

GISと衛星画像を活用した流域環境変化の定量化

Quantification of Environmental Change in Watershed Using of GIS and Remotesensing

権 奉 謙*

山田 淳*

仁連 孝昭**

曹 明 姫***

Bong-Kyum KWON

Kiyoshi YAMADA

Takaaki NIREN

Myung-Hi JO

ABSTRACT: The purpose of this study is to analyze the spatial change of water quality pollutant in the upper-stream of Kum-ho River basin. For this purpose, I computed data of water quality measurement to using GIS and Landsat TM image, and constructs database of water quality pollutants in the watershed by GIS. Also the land cover classification maps of 1985 and 1997 were made using maximum likelihood method. It was concluded in this study that the spatial change distribution of population, animals and cropping field・fruit orchards were main factors in water pollution of Kum-ho River basin. Spatial distribution of pollutants in sub-basin showed a high pollution value in Dae-Chang Chun and O-Mok Chun which included the urban area.

KEYWORDS: GIS, Remote Sensing, LANDSAT TM, Spatial Analysis

1. はじめに

人口の増加と産業の発展によって水質問題は顕在化し各国で共通する重要な環境問題になっている。水質汚濁は流域の多様な人間活動を反映して変化するため、その発生源と公共用水域の水質との関係を正確に表現することは難しい。

公共用水域において適切な流域水質管理計画を策定する際には、まず対象流域に対する汚染源の分布と汚濁負荷量を把握する必要がある。汚染源別の汚濁負荷量を推定するためには、その流域の自然的、社会的な多くの情報が必要である。しかし、汚染の発生源や流出が十分に把握されないまま現行の流域管理政策が策定されることも少なくない。水質汚濁の解析には特定汚染源だけの説明では不十分である。汚濁負荷は多様な汚染源によって複合的に発生しているため非特定汚染源(ノンポイントソース)を合わせて検討する必要がある。

本研究では、韓国琴湖江上流域の永川市と慶山市地域を対象地域とし、地形及び人文社会的因子でデータベースを構築し、土地被覆変化による水質汚濁負荷発生量を分析するためLandsat-TMの画像を利用して、クラス別ピクセルバリューを用いて土地被覆変化を概括的に分析した。また、この結果を用い、GIS技法中のオーバーレイ法により対象地域の小流域別水質汚染源の空間的な分布を把握し、流域管理を支援する汚染源の空間分布状況図を提供することを試みた。

まず、対象流域に該当する1:25,000地形図を基に空間分析機能に秀れているGISを使用してDEM(Digital Elevation Model)を構築し、水系及び水文環境に関する流域の地形資料を数値化する。そして、1985年と1997年における氷川市(Youngchun-si)、慶山市(Kyungsan-si)の統計年報、環境統計年報、97年『住民表』を利用して対象地域の水質汚染源に対する統計データベースを構築する。また、衛星画像処理は1985年10月25日と1997年5月17日のLandsat-TM画像(ERDAS Imagine8.3画像処理システム利用)を教師つき分類法(Supervised Classification)により2時期の土地被覆分類図を作成した。

*立命館大学環境システム工学科 (Dept.of Environmental Systems Engineering, Ritsumeikan University)

**滋賀県立大学環境科学部 (Dept.of Environmental Science, Shiga Prefecture University)

***韓国 慶一大学都市情報工学科 (Dept.of Urban Information Engineering, Kyungil University)

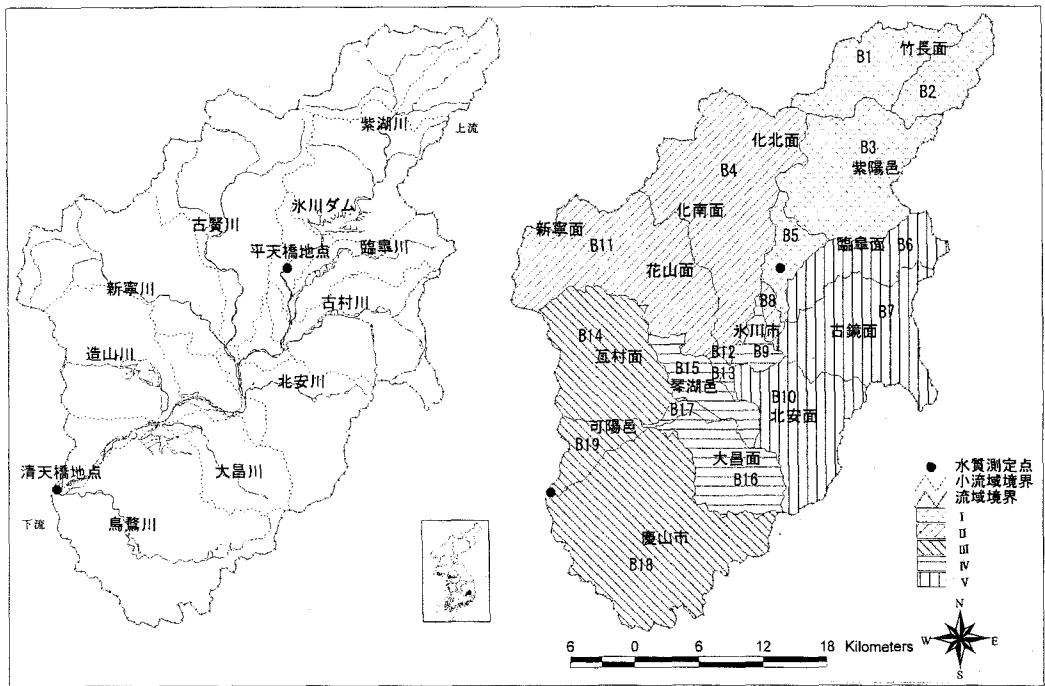


図1 研究対象地域

2. GISデータベースの構築

琴湖江上流域の1:25,000地形図に空間分解能が良いGISを用いて、DEMを構築するとともに水系、水理水文環境に関連する流域の地形的因子をデジタル化した。数値地図の目録とデータソースは表-1に示す。ここでは対象流域を図1に示すように19個の小流域に分割した。

GISの精度を確かめるため、B1、B2、B3小流域を対象に、面積と周辺長、高度別面積について既存の方法であるPlanimeterとCurvimeterを使って地形因子を5回反復測定した結果との比較を表-2に示した。また、小流域の面積と周辺長の算出のため地形図から境界線の実座標を抽出し、ARC/INFOのGISソフトを用いて対象小流域に対する計算を行なった。その結果、表-2に示すように、相対誤差はすべて0.3%以下であった。

また、高度別面積の分布についてARC/INFOのラティスマジューールを用いてグリッドのクラスファンクションでそれぞれの高度別グリッドを作成し、スタティスティクス(Statistics)による計算を行ない、表-3に表した。いずれも相対誤差はわずかであった。

表-1 数値地図目録

NO	主観図名	Data Source	Coverage Type
1	小流域境界	地形図(1:25000)	Polygon
2	行政境界	地形図(1:25000)	Polygon
3	河川網	地形図(1:25000)	Line
4	道路	地形図(1:25000)	Line
5	等高線	地形図(1:25000)	Line
6	水質測定地点	地形図(1:25000)	Point
7	土地被覆分類図	Landsat-TM 衛星画像	Pixel
8	小流域別人口分布図	統計年報(1985年、1997年)	Polygon
9	小流域別家畜分布図	統計年報(1985年、1997年)	Polygon
10	小流域別工場分布図	統計年報(1985年、1997年)	Polygon

表-2 面積と周辺長の比較

小流域	方法	面積(m ²)	周辺長(m)
B1	PM & CM	67.83	47.00
	GIS	67.89	47.11
B2	PM & CM	44.21	33.40
	GIS	44.18	33.30
B3	PM & CM	122.48	57.46
	GIS	122.68	57.37
合計	PM & CM	234.52	137.86
	GIS	234.75	137.78

PM:Planimeter

CM:Curvimeter

3. 衛星画像による土地被覆分類

3.1. 幾何補正

衛星データとGIS数値データとのオーバーレイ分析を行うためには正確な幾何学的補正(Geometric Correction)が重要である。本研究での幾何学的補正はLandsat-TM画像のフォーカスカラー画像と地形図から選定された8個のGCP(Ground Control Point)を用いて座標変換を実施する。座標変換を行なった結果、RMSE(Root Mean Square Error)は1985年の画像が0.04であり、1997年の画像は0.03になった。また、画像の画素値を決めるため、Nearest Neighbor法を用いてリサンプリングを実施し、解像力を30mに決めた。

3.2 バンドの特徴と訓練地域の選定

クラス分類は、環境庁で実施した全国主要河川流域基礎調査で、土地被覆分類を水田、畑、市街地、林野、水面の5つに分類しているため、本研究においても同じ5つのクラスに分類する。¹⁾ また、画像処理結果に対する検証のため、1997年の画像処理結果と1997年永川市統計年報の土地地目別面積を用いて、その精度を検討した。

衛星画像を用いた土地被覆分類に関する研究として、JO(1989)は、バンド1、2が水質・建物・植生の区分に、バンド3は都市域内の空閑地の区分に、バンド4は緑色植物と山地の地形的な輪郭の把握、バンド5は平野の微地形区分に、バンド6は地表面の熱特性、バンド7は地表被覆がない裸地区分と道路・インターチェンジ区分に有効であることを明らかにした。²⁾

本研究では、クラスの項目に対する分光特性を把握するためにGISデータとのオーバーレイによる各項目に

対するトレーニングエリア(Training Area)のピクセルバリューを抽出し、各項目に対する分光ピクセルバリューの特性を把握した。各項目に対するトレーニングエリアとしてa~gの7地域を選定し、1997年7月、10月、98年3月、5月の計4回現地踏査を行った。表-4にその結果を示す。バンド毎、土地被覆毎にどの地域でも同じ傾向を持っているので、分光バリュー分析の組合わせで土地被覆を推定できる。

本研究での土地被覆分類は、まず、ピクセル・バリューによる分類を実施する、すなわち、以上のトレーニング・エリアから求めたバンド別クラスのピクセル・バリュー範囲を基にし、全体画像に対する土地被覆の分類を行う。

全体画像のバンド別ピクセル・バリューはバンド別トレーニング・エリア・ピクセル・バリュー との比較によって分類される。すなわち、トレーニング・エリア・ピクセル・バリューとの比較により各ピクセルがトレーニング・エリア・ピ

表-3 高度別面積の比較

(単位: km²)

流域 高度	B1		B2		B3		合計	
	PM & CM	GIS	PM & CM	GIS	PM & CM	GIS	PM & CM	GIS
< 200	0	0	0	0	18.60	18.71	18.60	18.71
- 300	7.25	7.31	4.74	4.46	33.34	32.86	45.33	44.63
- 400	22.55	22.62	12.61	12.52	29.49	29.57	64.65	64.71
- 500	20.00	19.86	13.94	13.95	19.36	19.42	53.30	53.23
- 600	9.38	9.39	9.07	9.10	11.85	11.96	30.30	30.45
- 700	4.87	4.91	3.34	3.56	6.67	6.71	14.88	15.18
- 800	2.70	2.71	0.51	0.59	3.03	3.22	6.24	6.52
- 900	0.76	0.76	0	0	0.07	0.10	0.83	0.86
- 1000	0.22	0.23	0	0	0.07	0.13	0.29	0.36
- 1100	0.10	0.10	0	0	0	0	0.10	0.10
合計	67.83	67.89	44.21	44.18	122.48	122.68	234.52	234.75

表-4 トレーニングエリア・ピクセル・バリュー

訓練地域 bandと土地被覆		a	b	c	d	e	f	g	範囲
band 1	市街地	119	118	130	115	139	140	143	115-143
	水田	91	90	89	95	91	86	94	86-95
	畑・果樹園	93	94	108	97	100	97	94	93-108
	森林	73	76	71	75	72	69	70	69-76
	水面	81	79	81	79	82	86	78	78-86
band 2	市街地	56	63	62	65	67	69	58	56-69
	水田	41	46	44	39	44	40	38	38-46
	畑・果樹園	47	38	45	43	47	50	41	38-50
	森林	31	33	29	30	28	28	31	28-33
	水面	34	31	33	30	31	33	29	29-34
band 3	市街地	100	106	103	100	108	114	118	100-118
	水田	64	62	62	68	57	59	60	57-68
	畑・果樹園	70	55	71	69	75	67	68	55-75
	森林	33	31	30	36	34	30	33	30-36
	水面	38	40	39	37	41	45	42	37-45
band 4	市街地	104	98	105	109	111	120	115	98-120
	水田	69	90	68	80	60	82	80	60-90
	畑・果樹園	123	120	133	124	115	125	121	115-133
	森林	183	180	184	186	183	181	180	180-186
	水面	26	22	25	24	29	24	30	22-30
band 5	市街地	182	177	166	149	156	185	180	149-185
	水田	99	95	115	131	111	109	96	95-131
	畑・果樹園	117	163	170	176	166	169	167	117-176
	森林	106	100	103	107	107	104	106	100-107
	水面	25	21	24	29	35	30	19	19-35
band 7	市街地	88	80	93	86	79	63	86	63-93
	水田	30	41	37	16	39	45	31	16-45
	畑・果樹園	65	71	49	57	70	46	59	46-71
	森林	20	23	24	25	21	25	21	20-25
	水面	6	10	11	10	7	11	17	6-17

クセル・バリューの範囲に
包含された各ピクセルの
バンド数が4個以上ある時、
トレーニングエリアデータ
に該当する土地被覆に
分類される。

また、ピクセルバリュー
による分類ができない部
分については、バンド4/3/
2、バンド5/4/3、バンド5
/3/2、5/4/2のフォール
スカラー画像を作成し、
目視による分析を行っ
た。フォールスカラー画像

での5つのクラスはそれぞれのトレーニングエリア
の踏査資料と地形図を基にして決定した。そして、
確認されたトレーニングエリアを基にして、教師付
き分類を用いた最尤法(Maximum Likelihood
Classifier)によって決定した。
画像処理に用いた土地被覆の面積を表-5に示す。
その結果、衛星画像処理正確度は表-6のようにか
なり高いことが分かった。合致しない部分も統計年
報に問題があると考えられる。統計年報の『土地
地目別面積』の中で道路、住宅地、工場用地、堤
防、裸地などは項目「市街地」に定め、牧場用
地、墓地、林野、公園などは「森林」に、そして畑
と果樹園は「畑・果樹園」と定めたからである。

3.3 土地被覆変化

本研究では土地被覆変化を知るため、衛星画像を
利用して土地被覆分類を実施し、GISを利用すること
により各小流域の土地被覆の面積及びその変化を
指定した。その結果、森林、水面、水田、市街地、畑
・果樹園の5クラスのうち、市街地面積と畑・果樹
園の増加が一番大きい。

森林域が全流域において減少し、水田の面積も大半の
流域で減少した。これは現地調査結果からぶどう畑に転
換されたものが多いことがわかった。市街地は彦河工
業地域と慶山市地域を中心に相当増加しており、他の地
域でも、わずかに増加したことがわかった。全体的に森林

表-5 小流域別土地被覆面積の変化 (単位:km²)

区分 小流域		市街地			水田			畑・果樹園			森林			水面			面積
		1985	1997	増減	1985	1997	増減	1985	1997	増減	1985	1997	増減	1985	1997	増減	
I	B1	0.45	1.01	0.56	1.30	0.83	-0.47	2.54	6.80	4.26	56.00	51.66	-4.34	0.01	0.01	0.00	60.30
	B2	0.28	0.57	0.29	0.50	0.54	0.03	0.83	4.00	3.18	37.65	34.16	-3.50	0.00	0.00	0.00	39.26
	B3	1.66	1.65	-0.01	2.90	3.73	0.83	4.47	12.54	8.07	94.72	88.47	-6.25	4.85	2.21	-2.64	108.60
	B5	1.39	1.78	0.39	3.56	2.16	-1.40	5.12	8.90	3.78	14.59	11.83	-2.76	0.08	0.07	-0.01	24.73
II	B4	4.29	4.36	0.08	13.37	13.68	0.31	17.53	37.19	19.66	125.04	104.94	-20.11	0.55	0.62	0.07	160.73
	B8	0.64	0.99	0.34	2.44	1.62	-0.82	1.19	2.90	1.71	2.74	1.50	-1.24	0.01	0.02	0.01	7.03
	B11	5.77	5.79	0.02	16.37	20.27	3.90	20.21	37.42	17.21	97.29	76.15	-21.14	0.71	0.73	0.02	140.36
	B14	2.67	6.03	3.36	14.57	11.27	-3.29	21.28	29.24	7.96	62.50	54.59	-7.91	0.58	0.46	-0.12	101.59
III	B18	11.51	25.15	13.64	41.26	17.24	-24.04	39.64	79.81	40.17	100.31	70.69	-29.62	2.62	2.47	-0.15	195.36
	B19	3.32	3.65	0.33	3.13	4.42	1.30	9.06	10.27	1.21	10.45	7.83	-2.62	0.87	0.65	-0.22	26.82
	B9	2.90	4.26	1.36	2.75	2.87	0.12	3.13	3.94	0.81	4.64	2.34	-2.30	0.17	0.18	0.01	13.59
	B12	0.29	0.32	0.02	0.30	0.31	0.01	0.44	0.54	0.10	0.66	0.51	-0.15	0.17	0.20	0.02	1.87
IV	B13	0.53	0.48	-0.05	0.73	0.78	0.05	1.05	1.40	0.35	1.68	1.37	-0.32	0.21	0.18	-0.03	4.21
	B15	2.02	2.17	0.15	8.72	5.20	-3.52	8.27	15.17	6.90	13.95	10.63	-3.32	1.02	0.81	-0.21	33.97
	B16	1.86	2.69	0.83	9.11	4.43	-4.68	12.43	22.04	9.60	34.12	28.33	-5.79	0.57	0.61	0.03	58.10
	B17	0.86	0.71	-0.15	0.74	0.81	0.07	3.26	4.08	0.82	0.98	0.40	-0.58	0.38	0.23	-0.16	6.22
V	B6	0.92	1.32	0.40	5.22	3.93	-1.29	4.82	9.54	4.72	39.64	35.89	-3.75	0.31	0.23	-0.08	50.91
	B7	1.97	3.90	1.93	10.22	8.90	-1.32	14.64	25.08	10.44	72.29	61.37	-10.92	0.49	0.36	-0.13	99.61
	B10	4.10	6.99	2.89	13.74	10.39	-3.36	13.17	27.69	14.53	54.46	40.42	-14.04	0.62	0.59	-0.02	86.09
	合計	47.44	73.81	26.38	150.93	113.36	-37.57	183.09	338.54	155.45	823.72	683.06	-140.66	14.22	10.63	-3.60	1219.4

表-6 衛星画像の分類正確度(永川市統計1997、単位:km²)

土地利用	統計資料面積	画像処理面積	差異(%)
市街地	69.27	71.78	2.51(96.50)
水田	58.87	61.90	3.03(95.10)
畑・果樹園	120.87	136.42	15.55(88.60)
森林	645.62	691.98	46.36(93.30)
水面	24.86	27.08	2.22(91.80)
合計	919.49	989.16	69.67(93.00)

表-7 人口・工場・家畜³⁾ 1985年、()1997年

流域	人口(人)	工場(件)	牛(頭)	豚(頭)	鶏(羽)
B1	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
B2	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)	0(0)
B3	3286(1572)	0(0)	811(516)	184(526)	96(2362)
B4	36888(24070)	1(18)	3622(3778)	2629(8758)	112275(187400)
B5	3072(2078)	1(1)	590(534)	170(1284)	209(2742)
B6	5892(8984)	2(1)	1127(1208)	316(2359)	371(5010)
B7	10880(7999)	0(0)	3240(4295)	3311(16760)	8877(75150)
B8	4243(2722)	1(3)	255(273)	309(698)	13984(11593)
B9	17960(11397)	0(13)	655(667)	1248(1742)	68054(51568)
B10	35675(23661)	30(28)	29422(4866)	3643(16486)	337064(311855)
B11	22927(17114)	16(21)	3939(6997)	1923(18277)	51463(14635)
B12	2267(1439)	0(2)	82(84)	157(219)	8589(6508)
B13	4352(2890)	1(3)	204(186)	361(614)	15140(14223)
B14	26074(25739)	7(1285)	2970(9178)	6767(19892)	204042(181877)
B15	9999(8387)	8(1)	1298(1610)	1940(6723)	34235(80413)
B16	9937(8288)	5(9337)	2151(3464)	2265(5192)	30196(93086)
B17	2279(1983)	1(24)	254(349)	463(1052)	12457(13200)
B18	81478(115206)	80(6485)	6767(12438)	13191(35016)	518725(165523)
B19	10598(12023)	4(749)	597(1097)	1225(2002)	25319(7416)
合計	287797(275551)	151(18580)	57984(31640)	40100(137570)	1442096(1354561)

表-8 汚染発生原単位 (国立環境研究院 1992)⁴⁾

区分	BOD	T-N	T-P	単位
ポイント 汚染源	生活下水	65.1	7.46	g/人・日
	牛	181	220	g/頭・日
	豚	579	36	g/頭・日
	鶏	3.7	1.30	g/羽・日
ノンポイント 汚染源	市街地	20.55	2.33	kg/ha・日
	水田	8.60	6.17	kg/ha・日
	畑・果樹園	6.33	6.47	kg/ha・日
	森林	3.78	4.43	kg/ha・日

が水田と畑・果樹園に転換し、また、水田と畑・果樹園が市街地に転換していることがわかる。

平天橋の水質に影響を与える流域はB1、B2、B3、B5であり、この流域の土地被覆変化を見れば森林は8%(16.84km²)、水田は7%(1km²)減少しており、畑・果樹園は197%(118.75km²)、市街地は113%(1.22km²)と増加している。また、清天橋の水質に影響を与える流域(B1、B2、B3、B5を除外した地域)の土地被覆変化は、森林が19%(123.83km²)、水田が22%(36.64km²)減少しており、畑・果樹園が170%(136.84km²)、市街地が136%(25.10km²)であった。

4. 汚濁負荷量の推定

ここでは、ノンポイント汚染源の汚濁負荷発生量を推定し、ポイント汚染源の汚濁負荷発生量の一部と比較する。ポイントソースは、生活下水、工場排水、畜産廃水から成るが、生活下水、工場排水の処理量、処理効率は把握されていない。表-7に人口、工場数、畜産飼育数の変化を示す。人口の横這い、工場数、豚飼育数の大幅の増加が見られる。表-8に汚濁原単位の設定値を示す。この原単位は漢江流域に適用された値であるが、ほぼ同じ傾向にあるとしてここでも用いる。工場排水については表-9のような基準はあるが、実際の発生負荷量は算定されていない。水域への流入負荷量の推定はできないので、表-7のフレームに表-8の原単位を掛けて、表-10に負荷量を示す。家畜の負荷が生活下水をうわまわっており、畜産廃水対策が大きな課題であることが分かる。生活下水の場合、都市化と工業地域化が急に進んだ地域であるⅢ群地域で汚濁発生量が大きくなったが、それ以外の地域では減少傾向にある。牛と豚による汚濁発生は飼育数の増加による。また、鶏は、Ⅰ、Ⅳ、Ⅴ群の地域で飼育数が増加し、汚濁発生量が増加したが、Ⅱ、Ⅲ群では減少した。次にノンポイント汚染源について、表-5の土地被覆面積に表-8の原単位を掛けて、結果を表-11に示す。

ポイント汚染源に比較して負荷発生量はかなり少ないが、今後のポイントソース対策の進捗によっては相当の比率を占めてくることが予想できる。1985年でみると、森林の占める比率が大きく、次いで、BODでは水田、畑と続き、T-Nでは畑、水田の順になり、T-Pでは畑、市街地と続く。1997年になると、市街地と畑・果樹園の面積が増えたため負荷発生量も増え、森林や水田の比率が下がっている。市街地からの負荷は、BODで20%、T-Nで3%、T-Pで12%を占めている。都市化と工業団地造成地域の著しいⅢ群地域での負荷が大きい。水田の場合は、平坦地で最近開発が始まったⅡ群地域で面積が増えている影響による汚濁負荷発生量も増加、しかし、以外の地域では減少の傾向が現れた。

表-9 工場廃水排出許容基準。(環境庁、単位: mg/l) ⁵⁾

地域区分	放流水域水質環境基準 適用等級	1日排水発生量3,000m ³ 以上		
		BOD	T-N	T-P
清浄地域	I級	40	30	4
「カ」地域	II級	80	60	8
「ナ」地域	III, IV, V級	120	60	8
特別地域	工団廃水終末処理区域及び農工団地内排出施設	30	60	8

表-10 ポイント汚染源の汚濁負荷発生推定

(単位: Kg/day) 1985年、()内1997年

群	生活下水			牛			豚			鶏		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
I	413.91 (237.62)	47.43 (27.23)	15.83 (9.09)	813.98 (668.15)	308.22 (253.00)	57.16 (46.92)	63.37 (318.62)	12.74 (64.08)	0.15 (0.73)	1.13 (18.89)	0.40 (6.64)	0.13 (2.09)
II	4170.18 (2858.28)	477.87 (327.54)	159.50 (109.33)	4541.10 (6418.89)	1719.52 (2430.56)	318.89 (450.76)	870.12 (4964.21)	175.00 (998.39)	1.99 (11.37)	657.57 (171.42)	231.04 (446.72)	72.87 (140.89)
III	7690.91 (9958.15)	881.32 (1141.13)	294.17 (380.89)	6004.05 (13196.25)	2273.48 (4996.86)	421.63 (926.69)	3791.76 (10186.89)	762.59 (2048.76)	8.69 (23.33)	2767.92 (1312.82)	972.51 (461.26)	306.72 (145.48)
IV	3046.29 (2238.40)	349.08 (256.51)	116.52 (85.62)	2698.16 (3695.16)	1021.68 (1399.20)	189.48 (259.49)	1151.33 (2782.02)	231.55 (559.51)	2.64 (6.37)	627.78 (958.29)	220.57 (336.70)	69.57 (106.19)
V	3414.30 (2645.92)	391.26 (303.20)	130.59 (101.20)	19631.41 (6024.39)	7433.58 (2281.18)	1378.59 (423.06)	1301.33 (6373.30)	261.72 (1281.78)	2.98 (14.60)	1281.35 (1450.46)	450.21 (509.62)	141.99 (160.73)
合計	18735.59 (17938.37)	2146.97 (2055.61)	716.62 (686.129)	33688.70 (30002.84)	12756.48 (11360.80)	2365.75 (2106.91)	7177.90 (24625.03)	1443.60 (4952.52)	16.44 (36.40)	5335.76 (5011.88)	1874.73 (1760.93)	591.26 (555.37)

表-11 ノンポイント汚染源の汚濁負荷発生推定

(単位: Kg/day) 1985年、()内1997年

群	市街地			水田			畑・果樹園			森林			合計		
	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P	BOD	T-N	T-P
I	77.68 (102.96)	8.81 (11.67)	2.04 (2.71)	71.04 (62.44)	50.96 (44.79)	0.82 (0.72)	82.04 (204.08)	83.85 (208.59)	2.01 (5.00)	767.19 (703.53)	899.11 (824.51)	69.01 (68.28)	997.94 (1073.04)	1042.74 (1089.57)	73.87 (71.70)
II	219.89 (228.93)	24.93 (25.96)	5.78 (6.02)	276.75 (305.90)	198.55 (219.47)	3.19 (3.52)	246.43 (490.64)	251.88 (501.49)	6.03 (12.01)	850.77 (690.19)	997.06 (808.87)	76.52 (62.08)	1593.83 (1715.66)	1472.42 (1555.79)	91.52 (83.63)
III	359.63 (715.76)	40.78 (81.15)	9.45 (18.81)	507.23 (283.20)	363.91 (203.18)	5.84 (3.26)	442.97 (755.30)	452.77 (772.00)	10.85 (18.50)	654.92 (503.16)	767.54 (589.68)	58.91 (45.26)	1964.75 (2257.41)	1624.99 (1646.01)	85.04 (85.82)
IV	174.06 (218.45)	19.74 (24.77)	4.57 (5.74)	192.38 (123.84)	138.02 (88.85)	2.21 (1.43)	180.91 (298.59)	184.91 (305.19)	4.43 (7.31)	211.87 (164.73)	248.30 (193.06)	19.06 (14.82)	759.22 (805.61)	590.97 (611.87)	30.28 (29.29)
V	143.65 (250.92)	16.29 (28.45)	3.78 (6.59)	250.95 (199.69)	180.04 (143.27)	2.89 (2.30)	206.61 (394.42)	211.18 (403.15)	5.06 (9.66)	628.95 (520.43)	737.11 (609.92)	56.57 (46.81)	1230.16 (1365.46)	1144.62 (1184.79)	68.30 (65.36)
合計	974.89 (1517.00)	110.54 (172.00)	25.62 (39.86)	1298.34 (975.07)	931.49 (699.56)	14.95 (11.23)	1158.96 (2143.02)	1184.59 (2190.42)	28.38 (52.47)	3113.70 (2582.04)	3649.12 (3026.04)	280.07 (232.25)	6545.89 (7217.13)	5875.74 (6088.02)	349.01 (335.81)

5. まとめ

本研究では空間分析ツールとして活用されているGISとリモートセンシング技法を統合利用して小流域の水質汚染源に対するデータベースを構築した。ここでは、2 時期画像を用いて1985年と1997年の土地被覆変化の定量化と共に正確度に対する検証を行った。また、GISデータとリモートセンシングデータを連繫して各小流域の流域汚染源の12年間の空間変化分析と土地被覆分析結果による汚濁負荷発生量を推定した。

その結果、衛星画像はノンポイント汚染分析の大まかな発生源分類である、市街地等の4種類の土地被覆面積の推定に有効にであることが分かった。推定した12年間の土地被覆面積の比較から、ノンポイント汚染の負荷がBOD、T-Nで増加、T-Pで若干減少していることが推定できた。ポイント汚染が推定できなかったのが河川水質の変化を直接評価できなかったが、畜産負荷と工場排水負荷が増加していることは明らかである。

本研究の結果から、小流域における水質汚染源の定量化、GISを利用した数値地図作成及び視覚化が可能であり、これらを基にして小流域間の空間変化に対する比較分析、行政区画と小流域間の比較が容易であることが分かった。これにより流域管理及び地域開発計画の基礎資料の提供が可能であり、また、リモートセンシング技法は過去と現在の土地利用を効率的に比較分析できる。流域の水質管理における土地利用変化の把握は非常に重要な部分である。毎回同じ条件で撮影が可能な衛星画像を利用して地表物の変化を自動的に抽出し、定量化してGISの属性資料・図形資料と合わせて時期別土地利用変化をモニタリングすればより科学的で体系的な流域管理が成し遂げられると考える。

参考文献 (ハングル翻訳)

- 1)環境庁: 全国主要河川流域基礎調査, 1981-1983.
- 2)MyungHe,JO: Landsat TM画像を利用した土地被覆分類 -洛東江河口地域を事例に- 慶北大学校大学院博士学位論文, 1989.
- 3)慶山市, 永川市: 統計年鑑, 1985, 1997.
- 4)国立環境研究院: 漢江流域を対象にした環境管理技術開発, 1992.
- 5)環境庁: 公共水域保全法, 1992.