

1. 7 実証試験（現場適用）の概要、結果、課題等

（1）管水路式ナノ水力発電装置の開発

実証実験は、各地域の特性を加味し、それぞれ目的を持った検証を行った。

表 3 実証試験地の概要

検証先	徳島県 徳島大学	石川県 河原山町	宮城県 狭野土地改良区	社内
地方自治体等	徳島県企業局	河原山町役場	高原町役場	—
施工・メンテナンス会社	—	北菱電興	有限会社神武 他現地協力者	—
発電用水	—	灌漑用水	灌漑用水	—
電力用途	研究開発	自家消費	自家消費 (町立保育園)	自家消費
目的	デュアルマイクロタービンの研究開発	灌漑期、冬季止水のためスポット測定試験	保育園施設の電源として消費する長期試験	実装状態にて連続運転試験

①発電検証

1) ユニット設置及び配管

簡易施工を目的に、土台の上にモジュール化されたユニットを組み込み、既存配管の連結により発電を開始できることを検証した。



図 43 実証実験の概要

2) 簡易施工、簡易配線の検証

発電システムから保育所までの送電は直線で約 150m の距離である。

電柱を使用した本格的な配電工事の場合では費用が高額となるため、本地点では発電システムから保育園まで、道路の側溝に配線を這わせる簡易施工として実施し、課題の抽出、検証を行なった。

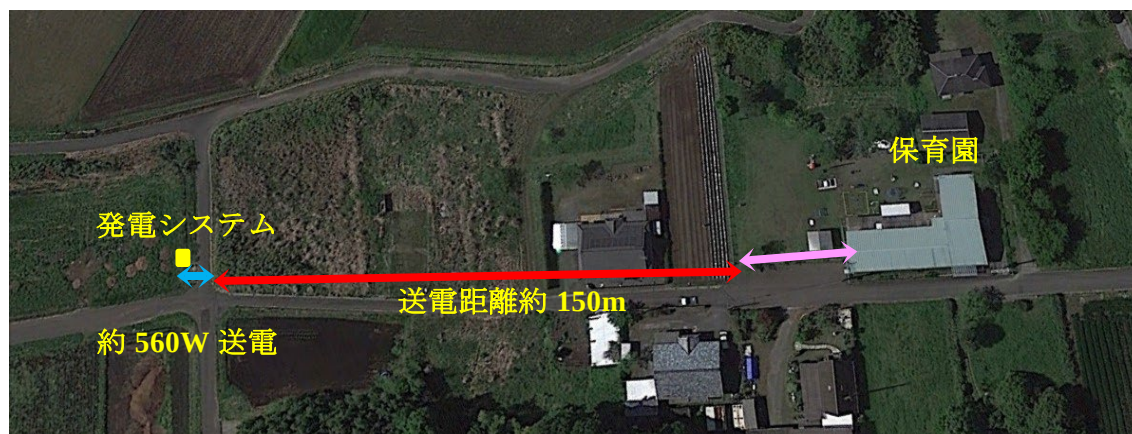


図 44 現地実証試験での送電計画

道路使用許可を得るために管轄の高原町役場に問い合わせを行ったところ、送電ルートは 2 つの区分に分かれており、2 種類の申請が必要となった。

1. 道路占用（32 条）申請書様式（赤矢印の区間）
2. 法定外財産使用許可申請書様式（青矢印の区間）

条件：配線の設置に際し、万一破損等の問題が生じた際は原状回復

それぞれ申請書に必要事項を記載し配線の仕様など資料を添付することで、無償での許可を得ることができた。

発電システムから保育所の敷地まで、可能な限り側溝内に配線を吊り下げる形状で敷設し、側溝から保育所までの間は掘削して埋設を行い、表面への露出を無くした。

その結果、本工事における材料、工事を含む費用は、電柱を使用した施工と比べて約 25% に抑えることができた（電柱は始点 1 本、中間 2 本（50m 間隔）、終点 1 本、合計 4 本を想定）。



図 45 配線計画

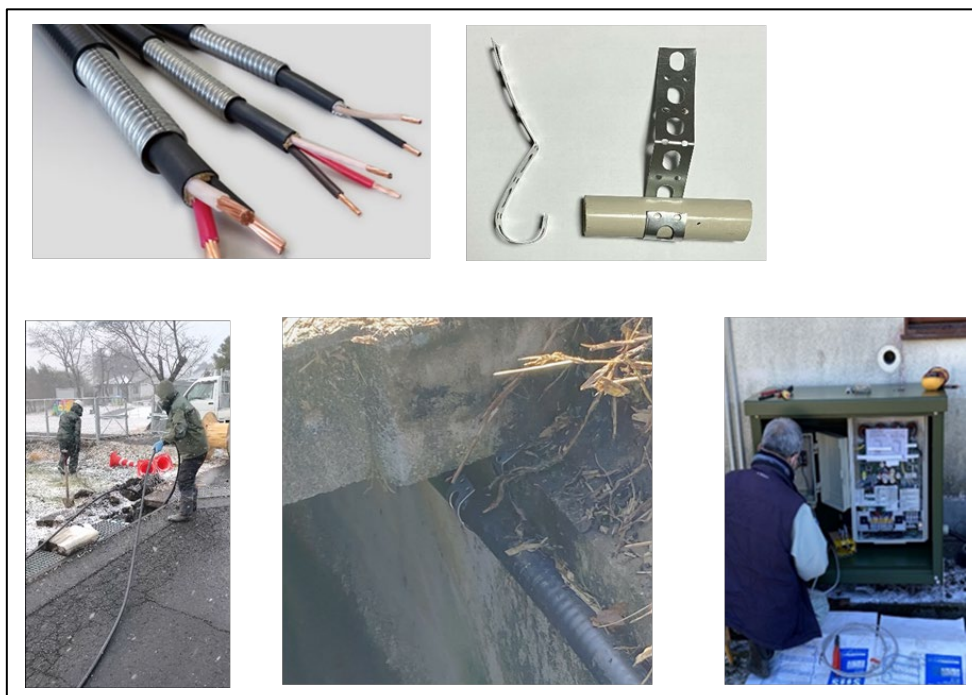


図 46 配線施工および使用部材

②マイクログリッドの開発

実験室実験で得た結果を基に、フィールドにて検証を実施した。その結果、単独運転 2 口での測定にて 913W の出力を得た。発電システム 1 の余剰圧力による発電を狙い、発電システム 2 を取り付け、連結検証を実施した。結果的には、921W とほとんど変わらない結果となった。

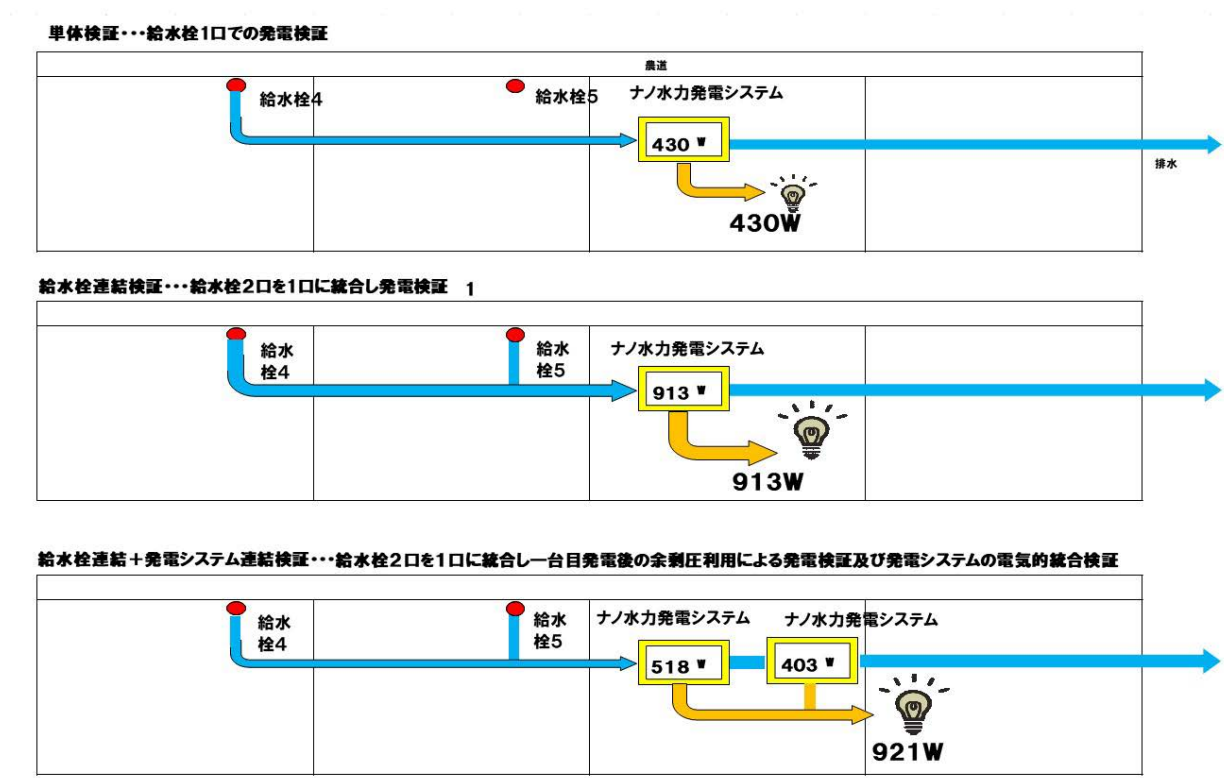


図 47 連結試験結果の概要



図 48 連結検証状況

③除塵機構の開発

実験室実験の結果をふまえて、実際の農業用水を使用し長期連続通水試験を実施した。その結果、大量の藻、苔が発生したが通水状況に変化は見られない。苔に関しては、光合成抑制の為、塵芥除去装置を暗渠にしたところ、発生が大幅に抑制された。

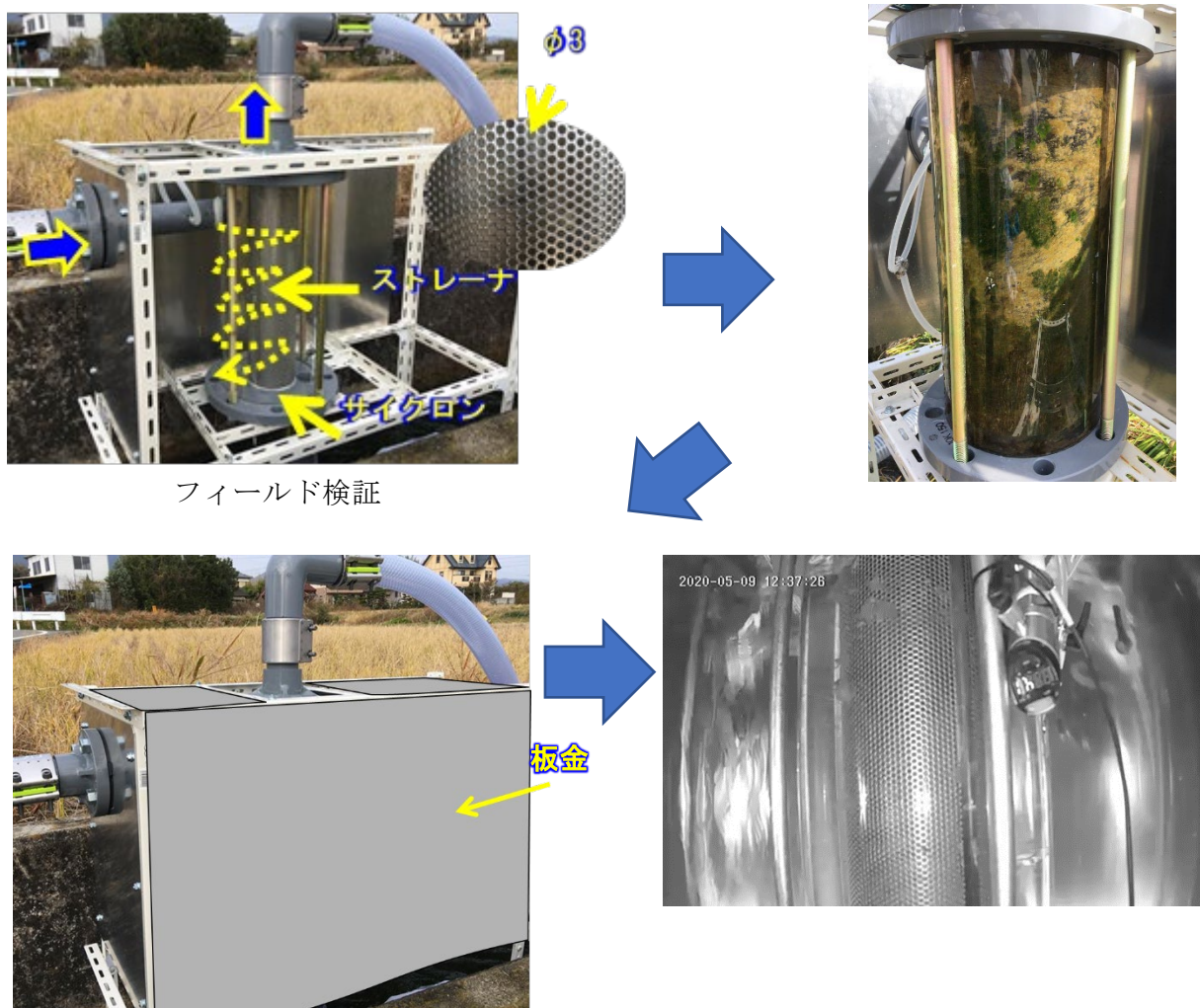


図 49 実際のパイプラインを使用したフィールドでの連続検証

（２）開水路落差式ナノ水力発電装置の開発

①除塵設備の開発

１）除塵設備の性能試験

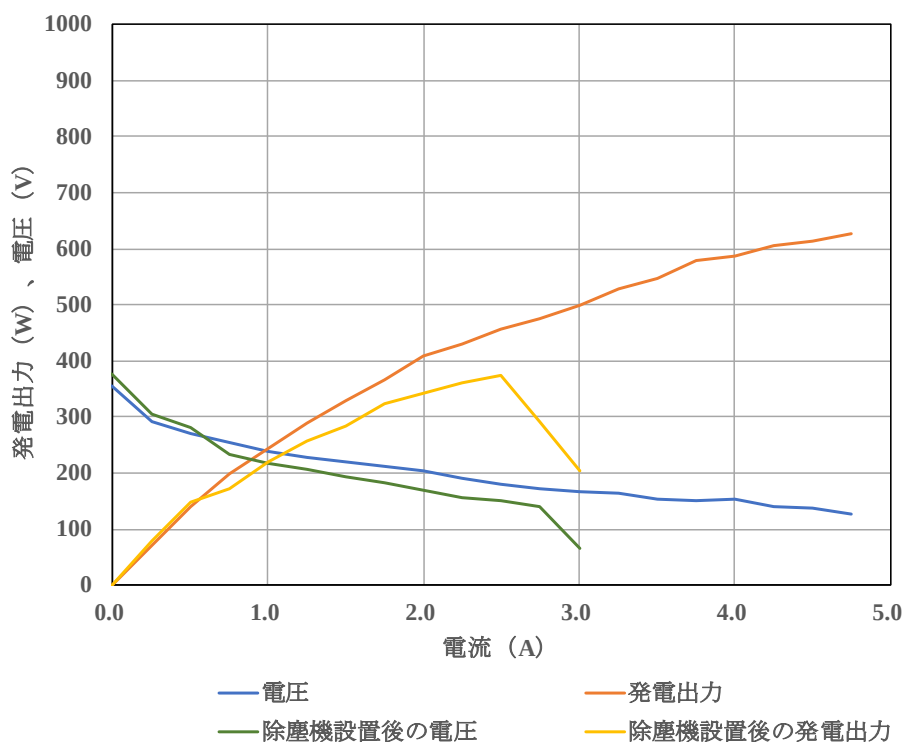
除塵機を設置する前は最大出力が 630W（電圧 126V）であるのに対して、除塵機設置後は最大出力が 375W（157V）となり、減少傾向であった。これは、除塵機設置後の流量が最大 $0.15\text{m}^3/\text{s}$ であり、流水とともに空気の混入（気液混合体）となり効率低下を招いたものと考えられる。全体流量が増加することで、この気液混合体の状態は解消できるため、除塵能力自体は有効であると考ええる。なお、除塵機有りでは最大出力 375W のときの電流値 2.5A 以降にストールが発生した。



除塵機設置前



除塵機設置後



出力特性と電圧特性

図 50 除塵機を設置する前と後での出力特性の比較検討

2) 維持管理の比較検討

維持管理の視点から除塵機を評価した。評価では除塵機の製造・設置費用とともに塵芥除去にかかる人件費を計上した。その結果を表 4 に示す。除塵機無しは、除塵機製造・設置の初期費用は不要である一方で、一日当りの塵芥除去（3 回／日）が多くなり、年間の塵芥除去に係る費用は 99 円/kWh となった。除塵機有りは製造・設置の費用（100,000 円）を計上しても塵芥除去が 1 回／2 日で済むことから、塵芥除去に係る費用は 14 円/kWh となり、経済的になった。なお、本事業では除塵機設置に伴う出力低下による経済比較は行わない。これは、そもそも小水力発電装置の単価による影響が大きく、機器の低コスト化という別テーマの研究開発を要するためである。

表 4 維持管理費用での比較検討

No.	項目	単位	除塵機 無し	除塵機 有り	備考
a	除塵費用	(円)	0	100,000	(除塵機は製造・設置費を見積額より引用)
b	人件費	(円／回)	500	500	(過去の実績より実費を計上)
c	除塵回数	(回／日)	3	1	(除塵機有りは1回／2日とした)
d	日費用	(円／日)	1,500	250	(=c*d)
e	管理日数	(日)	365	183	(除塵機有りは1回／2日のため、365日の半分を計上)
f	年費用	(円／年)	547,500	45,750	(=d*e)
g	初期込み総費用	(円／年)	547,500	145,750	(=a+f)
h	発電出力	(kW)	0.630	0.375	(現地試験結果より)
i	年間発電電力量	(kWh)	5,519	3,285	(=h*24*365)
j	発電電力量当りの単価	(円/kWh)	99	14	(=g/j)

②吐出し部の改良による発電効率向上技術の開発

吐出し部の改良として、吐出し管の延長による総落差の増加とともにサイホン形式の再現による出力向上を図った。その結果、通常発電において最大出力が 630W（電圧 126V）であることに對して、吐出し管の延長有では 224W（電圧 79.5V）であった（図 51）。このような出力減少に至った理由としては、呑口部から空気の混入があり気液混合体となったこと、かつ吐出し管の延長により損失が大きくなったことによるものと推察される。

そこで、吐出し管の延長ではなく下流部の堰上げにより水没を再現し、かつ全体流量を増やすことで空気の混入を無くす完全流体の状況を再現する実証試験を実施した（図 52）。その結果、流量を通常時の $0.15\text{m}^3/\text{s}$ から $0.30\text{m}^3/\text{s}$ に増加させたことで、出力は 630W から 930W まで上昇した。電圧も 190V で推移しており、まだ電力を取り出せる可能性があることが推察される。なお、現地試験では最大負荷が 1,000W のため、これ以上の電力を取り出すことは不可能であった。しかしながら、発電効率を見ると通常時は総合効率が 0.78 であることに對して、流量増加によるサイホン再現時には 0.58 と減少傾向になった。これは水車ランナの最適設計時の流量を $0.15\text{m}^3/\text{s}$ としており、流量増加により最適解から外れることで水車効率が低下したことによるものと推察される。

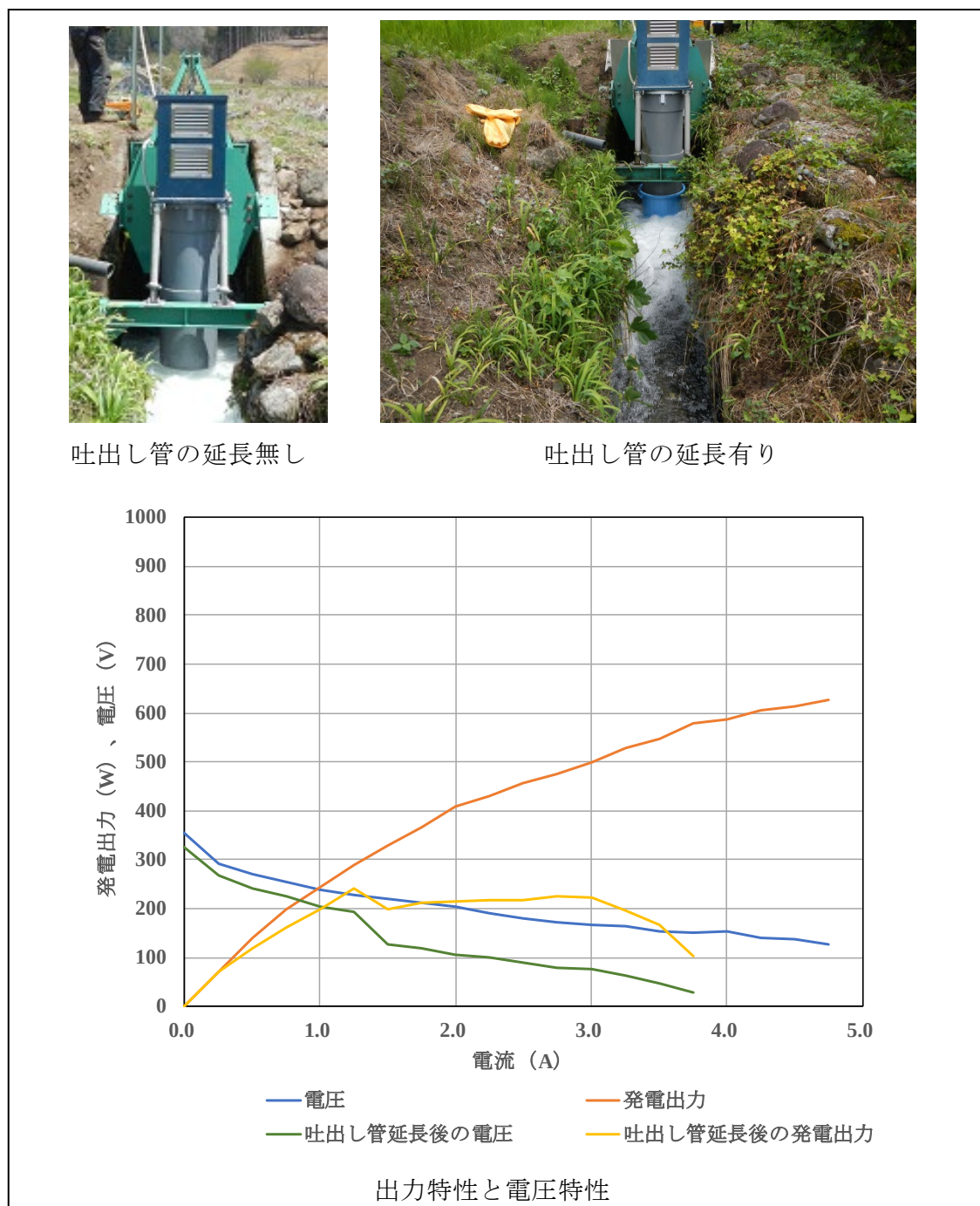


図 51 出力向上のための吐出し管を延長する前と後での出力特性の比較検討

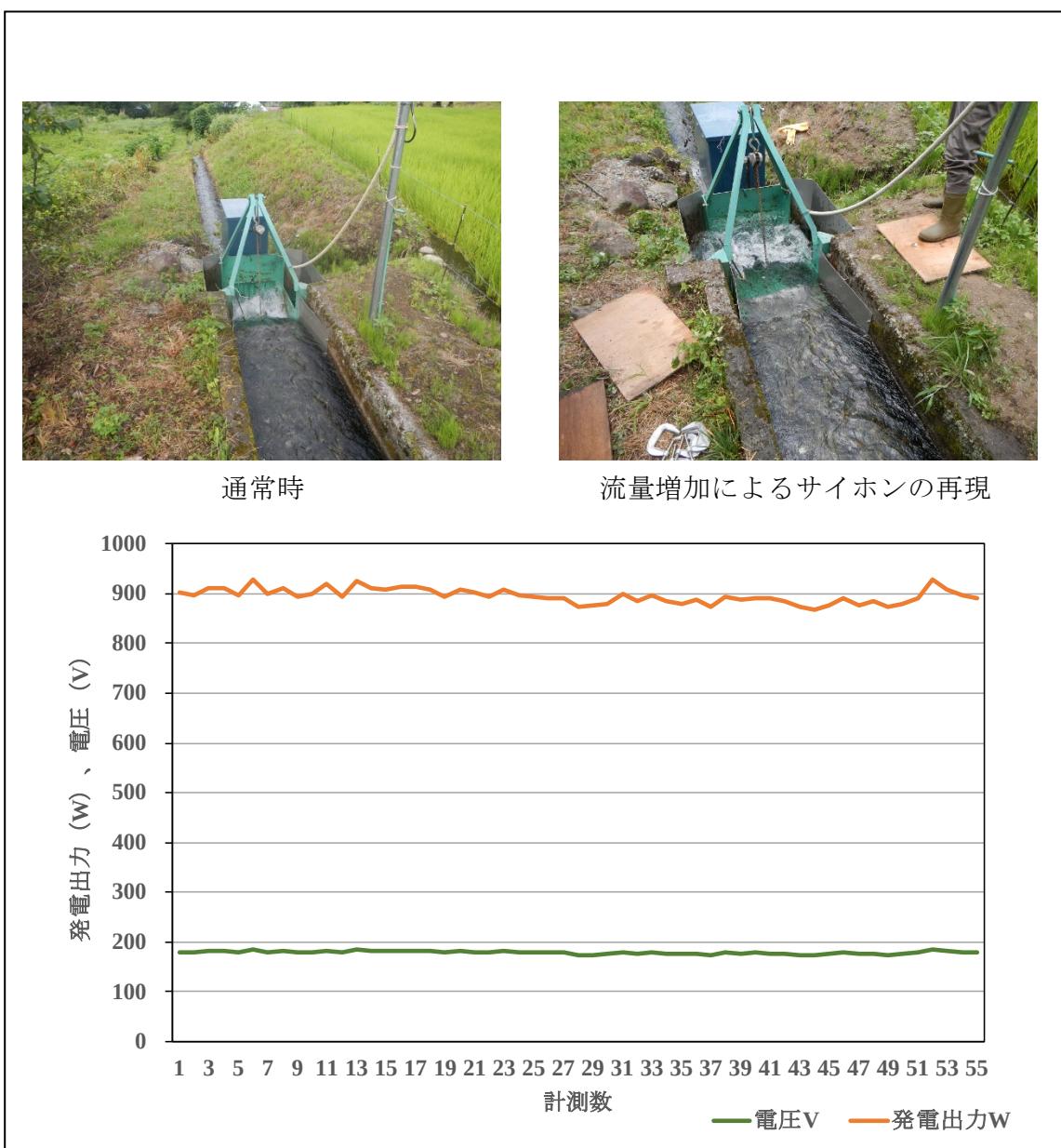


図 52 流量増加によるサイホン再現時の発電出力と電圧

表 5 流量増加によるサイホン再現時の効率比較

項目	単位	通常時	サイホン再現時
重力加速度g	(m/s ²)	9.80	9.80
総落差H ₀	(m)	0.85	0.85
有効落差H _e	(m)	0.55	0.55
流量Q	(m ³ /s)	0.15	0.30
理論水力P ₀	(kW)	0.81	1.62
発電出力P	(kW)	0.63	0.93
総合効率η	(—)	0.78	0.58