

## 5.9 水力発電分野

### 5.9.1 水力発電分野の気候リスクの概要・考え方

水力発電は、2014年における世界の発電量の16%（3,894TWh）を占めている。国際エネルギー機関（IEA）によると、気候変動対策の各国での推進に伴い、火力発電所のシェアが減少し、低炭素電源の普及、特に再生可能エネルギーの発電量の増加が予測されている。低炭素電源による発電のうち、水力発電が最も貢献すると予測され、気候変動施策の推進シナリオ別で、2040年には6,891TWh（世界全体の発電量の20%）～5,984TWh（同14%）の発電量を占め、今後水力発電への需要は拡大していくことが予測されている<sup>46</sup>。

気候変動による影響としては、降水パターンや表層水の変化、熱波や干ばつ等の頻度や強度の変化などの水循環に影響を与える気候ハザードが予想され、水力発電事業への負の影響を与える可能性がある<sup>47</sup>。気候変動による降水パターン及び気温変化による水力発電事業への影響は、大別すると①表層水の蒸発、②干ばつによる流出量の減少、③洪水による流出量の増加、④土砂の流入、がある（ADB, 2012）。熱波による世界の水力発電に与える影響のシミュレーション結果<sup>48</sup>によると、今世紀半ば（2040年～2069年）には、水力発電所の86%で顕著な電力供給容量の減少の予測が報告されている。同研究によると、水力発電所で最も影響を受ける地域はオーストラリアで、南アフリカとヨーロッパが続くと予測されている。発電容量の減少は、電気代の高騰や停電の増加といった社会的な影響に繋がる恐れがある。

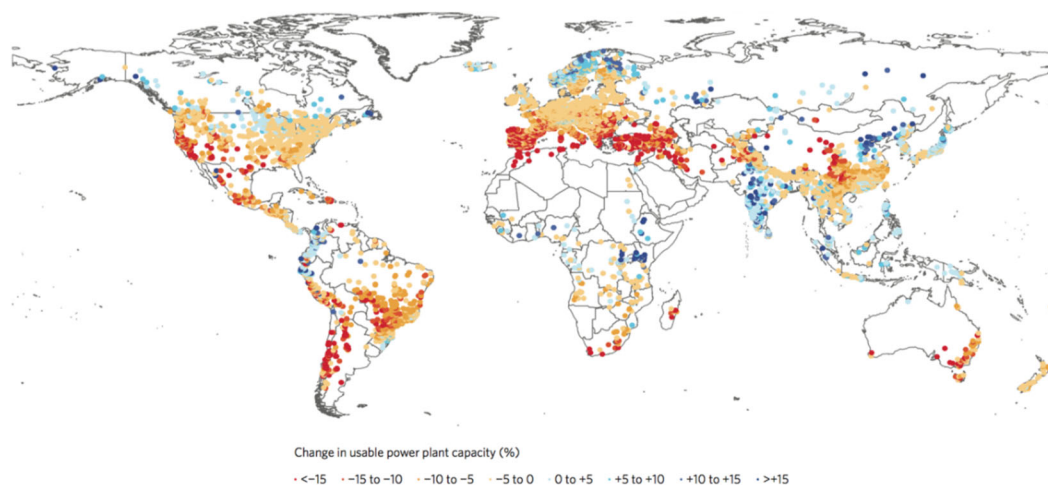


図15 RCP8.5シナリオでの2050年における気候変動及び水資源利用の変化に伴う水力発電所の年間使用可能量の将来予測

（出典：van Vliet et al. (2016)）

水力発電における適応策の一例として、以下のようなものが挙げられる。

- ・ 気候変動影響を含めた水文学的将来予測手法及びその結果を用いた管理運営方法の開発
- ・ 下流の環境及び人間による水利用も含めた流域全体の水資源管理戦略の策定

<sup>46</sup> International Energy Agency (IEA), 2016, "World Energy Outlook 2016"

<sup>47</sup> Asian Development Bank (ADB), 2012, "Climate Risk and Adaptation in the Electric Power Sector"

<sup>48</sup> van Vliet, M. T. H. et al. (2016) Power-generation system vulnerability and adaptation to changes in climate and water resources, Nature Climate Change

- ・ 洪水、浸食、土砂流出、土砂崩れ予防のために水域の上流の土地の管理/改善（植林等含）
- ・ サイトで特定された気候リスクに対する費用対効果の高い設計（新規プラント）及び改修（既存プラント）

水力発電所の耐用年数は 50～100 年と長期間であり、操業や発電に影響を及ぼす将来気象予測を把握し、気候リスクがあると考えられた場合には、早い段階で適応策を検討することが望まれる。

当該分野の JICA 事業における気候リスク評価を行う際の検討の参考として、各要素に関わる項目例を次の表に記載した。ただし、ここに記載した項目全てを網羅する必要はなく、また、限定されるものではない。各事業の特性を踏まえ、検討の視点の参考として適宜活用することを想定している。

## 5.9.2 水力発電分野の気候リスクの構成要素リスト表

表 64 水力発電分野の事業における気候ハザードの例

分類	調査、情報収集する項目の例
気温の変化	年間平均気温
	年最高気温
	年最低気温
熱波・寒波	年間平均気温
	月平均気温
	熱波・寒波の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
降水量の変化	年間降水量
	月間降水量
	降雨パターンの変化
豪雨	年間降水量
	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	年最大 T 日雨量
	年最大 T 時間雨量
台風	発生頻度
	強度（風速）
土砂災害	月間降水量
	日降水量
	時間降水量
	累積降雨量
	土砂災害の発生状況（時期、期間、規模などの統計値）
高潮・高波	高潮・高波の発生状況（時期、規模）
	海面水位の上昇高

表 65 水力発電分野の事業における曝露の例

曝露対象	調査・確認する事項の例	
ハードインフラ	発電等関連施設	施設の整備状況（数量、能力）
		設備等の資産額（評価額など）
		設備の耐用年数
	貯配水等関連施設	貯水容量
		貯水面積
		集水域面積
取水・排水設備の数量、能力		
ソフトインフラ	発電事業の関連組織・人	関連組織の規模（人員数、体制）、役割等
周辺環境	集水域等の周辺環境	植生
		森林面積
		土地利用

表 66 水力発電分野の事業における脆弱性の例

脆弱性を検討する対象		確認・検討する事項の例
ハードインフラ	発電等関連設備	立地場所
		地盤高
		流量の変化に対応した運転維持能力の有無
	貯配水等関連施設	貯水池周辺の地盤、土質、斜面状況
土砂堆積状況		
取水施設の位置、高さ		
ソフトインフラ	発電等設備の維持管理能力	配水管の設置場所
		水資源の供給量変化のモニタリングと分析の実施の有無
		現在及び将来の気候変動に関する気候リスクの情報の入手可否
		貯水量や流量の変化があった場合の対応能力・体制
		設備・施設の維持管理作業実施の有無
	気象予報、気象予測能力	職員の運転管理能力強化の有無
		気候関連データ・災害ハザードの収集や分析能力の有無
	発電事業の関連組織の計画・制度策定能力	人材育成の有無
		土地利用、インフラ設計基準の改訂
		水源涵養・水資源保全地域の設定の有無
		極端気象に対する適応計画の検討・策定状況
		電源構成の多様化
		周辺地域や上流域における陸地保全管理に関する検討・計画の実践（侵食被害を減らすために森林保全の実施等）
周辺環境	気象極端現象に関する早期警報システムの利用可否、及び利用方法。（水の供給／需要量の変動等含）	
	気候リスクに関するモニタリングの実施の有無（気候リスクの把握とモニタリング）	
周辺環境	集水域等の周辺環境	水源林・流域全体の水資源量の変化への対応力
		流域全体の水資源管理の実施可否

表 67 水力発電分野の事業における気候リスクの例

気候リスクを受ける対象		気候リスクの例
ハードインフラ	発電等関連設備	洪水や氷河湖決壊洪水によるインフラ設備への損傷・損壊
		発電能力を十分に発揮できる稼働日数の減少
	貯配水等関連施設	干ばつや豪雨等による貯水池への流入量の変化の強度増加
		貯水池の使用可能期間、施設寿命の減少
ソフトインフラ	事業運営	土壌浸食による貯水池への土砂流入量の増加
		エネルギー発電当たりのコストの増加（運転、保守、資本コストなど含）（例;平均\$ 49-110 / MWh）
周辺環境	下流域	水量の変化による水力発電所の下流域における生態系の劣化・損失
		ダムからの越水の発生（放水路からの通水頻度）

表 68 水力発電分野の事業における適応策の例

適応策の対象		適応策の例
ハードインフラ	発電等関連設備	予測される流量に適したタービンの数とタイプへの変更
		ダムの嵩上げ等の再開発
	貯配水等関連施設	ダムの堆砂の排除によるダム機能維持
		貯水池の建設または増強
		洪水吐高率の変更及び追加的な洪水吐クレストの導入
ソフトインフラ	運営・計画	より強固なダムやインフラ設備の設計、整備
		気候変動リスクの投資設計計画への導入
		BCP プランの策定
		複数のダムを連結するダム群連携
周辺環境	下流域	異なる気候変動シナリオ下での発電のモデリング能力の強化
		気候変動影響を考慮した水文学的予測手法と適応策の管理運営規則開発

		下流域の環境及び社会環境（人の水利用状況）を考慮した流域全体の水利用管理戦略を策定する
		水力発電所の耐用年数(寿命)の間の気候変動予測シナリオの幅を分析
		降水量や河川流量の変化を考慮した貯水池管理計画によるエネルギー出力向上の検討
	設計	将来の気候ハザードをふまえた設置場所の選定、設計
		流入量が増えると予測される場合、ダム貯水位を上げる、更に上流部に小さなダムを建設する（ダム群の容量の再編）
		氷河融解によるダムへの流入量増加を考慮した設計を行う
	行政機関の役割	気候関連データ・災害情報の収集
		設備・施設維持管理の実施強化
		職員の維持管理能力強化
		維持管理および人材育成の予算措置
システム開発	気候ハザードの将来的な激化を踏まえた①土地利用計画の変更（発電所・変電所・送電施設を建てない）、②インフラ設計基準の改訂	
	ダム操作方法の高度化による利水容量・治水容量の有効活用	
	大雨時に継続的な操業を続ける為の、汚水除去システムの開発	
周辺環境	周辺環境の改善	洪水・土壌浸食・土砂の沈殿・土砂崩れを減らすための上流域の自然環境回復・改善・管理の実施（植林含む）