

4.3 実証試験結果の検討

4.3.1 発電機性能の検証

(1) カタログ能力

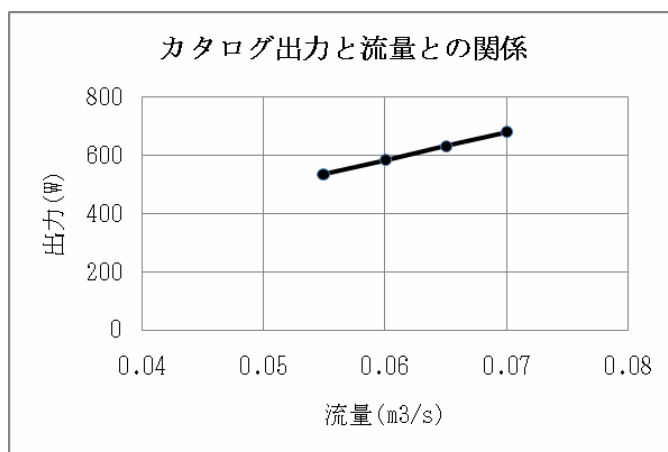
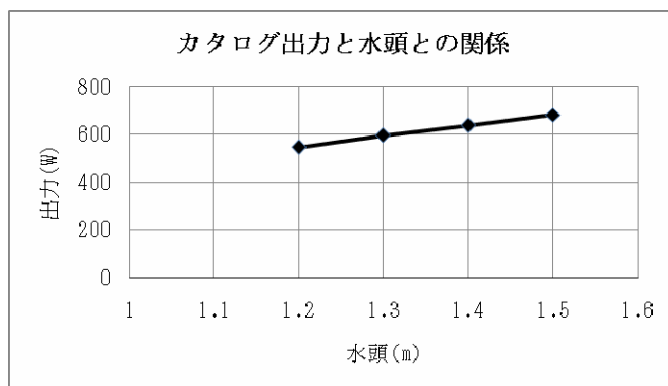
メーカーによる発電機の能力は次のように示されていて、発電効率は約 0.66 となっている。

MHG-500、水頭を 1.5m とした時、流量と出力の関係は次のとおりである。

水頭(m)	流量(m ³ /s)	カタログ出力(W)
1.5	0.07	682
1.5	0.065	633
1.5	0.06	585
1.5	0.055	536

MHG-500、流量を 0.07m³/s とした時、水頭と出力の関係は次のとおりである。

流量(m ³ /s)	水頭(m)	カタログ出力(W)
0.07	1.5	682
0.07	1.4	637
0.07	1.3	595
0.07	1.2	546



発電出力は、次式で表わされるのでカタログ出力から効率を試算する。

$$\text{発電出力} = 9.8 \times \text{流量} (\text{m}^3/\text{s}) \times \text{落差水頭} (\text{m}) \times \text{効率}$$

水頭	流量(m ³ /s)	カタログ出力(W)	効率
1.5	0.07	682	0.663
1.5	0.065	633	0.662
1.5	0.06	585	0.663
1.5	0.055	536	0.663
1.5	0.07	682	0.663
1.4	0.07	637	0.663
1.3	0.07	595	0.667
1.2	0.07	546	0.663
平均効率			0.663

(2) 検証試験

実証試験を行っている設備を利用して、発電機能力の検証を行う。検証には流量の測定が必要となるので、次の要領で流量調査を実施した。

発電利用流量＝取水口上流流量－取水口下流流量

流量の測定は、四角堰を利用して行った。

取水口上流の四角堰
(下流より)



取水口上流の四角堰
(上流より)



取水口下流の四角堰
(上流より)



取水口下流の四角堰
(下流より)



水路が分岐する地点において、発電側の水路に流れる流量を変化させながら、四角堰で流量を測定する他に発電量を測定し、発電性能を調査する。

四角堰における両側に収縮がある流れの時、流量は以下の式で求められる。

(板谷・手島の式) 水理公式集 (土木学会) より

$$Q=C*b*h^{(3/2)}$$

$$C=1.785+(0.00295/h)+0.237(h/w)-0.428((B-b)h/(B*W))^{(1/2)}+0.034(B/W)^{(1/2)}$$

ここで、

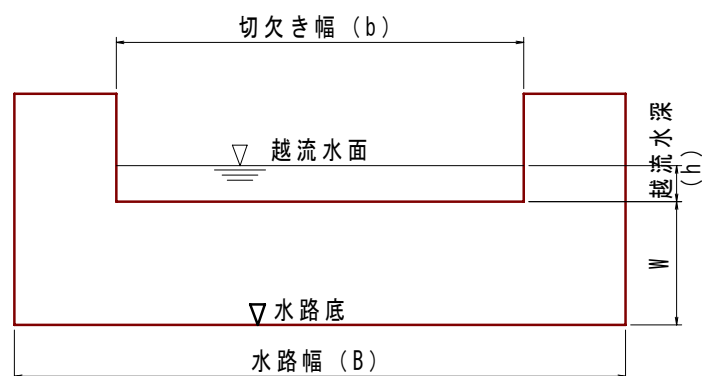
C : 流量係数

b : 切欠き幅 (m)

h : 越流水深 (m)

W : 水路底から切欠き下部までの高さ (m)

B : 水路の全幅 (m)



四角堰寸法表

	上流部	下流部
水路全幅(B)	1,200	1,300
切欠き幅(b)	800	705
水路底から切欠き底高さ(W)	240	130

四角堰の越流水深は両端及び中央部の3箇所を測定し、平均値により流量を算定する。
計測結果を次に示す。

上流四角堰	左岸越流水深 (mm)	中央越流水深 (mm)	右岸越流水深 (mm)	平均越流水深 h(m)
ケース1	74	78	86	0.079
ケース2	56	63	65	0.061
ケース3	65	70	76	0.070
ケース4	73	77	81	0.077
ケース5	82	86	91	0.086
ケース6	105	107	110	0.107
ケース7	106	107	112	0.108

下流四角堰	左岸越流水深 (mm)	中央越流水深 (mm)	右岸越流水深 (mm)	平均越流水深 h(m)
ケース1	42	42	46	0.043
ケース2	26	25	27	0.026
ケース3	34	34	37	0.035
ケース4	42	43	46	0.044
ケース5	54	53	56	0.054
ケース6	73	72	74	0.073
ケース7	63	63	64	0.063

計測結果から流量を算定した結果を次に示す。

上流四角堰

b(m)	h(m)	W(m)	B(m)	C1	C2	C3	C	Q
0.8	0.079	0.24	1.2	1.900354	0.141772	0.076026	1.834608	0.0326
0.8	0.061	0.24	1.2	1.893598	0.124578	0.076026	1.845046	0.0222
0.8	0.070	0.24	1.2	1.896268	0.133452	0.076026	1.838842	0.0272
0.8	0.077	0.24	1.2	1.899349	0.139966	0.076026	1.835409	0.0314
0.8	0.086	0.24	1.2	1.904227	0.14792	0.076026	1.832334	0.037
0.8	0.107	0.24	1.2	1.918233	0.164994	0.076026	1.829264	0.0512
0.8	0.108	0.24	1.2	1.918965	0.165764	0.076026	1.829227	0.0519

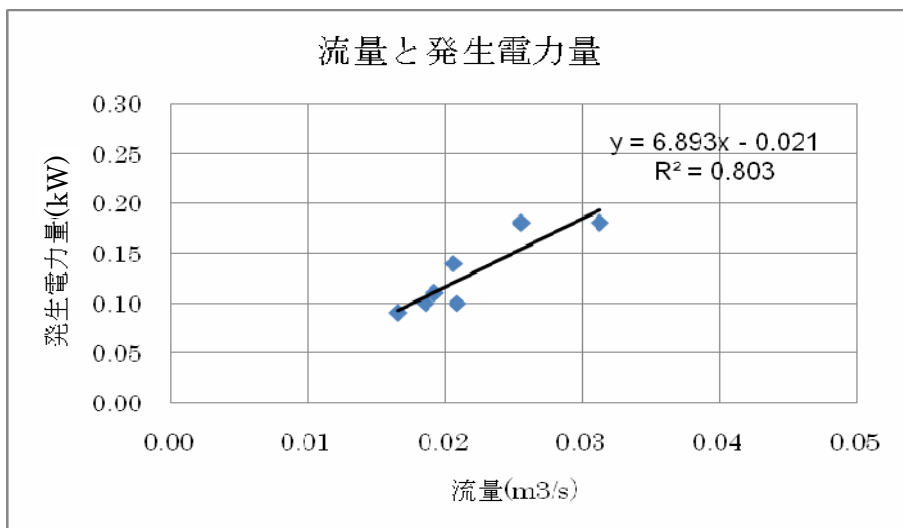
下流四角堰

b(m)	h(m)	W(m)	B(m)	C1	C2	C3	C	Q
0.705	0.043	0.13	1.3	1.931997	0.16653	0.107517	1.872984	0.0118
0.705	0.026	0.13	1.3	1.945862	0.129493	0.107517	1.923886	0.0057
0.705	0.035	0.13	1.3	1.933093	0.150243	0.107517	1.890368	0.0087
0.705	0.044	0.13	1.3	1.932261	0.168456	0.107517	1.871323	0.0122
0.705	0.054	0.13	1.3	1.938076	0.186619	0.107517	1.858974	0.0164
0.705	0.073	0.13	1.3	1.958496	0.21698	0.107517	1.849033	0.0257
0.705	0.063	0.13	1.3	1.946679	0.201572	0.107517	1.852625	0.0207

流量と発電量を次に示す。

	上流流量	下流流量	発電流量	電力量
	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(kW)
ケース 1	0.0326	0.0118	0.0208	0.10
ケース 2	0.0222	0.0057	0.0165	0.09
ケース 3	0.0272	0.0087	0.0185	0.10
ケース 4	0.0314	0.0122	0.0192	0.11
ケース 5	0.0370	0.0164	0.0206	0.14
ケース 6	0.0512	0.0257	0.0255	0.18
ケース 7	0.0519	0.0207	0.0312	0.18

流量と発電量との関係を図示すると次のとおりである。



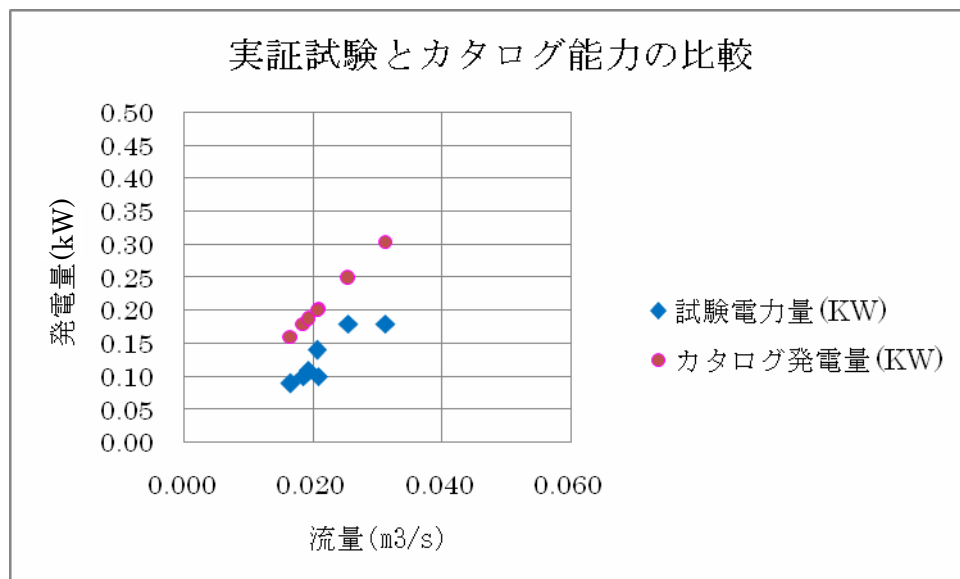
性能試験の結果、次式が得られた。

$$\text{発生電力量 (kW)} = 6.893 \times \text{流量 (m}^3/\text{s)} - 0.021$$

なお、参考にメーカーカタログ能力と実証試験結果を比較すると次の通りであり、カタログ能力の約60%の発電量となった。効率で考慮すると約40%となる。

カタログ効率=0.663、実証試験効率=0.60

$$\text{合成効率} = 0.663 \times 0.60 = 0.40$$



以上より、本実証発電機の発電量は次式で表わされる。

$$\text{発生電力量 (kW)} = 9.8 \times \text{流量 (m}^3/\text{s)} \times \text{水頭 (1.5m)} \times \text{効率 (40\%)}$$

4.3.2 実証試験における課題

(1) 塵芥問題

今回の実証試験は、榛名トンネルの湧水を利用している。この湧水が流下する水路は、新幹線トンネル内を流下し、唐沢川付近で蓋の無い開水路区間（約 60m）となる。湧水は、この開水路から取水され、管路内を流下し三ツ寺公園で再び開水路となる。公園内の開水路の延長は約 200m である。以上の流下水路の状況から、開水路区間は約 260m である。

実証試験は 11 月に開始されたことから、公園内の落葉が水路内に入り、取水口のスクリーンやタービンの目詰まりを生じ、発電に大きく影響を及ぼした。また、水路内に藻も多く流下し、公園内の落葉と同様に影響を受けた。塵芥の状況を次に示す。

タービン部における塵芥
(タービンの回転に影響)



タービンに詰まる塵芥は、枯葉
小枝及び藻類が主体
取水口スクリーンの対策が必要



取水口スクリーンの塵芥



細目スクリーンの塵芥
(枯葉、藻類主体)



細目スクリーンの塵芥により
導水管への供給が不足
(水位差の発生)



取水口上流荒目スクリーン
(小枝や大きめの枯葉)



取水口上流荒目スクリーン



(2) 水量の確保

実証試験に利用している発電機の利用水量は、 $0.07\text{m}^3/\text{s}$ である。実証試験は、公園内の水路を利用しているため、景観を維持する観点から、実証試験に利用できる水量に制約を受ける。このため、実証試験に確実に利用できる流量は $0.04\text{m}^3/\text{s}$ 程度であり、発電機の最大利用量に対してやや不足する状況であった。

(3) 電気の需要

実証試験では、フォトフレーム、LED 電飾、投光器による電気の需用を試験した。これらの需用の内、主な需用である LED 電飾及び投光器は、昼間で利用しにくい需用がある。

このため、昼間では管理事務所での利用や蓄電池への充電等の検討が必要となる。