
GENRE JAPONICA

万有百科大事典



科学技術

SHOGAKUKAN

ENCYCLOPEDIA
GENRE
JAPONICA

万有百科大事典



17

科学技術

SHOGAKUKAN



万有百科大事典 17 科学技術

©小学館 1973

昭和48年6月10日 初版第1刷発行
昭和58年6月20日 初版第21刷発行

編集著作 相 賀 徹 夫
出版者

発行所 株式会社 小学館

郵便番号 101
東京都千代田区一ツ橋2ノ3ノ1
編集・東京03-230-5620
電話 製作・東京03-230-5333
販売・東京03-230-5767
振替 東京 8-200番

印刷者 凸版印刷株式会社
鈴木和夫

特抄 王子製紙株式会社
コート紙

特抄 三菱製紙株式会社
アート紙

特抄 ダイニック株式会社
クロス

表紙用 日本マイクロコーティング株式会社
特製色箔

製 本 凸版印刷株式会社

* 造本には十分注意しておりますが、万一、落丁・段丁
などの不良品がありましたら、おとりかえいたします
* 本書の内容の一部または全部を、無断で複写複製（コ
ピー）することは、法律で認められた場合を除き、著
作者および出版者の権利の侵害となりますので、その
場合はあらかじめ小社あて許諾を求めてください

Printed in Japan

ISBN4-09-525017-8

序

最近の科学技術の進歩は、まことにめざましい。かつては、われわれ人間の創り出したものの中で、飛行機が進歩の象徴のようにいわれてきたが、いまや科学技術のあらゆる分野が、飛行機なみのテンポで進歩発達を続けているようである。

この進歩の度合いを、飛行機の性能で数量的にあらわしてみると、1920年から70年までの50年間に、速度、上昇性能、航続性能など、すべての性能が10倍になっていることがわかる。50年間に10倍というと、平均年率5%の伸びである。すべての分野が、今後この調子で進歩していったら、いったいどういうことになるのであろう。われわれの想像を越えた新しい世界が開けていくにちがいない。

このような科学技術のはげしい進歩を創り出すものは、飽くことを知らない社会の性急な要求と、これに^{こた}へる人間の測り知れぬ知恵と^{わざ}技であり、新しい現象が次つぎに発見され、新しい装置が相次いで開発されていく。そして、これらの知識や経験が集積されて新しいものを生む源になるので、その進歩が加速度的になっていく。そして、これにともなって、だれがいつ、どこで創り出したかわからぬままに、新しい^ゝことば、(用語)が生まれていく。

そのうえ、このごろは科学技術が、どんどん現代のわれわれの生活に入りこんできて、人間生活を拡充している。第二次世界大戦前のそれとは大きな違いである。たとえば、われわれの若いころ、われわれの家庭には、今のように、自動車も電気掃除機もテレビもなかった。家庭にあるものはすべて素朴な道具で、とくに深い科学技術の知識がなくても、日常の生活にはこと欠かなかった。たまに外出して新型の電車に乗ったりすると、^ゝ科学技術の産物、に接した感じがしたが、もっぱらそうした範囲を出ることがなく、われわれは何の知識がなくても、だまって乗っていればそれでよかった。

しかし、現代の社会ではそうはいかない。われわれは家庭にいても、あたりをひろく見回しても、たえず科学技術の複雑な産物に囲まれて生活している。だから、それらに対して理解が深ければ深いほど、生活が豊かになり、精神面においても充実感があり、あらゆる面で大きな収穫がある。現代の科学技術は、興味をもって調べだすと、その基本的な原理があきらかになるばかりでなく、文化史的な進歩や展開を知ることが可能になり、その興味がますます高めてくれる。

各分野の第一線で働く専門家が、美しいカラーの図をまじえて、簡潔な解説をしているこの『万有百科大事典』の「科学技術」編は、今日有用な得がたい知識の泉として、現代人の座右において手ばなせないものになるであろう。

科学とはなにか

●科学と自然科学

科学はふつう自然科学のことをいう場合が多い。しかし、本来は社会科学を含めた科学であるが、ここでは自然科学に限定して考えることにする。この「科学技術」でも、そのように扱われて編集されている。

科学というと、日本人は理科の教科書を思い出す。そこには自然現象に関するいろいろな分類や法則が整理されて記述されている。したがって、科学とは、1つの定義を下すと、「知識の体系」ということになる。

●知識の体系としての科学

科学は人類がこれまで獲得してきた自然に関する知識の体系である。アルキメデスの原理はB.C. 220年ごろ、ギリシアの数学者アルキメデスが発見した。万有引力の法則はイギリスの物理学者、天文学者ニュートンにより1665年に発見され、今日でもすべての天体の運動がこの法則で説明される。進化論は1859年イギリスの生物学者ダーウィンにより『種の起源』の中で発表され、今日の生物学の根本法則になっている。上記の3つの例からわかるように、科学は2000年以上も古い法則の集積である。

では、過去に発見された諸法則の集積や知識の体系だけが科学なのであろうか。この疑問にはあとでふれよう。とにかく私たちが小学校から大学まで理科や自然科学の教養で学ぶ知識の体系は、科学史の本にも出てくるごく基本的な事項を、現代の私たちに理解できるように整理された体系である。しかし、それはすべて過去のものである。

過去に発見された法則や知識は、いくら要領よく体系的に理解したところで、未知の法則や知識を獲得することにはならない。では、科学を学習することは意味がないのであろうか。2000年以上もかかってきた人間の獲得した知的な遺産をわずか10～20年くらいの生涯の短い期間にひとりひとりが継承するのであるから、学習はきわめて重要である。

学校ばかりでなく、今日ではすぐれた書物のほかに便利な放送を通じて、生涯学習をつづけることができる。なかでも百科全書は、書物の長所と選択の不便を除く利点を兼ねそなえていて、印刷、造本術の発達した18世紀からヨーロッパで愛用されてきた。本書刊行の意図もそういうところにあるのである。

●日本人と科学

日本人は開国以来、海外の知識を吸収することに追われてきた。したがって、すぐれた海外の科学書がいち早く翻訳され、貪欲なま

でに最新の知識を摂取し、やがてこれを消化して、今日の文明を築き上げた。開国後から今日まで民衆が科学に異常なまでに強い関心を示した時期が3度ある。

その最初は福沢諭吉に代表される文明開化の時期である。彼の『西洋事情』（初編、外編、2編の3部、計10冊、1866～69）は19世紀科学技術の知識体系であり、20～25万部も読まれた。当時の人口約3000万、まだ動乱の時代にこれだけ読まれたことは、維新に深い影響を与えた。

つぎの彼の書『^{くもん}訓蒙窮理図解』（1868）は自然現象を平易に説明し、伝統的な自然観に対立する近代的な自然観を大衆に啓蒙しようとしたものであった。物理学を主にした窮理学こそ、科学思想の普及する最有力な武器であるとした。本書にならって1872年（明治5）までに70種以上の窮理書が刊行され、窮理熱流行とよばれる科学啓蒙ブームがおこった。72年に学制が公布され、小学校では全授業数の半が理科にわりあてられた。

第2の時期は、いわゆる大正デモクラシーの時代である。米騒動にはじまる日本人の社会の矛盾への関心は、自然科学と同時に社会科学に関心を目ざめさせた。自然現象と同じように社会現象についても、現象にふりまわされることなく、その底に流れる一貫した法則、本質をみきわめることが科学だと考え、科学という言葉もひろく親しまれるようになった。

この時期になると、明治時代のように、技術を積極的に移植するための科学ではなく、国際的な視野に立つ最前線の科学を国民は求めた。1922年（大正11）ごろには、アインシュタインその他の一流科学者が招かれた。また多くの一般向け科学雑誌が創刊され、石原純、寺田寅彦、小泉丹、小倉金之助などのすぐれた科学啓蒙家も育っていった。

第3の時期は第二次世界大戦後の40年代後半である。敗戦の原因が科学、技術の立ちおくれということがいわれたりして、はじめて反省の機会が与えられた。戦争中に弾圧されて一部の人にしか入手できなかった社会科学書、自然科学書がむさぼるように読まれた。

科学的な方法は自然、社会の両部門に共通な方法であることがひろく認識された。民主主義がすべての科学を真に育成する思想と制度であるとして、世界に類例のない全学界を代表する最高機関、日本学術会議が1949年（昭和24）に創立された。この年、湯川秀樹にわが国最初のノーベル物理学賞が授与され、日本人の科学的能力を世界に顕示した。

●科学と民主主義

湯川と彼につづく^{ともな}朝永振一郎のノーベル物

理学賞受賞は明らかに日本人が科学の分野において世界に貢献できる能力があることを示すものであった。湯川は1934～35年（昭和9～10）に中間子理論、朝永は43年（昭和18）に超多時間理論を発表した。いずれも1929年（昭和4）に大学を卒業し、戦争が拡大する以前の民主的なふんい気のなかで素粒子論の研究に着手している。両人を指導したのは大正デモクラシーの生んだ代表的な民間研究機関である理化学研究所の^{にしなよしお}仁科芳雄である。彼が28年末の帰国後、この研究所を中心に集団的な研究を組織した成果が、物理学に最初の国際的寄与をもたらしたのである。

このことは科学が民主主義のないところでは育たないことを意味するものである。古代ギリシア、ルネサンス、フランス革命など、科学史をひもとけば、思想の自由、言論の自由が保障される社会にのみ、歴史を変革する科学の真理が発見されたことを知るであろう。このような画期的な大法則だけでなく、教科書にのらないような中法則や^{きさい}些細な小法則でも、その社会的条件についてはおなじである。

では科学になぜ民主主義が必要なのか。民主主義とは各人が平等に、自由にその能力を発揮できることを尊重する思想、発揮できるように獲得された制度である。人間はその誕生以来、生きるための労働のほかに自然の客観的法則を発見し、これを労働に利用する活動をつづけてきた。しかも、その活動はつねに集団的におこなわれ、ときには時間と空間を越えた協力によっておこなわれた。そして集団の中で育てられた個人がその能力を発揮して、科学的活動に専念することができた。

このような科学的活動の成果が科学である。したがって民主主義が発達した時代には、最大限に個人の創意を集団の中から生み出すことができる。ある集団が他の集団から圧迫される場合には、科学は前進することはできない。

●創造活動としての科学

科学はたえず前進するものである。前進するから、過去の遺産も役に立つのである。これはおなじ文化遺産のなかでも芸術とちがう点である。

芸術的な活動は創造活動である。芸術と科学は人間のもっとも人間らしい活動の両端である。芸術は人間の感性に訴え、科学は人間の理性によるとされる。

しかし科学的な創造活動にも感性が必要である。レオナルド・ダ・ビンチの万能的な科学の創造は彼の芸術家としての能力の半面であった。ファラデーは数式を使わずに真理を^か嗅ぎつけるように電磁気学の基本法則を発見

した。科学的な創造活動にも鋭敏な直感力、豊かな感性が必要である。

科学が芸術とちがう点はその活動の成果が法則であり、法則を集積する知識の体系であることである。集積して体系化し後世に継承させるために、言語、文字、紙、印刷用具、書物、図書館、学校などが必要となる。これらの物質的・精神的条件がはじめてそろった時代が古代ギリシアであり、科学史がギリシアからはじまるのはそのためである。

さきに科学の1つの定義として「知識の体系」であるとのべた。日本人はふつうそう考えている。開国以来、海外の科学を知識の体系として急速にとらえることに汲々とした日本人は知識の体系とだけ考えるのは当然である。

しかし、この定義だけではたいせつな側面を忘れていることに気がつくであろう。それは科学が創造活動のある形態であるという実践的な概念である。法則や規則を発見していく活動こそ科学本来の特徴である。

したがって科学のもう1つの定義は「法則発見の創造活動」ということができる。この定義とさきの「知識の体系」と無関係であろうか。けっしてそうではない。

知識の体系は過去の死んだ科学である。しかし死んだものだからといって価値がないのではない。死んだ科学的知識の体系を土台にして、人間はたえず新しい法則を発見する創造活動をつづける動物である。この生と死の関係は個々の人間の運命とよく似ている。つまり、生きるために死ぬのであり、死ぬのは生きるためである。科学のもつ2つの要素はこのような関係にある。

技術とはなにか

●技術と生産技術

科学は明治以来の理科の教科書から、なんとなくわかるが、技術はよくわからないといわれる。技術科という教科は1958年(昭和33)にはじめておかれ、私たちにまだなじみがうすい。それまでは手工、工作、作業、実業、職業科などとたえず変名をくりかえした。

技術という言葉のもつ意味でもっともひろく承認されていることは、「ものをつくる」ということともっとも深い関係があるということぐらいなものである。しかし、そうでないところにも技術という言葉は使われる。教育技術、スポーツ技術、経営技術、広告技術、政治技術などである。

ものをつくるということは物質的生産である。したがって技術を学問的に論じようとするれば、物質的生産技術、略して生産技術に限

定したほうがよい。と同時に社会科学的な論点も当然はいらざるをえない。

●技術と労働

人間の肉体は人間の誕生以来あまり変化していない。生命を維持し子孫を残すには相変わらず衣食住が必要である。200 万年以上の歴史をもつというのに、人間の器官はほとんど進化していない。未来は情報社会といわれるが、情報だけで生存できる人体は考えられない。

今日のイメージはともかく、労働が人間をつくりだし、今後も人間が人間以外の動物にならない限り絶対に欠かせない活動である。その労働を可能にした物あるいは物の複合体は「労働手段」といわれる。労働手段は簡単な道具から今日のオートメーションに至るまで加速度的に複雑化し体系化されてきた。

この全人類史的なカテゴリーである労働手段の体系をなんとよんだらよい。「知識の体系」ではないから科学ではない。物質的生産と直結するから芸術でもない。

これを「技術」とよんだらよいではないかという説が現われたのが1930年代からである。今日、技術の定義づけをおこなう世界の国々において、もっともひろく採用されている定義が「労働手段の体系（あるいは総体）」である。

すでに指摘したとおり、科学は知識の体系だけではなく、法則を発見する創造活動である。科学に主体的要素をもたせるために、技術に主体的要素を除くのが労働手段体系説のねらいである。芸術には主体的要素が含まれる。技術と芸術がアートに一体化された近代以前では、技術にも主体性は与えられた。しかし、近代以後では、主体性は技術から抜かれた分だけ科学に与えられつつあるというべきであろう。

●技術学という科学

日本人には科学を純粋自然科学に限定して考える潔癖さがある。しかし、人工的自然を対象とする科学、すなわち労働手段の体系を対象の中心とする科学もやはり科学である。この科学は技術学あるいは技術科学とよばれてよい。科学技術の言葉になれた日本人には逆に聞こえるかもしれない。工学、農学とよばれる科学がそれに含まれる。大学理学部の理学だけが科学ではない。

技術学は古代ギリシアにすでに萌芽がみられるが、概念として確立し、総合大学で教育が開始されたのは1770年代のドイツにおいてである。電力技術、製鋼技術の成立した1870年代から機械、電気、化学、金属、建設などの個別技術学が確立し、純粋自然科学との関連が緊密になり、以後そのことによって急速

に発展した。

今日では人工的自然と非人工的自然の区別がしだいになくなり、技術学と純粋自然科学の区別もしだいに解消し、技術学の科学における地位が急速に拡大している。合成高分子科学、電子工学、原子力工学などがその最先端にある。科学技術という一括した用語も技術学を技術とする限り正しいといわねばならない。

しかし、歴史の示すところによれば、技術と科学はそれぞれ独自の領域にある。技術は200 万年以上の歴史をもつが、科学は3000年にみえない歴史しかもたない。技術学にいたっては200年の歴史しかもっていない。

技術学の自然科学における位置が拡大するにつれて、技術を社会科学の対象とすることも当然必要となってくる。技術はもともと社会的要求にしたがって発達し、発達した技術がやがてその技術を生んだ社会体制にそわなくなる。このような歴史を研究するのが技術史である。技術史は歴史学の1部門であり、社会科学に属する。

●科学論・技術論の課題

1960年代の末から公害問題がおり、環境汚染が国際的に問題化されたのは、すでに現在の社会体制が今日の技術発達に適応しなくなったからである。技術とはなにかという問題が、日本でも欧米でも深刻に論じられるようになったのはそのためである。技術の社会科学の議論は日本では技術論とよばれる。

技術論は科学論とともにいま国民の大きな課題である。科学、技術が諸悪の根源であるという見解が一時青年層にひろがり、公害と関係の深い化学への志望が激減したときえいわれている。しかし、公害を防ぐのも化学技術学の任務である。科学や技術の役割を否定することは、人類の自殺につながるといわねばならない。

技術学は科学の1部門である以上、その発展には民主主義が保障されねばならない。技術がひろく科学の対象となり、いわば科学化されるにつれて、労働手段の体系のあり方も国民の間に啓蒙され、一般化されるであろう。民主主義が科学を国民のものとし、技術学を通じて、技術の現状をかえる変革のエネルギーとなるのである。

科学を真に人類文化の遺産として後世に伝承させるのは、科学の技術化の方向ではなく、技術の科学化の方向にあるといつてよい。社会科学をぬきにした科学技術というあいまいな概念には、科学の技術化を指向するきらいがある。科学と技術に関する科学、科学学・技術学という自然・社会の両分野にまたがる、本来のひろい科学への展望がそこにある。

編集方針

- (1)本巻は、広範な科学技術の領域の中から、機械工学、電気工学、電子工学、船舶工学、航空工学、土木工学、金属工学、資源工学、原子力などの工学上の基礎知識を体系的に解説し、一般的な科学の教養事典として利用されることを目的にして項目を選定し、検索に便利な五十音に配列して編集した。
- (2)『万有百科大事典』(全21巻)の巻立ての方針によって、内容記述上の重複や利用の際の繁雑さを避けるため、化学、物理学、数学、医学、動物学、植物学、地学、天文学などの自然科学は、それぞれ「医学」(第14巻)、「化学」(第15巻)、「物理・数学」(第16巻)、「宇宙・地球」(第18巻)、「植物」(第19巻)、「動物」(第20巻)でも十分解説するように配慮されており、本巻の、これらに関連する記述は、最小限度内にとどめた。したがって、巻立ての都合上、例をあげると化学工業は「化学」で、宇宙・海洋開発技術は「宇宙・地球」などの巻で扱うようにした。
ただし、電子工学や原子力、それに関係する金属工学など今日一般に注目を集めている分野については、読者の便宜を考慮して基礎科学的な項目、内容も入れた。
- (3)科学技術の性格上、産業とかかわる面が多い。さらに現今は人間生活と科学の関係を多面的視野から再考しようという声も盛んである。項目の解説は、工学上の記述のみにとどまらず、経済・産業との関連はもちろん、歴史的発展の中で科学技術がどのように変貌してきたかを詳述するように努めた。
また、現代科学の新しい諸問題についても触れるよう努めた。
- (4)項目の採択にあたっては、主として高校の技術系教科書のほか、新聞・雑誌・科学の専門事典などを調査し、科学技術の基礎知識の理解がいっそう深められるような体系的な項目立てとした。そのために約10ページ前後にわたる大項目を多数採択し、その原理・機能・歴史(沿革)など項目の内容によって多様な展開を考慮し、それに対応して内項目を段階的に設け、中小項目との関連をつけながら総合的な解説ができるようにした。
- (5)大項目には専門用語を簡潔に解説するための〈用語〉欄、技術発達史を通覧しやすくするための〈年表〉、発明・発見にまつわる興味溢れるエピソードや、実用記事を収めた〈コラム〉欄などを設け、多彩な内容展開に努めた。
- (6)項目の配列は五十音であるが、大項目は検索しやすい体裁をほどこし、見易い位置から読み始められるよう配慮した。そのためレイアウトの都合で項目が掲載される位置の前後を入れかえた場合もあるが、その際にはその項目の始まるページノブルを正しい音順の位置に指示した。
- (7)大項目には、記述の全容をわかりやすくするために目次をつけた。
- (8)解説文の理解をさらに深めるため項目の末尾には参考文献を付けた。
- (9)巻末には、①「科学博物館(日本・外国)」と②「索引」を付し、本巻活用が深まるようにした。

項目の示し方

- (1)項目は漢字を使用し、その次に読みかたをひらがなで示した。ただし、ひらがな、カタカナ書きが正式あるいは、慣用となっているものはそれに従った。
- (2)項目名には、原則として、英語、フランス語、ドイツ語の3か国語を(英)(仏)(独)として示した。
(例) エスカレーター [(英)escalator (仏)escalier mécanique (独)Rolltreppe]
浚渫 しゅんせつ [(英)dredging (仏)dragage (独)Baggerung]
ただし、3か国に同義の用語のない場合は、1～2か国語だけにした。
とくに英語で、アメリカとイギリスにおける用語のちがいがある場合は、末尾に、アメリカは(Am.)、イギリスは(E.)を付した。
- (3)人名については、日本人および中国人の場合は漢字で姓名を記し、その次に読み方を入れ、生没年(生年—没年)を西暦で示した。西洋人名はカタカナで姓だけを掲げ、その次に原語でフル・ネームを記し、また生没年を西暦で記した。
ロシア人については、ロシア文字による表記も併せて記した。
(例) 本多光太郎 ほんだこうたろう (1870—1954)
イーストマン [George Eastman] (1854—1932)
ポポフ [Александр Степанович Попов / Aleksandr Stepanovich Popov] (1859—1906)
- (4)読み方は現代かなづかいを用いた。
(a)かなの使い方は、だいたい発音どおりにし、「ゐ」は「い」、「ゑ」は「え」、「を」は「お」と表記した。ただし、助詞の「を」(わ行)および「は」「へ」(は行)はもとのままにした。
(b)「大」「多」など旧かなづかいで「オホ」と表記したものは「オオ」とした。
(例) 大島高任 おおしまたかとう
(c)「ぢ」「づ」は原則として使わずに、「じ」「ず」で表わした。
(例) 軸受 じくうけ
地熱発電 じねつはつでん

項目の並べ方

- (1)項目は現代かなづかいの表記により、五十音順に配列してある。促音(っ)、拗音(ゃ・ゅ・ょ)も音順にかぞえ、濁音、半濁音は清音のあとに並べた。カタカナで表記した外国語の長音符号「ー」は五十音順から除いた。
(例) アークライト (音順は「アクライト」)
- (2)同音の語は次の順序によった。
(a)カタカナ、ひらがな、漢字(画数順)
(b)同音の外国人名は生年の早い順

解説の方法

- (1)現代日本語の標準的文章で平易に表現し、多くの人に理解できるようにつとめた。
- (2)技術上の専門的な解説では内容記述の正確を期すため、極

力、学術用語を使うようにした。ただし部門間で不統一な部分については、一般慣用に従った。

- (3)文体は漢字まじりのひらがな口語文とし、かなづかいは原典の引用や歴史的用語、固有名詞などを除き、すべて現代かなづかいとした。送りがなは誤読のないように配慮した。
- (4)漢字は原則として当用漢字とその音訓表に許された範囲にとどめた。ただし固有名詞、歴史的用語、および慣用語などでひらがな書きでは読みにくいもの、理解しにくいものは、当用漢字以外も用い、場合により読みがな(ルビ)をつけた。
- (5)金属・化学物質名は、カタカナ書きにした。ただし、従来使用されていた漢字は用語の初出の場合にかぎって()の中に示した。

(例) シュウ(蓼)酸, ヨウ(沃)素,

- (6)解説文には要点を明快にするため、必要に応じて小見出しを入れた。見出し順位は下のとおり。

〔 〕 ● (1)(2)(3)…… ①②③……

- (7)解説文中の西洋人名には、極力原名の綴りを入れた。また、項目として採録していない人名については生没年を入れた。
- (8)年代は西暦により、必要に応じて日本の年号を付記した。
- (9)数字は算用数字を使用し、とくに万、億の位だけを漢字で入れた。ただし、成語化したものについては十、百、千などを使用した。
- (10)計量単位は、原則としてメートル法を用い、ミリ、センチ、メートル、キログラムなどは、それぞれ mm, cm, m, kg を用いた。ヤード、ポンド法は、それぞれ, yd, lb, oz……とるように記した。
- (11)外国語の合成語は、単語の間を、人名は名と姓の間をそれぞれ黒丸・でつないだ。
- (12)欧文の書名、雑誌名、および西洋人名の称号は原綴りで斜体とした。

外国語の表記

外国語および外来語、外国の地名、人名は国語審議会報告、文部省編の刊行物、また各種の専門事典などを参考にして、原則的には現地読みに近い表記で表わした。ただし新聞などで広く親しまれている表記は、なるべく慣用に従った。

なお、表記に何通りかの慣用のある場合は、必要に応じて送り項目を立てて便宜をはかった。

- (1)〔V〕音の表記は「ヴァ、ヴィ、ヴ、ヴェ、ヴォ」を使わず「バ、ビ、ブ、ベ、ボ」とした。ただし、ドイツ語の〔W〕は、原則として「ワ、ウィ、ウェ、ウォ」とした。
- (2)長音は長音符号「ー」で表わし、母音を重ねたり、「ウ」は使用しない。なお長音における二重母音の〔ei〕〔ou〕などは、だいたい長音とみなした。

学術用語では、単語語尾の -ar, -er, -or に長音符号をつける部門とそうでない部門があり、その採否については、使用者の任意にゆだねられているが、本巻では慣用に従い符号をつけることにした。ただし、「コンピュータ」「トランジスタ」は符号をつけない。

- (3)〔ti〕〔di〕は原則として「ティ」「ディ」としたが、慣用に従って「チ」「ジ」としたものもある。

符号・記号

文中におけるおもな記号、符号は次のとおりである。

- ⇒ 該当する項目への送りを示す
- 関連項目を示す
- ⇒ 写真、図版の所在ページ、または項目名を示す
- * 解説文中の熟語の右肩につけ、併読がのぞましい項目を示す
- 〔 〕 ● 解説文の小見出し
- 『 』 書名、雑誌名などを示す
- 「 」 引用文または語句、とくに注意をうながす語句。章名・編名
- < > 執筆者名
- 参考図書

おもな単位略記号

〈長さ〉		標準気圧	atm
キロメートル	km	水銀柱のミリメートル	mmHg
メートル	m	〈動力〉	
センチメートル	cm	ワット	W
ミリメートル	mm	キロワット	kW
ミクロン	μ	毎秒キログラムメートル	kgm/sec
ミリミクロン	mμ	馬力	PS, HP
オングストローム	Å	〈仕事〉	
〈重さ〉		キロワット時	kWh
トン(メトリック)	t	キログラムメートル	kgm
キログラム	kg	〈温度〉	
グラム	g	摂氏	°C
ミリグラム	mg	華氏	°F
〈時間〉		絶対温度	K
時	hr (h)	〈熱量〉	
分	min (m)	キロカロリー	Cal, kcal
秒	sec (s)	カロリー	cal
〈面積〉		〈熱量価〉	
平方キロメートル	km ²	毎キログラムキロカロリー	Cal/kg
平方メートル	m ²		kcal/kg
平方センチメートル	cm ²	〈濃度〉	
平方ミリメートル	mm ²	ボーメ度	Bé
ヘクタール	ha	パーセント	%
〈体積〉		容量パーセント	Vol%
リットル	l	水素イオン濃度	pH
ヘクトリットル	hl	モル濃度	mol
立方メートル	m ³	〈電気関係〉	
立方デシメートル	dm ³	(電流)アンペア	A
立方センチメートル	cm ³ , cc	(電圧)ボルト	V
立方ミリメートル	mm ³	(電気抵抗)オーム	Ω
ガロン	gal	(導電率)モー	σ
バレル	bbl	(電気量)アンペア時	Ah
〈角度〉		(電力)ワット	W
度	°	(皮相電力)ボルトアンペア	VA
分	'	(電気仕事)ワット時	Wh
秒	"	(周波数)サイクル	c/s
ラジアン	rad	キロサイクル	kc
〈速度〉		メガサイクル	Mc
毎時キロメートル	km/h, km/hr	ヘルツ	Hz
毎秒メートル	m/s, m/sec	〈光度〉	
毎分回転数	rpm	カンデラ	cd
〈加速度〉		〈光束〉	
メートル毎秒毎秒	m/s ² , m/sec ²	ルーメン	lm
〈力〉		〈照度〉	
ダイン	dyn	ルクス	lx
〈圧力〉		〈エネルギー〉	
毎平方メートルキログラム	kg/m ²	電子ボルト	eV
毎平方センチメートルキログラム	kg/cm ²	〈利衰量利得〉	
バールまたは気圧	bar	デシベル	dB

■編集顧問・委員

木村秀政

中山秀太郎

三島良績

米元卓介

■本文執筆

青野泰三 日本国有鉄道
石川章一 東京工業大学
磯部直吉 東京電機大学
岩田倫典 日立製作所
上野喜一郎 日本海事科学振興財団
内田岱二郎 名古屋大学
梅田克彦 新日本航空整備
遠藤源助 早稲田大学
大場栄一 富士写真フイルム
大山宏 千葉大学
岡田恒男 東京大学
岡田正明 広島商船高等専門学校
岡本芳三 日本原子力研究所
小沢吉太郎 日本ヨット協会
落合一夫 日本航空
小野勝章 技術評論家
尾畑嘉英 日本国有鉄道
片方善治 東京工業大学
加藤精一 日本国有鉄道
神山一 早稲田大学
菊竹清訓 菊竹清訓建築設計事務所
岸谷孝一 東京大学
木村秀政 日本大学
桐生邦雄 日本国有鉄道
熊田光三 リコー
倉田是 千葉大学
倉田佳忠 月島機械
蔵田延男 日本工業用水協会
黒沢張三 黒沢商店
小池恒裕 富士写真フイルム
小平勝右 日本国有鉄道
小林彬 東京工業大学
小林昌敏 日本原子力研究所
小林道夫 東京電力
坂本弘道 厚生省
桜田常久 作家
佐々木正康 牧製本印刷
佐島秀夫 早稲田大学
佐渡勝利 日本自動販売機工業会
菅原操 東京工業大学
鮎川登 早稲田大学
鈴木武雄 タイガー計算器サービス
関川栄一郎 航空評論家
関根慶太郎 東京理科大学
高尾利治 東京電機大学
高島鎮雄 自動車評論家
高梨晃一 東京大学
武石明 日本航空
竹下彊一 全国朝日放送
武田栄一 東京工業大学
田中寿 日本国有鉄道
谷彦光夫 日本国有鉄道
土屋孟 水産庁
常光孝彦 環境設計研究所

鶴田総一郎 国立科学博物館
土肥勝由 舟艇協会出版部
鳥山新一 鳥山研究所
内藤正 東京理科大学
中津原努 環境設計研究所
中西篤 東京写真大学
中野俊次 建設省
中山秀太郎 上智大学
西川孝夫 東京都立大学
野口茂 東京電機大学
野口幹泰 日本国有鉄道
萩原義一 早稲田大学
服部岑生 千葉大学
原広司 東京大学
原田種臣 早稲田大学
半谷裕彦 東京大学
平石文雄 東京写真大学
房村信雄 早稲田大学
古橋晃 東京大学
古橋正雄 日本国有鉄道
保阪達彦 日本国有鉄道
星埜和 中央大学
星谷俊二 日本国有鉄道
堀元美 海洋問題評論家
堀井健一郎 早稲田大学
本田修一 日本国有鉄道
松本修躬 日本国有鉄道
馬淵昭夫 科学評論家
三島良績 東京大学
箕浦有二 大阪市立大学
宮田紀元 建設省
三井所清典 アルセット建築研究所
棟方忠輔 日立製作所
村上雅也 千葉大学
茂在寅男 東京商船大学
元持邦之 シチズン時計
茂庭竹生 東京都立大学
矢島祐利 東京理科大学
安岡正人 東洋大学
山岡義典 都市計画設計研究所
山口雅三 日本国有鉄道
山口雅弘 科学評論家
山崎俊雄 東京工業大学
山崎豊彦 早稲田大学
山田栄一 日本国有鉄道
由利和久 日本新聞協会
吉沢康雄 東京大学
吉田昇三 日本国有鉄道
米元卓介 早稲田大学
和田邦久 名城大学

東京消防庁

■写真撮影・提供 編集協力

浅水嘉治夫 柴田光夫
阿部徹雄 田島正
井上外志雄 野間恒
内山暁 日向美智子
小原二郎 廣田尚敬
河村忠男 村井修
小森郁雄 渡辺保忠
斎藤順茂
佐伯誠一
榊晃弘
佐藤善重

Alain Perceval
François
René
Roland

☆ ☆ ☆

赤井電機
アグネ技術センター
旭光学商事
アラビア石油
石川島播磨重工業(I. H. I.)
ウィングス フォト エンタープ
ライズ(W. P. E.)
宇部興産
NHK放送センター
NHK放送博物館
荏原製作所
王子製紙
オーシャンライフ
オリオンプレス
海上保安庁水路部
鹿島建設
紙の博物館
カワサキオートバイ販売
川崎重工業
川崎製鐵
カラープランニングセンター
関西電力
酣燈社
機械振興協会
キーストン通信社
共同通信社
京都大学超高温プラズマ研究施設
久保田鉄工
極洋
黒川紀章建築設計事務所
建設省土木研究所
建築学会
交通博物館
神戸製鋼所
国際電信電話
五島美術館
小松製作所
小峰書店
三幸製図器
シチズン時計
自動車工業振興会

ジャパン・パブリック・
リレーションズ
舟艇協会出版部
首都高速道路公団
シュミット
シュリロ貿易
湘南モノレール
シンガー・ソーイング・メシ
ン・カムパニー（日本支社）
新東京国際空港公団
新日本製鐵
鈴木自動車工業
住友重機械工業
諏訪神社（長崎市）
成山堂書店
大成道路
ダイハツ工業
高田工場
タス通信社
田辺製薬
中国通信社
中部電力
逓信総合博物館
帝都高速度交通営団
デ・グラシー・アンド・
アソシエイツ
電源開発
東亜港湾工業
東京国立博物館
東京芝浦電機
東京航空写真研究所
東京消防庁
東京都下水道局
東京都港湾局
東京都水道局
東京電力
東京フォトエージェンシー
東芝機械
東北大学金属材料研究所
東洋工業
東洋紡績
凸版印刷
土木学会
富谷研究所
トヨタ自動車販売
豊田自動織機製作所
鳥山研究所
長崎県立図書館
長崎県立美術博物館
長瀬産業
名古屋大学附属プラズマ研究所
二玄社
日綿実業
日産自動車

日本印刷学会
日本海洋掘削
日本紙パルプ商事
日本カラーセンター
日本規格協会
日本軽金属
日本原子力研究所
日本原子力船開発事業団
日本原子力発電
日本光学工業
日本鋁業協会
日本航空
日本交通公社
日本国有鉄道
日本コロムビア
日本車輛製造
日本ステンレス
日本精工
日本設計事務所
日本大ダム会議
日本鉄道建設公団
日本電気
日本電機工業会
日本電信電話公社
日本銅センター
日本道路公団
日本ボラロイド
野崎産業
PANA通信社
日立印刷
日立製作所
日立造船
日立電子
P. P. S.
ファーイースト・カウンセラーズ
富士写真フイルム
富士重工業
富士電機製造
ブリヂストンタイヤ
ペンタックスギャラリー
本田技研工業
真本建設
マックス通信社
松下電器産業
ミサワホーム
水資源開発公団
三井鉱山
三井造船
三井不動産
三菱機器販売
三菱原子燃料
三菱自動車
三菱重工業
三菱電機

ミノルタカメラ
武藤工業
博物館明治村
矢崎総業
ヤナセ
ヤマハ発動機
ヤンマーディーゼル
ユニ・フォトス
横河橋梁製作所
横浜市港湾局
レトリア
ワールド・フォト・サービス（W. P. S.）

■海外科学博物館取材協力

Como (Italy) ; Tempio Voltiano
Firenze ; Museo di Storia della Scienza
London ; Science Museum
Milano ; Museo Nazionale della Scienza
e della Tecnica 《Leonardo da Vinci》
München ; Deutsches Museum
Paris ; Conservatoire des Arts et Métiers
Paris ; Musée de la Marine

■図版製作

青木 堆
飯島修作
猪本義弘
Carlo Demand
CORE
創芸社
西川勝也
日本工房
野上隼夫
野村敏雄
藤田正純
プロダクトブレーン
山崎繁成

■装丁 栗津 潔

■レイアウト 富田百秋
渡辺栄利

（配列は五十音順，敬称略）

■五十音 目次

ア …… 1	イ ……15	ウ ……27	エ ……31	オ ……52
カ ……63	キ …… 108	ク …… 143	ケ …… 156	コ …… 186
サ …… 225	シ …… 232	ス …… 314	セ …… 330	ソ …… 348
タ …… 362	チ …… 383	ツ …… 391	テ …… 398	ト …… 467
ナ …… 504	ニ …… 505	ヌ ……	ネ …… 508	ノ …… 511
ハ …… 511	ヒ …… 538	フ …… 565	ヘ …… 602	ホ …… 610
マ …… 624	ミ …… 629	ム …… 631	メ …… 632	モ …… 633
ヤ …… 642	イ ……	ユ …… 642	エ ……	ヨ …… 644
ラ …… 647	リ …… 656	ル …… 658	レ …… 659	ロ …… 663
ワ …… 675	ヰ ……	ウ ……	エ ……	ヲ ……

■巻末特集 1 科学博物館（日本・外国） ……678

巻末特集 2 索引 ……681

■別刷図版

技 術 ……127	飛行機 ……545
自動車 ……247	船 ……581
鉄 道 ……411	

■コ ラ ム

印 刷	新聞印刷 ……由利 和久 …… 22
駅	東京駅 ……吉田 昇三 …… 36
河川計画	TVA ……米元 卓介 …… 85
原子力	原子爆弾 ……山口 雅弘 ……169
鉱 山	鉱 害 ……房村 信雄 ……206
自 動 車	排出ガス規制 ……高島 鎮雄 ……256
炭 鉱	石炭地下ガス化 ……萩原 義一 ……381
通 信	簡易無線局 ……関根慶太郎 ……395
通 信	アマチュア無線 ……関根慶太郎 ……396
鉄 鋼	日本刀の鋼 ……三島 良績 ……408
鉄 道	列車ダイヤの話 ……谷彦 光夫 ……420
道 路	アウトバーン ……星 埜 和 ……476
橋	日本の三奇橋 ……堀井健一郎 ……520
橋	橋の長さ ……堀井健一郎 ……521
飛行機	ライト兄弟の初飛行 ……木村 秀政 …… 542
飛行機	プロペラの無い飛行機 ……木村 秀政 ……556
船	いろいろな救命設備 ……上野喜一郎 ……578
船	ブルーリボン ……上野喜一郎 ……586
船	船の命名と寿命 ……上野喜一郎 ……589



I L S アイエルエス instrument landing system の略。計器着陸装置。計器飛行状態にある航空機を電波で誘導し、安全に着陸させる一連の装置をいう。地上の ILS 電波発信装置、航空機上の受信器・指示計器、あるいは地上の燈火施設などで構成され、滑走路に対する進入コース、降下角、着陸基準点からの距離が確認できる。最近では装置の進歩や精度の向上、新しい機器の追加取付けなどにより、きわめて視界の悪い状態であっても安全に進入、着陸ができるようになっている。

→空港 図⇒別刷「飛行機」 <落合一夫>

I C アイシー integrated circuit の略称。電子回路素子の多数のものを、1枚の薄片にまとめ、特定の機能を持たせた電子装置。集積回路ともいう。⇨集積回路

アイソトープ [⑤isotope ④isotope ④Iso-top] 同一種類の元素に属する種類の異なる核種。同位体（あるいは同位元素）という。同じ元素に属する原子の種類には、原子番号が等しく質量数の異なるものが存在する。つまり原子核の中にある陽子の数や核外の外殻電子の数は同じであるが、原子核中にある中性子の数の異なるものがある。これらの原子は元素の周期表では同じ位置（同じ桁の中）に入るの、その元素の同位体またはアイソトープと呼んでいる。

各元素の同位体にはエネルギー状態が安定なものと、エネルギー的に不安定でひとりでに崩壊して他の種類の原子に転換しその際に放射線を放出するものがある。前者を安定同位体（安定同位元素）、後者を放射性同位体（放射性同位元素）あるいはラジオアイソトープと呼ぶ。ウランのように天然に存在する同位体のすべてがラジオアイソトープである元素や、天然には存在せず、すべての同位体が人工的につくられるラジオアイソトープである超ウラン元素も存在する。それ以外の元素では原子炉や加速器を用い原子核反応によ



写真：日立



I T V 上：愛知県時習館高校の集団教育システムに取り入れられた I T V の例。生徒のノートテレビにうつして添削指導をおこなっている
下：北海道白川浄水場の取水せきの上に取り付けられたテレビカメラ（左上）。取水口の状態を24時間監視している

てラジオアイソトープの製造がおこなわれる。ラジオアイソトープは医学、工学、農学などのあらゆる分野において広く利用されている。→ラジオアイソトープ <小林昌敏>

アイソトープ電池 —でんち ⑤isotope power generator ④générateur isotopique ④Isotopenbatterie] ラジオアイソトープ発電器あるいは原子電池ということもある。ラジオアイソトープから放出される放射線のエネルギーを電気的エネルギーに変換し、電池として利用するもの。アイソトープ電池の機能、すなわち放射線の

エネルギーから起電力を得るには次の3つの方法がある。

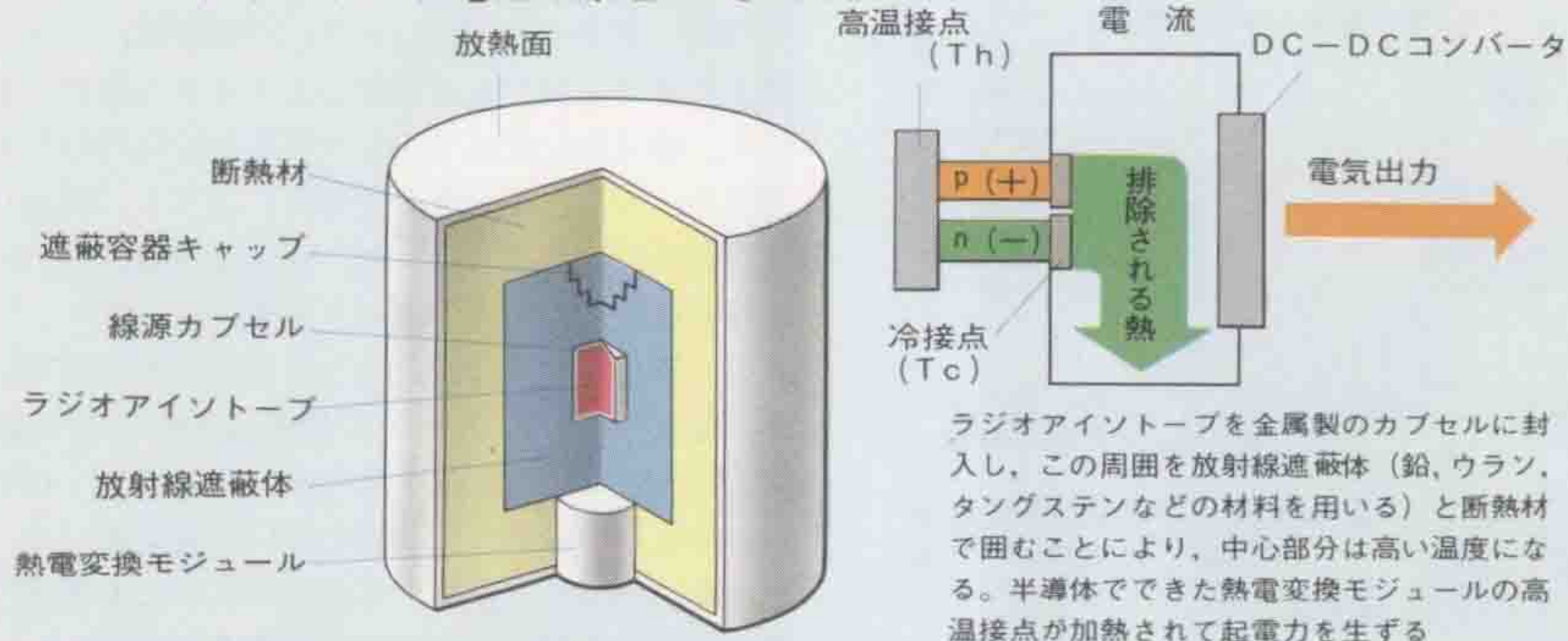
●**熱電変換方式** α 線や β 線のような荷電粒子は物体の中で吸収されやすいので、ラジオアイソトープ自身によって大半が吸収され、そのエネルギーは熱エネルギーに変換される。したがって、大量のラジオアイソトープを熱の絶縁体で包むとラジオアイソトープの温度を300～700℃にすることができる。図はその代表的なもので、ビスマス—テルル (Bi—Te)、鉛—テルル (Pb—Te) 半導体でできた熱電変換素子により熱エネルギーから起電力を得る方法である。

●**熱イオン変換方式** 熱電変換方式と同じ方法で放射線の運動エネルギーを熱エネルギーに変換し、この熱エネルギーによってエミッターと呼ばれる熱陰極を加熱して熱電子を放出させ、これをコレクターに集めることで起電力を得ることができる。

●**半導体方式** 光電池として用いられるシリコン半導体に放射線をあてると、光電池と同様の働きによって電池としての動作をする。

〔電池用ラジオアイソトープ〕ラジオアイソトープ線源自身で吸収されやすい α 線、または β 線を放出するものを使う。半減期の長いラジオアイソトープを用いることが寿命の長い電池としての長

アイソトープ電池の原理（熱電変換式）



アイティ

所をもつことになる。 α 線、または β 線と同時に、透過力の大きな γ 線を放出するものでは、遮蔽体として鉛や減損ウランが必要になり、電池全体としての重量が大きくなる。また、 β 線だけを放出するラジオアイソトープでも、 β 線が吸収される際に制動放射と呼ばれる現象によりX線が発生する。これに対して、遮蔽体を用いると電池全体の重量はかなり大きくなる。 α 線だけを放出する超ウラン元素の中の若干のラジオアイソトープでは、放射線に対する遮蔽がほとんど不要であるために、ひじょうに小型軽量の原子電池をつくることができる。

【アイソトープ電池の用途】核分裂生成物を分離して得られるストロンチウム90を用いた電池は、大重量のために地上や海中での用途が多く、浮遊標識灯台、自動気象観測ステーションなどの電源、航空機誘導ビーコン、および海中ビーコンなどの電源などに利用されている。超ウラン元素のうち、プルトニウム238を用いた電池は、小型軽量で、1953年に宇宙ロケットの電源として初めてつくられ、63年には25Wの電力を発生した。その後、天体表面での観測機器の電源としてアメリカの人工衛星アポロによって月の表面に設置された。また、心臓ペースメーカーの電源として人体にも移植されている。→ラジオアイソトープ 〈小林昌敏〉

ITV アイティービィ industrial TV の略称。産業用テレビあるいは工業用テレビと呼ぶ場合もある。テレビは、最初機械設備費用が高価であったために、一般家庭を対象とする放送として発達したが、続いて工業などの一般産業界で種々の目的に使用されるようになり、これらを総称して ITV と呼んだ。その後、使用目的に応じ教育用テレビ(ETV)、医療用テレビ(MTV)などと区分して呼ばれるようになったが、依然としてこのような分野のテレビ利用を含めて、かなりばく然とした広い意味で ITV という呼び方が用いられている。図⇒p. 1

ITV の特徴は、不特定多数の視聴者を対象とする放送と違って、特定の対象への映像情報の伝達を目的とするテレビシステムであって、一般に閉回路テレビ(closed circuit TV、略して CC TV)と呼ばれるものである。したがって、テレビ放送受信と受像機を共用する必要がない場合は、そのテレビシステムの中で統一された方式、規格であればよく、標準方式に制約されずに任意の方式をとることが可能である。すなわち、目的に応じて非常に高画質を追求することもできるし、また、ずっと簡単な安い方式にすることもできる。テレビカメラと受像機を結ぶ伝送路には、無線電波やレーザーが用いられることもあるが、同軸ケーブルなどの有線伝送路が用いられるのがふつうである。記録再生装置として VTR を併用する場合も多く、主として ITV における使用を目的とした VTR も製造されており、ITV 用 VTR などと呼ばれている。

ITV の利用は、病室とかあるいは駐車場、道路交通事情などの集中監視、あるいは大型自動車の後方監視用といったいわば人間の眼の複数化、X線テレビや赤外線テレビによる不可視光の可視光化、紙幣と硬貨の自動交換機における紙幣の鑑別とかダム取水口等の遠隔監視といった視覚の代行、あるいは新幹線のパンタグラフの動作テストや爆発のおそれのある実験等の危険を伴う監視、宇宙空間とか人間の胃の内部など、通常の光学的

な方法では視ることができないような世界への視覚の拡張にまで及んでいる。また電子計算機と結合して、その入出力装置に利用されているのははじめ飛行機や新幹線のようなものの操縦訓練用シミュレーター、種々のティーチング・マシン、あるいはアニメーション(動画)の作成(コンピュータ・アニメーション)のような図形処理等きわめて応用分野は広く、多種多様である。〈竹下一〉

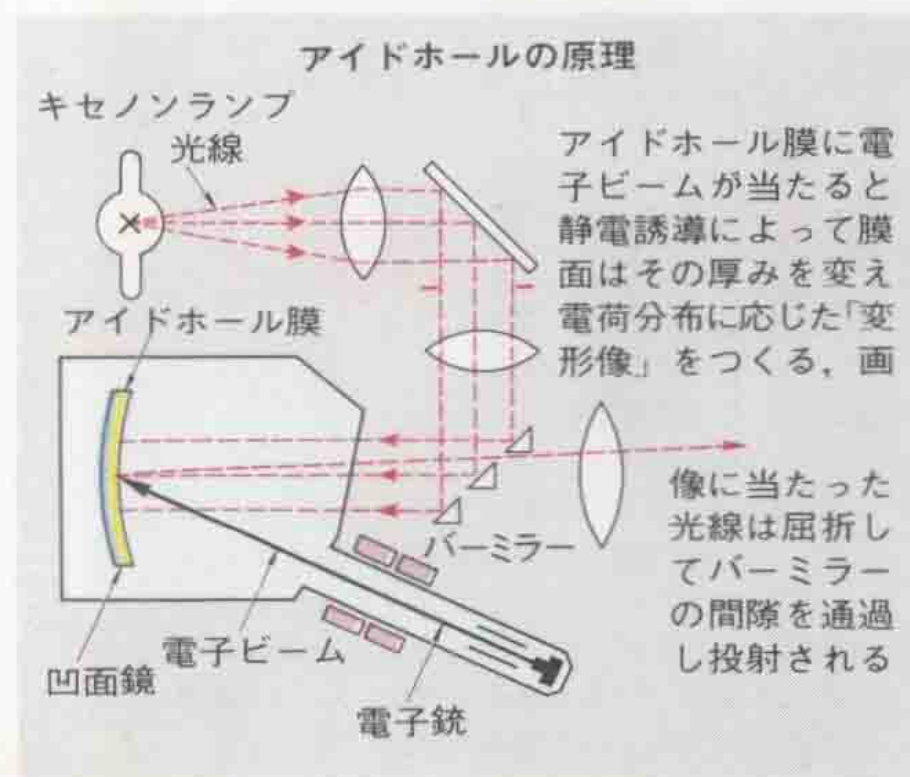


都市間用アエロトラン
(試験車)

写真：菅原 操

アイドホール [eidophor] テレビジョンの画像を映画のように大スクリーンに投影するための代表的な装置の1つであって、スイスのフィッシャー F. Fisher の発明したもの。テレビの大きな欠点は、その画面が小さいということであり、スクリーンに投射する方法が幾つか開発された。その中の1つはブラウン管の画像を特殊なレンズで投射する方法であるが、明るさが不足する欠点がある。アイドホールは、特殊な油膜を映像信号で変調された電子ビームで走査して、信号に応じた凹凸をつくり、この油膜面をキセノンランプで照射し、レンズでスクリーンに投射する方法である。キセノンランプの光の投射レンズ系の中に2つのスリットと油膜面が置かれており、2つのスリットは互いに食い違っていて、油膜面が平滑である限りはキセノンランプの光はスリットに遮られてスクリーンに到達しない。油膜面に凹凸が生ずると光の屈折に変化が生ずるため、凹凸の度合いに応じて光がスクリーンに到達する。このようにして、電気信号をキセノンランプの光の信号に変換し、スクリーンに比較的明るい画像をうつし出すことができる。油膜面は常にゆっくりと回転し、新しい油が供給されながら、ナイフエッジで平滑に整えられるようにつくられている。

以上のような構造のために、1台でカラー画像を投射するためにはフィールド順次方式(CBS方式)以外にはできないので、1台では NTSC 方式のカラーテレビ放送を投射することができない。そこで、アイドホールを3台組み合わせ、それぞれに赤、緑、青の信号を加え、投射光学系にも信号入力に対応してそれぞれ赤、緑、青のフィ



ルターを取り付けて、スクリーン上で三原色像を重ね合わせる方式のもの(オランダ、フィリップス社製)が用いられている。しかし、価格が非常に高価であることと画像の重ね合わせがむずかしいことなどのために、わが国では70年万国博の電気通信館で用いられた以外はほとんど利用されていない。アメリカでは劇場有料テレビシステムなどで用いられている。〈竹下一〉

アエロトラン [Aérotrain] エアクッションを使って軌道上を走行する超高速交通機関の1種。フランスのアエロトラン社で開発研究中のものである。その原理は、車体の下面から圧縮した空気を軌道上に吹きつけ、エアクッションをつくり、それで車体自身をささえ、プロペラまたはリニアモーターにより推進する。アエロトランには、都市間用および近郊用の2種があり、浮上方式はいずれも同様である。

都市間用アエロトランは、ガスタービンエンジンによりプロペラを回転し、これにより推進し、最大速度 300km/h である。フランスのオルレアン付近で延長18km の試験線をつくり、80人乗りの車両により試験が進められている。近郊用アエロトランは、集電によるリニアモーター推進をおこなうもので、最大速度 250km/h をねらっている。フランスのゴメツ付近で延長3km の試験線をつくり、36人乗りの車両により試験が進められている。この方式は、プロペラ式に比べて騒音、排気などの問題がはるかに少ないので、その実用化が有望視され、1971年にはパリと近郊の大都市セルジー・ボントワーズ(延長26km)とを、最高速度 180km/h で結ぶ高速交通機関として建設が計画された。しかし、この実用化計画は1974年に白紙にもどされた。〈菅原 操〉

亜鉛 あえん [Zinc] 周期表第Ⅱ族の低融点金属。元素記号 Zn、比重7.14、融点419°C。古くから使われた銅、鉄などより化学的に活性のため、純金属として取り出したのはかなり新しいが、ローマ時代にはこれを銅に加えた黄銅がつくられている。

亜鉛の鉱石は閃亜鉛鉱が代表的なもので、硫化物 ZnS を4~10%含むから、浮遊選鉱にかけて数十%まで品位を上げ焙焼してイオウ(硫黄)を除き、酸化物に変えてから炭素とともに加熱して還元し、生じた亜鉛を蒸留する。こうして採取した蒸留亜鉛(乾式冶金)と、焙焼後硫酸に溶かして得た硫酸亜鉛の水溶液を、鉛を陽極、アルミニウムを陰極として電解析出させて採取する電気亜鉛(湿式冶金)とがあり、純度は前者で98%程度、後者は99.99%以上になる。ダイカストなどの亜鉛合金の地金には純度の高い後者を用いる。

亜鉛は六方晶で、高純度のものでも底面方向にしかおこらない低温では塑性変形させにくい

が、若干加熱して柱面迂りをおこしやすいようにすると加工は容易になる。微量のベリリウムを加えるといちじるしく塑性加工しやすくなり、加工硬化も小さいことが知られている。大気中では水分と炭酸ガスに反応して塩基性炭酸亜鉛の灰色の緻密な被膜がつくが、以後酸化せず、高純度のものは一応耐食性がある。しかし低融点のため合金でも常温近辺でクリープ creep をおこし、長時間にわたると若干変形するので、大きな荷重のかかるところには使えない。また酸、アルカリの両方に溶けて水素を発生する。

合金元素を加え、そのまま板材として印刷用版材、乾電池などに用いるほか、アルミニウム、銅を加えた合金をダイカストして自動車などの部品をつくる。ザマック Zamak はその合金の商品名。また軸受合金として使われることもある。

そのほか、重要な用途として合金元素とトタン板があげられる。合金としては銅に加えて黄銅(10~40%)や洋白(洋銀ともいわれ、ニッケル6~35%とともに亜鉛を15~35%を加えたもの)をつくり、さらにアルミニウムに亜鉛とマグネシウムを加えたいわゆる三元合金(Al-Zn-Mg)が実用されている。トタン板は鉄板を溶けた亜鉛の中につけて表面に亜鉛のうすい被膜をつけたもので、万一破れてもイオン化傾向が鉄より大きいために内部を保護する点でブリキ(スズ引き)よりすぐれ、建材に用いられるが、酸、アルカリにはスズ(錫)より弱いので、かん詰の罐には使わない。カークサイトまたはZAS とよばれるプレス用の型材も亜鉛合金である。〈三島良績〉

アークライト [Sir Richard Arkwright] (1732—92) イギリス木綿工業の創始者。ランカシャーのプレストンに貧しい大ぜいの家族の末子として生まれた。少年時代に理髪師、かつら師の徒弟となった。1750年ごろ、故郷から離れたボールタンに移り、理髪師を営業した。農村の娘たちから頭髪を買い、自分で調製した染料で染めて、かつら師に売って小資本を得た。

紡績機の発明に志した動機については、まだ定説はないが、68年プレストンの中学校の隣の部屋で最初の紡績機を製作した。この機械は翌69年、14年間で有効の特許を得た。この発明はポール L. Paul (?—1759) とワイアット*の機械の引伸し機構を、ふつうの足踏み紡車の撚りかけ、巻取り機構とうまく結びつけたものにすぎなかった。機械の実物はロンドン科学博物館に所蔵されている。

図→別刷「技術」

71年2人の富裕なメリヤス問屋、ノッティンガムのニード、ダービーのストラットと協力してダービーの近郊クロムファドに開業した。工場は急速に発展し、79年には数千の紡錘を設備し、300人の労働者を雇用するまでになった。1775年には第2の特許をとり、水車動力を予定した機械は水力紡績機(ウォーター・フレーム)と呼ばれ、木綿工業に革新的役割を果たした。しかしランカシャーの紡績業者が彼を訴訟した85年の裁判で、彼が自分こそ発明者だと主張していた紡績機をすでに1767年に建造したと証言する人が現われた。証人はリーの職人トマス・ハイズ Thomas Highs である。法廷は、彼の紡績機がハイズの発明であり、協力者の時計工の組み立てたものであったこと、つづく彼の給綿機、梳綿機、粗紡機の発明もすべてハイズその他の盗用であることを暴露し、アークライトの特許は85年に無効と宣言され

た。しかし、特許権を奪われても、彼の工場はすでに数、規模においてイギリス最大のものとなった。多数の工場を監督するため彼は絶えず旅行を続け、4頭立ての自家用馬車の中でいつも仕事をしていたという。86年にはナイトの称号を受け、92年死去のとき50万ポンドの遺産を残した。産業革命が生んだ発明企業家の典型である。〈山崎俊雄〉

アグリコラ [Georgius Agricola] (1494—1555) ドイツ・ルネサンス時代の鉱山学者。『デ・レ・メタリカ』*De Re Metallica* の著者として有名。本名をパウアー Georg Bauer という。ザクセンのグラウカウに生まれたが、幼年時代のことは明らかでない。ツピカウのラテン語学校に学び、20歳でライプチヒ大学にはいりギリシア語を学んだ。

1518年ギリシア語教師としてツピカウに招かれ、翌年25歳の若さで新設の学校の校長に選ばれた。このころ彼は名前をラテン名のアグリコラに

アークライト Sir Richard Arkwright (1732—92)

National Portrait Gallery



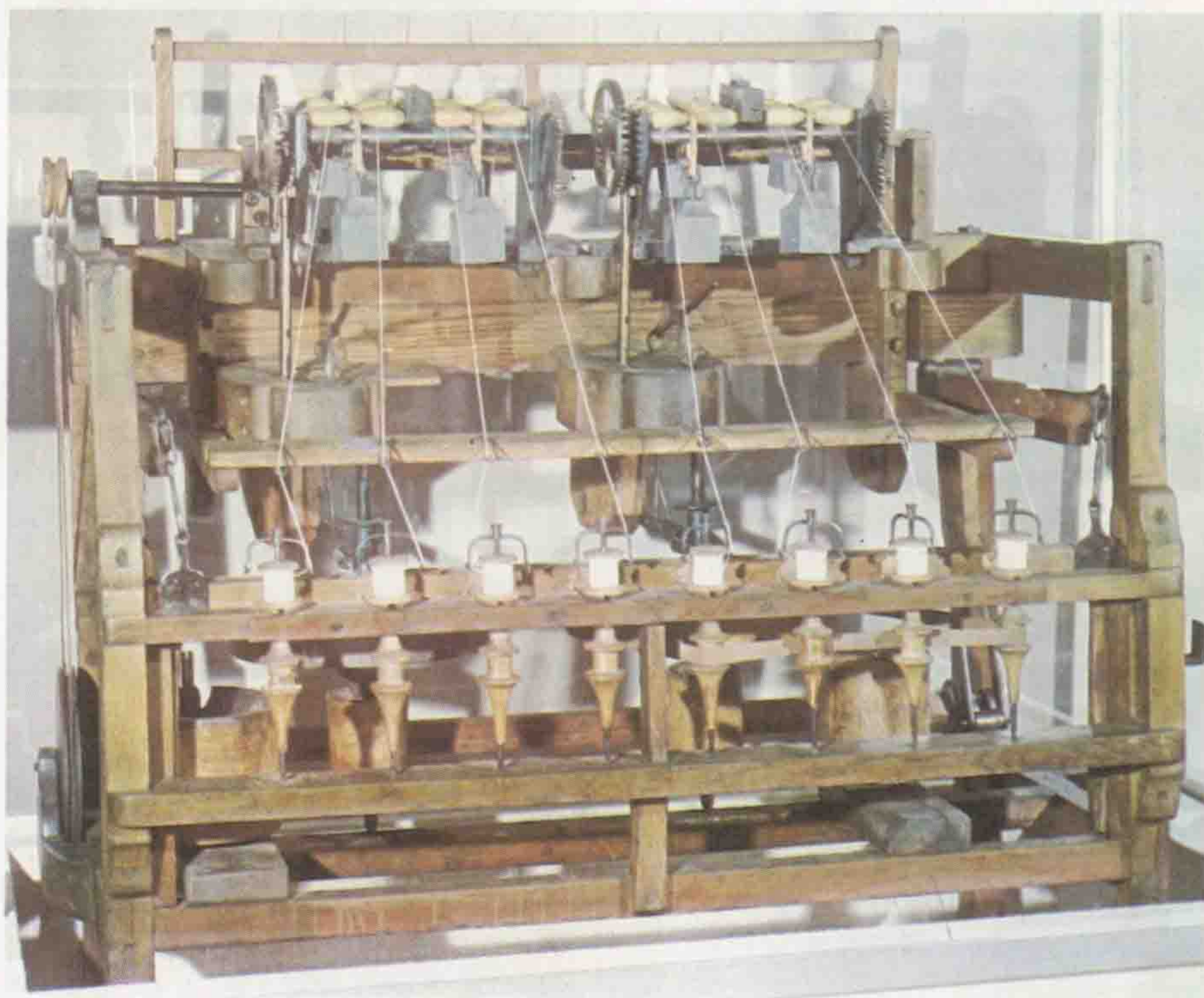
変えた。アグリコラはラテン語のパウアー(農夫)の意である。彼の最初の著作はラテン語の文法に関するものであった。当時の有名な人文主義者、ライプチヒ大学のモゼラヌスに招かれて講師となり、ここで多くの友人を得た。24年彼が30歳のとき恩師のモゼラヌス教授が死んだので、イタリアの大学で科学や医学を学ぶため、ボローニャ、パドバ、ベネチアの大学に滞在した。ベネチアでは有名な印刷業者マヌティウスと知り合った。工業を学ぶためにミラノのガラス吹き工場をも訪れた。

イタリアからの帰途、1527~31年ボヘミアの鉱山町ヨアヒムスタールの市医となり、かたわら鉱山学、岩石学を研究した。31~55年、ケムニッツに移住して市医兼修史官として研究をつづけ、46年に同市の市長に任命された。当時ケムニッツにも宗教改革運動がおこり、彼は新教徒たちとの激しい口論の最中、卒中で倒れたと伝えられる。

彼の鉱山冶金学に関するおもな著述は次のとおりである。『ベルマヌス』*Bermannus* (1530), 『度量衡について』*De Mensuris et Ponderibus* (1533), 『採鉱物の性質について』*De Natura Fossilium* (1546), 『地下物の生成と原因について』*De Ortu et Causis Subterraneorum* (1546), 『地中からの流出物の性質について』*De Natura Eorum Quae Effluent ex Terra* (1546), 『古い冶金学と新しい冶金学について』*De Veteribus et Novis Metallis* (1546), 『鉱山学用語解説』*Rerum Metallicarum Interpretatio* (1546), 『地下の動物について』*De Animantibus Subterraneis* (1549), 『金属の価値と貨幣について』*De Precio Metallorum et Monetis* (1550), 『デ・レ・メタリカ』(1556)。

『デ・レ・メタリカ』1533年ごろから書かれ、50年に完成した最後の主著。書名は『金属につい

アークライトの改良型の水力紡績機(ロンドン科学博物館蔵)



て』の意で、ラテン語で全12巻から成り、初版はパーゼルで死後4か月目に刊行された。80年にはドイツ語版、63年にはイタリア語版が同じくパーゼルで刊行された。巻頭で当時、鉱山冶金の労働が蔑視されていることを指摘している。「多くの人は、鉱山の仕事はでたらめなもの、また卑しくむさくるしいもの、そして技術や科学はもちろん、肉体の労働すらもさまで必要なものではないかのような考えを、たいていみな持っている。ところが私にはそうは思えない。」

各巻の内容はほぼ次のようである。第1巻は実際の術と学問とに精通していなくてはならぬこと、第2巻は鉱山師の心得と採鉱の着手、第3巻は鉱脈、亀裂および岩層について、第4巻は鉱区の測量と鉱山師の職分、第5巻は鉱脈の開掘および鉱区測量の術、第6巻は鉱山用の道具および機械、第7巻は鉱石の試験法、第8巻は鉱石の選別、粉碎、洗鉱および焙焼の方法、第9巻は鉱石溶解の方法、第10巻は貴金属と非貴金属とを分離する方法、第11巻は金、銀を銅、鉄から分離する方法、第12巻は塩、ソーダ、ミョウバン(明礬)、礬油、イオウ(硫黄)、瀝青およびガラスの製法について述べている。採鉱冶金技術を全体の体系として科学的に記述した書物は本書が最初である。とくに画家ウェフリング B. Wefring による292枚の木版画は当時の進んだドイツの鉱山を生き生きと描き出している。ゲーテは『色彩論』のなかで「全人類への贈り物」と絶賛している。『デ・レ・メタリカ』が現代人に広く知られるようになったのは1912年、アメリカの大統領 H. C. フーバー夫妻の共訳による英語訳と詳しい注が刊行されてからである。最近では仏訳、露訳も刊行され、三枝博音によって日本語訳とその研究も刊行された。またアグリコラの没後400年を記念して、1955年ベルリン科学アカデミーから選集が刊行されている。

〈山崎俊雄〉

■アグリコラ著、三枝博音訳、山崎俊雄編『デ・レ・メタリカ—全訳とその研究』(1968, 岩崎学術出版社) ▶Herbert Clark Hoover and Lou Henry Hoover: *De Re Metallica* (1950, Dover Publications, Inc.)

アース [earth(E.), ground(Am.)] 機器の保護、従業員の作業安全、あるいは公衆安全のために、機器の回路の一部、または外箱を大地と同電位に保つように導線で結ぶこと。接地ともいう。感電や機器の電位の異常増大を防ぎ、人身および機器の保安上重要な意味を持っている。建物、避雷器、変圧器の中性点、接地抵抗器、リアクトル、計器用変成器の二次回路、機器の外箱、屋外鉄構などの非充電金属体はすべて5Ω以下の抵抗値でアースされる。

アースについて特に重要なことは、抵抗値をできるだけ低くすることである。抵抗値に最も影響を与えるものは、土壌の固有抵抗であるから、まずアースする場所の土壌の性質について十分調査することが必要である。アースの大地埋設電極としては、普通鉄棒、銅棒、あるいは銅板などが用いられ、大地の温度変化による土壌抵抗の増減を考慮し、深く埋設する。抵抗値の著しく高い所では、埋設電極の周囲に食塩を入れ、塩分を地下深く浸透させるなどの方法を採用する。また、アース用導線は、過大な電流を通じても溶断しないように、さらに機械的な切損を防ぐため十分な太さの撚線が使用される。



アグリコラ
Georgius Agricola
(1494—1555)



『デ・レ・メタリカ』の挿絵から。人力による鑛(下)とウマの力を利用した鑛(中央右)

なお、機器の点検作業などのために、作業期間中だけ機器と大地間にアースが取り付けられることもあり、これを作業用接地という。〈小林道夫〉
アースダム [earth dam] ダムの構造形式の1種。土を盛り、締め固めてつくったダム。⇒ダム
アスファルト舗装 —はそう [asphalt pavement] アスファルトを結合材として骨材に混ぜ、路面に敷きならし、平らに仕上げた舗装。⇒道路

アーチ橋 —きょう [arch bridge] 主体をアーチ構造とした橋。拱橋ともいう。橋に使われるアーチの種類にはリブ・アーチ ribbed arch, スパンドレル・ブレースト・アーチ spandrel-braced arch, ブーソア・アーチ voussoir arch がある。リブ・アーチはリブの中にあるヒンジ hinge (蝶番) の数により3ヒンジ・アーチと2ヒンジ・アーチなどに分けられる。ヒンジを持たないものを固定アーチという。→橋 〈堀井健一郎〉
アーチ構造 —こうぞう [arch ④ arc ⑤ Gewölbe, Bogen] 円弧を持った主として圧縮

力を伝える構造形式の総称で、建物、橋、ダムなどに使われている。基本的な形は、石造や、ブロックを積み上げる組積構造の開口部をつくる場合、楔形にした部材を円弧に積み上げてつくったものである。現在では木造、鉄骨材を接合してつくったトラスや鉄筋コンクリート、木質の築成材で一体としてつくられたものでも、上に凸な曲線をもつものをいい、曲線も楕円、放物線など多彩である。

〔構造〕アーチは石造や煉瓦造を積み上げてつくる組積構造アーチの場合、軸線を適当に選び上部の荷重を圧縮応力として伝え、引張り応力が生じないように設計しなければならない。あるいは、圧縮に強い部材の特性をふまえた構造であるともいえる。しかし下部でアーチを開こうとする力(スラスト thrust) が起こり、この処置の仕方が古くから重要な課題であった。この構造は引張り力に強い材がない時代には、このスラストとのたたかいであり、控え壁(バットレス buttress) を取ったり、ライズを高くとったり、アーチを組み合わせたり工夫のあとがみられる。鉄骨や鉄筋コンクリートでつくられる場合には、部材が一体化したため上記のような引張り応力が生じてもよく、形状も自由になったが、今度は温度変化や支持部沈下によって起こる応力に注意しなければならない。アーチの構造形式には、支持状態により図2のようなものがあるが、上記の点から考えるなら3ピンアーチがもっとも変化による応力をうけにくい。またスラストによる柱脚のすべりを避けるためには、柱脚にタイ tie を設けるのが効果的である。図は軸線により力学的なモデルを示したもので、必ずしも単体でなくてもよい。

〔歴史〕アーチはB.C. 4000年ごろ古代メソポタミア時代に日干し煉瓦でつくられたものに、その原形をみることができるが、本格的なアーチ構造はエトルリア建築に見られ、この技術はローマに受け継がれ、また社会的な要請と、石材、モルタル、コンクリートといった圧縮耐力にすぐれた構造材料の使用とにより、大きな内部空間を構成したクロス・ボルトやドームの基本構造となった。また古代エジプト、ギリシア建築の柱、梁から構成される「まぐさ式構造」とともに、アーチ構造形式は石造建築の基本形となったが、構造力学的には圧縮に強い力の特性をいかしている。石造アーチの形式にはローマ、ビザンチン、ロマネスク初期の半円アーチ、半形アーチ、馬てい形アーチ、ゴシック建築の尖頭アーチ、後期ゴシック、イスラム建築のオジ・アーチ、チュードル建築のチュードル・アーチなどがある。アーチ構造はこのほかローマ時代の水路橋、下水道などに見られるように、古くから橋などに使われていたが、18世紀後半に最初の鉄鉄アーチ橋がつけられた。19世紀半ばには大スパンを持った建物にも使用されるなど、鉄の材質の発展とともに石造、煉瓦造アーチの引張り応力には耐えられないという制約をぬけだし、自由な形を取れるようになった。20世紀にはいると鉄筋コンクリート、PSコンクリートのアーチが見られるようになり、これらは橋、建物だけでなくダムにも使われている。〈村上雅也〉

アーチダム [arch dam] ダムの構造形式の1種。おもにダムのアーチ作用により水圧や地震力などの外力に耐える構造のダム。⇒ダム
圧印 あつゐん [coining, embossing] 硬貨(コイン)の表面の文字や図柄のように、金属の

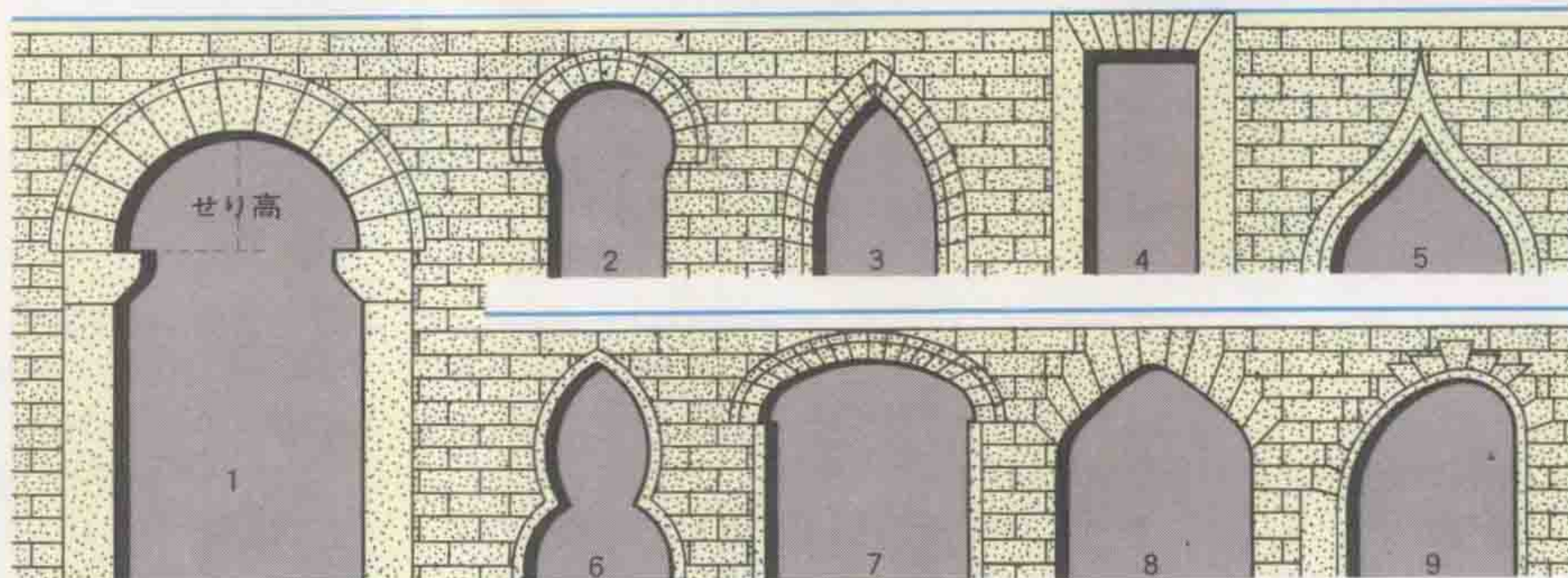
アーチ構造 1.カサブランカ（モロッコ）の城門にみられる馬てい形アーチ 2.オランジュの凱旋門（フランス）の半円アーチ



2

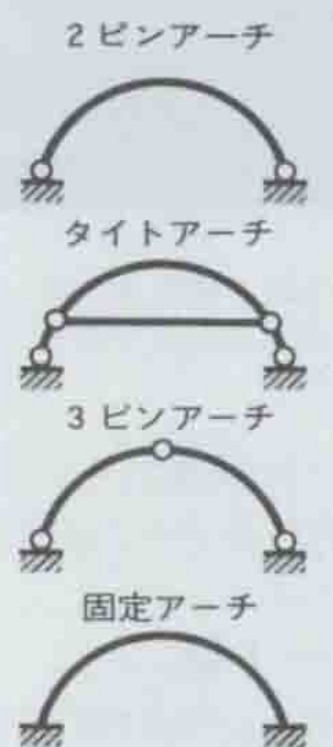


photo: René Roland



〔図1〕アーチの種類 1.半円アーチ Round 2.馬てい形アーチ Horseshoe 3.尖頭アーチ Lancet 4.フラットアーチ Flat 5.オジ・アーチ Ogee 6.三葉形アーチ Trefoil 7.楕円アーチ Basket-handle 8.チュードル・アーチ Tudor 9.ランバントアーチ Rampant

〔図2〕アーチの構造形式



表面に原型を押しつけることによって文字や図柄を凹または凸につける工作。工具鋼でつくった原型材の表面に彫刻で目的とする文字または図柄を凹凸反対に刻みこみ、これを硬化処理した後、素材の金属板に強圧して押しつける。押しつけるにはプレスが用いられる。ときには図柄や文字が凸に出るようにすることを浮出しともいい、凹にするものだけを圧印ということもある。圧印の潤滑油はふつういらないが、使うなら軽潤滑油かアルコールがよく、相手が軟らかい金属であれば、型も工具鋼であることを要しない。アルミニウムの圧印などはこの例である。原型を短い円柱の円周面に彫り、これを素材の金属板面に転写しつつ圧印する方法を転写とよび、紙幣や切手のように同一図柄を多数ならべた凹版の印刷版をつくるのに利用されている。

〈三島良績〉
圧延 あつせん [rolling] 金属の塑性加工の1つで、2本の円柱がせまい間隔で平行におかれ、反対方向に回転する間に板の素材をかませ、押しつぶすとともに一方向に伸ばす方式。熱間圧延と冷間圧延とがあり、金属の板をつくる方法として最もふつうのものである。2本の円柱を圧延ロールといい、ふつう円柱の軸は全く同一方向を向いているが、製管用の圧延ロールでは軸は斜交して互いに平行におかれる。圧延では板幅はほとんど変化せず、もっぱら長さだけが延びるので、長い板をつくるのにはよいが、幅を広げるには圧延方向を直角に変えてロールに入れねばならない。このように圧延方向を直角に変えるやり方

を交差圧延という。

素材を圧延ロールにかませると、ロールも上下に押し分けられ、素材をさける方向に湾曲し、中央部が両縁より厚い板になる。この傾向をさけるには、ロールの太さを中央だけやや太くするいわゆる「クラウンをつける」ことがおこなわれる。またロールの支持のために、それぞれと接して回転する太い円柱を外側におく支持ロールという方式がとられる。この支持ロールに対し、素材に接して圧延作業にあずかるロールを仕事ロールという。

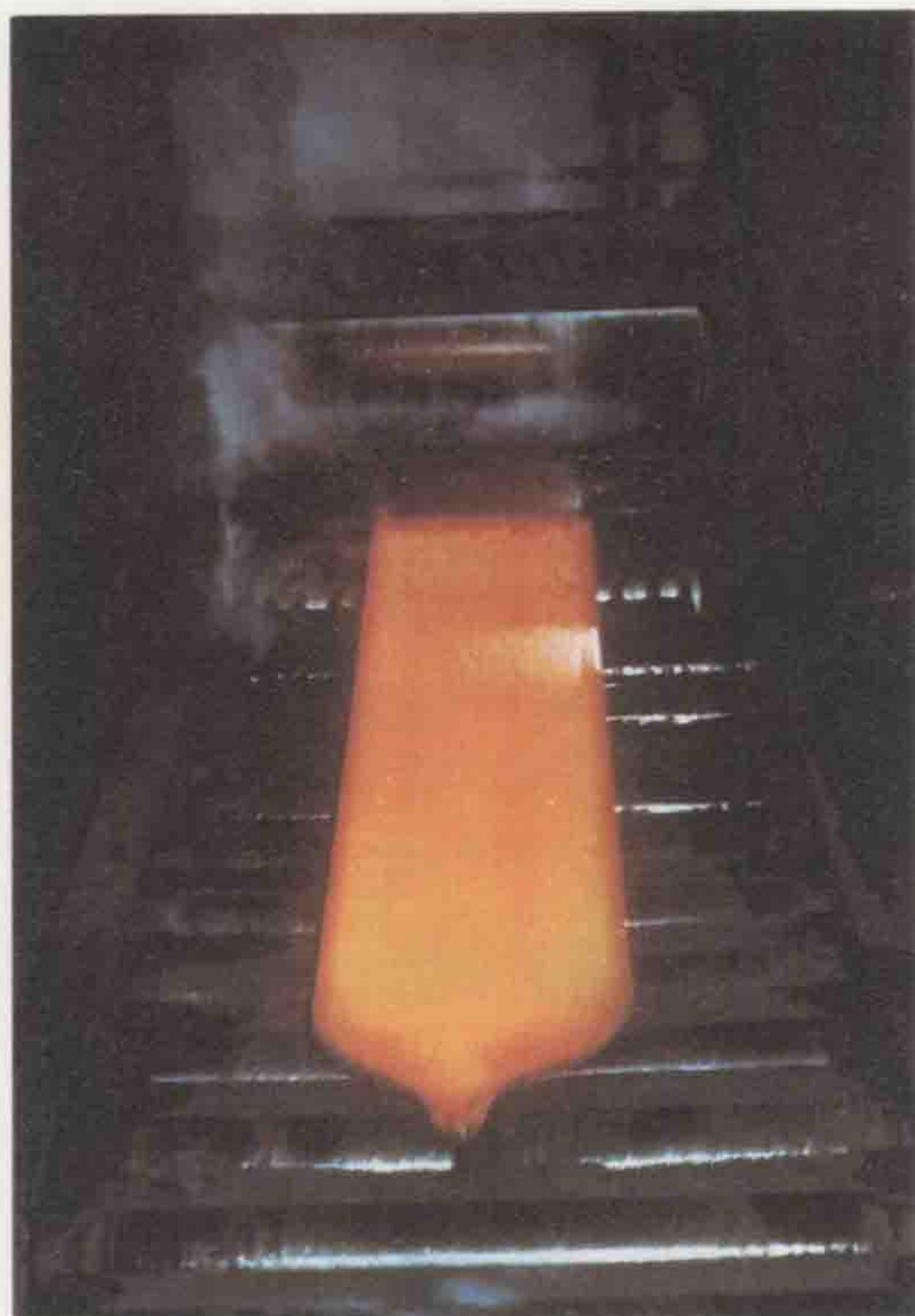
圧延のときの素材とロールの摩擦はある程度ないとかみ込めないが、あまり大きいと動力を損するので、仕事ロールを細く、支持ロールを十分太くし、しかも必要により数多くつけて補強する。仕事、支持両ロールを含めた本数が n 本あると、これを n 段ロールという。最も簡単なのは2段ロールであるが、精密な薄板圧延にはゼンジミロールのように多いものでは20段もあるものもあり、仕事ロールは白墨くらいの太さしかない。古くは両側に人がいて板片を圧延してはもとに戻してまた入れるというブルオーバー式であったが、量産化とともにコイルをくり出して圧延し、巻きとる圧延方式になり、このようなロールを数基ならべて一度に製品までつくり上げる連続圧延機（ストリップミル strip mill）がよく使われる。

圧延では板のほか棒や鉄道レールのような型材もつくられる。このときはその断面形状の半分ずつをそれぞれのロールの面に溝として刻んだ形の

いわゆる溝ロールが使われる。管をつくるには心金を中央におき、その上下に前記のように斜交しながら平行して回る樽型またはコマ型のロールをおく特殊の圧延機があり、それぞれマンネスマン mannesmann 圧延機、スティーフェル Stiefel 圧延機とよばれる。前者は継目なし鋼管製造に初めて成功したもので、わが国でもふつうに使われている。→塑性加工 図⇒p.6 〈三島良績〉
圧縮機 あっしゅくき [compressor] 空気や各種ガスなどの気体を、機械的に圧縮する機材でコンプレッサーともいう。通風機、送風機なども広い意味で圧縮機であるが、送風機に対し圧縮比の高いものを一般に圧縮機といっている。

構造上往復圧縮機と遠心式圧縮機とがある。ピストンの往復運動によって空気を圧縮するのが往復式圧縮機で、その構造は往復ポンプと同じである。羽根車の回転によって空気に遠心力を与え、それによって空気を圧縮するものを遠心式送風機または圧縮機という。通風機、送風機、圧縮機などと分類することもあるが、この区別には厳密な定義はない。ふつう圧縮機とよんでいるのは圧縮比が大きく、冷却装置のあるものをいう場合が多い。渦巻ポンプの多段式のように軸に数個の羽根車をとりつけ、順次送風して圧力を高くするようになっている。圧力は通常毎 cm^2 当り 1.5 kg から 10 kg 程度である。

遠心型の圧縮機または通風機は、ボイラーの通風、微粉炭、セメントなどの輸送用のものあるいは建築物や船舶の換気用などの型があり、またタ



圧延 鋼塊を圧延して半製品の鋼片をつくる操作。
熱間圧延の1種で、分塊圧延という

一ボ圧縮機といって鉱山の換気、ボイラーの強制通風、高炉への送風などに広く使用されているものがある。

〈中山秀太郎〉

アート紙 —し [art paper] 鉱物性顔料と天然または合成の接着剤とを混合し、これを原紙にコーターで塗り、乾燥し、スーパーカレンダーなどで強光沢をつけた紙。両面塗工、片面塗工、艶消し仕上げを施したものがある。坪量70~160 g/m²。塗工量は各面とも20~30g/m²で高級網版印刷に多く使われる。→紙

〈中西 篤〉

アナログ計算機 —けいさんき [analogue computer ④calculateur analogique ④Analogiegerät] アナログ計算機は相似形計算機ともいわれ、アナログとは、ギリシア語の *analogia* (相似の意) からきた言葉である。アナコンとも略称される。アナログ計算機は、ある物理系で成り立つ物理法則に従った関数関係が、数値問題で扱う変数間の関数関係と相似であれば、物理量を測定することによって解を得ることができ、これを数値で表わせれば計算がおこなわれることを利用したものである。計算尺もアナログ計算機の1種である。

今日の形に近いアナログ計算機は、1876年、イギリスの物理学者ケルビン卿 Lord Kelvin (1824—1907) によるもので、ボールディスクを用いて二階常微分方程式を解き得ることを示した。その後1927年、ブッシュB. Bush はボールディスク型積分機の出力軸を増幅し他の積分機の入力軸を動かすことに成功した。これは、微分解析機 differential analyser と呼ばれ、第二次世界大戦ごろまで広く普及し、東京大学航空研究所にも4台の積分機を用いたものがつくられた。つづいて電動発電機積分機を用いた微分解析機がつくられ、55年(昭和30)に日本の電気試験所でも試作されている。

これより少し前、送電線の模擬回路を用いて解

析する装置がつくられ、交流計算盤と呼ばれた。その後改良が加えられ、電気の過渡現象まで計算できるまでになったが、これらは「直接アナログ計算機」と呼ばれている。

現在、一般にアナログ計算機と呼ばれるものは電子式の「関数アナログ計算機」のことである。第二次世界大戦以降のエレクトロニクスの進歩とともに微分方程式求解機を中心に各所で製作されてきた。日本では1956年電気試験所でつくられたのが最初で、これ以降各社で製作されるようになった。パラメーターを変え、同時に多くの計算のできる「繰返し型」アナログ計算機は戦後アメリカの G.A. Phibrik Research 社が製作、つづいてマサチューセッツ工科大学のマックニー MacNee が高速の繰返し型計算機をつくった。

アナログ計算機とデジタル計算機の長所を生かしたハイブリッド(混成)計算機は59年ヘルツォーク A.W. Herzog が考案したのがはじめである。

アナログ計算機は振動解析、運動方程式、電気回路、自動制御など微分方程式を含む系の計算に都合がよい。航空機の翼の振動や操縦安定性や、ビルディングなどの構造材の振動、自動車の振

動、発電所の回路設計、電車・圧延機などの機械設計、弾道計算など多方面にわたっている。

〔直接アナログ計算機〕一種のシミュレーターで、電気系、機械系、熱系などの解析対象を各部の諸量に分け、それらを電気素子で置換し模擬回路をつくり各部の電圧、電流、電力で対応する物理的な諸量と対応させるものである。したがって、この計算機の多くは抵抗、コンデンサー、インダクタンスと信号を反転・増幅する能動素子が組み合わさった形となる。これらの対応関係を図2に示す。直接アナログ計算機は電気系の応答が速いために高速で、直接ブラウン管に描かせる場合が多い。

〔関数アナログ計算機〕アナログ計算機は演算と演算器間を接続する接続部と、全体の制御をする制御部、解を記録する解記録部、電源部からできている。

演算器は直接計算にあずかるもので、これには線型演算器と非線型演算器があり、それぞれ箱に納められている。線型演算器は増幅された信号をつくる演算増幅器の入力側にアドミッタンス Y_i をつけ、出力側からアドミッタンス Y_f で帰還したもので、出力電圧が入力電圧の $-Y_i/Y_f$ にな



アナログ計算機 卓上アナログ計算機 ALS-200 X。小形ながら多くの端末機器と組み合わせてハイブリッド計算システムも可能であり、パッチボードなど入力操作部が簡略化され扱いやすくなっている

写真：日立