

再生可能エネルギー・エッセンシャルズ：水力発電 (日本語版)

“Copyright © 2010”

OECD/IEA, 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

No reproduction, translation or other use of this publication, or any portion thereof, may be made without prior written permission. Applications should be sent to : rights@iea.org

The Japanese version of Renewable Energy Essentials Hydropower has been translated from its English text which is the official version of this publication” .

“著作権 © 2010”

OECD/IEA, 9 rue de la Fédération, 75739 Paris Cedex 15, France.

複製、翻訳、または、
この出版物またはその一部の使用は、書面による事前の許諾なくしてすることはできません。申請は以下へご連絡ください。 : rights@iea.org

「再生可能エネルギー・エッセンシャルズ：水力発電」の日本語版は、この出版物の公式版であるその英語原本から翻訳されています。

JAPANESE TRANSLATION OF RENEWABLE ENERGY ESSENTIALS HYDROPOWER
© OECD/IEA, 2012

While the IEA is the author of the original English version of this publication, the IEA takes no responsibility for the accuracy or completeness of this translation. This publication has been translated under the sole responsibility of New Energy Foundation.

再生可能エネルギー・エッセンシャルズ：水力発電の日本語翻訳
© OECD/IEA, 2012

国際エネルギー機関は、この出版物のオリジナル英語版の著作者ですが、国際エネルギー機関は、この翻訳の正確性または完全性に関していかなる責任も負いません。
この出版物は、財団法人新エネルギー財団の唯一の責任のもとで翻訳されています。

再生可能エネルギー・エッセンシャルズ： 水力発電

- 水力発電は、現在、再生可能エネルギーの中で最も一般的な形態であり、世界の発電分野において重要な役割を担っている。2008年の世界の水力発電電力量は3,288TWhで、全世界の発電電力量の16%強となっている。また、世界の技術的開発可能包蔵水力量は、16,400TWh/年以上と見積もられている。
- 2050年までにエネルギー起源のCO2排出量50%削減の達成を目標とする「Energy Technology Perspectives 2010(エネルギー技術の展望2010)」(IEA)のブルーシナリオでは、水力により、2050年には最大で6,000TWhまで発電することができると推定されている。
- 水力発電の貯蔵能力と(電力系統への)即応性は、電力需要の急激な変動への対応や、柔軟性に劣る電源および変動する再生可能エネルギー源からの電力供給の調整に特に有用である。
- 水力発電の発電コストはプロジェクトにより大きく異なるが、通常50~100USD/MWhの範囲に入る。既設発電所の増強プロジェクトは、費用効率の高い発電能力の増加に対する良い選択肢となる。
- 水力発電プロジェクトの環境影響および社会的影響については慎重に検討される必要がある。各国は、水資源管理および水力発電開発計画において、他の利水部門と協力し、統合的アプローチをとるべきであり、また、プロジェクトの便益と影響の評価にはフルライフサイクルアプローチをとらなければならない。

市場の状況 水力発電電力量

2008年の世界の水力発電電力量は3,288TWhであり、これは全発電電力量(20,181TWh)の16.3%に相当している。OECD加盟国の水力発電電力量は1,381TWhであり、これは全発電電力量の12.9%を占めており、非OECD加盟国の水力発電電力量は1,906TWhで、全発電電力量の20.1%に相当している。

1990年以降、世界の水力発電電力量は、中国の非常に高い成長により50%増加している(図-1)。

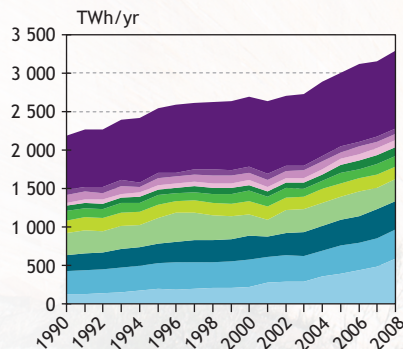


図-1 世界の水力発電電力量の推移(1990~2008年)

Data source: IEA Electricity Information 2010

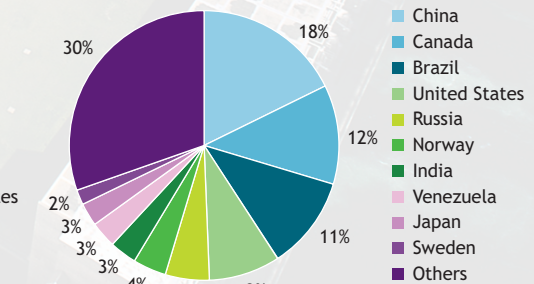


図-2 水力発電電力量の比率(2008年)

Data source: IEA Electricity Information 2010

2008年において、水力発電電力量の多い上位10ヶ国の合計は、世界の水力発電電力量の約2/3を占めている(図-2)。

包蔵水力量

世界の技術的開発可能包蔵水力量は16,400TWh/年以上と見積もられている。この包蔵水力量は均一には分布していない。包蔵水力量の多い5ヶ国(中国、アメリカ、ロシア、ブラジル、カナダ)の包蔵水力量

1. 世界エネルギー会議(WEC)“2007年エネルギー資源調査”:現在の技術の範囲内で開発可能な全自然流量の年間エネルギー量を技術的開発可能包蔵水力量と定義

は約8,360TWh/年、次の5ヶ国(コンゴ、インド、インドネシア、ペルー、タジキスタン)の包蔵水力量は約2,500TWh/年である。これらの上位10ヶ国で、世界の包蔵水力量の約2/3を占めている。

図-3に、世界地域別および包蔵水力量の多い上位5ヶ国の、水力発電電力量と包蔵水力量を示す。図-4に、水力開発率が高く水力発電電力量が30TWh/年以上の国のデータを示す。

世界全体で、包蔵水力の約19%が開発されている。積極的に水力発電を開発してきている国々では、包蔵水力の約60%が利用されているが、多くの他の国々には、まだ大量の未利用包蔵水力がある。

気候変動が水資源に影響をおよぼし、国レベルでは包蔵水力量に顕著な変化をもたらすかもしれないが、これらの変化は世界規模では概ね相殺されるものと予想され、全体の包蔵水力量は実質的には影響を受けない。²

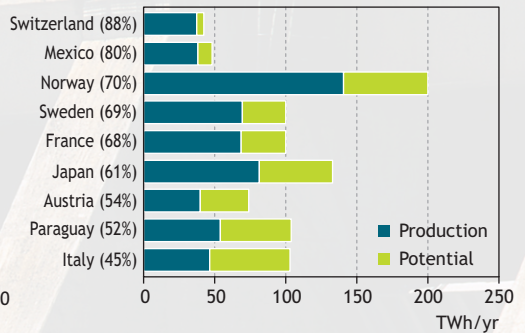
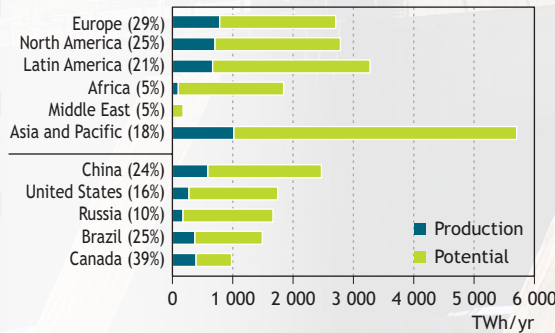


図-3 世界の地域別および包蔵水力量上位5ヶ国の水力開発率

図-4 水力開発率の高い国の水力発電電力量と包蔵水力量(水力発電電力量 \geq 30TWh/年)

Data source: WEC Survey of Energy Resources 2007, IEA Renewables Information 2010 (2008 data)

経済性 投資コスト

OECD加盟国における新規水力開発プロジェクトの建設コストは、通常、大規模水力(>300MW)で200万USD/MW、中小規模水力(<300MW)で200~400万USD/MWである(表-1)。特定のプロジェクトに必要な初期投資は、個々の水力プロジェクトに特有の性質があるため、それぞれ個別に調査されなければならない。投資コストと投資収益率に影響を与えるパラメーターは、10,000MW以上から0.1MW以下と広範囲にわたるプロジェクトの規模、プロジェクトの位置、貯水池の有無と規模、ベース負荷かピーク負荷かあるいはその両方かという発電電力の用途、洪水調節・灌漑・上水道等の発電とならんで期待されるその他の便益が含まれる。プロジェクトの資金調達方法も大きなポイントとなる。多くの既設水力発電所の出力は5~20%向上する可能性がある。そのような改修プロジェクトは、発電所を新設するよりも、技術的・社会的観点から容易であるとともに、より工期が短く、また、より費用効率が低い。

表-1 水力の分類

区分	出力/設備	貯水	発電用途(負荷)	投資コスト(百万USD/MW)
1 小規模	< 10MW	流れ込み	ベース負荷	2 - 4
2 中規模	10 - 100MW	流れ込み	ベース負荷	2 - 3
3 中規模	100 - 300MW	ダム・貯水池	ベース&ピーク負荷	2 - 3
4 大規模	> 300MW	ダム・貯水池	ベース&ピーク負荷	< 2

Data source: IEA Hydropower Implementing Agreement

発電コスト

新設水力発電所の発電コストは、50~100USD/MWhの範囲に入ることが多いものの、ばらつきが大きい。MWh当たりの発電コストは年間発電電力量により決定されるものであり、多くの発電所はピーク負荷や周波数変動に対応するために細心の注意を払って運転されており、このため限界発電コストと電

2. Hamududu and Killingtveit (2010), "Existing Studies of Hydropower and Climate Change: An Overview", Hydropower 10, 6th International Conference on Hydropower, Tromso, Norway

力価値を増大させていることに留意しなければならない。発電コストの大部分は固定資産の減価償却費であり、計画されている発電所の寿命が延びれば発電コストは減少する。50～100年前に建設された多くの水力発電所は、完全に償却が終わっているが、現在も効率よく運転されている。

運転・維持管理コストは新設の中～大規模水力発電所で5～20USD/MWh、小規模水力発電所ではその倍程度であると見積もられる。

発電のための化石燃料利用による気候変動やその他の負の影響は、エネルギー安全保障に関する懸念に加え、増大するエネルギー需要とともに、再生可能エネルギー源の利用拡大を促進している。水力は、これらのニーズを満たすことができる低炭素電力の確立された電源であり、現時点で、再生可能エネルギーからの最大の電力資源である。

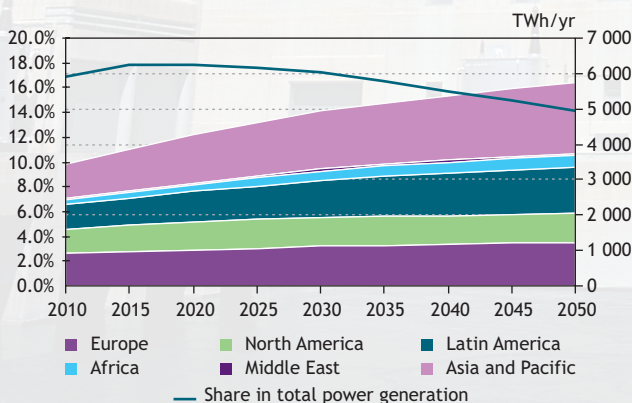
過去20数年間にわたり、水力発電開発プロジェクトに関する決定は、環境・社会的影響に関する論争の影響を受けてきた。これらのプロジェクトの便益および影響の分析は、困難であり多大な時間を必要とするものである。気候変動とエネルギー安全保障の問題へ対処する電力供給ポートフォリオの中での水力発電の役割を決める際に、エネルギー政策決定者は、以下のことを含むあらゆる問題を考慮しなければならない：

- 住民間での経済的公平さを強化すること
- 住民の生命と財産を洪水と旱魃から保護すること
- 水没する土地の収用に関し、住民の権利を保証すること
- 大気・土地・水および生物多様性に関する環境を保護すること

これらの政策目標の一部あるいは全部が競合したり、時には対立したりするため、水力発電に関する主要な決定は、政治的な舞台に持ち込まれやすい。水力発電プロジェクトにより好影響と悪影響の両方を受けるコミュニティの利害や、経済的・社会的・自然環境的な便益と影響は、プロジェクトを開始する前にケースバイケースで慎重に分析される必要がある³

2050年までにエネルギー起源のCO2排出量を50%削減することを目標とする、「Energy Technology Perspective 2010(エネルギー技術の展望2010)」(IEA)のブルーマップシナリオは、2050年に水力発電により5,749TWhを発電できる可能性があることを示している。このシナリオのもとでは、他の発電技術がより速い速度で成長すると、水力発電の全発電電力量に占める割合は2008年の16.3%から2030年に17.3%とわずかに増加するが、その後、2050年には14.1%に減少する(図-5)。水力は世界規模での再生可能電力の主要な供給源であり続け、また、ベース負荷への貢献と、ピーク需要に対応するために必要とされる柔軟性を提供する。

図-5 ETP BLUE Mapシナリオにおける世界の地域別水力開発



Data source: IEA Energy Technology Perspectives 2010.

影響および社会的影響を、計画プロセスの早い段階に調査し、予測することが必要である。これにより、

運転・維持管理コスト

将来の展望 成長の要因

障壁

長期シナリオ

系統関連側面 電力系統安定化に おける水力発電の 役割

水力発電は、ベース需要、ピーク需要またはその両者に対応して電力供給できるように設計される。水力発電の迅速な起動機能は、電力系統の負荷変動への対応に役立っている。

揚水発電では、原子力や石炭火力発電所等の柔軟性に劣る他電源の最適運用ができるよう、ピーク需要に合うように発電が行われる。現在のところ、揚水発電は、電力エネルギー貯蔵の最も大規模で、最も経済的な方法である。一部の既設水力発電所を揚水発電所に改造することができれば、現在の世界の揚水発電容量は10倍に増加させることができる。

持続可能な方法で水力発電プロジェクトを実施するために、すべての環境

環境影響

3. Koch F. H. (ed.) (2002, November), Energy Policy: Special Issues: Hydropower, Society and the Environment in the 21st Century, Vol. 30, No. 14.

環境影響および社会的影響

影響を回避・緩和し、また影響に対する補償をするための適切な措置を取ることが可能となる。IEA水力実施協定は、この分野での先駆的な活動をしてきており、最近「水力発電と環境のための勧告」を改訂した。国際水力協会(IHA)は、水力発電部門における行動指針のための広くサポートされた持続可能評価ツールを提供することを目的とした、「Draft Hydropower Sustainability Assessment Protocol(水力持続可能評価手順(案))」を開発した。

貯水池における炭素収支

1990年代のはじめに、一部の利害関係者から、新しく淡水貯水池を作ることにより引き起こされる炭素収支の悪化の可能性の問題が提起された。この問題は主として貯水池からの二酸化炭素およびメタンの放出に関するもので、特定の貯水池からの“総放出量”を測定するため、多くの試みが行われてきている。プロジェクトが持続可能で、また、二酸化炭素排出削減に実際つながることを保証するために、起こり得る湛水の影響を含めて、フルライフサイクル分析が行われる必要がある。IEA水力実施協定では、最近、ブラジルのリーダーシップのもとで、「Management of the Carbon Balance in Freshwater Reservoirs(淡水貯水池における炭素収支の管理)」の研究を開始した。

水力発電に対する社会的受容

社会的受容という課題は、ここ20年にわたり水力発電の開発にとって最優先事項となっている。開発により最も影響を受ける利害関係者を含む地域住民とは、プロジェクト開発プロセスの一環として、十分に協議を行うことが必要である。

これは水力発電所の資金調達にも影響している。例えば、水力発電への世界銀行の貸出は、環境NGOやその他NGOからの反対が高まったため1999年に最低となった。しかしながら、各国は、水資源管理および水力発電開発計画において、他の水利部門と協力し、統合的アプローチをとるべきであり、また、環境・安全・社会的要因を適切に考慮するべきであるという認識が、高まりつつある。水インフラにおいて、かなりのレベルの投資が、発展途上世界全体にわたり必要であるとの認識が示されているWater Resources Sector Strategy(水資源部門戦略)(2003年承認)を反映して、現在、この分野での世界銀行の貸出は拡大している。

技術の現状と発展 水力発電技術と技術 進歩

水力発電は、流水に由来するエネルギーである。このエネルギーは、川や人工的な設備から得ることができる。ここでは、水が高い位置にある貯水池からトンネルを通過して、またダムから離れて流れ落ちていく。水の流れの中に設置される水車は、その運動エネルギーを抽出して、それを機械的エネルギーに変える。これにより水車を高速で回転させ、機械的エネルギーを電気的エネルギーに変える発電機を駆動する。水力発電の出力は、水量と水が落ちる垂直距離(落差として知られている)により決定される。

水力発電には3つの発電方式がある。

貯水池式発電

貯水池式発電では、ダムにより貯水池に水をため、一般的にダム堤体内に位置する水車・発電機にその水を供給する。

流れ込み式発電

流れ込み式発電は、河川の自然の流れを利用し、堰により流れの連続性を強化することができる。貯水池式も流れ込み式のどちらも、河川・湖・貯水池から水車・発電機を設置した遠く離れた発電所に導水する発電方式とすることができる。

揚水式発電

揚水式発電は2つの貯水池を有する。通常夜間のような低負荷時には、電力は下部貯水池から上部貯水池への揚水を担う。この水は、需要が高く、そのため電力価格が高いときに、発電のために流される。厳密に言えば再生可能エネルギーではないが(揚水を電力に依存しているため)、揚水式発電は、全体的なエネルギー効率の向上に大変役立っている。

水力発電は、十分に実績のある成熟した技術ではあるものの、いぜんとして適用範囲の向上と拡大が行われている。例えば、小出力で低落差のアプリケーションのためのより安価な技術の開発により、より小さな川やより浅い貯水池の開発を可能にしている。落差を必要としないで、川と水路の流水からエネルギーを抽出する、流体力学の技術も開発されつつある。

耐用年数

50~100年前に建設された多くの水力発電所が、今でもまだ運用されている。水力発電は、100年以上の経験に基づく、最も実績があり、効率的で、柔軟性があり、かつ信頼性のある電源である。更新と増強は、水力発電の低コストの電力に寄与する発電所の耐用年数を容易にのばすことができる。

R&D優先事項

機器メーカーは、数値流体力学(CFD)設計、先進製造プロセスと新材料により、より高い効率、信頼性、長寿命化に努めている。R&Dは、自動化、遠隔操作、診断等のITシステムにも向けられている。

4. http://www.ieahydro.org/reports/AnnexXII_Task2_BriefingDocument_March2010.pdf