

상수원보호를 위한 축산분뇨의 적정관리방안

신항식의4명 /한국과학기술원 토목공학과

1. 서론

급속한 경제성장으로 생활수준이 향상됨에 따라 국민의 식생활패턴도 변화하여 육류, 우유, 계란 등 동물성 단백질의 소비가 점차 늘어가고 있어 정부에서는 육류의 안정적인 공급과 농촌의 소득향상을 위하여 축산업을 적극 장려하여 국내 축산규모는 크게 신장되었다. 축산규모가 커지고 특정지역에 집중되면서 가축사육시 발생하는 축산분뇨에 의한 환경오염이 새로운 문제로 대두되고 있다. 축산분뇨는 고농도의 유기성 폐수로서 상수원, 지하수오염은 물론 호소의 부영양화의 원인이 될 수 있으며, 악취발생, 위생해충의 번식등은 생활환경을 전반적으로 악화시킨다. 게다가 농업용수를 오염시켜 농작물에 피해를 주는 경우가 종종 있어 민원의 대상이 되고 있다. 이에 정부는 1981년 환경보전법과 1987년 폐기물관리법에서 대규모축산시설과 중소규모 축산시설에 대한 규제를 통해 축산분뇨 처리를 의무화하고 있으나 환경오염 방지에 실효를 거두지 못하고 있다. 따라서 날로 심각해지는 축산분뇨에 의한 환경오염에 대처하기 위해서는 축산분뇨의 발생 및 질적특성 파악, 처리기술의 개발과 보급 등을 바탕으로 적정관리방안의 수립이 절실하다. 이에 본 연구에서는

축산분뇨가 수질오염에 미치는 영향을 파악하고 현지 조사와 기존 조사자료를 기초로 국내 축산분뇨 관리상의 문제점을 도출하여 이를 개선하고 환경오염을 저감시킬 수 있는 관리방안을 제시하고자 한다.

2. 연구방법 및 범위

2-1 자료조사 및 현지조사

가축의 종류 및 연령에 따른 분뇨발생량과 오염특성을 파악하기 위한 국내외의 측정자료 뿐만아니라 국내의 축산분뇨 규제현황 및 규제대상농가의 분뇨처리 방법등에 대한 조사도 아울러 실시하였다. 한편 현지조사는 팔당호에 인접한 양평군 강상면에 위치하는 10두이상의 소사육농가와 100두이상의 돼지사육농가를 대상으로 실시하였다. 이는 법적 규제대상에서 제외되어왔으나 오염물배출이 많으리라 예상되는 중소규모 축가의 청소법, 분뇨관리 및 처리현황과 문제점, 경영상태 등에 대한 조사를 실시하였다.

2-2 축산분뇨의 수질오염 기여도 분석

축산분뇨에 많이 함유되어 있고 부영양화 원인물질의 하나로 알려져 있는 인을 이용하여 현재 및 장래의

하천으로 유입되는 것으로 추정하였으며 공동처리장을 활성오니법으로 설치한 경우 약 40%의 인을 제거할 수 있으나 저장액비화나 산화지법은 인제거율이 낮은 것으로 판단하여 약 15%만이 제거되는 것으로 가정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1 축산분뇨 특성 및 규제현황

3-1-1 축산분뇨 및 오수의 특성

축산분뇨는 분과 뇨의 분리가 어려워 각각의 발생량을 정확히 산출하기는 힘들며 양적 질적 특성도 가축의 연령, 체중, 사육규모와 관리방법에 따라 크게 달라진다. 한편 가축의 종류별 체중을 고려하여 일평균 발생량을 산정하면 <Table 3>과 같으며 이를 이용하여 1987년도의 가축종류별 분뇨발생량을 산정하면 <Fig. 2>와 같다. 한우의 분뇨발생량이 가장 많으나 실제로 수질오염원으로 수계로 유입되는 분뇨는 총 발생

Table 3 Average Manure Production by Livestocks²⁾

| 구분 | 체중 (kg) | 1일1두당배설물(kg 일) | | | 1두당일년간배설량(kg 년) | | |
|----|---------|----------------|------|----|-----------------|-------|--------|
| | | 분 | 뇨 | 소계 | 분 | 뇨 | 소계 |
| 돼지 | 60 | 3 | 3 | 6 | 1,095 | 1,095 | 2,190 |
| 젓소 | 450 | 30 | 10 | 40 | 10,950 | 3,650 | 14,600 |
| 한우 | 340 | 15 | 5 | 20 | 5,475 | 1,825 | 7,300 |
| 말 | 550 | 30 | 10 | 40 | 10,950 | 3,650 | 14,600 |
| 닭 | 1.4 | 0.10 | 0.10 | | 36.5 | | 36.5 |
| 오리 | 2.7 | 0.19 | 0.19 | | 69.4 | | 69.4 |

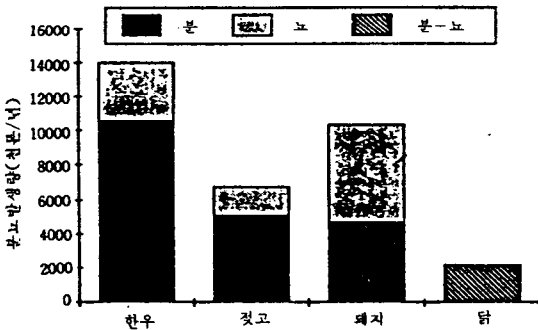


Fig. 2 Annual Livestock Wastes Production in 1987

량과 큰 차이가 있는 것으로 알려져 있다.

축산분뇨의 물리화학적 특성도 위에서 언급한 제어인에 따라 크게 변화나 국내에서 조사된 종류별 특성은 <Table 4>와 같이 돈분이 우분보다 오염농도가 높으며, 뇨는 종류에 구분없이 비슷한 특성을 보이고 있다. 또한 축산분뇨에는 유기물외에도 질소, 인 등의 비료성분이 많고 악취가 심한 것을 특징으로 들 수 있다.

그러나 축사에서 발생하는 오수의 특성은 축산시설의 형태, 분분리작업의 유무를 포함한 청소방법, 급수량에 따라 달라지며 <Table 5>에서와 같이 소는 30-40 l/일, 돼지는 10-12 l/일정도의 오수가 발생하며 평균 BOD는 약 3,000/mg/l정도이다.

3-1-2 법적 규제 현황

환경보전법과 폐기물관리법에서 각각 대규모와 중소규모 축산농가에 대한 규제를 <Table 6>와 같이 축산면적과 가축수를 기준으로 실시하고 있다. 그밖에 환경처에서는 축산폐수 정화시설로서 저장액비화법 산화구법, 살수여상법, 매립법, 퇴비화법, 토양침투법 등을 선정하여 표준설계도를 제작 배포하여 축산농가가 참고할 수 있도록 하고 있다.

가) 환경보전법 적용대상 축산농가

환경보전법 적용을 받는 축산농가는 전국에 304개업체가 있으며 약 286개 업체가 폐수처리시설을 설치하였으며, 소사육농가에서는 초지가 확보되어 있기 때문에 초지환원방법을 많이 이용하고 양돈농가에서는 고농도의 폐수를 희석하거나 전처리로 응집침전이나 호기성 소화방법과 함께 활성오니법을 이용하고 있는 것으로 나타났다. 대체로 활성오니법은 물리화학적 단위공정과 결합하거나 2단 활성오니법 또는 활성오니법과 산화지 등 여러방법으로 이용되고 있다. 또한 수개월동안 저장하여 부숙시킨후 초지에 환원하는 농가도 있는 것으로 밝혀졌다.

처리비용은 처리공정에 따라 변화하나 <Table 7>과 같이 활성오니법을 이용하는 것이 초지환원보다는 비용이 많이 소요되고 특히 낙농시설의 활성오니법이 톤당 처리비 및 시설비가 양돈농가나 비육우 사육농가보다 높게 나타났다. 이와 같이 대규모 기업형 축산시설에서는 이미 폐수처리시설을 설치, 운전하고 있으나

Table 4 Pollutlional Characteristics of Livestock Wastes in Korea¹⁷⁾

| 수질항목 (㎎/l) | 분 | | | | 뇨 | | | |
|---------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|
| | 한우 | 비육우 | 젓소 | 돼지 | 한우 | 비육우 | 젓소 | 돼지 |
| BOD | 24.456 | 26.495 | 20,821 | 59.875 | 4,640 | 4.213 | 3,575 | 4.009 |
| COD | 172.872 | 198.949 | 200,712 | 261.926 | 19,992 | 11.368 | 11,368 | 9.065 |
| SS | 156.800 | 137.734 | 118.667 | 183.000 | 32 | 25 | 25 | 425 |
| VSS | 132.600 | 118.800 | 105.000 | 161.286 | 30 | 22 | 22 | 340 |
| TKN | 6.080 | 5.393 | 4.706 | 9.790 | 5,005 | 4.520 | 4.205 | 4.500 |
| Total-P | 3.446 | 2.828 | 2.206 | 4.205 | 305 | 250 | 250 | 315 |
| Cl- | 1.400 | 1.675 | 1.950 | 1.321 | 1,750 | 1.563 | 1.563 | 1,531 |
| 함수비(%) | 78.8 | 80.7 | 82.5 | 73.5 | - | - | - | - |
| 회분(ppm) | 212.000 | 193.000 | 175.000 | - | 3.954 | 3.872 | 3.809 | - |

Table 5 Characteristics of Wastewater from Livestock Farm³⁾

| 구분 | 폐수량(1두·일) | | BOD(㎎/l) | | CDB(㎎/l) | | SS(㎎/l) | |
|------|-----------|-------|----------|-------------|----------|-------------|---------|-------------|
| | 평균 | 범위 | 평균 | 범위 | 평균 | 범위 | 평균 | 범위 |
| 낙농시설 | 40 | 17-60 | 2,790 | 2,500-3,200 | 2,340 | 2,000-3,000 | 1,270 | 1,000-1,700 |
| 육우시설 | 33 | 30-40 | 2,900 | 2,700-3,000 | 2,430 | 2,000-3,000 | 1,230 | 1,000-1,700 |
| 양돈시설 | 12.4 | 6-33 | 2,510 | 1,290-5,000 | 1,680 | 760-3,000 | 1,660 | 440-4,000 |

Table 6 Legal System for Livestock Waste in Korea

| 구분 | 환경보전법 | | 폐기물관리법 | |
|-------|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------|
| | 일반지역 | 상수보호구역 및 인접지역, 특별정소지역 | 일반지역 | 특별정소지역 |
| 돼지 | 1,400㎡ 이상 1,000마리 이상 | 700㎡ 이상 500마리 이상 | 500㎡ 이상 1,400㎡ 미만 | 250㎡ 이상 700㎡ 미만 |
| 소 | 1,200㎡ 이상 100마리 이상 | 600㎡ 이상 50마리 이상 | 700㎡ 이상 1,200㎡ 미만 | 350㎡ 이상 600㎡ 미만 |
| 말 | 1,200㎡ 이상 100마리 이상 | 600㎡ 이상 50마리 이상 | 1,000㎡ 이상 1,200㎡ 미만 | 500㎡ 이상 600㎡ 미만 |
| 닭, 오리 | - | - | 1,200㎡ 이상 | 500㎡ 이상 |

Table 7 The Capital and O&M Cost for Livestock Wastes Treatment Facilities³⁾

| 구분 | 처리방법 | 시설비(만원/돈) | 처리비(원/d) |
|-------|-------|-----------|----------|
| 낙농시설 | 초지환원 | 410 | 210 |
| | 활성오니법 | 2,800 | 2,120 |
| 비육우시설 | 초지환원 | 787 | 430 |
| 양돈시설 | 활성오니법 | 124 | 1,495 |

주로 이용되고 있는 활성오니법의 경우, 설치비, 운전비가 크고 대량의 희석수가 필요하며 운전관리에 고도의 기술이 요구되는 등 개선되어야 할 문제점이 많이 있으며 토지환원, 산화지법등 기타방법은 처리효율이 낮고 지하수오염 및 비점오염을 일으킬 가능성이 큰것을 지적할 수 있다.

나) 폐기물관리법 적용대상 축산농가

중소규모 축산농가는 축산폐수 정화시설 표준설계를

참고로 정화시설을 설치하고 있으며 대부분의 축산농가에서는 <Fig. 3>과 같이 저장액비화법과 퇴비화법을 이용하고 있다. 그러나 방류수 수질기준이 2,000-2,500ppm으로 매우 높아 오염물이 충분히 제거되지 않은 상태에서 방류되고 있다. 한편 중소규모 축산농가에서 설치하는 축산폐수 정화시설의 설치비용은 축산규모와 설치방법에 따라 <Table 8>과 같이 소요되는 것으로 나타났으며 (환경저 차료) 이러한 설치비용은 축산농가의 빈약한 경제력에 비하여 과다하여 처리시설 설치가 부진한 주요원인이 되고 있다.

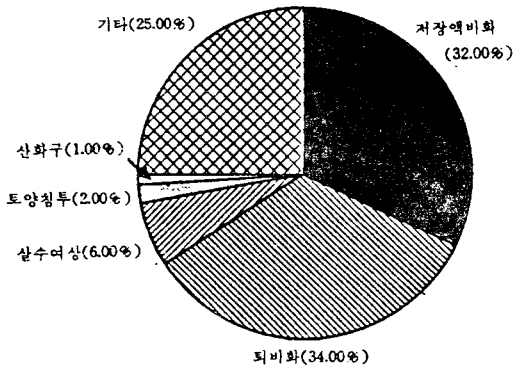


Fig. 3 Method of Livestock Wastes Treatment in Middle or Small Scale Farm

Table 8 The Capital Cost for Livestock Wastes Treatment Facilities in Middle and Small Scale Farms

| 처리방법 | 설치비용(만원) | |
|-------|----------|------------|
| | 축사면적500㎡ | 축사면적1,000㎡ |
| 저장액비화 | 600 | 1,200 |
| 대립처분법 | 400 | 800 |
| 퇴비화 | 200-400 | 400-800 |
| 토양침투법 | 800 | 1,000 |
| 살수여상법 | 1,000 | 2,000 |
| 산화구 | 800 | 1,600 |

3-2 축산농가 현지조사

3-2-1 양돈농가

양돈농가의 규모는 관리인을 2인 정도 두면 400-500두를 사육할 수 있고 직접 경영하는 경우에는 약 300두 미만이 적정수준인 것으로 나타났으며 대부분 양돈

농가는 대량으로 발생하는 돈분뇨의 처리, 처분에 고심하고 있었다. 대체로 청소방법은 분을 먼저 제거한후 물을 이용하여 마무리 청소를 실시하였으며, 제거된 돈분은 평지에 야적하거나 2-3일 건조시킨후 포대에 넣어 저장하는 방법을 주로 이용하고 있었다. (Photo 1) 이러한 방법으로 저장된 돈분은 관리소홀로 강우에 심하게 유출되어 비점오염원으로서 큰 비중을 차지하고 있어 유출량 절감을 위한 대책이 수립되어야한다. (Photo 2) 즉 일부 양돈농가에서 사용하고 있는 자봉이 있는 돈분저장소를 설치하여 저장, 부숙시킨후 농경지에 처분하는 방법이 널리 보급되어야 한다고 판단된다. 오수처리는 여러개의 정화조를 설치하거나 저류조를 이용하는 경우가 대부분이었고 일부 농가에서는 산화지로 처리하고 있었다.

3-2-2 소사육농가

대상지역의 소사육농가에서는 젖소를 10-30두를 직접 혹은 관리인을 두어 사육하고 있었으며 기업형보다는 부업으로 시작한 낙농업을 점차 확장시켜 지금에 이른 경우가 많아 축사가 주택과 인접해 있으며 면적이 협소하고 시설 또한 낙후된 상태였다. 뿐만아니라 초지확보가 대체로 빈약하여 인근의 남한강이나 산간으로부터 조사료를 공급하고 있었다. 한편 소는 축사뿐만아니라 옥외의 운동장에서 활동하는 시간도 많아 운동장에도 분뇨가 퇴적되어 있었으며, 운동장은 연간 4-5회 청소를 실시하는 경우가 많았다. (Photo 3) 운동장에 축적된 우분은 강우시 심하게 유출될 우려가 컸다. 또한 축사에서 제거된 우분은 가까운 곳에 야적하거나 퇴비장에서 부숙된후 초지나 논에 살포되고 있었으며, 운동장에 배설된 노는 중발, 토양침투에 의해 제거되고 있다. (Photo 4) 청소 및 착유시 발생하는 세척오수는 대부분의 농가에서 정화시설을 거치지않고 간단한 2-3단의 저류조를 거친후 방류되어 하천으로 흘러가고 있었다.

3-2-3 축산분뇨 적정관리 방안

축산분뇨의 적정관리 대책은 축산농가의 빈약한 자본과 경영수지, 분뇨처리의 기술수준, 법령규제 및 정화시설 설치현황 등을 종합적으로 고려하여 수립되어야 한다. 따라서 축산분뇨에 의한 환경오염의 저감을 위해서는 다음과 같은 관리대책이 이루어져야 한다고 생각

한다.

가) 축산농가의 환경보전의식 고취

축산농가의 확고한 환경보전의식은 발생원으로부터 오염물을 감소시킬 수 있는 방법으로 특히 소규모 축산농가에서 청소시 제거된 축분의 저장, 관리에 유의하면 우기의 유출부하량을 훨씬 감소시킬수 있다.

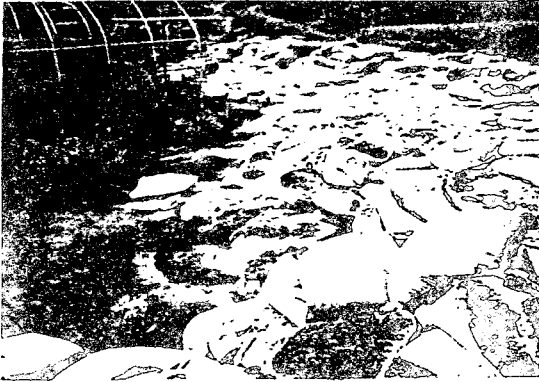


Photo 1 Pile of Sacked Pig Manure in Open Field

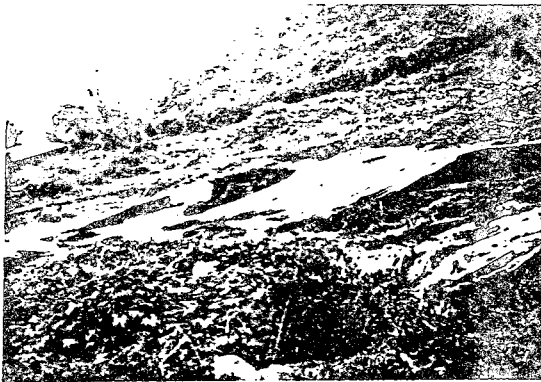


Photo 2 Wash-out of Pig Manure by Run-off

나) 관계법령의 개정

현지 조사결과 비규제대상인 중소규모의 축산농가가 비점오염원으로 크게 기여하는 것으로 나타나 환경보전법과 폐기물관리법의 규제대상 축산규모에 대한 조정이 필요하다고 판단되며 폐기물관리법에도 상수원보호구역과 인접지역을 추가적으로 지정하는 등 용수확보를 위해 수질보전이 필요한 지역에서는 규제대상 축산농가가 확대되어야 한다. 또한 폐기물관리법 적용축산농가의 방만한 방류수 허용수준은 실질적인 오염물

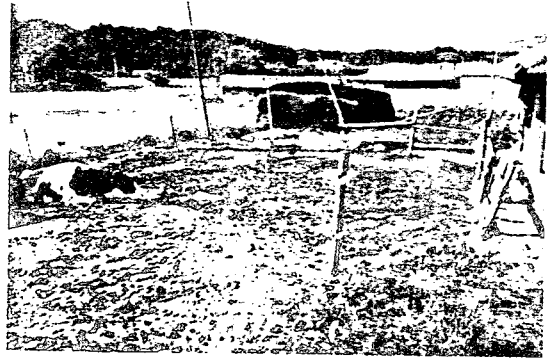


Photo 3 The Status of Farmyard of Dairy Farm

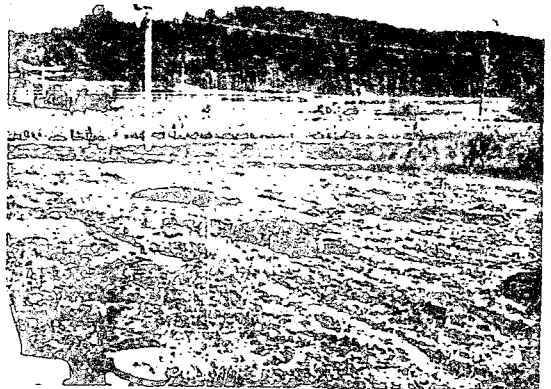


Photo 4 Disposal of Cattle Manure to Upland

의 감소가 이루어질 수 있도록 강화 조정될 필요가 있다.

다) 분뇨분리 및 자원화

분뇨를 분리하여 자원화하는 방법은 처리장 유입부하량의 감소, 토양환원에 의한 비료 및 토양개량제도의 유동 등 여러 효과를 거둘수 있다. 제거된 분은 퇴비화하여 토양에 환원하면 비료효과 및 토양개량제 효과를 거둘수 있다. 아울러 자원화를 위해 제거된 가축분이 강우에 의해 유출되는 것을 최소화하기 위해 기존의 저장관리시설 및 방법의 개선이 필요하다.

라) 축산분뇨의 공동처리

대규모 축산시설은 기존처리시설의 문제점을 보완할 수 있는 저렴하고 운전 및 유지관리가 용이하면서 처리효율이 높은 축산분뇨처리 신기술을 활용하는 방법도 고려할 수 있다. 또한 유기물만이 아니라 질소, 인제거능력이 높은 공정이나 연료 이용 가능한 메탄가스를 발생하는 혐기성 소화공법을 새로운 축산분뇨 처리공

정으로 이용하는 것도 추천할만하다. 한편 경제적 기반이 빈약한 폐기물관리법 적용대상 농가는 개별처리 시설보다는 축산분뇨의 공동시설을 이용하는 것이 바람직하며 이때 소요되는 비용을 인분노처리장을 통해 간접적으로 산정하면 혐기소화법-회전원판법, 혐기성소화법-산화구법은 초기 설치비가 큰것으로 나타났으며, 소화식과 산화식은 시설보수비가 큰것으로 나타나 운전관리가 어려운 것으로 판단된다. 따라서 축산분뇨 공동처리장의 설치 및 운영경비 측면에서 살펴보면 산화식과 소화식은 설치비는 적으나 운영경비가 많고, 혐기성소화법-회전원판법, 혐기성소화법-산화구법은 초기 설치비용은 크나 운영경비는 적을 것으로 예상된다.

개별 축산농가에서 발생하는 축산분뇨 및 오수의 공동처리장으로 이승은 축산농가가 비교적 좁은 지역에 밀집되어 있고 지형상 관거설치가 가능하면 관거를 이용하고, 산재지역은 청소대행업체를 이용한 재래식변소의 인분수거방식과 같은 방식으로 수거하여 공동처리장으로 투입 처리해야 한다. 이들업체는 도시에 집중되어 있으나 축산업이 활발한지역에 추가적으로 설립하여 축산분뇨의 수거운반을 맡기고 공동처리장의 운영주체는 환경관련 공공기관, 축협, 양돈협회와 같은 축산업 관련단체, 환경전문 용역회사등이 될 수 있으며 반드시 정부에 의한 정기적인 조사 점검과 처리장 운영실태 보고를 통해 사후 운전관리를 철저히 해야한다.

마) 정부의 지원확대

우리나라의 축산업은 점차 부업에서 전업으로 전환되고 있으나 아직 규모가 영세하고 외국 축산물의 수입확대, 시장가격의 등락 등으로 인해 경제적 기반이 빈약하므로 정부는 융자금 및 보조금의 확대지원을 통해 대규모 축산시설에는 자가처리시설의, 중소규모시설에 대해서는 공동처리시설의 운영 및 관리가 가능하도록 해야 한다.

바) 축산분뇨 처리기술개발 및 보급을 위한 연구 활동 지원

축산분뇨 특성에 관한 자료, 처리기술 및 시설운전 경험부족 등 여러 이유 때문에 효과적인 분뇨처리가 이루어지지 못하고 있으므로 우리나라의 축산분뇨 특성, 기후조건등에 알맞은 처리기술의 개발과 폐수처리공법의 축산분뇨처리 가능성 검토 등을 위한 연구지원

이 이루어져야 한다.

4-3 팔당호의 부영양화 분석결과

Vollenweider Model을 적용한 결과 현재 중영양상태이나 장래의 2001년에는 부영양화단계로 변화하며, 축산폐수만을 처리하면 2001년대에는 부영양화단계를 유지하나 생활하수의 2차처리를 함께 하면 중영양상태를 유지할 수 있다. 또한 축산폐수처리와 함께 생활하수를 3차처리 하는 경우에도 같은 결과를 얻을 수 있는 것으로 나타났다. (Fig. 4) 즉 팔당호의 부영양화를 억제하기 위해서는 남한강, 북한강으로부터 인 유입량뿐만 아니라 수질영향권내의 생활하수 및 축산분뇨의 처리를 통한 인 유입량을 감소시켜야 하는 것으로 나타났다.

5. 결 론

1) 축산농가 현지조사 결과 소사육농가보다 양돈사육농가가 오염물 배출이 심각하였으며, 분을 야적하는 경우가 많아 우천시 유출우려가 커 이를 방지할 수 있는 시설이 필요했다. 그리고 축사 및 운동장 시설의 현대화와 철저한 관리가 부족했으며 비규제대상 축산농가도 비점원 오염물이 많았다.

2) 팔당호 수질영향권에 대한 부영양화모델의 적용결과 팔당호로 유입하는 인은 주로 생활하수와 축산분뇨에 의한 것이며, 팔당호의 수질 보존을 위해서는 생활하수처리와 함께 축산폐수를 처리하여 인 유입부하량을 감소시켜야 하는 것으로 나타났다.

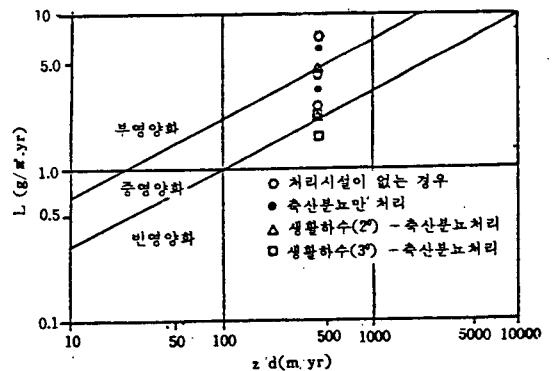


Fig. 4 Eutrophication Analysis of Paldang Reservoir by Vollenweider Model

3) 축산분뇨처리에는 고품분과 액상폐수의 분리처리를 실시하여 고품분은 퇴비화를 비롯한 자원화를 이루어 축산폐수처리시설 유입부하량을 감소시켜야 하며 액상폐수처리에는 대규모 기업형 축산농가에서는 기존 처리시설을 개선, 보완하여 개별처리를 실시하고 중소규모 축산농가는 오염이 심각한 지역부터 우선적으로 공동처리시설을 설치해야 한다고 생각한다. 또한 현재의 높은 방류수기준에 대한 조정이 필요하다고 판단된다. *

참 고 문 헌

1. 국립환경연구원, "축산폐기물의 적정관리", 1988.
2. 코오롱 엔지니어링, "축산폐수 정화시설 설계용역 최종보고서", 1988. 6.
3. 국립환경연구원, "폐수배출시설 표준원단위 조사 연구 (I)", 1987.
4. 국립환경연구원, "전국 주요하천 기초조사 최종보고서", 1983.
5. 환경청, "환경보전법 및 폐기물관리법", 1988.
6. 환경청, "전국 주요 오염하천 정화를 위한 조사연구 보고서", 1987.
7. 환경청, "한강유역 환경보전 종합계획사업 수질부문 보고서", 1983.
8. 환경청, "낙동강유역 환경보전 종합계획사업 수질부문 보고서", 1985.
9. 환경청, "서남해권 환경보전 종합계획사업 수질부문 보고서", 1986.
10. 용인군, "포곡면 축산폐수 처리시설공사 보고서", 1986.
11. 축산업 협동조합 중앙회, "축산관측연보", 1989.
12. 환경청, "축산폐수 정화시설(표준설계도및 해설)" 1988.
13. 전라북도, "나환자 정착촌의 축산폐기물처리와 재이용에 관한 타당성연구", 1989. 7.
14. 環境處 水質保全局 水質規制課, "畜舍排水의 研究", 昭和 47年.
15. 환경청, "전국일반폐기물 처리실적('88) 및 계획('89)", 1989.
16. 국립환경연구원, "A Study of Livestock Discharge and its Environmental

- Impacts", 1986. 11.
17. 한국폐기물학회, "Wastes on Reutilization and Resource Recovery", Proceedings of International Symposium in Seoul, p5~p8, 1989. 9.
18. Train, R. E., "Development for Effluent Limitations Guidelines and New Sources Performance Category-Feedlots Point Source Category", USEPA, 1974.
19. Loehr, R. C., "Agricultural Waste Management", Academic Press, 1974.
20. Reckhow, K. H, Chapra, S. C., "Engineering Approache for Lake Management", Vol. I, Ann Arbor Science, 1983.
21. Thormman, R. V, Mueller, J. A., "Principles of Surface Water Quality Modeling and Control", 1987.
22. Darth, E. F., Smith, J. M., et al., "Process Manual for Phosphorus Removal", EPA 625/1- 76-001a, USEPA, 1976. 4.
23. Pavoni, J. L., "Handbook of Water Quality Management Planning", Van Nostrand Reinhold Company, 1977.
24. Yeonam, S., Stephenon, T., Lester, J. N., "The Removal of Phosphorus During Wastewater Treatment : A Review", Environ. Pollut., Vol. 49, pp. 183-233, 1988.