

世界科学大事典

Encyclopedia of Science and Technology
McGraw-Hill Kodansha

1

アーウチ

N 61/007

Encyclopedia of Science and Technology

McGraw-Hill·Kodansha

世界科学大事典

講談社

1

Encyclopedia of Science and Technology

世界科学大事典

発行 昭和52年 3 月20日 第1刷発行
昭和54年11月27日 第3刷発行
編集 講談社出版研究所
発行者 野間省一
発行所 株式会社講談社
所在地 東京都文京区音羽2-12-21 電話東京(03)945-1111(大代表)
郵便番号 112
振替 東京8-3930
製版・印刷 凸版印刷株式会社
製本 大製株式会社
用紙 三菱製紙株式会社
表紙 東洋クロス株式会社

N. D. C. 403 530p. 31×22cm
©KODANSHA 1977 Printed in Japan

落丁本、乱丁本はおとりかえいたします。

3540-439512-2253 (0)

世界科学大事典

1

ア-ウチ

McGRAW-HILL ENCYCLOPEDIA OF SCIENCE AND TECHNOLOGY Copyright©1971,
McGRAW-HILL YEARBOOK OF SCIENCE AND TECHNOLOGY Copyright©1971,
McGRAW-HILL YEARBOOK OF SCIENCE AND TECHNOLOGY Copyright©1972,
by McGraw-Hill Book Company Inc.
Japanese translation rights arranged through Charles E. Tuttle Co., Inc., Tokyo.

刊行のことば

〈言語〉〈文字〉という情報伝達的手段を完成した人類は、みずからの知能によって生産した知識を、長年にわたって蓄積、伝承する営みを続け、地球上に輝かしい文化を築きあげてきました。

人間社会の伝承物であるさまざまな文化の中でも、科学は、民族性や地域性が比較的うすく、また累積効果がもっとも高いものであります。今日の科学、技術の飛躍的な発展は、天才的な個人の英知に負う場合が多いことはいうまでもありません。しかし、これらの天才たちも、無から有をつくり出したのではなく、それ以前の多くの研究者の研究の集積によって支えられていることはもちろんであります。しかも、次代の学徒たちは国境や階級の別なく、これを常識として受けとめて、新たな研究のステップとすることができるようであります。

自然がその本質としてもっている法則性を体系化してゆく〈科学〉と、それを意識的、実践的に生産に適用してゆく〈技術〉とは、19世紀中頃から相互依存的に結びついてゆき、近代的なさまざまな工業、産業などを生みだしました。20世紀に入ってからはこの傾向はいっそう強まり、さらに20世紀後半から今日に至る技術革新時代では、両者は一つのサイクルとして捉えられるに至っております。

科学、技術の飛躍的な発展は、当然のこととして情報の巨大な蓄積を前提として成り立っています。しかも、これらの情報は年々加速度的に累積してゆき、科学・技術全般にわたる情報を、個人が理解し精通することはほとんど不可能となりつつあります。

また、科学、技術の発展に伴い、そして情報量がふえればふえるほど、研究者の専門分野の細分化は相乗的に進み、次から次へと新たな境界領域を生みだしてきたことも当然であります。

このような細分化や境界領域の出現は、必然的に共同研究の必要性を生み、異なった分野間の情報

の交流が要求されるようになりました。

この大事典は、科学、技術の先進国であるアメリカにおいて、特に学術書分野で最大の業績をもつマグロー・ヒル社が、その優れた大編集陣を動員して、1957年にスタートし、3年余の歳月をかけて1960年に完成した‘Mc Graw - Hill Encyclopedia of Science and Technology’ (略称EST, 全15巻)の改訂3版、1971年版を原著とした日本語版であります。

原著の執筆陣には、ノーベル賞受賞者を含む世界第一級の科学者2,500人以上が起用され、またその翻訳にあたっては、じつに400人を超える日本の各学部の諸先生がたのご協力を仰ぎ、このほどようやく完成をみるに至りました。『世界科学大事典』は、もちろん日本の読者の方々を対象とするものでありますので、アメリカに偏した記述内容は原著の特色を損わない程度に改めると同時に、日本の読者の皆さまがたに必要なと思われる項目を、新たに追加編集いたしました。

専門家の方々はもちろん、科学、技術を志向する学徒の皆さまの学習にとって、本書はもっとも良質な情報を豊富に提供する、きわめて信頼度の高いデータベースであることを確信いたします。

今日、科学、技術は、その急速な発展によって、爆発的な衝撃を社会に与え、人類の文明のあらゆる分野で、重大な反省や改革を迫られております。さらに、現代のもっとも優れた科学者でさえ、科学がわれわれ人類をどう導いてくれるのかを本当に知っている人はいないであります。

このような時期にあたって、いま、全20巻(本巻18巻、索引1巻、最新資料編1巻)、9,400ページを超える『世界科学大事典』を世に送り出すことは、きわめて意義深いことと存じます。

この事典が縦横に活用され、明日への発展の礎石となりますことを、心から願ってやみません。

昭和54年11月

編集委員

青木昌治

東京大学教授

石原藤次郎

京都大学名誉教授

猪瀬 博

東京大学教授

岩間吉也

大阪大学教授

岡村誠三

京都大学名誉教授

近藤基吉

東海大学教授

坂井利之

京都大学教授

佐貫亦男

日本大学教授

砂川一郎

東北大学教授

高橋万右衛門

北海道大学教授

竹内 栄

室蘭工業大学学長

竹内 均

東京大学教授

伊達宗行

大阪大学教授

田宮信雄

東北大学教授

中村誠太郎

日本大学教授

西村光雄

九州大学教授

満田久輝

京都大学教授

山田真弓

北海道大学教授

吉利 和

浜松医科大学学長

渡辺 茂

東京大学教授

Editorial Advisory Boards

Dr. Roger Adams. Professor Emeritus of Chemistry, Formerly Head, Department of Chemistry and Chemical Engineering, University of Illinois

Dr. Joseph W. Barker. Consulting Engineer, President and Chairman of the Board (retired), Research Corporation, New York

Dr. Neil Bartlett. Professor of Chemistry, University of California, Berkeley

Dr. Detlev Bronk. President (retired), The Rockefeller University

Dr. Richard H. Dalitz. Department of Theoretical Physics, University of Oxford

Dr. Freeman J. Dyson. The Institute for Advanced Study, Princeton, N. J.

Dr. George R. Harrison. Dean Emeritus, School of Science, Massachusetts Institute of Technology

Dr. Sidney D. Kirkpatrick. Formerly Editorial Director, *Chemical Engineering and Chemical Week*, McGraw-Hill Publishing Company

Dr. Leon Knopoff. Professor of Physics and Geophysics, University of California, Los Angeles

Dr. Hisashi Kuno. Professor of Geology, University of Tokyo

Dr. H. C. Longuet-Higgins. Department of Machine Intelligence and Perception, University of Edinburgh

Dr. Alfred E. Ringwood. Department of Geophysics and Geochemistry, Australian National University

Dr. William W. Rubey. Department of Geology and Institute of Geophysics, University of California, Los Angeles

Dr. Koichi Shimoda. Department of Physics, University of Tokyo

Dr. A. E. Siegman. Professor of Electrical Engineering, Stanford University

Dr. Hugo Theorell. The Nobel Institute, Stockholm

Lord Todd of Trumpington. University Chemical Laboratory, Cambridge University

Dr. E. O. Wilson. Professor of Zoology, Harvard University

Consulting Editors

Gustav E. Archie. Assistant to the Vice President of Exploration and Production Research, Shell Development Co., Houston

Dr. Roger Batten. American Museum of Natural History, New York

Prof. Theodore Baumeister. Consulting Engineer; Stevens Professor of Mechanical Engineering, Emeritus, Columbia University; Editor in Chief, "Standard Handbook for Mechanical Engineers"

Prof. Jesse W. Beams. Professor of Physics, University of Virginia

Prof. Raymond L. Bisplinghoff. Head, Department of Aeronautics and Astronautics, Massachusetts Institute of Technology

Dr. Salomon Bochner. Chairman, Department of Mathematics, Rice University

Dr. Walter Bock. Professor of Zoology, Columbia University

Waldo G. Bowman. Black and Veatch, Consulting Engineers, New York

Prof. Ludwig Braun. Professor of Electrical Engineering, Polytechnic Institute, Brooklyn, N. Y.

Dr. John M. Carroll. Associate Professor of Computer Science, Department of Computer Science, University of Western Ontario

Dr. Jule G. Charney. Department of Meteorology, Massachusetts Institute of Technology

Prof. Glen U. Cleeton. Dean Emeritus, Graphic Arts Management, Carnegie-Mellon University

Cyril Collins. Technical Consultant

- William R. Corliss. *Technical Consultant*
- Richard B. Couch. *Naval Architecture Research Office, The University of Michigan*
- Dr. Arthur Cronquist. *New York Botanical Gardens*
- Dr. Elizabeth Cutter. *Department of Botany, University of California, Davis*
- Prof. Kenneth P. Davis. *David T. Mason Professor of Forest Land Use, School of Forestry, Yale University*
- Dr. C. J. Eide. *Department of Plant Pathology, Institute of Agriculture, University of Minnesota*
- Harold Etherington. *Consultant on Atomic Energy, Jupiter, Fla.*
- Dr. Francis C. Evans. *Department of Zoology, University of Michigan*
- Donald G. Fink. *General Manager, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., New York*
- J. K. Galt. *Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, N. J.*
- Prof. Newell S. Gingrich. *Professor of Physics, University of Missouri*
- Dr. Edward D. Goldberg. *Scripps Institution of Oceanography, La Jolla*
- Prof. Julian R. Goldsmith. *Professor of Geochemistry and Associate Dean, Division of the Physical Sciences, University of Chicago*
- Prof. Roland H. Good, Jr. *Department of Physics, Iowa State University of Science and Technology*
- Prof. David L. Grunes. *United States Department of Agriculture*
- Dr. H. S. Gutowsky. *School of Chemical Sciences, University of Illinois*
- Prof. Howard L. Hamilton. *Department of Biology, University of Virginia*
- Dr. J. Allen Hynck. *Chairman, Department of Astronomy, Northwestern University*
- Prof. H. S. Isbin. *Professor of Chemical Engineering, University of Minnesota*
- William F. Jaep. *Consultant, Engineering Department, Du Pont Corporation*
- Dr. R. E. Kallio. *Director, School of Life Sciences, University of Illinois*
- Dr. Donald R. Kaplan. *Department of Botany, University of California, Berkeley*
- Dr. Joseph J. Katz. *Senior Chemist, Argonne National Laboratory*
- Dr. Charles E. Lapple. *Senior Scientist, Stanford Research Institute*
- Frank K. Lawler. *Editor in Chief, "Food Engineering," Philadelphia*
- Prof. Harry A. MacDonald. *Professor of Agronomy, Cornell University*
- Prof. Robert W. Mann. *Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology*
- Dr. Edward A. Martell. *National Center for Atmospheric Research, Boulder*
- Dr. Kirtley F. Mather. *Professor Emeritus of Geology, Harvard University*
- Dr. Harold B. Maynard. *President, Maynard Research Council, Inc., Pittsburgh*
- Dr. Howard Mel. *Donner Laboratories, University of California*
- Dr. Bernard S. Meyer. *Professor and Chairman, Department of Botany and Plant Pathology, Ohio State University*
- Dr. Jacob Millman. *Department of Electrical Engineering, Columbia University*
- Dr. William Mosher. *Chairman, Department of Chemistry, University of Delaware*
- Dr. N. Karle Mottet. *Professor of Pathology and Director of Hospital Pathology, University of Washington*
- Dr. Royce W. Murray. *Assistant Professor of Chemistry, University of North Carolina*
- Dr. Robert H. Noble. *Optical Science Center, University of Arizona*
- Dr. Harry F. Olson. *Staff Vice President, Acoustical and Electromechanical Laboratory, RCA Laboratories*
- Dr. Jerry S. Olson. *Oak Ridge National Laboratories*
- Dr. Harold S. Osborne. *Consultant, Upper Montclair, N. J.*
- Dr. Guido Pontecorvo. *Imperial Cancer Research Fund, London*
- Prof. K. R. Porter. *Chairman, Department of Molecular, Cellular and Developmental Biology, University of Colorado*
- Prof. C. Ladd Prosser. *Head, Department of Physiology, University of Illinois*
- Brig. Gen. Peter C. Sandretto. *Director, Engineering Management, International Telephone and Telegraph Corporation*
- W. C. Schall. *Goldwater, Valente, Fitzpatrick & Schall, Members of the New York Stock Exchange*
- Dr. Bradley T. Scheer. *Head, Department of Biology, University of Oregon*
- Prof. Frederick Seitz. *President, The Rockefeller University*
- Dr. Raymond Siever. *Department of Geological Sciences, Harvard University*
- C. Dewitt Smith. *Mining consultant, Dewitt Smith and Co., Inc., Salt Lake City, Utah*
- Dr. Fred M. Snell. *Dean, Graduate School, State University of New York, Buffalo*
- Dr. Mott Souders. *Formerly Director of Oil Development, Shell Development Company*
- Prof. William D. Stevenson, Jr. *Department of Electrical Engineering, North Carolina State of the University of North Carolina at Raleigh*
- Dr. Horace W. Stunkard. *Research Associate Invertebrate Zoology, American Museum of Natural History, New York*
- Dr. E. L. Tatum. *The Rockefeller University*
- Dr. Aaron J. Teller. *Teller Environmental Systems, New York*
- Dr. Garth Thomas. *Center for Brain Research, University of Rochester*
- C. N. Touart. *Research Physicist, Air Force Cambridge Research Laboratories, Bedford, Mass.*
- Dr. Henry P. Treffers. *Professor of Microbiology, Yale University School of Medicine*
- Dr. John G. Truxal. *Vice President for Educational Development, Polytechnic Institute of Brooklyn*
- Prof. H. H. Uhlig. *Department of Metallurgy, Massachusetts Institute of Technology*
- Prof. William W. Watson. *Department of Physics, Yale University*

ご翻訳・ご執筆いただいた方、および資料をご提供くださった方々のお名まえは第19巻に掲載してあります。

凡例

McGraw-Hill社 ‘Encyclopedia of Science and Technology’ (第3版)14巻の全項目に、同事典の1971年版、72年版 Yearbookから選択して新しい項目を加え、さらにわが国で使用される事典として必要な項目を追加した。収録した項目数は約7,900項目である。

見出しの形式

- ①原著は見出しにかっこやカンマを使うことにより多角的な項目体系を構成している。本事典も原著の項目体系を大きく改めることなく、内容を考えて相当する日本語の見出しをあてた。

例 Heat radiation 熱放射
Conduction, heat 熱伝導
Astrolabe, prismatic アストロラーベ
Radar レーダ
Radar (passive) レーダ(受動)

- ②原著の項目体系を踏襲することを原則としたため、1つの事項を2項目に分けて解説したような見出し、わが国の慣用とはやや違った見出しも生じた。また、記述の必要上、2項目以上を1つの見出しにまとめた場合などもある。

例 農業機械 Agriculture, machinery in
農業機械(各論) Agriculture, soil and crop practices in
イヌの仲間 Dogs and allies
ハトとサケイ Walking birds
カエル Frog・Toad

- ③見出し中のひらがな、カタカナ以外の文字には原則として次に読みがなを掲げた。その場合、ひらがな、カタカナの部分はダッシュ(—)によって省略した。

例 行列式 ギョウレツシキ
同位元素シフト どういげんそ—
イヌの仲間 —なかま

英語見出し

本文の初めに、原著の見出しをそのままの形で示すことを原則とした。ただし、本文記述の必要上、原著の見出しを変更したもの、2つ以上並記したもの、新たにつけ加えたものもある。

参照見出し

同意義で2つ以上の名称のあるもの、その事項が音順の異なる他の項目で解説されているものについては、参照見出しを掲げ、のあとに参照すべき項目名を示した。参照見出しの数は約660である。

例 補外法 ほがいほう ⇨ 外挿(外挿)法
アマツバメ ⇨ ハチドリとアマツバメ
甲状腺ホルモン こうじょうせん— ⇨ ホルモン
(甲状腺の)

見出しの配列

- ①配列は五十音順、清音・濁音・半濁音の順とし、長音符は音順に入れないが長音符を伴うものは伴わないもののあとに置いた。

- ②同音のものは次のような順序とした。

- a. カタカナ・ひらがな・漢字の順。
b. 漢字のものは、第1字めの字画数の少ないものから、第1字めが同字のときは順次第2字以降の字画数の少ないものの順。

- ③その他の配列

- a. かっこによって補足を加えた見出しは、かっこがないものとして上記の順序によって配列し、その結果同じ見出しが並んだ場合は、かっこのあるものはないもののあとに置いた。かっこ内の文字の順序も上記の配列によった。

例 工学
工学(社会的意義)
光学
生殖(植物)

生殖(動物)

星食

- b. 物質名につく側鎖などの位置を示す文字(m, o, p; 1, 2...)は配列上無視した。

用字・用語

- ①漢字は原則として当用漢字を用いた。専門用語等ひらがな書きでは読みにくい理解しにくいものは当用漢字以外も用い、項目の初出に読みがなをつけた。

例 脊椎(脊)動物

- ②専門用語は‘學術用語集’および各学会で編纂した用語集を参考にした。

- ③生物名、岩石・鉱物名、物質名にはカタカナ書きも採用した。

- ④外国人名・地名、外国語、外来語などのカタカナ表記は原音を尊重したが、特定の慣用のあるものや、義務教育の場で使われている表記法はできるだけとり入れた。なお、ティ、ディ、ドゥ、ツイ、ツォの表記は採用したが、〈ヴ〉の表記はとらなかった。

例 ジーゼルエンジン→ディーゼルエンジン
ヴァイオリン→バイオリン

計量単位

単位系はMKSA国際単位系を原則として用いた。ただし、分野によりMKSA国際単位系が慣用となっていない場合、またはMKSA国際単位系に換算することで無理が生じるような場合は、適宜それ以外の計量単位を用い、特殊な単位についてはそのつど注記した。なお、個々の単位については、項目〈国際単位系〉(第6巻)、およびそれぞれの単位名の項目を参照されたい。

記号

- [] 英語見出しを示す。
〔 〕 本文中の最小見出しを示す。
() 注記、図・表への参照の指示、外国語綴り、読みがな、かな書きにした専門用語の漢字などを示す。
< > 注意をうながす語を示す。
〔 〕 用語の一部で省略してもよい部分を示す。
“ ” 引用を示す。
・ ’ 書名およびそれに類するものを示す。
[] 筆者・訳者名を示す。
→ 参照すべき項目を示す。

その他、各専門分野で使われている記号はこれを用いた。

筆者・訳者名

- ①原著の筆者名は原著にしたがって示した。
②訳者名は第19巻に一括して掲示したが、個々の項目で相当量加筆した訳者名は原筆者名とともに示した。
③新たに加えた項目には筆者名を示した。

図版・表

- ①図版番号は、本文との関連で、グラフ、図解、写真の区別なくすべてFig. 1, Fig. 2……とした。表番号は表1, 表2……で示した。なお、1項目1図版の場合は、グラフ、図解、写真は(図参照)とし、表は(表参照)とした。

- ②表の脚注の順序は、*†‡§の順とした。

- ③グラフ、図解、写真および表の出版は、書名、発行所、刊行年次のみを掲載した。

- ④図版が本文と同一見開きにはいらない場合は、見出しのあとに❶記号をつけ、その項目の図版が次ページにあることを示した。

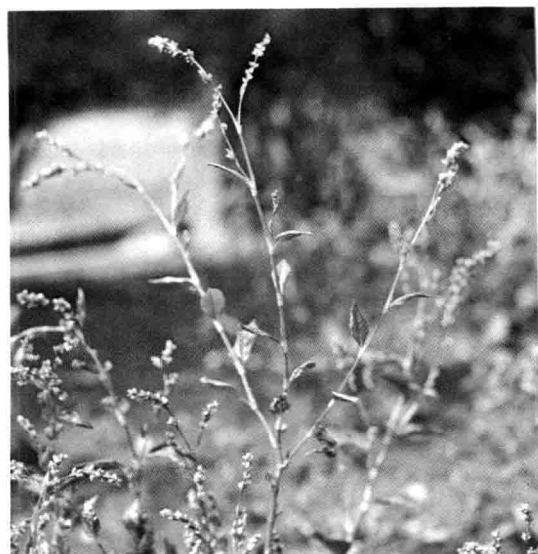
- ⑤図版が他の項目の本文中にはいった場合は、その図版の項目名と——をつけて区別した。

ア

アイ～アンローダ

アイ

〔Indigo plant〕 アイ *Polygonum tinctorium* Lourは東南アジア原産のタデ科(Polygonaceae)の1年草である。温暖で降雨が適度にある地域に適し、日本では主に徳島県で栽培されている。草丈は60～100 cmに達し、皮針形の葉を互生する。夏に花柄を出し、紅色の小花を穂状に着生する。種子は長さ3 mmほどで、黒かっ色をしている。



アイ *Polygonum tinctorium* Lour

葉には青色染料であるインジゴの前物質インジカン(藍質物)が含まれる。インジカンはインドキシルの配糖体で、製造過程で自然発酵してインドキシルとグルコースに分解し、前者は酸化してインジゴおよびインジルビンとなる。

これらの色素は高級な繊維や紙、漁網などの染色に用いられる。またインジカンを含む葉の汁は歯痛止めの効果があり、種実には虫毒の解毒効果がある。インジカンは上位葉に多く、また花穂の出る前に最高含量に達するので、この時期に相当する7月上旬の刈取りと1か月後の2番刈を行う。葉を収穫当日中に乾燥すると良品が得られる。→染料 [茶村修吾]

アイアイ

〔Aye-aye〕 マダガスカル島東部に固有の希少な原猿(類)。アイアイ *Daubentonia madagascariensis* は現生種1種のみでアイアイ科(Daubentoniidae)を形成している(図参照)。夜行性、樹上生活者で、雌が作る特殊な巣の中で早春にただ1子を産む。



アイアイ *Daubentonia madagascariensis* 東部マダガスカルのみにみられる、夜行性で樹上生活に適した霊長類。

はじめて捕えられて観察された当時は、アイアイは切歯がゲッシ(齧歯)類に似ていたため、ゲッシ類の1種と考えられた。この特殊な歯は、草木類やサトウキビの髄を食べるその食性への1つの適応である。歯は18本で、その歯式はI 1/1 C 0/0 Pm 1/0 M 3/3である。足指は対向性で、手の指は極めて細長く、特に中指が細い。この中指と鋭い切歯を使って木の幹から昆虫(幼虫)の幼虫をほり出したり、サトウキビの中身を引出したりする。

この種の系統関係はまだわかっていない。しかし、この動物がキツネザル(lemuroid)の祖先の変異型またはそれから分化したものであるという点では、一般に意見が一致している。化石類縁種としては *D. robustus* 1種のみが知られている。→歯生(脊椎動物)；哺乳綱；霊長目 [CHARLES B. CURTIN]

IR降下 アイアールこうか

〔IR drop〕 電気回路の受動素子(内部に起電力をもたないもの)で生じる電圧降下のうち、素子の電気抵抗に起因する成分をいう。この電圧降下は素子の抵抗 R と素子を流れる電流 I との積で、これが抵抗の定義でもある。このIR降下は抵抗の両端子間の電位差である。

電池1個と多数の抵抗とからなる単純な直流回路の場合、回路に沿ったすべてのIR降下の和(電池自体の内部抵抗による分も含む)は、電池の起電力に等しい。これは回路の重要な定理の1つであり、電気回路の解析に役立つ。→キルヒホッフの法則(電気回路)；抵抗(電気)；電気回路理論；ポテンシャル [JOHN W. STEWART]

アイアンウッド

〔Ironwood〕 アメリカの鉄木(?)と呼ばれる少なくとも10種の高木につけられている名。どの木をさしているか不明確なため、アメリカ原産木と帰化木の検索表からは除かれている。おそらくこの10種の中で最も知名なのはアメリカシデ *Carpinus caroliniana* であろう。ほかに、東部産のアサダ *Ostrya virginiana* や *Bumelia lycioides*, *B. tenax*, *Cliftonia monophylla*, *Cyrilla racemiflora* がある。アサダを除いたこれらの種のすべてはアメリカ南東部に産地が限定される。その他の普通アイアンウッドと呼ばれ

2 アイー

るものは、フロリダ州南部とフロリダ諸島に産するリードウッド *Eugenia confusa*、フロリダ州南部の *Exothea paniculata*、アメリカ南部の *Ostrya knowltonii* である。フロリダ州南部に原産する *Krugiodendron ferreum* はアメリカに自生するすべての材の中で最大の比重をもっており、ブラックアイアンウッドの名で知られている。→アサダ；シデ；樹木(高木)；森林と林業

[ARTHUR H. GRAVES/KENNETH P. DAVIS]

IE アイー ⇨ インダストリアル・エンジニアリング

ILS アイエルエス ⇨ 計器着陸設備(ILS)

アイスクリーム

[Ice cream] 冷凍食品の一種で、乳製品の混合物を凍結させ風味を加えたもの。凍結の際、滑らかな組織にするため攪拌(かくはん)する。市販のアイスクリームの組成には大きな差があり、アメリカではその多くが州の法律に従っている。多くの州が認めている1965年12月31日付改正の「アメリカ連邦政府冷凍基準」によれば、アイスクリームの組成の最少標準は10%の乳脂肪と20%の全固形分を含むものとなっている。チョコレートやくだもの、ナッツのようなかさばる風味物の入ったアイスクリームには、添加物に対する適当な減少率を用いた特別に低い脂肪分と乳固形分の標準がある。しかしどの場合でも、このようなフレーバーアイスクリームでは、脂肪分と全乳固形分はそれぞれ全重量の8%および16%以上である。また、全固形分は0.19 kg/l以上、重量は0.54 kg/l以上なければならない。さらに、この基準には任意の成分、用いる材料の制限およびその量的条件、そして表示条件が含まれている。

普通、脂肪分は10~14%、無脂乳固形分は約10.5%である。甘味には砂糖(サトウキビやテンサイのショ糖)が15%ぐらいまで加えられるが、コーン糖(デキストロース)やコーンシロップによって補足されることもある。

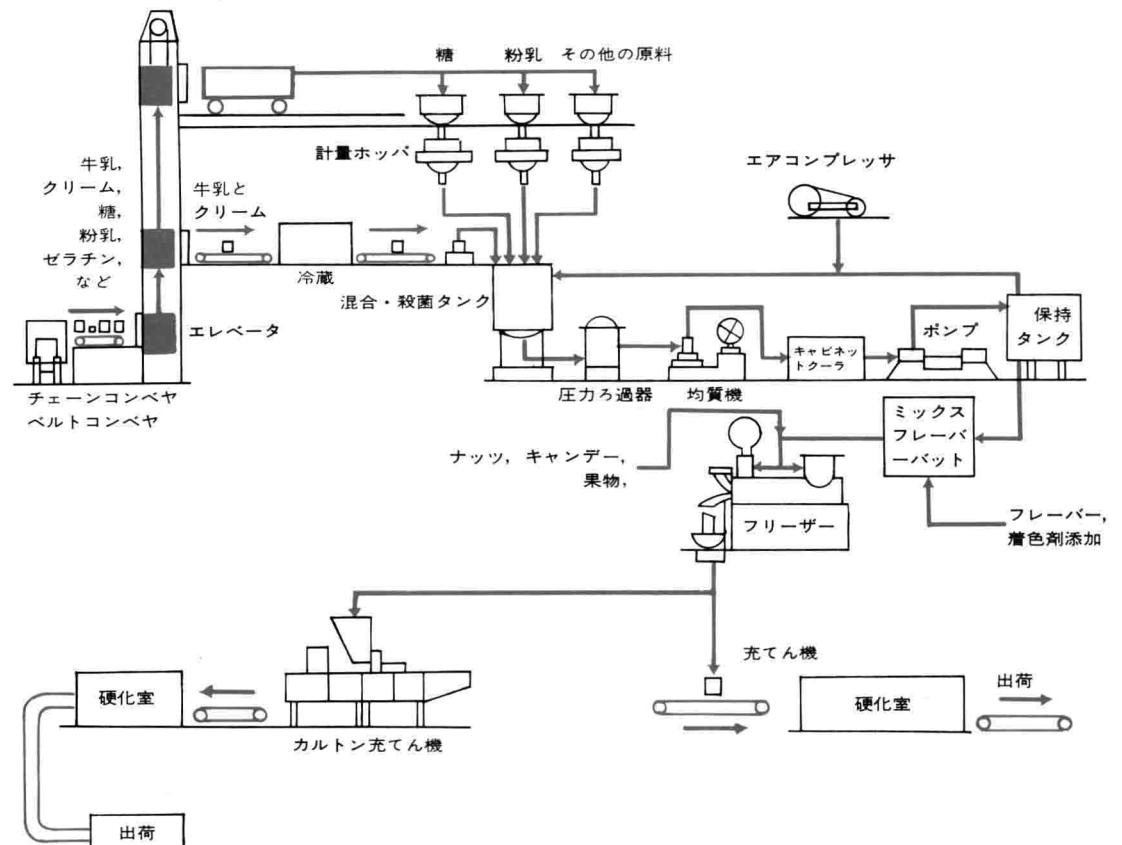
市販する場合は、熱から保護するためにゼラチンや植物性ガムのようなコロイド物質が0.2~0.4%、またモノグリセリドやジグリセリドのような乳化剤が0.1~0.2%加えられる。→ゼラチン

市販アイスクリームの製造法 市販アイスクリームは常に殺菌され均質化されたミックスからつくられる(図参照)。冷凍にはバッチ冷凍機と連続冷凍機の両方が用いられる。殺菌の保持法(68.4~71.1°C, 30分)は普通、小規模の製造の場合に用いられるが、大規模に製造する場合にはミックスの連続的な流れを可能にする高温短時間処理を用いる。アメリカ公衆衛生局は殺菌のための最低温度を79.5°Cとし、またこの温度での最少保持時間を25秒間としている。しかし127°Cの高温で処理している工場もある。高温で殺菌を行うと、ミックス中でホエータンパク質が十分変性して粘度を増し、また乳製品の微妙な風味を壊さずに、アイスクリーム中で滑らかな組織をつくりだすことができる。しかし、極端に高温にした場合には、いくつかの安定化剤の作用を弱めることになる。

当初、冷凍はバッチ機械で行われたが、連続冷凍法がこの方法にとって代わってきている。連続冷凍法はきめが滑らかなアイスクリームを効果的につくりだすことができる。連続法に用いる機械の容量は320 l/hrから9,450 l/hrまでである。アイスクリームには多くの風味が加えられる。最も普通に用いられるものはバニラであるが、チョコレート、イチゴ、バターピーカン、モモ、コーヒー、ペパーミントもよく用いられる。

冷凍の過程で、アイスクリームミックス中に空気が入れられる。これをオーバーランという。100%のオーバーランとはミックスの体積が2倍になること、または単位体積当りの重量が半分になることである。アイスクリームは容器に入れられたのち、冷凍トンネル内や冷却金属板を通されるか、あるいは熱の伝達を促進させるために冷却空気が循環している低温室内(-29°C)に置かれて硬化される。

第2次世界大戦中に、乳脂肪の欠乏から冷凍冷凍の製



アイスクリームの製造工程 (Food Technology, McGraw-Hill, 1937)

造に植物油を用いることが考えられた。それらは普通綿実油、ヤシ油、ダイズ油などである。州によっては、このような油脂の使用を認めていないが、適切に表示されている場合にはこれを許可している州もある。率先して冷凍冷菓に植物油を使っているテキサス州の製造者たちは、このアイスクリームにメロライン(Mellorine)という名前を使っている。乳脂肪の代りに植物油を用いることは確かに経済的に有利である。

アイスマルク 第2次世界大戦以前には低脂肪冷凍製品に消費者の関心が集り、これはアイスマルクの名で呼ばれるようになった。〈アメリカ連邦政府冷凍基準〉は、アイスマルクがアイスクリームの規格のすべての条項に従っていないなければならないことを規定している。ただし、次の条項ははずされている。(1)乳脂肪の含有量は2%以上7%以下であること。(2)全乳固形分は11%以下であること。(3)かさばる風味成分の添加による脂肪含量の減少に関する条項および乳固形分含量の減少に関する条項は適用されないこと。(4)1ガロン当りの全固形分の量が1.3lb以下であってはならないこと。

市販の製品には脂肪分3~6%、無脂乳固形分11~14%、糖固形分13~18%、安定剤0.4~0.5%のさまざまなものがある。アイスマルクはアイスクリームや冷凍機から直接販売されるソフトアイスクリームと大体同じ製法である。

[PAUL H. TRACY]

微生物の汚染源 アイスクリームの原料にはクリーム、練乳および粉乳、卵製品、糖、安定剤、着香料および着色料、くだもの、ナッツなどが用いられるが、それらは常に微生物に汚染される可能性をもっている。したがって、低温では微生物の死滅が不十分であるので、凍結させる前にミックスを殺菌しなければならない。他の微生物汚染源には、製造装置、各種農具(スコップとディッパ)、売買する人間、および周囲の空気などがある。特に病原菌に関しては、再汚染を防ぐために、アイスクリームが生産者から消費者に渡る間のすべての手続に厳重な取締りが確立されていなければならない。一度汚染されると、微生物はアイスクリーム中で長期間生きている。これは表1の抄録データからもわかる。→食品製造; パスツリゼーション

微生物の種類 アイスクリーム中にはレンサ球菌、球菌、大腸菌、芽胞菌、酵母、そしてカビを含む種々の微生物がみられる。これら微生物の種類の選択的变化は、凍結によっては生じない。製品となったアイスクリーム中では、微生物は生長せず、またほとんど破壊されもし

表1 アイスクリームにおけるサルモネラ菌の持続性

凍結後の経過日数	サルモネラ菌数×10 ³ /ml
凍結直後	51,000
5	10,000
20	2,200
104	900
165	640
260	57
342	51
544	13
730	6

(J. Bacteriol., 1926)

表2 アイスクリームの生菌数に及ぼす各製造工程の影響

工 程	衛生管理(悪) 12 ミックス平均	衛生管理(良) 11 ミックス平均
殺菌前	10,758,566	4,617,535
均質前	105,748	11,850
均質後	200,745	18,643
エー징前	289,341	31,381
エー징後	354,300	33,227
凍結後	458,325	58,136
硬化後	390,225	39,127

(J. Dairy Sci., 1925)

ないため、アイスクリームの菌叢(群)は殺菌処理で残存したものや、汚染によって入り込んだものからなっている。製造の際の衛生設備が十分管理されている場合は、製品の生菌数は数千のオーダーであるが、あまり衛生に注意をはらっていない場合は100万のオーダーとなる。製造の過程で菌数は少し増加する。特に均質化し、凍結したあとにおいてそうであるが、それは細菌の塊が壊れるためである(表2)。アメリカでは多くの州で衛生上の観点から、生菌数が1g当り5万~10万より多くない場合に許容されている。→菌類; 細菌

衛生上の評価 この評価にはミックスを適切に殺菌すること、および装置を十分衛生的にしておくことが含まれる。ミックスには牛乳より多くの乳固形分が含まれていて、しかもこの固形分がある程度微生物を保護するので、ミックスの場合の殺菌は牛乳に比べてより強力でなければならない。十分に安全であるためには、最低少なくとも68.4°Cで30分、または79.5°Cで25秒間殺菌を行う必要がある。こうして殺菌すれば、病原菌はすべて死滅し、また総菌数は常に1万以下となる。殺菌後も高い菌数がみられることがあるが、それは耐熱菌によるものである。この菌の汚染源としては、あまり清潔でない農家や製造装置があげられる。製造装置を衛生的にするには、熱や化学物質による洗浄や滅菌処置がとられる。→牛乳処理機器; 滅菌

衛生上の管理 アイスクリームの衛生的品質を決める試験方法は、牛乳の場合の試験と似ている。この試験のうち、広く用いられているものに標準平板培養法と大腸菌の試験がある。→牛乳; 微生物学的検査法

[WILLIAM C. WINDER]

アイソザイム

[Isozymes] この10年間に、構造的に似た酵素を分離する方法が急速に発達したのに伴い、同じ化学反応を触媒する多分子形の酵素を記載した数多くの報告が出された。しかし、アイソザイムの物理化学的基礎と遺伝調節については、めざましい進歩があったが、アイソザイムが機能的にどのような意味をもつかは、ほんの2、3の例でわかったにすぎない。

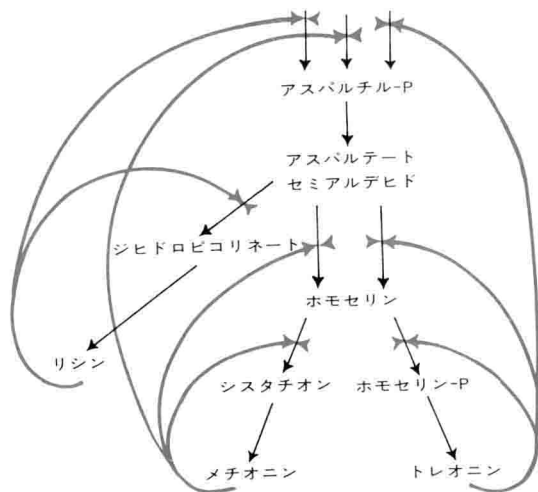
調節アイソザイム 細胞内でのいろいろな代謝活性の調節の研究から、調節過程に関与するアイソザイムが発見された。一般にある酵素反応が、複数の代謝経路に共有されているとき、調節機能をもつアイソザイムがつくられるらしい。アンバーガー(H. E. Umbarger)らは、イソロイシンとバリンの生合成に対するフィードバック調節の研究で、初めてこの型のアイソザイムを認めた。

この2つのアミノ酸の生合成経路では、どちらも最初の段階がフィードバック調節下にあるが、この段階は条件によっては異化(分解)にも利用される。

このような状況では、もしもただ1つの酵素が、合成と分解に共通な最初の反応を触媒するのなら、過剰の最終生成物によってその酵素がフィードバック制御をうけたとき、エネルギー代謝が不足するであろう。こういう場合に生物は、同じ反応を触媒するが、生合成最終生成物によるフィードバック調節のかからない別の誘導アイソザイムをつくり出す。アンバーガーはこのような発見から、酵素が最終生成物によって厳密に阻害または抑制されており、かつその酵素がほかにも必須(要)の役割を果たしているときは、常に細胞にとって別のアイソザイムが必要であるという原則を提唱した。この原則は、数多くの研究で確かめられている。

スタットマン(E. R. Stadtman)は、分岐した生合成経路におけるアイソザイムによる調節を初めて証明した。この経路は、リシン、メチオニン、トレオニンの生合成に関与するものである。スタットマンは、この3つのアミノ酸が、すべて分岐した経路によって、アスパルテートから生ずること、この経路の最初の段階が、アスパルテートのリン酸化(アスパルトキナーゼによって触媒さ

4 アイソスタシー



大腸菌 *Escherichia coli* におけるリシン、トレオニン、メチオニン生成のフィードバック調節。アスパルトキナーゼと代謝地図の各分岐における酵素の数を矢印の数で示す。色の線はフィードバック調節をうける段階を示す。

れる)であることを示した。図に示したように、大腸菌 *Escherichia coli* には3つの独立したアスパルトキナーゼがあり、リシン、メチオニン、トレオニンは、この3つのアスパルトキナーゼを区別して阻害する。そのうえ、メチオニンとトレオニンの形成にのみ関係し、経路の最初の段階を触媒するホモセリンデヒドロゲナーゼには、2つのアイソザイムがある。メチオニンとトレオニンは、この2つのデヒドロゲナーゼを区別して調節する。さらに、この経路のそれぞれの分岐の最初の反応は、各最終生成物による特異的な調節を受ける。このような調節回路がある結果、3つの最終生成物がすべて過剰であるときにのみ、すべてのアスパルトキナーゼが阻害されることになる。

要するに、分岐した経路の最初の共通段階を触媒する酵素をたくさんつくことは、調節過程の融通性を増す結果になる。もしもただ1つの酵素が、すべての最終生成物によって阻害されるならば、生物にとって重大な事態が生ずるであろう。アイソザイムをもつ生物は、このような事態を避けることができるので、自然選択において明らかに有利である。

温度順化におけるアイソザイム 冷血動物の温度順化においても、アイソザイムが同様な調節機能を果している。ホチャチュカ (P. W. Hochachka) とソメロ (G. N. Somero) は、生理的な基質濃度では、酵素反応の速度が温度によらず一定であることを見いだした。つまり多くの変温動物では、酵素の活性部位が、熱エネルギーの低下を基質との親和力の増加で補うようにつくられている。しかし動物種とアイソザイムによって定まる臨界最低温度以下になると、酵素-基質の親和力は低下し、ミハエリス定数 (K_m) が劇的に増大する。したがって、温暖順化動物の酵素の場合、このような低温では基質の K_m 値がその動物における基質濃度のなん倍も高くなり、酵素の能率が極めてわるくなるに違いない。ずっと低い温度では、酵素が完全に不活性になることもあり得る。この問題を解決するために、低温に適応する間に、新しいアイソザイムがつくり出される。このアイソザイムは、基質に対して高い絶対親和力をもっているか、低温で基質に対する最大親和力を示すか、あるいはこの両方の性質を備えているかのいずれかであろう。ともかくこのアイソザイムは、反応速度論的に温暖順化動物の酵素とは違う。

温度に順化する場合に、1つの酵素の合成量を変えるよりも、〈よりよい〉アイソザイムを用いる方が、機能的に、また自然選択のうえで有利である。その理由は、触媒活性の調節に最も好都合な範囲に K_m 値をもつ酵素をつくれるからである。したがって低温では、基質濃度

または酵素-基質親和力のわずかな変化でも、〈冷たい〉形の酵素の大きな活性変化を起すことができる。〈暖かい〉形の酵素の場合、低温で反応速度を少しでも変化させるためには、基質濃度または酵素-基質親和力の非常に大きな変化が必要である。これでは反応速度の効率のよい調節は不可能である。進化論的に考えると、温度に順化する間に、与えられた温度での触媒反応とその調節に最も好都合な新しいアイソザイムを合成するように強い自然選択が働いたらしい。このことは、たくさんのアイソザイムに反映している。例えば、ラクテートデヒドロゲナーゼ、ピルベートキナーゼ、アルドラーゼ、ホスホフルクトキナーゼ、シトレートシンターゼ、アセチルコリンエステラーゼなどがあり、そのほか現に温度順化や温度に対する進化的適応をしつつある多くの酵素があると考えられる。→酵素 [PETER W. HOCHACHKA]

アイソスタシー

[Isostasy] 地殻のさまざまな場所における静水圧平衡の理論。多くの科学者はこの理論を正しいものと考えて、地質学の基本原理とみなしている。ハウエル (B. F. Howell, Jr.) は1959年にこの点に関して次のように述べている。“地表のすべての大きな大陸塊は、もし再調整の時間さえ与えられれば、下から静水圧的に支えられるように、沈降、あるいは上昇するようになる。ただし局所的な応力がこの平衡を乱すように働いている場所では別である”。→地球；地球の引力

[CHARLES V. CRITTENDEN]

アイソスピン

[Isotopic spin] 核反応やハイペロンの崩壊を理解するため便宜上導入された量子力学の変数。

原子核の量子力学では、陽子と中性子とを同じ粒子 (核子と呼ばれる) の2つの異なった状態と考える方が都合のよいことがある。この概念は、(強い)核力の明らかな荷電独立性、すなわち、陽子-陽子、陽子-中性子、中性子-中性子の相互作用が見かけ上同じであることを表現するよい方法である。→核子

変数 I_3 は、陽子が $+\frac{1}{2}$ 、中性子が $-\frac{1}{2}$ の値をもつように導入される。したがって、 $|e|$ を電子または陽子の荷電の絶対値とすると、核子の荷電は $|e| \cdot (\frac{1}{2} + I_3)$ となる。 I_3 を形式的に角運動量ベクトル I に似た、アイソスピンと呼ばれる量の成分として扱うことによって、原子核理論に出てくる種々の交換力を簡単に表現できる。名前の由来は、形式的にスピンに似ていることによるが、現実のスピンとは関係ないのでこの名前はやや不適当かもしれない。しかし、この名前はよく使われており、変る可能性はほとんどない。複合核の個々のエネルギー準位は $I(I+1)$ で表される量子数 I 、つまり原子核を構成する核子の各アイソスピンのベクトル和の大きさによって指定される。 Z 個の陽子と $(A-Z)$ 個の中性子の A 個の核子を含む原子核のすべての核子のアイソスピンの和 I_3 は次式で与えられる。

$$I_3 = \frac{1}{2}Z - \frac{1}{2}(A-Z) = Z - \frac{1}{2}A$$

強い(核の)相互作用の荷電独立性のため、エネルギーレベルは I には強く依存するが I_3 にはほとんどよらない。この結論は、同重核 (A が同じ) のエネルギー準位が大体一致するという実験と合っている。

同様に、3種の π 中間子は1つの素粒子、パイオンの $I_3 = +1, 0, -1$ に対応すると考えられている。 $I_3 = +1, 0, -1$ の値はそれぞれ正、中性、負の荷電をもったパイオンに対応している。これは、パイオンと核子との強い相互作用の荷電独立性を扱う都合のよい方法になっている。→原子核構造；選択則(物理学)；素粒子；対称性の法則(物理学)；中間子；ハイペロン

[MC ALLISTER HULL, JR.]

アイソトーン

〔Isotone〕 原子核の中性子の数 $A-Z$ が一定であるときの2つまたはそれ以上の原子(A は質量数、 Z は原子番号)。原子核の構成要素の粒子の総数が違うにもかかわらず、アイソトーンの原子核の中性子数は等しい。天然のアイソトーンの数、中性子の配位の安定性についての有用な証拠を与える。例えば、天然に50～82の中性子を含むアイソトーンは比較的多数ある(それぞれ6つまたは7つ)。このことから、これらの原子核の配位は特に安定であると考えられる。逆に、中性子の数が奇数の原子には、アイソトーンが少ない。したがって、中性子が奇数の配位は比較的不安定であると結論される。→原子核構造 [HENRY E. DUCKWORTH]

アイピース ⇨接眼レンズ

アインシュタイン・シフト

〔Einstein shift〕 強い重力場の中にある原子によって放出されたスペクトル線が、波長の長い方へ変位(シフト)する現象。この変位は一般相対性理論の3つの実験的検証の1つであって、重力場内ですべての周期的過程が緩慢になるために起るものである。変位の量は光源および測定器の位置における重力ポテンシャルの差に比例する。地球上で観測される星の光に対しては、変位の量はその星の質量と半径との比に比例する。太陽スペクトルでは、波長5,000 Åのところでは変位量は約0.01 Åである。白色矮(♫)星(その質量と半径の比が太陽のそれの約30倍であることがその特徴)のスペクトルでは、変位は約0.3 Åもあって、ドップラー効果によるものが分離できさえすれば容易に測定にかかる。これはアダムズ(W. S. Adams)によってシリウスの伴星(シリウスB)に対して行われた。この場合には、伴星の地球に対する相対速度の精確な値をシリウスのスペクトルのドップラー効果から導出することができるのである。変位の測定値は、これとは独立な方法で求めたシリウスBの質量と半径の値を用いて、アインシュタインの理論によって計算した予想値と一致した。太陽スペクトルでのアインシュタイン変位を実証する試みには、今のところ決定的なものがない。これは、光を放出する原子が近傍の原子から受ける摂動によって起るいわゆる圧力変位と、アインシュタイン変位を区別することが困難なこと、また太陽面の中心部からくる光と周縁部からくる光とでは変位が異なることなどによって測定精度がよくないからである。

アインシュタイン変位の測定から、星の質量を求める試みもなされているが、ドップラー効果および圧力変位を正しく差引くのがむずかしいために、その結果得られた値は非常に不確かなものでしかない。→相対性理論

ケーサー(準星)のスペクトルで観測されている赤方変位は、ケーサーの後退運動に起因するドップラー変位ではなく、この天体の表面における強い重力場に起因するアインシュタイン変位であろうという説をとる科学者もある。→ケーサー；赤方変位 [DAVID LAYZER]

アインシュタイン・ド・ハース効果 ————こうか ⇨磁気回転効果

アインスタイニウム

〔Einsteinium〕 元素の1つで、元素記号Es、原子番号99。周期表のアクチニド系列の一員である。天然には見いだされないが、より軽い元素の人工核変換によってつくられる。アインスタイニウムのすべての同位体は放射性であり、数分から約1年の範囲の半減期で崩壊する。1968年に原子炉からmg以下の量が供給され、最初には²⁵³Esとしてつくられた。→アクチニド元素；放射能

アインスタイニウムは、1952年にアメリカ合衆国原子

																VIIb 0															
Ia																I	2														
1																H	He														
3	4															5	6	7	8	9	10										
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne										
11	12															13	14	15	16	17	18										
Na	Mg															Al	Si	P	S	Cl	Ar										
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36														
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr														
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54														
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe														
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86														
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn														
87	88	89																													
Fr	Ra	Ac																													
ランタニド系列																		58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
																		Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
アクチニド系列																		90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
																		Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

力委員会のアルゴンヌ、ロスアラモスおよびカリフォルニア大学研究室の科学者によって、水素爆弾の破片の中から発見された。水素爆弾の爆発の瞬間、非常に高速の中性子は結果として、爆弾中に存在しているウランによって多段階の中性子捕獲を生じ、質量253のウランの同位体を与える。続いて起るβ崩壊の系列では中間元素の質量253の同位体を経て、最後には²⁵³Esを与える。同位体²⁵³Esはイオン交換法により、その他のアクチニド元素から分離され、20日の半減期でα放出によって崩壊することが見いだされた。

他の多くのアインスタイニウム同位体(質量が245から256までで、半減期が約1分から480日までの範囲のもの)は、もっと一般的な技術によって、すなわちサイクロトロンで加速したヘリウムイオンあるいは重水素核を用いて重い元素の同位体につづけることによって発見されている。→バークリウム

アインスタイニウムは、アクチニド元素の特徴である+3酸化状態で存在しているらしい。他の三価アクチニドがそうであるように、アインスタイニウムはフッ化あるいは水酸化ランタンと共沈し、テノイルトリフルオロアセトン(TTA)とベンゼン中に抽出されるキレート化合物を形成する。アクチニド元素中でのアインスタイニウムの分離と同定に用いられる主な方法は、イオン交換クロマトグラフィーである。錯化剤が樹脂のカラムを通ると、アクチニド類は異なった速度で陽イオン交換樹脂から溶離される。結果として元素は決った成分でカラムを離れ、それらの特徴的な放射能によって同定される。

準マイクログラム量のアインスタイニウムの磁化率は²⁵³Es(半減期20日)を使って測定されている。またさらに長寿命の²⁵⁴Es(半減期1年)が存在するので、やがてはより多量のアインスタイニウムが化学的に研究されるであろう。

1967年にカニンガム(B. B. Cunningham)と共同研究者たちは、塩酸溶液中でEs(III)から7つの光学吸収ピークを測定した。このピークは3,600から6,100 Åの波長の範囲にあり、彼らはアインスタイニウムの固体化合物および濃縮溶液中で観察される緑色を説明した。

[STANLEY G. THOMPSON]

アウストラロピテクス

〔Australopithecus〕 この名前は、1926年にダート(Raymond Dart)が南アフリカのタウングから発見した、ヒトとサル両方の特徴を示す、若いヒトの頭骨に対して与えられたものである。これは、ヒトそのものの進化の先祖段階を示すものか、それとも絶滅したサルの1つの型を示すものかということに関して、大きな論争を呼び起こした。

その後何年にもわたって、多くの骨が追加発掘され、論争は1947年まで続いた。そしてこの年に、アウストラロピテクスをヒトの位置におくことに長い間反対していたクラーク卿(Sir Wilfred LeGros Clark)は、自分の意見を撤回した。それからは、彼はアウストラロピテクス類はオランウータン科(Pongidae)には属さず、確実にヒト

と同じ科(Hominidae)に属し、これらの生物はサルから原始的なヒトに移行する途中の進化の1段階を表し、ジャワ原人のような直立猿人(*Homo erectus*)であるという見解の主要な提案者となった。→ジャワ原人

クラークの見解によって、アウストラロピテクス類はヒト科であることが、広く認められるようになった。しかし、ツッカーマン卿(Sir Solly Zuckerman)のような少数の研究者たちは、なおアウストラロピテクス類は決してサル以外のものではないという考えを保持していた。

このような南アフリカにおける発見が数を増すにつれて、これらの化石は、最初は南アフリカの研究者たちによって、たくさんの異なる属や種の位置におかれたが、かつて*Plesianthropus*および*Paranthropus*属として分類されたものは、今では*Australopithecus*の種に過ぎないことが、一般に認められている。同様に、1959年にタンザニアのオルドバイ峡谷で発見されたアウストラロピテクス類の化石頭骨も、最初はリーキー(L. S. B. Leaky)によって、別の属*Zinjanthropus*におかれたが、今では亜属の位置に移され、*A. boisei*と呼ばれている。

1959～60年に、オルドバイ峡谷産の東アフリカの*Australopithecus*(*Zinjanthropus*)が、原始的な石器と一緒に発見されたことによって、これらの生物は「道具の製作者」であったという主張が支持されることとなった。しかしその後、ほかのもっとヒトに似たヒト科の化石*H. habilis*が、オルドバイの同じ堆積物中から発見されると、この方がさらに本当の道具の製作者であるらしく思われてきた。こうしている間に、多数の*Australopithecus*の発見場所であったプレトリアの近くのスタークフォンテンでの研究により、上部層のいわゆる桃色角レキ(礫)岩中に単純な石器が存在することが明らかになった。

オルドバイには、*Homo*属と*Australopithecus*属とが共存していることを考えると、同じような状態が南アフリカにも存在したことが、可能性としては十分考えられる。したがって、アウストラロピテクス類が実際に石器製作の活動をしていたかどうかについては、まだ未確定のままである。ともあれすべての証拠は、*Australopithecus*はヒトに至る進化過程の1段階を表すものでなく、ヒトに近いものとみなすべきことを示唆している。この化石人類は、系統樹のわき枝ではあるが、むしろ明瞭(明瞭)にヒトまたはヒト科に属するものとみなすべきであろう。→化石人類 [LOUIS S. B. LEAKY]

アエロバクター属 —ぞく

[**Aerobacter**] 腸内細菌科の中の1つの属で、エンテロバクター属*Enterobacter*ともいわれる。グラム陰性桿菌(桿)でメチルレッド反応は陰性、フォーゲス・プロスカウエル(VP)反応は陽性である。この点でクレブシエラ属やセラシア属と近い関係にあるので、腸内細菌科の中で、クレブシエラ・アエロバクター・セラチア群の一部と考えられている。アエロバクターは周毛性の鞭毛(毛)によって運動する。菌の性状によって4つの種、すなわちアエロバクター・クロアーケ*A. cloacae*、アエロバクター・アエロゲネス*A. aerogenes*、アエロバクター・ハフニエ*A. hafniae*、アエロバクター・リクエファチエンス*A. liquefaciens*に分けられていたこともある。→インピックテスト；クレブシエラ属；腸内細菌科

3つの抗原成分、すなわち細胞壁に由来するもの(菌体またはO抗原)、鞭毛に由来するもの(H抗原)、莢膜(莢)物質に由来するもの(K抗原)が知られている。それぞれの成分は菌株によって異なる。血清学的な型決定が可能であるが、系統的な血清学的分類は行われていない。→血清学；サルモネラ属

この菌はヒトや動物の腸管の常在菌で、自然界に広く分布している。ヒトでは、尿路、胆嚢、虫様突起の感染症、あるいは全身感染症を起すことがある。全身感染症は特に幼児や老人、または何かの病気で衰弱しているヒトに起りやすい。 [ALFRED J. WEIL]

亜鉛 あえん

[**Zinc**] 元素の1つで、元素記号Zn、原子番号30、原子量65.37。展性延性に富む灰色金属である。亜鉛、カドミウム、水銀の3元素は化学的性質が類似し、ともに周期表のⅡb族に属する。亜鉛は単体元素として認められるはるか以前より、古代真チュウ(黄銅)中に存在していることが知られていた。トランシルバニア(ルーマニア)の有史以前の廃虚から発見された合金は、87%の亜鉛を含んでいた。13世紀またはそれ以前の可能性もあるが、インドのヤ金家は異極鋳を羊毛のような有機物で還元して、亜鉛を得ている。16世紀のパラケルスス(Paracelsus)は亜鉛を1つの金属元素と認めた最初のヨーロッパ人で、ジンカム(zincum)と呼んだといわれる。またマルクグラーフ(A. S. Marggraf)は、1746年に木炭で異極鋳を還元して、金属亜鉛を製造するヨーロッパ法を開発した人物として知られている。

Ia																VIIb 0									
1	IIa															IIIb		IVb	Vb	VIb		1	2		
3	4																5	6	7	8	9	10			
11	12																13	14	15	16	17	18			
Na	Mg	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIII					IB		IIb	Al	Si	P	S	Cl	Ar					
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr								
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54								
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe								
55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71									
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn								
87	88	89	104																						
Fr	Ra	Ac																							

ランタニド系列

アクチニド系列

亜鉛には15種の同位体が知られている。その中では5種が安定で、その質量数は64, 66, 67, 68, 70である。通常、産出する亜鉛は約半分が64の同位体である。放射性同位体の半減期は、⁶¹Znの89秒から⁶⁵Znの245日の範囲にある。

用途 亜鉛の最大の用途は他金属の保護被膜である。鉄や鋼に亜鉛を被覆することをガルバニジングまたは亜鉛メッキと呼び、融解亜鉛に浸す方法(融解メッキ法)、メッキそうで亜鉛を電解析出させる方法(電解メッキ法)、融点近くの亜鉛粉末を付着させ加熱する方法(シェラダイジング法)、融解亜鉛を吹きつける方法(金属化法)などによって行われる。現在、薄板帯鋼の連続亜鉛メッキ法では、1時間に30tの薄板が生産されている。亜鉛メッキは単に物理的に鉄の腐食を防ぐだけでなく、仮に被膜が破れて鉄が露出しても、化学的に活性な亜鉛が先に侵され、鉄を保護する。

ボール紙のような非構造材にも低温炎スプレー法で亜鉛を被覆できる。亜鉛はほかに黄銅、亜鉛ダイカスト合金、亜鉛板や薄板、乾電池、各種亜鉛化合物、化学合成還元剤などにも用いられている。

転がしメッキ法は小型金属部品の被覆に用いられ、接着剤で亜鉛粉末を試料に付け、これをガラス玉とともに転がして、亜鉛を薄い被膜状に付ける。このような製品は航空機や宇宙船の軽量構造材として使用される。そのほかに亜鉛はヒューズ、オルガンのパイプ、針金のメッキにも用いられる。亜鉛粉末は乾燥状態では可燃性物質で、花火や化学用の触媒、還元剤などに用いられる。放射性の⁶⁵Znは、医学で新陳代謝の研究に、また亜鉛含有合金の摩滅速度の測定にも用いられる。

亜鉛はまた動植物など各種生物の成長に必要な元素である。インシュリンは亜鉛を含むタンパク質である。→亜鉛合金；金属被覆；電気メッキ

産出 亜鉛は比較的存在量の少ない金属で、地殻中には、0.004%程度存在し、元素の存在量としては25番めである。世界中で採掘される亜鉛鉱石の約6分の1はアメリカで産出し、カナダも同じくらいである。主な鉱

石はセン(閃)亜鉛鉱ZnSである。その他の鉱石としては異極鉱 $\text{Zn}_2\text{SiO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 、リョウ(菱)亜鉛鉱 ZnCO_3 、ケイ(珪)亜鉛鉱 Zn_2SiO_4 、紅亜鉛鉱 ZnO 、フランクリナイト(Zn, Fe, Mn) $\text{O} \cdot (\text{Fe, Mn})_2\text{O}_3$ などがあり、あとの2種はほとんどアメリカにのみ産出する。なお鉄鉱石製錬時の副産物としても、かなりの亜鉛が得られている。亜鉛の工業的製法について詳しくは〈項目〉亜鉛のヤ金を参照。

亜鉛金属 純粋なみがいたばかりの亜鉛は、青白色で光沢があり、硬さは中程度(モース硬さ2½)である。湿った空気に触れると表面が変色し、通常、灰色になる。純亜鉛は展性延性に富み、圧延、引伸しが可能であるが、不純物が少量でも混在すると、もろくなる。展性は100～150℃に加熱すると良好になる。融点は419℃、沸点は907℃、密度は7.13である。

熱や電気の導体としては、亜鉛はかなり高い方であるが、その比電気抵抗(20℃で $5.92 \mu\Omega \cdot \text{cm}$)は最良の導体である銀の約4倍、熱の伝導率は銀の約4分の1にすぎない。0.91Kでは超伝導体である。純亜鉛は強磁性ではないが、合金の ZrZn_{12} は35 K以下で強磁性を示す。

化学的性質 亜鉛は化学的にはかなり活性な金属である。空气中で強熱すると青緑色の炎を上げて燃焼し、酸化亜鉛の白煙を発生することもある。亜鉛は電気化学列では水素より上位で、金属亜鉛は酸には水素を発生して溶解し、2価の亜鉛陽イオン Zn^{2+} になる。この反応は高純度亜鉛では速度が遅いが、少量の不純物の共存、こん跡量の硫酸銅の添加、または亜鉛の表面とニッケルや白金のような金属との接触などによって、気体状水素の発生が促進され、反応速度が速くなる。亜鉛と希酸との組合せは、実験室で少量の水素を発生させる場合に用いられる。亜鉛はまた水酸化ナトリウムのような強塩基性溶液にも溶解して、水素を発生し、2価の四水酸化亜鉛酸陰イオン $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}$ を生成する。このイオンは亜鉛酸塩化合物の式では ZnO_2^{2-} と表されることもある。通常の水溶性亜鉛化合物はある程度、加水分解し、溶液は微酸性を呈する。 Zn^{2+} イオンは無色で、化合物はすべて、大きな結晶状態では無色、粉末状態では白色であり、着色するのは他の共存成分のためである。亜鉛原子およびイオンの性質の一部を表1に示した。

化合物 亜鉛は他の金属と合金になっている場合以外、化合物中では常に2価で存在する。表2に若干の重要な亜鉛化合物を示した。

表1 亜鉛原子、イオンの性質

性質	値
電子配置	$1s^2, 2s^2, 2p^6, 3s^2, 3p^6, 3d^{10}, 4s^2$
イオン化電圧	
1次電圧	9.39eV
2次電圧	17.9eV
イオン半径	0.72Å
共有結合半径	1.31Å
(正4面体)	
酸化電位	$\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2e^-$, $E^\circ = 0.76\text{V}$ $\text{Zn} + 4\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ZnO}_2^{2-} + 2\text{H}_2\text{O} + 2e^-$, $E^\circ = 1.22\text{V}$

亜鉛はまた多くの配位化合物をつくる。亜鉛酸塩も水酸イオン OH^- が亜鉛イオンに結合した配位化合物または錯体である。アンモニア NH_3 も亜鉛と錯体をつくり、代表的な例としてテトラアンミン亜鉛イオン $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ がある。シアン化亜鉛は通常 $\text{Zn}(\text{CN})_2$ のような簡単な式で示されるが、実際は配位化合物で、多くの亜鉛イオンとシアンイオンが3次的に結合して、非常に大きな分子を構成している。多くの亜鉛配位化合物の基本的な構成単位は、亜鉛が中心にあり、他の4つの配位基が正4面体の各頂点方向に位置する構造である。

分析法 亜鉛塩の中性または塩基性溶液に硫化アンモニウムまたは硫化水素を作用させると、白色の硫化亜鉛が沈殿する。この沈殿は、その色や水に対する溶解度でニッケルやコバルトの沈殿と識別できる。水酸化ナトリウム、水酸化カリウムあるいはアンモニア水を加えると、白色の水酸化亜鉛が沈殿する。これは過剰の水酸化ナトリウムに溶解することで鉄やマンガンと、また過剰のアンモニア水に溶解することでアルミニウムやクロムの沈殿と識別できる。また亜鉛化合物を硝酸コバルトとともに強熱した場合、緑色の固体が生成することで定性分析ができる。

定量分析は硫化物として沈殿させ、強熱して酸化物としてひょう量する。またリン酸アンモニウム亜鉛 ZnNH_4PO_4 として沈殿させ、強熱してピロリン酸塩にしてひょう量する。酢酸塩緩衝溶液中で亜鉛塩を電解還元し、電極に亜鉛を金属として析出させて、ひょう量してもよい。

容量分析法としては、エリオクロムブラックTを指示

表2 亜鉛化合物

名称、式	用途	性質、その他
酸化亜鉛, ZnO	ゴムタイヤの補強剤、加硫活性剤; 顔料; 軟膏(註)基剤; セメント、窯業; カビ発生抑制用リノリウム顔料; 半導体; 複写機用光伝導体	白色、水にほとんど不溶の粉末; 水溶液は微塩基性; 500℃で黄色になり、冷えれば白色に戻る; 無毒、無刺激性; 両性で酸、塩基に溶解
塩化亜鉛, ZnCl_2	溶接剤; 染色、染料の製造; 木材処理; 触媒; 医薬品、にかわ、セメント	無色水溶性化合物; 水溶液は酸性; 塩基にするとオキシ塩化亜鉛が生成; $4\text{H}_2\text{O}$ 以下の数種の水和物がある
塩化亜鉛四水和物, $\text{ZnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$		白色水溶性化合物; 通常の塩は水和物
硫酸亜鉛, ZnSO_4	農業関係でヒ素噴霧剤用; レーヨン製造、染色、印刷; 電気メッキ; リトボン顔料製造用原料	白色結晶性化合物; 水、アルコールに可溶
酢酸亜鉛二水和物, $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	木材保存剤; 染色媒染剤; 重合架橋剤; 医薬品	
ステアリン酸亜鉛, $\text{Zn}(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2$	医薬品、化粧品、ラッカー、プラスチック; 潤滑剤、離型剤、乳化剤、消泡剤	白色の柔らかい粉末; 水に不溶; 代表的な金属セッケン
ビス(ピリジル-1-オキソ-2-チオロ)亜鉛(II), $\text{Zn}(\text{C}_5\text{H}_4\text{NOS})_2$	わきが止め; 農業用殺菌剤	ビリジニチオン亜鉛、ビリチオン亜鉛ともいっ
硫化亜鉛, ZnS	リトボン顔料の成分; テレビジョン、オシロスコープ、X線装置のけい光体、りん光体の発光物質	白色不溶性; 金属の唯一の白色硫化物; 硫化物蒸気と黒変しない
クロム酸亜鉛, ZnCrO_4	さび止め用被膜; 顔料; リノリウム	普通は水酸化亜鉛とクロム酸亜鉛が $\text{ZnCrO}_4 \cdot 4\text{Zn}(\text{OH})_2$ のように結合し、カリウムを含むこともある; 黄色
オルトケイ酸亜鉛, Zn_2SiO_4	けい光体; 耐火物; 水軟化剤	無水物(ケイ亜鉛鉱)、一水和物(カラムン)の両方が使用される
亜鉛酸ナトリウム, Na_2ZnO_2	水軟化剤; 紙・布処理剤; 水浄化用凝集剤	強塩基性溶液中で生成
フッ化亜鉛, ZnF_2	触媒、木材保存剤; シロアリ忌避剤	水にかなり難溶性
亜ニチオン酸亜鉛, ZnS_2O_4	木材、バルブ、布、粘土、砂糖、植物油の漂白剤	ハイドロサルファイト亜鉛とも呼ばれる
過酸化亜鉛, ZnO_2	創傷感染予防剤、加硫剤; 化粧品	市販品は ZnO_2 と ZnO が約1:1の組成
オルトリン酸亜鉛三水和物, $\text{ZnHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	歯科用セメント	他の多くの亜鉛リン酸塩と同様に無水物もある

薬として用い、エチレンジアミン四酢酸(EDTA)で直接、滴定できる。ある種の合金中の亜鉛は、クロル錯体として、ニッケル、コバルト、カドミウムと陰イオン交換樹脂によって分離したのち、EDTAで滴定する。また別の滴定法として、フェロシアン化カリウム標準溶液で滴定する方法があり、終点は電位測定法または酢酸ウラニル指示薬法で決定する。

海水中の亜鉛は、単掃引陰極線ポーラログラフ法で10億分の1(ppb)まで定量できる。X線けい光分析法は、ガラス、重合物、油の中の亜鉛の定量に便利である。原子吸光分析法は、土壌や肥料中の0.02 ppmの亜鉛の検出が可能である。中性子活性化分析法では血液、半導体、海水、鉱石中の0.003 μg (3ng)の亜鉛の検出も可能である。

毒性 亜鉛は危険性の少ない元素の1つで、その化合物は一般に低毒性である。こん跡量のヒ素、鉛、カドミウム、アンチモンなどが不純物として亜鉛に含まれていると、障害を起す程度の毒性を示す。事実、亜鉛は身体組織には必要な元素で、ある種の腫瘍(癌)の発生は亜鉛の不足と関連があると報告されている。Zn²⁺イオンはある種の酵素(炭酸脱水酵素)やホルモン(インシュリン)の成分である。亜鉛融解メッキ浴などからの煙を吸込むと、悪寒、発熱、吐き気、痛みなどが特徴の〈亜鉛熱〉になることがあるが、煙から隔離するとほとんど完全に回復する。塩化亜鉛から出る煙(ZnCl₂の煙)による肺浮腫(はふしゅ)は生命に危険な場合がある。多量(例えば10 g)のZnSO₄のような、水溶性で取れん性のある塩は、内部器官に損傷を与え、死を招く。

亜鉛容器は飲料水の貯蔵には使用してよいが、食物貯蔵には使用してはいけない。[WILLIAM E. COOLEY]

亜鉛合金 あえんごうきん

[Zinc alloys] 亜鉛と1種またはそれ以上の金属との合金をいう。亜鉛含有量が合金組成の過半を占める場

合、これを亜鉛基合金という。一方、亜鉛は合金元素として種々の他合金系にも用いられる。例えば銅基、アルミニウム基、マグネシウム基の各合金である。この中で有名なものは、銅に亜鉛を最高45%まで添加した、いわゆる黄銅である。→黄銅

用途 亜鉛基合金の用途は大別して2つに分けられる。すなわち、鑄造材と展伸材とである。鑄造にはダイカスト(圧力を加えて鋳型に鑄造する方法)と重力鑄造(圧力を加えない)とがある。→鑄造

亜鉛合金は融点が低いため、昔からダイカストに用いられてきた。この方法は工具寿命が長く、成形原価が安くつく利点がある。ダイカストした亜鉛合金は強度も高く、寸法公差がすぐれている。また鑄造性がよく、容易にメッキや機械加工をすることができる。

鑄造合金 鑄造用亜鉛合金は各国でいろいろと規格化されている。不純物のある限度以上含むと性質を劣化させるので、規格では不純物の最高限度を抑えている。ダイカストの場合は、少量の含有でも強い影響を示す不純物があるが、ダイカスト合金はいろいろと活用されている。

鉛、スズ、カドミウムは亜鉛中の不純物としても、また他の合金成分中にも含まれていてはいけない。これらの不純物は密度が高く、融点が低いため、ある限度以上含まれると、特に高温高湿ふんい気中で粒間に沿う腐食を起しやすくなる。これを避けるためにダイカスト用には高純度亜鉛(99.99%)が用いられる。ダイカスト用亜鉛合金の主なものは数種類あり、その組成と諸性質を表1に示す。

合金元素としてアルミニウムを添加するのは、合金の強度、延性、安定性を改善するためである。最適組成は約4%であるが、2%程度の添加では改善効果が半減する。アルミニウムを添加すると、鉄鋳型に対する溶融亜鉛の侵食を防ぎ、また湯流れ性もよくなる。このためダイカストにはますます好都合になる。

銅を添加すると強度および耐食性が向上する。銅の添

表1 ダイカスト亜鉛合金の組成と性質

	ASTM規格B86-64: SAE規格: 一般規格:	AG40A 903 3	AC41A 925 5	— 903 ZAMAK7	— — ILZRO14
組成, 重量%					
銅		.25以下	.75~1.25	.25以下	1.0~1.5
アルミニウム		3.5~4.3	3.5~4.3	3.5~4.3	.01~.03
マグネシウム		.020~.05	.03~.08	.005~.02	.01
鉄, 最大		.100	.100	.075	—
鉛, 最大		.005	.005	.0030	.004
カドミウム, 最大		.004	.004	.0020	.003
スズ, 最大		.003	.003	.0010	.002
ニッケル		—	—	.005~.020	—
チタン		—	—	—	.25~.30
亜鉛(99.99+%)		残	残	残	残
機械的性質					
シャルピー衝撃値 (kg-m), 鑄込のまま		6.0	6.7	5.6	—
シャルピー衝撃値, 10年屋内放置		5.7	5.6	41	—
シャルピー衝撃値, 20年屋内放置		5.5	2.8	—	—
引張強さ (kg/mm ²), 20年屋内放置		23.2	25.3	—	—
伸び (%), 20年屋内放置		20	12	—	—
引張強さ (kg/mm ²), 鑄込のまま		28.8	33.5	28.8	23.6
引張強さ (kg/mm ²), 10年屋内放置		24.6	27.6	24.6	—
伸び (%), 鑄込のまま		10	7	10	5~6
伸び (%), 10年屋内放置		16	13	16	—
10年屋内放置後の寸法変化 (in/in)		.0001	.0001	.0001	—
諸性質(鑄込のまま)					
ブリネル硬さ		82	91	76	71~77
圧縮強さ (kg/mm ²)		42.2	61.2	42.2	—
電気伝導度 (Ω/cm ²), 20°C		157,000	153,000	157,000	—
融点 (°C)		386.6	386.1	386.6	418
破断係数 (kg/mm ²)		66.8	73.8	66.8	—
せん断強さ (kg/mm ²)		21.8	27.4	21.8	—
凝固点 (°C)		380.6	380.4	380.6	416
凝固収縮 (in/ft)		.14	.14	.14	—
比重		6.6	6.7	6.6	—
比熱 (cal/g/°C)		0.10	0.10	0.10	—
熱伝導度 (cal/sec/cm ² /cm/°C), 18°C		0.27	0.26	0.27	—
熱膨張, °C当り		.0000274	.0000274	.0000274	—