

## 短報一 2

# アロザイム分析からみた霞ヶ浦水系におけるアユの由来

根本隆夫・林崎健一\*・Krittikar Kaewsangk\*・朝日田卓\*・井田 齊\*・猿渡敏郎\*\*

### 1. はじめに

霞ヶ浦・北浦及びその流入河川（以下、総称して霞ヶ浦水系と記す）において、アユは春から初夏にかけて少量混獲される程度の魚であったが、1992年以降急激に増加し、漁獲対象種となっている。これまでの調査で、アユは霞ヶ浦・北浦の流入河川で再生産を行い、稚仔魚期から成魚期にかけての生活史全ステージを霞ヶ浦水系で過ごす陸封型の生活様式を持つことが明らかとなった（根本ら、1997, 1998）。しかし、その由来が在来か放流アユかは定かでなかった。

1998年以降、霞ヶ浦水系のアユの由来を解明するため、北里大学水産学部水圏生態学研究室と茨城内水試による共同研究で、アロザイム多型を指標とした調査を行うことにより、その由来が分かってきた（Kaewsangk *et al.*, 2001）。

その後も共同研究を続け、アロザイム分析により霞ヶ浦水系のアユの遺伝的特性をモニタリングし続けているが（茨城内水試、2001, 2002）、今回はKaewsangk *et al.* (2001) 以降の分析結果について報告する。併せて、陸封型であることを確認するために行ったEPMA分析による耳石のSr:Ca比の調査結果の概要を報告する。

### 2. 方 法

#### (1) アロザイム分析

霞ヶ浦水系における供試魚は、1998年から2001年の間に霞ヶ浦沿岸の玉造町高須及び麻生町富田、北浦沿岸の鹿嶋市中において張網（小型の定置網）で漁獲されたアユ、霞ヶ浦流入河川の桜川で投網により採捕したアユである。

これらと比較のため、1998年から2001年の間に県内の利根川（河内町生板）の張網で遡上期に漁獲されたアユ、久慈川及び那珂川のアユ遡上調査で採捕された両側回遊型のアユを用いた。

また、県外では1998年に採集された浦浜川・吉浜川（岩手県）、三瀬川（山形県）、日和佐川（和歌山県）の両側回遊型のアユ、琵琶湖産陸封型アユ、及び1999年に利根川上流で放流されている群馬水試産種苗を用いた。

供試魚は、目、筋肉を組織ごとに切り出して容器に入れ、アロザイム分析に用いるまで $-80^{\circ}\text{C}$ の冷凍庫に入れて保存した。

これらのアユについて、8酵素12遺伝子座の分析を行った。アロザイム分析はAebbersold *et al.* (1987) を一部改変（Kaewsangk *et al.*, 2001）して行った。

#### (2) 耳石の微量元素特性（Sr:Ca比）調査

1999年4月～5月に霞ヶ浦沿岸の玉造町高須で漁獲されたアユ4個体、那珂川のアユ遡上調査で採捕されたアユ1個体について耳石を取り出し、樹脂に包埋後、耳石核及び輪紋が観察できるように研磨し、波長分散型電子線マイクロアナライザーにより耳石の微量元素特性（Sr:Ca比）を調べた。測定条件は加速電圧15KV、照射電流10nA、ビーム径 $5\mu\text{m}$ 、1ポイント当たりの分析時間10秒とし、測定間隔 $5\mu\text{m}$ の線分析を行った。

\* 北里大学水産学部水圏生態学研究室, \*\* 東京大学海洋研究所

### 3. 結果及び考察

#### (1) アロザイム分析

分析に用いた8酵素12遺伝子座のうち、5酵素5遺伝子座で多型が認められた。対立遺伝子数は14であった。多型が認められた5酵素5遺伝子座のうち最も多い対立遺伝子の頻度について表1に示した。

関・谷口(1988)によると、両側回遊型と琵琶湖産のアユではGPI-1\*100とMPI\*100の両対立遺伝子頻度が明瞭に異なる。すなわち、両側回遊型のGPI-1\*100は0.538~0.703, MPI\*100は0.790~0.912, 琵琶湖産のGPI-1\*100は0.328~0.415, MPI\*100は0.300~0.420とされている。よって、この2遺伝子座の対立遺伝子頻度に注目すると両集団を分けることができる。

そこで、横軸にMPI\*100, 縦軸にGPI-1\*100を取り、分析した各集団について2つの遺伝子座の対立遺伝子頻度の分布図を作成した(図1)。なお、各場所とも分析結果が複数年の場合は全ての年の平均値を用

い、更に霞ヶ浦の場合は、3カ所の平均値を示した。その結果、霞ヶ浦のアユ個体群は、GPI-1\*100で0.611, MPI\*100で0.738, 北浦は、GPI-1\*100で0.604, MPI\*100で0.712であり、両個体群ともGPI-1\*100は両側回遊型のアユの範囲にあったが、MPI\*100に多少のずれが見られた。しかし、霞ヶ浦・北浦のアユ個体群は、琵琶湖産アユや群馬水試産アユの値とは明確に異なり、両側回遊型のアユの値に極めて近いことが分かった。

従って、霞ヶ浦水系のアユ個体群は、茨城県内で主に放流されている琵琶湖産アユ及び利根川上流部で放流されている群馬水試産アユに由来するものではなく、在来の両側回遊型アユに由来する可能性が高いと判断される。

なお、近隣の久慈川, 那珂川, 利根川のアユ集団の値は、GPI-1\*100, MPI\*100の値とも両側回遊型のアユの範囲にあった。

更に、多型が見られた5酵素5遺伝子座を用いて

表1 各アユ集団における5酵素5遺伝子座の最も多い対立遺伝子の頻度

採集場所	採集年	採集月日	個体数	体長 SL(mm)	GPI-1*	MPI*	MDH-1*	PGDH*	PGM*
					100	100	100	100	100
霞ヶ浦玉造	1998	5/22	60	63-116	0.580	0.742	1.000	0.958	0.925
	1999	5/18	77	56-108	0.522	0.733	0.906	0.988	0.937
霞ヶ浦麻生	1998	5/22	60	110-165	0.633	0.767	0.958	0.950	0.933
	1999	4/23	77	70-102	0.617	0.721	0.969	0.900	0.950
	2001	6/1	121	84-141	0.628	0.674	0.979	0.975	0.963
霞ヶ浦桜川	1998	5/23	60	72-155	0.642	0.780	0.958	0.967	0.950
	1999	5/26	80	52-106	0.631	0.783	0.968	0.974	0.938
	2001	5/11	86	55-105	0.607	0.703	0.947	0.987	0.940
北浦	1998	6	40	60-155	0.663	0.700	0.963	0.950	0.938
	1999	5/21	78	75-147	0.532	0.720	0.963	0.981	0.943
	2001	6/27	150	84-141	0.616	0.715	0.959	0.972	0.971
久慈川	1998	5/8,5/23	80	58-86	0.675	0.856	0.981	0.925	1.000
	1999	5/18	77	52-78	0.591	0.857	0.994	0.956	0.994
	2001	4/26	80	61-101	0.650	0.863	0.994	0.994	0.994
那珂川	1999	4/6	80	48-80	0.619	0.861	0.981	0.938	0.988
利根川	2000	5/23	117	44-96	0.662	0.816	0.979	0.957	0.991
浦浜川	1998	-	58	82-187	0.698	0.828	0.991	0.922	0.966
吉浜川	1998	-	50	94-170	0.700	0.780	0.990	0.970	0.980
三瀬川	1998	-	63	90-160	0.627	0.841	0.992	0.921	0.984
日和佐川	1998	-	73	63-143	0.657	0.877	0.973	0.966	0.986
琵琶湖	1998	-	27	60-106	0.444	0.370	1.000	1.000	0.962
群馬水試	1999	-	59	138-183	0.195	0.675	0.892	1.000	0.875

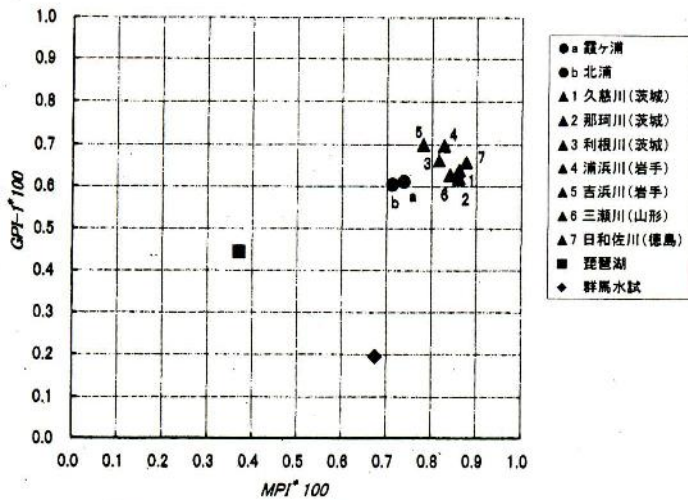


図1 MPI\*100とGPI\*100の頻度分布

Neiの遺伝的距離を計算し、UPGMA法により集団間のデンドログラムを作成した(図2)。その結果、霞ヶ浦水系のアユ個体群は両側回遊型集団に極めて近いものの、近隣の久慈川や那珂川、利根川のアユと異なる別個のグループを形成することが分かった。また、霞ヶ浦水系のアユ個体群は、琵琶湖産個体群及び群馬水試産個体群と遺伝的に離れていることが確認された。

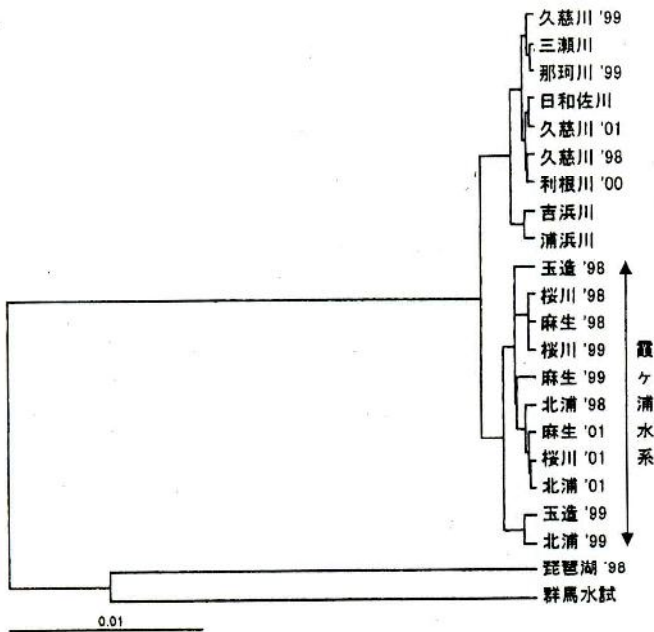


図2 分析した個体群のNeiの遺伝的距離にもとづくUPGMAデンドログラム(～2001年)

(2) 耳石の微量元素特性

図3にマイクロアナライザーで分析したアユ耳石のSr:Ca比(Sr/Ca×1000)を示した。両側回遊型である那珂川のアユ遡上稚魚は耳石の中心部付近(核から10～70μm)において、Sr:Ca比が3～4.7と高い値を示した。これに対し、霞ヶ浦産のアユは耳石中心部～約800μmに至るまでSr:Ca比が2以下と低かった。

これまでに、大竹ら(1999)により、茨城県久慈川産の両側回遊型アユ及び久慈川河口域の海産稚アユについて耳石の微量元素Sr:Ca比を調べその特性が報告されている。それによると、海洋生活をしている海産稚アユはふ化後10～40日齢でSr:Ca比が8～8.5と高くなり、その後徐々に河川水の影響する河口域、淡水域に移行することによりSr:Ca比が低くなっていく。

今回分析した那珂川の上アユは、大竹ら(1999)の報告よりやや値が低いものの、同じ傾向が見られ、両側回遊型のアユであると判断される。一方、霞ヶ

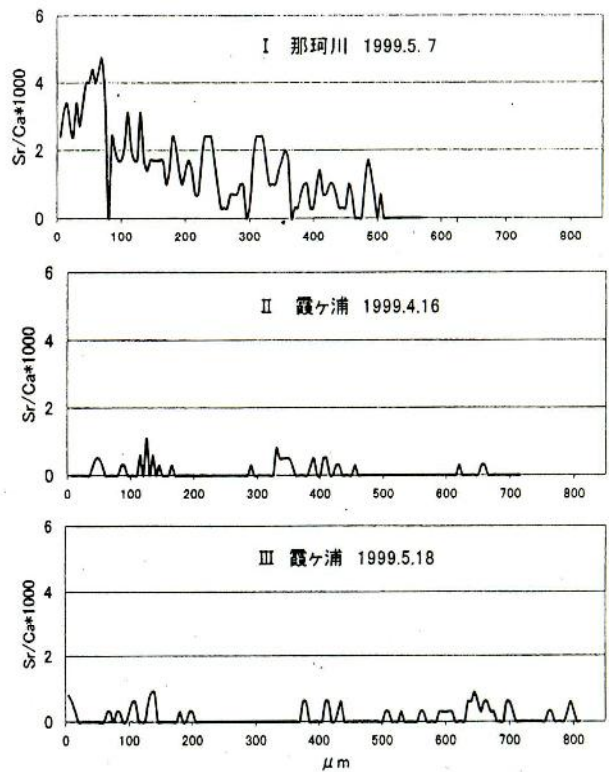


図3 EPMA分析によるアユ耳石のSr/Ca (Frontal)

浦産のアユは、ふ化時期から春季までSr:Ca比が低いままであり、淡水域での生活が続いていたものと判断される。通常、両側回遊型のアユは秋季のふ化直後から春季まで海洋生活を送り、その後河川に遡上して生活する。今回分析した霞ヶ浦産のアユは、採集された春季以降も霞ヶ浦湖内または流入河川で生活し、海へは出ないものと考えられる。このことから、霞ヶ浦において陸封型のアユ個体群が存在することが示唆された。

### (3) 霞ヶ浦水系におけるアユ個体群の特性について

これまでの調査結果から、霞ヶ浦水系のアユ個体群は、遺伝的に在来の両側回遊型アユに極めて近いことが分かった。また、霞ヶ浦水系において再生産し、生活史の全ステージを水系内で過ごす陸封型のアユ個体群が存在することが分かってきた。それは、今回のEPMA分析結果からも裏付けられた。これらのことから、霞ヶ浦水系における近年のアユ資源の増加は、両側回遊型のアユが霞ヶ浦水系内に入って再生産を繰り返し、陸封型の生活様式を持つようになった環境適応の結果であると考えられる。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、玉造漁業協同組合の齊藤邦夫副組合長、麻生町漁業協同組合の海老沢貞氏、きたうら広域漁業協同組合の谷田川道夫氏には霞ヶ浦水系のアユ標本の提供をして頂いた。以上の方々に深く感謝の意を表します。

## 引用文献

- Aebersold, P.B., G. A. Winans, D. J. Teel, G. B. Milner, and F. M. Utter. 1987 Manual for starch gel electrophoresis : a method for the detections of genetic variation. U. S. Dep. comer., NOAA Tech. Rep. NMFS 61.
- 茨城県内水面水産試験場 (2001, 2002) : 霞ヶ浦における陸封型アユの特性の解明, 平成12年度, 平成13年度内水面重要種資源増大対策委託事業 (アユの遺伝的多様性保全指針作成調査) 報告書, (社)日本水産資源保護協会.
- Kaewsangk K, Hayashizaki K, Asahida T, Nemoto T, Ida H, (2001) : Clarification of the origin of landlocked ayu, *Plecoglossus altivelis*, populati-ons in the Kasumigaura Lake system, Ibaraki Prefecture, Japan. Fish. Sci. 67, 1175-1177.
- 根本隆夫・久保田次郎・中村誠・杉浦仁治 (1997) : 霞ヶ浦水系におけるアユの生態学的研究Ⅱ, 北浦産1995年級群について, 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 33, 1-16.
- 根本隆夫・中村誠・杉浦仁治 (1998) : 霞ヶ浦水系におけるアユの生態学的研究Ⅲ, 霞ヶ浦における再生産個体群の出現と増加のメカニズム, 茨城県内水面水産試験場調査研究報告, 34, 1-21.
- 大竹二雄・三木康弘・山崎幸夫・大森明・小沼洋司 (1999) : 久慈川におけるアユ遡上生態, 耳石Sr:Ca比による回遊履歴の推定, 茨城県水産試験場研究報告, 37, 115-120.
- 関伸吾・谷口順彦 (1988) : 天然湖及び人工湖の移植陸封アユ及び人工採苗アユの由来について, 水産育種, 13, 39-44.