

## 放流ヒラメの耳石にみられた異常透明帯

佐野 雅 基

### Abnormal formation of translucent zone found in the otoliths of the captured artificial-reared Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

Masaki Sano

#### はじめに

大阪府では、放流したヒラメが放流年内に商品サイズ（全長30cm以上）で漁獲される事を目的として、12月～1月の早期採卵と17℃前後の加温飼育による、全長80～120mmの早期生産種苗の春季放流を1997年から実施している。2000～2004年に実施したアリザリンコンプレクソン（以下、ALCとする）標識魚放流とその効果調査の結果、混獲率が30.6～50.7%ある<sup>1)</sup>など効果をあげている。この調査で入手したヒラメ標本魚の耳石を観察したところ、大阪府で放流したヒラメ、特に当歳魚には、耳石の中心不透明部に特異的な透明帯を有するものが多数確認された。そこで、この透明帯（以下、異常透明帯とする）の出現状況を把握すると共に、その形成要因について飼育実験により検討を行った。

#### 材料と方法

耳石を調査したヒラメは、2001年4月～2003年3月に大阪府下の泉佐野、尾崎、淡輪及び谷川漁業協同組合で水揚げされた759尾（全長147～535mm、体重21.2～1890.9g）の標本魚である。この標本魚は体色異常の有無により天然魚と放流魚に分け、放流魚は耳石（扁平石）のALC標識の有無により大阪府放流魚と他県放流魚に分けた。さらに耳石を用いて年齢査定を行った。耳石中心の不透明部に出現す

る異常な透明帯を異常透明帯（写真1）とし、その有無を全ての標本魚について調べ、天然魚、他県放流魚、大阪府放流魚ごとに出現状況を把握した。出現状況は、異常透明帯が明瞭で輪状のものを「明瞭」、明瞭な輪状でないものを「不明瞭」、全く認められないものを「無い」とした。

異常透明帯の形成過程を観察して、その形成要因を検討するため2001年と2002年に飼育試験を実施した。飼育試験には、大阪府漁業振興基金栽培事業場で17℃以上の加温条件下で中間育成された放流用のヒラメ種苗を供した。2001年は、3月15日に平均全長75.7mm（標準偏差9.1mm）の種苗を、4月18日に平均全長112.5mm（標準偏差12.0mm）の種苗を、2つの12kl水槽にそれぞれ各200尾ずつ収容して、自然水温の濾過海水を注水し、配合飼料を1日に4回（5日/週）、若干の残餌が出るように給餌して飼育を行った。飼育中は午前9時に飼育水の水温を棒状温度計で測定した。飼育中の種苗は毎月1回（5、6月のみ月2回）、10尾ずつをサンプリングし、全長を測定して成長を把握するとともに、耳石の異常透明帯の出現状況を標本魚と同様に調べた。2002年の飼育試験では、平均全長99.5mm（標準偏差8.2mm）の種苗50尾を5月22日から、平均全長86.3mm（標準偏差8.1mm）の種苗50尾を5月28日から、それぞれ500ℓ円形水槽に収容し、平成13年度と同様の方法で8

月30日まで飼育及びサンプリングを実施した。

## 結 果

### 1. 標本魚の異常透明帯出現状況

表1に2001年4月から平成2003年3月に入手したヒラメ標本魚の耳石の異常透明帯出現状況を示す。

表1 ヒラメ耳石の異常透明帯出現状況 (%)

区別	年齢 年	2001年			2002年		
		○	△	×	○	△	×
天然魚	2歳以上	0.0	25.0	75.0	0.0	0.0	100.0
	1歳	0.0	1.9	98.1	0.9	2.8	96.3
	当歳	1.1	2.2	96.7	9.9	21.0	69.1
他県放流魚	2歳以上	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	1歳	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	100.0
	当歳	0.0	0.0	100.0	11.1	37.0	51.9
大阪府放流魚	2歳以上	-	-	-	-	-	-
	1歳	-	-	-	41.7	41.7	16.7
	当歳	59.8	32.6	7.6	23.8	36.9	39.3

※ ○：異常透明帯が明瞭。 △：異常透明帯が不明瞭。

×：異常透明帯が無い。

※ 2001年は2001年4月～2002年3月まで、2002年は2002年4月～2003年3月までとした。

なお便宜上、2001年標本魚は2001年4月～2002年3月に入手した魚体とし、2002年標本魚は2002年4月～2003年3月に入手した魚体とした。天然魚で「異常透明帯が明瞭」が最も多かったのは2002年当歳魚の9.9%であった。また、天然魚では「異常透明帯が無い」は69.1～100.0%を占めた。他県放流魚では「異常透明帯が明瞭」は0.0～11.1%の出現にとどまった。2002年の当歳魚では「異常透明帯が不明瞭」37.0%と高かったが、「異常透明帯が無い」の占める割合は51.9～100.0%と総じて高かった。大阪府放流魚では、2001年の当歳魚では「異常透明帯が明瞭」の割合59.8%と高かった。「異常透明帯が不明瞭」も32.6%あり、「異常透明帯が無い」は7.6%にとどまった。2002年当歳魚では「異常透明帯が明瞭」は23.8%に低下し、「異常透明帯が無い」が39.3%に増えた。

### 2. 飼育試験

#### ① 2001年飼育試験

2001年3月15日及び4月18日に飼育開始したものをそれぞれ飼育例H13-1、H13-2とした。午前9時の水温の推移を図1に示した。飼育例H13-1の開始当初の水温は10.6℃であった。これはそれまで

の中間育成水温から約6℃低い水温であった。11℃未満の水温は3月28日まで続き、それ以降は徐々に昇温した。飼育例H13-2の開始時の水温は12.7℃で、中間育成水温から約4℃低かった。飼育水温は5月6日には15℃を超えて、5月21日には中間育成時の水温17℃に達した。8月15日には26.8℃を示し期間中の最高水温となった。その後徐々に低下傾向を示し、実験終了の12月12日には14.2℃となった。

飼育途中でサンプリングしたヒラメの全長（平均、最大、最小）の推移を飼育例別に図2、3に示した。

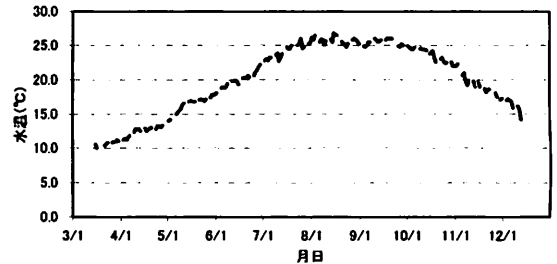


図1 2001年飼育試験の水温 (AM9) の推移

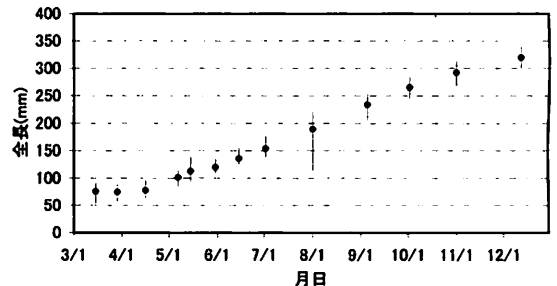


図2 ヒラメ飼育試験・全長の推移 (H13-1)  
●は平均全長、縦線は全長範囲を示す。

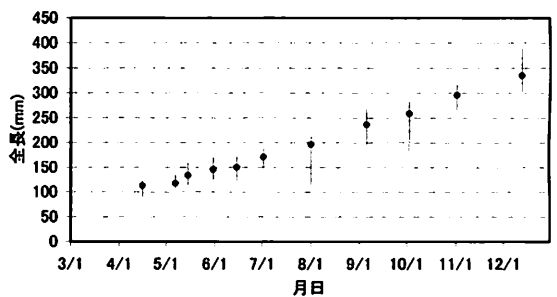


図3 ヒラメ飼育試験・全長の推移 (H13-2)  
●は平均全長、縦線は全長範囲を示す。

どちらの飼育例も飼育直後に成長の停滞が認められたが、H13-1は5月7日以降、H13-2は5月15日以降には順調に成長し、終了時には飼育例H13-1で平均全長319.3mm（標準偏差13.4mm）、飼育例H13-2で平均全長335.0mm（標準偏差35.3mm）となった。

サンプリングした種苗の耳石の異常透明帯の発現状況を表2に示した。飼育例H13-1には3月29日

表2 飼育試験におけるヒラメ耳石の異常透明帯出現状況

(%)

飼育例	状況\月日	3/29	4/16	5/7	5/15	5/31	6/15	7/2	8/1	9/5	10/2	11/1	12/12
H13-1	○	50.0	60.0	70.0	70.0	70.0	90.0	40.0	50.0	50.0	60.0	30.0	30.0
	△	40.0	30.0	20.0	30.0	30.0	10.0	60.0	50.0	50.0	40.0	70.0	70.0
	×	10.0	10.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2重	0.0	10.0	60.0	10.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
H13-2	外縁透明帯	40.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.0	50.0	90.0	100.0	100.0	100.0
	○	-	60.0	80.0	80.0	80.0	60.0	80.0	30.0	50.0	70.0	63.6	70.0
	△	-	40.0	20.0	20.0	20.0	30.0	20.0	70.0	50.0	20.0	36.3	30.0
	×	-	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0
	2重	-	20.0	0.0	0.0	20.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	外縁透明帯	-	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	20.0	100.0	100.0	100.0	100.0

※ ○：異常透明帯が明瞭。 △：異常透明帯が不明瞭。 ×：異常透明帯が無い。

※ 2重：異常透明帯が2重あるものの全数への比率を示す。

※ 外縁透明帯：耳石の外縁に透明帯があるものの全数への比率を示す。

※ 飼育例H13-2の4/16のサンプルは試験前の中間育成時の魚体。

の時点で既に異常透明帯は認められており、外縁に透明帯が形成されているものもみられた(写真2)。

4月16日の飼育例H13-1では外縁の透明帯は10%に低下し、2重の異常透明帯が10%認められた(写真3)。試験開始直前の4月16日のH13-2では既に60.0%で異常透明帯が明瞭にみられ、2重異常透明帯も20.0%で認められた。なお、2重異常透明帯の内、初めに形成された内側の1重目の異常透明帯は耳石の肥厚化により、飼育例H13-1では6月15日に、飼育例H13-2では8月1日に認められなくなった。耳石外縁の透明帯は飼育例H13-1では7月2日から、飼育例H13-2では8月1日から連続して確認され、9月5日には、大部分の耳石で認められるようになった。なお、飼育例H13-1において3月29日と8月1日にサンプリングしたのヒラメ耳石の写真(写真4)を比較したところ、8月1日の耳石にみられる異常透明帯と3月29日の耳石の外縁透明帯の幅がほぼ一致していた。

② 2002年飼育試験

2002年5月22日および5月28日から飼育開始したものをそれぞれ飼育例H14-1、H14-2とした。午前9時の水温を図4に示す。飼育開始時の水温は18.8℃であった。6月下旬に一時的な水温低下があったが、8月中旬まで昇温傾向で推移した。8月19日の27.5℃を最高値として、それ以降は低下傾向となった。飼育例H14-1とH14-2の全長の推移を図5と図6にそれぞれ示す。どちらの飼育例も開始

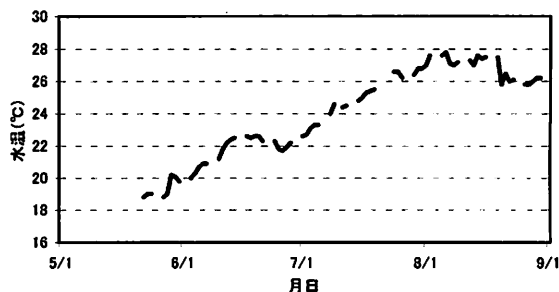


図4 2002年飼育試験の水温 (AM9) の推移

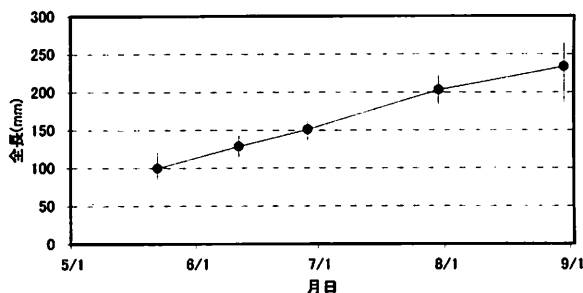


図5 ヒラメ飼育試験・全長の推移 (H14-1)

●は平均全長、縦線は全長範囲を示す。

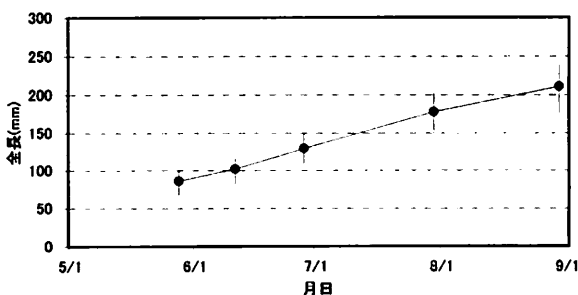


図6 ヒラメ飼育試験・全長の推移 (H14-2)

●は平均全長、縦線は全長範囲を示す。

から終了まで直線的な成長を示し、開始時の平均全長が99.5mm（標準偏差8.2mm）であった飼育例H14-1は、8月30日の取り上げ時には233.2mm（標準偏差21.1mm）に成長し、平均全長86.3mm（標準偏差8.1mm）であった飼育例H14-2では211.1mm（標準偏差17.2mm）になっていた。

耳石の異常透明帯の発現状況を表3に示した。1回目のサンプリングでは60～70%に明瞭な異常透明帯がみとめられ、2重の異常透明帯も40～50%認められた。しかし、6月28日以降には異常透明帯が明瞭なものの比率は低下し、8月30日の試験終了時には明瞭な異常透明帯は1例も確認できなかった。

表3 飼育試験におけるヒラメ耳石の異常透明帯出現状況 (%)

飼育例	状況\月日	6/11	6/28	7/30	8/30
H14-1	○	70.0	10.0	0.0	0.0
	△	30.0	60.0	20.0	41.2
	×	0.0	30.0	80.0	58.8
	2重	50.0	0.0	0.0	0.0
H14-2	○	60.0	10.0	30.0	0.0
	△	40.0	60.0	50.0	41.2
	×	0.0	30.0	20.0	58.8
	2重	40.0	0.0	0.0	0.0

※ ○：異常透明帯が明瞭。 △：異常透明帯が不明瞭。  
×：異常透明帯が無い。

※ 2重：異常透明帯が2重あるものの全数への比率を示す。

## 考 察

2001年4月から2003年3月までに入手したヒラメ標本魚の内、天然魚と他県放流魚では「明瞭な異常透明帯」のある耳石は0.0～11.1%と少なかったが、大阪府が2001年に放流した魚体では59.8%と多く認められた。しかし、2002年放流魚では23.8%に比率が低下した。一方、飼育試験においても2001年は2つの飼育例とも30.0～90.0%と高い値が常に認められたが、2002年は2例とも明瞭な異常透明帯が最終的に認められなくなった。2001年と2002年の飼育条件等を比較した場合、飼育開始時期及びその水温が大きく異なっており（表4）、2001年の方が6.1～8.2℃低めであった。そこで、2001年と2002年のヒラメ種苗放流時の水温を比較したところ（表5）、両年の放流時の水温差は飼育試験と同様に、2001年

表4 飼育試験の開始日と水温

飼育例	飼育開始日	飼育開始時水温(℃)
H13-1	3/15	10.6
H13-2	4/18	12.7
H14-1	5/22	18.8
H14-2	5/28	18.8

表5 ヒラメ放流時期と水温

放流年	放流時期	放流時水温(℃)
2001	3/15～3/16	9.2～10.2
	4/19～4/20	13.4～16.1
2002	5/23	19.2
	5/28～5/29	19.5～23.0

の方がより低温であった。以上の結果から、大阪府で放流したヒラメに多く認められた、耳石の異常透明帯は、低水温の影響により生じたものと推察された。

飼育試験における飼育例H13-1の耳石観察結果（写真4）から、異常透明帯は試験開始時には既に形成されており、試験開始直後に耳石に形成されたのは不透明帯であることが窺われた。ヒラメ耳石の不透明帯は千葉県では産卵期の2～5月に形成される<sup>2)</sup>とされており、大阪湾のヒラメもほぼ同時期に年輪となる不透明帯を形成している（佐野、未発表）。これらのことから、飼育試験開始直後に当歳魚のヒラメ耳石に形成された不透明帯は、正常なものではないことが示唆された。渡辺ら<sup>3)</sup>によると、ヒラメ稚魚の飼育水温を一時的に10℃低下させることにより、耳石に障害輪（不透明帯）を形成させバーコード標識とすることが可能としている。2001年の飼育例H13-1と3月の種苗放流では、水温の低下は約7～8℃、飼育例H13-2と4月の種苗放流では約1～3℃の水温低下があり、これから中間育成時の水温（17℃）になるのには約2ヵ月または1ヵ月を要している。従って、異常透明帯の外側の不透明帯は長期間の低水温に曝された結果生じた障害輪であると考えられた。すなわち、異常透明帯は耳石の透明帯形成期の途中で低水温の影響で障害輪である不透明帯が出来たため生じた見かけ上の「異常」であると推察された。

飼育試験で異常透明帯が高い割合で出現した2001年の2つの飼育例では、試験開始直後の低水温期に成長の停滞が認められた。一方、2004年の飼育試験では、耳石の異常障害輪の出現率も低く、成長停滞もなかった。このことから、3～4月の低水温は耳石の障害輪の形成に関与しただけでなく、放流ヒラメの成長にも悪影響を及ぼしたものと推察された。以上の事から、大阪府における早期生産ヒラメの放流は、放流海域の水温が飼育水温の17℃と大差がなくなる時期が望ましいと思われた。大阪府立水産試験場が実施している定置観測では、地先海域の水温が17℃になるのは概ね5月中旬である(中嶋, 私信)ことから、この時期が好適な放流時期と考えられた。また、今回の事例から栽培漁業を効率的に実施して、「責任ある栽培漁業」を推進していくには、

放流した種苗の継続的なモニタリングと放流技術の適否についての検証が不可欠であることが改めて窺われた。

## 文 献

- 1) 大阪府立水産試験場 (2004) 平成15年度資源増大技術開発事業報告書広域型中・底層性種グループ(ヒラメ), 大阪1-大阪10.
- 2) 石田修・田中邦三・庄司泰雅 (1978) ヒラメの資源生態調査-Ⅲ 内房及び外房海域のヒラメの年令と成長, 千葉水試研報, 37, 31-36.
- 3) 渡辺健・小善圭一・堀田和夫 (2001) 海洋深層水を利用したヒラメ稚魚の耳石バーコード標識について. 富山水試研報, 13, 19-26.

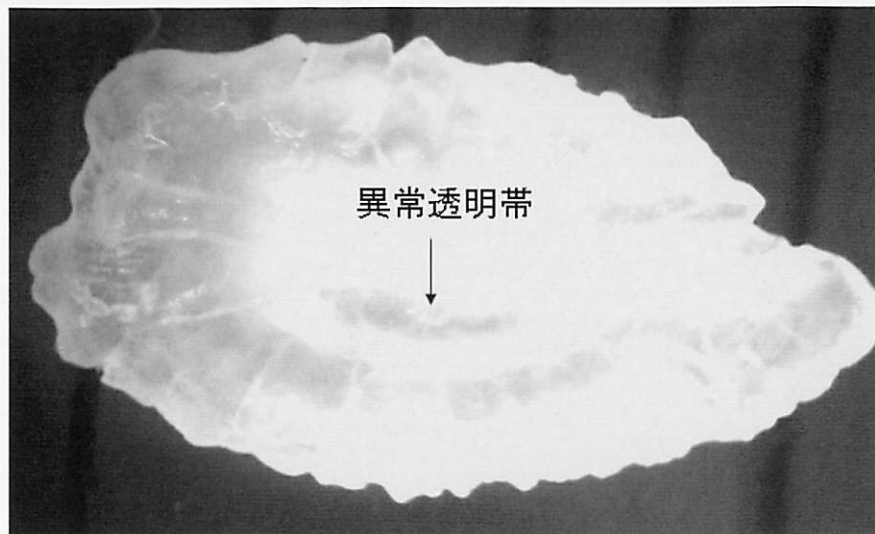


写真1 異常透明帯があるヒラメ当歳魚の耳石

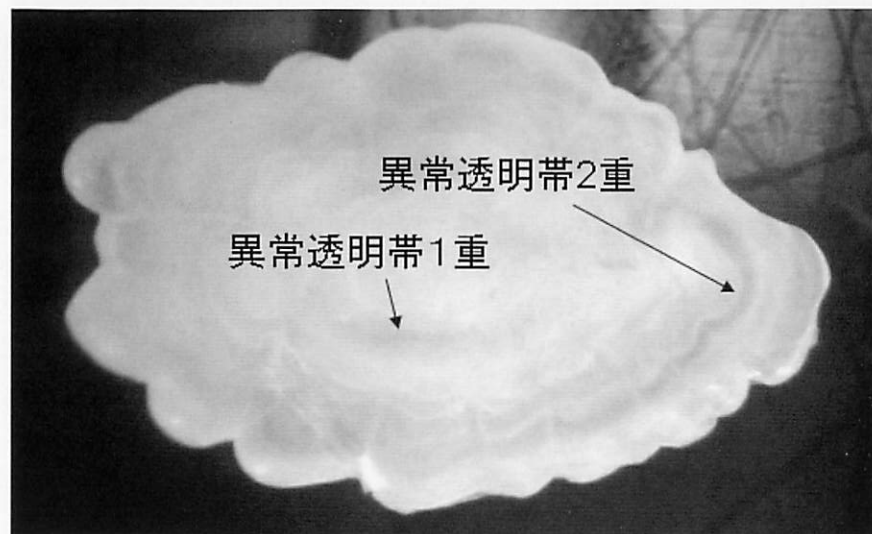


写真3 飼育試験のヒラメ耳石  
飼育例H13-1, 4月16日

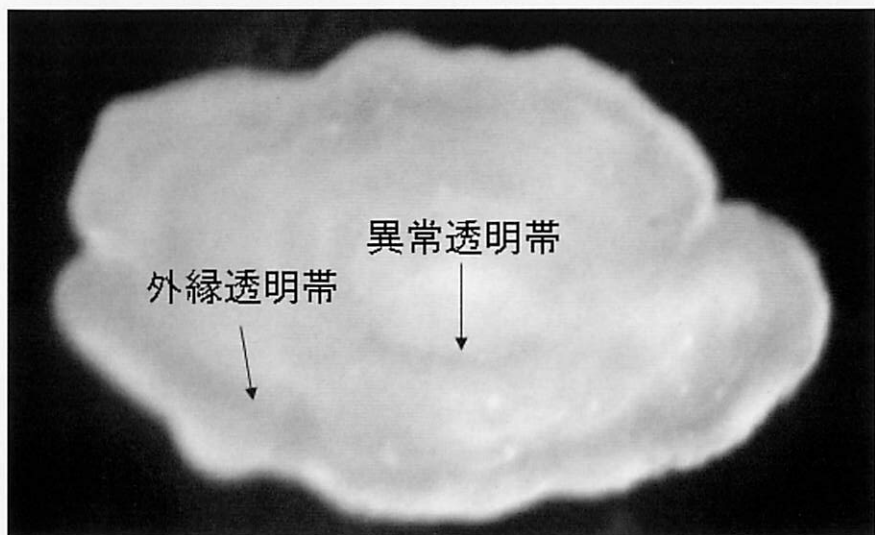


写真2 飼育試験のヒラメ耳石  
飼育例H13-1, 3月29日

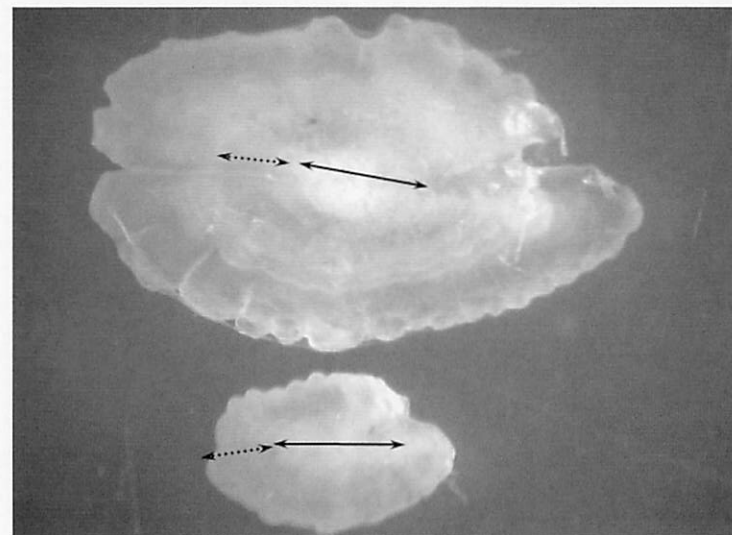


写真4 飼育試験のヒラメ耳石  
上：8月1日 下：3月29日  
実線矢印：中心不透明部，点線矢印：透明帯