アユ仔稚魚の消化系の発達と消化酵素活性について

田 中 克・川合真一郎・山 本 章 造

(1972 年 4 月 28 日受理)

On the Development of the Digestive System and Changes in Activities of Digestive Enzymes during Larval and Juvenile Stage in Ayu.

Masaru TANAKA, Shin-ichiro KAWAI*, and Shozo YAMAMOTO**

Relationships between the developmental process of the digestive system and changes in activities of digestive enzymes during larval and juvenile stage of Ayu, *Plecoglossus altivelis*, were investigated.

Two important periods are recognized in the developmental process of the digestive system. One occurs in the late stage of prelarvae, when the basic structure is established, the other, in the transitional stage from larvae to juveniles, when gastric glands develop and pyloric caeca differentiate. The development of the digestive system to one adult-like in function is accompanied with changes in body form and depth.

The activity of amylase was recognized in larvae measuring about 25 mm after which it increased to a fixed level in the juvenile stage. Though pepsin-like enzyme is scarcely detected in larvae measuring about 25 mm, it abruptly increased in activity in juveniles measuring 35 mm in which gastric gland is fully developed functionally.

On the other hand, trypsin-like enzyme hardly increased in activity during transition from larvae to juveniles.

The increase in pepsin-like enzyme activity and stagnancy of trypsin-like enzyme activity indicate that the digestive mechanism of proteins converts to a higher developmental level during the transitional stage from larvae to juveniles.

アユ *Plecoglossus altivelis* は河川と海を往復する生活環を持ち、その短い一生の間にもいくつかの重要な生活様式の転換を経ることはよく知られている¹⁻³⁾。ニシン魚群の魚では一般に個体発生の初期にシラス期と呼ばれる時期が存在している⁴⁾。その時期は硬骨魚類の一般的な発育段階区分^{5,6)}では後期仔魚期と考えられるが、その期間はスズキ魚群の多くの魚種にくらべてきわめて長い。

本報ではニシン魚群の一例としてアユを選び、仔稚魚期の消化系の発達過程の概略を述べ、仔魚から稚魚への移行期に関しては消化系の形態的变化と消化酵素活性の変化がどのように関連するかについて報告する。

実 験 方 法

試料 1970 年 10 月大阪府淡水魚試験場より受精卵を入手し、淡水でふ化させた。ふ化仔魚は 70% 海水を入れた 0.5 トン容パンライト水槽に移し、天然海水中的動物性プランクトン、シオミズツボムシ、ブラインシュリンプのノウブリウス幼生などを餌として飼育し、実験に供した。

組織切片作成法 一般的な組織の観察は仔魚を 10% 中性ホルマリン液あるいはブアン液に固定後、常法どおり 5-7 μ のパラフィン切片を作成し、ヘマトキシリン・エオシン二重染色を施して検鏡した。脂質

* 京都大学農学部水産学教室 (Dept. Fish., Fac. Agr., Kyoto Univ., Kyoto, Japan)

** 岡山県水産試験場 (Okayama Pref. Fish. Exp. Stat., Ushimado, Japan)

の検出は 1.0% オスミウム酸に固定後パラフィン切片を作成する方法を用い、多糖類の検出には McMANUS の PAS 反応を用いた。

酵素液の調製法および酵素活性の測定法 ふ化後 130 日および 180 日の 2 回にわたって、仔稚魚を全長別に I (30 mm 以下), II (30~35 mm), III (35~40 mm) および IV (40 mm 以上) の 4 グループに分けて測定に供した。各グループから消化管全体を摘出して集め、Potter-Elvehjem 型 glass homogenizer で純水とともに磨砕し、10,000×g, 20 分間の遠心分離を行ない、その上清を粗酵素液とした。アミラーゼ活性は基質 (1% 溶性でんぷん) が一時間に分解されて生じる還元糖を Somogyi-Nelson 法により測定し、また pH 3.0 で作用するペプシン様酵素および pH 9.5 で作用するトリプシン様酵素の活性⁷⁾は基質 (3% 乳製カゼイン) が一時間に分解されて生じるチロシンを Folin 法により測定した。また活性は比活性 (units/mg of protein-N), 全活性 (total units 仔稚魚 1 尾が 1 時間に基質を分解して生ずるグルコースまたはチロシン量を意味する) および体重あたりの活性 (total units/mg of mean body weight) で表示した。

結果および考察

消化系諸器官の発達過程 この研究に用いたアユ仔稚魚の成長状態は Fig. 1 に示した。これまで各地の水産試験場などで行なわれた飼育試験と比較すると成長状態が悪いが、これは餌の主要な部分を天然産のものに依存したため投与量に不均等や不足が生じたことと水温が相対的に低かつたこととに起因すると考えられる。消化系発達過程を調べる標本には平均以下の成長状態の個体は用いず、良好な成長状態を示す個体

Fig. 1. Growth curve of Ayu larvae and juveniles, and rearing water temperature in this study.

を用いた。

卵内発生期における卵黄の組織への転化には個体によつて差異があり、そのためふ化直後の仔魚では器官分化に変異が認められるが、通常両顎や外鰓孔は形成されている。食道はその上皮に粘液細胞が分化し、立方状細胞が規則的にならぶ胃へと続く。仔魚期の胃は成魚の胃とは異なり、胃腺は認められず胃壁も薄く直線的な状態で (Plate I, 1), 本来の胃の機能は果していないと考えられる。胃から腸への移行にともない内腔は急に広くなり、ヘマトキシリンによく染まる円柱細胞が上皮層を構成する。直線的な腸管は最前部から肛門直前部まではほぼ同径で、粘膜はまだひだを形成せず単純な構造をしているが、腸後部には括約筋の発達による収縮部が分化している。

胃の後半部から腸最前部の右背側部に分化した膵臓から発する膵管は腸最前部の腹側に開き、その下側には胆管が隣接して開口している。肝臓は胃の後半部の左腹側部に分化し、その前部は小油球を多数含んだ卵黄嚢とつながり、両者の接触部と胃の間には胆嚢が分化している (Fig. 2 A, B)。

ふ化後摂餌開始期までの仔魚前期はふ化直後の構造を基本に各々の器官を構成する細胞が増殖成長し各器官が十分機能的になる時期であり、フユ仔魚ではふ化時の分化程度が高いため新しい形質の分化はほとんど認められない。ふ化後1-2日を経過した仔魚では両顎が頭部の腹面よりから前面へと移動し、筋組織が発達して機能的になる。膵臓の外分泌細胞はヘマトキシリンに濃染し、各腺組織の内腔にはエオシンに好染する微小なチモール顆粒の蓄積が認められる。肝臓は卵黄や油球の吸収にともない前方へとしだいに伸張し、静脈洞とつながる肝静脈や内部の血管網が明瞭になる。腸上皮層の円柱上皮細胞には条紋縁がよく発達する

Fig. 2. Schematic illustration of prelarval Ayu, showing the body form and digestive system.

A, lateral view of newly hatched larva; B, digestive system of newly hatched larva; C, lateral view of 3-day larva; D, digestive system of 3-day larva.

bd, bile duct; gb, gall bladder; he, heart; hv, hepatic vein; in, intestine; li, liver; oe, oesophagus; og, oil globule; pa, pancreas; pd, pancreatic duct; st, stomach; yo, yolk.

Fig. 3. Schematic illustration of postlarval Ayu, showing the body form and digestive system.

A, lateral view of 30-day larva; B, digestive system of 30-day larva; C, lateral view of 135-day larva; D, digestive system of 135-day larva.

ab, air bladder; bd, bile duct; gb, gall bladder; he, heart; hv, hepatic vein; in, intestine; li, liver; oe, oesophagus; pa, pancreas; pd, pancreatic duct; pnd, pneumatic duct; st, stomach.

とともに、それらの細胞に混在して杯状細胞の分化が認められる (Fig. 2 C, D)。

アユ仔魚の消化系の基本構造は他の多くの魚種と同様に摂餌開始直前に確立^{9,10)}、仔魚後期の前半には摂餌開始後 3-4 日以内に分化する味蕾を除き、ほとんど質的变化は認められない。ふ化後 25-30 日 (全長 11-12 mm) の時点で胃の最後部背壁から鰾の分化が認められるが (Fig. 3 A, B)、消化系の本来の機能分化とは直接関係ないと考えられる。

このように仔魚後期の前半においてアユ仔魚の消化系の基本構造には大きな変化は認められないが、摂餌にともない肝臓や腸管には吸収や蓄積と関連したいくつかの変化が認められる。肝臓を構成するほとんどすべての肝細胞内にはグリコーゲンの蓄積が認められるが、脂肪の蓄積は顕著でなく、血管の周辺部に位置する細胞内に少量存在するにすぎない。摂餌開始後 1 週間以上経過した仔魚では腸中部の上皮細胞核上部には 1-2 μ 大の脂肪粒子が認められる。さらにふ化後 30 日前後を経過した仔魚では腸管の背壁を中心に脂肪が蓄積されているのが認められる。腸管後部に収縮部が形成されることは先に述べたが、この部位より後部の腸上皮は前部や中部の上皮とは染色性が異なり、脂肪粒子はまったく認められず、エオシンに好染するたんぱく質と考えられる小顆粒 (1-2 μ) が細胞上半部に認められる¹¹⁾。以上の特徴は成長状態が良好で活発に摂餌している個体では仔魚期のほとんど全般にわたって共通している。

アユ仔魚の体形は仔魚期を通じて顕著な変化は認められないが、ふ化後 30 日前後には尾鰭の鰭条が、40 日前後には背鰭と臀鰭の鰭条が分化し始め、60 日前後には背鰭前端よりやや前方の体の腹側部に腹鰭が分化し始める。ふ化後 90-120 日には鰭褶はほとんど消失し、各鰭の基本構造や脂鰭が明瞭になる (Fig. 4)。これらの鰭の形成と前後して体側中央部には側線が分化し始める。

外部形態が以上のような段階に達する時点で消化系にも質的な変化が生じる。すなわち、咽頭部背側には

Fig. 4. Schematic illustration of larvae and juveniles of Ayu, showing the development of fins and changes in body forms.

A, newly hatched larva (4.7 mm in total length); B, 3-day larva (5.2 mm in total length); C, 30-day larva (12.0 mm in total length); D, 40-day larva (14.1 mm in total length); E, 60-day larva (17.0 mm in total length); F, 90-day larva (24.3 mm in total length); G, 130-day larva (33.7 mm in total length); H, 180-day juvenile (41.7 mm in total length).

咽頭歯が出現するとともに胃壁の肥厚と胃腺の分化により胃が完成する。これまで細長く直線的な状態にあった胃は筋肉層と粘膜層が肥厚し、内腔が膨大する。胃腺は分化の初期の段階では上皮層下にヘマトキシリンに濃染する数個の細胞塊として現われ、胃の後部が膨大するとともにしだいに増大し、胃の中部から後部にかけて上皮層下に2-3層の胃腺房の分化をみるようになる (Plate I, 2)。胃腺の発達に並行して胃はその後部で腹側前方へ曲折する。このような胃の発達に対応して消化管は胃から腸への移行部を中心に前後に一回転するとともにその回転部には幽門垂が分化し始める (Fig. 3 C; D, Plate I, 3)。幽門垂は腸管壁が外側へ膨出して形成されるため、その上皮層は円柱上皮細胞と杯状細胞で構成され腸管とまったく同じ形状を示す。このような幽門垂の形成過程はこの器官が本質的に腸管と同じ機能を有することを暗示している。幽門垂はその後成長とともに増大し、その周囲には腓組織が複雑に入り込む (Plate I, 4)。幽門垂の発達と

前後して両顎には犬歯状の歯が分化する。このような内部形態の著しい発達と対応して外部形態にも顕著な変化が認められる。すなわち、体高が高くなり体形が成魚と仔魚の中間的段階に達するとともに体表にはグアニンが沈着し始める。以上の消化系と外部形態の変化が仔魚から稚魚への移行にともなう形態変化の主要な側面であり、ニシン魚群のいわゆる変態の形態的变化の面での実体といえる。

以上のような体形変化と消化系の成魚的段階への移行との対応はスズキ魚群のクロダイ・マダイ・カサゴなどでも同様に認められており¹²⁾、胃腺の分化期もスズキ魚群の魚種と相対的にはほぼ同じ時期である。したがって、アユの仔魚後期はスズキ魚群の魚種の仔魚後期が分化のパターンを変えずにそのまま延長した形といえる。東¹³⁾によれば琵琶湖のアユではこの時期には形態的諸特徴に飛躍をともなつた変化が生じるとともに遊泳行動に方向性と集合性が現われ始める。ニシン仔魚では変態にともない網膜に桿細胞が分化し、網膜運動が生じるとともに群を形成して顕著な日周期的垂直移動を行なうようになるといわれている¹⁴⁾。これらの事実はニシン類の仔魚から稚魚への移行期には生活空間や集合様式の変化を内容とした生活様式の転換が生じることを示しており、食性の面でも何らかの変化が生じることが推察される。

仔魚期には索餌行動を支える運動のエネルギー源を獲得する必要上、脂肪にかなりの重点をおいた栄養摂取が行なわれると考えられるが、稚魚期になると脂肪も蓄積されるとともに運動器官や感覚器官も一定の発達段階に達し、成長に重点をおいたたんぱく質中心の栄養摂取に移行するのではないかと推察される。このような移行は胃腺の分化によるたんぱく質消化機構の発達により可能となり、餌生物の面では幼生プランクトンから成体プランクトン中心への転換によつて実現されるものと考えられる。

なお、海産アユの发育各期を区分した内田¹⁵⁾によれば著者らが稚魚期としている時期をシラス型仔魚後期とし、遡河前後の時期を稚魚期としている。しかし、外部形態変化と内部形態変化の関係は基本的にはスズキ魚群の魚種と同様であり、一般的な发育段階区分では稚魚期と考えるべきであろう。そして、遡河前後の形態・生理・生態的な一大転換期を稚魚から未成魚への移行期と考えるべきではなからうか。この点に関する検討は今回はほとんど行なえなかつたので今後の課題としたい。

仔魚から稚魚への移行にともなう消化酵素活性の変化 今回の実験ではふ化後130日の時点で第Ⅰグループ（平均全長，25.6 mm；平均体重，84.1 mg）と第Ⅱグループ（平均全長，32.1 mm；平均体重，90.1 mg）について、180日の時点で第Ⅲグループ（平均全長，36.7 mm；平均体長，199.2 mg）と第Ⅳグループ

Table 1. Development of amylase, trypsin-like and pepsin-like enzyme activities of ayu before and after metamorphoses.

Enzyme	Group (Total length)	Number	Activities	
			Units/mg of protein-N	Total units
Amylase	25~30 mm	55	192	28.4
	30~35	23	174	45.2
	35~40	19	338	280.4
	40~45	5	262	524.0
Pepsin-like enzyme	25~30	55	18.6	2.7
	30~35	23	51.9	15.2
	35~40	19	240.0	180.3
	40~45	5	788.0	1572.0
Trypsin-like enzyme	25~30	55	2250	1344
	30~35	23	2110	2487
	35~40	19	2520	1891
	40~45	5	1320	2640

Fig. 5. Development of amylase, trypsin-like enzyme and pepsin-like enzyme activities of Ayu before and after metamorphoses.

ブ (平均全長, 42.7 mm; 平均体重, 372.4 mg) についてアミラーゼ, ペプシン様酵素およびトリプシン様酵素の活性を調べた。これら四つのグループのうち, 形態を基準にした段階区分では第Ⅰグループと第Ⅱグループは仔魚後期にあたり, 第Ⅲグループと第Ⅳグループは稚魚期に属するものと考えられる。各グループの活性は Table 1 および Fig. 5 にまとめた。

1. アミラーゼ活性 全長 30 mm 以下の仔魚においてもすでに顕著な活性が認められ, 以後成長にともない活性は上昇し, 全長 40 mm 以上になると全活性は 30 mm 以下の仔魚の約 20 倍にも増大した。体重あたりの活性では仔魚から稚魚への移行にともない顕著な増大が認められるのに対し, 稚魚期の第Ⅲグループと第Ⅳグループでは同じ値を示し, アミラーゼを合成する分泌細胞の機能は稚魚期に達すると一定のレベルに落ちつくことを示している。少なくとも第Ⅰグループと第Ⅱグループ, および第Ⅲグループと第Ⅳグループでは同じ餌料であつたことを考えると, アユ仔稚魚におけるアミラーゼ活性は餌の組成に関係なく, 消化系の発達にともない一定のパターンをもつて分化発達するものと考えられる。餌料の質や投与量の問題, 活性の日周期性の問題および水温その他の環境条件が活性に与える影響などについては今後検討しなければならない。

2. ペプシン様酵素 全長 30 mm 以下の仔魚においては pH 3.0 で作用するペプシン様酵素の活性は非常に微弱であるが, 35 mm 以上の稚魚段階に達すると急激な活性の上昇が認められ, 40 mm 以上の稚魚における全活性は 30 mm 以下の仔魚の約 500 倍を示した。胃腺は先に述べたように 30 mm 前後で分化し始め, 35 mm 前後では胃腺房が 2-3 層に達する。このような胃腺の発達過程と対応してペプシン様酵素活性の発達が認められるが, 30-35 mm の第Ⅱグループでは活性はまだ低く, 構造的には胃腺は仔魚期の後期に分化し始めるけれども, この酵素が機能的になるのは稚魚段階に入ってからと考えられる。第Ⅲグループと第Ⅳグループにおいても顕著な活性の増大が認められるのは稚魚期に入つても胃腺がひきつづき増大することを示している。

3. トリプシン様酵素 アミラーゼおよびペプシン様酵素の活性が成長にともない顕著に増大するのにくらべ, トリプシン様酵素の活性は比活性, 全活性, 体重あたりの活性のいずれにおいても増加がほとんど認められなかつた。体重あたりの活性では仔魚期の第Ⅰグループと第Ⅱグループでは活性の増大が認められるのに対し, 第Ⅲグループと第Ⅳグループの間ではアミラーゼと同様に停滞する傾向が認められる。ただし, アミラーゼでは仔魚期と稚魚期では活性に顕著な増大が認められるのに対し, トリプシン様酵素では逆に低下しているのが注目される。

消化系の形態的变化と消化酵素活性の変化との関係 消化系の形態的变化と機能的变化との顕著な対応は胃腺の分化とペプシン様酵素の出現との間にみられる。第Ⅰグループの全長範囲は 21.1-29.8 mm であり, この中には胃腺がわずかに分化し始めた個体が含まれており, わずかではあるがペプシン様酵素の活性発現としてあらわれている。第Ⅱグループに属する個体は胃腺が分化し個々の腺胞が機能的になり始めるとともにその数が増加する時期に相当し, 全活性も 2.7 から 15.2 へと増大している。その後第Ⅲグループ,

第IVグループへと順次活性の急上昇がみられ、胃腺房の増大する構造的変化とがきわめてよく一致している。

このような発育成長にともなうペプシン様酵素活性の増大と好対照を示しているのはトリプシン様酵素である。この酵素は膵臓や腸粘膜から分泌されると考えられているが、仔魚から稚魚への移行にともないこれらの器官には質的な変化は認められず、活性にも著しい変化は認められない。仔魚から稚魚への移行にともない消化管が胃から腸への移行部を中心に回転し、摂餌された餌がその回転部に蓄積され、あらたに分化した胃腺より分泌されるペプシン様酵素によつてあらかじめある程度消化された後、腸の後方へ輸送されるため、相対的にトリプシン様酵素の果たす役割が低下するのではないかと考えられる。すなわち腸上皮は消化酵素の分泌と栄養物質の吸収を同時に営んでいるが、仔魚期においては胃腺が未分化なため個々の細胞の分泌機能の比重が低下し、吸収機能の比重が高くなると考えられる。

武居¹⁶⁾は海産アユで植物性食餌に移行する全長 60 mm にはじめてアミラーゼの出現を認めているが、著者らの研究では先に述べたように平均全長 25.6 mm の第Iグループですでにその出現が認められた。著者らは週上前の海産アユ（平均体長 9 cm, 平均体重 7.5 g）、マダイ一年魚（平均体長 13 cm, 平均体重 70 g）などの炭水化物消化酵素活性を探索した結果、腸管や肝臓にかなり強いマルターゼやアミラーゼ活性を認めている¹⁷⁾。マダイのような肉食性魚類が雑食性のコイのマルターゼ活性の約 1/2 に相当する活性を有することは、非常に興味深い。また、ニジマス、コイ、クロダイなどにおいてもふ化直後から、あるいはふ化後一週間頃からマルターゼ、アミラーゼおよびプロテアーゼの各活性が出現し、以後成長にともない活性が上昇することを認めている¹⁸⁾。

これらの事実は食性とは直接関係なく硬骨魚類は通常ある程度の炭水化物消化酵素を有し、それらは膵臓や腸管が機能を持つようになる仔魚前期から仔魚後期への移行期に発現し始めることを示している。アユをはじめ多くの魚類の仔魚前期の肝臓中にはほとんどグリコーゲンの存在は認められないが、動物性プランクトンを摂餌し始めると急速に蓄積が認められる。このグリコーゲンは餌料生物起源と考えられるが、この時期に分化するアミラーゼが関与しているものと推察される。仔稚魚は主に動物性プランクトンを餌として生活することはよく知られている。これらの動物性プランクトンは通常植物性プランクトンを餌として利用しているが、主として運動のエネルギー源として利用するため体成分としての炭水化物含量は低く、乾燥重量で通常 1-3% 前後である¹⁹⁻²²⁾。炭水化物は量的には仔稚魚の栄養源としての重要度は低いと考えられるが、摂餌開始時にアミラーゼが出現する事実は餌料生物の量的質的变化に対応してより多様な餌を利用できる可能性を保証しているのではないかと推察される。

本報では仔魚から稚魚への移行にともなう消化系の構造や消化酵素活性の変化を扱うにとどまつたが、アユの生活史でもつとも飛躍的な変化を示す週上前後、すなわち稚魚から未成魚への移行時期の消化系諸器官の変化や消化酵素活性の変化については今後の課題としたい。

要 約

アユの発育成長にともなう消化系の発達過程を組織学的に追究し、同時に仔魚から稚魚への移行にともなう消化酵素活性の変化を調べた結果次の知見を得た。

アユ仔稚魚の消化系の発達過程には二つの重要な時期が認められた。一つは仔魚前期の消化系の基本構造が確立する時期であり、他は仔魚から稚魚への移行にともない消化系が成魚の段階へ発達する時期である。前者では肝臓・膵臓・腸管その他の諸器官が機能的になり、後者では消化管が一回転し胃腺が発達するとともに幽門垂が分化する。

アミラーゼ活性は植物性餌料を与えていないにもかかわらず全長 25 mm 前後においてすでに認められ、全長 40 mm 以上の稚魚における全活性は 25 mm のその約 20 倍を示した。またペプシン様酵素の活性は 25 mm 前後では非常に微弱であつたが、胃腺が発達する 35 mm 前後から急激な増大を示し、40 mm を超えると 25 mm 前後の約 500 倍もの全活性を認めた。一方、トリプシン様酵素では成長にともなう活性の増大は顕著でなかつた。このようにペプシン様酵素の活性の増大とトリプシン様酵素の活性の停滞は仔

魚から稚魚への移行にともないたんばく質の消化機構がより高い発達段階に達することを示している。

この研究を進めるにあたり御指導をいただいた京都大学農学部水産学教室岩井保教授ならびに池田静徳教授に深謝の意を表する。アユの人工受精卵を快よく御提供下さった大阪府淡水魚試験場ならびに本稿を校閲され有益な御助言を下された岡山県水産試験場東幹夫氏に厚く御礼申し上げる。

文 献

- 1) 川那部浩哉: ミチューリン生物研究, **2**, 235-244 (1966).
- 2) 東 幹夫: 生理生態, **12**, 55-71 (1964).
- 3) 東 幹夫: 日本生態学会誌, **20**, 63-76 (1970).
- 4) 松原喜代松・落合 明: 魚類学下, 恒星社厚生閣, 東京 (1965).
- 5) 内田恵太郎・道津喜衛: 水産庁対馬暖流開発調査報告書, **2**, 3-65 (1958).
- 6) ニコルスキー: 魚類生態学, 新科学文献刊行会, 米子 (1964).
- 7) 森下達雄・野田宏行・北御門学・高橋 喬・立野新光: 三重県大産学部紀要, **6**, 239-246 (1964).
- 8) 大上皓久: 水産増殖, **16**, 285-292 (1969).
- 9) 田中 克: 魚類学雑誌, **16**, 1-9 (1969).
- 10) 田中 克: 同誌, **16**, 41-49 (1969).
- 11) T. IWAI and M. TANAKA: This bull., **34**, 44-48 (1968).
- 12) 田中 克: 魚類学雑誌, **18**, 164-174 (1971).
- 13) 東 幹夫: ミチューリン生物研究, **5**, 165-172 (1969).
- 14) J. H. S. BLAXTER: *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **47**, 677-697 (1967).
- 15) 内田恵太郎・今井貞彦・水戸 敏・藤田矢郎・上野雅正・庄島洋一・千田哲資・田福正治・道津喜衛: 日本産魚類稚魚期の研究, **1**, 18-20 (1958).
- 16) 武居 薫: 農林省水産講習所研究報告, **3**, 289-294 (1953).
- 17) S. KAWAI and S. IKEDA: This Bull., **37**, 333-337 (1971).
- 18) 川合真一郎: 昭和 44 年度日本水産学会秋季大会シンポジウム講演要旨, 11-14 (1969).
- 19) H. BARNES: *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **45**, 321-339 (1965).
- 20) J. E. G. RAYMONT, J. AUSTIN and E. LINFORD: *J. du Dons.*, **28**, 354-363 (1964).
- 21) J. E. G. RAYMONT, J. AUSTIN and E. LINFORD: *Deep-Sea Res.*, **14**, 113-115 (1966).
- 22) J. R. BEERS: *Limnol. Oceanogr.*, **11**, 520-528 (1966).

Explanation of Plate I.

Photomicrographs of digestive tracts in postlarval and juvenile Ayu.

A, longitudinal section through the body axis of 30-day larva (7.0 mm in total length), showing the larval slender stomach (st) without gastric gland ($\times 190$).

B, cross section through the median part of the stomach of 150-day juveniles (40.0 mm in total length), showing many gastric glandular acini (ga) under the epithelium ($\times 680$).

C, longitudinal section through the body axis of 150-day juveniles (40.0 mm in total length), showing revolution of the gut at the transitional part from stomach (st) to intestine (in) ($\times 70$).

D, longitudinal section through the anterior part of the intestine of 150-day juveniles (40.0 mm in total length), showing many pyloric caeca (pc) protruding from the intestinal wall (in) ($\times 170$).

ga, glandular acini; li, liver; in, intestine; no, notochord; pc, pyloric caeca; st, stomach.