

1. まえがき

土木分野における環境問題を評価するために LCA 研究が行われているが、その多くは地球温暖化、エネルギー問題しか扱っておらず、複数の環境問題を取り上げ評価している研究は少ない。本研究では、地球温暖化、酸性雨とともに、エネルギー枯渇問題、鉱物資源枯渇問題を取り上げ統合的に評価し、既設のダム構造物に適用し、環境負荷の特徴を議論した。

2. 環境負荷の定量化

定量化するためには原単位(建設機械本体の環境負荷原単位、建設機械使用の環境負荷原単位、資材使用の環境負荷原単位、保全業務に伴う環境負荷原単位など)が必要であり、本研究においては、靄巻¹⁾の作成した原単位を参考にすることにした。しかし、靄巻は原単位を作成するにあたって排水処理施設を対象としており、ダム構造物の施工に使用される建設機械と規模が異なっている。そこで、靄巻の原単位をダム構造物に適用できるよう分析する。その結果、消費熱量(Mcal),CO₂(kg-C),SO_x(g-NO₂),NO_x(g-NO₂)の比率は 60:4:14:22 となることがわかった。この比率と CO₂ の原単位をそのまま用いて、ダム構造物用原単位(建設機械本体の環境負荷原単位、建設機械使用の環境負荷原単位、保全業務に伴う環境負荷原単位)を算出した。資材使用の環境負荷原単位は、同じ土木資材についての環境負荷原単位が示されているので靄巻の環境負荷原単位をそのまま用いる。

3. 統合評価

地球規模の環境問題を扱うことにして地球温暖化、酸性雨、エネルギー枯渇問題、鉱物資源枯渇問題の4つを取り上げ、統合評価指標を重み付け係数として用いた統合評価手法を考察した。まず、地球温暖化については、自然の森林が CO₂ を吸収して解決できると仮定して、排出される CO₂ をすべて吸収するための費用を算出することで統合評価指標を決定した。酸性雨については、酸性雨による森林の被害面積から同面積を回復させるための費用を算出することで統合評価指標を決定した。次に、エネルギー枯渇問題と鉱物資源枯渇問題とは、上述の地球温暖化や酸性雨の問題と異なって、人類にとって有限なものを消費していくマイナスの価値を評価しなければならない。ここでは以下のように取り扱う。エネルギー枯渇問題については、世界の 1 次エネルギー消費量のおよそ半分が石油であることから、石油の枯渇問題ととらえる。そして、石油の市場価格が枯渇の状況を反映していることを見つけた上で石油の消費量から経済評価指標の値を導き出す。鉱物資源枯渇問題については、土木構造物の主要な材料である鉄鉱石と石灰石についての枯渇問題を扱い、石油の場合と同様な考えで統合評価指標の値を導いた。

得られた結果は次のようである。

地球温暖化	:	$(16659+55.57y)/16[\text{US}\$/\text{tf-C}]$
酸性雨	:	$1.40(16659+55.57y)[\text{US}\$/\text{tf-SNO}_x]$ ただし、 $y=\text{施工年数}+\text{保全年数}$
エネルギー枯渇問題	:	$9.8 \times 10^{-3}[\text{US}\$/\text{Mcal-石油}]$
鉄資源枯渇問題	:	$33.92[\text{US}\$/\text{tf-鋼材}]$
セメント資源枯渇問題	:	$14.40[\text{US}\$/\text{tf-セメント}]$

4. 統合評価処方の適用

本研究で開発した環境負荷統合評価手法を既設のダム構造物に適用した。評価対象としたダム構造物は、アーチ式コンクリートダム(黒部ダム、奈川渡ダム、水殿ダム、稲核ダム)、重力式コンクリートダム(長谷ダム、今市ダム)、ロックフィルダム(玉原ダム、太田ダム、栗山ダム)の 3 形式である。図-1 は統合評価指標を用いた環境負荷の評価を示している。この結果で黒部ダムの値が大きい、単純に「環境に悪い」と決めつけることはできないので、貯水量あたり、

Ichizou MIKAMI, Rikio KONDOU, Hiroyuki KITAKA

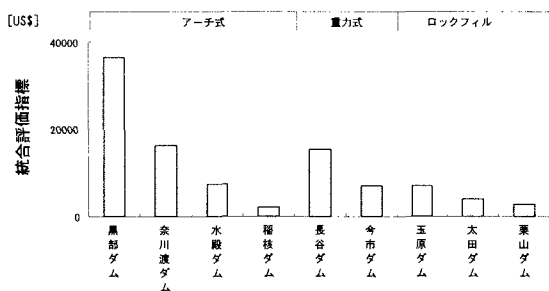


図-1 ダム構造物における環境負荷の統合評価

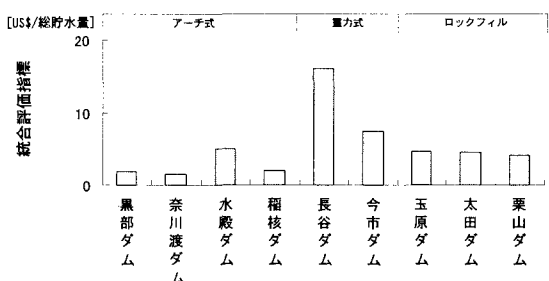


図-2 貯水量あたりの環境負荷の統合評価

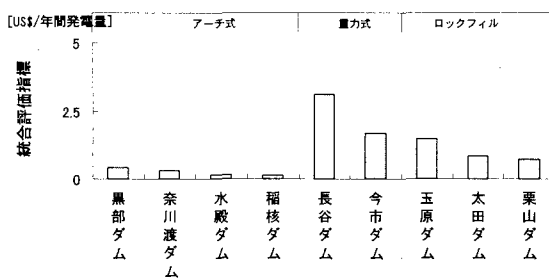


図-3 年間発電量あたりの環境負荷の統合評価

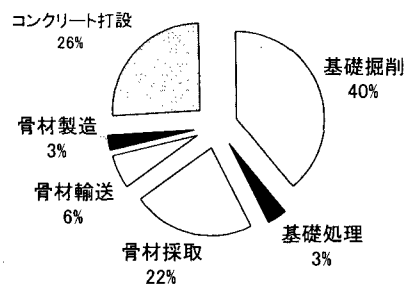


図-4 黒部ダムの作業別環境負荷排出割合(アーチ式)

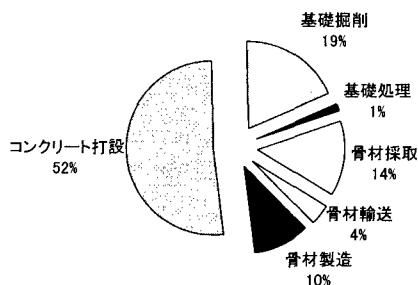


図-5 今市ダムの作業別環境負荷排出割合(重力式)

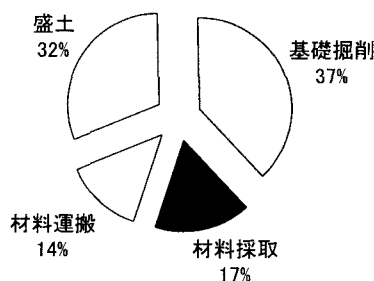


図-6 栗山ダムの作業別環境負荷排出割合(ロックフィル)

単位発電量あたりの値にして検討すると、図-2,3 が得られる。この結果では4つのアーチ式ダムとも値が低くなっている。従って、アーチ式ダムが他の2つのダム形式に比べ環境に優しいと考えられる。

図-4～6 は各ダムの施工段階における作業間の統合評価指標による環境負荷の割合を示している。この結果から、ダム施工段階において大幅な統合評価指標による環境評価削減の鍵を握るのは、アーチ式ダムと重力式ダムにおいては、基礎掘削段階とコンクリート打設段階、ロックフィルダムにおいては、基礎掘削段階と盛土段階である。これらの作業において統合評価指標による環境負荷を減少させる方策を見つけたことが必要であろう。

5. あとがき

本研究では、ダム構造物を対象として、複数の環境問題を取り上げ統合評価指標による環境負荷を定量化し、統合的評価を行った。同時に施工段階での環境負荷の特徴も議論した。その結果、アーチ式ダムが重力式ダム、ロックフィルダムに比べ環境に優しいことがわかった。また環境負荷削減のためには、基礎掘削段階の作業を見直すという必要がある。

参考文献 1) 露巻: 環境調和性を考慮した廃水処理システムの評価手法に関する研究, 東北大学大学院工学研究科, 学位(博士)請求論文, 1998.