

## 섬진강수계 농업용수의 수질조사 연구

이종식 · 강종국 · 김종구

### Studies on the Irrigation Water Quality along the Seomjin River

Jong-Sik Lee, Jong-Gook Kang, Jong-Gu Kim

#### Abstract

The water quality at Seomjin River stream was surveyed at 8 sites of main stream and 4 sites of tributaries for 6 months from April to September in 1989. The overall results are summarized as follows:

1. Do concentration of main stream ranged from 7.5 to 9.0 ppm.
2. The average  $\text{NO}_3\text{-N}$  content of main stream was increased to 3.86 ppm at June, thereafter it was decreased by dilution with rainwater.
3. The water quality of Seomjin River stream was suitable for the irrigation source with the exception of site 8 where the contents of EC,  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  were very high according to the influence of sea water.
4. In the influence of tributaries on changes of the water quality along the Seomjin River, the water quality of main stream was deteriorated with inflow of Osu-cheon and Yo-cheon in the middle stream, but thereafter it was recovered with inflow of Boseong River and Hwangeon-cheon.
5. The Yo-cheon was rapidly polluted by the sewage of Namweon city, that is, contents of COD and  $\text{NO}_3\text{-N}$  were increased from 0.97 to 7.10 ppm and from 1.86 to 3.11 ppm respectively.

#### 서 론

수질오염원은 크게 가정에서 배출되는 생활하수와 공장 및 산업체로부터 배출되는 산업폐수 그리고 최근 육류소비

증가에 따른 企業畜産의 증가로 문제시되는 축산폐수로 구분된다. 이중 우리나라 수질오염원의 가장 큰 요인은 1987년말 현재 하루 약 10,000천 $\text{m}^3$  정도 배출되는 생활하수로 특히, 하수처리율이 25%에 불과하여 그 오염도가

\* 호남작물시험장

Honam Crop Experiment Station, RDA, Iri 570-080, Korea

더욱 심각하다.<sup>1)</sup> 이러한 수질오염은 인간 생활환경의 질을 저하시키고, 건강을 해칠 우려가 있는 동시에 농업환경에도 피해를 주게 되는데 관개용수가 많이 필요한水稻作에 있어 그 피해가 더욱 우려된다.<sup>2,3)</sup>

오염된 하천이나 강물은 자체의 自淨作用으로 어느 정도까지는 정화되는데 이러한 하천의 수질 회복능력은 하천의 지리적 특성이나 기후 등에 의해 결정되며,<sup>4)</sup> 일단 자정능력의 한계를 넘어 오염되면 그 회복이 어렵게 된다.

본 연구는 우리나라 주요 수계중 비교적 오염원이 적어 유일하게 전 수역이 2급 수질을 유지하고 있으나<sup>1)</sup> 최근 농공단지 설정 등으로 앞으로 오염이 우려되는 섬진강 수계 농업용수 수질보존을 위한 기초자료를 제공코저 8개 지점에서 1989년 4월부터 9월까지의 월별 수질 변화양상과 섬진강 수질에 미치는 주요 支川의 영향에 대해 조사 하였기에 그 결과를 이에 보고한다.

### 재료 및 방법

#### 1. 조사 시기 및 지점

섬진강은 전북 진안군 팔공산에서 발원하여 303.3km를 흐르며 942km<sup>2</sup>의 농경지에 농업용수를 공급하는 수계로

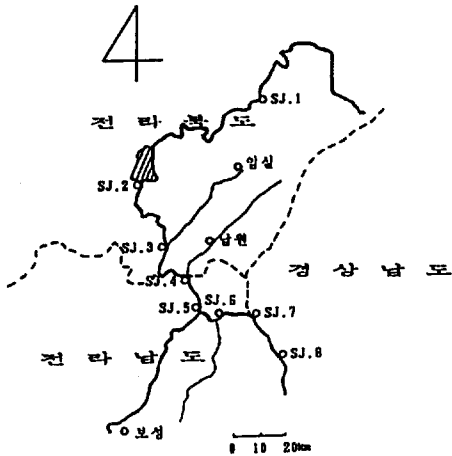


그림 1. 섬진강 수계의 수질 조사 위치도

- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| SJ.1: 전북 임실군 관촌면 | SJ.2: 전북 임실군 강진면 |
| SJ.3: 전북 순창군 동계면 | SJ.4: 전남 곡성군 고달면 |
| SJ.5: 전남 곡성군 압록면 | SJ.6: 전남 구례군 구례면 |
| SJ.7: 경남 하동군 화계면 | SJ.8: 경남 하동군 하동면 |

서,<sup>5)</sup> 1989년 4월부터 9월까지 월 1회씩 수질조사를 실시하였으며, 채수 지점은 그림 1에 나타내었다.

#### 2. 채수 및 분석 방법

채수는 지점당 3개소씩 수심 약 30cm되는 곳에서 폴리에틸렌 용기(2ℓ)에 채수하여 ice box에 보관하였으며, 실험실로 운반 즉시 분석하였다. 분석은 공해공정시험법<sup>6)</sup> 과 농사시험연구 조사기준<sup>7)</sup>에 준하였다. pH와 DO는 현장에서 각각 Orion Research Model SA 230과 Model 97-08을 사용하여 측정하였으며, COD는 K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> 산화법, NH<sub>4</sub>-N는 Indophenol법, NO<sub>3</sub>-N는 혼합산성시약법, PO<sub>4</sub>-P는 염화제일주석 환원법, Cl<sup>-</sup>은 Mohr법, 그리고 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>는 BaCl<sub>2</sub>에 의한 비탁법으로 측정하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 섬진강 수계의 경시적 수질 변화

수온은 수중 용존산소의 농도, 수중 생물의 생육 및 유기물 분해에 영향을 미치기 때문에 하천의 자정력과 밀접한 관계가 있는데<sup>8)</sup> 섬진강 수계 수온의 경시적 변화를 보면, 표 1과 같이 전조사 지역에서 4월 이후 점차 높아져 8월에 평균 수온 27.6℃를 나타냈으며, 그 후 급격히 낮아져서 9월에는 평균 수온이 20.9℃로 되었다. 지점별로는 하류지역으로 갈수록 월 별 수온차가 적게 나타났는데, 이는 기온 변화에 따른 수온변화가 수량이 많아짐으로 인해 적었기 때문일 것으로 생각된다.

용존산소는 호기성 미생물에 의한 유기물 분해와 그 자체의 산화력으로 하천의 자정력에 크게 영향을 미치는 것으로서 섬진강 수계의 용존산소 변화는 표 2와 같이 전수역에서 환경보존법상 농업용수 기준치인 2ppm보다 훨씬 높은 7.5~9.0ppm의 범위를 나타냈다.

COD는 수중의 전 산화성 물질을 측정하는 것으로서<sup>9)</sup> 조사 지점의 월 별 COD 변화는 표 3과 같이 전수역에서 5월 이후 점차 낮아지는 경향을 보였으며, 지역별로는 임실을 통과하는 오수천이 유입되는 SJ.3과 남원시 생활하수로 오염된 요천이 유입되는 SJ.4지점에서 평균 COD 농도가 각각 4.48, 5.41ppm으로 높아졌으나, 하류 지역에서 수질이 양호한 황전천 등의 유입으로 SJ.6 지점 이후 점차 수질이 회복됨을 보였다.

표 1. 섬진강 수계의 월 별 수온 변화

(단위 : °C)

채수지점	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평 균
SJ-1	10.3	14.6	20.5	23.6	25.7	19.4	19.0
SJ-2	11.6	15.4	18.1	23.2	25.5	20.4	19.0
SJ-3	13.7	20.6	23.5	27.3	27.6	20.6	22.2
SJ-4	16.6	17.3	25.1	28.9	29.8	23.3	23.5
SJ-5	15.2	17.2	22.8	27.6	28.9	21.4	22.2
SJ-6	15.5	18.0	23.4	27.8	29.0	21.8	22.6
SJ-7	15.0	15.8	21.8	26.2	27.2	20.4	21.1
SJ-8	16.9	17.4	22.6	27.1	27.0	20.1	22.0
평 균	14.4	17.0	22.2	26.5	27.6	20.9	

표 2. 섬진강 수계의 월 별 DO 변화

(단위 : ppm)

채수지점	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평 균
SJ-1	8.0	8.0	8.2	7.7	8.6	9.0	8.1
SJ-2	8.0	7.7	7.9	8.1	7.9	8.3	7.8
SJ-3	7.8	8.3	8.2	7.9	8.4	8.8	8.1
SJ-4	8.0	7.6	8.1	7.7	8.8	9.0	8.0
SJ-5	7.7	7.9	7.8	7.7	7.9	8.8	7.8
SJ-6	7.7	7.9	7.9	7.6	8.7	8.9	8.0
SJ-7	7.9	8.0	7.8	7.5	7.9	8.7	7.8
SJ-8	7.7	8.0	7.8	7.6	8.0	8.8	7.8
평 균	7.9	7.9	8.0	7.7	8.3	8.8	

표 3. 섬진강 수계의 월 별 COD 변화

(단위 : ppm)

채수지점	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평 균
SJ-1	3.04	4.16	4.16	2.30	1.65	1.04	2.73
SJ-2	6.08	4.48	4.11	2.72	0.80	2.08	3.38
SJ-3	7.36	5.76	5.76	3.30	2.93	1.76	4.48
SJ-4	7.68	8.53	5.76	5.12	4.21	1.17	5.41
SJ-5	2.88	5.60	4.80	2.78	2.24	1.60	3.32
SJ-6	4.64	6.08	4.48	3.52	3.04	1.28	3.84
SJ-7	4.96	5.28	4.64	3.68	3.20	0.53	3.72
SJ-8	3.04	5.12	3.84	3.84	3.36	1.28	3.41
평 균	4.96	5.63	4.69	3.41	2.68	1.34	

본 조사의 결과는 섬진강 수계의 COD가 1.3~2.0으로 상수원수 2급에 속한다는 환경청의 보고<sup>1)</sup>와 차이를 보였는데 이는 환경청에서 사용하는  $KMnO_4$  법과 본 시험에서 사용한  $K_2Cr_2O_7$  법과의 분석방법에 따른 차이<sup>2)</sup>로 생각된다. 그러나  $K_2Cr_2O_7$  법에 의한 水稻의 유의성있는 減收濃度를 50ppm으로 본 김의 결과<sup>3)</sup>로 볼 때 조사 기간중 섬진강 전수역에 걸쳐 양호한 수질임을 나타냈다.

하천의 부영양화를 초래하는 영양염류<sup>4)</sup>에 대해 조사한 결과 표 4에 나타내었듯이 질소 화합물의 최종산화물인  $NO_3-N$ 의<sup>5)</sup> 시기별 변화 양상은 4월 이후 점차 증가하여 6월 평균 3.86ppm을 나타내었으며, 그 후 감소하여 9월에는 평균 1.96ppm으로 낮아졌는데 이는 작물재배에 따른 施肥窒素가 관개수중으로 유실됨으로써 증가되었다가 9월 이후 감소된 것으로 생각된다.

한편 조사지점별 평균농도는 COD와 유사한 경향으로 SJ.3 지점과 SJ.4 지점에서 각각 3.23, 2.93ppm으로 높았으나 관개수중  $NO_3-N$  한계농도 5~6ppm<sup>6)</sup>에는 미치지 못하였다. 이와 병행하여 실시한  $NH_4-N$  분석 결과는 채수 지점이 오염원에서 상당히 떨어진 이유로 검출 농도가 N.D~0.346ppm으로 매우 낮았으며,  $PO_4-P$  또한 조사 전기간 동안 0.01~0.02ppm으로 낮은 농도를 유지한 동시에 지점별로도 별다른 차이가 없었다.

표 5는 삼투압으로 인하여 작물의 수분흡수에 영향을 미치는 EC의 월별 변화를 조사한 결과로 대체적으로 섬진강 수계는 100  $\mu mhos/cm$  이내의 범위를 나타냈으나 SJ.8 지점의 경우는 海水의 영향을 받아 일본 농무성 농업용수 허용기준<sup>8)</sup> 300  $\mu mhos/cm$ 를 훨씬 초과하는 평균 951  $\mu mhos/cm$ 를 나타냈으며, 월별로도 그 값이 크게 차이가 났는데 이는 채수시각이 달라짐으로 인해 干滿에 따른

표 4. 섬진강 수계의 월 별  $NO_3-N$  함량 변화

(단위: ppm)							
채수지점	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평 균
SJ-1	2.35	2.50	3.95	3.00	1.85	1.75	2.57
SJ-2	2.05	2.80	2.85	2.05	2.35	2.15	2.38
SJ-3	4.35	2.75	4.10	3.15	2.75	2.30	3.23
SJ-4	1.40	4.20	4.10	2.90	2.95	2.05	2.93
SJ-5	2.35	2.10	3.85	2.75	2.50	1.85	2.57
SJ-6	2.35	1.95	4.05	3.00	2.45	2.00	2.63
SJ-7	1.65	2.00	4.10	3.00	2.45	1.85	2.51
SJ-8	1.40	1.85	3.90	2.85	2.30	1.75	2.34
평 균	2.24	2.52	3.86	2.84	2.45	1.96	-

표 5. 섬진강 수계의 월 별 EC 변화

(단위 : $\mu mhos/cm$ )							
채수지점	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평 균
SJ-1	61	81	78	66	99	62	75
SJ-2	53	58	39	44	79	48	54
SJ-3	88	82	100	80	118	78	91
SJ-4	83	99	78	70	103	75	85
SJ-5	81	71	68	52	94	52	70
SJ-6	67	73	70	61	101	59	72
SJ-7	69	71	70	59	101	57	71
SJ-8	223	4520	287	67	531	77	951

표 6. 섬진강 수계의 월별  $Cl^-$  및  $SO_4^{2-}$  함량 변화

(단위 : ppm)

채수지점	$Cl^-$							$SO_4^{2-}$						
	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평균	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평균
SJ-1	13.3	13.5	12.8	9.2	11.7	7.4	11.3	10.8	9.8	5.8	4.7	9.3	4.9	7.5
SJ-2	12.0	12.8	10.6	8.2	11.0	6.4	10.2	7.3	7.8	5.0	3.3	7.5	3.4	5.7
SJ-3	17.1	17.0	19.1	11.3	14.9	8.9	14.7	11.3	9.5	6.5	4.8	8.8	2.9	7.3
SJ-5	17.3	24.5	16.3	9.6	13.8	9.2	15.1	9.0	17.5	6.3	3.8	8.5	2.9	8.0
SJ-5	17.3	13.9	12.4	8.9	12.4	7.4	12.0	10.0	7.5	5.5	3.0	7.0	2.3	5.9
SJ-6	14.6	15.6	14.2	10.3	12.8	8.2	12.6	9.5	7.8	6.0	3.4	8.8	2.6	6.3
SJ-7	16.0	14.9	13.5	11.7	13.1	7.8	12.8	7.8	11.5	5.5	3.5	8.5	2.0	6.5
SJ-8	99.3	4197.3	137.6	14.5	158.1	15.2	770.3	18.5	793.8	17.5	4.5	30.5	3.6	144.7

해수의 영향 정도가 크게 달랐기 때문으로 생각된다.

미량 원소인  $Cl^-$ 은 식물체의 광합성을 감소, 탄수화물 이동저해, 호흡 및 수분흡수를 저해하고,<sup>15, 16, 17)</sup>  $SO_4^{2-}$ 는 환원상태에서 난용성 ZnS를 형성하여 아연결핍을 초래하며,  $Ca^{2+}$  흡수저해와  $Na^+$  흡수촉진 및 엽록체의 광인산화 반응을 저해하는데<sup>18)</sup> 섬진강 수계의  $SO_4^{2-}$ 와  $Cl^-$ 의 변화는 표 6과 같다.

EC 변화와 같이 해수의 영향을 받는 SJ.8 지점을 제외하고는 김 등이 보고한<sup>19)</sup>  $SO_4^{2-}$ 에 대한 관개수중 유의성 있는 減收濃度 54.9ppm보다 훨씬 낮은 농도인 2.0~17.5ppm이었으며,  $Cl^-$  또한 6.4~24.5ppm의 범위로 캘리포니아 수질관리 위원회의 관개용수 수질기준인 350 ppm에 훨씬 못 미치는 양호한 상태였다.

표 7. 섬진강 수계 주요 지천의 월 별 COD 변화

(단위 : ppm)

채수지점		4월	5월	6월	7월	8월	9월	평균
SJ-3	섬진강	3.20	4.48	4.32	2.56	2.40	0.64	2.93
	오수천	7.68	7.36	7.52	4.16	3.25	2.35	5.39
	합류후	7.36	5.76	5.76	3.30	2.93	1.76	4.48
SJ-4	섬진강	6.72	7.68	3.84	3.84	3.15	1.28	4.42
	요 천	9.92	10.56	7.52	6.88	5.28	2.45	7.10
	합류후	7.68	8.53	5.76	5.12	4.21	1.17	5.41
SJ-5	섬진강	5.28	5.76	4.96	3.04	4.00	1.28	4.05
	보성강	3.36	4.48	3.36	2.56	1.55	1.92	2.87
	합류후	4.96	5.60	4.80	2.78	2.24	1.60	3.66
SJ-6	섬진강	4.96	6.40	5.12	3.68	3.20	2.56	4.32
	황전천	1.76	2.56	2.72	2.88	0.48	0.21	1.77
	합류후	4.64	6.08	4.48	3.52	3.04	1.28	3.84

**2. 각 지천의 COD 함량이 섬진강 본류에 미치는 영향**

섬진강 수계의 수질변화에 미치는 주요 支川의 영향에 대해 알아보기 위해 섬진강 본류와 지천의 합류 전후 각각의 COD를 월 별로 조사한 결과 표 7과 같았다.

임실군의 생활하수로 오염된 오수천(평균 5.39ppm)이 유입되어 SJ.3에서 섬진강 본류의 평균 COD가 합류전 2.93ppm에서 합류후 4.48ppm으로 오염도가 증가되었다.

또한 남원시 생활하수로 오염된 요천(평균 7.10ppm)이 유입되는 SJ.4 지점에서 섬진강 COD가 4.42ppm에서 5.41ppm으로 높아졌다.

섬진강 하류의 COD는 자정작용으로 인해 4.05ppm으로 낮아졌으며 보성강(평균 2.87ppm)의 유입으로 3.66ppm으로 그 값이 더욱 낮아졌다가 구례군의 생활하수 유입으로 평균 COD가 4.32ppm으로 다시 높아졌으나 황전천(평균 1.77ppm)의 유입으로 희석되어 다시 3.84ppm으로 낮아졌다.

**3. 남원시 생활하수가 요천에 미치는 영향**

남원시 생활하수 유입으로 오염되어 섬진강 본류 수질 악화의 한 요인이 되는 요천의 수질변화를 알아보기 위해 남원시 상류지역 이백과 남원시 생활하수 유입후 섬진강 본류와 합류되기 전 지역인 고달에서의 COD와 NO<sub>3</sub>-N의 농도를 조사한 결과는 표 8과 같았다.

COD 농도는 이백에서 0.97ppm으로 낮았으나 고달에서는 7.10ppm으로 7.32배 증가되었으며, NO<sub>3</sub>-N 농도 또한 1.86ppm에서 3.11ppm으로 1.67배 증가되었다. 그러나 남원시로부터 조사지점 고달 사이에 다른 오염원이

없고, 요천이 하천의 운반력(Capacity)에 비해서 荷重(Load)이 높은 網狀河川(Braided channel)<sup>5)</sup> 이란 점을 고려한다면 남원시를 통과한 직후의 요천 오염도는 더욱 심하리라고 생각된다.

**요 약**

섬진강수계 농업용수의 經時的 수질 변화 양상과 支川의 영향 등을 알아보기 위하여 1989년 4월부터 9월까지 월 1회씩 8개 지점의 수질을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 섬진강 수계의 DO 농도는 조사기간중 전 수역에 걸쳐 7.5~9.0ppm의 범위를 나타냈다.
2. 월 별 NO<sub>3</sub>-N 함량은 6월 평균 3.86ppm까지 증가 하였으나 그후 강우에 의한 희석으로 낮아졌다.
3. 섬진강 하류의 수질은 海水의 영향으로 하동지역에서 EC, Cl<sup>-</sup> 및 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 함량이 높았으나 그 외의 지역에서는 농업용수 기준치보다 훨씬 양호한 상태였다.
4. 支川에 의한 섬진강 본류의 수질변화는 증류에서 오수천, 요천의 유입으로 동계와 고달지역에서 COD가 각각 4.48, 5.41ppm으로 높았으나 그 후 보성강, 황전천의 유입으로 압록과 구례지역에서 각각 3.66 및 3.84ppm으로 다시 낮아졌다.
5. 남원시 생활하수에 의한 요천의 오염은 COD가 0.97에서 7.10ppm, NO<sub>3</sub>-N는 1.86에서 3.11ppm으로 높아졌다.

**표 8. 남원시 생활하수에 의한 요천의 COD 및 NO<sub>3</sub>-N 함량 변화**

(단위 : ppm)

채수지점	항 목	4월	5월	6월	7월	8월	9월	평 균
이 백 <sup>1)</sup>	C O D	2.88	0.64	0.64	0.96	0.48	0.21	0.97
	NO <sub>3</sub> -N	1.65	2.45	2.50	1.70	1.30	1.55	1.86
고 달 <sup>2)</sup>	C O D	9.92	10.56	7.52	6.88	5.28	2.45	7.10
	NO <sub>3</sub> -N	4.25	2.70	3.40	3.15	3.10	2.05	3.11

1) 남원시 생활하수 유입전 지역

2) 남원시 생활하수 유입후 지역

**참고문헌**

1. 환경청 (1988) : 환경보전 p320
2. 정영호, 김복영, 한기학 (1973) : 우리나라 수질오염의 실태조사, 농시연보 제 15집(식환), 7.
3. 이춘희, 하호성, 이한생, 전성진, 장순덕 (1985) : 낙동강 하류수계 관개 수질이 벼 생육에 미치는 영향, 한국토양비료학회지, 18(1), 72.
4. 최연호, 이서래 (1982): 낙동강 중류수계의 자정능력 평가, 한국환경농학회지, 1(1), 39.
5. 전라북도 (1989) : 전라북도지, 제 1권, p127
6. 김종택 (1982) : 환경오염 공정시험법 해설 (수질 분야), 신광출판사
7. 농촌진흥청 (1977) : 농사시험연구 조사기준, 농촌진흥청
8. 최연호, 이서래 (1982) : 낙동강 중류수계의 수질 조사연구 (1978~80년), 한국환경농학회지, 1(1), 31.
9. 정용, 권숙표 (1982) : 환경과학, 형설출판사, p164
10. 이길철, 김종택, 이인선, 서용찬, 백형란, 최영숙 (1982) : 화학적 산소요구량 시험법의 비교 검토에 관한 연구, 국립환경연구소보, 4, 173
11. 김복영 (1988) : 수질오염과 농업, 한국환경농학회지, 7(2), 153
12. Schindler, D.W.(1977) : Evolution of Phosphorus Limitation in Lakes, Science, 195, 260
13. Randall, C.W. and David Buth (1984) : Nitrite build-up in activated sludge resulting from temperature effects, Journal WPCF, 56(9), 1039
14. 小山雄生, 小川吉雄, 久保田正亞, 眞弓洋一 (1989) : 環境保全, 日本土壤肥料學雜誌, 60 (6), 597
15. Basslavskaya, S.S. and Syroeshyina, M. (1936) : Influence of the chloride ion on the content of chlorophyll in the leaves of potatoes, Plant Physiol. 11, 149
16. Helal, H.M. and K. Mengel (1981) : Interaction between light intensity and NaCl salinity and their effects on growth, CO<sub>2</sub> assimilation, and photosynthate conversion in young broad beans, Plant Physiol., 67, 999
17. Hiroshi Ishizaki and Tatsushi Akiya (1978) : Effect of chlorine on growth and quality of tobacco, JARQ, 12(1), 1
18. 박준규, 김영변, 오왕근, 박훈, F. Yazawa (1969) : 근부 환경에 따른 수도의 영양 생리적 반응에 관한 연구, 한국토양비료학회지, 2(1), 53
19. 김정제, 한대성 (1979) : 관개수중 황산이 수도의 감수에 미치는 영향. 강원대학교 논문집, 13, 99