

## 수자원 보전을 위한 유역통합관리 방안에 관한 연구(I) - 동해안 유역의 북천, 오십천, 가곡천 수계의 수질 및 환경용량 평가 -

허인량\*† · 정의호\* · 권재혁\*\*

강원도 보건환경연구원\*, 삼척대학교 환경공학과\*\*

### Study in the integrated watershed management for conservation of water resources(I)

- Water Quality distribution and Environmental capacity of the Samchog  
Buk stream, Oship stream, Gagog stream nearby eastern coastal -

In-Ryang Huh\*†, Ui-Ho Jeong, Jae-Hyuk Kwon\*\*

\* Institute of Health and Environment, Kangwon-Do

\*\* Dept. of Environmental Engineering, Samchok National University

#### ABSTRACT

Concerning the water quality management plan about Buk-stream, Ohsip-stream and Gagok-stream water systems in this research, which objectives of abstract is as follows.

The result of cleanness degree evaluation of water quality in this research, the first grade was 91% shared in Buk-stream water system. The most point of the middle and upper stream of Buk-stream was maintain extremely clean water quality.

Among the researched water system, the first grade of water quality in Ohsip-stream water system was most poor, its first grade rate was 68%. In all water quality check point of Gagog-stream water system was accomplished extremely clean water quality condition of first grade of BOD.

The calculation result of pollutant loading density, which were 8.2, 21.5, 4.0kg/day.km<sup>2</sup> respectively and basin of Buk-stream and Gagok-Stream have high development potentiality.

**Keywords** : Water quality, Environmental capacity, Buk stream, Oship stream, Gagog stream

## 1. 서 론

동해연안 수계의 하천은 태백산맥에서 발원하여 동해바다로 직접 유입되는 하천들로서 총 유역면적은 3,603km<sup>2</sup>로 강릉, 속초, 동해, 삼척, 고성, 양양 등 6개 시군이 동해연안 수계권에 있으며 유로연장이 비교적 긴 삼척오십천, 강릉남대천, 양양남대천 등 3개의 지방하천과 고성문혜천을 비롯한 60여개소의 준용하천이 산재해

있다. 동해연안에 있는 하천은 유로연장이 2.4(임원천)-43km(삼척오십천)로 비교적 유로연장이 짧아 수자원의 보유력이 남,북한강에 비해 작으며 만성적인 수자원 고갈문제로 고심하고 있다. 또한 연구대상수계인 간성북천, 삼척오십천, 삼척 가곡천의 3개 수계 중에서 동해남부유역인 오십천과 가곡천은 상류에 휴폐 금속광산으로부터의 오염의 소지<sup>1,2)</sup>가 있는 유역이며 오십천 상류의 도계읍 일원은 가행광산 및 폐광이 요소 요소에 많이 분포되어 있으며 폐광으로부터 유출되는 갭내수는 지하수위의 변동에 따라서 유출되는 유출구가 수시로 변하여 처리가 매우 어려

† Corresponding author : Institute of Health  
and Environment, Kangwon-Do  
Tel : 033-254-2719 Fax : 033-253-2718  
E-mail : electro@konkuk.ac.kr

은 상황이다. 이에 조사대상 수계의 수자원을 효과적으로 관리하기 위한 세부 구간별 수질 상태 및 수질오염 방지방안의 제시가 요구되며 특히 현재 중앙정부에서 기획하여 연차적으로 확산해 나가고 있는 오염물질 총량관리제<sup>3,4,5)</sup>에 각각의 지자체에서는 관할하천에 대한 세부유역별 수질 상태와 오염요소등의 전반적인 환경용량을 평가하여 효율적으로 대응하여야 할 것이다. 그러나 총량규제를 실시하기 이전에 이에 대응하기 위해서는 유역 또는 수역에서의 수질오염이 더 이상 가속되지 않으면서 지속 가능한 개발을 할 수 있는 유역의 자정능력이 포함된 환경용량을 알아야 각 오염원에서 삭감해야 될 오염물질량을 배분할 수 있기 때문에 총량규제 실시 이전에 대상유역에서 오염물질을 받아들일 수 있는 능력 즉 환경용량을 먼저 파악하여야 한다고 판단된다. 이에 본 연구는 시기적으로 매우 필요한 연구라 할 수 있으며 본 연구결과는 조사대상수계에 대하여 각각의 세부유역별 수환경특성을 고려한 효율적인 수질환경보전방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

## II. 연구방법

본 연구는 동해연안 수계의 주요 하천인 간성북천과 삼척오십천, 삼척가곡천에 대하여 각각의 세부유역별로 수계별 수질조사와 수환경요소에

의한 오염부하량을 산출하였다. 또한 실제 하천을 통하여 배출되는 유출부하량을 산출하기 위하여 조사대상 수계에 대하여 기간별 유량측정을 실시하였다. 본 연구에 필요한 유역환경 자료는 연구보고서<sup>6)</sup> 및 각 지자체의 최근 통계 및 환경연감 등을 이용하였으며 유출량 조사에 필요한 유량은 직접 조사를 실시하였다. 수질 조사에 있어서 조사 항목은 BOD 등의 유기물질과 형태별 질소 및 인등의 영양염류, 전기전도도 및 염소이온 등의 보전성 물질을 조사하였다. 지점별 유량의 측정은 유속계(Flo-mate Model 2000)를 이용하여 유속을 측정하고 하상 단면을 측량하여 유량을 계산하였다. 본 연구대상 하천은 수년 전부터 수질조사를 실시해 오고 있으며 본 연구에서는 그간 조사된 10여년 간의 수질 조사 결과와 각 수계의 주요 지류 하천 및 본류 지점에 대하여 수질조사 결과 자료 및 유황자료를 이용하여 환경용량 평가를 실시하였다. 조사대상 하천에 대한 수질조사는 2000년 8월부터 2001년 7월까지 7회 조사를 실시 하였다. 간성북천은 본류 5개 지점과 지류 6개 하천을 조사하였으며 삼척오십천은 본류 15개 지점 지류 15개, 그리고 가곡천에 있어서는 본류 8개 지점과 지류 7개 하천에 대하여 수질 조사를 실시하였다. 환경오염 요인조사에 있어서 유역구분은 간성북천은 본류 6개 유역,

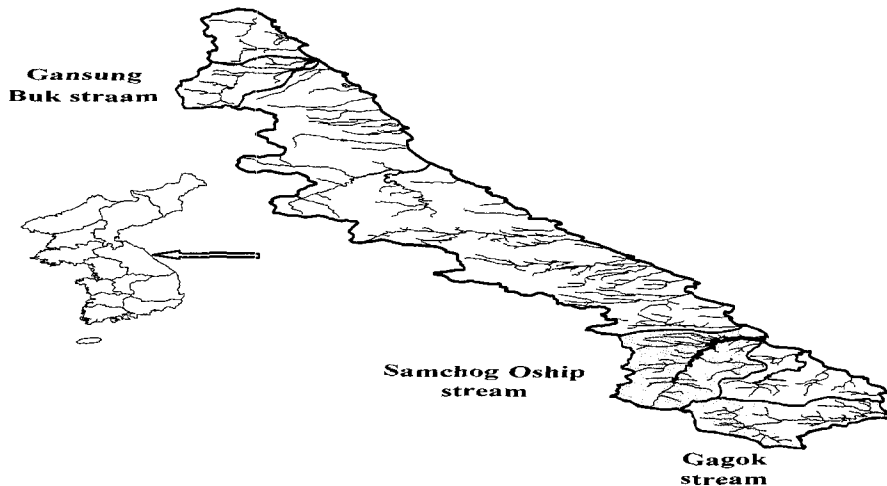


Fig. 1. Basin diagram of the subject stream.

지류 7개 유역, 삼척오십천은 본류 8개 유역, 지류 9개 유역, 가곡천은 본류 4개 유역, 지류 7개 유역에 대하여 조사를 실시하였으며 배수구역도는 그림 1과 같다.

### III. 결과 및 고찰

#### 1. 오염부하량

오염물질 발생원단위는 유역의 특성이 지역마다 달라 발표자 및 나라마다 상이한 자료를 제시하고 있다. 우리 나라에서도 수질보전 장기종합계획수립(1992.12)<sup>7)</sup>을 비롯한 많은 연구 결과가 발표된 바 있으나 각기 다른 결과를 제시하고 있다. 본 연구에 적용한 오염물질 발생원단위는 환경부고시 제 1999-143호(1999.9.15)의 한강수계 상수원수 수질개선 및 주민지원에 관한 법률 제 8조 등의 오염총량관리계획수립지침에서 발표된 원단위를 적용하였다.

##### 1) 간성복천

간성복천 전역에서 발생하는 부하량은 BOD, 총질소, 총인이 각각 1,084, 527, 78kg/일이다. 부하량의 평가에 있어서 해당유역의 오염의 정도를 평가하는데는 부하량의 절대크기 보다는 단위면적당 부하량인 비부하밀도에 의한 평가가 최근 많이 사용되고 있으며 간성복천의 부하밀도는 각각 8.2, 4.0, 0.6kg/일·km<sup>2</sup>였다. BOD 부하량을 각각의 오염원별로 평가하면 총발생량의 62.8%인 681kg/일이 가축에서 발생하는 것으로 나타나 순수한 발생량으로 평가하면 대부분이 가축에서 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 이는 가축 1마리가 배출하는 총량으로서 최근들어 축산폐수 및 폐기물의 규제가 엄격해짐에 따라 축분의 퇴비화 및 요의 처리율 증대 등에 의해 삭감되는 양은 발생량의 상당량을 차지하며 실제 하천으로 유출되어 하천에 오염에 기여하는 발생량 대비 기여율은 다른 오염원에 비해 상대적으로 낮을 것으로 판단된다. BOD 부하량 기여율 중에서

가축 다음으로 비점오염원인 토지이용에 발생하는 부하량이 전체 발생량의 22.4%로 나타났으며 다음으로 인구에 의한 발생량이 14.7%를 유지하고 있었다. 총질소의 평가에 있어서 원단위는 BOD에 비해서 비점오염원인 토지로부터 유출되는 부하량이 63%로 상대적으로 높은 것으로 나타났다.

##### 2) 삼척오십천

오십천 전역에서 발생하는 BOD, 총질소, 총인의 부하량은 8,552, 2,672, 462kg/일로서 이를 비부하밀도로 평가하면 각각 21.5, 6.7, 1.2kg/일·km<sup>2</sup>이었다. BOD로 평가한 오염원별 오염부하량은 가축으로부터 발생하는 부하량이 48.9%를 차지하고 있었으며 인구에 의한 부하량 점유율이 35.6%로 그리고 다른 유역과는 달리 산업폐수에 의한 부하량이 6.4%를 차지하였으며, 이밖에 토지로부터 유출되는 오염물질부하가 7.3%를 차지하였다. 총질소의 경우에는 토지 및 가축, 인구에 의한 부하량이 주요 오염원이었으며 오염원별 점유율은 각각 39.8%, 34.7%, 24.8%를 차지하고 있었으며 총인의 부하량은 가축, 토지, 인구 순으로 69.0%, 13.9%, 16.3%로 축산에 의한 영향이 가장 큰 것으로 나타났다.

##### 3) 가곡천

강원도 동해안의 가장 하단에 위치하고 있는 가곡천은 남으로 경상북도와 접하고 있으며 내륙 쪽으로 태백시와 접하고 있는 하천으로서 유역면적에 비해 인구 밀집도도 매우 낮으며 대부분 산지인 비점오염원으로 구성되어 있다. 가곡천 유역에서 발생하는 총 발생부하량은 1,054kg/일로서 이중 가축사육에 의하여 발생하는 부하량은 전체의 55%를 차지하고 있으며 토지이용에 의해 32.2%가 발생되었으며 나머지 12%는 인구에 의한 오염원인 것으로 나타났다. 질소에 의한 오염부하량은 대부분 토지에 의한 것으로

총 814kg/일중에서 78.9%인 642kg/일로 산지로부터 유출되는 부하량이 상대적으로 높은 것으로 나타났다. 또한 총인부하량의 1일 발생량

은 90kg으로 대부분 가축 및 토지이용으로부터 발생하는 부하량이었으며 각각 46kg/일, 40kg/일로 조사되었다.

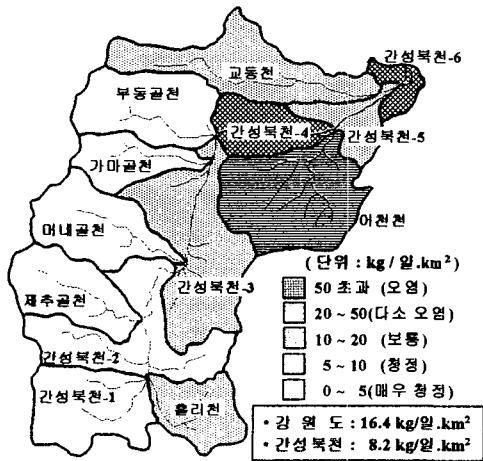


Fig. 2. Loading density of each basin in Gansung Buk stream.

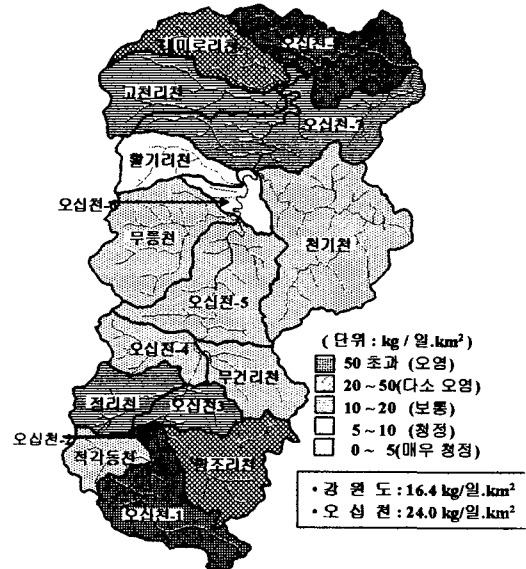


Fig. 3. Loading density of each basin in Samchog Oship stream.

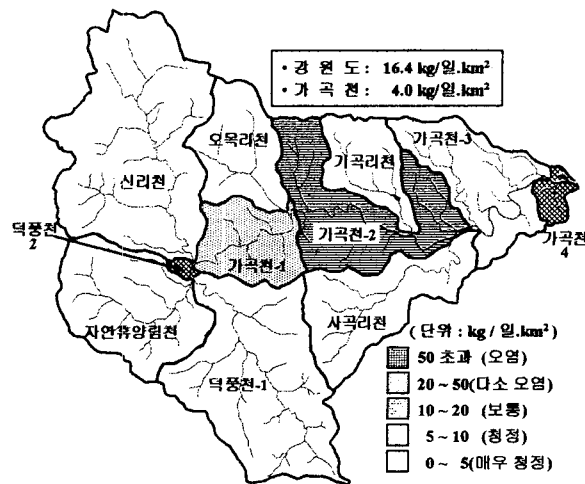


Fig. 4. Loading density of each basin in Gagok stream.

## 2. 수질실태

본 연구에서 대상하천의 수질실태는 각 하천의 하류의 주요 지점에 대하여 연도별 수질 분포에 대하여 평가하였으며 또한 각각의 수계에 대하여 세부 구간별로 수질 분포를 제시하였다. 연도별 수질분포는 길게는 동일지점에 대하여 10년간의 매월 조사된 자료를 이용하여 수질을 평가하였으며 유가거리별 수질조사는 2000년 8월부터 2001년 8월까지 조사된 자료를 이용하여 평가하였다.

### 1) 주요지점의 연도별 수질분포

#### (1) 간성복천

간성복천에는 고성군 간성면 상리 복천교 지점에 수질 측정망 지점이 '90년부터 설치 운영되고 있으며 본 조사에서의 연도별 수질분포는 최대값, 최소값, 그리고 수질의 대표적 범위를 나타내 주는 25~75percentile값으로 평가하였다. 현재 수질을 평가하는 항목 중에서 가장 기본이 되는 BOD의 중간값은 0.6~0.9mg/l로 모든 기간에서 BOD I 등급을 유지하고 있었다. 각 구간 내에서 BOD 연도별 중간값의 최대치는 1990년에 0.9mg/l로 가장 높았으며 '98년 0.5mg/l로 가장 낮은 값을 보여 주었다. 부영양화의 제한 요소로 알려진 총인의 경우 연도별 중간값의 범위는 0.007~0.030mg/l로 편차가 다른 항목에 비하여 가장 크게 나타났는데 이는 강우에 의한 토사 성분의 유입에 의한 영향으로 판단되며 '91년 가장 높게 나타났다. 이온성분의 농도를 제시해 주는 전기전도도는 수질중 수체의 이동을 판단할 수 있는 성분으로서 수질모델링에 있어서 수체의 유입에 의한 희석 등을 잘 나타내 주는 주요 지표이기도 하다. 측정기간중 연도별 중간값의 범위는 50~127µmhos/cm이며 '92년을 제외하고는 87µmhos/cm가 최대로 나타났다.

#### (2) 삼척오십천

수자원으로서 가장 중요성이 큰 삼척오십천 하

류의 오십교 부근의 연도별 수질 분포는 다음과 같다. BOD는 0.7~1.35mg/l이며 '96년 이후는 I 등급을 유지하고 있는 것으로 나타났으며 총질소의 경우 '95년 이후 2~4mg/l를 유지하고 있으며 최근들어 다소 안정화되어가고 있는 추세를 보여주었다. 산으로부터 배출되는 갯내수 및 석회암 지대로부터 용출되는 양이온 성분이 주요한 원인인 것으로 판단된다. 질소에 비해 총인은 편차가 크게 나타났으며 그 범위는 0.017~0.092mg/l이었다. 전기전도도는 전체 구간에서 185~674µmhos/cm로 상수원으로 사용하기에는 비교적 높게 조사되었는데 이는 유역 상류에 위치한 광산으로부터 배출되는 갯내수 및 석회암 지대로부터 용출되는 양이온 성분이 주요한 원인인 것으로 판단된다.

#### (3) 가곡천

삼척시 가곡면을 주요유역으로 하면서 상류 유역에 태백시 도계읍 일부를 포함하고 있는 가곡천은 강원도의 동해연안 하천 중에서 가장 남쪽에 위치하고 있으며 경상북도 울진군과 경계를 하고 있는 유역이다. 가곡천 최하류에 위치하고 있는 월천교 지점은 유역내 생활오수의 영향을 받고 있는 지점이기도 하나 측정망운영 시점인 '92년 이후 지속적으로 BOD I 등급을 유지하고 있으며 '97년 이후 극히 청정한 수준인 0.5mg/l를 유지하고 있다. BOD에 비해 총질소의 농도는 비교적 높게 나타났는데 연도별로 0.606~3.703mg/l로 이는 산지로부터 유출된 토양내 비료 성분이 그 원인인 것으로 판단된다. 총인의 경우 0.008~0.032mg/l의 범위를 유지하고 있으며 최근 2000년에는 0.008mg/l로 매우 청정한 상태를 보여 주었다. BOD, 총질소 총인에 비해서 전기전도도는 120~205µmhos/cm로 비교적 높게 나타났으며 이는 상류유역에 산재한 광산으로부터 유출되는 갯내수가 그 원인인 것으로 보이며 유역내 수질관리를 위해서는 갯내수의 처리가 필수적인 것으로 판단된다.

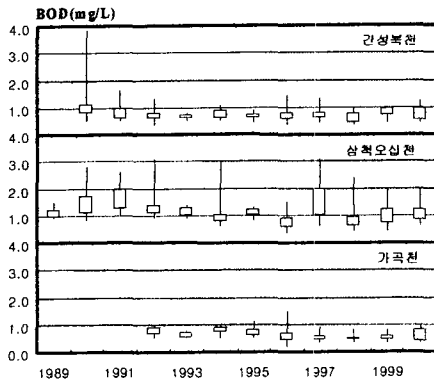


Fig. 5. Annual BOD distribution of the subject stream.

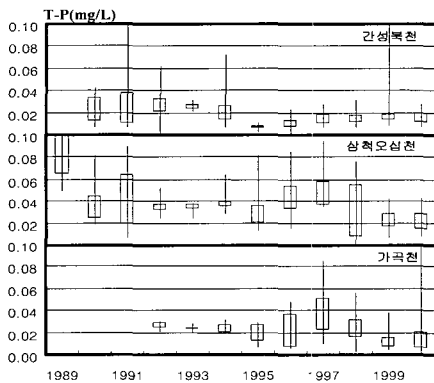


Fig. 6. Annual T-P distribution of the subject stream.

2) 대상하천의 세부유역별 수질조사 결과

(1) 간성북천

간성북천의 수질조사 지점은 본류 5개소와 지류 6개 하천에 대하여 조사를 실시하였다. 간성북천의 상류에는 오염원이 거의 없고 주로 산지로 구성되어 있으며 중하류에 소규모 부락이 위치하고 있다. 간성북천의 가장 큰 오염원은 간성읍 상리로 주로 생활하수에 의한 오염이 주요 원인이 되고 있는 유역이다.

본류구간의 유하거리별 수질분포는 다음과 같다.

우선 북천의 최상류의 조사지점인 진부교의 BOD 중앙값은 0.7mg/l이었으며 최소 0.4mg/l에서 최대 1.0mg/l로 전체 조사기간중 I 등급을 유지하고 있었다. 진부교로부터 5.5km 하류인 장신2교의 경우 자연휴식년제로 보호중인 제추골천과 머내골천이 유입한 지점으로서 BOD는 0.7mg/l로 그 범위는 0.6~1.0mg/l로 상류인 진부교와 마찬가지로 조사기간 중 I 등급을 유지하고 있었다. 중하류 조사지점인 수동리보의 경우는 0.7mg/l로 최대 최소의 범위는 0.6~1.5mg/l로 I 등급을 초과할 때도 있었는데 이는 중류 유역부터 영향을 미치는 민간인 및 군부대의 상주인구에 의해 발생하는 생활하수 및 축산 등의 영향인 것으로 판단된다. 최하류 조사지점인 북천교의 BOD는 0.7mg/l 이며 범위는 0.5~0.9로 조사기간 내내 I 등급의 수질상태를 유지하고 있었다.

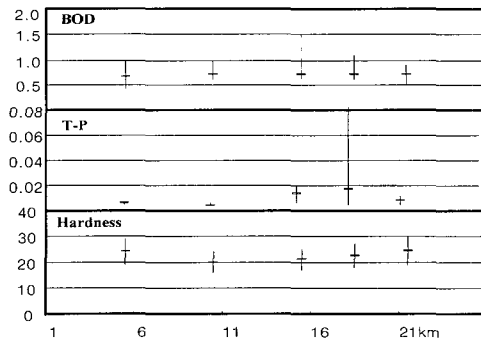


Fig. 7. Water quality distribution of each distance in Bug stream.

(2) 삼척오십천

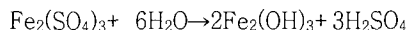
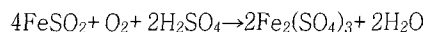
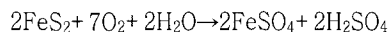
태백시 통리동과 삼척시 도계읍의 경계에 위치한 백병산에서 발원하여 도계읍 도심부와 삼척시를 경유하여 동해로 유입하는 삼척 오십천은 상류의 태백시와 삼척시 도계읍에 산재한 석탄 등의 광산지대로부터 유출하는 광산폐수에 의한 영향이 큰 하천이다. BOD는 발원지로부터 도계읍 도심 전까지 0.5~0.8mg/l이었으며 도계읍 도심에서는 I 등급 이상을 유지하다가 도계읍의

도심이 끝나는 신흥교 지점에서 2.2mg/l로 최대 값을 보여 주었다. 이후 6km 구간에 걸쳐서 감소되기 시작하여 도계읍 발이리 발리교에서 1.1mg/l이었으며 이후 오십천 최하류구간인 삼척교까지 I 등급을 유지하였다. 도계읍에서 발생되는 하수량이 가장 많이 유출되는 황조리천 합류전 구간의 BOD 분포는 1.4~4.3mg/l이고 대표치는 1.8mg/l로 II등급의 수준이었으며 도계읍 도심부 종점인 신흥교에서는 1.5~5.8mg/l로 최대치는 IV등급에 육박할 때도 있었으며 이는 주로 황조리천으로 유입되는 생활오수와 상덕리천이 합류되는 본류의 직하류로 유출되는 도계읍 생활하수 토구로부터 유출되는 생활하수의 영향에 의한 것으로 판단된다.

해안인근에 위치한 유역에서 수자원의 이용적 측면에서 가장 큰 문제점은 내륙지방의 하천에 비해 수자원이 부족하다는 점을 들 수 있으며 또한 수질적인 측면에서 평가한다면 높은 경도에 의한 상수원의 질 저하를 들 수 있다. 경도 유발의 가장 큰 원인물질인  $Ca^{+2}$  농도는 내륙지방인 북한강에서 보통 10mg/l이하를 보이는 것에 비해 오십천 수계에서는 최상류에도 30.1mg/l이며 전지점에서 50~90mg/l를 보여 주어 화강암 지대인 북한강에 비해서는 약 10배 이상 차이가 나는 지점도 있었다. 이러한 수준의  $Ca^{+2}$  이온의 농도는 직접적으로 경도를 유발시키며 보통 20~30mg/l를 보이는 북한강상류에 비해서 높은 곳은 약 20배 이상의 값을 보여 주었다. 이러한 고농도의 경도는 물의 세기를 강화시켜 상수원으로서 질을 저하시키고 수도관 내의 폐색을 유발시키기도 하는데 삼척인근에 위치한 모든 지류 하천 역시 경도가 북한강에 비해 높은 편이며 이를 해결하기 위해서는 유역내 유량이 비교적 풍부하며 양질의 수자원을 보유한 하천으로 취수원을 이전하는 방안과 상수처리 과정에서 연수화 공정의 도입이 검토 되어야 할 것이다. 수질성분 중에서 갯내수에 많이 함유되어 있는 황화물과 철분의 분포는 다음과 같다.

황산이온의 농도 분포는 최상류인 중촌교는 아직 광산개발에 의한 영향을 크게 받지 않은 유역으로서 범위는 9.1~14.3mg/l이었으며 이후 현재 가행 중이거나 폐광으로부터 유출되는 갯내수의 황산이온의 영향으로 상덕리천 합류전까지 100.4mg/l에서 405.2mg/l로 증가하다가 이후 지속적으로 감소하여 마평동 수중보까지 71.1mg/l로 감소하였다. 황산이온의 최대치는 도계읍 도심하부인 상덕리부터 신흥교 구간에서 571~615.9mg/l로 높은 값을 보여 주었다.

Fe 성분은 침전하여 아래와 같은 기작으로 적색 침전물을 형성하게 된다<sup>8)</sup>.



이와 같이 비용해성 염으로 지하에 존재하던 석탄층의 황화물이 개작되면서 공기와 접촉 또는 탄광 폐수중에서 대부분 산화작용 즉 황산화한다고 말할 수 있다. 그리고 이와 같은 화학적 변화 이외에 thio-bacillas나 thio-oxidants와 같은 황화물을 변화시키는 미생물에 의해서도 산화작용이 일어날 가능성이 있다.<sup>9,10)</sup>

이러한 적색의 침전물은 수자원으로의 가치 하락과 수서생태에 악영향을 미치게 되는데 오십천 본류 구간에서 조사기간내 적화현상의 원인이 되는 철분의 농도 분포는 도계읍 도심부 유입점인 흥전2교부터 검출되기 시작하여 최상류로부터 27km 하류인 신기교까지 나타났다. 본류 구간내 대표치의 농도 분포는 0.002~1.7mg/L이었으며 폐광 밀집지역인 점리천의 합류 후인 늑구교에서 최대치를 보여주었으며 중 하류부터는 검출한계 이하였다. 조사된 오십천 수계내 9개 갯내수에 대하여 광산폐수의 주요 인자인 황산이온과 철분 그리고 경도 및 전기전도도에 있어서 각각의 광산이 오십천 수계에 미치는 영향을 평가하였다. 오십천 유역내 갯내수의 총 배출량은 12,009톤/일이며 이중에서 대한석탄공사 흥전광업소로부터 배출되는 오염물질량이 오십천

수계의 갯내수에 의한 오염의 대부분을 차지하는 것으로 조사되었으며 수계내 오염 기여율은  $SO_4^{-2}$ , Fe, 경도, 전기전도도 각각 74.4%, 42.4%, 69.3%, 66.8%로 오십천 수계내 광산폐수에 의한 오염을 줄이기 위해서는 대한석공흥전광업소로부터 배출되는 갯내수의 부하량 삭감이 필수적인 것으로 판단된다.

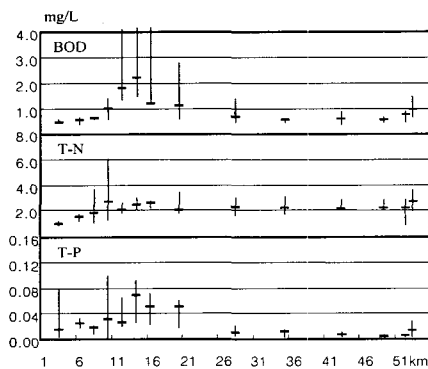


Fig. 8. Water quality distribution of each distance in Oship stream(I).

재해인 산불이 발생한 유역으로서 하류 대부분의 산림이 산화되어 초본류가 산화지의 대부분을 차지하며 산불 후 강우에 의한 산화지 토사의 유출이 우려되었으나 초본류의 성장 및 맹아 갱신 등 관목의 성장에 의한 산화지 표토의 회복에 의해 우려할 만한 토사유출이 없음이 이번 부유물질의 조사에 있어서도 알 수 있었다<sup>11)</sup>.

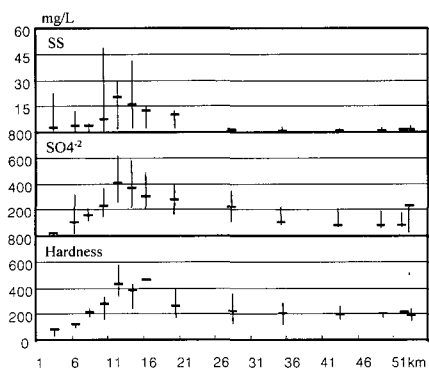


Fig. 9. Water quality distribution of each distance in Oship stream(II).

(3) 가곡천

가곡천은 이번 연구 대상 하천뿐 아니라 동해안에서도 매우 인구밀도가 낮은 하천으로 단위면적당 10.3명이 상주하는 하천이다. 이는 강원도 전체 인구밀도가 약 90명/km<sup>2</sup>임을 감안할 때 약 11%밖에 되지 않은 유역으로 비교적 청정한 자연상태를 잘 보존하고 있다. 수질조사 결과 중에서 본류 지점별 BOD 중앙치는 0.5~0.8mg/l로 청정한 자연수 그대로의 상태라고 해도 좋을 정도의 수질상태를 유지하고 있었다. 가곡천은 다른 조사대상 하천에 비하여 볼 때 조사기간 내내 전 지점의 BOD 최대치는 한번도 I 등급을 초과한 적이 없는 항상 청정한 자연상태를 유지하는 하천이었으며 상하류를 막론하고 전 지점에서 매우 청정한 자연상태를 유지하고 있었으며 유기물질의 지표인 BOD는 현재로서 특별한 수질보전관리방안이 필요 없는 하천인 것으로 판단된다. 특히 가곡천유역은 2000년 봄 대규모

3. 수계별 환경용량

동해연안의 3개 하천인 간성북천, 삼척오십천, 가곡천의 각각의 유역에 대한 수질조사와 각 지류의 배수구역에서 발생하는 오염부하량을 기초로 하여 현재 각 하천의 자정을 및 환경부에서 고시하고 있는 목표 수질을 비교하여 환경용량을 평가한 결과는 그림 11과 같다. 수계별 환경용량은 수질평가의 기본성분인 BOD를 평가하였으며, 환경용량을 산정하기 위한 각 인자들의 계산 방법<sup>7)</sup>은 기존에 발표된 내용을 참고하였다.

1) 간성북천

북천 전체 유역에서 발생하는 BOD발생오염부하량은 1,083kg/일로서 본 지점의 환경부에서 설정한 목표수질인 BOD I 등급을 유지하기 위한 목표달성부하량은 407kg/일로 조사기간 중 지류수계의 건천화 현상이 없으며 예년의 평수기 유량인 9월의 유량과 조사기간 중의 분석된 수



질의 중간치에 의해서 계산된 유출부하량은 285.3kg/일로서 유출율은 26.3%로 조사되었다. 조사된 총 유달부하량과 유출부하량을 근간으로 계산된 BOD I 등급을 유지하기 위한 초과부하량은 464.4kg/일로 이는 계산치 만큼의 여유가 있는 것으로도 표현할 수 있다. 조사대상 하천의 구간 중에서 수질기준 I 등급에 초과하는 부하량을 배출하는 유역은 교동천으로 12.5kg/일이 초과되는 것으로 조사되었으며 나머지 6개 지류 하천 유역의 환경용량은 모두 BOD I 등급을 유지하는데는 9.9~196.4kg/일의 여유가 있는 것으로 조사되었다. 또한 각각의 지류 하천 중에서 여유부하량을 유역면적으로 나눈 여유부하밀도는 0.9~12.1kg/일·km<sup>2</sup>로 어천천유역의 개발 잠재력이 가장 큰 것으로 조사되었다.

2) 삼척오십천

삼척오십천 유역에서 발생하는 BOD 발생오염부하량은 8,552kg/일로서 오십천 최종점인 삼척시 사직동 삼척교의 환경부에서 설정한 목표수질은 BOD I 등급이며 I 등급을 유지하기 위한 목표 달성부하량은 1,097kg/일로서 유출부하량은 1,042kg/일로서 유출율은 14.3%로 조사되었다. 오십천의 전체 유역에서 유달부하량과 유출부하량을 기초로 계산된 BOD I 등급을 유지하기 위한 여유부하량은 329kg/일이었다. 오십천 수계의 10개 지류하천 중에서 환경기준 I 등급을 유지하기 위한 부하량 중에서 기준이상으로 배출하고 있는 유역은 황조리천 유역으로 434kg/일이 초과되는 것으로 조사되었으며 단위면적당 13.2kg/일이 초과되는 것으로 조사되었다. 이밖에 9개 지류 유역에 있어서는 BOD 수질기준 I 등급을 유지하는데는 모두 여유가 있는 것으로 조사되었으며 여유량은 0.4~427kg/일이며 이를 단위면적으로 나눈 여유부하량 밀도는 0.4~43.9kg/일·km<sup>2</sup>로 조사되었으며 고천리천에서의 단위면적당 여유부하량이 가장 높았으며 상대적으로 환경용량이 높아 개발의 가능성이 가장 높은 것으로 평가되었다.

3) 가곡천

가곡천 수계에 있어서 유역전체에서 발생하는 BOD 발생부하량은 1,054kg/일이며 복천과 오십천의 경우와 같이 9월의 유량과 조사기간 중 수질의 대표치인 중간값으로 평가한 유출부하량은 440kg/일로 조사되었다. 이를 유출율로 평가하면 41.7%로 복천과 오십천의 유출율보다 높게 나타났는데 이는 유역내 오염원이 낮아 상대적으로 자정시킬 오염물질의 양이 적은 것이 그 이유로 판단된다. 가곡천 유역의 수질측정망 조사 지점은 삼척읍 원덕읍 월천리 월천교로서 본 지점의 수질환경기준은 I 등급으로 설정되어 있으며 이는 BOD 1mg/l 이하에 해당하는 농도이다.

가곡천 유역에 있어서 환경용량을 평가한 결과 BOD I 등급을 유지하는데는 1,054kg/일의 여유가 있었으며 여유부하밀도는 4kg/일로 조사되었다. 각각의 지류하천에 대하여 여유부하밀도는 0.6~2.2kg/일·km<sup>2</sup>로 나타났으며 지류하천 중에서는 기곡리천의 환경용량이 가장 큰 것으로 조사되었다. 모든 유역에 있어서 BOD I 등급의 수질환경기준을 유지하는데는 여유량이 있는 것으로 조사되었다.

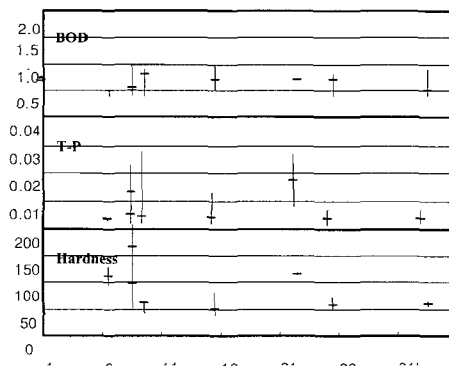


Fig. 10. Water quality distribution of each distance in Gagok stream.

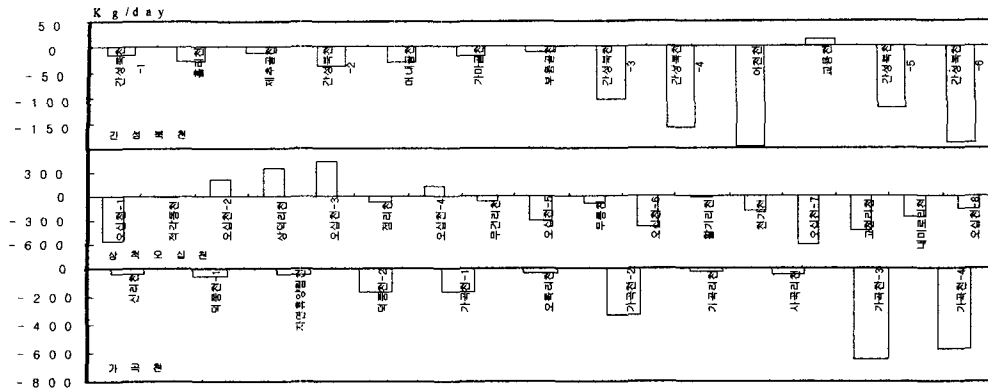


Fig. 11. Environmental capacity of each stream basin( - : surplus loading).

#### IV. 결 론

동해 연안에 위치하고 있는 간성북천과 삼척 오십천 그리고 가곡천은 동해연안의 중요한 지류하천으로 환경용량 및 개발잠재력이 매우 큰 유역으로서 본류 및 지류 유역에 대하여 수질 및 환경용량을 평가 분석한 결과는 다음과 같다.

1. 대상하천인 간성북천, 삼척오십천, 가곡천의 BOD 발생부하량은 각각 1,084, 8,552, 1,054kg/일이었으며 비부하밀도는 각각 8.2, 21.5, 4.0kg/일.km<sup>2</sup>로 가곡천이 가장 청정한 유역으로 조사되었다.
2. 각각의 하천에 대하여 본류 및 지류의 조사 지점의 BOD I등급 점유율은 간성북천, 삼척오십천, 가곡천의 각각 91%, 68%, 100%로 오십천을 제외하면 매우 청정한 수질상태를 유지하고 있었다.
3. 간성북천, 삼척오십천, 가곡천 각각의 환경용량 평가 결과 조사유역하류에서 BOD I등급을 유지하는 데는 각각 464, 329, 1,054kg/일의 여유가 있었으며, 단위면적 당 여유부하량은 3.5, 0.8, 4.0kg/일.km<sup>2</sup>로 조사되었다.
4. 오십천 유역내 갯내수의 평균 배출량은 12,009톤/일이며 이 중에서 대한석탄공사 흥진 광업소로부터 배출되는 오염물질량이 오십천 수계의 갯내수에 의한 오염의 대부분을 차지하는 것으로 조사되었으며 수계내 오염 기여율은 SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>, Fe, 경도, 전기전도도 각각 74.4%, 42.4%, 69.3%, 66.8%로 조사되었다.

#### 참고문헌

1. 석탄광 폐광지원 백서. 석탄산업 합리화 사업단, 169-182, 1995.
2. 폐광지역 환경보전 조사보고서. 강원도, 24-41, 1996.
3. 오염총량관리제에 따른 정책적 대응방안에 관한 연구. 강원도, 248-254, 2000.
4. 오염총량 관리계획 시행방안. 한국환경정책평가연구원, 1-5, 1997.
5. 한강수계 오염총량관리제 실시방안 연구 최종보고서. 환경부, 3-23, 2001.
6. 강원환경의 효율적 보전방안에 관한 연구. 강원도보건환경연구원, 41-59, 2000.
7. 수질보전 장기종합대책. 환경처, 176-213, 1993.
8. 이춘택, 유시영, "석탄광의 산성폐수와 중금속 유해성에 의한 기초적 조사연구". 대한광산학회 (20), 222~232, 1983.
9. Temple, K. L. and Colmer, A. R., "The autotrophic oxidation of iron by a new bacterium : *Thiobacillus ferrooxidans*." *J. Bacteriol.*(62), 605, 1951.
10. Temple, K. L. and Colmer, A. R., "The formation of acid mine drainage", *Mining Eng.*(3), 1090, 1951.
11. 강원동부산불피해지역 자연생태조사보고서. 강원도보건환경연구원, 85-88, 2000.