



Title	マガレイおよびマコガレイの摂餌と生存に及ぼす水温の影響
Author(s)	高橋, 豊美; 富永, 修; 前田, 辰昭
Citation	日本水産学会誌, 53(11), 1905-1911 https://doi.org/10.2331/suisan.53.1905
Issue Date	1987
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/38662
Rights	© 1987 公益社団法人日本水産学会
Type	journal article
File Information	takahashi1-15.pdf



マガレイおよびマコガレイの摂餌と生存に及ぼす水温の影響

高橋 豊美, 富永 修, 前田 辰昭

(1987 年 2 月 9 日受理)

Effects of Water Temperature on Feeding and Survival of Righteye
Flounders *Limanda herzensteini* and *Limanda yokohamae*

Toyomi Takahashi,* Osamu Tominaga,* and Tatsuki Maeda*

Two species of righteye flounders, *Limanda herzensteini* (173~243 mm in length) and *L. yokohamae* (211~271 mm in length), were reared under various water temperature conditions, and the effects of temperature on daily feeding rate and their survival were examined. Although *L. herzensteini* did not feed at temperatures below 0.7°C, no deaths were observed at the lowest rearing temperature (-0.9~-1.3°C). *L. yokohamae* could also tolerate long-term exposure (approximately three weeks) to subzero temperatures (up to -0.5°C), but they ceased to feed at 1.6~1.9°C. At temperatures below 18~19°C, the daily feeding rate (%wet body weight per day) of *L. herzensteini* increased with increasing temperature and began to decrease remarkably at about 19°C, while in *L. yokohamae* the temperature at when the daily feeding rate began to decrease was about 25°C. In addition, heat resistance experiments suggested that the upper lethal limits of temperature of *L. herzensteini* and *L. yokohamae* lay in 25~26°C and 28~30°C, respectively.

From these results, it became evident that the thermal resistance of these two species which often occur sympatrically in the coastal waters of Japan differs considerably, that is, *L. herzensteini* is superior in cold resistance, but is inferior in heat resistance to *L. yokohamae*.

変温動物である魚類の生活は水温と密接に関連しているが、¹⁾ わが国沿岸域における重要な底魚資源である マガレイ *Limanda herzensteini* とマコガレイ *L. yokohamae* の分布に及ぼす水温の影響については非常に乏しい知見しか得られていない。それによると、山形県沖と新潟県沖のマガレイおよび福岡県沖のマコガレイは高温期になると比較的低温な沖合域へ移動する。²⁻⁴⁾ また、青森県陸奥湾のマコガレイは低温期には暖流水の流入域に分布域を変える。⁵⁾ これらの知見はいずれも水温が魚群の分布を制御している可能性を指摘したものであるが、自然環境下での魚群行動は餌料条件など水温以外の要因によって影響されていることも考えられ、飼育実験などによる検証が必要であろう。しかし、既往の実験例⁶⁻⁹⁾のうち、マコガレイの高温限界を調べた平嶋ら⁹⁾のほかは実験目的が異なるため断片的な情報に過ぎない。このため本報では成魚・未成魚期のマガレイとマコガレイを致死水温を含む広範な水温条件下で飼育し、魚群分布の重要な制御要因と考えられる摂餌活動および生存に及ぼす水温の影響について検討したので報告する。なお、本実験に用いた北海道南部のマガレイとマコガレイは、それぞれ 5~7 月¹⁰⁾ および 2 月下旬~4 月上旬¹¹⁾ に産卵を行った

のち、索餌期へ移行すると考えられる。

本報告に当たり、種々有益な御助言を賜った北海道大学水産学部元教授上野元一博士、同三島清吉博士、同久新健一郎教授に対し、深甚なる謝意を表す。また、飼育方法について御助言を頂いた北海道大学水産学部桜井泰憲教官、供試魚の採集と蓄養に当たり御協力を頂いた当学部調査船うしお丸ならびに同白尻水産実験所の方々に対し、心から感謝します。

実 験 方 法

実験に供したマガレイは 1985 年 12 月に北海道南部の白尻沖で釣獲された 16 尾 (全長 173~243 mm) である。一方、マコガレイの実験には 1986 年 6 月に知内沖 (道南) の底建網により漁獲された 9 尾 (全長 211~271 mm) を用いた。このうち、マコガレイは知内町蓄養センターにごく短期間収容されたのち当実験室へ移されたが、マガレイについては当学部白尻水産実験所の流水式水槽内で約 7 ヶ月間蓄養 (マイワシ *Sardinops melanostictus* とイカナゴ *Ammodytes personatus* の切り身を投与、水温 0.9~13.3°C) ののち、当実験室へ移された。

実験は主として、ろ過循環式の FRP 製角型水槽 (満

* 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato 3, Hakodate 041, Japan).

Table 1. Daily food consumption and daily feeding rate of *Limanda herzensteini* at various water temperatures in 1.5 t tank. Each value is based on a group of 3~16 individuals, and the means of daily rates are shown in parentheses. Fish were held at 11.0~11.9°C for 30 days and at 7.1~7.9°C for the following 10 days prior to the experiment

Duration	No. of fish	Temp. (°C)	Daily food consumption (g wet weight/day)	Daily feeding rate (% wet body weight/day)
1986 Sep. 6~9* ¹	16* ³	7.5→3.7	0	0
Sep. 10	16	3.7~3.8	135.1	8.7
Sep. 11~16	16	3.3~3.8	33.1~93.2 (76.9)	2.1~6.0 (5.0)
Sep. 17	16	2.1~3.1	62.9	4.1
Sep. 18~24	16	1.7~2.1	32.1~73.9 (58.4)	1.9~4.5 (3.5)
Sep. 25~27* ¹	16* ⁴	1.8→6.4	0	0
Sep. 28	16	6.0~6.4	74.8	4.5
Sep. 29	16	5.2~5.3	41.7	2.5
Sep. 30	16	3.3~3.8	43.2	2.6
Oct. 1~3	16	1.7~2.4	9.3~31.9 (23.2)	0.6~1.9 (1.4)
Oct. 4~5	16	1.5~1.7	19.8~21.7 (20.8)	1.2~1.3 (1.3)
Oct. 6~7* ¹	16	1.5~1.9	0	0
Oct. 8	16	1.7~1.9	21.4	1.3
Oct. 9~12* ¹	16* ⁵ →12* ⁶	1.9→4.5	0	0
Oct. 13	12	4.5~4.8	79.3	5.5
Oct. 14~15	12	4.5~4.9	34.6~40.2 (37.4)	2.4~2.8 (2.6)
Oct. 16	12	7.9~8.1	74.0	5.1
Oct. 17	12	10.0~10.4	86.9	6.0
Oct. 18	12	13.2~13.3	104.4	7.2
Oct. 19~30	12	15.2~16.1	71.0~156.7 (122.4)	4.9~10.6 (8.3)
Oct. 31~Nov. 3	12	17.8~19.0	100.9~169.3 (133.2)	6.8~11.4 (9.0)
Nov. 4~6	12	19.2~19.8	75.9~78.7 (77.5)	5.1~5.3 (5.2)
Nov. 7~8	12	20.8~21.0	68.9~74.3 (71.6)	4.7~5.0 (4.8)
Nov. 9~10	12	21.7~22.5	62.5~78.6 (70.6)	4.2~5.3 (4.8)
Nov. 11~19	12	22.7~23.8	30.8~62.0 (45.8)	2.0~4.1 (3.1)
Nov. 19	12→3			
Nov. 20	3	23.1~23.8	10.9	3.0
Nov. 21~22	3	25.3~25.4	2.0~5.9 (4.0)	0.5~1.6 (1.1)
Nov. 23* ²	3* ⁷	26.3	0	0
Nov. 20~23* ¹	9* ⁸	23.1→15.0	0	0

*¹ Received no food, *² Death. Wet body weight: *³ 1442.4 g (Aug. 20), *⁴ 1656.5 g (Sep. 27), *⁵ 1670.5 g (Oct. 12), *⁶ 1447.3 g (Oct. 12), *⁷ 365.0 g (Nov. 23), *⁸ 1145.2 g (Nov. 23).

Table 2. Daily food consumption and daily feeding rate of *Limanda herzensteini* at various water temperatures in 132 l tank. Each value is based on a group of 3 individuals, and the means of daily rates are shown in parentheses

Duration	No. of fish	Temp. (°C)	Daily food consumption (g wet weight/day)	Daily feeding rate (% wet body weight/day)
1986 Oct. 9~12* ¹	3* ²	1.9→4.1	0	0
Oct. 13	3	4.0~4.1	10.1	6.1
Oct. 14	3	4.1~4.1	11.8	7.1
Oct. 15~26	3	4.0~4.4	3.4~8.9 (5.2)	2.0~5.3 (3.0)
Oct. 27	3	3.8~4.2	4.7	2.7
Oct. 28~30	3	3.0~3.6	0.5~5.9 (4.1)	0.3~3.4 (2.4)
Oct. 31~Nov. 2	3	1.6~2.8	0.4~2.5 (1.6)	0.2~1.4 (0.9)
Nov. 3~5	3	1.0~1.3	1.2~2.8 (2.1)	0.7~1.6 (1.2)
Nov. 6~8	3	0.0~0.7	0	0
Nov. 9~17	3	0.0~-0.5	0	0
Nov. 18~23	3* ³	-0.9~-1.3	0	0

*¹ Received no food. Wet body weight: *² 166.7 g (Oct. 12), *³ 178.4 g (Nov. 23).

水容量 1.5 トン, 94 cm×234 cm×70 cm, 流量約 42 l/min) 2 台を使用して水深約 50 cm の状態で行い, 水温はサーモ・コントローラー付循環型海水クーラー (TKC 1500 C, 冷却機出力 1.5 kW) と 1 kW の投げ込みヒーターで調節した。ただし, 大型水槽の冷却能力はおよそ 1.5°C までが限度であったため, 氷点下の水温を含む実験は恒温室内に設置したる過循環式小型水槽 (満水容量 132 l, 45 cm×65 cm×45 cm, 流量約 12 l/min) 内で行った。設定した水温の 1 日の変化範囲は大型水槽内では $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$, 小型水槽内では $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 以内であった。実験期間中, 飼育水は数回に分けて交換し, 塩分濃度は 32.01~34.10‰, 溶存酸素量はほぼ飽和状態の 4.20~8.25 ppm であった。摂餌は体重測定のための絶食期間 (2~4 日間) を除き, 毎朝 8 時 30 分から 10 時までの間に行ったが, その際, 餌 (生きたゴカイ科の一種) が必ず残る量を与え, 13 時間 (天然海域における索餌期のおおよその日照時間に相当する) を経過したのち残餌を取り上げ, 摂餌量から残餌量を差し引いた値を 1 日の摂餌量とした。餌を与えているときの水中照度は大型水槽では約 4.8 lx, 小型水槽では約 10.0 lx であった。ま

た, 飼育魚の体重は 2~7 週間の間隔でアミノ安息香酸エチルによる麻酔を施して測定した。そして, 体重測定を行った日から次の測定日までの期間を 4 等分して始めと終わりの各 1/4 の期間の体重はそれぞれ 1 回目と 2 回目の測定値とし, 他の期間については 2 者の平均値を当てることにより日間摂餌率 (日間摂餌量の体重比 %) を推定した。実験はマガレイについては 9 月中旬~11 月下旬, マコガレイについては 7 月中旬~10 月上旬に行ったが, これは性成熟に伴って摂餌活動が衰退する^{12,13)} 期間を避けたためである。なお, 供試魚の状態は通常の水温下では頗る良好であった。

結 果

マガレイ マガレイ 16 尾を大型水槽内にて 11°C 台で 30 日間, 7°C 台で 10 日間飼育し, その後, 4 日間の絶食期間中に水温を 3°C 台に下げたのち実験を開始した。実験結果の概要は Table 1, 2 に示した通りで, 飢餓期間を与えると, 摂餌を始めた 1 日目の日間摂餌率は同じ水温下での値に比べてかなり高い場合が多かった。このため, 摂餌を再開した日の測定値を除いて水温

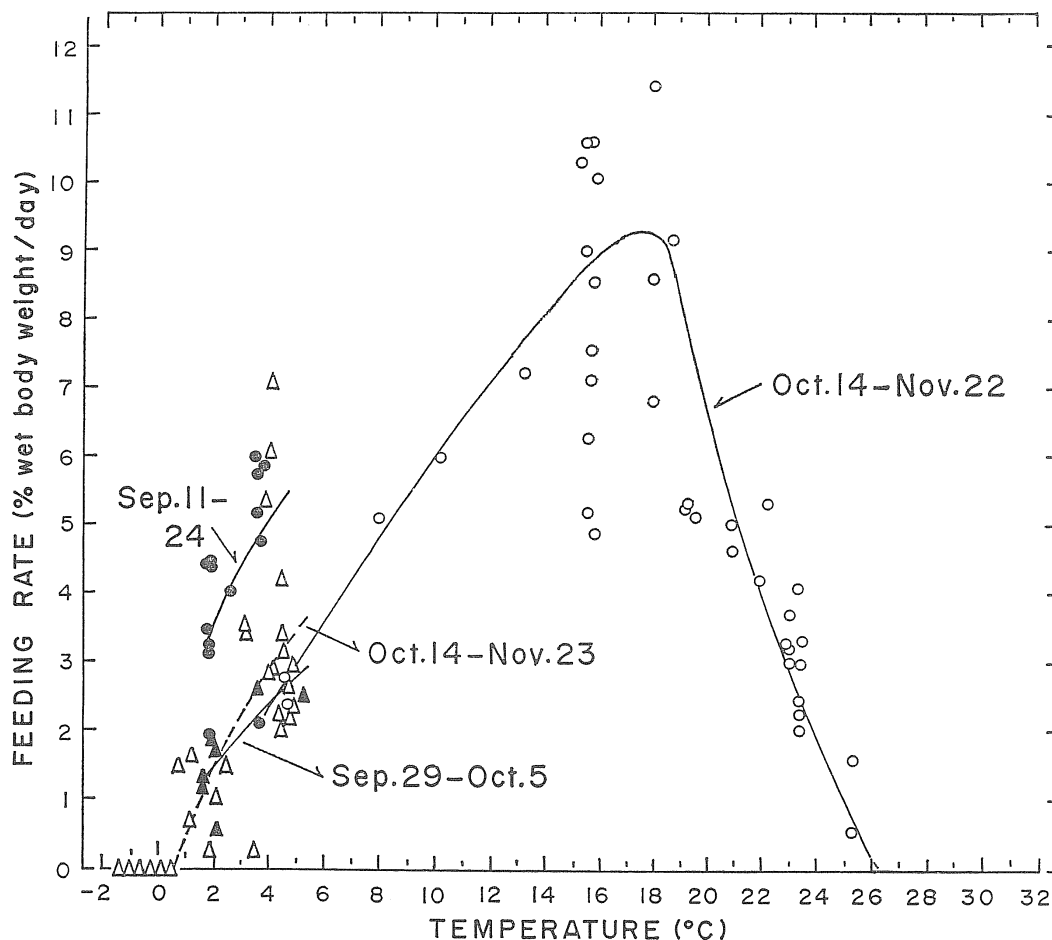


Fig. 1. Daily feeding rate of *Limanda herzensteini* at various water temperatures. Each point is the every day rate based on a group of 3~16 individuals as in Table 1 and 2.

Table 3. Daily food consumption and daily feeding rate of *Limanda yokohamae* at various water temperatures in 1.5 t tank. Each value is based on a group of 6~9 individuals, and the means of daily rates are shown in parentheses. Fish were held at 15.0~15.9°C for 18 days prior to the experiment

Duration	No. of fish	Temp. (°C)	Daily food consumption (g wet weight/day)	Daily feeding rate (% wet body weight/day)
1986 Jul. 6~9* ¹	9* ⁵	15.5~15.6	0	0
Jul. 10	9	15.3~15.6	89.6	5.8
Jul. 11~18	9	15.1~16.1	35.1~69.3 (53.8)	2.3~4.5 (3.5)
Jul. 19~23	9	11.7~12.4	30.6~60.9 (50.7)	2.0~3.6 (3.1)
Jul. 24~25	9	10.3~10.8	56.6~56.9 (56.8)	3.3~3.3 (3.3)
Jul. 26	9	8.9~9.9	53.4	3.1
Jul. 27~28	9	8.1~9.1	51.0~57.7 (54.4)	3.0~3.4 (3.2)
Jul. 29~31	9	7.3~8.3	34.4~52.4 (45.6)	2.0~3.1 (2.7)
Aug. 1~6	9	6.0~7.2	34.9~54.0 (43.9)	2.0~3.2 (2.6)
Aug. 7~15	9	4.8~6.0	35.3~63.2 (53.5)	2.1~3.4 (3.1)
Aug. 16~20	9	2.9~4.1	14.8~39.9 (30.7)	0.8~2.1 (1.6)
Aug. 21~22	9	2.5~3.2	4.4~8.9 (6.7)	0.2~0.5 (0.4)
Aug. 23~25	9	6.0~6.7	60.0~73.1 (68.3)	3.2~3.9 (3.6)
Aug. 26~27* ²	9* ⁶ →6* ⁷	6.2→7.8	—* ³	—* ³
Aug. 28	6	8.8~9.0	40.3	2.7
Aug. 29	6	10.9~11.3	68.7	4.6
Aug. 30~Sep. 1	6	12.5~13.2	75.9~141.5 (113.3)	5.1~9.5 (7.6)
Sep. 2~3	6	13.5~14.4	126.6~162.4 (144.5)	8.5~10.9 (9.7)
Sep. 4~5	6	16.5~16.7	65.7~71.6 (68.7)	4.4~4.8 (4.6)
Sep. 6~7	6	17.8~18.6	64.9~110.4 (87.7)	4.3~7.4 (5.9)
Sep. 8	6	20.6~21.6	86.3	5.8
Sep. 9	6	21.5~22.5	94.5	6.3
Sep. 10~11	6	22.1~23.3	101.1~127.7 (114.4)	6.8~8.5 (7.6)
Sep. 12~14	6	23.6~24.5	127.6~129.9 (128.5)	8.5~8.7 (8.6)
Sep. 15~24	6	24.6~25.7	84.3~144.7 (118.4)	5.6~9.7 (7.9)
Sep. 25	6	26.7~26.9	62.0	4.1
Sep. 26	6	27.7~27.9	35.9	2.4
Sep. 27	6	28.8~29.0	25.6	1.7
Sep. 28* ⁴	6* ⁸	30.1~30.4	18.8	1.2

*¹ Received no food, *² Received a small amount of food, *³ Not measured, *⁴ Death. Wet body weight: *⁵ 1548.0 g (Jul. 9), *⁶ 1872.2 g (Aug. 26), *⁷ 1486.9 g (Aug. 26), *⁸ 1506.9 g (Sep. 28).

Table 4. Daily food consumption and daily feeding rate of *Limanda yokohamae* at various water temperatures in 132 l tank. Each value is based on a group of 3 individuals, and the means of daily rates are shown in parentheses

Duration	No. of fish	Temp. (°C)	Daily food consumption (g wet weight/day)	Daily feeding rate (% wet body weight/day)
1986 Aug. 26~27* ¹	3* ³	6.2→5.1	—* ²	—* ²
Aug. 28	3	4.7~5.1	11.4	3.0
Aug. 29	3	3.7~3.8	14.1	3.7
Aug. 30	3	2.8~3.0	8.0	2.1
Aug. 31	3	2.0~2.3	9.2	2.4
Sep. 1	3	2.0~2.0	6.1	1.6
Sep. 2~7	3	1.6~1.9	0	0
Sep. 8	3	0.9~1.3	0	0
Sep. 9~21	3	0.0~0.5	0	0
Sep. 22~Oct. 9	3* ⁴	-0.1~-0.5	0	0

*¹ Received a small amount of food, *² Not measured. Wet body weight: *³ 385.3 g (Aug. 26), *⁴ 364.7 g (Oct. 9).

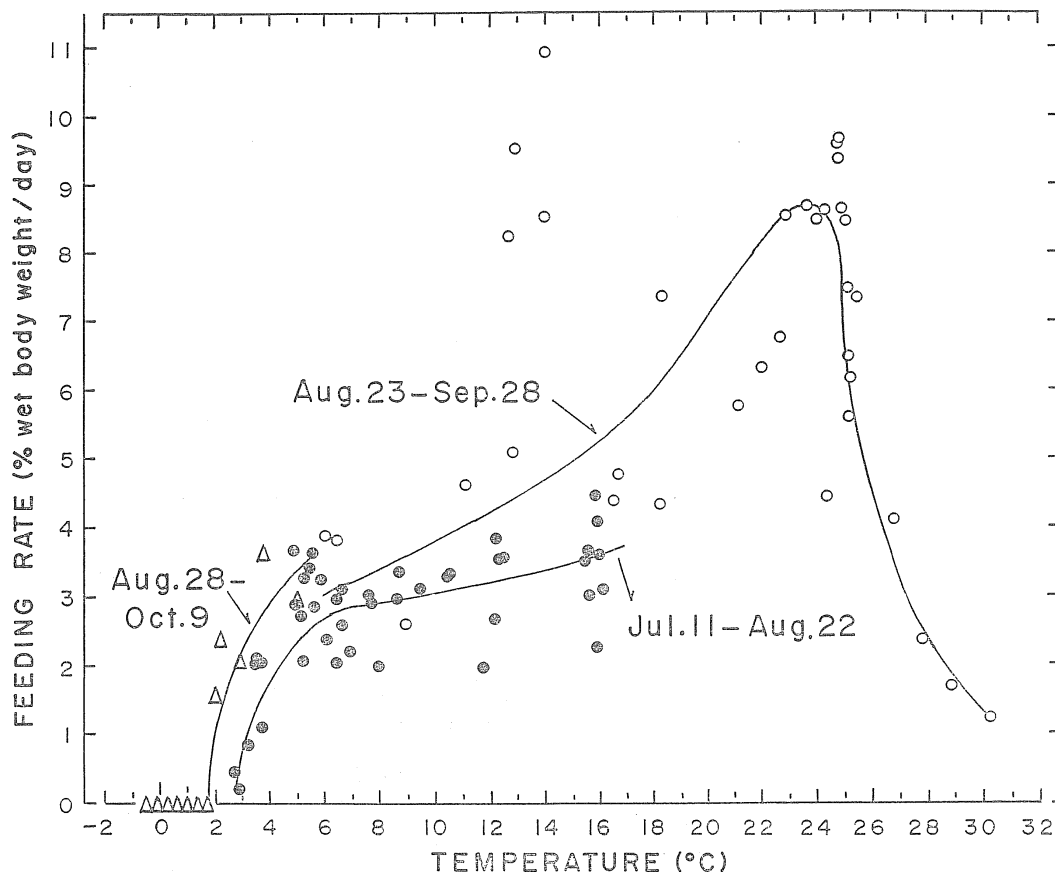


Fig. 2. Daily feeding rate of *Limanda yokohamae* at various water temperatures. Each point is the every day rate based on a group of 3~9 individuals as in Table 3 and 4.

と日間摂餌率との関係を検討した (Fig. 1)。

本実験で求めた日間摂餌率はバラツキがかなり大きく、 $3.3\sim 3.8^{\circ}\text{C}$ では $2.1\sim 6.0\%$ (平均 5.0%) であった。しかし、 3°C 台から 1°C 台まで日間摂餌率は水温の降下に伴って減少する傾向が認められ、 $1.7\sim 2.1^{\circ}\text{C}$ では $1.9\sim 4.5\%$ (平均 3.5%) となった。このような傾向は水温を 5°C 台から 1°C 台に下げた場合も同様であり、 $1.5\sim 1.7^{\circ}\text{C}$ では $1.2\sim 1.3\%$ の非常に低い値となった。

その後、16尾のうち3尾を小型水槽内 (約 4°C) へ移し、徐々に水温を下げてゆくと、 $1.0\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ までは僅かに摂餌が認められたが ($0.7\sim 1.6\%$, 平均 1.2%)、 0.7°C 以下の水温では摂餌は行われなかった。なお、供試魚の状態は -0.5°C 前後までは外的な刺激を与えると遊泳するなど比較的強い反応を示したが、 -1°C 台では鰭にかすかな動きがみられる程度となった。しかし、これらの水温下で死亡する個体はなかった。

一方、大型水槽内に残した13尾のうち12尾については、徐々に高温環境に馴らしながら摂餌活動および生存の高温限界を調べた。ただし、予備的な実験で日間摂餌率が減少し始めた 15°C 台と天然海域における生息水温のほぼ上限である 22°C 台 $\sim 23^{\circ}\text{C}$ 台(後述)では、そ

れぞれ約10日間同じ水温に保った。その結果、 4°C 台での日間摂餌率は $2.4\sim 2.8\%$ であったが、 $17.8\sim 19.0^{\circ}\text{C}$ では $6.8\sim 11.4\%$ (平均 9.0%) の非常に高い値となった。しかし、それよりも高温にすると日間摂餌率は著しく減少し、 $25.3\sim 25.4^{\circ}\text{C}$ (23°C 以上の高温実験は3尾について行った) では僅か $0.5\sim 1.6\%$ となり、 26.3°C のときに飼育魚の全数が死亡した。なお、飼育魚の状態は 23°C 前後から餌に対する反応が非常に鈍くなり、 25°C 台では激しい鼻上げを繰り返す個体があった。

マコガレイ 本種については9尾を 15°C 台の大型水槽内で18日間飼育し、その後、4日間絶食させたのち、実験を開始した。実験結果の概要を Table 3, 4 に示す。投餌を再開した日の測定値を除いた結果は Fig. 2 に示した通りで、 $15.1\sim 16.1^{\circ}\text{C}$ のときの日間摂餌率は $2.3\sim 4.5\%$ (平均 3.5%) であった。その後、徐々に水温を下げたところ、日間摂餌率は $4.8\sim 6.0^{\circ}\text{C}$ まではそれほど減少しなかった。しかし、それよりも低温にすると急減し、 $2.5\sim 3.2^{\circ}\text{C}$ では 0.5% 以下となった。

次に、9尾のうち3尾を小型水槽 (約 5°C) へ移した結果、 2°C までは僅かに摂餌がみられたが (1.6%)、 $1.6\sim 1.9^{\circ}\text{C}$ のときに摂餌活動が停止した。その後、 $0\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ で約2週間、 $-0.1\sim -0.5^{\circ}\text{C}$ で約3週間飼育を

続けたが、死亡する個体はなかった。なお、飼育魚の状態は 2°C 前後から動きが緩慢となり、氷点下の水温では外的な刺激を強く加えぬ限りは全く不動であった。

一方、大型水槽に残した6尾については徐々に高温環境に馴らしながら摂餌活動および生存の高温限界を調べた。特に、天然海域における生息水温の上限に近い 24°C 台 $\sim 25^{\circ}\text{C}$ 台(後述)では約10日間飼育を続けた。その結果、 12°C 台 $\sim 14^{\circ}\text{C}$ 台では一時的に“バカ喰い”もみられたが、全体として日間摂餌率はマガレイよりもかなり高い 24°C 前後まで増加する傾向を示し、 $23.6\sim 24.5^{\circ}\text{C}$ では $8.5\sim 8.7\%$ (平均 8.6%) となった。しかし、約 25°C から日間摂餌率は急減し始め、 $30.1\sim 30.4^{\circ}\text{C}$ では僅かに摂餌をしたものの (1.2%)、その日のうちに飼育魚の全数が死亡した。なお、飼育魚の状態は 26°C 台から動きが緩慢となり、また、 27°C 台から鰓蓋運動数が異常に増加したが ($95\sim 105/\text{min}$)、平嶋ら⁹⁾が報告している遊泳行動や鼻上げは本実験では観察されなかった。

考 察

一般に、魚群を高温もしくは低温下で飼育し、その半数以上が長時間生存し得る水温を耐水温(高温限界、低温限界)と呼ぶが、¹⁴⁾これが耐性試験にかける前の飼育順化水温により大きく変化することはよく知られている。^{15,16)}当然、摂餌活動もまた順化の影響を強く受けるが、天然海域における魚群は環境水の季節的な水温変化に対応して温度耐性を徐々に高めてゆくと考えられることから、実際の致死水温や摂餌活動の適温などを推定するためには、水温変化の速度をなるべく小さくする必要がある。

高温下における実験結果をみると、マガレイについては 22°C 台 $\sim 23^{\circ}\text{C}$ 台の高温に約10日間馴らしたところ、 25°C 台に水温を上げて2日間死亡する個体はなかった。しかし、 26°C 台になると短時間のうちに全個体が死亡した。一方、マコガレイについては 24°C 台 $\sim 25^{\circ}\text{C}$ 台の高温に約10日間馴らしたところ、約 27°C 、約 28°C および約 29°C の水温下にそれぞれ1日ずつおいても死亡する個体はなかったが、 30°C 台になると比較的短時間のうちに全個体が死亡した。これについては平嶋ら⁹⁾の実験結果と概ね一致する。両種はともに致死水温に近くなると、呼吸困難症状である鼻上げもしくは鰓蓋運動数の増加¹⁷⁾が顕著となった。青森県水産増殖センター¹⁸⁾が水温 20°C 台で行った貧酸素水耐性試験によると、マコガレイは溶存酸素量がおおよそ 3 ppm に減少する頃から苦悶を始め、 2 ppm 以下になると比較的短時間のうちに死亡しているが、本実験でマコガレイが死亡したときの溶存酸素量はほぼ飽和状態の 4.2 ppm であ

った。また、筆者らの調査によると、マガレイについても死亡時の 4.5 ppm は青森県の陸奥湾における生息域に通常みられる値であり、ともに適温下では魚体に障害を与える条件とはならないと考えられる。したがって、溶存酸素量がほぼ飽和状態(前述)の環境下で、少なくとも数日間程度生存し得る高温限界はマガレイではおよそ $25\sim 26^{\circ}\text{C}$ 、マコガレイではおよそ $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ と推定される。

次に、低温下における実験結果をみると、マガレイは $-0.9\sim -1.3^{\circ}\text{C}$ で約1週間飼育を続けたが死亡する個体はなかった。一般に、海水魚の体液はほぼ $-0.5\sim -0.8^{\circ}\text{C}$ が凍結点であり、¹⁹⁾海水の凍結点(およそ -1.8°C)に近い低温域で生活する魚は体液が過冷却状態となるか、もしくは体液中に不凍剤(抗凍性物質)を含むことにより凍結を防ぐとされている。^{20,21)}マガレイもこのような抗凍結機能を持つものと思われる。これに対し、マコガレイは -0.5°C までの氷点下水温で約3週間死亡する個体はなかったが、マガレイよりも高温な $1.6\sim 1.9^{\circ}\text{C}$ のときに摂餌が停止し、外的な刺激に対してもより高い水温から反応が鈍くなった。したがって、本種もまた氷点下の水温で長期間生存し得るが、耐寒性はマガレイに比べて劣ると推察される。両種の間にみられる水温耐性の違いは摂餌活動にも明瞭に現れている。すなわち、摂餌し得る最低水温はマガレイではおよそ 1°C 、マコガレイではおよそ 2°C であった。また、日間摂餌率は両種ともに水温上昇に伴って増加したが、マガレイではおよそ 19°C 、マコガレイではおよそ 25°C を超えると急減した。ただし、本実験では天然海域に比べてはるかに多い餌を与えるなど、摂餌し易い状況となっていたことから、特に耐水温に近い環境下における両種の摂餌活動は実際にはより強く抑制されるものと思われる。

既往の報告を要約すると、マガレイの生息水温は $0\sim 23^{\circ}\text{C}$ であり、^{8,13,22-24)}一方、マコガレイの生息水温は $3\sim 27^{\circ}\text{C}$ である。^{8,13,25,26)}ただし、ソ連沿岸域ではマコガレイの産卵が $0\sim 1^{\circ}\text{C}$ の水温域でも行われているとした報告があるが、²³⁾種の同定に問題があるようである。このように、両種間の水温耐性の相違は天然海域における水温選択の違いとして現れており、マガレイの地理的分布がマコガレイに比べてかなり北方に偏っている^{27,28)}こともとも符合する。また、両種ともに本実験で推定した耐水温に比べて天然海域における生息水温の範囲がかなり狭いのは、魚群がその生理的機能を強く阻害する水温域を回避するためであろうが、特に低温限界との差異が大きいマコガレイの生息下限水温については、それに関する知見が不足していることも考えられる。

なお、著者らは陸奥湾において、マガレイおよびマコ

ガレイの分布と水温分布にかかわる資料を蓄積しており、次報では湾内の水温分布が両種の分布や摂餌活動にどのような影響を与えているのかという点について報告する予定である。

文 献

- 1) G. V. Nikorskii: 魚類生態学 (亀井健三訳), 第2版, 新科学文献刊行会, 米子, 1965, pp. 51-58.
- 2) 植野敏之: 新潟水試資料, **52**, 74-84 (1977).
- 3) 山洞 仁, 樋田陽治: 山形水試資料, **130**, 3-53 (1981).
- 4) 藤 紘和, 多胡信良: 昭和45年度福岡県豊前水試研報, 25-50 (1972).
- 5) 高橋豊美, 前田辰昭, 土屋康弘, 中谷敏邦: 日水誌 **53**, 177-187 (1987).
- 6) 田村 正: 水雑, **42**, 25-32 (1938).
- 7) 田村 正: 水雑, **46**, 56-66 (1940).
- 8) M. Hatanaka, M. Kosaka, and Y. Sato: *Tohoku J. Agr. Res.*, **7**, 151-162 (1956).
- 9) 平嶋 毅, 福岡和光, 能津純治: 大分水試研報, **8**, 23-29 (1973).
- 10) 函館水産試験場: 昭和59年度函館水試事業報告書, 72-73 (1985).
- 11) T. Yusa, C. R. Forrester, and C. Iioka: *Fish. Res. Bd. Can. Tech. Rep.*, **236**, 1-21 (1971).
- 12) 高橋豊美, 富永武治, 前田辰昭, 上野元一: 日水誌, **48**, 1257-1264 (1982).
- 13) 高橋豊美, 斎藤重男, 前田辰昭, 木村 大: 日水誌, **49**, 663-670 (1983).
- 14) 黒木敏郎: 魚類生理 (川本信之編), 第1版, 恒星社厚生閣, 東京, 1970, pp. 279-290.
- 15) P. Doudoroff: *Biol. Bull.*, **83**, 219-244 (1942).
- 16) J. R. Brett: *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **9**, 265-323 (1952).
- 17) 尾崎久雄: 魚類生理学講座, 第2巻, 緑書房, 東京, 1975, pp. 254-295.
- 18) 青森県水産増殖センター: 昭和53年夏期陸奥湾に発生した魚貝類の異常へい死に関する調査, 1-48 (1981).
- 19) G. N. Somero and P. W. Hochachka: in "Adaptation to Environment" (ed. by R. C. Newell), Butterworths, London, 1976, pp. 125-190.
- 20) 板沢靖男: 魚類生理学概論 (田村 保編), 第1版, 恒星社厚生閣, 東京, 1977, pp. 63-82.
- 21) 内田清一郎, 菅原 浩: 適応の生物学, 第1版, 講談社, 東京, 1979, pp. 45-83.
- 22) P. A. Moiseev: ソ連北洋漁業関係文献集, **22**, (小山 譲, 半井四郎, 大槻尚志, 中場 稔, 中山 登, 崎浦治之訳), 北洋資源研究協議会, 東京, 1957, pp. 26-27.
- 23) Pertseva-Ostroumova: 日ソ漁業科学技術協力翻訳印刷文献 (カレイ編の1) (平野義見訳), 水産庁, 東京, 1973, pp. 200-215.
- 24) 柿元 皓, 植野敏之: 新潟水試研報, **7**, 7-31 (1978).
- 25) 水産生物と温排水研究協議会: 水産研究叢書, **25**, 51-51 (1973).
- 26) 愛知県水産試験場, 三重県水産試験場: 太平洋中区栽培漁業漁場資源生態調査結果報告書, 9-10 (1975).
- 27) 松原喜代松: 魚類の形態と検索, 第1版, 石崎書店, 東京, 1955, pp. 1272-1272.
- 28) 上野達治: 北水試月報, **22**, 58-77 (1965).