

研究指導 石光 真 教授

既設ダムのかさ上げによる水力発電発展の可能性

森合 翔平

1. はじめに

2011年の東日本大震災以降、原子力発電所の稼働停止を受けて、安定した電力供給のためにLNG火力発電の焚き増しを行った[5]。そのため、化石燃料の海外依存度が89%の日本は、輸入代金が貿易赤字を生んでいる[5]。また、その影響を受けた電気料金は、2010年度と比べて2014年度には、家庭向けの電気料金は約25%、産業向けの電気料金は約39%上昇した[5]。

このような現状の日本では、再生可能エネルギーの更なる導入が求められる。しかし、太陽光や風力発電は、天候に依存しているため不安定である。一方水力発電は、渇水の問題を除き、安定供給性に優れたエネルギー源である。

しかし、日本での大規模な水力発電の開発は、環境破壊や山村に大きな犠牲を強いるため困難である。また、中小水力発電については開発余地があるものの、開発地点の奥地化や出力の小規模化、高コスト構造などの課題がある。このような現状の日本にとって、既存ダムを有効活用することが望ましい。その一つの方法として既存ダムのかさ上げ¹がある[3]。既存ダムのかさ上げを行うことで、ダムの機能の強化やコスト削減等を図ることができる。

2. ダムについて

2.1. ダムの役割と目的²

ダムの役割は、大きく治水と利水に分けられる。治水には、洪水調整や不特定利水・河川維持用水の目的があり、利水には、かんがい用水や上水道用水、工業用水、発電の目的がある。また、消流雪用水の目的をもつダムもある。さらに、治水や利水に加えて、

堤体³やダム湖を利用したレクリエーションを提供するダムもある。

2.2. 専用ダムと多目的ダム²

専用ダムとは、治水や利水のうち、どれかひとつの目的のために造られたダムのことである。多目的ダムとは、治水と利水の両方の目的をもつダムのことである。同じダムでも異なる運用をしている。

3. かさ上げについて

3.1. かさ上げとは

かさ上げとは、ダムの堤高⁴を高くすることである[2]。かさ上げの方法は2つある。1つ目は、既存ダムの堤の上にコンクリートを積み増す方法である。2つ目は、既存ダムの下流側にもうひとつまわり大きいダムを造る方法である。どちらの方法を選ぶかは、ダムや渓谷の状況によって変わる。

既存ダムのかさ上げのメリットは、既存ストックの有効活用、新規ダムの開発と比較して、コスト削減や環境破壊、山村の犠牲が少ないことである。デメリットは、ダムの竣工まで長い時間がかかることである。

3.2. かさ上げの事例

夕張シューパロダムのかさ上げの事例を表1に示す。表1から、堤高を約1.5倍にすることで、貯水容量は約5倍、最大出力は約2倍になることがわかる。

表1:夕張シューパロダム

	かさ上げ前	かさ上げ後
堤高	67.5m	110.6m
貯水容量	8,700万m ³	4億2700万m ³
最大出力	14,700kW	28,470kW

¹ 「かさ上げ」については後ほど 3.1. で説明する。

² [16]を参考に記述。

³ ダムの本体のことを示す。

⁴ ダムの高さのことを示す。

4. 砂防堰堤について

4.1. 砂防堰堤とは

砂防堰堤とは、土石流などから流れ出る有害な土砂を受け止め、貯まった土砂を少しずつ流すことにより下流に流れる土砂の量を調整する施設のことである[9]。

土砂が砂防堰堤にたまることで川の勾配が緩やかになり、川底や河岸が削られていくのを防ぐとともに、土石流の破壊力を弱める。また、両岸の山裾を固定し、山の斜面の崩れを防ぐ働きもある。

4.2. 既存の砂防堰堤を活用した発電の方式

既存の砂防堰堤を活用した発電の方式が2つある。1つ目は、既存の砂防堰堤落差方式である。砂防堰堤落差方式とは砂防堰堤とその直下に位置する発電施設との落差を利用して発電する方式である[8]。2つ目は、導水路方式である。導水路方式は、砂防堰堤本堤や副堤から、取水し、導水路にて下流まで導水することで、その間の勾配から得られる落差を利用して発電する方式である[8]。この方式では、比較的输出の高い発電が期待できる。

4.3. 既存の砂防堰堤を活用した小水力発電事例

既存の砂防堰堤を活用した小水力発電の砂防堰堤落差方式の事例を表2に、導水路方式の事例を表3に示す。表2、表3から、既存の砂防堰堤を活用した発電は、市町村の自家消費目的で実施されていることがわかる。また、発電された電力は、公共施設や電力会社へ売買していることがわかる。

表2:砂防堰堤落差方式の事例

自治体名	長野市
既存砂防堰堤名	浅川砂防堰堤
堰堤高	25.0m
最大出力	6.7kW(一般家庭約2世帯分)
事業費	2,470万円
電力供給先	長岡市大岡小・中学校へ供給 夜間・長期休暇等余剰電力は 電力会社への売電

5 水力発電に際して変化する河川下流の流量を、自然のものと状態にもどすために発電所の下流に設けた貯水池のことを示す。

表3:導水路方式の事例

自治体名	奈良県下北山村
既存砂防堰堤名	小又川砂防堰堤
堰堤高	14.0m
最大出力	98kW(一般家庭約33世帯分)
事業費	3億2900万円
電力供給先	村営下北山スポーツ公園

5. 先行研究

竹村(2016)は、100年後、200年後を見据えた水力発電モデルとして、

- ① 発電に注目した既存ダム⁵の運用変更
 - ② 既存ダムのかさ上げによる電力増強
 - ③ 砂防堰堤での発電
 - ④ 逆調整池⁵ダム建設によるピーク電源への対応
- の4つを提言した。

以上の先行研究では、将来の水力発電のモデルが示されてはいたが、既存ダムのかさ上げによる電力増強にかかる費用や、それによる便益が示されていないかった。

6. 研究目的と新規性

本研究の目的は、既存ダムのかさ上げによる費用と便益を数値化し、費用便益比を求め、それと既存の砂防堰堤を活用した小水力発電、太陽光発電、風力発電の費用便益比を比較することで、既存ダムのかさ上げによる水力発電発展の可能性を明らかにすることである。この点が先行研究に対する本研究の新規性である。

7. 分析方法と結果

7.1. サンプル

分析対象は、かさ上げを行ったダムのうち、発電の目的をもっているダムとする。サンプルを収集する際に、日本ダム協会のダム便覧を用いて抽出した。その結果、サンプルは6基となった。

7.2. 分析方法

分析に用いる際の指標は、費用便益比(Cost Benefit Ratio, B/C)である。費用便益比は、事業に要した費用の総計に対する事業から発生した便益の総計の比率であり、その値が1以上であれば、総便益が総費用より大きいことから、その事業は妥当なものとして評価される[7]。

分析方法の手順は、以下の通りである。まず、便益はかさ上げが行われたダム年間発電量を計算し、その値に買取価格⁶を掛けて算出する。次に、費用は総事業費のうち、発電の負担割合を掛けて算出する。算出した便益及び費用は、現在価値化した後に便益を費用で割り、費用便益比を算出する。そして、算出した比率と、同様に算出した既存の砂防堰堤を活用した小水力発電、太陽光発電、風力発電の比率を比較し、効率性の客観的な評価をする。

年間発電量と費用便益比の式は以下のとおりである。

$$\text{年間発電量(kWh)} = \text{発電出力(kW)} \times 24\text{時間} \times 365\text{日} \times \text{設備利用率}$$

$$B/C = \{ B_0 + B_1/(1+r) + B_2/(1+r)^2 + \dots + B_n/(1+r)^n \} / \{ C_0 + C_1/(1+r) + C_2/(1+r)^2 + \dots + C_n/(1+r)^n \}$$

7.3. 結果

はじめに、既存ダムのかさ上げの費用便益比の結果を述べる。表4は、既存ダムのかさ上げの費用便益比の結果を示している。いずれのダムにおいても4.86、13.75、7.94など、比率が1を大きく上回っており、非常に高い結果となった。

次に、既存ダムのかさ上げにおける費用便益比と既存砂防堰堤を活用した小水力発電、太陽光発電、風力発電の費用便益比と比較した結果を述べる。

まず、表5は既存砂防堰堤を活用した小水力発電の費用便益比の結果を示している。滝沢川2号砂防堰堤は、非常に低い比率となった。他3つの堰堤は、1を超える比率もあるが、1未満の比率が多くあるため、

よい結果とはいえない。

次に、表6は太陽光発電の費用便益比、表7は風力発電の費用便益比の結果を述べる。風力発電の比率はどれも2以上であるため、高い結果となった。しかし太陽光発電の比率は、1.02、1.15、1.04と、さほど高くない。

以上の結果を比較すると、既存ダムのかさ上げにおける費用便益比は、他の発電の費用便益比よりも非常に高い比率であることがわかる。つまり、既存ダムのかさ上げは、効率性がよいと評価できる。

表4:既存ダムのかさ上げの費用便益比

割引率	1%	2%	3%	4%	5%
胆沢ダム	10.00	8.13	6.72	5.57	4.86
新桂沢ダム	28.44	23.02	19.04	16.05	13.75
新丸山ダム	16.42	13.30	10.10	9.27	7.94
津軽ダム	27.29	22.10	18.27	15.40	13.20
夕張シューパロダム	23.26	18.83	15.57	13.12	11.15
長井ダム	9.29	7.52	6.22	5.24	4.49

表5:既存砂防堰堤を活用した小水力発電の費用便益比

割引率	1%	2%	3%	4%	5%
滝沢川2号砂防堰堤	0.17	0.14	0.12	0.10	0.08
浅刈砂防堰堤	1.44	1.17	0.96	0.81	0.70
小又川砂防堰堤	1.58	1.28	1.06	0.89	0.76
鯛生砂防堰堤	2.06	1.67	1.38	1.16	1.00

表6:太陽光発電の費用便益比

割引率	1%	2%	3%	4%	5%
ユース六ヶ所ソーラーパーク	1.42	1.30	1.19	1.10	1.02
大分ソーラーパワー	1.60	1.47	1.35	1.24	1.15
木曾岬干拓地メガソーラー	1.44	1.32	1.12	1.11	1.04

表7:風力発電の費用便益比

割引率	1%	2%	3%	4%	5%
新青山高原風力発電所	3.12	2.86	2.62	2.42	2.24
新出雲風力発電所	3.04	2.79	2.56	2.30	2.18
郡山布引高原風力発電所	3.86	3.54	3.25	3.10	2.77

⁶ 電気を一定期間電気事業者が買い取る時の国が定めた価格のことを示す。

⁷ 将来の価値を一定の割引率を使って現在地点まで割り戻した価値のことを示す。

8. 結論と課題

本研究の目的は、既存ダムのかさ上げによる水力発電発展の可能性を明らかにすることであった。分析の結果、費用便益比において既存ダムのかさ上げは効果的であり、他の発電と比較しても費用便益比が非常によいと認められ、水力発電発展の可能性はありと結論づけられる。

最後に今後の課題を提示する。第一に、買取価格の変動を考慮する必要がある。本研究の分析では、平成29年度の買取価格が一定という仮定で計算を行った。しかし、買取価格は年々低下しているため、そのことを考慮したうえで分析する必要がある。第二に、維持管理費を考慮する必要がある。本研究の分析は、総事業費のみで分析を行った。しかし、発電をしていくうえで維持管理費がかかるため、それを考慮して分析する必要がある。これらの課題を考慮し分析することで、さらに正確な費用便益比を算出することができるだろう。

9. 参考文献

- [1] 一般財団法人 ダム工学会 近畿・中部ワーキンググループ『ダムの科学 知られざる超巨大建造物の秘密に迫る』ソフトバンク クリエイティブ株式会社 (2012)
- [2] 竹村公太郎『水力発電が日本を救う 今あるダムで年間2兆円超の電力を増やせる』東洋経済新報社 (2016)
- [3] 経済産業省 エネルギー庁「買取価格・期間」
www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html
- [4] 経済産業省 エネルギー庁「再生可能エネルギー導入の意義と各電源の特徴」
www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/004/pdf/004_05.pdf
- [5] 経済産業省 エネルギー庁「日本のエネルギー 2017」
www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2017.pdf
- [6] 経済産業省 エネルギー庁「エネルギー白書 2017」
www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2017pdf/

[7] 国土交通省委員会調査室 山田宏「公共事業における費用便益分析の役割」

www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rippou_chousa/backnumber/2006pdf/2006062909.pdf

[8] 国土交通省 砂防部 保全課「既設砂防堰堤を活用した小水力発電ガイドライン(案)」

www.mlit.go.jp/river/sabo/seisaku/sabo_shosui.pdf

[9] 国土交通省 中部地方整備局「新丸山ダム建設事業」

www.cbr.mlit.go.jp/kikaku/jigyuu/data/pdf/h2701_shiryuu09.pdf

[10] 国土交通省 東北地方整備局「胆沢ダム建設事業」

www.thr.mlit.go.jp/bumon/b00097/k00360/h13jhyouka/2301hpsiryuu/siryuu230106.pdf

[11] 国土交通省 東北地方整備局「津軽ダム建設事業」

www.thr.mlit.go.jp/aomori/river/related/i_seibi/12/pdf/5.pdf

[12] 国土交通省 東北地方整備局「長井ダム建設事業」

www.thr.mlit.go.jp/yamagata/river/kihonhousin/no13/siryuu01/02.pdf

[13] 国土交通省 北海道開発局「幾春別川総合開発事業」

www.hkd.mlit.go.jp/ky/ki/chousei/ud49g7000000pd2r-att/h260707_2_2_1.pdf

[14] 国土交通省 北海道整備局「夕張シューパロダム建設事業」

www.hkd.mlit.go.jp/ky/ki/chousei/ud49g7000000n8xu-att/h250711_3_2_1.pdf

[15] 日本ダム協会「ダム便覧 2017」「再開発一覧」

http://damnet.or.jp/cgi-bin/binranA/Saikaihatu.cgi

[16] 萩原雅紀監修『ダム大百科』実業之日本社 (2017)

[17] Electrical Japan

agora.ex.nii.ac.jp/earthquake/201103-eastjapan/energy/electrical-japan/