

4.2 既設ダムにおける小水力発電に関する研究

研究年度：令和元年度

研究分野：ダムの改造・再開発に関する調査研究

調査研究名：既設ダムにおける小水力発電に関する研究

研究者：川崎秀明*、長野航兵

【要約】

ダムが持つ再生可能エネルギーについては、地域の自然・社会環境と調和し、純国産のクリーンエネルギーとして有効活用することが、近年の地球温暖化や持続可能な社会形成の観点から求められている。既設ダムでの小水力発電は、発電規模が小さいので、事業の採算性の確保が特に重要な課題になる。本研究では、水力開発検討対象地点を抽出し、概略検討を行って小水力発電開発の可能性を調査した。また、事業計画における留意点や採算性確保に寄与できる補助金制度についても調査、整理した。

【キーワード】

水力開発、小水力発電、従属発電、コンクリートダム、補助金制度

【背景・目的】

ダムが持つ再生可能エネルギーについては、地域の自然・社会環境と調和し、純国産のクリーンエネルギーとして有効活用することが、近年の地球温暖化や持続可能な社会形成の観点から求められている。また、ダム管理者にとっては、ダムの従属発電による売電収入により、維持管理費の低減を図ることもできる。本研究では、既設ダムに従属する小水力発電について、開発の可能性検討と採算性確保に寄与できる補助金制度について調査・検討を行った

【研究経緯】

令和元年度（本報告）：研究開始

【令和元年度の研究内容】

（1）水力開発検討対象地点の選定

対象とする地点では、6基の水道用ダムが存在している。ダムの高さは22.7～46.0mで、流域面積は1.69～6.46km²となっている。この6基のダムについて、水力利用の着眼点である落差と流量に関する情報を整理して発電利用の優劣を比較した（表-1）に示す。これより、いずれのダムも水力エネルギーの規模はさほど大きくはないが、使用水量と落差の面から相対的に発電に有利な地点としてCダムとEダムが挙げられる。これらの2箇所のダムの直下には量水井が設置されており、ダムの貯水面と量水井の水面の間の落差を利用した小水力発電の利用が考えられることから開発検討対象地点とする。

さらに、Eダムについては、現在、取水された用水は浄水場に送水されているが、将来は浄水場の統廃合によってH浄水場が廃止され、Eダムからの用水はダム直下の量水井を経て、G取水場の量水井に

新たな水圧管で直結される計画である。Eダム直下の量水井とG量水井の間の標高差は約100mであり、上述した発電利用に比べてさらに大きな規模の水力利用が可能であり、水力開発検討対象地点として取り上げる（表-2）。

表-1 ダムの水力利用の優劣比較

項目		Aダム	Bダム	Cダム	Dダム	Eダム	Fダム	
貯水位（EL）	常時満水位	106.62	174.51	158.00	246.26	288.19	32.00	
	制限水位	—	—	—	—	286.00	—	
	最低水位	88.52	157.81	133.00	219.26	260.39	18.00	
直下の開放水面（EL）	名称	調整池	量水井	量水井	量水井	量水井	浄水場	
	HWL	99.30	157.87	128.96	217.83	252.00	不明	
	LWL	—	155.97	127.15	215.59	250.00	不明	
	中間値	99.30	156.92	128.06	216.71	251.00	不明	
計画取水量	m ³ /日	6,300	2,700	12,600	5,700	13,300	不明	
流域面積	km ²	4.5	3.33	5.77	4.53	6.46	1.69	
発電諸元	総落差	m	7.32	17.59	29.95	29.55	37.19	不明
	使用水量	m ³ /s	0.0729	0.0313	0.1458	0.0660	0.1539	不明
	出力規模※	kW	4	4	30	13	39	不明
発電利用からみた優位性の評価		△	△	○	△	○	×	

※出力規模=9.8×使用水量×総落差×総合効率（0.7と仮定）

表-2 G取水場地点における小水力発電利用

Eダム量水井水面標高（EL）	中間値	m	251
G量水井水面標高（EL）	中間値	m	152.2
発電諸元	総落差	m	98.8
	使用水量	m ³ /s	0.1539
	出力規模※	kW	104

※出力規模=9.8×使用水量×総落差×総合効率（0.7と仮定）

（2）水力開発検討対象地点の特徴

（1）で示した水力開発検討対象地点の特徴を以下に述べる。また、比較表を表-3に示す。

① Cダム地点

i 取水設備

Cダムは頂部越流型で洪水吐きゲートはない。ダムからの取水設備として3段の固定式選択取水設備が設置されており、取水口には5cm程度のメッシュスクリーンが取り付けられている。取水口からダム直下流の量水井まで水圧管が設置されている。管の外径は40cm以上で管内流速が小さいためにこの管路によるエネルギー損失は大きくないと考えられる。管材の耐圧性能は5.5k仕様で、水圧管の下流部に小水力発電を設置した場合にも水撃圧に耐えられる強度を有している。河川維持流量の放流は特に行ってないが、堤体内の地山湧水と選択取水設備の水質検査用水がダムの直下流に常時放流されている。

ii 流量制御設備

量水井手前にある管理用建物の地下室に、塵芥除去のためのストレーナ、流量計、流量制御バルブ、ドレーン弁が設置されている。これまでに塵芥によるストレーナが目詰まりなどの目立ったトラブルは生じていない。発電所の設置場所としては、流量制御設備の上流側、または管理用建物の地下が考えられる。管理用建物の地下室への入り口は、狭い階段と搬入用のハッチがあるが、ハッチは幅が1.2m程度で小さい。土木工事を少なくするために水力発電設備をこの地下室に設置する場合には、設備の空間配置と搬入方法などについての検討が必要である。なお、発電所がトリップなどで停止した場合には、速やかに水道水の送水を再開する必要があるが、送水停止の許容時間は1時間が限界である。

iii 量水井

流量制御設備を経た用水は管理用建物に隣接する量水井に管路で導かれている。ここで、分派堰により水道用水と農業用水に分流される。

② Eダム地点

i 取水設備

Eダムは、建設中に下流域で水害が発生したことを踏まえて洪水調節容量が設けられている多目的ダムである。このために5/1~9/30の間は常時満水位から2m下がりの制限水位が設定されており、2門のラジアルゲートが設置されている。治水関連設備の管理・運用は河川管理者が実施している。取水設備として3段の固定式選択取水設備が設置されており、取水口には5cm程度のメッシュスクリーンが取り付けられている。取水口からダム直下流の量水井ま

で水圧管が設置されている。当ダムの水圧管はCダムに比べて建設年代が新しいために7.5k仕様である。管路によるエネルギー損失の面、小水力発電を設置した場合の水撃圧への強度面でも問題はないものと推定される。河川維持流量の放流は行われていない。

ii 流量制御設備

量水井手前にあるコンクリート製のピット内に、塵芥除去のためのストレーナ、減圧バルブ、流量計、流量制御バルブが設置されている。これまでに塵芥によるストレーナが目詰まりなどの目立ったトラブルは生じていない。発電所の設置場所としては、流量制御設備の上流側、または流量制御設備のピット部が考えられる。ピットへの入り口は、資材搬入用のハッチがあるが、ハッチは幅が1.2m程度で小さい。土木工事を少なくするために水力発電設備をこの地下部分に設置する場合には、設備の空間配置と搬入方法等についての検討が必要である。なお、発電所がトリップなどで停止した場合には、速やかに水道水の送水を再開する必要があるが、送水停止の許容時間は1時間が限界である。

iii 量水井

流量制御設備を経た用水は管理用建物に隣接する量水井に管路で導かれている。ここで、分派堰により水道用水と農業用水に分流される。

③ G取水場地点

i G取水場の現在の設備

G取水場は、取水堰によって河川から取水を行った後、隣接した量水井を経てH浄水場に水道用水を送水している。

ii G取水場の将来構想

将来は浄水場の統廃合によってH浄水場が廃止される予定になっている。このために、Eダムで取水された用水は、将来はH浄水場を経由することなく、直接G取水場の量水井に新たな水圧管で送水されることになる。Eダム直下の量水井とG取水場の量水井間の標高差は約100mあり、この落差とEダムからの水道用水を発電に利用すると約100kWの小水力発電を開発できる可能性がある。発電所を設置する位置としては、量水井の直上流部が考えられ、新たな水圧管の計画と一体的に設備計画を検討する必要がある。

iii 周辺環境

G取水場の周辺には民家が存在しており、道路も狭い状況である。発電による民家への騒音対策、工事用の道路利用についての理解の取得が必要と考えられる。

表-3 水力開発検討対象地点の特徴・課題

小水力開発検討対象地点		Cダム貯水池～Cダム量水井	Eダム貯水池～Eダム量水井	Eダム量水井～G量水井	
現地状況					
		管理用建物地下室の 流量制御装置	コンクリート製ピット内の 流量制御装置	G取水場量水井付近	
発電規模	取水位 (EL)	常時満水位	158.00	288.19	251.00
	直下の開放水面 (EL)	中間値	128.05	251.00	152.20
	総落差	m	29.95	37.19	98.80
	計画取水量	m ³ /日	12,600	13,300	13,300
	発電使用水量	m ³ /s	0.146	0.154	0.154
	発電出力	kW	30	39	104
	水車の種類	(参考)	S型チューブまたはフランス	同左	ベルトン
特徴・課題等	発電設備の 設置位置・配置スペース等	<ul style="list-style-type: none"> ・設置位置は、流量制御設備が設置されている管理建物地下室またはその上流側の空き地 ・地下室に設置する場合は、既設配管の上部になる。水理条件を満たす水車発電機が搬入・設置可能か、また既設のストレーナ等のメンテナンス空間の具体的な検討が必要 ・地上部には十分な工事用のスペースがある 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置位置は、流量制御設備が設置されているコンクリートピット部またはその上流側の空き地 ・コンクリートピット部に設置する場合は配管の上部になる。水理条件を満たす水車発電機が搬入・設置可能か、また既設のストレーナ等のメンテナンス空間の具体的な検討が必要 ・地上部には十分な工事用のスペースがある 	<ul style="list-style-type: none"> ・設置位置は量水井の上流側の空き地 ・地形的に配置スペースは十分であり、管路更新工事と一体的に検討する必要がある 	
	その他の確認事項	<ul style="list-style-type: none"> ・Cダムの貯水位の年間変動状況 ・Cダム種類流量の日内及び年間の変動状況 ・既存設備の設計諸元・設備状況 	<ul style="list-style-type: none"> ・Eダムの貯水位の年間変動状況 ・Eダムの放流量 ・Eダム種類流量の日内及び年間の変動状況 ・既存設備の設計諸元・設備状況 	<ul style="list-style-type: none"> ・Eダムの貯水位の年間変動状況 ・Eダムの放流量 ・Eダム種類流量の日内及び年間の変動状況 ・計画設備の設計諸元・設備状況 	
	共通事項	<ul style="list-style-type: none"> ・小規模な発電であることから、採算性を確保するためには関係分野の熟練者による合理的な開発計画の検討が不可欠 ・発電所の建設時および運用後の取水停止条件について確認が必要 ・民間による開発を行うためには、設備の利用・管理についてのルール明確化が必要 			

表-4 アメダスの過去十年の年間降水量

(3) 対象地点の気象データ

水力開発の検討においては、対象地点での降雨等の気象データやダムへの流入量、貯水位等の水理データが不可欠である。本研究では、公開情報であるアメダスの気象データを整理したEダム地点での結果のみ表-4、5に示す。なお、Eダムの流域は、アメダス地点からやや離れた場所に位置するために、アメダス地点とダム流域地点の月降水量を平年値と比較した。その結果、両者の降水量および各月の降雨傾向には大きな差はなかったことを確認しており、アメダスの気象データを用いて分析することで問題ないと思われる。

年	年間降水量	日最大降雨量
2009	2092.5	170.5
2010	1973.5	<u>87.5</u>
2011	1993.5	164.0
2012	2104.5	157.5
2013	2021.5	145.0
2014	2222.5	179.0
2015	2142.5	132.5
2016	<u>2765.5</u>	<u>266.5</u>
2017	<u>1607.5</u>	149.0
2018	1988.0	231.5

表-5 アメダスの月別降水量

() 内の数値は月初めと月末の流量の単純平均値

2008年度降水量記録 (mm)			2018年度	月間降水量の 平年値	
月	検討地点 月間降水量	検討地点 日最大雨量	検討地点 月間降水量	検討 地点	ダム 流域
4	122	45	104	155	186
5	251	102	179	190	213
6	434	146	294	325	361
7	76	31	503 日最大 231	347	360
8	204	48	111	206	213
9	138	49	252	202	222
10	44	21	79	87	89
11	53	15	71	93	95
12	113	69	93	59	64
1	101	19	30	68	78
2	117	30	68	84	94
3	110	36	96	132	159
年間平均	139mm/月	51mm/日	157mm/月	163mm	178mm
備考	年間降水量 1,663mm *2008年3月の 降水量: 157mm	6月に激しい 降雨あり	年間降水量 1,879mm *3/28の現地 の河川流量は 非常に少ない	年間 降水量 1,958mm	年間 降水量 2,134mm

① 降水量の年間変動

アメダスデータによる月間降水量の平年値（未掲載）を見ると、検討地点では6月と7月に大きな降水が発生し、12月から2月にかけて降水が非常に少なくなる特徴がある。2018年度の月間降水量の記録を見ると、1月から3月は特に降水が少なかったことが分かる。

② 検討地点の降雨の特徴

年降水量は1607mm～2765mm、日最大降雨量は87 mm～266mmで大きく変動している。さらに1947年以降の過去の長期間の記録によれば、年間降水量の最小は1994年の1079mm、最大は1957年の2907mm、日最大降雨量も1995年の344mmや1990年の322mmなど、大雨と渇水の大きな変動が生じている。ダムの活用にあたっては、このような自然の激しい変化を踏まえて、治水、利水、エネルギー、環境、地域 の課題に総合的に取り組む必要がある と考えられる。

(4) 水道施設の小水力発電利用における留意点

水道施設を利用した小水力発電を行う上での留意点を整理して以下に示す。

① 電気事業法上の主任技術者の要件

主任技術者の選任について下図のように定められている（表-6）。

表-6 主任技術者の選任要件⁽¹⁾

電気工作物の分類	出力等条件	保安規程届出	主任技術者選任		工事計画届出
			電気	ダム水路	
事業用電気工作物	ダムを伴う 又は最大出力200kW以上 又は最大使用水量1m ³ /s以上	要	要	要	要
	ダムを伴うものを除き かつ最大出力20kW～200kW未満 かつ最大使用水量1m ³ /s未満	要	要	不要	不要
一般用電気工作物	上水道施設、下水道施設、工業用水道施設の落差を利用する水力発電設備 かつ敷地外にダムや水路が存在しないもの	要	要	不要	不要
	ダムを伴うものを除き かつ最大出力20kW未満 かつ最大使用水量1m ³ /s未満	不要	不要	不要	不要

② 河川法上の水利使用許可手続き

発電所の設置場所ごとに水利使用に必要な許可手続きが定められている（図-1）。

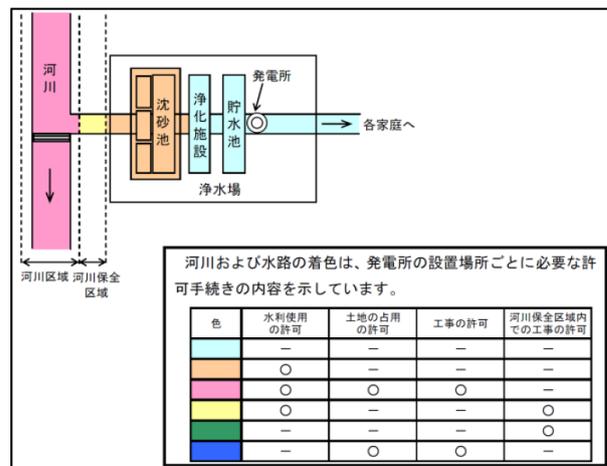


図-1 上水道施設における発電所設置場所ごとの許可手続き⁽²⁾

③ 水道施設を利用した水力発電計画の留意点

水道施設を利用した発電計画特有の留意点を以下に示す。発電に使用する用水が浄水前の原水か、浄水後の水道水かで留意すべき点が異なることがある。

i 発電所の使用水量の将来変化

通水量の決定権が水道事業者にあることが多い。特に、浄水後の水道水を利用する場合は完全従属発電になり、人口減少等により水道水の需要が減少した場合は発電量の減少を余儀なくされることがある。

ii 水車型式の適用性

水道施設に管路の水圧を利用する場合に、圧

力管路に設置する場合とそうでない場合で適用可能な水車の型式が異なる。前者の場合は、フランス水車やプロペラ水車等、後者の場合はクロスフロー水車やペルトン水車等が適用可能となる。また、有効落差や使用水量が大きく変動する場合はそれを踏まえた水車の選定が不可欠である。

iii 水力発電の事業性と地域貢献

水道施設の小水力発電は、既存の管路や建物などを流用することから、土木建築工事を節減できるメリットがある。その一方で、非常に小規模になることが多く、事業の採算性が大きな課題である。このために合理的な設計を徹底するとともに極力地元の工事店等を利用して建設・保守を低廉なコストで行う必要がある。地元企業に技術移転して取り組んでいる事例が出てきており、小水力発電を地元へ貢献するように総合的に計画する必要がある。

iv 断水の条件

発電所の建設時の配管の接続工事や負荷遮断試験時、さらに完成後の雷などによる発電停止時に一時的に水道用水の停止が必要になる。発電停止の制約条件が厳しい場合は建設費が大きく上昇するので注意が必要である。

v 浄水前の原水を利用する発電所

水道施設を利用した水力発電は小規模で水車が小さいことから、原水に塵芥が含まれる場合は発電が不能になることがある。このために、ストレーナを設置することがあるが有効落差が減少することに留意が必要である。

vi 浄水後の水道水を利用する発電所

浄水後の水道水は市民の飲み水であるため、漏油対策への要求とともに配管、バルブ等の材

質、塗料等に特段の対策が必要になる。

(5) 水力発電事業の調査検討のための補助金制度

申請が可能と考えられる国の補助金制度として、表-7に示す新エネルギー財団の「水力発電事業性評価等支援事業（地方公共団体）」、国土交通省政策局社会資本整備政策課の「先導的官民連携支援事業【事業手法検討支援型】」、および経済産業省資源エネルギー庁原子力立地政策室の「エネルギー構造高度化・転換理解促進事業」が挙げられる。それぞれの制度の特徴を踏まえて応募に関する検討を行う必要がある。

【結果とりまとめ】

- 本年度の研究の結果、以下の成果が得られた。
- ①水理条件および現地調査により、発電諸元や候補地点の特徴を整理し、小水力開発の可能性のある地点を選定できた。
- ②水力開発の検討における留意点や補助金制度について整理した。

【今後の課題】

- 今後の課題として、以下のことが考えられる。
- ①検討地点の具体的な設備設計による費用対効果の精査
- ②取水設備の更新工事との同時実施や浄水場への導水時の減圧設備としての評価等、水道事業全体での事業性、経済性の評価

【参考文献】

- (1) 資源エネルギー庁 HP: 電気事業法における「ダム」の取扱いについて、平成 24 年 11 月より
- (2) 国土交通省 小水力発電を行うための水利使用の登録申請ガイドブック、平成 25 年 12 月より

表-7 水力発電事業の調査検討のための国の補助金制度

補助金の名称	概要	対象者	支援内容	対象となる再生可能エネルギー等の種類	予算額	事業年数	問い合わせ先	FIT制度との併用	評価
水力発電事業性評価等支援事業(地方公共団体)	地方公共団体が行う地域の水力発電有望地点の調査・設計等の実施及び当該地点の開発又はコンセッション方式によるPFI事業で発電を行う者の公募に要する経費のうち公募用資料作成に係る費用を補助する	地方公共団体	補助金額:補助対象経費の10/10以内 上限額:原則として5,000万円/年とし、かつ、1発電所当たりの補助金の上限額は1,000万円/年とする	中小水力発電(1地点あたり20kW以上10,000kW以下) ※都道府県は5地点以上、市町村は2地点以上の調査公募を実施すること	2.13億円(民間事業者等向けとの合計)	原則単年度。ただし、単年度で事業完了が困難である事業については、最大3年まで複数年度事業として申請可能	一般財団法人新エネルギー財団(NEF) http://www.nef.or.jp/ TEL:03-6810-0364/ FAX:03-3982-5101	可能	補助事業の内容(公募資料作成のための事務費もふくめ、佐世保市の案件に合致している)
先導的官民連携支援事業【事業手法検討支援型】	地方公共団体に対し、官民連携事業の案件形成を促進することを目的とする	地方公共団体等(公共施設等の管理者である地方公共団体または、公共施設等の整備等を行う独立行政法人、公営法人)	補助金額20百万円まで ※補助対象経費は、調査や検討を依頼する経費(委託費)	特に記述なし(官民連携事業の可能性検討のため)	2.65億円	単年度	国土交通省総合政策局社会資本整備政策課 電話直通:03-5253-8981 ファックス:03-5253-1548	とくに記載なし(官民連携事業の可能性検討のため)	補助内容は調査費のみ(公共施設等を官民連携で活用する事業の案件形成を対象)
エネルギー構造高度化・転換理解促進事業	エネルギー構造の高度化等に向けた地域住民等の理解促進に資する事業を支援することにより、内外の経済的社会的環境に応じた安定的かつ適切なエネルギーの高給構造の構築を図ることを目的とする	次の①から③のいずれかの条件を満たす自治体 ①原子力発電施設がその区域内に立地する道県 ②原子力発電施設がその区域内に立地する市町村 ③原子力発電施設を取り巻く環境変化の影響を受ける自治体(原子力発電施設から概ね半径30kmの区域を含む市町村、及び当該市町村が属する都道府県)	定額補助(10/10)とし、①事業当たりの上限額は以下の通り <地域理解促進事業> ・エネルギーの構造高度化等に向けたビジョン策定事業:1億円 ・地域の理解を促進するための説明会、勉強会、研究会、見学会、イベント等の実施事業:5千万円 ・再生可能エネルギーなどエネルギー構造高度化等に資する調査・研究事業:2億円 ・再生可能エネルギーなどエネルギー構造高度化等のための設備等の設置を活用した地域振興事業:2億円(立地自治体以外)	水力発電(20kW以上1,000kW以下)	56.2億円	単年度	経済産業省 資源エネルギー庁 原子力立地政策室/原子力広域室 電話:03-3501-1873(直通) FAX:03-3580-8493 E-mail:enekou@meti.go.jp	不可(営利目的を除外している)	設備設置費も対象であり定額補助10/10は大きな魅力である。ただし、売電できないため託送などアイデアが必要