

青森営林局 水沢営林署 治山課
 巖美治山事業所主任 農林水産技官 浜浦 武昭

概要

これからの治山事業を行うにあたって景観との調和、環境との調和は不可欠なものである。しかし、現在これらの要素を考えるには、人間の意思による評価が大部分を占めているように思える。これは、評価する対象がはっきりしたのではなく、数字には表せないことが大きな原因だと思える。しかし、その人間による評価も、根拠があるわけではない。これらのフィーリングや勘など質的な情報を数字で表すことができれば、これからの治山ダムを施工する際に、根拠のある決定ができるものと思ひ、今回、AHP (Analytic Hierarchy Process=階層分析法) を利用して、治山構造物を定量的に評価することを試みた。

AHP の概要

1. AHP とは

AHP は 1980 年頃、T.L.Saaty によって提唱された意思決定法の一方法である。特徴としては、決定に関連した要素を階層構造によって把握し、そのときどんな対立する要素も取り入れることが出来る。また尺度の違う要素も比較することが出来る。更に計量不可能なフィーリングや好みといったものまで取り扱える。

2. AHP の理論

続いて AHP の数学的な理論と計算法について述べる。AHP は評価項目の重要度の「比」を主に問題にしている。このような方式を一般に比率尺度による評価と呼ぶ。

a) 一対比較行列の性質

いま n 個の評価項目 I_1, \dots, I_n があり、その本来のウエイトが w_1, \dots, w_n であるとする。そのとき、項目 I_i と I_j の重要度の一対比較値 a_{ij} は、

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \dots \dots (2-1)$$

という関係を満たす。従って、一対比較行列 $A [a_{ij}]$ は次のような形となる。

$$A = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix} \quad (2-2)$$

もちろん、この A は理想的な評価が行われた場合に実現されるだけで、通常はこのようにはならない。しかし、理想的な場合を想定して理論を作ろうとしているのである。この A の右側から、ウエイトのベクトルを乗じてみると、その結果は次の通りである。

$$\begin{bmatrix} w1/w1 & w1/w2 & \cdots & w1/wn \\ w2/w1 & w2/w2 & \cdots & w2/wn \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ wn/w1 & wn/w2 & \cdots & wn/wn \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w1 \\ w2 \\ \vdots \\ wn \end{bmatrix} = n \begin{bmatrix} w1 \\ w2 \\ \vdots \\ wn \end{bmatrix} \quad (2-3)$$

この関係式よりウエイト・ベクトルはAの固有ベクトルであり、nは固有値であることがわかる。そして、nは行列Aの最大固有値である。現実の一対比較行列Aが(2-2)の形をしていることは期待できないが、ほぼそれに近い形をしていると見ると、Aの最大固有値と固有ベクトルを求めると、その固有ベクトルが各評価項目のウエイトとなるわけである。

b) 最大固有値と固有ベクトルの求め方

最大固有値と固有ベクトルを求めるためにべき乗法を用いる。この方法は行列Aに初期ベクトル $v^{(0)}$ を乗じて $v^{(1)}$ を作り、更にAに $v^{(1)}$ を乗じて $v^{(2)}$ を作るという操作を続けると、 $v^{(k)}$ は次第に最大固有ベクトルの方向に収束し、 $v^{(k)}$ と $v^{(k+1)}$ の大きさの比が最大固有値に収束するという性質によっている。

3. AHPとシミュレーションとの比較

現在、使用されている意志決定法の中でもっとも多く使用されているものはシミュレーションである。ここで、シミュレーションとAHPの比較を行ってみる。シミュレーションは決定に際し、その決定以降に起こるさまざまな事象を想定しながら、その決定がどのような結果を生むかを知らうとすることである。シミュレーションはコンピュータ・プログラムによってそのような模擬実験を行う方法である。つまり、一つの決定によって起こるさまざまな事象を追いながら一つの体験をすることである。しかもそれを繰り返すことによって意思決定に関する結論を出そうとする。

AHPは、“一種の”シミュレーションと見なすことができる。AHPでは、一対比較を用いて対象の重要度を決定する。この一対比較にそれを実施する人の価値観やフィーリングが反映されることになるが、この行為はシミュレーションそのものとみることができる。したがって、「一対比較行列は一種のシミュレーションの結果を示す」ということができる。一対比較行列をもとに固有値や固有ベクトルを求め、重要度を決定する計算はすべて解析的になされるので、この部分は階層構造の決定と一対比較の決定であり、ここにシミュレーション体験が違った形でなされているとみることができる。

表3-1にシミュレーションとAHPの対比を示す。

表 3-1

	シミュレーション	AHP
構造	手続き型構造 (因果律、規模などを含む)	階層構造
実行	手続きの繰り返し (乱数を用いることが多い)	一対比較の繰り返し
結論	多数回の実行後、統計的処理により結論を得る。	固有値、固有ベクトル計算とその積上げ計算により結論を得る。
長所	柔軟な構造をもつ 疑似模型を追跡する。	実施が簡単 質的情報を取り扱う。
短所	準備に時間がかかる。 実施に時間がかかる。	階層構造に限定される。 比率尺度のみを対象とする。

4. AHP の問題点

AHP の問題点としては、次のようなことがあげられる。

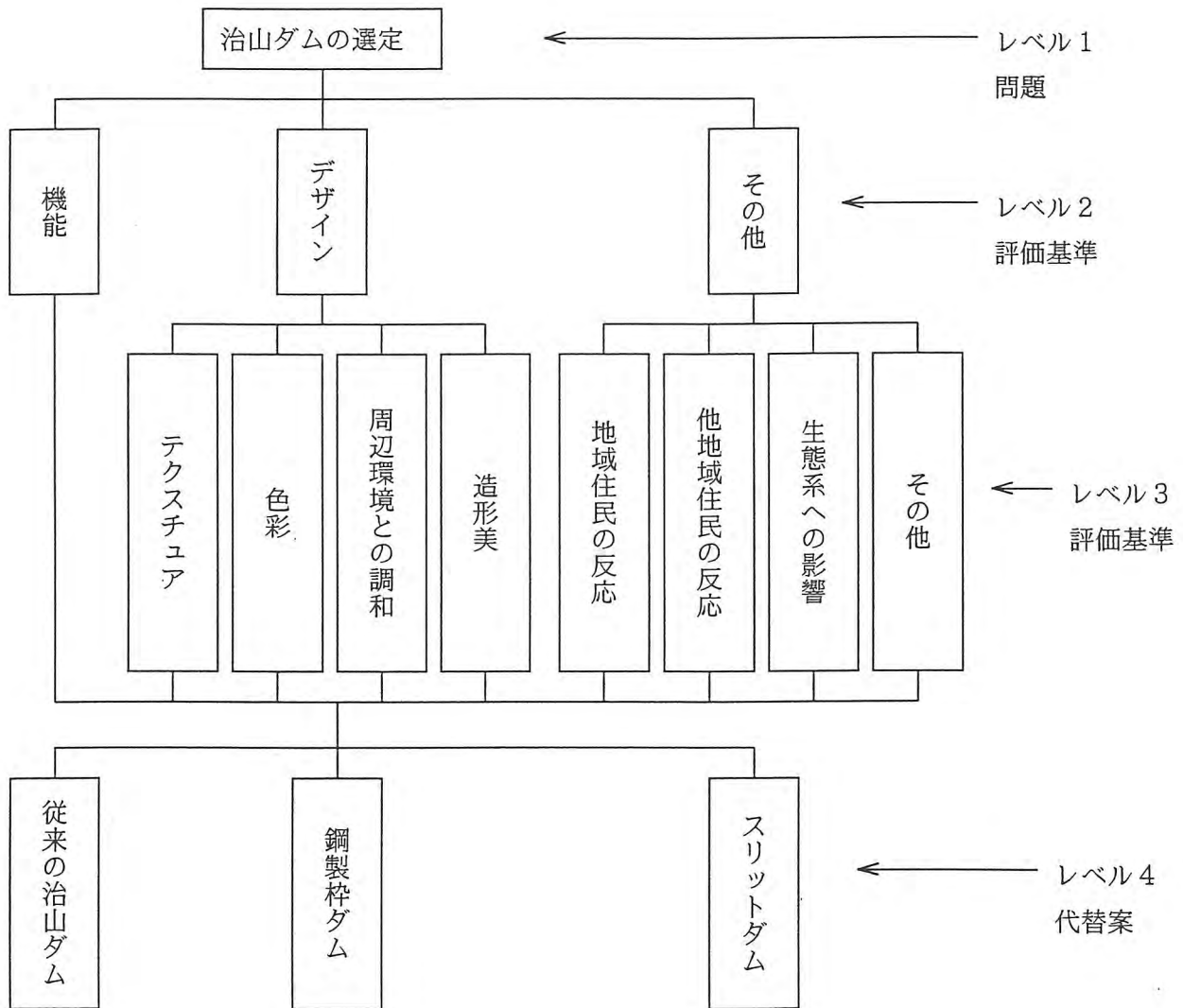
- (1) 評価基準の数が多くなると、データ量がかなり多くなる。
- (2) 重要さの順序が首尾一貫していても数値の選び方が片寄っている場合がある。
- (3) 評価基準間の次元が異なる場合、一対比較が難しい。

(1) の場合は、重要度の低い評価基準を削るなどして整理することが必要である。(2) の場合は、整合度や整合比を用いて整合性を調べることで防ぐことができる。(3) の場合は、一対比較の数値に関する感度分析を行うことが必要となる。AHP は他の理論に比べるとまだ歴史が浅いので、これからの研究が必要である。

5. AHP の手順

- (1) 階層図を作る

階層構造に基づき問題を分析することにより階層図を作る。(図 5-1)



- (2) 各レベルの要素につき、親要素に関する一対比較を行う。そして一対比較行列の最大固有ベクトル

を求める。(表 5-2)

表 5-2

施工	機能	デザイン	その他	幾何平均	ウェイト
機能	1	5	7	$\sqrt[3]{1 \times 5 \times 7} = 3.27$	0.69
デザイン	1/5	1	9	$\sqrt[3]{\frac{1}{5} \times 1 \times 9} = 1.22$	0.26
その他	1/7	1/9	1	$\sqrt[3]{\frac{1}{7} \times \frac{1}{9} \times 1} = 0.25$	0.05

(3) 階層に基づき重要度の合成を行う。

4. AHPによる定量的評価

では、AHPによる評価を行ってみたい。

意思決定にはまず「問題」があり、そして最終的な選択の対象となるいくつかの「代替案」がある。代替案の中から1つに絞り込むために両者間に「評価基準」が存在する。

今回の場合「問題」は治山ダムの選定であり、代替案は「従来の治山ダム」、「鋼製枠ダム」、「スリットダム」であり、評価基準は「機能」、「デザイン」、「その他」である。

(1) 評価基準

1. 機能・・・治山ダムがもつ本来の機能である。治山技術基準によると「治山ダムは、溪床の縦浸食及び横浸食を防止して、溪床の安定及び三脚の固定を図り、もって林地及び下流の保全を図ることを目的とする」とある。
2. デザイン・・・治山ダムの形である。単に治山ダムの形だけではなく周辺の環境といかに調和しているかをデザインとする。
3. その他・・・治山ダムの機能やデザインではなく、治山ダムを施工することによって、現れてくる影響のことである。

(2) アンケートの結果

アンケートは、「ある施工地にどのような治山ダムを施工することがもっとも最適か」という問題で、「機能」、「デザイン」、「その他」の3つの評価基準の各々について、一対比較で評価してもらった。アンケート結果はAHP処理により3つの評価基準の一対比較を総合評価した。以下アンケート結果をAHPにより総合評価したものとその平均を示す。

問題

施工地は溪床勾配10%の地形である。また、施工地の河川の状況は、荒廃がひどく、転石地帯である。集水面積は1,650haで集水区域の林況は、20～30年生杉人工林が100ha程度、他ブナなどを主体とした天然林となっている。

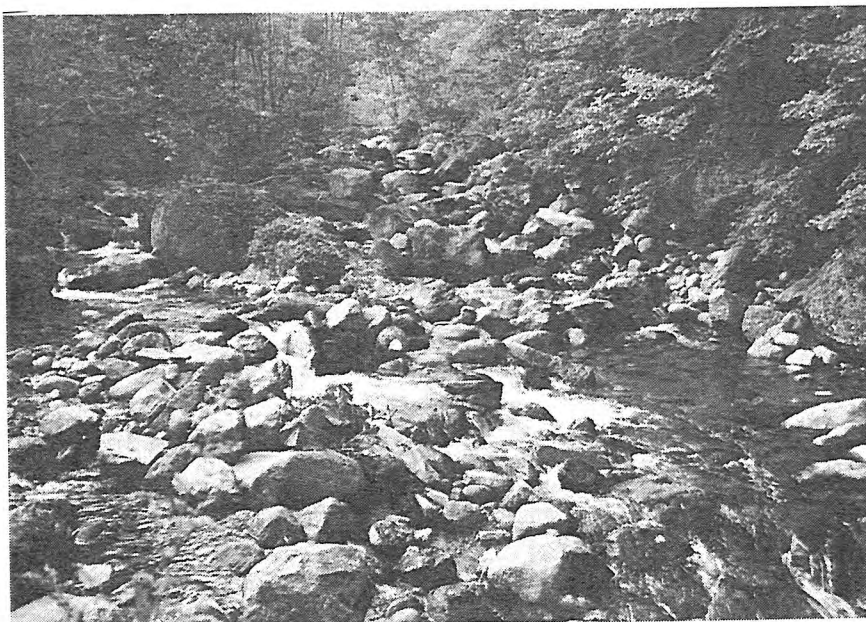
施工地上流には標高1300mの〇〇山が控えており施工地周辺は登山ルートにも近いことや、柱状節理等の景勝地が点在し、観光客、釣り客、登山客などで、訪れる人が多い。

施工地が含まれる流域は、淡水魚も豊富である。

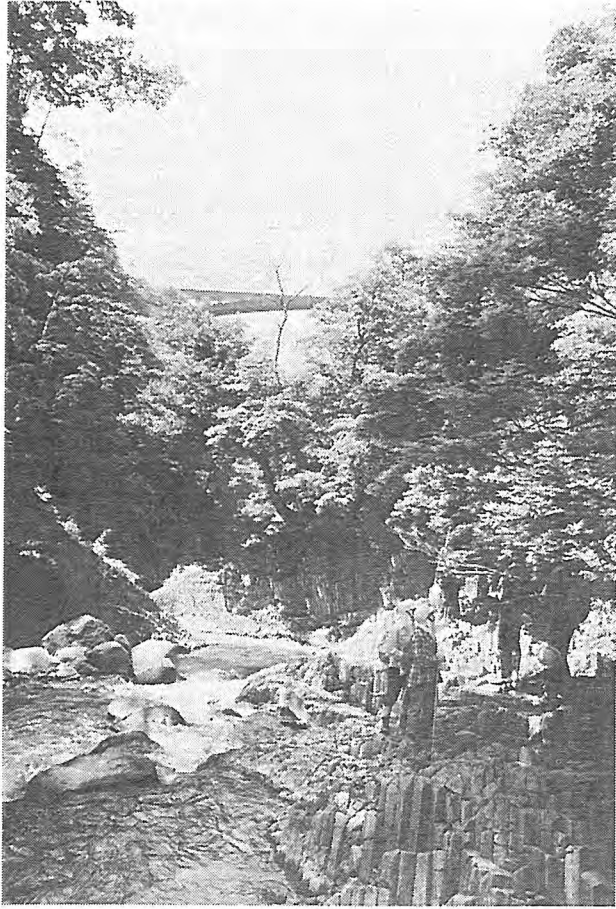
施工地の状況



施工地上流の〇〇山を望む



転石の流出状況



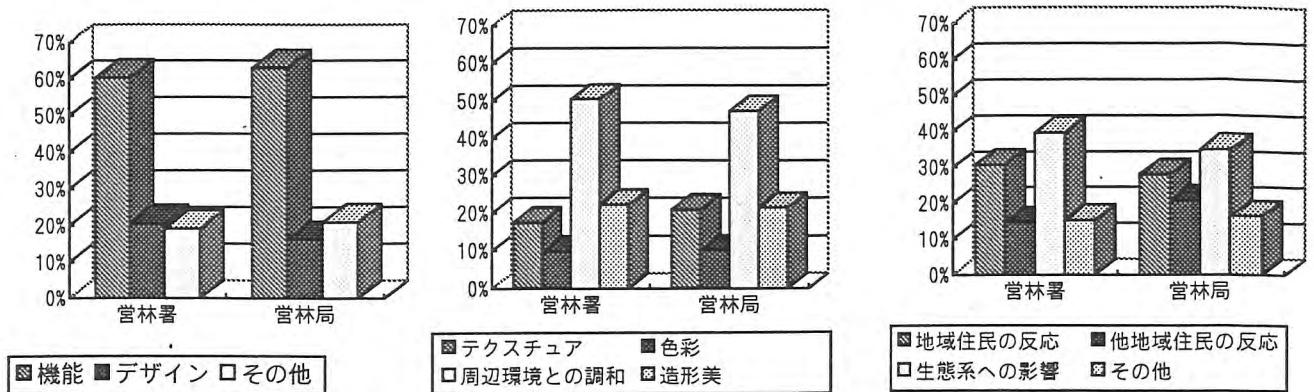
ダムサイト近くの柱状節理と見学者



ダム予定地の景観

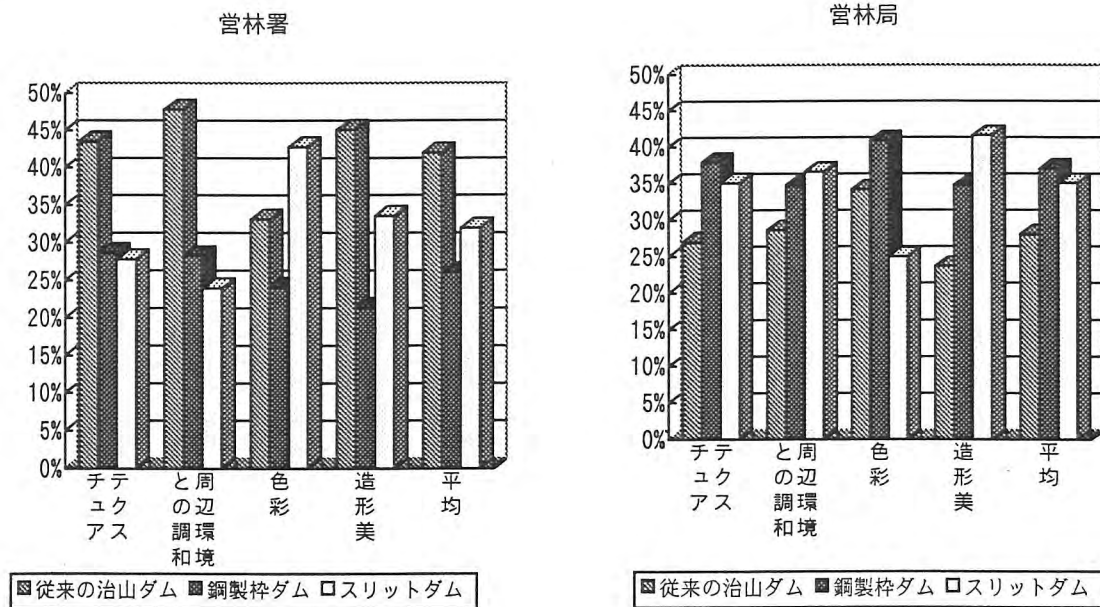
(3) 結果

まず、治山ダムを施工する際に「機能」、「デザイン」、「その他」のどれについて重要視するか営林署と営林局で比べてみる(図1)。次に、デザインの細分類、その他の細分類についてもみる。



今回のアンケートの結果、営林署と営林局は治山ダムを施工するには同じような意識を持っていることがわかった。しかし、施工する際に機能ばかり重要視している感がある。これは、治山ダムにデザインが求められてきたのは、つい最近のことであり、まだ、浸透していないからではないかと推測される。

次に、デザインの細分類についてみる。デザインにおいては周辺環境との調和を重要視しているが、先のレベル1の評価の中ではデザインの評価が低い。ということは、周辺環境との調和は機能が十分評価できる状態において考えなければならないという考えとみることができる。またその他についても生態系への影響を重要視するといったいわゆる自然にやさしい治山事業も機能が十分評価できる状態において考えられるとみることができる。

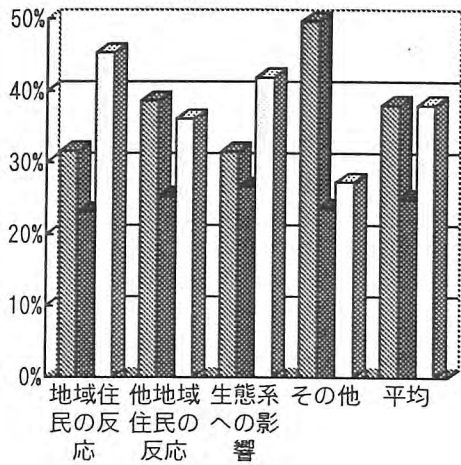


次にデザインについての評価だが、営林署と営林局で評価が分かれる形となった。全体に営林署では従来の治山ダムへの評価が高く、営林局では、鋼製枠、スリットダムへの評価が高い。これは、今回のダム予定地が、転石地帯であったこと、景勝地であったことから治山ダムをどのように捉えるかが評価の分かれる原因になったと思われる。営林署のコンクリートダムへの評価は、コンクリートの質感、重厚感が、周囲の転石地帯、また柱状節理等と同等のテクスチャ、色彩を持ち合わせるといった理由から評価したものと思わ

れる。しかし、営林局側の鋼製柵ダムに評価が高いことに関しては、疑問が残る。鋼製柵工は、確かに鉄の質感、また周辺環境との色彩の異なることから、ダムとしてPRするためにはいいと思う。しかし、今回のような施工地は景勝地ということもあり、治山事業をPRすること（強調法）よりも、隠す（消去法、融和法）ことのほうが重要に思われる。

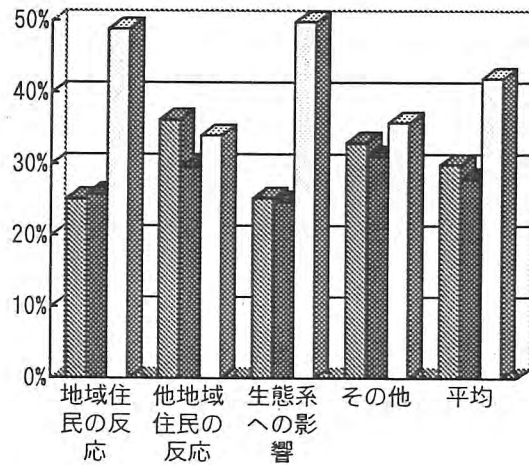
今回のような施工地には、スリットダム、従来の治山ダム、鋼製柵ダムの順に評価できると思われる。なぜスリットダムなのかというと、まずコンクリートを使用することでの重厚感があり、鋼材を使うことによって生じる軽快感がある。また、ダムを施工してもダム上流の景観が見えることが重要である。これは、景勝地にとっては重要なことである。しかし、これらの評価は、デザインについての評価であるので、実際の評価は、次回に示したい。

営林署



■ 従来の治山ダム ■ 鋼製柵ダム □ スリットダム

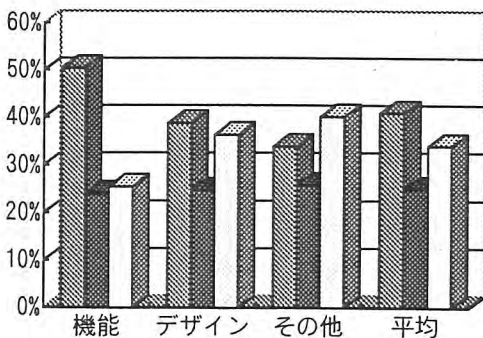
営林局



■ 従来の治山ダム ■ 鋼製柵ダム □ スリットダム

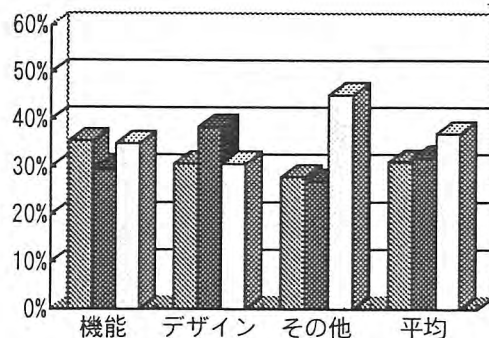
次にその他についての評価だが、営林署、営林局とも地域住民への反応、生態系への影響に関しては、スリットダムへの評価が高い。これは、コンクリートダム、鋼製柵ダムが、河川を遮るのに対しスリットダムは遮らないために主に魚類への影響を考えたものと思われる。特に営林局では生態系への影響と地域住民の反応を同等に考えているものと思われる。これは、国有林が地元住民と密着しているものと考え、その中で施工する治山事業であるということを考えているからではないかと思われる。

営林署



■ 従来の治山ダム ■ 鋼製柵ダム □ スリットダム

営林局



■ 従来の治山ダム ■ 鋼製柵ダム □ スリットダム

われわれの目的は、従来の治山ダム、鋼製柵ダム、スリットダムのどれがこの施工予定地にふさわしいかを定めることである。営林署では、鋼製柵への評価が低く、その他が高い。それに比べ営林局は、平均的であ

る。ここで注目したいのは、機能に関してであるが、営林署では従来の治山ダムに対する評価が高い。これは営林署では、現在施工している治山ダムの約8割程度がコンクリートダムであり、その他の治山ダムに接する機会が少ないためにこのような結果になったのではないと思われる。

これに比べ、営林局では平均である。これは個々のダムにはそれぞれの特徴があり、評価がしづらいということであろう。また、青森営林局管内すべての営林署のあらゆる治山ダムをみていることからのことと思う。

まとめ

今回のような、景勝地の中に治山ダムを施工することは非常に難しいことである。本来の治山ダムの目的だけで施工するのであれば、このようなことは不要である。しかし、これからの治山事業というものは、ダム本来の目的だけでなく治山ダムを施工することによって現れる影響、景観、環境などへの配慮も必要となってくると思う。今回のアンケートは初めてだったこともあり、整合性がとれなかったということも影響していると思う。現在の治山ダムの設計というものは、治山事業が始まってから時がたったということもあり、流域全体を見渡して設計することが少なくなってきたように思われる。AHPによる分析では、営林局ではスリットダム、営林署では、従来の治山ダムということになったが、これは、ただフィーリングや勘ででてきた結果ではない。AHPの分析の結果このようになったわけであり、どの項目を重要視しているかも把握できる。つまり、根拠のある設計ができるわけである。しかし、今回の結果もそうであるが、AHPは人間の感覚をもとにした一対比較の繰り返しによってそれを行うわけである。したがって、それから得られる結論はあくまでも主観的なものであることは否めない事実である。しかしながら、どんなに客観性を装った意思決定においても決定者の主観は至る所に顔を出すものであり、それならば最初から主観を取り入れた決定法があっても少しも不思議ではない。ここにAHPの採用した理由がある。