

富山県企業の小水力発電普及への取り組み

ー県内から東南アジアへ



富山県小水力利用推進協議会会長

NiX 株式会社 新日本コンサルタント
代表取締役社長 市森 友明

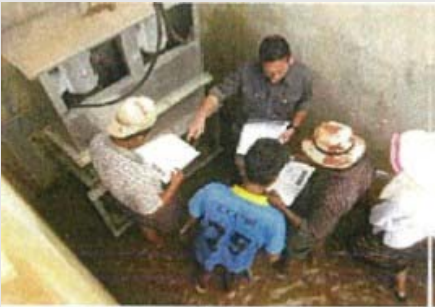
- ・ 富山の企業の技術を東南アジアへ
- ・ 東南アジアの電力事情
- ・ バリ島タバナン県にて富山製水車を設置
- ・ 富山の行政主導による企業の海外展開促進
- ・ 現地住民の意識が変容
- ・ 現地生産化と逆輸入による富山の小水力開発促進
- ・ まとめ



富山の企業の技術を東南アジアへ

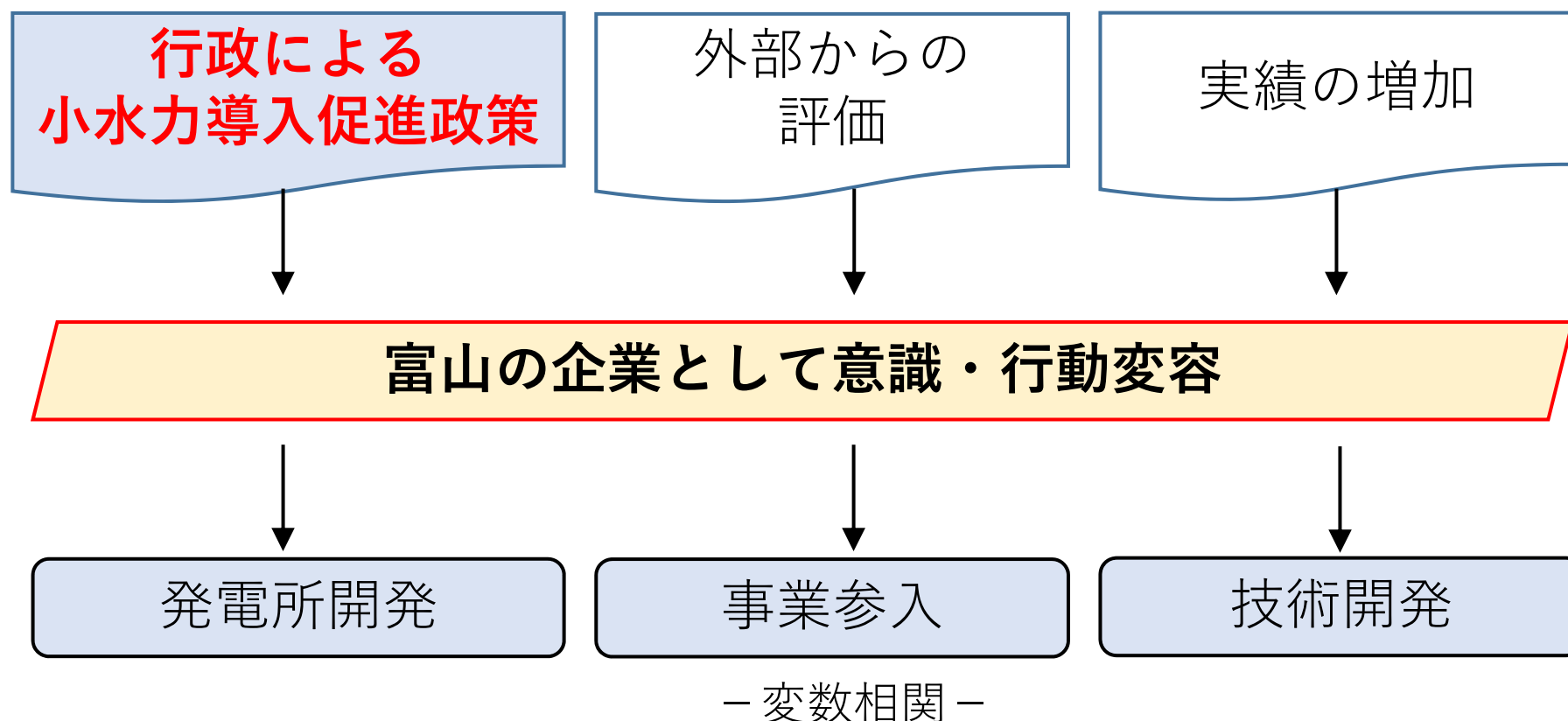
New Infrastructure X NiX

富山県内企業の小水力技術の海外展開

	国際協力機構(JICA) 中小企業海外展開支援事業			海外IPP事業
実施企業	川端鐵工株式会社	株式会社北陸精機	水機工業株式会社	株式会社 新日本コンサルタント
本社 所在地	黒部市生地芦区247	魚津市道坂103	富山市黒崎172	富山市吉作910-1
事業名	現地化マイクロ水力発電による 地方電化ビジネス案件化調査	マイクロ水力発電技術 の普及・実証事業	用水路対応型小水力発電 システムによる農村地域の 電力不足解消に向けた 普及・実証事業	Sumatra Hydro Power Project
対象国	ミャンマー	ミャンマー	インドネシア	インドネシア
相手国 カウンター パート	農業畜産灌漑省 地方開発局・灌漑水利局	農業畜産灌漑省 灌漑水利局	エネルギー鉱物資源省 再生可能エネルギー・小エ ネ総局 再生可能エネル ギー局	インドネシア国営電力会社 (PT.PLN)
実施企業 の 技術・製品	超低落差型 マイクロ水力発電システム 「ストリーム」	マイクロ小水力発電水車 「パワーアルキメデス」	用水路対応型小水力発電 システム 「開放周流型水車」 「螺旋水車」 「プロペラ水車」	自社Feasibility Study 自社Basic Design ■スマトラ島ブンクル州 P=13.1MW ■スマトラ島パダン州 P=6.2MW
設備				

富山の小水力関連企業の意識変容

県の水の王国とやま小水力発電導入促進プロジェクトや自治体の小水力発電所建設により、その「地域」の再生可能エネルギーへの意識が高まり、企業の意識変容が起こり、自発的に地域の持続可能性を高める小水力事業に寄与するようになる



－変数相関－

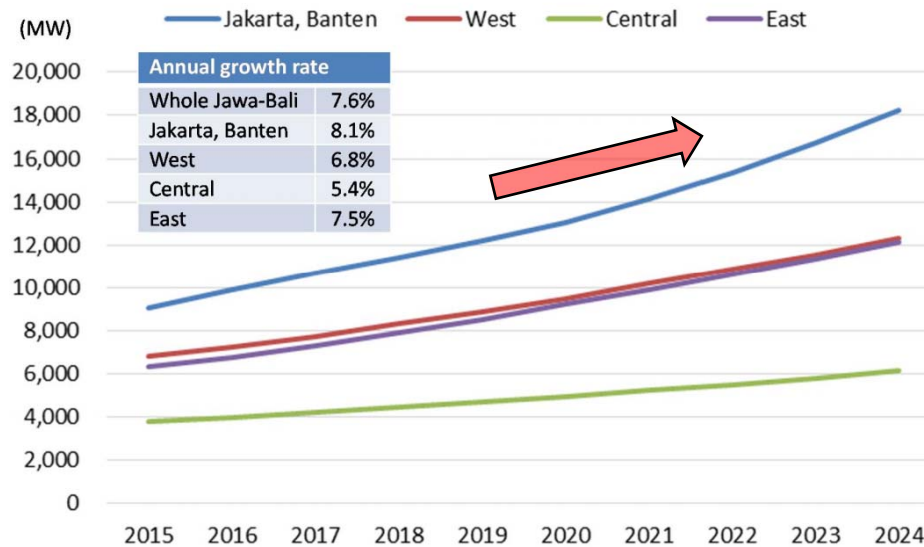


東南アジアの電力事情

New Infrastructure X NiX

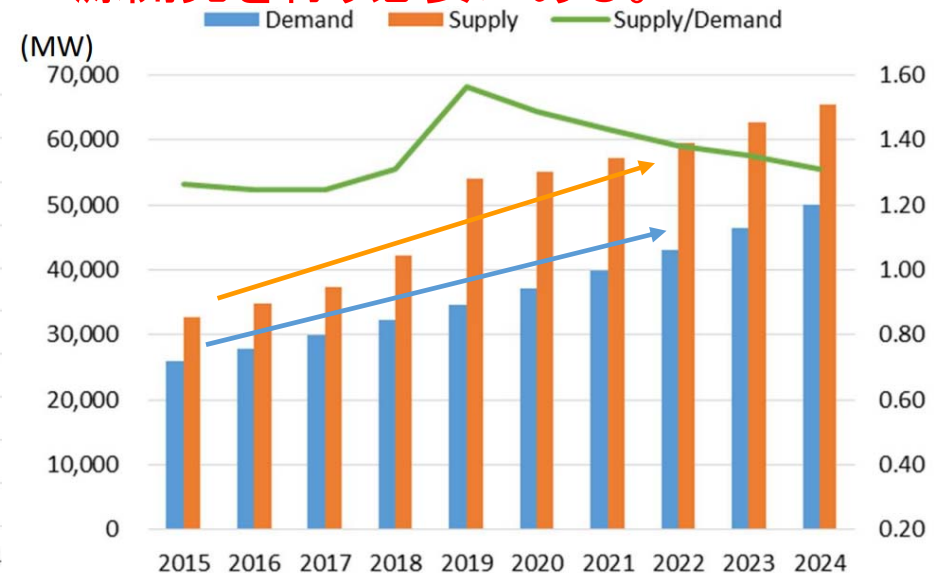
インドネシアの電力供給計画

電力需要は年間8%で急速に伸びていく。



電力需要予測(RUPTL 2015)

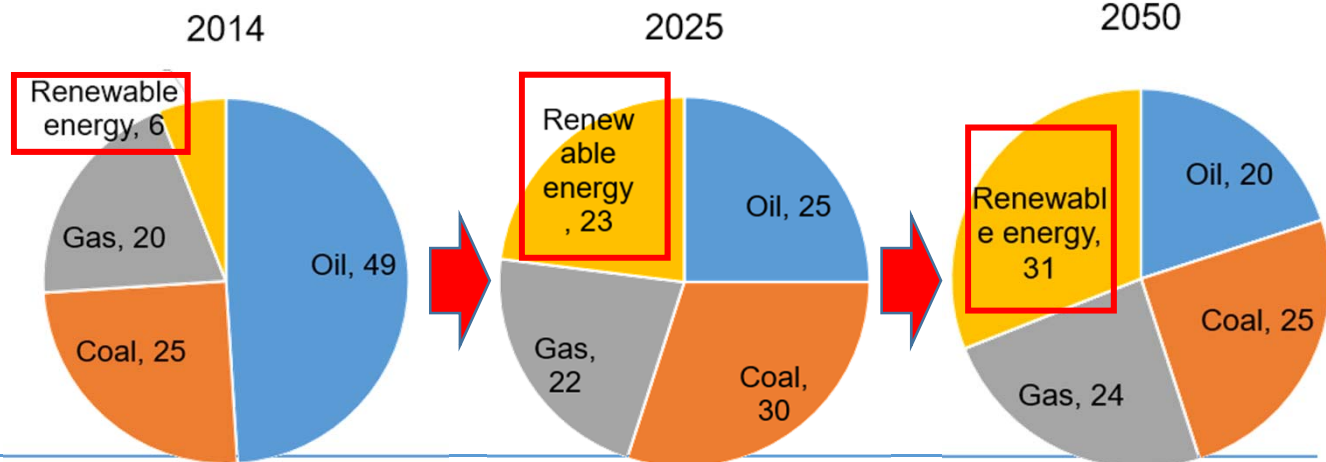
急速に成長する電力需要に合わせて電源開発を行う必要がある。



電力需要と供給能力(RUPTL 2015)

再生可能エネルギーの割合を増やしていく

電力比率の計画
(経済委員会 2014)





バリ島タバナン県にて富山製水車を設置

New Infrastructure X NiX

海外発電事業

【Type-1】

小水力発電技術移転
プロジェクト



ODA型
技術移転事業



【Type-2】

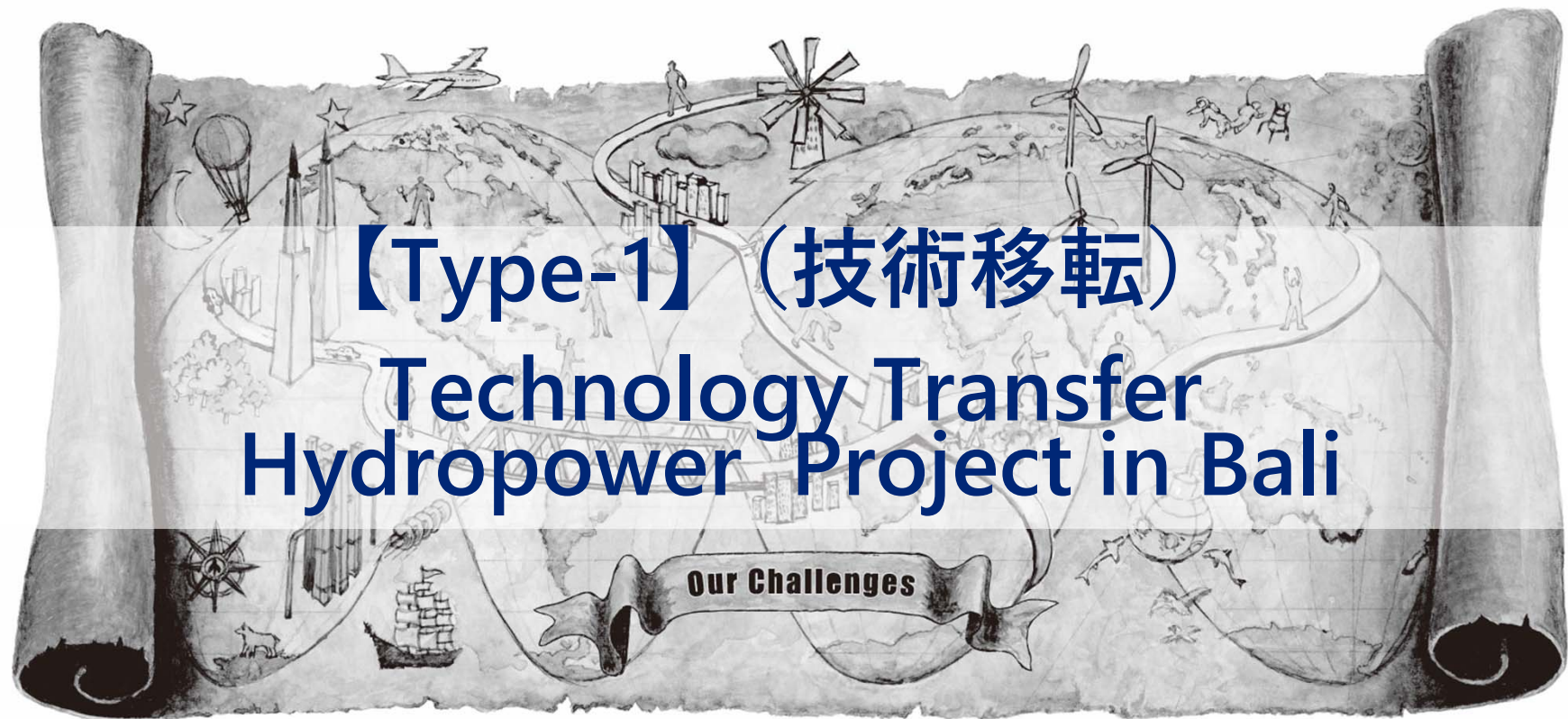
水力発電所建設・運営による
電力供給プロジェクト



投資・開発事業
IPP



Indonesia



New Infrastructure X NiX

Project site バリ州タバナン県ジャティルウィ村



UNESCO世界文化遺産に登録されているジャティルウィ村には棚田と灌漑施設が多くあり、灌漑用水の水流と落差を利用して富山ブランドの小水力発電システムを設置し、持続可能な管理運営体制を実証した。



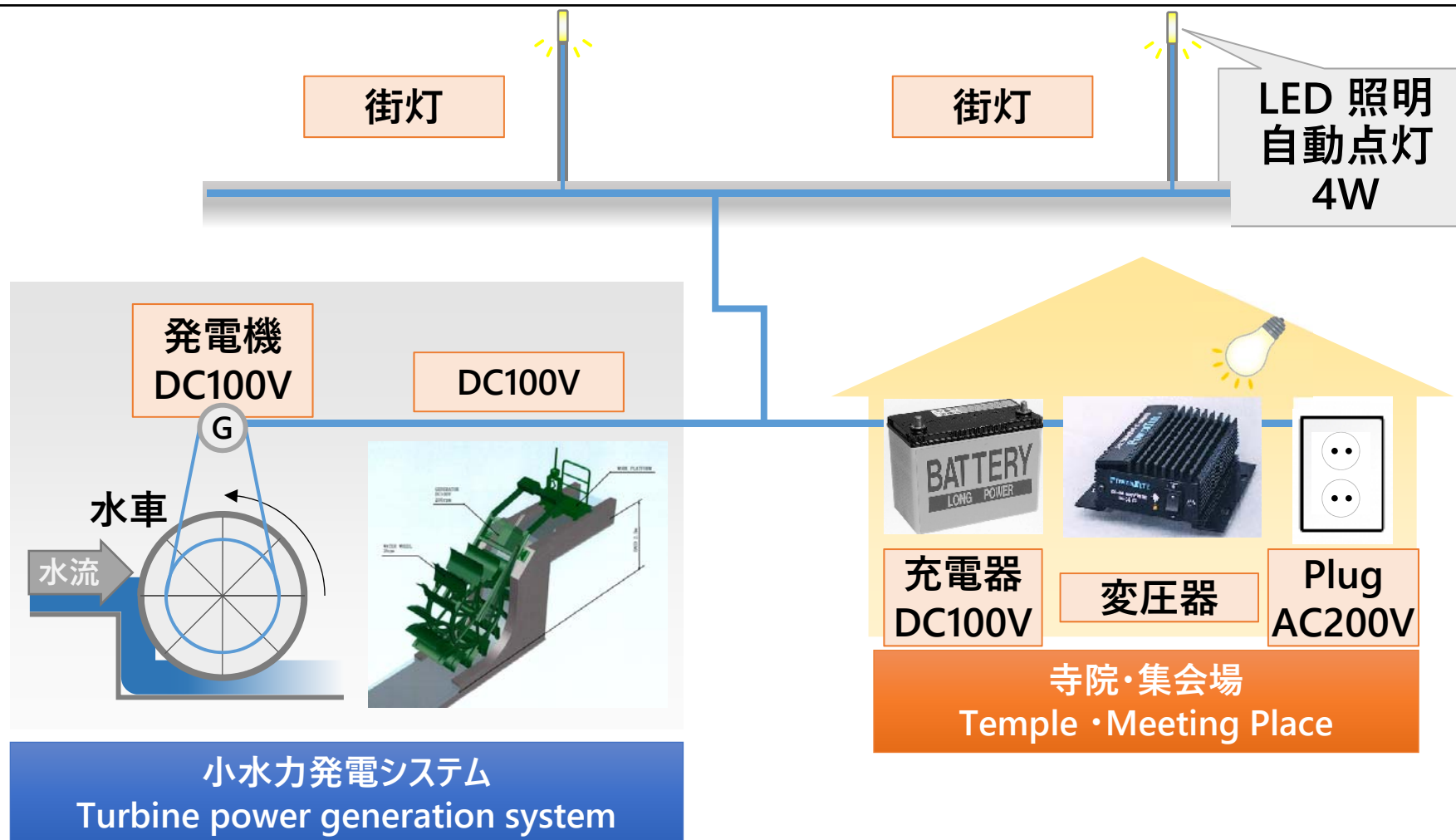
UNESCO世界文化遺産は、バリ州・タバナン県・ジャティルウィ村に位置し、美しい棚田（ライス・テラス）が広がる欧米人観光客に人気の絶景スポットです。

2012年に登録された世界文化遺産の構成要素は、棚田とその灌漑施設、およびスバックといわれる水利組織と不可分の存在である寺院群から構成されています。

また、全国民の90%近くがイスラム教のインドネシア共和国にあって、バリ島は、バリ・ヒンドゥーというバリ島独特な宗教が信仰されており、神・自然・人間の密接な繋がりを説く「トリ・ヒタ・カラナ」を体現したスバックが美しい棚田を守っています。

導入システムの概要

水路の流量や形状に合わせた 3 種類の水車を選定し、計 4 か所に設置
発電された電気は歩道の街灯や住民が集う寺院等に供給して活用



事業実施体制

インドネシア国側

役割	担当機関
カウンターパート	エネルギー鉱物資源省 再生可能エネルギー・省エネ総局再生エネルギー協力局
事業実施機関	タバナン県 農業部局（事業実施窓口） 建設部（許認可申請窓口）

JICA窓口

JICA	役割
JICA本部	国内窓口支援
JICAインドネシア事務所	海外窓口支援

プロジェクトチーム

体制	企業名
提案企業	水機工業株式会社
外部人材	新日本コンサルタント 富山市

オール富山のチーム

棚田の用水路に4カ所の発電所を建設

開放周流径水車（可動式胸掛け水車）

羽根車の外周に水流を当てることにより回転
構造上ゴミの影響が少なく、流量変動に対応可能



SITE2-3

使用水量	0.03m ³ /s	発電出力	0.16kW
有効落差	1.0m	発電効率	55%

SITE7

使用水量	0.014m ³ /s	発電出力	0.16kW
有効落差	2.1m	発電効率	55%

棚田の用水路に4カ所の発電所を建設

らせん水車

らせん状の羽根に水が流入することで回転力を与える水車
耐久性が高く、ゴミの影響が少ない



SITE2-1

使用水量	0.03m ³ /s	発電出力	0.4kW
有効落差	2.5m	発電効率	55%

プロペラ水車

管路から流入し翼形のランナーブレードを通過し回転力を与える
サイフォン方式でも使用され、低落差、大流量に適用される



SITE5

使用水量	0.07m ³ /s	発電出力	4.9kW
有効落差	12.0m	発電効率	60%

街灯への電力供給





現地住民の意識が変容

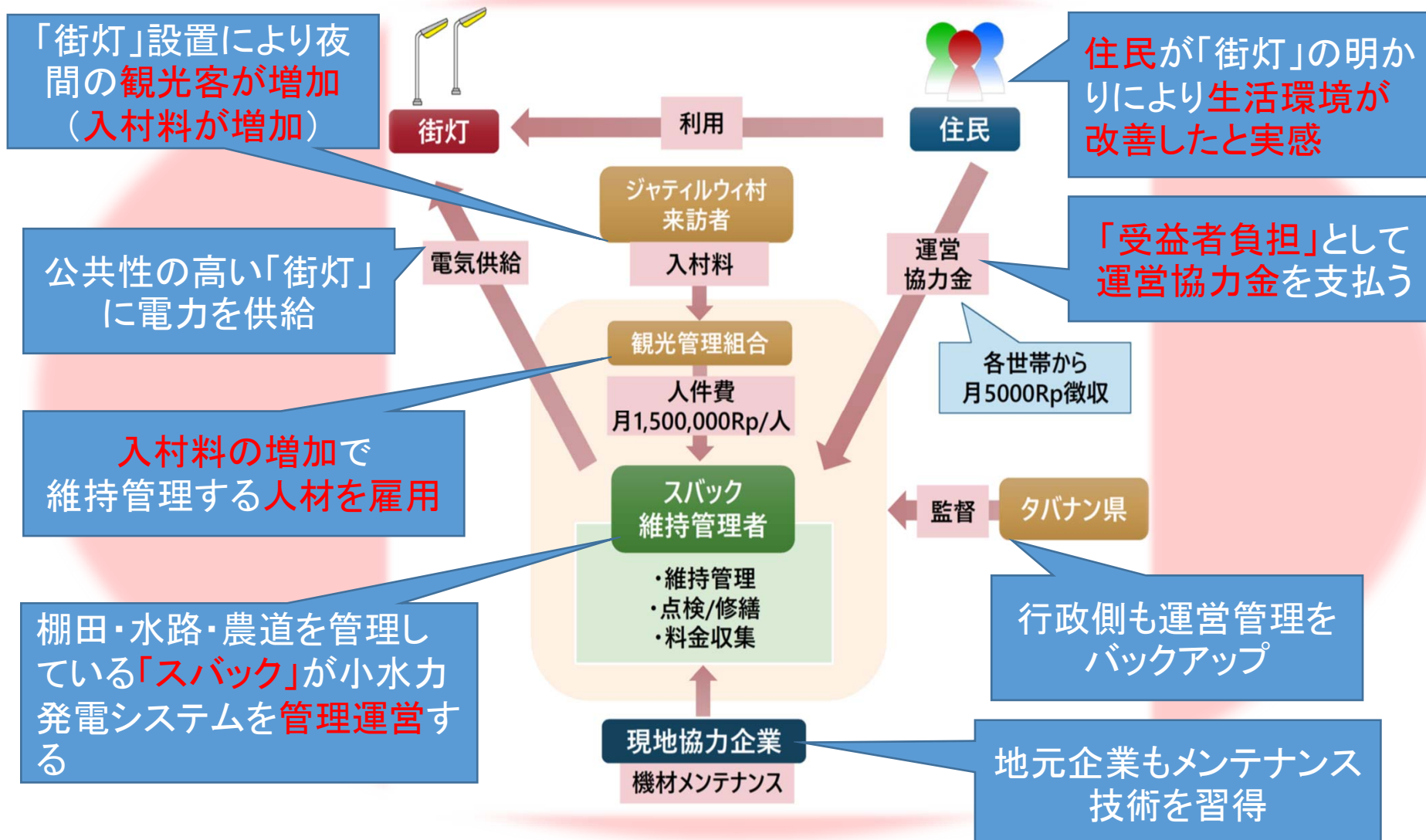
New Infrastructure X NiX

施工技術の移転



維持管理体制を構築・技術移転

スバックにおいて、自立運営組織による持続的に生活環境の改善に資するシステムを検証する。



日本・現地での技術研修

■地元住民の設置の協働、維持管理の実践による技術研修の実施（2017年5月～）

水車等の機材設置工事時の協働、水車稼働後の維持管理の実践を行うことにより、技術研修を図り、自立的に管理していくため技術伝達を図った。



本邦受入による工場での技術研修の様子



水車稼働後の運転操作に関する現場技術研修

水車設置完了後は、小水力発電システムを安全に運用していくため、発電システムの運転操作に係る技術研修を行った。

技術研修では、小水力発電システムの操作方法説明書をもとに、運転・停止の基本操作や異常時の対処方法などの現地での技術研修を実施した。

水力に対する住民の意識変容を誘導

■水車導入による裨益効果の検証（2017年11月～）

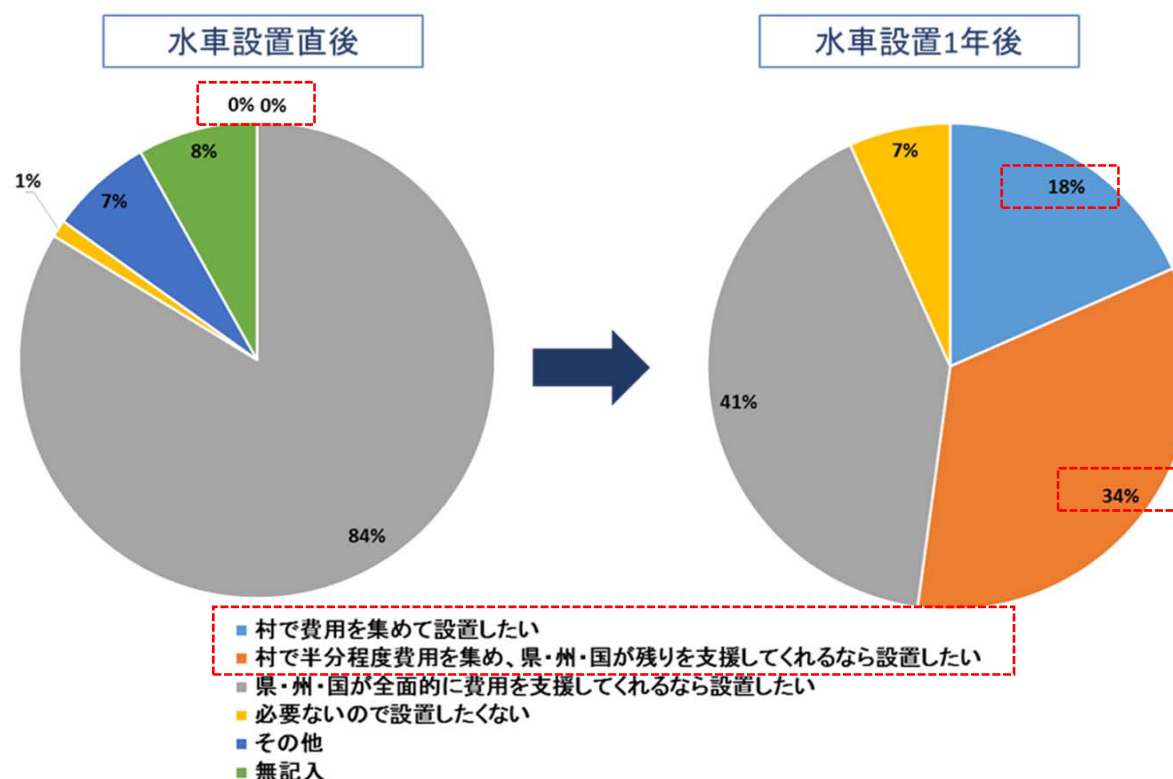
スバック組合員を対象に、水車設置直後（1回目：2018年1月）と水車設置約1カ年経過後（2回目：2019年1月）に、計2回のアンケート調査を実施した。

【設 問】

街灯やその他電気の利用ができる場所を増やすため、今後も新たな水車を設置したいですか？



今後、小水力発電設備の普及展開を図るうえで、新規に導入するコスト調達に対して、受益者が投資の負担意識を持つことが重要となるため・・・



水車設置1年後の回答では「**受益者（村負担）**」が、新規の小水力発電システムへの**投資負担**を行い**導入促進に前向き**回答が**0%から過半数52%へと変化**。

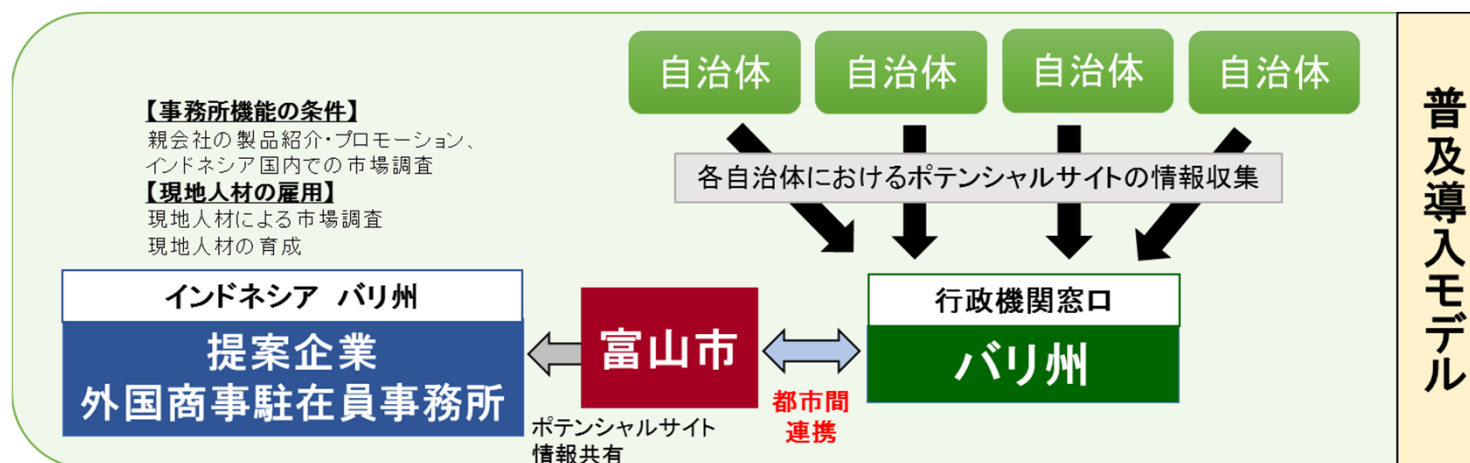
本事業を通じて周辺の生活環境や地域の社会環境の変化が**良好に地域還元**された効果により**受益者負担の意識が向上**

現地政府の協力体制を構築

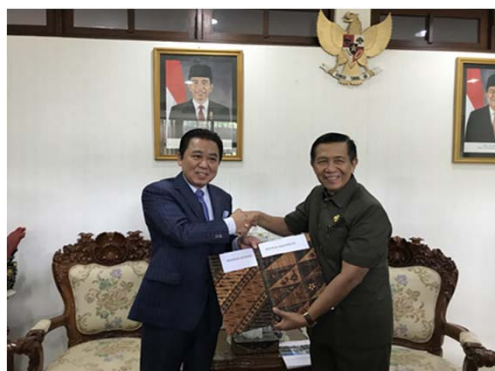
■普及導入モデルの構築(2017年5月～)

実行委員会では、今後のバリ州内の普及導入の促進に向け、**バリ州が各自治体からサイト情報等の行政機関窓口**を担うこととなった。

本事業の実行委員会を通じて、**バリ州内のサイト候補地**に係る情報を**一元集約**する行政側の継続的な普及導入モデルが確立した。



■現地政府等との協力体制構築(2017年11月)

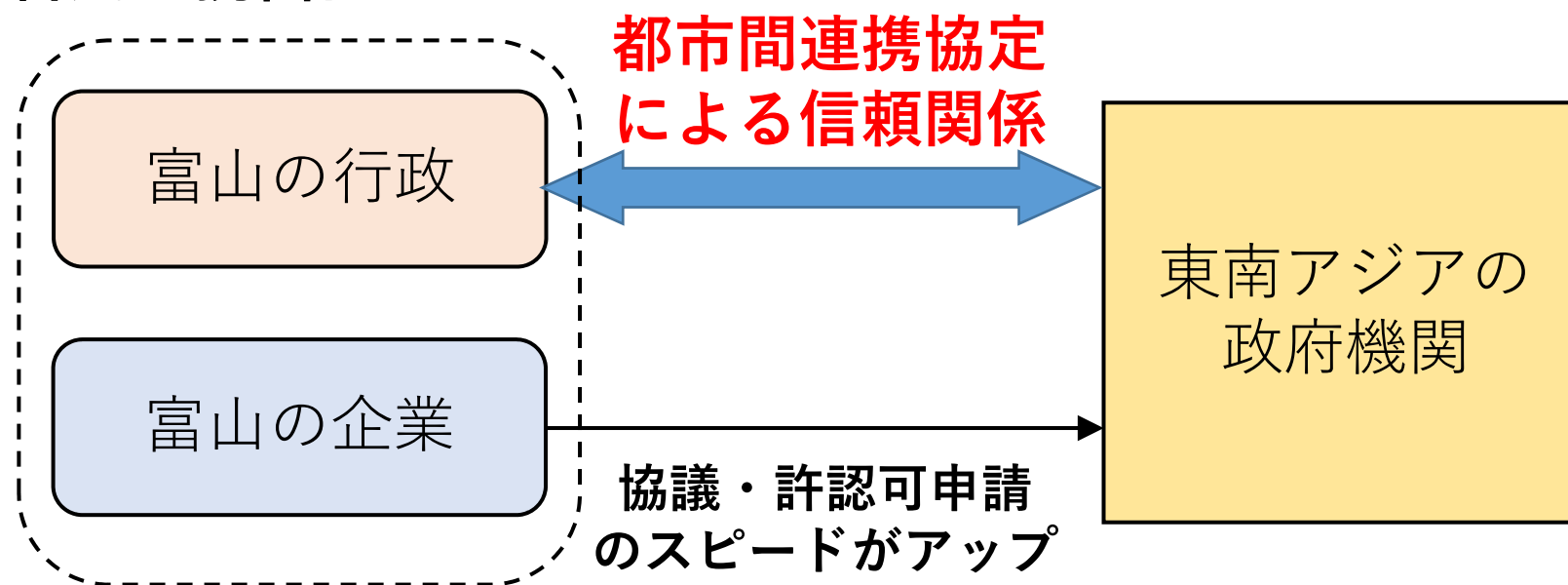


実行委員会の開催を通じて、バリ州と富山市は、環境分野等に関し協力関係をより促進することを目的として、2017年11月28日に、バリ州のパステカ知事及び富山市の森市長が参加のうえ、協力協定調印式を執り行った。

東南アジアでの官民連携の効果

富山の行政と現地政府の都市間連携協定が、富山の民間企業プロジェクト、JICA事業における現地政府との折衝をスムーズ化させ、事業の完成及び時間短縮に寄与する。

官民連携富山チーム



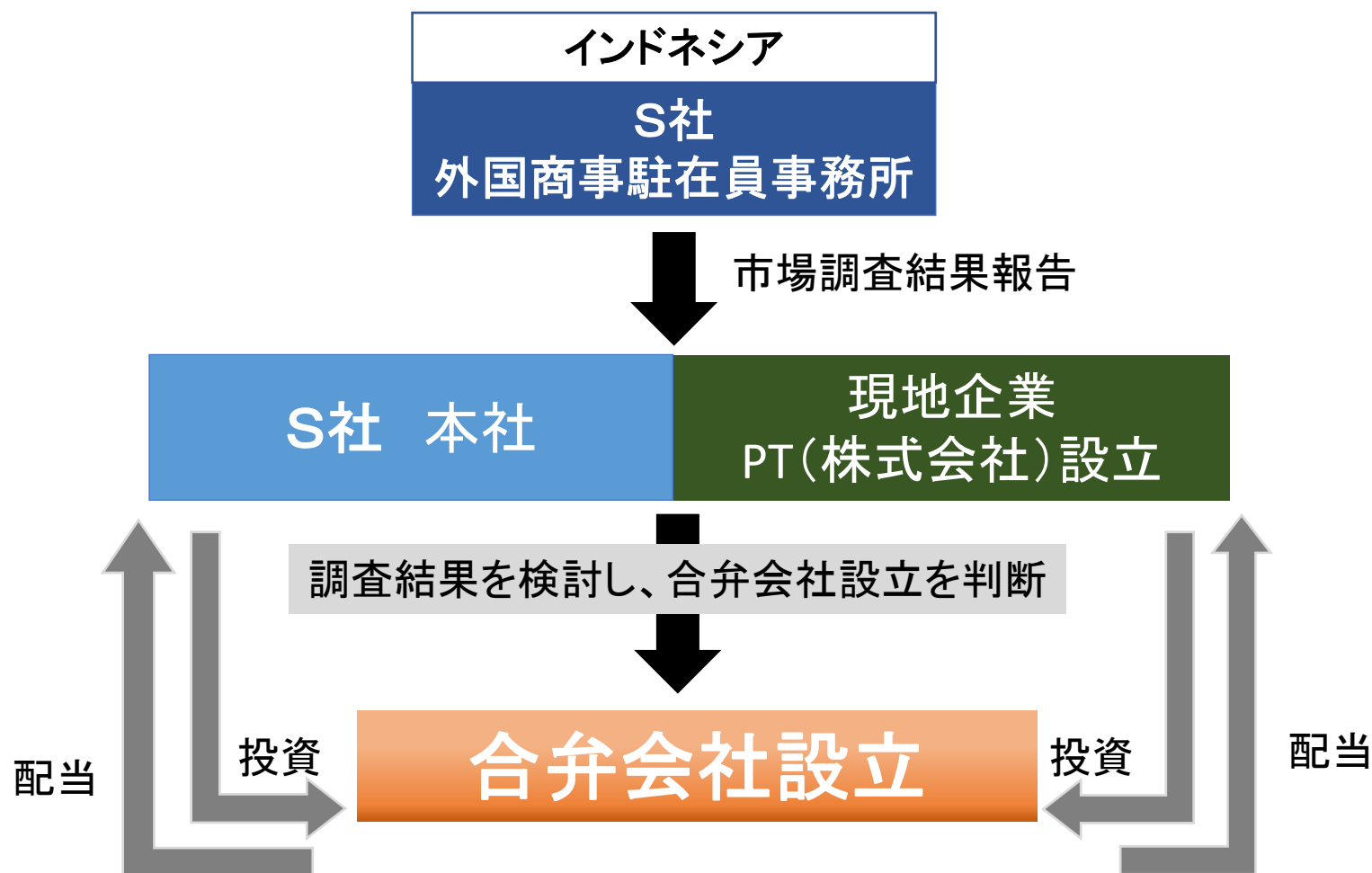


New Infrastructure X NiX

富山の企業の出資による製造法人の設立

STEP1の市場調査に基づき、受注環境と人材育成の状況を検討し、将来的に合併会社設立を進めていくか判断する

STEP2



小水力の課題である水車コストへの貢献

■製品価格目標の評価

インドネシア国内での小水力発電システムの販売促進には、**現地生産化**による**導入コスト削減**を図ることが**重要**である。

現地生産化による製品価格目標＝**45万円/kW**

現地に設置した**総出力8kW**システム相当
費用対効果を試算

■初期導入コスト＝460万円

: 45万円/kW × 8kW相当 + 設置工事10万円/基 × 4基 + 電気配線工事15万円 × 4基

費用対効果（補助額を除く）

項 目	費 用
建設費（負担額）③	4,600 千円
年間維持管理費	542 千円/年
10年目, 20年目	640 千円/年
運営協力金	300 千円/年
観光管理組合	540 千円/年
標準耐用年数	20 年
発電価格（C）	15,636 千円
収益（B）	16,800 千円
費用対効果（B/C）	1.07

※投資可能額

キャッシュフロー算定条件

収入 (収益)	スパック構成世帯からの運営協力金（年間）	300,000	50円/月/世帯×500世帯×12ヵ月
	観光管理組合からの収入（年間）	540,000	45,000円/月×12ヵ月
支出 (維持管理費)	修繕費（年間）	毎年	2,000
	10年目, 20年目		100,000
	人件費（年間）		540,000
			15,000円/月/人×12ヵ月×3人

※20年間投資額（建設費+維持管理費）

※20年間収益（運営協力金+観光管理組合収入）

※収益（B）-発電価格（C）=内部留保額 1,164千円 （次期サイトへの投資）

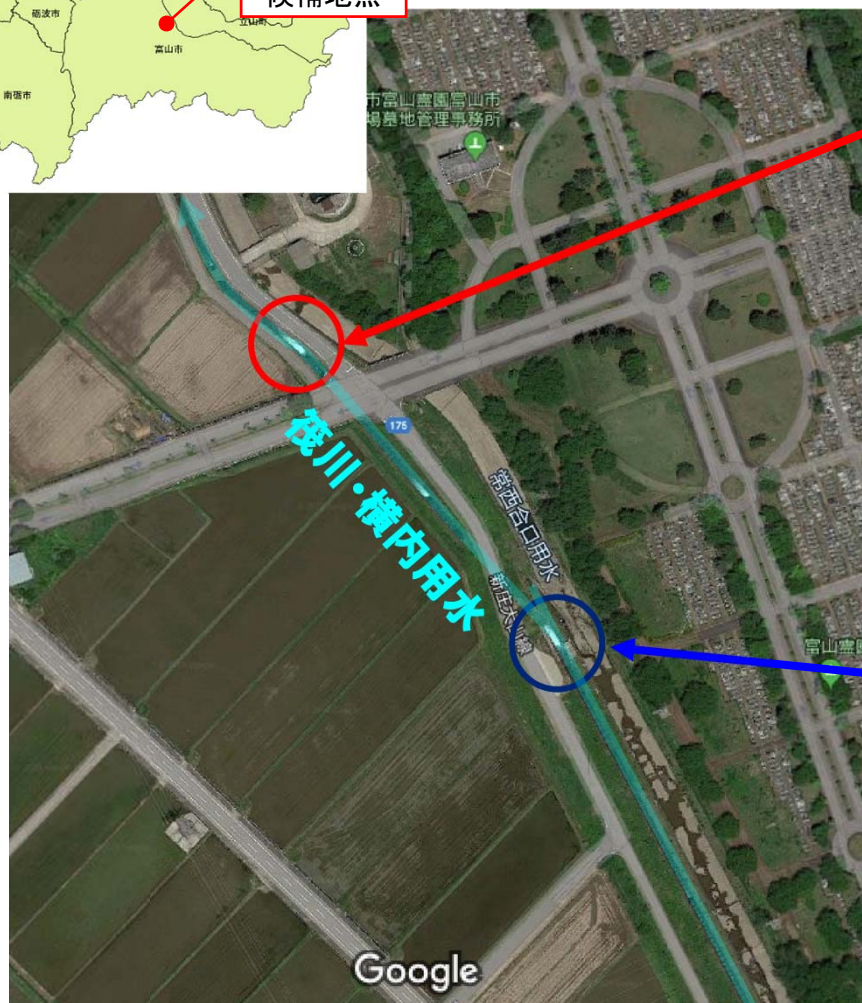
費用対効果（B/C）=1.07

尼国内で事業性が得られる製品価格目標として妥当

現地生産化により**コストダウン化**
が**実現**すれば、**日本国内市場**で
の**普及導入**にも期待できる

小水力利用推進協議会として場所を確保

■開発候補地点



候補地点



西番小水力発電所



平成27年5月運転開始

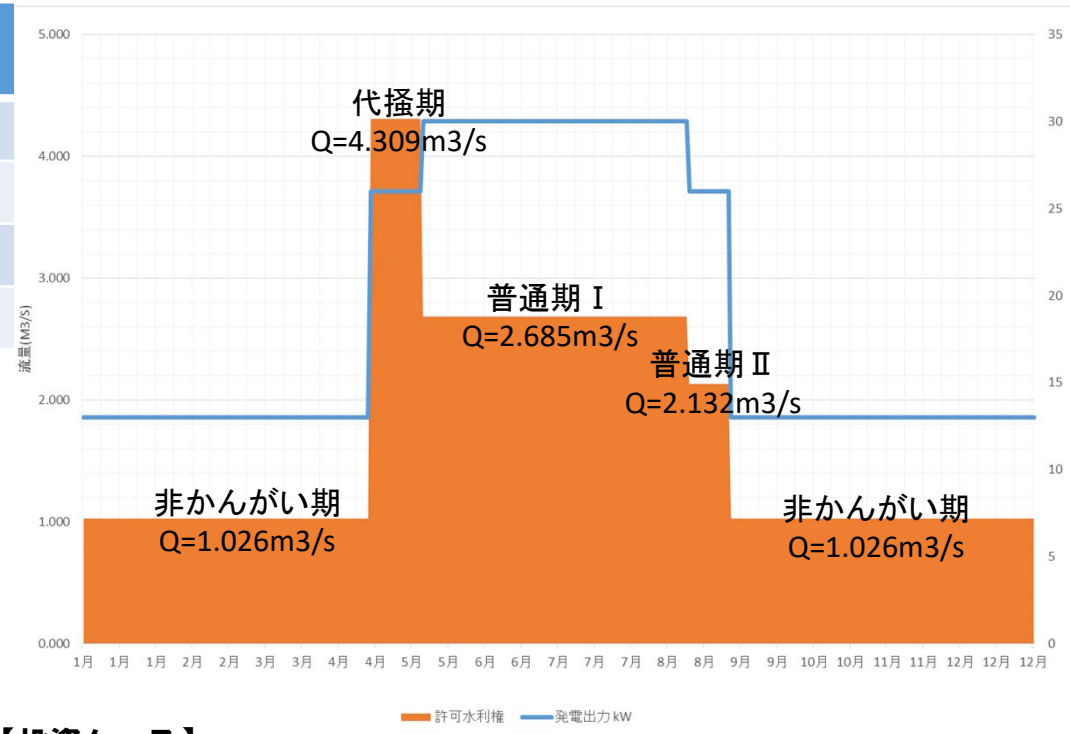
用水路発電(30kW開放型水車)の採算性

■筏川用水、横内用水(常願寺川水系常願寺川)期別許可流量および想定発電量

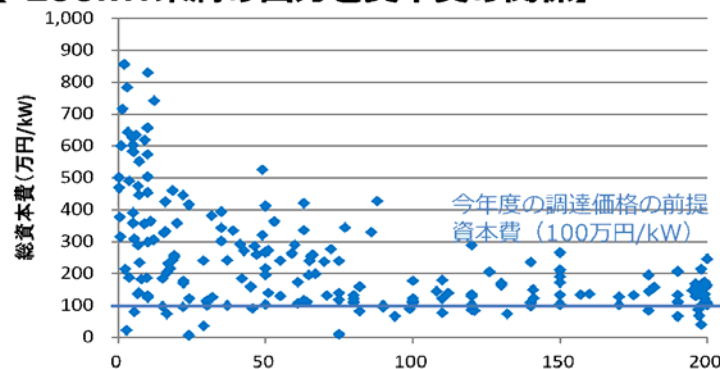
期間	期別流量 M3/s	想定 発電出力	想定 発電量
代掻期	4.309m3/s	P=26kW	70824kWh
普通期 I	2.685m3/s	P=30kW	73440kWh
普通期 II	2.132m3/s	P=26kW	9984kWh
非かんがい期	1.026m3/s	P=13kW	12480kWh



想定 発電所諸元	
最大使用水量	Qmax=4.309m3/s
最大出力	Pmax=30kW
年間可能発電量	167MWh/年
設備利用率	63%



【-200kW未満の出力と資本費の関係】



「出典:資源エネルギー庁:H28.11」発電出力(kW)

【投資ケース】

コストデータ197件
資本比の**中央値**

kW当り建設単価
200万円/kW



$C=30\text{kW} \times 200\text{万円/kW}$
=6,000万円

想定 プロジェクト規模

総事業費	6,600万円(10%税込)
補助率(借入金比率)	0% (100%)
有効売電量	163.5MWh/年
売電収入	560万円/年
IRR(内部収益率)	-3.4%
投資回収年	20年以上

逆輸入水車により機電コストを低減

■事業性の改善に向けて

【投資ケース】kW当り建設単価
200万円/kW (機電170万円/kW+土木30万円/kW)

想定 プロジェクト規模	
総事業費	6,600万円(10%税込)
補助率(借入金比率)	0% (100%)
有効売電量	163.5MWh/年
売電収入	560万円/年
IRR(内部収益率)	-3.4%
投資回収年	20年以上

改善

【投資ケース】kW当り建設単価
130万円/kW (機電110万円/kW+土木20万円/kW)

想定 プロジェクト規模	
総事業費	4,300万円(10%税込)
補助率(借入金比率)	0% (100%)
有効売電量	163.5MWh/年
売電収入	560万円/年
IRR(内部収益率)	+1.1%
投資回収年	19年

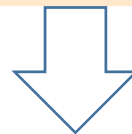
会員の
技術力を
結集

Step	支援会員(全33 団体正会員)
申請: Application	金融機関 関連会員
調査: Survey	測量、建設コンサルタント、計測専門 関連会員
計画: Planning	建設コンサルタント 関連会員
設計: Design	建設コンサルタント、建築、機電専門 関連会員
調達: Procurement	機電・管材・鉄鋼 関連会員
施工: Construction	土木施工・建築・機電設備 関連会員
運営・管理: Management	運営管理 関連会員 + 地元関係

富山県小水力利用推進協議会の取組み

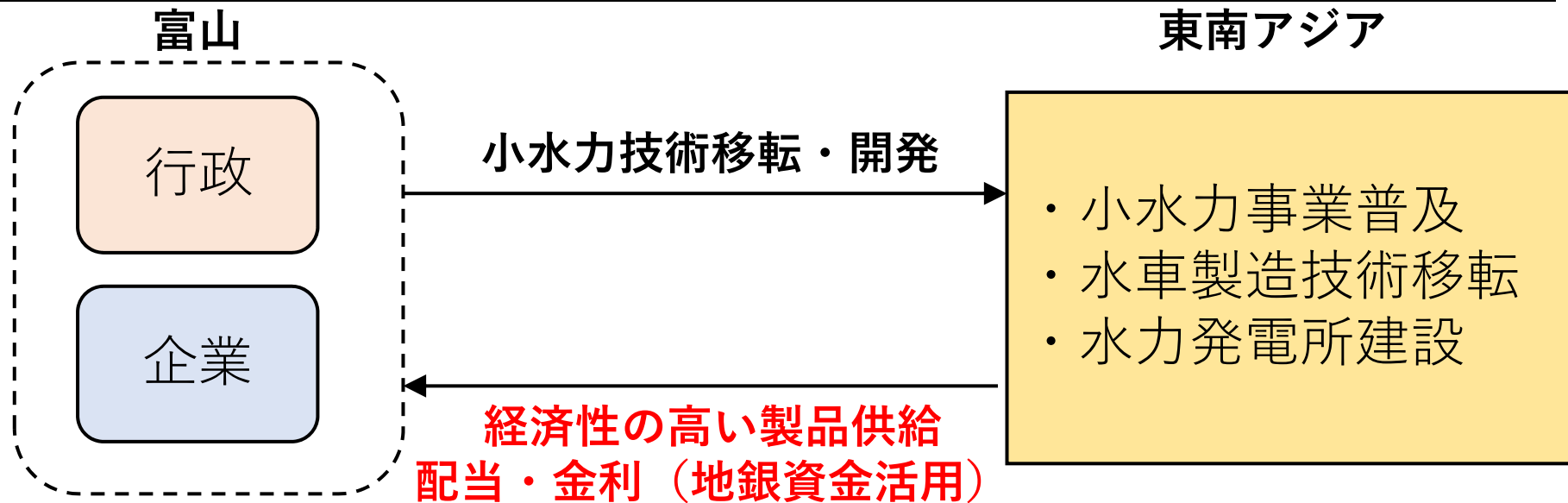
■事業性の改善に向けて

Step	目標とする改善策(案)
申請: Application	■補助金メニューの検索及び申請
調査: Survey	■調査設計費用の省略
計画: Planning	■土建、機電のコスト縮減プラン立案 ・除塵機能の省略など
設計: Design	■水車総合効率の向上による発電量の増加
調達: Procurement	■水車発電設備の調達価格縮減 ・汎用化製品導入など ・東南アジアでの経験活用
施工: Construction	■事業者施工による施工コストの縮減 ・地元会員、企業の協力によるイニシャルコスト低減
運営・管理: Management	■運営管理コストの縮減 ・地元会員、企業の協力によるランニングコスト低減



事業性改善に向けての課題解決に取り組み
富山型用水高効率発電システムを開発する

東南アジア事業の地域（富山）への寄与



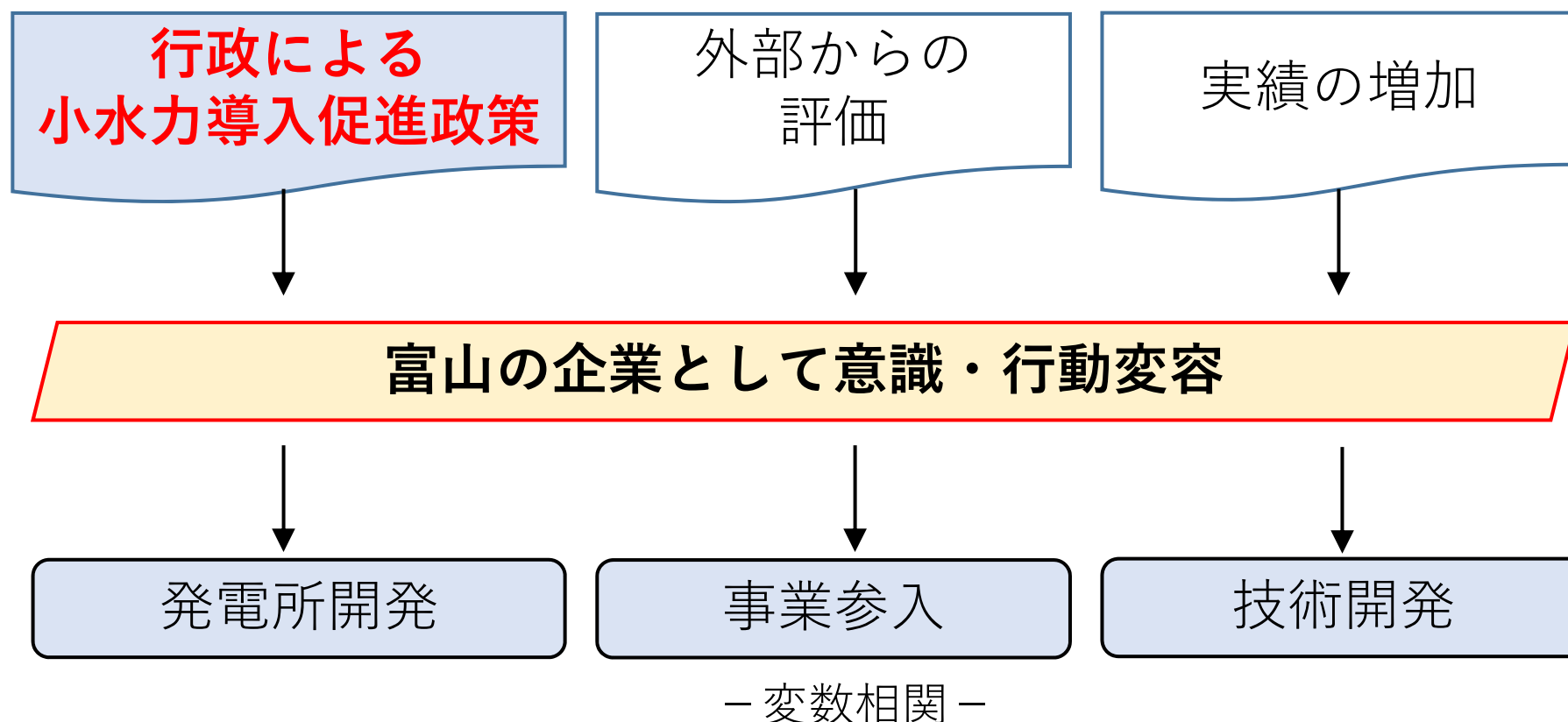
- ↓
- ・ **経済性の高い水車**により小水力発電の適用可能性が高まる
 - ・ 富山の特性を活用した**分散型電力供給（小水力）システム**の構築が可能になり、**地域の持続可能性に寄与する**



New Infrastructure X NiX

富山の小水力関連企業の意識変容

県の水の王国とやま小水力発電導入促進プロジェクトや自治体の小水力発電所建設により、その「地域」の再生可能エネルギーへの意識が高まり、企業の意識変容が起こり、自発的に地域の持続可能性を高める小水力事業に寄与するようになる



富山モデルを構築

**行政と民間が一体となった取り組みにより、地域の持続可能性
やその技術を活用し東南アジアへの貢献を図る富山モデル**

富山で

民間企業の意識変容により水力事業への参入が活性化

行政を中心とした普及促進の取り組みや、実績の増加、外部評価等により、**富山の民間企業の意識と行動変容**が起きていると仮定

東南
アジアで

富山産技術によるODA系事業や投資・開発が活発化

富山で培った**技術をベース**に、その技術をJICA事業を通じ、**東南アジアに移転**する、また当該国の電力計画に資する発電所の建設・運営を行う

新興国での富山の行政と民間が一体となった取り組み

現地政府と富山の行政との都市間連携協定が、**事業の円滑な進行に寄与**している

富山に
戻り

経済性の高い水車の生産による新たな地点開発

水車等の現地生産化によりコスト競争力を向上させ、**富山（日本）の小水力発電の課題を解決**する。