

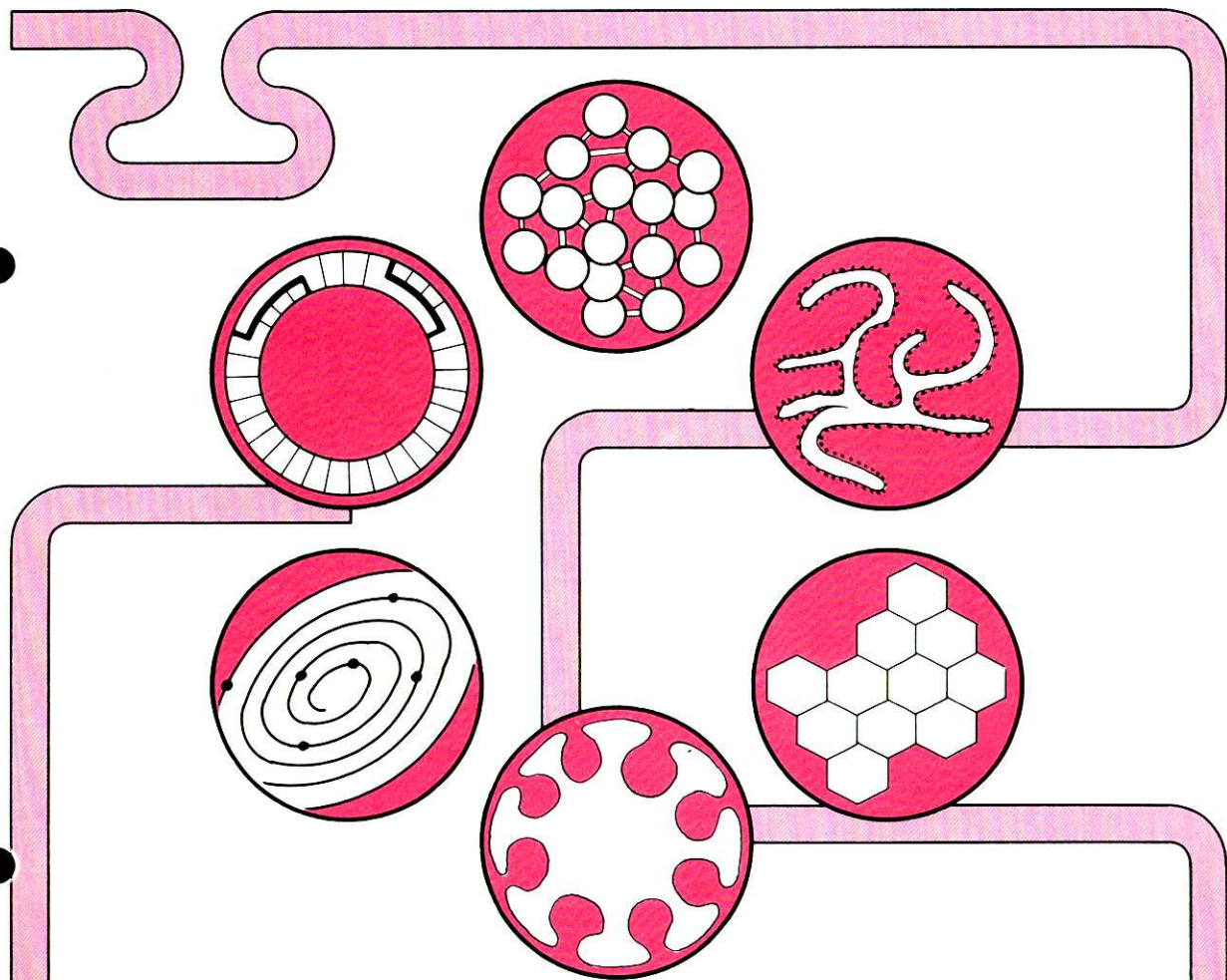
THE

CHEMICAL TIMES

ISSN 0285-2446

KANTO CHEMICAL CO., INC.

1986年 No.3 (通巻121号)



目 次

糖分析試薬としてのレクチン.....	東京薬科大学 教授 薬学博士 大 熊 誠 一	2206
私の古生物誌(5).....	千葉県衛生研究所 医学博士 福 田 芳 生	2214
——魚竜の話(その1)——		
薬学ゆかりの外国人(23).....	日本薬史学会 薬学博士 根 本 曾代子	2222
——キュリー夫妻 Pierre Curie: Marie Curie ——		

新製品紹介.....	2213
編集後記.....	2224

糖分析試薬としてのレクチン

東京薬科大学 教授 薬学博士 大 熊 誠 一

1888年、H. Stillmark はヒマ種子中に赤血球^{※1}を凝集するタンパク質の含有されていることを見出したが、この赤血球凝集素の発見は、さらに1949年にいたって W. C. Boyd¹⁾による血液型特異的凝集素の発見へと発展した。Boyd¹⁾はラテン語の *legere* (選び出す) より、これら凝集素をレクチン(lectin)と名付けたが、その後の諸家による研究から、これらレクチンは次のように定義されるようになった。²⁾ “レクチンとは、免疫反応の産物以外の糖結合性タンパク質 (あるいは糖タンパク質) で、細胞を凝集し、あるいは複合糖質と反応して沈降体を形成するものをいう”。現在、レクチンには植物レクチン^{1)~4)}の他に動物レクチン^{3),5)}や微生物レクチン^{4),6)}などが知られている。これらレクチン類は上記の赤血球凝集性以外に多くの興味深い細胞生物学的特性^{3)~5),7),8)}や特異的な糖結合性^{2),4),7)}を示すが、ここでは特に糖結合特異性を有するため糖分析試薬として有用なレクチンを紹介してみたいと思う。なお、レクチンの生物学、生化学、臨床生化学などの最近の研究成果については単行本⁸⁾があるのでそれを参照していただきたい。

I レクチンの種類と糖結合特異性

1. L-フコース結合性レクチン

1・1 *Anguilla japonica* レクチン (ウナギ抗Hレクチン)

このレクチンは分子量123000-140000の糖タンパク質であるが、分子量40000のサブユニットの3量体または4量体として構成されている。⁹⁾ このレクチンはO型の赤血球を強く凝集する。^{7),10)} A₂型とは多少反応するが、A₁やB型の赤血球とは反応しない。⁷⁾ また、このレクチンは α -Fuc^{7),10)}や Fuc $\alpha 1 \rightarrow 2$ Gal¹¹⁾一残基に結合特異性を示し、さらに 3-O-Me-D-Fuc, 3-O-Me-Galとも α -Fucに対すると同様の親和性を示す。⁷⁾

1・2 *Lotus tetragonolobus* (ミヤコグサ) レクチン(LTA)

この植物は *Asparagus pea* ともいわれ、LTA は分子量が120000のA イソレクチン (4量体)、58000のB イソレクチン (2量体)、117000のC イソレクチン (4量体) がある。いずれのイソレクチンのサブユニットも分子量は27000-32000である。¹²⁾ これらのイソレクチンはいずれもウナギ血清型の抗Hレクチンであり、²⁾ O型の赤血球を強く凝集する。^{7),13)} O>A₂ レクチンは α -Fucや2-O-Me-D-Fucに対して結合特異性を示し、^{7),13)} Fuc $\alpha 1 \rightarrow 2$

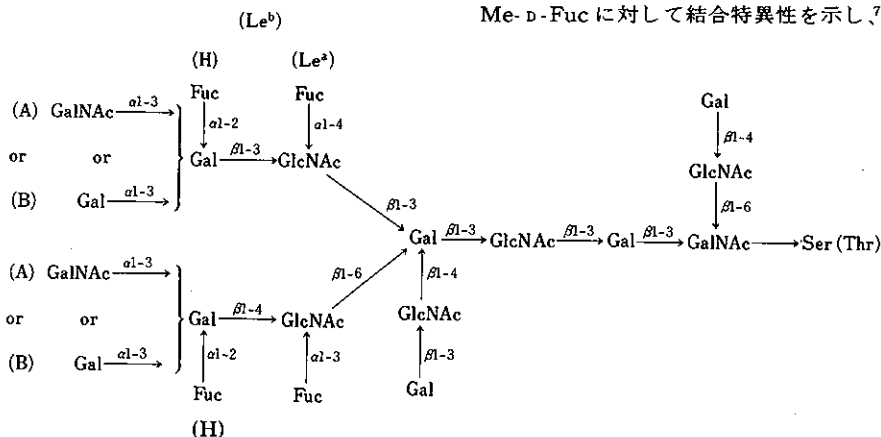


図1 ABO (H)・ルイス式血液型物質(卵巣ノウ腫ムチン)の糖鎖構造⁷¹⁾

※1 単に赤血球というときはヒトの赤血球を指す。

Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc 残基に対しては高度な特異性を示す¹⁴⁾。このレクチンと反応するためには Fuc 残基の C4 位が置換されず、かつ、C2 位と C3 位に酸素原子の存在

することが必要である。¹⁵⁾ このレクチンは H 型物質の未置換状態のタイプ II の糖鎖(表 1、図 1)と特に強く反応する。¹⁵⁾

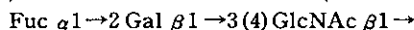
表 1 ABO(H)・ルイス式血液型抗原の活性糖残基構造

特異性	構 造			
	タ	イ	ブ	II
H (O)	Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 3GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc			Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 4GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc
A	GalNAc1 $\xrightarrow{\alpha}$ 3Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 3GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc			GalNAc1 $\xrightarrow{\alpha}$ 3Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 4GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc
B	Gal1 $\xrightarrow{\alpha}$ 3Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 3GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc			Gal1 $\xrightarrow{\alpha}$ 3Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 4GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc
Le ^a	Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 3GlcNAc1----- 4 $\uparrow$ α 1 Fuc			
Le ^b	Gal1 $\xrightarrow{\beta}$ 3GlcNAc1----- 2 $\uparrow$ α 1 Fuc		4 $\uparrow$ α 1 Fuc	

1・3 *Ulex europaeus* (ハリエニシダ)レクチン(UEA)

UEA は Gorse phytohemagglutinin ともいわれるが、UEA I (分子量40000-60000の糖タンパク質)と UEA II (分子量105000の糖タンパク質)との2種類がある。^{16),17)} 両イソレクチンは共に O 型の赤血球を凝集する。¹⁸⁾ O⁺A₂ A 型と AB 型の重型の判定、¹⁹⁾ 分泌型と非分泌型との判定に利用されている。²⁰⁾ UEA I は α -Fuc(Fuc α 1 $\rightarrow$ 2Gal) 残基に特異性を示し、²¹⁾ UEA II は N, N'-シアセチルキトビオースにより赤血球凝集反応が阻止されるが、Fuc により反応は阻止されない。^{20),21)} UEA II は下記のシチサス型の構造を認識する。¹¹⁾

シチサス型 H 構造



ウナギ血清型 H 構造

Asn: アスパラギン Fuc: L-フコース Gal: D-ガラクトース Me: メチル NANA: N-アセチルノイラミン酸
GalNAc: N-アセチル-D-ガラクトサミン Glc: D-グルコース NGNA: N-グリコリルノイラミン酸 Ser: セリン
GlcNAc: N-アセチル-D-グルコサミン Man: D-マンノース Thr: スレオニン

2. ガラクトースまたは N-アセチルガラクトサミン結合性レクチン

2・1 *Agaricus bisporus* (マッシュルーム)レクチン (ABA)

ABA の分子量は58500であり、赤血球を凝集する。²²⁾ このレクチンは表 2 に示されるように Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc α 1 $\rightarrow$ 残基を特異的に認識する。²³⁾

2・2 *Arachis hypogaea* (ピーナツ)レクチン(PNA)

この植物は peanut である。PNA の分子量は110000であり、分子量27500のサブユニットの4量体として存在している。²⁴⁾ PNA は赤血球を凝集しないが、シアリダーゼ処理された赤血球を強く凝集する。²⁵⁾ PNA は抗 T 試薬として赤血球の汎血球凝集反応試験^{25),26)}や腫瘍細胞(T抗原)の診断²⁷⁾に使用される。PNA は Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc 残基 (T 抗原反応基²⁷⁾)を認識するので(表2、3)、^{25),28)}

表2 ^{125}I -レクチンと赤血球の結合反応に対する各種糖類の阻止活性⁴⁴⁾
(数字は阻止の%を表わす)

糖	ABA	PNA	BPA	RCA
None	0	0	0	0
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc	53	85	75	23
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc α $\rightarrow$ N-Ts*-Ser	80	92	80	18
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc β $\rightarrow$ N-Ts*-Ser	15	85	80	24
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc α $\rightarrow$ CH ₂ Ph**	82	85	78	22
GalNAc α $\rightarrow$ N-Ts*-Ser	0	6	52	9
GalNAc β $\rightarrow$ N-Ts*-Ser	4	11	75	2
Gal	8	56	45	30
GalNAc	0	5	77	0
Gal α 1 $\rightarrow$ 6Glc	0	41	43	31
Gal β 1 $\rightarrow$ 4Glc	0	74	56	77
Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc	0	21	42	86

* トシル, **ベンジル.

表3 若干のレクチン類の糖残基への反応性²⁸⁾

オリゴ糖残基	PNA	BPA	MPA	SJA
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc α 1 $\rightarrow$ Ser or Thr	++++	++++	++++	++++
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GlcNAc β 1 $\rightarrow$ R	+	+++	-	++
Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc β 1 $\rightarrow$ R	++	+++	-	++
GalNAc1 $\rightarrow$ Ser or Thr	-	+++	++++	++++

++++: 最高の反応性 +++: 最高の約 $\frac{1}{2}$ の反応性

++: 最高の約 $\frac{1}{10}$ の反応性 +: 最高の $\frac{1}{20}$ - $\frac{1}{100}$ の反応性

沈降反応-阻止法によってレクチンの活性は測定された。

この糖残基を有する糖タンパク質(T抗原)とよく反応する²⁵⁾。また、PNAはGal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc α GalNH₂= α -Galのように遊離のガラクトサミンや結合型の α -Gal残基と反応し、⁷⁾ Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAcやGal β 1 $\rightarrow$ 3GlcNAcなどの糖残基とも弱く反応する(表2, 3)。^{25), 28)} PNAは糖鎖の非還元末端位にGal残基のある糖タンパク質や脱シアル化されたNNまたはMM抗原の精製に利用されている。¹⁸⁾

2・3 *Bandeiraea simplicifolia* (バンデイラマメ) レクチン (BSA)

BSAにはBSA IとBSA IIとがある。BSA Iは分子量114000の糖タンパク質で分子量28500のサブユニットの4量体である。²⁹⁾ BSA IIは分子量113000の糖タンパク質で分子量28500のサブユニットの4量体より構成されている。³⁰⁾ BSA IはB型とAB型の赤血球を強く凝集するが、A₁型の赤血球とは弱く反応し、A₂型とO型赤血球とは反応しない。^{7), 29)} BSA IIは赤血球を凝集しない。^{30), 31)} BSA Iは α -Gal α $\rightarrow$ α -GalNAcのように、BSA IIは β -GlcNAc α $\rightarrow$ α -GlcNAcのようにそれぞれの糖残基を認識する。⁷⁾

2・4 *Bauhinia purpurea* (ムラサキモクワシジュ) レクチン (BPA)

BPAは分子量195000の糖タンパク質である。³²⁾ BPAはMN型特異性を示さない。³²⁾ 表2-4に示されるようにGal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc残基やGal β 1 $\rightarrow$ 3(4)GlcNAc残基に反応性を示すが、GalNAc残基に特に親和性がある。³²⁾ 細胞表面上のムチン型糖鎖(図2)の検出に有用である。³²⁾

2・5 *Dolichos biflorus* (ドリコスマメ) レクチン (DBA)

この植物はHorse gramともいう。DBAは分子量120000-130000の糖タンパク質で分子量30000のサブユニットの4量体である。²⁾ A₁型^{21), 7)}の赤血球を凝集し、また、A型物質と反応して沈降体を形成する。³³⁾ A₂型赤血球やA₂型物質との反応性は弱い^{21), 7)}。細胞表面構造や分泌型物質の研究にはDBAは有用である。¹⁸⁾ DBAは α -GalNAc α -Gal⁷⁾のようにそれぞれの糖残基と反応するので(表4)、糖鎖の非還元末端位の α -GalNAc残基の検出に有用である。³³⁾ ストレプトコッカスC型多糖や脱シアル化された羊の顎下腺ムチンと反応して沈降体を形成する。³³⁾

2・6 *Glycin max* (ダイズ) レクチン (SBA)

この植物はSoybeanともいわれている。SBAは分子量120000の糖タンパク質で分子量30000のサブユニットの

表4 レクチン類の糖残基への反応性²⁸⁾

糖鎖の非還元末端部位のオリゴ糖残基	DBA	PNA	BPA	SBA	MPA	RCA
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GlcNAc		+	+		-	+
Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc	-	+	+	-	-	+
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc α 1 $\rightarrow$ Ser or Thr	-	+	+	-	+	+
Gal β 1 $\rightarrow$ 3GlcNAc β 1 $\rightarrow$	-	+	+	-	-	
GalNAc α 1 $\rightarrow$ 非還元末端		+	+		+	+
GalNAc α 1 $\rightarrow$ Ser or Thr	+	-	+	+	+	+
GalNAc α 1 $\rightarrow$ 3Gal β 1 $\rightarrow$ 3GlcNAc	+	-	+	+	+	
GalNAc α 1 $\rightarrow$ 3GalNAc	+	-	+	+	+	
GalNAc β 1 $\rightarrow$ Ser or Thr		-	+		+	+

+ : レセプターとの反応陽性、赤血球凝集反応陽性または糖タンパク質や多糖体との沈降反応陽性を示す。

- : 結合または沈降反応が陰性であることを示す。

4量体である。³⁴⁾ 赤血球を A>O>B の順に凝集する。³⁵⁾ SBA は α -GalNAc β -GalNAc β - α -Gal のように糖鎖の非還元末端に存在するそれぞれの糖残基を認識する。^{7), 35)} BSA はこれらの糖残基を有する細胞表面構造の研究や多糖体と糖タンパク質の単離に利用されている。¹⁸⁾

2・7 *Helix pomata* (カタツムリ) レクチン (HPA)

これは Edible snail ともいわれている。HPA の分子量は 80000-100000 である。^{36), 37)} A 型赤血球を A₁、A₂、A₃ の順に凝集し、B 型と O 型の赤血球とは反応しない。^{7), 30)} HPA は α -GalNAc β - α -GlcNAc β - α -Gal のように糖鎖の非還元末端に位置するそれぞれの糖残基を認識する。⁷⁾

2・8 *Maclura pomifera* (アメリカハリクワ) レクチン (MPA)

この植物は Osage orange ともいわれている。MPA の分子量は 80000-100000³⁸⁾ または 40000-43000³⁹⁾ である。赤血球を非特異的に凝集し、^{7), 40)} 汎血球凝集反応陽性の赤血球を強く凝集する。⁴⁰⁾ MPA の結合反応は Gal や GalNAc によって阻止される⁷⁾。また、MPA は糖鎖の非還元末端に存在する GalNAc 残基に反応性を示すが(表4)、Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc 残基への反応特異性は ABA のように極めて高い⁴⁰⁾ (表2-4)。

2・9 *Phaseolus lunatus* (*Phaseolus limensis*) (リママレクチン) (LBA)

この植物は Lima bean ともいわれている。LBA は分子量 247000 の LBA II と分子量 124000 の LBA III とがあるが、いずれも分子量 31000 の同一サブユニット(糖タンパク質)から構成されている。⁴¹⁾ LBA は A 型赤血球と強く反応し、A₂ 型赤血球とは僅かに反応するが、B 型赤血球とは殆ど反応しない。⁴¹⁾ O 型赤血球とは全く反応しない。⁴¹⁾ A₁>A₁B>A₂>A₂B⁷⁾ LBA は α -GalNAc β - α -Gal のようにそれぞれの糖残基を認識する。⁷⁾ LBA は A₁、A₂、B、O 型活性を示す血液型物質、ヒト卵巣ノウ腫ムチン、ブタ胃ムチンなどと反応する。⁴¹⁾ しかし、O 型物質とは反応しないという報告⁷⁾もある。

2・10 *Ricinus communis* (ヒマ) レクチン (RCA)

この植物は Castor beans ともいわれている。RCA は

RCA I (分子量 118000-120000) と RCA II (分子量 60000-65000) とがある。いずれも 2 箇のサブユニットからなる糖タンパク質である。^{18), 42)} RCA は赤血球を非特異的に凝集する⁷⁾。いずれのレクチンも糖鎖の非還元末端の Gal 残基を認識する。⁴³⁾ RCA I は β -Gal 残基、RCA II は α -Gal 残基、 β -Gal 残基および β -GalNAc 残基に対して特異性を示す。^{18), 42)} β -Gal> α -Gal⁷⁾ RCA は Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc 残基に対して特に親和性を示すが、他の二糖残基に対しても弱いながら反応性を示す(表2, 4)。^{28), 44)} RCA は正常細胞や形質転換した細胞表面の構造研究、細胞表面レセプターの解析、糖タンパク質の精製、分泌物質の研究などに利用されている。¹⁸⁾

2・11 *Sophora japonica* (エンジュ) レクチン (SJA)

この植物は Japanese pagoda tree ともいわれている。SJA の分子量は 135000⁴⁵⁾ で A 型と B 型の赤血球を凝集する。⁴⁶⁾ この SJA は β -GalNAc β - β -Gal⁷⁾ のようにムチン型と複合型の複合糖質糖鎖(図2)中のそれぞれの糖残基と反応する。²⁾ RCA は表3に示されるように Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc 残基に強く、Gal β 1 $\rightarrow$ 3(4)GlcNAc 残基に弱く反応することが明らかにされている。²⁸⁾ SJA は A 型と B 型の血液型物質と反応するが、^{45), 46)} O 型物質とは反応しない。⁴⁵⁾ 糖タンパク質の精製に利用されている。¹⁸⁾

3. マンノース、グルコース結合性レクチン

3・1 *Canavalia ensiformis* (タチナタマメ) レクチン (Concanavalin A, Con A)

この植物は Jack bean ともいわれ、Con A はタンパク質であり、中性溶液中で 4 量体として存在し、その分子量は 104000 である。²⁾ pH 5 附近の溶液では分子量 52000 の 2 量体として存在する。²⁾ Con A は α -Man> α -Glc> α -GlcNAc のようにそれぞれの糖残基と反応する。⁷⁾ α -Man、 α -Glc、GlcNAc などの糖残基を C2 位に置換した Man 残基または Glc 残基と Con A は反応するという特性がある。¹⁵⁾ Man α 1 $\rightarrow$ 2Man α 1 $\rightarrow$ 2Man>Man α 1 $\rightarrow$ 2Man>Me- α -Man の順に Con A の結合に対する阻止活性が減少する。²⁾ また、Con A は β -Fru とも反応する。⁴⁷⁾ さらに Con A はグリコーゲン、デキストラン、

α -マンナン、フルクタン、肺炎双球菌莢膜多糖、糖タンパク質（免疫グロブリン、血液型物質）、リポ多糖、テイコン酸なども反応する⁴⁷⁾。Con A と若干のマノース誘導体との反応性を表5に示す。

3・2 *Lens culinaris* (レンズマメ) レクチン (LCA)

この植物は *Lens esculenta* または *Common lentil* ともいわれている。LCA は分子量52000の糖タンパク質であるが、アミノ酸組成と電気泳動性の異なる LCA-A と LCA-B の2種類のイソレクチンからなっている⁴⁸⁾。LCA

は赤血球を非特異的に凝集する。⁴⁸⁾ LCA は α -Man > α -Glc, α -GlcNAc のようにそれぞれの糖残基と反応する。⁷⁾ α -体は β -体より LCA-A と LCA-B に強く反応する。これら2種類のレクチンは α -マンノシド結合または α -グルコシド結合をもつグリコーゲン、ホスホマンナン、ヒト血清糖タンパク質などと反応する。⁴⁸⁾ 表5に示されるように LCA は Con A と同様に GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 2Man 構造をよく認識する。⁴⁹⁾

表5 レクチンと赤血球の凝集反応に対する各種糖類の阻止活性⁴⁴⁾

糖	LCA	ConA	PEA
Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 2Man	9.2	37	18
GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 2Man	0.8	0.8	26
GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 2Man α $\rightarrow$ Me	0.8	0.4	12
GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 2Man (f) α $\rightarrow$ Me	>125	>125	>125
GlcNAc	45	90	90
Man	14	4	14
Man α $\rightarrow$ Me	13	0.4	6

数字は凝集価4の活性を完全に阻害する最低濃度 (μ mol/ml)。

(f) はフラノース構造。

3・3 *Pisum sativum* (エンドウマメ) レクチン (PEA)

この植物は *Pea* ともいわれている。PEA の分子量は53000である。¹⁸⁾ PEA は赤血球を非特異的に凝集する。¹⁸⁾ PEA は α -Man > α -Glc, α -GlcNAc のようにそれぞれの糖残基と反応する。⁷⁾ PEA は Man, Glc 残基などが C3 位に置換した Man 残基または Glc 残基を認識する。¹⁵⁾

4. N-アセチルグルコサミン結合性レクチン

4・1 *Oryza sativa* (コメヌカ) レクチン (OSA)

OSA の分子量は10000⁵⁰⁾または37000⁵¹⁾である。赤血球を非特異的に凝集する。⁵¹⁾ OSA は GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc > GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc > GlcNAc のようにそれぞれの糖と反応する。⁵¹⁾ 赤血球表面の OSA レセプターはプロナーゼ処理によって赤血球から解離される MN 型活性シアロ糖ペプチド分子中に存在する。⁵²⁾

4・2 *Triticum vulgaris* (コムギハイ) レクチン (WGA)

WGA は *Wheat ger* のレクチンであり、その分子量は36000で分子量18000のサブユニットの2量体である。⁵³⁾ WGA は赤血球を非特異的に凝集し、⁷⁾ GlcNAc と (GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc) $_2$ -4 に反応する。¹⁸⁾ GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc > GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc⁷⁾ この WGA は NANA とシアロ糖タンパク質とも反応する。^{21, 15)} GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4Man β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc 構造をもつ混合型 (混成型またはハイブリッド型ともいう) 糖鎖は WGA と強く反応する。⁵⁴⁾ WGA は正常細胞や形質転換した細胞の表層研究、糖タンパク質の精製などに利用されている。¹⁸⁾

4・3 *Ulex europaeus* (ハリエニシダ) II レクチン (UEA II)

UEA II は O 型赤血球を凝集し¹⁸⁾、H 型物質に親和性が高い(1・3を参照)。

5. シアル酸結合性レクチン

5・1 *Limulus polyphemus* (カブトガニ) レクチン (LPA)

これは *Horseshoe crab* ともいわれている。LPA は *Limulin* ともいわれ、分子量335000または460000の糖タンパク質である。⁵⁵⁾ LPA のサブユニットの分子量は22000 $\pm$ 2000である。⁵⁵⁾ LPA はマウスの赤血球を凝集するが、他の動物の赤血球は弱く凝集する。⁵⁶⁾ LPA は NANA, N GNA > D-グルクロン酸の順でそれぞれの糖酸と反応する。⁵⁵⁾ N-アセチル- α -ノイラミニル(2 $\rightarrow$ 6) N-アセチルガラクトサミニートールは NANA より LPA に対して著しく反応性に富んでいる。⁵⁵⁾ NANA や NGNA を含むシアロ糖タンパク質は LPA とよく反応する。⁵⁵⁾

5・2 *Limax flavus* (ナメクジ) レクチン (LFA)

LFA は分子量44000のタンパク質でサブユニットの2量体より構成されている。⁵⁷⁾ 赤血球を凝集する。LFA は NANA > NGNA のようにそれぞれのシアル酸と反応する⁵⁷⁾。ウシの顎下腺ムチンとは強く反応する。⁵⁷⁾

5・3 *Influenza virus* (インフルエンザウイルス) レクチン

通常、インフルエンザウイルスレクチンとしては受精鶏卵で培養したインフルエンザウイルスの A 型または B 型の懸濁液を用いる。⁵⁸⁾ このウイルスの赤血球凝集素 (HA) がレクチンとして作用する。HA は分子量75000の糖タンパク質である。⁵⁸⁾ このウイルスは赤血球を非特異的に凝集する。ウイルスは赤血球膜のグリコホリン A の N-グリコシド結合糖鎖の NANA 残基と反応する。⁵⁸⁾

6. その他のレクチン

6・1 *Iberis amara* (マグリバナ) レクチン (IAA)

IAA は MM 型と MN 型の赤血球を凝集し、M 型に特異性を示す。^{59), 60)} MM 型の赤血球の膜から得られた MM 型シアロ糖タンパク質はその結合型 NANA を除去されると IAA と反応し易くなる。⁵⁹⁾

6・2 *Phaseolus vulgaris* (インゲンマメ) レクチン (PHA)

これは Red kidney bean ともいわれている。PHA には赤血球を凝集させるレクチン (E-PHA) と白血球を凝集させるレクチン (L-PHA) とがあるが、⁶¹⁾ いずれも分子量は 140000¹⁸⁾ または 115000-126000²⁾ の糖タンパク質である。E-PHA は赤血球を非特異的に凝集する。^{18), 61)} PHA と赤血球の結合は高濃度の GalNAc によって阻害される。PHA は複合型糖鎖 (図 2) 中の Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc β 1 $\rightarrow$ 2Man 構造を認識する。⁶²⁾ PHA は細胞膜の構造分析のプローブとして用いられ、また、糖タンパク質の精製に利用されている。¹⁸⁾

6・3 *Vicia graminea* (ビシアグラミネア) レクチン (VGA)

VGA は分子量 100000 の糖タンパク質である。⁶³⁾ VGA は NN 型と MN 型の赤血球を凝集し、N 型に特異性を示す。⁶⁴⁾ VGA は赤血球の N 型活性シアロ糖タンパク質の O-グリコシド結合糖鎖中の Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc 残基を含む反応基に結合特異性を示す。⁶⁵⁾

6・4 *Vicia unijuga* (ナンテンハギ) レクチン (VUA)

VUA は NN 型と MN 型の赤血球を凝集し、VGA と同様に N 型特異性を示す。^{66), 67)} VUA は VGA と同一の血清化学的特性を示す。⁶⁷⁾

II レクチンの糖タンパク質糖鎖検出への利用

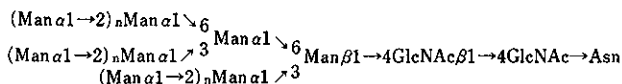
I で述べたようにレクチンは糖類や複合糖質の糖鎖と結合するので、レクチンの糖結合特異性を利用すると研究対象とする細胞膜表面に存在する複合糖質や試料としての複合糖質 (糖タンパク質、糖脂質) にどのような糖残

基が存在しているかを推測することが可能である。^{6), 15), 68), 69)} 複合糖質を特に糖タンパク質に限定すると糖タンパク質中の糖鎖には図 2 に示される N-グリコシド結合糖鎖 (アスパラギン結合糖鎖または血清糖タンパク質型糖鎖) と表 6 に示される O-グリコシド結合糖鎖 (ムチン型糖鎖) とに分けることが出来る。^{70), 71)} 前者はさらに高マンノース型、複合型および混合 (混成) 型の 3 種類に分類される。⁷⁰⁾ アスパラギン糖鎖は Man, Gal, GlcNAc, NANA の 4 種類の糖類で構成され (極めて稀に Fuc が含有されている場合もある)、一方、ムチン型の糖鎖は Gal, Fuc, GalNAc, GlcNAc, NANA の 5 種類の糖類で構成されている (稀には Glc, Man の含有されている場合もある)。したがって、Man が含有され、かつ、GalNAc が含有されていない糖鎖はアスパラギン結合糖鎖であり、逆に Man が含有されず、GalNAc や Fuc が含有されている糖鎖はムチン型糖鎖であると推定することが出来る。

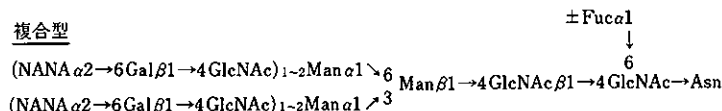
以上の事項を念頭において考えると試料がフコース結合性レクチンによる反応が陽性のときは、試料中にはムチン型糖鎖を持つ糖タンパク質が存在している可能性が高いといえよう。

ABA と MPA は Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc 残基に対する反応特異性が極めて高いので、この糖残基の検出試薬 (抗 T 試薬) として有用である。この糖残基はムチン型糖鎖には存在するが、アスパラギン結合型糖鎖には存在しないので、これらレクチンに対して反応陽性の場合は試料中にムチン型糖鎖を持つ糖タンパク質が存在している可能性は極めて高いといえよう。これらレクチンは抗 T 試薬としての特異性が高いので Adenocarcinoma の検査試薬として有用であると思われる。両レクチンの次に Gal β 1 $\rightarrow$ 3GalNAc 残基に対して親和性の強いレクチンは PNA と SJA であり、その次に親和性のあるレクチンは BPA である。Gal β 1 $\rightarrow$ 4GlcNAc 残基はアスパラギン結合糖鎖の複合型と混合型の両方に存在すると同時にムチン型糖鎖にもよく見られる糖残基であるが、この糖残基の検出には RCA が適当なように思われる。糖鎖の非選

高マンノース型



複合型



混合型

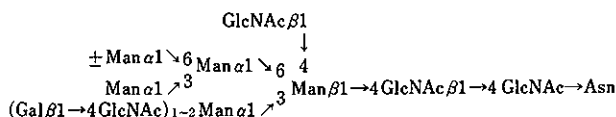


図 2 アスパラギン結合糖鎖の構造的分類⁷⁰⁾

表6 O-グリコシド結合糖鎖構造⁷¹⁾

糖鎖構造	糖タンパク質
$\begin{array}{c} \text{NANA} \xrightarrow{\alpha 2-6} \text{GalNAc} \rightarrow \text{Ser (Thr)} \\ (\text{NGNA}) \end{array}$	下顎腺ムチン
$\text{Gal} \xrightarrow{\beta 1-3} \text{GalNAc} \rightarrow \text{Ser (Thr)}$	1. 南極魚の抗凍結性糖タンパク質 2. ヒト IgA ₁ 3. HCG のβ-サブユニット 4. 軟骨ケラタン硫酸 5. TA-3細胞のエビグリカニン
$\begin{array}{c} \text{NANA} \xrightarrow{\alpha 2-3} \text{Gal} \xrightarrow{\beta 1-3(4)} \text{GalNAc} \rightarrow \text{Ser (Thr)} \\ \text{and} \\ \text{Gal} \xrightarrow{\beta 1-3(4)} \text{GlcNAc} \xrightarrow{1-2(4,6)} \text{Gal} \xrightarrow{\beta 1-3(4)} \text{GalNAc} \rightarrow \text{Ser (Thr)} \\ \uparrow \alpha 2-3 \\ \text{NANA} \end{array}$	TA-3細胞のエビグリカニン
$\begin{array}{c} \text{Gal} \xrightarrow{\beta 1-3} \text{GalNAc} \rightarrow \text{Ser (Thr)} \\ \uparrow \alpha 2-3 \quad \uparrow \alpha 2-6 \\ \text{NANA} \quad \text{NANA} \end{array}$	1. フェツイン 2. ヒト赤血球膜シアロ糖タンパク質
$\begin{array}{c} \text{Gal} \xrightarrow{1-3} \text{GlcNAc} \xrightarrow{1-3} \text{Gal} \xrightarrow{1-3} \text{GalNAc} \rightarrow \text{Ser (Thr)} \\ \quad \quad \quad \uparrow 1-6 \\ \quad \quad \quad \text{GlcNAc} \\ \quad \quad \quad \uparrow 1-4 \\ \quad \quad \quad \text{Gal} \end{array}$	1. ヒト胃ムチン 2. ヒトとブタの血液型物質の糖鎖骨格

元末端に存在する αGalNAc 残基の検出には DBA が有用であり、また、その検出には HPA や SBA も有用である。

Man 残基の検出には Con A, LCA, PEA などが用いられるが、感度の点からみると Con A や LCA がよいのである。これらレクチンによる反応が陽性の場合には試料中にアスパラギン結合糖鎖が存在しているといえよう。

GlcNAc 残基の検出には WGA か OSA のいずれかをを用いればよい。ただし、WGA はシアル酸とその複合体とも反応することを考慮しておかねばならない。

シアル酸残基の検出には LPA が有用である。インフルエンザウイルスは特異な結合型シアル酸と反応するので一般的なシアル酸残基の検出には使用出来ない。

PHA はアスパラギン結合型糖鎖中の Galβ1→4GlcNAcβ1→2Man 残基の検出に有用である。

文献

- 1) W. C. ボイド, 橋本雅一訳: 免疫化学入門, みすず書房, 73, 78 (1968).
- 2) 辻 勉, 大沢利昭: 蛋白質核酸酵素, 28, 118 (1983).
- 3) 大沢利昭, 森良一編: レクチン, 講談社 (1976).
- 4) 大沢利昭編: レクチンと細胞生物学, 講談社 (1985).
- 5) 大沢利昭編: 細胞認識と動物レクチン, 講談社 (1982).
- 6) 亀山俊之, 大石邦夫: 蛋白質核酸酵素, 28, 132 (1983).
- 7) I. J. Goldstein, C. E. Hayes: "The lectins: Carbohydrate-binding proteins of plants and animals" in *Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry* (Editors: R. S. Tipson, D. Horton) 35, 127 (1978). Academic Press, New York
- 8) T. C. Bøgg-Hansen, J. Breborowicz (Editors): "Lectins", Vol. 4 (1985). Walter de Gruyter, Berlin
- 9) A. Bezkorovainy, et al.: *Biochemistry*, 10, 3761 (1971).
- 10) P. R. Desai, G. F. Springer: *Methods in Enzymology*, 28B, 383 (1972). Academic Press, New York
- 11) I. Matsumoto, T. Osawa: *Biochemistry*, 13, 582 (1974).
- 12) A. K. Kalb: *Biochim. Biophys. Acta*, 168, 532 (1968).
- 13) J. Yariv, et al.: *Methods in Enzymology*, 28B, 356 (1972).
- 14) M. E. A. Pereira, E. A. Kabat: *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 234, 301 (1974).
- 15) A. E. Clarke, R. M. Hoggart: "The use of lectins in the study of glycoproteins" in *Antibody as a tool* (Editors: J. J. Marchalonis, G. W. Warr), 347 (1982). John Wiley & Sons, Chichester
- 16) Y. Konami, et al.: *Hoppe-Seyler's Z. Physiol. Chem.*, 362, 983 (1981).
- 17) V. Hořejší: *Biochim. Biophys. Acta*, 577, 389 (1979).
- 18) "Lectins Enzymes Antibodies", E. Y. Laboratories, San Mateo, CA (1977).
- 19) W. C. Boyd, E. Shapleigh: *J. Lab. Clin. Med.*, 44, 235 (1954).
- 20) W. C. Boyd, E. Shapleigh: *Blood*, 9, 1195 (1954).
- 21) T. Osawa, I. Matsumoto: *Methods in Enzymology*, 28B, 323 (1972).
- 22) C. A. Presant, S. Kornfeld: *J. Biol. Chem.*, 247, 6937 (1972).
- 23) R. Kaifu, T. Osawa: *Carbohydr. Res.*, 69, 79 (1979).
- 24) R. Lotan, et al.: *J. Biol. Chem.*, 250, 8518 (1975).
- 25) R. Lotan, N. Sharon: *Methods in Enzymology*, 50C, 361 (1978).
- 26) 寺田 清, 遠山 博: 検査と技術, 7, 470 (1979).
- 27) G. F. Springer: *Science*, 224, 1198 (1984).
- 28) A. M. Wu: *Mol. Cell. Biochem.*, 61, 131 (1984).
- 29) C. E. Hayes, I. J. Goldstein: *J. Biol. Chem.*, 249, 1904 (1974).
- 30) S. Ebisu, I. J. Goldstein: *Methods in Enzymology*, 50C, 350 (1978).
- 31) P. N. S. Iyer, et al.: *Arch. Biochem. Biophys.*, 177, 330 (1976).
- 32) T. Osawa, et al.: *Methods in Enzymology*, 50C, 367 (1978).
- 33) M. Etzler: *Methods in Enzymology*, 28B, 340 (1972).

- 34) R. Lathan, et al.: J. Biol. Chem., **249**, 1219 (1974).
- 35) H. Lis, et al.: Biochim. Biophys. Acta, **211**, 582 (1970).
- 36) S. Hammarström: Methods in Enzymology, **28B**, 368 (1972).
- 37) S. Hammarström: Ann. N.Y. Acad. Sci., **234**, 183 (1974).
- 38) R. J. Ulevitch, et al.: Prep. Biochem., **4**, 273 (1974).
- 39) J. N. Bauch, R. D. Poretz: Biochemistry, **16**, 5790 (1977).
- 40) M. Sarkar, et al.: Arch. Biochem. Biophys., **209**, 204 (1981).
- 41) W. Galbraith, I. J. Goldstein: Methods in Enzymology, **28B**, 318 (1972).
- 42) G. L. Nicholson, et al.: Biochemistry, **13**, 196 (1974).
- 43) S. Olsnes: Methods in Enzymology, **50C**, 330 (1978).
- 44) 寺尾允男ら: 糖タンパク質の構造と機能II, 化学の領域増刊 119号, 72(1978).
- 45) R. D. Poretz: Methods in Enzymology, **28B**, 349(1972).
- 46) W. T. J. Morgan, et al.: Brit. J. Exp. Pathol., **34**, 94 (1953).
- 47) B. B. L. Agrawal, I. J. Goldstein: Methods in Enzymology, **28B**, 313 (1972).
- 48) H. J. Sage, R. W. Gneen: Methods in Enzymology, **28B**, 332 (1972).
- 49) R. Kaifu, et al.: Carbohydr. Res., **40**, 111 (1975).
- 50) N. Yamada, et al.: 三重大学農学部学術報告, **44**, 321 (1972).
- 51) M. Tsuda: J. Biochem., **86**, 1451 (1979).
- 52) 阿部俊克ら: 薬誌, **101**, 78 (1981).
- 53) R. H. Rice, M. E. Etzler: Biochemistry, **14**, 4093 (1975).
- 54) K. Yamamoto, et al.: Biochemistry, **20**, 5894 (1981).
- 55) S. H. Barondes, T. P. Nowak: Methods in Enzymology, **50C**, 302 (1978).
- 56) J. J. Marchalonis, G. M. Edelman: J. Mol. Biol., **32**, 453(1968).
- 57) R. L. Miller, et al.: J. Biol. Chem., **257**, 7574 (1982).
- 58) 大熊誠一, 和田誠一郎: 薬局, **32**, 153, 315 (1981).
- 59) E. Romanowska: Vox Sang., **9**, 578 (1964).
- 60) 中嶋八良, 中山好子: 科警研報告, **21**, 111 (1968).
- 61) R. Kornfeld, et al.: Methods in Enzymology, **28B**, 344 (1972).
- 62) R. Kaifu, T. Osawa: Carbohydr. Res., **52**, 179 (1976).
- 63) M. J. Prigent, R. Bourrillon: Biochim. Biophys. Acta, **420**, 112 (1976).
- 64) F. Ottensooser, K. Silberschmidt: Nature, **172**, 914 (1953).
- 65) E. Lisowska, et al.: FEBS Letters, **72**, 327 (1976).
- 66) G. J. Moon, A. S. Wiener: Vox Sang., **26**, 167 (1974).
- 67) 大熊誠一ら: 医学のあゆみ, **107**, 631 (1978).
- 68) S. Kornfeld, R. Kornfeld: "Use of lectins in the study of mammalian glycoproteins" in The Glycoconjugates (Editors: M. I. Horowitz, W. Pigman), Vol. II, 437 (1978). Academic Press, New York
- 69) H. Lis, N. Sharon: "Lectins: Properties and applications to the study of complex carbohydrates in solution and on cell surfaces" in Biology of Carbohydrates (Editors: V. Ginsburg, P. W. Robbins), Vol. 2, 1 (1984). John Wiley & Sons, New York
- 70) 水落次男, 木幡 陽: 生化学, **52**, 162 (1980).
- 71) R. Kornfeld, S. Kornfeld: Ann. Rev. Biochem., **45**, 217 (1976).

<新製品紹介>

セミ分取高速液クロ用カラム Semi-prep Column

Reagents

MERCK

高速・高性能分取に！

○接続は分析用カラムと同様、各社の HPLC 装置に接続可能です。

○充填剤に LiChrosorb (7 μ m) を使用しているため、分析カラムの豊富なデータをそのまま移行でき、分析カラムで得られる高分離能を再現できます。

○サンプル負荷量は、分析カラムの数倍から数百倍程度で多量の分取が一度に行えます。

カラムサイズ250× ϕ 7mm

Cat No. 50735 ハイパーカラム	LiChrosorb Si60	¥ 90,000
Cat No. 50741 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-8	¥ 98,000
Cat No. 50794 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-18	¥ 98,000
Cat No. 50771 ハイパーカラム	LiChrosorb NH ₂	¥108,000
Cat No. 50769 ハイパーカラム	LiChrosorb CN	¥108,000
Cat No. 50772 ハイパーカラム	LiChrosorb DIOL	¥ 98,000

カラムサイズ250× ϕ 10mm

Cat No. 50935 ハイパーカラム	LiChrosorb Si60	¥110,000
Cat No. 50941 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-8	¥120,000
Cat No. 50994 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-18	¥120,000
Cat No. 50971 ハイパーカラム	LiChrosorb NH ₂	¥128,000
Cat No. 50969 ハイパーカラム	LiChrosorb CN	¥128,000
Cat No. 50972 ハイパーカラム	LiChrosorb DIOL	¥120,000

カラムサイズ250× ϕ 25mm

Cat No. 51435 ハイパーカラム	LiChrosorb Si60	¥230,000
Cat No. 51441 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-8	¥320,000
Cat No. 51494 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-18	¥320,000
Cat No. 15748 ハイパーカラム	LiChrosorb NH ₂	¥320,000
Cat No. 51469 ハイパーカラム	LiChrosorb CN	¥320,000
Cat No. 51472 ハイパーカラム	LiChrosorb DIOL	¥320,000
Cat No. 51464 ハイパーカラム	LiChrosorb RP-Select B	¥380,000

関東化学株式会社 試薬事業本部

103 東京都中央区日本橋本町3-7 03(663)7631
541 大阪市東区瓦町3丁目1番地 06(222)2796

私の古生物誌(5)

——魚竜の話(その1)——

千葉県衛生研究所 医学博士 福田 芳生

魚竜の魅力

今からおよそ3億年以上も昔、大木のようなシダやトクサが生い繁っていた石炭紀前期の地上に、初めて姿を現わした杯竜類(コチロサウリア)と呼ばれる体長1メートルに満たない原始的な爬虫類がうろついていました。

この杯竜類から多種多様な爬虫類が分化していったのです。そして、古生代末の二畳紀に大発展を遂げ、その地歩を確立しました。古生代の幕が降りて中生代に入ると共に、爬虫類は陸に海に空に生活圏を拡大していきました。このような現象を適応放散と呼びます。

それらの爬虫類の中で最も際立った存在は、完全に水中生活に適應し、現在のイルカのような体形を獲得した魚竜(イクチオサウルス)でした。古生物学の参考書にでている美事な魚竜の図を見せられた時、誰も、それが恐ろしい爬虫類の仲間であるとはとても信じ得ないと思います。

しかも魚竜は、約2億年の長きに及ぶ中生代の全期間を通して、当時の海の覇者として君臨したのです。爬虫類の化石に乏しい本邦でも、魚竜の世界最古の化石が今から14年前、宮城県本吉郡歌津町の海岸で見つかっています。それはウツツ竜と名付けられ、魚竜の進化を探る上の重要な資料となっています。この絶滅し去った魚竜を現代の海に再び泳がせてみたいと思うのは、万人の夢だと思います。

魚竜の化石を詳細に調べることによって、身体の仕組み、生活様式を正確に復元することができます。このことが、魚竜を現代の海によみがえらせることになるのではないのでしょうか。

魚竜の発見

今から175年も昔のことです。イギリス南部に位置するドーセット県ライムレギスの硬いジュラ紀の岩盤が、やわらかな初夏の日射しの下で、海水に洗われて黒く光っていました。

この岩盤の表面に、大きなイルカに似た未知の動物の完全な化石骨が露出していたのです。ごつごつした岩の間から現われた1人の少女が、その化石骨に気付いて足を止めました。その瞬間、彼女は世界最初の魚竜イクチオサウルスの発見者として、後世に名を残すことになりました。それは、わずか12才の少女メアリー・アニングであったのです。

もっとも、魚竜の椎骨の方は18世紀初頭に既に記録さ

れていたのですが、それが地層中でバラバラに分離したものであったため、魚類のものなのか爬虫類のものなのか不明でした。このメアリーの発見によって、所属不明の椎骨の持主が一挙に解決したのです。彼女は化石を探し出すことにかけては、天才的な能力を持っていました。その後も首長竜プレシオサウルス、翼竜プテラノドンの発見など、数えあげればきりがありません。

これは、彼女の父親がライムレギスのジュラ紀層からしばしば発見される保存の良いアンモナイトや三角貝(図1)、カキ(写真1)などの化石を掘り出して、海水浴客に売って生計を立てていたことに原因しています。この父親の仕事を手伝っているうちに、メアリーの化石探しの能力に磨きがかかり、すぐれた直感力を身に付けるようになったのです。晩年メアリーは、海岸の冷たい風に長時間さらされていたことがたたって、足・腰の関節痛に苦しんだということです。現在でも、化石を入れた重いカゴを片手に提げた、貫録のあるメアリーの肖像画が残っています(写真2)。

日本の現実、仮りに和製メアリーがいても、その能力が十分開花する前に、受験勉強で押し潰されてしまうことでしょう。こういう教育制度は、長い目で見れば国家的損失につながるのだと思います。

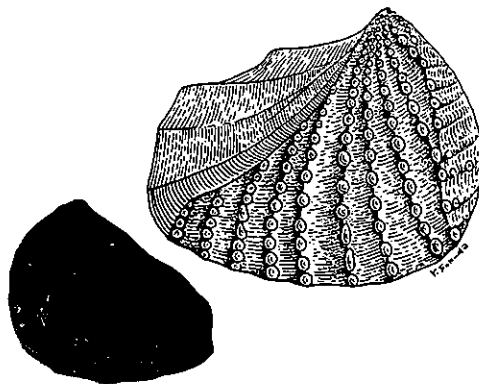


図1 三角貝の化石。殻の表面に板状あるいは結節状の肋が発達する。

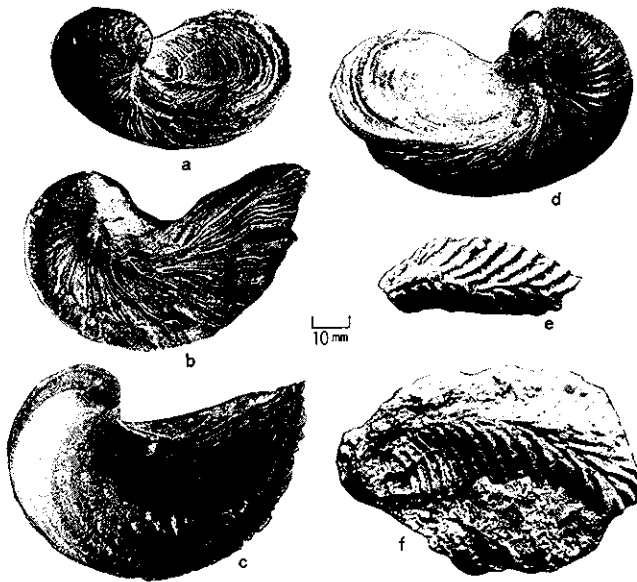


写真1 魚竜時代の海に栄えたカキ。a～dは泥の多い海底表面で自由生活を送った半月形のカキ、グリファエア。cは殻の断面を示す。カキの軟体部が入る左殻の石灰層は異常に肥厚している。上部の扁平な殻は右殻(蓋の役目をする)。e～fは肋骨のような襞を殻表に具えたカキ、ラステラム。

世界最古の魚竜

世界最古の魚竜の化石は、宮城県本吉郡歌津町の海岸に露出する、今から約2億年以前の中生代三畳紀初期の海成層から発見されたウタツ竜です(図2)。当時の海はアンモナイト、ベレムニテス、各種の貝類、腕足動物、硬鱗魚類などの豊富な動物群によって占められていました。

このウタツ竜は体長1メートル未満の小さなもので、その前鰭の骨組の上に未だ陸上動物の名残りを止めています。学会の帰途、筆者は東北大学理学部古生物学教室に立寄って、薄暗い標本室の中でキャンバスに包まれたウタツ竜と対面しました。

その時の気持というのは正直なところ、日本からこんな立派な魚竜の化石が出てくるのかという素朴な驚きと、自分がその第一発見者であったなら、どんなに素晴しかったかという強い羨望の念を押えるのに苦労したことの二つでした。カメラを用意していなかったのは、今でも残念に思っています。

しかし、筆者と魚竜との対話は、そこから始まったのです。

魚竜の進化

さて、魚竜はその出現があまりにも劇的であったので、どのような動物が魚竜の先祖に当るのか、それを見極め



写真2 メアリー・アニングの肖像(左端)と、彼女の発見した首長竜(プレシオサウルス)。この標本は現在、大英博物館に陳列されている。このプレシオサウルスは発見当初、今のお金にしてわずか数万円内外で売買されたらしい。

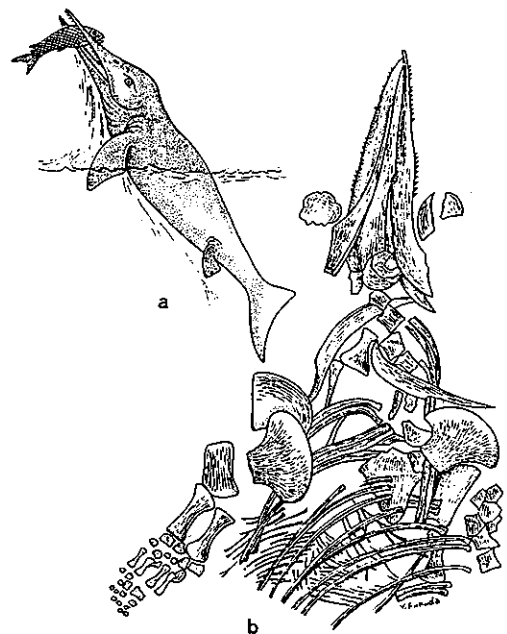


図2 世界最古の魚竜、ウタツ竜。aは魚を捕食中のウタツ竜。bは鰐の部分に未だ陸生爬虫類の特徴を残すウタツ竜の骨格。

るには、将来新たな化石の発見がなされるまで待たねばなりません。

だからと言って、この問題を放棄するのは学問の道に反するというものです。現在までに残された化石の証拠に基づいて、できる限り情報を引き出すのも古生物学者に課せられた使命だと思います。

魚竜の歯の表面に縦走する多くの溝があり(図3、写真3~4)、その様子は古生代後期に出現した杯竜類に属する爬虫類のものに類似しています。そのことから、魚竜の先祖として杯竜類があげられています。この魚竜の歯に存在する溝は、歯の表層を形成する薄いエナメル質の部分に限局されていて(写真5~6)、古生代後期から中生代初期にかけて、陸上の湿地帯をノロノロと這いまわっていた迷歯類(原始的な両生類)のように、歯の深部にまで達していません。

この魚竜は、最初から現在のイルカのような姿をしていたわけではなかったのです。三疊紀のシンボスポンディルスという名前の魚竜は、垂直な上下不相称のサメのような尾を持ち、背鰭は未だ形成されていませんでした。次のジュラ紀に入ると、尾鰭は次第に上下相称の形になり、立派な背鰭が出現してきて、魚竜として完成の域に達したのです(図4)。そして、歯がすっかり消失してしまい、獲物を丸ごと吞込んだと考えられるものや、鋭い円錐型の歯が臼のような形に変わり、貝類や甲殻類の硬い殻を噛み砕くのに適応していったものなど、食性の変化を示す証拠があげられています。

この現象は、鯨類の進化と比較する時、興味深いものがあります。魚竜はこのような食生活の改善(?)にもかかわらず、中性代末の白亜紀に入ると、急に衰退を始め、白亜紀の幕が降りる前に完全に姿を消してしまいました。しかし、魚竜は約2億年にわたる中生代のほぼ全期間を生き抜いたのですから、正しく当時の海の成功者として、みなすことができるのではないのでしょうか。

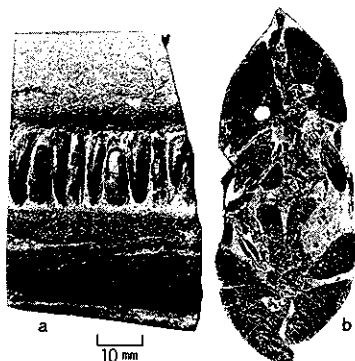


写真3 ジュラ紀の代表的な魚竜、ステノプテリギウスの顎(吻部)断片。aは表面に溝のある鋭い円錐型の歯の林立した顎側面。bは断面。

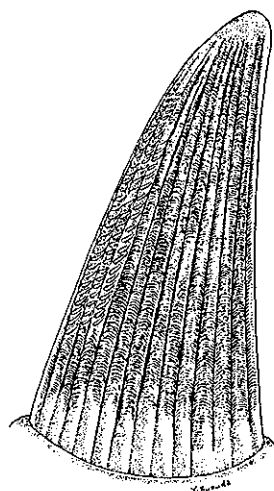


図3 表面に縦走する浅い溝を伴った魚竜の歯を模式的に示す。



写真4 魚竜の墓場、ホルツマーデン産の歯を伴った巨大な魚竜の顎の化石。aは円錐型の鋭い歯が噛み合っている様子を示す。bはaの一部拡大。1本の歯の直径は20mmほどある。cは顎の横断面。この魚竜は全長10m以上あったと考えられる。

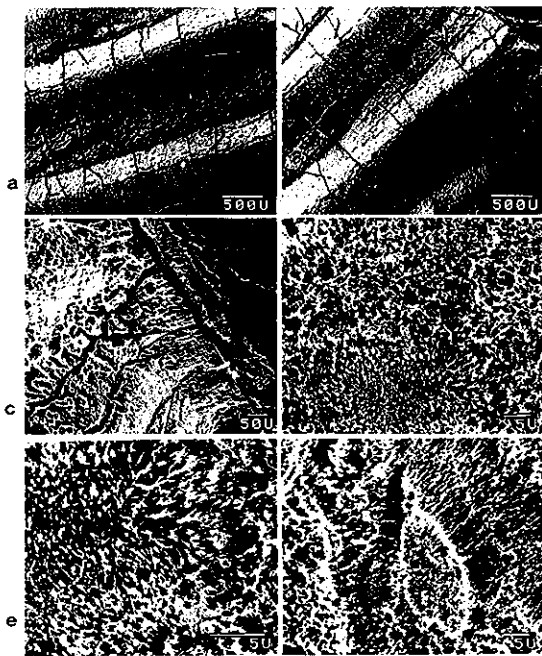


写真5 魚竜の歯外側のエナメル質(層)を示す走査型電子顕微鏡像。a～bは歯表面のエナメル質を縦走する溝を示す。cはエナメル質の断面。d～fはエナメル質の本体を構成するエナメル小柱の束を示す(Uはミクロンを表わす)。

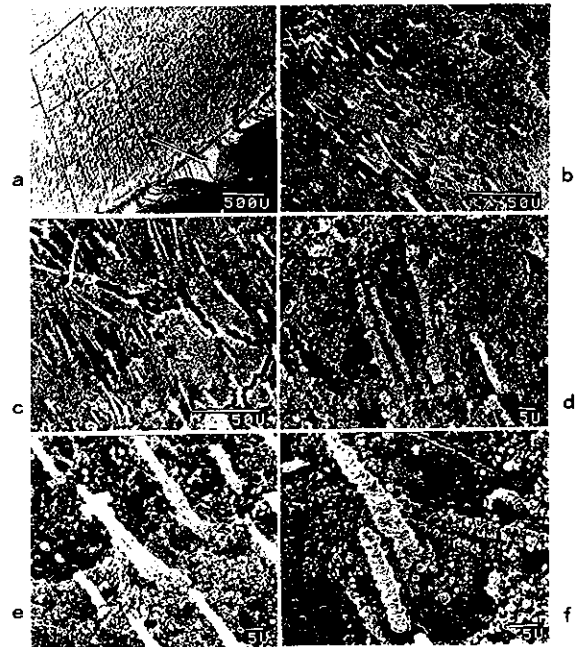
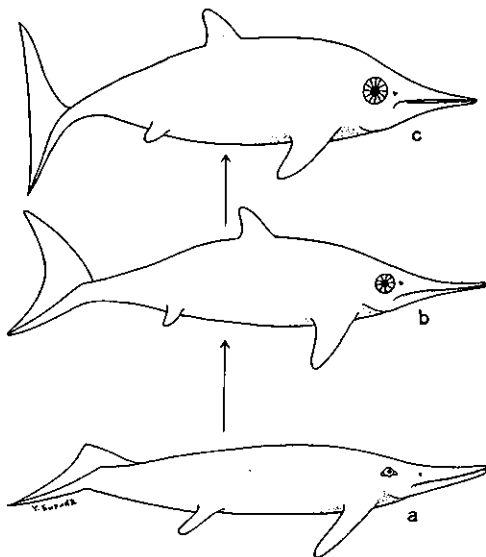


写真6 魚竜の歯の横断面を示す走査型電子顕微鏡像。aは横断面の低倍率像。歯の表面を縦走する溝は、外側の薄いエナメル質の部分に局限されている(矢印)。b～fは歯の大部分を占める象牙質の基質中に存在する象牙細管。細管内部を埋める鉱物質のため、細い棒状の鑄型としてエッチング面に観察される(Uはミクロンを表わす)。



← 図4 現在広く知られている魚竜の進化。aは約2億年以前(三疊紀)の海に栄えた原始的な魚竜、シンボスポンディルス。bはジュラ紀の代表的な魚竜、ステノプテリギウス。ホルツマーデンの魚竜は、ほとんどこのステノプテリギウスによって占められている。cは白亜紀のロンドン粘土層(London clay)より産出したオファルモサウルス。魚竜は後期のものほど眼球が大型化し、それに伴ってきょう膜骨輪も発達して来る。これは初期の魚竜が河口附近で生活していて、塩分泌腺が未発達であったことと関連のあることを示唆している。後に外洋に進出するに従い、尾鰭は上下相称となり、活発な遊泳生活を送ったことを示している(ワトソンより改写)

ヒマラヤから発見された魚竜

最近、チベットの標高4800メートルの地点から中国の学術調査隊によって発見された、ヒマラヤサウルス・チベッテンシスという名前の魚竜は、三疊紀後期の全長10メートルにも達する大型種であったことが推定されています(図5)。

この標本は1981年の夏、上野の国立科学博物館で行な

われた中国の恐竜展に出品されていました。巨大な黒灰色の岩の表面に露出した太い椎骨や歯の部分に、朱の墨汁で印が付けられていたのを、まるで昨日のこのように記憶しています。頂上に万年雪をいただいた8000メートル級の高峰が連なるヒマラヤ地方も、かつては魚竜が身をひるがえす茫漠たる大海原であったのです(図6)。

それは、我々人類の想像をはるかに超えた壮大な地球のドラマと言うことができます。そして魚竜は、今更繰返すまでもなく、中生代の海の覇者でした。世界の屋根ヒマラヤ山脈は、海の王者魚竜の墓所としてふさわしいと言っても良いでしょう。この謎と魅力にあふれた魚竜の身体の仕組、生態について探ってみましょう。

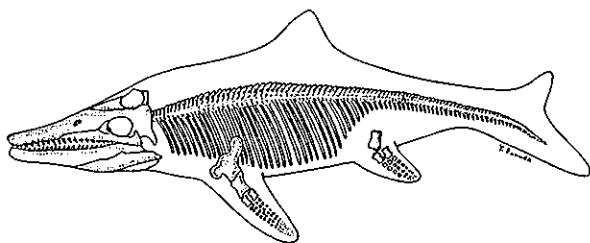


図5 ヒマラヤサウルス・チベッテンシスの骨格を示す(中国科学院古脊椎動物部門の好意による)

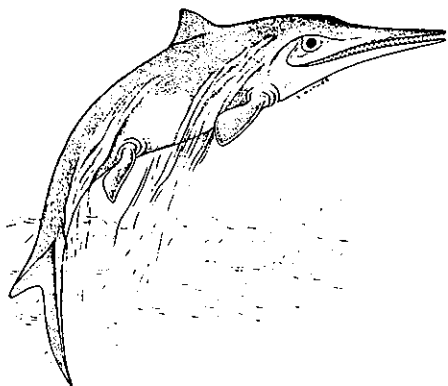


図6 全長10m以上あったと推定される約2億年以前の魚竜、ヒマラヤサウルス・チベッテンシスの復元図(中国科学院古脊椎動物部門の好意による)。

魚竜の身体の仕組

恐竜が我もの顔に地上をのし歩いていた中生代の海には、イルカのような形をした魚竜が確固たる地歩を築いていました。魚竜は過去・現在を通じて最も水中生活に適応した爬虫類でした。

身体の前方および後方に2対の鰭(写真7)と三角形の高い背鰭を持ち、尾は上下方向に開いた扇型をしていました。魚竜は良く発達した軀幹筋をリズミカルに伸張あ

るいは収縮させることによって、高速で海中を遊泳していたのです(図7)。身体の前方にある口はカジキマグロのように突き出ている、口中に円錐型の鋭い歯がびっしりと並び、大形の眼球を収容していた丸い眼窩の内部に、リング状に配列した薄手の骨片によって、きょう膜骨輪が形作られていました。

1対の鼻腔は魚竜が水面に浮上した時、空気を吸い込み易いように頭部側面中央にある眼窩のやや前方に開いていました。椎骨は平べったい円盤状で、その両面はスリパチ状に窪み(写真8~9)、椎体の側面に基部で2つに分れた肋骨が付着します。

魚竜の胴体の断面はほぼ円に近い魚雷型をしていて、遊泳時の造波抵抗を最少に抑えるようになっていました。椎骨が陸上動物のように互いに食い込むような構造を取らないのは、魚竜が水中生活に高度に適応したことによって、もはや重い身体を支える必要が無くなったことによります。

ドイツ南部のホルツマーデンより産出した魚竜の椎骨をカッターで切断した際、ボロボロと崩れてくるので苦労しました。骨の電子顕微鏡像でも、まるで軽石のよう



写真7 ホルツマーデン産の魚竜、ステノプテリギウスの鰭状を呈した1対の前肢。この魚竜は全長264cmあった(ベルンハルト・ハウフ博物館の好意による)



図7 W字型の軀幹筋をリズミカルに収縮あるいは伸張させて水中を高速で遊泳する魚竜(ウエストファルより改写)



写真8 分離した魚竜の椎骨。aは椎体の前後にある深い窪みを示す。bは椎体側面。cは母岩を研磨して内部の椎骨を示す。椎骨断面は謡曲に使用する“ツツミ”のように見える(矢印)。椎骨の大きさは直径5 cm前後ある。



写真9 魚竜の尾椎骨のX線像と横断面。aはX線像。全体に多孔質であり、椎骨の両側面はスリ鉢状に深く窪む。bはX線像を得るために作製した断面。椎骨の直径は30mmほどある。

に多孔質です(写真10)。これが骨の脆いことの原因となっていて、陸上動物のものより格段に緻密度が低いのが特徴です。古生物学を専攻する学生に向かって、教授が口答試問を行う時、よく魚竜の椎骨が使用されます。机の上に並べた標本を指さして、教授は「君、これを見てどんな動物が頭に浮ぶかね」と質問します。

学生が「うーん、魚の椎骨だと思います」と答えようものなら、教授はニヤリとして、「では魚の椎骨の特徴をあげてごらん」ということになります。そして、「これが水生動物のものと考えたのはまあいいだろう」ということになって、さんざん油を絞られて、辛じて及第点を得られるという次第です。

もっとも、これはかなり温情のある教授に当たった時のことです。短かい魚竜の首の関節は、単に頭部を支えているというにすぎません。それは、尾鰭を利用して自在に身体の変えることが可能なため、陸上動物のように首を回転させて、後方あるいは左右を見る必要がないことによります。この現象は、陸上の哺乳動物が海へ適応放散したイルカやクジラにおいても知られています。

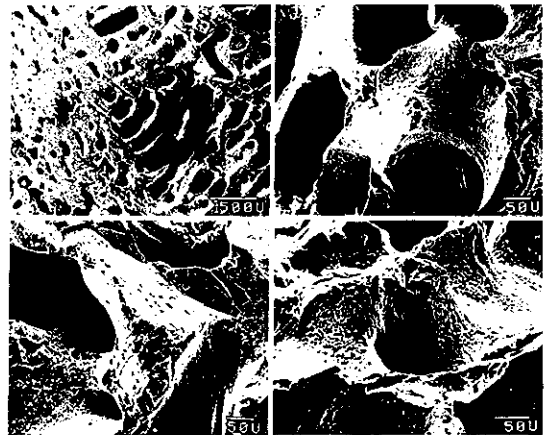


写真10 多孔質の椎骨断面を示す走査型電子顕微鏡像(Uはミクロンを表わす)。

きょう膜骨輪と塩分泌腺

きょう膜骨輪を具えた魚竜の大形の目は(写真11)、彼等が主として視覚を頼りに獲物を漁っていたことを私達に物語っています。このきょう膜骨輪の意義について、魚竜が深い海へ潜った時、水压から目を保護する役目を持っていたのではないかとする説があります。

しかし、始祖鳥や鳥盤目(鳥類のような骨盤を持った恐竜の仲間、カモノハシ竜が有名です)にも、魚竜に似たきょう膜骨輪を具えたものがあることを考えると(図8)、それが水压から目を保護する装置とは、簡単に言い切れないのではないのでしょうか。

海中生活に適応した現生のウミヘビ、ウミトカゲ、ウミガメなどの爬虫類では頭部(概して目の近く)に精巧な塩分泌腺(ソールトグランド)を持ち、体内の余分な塩

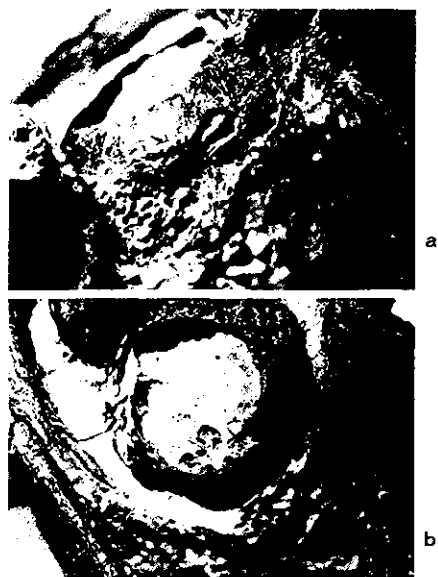


写真11 魚竜の眼窩内部にあるきょう膜骨輪。aは側面。bは上面。多数の薄い骨片によってリングが形成されている。直径は8 cm前後ある。

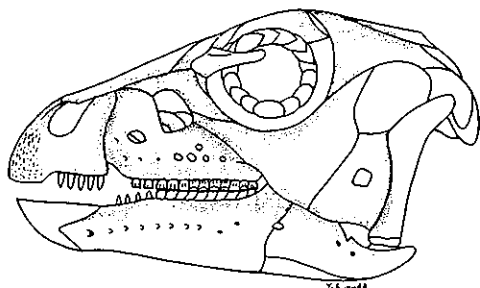


図8 眼窩の内部に魚竜と良く似た“きょう膜骨輪”を具えた白亜紀後期の鳥盤類、ヒブシロフォドン（ガルトンより改写）。

を濃縮して排出します。筆者はかつて、ウミガメが産卵のために陸に上った時、目から大粒の涙を流しているのを記録映画で見たことがあります。これは、目の近くにある塩分泌腺の排出物であって、別に海が恋しくて泣いているわけではありません。

現在、絶滅した爬虫類を対象とする古生物科学（パレオバイオロジー）の発展と共に、始祖鳥や鳥盤類にも塩分泌腺が存在していたのではないかとする研究者が次第に数を増してきています。

こうしてみると、当時の海中で一生を送った魚竜は、目の周囲に大型の塩分泌腺を具え、きょう膜骨輪はその保護のために存在したと考えた方が理にかなっています。さらに、シンボスポンティルスやウタツ竜では、きょう膜骨輪の発達が良好とは言えません。このことは、原

始的な魚竜が当初、淡水と海水の入り混じる河口附近で生活していたことをうかがわせます。

後に魚竜が塩分濃度の高い外洋で生活するようになると、次第にきょう膜骨輪が発達してきます(図4)。これは、きょう膜骨輪と塩分泌腺の関連性を具体的に示していると考えられます。また、水分の含有量の高い軟かな組織の塊からなる塩分泌腺は、仮に魚竜が海底深く潜った時、それが水圧から目を保護する一種のクッションとして機能したことは、大いに有りうることです。

魚竜の皮膚の色

ドイツ南部やイギリスのジュラ紀初期の海成層中には、きめの細かい黒色の厚い頁岩層が含まれています。そこからしばしば魚竜の完全な骨格ばかりか、とくに失なわれているはずの皮膚や内臓器官の一部、または全体の輪郭まで残されているものまであります。

この皮膚に残存していた色素胞の研究から、魚竜は背側がアカウミガメの甲のような濃い褐色をしていて、腹側が白っぽい色をしていたことが明らかになりました。

ドイツのガイセル谷の5000千万年以前の地層（新生代第三紀始新世）から産出したカエルの化石には、やはり皮膚が残っていて、顕微鏡下にアメーバ状の突起を伸ばした色素胞が観察され、現生のアマガエルと同様、緑色をしていたことが証明されています。

魚竜の場合も、ガイセル谷のカエルのように色素胞に基づいて、生息時の体色を明らかにし得た数少ない例といえることができます。それは上方から褐色の魚竜の背中を見た時、濃い海の色に溶け込んでしまいます。また、海中から白色に近い魚竜の明るい色の腹側を見上げた時は、太陽光線を反射してキラキラ光る水面の色と渾然一体となって、その姿を見えにくくするうえに効果的であったことでしょう。

第二次大戦中に太平洋戦線で活躍した日米の海軍機を御存知の方は、それと同様の塗装が機体に施されていたのを思い浮べるでしょう。この魚竜の保護色は一体何を意味するのでしょうか。当時の海には、高速で水中を遊泳する魚竜の生存を危くするような大型の肉食動物は、そう多いものではなかったことが、化石の記録の上からわかっています。

恐らく、魚竜どうしがテリトリーをめぐる激しく闘争したことが想像されます。そこで、背・腹で色調の異なる体色は、相手の目をくらますのに大変有効であったと思われる。また、魚竜がこのような保護色を有していたのは、彼等がそれを視認できるような浅い海に生息していたこと、色を識別する能力のあったことを示唆しています。

魚竜の皮膚表面の油膜

海中を活発に遊泳していた魚竜の皮膚は、陸上生活を送る爬虫類とはかなり異なったものとなっていたでしょう。どんなに保存の良い魚竜の化石からも、かつて鱗が存在していたという証拠は何一つ見出されていません。

想像するに、魚竜の皮膚はイルカに近い構造をしていて、常に海水に接する最外側には薄い角化層を伴った表皮細胞層があり、その下側に脂肪と結合織からなる真皮層が存在していたと考えられます(写真12)。

魚竜と一緒に出てくる魚類や頭足類の化石からすると、魚竜は暖海に生息していたことが考えられます。南水洋の冷たい海に生息する鯨類は、皮脂と呼ばれる分厚い脂肪層からなる真皮層を持ち、保温の役目を果しています。一方、同じ鯨類でも暖海に生息するイルカの仲間では、脂肪層はかなり薄いものです。魚竜が暖海で生活していたとすれば、脂肪層はさほど厚いものではなかったと思われます。

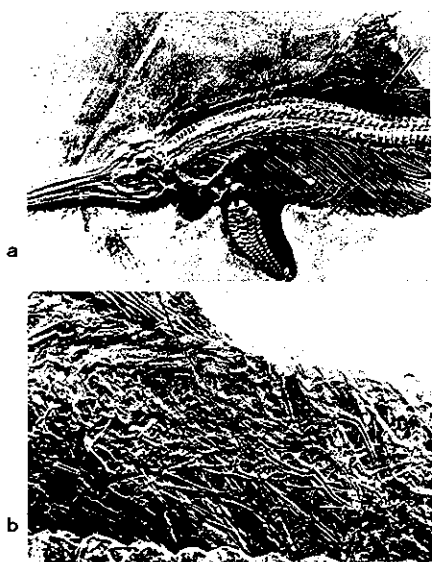


写真12 皮下の真皮層を構成する細かな結合織がほぼ完全な形で残存しているホルツマーデン産の魚竜。このような例は学術的にも極めて高い価値を持つ。aは魚竜の体前方。三角型の背鰭の下側に網目状の結合織が見える(矢印)。bはaの背鰭の下部を一部拡大して示す。コラーゲンを主体とする結合織層の細部が明瞭に識別される(写真は総べてベルンハルト・ハウフ博物館の好意による)。

現生のウミヘビの皮膚は決して滑らかなものとは言えません。このウミヘビは海中をゆっくりと泳ぐので、皮膚表面が平滑でなくとも、別に支障はないのです(写真13)。

話はわき道にそれますが、以前、筆者が三共製薬品川工場を訪ねた折り、ウミヘビに噛まれた時、その治療のための抗血清を作っている現場を見たことがあります。グロテスクな大量のウミヘビが大型の冷蔵庫一杯に詰め込まれている様子は、背すじが寒くなるほど不気味なものでした。

さて、高速で海中を泳いで餌を漁っていた魚竜にして

みれば、少しでも造波抵抗を減じた方が良いに決っています。従って、魚竜の皮膚表面は極めて滑らかであったと考えても良いのではないのでしょうか。



写真13 狂暴なウミヘビ。aは西イリアン(ニューギニア)沿岸で捕えられたトゲウミヘビ。頬部を切開して毒腺を摘出中のもの。毒の強さはコブラの10倍以上ある。bはエビ漁の際、魚網に紛れ込んで来たトゲウミヘビ。甲板上にあるものに手当たり次第に噛みつく。これは大きなエビを丸呑みにしているところ。

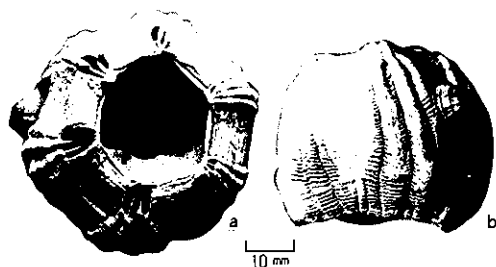


写真14 今から約10万年以前のクジラの皮膚に付着していたオニフジツボの化石。aは六角型をした殻上部の開口部を示す。bは側面。

この造波抵抗を最少にするためには、魚雷型の体形であるのは無論のことですが、魚竜の体表にヌルヌルした油膜が存在すれば正に理想的でしょう。魚竜の皮膚表面に油液を分泌する無数の特別な皮脂腺の開孔部があったと考えるのは、的はずれではないと思います。

現生のクジラやイルカの皮膚表面には、オニフジツボという大人の握りこぶし大の、ビヤ樽のような形をしたフジツボがびっしりと付着していることがあります。これに取りつかれると、造波抵抗が増えてクジラの遊泳速度が著しく低下します。このことから、オニフジツボは

寄生物の一種とみなすことができます。

さらに、クジラの化石骨と一緒に、この硬い石灰質のオニフジツボの殻が出てくる時、クジラは未だ皮膚が体表に張り付いた状態で、砂泥中に埋没していたことを示す良い根拠となります(写真14)。

ただし、オニフジツボの方は、魚竜が絶滅し去った新生代に入ってから出現したので、魚竜の体表に付着し得

なかったのは、やむをえないことだと思います。しかし、中生代的大型海生爬虫類の皮膚に、寄生物が存在していた可能性は大いにあります。ところで、皮膚そのものが骨の周囲に残存しているほど保存の良い魚竜の遺骸に、寄生物の痕跡を全く見出し得ないのは、先述の油膜が、その付着を阻止していたのかもしれませんが。

薬学ゆかりの外国人(23)

キュリー夫妻

Pierre Curie : Marie Curie

日本薬史学会 薬学博士 根本 曾代子

放射能発見の世界的偉業

物理学の大家、キュリー博士夫妻は、20世紀初頭の新しい近代科学分野を拓いた、放射性元素ラジウム発見の偉業に対して、1903年ノーベル物理学賞を贈られた。

夫人は亡き夫君の遺志を継いで、金属ラジウムの製造などの画期的な業績によって1911年、女性では前例のない2度目のノーベル化学賞受賞に輝いた。

とくにラジウムの放射線利用の療法は、癌や結核の新しい治療法として、欧米医療界に喧伝された。日本医療界もラジウム療法的一大旋風をまき起こした。

フランス生まれの新進科学者ピエール・キュリー(1859~1906)と、ポーランド人の天才女子理学士マーニャ・スクロドフスキー(1867~1934)の運命的な出会に触れてみたい。

少壮科学者ピエールの横顔

ピエール・キュリーは1859年5月15日、パリのキュヴィエ街で医業を営むドクトル・ユージェヌ・キュリーの二男に生まれた。



ピエール・キュリー

ピエールは科学に造詣の深い父の感化で、兄のジャックとともに幼い頃から、自然科学に興味を持っていた。父は二児の将来を考えて、規則的な学校教育を受けさせなかった。初めは父が自然観察の指導に当たったが、成長するにつれて著名なバジール教授の個人教育に委託したことは、彼らの独創的な天分を自由に伸ばさせた点で、効果的であった。

ピエールは父の期待に

応えて、16歳でソルボンヌの理科大学の入学試験に合格した。物理・化学を学び、18歳で理学士の資格を得て、ドザン教授の助手を5年間忠実に務めた。

すでにフリーデ教授の助手であった兄のジャック理学士と共同で、結晶の研究を始めた。水晶などのある種の結晶に圧力を加えると、圧に比例して電圧があらわれる現象で、1880年“ピエゾ電気”という重要な現象を発見した。

この共同研究から、更に新しい応用範囲の非常に広い機械の発明に成功した。極めて微量の電気で明確に計量することのできる水晶圧電気計の発明に導いた。これらのキュリー兄弟の優れた発明は、マイクロホンや、電話機、拡声器などに利用される電子音響分野の基礎を築いたものであった。

好調な共同研究は1883年、兄のジャックがモンペリエ大学教授に赴任したため中断された。ピエールはパリ市立物理化学学校実験主任となり、兄弟はそれぞれ独自の道を歩むことになった。

ピエールは物理化学学校で学生の実験指導のかたわら、結晶物理学に関する理論的研究を続けた。その過程で、近代科学の基本となった物理現象における対象の原理を発見した。

実験的研究にも天分を発揮して、微量精密の科学天秤を発明して“キュリー天秤”を作成した。さらに磁性に関する研究を進めて、“キュリーの法則”を確立し、物理学者の名声を不動のものにした。この論文を提出して1895年、学位を取得して教授に昇進した。幸運は重なり、この年婚約中の熱愛したスクロドフスキー嬢とめでたく結ばれた。

マリ・キュリーとなるまで

幼名マーニャは1867年11月7日、ポーランドの首都ワルソーで生まれた。父のブラドウィスラフ・スクロドフスキーはペテルブルク大学で科学を学び、中学校で物理、数学を教えていた。マーニャは兄と3人の姉の末娘で、



マリー・キュリー夫人

幼時から才能を発揮した。幼い次姉がチフスで亡くなり、11歳の時に結核に冒された母の死に直面した。

ポーランドは19世紀初め、ロシア領に編入され、その圧政下に苦しんでいた。革命を企てた反逆者たちは極刑に処分された。教育面にも監視の目が光り、純真な女学生マーニャは、祖国の威信のために学問の大成を心に誓うのであった。彼女は優秀な成績で官立女学校の課程を修了した。16歳であ

った。マーニャはソルボンヌの理科大学にあこがれていたが、医学志望の姉がまず留学して目的を達成することに相談一決した。マーニャは学資捻出のため、住込みの家庭教師を転々としながら、苦学の煩勞に耐えていた。姉は首尾よく医師の資格を取り、同国人の医師と結婚、開業して、妹の留学をうながした。24歳になったマーニャは充分とは言えない資金に、不安と期待を抱きながら、最下等の4等車のパリ行の列車に身を投じた。

1891年9月、理科大学に入学して、学生証にフランス流にマリー・スクロドフスカと記名した。切りつめのない最低の生活の中で2年間、物理と化学の講義と実験の勉強に寝食を忘れて没頭した。見事に1893年7月、物理学の学士試験に一番の成績で合格した。

すでに貯えを費消したが、幸い奨学資金を得て、翌年挑戦した数学の学士試験は2番で突破したので、ポーランドの女性学士は学内でも注目された。マリーは依頼を受けた仕事の実験室を物色中、祖国の大学教授の紹介で、はからずもピエール・キュリーと運命的な巡り合いから、彼の誠実な熱情に惹かれた。

キュリー夫人の放射能の着眼

マーニャは中等教員免状を得て、祖国で教育に尽くす夢を抱いていたが、真摯な科学者の伴侶として、果てしない真理探究の新しい運命に急転回したのであった。ピエールは36歳、花嫁は28歳。1895年7月26日、質素な近親のみの結婚式で祝福された。新婚旅行はプレゼントの自転車で山野を疾駆した。マリーとフランス流に改めたキュリー夫人は、結婚条件に従って、可能な限り主婦の仕事は簡略化して、研究に重点をおく新婚生活が始まった。ところが予算を狂わせたのは、2年後の長女イレヌの出産であった。ちなみに、両親の血を受けたイレヌは後年、夫ジョリオとともに人工放射能の発見によって、1935年、ノーベル化学賞を受賞した。

元へ戻して、マリーはイレヌの出産、育児などの初体験に加えて、乳母や手伝いなどの出費が、夫の俸給に

頼る家計のやりくりなど、家事の煩勞も少からず心身の負担であった。しかし、科学者の堅い意思をつらぬくために、ピエールが教授を務める物理化学学校長の了解を得て、マリーはその一室を実験室に提供されたので、博士論文のテーマとなる研究材料を物色した。

当時の学術雑誌に、ベックレルがウラン化合物から発する特異な放射線を発見したという研究報告が、マリーの脳裏にひらめき、この新しい現象を研究課題に選んだ。マリーは間もなくトリウムがウランと類似の放射線を出すことを発見した。これを物質の新しい性質と考えて、“放射能”と命名した。さらにピッチブレンドが異常に強い放射能を示すことを了解していた。

マリーのソルボンヌの恩師、リップマン教授は、1898年4月12日の学士院例会において、マリー・キュリーがピッチブレンドから、ウランよりはるかに強力な放射能をもつ新化学体の存在の可能性を予告している、と発表された。

放射性元素の共同研究

ピエールは、マリーの明敏な直観力を興味深く観察し、適切な助言を与えていた。しかし、ピッチブレンドに含まれる、極めて微量な未知の放射性元素を単離する段階で、ピエールは積極的に協力し、根気強く2個の実体の探究に力を注いだ。1898年7月の研究報告で、マリーは発見した新元素をポロニウムと命名したと記した。次いで12月に夫妻連名の学会報告には、ピッチブレンドに2番目の放射性元素の存在を告げ、ラジウム radium (原子記号 Ra, 原子量 226.03) と命名した。

ラジウムの本質や作用を証明するための必要量采取する意欲を燃やした。当面した難問は、高価な原料であるピッチブレンドの大量入手であったが、幸いオーストリア政府から、ウラン採取後の廃棄物を無料で提供を受けた。実験室は学校の不用の倉庫を借り受けて、原始的な実験設備で、鉾石を大鍋で煮る作業を開始した。

マリーは主婦の務めの気配りから、実験の重労働にも超人的な熱意を注ぎ、体力の消耗にも屈しなかった。ピエールには教授の本務があり、実験費用も切りつめた家計の中からの自己負担で、悪戦苦闘の4年間を夫妻は科学者の本領に耐え抜いた。こうして8トンのピッチブレンドから、貴重な1グラムのラジウムを初めて創り出したのであった。

1899年から1904年の間に、夫妻連名の学会報告は30余篇に上った。要約すると、新放射性物質とその発する放射線、ラジウム線の生理的作用、ラジウムの原子量について、温泉から発散するガスの放射能について、ラジウム・エマナチオンの生理的作用ほか、20世紀初頭の新しい科学分野の開拓の波動が伝わってくる。

キュリー夫妻特許放棄

マリー・キュリーは1897年、ベックレルの新しい放射線の研究に興味を惹かれて、学位論文の題材としたことは前に触れた。たまたま派生したラジウム研究に没頭しているうちに5年が経過した。一段落ついた時点で、“放射能物質に関する研究”をまとめて、パリ大学に提出し

た。1903年6月25日、大学で審査議長のリップマン教授から、名誉ある理学博士の称号を授与された。

これより先、ラジウム発見以来、夫妻のもとに訪問客や問合せの手紙が殺到して、応接にいとまが無いほどであった。

ピエールはラジウムの生理作用について、自身の腕で皮膚実験を試み、やけどのような炎症と痛みを感じたが治癒した。また、夫妻がラジウム・エマナチオンを供試用に提供して、高名な医学者たちと共同研究を行った。その結果、腫瘍や癌などの病細胞を破壊して、治療する方法を患者に適用して効果が確認された。

ラジウムの効能が発表されてから、各国で放射能鉱石の探掘が盛んになった。しかし、そこから純粋ラジウムを取り出す科学の秘密を掴まえない限り、生産は不可能であった。多方面から有利な条件で問合せを受けたピエールは、完備した実験室でゆとりのある研究生活を考えて、特許権を取得する件をマリイに提案した。彼女の意向は、個人の利益を先行させるのは科学の精神に反するとして同意しなかった。夫妻は何一つ特許を取らず、ラジウム調製法のすべてを公表した。世界的名声の高まりの中で、倉庫の実験室は訪問客が増大するばかりであった。

キュリー夫妻は需要に応じて、大量生産に踏み切り、科学学士院に「放射能物質の抽出」の経費の申請を行い、1912年2万フランが下付された。

ノーベル賞の栄誉

フランス政府はキュリー夫妻の功績に対して、いくつかの賞を贈った。超脱した名利に淡泊な夫妻は、受賞にも関心がなかった。しかし、1903年6月イギリスの王立学士院の公式招待講演には、夫妻は欣然と出席した。1粒のラジウムをおみやげに贈呈した。

その年11月には最高の栄誉が、スウェーデン・ストックホルムの科学学士院から、ノーベル物理学賞授与の吉報がもたらされた。放射能に関する発見に対して、アンリ・ベックレルとキュリー夫妻に折半して贈る旨が記されていた。しかし12月10日の授与式には、夫妻は体調を崩していたので、北欧の寒い季節を敬遠して出席を辞退

した。6ヵ月以内に講演するという規約には応じる旨を伝えた。マリイ・キュリーは女性科学者として、世界最初のノーベル賞の受賞者であった。

受賞を機にピエールは恵まれなかった教授から、パリ大学の物理学の講座担任教授に栄転すると同時に、理学博士キュリー夫人は、キュリー教授担当講座の実験主任を命じられた。この任命は夫妻にとって何物にも勝るプレゼントであった。ラジウム発見の古ばけた実験室は閉鎖された。ピエールは学士院会員に選ばれた。

1904年12月6日、マリイは二女エーヴを出産した。1905年6月6日夫妻はストックホルムを訪問して、ピエールは示唆的なノーベル講演をおこなった。ラジウムが癌細胞に有効である半面、放射能現象の悪用を危惧して結んだ。

女性科学者の最高峰

1906年4月19日、最悪の日が訪れた。ピエールが街頭で荷馬車にはねられて不慮の死を遂げた。結婚11年で幼い二女を抱えて、夫人は最大の悲運を乗り越えて、科学者の使命を最大限に発揮した。遺業を継いでパリ大学教授となり、共同研究中のラジウムの定量法の確立、ラジウム金属の製造を達成した。1910年には労作「放射能概論」を著わした。1911年、前例のない女性で再度のノーベル化学賞が贈られ、その名声は世界に一段と高まった。

1914年、バストゥル研究所とパリ大学の共同出費で、ピエール・キュリー街にラジウム研究所（キュリー館）が創設された。所長はマリイ・キュリーであった。

折しも第1次世界大戦が勃発し、研究所は一時閉鎖した。キュリー所長は自らX線治療班を組織して、戦火の中を傷兵の救護に活躍した。大学生の長女イレーヌも助手を務めた。

戦後は大学教授とラジウム研究所長の任務に全力を傾けた。多年の放射能の研究によって、骨髄が変質し、悪性貧血症に苦しみ、1934年7月4日、サンヒルモスの療養所で67年の偉大な生涯を閉じた。生前各国から贈られた各賞、賞牌、名誉称号は130余件に上る。

〈編集後記〉

新緑の候が過ぎ、うっとうしい梅雨、続いてさんさんと輝く太陽の夏がそこまできて、季節の移り変りの速さと自然の恵みに、敬虔な気持ちで一ぱいです。

さて本号は、大熊先生の「糖分析試薬としてのレクチン」を始めとして、福田先生の「私の古生物誌」一魚竜の話一、根本先生の「薬学ゆかりの外国人」一キュリー夫妻一の物語等、興味深い内容を掲載させていただきました。大熊先生はケミカルタイムスには初めてのご寄稿ですが、各学術誌には、以前から貴重な研究成果をご発

表になっておられ、つとに著名な先生であり、今回のテーマは特に弊社にとっても相応しく、また福田先生、根本先生の連載記事も読者からご好評を得ており、深く感謝申し上げます。

前号で新名簿作成の資料として、リブライカードを同封、多くの皆様方よりご協力を賜り厚くお礼申し上げます。若しまだ未発送の方がおられましたら、是非早めにご返送下さいますようお願い申し上げます。

皆様方には何卒この夏を、元気で過ごしていただけるよう編集委員一同心から願って筆を擱きます。〈松田記〉



関東化学株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本町3丁目7番地
電話 (03) 279-1751

編集責任者 松田 三郎 昭和61年7月1日 発行