

魚粉およびSCP配合飼料で飼育したニジマス成熟魚の血漿 中成分量

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	新聞, 弥一郎 池田, 和夫 新聞, 脩子
巻/号	47巻3号
掲載ページ	p. 371-376
発行年月	1981年3月

魚粉および SCP 配合飼料で飼育したニジマス成熟魚の血漿中成分量^{*1}

新聞弥一郎・池田和夫・新聞脩子

(1980年11月10日受理)

Plasma Constituents of Matured Rainbow Trout Raised with Fish Meal and SCP Combined Feeds

Yaichiro SHIMMA, Kazuo IKEDA, and Hisako SHIMMA^{*2}

Packed cell volume, protein, cholesterol, phosphorus, calcium, magnesium, zinc and potassium levels in plasma on two groups of fully matured rainbow trout were investigated in November and December. The control group (I) was supplied a feed with fish meal (60) and wheat flour (26), and SCP group (II) with fish meal (35), methanol-grown yeast (30) and wheat flour (21). Average protein content of (I) was a little higher, and cholesterol level of (I) was significantly higher than those of (II). Following equations were obtained from the elevated protein level of females of both groups.

$$P \text{ (mg/100 ml)} = 23.1x - 53.2 \quad (r=0.950)$$

$$Ca \text{ (mg/100 ml)} = 12.15x - 48.8 \quad (r=0.937)$$

$$Mg \text{ (mg/100 ml)} = 0.606x - 0.95 \quad (r=0.936)$$

$$x = \text{protein cont. (g/100 ml)}$$

Gonadosomatic index, hematocrit, and potassium contents showed no correlation with the protein level. In December Zn decreased 0.136 mg/100 ml as plasma protein level increased by 1 g.

養魚用の飼料原料として、魚粉にかわりうる新しい蛋白質の開発の必要性が高まるなかで、著者ら¹⁾はニジマスについて、魚粉配合飼料とメタノール資化酵母配合飼料 (SCP 飼料) とで、2群のニジマスの長期飼育試験を行ってきた。その結果、SCP 飼料では稚魚においては魚粉飼料と同様の成長を示すが、成熟するにつれて次第に成長が劣り、両群間で体重に差が生じることが明らかとなった。この現象についてさらに検討を深めるために、今回は両群飼育魚の成熟時の血中成分量の分析を行った。

ヒトにおいては血中のミネラル量は、最近では健康の保持ばかりでなく、疾病の予防とも関連して栄養上重要であることが、次第に認識されてくるとともに、それが酵素の一部として重要な機能を有していることから、ビタミンのような他の栄養素との相互作用も注目されるようになってきた²⁾。そこで本報では血中で含量の高い P, Ca, Mg, Zn, K について測定した。またヒトの臨床化学検査に用いられる試薬類の開発が進んだこともあつ

て、魚類の血液についても最近では種々の項目にわたつて、測定結果が次第に報告されるようになってきた。しかし、まだ全体としては基礎的な検討が十分ではなく、個々の測定値のもつ意味が明確となるまでには至っていない。とくに成熟魚におけるこれらの値の変化については、報告例も少なく不明な点が多い。

抱卵魚においては、血中に卵黄蛋白質の前駆体 (ヴィテロゲン)³⁾の存在が考えられるとともに、他の成分量の変化⁴⁾も予想されるので、本実験ではとくに血漿中の蛋白量と他の成分量との相関に重点を置いて検討した。以下得られた結果について報告する。

実験方法

試験魚 養殖研究所日光支所で飼育している DONALDSON 系ニジマス^{*3}の2群に、それぞれ魚粉飼料あるいは SCP 飼料を与え¹⁾、成熟した♀に従来から日光支所で飼育している通常の♂をかけて2代目の稚魚を得た。これを水温 17°C で1年間、初代と同様な飼料を与えて

^{*1} メタノール資化酵母飼料によるニジマスの長期飼育試験—IV (A Feeding Test of Proceeding Generations of Rainbow Trout with a Methanol-Grown Yeast—IV).

^{*2} 水産庁養殖研究所 (National Research Institute of Aquaculture, Tamakicho, Mie 519-04, Japan).

^{*3} 1969年に Washington 大学の DONALDSON 教授から恵与された卵を累代飼育してきたもので、成熟後の体重増加が通常のニジマスより大きい。

飼育したのち、両群各 185 尾を 4 月にふたたび 9.5°C の池に移し、11 月および 12 月の月上旬に採血した。

初代の給餌結果から、それぞれの区に飽食量を与えると、成熟期に両群の体重に差が生じるので、今回は魚粉区の給餌量は SCP 区の飽食量に揃えた。最終の給餌から 48 時間を経過後、任意にしかしなるべく ♂ ♀ 同数となるように、池からとりあげ、MS 222 溶液中で麻酔したのち、尾柄部を切断し、あらかじめヘパリンナトリウム注射液（局方）1 滴を入れた遠沈管に血液を集めた。

採血後に体重、体長を測定し、開腹したのち肝、生殖腺、およびその他の腹腔内臓器（腎は含まない）の重量を求めた。

血液の分析 血液の 1 部については 1 万回転 5 分でヘマトクリット値 (Ht) を測定し、残りは遠心分離して血漿を採取した。

血漿中の蛋白質量はビュレット法⁵⁾により、総コレステロール量は RaBA 法⁶⁾によつて求めた。ミネラルについては HNO₃、HClO₄ で分解後、Ca, Mg, および Zn は原子吸光法、K は炎光法により、島津製作所 AA-645 型を使用して求めた。そのほか Pi (無機リン) は 5.5% HClO₄ 溶液を加えて除蛋白したのち、また P (総リン) は酸分解液について、いずれも中村法⁷⁾によつて求めた。

結果および考察

供試魚の性状 11 月および 12 月に分析した供試魚の性状を Table 1 に示した。

魚粉区では ♂ ♀ とともに、11 月より 12 月の体重がやや大きいが、SCP 区の ♀ では 12 月がやや小さい。したがって成熟期に SCP 区の体重が魚粉区に比べて次第に劣るようになるのは、SCP 区の ♀ の増重に問題があるように思われる。

魚粉区では未熟魚が 11 月に ♀ 1 尾 (GSI 0.05%)、12 月には ♂ 1 尾 (GSI 0.03%)、および ♀ 1 尾 (GSI 0.12%) が見られたが、SCP 区では 1 尾も見られなかった。Fig. 2 からの各図では未熟魚は △ (♂) および ○ (♀) をもつて示した。また 12 月には成熟が進み、♂ ではすでに放精したものがみられ、生殖腺重量比は 11 月よりやや下つた。♀ においては 11 月より 12 月で生殖腺重量比は高く、腹腔中にすでに排卵したものが各区に 2 尾ずつ認められた。これらは図中においては ● (魚粉区) および ● (SCP 区) として示した。

血液の性状 血液あるいは血漿についての個々の測定値を Fig. 1 から 10 までに示した。

血漿中の蛋白質量は ♂ および未熟の ♀ では、おおよそ 4~5 g/100 ml であり、佐野の値⁸⁾にくらべやや低く、坂口の値⁹⁾に近い。おそらく魚の体重、水温等の影響によるのであろう。また 12 月の ♂ では 11 月より蛋白質量がやや低いが、おそらく放精後にやや下がるものと思われる。

抱卵の ♀ においては蛋白質量は 5~11 g と高く、また大きな個体差を示した。DONALDSON 系 ♀ と日光系 ♂ との交配種苗であつたことも、バラツキを大きくした原因かもしれないが、標準的な種苗についての測定値がなかつ

Table 1. Analytical results of the sampled fish (Mean±SD)

Group	Sex & number of fish	Body weight (g)	Condition factor	Hepato-Gonado-Viscero-somatic somatic somatic			Ht (%)	Plasma		
				index (LW/BW) (%)	index (GW/BW) (%)	index (VW/BW) (%)		protein cont. (g/100 ml)	cholesterol cont. (mg/100 ml)	
9-11, November, 1973	Control*1	♂ 16	1,442 ±162	18.7 ±0.9	1.04 ±0.15	4.0 ±1.1	4.7 ±0.7	40.0 ±3.4	4.9 ±0.3	684 ±146
		♀ 16	1,405 ±152	18.9 ±1.2	1.92 ±0.35	7.6 ±1.2	4.2 ±1.3	30.8 ±4.1	7.9 ±1.1	799 ±194
	SCP	♂ 11	1,462 ±167	18.5 ±1.5	1.03 ±0.12	4.2 ±1.1	4.8 ±0.8	41.1 ±4.9	4.6 ±0.5	479 ±90
		♀ 21	1,312 ±151	18.8 ±0.9	2.01 ±0.29	7.5 ±1.2	5.2 ±0.9	33.5 ±6.0	7.7 ±1.4	489 ±120
6-7, December	Control*2	♂ 11	1,627 ±216	18.1 ±0.8	0.92 ±0.17	3.4*3 ±0.8	4.0 ±1.4	38.2 ±2.7	4.3 ±0.4	531 ±87
		♀ 14	1,461 ±222	18.8 ±1.2	1.57 ±0.58	10.6 ±1.5	3.7 ±1.5	28.3 ±4.1	7.9 ±1.9	464 ±75
	SCP*2	♂ 11	1,476 ±202	18.0 ±0.7	0.97 ±0.15	3.3*3 ±0.6	4.3 ±1.1	38.2 ±5.9	4.2 ±0.3	361 ±43
		♀ 13	1,216 ±226	18.0 ±1.8	1.64 ±0.46	11.3 ±1.7	3.3 ±0.9	30.4 ±5.0	7.6 ±2.1	286 ±73

*1 The control group included immature fish: one female in November, and one male and two females in December.

*2 In the abdominal cavity of two females in each group ripe eggs were observed off ovary.

*3 Some of the fish have spent.

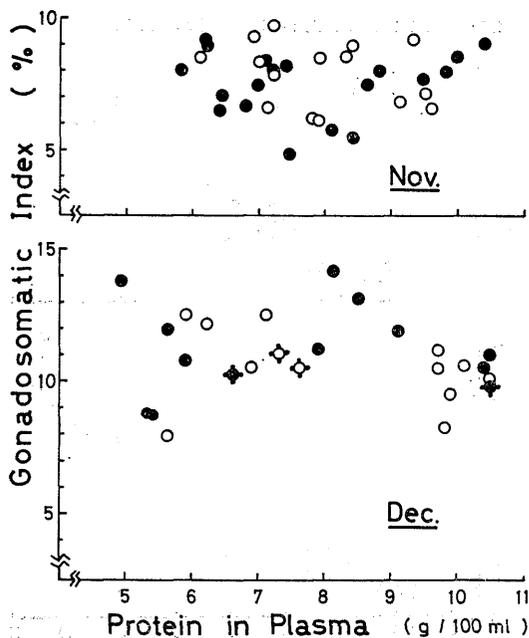


Fig. 1. Relationship between plasma protein contents and gonadosomatic index of females. ○ Control group, ● SCP group, and ⊕ and ⊙ having ovulated eggs.

に近づくとつれて次第に低下し、両区の差も小さくなる。前報⁹⁾ではコレステロール量は成長と関係あるがように思われたが、本報では給餌量をそろえ、両区の体重

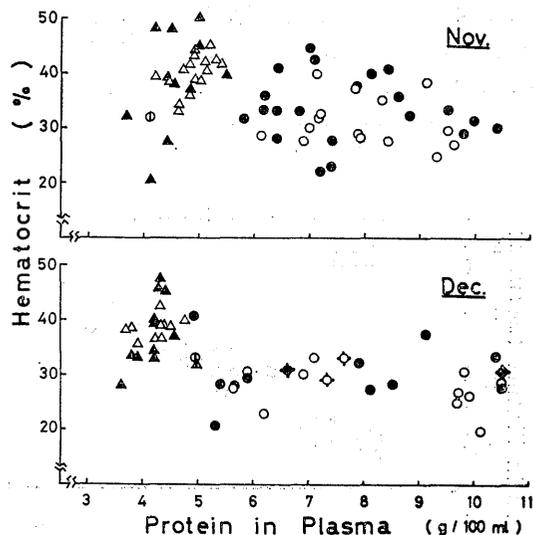


Fig. 2. Relationship between plasma protein contents and packed cell volume: △ Control group ♂, ▲ SCP group ♂, and ○ and ⊙ immature ♂ and ♀, respectively. Refer the footnote of Fig. 1 for other symbols.

たので断定はできなかつた。

また蛋白量の平均値では、魚粉区と SCP 区との間に有意の差はみられなかつたが、魚粉区で♂♀ともわずかに高く、SCP 区でややパラツキが大きい傾向を認めた。

Fig. 1 に 11 月および 12 月の♀の蛋白量と GSI との関係を示した。性成熟に伴う蛋白量の増加は当然考えられるところであるが、11~12 月においては、GSI と蛋白量との間には相関はみられず、12 月には蛋白量はパラツキが大きくなり、高い値を示すものと低い値を示すものとの差が目立つた。また高い蛋白量がビタミンの存在によるのであれば、排卵した魚では低い値が期待される場所であるが、図にみられるようにならずしも低くはなく、♂に類似する 5g 程度の低い値にもどるには、排卵後若干の日数を要するに思われる。

Fig. 2 には蛋白量と Ht との関係を示したが、両者の間にも相関はみられない。Ht は♀は♂よりも低く、また 12 月には 11 月よりもやや低いように思われた。ベニザケ¹⁰⁾においても産卵期には Ht は低下し、♀は♂よりも低いことが知られている。また Ht も蛋白量と同様に SCP 区でパラツキが大きい。

Fig. 3 には蛋白量とコレステロール量との関係を示した。コレステロール量については、すでに指摘したように⁶⁾、魚粉区は SCP 区よりも高く、また両区とも産卵期

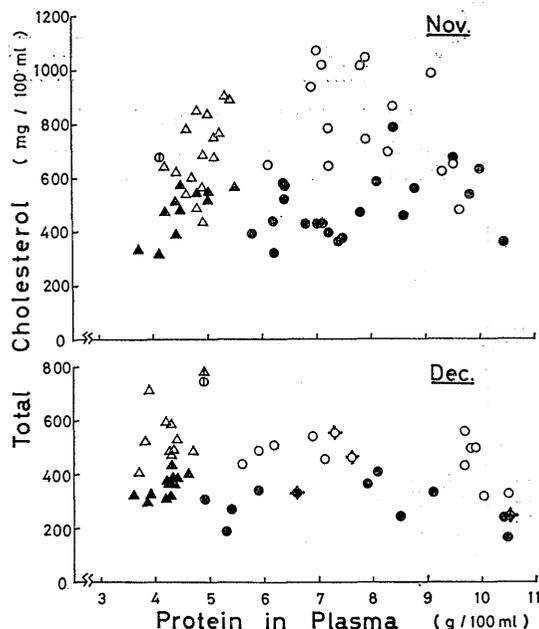


Fig. 3. Relationship between protein and total cholesterol contents in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

を可及的にそろえるように努めたにもかかわらず、なお11月の両区のコレステロール値には大差が認められた。SCP中には著量のリノール酸が含まれるので、その影響¹¹⁾をあらためて検討する必要があるように思われる。

Fig. 4には蛋白量とP, Fig. 5には12月におけるPとPiとの関係を示した。いずれも相関が認められるが、♀のP (mg/100 ml) について回帰式を求めると

$$P = 23.1x - 53.2 \quad (r = 0.950)$$

ただし x: 蛋白量 (g/100 ml)。

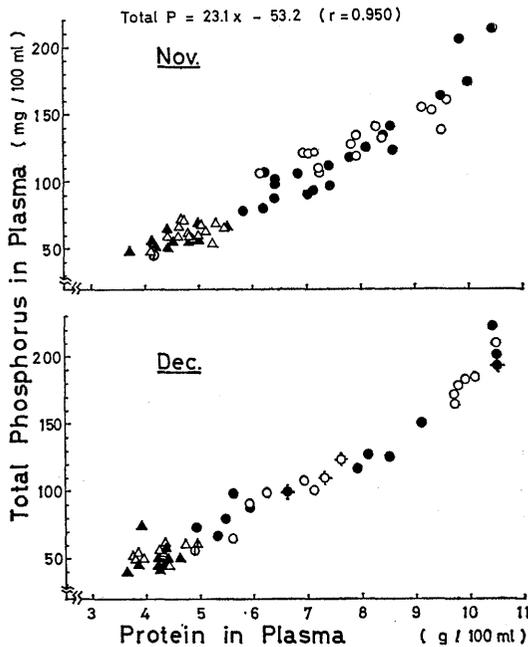


Fig. 4. Relationship between protein and total phosphorus contents in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

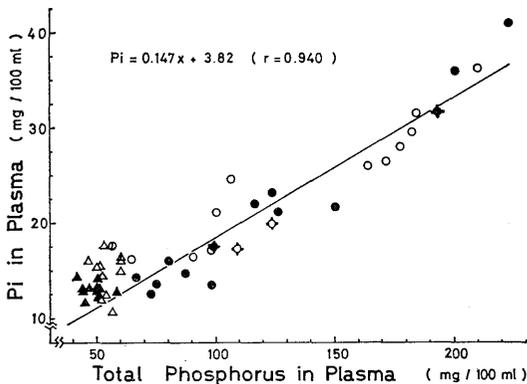


Fig. 5. Relationship between total and inorganic phosphorus contents in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

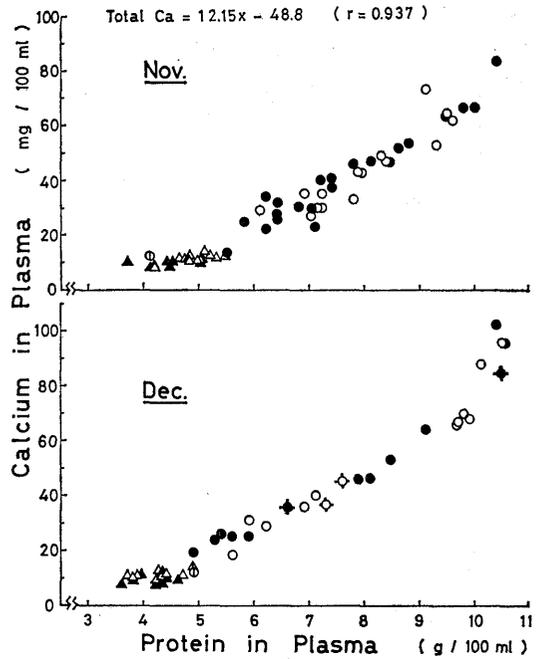


Fig. 6. Relationship between protein and total calcium contents in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

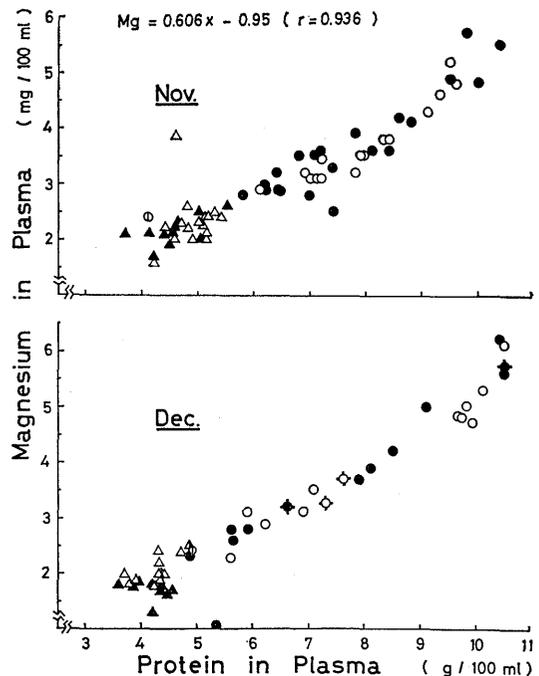


Fig. 7. Relationship between protein and magnesium contents in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

Table 2. Probable contents of P, Ca, and Mg in plasma with the increased protein

Plasma protein	P			Ca			Mg		
	Total	Per protein weight		Total	Per protein weight		Total	Per protein weight	
g/100ml	mg/100 ml	mg/g/100 ml	mEq	mg/100 ml	mg/g/100 ml	mEq	mg/100 ml	mg/g/100 ml	mEq
4.77	57.0	11.9	0.39 (23)	9.4	2.0	0.05 (3)	1.9	0.41	0.017 (1)
Increasing 1.0 (5→11)	—	23.1	0.745 (30)	—	12.2	0.305 (12)	—	0.606	0.025 (1)

血中のPは大部分が有機リン酸エステルとして存在するといわれるが、Pi量も一定ではなくPの増加に伴ない次第に増加した。

CaおよびMgについても蛋白量との関係を求めるとFig. 6および7が得られる。いま仮にこの式に蛋白量として4.77gを代入してCaおよびMg量を求めるとTable 2となり、ヒトの正常値²⁾とまったく一致する。

Caの場合もPと同様に遊離のCaの存在が知られているので、ここに得られる値がすべて蛋白質と結合しているとは思われないが、大部分が蛋白質となんらかの

結合をしていることが期待される。しかし、Caの場合はPと異なり、Piの定量のような除蛋白を行うと、Caはすべて遊離型となるので、蛋白質との結合はきわめてゆるやかなものと考えられる。

成熟した♀においては蛋白量のみならず、P, Ca等が増加することはすでに知られていたが⁴⁾、これらの変化はきわめて強い相関を示すことが明らかとなった。そこで結果を総括してFig. 8に示した。蛋白が1g増加する場合のP, Ca, Mg量を求めるとTable 2下段となり、そのモル比は30:12:1となる。これを蛋白量4.77gにおけるモル比23:3:1と比較すると、Ca量の著しく高いことが特徴的である。蛋白質と結合するCa、あるいはCaと結合する蛋白質は、酵素調節物質として最近急速に研究が進められているが¹²⁾、ニジマス卵中のCa濃度はけつして高くはないことから、♀血漿の高Caはおそらく、ヴィテロゲンの肝から卵への血中の輸

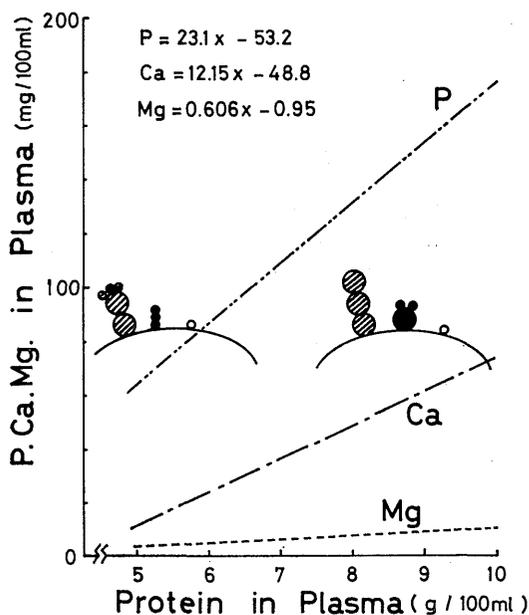


Fig. 8. Regression lines of phosphorus, calcium and magnesium against the protein level of female plasma. Molecular ratio of P (⊗), Ca (●), and Mg (○) was illustrated on the unit weight of protein in male or normal plasma (left) and of increasing protein in matured female plasma (right), see the details in Table 2.

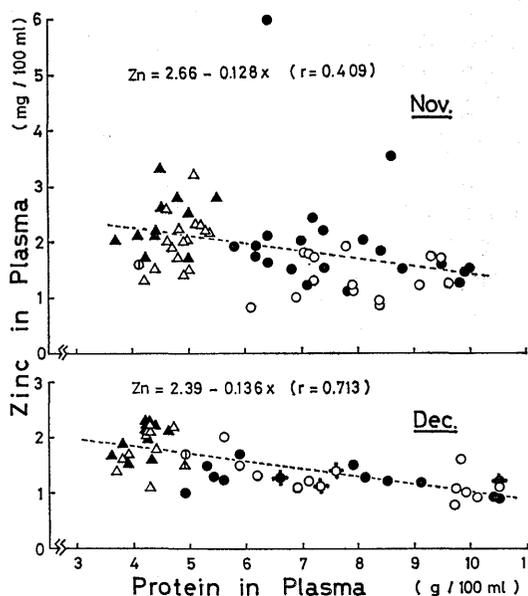


Fig. 9. Relationship between protein and zinc contents in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

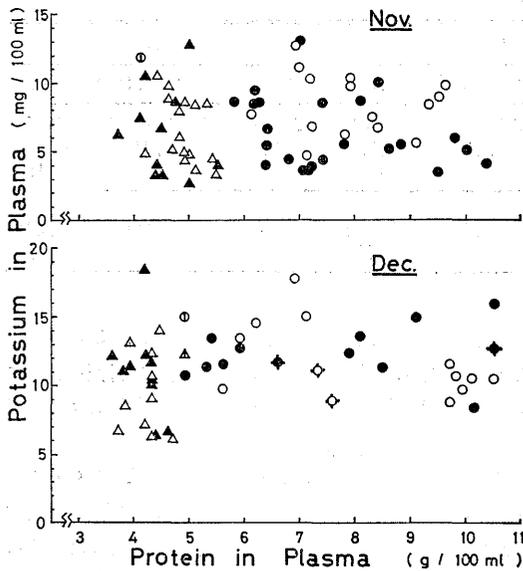


Fig. 10. Relationship between protein and potassium in plasma. Refer the footnote of Figs. 1 and 2 for symbols.

送あるいは卵細胞へのとり込みに関して重要な役割を果たしているように考えられる⁴⁾。

Zn について蛋白量との関係を求めると Fig. 9 となる。11 月には SCP 区の 2 例が著しく高い値を示したが、12 月では $r: 0.713$ となり、蛋白量の高い血漿では Zn 濃度が低い傾向がみられた。また 11 月には SCP 区に比べ魚粉区で Zn 量の低い試料が多かった。ヒトの場合、男性は女性より高いといわれるが、ニジマスでは性別との関係は明確とはならなかった。

K と蛋白量について関係を求めると Fig. 10 となった。K 量はバラツキが大きい、11 月より 12 月でやや高かった。蛋白量との間には相関は認められず、また魚粉区と SCP 区との間にも有意の差は得られなかった。

♀親魚においては血漿中の蛋白レベルに大きな個体差がみられたが、それが卵黄にどのように影響するかは、

きわめて興味のある問題と思われる。本実験では採血した個体はすべて開腹したので、個体の経時的な変化は不明であったし、また卵質についてもまったく検討するには至らなかった。しかし、高い蛋白レベルを示した親魚と、低い蛋白レベルの親魚とから得られる卵が、同様な性状であろうとは思わず、遺伝的な形質も含めて稚魚の性状を追うことは十分研究に値する課題のように思われる。また種々の条件下で飼育された親魚の血液成分についてもさらに検討する必要があるものと考えられる。

本研究を行うにあたり、終始御協力をいただいた養殖研究所日光支所福田善三技官に謹んで深謝の意を表します。

文 献

- 1) 新聞弥一郎・加藤禎一・福田善三: 淡水研報, **28**, 21-28 (1978).
- 2) J. F. SULLIVAN, A. J. BLOTCKY, M. Y. JETTON, H. K. J. HAHN, and R. E. BWRCH: *J. Nutr.*, **109**, 1432-1437 (1979).
- 3) 大野峰司: 蛋白質核酸酵素, **24**, 1227-1239 (1979).
- 4) 尾崎久雄: 魚類生理学講座 第 1 巻, 第 4 版, 緑書房, 東京, 1975, pp. 55-63.
- 5) 池田和夫: 淡水研報, **27**, 27-34 (1977).
- 6) 新聞弥一郎・池田和夫: 淡水研報, **28**, 29-35 (1978).
- 7) 中村道徳・山崎鏡次・丸尾文治: 農化, **24**, 197-201 (1950).
- 8) T. SANO: *J. Tokyo Univ. Fish.*, **46**, 77-87 (1960).
- 9) H. SAKAGUCHI: *Bull. Hyogo Pref. Fish. Exp. Stn.*, No. 17, 69-75 (1977).
- 10) K. H. HUTTON: *Fish. Bull. (U.S. Fish. Wild. Service)*, **66**, 195-202 (1967).
- 11) 渡辺 武・竹内俊郎・新聞弥一郎: 淡水研報, **28**, 37-46 (1978).
- 12) M. HIRATA, T. MIKAWA, Y. NONOMURA, and S. EBASHI: *J. Biochem. (Tokyo)*, **87**, 369-378 (1980).