

세 화학 물질, Oxytetracycline hydrochloride, Alizarin red S 및 Calcein의 침지 처리에 의한 조피볼락 치어의 비늘 표지

노충환 · 최희정 · 박용주 · 홍경표 · 박철원 · 명정구

한국해양연구소 해양생물자원개발연구센터

Method for Marking on Scales of Juvenile Black Rockfish by Immersion in Three Chemicals

Choong Hwan Noh, Hee Jung Choi, Yong-Joo Park, Kyung Pyo Hong,
Chul Won Park and Jung-Goo Myoung

Marine Living Resources Research and Development Center,
Korea Ocean Research and Development Institute, Ansan P.O. Box 29, Ansan 425-600, Korea

In this study, we evaluated the efficiency of chemical marking of black rockfish scales by immersion in oxytetracycline hydrochloride (OTC, 500 ppm), alizarin red S (AR, 250 ppm) and calcein (CAL, 250 ppm) diluted rearing water. Immersion treatment of chemicals had no effects on both mortality and growth of black rockfish. Marking success was 100% in all treatment durations (24, 48 and 72 hours) with three chemicals and marking quality was higher in 48 and 72 hours than 24 hours treatment. Marking retention rates at 24 weeks after treatment were 100% in OTC and CAL treated group, but marking quality was higher in CAL treated group (brilliant 92%, bright 8% and dim 0%) than in OTC treated group (brilliant 4%, bright 70% and dim 26%). AR treated group had lower marking retention rates and marking quality than OTC and CAL treated group. As a results, immersion treatment with OTC and CAL was effective in marking scales of black rockfish and practical in releasing program and other studies requires same rearing environment.

Key words : Black rockfish, *Sebastes schlegeli*, Chemical mark, Oxytetracycline hydrochloride, Alizarin red S, Calcein

서 론

방류 사업의 성패는 대상 종, 크기, 시기 그리고 장소 등의 선택이 중요하며, 방류어의 생존율, 이동성, 성장 등의 방류 효과 검정이 필요하다. 방류 효과 검정을 위해서는 일정 수계내에서 이미 서식하고 있는 수산 생물과 방류하는 수산 생물을 구별할 수 있는 적절한 표지의 선택이 요구된다.

전통적으로 계속 사용하고 있는 물리적 표지 방법은 방류 어류를 재포한 후 현장에서 쉽게 확인할 수 있다는 장점을 가진다. 그러나 이 방법은 자치어를 대상으로 실시하기 어렵고, 대량 표지를 위해서는 많은 시간과 노력이 필요하며, 탈락의 가능성이 있다.

이와 같은 물리적 표지 방법의 단점을 해결하기 위한 방편으로 화학 물질을 사용하여 어체에 표지하는 방법에 관한 연구가 실시되고 있으며

(Tsukamoto, 1985, 1988; Wilson et al., 1987; Bumguardner, 1991; Secor et al., 1991; Snyder et al., 1992; Monaghan, 1993; Beckmann and Schulz, 1996; Mohler, 1997), 방류 어류를 대상으로 대량 처리가 시도되고 있다(Pedersen and Carlsen, 1991; Nordeide et al., 1992; Blom, 1994; Brooks et al., 1994). 화학 표지는 alizarin complexone, alizarin red S, oxytetracycline hydrochloride, calcein, strontum 등 칼슘과 칼레이트 화합물이 되어 골격에 침적하는 특성을 가진 화학 물질을 경구 투여, 주사 또는 침지 처리하여 어체에 표지하는 방법으로서(Koenings et al., 1986), 대량 처리가 쉽고 탈락의 위험이 없는 장점이 있다. 표지를 위해 사용하는 화학 물질 중 oxytetracycline hydrochloride와 calcein은 다른 화학 물질에 비해 표지 유지 기간이 긴 것으로 알려져 있으며(Muncy et al., 1990), alizarin red S는 다른 화학 물질에 비해 가격이 저렴하고 현미경에 자외선 또는 형광 조명 장치를 설치하지 않아도 저배율에서 관찰이 가능하다고 보고된 바 있다(Beckman and Schultz, 1996).

처리 방법 중 침지 처리는 수 시간 또는 수 일 동안 화학 물질이 희석된 사육수에 담구어 표지하는 방법으로서 짧은 시간에 대량 처리할 수 있으며, 자치어 뿐만 아니라 부화 중인 수정란까지도 처리할 수 있는 장점이 있다(Tsukamoto, 1985; Wilson et al., 1987; Beckman and Schulz, 1996).

표지의 검색을 위해서는 일반적으로 이석을 적출하여 사용한다. 그러나 이 방법은 대상어를 죽여야 하며, 분석을 위해서는 많은 노력과 시간이 소요된다. 따라서 어체를 죽이지 않고 표지 검색을 실시하기 위하여 지느러미 가시를 이용하는 방법이 summer flounder와 대서양 연어를 대상으로 시도되었다(Bumguardner, 1991; Mohler, 1997). 이 방법 역시 표지 검색을 위해서는 지느러미를 완전히 절단하거나 처리 당시의 부위를 도려내야 하므로 어체에 많은 스트레스를 주게되어 성장, 생존 등 방류 효과를 검정하기에는 적절한 방법이 되지 못한다. 따라서 어체를 죽이지 않

거나 스트레스를 최소화하기 위해서 비늘을 이용하는 것이 바람직할 것으로 생각된다. 이전의 연구에서도 무지개송어 그리고 참돔을 대상으로 각각 strontum과 alizarin complexone을 침지 처리한 후 54일 및 11일째 비늘을 분석한 바 있다(Snyder et al., 1992, Docin and Amai, 1993). 그러나 방류 효과 검증을 위해서는 이전 연구 보다 장기간의 실험이 필요할 것으로 생각된다.

본 연구는 화학 물질의 침지 처리 방법이 조피볼락의 비늘 표지에 적합한가를 조사하기 위하여 세 가지 화학 물질을 사용하여 i) 침지 처리에 따른 사망률 ii) 표지 성공률 iii) 성장 그리고 iv) 표지 유지 기간을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 실험어

98년 4월 채집한 자연산 조피볼락을 경기도 안산시 소재 한국해양연구소로 옮겨 실험에 사용하였다. 실험어의 전장, 체장 그리고 무게는 각각 10.4 ± 0.8 cm, 8.9 ± 0.7 cm 및 19.4 ± 3.3 g이었다.

2. 처리에 사용한 화학 물질 및 농도

화학 표지를 위해 사용한 화학 물질은 oxytetracyclin hydrochloride (OTC, Shanghai Traditional Chinese Drugs Co., China), alizarin red S (AR, Junsei Chemical Co., Ltd., Japan) 그리고 calcein (CAL, Dojindo Laboratories, Japan)이었다. 처리 농도는 이전 연구자들의 결과에 근거하여 OTC는 500 ppm, AR과 CAL은 250 ppm으로 정하였고(Hettler, 1984; Blom et al., 1994; Brooks et al., 1994; Beckman and Schulz, 1996; Mohler, 1997), 30 ℓ 용량의 원형 수조 세 개에 각각 희석하여 사용하였다.

3. 처리 시간에 따른 사망률 및 표지 성공률

세 화학 물질이 희석된 세 개의 원형 수조에 실험어를 50 마리씩 수용하여 처리 시간(24, 48 그리고 72시간)에 따른 사망률 및 표지 성공률을 조

사하였다.

처리 시작 후 매 24시간마다 사망 여부를 확인한 후 각 실험구에서 15 마리씩을 꺼내어 곧바로 30×45×45 cm 크기의 소형 가두리로 옮겨 계속 사육하였고, 나머지는 화학 물질이 희석된 사육수를 완전히 교환한 후 계속 처리하였다. 처리 후 7 일째 표지 성공률 조사를 위한 분석을 실시하였다.

4. 성장률 및 표지 유지 기간

처리 시간에 따른 표지 성공률 조사에서 가장 적절한 것으로 판단된 48시간 동안 (3)항의 방법과 동일하게 75마리씩 침지 처리하였다.

성장률 조사를 위해 침지 처리가 끝난 각 실험구로부터 20 마리씩을 250 ℓ 용량의 원형 수조 한 곳에 섞어 수용하여 순환 여과 사육하였고, 조피볼락 치어용 사료를 하루에 한 번 더 이상 먹지 않을 때까지 공급하였다. 수용 4주 후에 모든 실험어를 대상으로 전장, 체장 그리고 체중을 조사하였으며, 이때 실험구 판별을 위해 각 실험어로부터 비늘을 떼어 내었다.

표지 유지 기간 조사를 위해서는 각 실험구로부터 55 마리씩을 90×60×60 cm 크기의 가두리 세 개에 각각 수용하여 상기의 사료를 임의로 공급하였다. 수용 후 2주, 4주, 8주, 16주 그리고 24주째에 각 실험구로부터 실험어 50 마리씩 비늘을 떼어내어 분석에 사용하였다.

5. 분석

각 실험어의 옆줄을 따라 아래부분의 비늘을 다섯 개씩 떼어낸 후 슬라이드 글라스위에 클리셰를 떨어뜨리고 cover slip을 덮은 후 형광 현미경(Zeiss Fluorescence Microscope System; BP365 exciter filter, FT396 beam splitter, LP397 barrier filter for ultraviolet excitation and BP450-490 exciter filter, FT510 beam splitter, LP520 barrier filter for blue excitation)으로 관찰하였다. 관찰 정도에 따라 관찰되지 않는 것(not detectable), 관찰은 되지만 희미한 것(dim), 밝은 것(bright), 빛나는 것(brilliant)을 육안으로 구분하였고, 육안

관찰시 조건을 동일하게 하기 위하여 배율은 100 배로 고정하였다.

결 과

1. 사망률

세 화학 물질이 희석된 사육수에 24, 48 그리고 72시간 처리하는 동안 모든 실험구에서 사망한 개체는 없었다. 그리고 처리가 끝난 후 분석이 이루어지기까지 일주일 동안 사망한 개체도 없었다. 따라서 본 연구를 위해 사용한 세 화학 물질은 각 농도(OTC, 500 ppm; AR과 CAL, 250 ppm)에서 72시간까지 침지 처리하여도 조피볼락의 생존에 영향을 미치지 않는 것으로 조사되었다.

2. 처리 시간에 따른 표지 성공률

침지 처리에 의해 세 화학 물질은 비늘에 형광 표지가 되었으며, OTC는 노란색(yellow), AR은 빨간색(red) 그리고 CAL은 노란빛을 포함한 녹색(yellowish green)을 띄었다(Fig. 1).

세 화학 물질의 처리 시간에 따른 표지 성공률을 조사한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. 처리 시간을 달리한 세 실험구(24, 48 및 72시간)의 표지 성공률은 모두 100%였다. 그러나 형광 현미경하에서 표지의 관찰 정도에 따라 세 단계(희미한 것, 밝은 것 그리고 빛나는 것)로 나누어 조사한 결과에서는 차이가 있었다. 관찰이 용이한 밝은 것과 빛나는 것을 합한 비율이 24시간 처리구에서 OTC는 73%, AR은 33% 그리고 CAL은 100%였고, 48시간 처리구에서는 각각 100%, 86% 그리고 100%였다. 그리고 빛나는 것의 비율은 OTC, AR 그리고 CAL이 24시간 처리구 보다 각각 14%, 13% 그리고 7% 높았다. 72시간 처리구는 48시간 처리구에 비해 밝은 것과 빛나는 것을 합한 비율이 같았으나, 빛나는 것의 비율은 OTC에서 오히려 7% 낮았다.

따라서 48시간 처리구는 24시간 처리구에 비해 표지 효과가 높았으나 72시간 처리구와는 큰 차이가 없는 것으로 조사되었으며, 처리에 따른 번

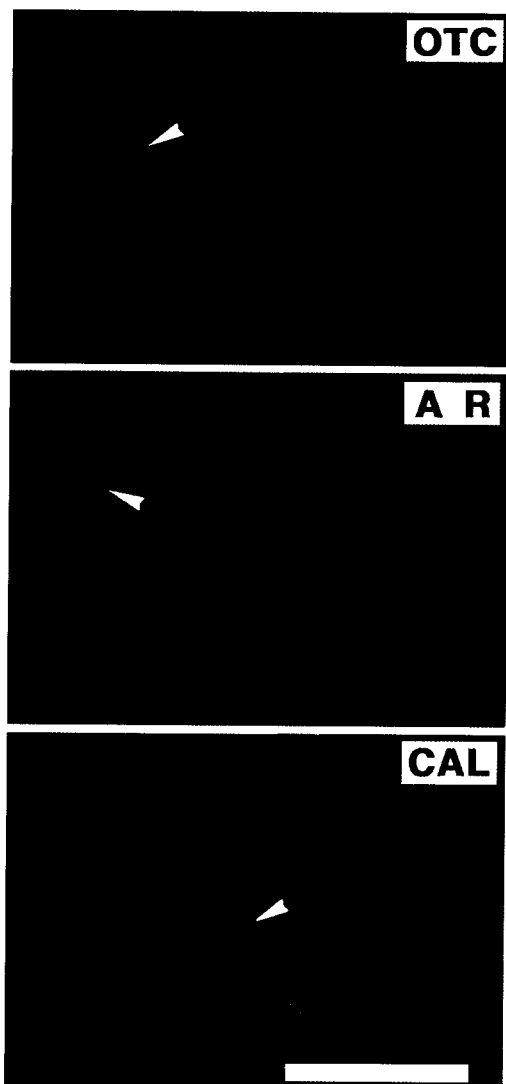


Fig. 1. Fluorescent mark in scales of black rockfish, *Sebastes schlegeli*, immersion treated at 500 ppm of OTC, 250 ppm of AR and CAL for 48 hours. Scales in photographs were sampled at 24 weeks (OTC and CAL) or 4 weeks (AR) after treatment. Photographs ($\times 100$) were prepared under fluorescence light equipped microscope. Opened and closed arrow heads indicate fluorescent bands and end of scales, respectively. Bars=0.5 mm

거로움, 어류가 받는 스트레스 그리고 시약 값을 고려할 때 48시간 처리가 가장 적절한 것으로

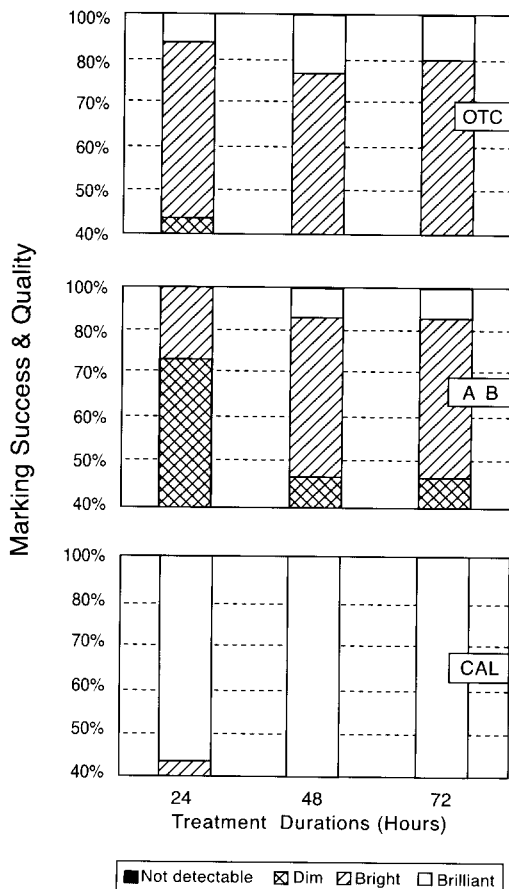


Fig. 2. Marking success and quality of black rockfish, *Sebastes schlegeli* scales dependent on immersion treatment durations. Analysis were conducted 7 days after treatment. The doses of chemicals were 500 ppm of OTC, 250 ppm of AR and CAL.

판단되었다.

3. 성장률

세 화학 물질의 48시간 침지 처리에 따른 성장률을 4주간 조사한 결과는 Table 1에 나타내었다.

4주 후 OTC, AR 그리고 CAL 침지 처리구간의 전장, 체장 및 체중은 서로 유의한 차이가 없었으며, 대조구와도 유의한 차이가 없었다. 따라서 화학 물질의 침지 처리가 조피볼락의 전장, 체

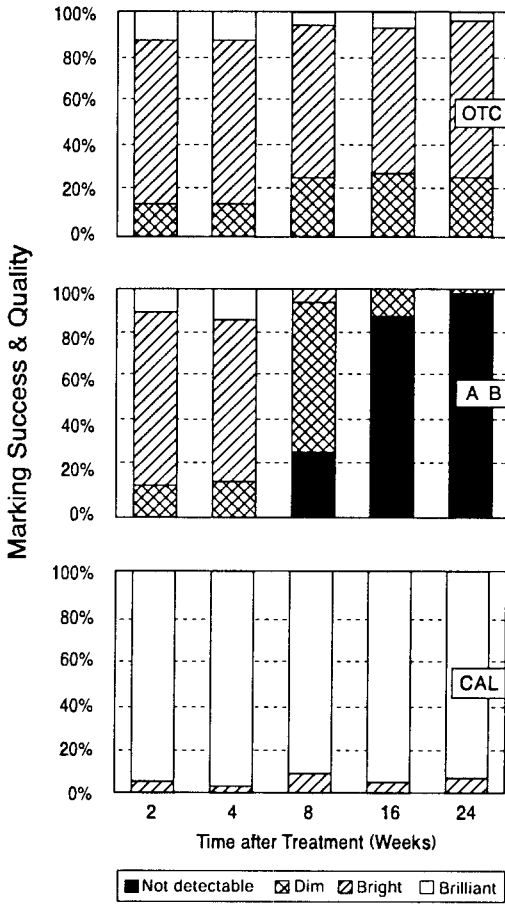


Fig. 3. Marking success and quality of black rockfish, *Sebastes schlegeli* scales during 24 weeks after immersion treatment for 48 hours. The doses of chemicals were 500 ppm of OTC, 250 ppm of AR and CAL.

장 및 체중에 미치는 영향은 없으며, 세 화학 물질 처리구간에도 유의한 차이는 없는 것으로 조사되었다.

4. 표지 유지 기간

세 화학 물질을 사용하여 48시간 동안 침지 처리한 후 사육하면서 24주간 표지 유지 기간을 조사한 결과는 Fig. 3에 나타내었다.

OTC와 AR 실험구는 시간이 경과하면서 표지의 밝기 정도가 점점 낮아지는 경향을 보였다. OTC 처리구는 실험이 실시된 24주 동안 100% 표지 관찰이 가능하였으며, 시간이 경과함에 따라 희미한 것의 비율이 높아지고 밝은 것과 빛나는 것의 비율은 낮아져 24주째에는 각각 26%, 70% 그리고 4%였다. AR 처리구는 4주까지 100% 표지 관찰이 가능하였으나, 8주째에는 관찰되지 않는 것이 28%였고 24주째에는 98%였다. AR 처리구에서 24주째에 관찰되는 것 중 희미한 것이 2%였고 밝은 것과 빛나는 것은 없었다. CAL 처리구는 실험기간 동안 100% 표지 유지율을 보였으며, 24주째에 밝은 것이 8% 그리고 빛나는 것이 92%였다.

이상의 결과에서 AR은 장기간 표지 유지를 위하여 사용하기에는 적절하지 못하며, 나머지 두 화학 물질은 실험 기간 동안 100%의 표지 유지가 가능하였으나 CAL이 OTC에 비해 양질의 표지를 장기간 유지하는 것으로 조사되었다.

Table 1. Growth of black rockfish, *Sebastes schlegeli* during 4 weeks after immersion treatment with three chemicals, oxytetracycline hydrochloride (OTC), alizarin red S (AR) and calcein (CAL), for 48 hours

	Initial			Four weeks after treatment		
	TL ± s.d.(cm)	SL ± s.d.(cm)	BW ± s.d.(g)	TL ± s.d.(cm)	SL ± s.d.(cm)	BW ± s.d. (g)
Control	10.5 ± 0.9	8.8 ± 0.7	19.4 ± 3.0	11.8 ± 0.7	9.6 ± 1.0	26.4 ± 6.0
OTC	10.4 ± 0.8	8.8 ± 0.5	18.9 ± 5.1	11.7 ± 1.1	9.6 ± 0.9	26.3 ± 7.4
AR	10.5 ± 0.9	8.8 ± 0.6	18.9 ± 4.3	11.4 ± 0.9	9.4 ± 0.8	24.8 ± 4.8
CAL	10.6 ± 1.0	8.9 ± 0.8	19.7 ± 3.6	11.4 ± 1.0	9.4 ± 0.8	24.9 ± 5.8

*No significant differences were observed within each column (ANOVA, P=0.05).

**Number of each treated group measured was twelve.

고 찰

본 연구에서 침지 처리에 의한 화학 표지 방법은 조피볼락 치어의 비늘 표지에 적합한 것으로 조사되었으며, 세 화학 물질 중 CAL이 OTC와 AR에 비해 표지 효과가 좋은 것으로 나타났다. 본 연구에서 CAL과 OTC 처리구의 24주째 표지 유지율이 100%였으나, 밝게 그리고 빛나게 관찰되는 비율에서는 CAL 처리구가 각각 8% 및 92%로서 OTC 처리구의 70% 및 4%에 비해 높았다. Brooks et al. (1994)은 walleye 자어를 대상으로 실시한 연구에서 CAL (250 ppm)과 OTC (500 ppm)를 침지 처리하여 3일 후 이석을 적출하여 조사하였을 때 CAL 처리구와 OTC 처리구의 표지 성공률이 각각 96.5%와 95.4%로서 CAL 처리구가 약간 높았으나, 관찰 정도에 따라 밝은 것의 비율은 OTC 처리구가 98.6%로서 CAL 처리구의 75.9%에 비해 약간 높았다고 보고하였다. Mohler (1997)는 대서양 연어 자어를 CAL (125 ppm)과 OTC (250 ppm)를 침지 처리하여 234일 후 꼬리지느러미를 절단하여 조사하였을 때 CAL 처리구와 OTC 처리구의 표지 유지율이 각각 93.3% 및 96.8%로서 OTC 처리구가 약간 높았고, 관찰 정도에 따라 밝은 것(medium brilliance+brilliance)의 비율은 각각 60.0%와 87.1%로서 OTC 처리구가 높다고 보고하였다. 따라서 Brooks et al. (1994)과 Mohler (1997)의 연구는 본 연구 결과와 달랐다. 그러나 Day et al. (1995)은 전복을 대상으로 OTC (300-1,000 ppm), tetracycline (300-1,000 ppm), CAL (10-120 ppm), AR (10-60 ppm) 그리고 xylenol orange (20-100 ppm)를 사용하여 12, 24, 48 시간 동안 침지 처리한 실험에서 CAL이 표지에 가장 적합하다고 보고하였으며, Monaghan (1993)은 summer flounder를 대상으로 CAL (25 mg/kg BW)과 OTC (50 mg/kg BW)를 주사하여 36-194일 후 이석과 등지느러미를 검색하였을 때 OTC에 비해 CAL의 표지 효과가 더 좋았다고 보고한 바 있어 본 연구 결과와 일치하였다. 이러한 OTC와 CAL의 표지 효과 조사 결과의 차이는 연

구자들간의 어종, 처리 방법, 검색 부위, 처리 후 검색까지의 기간 등 실험 방법의 차이가 있어 직접적인 비교는 어렵다. 그러나 OTC는 자연광에 오래 노출될 경우 현미경 관찰시 형광 발광이 약해질 수 있다고 보고된 바 있어(Hettler, 1984; Brooks et al., 1994), 처리 후 분석까지 사육 기간 또는 비늘 샘플 후 관찰까지 보관 기간 동안의 빛 조건이 서로 다른데서 기인한 것으로 여길 수도 있다. 그러나 연구자들간 사용한 화학 물질의 제조사 또는 순도(purity)가 서로 달라 생길 가능성이 있고 검색 대상 부위가 이석, 지느러미, 패각 그리고 비늘 등으로 서로 다른데서 기인한 차이일 가능성도 배제할 수 없다.

화학 표지의 검색 부위로서 사용되는 이석은 적출을 위해서 어체를 죽여야 하므로 방류 어류의 자연 수계내에서 생존, 성장을 정기적으로 계속 관찰하기에는 부적절하고, 현미경에서 검색을 위해서는 얇은 두께로 갈아야 하거나 조직학적 분석 과정을 거쳐야 하므로 많은 시간과 노력이 필요하다. 이러한 단점을 극복하기 위해서 Pedersen and Carlsen (1991)은 OTC를 처리한 후 꼬리지느러미의 일부분을 잘라내어 검색하는 방법의 유용성에 대해 강조한 바 있다. 그러나 어체가 성장함에 따라 지느러미의 성장이 함께 이루어지기 때문에 표지 검색을 위해서는 미병부에 가까운 쪽 부위를 잘라내야 한다. 따라서 이 방법은 어체에 심한 스트레스를 주거나 병원균 등의 감염 가능성이 있고, 대형 어류를 대상으로 실시할 경우에는 현미경에서 관찰이 어렵다. 본 연구에서 비늘은 한 두 개만 떼어 내어 검색할 수 있었고, 부가적인 과정을 거치지 않고 현미경 관찰이 가능하였다. 앞서 언급한 바와 같이 자연광이 OTC의 형광 발광을 저해한다는 보고가 있으므로 어체를 둘러싸고 있는 비늘이 빛의 영향을 가장 많이 받을 것으로 예상된다. 하지만 Bumguardner (1991)은 OTC를 50 mg/kg 농도로 주사한 후 10개월간 관찰한 결과 비늘에서 양질의 표지를 검색할 수 있었으며, Brooks et al. (1994)도 walleye를 대상으로 OTC를 500 ppm의 농도로 침지 처리한 후 3

개월의 실험 기간 동안 형광 표지가 성공적으로 유지되었다고 보고한 바 있다. 그리고 Muth and Bestgen (1991)은 Colorado squawfish를 대상으로 tetracycline을 350 ppm으로 침지 처리하고 실외와 실내에서 7일간 사육한 후 조사한 연구에서 자연광이 형광 표지에 영향을 미치지 않는 것으로 보고한 바 있다. 본 연구에서도 개체간 표지 성공 여부 또는 질의 차이는 있었지만 같은 시기에 동일한 개체에서 샘플한 비늘들간 차이는 없었다. 따라서 조피볼락 뿐만 아니라 다른 어류에서도 화학 표지 검색을 위해서는 비늘이 가장 적절한 것으로 판단된다. 그리고 비늘은 이석과 마찬가지로 어류 방류 후 자연 수계에서의 성장을 역추적하여 조사할 수 있는 장점도 가진다(Umino et al., 1996).

표지 효과의 극대화를 위해서는 처리 농도와 처리 시간의 선택이 매우 중요하며, 대상어의 생존, 성장에 미치는 영향도 고려해야 한다. 본 연구에서 사용한 세 화학 물질의 처리 농도 및 처리 시간은 조피볼락 치어의 생존율과 성장에 어떠한 영향도 미치지 않는 것으로 조사되었다. 화학 물질의 침지 처리가 어류에 미치는 영향은 어종, 수온, 처리 농도 및 처리 시간에 따라 다르므로 이전의 연구 결과와 직접적인 비교는 어렵다. 하지만 Brooks et al. (1994)은 walleye 치어를 대상으로 OTC와 CAL을 500 ppm의 농도로 6시간 동안 침지 처리하였을 때 사망한 개체가 없었으며, Beckman and Schulz (1996)는 *Campostoma anomalum*과 *Phoxinus erythrogaster*를 대상으로 AR을 300 ppm으로 24시간 처리하였을 때 사망률이 대조구와 차이가 없었다고 보고한 바 있어 본 연구 결과와 일치하는 경향을 보였다. 그러나 Mohler (1997)는 부화 60일된 대서양 연어를 대상으로 실시한 연구에서 CAL을 250 ppm의 농도로 48시간 처리하였을 때 사망률이 대조구에 비해 유의하게 높았다고 보고한 바 있어 연구자들간 서로 일치하지 않았다. 성장에 미치는 영향에 관해서 Blom et al. (1994)이 대서양 대구를 대상으로 AR을 100-400 ppm 농도로 24시간 처리한 후 5개월 동

안 조사하였을 때 대조구와 처리구간 성장의 유의한 차이는 없다고 보고한 바 있어 본 연구 결과와 일치하였다.

본 연구를 통하여 화학 표지 방법은 탈락의 위험이 없고 어체의 생존 및 성장에 아무런 영향을 미치지 않으며, OTC와 CAL은 24주의 실험기간 동안 100% 표지 유지가 가능한 것으로 조사되었다. 이러한 화학 표지 방법은 수산 자원의 증대를 위한 방류 사업의 효과를 검증하거나 방류시의 어체 크기, 시기, 장소, 방류 후 이동 상황을 조사하는 데 적절하게 사용할 수 있다(Tsukamoto et al., 1989; Nihira et al., 1992). 부가적으로 화학 표지 방법은 처리 회수와 화학 물질의 종류를 조합하여 처리할 경우 다양한 실험구를 한 수조에서 사육하면서 성장 또는 생존율 조사에 이용할 수 있으므로 공간 사용을 줄이고 동일한 환경내에서 여러 실험구의 사육이 요구되는 유전육종학, 어병학, 사료학, 번식학 등의 분야에도 유용하게 사용할 수 있을 것으로 생각된다.

요 약

세 화학 물질, oxytetracycline hydrochloride (OTC, 500 ppm), alizarin red S (AR, 250 ppm) 그리고 calcein (CAL, 250 ppm)을 사육수에 희석한 후 조피볼락 치어를 침지 처리하고 비늘을 검색하여 화학 표지 방법의 유용성을 조사하였다. 화학 물질의 침지 처리는 조피볼락의 사망률과 성장률에 어떠한 영향을 미치지 않았으며, 사용한 화학 물질간에도 이러한 차이는 없었다. 세 화학 물질의 처리 시간(24, 48 그리고 72시간)에 따른 표지 성공률은 모두 100%였으나, 48시간 처리구는 24시간 처리구에 비해 표지 효과가 좋았고 72시간 처리구와는 큰 차이가 없었다. 적절한 처리 시간으로 판단된 48시간 동안 세 화학 물질이 희석된 사육수에 침지 처리한 후 24주간 표지 유지를 조사하였다. 처리 24주째 표지 유지는 OTC와 CAL이 100%였으나, CAL 처리구(빛나는 것 92%, 밝은 것 8% 그리고 희미한 것 0%)가 OTC

처리구(빛나는 것 4%, 밝은 것 70% 그리고 희미한 것 26%)에 비해 표지 효과가 좋았다. AR은 24 주 후 표지 유지율이 2%(빛나는 것 0%, 밝은 것 0% 그리고 희미한 것 2%)로서 다른 두 화학 물질에 비해 표지 효과가 몹시 낮았다.

본 연구에서 화학 표지 방법은 조피볼락의 표지에 적합하며, 세 화학 물질 중 CAL의 표지 효과가 가장 뛰어났다. 그리고 이전의 연구자들이 주로 검색 대상 부위로서 사용한 이석은 분석을 위해서 어체를 죽여야 하는 단점이 있었으나 본 연구에서 선택한 비늘은 어체를 죽이지 않고 한 두 개 떼어 내는 것만으로도 검색이 가능하였다.

참 고 문 헌

- Beckman, D. W. and R. G. Schulz, 1996. A simple method for marking fish otoliths with alizarin compounds. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 125 : 146-149.
- Blom, G., J. T. Nordeide, T. Svasand and A. Borge, 1994. Application of two fluorescent chemicals, alizarin complexone and alizarin red S, to mark otoliths of Atlantic cod, *Gadus morhua* L.. *Aquat. Fish. Manage.*, 25 : 229-243 (suppl. 1).
- Brooks, R. C., R. C. Heidinger and C. C. Kohler, 1994. Mass-marking otolith of larval and juvenile walleyes by immersion in oxytetracycline, calcein or calcein blue. *N. Am. J. Fish. Man.*, 14 : 143-150.
- Bumguardner, B. W., 1991. Marking subadult red drums with oxytetracycline. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120 : 537-540.
- Day, R. W., M. C. Williams and G. P. Hawkes, 1995. A comparison of fluorochromes for marking abalone shells. *Mar. Freshwater Res.*, 46 : 599-605.
- Docin, Y. and T. Imai, 1993. Alizarin complexone staining of the scale and tissues of juvenile red sea bream, *Pagrus major*. *Suisanzoshoku*, 41 : 379-385.
- Hettler, W. F., 1984. Marking otolith by immersion of marine fish larvae in tetracycline. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113 : 370-373.
- Koenings, J. P., J. Lipton and P. McKay, 1986. Quantitative determination of oxytetracycline uptake and release by juvenile sockeye salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 115 : 621-629.
- Mohler, J., 1997. Immersion of larval Atlantic salmon in calcein solutions to induce a non-lethally detectable mark. *N. Am. J. Fish. Man.*, 17 : 751-756.
- Monaghan, Jr. J. P., 1993. Comparison of calcein and tetracycline as chemical markers in summer flounder. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 122 : 298-301.
- Muncy, R. J., N. C. Parker and H. A. Poston, 1990. Inorganic chemical marks induced in fish. *Am. Fish. Soc. Symp.*, 7 : 541-546.
- Muth, R. T. and K. R. Bestgen, 1991. Effects of sunlight on tetracycline marks in otoliths of Colorado squawfish larvae. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120 : 666-668.
- Nordeide, J. T., J. C. Holm, H. Ottera, G. Blom and A. Borge, 1992. The use of oxytetracycline as a marker for juvenile cod (*Gadus morhua* L.). *J. Fish. Biol.*, 41 : 21-30.
- Nihira, A., Kawanobe, M., Hoshino, S., 1992. Size-dependent mortality of Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, with fluorescent otolith-tags in Kashima-nada coastal waters. *Bull. Ibaraki Pref. Fish Exp. Stn.*, 30 : 65-70.
- Pedersen, T. and B. Carlsen, 1991. Marking cod (*Gadus morhua* L.) juveniles with oxytetracycline incorporated into the feed. *Fish. Res.* 12 : 57-64.
- Secor, D. H., M. G. White and J. M. Dean., 1991. Immersion marking of larval and juvenile hatchery-produced striped bass with oxytetracycline. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 120 : 261-266.
- Snyder, R. J., A. McKeown, K. Colbow and R. Brown, 1992. Use of dissolved strontium in scale marking of juvenile salmonids: effects of concentration and exposure time. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49 : 780-782.
- Tsukamoto, K., 1985. Mass-marking of ayu eggs and larvae by tetracycline-tagging of otolith. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 51 : 903-911.
- Tsukamoto, K., 1988. Otolith tagging of ayu embryo with fluorescent substances. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 54 : 1289-1295.
- Tsukamoto, K., H. Kuwada, J. Hirokawa, M. Oya, S. Sekiya, H. Fujimoto and K. Imaizumi, 1989. Size-dependent mortality of red sea

세 화학 물질, Oxytetracycline hydrochloride, Alizarin red S 및 Calcein의 침지 처리에 의한 조피볼락 치어의 비늘 표지

- bream, *Pagrus major*, juveniles released with fluorescent otolith-tags in News bay, Japan. J. Fish. Biol., 35 : 59-69.
- Umino, T., T. Takeda and H. Nakagawa, 1996. Estimation of growth pattern based on otolith-tagging in the early life stage of reared red sea bream. Fish. Sci., 62 : 142-143.
- Wilson, C. A., D. W. Beckman and J. M. Dean, 1987. Calcein as a fluorescent marker of otolith of larval and juvenile fish. Trans, Am. Fish. Soc., 116 : 668-670.