



Title	メダカ (<i>Oryzias latipes</i>) の甲状腺の組織学的活性の周年変化について
Author(s)	西川, 一義; NISHIKAWA, Kazuyoshi
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 26(1), 23-30
Issue Date	1975-06
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/23544
Type	departmental bulletin paper
File Information	26(1)_P23-30.pdf



メダカ (*Oryzias latipes*) の甲状腺の組織学的活性の周年変化について

西川 一 義*

Seasonal Changes in the Histological Activity of the
Thyroid Gland of the Medaka, *Oryzias latipes*

Kazuyoshi NISHIKAWA*

Abstract

Seasonal changes in the activity of the thyroid gland of the medaka, *Oryzias latipes*, were observed histologically by employing the height of follicle cells as a criterion for the activity. The activity of the gland fluctuated seasonally in harmony with the reproductive cycle of the fish. It was high during the spawning period reaching a first peak in August, but became low in September concomitantly with the ceasing of the breeding activity in both males and females which entered into the refractory period following the shortening of day lengths to be less than 13 hours a day. The thyroid activity remained thereafter on a low level up to April with a minimum in the period from December to January and with a less prominent, second peak in March, and revealed an abrupt increase in May at the start of active breeding. The activity and its seasonal changes of the thyroid of the male fish were generally much more prominent than those of the females.

A possible involvement of environmental factors in the seasonal changes of the thyroid activity was examined experimentally by applying a long (14L-10D) and a short (8L-16D) photoperiod combined each with a high (25°C) and a low (10°C) water temperature to the fish with thyroids and gonads in a suppressed activity in January. When the fish were exposed to the long photoperiod at high temperature, both their organs were simultaneously stimulated to regain their activities within 30 days of experiment to approach the state displayed by fully matured fish. The stimulating effect of the long photoperiod was much slightened when the fish were kept at low temperature. The short photoperiod, either at high or low temperature, was without effect in activating both the thyroid and the gonad. It is considered that a photic regulation may have a primary significance in provoking seasonal changes of the thyroid activity as well as those of the reproductive activity in the medaka.

硬骨魚類の甲状腺機能は多岐にわたる現象と関連して論じられている¹⁾²⁾。また、甲状腺活性が水温³⁾⁻⁶⁾や日照時間⁷⁾⁻⁹⁾などの外部環境の変化に影響されることは明らかと思われる。魚類の甲状腺機能と成熟との関係については未だに明らかでないが、両者の機能的関連を示唆するものの一つとして、甲状腺活性が生殖周期と関連した季節的変動を示す事実がいくつかの魚種で知られている¹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。Sage¹¹⁾は、thyroxineの基本的な役割は生殖と関連しており、生殖腺の成熟にthyroxineが必要であると述べている。

* 北海道大学水産学部淡水増殖学講座
(Laboratory of Fresh-Water Fish-Culture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University)

産卵期間を通じてほぼ連日産卵するという特異な習性を持つメダカ, *Oryzias latipes* では日照時間が生殖腺の成熟に関し重要な役割を有し, また日照時間の人為的変更によりその成熟を制御できることが知られている¹²⁾¹³⁾。本研究は, 野外で飼育されたメダカの甲状腺活性の季節的変動と生殖周期との関係を検討し, さらに甲状腺活性に対する日照時間および水温の効果を明らかにするために行なわれたものである。

本文に入るに先立って, 本研究について終始懇篤なる御指導をたまわった北海道大学山本喜一郎教授並びに高橋裕哉助教授に深甚なる謝意を表す。

材料と方法

本研究は, 函館市湯の川で採集し, 本学部構内の戸外池で飼育した野生メダカ (*Oryzias latipes*) を用いて行った。これらの魚には, 冬期間 (12月-2月) を除き1日1回市販の養鱈用ペレットを与えた。また, 戸外池の水温変動を知るため, 飼育期間を通じて毎日の最高および最低水温を記録した。甲状腺活性の季節的変動は1971年6月から1972年6月のあいだ毎月定期的に戸外池より雌雄それぞれ5~8尾を採集し, その甲状腺の組織学的な観察によって調査した。

さらに, 甲状腺に対する日照時間および水温の影響を調べるために, 1972年1月に戸外池より80尾のメダカを8時間明期-16時間暗期, 水温20°Cの人為条件にうつして10日間飼育後, 14時間明期-10時間暗期の人為的長日 (L) および8時間明期-16時間暗期の人為的短日 (S) と25°C (H) および10°C (L) の水温とを組み合わせた LH, LL, SH および SL の4条件下で最高40日間飼育した (表1)。この実験期間中, 実験魚の飼育は底面濾過循環式水槽で, 魚類用リングル液中で行い, 餌としては市販養鱈用ペレットを用いた。また, 人工光源としては白熱電灯を用いた。

甲状腺の組織学的観察には, 実験魚を断頭により殺したのち, 下顎全体をブアン液あるいはスサ液で固定, 常法によりパラフィン包埋し6 μ の連続切片とし, デラフィールドのヘマトキシリン-エオシン染色, あるいはマンのメチル青-エオシン染色を施した。甲状腺活性の判定には, 甲状腺濾胞上皮細胞の高さを主な指標とし, 一個体あたり少なくとも10個以上の濾胞で細胞の高さを高倍率 (100 \times 15) 下で接眼測微計によって測定し, その平均を求めた。さらに, 生殖腺の成熟度の指標として成熟度指数 (GSI, 生殖腺重量/体重 \times 100) を用いた。

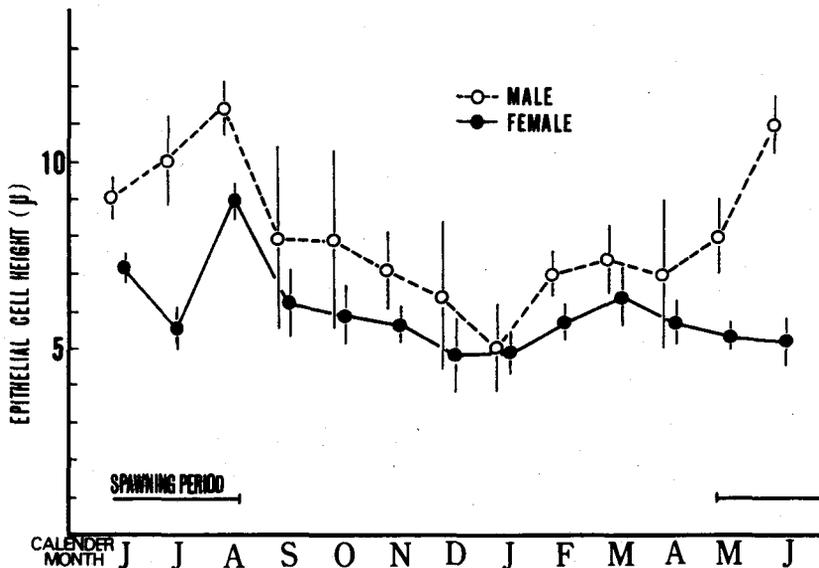
結 果

甲状腺活性の季節的变化

メダカの甲状腺は多くの硬骨魚と同様に下顎部に散在する多数の濾胞より成る。濾胞は主として心臓背部の筋組織中および腹動脈後部の周囲に多数密接して存在する。さらに, 各入鰓動脈分岐付近にも存在するがその数は少ない。一般に濾胞腔にはエオシンに好染するコロイドが充満しており, 濾胞の大きさは不定である。

濾胞上皮細胞の高さはGSIのそれとよく一致した変化を示した (挿図1, 2)。5月から8月の産卵期ではGSIは高い値を示し, この期間中雌は連日産卵を続け, 雄は活発な精子形成を行う。1日の日照時間が13時間以下となる9月の不応期¹³⁾には, GSIは急激な減少をみせ, 短い日照時間と低水温が持続する11月から4月までの期間にも同様な低い値を示したが, 雄では1月に, 雌では2月に一時的な上昇の傾向をみせた。5月には日照時間の長日化, 水温の上昇に伴い再び活発な産卵が開始され, GSIは雌雄ともに顕著に増加した。

産卵期初期の甲状腺濾胞上皮細胞は立方形ないし低い円柱形で, 濾胞腔には均質なコロイドが充満していた (図版I-1, 2)。産卵期間中, 甲状腺活性は高く維持され, 8月に濾胞細胞の高さは最高となり雌雄それぞれ平均8.8 μ , 11.4 μ を示した。この時期の濾胞上皮細胞は円柱形となり, 核は細胞の



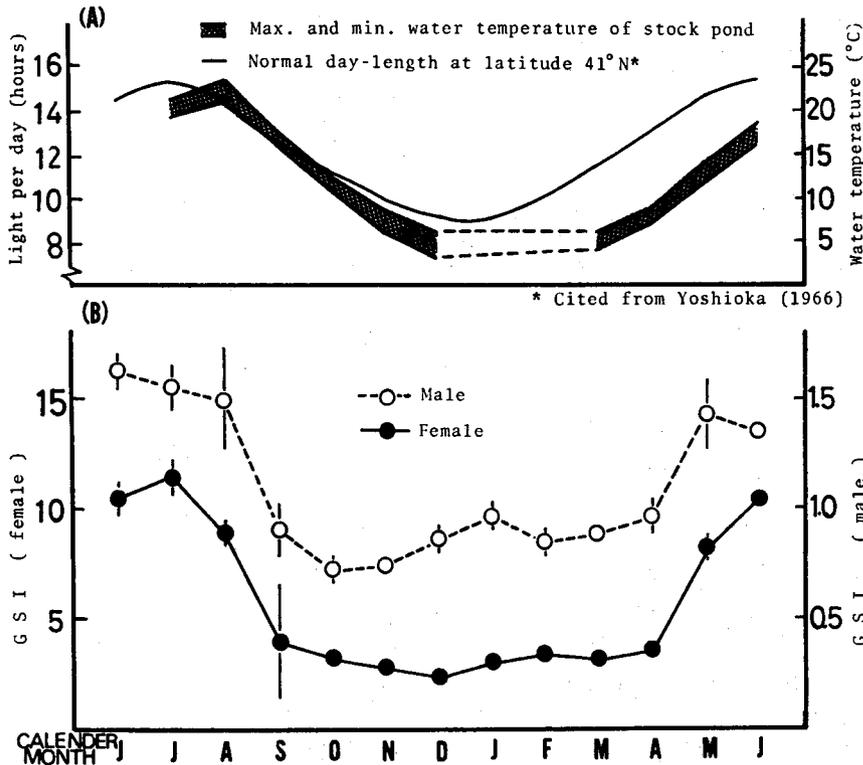
Text-fig. 1. Seasonal changes of the epithelial cell height of thyroid follicles in the medaka. Marks with vertical bars indicate the mean \pm standard error.

基底付近に位置し、核周辺の細胞質はヘマトキシリンに濃染するようになり、濾胞腔のコロイドの減少が観察された(図版 I-3, 4)。不応期の始まる9月には濾胞細胞の高さはGSIの低下と並行して急激な減少を示した(図版 I-5)。9月および10月の雄では、濾胞細胞の高さは個体によりかなりの巾の差をみせたが、これは既に濾胞細胞の高さの低下が顕著な個体と低下の度合いが著しくない個体とが混在していた結果と考えられる。特に9月の雄では正常な組織像を呈する濾胞に混じってヘマトキシリンに対する染色性を失った細胞より成る濾胞を持つ例が6個体中1個体で観察された(図版 I-6)。また、この時期には正常な濾胞構造を失った、崩壊途上と思われる像を見せる濾胞が認められ、2個体では甲状腺濾胞上皮細胞と考えられる細胞の間に、大小のコロイド塊が散在した像が観察された(図版 II-7, 8)。10月から4月にかけては甲状腺活性は低い水準にあり、12月から1月にかけて雌雄ともに甲状腺活性は最低となり(図版 II-9, 10)、また3月に顕著ではないが活性のピークが認められた。5月に入ると甲状腺活性は再び増大し始めた。雄の甲状腺は雌のそれに比して、濾胞細胞の高さは周期的に大であり、またその季節的変動も明瞭であった。

マンのメチル青-エオシン染色を施した標本では、濾胞細胞中にエオシンに染るコロイド小粒が認められた。これらのコロイド小粒は径0.5 μ から4 μ の大きさで、産卵期間中には、大多数の細胞に現われ、一般に大型のものが多く認められた。このコロイド小粒は9月の甲状腺にも認められたが、10月から4月にわたる不活性期には数、大きさともに減少し、ついには殆ど認められなくなる傾向が観察された(図版 II-11, 12)。コロイド小粒に見られたこれらの変化は濾胞細胞の高さの変化と関連する傾向を示した。

甲状腺活性に対する日照時間および水温の効果

実験に供した尾数、および結果は表1にまとめた。濾胞上皮細胞の高さ、GSIとも低い水準にある1月に、メダカを8時間明期-16時間暗期、水温20°Cの実験環境に移し10日間この条件に順応させた後の濾胞細胞の高さは雌雄ともに低い水準にとどまり、またGSIも低い値を示した。その後、人為的



Text-fig. 2. Seasonal changes of environmental factors for rearing (A), and of gonosomatic index (B) of the medaka. Marks with vertical bars of gonosomatic index (GSI) indicate the mean \pm standard error.

長日高水温 (LH) 条件下で飼育されたメダカでは 30 日後に雄は平均 9.4μ の濾胞細胞の高さを示し、明らかな活性の増大をみせ、雌でも平均 5.7μ と濾胞細胞の高さは僅かに増大した。この間 GSI は雌雄ともに高くなった。人為的短日高水温 (SH) 条件下では、40 日後でも甲状腺活性には変化が認められなかった。以上の結果から、長日条件が甲状腺を活性化させ、短日条件が活性を抑制するものと思われる。人為的長日低水温 (LL) 条件下では、40 日飼育後も雄では甲状腺活性には変化はなく、雌で僅かな増大が認められた。また、GSI もこの LL 条件下では僅かに上昇した。日照時間が充分に長くても、水温が適当でなければ、甲状腺を活性化し得ないことは明らかである。さらに、人為的短日低水温 (SL) 条件下では、甲状腺活性および GSI に変化はみられなかった。

考 察

本研究では、甲状腺濾胞上皮細胞の高さに基いて甲状腺活性を判定したが、Singh¹⁴⁾ は *Esomus danricus* で濾胞上皮細胞の高さと ^{131}I の取り込みが一致することを、また Pickford & Grant¹⁵⁾ は *Fundulus heteroclitus* で両者が一致することを報告している。Eales⁹⁾¹⁶⁾ は *Salmo gairdneri* で parr から smolt への移行時にのみ濾胞上皮細胞の高さと同位元素を用いた結果とが一致するが、両者が必ずしも一致しないことを明らかにしている。メダカでは、濾胞上皮細胞の高さと ^{131}I の取り込みは必ずしも完全には一致しないが、ほぼ相関した傾向を示す (西川未発表)。さらに、本研究ではコロイ

Table 1. *Effects of long (14L-10D, L) and short (8L-16D, S) photoperiods combined with high (25°C, H) and low (10°C, L) water temperatures on the gonads and thyroid of medaka.*

Group	Sex	Date of sampling				
		Feb. 7 (Od.) ²⁾	Feb. 17 (10d.)	Feb. 27 (20d.)	Mar. 8 (30d.)	Mar. 18 (40d.)
A) Number of fish sampled						
LH	M				5	
	F		5	5	5	
LL	M					5
	F		5	5		5
SH	M	5				5
	F	5		5		5
SL	M					5
	F		5	5		5
B) Changes of gonosomatic index						
LH	M				1.1±0.5	
	F		2.6±1.0	6.9±2.3	11.2±1.1	
LL	M					0.9±1.5
	F		1.5±0.2	1.9±0.4		3.0±1.5
SH	M	0.6±0.3 ¹⁾				1.6±0.1
	F	1.8±0.4		1.7±0.2		1.8±0.4
SL	M					0.6±0.3
	F		1.9±0.1	2.0±0.4		2.4±0.3
C) Changes in epithelial cell height of the thyroid (μ)						
LH	M				9.4±2.4	
	F		4.9±0.6	4.4±0.5	5.7±0.5	
LL	M					4.3±0.3
	F		4.6±1.2	3.2±0.4		5.5±0.7
SH	M	4.7±1.1				3.5±0.4
	F	3.9±1.2		3.0±0.2		4.6±0.7
SL	M		3.9±0.3	3.7±0.2		4.1±0.3
	F		3.9±0.3	3.7±0.2		3.5±0.2

- 1) Fish of the groups LH, LL and SL had previously been acclimated to the conditions of SH, and these males and females served as an initial control of the experiment.
- 2) Numerals in parentheses show days after the start of experiment.

ド小粒にみられた変化は濾胞上皮細胞の高さの変化とほぼ一致する傾向を示した。Yamamoto et al.¹⁷⁾ はラットおよびマウスでコロイド小粒が TSH 処理により増加することを報告し、コロイド小粒の変化を甲状腺ホルモン合成の程度の指標として用いている。以上のことから、本研究で用いた甲状腺活

性判定の指標としての濾胞上皮細胞の高さの変化は、その活性の増減を反映するものと見なしてよいように思われる。

メダカの甲状腺活性は生殖周期と一致した周年変化を示し、産卵期には高い水準を維持している。Barrington & Matty³⁾ は *Phoxinus phoxinus* で、Berg et al.⁴⁾ は *Fundulus heteroclitus* で、産卵期に甲状腺活性が増大することを報告している。加えて、Swift⁵⁾ は *Salmo trutta* で甲状腺活性の増大が成熟時にみられることを、また Hickman⁶⁾ は *Platichthys stellatus* で甲状腺活性の増大が卵の成熟開始と関連しているとしている。他方、Le Gall¹⁸⁾ は *Agonus cataphractus* で甲状腺活性のピークが産卵期ではなく、最大の生長率を示す時期に現われることを報告している。また、Yaron⁶⁾ は *Acanthoblama terrae-sanctae* で、産卵期に現れる甲状腺のピークを、周期的な産卵回遊に伴う生理的活性の増大に伴う現象と示唆している。メダカの産卵期における高い甲状腺活性は、生殖あるいは光、水温という外部環境要因と関連しているものと思われる。Yaron⁶⁾ は *A. terrae-sanctae* の非産卵期に現れる甲状腺活性の第2のピークを水温の上昇に帰している。メダカが甲状腺活性の高い水準を示す産卵期は、水温が最高を示す時期でもある。このことは、本種の甲状腺活性に対して、水温の上昇が刺激の効果を持つことを示している。同様な水温と甲状腺活性の関係は幾つかの魚種で知られている³⁾⁻⁵⁾¹⁹⁾。しかし、甲状腺活性の急激な低下のみられた9月では、水温は産卵期の7月とはほぼ同じであった。Yoshioka¹⁹⁾ はメダカの成熟に日照時間が重要な役割を有し、短日条件が成熟を抑制することを明らかにし、その臨界値を12-13時間としている。9月の日照時間は13時間を下回り、甲状腺活性、GSIともに減少した。甲状腺活性とGSIの同様な変化は1月から3月にかけて行った実験でも認められた。短日条件下では、メダカは水温が適当であっても甲状腺活性およびGSIは低いが、長日条件下では適当な水温であれば、甲状腺活性およびGSIはともに増大した。このことは、本種では、長日条件が生殖腺に対すると同様に甲状腺をも活性化することを示唆している。同様な長日条件の甲状腺活性への刺激効果は、他の魚種でも知られている⁷⁻⁹⁾。しかし、長日条件下であっても、水温が適当でなければ甲状腺活性は増大せず、少なくとも、本種では日照時間が甲状腺活性に対する最も重要な外部要因であり、日照時間が甲状腺を活性化するに充分長い時に、水温が甲状腺活性に対して制限要因として働くものと考えられる。

日照時間と生殖腺および甲状腺との間の生理的機構は未だに明らかでないが、メダカでは、Kasuga & Takahashi¹⁹⁾ は、視床下部-脳下垂体系が生殖周期と並行した変化をみせることを報告しており、日照時間の変化が、視床下部-脳下垂体系を介して、生殖腺に対すると同様に甲状腺に影響を与えているものと思われる。

周年を通して雄は雌に比べ、甲状腺活性の明瞭な季節的变化を示し、濾胞上皮細胞の高さもより大きい値を示した。Matty¹⁰⁾ は *Sparisoma squalidum* で、Singh²⁰⁾²¹⁾ は正常ないし脳下垂体剔除 *Mystus vittatus* で、雄性ホルモン処理により甲状腺を活性化し得ることを報告している。Takahashi & Iwasaki²²⁾ はメダカ精巢の間質細胞の組織化学的にみた、ステロイド合成能が産卵期で最も強いことを示している。これらのことから、本研究でみられた雄の雌に比べ高い甲状腺活性が、雄性ホルモンの影響によるものである可能性が考えられる。

Sage¹¹⁾ は、甲状腺への制御機構は脳下垂体の生殖腺への制御機構から進化したもので、thyroxineの初期の役割は生殖と関連しており、硬骨魚でもthyroxineが性成熟に必要であると述べている。さらに、性ホルモンが甲状腺活性に影響を与え、さらに甲状腺が生殖系に影響を与えるという相互関係の存在を示唆している。メダカにおいても、甲状腺が生殖系に影響を与えている可能性は否定できない。

要 約

1. 戸外池で飼育した野性メダカを、1971年6月から1972年6月まで毎月定期的に採集し、甲状腺を観察した。甲状腺の組織学的活性は、生殖周期と一致した変化を示し、5月から8月の産卵期では高い水準にあり、8月に最高に達した。不応期の始まる9月に甲状腺活性は低下し、以後10月から4月まで甲状腺活性は低い水準にあり、12月から1月にかけて最低を示し、3月に微弱な甲状腺活性のピークを示した。周年を通じ、雄は雌に比べ高い活性を示し、その季節的变化もより明瞭であった。
2. さらに、甲状腺活性に対する環境要因の影響を調べるため、1971年1月から3月にかけて、14時間明期-10時間暗期(L)、8時間明期-16時間暗期(S)の人為的光条件と、25°C(H)と10°C(L)の水温を組み合わせた、LH、LL、SHおよびSLの4条件下で飼育した。LH条件では甲状腺および生殖腺は活性が増大したが、LL条件では、甲状腺および生殖腺は僅かな活性の増大を示した。SH、SLの両条件では、甲状腺活性には変化が見られなかった。
3. 以上の結果から、日照時間が甲状腺活性に対し重要な外部要因として働き、日照時間が甲状腺を活性化させるに充分長い時には、水温が甲状腺活性に対する制限要因として働くものと思われる。さらに、甲状腺と生殖との関係について論議した。

文 献

- 1) Pickford, G.E. and Atz, J.W. (1957). *The Physiology of the Pituitary Gland of Fishes*. 613p. New York Zoological Society, New York.
- 2) Gorbman, A. (1969). Thyroid Function and Its Control in Fishes. p. 241-265. In Hoar, W.S. and Randall, D.J. (eds.), *Fish Physiology*, Vol. II. 446p. Academic Press, London and New York.
- 3) Barrington, E.J.W. and Matty, A.J. (1954). Seasonal variations in the thyroid gland of the minnow, *Phoxinus phoxinus* L., with some observations on the effect of temperature. *Proc. Zool. Soc. London* 124, 85-95.
- 4) Berg, O., Gorbman, A. and Kobayashi, H. (1959). The Thyroid Hormones in Invertebrates and Lower Vertebrates. p. 302-319. In Gorbman, A. (ed.), *Comparative Endocrinology*. 746p. John Wiley & Sons, New York.
- 5) Hickman, C.P. (1962). Influence of environment on the metabolism of iodine in fish. *Gen. Comp. Endocrinol. Suppl.* 1, 48-62.
- 6) Yaron, Z. (1969). Correlation between spawning, water temperature and thyroid activity in *Acanthobrama terrae-sanctae* (Cyprinidae) of Lake Tiberius. *Gen. Comp. Endocrinol.* 12, 604-608.
- 7) Baggerman, B. (1957). An experimental study on the timing of breeding and migration in the three-spined stickleback (*Gasterosteus aculeatus* L.). *Archiv. Néerl. Zool.* 12, 105-308.
- 8) Swift, A.J. (1960). Cyclical activity of the thyroid gland of fish in relation to environmental changes. *Symp. Zool. Soc. London* 2, 17-27.
- 9) Eales, J.G. (1965). Factors influencing seasonal changes in thyroid activity in juvenile steelhead trout, *Salmo gairdneri*. *Can. J. Zool.* 43, 719-729.
- 10) Matty, A.J. (1960). Thyroid cycles in fish. *Symp. Zool. Soc. London* 2, 1-15.
- 11) Sage, M. (1973). The evolution of thyroidal function in fishes. *Amer. Zool.* 18, 899-905.
- 12) Yoshioka, H. (1963). On the effects of environmental factors upon the reproduction of fishes. II. Effects of short and long day-lengths on *Oryzias latipes* during spawning season. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 14, 137-171.
- 13) Yoshioka, H. (1965). Ditto. III. The occurrence and regulation of refractory period in the photoperiodic response of medaka, *Oryzias latipes*. *J. Hokkaido Univ. Educ., Sect. IIB.* 17, 23-33.

- 14) Singh, T.P. (1968). Seasonal changes in radioiodine uptake and epithelial cell height of the thyroid gland in the freshwater teleosts *Esomus danricus* (Ham) and *Mystus vittatus* (Bloch) under varying conditions of illumination. *Z. Zellforsch.* **87**, 422-428.
- 15) Pickford, G.E. and Grant, F.B. (1968). The response of hypophysectomized male killifish (*Fundulus heteroclitus*) to thyrotropin preparations and to the bovine heterothyrotropic factor. *Gen. Comp. Endocrinol.* **10**, 1-7.
- 16) Eales, J.G. (1964). The influence of temperature on thyroid histology and radioiodine metabolism of yearling steelhead trout, *Salmo gairdneri*. *Can. J. Zool.* **42**, 829-841.
- 17) Yamamoto, K., Onayama, T., Yamada, T. and Kotani, M. (1972). Inhibitory effect of excess iodide on thyroid hormone release as measured by intracellular colloid droplets. *Endocrinology* **90**, 986-991.
- 18) Le Gall, S. (1969). Croissance d'un poisson téléostéen, l'*Agonus cataphractus* (Linné). Rapports avec le cycle sexuel et le cycle de l'activité thyroïdienne. *Vie et Milieu* **20**, 153-234.
- 19) Kasuga, S. and Takahashi, H. (1971). The preoptic-hypophysial neurosecretory system of medaka, *Oryzias latipes*, and its changes in relation to the annual reproductive cycle under natural conditions. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* **21**, 259-268.
- 20) Singh, T.P. (1968). Thyroidal I-131 uptake and TSH potency of the pituitary in response to graded doses of methyltestosterone in *Mystus vittatus* (Bloch). *Gen. Comp. Endocrinol.* **11**, 1-4.
- 21) Singh, T.P. (1969). Observations on the effect of gonadal and adrenal cortical steroids upon thyroid gland in hypophysectomized catfish, *Mystus vittatus* (Bloch). *Ibid.* **12**, 556-560.
- 22) Takahashi, H. and Iwasaki, Y. (1973). Histochemical demonstration of Δ^5 - 3β -hydroxysteroid dehydrogenase activity in the testis of the medaka, *Oryzias latipes*. *Endocrinol. Japon.* **20**, 529-534.

Explanation of Plate I

All figures are sections through thyroid follicles of the medaka, showing seasonal changes of thyroid activity. Hematoxylin and eosin. Figs. 1-5, $\times 1000$, fig. 6, $\times 200$.

Fig. 1. Female, sampled in May.

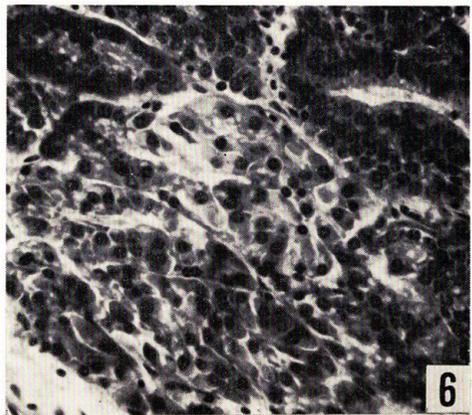
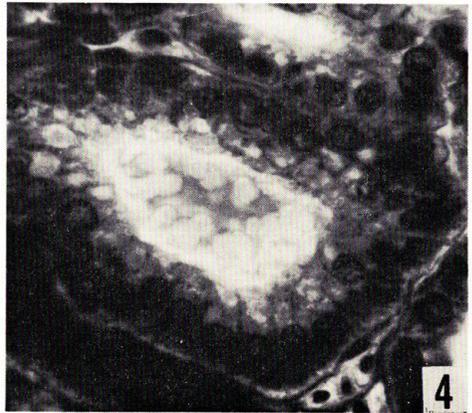
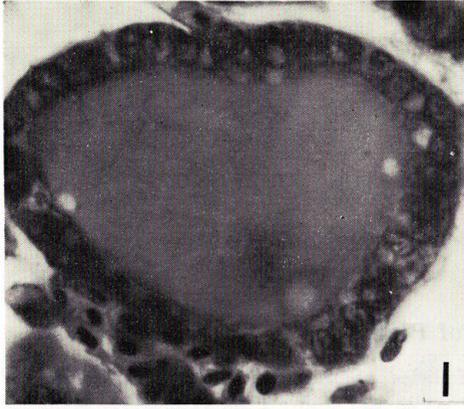
Fig. 2. Male, sampled in May.

Fig. 3. Female, sampled in August, showing high activity of the gland.

Fig. 4. Male, sampled in August, revealing the aspect of high activity of the gland.

Fig. 5. Female, sampled in September.

Fig. 6. Male, sampled in September, showing cells which are little stained with hematoxylin.



NISHIKAWA: Seasonal changes of thyroid in medaka

Explanation of Plate II

All figures are sections through thyroid follicles of the medaka, showing seasonal changes of thyroid activity. Figs. 7-10, hematoxylin and eosin; Figs. 11 and 12, Mann's methylblue and eosin. $\times 1000$

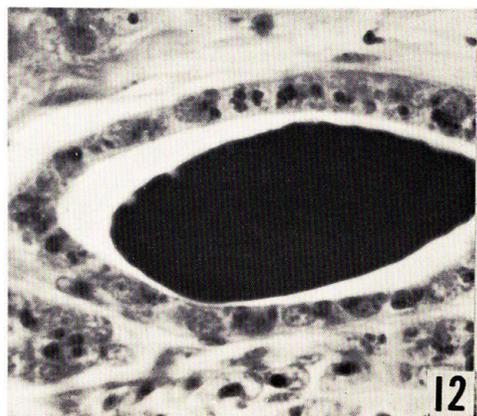
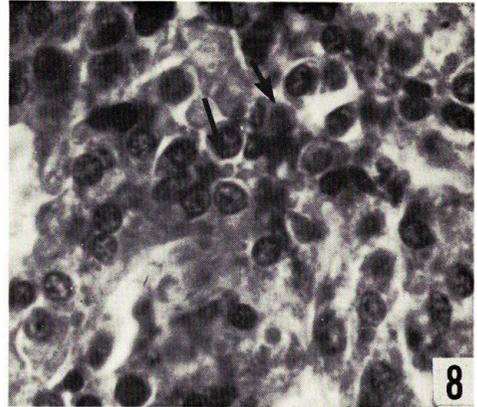
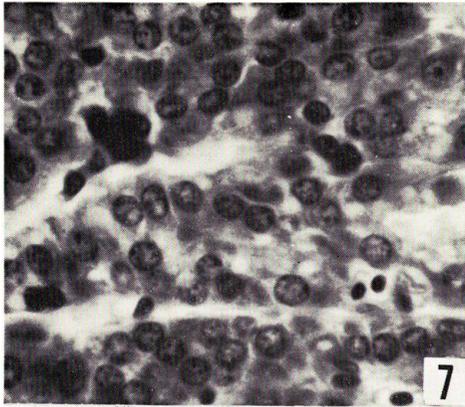
Figs. 7 and 8. Male, sampled in September, showing disintegration of thyroid follicles. The occurrence of colloidal masses (arrows) among the cells of disintegrated follicles is seen in Fig. 8.

Fig. 9. Female, sampled in December.

Fig. 10. Male, sampled in January, showing a histological aspect of low activity.

Fig. 11. Male, sampled in August. Note the presence of large colloid droplets (arrow) in most of the follicle cells.

Fig. 12. Male, sampled in January. Colloid droplets in the follicle cells are small in number.



NISHIKAWA: Seasonal changes of thyroid in medaka