

# 農水産資源開發에 있어서의 環境側面

韓國原子力研究所 農業生化學研究室長 李 瑞 來 博 士

## 1. 생태계와 생산성

생태계(ecosystem)에 있어서의 에너지의 흐름(energy flow)을 보면 먼저 태양에너지는 식물을 중심으로 한 광합성생물인 생산자에 의하여 탄수화물을 주체로 하는 유기화합물로 합성된다. 우리가 간단히 측정할 수 있는 식물의 생산량은 총생산량에서 생산자의 호흡량을 뺀 순생산량(net production)에 해당한다.

생산자 이외의 생물은 모두 이 순생산량에 의존하고 있다. 즉 그의 일부는 1차소비자(consumer)인 초식동물(herbivore)의 영양이 되는데 태반은 호흡, 배설물이 되지만 나머지는 그의 생산량(순생산량)으로 되어 이것이 2차소비자인 육식동물(carnivore)의 생활을 지탱한다. 동물에 이용되지 못한 식물, 동물의 배설물이나 잔해는 토양이나 수중의 분해자(decomposer)인 미생물에 의하여 무기화되어 다시 생산자가 이용할 수 있는 상태로 되돌아간다.

이러한 불가역적인 cycle이 결국 생태계의 식물연쇄(食物連鎖, food chain)인 바 그림 1에서

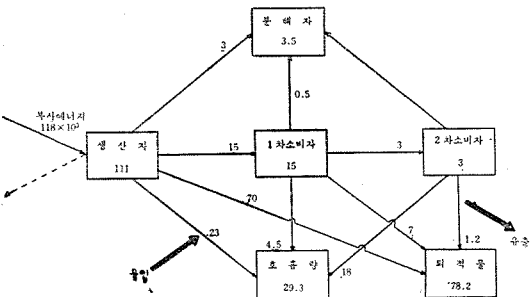


그림 1. 생태계(호소)에서의 Energy Flow (숫자 : cal/cm<sup>2</sup>/year)

와 같이 energy flow로서 수량적으로 표현할 수 있다.

광합식량은 생산자의 활동력(내적인자)과 광선, 수분, 온도등(외적인자)에 의하여 좌우되고 이들은 복잡하게 상관한다. 가령 육지의 자연생태계에서는 기온과 강우량에 의하여 우선 식물상—한대의 tundra, 침엽수림, 활엽수림에서 열대의 장글, 초원, 사막등—이 결정되고 생산량은 이에 따라 달라진다. 여러가지 생태계의 생산량을 그 안에 있는 여러 생물군의 전호흡량과 비교하면 그림 2와 같다.

생태계에 있어서는 생산량과 호흡량에 불균형이 되는 경우가 있다. 대도시권은 그의 극단적인 예가 되며 자연계에서는 나무의 벌채에 의한 영양염의 유실, 분해자의 감소, 나아가서는 원식물상으로서의 회복이 어렵게 되는 예라든지 호수가 자신의 과잉생산물로 매몰되는 예 등이 있다.

그러나 자연의 생태계는 하천에 있어서의 자정(自淨) 작용에서 볼 수 있는 바와 같이 외부로부터의 부하(負荷)에 상당히 견딜 수 있으며 어떤 화학물질이나 생물을 외부에서 가하거나 또는 외부로 제거한다 하더라도 생태계내의 생물상의 조성이나 활동량을 서서히 변경하고 또 원래의 준정상상태(準定常狀態)로 되돌아가는 능력을 어느정도 가지고 있다.

Ecocycle의 실패는 원소나 물질별로 계의 수지계산을 하므로써 파악할 수 있다. 가령 농작물의 수확량(calorie 또는 C량 단위), 수확에 따른 여러 원소의 지출량, 토양이나 빗물로부터의 자연보급량을 총합하면 N.P.K의 적정시비량

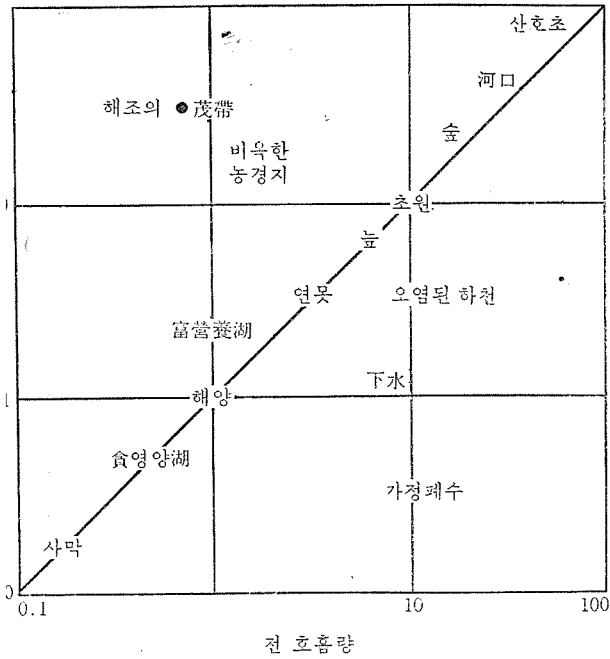
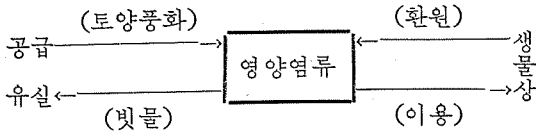


그림 2. 여러가지의 생태계의 생산성 비교 (단위: C g/cm<sup>2</sup>/day)

(適正施肥量)이 나온다.

자연의 육상생태계에서는 이들 영양염류의 수지균형에 의하여 생산량이 율속(律速)되는 경우가 대단히 많다.



이와는 반대로 호수나 내해(內海)는 자연환경하에서도 N,P의 공급과잉에 의한 부영양화(eutrophication)의 경향이 있고 이에 인위적 부하를 가하면 그 반응으로서 조류(藻類)가 신속히 번식하고 이에 따라 생물상이 극적으로 변화한다.

생태계에 대한 인류 최초의 적극적 개입은 농경(農耕)에서 시작된다. 시비(施肥)는 농지라고 하는 생태계를 인위적으로 조화하는데 성공한 최초의 예라 할 수 있다. 현재 비료 사용량은 표 1과 같이 집약농업을 하는 나라에서는 막대한 것으로서 환경보전상의 문제를 그리 일으키지 않고 있다. 그것은 오랜 기간의 경험에 의한 탓도 있지만 생태계를 유지한다고 하는 비료의

사용목적에서 생각하면 당연한 것이다.

그러나 비료에도 문제가 전혀 없는것은 아니다. 동물배설물을 그대로 토양에 환원하는 원시적인 방법은 논외로 하더라도 질소비료중의 biuret, 유기비료중의 benzpyrene, 인산비료중의 Cd나 U등이 그 일례이다. Cd는 미량이지만 토양에 축적될 가능성이 있고 반대로 U는 빨리 유실되어 연안해역에 농축될 우려가 있다.

농약은 여러 방면에 대량 사용되는 것으로 생각하기 쉬운데 그 양은 표 2에서와 같이 비료의 수십분의 1에 불과하다. 그럼에도 불구하고 농약이 환경문제를 잘 이끄는 것은 그의 생리적 성질때문이기도 하지만 자연환경하에서 매우 안정하므로 잔류 축적되어서 생태계를 순환하기 때문이다. 농약에 의하여 농지나 산림의 생물상을 광범위하게 인공적으로 제어하려는 행위에는 한계가 있음을 인식해야 한다.

표 1. 비료사용량의 국제적 비교(아시아)

| 국명          | 농경지 면적당 사용량 (성분kg/ha) |
|-------------|-----------------------|
| Japan       | 322.3                 |
| Taiwan      | 294.2                 |
| Korea       | 244.8                 |
| Israel      | 45.9                  |
| Philippines | 21.6                  |
| India       | 12.6                  |
| Red China   | 10.9                  |
| Indonesia   | 7.5                   |
| Thailand    | 6.6                   |

자료: 일본 아세아경제연구소(1970)

표 2. 농약사용량의 국제적 비교

| 국명            | 농경지 면적당 사용량 (kg/ha) |
|---------------|---------------------|
| Japan         | 12.0                |
| Italy         | 11.6                |
| Israel        | 11.4                |
| Korea(1976계획) | 10.3                |
| India         | 2.7                 |
| Korea(1967)   | 1.9                 |
| W. Germany    | 1.8                 |
| USA           | 1.6                 |
| Canada        | 0.5                 |

자료: FAO(1967)

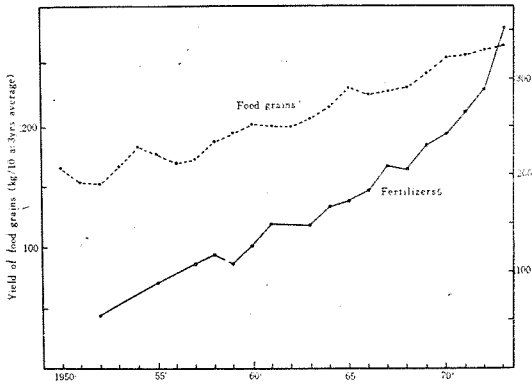


그림 3. Annual consumption of pesticides in Korea

## 2. 농업생산과 농약사용

최근 농업기술의 현저한 발전과 아울러 새로운 농약이 개발되었다. 이에 따라 강력한 합성 농약이 등장하였고, 그들의 뛰어난 병해충 방제 효과에 의하여 농산물 증산에 막대한 공헌을 가져왔다.

우리나라나 일본과 같이 좁은 국토에 많은 인구를 가진 나라에서는 집약 농업으로서의 토지 생산성 향상을 위하여 농약은 불가결의 생산자재이며 농약의 중요성은 점점 더 인식되어 왔다. 농약의 목적별 소비추세를 보면 그림 3과 같으며 1970년경부터는 매년 20%씩 증가하고 있다. 특히 살충제와 제초제의 급격한 증가를 볼 수 있고 농약의 종류가 점차로 변천되어 가지만 현재 사용되는 농약은 116개 품목에 209개 약종이 된다.

해방후 외국에서 우리나라에 도입된 유기합성 농약으로는 DDT, BHC, drin제와 같은 유기염소제, parathion, TEPP와 같은 유기인제를 비롯하여 대단히 많고 농약의 소비량도 증가일로에 있다. 이러한 유기합성 농약의 출현은 방제 기술의 발전과 더불어 그의 이용분야가 점차로 확대되어 사용량의 증가와 아울러 농산물의 증수가 가능하게 되었다. 특히 수도 병충해의 방제에는 1950년까지 적당한 방법이 없어서 매년 막대한 피해를 받아왔다. 그러나 1955년경부터 밀구, 이화명충, 도열병에 특효가 있는 parathion, TEPP와 같은 유기인제와 PMA와 같은

유기수은제에 의하여 수도작의 수량이 크게 올라갔다. 또 제초제의 개발에 의하여 제초작업을 1/10~1/20로 단축하였고 농민을 잡초와의 투쟁이라고 하는 중노동에서 해방시켜 농업경영을 현저하게 개선하는등 농약이 농업생산에 끼친 공적은 매우 크다.

FAO의 측정에 의하면 근동아세아 11개국에 있어서 식량작물에 대한 병충해에 의한 수확권 손해는 이들 작물생산고의 23%에 이르고 있다고 한다.

농약이 농업생산에 미치는 경제적 효과에 관한 일본에서의 시산(試算)을 보면 표 3과 같으며 가령 농약을 전혀사용하지 않는 경우농업생산량은 약 1/6로 격감한다는 것이다.

우리나라에 있어서 지난 20년간 식량작물의 수율을 보면 그림 4와 같이 증가일로에 있는 바 이에 대한 공로중에서 비료 소비량의 증가를 들 수 있다.

비료를 증시하면 수량이 증가한다는 것은 이미 상식화된 사실이지만 비료를 과용하면 병해충의 유발이 격증되기 때문에 적정시비량과 병해충 방제에 대하여 부실하게 되는 것이다. 수도재배에 있어서 시비량과 현미수량에 미치는 농약사용의 효과를 보면 그림 5와 같다(농업기술연구소, 1974). 이에 의하면 농약을 사용하지 않으면 10a당 340kg의 현미수량에서 농약사용시에는 비료를 더 주는 한편 현미수량은 450kg로 되어 평균 10a당 100kg이상의 증수를 올릴 수 있었다. 또 지난 10년간(1964~73) 병충해에

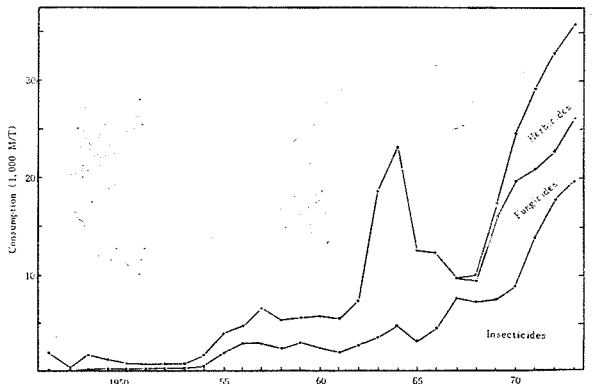


그림 4. Productivity of food grains and consumption of fertilizers in Korea

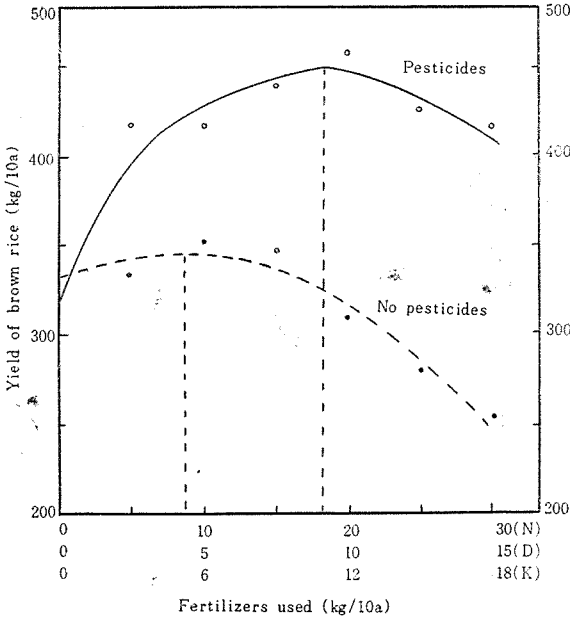


그림 5. Effects of pesticide application on the yield of rice (Lee et al. 1974)

의한 수도의 평균감수율은 10.7%로서 일본에서의 감수율 4%로 떨어뜨리면 26만톤의 쌀을 증산할 수 있다고 한다.

그러나 이와같이 농산물의 증산에 기여한 이들 농약도 국민의 보건위생상의 견지에서 볼때 커다란 피해를 주고 있다. 즉 농약의 살포중 급성중독사고와 농약이 식품중에 잔류하여 인체에

표 3. 농약사용에 의한 경제적 효과

(일본농림성)

|             |           |
|-------------|-----------|
| 직접증수액—수도    | 1,549억엔   |
| 맥류          | 95억엔      |
| 채소          | 638억엔     |
| 계           | 2,282억엔   |
| 농약 및 살포기계비용 | 384억엔     |
| 이    익      | 1,898억엔   |
| 절약된 제조시간    | 47,000만시간 |
| 시간당 노동비(수도) | 72.8엔     |
| 절약된 노동비     | 345억엔     |
| 제조계 비용      | 44억엔      |
| 제조계 이익      | 301억엔     |

영향을 미치는 잔류농약(pesticide residue)의 문제이다. 특히 잔류 농약문제는 국내뿐만 아니라 국제적으로도 비상한 관심사가 되고 있다.

3. 농약에 의한 자연생태의 파괴

1) 농업생산조건의 파괴

농업이란 자연생태계의 균형이 있는 가운데 영위되는 동식물의 생명현상을 이용하여 인간에게 유용한 생물을 생산하는데 있다. 만일 이 생태계의 균형이 깨지면 가능한 한도의 보충을 시켜야 재생산이 가능하게 된다. 농업생산은 귀중한 자연의 생태계 균형이 있으므로서 성립될 수 있다.

그러나 농약에의 무비판적인 의존은 이 조건을 파괴시키고야 만다. 농약의 지나친 사용은 분명히 병충해 방제에 탁월한 효력이 있었으나 유해한 병충해에 유효한 농약은 동시에 미꾸라치, 우렁이, 잠자리나, 개뿔벌레도 죽이는 농약이다. 개뿔벌레가 없어졌다는 것은 단순히 농촌의 풍물시가 없어졌기 때문에 문제가 아니라, 농업생산조건의 파괴를 의미한다. 잠자리가 없어지는 조건은 동시에 꿀벌이나 등에도 없어지는 조건이 된다. 이와 같이 꽃을 찾는 곤충이 있으므로서 수분(受粉)이 매개되고 사과나 배가 결실하게 되는 것인데 그것이 없으면 과수원이 성립될 수 없다.

2) 천적(天敵)의 멸망

천적이란 일반적으로 인간을 중심으로 불리는 데 인간환경 특히 농업환경에 해를 미치는 동물을 포식하거나 이에 기생하는 유익한 동물을 말한다.

여기서 한가지 유의할 것은 천적은 그의 공격 대상인 동물의 개체수를 감소시키만 특별한 예외를 제외하고 그것을 전멸시키는 경우는 없다는 사실이다. 유익한 천적이 유해한 상태의 동물을 포식하여 전멸시키면 천적자신도 먹을 것이 결핍되어 전멸되어야 한다. 이 자연계에 막대한 종류의 동물이 번영하고 있는 것은 먹는 놈과 먹히는 놈의 사이에 일종의 균형이 유지되기 때문이다. 이것이 자연생물계의 균형이란 것이다. 요컨대 이들 양자가 농업환경에 유효한

비율로 균형을 유지하여 주는 것이 바람직한 것이다.

그런데 농약의 지나친 사용은 그러한 자연생물계의 균형을 천적으로 무시하여 버려 파괴의 방향으로 진전시키는 것이다.

BHC나 parathion은 벼의 큰 해충인 이화명충이나 밀구를 죽이는 동시에 이들을 잡아먹는 거미나 기생벌 까지도 죽여버리므로 금년 우리나라에서 벼밀구에 의한 피해(14만석 감수 예상)가 문제된 것을 볼 수 있다.

강력한 살충제로 해충을 방제한 후에는 도리어 그들 해충이 크게 발생한다고 하는 현상이 일어난다. 이는 살충제를 살포한 당시 벼나 과수의 줄기, 조직중에 숨어있던 해충의 알은 살충제의 영향을 받지 않고 발육하며 살충제의 효력이 없어질 무렵에 부화된 해충은 천적이 없는 천국에서 부쩍 잘이나 크게 번식하는 것이다. 이와 같이 하여 “해충은 농약에 의하여 오히려 대발생한다”는 것이다. 요컨대 곤충학자는 “너무 강력하지 않은 살충제를 사용하여 천적을 잃지 않도록 힘쓰고 사용하는 살충제도 그의 사용방법, 시기에 충분히 배려하여 천적으로 하여금 그 힘을 충분히 발휘하도록 하는 것이 긴 안목으로 볼 때 보다 더 현명한 방법”이라고 말한다.

#### 3) 해충의 농약 저항성

일반적으로 천적은 해충보다도 살충제에 약하

기 때문에 빨리 죽는다. 곧 죽지 않는다 하더라도 수명은 짧아지고 활동력이 나빠지며 산란수도 감소한다고 한다.

이에 반하여 해충은 살충제에 대하여 저항성을 잘 획득한다고 한다. 더욱이 한가지 살충제에 대하여 생기면 다른 살충제에 대해서도 동시에 저항성이 생기는 이른바 교차(交叉) 저항성이 생긴다.

현재 DDT저항성, dieldrin저항성, 유기인계저항성, carbamate계저항성의 네가지가 인정되고 최근에 이르러 어느 종류의 살충제에 대해서도 저항성을 가지는 것, 즉 전살충제 저항성의 해충이 발견되었다고 하는 무서운 현상이 나타났다.

#### 4) 토양의 죽음

농약의 과도한 사용은 결국 토양의 미생물을 죽이므로써 죽은 토양을 만들어 버린다. 이와 같이 되면 농업환경은 불리해진다. 가령 질소를 고정하는 세균이 죽어버리면 공중질소의 고정이 안되며 또 퇴비를 주어도 세균이 없으면 부숙하지 않으므로 비료가 되지 않는다. 나아가 토양을 오염시킨 농약은 농작물에 흡수, 농축되어 결국에는 폐기하지 않으면 안되는 유독식품이 되어 버린다.

—다음호에 계속—

○ 우리나라민 모두가 전사라는 결의와 필승의 신념으로 뭉쳐 민방위 대열에 앞장 섭시다

○ 민방위대는 외환으로부터 내 생명과 재산을 스스로 지키기 위해서 조직되었습니다