

## 海洋公害와 水族病理

田 世 圭

釜山水産大學 魚病學教室

200海里時代に 접어든 現時點에서 어업에 관한 관심도가 날로 높아가고 있는 실정이다. 과거의 우리나라 어업은 外國의 200해리 어장에 의존하여 왔으나, 앞으로는 우리나라도 200해리 어장으로 전환하지 않으면 안되게 되었다. 따라서, 재배어업과 연안어장 개발이 시급한 문제로 대두하게 된다.

연안 양식업이나 재배어업은 모두 연안에서 멀리 떨어져 있지 않은 곳에서 이루어 지는 것으로 海水의 보전은 가장 중요한 문제로 나타나게 되었다. 즉 都市化, 工業化, 自家汚染에 의한 어장의 환경악화, 질병의 多發生 등 양식업에 장애가 되는 현상이 증가일로에 있는 것이다. 特別히 여기에 있어서는 海水汚染과 어패류의 질병에 對하여 알아보기로 한다.

日本에서는 1968년부터 1971년까지 4年 동안 계속 바다에서 壟上한 은어가 대량 폐사했는데 그 原因은 아직 밝히지 못했다. 일반적으로 어류의 폐사는 질병이나 유해물질, 농약, 산소부족 등의 요인에 의한 것이다. 이때는 유해물질이나 농약 이외에는 생각할 수 없었으므로 같은 은어에 대하여 계속 그 원인을 관찰한 결과 유해물질인 시안화합물에 의한 급성중독사라는 점이 밝혀졌다(1975年 大稿 등)

有機磷劑의 공중살포로 승어가 포사된 예를 비롯하여 PAP, manzeb, PPS, DED, MEP 등의 각종 농약에 의한 양식중인 방어의 폐사 등 많은 피해가 보고되고 있다. 농약에 따라서는 해수중 농도가 0.1~0.03 mg/liter 정도만 되어도 폐사의 원인이 되는 것도 있으니 알 수 없는 사이에 농약으로 폐사되는 어류의 수는 막대한 수에 이를 것이다.

유기유황 살균제인 manzeb, 유기인 살충제인 PAP, 유기산 진딧물제인 PPS의 3種 혼합농약이 해수어인 방어류, 승어종류와 담수어인 잉어, 송사리 등에 미치는 毒性을 살펴 보면 다음과 같다. 즉 3종의 농약이 잉어에 미치는 영향은 유사하지만 해수어인 방어류에 대한 유기인제인 PAP의 감염도는 매우 강하다. 特別히 0.75  $\mu\text{g/liter}$ 의 미량에서도 방어류는 폐사되었으며 24

$\mu\text{g/liter}$ 에서는 승어류가 폐사했다. 담수어는 조금 강하여 2.5 mg/liter에서 폐사되는 것을 알았다. 해수어는 담수어에 비하여 농약에 대한 감수성이 강하다. 각 농약에 대한 어류의 반응은 manzed에 작용시킨 방어 치어나 승어 치어는 發狂하며 수면으로 跳躍하면서 苦悶하는 모습을 볼 수 있다. PAP에 대해서도 같은 方向으로 선회 하면서 苦悶하는 상태를 나타내며, PPS에 대해서는 서서히 쇠약해져서 바닥에 가라 앉았다가 죽는 것을 관찰할 수 있었다. 特別히 PAP같은 유기인제는 신경독으로 인한 평형실조현상을 볼 수 있었다. 유기인 살충제인 PAP, IBP, DEP, MEP, 카바이트 살충제인 MAL, MPMC 등이 잉어와 방어 치어에 미치는 영향을 알아보던 다음과 같다.

방어 치어가 죽는 해수중의 농도를 잉어의 값과 비교한 결과 PAP는 1/1200, IBP는 1/2.2, DEP는 1/140, NAC는 1/24 이라는 수치가 나왔다. 이는 농약의 종류에 따라 잉어와 방어의 치어는 감염성에 큰 차이를 나타냄을 보여준다.

농약에 의한 피해도 어류의 폐사뿐만 아니라 脊椎骨異常魚를 발생시키는 예도 있다. 이와같은 척추골이상어는 24시간  $T_{Lm}$ 值 측정중에 발견된 것으로 짧은 시간에 발생된 것이다. 이 異常魚는 육안적으로 쉽게 관찰할 수 있을 정도로 그 증상이 명백하다. 몸 중앙부가 굴절된 것 같이 부자연스러운 퇴유상태를 나타내며 때로는 중앙부에서 꼬리부에 걸쳐 體色이 흑색으로 변

제 1 표. 24時間  $T_{Lm}$  值

농 약 명	방어(A)	잉어(B)	B/A
PAP	mg/l 0.0045	mg/l 5.5	1,200
IBP	3.5	7.7	2.2
DEP	0.29	40	140
MEP	2.1	6.2	3.0
NAC	0.42	10	24
MPMC	2.5	10	4.0

하는 것도 있었다. 이와같은 현상이 일어나기 전에 어류는 심하게 경련을 일으킨다. 척추골의 이상어는 바로 고기가 폐사되는 것이 아니라 장기간 생존한다.

### 방어의 척추골이상 발생율

농약의 종류별, 농도별, 척추골이상 발생율을 보면 다음과 같다.

**PAP(파라지온)**: 가장 독성이 강했다. 척추골 이상어의 발생도 비교적 많았으며 32~56 µg/liter 농도에서 24시간만에 60%의 발생율을 나타냈다. 또한 1~10 µg/liter 농도의 범위에서는 20~25%의 이상어가 발생되었다.

**IBP(기다진-P)**: 가장 발생율이 낮으며 5.6 mg/liter에서 30%, 1.0 mg/liter에서 10%의 발생율이다. 척추골이상어는 시험기간중 모두 폐사되었다.

**DEP(디프테렉스)**: PAP와 같은, 높은 발생율로서 PAP는 반수치사농도에서 가장 많이 발생되는데 비하여 DEP는 0.56~1.0 mg/liter의 농도일때 70%나 발생되었다. 잉어나 뱀장어의 경우에는 2~3 mg/liter에서도 아무런 변화를 나타내지 않는다.

**MEP(수미지온)**: IBP와 같이 발생율이 낮으며 3.2~5.6 mg/liter 범위에서 20% 1.8 mg/liter에서 10% 발생되었다.

**NAC(미구로디나퐁)**: PAP, DEP와 같이 높은 발생율을 나타냈으며 1.8 mg/liter에서 80% 발생되었다. NAC는 0.56 mg/liter 일때 고기가 100% 생존하게 된다.

**MPMC(매오바-론)**: 1.8~3.2 mg/liter에서 30~50% 이상어가 발생된다. 더욱 낮은 농도에 장기간 작용시키면 이상어의 발생율은 증가할 것으로 여겨진다.

### 脊椎骨의 所見

이상어를 해부해 보면 전부가 골절이거나 脫臼이다. 많은 예에서 이 두 증상이 같이 나타난다. 脫臼는 척추가 완전히 분리된 것부터 척추의 배열이 약간씩 엇갈려 있는 것까지 관찰된다.

골절역은 脫臼가 심한 곳에서는 內出血이 일어나고 그 부근의 신경극이 변형되었을 때가 가장 많다. 농약의 농도에 따르는 차이를 보면 농도가 높은 곳에서 장기간 작용한 예와 저농도에서 장기간 작용한 예에서 輕度の 脫臼가 많지만 그 중간농도에서는 脫臼와 골절이 많이 나타났다.

어중에 따라서 脫臼 및 골절되는 빈도에 차이가 있으므로 더 많은 어중에 대한 실험이 반복되어야 할 것이다.

자연계에서 잡히는 해수산 어류 중에서 異常魚만을 수집하여 보고된 예를 보면 다음과 같다.

1973年 松果(matsusato)의 보고에 의하면 日本各處에서 수집한 척추골의 異常魚를 조사한 결과 해산어 9종, 16증상에 37표본이 이상어로 판명되었고 그 원인이 중금속이나 농약, 공장폐수 등에 의한 것으로 추리된다고 한다.

여기에 기재된 어종은 승어(*mugil cephalus*), 농어(*lateolabrax japonicus*), 감성돔(*mylio macrocephalus*), 돌감태(*calliomymus richardsoni*), 말뚝치(*navoden modestus*), 볼낙(*sebastes inermis*), 양태(*platycephalus indicus*), 달강어(*lepidotrigla microptera*), 돌가자미(*kareius bicoloratus*) 등이다. 주된 증상은 ① 척추골골절 ② 척추골골극 ③ 척추골융합 ④ 鰓骨膨隆 ⑤ 眼下骨 혹은 鰓蓋骨의 異常 ⑥ 외상에 의한 尾椎以後의 결손 등이다. 이와같은 현상은 울산의 태화강 魚類에서도 빈번히 채집되었고, 낙동강 하류인 하남이나 명지에서도 2~3% 채집되고 있는 실정이다.

이와같은 異常魚를 總括的으로 검토해 보면 ① 농약, 중금속, 공업폐수로 인한 환경오염 때문에 발생하는 예와 ② 어류의 발생초기에 일어나는 환경요인, 特히 수온의 급변으로 骨形成이 부분적으로 장애를 받아 나타나는 기형과 ③ 영양결핍, 특히 vitamin C 결핍으로 척추가 유착되어 생기는 단독증 등으로 구분된다. 발생초기에 일어난 기형어는 대부분 强者에게 먹히게 되므로 자연계에서는 그리 눈에 띄지 않는다. 영양성질 병인 척추만곡증은 다음과 같은 증상이 수반된다. 양식장에서 흔히 볼 수 있는 것으로 어류의 성장이 억제되고 안구가 돌출되며 체색이 흑색으로 변하여 식욕이 감퇴된다. 피하에 심한 출혈증상이 나타나고 해부하여 보면 근육과 각 장기에 출혈점이 많이 관찰된다. vitamin C는 신선한 야채와 수초 및 해조류에 많이 함유되었으므로 자연계에서는 vitamin C 결핍증은 찾아볼 수 없다.

자연계의 이상어는 그 대부분이 해양공해에 기인된다고 할 수 있다. 최근 바다양식이 시작되고 있는 이때 방어 치어가 저농도의 농약에 의하여 죽거나 척추만곡증에 걸리게 되면 양식업으로 성립될 수 없다. 벼에 뿌려지는 농약의 농도가 방어 치어를 죽게하는 농도의 100~200배가 되니, 바다가 오염되어 육지에서 가까운 어장의 방어를 죽이거나 병들게 할 수 있을 것

이다.

1973年 스코트랜드의 topping 은 해산어류와 貝類에서 중금속인 銅, 亞鉛, 카드뮴과 납을 검출해 냈으며 청어, 대구, 가자미, 은대구 등에서 銅, 亞鉛, 납이 검출되었고 닭새우(*Homarus vulgaris*), 게(*Cancer pagurus*), 달치(*Mytilus edulis*), 가리비(*Pecten marinus*), 비단가리비(*Chlamys sp.*), 총알고둥(*Littorina littorea*)에서도 銅, 亞鉛, 카드뮴이 검출된다고 보고했다.

공업의 발전과 비례하여 석유 사용율이 증가함은 물론이고, 대형화된 유조선에서 원유 등이 흘러나오며, 석유화학공장의 폐수는 下水로 배출되어 바다를 오염시킨다. 特別히, 석유산업에 따르는 해양오염은 各國에서 심각한 과제로 삼고 있다. 이와같은 석유오염은 기름 냄새를 내는 고기와 貝類, 그리고 해조를 만들어 品味를 없게 하는 한편, 더욱 심하면 연안에 서식하는 많은 수산생물을 폐사시킨다. 外國에서 발생한 수많은 예는 생략하고 최근 우리나라에서 발생한 것만 보더라도 상당한 數가 있다. 부산시 남항에서 채취되는 바지락에서는 年中 기름 냄새가 오래 前부터 나왔고 여수의 광양만 백합의 대량폐사와 김발의 발에 묻은 기름은 김을 枯死시켰다. 석유정제나, 석유화학공장의 폐수에 의하여 나타난다고 추정되는 기름 냄새나는 고기는 어류의 양육실험으로 판정할 수 있다. 폐수와의 인과관계를 밝힐 목적으로 ① 공장폐수로 일정기간 뱀장어를 양육한 후, ② 그 근해의 天然油臭 송어(기름 냄새나는 송어)를, ③ 그 해역에서 가두리 양식한 방어를 *gas-chromatogram*에 의하여 오염물질의 강약을 측정할 수 있다. 또한 그 기름의 성분도 측정할 수 있다. *benzen*, *toluene*, *m-xylene*, *o-xylene* 등의 폐액이 혼합된 물에서 사육한 뱀장어의 근육이나 肝臟에서도 이들 화합물의 移行이 확인되었다.

### 어류의 질병

*p-nitrotoluene* 을 기질로 한 물질을 어류는 어떻게 대사시키는가 알아보자. PNT NADPH PNB alcohol NAD PNB aldehyde NAD PNB acid 로 대사시킨다. (PNP: *p-nitro toluene*, PNB: *p-nitro benzy*l) *toluene* 1400  $\mu\text{mole}$  을 뱀장어 한 마리의 근육에 주사한 후, 그 배설과정을 조사했다. 이때 *toluene* 및 *benzoic acid*(벤조산)는 *gas-chromatography* 로, 히푸린산은 比色定量

法으로 측정할 수 있다. *toluene* 을 주사한 뱀장어를 2日間 사육한 후 飼育數를 조사한 결과 16.4  $\mu\text{mole}$ (1.17%)밖에 배설되지 않았으며 대사산물인 벤조산도 0.23  $\mu\text{mole}$ (0.02%), 히푸린산도 1.21  $\mu\text{mole}$ (0.09%)로서 배설 총계가 1.28%에 불과했다. 따라서 *toluene* 이 體内に 많이 잔류했다고 볼 수 있는 것이다. 重油, 浮遊原油 등도 다 같이 뱀장어 근육중에 축적되었으며 이들 原油의 오염해역의 魚種에 기름냄새가 나는 것은 흡수된 기름 및 기름 化合物의 대사가 활발하지 못하기 때문이라 풀이된다.

### 석유성분의 특성

석유성분 중 토끼의 적혈구나 흰쥐의 간세포내에 포함되는 순서를 보면 벤젠>*toluene*>*o,m,p-xylene* 등으로 되어 있다. 그 축적량에 비례하여 肝 미토콘드리아의 호흡장애가 확인된다. 뱀장어를 300 mg/liter의 處理劑(*toluene*)에서 7~10日間 사육한 후 전자현미경으로 검색한 결과, 신세뇨관세포의 미토콘드리아의 변성(팽윤 및 공포화와 胞體內에 전자밀도가 높은 과립이 많이 관찰되었다. 이 과립은 분비된 것인지 혹은, 食作用을 한 것인지는 알 수 없다. 여기에 다시 重油를 첨가했을 때는 신세뇨관장애를 일으키는데 그 기저막이 심히 파괴되는 경향을 볼 수 있다.

일반적으로 냄새나는 고기라 함은 정상적인 고기가 지닌 냄새가 아닌 다른 냄새를 풍기는 고기를 말하며, 기름 냄새가 나는 고기는 주로 광물유의 냄새를 가진 고기를 말한다. 석유 성분에는 포화탄화수소, 파라핀계 탄화수소, 나프텐계 탄화수소, 오레후링계 탄화수소 및 방향탄화수소가 있다. 중유가 혼합된 뱀장어 양어장의 뱀장어에서는 파라핀계 탄화수소, 나프텐계 탄화수소, 오레후링계 탄화수소가 검출되고 원유가 혼합된 뱀장어 양어장의 뱀장어 근육에서는 방향탄화수소, 파라핀계 탄화수소 이외에도 유기유황화합물질이 검출된다.

이상의 결과 석유성분이나 원유나 모두 어류에 흡수되고 어류에 기름냄새를 풍기게 할뿐만 아니라 어류의 질병을 유발시키며 나아가서는 고기를 죽게 한다. 더욱 중요한 점은 이들 고기는(食物連鎖의反應)으로 사탐에도 移行된다는 것이다.

(著者: 教授, 理學博士)