

諏訪湖流域におけるエコトープマップ作成と 景観生態学的評価に関する研究

藤居良夫* 今村 武**

*信州大学工学部 **信州大学大学院工学系研究科

Development of Ecotope Map and Landscape Ecological Evaluation for Lake Suwa Basin

Yoshio Fujii* Takeshi Imamura**

*Faculty of Engineering, Shinshu University **Graduate School of Science and
Technology, Shinshu University

Key words : エコトープマップ Ecotope Map, 景観生態学 Landscape Ecology,
諏訪湖流域 Lake Suwa Basin

1. はじめに

環境アセスメントの生態系評価、地域の自然環境の解析・評価、自然再生事業などにおいてGIS（地理情報システム）を用いて地形・地質、動植物項目による主題図を重ね合わせ、エコトープマップなどの基本的な自然環境情報を作成することが求められている。しかし、GISで利用できるデジタル化された地域特性に関する基本情報が少ないことや、その基本情報の整備状況自体が地域によってばらつきがあること、さらに、使用する主題図の種類や縮尺にも違いがあることなど多くの問題を抱えているため、自然環境情報は、地域および都市の計画やまちづくりの中でまだ活かされておらず、住民にわかりやすいデジタルマップなどでの情報提供が進んでいないのが現状である¹⁾。そこで、本研究では環境省が検討・推進している「環境アセスメントベースマップ」の作成方法²⁾を参考に、自然環境情報の整備が進んでいない諏訪湖流域を対象として、GISを利用したエコトープマップの作成を行い、その結果を踏まえて流域の景観生態学的特性を検討した。

2. 対象流域

本研究では、研究対象として諏訪湖流域を設定した。諏訪湖流域は流域面積が約525km²であり、岡谷市、諏訪市、茅野市、下諏訪町、富士見町、原村の6市町村が流域市町村である（図-1）。

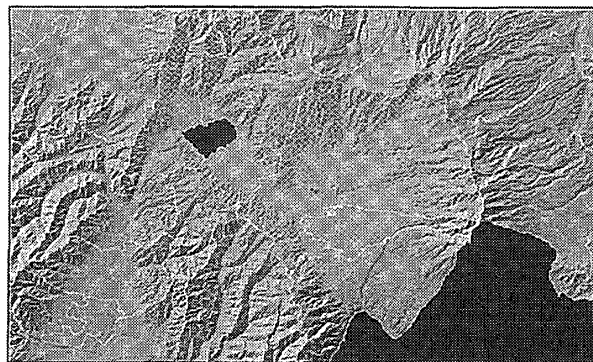
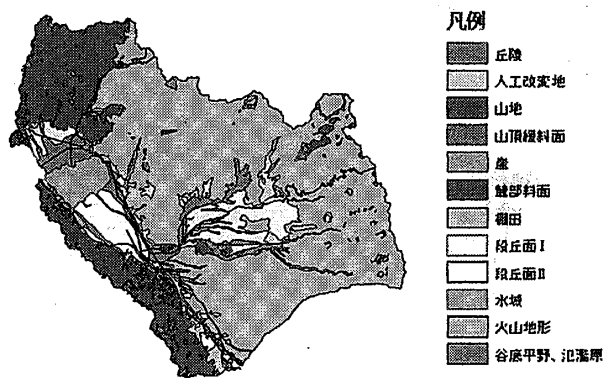


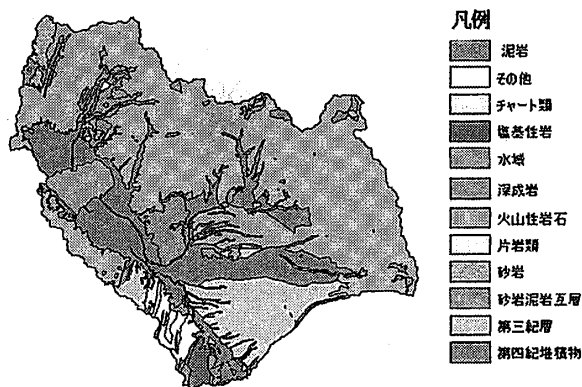
図-1 諏訪湖流域

3. データの整備

本研究では、エコトープマップ作成の基盤となる環境要素を地形、地質、植生とした。まず、これらの主題図を活用して基図を作り、地域の典型的な生態系を抽出するための環境類型区分を行うことになるが、これらの主題図が整備されていない場合や、整備されていても、そのデータの精度や凡例の表現が図面・図幅ごとに微妙に異なる場合が多い。したがって、既存の主題図をそのままGISによる基図として利用することは難しい。例えば、ある主題図の凡例を全て採用すると、凡例数が膨大で基図が煩雑になり判読が困難となる。そこで、環境アセスメントに必要な情報として自然環境情報を利用するためには、既存のデータの凡例を使いやすい形で整理・統合する必要がある。なお、本研究においては主としてArcGIS8.2を利用した。



図－２ 地形区分図



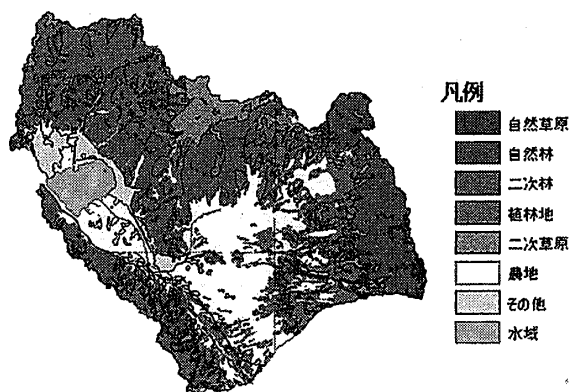
図－３ 地質区分図

(1) 地形・地質

地形、地質の主題図は土地分類基本調査（５万分の１，長野県）を使用した。これらをデジタイジング処理によりデジタル化して，GISで利用可能な基図を作成した。また，各凡例の表現を検討し，それぞれの関連性や生物生息空間としての視点を考慮して新たに再区分を行い，地形区分図と地質区分図を作成した（図－２，図－３）。

(2) 植生

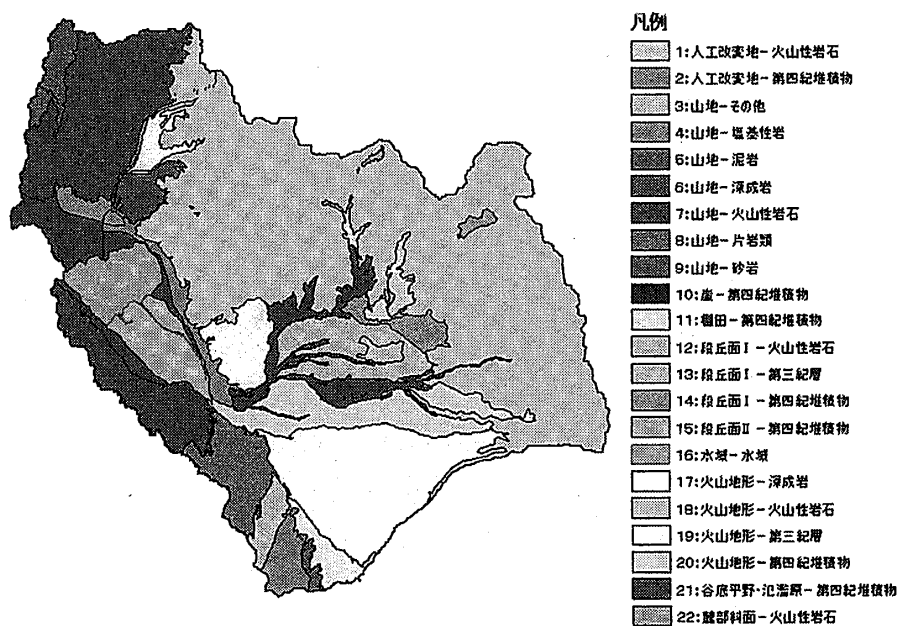
植生の主題図は環境省の自然環境GISを使用した。もともと植生自然度は人為的な攪乱の度合いを１０段階の自然度ランクに指数化して表現したものであるが，本研究ではこの自然度を様々な生態系の指標となる基盤環境としての植生の類型区分として採用した（図－４）。



図－４ 植生区分図

４．フィジオトープマップの作成

地形区分と地質区分を重ね合わせて，フィジオトープマップを作成した。フィジオトープとは景観を構成する上での地表形態，岩石，土壌，地層などの無機的世界をいう。海外ではこの図をエコトープマップとしている例もあるが，これは潜在性を重視しているからとされ，土地利用が進んでいる日本では実際の景観把握

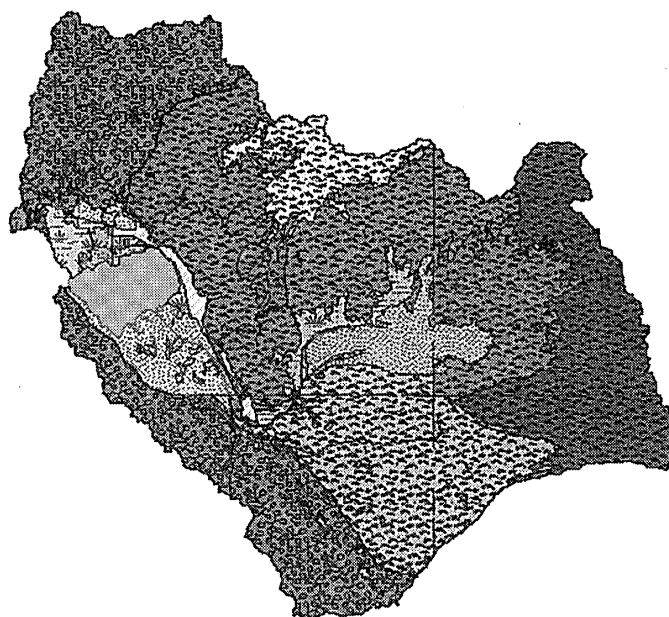


図－５ フィジオトープマップ

には使用し難い^{2,3)}。ここで、凡例は地形区分－地質区分の組合せ順番で表示している(図－5)。これより、例えば流域東部は八ヶ岳中信高原国定公園の地域に当たり、蓼科山や八ヶ岳といった火山があることから火山地形－火山性岩石が広く分布していることがわかる。

5. エコトープマップの作成

先のフィジオトープマップに、さらに植生図をオーバーレイしてエコトープマップを作成した。この場合、エコトープは無数に発生するが、最終的なエコトープマップをより簡略化するために、生物学的に意味を持たないエコトープや面積の小さなエコトープについては統廃合を行った。本研究では、まず重ね合わせをしたときの凡例の結びつきの強さを偏在度とし、この偏在度の小さいエコトープを統廃合の対象とした。次に、エコトープの面積計算を行い、得られた面積に対して判別分析を行い、閾値を設定した。閾値以下の面積のエコトープも統廃合を行い、エコトープマップを完成させた。ここで、凡例は地形区分図－地質区分図－植生区分図の順番で表示している(図－6)。凡例の読み方として、例えば諏訪湖南部の地域では段丘面－第四紀堆積物－農地のエコトープが見受けられるが、ここは起伏の少ない平野部にあり、過去の河川の営力によってできた段丘面で、未固結の第四紀堆積物からなっ

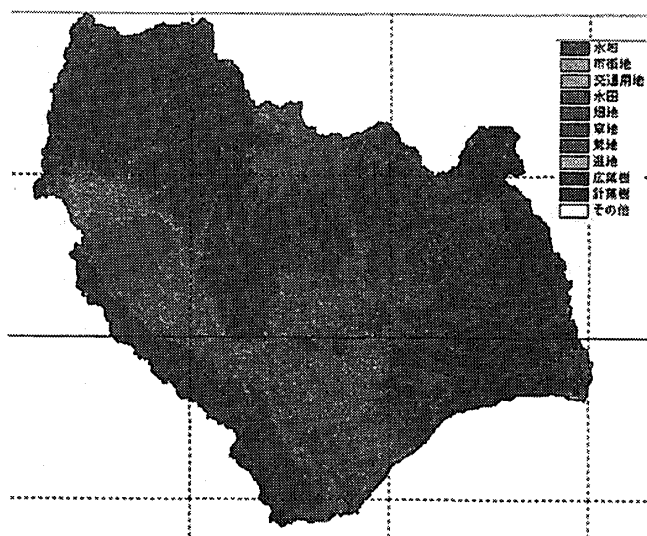


凡例

人工改変地－第四紀堆積物－その他	段丘面－第四紀堆積物－農地	火山地形－火山性岩石－その他
人工改変地－第四紀堆積物－農地	稲田－第四紀堆積物－その他	火山地形－火山性岩石－二次林
山地－その他－その他	稲田－第四紀堆積物－農地	火山地形－火山性岩石－二次草原
山地－礫質性岩－その他	段丘面Ⅰ－火山性岩石－その他	火山地形－火山性岩石－雑林地
山地－深成岩－その他	段丘面Ⅰ－火山性岩石－農地	火山地形－火山性岩石－自然林
山地－火山性岩石－その他	段丘面Ⅰ－第三紀層－二次林	火山地形－第三紀層－その他
山地－火山性岩石－二次林	段丘面Ⅰ－第四紀堆積物－その他	火山地形－第三紀層－農地
山地－火山性岩石－雑林地	段丘面Ⅰ－第四紀堆積物－農地	火山地形－第四紀堆積物－その他
山地－片岩類－その他	段丘面Ⅱ－第四紀堆積物－その他	火山地形－第四紀堆積物－二次林
山地－片岩類－二次林	段丘面Ⅱ－第四紀堆積物－農地	火山地形－第四紀堆積物－農地
山地－片岩類－農地	水田	谷底平野・氾濫原－第四紀堆積物－その他
	火山地形－深成岩－その他	谷底平野・氾濫原－第四紀堆積物－農地
	火山地形－深成岩－二次林	

図－6 エコトープマップ

おり、段丘上は農地、特に水田として利用されている。典型的な生態系としては水田雑草群落やため池のヨシなどの水生植物群落、水田にすむカエルなど



図－7 土地被覆図

表－1 使用した景観指標

指標	内容
%LAND	全体景観に占める割合(%)
NP	パッチの数
PD	パッチ密度(100ha当)
LSI	パッチ形状の複雑度
MPS	全体パッチの平均面積(ha)
AWMSI	パッチの面積によって加重値が付与されるパッチ面積の平均値
IJI	隣接なパッチ間のタイプと空間的分布パターン(散布度)(%)

%LAND:percent of landscape, NP:number of patch, PD:patch density, LSI:landscape shape index, MPS:mean patch size, AWMSI:area-weighted mean shape index, IJI:interspersion and juxtaposition index

の両生類やそれらを捕食する水辺の鳥類の重要な生活空間であると考えられる。

6. 景観構造の分析

諏訪湖流域の地形・地質の景観を構成するフィジोटープと、その上で展開される人の活動状態を示す土地利用データを用いて、土地利用における景観構造の空間的特性を分析した。分析の単位となる空間レベルはランドスケープ、クラス、パッチの3つ⁴⁾が考えられるが、ここでは、各フィジोटープをランドスケープ、土地利用タイプをクラスとする空間規模においての景観構造を検討した。具体的には、先に得られたフィジोटープマップに対して土地利用データをオーバーレイすることにより、諏訪湖流域の景観構造を分析した。この土地利用データについては、詳細な現状のデータを得るため、人工衛星データを用いて土地被覆分類を行い、その土地被覆図を土地利用データとして用いた(図-7)⁵⁾。人工衛星データは、地球観測衛星 Terra に搭載されているセンサー

表-2 景観指標の分析結果

市街地											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
%LAND	1.64	39.35	1.43	0.16	0.03	0.37	0.84	1.71	0.02	-	6.82
NP	64	555	74	20	4	41	441	274	3	-	389
PD	0.03	0.27	0.04	0.01	0.00	0.02	0.21	0.13	0.00	-	0.19
LSI	8.83	40.08	11.08	4.57	2.00	7.25	27.96	20.63	1.75	-	24.22
MPS	0.08	0.51	0.10	0.05	0.02	0.05	0.13	0.09	0.03	-	0.11
AWMSI	1.59	12.48	2.15	1.32	1.00	1.28	2.91	1.76	1.00	-	2.50
IJI	84.42	80.80	84.58	79.05	72.67	90.12	75.73	75.13	47.72	-	78.93
NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
%LAND	11.51	-	23.80	27.84	-	1.26	0.35	7.08	10.65	26.07	0.06
NP	1473	-	557	1031	-	159	1295	2726	1539	2489	3
PD	0.71	-	0.27	0.49	-	0.08	0.62	1.31	0.74	1.19	0.00
LSI	47.37	-	34.22	50.34	-	15.79	41.20	64.79	55.56	68.23	1.50
MPS	0.14	-	0.41	0.37	-	0.13	0.06	0.12	0.19	0.35	0.02
AWMSI	3.39	-	11.89	11.57	-	2.09	1.51	3.75	5.38	18.50	1.00
IJI	77.86	-	75.69	75.97	-	85.98	80.31	79.77	76.89	76.60	67.25
森林											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
%LAND	41.38	10.53	77.07	91.48	69.66	86.84	81.11	78.27	57.59	-	34.71
NP	165	342	50	34	44	17	428	108	108	-	333
PD	0.08	0.16	0.02	0.02	0.02	0.01	0.21	0.05	0.05	-	0.16
LSI	17.41	22.17	9.29	5.20	8.55	8.03	31.93	13.18	12.78	-	19.58
MPS	0.74	0.22	7.72	17.19	5.47	29.95	12.52	10.66	2.61	-	0.66
AWMSI	4.68	2.28	8.03	4.27	3.64	7.85	22.63	11.51	6.59	-	3.92
IJI	49.40	72.89	45.65	44.03	40.05	44.36	30.40	49.30	38.72	-	53.11
NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
%LAND	22.56	58.33	19.51	2.14	-	84.99	68.71	35.26	41.22	15.00	57.74
NP	815	2	447	271	-	90	3121	1494	851	1226	66
PD	0.39	0.00	0.21	0.13	-	0.04	1.50	0.72	0.41	0.59	0.03
LSI	31.88	1.33	24.79	18.54	-	12.04	71.90	40.96	27.42	36.30	10.34
MPS	0.48	0.08	0.42	0.11	-	15.32	4.87	1.13	1.36	0.41	1.04
AWMSI	5.05	1.17	4.57	1.75	-	8.12	34.51	12.23	10.91	3.22	3.86
IJI	63.43	59.17	61.24	68.77	-	39.00	44.67	61.61	64.91	63.53	43.12
水田											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
%LAND	1.19	11.12	2.78	0.79	0.08	0.33	0.79	3.00	0.52	-	8.59
NP	76	1072	79	36	9	50	628	305	54	-	496
PD	0.04	0.51	0.04	0.02	0.00	0.02	0.30	0.15	0.03	-	0.24
LSI	9.73	40.03	11.10	8.17	3.00	7.26	29.27	21.27	7.68	-	26.63
MPS	0.05	0.07	0.18	0.14	0.03	0.04	0.08	0.14	0.05	-	0.11
AWMSI	1.28	1.77	2.35	2.19	1.11	1.10	1.81	2.03	1.19	-	1.67
IJI	83.22	68.32	78.06	71.65	49.54	93.11	76.84	75.60	49.27	-	76.18
NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
%LAND	16.79	-	15.42	30.62	-	0.77	0.85	13.04	11.67	15.06	2.30
NP	1673	-	1062	1281	-	231	2975	3637	2282	3704	39
PD	0.80	-	0.51	0.61	-	0.11	1.43	1.75	1.10	1.78	0.02
LSI	52.76	-	40.61	47.22	-	16.33	61.45	77.05	61.26	74.72	7.30
MPS	0.17	-	0.14	0.33	-	0.05	0.06	0.17	0.14	0.14	0.07
AWMSI	2.80	-	4.20	7.39	-	1.28	1.50	2.68	2.67	2.93	1.59
IJI	77.88	-	76.82	69.18	-	81.85	71.45	78.35	73.56	74.98	63.83
草地											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
%LAND	34.49	12.77	9.75	3.92	11.17	8.17	12.09	8.16	20.21	-	21.91
NP	184	1033	327	249	199	282	4131	864	237	-	665
PD	0.09	0.50	0.16	0.12	0.10	0.14	1.98	0.41	0.11	-	0.32
LSI	24.73	38.73	24.10	19.61	18.59	23.76	84.13	40.01	22.06	-	39.81
MPS	0.55	0.09	0.15	0.10	0.19	0.17	0.19	0.14	0.42	-	0.21
AWMSI	9.51	1.84	2.74	2.20	2.50	2.49	5.09	2.44	7.27	-	3.38
IJI	57.09	80.26	54.71	45.64	43.21	46.79	36.68	56.71	42.20	-	72.63
NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
%LAND	17.62	33.33	17.15	12.05	-	7.55	11.07	15.22	12.17	14.17	28.03
NP	1965	1	1086	1682	-	887	11034	4684	2705	3944	43
PD	0.94	0.00	0.52	0.81	-	0.43	5.30	2.25	1.30	1.89	0.02
LSI	59.33	1.25	43.72	49.93	-	40.51	147.10	96.75	67.36	81.66	14.72
MPS	0.16	0.09	0.15	0.10	-	0.14	0.22	0.16	0.13	0.12	0.78
AWMSI	3.20	1.25	2.78	1.88	-	2.38	4.43	2.60	2.38	2.17	7.24
IJI	78.21	59.17	77.08	73.68	-	52.00	48.21	76.78	76.83	80.35	51.07
畑地											
NO.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
%LAND	1.16	4.17	0.40	0.11	0.14	0.35	0.25	0.32	0.10	-	2.97
NP	97	535	47	7	12	36	360	101	7	-	342
PD	0.05	0.26	0.02	0.00	0.01	0.02	0.17	0.05	0.00	-	0.16
LSI	10.16	25.68	7.79	2.91	3.20	6.80	20.93	11.03	2.90	-	20.62
MPS	0.04	0.06	0.04	0.10	0.04	0.06	0.05	0.05	0.07	-	0.05
AWMSI	1.06	1.37	1.29	1.80	1.05	1.43	1.28	1.25	1.19	-	1.46
IJI	63.84	80.14	89.53	71.67	57.75	74.82	76.87	82.13	66.71	-	77.63
NO.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
%LAND	6.82	-	4.51	3.06	-	0.53	0.42	7.72	2.60	3.89	0.08
NP	1251	-	621	679	-	189	1509	2526	1088	1993	4
PD	0.60	-	0.30	0.33	-	0.09	0.72	1.21	0.52	0.96	0.00
LSI	40.91	-	28.57	28.68	-	15.44	42.90	60.77	36.04	49.90	2.00
MPS	0.10	-	0.07	0.06	-	0.05	0.06	0.15	0.07	0.07	0.02
AWMSI	2.37	-	1.92	1.42	-	1.21	1.48	3.73	1.51	1.56	1.00
IJI	80.19	-	77.59	71.93	-	78.51	75.60	80.72	81.17	78.12	59.75

ASTER のデータ (2001 年 5 月 31 日撮影) を用いた。このデータの解像度は約 15m であり、土地被覆分類の方法としては教師付分類である最尤法を採用した。また、本研究では、ランドスケープとクラスレベルの分析に FRAGSTATS® を使用し、表-1 に示す景観指標を用いて景観構造を分析した。その結果を表-2 に示す。ここでは、市街地と緑被地 (針葉樹、広葉樹、水田、草地、畑地) を分析の対象とし、景観生態学的評価^{7,8)}を行っている。表頭の番号は図-5 のフィジオトープマップの凡例番号に対応している。

山地区分 (凡例番号 3 ~ 9) の多くは、森林の MPS が高い値を示し、IJI は比較的小さい値を示している。この地域の森林は大きなパッチをなして構成されている様子がわかる。

人工改変地-第四紀堆積物の地域 (凡例番号 2) では他に比べて市街地の割合が高く、IJI が全体的に高い値となっている。このことから、人の生活に合わせて土地が人為的に改変されていることが確認できる。

火山-第三紀層や火山-第四紀堆積物 (凡例番号 19, 20) では、森林の面積が大きい、他のパッチの数も比較的多い。形状も複雑な形を示すパッチが多いことから、この地域の森林部分は人為的な影響を多く受けて構成されていると考えられる。

また、多くの区分で草地の NP が大きな値を示している。草地の面積がそれほど大きくないことを踏まえると、森林整備を行った地域では、小規模な草地化が広範囲で進み、現在のような虫食い状態の景観になったのではないかと推測される。

7. まとめ

最終的に得られた 38 種類のエコトープを植生学の観点から見ると、ありえない地形と植物群落の組合せは生じておらず、必然性の高い組合せとなった。エコトープ抽出の処理が合理的に行えたと考えられる。このようなエコトープマップを用いることにより、将来の環境アセスメントの早い段階で、地域の自然環境の大まかな把握や注目種の絞り込みなどが可能になる。さらに、今以上の豊富なデジタルデータの開発・整備が進むにつれて、従来の紙ベースの地図では不可能であった機能をエコトープマップにもたせることができ、都市・地域のエコシステムを理解し、現在全国的に展開されている都市再生、自然再生に関する様々な事業をより高度に支援するこ

とができるものと考えられる。また、景観構造の分析においては、今後の課題として、過去の衛星データを活用していくことで、景観構造の時間的・空間的な変化を抽出、分析していくことが考えられる。このように、景観構造を定量化する方法論は、人間の開発行為による自然破壊を最小化、あるいは事前予防するための手段として充分活用することができると判断される。

謝辞

本研究を行うにあたり、貴重な図面などを提供して頂いた長野県農政部農村整備課の方々、データの整理に協力して頂いた本学部元学生の長谷川寛明君に謹んで感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 敵網林・鳴原美可子・松崎彩: GIS による都市システムの空間構造のマッピング, 地理情報システム学会講演論文集 12, 283-286 (2003)
- 2) 環境省総合環境政策局環境影響評価課: 環境アセスメントベスマップ整備マニュアル (2003)
- 3) 中越信和・鎌田磨人・前河正昭・石井正人・池上佳志・野村和正: 景観の構成, 分布, 及び動態, 景観システムの基礎的解析法の開発と標準化 (文部省科学研究費助成金基盤研究 A 研究成果報告書), 26-29 (1997)
- 4) Turner, M.G., R.H. Gardner, and R. V. O'Neill: Landscape Ecology In Theory and Practice, Springer-Verlag (2001)
- 5) 藤居良夫・金谷篤志: GIS 利用による諏訪湖流域における非特定汚染源負荷のモデリング, 信州大学環境科学年報 26, 49-54 (2004)
- 6) McGarigal, K., Marks, B.J.: FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure: User manual, version 2.0 (1995)
- 7) Xin Li, Ling LI, Guodong Cheng, Honglang Xial: Quantifying landscape structure of the Heihe River Basin, north-west China using FRAGSTATS, Journal of Arid Environments 48, 521-535 (2001)
- 8) 朴慶勳・相崎守弘・鄭聖寛・松重一夫: 衛星データと景観指標を活用した韓国の琴湖江流域における景観構造の分析, GIS-理論と応用 12(2), 99-106 (2004)