
Encyclopedia of Science and Technology
McGraw-Hill·Kodansha

世界科学大事典

講談社

9

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 和田製本工業株式会社
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 496p. 31×22cm
©KODANSHA 1977 Printed in Japan
落丁本、乱丁本はおとりかいたします。
3540-439594-2253 (0)

世界科学大事典

9

シンキーセ化

シムキ

唇脚綱～人類遺伝学

唇脚綱 しんきやくこう

〔Chilopoda〕 節足動物門のいわゆる多足類中の1綱で、普通ムカデと呼ばれるものである。他の多足類と同じように唇脚類も地上や土中にすむ動物である。しかし他の多足類とは異なり、唇脚類は例外なく肉食性で、他の小動物を捕食している。そのため行動は極めて敏しょうであり、また特に第1胴節の付属肢(ぎ)であるあごあしがものを捕えるのに適した大形のはさみ状に発達している(Fig. 1)。このあごあしには毒腺があり、その毒は導管から毒孔を通して外へ出される。毒は他の節足動物や小形の脊椎(き)動物さえもまひさせ、ときには死に至らしめることがある。しかしヒトに対する被害はそれほど大きくない。

最後の2, 3の胴節を除いて、各胴節には1対の歩肢がある。生殖器の開口は体の後端にある。気門は体の側方あるいは背方に開いている。気管系と循環系があって、しばしば複雑に発達している。触角は分岐していない。眼はないこともあるが、存在する場合には単眼のことで複眼に近い構造のことがある。大あごは一部分自由で可動の部分をもっている。小あごは結合綱や昆虫(ちゅう)綱と同じく2対存在する。唇脚類の変態には改形的変態(anamorphosis)をするものと、整形的変態(epimorphosis)をするものの2つがある。

分布 科, 属, 種のそれぞれの面からみて、唇脚類は熱帯地方に極めて多く産するが、唇脚類は決してそうではない。いくつかの目、すなわちゲジ目(Scutigermorpha)およびオオムカデ目(Scolopendromorpha)は基本的に熱帯性であるが、イシムカデ目(Lithobiomorpha)は本質的に温帯性であり、またジムカデ目(Geophilomorpha)は熱帯、温帯にともに豊富に産する。実際、イシムカデ目やジムカデ目には北極圏のような北方にまで産する種類が知られている。一般に唇脚類は倍脚類に比べると温度にはあまり影響されず、むしろ湿度に対してより

敏感である。

分類 唇脚綱は、改形亜綱(Anamorpha)と整形亜綱(Epimorpha)の2亜綱に分けられる。前者はゲジ目とイシムカデ目を含む。

〔ゲジ目〕 ゲジ目には原始的な特徴と極めて進んだ特徴との両方がみられる。この目は気門を背面にもち、眼は複眼のような構造で、触角は多節で長い鞭(む)状であり、また歩肢は長くて細く多節の跗節(ふし)をもっている。胴部には15の有肢胴節がみられるが、背板は7個のみである。すべて改形的変態を行う。Scutigera coleoptrataは北アメリカ、ヨーロッパ、南アフリカなどの人家内に普通に発見され、よく知られている(Fig. 2)。日本にはゲジThereuonema hilgendorfiが本州以南に普通で、林間や家屋内のやや乾燥した場所に多くみられる。

〔イシムカデ目〕 イシムカデ目は前述のゲジ目によく似ており、ときにはこれら2つは一緒に取扱われることもある。これら2目はともに改形的変態を行い、また15の有肢胴節をもっている。しかしイシムカデ目はゲジ目とは違って眼が存在する場合は単眼である。イシムカデ類の多くは比較的小形で、体長約4 cm以下である。ゲジ類に似てすばやく走る。イシムカデ類は主として温帯産であるが、いくつかのものは熱帯あるいは亜熱帯にすむ。純粋に熱帯性のものは極めて少ない。ナガズイシムカデ類(Craterostigmomorpha)はイシムカデ目の中の1亜目として取扱われることもあるが、タスマニアとニュージーランドにすむただ1種Craterostigmus tasmanusで代表されている。イシムカデに似て15の有肢胴節がみられるが、明らかに21個の背板をもち、また大形の特異なあごあしを備えている。実際、それらの特徴の多くにはイシムカデ目と次に述べるオオムカデ目の両方につながる性質がみられる。日本産のイシムカデ類としては、イッスンムカデBothropolys, イシムカデLithobius, モノタルソビウス Monotarsobius, トゲイシムカデ Lamyttes, エサスチグマトビウス Esastigmatobius その他の属が知られている。

〔オオムカデ目〕 オオムカデ目(Fig. 3a)は主に熱帯産のもので、熱帯地方で最も多くみられるムカデ類である。この目のものは熱帯地方で極めて多くの種、属に分化している。ムカデの最大種Scolopendra giganteaが含まれ、それは体長30 cmにも達する。またこの目には温帯産種もかなり知られている。オオムカデ目は、眼をもったオオムカデ科(Scolopendridae)と眼をもたないナメシムカデ科(Cryptopidae)の2科に分けられる。これらには歩肢が21対のものと23対のものとがある。すべて整形的変態を行う。日本からはオオムカデScolopendra subspinipes, メナシムカデCryptops japonicus, アカムカデOtocryptops sex-spinosusその他が知られている。

〔ジムカデ目〕 ジムカデ目(Fig. 3b)は唇脚綱の中で最も特化したものである。他のムカデ類は夜間地上でどん欲に餌(え)をさがすが、ジムカデ類は土の中や堆肥の上などのわずかの間隙(すき)中での生活に特に適応している。体はすべて背腹に扁平で、細長く柔軟のため、小さな穴

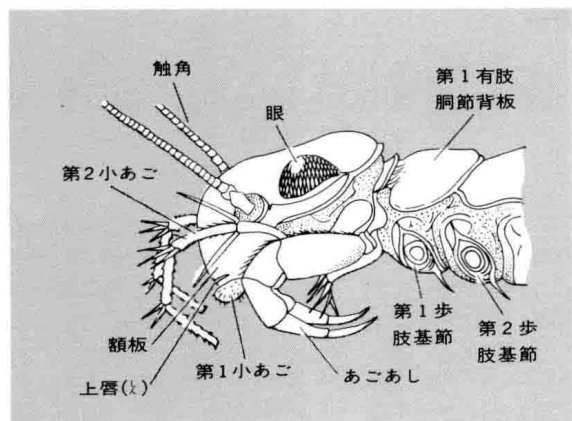


Fig. 1 唇脚綱(ゲジ目) *Scutigera coleoptrata*の体前部側面 (A Textbook of Arthropod Anatomy, Cornell University Press, 1952)

唇脚綱

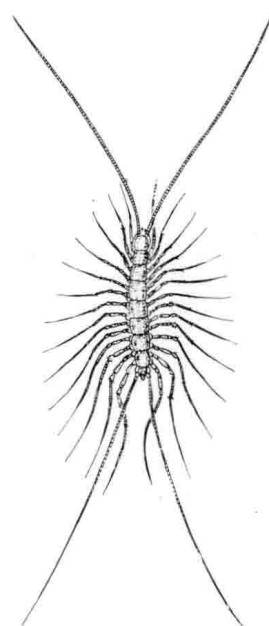


Fig. 2 唇脚綱(ゲジ目) *Scutigera coleoptrata*(L.)体長約25mm. (A Textbook of Arthropod Anatomy, Cornell University Press, 1952)

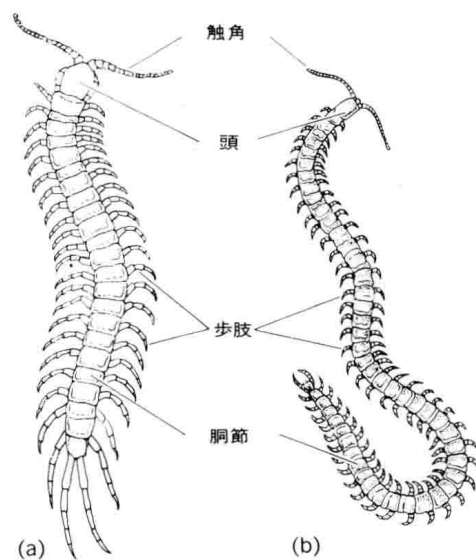


Fig. 3 唇脚綱(整形類) (a)アカムカデ *Otocryptops sexspinosus* (オオムカデ目); 体長約65mm. (b) ジムカデ目; 体長約40mm (A Textbook of Arthropod Anatomy, Cornell University Press, 1952)

の中などにも入り込むことができる。すべて眼を欠き、変態は整形的である。すべての種で、気門は第2有肢胴節から最後有肢胴節またはその1つ手前の胴節まで分断せずに並んで存在している。1つの科や属、あるいは種の中においてさえも、口器は極めて幅広い変異を示す。このことは他の多くのムカデ類にみられる口器の一樣性とは著しく対照的である。ジムカデ目のものはただ1科を除いて、胴節の数が種によって大いに違っている。この目の有肢胴節の数には、大体33から183までの変異がある。日本からも多くの属、種が知られている。海岸に好んですむものもある。

すでに述べたように、ゲジ目、イシムカデ目のものは改形的変態を行い、若虫は成体よりも少ない数の歩肢をもってふ化してくる。そしてその後脱皮を繰返して成体が完成する。これに反してオオムカデ目とジムカデ目とは整形的変態を行い、このようなものでは若虫はふ化のときにすでに成体と同数の有肢胴節をもっており、脱皮を重ねてもその大きさを増すのみである。すべてのムカデ類は性的に成熟したあとでさえも、一生の間脱皮を続けるのではないと思われる。そしてこれが長年月にわたる種類もある。整形的変態を行うオオムカデ目やジムカデ目では、雌がその卵を保育し、またときにはふ化した若虫を保護する。整形的変態を行うものはいわゆる半胚の状態では卵からふ化してくる。そのため雌親の保護なしには、付近の地上の真菌類や細菌類に負けてしまうであろうと思われる。改形的変態を行うものには完全な保育を行うものは知られていない。→多足類

[R. E. CRABILL 山田真弓]

鍼灸 しんきゅう

[Acupuncture and moxibustion] 生体の急所である〈つぼ〉に対して鍼灸を用いて働きかけ、生体反応を引き起し、生体の示す変調を矯正(きうし)し、または疾病治療に寄与する医術である。この医術は、太古インドに発祥し、古代中国で大成され、日本には562年に朝鮮半島を経て伝来したとされている。

鍼術 鍼術に用いる鍼(しん)は、古代においては、金属製の医療器具のことで、その起源は、石器時代の医療器具であった〈砭石(しんせき)〉だとされている。漢代に編纂(へんさん)された鍼灸術の古典である『黄帝内経素問』の九鍼十二原論篇には、9種類の鍼についての記載があり、その中には、今日の外科医の用いるメスの類も含まれている。すなわち、9種類の鍼とは、鑱鍼(しん)鍼、員鍼、鍤(しん)鍼、鋒(しん)鍼、鈹(しん)鍼、鉈(しん)鍼、毫(しん)鍼、長

鍼、大鍼であるが、今日一般に使用されているものは毫鍼と鋒鍼である。

〔毫鍼〕 毫鍼は〈つぼ〉に刺入するための細い鍼で、刺入される部分の鍼体と術者が指で把持(はつし)する部分の鍼柄とからなり、鍼体の長さは3.5 cmないし4.5 cm、鍼体の太さは直径0.2ないし0.3 mmのものが頻用(しん)されている。鍼の材質は、金、銀、鉄、サンブラ、ステンレスなどである。

〔鋒鍼〕 鋒鍼は三稜(さんりょう)鍼ともいわれる小型の切開器具で、皮膚表在性の静脈性毛細血管から少量の放血を行い、間接的に〈つぼ〉に影響を及ぼし、生体に転調効果を引き起こすことを目的とする鍼である。

灸術 灸術で用いる〈もぐさ〉はヨモギを特殊加工して精製したもので、その起源は、熯(し)であると考えられている。灸術では、〈もぐさ〉またはこれに類する物質を用いて燃焼し、体表より物理的および化学的刺激を〈つぼ〉に及ぼす。

〔種類〕 灸術は〈灸痕(しん)〉の有無によって、有痕灸と無痕灸に分けられる。有痕灸は〈もぐさ〉を体表部に固定して燃焼させ、皮膚に火傷による灸のあとをつける方法で、さらに、透熱灸、焦灼(しやく)灸、打膿(だう)灸の3種類に区別される。無痕灸は、灸のあとのつかない方法で、温灸、知熱灸、隔物灸などに区別される。隔物灸は、ショウガ、ニンニク、ニラ、味噌(しし)などを用いて、その上にもぐさを置いて燃焼させ、物理的な刺激効果のほかに、特定の化学物質の浸透効果を期待する伝統的な方法である。

現在では、さらに鍼灸に加え、あるいは代りに、電気あるいは特殊物質を用いて、生体の急所である〈つぼ〉に特殊な効果を及ぼし、生体に転調を引き起こす試みがなされている。

つぼ 〈つぼ〉は古代中国において、すでに300個以上の部位が発見され記載されているが、現在さらに多くの部位が発見されつつある。この〈つぼ〉の多くは、いくつかのルートの上に分布されていると信じられており、このルートを、〈経絡〉と総称しているが、〈つぼ〉および〈経絡〉の実体については、今日なおなぞの中にまつまれている。古代中国においては、この〈経絡〉の中を、〈気〉〈血〉という生命要素が循環し、〈つぼ〉はその循環路の要衝で、外界と交通する部位であると信じられている。したがって、この〈気〉〈血〉の循環異常を認識し、外界との交通部位である〈つぼ〉を用いて、生体を転調することが、鍼灸術の最大の課題となる。

鍼刺麻醉 鍼刺麻醉は1958年以来中国で開発された特殊な麻醉技術である。〈つぼ〉に集中して存在している圧受容器を介した鍼刺刺激が、視床などの脳中枢に伝達され、ここで物理化学的な変化を生じ、次にくる傷害刺激に対して干渉を起す。鍼刺麻醉は、この生理機構を土台とした技術であるとされており、鍼灸術の新しい1分野を形成しつつある。

[光藤英彦]

真球虫目 しんきゅううちゅうもく

〔Eucoccidia〕 孢子虫亜門、晩生孢子虫綱、球虫亜綱に属する極めて重要な原生動物の1目。この類の生活環には無性世代と有性世代との世代交番がみられ、脊椎(せきつい)動物または無脊椎動物の細胞内に寄生している。次の3亜目に分けられる。

アデレア亜目(Adeleina)では大配偶子と小配偶子がその発生中に結合し(連接)、小配偶子母細胞は数個の小配偶子のみを生ずる。この亜目のものは主に無脊椎動物または下等脊椎動物に寄生し、高等脊椎動物中にみられるものは極めて少ない。多くのものではその無性生殖と有性生殖とはそれぞれ別の宿主内で行われるが、それらの生殖と宿主との関係については種々の異なった型がある。

アイメリア亜目(Eimeriina)では連接の現象はみられず、小配偶子母細胞は極めて多数の小配偶子を形成す

る。この垂目には数百もの種類が含まれ、それらの多くは脊椎動物の腸の細胞内にみられる。その宿主の細胞内で無性的に増殖し、いくつかの種類はコクシジウム症を起させる。この病気になると下痢を起し、ときには宿主を死に至らしめることさえある。特に家畜、家禽(家*)の主要な病気の1つとされている。

住血孢子虫亜目(Haemosporina)にも連接はみられず、小配偶子母細胞は中程度の数の小配偶子を形成する。無性生殖は脊椎動物の血球内で行われ、また有性生殖は吸血性の昆虫(昆虫)がダニの体内で行われる。この垂目にはマラリア原虫*Plasmodium*が含まれ、これらの種類はヒト、下等なサル類、鳥、その他の脊椎動物などにマラリアを起させる。その他の属としては、ヘパトシスチス*Hepaticystis*(アフリカ産のサルに寄生する)、ヘモプロテウス*Haemoproteus*(鳥に寄生するが病原性は強くない)、ロイコキトゾーン*Leucocytozoon*(鳥に寄生して強い病原性を示し、宿主を死に至らしめることがある)などがある。→球虫亜綱；原生動物；晩生孢子虫綱；孢子虫亜門；マラリア [NORMAN D. LEVINE]

しん気楼 しんきろう

〔Mirage〕 空気密度の垂直分布が異常なときに、大気中の光線の湾曲の結果見られる、遠い物体の一種の異常な像。地表面に近接した空気がその上部にある空気よりかなり暖かいと、光線は直接の視線よりも低い線に沿って観測者の目に入るように曲げられる。このときには物体は水平線の下にあるかのように見られる。これは下位像(inferior mirage)と呼ばれる。逆に地表面に近接した空気がその上の空気よりかなり冷たいと光線は反対方向に曲げられ、直接の視線の上で観測者に達する。このときには物体は空中で高くなって見えるかまたは浮いて見える。これは上位像(superior mirage)と呼ばれる。空気密度がもっと複雑かまたは不規則な成層をしているときには、物体の見かけの多重反射を生じ、その像は垂直または水平方向に変形されることがある。しん(蜃)気楼は過熱された道路上で頻繁(頻)に見られる。大気の下位像は濡れた車道上の水面反射のように見え、近づいてみると消滅する。→気象光学 [ZDENEK SEKERA]

真菌学(医学) しんきんがく(いがく)

〔Mycology, medical〕 ヒトに対して病原性のある真菌(放線菌、糸状菌、酵母菌)に関する学問である。

ヒトに感染する真菌の多くは、自然界に腐生菌として広く分布しており、ヒトや動物に対する病原性は偶発的なものと考えられている。→菌類

真菌症は侵された体の部位によって、あるいは原因菌の名称によって分類されるのが普通である。例えば、白癬(白癬)は皮膚真菌症であり、そのうち頭部の白癬は頭部白癬(*Tinea capitis*)、体幹部のなめらかな皮膚にできる白癬は体幹白癬(*Tinea corporis*)と呼んでいる。また、ヒストプラスマ・カプスラーツム*Histoplasma capsulatum*による真菌症はヒストプラスマ症、プラストミセス・デルマティディス*Blastomyces dermatitidis*による真菌症は北アメリカプラストミセス症という。

真菌は植物界の葉状植物門に属する。藻類と地衣類もこの門に属する。真菌には、葉緑素、根、茎、葉がない。次の3つの亜門に分けられる。分裂菌類(細菌および放線菌)、粘菌類(変形菌類ともいう)および真菌類である。真菌類は次の4つの群に大別する。すなわち藻菌類、子囊菌類、担子菌類および不完全菌類。→真菌類；分裂菌綱；変形菌綱

最も簡単な真菌は単細胞の酵母である。増殖は単なる分芽によるか(無性生殖)、2つのハプロイドの核が融合して内生孢子を作ることによる(有性生殖)。その他の真菌は葉状体で気中菌糸や栄養菌糸を作る。菌糸体は多くの菌糸の集合したもので、隔壁のあるものとないものと

がある。菌糸体は、増殖の様式、胞子のでき方とその形、菌糸の有無によって分類される。

ヒトに真菌症を起すほとんどの真菌は、不完全菌類の真菌であるが、例外として藻菌類に属するムコール(またはケカビ)属*Mucor*とリゾプス(またはクモノスカビ)属*Rhizopus*とがある。→子囊菌綱；藻菌綱；担子菌綱；不完全菌綱

感染を起す真菌はたいてい実験室で使う培地に増殖する。最もよく使われるのは、サブローのペプトン-糖寒天(Sabouraud's peptone-sugar agar)の変法培地である。しかしこの培地は、栄養要求のきびしい真菌の分離には適当でない。組織からヒストプラスマ・カプスラーツムを分離するためには、トリプトケース・ソイ(trypticase soy)やブレン・ハート・インフュージョン(brain-heart infusion)のような栄養強化培地を使うと分離しやすい。トリコフィートン・ベルコズム*Trichophyton verrucosum*の増殖は、チアミンの添加によって著明に促進される。

細菌で汚染されている検査材料から真菌を分離するときは、培地にストレプトマイシン、ペニシリン、クロラムフェニコールのような抗生物質を加えると分離しやすい。真菌の増殖はこれらの抗生物質によって影響されることはないが、もし大量の細菌が培地中に混在していると真菌の増殖は阻害される。→アスペルギルス症；カンジダ症；クロモミコース；クロラムフェニコール；コクシジオイデス症；ストレプトマイシン；ノカルジア症；ヒストプラスマ症；皮膚真菌症；プラストミセス症；ペニシリン；放線菌症 [LEANOR D. HALEY]

真菌類 しんきんるい

〔Eumycetes〕 不確かな類縁微生物の大きなグループで、真菌(true fungi)は植物(細胞壁がある)、動物(クロフィルを欠き、あるものは運動性の細胞をもつ)、および他の微生物、細菌、放線菌、変形菌などと一定の特質を共有している。多くの菌類の栄養層は、菌糸体、分岐系系、あるいは頂端がのびることによって生育する菌糸からなっている。いくつかの酵母は単細胞で、出芽や分裂によって増殖を行う。菌類の菌糸体は一般にカビと呼ばれている。

真菌類は4つの綱を含んでいる。

藻菌綱(I)：この綱は、隔膜のない菌糸でつくられた菌糸体によって特徴づけられる。例えばミズカビ、バトリ菌やクロパンカビなどがある。→藻菌綱

子囊菌綱(II)：この綱は、生殖の最終過程でつくられる子囊胞子によって特徴づけられる。例えば酵母、ウドンコ病菌、いくつかのアオカビおよびコウジカビ、アカパンカビ、杯状キノコ、アミガサダケ、フランスショウロなどがある。→子囊菌綱

担子菌綱(III)：この綱は、生殖の最終過程でつくられる担子胞子によって特徴づけられる。例えばさび菌、黒穂病菌、ブラケット菌類、ゼリー菌類、マッシュルーム、ホコリタケ、エリマキツチグリ、スッポンタケなどがある。→担子菌綱

不完全菌綱(IV)：この綱は、主に有性生殖を欠く子囊菌綱と同類のカビの1群である。例えば多くのアオカビおよびコウジカビ、いくつかの酵母や多くのヒトの病原性菌類がある。→不完全菌綱

しかし真菌類とその4つの綱は、いくつかの変異し得る特質を特定の表現の組合せによって広く配列するとより特徴づけることができる。次にそれらの基本的性質の変異について述べるが、相当する綱は数字で略記される。

菌糸体 菌糸体、すなわち菌類の栄養体は、一般に極めて変異性がある。原始的(I)ないし誘導(II)と考えられる単細胞型は、制限菌糸体型に徐々に変化する。しかし、多くの種の菌糸体は広範で、無限の生育能力がある。多くのものは短命であるが、いくつかのものは典型

的な多年生である(Ⅲ)。菌糸体は、多核性で隔膜がなく、無数の核が散在するもの(Ⅰ)と、隔膜があり(Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)、細胞内に1個ないし非常に少数の核があるもの(Ⅲ)と核の数が一定でないもの(Ⅱ, Ⅳ)がある。隔膜は、穴のあいているものかまたはかたいかである。細胞壁はセルロース壁をもつ水系型(Ⅰ)の1群を除き、大部分キチン様物質からなっている。多くの菌糸体は白色であるが、真菌の型によってはさまざまな色素を合成し、培地中に分泌するか、または細胞壁や原形質に蓄積している。菌糸体は、菌糸のたるんだやわらかな横糸のものから、皮のようなぎっしり詰ったかたいかたまりのものまで変化に富んでいる。各細胞は常に完全な菌糸体を再生する能力があり、栄養体生殖は、一般に菌体の機械的切断によって行われる。

多くの菌類において、貯蔵食物は脂肪やグリコーゲン(動物デンプン)である。ボルチン果粒は、酵母の典型的な保存物である(Ⅱ, Ⅳ)。

無性生殖 無性生殖は多くの種に存在し、非常に多様である。無性生殖の最も共通で重要なものは、浮遊したり、落下したり、飛んだり、親菌糸体から強制的に放出されたりするさまざまな単細胞あるいは多細胞胞子である(Fig. 1)。胞子の主なものには次のようなものがある。

胞子嚢胞子(sporangiospore)は、胞子嚢と呼ばれる多細胞の子嚢から生じ、藻菌綱に普通である。胞子嚢は栄養細胞の分化か、または伸長柄ないし胞子嚢柄の末端にしばしば特殊な新形成構造物として生じる。胞子嚢胞子には2つの型がある。すなわち、鞭毛(のび)のある運動性の遊走子と非運動性の不動胞子である。胞子の嚢当りの胞子数は、少数のものから数千のものまでいろいろある。

分生子(conidia)(Ⅱ, Ⅳ)は、形、大きさ、構造において非運動性の胞子嚢胞子と似ているが、単純な、または精巧な分生子柄の外面上に生じる。

分裂子(oidia)(Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ)は、通常平らな末端のある小さな壁のうすい細胞で、栄養菌糸の自動的な切断によって生じる。

厚膜胞子(chlamydospore)(Ⅱ, Ⅲ)は、栄養菌糸にそっ

てはさまれた厚い膜のある脱落しない胞子である。

他の多数の胞子型は、以上の基本型の変化したものである。さまざまな色素が胞子壁に蓄積され、多くの場合、カビの色の原因となっている。無性胞子は、発芽管によって発芽し、直接栄養体である菌糸になる。

有性生殖 有性生殖は、不完全菌綱を除くすべての綱の主要な種に起る。適合する性細胞の並列や融合は、4つの個々の生殖機構によってなされる。

配偶子融合(gametic copulation)(Ⅰ)は、異なった多核性細胞ないし特殊な胞子嚢様配偶子嚢に形成される配偶子の1対の融合である(Fig. 2a)。同型配偶において、融合対の2個は互に同じである。異型配偶において、2個は形態的に異なっている。

配偶子嚢融合(gametangial copulation)(Ⅰ, Ⅱ)は、配偶子には差異のない2つの配偶子嚢の直接融合である(Fig. 2b)。

配偶子-配偶子嚢融合(gamete-gametangial copulation)(Ⅰ, Ⅱ)は、一方の性の特定の配偶子と、他方の性の配偶子嚢との融合である(Fig. 2c)；特定の配偶子は雌(Ⅰ)か、または雄(Ⅱ)かである。

体細胞融合(somatic copulation)(Ⅱ, Ⅲ)は、不特定の栄養細胞の性融合である(Fig. 2d)。

性のパターン 有性生殖には、融合する2つの性要素間の基本的関係において次の2つのものがある。1つは、同一菌糸体の要素の融合である雌雄同体(ホモタリズム)であり、もう1つは異なった菌糸体の要素間で融合する雌雄異体(ヘテロタリズム)である。雌雄異体の種における絶対的の交差交配は、雌雄の性信号(Ⅰ, Ⅱ)あるいは性的不和合性、すなわち交配型(Ⅱ, Ⅳ)に関して、個々の交配能力を決定する明らかな遺伝的機構によって定まっている。性的不和合性は、形態的に差異があるのではないが、さまざまな群でわずか2つ(Ⅱ, Ⅲ)のものから数百(Ⅲ)、あるいは数千(Ⅲ)の交配型を含んでいる。その交配型では、自家不稔(か)であるが、交差交配では稔性がある。

性融合の産物 性融合の産物や核融合の時間は、それぞれの綱および亜群において大いに異なっている。藻菌

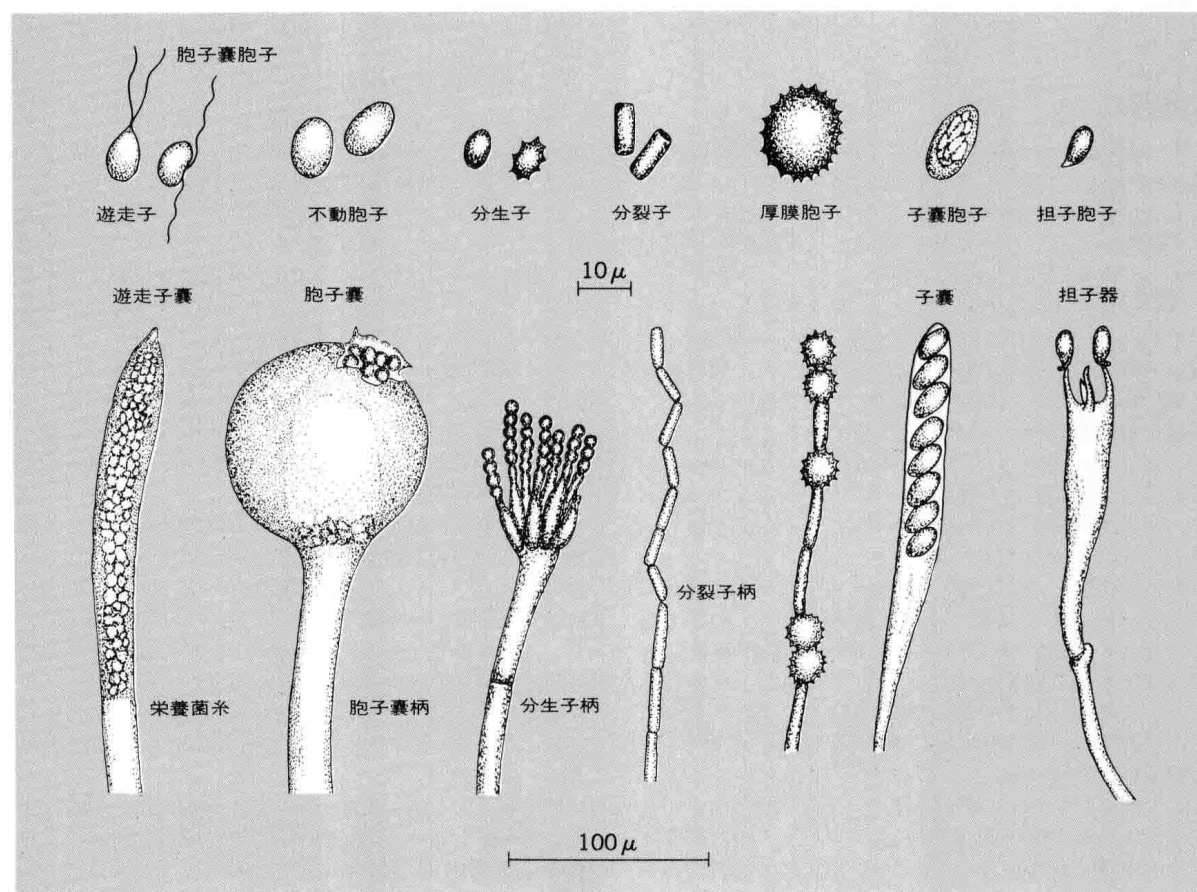


Fig. 1 菌類の胞子型とその親の菌糸体の構造

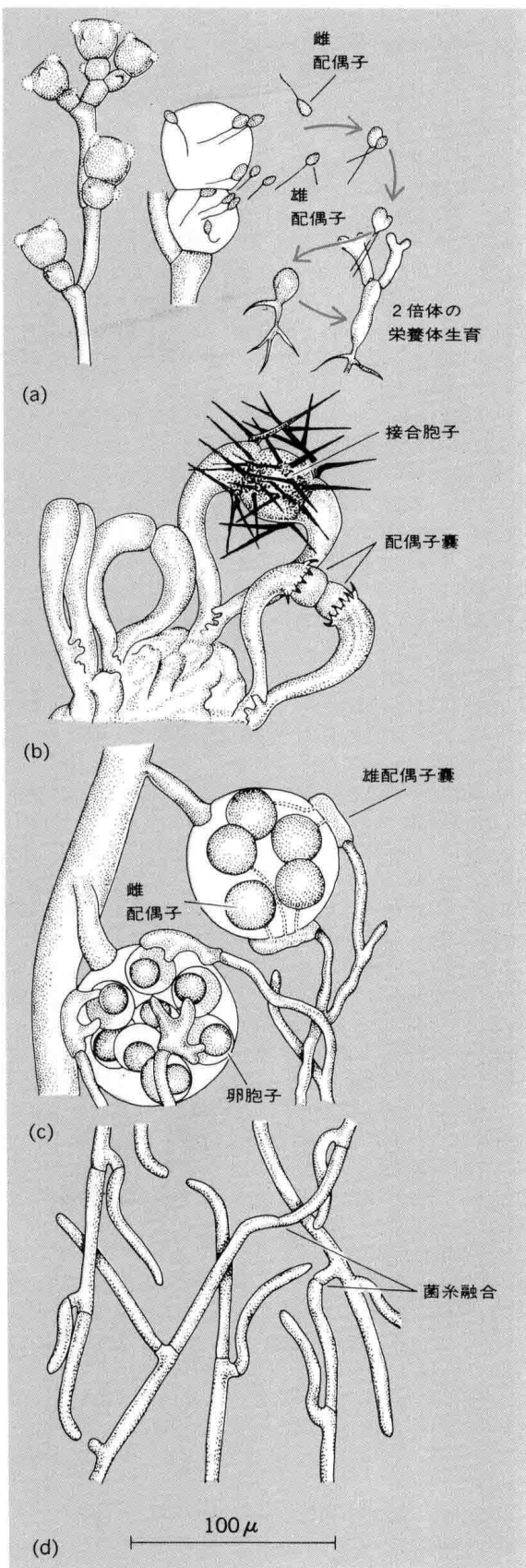


Fig. 2 菌類の生殖機構 (a)配偶子融合. (b)配偶子嚢融合. (c)配偶子-配偶子嚢融合. (d)体細胞融合.

綱や子囊菌綱の酵母では、直接の核融合や卵胞子、接合胞子のような休止2倍体胞子、あるいは2倍体の栄養体が普通生じる。さらに進化した型の性融合は、有限生育(Ⅱ)あるいは無限生育(Ⅲ)の能力のある菌糸系において、対をなす核、すなわち二核体器をつくるようになる。子囊菌綱の二核体の菌糸体は、閉鎖器(cleistothecium)、被子器(perithecium)および子嚢盤(apothecium)として知られる子実体に寄生する。そしてその頂端細胞が子嚢として分化する。担子菌綱の二核体の菌糸体は、独自に無限の栄養体に生育することができ、担子の生じる

表面ないし内部にキノコやホコリタケの子実体を含んでいる。子嚢および担子は、核融合や減数分裂が内生子嚢胞子や外生担子胞子を生成する以前に起る囊状細胞である。

異核接合(heterokaryosis) 異核接合では、栄養菌糸体に遺伝学的に異なった核が共存するが、この現象は子囊菌綱、担子菌綱、不完全菌綱のほとんどの起る。

パラ雌雄性(parasexuality) これは、生殖器官や子実体構造を欠いているが、核融合や親の性質の組換えが起る生育過程のことである。この現象は、子囊菌綱、担子菌綱、不完全菌綱で示されている。

[JOHN R. RAPER]

真空管 しんくうかん

[**Vacuum tube**] 残留気体もしくは蒸気によって、電気的特性が本質的な影響を受けない程度にまで排気された電子管。

分類 何百種類もの電子管があるが、それらの多くは互にほんの少しずつ違うだけである。機能に従うと、真空管は受信管、送信管、光電管、陰極線管、マイクロ波管、蓄積管に分類される。構造的には電極の数に従い、2極管、3極管、4極管、5極管などに分類される。

受信管は、ラジオ受信機、計算機、高感度制御および測定器などに用いられる低電圧、低電力の管である。光電管は、一方の電極へ流れる電流がもう一方の電極へ入射する光束によって制御される電子管である。これはサウンドフィルム装置や光制御スイッチ、その他多くの工業的・科学的用途で使われている。陰極線管はスクリーン上の小部分に焦点を結び、その焦点位置と強度を電気信号で変えることが可能な電子ビームをもつ。オシロスコープ管、テレビジョン受像管、撮像管などがこの陰極線管の部類に入る。オシロスコープ管は電気信号の観測を可能にする。受像管はテレビジョン信号をけい光スクリーン上の画像に変換する。逆に撮像管は光学像を電気出力へ変換し、あるいはイメージ変換管や像増倍管として入射赤外線やX線から可視像を作りだす。

マイクロ波管は3 GHz程度以上の周波数で動作するように設計されている。それはレーダ装置、宇宙の通信・制御チャネル、科学研究、電子レンジなど種々の用途で使われている。蓄積管は導入された情報を必要な蓄積期間において引出すことができる電子管であり、計算機に用いられる。→陰極線管；X線管；クライストロン；後進波管；光電管；磁電管；進行波管；蓄積管；マイクロ波管

基本動作 真空管の動作は2つの基本的な物理現象に基づいている。その第1は、熱(熱電子放出)、光子(光電子放出)、衝撃粒子の運動エネルギー(2次電子放出)、あるいは位置エネルギー(電場放出)が加えられることによって物質表面の原子エネルギーが高められると、元素や化合物によって起される電子放出である。→電子放出

第2の現象は、電場または磁場によって電子に与えられる力が、真空容器内の電子運動を支配することである。→電子の運動(真空中)

真空管は、電子放出を行う電極、その放出電子を捕集する電極、電子放出電極と電子捕集電極の間であって、電子の運動を制御するために可変電場を設定する電極などから成っている。磁場が必要な場合に、通常は管の真空空間外に置かれた永久磁石もしくは電磁石によって、その磁場が作られる。この項目では、主に熱電子管を扱うが、この管では基本的な電子源が熱電子放出であり、制御は電場によって行われる。電子放出電極は陰極と呼ばれるが、フィラメント状をしているときにはフィラメントとも呼ばれる。そして捕集電極は陽極と呼ばれている。通常、主陽極はプレートと呼ばれる。制御電極は格子と呼ばれる。

熱電子管は基本的にすべて一方向性回路素子である。

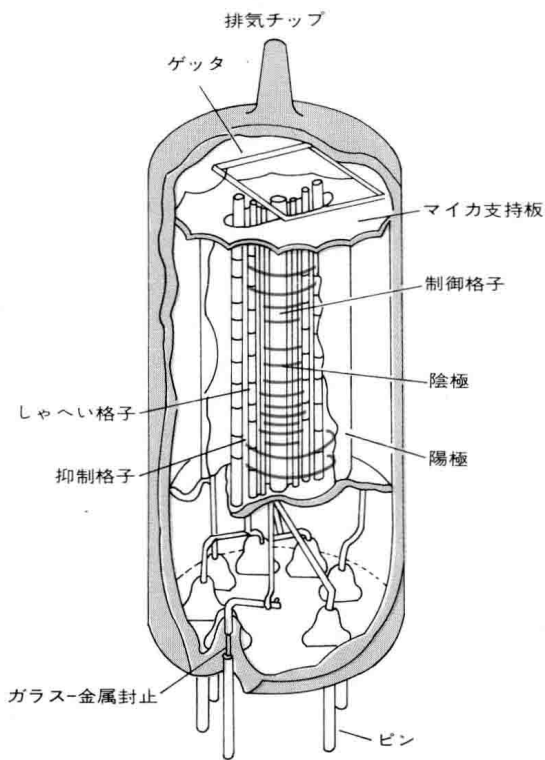


Fig. 1 ガラス製小型受信管

すなわち正常な状態では、正味の電子流が陰極から陽極へのみ生じる。換言すると、普通の意味の電流(これは電子の運動方向と逆である)は正電極から陰極へのみ観測される。

構造と製法 真空管の機械的構造は、Fig. 1のガラス容器製5極受信管によって示されている。それはいくつかの電極の集合から成っており、受信管では、その電極はニッケルから作られ、そして電気端子が貫いて引出されているベースに取付けられて、真空中に排気されるガラスまたは金属の容器中へ閉じ込められる。

電極の組合せが容器内に取付けられたあと、その管は 10^{-3} mmHgすなわち100万分の1気圧程度にまで排気できる機械ポンプによって粗引きされる。この工程の間、容器と電極は、吸蔵気体や吸着気体を除くためにガスの炎もしくは電磁場による金属中の高周波電流によって加熱されなければならない。次に、容器と真空ポンプの間をつないでいる気体の通路を閉じることによって、管の真空封止が行われる。

管が封じ切られたあと、管内の真空度をさらに高くすること、つまり管内気圧をさらに低下させることが必要である。これは、あらかじめ管内に取付けられているニッケル容器中のゲッタ材料をフラッシュ(蒸発)させることによって行われる。ゲッタ蒸気は薄い膜となって管内壁上に凝集する。気体分子がこの膜と接触すると、それらは安定な化合物となって結合するので、時間とともに漸次真空がよくなり、圧力は10億分の1気圧程度にまで低下する。ゲッタが飛ばされている間、陰極の熱電子放出材料はヒータもしくは陰極自身に電流を流して加熱される。加熱されて陰極材料から離れた気体はゲッタに捕えられる。ゲッタとしてマグネシウム、カルシウム、ナトリウム、あるいはリンが用いられたことがあるが、現在、バリウムが最も広く用いられているゲッタ材料である。

陰極材料 熱電子放出は、室温では無視できる。そのため陰極は電流によって直接加熱されるか、あるいは間接に陰極構造内の電気ヒータによって加熱される。よい熱電子放出材料は、できるだけ少ない加熱電力で必要な熱電子放出を行い、動作および保存状態の両方において長寿命であり、管内のわずかな残留気体によっても悪影響を受けず、そして機械的衝撃に対する高い抵抗力をもたなければならない。さらにそれに加えて、安価でかつ

製造しやすくなければならない。

陰極表面からの熱電子放出電流密度は式(1)で与えられる。

$$J = AT^2 e^{q_e w / kT} \quad (1)$$

ここで A と k は物理定数、 T は絶対温度、 q_e は電子の電荷量、 w は陰極材料の仕事関数であり、これは材料表面を通して電子を取去るのに必要なエネルギーとして定義される。仕事関数は陰極材料とその表面状態に依存する。低い仕事関数は、陰極の蒸発温度より十分に低い温度での大きな熱電子放出と高い放出電流対加熱電力比を保証する。一般に用いられる電子放出材料には純金属、異種金属上の金属薄膜、金属上に塗布された希土類酸化物の3つがある。

純金属陰極は、タングステンやタンタルから作られ、フィラメント形状をしている。タングステンやタンタルは薄膜や酸化物に比べ高い仕事関数をもっているために、比較的高温で動作させなければならないが、これらの材料は残留気体の有害な影響に対する抵抗力が高い利点をもつ。この性質は、高電圧で動作する真空管では特に重要であり、そのような所では、高電場で加速された電離気体分子による陰極表面の衝撃が、陰極のひどい損傷や破壊を起すおそれがある。この理由で、純金属陰極は高電力送信管に用いられている。タンタルはタングステンに比べ仕事関数がわずかに低いが、じょうぶさの点で少し劣る。タンタルは、陰極製作のうえでタングステンより加工が楽である。

タングステン表面に作られた単原子層のトリウム膜は、仕事関数を純タングステンの値よりかなり低下させ、したがって非常に低い温度での電子放出動作を可能にする。しかし、トリウムタングステン陰極は、電離した残留気体の衝撃を受けたり、動作温度が高すぎたりすると、トリウム膜が部分的にあるいは完全に除去されてしまう可能性があるという重大な欠点をもっている。トリウム膜の形成は多くの工程を必要とし、それがこの型式の陰極をもつ真空管の製造を複雑にしている。

酸化物陰極は、ニッケル基体上のバリウムとストロンチウムの酸化物の混合体から成っている。この型式の陰極の製造も、注意深く制御しなければならない多くの工程を含んでいるが、酸化物陰極の仕事関数は、トリウムタングステン陰極の半分以下である。そのために比較的少ない加熱電力と蒸発で、すなわち陰極表面を損傷する温度より十分に低い温度で高い電子放出を得ることができる。酸化物陰極は、正しく動作させれば長寿命である。しかし、トリウムタングステン陰極と同様に、この陰極も電離気体分子の衝撃や過熱によって損傷や破壊を受けやすい。この理由のために、この陰極は高電圧の送信管には用いられない。

陰極効率の比較がFig. 2に示されている。Fig. 2には、熱電子放出電流密度とmA/Wで表した加熱電力当りの放出電流とが、動作温度と加熱電力の関数として与えられている。

電極構成 真空管の特性と機能は、管に組込まれている電極の数や構成によって決るので、真空管の最も役立つ分類の1つは電極の数によるものである。

〔2極管〕 最も単純な真空管は2極管であって、それは電子を放出する陰極とその電子を捕集する陽極すなわちプレートの2つの電極しかもたない。2極管では、平板構造電極も用いられるが、大部分は電極が同軸円筒形をしている。2極管の利用価値は、主として、陽極が陰極に対して正電位のときのみ陽極-陰極間の導通が生じ、陽極が負のときには、陰極から放出された電子が陽極に達するのを阻止するという事実に基づいている。

〔真空管〕 陰極が等電位面になる傍熱陰極をもつ2極真空管の電流電圧特性は、式(2)で与えられる関係にはほぼ等しい。

$$i = A V^{3/2} \quad (2)$$

ここで i は電流、 A は陰極の寸法、構造、陰極の電子放出能力で決る定数、 v は〔正の〕電圧である。フィラメント陰極をもつ 2 極管では、陰極を加熱電流が直接に流れており、フィラメントに沿って生じる電圧降下のために、電圧電流特性はほぼ $5/2$ 乗法則に従う。2 極真空管の一方導通(整流)特性は、電源の交流から直流への変換に用いられる。また、この特性は変調された電圧の検波やその他の回路機能に役立つ。→ 検波器；整流器；復調器；リミタ回路

〔3 極管〕 3 極管は、2 極管の陰極と陽極の間に格子を付加えることによって形成されている。電子は陰極から陽極へ運動する間に格子のすきまを通り抜けることができる。この第 3 電極の主な価値は、大きな陽極電流と陽極回路電力を、格子電圧の小さな変化によって、しかも格子回路ではほとんど電力を消費しないで制御できるという点にある。一般に用いられている 3 極管の電極構成は、Fig. 3 にその基本形が示されている。今日の真空管における制御電極は、普通は格子というよりもむしろ旋形 (Fig. 3) であるが、格子という用語は電子やイオンが通過する開口をもった電極に対して現在も使用されている。

3極管の格子は陰極表面付近の電場を変え、その結果、陰極を離れて陽極に到達する電子数を変える機能をはたす。

もし陰極に対して格子電圧がゼロならば、正の陽極電圧によって作られた電場の大部分が陰極表面で終端され、放出電子を陽極方向へ加速する。これらの電子のわずかは格子に衝突し、このために小さな格子電流を生じるが、大部分は陽極へ到達する。もし格子が陰極に対して正ならば、陰極表面の加速電場はさらに増加する。

これは陽極に達する電子数の増加をもたらす。しかし、格子の正電圧は格子に衝突する電子の増加をもたらす。

その結果生じる格子電流増加は、特に格子電圧源から電力をとることになるので、3極管応用の多くの場合に望ましくない。

他方、格子が陰極に対して負ならば陰極での加速電場が減らされ、陽極に達する電子も少なくなる。格子が負

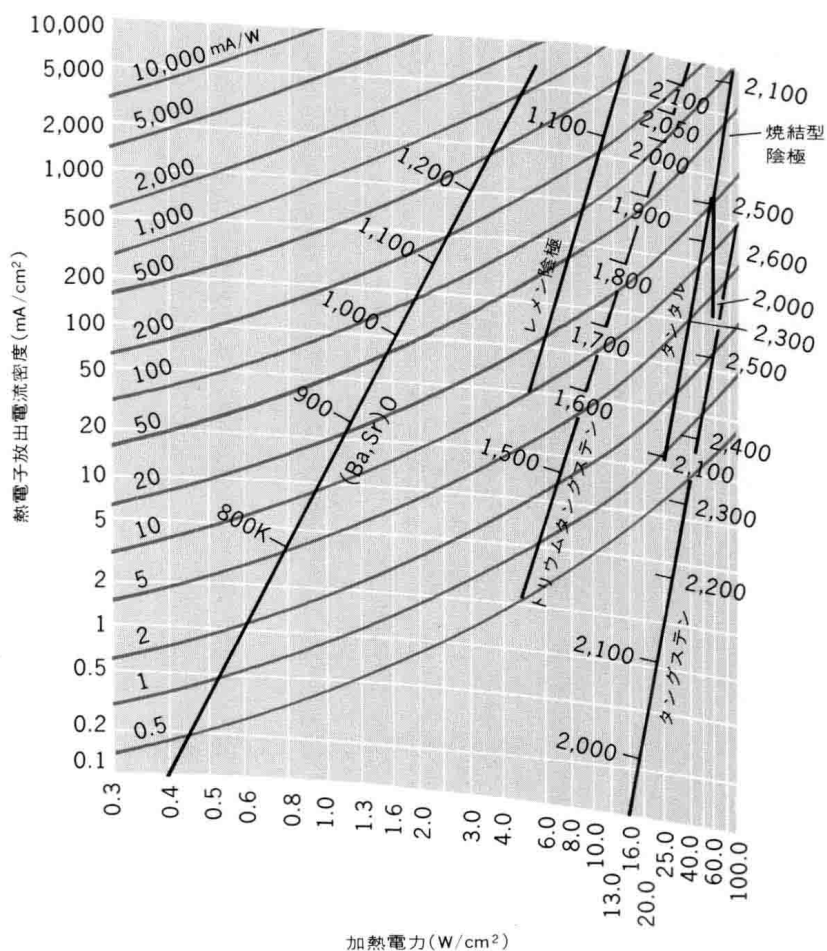


Fig. 2 種々の陰極の相対的放出効率を表す曲線

電位ならば電子は格子によって反発されるので、格子の負電圧が $1/2 \sim 3/4$ ボルトより大きければ、格子電流は無視できる。これにより、格子は、制御電源からほとんど電力を消費しないで、陽極電流と陽極回路電力を制御することができる。もし格子電圧がカットオフ格子電圧と

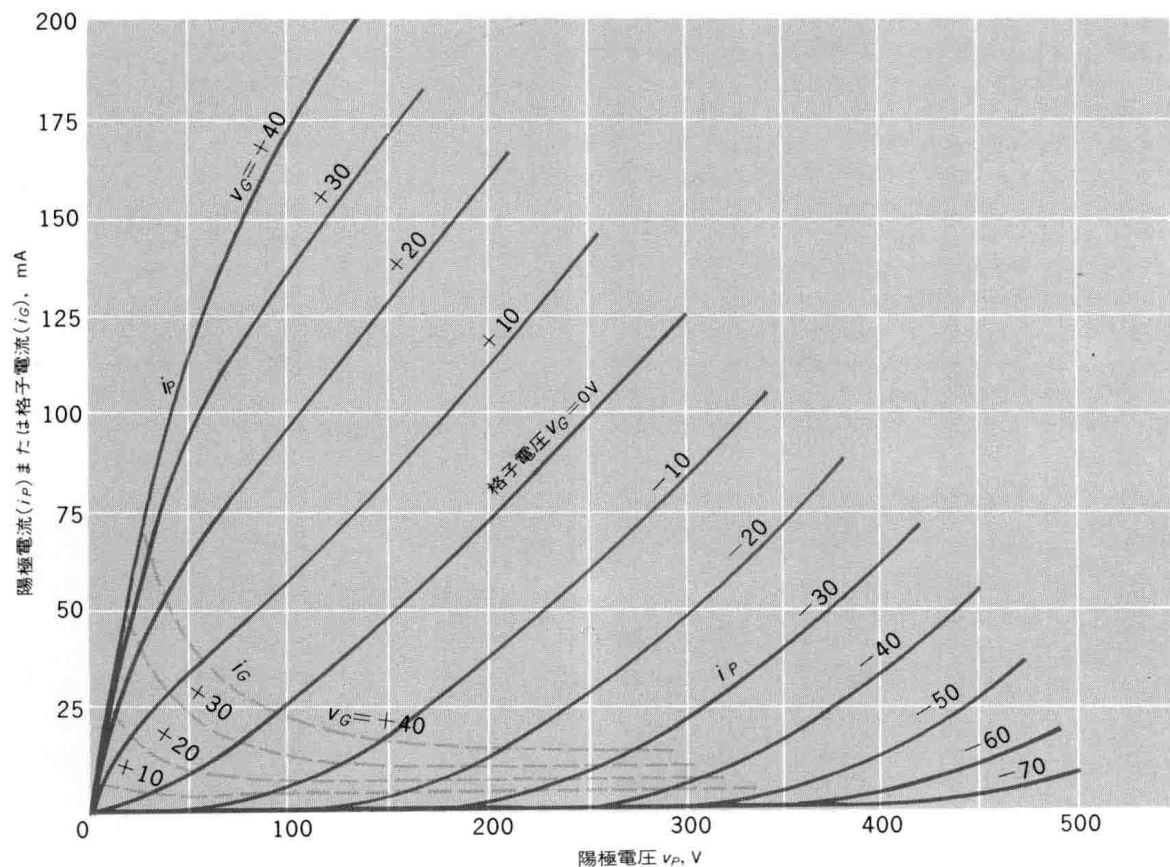


Fig. 4 3極管の代表的な陽極特性と陽極-格子伝達特性

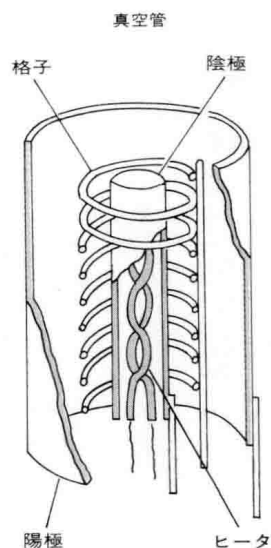


Fig. 3 円筒形3極管の基本的電極構造

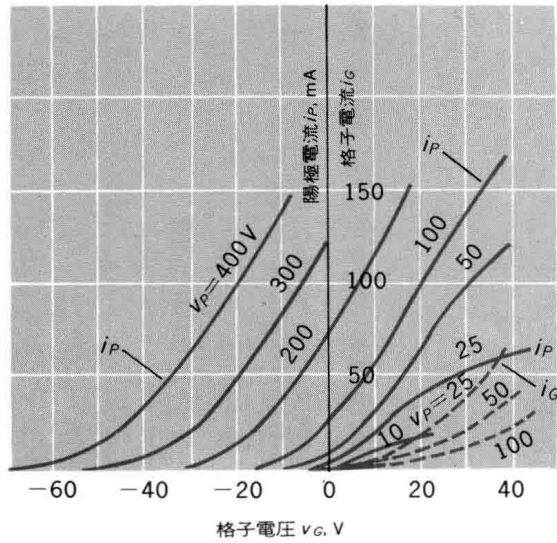


Fig. 5 3極管の代表的な格子-陽極伝達特性と格子特性

呼ばれる負電圧以下ならば、ある有限の放出初速度で陰極を離れた電子を含め、実質的にすべての電子が陰極へ戻されて、陽極電流はゼロになる。

3極管の電極電圧と電流とを関係づける代表的な曲線がFig. 4, 5に示されている。陽極電圧 v_p に対する陽極電流 i_p を一定の格子電圧 v_g で表した曲線は、陽極特性曲線もしくは単に陽極特性と呼ばれるが、それはFig. 4の実線で示されている。破線は一定格子電圧 v_g のもとで、陽極電圧 v_p の関数としての格子電流 i_g の曲線であり、陽極-格子伝達特性と呼ばれている。Fig. 5の実線は、一定の陽極電圧 v_p のもとで陽極電流 i_p と格子電圧 v_g の関係を表し、格子-陽極伝達特性と呼ばれている。破線は一定陽極電圧 v_p のもとで格子電圧 v_g に関する格子電流 i_g の変化を表し、格子特性と呼ばれる。Fig. 5は格子電圧を負に保てば、格子が導通しない状態で陽極電流を広範囲に変えられることを示している。この範囲は、すべての低電力電圧増幅器、電流増幅器、電力増幅器で用いられる。正の格子電圧領域は、ある種の電力増幅器で利用されている。→増幅器；発振器

〔4極管〕 非常に高い周波数の増幅器に真空管を用いると、陽極-格子間の容量を通して陽極回路の電力が格子回路へ帰還し、好ましくない発振を生じることがある。回路の変形によってこの難点を避けることも可能であるが、最も望ましい解決法は、格子-陽極間容量を低減することである。これは格子と陽極の間に第4電極を置くことで達成でき、この電極は静電しゃへいの役割をはたす。しゃへい格子(スクリーングリッド)というこの電極の名称は、その機能と物理的構造の両方を表している。第1格子は陽極電流を制御するために用いられ、制御格子と呼ばれる。このような4電極の真空管は4極管と呼ばれている。代表的な低電力電圧増幅管がFig. 6に示されている。この管では、陽極をほとんど完全に囲んで制御格子を陽極から効果的にしゃへいするしゃへい格子の

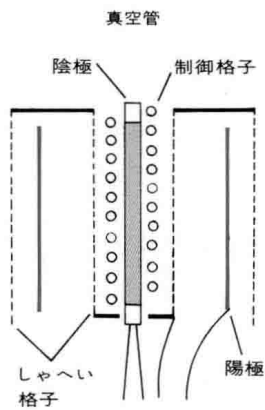


Fig. 6 低電力4極管の代表的電極構造

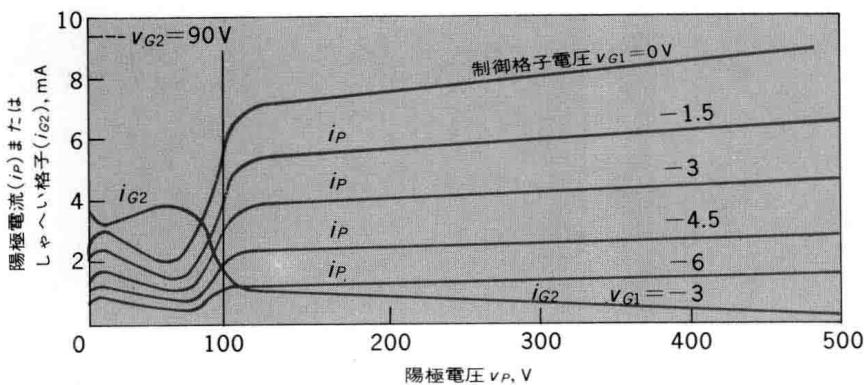


Fig. 7 低電力4極管の代表的陽極特性

利用によって、容量は低い値に抑えられている。

電子の大部分が陽極へ通過できるように、4極管のしゃへい格子は正電位で動作されなければならない。もし陽極電圧がしゃへい格子電圧以下に落ちると、陰極から来る電子が陽極表面を衝撃する結果として、陽極から放出される2次電子がしゃへい格子へ引寄せられる。陽極から離れる電子の動きは陽極電流の負成分となるので、陽極電圧がしゃへい格子電圧以下に低下するに従って、陽極電流は著しく落込む。これはFig. 7で明らかである。Fig. 7には、しゃへい格子電圧が90Vの点を通る垂直線で示されている。陽極電圧が約70V以下に低下するに従って、陽極電流が増加するのは、加速電圧の低下が陽極に衝突する1次電子の速度を低下させるのに伴って、陽極からの2次電子放出が減少することから生じている。〔5極管〕 4極管の陽極特性で負の傾きをもつ領域は、ほとんどの応用において好ましくないが、第3の格子をしゃへい格子と陽極の間に加えることによって除去できる。もしこの格子電位が陰極に対してゼロないし負電位にあれば、その格子と陽極との間の電場は、陽極から放出された2次電子をふたたび陽極へ戻すのに適当な極性をもつようになる。抑制格子(サブプレッサグリッド)というこの格子の名称は、陽極の2次電子電流を抑制する機能を表している。5極管と呼ばれるこの5つの電極をもつ真空管の代表的な構造は、Fig. 1, 8に示されている。

電子の運動が格子によってさえぎられるのを最小にするために、3つの格子の線は通常1つの線上にそろえられている。抑制格子の存在は、陽極と制御格子間の容量を4極管よりさらに低い値に減少させる。低電力電圧増幅5極管の代表的な陽極特性が、Fig. 9に示されている。4極管でみられた低陽極電圧での負の傾きの領域が存在しないことは明らかである。5極管の陽極特性が、接合型トランジスタや電界効果トランジスタのコレクタ特性と似ているのは興味がある。→接合トランジスタ〔ビーム4極管〕 陽極からの2次電子放出による好ましくない効果を防ぐには、抑制格子の利用が唯一の方法というわけではない。ビームパワー4極管と呼ばれる型式の真空管では、陰極からの電子流を陽極付近で密なビー

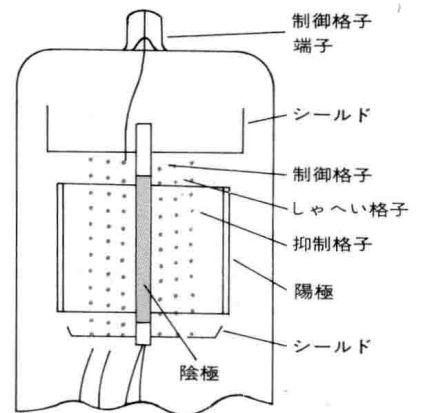


Fig. 8 低電力5極管の電極構造

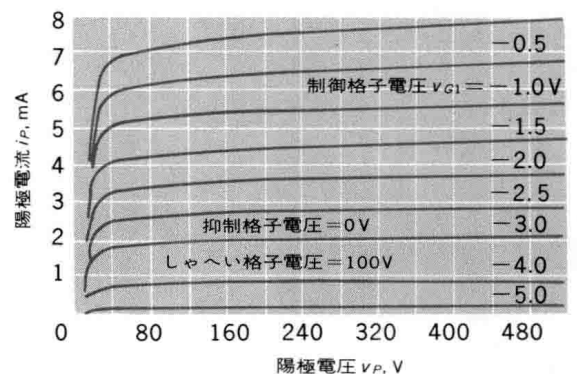


Fig. 9 低電力5極管の代表的陽極特性

ムに集束するビーム形成電極を用いることによって同様の抑制を行っている。電子の高密度化が、陽極から放出される2次電子を陽極へ追返す阻止電場を、しゃへい格子と陽極の間に作りだしている。電圧増幅用に設計された管では、電子密度が比較的に低いために、ビームパワー管という用語が暗示するとおり、2次電子電流抑制の方法は、電力増幅用に設計された管に限って用いられている。ビームパワー4極管の電極構造はFig. 10に示されており、この管の代表的な陽極特性がFig. 11に示されている。

【その他の多極管】 特殊な用途のために4～6個の格子を含む特殊な真空管が開発されている。付加された格子は、さらに別の制御電圧を印加するための手段としての役目をはたしたり、あるいは他の電極間のシールドとしての役目をはたしたりする。もし異なる周波数の2つの制御電圧を異なる制御格子へ印加すれば、真空管の非線形特性によって、印加した周波数の和と差に等しい新たな周波数が発生する。この過程は周波数変換と呼ばれるが、ある種のラジオ受信機の動作には欠くことができない。この目的で使われる真空管は混合管あるいはミキサと呼ばれている。周波数変換管と呼ばれているもう一種の多格子管では、電極のある部分は、高周波電圧を発生するための発振回路へ接続して用いられる一方、残りの電極はミキサとして、あるいはシールドとして働く。管の非線形特性のために、発振周波数と印加信号周波数の和と差に等しい周波数の新たな信号が生じる。周波数変換管は明らかに、2周波数の一方がその同じ管、およびその関連回路によって発生されている一種の混合管である。組込まれている電極の数によって、混合管や周波数変換管は6極管、7極管、あるいは8極管と呼ばれる。→スーパーヘテロダイン受信機

その他の類の真空管では、2個以上の完全な電極構成の真空管が1つの管内に組込まれたり、あるいは陰極を共通にしてまとめられることも時々ある。便利な組合せは、2個の2極管、2個の3極管、2極管を1個と3極管ないし5極管を1個、3極管と5極管を1個ずつなどである。一般的によく用いられる真空管の回路記号はFig. 12で示されている。

真空管定数 特定の回路における真空管の電気的動作は、回路定数、真空管の電極間容量、増幅定数、陽極内部抵抗、相互コンダクタンスなどの重要ないくつかの真空管定数からあらかじめ知ることができる。増幅定数 μ は、その管で可能な電圧増幅の指数であるが、これは、陽極電圧 v_p の微小変化と、それに対して陽極電流を一定に保つために必要な格子電圧 v_g の増加分との比の負の値として定義される。増幅定数は数学的に式(3)で表される。

$$\mu = - \left. \frac{\partial v_p}{\partial v_g} \right|_{i_p} = \text{一定} \quad (3)$$

電極の電圧や電流の任意の組合せに対する増幅定数は、一定陽極電流のもとで制御格子電圧の関数として表されている陽極電圧曲線の、選ばれた電流と電圧の値に対応する点の傾きの値に負号を乗じたものである。この定数は、陽極電流を制御する場合の、制御格子の陽極に対する相対的効力の指数になっている。

増幅定数は、陽極電流のカットオフ(陽極電流がゼロ)付近で値が減少するけれども、その部分以外では電極電圧と比較的に無関係である。その値は電極の幾何学的構造に依存し、格子線径の増大と格子線間隔の縮小および格子-陽極間隔の減少とともに増加する。大きさの異なる幾何学的に相似な真空管は同じ増幅定数をもつ。3極管の増幅定数の代表的な大きさは10～100の範囲にある。電圧増幅5極管のその値はもっと大きい。

交流動作に対する陽極内部抵抗 r_p は、制御格子とその他すべての電極電圧を一定に保ったときに、陽極電圧 v_p の変化増分とそれに対応する陽極電流 i_p の増分との比として定義される。静的な陽極内部抵抗(直流陽極電圧の

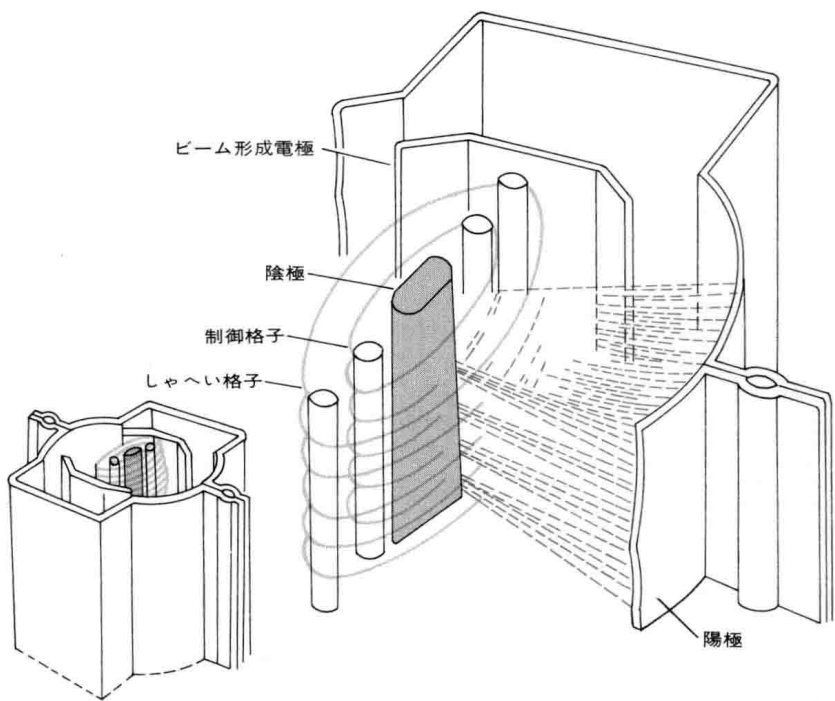


Fig. 10 ビームパワー4極管の電極構造

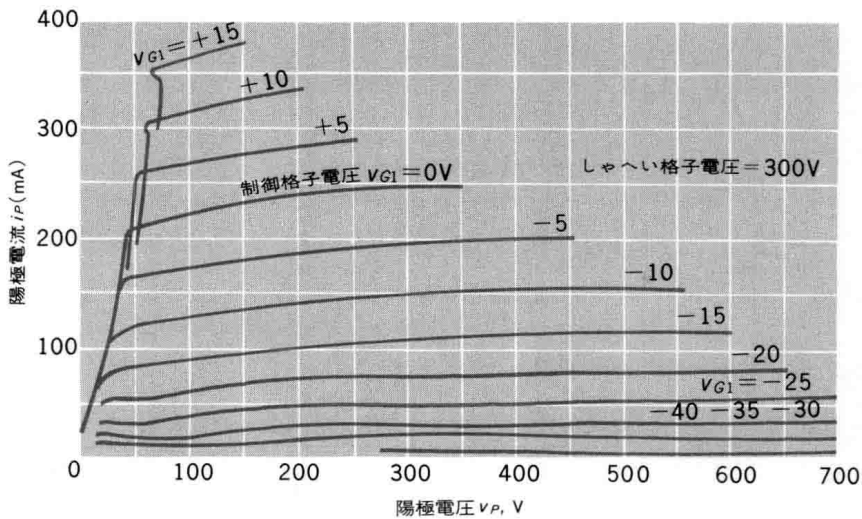


Fig. 11 ビームパワー4極管の陽極特性

直流陽極電流による商)は通常あまり意味をもたないので、普通は動作陽極内部抵抗という用語が、単に陽極内部抵抗と簡略化されて用いられている。

数学的には、陽極内部抵抗は式(4)で表される。

$$r_p = \left. \frac{\partial v_p}{\partial i_p} \right|_{v_g} = \text{一定} \quad (4)$$

電極電圧値の任意の組合せの点では、対応する陽極特性曲線のそれら電圧値での傾きが、陽極内部抵抗になっている。本来、陽極内部抵抗は、陽極以外の電極電圧がすべて一定のとき、陽極と陰極の間に流れる微小交流陽極電流に対して示される抵抗である。Fig. 4, 7, 9, 11の特性曲線は、陽極内部抵抗が電極電圧とともに大きく変化し、そして、3極管より4極管や5極管の方が高抵抗であることを示している。

相互コンダクタンス g_m は、陽極電圧とその他すべての電極を一定に保ったとき、陽極電流の増分とそれに対する格子電圧の増分との商として定義される。数学的には、相互コンダクタンスが式(5)で定義される。

$$g_m = \left. \frac{\partial i_p}{\partial v_g} \right|_{v_p} = \text{一定} \quad (5)$$

したがって、格子-陽極特性がFig. 5で示されている3極管の相互コンダクタンスは、陽極電圧と格子電圧の選択

値における曲線の傾きである。相互コンダクタンスという用語は、任意の電極電流と他の任意の電極電圧との関係に対しても用いられる。その場合には、例えば抑制格子-陽極相互コンダクタンスというように、電極を表す形容詞句が前に付けられる。

格子-陽極相互コンダクタンスは、増幅定数を陽極内部抵抗で割った値に等しいことを示すことができる。陽極内部抵抗が電極電圧に大きく依存するのに対して、増幅定数は電極電圧に関してほとんど変化しないので、格子-陽極相互コンダクタンスもまた電極電圧に大きく依存する。この事実もまた、Fig. 5の3極管の格子-陽極特性や4極管と5極管の伝達特性によって示されている。

3極管の電圧増幅度ないし利得は、増幅定数および陽極外部回路抵抗の陽極内部抵抗に対する比とともに増加する。5極管の電圧増幅率は、相互コンダクタンスと陽極外部回路抵抗の積にほぼ等しい。相互コンダクタンスは、電力増幅、発振、制御を含めて、その他多くの真空管応用にとっても重要である。

電極間容量 種々の型の回路における真空管の動作は、電極間に一定不変で存在する静電容量に大きく依存したり、あるいはそれによって制限を受けたりすることもある。最も重要な容量は、制御格子と陰極間の容量 C_{gk} 、陽極と陰極間の容量 C_{pk} 、制御格子と陽極間の容量 C_{gp} である。増幅器中に使われている真空管の等価的な入力容量 C_i と出力容量 C_o は、単に C_{gk} と C_{pk} だけではなく、真空管の増幅度と関連して格子陽極間容量によって生じる成分も含んでいる。入力容量のこの成分は、増幅度が高ければ AC_{gp} の積で近似できる。ただし A は真空管の電圧増幅度である。このために格子と陽極間の容量が小さいことは、多くの真空管応用にとって必須条件になっている。5極管のしゃへい格子と抑制格子によって与えられるシールド作用は、制御格子と陽極間の容量を低減し、その結果、たとえ5極管の電圧利得が高くても、等価的な入力容量を低い値に保つ。

周波数と利得の限界 真空管が増幅器もしくは発振器として有効に使える最高の周波数は、電極間容量や外部回路と電極とを接続するリード線のインダクタンス、および電極間の電子走行時間によって制限される。

高周波数では、管の入力容量が制御格子を陰極へ短絡するように働いて、格子陰極間の交流電圧と、さらに結果的に交流出力電圧とを低減する。真空管の容量とリー

ド線もしくは回路のインダクタンスとの間で好ましくない共振が起る可能性もある。また、一般に電圧利得が増大するように回路を変更しても、利得が実質的に一定とみなせる帯域幅が減少し、そのために利得帯域幅積はほとんど一定となることが示される。真空管の利得帯域幅性能指数は $g_m/(C_i+C_o)$ であり、それは相互コンダクタンスの等価的な入力容量和に対する比を表している。したがって、低入出力容量と比較的に高い相互コンダクタンスをもつ5極管は、広帯域にわたって高利得をもつ増幅器での使用に特に適している。利得帯域幅性能指数 $g_m/(C_i+C_o)$ は、真空管を発振回路で用いて得られる最高発振周波数と、双安定回路で用いて達成できる最高スイッチング速度をも示している。→負性抵抗回路

リード線のインダクタンスは、高周波数において電極と外部回路間の高リアクタンスをもたらすので好ましくない。このリアクタンスは電極にかかる交流電圧を低下させ、電極電圧の移相を起す。陰極のリード線では、そのリアクタンスが、利得の相当な低下を起したり、真空管と回路の容量との関連で好ましくない発振に結びつくおそれのある入出力回路間の帰還路を作る。

真空管の電極間の電子走行時間は、陽極電流の交流成分と制御格子の交流電圧との間に位相ずれを生じさせる。その結果、低周波数に対する相互コンダクタンス g_m は、誘導性サセプタンス成分をもつアドミタンスと置換えられる。もっと重要なことは、 y_m の大きさと y_m のコンダクタンス成分 g_m が、 g_m の低周波数での値以下に低減することである。この低下は、格子陰極間の変動電場中で受ける個々の電子の加速あるいは減速の相違によって生じる電子走行時間の相違の結果である。周波数増加に伴う y_m の大きさの低下は、増幅器における利得と発振器における最高発振周波数を下げる。

増幅器の利得はいくらでも高くできるが、實際上、利得は増幅素子や関連回路内部の電圧と電流の好ましくない揺らぎによる雑音によって制限される。真空管における雑音は、陰極からの不規則な電子放出と4極管や5極管のような多極管で多数の電極へ電子が不規則に分配されることに起因する。回路雑音は、主として、熱的に励起されている分子や導体の間を電子が不規則に運動する結果である。抵抗をもつ回路素子で発生する雑音の大きさは、その抵抗と絶対温度および雑音が測定される周波数帯域幅との積の平方根に比例する。真空管で発生する雑音電圧は、相互コンダクタンスの平方根に反比例し、そして3極管より5極管の方が大きい。

灯台管(lighthouse tube) マイクロ波領域の周波数では、低周波で用いられる開放型のリード線および集中定数の容量、インダクタンス、抵抗は、それぞれ閉鎖型の伝送線路および空洞共振器で置換えられなければならない。このような回路では、電極間容量とリード線インダクタンスの好ましくない影響を、線路と共振器の導体表面の一部分を形成する電極とリード引出しの構成を用いて、大きく低減できる。これを可能にする構造が板封じ管(disk-seal tube 灯台管lighthouse tube)であり、その1つがFig. 13に示されている。板封じ管あるいは灯台管

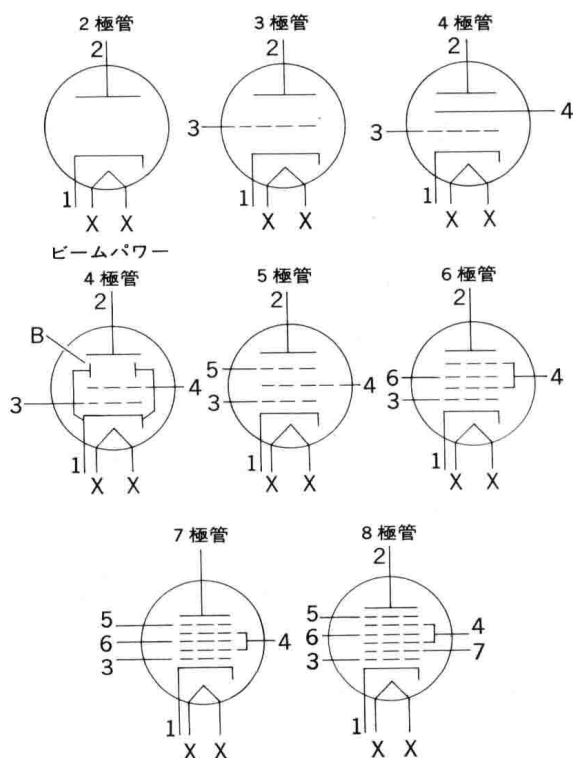


Fig. 12 一般的な真空管の回路記号

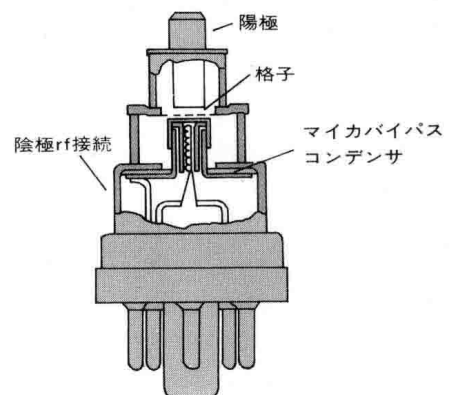


Fig. 13 板封じ管の構造

が、完全な閉鎖型空洞共振器をもつ増幅器や発振器に組込まれるようすをFig. 14に示す。

板封じ構造は、狭い電極間隔を用いることを可能にし、したがって走行効果によって制限される増幅器と発振器の動作周波数を非常に増大させる。空洞共振器に必要な大きさは、周波数の減少に従って逆に増大し、数百MHz以下の周波数では高価につくために、板封じ構造は、低い周波数では普通の電極構造に比べ重要な利点をもたらさない。

電界放出真空管 金属を加熱しなくても金属から電子を引出せる程度に電場が強ければ、真空中にあるとがった点から冷陰極放出を得ることが可能である。通常、これには曲率半径が数十ナノメートルのとがった点が必要とする。このような点を用いてその点付近に数MV/cm程度の電場を作りだすことができる。

電界放出真空管は、通常の真空管に比べてはるかに高真空でなければならない。そうでないと、放出点が汚染されて十分な電子放出が行われぬ。この方法によれば、全電流は数分の1アンペア程度であるけれども、巨大な電流密度を得ることができる。電場放出は、ある種の高圧整流管や高電圧X線管に利用されたことがある。

→X線管 [HERBERT J. REICH]

真空管電圧計 しんくうかんでんあつけい

[Vacuum-tube voltmeter] 直流または交流の電圧を測定する回路の一部に増幅器あるいは整流器として用いられる真空管を含んだ装置で、これには数種類のものがある。交流用真空管電圧計では、どんなものでも被測定電圧から指示計器を駆動するための直流電流を引出す。真空管電圧計は、高周波における基本的な電圧測定器であり、測定可能な上限周波数は、本質的には整流器の特性によって決る。また、小電力で広い応用範囲をもつ一般的な測定器具でもある。→電圧計

型式 ここでは6種類の真空管電圧計について簡単に説明する。ついで、最も重要な型式である、2極管整流増幅型電圧計について詳細を記す。

[陽極整流型電圧計] この型式では、信号電圧を真空管の制御格子に与え、整流は格子電圧対陽極電流特性によって行われる。平均陽極電流が増加すると、指示計器が駆動される。この型式のものは最も早くから用いられたが、目盛が真空管の特性によって変化すること、および測定可能な周波数範囲が2極管型のものに比べて狭いことから、現在ではほとんど用いられていない。この型式の変型で、リフレックス真空管電圧計と呼ばれる計器は、陽極回路の整流電圧を格子の負のバイアス電圧の増加に用いるもので、格子電流を流すことなく大電圧を扱うことが可能であり、電圧が高い範囲で目盛を線形にできること、および真空管の特性への依存が少ないという利点がある。

[格子整流型電圧計] 真空管の格子と陰極が2極管整流器として働くもので、整流された格子電圧が真空管によって増幅され、陽極回路の計器を駆動する。

[2極管整流増幅型電圧計] 最も広く用いられている型式である。整流用および直流増幅用として別々の真空管を用いているため、それぞれの最適設計ができる。直流増幅器は一般に複数の真空管を用いており、利得を安定させるために負帰還を用いている。2極管整流器は高周波用に設計され、回路中の電圧測定個所に触れることができるように、通常は小型のプロープに装てんされている。→直流増幅器

[直流電流型真空管電圧計] これは、本質的には2極管整流増幅型電圧計の増幅・表示部である。2極管整流増幅型電圧計では、2極管整流器が直流測定部と切離されるように設計しておくのが普通である。

[増幅型電圧計] 負帰還で利得を安定させた交流増幅器を整流器の前にもつ計器である。

[スライド・バック電圧計] 格子に調整できる負のバイ

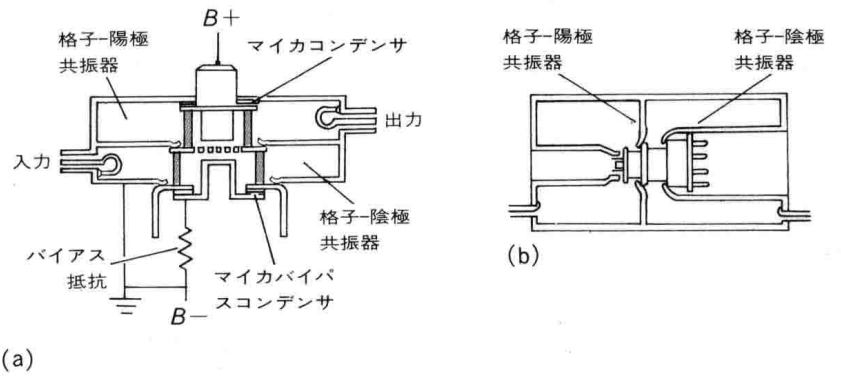


Fig. 14 空洞共振器と組合せた板封じ管の利用

アスを与えたシャープカットオフ真空管を用いる。陽極電流が流れ始めるバイアスを、測定電圧の有無によらず測定して、直流電圧計で読取ったバイアスの差から被測定交流電圧を測定する。

2極管整流増幅型電圧計 2極管整流増幅型電圧計の回路の例をFig. 1に示す。左の部分は、並列型の2極管整流回路であり、2極管 D_1 によってコンデンサ C_1 は被測定交流電圧のほぼピークの値まで充電される。整流電圧は2極管 D_1 にかかる。抵抗 R_1 は、電圧がかからない場合に C_1 が放電できるように挿入(誘入)されている。低周波における誤差をなくすために、 $\omega R_1 C_1$ の値は100、もしくは測定する周波数の下限よりも大きくしなければならない。抵抗 R_2 とコンデンサ C_1 は交流成分を除去し、直流成分は平衡型真空管直流増幅器の真空管 T_1 に供給される。 D_1 と同じ型の第2の2極管 D_2 は、第2の増幅用真空管 T_2 に接続され、温度上昇およびヒータ電圧の変化によるドリフトを防ぐ。陽極電圧の変動も増幅器によ

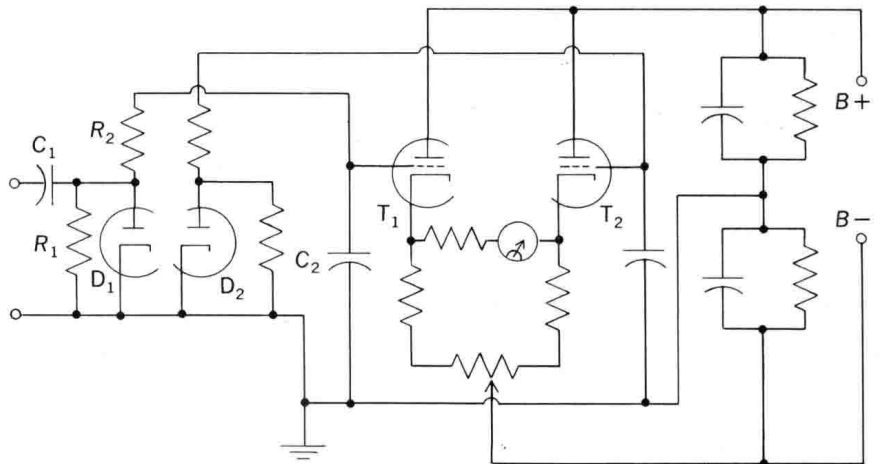


Fig. 1 2極管整流増幅型電圧計の回路図

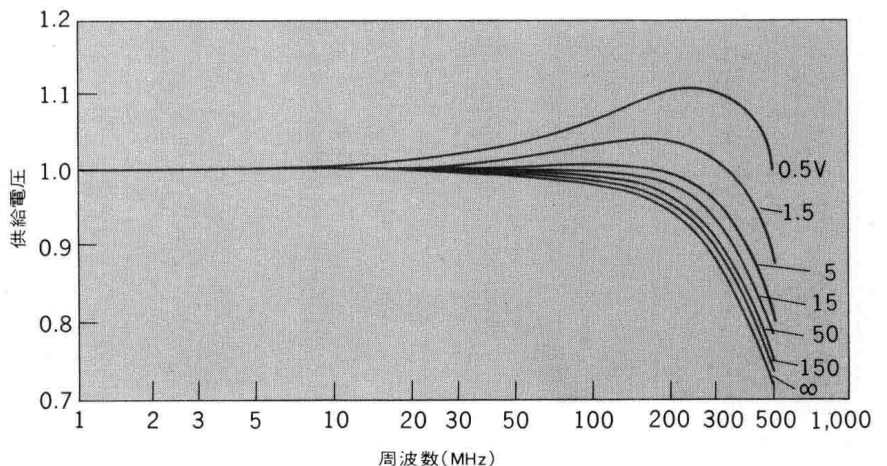


Fig. 2 市販の2極管整流増幅型電圧計の誤差曲線 (General Radio Co.)

て除去されるため、安定化電源を用いなくてもフルスケール1.5 Vまでの安定な駆動が可能である。増幅器の利得を安定させるために、陽極抵抗は十分大きくする。整流回路の各定数は、2極管が空間電荷制限領域で動作するように選ばれる。この値は真空管にほとんど依存しないので、2極管を替えたときにも目盛を補正する必要はない。

〔高周波特性〕 2極管整流増幅型電圧計では、高周波特性は、2極管と、2極管が収められているプローブの形状寸法によって決まる。高周波および低電圧の場合に問題となる電子走行時間誤差は、陽極と陰極間の距離によって決まる。整流器の入力ループの直列共振周波数は、電圧によらない共振誤差を決める因子である。この2つの効果が結合して、周波数と計器のスケール・レンジに起因する高周波での誤差を生じる。市販計器の誤差曲線をFig. 2に示す。

〔入力インピーダンス〕 2極管整流増幅型電圧計の入力抵抗は、低周波においては2極管を流れる電流によって決り、放電抵抗(Fig. 1の R_1)の1/5、すなわち10 M Ω のオーダーとなる。誘電損は、高周波における支配因子であり、高性能の計器で100 MHzの場合、ほぼ50~100 k Ω である。入力並列キャパシタンスは数pFである。

直流電流型電圧計では、入力インピーダンスは入力管の格子電流によって決まる。一般の真空管では、入力インピーダンスは 10^{-9} ~ 10^{-7} Aの範囲にあり、直流電流型電圧計の入力抵抗は10~100 M Ω である。格子電流が特に小さな入力用真空管を用いた直流電流型電圧計は、電位計と呼ばれ、格子電流は 10^{-15} A、あるいはそれ以下である。この計器の入力抵抗は 10^{11} ~ 10^{12} Ω である。

電圧の下限 2極管整流増幅型電圧計の感度は、低電圧における整流器の1/2乗則と、2極管と第1増幅器の接触電位変化に起因する直流増幅器の零点の不安定性による。

注意深く設計した直流用真空管増幅器では、フルスケールで30 mVまでの感度で使用できる。このような感度を有する電位計は広く用いられている。この値の整流電圧を得るには、0.1 V程度の交流入力電圧を要し、5~10 mVの電圧まで検出できる。しかし実際には、このような限界点ではほとんど用いられず、交流または直流のレンジが0.5 V以下のものは一般用の計器としてはほとんど見られない。

増幅型の交流計器では整流の前に増幅が行われるので、5 MHzの場合に1 mV程度まで正確に測定できる。真空管電圧計には属さないが、高級な増幅器では、マイクロボルト(μ V)オーダーの測定ができる。

波形誤差 2極管整流型電圧計は、5 V程度の電圧では、被測定電圧のピーク値に応答する。目盛は正弦波形を仮定して付けられている。他の波形では、計器はピーク値の0.707倍を示す。そのため、測定値は実効値あるいは基本成分から高周波成分の割合だけずれる。2極管整流器は、0.3 V以下では1/2乗則に従い、波形誤差は無視できる。増幅型電圧計では、整流器の駆動に大きな電力を与えるので、波形誤差をなくするような線形応答性を

もたせる設計が可能である。→サンプリング電圧計；デジタル電圧計；電圧測定；電流測定

[W. N. TUTTLE]

真空掃除機 しんくうそうじき

〔Vacuum cleaner〕 畳、じゅうたん、床、壁などの表面のごみ、ほこりを吸入するのに使う電気器具。電気掃除機とか単にクリーナーともいう。携帯用の真空掃除機は、じゅうたん、家具、タペストリーなどのようにふいたり、ブラシをかけたりすることのできない物の表面を掃除するのに、家庭内や工場で広く用いている。こうした真空掃除機には、車の中を清掃する小型のものから、清掃業者が用いるような大型タンクからなるものまで、大きさはさまざまである。電気のを先に取付けて、切りくずを吸込むようになっているものもある。アメリカでは、学校やビルにおいて、中央に集じん容器と真空状態を作り出すための送風機を設置し、そこから各部屋に連絡したパイプによって清掃できるようになっている。

運転原理は、毎分一万数千回転の回転数をもつ整流子電動機の軸にファンを取付け、その回転によって30~40 m/secの高速気流を作って容器内部の気圧を下げ、大気圧により、物の表面のちりやほこりを伴った外気を吸入するというものである。このちりを含んだ空気から、ちりだけを取り出すためには、その空気に袋の中を通過させると、ちりは袋の中に残り、あとの空気は送風機とフィルターを通して排出される。この送風機によって、一般に真空と呼ばれる低い内部圧力が作り出されるのである。

真空掃除機を設計する際に最も大切なことは、操作しやすいということ、ポット型やシリンダ型などのフロアタイプにするか、小型軽量のハンドタイプにするなど、適切な形状を選び、特殊な形の表面や割れ目なども清掃できるように、自由に曲るホースなど、器具に工夫をこらすことが必要である。最大の問題点はちりを蓄える袋のろ過作用であるが、一般に布や紙を用い、紙の場合は使い捨てである。また排気の際には送風機が低圧部分を作り出すので、噴霧装置(ブロワ)を取付けることも可能である。

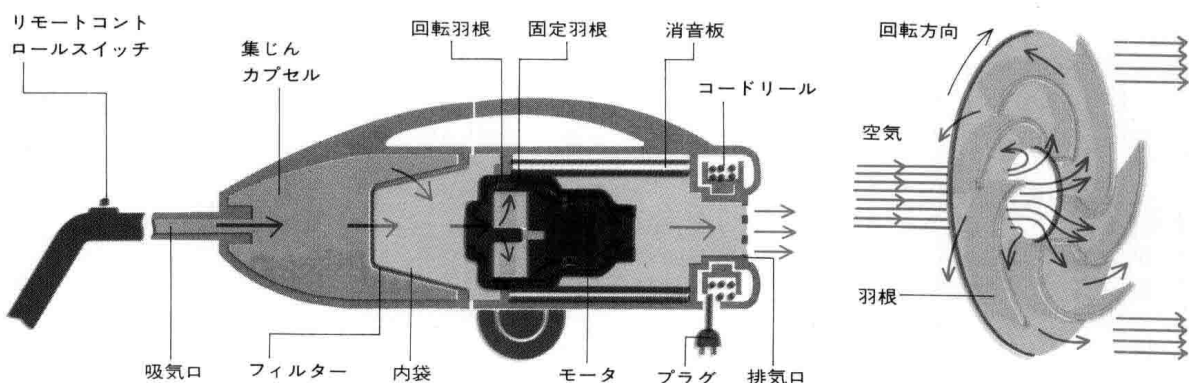
真空掃除機の最大の利点はろ過袋の中にちりを蓄えることができることだが、大気圧を用いているので吸引力には限度があり、より大きな力が必要な場合は圧縮空気を用いる。→ガス圧縮機；真空ポンプ

[FRANK H. ROCKETT]

真空測定 しんくうそくてい

〔Vacuum measurement〕 大気圧より小さい流体圧力の測定をいう。

これらの低い圧力は、0 気圧を基準にして、与えられた圧力(真空)が支える水銀柱の高さをミリメートル単位で呼んで表す。圧力が支える水銀柱の高さはミクロン



真空掃除機の構造(シリンダ型 左)と吸込みの原理(右)

(1メートルの1/1000000)またはインチ単位でも表される。それほど一般的に使われないが、気圧単位で表したり、単位面積当りの力で表すこともある。

大気圧は比較的粗い測定での基準に使われることがある。標準大気の圧力は水銀柱760 mm(760 mmHg)である。したがって大気圧を基準にすると、200 mmHgの圧力は560 mmHgの真空と表される。

実験室においては、真空の測定は重要である。それは真空(圧力)度はほとんどあらゆる物理的、化学的および生物学的な過程に重大な影響を及ぼすからである。

工業においては普通、生産の一様性を保ったり、安全な運転を守るために真空度が測定され制御される。真空測定は、例えば、ランプ工業(管の真空化)、ヤ金(普通の気体で侵される金属の取扱)、製薬(熱に敏感な化合物の抽出)で使われる。→圧力制御(自動)

1 mmHg以上の圧力は(ある条件下ではもっと低い圧力でも)液体柱圧力計、隔膜圧力計、じゃばら圧力計、ブルドンばね圧力計などの普通の圧力計で直接に測ることができる。約1 mmHgより以下の圧力では、ヒステリシス、周囲誤差、および振動などの力学的効果がこれらの圧力計を利用できなくする。→圧力測定; 液管圧力計;ブルドンばね圧力計

したがって、このように低い圧力の測定には、熱伝導率または電離のような、気体の何か別の性質を測り、それから圧力を定めるという方法が最も一般的である。ピラニ(Pirani)ゲージに似た熱電対圧力計も広く使われる。また、そう一般的ではないが、クヌーセン(Knudsen)圧力計や回転粘性計圧力計も使われる。→電離真空計;ピラニゲージ

マクレオド(McLeod)真空計は0.0001~10 mmHgの範囲での圧力の絶対標準として使われている。→マクレオド真空計

[BRUCE D. HAINSWORTH/HAROLD G. PAYNE]

真空ポンプ しんくう—

[Vacuum pump] 容器内の気体(通常は空気)を吸引、排出して、容器内の圧力を大気圧よりも低くする装置。要するに、容器内の真空の度合を高める装置であるが、この真空の度合は、水銀柱の高さをミリメートルで表す(mmHg)のが普通である。mmHg単位は、真空技術の先駆者であるトリチェリ(E. Torricelli)にちなんで、Torrという単位で表すこともあるが、どちらでも表示する内容はほぼ同じである。すなわち、1 Torr=1 mmHg=1.359510 g/cm²である。ただ厳密に言えば、1 Torrと1 mmHgには、7×10⁻⁶ mmHgの相違がある。

真空の度合は、一般に次のように分類している。

- 低真空 760 mmHg(大気圧)~25 mmHg
- 中真空 25 mmHg~1×10⁻³ mmHg
- 高真空 1×10⁻³ mmHg~1×10⁻⁶ mmHg
- 極真空 1×10⁻⁶ mmHg~1×10⁻⁹ mmHg
- 超真空 1×10⁻¹⁰ mmHg以下

現在のところ1×10⁻¹⁵ mmHg程度の真空が作られている。→圧力

真空ポンプは、どの程度の真空を作ることができるか、また単位時間当たりどれくらいの気体を排出できるかの2点によりその性能が決る。Fig. 1は比較的著名な型の真空ポンプによって得られる真空の度合を比較したものである。ポンプによって排出される気体の量は、そのときの真空の度合によって、表示のしかたが次のように異なっている。低真空域では普通、この量は1時間当りの排出空気量(ポンド)で表し、他の気体の場合は、分子量によって空気と等価になるように換算する。高真空域では1時間当りの排出空気量は、Torr liters(またはmm Hg liters)/秒として表す。高真空が必要な場合には、実用上2種以上の異なる型のポンプを直列に用いる。例えば、カム型回転ポンプやスチームエゼクタを拡散ポンプとともに用いることによって、大気圧から高真空域まで

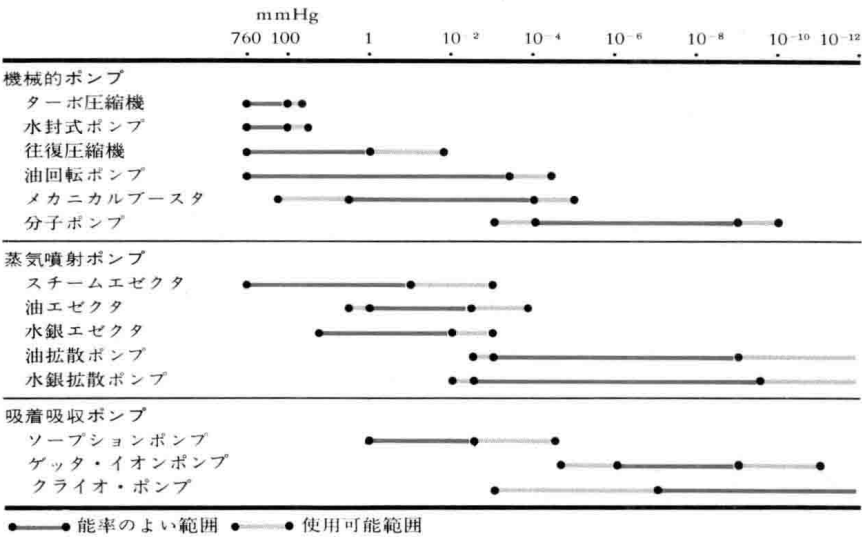


Fig. 1 主な真空ポンプによって得ることのできる真空度の比較

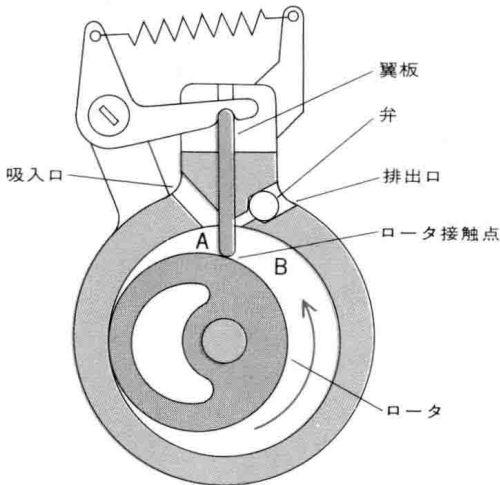


Fig. 2 カム型回転ポンプの主要図

連続的な真空度を得ることができる。

機械的ポンプ 初期の真空ポンプの1種は設計上、蒸気機関によく似ていた。このポンプでは、シリンダ内を動力で動くピストンにより、シリンダに接続した容器内の気体が排出される。より発達した油回転ポンプの1例として、カム型回転ポンプを示す(Fig. 2)。

まず、気体はロータによって開いた吸入口を通して、A室に吸込まれる。A室とB室は、翼板で区分してあり、AからBへ移動した圧縮された気体は、弁を通して排出口から排出される。この際、弁は気体の逆流を防止し、弁とロータとの接触部分はオイルによりシールしてある。このポンプは1回の回転につき一定体積の気体を吐き出すから、一定容積型ポンプとも呼んでいる。

回転ブロウポンプは、1枚ないし数枚の急速回転する羽根の推進作用によって作動するが、これはシールにオイルを用いない。

また、分子吸収ポンプは、非常な高速(16,000 rpm)で運転するもので、急速に回転する回転体の衝撃力により気体分子に大きい運動量を与えることによって、ポンプの作用を果すのである。

蒸気噴射ポンプ この型のポンプで最初のは水エゼクタである(Fig. 3)。この装置では、噴出口ノズルを通して水に圧力をかけると、吸入室のガスはディフューザに送られ、吸入室の圧力が下がる。この水の代りに高圧の蒸気を用いたのがスチームエゼクタで、これはより低い圧力を得るためにバロメトリックコンデンサと同時に用いることが多い。バロメトリックコンデンサは、出口が湯そうに浸されている35 ft(約10.7 m)の直立した管の上端に水を注入することによって作動するもので、吸入室に入ってきた気体は水と一緒に排出される。この