総説

魚類の血液型

鈴木 秋 果

(1966 年 12 月 26 日受理)

Blood Type of Fish

Akimi SUZUKI*

まえがき

ヒトの血液型については医学、遺伝学あるいは人類学などの立場から多くの研究があり、その重要性は一般によく認識されている。また、ヒト以外の哺乳動物や鳥類などの血液型についても遺伝学または比較血清学的な見地から多くの検討がなされている。魚類にも血液型があることは、末広¹⁾ (1949) により発見され、その後種々の魚類に認められてきた。

魚類の血液型は単に好事家の興味をひくだけの問題ではなく、種族判別など資源学上重要な問題にも関連するので現在までに報告された知見をここにとりまとめた。

血液型の判定

ここでいう血液型とは、赤血球に存在するいわゆる血液型物質 (抗原)²⁾ の質的な変異によりみられるもので、一般に遺伝的な形質である。通常、血液型は赤血球凝集反応、溶血反応、凝集阻止反応など血清学的手法によつて判定される。凝集反応によつて血液型を検定する場合には、その判定用の reagent として 1) 正常抗体 (同種および異種血球凝集素) 2) 免疫抗体 (同種および異種免疫凝集素) 3) 植物性血球凝集素 (いわゆる lectin)³⁾ などが使用される。このうち 1) の同種血球凝集素を使用する方法は最も簡単である。たとえば、ヒトの A-B-O 式血液型のように抗 A 凝集素、抗 B 凝集素などが正常なヒトの血清中に存在する場合には、これらの血清を分離するだけで血液型判定用 reagent として使用できる。しかしながら、魚類においてはこのような正常抗体が検出される場合はすくなく、またたとえあつても抗体価が極めて低いために適用困難ことが多い。また前述のうち、最も理想的な方法は同種免疫によるものである。すなわち、ある個体の赤血球を同種類の他の個体に注射免疫して抗血清を得る方法で、ウシ⁴⁾、ニワトリ⁵⁾ などでも応用されている。この際得られる抗血清中には、いわゆる種特異的抗体 (その種の血球すべてに反応する抗体) を含まないので、そのまま reagent として使用可能である。しかし魚類の場合は多数個体を長期飼育することが困難なことが多く、また免疫操作にも問題があるので、この方法が実際に応用された例は少ない。以上にあげた理由から、魚類の血液型の検索や判別に一番多く使用されるのは、ウサギなどの免疫抗体である。すなわち、魚の赤血球をウサギに反復注射して抗血清を調製し、この血清中に含まれる型特異的抗体 (特定の血液型の血球のみに反応する抗体) によつて血液型の判別を行なう。ただしこの場合は、抗血清中に夾雑する種特異的抗体をあらかじめ吸収操作によつて除去する必要がある。

前述 3) の lectin による方法も、もし適当な reagent が発見されれば非常に利点の多い方法である。特に魚体が小さくて、一個体からは免疫に必要なだけの血球が得られない場合や、また免疫によつて抗体が生

* 東海区水産研究所 (Tokai Regional Fisheries Research Laboratory)

産されにくい場合などに有効な方法であろう。

以上に述べてきた方法の他に、放射性抗体を利用する方法も検討されている。藤野⁶⁾は抗血清中のグロブリン分画に ^{131}I をラベルして放射性抗体を調製し、これにより濾紙上のスジイルカの乾燥血痕の血液型を判別している。魚類、特に洄游魚などの血液型を調査する際には、試料血液の採取、保存は最も困難な問題であるので、今後このような手法の開発は必要であろう。

サケ、マス類の血液型

サケ、マス類は、古くから各地の孵化場、養殖池などで飼育、交配に関する研究がなされており、また河川別の系統群についての多くの情報も得られている。

したがって、魚類の血液型およびその遺伝に関する研究のモデルとしては非常にすぐれた対象であるので、米国の Bureau of Commercial Fisheries, カリフォルニア大学、ペンシルバニア大学などが主体となり、精力的な研究が行なわれている。

RIDGWAY, CUSHING および DURALL⁷⁾ (1958) は北米のプリストル湾に注ぐ数河川およびコロンビア河系で漁獲されたベニマスの血液試料多数を採取してその血液型を検討している。彼らは 700 個体近くのベニマスの血清と血球を相互に反応せしめたが、同種血球凝集反応を認めることができなかった。しかし、ある特定個体のブタ血清による凝集反応によつて、ベニマス血球の被凝集価には個体差があることが判明した。彼らは、各個体の血球の被凝集価を数値 (score) であらわし、その頻度分布を産地別に比較した結果、河川系統間に有意の差があることを発見した。また、被凝集価 score が三つのモードを示すことや吸収試験の結果などから、この血液型は二つの対立遺伝子 (a, A) により決定され、各個体の遺伝子組成は、 aa, aA, AA であると仮定した。この仮定にもとづき、各サンプル集団について HARDY-WINBERG の法則に従うかどうかを検定した結果、肯定的な結果が得られた。すなわち、単一の種族とみられる産卵場よりの試料では、遺伝的な平衡条件が満足されているが、コロンビア河の本流のように、数系統の魚群が入りまじっていると考えられる場所からの試料では、HARDY-WINBERG の式に合致しないことがわかった。その後 RIDGWAY および KLONTZ⁸⁾ はサケ、ベニマス、マスノスケ、カラフトマスなどの血液型をウサギおよびニワトリ免疫抗体を使用して確認し、またその出現率が地域的にことなることを指摘した。ところで、RIDGWAY らの発表した業績中でさらに特記すべきは、ベニマスとニジマスの同種免疫⁸⁾⁹⁾ にはじめて成功したことである。彼らは 1 回に 100 尾またはそれ以上のベニマスおよびニジマスを飼育し、ある個体の血球を同一種の他の個体に注射して免疫した。その結果、抗体価は低いのが明らかに型特異的な抗体を生産せしめることができた。元来、冷血動物における抗体生産は著しく環境、温度に左右され低温ほど困難であるといわれているが、彼らの場合は 15°C またはそれ以下で抗体の生産を認めている。

ニジマスの血液型の遺伝型式を交配試験により立証したのは、SANDERS および WRIGHT¹⁰⁾ である。彼らはウサギに対する免疫によつて、ニジマス赤血球に 2 種類の抗原、R 1 および R 2 が存在すること、また

Table 1. Inheritance patterns of R-system blood types in rainbow trout. (SANDERS and WRIGHT, 1962)

Crosses made reciprocally	Progeny phenotypes			Heterogeneity test Chi-square	Probability
	R 1	R 2	R 1. 2		
R 1 × R 1	99	0	0	—	—
R 1 × R 2	0	0	90	—	—
R 1. 2 × R 1	91	0	115	1.1660	0.80-0.70
R 1. 2 × R 1. 2	49	42	91	3.6389	0.80-0.70
R 2 × R 1. 2	0	66	58	1.4530	0.50-0.30
R 2 × R 2	0	91	0	—	—

これらの抗原による血液型としては、R1 型、R1-2 型、R2 型の三型のみが存在することを明らかにした。彼らは、これら各型の成熟親魚を交配して得られた F₁ の血液型を判定したところ、Table 1 の結果を得た。

この結果から推定されるように、R 式血液型はあたかもヒトの MN 式血液型の如く 2 つの対立遺伝子 (R^1 および R^2) により決定され、その遺伝因子型には R^1R^1 , R^2R^2 および R^1R^2 の 3 種類があると考えられる。このように魚類の血液型の遺伝形式を大規模な交配試験により立証したのは彼らが最初であり非常に貴重な成果といえよう。

ニシン・イワシ類の血液型

ニシン、イワシ類のように各国で多獲され、漁業上非常に重要な魚種においても血液型の研究が行なわれ、またその血液型は資源学上、貴重な指標として認められつつある。

SINDERMANN⁽¹¹⁾⁽¹²⁾ は大西洋産のニシン近縁魚種の血液型について以下に示すような免疫遺伝学的な研究を行なつた。対象とした魚種は、alewife (*Alosa pseudoharengus*), blueback herring (*Alosa aestivalis*), American shad (*Alosa sapidissima*), Atlantic herring (*Clupea harengus*) および Atlantic menhaden (*Brevoortia tyrannus*) の 5 種で、これらすべてに血球抗原の個体差があることを認めている。Atlantic herring の血球をウサギに免疫して得た抗血清を使用することにより、この魚種には抗原 C および抗原 D の positive か negative かの差による血液型があることがわかつた。彼は大西洋西北部数海域産 Atlantic herring の成熟および未熟群数千尾の血液について前記 C, D 抗原の出現率を調査した結果、米国東岸 Maine 湾に少なくとも二つの異なる種族が存在することを指摘した。また、ある種の植物性血球凝集素

Table 2. Blood types in the B-system of *Sardinops caerulea*.
(SPRAGUE and VROOMAN, 1962)

Red blood cells from fish of type	Anti-I		Anti-B	
	Agglutinate	Absorb	Agglutinate	Absorb
I	Yes	Yes	No	No
BI	Yes*	Yes	Yes	Yes
Bi	No	Yes	Yes	Yes
B	No	No	Yes	Yes
"—"	No	?	No	Yes
"—"	No	?	No	No

* C5 only.

Table 3. Frequencies of the C-positive sardines. (SPRAGUE and VROOMAN, 1962, 1964)

Area	Subpopulation	C-positive fish %	No. Total fish (No. sample)*
Off the coast of California and Outer coast of Baja California	Northern	13.6	2473 (23 sample)
	Southern	6.0	2981 (17 sample)
Gulf of California	Gulf	16.8	738 (8 sample)

* Each sample consists of 41-292 fish.

(lima beans) による血液型を alewife に認め、その出現率を地理的に離れた四つの産卵群について調査した結果、これらの四者間に有意差が認められた。

SPRAGUE¹³⁾ および VROOMAN¹⁴⁾ は北米沿岸産の Pacific sardine (*Sardinops caerulea*) の血液型について B 式および C 式の血液型を提案している。B 式血液型はイワン血球をウシに注射免疫して得た抗 B 血清 (No. 3573), ニワトリに対し免疫して得た抗 I 血清 (No. C-5), およびニワトリ血球をアヒルに注射免疫して得た抗 I 血清 (DA-11) により認められる血液型である。抗 I 血清のうち、DA-11 による反応は元来アヒル血清中に含有されていた正常抗体である可能性が高い。彼らはこれらの血清による凝集反応および吸収試験の結果、イワン血球を 6 型に分類した。

Table 2 には B 式血液型を示している。

なお、C 式の血液型は、B 式とは関連のない血液型で最初 big horn sheep 血清の正常抗体により判別された型で、C₁, C₂ の亜型に分かれる。SPRAGUE および VROOMAN らは 1958 年より 5 カ年にわたりカリフォルニア沿岸の諸海域で漁獲された数千尾の血液試料について C 抗原の出現率を調査した。漁獲物の体長組成の変動、産卵生態、標識調査などの生物学的情報を考慮に入れて、C 抗原出現率を検討した結果、米国カリフォルニア州沿岸よりカリフォルニア半島の西岸に至る海域には、それぞれ独立の二つの種族が存在すると推定した。

Table 3 に示す如く、北部系、南部系間に明らかな差異を認め得る。また湾内系は、南北両系群と地理的に離れていることや、その他の生物学的情報から考えて独立した種族であろうと推定している。なお、魚群の季節的な移動に際しても、血液型調査によつて各種族の移動状況を追跡することが可能であつた。

カツオ・マグロ類の血液型

カツオ・マグロ類は広く熱帯、あるいは温帯の海域に分布し重要な漁獲対象魚であるので、その生物学的、資源学的研究は古くから内外の研究者達により行なわれてきた。しかし、その血液型に関する研究が始められたのは比較的最近のことである。

CUSHING¹⁵⁾ (1956) は大洋産カツオの血球について種々の免疫血清、哺乳類正常血清を使用して検討した結果、2 種類の抗原 (1, 2) をみいだした。抗原 1 は、マグロ、カツオの赤血球でウサギを免疫して得た抗血清中の抗体と反応する抗原である。また抗原 2 は特定の哺乳類血清 (ヒト、ウシ、ヒツジ) 中の正常抗体により検出される。これら 2 種類の抗原によりカツオの血液型は、抗原 1 型、抗原 2 型、抗原 1・2 型および 0 型 (両抗原を含まない) の 4 型に分類された。その後、SPRAGUE¹⁶⁾¹⁷⁾ は太平洋産のカツオについて B 式血液型を提案した。この血液型は、anti-K₁, anti-K₂ および anti-E の 3 種の reagent により判別され Table 4 に示すように 6 型に分類される。

Table 4. B-system blood type of skipjack. (SPRAGUE and HOLLOWAY, 1962, 1963)

Reagent			Number of individuals
Anti-E	Anti-K ₁	Anti-K ₂	
+++	+++	+++	13
+++	—	+++	125
+++	—	—	203
—	+++	+++	510
—	—	+++	143
—	—	—	20
			1014

ここで使用した anti-K₁ および anti-K₂ はカツオ血球をウサギに注射免疫して調製した reagent であり、anti-E は lectin の一種 (*Virgilia* seed 抽出液) である。

彼らは太平洋数海域のカツオについて B 式血液型の出現率を調査し Table 5 の結果を得た。

この表にみられるように、ハワイ近海産およびマーケサス島産のカツオの K 型出現率は、他の三海域産と有意の差がみとめられるが ($P < 0.05$), ツアモツ産、ソサイエター産の間には差がみられない。

Table 5. Blood type frequencies of skipjack. (SPRAGUE and HOLLOWAY, 1962)

Reagent			Sample Area			
Phenotype	Anti-K ₁	Anti-K ₂	Hawaiian Is.	Marquesas Is.	Tuamotu Is.	Society Is.
K ₁	+	+	154 (66%)	83 (33%)	193 (54%)	93 (55%)
K ₂	—	+	74 (32%)	67 (27%)	81 (23%)	46 (27%)
"—"	—	—	6 (3%)	100 (40%)	86 (24%)	31 (18%)
Total number tested			234	250	360	170

Table 6. Blood type systems in three species of tuna.

Species	Name of Blood type	Phenotype	Reagent	Ref.
Albacore	Tg-system*	Tg 1 ₁ , Tg 1 ₂ , Tg 1 ₁ ·2 Tg 1 ₂ ·2, Tg 2, Tg 0	rabbit immune sera	SUZUKI <i>et al.</i> ^{18) 19) 22)}
	G-system*	G ₁ , G ₂ , "—"	tilapia immune sera	SPRAGUE ^{17) 24)}
	C-system	C ₂ , C ₃ , "—"	bovine normal sera and rabbit immune sera	SPRAGUE ¹⁷⁾
Big-eye tuna	Tg-system	Tg 1 ₁ , Tg 1 ₂ , Tg 1 ₁ ·2 Tg 1 ₂ ·2, Tg 2	rabbit immune sera	SUZUKI ²⁰⁾
	C-system	C ₁ , C ₂ , C ₃ ,	bovine normal sera and rabbit immune sera	SPRAGUE ¹⁷⁾
	A-B-O-system	A, B, AB, O	rabbit immune sera and bovine normal sera	SPRAGUE ¹⁷⁾
Yellowfin tuna	Tg-system	Tg 2, Tg 0	rabbit immune sera	SUZUKI ²¹⁾
	C-system	C ₁ , C ₂ , C ₃ "—"	bovine normal sera and rabbit immune sera	SPRAGUE ¹⁷⁾

* Those are subtypes—Tg1₁ and Tg1₂, G₁ and G₂.

なお彼らは、CUSHING の抗原-2 についても検討し、C 式血液型を提案している。
マグロ類の血液型については、鈴木^{18)~28)}、SPRAGUE^{17) 24)} らが種々の血液型を報告している。

Table 6 に主要マグロ 3 魚種の血液型を一括して示した。このようにウサギ免疫血清、テラピア免疫血清、ウシ正常血清などを使用してビンナガ、メバチ、キハダの各魚種に Tg 式、G 式、C 式、ABO 式などの血液型が認められている。なお鈴木^{19) 22) 25)} らは、太平洋、大西洋、インド洋産のビンナガについて Tg 式血液型の出現率を調査した結果、Tg 1 抗原の出現率が三大洋間で明らかな差異を示すことを指摘している。また MARR および SPRAGUE²⁶⁾ は、鈴木らの data を集団遺伝学的見地から検討した結果、北太平洋産のビンナガが単一母集団に帰すると結論している。

サメ類の血液型

サメなどの軟骨魚は硬骨魚と分類学上の位置が異り、また血清成分²⁷⁾ 赤血球の型態²⁸⁾ も一般硬骨魚を著しく異なっている。したがってこのような魚種にも硬骨魚と同様な血液型が認められるか否かは非常に興味のある問題である。

SINDERMANN および MAIRS²⁹⁾ は、大西洋産のサメの一種 spiny dogfish (*Squalus acanthias*) の血液型

Table 7. Cross reaction of sera and erythrocytes of spiny dogfish.
(SINDERMAN and MAIRS, 1961)

Serum	Erythrocytes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	+++	+++	+++	+++	—	—	+	+	—	++
6	+++	+++	+++	+++	—	—	++	++	—	++
7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	+	+	+	+	—	—	+++	++	—	++
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Table 8. Results of absorptions of rabbit anti-dogfish serum by the individual dogfish erythrocytes. (SINDERMAN and MAIRS, 1961)

Rabbit antidogfish serum	Cells (Erythrocytes)											
	S ₁ 1	S ₁ S ₂ 2	S ₁ 3	S ₁ 4	S ₀ 5	S ₀ 6	S ₁ 7	S ₁ 8	S ₀ 9	S ₁ 10	S ₁ 11	S ₀ 12
Absorbed with cells of:												
1	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
4	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5	+	+	+	+	—	—	+	+	—	+	+	—
6	+	+	+	+	—	—	+	+	—	+	+	—
7	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
9	+	+	+	+	—	—	+	+	—	+	+	—
10	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
11	—	+	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
12	—	+	+	+	—	—	+	+	—	+	+	—
Unabsorbed	+++	+++	+++	+++	++	++	+++	+++	+++	+++	+++	++

およびその遺伝について研究し、サメにも血液型が検出され、しかも哺乳類、硬骨類の場合と同様に遺伝形質であることを認めている。

彼らは米国大西洋沿岸 (Gulf of Maine) 産の spiny dogfish の血液を採取して血清と血球とに分離し、同種血球凝集反応を検討した。その結果、Table 7 に示すように特定のグループの個体 (表中 No. 5, 6, 9) の血清中には、他のグループの個体 (表中 No. 1, 2, 3, 4, 7, 8, 10) の血球と凝集する抗体が含まれることがわかった。この抗体は後者のグループの血球では完全に吸収されるが、前者のグループの血球では吸収することができなかった。彼らは後者のグループの血球に含まれる抗原を一応 S-抗原と名付けた。次にこの S-抗原を免疫により確認するために、dogfish の血球をウサギに免疫して調製した抗血清を各個体の dogfish 血球で吸収したところ、Table 8 に示す如く S₁, S₂ の2種類の抗原を検出することができ

た。またここに示した S_1 抗原は、同種血球凝集素により検出された抗原-S (前述) と等しいことが判明した。以上の検討により dogfish の血液型を S_0 型, S_1 型, S_2 型, S_{1-2} 型の四種に分類することができた。

dogfish は胎生であるので母魚の血液型と胎児の血液型を比較検討することが可能である。SINDERMANN らは、各型の母魚 12 尾とその胎内の仔魚五十数尾の血液型を比較した結果、dogfish の S 式血液型は S^1 , S^2 , S^0 の三複対立因子により決定されると考え、また四つの表現型、すなわち S_1 型, S_2 型, S_{1-2} 型, S_0 型の因子型はそれぞれ S^1S^1 (または S^1S^0), S^2S^2 (または S^2S^0), S^1S^2 , S^0S^0 であると推定している。

クジラ類の血液型

クジラは魚類ではないが、重要な水産資源であるので、ここで触れてみた。クジラ類の血液型は主として藤野の 10 数年間の努力によつて明らかにされている。山口および藤野³⁰⁾は最初スジイルカの血球をウサギに注射免疫して得た抗血清を使用して、スジイルカ血球中に 2 種類の抗原 Dc_1 および Dc_2 をみいだした。これによりスジイルカの血液型は Dc_1 型, Dc_2 型, Dc_{1-2} 型の三つに分類された。その後藤野^{31)~35)}は、ハクジラ、ヒゲクジラの各種について研究し、Table 9 に示すような血液型の存在を明らかにした。

Table 9. Blood Groups in Various Species of Whales (FUJINO, 1960³⁵⁾)

Classification of whale	Whale species		Blood groups		Literature
	Common name	Scientific name	Phenotype	Detecting method of antigens	
Toothed whale	Blue-white dolphin	<i>Stenella caeruleo-albus</i>	Dc_1Dc_2 , Dc_1 , Dc_2	Agglutination and hemolysis reactions with immune antibodies	YAMAGUCHI and FUJINO ³⁰⁾ (1952)
	Baird-beaked whale	<i>Berardius bairdii</i>	$\{Br_1Br_2, Br_1, Br_2\}$ $\{Pb^+, Pb^-\}$		
	Sperm whale	<i>Physeter catodon</i>	$\{Pc_1Pc_2, Pc_1, Pc_2\}$ $\{Sp^+, Sp^-\}$		FUJINO ³²⁾ (1954)
	Bryde whale	<i>Balaenoptera epeni</i>	Bb_1^+, Bb_1^- and Bb_2^+, Bb_2^-		
Baleen whale	Fin whale	<i>B. physalus</i>	$\{Bp_1^+, Bp_1^- \text{ and } Bp_2^+, Bp_2^-\}$ $\{Ju_1Ju_2, Ju_1, Ju_2\}$	Ditto and isoagglutination	FUJINO ³¹⁾ (1953)
				Agglutination reaction with immune and natural antibodies	FUJINO ³³⁾ (1956)
	Blue whale	<i>B. musculus</i>	Bm_1^+, Bm_1^- and Bm_2^+, Bm_2^-	Agglutination and hemolysis with immune antibodies and isoagglutination	FUJINO ³¹⁾ (1953)
			$\{Mn_1^+, Mn_1^- \text{ and } Mn_2^+, Mn_2^-\}$		
	Humpback whale	<i>Megaptera nodosa</i>	1, 2, 3, 4,	Agglutination with antiferback Ju immune and natural antibodies	CUSHING, FUJINO and TAKAHASHI ³⁴⁾ (1959)

藤野^{36) 37)}は北太平洋のナガスクジラの血液型を調査した data と標識調査、形態学調査の data をとりまとめた。その結果、ナガスクジラは東支那海系統、西部北太平洋系統、東部北太平洋系統、カナダ、アメリカ沖系統などの種族に分かれていることが明らかになった。また彼は南水産のナガスクジラについても血液型調査を実施した結果、大西洋系、西インド洋系などの系統群を区別した上で各漁場における分布および混合比を推定している。

その他の魚種の血液型

今までに述べてきた魚種の他、多くの魚種に血液型が認められている。末広¹⁾はウナギおよびクロダイに同種血球凝集素による血液型を認め、またヒト血清中の凝集素により二十数種の魚類で赤血球抗原の個体差による血液型を指摘した。なお魚類血清中の異種血球凝集素パターンによるいわゆる血清型(後述)は古くから知られていたが、魚類血球中の凝集原の個体差による血液型を発見したのは、末広が最初であり貴重な発見といえよう。

米国産のナマズの一種 (brown bullhead, *Ictalurus nebulosus*) にはあたかも人の ABO 血液型の如き同種血球凝集反応による血液型が認められることを CUSHING および DURALL⁴¹⁾ が報告している。また彼らは white croaker (*Genyonemus lineatus*) においても同種血球凝集素による血液型を認めている。

SINDERMAN⁴²⁾ は大西洋産の redfish (*Sebastes marinus*, 本邦産ハツメ近縁種) の赤血球抗原につきウサギ免疫血清により検討し、A₁ 型と A₂ 型の血液型を指摘している。また HILDMANN⁴³⁾ はキンギョの同種免疫を実施して、少なくとも六つの血液型をみだし、またウサギに対する免疫により1種の抗原による型を認めている。

タラについては末広¹⁾が二百数十尾について同種血球凝集反応による検討を実施しているが、その後、HALVORSEN および MÖLLER⁴⁴⁾ は北大西洋産のタラについてヒト血清により検討し、個体差を認めている。

以上に述べてきたように、分類学上の地位の異なる各魚種に血液型が認められているので、現在までに報告されていない魚種においても今後続々と血液型が発見されるものと予想される。

魚類血清中の異種血球凝集素

今までに述べてきたのはすべて魚類血球中抗原の個体差による血液型であるが、そのほか魚類血清中の他種動物血球に対する凝集素パターンの個体差による血清型も認められる。

魚類血清中の凝集素のうちで従来最もくわしく研究されてきたのは、ウナギ血清中の抗 E 凝集素⁴⁵⁾である。杉下^{46)~49)}によると、ウナギ血清は I 型と II 型に分類される。I 型血清は、ヒトの A-B-O 各型に均等な凝集素価を示すが、II 型血清は O 型ヒト血球に対し他の型より高い凝集素価を示す。彼は II 型血清中の抗 E 凝集素によりヒトの A, AB, B 型が E 型と e 型とに分類されることを示した。ところがその後、松沢および三枝⁵⁰⁾は抗 E 凝集素につき詳細に検討した結果、ウナギ血清の I 型、II 型の別は主としてウナギ体表にある粘液性物質中の凝集性物質の関与の程度によるもので、I 型血清も 65° 30 分加熱処理により II 型の性質を示すようになることを報告している。なおウナギ血清の抗 E により検定されるヒト E, e の血液型は遺伝的形質であり法医学上にも応用されている。

カツオ、マグロ類の血清型については CUSHING⁵¹⁾⁵²⁾、鈴木²¹⁾²³⁾らが報告している。

CUSHING は、キハダ血清中の哺乳類血球に対する凝集パターンにより四つの血清型に分類した。第一のグループの血清には β' (ヒトの B 型および AB 型血球を凝集する抗体) およびヒツジ血球に対する凝集素が含まれる。第二のグループは、A-B-O 式各型のヒト血球を凝集するがヒツジ血球を凝集しない。第三のグループは β' を含むがヒツジ血球を凝集しない。第四のグループは各型ヒト血球、ヒツジ血球すべてに反応しない。その後鈴木は、キハダ血清についてさらに詳細に検討し β' (ヒト抗 B 凝集素)、 α' (ヒト抗 A 凝集素) および抗 O? 凝集素 (ヒト O 血球に対し特に高い抗体価を示す) の存否により五つの血清型に分類した。なおメバチ、ミナミマグロ血清中には β' が検出されたが、ビンナガ血清には認められなかった。

ウナギの抗 E 凝集素により、ヒトの新しい血液型が発見された如く、魚類血清中の異種血球凝集素により魚類の血液型を検索するところも報告されている。

鈴木²⁰⁾²¹⁾はクロカジキ、シロカジキ、スマカツオ、ツンブリ、イソマグロ、シイラ、カツオなどの血清中の抗マグロ血球凝集素につき検討した。その結果、ある個体のクロカジキ血清中に抗マグロ Tg2 凝集素のほか、抗 x₁、x₂ 凝集素を含むことが判明した。彼は特定個体のクロカジキ血清をマグロ血球で吸収して抗

x_1 , 抗 x_2 などの reagent を調製し, これによりキハダの血液型を判別している。

あ と が き

以上に述べてきたように現在では多くの主要魚種の血液型が報告され, 種族の判別にも応用されてきている。血液型のような形質を種族の判別に応用する場合には, 次のような長所が考えられる。

- 1) 血液型は遺伝的な形質である。したがって環境変化による影響がない。
- 2) 血液型抗原は通常は特定遺伝子の直接的産物と考えられる。したがって例えば交配実験のできない場合でも血液型抗原を支配する遺伝子構成の推定が可能となる。
- 3) 血液型を判定する方法は, いわゆる血清学的方法であるが, この方法は非常に鋭敏な特異性の強い反応で, また比較的簡単な方法である。したがってひとたび型判定用 reagent が開発されたならば, 多数個体の処理も容易である。

以上の長所を活かすことにより個体と集団の遺伝子構成および集団間の異同, 混交の有無などを集団遺伝学的方法により推定することができる。このように血液型による種族判別方法は他の方法にみられないすぐれた長所があるので, 今後の発展も大いに期待できよう。また血液型は養殖魚の純系品種の作出などの方面にも応用可能であろう。

しかし, 魚類血液型の研究は歴史も浅く数多くの基礎的問題が残されているので, 今後さらに多くの努力を積重ねる必要がある。

文 献

- 1) Y. SUEHIRO: *Bull. Physiograph. Sci. Res. Inst. Tokyo Univ.*, **2**, 42~50 (1949).
- 2) E. A. KABAT: *Blood Group Substances*, Academic Press Inc., New York, (1956).
- 3) W. C. BOYD and E. SHAPLEIGH: *Science*, **119**, 419 (1954).
- 4) C. STORMONT, R. D. OWEN, and M. R. IRWIN: *Genetics*, **36**, 134~161 (1951).
- 5) W. E. BRILES, C. P. ALLEN, and T. W. MILLEN: *Genetics*, **42**, 631~648 (1957).
- 6) K. FUJINO and J. E. CUSHING: *Sci. Rept. Whales Res. Inst.*, No. 14, 101~106 (1959).
- 7) G. J. RIDGWAY, J. E. CUSHING, and G. L. DURALL: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Spec. Sci. Rept. Fisheries* No. 257 (1958).
- 8) ——— and G. W. KLONTZ: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Spec. Sci. Rept. Fisheries* No. 324, 1~9 (1960).
- 9) ———: *Ann. New York Acad. Sci.*, **97** (1), 111~115 (1962).
- 10) B. G. SANDERS and J. E. WRIGHT: *Ann. New York Acad. Sci.*, **97** (1), 116~130 (1962).
- 11) C. J. SINDERMANN and D. F. MAIRS: *Copeia*, **3**, 228~232 (1959).
- 12) ———: *The American Naturalist*, **XCVI** (889), 225~231 (1962).
- 13) L. M. SPRAGUE and A. M. VROOMAN: *Ann. New York Acad. Sci.*, **97** (1), 131~138 (1962).
- 14) A. M. VROOMAN: *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **21** (4), 691~701 (1964).
- 15) J. E. CUSHING: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Spec. Sci. Rept., Fisheries* No. 183 (1956).
- 16) L. M. SPRAGUE and J. R. HOLOWAY: *The American Naturalist*, **XCVI** (889), 233~238 (1962).
- 17) ——— and ———: *FAO Fisheries Report* No. 6 (3), 1381~1393 (1963).
- 18) 鈴木秋果・清水泰幸・森尾忠夫: 南水研報, **8**, 104~116 (1958).
- 19) ———・森尾忠夫・見元孝一: 南水研究, **11**, 17~23 (1959).
- 20) ———: 南水研報, **12**, 1~13 (1960).
- 21) ———: 南水研報, **13**, 53~67 (1961).
- 22) ———: 南水研報, **16**, 67~70 (1962).
- 23) ———: 南水研報臨時, **1**, 81~83 (1962).
- 24) L. M. SPRAGUE: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Spec. Sci. Rept.*, No. 415, 37 (1962).
- 25) 鈴木秋果: 本誌, **29**, 1128~1132 (1963).
- 26) J. C. MARR and L. M. SPRAGUE: *International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries, Special Publication*, No. 4, 308~313 (1963).
- 27) 斎藤 要: 本誌, **22**, 752~759, 760~767, 773~777 (1957).

- 28) 斎藤 要: 本誌, **19**, 1134~1138 (1953).
- 29) C. J. SINDERMAN and D. F. MAIRS: *Biological Bull.*, **120** (3), 401~410 (1961).
- 30) K. YAMAGUCHI and K. FUJINO: *Sci. Rept. Whales Res. Inst.* **No. 7**, 69~77 (1952).
- 31) K. FUJINO: *Sci. Rept. Whales Res. Inst.*, **No. 8**, 103~124 (1953).
- 32) ———: *Ibid.*, No. 9, 105~120 (1954).
- 33) ———: *Ibid.*, No. 11, 85~98 (1956).
- 34) J. E. CUSHING, K. FUJINO, and K. TAKAHASHI: *Ibid.*, **No. 14**, 89~100 (1959).
- 35) K. FUJINO: *Ibid.*, No. 15, 85~142 (1960).
- 36) 藤野和男: 鯨研通信, No. 119, 113~130 (1961).
- 37) ———: " , No. 142, 109~118 (1963).
- 38) ———: " , No. 128, 67~77 (1962).
- 39) K. FUJINO: *The American Naturalist*, **XCVI** (889), 205~210 (1962).
- 40) ———: *Sci. Rept. Whales Res. Inst.*, No. 18, 1~27 (1964).
- 41) J. E. CUSHING and G. L. DURAL: *The American Naturalist*, **XCI** (857) 121~126 (1957).
- 42) C. J. SINDERMAN: *U. S. Fish and Wildl. Serv., Fisheries Bull.* No. 191, 351~354 (1961).
- 43) W. H. HILDMANN: *Science*, **124** (3216), 315~316 (1956).
- 44) K. HALVORSEN and D. MÖLLER: *Scandinavian Congress of Pathology and Microbiology*, **XII**, 303~304 (1959).
- 45) 古畑種基: 血液型学, 医学書院 (東京), 83~92 (1957).
- 46) 杉下尚治: 十全会雑誌, **40**, 1938~1963 (1935).
- 47) ———: 同誌, **40**, 2341~2352 (1935).
- 48) ———: 同誌, **40**, 3369~3383 (1935).
- 49) ———: 同誌, **40**, 4643~4648 (1935).
- 50) 松沢茂隆・三枝守法: 日本法医学雑誌, **8**, 381~395 (1954).
- 51) J. E. CUSHING: *J. Immunology*, **68**, 543~547 (1952).
- 52) ———: *Science*, **115** (2989), 404~405 (1952).