

水力発電および 世界のエネルギーの将来

クリーン且つ再生可能エネルギーを世界にもたらすうえでの水力発電の役割



国際水力協会
サットン, サリー
イギリス



IEA水力実施協定
パリ, フランス



カナダ水力協会
オタワ, オンタリオ
カナダ

2000年11月

序 文

水力発電に固有の技術的、経済的および環境上の便益は、世界とりわけ開発途上国において、将来のエネルギーミックスを構築していく上で重要な役割を持っている。これらの開発途上国では、電力および水需要が増加しつづけており、包蔵水力も多く残っている。

開発・発展は否定されることのない基本的な人権のひとつである。エネルギー政策決定者は、例えば温室効果ガスの排出制限などにより最大限まで環境を保護すると同時に、開発途上地域のエネルギー需要を満たすための最も合理的な選択肢を追求する責任を果たさなければならない。

どんな社会資本開発でも、不可避的にある程度の変化を伴う。ダムおよびそれに付随する貯水池や水力発電所の建設は物理的かつ社会的な変化を生み出すが、この中でも近年では悪影響のみに関心が集中している。水力発電がもたらす便益、また環境影響の予測、緩和および補償に関する専門家らの知識や意向は、十分に評価されてきていない。

したがって、本論文は以下について記述する。

- ・ 人口とエネルギー需要が増加する状況の中での今後の水力発電の役割
- ・ 世界における将来的な水力開発の可能性
- ・ 他のエネルギーオプションとの比較における、技術・環境両面の水力発電に固有な便益
- ・ 具体的な環境・社会影響の考察とこれらの影響緩和策の事例紹介
- ・ 将来の水力プロジェクトに向けた優良な（環境対応）事例(Best Practice)活用の勧告
- ・ 水力開発に向けた可能な取組み

この論文から明らかになるように、今日のダムや水力の専門家集団は特定の技術者だけでなく、環境、生態学、生物学、社会科学、経済学などを含む多くの学問の専門家からなるものである。これらの多くの専門家が協同することにより、将来の水力プロジェクトが社会および環境を最大限に配慮して計画・建設・運用されることが保証され得る。

水力発電および世界のエネルギーの将来

クリーン且つ再生可能なエネルギーを世界にもたらすうえでの水力発電の役割

序 論

21世紀に移行するにあたり、世界経済の繁栄はエネルギー消費を記録的なレベルまで押し上げつつあるが、なかでも電力消費の増加速度は全エネルギー供給のそれを上回るものと予想される。現在エネルギーの大半（80%）は火力、すなわち石炭、ガスおよび石油により供給されているが、これらの資源の持続可能性に対する不安が世界的に高まりつつあり、長期的エネルギー戦略におけるこれらのエネルギー源の利用に疑問が投げかけられている。

化石燃料市場の混乱や不安定な価格、存続可能であるのに衰退しつつある原子力エネルギーの現状、および火力発電による顕著な環境影響などの懸念から、再生可能エネルギーの開発など、持続可能エネルギーを重視する政策に移行しつつある。

再生可能エネルギーの技術には、様々なものがある。最近では、再生可能エネルギーを風力エネルギー、太陽光エネルギーまたは地熱エネルギーと結び付けて考えられることが多いが、最大の再生可能エネルギーは、立証された技術、すなわち水力によってもたらされる。水力は、そのエネルギーの源が太陽に由来することから再生可能なのである。太陽は水文サイクルを運行、言い換えれば水を持続的に再生し供給している。水力発電は発電されている全再生可能エネルギーの92%以上を占めており、将来的に最も発展性の高い電源の1つであり続ける。また、水力は発電を最適化するためエネルギーを貯蔵することもできる。

国際水力協会(International Hydropower Association: IHA)、国際エネルギー機関-水力実施協定(the Implementing Agreement on Hydropower Technologies and Programmes of the International Energy Agency: IEA/Hydro)、およびカナダ水力協会(Canadian Hydropower Association: CHA)は、責任ある水力開発を提案する国際的な機関である。これらの機関は、水力発電プロジェクトの立案および開発において合わせてほぼ50年間の経験を持ち、環境問題、社会問題に関わっている世界の主要な専門家の多くが、彼らの技術的な委員会で活動している。

IHAおよびIEA水力実施協定によって編集されたこの論文は、持続可能な方法で運用でき信頼性が高くクリーンな電源としての水力発電の更なる開発に向けた方策を示している。水力発電には独特の便益があり、成長する国際社会において継続的・漸増的な利用が求められている。この論文はCHAによって支持され、国際大ダム会議(International Commission on Large Dams)の専門家の重要メンバーからの情報を盛り込んでいる。

世界のエネルギー情勢

米国エネルギー省のエネルギー情報局(Energy Information Agency)、および世界エネルギー会議(World Energy Council)は、世界の一次エネルギーの消費を定期的にモニターしている。EIAの最新報告書、「世界エネルギー見通し2000 (International Energy Outlook 2000)」は、世界中のすべてのエネルギー源からの一次エネルギー消費の合計は、1997年から2020年の間に60%成長するだろうと予測している。エネルギー消費は21世紀の中頃までには3倍にまで増加しているだろう。

全エネルギー消費における電力の割合を考えた場合、増加はさらに劇的である。「世界エネルギー見通し2000」は、世界の電力消費は2020年には1997年より76%増加して、12,000 TWh (1997) から22,000 TWh (2020) になるだろうと予測している。

2050年までに、世界人口は60億から90億まで50%増加すると予想されている。1人当たりの年間エネルギー消費は、一般に人々の生活水準と相関があり、その水準は経済的、社会的、文化的観点における社会の繁栄度合いを反映している。今日、世界の低開発国に住む22億人の1人当たり年間一次エネルギー消費量は、工業国の住民(13億人)の20分の1であり、電力消費量は35分の1である。

正確な数はともかくとして、世界のエネルギー消費、特に電力消費は、人口増加圧力だけでなく、2050年には70億人(世界人口の78%)になるであろう低開発国の生活水準の向上によっても、今世紀の間に相当増加することは明らかである。

したがって、課題は明らかであり、世界のエネルギー消費の増加は避けられず、化石燃料の燃焼の結果として重大な環境影響や気候変動のリスクがもたらされるに違いない。

開発・発展は基本的な人権であり、エネルギー供給無くして可能な開発はない。これを否定する団体がわずかにあるが。

このような状況において、利用可能なすべてのエネルギー源が必要になるだろうが、環境上の理由から最優先事項は、技術的、経済的、環境的に実現可能であり、水力のようなクリーンで再生可能なエネルギーを開発することである。

米国の公益事業データ研究所(Utility Data Institute)による研究では、今後10年間に新設される全世界の電力設備の規模は、全電源種別合わせて695GWになり、そのうち22%は水力、26%はガス、27%は石炭、残りは種々の電源によるものであろうと予測している。

世界中で技術的に開発可能な包蔵水力の合計、14,000TWh/年のうち約8000TWh/年は現在経済的に開発可能と見積られている。約700GW(あるいは約2600TWh/年)は、建設中の108GWも含めて既に運転中である。残された包蔵水力の大部分は、アフリカ、アジアおよびラテンアメリカにある。

[Hydropower & Dams, World Atlas and Industry Guide, 2000の好意により]

	技術的に開発可能な包蔵水力 (TWh/年)	経済的に開発可能な包蔵水力 (TWh/年)
アフリカ	1750	1000
アジア	6800	3600
北+中央アメリカ	1660	1000
南アメリカ	2665	1600

現在、水力は世界の電力需要の約20%を供給している。水力は65ヶ国においてその国の需要の50%以上、32ヶ国においてその国の需要の80%以上、13ヶ国においては需要量のほぼ100%の電力を供給している。

中国、インド、イラン、トルコなどの多くの国々は大規模な水力開発計画を進めている。また、約80ヶ国において水力プロジェクトが進行中である。Hydropower & Dams, World Atlas and Industry Guideによって実施された最近の世界調査によると、多数の国（例えば、スーダン、ルワンダ、マリ、ベニン、ガーナ、リベリア、ギニア、ミャンマー、ブータン、カンボジア、アルメニア、キルギスタン、キューバ、コスタリカ、ガイアナ等）が水力発電を将来の経済開発の鍵として見なしている。

水力の便益

水力には、他電源には見られない特有の便益がある。これらの便益は電力それ自身に起因するもの、あるいは副次的な便益、多くの場合は関連する貯水池の開発によってもたらされる。

水力の環境上の正味の便益が、化石燃料ベースの発電による便益よりもはるかに優れていることを否定するものは少ないだろう。例えば、1997年の場合、水力は地球上の全ての自動車が排出した温室効果ガスと同量の排出を抑制した(水力により回避された化石燃料発電に換算した場合)と計算されている。

将来の世界の全電力需要をカバーするために、残存包蔵水力全部の開発は望めないが、この包蔵水力の半分だけでも開発が実現すれば膨大な環境上の便益がもたらされることになる。

慎重に計画された水力計画は、なお最大の包蔵水力が存在する開発途上国（アジア、アフリカ、ラテンアメリカ）における生活水準の改善にも、多大な寄与ができる。開発途上国の農村地域の約20億人が未だに電気の供給を受けていない。

クリーンで再生可能なエネルギーの選択肢の中で最も重要な水力は、しばしば多目的水資源開発プロジェクトにおける多くの便益の1つに挙げられる。水力計画は一般的に多目的開発計画に統合されることで、プロジェクトの他の重要な効用をしばしば助長することができる。典型的な例として、ダムと貯水池の建設は、安定的な上水供給、食料生産のための灌漑、洪水調節等人々の快適な生活に関連する便益として、あるいはレクリエーション機会の増加、舟運、漁業や家内工業の発展等のような社会的便益として多くの利益をもたらす。これは、他のどんな電源にも見られない。

排出の回避

今日、一次エネルギー消費の85パーセントが化石燃料(石炭、石油、ガス)あるいは在来燃料(木)であり、大気中に大量の温室効果ガス（燃焼による二酸化炭素および石炭と天然ガスの採取等によるメタン）を排出している。この排出が重大な気候変動に結びついており、水文学的な水循環システム（したがって上水供給や農業および海面上昇）にも影響していることは、国際レベルで十分認識されている。

北米における最近の研究 [Gagnon氏 1999年] は、亜寒帯の生態系における水力プラントのGHG排出率は、化石燃料発電プラントの排出率より典型的に30～60分の1であることを確認している。

また、数々の研究により世界中の経済的に開発可能な包蔵水力のうち半分でも開発されれば、約13%のGHGの排出を回避でき、二酸化硫黄(SO₂)(酸性雨の主要な原因)や窒素酸化物の排出回避の効果も更に大きいことが示されている。水力発電所を建設するための燃料が必要であることを考慮に入れても、石炭火力発電は水力の1000倍のSO₂を排出する。化石燃料から排出される微粒子の影響も、最近特に呼吸器疾患に関係するとして認識されてきており、このタイプの汚染による環境コストの最近の試算では、100-500 US\$/t/年程度と見積られている。[Oud氏 1999年]。

排出についての研究は継続しており、更なる研究、特に熱帯の貯水池に関する研究が必要なことが認識されている。ブラジルの Tucurui におけるケーススタディ、浸水したバイオマスの分解に関する「最悪ケース」(仮定条件:バイオマスの100%が100年間にわたり分解し、バイオマス炭素の20%がメタンとして排出される)を含む、理論的計算が行われた。その結果、最悪のケースの場合でさえ Tucurui での排出量は kWh 当り CO₂ 換算で 213 g、石炭火力発電の場合の5分の1に過ぎなかった。さらに、浸水区域の増加を伴わずに発電能力を2倍にするという現在進行中の Tucurui 発電所の改修計画により、同発電所の kWh 当たりの温室効果ガス排出量は顕著に減少することが分かっている。

他の発電方式との比較

水力と比較して、火力プラントは、設計、承認、建設、投資の回収に要する時間が短い。しかし、火力発電は運用コストが高く、典型的な運転寿命(約25年)が短く、空気、水、土壌の汚染や温室効果ガスの主な発生源である上に、経済的波及効果が小さい。

他の再生可能電源(太陽、風力など)は、特定の状況において水力に加えて貴重な選択肢となる。しかし、それらの開発に多大な努力を払ってもその後数十年間におけるそれらの発電量は多くはなく、またバックアップ電源が必要な断続的な電源であるが故に、水力と同水準のサービスを提供できないという欠点がある。また、水力はライフ・サイクル・コストで評価すると、事実上常に他の全ての発電方式に比べ有利である。

水力による社会および環境影響

すべての社会資本開発は、不可避免的にある程度の変化を生じる。貯水池の湛水を伴うダムや発電所の建設は、ある種の社会的、物理的な変化を引き起こす。国家が発展する権利の保証、プロジェクトによって影響を受ける住民や地域社会の権利の尊重など、複雑な道徳的問題も生じやすい。

ここで重要なことは、影響を回避、緩和、補償するための適切な対策を講じられるように、全ての社会・環境影響を計画の初期段階に調査し予測することである。次節で、水力プロジェクトに係る主な社会面・環境面における懸念事項を概説し、それらに対処するための対策例を示す。

社会面からの考察

他の方式の経済活動と同様に、水力プロジェクトは正・負両方の社会的影響を生じうる。社会的な代償は、主にプロジェクト計画地域の土地利用の変化と貯水池区域の住民の移転に関係している。

貯水池区域からの住民の移転は、地域文化、宗教的信仰、および墓地の浸水に関わる重要な利害関係に結びつく、間違いなく水力の社会面で最も難しい課題である。不本意な移転に対して100%満足できる解決策は決してあり得ないが、問題の扱われ方によっては大きな進展が見られてきている。多くの国は貯水池によって影響を受ける住民の補償と支援のための包括的戦略を策定している。成功の鍵は明らかであり、「開発者と影響を受ける人々の間におけるタイムリーかつ継続的なコミュニケーション、適切な補償と支援および長期的な接触、ならびに移転による混乱をプロジェクトの便益の分配で埋め合わせることを保証するよう努力する」ことである。

多くの事例(中国、インド、ブラジル、ガーナにおけるもの)の増加は、現在の戦略の成功を示しており、事例によっては将来のプロジェクトが学び得る成功例として奨励されている。

水力による移転は重要な意味を持つことがあり適切に扱われなければならないが、これは他の発電方法についても同様でプロジェクトによっては大規模な移転を引き起こす可能性があることを念頭に置いておくべきである。例えば、採炭や加工処理および石炭灰の処分も同様に地域社会の移転を余儀なくさせる。更に、他の発電方式によって多量に排出される温室効果ガスが引き起こす気候変動は、海面上昇につながり次第に大々的な住民の移住を引き起こすことになりかねない。

水力プロジェクトの社会的影響は様々であり、プロジェクトに固有なものでもある。しかしながら、プロジェクトの計画の初期段階に必要な対策を予想し対策を講じることによって、負の影響も地域住民にとって便益となる方向に転換することができ、場合によっては影響そのものを全て回避することもできる。これらの影響を回避・緩和することができない場合は、補償措置を講じることができる。

水力計画の建設期間中(しばしば数年に渡る)には大量の労働者が稼働することがある。そして、アクセス道路は外部の労働者の急激な流入また新しい経済活動の発展を招き、その地域住民が準備に欠けるときの緊張不安を起こすこともある。従って、再定住、持続可能な生計手段、文化への影響、洪水調節などの問題に対処する必要があり、これは地域自治体の代表者とプロジェクト推進者がこれらの問題を認めて取組めば、有効な緩和策を実行することができる。肯定的な面としては、付加的な経済活動が新たな雇用機会を生み出すことが挙げられる。

運用段階では、水力プロジェクトは、地域コミュニティにとって重要な収入源になる可能性がある。アクセス道路の開通、電力の地域利用、貯水池に関連する活動などは、すべて持続的な経済的・社会的発展を促す。計画提案者、関係当局、政治的権力者および地域社会の間に良好な協力関係が必要であることは明らかであり、影響を受けた地域社会に対し便益が長期にわたり差し向けられなければならない。

社会的に受容される水力とは、プロジェクトに関するどのような提案事項でも利害関係者と十分に話し合われ、彼らのニーズに応えられるものでなければならない。そして、プロジェクトが前進するためには交渉を利害関係者ととも成功させなければならない。

社会的観点から見て、水力計画の成否は、社会的配慮が初期段階で計画に組み入れられるかにかかっている。

環境面からの考察

前述のように、水力は長い歴史を持ち、教訓的な経験を得ている。事実、貯水池（の管理者）は、流域における現実の問題に注意を集中しており、世界の一部の水力発電所が環境上の問題を抱えていることは明らかである。今日、専門家集団は対処すべき問題を十分に認識しているし、容認されるバランスを得るための影響緩和に関する専門知識もあり、研究も継続されている。

調査の体系や基準、および住民参加の程度は国によって異なるが、大規模な水力計画をその潜在的影響に関する詳細な調査も行わず、環境影響評価報告書も作成せずに推進することは、今日では実質的に不可能だろう。

IHAの環境アセスメント（EIA）に関するワーキンググループは、影響評価を多くの学問分野にまたがる計画手順の中に組み入れること、並びに地域住民との協議を重要な要素として含めることを強く呼びかけている。また、EIAは提案されたプロジェクトの上流域、下流域両方における正・負の影響を扱うべきである。

堆砂

堆砂は、風化した岩や有機物、化学物質等が河川内を運ばれ貯水池に補足されることにより生じる。時間とともに、これらの堆積物は増加し本来の貯水容量のうち相当な量を占める。さらに、これらが貯水池に溜まることによって、ダム下流域の河状がリフレッシュされなくなってしまう。河川系におけるこのような土壌のリフレッシュ不足は、しばしば水辺の植生の持続可能性や農業のための土地利用の継続性に、負の影響を与える。しかし、汚染物質が下流に移動せずしばしば堆積物中に保持されるので、貯水池の堆砂にはプラスの面もあることに注意すべきである。

大規模なダムや貯水池は多くが運用寿命 100 年として設計されるが、一方で貯水池がはるかに短い期間で堆積問題に直面した事例もある。既設ダムのうち深刻な問題を抱えるのは比較的少数にすぎないが、将来の大ダムの多くは計画段階で予期し適当な対策を講じなければ、堆砂が問題になりそうな地域に位置しがちである。

貯水池へ流入または流れ込み式発電所を通過する平均年間堆砂負荷量を、プロジェクトの構想段階でできるだけ正確に評価することが、適切な対策を講じるために必要と考えられる。また、流域の浸蝕を減らすための努力も必要となる。現在、モデル化技術とモニタリング・システムの改良のための研究が進められているところである。

堆砂対策として、貯水池からの定期的な排砂または浚渫などの措置が数多くとられている。（排砂の成功事例が多くの国々、特に中国で、報告されている。）流れ込み式プロジェクトの場合には、転流工に排砂設備を設置することができる。 [S. Alam, 1999年]。

魚類の保護

水力プロジェクトは様々な意味で魚類と漁業に影響を及ぼしてきた。これらは生息環境の質とその利用しやすさの変化、流況(河川維持流量や ramping)および魚の回遊性の変化などを含む。

初期の建設や貯水中には、その行為により、河川の生息環境は衰退し生産力が失われる一方で、貯水池の生息環境が造り出される。河川の生息域の消失は水産資源の維持に重要な影響を持つこともあり、魚の個体数を維持するための補償計画が重要と考えられる。

多くの水力発電施設は豊水期に貯えた水を頼りに、その年の渇水期の発電に利用している。この自然の河川の豊渇水サイクルに与える変化が、産卵期と孵化期の生息環境の利用性と安定性に影響する可能性がある。すべての生育段階を通して生息域を維持するための適切な発電流量を決定することは、発電所の運転限界を定めるうえで重要なステップである。これらの限界は容易に確認して実施することができる。

貯水池の長期にわたる運用は、貯水池から下流域への栄養素、土砂、砂礫の補充にも影響する。これらの影響による生息域の喪失は川の生産力に影響するが、復元プログラムにより負の影響を埋め合わせることができる。

プロジェクトは通常、利用可能な水を最適に利用するように設計され、規模が決定されるので、自然流量の大部分がタービンを通り、特に回遊期には多くの魚が発電用の水流に入り込むことは当然避けられない。遡河回遊魚の漁業に頼る地域では、ダムが遡上する魚の障壁となり、繁殖サイクルを減少させるため、この問題はさらに複雑になる。

様々な魚のサイズと種類に対して固有のリスクに関する多くの研究が行われてきた。一般的に使用される対策は、取水口にスクリーンを設置することであり、多くの国がこれを法律で義務づけている。1年間のうちの魚が活発に回遊する時期に、より目の細かいスクリーンが設置されることがある。塵芥の蓄積に対処するために、様々な形式の自動除塵式スクリーンが開発されている。魚を取水口から遠ざけ、安全なバイパス水路へ誘導するなど、行動を制御する方法も同様に開発されてきた。これらには:ルーバースクリーン(乱流を発生させる)、気泡カーテン、音響バリア、電気バリア、水中誘導灯などを利用した手法がある[Turnpenny、1999年]。ある特殊なケースでは、自然の繁殖域にアクセスできるよう、魚がダム周辺を機械的に輸送されたりもしている。適切に設計された行動制御システム(例えば、ルーバースクリーンあるいは最新の音響バリア技術)は、特定の種を90%以上除外することができる。しかし、あるダムでは、土地固有の魚に対して大きな影響を与えていることが確認された。

水車の中で発生する魚の損傷メカニズムに関する実験的研究から得られた知識から、近年「魚にやさしい水車」が開発された(回転している水車内の水圧と流速特性をモデル化し、様々なリスク状況の発生確率を推定することができる)。

貯水池とその下流河川の水質変化も魚に関する懸念事項として挙げられる。ダムから放流される水は比較的冷たく、しばしば溶存ガス、ミネラルおよび化学物質の濃度がダムの上流と異なる傾向がある。その結果、場合により、在来の魚は新たな条件に適応できず移住を余儀なくされるか、死滅することになる。しかし、多くの貯水池は魚にとってすばらしい環境を提供し、在来の魚は新た

な拡張された水中生態系の中で育つ。狩猟鳥獣管理当局等が、レクリエーションを目的として、貯水池内および下流に魚をストックしている場合もある。

水質

水質の変化は、河川にダムを設置することによって生じる、避けることのできない結果であり、この影響はしばしばダムの上流と下流の両方で経験される。具体的な影響としては、溶存酸素量の増減、総溶存ガスの増加、栄養塩濃度の変化、水温変化および重金属濃度の変化などが挙げられる。深刻な問題を抱える貯水池は比較的少数であるが、必要な場合は緩和措置を採用することができる。例としては、表層の良質の水を下層水と混合する選択取水設備や、水を酸化させるための自動曝気タービンなどがある。

長期的な水質の問題は、通常、流域の土地利用の変化を反映している。米環境保護庁(Environmental Protection Agency)の支援による最近の研究で、大多数の問題の原因は農業によるものだが、産業廃棄物や都市廃棄物の処理と放出も大きな要因であることが確認された。開発途上国においては、流域での廃棄物処理の欠如が将来の飲料水の確保に大きく影響してくるものと考えられる。

小規模開発vs大規模開発の論議

近年注目され始めた再生可能エネルギーと「グリーン」エネルギーを支援する対策は、しばしば「大規模」水力を対象から除外する。小規模計画は影響が小さいと理解されているからである。

いくつかの組織によりこの課題について研究が行われており、最近、社会的側面に関する活動を行っている IHA ワーキンググループのメンバーによって論文が発表された [Égré, 1999] この論文は、妥当な比較のためには単位出力当たりの影響を比較しなければならない、と指摘している。つまり、単一の大規模水力計画の影響は、同レベルの発電量とサービスを提供する複数の小規模計画の影響を合計したものと比較されなければならない。例えば、同じ貯水容量を確保するために、複数の小規模計画は、合計すると単一の大規模計画より大きな貯水面積を必要とする。とはいえ小型水力は不可欠であり、特に農村地域では電源ミックスの有益な補完手段であることも考えなければならない。

水力計画による影響の性質と規模を支配する最も基本的な要因は、プロジェクトに固有の立地条件であってプロジェクトの規模ではない。また、水系全体について開発を最適化することも重要である。

参考-1

水力の特徴

- ・水力資源（包蔵水力）は、世界中に広く分布している。包蔵水力は、約150カ国に存在し、経済的に開発可能な包蔵水力の約70%が未開発のままである。この大半が開発途上国にある。
- ・水力は成熟した技術であり（1世紀以上の経験）、現代の水力発電所は最も効率の高い（>90%）エネルギー変換プロセスを提供し、これは重要な環境上の便益でもある。
- ・水力のピーク供給力（ピーク発電）は、柔軟性の劣る他電源からのベース供給の最上の利用を可能にしている。これは、特に風力、太陽光において著しい。水力の迅速な対応能力は突然の需要変動への対応を可能にしている。
- ・他電源による大規模な発電方式と比較して、水力は運転経費が最も安くプラント寿命が最長である。土木工事に必要な初期投資がなされれば、発電プラントは比較的安価な保守管理と電気機械設備の定期的な更新（水車ランナーの取替、発電機の巻替 - 場合によっては新しい発電ユニットの増設）により経済的に延命させることが可能である。法定耐用年数40-50年間の典型的な水力プラントは、その倍の運転寿命を送ることができる。
- ・「燃料」（水）は再生可能で、市場の変動の影響を受けない。イランやベネズエラのように豊富な化石燃料を持つ国々でさえも、環境上の利益を認識して、大規模な水力開発を選択している。水力はまた、多くの国にとってエネルギー的な自立を意味する。

電力システムの利点

電源としての水力は、電力システムにとってもユニークな利点を有している。第一に、ダムに大量の水が貯水されていれば、電力需要が生じたときに即座に対応できる。第二に本電源は、需要（変動）に瞬間的に追従することが可能である。これらの利点は、付帯サービスとして知られる多くの便益のうちの一部である。それらの便益には、以下のものがある。

- ・瞬動予備力：電力システムに同期した無負荷運転ができる能力であり、需要が増加したときには、それに応じた増分電力を速やかにシステムに供給することができる。水力は、余分な燃料を消費せずにこのサービスを提供できるので、環境影響は最小限である。
- ・非瞬動予備力：システムから遮断されている状態から電力供給を開始する場合の能力のことであり、水力の迅速な発電開始能力は比類がない。他電源もこの予備力を有するものの、水力が数分間で済むのに対し、他のタービン類では30分、蒸気タービンでは数時間を要する。
- ・周波数調整力：電力システムの刻々の需要変動に対応する能力である。システムが負荷の変化に適切に対応できない場合、その周波数は変動し、電力損失のみならずシステムにつながった電気機器、特にコンピュータシステムにダメージをもたらす可能性がある。水力の迅速な応答特性は、この負荷及び周波数の調整上とりわけ有用である。
- ・電圧維持能力：無効電力の調整力であり、これにより電源から負荷へ確実に電力が流れる。
- ・ブラックスタート能力：外部からの電力供給無しに発電を開始できる能力であり、これによりシステムのオペレーターは、再起動に数時間から数日を要する、より複雑な電源に補助電力を供給することができる。水力を利用できるシステムは、火力発電のみに依存するシステムより速やかにサービスを再開することが可能である。

水力開発に向けての進路

将来のエネルギー生産を検討するにあたり、受けがよい政策は、将来の需要に対して持続可能性と再生可能エネルギーの最大限の利用を強調するような政策である。従って、我々は電源ミックスから、どんな形の再生可能エネルギーも排除することはできない。

我々は、水力が社会および環境に対して重大な正および負の影響を及ぼすことを知っているが、一方ですべての社会資本開発が、特にエネルギー開発においては、様々なレベルの影響を持つことも理解している。

科学者たちは、最近、生物多様性と食料生産の維持にあたり重大な脅威となるのは、地球温暖化であるという認識に達した。しかしながら、ここで問題になるのは、熱汚染による気候変動やその他の環境上の脅威による世界的な影響を緩和するために、社会がどの程度まで水力の地域的影響を受け入れるかということである。

IEA 水力実施協定は最近、5 年に渡って実施してきた水力と環境に関する包括的な研究を完了した。この研究は、水力に関わる実質的にすべての環境影響を分析し、水力開発の問題点を取り扱う一連の説得力のある勧告と、将来の開発のための合理的な解決策を提供するものである。この分析には、自然環境に対する影響はもとより、社会的、文化的、経済的影響についての考察も含んでいる。発電計画に対して様々な考え方ができる中で、著者らは既設発電所と将来のプロジェクトのどちらを考慮する際も、厳格な取組みによって計画を実施する必要性を強調している。

著者らの述べる取組みにおいては、以下の事項を考慮する必要がある。

- ・エネルギー政策の枠組みの必要性
- ・意思決定プロセスの条件
- ・水力計画の代案の比較
- ・水力発電所の環境管理の改善
- ・地域社会との利益の共有

これらの推奨事項は、組み合わせて考慮することにより、水力計画の開発と管理に関するガイドラインの基礎とすることができる。

1. エネルギー政策の枠組みの必要性 国家は、水力、他の再生可能電源および省エネルギーを考慮した全ての発電計画選択肢に関して、合理的な目標を明確に定めるエネルギー政策を策定すべきである。
2. 意思決定プロセス 利害関係者は、予測可能で妥当なスケジュール内で、住民の関心と環境を考慮した公平、確実、かつ効果的な環境評価手続きを確立すべきである。この手続きは、妥当な期間内に最高品質の意思決定を得ることを旨とすべきである。
3. 水力計画の代案の比較 計画立案者は、各計画代案を比較する際に、環境および社会的な基準を適用し、容認できない代案を計画の初期に排除すべきである。
4. 水力発電所の環境管理の改善 プロジェクトの計画及び運用は最適なものとし、プロジェクト運用サイクルを通じて、環境及び社会に関する懸案事項を確実かつ適正に管理するべきである。

5. 地域社会との利益の共有 地域社会は、短期的にも長期的にもプロジェクトから利益を得るべきである。

総括すれば、これら 5 つの勧告は再生可能な水力資源開発に向けての取組みを構成しており、支持されているものである。

要約と結論

世界経済の健全な拡大が続くとき、増加する世界人口は経済エンジンを駆動するための電気をどこから入手し続けるのか、という疑問が残る。新規電力需要の大半は火力電源により供給されるだろうが、新しい資源の開発と供給を考えると、持続可能な再生可能資源の利用に今以上の重点を置くべきである。

水力発電は、将来果たすべき重要な役割を持ち、電気系統全体に大きな利益をもたらす。本論文は、どのような計画においても対処する必要がある水力の社会的、環境的影響に関する電力業界における認識、負の影響を回避または緩和するための専門的知識、ならびに現在進行中の研究について記載した。

世界の残存包蔵水力は、必要な緩和措置と補償措置が講じられるよう、社会的、環境的影響を考慮してプロジェクトを計画するとともに、新しいエネルギーミックスの中で検討されなければならない。言うまでもなく、プロジェクトの影響を受ける住民は、プロジェクトの結果として以前より高い質の生活を享受すべきである。

水力は、太陽光発電や風力発電など他の再生可能電源の更なる研究開発と共に発展していくべきである。エネルギーの効率化、省エネルギー対策についても最適化を目指し促進されるべきであり、貯水池を利用したエネルギーの貯蔵は、その際大きな貢献をするであろう。

どのような開発も変化を伴いある程度の妥協を要するため、ここで重要なのは、適切なバランスが得られるよう、影響を受ける住民の完全な参加の下、計画による利益と影響を計画の十分に早い段階で詳細に評価することである。

開発途上国の 20 億の住民が信頼性のある電力供給を受けていない。水力は、これらの国で予想可能な将来に現実的な規模の再生可能エネルギーを提供することができる。

水力計画の影響は、今日十分に理解されている。どんなプロジェクトにおいても影響を受ける住民に最終的な利益を保証するため、適切な緩和対策と補償対策が検討され、実行されなければならない。このために改善された計画プロセスと良質な意思決定を提供するためのシステムが存在し、これらによって社会的、環境的懸案事項を、経済的、技術的実行可能性の検討の中に確実に含めることができる。水力発電業界は、規制当局、有力財界リーダー、関係利益団体を始めとする利害関係者と協同して、均衡ある合理的な水力発電所の計画、建設および運用を保証する方法を見い出さなければならない。

2000 年 11 月

参考-2

執筆機関について

本論文は、水力開発のあらゆる側面について合わせて 50 年以上の経験を有する下記の組織によって作成された。

国際水力協会

国際水力協会(International Hydropower Association)は、水力の様々な面についての理解を進めると共にベストプラクティスを促進するために、ユネスコのサポートにより設立された、非政府系の多様な学術的、専門的要素を有する協会である。6つの常設委員会を通して、技術的、行政的、社会的、環境的、財政的な課題に取り組んでいる。IHAは、再生可能エネルギーの最も重要な電源である水力が担うことができる、持続可能な開発の役割への認識を促すことを活動目的としている。

電話番号: +44(0)20 8288 1918 Fax番号: +44(0)20-8643 8200 E-mail: iha@hydropower.org

IEA水力実施協定

国際エネルギー機関(IEA)は、経済協力開発機構(OECD)の枠組みの下に1974年11月に設立された自律的な機関である。IEAの本部はパリにあり、OECDのメンバー国30ヶ国のうち25ヶ国がエネルギー協力に関する包括的プログラムに取り組んでいる。その初期には、IEAの業務は石油問題に集中されたが、その後IEAはあらゆるエネルギー問題を取り扱うように業務を拡大した。IEAの重要な目的は、再生エネルギーの拡大展開を促進し、この領域の研究開発で協力することである。実施協定はIEAメンバーのワーキンググループであり、IEAの後援を受けるものの決してIEAを公式に代表するものではない。従って、実施協定のウェブサイトや報告書の中で示された見解は、必ずしもIEAあるいは政府の見解を代弁するものではない。

電話番号: +1 613 745 7553 Fax番号: +1 613 747 0543 E-mail: fkoch@gvsc.on.ca

カナダ水力協会

1998年に創設されたカナダ水力協会(CHA)は、水力産業の利益を代表する国内の商取引協会であり、カナダ国内の既設水力発電所のオーナーの大部分と、水力に関心を持つ機器製造業者、開発業者、エンジニアリング会社、および個人などを交えた30団体以上によって構成される。CHAの任務は、国内の水力業界の責任ある成長と繁栄のためにリーダーシップを発揮することであり、公共政策の策定と決定に積極的な役割を果たしている。また、基本的な活動としては水力がもたらす様々な経済的、社会的および環境的な便益の宣伝が挙げられる。

電話番号: +1 613 751 6655 Fax番号: +1 613 751 4465 Email: pfortin@canhydropower.org