

産卵溯上期サケ (*Oncorhynchus Keta*) の体カロチノイド色素に関する 生化学的研究——Ⅱ

産卵溯上期の表皮カロチノイドの挙動

北原 直・斎藤 要

Biochemical Studies of Carotenoids in the Chum Salmon (*Oncorhynchus Keta*) during upstream Migration for Spawning——II

Change of Skin Carotenoids during upstream Migration for Spawning

Tadashi Kitahara • Kaname Saitō

緒 言

産卵のために河川を溯上するサケは、一般に海から川へと棲息環境を変え、また餌を取らずに溯上し産卵後死亡する。従って同魚の溯上期はその生活史の終末期でもある。この時期のサケにはいろいろな生理・生態的变化が認められるが、外観的特徴の一つとして体色の変化、所謂婚姻色が認められる。この変化はサケが河川を溯上中に餌を取らないのであるから産卵溯上前に筋肉に蓄積されたカロチノイド色素の *Astaxanthin* の転移・代謝を中心として行なわれる事についてはすでに前報⁽¹⁾⁽²⁾で報告した。

魚類のカロチノイドに関する研究は、GOODWIN⁽³⁾によって綜說的にまとめられている。また彼以外の研究者によっても多く報告されているが、生理・⁽⁴⁾

(1) 西野一彦・斎藤 要：北海道さけますふ化場研究報告，**23**，9 (1969)。

(2) ————・—————・北原 直：同上，**23**，15 (1969)。

(3) T.W. GOODWIN: *Biochem. Soc. Symposia*, **6**, Cambridge Univ. Press. (1951)。

(4) 松野隆男・永田誠一・植村雅男：日水誌，**40**，489 (1974)。

生態的条件等を考慮していない有機化学的分析が主であり、同一魚種でも棲息環境や生理・生態的状态および生育の過程などによって変動すると思われるカロチノイド量や、全カロチノイド中に占める各種カロチノイドの組成および各組織間のカロチノイド量の転移等についての報告はみあたらず、ただ時期的なカロチノイド量の変化に関する報告⁽⁵⁾を知るのみである。

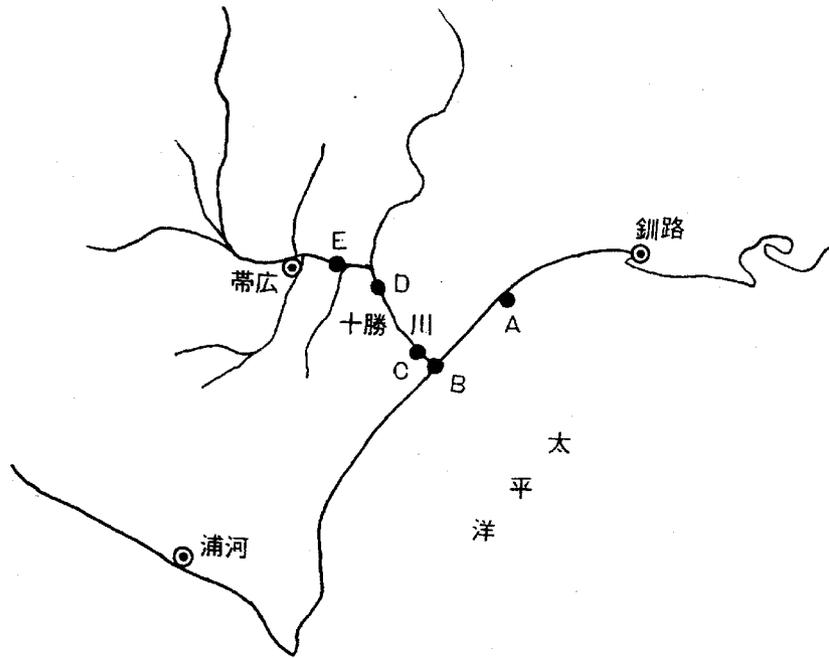
著者らは前報と同様北海道の十勝沿岸および十勝川水系で産卵溯上をはじめめる9月末より自然放卵する10月末から11月のはじめにかけて採集した各試料につき、時期別、場所別および♂♀別に河口より河川内成熟産卵過程におけるカロチノイド色素の挙動を、表皮を中心として更に細かく検討したのでその結果の大要を報告する。

試料および方法

試料：1970年から1972年にかけて溯上をはじめめる9月から11月にかけて北海道の十勝川水系の千代田捕獲場（河口より約43 km上流）・東33号の中流域、種牛・大津（河口帯）および厚内（海）でおのおの時期・場所・♂♀別に採集した白サケ（*Oncorhynchus keta*）の4年魚を試料とした（第1図参照）。なお、試料には各群とも生態的諸条件の類似しているものを選別し、現地でドライアイス処理を行い保冷容器に入れて研究室に持ち帰り実験に供した。

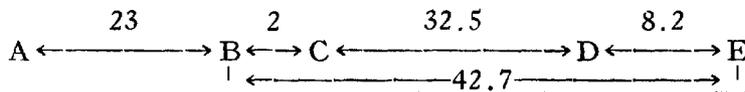
色素の抽出：サケの表皮、ヒレを集め附着している筋肉や皮下脂肪を可能なかぎり取り除き細切後無水硫酸ソーダで脱水し、常法通りアセトンを加えて抽出を繰り返す、新たに加えたアセトン液に着色が認められなくなるまで抽出した。抽出液をロータリーエバポレーターで濃縮後（40°C以下で）少量の石油エーテル（b.p. 40-60°C）に転溶し、十分水洗後無水硫酸ソーダで脱水し常法通り10%メタノール性水酸化カリウムでケン化した。ケン化終了後エーテルで不ケン化物を抽出し水洗・脱水後一定量の石油エーテル（b.p. 40-60°C）に溶解した。

(5) 平尾秀一・山田充阿弥・菊地 嶺：東海水研報，16，53（1957）。



第1図 試料採集場所略図

(A) 厚内(海), (B) 大津(河口), (C) 種牛捕獲場, (D) 東33号捕獲場, (E) 千代田捕獲場
 各捕獲場の河口よりの距離 (km)



抽出色素のカラムクロマトグラフィー：吸着剤として 110°C で60分加熱活性化したワコーゲル C-200 (メッシュ 100-200) を、またカラムは 15×300 mm を用いた。展開は、はじめ石油エーテル (b.p. $40-60^{\circ}\text{C}$) で展開し次いでベンゼンで、更にベンゼン溶液中のアセトン含量を次第に増して行く展開法によって行なった。

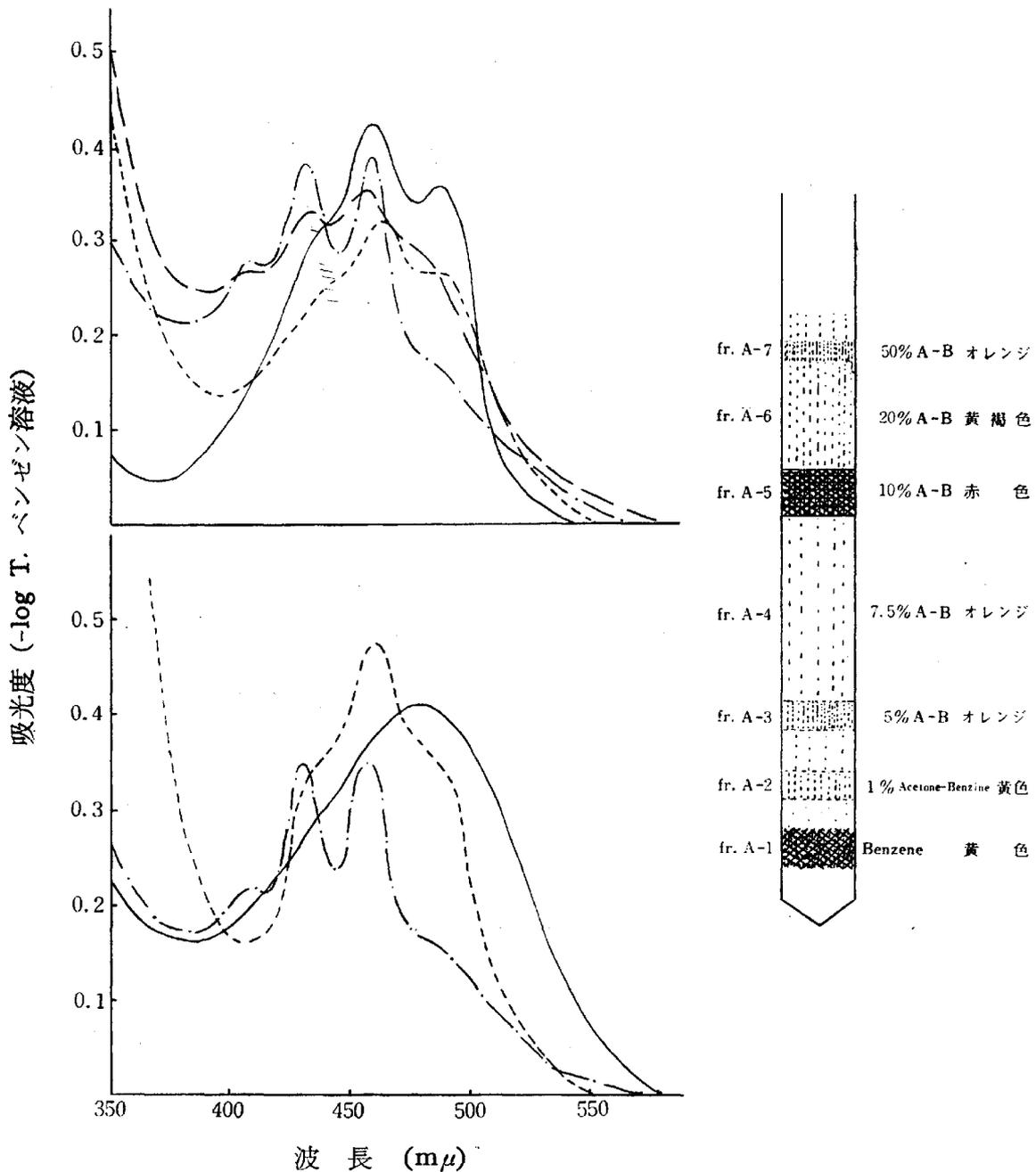
なお、カロチノイド色素の吸収スペクトルは東芝ベックマン自記分光々度計 DB-G 型を用いて測定した。*Astaxanthin* 量はアセトン溶液の $478 \text{ m}\mu$ における分子吸光係数を $E_{1\%}^{1\text{cm}} = 2200^{(6)}$ として算出した。濃塩酸テスト (試料を少量のエーテルに溶かして濃塩酸を加えて振る), 分配テスト (試料を石油エーテルに溶かして同量の90%メタノールと振る) 等は常法通りに行なった。

(6) 金光康俊・青江 弘：日水誌, 24, 555 (1958).

結 果

I 湖上初期（未熟期）の表皮カロチノイド

湖上初期の9月末に十勝川水系の河口（大津）で採集したサケの表皮より分離した不ケン化物を試料としてカラムクロマトグラフィーを行なった。各



第2図 湖上初期（未熟期）表皮色素のカラムクロマト図と各区分の吸収スペクトル
 (上図) ——— fr. A-1, - - - - - fr. A-2, - · - · - fr. A-3, — — — fr. A-4
 (下図) ——— fr. A-5, - - - - - fr. A-6, - · - · - fr. A-7

分別区分の吸収スペクトル (ベンゼン溶液) と模式的なクロマト図を示したのが第2図である。シリカゲルカラムクロマトにより一応4つの色素帯を、また色素帯と色素帯の間の区分の計7つの分別区分に分離した。この7つの区分中、典型的な *Lutein* や *Astaxanthin* を示す区分 (例えば fr. A-1, fr. A-5) もあるが全般的にはまだカラムクロマト的にも単一色素とは思われず、また吸収スペクトルの形状からも他の色素の混存が予想されるので更に、7つの区分全部についてそれぞれ再クロマトを行い14の区分に細分した。14の区分のベンゼン溶液における吸収極大波長を示したのが第1表である。433-5, 461, 488 m μ (ベンゼン溶液) に吸収極大波長を有す fr. A-1-1 に代表される区分と 407, 431, 459 m μ に有す fr. A-3-2 に代表される区分

第1表 溯上期の表皮色素各分面の吸収極大波長

A—溯上初期 (末熟期) B—成熟期

Fraction number	ベンゼン溶液における 吸収極大波長 (m μ)			Fraction number	ベンゼン溶液における 吸収極大波長 (m μ)		
A-1-1	433-5	461	488	B-1-1	433-6	461	489
A-1-2	434-5	461	488	B-1-2	433-6	461	488
A-2-1	434-6	460	490	B-2-1	434-6	460	488
A-2-2	432-4	460	488	B-2-2	434-5	461	488
A-3-1	433-5	461	490	B-3-1	431-3	460	484
A-3-2	407	431	459	B-3-2	430-5	460	485
A-4-1	408	431	459	B-4-1	434-6	460	485
A-4-2		486-7		B-4-2	409-10	435	463
A-5-1	410	434	462	B-4-3	409	432	457
A-5-2		486		B-4-4		434	461
A-6-1	434	461	488	B-5-1	410	434	460
A-6-2	408	432	458	B-5-2		484-6	
A-7-1	408	431	459	B-6-1	432	459	486
A-7-2		489-96		B-6-2	406-10	434	460
				B-7-1	407-9	432	459
				B-7-2		430	456
				B-8-1		429	456
				B-8-2	407	431	459
				B-8-3		461	488-92
				B-9-1		485-7	
				B-9-2		488-95	
				B-10-1		490-5	

および 486 m μ に有す fr. A-5-2 に代表される区分の 3 つの系統に大別された。これらの区分につきそれぞれ同定を企みた。

黄色の fr. A-1-1 に代表される区分には、カラムクロマトで下方に吸着しベンゼンや、1% アセトン-ベンゼンで溶出される区分 (fr. A-1, fr. A-2) と上方に吸着し 20% アセトン-ベンゼンで溶出される区分 (fr. A-6-1) があり、いずれも β -カロチン型の吸収スペクトルを呈した。

石油エーテル-90% メタノールの分配テストでは下層性 (11:89) であり、濃塩酸テストは陰性であった。これらの結果や各種溶媒における吸収極大波長 (第 2 表) は文献記載の *Lutein* の性質と一致しており、fr. A-1-1 に代表される区分は *Lutein* と同定した。なおカラムクロマトの吸着部位、および展開液の種類 (濃度) から fr. A-1, fr. A-2 はエステル型の、また fr. A-6-1 は遊離型の *Lutein* と推定される。遊離型の *Lutein* は 5% 以下で、表皮中の *Lutein* はほとんどがエステル型として存在しているようである。

平尾⁽⁵⁾らは、魚類のキサントフィルに関しては、海産魚には β -カロチン型の *Zeaxanthin* が普遍的であり、また淡水魚には α -カロチン型の *Lutein* が普遍的であると報告⁽⁷⁾しており、また佃⁽⁷⁾は 18 種の海産魚の分析を行ったが、

第 2 表 fr. A-1-1, *Lutein*, *Zeaxanthin* の各種溶媒における吸収極大波長 (m μ)

	Lutein *			fr. A-1-1			Zeaxanthin **		
二 硫 化 炭 素	445	475	507	444-6	475	506	451-3 (450)	479 (482)	508 (517)***
ク ロ ロ ホ ル ム	432	457	487	428-30	458	486	436-8	462	489
エ タ ノ ー ル	422	446	477	421-3	448	477	425-7	451	480
石 油 エ ー テ ル (b. p. 40-60°C)	420	444	470	420	444	470	424-8	449	476
ベ ン ゼ ン	433-6	460	488	433-5	460	489	436-9	463	492

*: ニシンの卵巣より調整

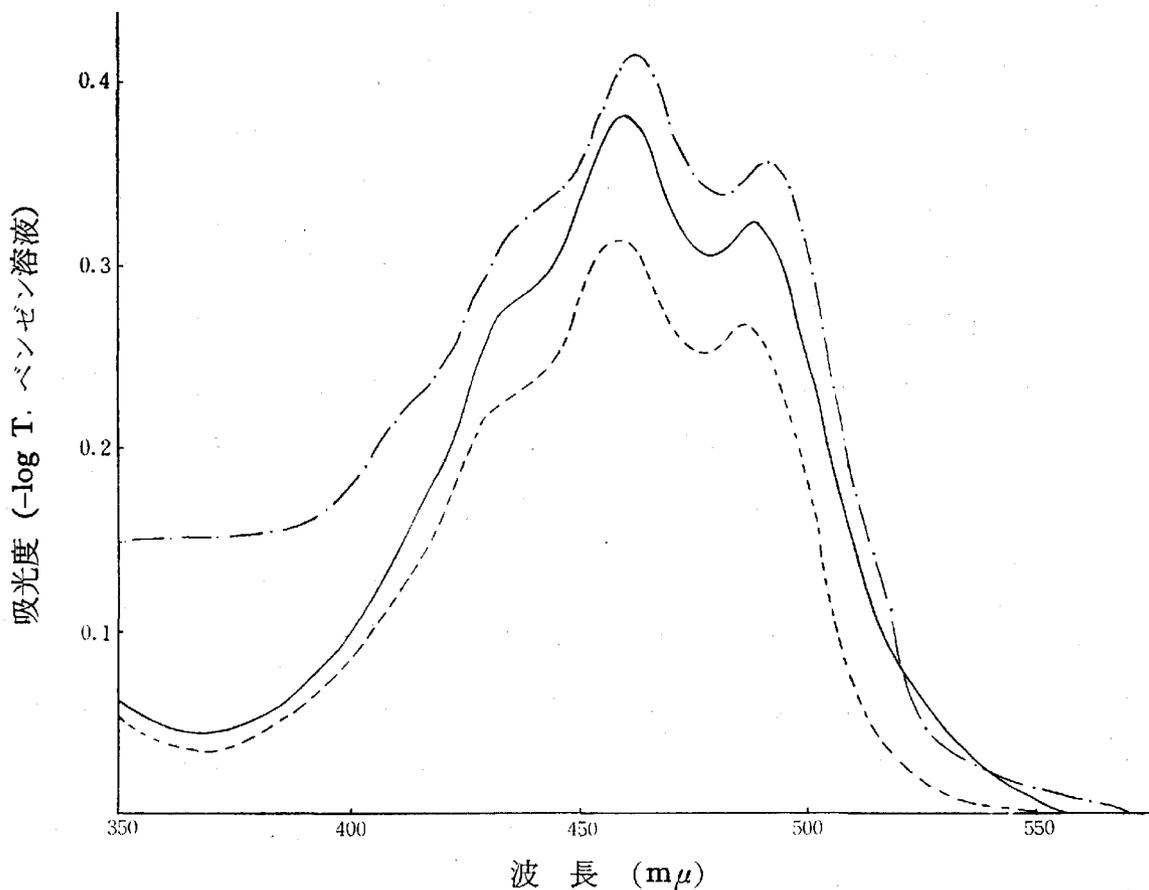
**: ババカレイの表皮より調整

***: P. Karrer and E. Jucker: Carotenoids より引用

(7) 佃 信夫: 東海水研報, 70, 103 (1972).

海産魚からは *Lutein* が検出されなかったと報告しているが、海洋より河川を溯上し始めたこの時期のサケには *Zeaxanthin* はまったく含まれておらず、これらの見解から類推すればこの時期のサケは淡水型のようなのである。

なおババカレイ (*Microstomus achne*) より調整⁽⁸⁾した *Zeaxanthin* と fr. A-1-1 およびニシン (*Clupea pallasii*) の卵より調整⁽⁹⁾した *Lutein* の吸収スペクトルと各種溶媒による吸収極大波長を比較したのが第3図と第2表である。fr. A-1-1 は *Zeaxanthin* よりも短波表側に吸収極大があり明らかに *Zeaxanthin* とは異なるカロチノイドであり、一方 *Lutein* とはよく一致しており、これらの事からも fr. A-1, fr. A-2 および fr. A-6-1 は *Lutein* と推定できる。



第3図 *Zeaxanthin*, *Lutein* と fr. A-1-1 の吸収スペクトル
——— fr. A-1-1, ----- *Lutein*, - · - · - *Zeaxanthin*

(8) 平尾秀一：日水誌, **33**, 866 (1967).

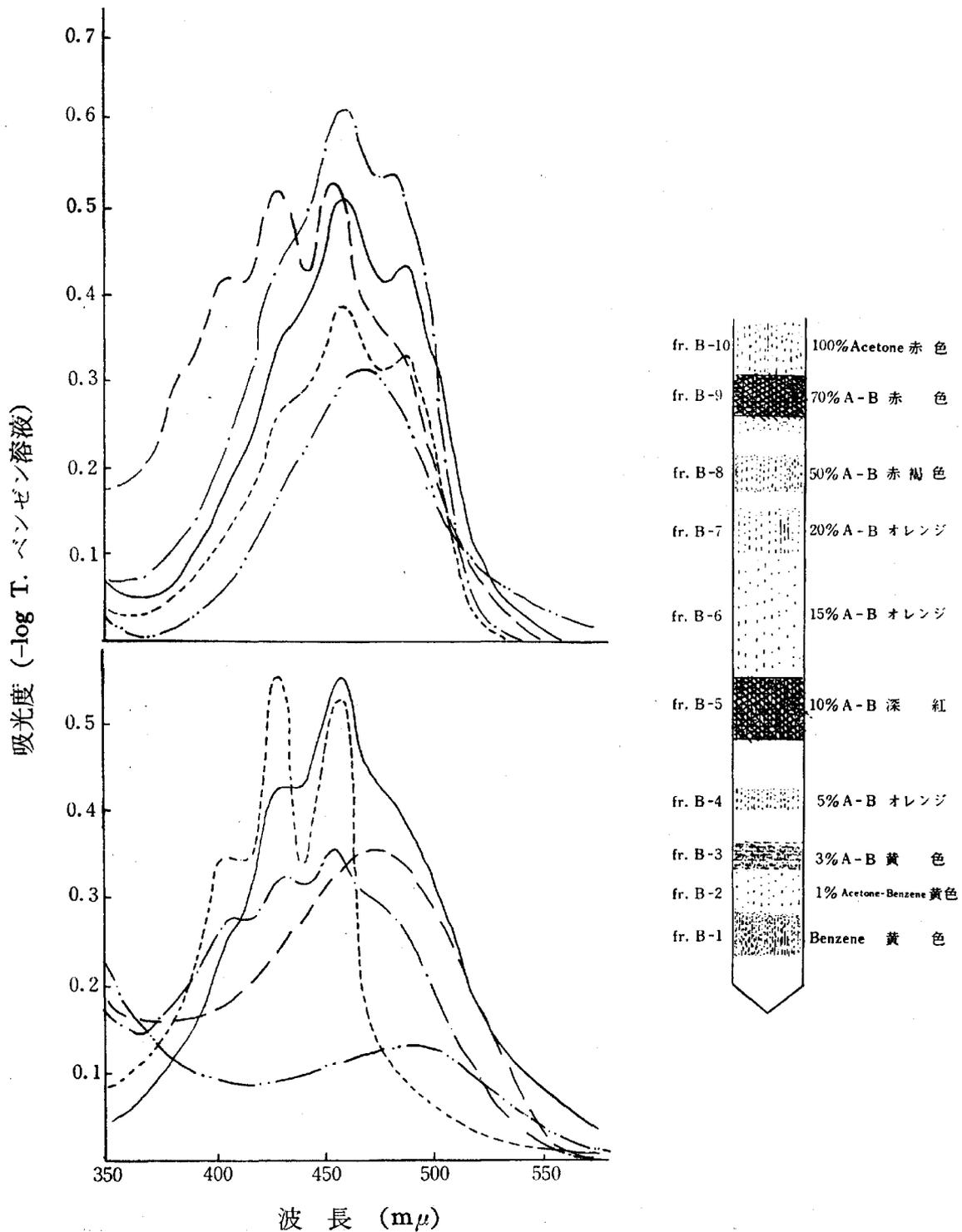
(9) 森田 祥・北原 直：北水研報告, **37**, 1 (1971).

赤色の fr. A-4-2, fr. A-5-2 は *Astaxanthin* と同定した。また fr. A-7-2 は本来サケの表皮に含まれていたカロチノイドではなく、実験操作中に *Astaxanthin* が酸化されて生じた *Astacene* であろう。なお 407, 431, 459 m μ (ベンゼン溶液) に吸収を有する fr. A-3-2 に代表される区分については、成熟期の表皮色素のと合せて後ほど考察する。

II 湖上後期(成熟期)の表皮カロチノイド

海から十勝川へ入り千代田(第1図参照)まで溯上した、表皮に顕著な婚姻色を呈した性殖腺がさらに肥大化している成熟期のサケを、10月末から11月の初め頃にかけて同捕獲場で採集し、未熟期と同様に処理してクロマトにかけた。模式的なクロマト図と各区分の吸収スペクトルを示したのが第4図である。カラムクロマトにより一応6つの色素帯に、また色素帯と色素帯の間の区分、即ちベンゼンで流出してくる fr. B-1 からアセトンで溶出される fr. B-10 までの、計10の区分に分離した。更にこの10の区分を未熟期と同様各々再クロマトにかけ計22の区分に細分した。ベンゼン溶液における吸収極大波長は第1表の如くである。成熟期の表皮は、未熟期と比較すると前報ですでに報告したようにカロチノイド色素量が(0.20 mg% \rightarrow 0.94 mg%) 増えており、クロマトの分画区分数も増えているので色素の複雑化が生じている。クロマトの各区分については、未熟期と同様クロマトの吸着部位、溶出溶媒の種類(濃度)、色調、吸収スペクトルの形状、各種溶媒による吸収極大および分配・濃塩酸テスト等より同定を行なった。

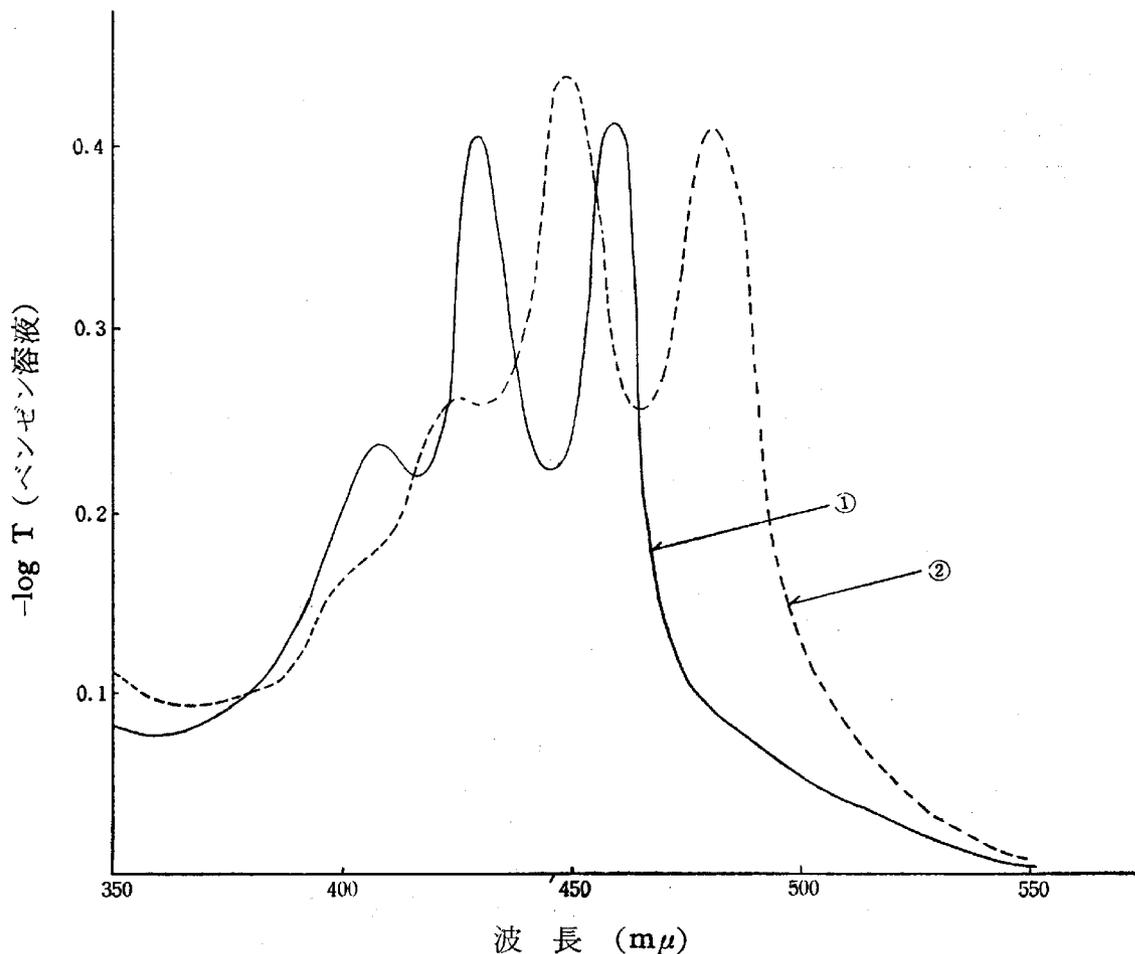
fr. B-1, fr. B-2, fr. B-3 は *Lutein*, fr. B-5, fr. B-9 は *Astaxanthin*, fr. B-10 は *Astacene* である。未熟期の fr. A-3-2, fr. A-7-1 と成熟期の fr. B-4-2, fr. B-7-1 は従来魚類からは報告されていないタイプのカロチノイドである。カラムクロマトでは、未熟期と成熟期の表皮には、おのおの5%アセトン-ベンゼンで溶出される fr. A-3, fr. B-4 と間に *Astaxanthin* をはさみ15%アセトン-ベンゼンで溶出される fr. A-7, fr. B-7 とがあり、クロマトの吸着部位と展開溶媒(アセトン含量)等から前者はエステル型のまた後者は遊離型のカロチノイドと思われる。ベンゼン溶液における吸収極大



第4図 成熟期表皮色素のカラムクロマト図と各区分の吸収スペクトル

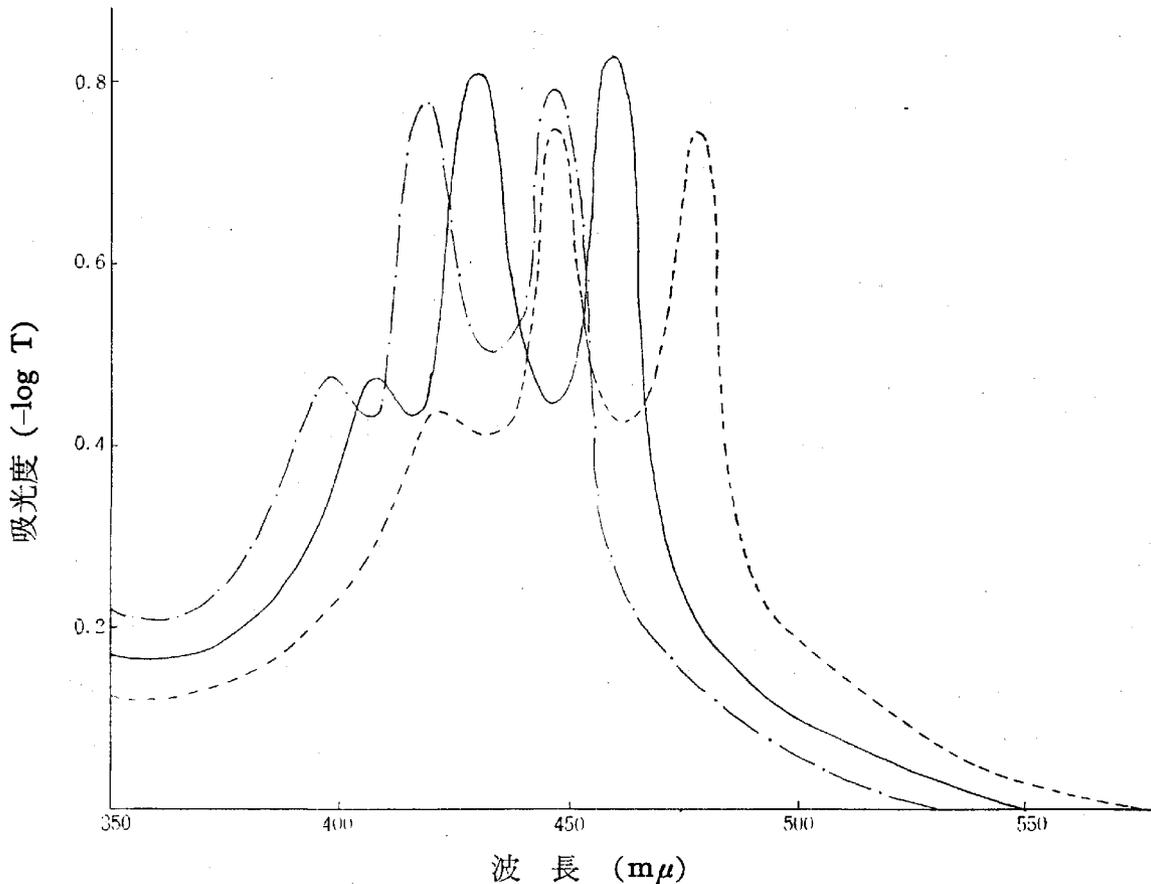
- (上図) ————— fr. B-1, - - - - - fr. B-2, — · — · — fr. B-3,
 — — — fr. B-4, — · — · — fr. B-5
 (下図) ————— fr. B-6, - - - - - fr. B-7, — · — · — fr. B-8,
 — — — fr. B-9, — · — · — fr. B-10

は、408, 432, 459 $m\mu$ にあり魚類から報告されている ⁽⁵⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽¹⁰⁾ *Tunaxanthin* (比較的吸収スペクトルは似ている) や *Zeaxanthin* (*Anchovyxanthin*) より短波長側にずれており、432 と 459 $m\mu$ に2つの大きなピークがあり、また 408 $m\mu$ にも小さな吸収があり、444 $m\mu$ の所が2つの大きなピークの谷になっている。このカロチノイド (fr. B-7-1) とナガズカ (*Stichaeus grigorjewi*) の表皮より平尾らの方法により調整した ⁽⁵⁾ *Tunaxanthin* の吸収スペクトルを比較したのが第5図である。またベンゼン、石油エーテル (b.p. 40-60°C)、二硫化炭素に溶かした時の吸収スペクトルを示したのが第6図である。各種溶媒における吸収極大波長を示したのが第3表である。黄色の fr. B-7-1 に代表されるこのカロチノイドをエーテル溶液とし、これに濃塩酸を添加した所塩



第5図 fr. B-7-1 (Flavoxanthin 様色素) と *Tunaxanthin* の吸収スペクトル
① fr. B-7-1 (Flavoxanthin 様色素) ② *Tunaxanthin*

(10) G. F. CROZIER and D. W. WILKIE: *Comp. Biochem. Physiol.*, **18**, 801 (1966).



第6図 fr. B-7-1 (Flavoxanthin 様色素) の吸収スペクトル
 ————— ベンゼン - - - - - 二硫化炭素 - · - · - 石油エーテル (b. p. 40-60°C)

第3表 fr. B-7-1 (Flavoxanthin 様色素) の各種溶媒における
 吸収極大波長 (mμ) と呈色反応

	吸収極大波長 (mμ)				吸収極大波長 (mμ)		
ベンゼン	408	432	459	クロロホルム	406	429-30 (430)	458 (459)*
石油エーテル	397	419-20	446	エタノール	422 (421)	449 (448)*	
二硫化炭素	421 (420)	447 (447.5)	477-8 (478)*	n-ヘキサン	399	459	467

* P. Karrer and E. Jucken: Carotenoids よりの引用

CONC HCl 反応 ⊕
 CONC H₂SO₄ 溶液 —— 青色
 無水 HCOOH 溶液 —— 緑色
 CCl₃COOH 溶液 —— 青色

酸層は薄い青色を呈したが、塩酸処理によって吸収極大波長には変化が認められなかった。石油エーテルと90%メタノールでの分配テストでは下層性(12:88)であり、濃硫酸、無水蟻酸では青・緑色を呈した。

これらの結果は、KARRER⁽¹¹⁾らによって報告されている *Flavoxanthin* の性質と一致し、また吸収スペクトルや各種溶媒による吸収極大波長も一致するので著者らは *Lutein* のエポキシ型の *Flavoxanthin* 様色素と同定した。

Flavoxanthin はエポキシカロチノイドであり、エポキシカロチノイドのうち構造が5-6エポキシ型のものは、一般に塩酸処理によって5-8エポキシ型に異性化する事により吸収スペクトルが短波長側にずれる事が知られているが、fr. B-7-1 に代表される区分のカロチノイドでは、同処理によってもかような変化が認められなかった。この実験事実もこの区分が5-8エポキシ型の *Flavoxanthin* であるとすれば、当然の結果と推定される。

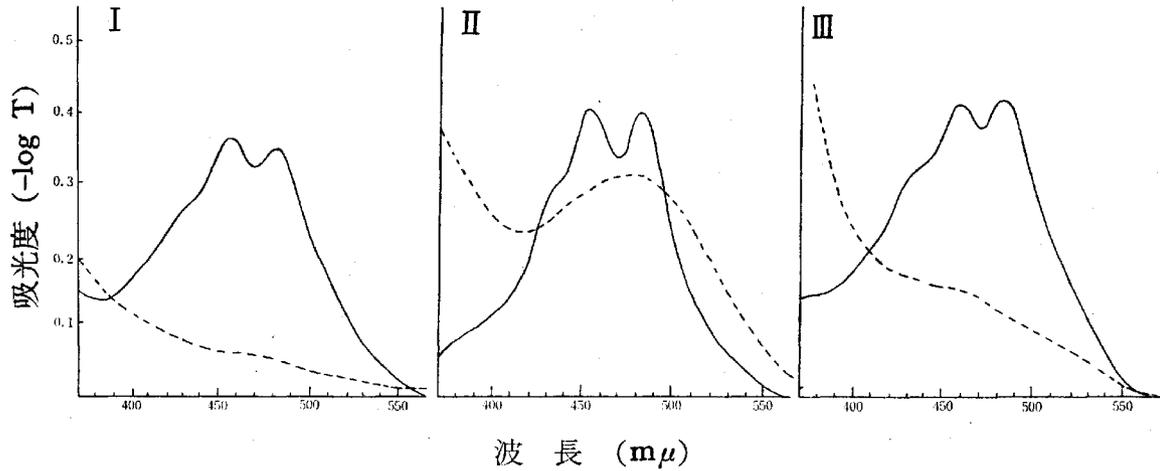
Ⅲ 産卵潮上期におけるカロチノイド色素の組織間転移

筋肉中では、遊離の状態で存在していた *Astaxanthin* が成熟に伴う体内転移の間にエステル型に変化するか否かを知るために、全油状で各組織の分配テストを行なった。その結果を示したのが第7図である。筋肉、卵巣、血清のカロチノイドは、成熟過程のどの時期の試料も下層性を示したが、肝臓、腎臓、幽門垂等では両層共カロチノイドが検出できなかった。一方表皮では、成熟過程において若干の変化が認められた。即ち初期の未熟期では上層に、成熟期では両層に更に成熟が進んだ自然放卵期では再び上層であった。各時期の両層のベンゼン溶液における吸収スペクトルは、第7図に示す如くであり、上層は3時期共類似した吸収スペクトルであるが、成熟期(10月17日)の下層からは *Astaxanthin* が認められた。これはこの時期に筋肉の *Astaxanthin* が急激に減少し、それが血清を介して表皮に移行するので、この間表皮では一部エステル化せず遊離の状態でも存在するためと推定される。なお自然放卵期(11月9日)になると下層には、*Astaxanthin* が認めら

(11) P. KARRER and E. JUCKER: *Carotenoids*, 207 pp., Elsevier Publ. Co., New York (1950).

	筋 肉	卵 巣	血 清	表 皮			肝 臓	腎 臓	幽 門 垂
				未 熟 期	成 熟 期	自 然 放 卵 期			
上層 (石油エーテル h. p. 40-60°C)	—	—	—	+	—	+	—	—	—
下層 (90%メタノール)	+	+	+		+	—	—	—	—

(+: カロチノイドが検出された区分
 —: カロチノイドが検出されなかった区分)



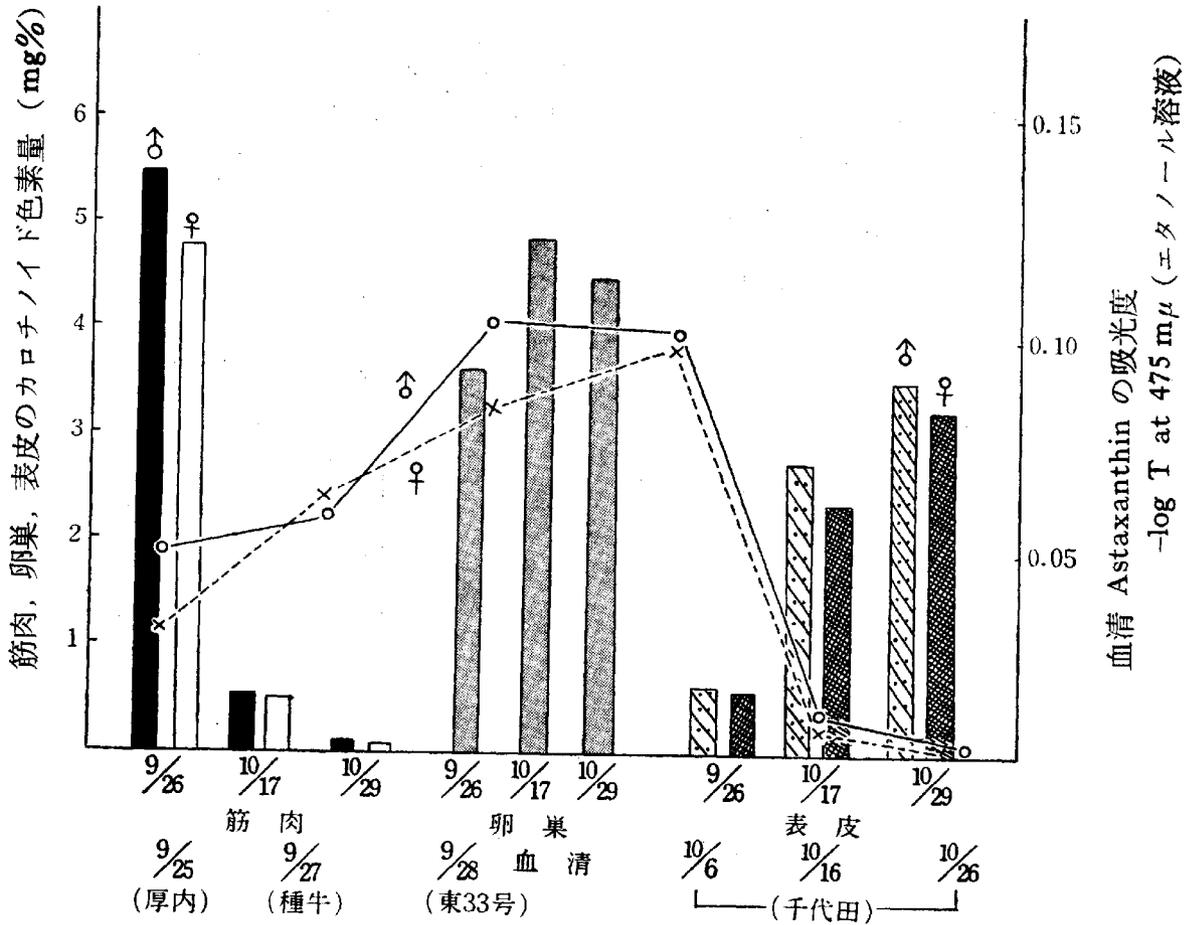
第7図 溯上期サケのカロチノイド色素の分配テストによる組織別検出結果と
 表皮分配区分の吸収スペクトル

I 溯上初期 (未熟期: 9/25), II 成熟期 (10/17), III 自然放卵期 (11/9)
 ———— 上層 (石油エーテル), - - - - - 下層 (90%メタノール)

れ難くなる。

考 察

一般に動物は、カロチノイドを全く別の物質から体内で生合成する能力を持っていないと言う通説によると、体中のカロチノイドの組成、含量は餌中のカロチノイドに影響される事が当然考えられる。所がこの産卵溯上期のサケは、餌を食べずに河川を溯上するのであるから、新たなカロチノイド成分の体外からの補給は考えられない。それで当然産卵溯上前に筋肉に蓄積された *Astaxanthin* を中心とした代謝が、短時間にしかも急激に行なわれるのであろう。成熟過程におけるサケの各組織および血清におけるカロチノイド量の変化を、まとめて示したのが第8図である。成熟の進行につれて、筋肉 *Astaxanthin* の急激な減少とは逆に、表皮中のカロチノイドは増加して行く。



第 8 図 河川内，産卵成熟過程における筋肉，卵巣，表皮，血清のカロチノイド色素量の挙動

北洋海域で補獲したサケのカロチノイドは，大半が筋肉中に含まれており，一方表皮には筋肉と比べて問題にならない程少量存在するのみである。その少ない表皮中のカロチノイドの中で，主体は黄色の *Lutein* 系であり，赤色の *Astaxanthin* は根跡程度である。それが河川を溯上するこの時期になると，表皮中のカロチノイド (*Lutein* 系と *Astaxanthin* 系より成っている) の量的増加と共に質的にも変化している。即ちクロマトで分画した各区分の量とその吸光度より各種カロチノイドの割合を求めると，未熟期では約 60% が *Lutein* 系で約 40% が *Astaxanthin* 系であったが，成熟期では *Lutein* 系 (46%) よりも *Astaxanthin* 系 (54%) の方が多くなっている。海 (厚内) や河口附近 (大津) で補獲した未熟期のサケには，赤色の斑点はあまりめだたないが，成熟期になると赤色の斑点が顕著になり，この赤色の斑点部分の

みを取り出して分析すると80%以上が *Astaxanthin* であった。成熟期の表皮では、*Lutein* 系よりも *Astaxanthin* 系の方が多くなっているとしても、カロチノイド量そのものが増えているのであるから、*Lutein* 系の絶対量は増えている事になる。その間に筋肉中の *Astaxanthin* が急激に減少している点から考えても、*Astaxanthin* の *Lutein* 系への転化が生じているのは確かであろう。

この現象 (*Astaxanthin* の *Lutein* への還元) に関する報告はみあたらず、一般にはこの逆の *Lutein* 系 → *Astaxanthin* 系の可能性が秦⁽¹²⁾や片山⁽¹³⁾らによって報告されている。この現象は、棲息環境が海から川へと変り、産卵後死亡すると言う代謝激変期であるこの時期のサケに特有の挙動と推定できる。

魚類の肝臓・腎臓・幽門垂中に β -Carotene を主体としたカロチノイドの存在が報告されている。⁽⁸⁾ 著者らの同じサケ科の魚類のヒメマス (*Oncorhynchus nerka var. adonis*) [1974年8月19日支笏湖で採集したまだ索餌をしている未熟期の試料ではあったが] の分析でも肝臓や幽門垂からカロチノイドが検出されたが、この時期のサケの同組織からはカロチノイドが検出されなかった。これはこの時期のサケが餌を食べない事によるものであろうと推定される。

溯上期のサケは餌を取らず、産卵のために体内に蓄積されたエネルギーを使い果たすのであるが、その過程において筋肉中の油脂含量も幽門垂重量と共に著しい減少をきたしている。この事実からして体カロチノイド色素転移の生化学的機構には油脂も関与していると思われるが、これらの点については肝臓、皮下脂肪の化学分析の結果と関連づけて目下検討中である。

要 約

産卵のために十勝川水系を溯上するサケを試料とし、成熟過程における体

(12) 秦 正弘・秦 満夫：日水誌, **38**, 331 (1972).

(13) 片山輝久外：日水誌, **40**, 97 (1974).

カロチノイド色素の代謝を、表皮カロチノイドの同定を中心として検討し、次の結果を得た。

- (1) 未熟・成熟期共に表皮中に *Lutein* および *Flavoxanthin* の存在を確認し、同カロチノイドをそれぞれ分離・精製して同定を行なった。
- (2) 溯上初期（未熟期）の表皮には *Lutein*, *Flavoxanthin*, *Astaxanthin* が存在し、*Lutein* 系約 60%, *Astaxanthin* 系約 40% であった。
- (3) 成熟期では、未熟期と比べカロチノイド量の増加と共に質的にも複雑化が生じており、クロマトの分画区分数が増加している。カロチノイドの組成では、未熟期と同様 *Lutein*, *Flavoxanthin*, *Astaxanthin* よりなっているが、*Lutein* 系が約 46%, *Astaxanthin* 系が 56% であった。
- (4) 表皮を中心に、筋肉、卵巣、肝臓、腎臓、幽門垂等の組織と血清で、カロチノイドの分配テストを行ったが、表皮は他の組織と異なる結果を呈し、また肝臓、腎臓、幽門垂からはカロチノイドが検出されなかった。これはこの時期のサケが索餌をしないためと推定した。
- (5) 成熟過程におけるカロチノイド色素の体内転移（♂では筋肉より血清を介して表皮へ、♀では同じく血清を介して卵巣と表皮へ）および *Astaxanthin* 系の *Lutein* 系と言う、カロチノイド色素間の転化について考察した。

終りに本研究を行うに当り、実験材料のサケを提供していただいた北海道サケ・マス増殖事業協会前会長三原健夫氏、現会長棟方敏郎氏、十勝支所長平野昇氏に厚く感謝いたします。また本研究遂行に当り、御助言と御教示をいただいた北海道サケ・マスふ化場次長西野一彦氏に深謝いたします。