

世界科学大事典

Encyclopedia of Science and Technology
McGraw-Hill-Kodansha

16

プロチーマキ

N 61/007



Encyclopedia of Science and Technology

McGraw-Hill·Kodansha

世界科学大事典

講談社

16

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 株式会社黒岩大光堂
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 476p. 31×22cm
©KODANSHA 1977 Printed in Japan
落丁本、乱丁本はおとりかえいたします。
3540-439664-2253 (0)

世界科学大事典

16

フロチーマキ

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.

ブローチ

ブローチ削り～分路

ブローチ削り —けずり

〔Broaching〕 いくつかの切削歯を外周にもった棒状の工具(ブローチ)を、工作物の表面や穴に押込んだり、ひっぱり出したりして、金属に種々の穴を成形する機械加工をいう。ブローチ歯の周囲、すなわち切削エッジは、工作物の表面や輪郭に合ったものにしてあり、各歯が順次、前の歯より1まわり突出しているから、このブローチを前加工された穴に通すことによって、次々と切削していくことができる。

ブローチ盤は、ねじや油圧駆動などによってブローチ

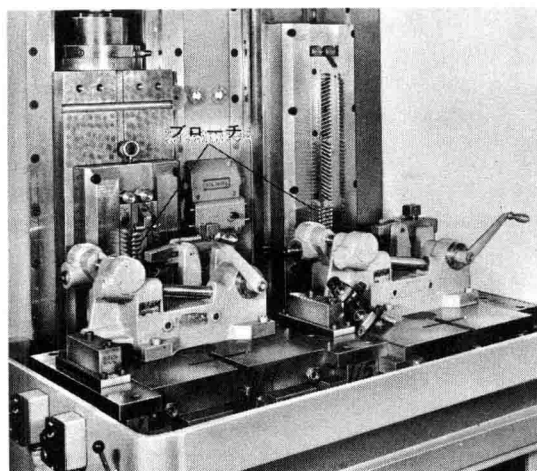
に力を加える工作機械で、ブローチの据付け面によって水平型と垂直型とに分れる。水平型の多くはプル(引張り)タイプであり、垂直型の方は、引上げ、引下げ、押出し、さらに表面ブローチにも使用する。マルチブルラム(multiple ram)は、図のように操作個所を増やすことができる。連続ブローチ盤は、工作物を回転テーブルの上で動かすか、静止したブローチの前をチェーンコンベヤで動かすかして、大量生産ができるものである。→機械加工

[ALAN H. TUTTLE]

ブロッキング

〔Blocking〕 中緯度で高・低気圧の東進がやみ、かなり長期間高・低気圧が停滞する現象をいう。普通高・低気圧は上層の偏西風に流されて東進するが、上層の偏西風が弱くなると、それまで東進していた高・低気圧は停滞するか、ときにはゆっくり西進する(Fig. 1)。

ブロッキングの実例をFig. 2に示してある。図は1969年7月7日21時の500ミリバール面(高度約6 km)での天気図であるが、サハリンの西、シベリア上空に高気圧があり、その西、バイカル湖付近に低気圧がある。このような高・低気圧をブロッキング高・低気圧または切離(cut-off)高・低気圧とも呼んでいる。この例は梅雨期にみられる型であり、ジェット気流の1つはバイカル湖の南45°N近傍から北上し、さらにサハリン付近で南下しており、ほかの1つは日本の南30°N付近にある。これら2つのジェット気流は日本の東方洋上で合流している。梅雨前線はFig. 2の南のジェット気流に付随しており、梅雨前線の消滅を予想するうえでこの上層ジェット気流の存在はたいせつな目安となっている。Fig. 3には、もう1つの実例(500ミリバール面、1969年1月2日21



垂直型複式ラムタイプのブローチ盤の例(Colonial Broach and Machine Co.)

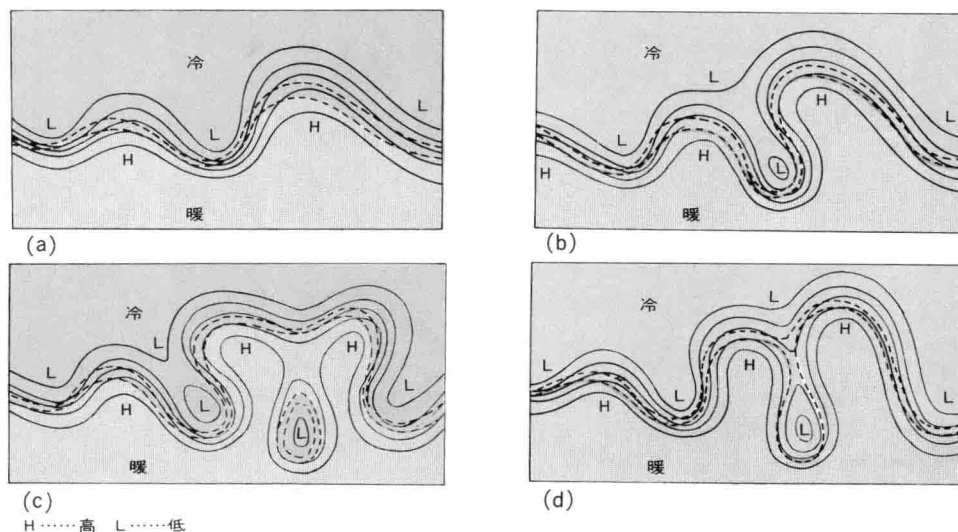


Fig. 1 ブロッキングの生成過程(a～d) 実験は500ミリバール面での等圧面高度.

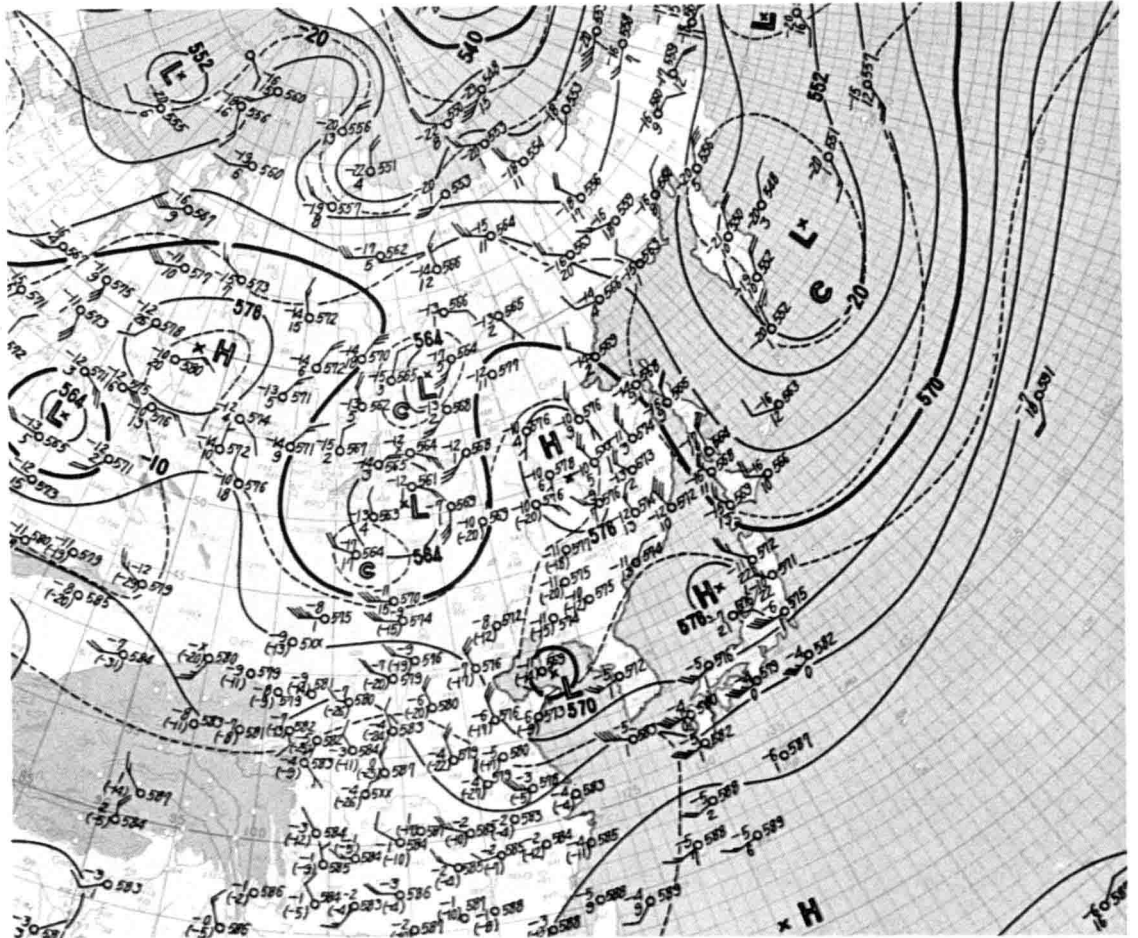


Fig. 2 1969年7月7日21時の500ミリバール天気図(気象庁, 天気図, 1969年7~9月)

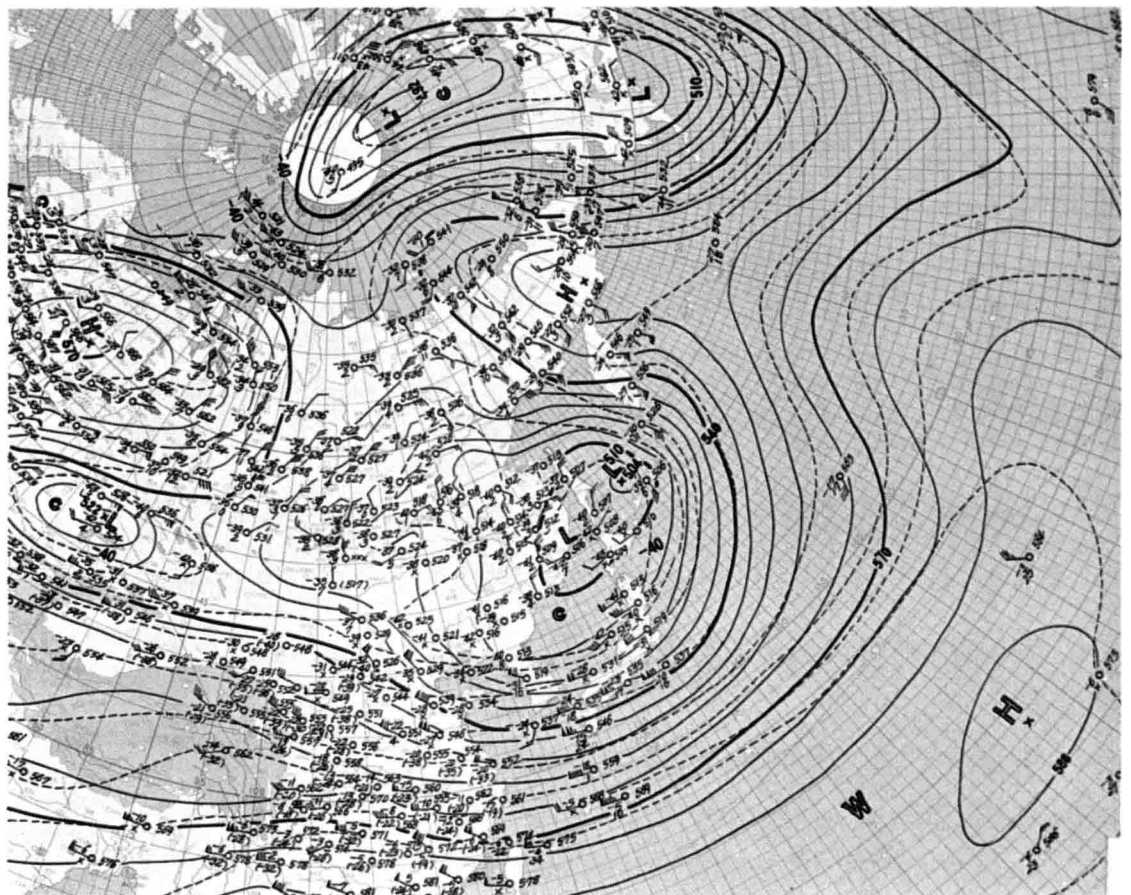


Fig. 3 1969年1月2日21時の500ミリバール天気図 単位は10m.(気象庁, 天気図, 1969年1~3月)

時)が示してある。図からわかるように、カムチャツカ半島の東北部、170°E付近は高圧部になっており、北海道、サハリン上空にある低気圧は、あたかも東進がさげられているような形となっている。このようなブロッキング現象は前年の12月26日ごろから起り始めた。このときには、東西流の流れに対し、まず170°E付近の高圧域ができ始め、それに伴ってシベリア付近にあった寒冷な低気圧が日本海付近に南下し、1月2日21時にはFig. 3のような形になった。このことを模式的に示したものがFig. 1である。ブロッキングが大規模に起ると、Fig. 1のような切離低気圧ができることも珍しくはない。Fig. 3でわかるように、日本海から北海道、サハリンにまたがり、上空には寒冷な気塊が停滞しているの、このときには北から日本に冷たい気塊が流れてきた。そのために中部山岳地帯は大吹雪となり、大量の遭難者をだした。

地上天気図ではサハリン東に低気圧、大陸は高気圧といった西高・東低の典型的な冬の吹出し型となっている。

過去の統計によれば、ブロッキングは地域的には北太平洋の中部と北大西洋北東部に起きやすく、また両地域で同時に起きやすい傾向がある。また季節的には6月と12月に起きやすく、9月が最も少ないといわれている。持続日数は平均15日ぐらいで、長いものは1か月以上に及ぶこともある。

前にも述べたように、ブロッキングが起ると、高・低気圧の東進がとまり、それに伴って天気の様もがらりと変わってしまう。このような意味でブロッキングの予報は長期予報上たいせつなことであるが、現在まだその発生機構について物理的な説明は十分にされていない。最近の大気大循環の数値シミュレーションによって、ブロッキングの現象を再現できるようになりつつあるが、このような数値シミュレーションの結果を利用することによって、物理的発生機構もいずれ明らかになってくることであろう。→前線：大気大循環；梅雨 [岸保勘三郎]

ブロッキング発振器 —はっしんき

[Blocking oscillator] 1個のトランジスタまたは真空管と付属回路を用い、微小持続時間のパルスが発生する張発振器。入力と出力は変成器によって再生帰還するように結合され、再生動作の際に入力側は深い逆バイアスとなるので、出力電流は周期的に中断される。パルス間隔、すなわち出力電流が中断される周期は、入力回路の時定数 RC に依存する。ブロッキング発振器は、単安定または無安定いずれかの動作をさせることができる。単安定回路として動作させる場合は、波形やパルス幅をかなりよく制御できるので、パルス発生器として有用である。→し張発振器；パルス発生器

自走無安定タイプ Fig. 1にnpnトランジスタを用いた単純なブロッキング発振器を示す。図のトランジスタの代りに電界効果トランジスタまたは真空管を用いることもできる。入力波形がカットオフレベル V_{BE0} になって、トランジスタが順バイアスされたところからの動作を考察すると、これより再生動作によって電流が増大し、入力電圧は図示の飽和レベル V_{BES} なる最大値に達する。ここにおいては、変成器の損失あるいはトランジスタの入力インピーダンス低下のため、出力から十分な帰還が行われず、もはや電流は増大しなくなる。以後、ベース電流は逆転し、ベース電圧は V_{BE0} に落ちる。以上の部分に相当するコレクタ電圧は、図示のように負パルスとなる。この導通期間 T_1 の間に、コンデンサ電圧は図示の極性で式(1)に示す値だけ変化する。

$$V_{C1} = \int_0^{T_1} i_B dt \quad (1)$$

導通期間の終りにおいて、ベースと直列の変成器巻線電圧は消滅してしまうので、ベース電圧はほぼコンデンサ

電圧変化分だけの負の値 V_{Bmin} に低下する。この時点から、ベース電圧は式(2)に従い、電源電圧 V_{CC} に向って上昇する。

$$V_B = V_{Bmin} + (V_{CC} - V_{Bmin})(1 - e^{-t/R_1 C_1}) \quad (2)$$

そして時間 T_2 だけ経過すると再びトランジスタは導通を始め、以上の動作が繰返される。

同期タイプ ブロッキング発振器は、マルチバイブレータと同様に、固有周波数よりいくらか速い繰返しのパルスに同期させることができる。これをFig. 2に示す。同様に、Fig. 3に示すように、分周器としても用いることができる。→スケール回路；マルチバイブレータ
ブロッキング発振器は、 R_1 を深い逆バイアス電圧に接続することにより、単安定回路となる。この際は外部トリガを与えて動作させる。パルス発生器として使用する場合には、単安定回路の方が、より自由に回路要素を

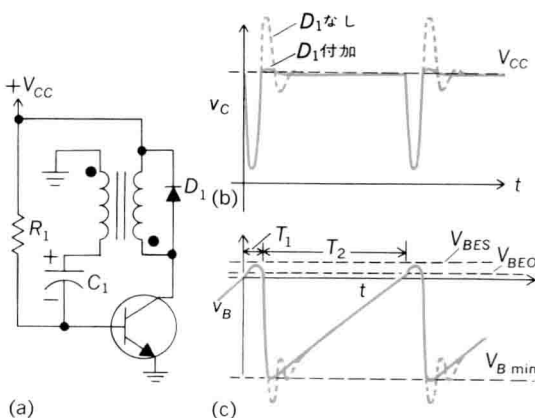


Fig. 1 代表的なブロッキング発振器 (a)回路、(b)コレクタ電圧、(c)ベース電圧。

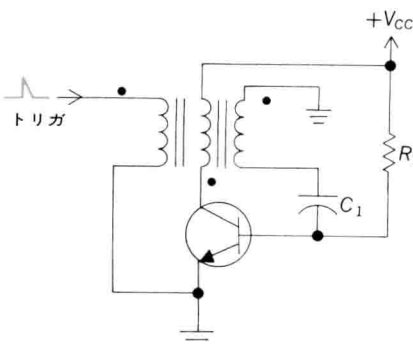


Fig. 2 同期ブロッキング発振器

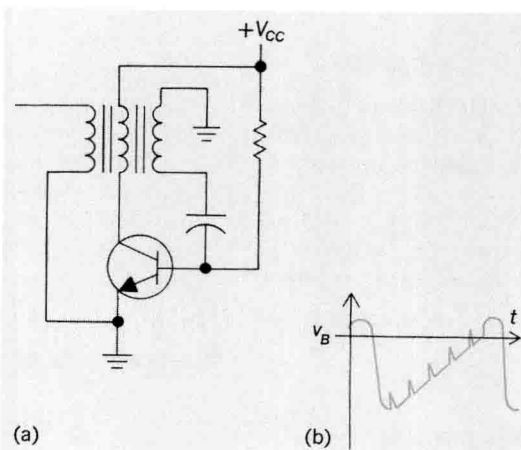


Fig. 3 ブロッキング発振器による分周器 (a)回路、(b)ベース電圧。

4 ブロッコリー

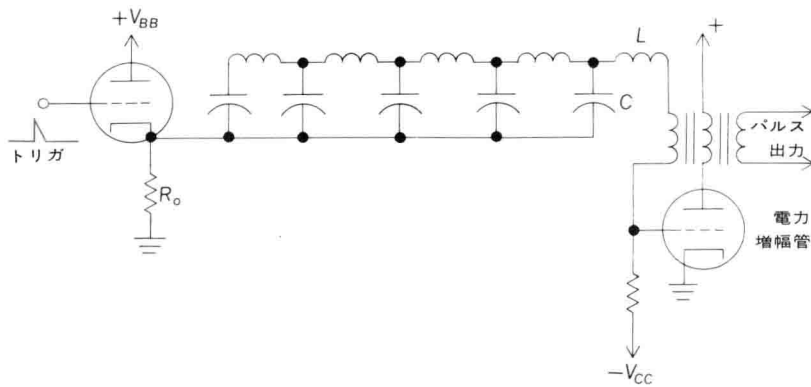


Fig. 4 線路制御型ブロッキング発振器

選定でき、パルス幅を制御しやすい。

線路制御タイプ 特定のパルス幅で比較的大電力のパルスを発生する場合、単安定ブロッキング発振器の再生ループに伝送線路を挿入(§3)した組合せ回路が用いられることがある。Fig. 4に真空管を用いた実例を示す。この回路のパルス幅は、ほぼ式(3)で与えられる。

$$T = 2n\sqrt{LC} \quad (3)$$

ここで L および C はそれぞれ擬線路1区間のインダクタンスおよびキャパシタンスであり、 n は区間数である。→遅延線；パルス発生器[GLENN M. GLASFORD]

ブロッコリー

[**Broccoli**] ブロッコリー-*Brassica oleracea* var. *italica*はケシ目、アブラナ科(Cruciferae)の2年草である。一名メハナヤサイまたはミドリハナヤサイともいわれる。原産は地中海沿岸地方である。抽だい茎から多数枝分れた花蕾(§6)および花柄を煮食用、かん詰用、冷凍用などとして利用する。花蕾は、ハナヤサイ(カリフラワー)と異なり完全なつぼみの集りである。花蕾の色は鮮緑色のものが多い。紫色のものもあるがゆでると緑色になる。

ブロッコリーは冷涼な気候を好む。酸性土壌にはやや強く、ホウ素とモリブデンに対する要求性が強い。栽培法はキャベツとほぼ同じである。→キャベツ

収穫は定植80~140日後に行う。頂芽や腋芽(§3)にできた花蕾を花柄とともに切取る。品種としては、ドシコー(早生種)、キャラブーズ(中生種)、ジュームレート(晩生種)などが知られている。アメリカでは栽培面積約1万6,000 ha、年生産額2,000万ドルで、主産地はカリフォルニア州とテキサス州である。→ケシ目；野菜栽培

[H. JOHN CAREW 原田 隆]

ブロッホの壁 ——かべ ⇨区域(結晶学)

ブロッホの定理 ——ていり

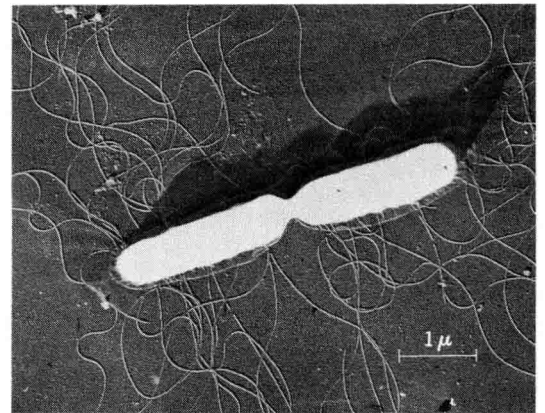
[**Bloch theorem**] 周期ポテンシャル(結晶格子のような)の中を動いている電子の波動関数がポテンシャルと同じ周期をもった関数で変調された平面波の形をしているということを示す定理。言替えると、 $\mathbf{k}$ を波動ベクトル、 n をバンドを示す指数、 $u_n(\mathbf{k}, \mathbf{r})$ をポテンシャルの周期をもつ関数とすると、波動関数 $\psi_n(\mathbf{k}, \mathbf{r})$ は下の式で書き表される。→固体のバンド理論

$$\psi_n(\mathbf{k}, \mathbf{r}) = e^{i\mathbf{k} \cdot \mathbf{r}} u_n(\mathbf{k}, \mathbf{r})$$

[JOSEPH CALLAWAY]

プロテウス属 ——ぞく

[**Proteus**] 腸内細菌科(Enterobacteriaceae)に属し、グラム陰性である。4つの種(§6)に分けられる。すなわち、



分裂中のプロテウス・ブルガリス (Electron microscopical observations on bacterial cytology, II: A study on flagellation, Biochem. Biophys. Acta, 1950)

プロテウス・ブルガリス(*Proteus vulgaris*(図参照)、プロテウス・ミラビリス*P. mirabilis*、プロテウス・モルガニー*P. morganii*(現在、モルガネラ*Morganella*と呼ばれている)、プロテウス・レットゲリ*P. rettgeri*(現在、レットゲラ*Rettingerella*と呼ばれている)である。特徴は、すべて尿素を分解する点である。プロテウス・ブルガリスとプロテウス・ミラビリスは、しばしば検出される菌で、タンパク質分解酵素をもっている点の特徴であり、ゼラチン液化能を調べることによって容易に検出できる。この2つの種に属する多くの株は、運動性が強く、固形培地の表面に広がる性質があり、スウォーミング(遊走)と表現される。プロビデンス属*Providencia*とは密接な関係があり、腸内細菌科の中でプロテウス-プロビデンス群としてまとめられている。

プロテウス属菌は、腐敗物や土壤中に存在し、ヒトや動物の糞便(§4)中にもしばしば見いだされる。尿路感染の原因になることが多く、また膿瘍(§3)や創傷感染局所から検出される。ときには敗血症の原因となり、特に尿路感染から敗血症となることがある。

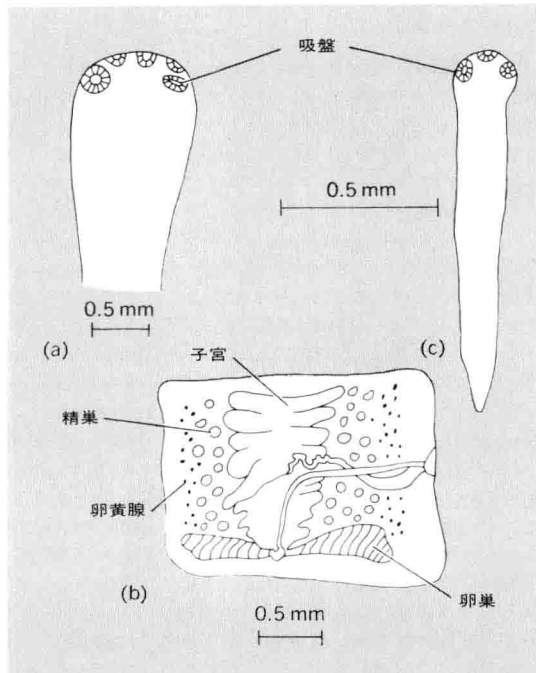
細胞壁の抗原(菌体抗原またはO抗原)および鞭毛(§4)の抗原性は非常に強く、多くの血清型に区別するために利用される。ある種のプロテウス属菌とリケッチアとの交差反応は、発疹チフス(ワイル-フェリックス反応)や他のリケッチア症の重要な診断法として利用されている。→インピクテスト；サルモネラ属；腸内細菌科；リケッチア症

[ALFRED J. WEIL]

プロテオケファロイデス目 ——もく

[**Proteocephaloidea**] 扁形動物門、条虫綱、真正条虫亜綱の1目。1つの例外を除き、この目のものは淡水産の魚類、両生類、爬虫(§5)類の内部寄生虫として発見される。固着器としては4個の吸盤と、しばしば吸盤に似た1個の頂端器官が存在している(図a)。各体節(図b)は四葉目の体節と極めてよく似ている。多くの学者はこの目にプロテオケファルス科(*Proteocephalidae*)とモンティケラ科(*Monticellidae*)の2科を含めている。前者では生殖器官が体節の中央の間充織の中に存在しており、また後者では生殖器官のいくつかあるいは全部が周辺の間充織の中に存在している。プロテオケファルス科のいくつかのものについてはその生活史が知られている。宿主の腸から外へ出ると、胚は中間宿主の節足動物(主としてかいあし類のケンミジンコ)によって捕食され、その体腔(§5)の中で若虫が成長し、やがて前擬充尾虫(プロケルコイド)となり、最後に擬充尾虫(プレロケルコイド)となる(図c)。この擬充尾虫を含んだ中間宿主のケンミジンコを終宿主の脊椎動物(§5)が食べ、それによって脊椎動物への寄生が起る。

古代の淡水産魚類に寄生していたこのプロテオケファ



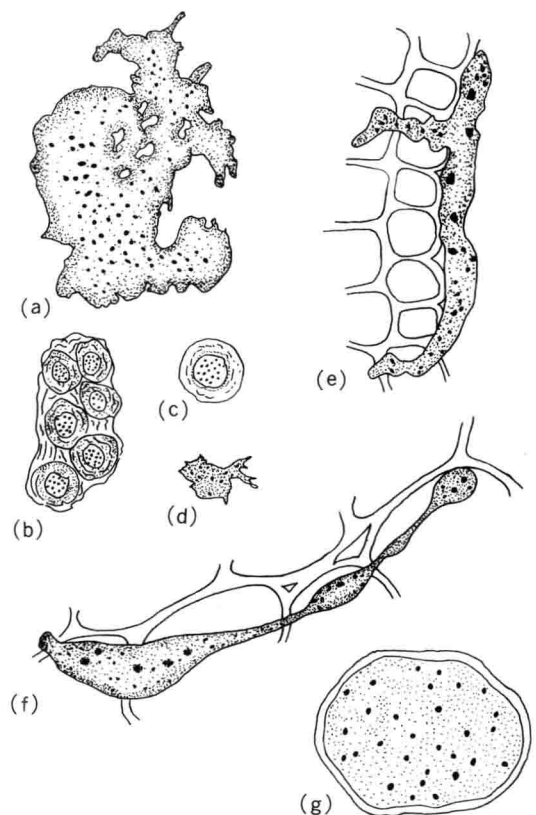
プロトケファルス *Proteocephalus* (a)頭節、(b)生殖器官を含んだ体節、(c)擬充尾虫。

ロイデス目のものが、おそらく他の条虫類の目の祖先型であったと思われる。→条虫綱；四葉目

[CLARK P. READ]

プロテオミクサ亜綱 — あこう

[*Proteomyxid*] 原生動物門，有毛根足虫亜門，



プロテオミクサ亜綱の1種 *Leptomyxa reticulata* (a)変形体(成熟時2~3mmになる)、(b)共通の膜の中の1群の包囊、(c)1個の包囊、(d)若い変形体、(e)根の細胞に侵入する変形体、(f)植物細胞内の変形体、(g)染色した多核の包囊。(Protozoology, Prentice-Hall, 1953)

肉質上綱，放射根足虫綱の1亜綱。この亜綱のものには体をおおう殻や骨格などは全くみられない。仮足は、細くかつ分岐して互に連絡している網状仮足か、糸状の糸状仮足である。多くの種は海藻または他の植物の体内に侵入して生活している。プロテオミクサ目のみが含まれ、これに2科が区別されている。

プセウドスポラ科(*Pseudosporidae*)は植物性鞭毛虫(藻類)類のボルボックスの類とかその他の藻類に侵入して生活する。1, 2本の鞭毛をもつ鞭毛期のもの(遊走子)はこれら植物の体内に入り、アメーバ状体となる。この類にはシンガミー(配偶子の融合)が報告されているが、再確認が必要と考えられる。プセウドスポラ属 *Pseudospora*、アフエリディウム属 *Aphelidium*、エクトビエラ属 *Ectobiella* その他の属が含まれるが、それらの詳細については不明の点が多い。

バムピレラ科(*Vampyrellidae*)には藻類のほかときにホップなど高等植物の体内にすむものが知られている。植物に侵入したアメーバ状体は成熟すると変形体(プラスモジウム)に成長し、それは断裂(プラスモトミー)による増殖をする(図参照)。バムピレラ属 *Vampyrella* とレプトミクサ属 *Leptomyxa* の種では多核の包囊がつくることが知られている。→原生動物；肉質上綱；放射根足虫綱；有毛根足虫亜門

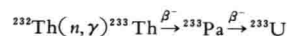
[RICHARD P. HALL]

プロトアクチニウム

[*Protactinium*] 元素の1つで、元素記号Pa、原子番号91。アクチニド系列の第3番めの元素である。1913年にファヤンス(K. Fajans)とゲーリング(O. Göhring)が UX_2 (質量数234のPaの同位体)を確認した。 ^{231}Pa は1913年にソジー(F. Soddy)と克蘭ストン(J. A. Cranston)によって、また1918年にハーン(O. Hahn)とマイトナー(L. Meitner)によって、それぞれ独立に発見された。→アクチニド元素

Ia																VIIb 0																																											
IIa																IIIb IVb Vb VIb																																											
1																5	6	7	8	9	10												1	2																									
H																B	C	N	O	F	Ne												He																										
3	4															13	14	15	16	17	18																																						
11	12															Al	Si	P	S	Cl	Ar																																						
Na	Mg															31	32	33	34	35	36																																						
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	104																																																								
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																																														

この元素の既知の同位体はすべて放射性である。最も寿命の長い ^{231}Pa は天然のアクチニウム壊変系列に属し、 α 粒子を放出しつつ半減期約34,000年で崩壊する。ピッチブレンド中に、おそらく280 mg/t程度存在するが、この濃度はラジウムとほぼ同じである。 UX_2 および UZ は天然に存在する質量数234のプロトアクチニウムの同質異性の同位体であり、短寿命である。質量数233の人工の同位体が重要なのは、下の反応式に示すように、天然のトリウム ^{232}Th が中性子を捕獲してウランの分裂性同位体 ^{233}U を生成するときの中間体であるためである。プロトアクチニウム-233は β^- および γ^- 放射体で、半減期27日で壊変する。



質量数が226と237の間にある数種類の短寿命同位体がつくられている。→放射能

天然の ^{231}Pa 化合物は、グローセ(A. V. Grosse)によって初めて分離された(1927年)。より最近の分離過程は、ウラン精製残渣(乏燃料)に適用できるものであるが、塩化水

6 プロニーブレーキ

素酸溶液からジイソプロピルケトンのようなケトン類およびアルコール類を用いて抽出する方法が一般にとられる。プロトアクチニウムは、フッ化水素酸水溶液によって再抽出される。フッ化物抽出体に塩化アルミニウムと塩化水素酸を加えると、プロトアクチニウムは再び有機溶媒に抽出されるようになる。これらの操作を結合して、循環的な分離・濃縮過程を行うことができる。

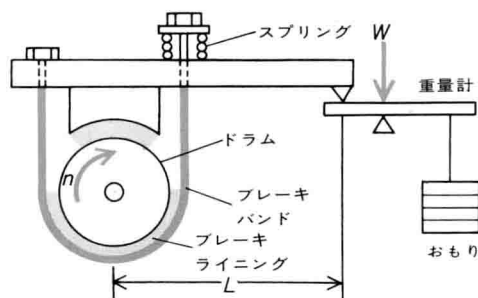
プロトアクチニウムは、重い方のアクチニド元素には顕著な類似性を示さないという点で隣接元素のトリウムによく似ており、5価の状態では、ニオブとジルコニウムに極めてよく似ている。この元素は4および5の原子価を示す。五ハロゲン化物 PaCl_5 、 PaBr_5 、 PaI_5 はニオブやタンタルのハロゲン化物に類似しているが、五酸化物 Pa_2O_5 は、対応するニオブおよびタンタルの酸化物よりも、ずっと酸性が弱い。5価の状態の化合物は極めて容易に加水分解され、 PaF_5^{2-} のような若干の錯陰イオンのみが加水分解に対して安定である。安定な陽イオンの状態はいまだに確認されていない。フルオロプロトアクチニウム酸カリウム K_2PaF_7 およびバリウム BaPaF_7 は、硫酸アルカリプロトアクチニウム錯塩と同様に極めて難溶性である。1N硫酸溶液中に過酸化水素を加えると、過酸化物が析出する。強酸性溶液からは、不溶性のリン酸塩およびヨウ素酸塩を析出させることができる。大部分の5価化合物とこれを含む溶液は無色である。しかしタンニン酸は、可溶性のシュウ酸錯体溶液からブルトニウムを黄色の錯塩として析出させる。クベロンとピログロールもまた、5価のプロトアクチニウムと着色した錯塩を形成する。

クロム(II)イオンのような強還元剤は、プロトアクチニウムを4価の状態に還元する。この溶液からは、不溶性の四フッ化物を析出させることができる。着色した四ハロゲン化物および二酸化物は乾式法でつくられ、対応するトリウム化合物と同型である。この原子価をもつ他の誘導体も、対応するトリウム化合物と極めて類似している。→希土類元素；原子核反応

[ALFRED G. MADDOCK]

プロニーブレーキ

[Prony brake] 木のブロック、可とう性のバンド、あるいは他の摩擦面を使って、出力軸に摩擦負荷を加えて作られる吸収式の動力計である。プロニーブレーキ(図参照)によって、次式に示されるように、トルク T を測定することができる。



プロニーブレーキのダイアグラム(Standard Handbook for Mechanical Engineers, McGraw-Hill, 1967)

$$T = L(W - W_0)$$

ここで、 L は図示の距離で、 W はブレーキ動作時の重さの読み、 W_0 はブレーキを自由にしたときの重さの読みである。軸回転速度が回転計で n rpmと測定されたならば、ブレーキ出力は $2\pi n L (W - W_0) \times 9.8/60$ ワットになる。通常、小型のプロニーブレーキは空冷であるが、大型のもののドラムは発生熱を吸収するために水で満たされることがある。→動力計 [FRANK H. ROCKETT]

プロパージン

[Properdin] 微生物に対する人体の防御作用を助ける血清タンパク質である。ピレマー(Louis Pillemer)が1954年に発表した。彼が発表したのは分子量 10^6 以上で等電点pH 5.5~5.8のオイグロブリンである。プロパージン系はプロパージン、マグネシウムイオン(Mg^{2+})、4つの補体成分C1, C2, C3, C4から成立っている。プロパージンはすべてではないが多くのグラム陰性菌に対して殺菌作用があり、種々の組織や微生物の多糖体例えば酵母のザイモサンのようなものと反応して補体を不活性化させる。ピレマーは補体の第3成分C3が酵母のザイモサンによって非常に影響を受けると考えた。ネルソン(R. A. Nelson, Jr.)はさらに研究を進め、4つの成分がほぼ一様に減少することを示した。ピレマーはプロパージン単位を、過剰のザイモサンを加えて37°C、1時間で 120 ± 30 単位のC3を不活性化させるプロパージンの量と定義した。これはプロパージンの窒素量0.5 μg に相当する。正常なヒトの血清には1 ml中に4~8単位のプロパージンが含まれている。これは血清の総タンパク量の0.02%以下に相当する。プロパージン活性は無菌ラットや無ガンマグロブリン血症のヒトの血清中にもみられる。肺炎球菌性肺炎、髄膜炎菌血症のときや放射線の全身照射のあとで血清活性の一時的な変化がみられるが、病気の違いによる変動はあまりない。

ピレマーはプロパージンは普通の抗体とは異なるものと考えた。しかしネルソンらはプロパージンはある種の微生物細胞成分と交差反応をする特異性の広い1つあるいはそれ以上の抗体からできており、その微生物細胞成分とプロパージンとの結合は補体と反応することによって、さらに強められると考えている。→血清；タンパク質；肺炎球菌；放射線障害(生物学)；補体(血清の)；無ガンマグロブリン血症；無菌(性脊椎炎)動物

[HENRY P. TREFFERS]

プロパノール

[Propanol] 3つの炭素が飽和された脂肪族アルコールのことである。別名1-プロパノール、エチルカルビノールとしても知られている n -プロピルアルコール $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ は、化学的性質がエタノールによく似ている。

1-プロパノールは無色、流動性、毒性のある液体(分子量60.09, 融点 -127°C , 沸点 97.15°C , 20°C における比重0.8036)で、刺激臭をもっており、水や一般有機溶剤に溶解する。

エチレンのヒドロホルミル化は、1-プロパノールへの主要な工程である。エチレンは、一酸化炭素および水素と反応してプロピオンアルデヒドとなり、水素添加によって1-プロパノールとなる。1-プロパノールは低級炭化水素の空気酸化による副生物としても得られる。1967年にアメリカで約18,000トン生産され、主に溶剤としての酢酸プロピル製造に、また化学的中間体として使用された。

2-プロパノールやジメチルカルビノールとして知られているイソプロピルアルコール $\text{CH}_3\text{CHOHCH}_3$ もまた簡単な第二級アルコールであり、有機化学工業において重要である。1967年にアメリカで約77万トン生産された。2-プロパノールは無色、流動性の毒性をもつ液体(分子量60.09, 融点 -89.5°C , 沸点 82.4°C , 20°C における比重0.786)で、刺激性のにおいや味をもっている。これは水や一般有機溶剤に溶解する。

2-プロパノールは、プロピレンを硫酸と水で水和することによって合成され、主として、脱水素化触媒の存在下でアセトンの製造に使用されている。イソプロピルアルコールの他の用途は、溶剤や凍結防止剤、研磨用アルコールとしてである。→アルコール

[JOHN W. LYNN]

プロパン

〔Propane〕炭化水素のアルカン、すなわちパラフィン系の1物質で、分子式は $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ 。天然ガスから3～18%得られる。プロパンは容易に液化(融点 -187.7°C 、沸点 -42.1°C)し、液体ブタンとの混合物は家庭燃料として低圧円筒容器中に充てんされ、石油液化ガス(LPG)として市販されている。

約 650°C 以上の温度でプロパンは、エチレンとメタンに分解する。この反応はエチレンの主な大量生産源になっている。この反応は脱水素反応を伴ってプロピレンを副生し、その収量は触媒の存在で増大する。

石油工業におけるプロパンは、溶剤との混合用、潤滑油や他の製品を精製する際の冷却剤として使用される。→アルカン；クラッキング；石油精製工程

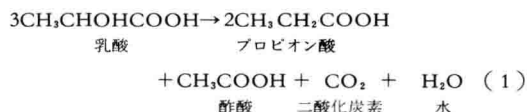
[LOUIS SCHMERLING]

プロピオニバクテリウム科 —か

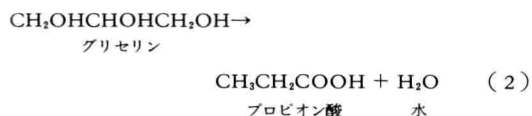
〔Propionibacteriaceae〕真正細菌目の嫌気(嫌)性細菌の1科。この科は嫌気性、非運動性、芽胞非形成およびグラム陽性桿(桿)菌を含み、グルコースなどの基質を発酵する。プロピオニバクテリウム属 *Propionibacterium* のあるものはスイスチーズの生産やビタミン B_{12} の生産に関係している。この科には3つの属、プロピオニバクテリウム属、ブチリバクテリウム属 *Butyribacterium*、チモバクテリウム属 *Zymobacterium* がある。

プロピオニバクテリウム属 非病原性で、エネルギー代謝の主要産物としてプロピオン酸を産生する。この属は約11種を含む。クロストリジウム・プロピオニクム *Clostridium propionicum* やバイヨネラ・アルカレスセンス *Veillonella alcalescens* など2, 3のプロピオン酸産生菌は他の属におかれている。バイヨネラ・アルカレスセンスはまた、バイヨネラ・ガゾゲネス *V. gazogenes*、マイクロコッカス・ラクチリチクス *Micrococcus lactilyticus* としても知られる。プロピオニバクテリウム属は短桿菌であるが、ある条件のもとではレサン球菌のような球状となり、また他の条件、特に酸素の存在下で増殖するときは、不規則なこん棒状あるいは分岐のある桿菌となる。酸素のない状態のときに最もよく増殖するが、低濃度の酸素には耐性がある。増殖には、エネルギー源のほかに種々のアミノ酸や増殖因子を加えた複雑な培地が好まれる。たいていの種はエネルギー源としてグルコース、フルクトース、マンニトール、グリセリンなどの糖や多価アルコール、あるいは乳酸、ピルビン酸のような有機酸塩を利用する。糖または多価アルコールを基質とするときは、酸を生じる。細菌を大量に増殖させたい場合は、適当な緩衝剤を加えてこの酸を中和しなければならない。

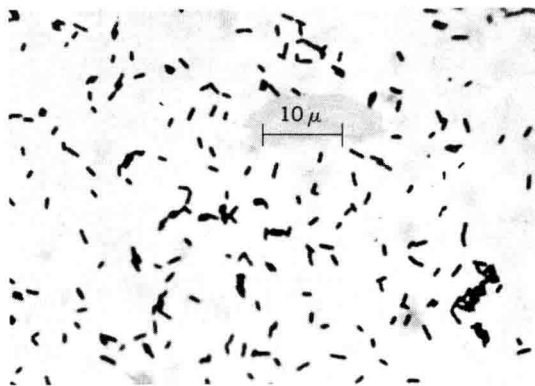
乳酸塩を発酵して、式(1)のように、プロピオン酸塩、酢酸塩、二酸化炭素を生じる。



さらに少量のコハク酸塩、ジカルボン酸、プロピルアルコールも産生される。グリセリンを基質として用いるとき、主要産物は式(2)のように、プロピオン酸とコハク酸である。



グリセリンの発酵の際に生じるコハク酸の量は、培地中の二酸化炭素量によって非常に変わり、二酸化炭素の濃度とともに増加する。二酸化炭素はこの非光合成細菌によって消費され、1モルのコハク酸を形成するために1モ



ブチリバクテリウム・レットゲリ *Butyribacterium rettgeri*

ルの二酸化炭素が使われる。プロピオン酸菌は、相当量の二酸化炭素を消費することがわかった最初の従属栄養生物の1つである。

プロピオン酸菌は主としてチーズ、ミルクその他の乳製品から分離される。また、土壌、サイロのような植物分解物、反すう動物の消化管にも少数存在している。プロピオン酸菌は特にスイスチーズに多い。この種のチーズの製造過程では、まず乳酸菌によってラクトースが発酵され、次に乳酸塩がプロピオン酸菌によってゆっくりと発酵される。このチーズに存在する特徴的な穴は、プロピオン酸菌によって生じる二酸化炭素のガスのためで、特徴的なきついいにおいの一部はプロピオン酸のためである。→チーズ

プロピオニバクテリウム属のある種は大量のビタミン B_{12} を生じるので、工業生産に用いられている。→ビタミン B_{12}

ブチリバクテリウム属 この属は主な発酵産物として、酪酸、酢酸、二酸化炭素を生じる細菌を含む。十分に調べられている唯一の種はブチリバクテリウム・レットゲリ *B. rettgeri* (図参照) である。これは白色ラットの腸内容物から分離された。増殖には、複雑な培地が必要である。グルコース、マルトース、乳酸塩を発酵する。ブチリバクテリウム属は乳酸塩から酪酸を生じる性質によって、ラクトバチルス属 *Lactobacillus*、プロピオニバクテリウム属、およびチモバクテリウム属と区別できる。

チモバクテリウム属 この属はグルコースからエチルアルコールと二酸化炭素を生じる細菌を含む。チモバクテリウム・オロチクム *Z. oroticum* 1種だけが記載されている。この菌は、核酸のピリミジンの生合成に関係のあるオロチン酸を発酵する。ピリミジン生合成の初期の段階のいくつかは、チモバクテリウム・オロチクムの菌体を除去した抽出液を用いて、オロチン酸の分解を研究する際に発見された。→細菌分類学；真正細菌目

[HORACE A. BARKER]

プロピレン

〔Propylene〕沸点 -48°C 、融点 -185°C の気体で、化学式は $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ 。炭化水素の熱分解や触媒分解によって得られる。炭素数2や炭素数3の炭化水素を含む精製塔からの代表的な留分は、10～30%のプロピレンを含む。通常の精製塔の操作以外による合成法としては、プロパンの接触脱水素による方法がある。イソプロピルアルコール(つまり重合ガソリンをつくるための重合単位)が入っている精製塔には、プロピレンがクラッキングガス(熱分解ガス)中に低濃度で存在している。高濃度の流れが必要なときは、エチレンと同じ方法でプロピレンが回収される。プロピレンの主な用途はアセトンをつくるためのイソプロピルアルコールの合成である。また他の用途として次のようなものがある。すなわち、ポリプロピレン樹脂用；非イオン活性剤や潤滑油添加剤の合成原料であるアルキルフェノールのさらに原料

であるトリプロピレンの合成；アルキル-アリールスルホン酸洗浄剤の原料であるテトラプロピレンの合成；洗浄剤、水圧用液体や潤滑剤の原料であるプロピレンオキシドのさらに原料であるプロピレンクロロヒドリンの合成；アクロレイン、アリールアルコール、アリールクロリド、エピクロロヒドリン、合成グリセリン、ブチルアルデヒド、*n*-ブチルアルコール、イソブチルアルコールなどの原料。→アルケン；エチレン；ポリオレフィン樹脂

[CHARLES A. COHEN]

プロペラ(航空機用) —(こうくうきょう)

[Propeller, air] 航空機用エンジンの回転動力を航空機を推進する推力に変えるための、数枚の羽根とそれを支える中心金具(ハブ)から成る装置。船舶用プロペラとちがって、水よりはるかに軽い空気の中で運転するから、航空機用プロペラは直径が大きく、回転速度が速い。普通はエンジンの前(後ろのこともある)に装置され、エンジンの駆動軸(プロペラ軸)に直接取り付けられている。

プロペラ羽根は回転する翼型といってよく、翼型の揚力に相当するのは、航空機を推進させるプロペラ軸方向の推力である。→翼

プロペラ型式 最も簡単なプロペラ型式は、小型低速機に使われている2枚羽根の固定ピッチのものである。高速航空機では、離陸、上昇、巡航、着陸などそれぞれの飛行条件に対する効率を最高にするため、羽根角を変える装置が必要になる(Fig. 1)。この可変ピッチ・プロペラは、2段ピッチ式、任意ピッチ式、定回転式、フェザリング式、逆ピッチ式に分類できる。2段ピッチ式は、離陸上昇と巡航に相当する2つの羽根角に限られる。任意ピッチ式は、低ピッチから高ピッチまでの任意羽根角をとることができるもので、すべての飛行条件に精密に対応できる。定回転式は任意ピッチ式であるが、すべての飛行条件下でエンジンの回転速度を一定に保てるよう羽根角を自動的に変える調速機がついている。

フェザリング式は任意ピッチ式あるいは定回転式の通常の羽根角範囲以上に羽根角を増してフェザー位置まで増すことができるものである。フェザリング式は多発動機航空機の安全のために必要で、あるエンジンが故障するとそのプロペラは風車となって回転し、抵抗になるから、そのときは羽根角を増して風車回転を止める。このようなことは、羽根角がプロペラ回転面に対して、ほぼ90°のときになる。

逆ピッチは、任意ピッチ式あるいは定回転式で、羽根角をゼロあるいは負の値にまで減らす装置をもつものである。羽根角を負にすると、プロペラの回転方向は同じでも推力は負、すなわち、抵抗となり、航空機の着陸時のブレーキ作用、あるいは多発動機水上機が回転運動するときに便利である。

ピッチ制御機構 可変ピッチ・プロペラのハブの中でピッチを変換する機構には、油圧式、電気式、機械式、自動式がある。油圧式では、ポンプで油圧を作り、その油圧がピストンに供給され、ピストンが回転運動をしている羽根のつけ根に歯車結合またはリンク結合されている(Fig. 2)。油圧は、2段ピッチ式では手動で調節し、定回転式では調速機によって調整する。電気式では電動機の回転を減速歯車で結合してプロペラ羽根を回転させる。電動機を調速機で調整すれば定回転式になる。機械式は手動でプロペラ羽根が変えられる程度の小馬力の航空機に使われる。自動式は過去に使われたことはあるが、現在ではもはや旧式となった。自動式は羽根角を変えるため、プロペラに発生する力の組合せを利用する。その力として、羽根角を減らすために推力を利用し、羽根角を増すために遠心力を利用する組合せ、羽根角を減らすためにトルク(エンジン回転モーメント)を利用し、羽根角を増すために遠心力を利用する組合せ、羽根角を減らすために推力を、羽根角を増すためにばねを利用す

る組合せなどがあつた。

ターボプロップ用プロペラは、地上の誘導路を滑走中でもエンジンが高速回転をするから、それに合せて羽根角を精密に調整する必要がある。これに対してピストンエンジン用プロペラは、着陸および滑走中は減速回転をするので、その必要はない。ただし、プロペラの強度の点では、ターボプロップエンジンにはピストンエンジンのような激しい振動がないのでかえって楽になる。

構造 初期のプロペラは板材を重ね合せて接着したブロックから削り出された。木材としてはクルミ、マホガニー、アッシュなどが使われた。鍛造アルミニウム合金から削り出した羽根は、固定ピッチ・プロペラにも可変ピッチ・プロペラにも使われた。中空鋼羽根は鋼板を溶接したり、押し出し鋼管を成形したりして作るが、表面が硬くて軽い反面、修理がむずかしいので使われなくなった。このほかに鍛造マグネシウム合金羽根も試験的に使われたが、腐食しやすいので実用にならなかった。

フェノール樹脂と高温高压プレスで処理した強化木(硬化木)は、第2次世界大戦中にドイツの木製羽根可変ピッチ・プロペラのハブと取り付け部に実用された。プラスチックあるいはグラスファイバー羽根も小型機用には使われている。

ハブは、固定ピッチの場合も可変ピッチの場合も高張力合金鍛造品から削り出す。

プロペラの設計における構造の問題は、一定の力のほかに振動力を考えなければならないので手ごわい。一定力としては、遠心力、推力、トルク力の3つがある。振動力としては、エンジンからハブへ伝わる各種振動数の振動力、この振動力による羽根の共振振動力、羽根の先端が航空機部分の近くを通過するときに受ける空気力学的振動力などがある。これらによる疲労破断を避けるため、プロペラの型式試験のときは、十分に大きい一定力と振動力をかけてテストする。また、プロペラ羽根が実際の飛行中に受ける振動力は、電気的ひずみ計を羽根の表面に張りつけて計測し、疲労破断を生じない限界内にあることを確認する。もし、危険な振動力が発生しているようであれば、プロペラ羽根の設計を変えなければならない。

効率に影響のある要因 プロペラの羽根の寸法は、直径、羽根数などの制限の範囲内で、エンジンの馬力を最も有効に推力に変えられるように決めなければならない。設計によって決めるものは、直径、羽根数、羽根幅、羽根厚、断面翼型、平面形(羽根を展開した形)、ピッチ分布、および単一回転か2重反転(2つのプロペラを重ねて反対まわりに回転する)かなどである。プロペラ羽根の先端速度がマッハ数0.95以上になると、その近くの断面の推力が減ってトルク力が増し、プロペラ効率は低下する。また、飛行速度が800 km/hrを超すと、全断面が空気圧縮性の影響を受けるため効率が低下する。

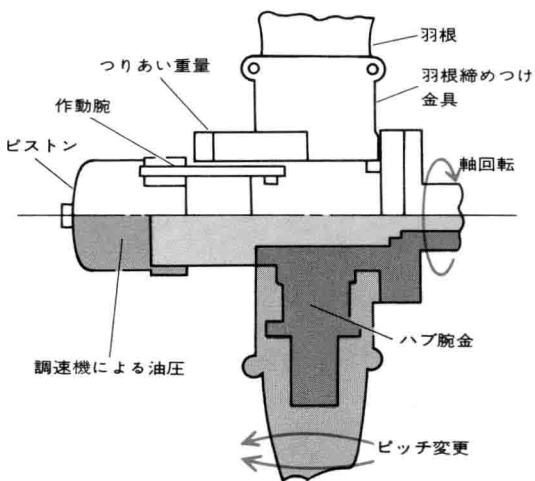


Fig. 2 可変ピッチ・プロペラのハブ機構(油圧式)

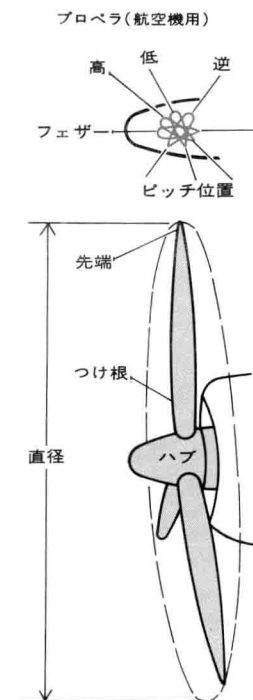


Fig. 1 航空機用プロペラの主要部と代表的ピッチ位置

プロペラの設計にあたっては風洞で実験した系統的なプロペラ羽根の性能曲線(推力, トルク, 効率を無次元係数にして描いてある)を使い, 選択または修正する。この曲線の範囲より設計点が大きくはずれているときは, やむを得ず, 羽根翼素解析といって, プロペラ羽根を空気流の方向に細分し, それぞれについて断面翼型の揚力と抗力を計算し, それらを総和してプロペラの推力, トルク, 効率を求めるが, 計算は実際とよくあわないことが多い。そんなときは, 数種の羽根を試作し, テストしてみるのが最善である。

プロペラ損失の主なもの, 羽根断面の翼型抗力, 後流の軸運動量損失, 同じく回転運動量損失, 羽根先端渦損失などで, これらを最小にすれば効率は最大になる。低い飛行速度では軸運動量損失と回転運動量損失が大きい, 高い飛行速度では両損失とも重要でなくなる。軸運動量損失と回転運動量損失は直径を大きめにとると小さくなり, 2重反転にすると回転運動量損失は減る。翼型抗力は常に大きな損失となるから, 薄くて低い抗力の翼型を使う必要がある。羽根幅と羽根数は, 与えられた各直径や馬力に対して最良値がある。最良状態ではプロペラの効率は90%にもなるが, 普通は80%以下である。

プロペラは, 通常のプロペラ航空機の最大の騒音源である。プロペラ騒音はプロペラの回転面あるいはそのやや後方で最大で, 先端速度がマッハ数1, すなわち, 音速に近づくとき激増する。また羽根数が増せば騒音の周波数は高くなるが, 強度は減る。これは同じ馬力ならば, 羽根1枚当りの馬力が減るためである。→航空機推進; 航空機騒音; 飛行機; ヘリコプタ

[DAVID J. BIERMANN]

プロペラ(船舶用) —(せんぱくよう)

[Propeller, marine] プロペラは水を後方に加速することによって, 船体にかかる抵抗に打勝って船舶を前進させる推進装置で, エンジンの出力を推進力(推力)に変換させるものである。船舶の推進装置を歴史的にみると, まずジェット・プロペラ(1782)と外輪車(1801)が現れ, ついでスクリュー・プロペラがしだいにこれに取って代るようになり, 1860年以後の外航船にはスクリュー・プロペラのみが使われるようになった。これは主として船用機関が発達し, 回転数が高くなったためである。

今日ある船用プロペラまたは船用プロペラは, 約100年前, エリクソン(J. Ericsson)が開発したものと, 本質的には同じものである。ただ, これと違う点は, 細かい部分が改善されたこと, 個々の船舶に対して設計が行われていることなどであろう。最近のプロペラの研究は, 主にプロペラ理論の精密化と, 過去においてあまり一般的でなかった各種の推進法に対する, 技術的な解明をめざしている。

スクリュー・プロペラの長所は, 重量の軽いこと, 装備のしやすいこと, 高回転数での効果の高いこと, 船の運動による影響が少ないことなどである。スクリュー・プロペラの基本的な理論は, あらゆるタイプの船用プロペラに適用できる。現在のスクリュー・プロペラは, エンジンの出力を伝えるシャフトを船外に出し, そこに流線形のハブをつけ, ハブの周囲に2枚から6枚の翼を取付けた構造になっている。この翼は, ハブと一体になっているもの, 組立式のもの, 可動式のものなどがある。スクリュー・プロペラは, 船の前後方向に取付けられた(回転)軸のまわりに回転する。翼の外形はほぼ楕円形である。一般に, 1個あるいは数個のスクリュー・プロペラが船尾のできるだけ低い位置に取付けられ, 推力を発生する(Fig. 1)。

プロペラの位置が低ければ, 船が動揺してもプロペラが水面上に露出することがなく, 有利である。翼の直径は1軸の外航船では喫水の70%以下でなければならない。→船舶設計

タグボート(引船)は, プロペラのまわりに断面が流線形の環状のノズル(コルト・ノズル)を取付けて, 低速時に大推力を出せるように設計されている。このノズルにより推力が40%程度増加する。河川用のタグボートでも最近の設計では船尾をトンネル状にして, このノズル・プロペラを取付け, 大きな推力を発生させている。またこのノズルを垂直軸のまわりに回転できるようにすれば, 強力な舵(舵)として使うこともできる(ノズル舵)。

プロペラの幾何 Fig. 2はスクリュー・プロペラの正面および側面図である。翼面は平面に展開されて描かれ, 各半径での翼の断面も示されている。また図中にはスクリュー・プロペラに使われる技術用語が示されている。プロペラを後ろから見たときに見える面を正面または正圧面と呼び, 反対側の面を背面または負圧面と呼ぶ。

いちばん簡単な翼面の形は, らせん面の一部をなしており, それが1回転したとき翼の前進する距離を, プロペラのピッチと呼ぶ。定ピッチ・プロペラではピッチは半径によらず一定である。最近の設計では船の後流(伴流とかウエークとも呼ばれる)の複雑な流れに適合するように, プロペラの半径方向のピッチを変えている(非定ピッチ・プロペラ)。このようなプロペラでは0.7R(R:半径)の位置でのピッチを, 代表的なピッチ, 平均ピッチあるいは公称ピッチと呼んでいる。ピッチPとプロペラ直径Dの比は, 無次元数であり, ピッチ比P/Dと呼ばれる。この値はスクリュー・プロペラの重要な特性値である。

プロペラ・ピッチの前進速度 nP (n は毎秒回転数)と, プロペラの周囲の流体に対する前進速度 V_A との差は, スリップ速度と呼ばれる。この速度を nP で割った無次元値は, スリップ比 S_R と呼ばれ, 次式で与えられる。

$$S_R = (nP - V_A) / nP = 1 - V_A / nP$$

このスリップ比は, プロペラの作動条件や効率を決める基本的な量の1つである。

プロペラ理論 最近のプロペラ理論は2つの異なった方法で発達してきた。それは運動量理論と翼素理論である。運動量理論によれば, プロペラに発生する推力は, 周囲の流体(スリップ流)の運動量の変化で与えられる。翼素理論では, プロペラの翼面を各半径位置での要素,

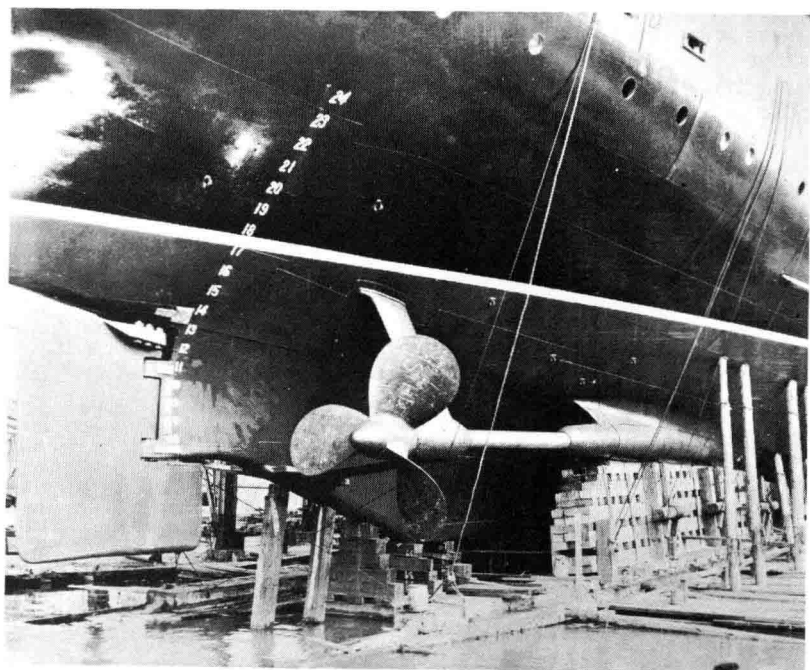


Fig. 1 2軸船フロリダ号の船尾 右舷(右)の3翼のプロペラとシャフトが見える。左舷のプロペラは舵のうしろで見えない。(Design and Construction of Steel Merchant Ships, Society of Naval Architects and Marine Engineers, 1955)

すなわち翼素に分け、各翼素にかかる力を計算し、それを半径方向に積分して、プロペラ全体にかかる推力およびトルクを求める。運動量理論では、プロペラの形状の良否などについてはなにもわからない。しかし効率についての基本的に重要な公式が得られる。翼素理論を使えば、プロペラ形状の変化の影響を知ることができるが、効率については正しく計算できない。

この2つの古い理論の利点を加え合せた新しい理論として、循環理論がある。この理論は、翼面を渦で置き換え、その渦による誘起速度を考えたものである。初期の理論は、プロペラの翼面にかかる力を、翼面の中央に置いた1本の揚力線(渦線)で置き換えた揚力線理論であった。この理論は、実際のプロペラ翼面を〈揚力線〉、すなわち実際の翼と同じ渦度分布をもつ仮想的な渦で置き換えるもので、他の翼の影響や翼厚の影響が、いろいろな修正係数により考慮される。こうした修正係数によって、理論値を実際のプロペラ性能に合せることができたのである。

揚力線理論が発展し、最近の大容量コンピュータの開発とあいまって、翼面全体を渦面で表した揚力面理論が展開された。この理論は、プロペラ翼面を小さな要素に分け、それにかかる力を考えることによって、翼面同士の干渉や肉厚の効果なども考慮することができる。この理論を適用したプロペラ設計には、コンピュータを使わなければならないが、荷重分布を任意に与えることができるので、非常にキャビテーション性能のよいプロペラを設計することができる。さらにこの理論を発展させることにより、プロペラ翼面が船体近くを通るときに発生する変動力の計算も、行うことが可能である。

しかし船の伴流(流速の変化している部分)中で作動しているプロペラの理論はまだない。したがって、ある与えられた船体に対して最適のプロペラを理論的に求めることは、まだ不可能である。初期の簡単な揚力線理論を使っても、大型のコンピュータを使った複雑な理論とあまり変りない結果が得られる。

模型試験 プロペラ設計のために、小型のプロペラ模型を使って系統的模型試験が行われている。この方法はウィリアム・フルード(William Froude)によって始められたものであるが、現在でもよく使われており、プロペラの設計と解析にいちばん直接的で時間のかからない方法である。船体とプロペラの干渉は、試験水槽(※3)で模

型船の自航試験を行って知ることができる。→試験水槽

プロペラの数 一般に満載状態では、2軸より1軸の方が推進効率が高い。これは2軸では軸の支持部(ブラケットなど)を船体から出さねばならず、この部分の抵抗が加わるためである。しかしタンカーのような船ではバラスト状態のときは、満載状態と異なり2軸船の方が効率がよくなる。

出力が5万馬力を超える大型高速船でも、十分1軸で馬力を吸収できる。さらに大馬力になれば多軸(一般に2軸または4軸)にしなければならない。喫水の浅い大馬力のタグボートなどでは、プロペラの最大径が押えられ、1軸当たり有効に吸収できる馬力の大きさが制限されてしまう。また推進用のディーゼルエンジンの数によって、プロペラの数を決る場合もある。

一般に普通のエンジンを使った場合、1軸推進に比べ、多軸推進船は建造費用がよけいにかかり重量も増加する。しかし運航上の利点や、エンジンの故障の際の安全性などを考えると、特に大型客船においては、多軸船が好ましい。

翼数 単独効率の最大値と最高推進効率時の最適直径は、プロペラの翼数が増すと、わずかに減少する。実際の翼数は、2〜7枚、普通は4, 5枚である。翼数が2枚のプロペラは、高速モータボートやヨットの補助的な推進機関として使われている。ヨットの場合、プロペラは船尾の垂直部に格納することができる。

大型船では、船体やエンジンの固有振動数や、使用する速度範囲での主(1次)振動数の値も、翼数を決定する重要なファクターである。船体の共振や推進軸系の共振は、ぜひ避けなければならない。

プロペラの振動 プロペラの起振力は回転数に等しい振動数のもの、それに翼数を乗じた振動数のもの、さらにはその整数倍のものがある。回転数に等しい振動数のものは、機械的なアンバランスや、翼の間隔、ピッチ、形状の不整、翼の破損などによって起る。翼数による起振力は、プロペラと(そのプロペラが回転している)流場の不均一性との干渉、およびプロペラと近くの船体の干渉により発生する。船尾にかかる垂直力および水平力も、船体振動を引き起す。トルクと推力の変動はプロペラ・シャフトやエンジンの振動を引き起す。よい性能を得るためには、プロペラへ均一な流れが流入するような船尾形状と、プロペラと船体との間の十分なクリアラン

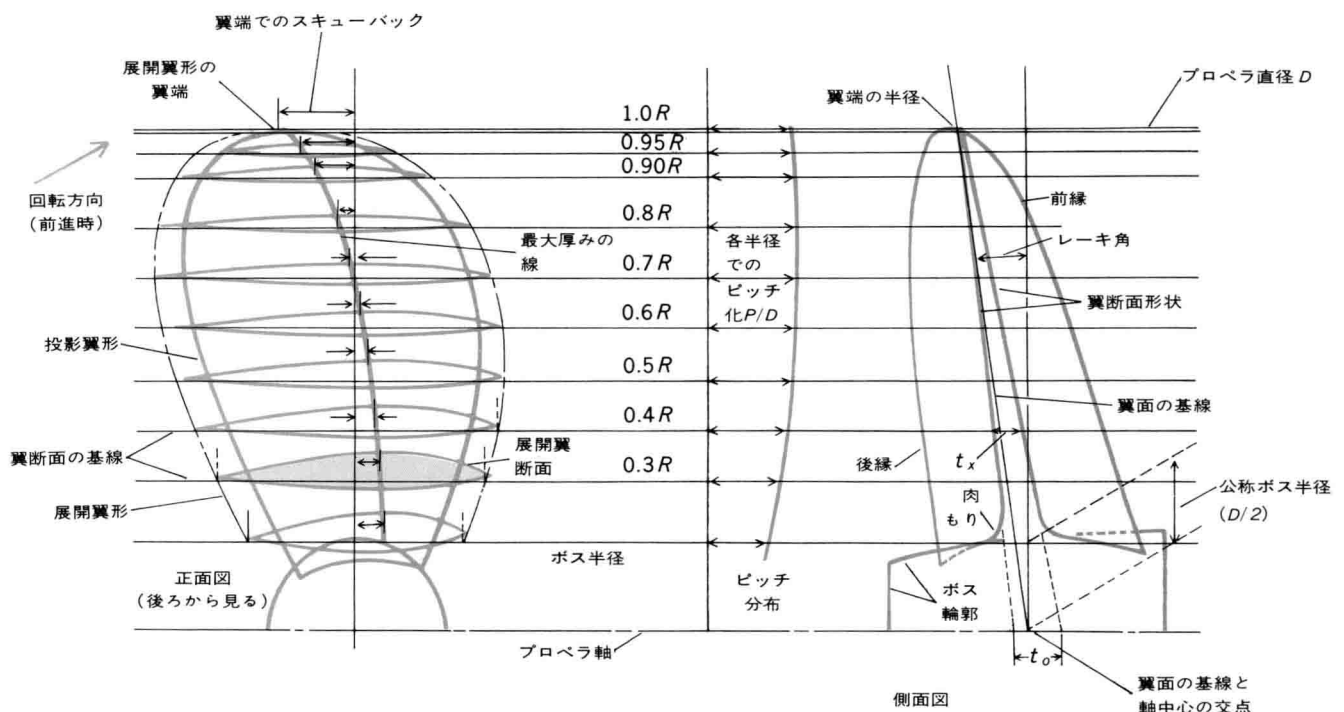


Fig. 2 スクリュー・プロペラ

スが必要とする。

特殊な条件のもとでは、プロペラ翼の振動により可聴音(鳴音プロペラ)が出ることがある。これはほとんどの場合、プロペラ翼の後縁を特別に削って角形とし、はくり点が動かないようにすることによって、防止したり減らしたりすることができる。船体振動については、さらに〈項目〉船舶の推進と操縦を参照。

プロペラ・キャビテーション プロペラ翼面で水蒸気泡(気泡)が発生することをキャビテーションと呼び、騒音や振動を引き起し、ときにはプロペラ面の浸食の原因になる。この現象は、高速、高馬力の船舶に特に著しい。プロペラの周速(度)や前進速度があまり高くないときには、翼断面形状をうまく選定することによって、キャビテーションの発生を遅らせることができる。プロペラの設計に当っては、翼の循環理論が非常に助けになるが、模型プロペラをキャビテーション水槽の中に入れ、実船と相似の運転状態で、しかもキャビテーション指数が同じ条件のもとで、キャビテーション試験をすることがぜひ必要である。一回流水槽

極めて高速の船(50ノット以上)では、キャビテーションはもはや避けられない。しかし、このような状態のもとでも理論と実験の進歩により、かなり推進効率の高いプロペラを設計することができる。このプロペラは、翼の背面がキャビテーションで全面おおわれるようにしたもので、スーパーキャビテーション・プロペラと呼ばれる。このようなプロペラでは、キャビテーション気泡の崩壊が翼面上で起らないので、浸食の危険はない。このプロペラの翼断面形状は先端がとがり、後縁が厚いくさび形をしている。スーパーキャビテーション・プロペラおよびキャビテーション現象については〈項目〉空洞(くう)現象を参照。

キャビテーションの危険のあるプロペラには、普通に使われるマンガング銅より耐浸食性のある金属を使うのがよい。ニッケル-アルミ青銅はこの目的にかなっており、しかも軽くてじょうぶなので、より薄い翼断面を使用することができる。ある種のステンレス鋼合金は、高荷重のプロペラにしいに使用されるようになってきている。

可変ピッチ・プロペラ 可変ピッチ(可動翼)・プロペラでは、プロペラのボスと翼が別々に作られ、組立てられる。そして翼が回転して前進から後進までの任意のピッチ角を取ることができ、主機の出力特性に応じたピッチで運転することができる。したがって、可変ピッチ・プロペラを使えば、定格回転数で定格馬力のまま、あらゆる運転状態でエンジンを運転でき、常に最大スラストが得られ、即応性があり、後進も可能で運転しやすい。

例えば、ディーゼルエンジンはトルクに制限があるが、可変ピッチ・プロペラと組合せ、ピッチを適当に変えることにより、あらゆる運転条件のときにトルクをその制限以内に保つことができる。このことは、荷重が非常に大きく変るような船については特に有利である。例えばタグボートは単独に走っているときと、バージを低速で曳航(えいこう)しているときでは、荷重が大きく異なるし、往航は満載状態で復航はバラスト状態で走る船もその例であって、ほかに救助艇、トロール漁船、フェリーボート等にも適切なものである。

数台のエンジンの出力で1基のプロペラを駆動する、マルチ・ディーゼルエンジンの場合には、エンジンの回転数は変わらないのに、運転する台数によって出力が変化するので、可変ピッチ・プロペラを使うのが適当である。また、ガスタービンのように逆転装置のないエンジンを船用に使用する場合も、可変ピッチ・プロペラと併用すれば後進力を得ることができる。プロペラ翼のピッチを変えるには、油圧または電気サーボ・モータを中空シャフトの中で作動させる。プロペラのピッチは、船のブリッジで直接コントロールできる。

近年、可変ピッチ・プロペラが発達し、大馬力のものも作られるようになった。現在計画中のものには、軸馬

力4万馬力のものがある。可変ピッチ・プロペラの採否については、運転しやすいなどの利点と、構造が複雑で製作費が高くなるという欠点ををはかりにかけ、それぞれの場合について検討しなければならない。

タンデム・プロペラと2重反転プロペラ 喫水が浅いとかその他の理由で、プロペラの直径が制限されていると、プロペラの翼面荷重が大きくなり、効率は低下し、キャビテーションの危険性が増加する。この問題は荷重を2つのプロペラに分ければ解決できる。そのために1軸に2つのプロペラをつけ、同じ方向に回転させる。このプロペラをタンデム・プロペラと呼ぶ。この場合に2つのプロペラが同じ方向に回転すると、前のプロペラの後流の回転方向のエネルギーは、後ろのプロペラによりますます増加してしまう。前のプロペラによる回転エネルギーを後ろのプロペラで取戻すという考えには魅力があり、この考えが2重反転プロペラを進歩させた。

プロペラは、プロペラに流れ込む水流を軸方向および回転方向に加速して、水にエネルギーを与えている。軸方向の加速は、プロペラの推力となるものであるから、これを減らすことはできない。しかし、回転方向の加速による損失は、推進の役に立たないものであり、これを2重反転プロペラで減らすことができる。2重反転プロペラは、同じ軸に前後に2基のプロペラをつけ互に反対方向に回転させるもので、後ろのプロペラは前のプロペラの回転方向の流速を打消すように設計されている。

2重反転プロペラは魚形水雷にはずっと以前から使用されてきたが、それは高効率を得られ、また回転トルクのバランス、すなわち水雷が回転しないようにできるからである。しかし、2重反転プロペラは船舶用としては機構が複雑なため、ほとんど使われることがなかった。ただ、この種のプロペラを装備した船について、推進効率が15%も上昇したことが報告されている。2重反転プロペラの模型実験は数多く行われているが、2つのプロペラの出力をどのように配分すれば最適になるのかは、まだ正確にはわかっていない。それで、実船に採用するには、模型実験で確認することが必要である。

Fig. 3は、高速貨物船について、1軸、2軸、オーバーラッピング・プロペラ、および2重反転プロペラの各場合を、それぞれの性能を比較したものである。オーバーラッピング・プロペラとは、2軸プロペラであって、プロペラの軸間距離がプロペラの直径より小さいものをいう。すなわち、左右のプロペラの翼が重なり合うため、2つのプロペラを前後させて取付けたものである。

フォイト・シュナイダー・プロペラ プロペラ基板が垂直軸のまわりに回転する方式のプロペラで、1928年ごろ発明されたものである。このプロペラの基板は船底と同じ平面になるようにセットされ、この基板の円周近く

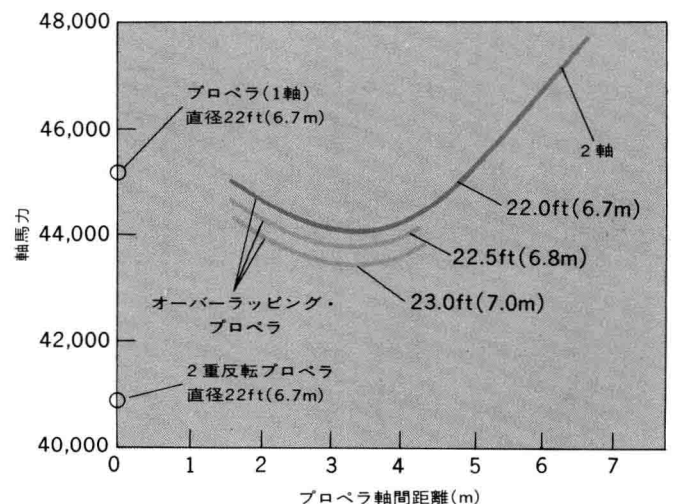


Fig. 3 高速貨物船での1軸プロペラ、2軸プロペラ、オーバーラッピング・プロペラ、2重反転プロペラの性能の比較

に数枚の翼が垂直に取付けられている(Fig. 4)。
この翼のついた基板が垂直軸のまわりに回転し、その翼の方向を変えてやると、前後、左右に自由に推力を出すことができる。このため、船の旋回半径が小さいなど非常に即応性があり、低速での操縦性がよい。しかし、重くて構造が複雑なため、特殊な用途の船にしか使われない。
ダクテッド・プロペラ プロペラのまわりに適当な形状の円筒をつけたダクテッド・プロペラ(コルト・ノズルともいう)の理論は、最近非常に発達し、23万トンという大型タンカーにまでダクテッド・プロペラが装備されるようになった。ダクテッド・プロペラは、初期には引船や押船に広く使われた。これらの船は、大きさの割に大推力が必要で、普通のプロペラでは効率が低下するからである。初期の設計は系統的模型試験によるものだったが、最近では水流に対する船体の影響まで考慮に入れた理論が考えられている。ダクテッド・プロペラの利点は、普通のプロペラと比較して、プロペラ径が小さく、回転数が高いときにも効率が低下しないこと、ダクトにより流れを一様にするにより、キャビテーション性能を改善できることなどであろう。またプロペラ荷重が大きいときには、普通のプロペラに比べて、かなり効率が上昇する。さらに、普通のプロペラでよく経験する横

方向の振動も、一部はダクトにかかる力で打消される。
Fig. 5は、タンカーについて、普通のプロペラとダクテッド・プロペラの性能を比較したものである。
[JACQUES B. HADLER/JOHN G. HILL]

ブロームグラス

[Bromegrass] ブロームグラスは北温帯地方に見いだされるブロムス属*Bromus*の植物の総称で、非常に好性がよく、栄養価値の高い牧草である。これらのうち、スムースブロームグラス*B. inermis*が最も重要である(図参照)。この種は1880年代に自生地の中部ヨーロッパおよびロシアからアメリカに導入され、冬寒く雨の少ない

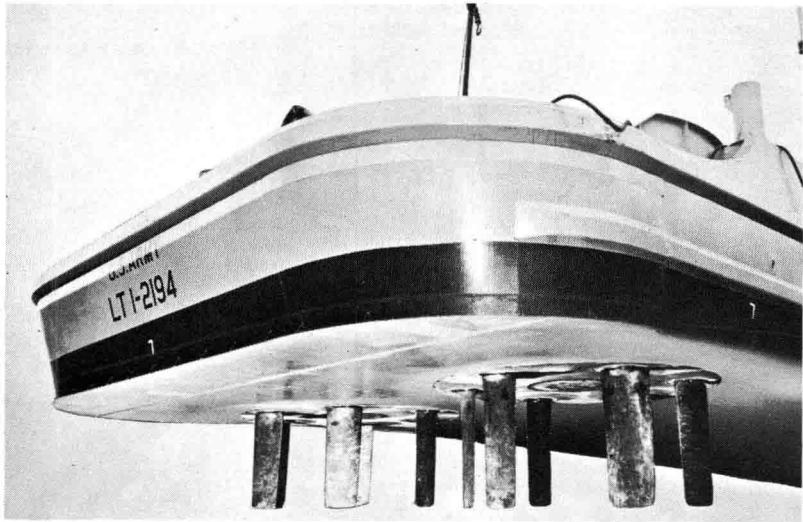


Fig. 4 アメリカ軍のタグボートに取付けられた2台のフォイト・シュナイダー・プロペラ 1,100馬力のエンジンで駆動され、翼の長さは4.5ft(約1.4m)。(Pacific Car and Foundry Co.)



スムースブロームグラス*Bromus inermis* (a)全個体、(b)小穂、(c)花序(穂)。

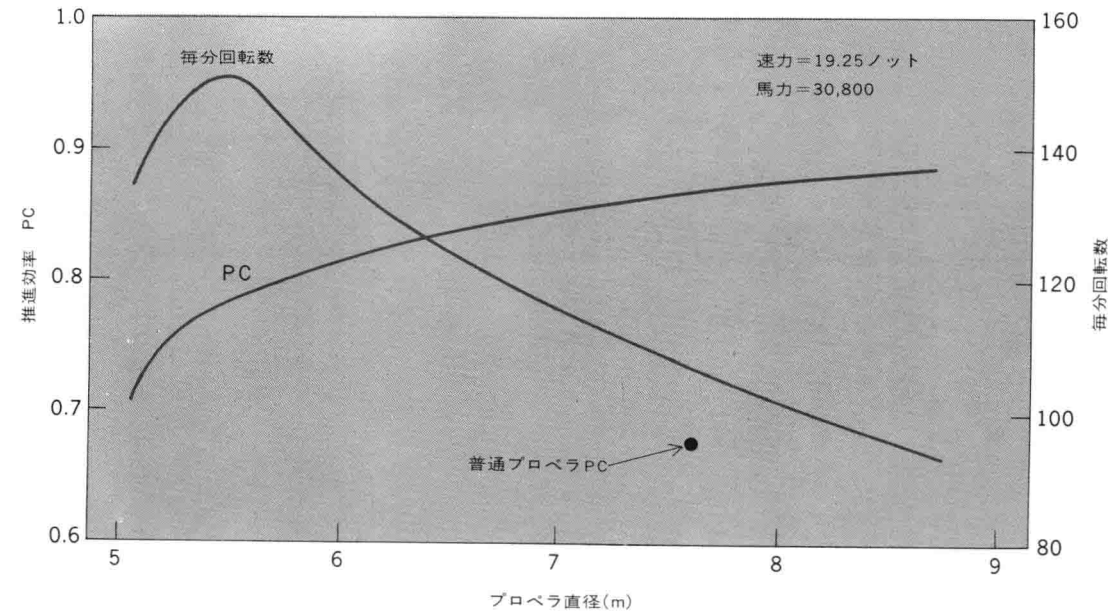


Fig. 5 タンカーでの普通のプロペラとダクテッド・プロペラの性能の比較