creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000263723

2013年 2月
博士學位論文

영산강유역의 수질오염총량제 개선 방안 연구

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

曺 道 鎬

영산강유역의 수질오염총량제 개선 방안 연구

Enhancement on TMDL Regulations in Young-San River

2013年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

曺 道 鎬

영산강유역의 수질오염총량제 개선 방안 연구

指 導 敎 授　崔 炯 一

이 論文을 工學博士 學位申請 論文으로 提出함.

2012 年　10 月　　日

朝鮮大學校 大學院

環境生命工學科

曺　道　鎬

曺道鎬의 博士學位論文을 認准함

委員長	朝鮮大學校 敎授	申 大 允 印
委 員	朝鮮大學校 敎授	鄭 京 勳 印
委 員	湖南大學校 敎授	宋 昌 洙 印
委 員	光州廣域市 保健環境硏究院 部長	姜 永 周 印
委 員	朝鮮大學校 敎授	崔 炯 一 印

2012 年 12 月

朝鮮大學校 大學院

목 차

List of Tables ····· iii

List of Figures ····· viii

Abstract ····· xii

제 1 장 서론 ····· 1

1.1 연구배경 및 목적 ····· 1

1.2 연구내용 ····· 2

제2장 문헌 고찰 ····· 3

2.1 토지계 부하량 산정 ····· 3

2.2 강우조건에 따른 토지계 배출부하량 변동 ····· 7

2.3 오염부하 지속곡선을 이용한 목표수질 평가 ····· 10

2.4 토지피복 도를 이용한 토지계부하량 산정 ····· 11

제3장 영산강 유역의 수질 오염원 ····· 13

3.1 영산강 수질 ····· 13

3.2 오염원 변화 ····· 18

제4장 생활계 배출부하량 ····· 23

4.1 나주시 생활계 배출부하량 ····· 23

4.1.1 나주시 생활계 오염원 ····· 23

4.1.2 나주시 생활계 발생부하량 ····· 25

4.1.3 나주시 생활계 배출부하량 ····· 28

4.2 담양군 생활계 배출부하량 ·····41
4.2.1 담양군 생활계 오염원 ·····41
4.2.2 담양군 생활계 발생부하량 ·····43
4.2.3 담양군 생활계 배출부하량 ·····47
4.3 화순군 생활계 배출부하량 ·····59
4.3.1 화순군 생활계 오염원 ·····59
4.3.2 화순군 생활계 발생부하량 ·····61
4.3.3 화순군 생활계 배출부하량 ·····65

제5장 토지계 배출부하량 ·····77
5.1 나주시 토지계 오염원 및 배출부하량 ·····77
5.1.1 나주시 토지계 오염원 ·····77
5.1.2 나주시 토지계 발생부하량 ·····80
5.1.3 나주시 토지계 배출부하량 ·····85
5.2 담양군 토지계 오염원 및 배출부하량 ·····100
5.2.1 담양군 토지계 오염원 ·····100
5.2.2 담양군 토지계 발생부하량 ·····103
5.2.3 담양군 토지계 배출부하량 ·····107
5.3 화순군 토지계 오염원 및 배출부하량 ·····119
5.3.1 담양군 토지계 오염원 ·····119
5.3.2 담양군 토지계 발생부하량 ·····122
5.3.3 담양군 토지계 배출부하량 ·····126

제6장 결론 ·····139
참고문헌 ·····141
감사의 글 ·····146

List of Tables

Table 2-1. 토지계 지목별 연평균 발생부하 원단위 ·····5
Table 2-2. 건기 시 불명수 침투유량 비 계수 ·····6
Table 2-3. 나주시 학교용지에 대한 토지이용 현황 ·····12
Table 3-1. 영산강유역 지점별 연평균 수질 변화 ·····14
Table 3-2. 영본 A단위 유역의 오염원 격년변화 ·····18
Table 3-3. 영본 B단위 유역의 오염원 격년변화 ·····19
Table 3-4. 영본 C단위 유역의 오염원 격년변화 ·····20
Table 3-5. 영본 D단위 유역의 오염원 격년변화 ·····21
Table 3-6. 영본 E단위 유역의 오염원 격년변화 ·····22
Table 4-1. 나주시 연도별 인구 ·····23
Table 4-2. 나주시 연도별 하수처리 인구 ·····24
Table 4-3. 나주시 연도별 하수처리율 변화 ·····24
Table 4-4. 나주시 생활계 연도별 BOD 발생부하량 ·····25
Table 4-5. 나주시 생활계 연도별 T-N 발생부하량 ·····25
Table 4-6. 나주시 생활계 연도별 T-P 발생부하량 ·····26
Table 4-7. 나주시 동지역 발생부하량 ·····27
Table 4-8. 나주시 연도별 BOD 배출부하량 ·····28
Table 4-9. 나주시 연도별 지역별 BOD 배출부하량 ·····30
Table 4-10. 나주시 요소별 BOD 배출부하량 ·····32
Table 4-11. 나주시 연도별 T-N 배출부하량 ·····33
Table 4-12. 나주시 연도별 지역별 T-N 배출부하량 ·····34
Table 4-13. 나주시 요소별 T-N 배출부하량 ·····36
Table 4-14. 나주시 연도별 T-P 배출부하량 ·····37
Table 4-15. 나주시 연도별 지역별 T-P 배출부하량 ·····38

Table 4-16. 나주시 요소별 T-P 배출부하량 ·····40
Table 4-17. 담양군 연도별 인구 ·····41
Table 4-18. 담양군 연도별 하수처리 인구 ·····41
Table 4-19. 담양군 연도별 하수처리율 ·····42
Table 4-20. 담양군 생활계 연도별 BOD 발생부하량 ·····43
Table 4-21. 담양군 생활계 연도별 T-N 발생부하량 ·····43
Table 4-22. 담양군 생활계 연도별 T-P 발생부하량 ·····44
Table 4-23. 담양군 읍지역 발생부하량 ·····45
Table 4-24. 담양군 면지역 발생부하량 ·····46
Table 4-25. 담양군 연도별 BOD 배출부하량 ·····47
Table 4-26. 담양군 연도별 지역별 BOD 배출부하량 ·····48
Table 4-27. 담양군 요소별 BOD 배출부하량 ·····50
Table 4-28. 담양군 연도별 T-N 배출부하량 ·····51
Table 4-29. 담양군 연도별 지역별 T-N 배출부하량 ·····52
Table 4-30. 담양군 요소별 T-N 배출부하량 ·····54
Table 4-31. 담양군 연도별 T-P 배출부하량 ·····55
Table 4-32. 담양군 연도별 지역별 T-P 배출부하량 ·····56
Table 4-33. 담양군 요소별 T-P 배출부하량 ·····58
Table 4-34. 화순군 연도별 인구변화 ·····59
Table 4-35. 화순군 연도별 하수처리 인구 변화 ·····59
Table 4-36. 화순군 연도별 하수처리율 변화 ·····60
Table 4-37. 화순군 생활계 연도별 BOD 발생부하량 ·····61
Table 4-38. 화순군 생활계 연도별 T-N 발생부하량 ·····61
Table 4-39. 화순군 생활계 연도별 T-P 발생부하량 ·····62
Table 4-40. 화순군 읍지역 발생부하량 변화 ·····63
Table 4-41. 화순군 면지역 발생부하량 변화 ·····64
Table 4-42. 화순군 연도별 BOD 배출부하량 ·····65

Table 4-43. 화순군 연도별 지역별 BOD 배출부하량 ·····66
Table 4-44. 화순군 요소별 BOD 배출부하량 ·····68
Table 4-45. 화순군 연도별 T-N 배출부하량 ·····69
Table 4-46. 화순군 생활계 T-N 배출부하량 ·····70
Table 4-47. 화순군 요소별 T-N 배출부하량 ·····72
Table 4-48. 화순군 연도별 T-P 배출부하량 ·····73
Table 4-49. 화순군 연도별 지역별 T-P 배출부하량 ·····74
Table 4-50. 화순군 요소별 T-P 배출부하량 ·····76
Table 5-1. 나주시 토지계 오염원 ·····78
Table 5-2. 나주시 토지계 연도별 BOD 발생부하량 ·····80
Table 5-3. 나주시 토지계 연도별 T-N 발생부하량 ·····80
Table 5-4. 나주시 토지계 연도별 T-P 발생부하량 ·····81
Table 5-5. 나주시 동지역 토지계 발생부하량 변화 ·····82
Table 5-6. 나주시 읍지역 토지계 발생부하량 변화 ·····83
Table 5-7. 나주시 면지역 토지계 발생부하량 변화 ·····84
Table 5-8. 나주시 연도별 토지계 BOD 배출부하량 ·····85
Table 5-9. 나주시 토지계 BOD 점배출부하량 구성요소 ·····86
Table 5-10. 나주시 토지계 BOD 비점배출부하량 구성요소 ·····86
Table 5-11. 나주시 강우배출비 연도별 평균 ·····87
Table 5-12. 나주시 연도별 동지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····87
Table 5-13. 나주시 연도별 읍지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····88
Table 5-14. 나주시 연도별 면지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····89
Table 5-15. 나주시 연도별 토지계 T-N 배출부하량 ·····90
Table 5-16. 나주시 토지계 T-N 점배출부하량 구성요소 ·····91
Table 5-17. 나주시 토지계 T-N 비점배출부하량 구성요소 ·····91
Table 5-18. 나주시 연도별 동지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····92
Table 5-19. 나주시 연도별 읍지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····93

Table 5-20. 나주시 연도별 면지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····94
Table 5-21. 나주시 연도별 토지계 T-P 배출부하량 ·····95
Table 5-22. 나주시 토지계 T-P 점배출부하량 구성요소 ·····96
Table 5-23. 나주시 토지계 T-P 비점배출부하량 구성요소 ·····96
Table 5-24. 나주시 연도별 동지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····97
Table 5-25. 나주시 연도별 읍지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····98
Table 5-26. 나주시 연도별 면지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····99
Table 5-27. 담양군 토지계 오염원의 변화 ·····100
Table 5-28. 담양군 토지계 연도별 BOD 발생부하량 ·····103
Table 5-29. 담양군 토지계 연도별 T-N 발생부하량 ·····103
Table 5-30. 담양군 토지계 연도별 T-P 발생부하량 ·····104
Table 5-31. 담양군 읍지역 토지계 발생부하량 변화 ·····105
Table 5-32. 담양군 면지역 토지계 발생부하량 변화 ·····106
Table 5-33. 담양군 연도별 토지계 BOD 배출부하량 ·····107
Table 5-34. 담양군 토지계 BOD 점배출부하량 구성요소 ·····108
Table 5-35. 나주시 토지계 BOD 비점배출부하량 구성요소 ·····108
Table 5-36. 담양군 연도별 읍지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····109
Table 5-37. 담양군 연도별 면지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····110
Table 5-38. 담양군 연도별 토지계 T-N 배출부하량 ·····111
Table 5-39. 담양군 토지계 T-N 점배출부하량 구성요소 ·····112
Table 5-40. 담양군 토지계 T-N 비점배출부하량 구성요소 ·····112
Table 5-41. 담양군 연도별 읍지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····113
Table 5-42. 담양군 연도별 면지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····114
Table 5-43. 담양군 연도별 토지계 T-P 배출부하량 ·····115
Table 5-44. 담양군 토지계 T-P 점배출부하량 구성요소 ·····116
Table 5-45. 담양군 토지계 T-P 비점배출부하량 구성요소 ·····116
Table 5-46. 담양군 연도별 읍지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····117

Table 5-47. 담양군 연도별 면지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····118
Table 5-48. 화순군 토지계 오염원 ·····119
Table 5-49. 화순군 토지계 연도별 BOD 발생부하량 ·····122
Table 5-50. 화순군 토지계 연도별 T-N 발생부하량 ·····122
Table 5-51. 화순군 토지계 연도별 T-P 발생부하량 ·····122
Table 5-52. 화순군 읍지역 토지계 발생부하량 변화 ·····124
Table 5-53. 화순군 면지역 토지계 발생부하량 변화 ·····125
Table 5-54. 화순군 연도별 토지계 BOD 배출부하량 ·····126
Table 5-55. 화순군 토지계 BOD 점배출부하량 구성요소 ·····128
Table 5-56. 화순군 토지계 BOD 비점배출부하량 구성요소 ·····128
Table 5-57. 화순군 연도별 읍지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····129
Table 5-58. 화순군 연도별 면지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····130
Table 5-59. 화순군 연도별 토지계 T-N 배출부하량 ·····131
Table 5-60. 화순군 토지계 T-N 점배출부하량 구성요소 ·····132
Table 5-61. 화순군 토지계 T-N 비점배출부하량 구성요소 ·····132
Table 5-62. 화순군 연도별 읍지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····133
Table 5-63. 화순군 연도별 면지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····134
Table 5-64. 화순군 연도별 토지계 T-P 배출부하량 ·····135
Table 5-65. 화순군 토지계 T-P 점배출부하량 구성요소 ·····136
Table 5-66. 화순군 토지계 T-P 비점배출부하량 구성요소 ·····136
Table 5-67. 화순군 연도별 읍지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····137
Table 5-68. 화순군 연도별 면지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····138

List of Figures

Fig. 3-1. 영산강상류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석 ·····15
Fig. 3-2. 영산강중상류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석 ·····15
Fig. 3-3. 영산강중류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석 ·····16
Fig. 3-4. 영산강중하류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석 ·····16
Fig. 3-5. 영산강하류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석 ·····17
Fig. 4-1. 나주시 연도별 발생부하량 ·····26
Fig. 4-2. 나주시 연도별 동지역 발생부하량 ·····27
Fig. 4-3. 나주시 생활계 BOD 배출부하량 ·····29
Fig. 4-4. 나주시 동지역의 BOD 배출부하량 ·····31
Fig. 4-5. 나주시 읍지역의 BOD 배출부하량 ·····31
Fig. 4-6. 나주시 생활계 BOD 배출부하량 ·····33
Fig. 4-7. 나주시 동지역의 T-N 배출부하량 ·····35
Fig. 4-8. 나주시 읍지역의 T-N 배출부하량 ·····35
Fig. 4-9. 나주시 생활계 T-P 배출부하량 ·····37
Fig. 4-10. 나주시 동지역의 T-P 배출부하량 ·····39
Fig. 4-11. 나주시 읍지역의 T-P 배출부하량 ·····39
Fig. 4-12. 담양군 연도별 발생부하량 ·····44
Fig. 4-13. 담양군 연도별 읍지역 발생부하량 ·····45
Fig. 4-14. 담양군 연도별 면지역 발생부하량 ·····46
Fig. 4-15. 담양군 생활계 BOD 배출부하량 ·····47
Fig. 4-16. 담양군 읍지역의 BOD 배출부하량 ·····48
Fig. 4-17. 담양군 면지역의 BOD 배출부하량 ·····49
Fig. 4-18. 담양군 생활계 T-N 배출부하량 ·····51

Fig. 4-19. 담양군 읍지역의 T-N 배출부하량 ·····52
Fig. 4-20. 담양군 면지역 T-N 배출부하량 ·····53
Fig. 4-21. 담양군 생활계 T-P 배출부하량 ·····55
Fig. 4-22. 담양군 읍지역 T-P 배출부하량 ·····56
Fig. 4-23. 담양군 면지역 T-P 배출부하량 ·····57
Fig. 4-24. 화순군 연도별 발생부하량 ·····62
Fig. 4-25. 화순군 연도별 읍지역 발생부하량 ·····63
Fig. 4-26. 화순군 연도별 면지역 발생부하량 ·····64
Fig. 4-27. 화순군 생활계 BOD 배출부하량 ·····65
Fig. 4-28. 화순군 읍지역 BOD 배출부하량 ·····66
Fig. 4-29. 화순군 면지역 BOD 배출부하량 ·····67
Fig. 4-30. 화순군 생활계 T-N 배출부하량 ·····69
Fig. 4-31. 화순군 읍지역 T-N 배출부하량 ·····70
Fig. 4-32. 화순군 면지역 T-N 배출부하량 ·····71
Fig. 4-33. 화순군 생활계 T-P 배출부하량 ·····73
Fig. 4-34. 화순군 읍지역 T-P 배출부하량 ·····74
Fig. 4-35. 화순군 면지역 T-P 배출부하량 ·····75
Fig. 5-1. 나주시 지목별 오염원 변화 ·····77
Fig. 5-2. 나주시 2007년도 지목별 면적 비율 ·····79
Fig. 5-3. 나주시 2010년도 지목별 면적 비율 ·····79
Fig. 5-4. 나주시 연도별 토지계 발생부하량 ·····81
Fig. 5-5. 나주시 연도별 동지역 토지계 발생부하량 ·····82
Fig. 5-6. 나주시 연도별 읍지역 토지계 발생부하량 ·····83
Fig. 5-7. 나주시 연도별 면지역 토지계 발생부하량 ·····84
Fig. 5-8. 나주시 토지계 BOD 배출부하량 ·····85
Fig. 5-9. 나주시 동지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····87
Fig. 5-10. 나주시 읍지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····88

Fig. 5-11. 나주시 면지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····89
Fig. 5-12. 나주시 토지계 T-N 배출부하량 ·····90
Fig. 5-13. 나주시 동지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····92
Fig. 5-14. 나주시 읍지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····93
Fig. 5-15. 나주시 면지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····94
Fig. 5-16. 나주시 토지계 T-P 배출부하량 ·····95
Fig. 5-17. 나주시 동지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····97
Fig. 5-18. 나주시 읍지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····98
Fig. 5-19. 나주시 면지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····99
Fig. 5-20. 담양군 지목별 오염원 변화 ·····101
Fig. 5-21. 담양군 2007년도 지목별 면적 비율 ·····101
Fig. 5-22. 담양군 2010년도 지목별 면적 비율 ·····102
Fig. 5-23. 담양군 연도별 토지계 발생부하량 ·····104
Fig. 5-24. 담양군 연도별 읍지역 토지계 발생부하량 ·····105
Fig. 5-25. 담양군 연도별 면지역 토지계 발생부하량 ·····106
Fig. 5-26. 담양군 토지계 BOD배출부하량 ·····107
Fig. 5-27. 담양군 읍지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····109
Fig. 5-28. 담양군 면지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····110
Fig. 5-29. 담양군 토지계 T-N 배출부하량 ·····111
Fig. 5-30. 담양군 읍지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····113
Fig. 5-31. 담양군 면지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····114
Fig. 5-32. 담양군 토지계 T-P 배출부하량 ·····115
Fig. 5-33. 담양군 읍지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····117
Fig. 5-34. 담양군 면지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····118
Fig. 5-35. 화순군 지목별 면적 변화 ·····120
Fig. 5-36. 화순군 2007년도 지목별 면적 비율 ·····120
Fig. 5-37. 화순군 2010년도 지목별 면적 비율 ·····121

Fig. 5-38. 화순군 연도별 토지계 발생부하량 ·····123
Fig. 5-39. 화순군 연도별 읍지역 토지계 발생부하량 ·····124
Fig. 5-40. 화순군 연도별 면지역 토지계 발생부하량 ·····125
Fig. 5-41. 화순군 토지계 BOD 배출부하량 ·····127
Fig. 5-42. 화순군 읍지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····129
Fig. 5-43. 화순군 면지역 토지계 BOD 배출부하량 ·····130
Fig. 5-44. 화순군 토지계 T-N 배출부하량 ·····131
Fig. 5-45. 화순군 읍지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····133
Fig. 5-46. 화순군 면지역 토지계 T-N 배출부하량 ·····134
Fig. 5-47. 화순군 토지계 T-P 배출부하량 ·····135
Fig. 5-48. 화순군 읍지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····137
Fig. 5-49. 화순군 면지역 토지계 T-P 배출부하량 ·····138

Abstract

Enhancement on TMDL Regulations in Young-San River

By Jo Do-Ho
Advisor : Prof. Choi Hyung-il
Department of Environmental-Biological Engineering
Graduate School of Chosun University

To cotrol water quality in Young-san river, we calcuate the discharge load in Naju, Damyang and Hwasun, we propose the enhancement on TMDL regulation as followings.

1. There was many variations of iving discharge load according to wastewater treatment ratio in 2007~2010 year.

There diminished 41.5% of living discharge load on increasing 32.9% to 53.8% of wastewater treatment ratio In Damyang county, 25.2% on increasing 51.2% to 53.0%. The reason for diminish living load is discharge concentration control of wastewater treatment plant. But there elevated 0.3% according to increasing 56.9% to 68.1% in Hwasun, for increasing discharge flowrate and concentration at increasing pipe-inlet of living pollution. Therefore there considered the wastewater treatment ratio and the state of wastewater treatment plants for equalating the allocation.

2. There was the varition of discharge load of the control the pipe-overlow

on increasing pipie-inlet load and separating the sewer line. There was the increase 10.4kg/day to 17.1kg/day of the pipe-overflow load in Damyang, the decresing 100.5kg/day to 97.0kg/day according to BTL project in Naju. There was the increse 4.5kg/day to 19.9kg/day, for the reason of increasing are the increse the pipe-inlet loading according to the wastewater treatment ratio and the overflow ratio on partial separating the sewer line.

3. There was the increase the land-use occurrence load of development project, but variated the land-use discharge load according the rainfall pattern yearly. Therefore the land-use discharge load was affected the rainfall pattern directly.

4. There increased the 6.0% of land-use discharge load in Naju, 9.1% in Damyang and 11.1% in Hwsun. For the reason of increasing was not increasing the of house-lot but increasing the wastewater discharge concentration.

There was the limit the explanation of river water quality on variation of discharge load. The allocation enhancement is necessary to increasing the times of considering basic year.

제1장 서 론

1.1 연구배경 및 목적

영산강수계 상류지역의 상수원수질 개선과 주민지원 사업을 효율적으로 추진하고, 수자원과 오염원을 적절하게 관리하여 해당 수계의 수질개선을 목적으로 2002년 '영산강· 섬진강수계 물 관리 및 주민지원에 관한 법률'이 제정되었으며, 이 법에 의하여 수질오염총량제 시행을 규정하고 있다.

영산강수계에 대한 목표연도 2010년을 대상으로 2005년 8월에 제1단계 수질오염총량 기본계획이 승인되어 본격적으로 수질오염총량제가 시행되었으며, 1단계 시행과정에서 제도적인 문제점을 개선하기 위해 2008년 10월에 영산강· 섬진강수계 오염총량관리 기본방침을 개정하여 2단계 수질오염총량제 기술지침[4)]으로 사용하고 있다.

따라서 본 논문에서는 영산강 수계를 대상으로 최근 개정된 기술지침을 적용함에 있어 나타내게 되는 제도적 문제점을 개선하기 위한 원인을 알아내고자 한다. 수질오염총량관리 기본방침[36)]에서 기준년도는 기본계획 시작년도의 전년도로 설정하고 있어 영산강수계의 2단계 기준년도는 2007년, 3단계 기준년도는 2012년으로 규정되어 2단계 결과를 분석하였다.

또한, 오염원은 점오염원과 비점오염원으로 구분되는데 비점오염원은 강우에 의하여 영향을 받는다는 여러 연구결과에 따라 기준년도의 강우 패턴의 비점오염원 할당에 미치는 영향과 그 외 나타나고 있는 여러 문제점을 해결하기 위해 영산강수계 3개 지역에 대하여 연도별 오염원 및 발생, 배출부하량 검토를 통하여 균형적인 수질오염총량제가 시행될 수 있는 방안을 모색하고자 한다.

1.2 연구내용

영산강수계에 대한 오염원 및 발생, 배출 부하량을 검토하기 위하여 강우패턴이 유사하게 나타나고 하수처리율이 최근 급격하게 변화된 담양군과 기존 하수처리가 어느 정도 이루어진 나주시 및 화순군을 대상으로 2단계 기술지침[4)]을 이용하여 부하량을 산정하였다.

오염원에 대한 정확한 분석을 위하여 조사기간은 수질오염총량제가 본격적으로 시행되었던 2007년부터 2010년까지 설정하였으며, 조사 대상 오염원은 생활계와 토지계를 대상으로 설정하였다. 축산계는 각 지역의 특성에 따라 많은 편차를 보여주었으며, 산업계는 연도별 편차가 거의 존재하지 않아 조사대상에서 제외하였다.

2007년부터 2010년까지 영산강의 수질 변화를 조사하여 이를 바탕으로 영산강 수질과 배출 부하량과의 관계를 검토하였으며, 각 연도별 배출 부하량 증감 및 점·비점 항목에 대한 검토를 통해 배출 부하량 증감요인을 분석하였다.

오염원 조사 결과를 바탕으로 오염총량관리 기술지침[4)]에 의거하여 오염부하량을 산정하고, 이에 따라 각 하수종말처리장에 대한 불명수량 산정 및 관거 해석을 실시하였으며, 강우조건에 따른 토지계 관거 유입 부하량 변화를 분석하기 위하여 2007년~2010년도 강우조건을 기준으로 연도별 강우 시 유입 자료를 분석하고, 강우고와 유효강우일수에 따른 토지계 관거 유입 유량 및 관거 유입 부하를 분석하였다.

제2장 문헌 고찰

2.1 토지계 부하량 산정

토지계 발생부하 량에 대한 실측조사가 어려울 경우 지목별 면적과 연평균 발생부하원단위를 이용하여 연평균 발생부하 량을 산정하고 있다.

또한, 수질모델링 및 관거 해석 등을 위하여 월별 발생부하 량이 필요한 경우에는 강우배출 비를 이용하여 개략적으로 산정할 수 있다.

$$\text{월별 토지계발생부하량} = \sum(\text{지목별면적} \times \text{지목별연평균발생부하원단위} \times \text{강우배출비})$$

$$\text{강우배출비} = 0.1 + 0.9\frac{\text{연간일수}(=365,366) \times \text{월유효강우량비}}{\text{월간일수}(=28,29,30,31)}$$

$$\text{월유효강우량비} = \frac{10mm/\text{일 이상 강우고의 강우량 월합계}}{10mm/\text{일 이상강우고의 강우량 연합계}}$$

생활계, 산업계, 양식계, 매립계의 개별배출원별 관거 유입량은 처리구역 내 발생량에서 개별삭감 량과 직접이송 량을 감한 양으로 한다.

토지계 관거 유입량은 합류식 관거 지역에서 강우에 의한 토지유출수가 유입되는 양, 분류식 관거에서 맨홀부의 시공불량 또는 우· 오수관의 오접 등으로 우수가 유입되는 양을 말한다. 처리구역 내 차집구역으로부터 유효강우 시 강우유출수로 인한 토지계 관거 유입유량은 다음의 식으로 구한다. 유입계수는 표본조사를 통하여 유효강우고-관거 유입유량의 관계식을 도출하여 이 식에 유효강우 고를 대입하여 산출한다.

$$\text{토지계관거유입유량} = \frac{\sum(\text{유입계수} \times \text{유효강우고} \times \text{차집면적})}{\text{유효강우일수}}$$

차집면적은 처리구역 중 전, 답, 임야, 기타를 제외한 대지면적을 말한다. 토지계 관거 유입계수는 실측자료가 없는 경우 0.31로 한다.[4)]

토지계 관거 유입유량은 환경기초시설에 유입되는 관거 이송수의 염분농도를 조사하여 추정할 수 있다. 건기 시 관거 이송수의 염분농도는 맨홀로부터 월류가 없고 선행 유효강우의 영향이 무시될 수 있는 시기에 해당하는 환경기초시설 유입수의 평균 염분농도로 한다. 우기 시 토지로부터 유출된 강우유출수의 염분농도는 표본조사를 통하여 강우강도에 따른 염분농도의 관계를 파악하여 추정하거나 폐·하수관거유입수의 염분농도에 비해 현저히 낮을 경우 무시할 수 있다.

토지계 관거 유입부하 량은 토지계의 개별삭감 및 직접이송 과정을 거친 후 관거로 유입되는 관거 유입유량에 강우 유출수 농도를 곱하여 산정한다. 단, 실측자료가 없는 경우에는 유입계수 및 차집면적의 발생부하 량을 사용하여 관거 유입부하 량을 산정할 수 있다.

토지계 배출원별 관거 유입부하 량은 관거 유입부하 비에 발생부하 량을 곱하여 산정한다. 토지계 지목별 연평균 발생부하원단위를 Table 2-1에 나타내었다.

$$\text{토지계관거유입부하량} = \text{토지계관거유입유량} \times \text{강우유출수농도}$$

$$\text{토지계관거유입부하량} = \text{유입계수} \times \text{연평균발생부하원단위} \times \text{차집면적}$$

$$\text{유효강우일수비} = \frac{\text{산정기간중 유효강우일수}}{\text{산정기간일수}}$$

$$\text{토지계관거유입부하비} = \frac{\text{토지계관거유입부하량} \times \text{유효강우일수비}}{\sum \text{토지계배출원발생부하량}}$$

$$\text{토지계배출원관거유입부하량} = \text{토지계관거유입부하비} \times \text{토지계배출원발생부하량}$$

Table 2-1. 토지계 지목별 년 평균 발생부하 원단위[4)] (단위: kg/㎢· 일)

지 목	BOD	T-N	T-P
전	1.59	9.44	0.24
답	2.30	6.56	0.61
임 야	0.93	2.20	0.14
대 지	85.90	13.69	2.10
기 타	0.960	0.759	0.027

불명수의 관거침투량은 환경기초시설에 연결된 관거 배수설비에 관거의 불량부위를 통하여 지하수, 복류수, 하천수 등이 침투하는 양을 말한다. 불명수침투유량은 비강우시를 기준으로 관거 구간을 세분하여 관거 유량을 실측하거나 환경기초시설의 유입유량을 기준으로 다음의 개략 식으로 산출할 수 있다.

건기시 불명수침투유량 = 건기시 관거이송량 × 건기시 불명수침투유량비

$$\text{건기시 불명수침투유량비} = a \times \mathrm{Ln}(\text{건기시 환경기초시설 } BOD\text{유입농도}) + b$$

일중최소이송유량이란 비강우시 환경기초시설로 이송된 유량과 처리용량 부족으로 배제된 유량을 합한 양이 일중 최소치를 보이는 시점의 유량을 말한다.

야간활동 폐· 하수이송유량은 비강우시 야간에 관거로 유입되어 환경기초시설로 이송되는 유량과 처리장용량 부족으로 배제되는 폐· 하수량을 합한 양으로서 환경기초시설의 일간최대유입유량과 일간평균유입유량 등에 대한 비율, 물질수지 식 등으로 추정할 수 있다. 또한, 불명수침투유량은 환경기초시설 유입농도로부터 추정하여 다음과 같이 적용할 수 있다.

이때, 건기 시 폐· 하수관거 유입유량과 불명수 침투유량의 합이 건기 시 관거 이송유량보다 적은 경우는 다음의 식을 적용한다.

$$\text{불명수침투유량} = \text{건기시 관거이송유량} - \text{건기시 폐하수관거유입유량}$$

불명수 관거 침투부하 량은 불명수침투유량에 침투농도를 곱하여 산정한다.

$$\text{불명수침투부하량} = \text{불명수침투유량} \times \text{불명수침투농도}$$

불명수 침투농도는 해당 지역의 지하수 또는 계곡수 농도를 적용할 수 있으며, 건기 시 폐· 하수관거유입유량과 불명수 침투유량의 합이 건기 시 관거 이송유량보다 적은 경우는 다음 식을 적용한다.

$$\text{불명수침투농도} = \frac{\text{건기시관거이송부하량} - \text{건기시폐하수관거유입부하량}}{\text{불명수유입유량}}$$

불명수침투비는 처리구역의 폐· 하수관거유입량(생활계, 축산계, 산업계, 양식계, 토지계, 매립계의 유입량)은 Table 2-2에 나타낸 불명수 침투 량의 비로 산정한다.

$$\text{불명수침투비} = \frac{\text{불명수침투량}}{\text{폐하수관거유입량}}$$

Table 2-2. 건기 시 불명수 침투유량 비 계수

구 분	a	b
합류식	-0.3385	1.7699
분류식	-0.1822	1.131

2.2 강우조건에 따른 토지계 배출부하량 변동

김[5]은 강우에 따른 토지계 관거 유입유량의 변동을 파악하기 위하여 2005년~2009년까지의 동일한 오염원 조건에서 강우조건을 변동시켜 이에 따른 영향을 파악하였다. 토지계 관거 유입유량 산정은 합류식 지역에 대한 GIS결과를 활용하였다.

월별로 강우조건에 따른 토지계 관거 유입유량은 광주 제1하수처리장의 경우 1일 10 ㎜이하 유효강우일수가 발생하지 않는 월에는 토지계 관거 유입유량이 발생하지 않고 있으며, 연도별 평균은 2008년 62,517 ㎥/일에서 2006년 88,104 ㎥/일까지 변동되고 있으며, 전체 관거 유입유량 중 토지계 관거 유입유량 비율은 17.1~22.2%의 변동을 보여주고 있다.

합류식과 분류식이 혼재되어 있는 광주 제2하수처리장의 토지계 관거유입유량은 연도별로 최저 2008년 19,865 ㎥/일에서 최대 2006년 25,515 ㎥/일로 나타나고 있으며, 전체 관거 유입유량 중 토지계 관거 유입유량은 14.0%에서 18.3%의 범위를 보여주고 있다.

유효강우 고에 따라 토지계 BOD 관거 유입부하 량은 전체 관거 유입부하 량에서 차지하는 비율이 작아 변화가 미미한 것으로 나타났으며, 유효강우일수에 대한 토지계 BOD 관거 유입부하 량은 유효강우일수가 증가함에 따라 토지계 관거 유입부하 량이 감소하는 결과를 나타내고 있다.

월별로 강우조건에 따른 토지계 BOD 관거 유입부하 량은 합류식이 위주인 광주 제1하수처리장의 경우 최저 2007년도 1,728 kg/일에서 최대 2008년도 2,599 kg/일을 보여주고 있으며, 전체 관거 유입부하량 중 토지계 관거 유입부하 량이 차지하는 비율은 2.5~3.8%로서 낮은 영향을 보여주고 있다.

합류식과 분류식이 혼재되어 있는 광주 제2하수처리장에 있어서 토지계 BOD 관거 유입부하 량은 연도별로 최저 2007년 122 kg/일에서 최대 2008년 184 kg/일로 나타나고 있으며, 전체 관거 유입부하량 중 토지계 관거 유입부하 량은 13.2.0~18.0% 범위로서 상당한 영향을 보여주고 있다. 유효강우 고 및 유효강우일수에 대한 토지계 T-P 관거 유압부하량은 유효강우 고 및 유효강우일수가 증가함에 따

라 감소하는 경향을 보여준다.

안[6]에서는 하수관거를 평가하는 방안으로 하수관거의 물질수지를 작성하였다. 기존 분류식 하수관거가 주류를 이루고 있는 H지역 하수관거 오염물질의 누수 유량 및 부하량 조사를 위하여 4개 지점을 선정하였으며, 각 관거 별로 물질수지를 산정하였다. 조사지점에 대한 오염원 조사 결과를 바탕으로 발생부하를 산정하고, 하수관거조사 결과를 바탕으로 I/I를 산정하였다. 합류식 관거 지점의 평균값은 국내의 일반적인 처리장과 유사한 결과를 나타내며, 하수관거로 유입되는 I/I는 하수도시설기준에서 요구되는 10%이하 요구에 대하여 유량기준으로 15.1%이지만, BOD부하량 기준으로 1.4%의 값을 보여준다.

하수관거에서 누수량은 부하량 기준으로 발생량의 0.6%이고, 강우 유입에 따른 하수관거 용량을 초과하여 나타나는 월류량은 6.2%이며, 하수관거 도달율은 하수관거유입량의 93.9%로 하수도 시설기준 등에서 제시하고 있는 양호한 하수관거의 조건을 평가하는 지표로 사용할 수 있다.

I/I가 다량으로 유입되는 것으로 추정되는 지역인 처리 분구에 대한 하수관거 물질수지를 계산하면, 하수관거 도달율이 유량기준 278%, 부하량 기준 7.6%로 나타났으며, I/I량을 유량기준 204%, 부하량 기준 1.6%이었으며, 하수관거누수는 유량기준 8.6%, 부하량 기준 92.5%로 누수량이 크다고 할 수 있다. 합류식 지역인 처리 분구에 대한 물질수지를 계산하면 I/I는 유량기준 605%, 부하량 기준 3.0%이며, 하수관거누수량은 유량기준 12.8%, BOD부하량 기준 87.4%로 나타나고 있다.

합류식 지역에서 강우시의 물질수지는 강우유입량이 유령기준 1400%, BOD부하량 기준 8.6%, 하수관거 용량부족에 의한 월류량은 유량기준 65.0%, BOD부하량 기준 88.5%로 나타나 I/I가 유입됨과 아울러 강우가 유입되어 하수관거의 용량이 부족하여 하수종말처리장으로 이송되어야 할 하수가 하천으로 월류되고 있음을 알 수 있다.

하수관거에 누수 및 월류량을 상대적으로 비교하면, 관거의 누수상태 및 합류식 관거 정비필요 여부를 비교 평가할 수 있음을 제시하였다. 인구· 상수도 사용량 및 하수종말처리장의 관거유입량 조사결과를 바탕으로 하수관거에 대한 물질수지

해석이 가능하며, 이를 바탕으로 하수관거 정비의 방향설정이 가능하다.

박(2010)[5] 연구에서는 합류식 지역의 우기 시 관거 이송 변화를 검토했는데, 합류식 하수관거의 관거 이송유량은 강우강도가 커질수록 또는 강우지속시간이 길어질수록 기하급수적으로 증가한다. 또한 선행 무 강우 기간이 길어질수록 초기강우에 의한 오염부하 영향은 커진다. 연속강우 일에는 토양침투로 인한 손실은 거의 없으며, 선행 강우의 자연유량으로 인하여 관거 유입량이 증가하므로 관거 배출이 일어날 가능성은 매우 크다.

이를 고려하여 강우조건 변화에 따른 관거 배출부하량 변화 분석 시 강우량과 관거 이송량 사이에 유의한 관계를 고려하여 강우량-관거 이송유량 관계식을 제시하였다. 아울러 강우조건 변화에 따라 관거 이송유량 변화가 나타나는 경우와 나타나지 않는 경우 관거 배출부하량 산정에 있어서 차이점이 존재하게 된다.

2.3 오염부하 지속곡선을 이용한 목표수질 평가

수질오염총량제는 목표수질을 달성 또는 유지하고자 하는 것으로서, 나타나는 수질을 정확하게 평가하는 것이 중요하다. 총량관리 지역에서는 각 단위유역의 지리적 위치 또는 지형적 특성 등에 따라 유량변화는 다양하게 나타나며, 유역으로부터 배출되는 오염부하량이 동일하더라도 하천의 우량 변화에 따라 목표수질 지점에서의 수질변화는 여러 가지 형태로 나타나게 된다.[45] 목표수질 달성 여부를 평가할 경우 단위유역의 수질자료만을 가지고 평가할 때 하천유량변화에 따른 수질변화를 고려하기가 어려우므로 극심한 가뭄이나 홍수 등과 같이 하천 유량 변화가 크게 나타나는 경우에는 평가의 왜곡을 초래할 수 있다.

단위유역 유량 및 오염부하량 자료를 바탕으로 작성되는 오염부하지속곡선(Load Duration Curve Method, LDC)은 하천의 전체 유량조건에 대한 수질 및 부하량 특성을 피할 수 있는 곡선으로서 총량관리에 활용할 수 있는 측면이 많다[21]. 강[1]은 오염총량관리 부하지속곡선을 개발하기 위한 연구에서 SWAT모형을 이용하여 1995년부터 2004년까지 낙동강수계 본류 주요 지점에 대한 10년 평균 유량곡선을 기반으로 하여 LDC를 작성하고 유량구간 별 목표수질 초과 율을 분석하였으며, 한[35]은 TANK 모형을 이용하여 작성한 유량곡선을 기반으로 하여 LDC를 작성하고, 전체 유량조건과 그에 대응하는 수질조건을 반영하여 유역의 상황을 개략적으로 평가할 수 있는 기법을 제안하였다.

황[10]연구에서는 부하지속곡선 방법을 이용하여 수체손상정도를 평가하는 방법을 검토하였다. 낙동강 수계의 낙본 A단위유역에 적용하였는데, 유량지속곡선 및 기준수질로부터 부하지속곡선을 구축하여 총량측정 부하량(유량X수질)을 도식화하여 유량 변화에 따른 오염원별 수체 손상정도를 분석한 결과 BOD, T-N, T-P모두 특정 유량조건에서 허용총량을 초과하는 것으로 나타났다. BOD와 T-P 모두 특정 유량조건에서 허용총량을 초과하는 것으로 나타났다. BOD와 T-P의 경우 주로 저 유량조건에서 초과하는 것으로 나타나 환경기초시설의 방류수질 개선, 수변식생 대 조성 등의 삭감방안이 효율적인 것으로 판단되며, T-N은 주로 고 유량 조건에서 기준을 초과하는 것으로 나타나 수체의 수질개선을 위해 토양침식 예방 프로그램 또는 BMPS적용이 필요한 것으로 판단된다.

2.4 토지피복 도를 이용한 토지계부하량 산정

토지계 발생 배출부하량 산정은 지적공부상의 28개 지목을 기준으로 하여 지목을 전, 답, 임야, 대지 및 기타의 5개 항목으로 구분하여 산정하도록 하고 있다. 토지피복 도는 고해상도 영상자료를 활용하는 것으로서 토지 지표면의 물리적 형태에 따라 자연재배치, 시설 지, 산림 및 나지 등으로 분류한다. 자연재배치는 전, 답 등으로 일정한 형태를 가진 작물을 재배하는 토지로서 작물을 재배하지 않으나 일정한 형태를 갖추고 있는 토지까지 포함하도록 한다. 시설 재배치는 전, 답 등의 지역에 비닐 또는 유리시설로 된 하우스가 있는 토지로서 대지와 동일한 부하량 산정이 필요한 지역이다. 시설 지는 각 지목별 시설물 및 수확물의 보관 및 저장 등을 위한 목적으로 설치된 구조물이 위치한 시설지로 시설물의 지붕을 기준으로 도식하며, 향후 대지로 관리가 필요한 지역이다. 나지는 초목이 없이 노출된 토지로 비포장 도로 및 비포장 주차장, 운동장을 포함하며, 투수성 특성을 가지고 있으므로 기타 형태로 분류되어야 한다.

나주시를 대상으로 학교 용지에 대한 시설 지와 주차장, 도로 등을 조사한 결과 원단위 '대지' 에 해당하는 지역의 면적은 약 40%, 초지와 나지의 원단위 '기타' 지역은 약 60%로 나타났다.[3)]

고해상도 영상자료를 활용하여 토지피복지도를 이용 토지계 발생 부하량을 산정할 경우 실질적인 토지이용에 따른 부하량 산정을 할 수 있으며, 특정지목에 대한 부하량 산정 방안을 제시할 수 있다는 장점이 있으나 SPOT 5 영상의 특성상 구분하기 어려운 지목이 존재 한다는 점과 미 분류되는 지역이 존재한다는 단점이 있다.

따라서 부하량 산정 시 충분한 사업 예산과 시간이 있다면 해상도 1M 이상 급의 고해상도 영상 자료를 이용한 토지피복지도를 활용 하여 실제 토지이용에 따른 토지계 발생 부하량을 산정하는 것이 적절하다고 판단된다.

Table 2-3. 나주시 학교용지에 대한 토지이용 현황[3)]

구 분	토지면적(㎡)			비율(%)		
	기타	대지	임야	기타	대지	임야
초등학교	420,251	310,301	23,935	55	42	3
중학교	122,806	66,594	5,021	63	34	3
고등학교	123,913	129,534	5,052	48	50	2
대학교	250,285	204,853	188,142	39	32	29
기타학교	45,935	35,994	3,159	54	42	4
총합계	963,193	755,279	255,310	50	39	12

제3장 영산강유역 수질 및 오염원 변화

3.1 영산강유역 수질 변화

영산강 유역의 수질변화를 파악하기 위하여 환경부의 '물 환경정보시스템' 의 결과를 이용 분석하여 Table 3-1, Fig 3-1~3-5에 나타내었다.

영산강 상류지점인 '우치' 지점의 수질은 수질오염 총량제 실시 이전인 2005년까지의 평균 수질은 2.4 mg/L를 보여주고 있었으나, 2006년부터 2010년에는 다소 증가한 것으로 나타나고 있으며, 2009년에 BOD 3.4 mg/L로 최고치를 나타내고 있다. 월별 변동을 살펴보면 갈수기인 2009년도 4월에 BOD 6.5mg/L로 최고치를 보여준다.

영산강 중상류(광산)는 2001년 9.3 mg/L에서 2010년 5.0 mg/L로 46.2% 개선 효과를 보이고 있으며, 수질오염 총량제 시행 전 5년 평균은 7.7 mg/L에서 수질오염 총량 시행 후 5년 평균은 6.2 mg/L로 19.3% 개선 효과를 보여준다.

영산강 중류(영산포)는 2001년 8.0 mg/L에서 2010년 3.7 mg/L로 53.8% 개선 효과를 보이고 있으며, 수질오염 총량제 시행 전 5년 평균은 6.0 mg/L에서 수질오염 총량제 시행 후 5년 평균은 5.2 mg/L로 12.7% 개선 효과를 보여준다.

영산강 중하류(함평)는 2001년 6.1 mg/L에서 2010년 4.3 mg/L로 29.5% 개선 효과를 보이고 있으며, 수질오염 총량제 시행 전 5년 평균은 5.1 mg/L에서 수질오염 총량제 시행 후 5년 평균은 4.4 mg/L로 14.5% 개선 효과를 보여준다.

영산강하류(무안2)의 경우 2001~2008년까지 거의 일정한 값을 보이나, 2009 ~ 2010년은 수질이 증가하는 경향을 보인다.

수질오염 총량제 시행 전· 후 5년 동안 주요 지점의 평균 수질 결과는 영산강상류(우치) 및 하류(무안2) 지역에서는 약간 증가하였으나, 영산강의 주요 구간인 중상류(광산)부터 중하류(함평)까지 수질은 감소하였다. 주요 지점별 전체적으로는 8.7%의 개선효과를 보여주고 있으나, 1단계 총량관련 사업이 2010년에 집중되어 있어 사업효과는 2단계에서 타나날 것으로 판단된다.

Table 3-1. 영산강유역 지점별 연평균 수질 변화

구 분	연평균 수질(㎎/L)										시 행 전 · 후	
	'01	'02	'03	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'01 ~ 05 평균	'06 ~ 10 평균
영산강 상류	2.8	2.4	2.0	2.6	2.4	2.4	2.9	2.6	3.4	3.1	2.4	2.9
영산강 중상류	9.3	6.4	6.0	8.7	7.9	7.0	7.1	5.8	6.0	5.0	7.7	6.2
영산강 중류	8.0	5.8	4.8	5.6	5.7	6.7	6.4	4.4	4.9	3.7	6.0	5.2
영산강 중하류	6.1	5.0	3.8	6.1	4.5	4.2	5.1	3.8	4.4	4.3	5.1	4.4
영산강 하류	1.9	1.9	1.9	2.0	1.8	2.3	1.8	1.7	2.1	2.4	1.9	2.1
평 균	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.6	4.2

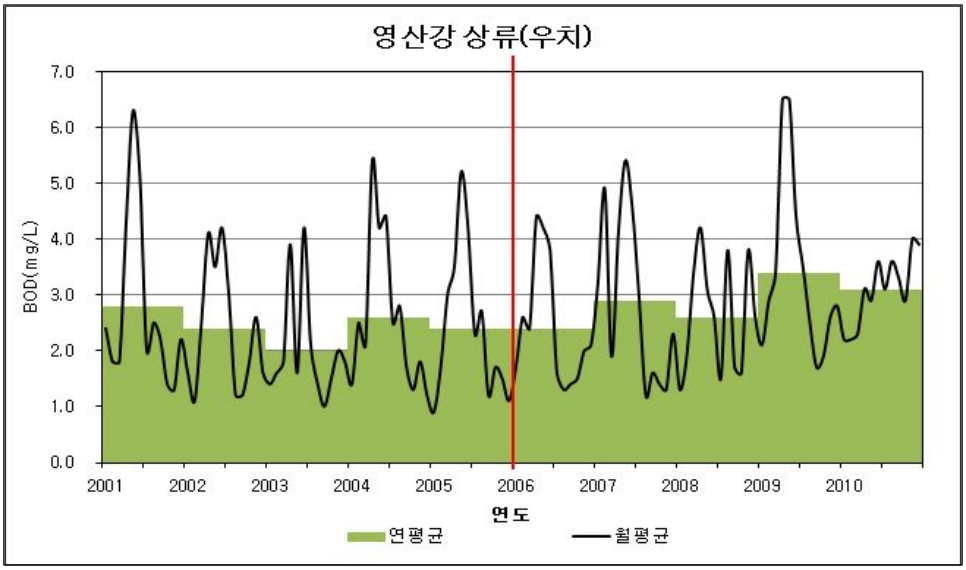

Fig. 3-1. 영산강상류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석.

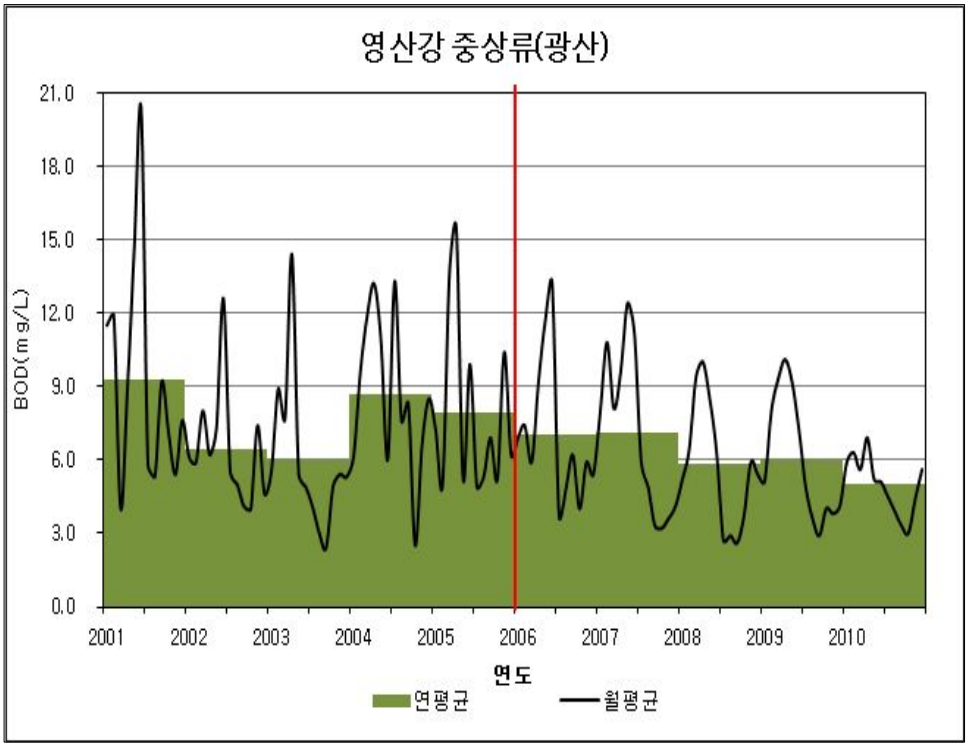

Fig. 3-2. 영산강 중·상류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석.

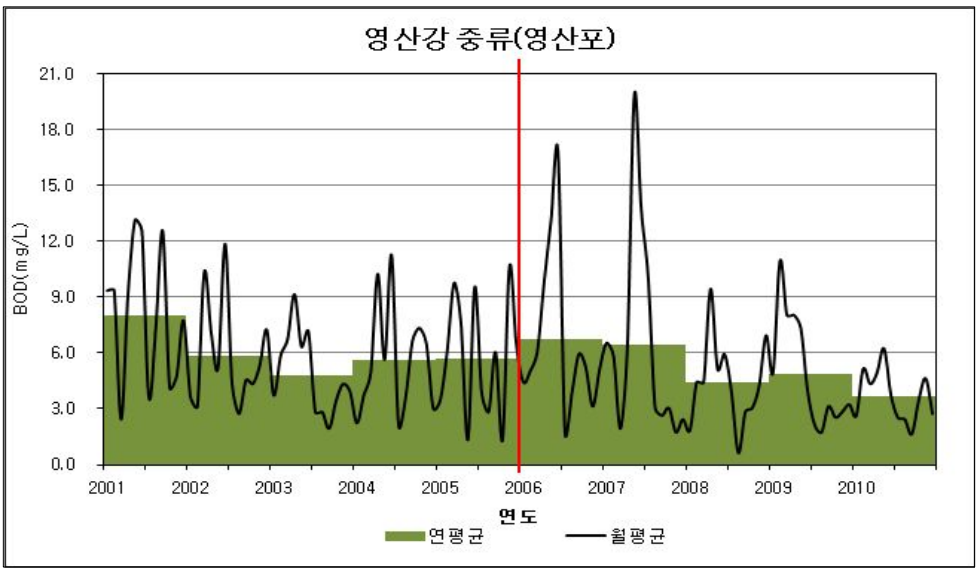

Fig. 3-3. 영산강 중류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석.

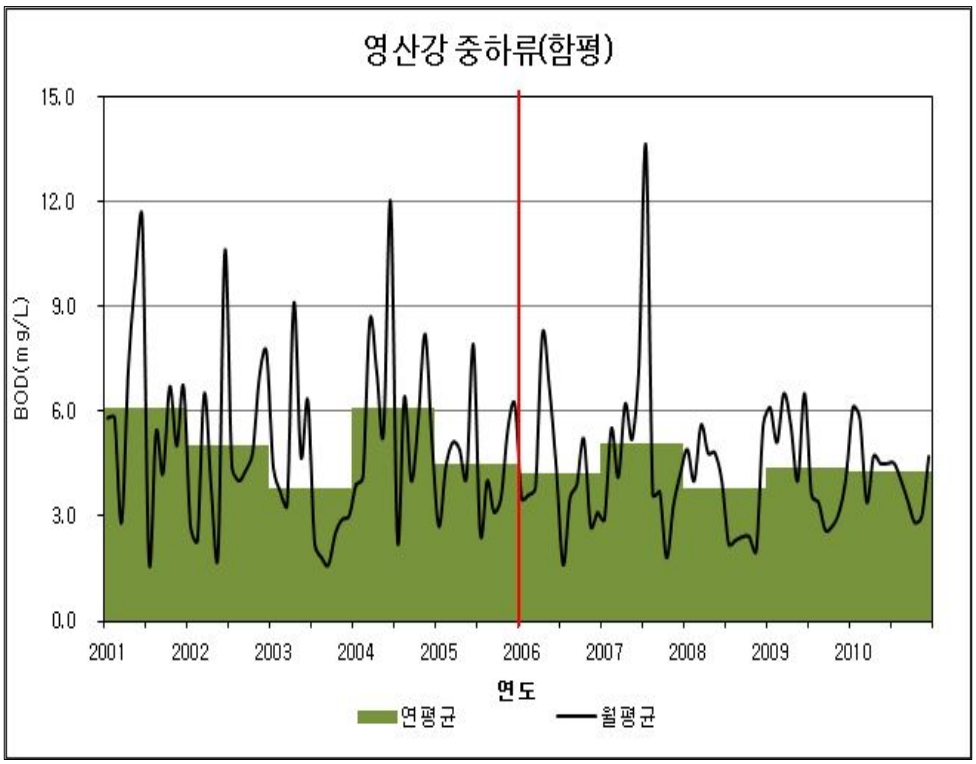

Fig. 3-4. 영산강 중· 하류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석.

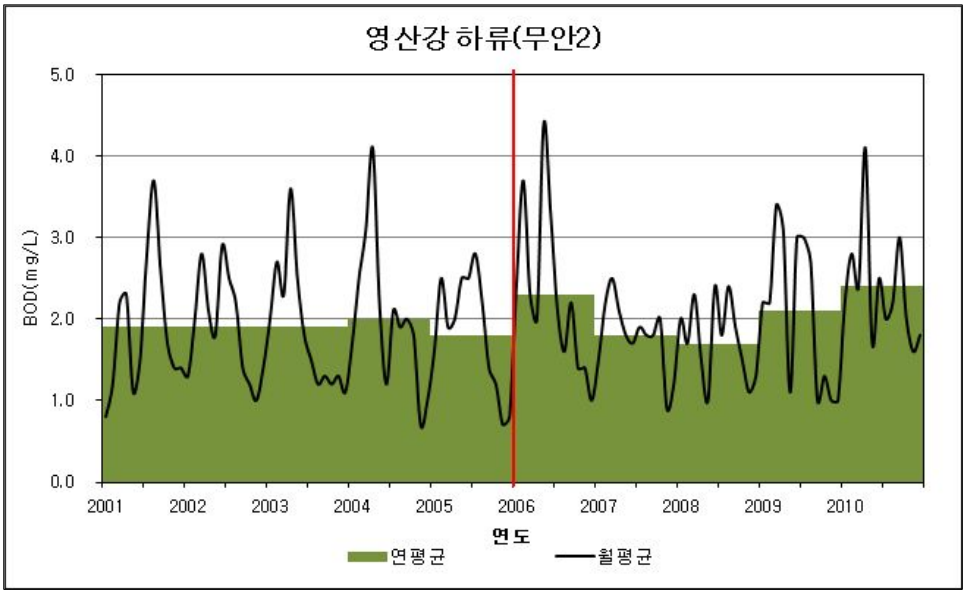

Fig. 3-5. 영산강 하류 총량제 시행 전·후 수질개선효과 분석.

3.2 오염원 변화

영산강 상류유역인 영본 A단위유역의 연도별 오염원 변화를 살펴보면 Table 3-2에 나타낸 바와 같이 생활계 오염원은 2003년도 53,671명에서 2010년 50,064명으로 감소하여 연평균 증감율 -1.0%를 나타내고 있다. 축산계 오염원은 연도별 증감을 나타내고 있는데, 젖소, 한우는 감소하였지만 돼지는 증가하는 것으로 나타났다. 토지계 오염원은 전, 답, 임야는 감소하였지만, 대지, 기타는 증가하는 경향을 보임으로서 개발 사업에 의한 변화로 나타났다.

Table 3-2. 영본 A단위유역 오염원 격년 변화

오염원		연도별 현황								연평균 증감율 (%)
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
인구(인)		53,671	53,269	53,111	53,447	54,025	51,220	50,026	50,064	-1.0
축산사육두수	젖소	1,535	-	1,579	1,394	1,394	17,698	1,353	871	-7.8
	한우	15,156	961	96,073	19,404	20,693	25,265	24,305	14,173	-1.0
	말	-	-	-	-	-	-	-	25	-
	돼지	29,675	4,600	30,639	30,995	30,620	43,894	42,389	35,759	2.7
	사슴	396	65	393	321	321	349	293	305	-3.7
	개	12,194	-	6,950	408	438	1,381	2,936	5,148	-11.6
	가금	772,104	170,253	405,831	466,186	396,098	694,362	638,134	403,821	-8.8
	기타	3,108	132	5,456	2,078	2,033	2,049	1,945	1,218	-12.5
산업폐수 발생량 (㎥/일)		1,194.2	9,343.3	7,697.0	12,209.4	11,881.7	5,939.0	10,598.3	8,098.8	31.5
양식장 시설면적 (㎡)		48,630	60,478	60,478	60,478	18,440	56,639	61,061	47,849	-0.2
토지이용면적	전	83.2	27.4	27.3	27.2	27.2	27.0	26.9	26.8	-14.9
	답	31.7	87.3	87.1	86.8	86.6	85.8	85.7	84.9	-2.8
	임야	254.8	254.7	254.7	254.6	254.3	253.5	253.4	253.0	-0.1
	대지	25.9	25.9	26.1	26.5	26.8	28.6	28.9	30.1	2.2
	기타	36.7	37.0	37.1	37.2	37.3	37.2	37.3	37.3	0.2
	소계	432.3	432.3	432.3	432.3	432.2	432.1	432.1	432.1	0.0
매립장 침출수량 (㎥/일)		-	-	-	-	12.5	396.4	430.1	378.1	211.6

영산강 중류유역인 영본 B단위유역의 연도별 오염원 변화를 살펴보면 Table 3-3에 나타낸 바와 같이 생활계 오염원은 2003년도 1,382천명에서 2010년 1,437천명으로 증가하여 연평균 증감율 0.6%를 나타내고 있으며, 2007년 급격 증가하여 지속적으로 증가하고 있다. 축산계 오염원은 축종별 증감을 나타내고 있는데, 젖소, 돼지는 감소하였지만 한우는 증가하는 것으로 나타났다. 토지계 오염원은 전, 답, 임야는 감소하였지만, 대지, 기타는 증가하는 경향을 보임으로서 개발 사업에 의한 변화로 나타났다.

Table 3-3. 영본 B단위유역 오염원 격년 변화

오염원		연도별 현황							
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
인구(인)		1,382,447	1,392,343	1,380,760	1,388,534	1,403,674	1,407,070	1,417,144	1,436,970
축산사육두수	젖소	1,345	1,156	1,019	1,098	522	432	768	676
	한우	4,824	5,708	6,055	6,055	2,567	4,628	8,553	9,354
	말	22	22	21	31	31	67	98	47
	돼지	7,718	7,884	7,333	7,313	2,265	5,903	7,574	5,897
	사슴	976	899	1,031	1,000	135	310	953	604
	개	8,438	5,676	4,590	4,560	2,113	3,440	6,872	9,283
	가금	897,672	926,592	959,712	823,270	305,368	658,504	977,380	966,481
	기타	1,004	1,157	2,059	1,074	172	601	366	575
산업폐수 발생량 (㎥/일)		37,264.6	45,016.6	51,510.1	42,776.5	38,702.4	32,860.1	26,458.6	26,556.2
토지이용면적	전	70.3	45.5	45.2	44.6	44.1	43.6	42.7	42.5
	답	95.1	116.4	115.9	116.0	114.2	113.0	109.0	108.3
	임야	209.3	205.2	204.7	204.0	203.4	203.0	202.0	201.7
	대지	102.3	106.9	108.2	109.3	112.0	114.1	119.4	120.2
	기타	57.2	57.4	57.3	57.3	57.4	57.4	58.0	58.3
	소계	534.2	531.4	531.3	531.2	531.2	531.1	531.1	531.1
매립장 침출수량 (㎥/일)		-	-	-	-	-	89.0	135.2	147.4

영산강 중하류유역인 영본 C단위유역의 연도별 오염원 변화를 살펴보면, Table 3-4에 나타낸 바와 같이 생활계 오염원은 2003년도 125천명에서 2010년 128천명으로 증가하여 연평균 증감율 0.3%를 나타내고 있으며, 2008년 급격 증가하여 지속적으로 증가하고 있다. 축산계 오염원은 축종별 증감을 나타내고 있는데, 젖소, 돼지는 감소하였지만 한우는 증가하는 것으로 나타났다. 토지계 오염원은 전, 답, 임야는 감소하였지만, 대지, 기타는 증가하는 경향을 보임으로서 개발 사업에 의한 변화로 나타났다.

Table 3-4. 영본 C단위유역 오염원 격년 변화

오염원		연도별 현황							
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
인구(인)		124,994	121,972	122,114	124,908	119,785	125,847	125,572	127,924
축산사육두수	젖소	7,769	8,645	6,337	8,707	5,396	7,604	7,117	6,961
	한우	14,800	16,432	7,204	18,733	8,141	23,744	27,413	28,371
	말	1	-	-	-	-	18	41	65
	돼지	187,834	177,050	22,712	172,333	19,571	191,477	184,777	135,059
	사슴	981	1,024	584	1,055	696	1,341	963	862
	개	15,777	59,530	-	61,438	1,061	4,624	9,717	10,634
	가금	4,266,766	4,175,515	2,166,558	4,274,196	1,598,033	3,967,525	4,568,176	4,927,343
	기타	2,723	1,456	3,243	1,456	1,114	4,292	4,011	4,965
산업폐수 발생량 (㎥/일)		6,298.0	11,800.6	5,694.0	13,894.1	11,883.5	12,927.2	7,351.6	7,863.9
양식장 시설면적 (㎡)		149,216.1	146,641.6	153,554.8	153,554.8	190,364.1	125,773.0	133,927.3	165,239.6
토지이용면적	전	139.9	74.1	74.1	74.3	74.3	74.4	74.1	74.0
	답	79.1	144.4	144.0	143.5	142.9	142.6	141.6	141.2
	임야	294.1	295.4	295.3	295.1	294.8	294.5	292.7	292.4
	대지	44.8	45.1	45.3	45.6	46.0	46.4	49.3	49.9
	기타	68.3	68.5	68.7	69.0	69.4	70.0	70.9	71.0
	소계	626.2	627.5	627.5	627.5	627.5	628.0	628.6	628.6
매립장 침출수량 (㎥/일)		-	-	-	-	-	222.1	304.6	340.3

영산강 하류유역인 영본 D단위유역의 연도별 오염원 변화를 살펴보면 Table 3-5에 나타낸 바와 같이 생활계 오염원은 2003년도 52,942명에서 2010년 46,790명으로 증가하여 연평균 증감율 0.3%를 나타내고 있으며, 2008년 급격 증가하여 지속적으로 증가하고 있다. 축산계 오염원은 축종별 증감을 나타내고 있는데, 젖소·돼지는 감소하였지만 한우는 증가하는 것으로 나타났다. 토지계 오염원은 전, 답, 임야는 감소하였지만, 대지, 기타는 증가하는 경향을 보임으로서 개발 사업에 의한 변화로 나타났다.

Table 3-5. 영본 D단위유역 오염원 격년 변화

오염원		연도별 현황								연평균 증감율 (%)
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
인구(인)		52,942	50,846	50,168	50,454	48,125	47,588	47,126	46,790	-1.7
축산사육두수	젖소	1,598	3,607	3,572	5,423	5,349	5,716	4,981	4,454	15.8
	한우	7,296	8,902	9,005	16,373	14,677	21,580	25,917	28,704	21.6
	말	-	-	-	-	-	27	1	-	-96.3
	돼지	35,679	110,768	106,452	111,997	112,990	52,513	65,018	66,800	9.4
	사슴	532	109	32	83	4	127	501	521	-0.3
	개	2,750	1,430	398	598	-	2,723	7,651	7,199	14.7
	가금	1,712,685	1,863,514	2,534,558	2,999,091	2,603,238	2,379,893	4,134,687	4,050,701	13.1
	기타	988	28	90	45	0	186	1,085	959	-0.4
산업폐수 발생량 (㎥/일)		667.5	1,090.3	812.6	1,838.9	2,508.3	793.9	1,799.3	1,770.2	15.0
양식장 시설면적 (㎡)		16,725.8	-	10,179.0	10,179.0	33,995.8	12,639.0	10,996.5	8,389.5	-9.4
토지이용면적	전	101.2	49.5	49.4	49.2	49.0	48.8	48.4	48.3	-10.0
	답	49.9	100.7	100.7	100.5	100.3	99.6	99.0	98.8	10.3
	임야	209.3	210.4	210.3	210.2	209.9	209.5	208.5	208.4	-0.1
	대지	30.2	31.8	31.6	32.3	32.6	33.6	35.4	35.6	2.4
	기타	39.5	39.5	39.5	39.7	40.0	40.2	40.2	40.4	0.3
	소계	430.1	431.8	431.5	431.8	431.7	431.8	431.4	431.5	0.0
매립장 침출수량 (㎥/일)		-	-	-	-	962.2	26.9	19.0	22.0	-71.6

영산강 하류유역인 영본 E단위유역의 연도별 오염원 변화를 살펴보면 Table 3-6에 나타낸 바와 같이 생활계 오염원은 2003년도 68,632명에서 2010년 78,747명으로 증가하여 연평균 증감율 2.0%를 나타내고 있으며, 2008년 급격 증가하여 지속적으로 증가하고 있다. 축산계 오염원은 축종별 증감을 나타내고 있는데, 젖소, 돼지는 감소하였지만 한우는 증가하는 것으로 나타났다. 토지계 오염원은 전답임야는 감소하였지만, 대지, 기타는 증가하는 경향을 보임으로서 개발 사업에 의한 변화로 나타났다.

Table 3-6. 영본 E단위유역 연도별 오염원 현황

오염원		연도별 현황								연평균 증감율 (%)
		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
인구(인)		68,632	66,317	65,613	64,963	67,225	70,628	78,892	78,747	2.0
축산사육두수	젖소	8,487	8,350	8,931	8,476	8,424	3,890	4,142	4,626	-8.3
	한우	33,879	31,758	41,142	53,911	56,074	105,173	106,489	72,455	11.5
	말	-	-	-	-	-	6	11	6	-0.4
	돼지	136,273	133,461	112,174	147,360	134,062	118,237	118,164	106,612	-3.4
	사슴	114	197	130	235	203	322	129	316	15.7
	개	3,095	-	-	412	62	4,821	5,027	9,599	17.6
	가금	3,493,437	3,310,624	3,384,405	5,033,016	5,531,057	7,238,371	7,748,278	7,764,461	12.1
	기타	2,479	1,982	3,940	3,041	2,181	167	225	351	-24.4
산업폐수 발생량 (㎥/일)		1,501.6	36,039.5	2,418.0	1,725.9	1,909.2	1,316.8	1,954.4	1,899.5	3.4
양식장 시설면적 (㎡)		100,519.2	59,694.4	123,944.4	108,368.3	104,346.1	90,788.1	71,642.4	70,066.7	-5.0
토지이용면적	전	105.8	83.0	82.8	82.6	82.5	81.9	81.7	81.5	-3.6
	답	180.8	203.2	202.9	202.8	202.4	204.7	204.2	204.0	1.7
	임야	247.4	247.1	246.6	246.4	246.1	245.7	245.4	245.2	-0.1
	대지	45.4	45.8	46.4	46.8	47.3	48.5	49.4	49.7	1.3
	기타	69.2	69.5	69.7	87.1	98.6	103.3	109.9	110.1	6.9
	소계	648.6	648.6	648.4	665.7	676.9	684.1	690.5	690.5	0.9
매립장 침출수량 (㎥/일)		-	-	-	-	7.2	4.2	6.4	6.9	-1.4

제4장 생활계 배출부하량

생활계 배출부하량 산정을 통하여 오염총량제의 제도개선을 방안을 도출하기 위하여 지역별 생활계 배출부하량을 산정하였다.

4.1 나주시 생활계 배출부하량

나주시에 대한 생활계 오염원 변화에 따른 배출부하량 변화를 파악하기 위하여 2007년부터 2010년까지 배출부하량을 검토하였다.

4.1.1 나주시 생활계 오염원

나주시의 동지역, 읍지역 및 면지역으로 구분하여 전라남도 나주시의 생활계 오염원 변화를 검토하였다. 나주시의 전체인구는 Table 4-1에 나타낸 바와 같이 2007년부터 2010년 동안 감소하는 경향을 보여주는데, 이는 면지역에서 급격하게 감소하여 나타난 결과이다.

Table 4-1. 나주시 연도별 인구

구 분	연도별 인구(인)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	37,605	37,320	37,117	37,365
읍지역	8,421	8,314	8,107	7,917
면지역	50,642	48,612	47,012	46,258
계	96,668	94,246	92,236	91,540

나주시의 연도별 하수처리 인구는 Table 4-2에 나타낸 바와 같이 2007년도 49,497명에서 2010년 48,491명으로 전체 인구는 감소하고 있어 처리인구 변화는 거의 없는 것으로 나타났는데, 면지역에서 처리인구가 약간 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4-2. 나주시 년 도별 하수처리 인구

구 분	연도별 하수처리인구(인)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	37,605	37,320	37,117	37,365
읍지역	4,775	5,191	5,060	4,935
면지역	7,117	5,783	6,082	6,191
계	49,497	48,294	48,259	48,491

나주시의 연도별 하수처리율은 Table 4-3에 나타낸 바와 같이 동지역에 있어서는 처리율 100%를 보이고 있으나, 읍 지역은 2007년도 56.7%에서 2010년 62.3%로 증가, 면지역에서 2007년 14.1%에서 2010년 13.4%로 정체 상태를 보여주고 있다.

Table 4-3. 나주시 연도별 하수처리율

구 분	연도별 하수처리율(%)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	100.0	100.0	100.0	100.0
읍지역	56.7	62.4	62.4	62.3
면지역	14.1	11.9	12.9	13.4
계	51.2	51.2	52.3	53.0

4.1.2 나주시 생활계 발생부하량

나주시의 생활계 발생부하량 변화를 파악하기 위하여 BOD, T-N 및 T-P 발생부하량을 산정하였다.

BOD 발생부하량은 Table 4-4, Fig 4-1에 나타낸 바와 같이 2007년에 비하여 2010년에 감소하는 것으로 나타났으며, 동지역의 BOD 발생부하량은 2007년에 비하여 2010년에 증가하는 것으로 나타나고 있다. 면지역에 인구가 감소함에 따라 발생부하량이 감소하고 있다. T-N 및 T-P도 유사한 결과를 보여준다.

Table 4-4. 나주시 생활계 연도별 BOD 발생부하량

구 분	연도별 BOD 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	2,467.9	2,352.2	2,492.4	2,725.9
읍지역	561.6	515.1	521.0	472.2
면지역	3,089.6	2,981.9	2,850.8	2,743.2
총합계	6,119.1	5,849.1	5,864.2	5,941.3

Table 4-5. 나주시 생활계 연도별 T-N 발생부하량

구 분	연도별 T-N 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	571.7	542.7	587.6	656.6
읍지역	141.4	131.1	133.1	118.9
면지역	835.4	803.1	766.3	734.8
총합계	1,548.5	1,476.9	1,487.0	1,510.3

Table 4-6. 나주시 생활계 연도별 T-P 발생부하량

구 분	연도별 T-P 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	63.89	60.90	65.33	72.27
읍지역	15.54	14.46	14.63	13.18
면지역	91.25	87.75	83.83	80.57
총합계	170.68	163.11	163.78	166.02

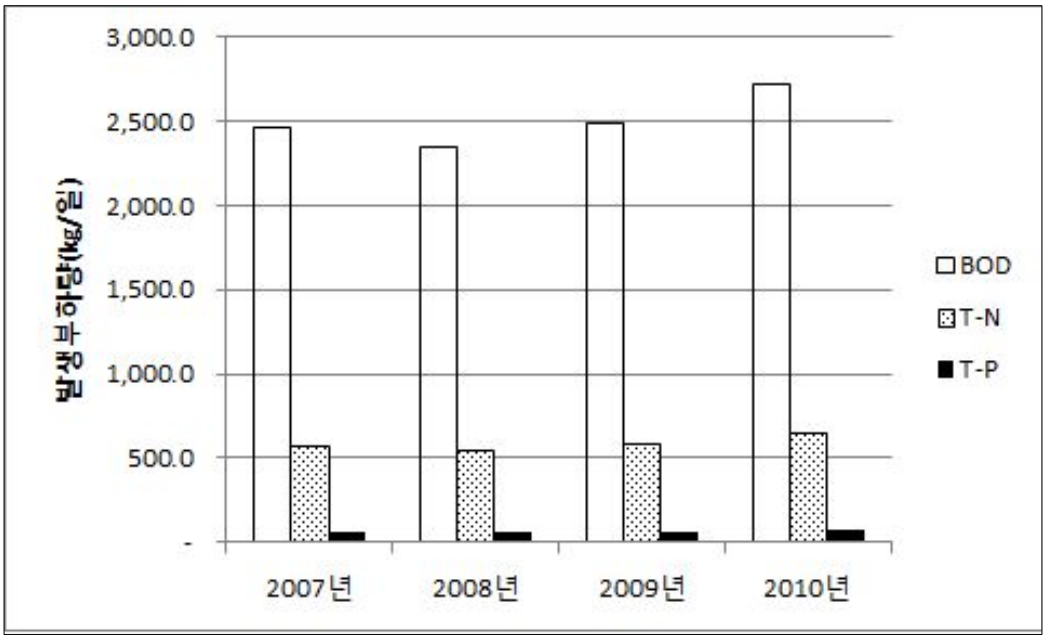

Fig. 4-1. 나주시 연도별 발생부하량.

나주시의 동지역 발생부하량은 Table 4-6, Fig 4-2에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 BOD 발생부하량 2,467.9 kg/일이었으나 2010년도 2,725.9 kg/일로 2007년도 대비 10.5% 증가하였다.

T-N 발생부하량은 571.7 kg/일에서 656.6 kg/일로 2007년도 대비하여 14.8%증가하였으며, T-P 발생부하량은 63.89 kg/일에서 72.27 kg/일로 2007년도 대비하여 13.1% 증가하는 경향을 보여준다. 생활계 발생부하량에 직접적으로 영향을 주는 인구는 -0.6%감소하였으나, 물 사용량이 17.9%로 증가함으로서 수질오염원이 증가로 인하여 발생부하량이 증가한 것이다.

Table 4-7. 나주시 동지역 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	2,467.9	2,352.2	2,492.4	2,725.9
T-N	571.7	542.7	587.6	656.6
T-P	63.89	60.90	65.33	72.27

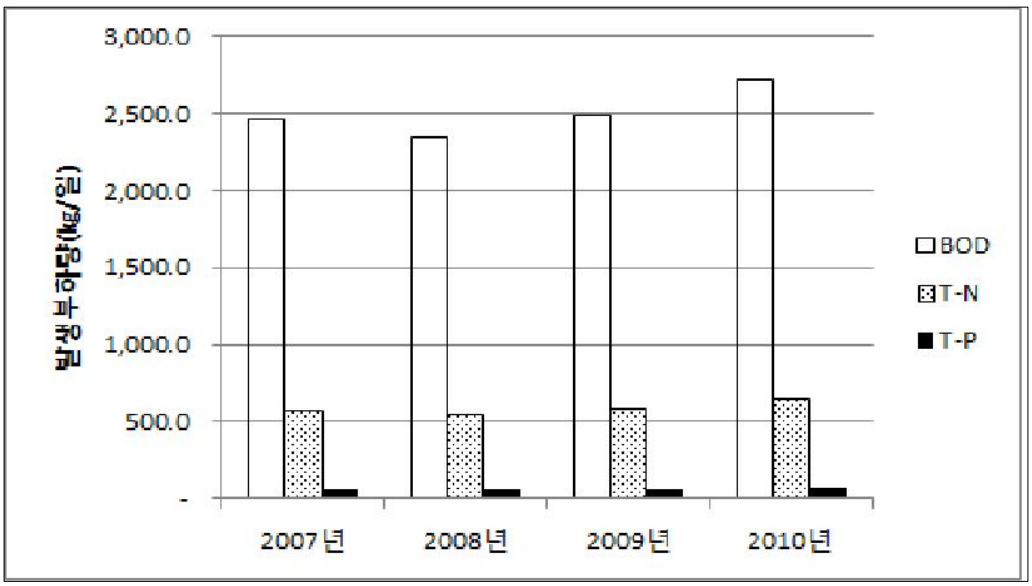

Fig. 4-2. 나주시 연도별 동지역 발생부하량.

4.1.3 나주시 생활계 배출부하량

배출부하량은 점배출부하량과 비점배출부하량을 구분할 수 있다. 수질오염 총량제 기술지침[4]에서는 생활계 점오염원으로서 생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 구역의 가정 및 영업장으로부터 공공수역으로 배출되는 생활계 배출수인 '개별배출수', 공공수역으로 방류되는 환경기초시설의 생활계 배출수인 '환경기초시설 방류수', 관거 불량 부위로부터 유출되는 오염물질의 누수인 '생활계 관거누수' 및 환경기초시설의 처리시설 용량 부족으로 환경기초시설에서 건기 및 우기 시 미처리되는 배제량인 '미처리배제수'를 규정하고 있으며, 생활계 비점오염원으로서 우기 시 관거 용량 부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터의 월류수(Combined Sewer overflows, CSOs)와 분류식 관거의 맨홀로부터의 월류수(sanitary sewer overflows, SSOs)를 합쳐서 '생활계 관거월류수'로 규정하고 있다.

나주시의 생활계 BOD 배출부하량은 Table 4-8, Fig 4-3에 나타낸 바와 같이 2007년도에 3,150.2 kg/일이었으나, 2010년도에는 2,354.8 kg/일로 2007년도 대비하여 25.2%감소하였다.

연도별 변화를 보면 2008년도 급격히 감소한 후 2009년 및 2010년은 감소폭이 작았다. 생활계 점배출부하량은 2007년에 비하여 26.0% 감소하였으나 생활계 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어나고 강우의 영향을 받아서 연도별 다른 변화를 보여주고 있다.

Table 4-8. 나주시 생활계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	3,049.7	2,517.7	2,309.0	2,257.8
BOD 비점	100.5	49.4	59.2	97.0
계	3,150.2	2,567.1	2,368.2	2,354.8

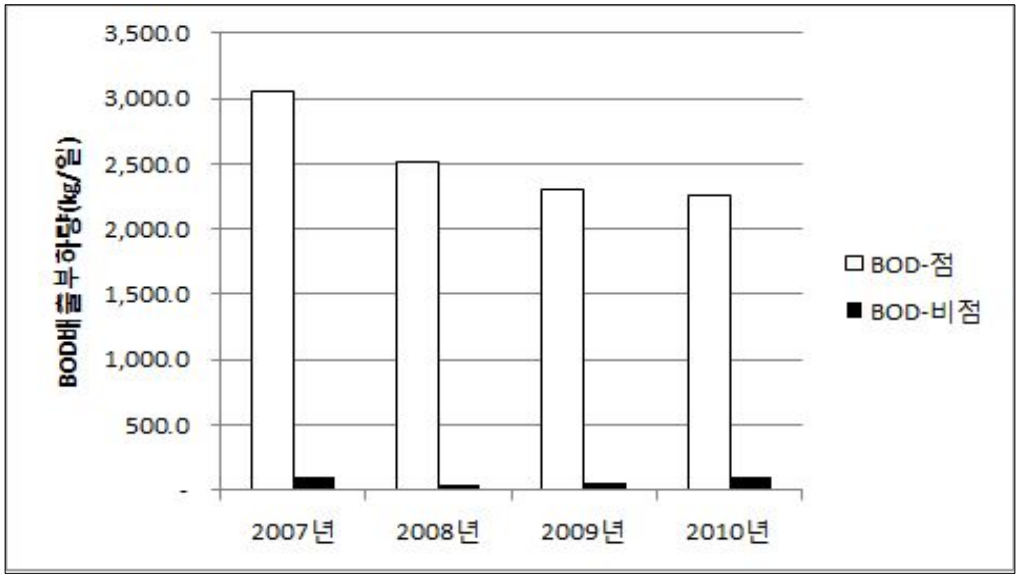

Fig. 4-3. 나주시 생활계 BOD 배출부하량.

나주시의 지역별로 BOD 배출부하량 변화를 살펴보면 Table 4-9에 나타낸 바와 같이 BOD 점배출부하량에서 동지역에서 2007년도 363.4 kg/일에서 2010년 176.2 kg/일로 51.5%로 급격하게 감소하고 있으며, 읍 지역에서도 2007년 316.5 kg/일에서 2010년 123.2 kg/일로 61.1% 급격 감소하였으나, 면지역에서 2007년 2,369.8 kg/일에서 2010년 1,958.5 kg/일로 17.4%로 감소한 것으로 나타났다.

BOD 점배출부하량에 있어서 동지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도에 11.9%에서 2010년도에는 7.8%로 감소하고, 읍 지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 10.4%에서 2010년도 5.5%로 급격하고 감소하였다. 이는 읍 지역 하수처리율이 2007년도 56.7%에서 2010년도 62.3%로 증가한 영향을 받은 것이다.

BOD 비점배출부하량은 하수관거 월류수로서 동지역의 하수처리율이 100%로 되어 있어 하수관거가 설치되어 있는 지역에서 비점배출부하량이 배출되고 있음을 나타내고 있다.

Table 4-9. 나주시 연도별 지역별 BOD 배출부하량

구 분		연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	동지역	363.4	169.8	218.3	176.2
	읍지역	316.5	141.4	139.5	123.2
	면지역	2,369.8	2,206.4	1,951.2	1,958.5
BOD 비점	동지역	84.4	38.3	48.7	82.3
	읍지역	8.6	8.1	7.7	10.1
	면지역	7.4	3.0	2.8	4.6

나주시 동지역 배출부하량은 Fig. 4-4와 같이 년 도별 증감을 보여주고 있는데, 2008년도 낮은 물 사용량 및 낮은 강우강도로 인하여 상대적으로 감소하는 경향을 보여주고 있다. 2009년도에는 2008년에 비하여 다시 증가하는 경향을 보여주다가, 2010년도에 낮아지는 경향을 보여주고 있다. 즉 년 도별 하수처리율 및 강우강도에 따라 배출부하량은 변화를 보여주고 있다.

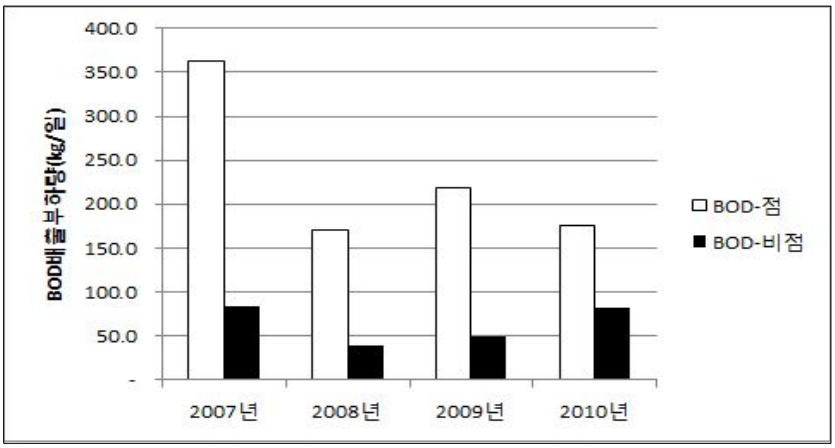

Fig. 4-4. 나주시 동지역 BOD 배출부하량.

나주시의 읍지역의 BOD 배출부하량은 Fig. 4-5에 나타낸 바와 같이 2008년도 감소한 후 2010년까지 지속되는 경향을 보여주고 있는데, 2008년도에 하수처리율이 증가함으로서 BOD 배출부하량이 감소한 것으로 나타났다.

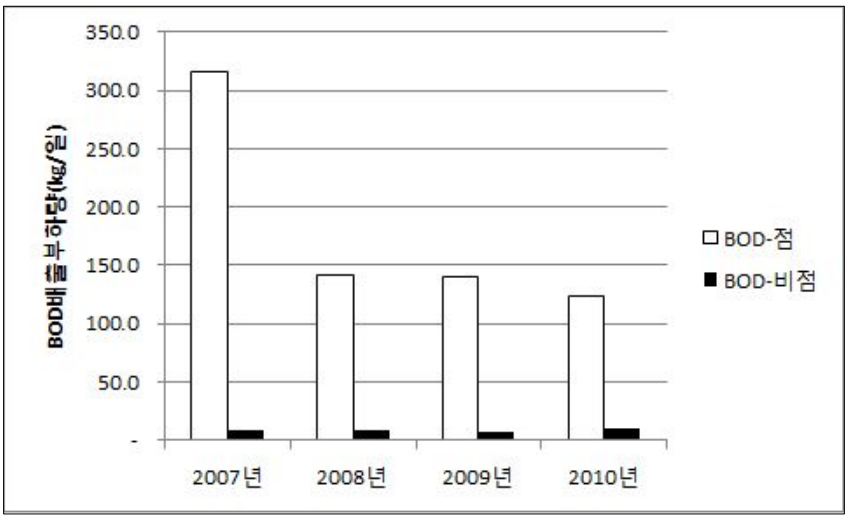

Fig. 4-5. 나주시 읍 지역 BOD 배출부하량.

나주시의 BOD 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-10에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 개별배출 부하량은 2007년도에 2,486.3 kg/일에서 2010년 2,050.9 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 하수관거유입부하량은 2007년 2,571.1 kg/일에서 2010년 2,920.1 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 것이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 관거 누수 배출부하량은 2007년 382.4 kg/일에서 2010년 83.7 kg/일로 관거 정비가 이루어짐에 따라 누수 부위에 대한 보완이 이루어짐으로서 대폭 감소한 것으로 나타났다.

분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 604.7 kg/일에서 2010년 264.9 kg/일로 감소한 것으로 나타났는데, 이는 하수관거 정비를 통하여 분류화가 진행됨에 따라 분뇨처리장으로 직접 이송되는 부하량이 감소한 것으로 나타났다. 환경기초시설 방류부하량은 2007년 176.1 kg/일에서 2010년 120.6 kg/일로 급격하게 감소함으로서 전체 배출부하량 감소에 기여하였다.

Table 4-10. 나주시 요소별 BOD 배출부하량

구 분	BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	2,486.3	2,305.8	2,043.4	2,050.9
관거유입부하량	2,571.1	2,598.0	2,564.1	2,920.1
직접이송부하량	604.7	234.6	561.9	264.9
관거누수부하량	382.4	28.9	122.5	83.7
방류부하량	176.1	179.2	139.3	120.6

나주시의 연도별 T-N 배출부하량은 Table 4-11, Fig. 4-6에 나타낸 바와 같이 2007년도에 1,310.9 kg/일이었으나, 2010년도에는 885.4 kg/일로 2007년도 대비하여 32.5%감소하였다. 생활계 T-N 점배출부하량은 2007년에 비하여 33.3% 감소하였으나 생활계 T-N 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어나고 강우의 영향을 받아서 연도별 다양한 변화를 보여주고 있다.

Table 4-11. 나주시 연도별 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	1,273.6	1,068.8	948.5	849.0
T-N 비점	37.4	18.5	28.3	36.4
계	1,310.9	1,087.3	976.7	885.4

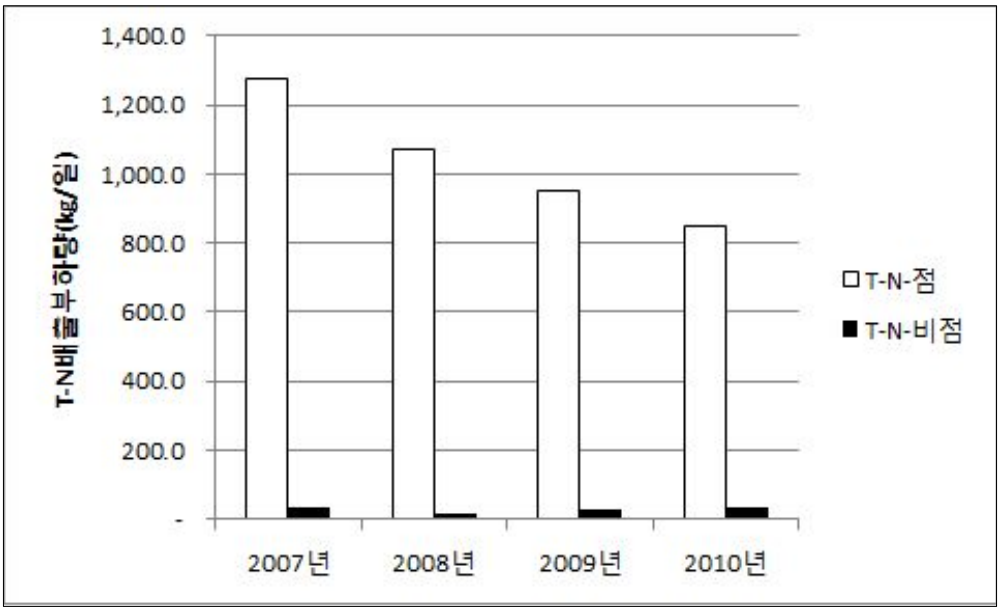

Fig. 4-6. 나주시 연도별 BOD 배출부하량.

나주시의 지역별로 T-N 배출부하량 변화를 살펴보면 Table 4-12에 나타낸 바와 같이 T-N 점배출부하량에서 동지역에서 2007년도 417.2 kg/일에서 2010년 257.3 kg/일로 38.3%로 급격하게 감소하고 있으며, 읍 지역에서도 2007년 94.8 kg/일에서 2010년 40.6 kg/일로 57.2% 급격 감소하였으나, 면지역에서 2007년 761.5 kg/일에서 2010년 551.1 kg/일로 27.6%로 감소한 것으로 나타났다.

T-N 점 배출부하량에 있어서 동지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도에 32.8%에서 2010년도에는 30.3%로 감소하고, 읍 지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 7.4%에서 2010년도 4.8%로 감소하였다.

T-N 비점배출부하량은 하수관거 월류수로서 동지역의 하수처리율이 100%로 되어 있어 하수관거가 설치되어 있는 지역에서 비점배출부하량이 배출되고 있음을 나타내고 있다.

Table 4-12. 나주시 연도별 지역별 T-N 배출부하량

구 분		연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	동지역	417.2	369.1	278.5	257.3
	읍지역	94.8	50.8	55.3	40.6
	면지역	761.5	648.9	614.6	551.1
T-N 비점	동지역	31.6	13.4	21.3	30.0
	읍지역	2.9	3.2	5.1	4.0
	면지역	2.8	1.9	1.9	2.4

나주시 동지역의 T-N 배출부하량은 Fig. 4-7과 같이 년 도별로 순차적으로 감소하는 경향을 보여줌으로서 BOD가 연도별로 증가하는 것과 비교하여 다른 값을 보여준다.

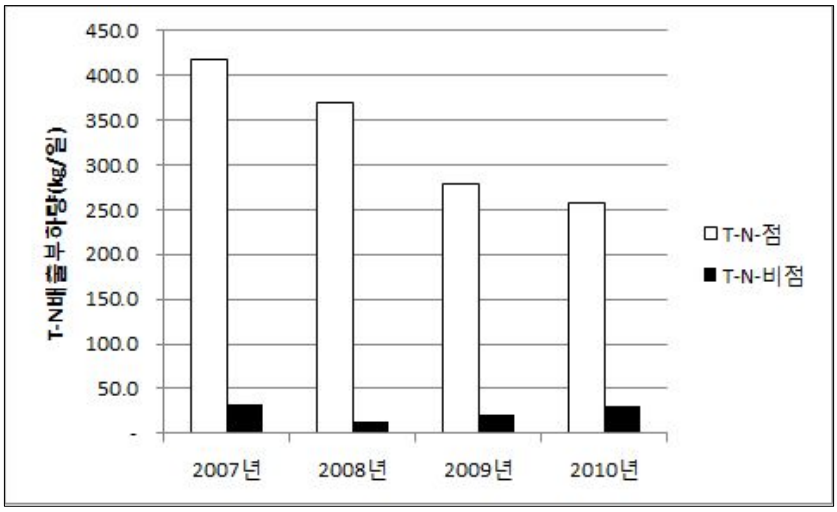

Fig. 4-7. 나주시 동지역 T-N 배출부하량.

나주시 읍지역의 T-N 배출부하량은 Fig. 4-8에 나타낸 바와 같이 2008년도 감소한 후 2010년까지 지속적인 증감 경향을 보여주고 있는데, 2008년도에 하수처리율이 증가함으로서 T-N 배출부하량이 감소한 것으로 나타났다.

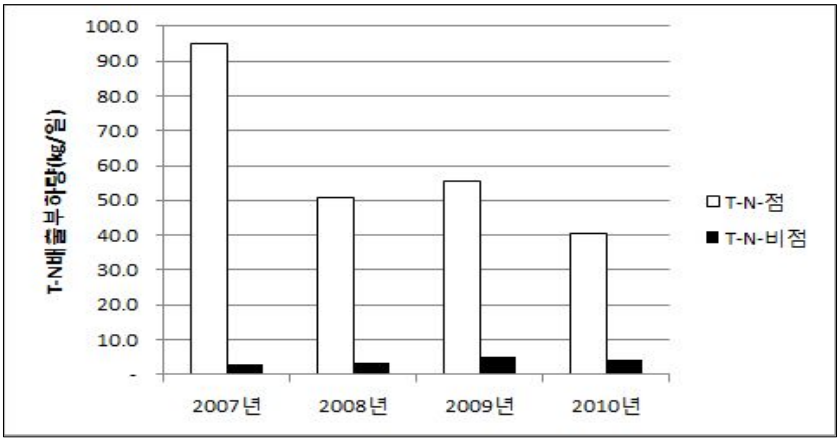

Fig. 4-8. 나주시 읍지역 T-N 배출부하량.

나주시의 T-N 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-13에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 T-N 개별 배출부하량은 2007년도에 746.0 kg/일에서 2010년 528.6 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 T-N 하수관거유입부하량은 2007년 728.4 kg/일에서 2010년 812.6 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 결과이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 관거 누수 배출부하량은 2007년 110.5 kg/일에서 2010년 51.5 kg/일로 관거 정비가 이루어짐에 따라 누수 부위에 대한 보완이 이루어짐으로서 대폭 감소한 것으로 나타났다.

분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 74.1 kg/일에서 2010년 42.7 kg/일로서 감소한 것으로 나타났는데, 이는 하수관거 정비를 통하여 분류화가 진행됨에 따라 분뇨처리장으로 직접 이송되는 부하량이 감소한 것으로 생각된다. 환경기초시설 방류 부하량은 2007년 414.7 kg/일에서 2010년 267.6 kg/일로 급격하게 감소함으로서 전체 배출부하량 감소에 영향을 주고 있다.

Table 4-13. 나주시 요소별 T-N 배출부하량

구 분	T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	746.0	628.1	593.7	528.6
관거유입부하량	728.4	699.4	747.7	812.6
직접이송부하량	74.1	45.2	45.2	42.7
관거누수부하량	110.5	18.9	81.4	51.5
방류부하량	414.7	419.9	271.5	267.6

나주시의 생활계 T-P 배출부하량은 Table 4-14, Fig. 4-9에 나타낸 바와 같이 2007년도에 132.29 kg/일이었으나, 2010년도에는 102.00 kg/일로 2007년도 대비하여 22.9%감소하였다. 생활계 T-P 점배출부하량은 2007년에 비하여 21.7% 감소하였으나 생활계 T-P 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어나고 강우의 영향을 받아 연도별 다양한 변화를 보여주고 있다.

Table 4-14. 나주시 연도별 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P-점	128.07	115.20	107.30	100.22
T-P-비점	4.22	0.44	0.84	1.78
계	132.29	115.64	108.14	102.00

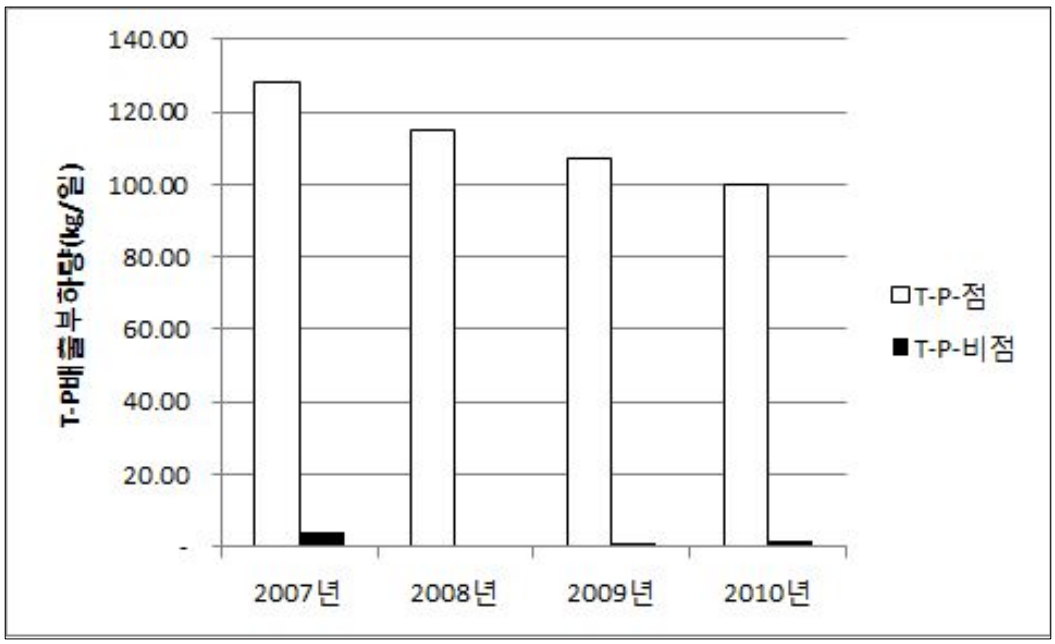

Fig. 4-9. 나주시 생활계 T-P 배출부하량.

나주시의 지역별 T-P 배출부하량 변화를 살펴보면, T-P 점배출부하량은 동지역에서 2007년도 33.82 kg/일에서 2010년 23.82 kg/일로 41.9%로 급격하게 감소하고 있으며, 읍 지역에서도 2007년 10.51 kg/일에서 2010년 4.94 kg/일로 53.0% 급격 감소하였으나, 면지역에서 2007년 83.74 kg/일에서 2010년 71.46 kg/일로 14.7% 감소한 것으로 나타났다.

T-P 점배출부하량에 있어서 동지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도에 26.4%에서 2010년도에는 23.8%로 증가하고, 읍지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 8.2%에서 2010년도 4.9%로 감소하였다.

T-P 비점배출부하량은 하수관거 월류수로서 동지역의 하수처리율이 100%로 되어 있어 하수관거가 설치되어 있는 지역에서 비점배출부하량이 배출되고 있음을 나타내고 있다.

Table 4-15. 나주시 연도별 지역별 T-P 배출부하량

구 분		연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
T-P-점	동지역	33.82	28.13	23.80	23.82
	읍지역	10.51	5.98	6.45	4.94
	면지역	83.74	81.10	77.05	71.46
T-P-비점	동지역	3.58	0.32	0.65	1.51
	읍지역	0.33	0.09	0.14	0.20
	면지역	0.31	0.04	0.04	0.07

나주시의 동지역 T-P배출부하량은 Fig. 4-10과 같으며, 년 도별 순차적으로 감소하는 경향을 보여줌으로서 BOD가 년 도별로 증감을 보여주고 있는 것과 비교할 때, 2009년도에 비해 2010년도에 증가함으로서 약간 다른 경향을 보여준다.

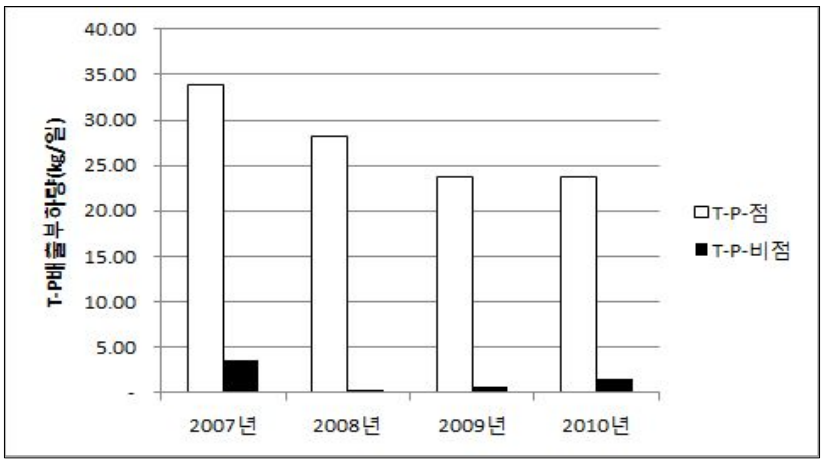

Fig. 4-10. 나주시 동지역 T-P 배출부하량.

나주시의 읍지역 T-P 배출부하량은 Fig. 4-11과 같이 2008년도 감소한 후 2010년까지 지속되는 경향을 보여주고 있는데, 2008년도에 하수처리율이 증가함으로서 T-P 배출부하량이 감소한 것으로 나타났다.

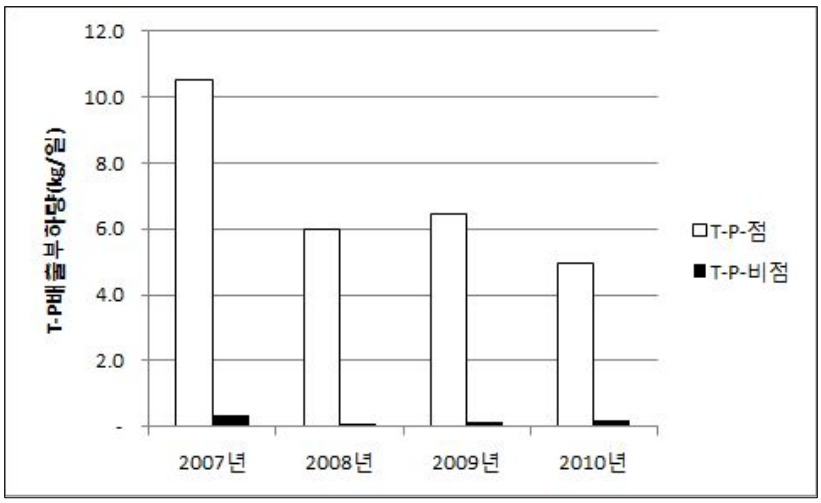

Fig. 4-11. 나주시 읍지역 T-P 배출부하량.

나주시의 T-P 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-16에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 T-P 개별 배출부하량은 2007년도에 82.37 kg/일에서 2010년 69.97 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 T-P 하수관거유입부하량은 2007년 81.95 kg/일에서 2010년 87.26 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 결과로 생각된다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 T-P 관거 누수 배출부하량은 2007년 12.43 kg/일에서 2010년 5.70 kg/일로 관거 정비가 이루어짐에 따라 누수 부위에 대한 보완이 이루어짐으로서 대폭 감소한 것으로 나타났다. 분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 6.35 kg/일에서 2010년 8.79 kg/일로 증가한 것으로 나타났다.

환경기초시설의 방류 부하량은 2007년도 32.98 kg/일에서 2010년 24.41 kg/일로 급격하게 감소하고 있으며, 2009년 및 2010년에 급격하게 감소함으로서 전체 배출부하량에 지대한 영향을 주고 있다.

Table 4-16. 나주시 요소별 T-P 배출부하량

구 분	T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	82.37	78.67	74.61	69.97
관거유입부하량	81.95	76.80	81.53	87.26
직접이송부하량	6.35	7.64	7.64	8.79
관거누수부하량	12.43	1.84	8.13	5.70
방류부하량	32.98	34.47	24.34	24.41

4.2 담양군의 생활계 배출부하량

담양군에 대한 생활계 오염원 변화에 따른 배출부하량 변화를 파악하기 위하여 2007년부터 2010년까지 배출부하량을 검토하였다.

4.2.1 담양군의 생활계 오염원

담양군의 읍 지역 및 면지역으로 구분하여 담양군의 생활계 오염원 변화를 검토하였다. 담양군의 전체인구는 Table 4-17에 나타낸 바와 같이 2007년부터 2010년 동안 감소하였으며, 2010년 인구는 2007년에 비하여 5.0% 감소하였다.

Table 4-17. 담양군 연도별 인구

구 분	연도별 인구(인)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	15,275	14,688	14,184	14,234
면지역	35,747	34,261	33,702	34,214
계	51,022	48,949	47,886	48,448

담양군의연도별 하수처리 인구는 Table 4-18에 나타낸 바와 같이 2007년도 16,770명에서 2010년 26,049명으로 전체 인구는 감소하고 있으나 면지역에 있어서 하수처리를 위한 관거 정비가 실시함으로서 급격하게 증가하였다.

Table 4-18. 담양군 연도별 하수처리 인구 변화

구 분	연도별 하수처리인구(인)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	10,492	11,246	12,152	12,242
면지역	6,278	6,060	7,315	13,807
계	16,770	17,306	19,467	26,049

담양군의 연도별 하수처리율은 Table 4-19에 나타낸 바와 같이 읍 지역은 2007년도 68.7%에서 2010년 86.0%로, 면지역에서 2007년 17.6%에서 2010년 40.4%로 급격하게 증가함을 보여주고 있다. 읍 지역에서는 2009년에, 면지역에서는 2010년에 급격하게 증가하고 있다.

Table 4-19. 담양군 연도별 하수처리율 변화

구 분	연도별 하수처리율(%)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	68.7	76.6	85.7	86.0
면지역	17.6	17.7	21.7	40.4
계	32.9	35.4	40.7	53.8

4.2.2 담양군 생활계 발생부하량

담양군의 생활계 발생부하량 변화를 파악하기 위하여 BOD, T-N 및 T-P 발생부하량을 산정하였다.

담양군의 BOD 발생부하량은 Table 4-20, Fig 4-12에 나타낸 바와 같이 2007년에 비하여 2010년에 감소하는 것으로 나타나고 있으며, 읍지역의 BOD 발생부하량은 2007년에 비하여 2010년에 다소 증가하는 것으로 나타나고 있으며, 면지역 인구가 감소함에 따라 발생부하량이 감소하고 있다. T-N 및 T-P도 유사한 결과를 보여준다.

Table 4-20. 담양군 생활계 연도별 BOD 발생부하량

구 분	연도별 BOD 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	965.5	944.5	964.7	988.3
면지역	1,930.7	2,134.2	1,765.8	1,822.3
총합계	2,896.2	3,078.6	2,730.5	2,810.6

Table 4-21. 담양군 생활계 연도별 T-N 발생부하량

구 분	연도별 T-N 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	219.2	215.6	224.0	230.9
면지역	522.7	586.1	476.5	492.6
총합계	742.0	801.8	700.5	723.5

Table 4-22. 담양군 생활계 연도별 T-P 발생부하량

구 분	연도별 T-P 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	24.67	24.21	24.96	25.65
면지역	57.64	63.75	52.71	54.40
총합계	82.31	87.96	77.66	80.05

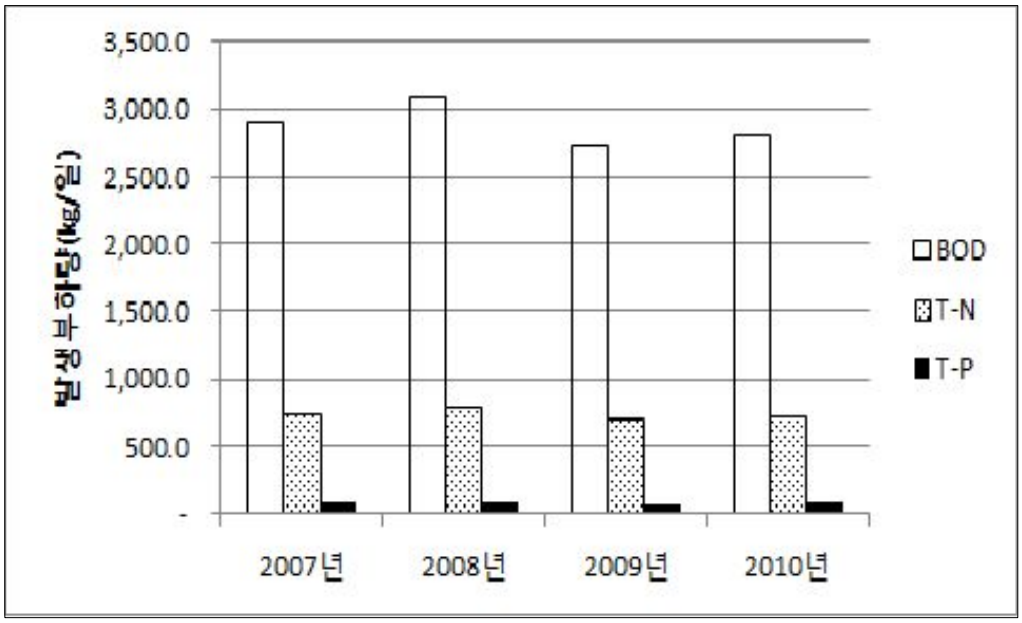

Fig. 4-12. 담양군 연도별 발생부하량.

담양군의 읍지역 발생부하량은 Table 4-23, Fig 4-13에 나타낸 바와 같이 년도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 BOD 발생부하량 965.5 kg/일이었으나 2010년도 988.3 kg/일로 2007년도 대비 2.4% 증가하였다.

T-N 발생부하량은 2007년도 219.2 kg/일에서 2010년 230. 9 kg/일로 2007년도 대비하여 5.3% 증가하며, T- P발생부하량은 2007년도 24.67 kg/일에서 2010년 25.65 kg/일로 2007년도 대비하여 4.0% 증가하는 경향을 보여준다.

생활계 발생부하량에 직접적으로 영향을 주는 인구는 5.0% 감소하였으나, 물 사용량이 증가함으로서 수질오염원이 증가로 인하여 발생부하량이 증가한 것이다.

Table 4-23. 담양군 읍 지역 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	965.5	944.5	964.7	988.3
T-N	219.2	215.6	224.0	230.9
T-P	24.67	24.21	24.96	25.65

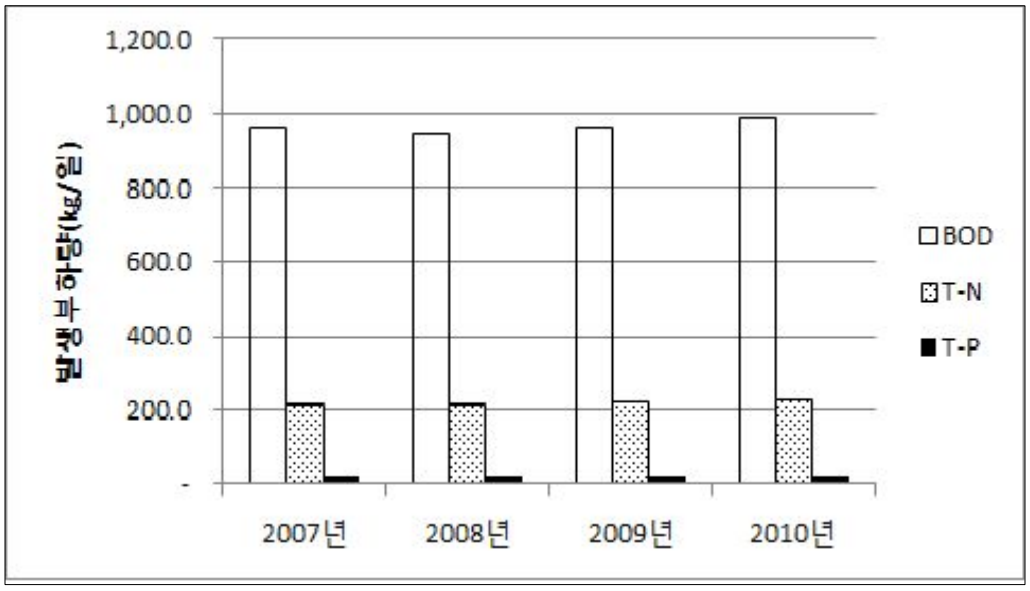

Fig. 4-13. 담양군 연도별 읍 지역 발생부하량.

담양군의 면지역 발생부하량은 Table 4-24, Fig 4-14에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 BOD 발생부하량 1,930.7 kg/일이었으나 2010년도 1,822.3 kg/일로 2007년도 대비 5.6% 감소하였다.

T-N 발생부하량은 2007년도 522.7 kg/일에서 2010년 492.6 kg/일로 2007년도 대비하여 5.8% 감소하며, T-P 발생부하량은 2007년도 57.64 kg/일에서 2010년 54.40 kg/일로 2007년도 대비하여 5.6% 감소하는 경향을 보여준다.

Table 4-24. 담양군 면지역 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	1,930.7	2,134.2	1,765.8	1,822.3
T-N	522.7	586.1	476.5	492.6
T-P	57.64	63.75	52.71	54.40

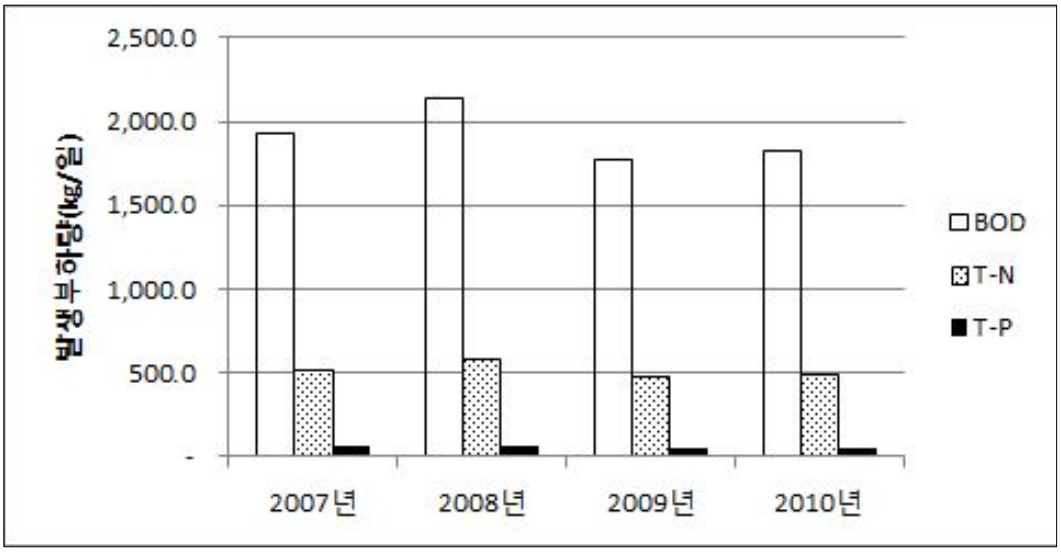

Fig. 4-14. 담양군 연도별 면지역 발생부하량.

4.2.3 담양군 생활계 배출부하량

담양군의 생활계 BOD 배출부하량은 Table 4-25, Fig 4-15에 나타낸 바와 같이 2007년도에 1,143.4 kg/일이었으나, 2010년도에는 679.8 kg/일로 2007년도 대비하여 40.5%로 대폭 감소하였다. 연도별 변화를 보면, 2009년도 급격히 감소한 후 2010년에 감소폭이 작았다. 생활계 점배출부하량은 2007년에 비하여 41.5% 감소하였으나 생활계 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어남에 따라 64.4% 증가하는 경향을 보여준다.

Table 4-25. 담양군 연도별 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD-점	1,133.0	1,316.7	865.7	662.7
BOD-비점	10.4	17.1	16.6	17.1
계	1,143.4	1,333.8	882.3	679.8

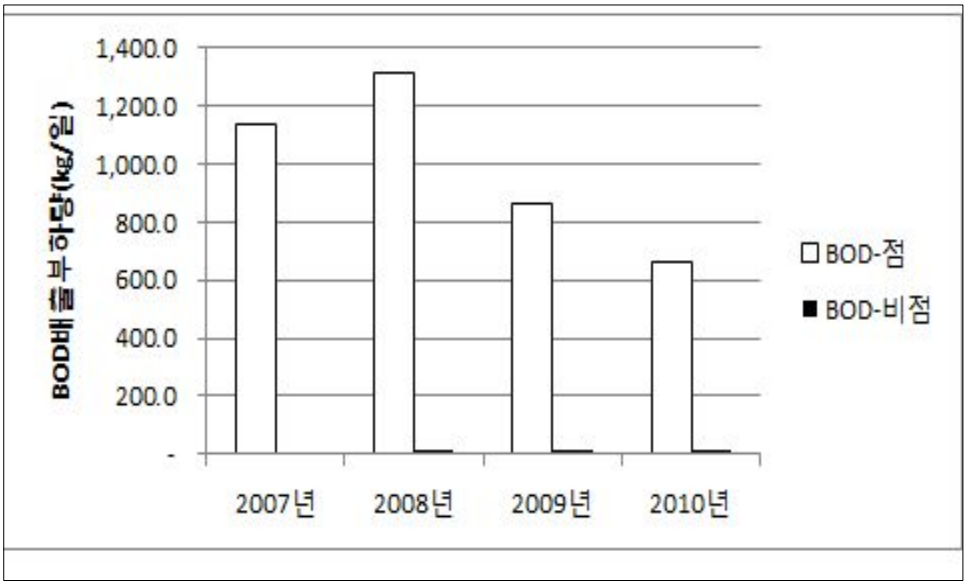

Fig. 4-15. 담양군 생활계 BOD 배출부하량.

담양군의 지역별 BOD 배출부하량 변화를 살펴보면 Table 4-26에 나타낸 바와 같이 읍지역에서 2007년 122.1 kg/일에서 2010년 69.1kg/일로 43.4% 급격히 감소하였으며, 면지역에서도 2007년 1,010.9 kg/일에서 2010년 593.6 kg/일로 41.3%로 급격하게 감소한 것으로 나타났다. BOD 비점배출부하량은 하수관거 월류수로서 하수처리율이 증가함에 따라 증가한 것으로 나타났다.

Table 4-26. 담양군 연도별 지역별 BOD 배출부하량

구 분		연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	읍지역	122.1	150.6	62.4	69.1
	면지역	1,010.9	1,166.1	803.3	593.6
BOD 비점	읍지역	9.8	17.1	15.5	15.9
	면지역	0.6	-	1.0	1.1

담양군의 읍지역 배출부하량은 Fig. 4-16과 같으며, 연도별 증감을 보여주고 있는데, 2008년도 물 사용량 증가로 인하여 증가하다가 2009년도에는 하수처리율이 증가함에 따라 급격하게 감소하고 있다.

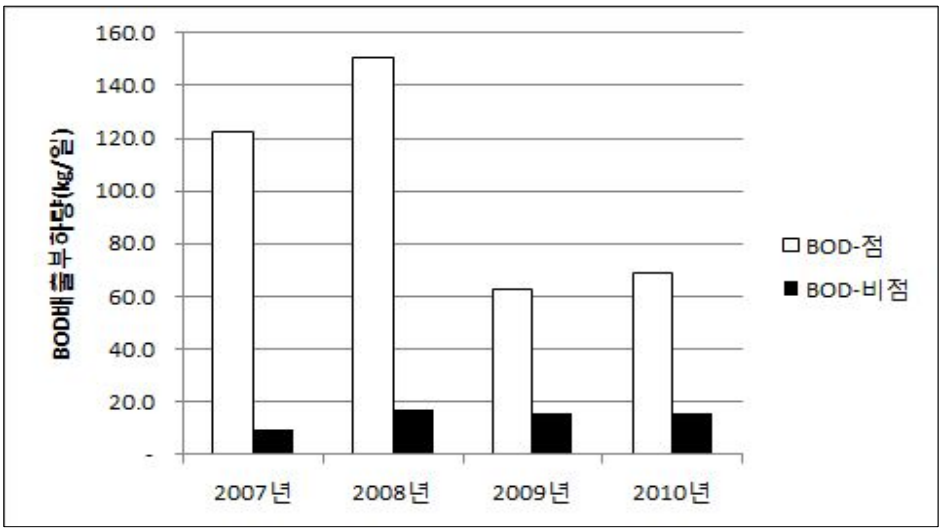

Fig. 4-16. 담양군 읍 지역 BOD 배출부하량.

담양군의 면지역 BOD 배출부하량은 Fig. 4-17에 나타낸 바와 같이 2008년도 증가한 후 2010년까지 지속되는 경향을 보여주고 있는데, 2009년도에 하수처리율이 증가함으로서 BOD 배출부하량이 감소한 것으로 나타났다.

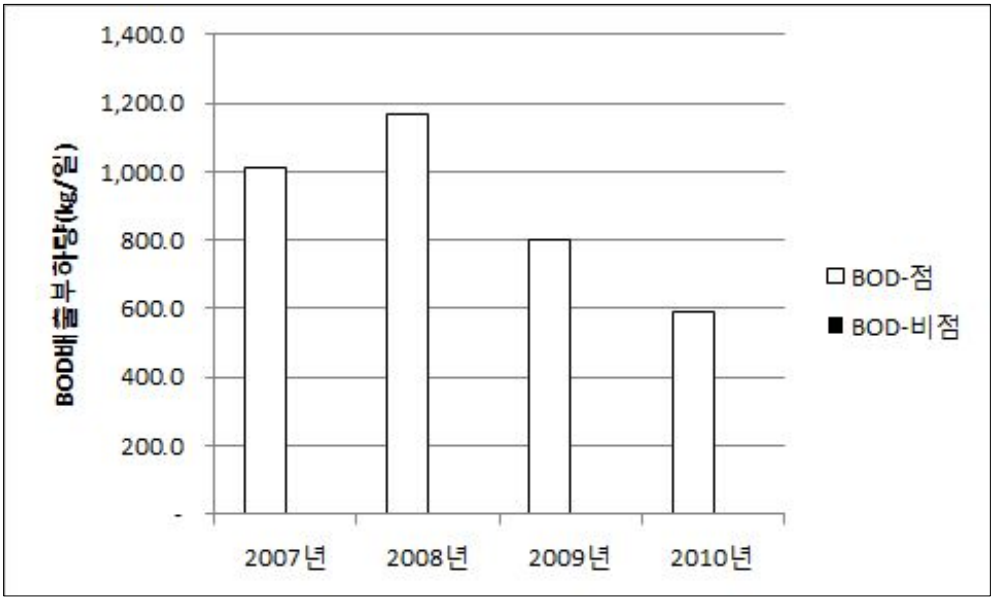

Fig. 4-17. 담양군 면지역 BOD 배출부하량.

담양군의 BOD 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-27에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 개별 배출부하량은 2007년도에 1,106.7 kg/일에서 2010년 602.2 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 하수관거유입부하량은 2007년 979.3 kg/일에서 2010년 1,605.2 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 것이다. 하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 관거 누수 배출부하량은 2007년 0.0 kg/일에서 2010년 14.1 kg/일로 관거의 길이가 증가함에 따라 관거 누수부하양이 증가하는 것으로 나타났다.

분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 332.6kg/일에서 2010년 302.3 kg/일로서 감소한 것으로 나타났는데, 이는 하수관거 정비를 통하여 분류화가 진행됨에 따라 분뇨처리장으로 직접 이송되는 부하량이 감소한 것으로 나타났다. 환경기초시설의 방류부하량은 2007년 23.3 kg/일에서 2010년 44.2 kg/일로 증가하는 것으로 나타나고 있어 2010년 배출부하량 증가에 기여하고 있다.

Table 4-27. 담양군 요소별 BOD 배출부하량

구 분	BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	1,106.7	1,253.8	836.7	602.2
관거유입부하량	979.3	934.9	1,183.2	1,605.2
직접이송부하량	332.6	324.2	320.0	302.3
관거누수부하량	-	-	-	14.1
방류부하량	23.3	61.1	27.2	44.2

담양군의 생활계 T-N 배출부하량은 Table 4-28, Fig 4-18에 나타낸 바와 같이 2007년도에 499.3 kg/일이었으나, 2010년도에는 388.1 kg/일로 2007년도 대비하여 32.3%감소하였다. 생활계 T-N 점배출부하량은 2007년에 비하여 23.8% 감소하였으나 생활계 T-N 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어나고 강우의 영향을 받아서 연도별 다양한 변화를 보여주고 있다.

Table 4-28. 담양군 연도별 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	495.8	565.5	432.2	377.7
T-N 비점	3.5	6.9	7.1	10.4
계	499.3	572.4	439.4	388.1

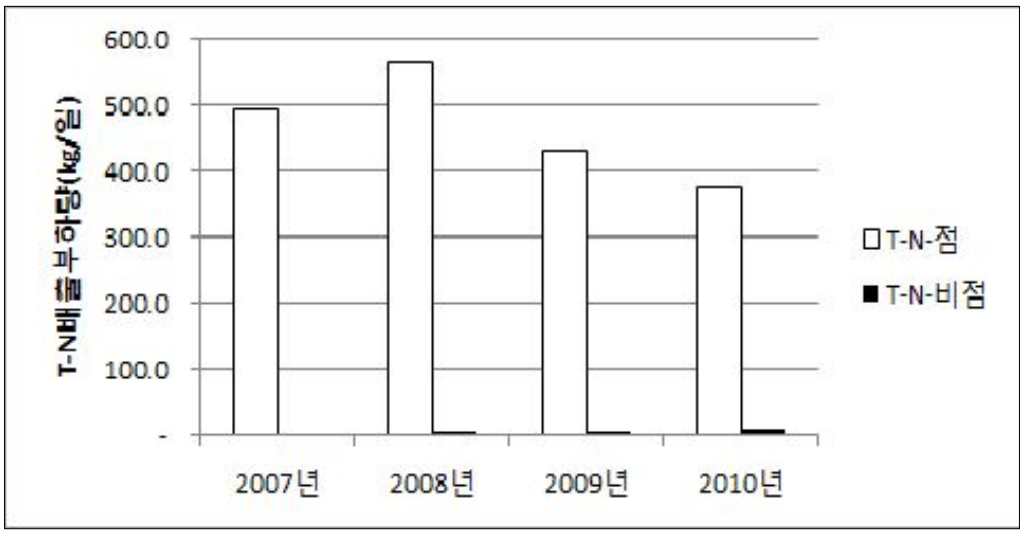

Fig. 4-18. 담양군 생활계 T-N 배출부하량.

담양군의 지역별 T-N 배출부하량을 살펴보면 Table 4-29에 나타낸 바와 같이 읍지역에서 2007년 168.5 kg/일에서 2010년 122.0 kg/일로 27.6% 급격히 감소하였으며, 면지역에서는 2007년 327.3 kg/일에서 2010년 255.7 kg/일로 21.9%로 감소한 것으로 나타났다.

T-N 점배출부하량에 있어서 읍지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 34.0%에서 2010년도 32.3%로 유사한 비율로 나타났다.

Table 4-29. 담양군 연도별 지역별 T-N 배출부하량

구 분		연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	읍지역	168.5	139.0	114.3	122.0
	면지역	327.3	426.5	317.9	255.7
T-N 비점	읍지역	3.2	6.9	6.6	9.6
	면지역	0.3	-	0.6	0.8

담양군의 읍지역 T-N 배출부하량은 Fig. 4-19에 나타낸 바와 같이 연도별로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이는 하수처리율이 증가함에 따라 발생한 것으로 보인다.

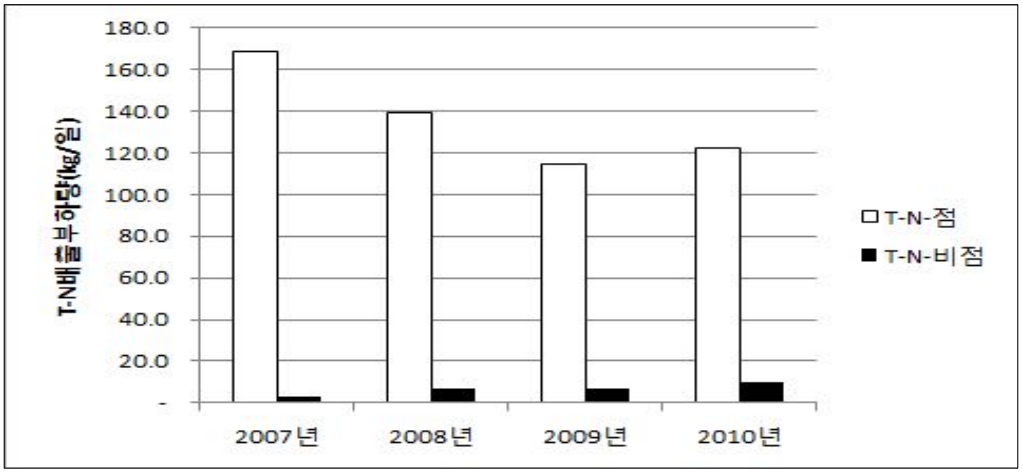

Fig. 4-19. 담양군 읍지역 T-N 배출부하량.

담양군의 면지역 T-N 배출부하량은 Fig. 4-20에 나타낸 바와 같이 2008년도에 증가하였다가 2009년 이후 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다.

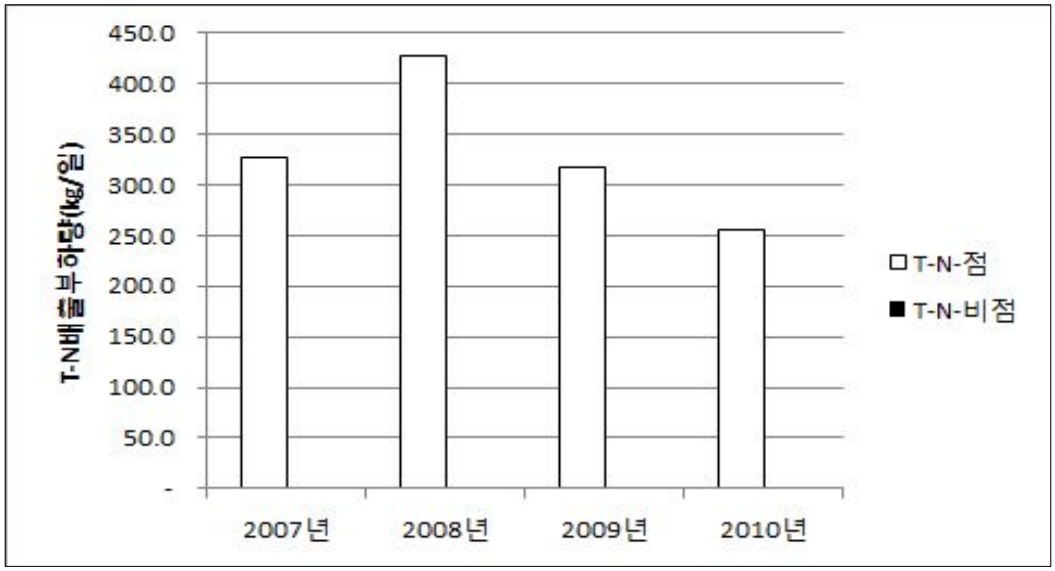

Fig. 4-20. 담양군 면지역 T-N 배출부하량.

담양군의 T-N 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하면 Table 4-30과 같다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 T-N 개별 배출부하량은 2007년도에 379.6 kg/일에서 2010년 209.2 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 T-N 하수관거유입부하량은 2007년 240.0 kg/일에서 2010년 405.8 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 것이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 관거누수 배출부하량은 2007년 0.0 kg/일에서 2010년 9.5 kg/일로 하수관거의 길이가 증가함에 따라 증가한 것으로 나타났다.

분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 63.3 kg/일에서 2010년 108.5 kg/일로서 증가한 것으로 나타났다. 환경기초시설의 T-N 방류부하량은 2007년 115.3 kg/일에서 2010년 157.7 kg/일로 증가한 것으로 나타났다.

Table 4-30. 담양군 요소별 T-N 배출부하량

구 분	T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	379.6	438.5	301.6	209.2
관거유입부하량	240.0	251.0	290.4	405.8
직접이송부하량	63.3	78.4	108.5	108.5
관거누수부하량	-	-	-	9.5
방류부하량	115.3	126.3	129.9	157.7

담양군의 생활계 T-P 배출부하량은 Table 4-31, Fig 4-21에 나타낸 바와 같이 2007년도에 65.04 kg/일이었으나, 2010년도에는 46.32 kg/일로 2007년도 대비하여 28.8%감소하였다.

생활계 T-P 점배출부하량은 2007년에 비하여 29.2% 감소하였으나 생활계 T-P 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어남에 따라 증가하는 경향을 보여준다.

Table 4-31. 담양군 연도별 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	64.66	60.48	48.18	45.79
T-P 비점	0.38	0.19	0.31	0.53
계	65.04	60.67	48.48	46.32

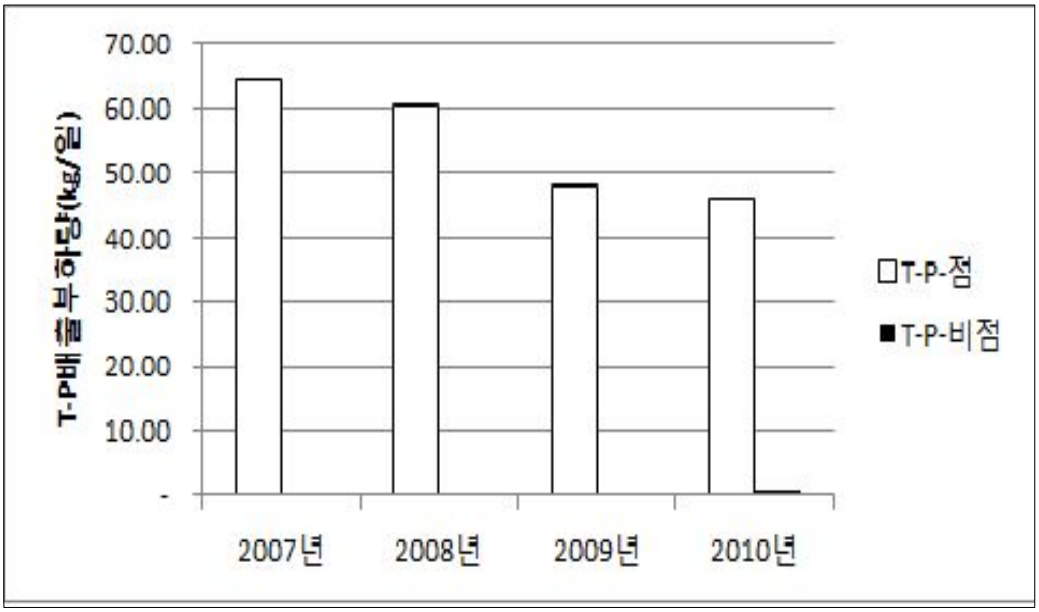

Fig. 4-21. 담양군 생활계 T-P 배출부하량.

담양군의 지역별 T-P 배출부하량에 대하여 살펴보면 Table 4-32에 나타낸 바와 같이 T-P 점배출부하량에서 읍 지역에서도 2007년 16.11 kg/일에서 2010년 13.47 kg/일로 16.4% 감소하였으나, 면지역에서 2007년 48.55 kg/일에서 2010년 32.32 kg/일로 33.4%로 감소한 것으로 나타났다.

T-P 점배출부하량에 있어서 읍 지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 24.9%에서 2010년도 29.4%로 증가하였다.

Table 4-32. 담양군 연도별 지역별 T-P배출부하량

구 분		연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	읍지역	16.11	12.85	11.19	13.47
	면지역	48.55	47.62	36.98	32.32
T-P 비점	읍지역	0.36	0.19	0.28	0.49
	면지역	0.03	-	0.02	0.04

담양군의 읍 지역 T-P 배출부하량은 Fig. 4-22에 나타낸 바와 같이 2009년도 감소한 후 2010년까지 증가되는 경향을 보여주고 있다.

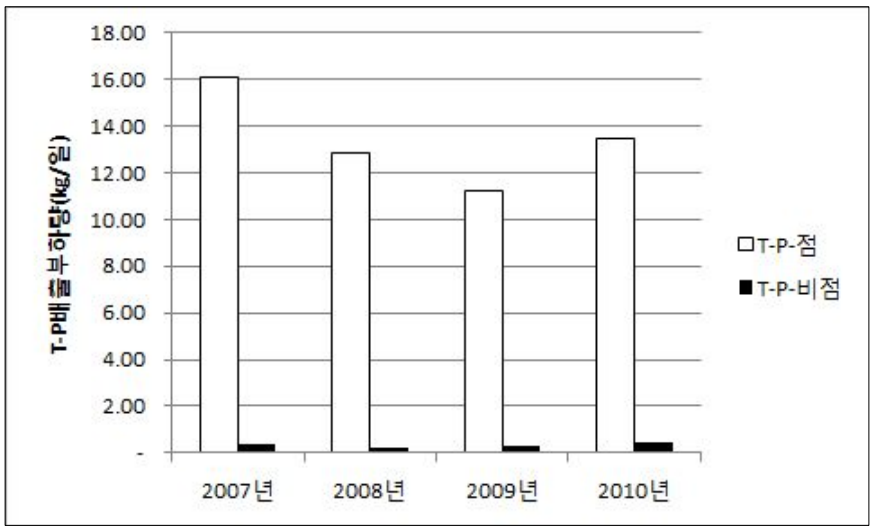

Fig. 4-22. 담양군 읍 지역 T-P 배출부하량.

담양군의 면지역 T-P 배출부하량은 Fig. 4-23에 나타낸 바와 같이 2009년도부터 감소하는 경향을 보여준다.

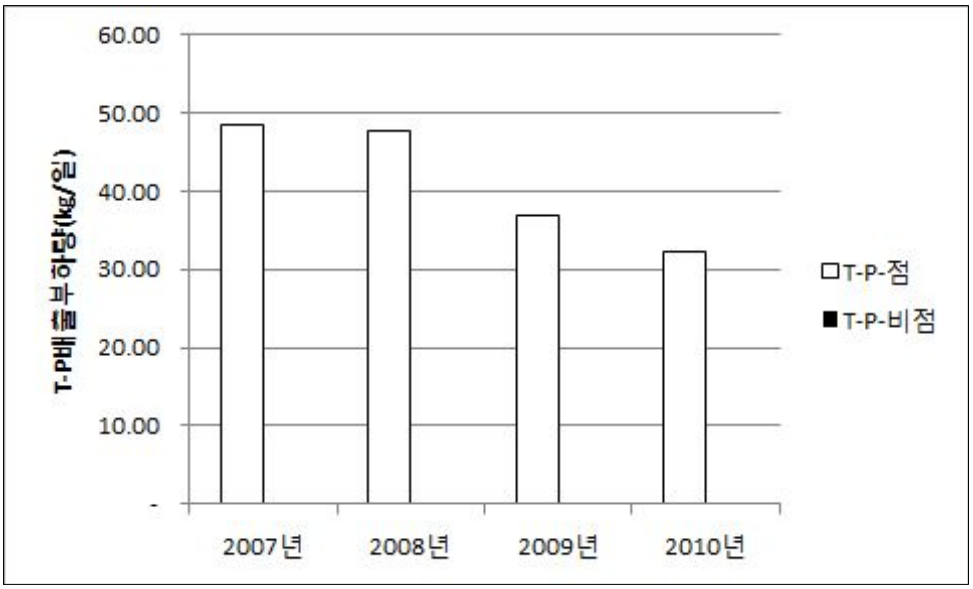

Fig. 4-23. 담양군 면지역 T-P 배출부하량.

담양군 T-P 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-33에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 T-P 개별 배출부하량은 2007년도에 42.79 kg/일에서 2010년 25.39 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 T-P 하수관거유입부하량은 2007년 26.58 kg/일에서 2010년 44.95 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 것이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량부위로부터 유출되는 T-P 관거 누수 배출부하량은 2007년 0.0 kg/일에서 2010년 0.98 kg/일로 관거의 길이가 증가함에 따라 누수량이 증가하는 것으로 나타났다.

분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 12.94 kg/일에서 2010년 9.70 kg/일로서 증가한 것으로 나타났다. 환경기초시설의 방류부하량은 2007년 21.80 kg/일에서 2010년 19.26 kg/일로 감소하는 것으로 나타났다.

Table 4-33. 전라남도 담양군 요소별 T-P 배출부하량

구 분	T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	42.79	49.33	35.57	25.39
관거유입부하량	26.58	27.10	32.39	44.95
직접이송부하량	12.94	11.53	9.70	9.70
관거누수부하량	-	-	-	0.98
방류부하량	21.80	11.11	12.57	19.26

4.3 화순군 생활계 배출부하량

화순군에 대한 생활계 오염원 변화에 따른 배출부하량 변화를 파악하기 위하여 2007년부터 2010년까지 배출부하량을 검토하였다.

4.3.1 화순군 생활계 오염원

화순군의 읍지역 및 면지역으로 구분하여 전라남도 화순군의 생활계 오염원 변화를 검토하였다. 화순군의 전체인구는 Table 4-34에 나타낸 바와 같이 2007년 72,260명에서 2010년 70,149명으로 감소하여 2.9%로 감소하는 것으로 나타났다.

Table 4-34. 화순군 연도별 인구

구 분	연도별 인구(인)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	42,636	42,732	42,190	42,316
면지역	29,624	28,351	26,307	27,833
계	72,260	71,083	68,497	70,149

화순군의 연도별 하수처리 인구는 Table 4-35에 나타낸 바와 같이 2007년도 41,152명에서 2010년 47,766명으로 전체 인구는 감소하고 있으나 면지역에 있어서 하수처리를 위한 관거 정비가 실시함으로서 급격하게 증가하였다.

Table 4-35. 화순군 연도별 하수처리 인구

구 분	연도별 하수처리인구(인)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	38,901	40,419	39,905	40,714
면지역	2,251	10,668	7,621	7,052
계	41,152	51,087	47,526	47,766

화순군의 연도별 하수처리율은 Table 4-36에 나타낸 바와 같이 읍 지역은 2007년도 91.2%에서 2010년 96.2%로, 면지역에서 2007년 7.6%에서 2010년 25.3%로 급격하게 증가하는 상태를 보여주고 있다.

Table 4-36. 화순군 연도별 하수처리율 변화

구 분	연도별 하수처리율(%)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	91.2	94.6	94.6	96.2
면지역	7.6	37.6	29.0	25.3
계	56.9	71.9	69.4	68.1

4.3.2 화순군 생활계 발생부하량 변화

화순군의 생활계 발생부하량 변화를 파악하기 위하여 BOD, T-N 및 T-P 발생부하량을 산정하였다.

화순군의 생활계 BOD 발생부하량은 Table 4-37, Fig 4-24에 나타낸 바와 같이 2007년에 비하여 2010년에 증가하는 것으로 나타나고 있으며, 읍지역의 BOD 발생부하량은 2007년에 비하여 2010년에 다소 증가하는 것으로 나타나고 있다.

면지역에 인구가 감소함에 따라 발생부하량이 감소하고 있다. Table 4-38, 39에 나타낸 바와 같이 T-N 및 T-P도 유사한 결과를 보여준다.

Table 4-37. 화순군 생활계 연도별 BOD 발생부하량

구 분	연도별 BOD 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	2,646.9	2,578.5	2,593.2	2,855.2
면지역	1,851.4	1,669.2	1,593.7	1,789.5
총합계	4,498.3	4,247.7	4,186.9	4,644.7

Table 4-38. 화순군 생활계 연도별 T-N 발생부하량

구 분	연도별 T-N 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	608.0	588.6	595.4	671.1
면지역	508.2	438.4	428.2	491.9
총합계	1,116.3	1,027.1	1,023.6	1,163.0

Table 4-39. 화순군 생활계 연도별 T-P 발생부하량

구 분	연도별 T-P 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	68.37	66.44	67.02	74.63
면지역	55.27	48.27	46.85	53.38
총합계	123.64	114.71	113.86	128.01

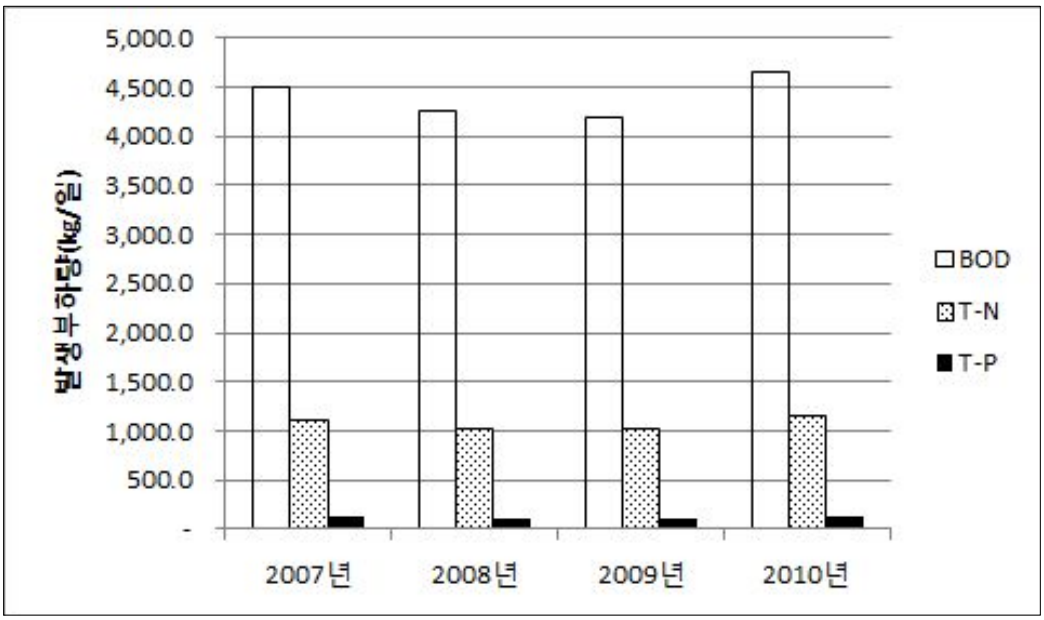

Fig. 4-24. 화순군 연도별 발생부하량.

화순군의 읍 지역 발생부하량은 Table 4-40, Fig 4-25에 나타낸 바와 같이 연도별로 증가하는 추세를 보이고 있는데, 2007년도에 BOD 발생부하량이 2,646.9 kg/일이었으나 2010년도 2,855.2 kg/일로 2007년도 대비 7.9% 증가하였다. T-N 발생부하량은 2007년도 608.0 kg/일에서 2010년 671.1 kg/일로 2007년도 대비하여 10.4%증가하였으며, T-P 발생부하량은 2007년도 68.37 kg/일에서 2010년 74.63 kg/일로 2007년도 대비하여 9.2% 증가하는 경향을 보여준다. 생활계 발생부하량에 직접적으로 영향을 주는 인구는 2.9% 감소하였으나, 물 사용량이 증가함으로서 수질오염원이 증가로 인하여 발생부하량이 증가한 것이다.

Table 4-40. 화순군 읍 지역 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	2,646.9	2,578.5	2,593.2	2,855.2
T-N	608.0	588.6	595.4	671.1
T-P	68.37	66.44	67.02	74.63

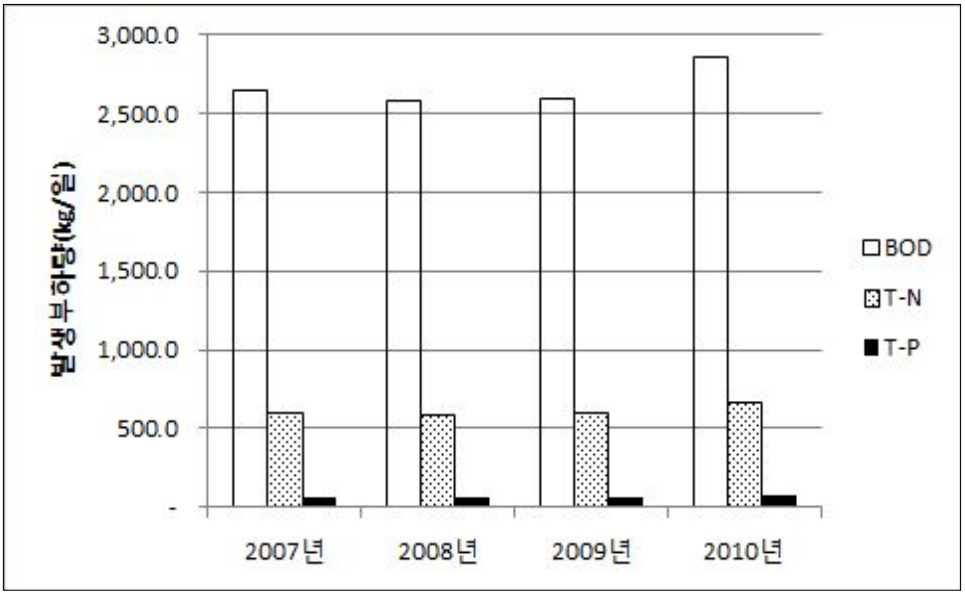

Fig. 4-25. 화순군 연도별 읍 지역 발생부하량.

화순군의 면지역 발생부하량은 Table 4-41, Fig 4-26에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보이고 있는데, 2007년도에 BOD 발생부하량이 1,851.4 kg/일이었으나 2010년도 1,789.5 kg/일로 2007년도 대비 3.3% 감소하였다.

T-N 발생부하량은 2007년도 508.2 kg/일에서 2010년 491.9 kg/일로 2007년도 대비하여 3.2% 감소하였으며, T-P 발생부하량은 2007년도 55.27 kg/일에서 2010년 53.38 kg/일로 2007년도 대비하여 3.4% 감소하는 경향을 보여준다.

Table 4-41. 화순군 면지역 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	1,851.4	1,669.2	1,593.7	1,789.5
T-N	508.2	438.4	428.2	491.9
T-P	55.27	48.27	46.85	53.38

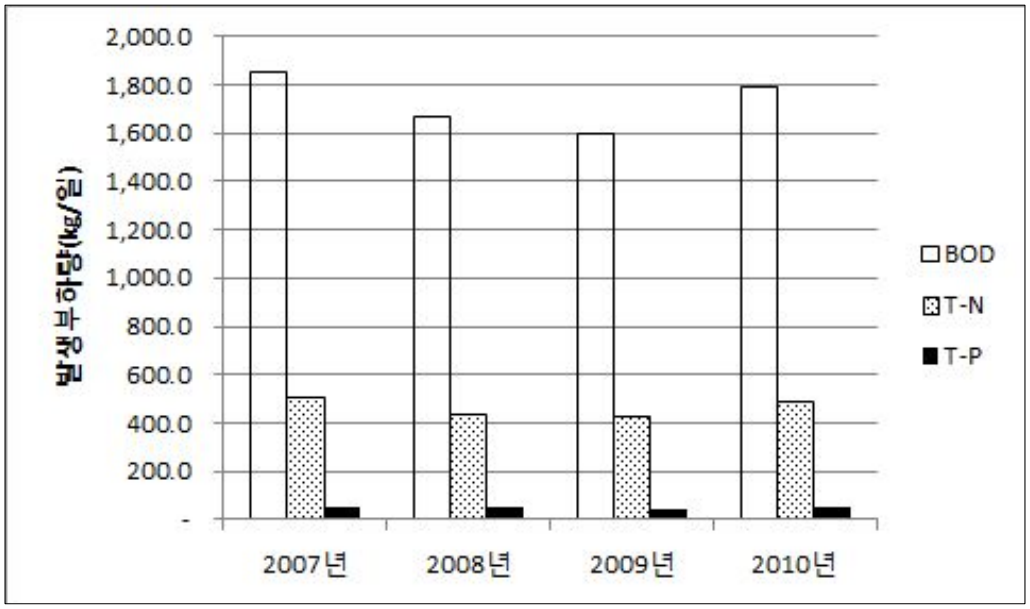

Fig. 4-26. 화순군 연도별 면지역 발생부하량.

4.3.3 화순군의 생활계 배출부하량

화순군의 생활계 BOD 배출부하량은 Table 4-42, Fig 4-27에 나타낸 바와 같이 2007년도에 934.6 kg/일이었으나, 2010년도에는 952.5 kg/일로 2007년도 대비하여 1.9% 증가하였다. 연도별 변화를 보면, 2008년과 2009년도 급격히 감소한 후 2010년에 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 생활계 점배출부하량은 2007년에 비하여 0.3% 증가한 것으로 나타났으며, 하수처리율이 증가함에 따라 점배출부하량 감소는 나타나지 않았다.

Table 4-42. 화순군 연도별 BOD 배출부하량

년 도	년 도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD-점	930.1	651.7	611.4	932.6
BOD-비점	4.5	0.6	23.4	19.9
계	934.6	652.3	634.8	952.5

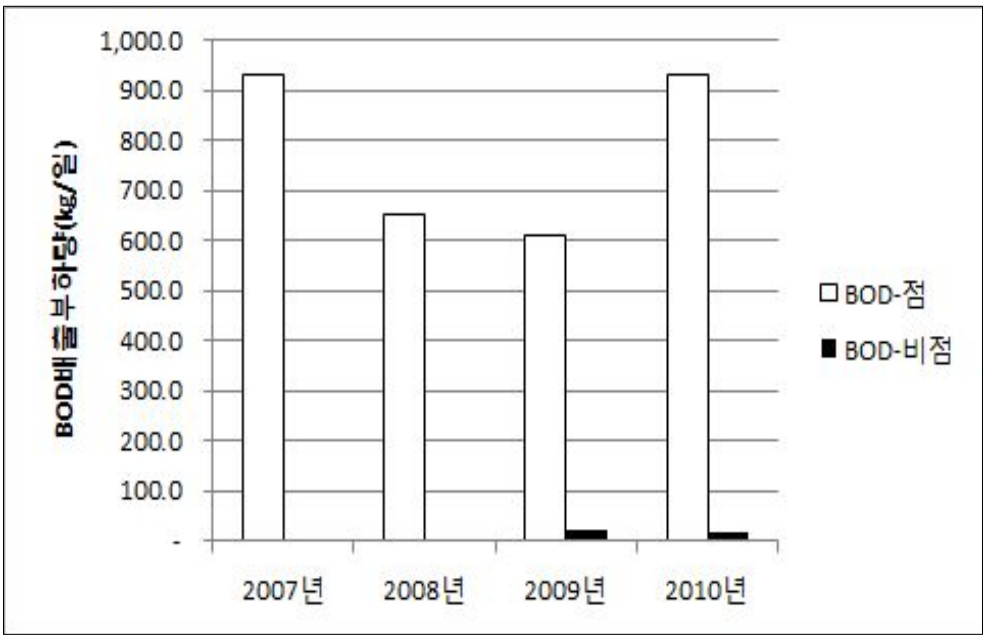

Fig. 4-27. 화순군 생활계 BOD 배출부하량.

화순군의 지역별로 BOD 배출부하량은 Table 4-43, Fig 4-28에 나타낸 바와 같이 읍 지역에서 2007년 68.1 kg/일에서 2010년 43.6 kg/일로 36.0% 급격 감소하였으며, 면지역에서 2007년 862.0 kg/일에서 2010년 889.0 kg/일로 3.1%로 증가한 것으로 나타났다. BOD 비점배출부하량은 하수관거 월류수로서 하수처리율이 증가함에 따라 증가한 것으로 나타났다.

Table 4-43. 화순군의 연도별 지역별 BOD 배출부하량

구 분		연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
BOD-점	읍지역	68.1	52.2	52.7	43.6
	면지역	862.0	599.5	558.7	889.0
BOD-비점	읍지역	4.5	0.2	21.6	19.0
	면지역	0.1	0.4	1.8	0.9

읍지역 배출부하량은 Fig. 4-28과 같으며, 연도별 증감을 보여주고 있는데, 순차적으로 감소하는 경향을 보여주고 있다.

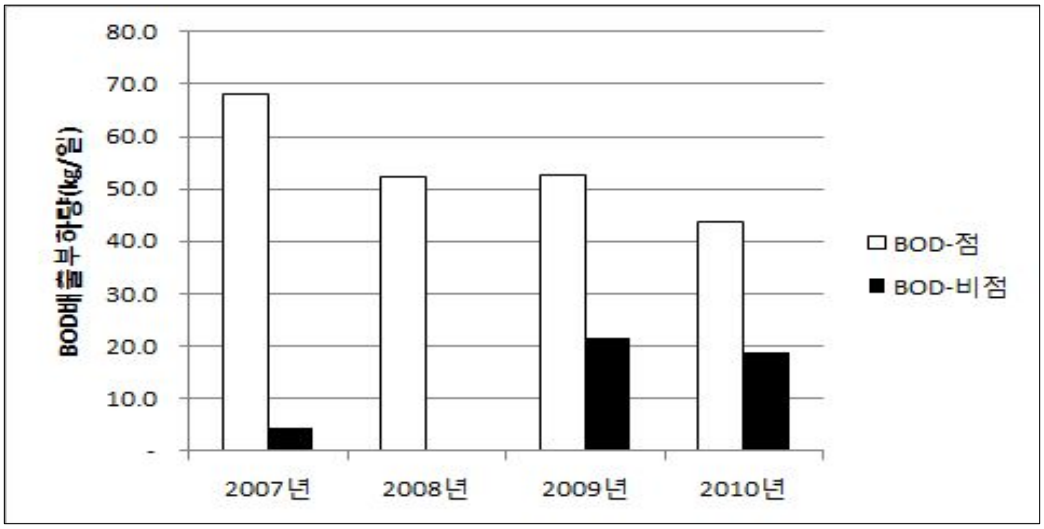

Fig. 4-28. 화순군 읍 지역 BOD 배출부하량.

화순군의 면지역 BOD 배출부하량은 Fig. 4-29에 나타낸 바와 같이 2008년과 2009년에 낮은 값을 보이지만, 2010년에 급격하게 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 하수처리장 방류수농도가 점배출부하량에 영향을 주는 요인이다.

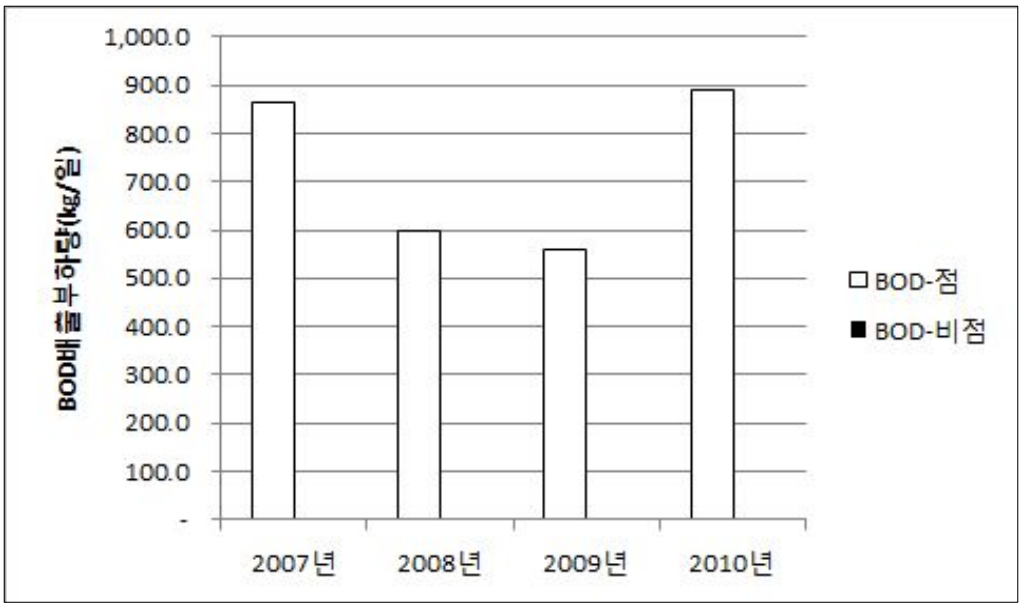

Fig. 4-29. 화순군 면지역 BOD 배출부하량.

화순군의 BOD 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하면 Table 4-44와 같다. 생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 개별 배출부하량은 2007년도에 786.7 kg/일에서 2010년 657.7 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 하수관거유입부하량은 2007년 2,725.5 kg/일에서 2010년 3,001.2 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 것이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 관거 누수 배출부하량은 2007년 10.0 kg/일에서 2010년 0.0 kg/일로 관거 정비가 이루어짐에 따라 관거 누수부하량이 감소한 것으로 나타났다. 분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 171.2 kg/일에서 2010년 194.1 kg/일로서 증가한 것으로 나타났다. 하수처리장의 방류부하량은 2007년 130.0 kg/일에서 2010년 101.2 kg/일로 변화량이 작은 것으로 나타났다.

Table 4-44. 화순군 요소별 BOD 배출부하량

구 분	BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	786.7	456.8	492.6	657.7
관거유입부하량	2,725.5	2,945.9	2,815.1	3,001.2
직접이송부하량	171.2	334.6	349.7	194.1
관거누수부하량	10.0	-	3.7	0.0
방류부하량	130.0	171.5	95.6	101.2

화순군의 생활계 T-N 배출부하량은 Table 4-45, Fig 4-30에 나타낸 바와 같이 2007년도에 695.8 kg/일이었으나, 2010년도에는 648.2 kg/일로 2007년도 대비하여 6.8%감소하였다.

생활계 T-N 점배출부하량은 2007년에 비하여 7.1% 감소하였으나 생활계 T-N 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어나고 강우의 영향을 받아서 연도별 다양한 변화를 보여주고 있다.

Table 4-45. 화순군 연도별 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	693.7	484.0	524.7	644.6
T-N 비점	2.1	0.1	5.5	3.6
계	695.8	484.1	530.2	648.2

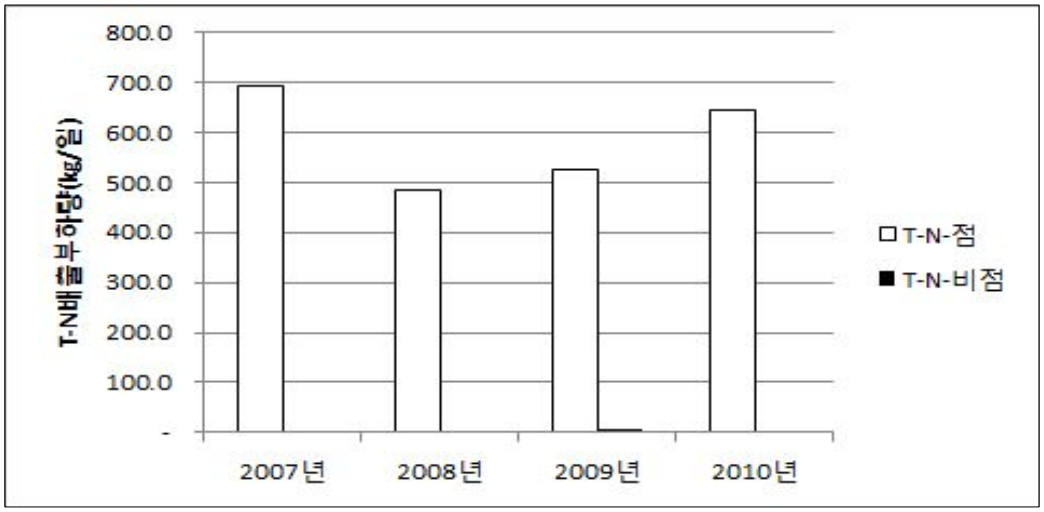

Fig. 4-30. 화순군 생활계 T-N배출부하량.

화순군의 지역별 T-N 배출부하량 변화를 살펴보면 Table 4-46에 나타낸 바와 같이 읍지역에서는 2007년 35.2 kg/일에서 2010년 23.4 kg/일로 33.5% 급격 감소하였으며, 면지역에서 2007년 658.5 kg/일에서 2010년 621.2 kg/일로 5.7%로 감소한 것으로 나타났다. T-N 점배출부하량에 있어서 읍지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 5.0%에서 2010년도 3.6%로 유사한 비율로 나타났다.

Table 4-46. 화순군 연도별 지역별 T-N 배출부하량

구 분		연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	읍지역	35.2	31.1	31.8	23.4
	면지역	658.5	452.8	492.9	621.2
T-N 비점	읍지역	2.1	0.1	5.0	2.6
	면지역	0.0	0.1	0.5	0.9

담양군의 읍 지역 T-N 배출부하량은 Fig. 4-31에 나타낸 바와 같이 연도별로 감소하는 추세를 보여주고 있다. 이는 하수처리율이 증가함에 따라 발생한 것으로 보인다.

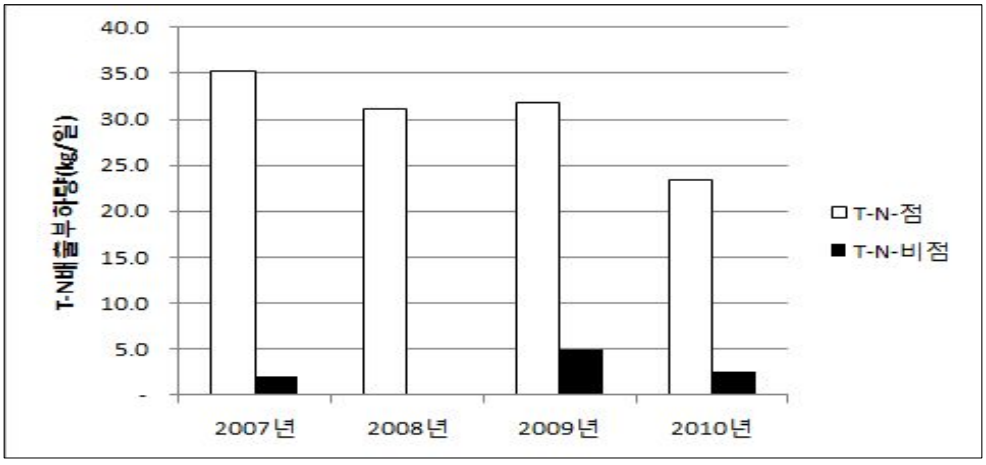

Fig. 4-31. 화순군 읍 지역 T-N 배출부하량.

화순군의 면지역 T-N 배출부하량은 Fig. 4-31에 나타낸 바와 같이 2008년과 2009년에 감소하였다가 2010년에 하수처리장 방류수 농도가 증가함에 따라 증가한 것으로 나타났다.

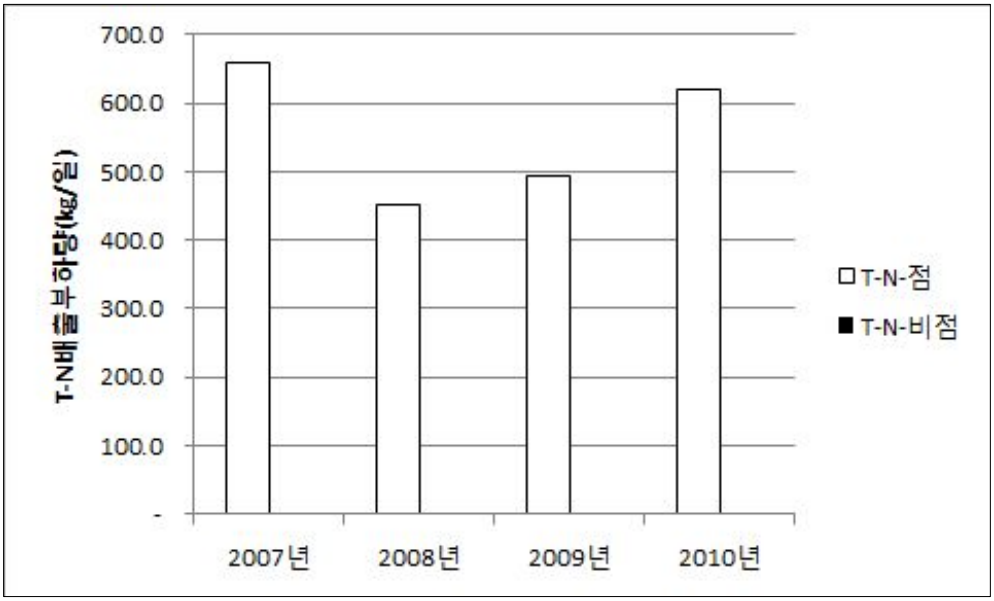

Fig. 4-32. 화순군 면지역 T-N 배출부하량.

화순군의 T-N 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-47에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 T-N 개별 배출부하량은 2007년도에 412.8 kg/일에서 2010년 351.9 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 T-N 하수관거유입부하량은 2007년 654.0 kg/일에서 2010년 762.6 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 것이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 관거 누수 배출부하량은 2007년 2.7 kg/일에서 2010년 0.0 kg/일로 하수관거의 길이가 증가함에 따라 증가한 것으로 나타났다. 분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 26.7 kg/일에서 2010년 28.9 kg/일로서 증가한 것으로 나타났다. 방류부하량은 2007년 276.8 kg/일에서 2010년 246.3 kg/일로 나타났는데, 2008년과 2009년에 낮게 나타났는데 2010년에 증가하는 것으로 나타났다.

Table 4-47. 화순군 요소별 T-N 배출부하량

구 분	T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	412.8	267.6	286.6	351.9
관거유입부하량	654.0	695.3	675.4	762.6
직접이송부하량	26.7	55.1	44.6	28.9
관거누수부하량	2.7	-	2.2	0.0
방류부하량	276.8	209.2	228.5	246.3

화순군의 생활계 T-P 배출부하량은 Table 4-48, Fig 4-33에 나타낸 바와 같이 2007년도에 65.97 kg/일이었으나, 2010년도에는 67.37 kg/일로 2007년도 대비하여 2.1% 증가하였다. 생활계 T-P 점배출부하량은 2007년에 비하여 1.9% 증가하였으나 생활계 T-P 비점배출부하량은 하수관거 시설이 늘어남에 따라 증가하는 경향을 보여준다.

Table 4-48. 화순군 연도별 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	65.74	50.27	53.64	66.98
T-P 비점	0.23	0.02	0.61	0.39
계	65.97	50.29	54.24	67.37

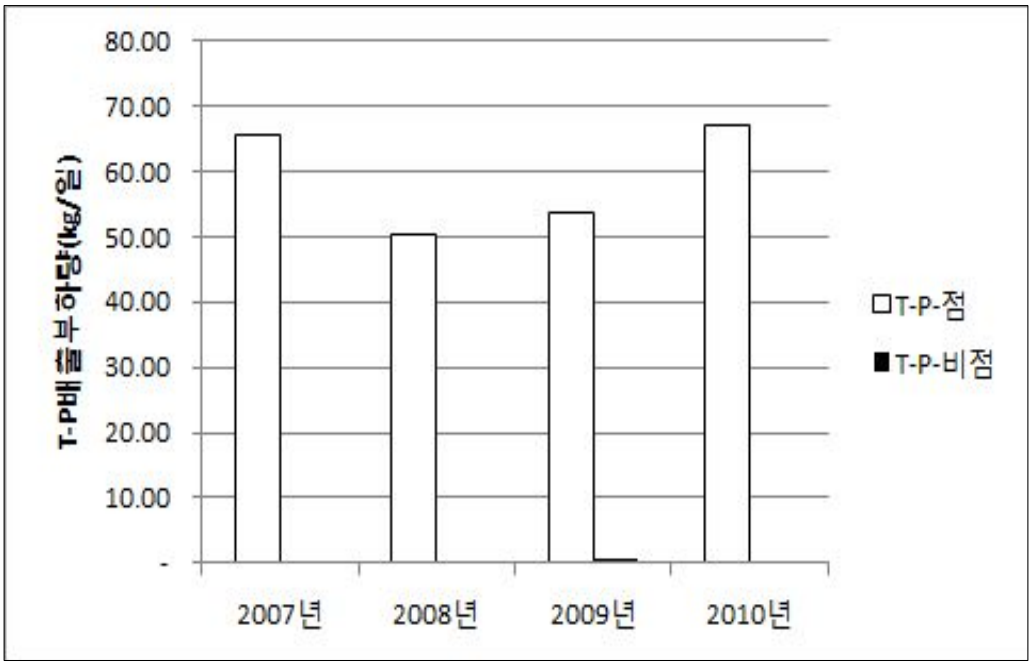

Fig. 4-33. 화순군 생활계 T-P 배출부하량.

화순군의 지역별 T-P 배출부하량 변화를 살펴보면 Table 4-49에 나타낸 바와 같이 T-P 점배출부하량은 읍 지역에서 2007년 3.85 kg/일에서 2010년 2.57 kg/일로 33.2% 감소하였으나, 면지역에서는 2007년 61.88 kg/일에서 2010년 64.41 kg/일로 4.1%로 증가한 것으로 나타났다. T-P 점배출부하량에 있어서 읍 지역 배출부하량이 차지하는 비율은 2007년도 5.9%에서 2010년도 3.8%로 감소하였다.

Table 4-49. 화순군 연도별 지역별 T-P 배출부하량

구 분		연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
T-P-점	읍지역	3.85	3.30	3.26	2.57
	면지역	61.88	46.98	50.38	64.41
T-P-비점	읍지역	0.23	0.01	0.55	0.29
	면지역	0.00	0.01	0.05	0.10

화순군의 읍 지역 T-P 배출부하량은 Fig. 4-34에 나타낸 바와 같이 순차적으로 감소하고 있는 것으로 나타났다.

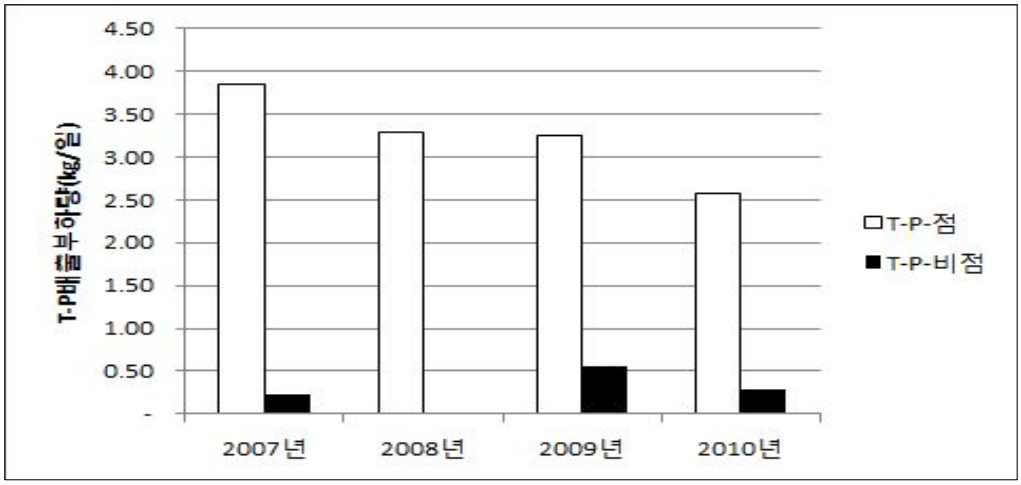

Fig. 4-34. 화순군 읍 지역 T-P 배출부하량.

화순군의 면지역 T-P 배출부하량은 Fig. 4-35에 나타낸 바와 같이 2009년도부터 감소하는 경향을 보여준다.

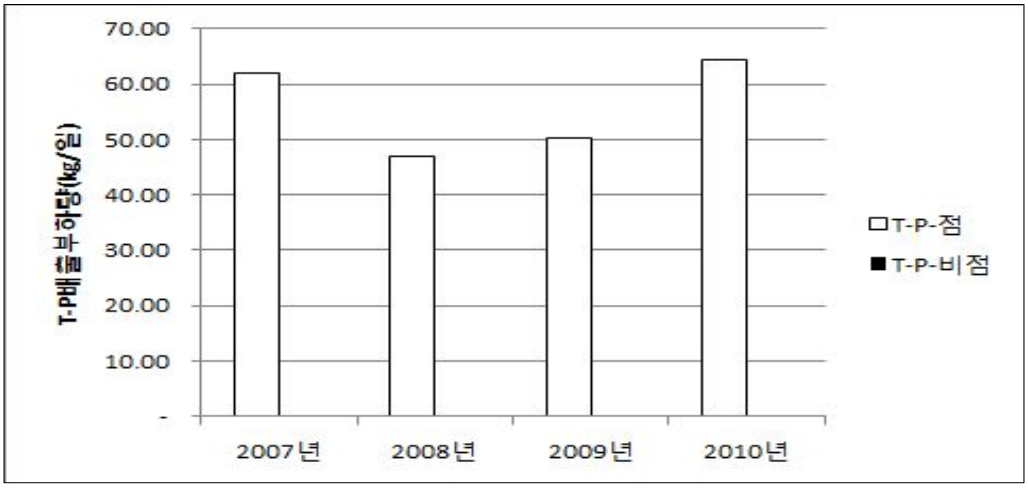

Fig. 4-35. 화순군 면지역 T-P 배출부하량.

화순군 T-P 배출부하량에 대한 요소별 비율을 분석하기 위하여 각 성분별로 배출부하량을 산정하여 Table 4-50에 나타내었다.

생활하수가 환경기초시설로 유입되지 않는 T-P 개별 배출부하량은 2007년도에 45.70 kg/일에서 2010년 38.83 kg/일로 감소하는 경향을 보여주며, 하수관거로 유입되는 T-P 하수관거유입부하량은 2007년 72.86 kg/일에서 2010년 83.28 kg/일로 증가하는 경향을 보여주고 있는데, 이는 하수처리율이 높아짐에 따라 나타난 결과이다.

하수관거로 유입된 하수 중 하수처리장으로 유입되지 않고 관거 불량 부위로부터 유출되는 T-P 관거누수 배출부하량은 2007년 0.30 kg/일에서 2010년 0.00 kg/일로 관거 정비를 통하여 관거누수를 줄인 것으로 나타났다. 분뇨처리장으로 유입되는 하수의 부하량인 직접이송 부하량은 2007년도 5.08 kg/일에서 2010년 5.90 kg/일로서 증가한 것으로 나타났다. 환경기초시설에서의 방류부하량은 2007년 19.62 kg/일에서 2010년 24.02 kg/일로 년 도별 T-P 배출부하량의 증가에 기여한 것으로 나타났다.

Table 4-50. 전라남도 화순군 요소별 T-P 배출부하량

구 분	T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	45.70	28.50	29.62	38.83
관거유입부하량	72.86	77.82	74.72	83.28
직접이송부하량	5.08	8.38	9.52	5.90
관거누수부하량	0.30	-	0.25	0.00
방류부하량	19.62	21.24	23.26	24.02

제5장 토지계 배출부하량

토지계 배출부하량의 변화를 통하여 이에 따른 제도개선을 방안을 도출하기 위하여 지역별 배출부하량을 산정하였다.

5.1 나주시 토지계 오염원 및 배출부하량

5.1.1 나주시 토지계 오염원

나주시의 토지계 오염원을 전, 답, 임야, 대지 및 기타로 구분하여 2007년부터 2010년까지 오염원의 변화를 검토하여 Table 5-1에 나타내었다.

전, 답 및 임야의 면적은 감소하는 추세이며, 대지 및 기타 지역의 면적은 증가하는 추세를 보여준다.

2007년도의 지목별 비율은 Fig. 5-2와 같이 임야 40.3%, 답 26.4%, 기타 12.9%, 전 12.7% 및 대지 7.7%를 나타내었으며, 2010년도의 지목별 비율은 Fig. 5-3과 같이 임야 39.6%, 답 26.0%, 기타 13.6%, 전 12.6% 및 대지 8.2%로 나타났다.

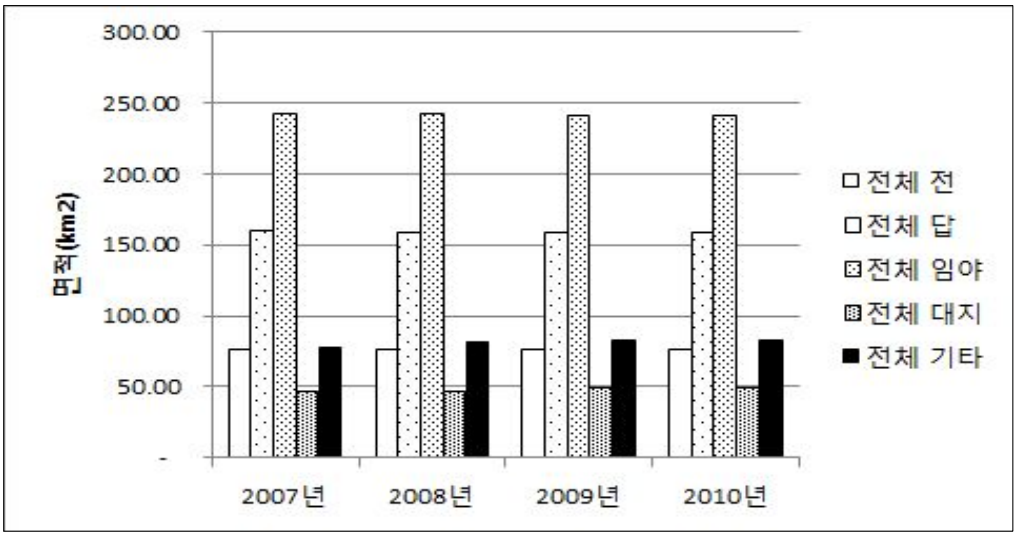

Fig. 5-1. 나주시 지목별 오염원.

Table 5-1. 나주시 토지계 오염원

구 분		지목별 면적(㎢)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	전	7.31	7.31	7.33	7.12
	답	16.06	16.04	16.01	15.86
	임야	18.32	18.33	18.31	18.18
	대지	9.84	9.85	9.87	10.28
	기타	8.79	8.90	9.42	9.49
읍지역	전	5.28	5.26	5.17	5.15
	답	8.32	8.28	8.24	8.22
	임야	31.38	31.43	30.42	30.41
	대지	3.15	3.23	4.41	4.42
	기타	6.14	6.06	6.03	6.05
면지역	전	64.20	64.41	64.26	64.28
	답	135.32	135.13	134.55	134.38
	임야	193.51	193.18	192.58	192.46
	대지	33.45	33.66	34.99	35.16
	기타	62.97	67.07	67.07	67.15
전체	전	76.80	76.98	76.76	76.55
	답	159.70	159.45	158.80	158.46
	임야	243.21	242.94	241.31	241.06
	대지	46.44	46.74	49.27	49.86
	기타	77.90	82.03	82.52	82.69

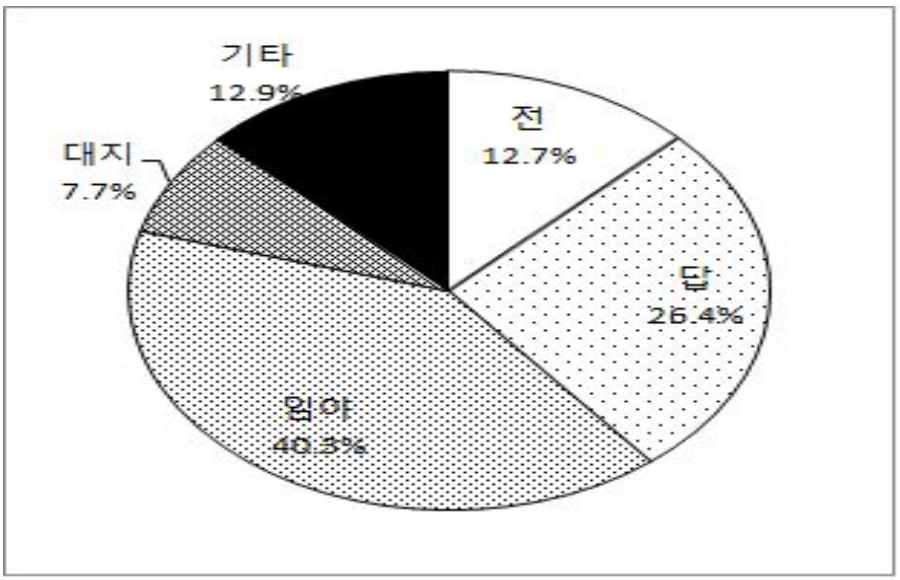

Fig. 5-2. 나주시 2007년도 지목별 면적 비율.

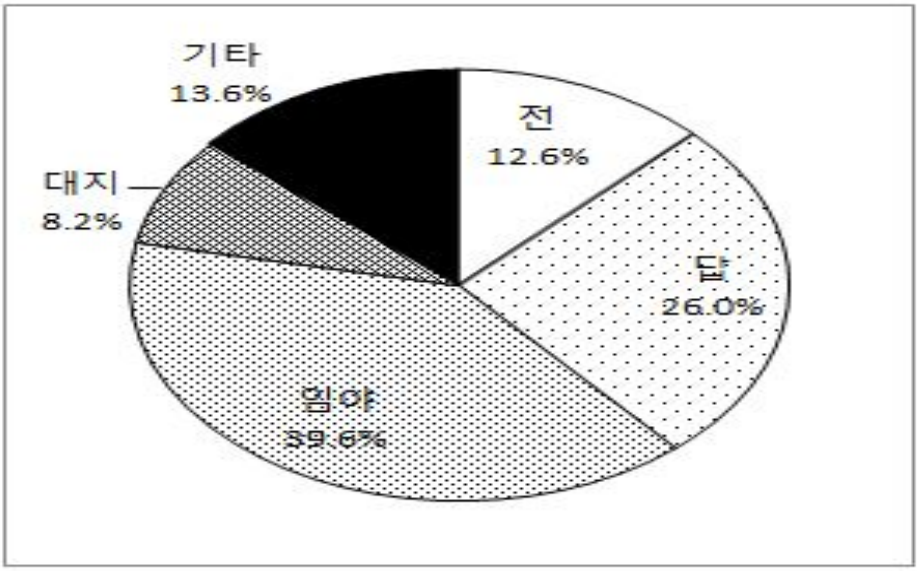

Fig. 5-3. 나주시 2010년도 지목별 면적 비율.

5.1.2 나주시 토지계 발생부하량

나주시의 토지계 발생부하량 변화를 파악하기 위하여 BOD, T-N 및 T-P 발생부하량 산정하여 Table 5-2, 3, 4 및 Fig 5-4에 나타내었다.

토지계 BOD 발생부하량은 Table 5-2와 같이 2007년을 기준으로 2010년까지 연도별로 증가 추세를 보여주고 있으며, 2010년도의 토지계 발생부하량은 Table 5-3과 같이 2007년에 비하여 6.0% 증가율을 보여주었다. 토지계 T-N 발생부하량은 2007년을 기준으로 2010년도의 증가율은 1.1%로 나타났으며, T-P 발생부하량은 Table 5-4와 같이 2007년을 기준으로 2010년도의 증가율은 2.4%를 보여주고 있다.

Table 5-2. 나주시 토지계 연도별 BOD 발생부하량

구 분	연도별 BOD 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	916.9	916.6	914.7	953.2
읍지역	332.5	338.7	436.3	439.7
면지역	3,519.0	3,534.5	3,631.0	3,661.3
총합계	4,768.4	4,789.8	4,982.1	5,054.2

Table 5-3. 나주시 토지계 연도별 T-N 발생부하량

구 분	연도별 T-N 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	355.2	354.7	353.9	357.9
읍지역	220.7	221.1	232.8	233.8
면지역	2,419.4	2,421.5	2,423.0	2,435.1
총합계	2,995.3	2,997.3	3,009.7	3,026.8

Table 5-4. 나주시 토지계 연도별 T-P 발생부하량

구 분	연도별 T-P 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
동지역	34.93	34.89	34.78	35.64
읍지역	17.48	17.59	19.78	19.89
면지역	196.52	196.65	198.13	199.26
총합계	248.93	249.13	252.69	254.79

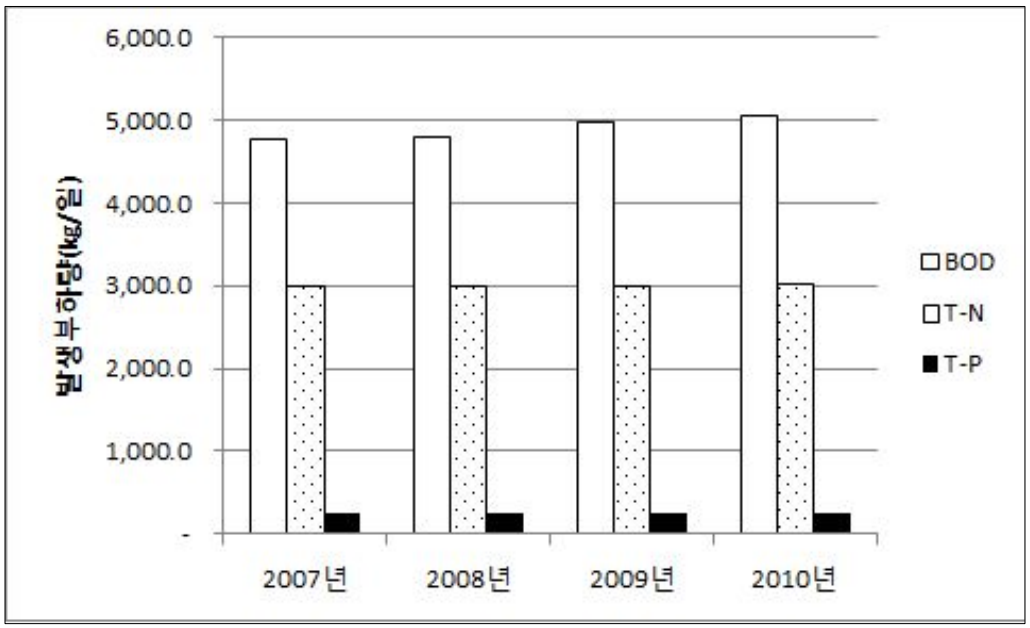

Fig. 5-4. 나주시 연도별 토지계 발생부하량.

나주시의 동지역 토지계 발생부하량은 Table 5-5, Fig 5-5에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 토지계 BOD 발생부하량 916.9 kg/일이었으나 2010년도 953. 2 kg/일로 2007년도 대비 4.0% 증가하였다.

토지계 T-N 발생부하량은 355.2 kg/일에서 357.9 kg/일로 2007년도 대비 0.8% 증가하였으며, 토지계 T-P 발생부하량은 34.93 kg/일에서 35.64 kg/일로 2007년도 대비 2.0% 증가하는 경향을 보여준다. 토지계 발생부하량은 지목변화에서 대지의 증가가 원인인 것으로 생각된다.

Table 5-5. 나주시 동지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	916.9	916.6	914.7	953.2
T-N	355.2	354.7	353.9	357.9
T-P	34.93	34.89	34.78	35.64

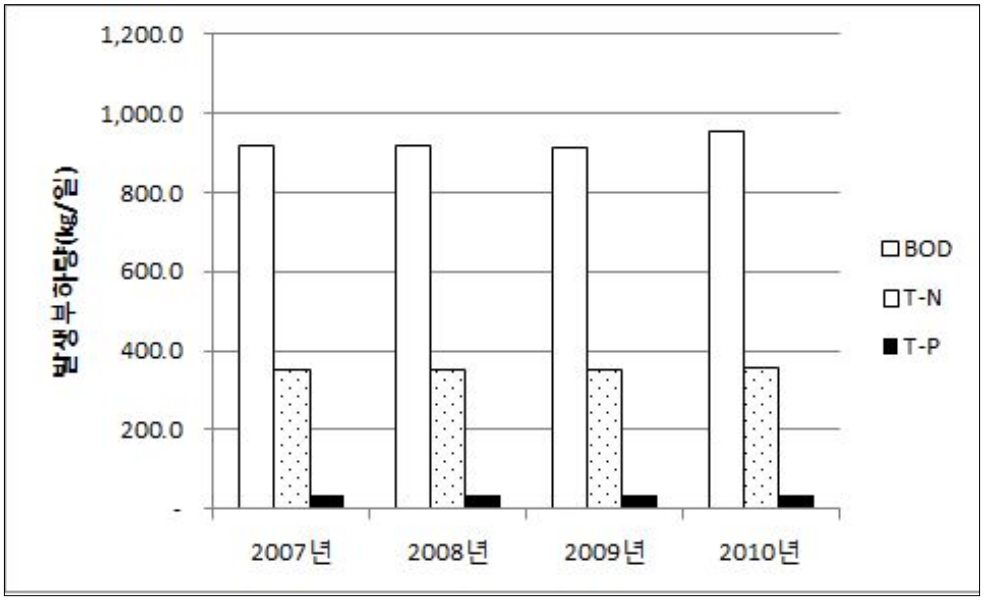

Fig. 5-5. 나주시 연도별 동지역 토지계 발생부하량.

나주시의 읍 지역 토지계 발생부하량은 Table 5-21, Fig 5-6에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 읍 지역 토지계 BOD 발생부하량 332.5 kg/일이었으나 2010년도 439. 7kg/일로 2007년도 대비 32.2% 증가하였다. 읍 지역 토지계 T-N 발생부하량은 220.7 kg/일에서 233.8 kg/일로 2007년도 대비 하여 5.9%증가하였으며, 읍 지역 토지계 T-P 발생부하량은 17.48 kg/일에서 19.89 kg/일로 2007년도 대비 13.8% 증가하는 경향을 보여준다.

Table 5-6. 나주시 읍 지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	332.5	338.7	436.3	439.7
T-N	220.7	221.1	232.8	233.8
T-P	17.48	17.59	19.78	19.89

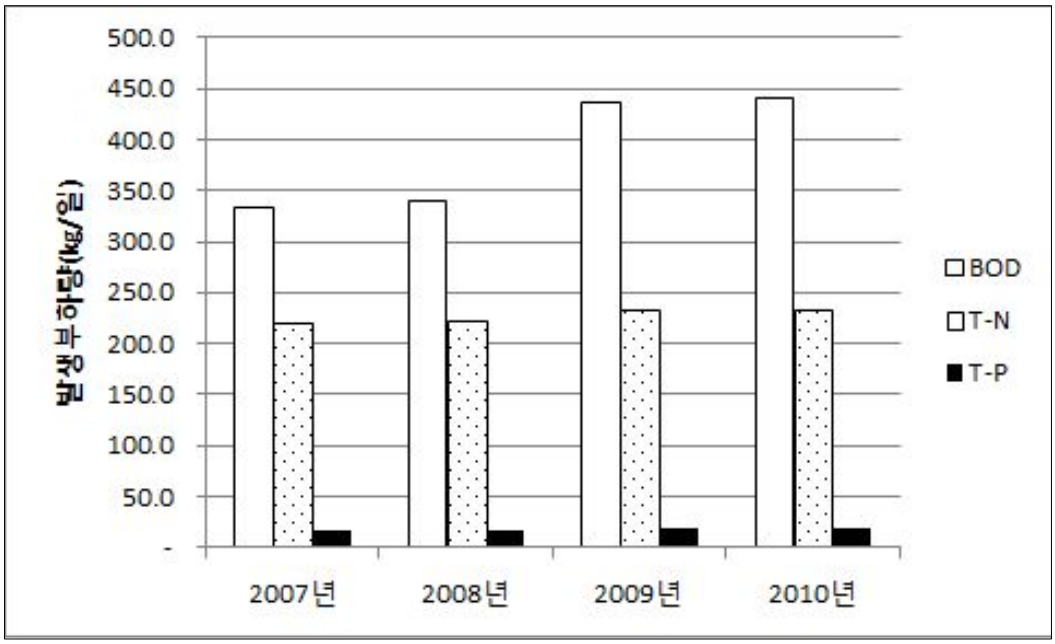

Fig. 5-6. 나주시 연도별 읍 지역 토지계 발생부하량.

나주시의 면지역 토지계 발생부하량을 Table 5-7, Fig 5-7에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 면지역 토지계 BOD 발생부하량 3,519.0 kg/일이었으나 2010년도 3,661.3 kg/일로 2007년도 대비 4.0% 증가하였다.

면지역 토지계 T-N 발생부하량은 2,419.4 kg/일에서 2,435.1 kg/일로 2007년도 대비하여 0.6%증가하였으며, 면지역 토지계 T-P 발생부하량은 196.52 kg/일에서 199.26 kg/일로 2007년도 대비 1.4% 증가하는 경향을 보여준다.

Table 5-7. 나주시 면지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	3,519.0	3,534.5	3,631.0	3,661.3
T-N	2,419.4	2,421.5	2,423.0	2,435.1
T-P	196.52	196.65	198.13	199.26

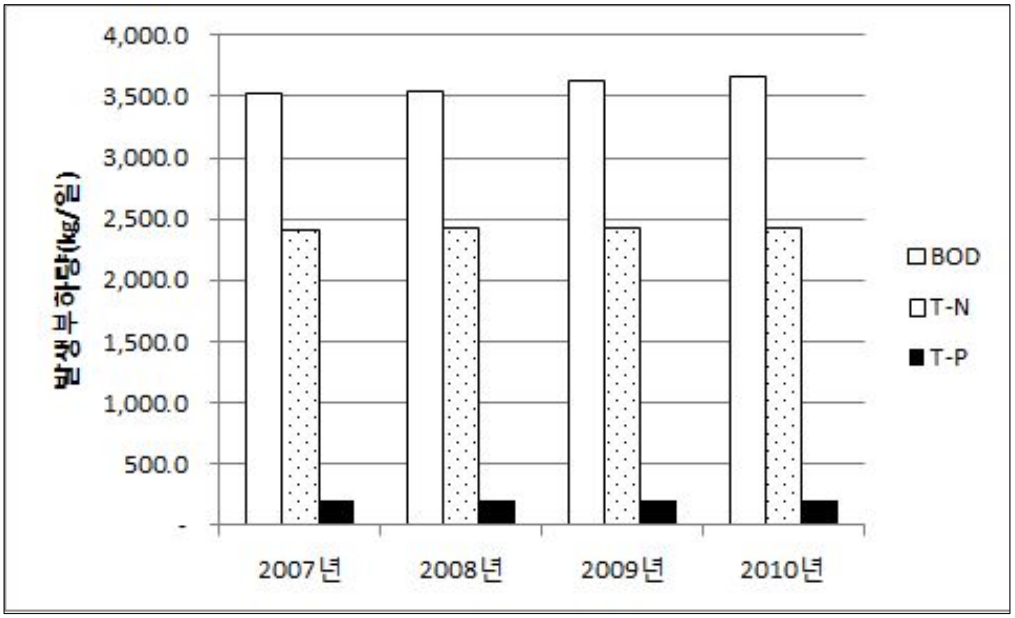

Fig. 5-7. 나주시 연도별 면지역 토지계 발생부하량.

5.1.3 나주시의 토지계 배출부하량

수질오염총량제 기술지침[4]에서 토지계 점오염원은 환경기초시설 방류수, 관거 불량 부위로부터 유출되는 토지계 오염물질의 누수인 토지계 관거누수 및 환경기초시설의 처리시설용량 부족으로 환경기초시설에서 건기 및 우기시 미처리되는 토지계 미처리배제수를 말한다. 토지계 비점오염원은 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수와 우기 시 관거용량 부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터의 토지계 관거월류수를 말한다.

나주시의 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-8, Fig 5-8에 나타낸 바와 같이 2007년도에 4,741.9 kg/일이었으나, 2010년도에는 5,024.2 kg/일로 2007년도 대비하여 연평균 6.0% 증가하였다. 연도별 변화를 보면 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 연도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-8. 나주시 연도별 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	29.3	18.1	41.3	27.0
BOD 비점	4,712.6	4,728.6	4,925.4	4,997.2
계	4,741.9	4,746.7	4,966.7	5,024.2

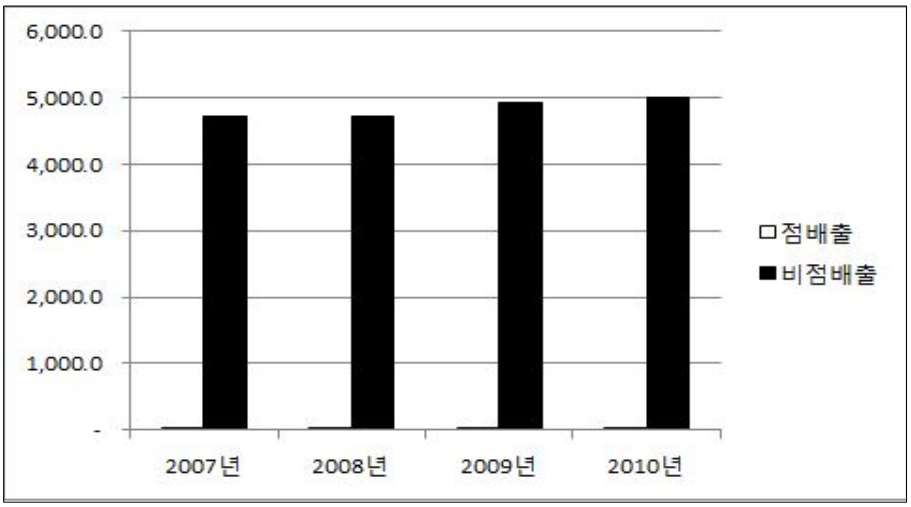

Fig. 5-8. 나주시 토지계 BOD 배출부하량.

나주시의 BOD 점배출부하량 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-9에 나타내었다. 토지계 BOD 점배출부하량에서 주요항목은 관거 누수 부하량이며, 이는 2009년도에 급격한 증가를 보여주고 있다. 토지계 방류부하량은 2009년 이후 하수종말처리장의 방류농도 조절로 인하여 감소하는 경향을 보여준다.

Table 5-9. 나주시 토지계 BOD 점배출부하량 구성요소

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	6.5	6.5	5.0	4.3
관거누수부하량	22.6	11.4	36.2	22.6
관거배제부하량	0.2	0.2	0.2	0.0
계	29.3	18.1	41.3	27.0

나주시의 BOD 비점배출부하량 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-10에 나타내었다. 토지계 BOD 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 Table 5-11의 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다. 토지계 관거 월류 부하량은 우기 시 관거 용량부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받았으며, 비점배출부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-10. 나주시 토지계 BOD 비점배출부하량 구성요소

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	4,675.0	4,699.3	4,893.4	4,963.2
관거월류부하량	37.6	29.3	32.0	34.0
계	4,712.6	4,728.6	4,925.4	4,997.2

Table 5-11. 나주시 강우 배출비 연도별 평균

연 도	강우 배출비의 평균
2007 년	0.998
2008 년	0.996
2009 년	0.992
2010 년	0.996

나주시의 동지역 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-12, Fig. 5-9에 나타낸 바와 같이 2007년도에 891.2 kg/일이었으나 2010년도에는 929.4 kg/일로 2007년도와 비교하면 연평균 4.3% 증가하였다. 동지역의 BOD 점배출부하량은 2009년에 관거 누수부하량이 증가로 나타났으며, 비점배출부하량은 2007년도 873.1 kg/일에서 2010년 903.9 kg/일로 연평균 3.5%를 나타내었다.

Table 5-12. 나주시의 연도별 동지역 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	18.1	12.1	33.7	25.5
BOD 비점	873.1	865.7	867.6	903.9
계	891.2	877.8	901.4	929.4

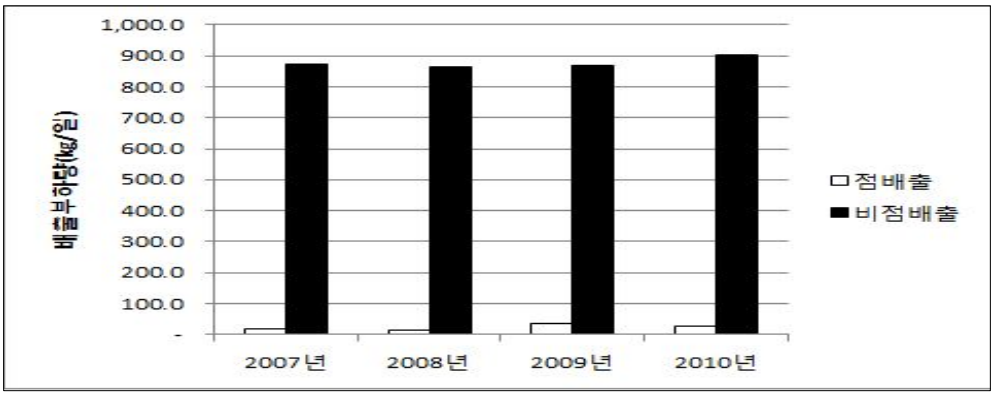

Fig. 5-9. 나주시 동지역 토지계 BOD 배출부하량.

나주시의 읍 지역 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-13, Fig 5-10에 나타낸 바와 같이 2007년도에 332.1 kg/일이었으나, 2010년도에는 436.5 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 31.4% 증가하였다.

읍 지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 328.4 kg/일에서 2010년 436.4 kg/일로 연평균 32.9% 증가를 나타내었다.

Table 5-13. 나주시 연도별 읍 지역 토지계 BOD 배출부하량.

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	3.7	1.7	2.6	0.1
BOD 비점	328.4	334.4	431.5	436.4
계	332.1	336.1	434.2	436.5

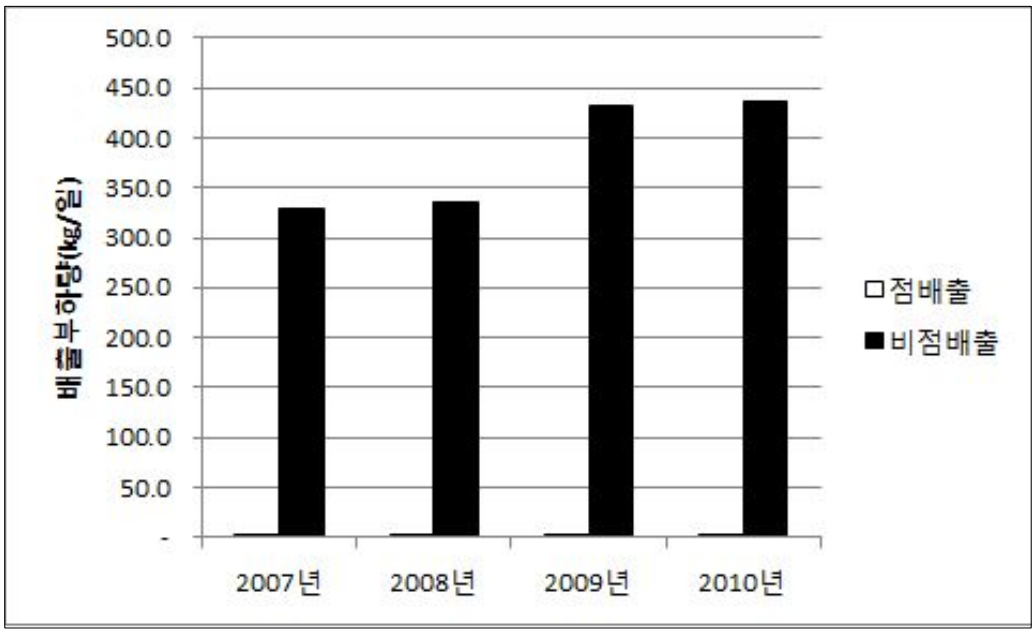

Fig. 5-10. 나주시 읍 지역 토지계 BOD 배출부하량.

나주시의 면지역 토지계 BOD배출부하량은 Table 5-14, Fig 5-11에 나타낸 바와 같이 2007년도에 3,518.6 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,658.3 kg/일로 2007년도 대비 연평균 4.0% 증가하였다.

면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 3,511.1 kg/일에서 2010년 3,656.8 kg/일로 연평균 4.1% 증가를 나타내었다.

Table 5-14. 나주시의 연도별 면지역 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	7.5	4.3	4.9	1.4
BOD 비점	3,511.1	3,528.6	3,626.2	3,656.8
계	3,518.6	3,532.8	3,631.1	3,658.3

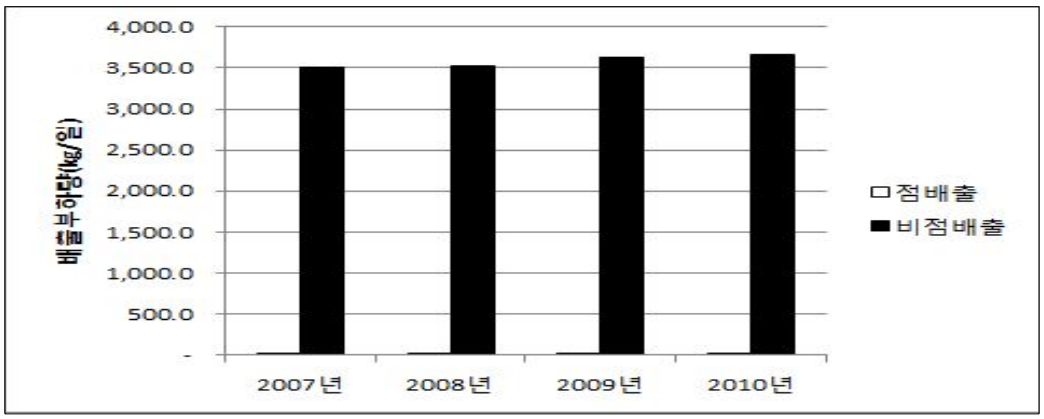

Fig. 5-11. 나주시 면지역 토지계 BOD 배출부하량.

나주시의 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-15, Fig. 5-12에 나타낸 바와 같이 2007년도에 3,008.7 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,033.4 kg/일로 2007년도 대비 연평균 0.8% 증가하였다. 연도별 변화를 보면, 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 년 도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-15. 나주시 연도별 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	18.0	13.2	18.5	13.6
T-N 비점	2,990.7	2,989.3	3,003.6	3,019.8
계	3,008.7	3,002.5	3,022.1	3,033.4

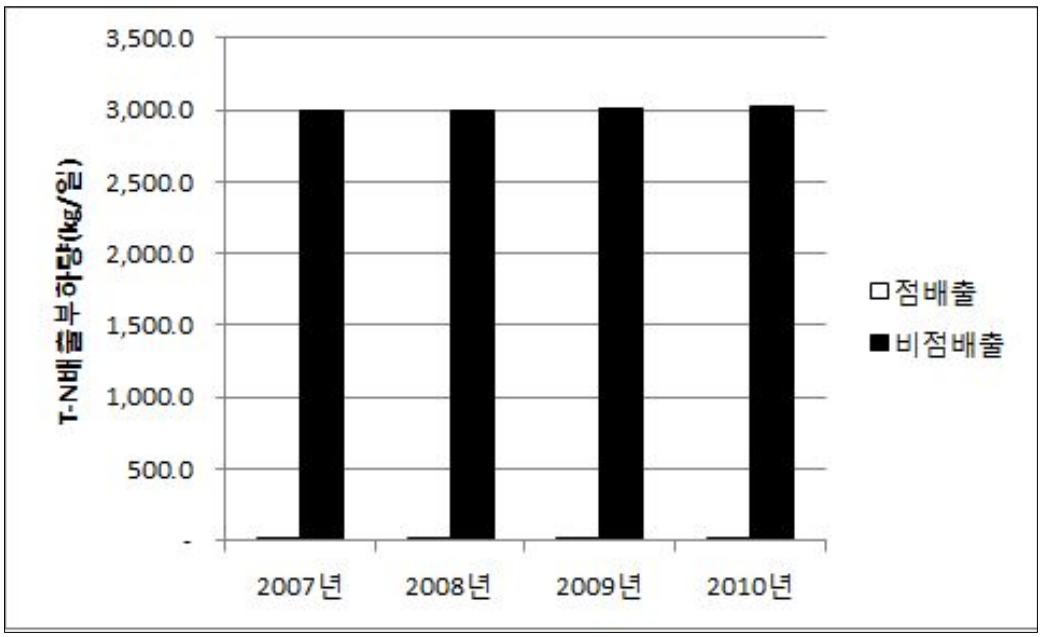

Fig. 5-12. 나주시 토지계 T-N 배출부하량.

나주시의 T-N 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-16에 나타내었다. 토지계 T-N 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량과 관거 누수 부하량이며, 이는 2009년도에 급격한 증가를 보여주고 있다. 토지계 방류부하량은 2009년 이후 하수종말처리장의 방류농도 조절로 인하여 감소하는 경향을 보여준다.

Table 5-16. 나주시 토지계 T-N 점배출부하량의 구성요소

구 분	토지계 T-N 점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	8.8	8.9	5.6	5.6
관거누수부하량	9.2	4.3	12.9	8.1
관거배제부하량	0.1	0.0	0.0	0.0
계	18.0	13.2	18.5	13.6

나주시의 T-N 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-17에 나타내었다. 토지계 T-N 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다. 토지계 관거월류 부하량은 우기 시 관거용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받았으며, 비점배출부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-17. 나주시 토지계 T-N 비점배출부하량의 구성요소

구 분	토지계 T-N 비점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	2,980.4	2,982.9	2,995.5	3,012.3
관거월류부하량	10.3	6.5	8.0	7.5
계	2,990.7	2,989.3	3,003.6	3,019.8

나주시의 동지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-18, Fig. 5-13에 나타낸 바와 같이 2007년도에 365.5 kg/일이었으나, 2010년도에는 363.8 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 0.5% 감소하였다.

동지역의 BOD 비점배출부하량은 2007년도 352.1 kg/일에서 2010년 351.5 kg/일로 연평균 0.2% 감소하고 있다.

Table 5-18. 나주시 년 도별 동지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	13.4	10.3	15.0	12.3
T-N 비점	352.1	347.5	348.2	351.5
계	365.5	357.8	363.2	363.8

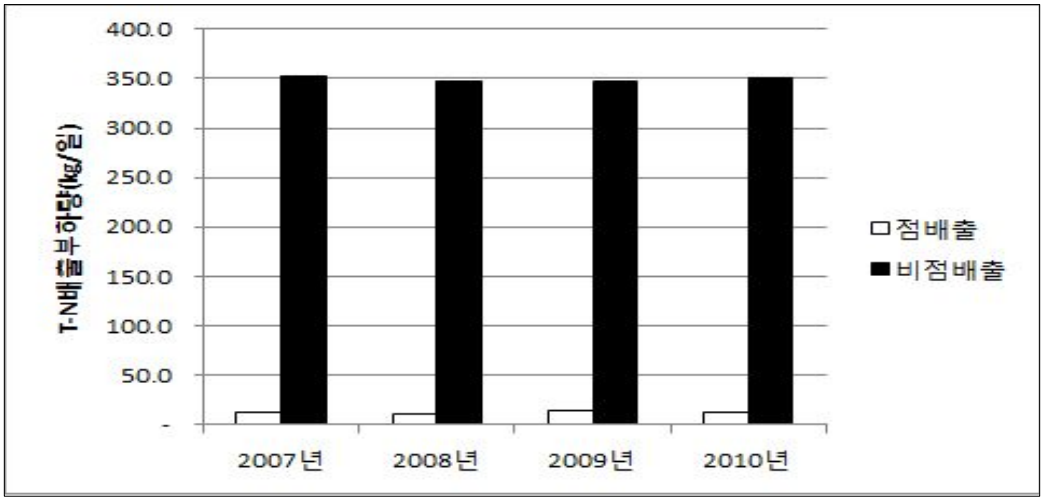

Fig. 5-13. 나주시 동지역의 토지계 T-N 배출부하량.

나주시의 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-19, Fig. 5-14에 나타낸 바와 같이 2007년도에 221.5 kg/일이었으나, 2010년도에는 233.5 kg/일로 2007년도 대비 연평균 5.4% 증가하였다.

읍 지역 T-N 비점배출부하량은 2007년도 220.2 kg/일에서 2010년 233.5 kg/일로 연평균 6.0% 증가를 나타내었다.

Table 5-19. 나주시 연도별 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	1.3	0.6	1.0	0.0
T-N 비점	220.2	220.6	232.6	233.5
계	221.5	221.2	233.6	233.5

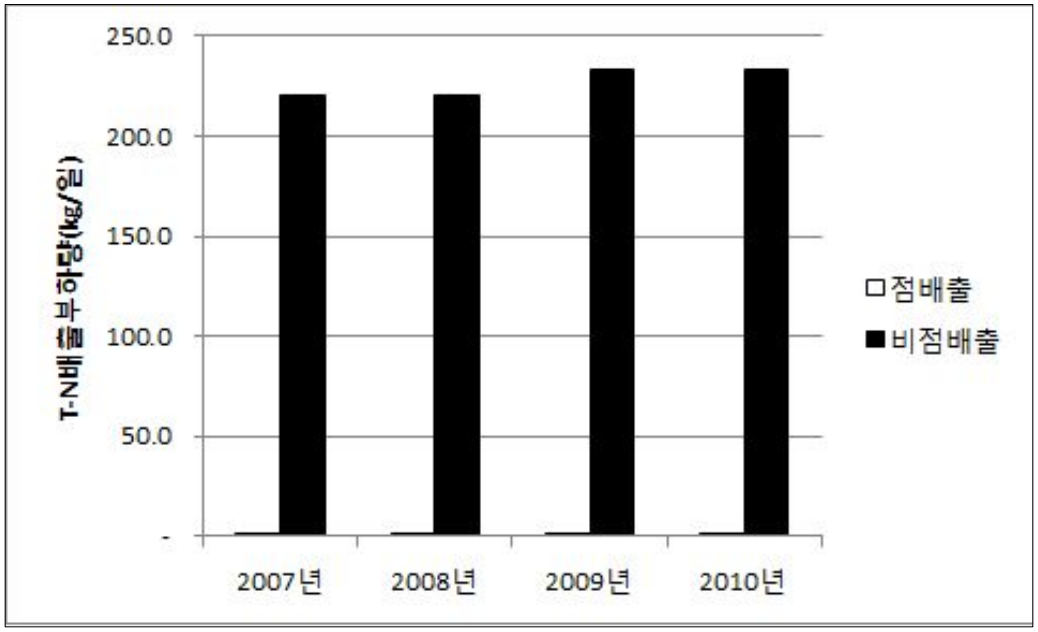

Fig. 5-14. 나주시 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량.

나주시의 면지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-20, Fig. 5-15에 나타낸 바와 같이 2007년도에 3,518.6 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,658.3 kg/일로 2007년도 대비 연평균 4.0% 증가하였으며, 면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 3,511.1 kg/일에서 2010년 3,656.8 kg/일로 연평균 4.1% 증가를 나타내었다.

Table 5-20. 나주시 연도별 면지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	3.3	2.3	2.5	1.3
T-N 비점	2,418.4	2,421.2	2,422.8	2,434.8
계	2,421.8	2,423.5	2,425.3	2,436.2

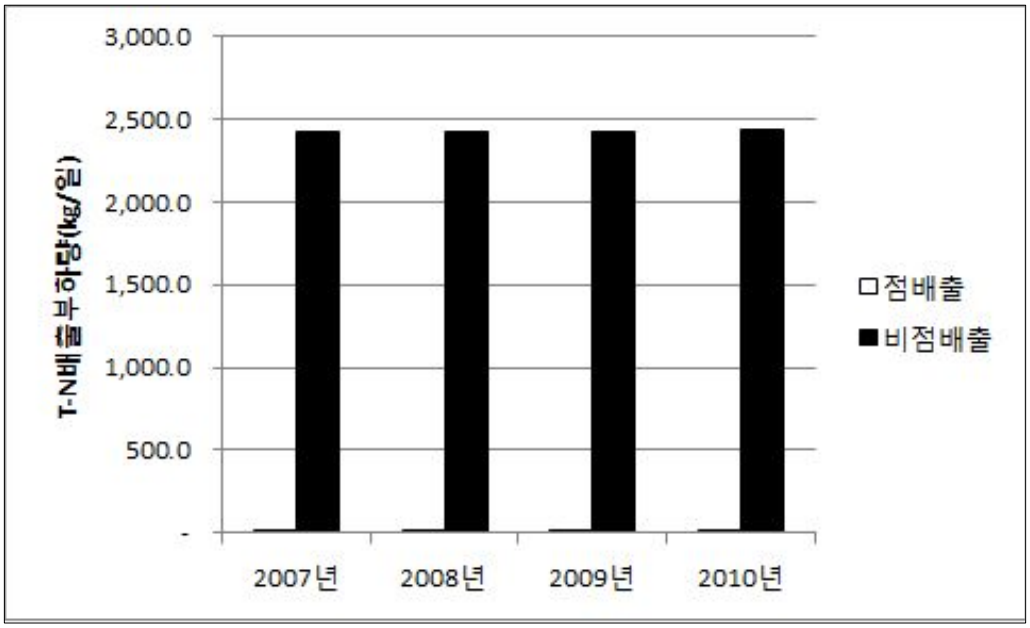

Fig. 5-15. 나주시 면지역 토지계 T-N 배출부하량.

나주시의 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-21, Fig. 5-16에 나타낸 바와 같이 2007년도에 249.21 kg/일이었으나, 2010년도에는 255.01 kg/일로 2007년도 대비 연평균 2.3% 증가하였으며, 연도별 변화를 보면 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 연도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-21. 나주시 연도별 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	19.00	12.56	22.86	17.63
T-P 비점	230.22	229.05	234.24	237.37
계	249.21	241.61	257.10	255.01

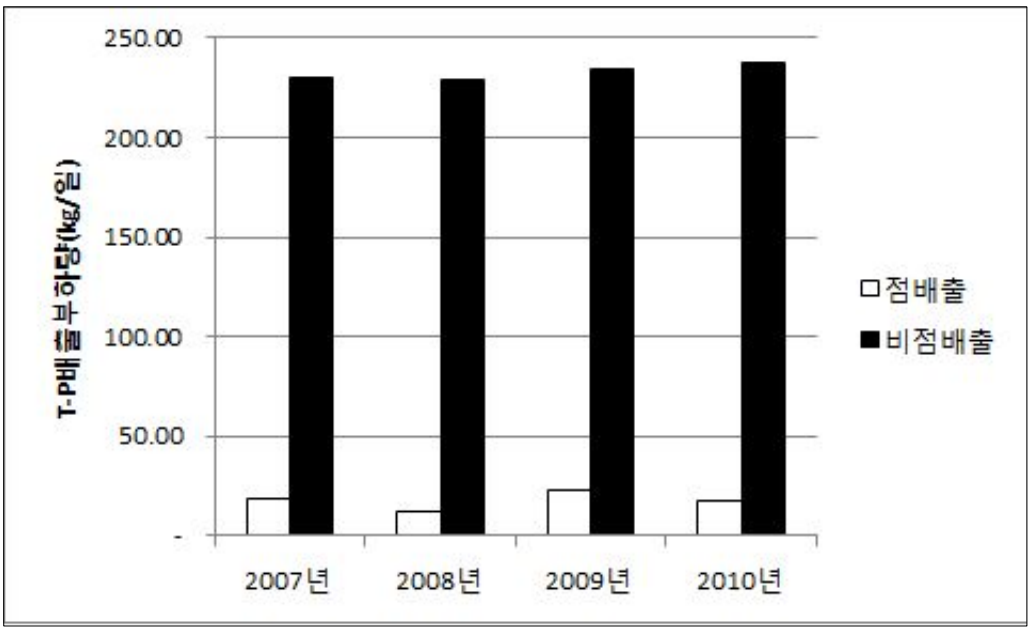

Fig. 5-16. 나주시 토지계 T-P 배출부하량.

나주시의 T-P 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-22에 나타내었다. 토지계 T-P 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량과 관거 누수 부하량이며, 이는 2009년도에 급격한 증가를 보여주고 있다. 토지계 방류부하량은 2009년 이후 하수종말처리장의 방류농도 조절로 인하여 감소하는 경향을 보여준다.

Table 5-22. 나주시 토지계 T-P 점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-P 점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	6.84	6.91	4.61	4.93
관거누수부하량	12.13	5.63	18.23	12.70
관거배제부하량	0.02	0.02	0.02	0.00
계	19.00	12.56	22.86	17.63

나주시의 토지계 T-P 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-23에 나타내었다. 토지계 T-P 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다. 토지계 관거월류 부하량은 우기 시 관거 용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받는다. 비점배출부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-23. 나주시 토지계 T-P 비점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-P 비점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	226.10	227.00	231.01	232.55
관거월류부하량	4.12	2.05	3.23	4.82
계	230.22	229.05	234.24	237.37

나주시의 동지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-24, Fig. 5-17에 나타낸 바와 같이 2007년도에 33.39 kg/일이었으나, 2010년도에는 37.23 kg/일로 2007년도 대비 연평균 11.5% 증가하였다.

동지역의 T-P 비점배출부하량은 2007년도 20.50 kg/일에서 2010년 20.89 kg/일로 연평균 1.9% 증가하고 있다.

Table 5-24. 나주시 연도별 동지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	12.88	8.95	18.30	16.33
T-P 비점	20.50	18.49	19.62	20.89
계	33.39	27.45	37.92	37.23

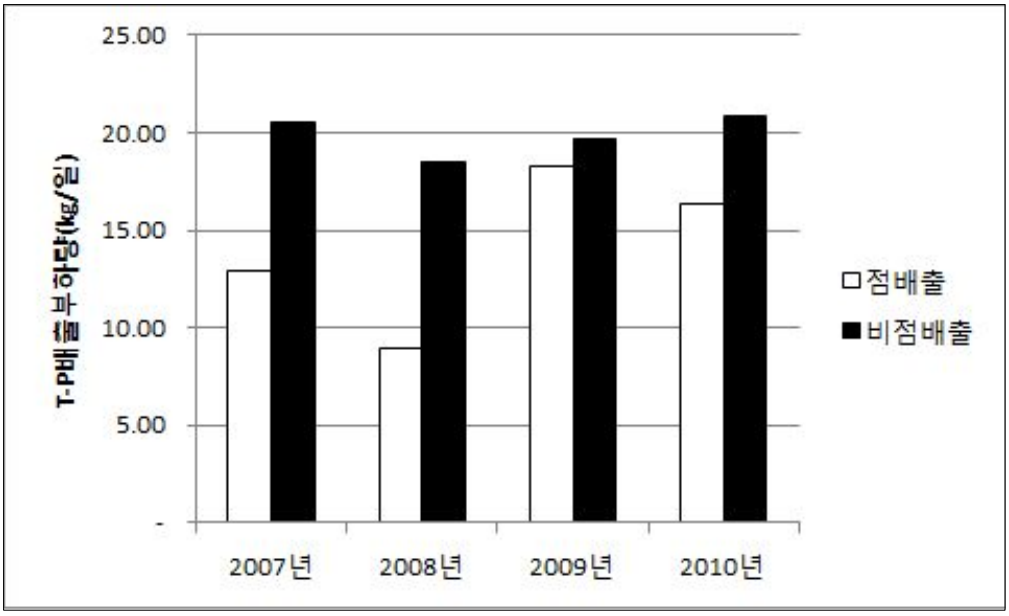

Fig. 5-17. 나주시 동지역 토지계 T-P 배출부하량.

나주시의 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-25, Fig. 5-18에 나타낸 바와 같이 2007년도에 18.07 kg/일이었으나, 2010년도에는 18.96 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 4.9% 증가하였다.

읍 지역 T-P 비점배출부하량은 2007년도 16.17 kg/일에서 2010년 18.91 kg/일로 연평균 16.9% 증가를 나타내었다.

Table 5-25. 나주시 연도별 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	1.90	0.92	1.46	0.06
T-P 비점	16.17	15.89	18.22	18.91
계	18.07	16.81	19.68	18.96

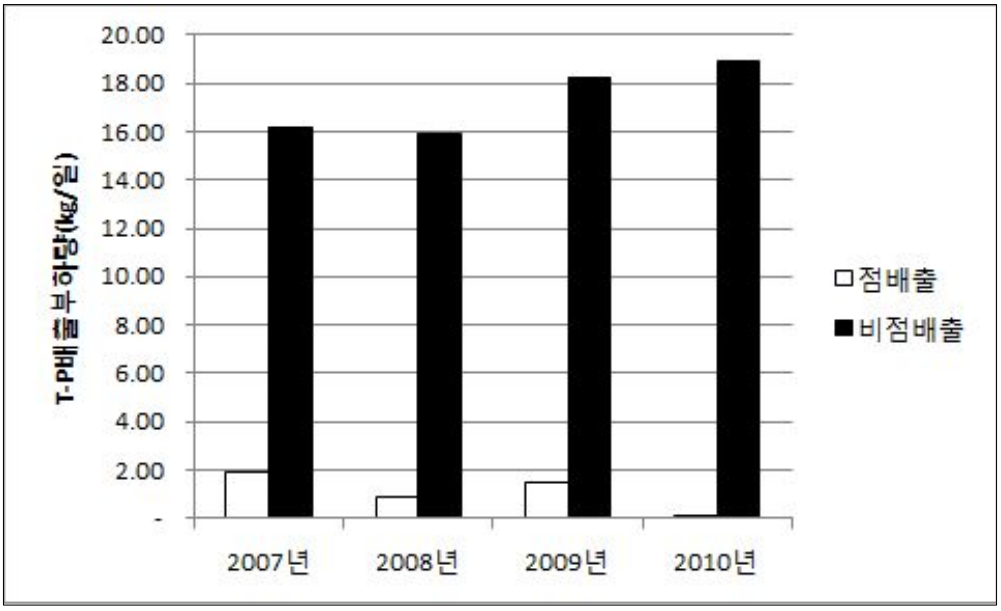

Fig. 5-18. 나주시 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량.

나주시의 면지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-26, Fig. 5-19에 나타낸 바와 같이 2007년도에 197.76 kg/일이었으나, 2010년도에는 198.81 kg/일로 2007년도 대비 연평균 0.5% 증가하였으며, 면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 193.54 kg/일에서 2010년 197.57 kg/일로 연평균 2.1% 증가를 나타내었다.

Table 5-26. 나주시 연도별 면지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	4.21	2.69	3.10	1.24
T-P 비점	193.54	194.67	196.40	197.57
계	197.76	197.36	199.50	198.81

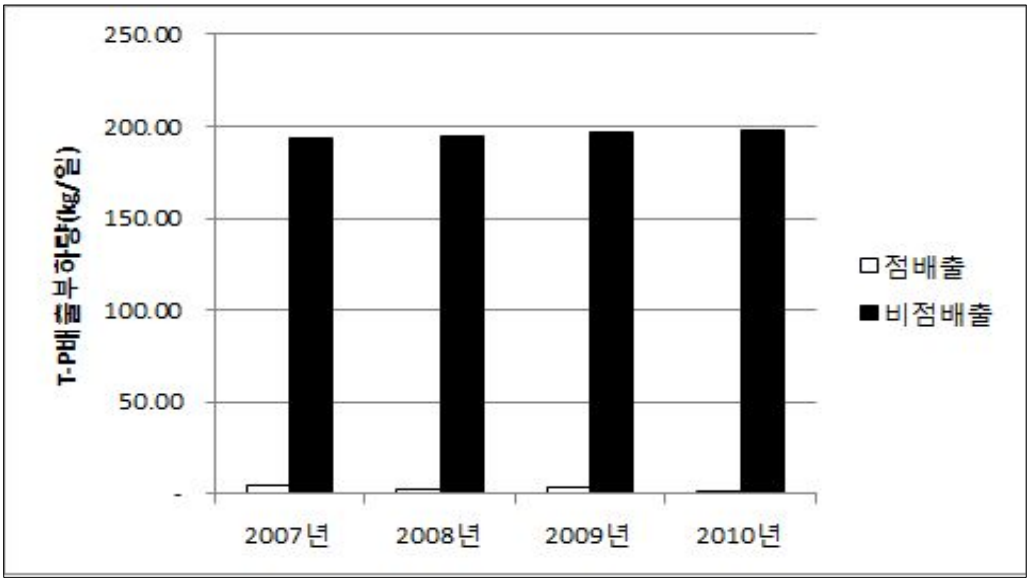

Fig. 5-19. 나주시 면지역 토지계 T-P 배출부하량.

5.2 담양군 토지계 오염원 및 배출부하량

5.2.1 담양군 토지계 오염원

담양군의 토지계 오염원을 Table 5-27에 나타낸 바와 같이 전, 답, 임야, 대지 및 기타로 구분하여 2007년부터 2010년까지 오염원의 변화를 검토하였다. 전, 답 및 임야의 면적은 감소하는 추세이며, 대지 및 기타 지역의 면적은 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도의 지목별 비율은 Fig. 5-21과 같으며, 임야 61.4%, 답 18.8%, 기타 7.9%, 전 6.0% 및 대지는 5.8%로 나타났다. 2010년도의 지목별 비율은 Fig. 5-22와 같으며, 임야 61.1%, 답 18.5%, 기타 8.0%, 전 5.9% 및 대지 6.5%로 나타났다.

Table 5-27. 담양군 토지계 오염원 변화

구 분		지목별 면적(㎢)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	전	2.23	2.17	2.17	2.13
	답	9.77	9.63	9.60	9.33
	임야	10.34	10.18	10.17	9.92
	대지	3.90	4.26	4.30	4.82
	기타	3.28	3.28	3.28	3.34
면지역	전	25.01	24.84	24.84	24.75
	답	75.90	75.29	75.19	74.77
	임야	269.10	268.48	268.36	268.22
	대지	22.60	24.08	24.27	24.83
	기타	32.87	32.80	32.82	32.83
전체	전	27.23	27.01	27.01	26.88
	답	85.67	84.92	84.79	84.10
	임야	279.44	278.66	278.54	278.15
	대지	26.50	28.34	28.57	29.65
	기타	36.16	36.07	36.10	36.18

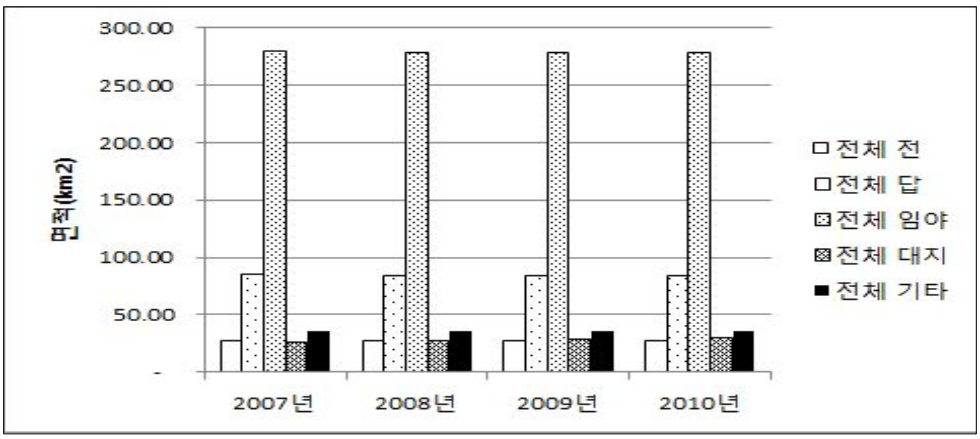

Fig. 5-20. 담양군 지목별 오염원 변화.

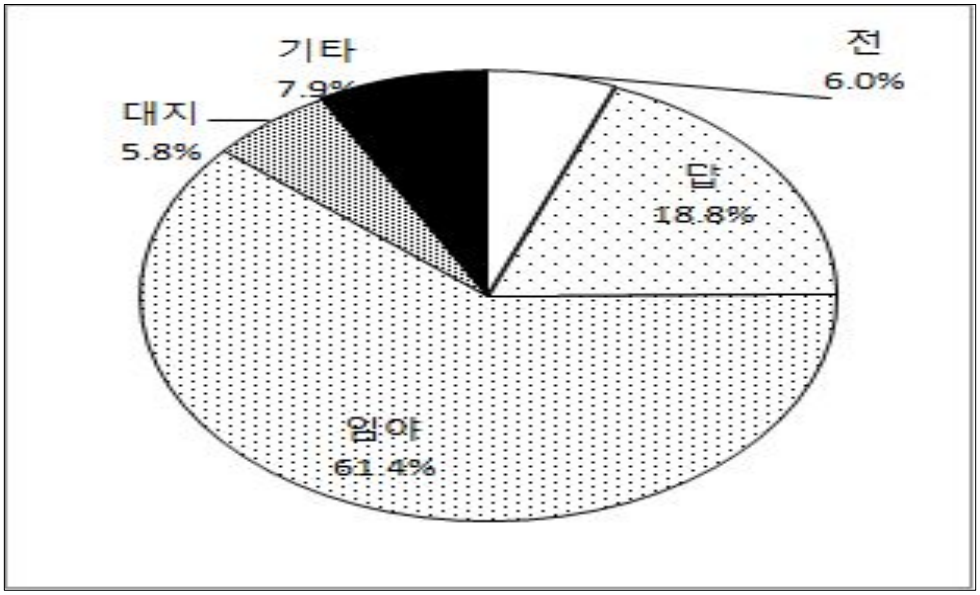

Fig. 5-21. 담양군 2007년도 지목별 면적 비율.

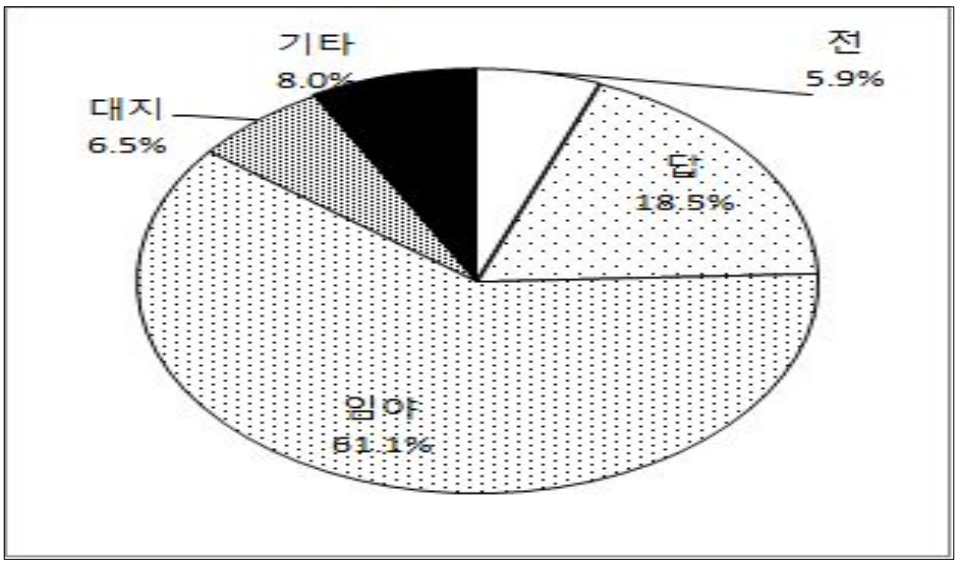

Fig. 5-22. 담양군 2010년도 지목별 면적 비율.

5.2.2 담양군 토지계 발생부하량

담양군의 토지계 발생부하량 변화를 파악하기 위하여 BOD, T-N 및 T-P 발생부하량 산정하였다. 토지계 BOD 발생부하량은 Table 5-28, Fig. 5-23에 나타낸 바와 같이 2007년을 기준으로 2010년까지 연도별로 증가하는 추세를 보여주고 있으며, 2010년도의 토지계 발생부하량은 2007년에 비하여 9.3% 증가율을 보여준다.

토지계 T-N 발생부하량은 Table 5-29와 같이 2007년을 기준으로 2010년도의 증가율은 1.3%를 나타내며, T-P 발생부하량은 Table 5-30과 같이 2007년을 기준으로 2010년도의 증가율은 3.3%를 보여주고 있다.

Table 5-28. 담양군 토지계 연도별 BOD 발생부하량

구 분	연도별 BOD 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	372.8	402.4	404.2	449.7
면지역	2,432.6	2,551.1	2,557.1	2,615.4
총합계	2,805.4	2,953.5	2,961.3	3,065.1

Table 5-29. 담양군 토지계 연도별 T-N 발생부하량

구 분	연도별 T-N 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	163.4	166.2	165.8	171.1
면지역	1,656.9	1,666.2	1,661.6	1,672.7
총합계	1,820.2	1,832.4	1,827.5	1,843.8

Table 5-30. 담양군 토지계 년 도별 T-P 발생부하량

구 분	연도별 T-P 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	16.18	16.78	16.78	17.74
면지역	138.03	140.31	140.10	141.60
총합계	154.21	157.09	156.88	159.34

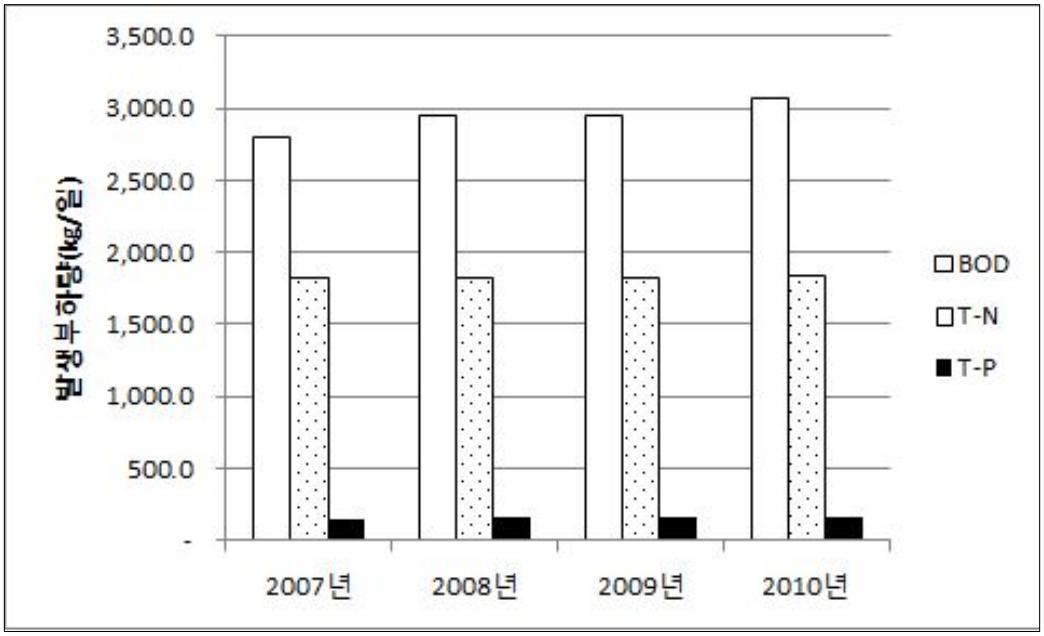

Fig. 5-23. 담양군 연도별 토지계 발생부하량.

담양군의 읍 지역 토지계 발생부하량은 Table 5-31, Fig. 5-24에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 읍 지역 토지계 BOD 발생부하량 372.8 kg/일이었으나 2010년도 449.7 kg/일로 2007년도 대비 20.6% 증가하였다. 읍 지역 토지계 T-N 발생부하량은 163.4 kg/일에서 171.1 kg/일로 2007년도 대비 4.7% 증가하였으며, 읍 지역 토지계 T-P 발생부하량은 16.18 kg/일에서 17.74 kg/일로 2007년도 대비 9.6% 증가하는 경향을 보여준다.

Table 5-31. 담양군 읍 지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	372.8	402.4	404.2	449.7
T-N	163.4	166.2	165.8	171.1
T-P	16.18	16.78	16.78	17.74

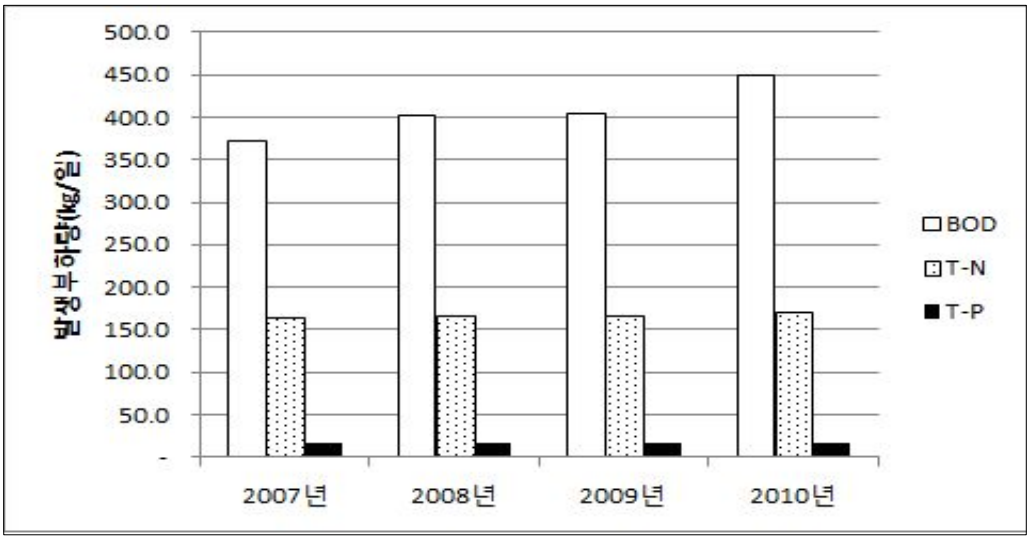

Fig. 5-24. 담양군 연도별 읍 지역 토지계 발생부하량.

담양군의 면지역 토지계 발생부하량은 Table 5-32, Fig. 5-25에 나타낸 바와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 면지역 토지계 BOD 발생부하량 2,432.6 kg/일이었으나 2010년도 2,615.4 kg/일로 2007년도 대비 7.5% 증가하였다. 면지역 토지계 T-N 발생부하량은 1,656.9 kg/일에서 1,672.7 kg/일로 2007년도 대비하여 1.0% 증가하였으며, 면지역 토지계 T-P 발생부하량은 138.03 kg/일에서 141.60 kg/일로 2007년도 대비 2.6% 증가하는 경향을 보여준다.

Table 5-32. 담양군 면지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	2,432.6	2,551.1	2,557.1	2,615.4
T-N	1,656.9	1,666.2	1,661.6	1,672.7
T-P	138.03	140.31	140.10	141.60

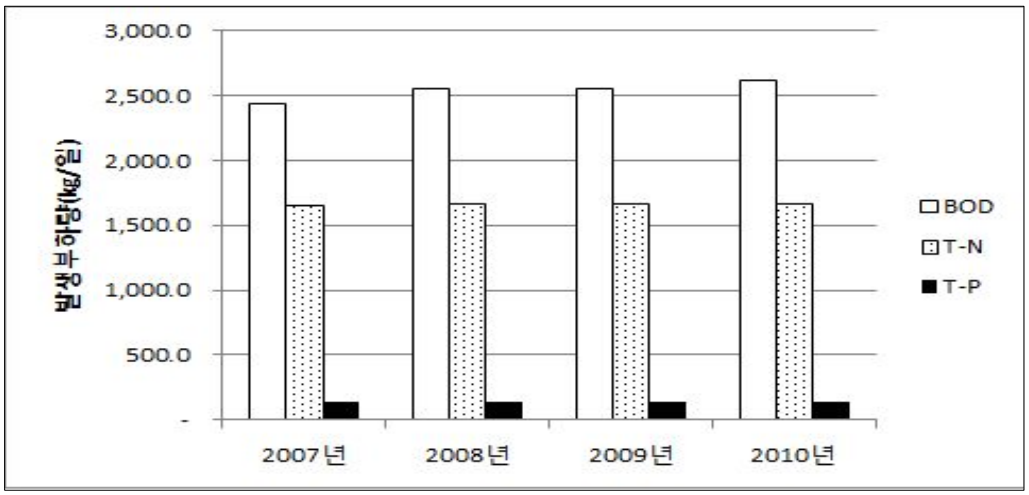

Fig. 5-25. 담양군 연도별 면지역 토지계 발생부하량.

5.2.3 담양군 토지계 배출부하량

수질오염총량제 기술지침[4]에서 토지계 점오염원은 환경기초시설 방류수, 관거 불량 부위로부터 유출되는 토지계 오염물질의 누수인 토지계 관거 누수 및 환경기초시설의 처리시설용량 부족으로 환경기초시설에서 건기 및 우기 시 미처리되는 토지계 미처리배제수를 말한다. 토지계 비점오염원은 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수와 우기 시 관거 용량 부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터의 토지계 관거월류수를 말한다.

담양군의 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-33, Fig. 5-26에 나타낸 바와 같이 2007년도에 2,802.4 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,058.2 kg/일로 2007년도 대비 연평균 9.1% 증가하였으며, 연도별 변화를 보면 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 연도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-33. 담양군 연도별 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	0.3	2.0	0.4	0.6
BOD 비점	2,802.1	2,938.1	2,954.5	3,057.6
계	2,802.4	2,940.0	2,954.9	3,058.2

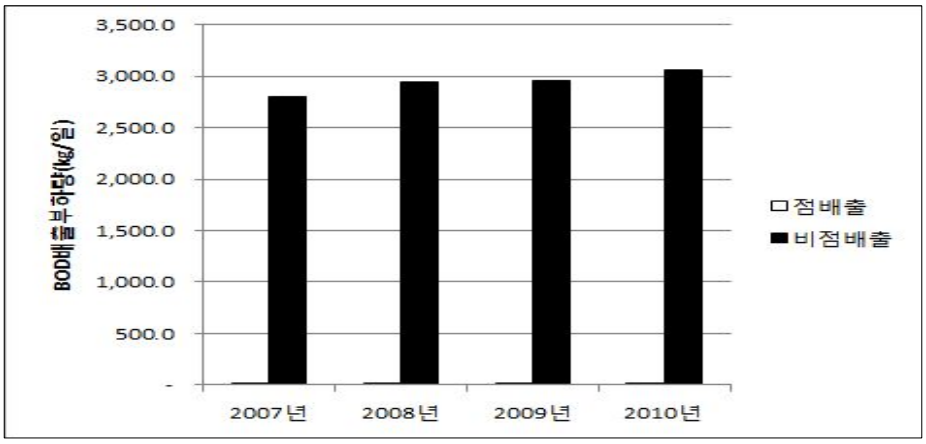

Fig. 5-26. 담양군 토지계 BOD 배출부하량.

담양군의 BOD 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-34에 나타내었다. 토지계 BOD 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량이며, 이는 2008년도에 급격한 증가를 보여주고 있다. 토지계 관거누수부하량은 2007~2009년 기간에는 0.0 kg/일을 보이다가 2010년에 하수관거 확대가 이루어져 0.2로 높게 나타나고 있다.

Table 5-34. 담양군 토지계 BOD 점배출부하량 구성요소

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	0.1	1.8	0.2	0.4
관거누수부하량	-	-	-	0.2
관거배제부하량	0.2	0.2	0.2	0.0
계	0.3	2.0	0.4	0.6

담양군의 BOD 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-35에 나타내었다. 토지계 BOD 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다. 토지계 관거 월류부하량은 우기 시 관거용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받은 것으로 생각되며, 비점배출부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-35. 나주시 토지계 BOD 비점배출부하량 구성요소

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	2,801.4	2,931.2	2,952.1	3,055.7
관거월류부하량	0.7	6.9	2.3	1.9
계	2,802.1	2,938.1	2,954.5	3,057.6

담양군의 읍 지역 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-36, Fig. 5-27에 나타낸 바와 같이 2007년도에 372.1kg/일이었으나, 2010년도에는 449.3 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 20.7% 증가하였다.

읍 지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 371.7 kg/일에서 2010년 448.9 kg/일로 연평균 20.8% 증가를 나타내었다.

Table 5-36. 담양군 연도별 읍 지역 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	0.3	2.0	0.4	0.4
BOD 비점	371.7	394.0	403.5	448.9
계	372.1	395.9	403.9	449.3

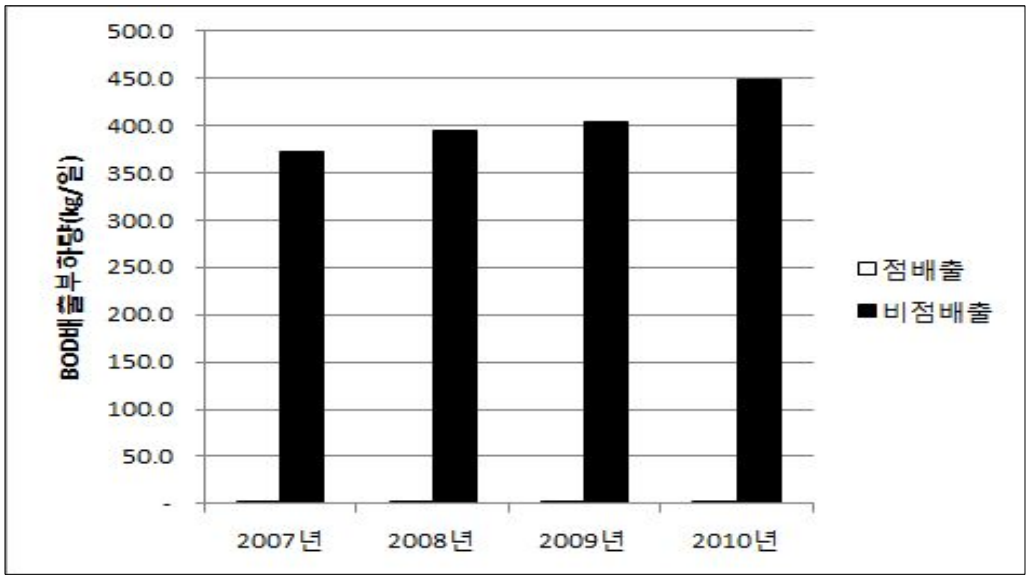

Fig. 5-27. 담양군 읍 지역 토지계 BOD 배출부하량.

담양군의 면지역 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-37, Fig. 5-28에 나타낸 바와 같이 2007년도에 2,430.3 kg/일이었으나, 2010년도에는 2,608.8 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 7.3% 증가하였다.

면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 2,430.3 kg/일에서 2010년 2,608.7 kg/일로 연평균 7.3% 증가를 나타내었다.

Table 5-37. 담양군 연도별 면지역 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD 점	-	-	-	0.2
BOD 비점	2,430.3	2,544.1	2,551.0	2,608.7
계	2,430.3	2,544.1	2,551.0	2,608.8

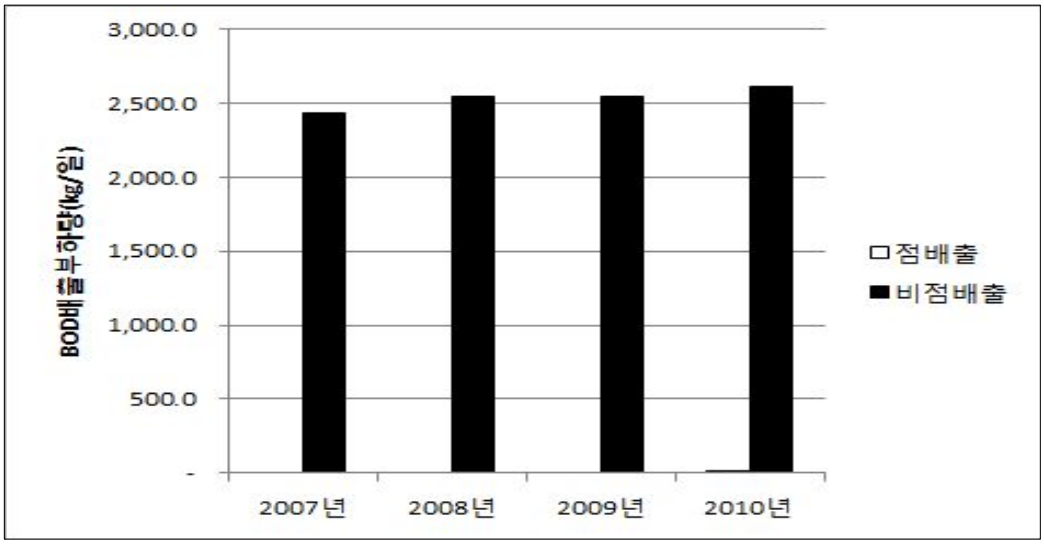

Fig. 5-28. 담양군 면지역 토지계 BOD 배출부하량.

담양군의 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-38, Fig. 5-29에 나타낸 바와 같이 2007년도에 1,820.8 kg/일이었으나, 2010년도에는 1,844.1 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 1.3% 증가하였다. 연도별 변화를 보면, 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 년도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-38. 담양군 연도별 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	1.0	2.5	1.0	1.1
T-N 비점	1,819.8	1,830.6	1,826.7	1,843.1
계	1,820.8	1,833.1	1,827.7	1,844.1

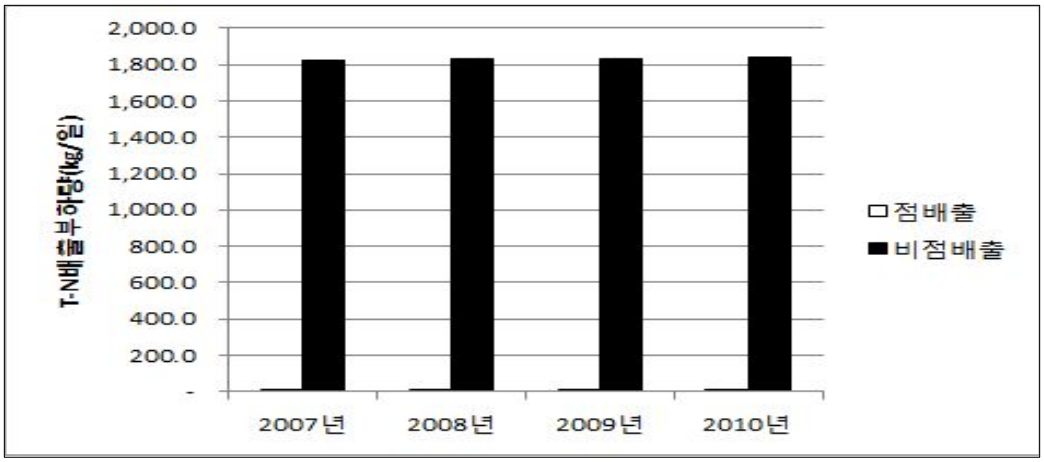

Fig. 5-29. 담양군 토지계 T-N 배출부하량.

담양군의 T-N 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-39에 나타내었다. 토지계 T-N 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량과 관거 누수 부하량이며, 이는 2009년도에 급격한 증가를 보여주고 있다. 토지계 방류부하량은 2009년 이후 하수종말처리장의 방류농도 조절로 인하여 감소하는 경향을 보여준다.

Table 5-39. 담양군 토지계 T-N 점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-N 점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	1.0	2.5	0.9	1.0
관거누수부하량	-	-	-	0.1
관거배제부하량	0.0	0.1	0.1	0.0
계	1.0	2.5	1.0	1.1

담양군의 T-N 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-40에 나타내었다. 토지계 T-N 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 년 도별 강우배출비의 영향을 받고 있다. 토지계 관거 월류부하량은 우기 시 관거 용량부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받으며, 비점배출부하량은 년 도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-40. 담양군 토지계 T-N 비점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-N 비점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	1,819.6	1,828.8	1,826.0	1,842.3
관거월류부하량	0.2	1.8	0.7	0.8
계	1,819.8	1,830.6	1,826.7	1,843.1

담양군의 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-41, Fig. 5-30에 나타낸 바와 같이 2007년도에 164.2 kg/일이었으나, 2010년도에는 172.0 kg/일로 2007년도 대비 연평균 4.8% 증가하였다.

읍지역 T-N 비점배출부하량은 2007년도 163.2 kg/일에서 2010년 171.0 kg/일로 연평균 4.8% 증가를 나타내었다.

Table 5-41. 담양군 연도별 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	1.0	2.5	1.0	1.0
T-N 비점	163.2	165.5	165.8	171.0
계	164.2	168.0	166.8	172.0

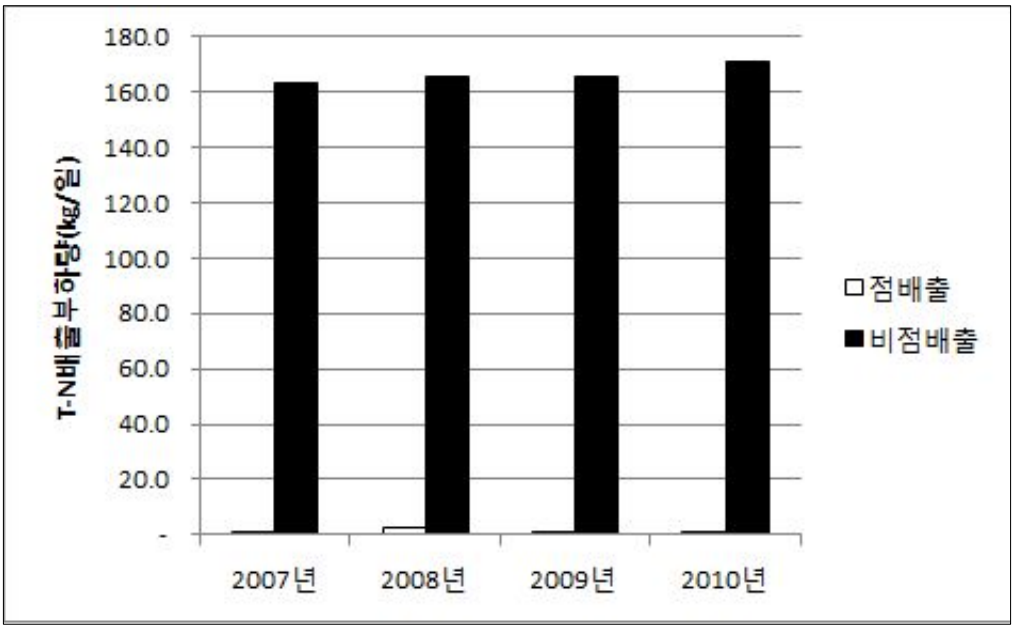

Fig. 5-30. 담양군 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량.

담양군의 면지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-42, Fig. 5-31에 나타낸 바와 같이 2007년도에 1,656.6 kg/일이었으나, 2010년도에는 1,672.1 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 0.9% 증가하였다.

면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 1,656.6 kg/일에서 2010년 1,672.1 kg/일로 연평균 0.9% 증가를 나타내었다.

Table 5-42. 담양군 연도별 면지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	-	-	-	0.1
T-N 비점	1,656.6	1,665.1	1,661.0	1,672.1
계	1,656.6	1,665.1	1,661.0	1,672.1

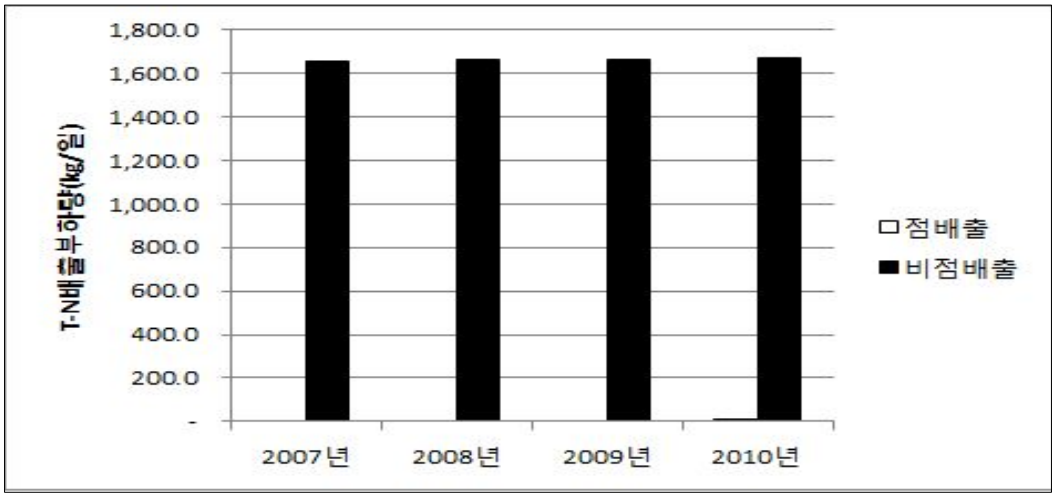

Fig. 5-31. 담양군 면지역 토지계 T-N 배출부하량.

담양군의 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-43, Fig. 5-32에 나타낸 바와 같이 2007년도에 153.97 kg/일이었으나, 2010년도에는 158.59 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 3.0% 증가하였다.

연도별 변화를 보면, 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하며, 토지계 점배출부하량은 년 도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-43. 담양군 연도별 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	0.58	1.94	0.85	1.07
T-P 비점	153.39	153.84	155.02	157.52
계	153.97	155.78	155.87	158.59

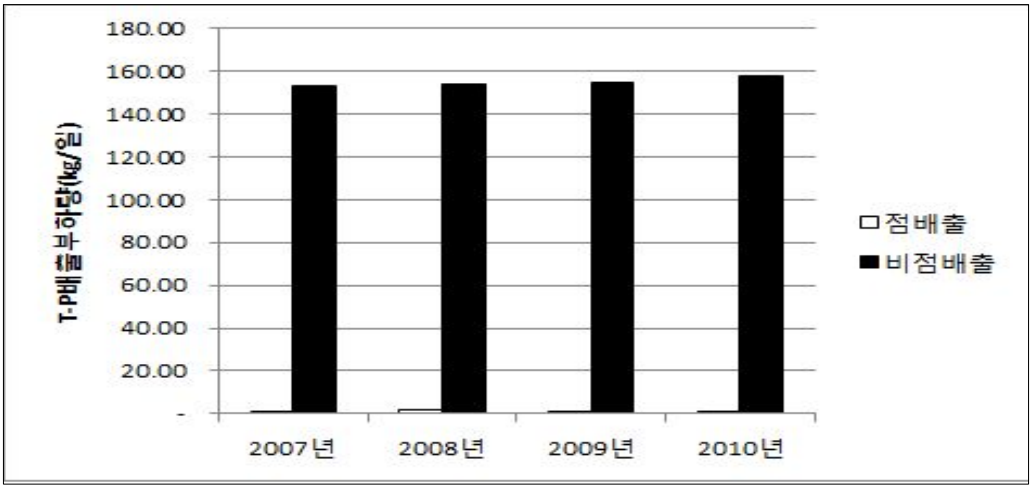

Fig. 5-32. 담양군 토지계 T-P 배출부하량

담양군의 T-P 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-44에 나타내었다. 토지계 T-P 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량과 관거 누수 부하량이며, 이는 2009년도에 급격한 증가를 보여주고 있다. 토지계 방류부하량은 2009년 이후 하수종말처리장의 방류농도 조절로 인하여 감소하는 경향을 보여준다.

Table 5-44. 담양군 토지계 T-P 점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-P 점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	0.54	1.90	0.81	0.95
관거누수부하량	-	-	-	0.12
관거배제부하량	0.03	0.03	0.03	0.00
계	0.58	1.94	0.85	1.07

담양군의 토지계 T-P 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-45에 나타내었다. 토지계 T-P 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다. 토지계 관거월류 부하량은 우기 시 관거용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받으며, 비점배출부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-45. 담양군 토지계 T-P 비점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-P 비점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	153.24	153.18	154.65	157.03
관거월류부하량	0.15	0.66	0.38	0.49
계	153.39	153.84	155.02	157.52

담양군의 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-46, Fig. 5-33에 나타낸 바와 같이 2007년도에 16.48 kg/일이었으나, 2010년도에는 18.49 kg/일로 2007년도 대비 연평균 12.2% 증가하였다.

읍지역 T-P 비점배출 부하량은 2007년도 15.90 kg/일에서 2010년 17.53 kg/일로 연평균 10.3% 증가를 나타내었다.

Table 5-46. 담양군 연도별 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	0.58	1.94	0.85	0.96
T-P 비점	15.90	13.70	16.58	17.53
계	16.48	15.64	17.42	18.49

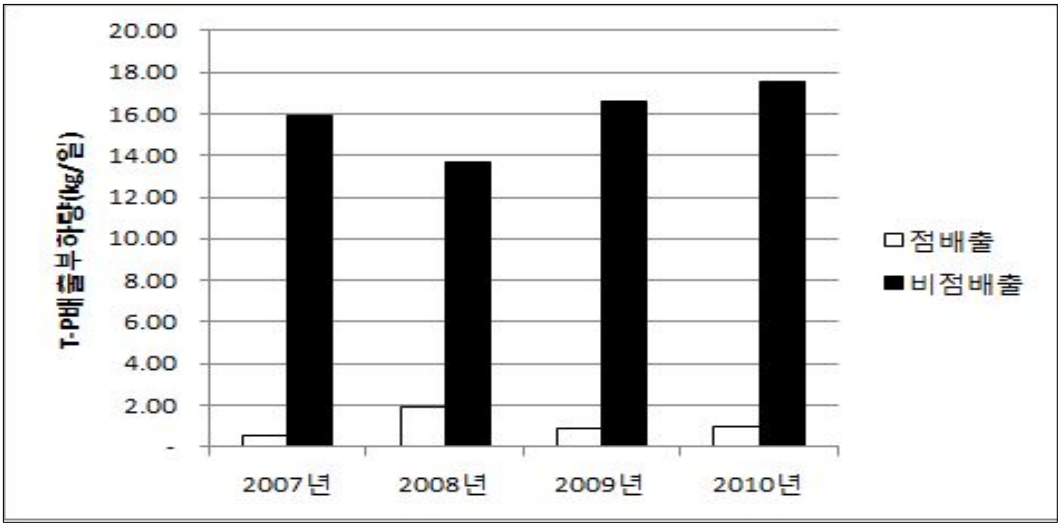

Fig. 5-33. 담양군 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량.

담양군의 면지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-47, Fig. 5-34에 나타낸 바와 같이 2007년도에 137.49 kg/일이었으나, 2010년도에는 140.10 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 1.9% 증가하였다.

면지역 T-P 비점배출부하량은 2007년도 137.49 kg/일에서 2010년 139.99 kg/일로 연평균 1.8% 증가를 나타내었다.

Table 5-47. 담양군 연도별 면지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	-	-	-	0.11
T-P 비점	137.49	140.14	138.45	139.99
계	137.49	140.14	138.45	140.10

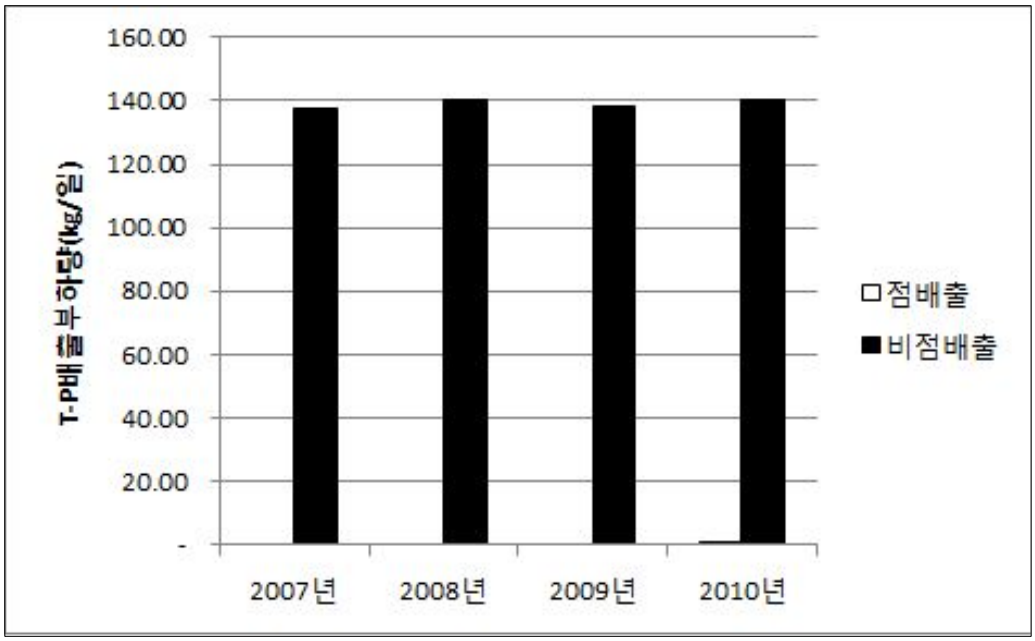

Fig. 5-34. 담양군 면지역 토지계 T-P 배출부하량.

5.3 화순군 토지계 오염원 및 배출부하량

5.3.1 화순군 토지계 오염원

화순군의 토지계 오염원을 전, 답, 임야, 대지 및 기타로 구분하여 Table 5-48과 같이 2007년부터 2010년까지 오염원의 변화를 검토하였다. Fig. 5-35와 같이 전, 답 및 임야의 면적은 감소하는 추세이며, 대지 및 기타 지역의 면적은 증가하는 추세를 보여준다.

2007년도의 지목별 비율은 Fig. 5-36과 같이 임야 73.7%, 답 9.9%, 전 6.5%, 기타 6.2% 및 대지 3.7%를 나타났으며, 2010년도의 지목별 비율은 Fig. 5-37과 같이 임야 73.5%, 답 9.6%, 전 6.4%, 기타 6.3% 및 대지 4.3%로 나타났다.

Table 5-48. 화순군 토지계 오염원 변화

구 분		지목별 면적(㎢)			
		2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	전	7.24	7.25	6.98	6.92
	답	8.32	7.79	7.52	7.60
	임야	45.52	45.35	45.23	45.20
	대지	4.83	5.46	6.20	6.24
	기타	3.80	3.80	3.76	3.75
면지역	전	43.91	43.70	43.33	43.32
	답	69.57	69.06	67.69	67.57
	임야	534.40	533.76	532.95	532.98
	대지	24.44	25.39	27.38	27.52
	기타	44.66	45.06	45.69	45.75
전체	전	51.15	50.96	50.31	50.24
	답	77.88	76.85	75.22	75.17
	임야	579.91	579.11	578.18	578.18
	대지	29.27	30.85	33.59	33.75
	기타	48.45	48.86	49.45	49.50

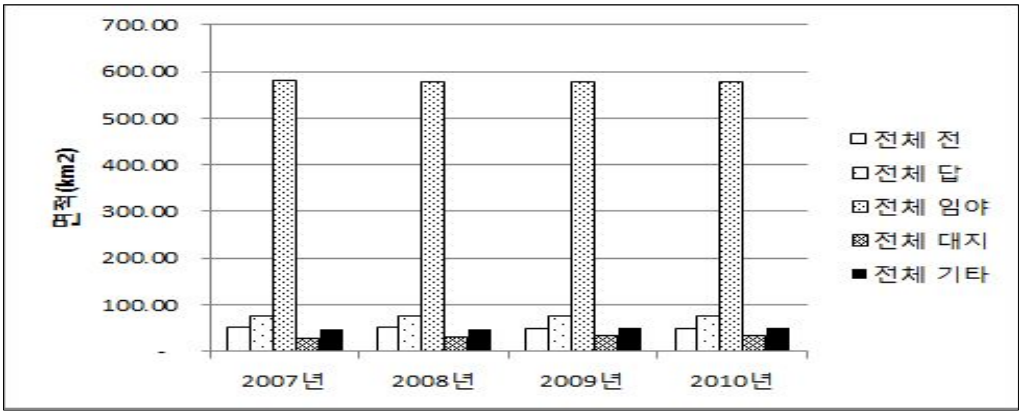

Fig. 5-35. 화순군 지목별 면적 변화.

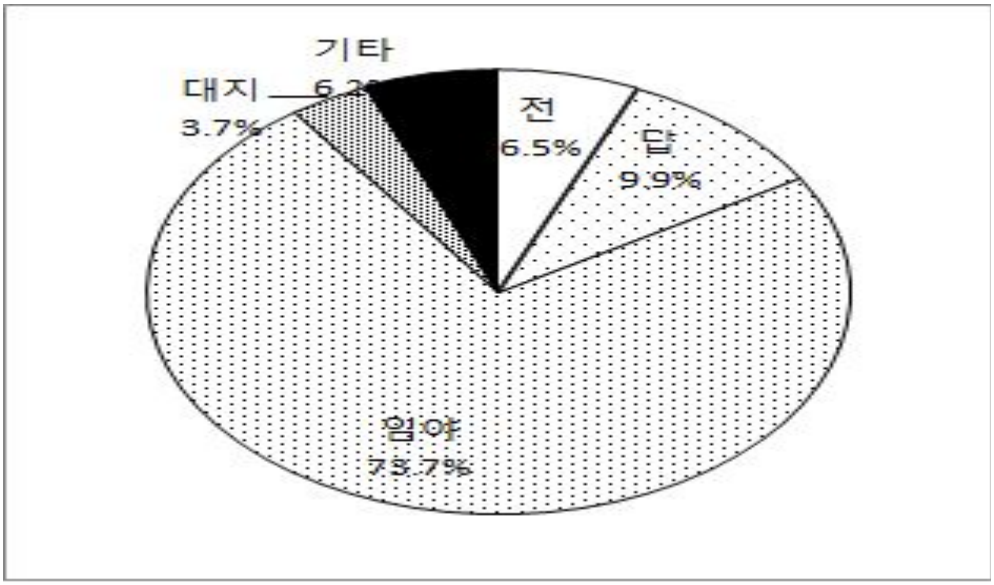

Fig. 5-36. 화순군 2007년도 지목별 면적 비율.

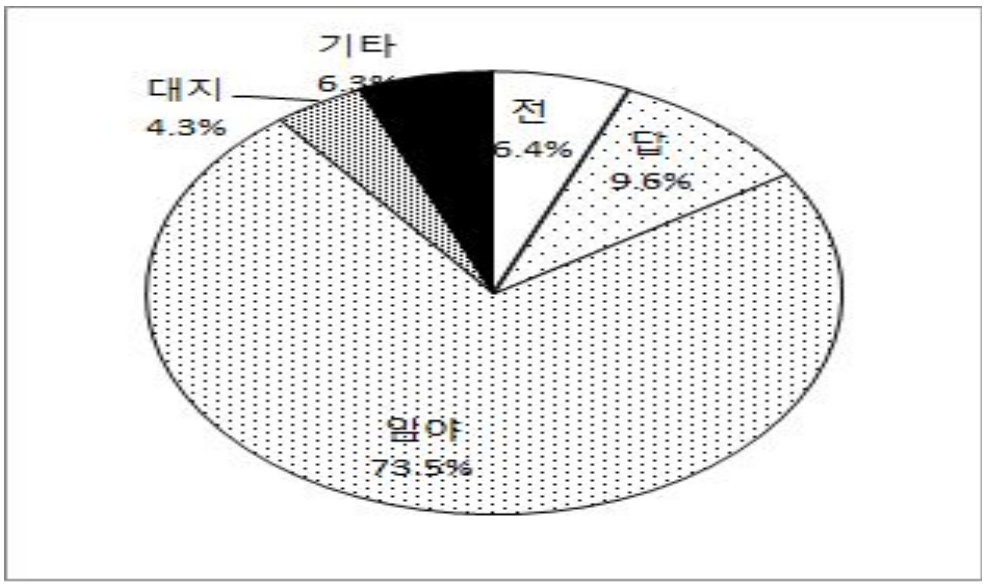

Fig. 5-37. 화순군 2010년도 지목별 면적 비율.

5.3.2 화순군 토지계 발생부하량

화순군의 토지계 발생부하량 변화를 파악하기 위하여 BOD, T-N 및 T-P 발생부하량을 산정하였다.

토지계 BOD 발생부하량은 Table 5-49, Fig 5-38에 나타낸 바와 같이 2007년을 기준으로 2010년까지 연도별로 증가하는 추세를 보여주고 있으며, 2010년도의 토지계 발생부하량은 2007년에 비하여 5.7% 증가율을 보여준다. 토지계 T-N 발생부하량은 Table 5-50에 나타낸 바와 같이 2007년을 기준으로 2010년도의 증가율은 1.1%를 나타내며, T-P 발생부하량은 Table 5-51에 나타낸 바와 같이 2007년을 기준으로 2010년도의 증가율은 3.5%를 보여주고 있다.

Table 5-49. 화순군 토지계 년 도별 BOD 발생부하량

구 분	연도별 BOD 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	490.1	542.2	602.0	607.6
면지역	2,862.2	2,935.9	3,089.8	3,117.7
총합계	3,352.3	3,478.1	3,691.8	3,725.4

Table 5-50. 화순군 토지계 연도별 T-N 발생부하량

구 분	연도별 T-N 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	291.4	295.7	300.1	301.7
면지역	2,408.9	2,410.7	2,414.3	2,428.7
총합계	2,700.3	2,706.5	2,714.4	2,730.4

Table 5-51. 화순군 토지계 연도별 T-P 발생부하량

구 분	연도별 T-P 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
읍지역	23.37	24.31	25.52	25.73
면지역	179.87	181.06	183.46	184.68
총합계	203.24	205.37	208.98	210.41

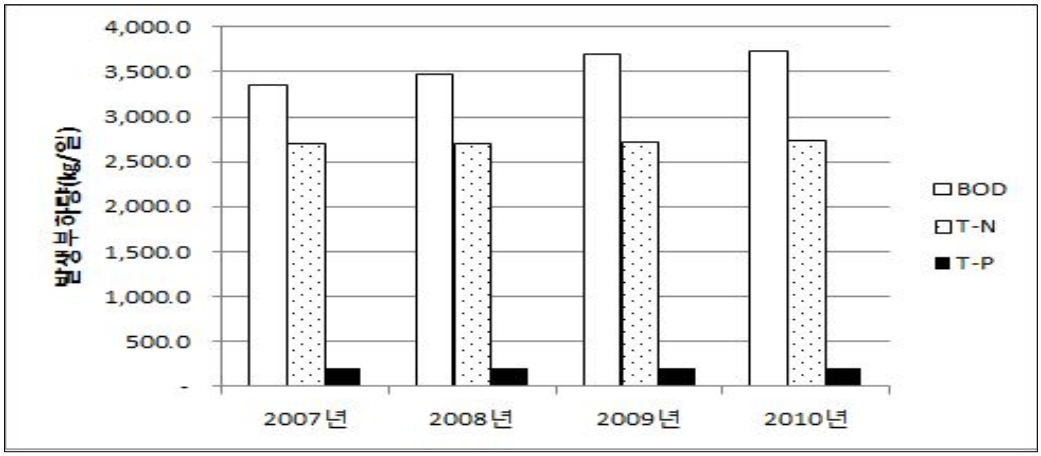

Fig. 5-38. 화순군 연도별 토지계 발생부하량.

화순군의 읍 지역 토지계 발생부하량은 Table 5-52, Fig 5-39와 같이 연도별 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 읍 지역 토지계 BOD 발생부하량 490.1 kg/일이었으나 2010년도 607.6 kg/일로 2007년도 대비 24.0% 증가하였다.

읍 지역 토지계 T-N 발생부하량은 291.4 kg/일에서 301.7 kg/일로 2007년도 대비 3.5% 증가하였으며, 읍 지역 토지계 T-P 발생부하량은 23.37 kg/일에서 25.73 kg/일로 2007년도 대비 10.0% 증가하는 경향을 보여준다.

Table 5-52. 화순군 읍 지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	490.1	542.2	602.0	607.6
T-N	291.4	295.7	300.1	301.7
T-P	23.37	24.31	25.52	25.73

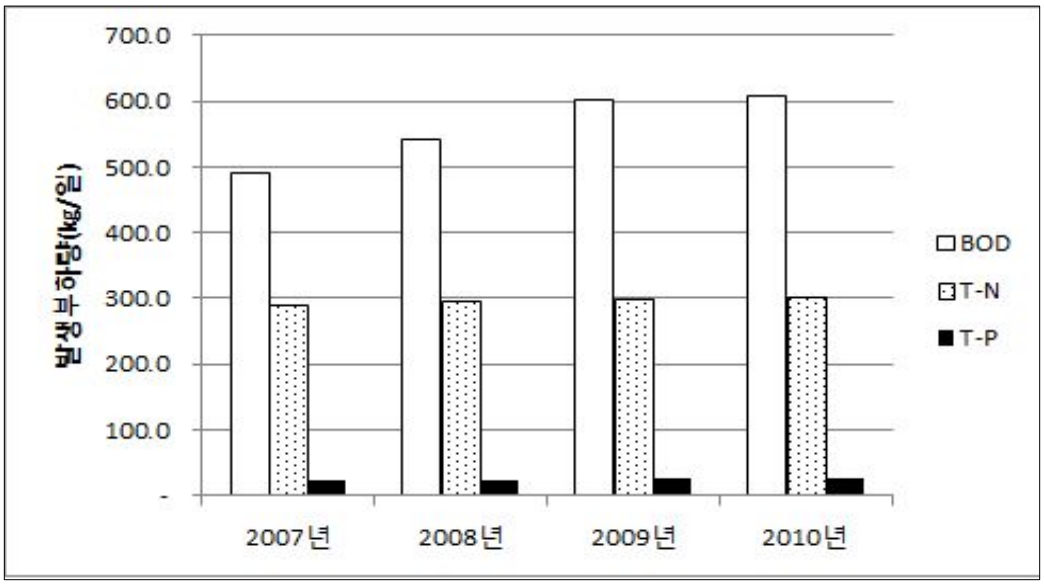

Fig. 5-39. 화순군 연도별 읍 지역 토지계 발생부하량.

화순군의 면지역 토지계 발생부하량은 Table 5-53, Fig 5-40과 같이 연도별로 증가하는 추세를 보여준다. 2007년도에 면지역 토지계 BOD 발생부하량 2,862.2 kg/일이었으나 2010년도 3,117.7 kg/일로 2007년도 대비 8.9% 증가하였다.

면지역 토지계 T-N 발생부하량은 2,408.9 kg/일에서 2,428.7 kg/일로 2007년도 대비 0.8% 증가하였으며, 면지역 토지계 T-P 발생부하량은 179.87 kg/일에서 184.68 kg/일로 2007년도 대비 2.7% 증가하는 경향을 나타내었다.

Table 5-53. 화순군 면지역 토지계 발생부하량 변화

연 도	연도별 발생부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD	2,862.2	2,935.9	3,089.8	3,117.7
T-N	2,408.9	2,410.7	2,414.3	2,428.7
T-P	179.87	181.06	183.46	184.68

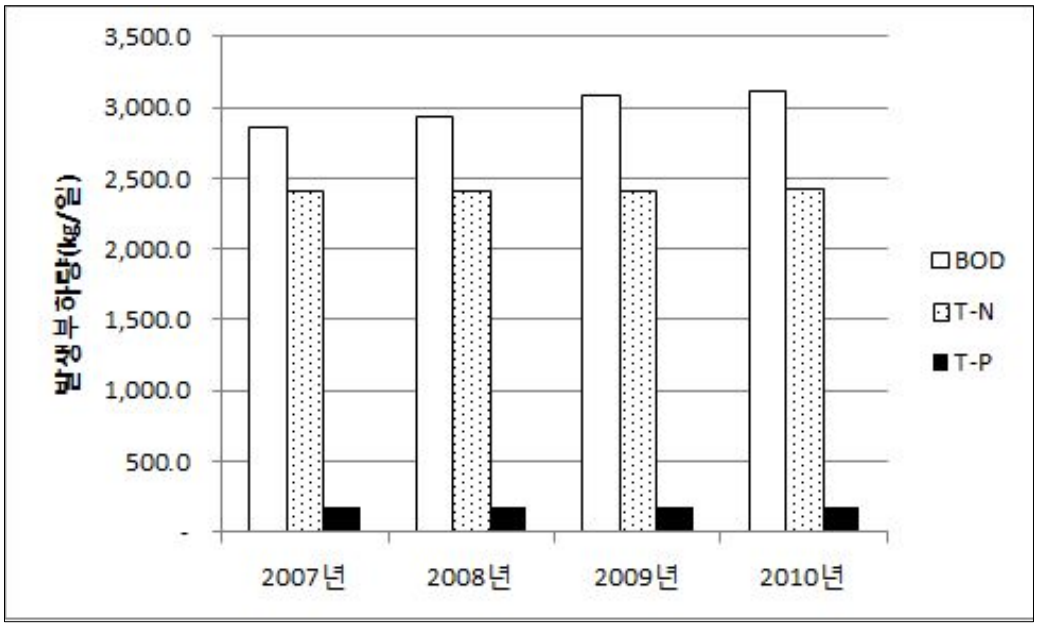

Fig. 5-40. 화순군 연도별 면지역 토지계 발생부하량.

5.3.3 화순군 토지계 배출부하량

수질오염 총량제 기술지침[4]에서 토지계 점오염원은 환경기초시설 방류수, 관거 불량 부위로부터 유출되는 토지계 오염물질의 누수인 토지계 관거 누수 및 환경기초시설의 처리시설용량 부족으로 환경기초시설에서 건기 및 우기 시 미처리되는 토지계 미처리배제수를 말한다. 토지계 비점오염원은 환경기초시설로 연결된 관거로 유입되지 않는 구역의 토지계 배출수와 우기 시 관거 용량부족으로 합류식 관거의 맨홀로부터의 토지계 관거월류수를 말한다.

화순군의 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-54, Fig 5-41에 나타낸 바와 같이 2007년도에 3,344.2 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,716.2 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 11.1% 증가하였다. 연도별 변화를 보면 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 년도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-54. 화순군 연도별 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD-점	1.7	4.2	2.7	10.7
BOD-비점	3,342.5	3,466.5	3,679.9	3,705.6
계	3,344.2	3,470.7	3,682.6	3,716.2

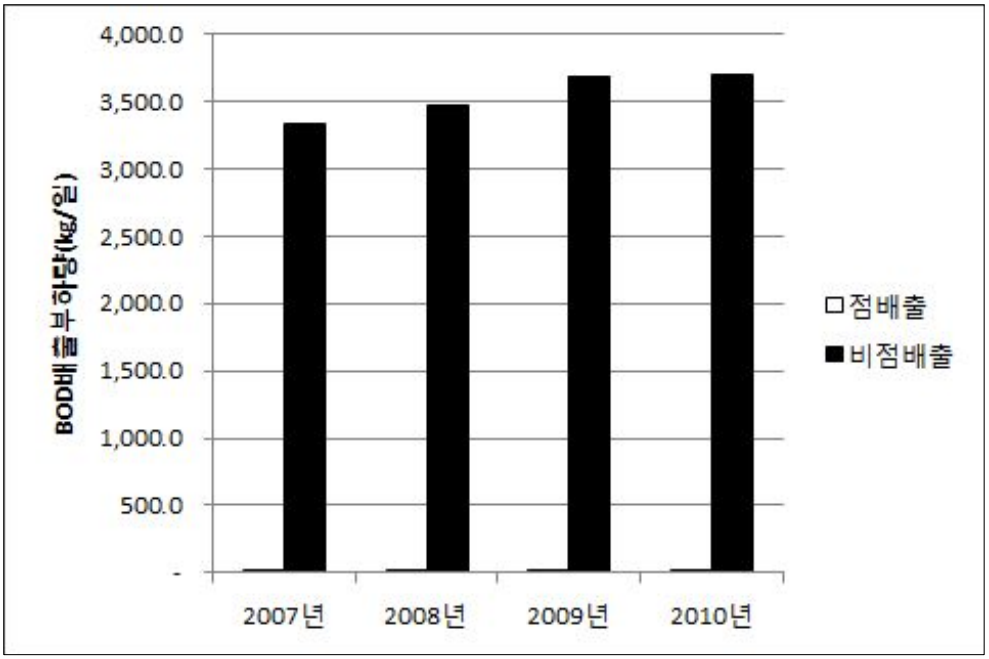

Fig. 5-41. 화순군 토지계 BOD 배출부하량.

화순군 BOD 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-55에 나타내었다. 토지계 BOD 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량이며, 연도별 환경기초시설의 방류농도에 따라 달라지고 있다.

Table 5-55. 화순군 토지계 BOD 점배출부하량 구성요소

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	1.6	2.6	1.5	1.3
관거누수부하량	0.0	0.0	0.0	0.0
관거배제부하량	0.1	1.6	1.1	9.4
계	1.7	4.2	2.7	10.7

화순군의 BOD 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-56에 나타내었다.

토지계 BOD 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다.

토지계 관거월류부하량은 우기 시 관거용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받는다. 비점배출부하량은 년 도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-56. 화순군 토지계 BOD 비점배출부하량 구성요소

구 분	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	3,342.2	3,466.5	3,677.5	3,703.1
관거월류부하량	0.3	0.0	2.4	2.4
계	3,342.5	3,466.5	3,679.9	3,705.6

화순군의 읍지역 토지계 BOD배출부하량은 Table 5-57, Fig 5-42에 나타낸 바와 같이 2007년도에 480.2 kg/일이었으나, 2010년도에는 587.9 kg/일로 2007년도 대비 연평균 22.4% 증가하였다. 읍지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 480.2 kg/일에서 2010년 587.9 kg/일로 년 평균 22.4% 증가를 나타내었다.

Table 5-57. 화순군 연도별 읍지역 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD-점	-	-	-	0.0
BOD-비점	480.2	530.6	590.1	587.9
계	480.2	530.6	590.1	587.9

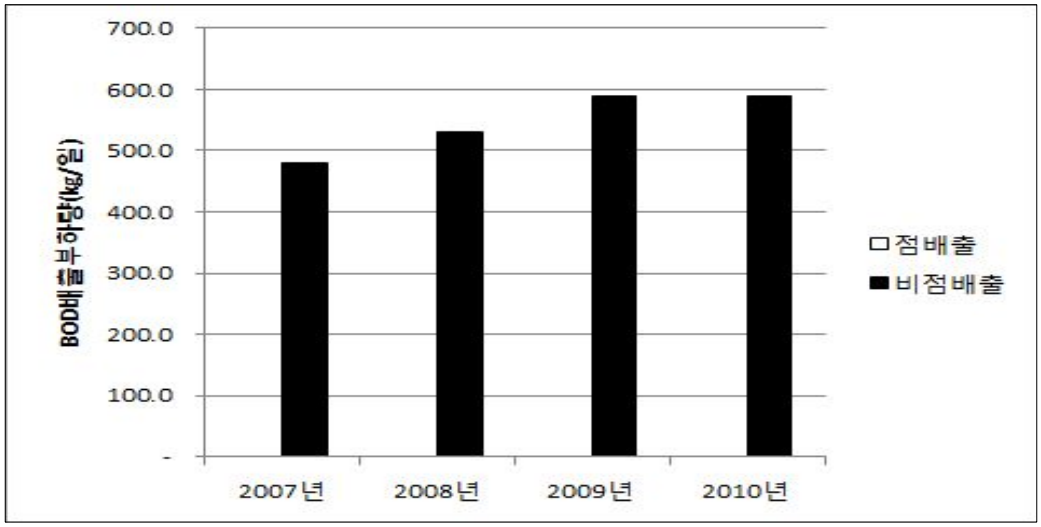

Fig. 5-42. 화순군 읍지역의 토지계 BOD 배출부하량.

화순군의 면지역 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-58, Fig, 5-43에 나타낸 바와 같이 2007년도에 2,864.0 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,128.4 kg/일로 2007년도 대비 화순군의 토지계 BOD 배출부하량은 Table 5-54, Fig 5-41에 나타낸 바와 같이 2007년도에 3,344.2 kg/일이었으나, 2010년도에는 3,716.2 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 11.1% 증가하였다. 연도별 변화를 보면 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 년 도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.평균 9.2% 증가하였으며, 면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 2,862.2 kg/일에서 2010년 3,117.7 kg/일로 연평균 8.9% 증가를 나타내었다.

Table 5-58. 화순군 연도별 면지역 토지계 BOD 배출부하량

연 도	연도별 BOD 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
BOD-점	1.7	4.2	2.7	10.7
BOD-비점	2,862.2	2,935.9	3,089.8	3,117.7
계	2,864.0	2,940.1	3,092.5	3,128.4

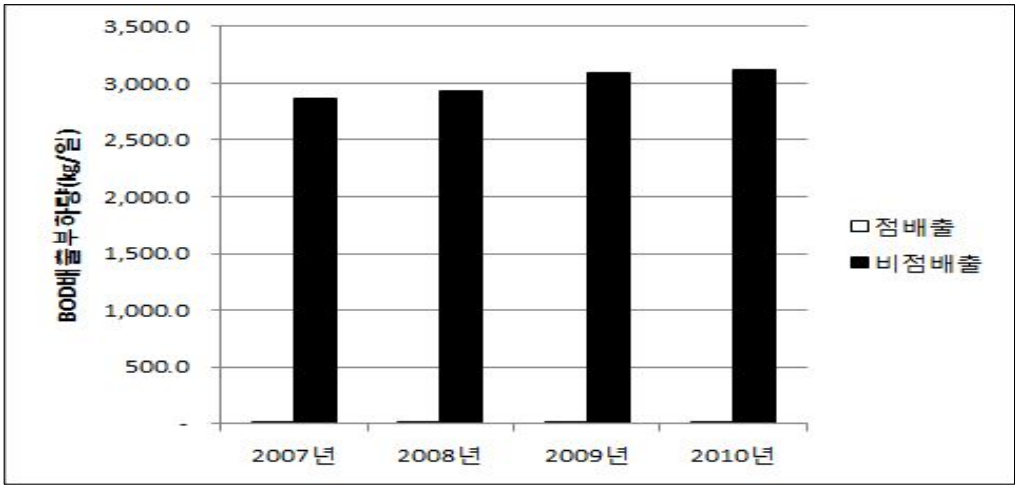

Fig. 5-43. 화순군 면지역 토지계 BOD 배출부하량.

화순군의 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-59, Fig. 5-44에 나타낸 바와 같이 2007년도에 2,701.6 kg/일이었으나, 2010년도에는 2,731.2 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 1.1% 증가하였다. 연도별 변화를 보면, 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 년도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-59. 화순군 연도별 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N-점	2.8	2.7	2.9	3.9
T-N-비점	2,698.8	2,704.6	2,712.8	2,727.3
계	2,701.6	2,707.3	2,715.7	2,731.2

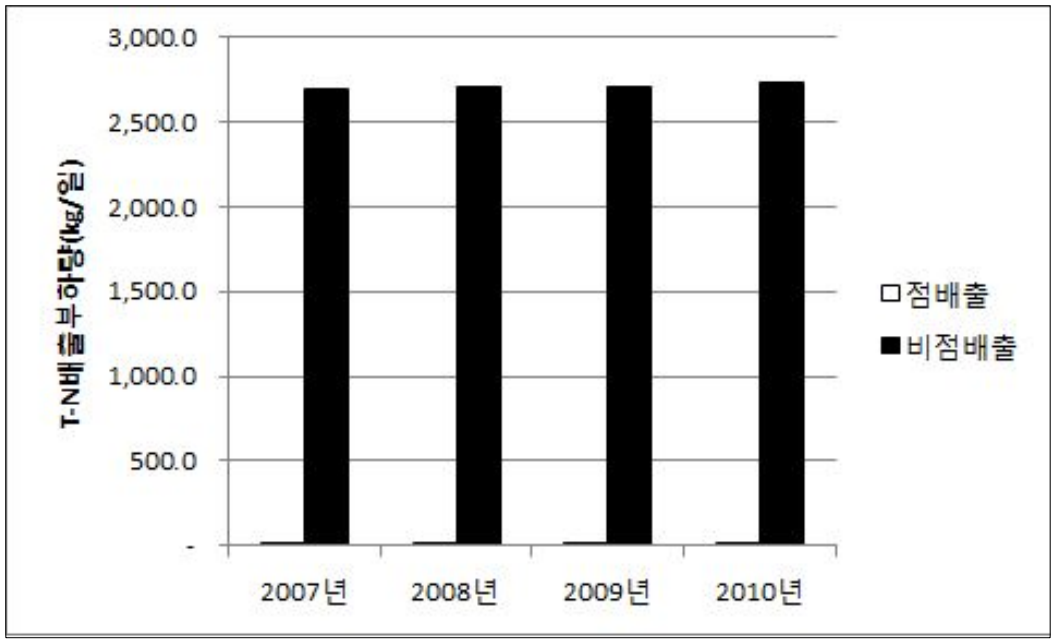

Fig. 5-44. 화순군 토지계 T-N 배출부하량.

화순군의 T-N 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-60에 나타내었다. 토지계 T-N 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량으로서 환경기초시설의 방류농도에 따라 연도별로 다른 값을 보여준다. 토지계 방류부하량은 2009년 이후 하수종말처리장의 방류농도 조절로 인하여 감소하는 경향을 보여준다.

Table 5-60. 화순군 토지계 T-N 점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-N 점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	2.8	2.4	2.6	2.3
관거누수부하량	0.0	0.0	0.0	0.0
관거배제부하량	0.0	0.3	0.3	1.6
계	2.8	2.7	2.9	3.9

화순군의 T-N 비점배출 부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-61에 나타내었다.

토지계 T-N 비점배출 부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다.

토지계 관거 월류부하량은 우기 시 관거 용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받으며, 비점배출 부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-61. 화순군 토지계 T-N 비점배출 부하량 구성요소

구 분	토지계 T-N 비점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	2,698.7	2,704.6	2,712.1	2,726.9
관거월류부하량	0.1	0.0	0.7	0.4
계	2,698.8	2,704.6	2,712.8	2,727.3

화순군의 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-62, Fig 5-45와 같이 2007년도에 289.8 kg/일이었으나, 2010년도에는 298.6 kg/일로 2007년도 대비 연평균 3.0% 증가하였다. 읍 지역 T-N 비점배출 부하량은 2007년도 289.8 kg/일에서 2010년 298.6 kg/일로서 T-N 점배출 부하량은 0.0 kg/일 이하이다.

Table 5-62. 화순군 연도별 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N-점	-	-	-	0.0
T-N-비점	289.8	293.9	298.5	298.6
계	289.8	293.9	298.5	298.6

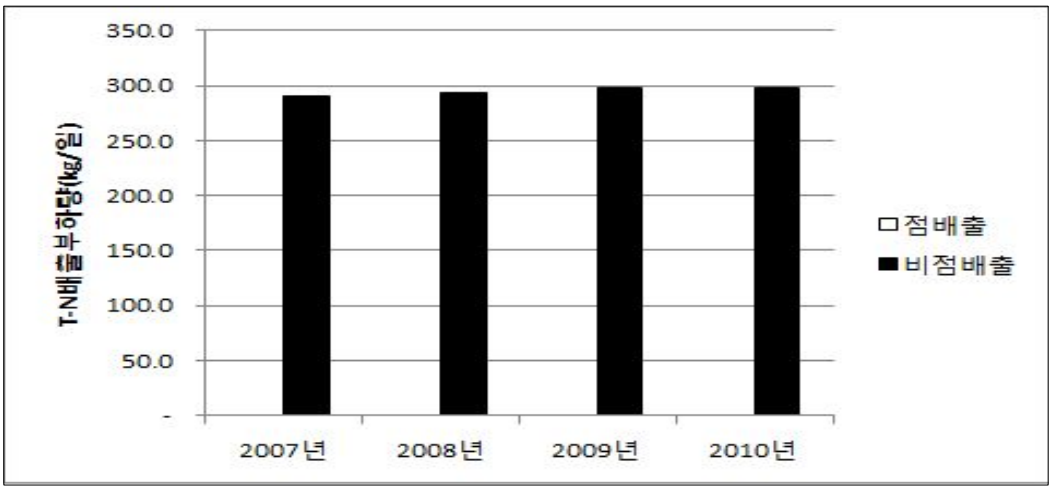

Fig. 5-45. 화순군 읍 지역 토지계 T-N 배출부하량.

화순군의 면지역 토지계 T-N 배출부하량은 Table 5-63, Fig 5-46에 나타낸 바와 같이 2007년도에 2,411.8 kg/일이었으나, 2010년도에는 2,432.6 kg/일로 2007년도 대비 연평균 0.9% 증가하였으며, 면지역 BOD 비점배출 부하량은 2007년도 2,408.9 kg/일에서 2010년 2,428.7 kg/일로 연평균 0.9% 증가를 나타내었다.

Table 5-63. 화순군 연도별 면지역 토지계 T-N 배출부하량

연 도	연도별 T-N 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-N 점	2.8	2.7	2.9	3.9
T-N 비점	2,408.9	2,410.7	2,414.3	2,428.7
계	2,411.8	2,413.5	2,417.2	2,432.6

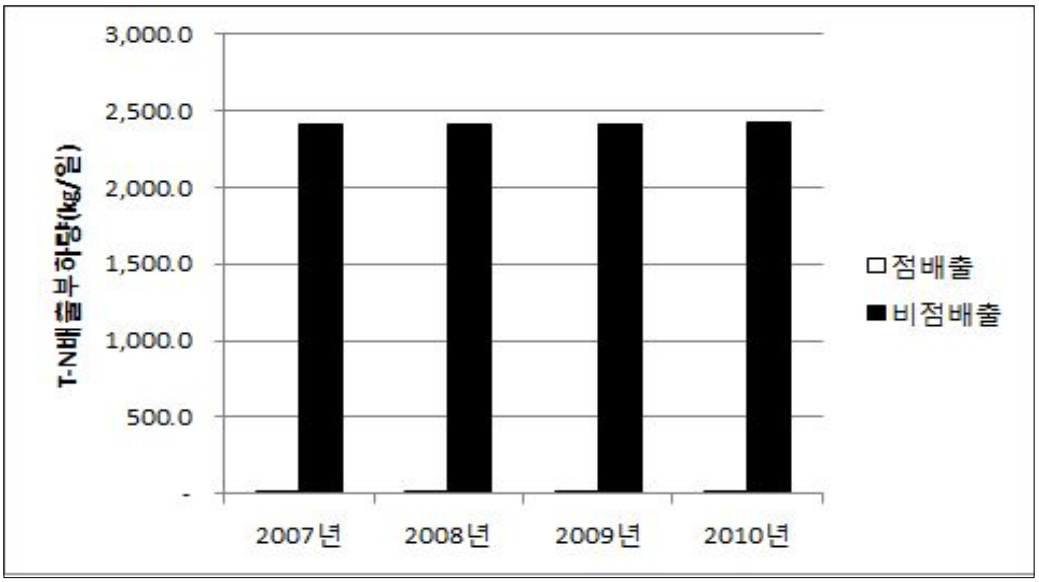

Fig. 5-46. 화순군 면지역 토지계 T-N 배출부하량.

화순군의 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-64, Fig 5-47에 나타낸 바와 같이 2007년도에 201.67 kg/일이었으나, 2010년도에는 208.19 kg/일로 2007년도 대비 년 평균 3.0% 증가하였다. 연도별 변화를 보면 대지 면적이 지속적 증가로 인하여 토지계 비점배출 부하량이 지속적으로 증가하였으며, 토지계 점배출부하량은 연도별로 변화의 진폭이 크게 나타나고 있다.

Table 5-64. 화순군의 연도별 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	0.85	1.26	1.46	2.92
T-P 비점	200.83	206.00	202.53	205.27
계	201.67	207.26	203.98	208.19

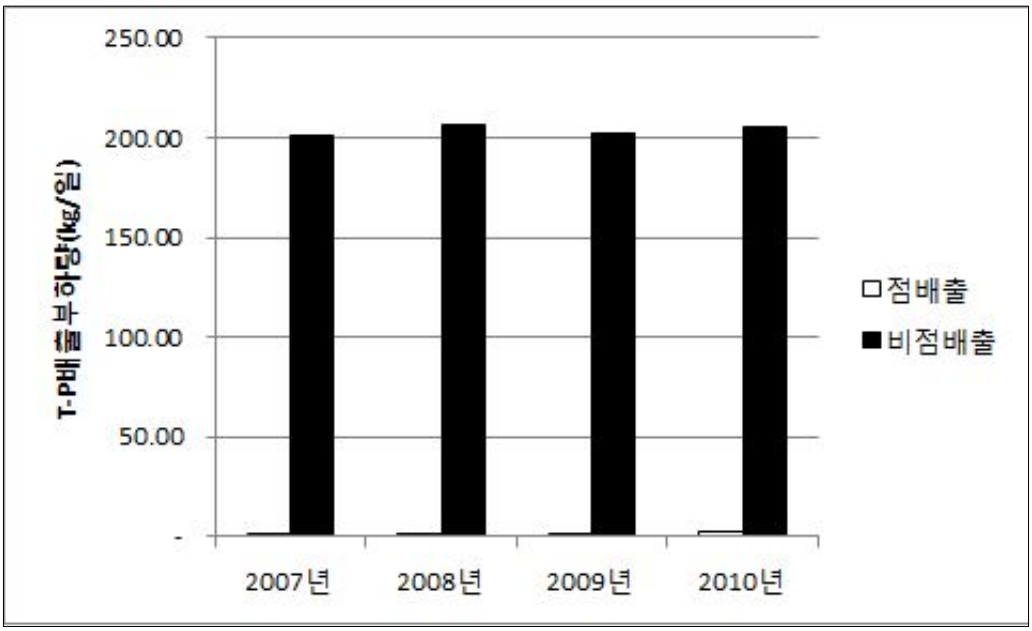

Fig. 5-47. 화순군 토지계 T-P 배출부하량.

화순군의 T-P 점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-65에 나타내었다. 토지계 T-P 점배출부하량에서 주요항목은 방류부하량으로서 환경기초시설 방류농도에 따라 부하량의 변화가 일어나고 있다.

Table 5-65. 화순군 토지계 T-P 점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-P 점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
방류부하량	0.82	0.99	1.21	1.59
관거누수부하량	0.00	0.00	0.00	0.00
관거배제부하량	0.03	0.27	0.25	1.33
계	0.85	1.26	1.46	2.92

화순군의 토지계 T-P 비점배출부하량의 변화를 해석하기 위하여 구성요소별 배출부하량을 구하여 Table 5-66에 나타내었다.

토지계 T-P 비점배출부하량에서 주요항목은 환경기초시설로 이송하는 배수설비로 유입되지 않고 개별적으로 배출 또는 배제되는 토지계 유출수인 개별배출 부하량이며, 이는 연도별 강우배출비의 영향을 받고 있다.

토지계 관거월류부하량은 우기 시 관거 용량 부족으로 나타나는 것으로 강우강도의 영향을 받으며, 비점배출부하량은 연도별 강우특성에 따라 달라지는 결과를 보여주고 있다.

Table 5-66. 화순군 토지계 T-P 비점배출부하량 구성요소

구 분	토지계 T-P 비점배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
개별배출부하량	200.77	202.52	205.49	204.98
관거월류부하량	0.06	0.00	0.51	0.30
계	200.83	202.53	206.00	205.27

화순군의 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-67, Fig. 5-48에 나타낸 바와 같이 2007년도에 20.95 kg/일이었으나, 2010년도에는 20.59 kg/일로 2007년도 대비 연평균 1.7% 감소하였으며, 읍 지역 T-P 비점배출부하량은 2007년도 20.95 kg/일에서 2010년 20.59 kg/일로 연평균 1.7% 감소를 나타내었다.

Table 5-67. 화순군 연도별 읍 지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	-	-	-	0.00
T-P 비점	20.95	22.54	21.46	20.59
계	20.95	22.54	21.46	20.59

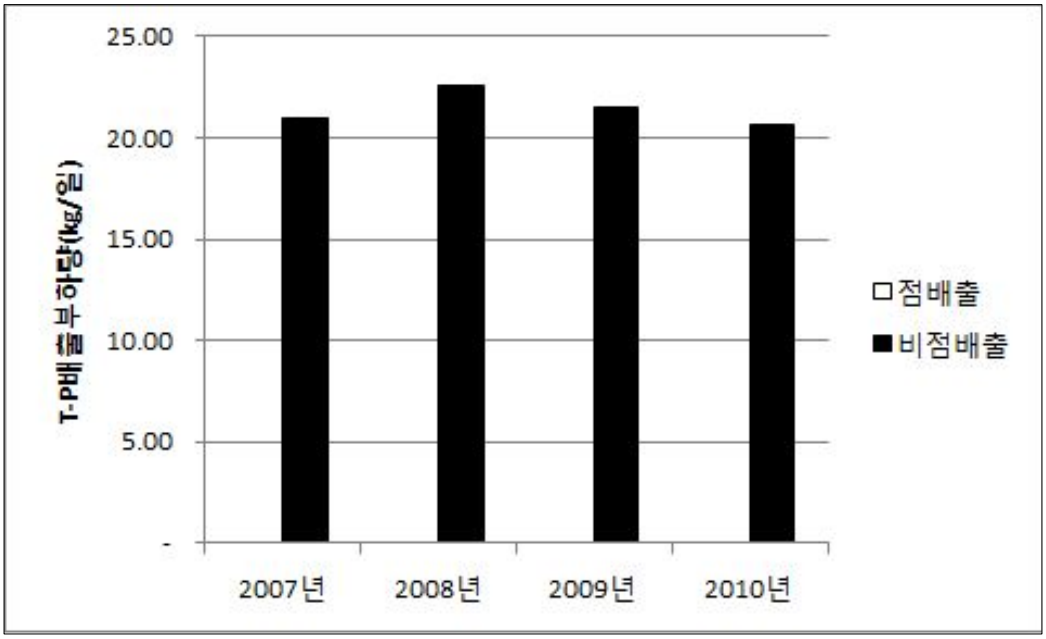

Fig. 5-48. 화순군 읍지역의 토지계 T-P 배출부하량.

화순군의 면지역 토지계 T-P 배출부하량은 Table 5-68, Fig. 5-49에 나타낸 바와 같이 2007년도에 180.72 kg/일이었으나, 2010년도에는 187.60 kg/일로 2007년도 대비 연평균 3.8% 증가하였으며, 면지역 BOD 비점배출부하량은 2007년도 179.87 kg/일에서 2010년 184.68 kg/일로 연평균 2.7% 증가를 나타내었다.

Table 5-68. 화순군 연도별 면지역 토지계 T-P 배출부하량

연 도	연도별 T-P 배출부하량(kg/일)			
	2007년	2008년	2009년	2010년
T-P 점	0.85	1.26	1.46	2.92
T-P 비점	179.87	183.46	181.06	184.68
계	180.72	184.72	182.52	187.60

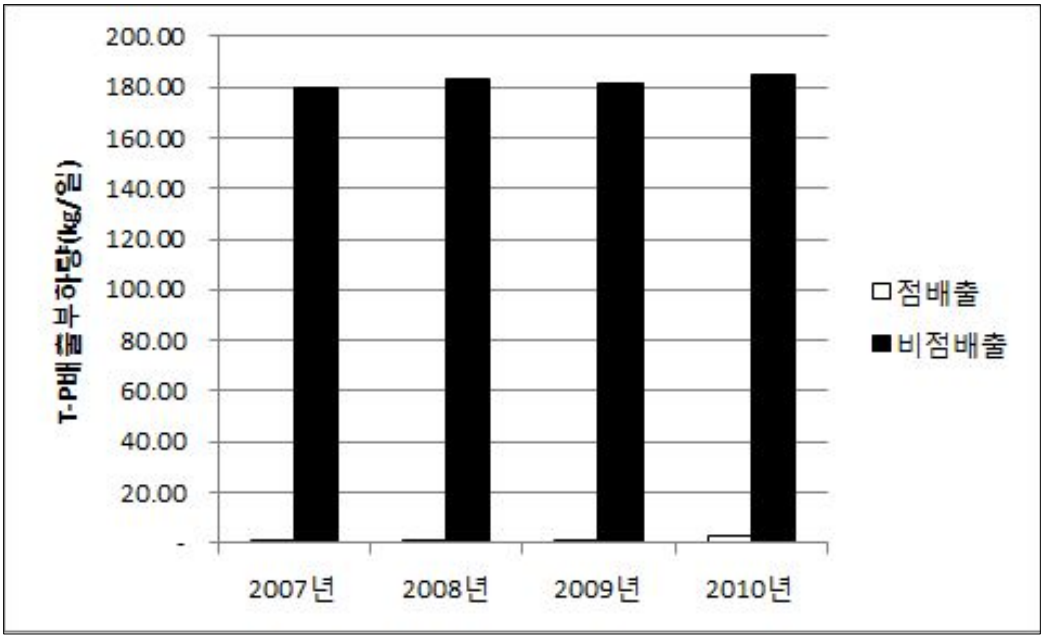

Fig. 5-49. 화순군 면지역 토지계 T-P 배출부하량.

제6장 결 론

영산강수계의 오염원 및 발생배출부하량을 검토하기 위하여 나주시, 담양군 및 화순군을 대상으로 수질오염총량관리 기술지침을 이용하여 부하량을 산정하고 제도적 개선방안을 검토한 결과는 다음과 같다.

1. 수질오염총량관리 기본방침에서 기준년도를 기본계획 수립 시작년도의 전년도로 규정하고 있어 본 연구에서 2007년~2010년도까지 검토한 결과 하수처리율에 따라 생활계 배출부하량에 있어서 많은 변화를 보여주고 있다.

담양군은 하수처리율이 32.9%에서 53.8%로 증가됨에 따라 생활계 점 배출부하량이 2007년에 비하여 41.5%로 급격히 증가하는 결과를 보여주었으며, 나주시는 하수처리율이 51.2%에서 53.0%로 변화가 적어 생활계 점배출부하량은 25.2% 감소하는 경향을 나타내었는데, 이는 하수처리장 개선을 통하여 방류농도를 조절함에 따라 나타난 결과이다. 화순군의 하수처리율이 56.9%에서 68.1%로 증가하여 생활계 점배출부하량이 0.3% 증가한 것으로 나타나 하수처리율이 증가함에 따라 하수관거 유입부하량이 증가하였고, 환경기초시설 방류유량 증가와 방류농도 증가에 따라 점배출부하량이 증가하는 결과를 보여주고 있다. 즉 연구 시행기간 동안 각 지방자치단체의 하수처리율 및 환경기초시설에 따라 다양한 변화를 보여 줌으로서 수질오염총량제가 원하고 있는 균일한 할당원칙에 무리가 있는 것으로 사료된다.

2. 생활계 비점배출부하량은 하수관거로 유입된 관거유입부하량 중 관거용량 부족으로 인하여 월류하는 관거월류부하량은 관거 정비를 통해 하수관거 확대에 따FMS 관거유입부하량의 증가와 분류식관거 사업을 통한 관거월류 차단효과에 따라 달라진다. 담양군은 하수관거 확대에 따라 10.4 kg/일에서 17.1 kg/일로 소폭 증가하였지만, 나주시는 BTL사업이 부분적으로 준공됨에 따라 100.5 kg/일에서 97.0 kg/일로 감소하는 경향을 보여준다. 화순군은 4.5 kg/일에서 19.9 kg/일로 대폭 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 하수처리율이 높아졌지만 불완전 분류로 인하여 관거월류부하량이 높게 나타난 것이다.

3. 토지계 오염원은 3개 지역 모두 개발 사업이 이루어짐에 따라 대지 및 기타 지목이 증가함에 따라 발생 부하량이 증가하는 경향을 보여주고 있으나, 연도별 강우 패턴 차이로 인하여 비점배출부하량에 직접적으로 영향을 주고 있다.

연평균 토지계 BOD 배출부하량은 나주시의 경우 6.0% 증가, 담양군 9.1% 증가, 화순군 11.1% 증가로 나타났는데, 토지계 배출부하량은 나주 0.5%, 담양군 0.7% 및 화순 0.6%의 대지비율 증가의 영향을 받기 보다는 환경기초시설 방류 부하량에 의해 영향을 받는 것으로 사료된다.

4. 영산강 하천 수질은 다양한 변화를 보여줌으로서 배출부하량 변화를 가지고 직접적으로 설명하기에는 한계가 있으며, 이러한 문제점을 개선하기 위하여 각 지역별 균등한 할당을 위해 수질오염총량제의 계획 수립 시점을 1개년도로 설정하여 할당을 시행하기 보다는 검토대상기간을 늘려서 이를 할당에 활용하는 것이 필요하며, 본 연구에서 오염원 조사가 이루어진 4개년에 대하여 검토한 바, 장기적인 검토를 통하여 각 지방자치단체의 상황에 따라 균등하게 반영하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

5. 현재의 총량관리제 할당량 설정 기준유량은 평균 저수량을 사용 연중 하나의 유량을 산정하여 획일적인 목표량을 설정하기 때문에 계절성 유출이 뚜렷한 우리나라에서는 합리적이지 않다. 대안으로 계절변화로 인한 계절별 하천유량과 계절별 하천수질을 고려하여 할당량을 설정하는 것이 필요하며, 하천의 인위적 유량 변화를 유도할 수 있는 보의 관리유량과 하천의 유량과 수질을 함께 고려하여 할당하는 것이 필요하다.

아울러 향후 지자체의 수질오염총량 관리제도가 효과적으로 이행되기 위해서 재원확보와 자치단체의 오염총량관리 대응능력 제고 및 제도의 정착을 위해 중앙정부의 지원강화가 필요하다.

참고문헌

1. 강두기, 강순구, 김상단, 신현석(2007), 오염총량평가를 위한 부하지속곡선의 개발 및 적용, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 652~656

2. 강현우, 류지철, 신민화, 최중대, 최재완, 신동석, 임경재(2011), 수질오염총량제도 유역의 수질 및 부하량 평가를 위한 웹기반 LDC시스템의 적용, 한국물환경학회지, 27(3), 689~698

3. 국립환경과학원(2009), 고해상도 영상지도를 이용한 실제 토지이용에 따른 부하량산정 연구, 국립환경과학원

4. 국립환경과학원(2012), 수계오염총량 관리기술 지침, 국립환경과학원

5. 김경태, 정은성, 김상욱, 이길성, 성진영(2009), 우리나라 오염총량관리제도의 개선 및 적용: 1. 안양천 유역의 오염부하량 산정, 한국물환경학회지, 25(6),972~978

6. 김경태, 정은성, 김상욱, 이길성(2010), 우리나라 오염총량관리제도의 개선 및 적용: 2. 안전율 산정 및 삭감부하량 할당, 한국물환경학회지, 26(1),168-176

7. 김문성, 신현석, 박주현, 김상단(2009), 낙동강 오염총량관리 단위유역 유달율 경험공식, 한국물환경학회지, 25(4), 580~588

8. 김봉석, 김용삼, 박윤희, 김태근(2006), 수질오염총량관리에 따른 부하량 할당방법에 관한 연구, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회, 146~155

9. 김영일, 이상진(2006), 수질오염총량관리 계획수립의 개선방안에 관한 연구, 한국물환경학회지, 22(6), 977~981

10. 김철겸, 김남원(2008), 충주댐 유역의 오염원에 따른 오염부하량 발생 특

성, 한국물환경학회지, 24(4), 465~472

11. 김철겸, 김남원(2009), 환경부 8일 간격 유량·수질 관측자료와 분포형 모형을 이용한 연속오염부하곡선의 유도, 한국물환경학회지, 25(1), 125~135

12. 류덕희, 박주현, 황하선, 신대윤, 강재홍, 김세롬(2008), 유역 모델을 이용한 유달율 산정기법 연구(Ⅰ), 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회, 385~386

13. 류동경, 배상득, 장재용, 박제철, 류제근(2006), 낙동강수계 수질오염총량관리 대상물질에 관한 연구-TOC 유기물 중심으로-, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회, 1181~1188

14. 박경훈(2003), 금호강 유역의 환경특성이 하천수질에 미치는 영향, 한국지리정보학회지, 6(4), 85~98

15. 박지형, 공동수, 민경석(2007), 유역형상과 수리특성을 고려한 경험론적 유달부하식 개발, 한국물환경학회지, 23(6), 913~919

16. 박재홍, 오승영, 박배경, 공동수, 류덕희, 정동일(2006), 수질오염총량관리를 위한 관리대상물질, 한국물환경학회지, 22(6), 1004~1013

17. 박준대, 박주현, 류덕희, 정동일(2008), 수질오염총량관리를 위한 비점배출계수 산정·특정 기준유량 시기의 강우배출비, 한국물환경학회지, 24(4), 452~457

18. 박준대, 오승영(2010), 수질오염총량관리 배출부하량에 대한 강우영향 분석연구, 한국물환경학회지, 26(4), 648~653

19 박준대, 오승영, 김지태(2010), 수질오염총량관리 합류식지역의 우기 시 관거 이송 변화유형, 한국 물 환경학회지, 26(6), 1008-1015

20. 박준대, 오승영,최옥현(2011), 수질오염총량관리 단위유역의 유량변화 특성분석-금강수계를 대상으로-, 한국물환경학회지, 27(6), 914~925

21. 박준대, 오승영, 김지태(2012), 수질오염총량관리 단위유역 유량측정 자료를 이용한 유황곡선 작성, 한국물환경학회지, 28(2), 224~231

22. 박준대, 오승영(2012), 수질오염총량관리 목표수질 초과지역에 대한 유황별 초과기여도 분석, 한국물환경학회지, 28(4), 574~581

23. 안승훈(2011), 하수관거 정비를 위한 물질수지 분석, 호남대학교 박사학위논문.

24. 유혜은, 김재휘, 박장순, 이은영, 천세억, 방규철, 심상보, 김태근(2006), 유역모형을 이용한 대청호 유역의 오염물질 유달율 산정, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회, 12~22

25. 이혜영, 박석순(2004), 오염총량관리를 위한 의사결정 지원 시스템 적용, 한국물환경학회지, 20(2), 151~156

26. 전경수, 강주환(2004), 하천 수질모형에 의한 비점 오염 부하량과 모형 매개변수의 동시 추정, 한국수자원학회논문집, 37(12), 1009~1018

27. 전지홍, 최동혁, 김태동(2009), 지속가능한 도시개발을 위한 LID평가모델(LIDMOD)개발과 수질오염총량제에 대한 적용성 평가, 한국물환경학회지, 25(1), 58~68

28. 정은성, 김경태, 김상욱, 이길성(2008), 하천유지유량을 이용한 일최대 오염허용부하량 산정, 한국물환경학회지, 24(3), 317~327

29. 정팔진, 현미희, 정진필(2010), 하수처리시설 신설에 따른 QUAL2E모델에 의한 만경수계 수질예측, 한국물환경학회지, 26(2), 200~207

30. 조승희(2012), 수질오염총량관리제도 시행현황 및 대응방안, 전남발전연구원 리전인포

31. 조탁근, 김용오, 이길성(2007), 국내 미계측유역의 갈수량 산정 개선, 한국수자원회논문집, 40(2), 113~124

32. 차일권, 김용석, 김홍태, 천세억(2012), 1단계 수질오염총량제 시행 단위유역 수질변화 유형분석, 한국물환경학회·대한상하수도학회 2012 공동학술발표회 논문집, 812~813

33. 최대규, 신현석, 윤영삼, 김상단(2009), SWAT 모형을 이용한 영양물질 모의 및 유달율 추정에의 적용, 한국물환경학회지, 25(3), 375~385

34. 한수희, 신현석, 김상단(2007), 낙동강 유역관리를 위한 부하량 유황곡선의 적용 가능성, 한국물환경학회지, 23(5), 620~627

35. 황하선, 윤춘경, 김지태(2010), 수질오염총량 단위유역의 유량조건별 수체손상 평가를 위한 부하지수곡선 적용성 연구, 한국 물 환경학회지, 26(6), 903-909

36. 황하선, 박배경, 김용석, 박기중, 천세억, 이성준(2011), 수질오염총량 단위유역의 목표수질 달성여부 평가를 위한 부하지속곡선 적용성 연구, 한국물 환경학회지, 27(6), 885~895

37. Chen, C.W., Herr, J. and Weintraub, L.(2004), Decision support system for stakeholder involvement, Journal of Environmental Engineering, 130(6), 714~721

38. Ha, S.R., Hung, D.I. and Yoon, C.H.(1998), A renovated model for spatial analysis of pollutant runoff loads in agricultural watershed, Water Science and Technology, 38(10), 207~214

39. Kang, M.S., Park, S.W., Lee,J.J. and Yoo, K.H.(2006), Applying SWAT for TMDL programs to a small watershed containing rice paddy fields, Agricultural Water mangagement, 79, 72~92

40. Kim.J., Engel, B.A., Park, Y.S., Theller, L., Chaubey, I., Kong, D.S. and Lim, K.J.(2012), Development of Web-based Load Duration Curve System for Analysis of Total Maximum Daily Load and Water Quality

Characteristics in a Waterbody, Journal of Environmental Management, 82. 46~45

41. Nevada(2003), Load Duration Curve Methodlogy for assessment and TMDL, Development Nevada Division of Environmental Protection.

42. Tufail, M. and Ormsbee, L.(2005), Development of Inductive Receiving Water Model for Application in TMDLs, World Water and Environmental Resources Congress 2005

43. USEPA(2007), An Approach for Using Load Duration Curves in the Development of Total Maximum Daily Loads, EPA 841-B-07-006,1~68

감사의 글

멀고도 긴 시간의 흐름을 넘어 박사학위 논문을 제출하게 되었습니다.

만약 학문의 성숙과 깊이를 따져 논문을 쓸 수 있다면 아마도 평생 논문을 시작할 수 있는 용기는 내지를 못했으리라 생각합니다. 이 논문이 완성되기까지의 과정을 돌이켜 보건대 많은 분들의 도움이 있었습니다.

먼저 논문 제출을 포기한 저에게 논문을 쓸 수 있도록 동기부여와 조언으로 본 논문을 완성하기까지 끊임없는 지도와 보살핌으로 열정과 성의를 다해주시고 사랑을 듬뿍 담아주신 최형일 지도교수님께 깊은 감사의 인사를 드립니다. 또한 심사를 해 주신 신대윤 교수님과 정경훈 교수님에게도 감사를 드리며, 이 논문의 결실을 맺기까지 조언과 격려를 아끼지 않으셨던 호남대학교 송창수 교수님과 광주보건환경연구원의 환경연구부장인 강영주 박사님에게도 깊은 감사 드립니다.

논문이 어려움에 부딪힐 때마다 응원과 용기를 낼 수 있게 한 광주시청 이장환 과장, 동신대학교 백순기 교수, 영산강 물 환경연구소 장남익 박사, 친구이자 동료인 정선호 박사, 김정수 박사에게 감사드리며, 처음부터 끝까지 함께 힘이 되어준 동생 윤의석 사무관, 배연호 동장, 정문일 박사, 이용환 교수와 동료직원인 김희근 박사에게도 감사드립니다.

여러 가지로 도움을 주신 화공과 · 환경과 동기 및 선배 · 후배 특히 오정재, 양회원, 윤지원, 이명은과 리센치아, 환공회, 대청회, 한필통, 칠성회, 양떼모, 무명초, 전라남도화공동우회 등 일일이 거론하지 못했지만 그 동안 저를 아끼고 사랑해주신 친구 · 동료 · 회원 등 모든 분들께 고마움을 전하면서 앞으로의 인생을 모두 함께 같이 가면서 즐겁게 살아가고 싶습니다.

학습능력이 떨어진 50대 후반 늦깎이 만학도인 저를 학업에 매진할 수 있도록 배려와 따뜻한 격려를 해주신 임영묵 실장님과 천제영 과장, 전영재 과장께 깊은 감사드리며, 특히 그동안 저로 인한 불편함을 내색하지 않고 이해하고 함

께 근무한 직원들께도 사랑과 감사를 드립니다. 그밖에도 사회생활과 직장생활에서 만났던 모든 분들의 격려와 든든한 울타리가 되어 주심에 감사의 인사를 전하고 싶습니다.

만학의 길로 가려고 할 때 혹시나 건강을 해치지나 않을까 염려해서 편한 삶을 원하는 가족들의 의견을 뿌리치고 선택한 나의 결정을 존중하고 이해해준 가족들에게도 감사와 사랑의 인사를 나누고 싶습니다.

불혹이 넘은 나이에 공부를 시작한 저에게 언제나 마음 편하게 대해 준 아내 사랑하는 경자씨와 나의 분신인 아들 영지· 영인, 가족이라는 틀 속으로 들어온 예쁜공주 며느리 정숙에게도 고마움을 전하며, 또한 곧 태어날 우리 집의 진정한 공주인 보배(태명)에게도 할아버지의 첫 선물로 이 논문으로 갈음하며. 따뜻한 사랑으로 자식걱정만 하시는 어머니와 가족들을 위해 한 몸 불사르신 아버님 영전에 아들의 박사학위 논문을 바쳐 걱정을 조금이나마 덜어드리고 싶습니다. 그리고 항상 서로의 가족을 걱정하며 용기와 격려를 해주는 동생들 가족과 옆에서 도움 주지 못해 안타까워하는 형· 동생 같은 처남들의 가족에게도 저의 마지막 학교생활의 결실인 이 논문을 바칩니다. 아울러, 가족 구성원의 한사람으로서 부끄럽지 않은 삶을 살 수 있도록 노력하겠습니다.

오랜 학업을 통해 큰 것을 얻기 위해서는 많은 것을 희생하며 잃을 수밖에 없다는 진리도 새삼 깨우쳤습니다. 박사과정동안 미처 돌아보지 못한 많은 분들께 송구스러운 인사를 드리면서, 이제 남은 공직생활과 여생을 더욱 낮은 자세로 많은 사랑을 준 모든 분들께 감사하는 삶을 살기위한 한 알의 밀알로서의 역할을 충실히 할 것을 다짐하며, 바람이 있다면 미흡한 이 논문이 환경정책에 일부나마 반영되어 효율적인 수질오염총량제가 되었으면 합니다.

2012년 12월 논문을 마치며

曺 道 鎬

저작물 이용 허락서

학 과	환경생명공학과	학 번	20077408	과 정	박사
성 명	한글: 조 도 호 한문: 曺 道 鎬 영문 : Jo, Do-Ho				
주 소	광주광역시 남구 봉선2동 무등파크3차 303동 1715호				
연락처	010-9226-7245 E-Mail : jodoho@naver.com				
논문제목	한글 : 영산강유역의 수질오염총량제 개선 방안 연구 영어 : Enhancement on TMDL Regulations in Young-San River				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사 표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

동의여부 : 동의(O) 반대( )

2013 년 2 월 일

저작자 : 조 도 호 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하