

송어양식장의 위해요소 관리를 위한 수질 모니터링

김영목 · 이명숙 · 정용현[†]
(부경대학교)

Water Quality Monitoring for Hazard Analysis in Aquaculture Farm of Rainbow Trout

Young-Mog KIM · Myung-Suk LEE · Yong-Hyun CHUNG[†]
(Pukyung National University)

Abstract

Water quality has been considered to be one of sanitation standard operating procedures (SSOP) for hazard analysis critical control points (HACCP) application in aquaculture farms. This study was conducted to evaluate a hazard caused by water used in aquaculture farm of rainbow trout. The water quality was analyzed to investigate both physiochemical and bacteriological level in water samples collected from aquaculture farm of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. No significant difference were observed on water temperature and pH from season to season. However, the levels of dissolved oxygen were decreased as the outside temperature was increased, even if the levels were adequate for aquaculture. Also, other physiochemical analysis including biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD) and suspended solid (SS) revealed that the waters for aquaculture analyzed in this study was suitable for rainbow trout aquaculture. The bacterial analyses were also revealed that the waters for aquaculture were met to both coliform group (<18 MPN/100mL) and viable cell count (<100 CFU/mL). However, some of waste waters from aquaculture farms showed higher levels of BOD and COD than those of waste water standard (<2 ppm), suggesting that regular cleaning of fish tank and precipitation tank is needed.

Key words : HACCP, Rainbow trout, Aquaculture farm

I. 서론

송어(*Oncorhynchus mykiss*)는 연어과(family Salmonidae) 어류에 속하며, 그 중에서 바다에 내려가지 않고 담수에서 살아가는 것을 송어로 취급하고 있다. 우리나라에서는 연어(*Oncorhynchus keta*)와 산천어 및 송어가 하천으로 회유하며 서식하는 것으로 알려져 있으며, 양식장에서 주로 양식하는 종은 미국산인 무지개송어와 산천어이

다. 이중 무지개송어는 다른 어류에 비해 성장이 빠르고 사육이 비교적 쉽고, 대형종으로 성장하여 주 양식종으로 사육되고 있다. 우리나라에서는 송어 양식을 위해 1965년 미국에서 캠퍼프송어 종란을 이식한 이래 많은 시행착오를 거쳐 1972년 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*) 양식기술을 확립한 후 1982년 송어용 인공배합사료의 국내 개발 이후 무지개송어 양식의 획기적인 증산이 가능해졌다. 이는 1970년에 송어 양식생산

[†] Corresponding author : 051-629-6543, chungyh@pknu.ac.kr

* 이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2013)에 의하여 연구되었음.

량이 3톤(전체 담수생산량의 20%)이던 것이 1980년 9톤(22%), 1990년 1,529톤(11.4%), 2000년 2,808톤(20.8%), 2003년 3,521톤(25.8%)까지 생산량이 증가된 것으로 알 수 있으며, 수급동향에 따라 2005년 3,320톤(20.3%), 2006년 1,878톤(10.6%), 2007년 2,882톤(13.7%), 2008년 2,781톤으로 2003년도 이후 감소한 후 다시금 회복되고 있는 추세이다. 한편, 무지개 송어에 대한 연구로는 순환식 사육시설이나 반순환식 사육시설에서의 수질변화와 성장에 관한 비교와 같이 육종에 관한 연구와 어병에 관한 연구가 주를 이루고 있다(Kim et al., 1977 ; Kim et al., 1978 ; Yoon J.M et al., 1995 ; Oh et al., 1995). 이러한 연구는 송어의 생산성을 높이기 위한 연구이며, 최근에는 우리나라 경제성장과 더불어 소비자의 입장에서 안전한 수산물의 생산과 환경에로의 영향을 최소화하기 위한 노력을 요구하고 있다. 이러한 추세에 따라 송어 양식장이 하천수에 미치는 영향을 비롯하여(Cho et al., 1995), 환경부(The Korean Ministry of Environment, 2013)에서는 수질 및 수생태계 보전에 관한 법률에 따라 수산물 양식시설에 대하여 배출수 기준을 설정하고 있다. 그러나 양식장의 경우 수질을 정기적으로 점검하지 않는 경우도 보고되고 있다(Kim et al., 2012). 따라서 본 연구에서는 송어 양식의 수원과 수조식 및 유수식 양식장에 대한 위해요소에 대한 모니터링을 수행하기 위하여, 송어 생산의 안전성을 HACCP 시스템(Chang et al, 2010)에 맞춘 양식장 선행요건 관리 기준(The Korean Ministry of Marine and Fisheries, 2002 ; The Korean Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, 2011)에 따라 사육 용수의 관리 사항에 대하여 알아보고자 강원도와 경북 일대의 송어 양식장에 대하여 계절별 조사를 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 양식장개요

조사된 양식장은 <Table 1>과 같이 총 22곳으로, 육상양식장의 어업시설의 물은 주로 지하수나 하천수를 이용하고 있으며, 사육지에 물을 연속적으로 통과하게 하여 어류를 양식하는 방법으로 물을 흘려보내는 유수식이나 수조에서 순환하여 사용하는 수조식으로 나눌 수 있다. 어업형태별로는 유수식 14곳, 수조식 8곳에 대하여 조사되었다.

2. 분석방법

양식장 수질의 위해요소를 모니터링하기 위하여 이화학적 위해요소와 미생물학적 위해요소로 나누었다. 이화학적 위해요소로 각 양식장의 유입 유출수를 대상으로 수질 분석(온도, pH, DO, SS, COD, BOD)을 아래와 같은 방법으로 각 3회씩 조사 분석하였다.

이화학적 위해요소로 수소이온 농도는 pH 미터기(YSI 63)를 이용하여 측정하였다. 물속에 용해해서 존재하는 산소의 양은 DO미터기(YSI 550A)를 이용하여 측정하였다. 시료중의 용존산소(biochemical oxygen demand, BOD)는 Winkler법의 아지드화 나트륨 변법으로 분석하였다. 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand, COD)은 과망간산칼륨(0.025N-KMnO₄)으로 측정하였다. 부유물질(suspended solid, SS)는 미리 무게를 단 유리섬유여지(GF/C)를 여과기에 부착하여 일정량의 시료를 여과시킨 다음 항량으로 건조하여 무게를 달아 여과 전,후의 유리섬유 여지의 무게차로 산출하였다.

미생물학적 위해요소로 각 양어장의 유입, 유출수를 대상으로 표준평판균수 측정법으로 생균수를 조사하였고, 대장균군의 측정은 추정시험, 확정시험, 완전시험의 3단계로 나누어 조사하였으며, 대장균군의 추정시험 후에 양성시료를 각각 5개의 EC 배지 발효관에 접종, 배양한 다음 분변계대장균을 조사 분석하였다. 추정시험 배지

<Table 1> Out line of aquaculture farms

| Type of water source and water tank | Fish tank area(m ²) | Product (ton) | precipitation tank area(m ²) | No. water tank | |
|-------------------------------------|---------------------------------|---------------|--|----------------|----|
| A1 | SW(F) | 341 | 10 | 195 | 4 |
| A2 | RW (F) | 10,140 | 200 | 1,352 | 37 |
| A3 | SW(R) | 1,400 | 50 | 280 | 10 |
| A4 | SW(R) | 3,990 | 150 | 500 | 9 |
| A5 | RW(R) | 2,364 | 50 | 452 | 22 |
| A6 | SW(F) | 2,318 | 80 | 234 | 12 |
| A7 | RW(F) | 2,300 | 80 | 495 | 16 |
| A8 | RW(F) | 1,374 | 60-70 | 329 | 14 |
| A9 | RW(F) | 3,397 | 45 | 361 | 35 |
| A10 | RW(F) | 2,667 | 30-50 | 270 | 19 |
| A11 | RW(F) | 2,985 | 80 | 602 | 24 |
| A12 | SW(R) | 1,620 | 40 | 330 | 22 |
| A13 | SW(F) | 1,750 | 20 | 350 | 19 |
| A14 | SW(F) | 1,056 | 17 | 264 | 7 |
| A15 | SW(F) | 375 | 10 | | 3 |
| A16 | SW(F) | 1,699 | 20 | 212 | 10 |
| A17 | SW(F) | 485 | 10 | 29 | 8 |
| A18 | SW(R) | 619 | 15 | 200 | 6 |
| A19 | SW(R) | 580.9 | 15 | 120 | 6 |
| A20 | RW(F) | 12,433 | 100 | 4,000 | 38 |
| A21 | SW(R) | 4,500 | 90 | 1000 | 18 |
| A22 | SW(F) | 3,283 | 200 | 548 | 40 |

SW: Spring water, RW: River water, F: Water flow type, R: Water recycle type

로는 Lauryl Tryptose Broth (Difco, USA)를, 대장균균 및 분변계 대장균 확정시험 배지로는 Brilliant Green Lactose Bile Broth (BGLB, Difco, USA)와 EC 배지 (Difco, USA)를 각각 사용하였다. 대장균균 및 분변계대장균은 10 ml당 최확수 (most probable number, MPN)로 표시하였다.

III. 결 과

육장에서 사육되고 있는 송어의 이화학적 및 미생물학적 분석을 1월, 4월, 8월에 실시하였다.

1. 이화학적 분석

송어는 대표적인 냉수성 어종으로 어종의 특성상 사육용수는 일정한 수온을 유지할 수 있어야 하고 양질의 수량이 확보되어야 한다. 따라서 송

어양식장으로 공급되고 있는 물의 수온은 송어 성장에 매우 중요한 요소로 송어의 적정수온(Kim et al., 1978)으로 10℃ ~ 20℃와 비교하였을 때, 적정온도로 물이 공급되고 있음을 알 수 있었다. 특히 온도 상승이 예상되는 여름철의 하천수와 지하수의 평균 유입수온은 16.7℃, 16.1℃로 큰 차이가 없었고, 겨울철의 경우에는 8.7℃, 11.5℃로 지하수의 온도가 높게 나타났으며 이는 송어 성장의 적정수온과 비교했을 때 지하수가 11.5℃ ~ 16.1℃로 외기온도의 영향이 적은 것으로 판단 된다.

사육수조내의 수소이온 농도는 pH 6.5 ~ 8.5를 유지하여야 한다. 유입수의 수소이온 농도는 하천수의 경우 pH 6.9 ~ 7.2을 나타내었으며, 지하수는 pH 6.5 ~ 6.9를 나타내어 적정 pH를 나타내었으며, 유출수의 경우에는 하천수 및 지하수에

서 pH 7.0 이상으로 배출되고 있음을 알 수 있었으며, 이는 호소 생활용수 기준 pH 6.5 ~ 8.5과 비교하였을 때 기준을 만족하고 있다.

송어 양식을 위한 적정 용존산소 농도는 10 ~ 11 ppm이 양식을 위해 적정하다. 여름철로 갈수록 수온 상승과 더불어 유입되는 용존산소농도가 낮아지고 있으나 5 ppm 이상으로 유지하면 양식 용수로 적합한 것으로 판단된다. 하지만 여름철 과도한 수온 상승으로 용존산소가 낮아지는 경우 수조내 용존산소를 5 ppm 이상으로 유지하기 위해서는 물의 공급 양을 늘리고 최대 수용 밀도를 낮추어 적절한 용존산소가 유지되도록 하여야 한다. 유출수의 경우, 하천수 기준으로 좋음 이상의 등급인 5.0 mg/L 이상으로 배출되고 있어 하천수에 대한 용존산소의 영향은 미미한 것으로 판단된다.

양식장 용수의 BOD, COD, SS에 대하여 평가하였다. 사육환경에 대한 용수의 기준으로 호소 생활환경 기준은 화학적 산소요구량(COD)과 부유물질량(SS)을 제시하고 있다. 이에 따르면 COD, SS의 기준 농도는 2 ppm 이하, 1 ppm 이

하로 설정하고 있다. 따라서 본 연구의 <Table 2> 결과에 따르면 하천수, 지하수 모두 매우 좋음의 등급을 나타내고 있다.

한편, 각 양식장에서 사용된 용수의 BOD 및 COD는 하천수질에 영향을 미칠 수 있어 관리가 필요하다. 배출수에 대한 관리는 수질환경보전법에 따라 수산물 양식시설에 대한 수조면적 합계 500m² 이상에 적용하고 있다. 이는 양식장에서 배출되는 고형물질이 호소로 유입되면 유기물질을 증가시키고 부영양화의 원인이 되어 호소나 하천수의 활용성을 저하시키게 된다. 오염원으로는 유실된 사료와 어류의 대사활동으로 인한 배설물 등으로 BOD와 COD, SS로 수질 기준을 삼고 있다. 유수식 양식장과 수조식 육상 양식어업과 같은 시설에 따른 기준치는 유입수 대비 유출수의 순증가 즉, 양식장 배출수중 오염물질농도에서 양식장 유입수중의 오염물질농도에 대한 차로 허용농도를 설정하고 있다. 본 연구에서는 청정지역 기준 BOD, COD농도가 2 ppm이하를 순증가 농도로 하는 가장 엄격한 기준인 법적규제를 기준(The Korean Ministry of Environment,

<Table 2> Data of water quality

| | date | in/out | Water analysis | | | | | |
|----|-----------|---------|----------------|-----------|-------------|---------------|---------------|--------------|
| | | | Tem. (°C) | pH (-) | DO (ppm) | COD (mg/L) | BOD (mg/L) | SS (mg/L) |
| A1 | 2008.1.10 | inflow | 12.3 | 6.79 | 7.43 | 0.56 | 0.9 | 0 |
| | | outflow | 10.2 | 6.9 | 10.47 | 1.2 | 1.1 | 0.0004 |
| | 2008.8.06 | inflow | 13.4 | 6.35 | 6.9 | 0.4 | 0.8 | 0 |
| | | outflow | 17.7 | 6.82 | 11.94 | 1.5 | 1.9 | 0.0026 |
| A2 | 2008.1.11 | inflow | 10.1 | 7.4 | 11.83 | 0.22 | 1 | 0.001 |
| | | outflow | 7.9 | 7.38 | 10.53 | 1.14 | 1.9 | 0.0034 |
| | 2008.9.05 | inflow | 16.7 | 7.06 | 10.25 | 1.36 | 2.63 | 0.0089 |
| | | outflow | 16.8 | 7.01 | 8.88 | 1.59 | 2.96 | 0.0069 |
| A3 | 2008.1.10 | inflow | 10.3 | 7.51 | 10.17 | 0.24 | 0.7 | 0 |
| | | outflow | 10.3 | 7.37 | 10.73 | 1.88 | 1.5 | 0.0082 |
| | 2008.8.06 | inflow | 15.4 | 6.17 | 9.37 | 0.3 | 0.7 | 0 |
| | | outflow | 18.3 | 6.53 | 9.87 | 2.4 | 2.7 | 0.0074 |
| A4 | 2008.1.10 | inflow | 13.2 | 7.35 | 8.1 | 1.32 | 0.6 | 0.001 |
| | | outflow | 11.1 | 7.36 | 10.73 | 1.68 | 1.8 | 0.0034 |
| | 2008.8.06 | inflow | 15 | 6.06 | 8.53 | 2 | 0.5 | 0.0002 |
| | | outflow | 19.2 | 6.72 | 9.6 | 2.9 | 2.3 | 0.0084 |
| A5 | 2008.1.11 | inflow | 10.5 | 6.8 | 10.95 | 2.14 | 0.6 | 0 |
| | | outflow | 9.1 | 6.75 | 9.02 | 2.98 | 1.7 | 0.0004 |
| | 2008.8.06 | inflow | 14.3 | 6.5 | 11 | 0.6 | 0.5 | 0.0032 |
| | | outflow | 15.5 | 6.75 | 8.87 | 1.8 | 2.2 | 0.0078 |

송어양식장의 위해요소 관리를 위한 수질 모니터링

| | | | | | | | | |
|-----|-----------|---------|------|------|-------|------|------|--------|
| A6 | 2008.1.11 | inflow | 10.3 | 7.43 | 9.33 | 0.22 | 1.2 | 0 |
| | | outflow | 8 | 7.37 | 10.75 | 1.62 | 1.9 | 0.0016 |
| | 2008.8.06 | inflow | 13.6 | 6.66 | 9.78 | 0.3 | 1 | 0.0002 |
| | | outflow | 17.7 | 6.88 | 8.78 | 1.9 | 2.3 | 0.0024 |
| A7 | 2008.2.02 | inflow | 8.8 | 6.59 | 11.27 | 0.46 | 0.5 | 0.0004 |
| | | outflow | 8.6 | 6.79 | 9.08 | 2.74 | 1.1 | 0 |
| | 2008.8.06 | inflow | 16 | 6.26 | 10.79 | 0.6 | 0.4 | 0.0034 |
| | | outflow | 16.5 | 6.47 | 9.85 | 1.5 | 1 | 0.0056 |
| A8 | 2008.1.11 | inflow | 8.9 | 7.47 | 9.62 | 0.92 | 1.5 | 0.0028 |
| | | outflow | 8.8 | 7.45 | 9.07 | 1.22 | 2 | 0.003 |
| | 2008.8.06 | inflow | 17 | 6.75 | 10.36 | 0.9 | 0.4 | 0.0052 |
| | | outflow | 16.9 | 6.75 | 8.64 | 0.9 | 0.4 | 0.0102 |
| A9 | 2008.2.2 | inflow | 7.3 | 6.88 | 11.98 | 1.7 | 1.4 | 0 |
| | | outflow | 6.6 | 6.71 | 12.08 | 2.26 | 1.8 | 0.0006 |
| | 2008.8.6 | inflow | 16.3 | 7.29 | 10.02 | 0.8 | 1.1 | 0.0026 |
| | | outflow | 16.7 | 7.39 | 9.83 | 1 | 1.3 | 0.007 |
| A10 | 2008.2.1 | inflow | 6.1 | 7.99 | 12.21 | 0.48 | 1.7 | 0 |
| | | outflow | 2.3 | 7.91 | 14.88 | 1.88 | 2.9 | 0.0066 |
| | 2008.8.6 | inflow | 18.5 | 6.95 | 10 | 0.4 | 0.3 | 0.0006 |
| | | outflow | 20.5 | 7.18 | 7.8 | 1.5 | 1.4 | 0.003 |
| A11 | 2008.2.1 | inflow | 10.2 | 7.79 | 17.42 | 0.2 | 0.9 | 0 |
| | | outflow | 4.7 | 7.73 | 11.69 | 2.2 | 2.4 | 0.0022 |
| | 2008.8.6 | inflow | 14.5 | 7.53 | 10.6 | 0.9 | 0.8 | 0.0004 |
| | | outflow | 16.8 | 7.73 | 6.85 | 1.7 | 1.1 | 0.0038 |
| A12 | 2008.2.04 | inflow | 10.9 | 7.05 | 7.65 | 0.98 | 0.96 | 0.0004 |
| | | outflow | 9.8 | 6.66 | 7.59 | 6.18 | 3.85 | 0.004 |
| | 2008.7.29 | inflow | 19.5 | 6.38 | 8.76 | 2.1 | 0.4 | 0 |
| | | outflow | 23.2 | 7.54 | 7.7 | 5.1 | 3.1 | 0.002 |
| A13 | 2008.2.04 | inflow | 12 | 6.56 | 8.03 | 0.84 | 0.48 | 0.0022 |
| | | outflow | 12.5 | 7.08 | 6.34 | 4.16 | 2.53 | 0.0058 |
| | 2008.7.29 | inflow | 17.2 | 6.54 | 8.35 | 1.4 | 0.6 | 0.0002 |
| | | outflow | 21.9 | 7.62 | 8.26 | 4 | 2.1 | 0.0032 |
| A14 | 2008.7.29 | inflow | 16.6 | 6.34 | 7.44 | 0.7 | 0.12 | 0 |
| | | outflow | 22.5 | 7.26 | 7.4 | 2.9 | 1.73 | 0.004 |
| | 2009.1.6 | inflow | 12.4 | 6.47 | 10.95 | 0.36 | 1.75 | 0 |
| | | outflow | 13.1 | 7.43 | 9.14 | 1.04 | 2.34 | 0.0012 |
| | 2009.4.9 | inflow | 15.7 | 6.42 | 9.96 | 0.94 | 1.52 | 0.0008 |
| | | outflow | 17.1 | 7.81 | 9.42 | 2.38 | 2.65 | 0.002 |
| A15 | 2008.7.29 | inflow | 17 | 6.29 | 8.8 | 1.41 | 0.22 | 0.0004 |
| | | outflow | 24.2 | 7.22 | 8.09 | 3.04 | 1.71 | 0.0046 |
| | 2009.1.6 | inflow | 11.5 | 6.38 | 11.86 | 0.85 | 1.5 | 0.0004 |
| | | outflow | 11.4 | 7.44 | 11.38 | 1.52 | 2.48 | 0.0064 |
| | 2009.4.9 | inflow | 16.5 | 7.25 | 9.59 | 1.06 | 1.82 | 0.001 |
| | | outflow | 19 | 7.66 | 9.87 | 3.24 | 2.74 | 0.0046 |
| A16 | 2008.7.29 | inflow | 20.3 | 6.56 | 8.45 | 0.84 | 1.49 | 0 |
| | | outflow | 20.2 | 7.13 | 8.21 | 1.52 | 3.68 | 0.001 |
| | 2009.1.6 | inflow | 11.8 | 6.7 | 10.97 | 0.06 | 1.91 | 0.0004 |
| | | outflow | 13 | 7.19 | 9.65 | 2.39 | 3.85 | 0.0064 |
| | 2009.4.10 | inflow | 11.8 | 6.7 | 11.22 | 0.54 | 1.67 | 0.0004 |
| | | outflow | 11.8 | 7 | 12.1 | 2.7 | 2.89 | 0.0012 |
| A17 | 2008.8.12 | inflow | 17.8 | 6.75 | 8.5 | 0.86 | 1.97 | 0 |
| | | outflow | 18.1 | 6.8 | 9.12 | 1.92 | 3.31 | 0.0006 |
| | 2009.1.6 | inflow | 11.5 | 7.28 | 11.01 | 0.68 | 1.99 | 0 |
| | | outflow | 9.7 | 7.71 | 10.77 | 3.71 | 2.94 | 0.0026 |
| | 2009.4.9 | inflow | 12.3 | 7.3 | 11.03 | 0.54 | 1.68 | 0.0006 |
| | | outflow | 14.6 | 7.75 | 9.7 | 4.26 | 3.27 | 0.0012 |
| A18 | 2008.7.29 | inflow | 15.3 | 6.35 | 9.09 | 1.02 | 0.51 | 0 |
| | | outflow | 21 | 7.16 | 8.23 | 2.9 | 3.02 | 0.0068 |
| | 2009.1.6 | inflow | 12.6 | 6.54 | 9.5 | 0.87 | 1.4 | 0 |
| | | outflow | 12 | 7.11 | 8.22 | 3.65 | 3.58 | 0.0008 |
| | 2009.4.9 | inflow | 14.9 | 6.4 | 9.49 | 0.98 | 1.22 | 0.0002 |
| | | outflow | 16 | 7.2 | 11.32 | 3.9 | 2.84 | 0.0026 |

| | | | | | | | | |
|-----|-----------|---------|------|------|-------|------|------|--------|
| A19 | 2008.7.29 | inflow | 16 | 6.18 | 7.3 | 1.31 | 0.41 | 0 |
| | | outflow | 21.6 | 7.01 | 6.45 | 3.7 | 2.55 | 0.004 |
| | 2009.1.6 | inflow | 12 | 6.46 | 8.75 | 1.18 | 1.87 | 0.0004 |
| | | outflow | 10.1 | 7.18 | 8.44 | 4.04 | 3.75 | 0.0056 |
| | 2009.4.9 | inflow | 16.5 | 6.37 | 7.94 | 1.87 | 1.69 | 0.0008 |
| | | outflow | 15.2 | 7.3 | 7.84 | 3.37 | 2.83 | 0.0014 |
| A20 | 2008.8.6 | inflow | 20.6 | 6.92 | 9.37 | 1 | 0.98 | 0 |
| | | outflow | 22.2 | 7.02 | 9.58 | 2.1 | 2.2 | 0.0022 |
| | 2009.1.20 | inflow | 7.3 | 6.68 | 11.66 | 1.27 | 2.03 | 0.0006 |
| | | outflow | 7.2 | 7.26 | 10.65 | 2.06 | 2.74 | 0.0009 |
| | 2009.4.10 | inflow | 12 | 7.16 | 11.72 | 0.92 | 1.83 | 0.0004 |
| | | outflow | 12.1 | 7.52 | 11.98 | 1.76 | 2.76 | 0.0016 |
| A21 | 2008.8.6 | inflow | 15 | 6.41 | 8.01 | 0.9 | 0.11 | 0.0004 |
| | | outflow | 19.8 | 6.64 | 8.13 | 3.9 | 1.7 | 0.0014 |
| | 2009.1.20 | inflow | 9.6 | 6.37 | 8.15 | 0.41 | 1.63 | 0.0014 |
| | | outflow | 9.5 | 6.67 | 7.54 | 4.44 | 3.65 | 0.0022 |
| | 2009.4.10 | inflow | 13.1 | 6.43 | 8.24 | 0.86 | 0.93 | 0.0002 |
| | | outflow | 14.8 | 6.87 | 7.78 | 2.38 | 2.07 | 0.0013 |
| A22 | 2008.8.6 | inflow | 13.7 | 6.42 | 10.74 | 1.01 | 1.1 | 0.0006 |
| | | outflow | 16.3 | 6.92 | 9.37 | 1.4 | 1.66 | 0.0022 |
| | 2009.1.20 | inflow | 10.7 | 7.79 | 10.96 | 0.31 | 1.7 | 0.0004 |
| | | outflow | 9.2 | 7.91 | 9.05 | 1.91 | 2.04 | 0.0008 |
| | 2009.4.9 | inflow | 12.7 | 6.61 | 12.04 | 0.2 | 1.76 | 0.0004 |
| | | outflow | 14.4 | 6.55 | 10.84 | 1.04 | 2.85 | 0.0012 |

2003)으로 하였다. 이때 순증가 농도를 하천수와 지하수 유수식과 육상 수조식으로 나누어 그 초과율을 계산하였다. 하천수를 이용한 유수식(8곳)과 육상수조식(1곳)의 경우 100% 만족하고 있으나, 지하수를 이용한 유수식(7곳)의 COD는 1월 43%, 4월 75%, 7월 29%를 나타내었으며 BOD의 경우 1월과 7월에 14%가 2 ppm을 초과하여 배출하는 것으로 나타났다. 또한 지하수를 이용한 육상수조식(6곳)의 경우에는 1월 67%, 4월 33%, 8월 67%로 COD를 초과하는 곳은 BOD도 같이 초과하여 배출하는 것으로 나타났다. COD, BOD의 배출수 초과는 하천수보다 지하수를 이용한 양식장에서 높은 초과율을 나타내고 있다.

SS의 경우에는 순증가 허용농도를 가장 엄격한 수질 기준인 3 ppm 이하로 설정하였을 때, 순증가 농도는 거의 미미한 수준으로 배출되어 수질 기준에 100% 초과되고 있지 않았다.

2. 미생물학적 분석

각 양식장에서 채취한 용수에 대한 대장균 및 분변계 대장균의 미생물학적 분석을 실시하였다 <Table 3>. 사육 용수의 미생물학적 오염정도는

안정적인 송어의 사육 및 위생적인 송어의 생산과 밀접한 관련을 가지고 있다. 송어양식에 대한 용수의 수질기준은 양식용수의 기준을 하천은 생활환경기준에서 좋음 이상의 등급을 기준으로 하였다. 이때 총대장균군은 500 MPN/100ml이하, 분변계 대장균군 100 MPN/100ml 이하로 규제하고 있다. 이에 대한 분석결과를 지하수 <Table 3> 하천수 <Table 4>에 나타났다. 지하수를 수원으로 한 양식장에서 1월의 경우, 유입수의 대장균수는 <2 ~ 11/100ml이었다. 유입수의 분변계 대장균수는 <2 ~ 2/100ml 이었으며, 환경부의 호소의 생활기준으로 매우 좋음의 등급으로 양식장에 공급되고 있음을 알 수 있다. 8월의 경우에도 유입수의 대장균수는 <2 ~ 13 MPN/100ml이었으며, 유입수의 분변계 대장균수는 <2 ~ 11 MPN/100ml이었다. 이는 호소의 생활기준(The Korean Ministry of Environment, 2013)으로 매우 좋음의 등급의 수원이 양식장에 공급되고 있음을 알 수 있다. 유출수의 경우에는 수온이 상승한 8월에 대장균군은 보통이하의 등급으로도 검출되고 있음을 알 수 있으며, 보통이하가 5곳에서 나타나고 있다. 한편 유출수의 분변계 대장균은 2곳을

<Table 3> The bacterial analyses on spring water

| Aquaculture farm No. | in/out | January | | | August | | |
|----------------------|---------|----------------|----------------|-------------------|----------------|----------------|-------------------|
| | | coliform group | fecal coliform | viable cell count | coliform group | fecal coliform | viable cell count |
| | | (MPN/100mℓ) | (MPN/100mℓ) | (CFU/mℓ) | (MPN/100mℓ) | (MPN/100mℓ) | (CFU/mℓ) |
| A1 | inflow | 6 | 2 | <30 | <2 | <2 | <30 |
| | outflow | 9 | <2 | 2.7×102 | 130 | 2 | 6.2×102 |
| A3 | inflow | 2 | 2 | <30 | <2 | <2 | <30 |
| | outflow | 6 | 2 | 4.7×102 | 2,400 | <2 | 2.4×103 |
| A4 | inflow | <2 | <2 | 2.1×102 | <2 | <2 | <30 |
| | outflow | 6 | 2 | 6.6×102 | 172 | 11 | 6.7×104 |
| A6 | inflow | <2 | <2 | <30 | 11 | 7 | <30 |
| | outflow | <2 | <2 | 35 | 33 | 8 | 33 |
| A12 | inflow | 2 | <2 | <30 | 2 | <2 | <30 |
| | outflow | 40 | <2 | 4.9×103 | 92,000 | 1,720 | 6.1×103 |
| A13 | inflow | <2 | <2 | <30 | 2 | <2 | <30 |
| | outflow | 172 | <2 | 2.0×103 | 2,400 | 2 | 2.1×104 |
| A14 | inflow | <2 | <2 | <30 | <2 | <2 | <30 |
| | outflow | 221 | <2 | 4.8×102 | 110 | 4.5 | 5.6×103 |
| A15 | inflow | <2 | <2 | <30 | <2 | <2 | <30 |
| | outflow | 79 | <2 | 3.5×102 | 110 | 13 | 1.4×104 |
| A16 | inflow | 11 | <2 | 24 | 7 | <2 | <30 |
| | outflow | 221 | 2 | 1.8×104 | 5,400 | 14 | 1.1×104 |
| A17 | inflow | 5 | <2 | <30 | 13 | 2 | 1.1×102 |
| | outflow | 13 | <2 | 1.3×102 | 220 | 2 | 1.1×103 |
| A18 | inflow | <2 | <2 | <30 | 13 | <2 | <30 |
| | outflow | 348 | 5 | 8.9×102 | 1,110 | 46 | 9.6×104 |
| A19 | inflow | <2 | <2 | <30 | <2 | <2 | <30 |
| | outflow | 70 | <2 | 9.1×102 | 220 | 11 | 2.0×103 |
| A21 | inflow | <2 | <2 | <30 | 8 | <2 | <30 |
| | outflow | 4 | <2 | <30 | 70 | <2 | 2.9×103 |
| A22 | inflow | <2 | <2 | <30 | 170 | 130 | 95 |
| | outflow | 2 | <2 | <30 | 350 | 220 | 7.6×102 |

제외하고 모두 좋음 이상의 등급을 나타내고 있다. 지하수를 유입수로 활용하는 양식장에 대한 생균수는 1월에 24 ~ 2.1×104 CFU/ml, 8월에는 <30 ~ 1.1×102 CFU/ml로 나타났다. 일반적 사용되고 있는 유입수의 경우 생균수가 102 CFU/ml 이하인 것을 감안하면, A4 양식장에서 다소 높은 경향이 있다. 유출수에 대한 생균수는 1월에 <30 ~ 1.8×104 CFU/ml, 8월에는 33 ~ 9.6×104 CFU/ml로 나타났다. 유출수 수준은 102 CFU/ml 이상으로 하천이나 강으로 버려지는 것으로 나타났다.

하천수를 수원으로 한 양식장에서 1월의 경우, 유입수의 대장균수는 <2 ~ 33 MPN/100mℓ이었다. 유입수의 분변계 대장균수는 <2 ~ 17 MPN/100mℓ

이었으며, 호소의 생활기준으로 한곳을 제외하고 매우 좋음의 등급으로 양식장에 공급되고 있음을 알 수 있다. 8월의 경우에는 유입수의 대장균수는 <49 ~ 490 MPN/100mℓ 이었으며, 유입수의 분변계 대장균수는 <2 ~ 79 MPN/100mℓ 이었다. 이는 호소의 생활기준으로 좋음 등급의 수원이 양식장에 공급되고 있음을 알 수 있다. 유출수의 경우, 수온이 상승한 8월에 대장균군은 보통이하의 등급으로도 검출되고 있음을 알 수 있으며, 대부분의 유출 수에서는 높지만 좋음 등급 외에 보통의 등급이 1곳에서 나타나고 있다. 한편 유출수의 분변계 대장균은 3곳을 제외하고 모두 좋음 이상의 등급을 나타내고 있다. 하천수에 대한

<Table 4> The bacterial analyses on river water

| Aquaculture farm No. | in/out | January | | | August | | |
|----------------------|---------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | | coliform group (MPN/100mℓ) | fecal coliform (MPN/100mℓ) | viable cell count (CFU/mℓ) | coliform group (MPN/100mℓ) | fecal coliform (MPN/100mℓ) | viable cell count (CFU/mℓ) |
| A2 | inflow | 14 | 8 | <30 | 490 | 33 | 1.7×103 |
| | outflow | 33 | 23 | <30 | 1,300 | 70 | 7.2×103 |
| A5 | inflow | 2 | <2 | 3.8×102 | 141 | 79 | 5.7×102 |
| | outflow | <2 | <2 | 6.0×102 | 700 | 348 | 6.8×102 |
| A7 | inflow | 33 | 17 | 90 | 240 | 79 | 1.9×102 |
| | outflow | 240 | 23 | 2.1×102 | 348 | 130 | 2.3×102 |
| A8 | inflow | <2 | <2 | <30 | 109 | 33 | 5.1×102 |
| | outflow | <2 | <2 | 1.4×103 | 348 | 79 | 1.2×103 |
| A9 | inflow | <2 | <2 | 45 | 141 | 49 | 50 |
| | outflow | 6 | <2 | 54 | 348 | 240 | 93 |
| A10 | inflow | 33 | <2 | 94 | 240 | 5 | 4.6×102 |
| | outflow | 130 | 2 | 3.0×102 | 240 | 11 | 2.5×103 |
| A11 | inflow | <2 | <2 | <30 | 49 | 13 | 57 |
| | outflow | 33 | <2 | 2.0×102 | 5,420 | 23 | 3.0×105 |
| A20 | inflow | 8 | 8 | <30 | 330 | <2 | 5.4×102 |
| | outflow | 1,300 | 330 | <30 | 350 | <2 | 2.2×103 |

생균수의 경우, 1월에 <30 ~ 3.8×10² CFU/ml, 8월에는 <50 ~ 1.7×10³ CFU/ml로 나타났다. 1월에는 유입수가 102 CFU/ml 이하이나 8월에는 102 CFU/ml 이상의 수준을 보이고 있다. 이 시기에는 지하수보다 유입수 관리가 필요할 것으로 여겨진다. 유출수에 대한 생균수는 1월에 <30 ~ 1.4×10³ CFU/ml, 8월에는 <50 ~ 3.0×10⁵ CFU/ml로 나타났다. 유출수 수준은 102 CFU/ml 이상으로 하천이나 강으로 버려지는 것으로 나타났다.

IV. 결론 및 토의

송어양식의 사육용수는 대개 하천이나 용천수 혹은 지하수를 끌어들여 양식장으로 흘려보내어 사육하고 있는 유수식 시스템과 충분한 수원의 확보가 어려운 경우에는 물을 순환시키면서 정화하는 형태의 수조식으로 시스템으로 사육하고 있다. 사육용수는 차고 깨끗해야하지만 송어는 경도가 낮은 연수, 담수 및 해수에 이르기까지 광범위한 수질조건에 적응 할 수 있어 수질과 수량이 송어 생산시스템의 밀도와 잠재생산량을 결

정할 것으로 판단된다. 따라서 조사 대상지역의 양식장에 대한 위해성 요소인 수질에 대한 평가를 실시한 결과는 다음과 같다.

지하수, 하천수 모두 계절에 관계없이 적정 수온을 유지하였다. 용존 산소의 경우에도 양식을 위한 5ppm을 유지하고 있었으며, pH는 6.5 ~ 8.5를 유지하고 있어 수질 기준에 적합한 것으로 나타났다.

한편, BOD, COD, SS는 유입수 기준으로 좋음 등급 이상을 유지하고 있었으며 조사기간 동안 양식장에서 사용되는 수질 문제는 없는 것으로 나타났다. 다만, 유출수의 경우 COD에서 배출수의 엄격한 기준에서 초과가 일어나고 있으며 COD, BOD의 배출수 초과는 하천수보다 지하수를 이용한 양식장에서 높은 초과율을 나타내고 있다.

하천수나 지하수와 같은 수원에 따른 유입수의 수질은 미생물학적 오염의 위험은 매우 낮으며, 호수 생활기준으로 매우 좋음의 등급으로 사육에 적합한 것으로 판단된다. 하지만, 일부 양식장에서 유입이나 유출에서 높은 수치를 나타내는 것

은 사육조 내의 배설물 등의 청소관리가 불량하여 나타나는 것으로 판단된다. 일정한 수온을 유지할 수 있는 지하수나 용천수가 안정적이고 병원성 생물의 오염에 대한 위험을 줄일 수 있어 표층수보다 유리할 것으로 판단된다.

Reference

- Chang, D. S. · Kim, Y. M. · Lee, M. S. · Shin, I. S. · Lee, H. S. · Kim, J. H. · Park, K. S. · Oh, E. K. · Kim, Y. M. and Lee, E. W.(2010). Guide for Seafood Safety Control, Pukyong National University Press, Busan, Korea, 274~288.
- CHO, J. C. · LEE, S. H. · PARK, S. J. · KIM, S. J.(1995). Environmental Impacts of Inland based Trout-Farms on the Water Quality of a Stream, Korean J. Sanitation, 10(3), 56~66.
- Kim, I. B. · Jo, J. Y.(1977). An Experiment on the Rearing of Rainbow Trout in The Indoor Aquarium in Busan, Bull. Korea Fish. Soc., 11(4), 233~238.
- Kim, I. B. · Jo, J. Y.(1978). Rearing of Rainbow Trout to commercial Size in a Indoor Aquarium, Bull. Korea Fish. Soc., 11(4), 233~238.
- Kim, Y. M. · Lee, M. S. · Kim, T. J. · Chung, Y. H.(2012). Study on Considering Points to Introduce the HACCP Programs and Surveying at Aquaculture Farm of Rainbow Trout, Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 24(2), 224~233.
- Oh, M. J. · Yoshimizu, M. · Kimuara, T. and Ezura, Y.(1995). Pathogenicity of the isolated from brain of abnormally swimming salmonid, *Fish pathology.*, 30(1), 33~38
- The Korean Ministry of Environment(2013) Water Quality and Ecosystem Conservation Act, Sejong-City, Korea.
- The Korean Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(2011). The code 2011-101 for HACCP System for Fishery Products during Production and before Market, Sejong-City, Korea.
- The Korean Ministry of Marine and Fisheries(2002). Study on the Development of HACCP System for Fishery Products during Production and before Market.
- The Korean Ministry of Environment(2003). The code 5-2 for Water Quality Conservation, Appendix 3-2, Sejong-City, Korea.
- Yoon, J. M. · Park, H. Y. · Chang, K. N. and Jun, T.S.(1995). Optimal Stocking Density and Environmental Factors of Rainbow Trout(*Oncorhynchus mykiss*) in Semi-closed Recirculation System, Korean J. of Limnology, 28(2), 183-189.

-
- 논문접수일 : 2013년 06월 24일
 - 심사완료일 : 1차 - 2013년 07월 18일
 - 게재확정일 : 2013년 07월 28일