

잔류농약의문제점

(Ⅲ)



한국원자력연구소 환경화학 연구실
실장 李 瑞 來

1. 물중의 잔류농약

농약사용의 목적은 병해충이나 잡초의 방제에 있는 것으로 사용한 농약이 모두 방제대상이 되는 생물에 부착하여 목적을 달성한 후 무해한 물질로 분해되어 버리는 것이 이상적인 일이다. 그러나 현재의 기술로서는 사용한 농약의 일부분은 부득이 하천, 호수, 바다와 같은 물 속으로 들어가 버린다. 그리고 자연조건이

나빠지거나 사용자의 부주의에 의하여 수산동식물에 커다란 피해를 줄 가능성마저 생긴다.

이와 같은 수질오염이나 수산동식물에 대한 피해를 방지하기 위해서는 농약의 사용법에 대한 관리, 감독을 철저히 하는 일 못지 않게 농약의 특성을 잘 이해하고 오염실태나 오염기작을 조사, 연구하는 것이 매우 중요하다.

수질이 농약으로 오염되는 경로로서는 논에 살포한 것이 관개수에 녹

아서 하천으로 흘러들어가는 경우가 가장 많다. 또한 밭이나 산림에 살포한 농약도 일부는 빗물과 함께 하천으로 들어갈 것이고 일부는 땅속으로 깊이 스며들어 지하수에 까지 오염될 수 있다. 공기중에 떠 있던 농약은 빗물에 녹아서 땅에 떨어지게 된다. 따라서 일단 사용한 농약은 분해되어 버리지 않는 한 상당한 부분이 수계(水系)에 들어가게 된다

현재 수질을 가장 오염시키고 있을 가능성이 있는 농약은 그의 물리화학적 성질이나 최근까지의 사용실태로 보아 유기염소계 살충제가 아닌가 생각된다. 예컨대 일본에 있어서 1970년경 도오쿄근방의 여러가지 환경수질중 BHC와 DDT의 검출량을 보면 표 1과 같이 빗물과 하천수에서의 농도가 높은 것을 알 수 있다.

표 1. 각종 환경수질중 BHC, DDT의 평균 검출량(일본, 1970년)
(단위 : ng/L)

| 물 | BHC | DDT |
|-----|-------|-----|
| 빗물 | 1,233 | 195 |
| 하천수 | 923 | 367 |
| 바닷물 | 108 | 8 |
| 수도수 | 61 | 2 |
| 지하수 | 5 | <1 |

한편 하천수중 농약의 오염정도는 농약의 사용량이 계절적으로 달라 그 영향을 받게 되는 것인데 한국이나 일본에서는 일반적으로 여름철에

그 농도가 높아지는 경향이 있다. 예컨대 일본 규슈지방의 하천수중 BHC 오염의 계절적 변화를 보면 그림 1과 같다.

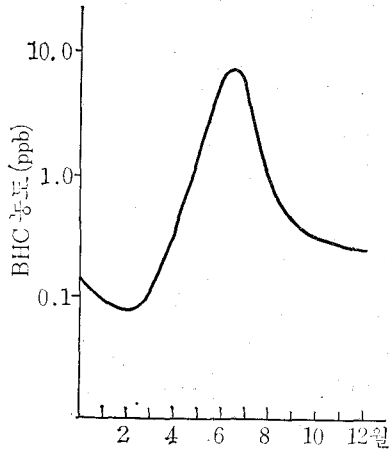


그림 1. 하천수중 BHC농도의 계절적 변화

구미제국에서 환경수질중 유기염소계의 오염상황에 대한 조사보고를 보면 표 2와 같이 나라에 따라 농도의 차이는 있으나 어느나라에서나 검출되고 있음을 알 수 있다.

물중에 존재하는 유기염소계는 그들의 낮은 용해도 때문에 용액상태가 아니고 물에 분산된 입상물질(particulate matter)의 상태로 검출되는 것이 보통이다. 농약성분이 자연수계(水系)에 도달하게 되면 그 대부분이 신속하게 사라진다. 예컨대 DDT를 함유하는 물을 걸름종이(여과지)로 덮은 흙 위에 놓아두면

표 2. 수질중 BHC, DDT의 검출량

(단위 : ng/L)

| 국명(년도) | 시료(지점수) | BHC | | DDT | |
|-----------|-----------|--------|-------|-------|------|
| | | 최 고 | 평 균 | 최 고 | 평 균 |
| 영 국(1969) | 하천수 (76) | 118.0 | 25.8 | — | — |
| " " | " (7) | 98.0 | 18.7 | 15.0 | 1.6 |
| 서 독(1970) | " (51) | 1700.0 | 138.2 | 300.0 | 18.9 |
| 미 국(1967) | " (109) | 56.0 | 2.2 | 127.0 | 8.3 |
| " (1970) | 표면수 (114) | 112.0 | 3.0 | 417.0 | 7.8 |
| 캐나다(1971) | " (4) | — | — | 397.0 | 64.0 |

6시간후에 그의 56%가 흙 속으로 들어가고 24시간후에는 22%가 더 흙 속으로 들어간다는 실험결과가 발표되고 있다. 또 미국 미시시피강 하구(河口)에서 잔류농약을 검색한 결과 강물에서 보다는 그 밑의 진흙과 퇴적물에서 더 많은 유기염소제가 검출되었다는 보고가 있다.

결국 강물에서 유기염소계 살충제가 제거되는데 가장 주요한 인자는 침강(沈降)으로서 Keith등(1966)은 잔류농약이 물, 현탁물질 그리고 저질토(底質土)간에 분배가 신속히 일어남을 증명하였다. 또 농약의 용해도는 물중의 잔류성을 결정하는 중요한 인자로서 물에 대한 용해도가 클수록 침강되는데 더 오랜 시간이 걸린다. 예컨대 물에 잘 녹지 않는 DDT를 하천 유역의 농토에 다량사용하였음에도 불구하고 물에서는 DDT가 소량 검출되었고 저질토에서 다량 검출되었다는 보고가 있다.

따라서 용해도가 적은 농약은 고여 있는 물에서 다량 검출될 수 있는 확률이 적은 반면 흐르는 물의 와류(渦流)에 의하여 입상물질이 비로소 분산되는 것이다. 그리고 홍수시에는 강 바닥에 침적되었던 잔류농약의 일부가 흐르는 물에 다시 들어가게 된다. 그리하여 강의 저질토는 잔류농약으로 크게 오염될 수 있으며 강물의 주기적 오염의 근원이 되고 있다.

하천수중 잔류농약의 근원을 파악하는 것은 매우 어렵다. 그러나 일반적으로 오염의 두가지 큰 원인으로는 농경지로부터의 배수(agricultural runoff)와 농약을 생산, 조제 또는 사용하는 공장으로 부터의 산업폐수를 들 수 있다. 또한 농약의 무절제한 사용이나 농약 용기의 세척 또는 폐기도 물 오염의 원인이 되므로 이러한 오염의 원인을 감소시키도록 노력해야 될 것이다.

현재까지 강물중 유기염소계 살충

제의 존재에 대하여 많은 보고가 있는데 수도수 중의 잔류량은 매우 낮은 것으로 알려져 있다. Nicholson (1969)은 음료수중 잔류농약의 허용량을 표 3과 같이 추정하고 있는데 일반적으로 수도원수(水道源水)중의 잔류량은 이보다 훨씬 적으므로 음료수 중의 잔류농약은 심각한 문제를 야기시키지 않을 것으로 생각된다.

표 3. 음료수중 잔류농약 허용량

| 농 약 명 | 허용기준 (ng/L) |
|------------------|-------------|
| 알 드 린 | 17 |
| 클 로 트 멘 | 3 |
| D D T | 42 |
| 디 엘 드 린 | 17 |
| 엔 드 린 | 1 |
| 헵 타클로르 | 18 |
| 린 덴 | 56 |
| 메톡시클로르 | 35 |
| 유기인제 · 카바메이트계 | 100 |
| 특 사 펜 | 5 |
| 2, 4-D+2, 4, 5-T | 100 |

물중 잔류농약이 초래할 수 있는 주요 피해는 ① 다수의 수산 무척추동물 및 어류가 죽거나 ② 수산생물의 조직중에 농약이 잔류하는 두가지가 있다. 어떤 강에서는 때때로 물고기들을 죽이기에 충분한 농약으로 오염되는 수가 있다고 하며 특히 유독성 농약의 경우 그러하다.

강물은 잔류농약을 바다로 운반하게 되므로 하구(河口)에는 상당량의

잔류농약이 축적될 것으로 추측하고 있다. 그러나 놀랍게도 이러한 문제가 발생한다는 증거는 매우 빈약하다. 예컨대 미국 샌프란시스코만(灣)에는 매년 1.9톤의 농약이, 멕시코 만에는 미시시피강으로부터 매년 10톤의 농약이 흘러 들어가는데 이러한 양은 살포한 농약의 0.1%에 불과하다는 것이다.

바닷물 중의 잔류농약에 관한 조사결과는 하구를 제외하고서는 매우 제한되어 있다. 하구에서의 농약잔류량은 매우 적기때문에 강물이 바닷물 오염의 주원인이 되리라고는 생각되지 않으며 오히려 대기중의 농약성분이 빗물이나 먼지와 함께 바닷물에 떨어지는 것으로 생각된다. Goldberg 등(1971)은 세계적으로 보아 DDT 생산량의 약 1/4이 대기를 거쳐 바닷물로 들어간다는 계산을 하였다. 또한 생산된 모든 DDT를 지구상의 바닷물에 완전히 혼합한다고 하면 그 농도는 약 10^{-6} ppm이 될 것으로 계산하였으나 실제로는 이보다 훨씬 적을 것이다. 이와 같은 이유 때문에 바닷물의 농약오염 판정은 생선, 플랑크톤, 수산 무척추동물에 대한 잔류량 분석결과에 근거하고 있다. 즉 바닷물 자체의 농약잔류량은 분석방법의 한계치 이하이거나 조사가 시도되지도 아니 하였다.

물중 유기염소계 잔류농약이 한없

◇ 잔류농약의 문제점 ◇

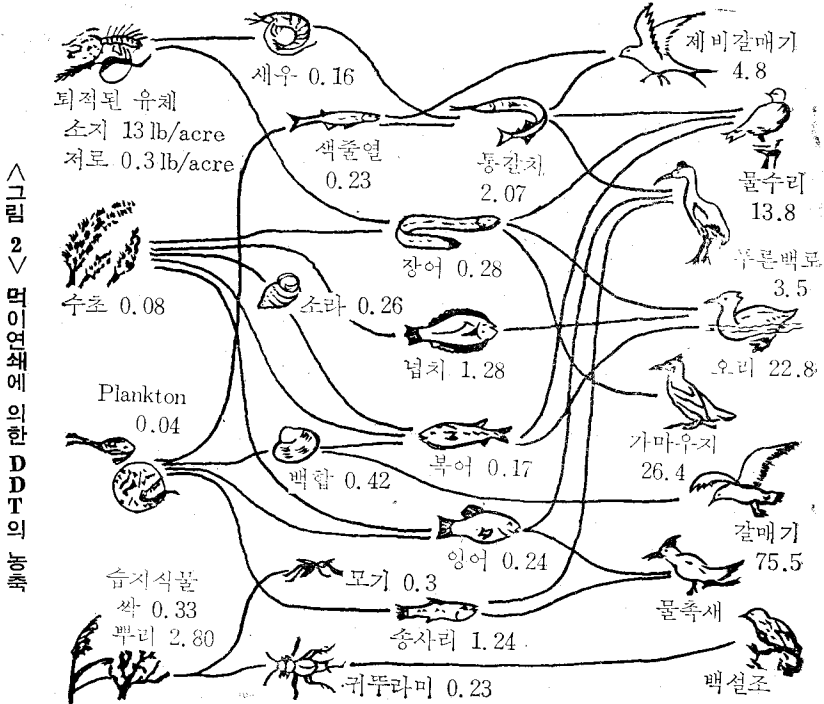
이 증가한다고 하면 심각한 환경오염문제가 대두될 것이 분명하다. 그러나 다행히도 유기염소제에 대한 사용규제가 세계적으로 강화되고 있으므로 이에 따른 위험가능성은 앞으로 감소될 것이다.

2. 수산동물과 잔류농약

농약은 수산동물에 대하여 매우 유독하기 때문에 농약독성의 생물검정을 위하여 수산동물이 오랫동안 사용되어 왔다. 그러나 이러한 농약

의 급성독성보다 더 복잡한 문제는 여러가지 수산생물에 농약이 농축되는 현상인 이른 바 생물농축(bio-accumulation)이다. 농약이 물에 들어가게 되면 저질토, 플랑크톤, 해조류, 무척추동물, 어류에 의하여 급속히 흡수되어 결국 먹이연쇄(food chain)의 상위권에 올라감에 따라 점점 더 농축현상이 일어난다. 물속의 먹이연쇄를 통한 DDT의 생물농축을 보여주는 전형적인 예를 보면 그림 2와 같다.

어류에 있어서 유기염소계 잔류농



약에 관한 조사보고가 선진국에서 많이 나와 있다. 이에 의하면 가장 보편적으로 검출되는 것은 DDT와 디엘드린이고 그외에 BHC, 클로르펜, 헵타클로르, 엔드린, 톡사펜 등이 보고되고 있다. 어류에 농축되는 유기염소계는 어류의 지방질 함량에 따라 좌우되는 바 지방함량이 높을수록 농약잔류분이 적다고 하며 한편 물고기의 크기가 클수록 잔류농도가 높다고 한다.

수산환경중에 존재하는 유기염소계 살충제는 물고기 및 이를 먹고 사는 생물에 대하여 직접, 간접적인 피해를 준다. 간접적인 피해로서는 플랑크톤이나 물고기의 먹이가 농약으로 오염되어 이들을 먹고 사는 물고기에 중독증을 나타낸다. 어류의 치사전(致死前) 중독현상으로 알려진 증상으로는 내병성과 먹이섭취량의 저하, 생식능력의 상실, 아가미막의 비대(肥大), 삼투조절능력의 상실, 뇌의 손상, 체중 감소와 더불어 활동성 및 열 적응성의 상실, 산란 능력의 저하, 성장 부진 등이 있다. 더 나아가 이러한 물고기를 먹는 사람에게 잔류농약이 이행되어 위험 수준에 도달할 수도 있기 때문에 허용량이 설정된 나라에서는 그러한 생선을 판매할 수 없게 까지 된다.

현재 수산동물에 대한 농약의 급

성 독성 즉, 어독성(fish toxicity) 평가에는 일반적으로 담수어인 잉어(만일 없을 때는 금붕어)와 갑각류인 물벼룩을 지표생물(指標生物)로 이용하고 있으며 50%가 죽는데 필요한 약품의 농도인 이른바 반수치사농도(TLm값)를 측정하고 있다. 그러나 농약의 어독성은 시험생물의 종(種), 크기, 성별, 연령, 수온, 노출시간, 농약의 제제형태, 기타 수질환경 인자에 의하여 달라지기 때문에 그 평가작업은 매우 어려운 일이다.

예컨대 잉어에 가까운 금붕어라도 농약에 대한 감수성이 약간 다르며 같은 담수어라 할지라도 미꾸라지는 더욱 달라진다. 생물의 분류학상 위치가 멀어짐에 따라 약품에 대한 저항성 차이가 커질 것으로 예상되지만 체계적인 시험에 의하여 이것을 증명한 예가 아직 없다. 따라서 어떤 수산동물이 농약 전반에 대하여 약하다든지, 반대로 어떤 농약이 수산동물 전반에 대하여 독성이 강하다든지 말할 수 없다. 따라서 지표생물에 의한 독성시험의 결과는 하나의 가늠이 되는 것이며 다른 생물에 대한 독성을 정확히 알기 위해서는 역시 그 생물에 대한 시험을 실시해야 되는 것이다.

◇ 농약의 독성은 제제형태에 따라 다르다.

또한 농약의 독성은 제제형태에

토

농약업계 새마을청소년회에 1천만원 지원

막

본 협회에서는 새마을 청소년회 육성지원대책의 일환으로 1,000개의 새마을청소년회를 대상으로 1,000만원을 지원키로 했다.

뉴

지원방법은 새마을청소년회에 9회방제용 농약을 지원키로 했는데 1개소(10a)당 지원내용은 ▲살균제 4회분(5,700원)→유제 200cc, 분제 3kg, 입제 3kg ▲살충제 4회분(3,600원)→유제 240cc, 분제 3kg, 입제 3kg ▲제초제 1회분(1,030원)→입제 3kg등이다.

스

그러나 지원대상 새마을청소년회선정은 유관기관의 협조아래 추후 선정키로 했다.

따라 달라진다. 즉 독성의 발현은 유제가 가장 강하고 수화제>분제>입제의 순으로 약해지는 경향이 있는데 이는 유효성분의 물에 대한 용해도 및 용해속도에 따라 달라진다.

현재 우리나라에서는 유독성 농약 중 수질오염성 농약을 수도용 농약으로서 잉어의 반수치사농도(48시간)가 0.1ppm 이하인 농약, 다만 10a당 사용량이 유효성분으로 0.1kg을 초과하는 것은 반수치사농도(ppm)를 10a당 농약 유효성분 사용량으로 나눈 값이 1이하인 것으로 규정하고 있다. 이에 따라 독사펜, 다코닐, 케프탄의 세가지 제제가 이 범주에 들어가게 됨으로서 수도용으로는 사용이 금지되고 있다.

한편 우리나라에서 잔류농약에 의한 수질 및 수산물의 오염현황에 대

해서는 매우 산발적으로 발표되고 있으므로 그전모를 파악하기에는 몹시 어려운 입장에 놓여있다. 그럼에도 불구하고 물고기의 등이 꾸불어진 기형어(畸形魚)의 발생이라던지 물고기의 폐죽음이 매스컴에 보도될 때 마다 그 원인으로 잔류농약을 지목하는 일이 흔히 있다. 이러한 경우에 그 사건을 긍정적으로 뒷받침할 수 있는 과학적 근거가 희박한 동시에 다른 한편 이를 부정할 수 있는 연구결과도 발표되지 못하고 있음은 매우 아쉬운 일이라 아니할 수 없다. 따라서 농약의 환경내 행동과 생물에 미치는 영향을 체계적으로 연구하여 잔류농약에 의한 피해상징에서 하루 빨리 벗어날 수 있도록 우리 모두가 노력해야 될 것이다.