

都市와 農村에서의 非點源 汚染物 排出樣相에 관한 研究

A Study on the Nonpoint Pollutant Loadings in Urban
and Agricultural Areas

林	鳳	洙*
Lim,	Bong	Su
李	柄	憲**
Lee,	Byung	Hyun
崔	羲	昭***
Choi,	Eui	So

Abstract

This study was conducted to investigate characteristics of nonpoint pollutant discharges and concentrations in runoff from the urban and agricultural areas in Korea. The analytical parameters used for this study were COD, BOD and SS. This study was conducted during the period from May to August 1981.

Nonpoint pollutant mass loadings from the urban area were influenced by the rainfall intensity and the duration of rainfall, and etc. The concentrations of pollutants in the first flush was higher as the discharges increased. It was, however, found that the concentrations of pollutants in the heavy storm runoff were decreased due to the dilution effect.

When other rainfall followed a peak rainfall, the concentrations of pollutants were lower than expected, because the first flush conveyed the most of pollutants deposited on the combined sewers. However the concentrations were increased in proportion to the increased flow when a rainfall of higher intensity than the first flush was continued. Yearly area yield rates in kg/ha were estimated to be 690.5(489.9~1,328) of COD, 319.7(226.8~614.8) of BOD, and 831.2(589.7~1,598) of SS.

Pollutant sources in agricultural area were of the domestic waste water, manure composting stack, and agricultural solid wastes and etc. In the paddy field, yearly area yield rates in kg/ha were estimated to be 623.4(21.7~114) of COD, 18.65(9.53~34.5) of BOD, and 91.9(46.3~171.8) of SS. In the crop land, however, yearly rates in kg/ha were estimated to be 91.9(46.3

*正會員·(株)都和綜合技術公社 勤務

**부산수산대학교 공과대학 전임강사 환경공학과

***正會員·高麗大學校 工科大学 教授 土木工學科

~171.8) of COD, 23.09(11.7~42.5) of BOD, and 23.09(11.4~43.4) of SS.

Pollutant sources in the feedlot area were originating from the feces of cattle, the cleaning water, the wastes spilled from manure composting stack during rain. Yearly area yield rate in kg/ha was estimated to be 3,804(2,489~6,658) of COD, 2,047(464~2,900) of BOD, and 1,149(729~1,442) of SS.

Pollutant discharges in the forest area were resulted from the organic layer like leaves and others deposited on the surface. Yearly area yield rate in kg/ha was estimated to be 9.86(5.45~18.56) of COD, 3.48(1.67~7.54) of BOD, and 4.64(9.74~10.35) of SS.

要 旨

本 研究은 우리 나라에 있어서의 都市와 農村의 非點源 汚染物質 排出量과 降雨時 流出에 따르는 濃度의 樣相을 調査하였다. 主要분석항목은 COD, BOD, SS 이었으며 1981年 5月부터 8日까지 遂行되었다.

都市地域의 非點源 汚染物質 排出量은 降雨強度와 降雨持續時間 등이 영향을 주었는데 初期雨水에서 그 濃度는 流量이 增加함에 따라 높아지는 樣相을 띤다. 또, 集中降雨時 流量이 급격히 增加하더라도 그 濃度는 희석되기 때문에 그만큼 增加하지 않는다.

最大降雨 以後 다시 새로운 降雨가 形成될 때 汚染物質의 濃度는 初期降雨 以前의 濃度보다 낮은 경우가 있는데 이것은 河水川 및 下水渠에 침적된 汚染物質이 降雨에 의해 씻어 내려갔기 때문이다. 그러나, 最大流量 以後 初期降雨보다 큰 降雨強度가 持續되는 경우에는 流量이 增加함에 따라 汚染物質의 濃度가 增加한다.

都市地域의 降雨時 面積當 非點源 汚染物質의 排出量은 COD 489.9~1,328 kg/ha/yr 로 平均 690.5 kg/ha/yr 이고, BOD 226.8~614.8 kg/ha/yr 로 平均 319.7 kg/ha/yr 이고, SS 589.7~1,598.5 kg/ha/yr 로 平均 831.2 kg/ha/yr 로 산출된다.

農村地域에서는 沈澱되었던 生活下水, 퇴비 침출수 및 기타 農業廢棄物 등에 의해서 汚染物質이 흘러나온다. 논 의 경우 面積當 非點源 汚染物質 排出量은 COD 21.7~114 kg/ha/yr 로 平均 62.34 kg/ha/yr 이고, BOD 9.53~34.5 kg/ha/yr 로 平均 18.65 kg/ha/yr 이며, SS 8.35~29.57 kg/ha/yr 로 平均 16.12 kg/ha 로 나타났다.

한편, 경작지의 경우 COD 46.3~171.8 kg/ha/yr 범위로 平均 91.9 kg/ha/yr 이고, BOD 11.7~42.5 kg/ha/yr 범위로 平均 22.98 kg/ha/yr 이고, SS 11.4~43.4 kg/ha/yr 범위로 平均 23.09 로 나타났다.

畜産地域의 汚染物質은 降雨時 家畜의 糞尿 및 清掃水, 퇴비국물에 기인한다. 面積當 非點源 汚染物質 排出量은 COD 2,489~6,658 kg/ha/yr 로 平均 3,804 kg/ha/yr 이고, BOD 464~2,900 kg/ha/yr 로 平均 2,047 kg/ha/yr 이며, SS 729~1,442 kg/ha/yr 로 平均 1,149 kg/ha/yr 로 나타났다.

山林地域의 汚染物質은 降雨時 나뭇잎이 퇴적되어 形成된 有機物層으로부터, 浸出水가 씻겨져 내려오는 경우이다. 面積當 非點源 汚染物質의 排出量은 COD 5.45~18.56 kg/ha/yr 로 平均 9.86 kg/ha/yr 이고, BOD 1.67~7.54 kg/ha/yr 로 平均 3.48 kg/ha/yr 이며, SS 9.74~10.35 kg/ha/yr 로 平均 4.64 kg/ha/yr 로 나타났다.

1. 序 論

地域적으로 水質保全計劃을 樹立하려고 할 때

渇水時를 基準으로 하고 있으나 사실상 降雨時보다는 많은 量의 汚染物質이 排出될지도 모른다. 따라서 降雨時에 실제로 어느 정도의 汚染物質이 流入되는지를 검토하기 위해 본 研究가 遂行되었

는데 河川의 水質管理에 基礎資料가 될 것이다.

本 調査地域에서 流出되는 汚染物質 排出量을 토대로 面積當 汚染物質 排出量을 算定하였으며 특히 都市에서의 流出量에 따르는 非點源 汚染物質의 排出樣相을 알아보았다. 對象都市地域은 서울시 城北川과 龍頭洞 遊水池를 選定하였으며, 對象農村地域은 서울에서 5 km 정도 떨어진 경기도 고양군을 中心으로 조사하였다.

河川에 流入되는 汚染物質은 點源汚染物質(point source pollutants)과 非點源 汚染物質(nonpoint source pollutants)로 區分되는데 點源汚染物質은 한 지점 혹은 좁은 구역내에서 河川에 排出되는 汚染物質을 뜻하며 都市下水, 工場廢水, 家畜排出施設에 排出되는 汚染物質이 이에 속한다. 한편, 非點源 汚染物質은 降雨時 雨水의 流出(stormwater runoff)에 의해서 河川에 크게 汚染을 일으키는 物質을 포함하여 排出原泉을 알기 힘든 汚染物質을 말한다. 非點源 汚染物質의 排出量에 영향을 주는 要素는 地域의 性質에 따라 다른데 都市地域은 降雨強度와 降雨持續時間, 土地利用狀況, 最終降雨後의 經過日數, 不法的인 汚染物質 投入 및 街路의 清掃狀態, 降雨後 經過時間 등에 따라 相異하다.⁽¹⁾ 農村地域 中 논 및 경작을 中心으로 한 地域은 퇴비, 地形, 地質, 氣候 등이 影響을 주며, 畜産地域은 家畜이, 山林地域은 낙엽이 썩으면서 形成된 有機物層이 主 汚染源이 되고 있다.⁽²⁾

2. 測定 및 調査方法

2.1 調査地域의 現況

城北川의 試料採取地點은 城北川 下流 大光高 竇 앞 上流測 교량 아래이다. 斷面은 폭 26.6 m, 평상시 水深 15 cm 정도, 雨測壁이 3 m 높이인 석축이다. 龍頭洞 遊水池는 그 中間부근에 矩形 斷面의 排水路가 있는데 延長이 50 m, 폭 1.4 m, 높이 0.8 m의 콘크리트 구조물이며 평상시 水深은 15 cm 정도였다.

城北川의 排水面積은 축척 1:13,000의 지도에서 등고선에 의해 분수계를 찾아 5,742 km²로 계산되었으며 龍頭洞 遊水池는 設計排水面積인 0.39 km²로 보았다. 城北川의 土地利用度는

綠地가 25%, 住居地域이 60%, 商業地域이 5% 정도이었으며, 龍頭洞은 거의 住居地域이지만 물 使用量으로 볼때 전체 물 使用量의 18% 정도가 小規模 家內工業에 의해 소모되는 것으로 나타났다. 城北川과 龍頭洞에서의 排水區域에서의 人口는 각각 131,322人和 17,059人이었다.

農村地域의 排水面積은 실제 測量하였으며 가시골의 住居狀況은 家口數 176 家口, 상주人口 714名, 퇴비장 12 個所였다.

2.2 試料採取 및 分析

流量 測定은 都市地域에서는 河水川의 水深을 實測하여 斷面積을 求하고, 소형 유속계(price meter)를 주로 使用하여 流速을 測定하여 求했다. 農村地域에서는 용기를 使用하거나 부채이 동시간에 의하여 각 지점에 편리한 대로 測定했다. 특히 降雨時 試料採取 및 流量測定은 임의 채취 및 降雨가 끝날때까지의 연속채취에 의하여 決定하였는데 集中降雨나 혹은 翌日 연속되는 降雨時에는 간헐적으로 임의채취 할 수밖에 없었다. 수질분석은 standard method에 준하였다.⁽³⁾

3. 結果 및 分析

3.1 都市地域의 排出樣相

가. 降雨時 汚染物質의 濃度와 流量의 變化

그림 1은 약 10分 간격으로(81年 6月 19日 16:10~17:50) 流量의 變化에 따르는 濃度を 나타낸 것이며, 降雨強度는 중앙관상대의 時間別 降雨量을 利用했다. 그림에서 合流式 下水渠인 城北川의 경우 初期雨水에는 그 濃度가 流量이 增加함에 따라 增加되며, 降雨가 持續됨에 따라 減少되는 경향을 나타내고 있다.

그림 2는 流量이 급격히 增加하더라도 그 濃度가 그만큼 增加되거나 減少하지 않는 것을 잘 나타내 주고 있는데 이 그림은 20分간격으로 4回 분석채취(7月 26日 18:40~20:00)한 結果이다. 즉 降雨強度가 23.2 mm/hr로 매우 큰 集中豪雨일 때 流量이 34.7 m³/sec이고, COD, BOD, SS는 각각 608, 378, 1,570 mg/l로 그림 1의 2.1 m³/sec보다 17倍로 增加하였으나 濃度는 약 1/2로 減少되었다.

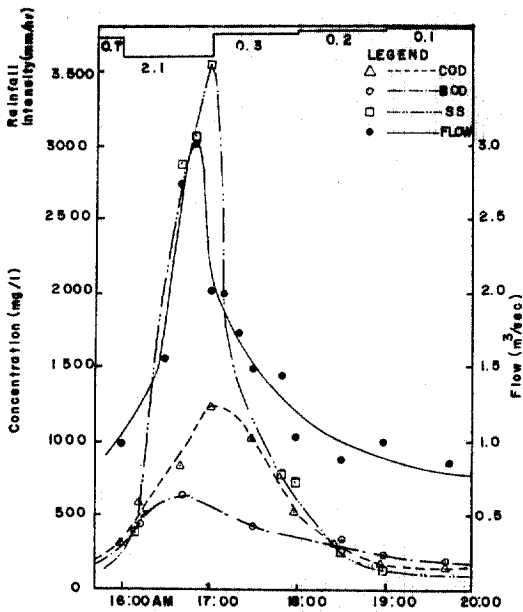


그림 1. Variation of Pollutant Concentration and Runoff in Sungbuk Chun (81.6.19)

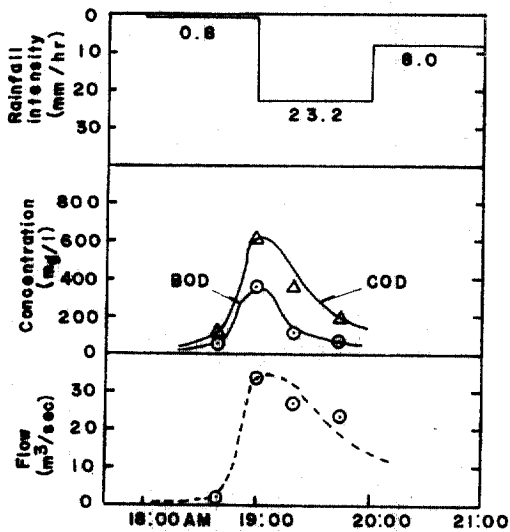


그림 2. Variation of Pollutant Concentration and Runoff in Sungbuk Chun (81.7.26)

그림 3은 降雨 시작부터 測定(7月 28日 17:20 ~ 18:00)되었고, 당시 降雨은 2時間 以內에 끝났다. COD濃度は 잘 알 수 없으나 BOD와 SS 농도는 流量의 變化에 따라 급격한 變化를 보이지 않았다. 이것은 前日의 降雨과 오전의 降雨에 의해 最大濃度가 뚜렷이 나타나지 않았기 때문인 것으로 思料된다. 最終 降雨 後의 經過日

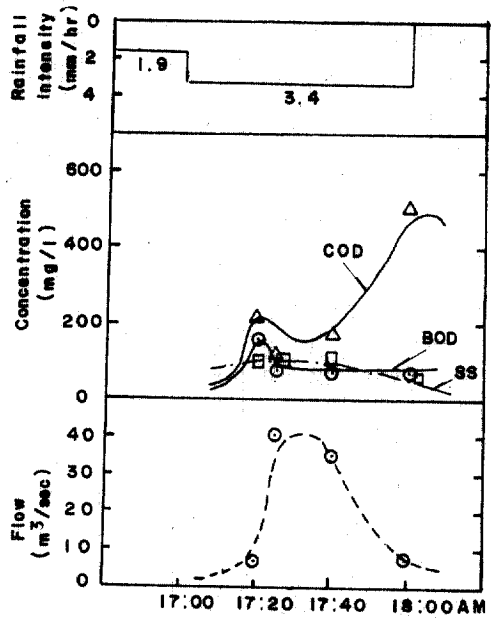


그림 3. Variation of Pollutant Concentration and Runoff in Sungbuk Chun (81.7.28)

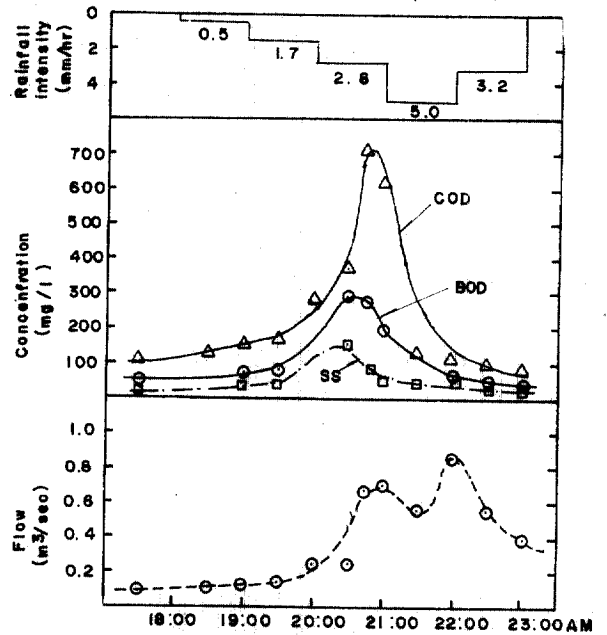


그림 4. Variation of Pollutant Concentration and Runoff in Yongdu Dong (81.7.11)

數가 汚染物質의 排出量에 관계가 있다는 것을 암시해 주는 것으로 보이며 經過日數가 거의 없는 이 경우에는 汚染物質이 씻겨내려간 後이므로 濃度의 變化는 거의 없다.

그림 4는 約 30分 間격으로 測定한 結果로(7月 11日 17:30~23:00) 21時경에 最大流量時

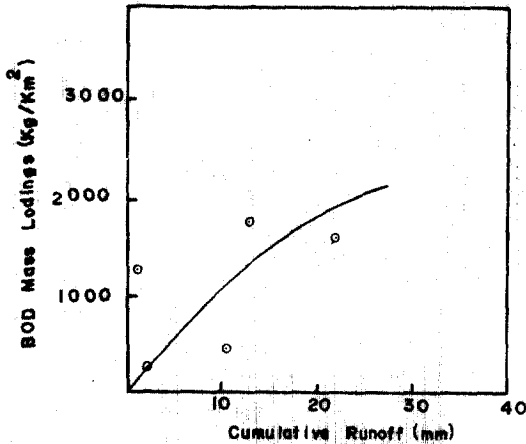


그림 5. Relationship of BOD Loading to Total Effect Runoff

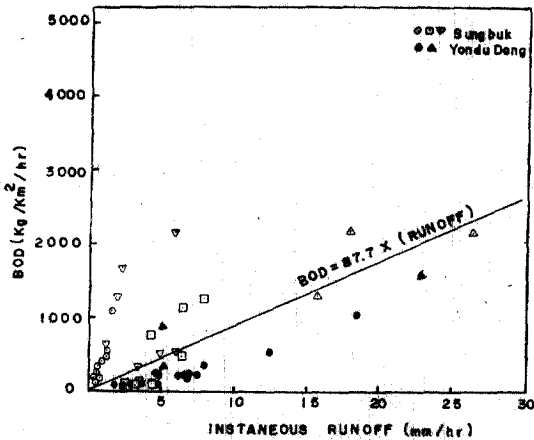


그림 6. Relationship of BOD Loading to Total Runoff

濃도가 最大로 되었다가 最大流量 以後 그 濃도가 減少되었는데 다시 22時경에 最大流量을 이루었으나 그 濃도는 처음의 最大流量時와는 달리 적은 값을 나타내고 있다.

즉 처음의 最大流量과 같거나 적은 流量이 나중에 오는 경우에는 濃도가 減少되나 만약 처음의 最大流量보다 매우 큰 流量이 다시 形成되는 경우에는 그 濃도가 다시 급격히 增加한다는 사실을 나타내 주고 있다.

나. 汚染物質 排出量과 總有出量과의 關係

그림 5는 降雨時 總有效 流出量에 대한 BOD 排出量の 關係가 나타나 있는데 總有效 流出量은 降雨시작부터 강우완료時까지 總流出量의 合에서 渴水時의 流量을 乘 값을 排水面積으로 나

는 것이다. 그림 6은 임의시간의 流量과 濃度の 測定값을 利用하여 流出量과 BOD 排出量과의 關係를 最小자승법에 의하여 求한 結果이다. 그림 5와 그림 6을 비교하면 流出量이 10 mm/d 일 때 그림 5에서는 1,100 kg/km²/d의 汚染物質이 排出되고 그림 6에서는 880 kg/km²/d이 排出되어 약간의 차이가 있음을 알 수 있다.

다. 年間 汚染物質 排出量

서울地域의 20年間 年平均 降雨日數를 산출한 結果 112日이었는데 月別로 보면 6,7,8月이 41日의 降雨日數이고 나머지 달에는 71日이 降雨日數이다. 한편 우리 나라 年間 降雨量 1,159 mm⁽⁴⁾中 2/3인 772 mm가 6,7,8월에 集中的으로 降雨되고 나머지 달에는 387 mm가 降雨되는 것으로 보면 6,7,8월에 日間 降雨量은 18.8 mm/d로 계산되고 나머지 달에는 5.45 mm/d로 계산된다. 여기서 大都市의 流出係數⁽⁵⁾를 0.3으로 假定하면 6,7,8월에는 5.6 mm/d, 나머지 달에는 1.6 mm/d가 流出된다. 그림 5에서 BOD 面積 排出量을 찾아보면 6,7,8월에 520 kg/km²/d, 그 외의 달에는 150 kg/km²/d이므로 여기에 降雨日數를 곱하면 전체적으로 31,970 kg/km²/yr로 계산된다. 降雨時만 多數 試料 分析 結果에 依하면 流出量의 濃度인 COD/BOD의 比가 平均 2.16이고, SS/BOD의 比가 2.6이므로 이 關係를 利用하여 年間 非點源 汚染物質 排出量을 산출하면 COD 69.05 ton/km²/yr, BOD 319 ton/km²/yr이고, SS는 83.1 ton/km²/yr이다. 한편, 調査地域의 年間排出量은 Loehr⁽⁶⁾의 COD 200~310 kg/ha/yr에 비해 약 3배정도 크며 BOD 30~50 kg/ha/yr에 비하면 약 10배이상 큰 값이며, Wanielista⁽⁷⁾의 SS 1,700 kg/ha/yr에 비해서는 1/2에 불과한 값이다.

3.2 農村地域의 排出樣相

가. 논 및 경작지역

표 1은 논에서의 汚染物質의 濃度인데 降雨時의 COD, BOD 및 SS는 모두 渴水時 濃度보다 높았는데 논지에 沈澱되었던 生活下水, 퇴비 침출수 및 기타 농업폐기물로부터 汚染物質이 흘러나오기 때문인 것으로 보여진다.

그림 7,8 및 9는 논(0.082 km²)으로부터의 流

표 1. 논지역에서 오염물질의 농도

구 분	갈 수 시	강 우 시
유량(m ³ /hr)	4.2(0.36~18.7)	40.1(4.4~75.6)
농도(mg/l)		
COD	18.4(11~47.8)	23.6(11~38)
BOD	3.2(0.2~13)	6.1(1.1~15.3)
SS	3.4(0.6~29)	11.7(2.0~49)

주: ()는 범위

出量과 COD, BOD 및 SS의 排出量을 最小자승법에 의해서 求한 것이다. 그림 10, 11 및 그림 12는 논과 밭이 섞인 경작지(0.27 km², 논 40%, 밭 60%)인 경우에 있어서 COD, BOD 및 SS의 排出量을 最小자승법에 의하여 求한 것이다. 서울지방의 降雨日數를 使用하고 流出係數⁽⁵⁾는 0.2로 假定하면 6, 7, 8月에는 18.8 mm/d의 0.2인 3.76 mm/d이고, 그 외의 달에는 5.45 mm/d의 0.2인 1.1 mm/d만이 流出된다. 따라서 논인 경우 6, 7, 8月에는 COD 101.85 kg/km²/d, BOD 30.77 kg/km²/d, SS 26.41 kg/km²/d이 流出되며, 그 외의 달에는 COD는 28.99 kg/km²/d, BOD는 8.51 kg/km²/d, SS는 7.46 kg/km²/d이 排出된다. 이것에 降雨日數를 곱하여 年間汚染物質 排出量을 求하면 COD 62.34 kg/ha/yr, BOD 18.65 kg/ha/yr, SS는 16.12 kg/ha/yr로

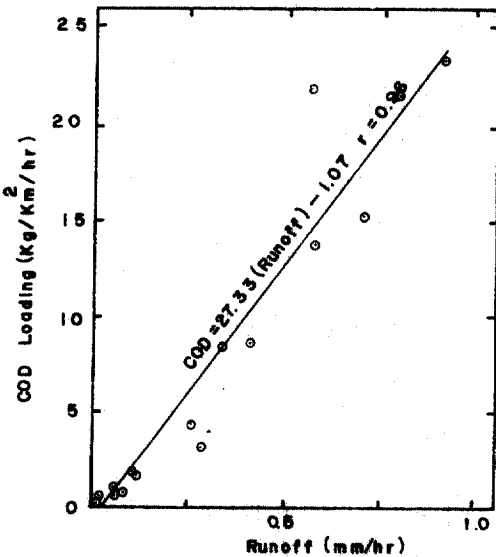


그림 7. Relationship of COD Loading and Runoff (Rice Field)

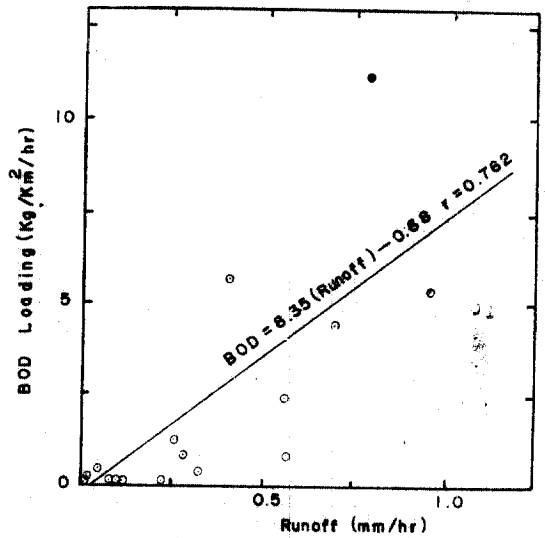


그림 8. Relationship of BOD Loading and Runoff (Rice Field)

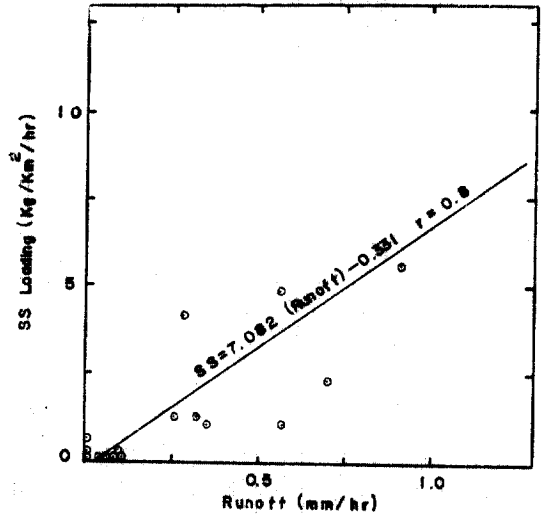


그림 9. Relationship of SS Loading and Runoff (Rice Field)

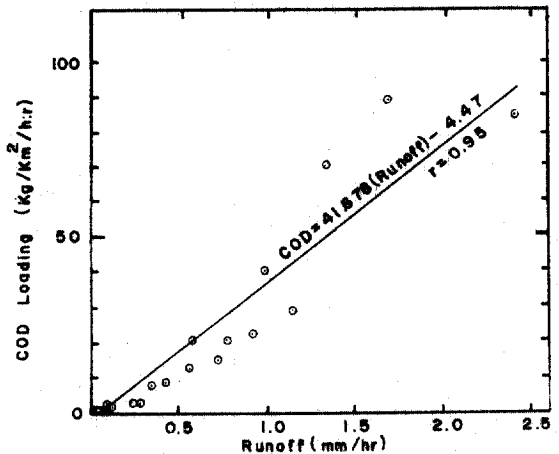


그림 10. Relationship of COD Loading and Runoff (Crop Land)

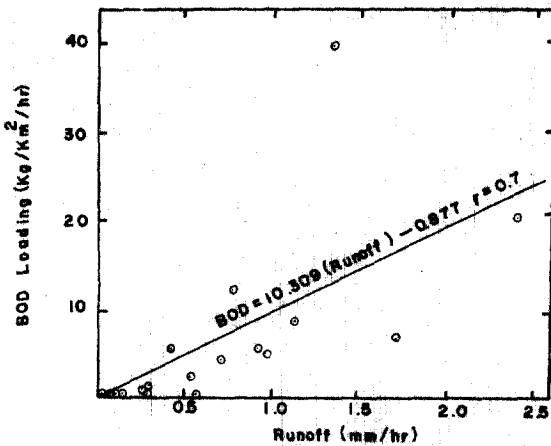


그림 11. Relationship of BOD Loading and Runoff (Crop Land)

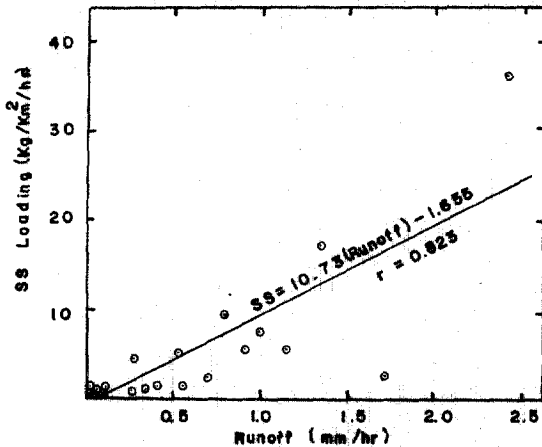


그림 12. Relationship of SS Loading and Runoff (Crop Land)

나타나며, 같은 방법으로 경작지에서는 COD 91.9 kg/ha/yr, BOD 22.98 kg/ha/yr, SS 23.09 kg/ha/yr로 산출된다. 경작지인 경우 Wanielista 등⁽⁷⁾은 SS의年間排出量이 4,200(286~4,200)kg/ha/yr이고, BOD가 18(4~31)kg/ha/yr이었으며, Harm 등⁽⁸⁾은 SS가 286 kg/ha/yr, COD가 48.2 kg/ha/yr로 SS가 가장 많이排出하여本調査와는相異하게 나타났다.農村地域에서 Wanielista는 BOD 11.5 kg/ha/yr, COD 91.8 kg/ha/yr, SS 21.2 kg/ha/yr가排出된다고 했는데本調査와 비슷하다.

나. 畜産地域의 排出樣相

畜産地域에서 廢水의 濃度와 廢水量은 家畜의 數, 家畜을 기르는 方法, 放牧地의 토양의 性質,

氣候, 降雨強度에 따라 相異하기 때문에 그 特性을 규정하기가 힘들다. 汚染物質의 濃度는 初期降雨에는 매우 높고 流出이 계속될수록 減少되는 현상을 나타내고 있다.

畜産地域의 汚染物質의 濃度가 표 2에 있는데 渴水時에는 주로 家畜의 糞尿 및 清掃水, 퇴비국물에 의한 것으로 볼 수 있는데 퇴비국물만의 濃度는 상당히 높다. 渴水時의 尿 및 清掃水에 의한 流量은 降雨에 의한 流出量과 비교할 때 매우 적으므로 이를 無視하고 流出係數⁽⁶⁾를 0.12로 보면, 年平均 降雨量 1,159 mm/yr이므로 流出量은 139 mm/yr로 산출된다. 따라서 ha當年間 1,390 m³의 流量에 排出濃度를 곱하면 COD 3,804 kg/ha/yr, BOD 2,047 kg/ha/yr, SS 1,149 kg/ha/yr로 非點源 汚染物質量이 계산된다. Loehr⁽⁶⁾에 의하면 COD 7,200 kg/ha/yr, BOD 1,560 kg/ha/yr이고, Wanielista⁽⁷⁾등은 SS가 11.8~840 kg/ha/yr로 變化가 심하나本調査와 비교시 COD는 1/2 정도이고, BOD는 1.3배, SS는 1.4배 크다.

표 2. 畜産지역에서 오염물질의 농도 단위: mg/l

구 분	갈수시	장 우 시	
	노, 청소물	청소, 소변, 퇴비국물	퇴비국물
COD	256	2,737 (1,791~4,790)	12,500 (3,600~56,000)
BOD	101.3 (42~162)	1,473 (334~2,087)	3,983 (1,404~15,900)
SS	34.2 (4.4~62)	827 (575~1,038)	1,178 (150~3,250)

주: ()는 범위

다. 山林地域의 排出樣相

山林地域의 流出係數⁽⁶⁾를 0.1로 보면 우리 나라 年平均 降雨量 1,159 mm/yr에서 116 mm/yr로 산출된다. 즉, ha當 연간 1,160 m³의 流量이 排出된다. 調査地域의 COD는 4.7~16 mg/l 범위로 平均 8.5 mg/l이고, BOD는 1.4~6.5 mg/l 범위로 平均 3 mg/l이고, SS는 0.3~8.4 mg/l로 平均 4 mg/l이었다. 따라서 年間 非點源 排出量을 求하면 COD는 9.86 kg/ha/yr, BOD는 3.48 kg/ha/yr, SS는 4.64 kg/ha/yr로 계산된다. 建設部⁽⁹⁾의 資料에 의하면 BOD는 3.29 kg

/ha/yr 정도가 自然綠地에서 排出된다고 하였는데 本 調査와 비슷하고, Wanielsta⁽⁷⁾ 등은 BOD 4~7 kg/ha/yr, SS 45~132 kg/ha/yr 로 BOD는 비슷하나 SS는 상당한 차이를 보였다. Harms⁽⁸⁾ 등은 COD 13.44 kg/ha/yr, SS 4 kg/ha/yr 로 本 調査와 거의 일치하고 있다.

4. 結 論

都市와 農村地域에 따른 降雨時 非點源 汚染物質의 濃度와 排出量을 표 3에 要約했다. 그림 13은 非點源 汚染物質의 濃度와 排出量을 比較하기 위하여 대수 그래프에 나타난 것이다.

都市地域의 非點源 汚染物質 排出量은 COD가 690.5 kg/ha/yr 이고, BOD 319.7 kg/ha/yr, SS 831.2 kg/ha/yr 로 汚染物質中 SS가 가장 큰比重을 차지했다.

農村地域中 는 중심의 地域에서 COD年間 排出量이 62.34 kg/ha/yr, BOD 18.65 kg/ha/yr, SS 16.12 kg/ha/yr 로 각각 都市地域의 1/12, 1/20, 1/50 정도이며 汚染物質中 COD가 가장 큰 비중을 나타냈다. 또한 경작지인 경우 COD年間 排出量이 91.9 kg/ha/yr, BOD 22.98 kg/ha/yr, SS 23.09 kg/ha/yr 로 COD가 가장 많은 排出量을 차지했다.

畜産地域은 다른 어느 地域보다도 非點源 汚染物質 排出量이 가장 큰 것으로 나타났으며 COD年間 排出量이 3,804 kg/ha/yr, BOD 2,047 kg/ha/yr, SS 1,149 kg/ha/yr 로 年間 汚染物質

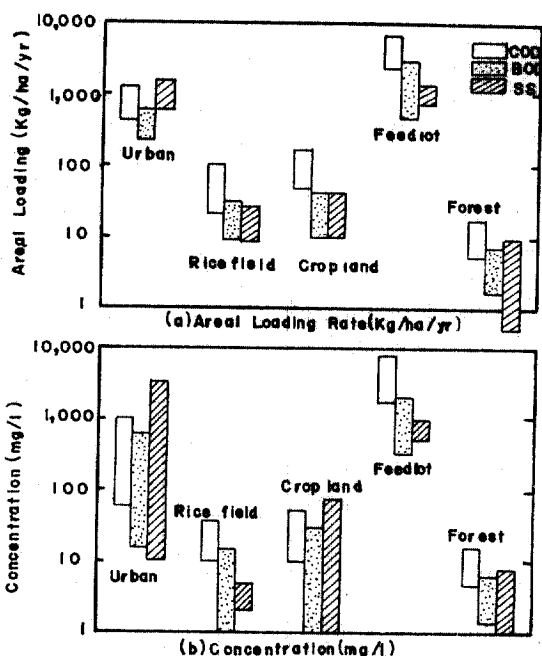


그림 13. Comparison of Nonpoint Sources Giving Range of Areal Loading Rates and Concentration.

中 COD가 가장 컸다.

山林地域은 다른 地域보다 汚染物質 排出量이 적게 나타났으며 COD年間 排出量은 9.86 kg/ha/yr, BOD 3.48 kg/ha/yr, SS가 4.64 kg/ha/yr 로 그중 COD가 가장 큰 비중을 차지했다.

綜合的으로 非點源 汚染物質 排出量은 農村地域의 畜産地域이 가장 크며 다음이 都市地域, 경작지역, 논지역, 山林地域의 順으로 크기를 나

표 3. 도시와 농촌지역의 비점원 오염물질농도와 배출량

지역별	농 도 (mg/l)			연간 면적당 배출량 (kg/ha/yr)		
	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS
도시지역	266 (60~1,212)	124 (15~626)	325 (10~3,535)	690.5 (489~1,328)	319.7 (227~615)	831.2 (589~1,598)
논 지역	23.6 (11~38)	6.1 (1.1~15.3)	11.7 (2.0~4.9)	55.3 (21.7~11.4)	18.6 (9~34)	16 (8~29)
경작지역	27 (11~53)	9.5 (1~30)	12.7 (1~73)	91.9 (46.3~171)	23 (12~42)	23 (11~43)
축산지역	2,737 (1,791~4,790)	1,473 (334~2,087)	827 (525~1,038)	3,804 (2,489~6,658)	2,047 (464~2,900)	1,149 (729~1,442)
산림지역	8.5 (4.7~16)	3 (1.4~6.5)	4 (0.3~8.4)	10 (5~18)	3 (1~7)	5 (9~10)

주: ()는 범위

타낸다.

參 考 文 獻

1. Hajas, L. et al., "Projecting Urban Runoff Flows and Loads," *Journal of the Environmental Engineering Division, ASCE*, Vol. 104, NO. EE6, p. 1149(DEC. 1978).
2. Loehr, R.C., "Pollution Control for Agriculture", Academic Press(1977).
3. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 14 edition, APHA, AWWA and WPCF(1976).
4. 崔榮博, 水文學, pp.197, 형실출판사 (1977).
5. Linsley, R.K. and Franzini, J.B., *Water Resources Engineering*, Third Edition, McGraw-Hill (1977).
6. Loehr, Raymond C., "Characteristics and Comparative Magnitude of Non-point Source", *JWPCF*, Vol. 46, p.1849(1974).
7. Wanielista, Martin, P. et al., "Nonpoint source effects on water Quality", *JWPCF*, Vol. 49, 441 (1977).
8. Harms, Leland L., et al., "Physical and Chemical quality of agricultural land runoff", *JWPCF*, Vol. 46, p.2460(1974).
9. "팔당댐 상류유역별 하수도종합계획보고서", 건설부(1980.5).

(接受: 1984. 2. 16)