

## 白樺湖周辺の開発への適性からみた自然環境容量の数量的評価

川上 浩\*・斎藤 豊\*\*・和田 清\*\*

Quantitative Evaluation of Natural Environmental Capacity around Lake Shirakaba from the Viewpoint of an Aptitude for Development

Hiroshi KAWAKAMI\*, Yutaka SAITO\*\* and Kiyoshi WADA\*\*

### 1. ま え が き

近年、長野県のごとき自然環境に恵まれた地域においても、スキー場・別荘・ゴルフ場など、いわゆる大規模開発事業が進められ、ややもすると貴重な自然環境が破壊され、生活環境の悪化を招きがちである。そのため県においても自然保護条例やゴルフ場開発指導要綱を制定して、環境の保護につとめている。しかし、これらの開発基準はいづれも開発施設ごとの基準であり、相乗的影響をおよぼすことまでは規制しえない実状である。自然地域の開発には自ら限度があり、かかる自然環境容量の評価手法の確立は、自然環境保持のために必須のものとなってきている。

自然環境の豊かな地域は、水資源の涵養、土地の崩壊による災害の防止、木材・薪炭その他の資源の生産、多様な野性生物社会の存続、すぐれた景観の成立、大気浄化や気候の緩和など、人間の生活にさまざまな快適さをもたらす地域である。自然地域の開発は、このような自然環境がもつ公益的機能を保持しうる範囲にとどめるべきであるとの観点から、自然環境容量の概念が、桜井(1977)<sup>1)</sup>により提案されている。これと類似の考え方としては、自然公園における収容力として、地域容量<sup>2)</sup>の語を用いても検討されている。

この自然環境容量を数量的に評価する手法の開発をめざして、数年来研究グループによる検討が進められている<sup>3)4)</sup>。自然環境容量評価の方法としては、河川・湖沼の水質保全、景観の保全、地形・地質・植生の条件からみた開発への適性の3つの観点から、自然環境容量の評価を行い、そのオーバーレイによる環境容量の評価を行っている。水質の保全では、河川・湖沼の水質をあるレベルに保持しよう流入人口に限度を示している。景観については、アンケート調査から観光客の景観に対する評価を分析し、景観要因と環境容量の評価を行って

る。また、開発への適性は、研究者個々の開発に対する判断を集計して数量化し、開発適地としての容量を示している<sup>4)</sup>。本文では、著者が担当した開発への適性からみた自然環境容量の評価について述べる。なお、斎藤が地質要因の評価を、和田が植生要因の評価を、川上が数量化計算とまとめを、それぞれ分担した。

今回調査対象地とした白樺湖は、標高1416m、面積449haの人造湖であり、東に蓼科山、西に霧ヶ峰と、景観と周辺観光地に恵まれ、最近では年間300万人の観光客を集めている。しかし、湖は生活排水の流入により汚濁が進み、観光資源としての湖の価値が問われる事態となっている。すでに昭和45年頃から、冬のわずかな期間をのぞき、環境基準を超え、特に、昭和55年の夏には、藻類の大発生による水面の緑化がみられている。このような状況から、昭和51年より公共下水道の建設が進められ、昭和57年8月までに下水道の90%が供用されるにいたり、湖水の水質改善が期待されている所である。

### 2. 開発への適性からみた環境容量

我々が、ある別荘開発予定地の一角に立ち、その地域の開発について、開発をしてもよいかどうかの意見を求められた時、ある場所では河川水を汚濁する恐れから不可といい、またある場所では、地質的条件から考え、開発工事の難かしさから不可といい、またあるいは開発後の植生回復の難かしさから不可と判断したりするであろう。このような判断は、それぞれが持っている専門的知識に基づいて、瞬間的にいろいろな角度から頭の中のコンピューターを稼働させて、開発の可否を判断しているといえよう。そして、かかる判断は、判断する人の知識・環境に対する考え方でも変わってくるものである。しかし、ある地域の中に、開発規制区域を設けようとする場合には、このような個人の判断を多数収集して、これを総合化した形で地域設定を行なえばよいといえる。

本研究では、このような個人の判断を数量的に総合化して、判断が持つ意味を数量的に表現できるようにしている。具体的には、調査対象地域を網目状に分割し、ラ

\* 信州大学工学部 Fac. Eng., Shinshu Univ.

\*\* 信州大学教育学部 Fac. Educ., Shinshu Univ.

ランダムに抽出した多数の網目につき、研究グループ全員の開発の適否についての判断を求めることとした。専門分野を異にする研究者の判断を集計し、この結果を判別の基準として用いる。

一方、網目地域の自然条件を表現する要因として、地形・地質・植生にかかわる要因を選定、評価しておき、さきの判断の集計結果を外的基準とし、数量化理論Ⅰ類を適用して、各要因が判断に対してのようにかかわっているかを数量的に表現させる。このようにして得られた地形・地質等の要因の評価値を用いて、対象全地域の数量評価を行ない、開発への適性からみた開発可能地域を示すことができる。

### 3. 数量化理論による解析

地質・植生に地形条件を加味して開発への適性からみた環境容量を数量的に把握するために数量化理論Ⅰ類による解析を進めた。数量化理論は、ある現象が定性的要因あるいは定量的要因によって支配されていると考えられる場合に、これら要因に数値を与え、現象の説明を容易ならしめるものである。

#### 3.1 要因の評価

白樺湖周辺の解析を進めるに当たり、まず図-1に示すごとく、1/25000 図上で、白樺湖を含む音無川流域を一边125 mの方眼に区分し、各方眼ごとに、地形・地質・植生の条件からみた開発への適性を判断するものとした。解析は、次の2つのケースについて行なっている。

ケース1；要因として谷密度・傾斜・標高・植生・地質の5つを用いた場合。

ケース2；要因として前記5つの他に、道路率・建蔽率を加えて7つを用いた場合。

すなわち、要因は自然条件を表す5つの要因を基本的なものとしてとりあげ、ケース2においては、既に開発が進んでいる状況を示す要因を付加した。

使用した要因は、それぞれ次のように評価・区分している。

〈谷密度〉 25,000分の1の地図上で谷をトレースし、125 m方眼の辺長を切る谷数を数える。表-1のごとく谷数によりカテゴリーを決める。

〈傾斜〉 125 m方眼に内接する円を書き、円内の等高線の数を数える。この時、次式により傾斜角 $\theta$ をうる。

$$\tan \theta = \text{等高線本数} \times 10 \text{ m} \div 125 \text{ m}$$

〈標高〉 各方眼の中心点の標高を求めて、表-1のごとく区分する。

〈植生〉〈地質〉 それぞれ、図-2、図-3に示す植生図、地質図をもとに、表-1に示した区分を用いる。

〈道路率〉〈建蔽率〉 各方眼中にそれぞれが占める面積率を区分して用いている。表-3参照。

#### 3.2 外的基準の決定

解析を進めるに当たって重要な問題は、各サンプルの外的基準をいかに決定するかである。今回は、研究に参画している専門を異にする研究者6人の判断を単純に集計して、外的基準として採用した。まず、図-1のメッシュの中からランダムに92ケの方眼を抽出する。これらは、図中の○印で示されている。各方眼について、現地調査と航空写真から各研究者が開発への適性を判断し、開発適地の場合には1点、条件付き開発3点、開発不適の場合5点の点数を与え、6人の研究者の点数の算術和をその方眼の外的基準とした。すなわち、6人全員が開発適地といえ、方眼の得点は6点となり、全員が開発不適といえ、方眼の得点は30点となる。92ケの方眼について、研究者が判断した結果の得点分布は、図-4のごとくなる。得点の高い部分に片寄った分布となっているが、研究者の開発不適とする判断にばらつきが少なかったためである。

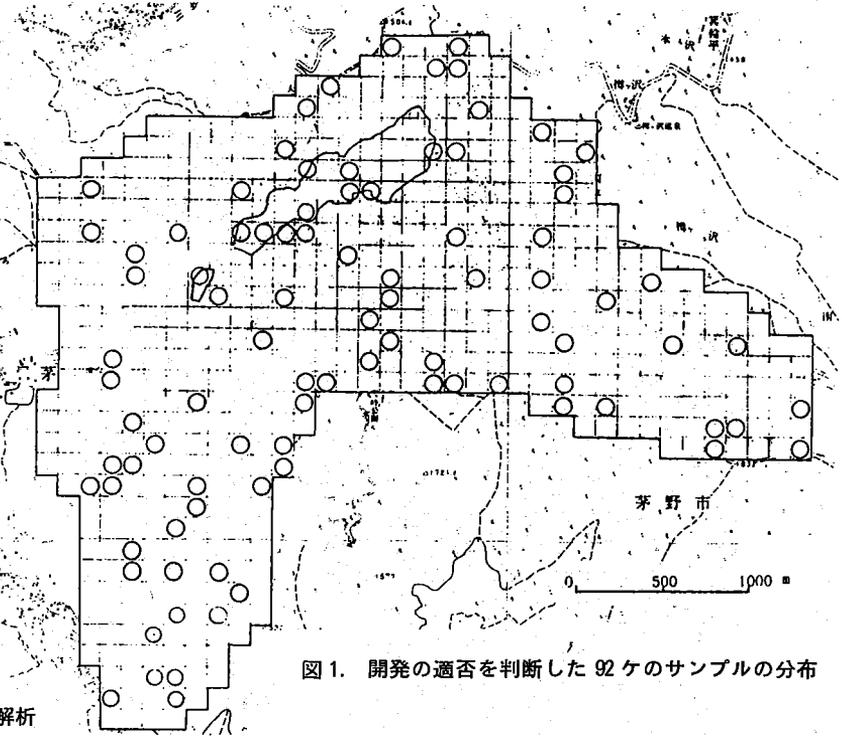


図1. 開発の適否を判断した92ケのサンプルの分布

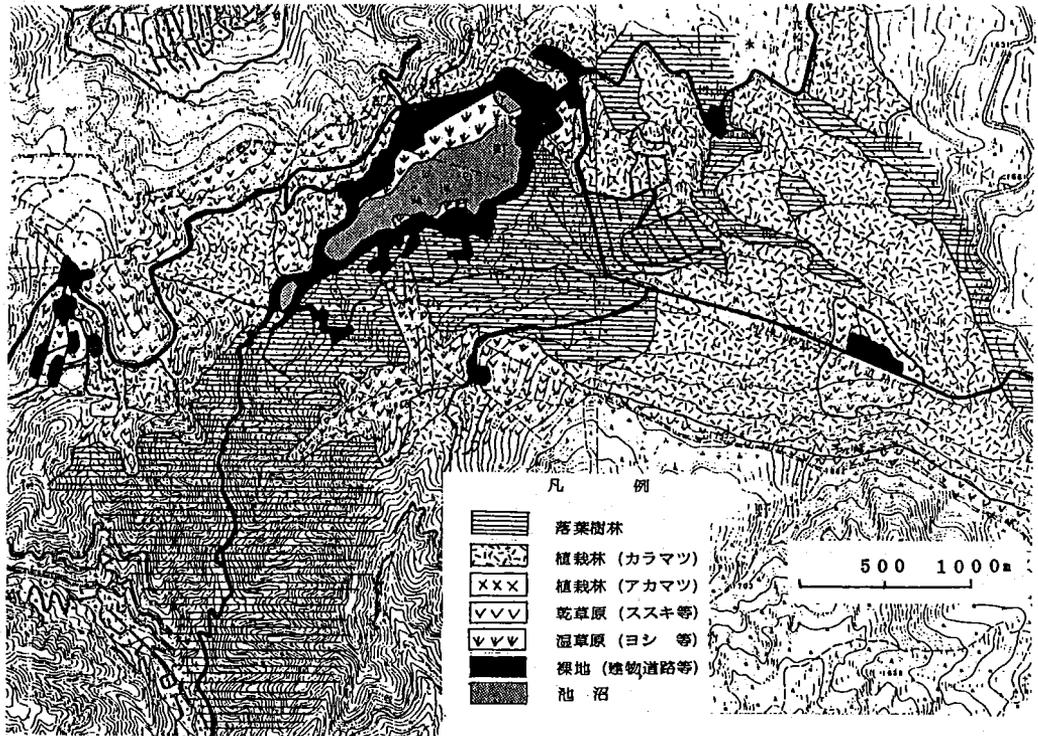


図 2. 白樺湖周辺の植生図

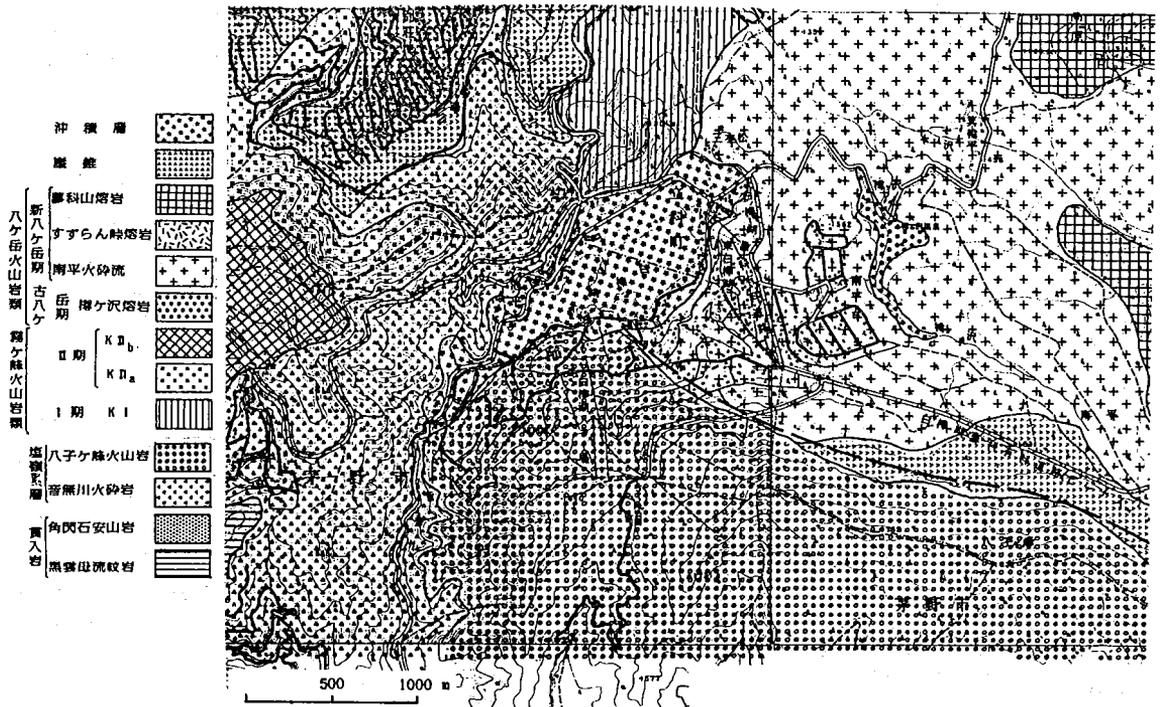


図 3. 白樺湖周辺の地質図

### 3.3 解析の結果

#### (1) ケース1の場合

外的基準が数値で与えられる場合には、数量化理論I類を適用できる。自然的条件を表す5つの要因を用いて解析した結果を表-1、表-2に示している。

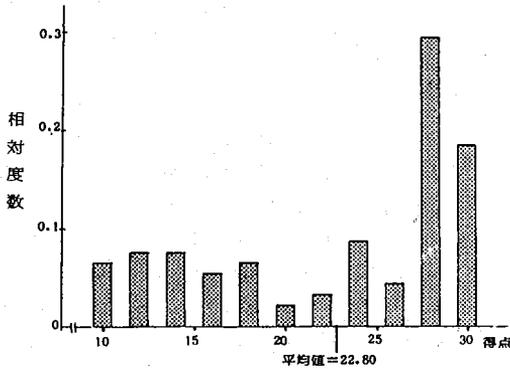


図4. 92ケのサンプルの判断得点の分布

表1. ケー1 (要因5ケ) の評価値

要因	カテゴリー	評価値	レンジ	偏相関
谷密度	0	1.98	3.33	0.329
	1, 2	-1.35		
	3, 4	-0.34		
	5	1.71		
	5	1.71		
傾斜	0~8	-5.09	11.47	0.654
	8~15	-1.80		
	15~20	-1.92		
	20~25	3.18		
	25~30	5.48		
標高	~1300	-5.20	11.16	0.561
	1300~1400	-2.16		
	1400~1500	-2.36		
	1500~1600	2.58		
	1600~1700	5.96		
植生	みずなら	-0.89	9.66	0.428
	すずき・ささ	0.11		
	水面	6.30		
	から松	0.54		
地質	裸地	-3.36	9.62	0.531
	沖積層	3.13		
	崖錐	-6.49		
	南平火砕流	-5.81		
	霧ヶ峰火砕流	3.08		
	八子ヶ峰火山岩	-0.08		
	音無川火砕流	1.99		

重相関係数 = 0.812

表2. ケース1の要因相互の相関

	谷密度	傾斜	標高	植生	地質
谷密度	1.000	-0.175	-0.077	0.144	0.151
傾斜		1.000	-0.082	-0.354	0.242
標高			1.000	0.022	-0.455
植生				1.000	0.093
地質					1.000

解析の結果、表-1の評価値が算定される。この数値が大きいカテゴリー程、開発不適という判断への寄与が高く、数値が小さいカテゴリー程、開発適という判断への寄与が高いことを示している。また、レンジは各要因内でのカテゴリーの評価値の最大値と最小値の幅を示す。偏相関係数は、各要因の開発適・不適の判別への寄与程度を示す。レンジおよび偏相関係数が大きい要因程、開発適地・不適地という評価に大切な要因である。

このように表-1の評価値をみると、谷密度5以上、傾斜では20°以上、標高では1500m以上、植生では水面、

表3. ケース2 (要因7ケ) の評価値

要因	カテゴリー	評価値	レンジ	偏相関
谷密度	0	1.67	4.31	0.397
	1, 2	-1.44		
	3, 4	-0.09		
	5	2.87		
	5	2.87		
傾斜	0~8	-7.07	11.84	0.679
	8~15	-0.05		
	15~20	-1.40		
	20~25	3.89		
	25~30	4.46		
	30	4.77		
標高	1300m	-1.28	6.36	0.508
	1300~1400	-1.01		
	1400~1500	-2.20		
	1500~1600	2.72		
	1600~1700	4.16		
	1700~	1.23		
植生	みずなら	-1.53	9.64	0.564
	すずき・ささ	0.51		
	水面	9.64		
	から松	0.07		
地質	裸地	-2.78	10.57	0.492
	沖積層	2.87		
	崖錐	-6.72		
	南平火砕流	-4.12		
	霧ヶ峰火砕流	3.84		
道路率	0~2	1.86	5.84	0.569
	3~5	-2.59		
	6~10	-3.61		
	11~	2.23		
	11~	2.23		
建蔽率	0~1	-0.02	10.36	0.375
	2~4	-1.16		
	5~9	4.65		
	10~20	-1.63		
	21~	-5.71		

重相関係数 = 0.875

表4. ケース2の要因相互の相関

	谷密度	傾斜	標高	植生	地質	道路率	建蔽率
谷密度	1.000	-0.096	-0.171	0.160	0.168	-0.091	0.083
傾斜		1.000	0.047	-0.521	0.100	0.255	-0.234
標高			1.000	-0.084	-0.509	0.074	-0.055
植生				1.000	0.237	-0.080	-0.016
地質					1.000	0.068	0.014
道路率						1.000	0.040
建蔽率							1.000

地質では沖積層・霧ヶ峰火砕流・音無川火砕流・八子ヶ峰火砕流の所で、開発不適との判断への寄与が高い。一方、傾斜 $8^{\circ}$ 以下、標高1500m以下、植生では裸地、地質では崖錐・南平火砕流が開発適地への寄与が高く、観念的に理解していることを数量的に示す結果となっている。要因の中で、開発適否判別への寄与の高いものは、傾斜・標高・地質の順となっている。

表-2には、要因相互間の相関係数を示している。地質と標高の間に多少の相関は認められるが、特に相関の高いものは見当らず、各要因は独立なものと認められる。

#### (2) ケース2の場合

外的基準の設定にあたって、研究者が網目の開発適否を判断する際には、何らの条件もなしにそれぞれの主観で判断するものとした。したがって、その判断の中には、開発の現状が加味されていると考えられる。すでに開発が進み、ビルが立ち並んでいる網目では、開発適地との判断を下すであろう。かかる開発の現状を加味して解析するため、ケース2においては、道路率・建蔽率の2つの要因をつけ加えている。

この解析の結果を表-3、表-4に示している。この場合、自然的要因のカテゴリーの判別への寄与の傾向には、ケース1の場合と大きな違いはない。しかし、道路率の偏相関係数は傾斜につぐものであり、また建蔽率は値が大きくなるほど開発適地との判断に寄与している。このことは、外的基準に用いた研究者の判断自体が開発の現状に影響されているといえる。すなわち、開発が全く行なわれていない状態で判断をすればもっと違った判断がえられたものと思われる。

#### 4. 開発適・不適の判別

以上2つのケースについて、それぞれ得られた評価値を用いて、白樺湖周辺全域について、開発への適性を判別する。

いま評価対象地域のすべての網目について、あらかじめ要因を評価しておけば、各網目では必ず要因内のいずれかのカテゴリーに反応する。この反応するカテゴリーの評価値の和と平均値によって、各網目ごとの評価得点を算定する。例えば、ある網目の谷密度が0、傾斜は $10^{\circ}$ 、標高は1750m、植生はささ、地質は八子ヶ峰火山岩の場合には、表-1の結果を用いると、評価値は、各カテゴリーの評価値の和に平均値を加えて

$$(1.98 - 1.80 + 3.28 + 0.11 - 0.08) + 22.80 = 26.29$$

を得る。この評価得点が大きい程開発不適地であり、小さい程開発適地であると判別される。

いま2つのケースについて、白樺湖周辺全域について、各網目ごとに評価得点を計算した時、587ヶの全網目の評価得点の分布は、図-5、図-6のごとくである。これを

平均値と、平均値に標準偏差を加えた値および引いた値の3つの数値を境にして、各網目を4段階に区分した。このうちの、開発に適する上位1段階に属する網目を、図-7、図-8に○印で示している。両者はほぼ同様な結果を示しているが、ケース2の方が解析の重相関係数が高く適合性は高いと考える。これを現在の土地利用状況とあわせ考えると、開発は飽和状態に達しているとみることができる。

#### 5. 景観評価による結果との比較

本報告書中の松本による報文の図-6には、白樺湖周辺の景観の総合評価結果が示されている。そこで開発適否の判別結果と景観の評価結果を対照して示すと、図-9および図-10の通りである。図-9は、図-8を4段階に横様分けして示したものである。また、図-10は松本の図-6の評価区分と多少異なる4段階区分を行って示したものである。両図の分布傾向は非常に類似している。

図-11には、各網目の開発への適性評価値と景観評価値との関係を示している。両者の間にはかなりのばらつきはあるものの、ある程度の相関は認められる。

このように、一方は観光客の景観評価、また一方は研究者の開発への適性の判断という、全く異なった観点からの評価結果が、類似の傾向を示すということは、両者で共通した観かたがとられていることを示している。すなわち、研究者の判断では景観的に優れている所を開発

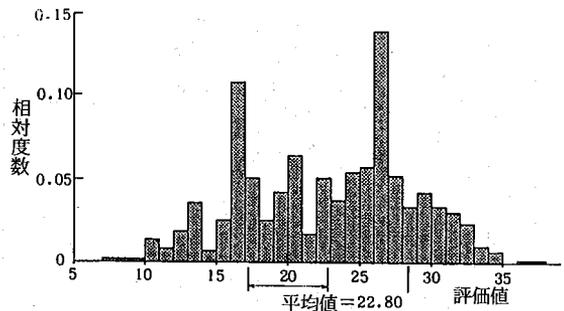


図5. ケース1 (要因5ヶ) の評価得点の分布

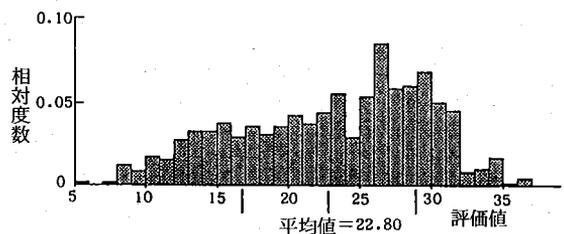


図6. ケース2 (要因7ヶ) の評価得点の分布

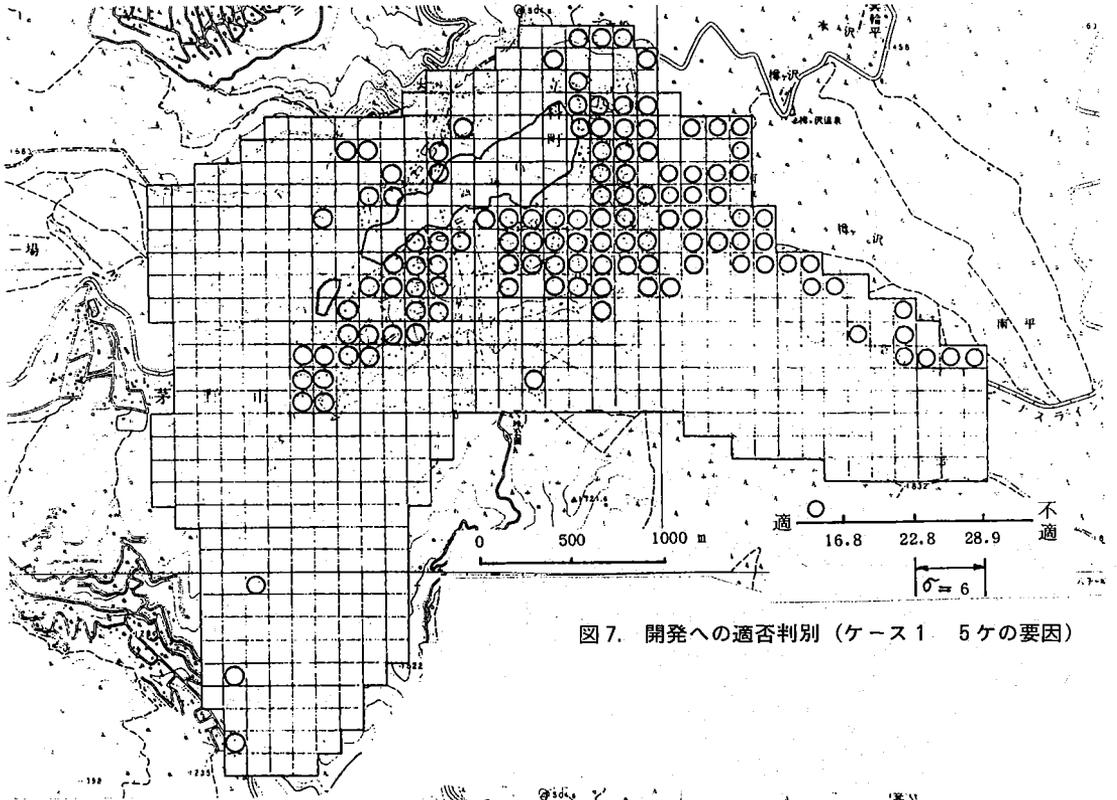


図7. 開発への適否判別 (ケース1 5ヶの要因)

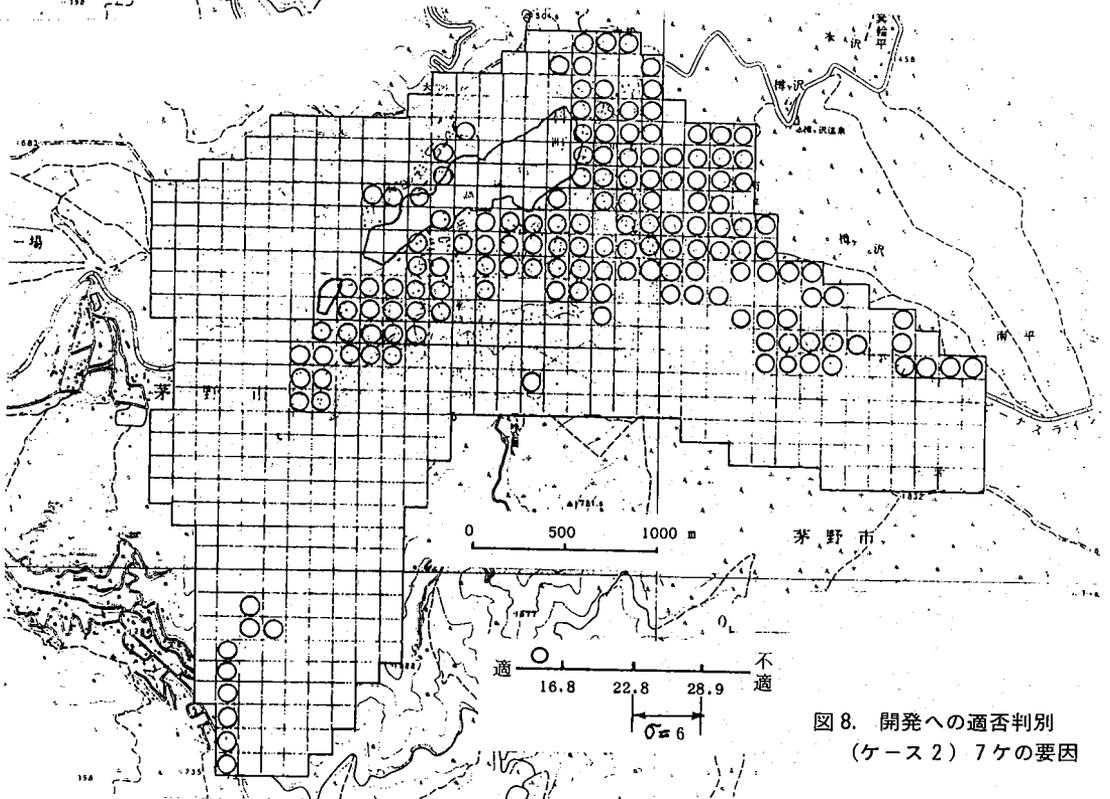


図8. 開発への適否判別 (ケース2) 7ヶの要因

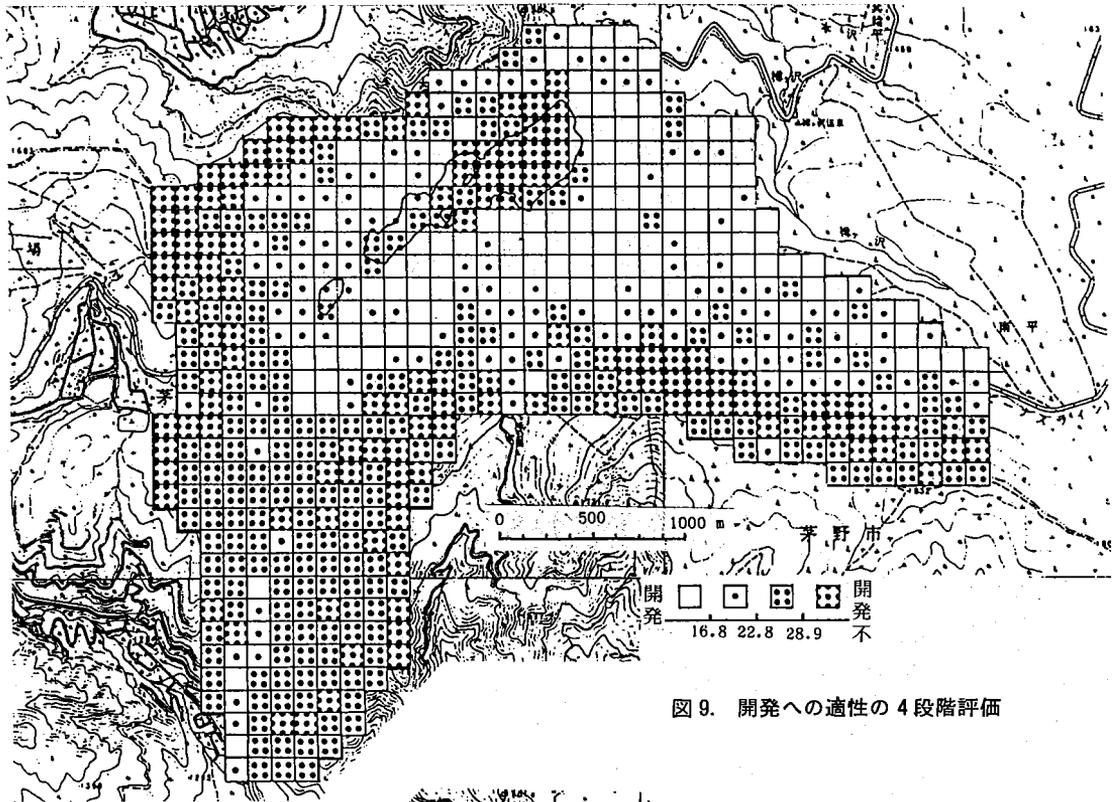


図9. 開発への適性の4段階評価

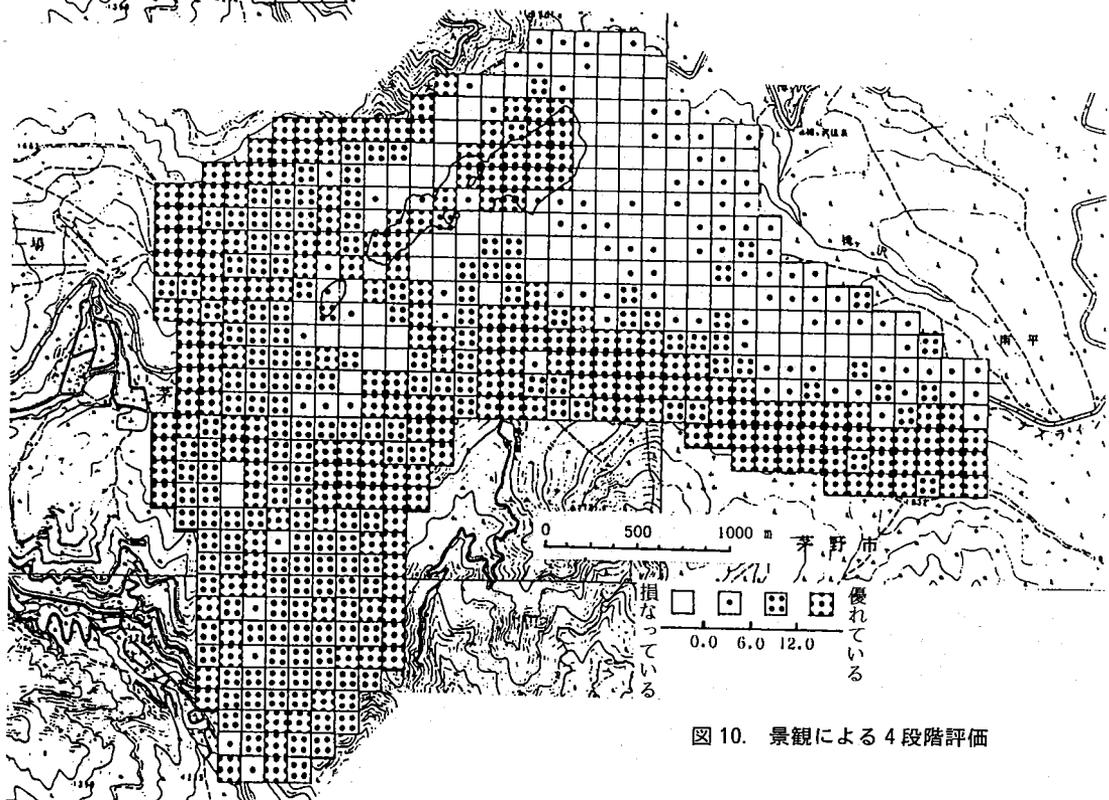


図10. 景観による4段階評価

不適地と判断しているであろうし、観光客は開発適地の平担地が開発された結果をみて、景観を損なっていると判断している面がある。したがって、今後これらの評価手法の総合化を図ることも可能であろう。

## 6. 湖周辺の自然環境容量の総合評価

白樺湖周辺の自然環境容量を評価する方法として、研究グループでは、湖水の水質保全、景観の保全、開発への適性の3つの面から評価を行っている<sup>4)</sup>。

渡辺は、湖水の環境基準A類型を基準として、水質保全の観点から環境容量を算定した。それによれば、湖の許容負荷量は窒素で14.2 kg/day、りんで0.8 kg/dayとなる。これより観光人口当量を求めると、窒素で1日2400人、りんで1日1400人となる。これに対し、昭和54年の年平均観光客数は1日8440人で、人口当量の4~6倍となり、環境容量を大きく超えている。観光客の集中する夏季には8~13倍ものぼり、これまでの夏季の湖水の汚濁を裏づけている。昭和57年8月現在、下水道整備率は90%に達したが、これにより夏季には環境容量には近い状態に改善されている。

景観評価を行った松本は、白樺湖周辺には優れた景観の所が多い反面、景観が損なわれている所が、湖の周辺に多いことを指摘している。このことは、湖周辺の今後の開発は、益々湖の景観を害することを意味している。

一方、桜井は八子ヶ峰北西斜面に展開する別荘地帯の景観保持のためには、景観を示す一枚の絵を縦横のバン

ドに分割したとき、そのバンド内における人工物の占有面積率を20%に抑えるべきであるとし、現状の別荘間隔50mが限界状態であることを示している。

前節までに示した開発への適性の面からは、現状の土地利用と比較すると、開発適地とみられる所は、すでに開発が進められていると指摘できる。

このように、白樺湖周辺については、水質の面では、下水道の完備により、夏季の観光客急増期以外には容量に余裕があるものの、その他の面からは、開発の現状は環境容量の限度に達しているとみられる。

## 7. 結 び

開発への適性からみた自然環境容量の評価手法は、水質の面からのアプローチのごとく、明確な容量として表現することは難しく、その適性を数値で表現したに過ぎない。したがって、その数量尺度のどこに線を引いて、開発適地と不適地に分けて容量として示すかについては議論を残すことになる。しかし、その適性を数量的に表現できることで、地域特性の把握は容易になったものと考えられる。

環境アセスメントの手法としては、アドホック法、チェックリスト法、ネットワーク法、マトリックス法などが用いられているが、本手法は専門家の判断を数量化したものであり、いわばアドホック法のコンピューター処理といえるかもしれない。環境アセスメントの1手法として進展させようものと考えられる。

## 8. 謝 辞

何回かの現地調査・会合を重ねるなかで、討論と助言をいただいた桜井善雄氏(繊維学部)、渡辺義人氏(繊維学部)、松本直司氏(工学部)、小林 詢氏(教育学部)の研究グループの各位に心から謝意を表します。

また、本研究を助成していただいた日本生命財団に感謝するとともに、現地調査に御協力いただいた茅野市役所観光課、白樺湖旅館業組合の各位に心から謝意を表します。なお、計算には、信州大学情報処理センターより東京大学大型計算機を利用した。記して謝意を表する。

## 参 考 文 献

- 1) 桜井善雄：自然地域の環境容量，環境情報科学，6-4，1977
- 2) 江山正美：自然公園における収容力に関する研究，国立公園，No.295 及 296，1974
- 3) 自然環境容量調査研究会：白樺高原の開発許容量，1981
- 4) 信州大学自然環境容量研究会：自然環境容量の数量的評価方法に関する研究，1983

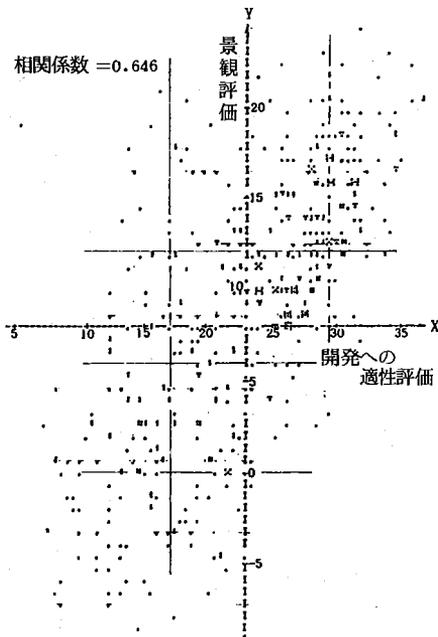


図 11. 開発への適性評価と景観評価の相関