

## サケ親魚に対する炭酸ガスの麻酔効果—ドライアイスとボンベを用いて—

やまもと たけお<sup>\*1</sup> わたなべ けんいち<sup>\*2</sup> いまい さとし<sup>\*3</sup> おおぬき つとむ<sup>\*4</sup> いいだ まさや<sup>\*5</sup> ほそかわ たかよし なかしま あゆみ<sup>\*6</sup>  
 山本 岳男<sup>\*1</sup>・渡邊 研一<sup>\*2</sup>・今井 智<sup>\*3</sup>・大貫 努<sup>\*4</sup>・飯田 真也<sup>\*5</sup>・細川 隆良<sup>\*6</sup>・中島 歩<sup>\*6</sup>

(<sup>\*1</sup>小浜栽培漁業センター, <sup>\*2</sup>養殖研究所病害防除部, <sup>\*3</sup>さけますセンター さけます研究部, <sup>\*4</sup>さけますセンター 帯広事業所, <sup>\*5</sup>さけますセンター 北見事業所, <sup>\*6</sup>さけますセンター 鶴居事業所)

### はじめに

これまで、標識装着等に伴いサケ親魚を沈静化させる際は、麻酔剤として FA100 (大日本住友製薬) を用いてきた。しかし、FA100 は 2006 年に休業期間が設けられ、魚類では水揚げ前の 7 日間は使用禁止となった (農林水産省 2006)。そのため、沿岸に回帰したサケ親魚は FA100 を使用して放流すると 7 日以内に水揚げされる可能性があることから、使用が不可能となった。

そこで、ニジマス (Fish 1943; Bernier and Randall 1998) およびマスノスケ (Fish 1943) への麻酔効果が知られている炭酸ガスのサケ親魚に対する効果を検討した。試験は、FA100 と同程度の時間で効果が得られるかの検討 (有効性試験)、麻酔液の繰り返し使用に伴う麻酔時間への影響の検討 (使用回数試験) の二点について行った。

### 材料と方法

**供試魚** 供試魚は、2006 年 9 月 25 日に釧路川で捕獲したサケ 36 尾 (尾叉長 70.0±6.0 cm, 体重 4.2±1.2 kg) を北海道区水産研究所厚岸栽培技術開発センターで 14 時間海水に馴致した後に用いた。

**麻酔液の作製と環境測定** 麻酔液は 200 l 水槽 (サンボックス#200) に海水 (水温 16.2°C, 塩分濃度 33 psu) 100 l を満たし、麻酔剤を添加して作製した。麻酔剤には FA100, 炭酸ガス源としてドライアイス, および炭酸ガスボンベからのガス通気を用いた。炭酸ガスの添加方法は、ドライアイスは重量測定後、水中で細かく砕いた。ガス通気は直径約 3 cm の球形エアストーンから 5 l/min の流量で行った。麻酔液は作製後、炭酸ガス濃度 (CGP-1; TOA DKK, 測定範囲 0~25.5%) と pH (HM-14P; TOA DKK) を測定した。

**麻酔および覚醒時間の測定** 麻酔液にサケを収容後、麻酔状態に達する時間 (以下、麻酔時間) を計測した。麻酔状態となったサケは直ちに取り揚げ、海水を流した水槽 (以下、流水水槽; 麻酔用と同型) に収容し、覚醒までの時間 (以下、覚醒時間) を計測した。麻酔状態は平衡を失って横たわった状態 (図 1), 覚醒は体が起き上がった状態と定義した。

#### 有効性試験

炭酸ガス源としてドライアイスを 2.0 g/l, 3.0 g/l, 4.0 g/l および 8.6 g/l を添加する区と、炭酸ガスボンベから 5 l/min の流量で 2 分 30 秒, 2 分 45

秒および 4 分間通気した区を試験区, FA100 を 0.25 ml/l (1/4,000) 添加した区を対照区とした。

供試尾数は各区 2 尾とした。環境測定後の各麻酔液にサケ 2 尾を同時に収容し、個体毎の麻酔および覚醒時間を計測した。

#### 使用回数試験

炭酸ガス源として炭酸ガスボンベから 5 l/min の流量で 5 分間通気した区を試験区, FA100 を 0.25 ml/l (1/4,000) 添加した区を対照区とした。

供試尾数は各区 10 尾とした。環境測定後の各麻酔液にサケ 1 尾を収容し、麻酔および覚醒時間を計測した。各区、同じ麻酔液で同様の作業を 10 回繰り返した。

### 結果および考察

#### 有効性試験

各試験区における炭酸ガス濃度と炭酸ガス源の添加量, pH, 麻酔および覚醒時間の関係を図 2 に示した。炭酸ガス濃度は、ドライアイス, ガス通気ともに添加量の増加に伴って上昇し、ドライアイスの最大添加量 (8.6 g/l 区) では、炭酸ガス濃度計の測定範囲を超える 25.5% 以上に、ガス通気最大の通気時間 (4 分区) では 23.0% となった。この時の pH は、炭酸ガス濃度の上昇に伴い、それぞれ 5.36 (ドライアイス 8.6 g/l 区), 5.48 (ガス通気 4 分区) まで低下し、対照区の 7.93 に比べて低い値となった。

炭酸ガス濃度が上昇した結果、麻酔時間は短縮したが、対照区の 56 秒と 1 分 18 秒と比べて長時間を要する場合が多く、炭酸ガス濃度 25.5% 以上 (ドライアイス 8.6 g/l 区) でのみ 1 分 20 秒と 1 分 23 秒で対照区と同程度の時間で効果が得られ



図 1. 炭酸ガスにより、麻酔状態となったサケ親魚 (左の個体)。

た。ガス通気では、23.0%（4 分区）で最も短時間の 1 分 49 秒と 2 分 8 秒で効果が得られたが、対照区より長時間を要した。

覚醒時間は、ドライアイス、ガス通気ともに炭酸ガス濃度が 14.4%以下では 1 分 34 秒～2 分 31 秒を要したが、17.2%以上では 28 秒～1 分 10 秒に短縮した。しかし、いずれも対照区の 3 分 17 秒と 8 分 37 秒に比べて短時間であった。

以上の結果から、炭酸ガスはサケ親魚の麻酔に有効で、FA100 と同程度の麻酔時間を得るには 25.5%以上の高濃度が必要であると考えられた。本試験ではこの濃度を明らかに出来なかったが、濃度によって麻酔時間が異なることから、今後は炭酸ガス濃度の測定方法を検討する必要がある。また、炭酸ガス濃度以外の麻酔時間の指標として、炭酸ガス濃度と相関関係の見られた炭酸ガス源の添加量と pH が目安となる可能性が考えられた。しかし、炭酸ガスの溶解度と pH は水温や塩分濃度によって変化することが知られているため（猿橋 1970）、様々な水質（水温、塩分濃度）での炭酸ガス濃度と炭酸ガス源の添加量および pH の関

係を把握する必要がある。

なお、ガス通気での FA100 と同程度の麻酔時間は、本試験の範囲では得られなかったが、通気時間を延長することで明らかに出来ると考えられる。

また、炭酸ガス麻酔の利点として、覚醒時間が FA100 と比較して短いことが認められた。

### 使用回数試験

各区の麻酔液の使用回数と、炭酸ガス濃度、pH、麻酔および覚醒時間の変化を図 3 に示した。試験区の環境変化は、炭酸ガス濃度は 5 回目までは 25.5%以上で測定不能であったが、6 回目以降は低下し、10 回目には 16.8%となった。一方、pH は炭酸ガス濃度とは逆に上昇し続け、1 回目の 5.48 から 10 回目には 5.85 となった。

麻酔時間は、対照区では麻酔液を繰り返し使用しても変化は小さく、1 分 7 秒～1 分 58 秒の範囲で平均 1 分 37 秒であった。一方、試験区では、繰り返し使用すると長くなる傾向が認められ、対照区の平均時間と同程度であったのは 3 回目までの 1 分 22 秒～1 分 56 秒であった。

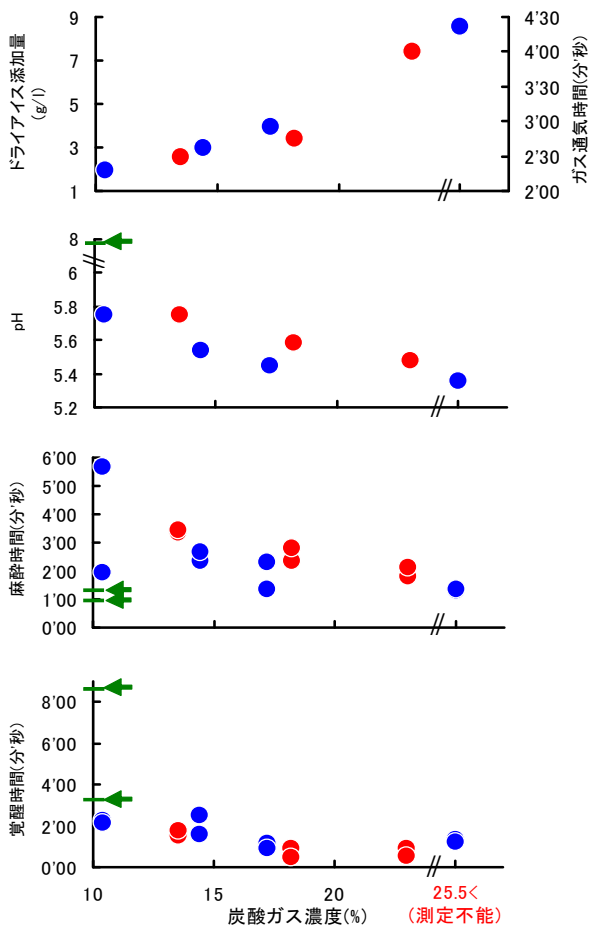


図2. 炭酸ガス濃度と炭酸ガス源の添加量、pH、麻酔および覚醒までの時間の関係。y軸の矢印は対照区（FA100）、●：ドライアイス、●：ガス通気（流量は5 l/min）。なお、ドライアイス8.6 g/l区の炭酸ガス濃度は25.5%以上で測定不能。

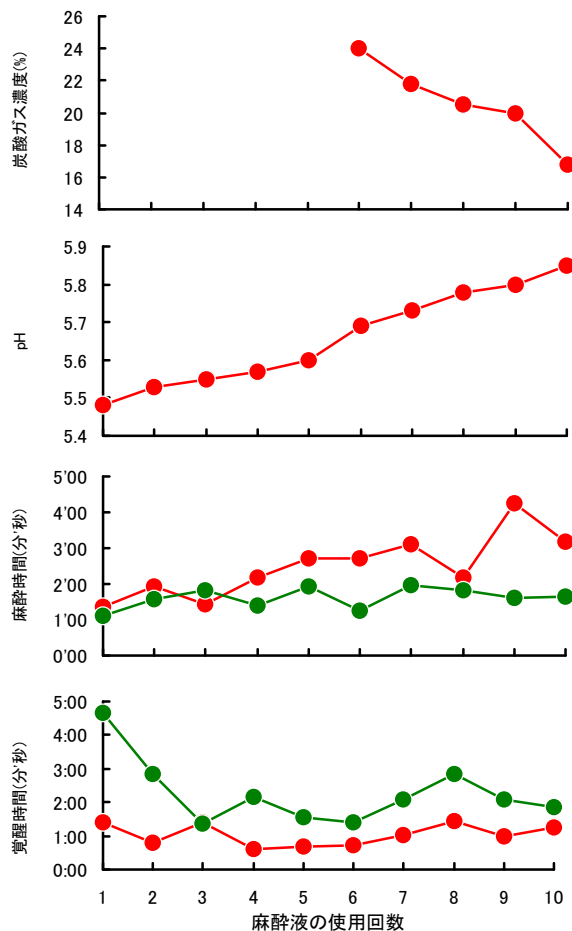


図3. 麻酔液の使用回数に伴う、炭酸ガス濃度、pH、麻酔および覚醒までの時間の変化。●：対照区（FA100）、●：試験区（ガス通気、5 l/minで5分通気）。なお、試験区での、1～5回目までの炭酸ガス濃度は25.5%以上で測定不能。

覚醒時間は、対照区では1分22秒～4分40秒であった。一方、試験区では37秒～1分26秒で対照区よりも短い場合がほとんどであった。

以上のことから、炭酸ガスによる麻酔液にはFA100とは異なり使用回数を重ねると麻酔時間が長くなる問題があると考えられた。この原因として、炭酸ガス濃度と負の関係のあるpH（竹田・板沢 1983）が1～5回目には上昇傾向にあること、さらに炭酸ガス濃度が6回目以降低下し続けていることから、麻酔液の炭酸ガス濃度は1回目以降低下し続けており、これにより麻酔時間が長くなったと考えられる。なお、試験区の1～3回目の麻酔時間に顕著な変化が認められなかった原因は、供試魚の個体差や一定以上の炭酸ガス濃度では麻酔時間が短縮しない可能性が考えられる。今後は炭酸ガス濃度の低下を防止するため、炭酸ガスを連続通気して効果的な麻酔時間を維持する方法の検討が必要である。

また、炭酸ガス麻酔後の覚醒時間が麻酔液の使用回数によらずに短時間であったことは、有効性試験の結果と同様に炭酸ガスの利点であると考えられる。

#### おわりに

本試験を行うに当たり、（社）十勝釧路管内さ

けます増殖事業協会には、サケの捕獲と輸送にご協力いただきました。北海道区水産研究所には、試験場所として厚岸栽培技術開発センターをご提供いただきました。北海道区水産研究所栽培技術研究室の皆様には、試験の実施に多大なご協力いただきました。深く感謝申し上げます。

#### 引用文献

- Bernier, N. J., and D. J. Randall. 1998. Carbon dioxide anaesthesia in rainbow trout: effects of hypercapnic level and stress on induction and recovery from anaesthetic treatment. *J. Fish Biol.*, **52**: 621-637.
- Fish, F. F. 1943. The anaesthesia of fish by high carbon dioxide concentrations. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **72**: 25-29.
- 農林水産省消費・安全局畜水産安全管理課. 2006. 水産用医薬品の使用について 第20報, 24p.
- 猿橋勝子. 1970. 炭酸ガスと炭酸物質. 「海水の化学」(堀部純男編), 東海大学出版会, pp. 242-269.
- 竹田達右・板沢靖男. 1983. 二酸化炭素麻酔の活魚輸送への応用可能性の検討. *日水誌*, **49**: 725-731.