

# 해외에서의 무지개 송어 질병과 방역대책

홍 수 희

국립강릉대학교 생명과학대학 해양생명공학부

무지개 송어는 양식용으로서 국내에 들어온 지 30년이 넘었으며 국내에서 무지개 송어의 생산량은 1970년 3mt으로 최초로 공식 통계가 나온 이후로 괄목할만한 성장을 하였으며 IMF 직전인 1998년에 최고치를 기록하여 205개 양어장에서 3,994mt을 생산하였다. 이는 전체 내수면 양식생산량의 34.6%에 달하는 양이었다. 그러나 IMF 이후 중소형 양어장들이 경제적 어려움으로 인해 문을 닫음으로 해서 점차적으로 생산량이 줄어 1999년과 2002년사이에 2,800mt까지 양이 줄었으나 2003년부터 약간 증가하여 3,521mt이 생산되었다. 생산량이 줄기는 하였으나 여전히 주요 내수면 양식종으로서의 위치를 지키고 있으며 생산성의 향상과 고품질의 무지개 송어를 생산하기 위한 여러 가지 노력들이 수반되고 있다.

그러나 몇가지 무지개 송어 양식에 있어서의 문제점들이 이러한 노력에서 주요한 걸림돌로서 제기되고 있다. 무지개 송어에 있어서 주요한 문제점들은 국내에 수입된 후 30여년간의 inbreeding으로 인해서 야기된 성장률의 저하와 수놈의 비율의 증가 또한 질병으로 인한 폐사 증가 등을 들 수 있다. 이를 해결하기 위해 전암컷이나 삼배체 수정란을 수입한 결과 출하크기까지 1.5-2년이 걸리던 시간을 1년으로 단축할 수 있었으나 수정란이 전암컷 또는 삼배체이므로 그 자손을 얻을 수 없어 해마다 수정란을 수입하기 위해

막대한 돈을 쏟아 붓고 있는 실정이다. 질병에 대한 치료에 있어서도 항생제 및 화학요법 제들의 사용제한으로 인해 어려움을 겪고 있는 것이 사실이다. 따라서 본 기고문에서는 세계 주요 무지개 송어 양식국가들에서의 질병 현황과 방역 대책에 대한 정보를 제공하여 국내의 무지개 송어 양어자들에게 도움을 주고자 한다.

## 1. 영국에서의 주요 어병 현황과 예방법

가장 양식 산업을 위협하는 요인과 현재 연구 프로그램간의 갭을 메우기 위해서는 연구 프로그램을 구상할 때 질병 콘트론클에 가장 큰 주안점을 두어야 할 것이며 또한 자연산과 양식어의 병원체 발병률 조사와 함께 신속진단 기법 개발에 주력하여야 할 것이다. 이를 위하여 영국에서는 병원체의 생활사와 새로운 병원체에 의해 발생 가능한 질병에 대해 연구하고 있으며 질병 콘트론클과 관련하여서는 새로운 백신투여 방법과 질병에 대한 양식장의 구조의 영향, 새로운 사료의 개발, 그리고 유전적으로 내병성 있는 양식 어류의 품종개발에 대한 주요한 전략들을 수립하고 있다.

### 1.1 ISA

영국에서 연어과 어류에서 주요 질병 중의 하

나는 ISA (Infectious Salmon Anemia)이며 양식산업에서 영향이 큰 것으로 알려져 있다. 이 ISA가 발병하였을 경우 양식어를 즉시 수거하여 버리거나 적어도 본래의 25% 가격으로 시장에 내다 팔아 제거 하여야 한다. 또한 양식시설은 관리기관의 감독 하에 소독되어야 한다. ISA는 진단이 쉽지 않으나 다른 바이러스 질병들과 마찬가지로 임상 증상, 병리학적 소견, IFAT (Indirect Immunofluorescent Antibody Test) 그리고 PCR (Polymerase chain reaction)에 의해 검출될 수 있다. ISA가 진단되면 양식어의 가격은 즉시 하락되며 1년 이상 후에 원래 가격으로 회복된다. ISA는 양식어간에 전염되는 것으로 보여지며 무지개 송어에서는 이 바이러스를 보균하고 있다고 하여도 임상증상이 없는 것으로 보고 되었으나 영국에서는 ISA의 확산을 방지하기 위하여 ISA가 발병한 연어 양식장 가까이에 있는 송어 양식장의 양식어 이동을 통제한다.

### 1.2 VHS (Viral Hemoragic Septisemia)

유럽에서는 무지개 송어에 있어서 ISA보다는 VHS가 보다 빈번하며 심각한 질병으로 알려져 있으나 영국에서는 스코틀랜드의 서쪽 해안의 섬에 있는 터벗 양식장에서 검출되었다. 검출된 양식장의 양식어는 보상 없이 강제적으로 도살되었다. 더 최근에는 대구에서 VHS가 검출되었다. 만약 담수어류에서 검출되었을 때도 마찬가지로 보상 없이 강제적으로 도살된다.

### 1.3 백점충 *Ichthyophthirius multifiliis*

백점충 치료제의 효능을 검토하기 위하여 11개의 사료 첨가용 및 2개의 침지용을 포함한 13개 화합물을 60번의 침지와 100번의 사료첨가를

통해 테스트하였다. 그 결과 2개의 침지와 5개의 사료 첨가 실험이 생체 내에서 백점충의 trophont 기에 유의적인 효과를 가진 것으로 조사되었다.

좋은 치료 효과를 보여준 두개의 침지 화합물은 chloramine T와 bronopol로서 이들은 성숙한 trophont를 타겟으로 함으로 백점충의 새로운 세대에 의한 재감염을 예방함으로써 치료 효과를 나타낸다. 각각의 화합물은 10일 이상의 치료에 의해 감염어에 있는 trophont의 수를 감소시키는 효과가 있는 것으로 검증되었다.

또한 사료 첨가 실험에서는 감염전에 10일 동안 화합물 첨가 사료를 먹이거나 백점병에 걸린 송어 치어로부터 분리된 백점충에 노출 시키면서 즉시 10일 동안 약제 첨가사료를 먹였다. 위와 같이 처리하여 실험실에서 테스트된 화합물중에서 amprolium hydrochloride가 trophont를 각각 62%와 75%로 감소시켜 유의성있는 치료 효과를 보여주었다. Clopidol의 경우 감염 전에 10일 동안 사료 첨가하여 먹었을 때 trophont의 수가 c.35% 감소하였으나 salinomycin sodium의 경우에는 이미 감염된 송어에 투여 시 trophont가 c.93% 감소하였다.

Ergosan과 SalarBee, 두개의 사료 첨가제에 대한 예비 실험에서는 백점충에 감염되고 약제첨가 사료를 먹지 않은 송어와 같은 수로 섞인 후 10일 동안 Ergosan과 SalarBee, 첨가사료를 먹인 결과 살아남은 물고기에서 trophont의 수가 c.25%와 c.65%로 각각 감소하는 유의성 있는 효과를 보였다. 실제 양어장에서 무지개 송어의 백점충을 콘트롤을 위한 방법을 개발하기 위해서는 위의 실험실에서 테스트된 물질들이 정말 양식 현장에서 백점충을 치료하는 데 효과적인지를 실험 조사하여야 할 것이다.

### 1.4 RFTS (Rainbow Trout Fry Syndrome)

RFTS는 영구에서 무지개 송어 치어에서 가장 심각한 질병중 하나이다. RFTS에 대한 이상적인 방법이 백신 처리 이지만 아직 상업적으로 사용 가능한 백신이 시판되지 않고 있다. 이병의 원인 균은 *Flavobacterium psychrophilum* 이며 이 균의 heat or formalin 약독화 백신처리가 질병예방에 효과적이지 못하며 이 균에 대한 항체가 생성되지 않았다 그러나 생균에 노출할 경우 특이항체가 생성되고 이 항체는 정균 능력이 있는 것으로 밝혀졌다.

각기 다른 배양 조건에서 이 균을 배양한 결과 단백질 프로파일에 별 차이가 없는 것으로 나타났으나 자가 응집력에 차이가 있었으며 이는 배양시간, 다당류의 정도, 병원성과 관련이 있는 것으로 밝혀졌다. 다당 협막이 이 세균을 둘러싸서 어류에 부착하게 하며 숙주의 면역계를 피하는 것으로 생각된다. 최근의 연구에서 이 세균의 생활사동안 협막 탄수화물의 양이 다양하며 이는 이 균의 감염성과 병원성과 관련 있는 것으로 밝혀졌다. 면역학적인 분석에서 RFTS에 감염된 치어에서 생성된 항체는 협막이 아닌 세포벽의 특정 단백질 성분과 반응하며 포르말린을 이 세균에 처리할 경우 위의 성분을 파괴하는 것으로 나타났다. 따라서 일반적으로 백신제조에 사용되는 포르말린을 사용할 경우 RFTS 감염에 대해서는 효과가 없는 백신을 생산하게 된다.

실질적으로 포르말린을 사용하지 않은 백신을 투여한 무지개 송어 치어에서는 좋은 방어효과를 이전의 실험에서 확인하였다. 또한 다른 연구에서 이 세균에 대한 항체를 투여한 무지개 송어가 비특이적인 항체를 투여한 어체보다 생존률

이 좋은 점을 고려할 때 이 세균에 대한 특이항체가 RFTS 감염에 대한 어체 방어에 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있으며 따라서 효과적인 백신처리법을 조사하기 위해서는 순환 특이항체의 양을 측정하여야 할 것이다.

### 1.5 과연 항생제가 양식에서 효과적으로 사용되고 있는가?

양식기술의 발달과 효과적인 백신 사용의 증가로 인해 항생제 사용이 지난 몇 년간 급진적으로 감소하고 있으나 세균성 질병이 발병하였을 때 여전히 항생물질이 필수적으로 쓰이고 있다. 양식에서의 항생제 사용량이 예전에 비해 많이 줄어들기는 하였으나 앞으로도 여전히 더 줄여야한다는 압박이 존재한다. 이를 위해 CEFAS(The Centre for Environment, Fisheries and Aquaculture Science, UK)에서는 현재 양식에서 사용되고 있는 항생제의 효과를 증대시키기 위한 프로젝트를 수행 중이다.

이를 위하여 수행하는 하나의 중요 과제는 어병 세균의 항생제 내성에 관한 것이다. 이러한 연구가 중요하게 생각되는 이유는 항생제 내성균이 발견 시 우리는 새로운 항생물질을 사용하여 어병을 치료할 수 있을 것이지만 사실 앞으로 새로운 항생물질을 사용하기 위한 허가가 점점 어려워 질 것이며 따라서 우리는 지금 사용가능한 적은 수의 물질들에 계속 의존하여 어병을 치료해야할 것이며 이들 물질에 대한 병원균의 내성이 널리 퍼질 경우 심각한 문제를 초래할 것이기 때문이다. 이를 위해서 항생제 사용량과 질병 진단과 치료간의 지연사이의 연관을 조사하는 것이 중요한 점이다. 이 과제 중 한 가지는 furunculosis 원인균인 *Aeromonas salmonicida* 균으

로 연어를 감염시킨 후 옥시테트라사이클린 (OTC)를 처리하여 그 치료효과를 조사하였다.

OTC는 양식장에서 광범위하게 사용되지만 양어수 내에 많이 존재하는 칼슘이나 마그네슘이온과 같은 킬레이팅 인자들과 굉장히 쉽게 결합하여 생물학적으로 비활성 복합체를 형성한다. 이전의 연구에서는 어류에 투여된 OTC의 오직 0.1% 만이 실질적으로 생물학적 활성을 가지고 항생물질로서 작용하며 나머지 99.9%는 비활성 복합체로 되거나 흡수가 안되는 것으로 알려져 있다. 결과적으로 OTC는 권장되는 양인 75mg/Kg body weight 보다 상대적으로 많은 투여되고 있으며 적은 양의 OTC만이 어체조직에 도달하게 된다. 따라서 어체 조직의 OTC양이 세균을 죽일 만큼 충분한 양이 못되므로 치료에 실패하고 항생제 내성을 가지는 병원균만을 만들어서 퍼뜨리게 되는 위험이 생긴다.

이러한 문제점을 개선하고자 CEFAS 에서는 효율적인 OTC 사용법을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 OTC에 감수성을 가지는 즉 OTC에 의해 잘 죽는 *Aeromonas salmonicida* 균으로 연어를 감염시킨 후 각기 다른 시간(3일,6일) 후 다양한 양(50, 75, 100mg/kg)의 OTC를 처리하여 치료효과를 조사하였다. 그 결과 감염 3일후에 OTC를 처리하였을 시는 모든 농도에서 60-70%의 폐사를 감소효과를 볼 수 있었으나 감염 6일째 OTC를 처리한 실험구에서는 어떤 농도에서도 치료효과가 3일째 처리한 구에 비해 현격히 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 따라서 OTC를 이용한 어병 치료를 모델로 한 위의 실험을 고려할 때 어병 치료를 위해 항생물질을 사용할 때 가장 중요한 것이 발병 후 얼마나 빨리 처치를 하는 것인가라는 것을 알 수 있다. 또한 위의 실험에서 우리는

50mg/kg이라는 다소 적은 량의 OTC 처리가 그보다 두 배나 많은 양인 100mg/kg의 OTC 보다 결코 떨어지지 않는 치료효과를 가지고 있음을 알 수 있다. 더욱이 권장량인 75mg/kg 보다 적은 양인 50mg/kg의 OTC 사용으로 우려되는 내성균 선택이라는 위험성에 대한 어떠한 증거가 발견되지 않았다. 위의 실험 후 보균 상태인지를 테스트하기 위해 살아남은 모든 물고기로부터 *Aeromonas salmonicida* 균을 분리하고자 하였으나 어떤 실험구에서도 균이 배양되지 않았으며 이는 위의 치료요법들이 성공적이었음을 보여준다.

위의 실험이 비록 작은 규모였으나 다음 중요한 두가지 점을 시사한다. 첫 번째는 항생물질 처리가 성공할 것인지를 결정하는 가장 중요한 인자는 가능한 한 빨리 처치를 해야한다는 것이며 둘째는 적은 양의 항생물질 사용도 어병치료에 있어서 충분히 효과적일 수 있으며 이로 인한 항생제 내성균을 출현 시키는 위험도 없다는 점이다. 적은 양의 항생물질 사용으로 양어자들은 비용을 절감할 수 있을 뿐만 아니라 환경에 대한 영향도 줄일 수 있다.

CEFAS에서는 앞으로 항생물질 사용량을 줄이기 위한 연구들을 계속할 것이며 이를 위해 간단히 항생물질에 맛을 더하거나 하여 항생물질이 첨가된 사료에 대한 물고기들의 먹이 친화도를 높임으로써 물고기들이 보다 많은 사료를 먹음으로써 항생제 섭취량을 늘림과 동시에 질병으로 인한 식욕부진으로 인해 먹지 않고 남겨져서 사료의 양을 줄이는 실험 등을 할 수 있을 것이다.

## 2. 덴마크에서의 주요 어병 예방법

### 2.1 덴마크의 활주세균증과 백점충 예방법

무지개 송어의 치어 신드롬을 일으키는 원인

균은 *Flavobacterium psychrophilum* 이며 nested PCR을 이용하여 무지개 송어의 어체 조직과 양어수에서 검출할 수 있다. 덴마크에서 이병에 대한 예방대책으로서 백신을 제조하여 복강 주사와 침피로서 투여한 결과 복강 주사에서 더 많은 항체가 생성되었으며 challenge 결과 백신만을 투여했을 때는 생존율에서 증가 효과를 보이지 않았으나 면역증강제(Ergosan)와 함께 투여시 치어의 생존율이 가장 높은 것으로 나타났다.

무지개 송어 백점충의 원인은 *Ichthyophthirius multifiliis* (ICH)이며 생활사와 온도나 염분 의존도에 대한 연구 및 감염의 계절적 변화에 대한 연구가 수행되었다. 또한 시험관내 실험을 통하여 이 기생충이 감염기에 숙주의 혈청이나 점액에 있는 물질에 의한 화학유도 반응으로서 숙주를 찾아낸다는 사실을 밝혔다. 또한 6개월 이상 크기의 무지개 송어가 ICH에 감염된 후 방어면역을 가지며 체액성 세포성 면역반응을 연구한 결과 특이항체와 보체가 기생충을 죽이는데 중요한 작용을 한다는 것을 알아내었다. 아울러 백점충 감염시 대식세포가 활성화되어 있고 어류 표면의 비만세포에서 degranulation 현상이 발견되며 상피세포가 백점충과 다른 다세포성 기생충을 embed 할 수 있다는 여러 연구들로 미루어 볼 때 비특이적인 면역반응이 백점충에 대한 어체 방어에서 중요한 역할을 한다고 할 수 있다.

## 2.2 덴마크의 선택육종법을 통한 방역대책

Danish Trout Breeding을 포함한 덴마크의 연구 그룹에서는 무지개 송어에서 질병에 대한 내성이 유전됨을 밝혔으며 가장 내병성이 있는 broodstock을 선택하여 자손을 생산하는 선택육

종법을 통해 송어의 건강이나 질을 높이고 폐사율을 줄임으로써 전통적인 질병 치료법인 항생제나 백신의 사용을 줄일 수 있다고 한다. 이 연구 그룹에서는 broodstock을 선택을 선택한 후 무지개 송어를 네 가지 주요 어병 (Viral haemorrhagic septisemia, enteric redmouth disease, rainbow trout fry syndrome, vibriosis) 원인체에 노출 시켜 송어의 내병성에 대해 유전이 된다는 것을 확인하였다. 물론 이러한 내병성이 모든 질병에 해당하는 것은 아니므로 아직은 선택육종법을 통하여 모든 질병에 완전히 내성이 있는 물고기를 얻을 수는 없을 것이다. 하지만 완전 내병성 물고기를 얻기 위한 방법은 전체 병원체의 일부에 대한 내병성을 가지는 물고기를 만들기 위한 선택육종법으로부터 시작되어야 할 것이다.

## 3. 일본에서의 IHN에 대한 방역대책

일본에서의 주요한 무지개 송어 질병으로는 IHN(Infectious Hematopoietic Necrosis) 를 꼽을 수 있으며 주요 발병요인으로는 발안란의 이동에 의한 병원균의 전파나 근무자에 의한 전파, 오염된 강물의 이용으로 인한 병원균의 전파를 들 수 있다.

IHN의 진단은 2g이하에서는 근육의 출혈과 창백한 아가미, 그리고 2g이상 크기의 무지개 송어에서는 창백한 간과 신장, 아가미에서의 출혈 등의 육안소견에 의한다. 일본에서 IHN의 방역 방법은 첫째, 발안기에 15분간 povidon iodine을 이용한 소독하여 병원균을 제거하거나 둘째, 사육수로부터의 오염을 방지하기 위하여 IHNV (IHN virus)가 없는 물을 사용하고 셋째, 사람에 의한 병원균 전파를 막기 위해 허용된 일부의 사

람만을 출입하게 하는 것, 넷째, 어미 및 각 성장 시기 별로 무지개 송어간의 전파를 막기 위해 발안란, 치어, 상품 크기까지 각기 분리된 양어수조의 이용하는 것, 다섯째, 빗물로부터의 병원체 유입을 막기 위해 지표면에서 16cm 정도로 약간 올라가있는 수조를 제작하여 빗물의 유입을 방지하고 여섯째, 사료와 모든 기구를 자외선을 이용하여 살균한다. 또한 일본에서는 3단계 양수정화 시스템을 사용하여 양어수를 정화하는데 그 시스템은 물결모양의 플라스틱 판으로 이루어진 제1침전조, 플라스틱 병 즉 유산균 음료병을 활용한 제2 침전조를 거친 후 자외선을 이용한 살균 후 공기를 주입하여 병원균이 없는 깨끗한 물을 양어지에 공급한다고 한다.

## References

- Selective breeding and disease resistance in rainbow trout. Mark Henryon, AquaFlow News, 2003.
- Prevention of trout diseases caused by *Flavobacterium psychrophilum* and *Ichthyophthirius multifiliis*. Inger Dalsgaard, AquaFlow News, 2002
- Trout News, Center for Environment, Fisheries and Aquaculture Science (CEFAS) in UK, Number 30, 2000.
- The proceedings of The Sixth Japan-Korea, Korea-Japan Joint Symposium on Aquaculture, Korean Aquaculture Society, 2004.