問題であると同時に、筋肉を動かす命令を発し、
命令を伝える神経系の問題であり、何よりも、命令を発する中枢の問題であるからである。
このようにして、それはまさしく脳自身の問題となる。

脳の発達

以上にみたように、脳の発達を生み出したもっとも本質的な契機は、直立二足歩行への

移行の結果、歩く用具であることから解放された手の自由な使用にある。つまり、道具をつくり、道具を使ってする手の労働自身が脳の発達を生み出したのである。

さらにいえば、労働、とりわけ協同的な労働のなかで言語が登場し、言語機能の発達はそれ自体脳の発達を促がす要因となる。

これらの点については、大脳皮質における言語中枢の所在は、ヒト以外では知られていないこと、および、発声機能に関係する大脳皮質の部分、つまり口と舌などを支配する大脳皮質部分が大きくなっていることにみごとに表現されている。また、手や指の運動を支配する大脳皮質部分も大きくなっている（図 5-26）。

脳の発達にとって促進的な要因となりえたほかの一つの事項として、食糧をめぐる諸問題がある。これは、樹上生活から地上生活への移行が食糧確保の問題と無関係ではなく、地上生活への移行は、樹上生活では食べなかった食物をも食べるようになり、植物性のもののほかに肉食をもするようになったことを含んでいる。

事実、南アフリカでは、オーストラロピテクスの骨と一緒に、傷あとをもった多くの野生動物の骨が発見され、このことを裏づけている。

いうまでもなく、動物の肉は植物に比べて消化しやすく、また、はるかに高い栄養価をもっている。したがって、肉食の採用が歯牙、胃、腸などの消化器系の形態と構造を、消化液の組成などをも含めて大きく変えていっただろうし、人間としての生活、文化をもつ人間としての生活へ引き入れる大きな鍵となった。

すなわち、カロリーの高い食品の摂取は、ウマやヒツジのように草という低カロリー食品の摂取のゆえに、一日中草を食べ続けるよりほかのない生活ではなしに、食べることで以外のことに時間を利用しうる条件を与えたのであり、多面的な仕事へのかかわり合いは、そのこと自体脳の発達を促進する要因となりえたといえるのである。

このことは同時に、植物性の食物だけを食べる動物に比べて少量の摂取でよいのであるから、子供に餌を与える余地を生み出し、さらには、ほかの個体にも餌の分配が可能になることを意味している。事実、哺乳期間が終わったあとも、親が子供に餌を与えるのは肉食動物だけなのである。

しかも、食物を分け与えるという過程は、親から子供への経験の伝達にとって有利なものであり、このことと関連して、成熟期間が長くなる方向に身体変化が進んだと考えられる。これは、人間が生後の学習を通じて、人間として一人前になることを意味しており、これもまた脳の発達にとって有効な役割を果たすことになると思われる。

なお、脳の活動にとって必要なアミノ酸のたぐいを豊富に含む肉食が、脳発達の化学組成の面で重要な意味をもつことはいうまでもないであろう。

以上の素描にみるように、直立歩行の完成、手の使用の習熟および脳の発達が、人間としての独自の道を歩みはじめる人間を特徴づける三つの大きな指標であり、とりわけ直立歩行への移行が、人間の形成にとって決定的なできごとであったといえよう。また、労働のための手の完成と言語の登場は、自然を改造して利用し、文化をもって社会的生活を行うヒトの誕生にとって、画期的な意義をもつことは明らかである。

以上、サルから人間への転化を、あら筋ながらたどることを通じて、人間を人間として

特徴づけているいくつかの形態上の指標と、それらを生み出さざるを得なかった要因についてみてきた。

その結果、人間を人間たらしめている形態上の特徴をこそ、人体解剖学として学ばねばならないのであり、そして同時に、人体解剖学はたんに骨の名前や筋肉の起始、停止などを知識として覚えることのみあるのではないことが明らかになったと思われる。

この点からして、人体解剖学の根底には、直立歩行し、手を自由に使って仕事をし、かつ、思索をめぐらす人間についての解剖学という思想が横たわっていなければならない、と結論することができよう。

人体解剖学序説（藤原 和著）より 医歯薬出版（1974）

労働における科学

人類へのあゆみ

先史人類学が明らかにしているところによれば、人類の祖先はおよそ 2000 万年前にチンパンジーやゴリラの祖先から枝分かれした類人猿の一種であり、およそ 400～300 万年前に人類への決定的な第一歩を踏みだした。この一歩は、樹上生活を主としていた類人猿が地上生活へと移行しはじめたときに、直立歩行の能力を獲得することができ踏みだされたのである。この新しいタイプの類人猿は、直立歩行をするために骨格的にも他の類人猿と区別でき、猿人（アウストラロピテクス）とよばれるが、なによりも重要なことは前肢が自由になったことである。

樹上生活から地上生活への移行は、より多くの食料を求めてのことであったが、これは同時に猛獣に襲われやすくなることをも意味しており、地上へ降りた類人猿や猿人はこの危険から身を守るためにさまざまな方向への進化をとげた。たとえばゴリラは、身体そのものが強大化し、性格的にも凶暴化することで猛獣に対抗し生き残ったのである。これにたいして、直立歩行の能力を獲得した猿人の進化はきわめて特殊なものであった。すなわち猿人は身体そのもので猛獣と対抗するのではなく、直立歩行で自由になった前肢に武器をつかむことで敵と対抗したのである。こうして、猿人の前肢すなわち腕は急速に進化したのであるが、他の動物の進化に対比すれば、手と武器の複合体こそが猿人が進化の過程で獲得したものであった。

最初は自然が提供する手ごろな石塊が武器として使われたのであるが、やがて大きな石塊から手ごろな大きさの石を割り取ることを覚え、これによって刃のついた武器を入手できるようになった。刃をつけた石塊すなわち石器は、それ自体として強力な武器であったが、さらにそれは木や皮の加工具として使える道具であり、やがて猿人は各種の道具を手にするようになったのである。

また、猿人たちは、すでに類人猿の時代から群をつくることでより強大な敵に対抗していたが、この群は、本能的な防禦と捕食の行為のなかで発展し、集団的な狩猟と生活の単位としての社会とよばれうるものへと変化していった。この過程で猿人の言語の能力もま

た進化し、単純な音声による信号は言語へと発展した。

労働の成立と自然認識

猿人から原始人への進化の過程をくわしく跡づけることはここでの主題ではない。ここで確認しなければならないことは、人間を他の動物から区別するさまざまな要素、たとえば言語、社会、道具といったものは、猿人から原始人へというこの発展過程のなかで、同時に準備されてきたということである。これらのうちのどれかひとつの要素が他にさきだつて獲得されたとし、それが発展過程全体の原動力になったとする見解はさまざまに存在するが、これは事実のうえで正しくない。

人間にむかつての進化の原動力をあえてあげるとすれば、それはいっさいの結節点であった猿人の生産活動そのものである。生きのこるために生産活動にすべての力をふりしぼらなければならなかった猿人の段階においては、言語、社会、道具といったもののすべては生産活動のために生まれ、育つたのである。生産活動における猿人の主体的な活動は「猿人的労働」とよばれるべきものであり、最初は本能的で反射的な活動にすぎなかった。しかし、これは道具の発展と関連しつつ、合目的な意識的活動としての「労働」へと発展し、猿人から原始人への進化はしだいに加速されてゆくのである。

科学的認識もまた、こうした人間的労働の形成過程ではじめて生まれたものである。打ち欠いてつくった石器は鋭い刃をもつために天然の石塊よりもはるかにすぐれた道具になるが、打ち欠きを上手にやるためには石の性質を知らなければならない。また、狩猟を上手におこなうためには獲物の習性を知らなければならない。こうした最初期の認識は 10 万年を単位として非常にゆっくりと形成されたものであるが、確実な発展をとげた。そして、科学的認識の発展とともに労働そのものもますます労働らしくなっていくのである。

労働過程の構造

人間的な労働にとって不可欠な科学的自然認識が、どのようにして近代科学にまで発展していくかをあきらかにするためには、労働による生産という人間に固有な活動をよりくわしく見ておかなければならない。

現実の生産活動はきわめて多様であるが、どのような生産過程においても不可欠な条件は、主体としての人間と客体としての物的条件である。物的な条件は、生産過程において人間が何らかの変化を引き起こそうとする対象（労働対象）と、この変化をひきおこすための手段（労働手段）とに区別できる。発達した生産形態のもとでは、労働手段はかなりの程度まで自動的に労働対象に働きかけることができるが、部分ではなく全体をみれば、物的な条件だけでは生産過程は成りたらず、どこかで人間がみずからの肉体を活動させなければならない。この人間の活動こそ労働であり、労働と労働対象および労働手段の三つの要素はあらゆる生産過程における共通の要素である。この三つの要素の関連として考察できる抽象化された過程は**労働過程**とよばれる。

三つの要素を区別したうえで労働過程をみれば、労働過程とは、目的にかなった人間の活動である労働が、労働手段をなかだちにしながら労働対象にたいして働きかける過程で

あり、人間が直接にあつかうのは労働対象ではなく労働手段になっている。こうして、人間の労働は対象にたいしていわば間接的に作用するのであり、労働する人間は過程をあらかじめ頭脳のうちに把握していなければ目的を達することができないのである。このことは、労働対象や労働手段についての知識だけではなく、過程そのものの合法則性の認識さえ要求する。

生産のためになんらかの物体を手段として利用することは、場合によっては人間以外の動物についても見ることができる。たとえばチンパンジーは、手がとどかない所におかれた餌を棒でひきよせることを考えつく能力があり、それを実行できる。しかし、餌が眼前にない場合には、どんなに利巧なチンパンジーでさえ、そのときのための棒を用意しておくことはけっしてしないのであり、今日の類人猿と猿人の決定的な差異は、手段を利用するかどうかということではなく、くりかえし使用される多少とも耐久性のある道具を保持しているかどうかにある。

同一の手段を反復して使用することは、手段の選別の条件であり、さまざまに加工した手段が優秀であるかどうかを判定する基礎である。そして、人工的な手段が素手にくらべて優秀なことはそれが合目的であればただちに判明するから、猿人がその最初期の段階においてさえ労働手段を製作していたことも当然である。

労働手段を製作する労働は、自然や過去の労働によって準備された労働手段を使用して生活のために必要な生産物を得る労働とは、場所的にも時間的にも区別されるだけでなく、その生産物がつぎの段階の労働において使用される手段であるという点で、人間のみにも属する高度な精神活動を前提としている。すなわち、この労働は労働過程における三要素の関連についての科学的認識を基礎としなければならず、労働過程の全体を頭脳のうちに概念によって把握する労働をふくみ、さらに科学的認識を対象化する労働でもある。

近代科学をはじめとし、過去のさまざまの「科学」が、労働手段が急速な発展をみせた時代に発生したことは科学史の常識であるが、こうなっているのも、科学的認識が労働手段の発展の過程できたえられているためであるといえよう。

「新版自然科学概論」（加藤、慈道、山崎、編著）青木書店(1991)より

進化論など

ダーウィン Darwin, Charles 1809～1882 (294-5)

イギリスの博物学者、進化論者。エディンバラ大学医学部中退、ケンブリッジ大学神学部卒業。その間、実際には博物学を研究。1831～36年、海軍の測量船ビーグル号に同乗して南太平洋の地質と動植物をくわしく調査し、生物進化の確信をえて帰国。同時代の生物学

およびイギリス農業における品種改良の成果を概括して生物進化論・自然淘汰説を確立した。ひじょうに慎重な態度で研究を進めているうち、1858年、A.R.ウォレス (Wallace, 1823～1913, イギリスの生物学者) からほぼ同じ意見の論文が送られ、師友の勧めによって、同年ウォレスの論文とともに自説を発表、翌年《種の起源》を、計画を縮小して発表した。つづいて多くの著書によってその説を提唱し、大きな反響を呼んだ。宗教界を初めとする各界からの激しい非難攻撃にたいして、かれ自身は積極的には応せず、Th.ハクスリらが代弁論戦した。その世界観は唯物論的であり、無神論者であったが、進化論と宗教との関係については慎重に構えて積極的な発言はひかえていた。

[主著] Origin of species by means of natural selection, 1859

進化evolution (226)

広義には発展の意に用いられたり、また革命に対する斬新的変化の意に用いられたりもする。生物学では、生物が不変なものではなく、世代を経るにしたがって変化することをいう。この意味の進化の過程で、生物は一般には体制が複雑化し、環境への適応が高度化していく。体制が単純化し、形が小さくなり、生活のスケールが縮小する場合を退化 (degeneration) という。個体の部分である器官についても、その単純化、縮小、あるいは機能の減退を退化という。個体の進化は、特定の器官・機能の発達と関連して、他の器官・機能の退化をともなう。進化器官は高等な生物ほど多く、このことは進化の有力な証拠のひとつと考えられている。進化と退化とは相補的な関係にある。また、進化の過程で退化・消失した器官は復旧されることはなく、その機能の必要が生じた場合にはその役目をする別の器官が新しく生ずる。退化は旧状態への退行ではなく、新しい状態への変化であり、下向的進化ともいう。高等な生物と下等な生物とどちらかが生存により大きく適しているかということは簡単には断定できないとの考えから、また、高等・下等の概念は生物界とは無縁な価値判断をともなったものだとしてそれを排し、生物の進化を発展とは見なさないで、進化を<変遷>とよび、さらにまた<降下>とよぶ学者もある。しかしそれらは、進化が一般には適応の高度化による生活のスケールの拡大であることをみとめない見解に属する。なお、evolution の語はもとは<巻物を広げること>の意で、発展を意味するものではなく、生物学の用語としてもはじめは個体の発生 (発育・成長・転形) の過程に用いられたもので、その過程が巻物を広げると同様の過程であるとの考え (前成説、preformation theory, 個体発生において、完成さるべき個体の個々の形態、構造があらかじめなんらかの形で存在し、それがあとになって繰り広げられるとみる説) によるものであった。生物の進化は相次ぐ質的变化による発展であって、前成説は進化の考えとは調和しない見解に属する。

進化論 evolution theory (228)

生物はすべて不変なものではなく、変化発達（進化）するものであるという説。その考えの芽えはギリシア時代にもあったが、科学的な理論としては、数世紀にわたる生物学、地質学、古生物学、および農学の発達を基礎として、主として、Ch.ダーウィンによって確立された。進化論によってはじめて、多種多様な生物の存在は、下等なものから高等なものへの進化の結果であると、その科学的説明があたえられた。進化論は、人類の起源および生物の無生物からの発生の問題にもひろげられ、自然を、自然以外のもの（創造主、神、その他）を交えないで、自然そのものによって解釈する唯物論的世界観の、生物学における基礎を固めた。また生物を歴史的な発展過程としてとらえ、自然の弁証法的な理解の重要な一環となった。生物進化の事実そのものを疑うものはダーウィン以後ほとんどなくなったが、進化の過程を支配する法則や要因にかんしては、生物学の諸部門の発達とも関連して、ダーウィニズムに対立して、種々な学説が現れた。＜隔離説＞は、偶然に生じた変異をもつ個体ともとの個体とが、地理学的条件その他によって長く隔離されることが、淘汰よりも主要な進化の要因であるとする。＜定向進化説＞は、一定の方向性をもつ生物の内在的な性質が進化の原因であるとし、適応、淘汰などの環境との関係の問題に重きをおかない。＜ヴァイスマン説＞（→ヴァイスマン—モーガニズム）は、獲得形質の遺伝を否定し、進化は、あるなんらかの原因で起こった遺伝的変異にもとづくとして、ただ淘汰だけを強調する。＜突然変異説＞は、進化は連続的な小異変の累積によるのではなく、突然的な非連続的な変異によるとする。＜交雑説＞は、異なる性質の個体の交雑による新しい個体の出現を進化の主要因とする。また、これらの説の組合せもある。＜ミチューリン生物学＞は、これらの諸説はダーウィニズムの総合性を理解せず、唯物論的見地からも弁証法的（進化論的）見地からも離反しているとする。

生命の起源 (259)

地球上の生物がどのようにして生じたかの問題。古くは、生物は万物とともに神によって造られたとする＜創造説＞（天変地異説はその変形）とともに、生物が、泥、腐水、腐肉などから生じるとする＜偶発説＞（自然発生説ともいう）があった。偶発説はエンゲルスも指摘しているように、種を普遍と見た時代に属するものであるが、進化論とは独立にレーディ(F. Redi, 1626～97, イタリアの医師。見解発表、1668)からパストゥール(L. Pasteur, 1822～95 フランスの化学者、微生物学の創始者。見解発表、1860)にいたる実験研究によって否定された。ダーウィンおよびその同時代の学者の多くは、生命の起源の問題を化学の課題とはみなさなかったが、進化論はその究明を生物学に要求した。リヒター(H. Richter, ドイツの生物学者、見解発表、1865)からアーレニウム(S.A. Arrhenius, 1859～1927、スウェーデンの物理化学者。見解発表、1907)にいたる一連の学者は、生命は宇宙に広く存在し、地球には他の天体から飛来したという説を唱えたが、現在では否定されており、生物は地球の歴史のある時期に無生物から生じたとの考えが一般に認められるにいたっている。そのはじめの見解では、最初に生じた生物は、硝化バクテリアのような、栄養源に有機物を必要とせず、無機物だけを摂取して生活する微細な生物であったとする考えが支配的であ

った。ところが1923年以来A.И. オパーリン(Опарин, 1894～、現代ソ連の生物学者)はそれとは正反対の、生物は有機物を栄養とするものから始まったとの理論を展開した。まず炭化水素を出発点として原始的な有機物が生じ、しだいに複雑化して、原始海洋中にタンパク質様物質や類似の高分子化合物の溶液ができ、これらの化合物が集まって、境界面をもったコロイド性の滴(コアセルベート)をつくって分離した。滴と外部の有機物の溶液とのあいだに物質代謝の作用が生まれ、適応と自然淘汰による滴の進化が始まり、原始的な有機体が形成された。光合成をする無機栄養の植物はずっと後に現われ、それを前提として酵素呼吸をする有機栄養の動物が現れた(《生命の起源》1936)。バナール(J.D. Bernal, 1901～71。現代イギリスの生物物理学者。見解発表、1951)は、出発点の物質と場所その他について異説を出しているが、生命は第一次有機物の非常に長い進化の歴史の所産として生じたとする基本的な点では一致している。またオパーリンは、デオキシリボ核酸(DNA)など高度に複雑な有機物は、それらが部品となって生物が生まれたのではなく、原始有機体の進化の過程でそれらが造り出されたのだとしている。生命の起源の問題は生命の本質の問題と不可分である。→生命

ダーウィニズムDarwinism (294)

生物進化に関する自然淘汰説を中心としたダーウィンの学説。生物はその生育する環境に適応することによって生きていくものであるが、内的小および外的な原因によって変異が起こり、同一の種類からすこしずつ異なった子孫が生まれる。そして生存にすこしでもより有利な変異をしめす個体が、自然界における激しい生存競争にうちかって生き残る。この変異はその大部分が遺伝子的であって、世代を重ねて淘汰がつづけられることによって、小さい変異が累積されて、新しい性質、より高度に適応した性質をもつ生物が生じ、新しい種、属などの分化が起こる。以上が主要な論点であるが、変異と遺伝の原因との法則、連続的な小変異と質的な変化との関係、生存競争の役割などについて、疑義、批判、検討が加えられている。なお、その大きな思想的影響によって、一つの思想的潮流の呼び名ともなっている。その説の社会への適用については、ダーウィン自身は非常に慎重な、むしろ控え目な態度をとっている。→社会ダーウィニズム

ダーウィンとマルクス

一八五九年は、マルクス(K. Marx 1818～1883)の『経済学批判』が刊行された年でもあった。そのマルクスは『種の起源』がでてからまもなくのちにそれをよみ、自分の思想と共通するものをそのなかに発見した。一八六一年および翌年にエンゲルスやラッサール(F. Lassalle)にあててかかれた書簡のなかで、マルクスは何度かダーウィンの学説にふれている。かれは『種の起源』が自然科学における目的論に致命的な打撃をあたえたばかりでなく、自然科学のもつ意味を経験的に確かめているものであるとして、評価した。これまでの自然科学的唯物論では歴史とその過程が除外されてきたのにたいして、ダーウィン学説は自然界の変化と発展に焦点を合わせており、古い超自然主義とともに古い唯物論をも克服するものであると、考えられた。

とはいえ、ダーウィン学説に多くの欠陥がふくまれていることも、マルクスはのべている。ダーウィン学説に動機をあたえたといわれてきたマルサスの『人口論』をマルクスは種々の点で批判しており、人口が幾何級数的にふえ動植物は算術級数的にしかふえないという理論の矛盾も指摘していた。それらの欠陥や矛盾がダーウィン学説のなかに潜入しているとみることもありえただろう。しかし、マルクスはマルサスにたいするそのような批判的見解にもかからわず、ダーウィンの学説および思想の意義をいちじるしく高いものとみた。マルサスと同一視しなかった点においても、マルクスは正当であったであろう。さきにのべたとおり、マルサスとダーウィンとの関係についての従来の観念はうたがわれてきているのである。

マルクスは『資本論』の第一巻ができたとき（1867）、それをダーウィンにおくった。ダーウィンは、ただ丁重な謝辞をのべただけであった。のち『資本論』の英語版をだすにあたって、マルクスは校正刷りの一部をダーウィンに送付し、書物にダーウィンへの献辞をかくことについて許諾をもとめた。ダーウィンは、その申し出を辞退した。それをのべた手紙は、モスクワのマルクス・エンゲルス研究所に保存されている。現在でているダーウィン伝のなかではキースの著作(A. Keith: Darwin Revalued, 1995)が、その間の事情をもっともくわしく伝えている。上記の手紙の内容をキースの引用によってみると、ダーウィンはマルクスの好意に感謝しながら、家族への顧慮を理由に献辞をうけることをことわっている。「私はどんな問題に関しても意見の自由ということのつよい支持者ではあるのですが、キリスト教および有神論にたいする直接的な論議は公衆にたいしてほとんど影響をもたないように、（正しいか誤っているかは別として）私には思われます。…それゆえ私はつねに宗教にかんして書くことは避け、科学だけにかぎってきました。私がどんな方法にしる宗教への直接の打撃に手をかすならば、それは私の家族の一部の者たちを心配させることになるであろうという懸念に、私はあまりにもつよくとらわれすぎているのかもしれない。」そのあとには、私は老人で弱っており、校正刷りを読むことができかねるという意味の言葉が、のべられている。こうしたことでダーウィンの不徹底とか臆病とかということがいわれた場合があったが、この手紙が書かれたのは1880年10月であり、彼の死の一年半前であったのだから、もっと同情的にダーウィンをみてもよいであろう。むしろ心情の正直な告白に好意をもつことができるように思われる。

ところで社会の問題について、マルクシズムで焦点におかれているのは階級闘争であり、ダーウィニズム、というよりダーウィンほんらいの思想において基礎になっているのは個体間の競争である。この点では、マルクスとダーウィンは明らかに異なっている。マルクシズムとダーウィニズムとの一致点、あるいは一致可能な点は、基本的な世界観にあるとみるべきであろう。

（進化論の歴史、八杉龍一より、岩波新書 727）

進化学への発展—「種の起源」後の歴史

ダーウィンの時代から今日までの間に、生物学は巨大な進歩をし、変貌をとげた。進化の問題は生物学のほとんど全分野の成果を包括して論じられるようになってきているので、

もはや進化論ではなく進化学の名で呼ばれている現代的な研究にいたるまでの道のりを、ここに詳細にのべることはできない。ただ『種の起源』（一八五八—一八五九、刊行）一〇〇年をすでにこえた現在では、生物学の様相はいちじるしく変わっており、前世紀的な生物学の観念で進化論を考えることは妥当でなくなっているから、現代の問題の理解に必須なかぎりにおいて、前世紀末からの進化論ないし進化学の発達をふりかってみることにしたいと思う。

生物学が全体として、つまり諸分野にわたって、実験的科學へと転回したのは、一八九〇年を中心とする時期においてであった。発生学は比較発生学の段階から実験発生学の段階に進み、また実験的科學としての遺伝学が興隆した。その時代に、それらは発生生理学、遺伝の生理学とよばれた。生理学はすでに実験的科學として確立されており、その方法を生物学の他の分野に導入する、あるいは生理学の方法を他の分野に適用するというふうと考えられたのである。

生理学的研究でえられた観察事実も、本来は進化の観念で説明さるべきものである。しかし生理学は直接的には現在の事象の因果関係の解明を目的とするものであり、その解明をもっていちおう「説明」を完了させることができる。したがって、実験的生物学に転回したことは一大きな発展ではあったが、進化への関心を退潮させる因もつくった。実験的生物学は、少なくともその成立期においては、機械論的生物学の性格を濃厚にもっていた。物理的科學および技術の巨大で広汎な成果と、生物学へのそれらの一方法としての一導入とは、生命機械論をさらに普及させるものとなった。

ところが他方では、生命機械論の強化に対抗して、超自然主義の生命観も有力に提唱された。しかもそれは、実験的結果を支柱にするという新しい形をとってあらわれた。ドリーシュ(H. Driesch 一八六七—一九四一)の全体論的生命観すなわち新生氣論はそれであり、以後今世紀の前半の間に多少ずつ意味あいのちがった全体論が、いろいろの生物学者によってとなえられた。

どちらの生命観からも、進化の問題への深い関心はでてこない。この時代に進化論ならびに自然選択説を衰退させる社会的要因があったといわれることを、まえにのべたが、そのような状況にあった社会が、双方の生命観にたいして背景となっていた。

生物学の面でさらにいうと、生物の進化の系統を実際に確定するのは困難であるということが、実験的生物学への転回の消極的な因をなし、また進化への関心を稀薄化させた条件にくわわっている。なおそのうえ、前世紀末より今世紀初年にかけての遺伝学的研究の成果が、遺伝性の不変の面のみを印象づけたということもあった。この時期の様相についてフィシャー(R. A. Fisher 一八九〇—)は一九五四年にかかれた論文で、「(それは)メンデルの遺伝法則の発見 [ドフリースらによる再発見] が自然選択説にとって不利である、あるいは致命的であるという、初期の遺伝学者の間にひろまった考え方からはじまった」と、かいている。さきにいった進化論の不可知論的時代というのはこの時期をさしており、それにさきだつヘッケル、ヴァイスマンらのロマンティックな熱狂の時代と対照されるものである。一九〇一年にドフリース(H. de Vries 一八四八—一九三五)は突然変異説を進化の原因の学説としてたてたけれども、その突然変異の概念はのちの遺伝学で確立されたもの

とは異なっており、多数の生物学者にすみやかに受容されるにはいたらなかった。それよりもベーツソン(W. Bateson)、ヨハンセン(W.L. Johannsen)らによる、進化に関する消極的な態度のほうが大きな影響をもった。

はじめ実験発生学者であったモーガン(T. H. Morgan 一八六六～一九四五)は、一九一〇年ごろからショウジョウバエを材料に用いて遺伝の研究をはじめ、遺伝子説の基礎をさだめた。かれはドリーシュ的な生氣論あるいは全体論を排して、生命現象を物質的基礎のうえにおいて理解することを終始強調した。かれは進化の機構を突然変異と自然選択の組みあわせとして簡明に図式化した。自然選択説は、大きく息を吹きかえた。モーガンの説明は単純にすぎ、機械論的でありすぎるという批判も多くおこったが、現代進化学の礎石をおいたのはかれであった。他方、生物集団における選択の現象の実験的ならびに数理的研究が、前記のフィシャーらにより展開され、フィシャーの著作『自然選択の遺伝学説』(一九三〇)は集団遺伝学という科学の基礎をつくった。

一九四〇年代ごろからあらわれた一つの著しい特徴は、進化の研究を生物学の全分野の総合のうえにおくという傾向が目だってきたことである。総合学説、総合学派というようなよび名が、しだいに使われるようになった。といっても、それは遺伝学の発展を基調としているので、ネオメンデルイズムの呼称も用いられている。しかし、総合学説とネオメンデルイズムとの両語を使いわけられる場合もある。

遺伝子の本体がデオキシリボ核酸(DNA)であろうということが、しだいに確実にになってきたのも、一九四〇年代であった。一九五三年にワトソン(J. D. Watson)とクリック(F. Crick)は DNA の構造の二重らせんモデルを提案し、DNA のこの構造解明にひきつづいて細胞内における DNA、リボ核酸(RNA)、タンパク質の関係が明らかにされた。それによって、DNA がどういうしくみで遺伝情報をにない、伝達するのかということが、つきとめられた。

突然変異は進化の素材と考えられており、その突然変異の基本になるのは DNA のになる遺伝情報の変化であるから、それについての詳細な研究は、進化の原因にかんするわれわれの知識をおおいにすすめるものとなる。だが現在においては、それだけでなく、遺伝情報の変化のあとをたどることを系統追求の手がかりとして利用する研究もなされてきている。

この間に、オパーリン(A. I. Oparin)をはじめとする学者たちによって生命の起源の問題の科学的研究が確立されるようになったことも記しておかねばならない。生命の起源と進化とは連続した現象であり、問題として密接な関連をもつからである。

動植物の生理、生態、動物の行動などの面からの進化の研究もさかんになされており、また化石の研究と遺伝学的研究とを総合するというようなことも、いろいろな形でこころみられている。

(進化論の歴史、八杉より)

分子進化の中立説

1968年木村資生は進化学史上画期的な理論「分子進化の中立説」を発表した。いわく、「遺伝子やタンパク質といった分子においては、淘汰にとって有利でもなく、不利でもない、中立な突然変異が偶然に集団に固定した結果進化が起こる。」有害でない限り、中立な突然変異には、等しく集団中に固定するチャンスが与えられている。まれには有利な変異もあるが、それは数において圧倒的に少ないのである。遺伝子に蓄積された変異の大部分は中立的変異というわけである。これは明らかに淘汰説と対立する。

自然淘汰説と中立説との違いは、突然変異が集団に固定していくときのメカニズムにある。自然淘汰説では、生存に少しでも有利な、子どもを多く残せる変異が選択され、集団に広まっていくと考える。一方、中立説では、生存にとって不利な変異は自然淘汰によって集団から除去されるという点では自然淘汰説と同じだが、それ以外の変異、すなわち分子の進化に寄与する変異は、偶然に集団に固定する、と考える。すなわち、自然淘汰説では生きるうえで優秀な特性を持った変異を選抜しているのに対し、中立説ではどの変異も優劣はなく平等に選ばれるチャンスがあるわけである。

中立説は自然淘汰による分子の進化を全面的に否定しているわけではない。中立説は分子の進化に寄与する変異のうち、中立的変異の方が淘汰に有利な変異より数において圧倒的に多い、ということをも主張しているのである。しかしいずれにせよ中立説は、分子レベルで起こる進化のメカニズムが形態レベルで起こる進化のメカニズムとは異なっていることを提示している。

現在、分子進化の中立説は、分子レベルで起こる進化を説明する理論として広く一般に受け入れられている。一方、生物の形態や行動パターンといった眼でみてそれと分かる表現型レベルの進化は、いぜんダーウィン流の自然淘汰説で説明されると考えられている。すなわち、どちらのレベルの進化を考えるかで、説明する理論を使い分けているのが現状である。

(分子進化速度と機能的制約)

中立説によると、一定期間内に遺伝子に蓄積される(集団中に固定する)変異の数(これを v と書き、進化速度と呼ぶ)は次のように簡単に表される。総突然変異のうち、有利な変異は非常に少ないから無視できる。中立な変異の割合を f とすると、残りの変異($1-f$)は有害で、有害な変異は集団中から速やかに除去されてしまい、進化に寄与しない。

互いに交尾によって繁殖している生物の集団が N 個の個体からなっているとしよう。二倍体の染色体を持つ生物では、ある特定の遺伝子は全集団中に $2N$ 存在することになる。このうちの一つに中立な変異が現れて、それが集団に固定する確率を考えよう。中立説は、中立な変異が集団に固定するのは偶然のチャンスによって起こると主張する。 $2N$ のどれもが平等に、等しく集団に固定するチャンスがあるので、たまたまそのなかの一つが集団に固定する確率は $1/2N$ である。

一定の時間内に一つの遺伝子上に μ 回だけ中立突然変異が起こるとしよう。すなわち、

中立突然変異率を μ とする。したがって集団全体としては、一定時間内に $2N\mu$ 回中立な変異が起こることになる。一つの中立な変異は集団に固定する確率が $1/2N$ であったから、集団としては、一定時間内に $(2N\mu) \cdot (1/2N) = \mu$ 回、中立な変異が固定することになる。これは、単位の違いを別にすれば、とりも直さず進化の速度 v である。すなわち、進化速度は中立突然変異率に等しく ($v = \mu$) なる。

全突然変異のうち、中立な変異の割合が f であったから、全突然変異率を μ_T とすると、中立突然変異率 μ は $f \cdot \mu_T$ となる。したがって、分子の進化速度は

$$v = f \cdot \mu_T \cdots \cdots (1)$$

となる。

遺伝子が違うと中立な変異の割合 f の値も違ってくる。遺伝子にはその機能を果たすうえで重要な部位があるが、その部位に起きた変異は、ほとんどの場合、機能を損なうので有害である。したがってそうした部位には変異は蓄積しない。このことを「機能的制約」と呼んでいる。重要な部位がたくさんある遺伝子では、 f が小さくなるから、式 (1) によれば、こうした遺伝子はゆっくり進化することになる。

1996年（「眼が語る生物の進化」より）

Darwin and Mendel(1859-1865) から Watson and Crick(1953)へ.....進化論と遺伝学

cf. 進化の化学 by John Gribbin from Darwin to DNA

cf. 八杉竜一、進化論の歴史

種の起原 (1859, 50y, On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life), 植物雑種の研究 (J. G. Mendel, 1865, Feb, Mar 講演; 1866 発表), DNA-double helix model (T=A; C≡G, James D. Watson & Francis Crick, 1953),

C. Darwin (1809~1882)

G.J. Mendel (1822--1884)

発生生物学の歴史

進化・遺伝・発生

とくに神経発生における弁証法的見解 (重要)

量的変化から質的变化への移行の法則、およびその逆low of transition from quantitative change to qualitative change, vice versa (508-9)

弁証法の基本法則のひとつ。事物の変化・発展が、どのように、どういう条件でおこなわれるかを説明する。この法則の理解には、すべての対象（現象もふくめて）が、量と質との統一（度合）において存在することをみとめることがたいせつである（→質と量）。一つの対象が根本的に変化して他のものになるのは、質的变化によるのであるが、この変化が生じるには、まず、その対象がもっている量的規定の変化を前提とする。量の変化がある程度おこっても、質は変わることなくそのまま維持される。量的変化は、こうした一定の質的同一のうちで、気づかれず漸次的におこなわれ、それが一定の限界にまで増大していくと、必然的に、一定の瞬間にその変化の過程に飛躍的な移りゆきが生じて、質のうえに根本的な変化がおこり、古い質から新しい質へ移行する。このような変化の過程のあることをしめすのが、この法則である。これは、自然・社会、また思考を通じて、すべての過程に見いだされるものである。量的変化と質的变化は、相互にむすびあい、依存しあっているもので、ここにみたように、量の変化の結果として質の変化がみちびきだされるだけでなく、また質の変化は量の変化をみちびきだす。それは、すべての事物が量と質との統一であることから必然的にあらわれるものであり、質的变化が生じて古い質から新しい質になれば、この質はかならず新しい量的規定性をもつこととなるのであり、したがって新しい質は量の点でも新しいものをあらわしていなければならない。このことが、いわゆる<その逆>としてしめされる、この法則の他の側面である。さらに、注意されるのは、この量および質の変化は相対的性質をおびているという点である。すなわち、大きな、一般的な質のうちには、それより小さい、より一般性のせまい質もある。たとえば、資本主義という社会のもつ質にたいしては、産業資本主義や独占資本主義はより小さく、より一般性のせまい質である。しかし産業資本主義が独占資本主義に移行することで、前にはなかった新しい本質的な特徴・性質があらわれる。この意味では、両資本主義の段階は質的にちがっている。しかし、より大きい、より一般的な質からいえば、つまり資本主義全体の質からいえば、両段階とも本質的には同じ質をもっていることになる。このことでわかるように、量から質への変化・移行も、相対的な意味においてあらわれる。また、この量・質の移行には、飛躍といわれる非連続の面があると同時に、連続の面がある。非連続は質的变化にあらわれ、他方、連続は量的変化の側面にしめされる。この両面が、発展といわれるものにあることをみないと、形而上学的思考にみられるように、たんに量的変化だけをみて、飛躍をみとめないことになり、改良主義者や社会科学者のある者たちにみられるように、進化だけ、改良だけが社会発展の道だと考えるようになる。またそれとは反対に、量的変化の過程を無視して変化はただ飛躍にのみあるとみると、無政府主義者や極左冒険主義者の非科学的見解や行動になる。最後に、マルクス主義が説くこの法則は、ヘーゲルがこの法則についていうのとは、まったく反対である。ヘーゲルは、その弁証法で、最初にこの法則を定式化したのであるが、かれにあつてはこの法則は絶対理念における論理的なもので、これをもとにして現実的世界を説明する方式にした。マルクス主義では、この法則はまず第一に自然において見いだされ、その反映である思考において法則として認識

されるのであり、さらに社会においても、思考においても見いだされることがになる。この法則はそれゆえ思考がたてるのではなく、客観的实在の法則なのであり、思考のほうはそれを反映したものである。

対立物の相互滲透interpenetration of opposites, Durchdringung der Gegensätze (293)

エンゲルスは《自然弁証法》のうちの〈弁証法〉という覚え書きで、弁証法の基本法則として、1) 量から質への、またその逆への転化の法則、2) 対立物の滲透の法則、3) 否定の否定の法則をあげている。この第二法則にあたるのが、この相互滲透である。これは、統一をたもっている事物のうちに、たがいに対立する要素があり、これらが相互に相手を制約しあうことである。自然および社会の諸事物は、すべて、みずからのうちにたがいに對立する要素を含み、この内的な矛盾によって事物は自己運動する。この内的な対立要素は、たがいに、相手にたいして反発し否定しあい、相手の存在の仕方を条件づけあう関係にある。すなわち、これら対立要素は相手に影響をおよぼし、その作用を滲透させあっている。ここに事物自身の変化が生じるし、対立要素の一方が他を圧倒する影響・作用をおよぼすことで、事物はこれと異なる新たな事物に転化するにいたる。この関係をしめしたのが、相互滲透である。→対立物の統一と闘争の法則

否定の否定の法則law of negation of negation (388-9)

唯物論的弁証法の基本法則のひとつ。それは、発展が不断におこなわれること・発展において新たな質の出現に当たって旧来の質との関連をもつこと・新たな質は旧来の質よりも高い段階にたつものであり、発展は前進的方向をもつ過程であること——これらをしめす法則である。ヘーゲルがまず、彼の弁証法で、この否定の否定の法則を説き、彼はその観念論的立場から、絶対理念の自己発展をいいあらわす法則とし、それは一つの定立の否定としての反定立、そしてこの反定立の否定としての総合という見地をもって、世界全体の発展過程を説明して、いわゆるトリアドの方式をたてた。唯物論的弁証法では、自然・社会・人間の思考をつらぬいておこなわれる弁証法的発展において、この法則はとくに対立物の統一と闘争の法則と密接に結びついて考察される。対立物の統一と闘争の法則は、矛盾・対立する両側面の闘争によって、その矛盾・対立が解決されて従来の質的狀態が新たな質的狀態へと移りいくことをしめす。すなわち、従来の質的狀態の否定として新たな質的狀態が出現する。この過程はそれで終わるのでなく、この新たな質的狀態はその内部に生じる新しい矛盾・対立によって、この状態が否定されてさらに第三の質的狀態へと移りいき、こうして発展は持続する。このような質的移行にあたって、旧来のものと新たなものとのあいだには、たんにまったくの断絶があるのではなく、旧来のもののうちにふくまれた積極的要素は、新たなもののうちにうけつがれ保存される。これが弁証法的発展における弁証法的否定であって、形而上学的否定が前後二つのものあいだにまったくの断絶をみ、まったく別個のものとし、前のもの・旧来のものの破壊のみとらえるのと異なる。

したがって、新と旧とのあいだには、そこに関連するものがあり、発展の過程の持続があるのである。しかし新しく出現したのは質的に新しいものであるから、たんに旧来のものの延長ではない。この点では、断絶があり、飛躍があるという面をもっている。こうして新たに出現した質的狀態は、旧来のものから積極的なものをうけつぎながら、質的に新しいものとしてあらわれるのであるから、それは旧来のものより高い段階にあることになる。この関係が、質的移行ごとにおこなわれるので、新しくあらわれる段階は、次々と、前段階よりも高いということになる。否定の否定の法則は、この点で、発展が前進的・上昇的であることをしめしている。また<否定の否定>とは、このような発展において、ひとつの出発としてとられる段階がつぎに否定によって新段階にいたり、これがふたたび否定によって第三の段階に移り、この段階は、論理的に言えば、ヘーゲルがみたように、高い段階においてではあるが、出発の段階にもどったことになり、これからまた発展がすすめられる、ということからいわれるのである。しかし、唯物論的弁証法は、このことから、世界の発展がトリアド＝三段階的に進むとみるのではない。それは、否定の否定があくまで発展の不断の持続だとみなすのである。と同時に、それは形而上学的見方がするように、前後の質的变化をまったく切りはなすのでなく、脈絡あるものとし、この脈絡のうちに発展の低いものから高いものへの前進・上昇の過程をみるのである。→発展

生物学以外の科学分野における特記すべき事項

Glossary

homme de science naturel historique :

Charles Darwin (1809-82),

Johann Gregor Mendel (1822-1884),

Camillo Golgi (1843-1926),

Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936),

Santiago Ramon y Cajal (1 May 1852-1934; Nobel P. 1906 c Golgi),

Charles Scott Sherrington (1857-1952),

Johann Wolfgang von Goethe (28 Aug 1749-1832),

Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831, Platon らの系譜をひく客観的観念論者、彼自身のいう<絶対的観念論>),

Karl Marx (1818-1883, 共宣 1848-Feb, 資 vol. 1-1867),

電子軌道

各元素の原子は原子核と電子からなる。原子核は陽子と中性子からなり、陽子の数は原子番号に等しい。原子に含まれる電子の数は陽子の数と等しく、電子の持つ陰電気は陽子の陽電気をちょうど中和する。電子は粒子であると同時に波であり、1つずつが1つの振動状態に対応する。粒子として考えると、太陽系の惑星のように、原子核を中心とする軌

道の上を1つずつ運動しているとも表現できる。各軌道は自転の方向が異なる2つの電子を容れることが出来る。この軌道には、1、2、3、…（量子数）と番号で表される種類があり、量子数に応じてだんだんと大きくなり、エネルギーが高くなる。振動からいえば倍音に相当する。第1軌道は球状の1s軌道だけで、2個の電子で満たされるが、第2の軌道は球状の2s軌道の他に上下・前後・左右に伸びた回転楕円体の3つの2p軌道があり、2+6総計8個の電子で満杯になる。さらに第3の軌道は2+6電子で3s、3p軌道が一杯になるが、さらに10個の電子を容れるd軌道も存在する。このように主量子数nが増すと、軌道の数はその2乗の2倍、 $2n^2$ と増えていく。元素の種類が変わり、原子番号に伴って電子が増えていくと、電子はエネルギーの低い順に軌道を占めていく。1s軌道あるいはp軌道を満たしたときに安定になる。いちばん外側の軌道にある電子（外殻電子）の数によって、その元素の化学的性質が決まる。外殻電子は失われたり、補充されたり、あるいは他の原子と共有されたりして、化学結合を作って安定化されるからである。外殻電子が同じ数であると同じような結合を作る。周期律表に示されているように、第1周期の元素は外殻電子は1sにあり、2個でいっぱいになる。第2周期は2s2個、2p6個、計8個で満杯、第3周期も同様である。軌道が一杯になる電子数を持つ元素は安定で、化合物をほとんど作らない（He、Neなど）。外殻電子が軌道に満たない場合は、その数に応じて同じ原子価を持ち、同じような化合物を作る（周期表の縦の族）。第4周期には、4sの次に3dの軌道が割り込んで、4pが一杯になるには18電子が必要である。3dの軌道のエネルギー準位が4sと4pの間になるからである。3dの軌道に充足しない電子を持つ元素は遷移元素といい、周期律では割り込んだ形になる。表I①（10頁）の周期表は遷移元素を省略した。II族CaとIII族Gaの間にFe、Cu、Znなど10元素が入る。これらの元素はすべて金属であるが、錯塩など複雑な結合を作る。

物質から生命へ（石本著）1996、より

参考

意志will (11)

広い意味では、動機から発してその動機を実施させる活動が意志活動といわれ、この活動をさせるのが意志といわれる。この場合には衝動のような自然的欲求からでる動機についてもみとめられる。せまい意味では、そしてとくに問題にされるのは、なんらかの行為にでる人間の意識的決定をする働き、行為の選択をし、きめられた行為を実行することであり、善悪・正邪の価値に関係し、道徳的判断の基礎をなす。→意志の自由、主意説

運動motion (26)

日常語では物体の位置変化をさすとだけ解されているが、哲学ではすでに古代のアリストテレスが質的变化や量的増減をもふくめて運動(kinesis)とよんだように、ひろく変化一般を意味する。このように解された運動は、物質のもっとも普遍的な存在形態であって、自然、社会のあらゆる過程をしめすものである。しかし、18世紀以前の唯物論は物質の

運動をみとめながら、これを力学的（機械論的）運動たる位置変化にかぎって考えていたが、19世紀以来の諸科学の発展の上にとって弁証法的唯物論は、運動を上述のように広い意味に理解することを得しめた。運動は物質にそなわる存在形態と解されることで、物質のない運動はなく、また運動のない物質はないのであり、静止はただ条件的なもので、たとえば地球に対して一物体が静止状態にあるとされるが、これら両者とも、太陽系にかんしてはともに運動している。また一物体が自己同一の状態をたもちつづけていても、その内部ではこの物体を構成している諸要素の運動、諸要素の更新や相互作用や矛盾などがおこなわれている。物質の運動は単純な形態から複雑な形態へと重層して依存するものであって、それらは力学的、物理学的、化学的、生物学的、社会的というような段階を形づくっている。そしてこれらの運動形態はそれぞれに固有な特徴をもっていて、複雑なものを単純なものに還元することはできない。運動を発展ということに対比した場合、前者は後者よりも広い概念をしめし、発展によってしめされる物の内部に支配する法則のほかに、運動は偶然的な、また外面的な変化をも含んでいる。

演繹推理deductive inference (33)

帰納推理に対する。いくつかの前提から、はっきり規定された理論的形式だけをたよりに、結論を導き出す形式理論学上の手続き。そのさい、前提と結論との具体的内容はいつさい問題にしない。だから、手続きとしての形式上の妥当・非妥当と、内容上の前提と結論との真（→真理）・偽とのあいだの関係には、いろいろな場合があり、一義的にはきまらない。もちろん、前提がすべて真であり推理が妥当であれば、結論は絶対に真にある。演繹的推理には、1)一個の前提から結論が導き出されるもの（直接推理）と、2)二個以上の前提から結論がみちびきだされるもの（間接推理）とがあり、後者の典型は三段論法である。

概括generalization (44)

形式論理学上の手続きのひとつ。抽象によってとりだされた諸事物に属する共通の本質的徴表にもとづいて、それら諸事物を同種類の事物のグループへ思考上で統合すること。いいかえれば、一つの問題のもとへ統合すること。

概念concept (50)

事物やその過程の本質的諸特徴を反映する思考形式で、人間の思考活動の基本的単位。人間は、太古以来の生産活動と、やがて階級社会での階級闘争とのなかで、事物・過程について概念を形成してきた。概念を用いて人間は、事物やその過程の本質的諸特徴をとらえ、一般的なことがらについて考えることができるし、さらに法則を発見することができる。概念は、言語とともに生まれ、言語で表現される。言語で表現された概念が<名辞>である。名辞は、文法でいう名詞または単語にあたり、主語や述語として命題の構成要素となる。論理的には、概念は判断の構成要素である、といえる。しかしまず概念があつて、それが結合されて判断できるというわけではなく、多数の事物・過程について社会的

実践の中でおこなわれる判断を前提し基礎として形成されてくるのである。すなわち、概念は、事物・過程がさまざまに比較され、思考上でその構成要素へ分けられ（分析）、その本質的諸特徴が非本質的諸特徴と区別してとりだされ（抽象）、こうした本質的諸特徴が概括される、という手続きで形成される。このことは、日常生活におけるにおける〈木〉などの単純な概念の形成についても、高度に発達した科学で用いられる〈核力の相互作用〉などの抽象的な概念の形成についても、基本的には同様である。概念のこうした本質的諸特徴の総体を〈内包〉という。つまり、概念の意味内容のことである。これにたいし、概念を適用できる事物・過程の集合、つまり適用範囲の事を、〈外延〉という。内包と外延とは、すべての概念の構造をなす契機であって、内包が貧しくなればなるほど外延はひろくなり、内包が豊かになればなるほど外延はせまくなる、という相互関連をもっている。両者は、実践がひろまり深まり科学が発達してくるにつれて、歴史的に変化してきたし、これからも変化していく。概念の内包を明示的に規定する手続きが〈定義〉である。→カテゴリー

仮象semblance (58)

感覚に直接にみとめられる事物の本質のあらわれかたの一つ。これは事物の本質が不的確でゆがめられてあらわれているものである。たとえば、太陽が地球を中心にしてめぐるとみられるとか、水中にさしこんだ棒がまがってみられるとかのあらわれ方である。哲学上、思考によって実在がとらえられるとする場合には、感覚にあらわれたものは仮象とされ（エレア派の例はその一つ）、不可知論の立場では、真実在は認識のそとにあるとされるから、われわれの認識にはいるのは仮象だけとなる（ヒュームの立場はその例）。実証主義の立場からいうと、客観的実在とわれわれの観念との対立は消され、認識はわれわれの意識の事実限定されるので仮象の問題はなくなる。しかし実際には、仮象は客観的事物にむすびつくもので、たんに主観的なものではなく、事物の本質が仮象としてあらわれるには客観的根拠があり、なぜ仮象としてあらわれるのかを明らかにするのは、科学的認識の任務をなす（水中の棒がまがってみえるのは、たんに主観的なとらえかたによるのではなく、水中、空気中を通過する光の進行の差という客観的根拠がしめされるように）。マルクスはその《資本論》で、資本主義で生産者のあいだの関係が商品の間関係としてあらわれ、物神崇拜が生じるという仮象を、科学的に明らかにしている。

仮説hypothesis (58-59)

ある事柄を統一的に説明するために設けられた仮定。研究者は、ある事柄を研究する場合に、観察・実験・調査などで手に入れた資料を検討して、そうした仮定を立てる。この過程では、たいていの場合、直覺的要素が含まれ、資料からの帰納というようには論理化・形式化までにいたっていない。発見の心理とか発見の論理とかいわれる研究は、おもにこの仮説定立の過程を取り扱うものである。仮説は実践をつうじて検証されなければならない。そのために、まず仮説から、実験や観察や観測が可能な、いくつかの命題が演繹され、つぎに、こうした諸命題が検証される。すなわち、それが事実と合致するかどうかをテスト

トされる。この結果が満足できるものであれば、つまり、上の諸命題がすべてこのテストに合格することが確認されれば、もとの仮説は真理性をもった理論という資格をえたことになる。検証の結果が不満足なものであれば、仮説は修正ないし破棄されなければならない。そして、客観的実在をもっと正しく反映し検証に合格する見込みのある仮説が、おそかれはやかれ提起されるようになる。要約すれば、1)仮説の設定、2)仮説からの検証可能な諸命題の演繹、3)この諸命題の実践的検証、4)仮説の受容、つまり理論の成立、または仮説の修正ないし破棄。今日では、科学理論の成りたちをこのような仮説演繹法(hypothetico-deductive method)によるとする見解が有力である。

感覚sensation (71)

客観的外界が人間の感覚器官に生じさせる、まず最初の結果であり、外界の種々さまざまな要素が感覚器官の外面的部分を刺激することからはじまる。すなわち、この刺激は神経系を伝わって大脳皮質に達し、ここで感覚が生じきたるものである。この関係からみられるように、物質的実在たる外界に対して、感覚は第二次的なものである。感覚には、視覚・触覚・聴覚・味覚・嗅覚・温度感覚・圧覚・痛覚などがあるが、これらは感覚器官を刺激する外界がもつ特殊な性格による。ここに区別されるそれぞれの感覚は、同一性格の刺激から成るグループをつくっていて、その各々の感覚のグループは他の感覚のグループとは、相互に異なっている。たとえば、さまざまな色(視覚)のグループは、音や味などのグループとは似てはいない。これらの異なった感覚のうちで、もっとも発達しているのは視覚であり、触覚・聴覚・味覚などがこれにつづくとみられている。外界の対象がもっているいくつもの特性は、感覚においてそれらと同一の性質に対応しているものである、対象がもつ光という特性は、感覚においても光の性質、たとえば各種の色としてあらわれるように、人間が客観世界を知るのは、まず感覚をもってはじまるのであり、このさい感覚は、1)個々の感覚がひとつの信号の役をするという機能がある、白色とか赤色の感覚は熱の信号となるように。これは、熱は色によって得られる知識ではないから、色と熱との相互の関係が前もって知られている場合である。こうして、2)感覚は客観世界そのものに属している結合とか関係とかをとらえて、知覚としてあらわれる心像の構成部分を供給する機能をもっている。→感覚論

感情feeling (73-4)

感情は、人間が周囲の世界、外界のさまざまな現象、他の人びと・かれらの行動、そしてまた自己自身にかんして、反応する心的状態であって、実在する周囲のものごとにたいする精神活動の特殊な形態である。それは社会のなかで形づくられ、人間のふるまい、実践活動や認識活動で大きな役割を演じる。感情には種々な陰影・調子があって複雑であるが、それはまず快と不快とに分けられる。さらに持続の短い感情は情動(または情緒、emotion)とよばれ、よろこび・悲しみなどがそれに当てられる。情動は、人間の活動の成功や不成功、自己の必要に一致するか不一致かの指示をする役をし、人間の活動を統制する働きをする。満足(よろこびなど)をもたらすときは、情動は積極的・活動的で活気

に満ちた活動を促進し、不満（悲しみなど）の場合には、消極的で不活発さをつくりだす。さらに気分(mood)としてもあらわれ、これは長く持続的な感情で人々の行動や思想に一定の色調をあたえる。情念（または激情、passion）とよばれるものは、強くて持続的な感情である。また高度な感情として、義務感や名誉心というような道徳的感情、探求する問題の解決からくる知的満足感、あるいは、美しいものについての美的感情などがある。情操 (sentiment) といわれているのには、その規定が一定しておらず、あるいは道徳的・知的・美的の感情、あるいは愛・憎・尊敬・軽蔑といった情動と同一視される。

哲学史では、感情はすくなくからぬ役割をしている。プラトンはイデアにたいする愛（エロス）を説き、ストア派は感情にみだされない状態、アパテイア（アパシー、apathy）を奨励した。近代、デカルトはほとんど唯物論的に感情の説明をしており、これをうけたスピノザは外部に動かされる感情からの脱却を探究するとともに＜神にたいする知的愛＞を高く評価した。18世紀のフランス唯物論者や19世紀のヘーゲルでは、感情が歴史を動かす力であることをみとめている。また19世紀はじめにドイツの哲学者ヤコービ(Friedrich Heinrich Jacobi, 1743～1819)は啓蒙的合理論やカント哲学に反対し、これを批判して非合理主義の感情哲学（または信仰哲学ともいう）を唱えた。道徳説にも、快・不快の感情で善と悪とを規定する感情道徳説は古くからあらわれている（快樂主義、功利主義）。日本で感情を重視する思想には、たとえば本居宣長の＜もののあわれ＞論があげられよう。マルクス主義は、レーニンの言葉がしめすように、すなわち人間の感情がなければ、真理にたいする人間のどんな探究もなかったし、ありえないし、これからのちもないであろうと示しているように、感情を一面的にはとりあげないが、その意義を軽んじない。

機構mechanism (85)

機械じかけとか機械装置とかということ、つまり機械的構造のことである。機械は、いくつもの部分が全体の部品となって、相互に組み合わされてなりたっているが、そういう構造をさし、またはそれによる過程をいう。この構造は有機的構造とは異なっている。しかし、ふつうには、なんらかの構造をもってなりたっているものについて、この語が用いられている。

機能function (90)

一定の関係をもってなりたっている組織、たとえば身体・経済組織・社会組織などに属する部分があらわす働き。感覚器官の機能・貨幣の機能・国家の機能というように。観念論哲学の科学論のうちには、諸対象の機能の記述だけが科学をなすとして、事物の本質や法則を認識する可能性を否定する主張がある。→実証主義

帰納、帰納法induction, inductive method (90-1)

帰納は、ラテン語の＜inductio, inducere（みちびき込む）＞から由来する。機能的推理

(inductive inference)とよばれる推理の一形態であり、研究の一方法である。研究の方法としては、これは諸現象を経験的に調べる仕方を意味し、個々の現象から一般的結論をみちびきだす手続きである。この考えはすでにアリストテレスにみられるが、この意義はきわだってみとめられてきたのは、17,18世紀に経験的自然科学が発展してきたことによる。帰納の問題を明らかにするのに貢献したのは、17世紀のF.ベーコン、ガリレイ、17~18世紀のニュートン、19世紀のハーシェル(John Herschel, 1792~1871, イギリスの天文学者)、およびJ.S. ミルたちである。この推理は大別して完全帰納(perfect or complete induction)と不完全帰納(imperfect or incomplete ind.)である。前者は全体としてのあるクラス(部類)に関する一般的結論が、そのクラスに属するすべての要素をしらべあげたのを基礎にしてだされるときで、これは、すべての要素が、たやすく見いだされる場合にかぎられるから、限界ある範囲にしか使えない。後者はこれを二つに分ける。1)単純枚挙(simple enumeration)による帰納で、通俗的帰納。あるクラスの要素中のある要素たちの特徴をとらえて、このクラスのすべての要素がこの特徴をもつという結論をだすもの。これだと範囲は制限されないが、結論は蓋然的たるにすぎず、さらに結論の正しさが証明される必要を残す。2)科学的帰納。これもクラスのいくつかの要素の特徴にもとづいて全クラスにその特徴があるという結論をだすのであるが、この場合にはその特徴が全クラスの所有であるといえるように、諸要素のあいだの本質的結合を発見していることを基礎とする。そこで、科学的帰納では本質的結合関係を明らかにする方法がもっとも重要となる。

この方法を伝統的理論論理学で定式化したのが因果関係を研究する<帰納法>といわれるものである。これはJ.S.ミルによって五つの研究法に整えられた。すなわち、1)一致法。研究しようとする現象のおこる二つまたはそれ以上の事例でただ一つの事情だけが共通のときに、この共通の事情は、その現象の原因または結果である。2)差異法。研究しようとする現象のおこる事例とおこらぬ事例とにおいて、前者にのみ現れるただ一つの事情をのぞいて他のいっさいの事情が共通のときには、そのただ一つの事情はその現象の結果または原因、ないし原因の重要な一部である。3)一致差異併用法。ある現象のおこる二つまたはそれ以上の事例においてただ一つの事情だけが共通で、その現象のおこらぬ二つあるいはそれ以上の事例においては、その事情がないということ以外に共通点のないときには、それらの二組の事例の相違点たる、そのただ一つの事情はその現象の結果または原因、ないし原因の重要な一部である。4)剰余法。ある現象中からすでに帰納法によって、ある前件の結果として知られた部分を取り去るときは、その現象の残りの部分は、前件の残りの部分の結果である。5)共変法、どんな現象でも、ある他の現象がある特殊な仕方に変化するにしたがって、自己もまたなんらかの仕方に変化するとき、その現象の原因または結果であるか、あるいは共通の原因の結果である。この五つの研究法については、なお論議が存しているが、とにかく、このような方法を用いて自然の法則を明らかにしようとしたのであるが、実証主義者のミルは客観的物質世界、そこにおこなわれる客観的法則、これらのことをみとめないの、帰納法による自然法則の成立には、かれは<自然の斉一性>を要求ないし仮定しなければならなかった。

客観、客観的object, objective (93)

客体ともいう。ラテン語 *objectum* から由来し、〈…に対してある〉の意味で、自存的な主体たるものに対して、という意をあらわし、主観内にある観念の側をいいあらわすのに用いられていたが、近代になってからは、主観に対して在るものの意味に使われるようになった。この使い方はロックではまだ明確になっていないが、カント以後には主観に対立する側をしめすことが明確になった。唯物論では、意識に依存せず、これから独立に存在する物質世界をいうが、観念論では、対象世界ではあるが、それは意識から独立してはならず、主観の側にとらえられて存在するもの、つまり意識の内容をさしている。したがって、客観的とは、唯物論でいう場合は、主観から独立な性質をもつものごとにかんずるという意味であり、観念論では、たんに個人ないしある集団だけに通用する意識内容でなく、広く普遍性をもつ意識内容をさす。

ギリシア哲学Greek philosophy (97-8)

古代哲学というとき、とくにインド・中国などの名を冠しない場合は、哲学(*philosophia*)の語の起源をなしたギリシア哲学のことをさすことが通用している。この哲学は古代ギリシアに発生し、またこれを継承した古代ローマをもふくむ。古代のギリシアもローマも奴隷制社会であり、そこに成立した哲学は、前7～6世紀から、アテネの新プラトン派の学校閉鎖が命じられた6世紀はじめ(529)まで、およそ千余年間にわたる。政治的にはギリシアは都市国家(ポリス)を形成していたが、奴隷制生産様式の発生・発展の時期の前8～6世紀には植民活動がさかんで、東方では小アジア西海岸(イオニア地方)に商工業を発達させた諸都市をつくり、西方ではイタリア南部、シチリア島に植民し、主として農業生産を開発した。ギリシア哲学には、すでに哲学上の根本的対立、唯物論と観念論が明らかにしめされ、また弁証法のおよび形而上学的認識も顕在しており、その他、それ以後の哲学問題の主要なものが提起され、論議されている。

ギリシア哲学はまず、世界の根本物質はなにかという探究にはじまり、これはふつう自然哲学とよばれる。それは東方イオニアの諸都市にあらわれ、そのうちでミレトスにタレスそのほかの哲学者らのミレトス派が最初(前7～6世紀)。もともこの地方はバビロニアやエジプトなど、その当時の先進国からの科学的知識、宇宙論・暦法・幾何学などが伝えられており、神話や宗教から科学・哲学への移りゆきを準備していた。ミレトス派は根本物質の問題を、もっぱら直接に感覚されるものから取り上げて唯物論の構想をたて、また天文学・数学などの科学的知識をすすめた。当時、同じく小アジア地方のエペソスにはヘラクレイトスがあらわれ、万物の本源を火とするとともに、その絶えざる変転を説いて、弁証法思想をいいあらわしていたことは有名である。南イタリアにはピュタゴラス派(前5～4世紀)、エレア派(前6～5世紀)ができ、エレア派は、真の世界は変化発展をせず絶対不変の一なる有であるとして、ヘラクレイトスに対立する主張をたてた。ここには形而上学的思考のあらわれがみられる。しかしこの派のゼノンの有名な逆説は、変化の虚妄なことを説明するためであったが、その後の弁証法的思考に大きな影響をあたえた。同じく前5世紀にシチリア島出身のエンペドクレスは、世界が四つの元素から生ずると説

いて、のちの原子論的唯物論の端緒をひらいた。これは従来の根本物質が感覚的なものだったのをすすめて、思考の精錬をへたものにするにいたっている。ギリシア本土は前五世紀はじめのペルシアにたいする勝利を機として、アテネをはじめ多くの都市国家の経済活動がさかんになり、奴隷制下の民主主義が発展した。以後、哲学もアテネを中心にして展開される。この状況のもとでソフィストの一群があらわれて、論議の教師の役をつとめ、知識・道徳の相対性を説き、宗教批判をおこなった。初期のソフィストらは知的発展に貢献するところがあったが、後期になるとこの立場がもっている主観主義・相対主義から、いわゆる<詭弁>を弄するようになった。この前5～4世紀には民主主義者で、世界を支配する因果法則を強調した原子論的唯物論者デモクリトスがでた。また、ソフィストに対立し、新たに認識や倫理の問題をたて人間の目的的行為と最高善を知ることの重要性を説いて、人々に感化をあたえたソクラテス、そしてその弟子プラトンがあらわれ、プラトンはデモクリトスの唯物論にはげしく対立して、イデア論による客観的観念論を主張した。エレア派、ピュタゴラス派など、それまで哲学者たちは観念論への傾きをふくんでいたが唯物論が主要な立場であったのが、プラトンにおいて明確な観念論が説かれるにいたって、唯物論と観念論との対立が鮮明になった。ギリシア哲学の頂点とみられるのはアリストテレスであるが、その哲学は一方で唯物論また弁証法をふくみながら、他方で観念論にかたむき形而上学的思考をもっていた。主傾向は観念論のほうにあったといえる。かれの生時にギリシアは北方マケドニアに征服されて独立を失い、ついで分立した支配におかれ、やがてローマの支配をうけるにいたる（前2～1世紀に完了）。この経過のうちに、いわゆるヘレニズム時代、ついでローマ時代となる。前4世紀以後の哲学は、1)ピュロンらの代表する懐疑論、2)エピクロスにはじまるエピクロス派、3)ヘラクレイトスの唯物論をとり入れつつ諸思想をまじえたストア派が主なものとなり、その時代を反映して、民族的自主性をうしなった世界市民という立場と自己一身の生活法の探究に専念することになる。元来、ギリシア哲学は奴隷所有者の立場を反映して観想的見地がいちじるしかったが、この時代にはとくにこれが強まった。

古代ローマがこれらの哲学を継承する。ローマはギリシアへの侵入いらい、ギリシア人のローマへの移住、その思想の流入があり、そこにはすぐれた哲学者としてはエピクロスの哲学をつぐ前1世紀のルクレティウス・カルスがあり、ストア派はローマ・ストアとなって観念論的・教訓的な諸説にかわっていく。それとともに、奴隷制での支配階級どうしの権力争い、奴隷や自由民の零落の進行などから、宗教的雰囲気が高まり、前1世紀ころからは新ピュタゴラス派、つづいて新プラトン派の神秘的思想を導きだし、やがて6世紀にその伝統がおわる。この間に、1世紀にローマにはいったキリスト教の神学にむすぶ哲学が教父哲学として成立し、これが中世の哲学へとつづく。

経験experience (110)

哲学で経験というときには、感覚や知覚によって直接的にあたえられる認識である。この経験を解釈するにあたって、二つの仕方が存在している。一方では、経験は経験する主観から独立に存在する客観世界を最初に反映しているという見解。これによれば、客観世

界は経験を通して人間に認識されることになる。この見地は唯物論の認識論をなりたさせる。他方では、経験はたんに主観の意識上の事実にはかならず、これが客観世界とむすびついているという見解をとらない。したがって、この意識上の事実を出発点として（つまり客観世界を写しているともみないで）、そこから人間における認識を論じてくると、意識における感覚的認識をもとにして客観がなりたつものとなって、観念論の認識論がつくりだされる。経験は、それ自身だけで十分な認識をあたえるものではなく、これを基礎にして思考の働きが加わらなければならない。経験は事物の認識の外面的なものにとどまるからである。この思考の働きが大切だということから、認識は経験にもとづくのではなく、本来、思考によって成立するものであり、認識の本源は思考にあるという合理論の主張が生じる。また、唯物論的知見から経験が客観世界を認識するものだという場合、経験されて意識に観念としてあらわれているものが、客観世界を写しているという保証をどうしてあたえるかという問題が、観念論の認識論にたつ側から提出される。マルクス主義以前の唯物論では経験を、意識がただ客観世界からあたえられるものをうけるというふうに、受動的にのみとらえていたので、この問題にこたえるすべがなかった。マルクス主義哲学は、経験はたんに受動的な客観世界の写しではなく、人間の生産活動をはじめとする実践のうちで獲得するものであることを明らかにすることで、意識につくられた観念が客観世界の真の写しであるかどうかは、実践よってためされ立証されるという答えがだされ、観念論の側の問題提起は意味をうしなうにいたった。このような経験の理解は、それにもとづく思考のはたらきについても新しい光をなげかけ（→感性的認識と理性的認識）、経験を基本とする唯物論の認識論の、観念論にたいする優越性をしめすにいたっている。→経験論、合理主義、不可知論

経験批判論empirio-criticism (112)

マッハ主義(Machism)ともいう。ドイツの哲学者アヴェナリウスとその一派の主観的観念論。マッハの認識論も含まれる。人びとに直接に事実としてあたえられているのは感覚のみだとし、これを<純粹経験>または<世界要素>とよび、主観と客観、意識と存在、心理的なものと物理的なものの対立を<原理的同格>とみた。こうして、この対立する両者をきりはなして、どちらかの独立性、本源性をみとめるのは、唯物論または観念論であって、これは独断的な形而上学だときめつけ、自己の<原理的同格>の見地が両者を越えた真の哲学だと主張した。しかし、それぞれの人間の意識上の感覚を基礎とするものだから、主観的観念論にならざるをえない。その見解は1905年～7年のロシア第一次革命後の反動期にそのマルクス主義哲学に影響をあたえ、それによる修正主義哲学があらわれた。レーニンはその著《唯物論と経験批判論》で、かれらの立場が18世紀のバークリの哲学のむしかえしにすぎないのを暴露している。この見解と同一系列にある現代哲学には、プラグマティズムや論理実証主義などがある。

経験論empiricism (112-3)

認識の拠りどころを経験におく認識論の立場。しかし経験の解釈のちがいから唯物論的

認識論と観念論的認識論の相違が生じる（→経験）。唯物論にたつ経験論は、古代ギリシアの自然哲学者たち、すなわちタレス以下のひとびとによって説かれたが、近代になって資本主義の生成・発展にともない経験科学の発展がみられ、そこから経験にもとづく科学的認識の成立にかんする哲学的考察がもとめられてきた。17～18世紀のイギリスにおけるF.ベーコン、ロックなどがこの立場を代表し、唯物論的経験論を展開した。18世紀のフランス唯物論はそれを継承している。しかしロックの見解には唯物論としては不徹底なところがあり（外的感覚によるのと、内省によるのとの経験の差別や第一性質・第二性質という認識上の区別）、そこからバークリの主観的観念論やヒュームの不可知論という観念論の認識論を生み出した。他方、ヨーロッパ大陸では、イギリスと異なる歴史的条件のもとに合理論の認識論がデカルト、スピノザ、ライプニッツらによって説かれた。18世紀後半にカントが認識論上のこれらイギリスおよび大陸の両立場を統一する試みをおこなったが、これは結局のところ、主観的観念論ないしは不可知論の立場をもたらずのものであった。19世紀には観念論の傾向にたつ経験論として実証主義があらわれ、これは20世紀以後も継承されており、この間にマッハ主義、プラグマティズム、論理実証主義を生み出している。唯物論の立場による経験論は、マルクス主義の認識論によって生かされて、それまでのようなその立場の狭さから脱却して、単に経験を解して眺める立場からだけでえられるとみるのと異なって、実践の見地をとりえ、それと同時に感覚による経験と思考によるその加工との関係を明らかにすることで、経験論と合理論の対立を解消することとなった。

形而上学（的） metaphysics, metaphysical (116-7)

形而上学の語の起こりは、アリストテレスの遺稿編纂のさいの《*meta ta physika*》、すなわち *physika*（自然学）のあとの本という名からはじまる。1)アリストテレスはこの部分を第一哲学とよび、すべて存在するものの最高原理を研究するとし、それは感覚によってはえられず、思弁的理性でだけ知りうると説いた。およそ前1世紀からこの意味に形而上学の語が通用されるようになった。中世ではこれがスコラ学の神学とむすびついていたが、近代になってからは形而上学は存在論の意味に解されており、世界全体についての知識であり、これをもとにして種々にあらわれる世界の諸現象を理解するというものであった。ところが18世紀にヴォルフが学を分類して、形而上学は人間の自由とか靈魂の不滅とか神の存在とかを論ずる部類のもの、つまり超経験的なことがらに関するものであるとされた。カントがこれを批判して、それらの問題は理論理性の扱うものでないと主張した。それ以来、形而上学は、主観的観念論者や実証主義者によって、経験の基礎に存在する客観的実在をみとめる唯物論にもあてはめられて、唯物論もまた形而上学であるとしてこれを排撃してきている。2)ヘーゲルによって明らかにされたように、形而上学は反弁証法的思考方法だという理解が説かれるにいたった。すなわち事物を、不変な、たがいに個々別々に引き離されて存在し、それ自体では運動せず、運動・変化の原因をその内部にもたないもの、というとらえ方をする一面的、主観主義的な思考方法をさすようになった。これは知識が、はじめはものごとを全体的な姿で、いわば大ざっぱにとらえていたのにたいして、

細部にわたって個々別々にそれぞれの知識領域を研究していくようになって生じたことである。しかし細部にわたり個々にくわしく認識していくことはたいせつなことであるが、ものごとの関連、その変化・発展をみおとすことは実際のありさまには合わない。こうした実際に合わない思考方法が形而上学とされる。そこで、弁証法的なものごとのあり方とこれをとらえる仕方、弁証法的思考方法が必要になる。こうして、弁証法と形而上学とが対立されて解されてきた。そしてこの弁証法は諸科学の成果が明らかにしてきたように、唯物論的弁証法としてマルクス、エンゲルスによって確立された。〈形而上学的〉とは、形而上学に二つの理解の仕方があるように、一方ではすべての存在の基本原理を考察するか、または超経験的な事物の思弁にかんすることを意味し、他方では、反弁証法的思考をなすことにかんして言われる。

言語language (125)

人間が活動するさいに、ものごとを認識し、たがいに、考え・意志をとりかわす機能を果たす、客観的に存在している、その意味で物質的な特殊な記号の体系である。これには、人間の歴史的経過のうちで自然発生的に形づくられて、日常使用する〈自然言語(natural language)〉と、人工的につくられる〈人工言語(artificial l.)〉とがある。言語はパーヴロフが明らかにしたように、〈第二信号系〉として人間に特有のものである。それは、労働によって人間が猿から分かれて出てきた過程で、労働の必要性から生まれてきた社会的産物である。これによって人びとはたがいに、考え・意志を伝えあえるし、また自分自身の意識をかたちづくることができる。言語と意識とはたがいに結びあい、切り離すことができない。意識の内容は、言語において、語いや文法的きまりから成っている。したがって、言語の発達、また意識の明確化・発展でもある。言語はその発展過程で文字をもつくりだす。言語、そして文字の形成は、ともに思考の発達を促進し、抽象的思考をおこない、一般的概念をかたちづくることができ、また先行する世代の経験や知識や思想を、つぎの世代に伝えることができる。思考は言語によって発達させられるが、思考の従う法則と言語の文法とは同一ではなく、それぞれ独自の領域をつくる。同一の言語が一定の社会に用いられるとき、その社会集団のあいだの、したがってその成員のあいだの相互の交際のありさまから、異なった生活様式がつくられるものであるが、その社会も基本的には生産によって各集団は結び合わされているので、相互の交通の必要性から言語そのものには共通性が維持され、各集団に特殊用語が生じて、そこには言語の階級性は認められない。〈人工言語〉については、これは数学的、物理学的、または論理的なシンボル(数・文字・記号)として、それぞれの分野でその〈人工言語〉を使用する規則、つまり法則があって運用される。しかし、この言語は〈自然言語〉に対しては副次的なものであり、これをもって人間活動がすべて規定されるかのように絶対化することは出来ない。

現象論phenomenalism (129)

ただ感覚にあたえられたもの(〈センス・データ〉)や知覚の内容だけが、知識の直接的対象だとする認識論。弁証法的唯物論の立場では、感覚および知覚は、客観的实在の主

観による反映の一定の形態であって、どちらも客観的实在から切りはなしてはならないが、現象論はそれをきりはなしている。極端な現象論は、世界を観念の統計とみるバークリの主観的観念論や、世界を感覚の複合とみるマッハの経験批判論となり、また、感覚の背後にかくされたものは認識できないとするヒュームの不可知論になる。ゆるやかな形態の現象論は、ロックやカントの場合にみられるように、唯物論からみても観念論からみても、中途半端な不徹底な二元論的主張となる。現代の理論実証主義では、経験を<センス・データ言語>で記述することができるから、こうした記述を呼びかける、いわば言語学主義のかたちをとった現象論の提唱（イギリスのエイヤーら）もある。

錯覚illusion (160)

外界に存在する事物について有するゆがめられた知覚のこと。これは、知覚をつくりあげる生理学的組織が正常に働いても、強烈な光線や著しく暗黒な環境で、物体について見誤りをするような異常な外部の条件のために生ずる。また、生理学的組織が病的な働きをする場合、たとえば酒に酔った状態にあるときにも生ずる。知覚がこのような現象を生じるので、ある種の観念論者や不可知論者は、知覚がつたえる外界の認識は当てにならないという一般的結論を引きだしもする。しかし正常な知覚と錯覚とは区別をなしうるのであるから、このような結論をだすのは正しいといえない。錯覚は、幻覚(hallucination)と区別されなければならない。幻覚は、実際に外界に対応する事物が存在しないのに、存在するかのような知覚をもつことで、麻薬の服用などで生じる知覚がその例となる。

時間と空間time and space (168)

これら両者は物質存在の基本的形式である。空間は三次元をもち、時間は一次元であり、空間は同時に存在する事物の分布の状態をあらわし、時間は諸現象がたがいに入れかわり立ちかわるそれらの継起をしめす。時間は過去から未来へというように物質の過程の一方向的变化、すなわち非可逆的な経過をしめす。哲学上、時間・空間が実在するか、それとも意識内にのみあるのかについて論じられてきた。観念論哲学者たちは、それらの客観的实在性を否定し、バークリ、ヒューム、マッハのように個人の意識に依存するとか、カントのように感覚的直観にそなわる先天的形式としたり、ヘーゲルのように絶対精神のもつカテゴリーであるとかとした。ベルグソンによれば、時間はまったく主観的体験とされる。唯物論は時・空の実在性をみとめると同時に、それらのそとに、すなわち超時間的・超空間的に、なんらかの存在物があるのをみとめない。唯物論の時・空についてのとらえ方は、その時代の科学的認識の発展水準に照応している。18～19世紀の自然科学はまだ、古代の原子論的唯物論者が考えたように、時・空は物質やその運動から離れて独自に存在するとされ、空虚を空間とし、時間はずねに同じテンポで経過するとされ、物質やその運動をそのなかに入れる容器のように考えられた(ニュートンの絶対空間、絶対時間がこれを代表する)。弁証法的唯物論は、時・空と物質との結合を、運動が時・空の本質をなすもので、物

質と運動と時・空とは不可分一体だという見地からみる。この見地は、20世紀の物理学の発展によって立証されることになった。アインシュタインの相対性理論の主要な結論は、時・空が物質からはなれて独自に存在するのではなく、それらは全体的—不可分なものだとしめた。そこから時間の経過、物体のひろがり、その物体の運動速度に依存するとされて、時・空を統一した四次元の見地から説明されるようになった。このさい、ロバチエフスキー、リーマン(G.F.B. Riemann, 1826~66, ドイツの数学者、物理学者)、その他の非ユークリッド幾何学者が新たな時・空の概念を成立させるのに貢献したし、この幾何学の出現は、カントの時・空論をまったく否定することになった。

質、質と量 quality, quality and quantity (181)

質とは性質のことであり、事物はすべて何らかの性質をもって存在し、これによって一物は他から区別される。このさい質は、一物においてそれをなくせば、その存在をうしなうようなもののものであって、すべての物の存在と切り離せない。この点からいって、質はたんに事物のもつ性質一般というだけのものではない。たとえば、一冊の本は表紙の色があせて変わり、また痛んでちぎれたりする程度の性質の変化では、本であることをうしなわれないが、ページがばらばらになって無くされ、書かれている内容が伝えられないような変化があれば、本たる資格はうしなわれる。そこで、質とされるのは、事物のもつ諸性質のうちの本質的な諸性質だということになる。それには感覚的にとらえられる性質ばかりでなく、非感覚的性質(本がしめそうとする内容)もふくまれる。つまり、本質的性質の総合されたのが質である。事物は、けっしてそれだけで存在するのではなく、他の事物とのさまざまな関係をもつのであり、そこからは<個別・特殊・普遍>という関係が生じ、これに応じて質も個別的その他の観点からとらえられてくることになる。個々の本、理論書と芸術書、また本とそれ以外の存在物との差というふうに。他方、すべて存在するものは、一定の量的規定をもっている。量とは、大小・多少・濃淡・変化の遅速など、総じて計量できる規定性である。事物は一定の量的単位によって分けたり、また集めたりすることができる。量的に分けたり集めたりしえないのは質的差異によるものであり、これをなしうるのは量的な面からである。前例の本で言えば、それ10ページ、20ページと分けうるが、内容という質のほうからいうと、そうした分け方ができないのにみられる。この意味で、量もまた、事物の差別をあたえるが、これは事物の存在にとって引きはなしてとらえることができるものである。一定の範囲では量の相違は、事物そのものに影響をあたえないですむ。本は100ページ、500ページ、1000ページでも本である。この点で、すべての事物の量的方面だけを取りあげ、この量的関係についてだけ研究する数学が成り立つ。しかしすべての事物は質をそなえていると同時に、量的規定をもって存在しているのが現実の姿であるから(→度合)、数学的知識による量的関係をとらえることに有意味性をもとめるのは自明のことであるが、これによって事物が全面的に認識されるわけではない。論理学で<質>という場合は、肯定判断か否定判断かの相違をさす。→量的変化から質的变化への移行の法則、およびその逆。

止揚aufheben (215)

揚棄ともいう。ヘーゲルの弁証法で用いられる語。このドイツ語の意味としては<高める><保存する>および<否定する>といういくつかをいいあらわすが、ふつうには<否定する>という意味に使われた(たとえばカントの用い方)。ヘーゲルはこれらの意味を採用して、弁証法上の発展において古い質が否定されて新しい質にうつりゆくとき、古い質にあるものがすべて否定されてしまうのではなくて、そのうちの積極的なものは新しい質のうちに保存されるようになるというふうに、否定と保存との二面が、そこにあるのを示すのに用いる。マルクス・エンゲルスが弁証法を唯物論の立場でとらえている場合にも、この語を使っていることがある。→否定の否定の法則。

性格character (248-9)

1)心理学から言うと、人間の精神生活を全体として統一的に表す素質ないし個性といわれるもののこと。2)広く倫理学的見地からは、個人の意欲、行為、態度に一貫してみられるその人物の特質。品性ともいわれる。しかしこの性格は行為によって変容されるように影響も受ける。3)芸術において性格といわれるのは、人間のあるタイプをつくりあげ、個々の行動であらわされる社会的、心理的などの特徴を、芸術的に表現するところに示されるもの。4)また広い使い方では、事物がもつ全体的な特質をその性格という。たとえば、資本主義社会のもつ性格というような場合。

精神spirit (254-5)

一般的には物質・肉体に対立するものとしての心と同意味に用いられるが、とくに心的能力の高次なもの、すなわち科学や芸術などをつくる働きについていわれる。物質にたいする精神の働きを絶対化してとらえると、世界を成り立たせるのは精神だとされて、一方では客観的観念論、他方では主観的観念論の主張となる(→観念論)。哲学史上ではこれを説くのに種々なニュアンスがあるが、たとえば古代のアリストテレスは精神を抽象的思考の働きと解し、プロティノスは超理性的な知的直観でとらえられる原理、すなわち神と同一視した。ドイツ古典哲学は精神を自己意識の活動というかたちでとらえ、とくにヘーゲルの世界観では、根源的精神から自然への外化をへて、ふたたび根源にかえる過程として、精神の運動をみた。17~18世紀の唯物論者たちは主として、精神をただ感覚から生ずる知識という見方をしたが、マルクス主義唯物論は、精神を物質から離れた個別の存在とはみず、その発生を物質の変化・発展から生じた意識の成立によって人間の歴史的—社会的実践を通して発展するものとみ、したがって精神の内容は客観的物質的存在からえられる。しかし精神がいったん出現してくれば、これはこれで客観的物質的存在へ作用しかえす働きをする。このことが、歴史的—社会的実践をもよびおこし、これによって精神が発展する根拠ともなる。こうした基盤から引きはなして<時代精神><民族精神>といわれるような超個人的で、現象として現れるものに対する本質として精神が主張されることもあるが、これは精神を形而上学的に実体化するもので、観念論の見解に属する。→意識

精神科学Geisteswissenschaften (255)

科学分類の一種であり、自然にかんする科学、自然科学にたいして精神にかんする科学として精神科学をたてる。それは観念論哲学の立場からの科学分類法であり、精神活動の活動を、物質的生活すなわち現実の社会生活から規定されているのではなく、むしろこれのほうが精神活動によって規定されているとみるところに生じる。この分類を説いた代表的哲学者は、ドイツのヴント、ディルタイらである。ヴントによると精神科学は、1) 現象論的科学として精神過程を研究する心理学、およびこれに関連する科学、2) 組織論的科学として、精神的所産の研究である法律学、経済学などの特殊科学、3) 発生論的科学として、上記二つの科学の結合といえる歴史学とされる。ディルタイによると、精神科学の成立は意識的事実にもとづくもので、この事実はたんに表象だけでなく意志や感情を合わせもつ全体的人間のもので、この人間の立場にとっては外的世界もこの意識的事実として内面化されるのであって、自然科学があつかうように自然をただく説明するにつきるのでなく、意識的事実なるものをく追体験しく了解して、く記述することによってなりたつという。この追体験・了解にかんする研究が、かれのいう心理学であり、これをもとにして歴史的・社会的な所産を、人間の精神生活の表現とみて、それらを対象とする科学が精神科学といわれる。

絶対と相対absolute and relative (266)

絶対とは、条件づけられることなく、独立的で、それ自体において完全であることを意味する。相対というのに対立する。運動する物質そのものは、なんら条件づけられておらず、制約されず、なにものにも依存していないから、絶対といえることができる。しかし、物質の運動には具体的な無数の種類があり、それらはたえず変化し、一は他のものへと移りゆくので、これら具体的な物質のあらわれは絶対といえず、相対である。すなわち、条件づけられており、それだけで独立しておらず、他との関係のうちにある。それと同時に、この相対のなかには、物質の絶対的運動をふくむので、たんに相対ではなく、絶対をそのなかにもつ。絶対は相対と対立しながら、またこのような関連をもっている。絶対をのみ真実在として、相対を仮幻とするのは、形而上学的思考の産物であって、観念論者によって説かれるものである（たとえばプラトン）。また世界の根本的実在として、精神を絶対としてみとめると、これまた観念論を生みだす。

全体と部分whole and parts (271)

部分からなる全体、全体に下属する部分というように一般的に考えられている両者の関係については、従来二つの見解がなされている。1) 全体はたんなる部分の統計・集成としてあり、部分のうちにはないものは全体においても存在しないとするもの。2) 全体は部分の総計ではつくされず、それ以上のものであるとするもの。この理解は多くの場合、神秘的な全体という見方がなされ、不可知で超越的な精神的存在をみとめることにみちびく。

ドイツ古典哲学のシュリングやヘーゲルは、無機的全体と有機的全体との別をたて、後者は自己発展すると認めたが、この全体は精神とされた。たしかに、全体と部分との実在的關係には、1) 無機的全体としてと、2) 有機的全体としての、二つの型が見いだされる。前者1) は、全体は部分の統一・集成からなり、その諸部分はたがいに密接で強固な相互結合をなしていると同時に、たんに機械的な部分どうしの総計に帰することができない。その例は、原子や結晶にみられる。後者2) は、生物や人間社会という全体にみられるのであり、部分の結合という形態をとっているが、その結合である全体は自己発展をするのであり、うけつぎと段階をへていき、また複雑さをます。この場合には、部分のうちには並存的な相互關係だけでなく、全体の発展によって新しい部分が生じ、部分のあいだに上下の所屬關係もできる。そして部分は全体をはなれては自己の特性を失う（無機的全体でもそうであるが）ばかりではなく、みずからの存在をなくしてしまうものである。全体と部分との、上記の、無機的と有機的における相互關係をとらえることは、いたずらに全体を部分から引きはなして神化するのではないとともに、全体をたんに部分の総計として全体のもつ特性を見失うおそれをなくし、また全体のもつ複雑さ、そこでの部分の相対的獨立とそれら部分間の諸關係、そして全体としての見地からのそれら部分にみとめられる特性と諸關係を正しく位置づけるための、認識上、実践上の大きな役割をもっている。

想像imagination (277)

現実からえられたものであるが、いま現には実在しない印象をもとにして、意識に新たな、感覺的な、または思考による、心像をつくること。人びとを実在するものから引きはなす夢としての空想と區別される健全な想像は、社会の要求とむすびつくものであって、人びとに、生活を知り、これを変えるための助けをする。たとえば、科学者は想像の働きに助けられて、仮説をたてたり、モデルをくふうしたりするし、芸術家にとっては、芸術的に意味のある像を生き生きとよびだし、かれの、実在するものについての認識の能力をあらわすものとなる。生活において、あるべきものごとについて心につくりだされる理想というものもまた、想像の産物であり、これが人びとを前進させる力となる。こうした想像の働きは、たんなる空想から區別することが必要である。

存在being, Sein (284)

有ともいう。在るということを一般的にしめすところの、もっとも抽象的で広い概念であって、これは個々の在るものから抽象して一般的な類概念としてできるのではなく、すべてどの様なものであれ、在るものをいうのであるから、まったく無規定的な抽象的な概念だということになる。したがって、それは、もっと規定され探求された意味をもつ実在・人間存在・現実などとは區別される。弁証法的唯物論は、まず存在ということによって客觀的世界、物質をしめすと考える。世界が物質的なものだということと、世界が存在するということは、同一のことであって、觀念論者が主張するように、物質にさきだち、それとは獨立に存在するものが在ると考えたり、また、存在は意識によってつくられるのだという考えを、しりぞける。同時に、存在はたんに客觀的だというだけにとどまらず、存在

が第一次的で、意識は副次的だということを強調する。そうでないと、客観的に存在するというだけでは、精神的存在（神のような）として立てられるものもみとめられてくるからである。つまり、客観的世界とは物質であり、これが根源的な意味で存在だというのである。したがって、精神的存在は、それからあとで生ずる所産（副次的存在）である。もともと、このようにいうことは、意識・精神活動がたんに消極的なものにすぎず、能動性を欠いていることを主張するのではない。

知覚perception (302)

感覚諸器官に直接に作用する外界の対象のさまざまな性質や関係を、まとまった像としてとらえるもの。感覚諸器官は視・聴・触などを通じて、対象の個々の側面をあたえ、これは感覚といわれる。これらの諸側面は、外的対象において統一して存在しているのであり、この統一のもとでとらえるのが知覚であって、ただ諸感覚をよせあつめたにすぎないのではなく、まとまった新しい質としての外界の対象の反映である。そこで知覚には、外界諸事物の個別的・偶然的なものも、普遍的・必然的なものも合わせふくんでいるが、これらはまだ区別してとらえるまでにはいたっていない。区別してとらえるその働きは、思考がすることである。しかし知覚が形成される場合には、ある程度、過去の記憶や思考が、それに参加しているものである。

抽象・抽象的abstraction, abstract (309)

事物のさまざまな側面・性質のなかから、ある特定の側面・性質をぬきだしてとらえる思考の働きをいう。これはその反面で、ぬきだされたもの以外の諸側面・諸性質をきりすてることであって、この働きのほうからいうと、捨象といわれる。抽象が事物の普遍的・必然的・本質的側面を反映する場合、それは正しい科学的抽象であり、反対に非本質的な諸側面をぬきだし、それらの事物の真相とするならば、その抽象はあやまった抽象となる。科学的抽象は、感覚や知覚による対象の具体的な反映にもとづきながら、より深く本質的な内容をとらえる働きである。たとえば、光の速度はこれを知覚しえないが、科学的抽象によって初めてとらえることができる。このように、科学的抽象は認識をすすめ、対象の奥にひそんでいるものを明らかにするための重要な役割をする。一方それは、具体的な客観的对象から、それがもっている多様性をとりのける。そこで、感性的反映が対象の現象形態をとらえるのにたいして、抽象的反映は本質的なものをとらえるが、対象のある側面の反映であり、そのかぎりでは一面的な認識にとどまる。そのために、個々の抽象による認識をふたたび具体的なものと結びつけ全面的な認識にするには、あまたの規定の総和として、すべての本質的な諸側面・諸関係を総合しなければならない。これは、思考における対象の具体的な再現である。認識はこのようにして、感性的なものから、思考による抽象的なものへ、さらに全面的反映をおこなっていく。

抽象的とは具体的にたいして、事物を諸関連から切りはなして、その一面をとらえること、そしてこれにとどまっていることをさしていう。

徴表note, mark, Merkmal (311)

事物がどんなものであるかをしめして、他の事物と区別する性質をいう。属性と同じ。

直観intuition (311)

思考の働きによらずに、直接的に対象をとらえること。直観の役割の見方には、つぎのものがある。1) 直接的であるので、それは認識の基礎をあたえるものとし、対象の本質をさぐりあて、真の認識にたつする思考の働きをまたねばならないとする立場。この意味での直観は、感性的直観である。2) 対象を直接的に一挙にとらえる働きとする立場。これは思考による認識の意義をみとめながらも、究極的な認識は直観によるとするものと、ただ直感だけが真の認識をあたえるとするものがある。前者にはプラトン、アリストテレス、またデカルト、スピノザなどがあげられるし、後者には種々な神秘主義者、たとえばシェリングや、直観主義者のベルグソンなどがあげられる。

哲学philosophy (321-2)

自然および社会、人間の思考、その知識獲得の過程にかんする一般的法則を研究する科学であり、したがって全体としての世界についての見解をしめす世界観である。また論理学および認識論をそのうちにふくんでいる。哲学は社会的意識の一形態であり、したがって、究極的には社会の経済的構造、生産関係から規定されている。そのかぎりでは、それは社会に生活する人々の社会的地位（階級ないし階層）からの表明としてあらわれる。この点で社会的地位が異なるのにしたがって、哲学的見解にも相違を生じ、対立した哲学説が生じ、哲学における党派的性格も生じてくる。世界観としては、かつて神話的また宗教的世界観も存在したし、現に存在してもいるが、哲学の世界観がこれらと区別されるのは理論的に基礎づけられた世界観だということである。哲学はそのときどきの社会の経済的構造から規定されているが、また一定の相対的独立性をもっており、前時代からの思想をうけつぎ、これを発展させながらみずからの学説をつくりあげ、人々の生活に働きかける。

ギリシア語でフィロソフィア(philosophia)の語は、ピュタゴラス(→ピュタゴラス派)によって用いられたといわれるが、これは philo=愛と sophia=知からなり、知的探究を一般的にいいあらわしている(ちなみに、日本語で<哲学>の訳語をつくり、今日広く使用されている端緒は、明治初年の西周からはじまる。日本には仏教の被覆のもとで、また儒教のかたちをとって<哲学>にあたる思想形態が存在していたが、哲学の語は、ヨーロッパの哲学の流入を機縁としてあらわれることとなった)。愛知として用いられた哲学には、古代では、その後に発達・分化した諸科学が包括されていた。人知の発展をたどるうちに諸科学はしだいに独立したものとなり、したがってまた、哲学も一個独立の、諸科学と分かたれた科学になった。こうして、どの科学にとっても必要な思考の合理的な使用の方法、思考と存在との関係を明らかにする問題、これにつれて**哲学の根本問題とされる意識と存在、思考と物質とのどちらが根源的か**という問題に答える必要が生じてき、これらが**哲学の固有な課題とされるようになった**。ここから、唯物論と観念論との両極的対立が明確にされ、両者のあいだのたたかいは**哲学思想の有力な推進力をなくしてきた**。そして

両者の歴史的経過からみて、唯物論は諸科学・技術・実際生活とつねにむすびつき、観念論は宗教とのむすびつきが濃厚であって、そこから一般的にいて唯物論は進歩的社会勢力の利害、その欲求を代表し、観念論は特定の時代的条件のもとでは進歩的役割を果たしたが、そのおもな傾向は社会の発展に背をむける社会的勢力に役だってきた。

マルクス主義哲学は、社会的には労働者階級の立場にたつ哲学としてあらわれた。従来の哲学は、科学的知識の発達の不十分だったところから、その認識で欠けている知識をみずから引き受け、くふうしておぎないながら、世界全体の包括的な見解を提供することで（自然哲学・歴史哲学をつくりあげて）、<諸科学の科学>という地位をしめ、これはヘーゲルの哲学体系で頂点にたつすることになった。しかし、諸科学の発展はこのようなく**諸科学の科学**>を必要としなくなり、この新たな段階でマルクス主義哲学によって、**特殊科学**として諸科学とならび、それ自身の課題を明らかにした哲学が確立されるにいたった。これは、哲学を真に科学としなりたせた革命的な事業である。それとともに、マルクス主義哲学はその任務を<世界を解釈する>ことではなく<これを**変革する**>ところに見いだした。この実践的性格もまた、この哲学がもつ根本的な特徴である。このようにして、新たな哲学は、一方では諸科学の探究にとって方法論的基礎を提供すると同時に、他方では社会的・政治的活動にとっても事態を唯物論的・弁証法的にとらえて活動の方策をうちたてる拠りどころになった。それはまた、人々に道徳的・教育的な機能をもって、社会生活でのそのふるまいと考えとを確立するための基礎をあたえる。このマルクス主義哲学は、弁証法のおよび史的唯物論を有機的に結合しているところに、このような役割をあますことなく果たすことができるものになっている。

今日、ここにみてきたような哲学の課題と役割とを否定して、これらはすべて<ニセ問題>としてかたづける分析哲学のような主張がだされているが、これはむしろ哲学の積極的機能を放棄した退廃というほかはない。→哲学の根本問題

デモクリトスDemokritos前およそ 460—370 (325)

古代ギリシアの唯物論哲学者。ほぼ同時代のプラトンの観念論に対立した。トラキアの都市アブデラの出身で、ひろく東方を旅行し、また、百科全書的な博学者。紀元前5世紀前半のペルシア戦争の勝利後、アテネをはじめギリシア諸都市には民主制が普及したが、この時にあたってかれは<民主制下の貧困は王制下の平安にまさる>といて終始、民主制の側にたっていた。その哲学では、レウキャポスの原子論をつぎ、アナクサゴラスにみられる多元的な元素の質的差異という考えをすて、質的に同一かつ不可分、不変な自立性をもつ究極的な物質の単位を<アトマ(atoma,原子)>とよび、アトマは形、配列、位置によってたがいに区別されるだけで、のちの物理学上の<原子>にあたっている。他方でエレア派が否定した<空虚>の客観的実在を肯定し、この空虚のなかを運動し結合または分離するアトマにもとづいて万物、人間精神や社会状態も含めて、すべてがなりたつとみた。このさい、アトマの運動は因果性に従う機械的必然的なものとして自然の合法則性をみとめたのであるが、これは宿命的決定論をもみちびきだした。認識論では原子論の立場にし

たがって、色や味などは物自体の性質ではなくてアトマが感官におよぼす主観的表象にほかならず、客観世界には<アトマと空虚があるのみ>で、感覺的認識をこえてこのような真理をとらえるのは理性的認識であるとした。かれは唯物論の立場から靈魂の不滅を否定し、無神論にたっていた。

内在、内在的immanence, immanent (354-5)

超越というのに対する。1) 形而上学、その一種である神秘主義の立場から世界の説明をするとき、世界の原理である神が世界そのものと同一であり、神は世界の内に存在するという見解。汎神論がそれである。2) またカントの認識論で、経験可能な範囲内にあるということ。さらにその経験の理解の仕方から内在哲学という立場の主張にもみられる。フッサールの現象学では対象は意識の志向性によって意識に内在的だという。いずれも観念論者が、とくに好んで用いる。

二元論dualism (357)

世界全体がたがいに独立した異質的な二つの根本原理からなりたっているとする考え方。宗教的な考え方には、この見方がつよい。光と闇・善と悪の対立を世界の根本原理とするゾロアスター教はそのいちじるしいものであり、キリスト教が神の国と地の国とを分けることに信仰の基礎をおいて、人間が神の国の実現につとめるというのは実践的に二元論といえるが、神が世界を創造したとする点では一元論である。哲学上で典型的なのは、デカルトの物心の二元論であり、認識論の分野でいうと、カントが意識一般による現象世界にたいする物自体の存在をみとめる立場に二元論がみられる。さらに、二元論をひろく解すると、上記のキリスト教に一種の二元論がみられるように、何らかの問題を考えると、二つの相反する別個のものの対立を根本的にみとめているのは二元論的といわれる。

必然性と偶然性necessity and chance (387)

ある事物の推移について、そうなる以外にはありえないという、その推移の性格が、必然性によってしめされ、偶然性に対立する。哲学史上で、形而上学的—機械的唯物論は、人間をふくめて全世界を巨大な機械とみなし、そこでは因果的必然性だけが支配しているとみた。そこで、偶然性は客観的に存在するのではなく、偶然とみられるものは、まだその因果関係が洞察できない人間の側の無知によるもので、主観的にしか存在しえないとした。機械的因果性と異なりいっそう高いカテゴリーとして必然性を考えたヘーゲルは、必然性とは、あるものの内的な本質がみずから現実性として展開することを通じて自己自身を確証していく課程、可能性が現実性へと転化するこうした課程だと説いた。ヘーゲルのこの思想を唯物論の立場からうけついで弁証法的唯物論は、必然性を、客観的実在すなわち自然および社会の自己発展運動にみられる内的な本質からでてくる客観的規則性・秩序・構造としてとらえる。この理解にたってみられる偶然性とは、事物・現象の本質から

ではなく、他の事物・現象からの影響を受けて生ずるものとみる。事物・現象が偶然的であるのは、それがたしかに生じたのであるが、同様に生じなくてもすんだであろうといえる場合である。もちろん、あらゆる偶然は原因をもっていて、因果的に条件づけられており、客観的性格をもつものである。必然性と偶然性とはたがいに対立するものであるが、またそれらはたがいに結びついており、一方がなければ、他方もまたない。必然性は、この結びつきで、一般的なものであり、絶対的で普遍的な諸現象の結合をなしているのであり、どの現象にしてもそれがもつ内的必然性によって生じるが、しかし現象の生起は、さまざまな多数の外的条件との関連のうちでおこなわれるのである。したがって、これらの条件の特殊な性質、かぎりない多様さのために、これらの条件は偶然性を生じせるみなものとなる。このようにして、すべて現象は内的本質による必然性と、外的条件による偶然性とをにないながら生じきたるのである。偶然性があらわれるには、必然性をもとにしなければ起こりえないのであり、それは必然性のあらわれる現象形態なのである。そこで、偶然性の背後には必然性がある、これが自然および社会の発展過程を基本的に方向づける。

不可知論agnosticism (402)

世界の認識可能性を否認して、人間は意識から独立した客観的実在については、なにひとつ確実なことは知りえないとする反唯物論的主張。近代における代表者は、ヒュームとカントで、両人の見解は不可知論の二つの型をしめしている。ヒュームは、人間の認識がもっぱら印象と観念だけでなりたっている以上、そのそとに客観的実在があるかどうか知るわけにはいかない、とする。カントは、意識のそとに<物自体>が存在することは承認するが、そのほんとうの姿は人間には認識できない、とする。弁証法的唯物論はこうした不可知論を実践の見地に立って反駁する。ヒューム型にたいしては、<プディングが存在することの証明は、食うことのうちにある>と主張し、カント型にたいしては、人間がある認識にしたがって<ある自然現象を自分自身でつくりだす>ことに成功してしまえば、この認識が主観的な思いこみなどではなくて当の現象についての客観的認識であることが証明されたことになる、と主張するのである。現代のブルジョア哲学もひきつづき不可知論の立場に立っているが、自然の認識可能性を疑ってみせることはさすがにまれで、ねらいはもっぱら、資本主義から社会主義への世界的規模における移行という現代史の基本的発展法則の存在と、その認識可能性を否認することにおかれている。これを決定的に反駁するのは、やはり実践である。

物神崇拜fetishism (406)

呪物崇拜、物神性ともいう。原始社会での宗教の初期形態であって、自然物・自然現象を崇拜すること。この語は、1760年にフランスの歴史家と言語学者のブロッス(Charles de Brosses)が提唱したもの、原始人たちは物や現象の本質がわからず、それらになにか超自然的な性質がそなわるとみなし、それらのおかげで自分らの願望もとげられると考えた。トーテミズムや呪い(まじない)とも結びつけられた。多くの現代の宗教にもこれが入り

こんでいる。

社会科学上の、あと一つの意味で商品の物神崇拜ということがいわれ、これの根源・客観的基礎を明らかにしたのはマルクスである。この物神崇拜は、私的所有による商品生産によるもので、資本主義において顕著にあらわれる。これがあらわれるのは、社会での人々のあいだの生産上の結びつきが直接的ではなく、市場を通じて、商品の売買を通じておこなわれること、つまり商品という形態をとることにある。そこで、人びとの結びつきが物の関係、商品の性質をもつことになる。物が支配し、人びとはこれに支配されるという形態があらわれる。こうした生産関係の物質的形態、物のほうに、つまり商品のほうの自動的な運動に、人びとが依存するようになること、これが物神崇拜の客観的基礎である。人びとは、物・商品がその本性上で、じつはそれがもってはいない、なにか秘密の性質があるように考えていくのである。このために、人びとのあいだにつくられる資本と労働との関係、生産関係が、物・商品の関係だとされて、その実際の事実をおおいかくし、資本が労働を搾取している事実をおおいかくす。あらわれたところでは、資本家と労働者との関係は、同じく商品の所有者で、一方は労働力を買い、他方では労働力を売るだけであり、両者は平等で自由なのだという幻想が生みだされ、真に資本家と労働者との関係を規定しているものが、単に商品どうし関係にすぎないという移し換えのために、わからなくなる。これは最初に書いたように、私的所有のもとでの人びとの生産上のつながりが、商品というかたちをとるためである。このように、真の人々の関係が物に帰着されているのが、商品社会での物神信仰である。ここからは、貨幣にたいする物神崇拜もあらわれ、〈カネほどありがたいものはない〉という貨幣の魔力にとりつかれるようになる。

物理学的観念論 physical idealism (407)

19世紀から20世紀にかけて、当時の物理学上のめざましい変革的諸発見の意義を正しく評価できず、認識論上で一連の観念論的結論をみちびきだしたのにたいし、レーニンが《唯物論と経験批判論》でこうした傾向を呼んだ名称。物理学的観念論者らは、新たに発見された放射能や電子などから、〈物質は消滅した〉とか、あるいは運動を記述する記号としての方程式だけが残る、と主張した。レーニンは、上記の著書で、この場合〈消滅した〉のは物質についての古い認識の限界にすぎず、むしろこれらの諸発見は物質について、いっそうふかく認識が進んだことを意味するものだとして説明した。また、方程式が残るのではなくて、これは外界の抽象の結果えられるもので、単に人間の思考の産物とするわけにはいかないことを明らかにした。

ヘーゲル Hegel, Georg Wilhelm Friedrich 1770~1831 (425-6)

ドイツ古典哲学の最大の代表者、客観的観念論者。ヴュルテンベルクの官吏の家に生まれ、シュトゥットガルトのギムナジウム、チュービンゲン大学に学ぶ。19歳のとき起こったフランス革命を熱狂的に迎え、プロシアの封建的秩序に対抗したが、のちナポレオンの没落、ヨーロッパ全域にわたる反動化のなかで、彼の思想にも変化をきたした。イエナ、ハイデルベルクなどで教壇にたったのち、1818年以来ベルリン大学教授となり、〈プロシ

ア王国の国定哲学の位置にまでまつりあげられた>たと称される（エンゲルス）。かれの哲学思想は、全体として、一方ではドイツのブルジョア革命の前夜の動向を反映しながら、他方ではこのブルジョアジーの弱さから旧来の封建制に妥協する保守的・反動的な面をも映しだしていた。ここに革命的理論としての弁証法とともに、保守的・反動的な立場をしめず観念論をもち、相矛盾した要素がふくまれていた。ヘーゲルは、古代ギリシアのプラトンらの系譜をひく客観的観念論（かれ自身のいう<絶対的観念論>）にたち、かれ以前の哲学説を大規模に総括して独自の哲学をうちたてた。現実の個人から切りはなされた思考とその産物を、いっさいのものの根底にとらえ、この思考の産物である概念・理念が自己を外化したものが自然だとし、この疎外態から自己自身に帰っていく過程が精神の運動であると考えた。ここから、彼の哲学大系は三つの部分に分かたれる、すなわち理念そのものの学としての論理学、疎外された理念の学としての自然哲学、自己喪失から自己へと帰る理念の学としての精神哲学。こうした観念論的構想のもとで、自然・精神・歴史の全世界が一つの過程として、すなわち不断の運動・変化・発展の状態にあるとしてとらえ、この運動の内的関連を明らかにしようと努めた。エンゲルスはこの点について<ヘーゲルの体系の偉大な功績>と評価している。マルクスは<弁証法がヘーゲルの手でこうむっている神秘化は、かれが弁証法の一般的な運動形態をはじめて包括的かつ意識的な仕方でも述べたということ、けっして妨げない>と書いた。こうして、このヘーゲル哲学の成果、弁証法は<合理的核心>においてマルクス主義が継承、発展させた。[主著]Phänomenologie des Geistes, 1807（金子訳、精神現象学）；Wissenschaft der Logik, 2巻, 1812～16（武市訳、大理論学）；Enzyklopädie der philosophischen Wissenschaften, 1817（この書のうち、松村訳、小理論学。船山訳、精神哲学）；Grundlinien der Philosophie des Rechts, 1821（藤野、赤沢訳、法の哲学）。

変化change (432)

事物におけるある状態から他の状態への移行をいう。どの事物にも量的規定性と質的規定性とがそなわっていて、事物の質の存続と結びついている量的規定性について多かれ少なかれ漸近的におこなわれる変化（量的な増大ないし減少）が蓄積され、ついに事物に固有な変化がこえられると、事物の根本的な質的变化、つまり、新しい質への移行が引き起こされる。これは、事物の合法的発展における飛躍であり、転化といわれる。このようなものが、<量的変化から質的变化への移行>といわれるものである。一例をあげよう。トマトには、大きさ・重さなどの量的規定性がそなわっているが、トマトがトマトの質を保持してトマトでありつづけるということと結びついている量的規定性はなにかといえば、それは鮮度にほかならない。この鮮度がいくらか落ちても、トマトはまだトマトであることができるが、この過程が進行して当のトマトに固有な限度がこえられた段階では、トマトではもはやなくなって、捨てられるほかしかたがないものになる。つまり、トマトに根本的な質的变化が生じて、新しい質への移行がおこなわれたのである。また、社会生活においても、自然でと同じく、量的変化も質的变化も生じる。前者は<進化>という概念で、後者は<革命>という概念で、それぞれいいあらわされる。ところで、なにがこのような

変化を引き起こすのか。よく<量的変化が質的变化をよび起こす>などといわれることがあるとしても、前者が後者の原因ではない。**変化の原因は、事物の内部に存在する。**事物に固有な本質をなす矛盾がそれであり、量的変化およびその質的变化への転化は、この矛盾の発現にほかならないのである。

本質essence, 希usia (446-7)

一般的に言えば、ある事物をそのものたらしめるそれに固有の性質のことで、偶然的にその事実に認められて、そこに見いだされたり、見いだされなかったりする性質から区別される。こうした本質の理解にはつぎのようなとらえ方がある。まず、この固有なものは現に存在する個物としての事物が、そのそとから普遍的なものによって一定の性質をもつ個物としてあり得るのだとし、この普遍的なものが本質だとされる。たとえば、プラトンの<イデア>のごときのものである。そこで、本質は、現に存在するものという意味での実存(existence)に対立するものとなる。このことはまた、現に存在して現れているものに対する、すなわち現象に対する本質ということともみられる。本質は、このようにいくつかの面からとらえられるが、偶然的な性質をももちながら個物として現に存在する事物、つまり現象は、実は、そのそとにではなく、そのもの自体のうちに、その事物をそのようにならしているもの、すなわち本質があるとみるのが、唯物論の見地であり、これは、本質は現象においてしめされ、現象を通して本質が認識されるものとみる。しかも、客観的に存在する現象を通してそのなかにふくまれる本質の認識は、この認識の発展にともなって深いに深くひそむ本質を明らかにしていく。この意味で本質の認識も発展するものであり、本質を固定的にとらえることはできない。

矛盾contradiction (466)

弁証法における基本的カテゴリー。すべての運動・変化・発展の根本をなす。**矛盾を事物の内部に認めるかどうかは、弁証法と形而上学とを分かつのである。ただし、これを論理学上でいう矛盾(→矛盾の原理)と混同してはならない。**このほうは、思考における混乱や不整合をいいあらわしているものである。弁証法における矛盾については、レーニン<本来の意味における弁証法は、対象の本質そのものにおける矛盾の研究であるといっている>(《哲学ノート》)。

命題proposition (470)

事態を理論的・抽象的に反映している知識の基本形態。命題は、一定の対象に一定の性質が属していること、および一定の諸対象のあいだに一定の関係が存在することをのべるものである。それは、真理のあるいは誤謬という性質をもつ認識の形態である。命題は文法的な文によってあらわされるが、命題と文とはそのまま同一ではない。命題でしめすものは、真・偽にかんする文のみである。また命題は判断とも区別され、判断とは、一つの命題の肯定あるいは否定を含意しているものである。命題がさまざまに結合される関係は

命題論理学によって研究される。→命題論理学

目的論teleology (475-6)

人間に限らず広く自然のすべての現象が、目的のもとに秩序だてられているとする見方。人間はみずから意識をもって目的をたて行動するが、自然においては無意識的に目的があたえられているとするのである。このように、目的のもとに万物がととのえられて存在しているようにするのは、世界を支配する神によるという考えにいたる。そこで、これを逆にして、世界が目的によって秩序だててられているというところから神の存在を証明しようとする試みもでてくる（→神の存在の証明）。この見方を組織だてて述べたのがアリストテレスであり、かれは質料が形相を実現していきながら、しだいに高まっていくところに世界の目的論的在り方をみていた。ライプニッツが予定調和の説をたてたのも同様な考え方による。これにたいしては、世界は機械的な必然性のもとにあるとする決定論が対立し、スピノザや 18 世紀フランスの唯物論者がこれの代表的なものである。生物学においても、17～19 世紀には目的論の考えが支配的であったが、ダーウィンの進化論によって生物界の科学的説明があたえられるようになった。しかし、その後も新気説・新ラマルク説などで目的論的な考え方が説かれてもいる。サバネティックスによれば、目的的であるとは、環境に事物がもっともよく適応する過程だと説明される。**弁証法的唯物論は決定論の立場にたち、観念論的な目的論をとらないのはいうまでもないが、機械的必然性におちいるものではなく、とくに人間の活動については客観的事物の必然的関係の認識をもとにして、主体的な目的実現をみとめるのを見落とさない。**

唯我論solipsism (481-2)

独我論ともいう。ラテン語の solus (ただ一つ) と ipse (自身) からつくられた語。すなわち、ただ自己自身ひとりだけ、という意味。すべての主観的観念論が徹底的にその立場をおしすすめると、自己自身とその意識があるだけであるという結論、つまり唯我論にいたる。しばしばその代表者にあげられるのは、バークリである。主観的観念論は、感覚的経験をもとにして出発し、そこから感覚にあらわれたものとしてのみ、周囲の世界も他の人びとも存在するのであり、本来存在しているのは、このように感覚している自己だけとなるので、唯我論にほかならなくなる。イギリスのプラグマティスト、F.C.S. シラーは、唯我論は理論上ではまったく成立するが、実際生活ではこれは不都合なものであるといっているが、これはほかならぬ、理論の真偽は実践によってためされることを告白しているにほかならない。そこで、主観的観念論者は、唯我論にまでおちいっていくことを避けるために、超個人的な意識とか神とかをもちだして、自己個人の意識にあらわれることによって事物(他人もふくめて)が存在するという主張を和らげようと試みる。それによって、客観的観念論と同一の立場に帰着する主張にもなる。

有機体organism (486)

生物体は無生物と違って、形態的にも機能的にも分化した諸部分からなり、そして部分相互のあいだ、および部分と全体とのあいだに密接な関連があつて、全体として一つのまとまった統一体をなしている。有機体とはそういう構成（有機的構成）をもつものの意であつて、狭義には生物のことである。生物の個体は分割されると統一体でなくなり、存在しえなくなる。ただし、植物や下等な動物、および個体発生の初期の段階では、かならずしも不可分ではない。高度の個性性は進化の所産である。なお有機体の語は、広義には、社会にも適用され、また宇宙を一つの有機体とみる考えもある。しかし、社会と個人との関係と、生物個体とその部分（たとえば細胞）との関係は同じではないので、両者を同じ原理によって構成されるものとして理解することは妥当ではない。→社会有機体説

了解Verstehen (506)

理解ともいう。ディルタイがこの語に一定の規定をあたえて、かれが自然科学にたいして他の科学の領域とした精神科学における認識の方法としたものをさす。かれによれば、言語、文字、身振りなど、感覺的にあたえられるものを通して、これを表現する精神の内部を観察者が追体験によって認識する作用、つまり、他の精神が体験し表現したことを、主観が自己の体験（追体験）としてとらえなおして、他の（客観の）精神の働きを認識することをいうのである。このことを基礎づけたのが、かれの記述的分析的心理学と称されるものである。

歴史history (519)

ふつうには人間生活の過去からの変遷、一地域、一国、ないし世界にわたるその経過におけるさまざまな出来事そのもの、またはそれらについての記述をさしている。人類の発生以来のその生活経過・変遷のうちで、出来事が文書に記録されはじめた時期を区切りにし、有史以前、有史以後にも分けられる。しかし、歴史的経過というものは、人間の変遷に限ったことではなく、自然もまた歴史的であるという認識が生じている。18世紀にカントが太陽系の生成について語った星雲説は、その顕著な例である。このように、自然にも歴史的経過のあることは、つぎつぎに明らかになってきた。ダーウインの生物の進化論もその重要な業績であった。すなわち、諸事物が時間的移りゆきをもって発生し発展し、また消滅もしていくこと、過去・現在・未来を通じて変化にゆだねられ、発展をおこなっていくこと、このことが客観的世界における歴史を形成するし、またそのことの認識は人間によって記録され、記述される歴史となつて、われわれに提供される。いいかえれば世界は全体として弁証法的なあり方をしてるのであつて、変化・発展が世界の姿であることが、人間生活の過去から現在にいたり、さらに未来を見渡して認められるばかりでなく、自然科学の探究が自然についても、このような事物の脈絡があることを明らかにしてきた。マルクス主義の弁証法的唯物論は、その世界観として自然・社会をつらぬく歴史という見地をその固有な特徴とし、とくに人間の社会にかんしては史的唯物論によって、社会の成

立、その構造、そしてその変化・発展の法則をしめす。ここから科学は、たんに、一般的に認められている<歴史学>または<史学>と称されて、人間生活の過程をしめす歴史だけでなく、さらにもっとひろい範囲にわたって、事物の歴史的認識をおこなう側面をもっていることがわかるし、この側面を欠くことができないということになる。同時に実践においても、事物を停滞・固定した状態としてのみ扱うのではなく、歴史的に、すなわちその変化と発展とのもとに扱うことがもとめられる。要するに、これらのことは、事物に固有な弁証法をみとめ、形而上学的思考方法にとらわれては、真実の認識は保障されないし、正しい実践もなしえないということにほかならない。

労働labour, Arbeit(524)

マルクスは労働について書いている。<労働はまず第一に、人間と自然とのあいだの一過程、すなわち、それにおいて人間が、人間の自然との質料変換をかれ自身の行為によって媒介し、規制し、統制する一過程である>（《資本論》第1巻）。人間は、外的自然に働きかけながら、この自然と自分自身とを変えるのである。自然を変えて、人間は自分の意識的目的を実現し、それを自分の要求に適合させる。このことは、同時に、人間自身が持っている能力をたかめることであるし、生活の状態をさらにすすめることであって、人間自身がみずからを変えていくことになる。労働の過程には、三つの側面がある。1) 人間の目的をもった活動、つまり労働そのもの、2) 労働にとっての対象、3) 人間が対象に働きかける際の生産上の道具。労働は、人間の生存にとって主要な条件であり、その生存に必要な資料を人間に提供するだけでなく、上述のように人間自身を新しく作りだしていく。労働は動物界から人間を高めるはたらきをしたものであり、動物と人間との本質的差違の根本的なものは、動物は自然があたえる自然のままのものを利用して生きるが、人間は自然を労働によって、自分の目的にしたがって変え、自分の必要に適応させることに見いだされるのである。経済的社会構成体の差違は、労働を異なった形態であらわすようにさせる。またその形態は、社会関係の発展の水準をしめすものでもある。原始共同体では、労働は共同的におこなわれ、集団的であり、労働の成果もまた共同的に分けられ、搾取ということはない。生産手段の共有がその特徴だったのである。それ以後の階級対立の経済的社会構成体では、いずれも、人間の労働は搾取にゆだねられた。奴隷・農奴・近代労働者の労働がみなそれである。これが、社会主義になって生産手段の共有がとりもどされ、労働者の労働は搾取からまぬがれるにいたり、共産主義では労働は生活の第一義的な自発的行為となるのである。

労働力Arbeitskraft (525)

生産のためについやされる人間の肉体的（脳髄・筋肉・骨格・手足など）および精神的（技能・熟練・知識など）なエネルギーと能力の総体をいう。労働力は生産の能動的要因であり、これと労働手段の結合が生産力を構成する。労働力が消費されつつある過程が労働であり、実際にあらわれる労働過程は物的な生産手段が労働力に結びついたときに、はじめて開始される。

