HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	サクラマス(ONCORHYNCHUS MASOU)のSMOLTの降海途中に於ける血液性状の変化
Author(s)	久保, 達郎
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 6(3), 201-207
Issue Date	1955-11
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/22927
Type	bulletin (article)
File Information	6(3)_P201-207.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

サクラマス (*ONCORHYNCHUS MASOU*) の SMOLT の降海途中に於ける血液性状の変化

久　保　達　郎
(北海道大学水産学部淡水増殖学教室)

Changes of Some Characteristics of Blood of Smolts of *Oncorhynchus masou* during Seaward Migration

Tatsuro KUBO

Abstract

In a previous report, the author stated that, in smolts of some salmonoid fishes, the freezing points of blood become fairly higher after parr-smolt transformation as compared with those of parr or dark parr.

But, as results of later studies on the blood of *sakura-masu* (*Oncorhynchus masou*), it was found that changes of characteristics of blood were not so simple as had been formerly stated.

In the latter part of smolt life, when the fish are about to descend actively to the sea, the freezing points of blood become lower again. This tendency is also observed in the seasonal fluctuations of freezing points of blood of smolts reared in an artificial pond. Likewise, in this stage, the chloride content, urea content, amino acid content and the density of blood tend to decrease. Inversely, the total nitrogen content, lipoid phosphorus content, and the water content of blood tend to increase.

In an ecological survey, changes in the behavior patterns of smolts were observed, namely, during the latter part of smolt life the fish tend to move down stream into deeper still water, and congregate into a large school in lower pool of a stream, where the water temperatures of the environment are higer than those in early smolt stage.

These changes in behavior and external environment during this stage might be correlated with changes in internal medium, accompanying a critical period, at which the smolts are prepared to enter sea water actively.

緒　　言

筆者 (1953, 1954) はさきにサケマス類の血液の氷点降下度についてかなり詳しく論じ，特にサクラマス幼魚の変態に際しては氷点降下度の増大と同時に尿素，アミノ酸の量の増加及び蛋白質の量の低減の傾向のある事を指摘し，それが魚の洄游行動の前ぶれであるかも知れないと推測したが，その後，観察の度を重ねた結果，血液の性状の変化及びそれと魚の習性，洄游機構との関係はそれ程単純ではなく，降海直前に於てはそれ迄とは全く逆の状態になる事が明となつた。

本報に於てはサクラマスの smolt の血液の氷点降下度，塩分，比重，水分量，尿素，アミノ酸，蛋白質及びリポイド燐の消長について述べ，併せて各時期に於ける環境条件及び魚の習性とを比較考察した。

本文を草するに方り，北大水産学部七飯養魚実習場に於て実験材料の飼育管理に並々ならぬ力を尽された山本晋太郎，吉田弘の両氏に深く謝意を表する。

材料及び方法

材料の大部分は1951年春より1955年春の間，河川に於て自然生活にあるものを用い，主として筆者自身が

釣によつて捕獲し，その場所に於て採血した。尙，同時に比較観察した池中飼育の魚は北大水産学部七飯養魚実習場に於て孵化（1954年1月）した同一群を養成したもので，その年令及び成長の状況は自然に於けるものと全く同一のものである。どちらの場合も全長15cm内外の魚である。

採血の要領は前の論文（1953，1954）に示した所である。氷点降下度の測定，窒素化合物の定量方法も亦同様である。血液中の塩分* の定量は，Schales & Schales の方法（Hawk *et al.*, 1952），比重の測定は Hammerschlag の方法（加藤，1950）に筆者が野外用として改変を加えた方法，**水分量の測定は黒田(1941)の方法，リポイド燐の定量は Fiske & SubbaRow の方法（Hawk *et al.*, 1952）によつた。

結　　果

自然生活にあるサクラマスの smolt の血液について観察すれば，氷点降下度の値に於て大小の差の著しい二つの型を分ける事が出来る。しかも実際に於てこれら2群の区分は時期，環境及び魚自体の習性上の差による二つの区分と全く合致している。

血液の氷点降下度の大きい型の群をF群，その小さい型の群をL群と仮称すれば，その時期，環境及び習性の型には第1表に示す通り，かなり明かな差異が認められる。

Table 1. Comparison between the former part and the latter part of smolt life

Stage	Condition of stream	Water temperature	Behavior of fish
F (Early)	Up or mid-stream, shallow rapid	Lower (below about 13°C)	Non-gregarious
L (Late)	Down-stream, still and deep pool	Higher (above about 14°C)	Gregarious

第2表に示す所は主として自然生活にある smolt の血液の諸性状である。例外として池中飼育による材料の中，比較的好適な条件に於て成育した魚に関するものを一二挿入した。尙，比較対照の為，海洋生活に移行した後に於ける血液の性状についても附記した。但し人工的に海水に転移した実験によるものは，そのまま自然の海洋生活の状態のものを示すとは言い難いであろう。

単一の魚群の性状に関する季節的変動を観察するために池中に飼育したサクラマスの幼魚について parr 時代の末期より smolt の時代にかけ時期を追つて調べた結果を第1図に示す。氷点降下度の比較的高い部分を見ても，一般に予想される値よりかなり低い。とかく人工的に池で魚を飼育する場合には，栄養は勿論，水温，水流及びその他の環境条件がかなり自然のものと異るために，その血液の性状も恐らく不自然のものであると考えなければならないであろうが，季節的消長等の相対的変化を知るためには役立つであろう。

第1表，第2表を併せて観察すれば次の事が導かれよう。即ち地方による差異は多少あるが，一般に4月から5月初めにかけて parr から smolt への変態が起るが，その時期の血液は氷点降下度に於て △−0.7°C より高く，同時に塩分，尿素，アミノ酸の含量は比較的多く蛋白質含量は比較的少い。しかし5月中頃から6月初めにかけて smolt が降海の途上にあると考えられる場合には前者とは逆に氷点降下度は著しく低下し同時に尿素，アミノ酸の含量も低減し，蛋白質含量は逆に増加する傾向が認められる。

*研究の当初には Van Slyke の方法及び Whitehorn の方法を用いたが，これらは何れも魚の血液の塩分定量に不適当である事が判つた。

**比重計を用いず，媒液であるクロロフォルム・ベンゾール混合液をメスフラスコに入れ，温度を規正して直接に化学天秤で秤量する。

Table 2. Characteristics of blood of smolt on every stage

Stage	F.P. △−°C	Cl mg/~~100~~ DL	Amino acid + NH^3 −N mg/~~100~~ DL	Urea + NH^3 −N mg/~~100~~ DL	Total −N mg/~~100~~ DL	Lipid −P mg/~~100~~ DL	Density	Water content %	Temp. of stream water °C	Date	Locality
F	0.72		58	12					9.0	16/V, '51	Chitose R. Chitose
	0.73		52	14	1430				12.0	6/VI, '51	Shibetsu R. Nakashibetsu
	0.74	390	37	23	1410		1.0409		6.5	26/IV, '51	Kame R. Izumizawa
	0.70		34	25	1500				11.0	4/V, '52	Koronai R. Shiriuchi
	0.70		35	18			'390		12.0	10/V, '52	Kame R.
	0.75		36	21			'408		12.0	8/VI, '52	Mataochi R. Nakashibetsu
	0.72		34	21	1230		'484		5.0	18/IV, '53	Kame R.
	0.72		38	21	1670				7.0	25/IV, '53	Koronai R.
	0.74		42	24	1960		'447 '448 '430	84.2 84.0 84.6	9.5	17/V, '53	Hekirechi R. Kamiiso
	0.70	413	35			25			13.0	16/V, '54	Do.
	0.71	421	33	21			'454 '436 '430	8.09 8.67	13.0	10/V, '55	Do.
	0.71	441	32	19	1650	26	'402 '458 '423 '445 '417	87.6 84.0 86.0 85.7 86.1	11.5	5/VI, '53	Nanae (pond)
L	0.66	406	26	15			'468 '398	85.8 85.7	11.0	15/V, '55	Shin R. Hakodate
	0.64	399	26	13	2170	31	'429 '350 '378 '344 '440 '411 '467	87.2 86.0 86.6 88.9 84.7 87.7 85.0	15.5	21/V, '55	Moheji R. Moheji
	0.66	396	29	14			'369 '423	85.0 87.0	15.0	4/VI, '55	Mataochi R.
	0.63	368	28	14	2170	35	'400 '404 '413 '424	87.8 83.0 84.7 81.6 83.9	14.0	5/VI, '55	Shibetsu R.
	0.61	385	29	18	2930			87.7 85.6 86.1 84.3 86.7 87.4 85.2	15.5	30/VI, '53	Nanae (pond)
Sea life	0.82	600	36	18	1620		'286 '374	87.9 90.5		11/VI, '52	Akkeshi Bay
	0.71		39	21			'493 '495 '471 '464	82.2 81.4 81.0		8/VII, '53	(Artificial expt.)
	0.73	550	36	28	1740		'317 '427 '375	89.3 83.9 87.2		12/VI, '54	Do.

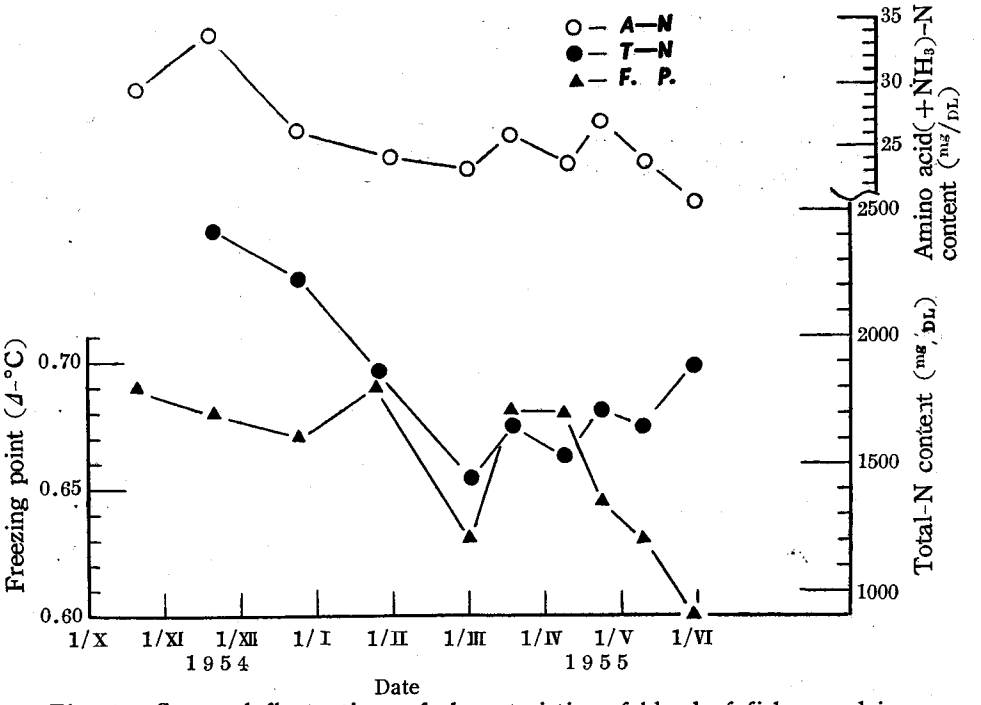

Fig. 1. Seasonal fluctuations of characteristics of blood of fish reared in an artificial pond

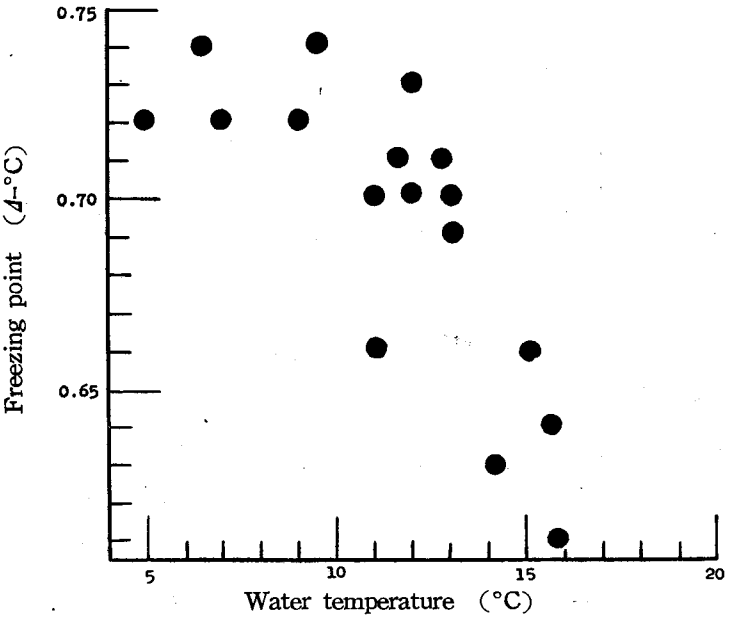

Fig. 2. Correlation between freezing point of blood of smolts and temperature of stream water

両群の間に於ける差異は統計的検定にまつまでもなく明であり，smolt と dark parr との間に示される差異よりも更に顕著である。

smolt の末期に於けるそれら諸性状の変化は海に入つた後再び逆転するもののようである。

リポイド燐の場合は観察例数が少いので今それについて比較する事は困難である。

比重及び水分の場合は他の性状と異り，各個体について観察出来るが，その反面に於てかなり個体変異が大きい。一見して両群の差異は明かでないが，しかし自然状態のもののみについて見れば，前期に於ては比重が大きく，水分量が少いが，後期に於ては比重は小さく，水分量が多いと言う傾向が見られる。

考　　察

自然生活の魚に対する観察の結果は勿論同一個体もしくは同一魚群の血液の時期を追う変化を示すものとはならないが，しかし時期，環境及び習性と血液の両面について夫々同時に観察している故に，smolt の生活の前期から後期にかけて環境の条件の変化と血液性状の変化とが互に関聯して起ると言う事を結論してもよいであろう。しかし血液の性状と環境条件との何れが他者を導いているかを判断する事は極めて難しい問題である。動物の習性に於ける週期性を誘導する最も大きな外部環境は季節の推移即ち日照週期であろうと考えられており，特に魚の移動習性に於ても産卵洄游の場合にはその観点より説明出来る事が多いが，サケマス類の降海行動の場合にはその外に直接の動機として他の環境条件の重要視される事がある。Huntsman (1950)はサケマス類の洄游移動の要因として，水温，水流の速さ，水の量，水の深さ及びそれらの変動を論じ，産卵洄游そのものすらも外的要因による所が多いと考えている。White (1940) はカワマスの smolt の降海と河水温との相関を指摘し，又彼 (1939) は Atlantic salmon の smolt の降海と河水温との間の相関を認め，その関係は水温の上昇が smolt の変態を一層早めるために起るものと推定している。その場合水温の外に水の深さ，光の強さも魚の移動に関係があるとしている。日暮 (1938) も亦ヒメマスの smolt の降下と水温との関係を認めている。

第2表の中の水温の部分のみを見ればF群とL群との間には極めて判然とした差が認められる。又，水温と血液の氷点降下度との関係を考察するために第2図を作れば，明に左上より右下に向う逆シグモイド曲線が想定され，更にこの図より四分表を作つて χ^2- 検定を行えば，極めて小さい危険率 ($\alpha<0.005$) に於て水温と氷点降下度との無相関の仮説を棄却することが出来る。勿論この事より水温の上昇は血液の氷点降下度の低下が直接の要因であると言う事は出来ないが，少くとも水温の変化は smolt の血液の性状の変化と何かの形式によつて強く関係している事を暗示出来る。

F，L両群に於ける水温以外の環境条件の差としては河口部に於ける海水塩分の影響，水流の速さ，水深の差等が考えられるが，これらは水温の場合と異り，魚自体が選択出来るものであるから，急激な増水のようなものを除いては水温よりも重要性がうすく，むしろそのような棲息環境の差は魚の習性の型の変化の結果による差として考うべきであろう。

降海行動を目前にひかえた smolt の生活の末期に於ける血液性状の変化が果して次の生活環境にそなえ又は誘導する準備的或は要因的なものであるか，若しくは過去の生活及び環境に基く結果的なものであるかは亦重要の課題で，直ちに予測する事は許されないが，両群の間の血液氷点降下度の差異はかなり大きく，単に血液の塩分の差異のみを以ては説明し難く，実際に認められる尿素，アミノ酸の差異と結びつけて初めて説明が可能である。しかし尿素及びアミノ酸の変動と総窒素即ちその主体を占める蛋白質の変動が逆の傾向にある事は魚の体内に於ける窒素の物質代謝の一面を示すものと考えられるが，その生物学的意義は判らない。推測が許されるならば蛋白質量の増加は海水に対する一時的な緩衝作用をするものであるか，若しくは降海前にすでに増加する血液水分量に対する脱水作用を司るものであるかと言う仮説も提起されよう。しかし何れにしても降海後時間を経過したものの血液の性状は再び smolt 前期のものに近い状態になることから見れば，smolt 末期の血液の性状の変化は一時的ではあるが，注意すべき現象であろう。

Fontaine & Fage (1951) は Atlantic salmon の smolt の筋肉の塩分含量が parr のそれよりも低い事を認め，Callamand & Fontaine (1940) は降海前のウナギの筋肉中の塩分の低減を報告し，更に Fontaine & Callamand (1941) はウナギの降海時には体の水分が増加し，幼魚が河川に上る時には減少する事を指摘し，これは体内の無機塩類の増減によるものであり，淡水から海水或は海水から淡水へと魚を誘導する転機を作るものと考えている。このような考察が今の場合に適用されるとすれば，血液の塩分及びその他の減少に基くものと考えられる氷点降下度の低減は smolt が滲透圧の高い海水を求めようとする生理的欲求と降海の本能を誘導するものかも知れないと言う仮説を暗示する。

smolt の末期に於ける血液の水分量の増加は黒田 (1941) 及び黒田・李 (1941) の考察と合致している。又 Fontaine 等 (1941) の示したウナギの体水分の変化と同一の意義を有するであろう。

血液の比重に於ては水分量と逆の傾向が認められるが，個体によつては必ずしもそのようでないものもあるが，これは蛋白質の量の増加と関係があるかも知れない。

池中飼育による材料に基く血液の各種性状の季節的変化の中で氷点降下度に関するものは少くとも 4 月以後の変動に於ては前記の自然生活の smolt のそれと合致している。総窒素の量の季節的変動は久保 (1954) の観察の結果及び自然生活の smolt の場合と同じく冬から変態の時期にかけて一旦低下した値はその後多少の波を打ち乍ら再び上昇している。アミノ酸量の場合は自然生活の smolt の初期の氷点降下度の変動と合致した傾向が認められないが，末期に於ては著しい低下を示している事は氷点降下度の低い値と共に自然生活に於ける状態と似ている。

摘　　要

1. サクラマスの smolt は変態後かなり長い期間河川内に滞留するが，降海時期が近づけばその血液の性状，環境及び習性に大きな変化が認められる。
2. 変態後，parr 及び dark parr のそれよりも高くなつた血液の氷点降下度，塩分含量，尿素含量，アミノ酸含量及び比重は smolt 生活の末期に於て再び低下し，逆に総窒素含量及び水分量は高くなる。
3. smolt の生活の末期に於てはその棲息環境及び習性にも著しい変化が認められる。特に環境の水温が前期に於けるそれよりも高い事が特徴的である。
4. 血液の性状，環境及び習性に於ける変化は相互に密接な関聯を有し，且，魚が淡水より海水へと移行する一転機を直接又は間接に誘導する役割を有するものと考えられる。

文　　献

Callamand, O. & Fontaine, M. (1940). La chlorémie de l'anguille femelle an cours de son developpement. *C. R. Soc. Biol.* **211**, 293-300. (*Biol. Abst.* による).

Fontaine, M. & Fage, L. (1951). Sur la diminution de la teneur en chlore du muscle jeunes saumons (smolts) lors de la migration d'avalasion. *C. R. Acad. Sc.* **232**, 2477-2479.

——————— & Callamand, O. (1941). Sur certains facteurs des migrations de l'anguille. *Bull. Soc. Zool. France* **66**, 68-76. (*Biol. Abst.* による).

Hawk, P. B. *et al.* (1952). *Practical physiological chemistry.* 1323 p. London.

Huntsman, A. G. (1950). Factors which may affect migration. *The Salmon and Trout Magazine* (130), 227-239.

日暮　忠 (1938). 紅鱒の陸封性に就て. 養殖会誌 **8**, 81-83.

加藤勝治 (1950). 血液学研究法. 596 p. 東京.

久保達郎 (1953). 日本産サケマス類の洄游時に於ける血液について. 第 I 報 血液の氷点降下度. 北大水産彙報 **4**, 138-148.

久保達郎 (1954). サクラマス (*Oncorhynchus masou*) の変態と血液中の二三の窒素化合物. 北大水産彙報 **5**, 248-252.

黒田嘉一郎 (1941). 血液水分量より観た動物の環境に対する適応. 日本学協報告 **16**, 109-115.

———・李基寧 (1941). 魚類血液水分量の生物学的意義. 植物及び動物 **9**, 781-794.

White, H. C. (1939). Factors influencing descent of Atlantic salmon smolts. *J. Fish. Res. Bd. Can.* **4**, 323-326.

———— (1940). Life history of sea-running brook trout (*Salvelinus fontinalis*) of Moser River, N. S. *Ibid.* **5**, 176-186.