

미계측 유역의 부유물질 산정을 위한 다중회귀식 개발

Development of Multiple Regression Equation for Estimation of Suspended Solids in Unmeasurable Watershed

최한규* 박재용** 박수진***
Choi, Han-Kuy Park, Jae-Yong Park, Soo-Jin

Abstract

The purpose of this study is to present quantitatively the influence of variables that had the largest effect on the changes in suspended solids(SS), which would cause turbid water phenomenon, among water quality factors of the non-point pollution source, and then to develop a multiple regression equation of SS and predict the water quality of ungauged watersheds so as to provide basic data to establish efficient management plans for SS which flow in rivers and lakes. To identify the correlation of SS with the amount of rainfall and the state of land use, a simple correlation analysis and a simple regression analysis were conducted respectively. Finally, a multiple regression analysis was conducted to provide that SS were set as dependent variables while the amount of rainfall, paddy fields and dry fields were set as independent variables. As a result, the amount of rainfall had the most significant influence on changes in SS, followed by dry fields and paddy fields. In addition, the multiple regression equation was developed to predict SS in unmeasurable watersheds.

키워드 : 비점오염원, 미계측 유역, 부유물질, 다중회귀분석

Keywords : *non-point source pollution, unmeasurable watershed, suspended solids, multiple regression equation*

1. 서론

일반적으로 하천유역을 오염시키는 발생원으로는 가정하수, 오수와 같은 점오염원과 산림, 농경지, 도로의 침식, 가축 분뇨 등과 같은 비점오염원이 있다. 비점오염원은 오염원의 분포범위가 넓고 확인이 불분명하여 오염원에 대한 조사가 일부지점에 한정되어있기 때문에 미계측 유역에 대한 조사가 필요한 실정이다. 또한 최근 농촌지역에서 부

가효과가 높은 고령지채소를 재배하는 면적이 매년 증가하고 있어 비점오염원의 발생량이 증가하고 있으며, 이러한 변화는 하천과 호수의 탁수현상 및 부영양화로 인한 문제점들을 지속적으로 발생시키고 있는 실정이다. 특히 하천과 호수의 탁도가 악화되는 탁수현상은 관광지가 산재하고 있는 강원도 하천의 미관을 해칠 뿐만 아니라 이러한 토립자를 제거하기위한 경제적인 부담 또한 증가시키게 된다.

따라서 본 연구는 비점오염원의 수질인자 중 탁수현상을 유발하는 부유물질(SS)의 변동에 가장 큰 영향을 미치는 지배인자의 영향력을 정량적으로 제시하고, 부유물질에 대한 다중회귀식을 개발

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 강원대학교 대학원 토목공학과 석사과정
*** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사과정

하여 미계측유역의 수질 농도를 예측함으로써 하천 및 호수에 유입되는 부유물질의 효율적인 관리 방안을 수립하기 위한 기초자료를 제공하는데 목적이 있겠다.

이를 위해 연구의 대상유역을 소양강댐, 안동댐, 주암댐, 충주댐, 섬진강댐 상류유역의 9개 지점을 선정하였다. 그리고 각 연구지점의 2003년도 강우자료와 수질자료, 토지이용현황자료를 조사하였다. 조사된 자료를 정리하여 각 연구지점별로 부유물질과 강우량사이의 단순상관 및 회귀분석을 실시하였으며, 각 지점의 SS평균농도와 토지이용상태에 대하여 각 항목별로 단순 상관 및 회귀분석을 실시하였다.

또한, 통계처리프로그램인 SPSS (Statistical Packages for Analysis System) 11.5 을 사용하여 다중회귀분석을 실시하여 다중회귀식을 개발하였다. 최종적으로 개발된 다중회귀식이 유의한 식인지 확인하기 위하여 통계적 유의성 검증을 실시하였다.

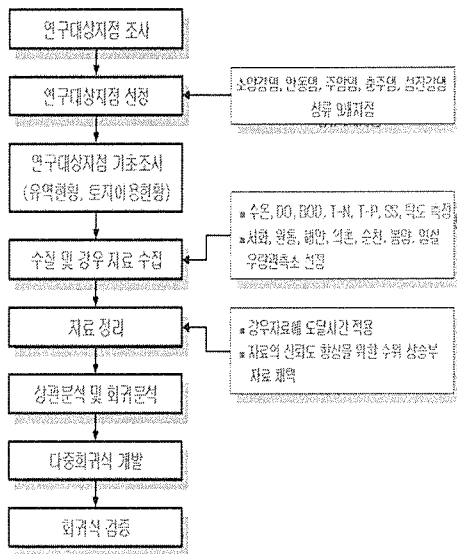


그림 1 연구방법에 대한 모식도

2. 대상유역선정 및 연구자료수집

2.1 대상유역 선정

정확한 오염원을 산정하기 위해서는 소단위의 토지이용도를 나누어 각 토지 이용단위별로 조사하여 수질의 관계를 명확히 규명하여 특정 토지이용에서 오염발생량 및 정확한 배출량을 산정이 쉽고 또한 토지이용 변화에 따른 오염물질 배출변화를 파악하기도 쉽다. 그러나 이 연구 방법은 많은 시간의 노력과 많은 예산이 필요하며, 개연성이 떨어

지는 단점이 있다.

본 연구의 대상유역은 농업활동이 활발히 이루어지고 있으며, 비점오염원이 다량 발생하는 것으로 판단되어 지고 있는 소양강댐, 안동댐, 주암댐, 충주댐, 섬진강댐 상류유역의 9개 지점을 선정하고, 강우시, 비강우시로 구분하여 하천의 유량측정과 수질조사를 실시하였다.

표 1 대상유역 선정지점

댐 명	하천명	조사지점명	개 소
소양강댐	인북천	도리촌교지점	2개 지점
	만대천	물골교지점	
안동댐	역계천	사신교지점	2개 지점
	이천천	농로교지점	
주암댐	동북천	연월교지점	2개 지점
		장전교지점	
충주댐	주포천	주포1교지점	1개 지점
섬진강댐	임실천	용산교지점	2개 지점
	섬진강	덕암교지점	

2.2 연구자료수집

2.2.1 수질자료

본 연구에서는 오염원의 유출을 신뢰성있게 파악하기 위하여 유역의 하류 지점을 선정하였다. 강우시는 유출이 발생할 수 있는 20mm/day 이상을 강우시로 구분하였으며, 초기강우에서 강우종료시 수위가 강우전 상태를 기준으로 하여 측정하였다.

조사항목으로는 수온, 용존산소량(DO), 생물학적 산소요구량(BOD), 총질소(T-N), 총인(T-P), 부유물질(SS), 탁도(turbidity) 7항목을 분석하였다. 수질분석항목 및 분석방법은 표 2에 나타내었다.

표 2 분석항목 및 분석방법

조사항목	분석 방법
수온	수온온도계로 현장측정
DO	azide modification
SS	GF/C 여과지로 여과한 후 100℃에서 2시간 건조후 desiccator에서 식히고 무게측정
Turbidity	nephelometer(MONIT다 Model 21)
BOD	20℃ 암실 5일간 배양 후 용존산소농도차로 계산
T-N	전처리 persulfate digestion법/ 측정 cadmium reduction법
T-P	전처리 persulfate digestion법으로 전처리 하고 ascorbic acid법으로 측정

2.2.2 강우자료

본 연구 대상지역의 강우강도를 산정하기 위하여 각 연구지점 유역에 영향을 주는 관측소를 선정하여 우량 자료를 수집하였다. 각 연구지점에 이용된 관측소는 표 3과 같다.

표 3 연구지점 유역의 우량관측소

댐 명	하천명	우량관측소	관할기관	비 고
소양강댐	인북천	서화관측소 원통관측소	수자원공사	Thissen 가중치 적용
	만대천	해안관측소	기상청	
안동댐	역계천	의촌관측소	수자원공사	
주암댐	동북천	순천관측소	기상청	
충주댐	주포천	봉양관측소	수자원공사	
섬진강댐	임실천	임실관측소	기상청	

2.2.3 토지이용현황자료

각 연구지점 별로 논, 밭, 임야, 대지, 기타 5개 항목의 자료를 표 4와 같이 수집·정리하였다.

표 4 각 지점별 토지이용현황

지점명		논	밭	임야	대지	기타
물골교	면적(km ²)	7.58	16.92	36.04	0.35	2.86
	구성비(%)	11.89	26.54	56.53	0.55	4.49
도리촌교	면적(km ²)	15.58	6.95	414.01	0.95	51.69
	구성비(%)	3.18	1.42	84.63	0.19	10.57
사신교	면적(km ²)	2.86	4.78	18.47	0.28	2.11
	구성비(%)	10.032	16.784	64.794	0.979	7.411
농로교	면적(km ²)	1.72	2.23	9.05	0.12	1.07
	구성비(%)	12.105	15.722	63.776	0.832	7.565
연월교	면적(km ²)	0.16	0.28	2.52	0.03	0.21
	구성비(%)	5.000	8.750	78.750	0.938	6.864
장전교	면적(km ²)	3.74	6.90	62.42	0.75	5.44
	구성비(%)	4.719	8.707	78.763	0.946	6.864
주포1교	면적(km ²)	11.66	21.67	100.64	0.75	4.72
	구성비(%)	8.362	15.541	72.174	0.538	3.385
용산교	면적(km ²)	5.30	6.39	27.42	1.28	2.38
	구성비(%)	12.394	14.931	64.119	2.986	5.570
덕암교	면적(km ²)	6.979	8.501	40.721	1.542	4.424
	구성비(%)	11.226	13.674	65.503	2.480	7.116

3. 분석 및 고찰

3.1 측정자료의 선별

3.1.1 도달시간 산정

도달시간 산정을 위하여 본 연구에는 여러 개의 공식 중에서 현재 주로 사용되는 Kirpich, Rziha, Kraven1, Kraven2 공식을 적용하였으며, 실제 현장조사를 통한 소유로에서의 대략적인 평균유속과 도달시간에 따른 평균유속을 고려하여 적합성을 판단하였다. 경험공식에 의하여 산정된 도달시간은 표 5에 나타내었으며, 평균 유속은 표 6에 나타내었다.

표 5 경험공식에 의한 도달시간 산정

지점명	유로 연장 (km)	유역 평균경사 (%)	도달시간(hr)			
			Kirp- ich	Rziha	Krav- en1	Krav- en2
물골교	10.25	1.463	2.02	1.80	0.67	1.36
도리촌교	41.22	1.771	5.49	6.44	2.44	5.45
사신교	9.51	0.526	2.83	3.08	1.05	1.26
농로교	5.60	0.536	1.87	1.79	0.61	0.74
연월교	2.59	0.773	0.90	0.67	0.23	0.34
장전교	10.41	0.576	2.93	3.19	1.10	1.38
주포1교	9.50	0.632	2.64	2.76	0.95	1.26
용산교	10.42	0.288	3.83	4.85	1.57	1.38
덕암교	16.50	0.242	5.83	8.51	2.71	2.18

표 6 평균유속 산정결과

지점명	실 측 평균유속 (m/s)	평균유속(m/s)			
		Kirp- ich	Rziha	Krav- en1	Krav- en2
물골교	1.31	1.41	1.58	4.26	3.50
도리촌교	1.27	0.51	0.43	1.14	3.50
사신교	0.45	0.93	0.86	2.52	3.00
농로교	0.60	1.41	1.47	4.31	3.00
연월교	0.65	0.80	1.08	3.07	3.00
장전교	1.01	0.99	0.91	2.64	3.00
주포1교	0.70	1.00	0.96	2.76	3.00
용산교	1.23	0.76	0.60	1.84	2.10
덕암교	0.95	0.50	0.34	1.07	2.10

표 7 각 지점별 도달시간

댐명	지점명	산정공식	도달시간 (min)
소양강댐	물골교	Kirpich	121.2
	도리촌교	Kraven1	146.4
안동댐	사신교	Rziha	184.87
	농로교	Kirpich	112.24
주암댐	연월교	Kirpich	54
	장전교	Kirpich	175.8
충주댐	주포1교	Rziha	165.44
섬진강댐	용산교	Kraven1	94.13
	덕암교	Kraven1	162.86

관 및 회귀분석 결과는 표 8에 나타내었으며, 또한 연구지점별 SS-Rainfall 상관도는 그림 2 ~ 그림 6에 나타내었다.

표 8 지점별 SS-Rainfall 상관 및 회귀분석 결과

댐명	연구지점	자료수	상관계수 (Pearson Correlation Coefficient)	회귀계수 (regression Coefficient)
소양강댐	물골교	12	0.958	0.918
	도리촌교	27	0.571	0.326
안동댐	사신교	20	0.754	0.569
	농로교	12	0.837	0.701
주암댐	연월교	18	0.678	0.459
	장전교	23	0.545	0.297
충주댐	주포1교	69	0.657	0.432
	섬진강댐	용산교	27	0.877
	덕암교	31	0.903	0.815

3.1.2 부유물질(SS) 및 강우량(Rainfall)

부유물질은 강우 초기에 대부분 하천에 유입되므로 조사된 자료를 전부 이용하여 분석할 경우 분석 결과의 신뢰도를 저해하는 요인이 발생할 수 있으므로 부유물질의 일반적인 유출특성을 고려하여 강우에 따른 수문곡선의 상승부를 기준으로 측정자료를 재분류하였다. 또한 강우량은 이론적으로 산정된 도달시간을 적용하여 측정당시에 영향을 준 강우자료로 판단하였다.

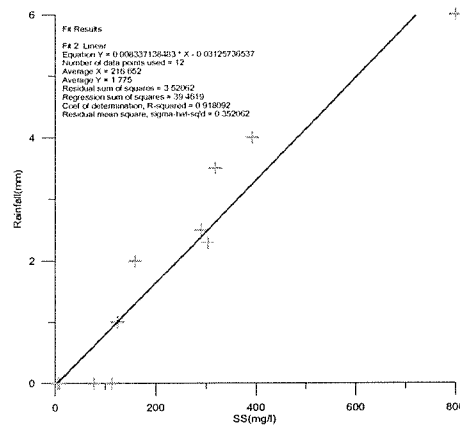


그림 2 물골교지점 SS-Rainfall 상관도

3.2 단순 상관분석 및 회귀분석

3.2.1 부유물질(SS) - 강우량(Rainfall)

비점오염원의 수질인자 중 탁수현상을 유발하는 부유물질의 다중회귀분석을 실시하기에 앞서 각 연구지점의 강우와 부유물질간의 상관성 유무를 판정하기 위하여 각 지점별로 부유물질의 단순 상관 및 회귀분석을 실시하였다. 분석을 통해 상관계수와 결정계수를 산정하고, 단순회귀식을 도출하였다. 상관분석 결과 각 지점의 상관계수(R)는 0.545 ~ 0.958의 범위의 값을 보였으며 유의수준 1%에서 유의한 것으로 나타났다. 특히 소양강댐유역의 물골교지점과 섬진강댐유역의 덕암교지점은 상관계수 0.958과 0.903의 값으로 매우 높은 상관성을 보였으며, 소양강댐유역의 도리촌교지점과 주암댐유역의 장전교는 상관계수 0.571과 0.545의 값으로 타 지역에 비하여 낮은 상관성을 보였다. 전체적으로 각 연구지점의 상관계수는 높은 경향을 보였으며, 이에 따라 부유물질 - 강우량의 관계가 상당한 상관성을 보임을 확인할 수 있었다. 또한 회귀분석 결과 각 지점의 결정계수(R square)는 0.297 ~ 0.918의 범위의 값을 보였다. 즉 각 연구지점에서 강우량(Rainfall)이란 하나의 변수가 부유물질(SS) 전체 변동의 30% ~ 90%의 설명력을 보인다는 것을 알 수 있었다. 각 연구지점별 SS-Rainfall 상

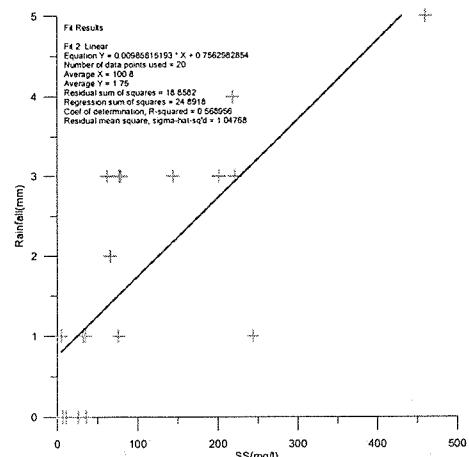


그림 3 사신교지점 SS-Rainfall 상관도

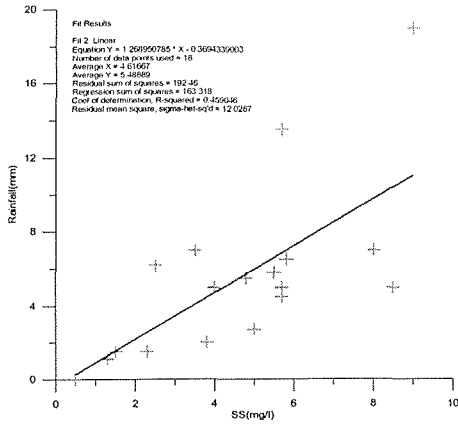


그림 4 연월교지점 SS-Rainfall 상관도

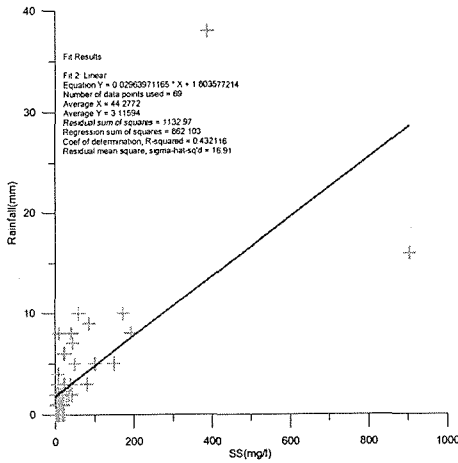


그림 5 주포1교지점 SS-Rainfall 상관도

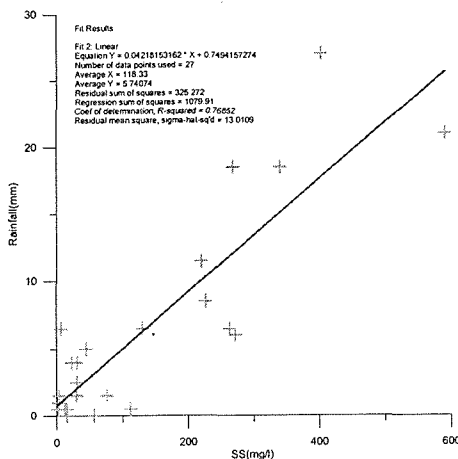


그림 6 용산교지점 SS-Rainfall 상관도

3.2.2 부유물질(SS) - 토지이용상태

강우시 부유물질은 강우량 외에도 토지이용상태에 의해서 변동특성이 영향을 받을 것으로 예상되며 그 관계의 정도를 더욱 구체적으로 파악하기 위하여 부유물질과 토지이용상태의 5가지 형태인 논, 밭, 임야, 대지, 기타의 각 항목에 대하여 상관분석 및 회귀분석을 실시하여 상관계수와 결정계수를 산정하고, 단순회귀식을 도출하였다.

상관분석 결과 논, 밭, 임야는 상관계수(R)가 각각 0.790, 0.794, -0.866으로 높은 상관성을 보였으나 대지와 기타 항목은 각각 0.095, -0.252으로 매우 낮은 상관성을 보였다. 따라서 토지이용상태의 형태 중 논, 밭, 임야는 부유물질의 변동에 상관성이 있음을 확인할 수 있었으나 대지와 기타 두 항목은 부유물질과 상관성이 있음을 확인할 수 없었다. 또한 회귀분석 결과 논, 밭, 임야의 결정계수(R square)는 각각 0.624, 0.630, 0.751의 값을 보였다. 즉 논, 밭, 임야 각각의 변수로 부유물질(SS) 전체변동의 62.4%, 63%, 75.1%가 설명됨을 확인할 수 있었고, 대지와 기타 항목은 부유물질의 변동에 대한 설명력이 매우 떨어짐을 알 수 있었다.

SS-토지이용상태 상관 및 회귀분석 결과는 표 9에 나타내었다.

표 9 SS-토지이용상태 상관 및 회귀분석 결과

토지이용상태	자료수	상관계수 (Pearson Correlation Coefficient)	회귀계수 (regression Coefficient)
논 (Paddy field)	9	0.790	0.624
밭 (Field)	9	0.794	0.630
임야 (Woods)	9	-0.866	0.751
대지 (Mesa)	9	0.095	0.009
기타 (etc.)	9	-0.252	0.064

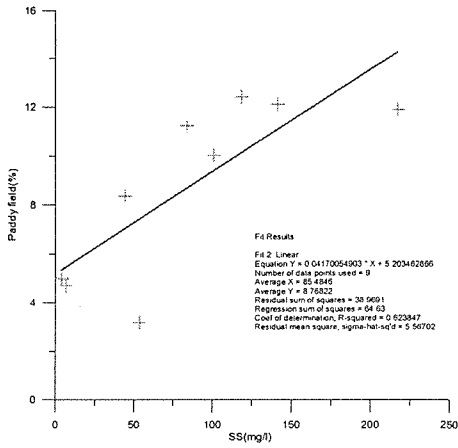


그림 7 SS-논 상관도

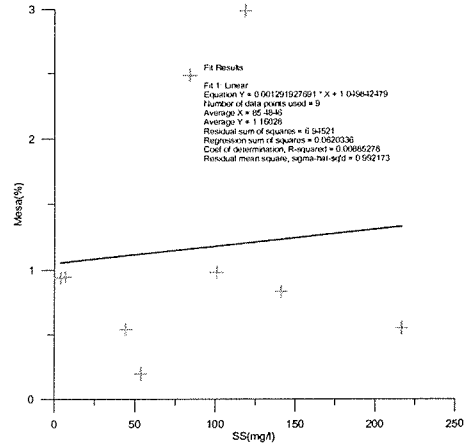


그림 10 SS-대지 상관도

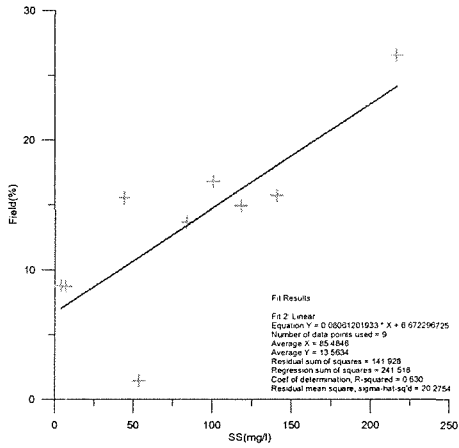


그림 8 SS-밭 상관도

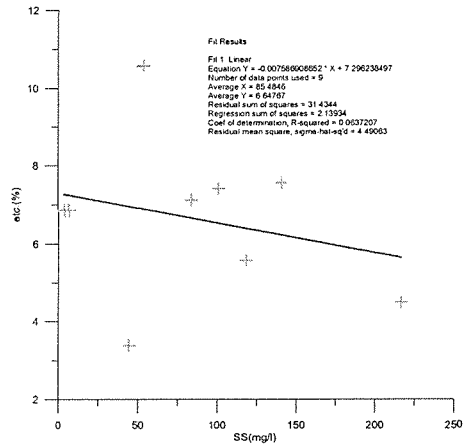


그림 11 SS-기타 상관도

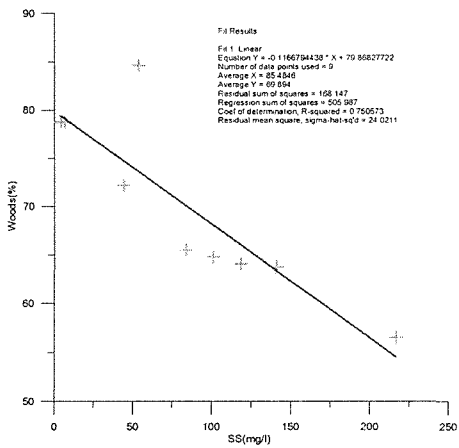


그림 9 SS-임야 상관도

3.2.3 SS-Rainfall 상관계수와 토지이용상태 관계 분석

특정 유역에서 논, 밭, 임야, 대지, 기타의 각 항목이 차지하는 비율에 의하여 부유물질과 강우량의 관계가 어떤 경향을 나타내는지를 파악하기 위하여 부유물질 - 강우량의 상관계수와 토지이용상태의 각 항목에 대하여 상관분석 및 회귀분석을 실시하였다.

분석 결과 특정 유역에서 논과 밭의 비율이 증가할수록 SS - Rainfall의 상관성이 높아지는 경향을 나타냈으며, 임야의 비율은 감소할수록 SS - Rainfall의 상관성은 높아졌다. 그러나 대지와 기타 두 항목의 비율은 SS - Rainfall의 상관성과 거의 무관함을 확인할 수 있었다.

표 10 SS-Rainfall 상관계수와 토지이용상태 상관계수 및 결정계수

구분	논(%)	밭(%)	임야(%)	대지(%)	기타(%)
상관계수	0.912	0.777	0.916	0.509	0.364
결정계수	0.832	0.604	0.804	0.259	0.132

3.3 다중회귀분석

3.3.1 항목간 상관분석

다중회귀분석을 할 경우 여러 독립변수들 간에 서로 높은 상관관계를 가지는 다중공산성에 대한 문제가 발생하게 된다. 다중공산성이란 다중회귀분석에 채택된 독립변수들 간에 높은 상관관계가 나타나는 현상을 가리키는 말이다. 즉, 독립변수들 간의 상관계수가 절대값이 0.7이상을 보이면, 이들은 서로 같은 영향을 종속변수에 준다는 뜻이다. 다중공산성이 나타나면, 결정계수는 커지나 독립변수들의 회귀계수는 의미가 없어지게 됨으로 주의하여야한다. 이에 다중회귀분석 전에 독립변수들 간의 상관관계분석을 실시하였으며, 그 결과 논 - 임야, 밭 - 임야의 상관계수가 각각 -0.782와 -0.703의 값으로 높은 상관성을 나타냈다. 따라서 다중회귀분석의 다중공산성의 문제를 제거하기 위하여 '임야'란 독립변수를 배제하였다.

표 11 독립변수의 다중상관분석 결과

구분	강우량	논	밭	임야	대지	기타	
강우량	Pearson Correlation	1	0.364	0.467	-0.584	0.129	-0.158
논	Pearson Correlation		1	0.430	-0.782	0.119	0.019
밭	Pearson Correlation			1	-0.703	0.198	-0.328
임야	Pearson Correlation				1	-0.257	0.284
대지	Pearson Correlation					1	-0.264
기타	Pearson Correlation						1

3.3.2 다중회귀식 개발

부유물질을 종속변수로 놓고 그 외 항목들을 독립변수로 배치하였다. 첫 번째 다중회귀분석 결과 표 12에서 보는 것과 같은 다중회귀식을 개발하였으며, 이식은 결정계수(R square) 0.777, F-value 35.353 P-value 0.000으로 매우 유의한 것을 확인할 수 있었다. 그러나 독립변수 중 '대지'와 '기타' 두 변수의 유의도가 0.05이상으로 통계치가 모수치를 대표함에 있어 오차가 5%이상임을 의미하므로 종속변수에 미치는 영향이 무의미함을 알 수 있었다. 따라서 두 독립변수를 배제시킨 후 다시 다중회귀분석을 실시하여 다음과 같은 다중회귀식을 개발하였다.

$$Y = -78.965 + 21.083X_{강우량} + 5.012X_{논} + 3.303X_{밭}$$

표 12 다중회귀분석 결과(1)

계수				
변수	B	Beta	t-value	p-value
Constant	-93.721	-	-4.411	0.000
강우량 (Rainfall)	21.247	0.501	4.944	0.000
논 (Paddy field)	4.496	0.245	2.416	0.024
밭 (Field)	3.666	0.399	3.589	0.001
대지 (Mesa)	2.357	0.062	0.672	0.508
기타 (etc.)	2.002	0.127	1.304	0.205

분산분석

요인	제곱합	자유도	평균제곱	F-value
처리 (Regression)	30999.088	1	30999.088	35.353
잔차 (Residual)	7014.751	8	876.844	-
계 (Total)	38013.839	9	-	-

회귀분석식

$$y = -93.721 + 21.247x_{강우량} + 4.496x_{논} + 3.666x_{밭} + 2.357x_{대지} + 2.002x_{기타}$$

회귀분석식의 개요

R	R square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
0.903	0.815	0.777	17.09624

표 13 다중회귀분석 결과(2)

계수

변수	B	Beta	t-value	p-value
Constant	-78.965	-	-4.351	0.000
강우량 (Rainfall)	21.083	0.478	4.927	0.000
논 (Paddy field)	5.012	0.203	2.760	0.010
밭 (Field)	3.303	0.299	3.448	0.002

분산분석

요인	제곱합	자유도	평균제곱	F-value
처리 (Regression)	30458.158	1	30458.158	32.249
잔차 (Residual)	7555.680	8	944.46	-
계 (Total)	38013.839	9	-	-

회귀분석식

$$y = -78.965 + 21.083x_{\text{강우량}} + 5.012x_{\text{논}} + 3.303x_{\text{밭}}$$

회귀분석식의 개요

R	R square	Adjusted R square	Std. Error of the Estimate
0.895	0.801	0.778	17.04708

그리고 이 다중회귀식의 적합도를 검증한 결과 결정계수(R square) 0.778로 전체 관찰값의 78%가량이 회귀식과 적합한 관계를 갖는다는 것을 알 수 있었으며, 회귀식이 통계적으로 유의한 것인지를 알기위하여 유의성검증을 하였다. 그 결과 F-value 32.249, t-value 2.760 ~ 4.927 범위의 값, P-value 0.000으로 이 회귀식이 매우 유의한 것을 확인할 수 있었다. 마지막으로 회귀식의 다중공산성 문제는 Tolerance(공차한계)와 VIF(분산팽창요인)의 값을 기준으로 파악할 수 있는데 먼저 Tolerance는 1이하의 값, VIF는 10이하이며, 1에 가까울수록 다중공산성이 낮다고 할 수 있다. 표 4.24에서와 같이 이 회귀식은 세 변수의 Tolerance가 0.704 ~ 0.781로 1이하의 값을 보였으며, VIF는 1.280 ~ 1.420으로 10이하의 값을 나타내었으므로 다중공산성 문제가 해결되었음을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 강우량 및 토지이용상태에 따른 수질인자의 단순 상관분석 및 회귀분석을 실시하였으며, 이를 기초로 미계측구역의 부유물질농도 예측을 위한 다중회귀분석을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 연구지점별로 강우량에 대한 부유물질의 상관성을 분석한 결과 각 지점의 상관계수는 0.545 ~ 0.958의 범위의 값을 보였으며 통계적으로 유의수준 1%에서 모든 지점의 상관계수가 유의한 것으로 나타났다. 따라서 부유물질 - 강우량의 관계가 상당한 상관성을 보인다는 것을 알 수 있었다. 또한 회귀분석 결과로부터 각 지점의 결정계수가 0.297 ~ 0.918의 범위의 값을 가지는 것으로 나타났으며, 부유물질 전체 변동의 60%가량 설명됨을 알 수 있었다. 이로부터 강우량이란 하나의 변수로는 부유물질의 변동특성에 대한 설명력이 떨어지며, 다른 변수들의 필요성을 확인할 수 있었다.

2. 강우량 외의 변수로 토지이용상태의 논, 밭, 임야, 대지, 기타 다섯가지 항목에 대하여 부유물질과의 상관성을 분석한 결과 논, 밭, 임야는 상관계수가 각각 0.790, 0.794, -0.866으로 높은 상관성을 보였으나, 대지, 기타 두 항목은 0.095, -0.252로 매우 낮은 상관성을 보이는 것을 알 수 있었다.

3. 일정한 구역에서 논, 밭, 임야, 대지, 기타의 각 항목이 차지하는 비율에 대하여 부유물질과 강우량의 관계가 어떤 경향을 나타내는지를 파악하기 위해 부유물질과 강우량의 상관계수와 토지이용상태의 각 항목에 대하여 상관 및 회귀분석을 실시하였으며, 그 결과 논, 밭의 비중이 증가할수록, 임야의 비중이 감소할수록 부유물질과 강우량의 상관성이 높아지는 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그러나 대지와 기타 두 항목의 비중은 부유물질과 강우량의 상관성과 거의 무관함을 확인할 수 있었다.

4. 부유물질을 종속변수로 강우량 및 토지이용상태의 네 가지 항목인 논, 밭, 대지, 기타를 독립변수로 다중회귀분석을 실시하여 부유물질에 대한 지배인자의 상대적 영향력(표준화계수)은 강우량 47.8%, 밭의 비율 29.9%, 논,의 비율 20.3%로 나타났으며, 강우량, 밭의 비율, 논,의 비율 순으로 부유물질의 변동에 유의적인 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있었다.

5. 다중회귀분석을 실시하여 미계측 유역에서의 부유물질 예측을 위한 다음과 같은 다중회귀식을 개발 할 수 있었다.

$$Y = -78.965 + 21.083X_{강우량} + 5.012X_{토지} + 3.303X_{밭}$$

6. 다중회귀식 검증결과 결정계수(R square) 0.778, F-value 32.249, t-value 2.760 ~ 4.927 범위의 값, P-value 0.000으로 매우 유의한 것을 확인할 수 있었다. 또한 세 변수의 공차한계(Tolerance)가 0.704 ~ 0.781로 1이하의 값을 보였으며, 분산팽창요인(VIF)는 1.280 ~ 1.420으로 10 이하의 값을 나타내어 다중공산성 문제가 해결되었음을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 강우시 부유물질의 변동에 영향을 미치는 인자로 강우량과 토지이용상태, 토지의 계절적 피복상태를 고려하여 분석하려 하였으나, 사용된 측정 자료의 각 연구지점별 측정시기가 불규칙하여 자료를 계절적으로 구분할 수 없었다. 따라서 분석시 토지의 계절적 피복상태를 배제하였다. 이에 향후 연구 수행시에는 식생의 계절적인 변동이 반영된 자료를 수집하여 월별 또는 계절적 변동에 따른 분석을 실시하거나 전체자료의 분석시 월별 혹은 계절적인 변동의 경향을 대표할 수 있는 인자를 포함하여 분석을 실시한다면 분석의 신뢰성이 보다 향상될 것이라 판단된다.

참 고 문 헌

[1] 성내경, SAS/SPSS - 회귀분석, 자유아카데미, 1996

[2] 윤상운, 이태섭, 실용통계학, 자유아카데미, 1996

[3] 왕창근 외 5인 공역, 수질데이터의 통계적 해석, 동화기술, 2000

[4] 성혁제 외 3인 공저, SPSS를 활용한 통계자료 분석, 동일출판, 2004

[5] 안재환, "비도시지역에서 강우사상에 따른 비점오염원 유출 특성 연구", 건설기술정보, 2000

[6] 최한규, 백경원, 오기호, 최용목, "유량변동에 따른 소양강 유역 수질의 통계학적 해석", 대한토목학회논문집, 제 22권 제2-13호, pp.117 ~124, 2001

[7] 황임구, 윤태훈, "하천오염인자의 통계적 특성", 한국수문학회지, 제 14권, 제4호, pp. 19~26, 2001

[8] 한국수자원공사, 소양강 다목적댐 비점오염물질 유입특성 및 개선방안연구(1차년도), 2003

[9] 한국수자원공사, 소양강댐 일원 유량측정 등

수문기초조사, 2003

[10] Gerber Susan B, The SPSS guide to the new statistical analysis of data by T, W.Andetson and Jeremy D. Finn. Springer, 1997

[11] Barring. L, "Regionalization of daily rainfall in kenya by means of common factor analysis", Journal of Climatology, Vol. 8, No. 4 pp. 371~389, 1998