



수생동물의 실험동물로서의 응용과 실제 I

허 강 준

충북대학교 수의과대학 어류질병학연구실 교수

어류의 실험동물로서의 특성과 이용영역

어류는 수생생물 중에서 고등동물에 속할지라도, 척추동물 가운데 가장 하등한 종류에 속하며, 또한 수중이라고 하는 육상과는 다른 환경에서 서식하고 있기 때문에, 다음과 같은 특징이 있다.

첫째 기능분화의 정도가 낮고, 항상성을 보존하는 능력이 낮아, 환경에 영향을 받기 쉽다.

둘째 부레나 산소함량이 적은 물에서 산소를 효율적으로 섭취하기 위한 아가미 등, 특수한 기관을 갖고 있다.

셋째 삼투압 조절이나 배설도 포유동물과는 다른 점이 있다.

넷째 감각류의 탈피나 변태같은 특수한 성장과정을 가지고 있는 것도 있다.

다섯째 내분비나 감각기관이 특수한 것(측선 등)도 있다.

여섯째 실험동물화가 별로 진행되어 있지 않다(송사리와 같은 일부 어종을 제외하고, 근교제, SPF는 없다).

일곱째 실험동물로서 공급하고 있는 업자가 적고, 입수가 곤란한 종류·시기가 있다.

여덟째 종류가 많고, 서식장소(담수나 해수, 온수성 또는 냉수성)에 의해서도 성질이 다양하고, 약제에 대한 감수성도 종류에 따라 다르다.

또한, 실험동물로서의 이용영역에는 다음과 같은 것이 있다.

첫째 환경영향평가(환경생물에 대한 화학물질의 영향 등을 조사하기 위한 실험).

둘째 생물학(생물 그 자체의 분류, 계통, 생리, 생화학 등) 및 비교생물학(어떤 동물의 진화 과정이나 공통의 원리를 조사하기 위해, 또는 생물학적으로 다른 동물과 비교).

셋째 의학 등의 연구(약리효과나 부작용 등)나 사람에게 대한 영향을 예측하기 위한 동물실험(먹이사슬에 의한 농축성 혹은 어류에서의 발암시험 등)에 사용된다.

이러한 영역에 있어서 어류는 개체로서 이용되거나(그대로 또는 처치 후), 일부를 이용하고(세포배양 등), 또한 특정한 성장단계(알 등)의 것을 이용하고 있는 경우가 있다.

일본에 있어서, 수생생물 중에 실험동물로서 사용되고 있는 종류로는 환경영향평가의 공정시험법 들 가운데 단기시험을 중심으로 지정 또는 추천시험생물을 표 1에 나타내었다.

장기간의 시험에 이용되고 있는 것은 단기간의 시험에 사용가능한 것에 포함되어 있다.



표 1. 일본에 있어서 각종 법률에 의해 실험동물로 이용되고 있는 수생생물종

| 법률 등 | 시험명 | 이용되는 생물종 |
|-------------------------------------|---------------------------|---|
| 화학물질검사규제법 (통산성) | 농도 시험 | 잉어 |
| 농약단속법 (농림수산성) | 어독성 시험 | 잉어, 물벼룩, 그밖의 수산화 또는 생물화상 중요한 생물 |
| JIS공장배수시험법 | 어류급성독성 시험 | 무지개송어, 강송어, 산천어, 아마고, 잉어, 붕어, 납자루, 피라미, 송사리, 구피 등 |
| 미검사액체물질 테스트가이드라인 (환경성) | 어류축적성 시험방법 | 송어, 참돔, 잉어, 메기, 무지개송어 등 |
| | 어류급성독성 시험방법 | 참돔, 보리새우, 송사리, 물벼룩 |
| | 어류착취성 시험방법 | 무지개송어, 참돔, 잉어 |
| OECD시험법 | 어류급성독성 시험 | 잉어, 송사리, 무지개송어, 구피, 블루길 등 |
| | 물벼룩급성유영장애 및 번식시험 | 물벼룩 |
| | 조류성장장애시험 | 클로렐라 |
| 동물의약품에 대한 급성시험등 가이드라인 (농림수산성) | 잔류에 관한 시험 및 안전성에 관한 시험 | 방어, 참돔, 잉어, 뱀장어, 무지개송어, 은어 |
| 수질오염조사지침 | 어류의 급성독성 시험 | 방어의 치어, 돔, 무지개송어, 산천어, 붕어, 납자루, 피라미, 송어 등 |

사육 관리

① 시설과 설비

① **사육실** : 사육설비로서, 외부로부터 반입된 것을 일시적으로 받아 들여놓는 수조, 순화적응시키기 위한 수조, 순화된 것을 축양하는 수조, 실험을 행하기 위한 수조 등이 필요하다. 다수의 생물을 사육하는데는 야외수조가 편리하지만, 소규모로 실험을 하는데는 이와 같은 설비를 모두 실내에 설치하는 것도 가능하다.

실내에서 수생생물을 사육하는데는 다음과 같은 구조와 기능을 갖춘 설비가 필요하다.

㉠ 온혈동물과의 상호감염은 일어나지 않는다고 생각되기 때문에, 배리어시스템으로 할 필요는 없다.

㉡ 포유동물용의 사육실에서도 사육이 가능하지만, 같은 실험실에서 포유동물과 함께 사육해서는 안된다.

㉢ 수온조절장치를 구비해야 하며, 실온도 조절할 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

㉣ 사육수의 공급이 가능할 것.

㉤ 바닥은 콘크리트 등의 재질로 하며, 배수구조가 있어, 수세가 가능할 것.

㉦ 조명시간의 조절이 가능할 것.

㉧ 사육실은 습도가 높아지기 쉬우므로, 환기(배기) 장치를 설치 할 것.

㉨ 축양사육실과 시험사육실은 별도로 하는 것이 바람직하다.

② **사육수** : 담수의 경우는 우물물이 주로 이용

되고 있다. 다만 장소에 따라 우물물은 사육에 적합한 수질이 아닐 수도 있다(적합한가는 수질 용수기준 등을 참조). 우물물은 용존산소가 적고, 용존질소가 과포화되어 있는 경우가 많아, 그대로 사용하면 산소결핍이나 가스병에 걸리는 경우가 있기 때문에 충분히 폭기하여 사용한다. 수돗물을 탈염소(활성탄여과, 하이포(티오황산 나트륨)첨가, 일광에 노출, 폭기 등)하여 사용해도 좋다. 해수의 경우, 쉽게 얻을 수 있는 경우는 천연해수가 편리하다. 장소에 따라서는 깨끗한 천연해수를 얻기가 어려울 수 있다. 활어업자들로부터 구입한 것은 채취장소, 수질 등이 명확한 경우 이외에는 사용하지 않는 편이 좋다. 입수와 운반이 쉽지는 않지만, 수산시험장 등 항상 일정한 장소로부터 채취하여, 필요에 따라 여과 등의 처리를 하고 있는 천연해수가 최적이라 할 수 있다. 많은 해산생물에는 인공해수로 사육할 수 있는 것들이 알려져 있지만, 대량의 인공해수의 조제에는 노력과 비용이 들어간다.

③ 온도조절 : 각종 수생생물을 사육하는데는 15 - 20℃ 정도의 범위에서, 변동폭이 ±2℃/일 이내가 바람직하고, 이것이 가능한 온도조절 장치가 필요하다. 온도조절 방법으로서, 시험수조내에 집어넣을 수 있는 온열기나 냉각기를 넣거나, 수조를 온도조절을 한 항온조에 넣거나, 실온을 일정한 온도로 조절하여 수조온도를 맞추던가, 수조에 온도를 조절한 사육수를 넣어주는 등의 방법이 있다. 수조내에 넣는 온열기로, 소형의 것으로는 시판되고 있는 석영 또는 유리관 히터를, 수조용량이 큰 경우에는 스텐레스제 또는 티타늄제의 것을, 외부에서 온도를 조절하는 경우에는 순환식의 가열 냉각 유니트나 냉동기, 온수기가 시판되고 있다.

④ 수조와 수량 : 수조는 생물에 유해한 성분이 용출되지 않는 것이라면 콘크리트, 유리, 플라스틱 등 어떤 것을 이용해도 좋지만, 시험사육에는 불활성의, 밖으로부터 관찰이 가능한 유리수조가 바람직하다. 특히 약육방식의 시험일 경우에

는 시험물질의 흡착 등이 일어나는 경우가 있기 때문에 유리수조 이외의 것은 사용하지 않는 것이 좋다. 유리수조일지라도 어느 정도의 흡착은 일어나기 때문에, 사용전후에 세척을 충분히 해주는 것이 중요하다. 수조는 물이 튀는 것을 방지하거나 안정을 위해 뚜껑을 하는 것이 좋다.

사육수량으로는, 수용밀도로 사육수 1ℓ에 대해 담수어는 체중 1g 이하, 해산어는 0.3g 이하가 표준이지만, 생물종과 사육방법(반수식, 순환여과식, 유수식), 수조의 형태(깊이와 면적의 비등)에 따라 다르다. 용존산소가 포화농도의 80% 이상 유지하도록 하는 것이 바람직하다.

⑤ 폭기장치 : 깨끗한 공기를 공급할 수 있도록 하는 장치가 필요하다. 관상어용의 소형펌프나 폭기장치가 시판되고 있다. 각각의 수조에 설치해도 좋지만 대형의 것에 분지관을 달아 다수의 수조에 사용할 수도 있다.

② 시설과 설비

① 천연채포 : 채포할 수 있는 장소, 시간이 정해져 있는 것이 많다. 비교적 채포하기 쉬운 종들로서 붕어, 송어, 납자루, 문절망둑, 민물새우 등이 있지만 이들 생물종에도 같은 성장단계의 것을 필요한 수 만큼 채포하는 것은 용이하지 않은 경우가 많다.

자연보호의 관점에서, 채포의 장소, 시기, 수, 성장단계 등, 생태계에 영향을 주지 않도록 주의하는 것이 중요하다. 또한 대부분의 장소에는 어업권이 설정되어 있으므로 어업권자와의 트러블이 생기지 않도록 하는 주의가 필요하다.

② 양식업자로부터 구입 : 양식대상 생물에는 식용, 관상용이 있다.

■ 식용 : 양식장에서는 계획적인 생산을 하고 있기 때문에, 시기는 제한이 있지만, 실험에 사용할 수 있는 적당한 성장단계나 크기별로 필요한 수를 얻을 수 있다. 약물을 처리한 경력이 있는 것도 있기 때문에 사용목적에 따라 주의가 필

요하다. 입수 가능한 시기는 생물종과 지역에 따라 다르다.

■ **관상용** : 소형의 온수 또는 열대성의 것이 많다(송사리, 구피, 금붕어 등), 대부분의 것이 일년 내내 입수가 가능하다. 질병에 걸린 것도 많기 때문에 구입시나 구입후에 질병과 발병의 유무에 주의가 필요하다. 이러한 생물은 통상 애완동물 취급점(수족관) 등에서 입수가 가능하다.

(i), (ii)의 경우처럼 외부로부터 입수하는 경우는 감염성있는 질병을 갖고 들어오는 경우가 있기 때문에, 입수 후 격리시켜 관찰하는 등의 주의가 필요하다.

③ **자가생산** : 생활사가 짧고, 모든 성장단계에 걸쳐 사육할 수 있는 종류는 제한되어 있다. 특히 채란이나 치자어의 사육이 가능한가가 문제가 된다. 자가생산은 상당한 수고가 필요하지만, 필요한 시기에 필요한 성장단계의 것을 입수할 수 있고, 질병과 영양상태도 제어할 수 있어 실험동물의 내력을 분명하게 알 수 있다.

실험실에서 자가생산으로 용이하게 입수할 수 있는 것에는 송사리, 구피 등의 소형 온수성 어류와, 물벼룩 등의 소형 갑각류 등이 있다.

④ **운반 등** : 운반시는, 비닐주머니에 산소를 가득채우고, 약간 작은 용량의 물과 생물을 넣는다. 온도가 가능한 변동되지 않도록, 가능한 단시간에 운반한다. 필요에 따라서 운반중에도 질병을 예방하기 위한 약육을 행한다. 외부로부터 시험시설로 반입한 경우, 급격한 온도변화를 피하기 위해 비닐주머니채로 물을 넣은 사육조에 30분이나 1시간 정도 집어넣어, 비닐주머니 내부의 수온을 같게 한 후 주머니 연다.

③ 어류의 선별과 순화

시험생물을 입수하여 실험에 이용할 때 까지는 몇 단계의 선별과 순화가 필요하다.

선별에는 건강하고 정상적인 것을 고르기 위한 것과, 실험에 필요한 성장단계나 크기를 고르기

하기위한 선별이 있다. 다음의 실험조건하에서 정상적으로 성장할 수 있도록 실험조건에 맞게 순화시킨다. 선별시 생물의 취급에는 부드러운 손그물 등을 이용하여 상처가 나지 않도록 한다. 표면이 건조한 곳에 놓거나, 불필요하게 물밖에 오랜 시간 방치하지 않도록 한다. 선별시에는 불필요한 것은 처분하는 등의 주의가 필요하다.

① **반입시의 선별과 순화** : 외부로부터 시험생물을 반입할 경우, 다른 생물과 격리하고, 적어도 수일간 건강상태를 관찰한다(사육방법의 건강상태 파악방법을 참조). 필요하다면 이 시점에서 질병의 예방을 위해 약육을 행한다(사육관리의 질병의 예방 치료방법을 참조). 외관이나 행동 등에 이상이 있는 개체와 폐사한 것은 폐기한다. 사망하였거나 이상이 있는 개체가 전체의 10%를 넘는 경우, 전체를 사용하지 않고 처분하는 것이 좋다. 이 단계에서 시험시설의 수질로 제 1단계의 순화도 동시에 실시하도록 한다.

② 실험에 사용하기 위한 선별과 순화

■ **선별** : 실험에 사용가능한 건강한 군을 선별한 후, 실험에 필요한 성장단계와 수를 얻기위한 선별을 한다. 선별의 방법으로는, 수생생물에서는 생후의 주령이 명확하지 않은 경우가 많아 크기를 기준으로 골라 균일한 군을 얻으려고 하는 경우가 많다(육안으로 최대 개체의 전장이 최소 개체의 1.5배 이하가 되도록 하는 기준이 자주 이용되고 있다). 이 시점에서도 외관적으로 이상이 있는 것은 폐기한다. 같은 수역 또는 같은 업자로부터 같은 시기에 채취한 것을 한 군으로 하여, 그 중에서 선별하도록 한다. 다른 군으로부터 선별한 것을 혼합해서 실험군으로 사용해서는 안된다.

■ **순화** : 선별한 군은, 실험을 수행하는 환경에서의 온도, 수질, 그밖의 종합적인 환경변화에 익숙하게 하여, 그 환경에서 정상적인 생리상태로 안정시키기 위하여 순화한다.

온도순화에 있어서 순치시키는 수온이 사육수온보다 높은 경우는 사육수온 보다 5℃ 이내의 높

은 온도로 하루 이상, 그 후 1일 3℃이내 정도로 순차적으로 온도를 상승시키고, 최종적인 순치 온도에서 7일간 이상 사육한다. 사육수온보다 낮은 경우는, 3℃이내의 낮은 온도에서 하루 이상, 그 후 1일 2℃이내 정도로 하강시켜 최종적으로 순치온도에서 10일간 이상 사육한다.

온도이외의 수질 등의 환경에의 순화는 온도순화와 동시에 행하는 경우가 많다. 환경변화에 의해 감염이 억제되어 있다가 발병하는 것도 있기 때문에 순화중에도 생물의 상태를 계속 관찰한다. 순화에 필요한 기간은 환경변화의 정도나 생물종에 따라 다르지만, 보통 유영상태가 안정되어 있고, 급이에 대한 조건반사가 일어나며, 질병의 증상이 발견되지 않으면 순화가 이루어졌다고 판단한다. 선별시 시험생물의 취급과 순화시의 일상작업은 사육방법의 항을 참조한다.

③ 실험시의 균의 분류와 순화 : 실험에 사용하기 위한 선별과 순화가 끝난 균은 실험을 위한 균의 분류와 실험수조에의 순화를 행한다. 분류의 방법은 개체별 체중을 알고 있는 경우는 포유류에서 사용하는 분류법을 이용한다. 너무 작아서 체중측정이 어려운 경우는 무작위추출법을 이용한다. 또한 암수의 판별에 관해서는, 시험법에서 암수의 구별을 지정하지 않은 것이 많다. 대부분의 어종에 있어서는, 성숙하면 2차성징이 나타나 암수의 판별이 용이하지만, 어류의 시험 등에서는 치어와 같이 암수의 판별이 곤란한 시기의 개체를 이용하는 경우가 많다. 물벼룩은 보통 모두 암컷이다. 암수를 판별할 수 있는 개체군을 이용하는 경우는 암수 동수를 이용하도록 한다.

④ 사육방법 작업

① 일반적 사항 : 사육하는 생물의 생리, 생태, 적응력 등을 충분히 조사하여 온도, 수질, 빛, 용존산소농도, pH, 사료의 종류 양 등이 사육하고 있는 생물에 스트레스를 주지 않도록 적절한 범위에서 유지하는 것이 필요하다. 수조의 배치는

생물에 안정한 환경을 부여하기 위해 사람의 출입이 많은 장소는 피한다. 사육방법은 여러 가지 생물종에 공통된 부분과 다른 부분이 있기 때문에, 성장단계에 따라서도 다를 수 있다. 또한 시험중에는 시험목적에 따라 축양 때보다 엄격한 사육환경의 제어가 필요한 경우가 많다. 예를 들면, 번식이나 장기간의 시험에서는 생존율, 산란수, 산자수, 성장 등을 영향을 검출지표로서 이용하기 때문에 대조군과의 비교에 의해 영향을 관찰이 가능한 정도의 대조군에서의 생존률, 산란수 등이 있고, 동시에 그것이 일정한 간격의 범위가 되도록 수질, 사료의 종류와 양, 온도와 광주기 등의 사육환경조건을 제어하지 않으면 안된다. 또 이러한 사육환경을 몇 군이라도 동시에, 같은 조건에서 제어하지 않으면 안된다.

② 사육방식 : 유수, 지수, 환수, 순환식이 있지만, 어느 방식이 적절한가는 사육하려는 생물종, 사육기간, 실험목적에 따라 다르다. 일반적으로 대형의 물고기나 냉수성 어류(송어 등)는 산소소비량이 크고 환경변화에 민감하기 때문에 유수식에서 사육하는 것이 적당하다. 온수성의 생물종에서는 어느 방식이라도 사육가능한 경우가 많다. 자가생산이나 장기간 사육하는 경우는 유수식이 가장 적절하다.

시험중의 사육방식은 축양 때와 같이, 유수, 지수, 환수, 순환식 등이 있다. 시험목적에 따라 이 중 한 방식을 선택한다. 가장 시험환경조건을 안정적으로 유지시킬 수 있는 것은 유수식으로, 번식시험이나 장기간의 시험에서는 이 방식을 이용하는 경우가 많다. 지수식은 급성독성시험과 같은 단기간의 시험에만 적용시킬 수 있는 방법이다. 순환식은 약육방식의 시험에서 농도를 일정하게 유지시켜야 하기 때문에 적용이 곤란하지만, 경구투여나 주사투여에는 적용할 수 있다.

각 방식의 특징과 적용범위는 다음과 같다.

■ 지수식 : 사육중에 사육수를 교환하지 않는 방식이다. 이 때문에 산소가 소비되어 탄산가스

가 증가하며, 배설물에 의해 수질이 악화되는 등, 사육환경을 일정하게 유지시키기가 어렵다. 폭기를 행하면 산소의 공급은 가능하지만, 그밖의 수질악화는 피하기 어렵다.

수용밀도가 낮기 때문에 대형의 어류, 해산어, 냉수어의 사육에는 적당하지 않다.

■ **반지수식(환수식)** : 일정기간마다 사육수의 전량 또는 일부를 교환하는 방식이다. 환수한 후부터 다음 환수까지는 지수식과 같기 때문에 지수식과 같이 환경을 일정하게 유지시키기가 어렵다. 사육환경을 어느 정도 양호하게 보존하는 가는 폭기의 유무, 환수의 빈도, 수용밀도에 따라 다르다. 환수가 물고기에게 스트레스를 줄 수가 있기 때문에, 환수시의 생물의 취급, 또는 사육수의 환수시 수온의 커다란 변화가 없도록 주의하는 것이 필요하다.

■ **순환식** : 수조 내부 또는 외부에 사육수를 순환여과시키는 장치를 설치한다. 지수식이나 반지수식과 조합해서 이용하고 있다. 관상어용, 번식용 등으로 시판되는 것도 있다. 수질의 안정성은 여과조의 크기, 여과재료의 재질, 그리고 유지관리의 방법에 의해 다르다. 여과장치 가운데는 미생물상(질산분해세균 등)이 안정되면 상당한 기간 안정된 환경을 유지할 수가 있다.

물이 오염되기 시작하면, 여과조의 세정, 사육수의 교환을 행한다. 수질의 변화는 사육수의 색, 냄새, 부유물의 양 등과 함께 pH, DO, NH₄-N, NO₂-N의 측정을 행하여 파악한다.

■ **유수식** : 사육수가 일정한 비율로 수조에 유입되어 나가는 방식으로서, 사육환경을 가장 안정하게 유지하기 쉬우며 유지관리도 용이한 방법이다. 다량의 사육수의 공급이 필요하다. 수용밀도는 유수량, 수조의 크기와 형태에 따라 다르다. 수조의 구조에 따라 산소의 보급과 배설물 등의 제거가 문제가 되기 때문에 충분히 주의한다.

③ 사육조건

■ **온도** : 온도는 생물종에 적당한 사육수온으로, 사육종의 온도의 변동폭이 ±1 에서 2℃의

범위로 가능한 제한하여 적게 한다. 시험수조로 이동하는 경우에도 온도의 차이가 나지 않도록 주의한다.

시험생물이 천연채포일 경우는, 채포장소의 온도부근에서 시험하는 것이 바람직하다.

■ **수조** : 화학물질의 독성은 수질에 의해 영향을 받을 수 있기 때문에, 수질을 일정하게 유지하며, 미리 알고 있어야 할 필요가 있다. 시험용수에 관해서도 일반적인 수질기준은 사육관리와 동일하다. 용존산소농도는 사육수에서의 포화산소농도의 적어도 60% 이상, 통상 80% 이상을 유지하는 것이 바람직하다. 수생생물의 산소소비량은, 생물종, 크기, 수온, 운동량, 섭취상황 등에 따라 다르다. 용존산소농도는 성장과 수중의 화학물질의 흡수에 영향을 주는 경우가 있다.

pH는 담수어의 경우 6.7~7.5, 해산어의 경우 7.8~8.4로 급격한 변화가 없어야 한다. 시험수의 pH에 대해서도 각종 시험법에서 규정하고 있다.

■ **화학물질의 종류에 따라 시험수의 pH에 의해 독성이 다른 경우가 있다.** 일반적으로 수생생물은 pH 5~10의 범위에서 서식이 가능하지만 가능한 중성범위에서 변동이 없도록 한다.

■ **광조건** : 조명시간은 특히 성숙을 위한 조절이 필요한 경우이외는 12~16시간/일이 보통이다. 장기간의 시험이나 번식시험의 경우에는 광주기가 중요한 인자가 되기 때문에 조절이 필요하다. 빛의 세기는 특별히 규정되어 있지 않은 경우가 많다. 통상의 실험실의 조명정도로 충분하다.

■ **사료** : 사료의 종류와 양은 사육하는 생물의 종류, 성장단계, 사육목적에 따라 다르다. 일반적인 급이양으로서는 보통 물고기에서는 체중의 2% 전후가 적당하고 1일 1~2 회로 나누어 주지만, 치어기에서는 체중의 10% 이상을 1일 3회 이상으로 나누어 준다.

인공사료로만 사육할 수 있는 종류는 많지 않다. 송어, 돛, 잉어, 보리새우 등이나 관상용의 물고기 등에서는 배합사료가 있지만, 이것들은 어느 정도의 크기가 되어지만 급이할 수 있는 사료이

기 때문에, 부화직후는 보통 물벼룩이나 왁시, 알테미아 등의 생물사료가 이용되고 있다.

급성시험에서는 시험중과 시험전 2일부터 급이 하지 않는 경우가 많다. 장기간의 시험에서는 급이가 필요하다. 사료의 종류와 양은 성장, 성숙, 건강상태를 좌우하므로 이것을 영향의 지표로 하는 경우, 사료의 종류와 양은 매우 중요한 인자가 된다. 적절한 사료의 종류와 양은 사육방법이나, 수조의 형태에 따라서도 다른 경우가 있다. 이 때문에 시험장치와 시험방법에서의 사료의 종류와 적절한 양을 미리 구해두는 등의 검토가 필요하다.

사료는 냉장이나 통풍이 좋은 그늘에 보존한다.

④ 사육작업

▣ 질병의 예방 치료방법 : 수생생물에서는 치료보다 발병되지 않도록 예방과 일상관리를 철저히 하고, 질병에 걸린 생물을 구입하지 않도록 거래처를 고르는 것이 실제적으로 필요하다. 발병균을 치료 가능한 경우도 있지만 대개의 경우 곤란하다. 만일 치료하였다 하더라도 시험에 이용할 수 있을지 없을지 판단이 곤란하기 때문에 발병균을 살처분시킬 수 밖에 없는 경우가 많다. 예방이나 치료에 이용되는 약제는 질병의 종류가 생물종이나 서식지역에 따라 다르기 때문에 적절한 것을 선택한다(수산용 의약품으로서 사용될 수 있는 것은 제한되어 있으므로 선택시 주의할 것). 살균작용은 없지만 식염수도 자주 이용되고 있다.

▣ 관찰과 일상관리 : 사육조건, 수질(용존산소농도, 수온, pH 등), 생물의 상태는 최소한 1일 1회 정도 관찰하거나 측정함과 동시에 기록을 해두는 것이 필요하다.

전술한 바와 같이 수생생물에 있어서는 SPF 등을 만들 수 없기 때문에, 발병하고 있지 않더라도 어떠한 질병에 감염되어 있다고 생각하는 것이 올바르다. 이들 질병은 환경변화가 일어나고 생물의 상태가 악화되었을 때 발병한다고 생각할 수 있기 때문에, 사육환경을 양호하게 유지시켜

주도록 다음과 같은 관찰과 일상관리가 중요하다.

㉠ 그 종류에 대하여, 적절한 사료를 주어 영양상태를 양호하게 유지하고, 환경조건을 적절하게 유지하며, 조건의 변동을 적게 하도록 함과 동시에 남아있는 사료나 배설물을 제거하여 수질을 양호하게 유지한다.

㉡ 수질과 생물의 상태를 매일 관찰함으로써 이상을 조기에 발견할 수 있도록 노력한다.

㉢ 사육수조 사이의 감염을 피하기 위해 손그물, 청소용구 등의 사육용기류는 수조별로 따로 사용하고, 사용후에는 반드시 소독을 해서 보관한다.

㉣ 선별이나 수조에서 꺼내는 등의 생물을 다룰 경우, 부드러운 그물 등을 이용해서 상처가 나지 않도록 한다.

㉤ 유영행동이나 외관에 이상이 있는 것은 즉각 사육 중일 경우에는 바로 제거한다. 시험중일 때는 자주 관찰하여, 사망 후 장시간 방치되지 않도록 한다.

▣ 건강상태의 파악 : 일반적으로 스트레스가 가해지면 생리학적 변화와 더불어, 행동이나 외관에 변화가 일어나는 경우가 많기 때문에 다음과 같은 외관관찰이 유력한 정보가 된다.

㉠ 통상 물고기는 군을 형성하여 유영한다. 군을 이탈한 물고기는 우선 건강하지 않다고 생각하는 것이 좋다.

㉡ 급이시에 섭이상태를 잘 관찰한다. 활발하지 않은 경우는 건강상태가 저하되었다고 생각한다.

㉢ 외관관찰의 항목으로는 체형, 체색, 유영행동, 체표점액의 분비, 배설물의 양과 상태(소화가 안된 배설물 등) 등을 들 수 있다.

㉣ 이상상태의 파악에는 평소 정상개체군의 행동이나 외관을 관찰하는 것이 중요하다. 이상이 관찰될 경우 수조로부터 꺼내어 외부에 나타나는 변화를 관찰한다.

특히 체표와 아가미의 색조(빈혈)를 관찰한다. 또 해부하여 내부관찰을 행하여 그 원인을 알아내도록 노력한다.

동물실험에 관한 지식과 기술

① 약물의 투여

투여방법으로서는 약육, 경구투여, 주사투여가 있다. 어떤 투여방법을 이용하는가는 시험목적에 따라 다르다. 각 방법의 구체적 내용과 적용성을 기술하면 다음과 같다.

① **약육법** : 사육수 중에 시험물질을 용해시켜 시험하는 방법으로서, 조작이 간편하고, 작은 생물에도 적용할 수가 있다.

가장 많이 이용되는 투여방법으로서 환경영향평가의 시험법에는 모두 이 방법을 사용한다. 특히 물벼룩 등의 소형갑각류에 있어서는 약육법 이외의 투여방법은 곤란하다. 다만 물에 녹기 어려운 물질의 경우에는 시험액의 조제가 곤란하여 시험수 중의 시험물질의 농도를 일정하게 유지하는 것이 쉽지가 않다. 생물에 직접 투여하는 것이 아니기 때문에 물질의 투여량이 확실하지 않는 등의 문제도 있다.

② **경구투여** : 사료에 첨가하여 투여하는 경우와, 시험물질 또는 그 수용액 등을 강제적으로 식도로부터 투여하는 방법이 있다. 사료에 혼합하는 방법은 인공사료로 사육할 수 있는 생물이 라면 적용할 수 있지만 실제 투여량을 측정하기가 곤란한 경우가 많다. 강제투여는 투여량이 확실하지만 어느 정도 이상의 대형의 생물(물고기) 밖에 적용할 수가 없다.

③ **주사투여** : 시험물질을 생리식염수액 등에 용해한 것을 주사하여 투여하는 방법이다. 이 방법은 어느 정도 이상의 대형의 물고기나 갑각류에만 적용할 수 있다. 주사부위로서는 혈관내, 근육내, 복강내, 부레내, 뇌내 투여가 있지만, 근육내, 복강내 주사가 행하기 쉽다. 혈관투여에는 시험물질이 들어갔는지 아닌지를 확인 할 수 없기 때문에 확실하게 투여하려면 카놀레이션을 부착할 필요가 있고 기술적으로도 어렵다.

④ **개체식별** : 개체별로 성장, 그밖의 검사결과를 취할 경우, 개체의 식별이 필요하게 된다. 하

나의 수조에서 군사육을 할 경우 개체식별이 어렵기 때문에 개별사육이나 식별가능한 표찰을 부착한다.

⑤ **기타** : 체표에 도포, 체내에 삽입 등의 방법이 행해지고 있는 예도 있다.

② 증상과 영향의 관찰

① **일반증상** : 일반증상으로서 체형, 체색, 체표의 변화, 외부자극에 대한 행동, 유영상태나 체위, 먹이에 대한 행동, 다른 개체에 대한 행동, 군행동, 사망 등을 관찰하여 대조군과 비교하여 영향의 유무를 조사한다(관찰의 방법에 관해서는 건강한 상태의 파악의 항 참조). 소형의 생물 또는 성장 초기는 개체가 작아 이러한 관찰이 곤란한 경우는 실체현미경을 이용하여 행한다.

② **성장** : 체중, 체장, 전장을 측정하고 대조군과 비교한다. 체중 등을 측정하기 위한 경우는 수조로부터 꺼내어 어체를 상하지 않도록 유의하며, 바로 거어즈 등으로 수분을 닦아내고 측정한다. 이때 점액이나 비늘 등이 떨어지지 않도록 주의한다. 마취약을 사용하면 작업도 수월하고 어체를 상하는 경우도 적지만, 시험목적에 따라 사용하지 않는 것이 좋은 경우도 있다. 마취약으로서는 냉혈동물용의 것이 시판되고 있다. 종료시에 마취를 하려면 얼음물에 담구어도 좋다.

③ **번식** : 산란(자)수, 수정율, 발생과정, 부화율, 부화일수, 부화개체의 기형의 유무, 생존율, 성장을 관찰한다. 이들 중에서 하나 또는 복수의 항목에 관해서만 따로 조사하는 경우도 있다.

④ **혈액학적 검사** : 보통 이러한 검사는 어류를 대상으로 하나 소형갑각류에서는 곤란하다(새우에서 폴린에스테라제를 측정하는 예가 있다).

채혈방법으로는 심장에서 동맥혈을 채취하는 방법, 큐비에씨관에서 정맥혈을 채취하는 방법, 꼬리부를 절단하여 혼합혈을 채취하는 방법 등이 있다. 또 시험종료시에 전혈을 채취하는 경우와 시험중에 반복하여 채취하는 경우가 있다. 반복하여 채혈하는 경우는 상당히 큰 개체에서만 가능하지만 채혈의 영향으로 회복하려면 시간을

요하기 때문에 채혈량과 간격에 주의할 필요가 있다. 이러한 방법들 가운데 어떤 것을 선택하는 가는 검사 목적에 의한다.

혈액학적 검사의 항목으로서는 포유동물과 같이 적혈구수, 백혈구수, 헤모글로빈의 양, 헤마토크리트치, 미숙적혈구수 등이 일반적이다. 채혈시에 마취약을 사용하면 작업이 용이하게 되는 경우도 있지만, 마취약 사용에 따른 혈액성상에 영향을 주는 경우도 있기 때문에 주의를 요한다.

⑤ **생화학적 검사** : 자주 검사하는 항목으로서는 혈액(혈청, 혈장 중)이나 각 기관의 무기질, 호르몬, 산소화합성, 단백질, 당, 콜레스테롤, 트리글리세라이드, 각종 질소대사물 등이 있다. 이들은 대부분이 어류에서만 적용되지만, 뇌나 근육의 아세틸콜린에스테라제 활성, 간장에 있어서 산화환원효소 등의 측정은 새우류에도 적용된다.

⑥ **병리조직학적 검사** : 병리조직학적 검사에 우선하여, 해부한 각 장기나 조직의 색조, 형상, 종창, 위축, 점액분비, 출혈, 울혈, 용해 등의 이상의 유무를 조사한다. 그 후 필요한 장기나 조직을 적출하여 필요한 만큼의 중량을 잰 후, 병리조직학적 검사를 수행한다. 소형어류라 장기를 나누기가 곤란한 경우에는 전신절편을 만들어도 좋다. 전신절편은 한장의 슬라이드로 대부분의 조직과 장기를 관찰할 수 있기 때문에 유리한 점도 있다. 고정, 포매, 절편의 제작은 일상 하는대로 하지만, 생물종에 따라서는 고정 등을 달리 검토할 필요가 있는 경우도 있다.

수생생물은 일반적으로 사후변화가 빠르기 때문

에 해부 후에는 가능한 빨리 고정한다.

수생생물은 성숙 등의 생리적 변화나 계절 변화에 따라 조직상에 미치는 영향이 크다.

종류에 따라 유문수의 유무나 간장이나 신장의 형태와 위치가 다르다.

어떤 종의 어류에는 간체장으로 되어 있거나, 유핵적혈구로 되어 있거나, 또는 내분비기관이 산재하여 있는 등의 특징이 있기 때문에 관찰이나 결과의 평가에 대해서 주의를 필요하다.

⑦ **기타** : 이상과 같이 독성시험에 널리 사용되는 영향의 검출방법 외에도 약물의 흡수 대사 배설, 특성의 행동(기피행동, 무리행동 등), 생리학적 연구법(신경생리, 호흡생리 등) 등이 있다.

이러한 것들을 실시할 경우에는 이미 기록되어 있는 자료나 문헌 등을 참조한다.

③ 동물애호

다른 동물실험과 마찬가지로 될 수 있으면 적은 생물수로 가능한 많은 정보를 얻을 수 있도록 실험계획을 세우도록 유의한다.

시험종료 후의 생물은 빨리 살처분 하던가, 가능한 고통을 주지 않는 방법을 선택한다. 큰 개체의 경우는 연수를 절단하며, 작은 개체는 얼음물에 담구어 가사상태로 만든다음 동결보존 하거나 소각처리한다.

자연계로부터 채포하는 경우는 자연보호에 유의한다. 사용후의 생물을 방류하는 경우는 사용한 생물종에 의해 국내의 생물상에 영향을 주지 않도록 주의한다.

편집자주

지면관계상 다 신지 못함을 양해하여 주시가 바랍니다. 참고적으로 미게재된 항목은 다음과 같습니다.

| 제호 | 제 목 |
|------|--|
| 11월호 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 어류의 실험동물로서의 특성과 이용 영역 ■ 사육관리 ■ 동물실험에 관한 지식과 기술 |
| 12월호 | <ul style="list-style-type: none"> ■ 양서류의 실험동물로서의 응용과 실제 ■ 무척추동물의 실험동물로서의 응용과 실제 |