

極端気象に対する水力発電と地域産業の脆弱性分析：富山県における実証研究

信州大学・経法学部 楊潔

1. 研究背景・目的

富山県は、立山連峰を源流とする急峻な河川と豊富な水資源を活用し、水力発電を基盤とした電源構造を形成してきた。その結果、安価で安定的な電力供給が実現され、化学、金属製品、生産用機械、非鉄金属などの電力多消費型産業が集積し、日本海側屈指の工業県として発展してきた。しかし近年、気候変動の進行に伴い、豪雨の激甚化、少雪化、渇水頻度の増加といった極端気象の変化が顕在化しており、水力発電の安定稼働および地域産業基盤への影響が懸念されている。水力発電は太陽光や風力と比べ安定的とされてきたが、降水パターンの変化により稼働制約を受ける事例が国内外で報告されている。また、中山間地域に立地する水力発電では、土砂摩耗や堆砂といった特有のリスクが存在する。特に豪雨の頻度増加は土砂流入リスクを高め、土砂の管理や除却費用の増大を通じて水力発電の経済性に影響を及ぼす可能性がある。

図1に示すように、富山県では水力発電量が総発電量の6割以上を占めており、極端気象による発電変動は電力価格、調達構造、さらには投資判断に影響を与える可能性がある。これらの変動は、県内産業の競争力や企業誘致戦略にも波及するリスクがある。本研究は、富山県における極端気象が水力発電量と地域産業活動に与える影響と、それらの脆弱性を軽減する要因を定量的に分析することを目的とする。これにより、気候変動に適応可能なエネルギー基盤と持続的な地域産業の構築に向けた有益な知見を提供することを目指す。

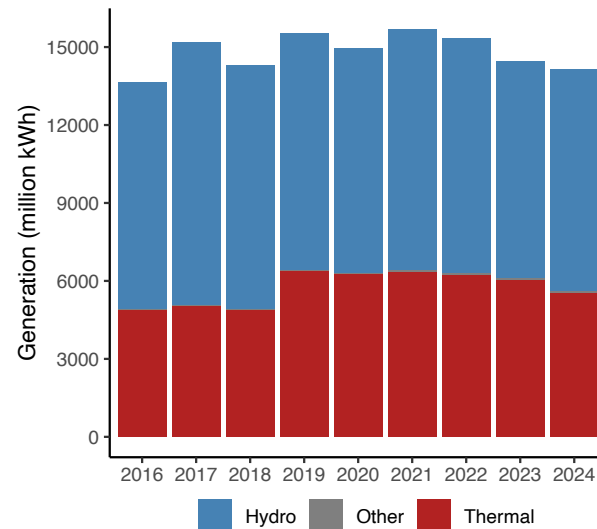


図1. 電源別発電量の推移

2. データの考察・研究手法

本研究は、統計分析に基づく定量評価とフィールド調査を通じて、富山県の中・大規模水力発電が直面する気候脆弱性を検討する。具体的には、気象、流量、水力発電および地域産業の関連データを収集・整理し、①極端気象の特定、②水力発電への影響評価、

③地域産業への波及影響の評価、または④地域脆弱性及び適応要因の分析を中心に研究を進める。

2.1. 水力発電関連データ

富山県水力発電所に関する基本情報を電力土木技術協会が公開する水力発電所データベース及び水力発電所位置検索データベースより収集した。県内7水系流域に合計125箇所の水力発電所が存在し、事業者、水系名、発電形式・方式、最大使用水量などの情報を整理した。そのうち、出力10,000kW以上の中・大規模発電所は約41%を占める。発電方式別では、流れ込み式が71箇所、調整池・貯水池式が50箇所である。流れ込み式は貯水機能を持たないため、降水量や流量の短期変動に直接的な影響を受ける。少雪や渇水は即時的な出力低下を引き起こす可能性があり、豪雨時には濁水や土砂流入により取水停止を余儀なくされる。したがって、分析においては月次降水量、積雪指数、流量変動幅を主要説明変数とする短期弾力性モデルの適用が妥当である。調整池式や貯水池は一定の水量調整機能を持つため、短期変動への耐性は相対的に高いが、累積降水量や融雪量の長期トレンド変化に影響を受けることがある。また、豪雨による堆砂や水車摩耗の長期的リスクが存在する。極端値分析や長期トレンド分析を組み合わせることでその影響を推計することが可能である。

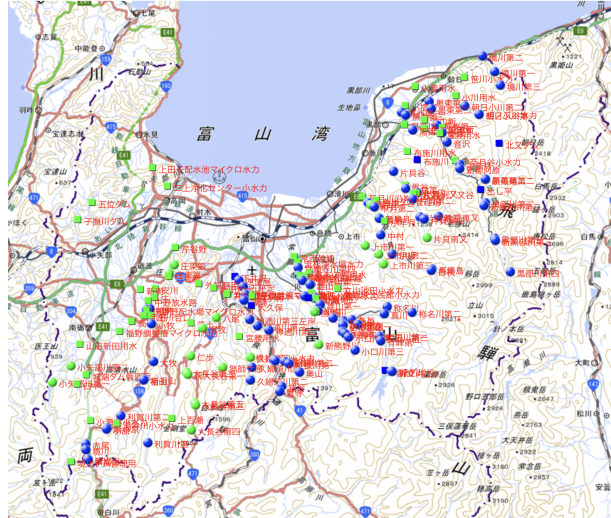


図2. 富山県水力発電所マップ

出所：水力発電所位置検索データベース

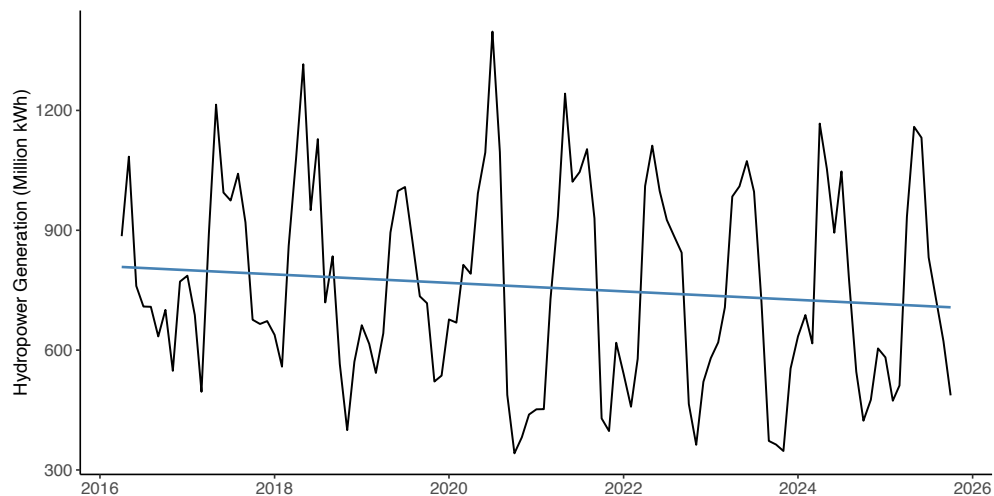


図3. 水力発電月別発電量の推移

発電所個別の流況や発電データの入手が困難であるため、資源エネルギー庁の電力調査統計より過去 10 年度分の富山県月別水力発電量データを収集・整理した。図 3 に示すとおり、県内水力の月平均発電量は季節間変動が大きく、長期的には低下傾向も確認された。今後は、上記の短期的および長期的気象・流況データなどを用いてその低下要因を分析し、極端気象の影響について検討する。また、事業者別の発電実績データも公開されているが、これは全国ベースのデータであるため、ロバストネス・チェックとして計量分析モデルに組み込む予定である。来年度からは、富山県内の主な事業者（北陸電力、関西電力、富山県企業局）へのヒアリング調査を実施し、発電実績や運用上の課題に関する情報を収集する予定である。

2.2. 電力消費・産業経済データ

水力発電の変動が地域経済に与える影響を把握するため、電力消費データを用いて脆弱性の高い産業部門を確認した。資源エネルギー庁が提供する各県エネルギー消費のデータを利用し、2023 年の富山県における電力消費構造を図 4 に示した。その結果、製造業が全体の 44%を占め、最大の電力消費部門であることが確認された。特に鉄鋼・非鉄・金属製品製造業（16%）および化学工業（9%）は電力多消費型産業であり、水力発電供給の変動はこれ

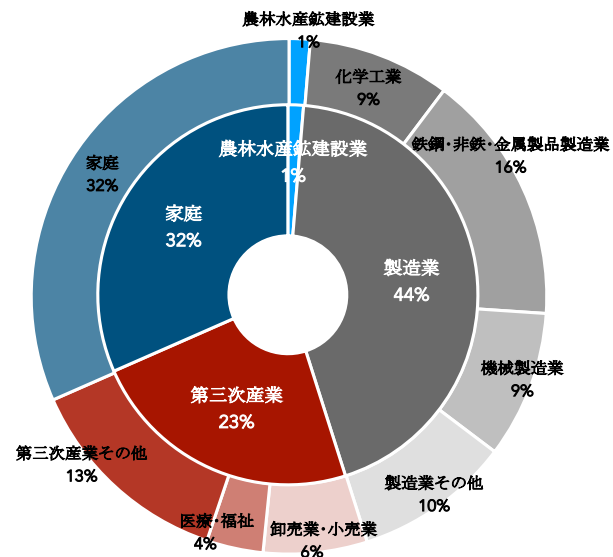


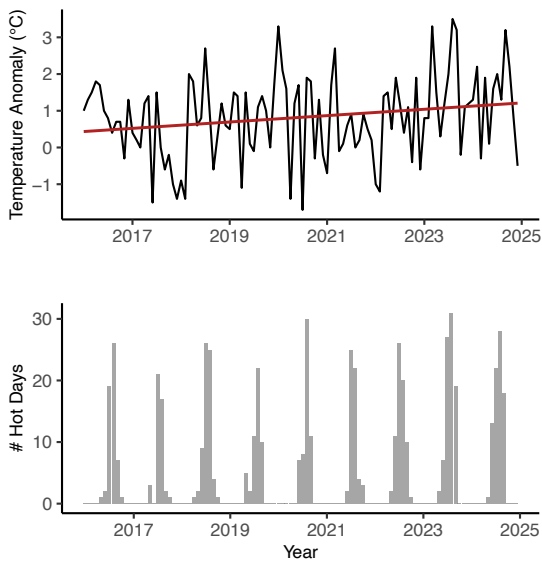
図 4. 2023 年富山県電力消費構造

らの産業活動に直接的な影響を及ぼす可能性が高い。水力発電は降水量や積雪量に依存するため、気候変動による水資源変動は発電量の不安定化をもたらす可能性がある。その場合、最も脆弱性が高いのは電力依存度の高い製造業部門であると考えられる。2019 年の富山県生産動態統計報告書によると、これらの産業部門は富山地域、高岡・射水地域、砺波地域における主な産業であり、水力発電を通じた影響を受ける可能性がある。一方で、家庭部門（32%）および医療福祉部門（4%）は社会的影響の観点から重要であり、供給不安は生活基盤や公共サービスに波及する可能性がある。さらに、地域産業の事業所数、従業者数、製造品出荷額などの生産データを用いて来年度の分析では産業立地の変化や地域間での産業移転の可能性についても検討する予定である。これらの経済データを水力発電データ、気象データなどと統合し、地域産業の脆弱性評価を行う。

2.3. 気象・流量データ

2.1.で説明したように、本研究では気象の短期変動と長期トレンド指標の双方を利用して統計分析を行う。発電量のデータに合わせて気象庁から 2016 年から 2024 年までの県内各観測地点における月別降水量、降雪量、気温、風速、湿度などの関連指標を収集した。平均値だけでなく、過去 30 年平均からの偏差や極端値を超える日数についても整理し、これらに基づいて富山市の平均気温と降水量に関する過去 30 年平均からの偏差と極端気象の発生状況を図 5 に示した。図 5 A では気温の上昇傾向が確認され、年ごとの変動はあるものの、2019 年以降最高気温 30℃以上の日数が 20 日を超える年が複数見られ、猛暑日の発生頻度が増加していることが示されている。また、図 5 B では降水偏差の年変動が大きい一方で、近年は渇水年が増加傾向にあり、連続豪雨の発生頻度の上昇も確認される。富山県では、異常気象の発生が水力発電の安定供給に対する主要なリスク要因となる可能性が高いことが考えられる。さらに、各水系の水位・流量データを気象データと統合して、要因分析を行うことでその影響を識別する予定である。

A. Temperature



B. Precipitation

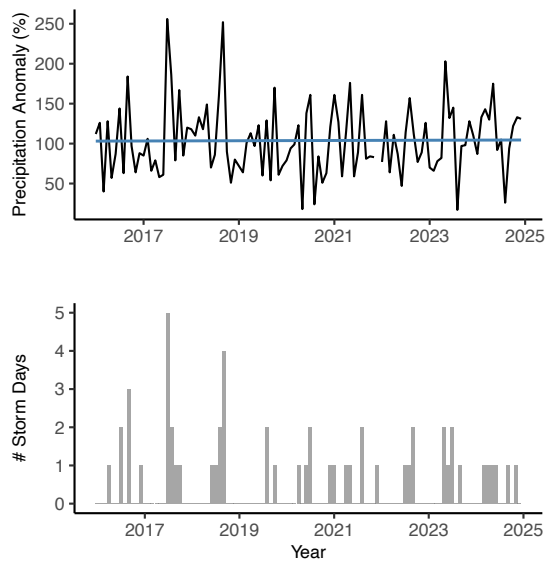


図 5. 平均気温・降水量の推移（富山市）

3. ヒアリング調査

3.1. 2026 年 2 月 6 日 長野県企業局専門家へのヒアリング調査

気候変動が水力発電に与える影響、特に雪解け時期の早期化や豪雨の増加といった事象が発電オペレーションに及ぼす影響を把握するため、長野県企業局の専門家に対してヒアリング調査を実施した。長期的な流量・降水量データと現場での実感を踏まえ、近年観測される傾向についてグラフを用いて説明いただいた。具体的には、雪解けが 2～3 月に早まり、従来主な水源であった 4 月の流入量が減少する傾向が指摘された。夏の集

中豪雨により、最大使用水量を超える突発的な出水が増え、発電に利用できないまま流さざるを得ない水量が増加していることが挙げられた。さらに、気候変動の直接的な影響ではなく、二次的な影響として山地荒廃に伴う土砂流出問題の深刻化が指摘された。これは発電量低下という形で直接的に事業運営に支障をきたしており、大きな課題となっていることが分かった。

3.2. 2026年2月26日 富山大学研究者へのヒアリング調査

国土交通省の水文水質データベース等の公的データを起点とした時系列解析の実施可能性、黒部第四ダムの集水域を対象とした過去研究（タンクモデル）に基づく方法論について富山大学の研究者とヒアリング調査を実施した。併せて発電量と流量の連動、季節的アロケーションのシフトによる需給ミスマッチ、堆砂・事前放流による利水損失とコスト増加といった課題についても意見交換を行った。今後は県レベルの発電量データでマクロ的な傾向を把握しつつ、電力事業者へのヒアリングによって公開データでは得られない実務情報（運用判断基準、メンテナンスコスト、利水制約）を補完する方向性が整理された。

4. 今後の展望・分析課題

- 来年度は、現在整備したデータセットを用いて初期分析を行う。具体的には、極端気象が水力発電への影響推計、地域産業への波及効果の定量化分析を進める。また、ヒアリング調査で得られた土砂流出に関する課題について関連データや情報を収集し、極端気象の間接影響として分析に取り組む。
- 今後のフィールド調査では、電力事業者や発電所へのヒアリング調査を実施し、より詳細な流量データや発電実績データ、発電量以外の運営関連データなどの経済情報の入手可能性を確認する。また、発電方式別の影響メカニズムをさらに明確化するための情報収集を行う。
- また来年度は、分析結果について国内外の学会や研究会での発表及び情報交換を予定している。

謝辞

本研究は本年度より日本海学グループ支援事業のご支援を受けて開始した。当初予定していた有料データは公開データの利用により購入が不要となり、データ購入費は発生しなかった。その結果、今年度の助成金の一部を返納することとなった。本年度の実施を通じて有益な知見を得ることができたが、今後の分析においてはなお課題が残されている。来年度も引き続きご支援いただければ幸いである。本年度のご支援に心より御礼申し上げる。