

개발사업장에서의 강우시 토사 유출원단위 산정

김철민* / 이은주** / 이소영*** / 김영철**** / 김이형*****⁺

Sediment Unit Loads from Developing Areas during Storms

Cheol Min Kim* / Eun Ju Lee** / So Young Lee*** / Young Chol Kim**** / Lee Hyung Kim*****⁺

요약 : 각종 개발사업은 사업 전, 사업 중 및 사업 후에 다양한 환경적, 수리학적 및 생태계적 변화를 초래한다. 그 동안의 국내 환경정책은 개발 사업 완료 이후 발생하는 각종 환경적 위해성에 대하여 관리를 하여왔으나, 수질오염총량관리제의 시행과 더불어 개정된 수질 및 수생태계 보전법률에서는 개발 과정 중의 환경적 위해성을 최소화하기 위하여 개발 사업에서의 토사유출 관리를 권고하고 있다. 하지만 현재 국내에는 각종 개발사업장별 토사유출에 대한 기초적인 자료의 해석과 토사유출 원단위 산정의 미흡으로 토사관리에 애로사항을 보이고 있다. 따라서 본 연구에서는 우리나라의 기후학적, 토양학적, 지형적인 특성으로 인해 발생하는 토사유출량에 대하여 환경영향평가대상사업을 중심으로 분석하여 개발사업 면적당 토사유출량에 대한 원단위를 산정하고자 한다. 이러한 연구를 위하여 2000년에서 2005년까지 총 1,036개의 협의된 환경영향평가사업에 대하여 환경영향평가서와 관련 부처(환경부, 농림부, 산림청, 건교부 등)의 자료를 분석하였다. 또한 고령지 발의 토사유출량은 고령지 농업에 따른 오염물질 배출 특성조사 최종보고서와 환경부의 소양호 비점오염원 관리지역·관리대책자료를 이용하였다. 이러한 연구를 통한 결과, 각 개발 사업으로 인한 토사유출량에 관한 자료로부터 우선적으로 관리되어야 할 것은 개발 전에는 산지개발, 개발 중에는 체육시설, 개발 후에는 산지개발로 분석되었다.

핵심용어 : 토사유출, 개발사업, 유출원단위, 환경영향평가대상사업, 토양침식

Abstract : Three phases of development in construction projects (i.e. pre-development, construction and post construction) diversely effect the environment, hydraulics and ecosystem. Currently, the domestic environmental policy is in control of the various environmental hazards produced after completion of development operations. Nevertheless, with the enforcement of water pollution total amount management system, improving the water quality; also the water and ecosystem preservation law recommends enforcing the sediment management for development operations in order to lessen the negative impacts to the environment. Recently, the country is experiencing difficulties in various development project locations due to insufficiency of interpreting the fundamental data for sediment loss and miscalculation of soil loss unit loads of sediment. This research utilizes data from 2000 to 2005 discussing a total of 1,036 environment impact assessment projects gathered from various ministries and offices namely Ministry of Environment (MOE), Ministry of Agriculture, the Office of Forestry, and Ministry of Construction and Transportation. Moreover, quantity of sediment from high land agriculture reports involving contaminant discharge characteristic investigation previously did concerning old land agriculture and So-Yang lake non-point pollution source management area as well as management measured data from MOE. The findings of this study reveal that the highest soil loss rate occurred from mountain district for pre-development and post construction and sports facility during construction.

Keywords : Sediment washoff, Soil erosion, Environmental impact assessment, Developing area, Soil loss unit loads

+ Corresponding author : leehyung@kongju.ac.kr
* 정회원-공주대학교 건설환경공학과 BK21 비점오염방재전문인력양성사업팀 석사과정
** 정회원-공주대학교 건설환경공학과 BK21 비점오염방재전문인력양성사업팀 계약교수
*** 정회원-공주대학교 건설환경공학과 BK21 비점오염방재전문인력양성사업팀 박사과정
**** 정회원-한서대학교 환경공학과 교수
***** 정회원-교신여자공주대학교 건설환경공학과 교수

1. 서 론

그 동안의 국내 수질환경정책은 하·폐수, 산업폐수 및 축산폐수 등의 점오염원관리 위주였으며, 그에 대한 관리와 제어를 위한 많은 연구와 기술개발이 이루어졌다. 그러나 지속적인 연구와 관리에도 불구하고, 호소 및 하천수질의 향상은 기대에 미치지 못하였다(김이형 등, 2005, 2006; 환경부, 2004b). 따라서 정부는 2005년도에 수질환경보전법 개정과 수질오염총량관리제(Total Maximum Daily Load, TMDL)를 도입함으로써, 점오염물질 뿐만 아니라 강우시 유출되는 유기물, 중금속류, PAHs, Oil & Grease 등과 같은 비점오염물질에 대한 관리와 처리기술에 대한 관심이 증대되고 있다(김이형 등, 2005, 2006). 이러한 비점오염물질 중, 각종 개발사업과 농업 및 임업 활동으로 인하여 유출되는 토사는 하천과 호소에 상당한 피해를 끼치는 가장 큰 비점오염물질로 알려져 있다(U.S. EPA, 2001; 한강수계관리위원회, 2007). 미국의 한 보고서에 따르면, 하천의 수생태계관련 문제 중 약 40%가 토사 스트레스(Sediment Stress)에 의해 일어난 문제를 안고 있다고 보고되고 있으며, 이는 실제 배출되는 토사 부하량이 정상적인 수생생태계 유지에 필요 이상으로 토사가 배출되는 것이 문제이므로 수급 불균형(Imbalance)이라는 용어를 사용하고 있다. 이에 하천과 호소, 연안지역의 학도와 토사, 실트질의 농도가 지속적으로 수질보고서(Water Quality Report)에 정리되고 있으며, 표토의 침식과 토사 유출 저감방안에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다(U.S. EPA, 2003a, 2003b).

우리나라의 경우 과거 30년간 비약적인 경제성장으로 인하여 도로의 건설, 도시개발 등과 같은 각종 개발 사업이 가속화·대형화되고 있으며, 이러한 개발사업은 불투수층의 증가와 더불어 토양의 침식과 유출이 급격히 증가되고 있는 실정이다(한강수계관리위원회, 2007; 환경관리공단, 2007). 또한 토양의 침식과 유출은 개발사업 뿐만 아니라 지형학적, 토양학적, 기상학적 원인으로부터 기인

된다. 특히, 우리나라는 지형학적으로 전 국토의 67%가 산지로 이루어져있고, 전체 밭 면적의 62% 중에서 7%이상, 고랭지에서는 전체 밭 토양의 67% 중에서 15% 이상이 경사지로 구성되어 있으며, 토양학적인 면에서는 노년기 토양으로 실트(silt)나 점토(clay)등과 같은 미세입자로 구성되어 있다(환경부 2004a). 기후학적으로는 아시아 몬순 기후의 영향으로 년 평균 강우량이 약 1,286mm로 세계 평균의 1.2배에 해당하는 높은 강우량을 나타내고 있지만, 대부분 여름철인 6월에서 9월 사이에 약 80%가 집중되고, 이 시기의 강우는 대부분이 국지성 폭우의 경향을 보이고 있다. 이러한 원인과 더불어 각종 개발사업은 국내에서의 주요 토사유출 및 토양침식의 원인으로 작용하고 있다. 따라서 토사관리를 적절히 수행하지 못했을 경우 표토의 유실과 더불어 강과 하천에 퇴적된 토사로 인하여 수질 저하와 함께 홍수유발, 수생생물의 서식처를 파괴하는 환경수리학적 위해가 나타날 것이다(U.S. EPA, 2001; 한강수계관리위원회, 2007; 환경관리공단, 2007).

본 연구는 개발과 우리나라의 기후학적, 토양학적, 지형적인 특성으로 인해 발생하는 토사유출량에 대하여 환경영향평가대상사업을 중심으로 분석하였으며, 개발사업 면적당 토사유출량에 대한 원단위를 산정하고자한다. 이는 각 개발사업 별 관리우선순위를 도출, 토사유출 저감방안에 대한 기초자료로써 활용하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 토양유실 및 토사유출관련 대상사업

비점오염원에 의한 토사유출관련 규제대상 사업을 제시하기 위하여 2000년에서 2005년까지의 환경영향평가서 중 협의된 사업과 관련 부처(환경부, 농림부, 산림청, 건교부 등)의 자료를 분석하였다.

2.2 토양유출량

재해영향평가보고서에서의 토사유출량 산정 방

법은 체적단위의 토사유출량을 산정하는 원단위법과 중량단위의 토양침식량을 산정하는 RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) 방법이 있다(소방방재청, 2005; 국립방재연구소, 1998). 각종 개발사업에서 발생하는 토양침식량을 산정하는 방법은 RUSLE를 비롯하여 다양한 방법이 적용되고 있으나, 현재 국내에서 적용성이 높아 많이 사용되고 있는 RUSLE 방법을 채택하고 있는 보고서만을 선정하여 본 연구의 토사유출량 분석을 위해 사용하였다. 고랭지 밭의 토사유출량은 ‘고랭지 농업에 따른 오염물질 배출 특성조사 최종보고서(낙동강수계관리위원회, 2004)’와 환경부의 ‘소양호 비점오염원 관리지역 · 관리대책자료(2007.11)’보고서를 이용하였다.

2.3 토사유출 원단위 산정

토사유출 원단위 산정을 위한 대상사업의 개수 선정을 위하여 표본 산출방법을 사용하였다. 이러한 방법은 각 개발 사업별 재해영향평가서를 확보한 후 사업별 개발 전, 중, 후로 토사유출량을 작은 값에서부터 큰 값으로 정렬하여, 정렬된 사업장별 토사유출량의 중간 값을 골라 첫 번째 토사유출 원단위로 선택하였다. 첫 번째 토사유출원단위(S_{median})는 S_m 이라 하였고, 그 중간 값의 위, 아래 값을 이용하여 토사유출 원단위 평균값 산정하여, 첫 번째 토사유출원단위 평균값(SM_1)을 S_m , 두 번째 토사유출원단위 평균값(SM_2)은 $(S_{m-1} + SM_1 + S_m + 1)/3$, 세 번째 토사유출원단위 평균값(SM_3)은 $(S_{m-2} + S_{m-1} + SM_1 + S_{m+1} + S_{m+2})/5$, N번째 토사유출원단위 평균값(SM_N)은 $S_{m-n} \cdots + S_{m-2} + S_{m-1} + SM_1 + S_{m+1} + S_{m+2} \cdots + S_{m+n} / n + 2$ 를 이용하여 산정하였다. 여기서 n은 이용된 자료집단의 개수를 의미한다.

3. 연구결과

3.1 토양유실 및 토사유출관련대상사업

3.1.1 환경영향평가대상사업에 대한 협의건수 및 비율분석

토사유출관련 규제대상 사업을 제시하기 위하여 2000년에서 2005년까지 협의된 사업에 대하여 환경영향평가서 분석을 수행하였으며, 그 결과를 표 1에 나타내었다. 기간 중 총 협의된 사업의 수는 1,036개이며, 그 중에서 도로의 건설, 도시의 개발에 관련된 사업이 53.4%로 총 사업의 절반이상을 차지하는 것으로 분석되었다. 그 다음 순위로는 토석모래 자갈광물 등의 채취, 항만건설, 산업입지 및 산업단지의 조성 순으로 분석되었다.

3.1.2 비점오염원 설치신고 대상사업 분석

비점오염원 설치신고 대상 사업은 ‘수질및수생태계보전에관한법률’의 ‘제4장 비점오염원의 관리 제53조의 비점오염원의 설치신고·준수사항·개선명령’ 등과 동법 시행령 ‘제72조 비점오염원의 신고 대상 사업 및 시설’, 동법 시행규칙 ‘제73조 비점오염원 설치신고의 절차’에 나타나있다. 이러한 법률에 근거하여 2006년 4월 이후부터 현재까지 각 유역 및 지방 환경청에 신고 필증된 사업들에 대하여 표 2에 정리하였다. 전체대상사업 중에서 도로의 건설은 30.3%를 차지하고 있는 것으로 나타났다으며, 도시의 개발은 20.9%로 나타났다. 이러한 도로의 건설과 도시의 개발관련 사업은 전체대상사업 중 50% 이상을 차지하는 것으로 분석되었다.

3.1.3 환경영향평가대상사업평가 종합

표 3은 환경영향평가대상사업에서 개별 사업장의 비중을 나타낸 것으로 제시된 자료로부터 환경영향평가 대상사업의 개수는 1,236개이었으며, 이중 대상사업별 비율이 5% 이상인 경우와 토사유출원단위를 분석한 대상사업에 대하여 대상개수가 많은 순서를 분석하였다. 사업의 개수의 순위를 살펴보면 도로의 건설 > 도시의 개발 > 토석·모래·자갈·광물 등의 채취 > 체육시설의 설치 > 산업입지 및 산업단지의 조성 > 항만건설 > 관광단지의 개발 순으로 나타났다.

표 1. 사업별 협의 개소 및 비율

번호	구분	사업 개수	%
1	도로의 건설	377	36.4
2	도시의 개발	176	17.0
3	토석모래자갈광물 등의 채취	86	8.3
4	항만건설	77	7.4
5	산업입지 및 산업단지의 조성	60	5.8
6	체육시설의 설치	53	5.1
7	관광단지의 개발	52	5.0
8	철도(도시철도 포함)의 건설	51	4.9
9	에너지개발	29	2.8
10	폐기물처리시설 및 분뇨처리시설의 설치	24	2.3
11	개간 및 공유수면의 매립	16	1.5
12	국방군사시설의 설치	12	1.2
13	수자원의 개발	6	0.58
14	하천의 이용 및 개발	6	0.58
15	산지의 개발	5	0.48
16	공항의 건설	4	0.39
17	특정지역의 개발	2	0.19
합 계		1,036	100.0

표 2. 비점오염원 설치신고 대상사업

번호	구분	사업 개수	%
1	도로의 건설	77	30.3
2	도시의 개발	53	20.9
3	토석모래자갈광물 등의 채취	1	0.39
4	항만건설	30	11.8
5	산업입지 및 산업단지의 조성	7	2.8
6	체육시설의 설치	0	0.0
7	관광단지의 개발	6	2.4
8	철도(도시철도 포함)의 건설	46	18.1
9	에너지개발	17	6.7
10	폐기물처리시설 및 분뇨처리시설의 설치	3	1.2
11	개간 및 공유수면의 매립	2	0.79
12	국방군사시설의 설치	1	0.39
13	수자원의 개발	6	2.4
14	하천의 이용 및 개발	1	0.39
15	산지의 개발	2	0.79
16	공항의 건설	2	0.79
17	특정지역의 개발	0	0.0
합 계		254	100.0

표 3. 환경영향평가대상사업에서 개별 사업장의 비중

번호	구분	사업개수	%
1	도로의 건설	377	30.5
2	도시의 개발	237	19.2
3	토석모래자갈광물 등의 채취	121	9.8
4	항만건설	77	6.2
5	산업입지 및 산업단지의 조성	84	6.8
6	체육시설의 설치	108	8.7
7	관광단지의 개발	61	4.9
8	철도(도시철도 포함)의 건설	51	4.1
9	에너지개발	29	2.4
10	폐기물처리시설 및 분뇨처리시설의 설치	38	3.1
11	개간 및 공유수면의 매립	18	1.5
12	국방군사시설의 설치	12	0.97
13	수자원의 개발	6	0.49
14	하천의 이용 및 개발	7	0.57
15	산지의 개발	4	0.32
16	공항의 건설	4	0.32
17	특정지역의 개발	2	0.16
합 계		1236	100.0

3.1.4 농림부 자료 분석을 통한 대상사업 분석

토양유실 및 토사유출에 관한 농업분야의 각종 자료를 검토한 결과 표 4와 같이 관리대상사업이 도출되었다. 특히 농업분야 중에서 고령지 받은 상수원의 상류에 위치하고 있고 급격한 경사에 의하여 강우시 토양침식 및 토사유출의 주원인으로 지목되고 있다.

3.1.5 토양침식 및 토사유출관리 규제대상 개별사업

토양침식 및 토사유출관리 규제대상 개별사업은 농림부 자료 분석과 환경영향평가대상사업평가 결과를 토대로 표 5와 같이 토사유출 가능 대상사업 분야 및 세부 사업명을 제시하였다.

3.2 사업별 토사유출원단위산정결과

사업장별 토사유출원단위 산정은 재해영향평가 대상사업들에 대하여 확보된 재해영향평가보고서

자료를 활용하였으며, 앞서 제시한 표본 산정법을 이용하여 사업장별 토사유출량을 분석하여 토사유출원단위를 산정하였다. 또한 고령지 받의 토사유출원단위산정의 경우에는 ‘고령지 농업에 따른 오염물질 배출 특성조사 최종보고서(낙동강수계관리위원회, 2004)’와 환경부의 ‘소양호 비점오염원 관리지역.관리대책자료(2007.11)’의 자료를 활용하여 밭에서 발생하는 토양유실량 원단위를 산정하였다. 이러한 연구방법을 통해 개별 사업장별 산정된 토사유출원단위는 다음과 같다.

3.2.1 개발 사업에 의한 토사유출량원단위 산정 결과

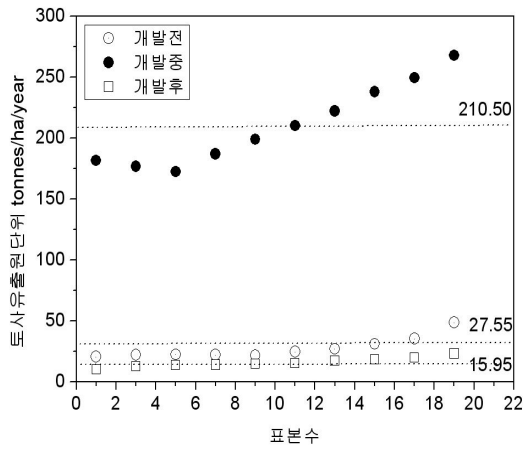
개발 사업은 지표면의 교란을 야기하는 사업으로 토사유출의 주요 원인 중 하나로 지목된다. 그림 1은 앞서 제시한 원단위 산정법을 통해 개발사업 전, 중, 후에 따른 단위면적 대비 토사유출원단위 산정법을 보여주고 있다. 그 결과 체육시설개발사업의 개발 전에는 27.55 tonnes/ha/yr의

표 4. 농림부 관련자료 검토에 따른 대상사업의 내용

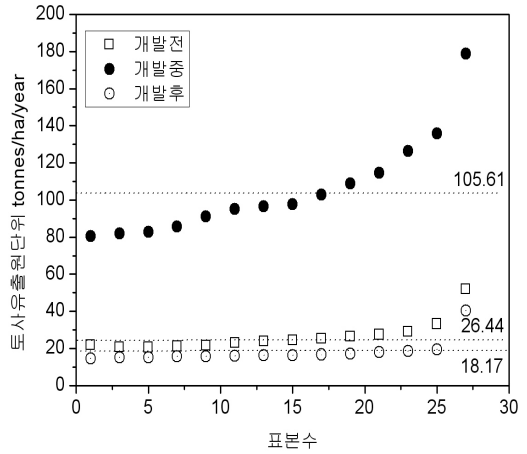
제 목	내 용	토양 침식 및 토사유출 대상사업
농식품 안전성 향상을 위한 연구	농식품 안전백서서는 농업환경분야, 환경생태계와 토양관리연구를 통하여 농업시 발생하는 환경오염물질을 저감시키고 종합적인 관리를 제시	농업활동
농촌하천유역의 종합적 수질관리시스템 개발	농촌 유역의 부하특성은 저배출부하를 고려한 월별 원단위법을 개발하여 비점오염의 오염부하량 산정을 위한 원단위 및 배출부하량 산정법을 확립	농업활동
경사지 토양유실 및 흙탕물 저감연구	경사지 토양유실 방지기술 개발에 의한 농경지 보호 및 흙탕물 발생 저감에 목적을 둠 토양유실량의 저감방법 중 부직포 또는 차광막으로 피복할 경우 무척리의 34.9~62.7% 정도로 유실량이 적음	경사지, 경작방법
강원농업기술원고원 농업시험장고랭지도 양특성	고랭지는 대부분 경사지로 되어 있고, 경사지 농업에서는 많은 경우 및 융설로 인해 토양과 양분 등 소중한 자원이 유실 여름철 집중 호우시 비옥한 표토의 유실이 매우 심함	고랭지 농업
농업과학기술원 농업환경부 경사지 토양의 유실방지대책	물에 의한 토양유실의 방지는 토양유실량을 결정하는 요인인 토양특성, 토양관리 등의 영향을 고려하여야 함으로써 이들 요인을 적절히 관리하는 대책을 수립	경작방법
경사지 밭 토양보전 농법	경사지 밭에서의 토양 유실을 저감 시킬 수 있는 농법으로 등고선 경작법이 있음 물에 의한 침식방지 시설은 초생대상 재배법이 있음	경사지 밭
점토함량과 경사별 토양침식 양상	인공 강우하에서 점토함량별, 경사도별 토양유실량을 조사한 결과 토양유실량은 점토함량 36.4%인 식양토, 40.2%인 식토, 30.1%인 식양토, 양토, 사양토 순이었음	경사지,
농지법	농지를 다른 용도를 사용할 시 대기환경과 수환경 농업의 진흥이나 농지의 보전을 해칠 우려가 있는 시설을 법령으로 관리	모든 개발사업
밭토양 환경보전 패키지화 사업추진	강원도농업기술원에서는 친환경농업(IPNM)실천을 위한 토양 물리화학성 개량과 토사유출이 많은 고랭지 경사 전 토사유출 방지 등 토양환경 보전을 위한 "밭토양 환경보전 패키지시범 사업"을 추진	밭

표 5. 토사유출 가능 대상사업 분야 및 세부 사업명

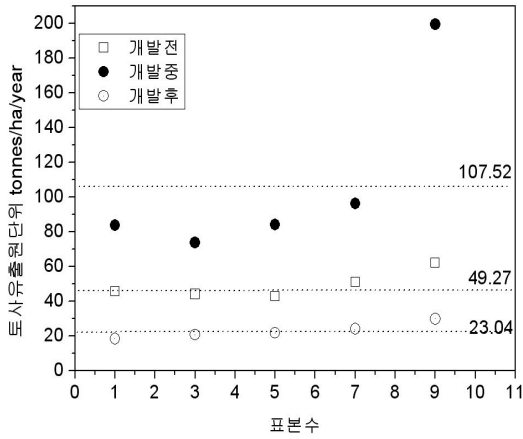
사업 분야	토사 유출 가능 대상 세부사업
가. 도시개발	- 도시개발, 아파트지구개발, 대지조성, 택지개발, 도시 재개발, 유통단지 조성, 공동집 배수단지 조성, 여객자동차터미널 건설, 화물자동차터미널 건설, 학교개발
나. 산업입지	- 국가산업단지, 지방산업단지, 농공단지, 중소기업단지, 수출자유지역, 공장, 공업용지
다. 도로건설	- 도로, 교량건설
라. 하천개발	- 하천공사, 수자원개발
마. 매립	- 매립
바. 관광단지	- 관광사업, 관광지 및 관광단지, 온천, 도시공원, 유원지, 자연공원
사. 산지개발	- 묘지, 초지, 토석·모래·자갈·광물등의 채취
아. 체육시설	- 청소년수련시설, 체육시설, 경정·경륜시설, 골프장
자. 폐기물·분뇨처리시설	- 분뇨처리시설, 매립시설, 소각시설설치
차. 농경지	- 고랭지 밭
카. 에너지개발	
타. 공항의 건설	
파. 항만건설	
하. 철도(도시철도 포함)건설	



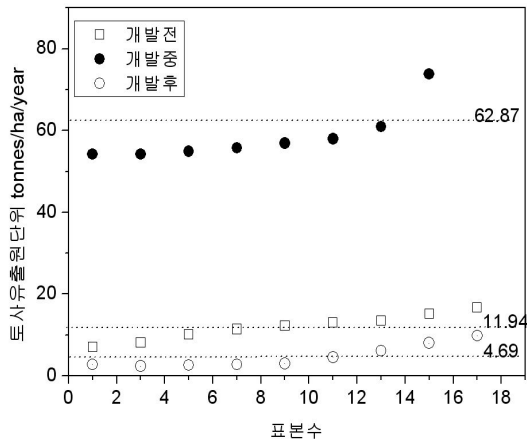
(a) 체육시설



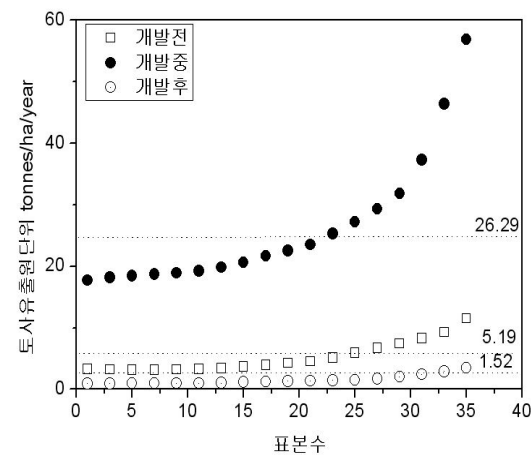
(b) 관광단지조성사업



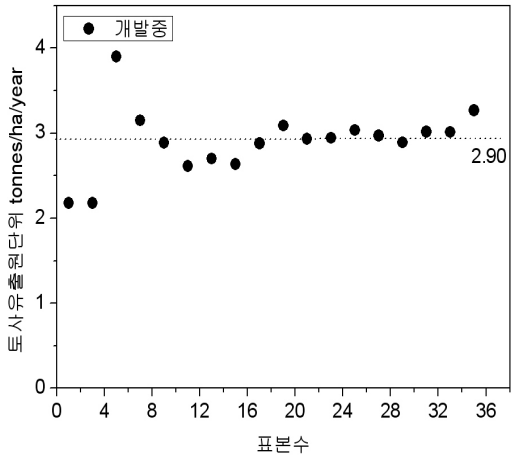
(c) 산지개발사업



(d) 산업단지개발



(e) 도시개발



(f) 도로건설사업

그림 1. 개발사업에 따른 전, 중, 후의 토사유출원단위

유출율을 나타내었으나, 개발 중에는 210.50 tonnes/ha/yr으로 발생되었다. 또한 관광단지조성 사업에서는 개발 전에 26.44 tonnes/ha/yr의 유출율을 나타내었으나, 개발 중에 105.61 tonnes/ha/yr이 유출되는 것으로 나타났으며, 산지 개발 사업에서는 개발 전 49.27 tonnes/ha/yr와 개발 중에 107.52 tonnes/ha/yr의 유출을 나타내었다.

산업단지개발에서는 개발 전에 49.27 tonnes/ha/yr 및 개발 중에 107.52 tonnes/ha/yr의 유출을 보이는 것으로 나타났고, 도시개발 사업은 개발 전에 5.19 tonnes/ha/yr와 개발 중에 26.29 tonnes/ha/yr의 토사가 유출되었다. 도로 건설 사업은 환경영향평가사업대상사업이기에 환경영향평가서를 중심으로 분석하였으며, 개발중에 2.90 tonnes/ha/yr의 토사가 유출하는 것으로 분석되었다.

3.2.3 고랭지 밭

낙동강수계관리위원회의 2004년도 환경기초조사사업 중 고랭지 농업에 따른 오염물질 배출 특성조사 최종보고서에서는 USLE를 이용한 관행농업지역과 친환경농업지역의 토양 유실량 평가결과를 제시하고 있는데 친환경 농업지역중 밭에서의 토양 유실량 원단위 값은 152.02 tonnes/ha/yr로 나타나고 있다. 또한 환경부의 소양호 비점오염원관리지역·관리대책(2007.11)자료에서 제시하고 있는 밭에서 토양 유실량 원단위는 118.29 tonnes/

ha/yr로 산정되었다. 이러한 결과를 토대로 할 때 고랭지 밭에서의 토사유출 원단위는 135.16 tonnes/ha/yr로 분석되었다.

3.2.4 원단위 비교

표 6과 그림 2는 각각의 토사유출 대상사업에 대한 원단위 비교 분석한 것으로 개발 전의 경우 원단위의 값은 산지개발>체육시설>관광단지>산업입지>도시개발 순으로 분석되었으며, 개발 중의 경우에 대해서는 체육시설>고랭지 밭>산지개발>관광단지>산업입지>도시개발>도로건설 순으로 분석되었다. 개발 후에는 산지개발>관광단지>체육시설>산업입지>도시개발 순으로 분석되었다.

개발 중 토사유출원단위의 평균값은 92.98 tonnes/ha/year로 분석되었고, 개별 사업 중에서 관광단지, 산지개발, 체육시설, 고랭지의 경우 토사유출원단위 값이 평균값 이상으로 산정되었으며,

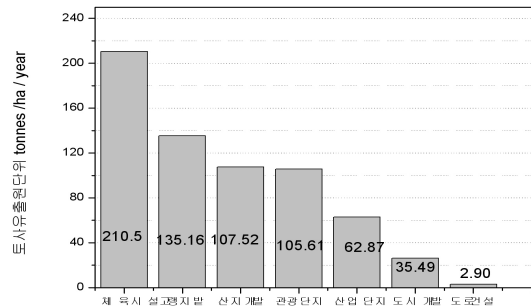


그림 2. 사업장별 토사유출원단위

표 6. 사업별 토사유출원단위(단위: tonnes/ha/year)

번호	사업	개발전	개발중	개발후
1	도시개발	5.19	26.29	1.52
2	산업입지	11.94	62.87	4.69
3	도로건설	-	2.90	-
4	관광단지	26.44	105.61	18.17
5	산지개발	49.27	107.52	23.04
6	체육시설	27.55	210.50	15.95
7	농경지 (고랭지 밭)	-	135.16	-
평균		-	92.98	-

도시개발, 산업입지, 도로건설의 경우 평균값보다 낮은 값으로 분석되었다.

4. 결 론

최근 지구온난화와 기상이변은 토양피복의 변화, 강우특성의 변화를 야기하여 유역의 토양침식과 토사유출을 증가시키고 있다. 특히 우리나라의 경우, 높은 인구밀도에 기인한 각종 개발사업과 기후학적, 토양학적, 지형적인 특성은 이러한 토양침식과 토사유출의 주요 원인으로 나타나고 있다. 이러한 토사유출 및 토양침식으로 발생한 토사는 하천 유입시 수생태계에 심각한 피해를 끼치는 것으로 보고되고 있다. 그러나 각종 개발사업에 의한 단위 토사유출량이 산정되어 있지 않기에 다양한 환경수리학적 영향이 있음에도 불구하고 관리에 큰 애로점을 가지고 있다. 최근 환경부는 이러한 문제점을 직시하여 관련 법률정비를 통해 각종 개발사업장의 토사관리를 명문화한 것은 진일보한 정책의 변화라 하겠다. 따라서 본 연구는 토사를 유출시키는 다양한 개발사업 및 토양침식을 야기하는 사업장들에 대한 토사유출 원단위를 환경부의 지원에 의하여 산정하였으며, 다음과 같은 결론을 도출하였다. 이러한 자료는 각 환경청에서 사업장별 토사관리를 위한 현황 파악 및 예측 시스템 구축에 중요한 자료로 활용될 것이다.

- 1) 환경영향평가서와 관련부처의 방대한 자료를 분석한 결과 토사유출은 각종 개발사업에서 기인하고 있는 것으로 나타났으며, 토양침식에 의한 토사유출은 토지피복의 변화가 크고 경작법의 변화에 의한 고랭지 밭이 주요 원인으로 나타났다.
- 2) 개발사업에 대한 개발 전과 개발 중의 단위 토사유출량을 산정한 결과, 체육시설의 경우 개발 중에 발생하는 토사의 양이 개발 전에 비하여 8배 이상 증가하는 것으로 나타났다. 또한 산지개발의 경우 개발 중에 발생하는 단위토사유출량은 개발 전에 비하여 약 2배

정도 증가하는 것으로 산정되었다.

- 3) 토양침식의 주원인으로 나타나고 있는 고랭지 밭의 경우, 침식에 의한 토사유출원단위량이 135.16 tonnes/ha/year로 산정되었으면, 이 값은 개발사업에서의 체육시설개발 다음으로 높은 토사유출량으로 나타났다.
- 4) 본 연구를 통해 우선관리가 요구되는 개발사업을 선정한 결과, 개발 전과 후에는 산지에서의 토양침식을 관리할 필요가 있는 것으로 나타났으며, 개발 중에는 체육시설에서의 토사유출을 우선 관리해야 할 사업으로 나타났다.

사 사

본 연구는 환경관리공단 및 수생태복원사업단의 연구비 일부 지원으로 수행되었기에 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 국립방재연구소 (1998). 개발에 따른 토사유출량 산정에 관한 연구(1), 행정자치부.
- 김이형, 임경호, 김기동, 이병식 (2005). 철로역사 건설에 따른 강우 유출수내 비점오염물질의 동적 EMCs 및 처리방안 연구, 한국철도학회논문집, No. 8(4), pp. 308-313
- 김이형, 고석오, 이병식, 김성길 (2006). 국내 고속도로 강우 유출수의 EMCs 및 유출 부하량산정, 한국도로학회 논문집, No. 8(1), pp. 99~106
- 낙동강수계관리위원회 (2004). 고령지 농업에 따른 오염물질 배출 특성 조사 최종보고서. 국립환경과학원 낙동강물환경연구소.
- 소방방재청 (2005). 재해영향평가 실무지침. 소방방재청.
- 한강수계관리위원회 (2007). 탁수로 인한 수중생태계 영향 조사 및 저감대책 제시 3차년도 보고서, 국립환경과학원 한강물환경연구소.

환경부 (2004a). 고랭지밭 비점오염 저감을 위한 종합대책. 환경부.

환경부 (2004b). 관계부처합동 [물관리 종합대책]의 추진강화를 위한 4대강 비점오염원관리 종합대책, 환경부

환경부 (2007). 소양호 비점오염원 관리지역·관리대책자료, 환경부

환경관리공단 (2007). 비점오염원 유출사업장의 토양침식 및 토사관리 방안 마련을 위한 연구, 환경관리공단.

U.S. EPA (2001). The biological effect of suspended and bedded sediments in aquatic systems: a review.

U.S. EPA (2003a). Developing water quality criteria for suspended and bedded sediments.

U.S. EPA (2003b). Developing Water Quality Criteria for Suspended and Bedded Sediments(Draft).