

農業用ダムにおける 小水力発電の発電原価の試算

(独) 土木研究所 寒地土木研究所 水利基盤チーム

○本村 由紀央
大久保 天
伊藤 暢男

北海道の畑地灌漑用の農業用ダム1箇所を対象として、小水力発電の発電原価を試算した。試算では、発電利用水量の上限を農業用水と河川維持放流水の合計であるとして、期別に利用する水量と水車等台数の条件を4ケース想定した。その結果、発電原価はいずれの試算ケースでも平成25年度買取価格を下回り、経済的に成り立つことが示唆された。また、発電利用水量を全量利用した場合の発電原価が必ずしも最小とならないことが示された。

キーワード：小水力発電、発電原価、農業用ダム

1. はじめに

近年、低炭素社会の実現と災害時電源確保の観点から小水力発電の有効利用が注目されている。2012年7月より再生可能エネルギー固定価格買取制度（以下、固定価格買取制度）が施行され、小水力発電の買取価格が大幅に引き上げられたことにより事業化の可能性が拡大した。しかし、小水力発電設備の設置可能な場所は限られており、その中でも採算を重視した最適な計画を策定するためには十分な事前検討が必要である。そのための第一歩として、検討対象の条件に適合した発電原価の試算事例を参考とすることが有効であると考えられる。須藤ら¹⁾は北海道の農業水利施設を対象に、小水力発電を行った場合の発電原価を概算した。道内の農業水利施設の多くは灌漑期のみ利用であることから、発電原価は割高な結果となっている。しかし、道内の農業水利施設の中でも、有効落差10m以上の農業用ダムにおける発電原価の概算額は、平均して17.8円/kWhと試算されており、小水

力発電導入の可能性があることが示唆される。また、農業用ダムの中には、非灌漑期においても、農業用水以外の目的で安定した放流を行っているダムがあり、その放流水を発電利用することにより、小水力発電導入の可能性がさらに高められるものと考えられる。

そこで本研究では、通年貯留を行い、農業用水以外の目的でも放流を行っている畑地灌漑用の農業用ダム1箇所を対象に、農業用水と河川維持放流水の合計流量を発電利用水量の上限として発電を行う場合について検討を行った。

2. 試算方法

(1) 発電利用可能水量

検討対象とする農業用ダムは、北海道の畑地地域を受益とする通年貯留のAダムである。本研究では、農業用水と河川維持放流水を利用して発電することを想定して、利水放流管の末端部分にバイパス管を設けて発電することとした。

農業用水には期別に最大取水量と年間総取水量が定められていることから、期別の水利権量と過去の取水実績を考慮した上で、年間総取水量を上回らないように、期別に発電利用可能水量を図-1のとおり想定した。

(2) 有効落差

本検討では、ダム貯水位と水車センター標高の差を総落差とした。貯水位は、平成18年から平成23年までの計6年間のダム流入量実測値と発電利用可能水量（放流量）の想定値より求め、水車センター標高は、放流管標

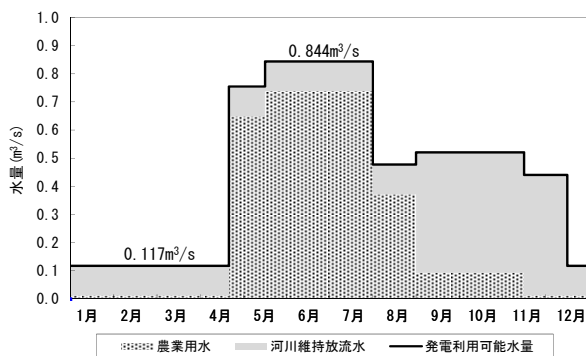


図-1 想定した発電利用可能水量

高と放流水路標高より仮定した。

以上より、図-2に示すとおり、過去6カ年分の有効落差を求め、それを農業用水の期別に区切り、各期間の最低有効落差をその期間の有効落差であると想定し、発電電力量の計算に用いた。その結果、有効落差は59～62mとなった。

(3) 水車の選定

発電利用可能水量と有効落差により、水車は水車形式選定図²⁾を用いて、クロスフロー水車を選定した。クロスフロー水車特性曲線³⁾によれば、水車1台で対応可能な流量範囲は15%～100%である。本研究で想定した最大発電利用可能水量 $0.844\text{m}^3/\text{s}$ に対して、最小発電利用可能水量 $0.117\text{m}^3/\text{s}$ は14%であり、水車1台で全水量を利用した発電に対応することはできない。そこで、図-3に示すとおり、小流量を全年で発電するための水車と大流量を約8ヶ月間発電するための水車の計2台を使用することとした。

しかし、この場合、水車及び発電機を2台設置するため工事費が割高となり、発電原価に影響すると推察される。そこで、比較のため発電利用可能水量を全量利用できないが、水車及び発電機を1台とする場合についても検討した。

(4) 検討ケース

前述した発電利用可能水量の範囲内で、水車及び発電機の利用台数や発電期間が異なるような発電利用水量を設定して、以下の4ケース (case1～case4) を想定した。

a) case1

発電利用可能水量を全量有効活用するという観点から、発電量最大ケース (図-4参照) を想定した。前述したとおり、本ケースでは、水車及び発電機が2台必要となる。

b) case2

クロスフロー水車1台で対応可能な流量範囲内に入るよう灌漑期の最大使用水量を抑えて、全年で発電を行うケース (図-5参照) を想定した。

c) case3

Aダムは農業用ダムであるため、農業用水の従属発電を想定した。ただし、非灌漑期の流量は非常に小さいため、本ケースでは、灌漑期 (4/21～8/31) のみの農業用水従属ケース (図-6参照) を想定した。

d) case4

河川維持放流水を活用した小水力発電の運転開始や計画が相次いでいる。このような状況を踏まえ、本ケースでは、現実的な選択肢のひとつと考えられる河川維持放流水のみを利用したケース (図-7参照) を想定した。

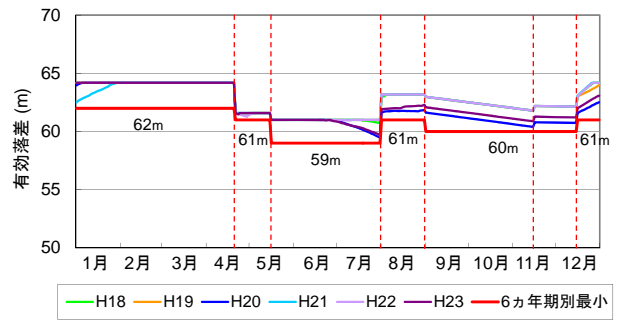


図-2 有効落差の算出結果

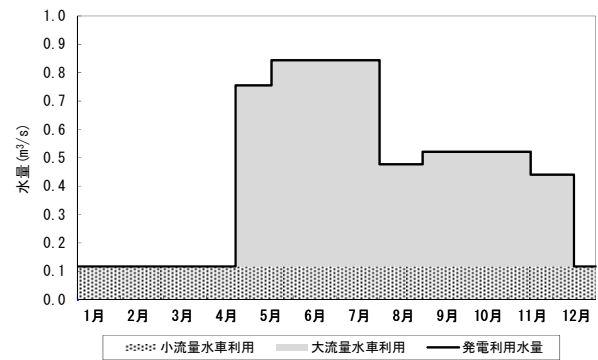


図-3 水車2台使用した場合の発電イメージ

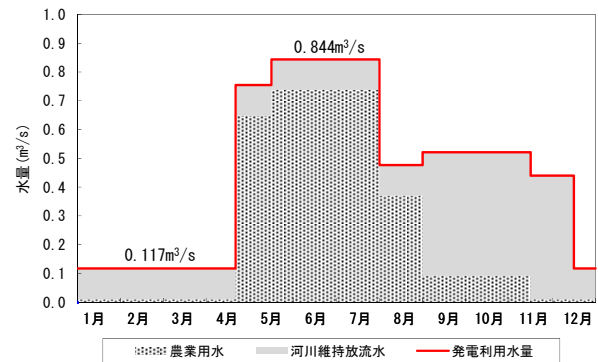


図-4 発電量最大ケース (case1)

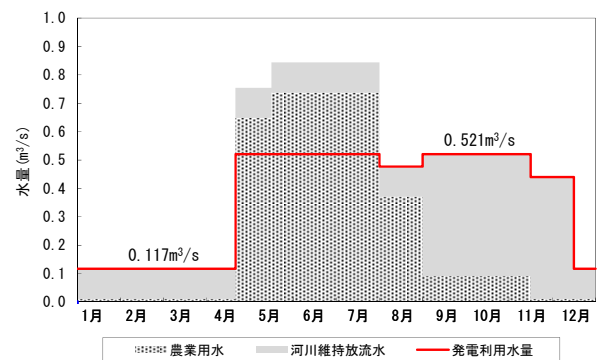


図-5 灌漑期の最大使用水量を抑えたケース (case2)

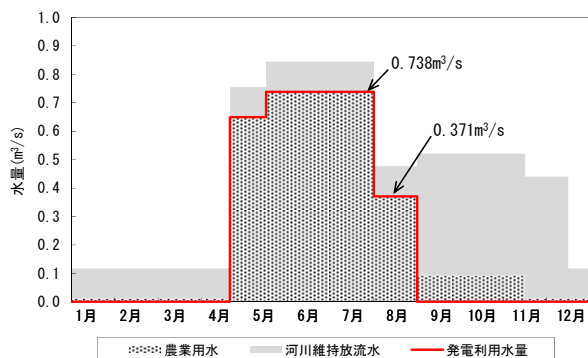


図-6 灌漑期のみの農業用水従属ケース (case3)

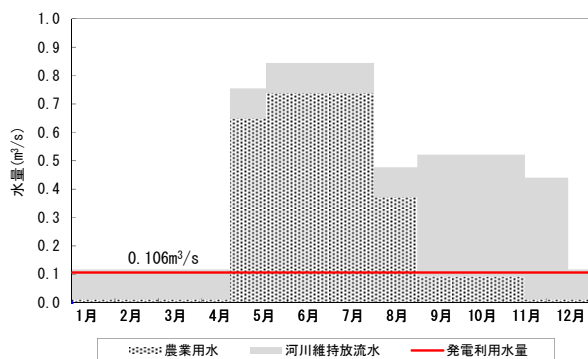


図-7 河川維持放流水のみ利用ケース (case4)

(5) 年間発電電力量の想定

年間発電電力量は、水車及び発電機の故障時や補修時の停止を考慮し、年間可能発電電力量の95%⁹⁾とした。ただし、case3については、発電期間が灌漑期のみを想定しているため、発電を行わない非灌漑期に補修点検を行うと仮定し、「年間発電電力量＝年間可能発電電力量」とした。

(6) 発電原価

発電原価の算定方法は、「『 hidrovalley計画ガイドブック』⁵⁾ (以下、「ガイドブック」) に基づき行った。また、小水力発電施設の整備は、施設管理者が補助率50%の助成制度(地域用水環境整備事業など)を活用して整備することを想定し、発電原価を試算した。発電原価は以下の(1)式により算出される。

$$\text{発電原価 (円/kWh)} = \frac{\text{年経費 (円)}}{\text{年間発電電力量 (kWh)}} \quad (1)$$

a) 工事費

本検討では、既存の農業用ダムに小水力発電施設を追加で整備することを想定している。工事費は、「水力発電計画工事費積算の手引き」²⁾ (以下、「手引き」) の手法を用いて積算した。小水力発電にかかる追加的な初期費用(建設費)は、「手引き」における「建物関係工

表-1 年経費の内訳

項目		諸条件・諸数値
減価償却費	減価償却法	定額法
	残存価額	備忘価額
	耐用年数	22年
金利		2%
固定資産税		非課税
人件費		建設費×0.17%
修繕費	初年度率	建設費×0.310%
	年増加率	建設費×0.019%
その他経費		建設費×0.31%
一般管理費		(人件費+修繕費+その他経費)×12%
割引率		2%

事費」、「分岐管工事費」、「流量計工事費」、「機械装置基礎工事費」、「電気関係工事費」、「仮設備費」、「総係費」とし、他の設備は、既存のものをそのまま利用するため建設費はかからないと想定した。また、発電所建物は地上式、超音波流量計は二測線式を仮定し、工事費を積算した。

本検討では、発生した電力は系統に接続して売電することを想定している。ダムは地域の主要な電力系統から離れた地点にあるものもあり、その場合は発電設備と電力系統を接続する送電線の増強が必要となることがある。本検討では、この送電線増強に係る設備費は見込んでいない。

b) 年経費

年経費の算出方法は、「ガイドブック」に基づき行った。ただし、減価償却費の算定は、平成19年4月以降に取得する資産について改正された方法を用いた。また、耐用年数は、建物や構築物、機械装置など施設毎に異なるが、本検討では、建設費の大半を機械装置(水車・発電機)が占めることから、機械装置の耐用年数である22年⁵⁾とした。固定資産税については、この小水力発電施設が土地改良施設として位置付けられるよう、小水力発電で発電した電力を売電して土地改良施設の電力料金や維持管理費に充当することを想定しているため、非課税とした。年経費の内訳は、「ガイドブック」を参考に、表-1のとおり想定した。

3. 結果と考察

発電原価の試算結果を表-2に示す。発電原価は、全てのケースにおいて、表-3に示す平成25年度の固定価格買取制度の調達価格を下回った。また、建設単価についても、全てのケースにおいて、小水力発電の採算性の目安とされる250円/kWh⁶⁾を下回った。さらに、固定価格買取制度の買取期間である20年間の収支計算を行った結果、

表-4に示すとおり、全てのケースにおいて20年以内に建設費等を回収して、プラス収支となることが明らかとなった。

以上の結果により、Aダムにおいて小水力発電施設を導入した場合、小水力発電事業が経済的に成り立つ可能性があることが示唆された。本事例が、経済性に優れている要因は、大きな有効落差を確保できることと通年発電が行えることであると推察される。ただし、本試算ではcase3のような灌漑期だけの農業用水利用の発電の場合でも、採算性を確保できる可能性が示唆されたことから、ある程度大きな年間発電電力量が得られるのであれば、灌漑期だけの発電利用でも経済的な事業展開ができるものと考えられる。

検討ケース別に見ると、期別の流量変動を小さくしたケースであるcase2が発電原価が最小となった。一方で、発電利用可能水量を最大限利用するcase1が最も採算性が良い結果となった。このように、発電原価の比較だけでは、最適なケースを選定できない。小水力発電導入の検討にあたっては、発電原価で事業導入の可否を見極めた上で、20年間のコスト収支による評価を行うことが重要である。

表-2 発電原価の試算結果

項目		case1	case2	case3	case4
発電計画	最大使用水量 (m ³ /s)	0.844	0.521	0.738	0.106
	平均有効落差 (m)	61	61	61	61
	発電期間 (日)	365	365	133	365
	最大発電出力 (kW)	328	212	287	43
	年間発電電力量 (MWh)	1,551	1,216	800	352
	設備利用率 (%)	54.0	65.5	31.8	93.4
	工事費 (百万円)	217.5	145.5	178.3	55.3
年経費 (百万円)	8.5	5.7	7.0	2.2	
建設単価 (円/kWh)	140	120	223	157	
発電原価 (円/kWh)	5.5	4.7	8.7	6.2	

表-3 平成25年度固定価格買取制度の調達価格

買取区分	200kW以上 1,000kW未満	200kW未満
税込買取価格 (円/kWh)	30.45	35.7
税抜買取価格 (円/kWh)	29	34
買取期間	20年間	20年間

表-4 20年間の小水力発電のコスト収支

ケース	収入 (百万円)	支出 (百万円)	収支 (百万円)
case1	944	285	659
case2	740	191	549
case3	487	233	254
case4	251	73	178

4. おわりに

北海道における多くの農業水利施設では、灌漑期だけの発電となることから、その間に十分大きな年間発電電力量が見込めなければ、小水力発電事業の採算性を確保することは難しい。しかし、本研究において試算したとおり、農業用ダムの中には小水力発電で採算がとれる比較的条件的よい候補があるものと考えられる。

まずは、こうした経済的に成立する小水力発電から事業化を進めて、その運用実績を地道に積み上げていくことが必要と考えられる。その中で様々な課題解決のための技術的な知見が蓄積され、環境性や経済効果などの利点も評価されることにより、さらに将来的な小水力発電の普及へとつなげていけるものと期待される。

参考文献

- 1) 須藤勇二・川辺明子・中村和正：北海道の農業水利施設における小水力発電の賦存量と発電原価の試算，寒地土木研究所月報，第699号，pp.12-17，2011
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁・一般財団法人新エネルギー財団：水力発電計画工事費積算の手引き，2013.
- 3) 農林水産省構造改善局建設部設計課：鋼構造物計画設計技術指針（小水力発電設備編），p.97，1986.
- 4) 北海道経済部産業振興局環境・エネルギー室：中小水力発電導入の手引き，p.10，2012
- 5) 経済産業省 資源エネルギー庁・財団法人新エネルギー財団：ハイドロバレー計画ガイドブック，2005.
- 6) 上田達己・後藤真宏・浪平篤・廣瀬裕一：東北地方の農業用ダムを利用した小水力発電ポテンシャル，農業農村工学会大会講演会講演要旨集，pp.136-137，2013