

1.はじめに

水道事業は電気を多く消費するため、省エネルギーの施策や、再生可能エネルギーの利用に取り組む必要がある。また水道事業の使命として給水を止めてはいけないため、停電などの緊急時でも電力確保のため自家発電装置を設置している。一方で水道事業では常に安定した一定量の水量を扱っているため、これを活用して水力発電を導入することはきわめて有用と考えられる。ただ一般の水力発電に比較すると活用できる水量は大容量ではないので、ここでは小水量の水力発電(小水力発電<1,000kW)の水道事業の導入に当たり考慮すべき点やその有用性を調査した。

2.調査項目および方法

調査項目は、①水力発電に使用される水車や方式、②水車選定の仕方と考慮すべきポイント、③全国における小水力発電の導入状況、④小水力発電を導入した水道事業の発電状況、などである。調査方法は、電力会社・官公庁(水道事業体を含む)のHP等をベースにして、①、②では水力発電に使われている水車の種類・方式などの調査を行い、特徴をまとめて水道事業に導入する際のポイントを考えた。③、④は、全国各地域の各用水での小水力発電の導入状況を調査し、その中で水道事業体の発電状況を詳しく調査した。その結果電力の活用法などから小水力発電の有用性を検討した。

3.調査結果および考察

3.1 水力発電に使用されている水車および方式

表1に水力発電に使用されている水車を、タイプ、対応落差、水路への適用性および各水車種類をまとめた。水道事業への適用性を考えると、原水と浄水のいずれを活用するかにより水路の適用性が異なるが、一般に汚染防止の観点からは開水路タイプは相応しくなく、水道事業には反動水車が相応しいといえる。

表2に反動水車の特徴を表した。反動水車はフランシス(F)、逆転ポンプ(B)、インライン(I)の3種があり、それを価格、管理、発電効率で特徴を比較した。価格では(I)が最も安く、管理が容易なのは(B)、発電効率が最も高いのは(F)と特徴的である。

図1,2は水利用と落差の視点で見た水力発電の方式である。図1で水利用からみると流れ込み式は、開水路流をそのまま発電所に引き込む方式で、貯水池式は、貯水槽などに一時水を貯留した後に管水路に流して発電する方式¹⁾である。一方落差からみて、水路式とダム水路式は管水路などの水圧管路で水を導いて発電する方法である。図1,2より水力発電の方式では、どちらも管水路に相応しいように、水利用では貯水池式、落差では、水路式とダム水路式が相応しいといえる。

3.2 水車の選定の仕方と考慮すべきポイント

3.1において、水道事業に水力発電を導入する場合には、管水路が相応しいという観点で考えると、「反動水車の3種」を選定することが肝要で、その3種には表2で示した特徴をもとに選定することが望ましいとした。次に流量と有効落差の視点で考慮すべきポイントを考える。

キーワード:水道事業 小水力発電 反動水車

No.1-15 (今野研究室)

表1.水力発電に使用する水車

タイプ	対応落差	水路の適用性	水車種類
衝動水車	低→高	□	・ペルトン水車 ・クロスフロー水車
反動水車	低→中	○	・フランシス水車 ・逆転ポンプ水車 ・インライン水車
重力水車	低のみ	□	・上掛水車 ・下掛水車 ・胸掛水車

○:管水路向き, □:開水路向き

表2.反動水車の特徴

価格	I ← B ← F
	安 ← 高
管理	B ← I ← F
	容易 ← 複雑
発電効率	F ← B ← I
	90% ← 80% ← 70%

水車名:F:フランシス, B:逆転ポンプ, I:インライン

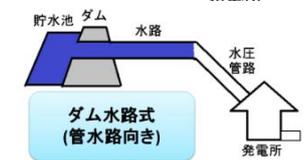
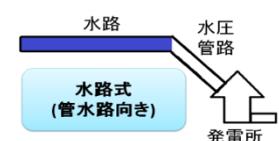
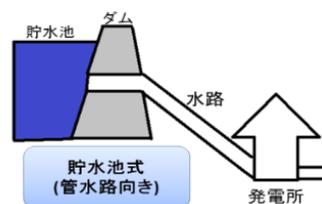
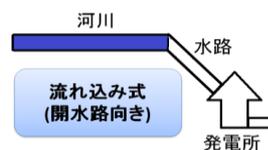


図1.発電の方式(水利用)¹⁾

図2.発電の方式(落差)¹⁾

図3は3種の反動水車(F:フランス, B:逆転ポンプ, I:インライン)を選定する際の流量と落差の目安となる図である。適用範囲がそれぞれの色の線で囲まれた範囲であり、FとB,Iの重なっている部分は、いずれの水車も導入可能であることを表している。3種とも広範な流量と落差の範囲で適用できるといえる。図内の塗りつぶしてある部分は、実際に水道事業に導入実績のある範囲である。実績上F(フランス)が多いが、他2種も塗りつぶし部分の範囲で導入実績があり、これらを使用水量0.1~1.5m³/s(8,500~130,000m³/d)、有効落差20~82mで導入していることがわかる。

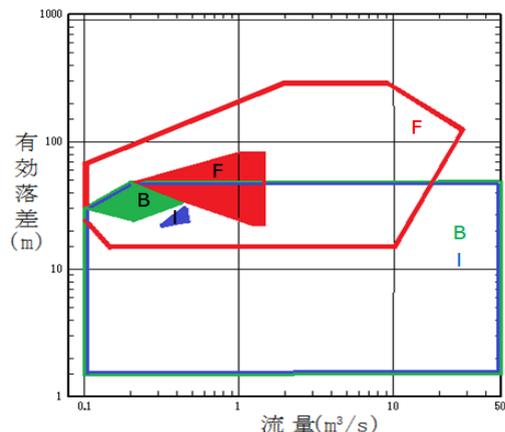


図3 反動水車選定図

3.3 全国における小水力発電の導入状況

表3は平成26年3月1日までに導入されている全国の地域、および用水種ごとの小水力発電導入状況である。表3によると全国448地点で導入されており、中部がもっとも多く、次いで九州、関東、中国、関西と続き、東北は全体の6%とまだまだ低い。また発電用水は河川/下水等が85%、農業用水10%で、水道用水は4.5%と低く、今後東北における水道用水の活用する余地は大いにあると考えられる²⁾。

表3 小水力発電導入状況²⁾

地方	導入数	水道用水	農業用水	河川下水等
北海道	15	0	0	15
東北	28	1	7	20
関東	62	5	3	54
中部	153	2	21	130
関西	49	9	2	38
中国	53	1	3	49
四国	15	0	0	15
九州	73	2	1	62
沖縄	0	0	0	0
合計	448	20	45	383

3.4 小水力発電を導入した水道事業の発電状況

表4に水道事業に導入された小水力発電の状況をまとめた。水車はF,B,Iとも適用範囲内で、フランス水車が若干多いが各種とも導入されている。発電方式は、水路式とダム水路式でほぼ半々である。原水と浄水では浄水が多いが、浄水を使用しても発電が可能であるという実績がある³⁾。

表4.水道事業導入の発電状況

水車	発電所	常時発電量 (Kw)	使用流量 (m ³ /s)	落差 (m)	方式 (発電所)	水系
F	①	840	1.3	82	W	C
	②	300	1.5	26	D	C
	③	80	0.2	48	W	C
	④	197	1	29	W	C
	⑤	253	1.3	26	W	R
	⑥	780	1.2	82	D	C
B	①	82	0.2	64	W	C
	②	28	0.2	28	D	R
	③	31	0.1	51	D	C
	④	129	0.5	35	D	C
I	①	110	0.4	32	W	R
	②	75	0.3	25	D	R
	③	100	0.4	29	W	R
	④	94	0.4	30	D	R

W:水路式 D:ダム水路式 C:浄水 R:原水

表5は発電量と使用電力量の比率と事業の賄率を表したものである。(1)自家発電で発電した電力は事業の照明や空調、水力発電設備に使う、(2)自然エネルギーの導入は企業のイメージアップにつながる、(3)自家使用によるコストダウンができる、(4)売電すると小水力は1Kwhあたり26円で売電できるが、電力会社との協議の手間や、系統への繋ぎ込み設備を増設する必要がないので売電事業より導入しやすい、などが明らかになった。売電では、表5の④は約28年、⑥は約12年で設備投資金額を回収できる見込みで、その後は発電だけ事業のプラスとなるメリットがある。

表5 水道事業に導入した小水力の発電状況

発電所	発電量 × 10 ⁵ (Kwh)	使用量 × 10 ⁵ (Kwh)	活用法	売電量/自家使用量	賄率 (%)	得金 × 10 ⁵ (円)
①	2.8	23	自家発電	...	12	...
②	7.1	19		...	37	...
③	9.1	36		...	25	...
④	1.1	8	余剰売電	60%/40%	6	18
⑤	7.5	37		75%/25%	5	58
⑥	1.9	26	全量売電	59
⑦	2.9	33	全量売電	89

4.おわりに

小水力発電は、環境保全はもちろん、地域経済の活性化、未利用資源の活用など、様々な面で太陽光発電や風力発電を上回る可能性を秘めている。しかし、設置が比較的容易な上水道でも黒字化までに時間がかかり、短期間で採算を取ることは難しい。そのため、現時点での事業化の動きは地方自治体や電力会社に限られており、一般企業からの参入は進んでいない。今後、小水力発電を普及させるには、高い発電コストを政策で吸収し、民間企業の参入を促すことが必要であると考えられる。

参考文献

1) 中部電力: 水力発電のしくみ-発電方法の種類, 2) J-WatER: 全国小推力利用推進協議会, 小水力発電所データベース, 3) Small

Hydro Benefits of Small Scale Hydropower <http://www.small-hydro.com/About/small-scale-hydropower.aspx>