

小水力発電の変遷と今後の開発の展望

宇都宮大学 学生会員 ○鈴木 啓介
宇都宮大学 正会員 山岡 暁, 近藤 伸也, 松本 美紀

1. はじめに

小水力発電は河川や自然湖沼、ダム、農業用水路などで発電を行うものであり、流量と落差があれば様々な場所で発電を行うことが可能である。小水力発電は他の再生可能エネルギーと比べて設備利用率が高く、昼夜を通して発電可能な発電方法である。小水力発電の正式な定義はされておらず、様々な機関でおおむね最大出力を 10,000kW 以下としていることが多い。固定買取価格制度が 10,000kW から 1,000kW, 1,000kW から 200kW, 200kW 以下で買取価格が変わる。本論文では 200kW から 10,000kW を小水力発電と定義する。

我が国初の発電事業は京都府の琵琶湖疏水を利用した蹴上発電所から始まる。その後、各地で水力発電の開発が進められた。電力会社によって流量が安定し、落差が十分に得られる経済性の高い地点から水力発電開発は進んでいった。1914 年頃から我が国では、金属、機械機器、化学工業など工業機械が蒸気力から電力へと移り「動力革命」が起こった。また電灯の一般家庭への普及も相まって電力需要は高まっていった。これにより水力発電の設備数は増加した。特に、大規模水力発電の開発を行う事業者が増加した一方で、小水力発電の開発が少なくなった。¹⁾ 図 1 は我が国における 10000kW 未満の小水力発電の設備数の推移を示したものである。1955 年頃には大規模水力における有望地点は開発され

つくされ、新たな展開が必要とされた。これに対し老朽化した発電施設の再開発や総合開発の効果を積極的に取り組むために小水力発電が再び注目されるようになった。1965 年から 1980 年まで小水力発電の開発は停滞している。1980 年以降、設備数の増加の伸びは大きくなったがその要因は十分に明らかになっていない。¹⁾

2. 研究の目的

経済性の高い小水力発電の有望地点は開発されたが経済性の高い地点以外でも開発を可能にしている要因を探り、開発のための新たな条件を明らかにすることによって、今後の小水力発電の開発可能性を展望することが目的である。

3. 研究方法

(1)事例調査

小水力発電をとりまく環境の変化や助成制度、時代の背景などを文献で調査し、小水力発電の動向や発展の要因を明らかにする。

(2)採算性分析

現在運転中の小水力発電施設の出力や建設費、運転維持費などから kW 当りの建設費、発電原価などを計算しその結果を比較する。各事業者の収益の度合いをみるために採算性³⁾の分析を行う。今回、小水力発電所開発が停滞してから増加の伸び率が大きくなった 1980 年以前と 1980 年以降に開発された発電所にグループ分けし、比較を行う。本研究はそれぞれのグループで相対的に結果の良い事例を 3 つ抽出し、その発電所の採算性が改善された要因を解明する。

4. 結果と考察

(1) 事例調査

本研究では、電力土木技術協会の水力発電データベース⁴⁾および再生可能エネルギー取組団体などから採算性分析に必要なデータを集めた。ここで示す建設費とは直接建設費以外に用地購入費や系統連携費、その他の経費を含む。

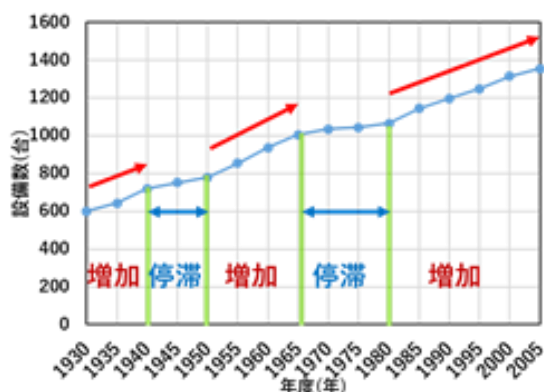


図 1 小水力発電の累積設備数の推移
(最大出力 10,000 kW 未満)²⁾

(2) 採算性の分析

採算性の分析における計算項目とその計算方法を表 1 にまとめた。また、計算に必要な条件を表 2 にまとめた。

1) 運転開始年と kW 当りの建設費の関係

運転開始年と kW 当りの建設費の関係を図 2 に示した。それぞれのグループで相対的に結果の良い発電所の No. を図 2～6 に示している。80 年を境に kW 当たりの建設費が増大しており、kW あたりの建設費は、80 年以降は経済性の低い地点で開発されたためにこのような結果になったと考えられる。

2) 運転開始年と発電原価の関係

運転開始年と発電原価の関係を図 3 に示した。kW 当りの建設費と同様に 80 年以降、発電原価が増大している。

3) 発電原価と売電価格の関係

売電価格と発電原価の関係を図 4 に示した。80 年以前よりも以降に開発された発電所の方が発電原価、売電価格ともに大きくなっている。

4) 運転開始年と財務指標の関係

売電価格を便益、発電原価を費用と考え、その比を財務指標とした。運転開始年と財務指標の関係を図 5 に示した。80 年以前、以降どちらとも 1.0 を超えているため採算性が十分にあると考えられるが、80 年以降の方が、財務指標が小さくなっている。80 年以降は売電価格に対して発電原価が相対的に大

表 1 計算項目と計算方法

計算項目	計算方法
年間発電量(kWh)	出力×24×365×設備利用率
年間収入(円)	年間発電量×売電価格
原価償却費用(円/年)	建設費÷耐用年数
年間費用(円/年)	減価償却費用+運転維持費
年間利益(円/年)	年間収入-年間費用
単位建設費(円/kW)	建設費÷出力
発電原価(円/kWh)	年間費用÷年間発電量
kW利益(円/kW)	年間利益÷出力
財務指標	売電価格÷発電原価

表 2 計算条件

項目	計算条件
耐用年数	20年
運転維持費	建設費×0.01
売電価格	電気料金, FIT固定買取価格

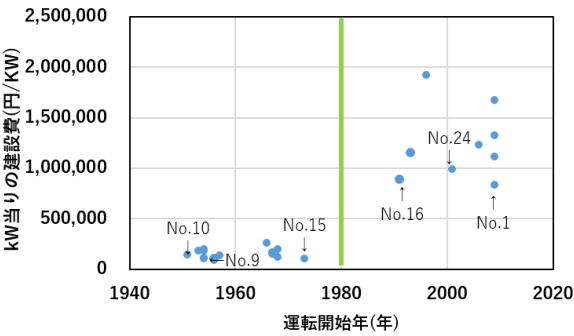


図 2 運転開始年と kW 当りの建設費の関係

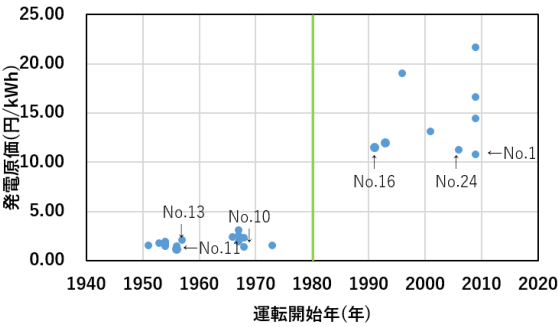


図 3 運転開始年と発電原価の関係

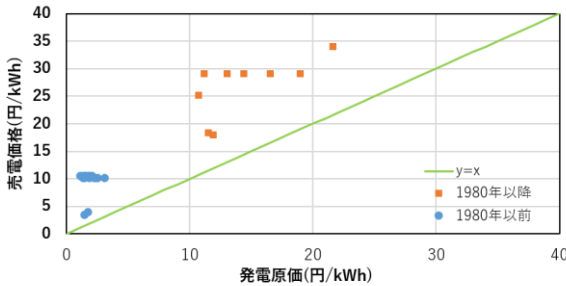


図 4 発電原価と売電価格の関係

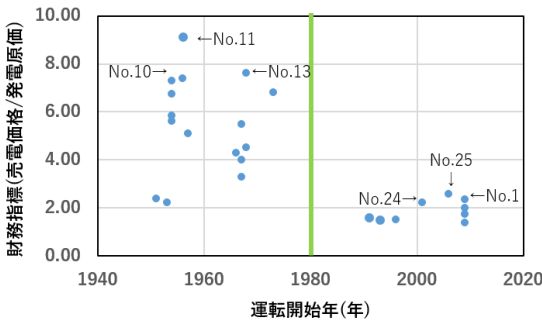


図 5 運転開始年と財務指標の関係

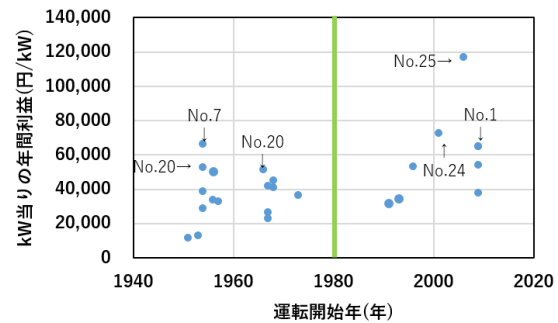


図 6 運転開始年と kW 当りの年間利益の関係

表3 小水力発電の開発に影響を及ぼす要因

発電所No.	運転開始年(年)	建設費の低減			補助金の利用	売電価格 (円/kWh)	財務指標
		既存の水路, ダムの利用	維持流量の 使用	既存の 発電設備の増設			
7	1954	×	×	×	-	10.5	7.28
9	1954	×	×	×	-	10.5	5.83
10	1956	×	×	×	-	10.5	7.38
11	1907	×	×	×	-	10.5	9.10
13	1968	×	×	×	-	10.2	7.62
15	1973	×	×	×	-	10.2	6.81
19	1954	×	×	×	-	10.5	5.60
20	1966	×	×	×	農山漁村電気導入促進法	10.2	4.29
1	2009	○	×	×	地域エネルギー等促進事業	25.1	2.34
4	1996	○	×	×	国営農用地開発事業	29	1.53
16	1991	○	×	○	-	18.3	1.59
24	2001	○	○	×	中小水力発電開発事業	29	2.22
25	2006	○	○	×	中小水力発電開発事業	29	2.58

※既存の水路，ダム，維持流量を利用している事例，既存の発電設備を更新している事例を○，していない事例を×と表記。

※補助金の利用をしている事例は補助事業名を，利用をしているか不明な事例は「-」と表記。

きいためこのような結果になった。

5) 運転開始年と kW 当りの年間利益との関係

運転開始年と kW 当りの年間利益の関係を図5に示した。80年以降と以前を比較すると80年以降の方がkWあたりの年間利益の値が大きくなっている。売電価格の上昇により収入が増加したためこのような結果となったと考えられる。

以上を踏まえて，図2～図6で挙げられた相対的に結果の良い事例を対象とした小水力の開発に影響を及ぼす要因を，補助金と建設費低減との項目に分けて，表3にまとめた。最初から発電所を建設するよりも，既存の水路やダムに発電設備の設置，既存のダムの維持流量を利用，既存の発電設備の更新により建設費を下げられる。また，採算性を評価するために財務指標および，各事例の売電価格と補助金利用の有無を表に示した。表3から，80年以降は既存の設備を利用し建設コストを抑え，補助金を利用し採算性を確保している事例が多いことがわかる。

小水力発電の建設コストは近年上昇している一方で補助金を適用することで初期コストを抑え開発することが可能になっている。次に個別の発電所の特徴を分析した。また，日本でこれまでに施行されてきた補助金について図7にまとめ，個別の発電所が受けている補助金の詳細を表4に示した。

発電所 No.1, No.4 は既存の農業用水路に開発された。発電所 No.1 は建設費の半分を補助金 No.5 の地域エネルギー等促進事業により補助を受けた。発電所 No.4 は補助金 No.8 の国営農用地開発事業より支援を受け開発されており，建設費の85%を補助金により賄われ，固定買取価格制度によって売電を行

っている。そのため売電価格が高く，収入が大きくなっている。売電利益を土地改良区の電気料金，維持管理費，積立金に宛てている。これにより土地改良区内の農業従事者の財務負担を軽減している。また発電所を建設するために，農業用水路を開水路から管水路に改修している。

発電所 No.16 は既存の発電設備の増設を行ったため建設費を抑えることができたと考えられる。設備の増設内容として，出力の増加に伴い水路，水車，発電機，変圧器を増設している。その結果出力は2460kW から4900kW へ増加している。

発電所 No.24, No.25 では，既存のダムの維持流量を転用することによって発電所が開発されたため，建設費を抑えることができた。また，どちらの発電所も補助金 No.2 の中小水力開発事業から補助を受け開発されている。発電所 No.24, No.25 は出力が5000kW 以下であるため20%の補助を受けていると考えられる。既存施設を利用することで開発費用が抑えられる。その他の要因として売電価格と設備利用率の関係が挙げられる。

表5に固定買取価格制度における出力別の買取価格を示した。固定買取価格制度により，高い額での売電が可能である。出力毎に買取価格が異なるために最大出力を小さくし，年間収入を向上させることが可能である。また，最大出力が小さくなり，設備利用率が高くなるため安定して発電を行うことができる。

5. 結論

本研究により，小水力発電の建設費，発電原価は80年以前と以降では，80年以降の方が上昇している一方で，財務指標では発電原価に対し，売電価格

No.	補助事業名	###	年代				
			1980	1990	2000	2010	2020
1	中小水力開発促進指導事業費補助金			1986		2008	
2	中小水力発電開発費補助金		1980			2008	
3	新エネルギー等事業者支援対策費補助金				2007	2009	
4	地域新エネルギー等導入促進対策費補助金				2007	2009	
5	中小水力・地熱発電開発費等補助金				2007		現在
6	新エネルギー等導入加速化支援対策事業					2011	現在
7	上水道システムにおける再エネ・省エネ等導入促進事業						現在
8	福島県市民交流型再生可能エネルギー導入促進事業						現在
9	電源立地地域対策交付金	1974					現在
10	RPS制度				2003	2011	
11	固定買取制度					2011	現在
12	農山漁村電気導入促進法に基づく連携式小水力発電事業					2011	現在
13	新山振興等農林漁業特別対策事業			1999		2011	
14	グリーン電力基金			2001		2011	
15	国営農地開発事業	1970		1989			
16	中小水力発電開発事業			1999		2010	
17	新エネルギー等導入加速化支援対策事業				2007	2012	
18	地域用水環境整備事業			2000			現在
19	小水力等農業水利施設活用促進事業					2011	現在
21	農村振興総合整備事業			2001			現在
22	小規模地方公共団体対策技術導入補助事業				2009	2013	
24	小水力等再生可能エネルギー導入推進事業					2012	現在

図7 小水力発電に対する補助金事業の実施年代

表4 補助金の詳細

補助金 No.	事業名	事業内容と補助率
5	地域エネルギー等促進事業	地方公共団体が実施する「新エネルギー等設備導入事業」および当該設備導入事業に関して地方公共団体が実施する「新エネルギー等導入促進普及啓発事業」について、その加速的な導入促進を図ることを目的。補助率 設備導入：補助率1/2以内、普及啓発：限度額2千万円
8	国営農用地開発事業	農産物需要の動向及び農業経営の改善の方向に対応して未墾地を開発し、農業の生産性を高め、農家所得を向上し自立経営農家を育成することを目的とするもの。発電所No.4は建設費の85%補助を受けている。
2	中小水力発電開発事業	水力発電施設の設置等または、水力発電施設の設置等に係る新技術の導入を行う者に対して、補助金を交付する事業。補助率は出力によって異なる。出力が5000kW以下の発電施設では20% 5000～30000kWは10%となっている。

が上回っていることが明らかになった。kW 当りの年間利益では 80 年以降の方が大きいため建設コストが大きくなっても十分に利益を得ることができる。また、80 年以降に開発された発電所は補助金を用い、既存設備を利用することによって建設費を低減している。また、固定買取価格を利用することで収入を増加させている。以上のことから今後の小水力発電の開発に必要な条件として以下の三点が挙げられる。

- 1) 既存の水路・ダムや既存ダムの維持流量の利用、既存の発電所の増設による建設費の低減。
- 2) 補助金の利用。
- 3) 採算性のある売電価格の活用。

これらを満たすことで採算性を確保し、本来経済性の低い地点の経済性を向上させることが可能である。

謝辞

本研究を行うにあたりデータを提供していただいた電気事業者各位に深く感謝いたします。

表5 固定買取価格の出力別買取価格⁵⁾

出力	設備条件	買取額 (円/kWh)
30000～1000kW	全て新設備設置	24
	既設導水路活用型	14
1000～200kW	全て新設備設置	29
	既設導水路活用型	21
200kW未満	全て新設備設置	34
	既設導水路活用型	25

参考文献

- 1) 後藤浩一、「関西電力水力技術百年史」、新版、大阪、共栄商業株式会社、関西電力、1992、P1-142
- 2) 経済産業省資源エネルギー庁新エネルギー対策課、「再生可能エネルギーについて」、2011 年、<http://eco-pro.com/eco2011/stage/img/lecture.pdf>
- 3) 沖縄県、小水力発電事業の採算性分析。2008。
- 4) 電力土木技術協会、水力発電所データベース、<http://www.jepoc.or.jp/hydro/>、(2016/11/12)
- 5) 経済産業省資源エネルギー庁、なっとく再生可能エネルギー、http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saiene/kaitori/kakaku.html、(2016/7/20参照)