

大清湖 流域의 畜産廢水 汚染에 關한 研究

李峯揆, 趙宇英, 崔潤植, 沈淳輔*

忠清北道家畜衛生試驗所南部支所 忠北大學校土木工學科*

Investigation for Pollution of Livestock Waste in Daechong Reservoir Area

Bong-Gyu Lee, Woo-Young Cho, Yun-Sic Choi Soon-Bo Shim*

Southern Branch of Chung Buk Veterinary Service Laboratory Department of
Civil Engineering, Chung-Buk National University*

Abstract

Livestock waste causes ground and surface water pollution, eutrophication of reservoir as well as adverse affects living environment of those who dwell nearby. In order to investigate the pollution load from livestock waste, physical and chemical characteristics of the waste were determined in the survey of livestock farms. Once pollution load is obtained as a function of the origin units of livestock, the influence of livestock waste on the Daecheong reservoir was studied.

1. For Daecheong reservoir inflow area, the livestock manure productions of beef cattle, swine, dairy cattle and chicken were 1,135.6t /day, 480t /day, 241.3t /day, 48t /day respectively;

Beef cattle was the major source of the pollution. Pollution loading productions due to the livestock waste around the were found to be 53.31t /day for BOD, 222.49t /day for COD, 261.99t /day for T-S, 9.64t /day for T-N, 6.54t /day for T-P.

2. Bocheong stream turned out to be the major contribution for pollution loading production to Daecheong reservoir with 10,748kg /day of BOD, 47,157kg /day of COD, 1,946kg /day of T-N, 1,271kg /day of T-P.

3. Actual pollution loadings from livestock wastes for the area of Daecheong reservoir were estimated as 1,997kg /day(BOD), 8,546kg /day(COD), 364kg /day(T-N), 243kg /day (T-P), respectively. Therefore, advanced treatment for livestock waste is recommended for

Daecheong reservoir inflow area to eliminate the nutrients which are major sources of eutrophication of the reservoir.

Key words : investigation, pollution, livestock waste, reservoir

서 론

육류의 소비증가에 따른 축산규모의 확대는 점차 축산분뇨의 발생량을 급격히 증가시켰다. 우리나라가 산업화 이전까지만 해도 경종농업과 축산분뇨는 토지 환원에 의한 농가의 소득을 올리는 재생산재였다.¹⁾ 그러나 축산이 경종농업과 분리하여 집약적 가축생산으로 비료의 대체자원에도 불구하고 분뇨의 토지환원이 어렵게 되자, 축산분뇨가 보건을 저해하고 수질을 악화시키는 환경오염 물질로 바뀌게되었다. 축산분뇨는 고도의 유기성 폐수로서 처리되지 않은 상태로 방류되면 湖沼 및 하천의 수질악화와 富營養化를 초래하며, 병원성 미생물로 인한 지하수 오염도 가져올 수 있다.²⁾ 그외에 중소규모 축산농가로 부터 시설 미비로 인한 누출로 악취의 발생, 해충의 번식조건을 제공해주고 있다.³⁾ 축산폐수에 관한 연구는 1960년대를 중심으로 미국에서 대두 되었고, 일본은 1971년부터 국가적인 차원에서 규제하기 시작했다. Loehr^{4,5)}는 소 폐수의 오염과 처리에 관한 연구를 산재해 있는 농장을 대상으로 실제적이고 경제적인 처리로 복합혐기성-호기성 lagoon을 제안했고, Agnew⁶⁾는 소의 폐수 특성과 처리방법에 대하여, Patelunas 등은⁷⁾ 돼지분뇨의 특성과 혐기성 소화에 관하여 연구한 바 있다. 국내에서는 최근 축산으로 인한 환경오염 문제가 대두됨에 따라 가축폐수에 관한 연구가 대두되었다. 국립

환경연구원에서는 안성천 유역을 대상으로 축산폐기물 관리현황과 지하수와 하천수에 미치는 영향을 조사한 바 있고,⁸⁾ 환경처에서는 코오롱엔지니어링의 축산폐수 정화시설 설계용역 보고서⁹⁾를 근거로 6가지의 처리방법을 제시한 바 있다. 정 등¹⁾은 팔당호 유역을 중심으로 가축분뇨 관리실태를 조사하여 이것이 수질에 미치는 영향을 總磷(T-P)을 근거로 부영양화 모델에 적용한 바 있고, 가축분뇨의 자원화 방안을 제안하였으나, 지역 여건에 적합한 처리 방법개발과 재활용 및 오염의 절감대책, 지하수 오염에 관한 연구는 미흡한 실정이다. 본 연구는 우리나라 중부지방의 중요 식수원이며 다목적댐인 대청호를 중심으로 유입지역의 축산실태와 축산폐수의 여러가지 특성을 파악함과 아울러 하천 유역별, 권역별 오염부하량 산정과 축산폐수가 대청호에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

조사대상 유역

대청호로 우수 및 폐수가 유입되는 전체 집수 구역으로써 보은군, 옥천군, 영동군, 무주군, 진안군, 장수군, 금산군의 대부분과 청원군, 상주군의 일부를 대상유입 지역으로 하였다.(그림 1. 참조)

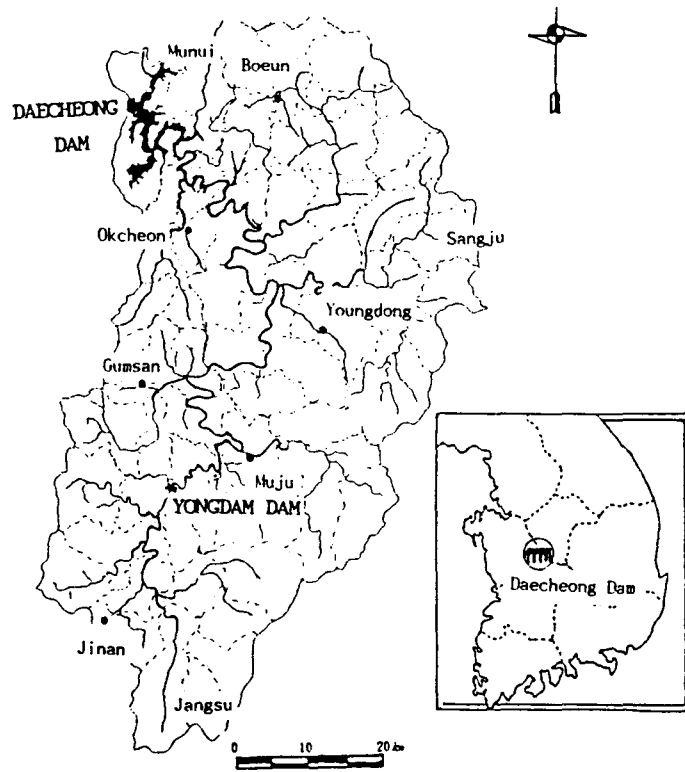


Fig1. Administrative district of Daecheong Watershed

현지 및 통계조사

대청호 유입지역을 1:50,000지형도상에서 구획짓고 이를 중요 支流로 나누고 권역별로 구분하여 현장답사를 통한 축산 실태를 조사하였다. 축산농가는 규모별로 구분하여 처리 현황을 파악하였으며, 축종별로는 소, 돼지, 닭으로 구분하여 분뇨발생량과 오염부하량을 산정하였다.

조사 방법

축산폐수의 특성을 물리 화학적 수질항목으로써 환경 오염 공정 시험법¹⁰⁾에 준하여 BOD, COD, T-N, T-P를 주요 조사항목으로 하였다.

결과 및 고찰

수질항목별 분뇨의 특성

축산분뇨를 다루는데 있어서 물질적 특성은 매우 중요하다. 가축분뇨의 경우 건조상태, 저장기간, 세척수의 사용등으로 축종에 따라 많은 차이를 보인다.^{11,12,13)} 신선한 분뇨에 대한 조사 결과를 보면 표 1과 같이 돼지 분뇨가 소의 분뇨보다 각 항목에서 월등히 높았고 BOD는 약 2~3배 높았다. 노에서는 SS가 현저히 떨어졌고 질소 성분은 큰차이가 없으나 총인의 경우, 분뇨보다 8~13배가 줄었음을 알수 있었다.

Table 1. Physical and chemical characteristics of livestock wastes

(unit : mg /1)

| Items | Feces | | | Urine | | |
|--------------|-------------|--------------|---------|-------------|--------------|-------|
| | Beef cattle | Dairy cattle | Swine | Beef cattle | Dairy cattle | Swine |
| BOD | 24,456 | 20,821 | 59,875 | 4,640 | 3,575 | 4,009 |
| COD | 172,827 | 200,712 | 261,926 | 19,992 | 11,368 | 9,065 |
| SS | 156,800 | 118,667 | 183,000 | 35 | 25 | 425 |
| Total-N | 6,080 | 4,706 | 9,790 | 5,005 | 4,205 | 4,500 |
| Total-P | 3,446 | 2,206 | 4,205 | 305 | 250 | 315 |
| Moisture (%) | 78.8 | 82.5 | 73.5 | - | - | - |

※ SS : Suspended solid.

T-N : Total nitrogen

T-P : Total phosphorus

發生原單位 및 연간배출량 day, 젓소는 체중 450kg에서 분뇨 발생량을
 축종별 배설량을 산정하는 것은 시각에 따라 40kg /head /day, 돼지는 평균체중을 60kg으
 로 보아 6kg /head /day, 닭은 평균체중 1.4kg으
 다.^{14,15,16)} 한우는 340kg에 분뇨량 20kg /heac 에서 0.1kg /head /day로 정하였다.

Table 2. Pollution loading unit of livestock wastes

| Animal | Body weight (kg) | Per animal per day(kg /day) | | | Per animal per day(kg /day) | | |
|--------------|------------------|-----------------------------|-------|-------|-----------------------------|-------|--------|
| | | Feces | Urine | Total | Feces | Urine | Total |
| Beef cattle | 340 | 15 | 5 | 20 | 5,475 | 1,825 | 7,300 |
| Dairy cattle | 450 | 30 | 10 | 40 | 10,950 | 3,650 | 14,600 |
| Swine | 60 | 3 | 3 | 6 | 1,095 | 1,095 | 2,190 |
| Chicken | 1.4 | 0.10 | | 0.10 | 36.5 | | 36.5 |

축산실태 조사 분석 사육두수는 닭을 제외하고 돼지가 약 80,000두,
 대청호 유입지역의 축산실태를 보면 표 3과 한우가 약 57,000 두, 젓소가 6,000두를 기르고
 같다.¹⁷⁾ 한우는 농가호당 1.84두, 젓소는 12두, 있으며, 지역별로 큰 차이를 보이지 않고 있다.
 닭은 98.8수로 영세한 농가가 대부분이다. 총

Table 3. Livestock breeding farms and number of animal in Daecheong Dam inflow area

| Countys | Beef cattle | | Dairy cattle | | Swine | | Chicken | |
|----------|-------------|--------|--------------|-------|-------|--------|---------|---------|
| | Farms | Head | Farms | Head | Farms | Head | Farms | Head |
| BOEUN | 5,172 | 9,931 | 92 | 866 | 254 | 6,027 | 475 | 66,452 |
| OKCHEON | 4,989 | 10,219 | 61 | 714 | 957 | 9,418 | 682 | 32,754 |
| YONGDONG | 4,299 | 8,237 | 58 | 697 | 955 | 16,247 | 532 | 62,020 |
| MUJU | 2,934 | 5,887 | 51 | 826 | 970 | 12,409 | 611 | 77,570 |
| JINAN | 3,144 | 4,766 | 55 | 650 | 981 | 9,430 | 629 | 86,346 |
| JANGSU | 3,356 | 5,506 | 69 | 882 | 1,132 | 7,761 | 655 | 47,267 |
| GUMSAN | 4,194 | 7,282 | 81 | 959 | 1,149 | 13,970 | 840 | 87,011 |
| SANGJU | 2,065 | 3,639 | 23 | 356 | 183 | 3,287 | 357 | 9,826 |
| MUNUI | 681 | 1,313 | 9 | 83 | 28 | 1,324 | 63 | 9,735 |
| TOTAL | 30,834 | 56,780 | 499 | 6,033 | 6,609 | 79,873 | 4,844 | 478,891 |

축산분뇨 발생현상

축산분뇨 배출 원단위를 적용하여 대청호 유입지역의 분뇨 발생량은 표 4와 같다.²⁾ 연간 대청호 유입지역의 한우로 인한 발생량은 414,000t/year, 젓소는 88,000t/year, 돼지는 175,

000t/year, 닭은 17,400t/year으로 나타났다. 만약 분을 분리하여 처리 한다면 분은 480,000t/year로 처리비용이 훨씬 절감될 수 있음을 알수 있다.

Table 4. Livestocks waste production in Daecheong reservoir area

| Animals | Manure production per day (t/day) | | | Manure production per day (x10 ³ t/year) | | |
|--------------|-----------------------------------|-------|--------|---|-------|-------|
| | Feces | Urine | Total | Feces | Urine | Total |
| Beef cattle | 851.7 | 283.7 | 1135.6 | 310.8 | 103.6 | 414.4 |
| Dairy cattle | 181 | 60.3 | 241.3 | 66 | 22 | 88 |
| Swine | 240 | 240 | 480 | 87.6 | 87.6 | 175.2 |
| Chicken | 48 | | 48 | 17.4 | | 17.4 |
| | Total | | 1904.9 | Total | | 695 |

오염원단위 및 오염부하 발생량

한우, 젓소, 돼지, 닭에 대한 오염부하량의 원단위는 표 5와 같이 수질 측정 항목중 한우가 높게 나타났으며,^{17,18)} 닭은 BOD와 T-S만 나

타낸 바 이는 분과 뇨가 함께 배설되기 때문으로 사료된다. 표 6은 오염부하량의 발생 총량을 나타낸 것으로 BOD가 53.31t/year, COD가 222.49t/year, T-S가 261.99t/year, N는 9.

64t /year, P는 6.54t /year를 보였으며, 축종 별 한우가 가장 큰 수치를 보였다.

Table 5. Pollution loading unit of animal manure(g /day /head)

| | (g /day /head) | | | | |
|--------------|----------------|-------|-------|-------|------|
| Animals | BOD | COD | TS | N | P |
| Beef cattle | 640 | 3,500 | 3,500 | 128 | 72 |
| Dairy cattle | 170 | 630 | 4,345 | 126.5 | 187 |
| Swine | 125 | 250 | 356 | 20.4 | 16.8 |
| Chicken | 12.5 | - | 18 | - | - |

Table 6. Animal waste pollution loading of Daecheong reservoir

| | (unit : t /day) | | | | |
|----------------|-----------------|--------|--------|------|------|
| Species animal | BOD | COD | TS | N | P |
| Beef cattle | 36.33 | 198.73 | 198.73 | 7.26 | 4.08 |
| Dairy cattle | 1.02 | 3.80 | 26.21 | 0.76 | 1.12 |
| Swine | 9.98 | 19.96 | 28.43 | 1.62 | 1.34 |
| Chicken | 5.98 | - | 8.62 | - | - |
| Total | 53.31 | 224.49 | 261.99 | 9.64 | 6.54 |

하천 유역별 오염부하 발생량

그림 2는 1:50,000 지형도에서 한천유역별 아홉개의 유역으로 세분하여 가축두수에 따른 오염부하량을 표 7과 같이 산정하였고, 그림 3 및 그림 4는 BOD, COD, T-N, T-P에 대하여

유역별로 비교 도식한 것이다. 오염부하량의 크기로는 보청천 유역, 송천, 봉황천, 영동천 순으로 나타났다. 이것은 축산폐수를 처리하는데 경제적인 공동처리에 있어서 많은 유의성이 있다고 보여지며, 처리규모와 시설계획을 수립시키고

Table 7. Livestock waste pollution loading of stream area in Daecheong Dam inflow area.

| | (unit : kg /day) | | | | | | | | |
|--------|------------------|-----------|--------|-----------|------------|---------|----------|-------|----------|
| No | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| Stream | Ok-Cheon | Bo-Cheong | Song | Yong-Dong | Bong-Hwang | Nam-Dae | Gu-Ryang | Ju-Ja | Jeong-Ja |
| (P.L) | | | | | | | | | |
| BOD | 3,137 | 10,748 | 5,787 | 2,762 | 3,847 | 2,415 | 2,668 | 507 | 1,489 |
| COD | 14,286 | 47,157 | 26,887 | 9,630 | 18,057 | 10,499 | 12,699 | 1,653 | 3,286 |
| T-N | 589 | 1,946 | 1,150 | 414 | 747 | 485 | 547 | 87 | 148 |
| T-P | 388 | 1,271 | 769 | 273 | 472 | 346 | 373 | 62 | 102 |

※ P.L : Pollution Loading

려해야 될 것으로 사료된다.

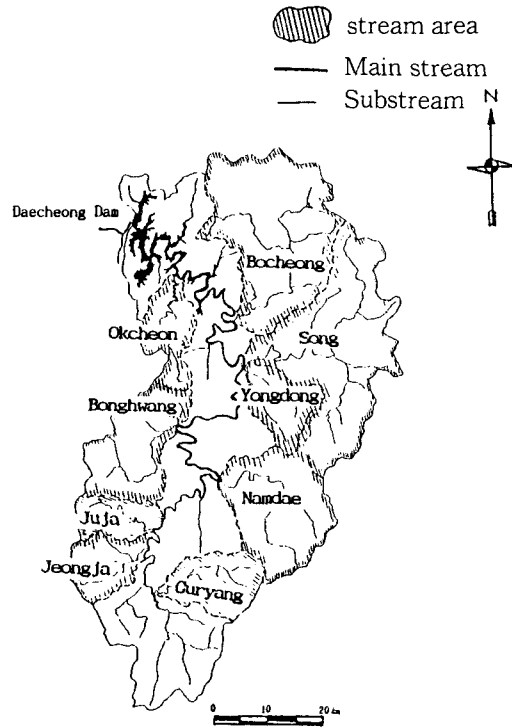


Fig. 2 A sectional map of major stream basin in Daecheong Dam

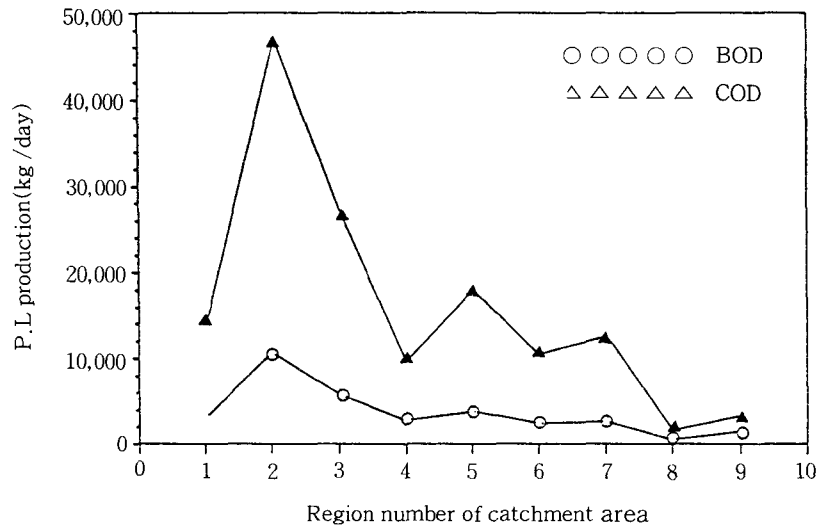


Fig. 3 Livestock waste P.L. of stream area(BOD, COD)

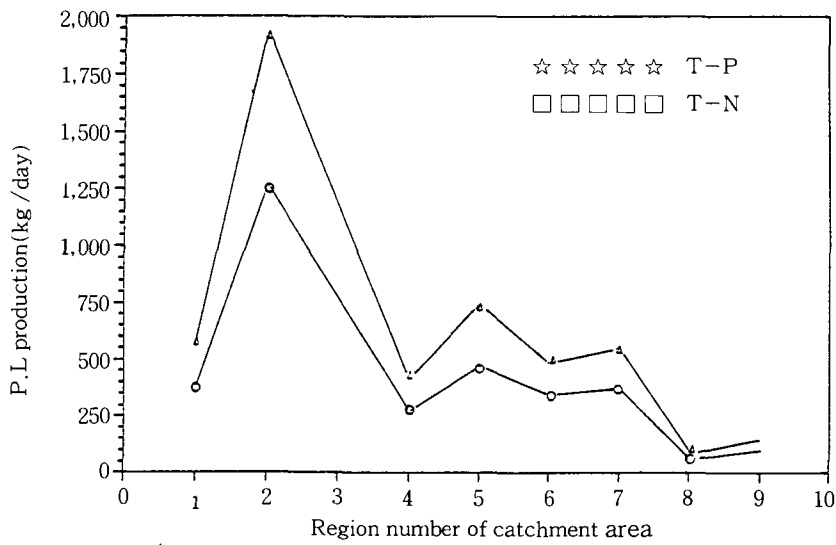


Fig. 4 Livestock waste P.L. of stream area(T-P, T-N)

권역별 오염 부하발생량

그림 5는 5개의 큰 권역으로 묶어 I 권역은

금강의 최상류인 진안, 장수를 중심으로 용담댐

건설예정 지역^{19,20)}으로 하고, II 권역은 무주와

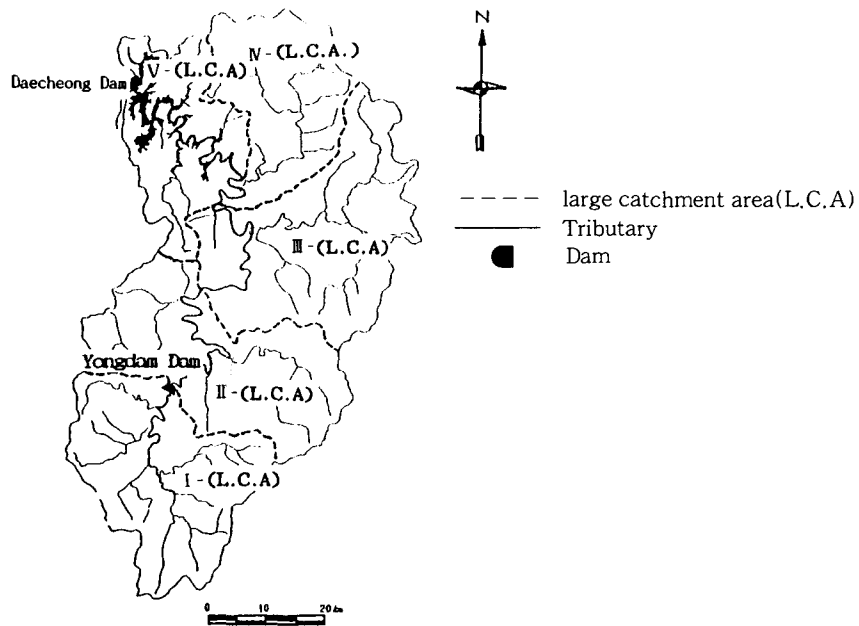


Fig. 5 A sectional map of large basin in Daecheong Dam

Table 8. Livestock waste P.L of large basin in Daecheong Dam inflow area.

(unit : kg /day)

| Animal | Beef cattle | | Dairy cattle | | Swine | | Chicken | | Total |
|--------|-------------|-----------|--------------|----------|--------|----------|---------|----------|-----------|
| Area | Head | P.L | Head | P.L | Head | P.L | Head | P.L | P.L |
| I | 10,600 | A. 6,784 | 1,848 | A. 314 | 19,607 | A. 2,451 | 140,335 | A. 1,754 | A. 11,303 |
| | | B. 37,100 | | B. 1,164 | | B. 4,902 | | E. 2,527 | B. 43,166 |
| | | C. 1,357 | | C. 234 | | C. 400 | | | C. 1,991 |
| | | D. 763 | | D. 346 | | D. 327 | | | D. 1,436 |
| II | 9,597 | A. 6,142 | 905 | A. 154 | 19,540 | A. 2,443 | 48,425 | A. 605 | A. 9,344 |
| | | B. 33,589 | | B. 570 | | B. 4,885 | | E. 872 | B. 39,044 |
| | | C. 1,228 | | C. 114 | | C. 399 | | | C. 1,741 |
| | | D. 691 | | D. 169 | | D. 326 | | | D. 1,186 |
| III | 12,654 | A. 8,099 | 1,066 | A. 181 | 18,122 | A. 2,265 | 106,556 | A. 1,331 | A. 11,876 |
| | | B. 33,589 | | B. 672 | | B. 4,531 | | E. 1,918 | B. 49,492 |
| | | C. 1,228 | | C. 135 | | C. 370 | | | C. 2,125 |
| | | D. 691 | | D. 199 | | D. 303 | | | D. 1,413 |
| IV | 12,584 | A. 8,054 | 1,079 | A. 183 | 9,731 | A. 1,216 | 103,580 | A. 1,295 | A. 10,748 |
| | | B. 44,044 | | B. 680 | | B. 2,433 | | E. 1,864 | B. 47,157 |
| | | C. 1,611 | | C. 136 | | C. 199 | | | C. 1,946 |
| | | D. 906 | | D. 201 | | D. 163 | | | D. 1,270 |
| V | 11,345 | A. 7,261 | 1,135 | A. 193 | 12,873 | A. 1,609 | 79,995 | A. 1,000 | A. 10,063 |
| | | B. 39,708 | | B. 715 | | B. 3,218 | | E. 1,440 | B. 43,641 |
| | | C. 1,452 | | C. 144 | | C. 263 | | | C. 1,859 |
| | | D. 817 | | D. 212 | | D. 215 | | | D. 1,244 |

※ P.L : Pollution Loading, A : BOD, B : COD, C : T-N, D : T-P, E : TSS

금산을 유역으로 남대천과 봉황천을 대상으로 하였다. III 권역은 영동과 상주를 중심으로 영동권, 송천을 주 대상으로 하였으며, IV 권역은 보은을 중심으로 보청천 유역으로 하고, V 권역은 옥천천과 대청호 주변 소하천을 유역으로 구획했다. 표 8은 대청호 유입지역을 그림 5와 같이 구획한 다음 축산폐수의 오염부하량의 발생 총량을 산정한 바 권역별로 수질항목에 대한 큰 차이가 없었다.

표 9는 실제 대청호에 유입되는 축산폐수 오염부하량을 나타낸 것이다. 실제 축산폐수가 호수에 유입되기까지는 하천까지의 거리, 하천의

조도, 가축 사육지의 지질, 강우량, 등에 따라 많은 차이가 발생하게 된다.^{21,22,23)} 정¹⁾ 등은 팔당호 유역을 대상으로 발생량에 대해 1%를 실제 유입부하량으로 산정하여 부영양화 모델에 적용한 바 있고,^{24,25)} 환경처에서는 대청호에 대한 오염 실태를 조사한 바 약 7%를 유입부하량으로 산정하였다.²⁾ 본 연구에서는 유역을 그림 5와 같이 5개의 권역으로 나누어 거리에 따라 추정된 결과 표 9와 같았다. 강우시에 대하여 Raymond C. Roehr⁵⁾는 소사육지로 부터 약 40mm/day의 강우가 발생시 2시간 후에 최대의 오염부하량을 보였으며 약 2~5배의 오염증

가치를 나타낸 바 있다. 본 연구대상 유역은 연간 강우량이 1,223mm로 6~9월에 전체의 60% 이상이 집중되며 보은에서 7월에 최고 253mm,

대전에서 7월에 283mm를 기록한 바²³⁾ 강우시에 최대 2~5배의 오염 부하량의 유입될 것으로 예측하였다.

Table 9. Real input pollution loading of livestock waste.

| Area | I/P (%) | Input-P.L | | Rainfall | | | | | |
|---------------|---------|-----------|-------|-------------|-----------|--------|-------------|----|--------|
| | | Average | | I/P(%) | Input-P.L | | Input-P.L | | |
| I | 1 | A. | 113 | 2 | A. | 226 | 5 | A. | 565 |
| | | B. | 432 | | B. | 864 | | B. | 2,158 |
| | | C. | 20 | | C. | 40 | | C. | 99 |
| | | D. | 14 | | D. | 28 | | D. | 72 |
| II | 2 | A. | 186 | 4 | A. | 372 | 10 | A. | 934 |
| | | B. | 781 | | B. | 1,562 | | B. | 3,904 |
| | | C. | 35 | | C. | 70 | | C. | 174 |
| | | D. | 24 | | D. | 48 | | D. | 119 |
| III | 3 | A. | 356 | 6 | A. | 712 | 15 | A. | 1,781 |
| | | B. | 1,484 | | B. | 2,968 | | B. | 7,424 |
| | | C. | 64 | | C. | 128 | | C. | 319 |
| | | D. | 42 | | D. | 84 | | D. | 212 |
| IV | 5 | A. | 537 | 10 | A. | 1,074 | 25 | A. | 2,685 |
| | | B. | 2,358 | | B. | 4,716 | | B. | 11,790 |
| | | C. | 97 | | C. | 194 | | C. | 485 |
| | | D. | 64 | | D. | 128 | | D. | 320 |
| V | 8 | A. | 805 | 16 | A. | 1,610 | 40 | A. | 4,025 |
| | | B. | 3,491 | | B. | 6,982 | | B. | 17,455 |
| | | C. | 148 | | C. | 296 | | C. | 740 |
| | | D. | 99 | | D. | 198 | | D. | 495 |
| Total Average | | A. | 1,997 | Total (Min) | A. | 3,994 | Total (Max) | A. | 9,985 |
| | | B. | 8,546 | | B. | 17,092 | | B. | 42,730 |
| | | C. | 364 | | C. | 725 | | C. | 1,820 |
| | | D. | 243 | | D. | 486 | | D. | 1,215 |

※ Input Pollution Loading P : Production Pollution Loading A : BOD B : COD C : T-N
D : T-P
Max : Maximum. Min : Minimum

결 론

생현황과 오염부하량 산정에 대한 연구 결과는 다음과 같다.

본 연구는 대청호 유입지역의 축산폐수의 발

1) 대청호 유입지역의 축종별 분뇨 발생량은

한우가 1,135.6t/day, 돼지가 480t/day, 닭소가 241.3t/day, 닭이 48t/day로 한우가 가장 많은 분뇨 발생량을 보였으며, 대청호 유입지역의 축산분뇨에 대한 오염부하의 발생량은 BOD 53.31t/day, COD 222.49t/day, T-S 261.99t/day, N 9.64t/day, 95.54t/day로 추산되었다.

2) 주요 지천별 오염부하량의 발생은 보청권 유역이 가장 많았으며 BOD가 10,748kg/day, COD가 47,157kg/day, T-N은 1,946kg/day, T-P는 1,271kg/day로 추산되었다.

3) 대청호에 유입되는 하천 유로장에 따른 권역별로 구분된 실제 대청호에 유입 부하량은 BOD가 1,997kg/day, COD가 8,546kg/day, T-N가 364kg/day, T-P는 243kg/day로 추정되었다.

參 考 文 獻

1. 정연구. 1990. 상수원 보호를 위한 축산분뇨의 적정관리 방안. 한국과학 기술원 : 56~68.
2. 최신석, 강호, 김영환 등. 1988. 대청호 수질보전대책 수립을 위한 조사 연구보고서 : 259~285.
3. 정봉수, 1987. 하수오니 및 돈분의 호기성 퇴비화에 관한 연구. 동아대학교 대학원 : 34~40.
4. Raymond C, Loehr. 1969. Animal wastes of a national program. Journal of environment engineering division, ASCE : 189~193.
5. Raymond C Loehr. 1967. Cattle wastes-pollution and potential treatment. Journal of environment engineering division, ASCE : 55~63.
6. Report of the committee on agricultural waste management. 1974. agricultural waste management. Journal of environment engineering division : 3~6.
7. Patelunas, GM and Raymond WR. 1977. Biological energy recovery using dairy cow waste. Journal of environment engineering division, ASCE : 851~859.
8. 최신석. 1989. 상수원 보전을 위한 인공호수의 수질관리 방안 : 217~230.
9. 코오롱엔지니어링. 1988. 축산폐수 정화시설 설계용역 최종 보고서 : 15~22.
10. American public hearth association. 1971. Standard methods for the examination of water and wastewater. 13.
11. 오태광, 고영희. 1990. 축산 배설물 위생적 처리를 위한 미생물 이용 현황과 문제점. 한국수의공중보건학회지, 15:185~195.
12. 심순보. 1990. 하천 수질관리를 위한 저수지 최적 운영률. 대한토목학회 추계 발표논문집 : 121~135.
13. National institute of environmental research. 1986. A study of the current of the livestock waste discharge and its environmental impact : 15~17.
14. Task committee on agricultural waste management. 1978. Animal waste management : State of the art : 31~35.
15. 서운수. 1984. 대청호의 부영양화 현상에 관한 종합 연구. 국립환경연구소 : 7~9.

16. Mark KS and Dennis DS. 1979. Low temperature anaerobic digestion of swine manure : 57~58.
17. 환경처. 1990. 오수분뇨 및 축산폐수의 처리 실적과 계획 : 167~169.
18. 농림수산부. 1990. 축산 배설물 및 유해잔류물질 방지 : 25~30.
19. 수자원공사. 1988. 다목적 댐 저수지 수질 조사 : 20~21.
20. 통계년보 1989. 보은군, 옥천군, 영동군, 무주군, 진안군, 장수군, 금산군, 상주군, 청원군.
21. 채수권. 1986. 계분의 혐기성 소화에 관한 연구 : 45~46.
22. 산업기지개발공사. 1988. 금강유역 수질 오염 실태 조사 : 17~21.
23. 건설부 한강홍수통제소. 1989. 금강홍수 예경보 프로그램 개발 최종보고서 : 11~19.
24. 김좌관. 1988. 낙동강 하구언호의 부영양화에 관한 연구. 서울대학교 환경대학원 : 6~11.
25. Vollenweider. 1980. Phosphorous loading concept and great lake eutrophication. Phosphorous management strategy for lake : 187.
26. 박태섭. 1990. 가축 배설물의 공동 처리와 이용. (주)동명기술단
27. Overcash, Michael R. 1978. Overland flow pretreatment of poultry manure. Journal of environment engineering division, ASCE : 339~342.
28. R.E. Calson. 1977. A trophic state index lakes. Limnology and oceanography, 22:361~369.
29. 환경년감. 1988. 193
30. 국립환경연구원. 1987. 폐수 배출시험 표준원단위 조사연구. 1:64~66.
31. 환경청 수질보전국. 1972. 축사 배수연구 : 34~35.
32. 김양섭. 1989. 인공호의 부영양화 수준 예측에 관한 연구. 중앙대학교 대학원 석사학위논문 : 24~28.