

昭陽湖 上流流域의 降雨強度에 따른 浮游物質流出特性  
Outflow Characteristics of Floating Material by Rainfall  
Intensity in the Upper Stream of Soyang River

최 한 규\*      유 상 모\*\*      백 호 선\*\*\*  
Choi, Han-kuy      Yoo, Sang-Mo      Baek, Hyo-Sun

Abstract

When it is raining or snowing, floating debris flows into a lake and raises its turbidity. High level of turbidity in the lake often causes eutrophication, which pollutes the water. In order to collect and present some essential information for effective management plan for water quality, we carried out our research at the watershed of Mandae-cheon located at the upstream of Soyang Lake. We examined water quality at the time of rainfall or snowfall to analyze the changes in the amount of suspend soils(SS) in the lake.

키워드 : 부유물질, 하천, 비점오염원, 탁도, 수질  
Keywords : ss, river, non-point source pollution, turbidity, water quality

1. 서론

일반적으로 하천으로 유입되는 오염물질은 점오염원과 비점오염원으로 구분되며 기존의 하천의 오염원 관리는 1차적으로 점오염원에 의한 오염원 조사를 실시하여 오염물질을 처리하게 되며, 비점오염원의 경우 그 조사를 실시하기는 하나 이에 대한 대책을 수립하기가 힘든 경우가 많았다. 이는 비점오염원의 특성이 강우시 지표면 유출수와 함께 유출되는 오염물질로서 도시지역의 먼지와 쓰레기 및 기타 오염물질들이 있으며 농촌지역의 경우 농경지에 살포되는 비료, 농약, 축사유출물, 토양침식 등에 의하여 발생하는 오염원으로 일별·계절별 및 강우시와 비강우시 그 변화특성이 다양하여 예측 및 대책 수립이 힘든 실정이다.

그 동안 우리나라의 수질오염에 대한 대책은 쉽

게 그 양을 정량적으로 확인할 수 있는 점오염원에 대한 수립이 일반적으로 수행되어 농촌지역이 많은 강원도의 지형적인 여건상 점오염원보다는 비점오염원에 의한 하천의 오염원 유입이 많은 경우 점오염원의 대책수립만으로 효과를 충분히 기대하기 어려웠다.

또한, 최근의 농촌지역의 부가효과가 높은 고령 지체소를 재배하는 면적이 매년 증가하고 있어 비점오염원의 발생량이 증가하고 있으며, 이러한 변화로 인하여 강원도에 산재하고 있는 호소에 유입되는 비점오염원의 양이 증가하며, 비점오염원에 의하여 호소의 부영양화로 인한 문제점들이 지속적으로 발생하고 있는 실정이다.

이러한 문제점들은 일반적으로 하천의 자정작용으로 자연적으로 해소되는 경우가 있으나 최근의 고령지 재배단지의 증가는 강우시 토양침식량이 증가하게 되며 이에 따라 호소의 탁도가 악화되고 있다. 탁도의 악화는 관광지가 산재하고 있는 강원도 하천의 미관을 해칠 뿐만 아니라 호소수를 식수원으로 하는 하류지역의 식수원 공급시 이러한

\* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사  
\*\* 강원대학교 토목공학과 석사 과정  
\*\*\* 강원대학교 토목공학과 박사과정

토립자를 제거하기 위한 경제적인 부담 또한 증가하게 된다.

이러한 탁도의 문제점을 파악하기 위하여 상류 고랭지 채소단지의 강우시 하천에 유입되는 부유물질(SS)를 측정하여 강우시 부유물질의 변동특성을 파악함으로써 호소에 유입되는 부유물질의 효율적인 관리방안을 수립하도록 기초자료를 제공하는데 본 연구의 목적이 있겠다.

부유물질의 강우시 변동경향분석은 강우관측소가 위치한 지역을 대상으로 실시하였다. 강원도의 우량관측소가 위치한 지역 중 강우자료의 신뢰도를 높이기 위해서는 광범위한 유역에 대한 조사보다는 소유역에 대한 조사를 실시하며 소유역안에 강우관측소가 위치한 경우 자료의 신뢰도를 높게 볼수 있다고 판단되어진다. 따라서 이러한 여건을 만족할 수 있는 여러 지점에 대한 일반적인 기초자료 조사를 수행하였으며, 이러한 유역 중에 고랭지 채소재배단지가 분포하며 유역의 중앙부에 강우관측소가 위치한 양구군 해안면에 위치한 만대천 유역이 최적의 연구조건을 갖춘 지점으로 파악되었다. 따라서 만대천 유역에 대한 분포지역의 일반적인 주기 현황 및 토지이용상태를 조사하였으며, 부유물질 측정을 위한 지점으로 만대천 하구를 부유물질조사지점으로 선정하여 실측을 실시하였고, 실측된 유량과 시료를 분석하여 부유물질의 강우시 변동 경향을 분석하였다.



그림 1 해안면 전경

## 2. 연구지점 현황

### 2.1 유역개황

연구지점인 만대천은 해안면의 경계지점에 위치하여 해안면의 유량 및 수질변동을 확인할 수 있는 지점이다. 해안면은 유역형상이 해안분지로서 일명 편치볼로 불리며 주위에는 가칠봉(EL.1,242.2m), 대우산(EL. 1,178.5m), 두울산(EL. 1,147.9m), 달산령(EL. 807.4m)등 주위에 해발 1,000m를 넘는 고지들로 이루어져 있으며 해안면을 경계로 DMZ가 위치하고 있다.

연구지점인 물골교지점은 만대천하구에 위치하고 있으며 해안면의 여러 세천이 있는데 그 중에서 가장 큰 소하천은 성황천으로 물골교지점 상류 400m지점에서 만대천 좌안으로 합류하여 본 지점에 도달하게 된다. 연구지점의 전경은 그림 1과 같다.

### 2.2 기상 및 수문

본 연구지점의 경우 기상청에서 관리하는 우량관측소가 설치되어 있으나 기상관측을 위한 시설은 전무한 실정이다. 따라서 기상 자료는 인근에 위치한 인제관측소의 자료를 이용하였다.

#### 2.2.1 기상

본 연구 구역 내에는 기상상황을 파악하기 위한 기상관측소가 없는 실정이다. 따라서 본 유역에 인접하고 있는 기상청 관할인 인제관측소의 관측기록을 이용하여 분석한 결과를 수록 하였다.

#### 가. 기 온

기온은 평균, 평균최고, 평균최저, 최고, 최저로 구분하였으며, 연평균 기온은 9.8℃ 이고 최고기온은 1988년 8월 1일 기록한 37.3℃이며 최저기온은 1981년 1월 6일 기록한 -25.9℃이다.

#### 나. 습도 및 증발량

인제 관측소의 연평균 상대습도는 71%로이며, 최소 상대습도는 1989년 4월 2일에 기록한 3%로 조사 되었다.

한편 연평균 증발량은 1,077.5mm였으며, 1일 최대 증발량은 1986년 5월 8일 기록한 1.6mm였다.

#### 다. 풍 속

연평균 풍속은 1.8m/sec이고, 최대풍속은 1983년 4월 27일, 풍향 SE, 풍속14.5m/sec가 발생한 것으로 조사 되었다.

#### 라. 천기일수

연평균 강수일수는 99일, 적설일수는 28일, 결빙일수는 143일로 조사되었다.

2.2.2 수 문

가. 우량관측소

본 연구지점인 만대천 유역에 영향을 주는 우량 관측소는 한국 수자원공사에서 관리하는 서화 우량관측소와 기상청에서 관리하는 해안관측소가 있다.

나. 강우

본 조사지점의 연평균 강우량을 산정하기 위하여 본 유역에 인접해 있는 서화우량관측소의 강우자료를 이용하여 산정한 결과 도리촌 유역의 연평균 강우량은 1,176.9mm로 나타났으며 전국평균 1,274mm에 대체적으로 작은 것으로 나타났다.

2.3 오염원조사

수질오염원은 크게 점오염원과 비점오염원으로 구분된다. 점오염원은 인구, 한우, 젓소, 돼지, 가금, 기타, 폐수배출업소, 골프장, 양어장으로 분류되며, 비점오염원은 토지이용(전, 답, 임야, 대지, 목장, 기타)등이다.

본 연구에서는 인북천 유역 수질악화에 많은 영향을 주고 있는 것으로 판단되어지고 있는 양구 해안면 일원에 대하여 점오염원인 인구, 축산과 비점오염원인 토지이용율에 따른 오염원을 조사대상으로 선정하였다.

1) 배수구역

오염원의 조사를 위한 배수구역은 본 연구의 지점을 기준으로 유역에 우수가 배제되는 지역을 대상의 유역으로 구분하였다.

2) 오염원 현황

가. 인구

본 연구구간의 해안면은 506가구 1,499인이 현재 거주하고 있는 것으로 조사되었다.

표 1 인구현황

하천명	행정구역		가구수 (호)	인구수(인)		
	면	리		계	남	여
만대천	해안	현1,2,3 오유1,2 만대	506	1499	818	684

나) 가축

표 2 가축현황

(단위 : 마리)

구분	한우	젓소	돼지	가금	산양	사슴	계
해안면	199	-	5	153	315	15	395

자료: 양구군 축산계(2002년 12월 현재)

다) 토지이용(비점오염원)

표 3 지목별토지이용현황

구분	계	전	답	임야	도로	대지	하천	기타
해안면	면적 (km <sup>2</sup> )	61.5	5.29	17.0	36.4	0.99	0.35	0.73
	구성비 (%)	100	8.60	27.7	58.6	1.61	0.57	1.19

3. 오염원 조사 및 산정

3.1 이론적인 오염원 산정

3.1.1 발생부하량 산정

가. 발생부하 원단위

오염원단위는 지역에 따라 오염원 특성 및 여건이 다르기 때문에 원칙적으로 지역 특수성을 반영하여 충분한 실측자료를 근거로 하여야 하나 자료의 부재로 인하여 본 검토에서는 환경부에서 제시한 단위를 적용하였다.

① 인구

인구에 의한 오염물질 발생원단위는 원단위의 적용목적에 따라 가옥의 형태(수세식, 수거식, 아파트), 도시계획 구분(시가화, 비시가화) 및 그밖에 하수, 분뇨 등의 구분에 따라 일반적으로 조사되는 바, 본 검토에서는 비시가화된(가정) 지역으

로 적용하였다.

(식 2)

② 가축

축산농가에서 발생하는 분뇨중 분은 대부분 직접적 수계로 배출되지 않고 퇴비화등의 자원화 과정을 거쳐 처리되므로 부하량을 산정할 때만을 고려하기도 하나 분이 직접적으로 수계에 배출되지 않는다하더라도 퇴비등으로 이용되어 농지에 환원될 경우 비점오염원 형태로 수계에 배출될 수 있으므로 분뇨를 모두 포함한 발생원 단위를 적용하였다.

③ 토지이용(비점오염원)

비점오염물질은 주로 강우시 지표면 유출수와 함께 배출되는 오염물질로서 농지에 살포된 비료 및 농약, 토양침식물, 축사유출물, 교통오염물질, 먼지와 쓰레기, 자연동식물 잔여물 등이 포함된다. 따라서 본 검토에서는 수자원공사에서 적용하는 원단위를 적용하였다.

나. 발생부하량 산정

소하천 유역별 발생하는 오염부하량은 상기 검토된 오염원 현황과 오염원별 원단위를 곱하여 다음과 같이 산정하였다.

3.1.2 배출부하량 산정

가. 배출부하 원단위

오염원단위는 지역에 따라 오염원 특성 및 여건이 다르기 때문에 원칙적으로 지역 특수성을 반영하여 충분한 실측자료를 근거로 하여야 하나 자료의 부재로 인하여 본 연구에서는 환경부에서 제시된 원단위를 적용하였다..

① 인구

하수미처리구역을 적용하였으며 이에 따른 수자원공사의 인구배출부하량 산정방법은 다음과 같다. BOD, T-N, T-P : 미처리구역인구×발생원단위×분뇨부하비×(1-기준처리율/100)+(미처리구역인구×발생원단위×(1-분뇨부하비)) (식 1)

② 가축

축산농가에서 발생하는 분뇨의 배출은 축산농가의 사육에 따라 규제대상과 규제대상 이하(미처리)로 구분 할 수 있으며 본 연구대상의 지점에는 대단위로 가축을 사육하는 곳이 없어 본 연구에서의 배출부하량은 규제대상 이하로 하여 배출부하량을 산정하였다.

- 배출부하량 : 축종별 사육두수 × 축산분뇨 발생원단위 × 농지유출비 = 발생부하량 × 농지유출비

③ 비점오염원

비점오염물질은 주로 강우시 지표면 유출수와 함께 배출되는 오염물질로서 농지에 살포된 비료 및 농약, 토양침식물, 축사유출물, 교통오염물질, 먼지와 쓰레기, 자연동식물 잔여물 등이 포함된다. 이에 따라 발생하는 발생부하량에 배출부하계수를 곱하여 산정하였다.

- 배출부하량 = 0.25 × 발생부하량 (식 3)

나. 배출부하량 산정

소하천 유역별 발생하는 발생오염부하량에 상기 검토된 배출계수를 곱하여 다음과 같이 배출부하량을 산정하였다.

표 4 배출부하량

(단위 : kg)

구분	인구			가축			토지			전체		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
해안면	56.01	18.60	2.12	28.00	13.34	1.1	28.61	14.43	1.1	101.8	92.94	7.64

3.2 오염원 조사

3.2.1 조사기간

조사지점별 조사기간 및 측정 횟수를 표 4.8와 4.9에 나타내었다. 강우시 1회 조사에 6회 이상을 조사하였으며, 비강우시에는 4회 이상을 조사하였다.

물골교 유역의 조사기간은 2003년 6월 27일부터 11월 2일까지 하였다. 총 9회의 강우사상과 6회의 비강우시를 조사하였다. 총 9회의 강우사상중 6차 강우사상(8월 23일~25일)이 228mm/사상으로 가장 큰 강우량을 나타냈으며, 선행무강우일수는 5차 강우사상(8월 19일~21일)이 7일로서 가장 긴 것으로 조사되었다.

3.2.2 조사항목 및 방법

가. 조사항목

수온, 수소이온농도(pH), 탁도(turbidity), 전기전

도도(conductivity)는 현장에서 즉시 측정하였으며, 용존산소(DO)는 현장에서 고정한 뒤 실험실에서 분석하였다. 생물화학적산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD), 부유물질(SS), 총질소(TN), 질산성질소(NO<sub>3</sub>-N), 암모니아성질소(NH<sub>3</sub>-N), 총인(TP), 용존무기인(DIP)은 실험실내에서 분석하였다.

나. 수질분석방법

조사지점에서 채수한 시료는 빠른 시간 안에 실험실로 운반하여 냉장보관 후에 분석에 이용하였다. 실내분석 항목은 수질오염공정시험법에 준하여 측정하였다.

다. 유량계산 방법

유속은 전자표면유속계를 이용하여 하천의 횡단 방향으로 일정한 간격을 두고 측정하였다. 하천의 수심은 횡단선상의 측정에서 2회 이상 측정하였고 홍수기에는 수위표를 읽어 측정하였다. 유량을 계산하는 방법은 산술계산법, 등유속선법, 수심-속도적분법이 있으며 수심-속도적분법과 등유속선법은 도해법이며 산술계산법은 평균 단면법(Mean-Section Method)과 중간 단면법(Mid-Section Method)으로 나눌 수 있다. 본 연구에서 사용한 방법은 평균 단면법을 사용하였다.

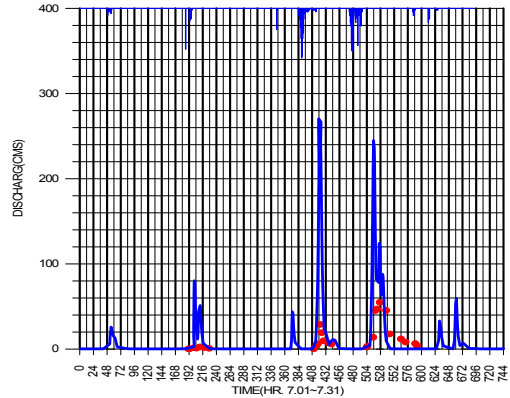


그림 2 월별 유량측정 성과

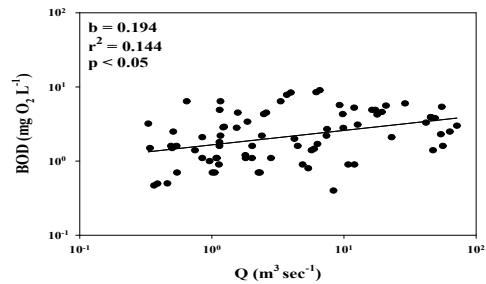
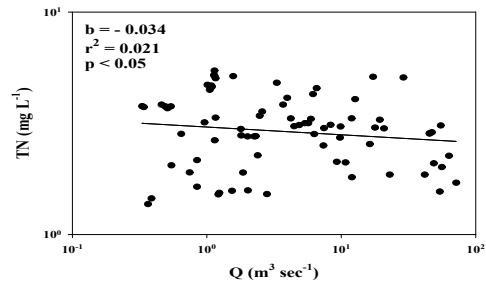
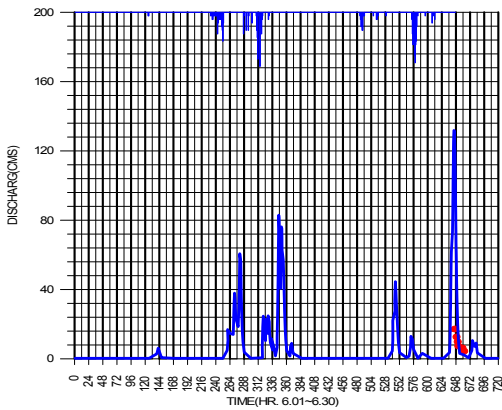
나. 수질측정결과

본 연구에서 측정된 물골교의 비점오염원 자료는 그림 3과 같은 수질측정 값을 수집하였다.

9번의 강우사상 중 6차 강우사상(225mm)이 가장 많은 비를 내렸음에도 불구하고 오염물질의 농도는 4차 강우사상(150mm)에서 대부분 높게 나타났다. 이는 그동안 쌓여있던 오염물질이 4차 강우사상에서 대부분 유출되었기 때문으로 해석된다.

3.2.3 측정결과

가. 유량측정 결과



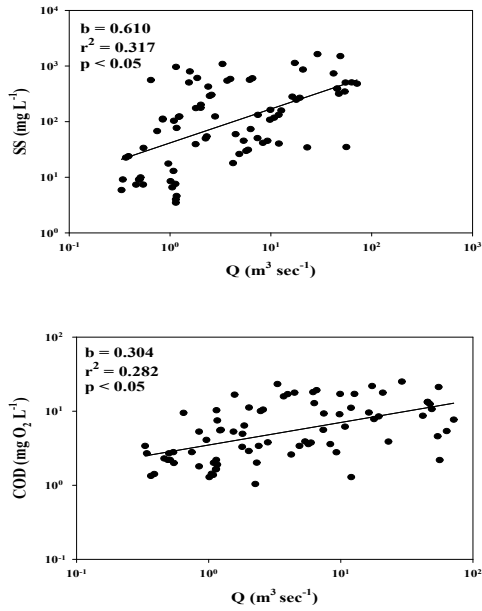


그림 3 물골교 지점의 수질측정 성과도

#### 4. 자료분석

##### 4.1 부유물질 측정자료의 선별

본 연구를 위하여 비점오염원에 대한 측정을 연구 대상지점에 대하여 실시하였으며 본 연구는 측정자료 중 호소의 탁도문제를 유발하는 부유물질의 측정자료 항목을 정리하였다. 또한, 연구를 위하여 부유물질은 강우 초기에 대부분 하천에 유입되므로 조사된 자료를 전부 이용하여 분석할 경우 분석 결과의 신뢰도를 저해하는 요인이 발생할 수 있으므로 부유물질의 일반적인 유출특성을 고려하여 초기강우 자료를 정리하여 분석할 필요성이 있겠다. 따라서 본 연구를 위한 자료의 정리는 우선 실측에 의한 유량값을 우선 정리하였으며 이에 따른 강우량은 앞절에서 조사된 강우자료를 현재 연구대상 하천인 만대천에 수위 관측소가 없는 관계로 이론적으로 산정된 도달시간을 측정당시에 영향을 준 강우자료로 판단하였다. 이에 따라 본 연구에 적용한 도달시간은 120분으로 산정된 값을 적용하였다. 또한 부유물질이 대부분 초기 강우에 유출되는 특성이 이루고 있으므로 초기강우의 한계점은 강우에 따른 수문곡선의 상승부를 기준으로 선정하였으며, 이에 따른 측정 자료를 재분류한 결과 다음과 같은 사상별 분석을 위한 자료를 선별할 수 있었다.

##### 4.2 부유물질의 월별 변동분석

연구 대상지점의 토지형태는 앞장에서 살펴본 바와 같이 대부분이 산림과 농경지로 이루어진 지역이다. 따라서 식생의 활착상태에 따라 부유물질의 변동이 발생할 것으로 사료되어 월별 그 변동을 분석하였다. 그림 5는 자료에 따른 값을 강우와 부유물질을 무차원 하여 강우에 따른 부유물질의 경향을 나타내었으며, 또한 상관분석을 실시한 결과 그림4에서 보는 바와 같이 산림과 농경지의 식생이 활발하게 진행됨에 따라 상관관계가 현저하게 떨어짐을 알 수 있다.

표 5 월별 상관계수

	6월	7월	8월	9월
상관계수	0.967	0.845	0.776	0.552

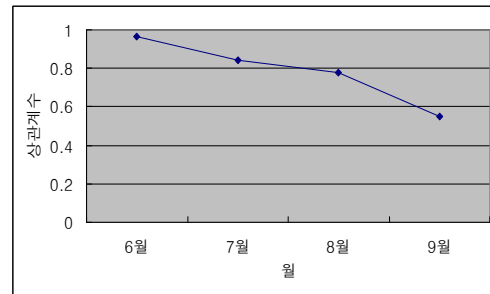


그림 4 월별상관계수

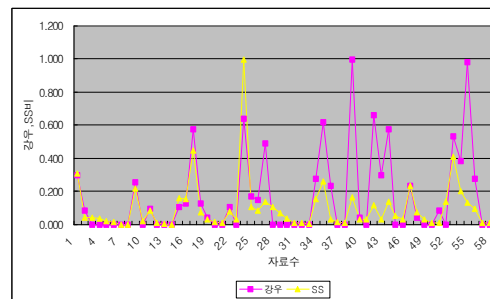


그림 5 측정개수별 강우, 부유물질 무차원 그래프

##### 4.3 회귀분석 방법

###### 4.3.1 회귀분석의 개요

두 변수 사이의 관계를 파악하여 한 변수의 값으로부터 그에 대응하는 변수의 값을 예측하

고자 할 때 사용하는 통계적 방법을 회귀분석(regression analysis)이라 한다.

이 때, 두 변수들 중 다른 변수에 영향을 주는 변수를 독립변수(independent variable) 또는 설명변수(explanatory variable)라고 하며, 영향을 받는 변수를 종속변수(dependent variable) 또는 반응변수(response variable)라고 한다.

회귀분석이란 독립변수와 종속변수 사이에 성립하는 구체적인 함수 형태를 찾아내고 그 함수관계로부터 독립변수에 대한 종속변수를 예측하는데 그 목적이 있다. 따라서 회귀분석의 주요 내용은 독립변수  $X$ 와 그에 대한 종속변수  $Y$ 로부터 얻은 관측 값을 관찰하여 함수  $g(x)$ 에 대한 추정과 검정을 다루는 것이다. 이와 같이 독립변수와 종속변수 사이에 나타나는 함수 관계를 회귀식(regression equation)이라 한다. 그리고 이 회귀식에 대한 그래프가 직선인 경우에 이 직선을 회귀직선(regression straight)이라 하며, 그래프가 곡선인 경우에 이 곡선을 회귀곡선(regression curve) 또는 회귀선(regression line)이라 한다. 독립변수가 하나인 회귀분석을 단순회귀분석(simple regression analysis)이라 하며, 독립변수가 둘 이상인 회귀분석을 중회귀분석(multiple regression analysis)이라 한다. 회귀방정식의 미지량인 계수를 결정하고 구체적인 회귀선을 도출해 내는 것을 회귀선의 추정이라 하며, 회귀선에서 미지계수를 회귀계수라고 한다.

회귀분석을 적용할 수 있는 데이터의 타입은 종속변수가 양적변수 일 때이다. 독립변수 쪽은 양적변수이거나 질적변수이거나 상관없다. 다만 질적변수를 쓸 경우에는 데이터 값이 0이나 1밖에 취하지 않는 더미변수라고 불리는 변수를 도입하여 질적인 데이터를 변환하지 않으면 안된다. 독립변수가 모두 질적인 경우에 이용되는 해석수법에 수량화이론 I류라고 불리는 수법이 있는데, 이것은 독립변수를 모두 더미변수로 해서 중회귀분석을 실시하는 것과 동일하다.

#### 가. 회귀분석의 이론적 배경

두 변수  $X$ 와  $Y$ 간에는 여러 가지 관계가 있을 수 있지만 두 변수의 관계가 있을 때에는 완전한 상호상관을 갖는 것이 일반적이다. 그러한 관계 중에서 가장 간단한 형태는 독립변수를  $X$ 라 하고 종속변수를  $Y$ 라 하였을 때 다음과 같은 직선방정식으로 표현할 수 있다.

$$Y = a + bX \quad (식 4)$$

여기에서  $a$ 는 직선의 절편(intercept) 또는 상수(constant)라고 하며,  $b$ 는 직선의 기울기(slope)라고 한다. 그러나 일반적으로 두 변수간의 관계는 반드시 1대1로 대응하지 않는다. 이것이 의미하는 바는  $X$ 값과 하나의  $Y$ 값을 예측하는 데 오류가 있을수 있다는 것을 의미한다. 이를 방정식으로 표현하게 되면 다음과 같다.

$$Y = a + bX + e \quad (식 5)$$

이 등식에서  $e$ 를 잔차(residual)이라고 하며  $Y$ 값이 예측치보다 클 때에는  $e$ 는 양(+ )이 되고, 작을 때는 음(-)이 된다.

그래서 잔차를 거리처럼 생각해서 +, -의 부호를 사라지도록  $e$ 를 자승해서 평가하여  $e$ 의 자승의 합계가 최소가 되는 직선이 제이터에 가장 잘 부합되는 직선이라 할 수 있으며 이와 같은 방법을 최소자승법(least squares method)이라 하며 본 연구에 적용하였다.

#### 4.3.2 회귀분석 결과

##### 가. 6-7월 강우-부유물질회귀분석

회귀분석 결과 6-7월의 회귀식은 다음과 같이 산정되었다.

$$LN(Y) = 0.7589 \times LN(X) - 3.215 \quad (식 6)$$

이때의 회귀식의 상관계수는 0.76의 값을 보여 일반적인 수질의 회귀식에 비하여 상당한 신뢰 값을 보이는 회귀식을 산정할 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구를 수행한 결과 기존의 비점오염원에서 분석하는 항목들이 부유물질을 포함하여 분석하고 있으나 이에 대한 세부적인 분석은 수질의 인과 질소에 대한 항목들에 대하여 분석을 집중적으로 수행하고 있는 것을 파악할 수 있었다. 따라서 본 연구에서 분석을 실시한 부유물질 항목에 대한 분석은 소외시 되고 있었다. 그러나 기존의 연구성과 등을 파악한 바에 의하여 강원도의 산간 농촌지역의 경우 부유물질에 의한 수질악화가 문제시 되고 있음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에 부유물질의 강우와의 경향분석 결과 다음과 결론으로 요약할 수 있다.

#### 1. 부유물질의 계절적인 변동을 분석한 결과 6월

경우 강우와 부유물질의 상관관계가 0.96이상으로 나왔으며 9월의 경우 0.55로 식생의 활동에 따라 강우와 부유물질의 상관관계가 매우 높음을 알 수 있었다.

2. 부유물질과 강우의 월별 회귀식을 분석한 결과 식생의 성장 활동이 증가할 수록 회귀식의 결정계수값이 작아짐을 확인 할 수 있으나, 활동이 활발하기전의 회귀식은 그 사용성을 신뢰할 수 있을 정도의 결정계수 값을 보였다.

3. 강우에 따른 부유물질의 유출이 민감한 6-7월의 경우 다음과 같은 식을 유출할 수 있었다.

$$LN(Y) = 0.7589 \times LN(X) - 3.215$$

위와 같이 결론을 정리 할 수 있었으며, 추후 연구과제로는 강우-부유물질 회귀식의 신뢰도를 더욱 향상시키기 위하여 측정자료의 자료수를 늘려야 할 것이며 월별에 따른 강우와 부유물질의 영향을 고려한 다중회귀분석을 실시하여 강우와-부유물질의 관계곡선의 일반식이 산정되도록 하여야 할 것이다.

### 참고문헌

[1] “소양강 다목적댐 비점오염물질 유입특성 및 개선방안연구(1차년도)”, 한국수자원공사, 2003.

[2] 박승우 외, “소유역의 토지이용에 따른 비점원 오염부하량”, 1997.

[3] 인제군, “인제군 통계연보”, 2004.

[4] 환경부, “비점오염원 조사 연구”, 1995.

[5] 이현동, 안재환, 배철호, 김운지, “강우시 유출부하량을 이용한 팔당 상수원 유역의 비점오염원 원단위와 발생량추정”, 2001.

[6] 한국환경정책평가 연구원, “농업지역 비점오염원 관리방안 연구”, 1998.

[7] 안재환, “비도시지역에서 강우사상에 따른 비점오염원 유출 특성 연구”, 건설기술정보, 2000.12.

[8] 업재성, “소양강 상류 농업지역의 비점오염물질의 유출특성”, 강원대학교 대학원, 2004.

[9] 최한규, 백경원, 오기호, 최용목, “유량변동에 따른 소양강 유역 수질의 통계학적해석”, *대한토목학회논문집*, 제22권 제2-13호 pp.117~124, 2001.

[10] “Using NOM characterization for the evaluation of treatment”, Amy G.L. In Proc. Workshop on NOM in drinking water, Chamonix, France(Sep. 19-22), 1993.

[11] “Standard methods for the examination of water and wastewater, 120th ed”, APHA. American Public Health Association, Washington, DC, 1988.

[12] “Nonpoint Source Impact Assessment”, CH2M HILL, Inc. WPCF Reserach Foundation Report 90-5, 1990.

[13] Donald W. Meals, “Watershed-Scale Response to Agricultural Diffuse Pollution Control Program in Vermont”, Wat. Sci. Tech. Vol.33. No.4~5, pp. 197~204, 1996.

[14] Behrendt, H. “A comparison of different methods of source apportionment of nutrient to river basins.”, Water Sci. Technol., 39(12), 179~187, 1999.