

「流水利用型小水力発電装置の研究開発」



一般財団法人 日本水土総合研究所

主任研究員 青木 公平

1. 研究開発の背景

農村地域に賦存する自然エネルギーを活用した
小水力発電の実用化、浸透を図るには…

- 設備の改良・開発による低コスト化
- 設置が容易な構造
- ゴミ等による不具合が発生しにくい簡易な装置構造

研究開発

- 水車や付属装置の開発を行い、「発電効率の改善」「発電コストの低減」「維持管理の簡素化」に関する技術的問題点を解決。
- 小水力発電、太陽光発電、小型風力発電の総合的利用による電力の安定供給を視野に入れた検討。

期待される導入効果

発電ポテンシャルの拡大

地球温暖化防止への貢献

農村地域の振興及び
活性化への寄与

2. 研究開発の経緯

- ◆ 2006年 流水利用型水車（カスケード型および金属製下掛水車）の実証試験
- ◆ 2007年 流水利用型小水力発電の実用化に関する調査（NEDO補助事業）
- ◆ 2009年～2011年 **小水力発電の効率化実証実験**

技術的問題点	解決方策
発電効率の改善	<ul style="list-style-type: none"> ・水車ブレードに関する比較検討 ・ケーシング（集水板など）取付けに関する検討 ・最適な発電機やコントローラの選定、システム検討 ・水車重量の軽量化による発電効率の比較検討 ・太陽光発電、小型風力発電との総合的利用の検討
発電コストの低減	<ul style="list-style-type: none"> ・発電効率の改善による単位出力価格の低減 ・水車重量の軽量化及び材料の検討 ・設置方法、点検整備方法を配慮した総合的低減の検討
維持管理の簡素化	<ul style="list-style-type: none"> ・ゴミ等により発電が阻害されにくい簡易構造の検討 ・故障時に簡易な修理が可能な構造 ・設置、撤去の容易さを配慮した構造の検討

効率化実証実験の研究テーマ

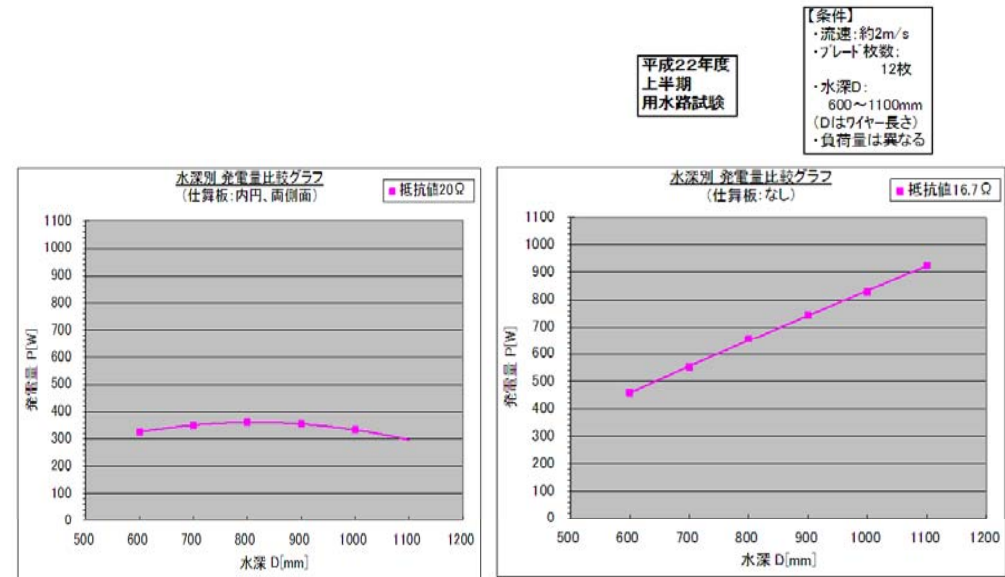
- (1) 発電効率の改善に関する研究
- (2) 水車重量の軽量化に関する研究
- (3) 維持管理の簡素化に関する研究

3. 実験結果及び成果

(1) 発電効率の改善に関する研究

① 水車構造の改良【特許出願中】

- 水車の側面部及び内円部を開放状態にすると、水車の水没水深に比例して、発電量が向上する事が判明。
- 開放構造の水車にする事で、水中において水車内部での流水の滞留が起こりにくく、且つ、越流した流水が下流側ブレードにも作用。
- 水車をより深く浸けられる様に水車フレームや主軸など構造の改良を行い、従来機よりも高い出力を得られる様になった。



水車構造（側面、内円の仕舞板有無）による比較グラフ

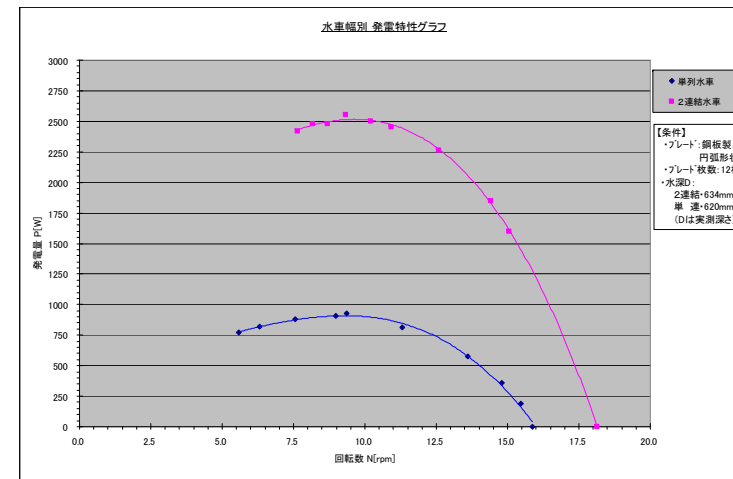


開放構造水車

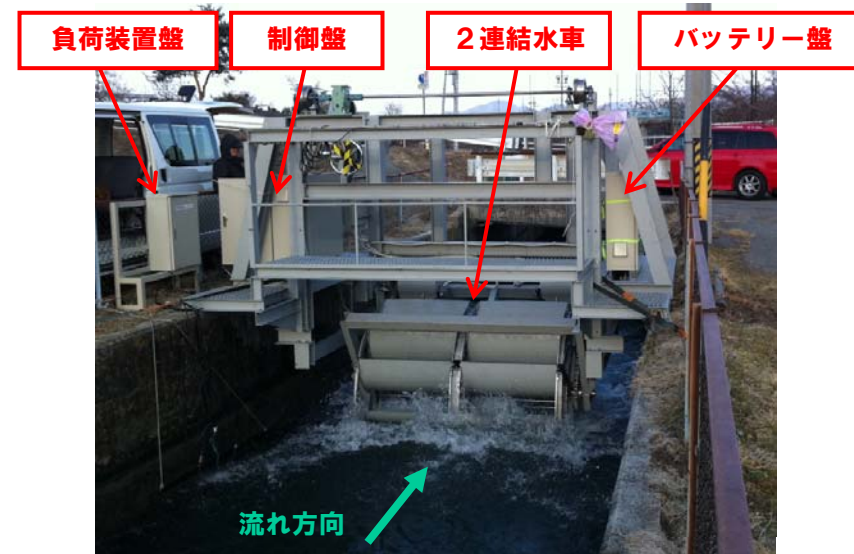
3. 試験結果及び成果

② 連結水車構造の運転確認

- リング状の水車ホイール部で、水車を連結できる構造を開発。
【特許出願中】
2 連結水車による運転では、同一水路における単列水車出力の2倍以上の出力が得られた。
- 流速約 2.4 m/s の条件下で約 2.55 kW の出力、流速約 2.9 m/s の条件下で約 3.85 kW の出力を確認
- 3.5 kW 以上の発電で、連続運転を行い、2 日間で約 171 kWh の電力を得た。



2 連結水車と単列水車の発電出力比較グラフ

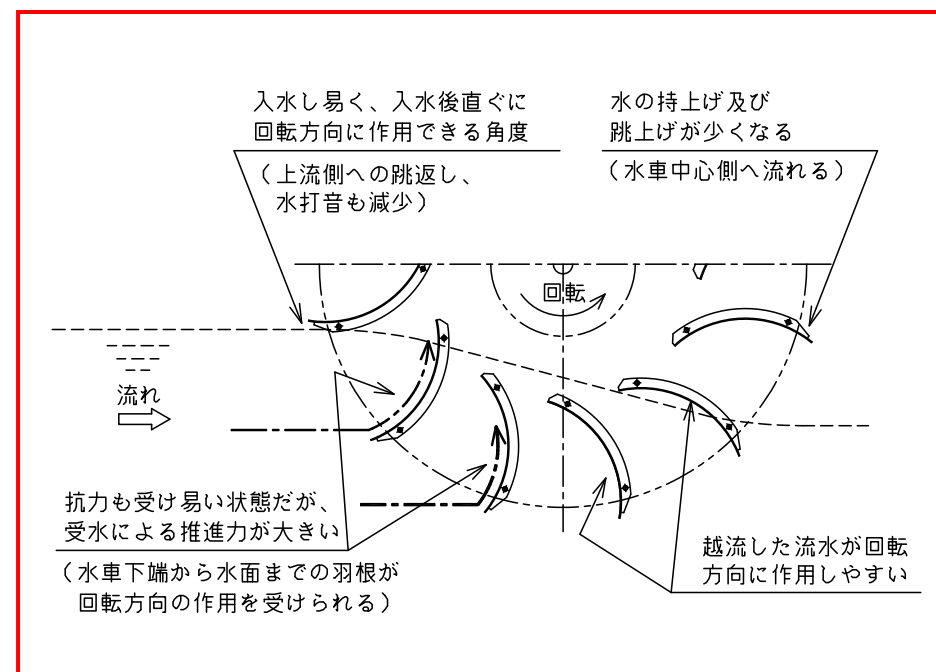


連結水車構造 連続運転状況
(回転直径φ 2 m × 水車幅 2 m)

3. 試験結果及び成果

③ブレードの改良

- 複数の組合せによる比較試験を行った結果、**12枚の円弧形状ブレードを流水方向に対し、前傾角度に取付けた状態の組合せで、最も高い効率の結果を得た。**
- **発電効率が40～50%に向上。**
過年度(2006年)と比較して、**1.8～2.3倍の効率改善。**
- **入水時の抵抗が軽減できたと共に、ブレード突入時の騒音や水の跳ね返りも軽減できた。**

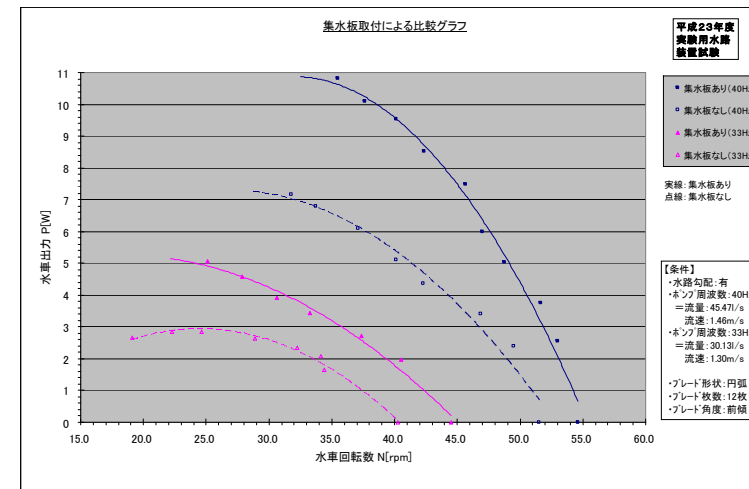


円弧形状ブレード、前傾取付時模式図

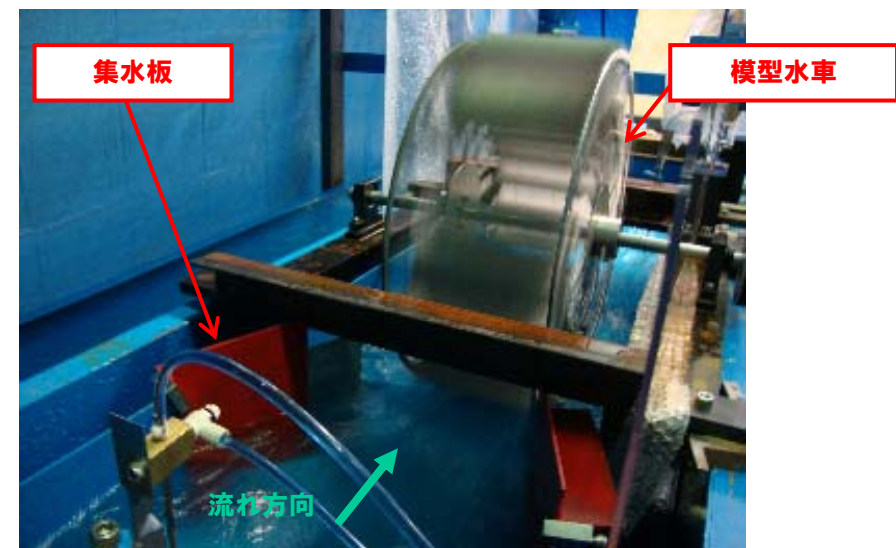
3. 試験結果及び成果

④ 集水板の効果確認

- 集水板の設置により流速が一時的に上がり、水路内の流水エネルギーを集中的に取り込む事ができるので、**水車回転数が増加し、出力を向上する事ができた。**
- 出力の向上効果は、非常に高く、特に水路勾配が無く、流速が低い状態では、**集水板の無い状態の2倍以上の出力が得られた。**
- 水車設置による堰上げ効果が低い下掛式水車は、他の水車方式に比べ、**流量・流速の低い水路での有用性が確認できた。**



集水板の有無による出力比較グラフ



集水板模型機試験状況

3. 試験結果及び成果

(2) 水車重量の軽量化に関する研究

- ブレードをアルミ製にする事で、鋼板製に比べ、半分以下の重量となったが、発電出力の差は、あまりなく、水車重量の軽量化による**発電効率の改善は、期待できない**事が分った。
- アルミ製のブレードは、軽量のため取り扱いやすいが、コスト的には鋼板製の2倍以上となる。

3. 試験結果及び成果

(3) 維持管理の簡素化に関する研究

- 既存水路の天端に置くだけの設置方法である為、設置に際し、水路改修工事や水路内の断水が不要で、**設置・撤去共に1日程で施工可能。**

- 付属昇降装置により、**設置及びメンテナンス作業が容易**になった。また、昇降可動範囲を広げた結果、最大巻上時には、水車が架台枠内に格納可能となり、**施工性が向上した。**【特許出願中】

- 水車側面及び内円を開放構造にした事で、**ゴミの巻込みがより起こりにくくなった。**

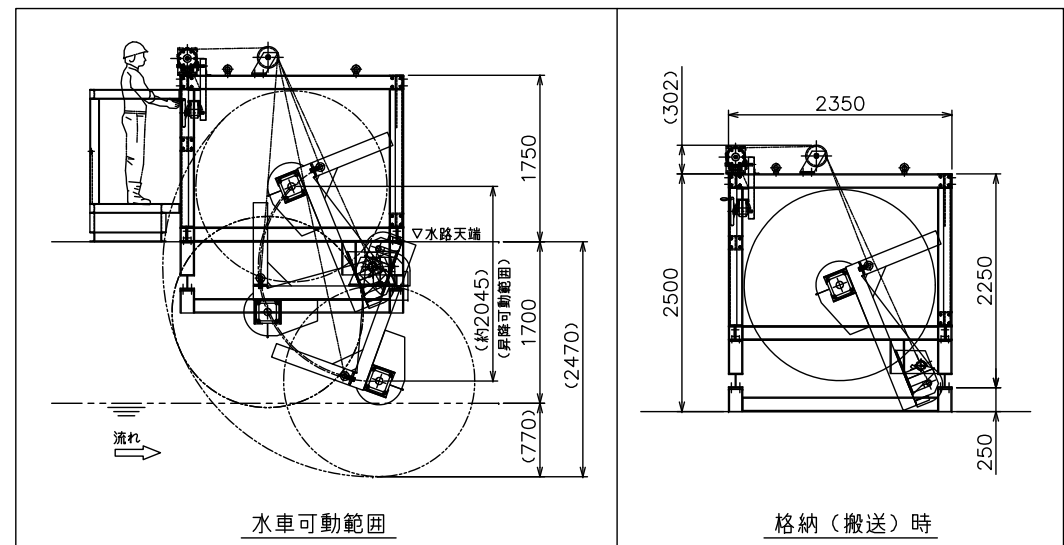


揚重中

設置完了

発電運転中

平成21年度施工状況（所要時間1時間程度）



昇降装置改良後 可動範囲図

4. 目標の達成度・従来技術との比較

		従来技術 (2007 実証実験)	新技術 (2009~2011)
写真・図面			
	機器仕様	水車形式	下掛式水車
水車サイズ		回転直径φ2.0m×幅2.0m	回転直径φ2.0m×幅2.0m
ブレードサイズ		高さ0.45m×幅2.0m	高さ0.5m×幅2.0m
ブレード形状		バケツ形 (両側板、内円側底板有り)	円弧形状 (両側板、内円側底板無し)
ブレード枚数		6枚	12枚
水没水深		標準0.45m	約0.6m (0.7m程度迄運転可能範囲)
発電電力		0.77kW見込 (流速2m/s)	2.55~3.85kW (流速2.37~2.9m/s) 実績 約3.4~6kW見込 (流速2.37~2.9m/s)
発電効率		21.5%見込	①30.4~25.7% 実績 、②40.3%見込

4. 目標の達成度・従来技術との比較

	従来技術（2007）	新技術（2009～2011）	比較の根拠
経済性	単位出力価格：520万円/kW （発電見込値：0.77kWより）	単位出力価格：約210万円/kW （発電実績値：3.85kWより） ----- 単位出力価格：約134万円/kW （発電見込値：約6kWより）	発電効率の改善に伴い、製造原価及び発電実績値で比較して、単位出力単価を約1/2.5に軽減。最終効率を基にした試算では、約1/4に軽減可能。
工程	同等	同等	共に水路の改修工事や水路内の断水が不要な為、1日程度で施工可能
品質	発電特性確認用の機器の為、連続運転による品質確認は、実施していない。	流水より受ける作用荷重と低回転・高トルクという水車特性を考慮した見直しで耐久性を向上。	耐久性の向上に伴い、新技術では、3.5～3.6kWの連続運転を実施し、2日間で約171kWhの発電運転を確認出来た。
安全性	水車の昇降操作が手動である為、無人時の安全対策が出来ない。	水車昇降装置の電動化により、電気信号による昇降操作が可能。	水車昇降装置の電動化に伴い、水位計等との組合せで、自動昇降出来る様になり、増水時等に対する安全性が向上。
施工性	最大巻上げ時においても、水車が架台下側に突出する構造の為、搬送や仮置き時には、別途支持台が必要。	架台、昇降装置の改良により、最大巻上げ時には、水車が架台枠内に格納可能。	搬送時や施工中の仮置き時に、専用の支持台が不要となった為、施工性が向上。
周辺環境への影響	ブレードが流水に突入する際の水を叩く音や、ブレードによる上流側への水の跳ね返り及び下流側への水の蹴り上げが大きい。	ブレードの形状及び取付角度の改良により、流水への突入音及び上流下流への水の跳ね返り、蹴り上げが、減少。	突入音による騒音や水跳ねによる周囲への影響が軽減出来た。

5. 適用範囲

- ◎ **構造的な落差が不要で、上部が開放された水路に設置する事が可能であり、多くの箇所での利用が考えられる。**
- ◎ **既存の農業用水路などの水路天端に設置するだけで、流水を利用した発電を行える。**
既存水路の改修工事等及び設置時に水路の断水等を行う必要がないので、落差を利用した水車方式に比べ、**設置コストの低減、施工期間の短縮が可能。**
- ◎ **開放度の高い下掛式水車である為、ゴミ等の巻込みによる不具合が発生しにくい。**
付属の水車昇降装置を用いる事で、**施工及びメンテナンス時が容易に行え、且つ、増水時等の安全対策も可能。**

6. 留意点

◎設置に関する留意点

発電に伴い、水車上流側に若干の堰上げ効果が生じる。また、同一機器でも、流量・流速・水深等の水路条件により、発電量が大幅に変化するので、**設置計画時の水路調査が重要。**

◎電気に関する留意点

発電した電気の利用方法には、いくつかの方式があり、設置場所の水路条件や周辺の電源設備状況を把握し、適切な方式を検討する。

出力方式	長所	短所
独立電源方式	バッテリーを備えた方式の為、商用電源設備のない場所でも利用が可能。	バッテリーを用いる為、使用量及び発電量に制限がある。初期費用及び交換費がかかる。
系統連系方式	バッテリー不要の為、コスト低減が図れる。また、発電した電気を無駄なく活用できる。	系統連系協議が必要。小水力用のパワーコンティンションがない為、納入まで期間を要する。
系統協調方式	系統連系協議が不要なので、納入までの期間短縮及び聞き費用削減の効果がある。	他社特許出願中のシステムな為、使用に関してメーカーとの協議が必要。

出力方式による長所と短所