

Hydropower and the Environment:

水力発電と環境：

Present Context and Guidelines for Future Action

環境問題の現状と今後の活動に向けた
ガイドライン

IEA Technical Report

Appendices

付録書



IEA Hydropower Agreement

IEA 水力実施協定



CANADA



CHINA



FINLAND



FRANCE



JAPAN



NORWAY



SPAIN



SWEDEN



UNITED
KINGDOM

IEA(国際エネルギー機関)水力実施協定の概観

水力実施協定は、カナダ、中国、フィンランド、フランス、日本、ノルウェー、スペイン、スウェーデン、及びイギリスの9ヶ国間の協力プログラムである。これらの国は電力事業者、政府部局並びに規制当局、電力研究機関、及び大学を含む種々の組織によって代表されている。全体の目標は、現存する水力産業の技術上、制度上の両面を改善し、水力発電の将来の開発を環境・社会から見て信頼できる形で推進することにある。

水力発電

現在、大きな規模で商業的に成り立っている再生可能エネルギー技術は水力発電だけである。水力発電には4つの主要な利点がある。それは、再生可能であること、温室効果ガスの発生は無視できるほど少ないこと、大量の電気を貯蔵するには最も廉価な方法であること、そして消費者が要求する電力量に対して容易に発電量を調整できることである。水力発電は全世界の発電容量の17%を占め、年間の電力エネルギーの約20%を生産している。

活動

以下の4つのタスクに取り組んだ。それは、1. 水力発電施設の再開発、2. 小水力発電、3. 水力発電の環境上、社会上の影響、4. 水力発電に関する教育、である。タスクの大部分は完了するのに5年の月日を要した。1994年3月に始まり、結果は2000年5月に提出された。これまでの、本協定の作業内容及び刊行物は、各々の分野の専門家を対象としてきた。

再開発

既存水力発電施設の再開発は、今日では最も廉価な再生可能エネルギーを生み出す。時には新しい計画の10分の1以下のコストでエネルギーを増やすことも可能である。本協定の一専門部会は再開発計画に関する幾つかの技術問題を研究している。

小水力発電

完全に自動化された水力発電施設の進歩と製作費の低価格化は、小水力発電をますます魅力あるものになっている。小水力発電専門部会は、新開発計画を進めるために信頼できる情報を提供している。

環境・社会問題

いくつかの水力発電計画において環境的、社会的影響が激しい討論の的となっている。諸国が水力計画に対して良い決定を下すことができるよう、公衆に客観的な情報を伝える必要がある。環境専門部会は社会的、環境的に起こり得る影響及びそれに対する緩和策についての情報を提供するであろう。

教育

水力発電部門では、十分に教育された人員がいることが肝要なことである。教育専門部会は水力発電計画、運転及び維持に関する教育とトレーニングについて取り組んでいる。

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

国際エネルギー機関

IMPLEMENTING AGREEMENT FOR
HYDROPOWER TECHNOLOGIES AND PROGRAMMES

水力実施協定

ANNEX III

HYDROPOWER AND THE ENVIRONMENT

水力発電と環境:

PRESENT CONTEXT AND GUIDELINES FOR FUTURE ACTION

環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン

サブタスク5 レポート

付録書

2000年5月

各 Annex が作成したテクニカル・レポート

(本シリーズ以外は英語版となります。)

Hydropower Upgrading Task Force (Annex 1): 水力発電所の改良

- Guidelines on Methodology for Hydroelectric Turbine Upgrading by Runner Replacement – 1998年
(非参加者は一部につき1,000 US\$ で購買可能)
- Guidelines on Methodology for the Upgrading of Hydroelectric Generators – 2000年
- Guidelines on Methodology for the Upgrading of Hydropower Control Systems – 2000年

Small-scale Hydropower Task Force (Annex 2): 小水力発電

- Small-scale Hydro Assessment Methodologies – 2000年 (※)
- Research and Development Priorities for Small-scale Hydro Projects – 2000年 (※)
- Financing Options for Small-scale Hydro Projects – 2000年 (※)
- Global database on small hydro sites (WWW上で利用可能。アドレスは、“www.small-hydro.com”。)

Environment Task Force (Annex 3): 環境

- Survey on Positive and Negative Environmental and Social Impacts and the Effects of Mitigation Measures on Hydropower Development – 2000年 (※)
- A Comparison of the Environmental Impacts of Hydropower with those of Other Generation Technologies – 2000年 (※)
- Legal Frameworks, Licensing Procedures, and Guidelines for Environmental Impact Assessments of Hydropower Developments – 2000年 (※)

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">• 水力発電と環境: 環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン – 2000年 (※)<ul style="list-style-type: none">- 概要版 (本文 第7章と同じ)- 本文- 付録書 (本書) |
|---|

- Hydropower and the Environment: Effectiveness of Mitigation Measures – 2000年 (※)

Education and Training Task Force (Annex 5): 教育とトレーニング

以下のすべてのレポートは、以下のインターネットアドレスにおいて利用可能。
アドレスは、“www.annexv.iaea.org”。

- Summary of Results of the Survey of Current Education and Training Practices in Operation and Maintenance – 1998年 (※)
- Development of Recommendations and Methods for Education and Training in Hydropower Operation and Maintenance – 2000年 (※)
- Survey of Current Education and Training Practice in Hydropower Planning – 1998年 (※)
- Structuring of Education and Training Programmes in Hydropower Planning, and Recommendations on Teaching Material and Reference Literature – 2000年 (※)
- Guidelines for Creation of Digital Lectures – 2000年 (※)
- Evaluation of Tests – Internet-based Distance Learning – 2000年 (※)

パンフレット

“Hydropower – a Key to Prosperity in the Growing World (水力 – 発展社会における成功への鍵)”と題されたパンフレットは一般にご利用頂けます。これは、以下のインターネットアドレスもしくは、事務局(巻末裏表紙に住所が記載されています)で入手可能です。インターネットアドレスは、“www.usbr.gov/power/data/data.htm”です。

※: 非参加者も申し込みによって利用可能。

目 次

謝 辞

まえがき

序 文

付録-A:用語集

付録-B:略語

付録-C:参加者および協力者

付録-D:物理・化学的環境

- 1 検討対象となる開発計画の種類と位置
 - 2 河川流量調節が流況に及ぼす影響
 - 3 水理特性
 - 4 侵食と堆積
 - 5 誘発地震活動
 - 6 気象条件
 - 7 貯水池及び下流の水質
 - 8 結論
- 参考文献

付録-E:動植物

- 1 植物
 - 2 水生動物
 - 3 陸生動物及び鳥類
 - 4 生物学的遺産
- 参考文献

付録-F:社会経済的環境

- 1 まえがき
 - 2 土地利用
 - 3 経済的影響
 - 4 健康と安全に対する影響
 - 5 社会的影響
 - 6 移住と再建
 - 7 結論
- 参考文献

付録-G:累積的影響

付録-H:環境影響評価プロセス(HARD LAW)の評価に関する文献調査結果

付録-I:国際環境法の原則と持続可能な開発(SOFT LAW)

付録-J:国際法における倫理原則の統合

付録-K:プロジェクトの諸段階

謝辞

Annex III

この5年間におよび、Annex IIIチームの方々、彼らの所属企業、専門家の方々に対して、御支援をいただいたこと、そして建設的かつプロフェッショナルとしての参加をしていただいたことに感謝したい。専門家会合やワークショップは開放的、友好的でアットホームな雰囲気が特徴であり、専門的な内容と決定事項についての共通の理解を確実なものとした。11回の会合において、作業は着実に進み、誤解や不明確な決定による後退は1歩も無かった。各国代表者、サブタスクリーダー及びAnnex III書記の熱意、協力、業績に対して特別の謝辞を述べたい。会合やワークショップの参加者全員に代わり、我々のホスト役を勤めた各社、Vattenfall、ENEL、UNESA、(財)電力中央研究所、(財)新エネルギー財団、Kemijoki OY、及び Hydro Québecに感謝したい。

Annex III作業の信頼性はエチオピア、インドネシア、ラオス、ネパール、フィリピン、及びベトナムから参加した専門家からの寄与で大いに向上した。日本とノルウェーがその参加を支援した。特殊な課題分野で国際的に著名な専門家の費用を負担した全てのAnnex III参加国や会社感謝する。これによって進歩が保たれ信頼性を確実に向上させた。

また、包括的なアンケートに答えて下さった専門家の方々に感謝したい。世界銀行やWCD(世界ダム委員会)からの参加を得られたことは、Annex IIIチームを発奮させ、我々が得た結果の現実性を強めた。

執行委員会メンバーからの指導、支援、協力を感謝する。

付録書 付録-C「参加者及び貢献者」において参加者全ての名前を掲載しているが、長い間積極的な参加と支援に対し、特に次の方々を紹介したい。

: Jens Petter Taasen氏 (AnnexIII書記、サブタスク1 リーダー)、Kirsti Hind Fagerlund女史 (Annex III書記、サブタスク1 リーダー)、Björn Svensson氏 (サブタスク3 リーダー)、José M. del Corral Beltrán氏 (サブタスク4 リーダー)、Cristina Rivero女史 (サブタスク4 リーダー)、Jean-Étienne Klimpt氏 (サブタスク5 リーダー)、Gaétan Hayeur氏 (サブタスク6 リーダー)、Serge Trussart氏 (サブタスク6 リーダー)、Joseph Milewski氏、Frans Koch氏 (執行委員会事務局)、Luc Gagnon氏、Raimo Kaikkonen氏、Hannu Puranen氏、Mario Tomasino氏、安芸周一氏、内山洋司氏、宮永洋一氏、橋本純氏、中畑剛志氏、内河聖明氏、Svein T. Båtvik氏、Rune Flatby氏、Geir Y. Hermansen氏、David Corregidor Sanz氏、Magnus Brandel氏。

2000年3月30日 オスロにて

Sverre Husebye, IEA-Annex III 執行責任者

サブタスク 5

本サブタスクレポートに対する絶えざる支援、草案作成、継続的見直し作業に関して、AnnexIIIチームに感謝する：

安芸周一氏、Svein Båtvik氏、Magnus Brandel氏、David Corregidor氏、Rune Flatby氏、Geir Hermansen氏、Sverre Husebye氏、Raimo Kaikkonen氏、Joseph Milewski氏、Hannu Puranen氏、Cristina Rivero女史、Björn Svensson氏、Jens Petter Taasen氏、Serge Trussart氏、内河聖明氏。

我々の査読者や同僚、そしてこのレポート各部においての共同作業に長い時間をかけていただいた方々に：

Camille Bélanger氏、Gilles Bérubé氏、Louis Chamard氏、Yves Comtois氏、Dominique Egré氏、Luc Gagnon氏、Louis Gilbert氏、Frans Koch氏、Danielle Messier氏、Engelbert Oud氏、Martin Pérusse氏、Vincent Roquet氏、Louise Roy女史、Karin Seelos氏、Pierre Sénécal氏、Tor Ziegler氏。

ご指導とコメントを頂いた執行委員会に、根気強く編集をしてくれた Jocelyne Baril氏 に、コメントし、精査し、編集し、このレポートの内容を改善するために時間を割いて下さった方々に。

2000年4月 モントリオール

Jean-Étienne Klimpt, カナダ国代表, Annex III サブタスク 5 リーダー

日本語訳の刊行に当たって

本報告書は5年間に渡った参加国の共同作業の成果である。水力開発を含むダム建設が世界的な論争の的になって久しいが、持続可能な発展に向けて水力と水資源開発の必要性を信じる関係国が集い、主として社会的、環境的な面から今後の水力開発のあるべき方向を提言したものである。

基本的な思想はGood Designの水力発電所は社会に受け入れられるということである。問題はGood Designとは社会、経済、環境的に如何にあるべきかと言う事であり、その論理展開をしている。

先ず、水力開発をめぐる様々なジレンマを倫理的課題として取り上げ、これを克服して社会に認められる水力開発を進めるための倫理的諸原則を提案している。現実的には、これらの倫理的原則を意思決定手段としての環境影響評価と許認可の法制度にいかに組み込むかということである。この中で特に強調している事は国レベルのエネルギー政策に関わる戦略的環境影響評価、参加型の意思決定、事前予防、公平性、最適性等の重要性である。

本報告書はさらに、広範な社会、環境影響の事例と緩和策をしめしている。これらの事例の中にはわが国にとって新しい知見も含まれている。

以上の成果に基づき、本報告書は途上国におけるある程度の規模の水力開発を念頭に置き、社会、環境に優しい水力の計画、建設、運転に関する5つの勧告をしめしている。

これからの水力開発は未開発資源の豊富な途上国を中心に進められるものと考えられる。本書が今後海外で活躍する水力技術者にいささかでも参考になれば幸いである。

終わりに、本書の翻訳、編集にあたり多大の労をとられた(株)開発設計コンサルタント、三宮千加女史に深謝します。

平成12年12月

IEA水力実施協定、環境部門、前日本代表
安芸周一 ((財)電力中央研究所、名誉特別顧問)

＜環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン＞

まえがき

国際エネルギー機関(IEA)は、経済協力開発機構(OECD)の枠組み内で1974年11月に設立された独立した組織である。IEAは、OECDの加盟国29ヶ国のうち、24ヶ国の間でエネルギー協力に関する広範なプログラムを実施している。IEAの基本的な目標は「国際エネルギープログラムに関する協定」(Agreement on an International Energy Programme)に述べられているが、次の様なものである。

- ・ 省エネルギー、代替エネルギー源の開発、及びエネルギー研究開発により石油に対する過度の依存を減らすためのIEA加盟国間の協力
- ・ 国際石油市場に関する情報システム、並びに石油会社との協議
- ・ 安定した国際エネルギー貿易と総ての国の利益に資するエネルギー資源の合理的な管理と使用を支援するために石油産出国と消費国との協力
- ・ 石油供給の途絶といった重大な危険に対して加盟各国に準備させ、緊急の場合には利用可能な石油を分け合う

当初IEAは、石油関連の問題に集中していた。その後は業務の範囲を拡張、あらゆる形のエネルギーを含める様になった。特定のエネルギー技術問題に対処するため、40を越す「実施協定」を設置している。これらの協定は、“Annex”と呼ばれる幾つかの専門部会によって構成され、そこにおいてデータ又は統計の収集、環境影響評価、技術の共同開発等の活動を実施する。これらAnnexの作業は実施協定に参加している政府の代表からなる「執行委員会」によって指導される。

1995年に、IEA加盟国のうち7ヶ国が正式に「水力実施協定」と呼ばれる水力発電に焦点を合わせた5ヶ年間の研究プログラムにおいて協力することに合意した。イタリアは途中で脱退したが、フランス、イギリス、及び中国が新たに加わった。本協定は、以下の4つの専門部会を設置し、課題に取り組むことを提案した。

Annex I : Upgrading of Existing Hydropower Facilities 既存水力発電設備の再開発

Annex II: Small-Scale Hydropower 小水力発電

Annex III: Hydropower and the Environment 水力発電と環境

Annex V: Education and Training 教育とトレーニング

Annex III 「水力発電と環境」は1995年2月に以下の点を主要目標として発足した。

- ・ 水力計画の環境影響評価のための国際的勧告と緩和策適用のための規準を得る。
- ・ 水力発電の環境上の利点に対する理解を促し、環境上の欠点の緩和方法を提示する。
- ・ プロジェクトレベルでの水力開発の環境影響、及び国レベルでの立法と政策決定過程に関する国の事例を豊富にする。
- ・ 水力発電と他の電源方式との環境影響の比較結果を提供する。

これらの目標を達成するために次のサブタスク(ST)が設置された:

ST 1:水力開発における環境・社会的影響と緩和策の効果に関するアンケート調査

(サブタスクリーダー: NVE, ノルウェー)

ST 2:データベース作成 (ST1に含められた)

ST 3:水力発電と他電源との環境影響の比較

(サブタスクリーダー: Vattenfall, スウェーデン)

ST 4:水力開発の環境影響評価に関わる既存のガイドライン、法的枠組み、手続きに関する調査

(サブタスクリーダー: UNESA, スペイン)

ST 5:環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン(本書)作成

(サブタスクリーダー: Hydro Québec, カナダ)

ST 6:緩和策の効果に関する調査と検討

(サブタスクリーダー: Hydro Québec, カナダ)

科学的視点から見て環境の研究は、生態系中の多くの相互作用のために複雑なものとなっている。「水力発電と環境」という幅広い題材の域で、5年間という期間、利用できる資金、人的資源によって課せられた範囲内で作業を行うことが重要であった。しかし、検討した題目の幾つかは非常に広範、複雑であり、それだけで1つのAnnexとして扱うべきであった。Annex IIIにとっての主な課題は、問題の背景を明らかにし、環境的、社会的に最も重要な問題に焦点をあてることである。目標としたテーマは2つあり、1つは政府の政策決定過程との関係、もう1つは可能なかぎり最高レベルの作業の信頼性を確保することであった。

Annex IIIは、課題に関連する民間会社、政府機関、大学、研究機関、国際団体を代表する広範囲な国際的専門家の方々の経験を組み入れたケーススタディのアプローチに基づいている。合計すると、16ヶ国、世界銀行(WB)、世界ダム委員会(WCD)等から、112名の専門家が会合やワークショップに参加した。そのうえ、会合に29のレポートが提出されている。参加国は国レベルで出される情報の品質管理に責任を持ち、国によっては関連機関と協議を行ってきた。

あらゆる天然資源の利用と同様に、河川の利用は自然環境、社会環境に影響を与える。あるものはプラスであり、あるものはマイナスかつ深刻であると考えられる。ある影響は直後に現れたり、あるものは長引いたり、あるいは数年後に現れたりする。ここで重要なのは、マイナス影響の深刻さと、いかにしてそれらが軽減・緩和されるかである。生態的な継続性という面も非常に興味がある。生態系は、災害や気象条件に対する適応の結果変化してきた。どのような物理・化学的な変化でも、新しい環境に即した新しい生態均衡をもたらすようである。自然条件のもとでは、環境は不変なものというよりも変化することが普通であろう。したがって、生態上の勝者敗者は、人間によって作られたものばかりでなく、自然の体系にも見られるものである。

水力発電の「燃料」は水であり、それ故再生可能エネルギーであっても、建設や運転が河川水系に直接影響し、その悪影響が直接的で目に見える形であらわれるので、しばしば大きな論議を呼ぶものである。しかし例えば、他の発電方法では避けることのできない汚染物質の排出がないといった利点は、容易に目には見えるものではない。

水は不均等に分布し、地域的に不足があるので、水へのアクセスと水資源管理は新しい世紀に

における非常に重要な環境上、社会上の地球規模の課題である。ダム建設、河川の流路変更及び取水は、水資源管理システムの主要な要素である。過去の水力発電プロジェクトにおいて得た教訓は、将来の水資源管理システムで大いに役立つかも知れない。地域の水資源マスタープラン又は管理システムがあるならば、水力資源の開発は他の用途のための改善された水供給にも寄与することになる。

Annex IIIレポートは、水力発電の役割と効果、そしてその持続性を如何にして改善するかを論じていることを強調したい。本レポートにおいて、エネルギー消費の増加そのものは、国や政治の問題と考え、ここでは考慮していない。Annex IIIは、既存及び将来の水力発電における環境問題への対応を改善するための国際的勧告と指針を開発した。1つの主要な結論としては、有能な専門家らによって行われるプロジェクト計画の一環をなす環境アセスメントが必要であるということがあげられる。

Annex IIIレポートは、費用と作業分担の原則に基づいて作成されたものである。総費用は805,305US\$に達し、作業分担部門の予算は93人／月であった。

完成したレポートには、付録書を伴った4つのテクニカル・レポート(ST1、ST3、ST4、ST6)、と1つの総括的なレポート(ST5、「本書」と勧告並びに指針を記載した概要レポートが含まれる。

Annex IIIは、以下の各国と団体から構成されている。：

カナダ (Ontario Hydro, 1995-98年, Hydro Québec 1995-2000年)、フィンランド (Kemijoki OY 1996-2000年)、イタリア (ENEL 1995-98年)、日本 ((財)電力中央研究所 1995-2000年)、ノルウェー (NVE 1995-2000年)、スペイン (UNESA 1995-2000年)、スウェーデン (Vattenfall AB 1995-2000年)。

2000年3月30日

Sverre Husebye, IEA-Annex III 執行責任者

付録 - A

用語集

付録-A:用語集

Active storage 有効貯水量	最高最低調整水位間に収容されている水量。 同義語:Live storage
Afterbay アフターベイ(放水庭)	発電所の水車を経た水がダム下流で川に放流される区域。 同義語:Tailbay
Aggradation 河床上昇	堆砂による河床高の上昇。degradationの反対。
Alevin	fry参照
Alternating current 交流、AC	交流で電子の流れる方向が交互に変わるもの。例えば、北米の送電網では流れの反転は60サイクル/秒(hertz、hz＝ヘルツ)に規制されている。
Anadromous fish 上回遊	産卵のため塩水から淡水に移動する魚。
Anoxia 酸欠	酸素の欠如または不足。
Anthropogenic 人間起因性の	人間の存在や行動によって誘発され、または変えられる。
Arch dam アーチダム	コンクリートまたは組石のダムで水の荷重の主な部分をアバットに伝えるように平面的に湾曲しているもの。
Base-load generating station ベースロード発電所	電力系統の基本的な電力需要を充足するよう計画され、一般にその目的で運転されるもの。
Bed load, bed load sediment 掃流土砂	河床の上や近くで転がり、滑り、時には河床より上数直径分水流の中へ瞬時跳躍しつつ流下する土砂。
Benthic fauna, benthos 底生生物	水底に生息する生物。水底または深部に生息する生物。
Biotope ビオトープ、小生活圏	かなり明瞭な境界線と厳密に定義された構成を有する居住区で生物社会を構成する各品種を支える場所。
Borrow pit 材料採取場	ダム、道路、その他の建設に使用する盛土材料をうる区域。 同義語:borrow area
Brownout 節電電圧低下	ある区域内のエネルギー負荷低減するための計画的な電圧降下。これにより電灯は暗くなり、モーターの回転は遅くなる。
Capacity 容量(発電・送電線容量)	任意の瞬間に発電機で生産し、あるいは送電施設で搬送することができる持続可能な最大の電力。通常メガワット(MW)単位で測る。

Catchment 流域	川の特定点まで自然に水が流れ出る地域。
Cofferdam 締め切りダム	工事区域の全部または一部を囲み、漏れないで施工が進められるようにするための構造物。
Combined cycle gas turbine plant コンバインドサイクル ガスタービン発電所	ガスタービンと蒸気タービンを組み合わせた発電所。一つ目のタービンサイクルからの廃熱が二つ目のタービンサイクルに熱エネルギーを供給する。
Compaction 締め固め	ある材料の空隙を減じて密度を増す機械的動作。
Compensation measure 補償策	緩和できない影響および緩和策実施後のプロジェクトの残存影響の埋め合わせを目標とする策。 Mitigation measure, Enhancement measure 参照。また、ST-6 Report も参照。
Compensation water 補償流量(河川維持流量)	水力発電ダムを通して下流使用者および／または生息域の要求を特に満たすために放水される河川流の小部分。 Ecological flow 参照。
Contingency plan 緊急事態計画	緊急事態計画は、水力発電所の工事中および／または運転中に起きるかも知れない事故を効率良く制御するのに必要な技術的要素を決めようとする。
Cumulative impact assessment 累積影響アセスメント	いかなる機関もしくは人によるものにせよ、過去、現在、または妥当に予測しうる将来の行為に加えた場合の一行為の増分影響の結果生ずる環境に対する影響の評価。累積影響は、個々には些少でも集合的には有意な行為がある期間を通じて起きるものの結果生じうる。 例えば、1台の自動車は比較的微細な影響を生ずるが、100万台の自動車は有意な累積影響を(空気の質、石油資源等に対し)もたらす。
Dam-overtopping ダム越流	大規模洪水や地滑りのような極端な条件下で頂部を越えて水が流れる現象。
Dead storage 無効貯水量	貯水池の最低調整水位より下の水の量。
Decommissioning 廃棄	水力発電所については発電の永久終結を指し、通常発電所の有用寿命の終わりを言う。廃棄は発電機器の解体および除去を伴うこともありうる。
Degradation 河床低下	侵食による河床の低下。aggradationの反対。
Delta 三角州	ある河川の河口部に形成された沖積土の平坦地で、主流が海または湖に到達する前に数本の分水路に分かれる所。
Demand side management (DSM) 需要操作	需要家が何時どの様に電気を使用するかに影響を与えることにより電力消費を減ずるための策。DSMには節電プログラムや電気の使用を真昼から夜間に切り替える意欲を抱かせる仕組みの様なものが含まれる。

Design criteria 設計基準	建築物や機械等について実施ないし建設に関する概要、スケッチまたは設計図の適性に対する判断を導く原則、規則、あるいは標準。
Desorption 脱着	脱着の過程。吸着または吸収の逆により(吸着ないし吸収された物質を)除去すること。
Dike 堤	海食に抗するために、あるいは海水、河川水によって低地が冠水するのを防ぐために設けた畝、盛土、長いマウンドまたはダム。 貯水池の水が所定の境界線を越えて二次的な谷に沿って流れるのを防止するための堤防。
Direct current 直流、DC	電子が連続的に一方向に流れる電流。直流は商業発電、送電、配電系統における特殊な適用に使われる。
Discharge 流量	与えられた時刻に流れている、通常1秒当たりの立方メートルで表す。
Diversion 分水	河川水の一部または全部を他の河川か貯水池に導流する行為。
Drawdown 水位低下(幅／高)	貯水池または天然の湖の水位変動の幅、すなわち高さ。
Drawdown zone, or area 水位低下露頭範囲	低水位の間に露出する貯水池の岸部分。
Drawdown agriculture 露頭範囲農業	低水位の間に露出する貯水池の湖畔部分で行われる季節農業。
Earthfill dam アースダム	堤体積全体の50%以上が締め固め、もしくは圧密した透水性の天然石または碎石より成る盛り立てダム。
Ecological flow	Compensation flow参照。
Ecosystem 生態系	生物(動植物)とそれが生活する物理化学環境(ビオトープ)によって形成される複合域。
Eelgrass アマモ	アマモ科の、水面下の長い葉を有する単子葉の海生植物(ゾステラマリーナ)で特に(マットや帽子のような)編んだ製品に使用される茎を有するもの。
Embankment dam 盛立てダム	掘削した天然材料または廃棄材料で造ったダム。
Energy エネルギー	1.仕事をする力または行動。行うことができる仕事で測る。通常電力エネルギーはキロワット時(kWh)で測る。 2.あるシステムが外部活動を造る能力。
Energy payback ratio エネルギー払い戻し率	発電所がその耐用期間中に生産するエネルギーを、その発電所を構築し、維持し、燃料供給をするのに要するエネルギーで除した率。
Enhancement measure 向上施策	水力計画の影響を直接には受けない現存の環境および社会状況を改善するために用いる施策。かかる施策は計画地域以外で実施されることもある。 Mitigation measure, compensation measure参照。また、サブタスク6報告書を見よ。

Environmental assessment (EA) 環境アセスメント	提案された開発計画とその妥当な代替案による影響の組織的、再現可能、学際的な特定、予測と評価、緩和と管理。
Environmental justice 環境的公正	環境法規の下で全ての人々にとって等しい司法の扱いと等しい保護の追求。この概念は環境影響は一般に社会の誰にも等しくかかるものではないことを認めるものであり、このような不平等な影響を避けようとするものである。
Environmental management system (EMS) 環境管理システム	環境政策を決定、実施、見直すために、組織上の構造、責任、手法、手順、過程を含むシステムを使用した組織的なアプローチ。
Epilimnion 表層温水層	成層状態の湖か貯水池における均一かつより高い温度になっている表層。 hypolimnion(深層冷水層)参照。
Estuary 河口	半ば囲まれた沿岸部水体で陸の影響(淡水の排出)と海の影響(湖、海水)が同時に見られる所。 潮の影響を受ける河口の沿岸線に深い凹部を形成するもの。
Eutrophic 富栄養型の	富栄養化の結果生ずる水塊の。 oligotrophic参照。
Eutrophication 富栄養化	1. 現存の生物学的酸化過程が消費できるより多くの有機物質が造られる過程。 2. 水中エコシステムにおいて高い生産性とバイオマスを生じさせる肥沃化の過程。富栄養化は自然の過程でありうるし、または人間の活動による湖への栄養分負荷の増加によって促進される人為的過程でもありうる。 3. ある水塊の養分増加の過程。進行した状態では水域の厳しい酸素欠乏の原因となる。
Evapotranspiration 蒸発散	地表面から(蒸発)と植物表面から(発散)の空中への水分の消失の合計効果。
Ex-post evaluation 事後評価	事後に注意深く評価し、検討することにより、意義、価値、または状態を判定するために行われ、実施され、作成されるもの。
Externality 外部性	品物またはサービスの価格に含まれていないコストまたは便益。「外部性」はしばしば汚染や他の環境的社会的影響のコストをいう。
Fetch 対岸距離	風がダムに当たる波を起こしうる貯水池水面沿いの最大距離。
Flood control 洪水調節	ダムや堤防を築造し、または河道を改造することで危険を減らすこと。
Flood management 洪水管理	氾濫原の開発の制限、洪水警報システムの設置、市街地や孤立した建物の防御、最も洪水を受けやすい地域を湿地のまま保全することなどにより洪水の危険を減らすこと。

Flood recession agriculture 洪水減退域農業	減退する洪水が残す水分を利用するために雨季の終わりに氾濫原に作物を植える洪水農作技法。
Flood releases 洪水放流	自然の洪水状況をシミュレーションするために貯水池から大量の水を放流すること。
Floodplain 氾濫原	洪水によって水没する平地。
Frazil 針状結氷、晶水	水中に懸垂される氷の細かい針状結晶、板状結晶、平円盤結晶。川や湖では過冷却された乱流に生じる。
Freshet 出水	小川の水の大きな上昇、または急な溢水で、通常はその川の最上流の高地における強い雨または急激に溶ける雪によるもの。
Fry 稚魚	孵化したばかりの、成長が不完全な魚で、養分はまだその卵黄嚢に頼っており、まだ巣に住みまたは水底で活動しないままにいるもの。
Gabion 蛇籠	土や石を積める円筒状の籠で土木に使用される。
Genco ゲンコ、ジェンコ	業界の垂直分割によって出来る発電専門の電気会社。
Generation 発電	他の形のエネルギーから電気エネルギーを生産する行為または過程。その様に生産した電気エネルギーの量をも言う。
Generator 発電機	機械エネルギーを電気エネルギーにかえる機械。
Gravity dam 重力ダム	安定性をその重さに頼るコンクリートまたは石積みで構築したダム。
Greenhouse gases (GHGs) 温室効果ガス	地球大気に太陽の熱を捕らえ、温室効果を生じさせるガス。主要な二つの温室効果ガスは水蒸気 (H ₂ O) と炭酸ガス (CO ₂) である。他の GHG としてはメタン (CH ₄)、オゾン (O ₃)、クロロフルオロ炭素 (CFC)、および酸化窒素 (NO _x) がある。人間起因 GHG は人間の活動によって発生する排出物である。
Groundwater 地下水	飽和した土壌や岩石に含まれる地表面下の水。
Head pond ヘッドポンド(取水庭)	流れ込み式ダムの背後にある貯水池。
Head 落差	1. タービンの上の貯水池内の水の鉛直方向の高さ。落差が大きいほど重力によってタービンに掛かる力が大きい。 2. 二つの水面標高間の差。
Headbay ヘッドベイ(取水庭)	ダムまたは水力発電所取水構造物の直上流の湛水域。この語は全ての水力(貯水式、流れ込み式、揚水式)に適用できる。
Hydroelectric 水力発電	落下する水の重力を利用しての電力の生産。

Hydrological cycle 水文サイクル	陸地、海、または他の水面と大気との間の連続的な水の交換。
Hydrometric networks 水文観測網	河川流量、湖水位、堆砂データ等を測定する数箇の測定所に基づく水データ収集網。
Hypolimnion 深層冷水層	成層状態の湖か貯水池における均一かつ低い温度の深層。 Epilimnion参照。
Impact management plan 環境管理計画	環境アセスメントに基づく緩和、監視、管理要件の概要を示す環境管理計画。
Impact monitoring 影響監視	プロジェクトが建設され、運用された後に変化すると考えられる環境/社会/保健上の事項の監視。
Impounding 貯水	ダム築造によって水を貯蔵すること。
Independent system operator (ISO) 独立系統オペレーター	電力系統の瞬間的なバランスを維持する責任を有する中立のオペレーター。ISOは負荷が系統の中で使用できる電源と一致するよう幾つかのプラントからの送電を制御してその機能を果たす。
Initial environmental evaluation / examination 予備的環境影響評価/検査	ある行為から生ずる影響の種類に関する簡潔な予備的評価が含まれる報告書。しばしば提案が本格的なEIAを受けるべきかどうかを計るための選別プロセスとして用いられる。
Integrated resource planning (IRP) 総合資源プランニング	DMSはもとより代替供給資源も含めて、需要を満たすため知られている全ての資源を考慮してエネルギーサービスを提供するコストを最小限化することを目標とするプランニングの過程。
Kaplan turbine カプランタービン(水車)	ピッチが調節可能な羽根を数枚有するタイプの水車。この水車は羽根への流体の流れの角度を調節するためゲートを有することがある。
Kilowatt (kW) キロワット	電力の単位で1,000ワットに等しい。(約1.3馬力に等しい)
Kilowatt-hour (kWh) キロワット時	電力1キロワットを1時間使用するに等しい電気エネルギーの基本単位。
Lacustrine 湖の(湖水の)	湖の、に関する、に出来た(の中で形成された)、に生息する、に生えている。
Large dam 大ダム	ICOLD World Register of Dams(ICOLD世界ダム台帳)掲載の目的上、大ダムは高さが(ダム基礎の最低部から頂上まで測って)15mより大きいか、高さが10m～15mで次の条件の何れか1つが該当するもの: a)ダム頂長が500m以上;b)ダムによって形成される貯水池の容量が200万m ³ 以上;c)ダムが処理する最大洪水量が200m ³ /s以上;d)ダム基礎に特に困難な問題があった;e)ダムが特異な設計のものと定義される。
Lentic environment 静水環境	湖、池、沼の様な静止した水域。

Level of service (of power plants) (発電所の)サービス水準	所用の品質基準内で需要のパターンを満足させるある発電方式の能力。
Limnology 陸水学	(湖等)淡水圏の科学的検討。
Lining ライニング(覆工、巻立て)	運河、トンネル、シャフト(立坑)に対して、アスファルトコンクリートや鉄筋コンクリートのコーティングにより、水密性を高める、浸食を防ぐ、または摩擦を減少させるもの。
Live storage 有効貯水量	Active storage参照。
Load 負荷	供給された電力やエネルギー、またはあるシステムにおける特定のポイント(数ポイント)で要求される電力。 負荷は主として顧客のエネルギー消費設備によって生じる。
Local distribution company 地域配電会社	電気、天然ガスまたは水などの商品のために地域の配送ネットワークを所有し、運用する公共事業体。別の一般的な用語はDiscoである。
Loess レス(黄土)	風によって堆積されたシルト、または細粒化土壌。これらは非塑性もしくは微少塑性であり、気乾のときにはほとんどもしくは全く強度を示さない。
Lotic environment 流水環境	川や小川のように流れている水。
Macroinvertebrates 大型無脊椎動物	肉眼で見ることができる脊椎のない水生生物。通常、Macroinvertebratesは岩石の下、または、底部で生活している。ほとんどのmacroinvertebratesは、カワゲラの亜成虫、カゲロウの亜成虫、トンボの亜成虫およびユスリカの幼虫などの水生昆虫もしくは水生段階の昆虫である。また、カタツムリ、二枚貝および水生の足のない虫(worms)を含む。
Macrophyte (肉眼で見える大きさの) 水生生物	特に水域中の肉眼で見える植物の一種。
Magnitude マグニチュード	観測場所に関係なく一定の地震の格付け。これは地震計における測定によって計算され、普通の数と小数で対数のスケールに基づき適切に言い表される。
Marginal cost 限界費用	次の(マージナル)キロワット-時の電気を供給するための電力会社の費用。負債の利息等の固定債務はマージナル費用に含まれない。
Megawatt (MW) メガワット(MW)	1メガワットは100万ワット、電力の単位である。
Megawatt-hour (MWh) メガワット-時(MWh)	電力1メガワットを1時間使用するに等しい電気エネルギーの単位。ギガワット-時(GWh)とテラワット-時(TWh)は10億ワットと1兆ワットを1時間使用する電力。

Mitigation measure 緩和策	影響を与える根源を取り除くかその強度を最適なあるいは許容できる程度まで減少させること。これらの方法は、水力発電開発現場もしくは影響を直接被るであろう範囲に適用される。 Compensation measure、Enhancement measure、ST6報告書参照。
Modernization 近代化	より近代的な材料と技術を使用することによって、プラントの実用性を改善するのを目的とする改新活動。
Oligotrophic 貧栄養の	植物栄養物の不足。特に、溶存酸素量の過多-貧栄養水塊。
Off-peak hours オフピーク時間	真夜中のように、供給者の指定する、比較的電力需要の低い時間帯。
Parr サケの幼魚	活発に淡水で餌を食べている若いサケ。
Peak load ピーク負荷	ある一定時間の最大の電力需要量。一定時間内における最大瞬時負荷もしくは最大平均負荷。
Peak power ピーク電力	需要が最も多い時に供給される電力。
Pelton turbine ペルトン水車	水がノズルを通して、ランナー、すなわちホイールの周辺に設置されたカップに当たりそれによってランナーを回転させ、機械エネルギーを発生させる衝撃式水力タービンの型式。ランナーはシャフトに固定されて、タービンの回転の運動は発電機へシャフトによって伝えられる。一般に、高落差、小流量利用に用いられる。
Penstock 水圧管路	水力発電所のタービンに貯水池からの水を運ぶのに用いる導管。
Periphyton 付着藻類	水に浸かっている植物や物に付着して生きる有機体。
Photic 光が透過する	特に太陽の光によって貫かれること。
Photovoltaic 太陽光(発電)	半導体材料への太陽光放射効果により、太陽光を電気エネルギーへの直接的な変換。
Physiography 自然地理学	一般の自然および自然現象を述べたもの。
Phytoplankton 植物プランクトン	浮遊生物的な植物生命体。
Pisciculture 養魚法	人工的な手法による魚の養殖、飼育、移植(fish farming、養魚)。
Plant factor プラント利用効率	発電所が1年にわたって実際に発電した電力量とその理論上の最大容量の比率。パーセンテージであらわされる。 例えば、プラント効率が50%というのは、タービンが365日24時間最適な効率で動いているならば、理論的に発電できる電力量の半分をその

プラントは発電したということを示している。

Pondage-type hydropower 調整池式水力発電	少しの貯水容量をもつ流れ込み式発電所。
Power exchange 電力交換	経済的な送電を行うために発電をプールして、スポット価格を決定する役目を担うもの。電力システムのアンシラリーサービス(ancillary service)を同時に提供する。一般的な名称はPoolcoである。
Power 電力	発電された、送電された、使用された電気エネルギーのこと; 通常、キロワットかメガワットで言い表される。
Powerhouse 発電所	水車と発電機を収容する水力発電用の建物や地下空洞。
Primary energy 一次エネルギー	他のエネルギー形態に変えられていない天然に賦存するエネルギーのこと。(原油、天然ガス、ウラン、石炭など)
Pumped-storage plant 揚水発電所	オフピーク期間に貯水池にポンプでくみ上げられた水を使って、ピーク負荷に対応するために発電する水力発電プラント
Refurbishment 改装	何かをその始めの状態に戻す活動。一般に、改装は閉鎖すべきプラントを新品状態に復元することをねらいとし、現行の保守費用を減らし、一定の期間、典型的には25年から50年プラント寿命を引き伸ばす目的がある。
Regional environmental assessment (REA) 地域環境アセスメント	比較的広い地理的な地域における、多分野にまたがるプログラム、多目的プロジェクトや開発政策と計画によって起こり得る影響を調査する環境評価手順のこと。
Regulated river 調節河川	自然の流れかたがダムやダム群によって変えられている川のこと。
Rehabilitation リハビリテーション	運転寿命の終わりに近づいた既存の水車発電装置を取り替えるかもしくは復活させる目的を持った活動。
Relicensing 再許可	ある国(アメリカなど)では、水力発電設備を運転するための許可は、一般的にプラントの使用壽命(30~50年)に近い、ある期間後に更新されなければならない。したがって、再許可は新しい許可を得るための手続きである。その手続きは実際には最初の許可手続きと同じである。許可機関の発行する許可証には、被許可者が、その許可書内容を有効に守るために従うなければならない期間と条件(許可項目)が示されている。これらの条件は工学、安全、経済、および環境事項を含む。例えば、それらは、水質モニタリング、野生生物生息地の保全、公共の安全計画、侵食制御計画、技術設計図面および仕様のための要件を含むことがある。
Renewable resource 再生可能資源	本来、絶え間なくあるいは周期的に自然によって再生される電源。太陽熱、風力、水力、地熱、バイオマス、または類似のエネルギー源を利用する資源。

Reserve capacity 供給予備力	予期されない電力需要を満たすために用いられる、もしくは通常の発電電源が使えないときに発電するための発電能力のこと。
Reservoir area 湛水区域	水力発電所で使う水を貯えるために陸域、湿地や流水域を湛水域に変えられた領域。川岸の範囲を含む。
Reservoir storage 貯水容量	与えられた時間における貯水池内の水量。
Retail competition 小売競争	末端電力消費者に競合する電力生産者達と直接契約することを許可すること。
Riparian 水辺の	川の中、上もしくは湖畔、川岸、湖岸等に関するもの。
Riprap 割栗基礎、捨て石	波浪や氷による被害から保護するためにフィルダムの上流側斜面 ^o や貯水池湖岸、水路の側面に不揃いに配置した大きな石、碎石、プレキャストブロックの層。
Risk assessment リスク評価	有害な出来事の頻度と重大度を見積もって、マネジメントに役立つ形にして結果を表示する評価手法。
River diversion 川の分流	Diversion参照
Riverine ecosystem 川(辺)の生態系	川とその氾濫原において生物学的・環境的影響をもたらす区域。
Run-off 流出量	土壤に浸透するよりは河川に流出する降水量。
Salinization 塩分集積	有害なレベルに達する程度に土中や水中に塩分が蓄積すること。
Scoping スコーピング	環境影響評価にあたって最も重要となり調査を必要とするであろう影響を確認するための早い段階で開かれた活動。スコーピングの結果は、環境影響評価のための委任事項を準備するのによく使用される。
Screening スクリーニング	行われるべきアセスメントの内容のレベルにしたがって、計画案を分類するために行われる準備的な作業。
Secondary energy 二次エネルギー	一次エネルギーの転換プロセス(例えば、精製、ガス化、液化、発電等)からの派生物(例えば、モーターガソリン、重油、LPG、電気、炭など)のエネルギー。
Sectoral environmental assessment 部門別環境評価	一つの特定の経済分野(例えば、エネルギー、輸送、健康など)全体に適用される環境影響評価であり、そこでは分野全体にわたるプログラム、多目的プロジェクトや開発方針、それと計画によって生じ得る影響を調査する。
Sediment flushing 排砂	貯水池を一時的に低水位にし、流速を速めて、貯水池底に蓄積された堆積物を排出できるようにする貯水池の運用方法。

Sediment load 流送土砂	川の流れによって運ばれた土砂量。
Sediment sluicing 排砂	洪水時期の開始時期に、貯水池を低水位にし、貯水池内の流速を早め、貯水池の土砂捕捉能力を減らすための貯水池運用方法。
Sediment 堆積物	水や空気によって輸送されたか、堆積させられた鉱物や有機物のこと。
Seismic intensity 震度	叙述的な階級を用い経験を積んだ観測者によって、指定された場所にて振動の程度を主観的に測定したもの。
Siltation シルテーション	シルトでいっぱいになる、もしくはふさがれること。
Sluice 水門	水の流れを止めるもしくは調節するためのゲートをもった構造物。
Spillway 洪水吐	洪水流を越流もしくは流出によって放流する構造物。
Storage reservoirs 貯水池	高流入量期間（春先の融雪水、台風など）に水を貯留するための容量を保有している池。貯留水は、多目的用途－発電、魚の通過、灌漑、および航行－のために必要に応じて放出される。
Stranded cost 回収不能コスト	新発電方式の市場価格は在来発電所のコストより低いことから、競合する電力市場において回収されないリスクを持つ電気事業者のコスト。
Strategic environmental assessment (SEA) 戦略的環境評価	提案された政策、プログラムおよび計画によって起こる見込みのある影響を調査する環境評価手順。典型的には、政府や法人の政策作成に適用される。
Tailbay テイルベイ	Afterbay参照。
Tailrace 放水路	水車を通った水を川に放水するためのパイプもしくは水路。
Tailwater テイルウォーター	水力発電所の直下流、自然の流れの中の水。
Terms of reference (TOR) 委任事項	環境影響評価の実施、所要の協議、取得すべきデータ、環境影響評価報告書の形式と内容を決定する書面による必要事項。しばしば、Scopingの成果として作成される。
Thermal power plant 火力発電所	発電機を動かすために熱を使用する設備。熱は石炭、油、天然ガス、バイオマスまたは他の燃料を燃やすことによって、もしくは核分裂によって、さらには太陽熱や地熱によって供給される。
Thermal stratification 温度成層	深い湖では、垂直方向の水温変化があり、よって密度変化のために、明瞭な水の層形成が見られる。
Topsoil	草木が成長することができる表層の土。

表土

Transco
トランスコ

送電に関係する電気会社の一般名称。別の名称はGridcoである。

Transmission grid
送電網

供給箇所と需要箇所の間において大量の電気エネルギーを輸送するための送電線と関連設備が相互に連結されたシステム。

Trophic level
栄養段階

食物連鎖、または、食物網において物質やエネルギーが動くレベル。

Turbid
濁り

水域において：堆積物で濁っているか、または不透明のこと。

Turbine
タービン、水車

流下している水などの動く流体の運動エネルギーを、付属される発電機によって電力に変えられる力学的なパワーに変換する機械。

Upgrading
再開発、グレードアップ

プラントの生産性を改良するのを目的とする改造。

Uprating
出力増強

プラント出力 (kWh) の増加を得ることを目的とする改造。

Utility
公益事業体

電力会社のような、公益事業を行い、特別に政府の規制をうけるビジネス組織。

Utilization factor
設備利用率

plant factor参照。

Water retention time
水の滞留時間

貯水池内の水の理論上の滞留時間。水が貯水池にとどまっている期間。
また、水が入れ替わる時間 (water renewal time)。

Water table
地下水面

地下水の上面の水位。

Waterlogging
浸水している、水浸しの

水分によって土が飽和していること。

Watershed
流域

ある川によって排水される区域 (流域)

Watt-hour
ワット-時間

1時間にわたって1ワットのエネルギー (Wh) の仕事を示す単位。

1キロワット時間 (kWh) は1,000ワット時に等しい。1ギガワット時 (GWh) は100万ワット時に等しい。1テラワット時 (TWh) は10億ワット時に等しい。

Watt
ワット

電力の基本的な単位。
1キロワット (kW) は1,000ワットに等しい。1ギガワット (GW) が100万ワットに等しい。1テラワット (TW) は10億ワットに等しい。

Weir
堰

低いダムもしくは上流の水位を上昇させるために流れの方向を横切った仕切り(壁)。
非制御であるときには、固定堰とよぶ。

流量を測定するために水路の流れを横切って設けられた構造物。しばしば、測定堰 (Measuring weir, gauging weir) と記述される。堰のタイプは広頂堰 (長頂堰)、刃形堰、潜り堰、洗い堰などが含まれる。

Wetland
湿地

季節的、断続的または永久に水を湛えている陸域。

Wholesale competition
卸売りの競争

買い手が地域の配電会社のような、卸売り会社である競合している電力市場のこと。

Zooplankton
動物プランクトン

動物で構成されるプランクトン。

参考文献

- Bisset, R. 1996. *Environmental Impact Assessment Issues, Trends and Practice*. Prepared for the United Nations Environment Programme (UNEP) under the guidance and technical support of the UNEP International Working Group on EIA.
- CSIRO. 1997-1998. *Monitoring the Extent of Waterlogging*.
[<http://hunter.nsw.cmis.csiro.au/rsm/research/flyers/water/water.html>]
- FERC (Federal Energy Regulatory Commission). 1998. *Water Power: Use and Regulation of a Renewable Resource*.
[<http://www.ferc.fed.us/hydro/docs/waterpwr.htm>]
- Government of Alberta. 1997. *Alberta's water resource*. [http://www.gov.ab.ca/env/water/water_overview.html]
- Hydro-Québec. 1993. *Grande-Baleine Complex. Feasibility Study. Part 8: Glossary and Bibliography*. Montréal, CA, Hydro-Québec, 311 p.
- IADB / OLADE. 1994. *Guide for Assessing the Environmental Impact of Hydropower Stations*. Quito, EC, 162 p.
- International Electrotechnical Commission, Group 25 Generation, Transmission and Distribution of Electrical Energy. 1965. *Industrial Electrotechnical Vocabulary*. 2nd ed. Geneva, Central Office of the IEC.
- International Energy Agency. *The International Energy Agency Implementing Agreement for Hydropower Technologies and Programmes. Hydropower: A Key to Prosperity in the Growing World*. Paris, FR, IEA, 12 p.
- International Trade Centre. 1992. *Rehabilitating Hydropower Sites in the United States: Site Inventory and Legalities*. Final Report prepared for Hydro-Québec International. Montreal, CA.
- McCully, P. 1996. *Silenced Rivers. The Ecology and Politics of Large Dams*. London, UK, Zed Books, 350 p.
- Merriam Webster Dictionary. 2000. <http://www.m-w.com/home.htm>.
- Oregon Department of Energy. 1995. *The Bioenergy Glossary*.
[http://rredc.nrel.gov/biomass/states/bio_glossary/glossary.html]
- Pfafflin J.R., Ziegler, E.N. 1995. *Encyclopedia of Environmental Science and Engineering*. 3rd ed. revised and updated. Philadelphia, NY, Gordon and Breach Science Publishers, 2 vol.
- Public Power Council. 1995. *Glossary of Terms, Agencies, Laws, and Organization*, in web site of FWWE (The Foundation for Water and Energy Education) [<http://www.fwwe.org/h-glossary.html>]
- Random House Unabridged Dictionary*. 2nd ed. New York, Random House, 1993.
- The Government of Canada linguistic data bank.
- The Environmental Information Network. 1998. *Macroinvertebrates*.
[<http://www.orchard.org/ein/docs/waterstream/macroinv.htm>]
- United Nations Environment Programme (UNEP). 1996. *Environmental Impact Assessment: Training Resource Manual*. Prepared by Environment Protection Agency. Canberra, AU, UNEP.
- U.S. Bureau of Reclamation. 1998. *Glossary of Terms [Concrete dams]* [<http://www.usbr.gov/cdams/glossary.html>]
- U.S. Department of Energy. 1998. *Glossary of Energy Terms; Energy Efficiency and Renewable Energy Network (EREN)* [<http://www.eren.doe.gov/consumerinfo/glossary.html>]
- U.S. EPA Great Lakes National Program Office / Government of Canada. 1995. *Glossary*, in *The Great Lakes: An Environmental Atlas and Resource Book*. 3rd ed. [<http://www.epa.gov/grtlakes/atlas/glat-app.html>]

U.S. General Services Administration. 1998. *Environmental Justice and NEPA: Environmental Justice and Environmental Impact Assessments: Factsheet*. [http://www.gsa.gov/pbs/pt/call-in/factsheet/0298b/02_98_3.htm]

Whittaker, K. and Topham, H. 1991. “Refurbishment of Hydropower Plants”, in *International Power Generation Magazine*.

World Bank. 1996. *Environmental Management for Power Development*.
<http://www.worldbank.org/html/fpd/em/power/EA/methods/toolglos.stm>

World Energy Council. 1992. *Energy Dictionary*. Paris, Jouve.

付録 - B

略語

付録-B: 略語

ADB	Asian Development Bank
BOT	Build, operate and transfer
BOOT	Build, own, operate and transfer
CFRD	Concrete-faced rockfill dam
CAD	Computer-Aided Design
CI	Cumulative impact
CIA	Cumulative impact assessment
DSM	Demand-side management
EA	Environmental Assessment
EIA	Environmental Impact Assessment
EMS	Environmental Management System
GHG	Greenhouse gas
GIS	Geographic information system
HVCD	High voltage direct current
ICOLD	The International Commission on Large Dams
IEA	International Energy Agency
IHA	International Hydropower Association
IPP	Independent power producer
ISO	International Standards Organisation
ISO	Independent System Operator
IUCN	The World Conservation Union
LCA	Life-cycle analysis
LDC	Less-developed countries
NGO	Non-governmental organization
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
PM10	Particulate Matter 10 microns or less
PV	Photovoltaic
POE	Panel of experts
R&R	Resettlement and Rehabilitation
RA	Risk assessment
REA	Regional Environmental Assessment
RCC	Roller compacted concrete dam
SEA	Strategic Environmental Assessment
SIA	Social Impact Assessment
SMES	Super magnetic energy storage

<環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン>

TOR	Terms of Reference
US EIA	United States Energy Information Administration
WCD	World Commission on Dams
WEC	World Energy Council

付録 - C

参加者および協力者

サブタスク 5 – 本編

序文

Main author: Joseph Milewski

Major contributions from Jean-Étienne Klimpt, Frans Koch, Vincent Roquet and Tor Ziegler

第1章 水力計画の分類

Main authors: Joseph Milewski and Karin Seelos

Major contributions from 安芸 周一, Jean-Étienne Klimpt and 宮永 洋一

第2章 水力開発の傾向

Main author: Engelbert Oud

Major contribution from Joseph Milewski

第3章 電源別の比較環境分析

Main authors: Luc Gagnon and Camille Bélanger

Major contributions from Björn Svensson and 内山 洋司

第4章 最も効果的な影響緩和策についての考察

Main authors: Serge Trussart, Danielle Messier, Gaëtan Hayeur and Vincent Roquet

第5章 倫理的考慮事項

Main author: Louise Roy

Major contributions from Dominique Egré, Luc Gagnon, Jean-Étienne Klimpt, Frans Koch, Joseph Milewski

第6章 法律と規制の枠組み

Main author: Gilles G. Bérubé

Major contributions from Hélène V. Gagnon, André Durocher, Karin Seelos and Céline Cusson

第7章 総括と勧告

Main authors: Jean-Étienne Klimpt, Joseph Milewski, Martin Pérusse and Vincent Roquet

Major contributions from all Annex III participants

IEA – Annex III Organization

Operating Agent:

Husebye, Sverre	1995-2000	Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), Norway
-----------------	-----------	--

Secretary:

Taasen, Jens Petter	1997-2000	Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), Norway
---------------------	-----------	--

Fagerlund, Kirsti H.	1995-1997	Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), Norway
----------------------	-----------	--

National representatives:

Hayeur, Gaëtan	1995-1997	Hydro Quebec, Canada
----------------	-----------	----------------------

Klimpt, Jean-Etienne	1997-2000	Hydro Quebec, Canada
----------------------	-----------	----------------------

Kaikkonen, Raimo	1996-2000	Kemijoki Oy, Finland
------------------	-----------	----------------------

安芸周一	1995-2000	(財)電力中央研究所, 日本
------	-----------	----------------

Husebye, Sverre	1995-2000	Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE), Norway
-----------------	-----------	--

Rivero, Crisitna	1995-2000	UNESA, Spain
------------------	-----------	--------------

Svensson, Björn	1995-2000	Vattenfall Hydropower AB, Sweden
-----------------	-----------	----------------------------------

Young, Christopher	1995-1997	Ontario Hydro, Canada
--------------------	-----------	-----------------------

Tomasino, Mario	1995-1997	ENEL, Italy
-----------------	-----------	-------------

Corral, Jose del	1995-1998	Hidroelectrica Catalonia, Spain
------------------	-----------	---------------------------------

Subtask leaders

ST1	Survey of the Environmental and Social Impacts and the Effectiveness of Mitigation Measures in Hydropower Development		
	Taasen, Jens Petter	1997-2000	Norway
	Fagerlund, Kirsti H.	1995-1997	Norway
ST2	Creation of an International Information Data Base Comprising Environmental and Social Impacts, the Effect of Mitigation Measures and the Licensing Procedures Related to World Wide Experience of Hydropower Development (Closed down in 1997, database included in ST1)		
	Young, Christopher	1995-1997	Canada
	Yu, Margaret S.	1997	Canada
ST3	Environmental and Health Impacts of Electricity Generation		
	Svensson, Björn		Sweden
ST4	Survey of Existing Guidelines, Legislative framework and Standard Procedures for EA of Hydropower Projects		
	Rivero, Cristina		Spain
	Corral, Jose del		Spain
ST5	Hydropower and the Environment: Present Context and Guidelines for Future Action		
	Klimpt, Jean-Étienne		Canada
ST6	Hydropower and the Environment: Efficiency of Mitigation Measures		
	Trussart, Serge		Canada

Activity list Annex III:

Expert meetings and workshops

March 1995 – Montreal, Canada : **18 participants**

October 1995 – Rome, Italy: **18 participants**

Presentation of projects that could be serving as examples in the questionnaire. Each country presented actual cases.

February 1996 – Stockholm , Sweden: **16 participants**

October 1996 – Madrid, Spain: **19 participants**

Presentations

Review of the national/provincial legislation in:

Canada	Young, Christopher	Ontario Hydro
Finland	Kaikkonen, Raimo	Kemijoki Oy
Italy	Tomasino, Mario	ENEL
日本	安芸周一	(財)電力中央研究所
Nepal	Sudesh, Kumar Malla	Energy Development Centre
Norway	Flatby, Rune	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Spain	Rivero, Cristina	UNESA
Sweden	Svennson, Björn	Vattenfall Hydropower AB

General papers:

Kjørven, Olav, World Bank :Environmental Assessment at the World Bank: Requirements, Experience and Future Directions

Haagensen, Kjell, Statkraft: IEA program: Hydro Power and the Environment

April 1997 – 東京、日本: **21 participants**

Presentations

Sumitro, Sasmito, Indonesia: The Saguling Hydro Power Electric and Environment Aspects

Manolom, Somboune, Laos : Hydropower and the Environment Lao PDR

Benito, Francisco A., Philippines: Hydropower Development and the Environmental Impact System in the Philippines

Xayen, Nguyen, K. X., Vietnam: Brief Review on Hydropwer situations in Vietnam

October 1997 – Venice, Italy: **21 participants**

March 1998 – Rovaniemi, Finland: **20 participants**

October 1998 – Manila, Philippines: **28 participants**

Presentations

Merdeka, Sebayang, Indonesia: Environmetnal Aspects on Hydropower Development in Indonesia

Boungnong, Chanchaveng, Laos PDR: Socio-Environmental Impact Assessment of the Nam Ngiep 1 Hydroelectric Project

Marasigan, Mario C., Philippines: Status of Mini-Hydropower Development in the Philippines

Delizo, Tito D., Philippines: Tapping Private Sector for Small and Medium hydroelectricpower Plants in the Philippines

March 1999 – Madrid, Spain: **25 participants**

November 1999 – Paris, France: **19 participants**

Technical Seminar

Presentations

Gagnon, Luc & Bélanger, Camille, Canada: Windpower: More Renewable than Hydropower?
 Goodland, Robert, World Bank: What Factors Indicate the Future Role of Hydro in the Power Sector Mix?
 Environmental Sustainability in hydroprojects.
 Henderson, Judy, South Africa: WCD-Strategy and Objectives
 Husebye, Sverre, Norway: Status and Progress of the IEA-Annex III Work
 Marasigan, Mario C., Philippines: Philippine Perspective: Hydropower and Rural Electrification
 中村 俊六, 日本: Recent River Ecosystem Conservation Efforts Downstream of Power Dams in a Densely
 Populated and Highly Industrialized Country: Japan
 Oud, Engelbert, Germany: Planning of Hydro Projects
 Roy, Louise, Canada: Ethical Issues and Dilemmas
 Svensson, Björn, Sweden: A Life Cycle Perspective on Hydroelectric and Other Power Plants
 内山 洋司, 日本: Life Cycle Assessment For Comparison of Different Power Generating Systems
 Pineiro, S.J.L., Spain: El libro blanco del agua en España

Subtask Leader meetings

July 1998 – Montreal, Canada

September 1999 – Montreal, Canada

Participants at the Annex III Expert meetings, Workshops and Technical Seminar (1995-2000):

Canada	Adams, Ken	Manitoba Hydro
Canada	Baillard, Dominique	Hydro Quebec
Canada	Egré, Dominique	Hydro Québec
Canada	Gagnon, Luc	Hydro Québec
Canada	Guertin, Gaétan	Hydro Québec
Canada	Hayeur, Gaétan	Hydro Québec
Canada	Howard, M. Charles D.D.	Charles Howard and Associates Ltd
Canada	Kingsley, Tony	Canadian Electrical Association
Canada	Klimpt, Jean-Étienne	Hydro Québec
Canada	Koch, Frans	IEA-Hydropower Agreement
Canada	Lee, Walter	Engineering & Technical Support
Canada	Messier, Danielle	Hydro Québec
Canada	Milewski, Joseph	Hydro Québec
Canada	Oud, Engelbert	Lahmeyer
Canada	Roquet, Vincent	VR Associates Inc.
Canada	Rowsell, Jim	Ontario Hydro
Canada	Roy, Louise	Consensus Inc.
Canada	Trussart, Serge	Hydro Québec
Canada	Young, Chris	Ontario Hydro
Canada	Yu, Margaret S.	Ontario Hydro
Canada	Zbigniewics, Halina	Manitoba Hydro
Ethiopia	Gunjo, Wakgari	Ministry of Mines and Energy
Ethiopia	Shenkut, Gebresemayat	Ministry of Mines and Energy
Finland	Aula, Antti	Kemijoki Oy
Finland	Huttunen, Arja	Arctic Centre (Rovaniemi)
Finland	Hyvönen, Matti	Lapin Ympäristökeskus
Finland	Kaikkonen, Raimo	Kemijoki Oy
Finland	Nuutinen, Jaana	Kemijoki Oy

＜環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン＞

Finland	Puranen, Hannu	Kemijoki Oy
Finland	Soimakallio, Helena	FINERGY
France	Skeer, Jeffrey	IEA International Agency
Indonesia	Sasmito, Sumitro	Department Pertambangan Dan Energi R.I., Direktorat Jenderal Listrik Dan Pengembangan Energi
Indonesia	Sebayang, Merdeka	Department Pertambangan Dan Energi R.I., Direktorat Jenderal Listrik Dan Pengembangan Energi
Italy	Linari, Antonio	ENEL
Italy	Moretti, Alessandro	ENEL
Italy	Saccardo, Italo	ENEL
Italy	Tomasino, Mario	ENEL
Italy	Valle, Francesco Dalla	ENEL
日本	村上 省一	(財)新エネルギー財団
日本	安芸 周一	(財)電力中央研究所
日本	内山 洋司	(財)電力中央研究所
日本	宮永 洋一	(財)電力中央研究所
日本	中村 俊六	豊橋技術科学大学
日本	大河原 透	(財)電力中央研究所
日本	橋本 純	電源開発株式会社
日本	中畑 剛志	電源開発株式会社
日本	高野 準	北海道電力株式会社
日本	西脇 芳文	東京電力株式会社
日本	小野山 紀一郎	電源開発株式会社
日本	馬場 恭平	(株)ケイ馬場エンジニアリング コンサルタンツ
日本	田中 享	(財)新エネルギー財団
日本	菅野 茂	(財)新エネルギー財団
日本	内河 聖明	(財)新エネルギー財団
日本	三宮 千加	(株)開発設計コンサルタント
日本	前田 弓子	(株)開発設計コンサルタント
Laos PDR	Boungnong, Chansaveng	Ministry of Industry-Handicraft, Department of Electricity, Hydropower Office
Laos PDR	Manolom, Somboune	Ministry of Industry-Handicraft, Department of Electricity, Hydropower Office
Nepal	Sudesh, Kumar Malla	Energy Development Centre
Norway	Bjørnå, Kjell O.	Norwegian water resources and energy directorate
Norway	Brittain, John	Norwegian water resources and energy directorate
Norway	Båtvik, Svein T.	Directorate of Nature Management
Norway	Erlandsen, Arne	Norwegian Electricity Association (ENFO)
Norway	Fagerlund, Kirsti	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Norway	Faugli, Per E.	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Norway	Flatby, Rune	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Norway	Hermansen, Geir	Ministry of Oil and Energy (OED)
Norway	Hesselberg, Jan	University of Oslo, Institute of Social Geography
Norway	Husebye, Sverre	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Norway	Haagensen, Kjell	Statkraft
Norway	Riise, Ulf	Norwegian Electricity Association
Norway	Torblaa, Eivind	Norwegian Electricity Association
Norway	Taasen, Jens P.	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Norway	Østhagen, Håvard	Norwegian Water Resources and Energy Directorate
Norway	Øvstedal, Jarle	Norwegian Water Resources and Energy Directorate

付録-C 参加者および協力者

Philippines	Benito, Francisco A.	Department of Energy (DOE)
Philippines	Cabazor, Ramon D.	Department of Energy
Philippines	Delizo, Tito D.	National Power Corporation
Philippines	Marasigan, Mario, C.	Department of Energy
Philippines	Morante, Jennifer L.	Department of Energy
Philippines	Rayos, Alex H.	Department of Energy
Philippines	Salvania, Rey V.	Department of Energy
Philippines	Sargento, Ronnie, N.	Department of Energy
Philippines	Zabala, Arnulfo M.	Department of Energy
Spain	Alonso, Miguel	Limnos
Spain	Alvaro, Jose A.	Iberdrola
Spain	Bailly-Bailliere, Enrique	Ministério de Medio Ambiente
Spain	Borrego, Margarita	UNESA
Spain	Corregidor, David	UNESA
Spain	Cortés, Hernán	ENDESA
Spain	Del Corral, J. Miguel	Hidroeléctrica de Cataluna-1, S.A.
Spain	Diaz Pineda, Francisco	University Complutense of Madrid
Spain	Lopez Marinez, Javier	Ministry of Industry and Energy
Spain	Palau, Antonio	University of Lérida
Spain	Piñeiro, Santiago J.L.	Ministério de Medio Ambiente
Spain	Plaza, Vicente	UNESA
Spain	Rivero, Cristina	UNESA
Spain	Sabater, Juan	ENDESA
Sweden	Brandel, Magnus	Svenska Kraftverksföreningen
Sweden	Brink, Björn	Svenska Kommunförbundet
Sweden	Leckström, Rogert	Svenska Kommunförbundet
Sweden	Malmkvist, Maria	Swedish National Energy Administration
Sweden	Stahl, Carl-Ivar	Swedish National Energy Administration
Sweden	Svensson, Björn	Vattenfall Hydropower AB
UK	Taylor, Richard M.	International Hydropower Association
USA	Galbreth, Tim	Tennessee Valley Authority
USA	Sullivan, Charles	Electric Power Research Institute, California
Vietnam	Xayen, Nguyen Kim	Technology, Environment and Computer Center – Electricity of Vietnam
	Goodland, Robert	World Bank
	Kjørven, Olav	World Bank
	Ziegler, Tor	World Bank
	Henderson, Judy	World Commission on Dams
	Haas, Larry	World Commission on Dams
	Skinner, Jamie	World Commission on Dams

付録 - D

物理・化学の影響

付録-D：物理・化学的環境

目 次

第1章	検討対象となる開発計画の種類と位置	D-3
1.1	流況	D-3
1.2	貯水池による流況の改変	D-5
第2章	河川流量調節が流況に及ぼす影響	D-6
2.1	複数年にわたる運用サイクルをもつ貯水池	D-6
2.2	季節的運用サイクルをもつ貯水池	D-6
2.3	日間・時間的な運用サイクルをもつ貯水池	D-6
2.4	その他の種類の水力発電所	D-6
2.5	流域または河流の分流	D-7
第3章	水理特性	D-7
第4章	侵食と堆積	D-8
4.1	堆積のプロセス	D-8
4.2	流砂のバランスに対するダムの影響	D-9
第5章	誘発地震活動	D-10
第6章	気象条件	D-12
6.1	温度	D-12
6.2	風	D-12
6.3	降水	D-12
6.4	蒸発と湿度	D-13
6.5	霧	D-13
6.6	温室効果ガス(GHG)の排出と大気質	D-13
第7章	貯水池及び下流の水質	D-14
7.1	貯水池の水質に対する影響	D-14
7.2	下流に対する影響	D-19
第8章	結論	D-20
参考文献		D-21

<環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン>

付録-D：物理・化学的環境

主著者：

Yves Comtois氏、Claude Côté氏、Christian Gillaud氏、Bertrand Massé氏、Martin Pérusse氏
また、安芸周一氏、John Brittain氏によって多大な貢献を頂いた。

水力発電所の開発は、物理的に環境を改変するため、その影響は大きい。貯水池の建設によって、以下のような環境要素をはじめとした多くの環境要素が改変されうる。

- ・ 流況
- ・ 水理特性
- ・ 堆砂特性
- ・ 誘発地震
- ・ 気象状態
- ・ 水質

改変の程度や範囲は開発の目的ならびに立地点の環境の特性に依存するため、水力発電所の様々な側面の相互関連性を把握して、環境影響を正しく理解することが大切である。

第1章 検討対象となる開発計画の種類と位置

1.1 流況

河川流量を決定する自然要素としては、以下のものをあげることができる。

- a) 流入量
 - 降雨：規則性、雨量、頻度及び季節的分布
 - 融雪
 - 氷河の溶解
 - 地下水*
- b) 流入量の分布
 - 河床勾配
 - 河岸側の勾配
 - 湖及び湿地帯の存在
 - 土壌の種類（ローム粘土、砂）

* 付属書A：用語集参照。

- 地被物の種類（森林、草地、裸岩）

その他の要素：

- 蒸発散*、ならびに深層土壌への浸透による自然減
- 人間活動（農業、伐採、灌漑、分水）による自然の流況の改変

河川流量は、地域的な降水分布に左右される。降水の一部が雪の形態をとる緯度または標高地点では、流量は冬季に減少し、雪解けの季節に著しく増加する。

地球上の流況は以下のように分類することができる。

- ・ **赤道及び湿潤熱帯における流況：**
一般に流量は安定しており、その地域において太陽が天頂にある時期に、雨季（2回）がある。代表的な河川としてはアマゾン川とコンゴ川が挙げられる。
- ・ **季節風地域における流況：**
降雨量の異なる2つの雨季があり、雨量の多いほうは突発的に始まって数ヶ月間継続する。各々の雨季の後には、時折小量の雨が降ることもある乾期が続く。代表的な河川としてはガンジス川、ブラフマプトラ川及びメコン川が挙げられる。
- ・ **乾燥熱帯における流況：**
雨季が一度あり、その後に雨が降らない非常に乾燥した季節が続く。代表的な河川としては、セネガル川及びザンベジ川が挙げられる。
- ・ **乾燥帯における流況：**
一般に短期間に激しい降雨が散発的に発生することにより、持続時間の異なる干ばつと相まって急激な洪水が起こる。代表的な河川としては、北アフリカ及びアラビア半島のワジ（かれ谷）とテキサスの河川が挙げられる。
- ・ **温帯海洋性地域における流況：**
降雨量は年間を通じて比較的均一であるが、冬に多く夏に少ない傾向がある。代表的な河川としてはセーヌ川、テムズ川及びライン川が挙げられる。
- ・ **温帯大陸性地域における流況：**
降水量は年間を通じて均一的であるが、春と秋に幾分多い。冬の降水は雪の形態をとる。その結果、（雪解けと春雨が重なるため）春に大きな洪水が発生し、夏に流量がやや低下した後、秋に小規模な洪水が発生し、冬になると顕著に流量が低下する。代表的な河川としてはオタワ川、セントモーリッツ川、セントジョン川及びボルガ川が挙げられる。
- ・ **亜寒帯における流況：**
降水分布は温帯大陸性流況と類似しているが、年間を通じて比較的降水量が少なく、冬季はより少なくなる。代表的な河川としては、ラグランデ川、マニクーガン川、マッケンジ川、ならびにシベリア及び北スカンジナビアの河川が挙げられる。
- ・ **高山帯における流況：**
高い山地を流域とする河川の流況は、雨季に突発的な激しい洪水が発生すること、暖期の流量が安定していること（氷河の溶解による）、及び寒季の流量*が少ないことによって特徴づけら

* 付属書A：用語集参照。

れる。代表的な河川としては、ブリティッシュコロンビアの河川、アンデス山脈の河川、及びインダス川の支流(ラビ、チェナブ)が挙げられる。

上記の説明は、全体が1つの地帯に存在する河川に適用される。多くの大河は複数の地帯を流れており、流況はそれら全ての地帯の特徴を包含している。

例:

- ・ ナイル川;ナイル川は赤道帯から乾燥熱帯を通して乾燥帯まで流れている。
- ・ ニジェール川;ニジェール川は乾燥熱帯から乾燥帯を通して再び乾燥熱帯に戻り、さらに赤道帯まで流れている。
- ・ 高山帯に起点を有する河川の多くは対照的な気候を有する低地まで流れている。;揚子江、ローヌ川、コロンビア川など。

水力発電を目的とする場合は、以下のような一般的な分類を用いることが出来る。すなわち、1.赤道及び熱帯、2.温帯海洋性・大陸性、3.亜寒帯及び高山帯の3つに分類することが可能である。

1.2 貯水池による流況の改変

水力発電プロジェクトは河川流量を利用して発電を行う。

電力需要は、地域社会の活動(工業、交通輸送及び照明)ならびに気候(暖房及びエアコンディショニング)に左右され、いくつかのタイムスケール(年、季節及び日時)に応じて変動する。

上述のように、自然の流入量は気候に応じて季節的に変動する。時間毎、日毎または年毎の分布は、降雨または雪解けのタイミングに依存する。

自然の流入量は、電気需要の変動と無関係である。自然の流入量を最大限に利用するために、多くの水力発電所は、ある時点の需要を満たすのに必要でない流入量を貯えて流入量が不足したときに使用できるように貯水池を有している。

水力発電所の貯水池は、それらの運用サイクルの型によって分類される。

- ・ 複数年にわたる運用サイクルをもつ貯水池 (year-to-year) :
年次的貯水池。非常に大きな貯水池で、降水量の多い1年または数年間の余剰流入量を貯え、後の乾期に徐々に放流することができる。貯水容量^{*}は、一般に貯水地点における1年間の平均河川流入量の50%以上である。このような種類の貯水池は、ボルタ川(ガーナ)、インダス川(パキスタン)、テネシー川(米国)、ラグランデ川(カナダ)、ナイル川(エジプト)および他の河川に見られる。
- ・ 季節的運用サイクルをもつ貯水池 (seasonal) :
降水量の多い季節に水を貯え、後の乾期に水を放流する中規模の貯水池である。貯水容量は、一般に1年間の流入量の10~20%である。この種類の貯水池はリオレンパ川(サルバドル)、

^{*} 付属書A:用語集参照。

ラビ川（インド）、ドルドーニュ川（フランス）、オタワ川（カナダ）等の河川に見られる。

- ・ 日間・時間的な運用サイクルをもつ貯水池（daily or hourly）：

非常に特定の需要を満たすために、数時間または数日間の設計容量で発電所を運転することができる程度の小規模な貯水池であることが多い。このような種類の発電所は、主に火力または原子力によって発電を行い、ピーク需要を満たすためだけに水力発電を利用するヨーロッパ大陸（フランス、スイス及びドイツ）に多く見られる。

第2章 河川流量調節が流況に及ぼす影響

本章では、貯水池の大きさ及び気候帯に応じた、河川流量調節の流況に及ぼす影響について述べる。

2.1 複数年にわたる運用サイクルの貯水池

このタイプの貯水池は、気候の種類にかかわらず、下流の流況に大きな影響を及ぼす。これらの貯水池は安定した流出量を保証し、季節的な洪水及び渇水のみならず、降水量の少ない年と多い年の変動をも抑える。例外的な出水時にはかなりの流量を放流するが、一般的にその量は河川流量調節を実施する前の自然条件での流量より少ないか、またはせいぜいそれと同程度である。

また貯水池による影響は、乾期が非常に長く、数ヶ月間にわたって流量がゼロになる熱帯乾燥地域において特に注目される。貯水池を設けることにより、このような流況は、通常湛水前の平均年間流量に等しい一定の流量に置き換えられる。

2.2 季節的運用サイクルの貯水池

これらの貯水池は、前述の貯水池と同じ種類の影響を流況に与えるが、その度合いは小さい。雨季の流量が減少し、乾季の流量が増加する。大規模な洪水時には頻繁に放流され、非常に乾燥した年において、貯水池が空になれば河川が枯渇することもある。

2.3 日間・時間的な運用サイクルの貯水池

これらの貯水池は、主に、発電所を短期間、最大容量で運転するように使用される。その後は、水車流量は流入量とバランスするよう減少される。その結果、下流への放流量が継続的に急変動する。一般に、この運用は河川の短区間に限定される。このような発電所は、流出量を均等化できる大規模な貯水池のすぐ上流に設置するか、あるいはこれと同じ目的で下流に逆調整池を設ける。

2.4 その他の種類の水力発電所

水力発電所の中には貯水池をもたないものもある。これらは流れ込み式発電所と呼ばれる。これらの発電所は、（発電所の容量に合わせて）流量の一部を水車に取水し、残りは従来の河川に流

す。流れ込み式発電所は、全く異なる2つの種類に分けられる。

- ・ 大河に建設された低落差発電所*

これらのプラントでは、落差を生むのはダムの高さである。有効落差を大きくするために、天然の滝のところにダムを建設することがある。低落差発電所は、流況にほとんど影響を与えない。

➤ 例

- ヨーロッパの大河（ローヌ川、ライン川及びドナウ川）に設けられた階段状のダム群。これらのダムにより、エネルギー需要がピークに達する際に、最上流部の貯水池から放流される出水によって、発電所群の生産性を最大限に高めることが可能である。
- 北アメリカ東北部にある小規模な発電所群。

- ・ 山の中、または急流沿いに建設された分水トンネルもしくは水路をもつ発電所

この場合、険しい山の河川沿いや一連の早瀬の上流に取水堰*が設けられる。水は分流され、山の中のトンネルまたは河川に平行して開削された水路に流入する。そして、水圧管路*及び水車に流入した後、河川に戻る。取水口と放水口との落差は数百メートルに及ぶことがある。

この種類の開発は、取水口と放水路*の間の短絡化された河川区間の流況に大きな影響を与える。自然の流量は、発電所に分岐された水量だけ必然的に減少する。発電所が休止すると、この流量が自然河川に戻り、この区間の流量が一気に変動する。

2.5 流域または河流の分流

河川の水が他の用途のために分流されたり、近隣流域に分流されたりする理由（灌漑、水の供給、発電など）は数多くある。これらの場合、両方の流域における流況が影響を受ける。

- ・ 河川の分流先の流域において、流量が計画的に増加する。
- ・ 分流された河川の流量は、ダム直下流で減少、もしくは無くなる。次に、河川を分流したため水力発電所建設前に比べると流量は常に少ないものの、流量は下流にむけて徐々に増加する。大規模な出水の場合、過剰な流量は元の河川に戻り、この時の流量は、流域の分流部の流入量から分水設備の通水流量を差し引いた流量となる。

第3章 水理特性

水力発電構造物はすべて水理特性に影響を与える。例えば、ダム上流の水位は、ダム建設前と比較すると、常に高いか少なくとも同等である。その直接の結果として、以前の河川環境が少なくとも

* 付属書A:用語集参照。

も部分的に湖水*環境となる。水流は弱くなり、水面の対岸距離が長くなるので波は高くなる。さらに、水管理によって、運用や調整方法（複数年、季節的、日・時間的）によって決まる水位変動が生じる。

発電所の下流では、自然条件に較べて、低流量期は流量が概して多く、自然ピーク流量期は流量が少ない。河川の下流域では水位および流速は変化する。

第4章 侵食と堆積

4.1 堆積のプロセス

河川の土砂流送能力は、水理特性（勾配、流速、水深）、河床の堆積物の性質および流域*を構成する物質に完全に依存する。言い換えれば、粒径が一定であれば、勾配、流速、もしくは水深の増大に伴い、流送土砂*は増加する。これらの要因のそれぞれが、河川におけるエネルギー発散量を増加させ、乱流を増大させる。この乱流によってエネルギーはさらに発散され、しかも乱流は大きな土砂輸送力をもっている。堆積物が細粒化するほど、動きやすくなる。

概して、河川の流送土砂は以下の2つの要素からなる。

- ・ 河床の堆積物、一般的には砂や砂利
- ・ 流域の侵食によって生じた堆積物、一般的に細粒状の砂、シルトおよび粘土。

河床の土砂は、掃流*（粗粒状土砂）、跳躍、もしくは浮遊（細粒状）の形態で輸送される。これら3種の輸送形態の相対的比率は、主に河川の水理特性に依存する。流域の侵食によって発生した土砂は、浮遊することによって輸送される。

表D1に示すように、流送土砂が多い河川は、主に乾燥、半乾燥もしくは山岳地帯に見られる。

表D1: 数種の大河における流送土砂および年間土砂生産量

河 川	流域長さ	平均流量	平均年間 土砂生産量	平均年間 土砂生産率
	1000 km ²	1000 m ³ /s	1000 Ton	Ton /km ²
黄河（中国）	715	1.6	1,900,000	2,600
ガンジス川（インド）	960	12	1,500,000	1,400
コロラド川（米国）	640	0.17	140,000	380
ミシシッピ川（米国）	3,200	19	310,000	97
アマゾン川（ブラジル）	6,100	190	360,000	60
コンゴ川（ザイール）	4,000	42	65,000	16
エニセイ川（ロシア）	2,500	18	11,000	4

出典：Strahler and Strahler, 1978年。

* 付属書A:用語集参照。

乾燥もしくは半乾燥地域では、地肌がむき出しで豪雨によって極めて侵食されやすい土壌が非常に特徴的である。生成した土砂は一般的に細粒状であり、川に流れ込んで浮遊土砂となる。例として、細粒状土砂が河川中流部の黄土のない平野部から供給される北アフリカのワジや中国の黄河が挙げられる。

ガンジス川は、ヒマラヤ山脈の険しい傾斜地および流域の低地側の過度に耕作された低地から土砂をモンスーン期の豪雨によって輸送する。コロラド川は、特殊な事例であり、流量のほとんどがロッキー山脈の雪解けおよび降水に由来するのに対し、流送土砂のほとんどは、半乾燥平地地方から流れ込む支流に由来する。

山岳地帯の河川における流送土砂は、流域および河岸の侵食に由来する。土砂は、地滑りや氷河湖を支える自然堤防が破損した場合、例外的に多くなりうる。

ミシシッピ川の流送土砂は、主として、流域北西部のミズーリ川に流入するプレーリー（草原）や半乾燥流域からの土砂に由来する。

アマゾン川およびコンゴ川のような中緯度に位置する熱帯地方の河川における流送土砂は、流域の大きさにもかかわらず豊富な植物に覆われているため概して少ない。それより高緯度の熱帯流域では、降水量が少ないせいでかえって土砂が少ない。したがって流送土砂は、河岸のみから供給されることになる。

エニセイ川では比較的土砂が少ないが、これは広大な流域を覆うタイガ、地勢、基層の性質および亜北極気候に起因する。

4.2 流砂のバランスに対するダムの影響

ダムの建設によって、上流側の流速は低下し、水面勾配は大きく低減する。その結果、土砂流送力が低下する。このことは、土砂が堆積し、長期的には貯水池が土砂でふさがれることを意味している。この影響が及ぶ範囲は、流送土砂に依存する。例えば、カナダの貯水池では、堆砂の程度が非常に低いところが多い。

これに対して、山岳地方または半乾燥もしくは乾燥地帯に建設された貯水池は、急速にシルトでふさがれる傾向にあり、貯水池建設によって得た調節能力は、数年後には、部分的に消失する。水力発電の構造物にとっては、貯水池の堆砂とは、土砂が取水口に流れ込み、（侵食により）設備を摩耗させることを意味する。特に、堆砂中に石英が多く含まれる場合顕著となる。したがって、砂や砂利の流入防止のための沈砂設備が必要である。

大規模な貯水池を建設すると、不安定な水位低下露頭範囲^{*}では風に誘発された波の作用により、河岸侵食も促進する。

貯水池を建設すると、ダムの上流に堆積物が蓄積されるだけでなく、下流側に流出する水の中の流送土砂が少なくなる。河流はできるだけすばやく流砂のバランスを回復しようとするので、貯水池の下流では乱流による河床の侵食が起こる。特に、土砂流送力の高い川において、この傾向は顕著である。

世界のある地域では、洪水によって、土壌を肥沃にするロームが堆積される。大ダム^{*}によって、洪

^{*} 付属書A:用語集参照。

水は調節され（流路を決められ）、もしくは完全に排除される。このことは流送土砂の減少ともあいまって、土壌の肥沃度に好ましくない影響を与える。洪水をなくすることは土壌中の塩分を増加させることにもつながる。

さらに、洪水期間中懸濁状態となった土砂は、通常、大河川の河口に蓄積し、三角州^{*}を維持させる。この土砂流送が貯水池によって途中で遮られると、波や海流の影響を受けて三角州が後退する。

➤ 有効な緩和策^{*}

流送土砂の多い河川における水力発電開発について、現在、洪水管理^{*}のための作業規定を確立する傾向にある。新しいプロジェクトでは、洪水期間中、洪水吐のゲートを開放し、貯水池の水位を下げることは今や一般的慣例となっている。このようにして、流送土砂の大部分は洪水期間中に輸送される。

日本では、堆砂を防ぐためのゲートとしてラバーダムが利用されている。（出典：Annex III，サブタスク1レポート）

特に高山地帯においては、低いダム（例えば、貯水容量の小さい貯水池）と水を発電所まで輸送するための長いトンネルにより高い落差を得る場合がある。このようなプロジェクトでは、出水期間中に洪水吐のゲートを大きく開放しても、それほど落差の損失がないので、土砂流送が妨げられない。しかしこの場合、沈砂設備を設置しなければならない。

大規模な貯水池が必要なところでは、貯水池の堆砂を防止するため、いくつかの施策が用いられる。

- ・ 流域において植生保全もしくは成長を促進するための方策（例えば、農業および林業活動の管理、自然保護地域の創設等）
- ・ 堆積物を留めるため、主貯水池に注ぐ小支流沿いに小規模の補助ダム（砂防ダム）を建設する
- ・ 主に出水期間中に使用するため、ダム底部に放流設備を建設する

しかし、これらの施策はすべて、部分的に効果があるのみである。

ロックフィルもしくはリップラップ（捨て石）^{*}の設置は、貯水池の岸辺およびダム下流の河床侵食を防止するために用いられている施策である。

第5章 誘発地震活動

貯水池への湛水によって発生した地殻均衡圧力が、地震などの振動現象を引き起こす可能性がある。ダムおよび貯水池への湛水に関連する地震活動についての最初の事例は、ボルダーダムによってできたミード貯水池に関するものであり、1930年代にさかのぼる。この貯水池は1935年に湛

^{*} 付属書A：用語集参照。

水された (Goldsmith, E., N. Hildyard, 1984年)。

地震によって、地滑りが起こる可能性もある。これは、イタリアのバイオントダムで起こった可能性があるが、1960年代の初期に、地滑りで巨大な波が発生し、2000人以上が死亡した。Kierschによると (1964年、Galayに記されている、1987年)、ダムを越水した波は高さ100m以上であり、Longaroneの村を完全に破壊した。

貯水池が誘発した地震活動の事例は70件を越えるが、リヒタースケール5以上を記録した地震は11ヶ所の貯水池で発生したのみであり、6以上を記録した地震は4ヶ所の貯水池で発生したにすぎない。最も強烈な地震(6.3)は、アースフィル方式のKoynaダムで発生したものであり、湛水から30年を越えた今でも大規模な地震活動の影響を受けている。1993年には、Koyna付近で、リヒタースケール1.7以上を記録した4000以上の地震が記録された。これには、5以上を記録した2回の地震が含まれる。これらの最近発生した地震の1つ(1994年、2月)に5.4を記録したものがあるが、この地震で被害が発生し、ダムの漏水が増した (Talwani, Pradeep, 1995年)。これらの地震活動は、その場所に特有の地質状態と関係している。

これらの数字からわかるように、貯水池によって誘発される地震活動は極めて強くなりうるし、重大な結果をもたらさう。しかし、重要なのは、すべての構造物が影響を受けるわけではないことに留意することである。Chadwickら(1978年)は、アメリカに建設されたダムおよび貯水池について調査を実施した。36事例を調査したなかで、震動が増大したのは、貯水池への湛水後で6事例のみにおいて認められている。他の2事例では、報告された地震活動が湛水や貯水池の存在とはっきり関連付けられていない。

その上、貯水池の湛水によって誘発された地震活動は一過性の現象である。たいていの事例では、湛水直後に強い震動が発生し、震度はその後徐々に減少する。約10年を過ぎると新たな平衡状態に達するので、貯水池はもはや地震活動に自然湖水以上の影響を及ぼさなくなる (Rastogi, B.K., 1990年)。

➤ 有効な緩和策

貯水容量が1 km³を越えるか、あるいは水深100mを越えるあらゆる貯水池について、もしくは予備調査によって重大な危険性が示唆されたいずれの場所についても、誘発地震活動を調査することで、潜在的危険性は大幅に減少する (ICOLD, 1983年)。

大規模な貯水池において誘発地震の危険性を最小限に抑えるために、他の施策を取ることもできる。

- ・ 地点選定前に地質工学的調査を実施する
- ・ 貯水池への湛水速度を抑える
- ・ 長期にわたって高水位状態を続けない
- ・ 貯水池の急速な水位低下を避ける

これらの施策は100%効果的というわけではない。しかし、インドのBhatsaおよびSrisaillamダムでの経験から、湛水中の適切な貯水池管理によって新しい平衡状態に達しやすくなることがわかる。地質応力の蓄積率および深部の水圧は適切な管理を通して調節できる。その結果、地震エネルギーは、激しい振動でなく、小規模の振動を起こしながら徐々に開放されることになる (Rastogi, B.K.,

1990年)。

第6章 気象条件

大規模な貯水池により引き起こされる気象変化は極めて小さいことが多く、通常 of 気象変動と区別するのが困難である (Météoglobe、1989年; ICOLD、1994年)。しかし、何らかの変化が、貯水池の存続期間にわたって観測されることが多い。季節ごとの影響は年ごとの影響よりも顕著である。

6.1 温度

地域的な気温に及ぼす主な影響を以下に示す。

- ・ 年間の気温幅は狭くなる (温帯気候では、春季が涼しくなり、栽培期の始まりが遅れ、秋季と初冬が暖かくなり、氷結期が遅れる)。
- ・ 1日の気温幅が狭くなる (夜間暖かくなり、日中涼しくなる)。
- ・ 大気の安定性が変化する (春季はより安定化し、冬季はより不安定となる)

気温幅が変化するの、大水塊の熱容量に起因する。ロシアにある非常に大規模なRybinsk貯水池 (降水量が適度な亜極気候; 貯水面積 = 4,560 km²) に関する研究から、初夏に日中の気温差が3℃減少し、6月から氷結期までの夜間気温は3～4℃上昇することが明らかとなった。さらに、影響が及ぶ貯水池地域では非氷結期が5～15日増えた。ラグランデ貯水池群 (カナダ、北温帯気候; 総貯水面積 = 11,000 km²) では、春季の気温下降および秋季の気温上昇が認められた。さらに、非氷結期が15日増えた。パキスタンのTarbela貯水池 (半乾燥、亜熱帯気候; 貯水面積 = 260 km²) では、平均最低気温が0.5℃下がったが、平均最高気温は変化しなかった。しかし、この貯水池は河川水の滞留時間が非常に短く、雪解けや氷河の溶解によって比較的低温の水が供給される。

6.2 風

大規模な水塊の創出により全体的な地形は平らになり、気流の抵抗が減少する。大規模な貯水池ができたことで大気の安定性が変化するることによって、風の状態も変化するようになる。さらに、風の影響範囲は対岸距離に依存し、平坦な地表の影響よりも大きい。

Rybinsk貯水池の湛水に伴い、貯水池付近における強風の頻度は、夜間で25倍、日中で3倍に増加した。ラグランデ貯水池群では、強風の頻度は25%、平均的な風の頻度は50%増加した。

6.3 降水

非常に大規模な貯水池ができると、現地の降水量および降水状況も変化する (ピーク期が移動する)。しかし、その影響は変わりやすい。

高温、乾燥気候においては、貯水池の影響で総降水量が概して増加する。例えば、ナセル湖

(5,000 km²) ができてから、エジプトのアスワン地方に雨が降るようになった。ガーナのボルタ湖(6,400 km²) 地域では、降雨量が最大となる時期が10月から7～8月に移動したのに加えて、降水状況の変化が認められた。パキスタンのTarbelaダムでは、年間降水量が約30%増加した。

温帯気候においては、大水塊は、春季および夏季に熱エネルギーを吸収し、秋季に放出する。その結果、春季および初夏は嵐を頻繁に伴う曇天日が増え、秋季および初冬ではその逆の現象が起きる。カナダのフレーザー渓谷では、夏季(7月)に降水量が約20%減少したが、冬季に約10%増加した。オメガ湖(ロシアのボルガ川)からの河岸地帯では、夏季に降水量が5～7%減少した。

6.4 蒸発と湿度

蒸発に影響を及ぼす主な要因は、貯水池の大きさと深さ、太陽光の照射、大気圧(標高)、および風の状況(起伏)である。蒸発状況の変化を判定するためには、自由水塊の蒸発状況と湛水前の表面の蒸発状況との相違を考慮しなければならない。例えば、ラグランデ貯水池群(カナダ)では、春まで氷結層が残ったこと、水よりも植物による蒸発容量の方が大きいこと、秋に気温が高くなり不安定性が増したことが原因で、年間の蒸発量が減少したと思われる。高温、乾燥地域においては、貯水池ができたことで蒸発量が増加し、水力発電の効率に影響を及ぼす。

湿度は蒸発量と降水量に左右される。高温、乾燥気候においては、湿度は一般的に貯水池付近で増加する。Tarbela貯水池(パキスタン)では、貯水池から半径15 km以内のところで、湿度は5～10%増加した。Rybinsk貯水池では、夏季の相対湿度が1～14%増加した。

6.5 霧

霧は、寒い日、夜間もしくは午前中、高温で湿った空気が冷水塊上を通過するときに発生しうる。霧は主に大規模貯水池上で発生する。

霧は、秋に低温空気が暖かい水上を通過するとき、あるいは山岳地からの低温空気が暖かい水面上に運ばれてくるときにも発生しうる。冬季には、貯水池の下流が氷結していない場合、霧の発生が促され、水辺に霜や氷結が発生する。

6.6 温室効果ガス(GHG)の排出と大気質

貯水池が温室効果ガスを放出することは、比較的新しい環境問題であり、最近、発電方式について論じる際の議論の対象となっている。

水力発電用貯水池の建設は、湛水により多量の生物有機体(バイオマス)が水没する場合、温室効果ガスの放出に寄与する(Gagnon、Van de Vate、1997年; Kelly、1997年)。好気性および嫌気性分解により発生したガスは、主に二酸化炭素(CO₂)、メタン(CH₄)、そして少量であるが亜酸化窒素(N₂O)である。当然のことであるが、流れ込み式発電所ではこの問題は起きない。多湿環境には生物有機体が多いので、こういった環境に貯水池を建設すると、一般的には温室効果ガスの放出の増加を促す。

水没した生物有機体は、生物の性質、周囲の物理的・化学的状況、特に温度と溶存酸素濃度

に応じて部分的に分解する。数年経過すると、放出と貯水池の経過年数もしくは放出と水没した土壌および植物の間には、何ら目立った関係はないように見える(Ducheminら、1995年、Väisänenら1996年)。水没した生物有機体の腐敗は、もはや貯水池における温室効果ガス発生の主たる原因ではない。放出量の大部分は、むしろ流域からの有機物質と貯水池に発生する植物プランクトンに由来する。

プロジェクトの運転期間、放出ガスの地球温暖化の影響能力、水没した生物有機体の量およびエネルギーシステム全体(施設建設に費やされたエネルギー、燃料の加工および輸送エネルギー等)の考慮など、これらすべての要素は種々の発電方式の比較分析の結果に重要な影響をもたらす。湛水面積当たりの発電量が大きい場合、温室効果ガス放出は最小となる。山岳地域を水力発電プロジェクトのサイトを選ぶことは、理論上、温室効果ガスの放出量を減らすよい方法である。さらに、熱帯環境は、生物有機体量が多いので貯水池用地として理論上好ましくない場所である。その他に生物有機体はかなり大きく温度が高い場合、酸欠状態が進み、温暖化能力の高いメタンが生成される。しかし、熱帯環境における放出量の定量化のための実験的研究はほとんど行われていない。

放出量の推定結果は非常に様々である。GagnonとVan de Vate(1997年)は、100年にわたって同量のエネルギーを生産させた場合、カナダの水力発電所の温室効果ガス放出量は燃料燃焼型の発電方式の1/30～1/60になると見積もった。Väisänenら(1996年)は、フィンランドの水力発電用貯水池の温室効果ガス放出量は燃料燃焼型発電方式の10分の1であると見積もった。

放出量に関して不一致が見られるものの、大規模貯水池の建設によって温室効果ガスの放出が促進されるが、発生エネルギー単位あたりで見ると、水力発電所の放出量は火力発電所と比べてはるかに少ないことが、現在、一般的に認められている。(Goodlandら、1993年; IPCC、1995年)。このように、地球温暖化に関する意識の高まりが、水力発電には好条件となっている。化石燃料に依存するエネルギー発生方法と比較すると、水力発電はまた、二酸化硫黄、窒素酸化物、一酸化炭素、揮発性有機化合物(VOC)などの大気汚染物質(都市部のスモッグや酸性雨の原因物質)をほとんどもしくは全く発生させない。

第7章 貯水池及び下流の水質

7.1 貯水池の水質に対する影響

貯水池建設によって、土壌や有機物質が水没し、河川環境が湖水環境へと変化する。水質変化は以下の事柄に依存する:

- ・水没した土壌および植物の量と成分
- ・湛水速度; 湛水後の水質に影響を及ぼす生物有機体の量に影響を及ぼす
- ・貯水池の滞留時間
- ・貯水池に流入する河川の水質
- ・気候
- ・貯水池の形状

湛水中に水没した生物有機体が分解した後は、大部分の水質要素は近隣の湖水環境と同等となる。表D2は、世界の非常に大規模な貯水池で認められた変化についてまとめたものである。

➤ 温度

熱(水温)に関する変化は、主に河川環境から湖水環境へ変わったことに始まる。温度成層^{*}は、概して、滞留時間が十分長く、深さが最低10mの貯水池において形成される(Tiblin、1991年; ICOLD、1994年)。この現象は、天然湖と貯水池の両方で起こりうる。温度成層は水の密度の違いによって生じる。これは、おもに温度、塩分、浮遊物質の違いが原因で起こる(Fisherら、1979年; Harleman、1982年)。(太陽光もしくは大気との熱交換によって)水面が暖まると、通常垂直方向の混合が妨げられる。風、波、および冷氣(水面温度の低下を促進する)によって、垂直方向の混合力が暖める力を上回ると、温度成層は減少する。気候の種類、貯水池の形状および滞留時間によって、年に1回もしくはそれ以上の温度成層破壊が起こり、これにより、再び空気の浸透を受け水質の全体的改善が進む。

温帯地方の貯水池と比べ熱帯地方の深い貯水池では温度成層はさらに安定し強固となる(Garzon、1984年)。成層は熱による障壁を作り、風による水の混合を減らし、場合によっては、水塊の反転(混合)を妨げる。これにより深層冷水層^{*}の酸欠^{*}が促進しうる。特に分解の際溶存酸素を消費する有機物質が多いときは、酸欠促進が顕著である。

◆ 有効な緩和策

貯水池の形状と運用形態は、温度成層に大きな影響を及ぼす(Smalley、Novak、1978年; Harleman、1982年)。混合は、ダム高の半分以下の位置に取水口を設置することで促進されうる。河川流の流入によりいっそう混合が進む可能性もあるが、表層温水層と異なる温度の水流が流入することにより成層化が促進される可能性もある。

➤ 溶存酸素

溶存酸素量が少ないことは、多くの従属栄養生物にとって不都合であり、しかも酸欠状態を引き起こしうる。酸欠状態になると、土壌中や堆積物中に含まれる毒性金属の溶出が進む(Wetzel、1983年)。貯水池への湛水により水没した土壌や植物に由来する有機物質の分解も、特に深いところで、溶存酸素量を減少させる(Baxter、Glaude、1980年; ICOLD、1994年)。熱帯環境の貯水池はとりわけこの問題の影響を受けやすい。

ラグランデ貯水池群にある非常に大規模な3貯水池について、貯水後の光が透過する域^{*}の水質傾向に関して詳細な分析がなされた(Schetagne、1991年; Hydro-Québec、1996年)。最初の3年間は、生物有機体の分解によって溶存酸素量が減少し、これに伴い溶存無機炭素量が増加した。分解されやすい生物有機体が減少し、約10年後には溶存酸素量および溶存無機炭素量は徐々に

^{*} 付属書A:用語集参照。

標準状態に戻った。

貯水池管理方法は、下流への放流水の溶存酸素量とともに、貯水池内の溶存酸素量にも影響与えうる(Tiblin、1991年)。例えば、取水口の位置によっては、温度成層形成が促されたり抑制されたりし、深層の再通気に影響を与える(Wetzel、1983年)。

表 D2: 世界の貯水池の水質変化

貯水池 (気候)	冠水面積 (km ²) (A)	年間流入量 (km ³) (B)	比率: (A)/(B)	認められた変化		
				無機物含有程度およびpH	栄養分の増加および植物成長	溶存酸素
ラグランデ2、カナダ (亜寒帯)	2,600	54-108	24-48	・ pHが0.3単位減少 ・ 伝導率変化無し	・ 総リン量が5 μ g/L増加	・ 表層水の飽和度やや減少 ・ 氷結期の末期のみ、深部で酸欠
Caniapiscau、カナダ (亜寒帯)	3,400	25	137	・ pHが0.3単位減少 ・ 伝導率変化無し	・ 総リン量が9 μ g/L増加	・ 表層水への浸透やや減少 ・ 氷結期の末期のみ、深部で酸欠
アスワン、エジプト (熱帯乾燥)	2,700-4,500	80	34-56	・ 蒸発のため溶存塩分が増加	・ 貯水後栄養分は増加せず	・ 温度成層形成期間中のみ深部で酸欠
Danjankou、中国 (温帯高温)	700	40	18	・ pH変化無し	・ 栄養分の増加による悪影響無し	・ 表層水の酸素浸入良好 ・ 温度成層形成期間中、深部で酸素減少
ボルタ湖、ガーナ (熱帯多雨)	6,400	44	145	・ pH減少	・ 栄養分の増加 ・ 植物プランクトンおよび水生植物の増殖	・ 表層水の溶存酸素かなり減少 ・ 深部で酸欠
カリバ湖、ザンビア (熱帯乾燥)	4,200	57	74	・ 蒸発量増加により伝導率が増加	・ 一時的に栄養分の循環 ・ 貯水中、藻類は一定の割合で繁殖	・ 温度躍層より下側で酸欠
Brokopondo湖、スリナム (熱帯多雨)	1,350	8.5	160	・ 伝導率変化無し	・ 藻類およびホテイアオイの増殖	・ 表層水で溶存酸素がかなり減少 ・ 2.5mより深いところで酸欠(温度成層)
Kainji湖、ナイジェリア (熱帯多雨)	700	67	10	・ 伝導率変化無し	・ 植物プランクトンおよび水生植物の増殖	・ 表層水における溶存酸素の減少、しかし濃度は4mg/Lを越えたまま ・ 温度躍層より下側で酸欠

出典: ICOLD、1994年

➤ pH

一般的に観測されるpHの減少は、生物有機体から溶出もしくは分解して生成された有機酸が放

出されること、および生物有機体の分解によって発生した二酸化炭素から炭酸が生成することに起因する。(Sylvester, Seabloom、1965年)。これより程度は低い、土壌の鉱物組成もpHに影響を及ぼしうる。pH減少により、汚染物質の溶解、脱着^{*}、生成が促進される。pH変動を押さえる水的能力(アルカリ度)が重要要素である。ラグランデ貯水池群では、運開から最初の数年間、湛水期間中のpHの最大減少量は約0.3単位であった。熱帯環境では、この減少量はもっと大きくなる可能性がある。

➤ 浮遊物質(SS)、濁度および着色(変色)

土壌および植物の水没によって、浮遊物質の一時的な増加が進む。これにより、水の透明度が変化する(ICOLD、1994年)。貯水池内に水没した生物有機体から溶出もしくはそれ自体が分解して生成した特定有機化合物によって水が着色することもある(Sylvester, Seabloom、1965年)。場合によっては、これによって太陽光線の吸収量が増加し、水温が上昇する。

貯水池に初めて湛水し安定した後、従来の河川形態が湖水形態に転換したことで流速が低下するため、貯水池に流入する水によって運ばれた土砂が貯水池内へ沈降する。このことは、貯水池内および下流における水の透明性を高め、生物学的生産力を増やすのに役立つ。しかし、流送土砂が多い特定の場合では、貯水池に起因して下流域に濁水の長期化を引き起こすことがありえる。

➤ 塩分

貯水池内の塩分は、貯水池に流れ込む水の塩分量と水没土壌の鉱物組成によって決まる。アスワン(エジプト)およびカリバ(ザンビア)貯水池で見られるように、乾燥、高温気候では、蒸発によって貯水池水の塩分が濃縮する可能性がある(ICOLD、1985年)。さらに、そのような貯水池から土壌中へかなりの水が浸透すれば、地下水面^{*}は上昇し、土壌の塩分蓄積^{*}が起こる場合がある。温帯気候では、こういった変化は通常無視できるほどである。

➤ 栄養分

貯水池の流域における都市、農業、工業活動によって、貯水池に流入する河川水中の栄養分濃度が高まる可能性がある。さらに、貯水池ができたことで、流域でそのような活動が活発化することが多い。

貯水池建設時、初期における生物有機体からの溶出物や分解物は、栄養分の増加を促進する。水温、再酸化力、貯水池の滞留時間、水没した生物有機体の種類と大きさ、これらすべてが栄養分増加の範囲と持続期間に影響を与える(Sylvester, Seabloom、1965年; Goodlandら、1992年; ICOLD、1994年)。貯水池への流入量に対する冠水面積の比率が高いと、かなりの影響が及ぶ場合がある。

熱帯地方では、生物有機体量が多いため、湛水中の栄養分負荷がかなり多い(Garzon、1984年)。さらに、水温が暖かいこと、多量のエネルギーが投入されることによって、分解、反応速度、お

^{*} 付属書A:用語集参照。

よび生物学的過程が加速する。概して、寒帯や温帯気候では、水が冷たく、生物有機体量が少ないので問題が少ない。例えば、ラグランデ貯水池群では、栄養物濃度は2～4年後にピークに達したが、それ以後減少し、10年以内に標準状態に戻った。

適量の栄養分流入によって、水生生物の生育が促されることがある。しかし、栄養分の負荷量（リンおよび窒素）が多すぎれば、富栄養化*が起こる（Wetzel、1983年）。富栄養化の徴候は、水生植物、藻類、および浮遊微生物の過剰繁殖、透明性の低下、水温上昇、さらに深層水の酸欠状態、その後硫化水素および毒性金属の溶出などがある（ICOLD、1994年）。

◆ 有効な緩和策

この問題を抑制するには、貯水池の湛水域から生物有機体を除去することが有効となりうる。しかし、これは貯水池が比較的小規模であり、貯水池に流れ込む川からの栄養分流入量が比較的小さい時に、可能となるにすぎない（ICOLD、1985年）。大規模な貯水池の場合もしくは熱帯地方の場合、生物有機体除去は技術面あるいは経済面から見て実行できないことが多い。

➤ 汚染物質

貯水池の流域における都市、農業、工業活動によって、毒性金属、殺虫剤もしくは他の合成有機化合物による水質汚染が起こりうる。貯水池が存在することで、堆砂、吸着、生物蓄積などによるこれらの化合物の蓄積が進む可能性がある。

湛水時に水没した土壌と有機物も汚染源となりうる（Baxter、Glaude、1980年）。pHおよび酸化還元電位の低下（富栄養化の徴候）や酸欠状態によって、脱着、再溶解もしくは硫黄化合物および鉄イオンやマンガンイオンなどの汚染物質の生成が促進される（Wetzel、1983年；Urdangarinら、1991年；Shimizuら、1991年）。

◆ 有効な緩和策

これらの場合、深層冷水層の曝気や放水口を低くすることが可能な緩和策として考えられる。

➤ 水銀

温帯北方地域では、貯水池ができると魚肉中の水銀量が際立って増加することが多い（Lucotte、1999年、Jackson、1998年；Morrison、Thérien、1991年；Heckyら、1991年）。このことは既に他の地域でも認められているが、より温暖な地域の方が問題が少ないようである（Rosenbergら、1997年）。フィンランドとカナダの貯水池について観察を続けた結果、魚肉中の水銀蓄積量は5～10年で最大となるが、その後減少し、20～30年で標準状態に戻ることが明らかとなった（Brouardら、1990年；Bodalyら、1997年）。

水銀は湛水地の有機土壌中、陸生植物および鉱物を含んだ土壌に存在する（Grisel、1978年；Brouardら、1990年）。カナダ北部では、長距離にわたる大気輸送が主な供給源であるとみなされた

(CBJM、1995年)。これらの水銀は火力発電所から排出されている。有機物質は、メチル化により無機水銀を有機水銀に変換するバクテリアの活性を高める。さらに、水銀は有機物の形で食物連鎖内に取り入れられる。メチル化およびそれに続く食物連鎖への生物蓄積の過程は自然環境でも起こるが、この過程は多量の生物有機体を急速に水没させることで強められる。pHおよび溶存酸素濃度の減少も水銀のメチル化を促進させる。

食物連鎖によって水銀の蓄積が進むので、水中の溶存水銀濃度は非常に低い。他の汚染物質とは異なり、貯水池の水が貯水池に注ぐ川で希釈されても効果が少ない(ICOLD、1994年)。小規模な貯水池では、貯水前の植物除去により、水銀濃度を抑制できる。

◆ 有効な緩和策

大規模な貯水池では、総湛水面積を最小限にすること、および湿地^{*}の水没を避けることによってこの問題を緩和できる(Kellyら、1997年)。最も汚染された魚種を選択的に捕獲し、貯水池に非汚染幼魚を再放流することも有効である。さらに、この種の汚染物質が人間に与える影響を抑制するには、魚の汚染傾向を観察し続け、消費に対するガイドラインを出すことが効果的である。

7.2 下流に対する影響

貯水池の下流側の水質は、貯水池の水質、取水位、および(流域の形態に依存する)流れ自体の回復能力に左右される。

➤ 温度

貯水池の温度成層によって、下流への放流が自然の状態よりも低温化もしくは温暖化する可能性がある。放流水の温度変化は、下流の物理的・化学的作用および生物環境に影響を与える。

温帯気候の貯水池で深層冷水層の水が取水される場合、下流の水温は、自然条件下よりも冬季に高く、夏季に低くなる。また、水が表層温水層から取水される場合、貯水池の下流の水温は夏季に上昇するが、冬にはその影響が少ない。

熱帯気候の場合も、その影響は同等であるが、季節ごとの変動がない。寒冷気候では、放流水の水温が高く、下流河川の結氷が妨げられると、針状結氷(晶氷)やアイスジャムが下流に出来ることがある(ICOLD、1985年)。場合によっては、堰を築いて、水流を減速させ、結氷を促す必要がある。

➤ 溶存酸素

貯水池からの放流は、下流の水中溶存空気の過飽和を起こしうる(Legg、1978年)。この現象は、

^{*} 付属書A:用語集参照。

貯水池の放流設備（非常に急勾配な洪水吐シュート）の圧力状況によって、空気が水中に強制混入されるときに起こる。水はしばらく過飽和のままであり、えらを通して溶存ガスを吸収する魚に影響を及ぼす。吸収された空気は次に血管中に流入し、血管中に気泡を形成する。

酸素の少ない深層冷水層の水が放流される場合にも、下流で問題が起こる可能性がある。流れの曝気によって溶存酸素濃度が回復するまでのある区間にわたって、水生動物相は、溶存酸素濃度が低いことによる影響を受ける。

➤ 化学物質

貯水池の深層冷水層における酸欠状態は、鉄イオンやマンガンイオン、硫黄化合物などの化学成分の生成を促進する還元状態を引き起こす。さらに、湛水期間中に生物有機体が水没した場合、湛水から最初の数年間で、有機物質の溶出や分解が起こり、貯水池のより深い層における栄養分の増加が進む。

そのような場合、深層冷水層の水が放流されると、汚染物質もしくは栄養分が下流に放出される。表層温水層の水が放流される場合は、それほど問題とならない。これは水中に酸素がより多く混入され、概して栄養分がそれほど多くないからである。

➤ 河口環境

上述の影響、特に化学的水質の影響は貯水池からかなり離れた下流に及ぶことがある。

流れが河口に流出すると、希釈効果によってその影響は即座に無視できるほどになる。しかし、流況の変化が海水と河川水の分布状況を変え、河口の動植物に影響を与える可能性がある。湛水中または湛水後、平均流量が著しく減少すると（分水、灌漑、多量の蒸発）、河口または地下水に塩水が侵入することがある。また、海岸地帯への淡水の流入が増えることにより氷結の問題が生じることもある。

◆ 有効な緩和策

低溶存酸素濃度の問題および関連する水質の問題は、選択放水設備を用いて緩和できることがある。

第8章 結論

物理的および化学的環境に及ぼす影響は、特に立地点の流域の地形学的条件や気候の種類といった立地点環境の特質だけでなく、建設された構造物の種類（複数年、季節的、日間・時間的調整貯水池；低落差発電所；分流方式の発電所；流域の分水による変更）によっても左右される。ある与えられた環境に対して、より適合する構造物のタイプがある。このため、重要なのは、プロジェクト企画段階の初期から、代替案の分析を含めて、環境について考慮することである。

しかしながら、構造物が物理的環境に与える影響を低減できるいくつかの緩和策はある。取り上げたそれぞれの環境問題に対して、緩和策を以下に示す。

- 流況および水理特性
 - 適切な種類の調節方法
 - 最低限の河川維持流量*
 - 貯水池管理方法。
- 堆砂
 - 洪水管理
 - 沈砂設備
 - 貯水池の上流域に堆砂対策設備(砂防ダム)を建設
- 誘発地震活動
 - ダム地点選定前のリスク評価
 - 湛水速度の管理
 - 貯水池の水位変動の管理
- 気象条件
 - ダム地点選定前に気象変動を評価する
- 水質
 - 取水口の位置と深さ
 - 植物および土壌の除去(小規模貯水池の場合のみ)
 - 湛水速度
 - 針状結氷生成を阻止するための堰

いずれにしても、水力発電開発は、立地点の環境を変化させる主要な介入物であることは事実である。しかし、たいていの変化は元に戻すことが出来る。それに加えて、プロジェクトがダムサイトの条件によく適合し、ふさわしい緩和策が取られたなら、悪影響を最小限にすることができる。

参考文献

Baxter, R.M., Glaude, P. 1980. Les effets des barrages et des retenues d'eau sur l'environnement au *Canada : expérience et perspectives d'avenir*. (Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Sciences, 205F) 36 p.

Bodaly, R.A., et al. 1997. "Bioaccumulation of mercury in the aquatic food chain in newly flooded areas", in *Mercury and its effects on environment and biology*, H. Sigel and A. Sigel, (eds), New York, Marcel Dekker.

Brouard, D., Demers, C., Lalumière, R., Schetagne, R., Verdon, R. 1990. *Évolution des teneurs en mercure des poissons du complexe hydroélectrique La Grande, Québec (1978-1989)*. Joint report, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, and Groupe Environnement Schoonerinc.

* 付属書A:用語集参照。

- Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB). 1983. *Sismicité et conception des barrages*. 121 p. (Bulletin 46).
- Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB). 1985. *Barrages et Environnement : Notessur les influences gionales*. Paris, FR, CIGB. (Bulletin 50)
- Commission Internationale des Grands Barrages (CIGB). 1994. *Barrages et Environnement : Qualité de l'eau et climat*. Paris, FR, CIGB. (Bulletin 96)
- Comité de la Baie James sur le mercure. 1995. *Mercury: Questions et réponses*. Montréal, 24 p.
- Duchemin, E., Lucotte, M., Canuel, R., Chamberland, A. 1995. "Production of the greenhouse gases CH₄ and CO₂ by hydroelectric reservoirs of the boreal region", in *Global biochemical cycles*. Vol. 9, No. 4, p. 529-540
- Fisher, H.B., Imberger, J., List, E.J., Koh, R.C.Y., Brooks, N.H. 1979. *Mixing in Inland and Coastal Water*. New York, Academic Press.
- Gagnon, L., Van de Vate, J.P. 1997. "Greenhouse Gas Emissions from Hydropower : The State of Research in 1996", in *Energy Policy*, Vol.25, No. 1, p. 7-13.
- Galay, V. 1987. *Erosion and Sedimentation in the Nepal Himalaya : an Assessment of River Processes..* Report prepared for Her Majesty's Government of Nepal. Multiple pagination.(Report No. 4/3/010587/1/1 Seq. 259).
- Garzon, C.E. 1984. *Water Quality in Hydroelectric Projects : Considerations for Planning in Tropical Forest Regions*. Washington DC, World Bank. (Technical Paper No. 20)
- Goldsmith, E. and Hildyard, N. 1984. *The Social and Environmental Effects of Large Dams. Volume 1: Overview. Report to the European Ecological Action Group (ECOROPA)*. Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center , 346 p.
- Goodland, R., Juras, A., Pachauri, R. 1992. "Can Hydroreservoirs in Tropical Moist Forest be made Environmentally Acceptable?" in *Energy Policy*, June 1992, p. 507-515.
- Goodland, R., Juras, A., Pachauri, R. 1993. "Can Hydro-Reservoirs in Tropical Moist Forests Be Environmentally Sustainable?" In *Environmental Conservation*, 22, p.122-130.
- Grisel, H. 1978. *Étude des principaux facteurs influençant la bioaccumulation de certains métaux toxiques*. Montreal, CA, James Bay Energy Corporation, Direction Environnement.
- Harleman, D.R.F. 1982. *Hydrothermal Analysis of Lakes and Reservoirs*. American Society of Civil engineering (ASCE). Hyd. Div. J. 108:303 p.
- Hydro-Québec. 1996. *Complexe hydroélectrique La Grande : La qualité de l'eau, le plancton et le benthos. Fiche Synthèse*. Montréal, CA, Hydro-Québec, Direction principale Communication et Environnement.
- Intergovernmental Panel on Climate Change. 1996. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change: Contribution of WGI to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. New York, Cambridge niversity Press.
- Jackson, T.A. 1988. "The Mercury Problem in Recently Formed Reservoirs of Northern Manitoba (Canada): Effect of Impoundment and other Factors on the Production of Methyl Mercury by Microorganisms in Sediments", in *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 45, No. 1, p. 97-121
- Kelly, C.A. et al. 1997. "Increases in Fluxes of Greenhouse Gases and Methyl Mercury Following Flooding of an Experimental Reservoir", in *Environmental. Science and Technology*, Vol. 31, No. 5, p. 993-999.
- Legg, D.L. 1978. "Gas Supersaturation Problem in the Columbia River", in *Environmental Effects of Large Dams*, US Committee on Large Dams, New York, American Society of Civil Engineering.
- Lucotte, M., Schetagne, R., Thérien, N., Langlois, C., Tremblay, A. (Eds.). 1999. *Mercury in the Biogeochemical Cycle: Natural Environments and Hydroelectric Reservoirs of Northern Québec*. Berlin, Springer-Verlag, 334 p.
- Météoglobe Canada. 1989. *Effets environnementaux cumulatifs : Évaluation globale des effets climatiques des futurs aménagements d'Hydro-Québec*. Rapport final présenté à Hydro-Québec.
- Montréal, CA, Hydro-Québec. Morrison, K., Thérien, N. 1992. "Décomposition de la végétation et des sols inondés et libération du mercure", in *Les enseignements de la phase I du complexe La Grande : Actes du Colloque tenu à Sherbrooke les 22 et 23 mai 1991 dans le cadre du 59^e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, Hydro-Québec, p. 55-65.

- Rastogi, B.K. 1990. "Control of reservoir induced seismicity by management of water levels at Bhatsa and Srisaillam reservoirs", in *Bulletin of the Indian Society of Earthquake Technology*, Vol. 27, No. 4. p. 53-64.
- Rosenberg, D.M. et al. 1997. "Large-scale impacts of hydroelectric development", in *Environment*, No. 5, p. 27-54.
- Schetagne, R. 1992. "Suivi de la qualité de l'eau, du phytoplancton, du zooplancton et du bentos au complexe La Grande, territoire de la Baie James", in *Les enseignements de la phase 1 du complexe La Grande : Actes du Colloque tenu à Sherbrooke les 22 et 23 mai 1991 dans le cadre du 59^e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, Hydro-Québec, p. 13-25.
- Shimizu, S., Kawakita, A., Ito, T. 1991. "Examples of water quality improvements in reservoirs", in *Seventeenth International Congress on Large Dams: Proceedings*. Paris, FR, International Commission on Large Dams (ICOLD).
- Smalley, D.H., Novak, J.K. 1978. "Natural Thermal Phenomena Associated with Reservoirs", in *Environmental Effects of Large Dams*, US Committee on Large Dams, New York, American Society of Civil Engineering.
- Strahler and Strahler. 1978. *Modern Physical Geography*. New York, John Wiley & Sons, 502 p.
- Sylvester, R.O., Seabloom, R.W. 1965. "Influence of Site Characteristics on Quality of Impounded Water", in *Journal of American Water Works Association*, 57, p.1528-1546.
- Talwani, P. 1995. "Speculation on the Causes of Continuing Seismicity near Koyna Reservoir India", in *Pure and Applied geophysics*. Vol.145, No. 1, p.167-174.
- Tiblin, L.O. 1991. "Dams and River Water Quality", in *Seventeenth International Congress on Large Dams: Proceedings*. Paris, FR, International Commission on Large Dams (ICOLD).
- U.S. Committee on Large Dams. 1978. *Environmental effects of large dams*. New York, American Society of Civil Engineers, 225 p.
- Urdangarin, J.A. et al. 1991. "Problèmes de qualité de l'eau dans la retenue d'Anarbe : causes et traitement", in *Seventeenth International Congress on Large Dams: Proceedings*, Paris, International Commission on Large Dams (ICOLD).
- Väisänen, T.S. et al. 1996. *Importance of Greenhouse Gas Emission From Finnish Hydropower Production Compared to other Sources of Electricity*. Montréal, CA, Hydro-Québec's Head Office, IAEA Advisory Group Meeting on Assessment of Greenhouse Gas Emission, March 1996.
- Wetzel, R.G. 1983. *Limnology*. 2nd Ed. Philadelphia, NY, Saunders.

付録-E：動植物

目 次

第1章 植物	E-3
1.1 陸生植物	E-3
1.2 水生植物と繁殖性	E-8
第2章 水生動物	E-11
2.1 水生大型無脊椎動物	E-11
2.2 魚類	E-12
第3章 陸生動物および鳥類	E-19
3.1 哺乳類と鳥類以外の生物	E-19
3.2 鳥類	E-21
第4章 生物学的遺産	E-24
4.1 水力発電プロジェクトと生物多様性	E-24
4.2 生物学的遺産を保護するための措置	E-26
参考文献	E-28

<環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン>

付録 - E

動植物

付録-E：動植物

主著者：

Louis Gilbert氏、Martin Lessard氏、Martin Pérusse氏

また、*Michel Bérubé氏、Louise Vallières氏*によって多大な貢献を頂いた。

第1章 植物

1.1 陸生植物

水力発電開発が陸生植物に与える最大の影響は、森林伐採やダムの湛水によって植物が消失することである。植物が広範囲に密生し、それらの植物群に高い価値がある場合は、この影響は特に深刻なものになる。また、発電所建設による河川の流況変化や送電線その他の施設による損失も生ずる。その他、地域の気候が変わることによっても陸生植物に影響が出ることがある。

貯水池

貯水池の建設が陸生植物に及ぼす影響の第1は、湛水する前に森林伐採が行われるときである。ダムを建設する場合、通常、水没する地域に存在している一部または全部の経済価値の高い樹木を伐採したり、切断した残りの木材を取り除いたりするが、それにはいくつかの理由がある。その一つは、有機物の腐敗に伴う水質悪化を防ぐためである。森林伐採が行われない場合は、陸生植物は水中に没することになる。

➤ 有効な緩和策

湛水地の植物を除去することは、特に以下のような用途を持っている水力発電の開発に有用である（世界銀行1998年）。

- ・ 市町村や工業地域への給水
- ・ 航行
- ・ ボート、釣り、水泳、水上スキーなどの水上スポーツ

貯水池区域は森林伐採をした方がよい場合が多いが、プロジェクトによっては必ずしもその必要がないこともある。次のように、開発の目的が限られる場合は、通常その必要はない（世界銀行1998年）。

- ・ 魚類や野生生物群の育成
- ・ 洪水調節*
- ・ 灌漑

植物への影響の程度は、主に開発する貯水池の規模、対象となる生物群、環境的条件、土壌の特質、および水没前の植物保護の状態などによって決まる。開発により手が加えられていない環境の場合は、熱帯地域の方が温帯または乾燥地域よりも植物の密生度が高い。熱帯多湿地帯の森林には、 $3\sim 10\times 10^5\text{kg/ha}$ の生物量が存在するが、温帯地帯では $4\times 10^5\text{kg/ha}$ を上回することはほとんどない(世界銀行1998年)。温帯北方地域では森林の植物密生度は、ほとんどの場所で $1.2\times 10^5\text{kg/ha}$ 以下である(Association Poulin/Thériault,1993年)。

陸生植物が被る影響を緩和するために、次のような対策が有効であると思われる。

- ・ 植物の消失を最小限に抑えられるような貯水池の適正な立地や規模を考える。
- ・ 貯水池に隣接する森林地域に対して効果のあるしっかりとした保全対策を講ずる。
- ・ 影響を受ける地域の植物と同様の植物が存在する地域に保護区を設ける（貯水池内の島の保護など）。
- ・ 植物の遺伝子を別の場所に保存するために種子や他の発芽要素生育環境を収集・保護する。
- ・ 植物の遺伝子をその場所に保存するための森林公園を建設する。
- ・ 河岸の侵食を防止するための保護対策を講ずる。

大規模貯水池を建設する場合は広大な土地と多くの資金が必要であるため、森林伐採は限られた区域だけに行われることが多い。熱帯地域では植物が密生しているため、大規模ダムのために森林伐採を行うには非常に長い時間を要する。貯水池予定地の森林伐採が完了する頃には、既に伐採し終えた場所に新しい植物が発芽していることであろう。このような状態は、新しく成長した植物が急速に腐朽して、湛水開始後の数年で水質にもっと悪い影響を及ぼす可能性がある(Gérard,1990年)。

温帯北方地域の環境では、伐採後の貯水池の湖岸に低木の河岸植物が再生するが、一般に自然の水文サイクルに反する貯水池の水位変動や水位低下*によって、湖岸の生物の成長が制限される(Hellend-Hansenら、1995年)。大規模貯水池の建設によって失われた生物の生息地を回復することは長期間かかっても困難なことが証明されている。従って、森林伐採は、支流の河口に魚が入りやすくなることを除いては、魚にとって良い生息環境？場所を作り出すという点に関してはほとんどメリットはない(Pellerin and Fortin, 1992年)。

* 付録A: 用語集を参照のこと。

Nam Theun Two ダム (ラオス)
Nam Theun Twoプロジェクトは、メコン川支流Theun川における建設計画であり、貯水池面積は470km²に達する。ラオスにおける将来の最大の水力発電用貯水池での木材伐採と植物の除去作業の大部分は、ほぼ完了している。貯水池予定地、工事用道路、および送電線路の森林は、発電を行う前に除去する必要がある。ラオス中央政府は、Khammouane とBolikhamxay州の170万haの土地を特殊森林地区()として指定した。貯水池建設の補償として、プロジェクト管轄当局より、Nam Theun Twoダムの流域に3,710km²の保護区域を設定することが提案されている。1993年に、ラオスの首相は自然資源の利用と土地開発に制限を設ける法令を定めた。1994年以来、多くの専門家が、Nam Theun流域の植物と野生生物に関する調査を行ない、自然環境についての知識を深めてきた。
出典: Dorceyほか (1997年)、Monbiot (1997年)

河川面積の増加に伴う川岸長の増大によって、河岸生物の生息地も大幅に増えることになり得る。貯水池の地形によっては、岸边や沼地が形成される。乾燥した土地では植物の生育が限られているが、貯水池を作ることによって河岸植物の成長を促すことになる(Pulfordほか、1992年)。しかし、JulienとLaperle (1986年) は、カナダの温帯北方地域に存在するいくつかの貯水池では、河岸生物の生息地が水位変動範囲*の上部境界のところまで後退していることを報告している。

アスワンダム(エジプト)
ナセル貯水池は、ナイル川のアスワンダム建設に伴い1969年に作られた。貯水池の水位の周期的な上昇に伴い、水が近接地に広がりWadi Allaqi地域の乾燥した土地が冠水している。そして、貯水池から20km以上も広がった5つの地帯に植物生息地が徐々に形成されている。1987年に設立された総合調査チームは、貯水池の上流に植物の著しい？大幅な成長が見られることを確認した。ナセル貯水池がWadi Allaqi地域の生態系に対して与えた最大の影響は、水分の多い土壌に適応した河岸植物からなる植物生息地が形成されたことである。
出典: Pulfordほか(1992年); Springuelほか(1989年)。

一般には、貯水池周辺の外側に形成される植物繁殖性の高い地域で向上施策*を行うと効果的である。

下流域

川の流れを調節することによって自然の大洪水はなくなり、ダム下流の氾濫原における自然洪水のサイクルが変化する。このサイクルは、河川沿い湿地帯やデルタ地帯の植物維持に役立つ(Goodland,1989年; Bolton, 1986年)。しかし、洪水がなくなったり大幅に減少すると、植物の繁殖が衰えたり、植物の成長に関わる条件を大きく変更することになる (Dorceyほか、1997年; Rosenbergほか、1997年)。

* 付録A: 用語集を参照のこと。

温帯北方地域では、自然の大洪水がなくなると、氷による侵食作用や植物に対する強い水流作用が減少する。また、河川の総流量が減少し（例えば、分水*などによって）比較的安定した水位が保たれると、その環境には多様な河岸植物や陸生生物に適した生息地がますます急速に増加することになる（Denis and Hayeur, 1998年；Helland-Hansenほか、1995年）。しかし、川の流送能力が減少するため、洪水時には問題が生ずる。

ダム下流域では帯水層への補給量が減少し、地下水*面が低下するため湿地帯ができにくくなるとともに、洪水時期に植物に悪影響が出る（Acreman, 1996年後期；Dixonほか、1989年）。低緯度熱帯および乾燥地域ではこれらの現象が発生しやすい（Acreman, 1996年後期）が、温帯北方地域ではあってもわずかである。

（この行は任意？）

ダムの放流量を調節することによって、乾燥地域の川の間欠的な流量を一定にすることができる。これによって形成されるより安定した新しい環境が、河岸植物の成長に役立つことになる（Wieringa and Morton, 1996年；CIGB, 1985年）。自然洪水がなくなっても、植物の生息地が従来の洪水地帯より拡大したことで、多様で豊かな陸生・河岸植物が成長することがある（Wieringa and Morton, 1996年）。

➤ 有効な緩和策

植物に対する悪影響を抑えるために、次の対策が効果的であろう。

- ・ 流量を周期的に調節することによって、部分的に自然の洪水循環が再現するように水力発電開発計画の設計・管理を行う。

グレンキャニオンダム (米国)

コロラド川のグレンキャニオンダムの下流域では、開発によって流量がそれまでより規則的になり、春から初夏にかけての大きな氾濫がなくなった。水力開発以前には、河岸植物は高水位に隣接する狭い領域に集中して存在していた。1992年以後の環境追跡調査では、河岸植物は自然の氾濫領域より広い場所に広がって生育し、植物の種類も以前より多くなっていることが示された。水没に特に強くない植物冠水にあまり強くない植物が、砂浜や河岸に徐々に広がっている。

出典：DOI (1995年)。

送電線路その他のインフラストラクチャー

水力発電による電力網を開発するには、特定の路線に沿って送電線や電柱を設置する必要がある。また、発電所の建設には、貯水池を作る以外に道路、堤防、ダムおよび関連する建物の建設が必要である。

* 付録A：用語集を参照のこと。

建設中の陸上植物に対する影響は、主に森林伐採と緩い(ばらばらになった)土壌の利用(採石場や砂採取場)に関連している。剥き出しになった上層の土壌は傷んでしまう場合が多く、植物の自然な再生を遅らせることになる (Labbé and Pellerin, 1995年)。

➤ 有効な緩和策

植物の消失が顕著な場合は、次の措置が悪影響を緩和し、もしくは補償することが出来る。

- ・ 被害を受けやすい地点または特別な地点の陸生植物を保護するという観点から、適切な送電線路を選択する。
- ・ 植物の消失をできるだけ抑えるために、計画地区に向かう、または地区内の工事用道路路線を最適な位置に選定する。
- ・ 貯水池予定地内に採石場や砂採取場を設ける。
- ・ 次の植栽に利用するため、作業区域の表土を予め保存しておく。
- ・ 土壌が乱された場合、生存、生育能力に応じて特に選んだ原産植物を植える。
- ・ 電線路に隣接する一時的な作業区域に樹木や低木を植栽する。
- ・ 採石場や砂採取場の再整備を行ない、土捨て場や掘削やトンネル掘りから出るずりの捨て場を修景し、植栽を行う。

送電線路の植物を管理する目的は、高木種を除去して、放電によって停電を引き起こしたり電線を損傷することを防止するためである。整備や修理ができるように、電線路に通ずる道路の植物も取り除かなければならない。その場合に最もよく行われる方法は、除草剤の使用、機械や手動による切断、管理の下に行う焼却などがある。

条件が許せば、電線路に次のような対策を講じることができる。

- ・ 高木の制御のための生物学的、生態学的対策 (Brown, 1995年; Meilleur and Bouchard, 1995年)。
- ・ 野生生物に適した生息地にするための植物管理 (Harlowほか、1995年; Amerほか。1995年)。

植物の管理と制御 (カナダ)

1974年以来、Hydro Québecは、冬季に電線路に出没するオジロジカのデータを収集してきた。その調査から、植物の管理と調整によってその地域の環境が改善され、シカの餌となる小枝の育成を助長できることがわかった。良質な冬季の生息地を維持するために、Hydro Québecは、送電線路に対する仕事を改良するための技術ガイドラインを作成した。管理の主な目標は、局所的な処置をより頻繁に行うこと、送電線路の処置は一度に半分づつ行うこと、好ましくない植物を除去すること、そして冬季における刈り取りである。

出典: Doucetほか (1995年)。

1.2 水生植物と繁殖性

水生植物に対して貯水池が及ぼす最も悪い影響は、植物や藻類が過度に増殖することである。これは、生物の繁殖率の高い熱帯の貯水池で発生しがちな問題である。流れ込み式ダム貯水池では、貯水量が少なく水の滞留時間が短いため、このような問題は起こりにくい。温帯北方地域では、通常は、このような有害な影響が出ることはないが、酸性化された地域では(肉眼で見える大きさの)水生生物^{*}の過度の成長が見られた例もある (Eieほか、1997年)。

貯水池

➤ 貯水池の一次生産物

土壌からの溶出や、不安定な有機物が分解されて栄養素や鉱物が急速に広がることによって、貯水池の一次生産物が増殖する。水の物理化学的変化によって連鎖反応が起こり、植物プランクトンや動物プランクトンが増殖を始める (Wright, 1967年)。貯水池の生産性は様々な要因が関係しているが、主には光の侵入(透過)、水質、熱的、化学的混合、温度成層、および生物の移住(移植)などがあげられる (世界銀行、1998年)。

水没した有機物質から栄養素が生産される割合は、湛水開始後の数年が最も大きくなる傾向がある。その後、これらの栄養素は徐々に消費されていき、生産率は一定の状態を保つようになる。その後の栄養素の流入量は主に、貯水池に流れ込む支流の水質にかかっている。温帯北方地域では、貯水池の有機物分解が生物増殖に与える影響は、湛水から8～10年後にはなくなるのが普通である (Schetagne, 1992年)。

➤ 貯水池の富栄養化と温度成層

貯水池における過度の生物増殖は富栄養化^{*}を引き起こし、水環境に有害な影響を及ぼすことがある。熱帯地域に造られたもののうちでも特に浅い貯水池では、水没した大量の有機物が分解したために、深刻な富栄養化の問題が発生することがよくある。

貯水池流域における工業、都市および農業の活動による大量の有機物負荷量が、水の富栄養化の主な要因でありうる。富栄養化した貯水池では、年に何回か、水生植物 (ホテイアオイ、ボタンウキクサ、浮き草類、蘚類、シダ類) の急速な繁殖や藻類の増殖が観察される (EGAT, 1990年)。貯水池水面に水生植物が密生することによって、水分の蒸発散^{*}が著しく増大し、また、透過光が減少し水面上での大気交換が行われにくくなる (Helland-Hansenほか、1995年)。

有機物の分解が安定した後にも、高水温と温度成層のために富栄養化の状態が続くことがある。貯水池水面の温かい層 (表層温水層)では、有機物の急速な酸化が促進され、光合成と水生植物の成長が加速される。有機物の分解と堆積によって水底の層 (深層冷水層) への酸素供給は減少する。そして、酸素欠乏状態での腐敗によって水生生物に影響を及ぼす有害な物質を発生させることになりうる (Ayresほか、1997年)。

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

ブロコポンド (スリナム) とペフエンチェ (チリ) 貯水池
熱帯地域では水生植物の成長が速い。ブロコポンド(貯水池)では、1964～1966年の間にホテイアオイの植物群が410km²以上に及ぶ水面に繁殖した。これは、2年間にわたり1秒間に平均6m²の増殖があったことになる。30MWの電力を産出するために、熱帯雨林の160,000haの地域を水没させた。これは、1MWにつき5,333haの水没面積にあたる。水没地域には、分解できる有機物が大量に存在しており、富栄養化によって水生植物が急速に増殖した。
出典：世界銀行（1988年）。
チリの500MWペフエンチェ水力発電プロジェクトでは、400haの地域が水没の対象となったが、植物や野生生物に対する被害は最小に抑えられ、貯水池の水質にも大きな影響はなかった。水没面積は1MWにつき1ha以下であった。この水力発電プロジェクトは、1MW当りの水没面積の点で、世界でベスト50に入る大ダムプロジェクトとして知られている。
出典：Ledecほか（1997年）。

➤ 有効な緩和策

富栄養化の影響を抑えるためには、次の対策が効果的でありうる（温帯北方地域の貯水池には適用できない）。

- ・ 効果が明らかな時には、水没する前に植物の伐採と除去を行う。
- ・ 水深の浅い入り江部分の水没を制限する。
- ・ 支流からの栄養素の流入量を減らすために、工業、都市および農業の活動を調整する。
- ・ 貯水池の垂直的な混合を促進し、温度成層の形成を回避するために、ダムの種々の標高から放流を行う。貯水池の水位を下げて水生植物の増殖を抑えるかもしくは無くする。
- ・ 保全対象ではない水生植物に対して、生物学的な制御もしくは無害な除草剤を局所的に使用する（大型植物を制御するために除草剤を繰り返し使用する場合は経費が高くつくことがある）。
- ・ 水生植物や藻類を再利用するために収穫する（堆肥、飼料、燃料、生物バイオマス？ガス生産）。

下流域

生息地、水質、および水量の変化がダム下流域の低い栄養段階の生物（植物）に与える影響を総体として定めることは困難である（世界銀行、1998年；Ward and Stanford, 1979年）。これらの影響は、特定の環境条件、生物の種類、および貯水池の条件によって相当な違いがある（Powerほか、1996年）。小貯水池と組み合わせた流れ込み式の河川開発では、短期的には河川の水生生物増殖に対する影響は少ない。長期的には、それらの影響はほとんど無視できる。

貯水池内の有機物の沈殿と堆積によって、下流域に運ばれる栄養分の量は減少する。そして、下流域における一次生物生産量は減り、食物連鎖の他の栄養段階に影響が出る（CIGB, 1985）。

年)。食物連鎖の上位生物に対する影響は、河口にまで広がる影響となることもある (Rahman, 1986年)。

一方、流れの流送土砂量が減少し、濁りが少なくなることによって水の透明度が高くなると、一次生物生産が促進されることになりうる (Wieringa and Morton, 1996年)。生物増殖が促進された貯水池の栄養素の一部が下流域に運ばれると、川の栄養分が豊富になる (Schetagne and Roy, 1985年)。環境への影響は、プロジェクトによって異なるこれらの要因がどのように連動するかによって決まってくる。

温帯北方地域では、水が貧栄養であること、また侵食・堆積の発生率が一般に極めて低いため、これらの影響は少ないであろう。

熱帯乾燥地域では、蒸発散や水の多目的利用 (灌漑、市町村および工場への供給など) のための水量の減少とともに河川の水量の低下は、水生植物の過度の増殖を促進する (Powerほか、1996; Dixonほか、1989年)。ダムの建設により毎年の大洪水のサイクルが損なわれると、この増殖はさらに広がりを増す (Lavergne, 1986年)。洪水時の激流は、水生植物が河岸に根を張ることを防ぐ。

グレンキャニオンダム (米国)

コロラド川の自然条件のもとでは、春から初夏にかけての洪水によって大量の土砂が運ばれ、水が引いた後の砂浜に堆積していた。これらの毎年の洪水は、植物や野生生物の数を制限してしまい豊富であるとは言えなかった。グレンキャニオンダム建設によって土砂をパーエル貯水池に堆積させることで、下流に流れ込む土砂は基本的にはなくなっている。渇水期に流量が増え、水の透明度が高くなるため、コロラド川の一次生物生産が増加している。この新しい栄養源の存在によって、様々な水生植物や生物の成長が促されている。

出典: Wieringa and Morton (1996年)。

塩分の循環や栄養の負荷量が変わることで河口域の水生植物に影響が出る。しかし、カナダの温帯北方地域 (ラグランデ貯水池群) では、ダムの運用開始以後、沿岸の塩分が、岸の浅い湾に分布しているアマモ^{*}生息域の分布、濃度およびバイオマスに影響を与えたという証拠は見られない (Hydro Québec, 1995年)。アマモが増殖したのは、主に、自然の水位変動と気候の影響によるものと思われる (Julienほか、1996年)。塩水性湿地帯の植物の成長と分布は、冬季にも以前と同様に最高1mの氷で覆われて保護されているため、特に目立った変化は見られなかった (Hydro Québec, 1995年)。

➤ 有効な緩和策

ダム下流域の河川の水生植物に対する影響を緩和するために、次の対策を講ずる必要がある (温帯北方地域の貯水池には適用できない)。

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

- ・ 貯水池の富栄養化を抑制する。
- ・ 蒸発散による水分の消失を補うために、ダムからの十分な放流を行う(Daviesほか、1994年)。
- ・ 自然の洪水サイクルをある程度人工的に再現できるような発電所の設計と管理を行う。

第2章 水生動物

2.1 水生大型無脊椎動物

貯水池を造り河川の流量を減ずることによって、水生大型無脊椎動物^{*}の生息量や種構成を変えてしまうことがある。極端な場合、河川の一部が干上がることによって種の絶滅に到ることもある。

？

水力発電所の開発が水生大型無脊椎動物に与える主な影響は、これらの生物が栄養連鎖のより上位の段階に及ぼす影響である。

貯水池

流水環境^{*}に生息している水生無脊椎動物のうち基本的に移動性の低い生物は、貯水池建設の初めの数年に消滅する可能性がある。しかし、新しく作られた生息地には、移動性が高く溶存酸素をあまり必要としない生物が急速に増殖する (Schetagne, 1992年)。水没した植物を利用できるようになると、無脊椎動物の密度とバイオマスは、自然の環境におけるよりも高くなることもある (De Silva, 1988年; Boudreault and Roy, 1985年)。温帯北方地域の貯水池の調査では、動物プランクトンは自然の川におけるよりも急速に成長し、10～30倍、時には50倍もの量に増殖することが示されている (Hydro Québec, 1996年)。水位の変動による水生無脊椎動物への影響の評価については、それぞれの水力発電プロジェクトによって様々な違いがある (Vallières and Gilbert, 1992年; Düthie and Ostrofsky, 1975年; Grimas, 1961年)。

？

乾燥および熱帯地域の水深が浅く波の少ない貯水池では、蚊や巻き貝などの病気を運ぶ昆虫や軟体動物に都合のよい生息地が形成されることがある (世界銀行、1998年)。これらの地域では、貯水池の水生植物の成長が、これらの動物の増殖を促進する (Helland-Hansenほか、1995年; Gérard, 1990年, Roggeri, 1985年)。

➤ 有効な緩和策

最も効果的な緩和策は次のようなものである。

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

- ・ 排水、揚水、埋土、盛土によって浅い水たまりや池をなくする。
- ・ 生物の種を調節するために、捕食性動物や競合動物を取り入れる。
- ・ 対象種に対して専用の殺虫剤を使う（コストと耐性の問題がある）。

一方、貯水池を造ることによって、水が速く流れる領域を水没させてしまうので、病気を運ぶ他の昆虫の生息地を破壊することもある。

下流域

水力発電ダムの下流河川では、水生無脊椎動物の生息量や種構成が変化する可能性がある（Casadoほか、1989年；Wade, 1980年）。水文学的、温度的および化学的様相の変容が、これらの動物の成長と繁殖に重要な役割を果たす（Irvine, 1985年；Spence and Hynes, 1971年）。

Gersich とBrusven（1981年）は、大型無脊椎動物が住み付くまでの時間は、自然環境よりも、流量調節河川環境の方が長くかかることを観察した。水位が下がると、無脊椎動物は下流に移動するが、流量の減少による影響が最も大きい岸辺で特に顕著である。（Perry and Perry, 1986年）。流量が最低の時にも絶えず湿潤である場所には、耐性のある種が繁殖するであろう（Abbot and Morgan, 1975年）。一方、川の流速が緩やかに増加すると、付着藻類*の成長と繁殖を加速することがありうる（McIntire, 1966年）。

川の栄養分流量が少ないと、無脊椎動物に有害な影響を及ぼすことになりうる。しかし、流送土砂が少ないと水が清澄になり、一次生物生産が増加してそれに続き大型無脊椎動物の成長を促すこともありうる（世界銀行、1998年）。

魚類と同じように、塩水の流入による河口域の変容によって生態系の空間的分布が変化し、水生無脊椎動物の生息地にも影響が出る可能性がある。Liebenthalの調査によると(1997年)、パナマのバヤノやフォーチュナの場合のように、水流の変化によって河口域の塩分や循環条件が大幅に変化したいくつかの例がある。バヤノの場合は、産卵のために河口域に移動してくる小エビの集団に影響を与えていたようである。

➤ 有効な緩和策

個々の環境によっては、以前に提示したダム下流域の水質を改善するための緩和策は、水生大型無脊椎動物の成長を促進する効果がある。しかし、流れの変容が大型無脊椎動物の成長にどのような生物学的影響があるかを正確に予測することは未だ不可能である(世界銀行、1998年；Bell, 1991年)。

2.2 魚類

魚類は、水力発電所の建設によって影響を受ける主要な水生生物である。魚類の生息地は、貯水池に水が湛水された後に完全に変容し、その影響は下流の河口域にまで広がる可能性がある。貯水池に蓄えられた大量の水が、魚に新しい生息地を与えることになる。貯水池に植物プランクトン*が繁殖し、魚の増殖が促進されて自給用もしくは商業用の漁場となる。

貯水池

貯水池を建設することにより、川の水環境が湖の水環境に変わることによっていくつかのケースでは自然の湖の水位を人工的に上昇させることによって貯水池とする場合もあるが、魚類の生息地が大幅に変化することになる。

新しい条件によって、魚類の種構成が変化するのが普通である (Alamほか、1995年; 国連、1990年)。川の水環境において代表的な魚類は、湖の水環境に適しそこで繁殖しやすい魚類より不利な条件になる(Kinsolving and Bain, 1993年)。

魚類の産卵、捕食、および繁殖の本来の場所が変わることになり、その新しい条件に適応力のある種が数を増やすことになる (世界銀行、1998年)。これらの種はどこにでも住める種であることが多く、狭い生息条件を持つ珍しい種 (貴重種等) を犠牲にして増殖していく。環境条件によっては、貯水池周辺の多くの支流を利用して、川で産卵し貯水池で成長を続けるというライフサイクルの魚類の生存が可能になる (Bodalyほか、1989年; Boucher and Roy, 1985年)。しかし、長い距離を移動したり、海岸域または海にまで移動する必要のある種は大幅に減少するであろう。

湛水開始後の初めの数年は、植物バイオマスの分解によって貯水池の生物の生産性が増加する。この新しい豊富な餌 (植物プランクトン、動物プランクトン*) を素早く摂取できる種が、バイオマスの分解が安定するまで、最も多く繁殖することになる (Alamほか、1995年)。水没した植物は、付着藻類や底生*無脊椎動物に適した住みかを提供することになり、それを餌とする魚類を増やし、それに続いてその魚類を捕食する種が繁殖する (De Silva, 1988年; CIGB, 1985年)。

貯水池で観察される魚類の高い生産性 (kg/ha) は、通常、自然の水域の生産性を上回っている (Sarma, 1990年; Dixonほか、1989年; De Silva, 1988年; Goldsmith and Hildyard, 1984年)。貯水池によって造られる広大な面積と大量の水は、水生生物の新たな生息地となる。生息地の面積が増えることは、通常、レクリエーション用、商業用の漁業を促進する高い魚類生産量を生むことになる (世界銀行、1991前半, Sarma, 1990年; Dixonほか、1989年; De Silva, 1988, Goldsmith and Hildyard, 1984年)。カナダでは、このような現象によって、貯水池の周辺に数多くのレクリエーション用釣り具店ができています。温帯北方地域の貯水池で生産される水中バイオマスは、湛水前の土地で収穫が可能な陸上生物バイオマスより多い (Hydro Québec、1993年前期)。

* 付録A: 用語集を参照のこと。

サグリングダムとシラタダム (インドネシア)

サグリングダム (1986年) とシラタダム (1991年) を管轄する当局が先進的なプロジェクトとして、貯水池を利用した漁場を建設している。池や水田での伝統的な養殖を行っていた小規模生産者のために、魚の養殖技術が適用されている。追跡調査によると1992年には、両方の貯水池で行われた浮揚式いけす養殖で7,500世帯が雇われ、10,000tonの魚が生産された。この収穫量は、元の川で生産された年間収穫量10tonを上回っている。両方の貯水池から得られる漁師の収入の合計は、年間1,000万ドルを越えており、水没した農地の米収穫量の価値より高くなっていた。その他、魚食品生産、かごのメンテナンス、販売などの事業を行うのにさらに21,000の職が作られることになった。他の貯水池の漁場でも、多くの職が発生しそこから多くの収入を得ることができた。そのような貯水池は、ガーナのアコソンボ、インドネシアのケドゥング・オンボ、ザンビアとジンバブエのカリバ、パキスタンのマングラおよびターベラ、ラオスのナム・ヌガムなどがある。

出典: Liebenthal (1997年)。

乾燥地域および熱帯地域では、貯水池の富栄養化による水質悪化に伴い、魚の生息にとって有害な影響が出ることもある。貯水池の成層化が起こり層間の酸素交換が限られると、生息する魚類に危険が生じる。

魚類は、通気と光合成により酸素量が多い貯水池の上層 (表層温水層) では生存できるであろう。しかし底層 (深層冷水層) は、無酸素分解と有毒物質の溶出のために魚類にとって有害である (世界銀行、1998年)。これらの有害な条件は、貯水池の有機物分解が安定化するとともに改善されるかもしれない。温帯北方地域においては、ラグランデ貯水池群 (カナダ) に見られるように、水質は魚の生存にとって常に適切な状態になっている (Schetagne, 1992年)。

富栄養化の有害な影響に対しては、既に「水生植物と繁殖性」(1.2) の項で述べた緩和策を実施することができる。

貯水池の多くの使用目的 (洪水調節、飲料水、灌漑、水力発電、航行、レクリエーション) が、生物資源の管理を一層困難なものにしている。貯水池は、通常、釣り場としてもよく利用されているので、電気事業者は、魚資源の生産を促進するために貯水池管理方法を修正したり、特別な措置を取ることがある (Olmsted and Bolin, 1996年)。しかし、貯水池に放流された外来魚は、上流や下流の河川や湖に拡散していくことがある。

➤ 有効な緩和策

貯水池に生息する魚類には、一般的には次のような対策が有益である。

- ・ 水位の管理 (産卵場所の造成、産卵時期の最適化、卵の凍結防止、捕食動物の管理、支流への容易な移動経路の確保)。
- ・ 人工的な産卵場所の設置。
- ・ 魚の放流。現地での卵の孵化、貯水池内の統合養魚場。
- ・ 支流へのアクセスを容易にするための障害物除去 (樹木伐採)。
- ・ 入り江部分の水位を維持するための堰の建設。

- ・ 岸辺を安定化させるための措置。

管理の実例 (カナダ/米国)
1980年にカナダのHydro Québecでは、Outardes-2貯水池を建設する際に、魚の放流を行うなどの魚の生態を守るための管理プログラムを作成した。レイクトラウトの個体群を貯水池に入れるために、600,000匹余りの稚魚*と幼魚*を放流した。また、魚の飼料となる種であるレインボースメルトも貯水池に入れた。ループ・マリン川に移動経路を建設して追加の産卵場所へのアクセスを増やした。良質の生息地を確保し産卵しやすくするための支流管理が行われた。
出典: Lessard (1995年)。
米国のデューク電力は、過去20年間、オオクチクロマスの産卵を助けるために自社の大きな貯水池のうち、6つの大貯水池の水位を安定化する対策を実施してきた。その他、ジェームズ貯水池の春の水位を調節して、カワカマスが産卵のために川の浅瀬に到達できるようにした。
出典: Olmsted and Bolin (1996年)。

漁場管理の一環として、生態学的理由（大型植物の管理、魚集団の操作）や商業的・レクリエーション的理由から外来種の導入が頻繁に行われている（Olmsted and Bolin, 1996年）。しかし、緩和対策として外来種を導入するには、初期の生物物理的条件について厳しい検査を行ない、特に生物多様性と原産種の成育という観点から、そのことが好ましい結果をもたらすかどうかをよく検討する必要がある（Kohlerほか、1986年）。

ダム

川にダムを建設することによって、回遊魚種の移動を制限し、本来の移動経路や移動範囲を変えてしまうことになるので、そのことを防ぐには、それに代わる別な移動経路を設ける必要が生じてくる。しかし、ダムのない川でも滝などの自然の障害物があり魚の遡上の障害になっていることがよくある。そのような場所に発電所を建設すれば、魚の回遊に対して、新たな障害物を増やすことにならないで済む。

ダムの存在や発電設備は、魚の下流への移動の障害になるのが普通である（Goldsmith and Hildyard, 1984年）。ダムという物理的障害や川の流れの制御によって、魚の川下への移動を遅らせることになったり、魚がタービンを通る際に傷ついたり死んだりすることがある。

「流れ込み式」発電所も、魚の移動に対して重大な影響を与える可能性がある。緩和策の影響と効果を評価するには、同じ河川にあるダム群の累積的な影響を検討する必要がある（Hill and Hill, 1994年; Netboy, 1986年）。

最近の調査によると、熱帯地域に設けられたある型式の通路は、温帯地域の成果と同じように効果があることが示されている（Acreman, 1996a,b年）。しかし、温帯地域での成果は様々である。

* 付録A: 用語集を参照のこと。

➤ 有効な緩和策

以下は、魚がダムを通過したりさらに別な場所に移動できるようにするために広く行われている対策である。

- ・ 魚道 (Larinier, 1992年; Powers and Orsborn, 1985年)
- ・ 水門および魚用エレベーター
- ・ バイパス /ダム迂回水路
- ・ 車、ボート、飛行機などによる魚の移送 (Hildebrandほか、1980年)

これらのいずれの対策が適切であるかは、現場の物理的特徴、対象となる魚種、地理上の位置、その他の様々な制限要因によって決まってくる。

サスケハナ川流域 (米国)

1904年から1992年までの間に、サスケハナ川下流域に4つのダムが建設された。その結果のひとつとして、シャド(ニシンの一種)が急激に減少し、1921年にはほとんど漁獲できない状態になった。それ以来、ダムを所有している4つの公益企業は、魚用のエレベーターとそれに乗せるトラップを設置して、シャドがダムの上流に移動できるようにした。2000年を目途に計画されている魚道が完成すると、シャドは300kmを越える範囲に分布している繁殖地に到達することができるようになる。1980年には、シャドは約3,000匹の集団であったが、10年後には約100,000匹に増加した。

出典: Olmsted and Bolin (1996年); PP&L Resources (1995年)。

これらの影響を緩和するために、様々な措置をとることができる。

- ・ 魚が下流へ移動する時期には、ダムからの放流を増量する。
- ・ 魚に与える危害を最小にするようなタービンを使用する (落差に応じた)。
- ・ 発電所の物理的な配置 (タービンの位置、導水路、取水口)およびタービン運転を最適化する。
- ・ 魚がタービンに流入するのを防ぐ、あるいは別な放水路に魚を導くために、ネット、障害物、スクリーンなどを活用する (Taftほか、1995年)。
- ・ ストロボライト、音波、バブルカーテン、電場などを使って、魚が特定の場所に入るのを防止する (EPRI, 1994年)。

下流域

ダムの下流域の水質は、上流にある貯水池からの水流によって大きな影響を受ける。深水層の物理化学的条件 (溶存酸素、温度、濁度、有毒物質) は水生生物に有害なこともあり、貯水池の低層の水を取水すると下流に影響を及ぼす可能性がある (Cushman, 1985年; Lillehammer and Saltweit, 1984年; Brooker, 1981年; Ward and Stanford, 1979年)。増水期に、上層の水が洪水吐

その他の構造物から放流される場合は、深水層からの流出による有害影響は緩和される。

影響を受ける程度は、ダムからの放流量と下流支流からの流入量によって異なる。ただ、放流量を制限することになる水量の少ない時期（乾期）は、より大きな影響が出るであろう。このような状況は、主に、熱帯乾燥地域の季節的な運用を行う貯水池に発生する。大規模貯水池において、水の滞留時間^{*}が長く、水温成層によって水の垂直循環が少ない時に特に大きい影響がでる。貯水池の水量に対して流入量の割合が大きい「流れ込み式」ダムは、比較的影響が少ない（Olmsted and Bolin, 1996年）。温帯地域は、熱帯地域ほどの影響は受けない。

水温の変化によって魚の生息地や餌の構成を変えてしまうことがある（Blanz ほか、1969年；Alamほか、1995年）。水温の変化は、魚や無脊椎動物の新陳代謝、行動、死亡率に影響を与える^{*}（Mihursky and Kennedy, 1967年）。しかし、サケ科の魚を維持するには、冷たい水の放流の方が適している（Olmsted and Bolin, 1996年；Wieringa and Morton, 1996年）。

堰^{*}や水門^{*}からの流出によって、水の酸素濃度が増加することがある。極端な場合、特に、急勾配もしくは高落下高の構造物の場合は、ダムのすぐ下流で酸素の過飽和状態になることがある。水の酸素濃度が高いと、水生生物、特に魚に有害な影響を与える。温水域生物は、溶存酸素量の急激な変化に対して冷水域生物より強い耐性を示す。同様に、成長した魚は、小さい魚や稚魚よりも高濃度酸素に対する耐性は高い（世界銀行、1998年）。

送流土砂の多い河川では、以前は下流から海にまで運ばれていた有機物や無機物がダムに堆積することになる。こうして下流の栄養量が減少して、河川水の生産性を下げ、魚の生態に影響が及ぶことになる（Powerほか、1996年）。その一方、流送土砂の減少により水の透明度が増すと、一次生産物と魚の総量が増加する。また、貯水池のプランクトンが下流に流されて下流域の餌量分布に変化をもたらす。

➤ 有効な緩和策

これらの影響を緩和するのに用いる対策は次のようなものがある。

- ・ 酸欠水や冷水の流出を防止するために、ダムの種々の標高から放流する。
- ・ 貯水池表層の水を取水するために、取水口の前に水中デフレクターを設置する。
- ・ 空気もしくは気体または液体酸素の注入、ポンプまたはプロペラによる部分的な成層破壊、および機械的な曝気（Hauser and Morris, 1995年）。
- ・ タービンルームに空気吸入口またはデフレクターを設置する。
- ・ 自然の洪水サイクルに部分的に類似した人工洪水が流せるように、水力発電所を設計・管理する。
- ・ 下流に堰を設け、水中酸素条件を改善する（Eielほか、1997年）。

川の流れを人工的に改変・制御することによって、魚の（特に河岸の）生息地や構成を変えることができる（Petts, 1984年；Cushman, 1985年；Bainほか、1988年）。大洪水が減ると氾濫原^{*}が減少し、多くの魚類にとって生息可能範囲が縮小する（Bailey, 1995年；Sparks, 1995年）。低緯度の熱

^{*} 付録A：用語集を参照のこと。

帯乾燥地域では、洪水が消滅することによる影響は特に大きい（Acreman, 1996年後期）。米国コロラド川の例に見られたように、他の目的（灌漑、飲料水など）のための水の使用は流れの流量減少の影響と複合することもある（Rosenbergほか、1997年）。

大河川での流量減少は、特に河岸の生産性の高い地帯において、魚類の生息地の分散度合いを低下させる。水流の速度が低下すると、魚の特別な生息地としての相対的な重要度が減少し、多くの生産地帯が流れ全域に広がることになる（Stalnakerほか、1989年）。さらに、流速が低下し水の滞留時間が増すと、生物的生産性が高まるとともに、良質の魚類生息地ができる。ただし、この場合、生物多様性が損なわれる可能性がある。

マナントリダム (セネガル)

マナントリ電力プロジェクトは、1988年に作られた既存ダムの場所に200MWの水力発電所を建設するものである。この開発計画には、セネガル川の自然の洪水サイクルを再現するために、周期的な流量を可能にするような補償手段も含まれている。発電所運転が開始された時に、下流の冠水面積を決定するために、様々な関係機関の間で協議が持たれている。

出典：Pottinger (1997年); Dorceyほか (1997年)。

海水の侵入する範囲によって、河口域の環境に生息する魚の種類が決まってくる。自然の状態では、河口域は淡水であるのが普通である。しかし、河川の流量が減少すると、海水の侵入により生態学的な領域が上流方向に移動し、魚の生息場所が再編されることになる。河口域*の新しい環境は、海洋種の生息場所として拡がり、淡水種にとっては生息できない場所になる。洪水が十分に大きくなく、淡水で産卵地域を冠水できない場合には、沿岸や三角州周辺に産卵する魚は被害を受けることになる。エジプトのアスワンダム建設に伴い、東地中海ナイル河口のイワシ漁場では漁獲の減少が観察された（世界銀行、1998年）。

ラグランデ川とイーストメイン河口 (カナダ)

カナダ温帯北方地域のラグランデ貯水池群では、発電所開発以後ラグランデ川の冬季の流量は、自然サイクルでの水量と比べると8～10倍に増加している。環境影響調査では、河口域は以前と同種の魚の生息地に適した状態を維持しているとともに、全ての種にとって産卵場所と越冬のための好ましい条件を提供していることが示されている。回遊魚はジェームズ湾に自然の条件と同じ様に滞在し、同じ時期に川に戻っている。イーストメイン川の流量が減少したことによって、川に侵入してくる海水魚の量が増加し、淡水魚は上流に押し戻されることになった。この新しい環境では、重要でない種は少なくなり優占種が繁殖してきた。15年後には、この水流の変化は魚群の構成、産卵能力、あるいは遡上回遊魚*の食物戦略をほとんど変えていない。主要な魚種の産卵や越冬のための生息地は、海水の侵入があっても同じ状態が維持されている。これらの結果は、これらの魚種が、自然環境が大幅に変化しても生き残ることができるという適応性を証明している。

出典：Hydro Québec (1995年); Groupe Environment Shooner (1993年)。

* 付録A：用語集を参照のこと。

➤ 有効な緩和策

河川流量の制御および変動による影響を、以下の対策によって緩和することができる。

- ・ 保証水量もしくは維持流量を確保する。
- ・ 水位を調節するために下流に堰を建設する (Shaneほか、1982年、Sjöströmほか、1993年)。
- ・ 産卵場所を作ったり、産卵場所の底質を清浄にするために人工的な洪水を発生させる (Yinほか、1996年; Ligonほか、1995年; Kondolfほか、1991年)。
- ・ 親魚のために水の取り入れ口の設置、卵の乾燥防止、稚魚が川下へ移動することを促進するために流路を変更する(Carnie and Waterman, 1993年; Davies, 1979年)。
- ・ 貯水池の表層から取水した温水を用いた養魚法*により飼育した魚を放流して魚類数を維持する。

第3章 陸生動物および鳥類

3.1 哺乳類と鳥類以外の生物

水力発電プロジェクトが陸生動物に与える影響は、植物とその生息地、特に生息地の植生に与える影響と同時に評価しなければならない。森林伐採と貯水池湛水は、陸生生物に重大な被害を及ぼす2大要因である。生息地の水没は動物を別な場所に強制的に移動させ、これは一般的に種内および種間の生存競争を激化させることになる。野生生物とその生息地に対するこのような有害な影響を緩和し補償するために、特別な対策を立てることができる。

貯水池

大貯水池の建設は、その場所の植物や野生動物の生息地に対して必ず重大な影響を与える。影響の範囲は、影響を受ける区域の面積、そこに生息する生物の種類、および生息地の特徴などによって異なる。熱帯湿潤地域の生息環境には、温帯地域よりも、数の点でも種類の点でもはるかに多くの野生生物が密集している。

生息環境を変容させることによって、定住種と移動種の両方に対して、捕食、成育、および生殖の仕方に影響を与えることになる (CIGB, 1985年)。これは生態系*全体に大きな影響を及ぼし、その結果、種の数や構成を変容させることになる (世界銀行、1998年)。

森林に水が冠水し水位が上昇していくにつれて、野生動物はその場所から逃れて行く。このような移動によって、貯水池周辺における野生動物との競争が激しくなっていく(Villela, 1996年)。水位の上昇とその地域の自然地理*によっては、貯水池に島が形成されることがある。しかし、大きな島の生物構成は、自然の湖にある島の構成と似たものになる (Crêteほか、1997年)。岸から遠く離れかつ制約的な自然現象や人間の干渉から護られている貯水池の島では、気候的な小世界が形成され、

* 付録A: 用語集を参照のこと。

局所的、地域的な生物多様性が保存されることになる。

水力発電所の構造物が、移動や餌場、成長、生殖区域へのアクセスを妨害することがある (Goldsmith, 1984年)。動物の昔からの移動経路を妨害し、生息範囲を分断する可能性がある。しかし、これらの実際の影響については、さらに調査する必要がある。カナダのケベック北部に生息するカリブーの追跡調査では、貯水池の水が凍結しても妨害にならず、むしろ冬季の移動を容易にしているとの結果が示されている (Hydro Québec, 1993年後期)。

水力発電所建設による物理的な妨害や騒音は、野生生物に余分なストレスを与え、その場所からの移動を余儀なくさせることになりうる (世界銀行、1998年)。これらの妨害は、野生生物にとって確かに大変なストレスになるが、その環境に慣れることによってうまく適応し生き延びている生物種の例もある。

➤ 有効な緩和策

貯水池の建設が野生生物に与える被害を抑えるためには、陸上植物の項 (1.1) で述べた対策と並んで以下の対策をとると効果的である。

- ・ 野生生物の保護の全体的計画と移動させられる種がそれほど利用していない区域への移転。
- ・ プロジェクト地域外で捕獲した種に影響を受けた環境に再定住させる。
- ・ 野生生物の生息地として適した保護区域を設ける。
- ・ 動物を捕獲して繁殖させ、種がそれほど利用していない地域に再導入する。
- ・ 野生生物の生息地として適した場所の開発と管理。
- ・ 特に選んだ場所やダム建設によって乱された場所へ植栽を行う。
- ・ 周辺環境での利用を減らすために、管理対象区域で成長した種の積極的な捕獲を行う。

貯水池の建設によって、多数の動物種の生息に適した新しい環境が形成されることがある (Goldsmith and Hildyard, 1986年)。乾燥地域だけでなく熱帯および温帯地域でも、新たな岸辺、沼地、湿地帯によって植物の量や野生動物の密度が増加することになるであろう (CIGB, 1985年)。形成される生息地の数は、貯水池の形態、周辺の地形、土壌の性質と緯度などによって異なる。

イタイブダム (ブラジル/パラグアイ)

パラナ川のイタイブダム管轄当局が設立した環境プログラムによって、1982年の湛水開始以来、30,000種の動物を捕獲することができた。これらの動物は、水力発電工事が開始された後に作られた2つの特別保護区と5つの保護区域に移送された。陸生生物の保護区域は全体で992 km²であり、そのうちの半分以上は、貯水池の周りに環境保護地帯として形成されている。捕獲して繁殖させるためのセンター (CASIB) によって、特別に被害を受けている種を保護し自然の生息地に戻してやることが可能になる。センターが行う繁殖と飼育は、主にブラジルとパラグアイに生息する貴重種や絶滅危惧種、その他希少な種の保護に焦点が当てられている。CASIBの目的は、農業開発以前に存在していた生態系と似た状態に貯水池周辺を再生させることである。

出典: Itaipú Binacional (1997年); 世界銀行 (1989年); Kohlhepp (1987年)

送電線路およびその他のインフラ設備

送電線路での森林伐採およびそれに関連した作業は、陸生生物の生息地の数を減らすことになる。しかし、送電線路に植物が再生することで異なる様々な生息環境が形成され、主に森林との境界区域において、野生生物の密生度が増し、多様性が増加することになりうる(Deshayeほか、1996年; Lunseth, 1988年)。新しい生息環境は、様々な動物のライフサイクルのある時期もしくはいくつかの時期において生物学的要件を満たすことが出来る。

送電線路のために森林を伐採することによって、植物の多様化が促進され哺乳類の食物が増加するのが普通である (Lunseth, 1988年; Goodwin, 1975年)。温帯地域では、主に有蹄動物とげっ歯類動物がこれらの新しい食物源を活用する (Ricard and Doucet, 1995年; Brunelle and Ouzilleau, 1991年)。送電線路周辺に生産される食物の質と量は、送電線路維持管理中にどのような植物管理が行われるかによって違いが出てくる (Garant and Doucet, 1995年)。低木の茂みには開かれた場所と閉じられた場所が形成され、小哺乳類、両生類、爬虫類が比較的多く繁殖できる環境となる(Deshayeほか、1996年)。しかし、高山地域やツンドラ地域では、送電線路は行動や移動の障害になることがある。

➤ 有効な緩和策

送電線路周辺に生息する野生生物の生息環境を改善するには、陸生植物の項 (1.1) で提案した緩和策が有効である。

オジロジカに関する管理の実例 (カナダ)

ケベック州では、送電線路はオジロジカのために設けられた約40の冬季保護地区の中を通過している。その結果、定期的に植物管理を行わなければならない。Hydro Québecは、2つの鉄塔地点で植物の冬期試験伐採を行った。その目的は、この措置がシカに食物を供給することになるか、また、若芽の再生を促進することになるかを調べるためであった。その最初の冬には、シカは切断された枝を最大で73%食べた。翌年の春には、この2ヶ所における全ての餌のうち、新芽が全体の80%を占めるほどであった。この調査で、冬季の刈り取りによって、シカのエネルギー需要が大きい時に重要なすぐ役立つ食物源を供給することになることが分かった。

出典: Garant and Doucet (1995年)。

3.2 鳥類

水力発電の開発によって陸の生息地が消滅することで、鳥類に大きな影響を与えることになるが、貯水池の存在は鳥にとって有益でありうる。貯水池の周辺に湿潤な生息環境が形成され、ダムの下流域の流量が調節されることで乾燥地域の植物が再生することになりうる。中にはこの新しい環境条件から利益を得る鳥もあることであろう。

送電線路において、衝突や感電による事故が発生することがある。しかし、色々な措置を講ずることによって、これらの危険をかなり減らすことは可能である。

貯水池

森林伐採や貯水池湛水が、成鳥にとっての直接的な脅威になるというわけではない。生息地を失い食物供給が不足することが、鳥類に対する主な有害な影響である。生息範囲が変えられることで、鳥の種構成や数が変わることになるかもしれない（世界銀行、1998年）。そして、水没した範囲の外に鳥が移動することで種間の争いが激化することになるであろう。

➤ 有効な緩和策

以下の対策が、鳥類に対する悪影響を緩和するために効果的である。

- ・ 森林伐採をできるだけ若鳥が巣立った後に実施する。
- ・ 貯水池の水位を調節して営巣活動を促進する（温帯北方地域では、このような措置に大した効果を期待できない）(Olmsted and Bolin, 1996年; Julien and Laperle, 1986年)。
- ・ 野生生物に適した生息地に保護区を作る。
- ・ 入り江部分に堰を設置することは有効であろう。
- ・ 水鳥のための生息地を管理する（温帯北方地域では便益費用率が悪くあまり役に立たない）。

貯水池は、一般的には乾燥して植物が乏しい地域の鳥類にとっては有益である（Gérard, 1990年）。河川から湖水の生態系に変わること、鳥の新しい生息環境が形成される（世界銀行、1991年後期）。湖岸の地形が適当であれば、岸辺や沼地が形成される。貯水池に部分的に水没した木の幹や水生植物も、鳥にとっては魅力的である（CIGB, 1985年）。これらの新しい環境は、水鳥や湖岸の鳥の数を増やすことになる（世界銀行、1998年）。温帯地域では、凍結しない貯水池は、渡り鳥にとって冬の重要な生息地となり営巣の格好の場所となる（Helland Hansenほか、1995年）。旧チェコスロバキアでは、約22,000羽のマガモが、少なくとも冬の一時期に生息地としてこれらの場所に住み着いていた（Fiala, 1980年）。

ディアマ貯水池（セネガル）

1985年に運開したディアマダム湖の目的は、渇水期に海水の侵入を防ぐことと、デルタや低位置の谷にあるくぼ地を水没させ、恒常的、季節的な溜池を造ることである。ディアマ貯水池が高水位の時には、上流域を浸水させ、洪水と同様な機能をする。大量の水が島や森林を水没させ、12,000羽のピンクフラミンゴ、何千羽の鵜、アジサシおよび小フラミンゴにとっての最適な繁殖地になっている。そこは、極めて重要な自然保護地域になっている。

出典：Euroconsult（1990年）。

下流域

ダム下流域に生息する鳥類に対する影響は、ダムの結果生じた植物の変化に密接な関係がある。周期的な大洪水が減少することで、川、湿地帯、およびデルタ地帯の植物が衰退し(Acreman, 1996年後期; Euroconsult, 1990年)、鳥類の種構成や数が変化するかもしれない (ERL, 1993年)。しかし、熱帯乾燥地域では、間欠的に流れる川に恒常的な流れができることで、植物の成長や鳥の生息が促進されることになる (Pulfordほか, 1992年)。また、カナダのラグランデ貯水池群の環境追跡調査で観察されたように、温帯北方地域では、川の水量を減少させることで水鳥にとってふさわしい岸辺の環境が形成されることになる (Hydro Québec, 1994年)。

次の対策が、鳥類に対する有害な影響を緩和するために有効であろう。

- ・ 自然の洪水サイクルを部分的に再現するような人工的洪水を放流し、植物の成長を促すような水力発電所の設計と管理を行う。

コロラド川 (米国)
コロラド川流域では、一次生産物の増加と水生生物の多様化によって餌が豊富に存在するため、多数のハヤブサが繁殖している。グランドキャニオンでは以前は少なかった沼地や岸辺の生息地が増加し、環境の多様化と質的改善が進んでいる。グランドキャニオンにおけるハヤブサの個体数は、現在、北アメリカでは最大になっている。
出典: Wieringa and Morton (1996年)。

送電線路およびその他のインフラ設備

送電線、工事用道路、およびその他の設備用地における森林伐採は、鳥の繁殖にとって脅威となる。貯水池の場合と同様、若鳥が巣立ちした後に伐採すれば、この影響を大幅に緩和することができる。

送電線は、鳥が衝突して死亡する原因になることもある (Arnoldほか, 1995年; ERL, 1993年)。多くの要素が衝突の可能性を高める上で相互に関わるので、問題は極めて特定の条件で生ずる。その一つの例は、移動経路に送電線が存在する場合である (ERL, 1993年)。衝突によってその場所の鳥の数に影響がでるが、それは種全体の生存に関わるほどの脅威ではない (Brownほか, 1984年; Anderson, 1978年; Lee, 1978年)。

送電線や電柱に止まったり営巣する時に、鳥が感電死することがある (Dawson and Mannon, 1994年; Benson, 1981年)。乾燥地域では、植物が乏しいため鳥が電線に止まる。このため感電の危険性が他の地域より高い (ERL, 1993年)。

種の違い、鳥の年齢および行動形態、送電線や電柱の特徴、気象条件、その地域の地形、時刻、そして、これ等の要素と主要移動ルートとの組み合わせによって、衝突や感電事故の発生の仕方は異なる (EEI, 1996年; Bridges and Lopez, 1995年; EEI, 1994年)。

➤ 有効な緩和策

送電線および電柱による鳥の被害は、以下の対策で減らすことができる。

- ・ 送電線に近接して植物もしくは別の型式のスクリーンを設け、鳥の飛行高度を上げさせる (Reavel and Tombal, 1991年)。
- ・ 送電線路に近い場所の生息地を改変または創生し、鳥が送電線の一方の側だけを移動するような区域を創る。
- ・ 送電線または保護線にマークをつける (Brown and Drewien, 1995年; Morkill and Anderson, 1991年; Brownほか, 1987年; Beaulaurier, 1981年)。
- ・ 2本の導体間、または架空地線と導体間に十分な空間を設ける。
- ・ 鳥を止まらせない装置、または鳥がより安全な場所に止まり、あるいは営巣できるように特別に設計した止まり台を設置する (EEI, 1996年; EEI, 1981年)。
- ・ 地形や鳥の移動経路に応じた、送電線路の最適な配置を行う。

衝突と感電
揺れる旗や明るい色（オレンジ、黄色、白など）の渦巻き線を送電線に設置することで、衝突事故を最高89%まで減らすことができている（アフリカ、米国、欧州）。その効果は、使用するマークの種類や大きさ、設置する間隔などによって異なる。
出典: Brown and Drewien (1995年); Ledgerほか (1994年); Koops (1993年, 1987年)。
米国コロラド州では、感電する危険の最も少ない場所に鳥が止まるように、12.5kVの電柱の頂上に止まり木を設置している。
出典: Bridges and Lopez (1995年)

第4章 生物学的遺産

4.1 水力発電プロジェクトと生物多様性

概して、生物多様性とは、地球上に存在するあらゆる形の生命、あらゆる種類の生息環境のことを指す。「世界資源研究所(WRI)」、「国際自然保護連合(IUCN)」、および「国連環境計画(UNEP)」によってまとめられた生物多様性世界戦略(The World Strategy on Biodiversity)によれば、生物多様性とは、任意の地域における全ての遺伝子、種、および生態系の尺度と定義されている。「生物の多様性に関する条約(CBD)」は、それをすべての源の生命有機体、なかんずく地上、海洋およびその他の水中生態系およびそれ等が構成する複合生態系の多様性と定義している。

しかしながら、ほとんどの科学者は生物多様性の完全な保全は不可能であるだけでなく、それは生物学的な観点から持続不可能であることを認識している (Costanza, 1992年)。生物のシステムは

絶えず変化しており、環境条件や生物の適応能力の範囲によって有害な影響の程度も様々である(Coleman, 1996年)。生態系の全ての構成要素が存在しており、長期にわたって組織、自律性、および有害な影響に対して対応できる力を維持することができれば、その生態系は健全であると言える。ある特定の種が滅亡したり、地域に分布する他の種に入れ替わったりしても、その変化が全体を支えるプロセスに悪影響を及ぼしていない限り、必ずしも生態系の総合性を損なうわけではない。概括的には、生物全体の発展のパターンにおいては、ある特定生物が一時的に、局所的に絶滅することはよく起こることであり、種が分散し再び繁殖することによってバランスがとられているのである(Hanski and Gilpin, 1991年)。

ここまでの議論してきた範囲(植物、水生・陸生動物、鳥類)で、種やその多様性を支える生態系や生息環境の持続可能な発展を確立するため、効果的な活動のフレームワークを開発するのに、水力産業によって考慮されるべき基本事項を述べてきた。この目標を達成するためには、発電所や送電線が存在する環境における生物多様性保護のための基本的な要素について知っておく必要がある。水力発電が与える影響について深く理解することで、生物多様性に影響を及ぼす環境的要素を正確に把握し、生物を保護するための正しい対策を施すことが可能になる。その上で、設備を設置する場所の選定、環境保護の正しい実践、効果的な緩和策の開発などによって生物多様性保護の適切な取り組みができる。生物多様性を管理するには、生態系に対する総合的な取り組みと、種の持続を保証する長期的な行動計画が必要なのである。

水力発電プロジェクトも、他の環境破壊要因と同じように、生物多様性に対して多様な影響を及ぼし、それに対する生態系からの反応も多様で複雑である。生物環境に対する直接的で明白な影響もあれば、徐々に働きかける微少な影響もある(Petts, 1980年; Brookes, 1994年)。生物多様性にとってのプラスの影響もあればマイナスの影響もある。そして、多くの場合、影響を受ける要素は、種構成や数、生息地、個体数と集団の相互関係、および生態系の多様な機能を支配する過程に関連している。

水力発電プロジェクトが生物物理環境に与える影響は、主には、ダムと貯水池の建設によってもたらされるものである。送電線およびその他の発電所設備の建設も被害を及ぼす。自然環境への影響の程度は、主には、発電プロジェクトの種類、バイオーム(生物群系)および現存種、環境の劣化、人間の干渉、貯水池の多目的利用などの様々な要素によって定まる。

水力発電プロジェクトに関して、生物多様性に影響を与える主な要因は、以下のようなものである。

- ・ 陸生・水生生物生息地の消失または形成
- ・ 水質の変化
- ・ ダム下流域での河川流量の調節
- ・ 氾濫原での洪水制御
- ・ 魚の回遊の障害
- ・ 外来種の導入と拡散

湛水による土地の消失が生物多様性に与える影響は、その地域で失われる陸上生息地の例外的または特異な性状と水中生息地の増加から利益を受ける水生生態系の多様性によって定まる。多様性の度合いが低い川における貯水池の建設は、他の種にとって生産性が高く質の良い生息環境を保証することになる。また、乾燥地域および熱帯乾燥地域では、貯水池を造ることによって湿潤

な陸地に多様な植物を繁殖させることになるので、多くの利益がもたらされる。

貯水池の高い生産性によって、食物連鎖における種々の有機体で構成される高度なバイオマスが生成される。定住種の食物連鎖網と移住してきた別種の存在の間において相互作用が活発になり、新しい生態系に活力を与える。水中、水辺、および陸上の生産性の高い環境条件によって、植物や動物の多様性や豊かさは増大することになるであろう。

ダムの下流域においても同様の現象が観察される。濁りの減少に伴い水の透明度が増すことによって、一次生産を促進して栄養水準を向上させることになる。熱帯乾燥地域の間欠的に流れる川の流量調節によって、植物や動物に適した生息環境を維持することができる。貯水池と同様に、新しい環境が生物多様性を全体的に向上させることになるであろう。

送電線路では、主に境界領域で、多種の陸生動物が、様々に異なった生息環境や多様な植物生態が存在していることから利益を得ているので、高度の生物多様性が起こりうる。

水力発電プロジェクト実施によって発生する混乱に続いて、生物学的条件の新たな均衡が形成される。元の形から変化するとはいえ、生物学的な遺産が元の状態と同じように多種多様であるのは十分ありえることである。

生物保護と管理のために新しい総合的な技術を利用すれば、ダムを多様な目的で使用しながら全体として調和のとれた状態が実現できる。水力発電の開発によって、生物多様性の管理に貢献し、生態系を守るという現代的な展望を切り開くことができるのである。

次の項では、国や開発業者が生物学的遺産を保護する行動をとる際に必要な手段となる、法的合意やその他の機構について述べる。

4.2 生物学的遺産を保護するための措置

協定

生物多様性全体に対して人間が干渉する度合いは益々大きくなっているため、生物種とその生息地を保護するための法律が制定されてきた。1992年に定められた「生物の多様性に関する条約」の目標は、生物多様性の保護、生物資源の持続可能な使用、およびこれらの資源使用から得られる利益の公平・平等な分配である。

生物多様性に関する最も古い協定の一つに、「特に水鳥の生息地として国際的に重要な湿地に関する条約」がある。1971年に採択されたこの協定では、国際的な協力を行うために、世界の湿地一覧表が作成された。一覧表は「国際自然保護連合(IUCN)」、「国際水禽湿地調査局(IWRB)」が保管し、そこに主要湿地が指定された。

1975年以来実効となったもう一つの文書として「絶滅のおそれのある動植物の種の国際取引に関する条約(CITES)」では、動植物の国際的な移転を規制することによって、国際的な乱開発から野生生物を保護することを求めている。

「世界の文化遺産および自然遺産の保護に関する条約」も1975年以後に実効し、署名国が希少な自然・文化地域を保護することを義務付けている。世界遺産委員会は、自然・文化的に特別な価値のある場所の一覧表を作成し公表している。

生物多様性保護に関するその他の地域・分野単位の協定には、以下のようなものがある。

- ・ 自然保護協定 (1971年)
- ・ 南太平洋地域の自然環境保護協定 (1986年)
- ・ アフリカ自然保護協定 (1968年)
- ・ 西半球の自然保護および野生生物保存に関する条約 (1940年)
- ・ 砂漠化対処条約: 深刻な干ばつまたは砂漠化に直面する国 (特にアフリカの国) において砂漠化に対処するための国際連合条約 (1994年)

保護地域

多くの自然生物生息地が人間活動 (農業、森林、水資源など) の用地に成功裡に活用されているが、その他の地域にある自然的価値は、細心の注意を払って利用するか、自然のままにしておかなければならない。人間社会には、傷つき易く希少な環境を保護するメカニズムが備わっており、保護地域を設定することは、その持続性を確保するための有効な手段となる。保護地域は、以下方法で定義し、または法令で定めることができる。

- ・ 国または地方の法制度 (国立公園、保護区など)
- ・ 国際協定 (世界遺産の地点、国際的に重要な湿地など)
- ・ ユネスコ (生物圏保護区)

法制度の目標は、基本的には、多くの地域を厳重に保護することであるが、人間の活動を全面的に禁止する必要がある地域もありうる。

水力発電プロジェクトに伴う取り組み

生物多様性を保護するということは、生態系の多様な種の重要な機能を支えている生息環境を守るということである。水力産業による保護活動の多くは、基本的に経済その他の理由から、希少種もしくは絶滅の危機に瀕している種を保護するというものであった。しかし、種を支えている生態系の健全性と完全性を向上させることまで、その活動を広げることが必要である (Pipkin, 1996年)。種を保護するためには、生息地ばかりでなく、生命活動のあらゆる種類とレベルに影響する相互作用と活動過程に対する対策を検討しなければならない。

発電所建設に関しては、生物学的遺産を保護するための仕組みをそのまま環境アセスメント^{*}の過程に組み込むことができる。例えば、世界銀行は、環境アセスメントの実施中に生物多様性について検討しなければならないことを示したガイドラインを発行した (世界銀行、1997年)。そのほか、生物生息地 (OP 4.04)、森林 (OP 4.36)、水資源管理 (OP 4.07)、原住民 (OP 4.02) に関する運用手順など、発電所開発に伴う活動のガイドラインも発行している。

国際影響評価学会 (IAIA)、国際自然保護連合 (IUCN)、国際連合 (UN)、アジア開発銀行 (ADB)、米州開発銀行 (IDB) など、他の様々な機関もガイドラインや政策に生物多様性保護を盛り込んでいる。

環境アセスメントでは、生物多様性に与える環境的影響を抑制、緩和もしくは補償することが提唱

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

されている。そこでは一般的には、水力発電所の枠組みの中で、正しく適用すれば効果の挙がる緩和・補償施策が述べられている (Liebenthal, 1997年)。

水力開発の適正な地点を選定することは、開発による環境的な影響を抑えるための最も重要な手段の一つである。発電所地点選定の一般的基準は、Ledec氏らによってまとめられている (1997年)。

一般的には、上流で、多くの場合、急斜面の深い谷になった地点が最も適した場所である。目標は、生物生息地や野生生物に対する影響が少なく、生物多様性をできるだけ損なわないような地点を選定することである。

発電所を建設、運転する際には、生物多様性保護に関する法廷の判断も踏まえ、環境影響を少なくできる最適な管理が実施されることになる。生物多様性を損なう部門を把握することも、生物多様性の損傷を最小に抑えるための新しい環境課題を取り上げる上で役に立つ。生態系における自然過程、機能、相互作用などの基礎研究を継続することにより、生物多様性に関する決定に影響し、活動の優先性を決めることができる。

水力産業は、環境保全と持続可能な生物多様性の支援に向けたプログラム創造の最前線に立ってきた (Heydlauff, 1996年; Olmsted and Bolin, 1996年)。発電所地点の環境に適した活動方法を常に求めているのである。多くの水力発電プロジェクトが既存の環境法規に従って活動しているだけでなく、自発的にこれらの要件を越えた活動を行っている場合もある。また、自然資源管理機関や生息地保護に関心を持つNGOとの協力関係を築いている場合も多くある。1996年に開かれたバージニア州 (米国) ウィリアムズバーグの会議で、電力産業の専門家達は、生物多様性保護はもはや選択肢の一つではなく、絶対に必要な活動であるという考えに同意した (Matticeほか, 1996年)。

参考文献

- Abbot, T.M. and Morgan, E.L. 1975. "Effects of hydroelectric dam operations on benthic macroinvertebrate communities of a tailwater stream", in *Association of Southeastern Biologists Bulletin*, 22, p. 38.
- Acreman, M.C. 1996a. "The IUCN Sahelian floodplain initiative", in *International Journal of Water Resources Development*, V.12, no. 4, p.429-436.
- Acreman, M.C., 1996b. "Environmental effects of hydro-electric power generation in Africa and the potential for artificial floods, in *J. CIWEM*, Vol. 10, p. 429-435.
- Alam, M.K., Mirza, M.R. and Maughan, O.E. 1995. "Constraints and opportunities in planning for the wise use of natural resource in developing countries: example of a hydropower project", in *Environmental Conservation*, Vol. 22, No. 4, p. 352-358.
- Anderson, W.L. 1978. "Waterfowl collisions with power lines at a coal-fired power plant", in *Wildlife Society Bulletin*, Vol.6, No. 2, p. 77-83.
- Arner, D. H., Jones, J., Bucciantini, C. and Herring, B. 1995. "A cooperative program for the management of utility line rights-of-way", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p. 259-261.
- Arnold, P., Goetschy, H. and Wey, G. 1995. "Protection de l'avifaune et réseau électrique aérien", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. ontréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p. 262.

Association Poulin/Thériault. 1993. *Méthodes de caractérisation de la phytomasse appliquée au complexe Grande Baleine et La Grande*. Rapport présenté à Hydro-Québec, vice-présidence Environnement. Québec, CA, Association Poulin Thériault – Gauthier Guillemette Consultants inc., 152 p.

Ayres, W.S. et al. 1997. *Integrated lake and reservoir management: World Bank Approach and Experience*. Washington DC, The World Bank, 29 p. (Technical Paper no. 358).

Bailey, P.B. 1995. "Understanding large temperate and tropical river-floodplain ecosystems", in *Bioscience*, Vol. 45, p. 153-158.

Bain, M.B., Finn, J.T. and Booke, H.E. 1988. "Streamflow regulation and fish community structure", in *Ecology*, Vol. 69, p. 382-392.

Beaulaurier, D.L. 1981. *Mitigation of bird collisions with transmission lines*. Portland, OR Bonneville Power ministration, 82 p.

Bell, M.C. 1990. *Fisheries handbook of engineering requirements and biological criteria*. Portland, OR, U.S. Army Corps of Engineers, Fish Passage Development and Evaluation Program, 290 p.

Benson, P.C. 1981. *Large raptor electrocution and power pole utilization: a study in six western states*. Ph. D. dissertation. Provo, UT, Bingham Young University, 98 p.

Blanz, R.E. et al. 1969. "Benthic macroinvertebrates in cold tailwaters and natural streams in the state of Arkansas", in *Proceedings of 23rd Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, p. 281-292.

Bodaly, R.A. et al. 1989. "Fish and fisheries of the Mackenzie and Churchill river basins, Northern Canada", in *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*. Ottawa, CA, Fisheries and Oceans, p.128-144

Bolton, P. 1986. "Mozambique's Cahora Bassa Project, An environment assessment", in *The social and nvironmental effects of large dams*. Volume Two: Case studies, E. Goldsmith and N. Hildyard, Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center, p. 156-167.

Boucher, R. and Roy, D. 1985. *Réseau de surveillance écologique du Complexe La Grande 1978-1984: Poissons*. Montréal, CA, Société d'énergie de la Baie James, Direction Ingénierie et Environnement, 119 p.

Boudreault, J. and Roy, D. 1985. *Réseau de surveillance écologique du Complexe La Grande 1978-1984*. Montréal, CA, Société d'énergie de la Baie James, Direction Ingénierie et Environnement, 102 p.

Bridges, J.M. and Lopez, R. 1995. "Reducing large bird electrocutions on a 12,5 kV distribution line originally designed to minimize electrocutions", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, . 263-265.

Brooker, M.P. 1981. "The impacts of impoundments on the downstream fisheries and general ecology of rivers", in *Advances in applied biology*, Coaker, R.H. (ed.), New York, Academic Press, p. 91-152.

Brookes, A. 1994. "River channel change", in *The Rivers Handbook : hydrological and ecological principles*, Calow, P. and G.E. Petts (eds.), Boston, Blackwell Scientific Publications, Vol. 2, p. 55-75.

Brown, D. 1995. "The formation of stable rights-of-way vegetation with cover crops, How do you choose which species to plant?" in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p. 70-73.

Brown, W.M. and Drewien, R.C. 1995. Evaluation of two power line markers to reduce crane and waterfowl collisions. *Wildlife Society Buletin*, V.23

Brown, W.M., Drewien, R.C. and Walker, D.L. 1984. *Crane flight behavior and mortality associated with power lines in the San Luis Valley, Colorado Forest*. Moscow, ID, University of Idaho, Wildlife and Range Experimental Station, 16 p.

Brown, W.M., Drewien, R.C., Walker, D.L. and Bizeau, G. 1987. "Mortality of cranes and waterfowl from power line collisions in the San Luis Valley, Colorado", in *Proceedings 1985 Crane Workshop*, Lewis, J.C. (ed.), Grand Island (NE), Platte River Whooping Crane Maintenance Trust, p. 128-131.

Brunelle, J. and Ouzilleau, J. 1991. *Influence des emprises de lignes de transport d'énergie sur l'habitat du castor*. Préparé par Foramec pour Hydro-Québec, vice-présidence Environnement. Montréal, CA, 61 p.

- Carnie, C.G. and Waterman, C.H. 1993. "The integration of new and refurbished hydro-electric power plants with salmon fishery management objectives", in *Hydropower, Energy and the Environment: Options for increasing output and enhancing benefits*. Conference Proceedings of International Energy Agency, Stockholm, Sweden, 14-16 June 1993, p. 327-334.
- Casado, C. et al. 1989. "The effect of an irrigation and hydroelectric reservoir on its downstream communities", in *Regulated Rivers, Research and Management*, Vol. 4, p. 275-284.
- Coleman, W.G. 1996. "Biodiversity and industry ecosystem management", in *Environmental Management*, Vol. 20, No. 6, p. 815-825.
- Costanza, R. 1992. "Toward an operational definition of ecosystem health", in *Ecosystem health: new goals for environmental management*, R. Costanza, Norton, B.G. and B.D. Haskell (eds.), Washington, DC, Island Press, p. 239-256.
- Crête, M., Huot, J., Fortin, M.J. and Doucet, G.J. 1997. "Comparison of plant and animal diversity on new reservoir islands and established lake islands in the northern boreal forest of Quebec", in *Canadian Field-Naturalist*, Vol. 111, No. 3, p. 407-416.
- Cushman, R.M. 1985. "Review of ecological effects of rapidly varying flows downstream of hydroelectric facilities", in *North American Journal of Fisheries Management*, Vol. 5, p. 330-339.
- Davies, B.R. 1979. "Streams regulation in Africa: a review", in *The ecology of regulated streams*, J.V. Ward and J.A. Stanford (eds.), New York, Plenum, p. 113-142.
- Davies, B.R. et al. 1994. "Dryland rivers : their ecology, conservation and management", in *The Rivers Handbook: hydrological and ecological principles*, P. Calow, and G.E. Petts (eds.), Boston, Blackwell Scientific Publications, Vol. 2, p. 484-511.
- Dawson, J.W. and Mannon, R.W. 1994. *The ecology of Harris' hawks in urban environments*. Report submitted to Arizona Game and Fish Dept., Agreement G20058-A, 56 p.
- Denis, R. and Hayeur, G. 1998. *Bilan du suivi environnemental de la portion des rivières Caniapiscau et Koksoak située à l'aval des ouvrages de dérivation*. Montréal, CA, Hydro-Québec, Groupe Production, Service Hydraulique et Environnement, 36 p.
- Deshaye, J., Brunelle, J. and Morneau, F. 1996. *Étude de la biodiversité des emprises de lignes de transport d'énergie électrique en forêt mixte*. Rapport présenté par Foramec à Hydro-Québec, vice-présidence Environnement et Collectivités. Québec, CA, Foramec, 80 p.
- De Silva, S.S. 1988. "Reservoir bed preparation in relation to fisheries development: an evaluation," in *Reservoir fishery management and development in Asia : Proceedings of a workshop held in Katmandu, Nepal*, 23-28 November 1987, Ottawa, International Development Research Centre, p. 121-130.
- Dixon, J.A., Talbot, L.M. and Le Moigne, G.J.M. 1989. *Dams and the environment, Considerations in World Bank projects*. Washington DC, World Bank, 64 p.
- Dorcey, T., Steiner, A., Acreman, M. and Brett, O. 1997. *Large dams : Learning from the past, looking at the future: Workshop Proceedings, April 11-12 1997, Gland, Switzerland*. Washington DC, World Bank / Gland (CH), IUCN, 145 p.
- Doucet, G.J., Philip de Laborie, G. and Giguère, M. 1995. "Hydro-Quebec on corridor routing and vegetation management guidelines in relation to white-tailed deer winter yards", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p.542.
- Düthie, H.C. and Ostrofsky, M.L. 1975. "Environmental impacts of the Churchill Falls Hydroelectric project (Labrador): a preliminary assessment", in *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 32, p. 117-125.
- EEL. 1996. *Suggested practices for raptors protection on power lines: the state of the art in 1996*. Washington, Edison Electric Institute, Avian Power Line Interaction Committee, 125 p.
- EEL. 1994. *Mitigating bird collisions with power lines: the state of the art in 1994*. Washington, Edison Electric Institute, Avian Power Line Interaction Committee, 78 p.

- EGAT. 1990. *Post environmental evaluation of Khao Laem Dam : Summary Report*. Bangkok, Electricity Generating Authority of Thailand, pagination multiple.
- EPRI. 1994. *Research update on fish protection technologies for water intakes*. Palo Alto, CA, Electrical Power Research Institute. (EPRI Tr104122)
- ERL. 1993. *Projet énergie Manantali: évaluation environnementale. Rapport sur la première phase du projet*. Sous la supervision de l'Organisation pour la Mise en valeur du Fleuve Sénégal (OMVS). London, Environmental Resources Limited, 109 p.
- Euroconsult. 1990. *Profil de l'environnement de la vallée du fleuve Sénégal*. Pays-Bas, Euroconsult/Rin, 68 p.
- Fiala, V. 1980. "Veränderungen in den Winterbeständen der Stockente (*Anas platyrhynchos*) in der Tschechischen Sozialistischen Republik", in *Folia*, Vol. 29, p. 251-266.
- Garant, Y. and Doucet, G.J. 1995. "An experimental winter cut in a power line ROW located in a white-tailed deer yard", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, vice-présidence Environnement, p.266-268
- Gérard, P. 1990. *Les barrages de retenue en forêt tropicale ou équatoriale : L'expérience française et le cas de Petit-Saut, en Guyane française en 1990*. Paris, FR, Électricité de France, 22 p.
- Goldsmith, E. and Hildyard, N. 1986. *The social and environmental effects of large dams, Volume Two: Case studies*. Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center, 331 p.
- Goldsmith, E. and Hildyard, N. 1984. *The social and environmental effects of large dams, Volume One: Overview*. Report to The European Ecological Action Group (ECOROPA). Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center , 346 p.
- Goodland, R. 1989. *The World Bank's new policy on the environmental aspects of dam and reservoir project*. Washington DC, World Bank, 633 p.
- Goodwin, J.G. 1975. *Big game movement near a 500 kV transmission line in northern Idaho*. Portland, OR, Bonneville Power Administration, 56 p.
- Grimas, U. 1961. *The bottom fauna of natural and impounded lakes in northern Sweden (Ankarvattnet and Blåsjön)*. Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm, 42: 183-237.
- Groupe Environnement Shooner. 1993. *Étude de la communauté de poissons de l'estuaire de la rivière Eastmain, 12 ans après la réduction du débit fluvial*. Rapport préparé pour la vice-présidence Environnement d'Hydro-Québec. Montréal, CA, Hydro-Québec, 100 p.
- Hanski, L. and Gilpin, M. 1991. "Metapopulation dynamics: a brief history and conceptual domain", in *Biological Journal of the Linnean Society*, Vol. 42, p. 3-16.
- Harlow, R.F., Guynn, D.C. and Davis, J.R. 1995. "The effect of management treatments on the biomass, nutritive quality and utilization of deer forages on utility rights-of-way", *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p.284-289.
- Hauser, G.E. and Morris, D.I. 1995. "High-performance aerating weirs for dissolved oxygen improvement", in *Waterpower '95: Proceedings of the International Conference on Hydropower*, San Francisco, California, July 25-28 1995, J.J. Cassidy (ed.), New York, ASCE, 1995, p.1696-1705.
- Helland-Hansen, E., Holtedahl, T. and Lye, K.A. 1995. *Hydropower development : Environmental effects*. Trondheim, NO, Norwegian Institute of Technology, 141 p. (Hydropower Development, Vol. 3).
- Heydlauff, D.E. 1996. "Managing for biodiversity from the electric utilities' perspective", in *Environmental Management*, Vol. 20, No. 6, p. 963-966.
- Hildebrand, S.G., Bell, M.C., Richey, E.P., Anderson, J.J. and Parkhurst, B.E. 1980. *Analysis of environmental issues related to small-scale hydroelectric development II: Design and consideration for passing fish upstream around dams*. Oak Ridge, TN, Oak Ridge National Laboratory, 78 p.
- Hill, M.T. and Hill, S. 1994. *Fisheries ecology and hydropower in the Mekong River: An evaluation of run-of-the-river projects*. Prepared for The Mekong Secretariat. Boise, ID, Don Chapman Consultants Inc., 106 p.

- Hydro-Québec. 1996. *Le complexe hydroélectrique La Grande : La qualité de l'eau, le plancton et le benthos*. Fiche signalétique. Montréal, CA, Hydro-Québec, 6 p.
- Hydro-Québec. 1995. *Le complexe hydroélectrique La Grande : Les habitats côtiers et estuariens*. Fiche signalétique. Montréal, CA, Hydro-Québec, 5 p.
- Hydro-Québec. 1994. *Le complexe hydroélectrique La Grande, La sauvagine*. Fiche signalétique. Montréal, CA, Hydro-Québec, 4 p.
- Hydro-Québec. 1993a. *Complexe Grande-Baleine : Rapport d'avant-projet*. Montréal, CA, Hydro-Québec, vice-présidence Environnement, Cd-Rom. Hydro-Québec. 1993b. *Le complexe hydroélectrique La Grande : Le caribou*. Fiche signalétique. Montréal, CA, Hydro-Québec, 4 p.
- International Commission on Large Dams (ICOLD). 1985. *Dams and the environment : Notes on regional influences*. Paris, FR, ICOLD, 91 p.
- Irvine, J.R. 1985. "Effects of successive flow perturbations on stream invertebrates", in *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 42, p. 1922-1927.
- Itaipú Binacional. 1997. *Itaipú Project, Environmental action*. Gouvernement du Brésil. [<http://www.itaipu.gov.br/homeing.htm>]
- Julien, M., Fournier, J.J., Lalumière, R. and Lemieux, C. 1996. "The La Grande hydroelectric project and eelgrass monitoring in coastal James Bay", in *Ecohydraulics 2000. International Symposium on Habitat Hydraulics*, 2nd, 1996, Quebec, M. Leclerc, H. Capra, S. Valentin, A. Boudreault, and Y. Côté (eds.). Québec, INRS-Eau, p. 99-110.
- Julien, M. and Laperle, M. 1986. *Surveillance écologique du complexe La Grande : Synthèse des études sur la sauvagine*. Montréal, CA, Société d'énergie de la Baie James, Direction Ingénierie et Environnement, 51 p.
- Keith, T. and Hollifield, D. 1995. "Development of a comprehensive program to improve transmission line siting and construction practices: the Duke Power Company experience", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5 th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p.509-513.
- Kinsolving, A.D. and Bain, M.B. 1993. "Fish assemblage recovery along a riverine disturbance gradient", in *Ecological Applications*, Vol. 3, No. 3, p. 531-544.
- Kohler, C.C., Ney, J.J and Kelso, W.E. 1986. "Filling the void: establishment of a pelagic fishery and its consequences to littoral fishes in a Virginia mainstream reservoir", in *Reservoir Fisheries Management: Strategies for the 80's*, G. E. Hall and M.J. Van Den Avyle (eds.), Bethesda, MD, Southern Division American Fisheries Society, Reservoir Committee, p.166-177.
- Kohlhepp, G. 1987. *Itaipú, Socio-economic and ecological consequences of the Itaipú dam*. Wiesbaden, Vieweg for GTZ.
- Kondolf, G.M. et al. 1991. "Distribution and stability of potential salmonid spawning gravels in steep boulder-bed streams of the eastern Sierra Nevada", in *Transactions of American Fisheries Society*, Vol. 120, p. 177-186.
- Koops, F.B.J. 1987. *Collision victims of high-tension lines in the Netherlands and effects of marking*. (KEMA Report 01282-MOB 86-3048)
- Labbé, L. and Pellerin, G. 1995. "Restauration végétale des aires perturbées lors des travaux de construction des emprises de route", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p. 107-112
- Larinier, M. 1992. "Facteurs biologiques à prendre en compte dans la conception des ouvrages de franchissement, notions d'obstacles à la migration", in *Bulletin français de la pêche et de la pisciculture*, No. 326-327, p. 20-29.
- Lavergne, M. 1986. "The seven deadly sins of Egypt's Aswan high dam", in *The social and environmental effects of large dams. Volume Two: Case studies*, E. Goldsmith and N. Hildyard, Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center, p.181-183.
- Ledec, G, Quintero, J.D. and Mejia, M.C. 1997. *Good dams and bad dams : Environmental and social criteria for choosing hydroelectric project sites*. Draft report. Washington DC, The World Bank, Latin America and the Caribbean Region, Environmentally and Socially Sustainable Development Sector Management Unit, 22 p.

- Ledger, J.A., Hobbs, J.C.A. and Smith, T.V. 1994. "Avian interactions with utility structures: Southern African experiences", in *Avian interactions with utility structures: International Workshop*, September 13-16 1992, Palo Alto, CA, Electric Power Research (EPRI Technical Report TR-103268).
- Lee, J.M. 1978. "Effects of transmission lines on bird flights: studies of Bonneville Power Administration Lines", in *Impacts of transmission lines on birds in flight*, Avery, M. L. (ed.), Washington DC, U.S. Fish and Wildlife Service, p. 93-116.
- Lessard, M. 1995. *Réservoir Outardes-2: Bilan des aménagements écologiques*. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, 82 p.
- Liebenthal, A. 1997. *The World Bank's experience with large dams: A preliminary review of impacts*. Washington DC, World Bank, Operations Evaluation Department, 67 p.
- Ligon, F.K., Dietrich, W.E. and Trush, W.J. 1995. "Downstream ecological effects of dams", in *Bioscience*, Vol. 45, p.183-192.
- Lillehammer, A. and Saltveit, S.J. 1984. *Regulated Rivers: 2nd International Symposium on Regulated Streams, 1982, Oslo, NO*. Oslo, NO, Universitetsforlaget, 540 p.
- Lunseth, B.G. 1988. "Browse production and utilization on a pipeline right-of-way", in *4th Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, Union Station Indianapolis, Indiana, October 25-28, 1987, WR Byrnes and HA Holt (eds), West Lafayette, IN, Purdue University, p.1-6.
- Mattice, J. et al. 1996. "Managing for biodiversity: emerging ideas for the electric utility industry: summary statement", in *Environmental Management*, Vol. 20, No. 6, p. 781-788.
- McIntire, C.D. 1966. "Some effects of current velocity on periphyton communities in laboratory streams", in *Hydrobiologia*, Vol. 27, p. 559-570.
- Meilleur, A. and Bouchard, A. 1995. "Les critères de sélection des espèces arbustives comme contrôle de la végétation indésirable dans les emprises", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p.127-135.
- Mihursky, J.A. and Kennedy, V.S. 1967. "Water temperature criteria to protect aquatic life", in *American Fisheries Society - Special Publication*, Vol. 4, p. 20-32.
- Monbiot, G. 1997. "Laos: dams, conservation and people, Conservationists who are enemies of the earth", in *The Guardian*, Wednesday August 6 1997.
- Morkill, A.E. and Anderson, S.H. 1991. "Effectiveness of marking power lines to reduce sandhill crane collisions", in *Wildlife Society Bulletin*, Vol. 19, p. 442-449.
- Netboy, A. 1986. "The damming of the Columbia River: The failure of bio-engineering", in *The social and environmental effects of large dams : Volume Two: Case studies*, E. Goldsmith and N. Hildyard, Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center, p. 33-48.
- Olmsted, L.L. and Bolin, J.W. 1996. "Aquatic biodiversity and the utility industry", in *Environmental Management*, Vol. 20, No. 5, p. 805-814.
- Pellerin, G. and Fortin, A.J. 1992. "Revégétation des sites affectés par les travaux du complexe La Grande à la Baie James", in *Les enseignements de la phase I du complexe La Grande: Actes du Colloque tenu à Sherbrooke les 22 et 23 mai 1991 dans le cadre du 59e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, CA, Hydro-Québec, p.91-97.
- Perry, S.A. and Perry, W.B. 1986. "Effects of experimental flow regulations on invertebrate drift and stranding in the Flathead and Kootenai Rivers. Montana", USA, in *Hydrobiologia*, Vol. 134, p. 171-182.
- Petts, G.E. 1984. *Impounded rivers*. New York, NY, John Wiley and Sons.
- Petts, G.E. 1980. "Long-term consequences of upstream impoundment", in *Environmental Conservation*, Vol. 7, p. 325-332.
- Pipkin, J. 1996. "Biological diversity conservation: a public policy perspective", in *Environmental Management*, Vol. 20, No. 6, p. 793-797.

- Pottinger, L. 1997. "Manantali Dam Changes Will Make a Bad Situation Worse", in *World Rivers Review*, Vol. 12, No. 5.
- Power, M.E., Dietrich, W.E. and Finlay, J.C. 1996. "Dams and downstream aquatic biodiversity: potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change", in *Managing for biodiversity, Emerging ideas for the electric utility industry*, March 19-20, 1996, Williamsburg, Williamsburg, VA, 22 p.
- Powers, P.D. and Orsborn, J.F. 1985. *Analysis of barriers to upstream fish migration* : Final project report, Part 4 of 4. Pullman, Washington State University, Albrook Hydraulics Laboratory, Dept. of Civil and Environmental Engineering, 120 p.
- PP&L Resources. 1995. *PP&L Honored for Work on Susquehanna River Shad Restoration*. Pennsylvania, NY, Pennsylvania Power & Light Co., 1 p.
- Pulford, I.D. et al. 1992. "Ecological resources for conservation and development in Wadi Allaqi, Egypt", in *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol.108, p. 131-141.
- Rahman, M.G. 1986. "Reducing the flow of the Ganges: The consequences for agriculture in Bangladesh", in *The social and environmental effects of large dams, Volume Two: Case studies*, E. Goldsmith and N. Hildyard, Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center, p. 267-275.
- Reavel, P. and Tombal, J.C. 1991. "Impact des lignes haute-tension sur l'avifaune", in *Les Cahiers de l'A.M.B.E. et Environnement*, Vol. 2, 31 p.
- Ricard, J.G. and Doucet, G.J. 1995. "Moose (*Alces alces*) harvest by recreational hunting near power line rights-of-way in Quebec", in *International Symposium on environmental concerns in rights-of-way management*, 5th, September 19-22 1993, Montreal. Montréal, CA, Hydro-Québec, Vice-présidence Environnement, p.323-324
- Roggeri, H. 1985. *African dams : Impacts in the environment*. Nairobi, KE, Environment Liaison Center, 63 p.
- Rosenberg, D.M. et al. 1997. "Large-scale impacts of hydroelectric development", in *Environmental Reviews*, Vol. 5, p. 27-54.
- Sarma, N.K. 1990. "Environmental impacts of water resources projects: the Indian experience", in *The impact of large water projects on the environment: Proceedings of an International Symposium Convened by Unesco and UNEP and organized in Cooperation with IIASA and IAHS Unesco Headquarters*, Paris, 21-31 October 1986, Paris, FR, United Nations , p.239-248
- Shane, R.M., Davis, J.L., Niznik, J.A. and Seawell, W.M. 1982. "Flow regulation weirs: an inexpensive way to meet instream flow requirements", in *Hydro-Review*, Fall 1982, p. 6-8.
- Schetagne, R. 1992. "Suivi de la qualité de l'eau, du phytoplancton, du zooplancton et du benthos au complexe La Grande, territoire de la Baie James", in *Les enseignements de la phase I du complexe La Grande : Actes du Colloque tenu à Sherbrooke les 22 et 23 mai 1991 dans le cadre du 59 e Congrès de l'ACFAS*. Montréal, CA, Hydro-Québec, p.13-25,
- Schetagne, R. and Roy, D. 1985. *Réseau de surveillance écologique du Complexe La Grande, 1977- 1984, Physico-chimie et pigments chlorophylliens*. Montréal, CA, Société d'énergie de la Baie James, Direction Ingénierie et Environnement, 158 p.
- Sjöström, P., Larsson, M. and Svensson, B. 1993. "Ecological engineering, an alternative to more water", In *Hydropower, Energy and the Environment, Options for increasing output and enhancing benefits, Conference Proceedings*, Stockholm, Sweden, 14-16 June 1993, International Energy Agency, p. 317-325.
- Sparks, R.E. 1995. "Needs for ecosystem management of large rivers and their floodplains", in *Bioscience*, Vol. 45, p.168-182.
- Spence, J.A. and Hynes, H.B.N. 1971. "Differences in benthos upstream and downstream of an impoundment", in *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, Vol. 28, p.35-43.
- Springuel, I., Ali, M.M.M. and Murphy, K.J. 1989. *Plant ecology of Wadi Allaqi and Lake Nasser, 2: Preliminary vegetation survey of the downstream part of Wadi Allaqi*. Glasgow, University of Glasgow. (Allaqi Project Working Paper, No. 5)

- Stalnaker, C. B., Milhous, R. T. and K. D. Bovee, 1989. "Hydrology and hydraulics applied to fishery management in large rivers", in *Proceedings of the International Large River Symposium (LARS)*, Ottawa, CA, Fisheries and Oceans, p.13-30
- Taft, E.P., Winchell, F.C., Plizga, A.W., Paolini, E.M and Sullivan, C.W. 1995. "Development and evaluation of the modular inclined screen (MIS)", In *Waterpower '95: Proceedings of the International Conference on Hydropower*, San Francisco, California, July 25-28 1995, J.J. Cassidy (ed.), p.1742-1751.
- United Nations. 1990. "River and lake basin development", in *Proceedings of the United Nations, Interregional Meeting on River and Lake Basins*, 10-15 October 1988, Addis Ababa, Ethiopia, 428 p.
- U.S. Department of the Interior, Bureau of Reclamation. 1995. *Operation of Glen Canyon dam, Colorado River storage project, Arizona, Final environmental impact statement*. Washington DC, US Government Printing Office, 337 p.
- Vallières, L. and Gilbert, L. 1992. *Haut-Saint-Maurice, Aménagement des centrales des Rapides-des-Coeurs et Rapides-de-la-Chaudière, Avant-projet, phase 1 : Étude sur la faune aquatique, Appendice B, volet I : Effets du marnage sur la faune*. Préparé par G.D.G. Environnement Ltée pour la vice-présidence Environnement, Hydro-Québec. Montréal, CA, Hydro-Québec, 53 p.and appendices.
- Villela, N.P. 1996. "Potential environment impacts associated with the construction and operation of hydropower plants", in *Electricity, health and the environment: comparative assessment in support of decision making: Proceedings*, Vienna, October 16-19 1995, Vienna, AT, International Atomic Energy Agency, 1996, 857 p.
- Wade, D.T. 1980. *Fluctuating hydro-electric flows: Impact on aquatic insects in the South Fork Boise River, Idaho*. Masters thesis. Moscow, ID, University of Idaho.
- Ward, J.V. and Stanford, J.A. (eds.). 1979. *The ecology of regulated streams*. New York, Plenum Press. Wieringa, M.J. and Morton, A.G. 1996. "Hydropower, adaptive management, and biodiversity", in *Environmental Management*, Vol. 20, No. 6, p. 831-840.
- World Bank. 1998. *Environmental management for power development, The environmental assessment (EA) process*. [http://www.worldbank.org/html/fpd/em/power/empower_info.htm/]
- World Bank. 1997. *Biodiversity and Environmental Assessment : Environmental Assessment Sourcebook Update, Number 20*. Washington DC, World Bank, 10 p.
- World Bank. 1991a. *Environmental Assessment Sourcebook. Volume II : Sectoral guidelines*. Washington DC, World Bank, 282 p.
- World Bank. 1991b. *Environmental Assessment Sourcebook. Volume III : Guidelines for environmental assessment of energy and industry projects*. Washington DC, World Bank, 237 p.
- Wright, J.C. 1967. "Effect of impoundments on productivity, water chemistry and heat budgets of rivers", in *Reservoir Fishery Resources Symposium*, American Fisheries Society, Athens, University of Georgia, p.188-199.
- Yin, S.C.L., LaGory, K.E., Hayse, J.W., Hlohowskyj, I., Van Lonkhuyzen, R.A. and Cho, H.E. 1996. "Modeling the ecological impacts of Flaming Gorge dam operations", For presentation at the *North American Water and Environment Congress '96*, Anaheim, California, June 22-28 1996, New York, American Society of Civil Engineers, 7 p.

付録 - F

社会經濟的環境

付録-F：社会経済的環境

目 次

第1章 まえがき	F-3
1.1 水力発電プロジェクトの一般的及び特定の社会経済問題	F-3
1.2 水力発電プロジェクトの社会経済的影響予測の困難性	F-3
1.3 緩和策及び補償策の決定的重要性	F-4
第2章 土地利用	F-5
2.1 上流域における土地利用の変化	F-5
2.2 貯水池周辺地域における土地利用の変化	F-6
2.3 下流域における土地利用の変化	F-8
第3章 経済的影響	F-11
3.1 直接的・間接的な経済便益	F-11
3.2 直接的・間接的なコスト	F-12
第4章 健康と安全に対する影響	F-12
4.1 人間の健康に対する影響	F-13
4.2 公共の安全に対する影響	F-16
第5章 社会的影響	F-18
5.1 人口学的・制度的影響	F-19
5.2 地域社会の伝統と生活様式に対する影響	F-21
5.3 階層的・性別的影響	F-22
5.4 立場上弱い少数民族に対する影響	F-23
5.5 人類遺産及び景観に対する影響	F-25
5.6 地政学的な影響	F-27
第6章 移住と復旧	F-28
6.1 移住の歴史的動向	F-28
6.2 将来の水力開発に向けた課題	F-30
6.3 移住成功のための原理	F-31
第7章 結論	F-32
参考文献	F-34

<環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン>

付録-F：社会経済的環境

主著者：

Vincent Roquet氏

また、Joseph Milewski氏によって多大な貢献を頂いた。

第1章 まえがき

以下の節では、一般的に水力発電プロジェクトに関連する社会経済的影響と、それに対応する緩和策及び補償策^{*}の概要を述べる。

1.1 水力発電プロジェクトの一般的及び特定の社会経済問題

社会経済的影響に関しては、次の4つの項目が考えられる。すなわち、土地利用、経済に対する影響、健康と安全に対する影響、及び社会的影響である。これらの項目に対して、水力発電プロジェクトの実施に伴い、以下のような点でプラスとマイナスの影響が生じるのが普通である。

- ・ 水力発電は、流域に対する人間の介在として、基本的な土地利用の側面を有する。
- ・ 水力発電は、インフラプロジェクトとして、大きな経済的規模を有する。
- ・ 水力発電は、流域に対する人間の介在及びインフラプロジェクトとして、健康及び安全に関する重要な側面を有する。
- ・ 水力発電は、消費者への電力供給者として、土地利用及び経済的介入者として、地域社会及び社会全体に影響をもたらす。

移住 (resettlement) と復旧 (rehabilitation) に関する特定の問題は、特に重要であるので、本付録の最後で別個に扱うことにする。

1.2 水力発電プロジェクトの社会経済的影響予測の困難性

水力発電プロジェクトは、経済発展及び社会変革の道具として、地域の人間環境に大きな影響を与える複雑かつ長期的なインフラである。水力プロジェクトが、比較的孤立した地域に、立地できたとしても、多くの場合、それが与える社会経済的な影響と、他に進行している社会的・経済的变化による影響とを区別することは難しい。これらの影響は、プロジェクト建設運転の前後の長い期間にわたって生ずる傾向がある。またそれに伴い、新しい工事用道路や送電線網ができたり、遠く離れた都市に経済的利益がもたらされることで、発電プロジェクトは、自然や生物に直接影響する範囲よりも地理的に広い範囲の地域社会に影響を与える傾向がある。

^{*} 付録A：用語集を参照のこと。

従って、水力発電プロジェクトが与える取り返しのきかない長・短期的な社会経済的影響を正確に予測することはかなり難しい。予測に当たっては、プロジェクトが与える直接的・間接的影響のプラスとマイナスの両方にわたって、大きなタイムスケールにおいて検討する必要がある。そして、有害な影響を回避もしくは緩和し、利益を最大化する手段を開発する必要もある。

また、水力発電プロジェクトの社会経済的な影響に関する既存の文献は、内容の質が一定しておらず、既存プロジェクトの検査や追跡調査のデータが十分でないという欠点がある。資金不足のためか関心を持たれていないからか、これまで信頼できる社会経済的な基礎データと繰り返し調査に基づき長期的・継続的な研究が行われた形跡はない。

問題をより明確化するために、以下において、水力発電プロジェクトの社会経済的な影響及びそれに必要な緩和策及び補償策^{*}についての問題を、熱帯・亜熱帯地域の大プロジェクトに焦点を当てて検討していきたいと思う。新しく水力発電開発の対象となる最も有望な地域は、経済的発展途上地域であるとともに熱帯・亜熱帯のしばしば人口密度の高い地域であることが多い、という点を想起しておくことが重要である。しかも、それらの地域では、水力発電プロジェクトによる経済社会的影響が他の地域より甚大であるため、その計画には慎重な配慮が必要とされるのである。

1.3 緩和策及び補償策の決定的重要性

水力発電のプロジェクトの社会経済的影響は、影響緩和策と補償策の性質やそれを計画、実施する過程のあり方に大きく左右され、この影響の程度は物理的・生物学的影響より大きいといえる。緩和策及び補償策の計画や実施のやり方が、水力発電プロジェクトが地域の発展に寄与するものか、地域をかえって貧しくし外部に依存的にしてしまうのか、その大部分を決めることになる。例えば、熱帯地域に貯水池を作ると、水系伝染病が増加する可能性がある。しかしながら、緩和策として総合的な公衆衛生プログラムが導入されれば、開発前の衛生状態より改善されたものになるだろう。

これまでに行われた多くの水力発電プロジェクトでは、結果的に利益を得る者と不利益を被る者の両方をつくりだした。つまり、地元では経済的・社会的損失をまともに受ける場合がしばしばあり、その一方で周辺地域や産業には十分な電力が供給され、ダム下流の流量や水位が調節されることから利益を得ている状況のことである。

水力発電の計画や実施までのプロセスも、影響を受ける地域がどのような社会経済的な利益や影響を受けることになるかを決める上で重要な役割を果たす。地元の受け止め方は、その人々が抱いている価値観に深く関わってくる。それらの価値観は、文化的・社会的な特徴が反映されている。そのため、地元の人々が抱いている価値観とプロジェクト推進者の価値観が著しく異なる場合、地元の人々の不安に然るべき配慮がなされなければ、対立が生じることになるであろう。

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

第2章 土地利用

水力発電プロジェクトは、その性質上当然ながら、現在と将来の土地利用に関して大きな影響を長期的に与えることになる。プロジェクトによって、貯水池地域内の貴重な資源と土地利用を消失させ、発電所の上流と下流の両方で既存の土地利用を広範囲に変化させてしまう。土地利用を変えることになるのは、通常、渓谷の広い領域を浸水させ、上下流の水位と流量を恒常的に改変し、流量の調節と大貯水池の建設に誘発された開発によるものである。

2.1 上流域における土地利用の変化

2.1.1 バックウォーター地域に対する影響

水力発電ダムの上流に形成される貯水池背水域によって、上流河川の水位が上昇し、流速が低下することに伴い、上流の堆砂量が増え、かつ地下水^{*}位が上昇することになる。このような場合、上流河川沿いの土地には洪水が発生しやすくなり、水たまりが増え水系伝染病の発生可能性も高くなる。

水力発電ダムが魚の回遊の障害物となり、上流域における魚の多様性と量を減少させる可能性もある。漁獲量が減ると、生計が失われたり、タンパク質摂取量が減って上流域住民の健康を悪化させることにもなる。

ダム、貯水池の下流では、流量の調節や低水量の増加が、大規模な商業用やレクリエーション用の舟運に利用することを促進するとしても、ダムによる河川の堰止めで上下流舟運の分断や上流域内陸港における堆砂量の増加によって、既存の内陸港や河岸にある地域が地域的・国際的な商用船舶輸送と舟運から孤立することにもなる。

2.1.2 上流域に対する影響

浸食されやすい陰しく脆い斜面は、水力発電所に通ずる新しい接近道路の開設により崩れやすくなる。奥地の未開発流域^{*}へのアクセスが良くなると、次のような結果を生む。

- ・ 新しい人間居住地の建設
- ・ 森林の伐採
- ・ 新しい農地の開拓
- ・ 鉱床の探鉱と採掘
- ・ 訪問者及び観光客の増加

孤立はしているが、既に住民が生活している流域への通行が改善されると、従来の土地利用と新しい土地利用の対立の原因にもなり得る。そのような影響を受けやすい上流域における土地利用が変わることで、土壌の侵食・堆積、森林資源や野生生物生息地の消失、及び環境汚染の増大等に

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

よって、広範囲にわたる環境劣化をもたらすことになる。一方、貯水池の寿命を縮め、発電所タービン破損の原因ともなり、上流からの堆砂量が増加することによって、下流域の発電所の耐用年数や費用効率を著しく低下させてしてしまうことになる。

2.1.3 緩和策及び補償策

水力発電プロジェクトが上流の漁業や舟運に与える影響は、ある程度緩和することができる。魚の移動を助けたり、魚が発電所タービンや管路に引き込まれるのを防ぐためには、魚用エレベーター、魚道、またはスクリーンを設置するという方法がある。貯水池の背水域は、生計の基礎となる養魚池や養殖場を作るための訓練・支援を含む内水面漁場管理計画を開発するために活用することができる。

上流の河川舟運の障害となる背水域の堆積土砂は、浚渫によってある程度は取り除くことができる。また、水力発電ダムに閘門や船舶リフトを装備したり、航路を確保したりして、商用舟運や地域の航行路としての機能を維持することができる。

水力発電プロジェクトによる上流域への影響は、影響を受けやすい地域の保護、植物の管理、及び流域開発の規制など流域保全計画の実施によってかなり緩和することができる。

Nam Theun Twoプロジェクト (ラオス)
ラオスが提案した450km ² におよぶNam Theun Two水力発電プロジェクトの場合は、貯水地域の生物多様性に対する被害を永続的に補償したり、ダム上流域の堆砂によるリスクを大幅に減らしたりするための措置として、3,710km ² 流域を保全する計画が立てられた。そのような保全地域の設立と管理のための費用は、水力発電による収益の一部を永続的に割り当てることによって賄うことができる。
出典: Goodland (1997年) p.91

しかし、流域保全計画を長期的に持続していくには、関係政府機関と流域住民との協議によって定めた制度的・財政的な枠組みがその役割を十分果たすものでなければならない。そして、その計画が成功するためには、地域住民が管理・運営の参加者であると同時に受益者でもあることが必要である。指定保護区域（従来の保護措置）外に流域社会を再構築するこれまでのやり方は、地域住民の積極的な関与に基づく持続可能な資源管理の方法に切り替えられつつある。

2.2 貯水池周辺地域における土地利用の変化

2.2.1 貯水池周辺地域における土地利用への影響

水力発電ダム貯水池の湛水によって、既存の住居やインフラ設備の消失、分散化、移転といった取り返すことの出来ない結果が生ずる。また、河岸の農地、植物や沖積土、森林や生物生息地、鉱

物資源、歴史的・文化的・宗教的資源、観光地域などが消失することにもなる。ダムにより造られた人工の湖は、こうして、自然と人間の生態系^{*}を変えてしまうことになるのである。

人口密度の高い地域、特に熱帯地方では、新しくできた貯水池沿岸に水没したために移住してきた住民と、新しくやってきた住民によって居住地区が形成される。貯水池周辺の有利な場所に居住地区ができることで、それまでよくまとまっていた以前の地域社会が過疎化することになるかもしれない。しかし、一時的に途絶えていた陸上や河川の連絡網が次々と再構築されていくことで、貯水池とその外側の社会の間における新しい形態の交流や取引が始まる。深い停滞水域ができることによって舟運能力が向上するとともに新しいアクセス道路によって陸上交通が改善されて、これまで辺鄙であった地域にとって、より長い距離の移動が容易になり商業も活発になっていくであろう。

北部地帯または亜寒帯の人口が比較的少ない地域でも、水力発電貯水池が新たに造られることで、家畜の移動ルートと伝統的な狩猟や漁業の場が大きく改変され、そのおかげで利益を受ける人と不利益を被る人が出ることになる。

熱帯・亜熱帯の人口密度の高い地域に水力発電貯水池を造ると、川に生息する魚種より静水環境に適応しやすい湖水魚類が増加することになる。貯水池の魚の総量が著しく増加すると、湖水漁場を開発することができるようになる。貯水位の低下時に貯水池周辺にできる水位低下露頭範囲^{*}では、一定の条件があれば、特に、長引く旱魃に苦しめられることの多い半乾燥気候地域では、露頭範囲農業^{*}を行うこともできる。

新しくできた貯水池周辺の土地を集中的に使うことで、痩せた内陸の土壌の傷つきやすい環境資源を過剰に利用することになりがちである。そのことが、貯水池内や周辺域の森林資源や生物生息地の消失、堆砂量の増加、水質の悪化、農業、都市及び工業からの排水の増加、地下水の汚染、大気汚染をもたらし、環境の劣化につながる。

熱帯または亜熱帯地域では、貯水池の水質が変化して、富栄養状態の澱んだ貯水池がホテイアオイやボタンウキクサなどの水生植物や藻類の新しい生息地になり、急激に増殖することになる。それが、地域に供給される水の汚染、蒸発散量の増加、ダム取水や舟運の妨害、藻類の繁殖と魚類の死滅といった事態を発生させる可能性がある。

2.2.2 緩和策及び補償策

移住と復旧のための計画は、水力発電ダム貯水池による水没に対して地域社会への影響を緩和し、補償する主要な対策である。第6項でさらに詳しく述べるが、この計画は、密接に関連しながらも明確に異なる2つプロセスから構成される。すなわち、プロジェクトの影響を受ける人々の移住とそれらの人々の生活を復旧することである。

湛水域の地域社会に対する影響を大幅に緩和できるもう一つの対策は、貯水池に漁場を開発することである。大ダムに対する批判者は、これまでプロジェクトにおいて影響を被った人々にとっての貯水池内の漁場の重要性を過小評価しがちであった。正しい計画に基づいて実施すれば、関連するインフラ設備、民間・公共サービスと同様に漁業や露頭範囲農業を開発・維持する長期的な努力を広く行っていくことによって、湛水区域^{*}の土地利用を相当程度補償することができる。

しかし、ダムの影響を受ける人々が実際に利益を得るためには、水産養殖業に従事する人々の水

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

の権利を守るとともに、訓練や技術支援が必要である。そうでなければ、既存の貯水池や自然水域からやって来る、より競争力のある漁師に新しい漁場を押さえられてしまうことになる。

カリバ貯水池 (ザンビアジンバブエ)

「…カリバ貯水池の漁場開発は、プロジェクトの影響を受ける人達を組み入れるための効果的な方法であることを示している。その漁場では、最初の5年間、外部者の利用が禁止された。そして、その間に小規模な漁業者に短期の指導を行う訓練センターが設立された。漁船は、地域の工場で訓練を受けた地元の大工が改良した。漁船や他の釣り道具の購入に当たってはクレジットが利用できた。湖畔のマーケットには、鮮魚や乾し魚を出荷するためのアクセス用の支線道路が建設された…」 「…彼らは、それまではザンベジ主流域で漁業を営む技術を持っていなかったが、地域の人々は新しい事態に素早く対応して、2,000を越える移住者、元々の住民、及びその他の影響を受けた人々が、4年間を通じて平均して年間3,000tonを上回る漁獲量を収穫した。借金返済が90%以上済んでいるだけでなく、貯水池の生産性が最初ほどではなくなった時、大多数の漁師が他の仕事に移れるようにするため貯蓄がなされた。この漁業プロジェクトでは、村の女性を市場経済にもっと組み入れるための組織が計画され、村の特産品販売店や漁場基地内にビール工場が建設された…」

出典: Scudder (1997年) p.58-59

適切に計画されれば、他の種類の社会経済的な便益も水力発電ダムによって水没する地域社会への補償となりうる。例えば、新しい貯水池は、レクリエーション用の舟運、スポーツフィッシング、あるいは観光などの便益を生むことができる。

2.3 下流域における土地利用の変化

下流域における土地利用の変化の特徴は主に、下流域峡谷の地形、流量調節の程度によって大きく変わる。広く緩やかな谷の流域で(峡谷の険しい地形の河川筋とは反対に)、自然に毎年起こる洪水に頼って昔ながらの農業が営まれているところでは特に厳しい変化を被ることになる。

2.3.1 河川流量調節

流量調節によって生じる下流域の土地利用に対する主な影響は、洪水調節^{*}や灌漑に関係している。またダム下流や貯水池内では、下流河川の流量調節や低流量の増加によって、商業船舶やレクリエーションのための舟運を容易にするであろう。

ダムの流量管理による洪水調節の効果は、時々異議を唱えられる場合もあるとはいえ、上流にダムが建設されると、下流域の河床に近接した場所や氾濫原の境界以内に地元の人々が住むようになる。調節河川^{*}や低流量の増加によって、以下の開発が促進される。

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

- ・ 灌漑農業及び換金作物
- ・ 川の水を常時多量に必要とする産業
- ・ 農工業関連企業に情報・資源の提供と販売を行う各種サービス産業

一方、このような新しい経済活動は、しばしば他の要因も組み合わさって、間接的なまたは誘発された社会経済的利益や影響を連鎖的に生み出していき、活性化の発端となった水力発電プロジェクトとの関係を辿ることがさらに難しくなっていく。例えば、活性化した経済活動は、その流域外からの移住者の流入を促し、下流域の人口増と新しい都市社会の発展をもたらすことになるであろう。

ダムは、農業の活性化と食物生産量の増大をもたらす一方で、下流の灌漑地域に年間多毛作の収穫のために大量の水を使用すると、農作物の害虫繁殖、周辺地下水面の上昇、土壌の湿潤化をもたらす恐れがある。そして、適切な排水が行われなければ、地下水位上昇と土壌浸水によって、土壌の塩類化と長期にわたる土壌肥沃度低下をもたらすことになるであろう。

広範囲な灌漑によって、井戸水にも塩害が広がり地域の飲料水や農業用水の水質に悪影響が出ることになる。また、灌漑用地への肥料や殺虫剤散布をはじめ、工業地域や都市の大気汚染や排水また無処理の汚水なども全て、下流域の水質を悪化させていく要因となる。高度の集約的な耕作による灌漑地域の湿地化、塩害、及び不毛化は、熱帯・亜熱帯地域において、特にインド、パキスタンなど人口密度の高い半乾燥地域における重要課題である。

これらの問題は、社会経済的な理由や政府が時宜にかなった適切な財政的・技術的支援を行わないことなどによる灌漑用地の放棄といった別の問題によって、さらにひどくなる場合がよくある。このような問題点があるので、流量調節による灌漑農業の推進が下流域へもたらす便益は、過大に予測されてきたケースがある。

その他、毎年の自然洪水がなくなることによって、下流域の自給農業や漁業を行っている人々に被害が及ぶことについてもほとんど検討されてこなかった。セネガル川のマナンタリダム下流域に与える影響に関する調査を行った“*Institute for Development Anthropology* (進化人類学研究所)”の報告では、この問題が明確に述べられている (Horowitz, 1991年 and Salem-Murdock and Horowitz, 1994年)。

2.3.2 上流域及び貯水池と下流域の分断

貯水池の背水域に関して既に述べたように、上流域と下流域をダムで分離することによって、魚の回遊を妨害することになり、漁獲量とその種類を減らすことになってしまう。人口の多い地域において漁獲量が減ると、下流域住民の生計が失われたり、タンパク質摂取量が減って健康を悪化させることになる。

2.3.3 流送土砂の減少と水質と塩分濃度の変化

流送土砂が減少すると、長期にわたって下流域河床や河口部が浸食され、その結果沿岸部も浸食されていくことになる。そして、河床が浸食されることによって地下水の水位が下がると、次のような事態が発生する。

- ・ 河川土手の陥没
- ・ 基礎の洗堀によるインフラ設備の損傷（橋、堰、突堤、水底ケーブル基礎など）
- ・ 井戸の干上がりに伴う水不足
- ・ 地下水位が木の根より下がることによる、河岸林の消失

湛水域の植物群（バイオマス）を水没させるとともに流量を変えることで、下流域の飲料水の水質、漁業、舟運に大きな影響を与えることになる。河口部への流送土砂が減少することによって、侵食が加速され、河口からの塩水が侵入し、これらの複合的な効果によって、徐々に肥沃な土壌が失われることがある。海岸地帯への土砂の供給が長期にわたって減少することによって、海岸線沿いの年間土砂供給率に不均衡が生じ、砂浜が徐々に縮小していくとともに、海岸近郊の居住地、観光地、及びインフラ設備の劣化をもたらすことになる。

2.3.4 緩和策及び補償策

下流域の灌漑及び降雨に頼る自給農業を持続可能にしていくには、農業管理計画の立案・実施に際して、関係者の利害を十分考慮することが必要である。

そのような管理計画は、洪水減退域農業^{*}、漁業、畜産業など、より在来的な農地利用と灌漑の様々な方法を組み合わせたものにすることができよう。可能であれば、上流の水力発電ダムの運用規則に、農業目的に調節放流を行うことができるという内容を盛り込むことも考えられる。

…洪水を調節ということは新しい概念ではない。中国のモンスーン気候地域では、何百年もあるいは何千年も前から、工作物の水門を通して、洪水を流すことが行われてきた。現在工事中の三峡ダムでも、毎年のほとんどの洪水流を水門から大量の土砂とともに下流へ放流するように設計されている。「フラッシュ」と呼ばれる小規模の放流は、近年、米国西部地域等で漁業のために利用されている … 欧州や米国では、昔から洪水管理ではなく洪水制御に力を入れてきたため、調節放流は、高い価値があるにもかかわらず、いまだ十分に注目されていない。セネガルや南アフリカのポンゴロでの経験が、アフリカだけでなくそれ以外の熱帯・亜熱帯地域に適用できるかどうか検証するための詳しい調査が必要である。メコン川流域は検討に値する一例である（Scudder, 1994年, p.107-108）。

マナントリ・ダム（セネガル）

「進化人類学研究所」が実施した調査では、セネガル川のマナントリダム下流における流量管理方式の一つの代替案の実現性と社会経済的な利益が示された。その方式は、ダムから調節放流を行い（発電容量に問題のない範囲で）、人工的な年間洪水で自然の年間洪水を模擬するものである。これによって、下流域小農家の灌漑用水を確保するとともに下流漁村の暮らしを守ることができ、ダムによる下流域の社会経済的な被害を緩和することができるであろう。

出典：Horowitz, 1991年 and Salem-Murdock and Horowitz, 1994年。

^{*} 付録A：用語集を参照のこと。

第3章 経済的影響

水力発電プロジェクトは長期にわたって構造的な影響を与えることになるが、立地点・設計の適切なプロジェクトは地域や国全体に大きな利益をもたらすことに疑いの余地はない。農・工業用水資源が乏しく、国産の石油、ガス、石炭資源に限られ、電力も不足しがちな人口密度の高い発展途上国にとって、水力発電と灌漑の経済的な重要性をいくら強調してもし過ぎることはない。

しかしながら、そのようなプロジェクトも、環境的・社会的便益とコストを含め、それがもたらす直接・間接的な便益が、直接・間接的なコストを上回っていなければ、総体としては持続可能な発展に寄与することはありえない。

3.1 直接的・間接的な経済便益

水力資源に恵まれている地域や国では、水力発電ダムは、電力の安定供給という近代的な発展を遂げるための最も重要な基礎の一つを獲得する重要な手段である。水力発電を行えば、多くの発展途上国が、電力生産に利用する高価で再生不可能な燃料を輸入する代わりに、国産の再生可能エネルギーによって電力を賄うことができるようになる。

「世界銀行運用評価部 (World Bank's Operations Evaluation Department : OED)」が最近行った机上予備調査で、同銀行の援助によって完成した50か所の大ダムの運用状況が審査された(世界銀行、1996年)。各プロジェクトは1956年から1987年の間に承認されたもので、インドのサルダル・サロバル (ナルマダ) など現在建設中のプロジェクトは調査対象から外された。いずれの大ダムプロジェクトも実施されてから相当長い期間を経ており、ほとんどの調査対象プロジェクトは、同銀行が移住 (1980)、環境保護及び管理 (1986) に関するガイドラインを採択する以前に評価が行われたものであった。

OEDは、調査対象ダムの大多数において、環境的・社会的被害緩和対策に要したコストを大幅に上回る利益が出ているという調査結果を報告した。また同調査報告は、移住及び環境に関する現在のガイドラインを満足する対策に要するコストを加味しても、経済的利益に関する評価はほとんど変わらないと結論付けている。

水力発電プロジェクトによって、電力供給が改善されるほかに、洪水調節・流量調節、灌漑農業、水供給といった主に3つの直接的・間接的な経済便益がしばしばもたらされることが確認されている。OEDの調査報告では、これらの便益に関して次のようにまとめている。

…調査した50のダムは経済成長に大きく貢献している。それらのダムは、39,000MWの設備容量をもち、年間で5,100万tonの燃料に匹敵する電力を賄っている。ダムによって洪水が調節されているとともに、都市住民や産業発展のために水が供給されている。灌漑地域は180万ha拡大され、さらに180万haの灌漑用地が改善されている。それによって、作物の強さが増し、主要な食物収穫量が増大した (世界銀行、1996年)。

水力発電ダムが直接的・間接的にもたらす他の二次的便益には、以下のようなものがある。

- ・ 収支バランスの改善（発電用の石油や米などの高価格食品の輸入減少による）
- ・ アルミニウム、スチールなど高電力集約型産業の発展
- ・ 地元及び地方の労働市場や供給者にとっての新しい収入源
- ・ 舟運の改善
- ・ 貯水池の漁業、観光、リゾート活動の発達
- ・ 貯水池水位低下露頭範囲での新しい農耕及び放牧

3.2 直接的・間接的なコスト

水力プロジェクトにおいて大規模な移住が行われる場合、このコストは最も大きな社会的コストになる。移住にかかる社会的コスト（特に、土着の住民や部族などの場合）を軽減することは難しい。しかし、正しく計画されて実施されれば、移転住民やその他の影響を受ける地域の地域社会開発計画は、最終的には良い結果をもたらす。これらの問題については、第6節でさらに詳しく扱う。

水力発電プロジェクトに直接的・間接的に関わるその他の環境的・社会的コストの大部分については、既に土地利用に関する前の節で述べている。

その他に、途上国では以下のような社会的コストを伴うことが多い。

- ・ 健康や安全性に対するリスクの増大（第4節でさらに記述）
- ・ 人口統計学的・制度的影響、地域社会の伝統や生活様式に対する影響、階層や性別に関する影響、立場上弱い少数民族グループに対する影響、文化遺産や景観に対する影響、地政学的な影響（第5節で詳述）
- ・ 国の長期的な債務負担

上述した直接的・間接的な環境及び社会的なすべてのコストは、費用便益分析に盛り込まれなければならない。

しかし、他の再生不可能な電源（石炭、石油、ガス、原子力など）と水力を比較する場合、水力産業は必要とされる緩和策・補償策に関する環境的・社会的コストを高い割合で内部化しており、また大気汚染、水質汚染、土壌汚染に関わる環境的・社会的コストを低い割合で外部化している、という点を理解しておくことが重要である（UNIPED, 1997年）。

第4章 健康と安全に対する影響

水力発電の開発によって上下流域の土地利用の仕方が大幅に変更されることや、プロジェクトの便益とコストが各利害関係者にいろいろな形で配分されることによって、人間の健康や公共の安全に対して広く影響を与えることになる。以下、これらの影響について述べていく。

4.1 人間の健康に対する影響

水力発電ダムや貯水池及びそれに伴う地元の土地利用の改変などの大規模なインフラ整備プロジェクトは、直接的にも間接的にも人間の健康に強い影響を与える。最も認識しやすい変化は、病気の発生率が高くなり、感染者が増加することである。しかし、地元や周辺地域住民の健康に影響を与えるのはプロジェクトに直接起因する病気だけではない。それ以外に、水力プロジェクトに関連して起こる間接的もしくは誘発的開発といった事柄も影響を与える。

特に大規模もしくは主要な水力発電プロジェクトは、公衆衛生に大きな影響を与える2つの重要要素に影響を与える。それは、地元や地域における水文学的システムと人口密度である。水文学的变化と人口密度の増加は、ダム建設と人造貯水池の存在によってもたらされる直接的な結果である (Goldsmith and Hildyard, 1984年; Hunter, Rey and Scott, 1982年)。

4.1.1 水文学的变化に起因する水系伝染病

北方地域または温帯地域の水力発電プロジェクトに関する公衆衛生問題は、貯水池でのメチル水銀の生物濃縮にほぼ限定されている。しかし、熱帯・亜熱帯環境における、地元や地域への水文学的变化は、ダムの上下流における水系伝染病を広めるといった認識しやすい影響を与える。

熱帯または亜熱帯地域では、大規模な人造貯水池を造ることによって、水系伝染病を媒介する動物（ハエ、蚊、マイマイ、寄生虫など）の増殖と新種の媒体動物の繁殖を促すことになる。下流域の水位が下がり、川岸に沿って澱んだ水たまりができると、そこは水系伝染病を媒介する動物の都合のいい生息場所になる。(国際連合、1985年)

さらに、余水吐や放水路の放水口にできる流れの速い場所は、フィラリア症を伝播する蚊やオンコセルカ症を伝播するブヨの繁殖には都合がよい。こうして、このような危険に対して緩和策がとられなければ、熱帯または亜熱帯地域では水力発電プロジェクトによって水系伝染病に感染する人の数が増加することになる。そのような環境変化に起因して発生しやすい代表的な感染症には、マラリア、住血吸虫病、リンパ管フィラリア症、オンコセルカ症があり、そのほか、黄熱病、B型日本脳炎、デング熱なども同種の感染症である。これらの感染症の大部分は広範囲に伝播しており、いろいろな理由から新たに増殖しつつある病気もある (世界銀行、1991年)。

湛水域に存在する有機物の分解によって、水中に水銀（メチル水銀の形で）が溶出すること、そして、これが貯水池の湛水と結びつけられたのは、比較的最近のことである。水銀は食物連鎖の中に入り込み、地元の人達が魚食魚類を食物の一部としている場合に、その人達の体の中に取り込まれる。メチル水銀の有毒量を長期間摂取すると、平衡感覚、運動能力、視力に障害が発生する。これらの症状は、他の病気（糖尿病、パーキンソン病など）や、単なる老化現象と間違えられることがある。

ジェイムズ・ベイ貯水池群 (カナダ)

ケベック州北部にあるジェイムズ・ベイ貯水池群で観察される水銀の量は、場所によって異なっているが、貯水後20年から30年かかって自然のレベルにもどってきた（ジェイムズ・ベイ水銀委員会、1995年）。クリー保健・社会局（Cree Board of Health and Social Services）とマクギル大学（McGill University）が最近行った調査によると、深刻な水銀汚染（30 mg/kg）にあったジェームス湾クリー族の割合は1988年には1.7%であったものが1993-94年には0.2%に減少していた。報告書の筆者らは、水銀汚染被害者が減少したのは、主として広報活動を展開することによって、人々の食事が変わったからであると述べている。

出典：Dumont (1998年)

4.1.2 人口増に伴う行動伝染病の増加

ダム建設の結果、主に2つの理由から人口密度が増加する。一つは、他の地域から多数の労働者や移住者がやって来るためであり、もう一つは、居住区域の水没のために立ち退き移転した住民のためである。辺鄙な地域に人口が増加し、しばしばその人達の文化的・社会的背景が異なるため、以下の問題が発生することがある。

- ・ 地域内での性感染症の増加
- ・ 肺結核、ハンセン病、リーシュマニア症など地域に流行っている伝染病の蔓延
- ・ その水力プロジェクト地点では知られていない新しい病気の発生
- ・ 移住してきた人の元の居住地域では存在しなかった病気との接触

4.1.3 プロジェクトに間接的に関連する病気と健康に影響を与える他の要因

水力発電プロジェクトは、地元及び周辺地域の発展に大きな影響を与える。多くの産業が誘致され、新しい密集地域が生まれやすくなり、中でも農業が促進される。そのような発展によって健康にどのような影響が出るかは、地元の開発政策とその実施能力によって大きく左右される。正しい管理が行われなければ、そのような変化も地元住民の新しい健康問題の原因になってしまう。しかし反対に、食事、生活条件、及び保健・社会サービスが改善されれば、健康に対する悪影響は減少することになるであろう。

灌漑や米の生産等に伴う水を大量に使う活動は、病気媒介動物の増殖に都合のよい生息環境をつくることになる（灌漑用水路や水田などの流れの緩やかな場所）。また、殺虫剤、化学肥料の使用やそのために用いられる方法は、人々が有害な化学物質に曝される原因となる。

地元（さらには地域全体の）の大気汚染や水質汚染を避けるための環境管理は必要になるが、水力プロジェクトの周辺地で工業、商業及び住居地域が発展することは、一つのプラス影響と考えることができる。しかし、新興都市から大量の未処理排水が貯水池に流れ込むと、住民の健康問題を広げる原因となる。大気汚染や水質の悪化は呼吸器系疾患、腸の様々な病気、または一般的な身体機能の衰弱を引き起こす原因となり、人々が重い病気にかかり易くなる。

4.1.4 緩和策及び補償策

病気による健康悪化を最小にするための緩和・補償策については、数多くあり、詳しく解説された文献も数多く存在している。そのなかでも、以下のような対策が効果的である。

- ・ 貯水池周辺の都市や工業の排水や大気汚染の抑制と処理
- ・ 水媒体伝染病を媒介する動物の制御プログラムの計画と実施。これには通常、病気を媒介する可能性のある動物の抑止と澱んだ水域の管理の両方が行われる。
- ・ プロジェクトの影響を受けた地域と人口密度が増加している地域に容易に行ける医療所や医務室を設置する。そして、それらの新しい施設で働くスタッフの雇用と訓練を行い、病気抑止に必要な薬剤購入を常時援助する。
- ・ 地元及び周辺地域住民の公衆衛生状態の変化を監視するために、専門家チームによる、感染者の発見、伝染病監視プログラムの計画及び実施
- ・ プロジェクトの影響を受けた人々に対する公衆衛生教育プログラムの計画と実施。

大規模な人造貯水池におけるメチル水銀の存在とそれによる健康被害を防止するための対策には、魚を日頃の重要な食材にしている地元の人達に対する直接的な広報活動、そして必要な場合は、自給用の漁業のために安全な魚種や漁場を見つけるための支援などがある。

地元住民に対するプロジェクトによって得られる最低限の健康上の便益を保証するためには、制度全体を整備することが是非とも必要である。個々の公衆衛生対策が局地的にいかにも有効であっても、それらの対策が地元及び周辺地域の効率的かつ適正な政府機関（または非政府機関）によって実施されなければ、全体としてはほとんど効果はあがらない。このような機関は、地元の公衆衛生問題の管理に関っているグループが提供する情報を集約できなければならない。また、入手した情報に応じて公衆衛生プログラムを修正することができることも必要である。

残念ながら、これまでに熱帯地域で実施された多くの水力発電プロジェクトでは、公衆衛生と経済成長との間の基本的な関係が考慮されてこなかった。なかには、プロジェクトの計画と実施に責任を持つ各機関と公衆衛生当局との協力がなかったため、地元住民が深刻な被害を受けることになった国も幾つかある。発電や灌漑プロジェクトに関連する病気管理は、ほとんどの場合、資金が乏しく態勢の整っていない健康管理サービス機関に委ねられている。

このような事態を避けるために、健康管理サービスに要するコストの一部は、公衆衛生に被害を与える貯水池建設計画のコストに算入されるべきである。衛生教育を繰り返すためのコストも、計画全体の運用コストに組み込まれるべきである。湛水後の健康維持コストは、その一部を例えば発電や換金穀物生産のある割合から賄うことができるであろう。(Hunter, Rey and Scott, 1982年)。

貯水池周辺地区の人口急増に伴う健康に対する影響を管理するには、他地域からの流入労働者や移住者の管理と、居住地域の水没を最小限にすることが必要である。貯水池周辺の開発を制限することは、開発を監視し正しく判断を行う、効果的な地域土地利用計画及び管理計画の適用と実施に責任を持つ、強い政府計画機関（または非政府機関）でなければ行うことはできない。

4.2 公共の安全に対する影響

ここでは、水力発電ダム及び貯水池の計画・設計、建設、構造物の出現、及びダムの運用が公共の安全に与える危険要素、そしてそのようなインフラの安全性を確保するための適切な対策について概説する。

4.2.1 プロジェクト計画・設計に関する危険要素

水力発電ダムの建設を始めるに当たって考慮すべき諸々の事柄のうち、以下3つが、十分な検討を行っておかなければ、安全上の重大な危険性を発生させる事項である。

- ・ ダムの基礎を構成し、ダムの自重を支える地質的構造についての正しい理解。地質的なデータが不十分であると、最悪の場合、ダムの欠壊につながる。
- ・ 十分な水文学データを収集し、ダムの越流の危険を減らすことができる最も代表的な流出モデルを確立する。
- ・ 堆砂に関する十分なデータを収集（貯水池内の堆砂量と推積パターン）し、これによって、貯水池の寿命をより正確に評価するとともに、発電所設備に土砂が堆積し、閉塞してしまうことを防止する。

4.2.2 建設工事に関する危険要素

建設中の公共の安全とは、基本的に建設労働者の安全に関することである。水力プロジェクト工事現場の労働者は、危険を伴う様々な場面で作業を行い、重い機械や危険性の伴う装置を扱う。大規模インフラプロジェクトでは、工事中の事故はほとんど避けられないものであるが、特に以下のような場合に事故が発生しやすい。

- ・ 様々な理由から、未経験もしくは経験の乏しい労働者を雇用している場合。
- ・ 労働者の安全を軽視し、政府や企業が様々な種類の工事に対応した安全規則を設けていない、もしくは実施していない場合。

4.2.3 ダム、貯水池存在に関連した危険要素

施設の建設、運用、維持管理に関する全ての面に十分注意が払われていたとしても、ダム及び貯水池の存在自体が公共の安全を脅かす原因になることがある。ダム-貯水池の出現に伴う安全問題には、以下のようなものがある。

- ・ 洪水調節に関連して発生する問題
- ・ 貯水池誘発地震
- ・ 貯水池周辺斜面の地滑り(貯水池斜面土壌への水の浸透と風によって増幅された波が地滑りを

促し、周辺住民に危険が及ぶ)

- ・ 流量調節^{*}により洪水に対する安全性が増したため、ダム下流域に居住する人口が増加することによる危険

今世紀初頭から、洪水の激しさが増加しており、人間社会の発展にとってかつてない悪影響をもたらしている。水力発電ダムは、毎年の洪水による大被害を防止するために河川やその支流に設けられる数多くのインフラの一つにすぎない。しかし、洪水調節設備、水力発電ダム、灌漑ダムの増加は、場合によっては逆効果になることがある。これは、主として河川には多かれ少なかれ様々な洪水調節設備が設置されて、水路化されてきたため、総水量を減らすことなく水の流れを加速することになるからである。また、森林伐採や上流域の侵食の増加によっても、大洪水が発生しやすくなる。そのほか、旧式のダムでは洪水流量の貯水能力・放流能力が劣っているため、さらに洪水が増加する場合もある。

ダムや堤防の大規模な越水は、以前は人の住んでいなかった氾濫原で生じている。これは非常に重要な問題になってきたため米国の幾つかの州（例えば、オレゴン州やカリフォルニア州）では、既存の洪水調節設備を取り除き、昔の氾濫原を再び元の状態に戻すことにした。氾濫原と闘うのではなく氾濫原と共存する（洪水調節ではなく、洪水管理）という考えが支持を得てきている（Williams, 1993年）。また、水力発電用貯水池は地震を誘発することが知られている。貯水池に起因する地震活動は、カリフォルニアで1930年代後期に初めて発生した（Goldsmith and Hildyard, 1984年, Vol. 1, p.106）。

1945年にフーバーダムで地震活動との関係が証明されて以来、約30のダムで（リヒタースケールで）マグニチュード4.0から6.5の地震が報告されている。

しかし、貯水池に起因する地震が発生する実際のプロセスは、その地点特有の地形構造的条件や水の自重などが要因であることはよく認識されているものの、まだ十分に解明されていない。124の貯水池で実施された誘発地震現象に関する最近の調査では、「…貯水池誘発地震を引き起こす条件は複雑であり、特に発生しやすい地形構造的の特異条件に関係しているとともに、湛水方法や貯水池の運用方法にも関係している…」（Vladut, 1992, Helland-Hansen, Holtedahl and Lye, 1995年, p.74）。

4.2.4 ダム施設運用に関する危険要因

ダムを運用するには、気象データ、上流における流れや流量の変動、ダムの構造的な健全性に関する恒常的監視報告など、内外の情報を絶えず収集し分析することが必要である。従業員は十分な訓練を受け、必要な時に効率的に対応し、構造的な破損の可能性を事前に知らせる警告サインを理解し、ダムの本来の能力と設計に応じた運用ができなければならない。問題を素早く発見できるように、ダム及び発電所設備・機械の日常的な整備、点検を行い、記録・整理しておかなければならない。そのような基本的な運用規準を実行していなければ、大量の水が一気に溢れだし、最悪の場合、越水とダム崩壊に到り大洪水を引き起こす。

^{*} 付録A: 用語集を参照のこと。

4.2.5 緩和策及び補償策

水力発電に伴う危険要素を完全になくすことは、コスト／便益の観点から、実際には大変むずかしいことである。大ダムまたは特殊な設計構造を持つダムに対して、「ダムの安全性に関する世界銀行運用方針」(OP 4.37, 1996年9月) は、以下のことを要求している。

- ・ ダムの調査、設計、建設、及び運開の全体を通じて、専門家によって構成される独立した委員会による審査
- ・ 詳細な計画の準備と実施：工事監督及び品質保証、計測計画、運用・維持管理 計画及び非常時準備計画
- ・ 調達及び入札期間中の入札業者に対する予備資格制度
- ・ 完成後の定期的なダムの安全性監査

誘発地震に関しては、危険度の高い地域におけるダム建設は制限されるべきである。そして、貯水池を一つだけでなく分散させたりダムの高さを制限したりといった、配置及び構造の代替案を検討する必要がある。高危険度地域は、地質構造的な分析とダム欠壊時に影響を受ける可能性のある人の数によって決定される。ダムが地質構造分析によって危険性の最も低い離れた地域に計画されるならば、適切な地震荷重を組み込んだ構造を選択・設計しなければならない(Helland-Hansen, Høltedahl and Lye, 1995年, p.101)。

サグエナイ地域貯水池群 (カナダ)

幾つかのダムの越水や他のダムの欠壊のために、1996年にサグエナイ地域で発生した破壊的な大洪水によって、州当局はダム及び貯水池管理の方法を全面的に見直すことになった。ケベック州政府がその大洪水を検討するために設けたニコレット調査委員会 (1997年) が出した主な結論の一つは、ダムの日常的な監査及び状態の公表、ダム運用に責任のある従業員の十分な訓練、効果的な非常時計画を実施するためのダム所有者と地元の計画者の協力、などに関して厳しい法的強制が必要であるということであった。委員会はまた、そのような影響緩和策は公的機関の長期的な関与がなければ完全には実施することは困難であると報告している。

出典: Nicolet Commission (1997年)。

第5章 社会的影響

水力発電プロジェクトによってもたらされる上下流域での土地利用の大幅な変化、並びに利害関係者へのプロジェクトの便益やコストの様々な配分は、社会的に広範囲な影響を与えることになる。この影響を列挙すれば、次のようなものになる。すなわち、人口学的・制度的影響、地域の伝統及び生活様式に対する影響、階層的・性的影響、立場上弱い少数民族グループに対する影響、文化遺産及び景観に対する影響、そして地政学的影響である。

5.1 人口学的・制度的影響

水力発電ダム及び貯水地のような大規模開発プロジェクトは、直接的にも間接的にも人口移動に影響を与える。この影響には、ダム建設活動に伴う地元地域に対する直接的な人口学的影響（ブームタウン効果）、移転者の到来や貯水池周辺及びダム下流域の新都市地域の発展に関する間接的及び誘発的な人口学的影響がある。一方、このような人口移動は土地利用上の対立、地域サービス及びインフラ整備に対する需要の大幅な増加をもたらすことになる。

5.1.1 ブームタウン効果

水力プロジェクトが開始されると、多数の建設労働者が、5～10年以上の間、家族を連れて建設現場付近に移り住むのが普通である。大ダム建設では、大抵は2,000人を越える労働力が必要となる。工事が完成すると、この数は急速に減っていき、ダムの運用・維持管理に携わる少数の従業員と入れ替わることになる。

ミズリー流域水力発電プロジェクト（米国）

1,500 MWの出力をもつラミー川発電所の建設は、1974年から1982年にかけてミズリー流域水力発電プロジェクト（MBPP）の一環として行われた。そのプロジェクトでは、最も多い時で2,600人の労働者が工事に携わり、完成後の常駐従業員は200人、その関係者750人が現地に入り込むことになった。プロジェクトの計画が発表された時、近隣の町ウィートランド（ワイオミング州プラット郡にあり、合併により最大となった町）の人口は約2,800人であった。

出典：Missouri Basin Power Project（1983年）。

多数の一時的な労働者集団や関連グループが、昔からの伝統を守っている小さな村に突然押し寄せてきたかと思うとまた去っていく。そのような激しい人の動きは、地方の村にブームタウン効果というべき現象をもたらし、社会、健康、経済、文化の全ての面にわたる様々な問題を発生させることが多い。特に途上国で大ダムが建設される場合、使用する機械設備や専門職人の不足を補うために余分に労働者が必要になってくるので、このような地域社会全体を揺るがすような影響は、他の地域より深刻なものになりやすい。

5.1.2 移住者集団とその間に生じる土地利用上の対立

土地利用の項で既に述べたように、熱帯地方の人口の多い地域では、新しくできた貯水池の岸周辺に、立ち退き住民が住居を移転するとともに、仕事、肥沃な土地、または豊かな漁場を求める新しい移住者が居住することになる。その時、水没地域から移転を強いられてきた地元住民とその移転住民を受け入れなければならない受け入れ社会、そして新しくできた貯水池によってつくられる雇用機会を求めて移住してきた住民との間でしばしば対立が起こる。

貯水池下流は流量調節が行われているので、地元の住民が下流河床により近接した場所、または氾濫原の境界内に住むのを促進する。そこには水が絶えず存在し、流量調節も行われているの

で、様々な新しい経済活動を展開するのに都合がいい。そしてその経済活動に引き寄せられた流域外からの移住者が増加していき、そこに人口密度の高い新興都市が形成されていくことになる。

5.1.3 人口移動が制度及びサービスに与える影響

多数の労働者とその家族やより良い機会を求める移住者が、昔からの伝統を守っている小さな地域に突然押し寄せることによって、地域サービスやインフラに対する要求を増大させ、地域行政における財政的圧迫、そして地域の一体感の欠如など様々な問題が発生することがよくある。

…受け入れ態勢の整っていない小さな地域では、地域行政機関はしばしば難しい選択に迫られる。ダム建設の段階で住民の要求に応じた施設を建設すると、わずか数年後には相当大きな過剰設備を有することになる可能性がある。その一方、必要な施設やサービスを提供できないと、ダム建設段階で人口流入が最大になった時に深刻な問題が発生することになる (Murdock, 1986年, p.33)。

地域サービスやインフラに対する要求には、以下のようなものがある。

- ・ 住宅や土地の賃貸・購入及び新築住宅の要求 (不動産価格及び賃貸料の値上げ圧力 も生ずる)
- ・ 地域の公益事業の拡大に対する要求 (水道、下水処理、電話、電力など)
- ・ 地元及び地域の公共サービス向上に対する要求 (裁判、警察、消防、救急医療、郵便など)
- ・ 地元の学校への編入の増加
- ・ 健康及び社会的サービスの充実の必要性
- ・ レクリエーション施設の充実の要請

5.1.4 緩和策及び補償策

ダム建設による地元周辺地域のブームタウン効果に対する緩和策としては、次の3つの方法がある。a) ダム建設現場を影響されやすい近傍の地域社会と離れた場所に設定する。b) 建設現場近くに居住する労働者 (とその家族) の数を減らす。c) 労働者の最大時の数を減らすような建設工程と計画に修正する。

ダムや貯水池の場所として、ブームタウン効果の影響を受けにくいような離れた所を見つけるのは、特に人口の多い国では、しばしば不可能なことである。しかし、場合によっては、周辺地域に対する影響を最小にするような工事用道路の設計及び道路使用の規制を実施することは可能である。地元社会を圧迫しないように、建設地点外からの労働者に対して、建設現場に適切な住宅・地域サービスを提供し、そこに居住してもらうこともできる。

地元からの雇用を増やすことによって、他地域から現場近くに移住してくる労働者 (とその家族) の数をある程度減らすことができる。地元優先の採用と、失業者や無資格者のための訓練プログラムを確立することは、周辺地域に経済的な利益をもたらす有効な方法となり得る。それによって、雇用が安定し求人コストが下がることになりうる。しかし、地元雇用政策は、差別行為と受け取られることがあり、その政策がうまくいくかどうかは、資格のある労働者を地元でどれだけ確保できるかにかかっている。訓練プログラムを成功させるためには長い準備期間を要する場合が多く、様々な理由から、新たに訓練を受けた地元労働者が最終的にプロジェクトに参加するところまでにはなかなか到達

らない。

建設スケジュールを延ばすことは、移住労働者の最高時の数を減らす一つの方法である。しかし、この方法はプロジェクトのコストを著しく増大させ、エネルギー部門や他の優先事項との対立を招く危険がある。他には、現場とは別の場所で部品を組み立てたり、同じ地域内で複数のプロジェクトまたは段階が計画される時には、複数ユニットが造れるようにプロジェクトの設計を行うといった方法が考えられる (Leistritz and Murdock, 1986)。

5.2 地域社会の伝統と生活様式に対する影響

5.2.1 地域社会の伝統と生活様式の変化

地域社会の文化的特徴と社会的関係は、社会生活の基本であり、社会的対立と社会的団結との力のバランスをとる上で重要な役割を果たしている。地域レベルでの文化的特徴と社会的繋がり、は、次のような一連の要素から成り立っている。すなわち、身体的類似性、年齢及び居住年数、近親者、民族性、宗教、社会階層、職業及び性別などである。

水力発電プロジェクトがもたらす地元住民の物理的、経済的、及び社会的な環境の変化は、地域社会レベルで文化的、社会的に深い影響を与えることになりうる。しかし、その変化には、プロジェクトによってかなり違いがある。例えば、それまでは辺鄙であった場所にダム建設のための通用道路が敷設されると、人や物の動きが活発になり、他の地域から持ち込まれた多種多様な商品やサービスが交換される新しい機会が生まれる。一方、外の世界への行き来が容易になると、地域内の人々の繋がりや連帯感は弱くなり、利用できる資源を求める外部者との競争や対立が激しくなる危険もある。

5.2.2 緩和策及び補償策

地域社会の伝統と生活様式の変化に対する補償は、住宅、教育、社会サービス、医療サービスなどの改善によってある程度は達成できる。地元の文化的活動に対して長期的に財政支援を行うことも、水力プロジェクトによって生じる地域社会の伝統と生活様式の変化を最小限に抑えるように働く。

ジェイムズ・ベイ貯水池群 (カナダ)

ジェイムズ・ベイ水力発電プロジェクト群に関して言うと、1975年に結ばれた「ジェイムズ・ベイ並びに北ケベック協定 (The James Bay and Northern Québec Agreement)」によって、地元のクリー族及びイヌイト族社会に対して狩猟、わな猟、及び釣りの独占的な権利を保証している。また、狩猟者やわな猟従事者に対して「収入保障プログラム (Income Security Program ; ISP)」を設けている。このプログラムは、地域住民が伝統的な生活様式を続けていくために役立っている。これらの給付金は、狩猟、釣り、わな猟に費やす時間とその仕事による年間収入及び家族人数に従って与えられている。ジェイムズ・ベイに土着しているクリー族社会に対するISPの効果を、これまでに何人かの社会学者が調査してきた。いずれの調査も、これらの地域が、ISPによって伝統的な生活様式を維持できていることを示している。少なくともISPの特典が存在しない地域と比べると、プロジェクトによる伝統的な生活様式の衰退を緩和できている。

出典: Salisbury (1986年), Scott and Feit (1992年), and Simard,ほか (1996年)。

5.3 階層的・性的影響

5.3.1 地域社会における住民グループの相対的な地位の変化

村落または地域資源依存型の地域社会では、降雨に頼る自給農業、牧畜、漁業、または狩猟及びわな猟などの伝統的な仕事の形態から、より集約的または現代的な生産やサービス産業に転換すると、地域社会の住民グループの相対的な社会的地位に大きな変化が生じる場合が多い。

ジェイムズ・ベイ貯水池 (カナダ)

北ケベックのジェイムズ・ベイ・クリー族の様な、狩猟やわな猟を中心とする原住民社会は、ジェイムズ・ベイ水力プロジェクト範囲内の行政管轄機関の援助や財政的補償によって、近代的設備の整った社会に発展した。これらの地域で新しい公共サービスを始めると、それに伴い比較的高賃金の事務的仕事が増えることになる。その結果、こういった地域に原住民のホワイトカラーのエリート層が出現することによって社会的階層分化が生じ、伝統的なわな猟名人や語りべの地位を脅かす可能性がある、と指摘する社会学者もいる。

出典: Berkes and Cuciurean (1987年), Proulx (1992年) and Simardほか (1996年)。

灌漑利用を伴う水力プロジェクトでは、灌漑用地の集約化が起きるかもしれない。それによって、土地を追われた小地主は、しばしば季節的な収入に依存する農場の労働者となる。さもなくば、比較的手に入りにくい生活必需食料の値上がりに対応するため、生産性の低い土地を利用してさらに不安定な自給農業を継続していかざるを得なくなる (Goldsmith and Hildyard, Vol. 1, 1984年, p.188-196)。また第三世界の国々では、貧困のためにさらに農業条件が悪化することによって、女性が多きな打撃を受けることが多い。

マナントリダム (セネガル川)

セネガル川流域では、「…女性が中心的な働き手であるが、プロジェクトが生み出す成果を手に入れることができず、その便益の恩恵に浴していない。彼女らは、自給農業だけでなく家事全般のほとんど唯一の担い手であるが、土地所有権や農業クレジットを取得することができない。土地所有者になるためには、他の女性と共同所有しなければならず、その場合も、通常は生産性の低い土地しか貰えない。また、生産物を販売する段階でも多くの困難に直面する。

出典: Ly (1995年)。

5.3.2 緩和策及び補償策

水力プロジェクトの一環として開発される灌漑計画は、地元の家族農家が確実にプロジェクトの受益者となるように設計することができる。貯水池の新しい漁業と同じように、その目標を達成するには、新しい灌漑計画の最初の数年間は、プロジェクトの影響を受ける人々（とりわけ女性）の権利を明確にしておく必要がある。そして、補助金による灌漑用水を引水できる土地所有面積の上限を設定し、厳しく取り締まることができるようにする。また、適切な訓練や技術支援を提供することと、農業クレジットを小農家や女性団体にも広げることを条項に盛り込むべきである。

5.4 立場上弱い少数民族に対する影響

世界銀行は、原住民や少数民族を「…支配的な社会グループと社会的・文化的に明確に異なる特徴を持ち、開発の過程で不利益を被りやすい社会グループ…」であると述べている (Operational Directive OD 4.20, Indigenous Peoples, 1991年)。

5.4.1 立場上弱い少数民族社会における文化的影響

原住民居住地域や伝統的な生活を営む地域で水力プロジェクトを実施すると、その地域外のような機関が全く異なる文化的価値を押し付けてしまうことが多くある。多くの伝統的村落、農耕中心の社会、原住民社会の世界観は、自分達の生活を支えている周りの自然環境や資源に対する畏敬の念に基づいている。これらの社会においては、環境はしばしば特別な重要性を与えられている「…すなわち、環境は生きており、あらゆるものに生命が宿り、それぞれに役割が賦与されているとともに、全てに意義と精神的価値がある…」(Goldsmith and Hildyard, 1984年, Vol. 1, p.28)。

特定の開発プロジェクトがそのような社会の文化的価値と衝突する原因にどの程度なりうるかということは、既に受けている外部の影響（ラジオ、テレビ、旅行、学校、交易など）を考えると、特定することは難しい。しかし、自然環境の主要な変化が自分達の基本的な信仰に反する方向に進む場合は、そのプロジェクトは彼らの文化を破壊するものとして受け取られる。その社会が水力プロジェクトの実施によって経済的利益を得る場合でも、彼らの文化的価値に対する暗黙の否定として受け取られることがある。

開発プロジェクトの影響に関する社会学的・人類学的文献には、そのような社会に対立する世界

観を持ち込んだ結果を調査した事例が豊富に存在している。文献には、以下のような様々な結果が述べられている。

- ・ 社会的変化のスピードについて行けない場合があり、そのことによるカルチャーショック
- ・ 外部者に対する恐怖からくる文化的侵略を受けたという感覚
- ・ 地域の開発に対してなす術もなく運命にまかすほかないといった文化的崩壊及びアノミー（外部者に対する依存心の増加）
- ・ 長老や伝統的な指導者の権威の低下と信頼性の喪失、そして、それに続いて伝統的な価値や政治的構造に対する若い世代の拒絶
- ・ 集団意識に基づく価値観や実践から個人主義的な価値観や活動への漸進的な転換
- ・ いわゆる近代主義者と伝統主義者の対立と、これによって既存の社会的緊張が激化することが多く、場合によっては、地域社会の分裂に到る
- ・ 多くの若者世代の心に生じる文化的アイデンティティーの喪失

そして、多くの場合これらの結果が住民の健康問題を増やすことにつながる（躁鬱病、薬物依存、家庭内暴力、少年非行・無気力、自殺など）。

5.4.2 緩和策及び補償策

原住民社会やその他の文化的に傷つきやすい社会に対する大ダムプロジェクトの社会的影響を十分に緩和もしくは補償することは非常に難しいことである。これらの影響をできるだけ抑えるためには、地元住民が、プロジェクトに対立的価値観を持つ外部機関の押し付けと受け取るのではなく、プロジェクトの積極的な協力者となる必要がある。また、プロジェクトがもたらす結果についてよく考え、それに馴染んでいき、提案された開発とともに彼等が歩んでいく条件を合意の上で決めることができるような、十分な時間を与える必要がある。しかしそれらの条件は、外部の開発機関にとって必ずしも簡単に達成できるものとは限らない。このような状況において、影響を受ける地域の賛同を得る前に、国家目的を優先して、プロジェクト計画を押し進めるということになってしまいがちなのである。

従って、地域の懸念を確認し、地元の利益になるような解決策を求めるためには、影響を受ける地域の尊敬されているメンバーがプロジェクト計画立案の初期の段階から参加することが極めて重要になってくる。そのような解決策には、例えば、土地を失うことに対する補償案や、プロジェクト実施によって断たれる可能性のある既存の収入源に対する代替案などがある。地域での土地所有権（特に原住民の）がほとんど役に立たないような途上国では、地方行政府が法的保護を与えることによって、影響を受ける地域住民が、従来の土地の残りと補償によって得た新しい土地に対する独占的権利を保持できるようにすることができる。

セント・マーゲリット3プロジェクト (カナダ)

セント・マーゲリット3水力発電プロジェクトでは、原住民であるイヌイト族（またはモンタニエ族）は、経済発展を支えるとともに伝統的な生活を維持するために50年間にわたり援助を受けることができるという協定に合意した。この協定には、「経済及び地域開発基金」、「環境保護基金」、及び伝統的な狩猟及びわな猟を支援するための「Innu Aitun基金」の給付が取り決められた。

出典: (Uashat Mak Mani-Utenam and Hydro Québec Agreement-1994)。

影響を受ける地域の経済活動の発展は、水力発電プロジェクトの収益のほんの一部を割り当てることによって支援することができる。将来のプロジェクトでは、喪失と及び損害の補償に加えて、開発者と地域住民との新しい経済協力の取り組みが探求されるべきである。

5.5 人類遺産及び景観に対する影響

人類遺産（または文化遺産）とは端的に次のように定義される。すなわち「…人間の過去を現在まで伝え表示しているものであり、考古学的、歴史的、宗教的、文化的、芸術的な価値のある場所、構造物、及び遺跡のことである」(世界銀行、1994年前期)。また、それは伝承及び文書による歴史や伝統も含む。

人類遺産を保護するのは、過去の芸術的、科学的、文化的業績の重要性をよく確かめるためである。それは、祖先から未来の世代へ伝える遺産であり、人類の歴史に対する世代を越えた理解をもたらし、その結果として持続可能な発展に寄与するものである。

古墳などの遺跡が存在する場所は、地域社会における文化の継続性と長期的な残存性を示すための重要な役割を果たす。なかでも特に重要な場所は、聖地、考古学的発掘場所、記念碑的彫刻及び絵画、記念碑的建築、土地固有の建物、歴史的由来のある居留地やタウンセンター、文化的な背景を持つ景色、歴史のある庭園及び公園、そして貿易ルート上の記念碑及び遺跡である(世界銀行、1994年前期)。

特に美しい景色や地形的特徴も、人類遺産としての重要な部分である。景観には様々な意味が含まれている。すなわち、それは自然と人間がつくる生態系の集積であり、そのことの目に見える表現であるとともに、人間の価値観を表す象徴的表現でもある。水力プロジェクトに関連して景観設計を考慮する必要性が認識され、1960年代の初めから研究が盛んになった。これらのプロジェクトに対して、芸術的、心理学的、地理学的、及び生態学的原理に基づく景観設計の取り組みがなされてきている (Hillestad, 1992、Hydro Québec, 1993年)。

文化遺産と格別の景観を保護し紹介することは、一つの生産活動として、経済的に益々重要なものになっている。数十億ドル産業としての観光事業は、人類遺産と価値ある景観を保護し宣伝することによってこそ成り立っているのである。

5.5.1 歴史的遺産に対する影響

遺産や遺跡に対する影響は、水力プロジェクトの設計、建設、運用の各段階において起こり得る。

プロジェクトの計画の段階では、慎重に扱わなければ、湛水に関する情報を早めに公表すると、水没予定地内の保護されていない遺跡が荒らされてしまうことがよくある。建設段階では、何らかの保護対策を講じていなければ、建設工事によって遺跡地点の改変や破壊をしてしまうことになる。建設後の現場へ通ずる新しい道路によって、以前は辺鄙な所にあった遺跡の場所に簡単に行けるようになり、遺跡の保全が危うくなるかもしれない。

三峽プロジェクト (中国)
中国の三峽ダムプロジェクトでは、幾つかの歴史的・考古学的遺産は水没地域から移転される予定であるが、揚子江沿岸に存在する何千もの考古学発掘地や墓地、並びに中国の文化的伝統において重要な役割を果たしている景勝地が水没することになる。
出典: Zich (1997年)。

5.5.2 貴重な景観に対する影響

貯水池に湛水することによって、壮大な滝や峡谷などの貴重な景勝地が形を変えたり消滅したりすることがある。土壌の侵食、堆砂、送配電線の敷設、そして貯水池の水位変動区域やダム下流域の季節的な水位変動などによっても、長期にわたる景観の変容を招くことになる。熱帯地域の雨季や北方地域における春の雪解け時期が訪れる前には、貯水池の水は部分的に空にされ、湖岸沿いに裸地が現れるようになる。乾季の間の下流域でも、放流量が最低になる時に同じ現象が発生することがよくある。水力プロジェクトの景観に対するその他の影響には、採石場、砂利採掘場、土捨て場、仮設道路、木材伐採地等の跡地、水没した樹木、ゴミ廃棄、汚水処理などの問題がある。

5.5.3 緩和策及び補償策

多くの場合、湛水域の貴重な景観に対する影響を回避するには、貯水池水位の標高を下げるほかない。従って、景勝や人類遺産に対する影響を最小に抑えるためには、ダムの計画段階で検討することが最も効果的である。水没地域の遺跡地点に対する広範囲で体系的な調査や査定は、プロジェクトの設計が完了する前に行う必要がある。プロジェクト設計書には、遺跡の保護に関する明確な仕様を添えなければならない。そして、水没地域の遺跡の保護対策も実施されるべきで、少なくともプロジェクトを公式に発表する前に開始されるべきである。また、地域社会の記憶を維持するために地域の言い伝えなども収集しておく必要がある。建設中には、発見された遺跡が修復不能なほど破壊されないように、人類遺産や考古学の専門家が主要な建設工事の全てを監視しなければならない。必要ならば、影響を受けやすい遺跡に関しては、建設後も一般の人の出入りを制限するなどの特別な措置も考えるべきである。

景観に対する水力発電ダム建設の影響を緩和する配慮の多くは、そのプロジェクトがよく目立つように計画すべきか、他の風景に溶け込むように計画すべきかということである。よく目立つようにする

ことが景観を損なわないための適切な方法である場合は、ダムと発電所の設計に特別な配慮が必要である。

逆に、施設を周囲の環境に溶け込ませることを重視する場合は、ダム、貯水池及び必要な道路を囲む風景の景観設計が重要な作業になってくる。

5.6 地政学的な影響

大規模な水力発電プロジェクトは、規模の大きいこと、それが眼に見えること、幾つかの国が共有することの多い資源を利用したり変形したりするという点から、地政学的に重要な意味を持つことがある。国際河川流域組織を設立しても必ずしも国際的な水資源の分配と開発に関する合意をもたらすものとは限らない。また、貯水池近くやダム下流域の土地利用には大きな経済的メリットが生まれるため、地元住民と外部から来た新しい土地所有者との間で政治的な対立に発展することがある。

5.6.1 国際河川組織の制度的限界

国際河川を有する国々が水資源を管理するために、幾つかの国際河川組織が設立されている。様々な理由から、これらの組織が全て有効に機能しているわけではない。ある流域の水力プロジェクトの推進や拡張計画では、政治的な思惑が重要な決定要因となる場合もある。ある場合には、政治的な思惑によってダム開発を推進するどころか遅らせるような決定に到ることもある。そのようなケースは特に、国際的な水資源の分配と開発、また計画、実施、管理、及び監視の適切な組織設立に関する協定を結びたくないといった場合に起こる。河岸周辺の国々が合意もしくは組織の設立に到ることができなかった例は数多くある。

サルダル・サロバルダム (インド)

インドのナルマダ川、特にサルダル・サロバルダムの開発は、幾つかの河川沿いの州が関わる流域管理の政治的・制度的課題を示している。すなわち、「…関わりのある3つの州は最初の段階では、開発によって得ることになる水力発電その他の利益をどのように分配するか決めることができなかった。…独立裁判所が紛争を調停し各州が受諾できるような提案を行ったことで、その問題は何とか解決するに到った…」

出典: Morse and Berger (1992年)。

5.6.2 多国籍水力発電プロジェクトの地政学的影響

複数の国または州にまたがる河川の上流に水力ダムを建設する時、解決または仲裁困難な政治的緊張や対立が発生することがよくある。政略的にデリケートな水力プロジェクトの国際交渉は、著しく難航することがあり、時には実施が危ぶまれることもある。このような場合、交渉には他のデリケートな駆け引きが絡んでいることもある。

アタツルクダム (トルコ)
トルコとシリアの間で1987年に結ばれた、ユーフラテス上流域の開発に関する協定では、これ以上シリアがクルド人ゲリラの独立闘争を支援しないという条件で、アタツルクダム湛水期間中に月間500 m ³ /s の水量をシリアが使用できることが定められた。
出典: Conac (1995年), p.56。

セネガル川流域の場合も、政治的特権階級が、いかに流域住民を犠牲にしてダム建設がもたらす新しい利権を獲得するかをよく示している。モーリタニア政府が資本所有者の個人所有に有利な土地登録法を可決させ、従来の河川沿い土地所有の習慣が無視されることになった。その結果生じた土地の強奪によって、民族的に多様な多くの河川流域村民が立ち退かされることになった。このことが原因でセネガルのビダンに対する報復活動が行われ、あわや二国間の戦争が勃発するところであった (Scudder, 1994年, p.109-110)。

マナンタリダム (セネガル川)
「…突如として農業に関心を示し始めた支配階級のビダン (モーリタニア白系ムーア人) と、被支配階級の黒人農家の間に人種的・階級的差別が存在し、農家には法的保護がなく、土地を奪われることから自分達を守る方法がない。主に農家出身の教育を受けた黒人の子供達が自分達の名前をパンフレットに記して政府に抗議したが、それらは即座に弾圧された。抗議する者の多くが投獄され、現在生きている人のほとんどは拘禁されたままであるか国外追放になっている。モーリタニア政府は、これらの良心的な投獄者のためのすべての訴えを無視してきた。
出典: Horowitz (1991年) p.170。

第6章 移住と復旧

水力発電開発をめぐる最も慎重な取り扱いを要する社会経済的な問題は、移住と復旧の問題である。これは、人々の住居を移し (移住)、生活を復旧する (復旧または社会開発) という密接に関連しながらも明確に異なる2つのプロセスによって構成されている。

6.1 移住の歴史的動向

住民が強制立退きをさせられるような場合、被害を受ける人々の数、その人達の移住による傷つきやすさ、そして湛水域から移住する前と後の両方でこうむる苦しみ等、影響は深刻な事態に到ることが多い。残念ながら、国及び国際的開発機関は最近までこれらの影響に対して適切な取り組みをしてこなかった。これは、不適切な規制の枠組み、不十分な財政援助、偏見のある設計・計画方法などによるものである。

世界銀行は、強制的移住の適正な取り扱いについてのガイドライン作成に相当の労力をつぎ込んできた。そこでは、次のように述べている。

「…世界銀行の経験では、適切な対策を慎重に計画し実施しなければ、開発プロジェクトによって発生する強制的移住は、経済的、社会的、環境的に深刻な問題を引き起こすことになる。すなわち、生産システムの崩壊、生産財または収入源を奪われた人々の貧困化、生産技能の適用が難しく、かつ資源獲得競争の激しい環境への移転、地域社会制度や社会的繋がり弱体化、親族の分散化、文化的アイデンティティ・伝統的権威・相互扶助関係の消滅、などである…」(Draft Operational Policy (OP) and Bank Policy (BP) 4.12, Involuntary Resettlement, 1998年1月, p.1)

1986年から1993年の間に行われた強制的移住を伴ったプロジェクトに対する同銀行全体としての評価報告では、次のように述べられている。

「…途上国ではここ数十年の間に、インフラ整備の加速と人口密度の増加によって、開発に関連した人口移動の規模が急速に拡大している。毎年建設されている平均300の大ダムの年間移住者数は400万人を越えていると推定されている。過去10年間に、ダム建設、都市・交通基盤開発等のインフラ整備の結果、約8000～9000万人が移住したと推定される…」(世界銀行、1994年後期, p.1)

開発途上国、特に土地の不足、ニーズの競合及び限られた資源、そして制度的能力不足に苦しむ低所得の国々では、強制的移住に対して援助を行い、調整することは困難である。従って、途上国では、以前の生活水準まで回復させることは大変な課題である。しかしこれまでの長い間、多国間・二国間の開発機関は、プロジェクトに関する移住の大部分は地域行政の責任であるとして、移住活動を援助することに熱心ではなかった。

これまで、途上国における水力ダム開発で立退きを強いられた住民の大部分は、原住民、少数民族、及び遊牧民である。これは、彼らが、社会の主流から見ても非生産的であると考えられている辺鄙な地域にすんでいることが多いためであると思われる。これまで、水力プロジェクトの計画者が、原住民や少数民族グループの存在に出会った時、これらの住民はただ新しい地域に強制移住させられただけであった。彼らは自分達の権利を守るには、無力すぎたのである。

1970年代に、開発プロジェクトにおける人権の乱用に強い関心を持った国際的・地域的なNGOsの出現によって、またそれに続く1980年代の国際援助機関による強制移住に関するガイドライン作成・実施によって、ほとんどのケースで、開発プロジェクトによる原住民その他の立場の弱い地域住民の移住に関する扱われ方が変わってきた。

しかし、強制移住に関する新しい取り組みもまだ、長期的な生活の向上を促すものかどうかという点では、成功しているとは言いがたい(世界銀行、1997年; Scudder, 1997年)。人権、環境保護、及び経済的発展のどの面から見ても、このような不満足な状態で良いというわけではない。人権の面から言えば、プロジェクトの影響を受ける住民が公共事業の第一の受益者でなければならない。環境面から見れば、公共事業で土地を取り上げられた人々は、別な地域で利用できる他の環境資源を使い過ぎることになるか、彼らのニーズを満たすことが不可能な都市地域へ移住することになりがちである。経済的な面では、強制移住に要する多大なコストは、それが長期的なコストのままになり続けるのではなく、移住住民がプロジェクトによりもたらされる長期的な経済便益に貢献できるようなものにする必要がある(Scudder, 1995年, p.225; Pearce, 1993年)。

6.2 将来の水力開発に向けた課題

大規模公共事業によって移住した住民の状況に関する追跡調査によると、立退かされた人々の反応には数多くの共通点が見られる。立退かされた人々は、全体的として土地に依存した低所得層であるとともに、大抵はわずかな土地所有権しか持たない人々である。移住には2つの局面があり、一つは実際の移住をする局面と、もう一つはその後の発展といった局面である。

▶移住の局面

プロジェクトが開始される前後の数年にわたる移住局面では、立退かされる人々と移住先の受け入れ住人との間で大変なストレスや緊張が生まれる。

プロジェクトが開始されるとなると、移住しなければならないであろう人々のほとんどが住んでいる家、土地、慣れ親しんだ環境を離れることに不安を覚える。また、プロジェクトに伴う利益が他の住民グループにもたらされるとなると、一層不安を覚える。なぜならば、移住は自分達が求めたものではなく強制的なものであり、新しい地域には知らない隣人や自分達とは異なる生産システムが機能しており、それに慣れるには多くの時間とエネルギーがいるため、移住は心理的、社会文化的に非常に大きなストレスの原因となるからである。移住予定地区がもとの環境と非常に異なっている場合、なおさらのことである。そのようなストレスが蓄積されると、社会構造や地域経済の崩壊につながり、土地の喪失、失業、食料供給の不安定、健康状態の悪化または社会資産の享受不能などにより、より一層貧困化することになる（世界銀行、1994年後期）。

立退かされた人々の、そのような大きなストレスは、大抵は極めて保守的な態度で表される。移住後の最初の数年は、以前の生産技術に固執し、自分達と馴染みのある社会グループを求めようとする。今までの事例において、多くの人々は以前の住所にできるだけ近い所にとどまり、同じ社会グループと繋がりを維持しようとする。

そのような条件下では、立退きを強要させられた人々が、未経験の土壌と気候条件で、新しい生産方法に素早く適応することを期待するのは全く現実的ではない。まして仕事を変えなければならぬ時は一層である。自然、社会、文化の新たな環境が親しみの持てるもので、移住によるストレスの原因をよく考えた支援体制が整っていれば、社会発展に到るまでの時間もそれだけ短縮されよう。

▶発展の局面

世界中で、移住民が移住後に発展したという例はほとんどない。大抵の場合、これらの移住民は貧困であるとともに政治的に無力で、近隣の移住民でない住民より低い生活水準に苦しんでいる。このような失敗に到った主な原因は、十分な生活資源を長期的に供給しなかったこと、計画の不適当さ、移住に関する調整努力の不足などである。

一方、数少ない移住の成功例の調査を見ると、多くの移住者が、新しい環境でのリスクに立ち向かう準備があり、精力的な起業精神を持っていたことが解る。そのような場合は大抵、換金作物、牧畜業、魚の養殖の導入、新しい土地の取得と開発、小規模な農企業の設立などによって地域発展が行われている。発展局面では、移住住民を地域経済に完全に組み入れていくようにしなければな

らない。このことは最終的には、移住の実施と援助に責任のある各機関が不必要になるということを意味している。

水力発電プロジェクトによる移住民社会に関して1960年代以来実施されてきた社会調査(Scudder and Colson, 1982年; 世界銀行、1988年)によると、移住民が移住と発展局面の間の難しい転換期を乗り越えれば、移住することは、プロジェクトに影響される大多数の人々の生活の質を向上させる大きな可能性(困難ではあるにしても)になる。このような仮定が成り立つのは、次のような幾つかの理由による。

- ・ より大きな規模の行政形態に組み込むことによって、移住民社会に新しい経済活動の可能性を提供できる。
- ・ 新しい環境に一旦適応すれば、移住民社会は、危険を回避するのではなく危険に立ち向かう事業に取り組むようになる(これは、部分的には、土地所有や社会階級に関連する社会文化的な束縛が薄れるということから説明できる)。
- ・ 移住期間における、よく練られた経済発展計画によって新しい可能性を拡大することができる。

6.3 移住成功のための原理

1986年から1993年の間に実施された強制移住を伴うプロジェクトに関する、世界銀行の調査によると、移住の成功に寄与する主な共通要因は、次のようなものである。

- ・ 法律、政策、資源分配などに関する、資金借用者の政策実施
- ・ 確立したガイドラインの、資金借用者と銀行による系統的な実施
- ・ 正確な社会分析、信頼できる人口統計調査、技術的専門知識を踏まえた、発展を目指した移住計画
- ・ 公共事業建設工事に関わる移住計画のタイムテーブルの正確なコスト分析とそれに対応する融資
- ・ 地域の発展のニーズ、機会、束縛などに対応する効果的な実施機関
- ・ 移住の目標設定、再構築対策の決定、及び実施の過程への住民参加

アレナル水力発電プロジェクト (コスタリカ)

アレナルプロジェクトでは、貯水池域の約2,500人（約500家族）が強制移住することになった。事後調査では、アレナルの移住では、移住後の5年間に住民の生活水準は向上し、自立的な生活に復帰することに成功していたことが示されていた。移住計画は、プロジェクト推進者（Instituto Costarricense de Electricidad; ICE）の責任で遂行された。移住計画立案の委任機関は、「ICE 建築設計室」「都市開発研究所」「コスタリカ大学人類学部及び建築学部」「国勢調査・統計局」で構成された「国内機関合同プロジェクトチーム」であった。

移住のための準備活動は、多国間援助のもとにダム建設が開始される（1975年）2年前の1973年に始められた。住民は、建設開始の2年後（1976年と1977年）に移住した。準備活動は、1973年から1975年の間に11段階に分けて行われた。最初の2、3年で行われた新しい2つの移住地域（新トロナデラと新アレナル）においては苦労が多かった。移住者のほとんどは、伝統的な焼畑式農法に従って生計を立てていた。転換の段階が終わり、発展の段階が始まったのは1979年から1981年の間であったようである。この変化は、ICEの援助によって、移住者によって行われた実験と改革が成功し、農業と牧畜へとうまく転換できたことを示している。特に多様なコーヒー栽培と放牧のための牧草栽培への転換に成功した。このような成功は、移住行動プランを慎重に計画し、その内容を徹底的に実行したことによってもたらされたものである。

出典：Partridge（1993年）。

第7章 結論

先の節で、水力発電プロジェクトに必ず伴う社会経済的影響と、それに対する緩和策及び補償策^{*}を、土地利用、経済的影響、社会的影響、及び移住の4つの主題に分けて述べてきた。以下、これらの問題についての主な結論を、簡単に要約しておくことにする。

➤土地利用

水力発電プロジェクトはその性質上、必然的に、既存の土地利用と将来の土地利用の両方に対して長きにわたり非常に多くの影響を与える。大抵は、湛水域の貴重な資源や土地の消滅に到り、発電所上流と下流における既存の土地利用の範囲を変えさせることになる。土地利用に変化が生じるのは一般的には、河川流域の広い範囲の水没、上下流の水位・流量の変化、流量調節と大貯水池建設に誘発される開発によるものである。

➤経済的影響

長期にわたって構造的な影響を与えるため、適切に立地され、設計の優れた水力発電プロジェクトは、地域的・国家的に多大な利益をもたらすことに疑いの余地はない。農工業用の水資源が乏し

^{*} 付録A：用語集を参照のこと。

く、国産の石油・ガス・石炭資源が限られているとともに、電力が不足する国々では、水力発電及び灌漑用ダムを経済的重要性をどれほど評価してもし過ぎることはない。

▶健康及び安全への影響

水力プロジェクトによる上下流域の土地利用の変化によって、公衆衛生や安全に対して広範囲な影響が出る。これらの大部分は、適切に緩和し補償することができる。しかし、特に問題になるのは、熱帯地域の貯水池及び灌漑計画による健康への影響である。

▶社会的影響

水力プロジェクトによる上下流域の土地利用の変化とともに、様々な利害関係者に対するプロジェクトの利益とコストの分配の在り方も、広範囲な社会的影響をもたらすことになる。その代表的なものは、以下のようなものである。

- ・ 人口統計的・制度的影響
- ・ 地域の伝統及び生活様式に対する影響
- ・ 階層や性別に関する影響
- ・ 立場の弱い小数グループに対する影響
- ・ 人類遺産や景観に対する影響
- ・ 地政学的な影響

水力プロジェクトによる社会的影響の大部分は、適切に緩和及び補償することができる。しかし、特に懸念されることは、遠隔地に居住し、地域の資源に依存する原住民や少数民族に対する影響である。

▶移住及び復旧

途上国における他の多くの公共事業の場合と同様、水力発電開発をめぐる最も慎重な扱いを要する社会経済的問題は移住問題である。移住を伴うプロジェクトに関する世界銀行の調査報告は「…不適切な移住は、地元の抵抗に会い、政治的緊張を高めることでプロジェクトの実施を遅らせることになり、全関係者にとって便益の確保が遅れることになる。プロジェクトのそのような避けることができたはずの遅れによって失われた便益は、適切な移住が実施された場合のコストを遥かに上回ることがある…」と述べている（世界銀行、1994年後期）。その調査では、同銀行の移住プロジェクトの方式には大きな改善の見られることを確認しているが、多くのプロジェクトにおける現実の結果は同銀行の方針によって定義・要求された基準とは一致していない。

既に6.3の節で述べたように、移住が成功するための主要な共通要因は十分明確であり、かつ適用可能である。

参考文献

- Asian Development Bank. 1993. *Environmental Guidelines for Selected Industrial and Power Development Projects*. Manila, PH, Office of the Environment, 154 p.
- Berkes, F., and Cuciurean, R. 1987. *Chisasibi Community Land Use in the Lower La Grande Sector and the La Forge-Caniapiscou Sector of Remedial Measures*. Report prepared for the Chisasibi Band Council. Chisasibi, CA, Chisasibi Band Council, 37p.
- Cernea, M.M. 1988. *Involuntary Resettlement in Development Projects: Policy Guidelines in World Bank-Financed Projects*. Washington DC, World Bank, Environment Department. 90 p. (World Bank Technical Paper No. 80)
- Cernea, M.M. 1991. "Involuntary Resettlement: Social Research, Policy, and Planning", in *Putting People First: Sociological Variables in Rural Development*, 2nd ed., revised and enlarged, M.M. Cernea., New York, Oxford University Press, p.188-216
- Cernea, M.M. 1997. *Hydropower Dams and Social Impacts: A Sociological Perspective*. Washington DC, World Bank, Environment Department, Social Policy and Resettlement Division, 30 p. (Environmental Department Papers, Social Assessment Series 044)
- Commission Nicolet. 1997. *Rapport de la Commission scientifique et technique sur la gestion des barrages*. Québec, CA, 460 p. and appendices.
- Dixon, J.A., Lee M.T. and Le Moigne, G. 1989. *Dams and the Environment: Considerations in World Bank Projects*. Washington DC, World Bank, Environment Department. 64 p. (World Bank Technical Paper No. 110).
- Conac, Françoise. 1995. "Facteurs naturels et coopération", in *Barrages internationaux et coopération*, F. Conac, Paris, FR, Éditions Karthala, p.35-71.
- Dumont, C. et al. 1998. "Methylmercury levels in the Cree population of James Bay, Québec, from 1988 to 1993/94", in *Canadian Medical Association Journal*, Vol.159, No. 11, p.1439-1445.
- Goldsmith, E. and Hildyard, N. 1984. *The social and environmental effects of large dams, Volume One: Overview*. Report to The European Ecological Action Group (ECOROPA). Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center , 346 p.
- Goldsmith, E. and Hildyard, N. 1986. *The social and environmental effects of large dams, Volume Two: Case studies*. Cornwall, UK, Wadebridge Ecological Center, 331 p.
- Goodland, R. 1997. "Environmental Sustainability in the Hydro Industry", in *Large dams, Learning from the past, looking at the future: Workshop Proceedings*, April 11-12 1997, Gland, Switzerland, Washington DC, World Bank / Gland (CH), IUCN, p.69-101
- Groupe Viau Inc and Groupe Conseil Entraco Inc. 1993. *Landscape Study Method for Transmission Lines and Substation projects: Condensed Version*. Presented to Hydro-Québec, vice-présidence Environnement. Montréal, CA, Hydro-Québec, 26 pages and appendices.
- Helland-Hansen, E., Holtedahl, T. and Lye, K.A. 1995. *Hydropower development: Environmental effects*. Trondheim, NO, Norwegian Institute of Technology, 141 p. (Hydropower Development, Vol. 3)
- Hillestad, K.O. 1992. *Landscape Design in Hydropower Planning*. Trondheim, NO, Norwegian Institute of Technology, 84 p. (Hydropower Development, Vol. 4.)
- Horowitz, M.M. and Salem-Murdock, M. 1990. *Senegal River basin Monitoring Activity Synthesis Report*. Binghamton, NY, Institute for Development Anthropology.
- Horowitz, M.M. 1991. "Victims Upstream and Down", in *Journal of Refugee Studies*, Vol. 4, No. 2, p.164-181.
- Hunter, J.M., Rey, L., and Scott, D. 1982. "Man-made lakes and man-made diseases: towards a policy resolution", in *Social Science & Medicine*, Vol. 16, p. 1127-1145.
- Hydroval. 1997. *L'hydroélectricité, une énergie qui compte*. 33p. Site de l'UNIPÉDE. [http://www.unipede.org/hydroval/hydro_n1_02.html]
- James Bay Mercury Committee. 1995. *Mercury: Questions and Answers*. Montréal, CA, 24 p. Leistriz, F.L., and

- Murdoch, S.H. 1986. "Impact Management Measures to Reduce Immigration Associated with Large-Scale Development Projects", in *Impact Assessment Bulletin*, Vol. 5, No. 2, p. 32-49.
- Liese, B.H., Sachdeva, P. S. and Cochrane, D. G. 1991. *Organizing and Managing Tropical Disease Control Programs*. Washington DC, World Bank, Health Services Department, 51p. (World Bank Technical Paper No 159)
- Ly, A. 1995. "L'impact des barrages sur le Fleuve Sénégal dans la vie quotidienne des populations", in *ECODECISION*, Winter 1995, p. 80-82.
- McCully, P. 1996. *Silenced Rivers: The Ecology and Politics of Large Dams*. London, UK, Zed Books, 350 p.
- Missouri Basin Power Project (MBPP). 1983. *Socioeconomic Impact Monitoring Report: Final Summary*. Prepared by the Western Research Corporation and Basin Electric Power Cooperative on behalf of MBPP Participants, for the Wyoming Industrial Siting Council (ISC). Wheatland, WY, 34 p.
- Morin, D. 1990. *Contribution à l'amélioration de l'intervention en aménagement hydroagricole: Cadre de référence en santé communautaire*. Sainte-Foy, CA, Université Laval, 42 p. (Série Mémoires et Thèses no. 3)
- Morse, B. and Berger, T. 1992. *Sardar Sarovar: Report of the Independent Review*. Ottawa, CA, Resources Future International (RFI), 363 p.
- Noble, E.R. and Noble, G.A. 1982. *Parasitology: The Biology of Animal Parasites*, Philadelphia, NY, Lea & Febiger, 522 p.
- OSRCPC. 1995. *Rapport annuel 1994-1995*. Sainte-Foy, CA, Office de la sécurité du revenu des chasseurs et piégeurs cris.
- Partridge, W.L. 1993. "Successful Involuntary Resettlement: Lessons from the Costa Rican Arenal Hydroelectric Project", in *Anthropological Approaches to Resettlement: Theory, Policy and Practice*, edited by M.M. Cernea and S.E. Guggenheim, Boulder, CO, Westview Press, p. 351- 373,
- Pearce, D. 1993. *The Economics of Involuntary Resettlement: Revised Draft*. Prepared for the World Bank's Environment Department. University College London, Center for Social and Economic Research on the Global Environment, 42 p.
- Proulx, J.R. 1992. *Synthèse des impacts sociaux en milieu Cri de la phase 1 du Projet de la Baie James 1970-1985*. Report prepared by the Centre de recherche et d'analyse en sciences humaines (ssDcc) for Hydro-Québec, vice-présidence Environnement. Montréal, CA, ssDcc, 172 p.
- Salem-Murdock, M. et al. 1993. *Suivi des Activités du Bassin du Fleuve Sénégal*. Binghamton, NY, Institute for Development Anthropology, 70 p. (IDA Working Paper No. 93)
- Salem-Murdock, M. et al. 1994. *Les barrages de la controverse. Le cas de la Vallée du Fleuve Sénégal*. Paris, FR, Éditions L'Harmattan, 318 p.
- Salisbury, R.F. 1986. *A Homeland for the Cree. Regional development in James Bay 1971-1981*, Montréal, CA, McGill-Queen's University Press, 172 p.
- Scientific Committee on Problems of the Environment (SCOPE). 1972. *Man-Made Lakes as Modified Ecosystems*. Paris, FR, International Council of Scientific Unions, 76p. (Scope Report 2)
- Sénécal, P. and Egré, D. 1998. "Les impacts du complexe hydroélectrique La Grande sur les commu-nautés autochtones", in *Recherches amérindiennes au Québec*, Vol. XXVIII, No. 1, p. 89-103
- Scott, C.H. and Feit, H.A. 1992. *Income Security for Cree Hunters: Ecological, Social and Economic Effects*. Montréal, CA, McGill University, Program in the Anthropology of Development, 448 p.
- Scudder, T., and Colson, E. 1982. "From Welfare to development: A Conceptual Framework for the Analysis of Dislocated People", in *Involuntary Migration and Resettlement: The Problems and Responses of Dislocated People*, A Hansen and A. Oliver-Smith (eds), Boulder, CO, Westview Press, p.267-287
- Scudder, T. 1991. "A Sociological Framework for the Analysis of New Land Settlements", in *Putting People First: Sociological Variables in Rural Development*, 2nd ed. revised and enlarged, M.M. Cernea (ed), New York, Oxford University Press, p.148-187
- Scudder, T. 1994. "Recent experiences with river basin development in the tropics and sub-tropics", in *Natural Resources Forum*, Vol. 18, No. 2, p. 101-113.

Scudder, T. 1995. “Réflexions sur le déplacement des populations en relation avec la construction des barrages”, in *Barrages internationaux et coopération*, F. Conac (ed), Paris, FR, Éditions Karthala, p. 253-281.

Scudder, T. 1997. “Social Impacts of Large Dams”, in *Large dams: Learning from the past, looking at the future: Workshop Proceedings*, April 11-12 1997, Gland, Switzerland. Washington DC, World Bank / Gland (CH), IUCN, p. 41-68

Simard, J.J. et al. 1996. *Tendances nordiques. Les changements sociaux 1970-1990 chez les Cris et les Inuit du Québec*. Sainte-Foy, CA, Groupe d'études inuit et circumpolaires, 253 p.

United Nations. 1985. *Environmental Impact Assessment: Guidelines for Planners and Decision-Makers*. Bangkok, TH, Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (ESCAP), 198 p. (Environment and Development Series)

Vladut, T. 1993. “Environmental Aspects of Reservoir Induced Seismicity”, in *Water Power & Dam Construction*, cited in *Hydropower Development*, No. 3, 1995, p. 74-76.

Williams, P.B. 1993. “Assessing the True Value of Flood Control Reservoirs: The Experience of Folsom Dam in the February 1986 Flood”, in *Hydraulic Engineering '93: Conference sponsored by ASCE*, San Francisco, CA, July 25-30, 1993, edited by Hsieh Wen Shen, S.T. Su and Feng Wen, New York, NY, American Society of Civil Engineers, p.1969-1974.

World Bank. 1994a. *Cultural Heritage in Environmental Assessment: Environmental Assessment Source Book Update Number 8*. Washington DC, World Bank, Environment Department, 8 p.

World Bank. 1994b. *Resettlement and Development: The Bankwide Review of Projects Involving Involuntary Resettlement 1986-1993*. Washington DC, World Bank, Environment Department, 182 p.

World Bank. 1996. *World Bank Lending for Large Dams: A Preliminary Review of Impacts*. Washington DC, World Bank, Operations Evaluation Department, 4p. (OED Précis No. 125)

Zich. 1997. “China's Three Gorges, Before the Flood”, in *National Geographic*, Vol. 192, No. 3, p. 1-33.

付録 - G

累積的影響

付録-G：累積的影響

主著者：

Karin Seelos氏

累積的影響は複雑な問題であり、適正な評価を行うことは未だに簡単ではない。そこで本書では、最初にこの新しい分野に関する現在の問題を取り上げ、次に基本概念及び分析手順といった分析上の枠組みを簡単に述べる。そして最後に、水力開発に関連する具体的問題を扱うことにする。

現在の問題

- * 累積的・波及的影響は、ほんの僅かなEAでしか取り組まれていない。
世界銀行-第2次EA調査（1992～1996年）
- * 累積的影響を予測し、軽減するための効果的な方法は、未だ十分に開発されていない。
Husain Sadar (1995年)
- * 影響の累積過程や累積的影響の形態、空間的・時間的範囲の定義、予測手法の適用及び予測された影響のモニタリングなど、様々な重要問題に関する手引きの不備。
Cooper and Canter (1997年)
- * 環境影響評価における累積的影響についての共通する問題は、重大な影響なしとの結論を裏付ける証拠や分析手法が多くの場合示されていないことである。
Lance McCold (1995年)
- * 累積的影響を受ける環境資源のうち、あるものについては評価するが、他のものについては出来ないというのが、累積的影響に取り組むEAの共通の弱点である。
McCold and Saulsbury (1996年)
- * 特定の環境資源、生態系及び人間社会に及ぼす累積的影響の範囲は、(事業者が行った影響評価の)査定や管理、監視の対象となる政治・行政区域と一致していることはまれである。
CEQ (1997年)

基本概念

累積的影響 (CI) とは、大まかに言って価値のある環境要素に対し、人間が時間・空間にわたり付加的・相互作用的に与える変化の累積のことである。累積的影響、累積的效果、累積的環境変化は通常、同じ意味を持つ用語である。

累積的影響という概念は、人間と環境の相互作用を広く見通した上で出てきたものである。その内容は、次のように整理することができる。

1. 累積的影響の原因

環境変化には、一つのプロジェクトが原因となるものだけでなく、同種類または異種類の複数のプロジェクトによる相互作用によって発生するものもある。

2. 累積の過程

環境変化は、付加的もしくは相互作用的过程を通じて蓄積される。付加的過程は累積的であり、以前に起こった環境的变化に対して新たな変化が一つ付け加えられたり、取り除かれたりする。正味の蓄積量が全環境変化の合計より大きい小さい場合は、その過程は相互作用の(相乗作用的)である。

3. 累積的影響の種類

環境変化がもたらす結果は、一般に時間的・空間的条件によって異なる。文献では、累積的影響のタイプが次のように分類されている。

- ・ **付加的影響**: 個々のプロジェクトではあまり大きくないが、総合すると影響が重大となるもの。
- ・ **相乗的影響**: いくつかのプロジェクトの全影響が、個々のプロジェクトの影響を合計したものよりも上回るような影響をいう。
- ・ **閾值的／飽和的影響**: あるレベルまでは環境に復元力があるが、それ以上になると急激に悪化するような影響をいう。
- ・ **誘発的影響**: 一つのプロジェクトの実施が、二次的な開発の引き金になるような場合の影響。
- ・ **時間的／空間的錯綜影響**: 環境が一つの影響から回復するまえに次の影響を受けること。
- ・ **間接的影響**: その原因が発生したところから時間的・空間的に離れている場所で生じる影響をいう。

実際、「累積的影響とは、過去、現在、及び合理的に見通し得る未来において、人々(中央、地方政府、または非政府を問わず)が行ってきた、行いつつある、または行うであろうすべての活動が、特定の資源、生態系、及び人間社会に及ぼす直接的・間接的な全影響である」(CEQ, 1997:8)。「この影響は、一定の期間、一定の範囲において現われるだろう」(FEARO, 1994: 135)。

しかし、このような定義ではまだ大雑把すぎて、これから実際に役立つ方法や手順を推定するのはかなり難しいことである。

➤ 手順要素

環境に対する累積的影響を評価するためには、必ずしも環境アセスメントの方法を全面的に変える必要はないが、環境調査における既存の枠組みを拡張する必要がある。しかし、アセスメントの手順をより現実的に運用するためには、できるだけ早い段階で、最も重要な問題や影響に的を絞るべ

きである。従って、問題を確認しアセスメントの適正な範囲を定めるために適切なスコーピング^{*}の手順を踏む必要がある。累積的影響アセスメント（CIA）に必要な空間的・時間的スケールは事業推進機関や行政府の管轄範囲を遥かに超えるのが普通であるから、アセスメントの全ての段階で（特にEAガイドラインの準備段階で）、推進者、政府機関、専門機関、及び地域社会の間で協議することが重要である。

累積的影響を分析する手順は、基本的には伝統的な環境影響アセスメント^{*}の要素を強化したものだと考えられる。その基本的な要素とは、(1) スコーピング (2) 影響を受ける環境の予測 (3) その環境上の重要性の判断、である。しかし累積的影響（CI）の分析には、次のような主要な4つの段階¹がある。

1. 問題／利害関係の確認。
2. 生態系や文化的側面に関して環境的に価値のある要素の選択。
3. 範囲の設定（空間的・時間的限度）。
4. 影響を及ぼす他の活動についての判断。

CIAにおける重要な課題の一つは、影響の重大性を判断することである。通常、法の枠内では影響の重大性を判断する主体は定められているが、判断の方法についてはあまり明確にされていない。その方法には、発生確率や評価結果に影響する科学的信頼度の問題が絡んでくるからである。累積的影響の可能性を判断する上で、次の要素が重要性の指標になるだろう。

- ・ 閾値の超過
- ・ 影響緩和策の有効性
- ・ 調査地域／区域の規模
- ・ 生物種の希少性
- ・ 地域的影響の重大性
- ・ 自然環境の多様性に与える変化の大きさ
- ・ 誘発的影響の発生

累積的影響（Cumulative Impact: CI）は、プロジェクトレベルと同時に、政策レベル、すなわち地域政策または産業部門政策の観点からも評価されることになる。累積的影響評価（CIA）は、空間的・時間的な幅を広くとる必要があるので、累積的影響については戦略レベル、部門レベル及び地域レベルで検討するのが最も適切である。

^{*} 付録A: 用語集を参照

¹ CEAA (1997), p.14

プロジェクトレベルの累積的影響アセスメントが最初の情報にはなるが、全容は現地調査項目と地域境界を越えた展望によってしか得ることができない。従って、累積的影響は戦略的、部門的、地域的環境アセスメント^{*}によって取り組まれるべきであり、それによりプロジェクトの計画はとどこおりなく進むはずである。様々な政策が環境的な評価をまだ受けていない場合、大規模プロジェクトの提案は、環境マネジメントの世界的戦略を採用するきっかけになるかもしれない。その場合、プロジェクトアセスメントで得られた情報を活用するために、累積的影響アセスメントはその後に行われることになるであろう。

➤ 水力プロジェクトに対する累積的影響アセスメント (CIA) とその具体的課題

エネルギー政策レベルにおいて累積的影響アセスメントを行うことにより、地球温暖化、酸性雨、森林の後退、生物多様性の喪失、オゾン層の破壊などの問題に関して、水力、石炭、ガス、その他の代替電源について、エネルギー選択のための比較を行うことができる。CIAに適したもう一つのレベルは地域計画であり、そこでは特定の領域に関して累積的影響が評価される。

エネルギー政策において温室効果ガスや酸性雨などのCIを評価することは、特定のプロジェクトにおけるCI分析の手間を減らすことになるだろう。

さらに大きな観点から言えば、プロジェクトの範囲を超えた広い地域に発生する多様な経済活動の累積的影響を評価するには、水力発電プロジェクトの推進者が最適な機関であるかどうかという問題が残る。

最後に、累積的影響アセスメントにおいて点検すべき有用な問題をいくつか挙げておく。

- ・ 影響を受ける可能性のある価値のある環境要素²は何か?
- ・ 提案されたプロジェクトが他の既存及び計画中のものとの組み合わせによって、これらの価値ある環境要素にどのような影響を与えるか?
- ・ これらの影響が生ずる確率はどの程度か?
- ・ 影響の結果は受け入れ難いものか?
- ・ これらの影響は恒久的なものか? そうでない場合回復するまでにどの位の期間がかかるか?
- ・ これらの影響の程度と継続期間は?
- ・ 環境的に価値ある要素にどのくらい影響が蓄積すると、回復不能な状態になるか?
- ・ 予想される影響の発生確立とその規模に関する予測信頼度は?
- ・ 最後に、プロジェクトにおける次善の代替案の累積的影響はどうか?

^{*} 付録A: 用語集を参照

² 定義: アセスメントに参加する推進者、住民、科学者、行政が重要だと考えるすべての環境要素。これらの要素が重要であるかどうかを判断するために、文化的価値感や科学的知見も基準とされる (CEAA, 1997)。

参考文献

- Agence canadienne d'évaluation environnementale. 1997. Évaluation des effets cumulatifs: Guide du praticien, L'évaluation environnementale d'abord.... la décision ensuite. Document de consultation.
- Beanlands, G.E. and Duinker, P.N. 1983. An Ecological Framework for Environmental Impact Assessment in Canada = Un cadre écologique pour l'évaluation environnementale au Canada. Halifax, CA, Dalhousie University, Institute for Resource and Environmental Studies, 132 p. 142p.
- Bureau d'audiences publiques sur l'environnement. 1993. Sainte-Marguerite-3 Hydroelectric Development Project: Enquiry and Public Hearing Report. Montréal, BAPE, 436 p.
- Burris, R.K. and Canter, L.W. 1997. "Cumulative impacts are not properly addressed in environmental assessments", in Environmental Impact Assessment Review, Vol. 17, No. 1, p. 5-18.
- Canadian Environmental Assessment Agency & International Association for Impact Assessment. 1996. International Study of the Effectiveness of Environmental Assessment. Final Report Environmental Assessment in a Changing World: Evaluating Practice to Improve Performance. Prepared by Barry Sadler. Ottawa, CA, Ministry of Supply and Services, 248 p.
- Canter L.W. and Kamath J. 1995 "Questionnaire checklist for cumulative impacts", in Environmental Impact Assessment Review, No. 15, p. 311-339.
- Chadwick, A., Glasson J., Therivel R. 1994. Introduction to Environmental Impact Assessment: Principles and procedures, process, practice and prospects. London, UK, UCL Press, 342p. (The Natural and Built Environment Series 1)
- Clark, R. 1994. "Cumulative Effects Assessment: a Tool for Sustainable Development", in Impact Assessment, Vol. 12, No. 3, p. 319-332.
- Cooper, T.A. and Canter, L.W. 1997. "Substantive Issues in Cumulative Impact Assessment: a State-of- Practice Survey", in Impact Assessment, Vol.15, No. 1, p. 15-32.
- Council on Environmental Quality. 1997. Considering Cumulative Effects under the National Environmental Policy Act. Washington DC, CEQ.
- Davies, K. 1992. Addressing Cumulative Effects under the Canadian Environmental Assessment Act: A Reference Guide. Hull, CA, Canadian Environmental Assessment Agency.
- Federal Environmental Assessment Review Office (FEARO). 1994. Addressing Cumulative Environmental Effects: A Reference Guide for the Canadian Environmental Assessment Act.
- Federal Environmental Assessment Review Office (FEARO). 1993. Cumulative environmental effects and screening under the Canadian Environmental Assessment Act: Consolidated Proceedings. Prepared by Katherine Davies. Ontario, CA, FEARO. (Workshop series)
- Hydro-Québec. 1993. Grande-Baleine Complex: Feasibility Study. Part 2: Hydroelectric Complex, Book 7: Cumulative Impacts. Montréal, CA, Hydro-Québec, 88p.
- Kjorven, O. 1996. The Impact of Environmental Assessment: the World Bank's Experience – Second Environmental Assessment Review. Washington DC, World Bank, 146 p. (World Bank Departmental Working Paper, 16)
- McCold, L. and Saulsbury, J.W. 1996. "Including Past and Present Impacts in Cumulative Impact Assessments", in Environmental Management, Vol. 20, No. 5, p. 767-776.
- Sadar, M.H., Cressman, D.R. and Damman, D.C. 1995. "Cumulative Effects Assessment: the Development of Practical Frameworks", in Impact Assessment, Vol. 13, No. 4.
- Smit, B. and Spaling H. 1995. "Methods for Cumulative Effects Assessment", in Environmental Impact Assessment Review, Vol. 15, No. 1, p. 81-106.

付録 - H

**環境影響評価プロセス
(Hard Law)の評価に関する
文献調査結果**

付録-H：環境影響評価プロセス（HARD LAW） の評価に関する文献調査結果

主著者：

Gilles G. Bérubé氏

関連組織

「諸外国における環境影響評価の慣行と手順の分析¹」作業が、英連邦環境保護庁のために1994年5月に行われた。この調査の目的は、EIAの有効性と効率を最大化することのできるプロセス、慣行、手順を解明することであった。調査では、範囲（社会的、経済的、文化的および物理的因子と累積的影響を含む）と文化的、政治的背景を分析するとともに、EIAの実施、意思決定過程、実質的および手続き的審査ならびにその施行、モニタリング結果および領土外への適用についても考察した。調査した地域は、インドネシア、カナダ（連邦レベル）、オンタリオ（州レベル）、米国、欧州であった²。分析結果は、EIAの基礎をなす原則が、公平、慎重さ、制御、スチュワードシップ等の倫理的考慮事項に立脚していることを示している。

著者

Sadler：

Barry Sadler氏は、EIA過程の有効性と効率性について詳細に記述している。EIAの有効性と効率性に関する一連の国際調査において提出された最終報告書で、Sadler氏は有効性を高めるための14の規準を定義した³。有効的であるためには、EIAは法的権限（明確な命令と規定）を与えられ、明確な目標を持ち、一律・一貫した手続きを用い、適切なレベルのアセスメントを含み、適当な考慮範囲を用い、弾力的な問題解決手法を採用し、開かれた促進的な手法を用い、必要な支援と指導を保証し、成功事例を基準とし、効率的かつ予測可能なように実施し、意思決定過程を明示し、条件と環境に関連づけられ、事後点検とフィードバックのメカニズムを含み、費用対効果の高い成果を目指すべきである、と彼は述べている。

Sadler氏は、種々の国の環境影響評価に関する文書を徹底的に分析した後、このリストを作成した。彼の規準は倫理的考慮事項⁴に基づいているため、その研究は国家または地域レベルで使われる法的メカニズムを評価するための指針として有用である。

¹ Commonwealth Environment Protection Agency, Review of Commonwealth Environmental Impact Assessment, 1994.

² この調査の最終報告は、オーストラリアのEIA制度に施されるべき修正に関するものであった。

³ Barry SADLER, International Studies on Efficiency and Effectiveness of Environmental Assessment: Final Report - Environmental Assessment in a World in Evolution, 1994.

⁴ 例えば、アセスメントの様々な段階で住民参加を促す開かれた促進的な手続きとは、参加型意思決定の倫理的原則のことを指している。さらに、明確な命令と規定のためには、EIAプロセスにより全当事者にスチュワードシップの倫理的原則を満たす責任と義務が確立される必要がある。

Shpyth:

もう1つの興味深い研究がヨーク大学環境研究科(オンタリオ州)のAlbert A. Shpyth氏によって行われた⁵。この研究は、EIAプロセス中およびその後の公平性⁶、効率性⁷および有効性⁸に関する基準を詳しく調査している。彼のアセスメントは、公平性、慎重さ、制御、最適性およびスチュワードシップといった倫理的原則に明白に基礎を置いている。

⁵ Albert A. SHPYTH, The Effectiveness, Efficiency and Fairness of Environmental Impact Assessment in Alberta and Saskatchewan: A Case Study of the Old Man and Rafferty Dams, 1991, Faculty of Environmental Studies, York University, Ontario, Canada.

⁶ この研究で、Shpyth氏は公正なアセスメントの8つの要素を指摘した。すなわち、公開性の確保、偏見や予断の排除、弾力性と広い視野、政策の前提の明確化、手続きの公正化への直接的取り組み、住民参加のための資金供与、手続きに関する期限の設定、ならびにアセスメント実施機関による決定事項の文書化の義務づけである。また彼は、アセスメントは公正であるのみならず、公正と受け止められるものでもなければならない、と結論づけている。

⁷ 環境プロセスの効率調査には、費やされる時間と努力の評価が含まれる。ここでいう努力とは、環境影響プロセスのコストに関連するものである。Shpyth氏は、迅速で費用対効果の高いプロセスを目指すことの重要性を述べながらも、これは合理的価値を軽視したり、長期的な環境被害や影響を受ける当事者の問題を無視したりして達成されるべきではない、と述べている。

⁸ 環境プロセスの有効性の調査には、EIAが意図した結果を生み出したかどうかの評価が含まれる。計画された活動に関連するすべての影響が、意思決定過程で適切に確認され、評価され、十分考慮されるように保証することが不可欠である。

付録 - I

**国際環境法の原則と持続
可能な開発(Soft Law)**

付録-I：国際環境法の原則と持続可能な開発（SOFT LAW）

主著者：

Gilles G. Bérubé氏

著者

国際環境法センター(ワシントン)のOwen J. Lynch氏とGreg Maggio氏は、人権、経済開発および環境に関する対立がこの数年間に世界中で増加したと推測している¹。彼らは水力の電源地域は、生物多様性の保護のため特に貴重な地域や、原住民等の長期居住者をはじめとする資源依存的な地域住民の居住地域にあることが多いと指摘している。

彼らは、「こうした地域での天然資源の開発は多次元的問題である。なぜならいかなる分析も、人権と環境保護と経済開発の間の複雑な関連を、それぞれ無関係な専門分野としてではなく相互補完的な目標として、探求しなければならない²」と述べている。Lynch氏とMaggio氏が天然資源に直接的に依存する地域社会の利益を人権と見なしていることに注意を要する。この定義は、特に先住民や原住民の権利を含んでいる。先住民の権利の結果として、プロジェクトが提案される機会の多い開発途上国や新興国の政治当局は、合法性の問題に実際に直面することになる³。

Lynch氏とMaggio氏の分析は、3種類の普遍的権利、すなわち人権、環境権、経済権の間の関係から派生する倫理的考慮事項を基礎にしている。彼らの倫理的考慮事項は、国際法 (soft law) に基づいている。これらの考慮事項を基礎にして、彼らは国際的な環境法と人権と経済開発とを調和させるための5つの基準を開発した。

¹ Owen J. LYNCH and Greg MAGGIO, Human Rights, Environment and Economic Development: Existing and Emerging Standards in International Law in Global Society, 1997, Center for International Environmental Law Papers and Publications, Washington, D.C.

² 様々な著者が国際的人権と経済開発と環境との間の関係を調査している。(Edith Brown WEISS, Environmental Changes and International Law: New Challenges and Dimensions, United Nations University, 1992, and Lawrence BOISSON DE CHAZOURNES, Richard DESGAGN and Cesare ROMANO, Protection Internationale de l'environnement, Paris, Editions A. Pedone, 1998参照)

³ 1つの例は、パナマのバンヤノ・ダム計画に強く抗議したバンヤノ・クナ・インディアンの事例である(結果的に彼らの領地の80%が失われた)。(Katherine M. WEIST, Indigenous Peoples Resistance to Development Projects, Development Induced Displacement and Impoverishment Conference, Wadham College, Oxford University, January 3 to 7, 1995.) フィリピンの場合、ボントク族とカリンガ族の強い反対のため建設が一部取り消されたチコ川ダムの事例も、水力発電計画が原住民の権利に関する問題を引き起こした時にプロジェクトの提案者が直面するある種の問題を例証している。(Charles DRUCKER, "Dam the Chico: Hydropower Development and Tribal Resistance" in Tribal People and Development Issues, edited by John H. Bodley, Mountain View, CA: Mayfield.)

以下にそれらの基準を挙げる。

- ・ 世代間および世代内の公平性⁴
- ・ 共通であるが差異が認められた責任⁵
- ・ 公平な配分⁶
- ・ 自国の天然資源に対する国家の永久的主権と同時に、自国の管轄圏外の地域に悪影響を与えない義務⁷
- ・ そして最後に、予防原則⁸

開発と環境の問題は、とりわけ水力プロジェクトの場合人権と経済権の問題を伴う。従って、環境、経済および人権に関連する国際法の求める倫理的考慮事項は、特に我々の目的に関連が深い。

この種の権利の間の相互関係についての著者らの意見は非常によく一致している。Jean-Marc Lavieille氏は、国際環境法は3つの共通権利 <Solidarity rights> (第三世代の権利<The third generation of rights>)の1つである環境権の創設と施行に寄与すると述べている⁹。実に興味深いことに、この第三世代の権利のうち他の2つは、平和権と開発権である。この場合もやはり、開発と人権と環境とを容易に関連付けることができる。

関連組織

国際連合環境開発会議 (UNCED) は、国際法の原則と持続可能な開発に関する報告書を1996年に受け取った¹⁰。国連専門家グループによる報告書は、様々な原則についてLynch氏とMaggio氏の論文よりはるかに詳しく説明している。しかしこれらの原則は、本質的に同じものである。報告書は以下の原則を列挙している。すなわち、健全な環境への権利、公平、天然資源の持続可能な利用、環境被害の防止、予防原則、国際協力の原則、参加型意思決定と透明性、およびモニタリングと遵守である。

⁴ 世代間と世代内の公平は国際慣習法の一部である。世代間の公平は、国際社会が異なる時代間の天然資源の利用について認識するようになったことを示している。それは過去、現在、未来の世代間での資源の利用において公平さを求めている。世代内の公平とは、現世代の構成員間での国内的・国際的な資源配分の公平さに関するものである。

⁵ 共通であるが差異が認められた責任とは、すべての国は現在および将来の世代のために環境を保護し、保全し、改善する責任を負うことを意味する。しかし大半の先進国にとって妥当な基準であっても、開発途上国にとっては社会的コストの点で適さないことがある。従ってもし各国のニーズと財政的能力が考慮されるならば、このような概念は公平と正義を促進する。ゆえに勧告は状況の相違に応じてある範囲の期待を持たせるものでなくてはならない。共通であるが差異が認められた責任の配分は、ストックホルム宣言の原則23に記載されている。

⁶ 公平な配分には2つの意味が認められている。第1は国家間での天然資源の公平な配分に関するものであり、第2は資源を産出するすべての国家及び非国家団体に対する公平な経済的リターンに関するものである。非国家団体との配分については、原住民等影響を受ける集団に利益を配分することの重要性が(アジェンダ21の中で生物多様性の文脈で)言及されている。

⁷ 一般的慣行はもとより国際司法裁判所の判例法も、自国の天然資源に関する国家主権の原則が慣習的国際法の一部であることを認めている。この原則は、ストックホルム宣言の原則21に記載されている。

⁸ 予防原則は、持続可能な開発を促す際に、経済的考慮事項と、公平および環境保護との釣り合いをとるために用いられるもう1つの手段である。リオ宣言の原則15によれば、国家はそれぞれの能力に応じて予防的アプローチを広範に用いなければならない。重大もしくは取り返しのつかない被害の危険がある場合には、十分な科学的確実性がないからといって、環境劣化防止のための費用対効果の高い手段の実施を延期することは出来ない。予防原則は、その可能性を証明する科学的根拠が十分でない場合でさえ、潜在的環境被害が考慮に入れられることを保証する。

⁹ Jean-Marc LAVIEILLE, *Droit international de l'environnement*, Collection ellipses, 1^{ère} édition Marketing S.A., Paris, 1988, p. 22-23.

¹⁰ United Nations, Department for Policy Coordination and Sustainable development, Report of Expert Group Meeting on Identification of Principles of International Law for Sustainable Development, 1996.

付録 - J

国際法における
倫理原則の統合

付録-J：国際法における倫理原則の統合

主著者：

Gilles G. Bérubé氏

多くの国際条約と協定は、最適性、スチュワードシップ、公平と正義、参加型意思決定、および慎重さと制御等の基礎的な倫理原則について事実上国際的な合意が存在することを示している。世界的条約も地域的条約も、共にこのような合意を反映している。

国際条約

倫理原則の中でも、参加型意思決定の倫理原則は最も頻繁に触れられる原則である。基本的に、環境に関するすべての国際条約等の国際法規は、この原則に言及している。

例えば「生物学的多様性に関する条約」(1992年)、「有害廃棄物の越境移動およびその処分の規制に関するバーゼル条約」(1989年)はもとより、「越境状況における環境影響評価に関するエスポー条約」(1991年2月25日)もすべて情報公開と住民参加の必要性に関する規定を含んでいる。さらに1998年6月デンマークで、「環境問題における情報の入手、意思決定への住民参加、および裁判の利用に関する条約」が39カ国により調印されており、2000年に発効する。

国際的に認められた他の倫理原則については、「長期的越境大気汚染に関するジュネーブ条約」(1979年)と「オゾン層の保護に関するウィーン条約」(1985年)の前文に引用されている**慎重さと制御**の原則について我々は言及しなければならない。

ストックホルム宣言の原則23には、すべての国は現代および将来の世代のために環境を保護し、保全し、改善する責任を負うことを暗示する**共通であるが差異が認められた責任**の原則が記載されている。大半の先進国には妥当な基準が、開発途上国には社会的コストの点で不適当なことがある。従って各国のニーズと財政能力が考慮される限りにおいて、この概念は**公平と正義**を促進する。

公平と正義はもとより**スチュワードシップ**の倫理原則も、公平な配分等他の原則を通じて確認することができる。政府以外の利害関係者との配分については、生物多様性の文脈で原住民等の影響を受けるグループと利益を分けあうことの重要性が、国連環境と開発に関する条約(1994年)のアジェンダ21で言及されている。

地域条約と法律文書

地域レベルで策定された地域条約等の拘束力のある法律文書は、国際法における倫理原則の統合を反映している。

欧州連合指令とガイドラインの例

1985年6月27日付け指令85/337/EEC（最近、1999年3月14日発効の指令97/11/ECにより改訂）は、意思決定プロセスにおける透明性を促進するため、加盟国に対しとりわけ住民参加のための手続きを策定する義務を課している。

さらに環境関連情報の情報公開に関する指令90/313/ECEは、公的説明責任を負う機関が通常所有する情報を住民の要求に応じて提供するよう義務づけている。

多くの倫理原則を直接または間接的に促進するために、欧州ではその他多くの法律文書が策定されている。

欧州委員会は1996年5月、スクリーニングプロセスの実施のための6段階の方法論を提案し、これにより**最適性**を目指す「スクリーニングに関するガイドライン」を公表した。

同じ観点で、欧州連合総合理事会X Iは1996年、スコーピング過程で考慮しなければならないすべての要素を含めることにより**最適化**をねらった、スコーピングに関するガイドラインを公表した。これらのガイドラインは、加盟各国の現状に適応させるため様々なパブリック・コンサルテーションの方法を提案することにより、住民参加の促進もねらったものである。

その他の例：北米

米国の条約等の取り決めにも、倫理原則を反映した法律文書が存在する。

例えば、米国、カナダ、メキシコを拘束する「環境に関する北米協力協定」は、情報公開（例えば、第6条と7条）と、最適性を目的とする協力活動（例えば、第5条）に関する規定を含んでいる。

またまだ発効していないものの「越境する環境影響の評価に関する北米協定案」は、その前文に予防原則、住民参加および最適性等の倫理原則の重要性を、法的規定と管理規定を通じて様々な方法で反映させている。

付録 - K

プロジェクトの諸段階

付録-K：プロジェクトの諸段階

主著者:

Karin Seelos 氏

下表はプロジェクトの計画及び実施段階、環境管理の手段、それぞれの段階に関連する環境影響の種別について概要をまとめたものである。プロジェクトの諸段階は各国に特有のEAと許認可過程があるため、国毎に異なることがある。例えば、一部の国ではEAは許認可過程の一環として実施されるが、他の国ではEAが許認可に先立って実施される。

水力プロジェクトの諸段階及び影響管理

プロジェクトの計画及び実施段階	環境管理の手段	環境上の重要事項
政策関係 持続可能な開発のための国家戦略 ・エネルギー政策 ・水資源政策 ・土地利用政策	・戦略的環境影響評価(SEA) ・部門別環境影響評価 ・部門間環境影響評価 ・地域環境影響評価(REA)	越境／累積影響 ¹ 累積影響 予防原則
プロジェクトの計画 ・現況調査 目的:河川流域または河川区間の確認 ・プレ・フィージビリティ・スタディー 目的:可能性調査のため流域内の実現可能性のあるプロジェクトを選定 ・フィージビリティ・スタディー 目的:代替案を検討の上、1プロジェクトを勧告	・発生の可能性のある影響を選別 ・予備的 EA 調査 ・委任事項とスコーピング ・環境管理計画と偶発対策を含めた EIA 調査 ²	影響の回避 潜在的影響 予想した影響 影響緩和策の設計
プロジェクトの実施 ・詳細設計とエンジニアリング ・入札と契約 ・建設	・環境上の設計基準 ・EA 調査で確認された緩和策と補償策の統合 ・環境管理システム (例えば、ISO 14001) ・現地環境モニタリング、審査 ・環境に関する偶発対策 ・環境影響緩和策 ・追跡環境調査	影響の回避 影響の軽減 一時的影響管理
プロジェクトの運用	・統合資源管理計画 ・環境管理システム (モニタリングと審査を含む)	実際の(確認された)環境影響の管理: 影響モニタリングと追跡調査
プロジェクトの増強改良と再許認可	・プロジェクトの規模に応じた EA ・現地環境モニタリング	残存影響と増大する影響
プロジェクトの廃止	・社会影響と環境影響を決めるための EA 調査 ・工事現場におけるモニタリング ・事後調査	残存及び一時的影響の緩和並びにモニタリング

¹ 国レベルにおける累積影響の例: 温室効果ガスの排出、酸性雨、生物多様性の衰退、森林の減少、オゾン層の消耗、気候変動、核廃棄物処理

² 代替案の比較、影響の重要性、利益と費用の兼合い、社会環境影響評価

水力プロジェクトは二世代以上にわたる投資であり、100年以上したがって四世代以上も存続することがある（下表を参照）。生態系のバランス、土地利用、住民の発電所に対する関心などは時間とともに変化するので、このようなプロジェクトの計画には長期的な見方と融通性のある管理が必要である。

水力プロジェクトの通常のライフサイクル

計画	建設		増強改良/再許認可				運用		廃止	
	←		運用	→	←		運用	→		
0 年	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100年

大規模水力プロジェクトは設計、技術検討、資金調達、許認可、建設に長時間を要することが多い。最初のキロワットアワーが発生するまでに何十年も経過することがある。水力プロジェクトは設計と建設の全段階にわたり進展するものである。プロジェクトの設計は反復過程であり、EAと許認可の過程ではこうした事実を反映させる必要がある。

1 政策段階

政策段階では水力の政策上の枠組が取り扱われる。この段階の政策には例えばエネルギーまたは水、土地利用に関する国家政策が含まれることがある。EAの効率を検討する際に、政策関連事項が時に見過ごされることがある。しかし政策は、プロジェクトが推進者により開始される前に背景を形づくり、EA過程に影響を与えるものである。

最近はいくつかの国は様々な部門において、自国の政策、計画、対策についての、戦略的、部門別、または地域別環境影響評価のようなメカニズムを創り出している³。

1.1 説明

政策段階で用いられる種々の環境影響評価手段の分類には様々な見解が存在する。何人かの著者は戦略的環境影響評価(SEA)とは、政策段階におけるすべての環境影響評価を総称したものであると考えている。その後、地域別環境影響評価(REA)、部門別環境影響評価(部門別EA)などの各種SEAが明確化されるようになった。地域別環境影響評価または部門別環境影響評価はSEAとは別物であるとする著者もいる。にもかかわらずただ1つ確実に言えることは、著者等がSEAまたは REA、部門別EAがすべて、政策段階における環境影響評価のメカニズムであるという点で意見が一致していることである。

³ 政策段階における影響評価の必要性は次第に一般的になりつつある。多くの著者は、SEA はEA プロセスの1つの改良と考えている。それは EA は戦略的な観点を欠くものであり、プロジェクトの累積的、間接的、共同作用的影響を取り扱うことができないからである (Riki THERIVEL, Elizabeth WILSON, Stewart THOMPSON, Donna HEALEY and David PRITCHARD, Strategic Environmental Assessment (戦略的環境評価), Earthscan Publications Ltd., London, 1992 を参照)。

本節の目的は、政策段階で用いられる様々な評価の範疇について説明することにある。定義が相互に排除し合うものではないため、説明は理論的なものとなっている。また重要なことは、各国の法律制度では上記のメカニズムが組織的に実施されていないという点に留意することである。一部の法制度下では、上記手段の1つ以上が特定部門（水管理政策が考慮されていないエネルギー政策など）に共通して適用されることがあろう。このような適用は他の評価の内容、特に地点固有のEAのように引き続き行われる評価の内容に影響を与えることになる。

こうした議論は主として理論面からなされているので、ここではこれ以上言及しない。ただここでは本報告書の目的に従い、政策段階における既存の評価手段、すなわち戦略的環境影響評価、部門別環境影響評価、部門間環境影響評価、地域別環境影響評価を分析したということを述べておく。

種々の評価手段について述べる前に、これらの評価のあるものは様々な政策の方向と目標を定めるために公共の意見を聞きながら一部を実施することができるが、他のものの場合はこれができないという点を指摘しておく必要がある。住民の参加はプロセスの中でも可能な限り早い時期に行われなければならないという点は一般に認識されていることである。⁴

1.2 戦略的環境評価 (SEA)

SEAでは、特定プロジェクトの個々のEIAを開発するための一般的な枠組が用意される。SEAはより一般的な問題点（持続可能性、累積影響、資源の管理と保護、環境目標と公約に関する世界的傾向）に取り組むが、プロジェクト毎のEIAでは地域的な影響のみに取り組む。こうした相違点は例えば、「生物学的多様性に関する条約」の中でも認識され、確定的なものとされている。この条約の第4条 (section 4) の中では、EIAとSEAが明確に区別されている⁵。SEAの考え方は「気候変動に関する国際連合枠組条約」の第4条 (section 4) にも示されている⁶。

気候変動、酸性化、生物多様性のような地球及び地域規模の問題は、明白な理由によりSEAの枠組の中で最もよく取り組まれるものである。実際SEAにより、意思決定、特に公共開発政策において統合的アプローチが可能となる。したがって、環境配慮とその目的を一層広範な意思決定に取込むことは有益である。

⁴ 欧州委員会はSEAに関する1つの報告書の中で特定の方法により住民参加を推進する必要性に言及している。(European Commission (欧州委員会): Case Studies on Strategic Environmental Assessment (戦略的環境評価に関する事例研究), February 1997)

⁵ 第4節は次のように述べている。「各契約当事者は、可能かつ該当する限りにおいて次のことを行うものとする。」

a) 提案したプロジェクトが生物学的多様性に重大な悪影響を及ぼすと考えられる場合、かかる影響を回避もしくは最小化する観点からその環境影響評価に必要なしるべき手続きを導入し、該当する場合にはかかる手続きに住民が参加できるようにする。

b) 計画及び政策が生物学的多様性に重大な悪影響を及ぼすと考えられる場合、その環境影響予測結果が正しく考慮されるよう、適切な取決めを設ける。

⁶ 第4節は次のように述べている。「すべての当事者は、共通だが差異が認められた責任、自国及び地域の開発優先順位、目的、及び周辺状況を考慮に入れて、以下のことを行うものとする。」

f) 各自が関係する社会、経済、環境に関する政策及び活動においては、可能な限り気候変動について配慮する。またプロジェクトが経済、公衆衛生、及び環境の質に及ぼす悪影響を最小化する観点から、国家として策定し決定した例えば環境影響評価等の適切な方法、もしくは気候変動を緩和またはそれに適合する手法を採用する。

1.3 部門別環境評価

部門別環境評価では、エネルギー、水などの部門規模の環境問題を扱う。

一国のエネルギー政策は、保健、経済成長、新鮮な空気と水等その他の基本的なニーズを考慮しつつ国民のエネルギー需要を満たすための特定の措置及び戦略を明らかにし、推進する。エネルギー政策は予想される需要を満たすために、特定の発電方式（火力、原子力、太陽光、水力、風力など）を推進する。またエネルギー政策は、特定の部門の政策、措置、計画の代替案の検討も可能にする⁷。エネルギー政策は、プロジェクトの推進者が計画の初期の段階にあるプロジェクトの遂行の可否を決定する際の助けになる。

政府は総合的な水に関する政策を採択することがある。こうした政策には水資源管理の手引となる原則、すなわち保護、利用、分配、実施に関する諸々の措置が組込まれている。水に関する政策は、水力及びその他の水の利用にとり重要な意味をもつことがあり、水の利用者、利用者のニーズ、適用規則を類別して水力開発の状況を明らかにすることができる。この政策により、河川流域が開発もしくは保護いずれに適しているかを判断することもでき、それによりプロジェクトの後の段階における予測の可能性を高める効果がある。流域の場合を考えると、開発可能な水力プロジェクトの状況を明らかにするために、水利用の競合について地域政策段階において取り組むことができる。

ノルウェーのマスタープラン政策は、水力開発部門についてのこの種の一般的戦略を示している。この計画には、全河川についての水力開発プロジェクトの分布及び環境その他の面での各プロジェクトの対立点の調査結果が含まれている。またいくつかの水系において水力開発を防止する目的で保護計画も採択されている。

1.4 部門間環境評価

いくつかの国では、持続可能な開発のための一般的な部門間戦略により特定の環境上の問題点について優先順位が定められている。公共政策に EA を適用することは、好ましからざる影響を発生源において回避して、気候変動、酸性雨、生物多様性などの地球全体の問題を処理する上で有用である。こうした手段は部門間協力（例えばエネルギー、輸送、都市開発）の基礎となるものであり、これにより各部門の管轄当局及び省庁の間における作業の重複並びに政策上の矛盾が回避され、よりよい資源管理が可能となる。

1.5 地域環境評価

地域環境評価は、プロジェクトが地域に対し累積的または相互に関連した影響を及ぼす可能性がある場合に特に有用である。この環境評価により、プロジェクト毎に固有な EA 及び／または許認

⁷ 例えば世界銀行が開発した指針には、電力部門における部門別環境評価の基本的な手順が示されており、それらは以下に示す通りである。

- 1) 電力部門における現在の状況を述べる。
- 2) 国の環境制度の枠組を考察する。
- 3) 電力部門の規制の枠組及び計画手順を考察する。
- 4) 計画及び代替の電力部門の戦略を分析する。
- 5) 最適な投資戦略を選択する。
- 6) 電力管轄当局の制度的能力を考察する。
- 7) 住民協議会を開催する。
- 8) (影響緩和、管理、及びモニタリング)行動計画を策定する。

可プロセスにおいて行われるべき相当量の作業を回避することに役立つ地域的枠組が提供される。

土地利用政策は地域環境評価の好例である。土地利用政策の目標は、特定地域の開発のための指針、優先順位、目的を設定することである。この関係において、地域環境評価は天然資源及び生態的、社会経済的な特質に応じて特定地域の評価を行う際の助けとなる。この環境評価によって、調査域内の環境の基準的状态の概要が示される。またその結果は地域全体にとって環境的に持続可能な投資プロジェクトを明確にする総合的な地域開発計画ともなり得る。この環境評価の対象範囲は広いため、累積的影響の可能性を考察することも可能である。

2 水カプロジェクトの計画段階

2.1 説明

プロジェクトの計画段階は、連続的な繰返し作業をしながら、一般的な現況調査やプロジェクト代替案のスクリーニングから詳細なデータ収集や設計作業に、徐々に進行していく。この計画段階には、データ収集調査、プレ・フィージビリティ・スタディー、フィージビリティ・スタディー、プロジェクト許可の各段階が含まれるが、これらの段階は国により異なる。

2.2 データ収集または予備調査⁸

データ収集調査は通常、プロジェクトの計画の第一歩である。データ収集調査の主要な目標は利用可能な水資源を調査し、適当な河川流域における発電プロジェクト⁹の可能性を確認することにある。選定された河川区間はプレ・フィージビリティ・スタディーで検討される。

調査のこの段階ではプロジェクトの主要な要素しか分かっていないが、この段階で環境と移転の費用の予備評価を含む1次費用予測と実施予定計画が作成される。

2.3 プレ・フィージビリティ段階

一般にこの段階における目的は、フィージビリティ段階において徹底的に調査されるべき妥当なプロジェクト代替案を確認することにある。

それ以前の調査で収集された情報は、プレ・フィージビリティ段階の活動の中で様々なサイトと地形についての概略計画案を決める際に役立つ。この段階では特定の河川流域内で可能性のあるプロジェクトを選定するために、いくつかのプロジェクト概略計画を確認することが必要である。

⁸ SEA が適用可能な場合、この過程は SEA 段階において通常行われる調査に代わるものである。SEA が適用されない時にはこうした取り組みは推進者にとって好ましいものである。

⁹ ネパールとノルウェー両国の SEA では、可能性のある電力プロジェクトが確認されている。この確認は政策段階で完了しているため、プロジェクトの計画段階よりも前になされたことになる。

適当なサイトの確認に主として影響するのは、二種類の考慮事項、すなわちサイトの物理的状況と将来の施設の用途目的（水の多目的利用を含む）である。この段階における環境に関する主要な活動は、スコーピングとスクリーニングである。

スクリーニングとスコーピングに関しては、所与のプロジェクトの構成に関連した影響の可能性と併せて、環境上・社会上の問題点が通常確認されるが、こうした活動は通常環境予備評価によって行われる。この調査には、生物物理分野に関する調査だけでなく、必要に応じて移転及び補償計画を含めた人への影響評価も含まれる。こうしたすべての面が、各代替案の費用と実施スケジュールを想定するために用いられる。予備調査の結果に基づき、プレ・フィージビリティ・スタディーでは評価対象の代替案と他の電源選択肢の費用が比較される。この段階の結果として、フィージビリティ・スタディーに進むことの可否について勧告がなされる。

2.4 フィージビリティ段階

プレ・フィージビリティ・スタディーの勧告に基づき、フィージビリティ・スタディーでは主要な四つの構成要素、すなわち技術、財務、経済、及び環境に関する考慮事項が調査対象となる。プロジェクト計画のこの段階では、プロジェクトの許認可に向けた総合的な分析が行われる。

通常フィージビリティ段階の目的は所与のサイトにおけるプロジェクト代替案を調査し、1つの概略計画を勧告することである。水力プロジェクトとしての可否は、技術的実現可能性、経済的実行可能性、環境及び社会的受容性に応じて決定される。

➤ 環境面での可能性

EIS が全面的に実施されるのはこの段階である。この評価では関係する利害関係者との協議に基づいて重大と予想される影響を定め、しかるべき影響緩和策または補償策を立案することを目標としている。また他の関連する公共施設（例えば、送電線、変電所、取付け道路、空港、採石場）の建設工事も通常考慮される。さらに推進者にとって好ましい取り組みは、住民から情報（例えば価値観、関心事、（影響の）範囲など）を得て、それらの情報を可能限り総合することである。影響を最もよく回避することができるのは、許認可前のこの計画段階である。

影響評価結果及び影響緩和のための代替案の考察に続いて、重大な影響を軽減もしくは管理し、好影響を最適化するために、環境管理計画を立案する必要がある。

環境影響評価報告書には、プロジェクト承認文書に盛り込む必要のある環境管理計画、影響緩和策、補償計画、緊急対策、モニタリング計画に関する勧告が提示される。さらに、重要なことは、環境影響評価報告書により勧告されたすべての措置を実行する責任が明確に割当てられることである。

2.5 プロジェクトの許認可

フィージビリティ・スタディーの完了の後、プロジェクトは審査と許認可を行う公共機関に申請される。この段階では、主要プロジェクトの場合、法規制体系に応じて公聴会が頻繁に開催される。審査の過程では追加調査が必要となることもある。実施段階がスタートするのは、プロジェクトが許認可機

関により承認された後である。

3 実施段階

3.1 説明

プロジェクトの実施には、詳細なエンジニアリング、入札、建設の過程が含まれる。

3.2 最終設計と詳細なエンジニアリング

この段階の目的は、プロジェクトの設計を終了させ、入札文書の技術的基礎を提供することにある。

OECD の「開発支援委員会」は、プロジェクトの設計時には承認審査の手続きを設定して、影響緩和、モニタリング、移転、及び補償に関する勧告の完全実施を保証するよう提案している。環境上安全な水力の設計を推進するために、ノルウェーはこうした審査の基準を開発し、これに景観の特徴や様々なプロジェクト構成要素に対する提案を含めている。

3.3 入札及び契約

この実施段階の目的は、契約文書を作成し契約者を選定することにある。この段階では、環境対応に関する条項を契約者への事前資格認定書の中に含めることができる。環境影響緩和策を入札文書並びにエンジニアリングプロセスに組込むことは、必須事項である。契約者は、ISO 14001 の基準または他の EMS (環境管理システム) の取得証明が必要な場合もある。

3.4 建設

建設段階の目標は、許認可において合意し、要求された通りに、プロジェクトの建設を進めることにある。主要な水力プロジェクトの場合は、現地作業、すなわち一般土木工事、送電工事、電気機械設備と関連工事、宿舍、賄い及び類似サービスの契約者や資材供給業者等の多数の関係者を管理する大規模な組織が必要である。管理の側では、管理業務、品質保証、建設と契約管理、エンジニアリング業務、工事と資材の管理、検査、文書作成等の作業がすべて必要となる。こうした主要な活動の結果として一時的及び永続的な影響が生じるので、建設工事のための環境に関する取り組み規定を定めることが望ましい。

建設時の影響を最小化するために開発された手続きには罰則があり、応じない場合は罰金が課される。このようにモニタリング及び審査の活動は、それらが改善・是正活動の確認に役立つので、この段階の環境管理を確実に行う上で極めて重要である。

4 運用段階

4.1 説明

水力プロジェクトの運用段階における目標は、水の多目的利用も含む、既存の技術的、環境的、経済的、社会的な諸制約の中で、生産量を最適化することである。

多くの国では、発電所の運転を自動化、遠方制御化する方向に動いている。水力発電所は時に無人化され、遠隔運転所から制御されることがある。

この段階では、重要な環境管理項目がモニタリングされる。環境モニタリングにより基準や事前の合意事項が確実に遵守され、影響緩和策の成功が確実なものとなる。定期的環境モニタリングと追跡調査が実施される。モニタリング及び審査活動により、計画を時間の経過に伴い修正する必要があるかどうか、その結果が有用な目的に合うか否かが決められる。運用段階では、緊急対策が発電所区域において起り得る事故の対策となる。

この段階における有用な手段は環境管理計画である。この計画には、総合資源管理計画が含まれる。透明かつ明快な規則は、水の公平な利用をすべての利用者に対して保証するものである。環境管理計画は国際的に認められた基準に従い、総合的環境管理システムに組込むことができる。

5 増強改良、再許認可、及び廃止

5.1 増強改良と再許認可

改良と再許認可の主目標は、水力プロジェクト構成要素の耐用年数を延長することである。増強改良プロジェクトには次の2タイプがある。

- ・ 河川水流の変化が必要ないプロジェクト
 - ・ 河川水流を変化させる必要のあるプロジェクト
- (これには下流の流量変化と貯水池内の流動及び／または水位変化が含まれる)

初めのタイプについての環境上の問題点は一般に極めて小さなものである。環境調査はこうした問題点の性質に応じて計画されるが、この影響の対処策に複雑な点は少なく、費用も僅少で済む。ただし2番目のタイプのプロジェクトに関する環境上の問題点は、新規プロジェクトの問題点と同様なものとなる場合もある。

プロジェクトの増強改良は、元のプロジェクトとその運用によって生じる影響の緩和・補償策についての公聴会開催の引き金となることがある。例えば日本では、元のプロジェクトの影響に重大な問題がなければ、更新プロジェクトで予想される影響だけが取り扱われる。元のプロジェクトが残存している負の影響を及ぼしている場合は、元・更新両プロジェクトの影響が、検討対象となる。

再許認可プロセスは、貯水池の様々な水利用（例えば、灌漑、上水供給、リクリエーション、釣り、野生生物保護）の支持者間に大きな論議を引き起すことが多い。流量と水位に関する利害関係者間の交渉による合意事項が、水力発電所の運転条件に影響を与えることがある。

5.2 廃止段階

この段階で意図されることは、サイトを交渉で決められた状態に戻すことである。数十年に及ぶ運用期間を経た貯水池及びその流域は、生態上の新たな平衡状態に達しており、さらにリクリエーション、航行、工業、農業などの人間の活動も営まれている。このような場合、廃止は一般に発電設備は取壊されるが、ダムと貯水池はそのまま残されることが多い。

現地調査では、サイトの生態系の状態がどの程度まで復元できるかを見極めるために、地域住民及び動物群による現在及び潜在的な利用形態を考慮する必要がある。EA 及び／または許認可のプロセスでは、廃止のいくつかの筋書を評価し、それぞれの取壊し作業に伴う一時的影響と残存する影響について評価する必要がある。

➤この段階における微妙な問題点は、誰が何について費用を負担するかを定めることである。

また廃止に着手する前には、失われる出力に置き代わる代替電源について、その影響を水力設備の廃止に伴う影響と比較する目的で、評価することが必要となる。

廃止の決定がなされた後の取壊し作業には、建設や増強改良の段階のものに類似したモニタリング手続きが必要である。実施される自然状態への復元程度に応じて、廃止後の住民の安全を確保するために、取壊されたサイトの定期的な検査が必要となる場合もある。

<環境問題の現状と今後の活動に向けたガイドライン>