

大学授業の変容過程の研究 ——「授業構想」「学生による評価」「授業の振り返り」を組み込んだ授業改善——

藤 岡 完 治

(京都大学高等教育教授システム開発センター)

はじめに

京都大学における授業参観プロジェクトは、昨年度京都大学のすべての学部の授業延べ80の授業を参加観察し、その分析を通して大学の授業の中で授業者はどのような教授行動をとっているのかを、学部学科を横断するかたちでカテゴリーに分け整理した。その上で、授業の種類（専門科目と全学共通科目、あるいは文科系の科目と理科系の科目）によって違いがあるのか、授業者によって個性はあるのかをカテゴリーの種類、出現頻度によって検討した。〔『京都大学高等教育叢書11』〕。さらに授業終了時に学生が書いた「授業リフレクションシート」の内容の分析を行い、その結果をカテゴライズする事で、それぞれの授業で学生は何を学んだのかを整理した。また、上記の授業者の教授行動と学生の授業における学びをつきあわせることで、その一致と差異を確かめ、それぞれの授業の特徴と問題を明らかにした。〔『高等教育研究7』〕

昨年度は京大のできるだけ多くの授業を参加観察することを目標にしたため、各授業の参加観察は基本的には一回であった。本稿の対象である農学部T助教授の授業もその中の一つである。ただしT助教授の授業については昨年度も例外的に前期後期併せて3度授業の参加観察の機会を得た。講義の初期と終期の参加観察から学生の変容は漠然と感じられたのであるが、それは長い講義の中の「点」の観察である。

そこで本年度は一つの講義の全体がどのように展開されるのか、学生の学びは変容するのか、変容するとしたらその内容は何か、授業者の授業に対する関わりには変化があるのか、あるとしたらそれはどのような変化か、そういった諸々の内容を確認する大学授業の変容過程についての知見を得たいと考え、T助教授の全授業について参観をお願いした。以上のような問題意識を確認するため、本年度は昨年度より一歩踏み込んで、授業をどう構想するのか、授業に対する学生の反応をどう評価するのか、評価の結果を次の授業にどう生かし、次時の授業構想をどう修正するのか、簡単に書いて欲しい旨T助教授に要請した。T助教授からはどんなフォーマットで「授業構想」を表現したらいいのか、「授業の振り返り」をどう行ったらいいのかという質問があり、筆者からは後述のような簡単なフォーマットを提案した。

本稿はこのように進められたT助教授の授業について、授業者の「授業構想」の内容、学生の「授業リフレクションシート」の内容、授業者の「授業の振り返り」の内容のそれぞれがどのように変化していくのか、そのプロセスで授業者は何を考え、どのように修正を行うのかをみていくことにする。またその追跡の中から、授業改善を意図した大学教員が自分の授業を改善するために参考になれるという意味での「輸出可能」な知見を取り出す。

1. 研究の目的

本稿の目的は、大学の授業に「授業構想メモ」、学生による「授業リフレクションシート」、「授業振り返りメモ」を取り入れ、授業における授業者の変容と学生の学びの変容を調べることで、大学授業の変容過程についての知見を得ることである。

2. 研究の手続き

(1) 研究の対象

研究の対象は平成13年度前期、農学部の専門科目「海洋資源生物学Ⅰ」である。この授業はT教授とT助教授の2人で行われる。そのためT助教授による授業は5回となる。講義の全体については資料1-1、1-2を参照いただきたい。

受講学生は、授業リフレクションシートの提出で見る限り、38名、各回の出席者は多いときで28名、最も少ない

時で、24名である。

(2)「授業構想メモ」の作成

筆者が提案した「授業構想メモ」は図1にあるようなものである。

第1項目、「1、本日の授業の目標」は本時の授業を実施するに当たっての授業者の到達目標である。ここには知識・理解面ばかりでなく関心や意欲、態度に関わる目標も掲げておく。

第2項目、「2、前回までの授業をふりかえって、今回の授業で留意すべきこと」は、本時までの授業の経過をふまえて、本時の授業はどのような点に留意して行うか、を記してもらう。内容面ばかりでなく、学生の学びからみて、授業を構想するということである。

第3項目。「3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略」は1、2をつきあわせてみたとき到達目標と学生の実態との間のギャップにどう対処するかである。ギャップがないなら教えなくてもいいわけである。そのギャップをなんだと考えるか。またどういう方法でそのギャップを克服するかを予め構想してみる欄である。

1、2、3の各欄を満たし相互の関連を図ることで、本時の目標に学生が到達するとはどういう知的経験なのかを授業に先立って予め構想しておこうというのが、このフォーマットに組み込まれた考え方である。

(3)「授業リフレクションシート」の記入

「授業リフレクションシート」については『京都大学高等教育叢書11』および『京都大学高等教育研究7』で詳細に触れている。授業リフレクションシートのフォーマットは図3の通りである。

「授業リフレクションシート」は授業の終了前の5分ほどをとって、学生が記入する。この目的は、学生がどのように講義（授業）を経験していたのかという情報を得ることである。つまり授業リフレクションシートは重要な講義（授業）評価の情報であると考えられる。この「授業リフレクションシート」はそのままコピーをして、講義者に返す。また「授業リフレクションシート」の記入は、学生にとっては授業における自分の学びがいかなるものであったかの省察（reflection）の機会となる。講義（授業）が自分の未知の暗部を照らし出してくれる経験の場であったのか、自分の知りたいことへの導きの場であったのか、自分はこの後何がしたいのか、といった自分の知的な経験や、欲求が確認されるのである。この意味で「授業リフレクションシート」は学習過程の一環である。

「授業リフレクションシート」の質問項目とその意図は次の通りである。

第1項目は、授業の中で学生はなにを理解しているのか、新しい発見や、感動といった感情や思考の動きはあるのかをみるものである。もし授業が学生の感情を揺さぶったり、思考を刺激したならば、理解が深まったり発見や、感動があるであろうという仮定に基づいている。

第2項目は授業を聞きながら生まれてきた疑問や、先生に聞いてみたいこと、あるいは先生に確かめたいことで、もし学生が授業内容にコミットしているなら、その結果として疑問が生じたり、確認したりしたいことが生まれてくるであろうという仮定に基づいている。

第3項目は授業を終えた段階で、学生にやってみたい、調べてみたいという情動や動機、行動化がなされてきたかを調べるものである。もし授業が学生の思考や感情に働きかけるものであったら、必ずや「やってみる」「調べる」といった行動化につながるという仮定に基づいている。

(4)「授業振り返りメモ」の作成

「授業振り返りメモ」は授業者自身の授業の場での経験の振り返りと、学生による「授業リフレクションシート」の結果の解釈をもとに、授業者自身が授業を省察（reflection）し、次の授業の構想に生かすための情報を得ることである。筆者が提案した「授業振り返りメモ」のフォーマットは図2の通りであるによる。

第1項目、第2項目の「1、今回の授業で到達できたこと」「2、今回の授業で到達できなかったこと」は言うまでもなく、授業構想メモの「1、本日の授業の目標」に対応している。予め設定された目標に到達できたのか。到達できなかったものは何かが書かれる。

◎授業（講義）構想メモ

年 月 日

授業（講義）名：

授業（講義）者

1、本日の授業の目標

2、前回までの授業をふりかえって、今回の授業で留意すべきこと。

3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略

図1 授業構想メモ

◎授業（講義）振り返りメモ

年 月 日

授業（講義）名：

授業（講義）者

- 1、今回の授業で到達できたこと
- 2、今回の授業で到達できなかったこと
- 3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと
- 4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）
- 5、次回以降の授業で考慮すべきこと

図2 授業振り返りメモ

◎この授業を終えてあなたの考えを聞かせてください。(できたら名前を書いて下さい)

授業リフレクションシート

月 日： 授業名 番号 氏名

①この授業でわかったこと、発見したこと。

(なるほど……か) (だから……なのだ) (……ということは……か) (つまり……なのだ) 等

②授業を終えて疑問に思ったこと、先生に確かめたいこと。

(……がわからない) (……とすると……ではないか) (しかし……ではないか)
(……という場合はどうなるのか) (たしか……だったはずだが) 等

③授業を終えて考えてみたい、調べてみたいと思っていること。

(……について考えてみたい) (……の場合について考えてみたい) (……を読んでみたい) (……について復習しよう) 等

◎ご協力ありがとうございました。

高等教育教授システム開発センター 藤岡 完治

図3 授業リフレクションシート

第3項目「3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと」は、目標の達成とは別に授業をしていて学生の知識、学生の考え方、学生の態度等で、これまで意識していなかったことで、この授業で気がついたことを書く欄である。

第4項目「4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）」は、第1項目から第3項目までを見たとき、今回の授業で問題とすべきことはあるのか、それは授業者に帰属されるべき問題なのか、それとも学生に帰属されるべき問題なのか、あるいは両者が絡まった問題なのかを考察する。いわば授業としての「問題」の定立と考察である。

第5項目は「5、次回以降の授業で考慮すべきこと」で、本授業を終えて次の授業の実施に向けて何を情報として送るかである。いわば授業のフイードフォワード情報（参考文献3）と言える。

「授業構想メモ」「授業リフレクションシート」「授業振り返りメモ」を1サイクルとして毎回の授業を構成し展開していくことで、授業者が何を視点に授業を見ているのかが明らかになる。また、学生を中心にした授業を構成するとはどういうことかの知見が蓄えられていく。

3. 分析の方法

「授業感想メモ」「授業振り返りメモ」の分析はキーワード（キーセンテンス）抽出法によった。（注）学生による「授業リフレクションシート」の内容分析は、カテゴリー分析の方法で行った。（参考文献1）

（1）「授業構想メモ」の分析

「授業構想メモ」の分析は、それぞれの項目毎に、記述の中で中心となるキーワード（例えば『範囲』『時間』）やキーセンテンス（例えば、『具体的イメージ』『アンケートで指摘があった』など）あるいは繰り返し出現することば（例えば『中途半端』など）を抽出した。

（2）「授業振り返りメモ」の分析

「授業振り返りメモ」についても、「授業構想メモ」と同様に、それぞれの項目毎に、記述の中で中心となるキーワード（例えば『予定』『学生の反応』など）やキーセンテンス（『本当に知って欲しい意味』など）、あるいは繰り返し出現することば（『板書』『内容』など）を抽出した。

（3）「授業リフレクションシート」の分析

「授業リフレクションシート」の分析項目は昨年度のもの（表1）に準拠した。

分析の方法は、第1項目から第3項目まで、学生の記述を一つの内容的なまとまりで分割し、それが表1のカテゴリーのどの項目に該当するかを判断した。結果は表2の通りである。学生によっては一つの項目の記述内容が、複数のカテゴリーに該当する場合がある。また、何も書いていない項目もあるので、その欄は空白になっている。

4. 結果と考察

ここでは結果と考察を分離することなく述べることにする。本稿は授業の進行に即して「授業構想メモ」「授業振り返りメモ」の内容がどのように変化していくか、また学生による「授業リフレクションシート」の内容に変化が見られるのか、それぞれの間には何か関連があるのかを追跡する事例研究である。そのため、結果と考察を分けて論じるというよりは、それぞれの分析結果をつきあわせながら考察を進めるとするのが自然であると考えられるからである。

<第1回授業：5月7日>

「授業構想メモ」の第1項目「本日の授業の目標」では「扱う範囲」の「実感」と、ホルモンの「イメージ」をもつということが目標として表現されている。もう一方で「『時間』がない」が問題とされている。

表1 授業リフレクションシートの内容分析のカテゴリー

I 授業でわかったこと発見したこと	II 疑問に思ったこと確かめたいこと	III 考えてみたい調べてみたいこと
1 学問の方法と理解	1 内容の信頼性、妥当性	1 講義のテーマを追求する
2 講義のテーマの理解	2 内容の適用可能性・適用範囲	2 自分の行動の指針を得る
3 学習内容の理解	3 学習の意味	3 学習の中から生まれた学習課題
① 学習内容の理解	① 現実と関連についての疑問	4 学習から派生する疑問を調べる
② 学習内容の理解（部分的）	② 内容そのものの意味	5 学習内容の応用と検証
③ 学習内容の理解（概念化）	4 学習内容から派生する疑問	6 学習内容の確認
④ 学習内容の理解（非理解）	5 関連する事柄をもっと聞きたい	① 学習内容について確かめる
4 これまでの理解のふりかえ	6 学習内容からの逸脱	② 学習内容に関して復習する
① これまでの理解の誤りを知る	7 講義への要望	7 学習内容をもっと詳しく調べる
② これまでの経験を意味づける	① 教育内容面について	8 情意面が動かされた
5 学習内容に驚く・感動する	② 教育方法面について	9 学習内容を相対化して考える
① 講義への感動	8 その他	10 その他
② 驚き		
③ 興味・関心		
6 新しい内容・課題が見えてきた		
7 これまでの学習の相対化		
8 その他		

表2 「授業リフレクションシート」の 카테고리による分析結果

学 生 の 識別番号	5月7日			5月14日			5月21日			6月4日			6月11日		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
01	3-③	4	3	3-①	4	6-②	3-①	4	6-②	3-①	5	3	3-①	-	7
02	3-①	4	-												
03	3-②	4	4	3-①	4	7	3-③	-	-				1,3-①	-	-
04				3-②	4	4	3-①	4	-	3-①	-	4	3-②	4	4
05	3-②	5	-	3-②	1	-	3-②,5-②	-	6-②	3-②	-	-	3-③	5	-
06				3-①	5	-	8	-	-	8	-	3			
07	3-③	-	7										3-①	8	4
08	3-①	4	5	3-②	4	7				3-③	-	7			
09	3-③	4	-	3-②	-	-	3-①	4	7	3-①	5	4	3-①	4	4
10	3-①,5-③	2	-	3-①	4	6-②	3-①,4	-	6-①	1	-	-	1,4-②	4	10
11	3-②	4,7-①	6-②	3-③	4	-	1,3-③,5-②	4	-	3-①	7-②	10	1,5-②,7	5	-
12	3-①,5-②	1	10	3-②	6	6-②				3-③	-	6-②	3-①	4	-
13	8	4,8	-	3-②,4-②	-	-	1	-	-	5-②	4	-	3-①,5-③	8	-
14	3-②	8	-	3-②	6	-	3-③	2	3	3-③	7-②	10	3-③	-	7
15	3-①	7-①	6-②	3-①	4	-	3-①	4	3	3-①,8	4	3	3-①	1,4	9
16				3-③	4	7	3-②,5-②	1	4						
17				3-②	4	-				3-③	-	1	3-③	4	10
18	3-②	-	6-②				3-②	8	6-①				3-③	8	-
19	3-②	-	10	-	4	-	3-③	4	-	3-①	-	10	3-②	4	10
20	3-②,5-②	-	10				3-①,5-②	7-①	6-②						
21	-	3	5	3-①,5-②	3-①	-	-	1,4	-	3-③	4	-	1	4	-
22										3-②	-	6-②	3-②	5,8	6-①
23	3-②	-	-	3-①	3-①	-	-	4	10				3-②	1	-
24	3-①,5-②	5	-	3-①	1	3				3-①,5-②	4	3	3-②	4,5	-
25	3-②	7-①	6-①										1,3-②	4	6-①
26				3-①	5	4									
27				3-①	4	6-②	3-②	8	-	3-①	-	-	3-①,5-③	-	4
28				3-①	-	7	3-①	4	-				3-①	4	3
29				3-①	4	4									
30							3-②	8	7	3-③	5	6-②	3-③	3-②	6-②
31	3-②	4	-				3-②,5-②	-	-	3-②	-	6-②	5-③,8	-	-
32	3-②	8	-										3-②	-	3
33	3-③	5	7	3-②	4	7	1	5	7	3-②	-	6-①	3-②,5-③	5	4
34	3-①	-	4												
35	3-②	-	-	3-②	4	-									
36	3-②	-	3	3-②,5-②	-	-	3-②	-	-						
37				3-②	7-②	4	3-②	4	-	3-②	8	10	3-③,5-③,6	-	6-②
38				3-③	4	4									

(I、II、IIIは、「授業リフレクションシート」の項目、3-①、4等は表1のカテゴリ。)

第2項目では前年度の学生の「授業リフレクションシート」の結果を生かして「板書」の文字の大きさ、配布する資料の図の説明を入れることが取り上げられている。いずれもメディアに関することである。

第3項目では「興味」をもたせることが「困難点」として挙げられ、その対応策として「具体的なイメージ」が取り上げられる。

学生の「授業リフレクションシート」の分析結果をみると、第1項目で学習内容に驚くとか興味関心を示すという反応が比較的多い。(5-②、5-③が合わせて4名)。これは「授業構想メモ」で挙がっていた第3項に符合している。ただし内容の理解という点では「部分的」「概念的」な表現になっているものが目立つ。(3-②が13名、3-③が4名)

第3項目では「魚類における性転換の意味を魚の生活史と結びつけて紹介して欲しい」など教育内容への要望が目立つ(7-①が3名)。

「授業の振り返りメモ」では「学生の反応」はよかった、「予定」が最後までいけなかった、第3項目については授業者は「板書」を「説明の道具」として使っているのに対し学生は「講義の内容をまとめたもの」として捉えていることを「学生について新たにわかったこと」に挙げている。また学生に対しては「高校までとは違った態度で臨んで欲しい」と要望している。この点に関しては「授業リフレクションシート」の第3項目も関係しており、学生は「学習内容について復習する」と答えるが「遺伝の勉強をちゃんしないといけない・・・チャートでも読めます」と、受験勉強と同じ感覚でいることを窺わせる。

5/7 授業構想メモ

1、本日の授業の目標

私の講義で目標とするレベル、扱う範囲を実感してもらう。

漠然としたホルモンのイメージをもってもらう
(総論として)

時間がないので、出来るだけ次の講義(成熟)の内容に入っておく

2、前回までの授業を振り返って、今回の授業で留意すべきこと。

(今期の最初の講義)

前年度のアンケートでも指摘があった、黒板のアルファベットを大きく書くこと。

配布する図に、簡単な説明を書き入れていくこと。

3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略

イントロや総論は、とにかく興味を持ってもらいにくいので具体的なイメージを持たせて、引っ張るようにする。

5/7 授業振り返りメモ

1、今回の授業で到達できたこと

話を聞いているときの学生の反応は良かったと思うので、伝えたいことは伝わったと思う。さて、アンケートの結果はどうですか？

2、今回の授業で到達できなかったこと

進度として、やっぱり予定していた最後までは行かなかった。

学生の理解については、これこそ、アンケートで初めてわかるだろう。

3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと

これは特に今回と言うわけではないが、私は板書を「説明の道具」として使っているが、学生は講義の内容を「まとめたノート」として写しているのではないか。本当に知って欲しい「意味」「話のつながり具合」のようなモノは、板書に言葉として載せにくいので、口でしゃべるだけのことが多い。やはり板書の整理が私は下手。恐らく板書を写しただけのノートではあとから読み直しても大事なことは思い出せなかもと心配する。しかし、大学の講義ノートが板書のマル写しで十分なんてもんでは無いだろうし。学生も高校までとは違った態度で望んで欲しいとも考える。

プリントの説明等、学生が顔をあげずに話を聞く状況が続くと、どうしても眠くなってだれてくる。そんなときに大事な意味は無くても、板書を指したり何か黒板に書いたりすると、顔を上げて文字を書くという「作業」をさせられる。「作業」をすると目が覚めるみたいだ。こんな使い方にも使っている。

だから板書については、最善ではなかろうが、まだ私のスタイルで行く。

4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）

去年と殆ど同じ内容の講義を行った。改良らしい改良を講義ノートに加えていない。内容も新しくなっていない。このままだと百年一日の講義となるかと焦りがある。一方で「授業」として教えられる内容に反映されるほどの進歩は早々あるものではないという開き直りもあるのだが。

5、次回以降の授業で考慮すべきこと 特に思いつかない。

<第2回授業：5月14日>

「授業構想メモ」では「知識として・・・納得させる」が目標としてあげられている。第2項では前回中途半端だったとして、アンケートを使って「思い出させる」という方略を考えている。「ホルモンが多数出てくること」について大事なホルモンについては覚えなくてよいというかたちで、「知識伝達」にならないようにと考え「実験」を話そうと思う。一方でそうすると「時間」がかかるというジレンマを述べる。

学生の「授業リフレクションシート」の分析結果をみると、第1項では、内容を理解した学生はかなり多い、(3-①が12名)。内容に「驚く」(5-②)も2名見られる。授業者の目標は一応達成されたと思われる。しかし第2項目では「結局ホルモンを支配するのもDNAではないか？」など授業内容の妥当性を疑問にする者が2名いる。また学習内容から逸脱する（例えば「私の身長が伸びるホルモンなんてあるのか」）者も2名いる。また第3項目で「ややこしくなって最後の方は混乱したので復習する」(6-②)は4名おり、これは授業者の構想段階での危惧を裏付けるものになった。この日の授業は興味を持って理解する者と内容が理解できなかったり授業から逸脱する者に、学生の反応が分かれたようである。

「授業振り返りメモ」では「魚類の性決定の曖昧さ」について「雰囲気を与えられたと思う」と目標の一応の到達を確かめている。しかし第2項では「進捗（予定）」が課題化されており、さらに第4項目では「ことば」の未整理、「説明の順序」「板書」など問題点として反省され、そのことと「時間」（予定通り行かなかった）が結びつけられている。学生の「授業リフレクションシート」の内容とよく対応した振り返りになっている。

5/14 授業構想メモ

1、本日の授業の目標

魚類では遺伝子は性決定を緩やかにしか「縛っていない」。

生殖系列の細胞という特別な役割の細胞群がどのように振る舞っているか。

性分化と性ホルモンの「ニワトリノ卵」の関係
——よく解っていない部分。

知識としての、精子形成過程、精子の運動開始機構といったことを納得させる。

2、前回までの授業を振り返って、今回の授業で留意すべきこと。

前は（やはり）中途半端なところまでしか行けなかったため、時間の始めに、魚の性決定は遺伝子だけでは説明がつかない、だからなんか面白いのだ

5/14 授業振り返りメモ

1、今回の授業で到達できたこと

魚類の性決定の曖昧さ、始原生殖細胞が初期から決定づけられた細胞で、うろつき回ることについては、雰囲気を与えられたと思う。

2、今回の授業で到達できなかったこと

進捗として、予定していた分までは行かなかった。

3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと

4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）

準備不足。内容は十分に選んだものであるが、言葉の整理が出来ていなかった。前日に見直す時間を十分にとらなかったため、内容を解ってはいるのだが、細部の説明の順序が行き当たりばったりになってしまい、不要な言葉が多くなったと思う。

ということをザッと思い出させるようにする。

(ここでアンケートの答えを使えないか?)

3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略

ホルモンが一度に多数でてくるので、学生の頭の中が飽和してしまわないように心がける。一度にまとめてしない。役割と共に話しをする。

不要なホルモンは「大事でない」ことを言う。

精子形成と運動開始機構は、知識伝達になるので退屈になりやすい。可能な限りその事象を証明した実験について話すようにして、学生に頭を使わせる。(すると進みが遅くなるんですね。)

それに伴い板書にも、いつもより乱雑になってしまった。結果として予定していた分よりも遥かに少ししか進めなかった。

5、次回以降の授業で考慮すべきこと

卵形成と精子形成を一回の講義でやってしまうという、無茶をせざるを得ない。

ちゃんと前日に「気合い」入れ直す!

<第3回授業：5月21日>

「授業構想メモ」の第1項目では、「知識伝達」を「納得」させることにするとある。そのために「実験」を紹介し「面白い」と思わせるという構想である。しかし第3項目では、実験を紹介し学生の頭を使わせると「進度」が遅くなると言うジレンマも語られている。教えた「内容」に対して「時間」が足りない。そこで「プリント」を配り板書の「時間」を節約するという方略を考えるが、それは学生が「寝る」という危険と抱き合わせであるというジレンマが語られる。

「授業リフレクションシート」の内容はどうか。まず授業内容への「驚き」(5-②)が5名と多い。こうした反応は「実験」を紹介したからである。また学問の方法の理解(1)が3名いることも「実験」の話を入れたことに関連する。例えば「マニトールの実験からイオンについて理解できるという手法にびっくりしました。賢いやり方だと思いました」という学生の記述にそれを見ることができる。理解の傾向は他の授業と特に差が見られない。第2項目で「精子が対外に出たら、海水にしる淡水にしる体液とは濃度が違うのだから、そうとうなストレスがあると思われる」とか「マニトールを使った実験で海水魚の場合も同じような結果になるのか」など、内容の妥当性や、内容の適用範囲に言及する記述が3名見られるのも、学生の思考を深いところで揺さぶっているからであろう。「実験」を紹介して「面白い」と思わせる方略は功を奏したと言ってよい。

では授業者は「授業振り返りメモ」で何をどう振り返っているであろう。「精子形成と関連する面白い話、卵形成の筋道については、面白さも含めて伝えられたと思う」と大筋で授業構想と学生の反応を結びつけて総括している。しかし構想段階で挙がっているようにやはり「進度」が問題として挙げられる。「振り返り」で注目されるのは第3項である。ここで授業者は学生について「『何かが変わる→何かメカニズムがある』というような『知識以外のモノ』の部分には興味を持って聞いてくれるような気がする」しかも「知識以外のことで教えられることは極少ない」ということを、今回の授業で学生のことで新たにわかったこととして挙げている。これは授業が学生の「知的経験」「知の創発」の場になるとはどういうことかに焦点を当てていることである。そして「講義で何を教えるかは、本当はすごく難しい」と実感している。

この授業は学生が学ぶということに関してこれまで2回の授業とは全く違った経験を授業者にもたらしたと思われる。

5/21 授業構想メモ

1、本日の授業の目標

とにかく知識伝達として、精子形成過程、精子の運動開始機構、卵形成過程を講義し、納得させる。その上でどのような実験で解ってきたかを知ってもらい、「面白いな」と思わせるように心がける。

5/21 授業振り返りメモ

1、今回の授業で到達できたこと

精子形成と関連する面白い話、卵形成の筋道については、面白さも含めて伝えられたと思う。

今日の板書は比較的うまく行った。

2、今回の授業で到達できなかったこと

2、前回までの授業を振り返って、今回の授業で留意すべきこと。

前は（やはり）中途半端なところまでしか行けなかったの、時間の始めに、魚の性決定は遺伝子だけでは説明がつかない、だからなんか面白いのだということをザッと思い出させるようにする。（ここでアンケートの答えを使えないか？）

3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略

卵形成、精子形成、運動開始機構は、知識伝達になるので退屈になりやすい。可能な限りその事象を証明した実験について話すようにして、学生に頭を使わせる。（すると進みが遅くなるんですね。）

教えたい内容に対して時間が足りない。板書を省いてプリントを配り時間を稼ぐ。（すると学生は安心して寝てしまうんですね。）

進度として、予定していた分までは行かなかった。

3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと

「何かが変わる→何かメカニズムがある」というような「知識以外のモノ」の部分には興味を持って聞いてくれるような気がする。講義として教えることに「知識」はどれだけ大切か？考えて見れば教科書に書いてあることは、読めばよいのかも知れない。かといって知識以外のことで教えられることは極少ない。

4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）

いくらスピードを上げてでも限度がある。教えたい内容に対して必要な時間（分）は厳密に決まっているようだ。

自分が面白いと思うことを話していると長くなる。教えたい内容をカバーしようとする面白いは減ってくる。講義で何を教えるかは、本当はすごく難しいようだ。

5、次回以降の授業で考慮すべきこと

間に一回田中先生の講義が入る。どれだけ少ない時間で頭をこの講義の最後の段階に戻させられるか。

「変態」の内容の中で何をカットするか。自分の研究に最も近いところをカットすることになるのが辛い、仕方ないだろう。

<第4回授業：6月4日>

「授業構想メモ」では第1項目で、第3回に引き続き「実験」と「面白い」がキーワードになっている。第3回の「授業振り返りメモ」の影響を見ることができる。第2項目では前回は「中途半端」であったという振り返りに基づいて、「授業リフレクションシート」に書かれていた学生の記述に対して「回答？」することで学生を授業に引き込みこの問題に対処しようとしている。第3項目では「臨場感」のあるように話し、変態現象の摩訶不思議さに学生を導くという方略である。「後で正しくない」と解ったこと」も話に加え、「混乱」を避けるという方略も述べられている。今回の授業構想が学生の「知」の経験に配慮し、しかも正確な知識を理解させるといった目的意識に貫かれていることが窺われる。

では今回の学生の「授業リフレクションシート」はどのようなものだったであろうか。第1項目に関しては他の授業とそれほど顕著な違いを見いだせない。第3回の授業で見られた学問の方法への関心も見られない。むしろ第2項目で「いったい表層胞の働きは何なのか？詳しいことが知りたいです」のような、関連する事柄をもっと聞きたいとする記述が多い。また「最終成熟のところは話が飛んで、板書をとりにくかった」という教育方法面についての要望が出された。その一方でこの授業の特徴は第3項目に「ほ乳類のFSHとLHを調べてみたい」「魚類は卵のかたちで生まれてくるが、ほ乳類は胎児のかたちで生まれてくる。この違いがMPFの作用にどのようにかわるのか」など、学習の中から自分なりの課題を生み出す学生も4名いる。第1項目で、第3回ほどではないとしても、授業内容への驚き（5-②）が2名いるのは、実験の説明が興味を引いたからであるとも言える。

「授業振り返りメモ」では第1項目で「卵の最終成熟の機構とどのようにして解ってきたかは、興味を引きつけながら引っ張れた」という手応えを述べている。ただしこの手応えをはっきりと裏付けるような「授業リフレクションシート」の内容を見つけることはできない。第2項目では「進度」と「予定」に再び言及されている。第3項目では「生物学の一般知識が少ない」と「専門科目を講義するとき共通の基盤が無いので困る」という悩みが表

明される。第4項目で「学生は全然予備知識がなかったので、言葉を多く必要とした」とあり、基本的知識がなければ「知」の創発の経験も難しいという感触が述べられている。

第3回と第4回を対比してみると、授業の構想を「実験」「面白さ」という同じキーワードで表現していても、学生の基本的知識がその成否を左右するという授業者の悩みをもたらしたとと思われる。

6 / 4 授業構想メモ

1、本日の授業の目標

知識伝達として、生殖線刺激ホルモンー最終成熟ホルモン系の変化を知ってもらう。特に、どのような実験で解ってきたかを知ってもらい、「面白いな」と思わせるように心がける。

魚類の変態の細部に入る前に、動物一般の変態現象の摩訶不思議さを紹介し、動物に普遍的な現象であることを知ってもらう。

2、前回までの授業を振り返って、今回の授業で留意すべきこと。

前回は（やはり、またしても）中途半端なところまでしか行けなかったので、前回の復習をざっとさらって、アタマを2週間前にもどしてもらう。そのなかで、アンケートに複数書かれていた項目についての回答？を試みる。

3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略

最終成熟現象が解ってきた過程を臨場感のあるように話したい。そのためには「後で正しくないと解ったこと」も話に加える必要がある。混乱させずに理解させるために、「これはあとで違うと解ったこと」とコメントしながら進めたい。

6 / 4 授業振り返りメモ

1、今回の授業で到達できたこと

卵の最終成熟の機構とどのようにして解ってきたかは、興味を引きつけながら引っ張れたと思う。

2、今回の授業で到達できなかったこと

進度として、予定していた分までは行かなかった。理由は4。

3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと

本当に、生物学の一般知識が少ないのではないか。抗原抗体反応のイメージや、化学分析のイメージが無いと、できあがった知識体系の暗記以上のことは難しい。必修科目や生物実験／化学実験などが無いのは専門科目を講義するときに共通の基盤が無いので困る。

4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）

主な原因は、表層胞の中身と卵黄胞の中身が同じであるということは、こんなふうに解ってきたと説明しようとして、カラムクロマトと抗原の話をちょっと出したところである。学生は全然予備知識がなかったので、言葉を多く必要とした。それでも、あまり解ってもらえなかったようだ。脱線は難しい。

5、次回以降の授業で考慮すべきこと

今期の最後の講義なので後がない。とにかくまとめる。

<第5回授業：6月12日>

「授業構想メモ」の第一項目には「思考実験」による推理を楽しむと、「今、私が興味を持って研究しているヒラメの眼の移動方向の決定機構の話をする」がある。授業者自身の研究が出てきたのは初めてである。第2項目では、「時間」のかかる「脱線」はしないがあげられる。第3項目では「遺伝子レベルから個体レベルまで」の話で、学生が戸惑わないかと課題化し「分けた話にする」という方略を立てている。

学生による「授業リフレクションシート」の内容を見てみよう。第1項目の学習内容の理解についてはやはりそれほど変わらない。顕著なのは「最後のT先生の推測がとても興味深かった。in vitro、in vivo ということばが一回生の時自分で読んだ学問書にも出ていたので、少し嬉しかった」のような学問の方法の理解（1）に言及する者が5名いること、それから、「魚の右と左の話は大変面白いと思いました。ひらめに左右逆の個体が現れるとはとても興味深いことです」など、学習内容への感動・驚きを表明する者が、5名いることである。

第4項目の特徴では、5の関連する事柄をもっと聞きたいという学生の多いことで（5名）これは上の事実とも関連していると思われる。8（その他）も多いのであるがそれは例えば「あれだけ小さいひらめのサンプルを一つ一つ容器に入れていくのは大変な作業ではないでしょうか」と研究にコミットした感想である。第3項目で多いのは学習内容について確かめる（6-①）、学習内容に関して復習する（6-②）、学習内容をもっと詳しく調べる（7）

である。

では授業者自身の「授業振り返りメモ」の内容を見てみよう。第1項目では「ナマの研究の楽しさも部分的ではあるにせよ伝わったと思う」と構想段階で自分の研究を紹介することにしたのが良かったという手応えを表明している。第2項目では「板書」の無計画性を挙げている。しかし「授業リフレクションシート」に関する限り、そのことに関する学生の記述は見あたらない。今回も興味深いのは、第3項目で授業者が「今回の授業で学生のことで新たにわかったこと」に書いている記述である。そこには「こっちが面白いと思うことは、学生も面白いと思って聞いてくれるように思う。知識を伝えることは大切なのだろうが、面白くない。話していても面白くないことを、本当に講義する必要はあるのだろうか」とある。授業中の学生の反応と「授業リフレクションシート」による確かめを経て、到達した感想であろう。第3項目ではさらに「講義をする、受ける目標」に言及している。専門の授業は何のためにあるのか。一つの問題提起である。

6/11 授業構想メモ

1、本日の授業の目標

知識伝達として、ホルモン研究の方法論と甲状腺ホルモンの作用機序を知ってもらう。大ざっぱに「なぜ変態するのか？」のアイデアの一例を紹介し、簡単な思考実験による推理を楽しむ。

まとまりのない話になるが、今、私が興味を持って研究しているヒラメの眼の移動方向の決定機構の話をする。

2、前回までの授業を振り返って、今回の授業で留意すべきこと。

特に今回、後がないので時間のかかるような脱線はしない。

3、本日の授業で予想される困難点とそれに対する方略

遺伝子レベルから個体レベルまでのザッとした話もするため、学生が聞いていてレベルの違いの大きさに戸惑わないか？有る程度こっちはこっち、という感じの分けた話にする。

6/11 授業振り返りメモ

1、今回の授業で到達できたこと

甲状腺ホルモンの作用機序、ホルモン実験生物学での方法論を伝えた。ナマの研究の楽しさも部分的ではあるにせよ伝わったと思う。

2、今回の授業で到達できなかったこと

板書の無計画性が今回もひどかった。とくに考えを説明しているところでは、ノートをとっても後で読んだら解らないだろう。

3、今回の授業で学生のことで新たにわかったこと

こっちが面白いと思うことは、学生も面白いと思って聞いてくれるように思う。知識を伝えることは大切なのだろうが、面白くない。話していても面白くないことを、本当に講義する必要はあるのだろうか。

やはり大学では、講義をする、受ける目標がはっきりしていない。講義を受けている学生のうち海洋系に来る学生は何人いるか私の講義が役に立つ学生は何人いるかと考えると、大学科制での講義内容をどうするかは、本当は真剣に議論されるべきだろうと思う。

4、今回の授業の問題点（授業者側の問題、学生側の問題）

とにかく前半とばした。これでよかったのだろうか。

5、次回以降の授業で考慮すべきこと

今回が前期の最後の講義。やれやれ、終わったあ。

5. まとめ

5回の授業に即しながら「授業構想メモ」、学生の「授業リフレクションシート」の内容、「授業振り返りメモ」、そして再び「授業構想メモ」というサイクルを辿ってきた。ではそのプロセスの中で見えてきた授業に関わる知見は何であろうか。次にまとめてみる。

(1)「時間」「予定」「進度」

授業構想メモ、授業振り返りメモの双方の中で頻回に用いられるキーワードは「時間」「予定」「進度」等のキーワードで、今回観察した5回の授業の始めから終わりまで登場した。これらのキーワードは本講義が5回で一定の

まとまった概念を伝達しなければならないという制約下にあったという事情だけではなく、専門科目とりわけ理系の専門科目に共通した課題であると思われる。他方、こうしたキーワードが絶えず登場するということは裏返すと授業者が授業は予定した量の知識技術を伝達する場所という意識にとらわれていることの現れでもある。

(2)「納得」「実験」「面白さ」

第3回の授業がターニングポイントになっているように思われる。そこで登場したキーワードは「納得」「実験」「面白さ」である。これらのキーワードは学生の経験に焦点を合わせた表現である。教えるべき内容の伝達が優先されていないのである。もちろん相変わらず「時間」が足りないという意識は持続しているが、それも「納得」「実験」「面白さ」との関係の中でジレンマとして意識されているということは重要であろう。

(3)「知識以外のモノ」

第3回の授業がターニングポイントになったのではないかとことを顕著に表すもう一つのキーワードは「知識以外のモノ」あるいは「知識以外のこと」である。すなわち授業者は「納得」「実験」「面白さ」をキーワードとする授業を構想し、それを展開する中で、「何かが変わる→何かメカニズムがある」というような「知識以外のモノ」の部分には興味を持って聞いてくれるような気がする」ということを「今回の授業で学生のことで新たにわかったこと」としてあげ、その上で「教えることに『知識』はどれだけ大切か？」と自問する。学生における「知的経験」が焦点化され、「教える」ということが「知識以外のモノ」に働きかけることではないかという気づきと言えよう。その授業者なりの表現が「授業で何を教えるかは、本当はすごく難しい」だと思われる。

(4)「一般知識」

第4回の授業のキーワードは「一般知識」あるいは「予備知識」である。これは第3回の授業の記述と一見矛盾する表現である。しかしある意味では第3回の授業の経験を一步深めたとも言える。授業者は第3回の授業と同じ「納得」「実験」「面白さ」をキーワードとする授業を構想し、それを展開した。しかし授業の中で見たものは「抗原抗体反応のイメージや、化学分析のイメージが無いと、できあがった知識体系の暗記以上のことは難しい」ということである。「一般知識」あるいは「予備知識」がなければ結局「暗記」に終わらざるを得ないということである。この気づきは大学の学びにおける「基礎・基本」とは何かを授業を通して「問う」貴重なものであった。

(5)「私が興味を持って研究していること」

第5回の授業のキーワードは「私が興味を持って研究していること」である。最後の授業であるということ、教え残したことも多い。やはり「時間」は気になる。しかし授業者はあえて「私が興味を持って研究していること」を授業の中に組み込んだ。その結果「こっちが面白いと思うことは、学生も面白いと思って聞いてくれる」という授業の手応えにつながったのである。つまり私が興味を持って研究していることを話すことが「方法論」と「ナマの研究の楽しさ」を学生と共有することにつながったと意識したのである。このことは授業における相互性を考える上でも重要なポイントである。教師は教える人で学生は覚える人という枠組の中では、学生はいつまでも受け身の人、「知識の消費者」である。知識の生産者、知識創造の当事者の位置には立てない。授業者が自らを授業の中に投入し、知識生成のプロセスを共有することが、ナマの研究の面白さと併せて方法論を身につけていく上で重要ではないかという示唆を与えてくれるのである。もちろん「それは実験演習や卒業研究の中でやることだ」という声もあろう。しかし、授業者が第3回の授業で見出した「知識以外のモノ」に学生が触れることを授業の課題の一つとするならば、「私が興味を持って研究していること」を話すことの持つ意味は限りなく深いのである。

今回T助教授の5回の授業を追跡する中で、授業者であるT先生自身が変化されていくように思われた。その変化の要因には学生による「授業リフレクションシート」の記述が大きかったと思われるが、同時に「自分は授業に何を求めているのか、そのために授業をどう構築するのか」を意識化する「授業構想メモ」が大きな役割を果たしていると思われる。既に見てきたように「授業構想メモ」に書き込まれるキーワードの種類も質も回を追う毎に変化してきているのである。さらに「授業振り返りメモ」は「授業構想メモ」と学生による「授業リフレクションシート」とをセットに考えてのことであるが、授業の中で何が起きているのかを自覚化する上で大きな役割を果たした。

またキーワード（キーセンテンス）抽出法は、「授業構想メモ」の変容「授業振り返りメモ」の変容をとらえる

分析法としての有効であった。

本稿では「海洋資源生物学Ⅰ」の追跡についての報告にとどまった。後期の「海洋資源生物学Ⅱ」については時間の関係で割愛せざるを得なかった。また昨年度の参加観察の結果と比較して授業構造の類似性を確かめるという課題も果たせなかった。

大学授業で何がどのように問題となるか、あるいは何をどのように問題とすべきかの広い見通しを得るためには、多くの学部学科を越えたさらに多くの様々な授業の参加観察と授業者の内面過程の検討を行う事例研究が必要である。今後の課題としたい

本稿の対象となる授業の「海洋資源生物学Ⅰ」の参加観察を認めていただいた大学院農学研究科の田川正朋助教授、調査に協力いただいた受講生の皆さんに感謝申し上げます。

参考文献

- 1 京都大学高等教育叢書 11 「大学授業の参加観察プロジェクト報告（1）」京都大学高等教育教授システム開発センター 2001年3月
- 2 京都大学高等教育研究 7 京都大学高等教育教授システム開発センター2001年9月
- 3 藤岡完治「情報教育の授業デザインと評価」藤沢市教育文化センター『教育メディア研究情報教育実践ガイドⅡ・授業デザインと評価』所収 1998年3月

注

キーワード・キーセンテンス抽出法のアイデアは、第2回日本教師学会総会（於、早稲田大学）酒井朗氏（お茶の水女子大学助教授）による講演「フィールドの研究と教師学」に示唆を得ている。

資料 1 - 1

(科目名) 海洋資源生物学Ⅰ (英 訳) Biology of Marine ResourceⅠ	科目番号 対象学年 開 講 期 単 位 数	X 3 2 6 3 年 前 期 2 単 位
(担当者名) ○ ○ ○		
(科目内容) 海洋資源生物の主要な構成要素である海産魚類を中心に、資源管理や増養殖の基盤となる生理・生態、特に生殖生理・個体発生・初期生態などを総論的に概説する。併せて我が国が世界に先駆けて推進している栽培漁業の現状や問題点を学ぶ。		
(授業計画) 序論 日本と世界の漁業生産、養殖生産の現状。海洋資源生物、特に海産魚類の生理・生態的特性の概観。 生殖生理と産卵生態 サケ・ウナギ・マダイで明らかになった卵形成・精子形成のホルモンによる制御機構。産卵様式・産卵周期とそれらに関わる環境要因との関係。 個体発生 受精・卵発生・孵化・仔魚の発育・稚魚への変態など個体発生初期の主要な過程。発育段階・個体発生様式の多様性及び初期減耗。 栽培漁業の基礎と応用 ヒラメをモデルに生活史、生理生態、資源培養などを総合的に概観し、現在の栽培漁業の発展性や問題点を論じる。		
(教材・予備知識・その他) 後期配当科目の「海洋資源生物学Ⅱ」とは単位取得の点では独立であるが、ⅠとⅡは不可分の関係にある。主にⅠでは全ての魚種にあてはまる「総論」をⅡでは個別の魚種や個別の生理現象などの「各論」を扱う。従って、ⅠとⅡを通じて受講することが望ましい。		

資料 1 - 2

(科目名) 海洋資源生物学Ⅱ (英 訳) Biology of Marine Resource Ⅱ	科目番号 対象学年 開 講 期 単 位 数	X 3 2 7 3 年 後 期 2 単 位
(担当者名) ○ ○ ○ ○		
(科目内容) 我が国の水産重要魚種数種についての特徴的な生活史や生残戦略、および消化・吸収・浸透圧調節など個別の生理現象における魚類の特徴を各論的に概説する。		
(授業計画) スズキ：海と川を回遊する海産魚 海産魚の中では数少ない両側回遊性の生活史を有明海のスズキに注目して概観する。 アユ：陸封個体群と降海個体群 アユの生活史の概要を琵琶湖産と海産の生態的差異、生理的な差異、両者の分化などに注目して概説する。 ウナギ：明らかになってきた生活史 ウナギの特異的な生活史を、近年急速に知見が増えつつあるニホンウナギを例に紹介し、残された謎を解説する。 浸透圧調節 淡水と海水の両方で生息できるウナギやサケ等の浸透圧調節機構を、鰓や肝臓などの器官レベルで解説し、あわせてホルモンによる機能調節を論じる。 サバ：高成長と共食いの生物学 他の魚種とは比較にならぬ速度で成長をするサバ型魚類、特にサワラの初期生残戦略の特異性を論じる。 消化生理 成魚とは異なった仔魚期の消化系の構造と機能、消化管ホルモンに注目した消化系の系統発生的発達過程を解説する。 サケ科魚類の銀化と降海行動 河川生活期と海洋生活期の転換期に起こる、サケ科魚類特有の変態現象である銀化について、生理、生態、行動等の変化とそれに関与する内分泌系について解説する。 呼吸 水中生活の呼吸における利点・不利点から、魚類の呼吸・循環器系、および排出系の生理学的特徴を解説する。 魚類生理・生態学の最近の話題 近年問題になっている話題について、最新の知見をもとに解説する。 まとめ 海洋資源生物学Ⅰ・Ⅱの内容を整理し、まとめとする。		
(教材・予備知識・その他) 前期配当科目の「海洋資源生物学Ⅰ」とは単位取得の点では独立であるが、ⅠとⅡは不可分に関連し、両者を併せて一つの体系となっている。従って、ⅠとⅡを通じて受講することが望ましい。		

海洋資源生物学 I (3)

—— 魚類内分泌学総論 ——

2001 5/7 ○ ○

魚類生理学：特に、硬骨魚類の「個体レベル」で見られる

重要な生理現象について講義する。

○○・S-412室××××@△△△△.kyoto-u.ac.jp

○○の担当分について

出席はとらない。試験のみにより単位の評価を行う。

試験の際には、「A 4 一枚の[↑]片面」に手書きしたメモを参考にして良い。このメモは答案と共に提出する。

↑
—— ○○担当分についての分量

日本語の主な参考図書

魚類生理学	板沢靖男・羽生 功編	恒星社厚生閣	17,000円
新版魚類生理学概論	田村 保編	恒星社厚生閣	3,400円
メダカの生物学	江上信雄・山上健次郎・嶋 昭紘編	東京大学出版会	6,000円

Abstract (Inui & Miwa (1985). General and Comparative Endocrinology 60: 450-454.)

原文

①

The role of thyroid hormone in flounder metamorphosis was studied by use of thyroxine and the antithyroidal agent, thiourea (TU). T4 stimulated metamorphosis of pelagic larvae, producing miniatures of naturally metamorphosed benthic juveniles. In contrast, TU induced metamorphic stasis, resulting in giant pelagic larvae. These results indicate that the thyroid plays a role in flounder metamorphosis comparable to its well-known developmental role in amphibian metamorphosis.

辞書をひいた

②

The role of thyroid hormone in flounder metamorphosis was studied by use of thyroxine and the antithyroidal agent,
 甲状腺ホルモン ヒラメ 変態 チロキシン 抗甲状腺試薬 チオウレア
thiourea (TU). T4 stimulated metamorphosis of pelagic larvae, producing miniatures of naturally metamorphosed
 浮遊 仔魚

benthic juveniles.

底棲 稚魚

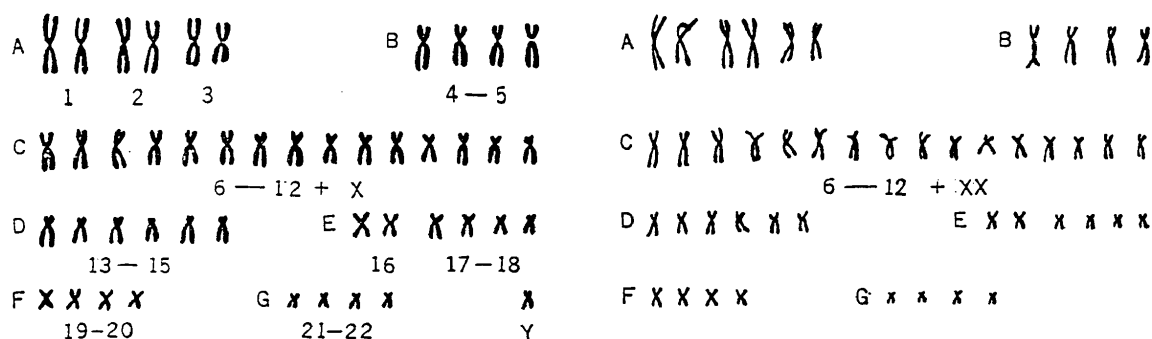
In contrast, TU induced metamorphic stasis, resulting in giant pelagic larvae. These results indicate that the thyroid
 停滞

plays a role in flounder metamorphosis comparable to its well-known developmental role in amphibian metamorphosis.
 発生上の 両生類の

日本語訳

③

ヒラメの変態における甲状腺ホルモンの役割が、チロキシン (T4) と、抗甲状腺試薬のチオウレア (TU) を用いることによって研究された。T4 は浮遊仔魚の変態を刺激し、自然に変態してできた底棲稚魚の縮小版を作った。対照的にチオウレアは変態の停滞を誘起し、結果として巨大浮遊仔魚を生じさせた。これらの結果は、両生類の変態において良く知られる発生上の役割と同等の役割を、甲状腺がヒラメの変態において果たすことを示している。



〈図1〉ヒトの体細胞分裂における染色体の数と形(核型) ($2n=46$)
 左:男性 右:女性 X:X染色体 Y:Y染色体 (X、Yは性染色体)

〈表1〉機能的雌雄同体魚の分類群別出現

分類群	雌雄同体のタイプ ♀→♂ ♂→♀ ♀	生息場所	科内における出現状況	分類群	雌雄同体のタイプ ♀→♂ ♂→♀ ♀	生息場所	科内における出現状況
ウナギ目				スノサラン科	○	浅海	2種
ウツボ科	○	浅海	1種(ハナヒゲウツボ)	メギス科	○	浅海	3種
コイ目				Grammidae	○	浅海	1種
ドジョウ科	○	淡水	1種(タイリクシマドジョウ)	キツネアマダイ科	○	浅海	1種
ワニトカゲギス目				ハチビキ科	○	浅海	3種
ヨコエソ科	○	深海	5種(ヨコエソ, オニハダカなど)	(Centracanthinae)			
ハダカイワシ目				タイ科	○ ○	浅海	多数(痕跡的雌雄同体もあり)
シンカイエソ科	○	深海	1種	フエフキダイ科	○	浅海	8種(イトフエフキ, ホソフエフキなど)
アオメエソ科	○	深海	3種	イトヨリダイ科*	○	浅海	3種(スマガシラ属)
イトヒキイワシ科	○	深海	5種	チョウチョウウオ科	○	浅海	数種
デメエソ科	○	深海	2種(ヒカリデメエソ)	キンチャクダイ科	○	浅海	少くとも13種
フデエソ科	○	深海	1種(フカミフデエソ)	スズメダイ科	○ ○	浅海	(クマノミ属は雄性先熟, ミスジリュウキュウスズメダイ属は雌性先熟)
ハダカエソ科	○	深海	1種	ゴンベ科	○	浅海	オキゴンベ他4種
キバハダカ科	○	深海	1種(キバハダカ)	アカタチ科	○	浅海	1種
ミズウオ科	○	深海	2種(ミズウオ)	ツバメコノシロ科	○	浅海	数種
ヤリエソ科	○	深海	1種	ベラ科	○	浅海	多数(調べられた種類のほとんどすべて, 複雄性あり, 雌雄異体も少数)
メダカ目				Odacidae	○	浅海	1種
Cyprinodontidae	○	淡水	1種(<i>Rivulus marmoratus</i>)	ブダイ科	○	浅海	多数(調べられた種類のほとんどすべて, 複雄性あり, 雌雄異体も少数)
カサゴ目				トラギス科	○	浅海	少くとも3種
コチ科	○	浅深	7種(アネサゴチ, イチゴチなど)	イソギンボ科	○	浅海	1種
スズキ目				ハゼ科	○	浅海	多数(小型種に多い)
アカメ科	○	浅海	1種(<i>Lates calcarifer</i>)	タウナギ目			
ハタ科				タウナギ科	○	淡水	4種(雌雄異体もあり)
ヒメコダイ亜科	○ ○	浅海	多数(調べられた種類のほとんどすべて, ヒメコダイのみ雌性先熟)				
ハタ, ハナダイ亜科	○	浅海	多数(調べられた種類のほとんどすべて)				

♀→♂ ; 雌性先熟, ♂→♀ ; 雄性先熟, ♀ ; 雌雄同時成熟 余吾(1987a)にキツネアマダイ科 (Baird, 1988), ハゼ科 (Fishelson, 1989) を追加。この他, カワスズメ科で雌性先熟と考えられる種類が知られており (Naish and Ribbink, 1990), タナバタウオ科とヘビギンボ科で雌性先熟の種類がいる可能性が強いという報告 (Fishelson, 1989) があるが, 本表からは除いた。

* ソコイトヨリとイトヨリダイは痕跡的雌雄同体である (Takahashi ら, 1989)。

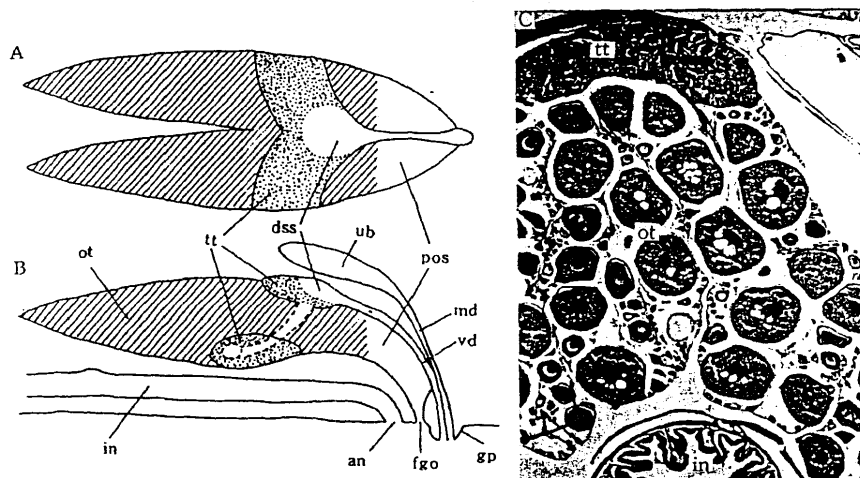
資料 2 - 2

脊椎動物門各綱の性染色体構成と性決定・分化に影響する要因

綱	性染色体構成	性の決定・分化に影響する要因	備 考
哺乳類	雄 X Y 雌 X X	—	性転換不可能 (X X / X Y 型)
鳥 類	雄 Z Z 雌 Z W	—	平胸類では Z W 染色体の形態的分化なし (Z Z / Z W 型) 性転換不可能
爬虫類 ヘビ類	雄 Z Z 雌 Z W	環境要因の影響	—
トカゲ類 カメ類 ワニ類	(+) (+) (-)	温 度 ホルモン?	—
両生類	(+)	温 度 ホルモン	—
魚 類	(+)	温 度 ホルモン 社会的順位	—
円口類	(-)	?	?

(+) : 一部の種類で (X X / X Y 型、Z Z - Z W 型)

(-) : 異型性染色体の分化不明瞭



〈図 2〉 雌雄同時成熟魚 *Serranus fasciatus* の生殖腺の構造

A : 背側よりみた外観

B : 片葉正中線断面。肛門、生殖腔、輸尿管の位置関係を示す

C : 精巣部位における横断面像

an ; 肛門, dss; dorsal sperm sinus, fgo; 輸卵管開口,

gp; 生殖突起, in; 腸管, md; 輸尿管,

ot; 卵巣, pos; post ovarian sinus,

tt; 精巣, ub; 膀胱, vd; 輸精管。(いずれも P. A. Hastings 博士提供)

雌雄同時成熟の魚でも卵と精子は体外に出るまでまじらないような構造がある魚の例

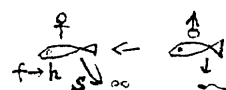
〈表 3〉 雌雄同時成熟魚 *Hypoplectrus nigricans* (ハタ科) の産卵行動。ペアが交互に役割を変える様子を示す

ペア 個体	観察された一連の行動
1	a ff fhffhfhAhh hffhAffhhhS h hS fh fhfhS hhS h hS- b ff h hhhAhhS f h fhf hhhhS hhhS h
2	a hh ff h hhhh hhAhhAhhS-hhhhS fh h f hhhhS hfhfhfhfhS f h b fh f ffhS f h hAhhhhAfh hh hhhhS hfhS hfhfhfh fhfh
3	a h hhhhhhhS fhA hhhh hhhhS hS hfhfhfhfhS- b hhh fh hhhhAhhS- fhS f hhhhAhhS hhhhS

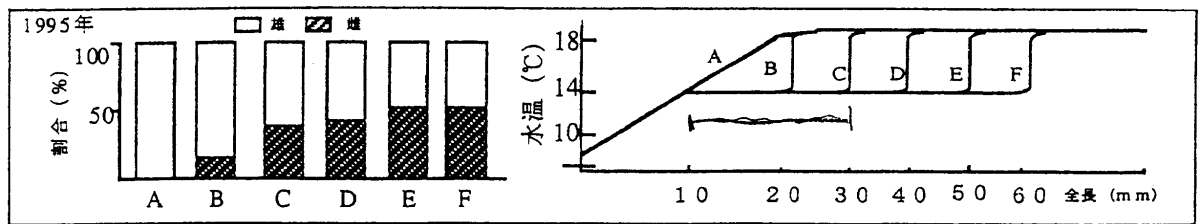
f : 頭を下に向けるディスプレイ, h : 頭を左右に振るディスプレイ,
S : 雌として正常に産卵, S- : 産卵のための体の震えが短かったもの。

A : 産卵の姿勢をとったが産卵しなかったもの。

(Fischer, 1980 を一部改変)



交互に♂と♀の「役割り」をいれかえる。つまり、短時間では、どちらかの性の役割りのみをはたしているという例

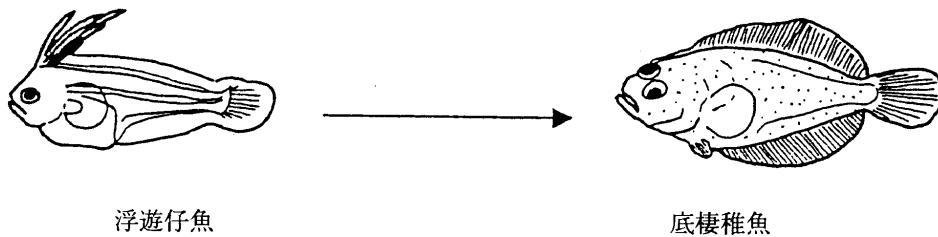


10—30mmのときの水温が高いと
本来雌になるはずだった魚が雄化する。

(図3) 飼育水温がマツカワの性比に及ぼす影響

必要知識

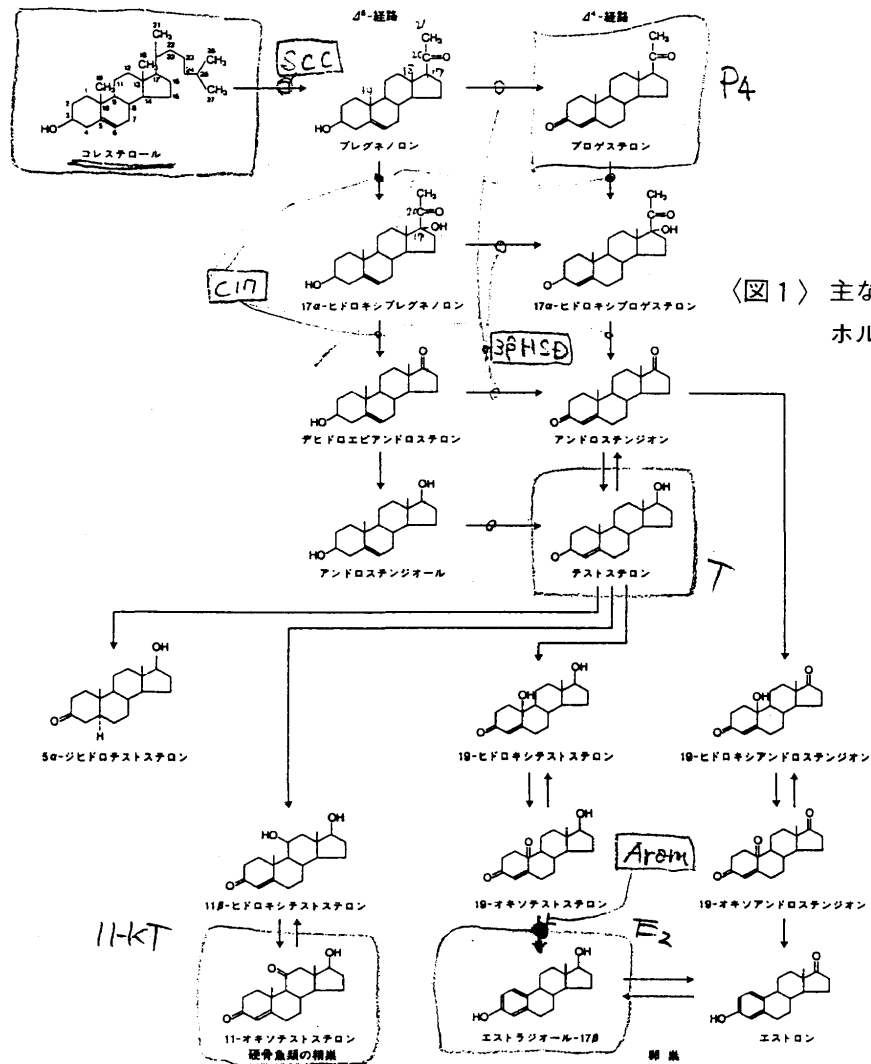
- チロキシシン (T₄) : 甲状腺ホルモンの一種
- 抗甲状腺試薬 : 甲状腺ホルモンを出なくさせる、あるいは効かなくさせる試薬
- ヒラメの変態



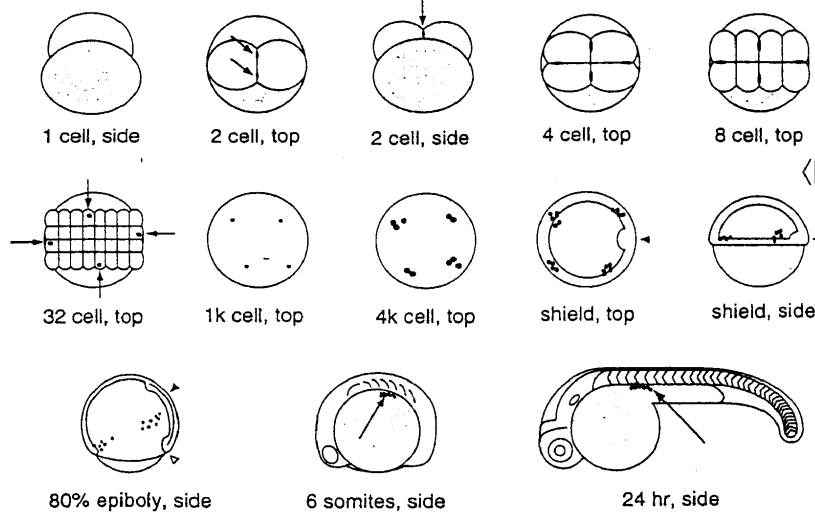
- 両生類の変態 : オタマジャクシが、カエルやイモリのように足が出て、親と同じ形になること。甲状腺ホルモンが無ければおこらない。つまり、甲状腺ホルモンを与えなければ変態し、甲状腺ホルモンを出なくしてやれば、変態はおこらない。

海洋資源生物学 I (4)

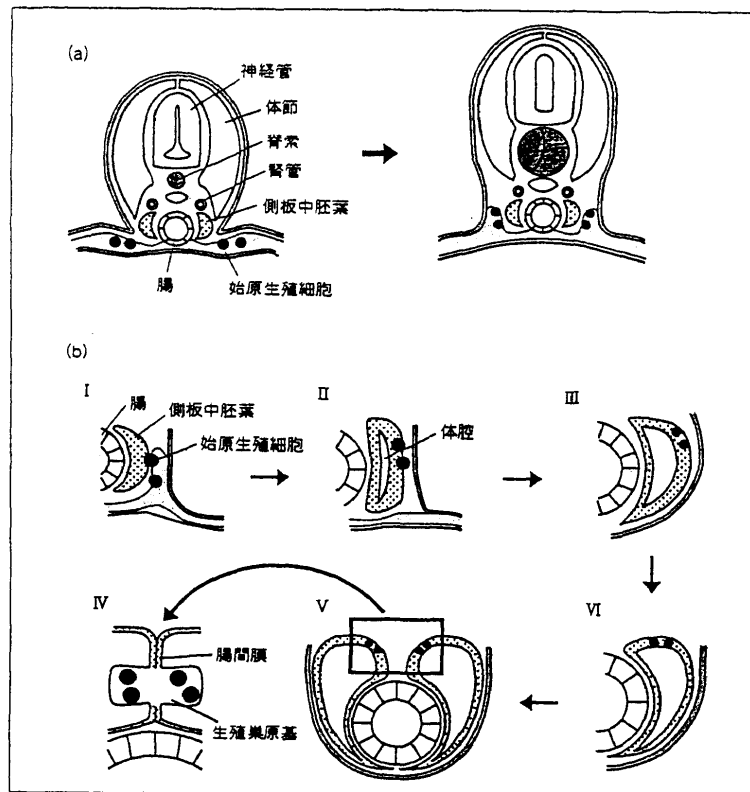
— 生 熟 — I —



〈図1〉 主な性ステロイド
ホルモンの合成経路

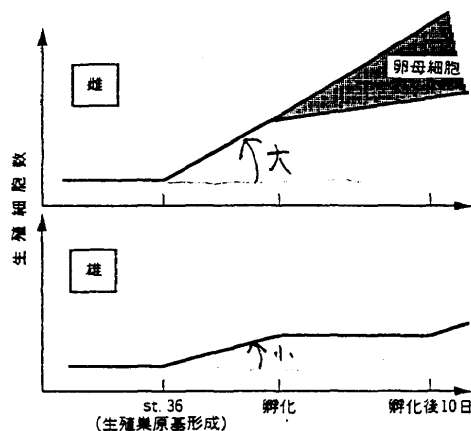


〈図2〉ゼブラフィッシュでvasと
 いうタンパクのmRNAが
 いつ、どこに出てくるか
 を示した図
 ごく一部にしかない→そ
 れがPGCになる。



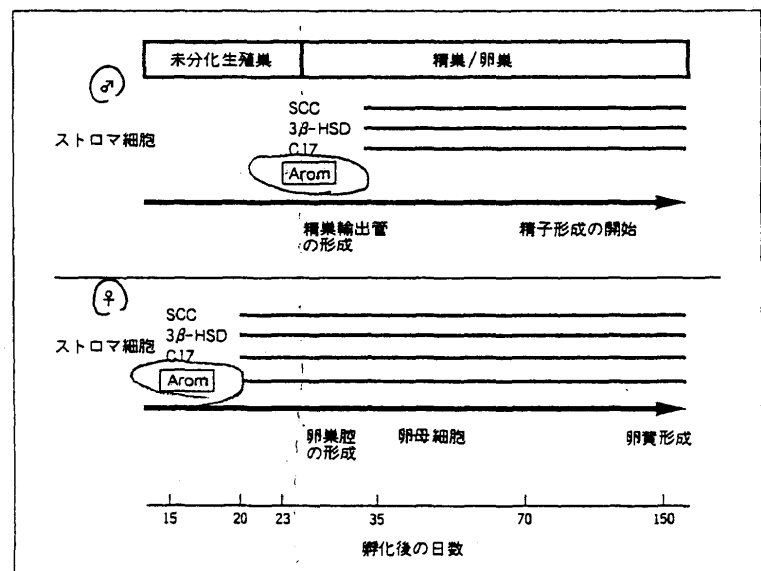
〈図3〉メダカPGCの受動的移動の過程の模式図

(a) PGCの胚体内への取り込み。PGCは実質的には移動していない (PGCと周囲の体細胞との関係は変化しない) が、背索の“液胞化”により胚体内へ位置するようになる。(b) 生殖巣原基の形成過程。PGCは胚体内で側板中胚葉側へ移り (I)、体腔形成に伴い、周囲の細胞とともに徐々に腸管背側に運ばれ (II~V)、腸管背側で左右の体腔上皮が融合して背側腸管膜を形成する際に、生殖細胞がある部分が生殖巣原基になる (VI)。



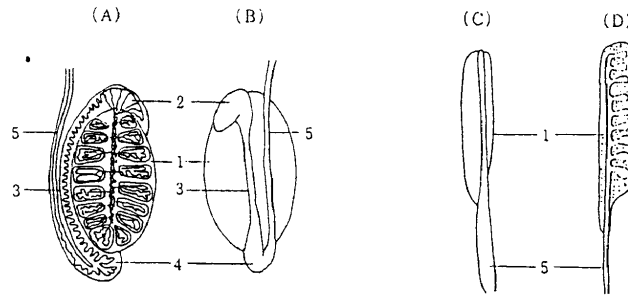
〈図4〉メダカ生殖細胞数の変化の概念図

雌ではst.36から孵化までの細胞数増加が著しく、その後も生殖細胞は増加し続け、また孵化後すぐに減数分裂が始まり卵母細胞が出現する。雄では孵化前の細胞数増加は雌ほどではなく、また孵化から孵化後10日までの間、生殖細胞数が変わらない分裂停止期がある。図では示されていないが、雄で減数分裂が始まるのは孵化後50日ころからである。

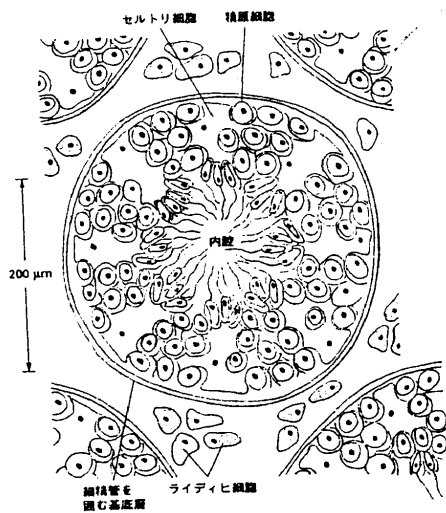


〈図5〉ティラピア (*Oreochromis niloticus*) の生殖巣の分化過程

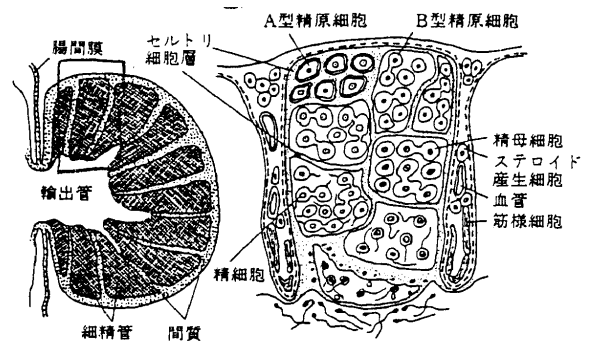
ティラピアの生殖巣の性分化は、孵化後23~26日にみられる卵巣腔の形成、精巣輸出管の形成がそれぞれ、卵巣、精巣方向への分化の形態学的指標となる。ティラピアの生殖巣の分化過程をステロイド代謝酵素の発現を指標として再検討すると、遺伝的雌では、アロマトラーゼ (Arom) を含むステロイド代謝酵素が形態的に未分化な生殖巣においてすでに発現しているのに対して、雄では形態的に精巣方向に分化したのちに初めてステロイド代謝酵素の発現がみられる。しかし精巣では、その発生ステージに関係なくAromの発現は認められない。SCC: コレステロール側鎖切断酵素、 3β -HSD: 3β -ヒドロキシステロイドデヒドロゲナーゼ、C17: 17α -ヒドロキシラーゼ/C-17、20リアーゼ。



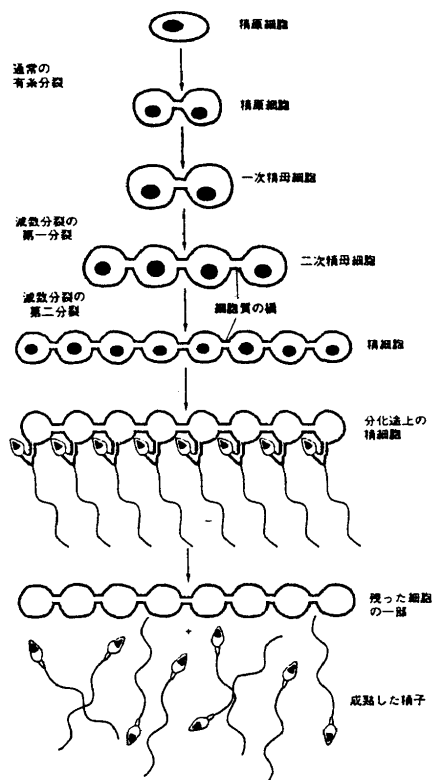
〈図6〉哺乳動物の精巣と精巣上体（A、B）とサケ科魚類の精巣と輸精管（C、D）の構造比較（文献33より引用）
1：精巣、2：精巣上体頭部、3：精巣上体体部、4：精巣上体尾部、5：輸精管。



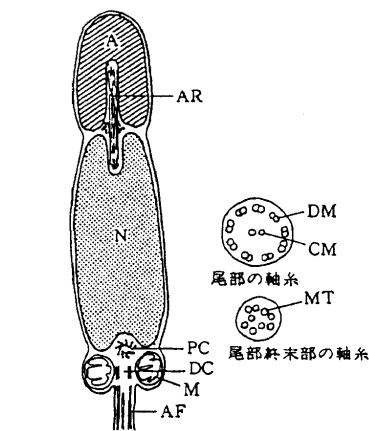
〈図7〉



〈図8〉メダカ精巣の組織構築の模式図（詳細は本文参照）。

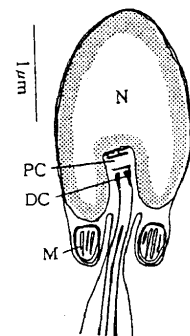


〈図9〉



〈図10〉原子型精子と軸系の模式図

（野田、原図）、A：先体、AF：軸系、AR：先体桿、CM：中心小管、DC：遠位中心粒、DM：2連微小管、M：ミトコンドリア、MT：微小管、PC：近位中心粒。



〈図11〉硬骨魚綱ニジマス（Billard,1983より改写）

DC：遠位中心粒、M：ミトコンドリア、N：核、PC：近位中心粒。

〈表1〉種々の動物における精子の運動能力獲得部位¹⁹⁾

	種	精 巢	精巣上体・輸精管
海産無脊椎動物	ワニ		
脊椎動物			
両口類	ヌタウナギ		
軟骨魚類	サメ		
	エイ		
硬骨魚類	シロサケ		
サケ科魚	ニジマス		
淡水魚	コイ		
海産魚	アミメハギ		
胎生魚	グッピー		
無尾類	アフリカツメガエル		
	ヒキガエル		
ヘビ、トカゲ類			
カメ類			
鳥 類	ニワトリ		
	スズメ		
哺乳類			
単孔類	ハリモグラ		
獣 類			

体外受精のものは白抜き、体内受精のものは斜線で示してある。

「形」ができて、すぐに「動ける」ようになるとは限らないから、動けるようになるためには何か別のことがおこる必要がある。

〈図12〉 TABLE 1. Inorganic electrolytes and osmolality of blood and seminal plasma of fishes

		Na ⁺ (mM)	K ⁺ (mM)	Ca ⁺⁺ (mM)	Mg ⁺⁺ (mM)	Cl ⁻ (mM)	Osmolality (mOsm/kg)
Salmonid fishes							
AR	Chum salmon blood plasma	160±5.5	0.7±0.07	3.8±0.15	1.3±0.06	128±14.2	323± 8.1
	seminal plasma	150±4.6	86.5±2.70	0.7±0.06	2.3±0.26	183±22.2	401±18.8
	Rainbow trout blood plasma	146±3.1	5.1±0.74	3.3±0.20	0.9±0.03	115± 6.6	292± 8.8
	seminal plasma	127±5.4	37.3±4.73	2.6±0.19	1.5±0.14	122± 4.9	297±14.5
Freshwater cyprinid fishes							
FC	Goldfish blood plasma	123±2.1	2.4±0.15	3.1±0.06	1.0±0.15	110± 3.4	266± 6.3
	seminal plasma	96±4.5	70.2±1.72	2.1±0.10	1.1±0.08	129± 5.6	317±10.6
	Carp blood plasma	135±0.7	4.6±0.11	2.9±0.07	1.0±0.02	118± 0.8	273± 4.5
	seminal plasma	75±3.2	82.4±3.33	2.0±0.18	0.8±0.04	112± 2.6	302± 5.4
Marine fishes							
S ₀	puffer blood plasma	153±1.2	14.5±1.38	2.8±0.08	1.3±0.26	154± 1.7	345± 6.2
	seminal plasma	151±2.4	5.7±0.69	1.5±0.08	0.9±0.08	158± 2.5	342± 4.6
	Black seabream blood plasma	174±5.5	5.4±0.21	3.8±0.06	1.4±0.54	151± 1.7	367± 4.4
	seminal plasma	175±7.5	2.0±0.12	1.4±0.13	2.3±0.68	170± 5.4	359±17.4
Values are means±S.E.		SW: 485	10	11	55	566	(1000)

淡水魚・海産魚の

blood plasma

→血漿

seminal plasma

→精漿

の中のイオン濃度と浸透
圧の比較

↑

全て海水の約1/3

淡水の約100倍

かたまと^{けっぺい}血餅

血液 = (赤血球・白血球etc) + フィブリノゲン + 液体成分タンパクetc

↓
血清 (serum)