

特集

遺伝資源の収集、保存、利用

水産生物遺伝資源の収集、保存、利用

Collection and Preservation of Genetic Resources of Aquatic Organisms

鈴木 亮*

Ryo Suzuki

1. 水産を取りまく諸情勢

近頃の食品売場では、多種多様の魚介類があふれんばかりに並び、一昔前までは高級魚とされていたブリやエビなどが、さほど高いとは思えない値段で求められる。しかしながら、こうした光景とは裏腹に、近年の日本の漁業は内外の厳しい情勢下に置かれている。その第1は、世界各国が生産性の高い自国の沿岸域から、外国漁船のしめだしをしたこと(200カイリ規制)、第2には日本沿岸域における漁業資源の減少である。一方国民の食生活は年年高度化し、イワシ、サバなどの多獲性低価格魚よりは、タイ、ブリ、エビなどの中高級魚を求めようになってきた。しかも、タイならどんなものでも良いというのではなく、肉質が良く姿形が良いことなど、質まで要求されるようになった。

このような情勢に対し、「取る漁業から作る漁業へ」とか、「栽培漁業」というキャッチフレーズのもとに、需要度の高い魚介類の種苗を人工的に生産して放流し、日本の沿岸域での資源の増殖をはかる計画が着実に進みつつある。これに加え、イワシ等の多獲性魚類を餌とした中高級魚の給餌養殖も年年活発になっている。

言うまでもなく、四面海に囲まれた日本は、古来水産生物と深いかかわりを持ち、近年の我が国の年間漁業総生産量は1,200万トンに達し、国民の摂取する動物蛋白の約1/2を水産生物で賄っている。その大半は、天然資源に依存しているが、近年我が国の増養殖業は急速に発展し、養殖による生産量は約119万トンで、漁業総生産量の10%、生産額では20%前後に達している。

2. 遺伝資源保存の意義

魚を養殖するには、家畜を飼うのと同様に優良品種を必要とすることは言うまでもない。生産者サイドか

らは、成長の良いもの、耐病性のもの等が、また消費者からは味の良いもの、姿形が良いもの等が要求されている。このようなニーズに向けての品質改良には、飼育技術の改善も大きな役割を持つことは当然であるが、遺伝的改良、すなわち育種は特に重要である。そのための育種素材としての遺伝子供給源、すなわち遺伝資源の確保が重要な課題となっている。とりわけ、食品の高度化、多様化が急速に進みつつある今日では、消費者のニーズもめざましいテンポで変化しているので、それに対応するためには、積極的に各種の遺伝資源を導入し、遺伝的多様性を保ちつつそれらを維持しながら、時代の要求にマッチした品種を作出し、利用することが必要になっている。

近年水産においてもバイオテクノロジーに包含される細胞工学、染色体工学、さらに遺伝子工学のめざましい進展をみるなかで、品種改良期間の大幅な短縮や、種の壁を破った画期的新品種の作出が可能になりつつある。今後は、これら先端技術と選抜や交雑等の従来からの技術とを併用しつつ、水産生物の育種技術の急展開が予想される。その素材として、永い進化の試練を経て蓄積されてきた多様で有用な遺伝資源の需要は急速に増大するものと考えられる。

一方、沿岸浅海域や内陸の水域は、生産性が高く、しかも多様な水産生物が濃密に生息する場所であるが、人間生活の影響を受けやすく、生物の生活基盤が消失したり、生物の群集構造が大きく変化する等の事態が進みつつある。とりわけ内水面においては、すでに滅失の危険にさらされている種類も多い。例えば、琵琶湖淀川水系と岡山県下の数河川のみに分布するアユモドキは、美味な魚で蒲焼にしかって「アイソ」と呼ばれる名物で知られていた。将来の新しい養殖対象種になり得る可能性を十分備えていながらも、近年では河川改修等によりその資源は絶滅に近い。

アマノリは水産生物の中で最も品種改良が進んでおり、後に述べるように遺伝資源を有効に利用した例で

* 水産庁養殖研究所遺伝育種部長
〒516-01 三重県会郡南勢町中津浜浦422-1

表1 アマノリ類遺伝資源の減少事例

種 類 場	ア サ ク サ ノ リ	ス サ ビ ノ リ	マル バ ア サ ク サ ノ リ	ヤ ブ レ ア マ ノ リ	イ チ マ ツ ノ リ	カ イ ガ ラ ア マ ノ リ	ソ メ ワ ケ ア マ ノ リ	ム ロ ネ ア マ ノ リ	コ ス ジ ア マ ノ リ	ウ ッ プ ル イ ノ リ	マ ル バ ア マ ノ リ
気仙沼湾	×	△	△		×			△		△	○
松島湾	×	○	×				△			×	
東京湾	×	○		△		△			×	×	△
三河湾	×	○					×				
伊勢湾	×	○		○		○	○				○
広島湾	×		×								
有明海	△		×	○	○		△				

×:1957年から60年の間に滅失した種
 △:滅失の恐れのある種
 ○:当分滅失の恐れのない種
 (生物遺伝資源関係資料集, 農林水産技術会議事務局, 1985より)

もある。近年では、多収性で光沢のすぐれているスサビノリやオオバアサクサノリなどが全国的に普及した。しかし、その反面これら多収性栽培品種は、着性面の占有能力や成長力など、分布に必要な能力が在来種にまさること等から、その全国的普及が、在来種の消滅を引き起こす結果となりつつある¹⁾。かつてはどこの養殖場でも見られたアサクサノリが、今日では全く見られなくなり、また気仙沼湾のマルバアサクサノリや松島湾のウップルイノリも消えつつある(表1)。

今後、陸からの栄養塩の流入規制は一層厳しくなることから、沿岸域の貧栄養化が進むことが予想される。またダムにより、栄養塩を含む河川水の流入がコントロールされるようになり、ノリが成育するのに量も必要な時期である1~3月に、養殖場が貧栄養化することも現実には起こりつつある。こうした中であらためて在来の野生種が持っている耐性に富む遺伝子を、現在の養殖種に導入することが必要になってこよう。一方我国の海岸線は、至るところコンクリート壁となり、潮間帯を生育場所とする在来野生種の生存が脅かされつつある。こうしたことから遺伝資源確保の意義は大きい。

3. 保存, 利用の現状

遺伝資源保存の対象となる水産生物は、餌料等を目的とした微細藻類から魚介類に至るまで多種多様であり、資源の維持方法も種類により異なっている。また全生活史を自然生態系に依存しているもの(クロマゴロ等多くの水産生物)、生活史の一部が人工的管理下におかれているもの(ワカメ、アワビ、シロザケ)、全生活史が人工的管理下にあるもの(コイ、ニジマス)等多様である。

我が国では、農林水産省の養殖研究所、海区水産研究所、さけ・ますふ化場および大学等において、研究の素材として各種水産生物が収集、保存されているが、育種研究の場合を除いては、遺伝資源確保の上からの意識は希薄であり、研究が終了した段階や研究者の異動等により、保存生物が逸散する場合が見られる。また、国営栽培漁業センター、都道府県の水産試験場や栽培漁業センター、漁業協同組合連合会等においても、増養殖用種苗生産を目的に多くの種類あるいは品種が飼育、培養されているが、遺伝資源確保の観点からみると決して満足し得るものではない。

一方諸外国においては、ソ連、ポーランド、ドイツ等の北ヨーロッパにおいて、飼育の歴史の長いコイやサケ・マス類が研究用に、あるいは養殖用に国立機関や大学等で飼育されているが、遺伝的資源として積極的に保存されているものではない。藻類については、1982年の時点では、17カ国50余の機関で収集、保存が行われているが、淡水性の微細藻類が主体で、主として分類学的研究を目的としている。

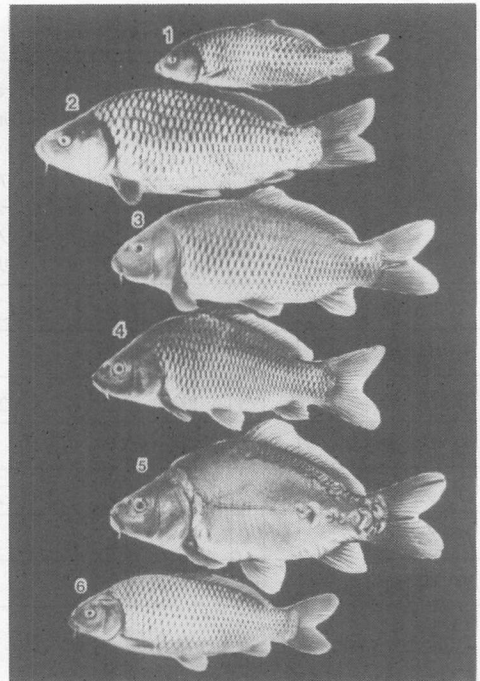
農林水産省ではこのような諸情勢に対処するため、長期的な視野に立って、関係諸機関の緊密な連携、協力の下で、生物遺伝資源の総合的な収集、管理、利用システムを整備し、その円滑な運営を図ることを目的として、1985年よりジーンバンク事業を実施している。この事業は、植物、動物、微生物、林木、水産生物の5部門に分けられており、水産生物については、緊急度の高いアマノリ等の海藻類を優先して実施している。各部門は、センターバンクとサブバンクで構成されており、水産生物のセンターバンクは養殖研究所にあり、水産生物の収集、保存、増殖、特性調査等を実施するほか、遺伝資源情報を収集管理すると共に、遺伝資源の配布の役割を担っている。サブバンクは、各海区水産研究所にあり、センターバンクと連携をとりつつ、遺伝資源の収集、保存、特性調査等を分担して実施し

ている。

育種等における水産生物遺伝資源の利用状況をみると、植物ではアマノリ類等で選抜により育成された多収性、高品質等の特色を持つ品種が実用化され、魚類については、コイ、ニジマス等において選抜、交雑により高成長率、耐病性等の特性を持つ品種が作出されている。またカキ、アコヤガイ等でも近年遺伝育種学的研究が活発に進められている。しかし、このような研究や技術開発の成果は、主としてここ20年間に得られたものであり、陸上動植物に比べて、水産生物の遺伝資源利用の現状は極めて低い水準にある。アマノリ類やコイ等特定種を除くと、現在飼育、栽培されている水産生物は天然種が主体であるため、生産物の品質が一定でなく、魚類では肉質等で天然種に劣ったり、病害の影響が大きく、また餌料の転換効率も低い水準にとどまっているものが多く、品質の遺伝的改良の余地が大きく残されている。

アマノリは水産植物の中で、遺伝資源を最も有効に利用した例としてあげることができる。人工採苗技術の確立されていない昭和30年頃までは、全国で11種類もの野生種あるいは地方種が養殖されており²⁾、その中でも、アサクサノリは、本州のほとんど全土にわたって生産されていた。昭和35年に採苗技術が確立されて以来、選抜育種が可能になり、それまで日本の北方域でのみ養殖されていたスサビノリが、多収雑性であること、また製品の色や光沢などの外見がすぐれていることなどで、南の地域に移され養殖されるようになった。さらに、昭和37～40年にかけて、オオバアサクサノリやナラワスサビノリと呼ばれる品種が選抜作出され、いずれも成長が良く多収雑性であることから全国的に普及した。このような多収雑性品種の普及は、それ以前のノリの生産量60億枚から、100億枚台（昭和48年）に至らしめる大きな要因ともなったと共に、品質も統一化された¹⁾。

水産動物の中では、遺伝資源を有効に利用した例としてコイを上げることができる。この魚は古来内陸部住民の貴重な動物蛋白源として、2,400年もの間家畜同様に飼育されてきたので、現在では世界中に数多くの地方的変異種、あるいは品種が存在している(図-1)。1968年に西ドイツから導入したカガミゴイは、日本で広く養殖の対象種となっているヤマトゴイよりはもちろん、他の導入種に比較して最も高い成長率を示し、飼料効率も高い³⁾。しかし、大形で不規則な形をした鱗が体の一部にしかないの、イメージが悪く、消費



(1)野生ゴイ, (2)アサギロゴイ, (3)ヤマトゴイ, (4)ドイツウロコゴイ, (5)カガミゴイ (6)ビッグベリー

図-1 コイの遺伝資源

者には受け入れられなかった（ヨーロッパでは鱗の少ない方が料理しやすいことで評判が良い）。また、ギロダクチルス病等特定の病気に弱いという特性もある。そこで、この品種の有利な特性を日本のコイに付与する目的で、色々の品種の間で雑種が作られた。そのうち、ヤマトゴイ雌とカガミゴイ雄の組合わせで得た雑種で、ヤマトカガミと呼ばれるものは、雑種強勢となり、ヤマトゴイよりも飼料効率や成長率が顕著に高いばかりか、カガミゴイよりもさらに高く、病気に対してはヤマトゴイのように抵抗性を示し、すべての個体が正常に鱗をもち、ヤマトゴイに代る優良種として推奨された⁴⁾。このコイは県の水産試験場や一般の養魚場でも養殖され、上述の場合と同様の成績が再現された。

しかしながら、コイの品種特性とその利用の研究が計画されてから、ヤマトカガミが養殖業者の手に届くまでには、10年近くの歳月が流れ、この間に、コイで要求される経済形質は大きく変化した。それはコイの過剰生産に加え食品の多様化、高度化が進み、市場では量よりもむしろ質が重視される時代となったことである。このような時代の変化は、ヤマトカガミを全国の養殖種として普及させることはできなかった。す

なわち、このコイは生産者の間では好評であったが、消費者側では体高が高過ぎ、料理上不利ということで評判が良くなかった。というのは、カガミゴイの体高の高い性質と、ヤマトゴイのそれが低い性質とがほぼ中間に現われるからである。

そこで、体高の著しく低い野生ゴイの形質を利用し、ヤマトゴイ、ドイツウロコゴイ、カガミゴイ、野生ゴイの4種で四元雑種を作った。幸にして、これはヤマトゴイよりはもちろん、ヤマトカガミよりもさらに成長率や飼効率が高く、体高はヤマトゴイとの間に有意差がなかった⁴⁾。すなわち、4種類の遺伝資源を利用することにより現在のニーズに答えることができたわけである。野生ゴイは、成長率、飼料効率が極めて低く、また逃亡しやすい上、人工的環境下では生存率が低いことなど、養殖上からみると不利な形質ばかり持っているが、プロポーシヨウ改良の上で、遺伝子供給源として見直されたわけである。

4. 先端技術開発と遺伝資源

近年水産分野においては、染色体工学のめざましい進展がみられ、これにより新しく誕生する技術は、日本の増養殖業を大きく飛躍させる新兵器として、熱い期待が寄せられている。染色体工学によって、雌性発生2倍体、雄性発生2倍体、全雌、不妊3倍体の生産が可能となり、これらの中にはすでに産業界へ技術が移転されたものもある⁵⁾。

雌性発生2倍体は、紫外線照射等により、遺伝的に不活性化した精子で受精させた卵（そのままでは半数体で生存不能）を、第2極体の放出前あるいは第1卵割開始期に、受精卵を低温等の処理をして染色体を倍数化することによって生存能力のある2倍体が得られ

る。多くの動物は、本来精子の持つ性染色体によって性が決まるが、雌性発生では精子の染色体が機能していないので、多くの場合商品価値の高い雌ばかりが得られる。そのみではなく、母方由来の染色体だけで発生するので純系が早く得られ育種期間が大幅に短縮できる。図-2のドジョウは、紫外線照射したコイの精子で雌性発生したもの（正常のコイ精子で雑種をつくるとすべて奇形になり生存しない）で、逆にコイはドジョウの照射精子で雌性発生したものである⁶⁾が、両者共に父方の種の特長は全くみられない。

一方雄性発生2倍体は、ガンマー線照射によって染色体を遺伝的に不活性化した卵に正常精子を媒精して発生させ、第1卵割期に高圧等の処理をして染色体を倍数化することによって得られる⁷⁾。父方由来の染色体だけで発生したもので、これも純系作出の一方法である。

多くの魚類では親になるまでに3年もかかり、しかも従来の方で純系化するには数代以上も同系交配を行わなければならないので、魚類育種の進展をこぼむ大きな要因となっていたといえる。雌性発生等の新しい純系化技術によって、魚介類の育種は急速に進み、それに伴って、遺伝資源の需要は一増拡大するものと思われる。

細胞融合剤のポリエチレングリコールで魚の精子を処理すると、2つの精子が融合する。この融合精子は2セットの染色体を持っているので、正常卵（1セットの染色体）と受精させると3倍体ができる⁸⁾。3倍体は、不妊になるので成熟による魚の肉質低下が防止できる上でも意義があるが、さらにこの技術と前述の雄性発生技術とドッキングさせ、異種間融合精子で雌性発生させれば、従来の交雑法では不可能とされていた種類間で新しい雑種ができる可能性も考えられる

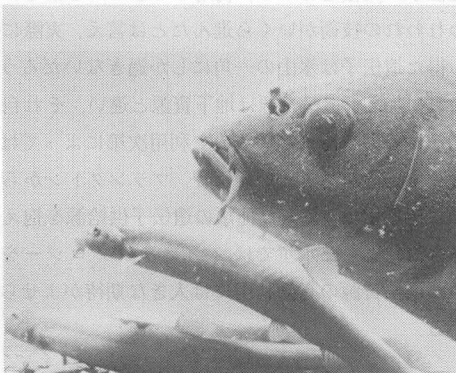


図-2 紫外線照射したコイの精子で作ったドジョウと、紫外線照射したドジョウの精子で作ったコイ

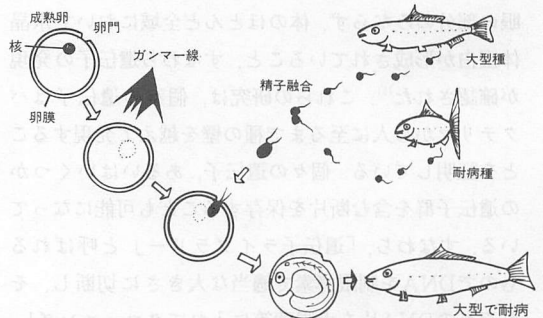


図-3 雄性発生と精子融合のドッキングを想定した遺伝資源の新利用技術

(図-3) . また魚類では、従来の交雑法では雑種ができない種類間でも、異種精子によって受精した卵を高温あるいは高圧処理して第2極体の放出を防止することによって、生存性のある異質3倍体も得られている⁹⁾。これらの技術は、有用な形質を持ちながらも、これまで利用されていなかった遺伝資源を、利用可能に向けて一步前進したものと見える。

遺伝資源の保存は言うはやさしいが、実際に行うとなると大変なことで、特に魚介類は個体で継代飼育しなければならぬ現状では、日常の管理に莫大な費用と労力がかかる。これに対し、近年魚類でも可能になった精子の凍結保存の技術¹⁰⁾と、前述の雄性発生の技術がドッキングさせられるようになると、遺伝資源を微量の精子で保存しておけばよいことになり、個体保存に比べたら、費用や労力があるかに軽減されよう。すなわち、1尾の精子は1個体を作る上で最少限必要な染色体を1セット持っているので、必要に応じてその凍結精子を用い、近縁種の卵を借りて雄性発生させれば、精子を提供した種を復元させることができるはずである。

近年魚類においても、遺伝子工学の研究が着実に進められつつある。サケ、ブリ等の成長ホルモンDNAのアミノ酸配列が決定されると共に、サケでは成長ホルモン遺伝子のDNA片を、プラスミッドに組み込み大腸菌で発現させると共に、組換えによって作られた成長ホルモンがニジマスの成長に対し、天然のホルモンと同様の効果を発揮することが確認されている¹¹⁻¹³⁾。またヒトの成長ホルモン遺伝子を組込んだプラスミッドを環状のまま、または切り開いて線状のものを卵割開始前のニジマス卵に注入し、発生した胚からこれらのプラスミッドが検出されている¹⁴⁾。またメダカ卵に、ニワトリの水晶体蛋白(クリスタリン)遺伝子を組込んだプラスミッドを注入しふ化させたところ、稚魚の眼の部分のみならず、体のほとんど全域において水晶体蛋白が形成されていること、すなわち遺伝子の発現が確認された¹⁵⁾。これらの研究は、個々の遺伝子はバクテリアから人に至るまで種の壁を越えて発現することを証明している。個々の遺伝子、あるいはいくつかの遺伝子群を含む断片を保存することも可能になっている。すなわち、「遺伝子ライブラリー」と呼ばれるものでDNAを制限酵素で適当な大きさに切断し、それぞれのDNA片を大腸菌等に入れてクローニングし、遺伝子毎に分類して保存しておく方法である。このように分類保存されていると、必要に応じてある遺伝子

のみを取り出して利用することが可能になる。これら遺伝子レベルでの研究の進展は、遺伝子の供給源である遺伝資源の需要を一段と拡大することになる。また遺伝子は、DNAの塩基の配列そのものであるから、遺伝子の構造解析ができたものは、塩基の配列順序をコンピューターに記憶させておけば、必ずしも遺伝子そのものを保存する必要はなくなるかも知れない。最近では、DNA合成機ができ、単純な構造の遺伝子ならば合成できるようになったので、目的に応じてコンピューターを利用して遺伝子を引き出し、利用することが一増容易となろう。

5. 将来展望

冒頭でも述べたように、めざましい経済成長を遂げた今日の日本では、嗜好性の高い多種多様の食品が求められ、強いて言えば量より質を求める時代になっている。しかし、将来を考えると、再び質より量を求める時代が到来するような気がする。

1930年に20億だった世界の人口は、その後加速的に増加し、現在では50億に達し、2000年には62億になることが予想されている。これに対し、有効な農地面積は、これから先せいぜい10%程度しか拡大できないといわれており、このままで行けばアフリカにおけるような食料危機が、全世界で起こりそうな気がする。それと共に、石油等のエネルギー資源も間もなく底をつくであろう。こうした問題に対する唯一の救世主として熱い期待が寄せられているのが遺伝資源の有効利用であり、しかもバイオテクノロジーの発展は、種の壁を越えてその利用を可能にするだろう。

1つの核の中に収められている遺伝子の数は、まさに天文学的数字になるが、人類は育種の過程で特定優良遺伝子の集積をはかり、利用してきた。しかし、今日われわれの技術がいくら進んだとは言え、実際に利用し得た遺伝子は氷山の一角にしかならないだろう。

これに加え、遺伝資源は地下資源と違い、それ自体で増殖する力を持っているので利用次第によっては無限の利用価値があるといえよう。プランクトンから哺乳類に至るまで、莫大な種類の遺伝子供給源を抱える海洋を対象とした水産では、バイオテクノロジーを駆使した遺伝資源の有効利用には大きな期待がよせられている。

参 考 文 献

- 1) 鬼頭 鈞；養殖ノリの品種特性とその保全、水産生物遺

- 伝資源協議会報告書, I海藻類 (1984), 日本水産資源保護協会.
- 2) 三浦昭雄; 養殖ノリの品種問題, 私達の海苔研究 (1970), 浅海増殖中央協議会.
- 3) 鈴木 亮ほか3名; コイの諸品種における成長および生存率の差異, 淡水研報, 26巻, 2号 (1976), 59~69.
- 4) Suzuki,R; Yamaguchi,M. ; Improvement of quality in the common carp by crossbreeding, Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., Vol. 46, No.12 (1980), 1427~1434.
- 5) 鈴木 亮; 水産バイオテクノロジー, バイオテクノロジーレビュー88 (1988), シーエムシー.
- 6) Suzuki,R., et al. ; Survival, growth and fertility of gynogenetic diploids induced in cyprinid loach, *Misgurnus anguillicaudatus*, Aquaculture, Vol. 48, No.1 (1985), 45-55.
- 7) 小野里 坦; サケ科魚類の雄性発生 - 超雄作成と異種卵を借腹とした雄性発生, 昭和61年度日本水産学会秋季大会講演要旨集 (1986).
- 8) Ueda,T.,et al. ; Triploid rainbow trout induced by polyethylene glycol, Proc. Japan. Academy., Vol. 62, No.5 (1986), 161~164.
- 9) 荒井克俊; サケ科魚類における異質3倍体の作出, 昭和62年度水産学会秋季大会講演要旨集 (1987).
- 10) 黒倉 寿; 魚類精液の凍結保存, 水産育種, 8号 (1983), 42~53.
- 11) Sekine,S., et al. ; Cloning and expression of cDNA for salmon growth hormone in *Escherichia coli*, Proc. Natl. Acad. Sci. USA 82 (1985), 4304~4310.
- 12) Yasuda,A., et al. ; Primary structure of chum salmon prolactins : Occurrence of highly conserved regions Arch. Biochem. Biophys, Vol. 244, No.2 (1986), 528~541
- 13) 中島邦夫; 魚類ホルモンの遺伝子工学の現状 - プリ成長ホルモンのcDNAクローニングと比較生化学, 動物バイオテクノロジー研究会講演要旨集 (1986), 農林水産省.
- 14) Chourrot,D., et al. ; High efficiency gene transfer in rainbow trout (*Salmo gairdneri* Rich.) by microinjection into egg cytoplasm, Aquaculture, Vol. 51, No.2 (1986), 143~150.
- 15) Ozato,K., et al. ; Production of transgenic fish : Introduction and expression of chicken δ -crystallin gene in medaka embryos, Cell Differentiation, Vol. 19 (1986), 237~244.

