



**地域のための小水力発電推進セミナー
～地域に貢献する持続可能な小水力発電の可能性～**

「地域に適した小水力発電機器の開発について」

小水力に適した水力発電機器の仕様は、導入のコストの軽減、採算性の向上、市場の拡大、普及促進の好循環を作り出す上でも極めて重要。
水車の開発を例に、課題の解決例を示します。

宮川 和芳

早稲田大学 理工学術院

基幹理工学部 機械科学・航空宇宙学科

(一社) ターボ機械協会 会長

発表者紹介

経歴： 1985年3月 早稲田大学大学院理工学研究科機械工学専攻修了
1985年4月 三菱重工業株式会社入社 技術本部高砂研究所配属
1992年 ドイツ アーヘン工科大学ターボ機械 & ジェット推進研究所研究員
2007年9月 大阪大学大学院基礎工学研究科 学位取得
2011年9月 早稲田大学基幹理工学部機械科学・航空学科 准教授
2012年9月～早稲田大学基幹理工学部機械科学・航空学科(航空宇宙学科) 教授

2015年 AICFM(アジア流体機械国際会議) 現地実行委員長
2018年 IAHR(国際水理学会)水力機械部門会議 共同議長
2021年 ISROMAC(国際回転機械シンポジウム) 議長
2022年 日本機械学会流体工学部門部門長, 関東支部東京ブロックブロック長
2023,24年 ターボ機械協会会長

所属学会： 日本機械学会, ターボ機械協会, ガスタービン学会, 風力エネルギー学会, 航空宇宙学会,
アメリカ機械学会, 混相流学会, GPPS

受賞： 水車, ポンプ, 過給機などに関して多数

開発： 水車, ポンプ, 圧縮機, , 過給機, プロペラ, 風車など

特に, 揚水発電所向ポンプ水車, 水車, ポンプの研究開発多数

小水力発電の可能性

- ◆ 地点数は全国で約2万箇所、その約90% は1,000kW 以下の出力規模
- ◆ 水車、発電機の標準化(100kW、200kW)、各地点複数台の組み合わせで構成、未開発賦存量約1,000 万kW 建設のために5万台以上必要
- ◆ 各機種1,000 台/ 年(合計2,000 台/ 年)で普及期間約25 年、その後25 年周期でリプレイスで年間需要は継続。現在約20 台/ 年から約2,000 台/ 年の100 倍の生産量になり、量産効果によるコストダウンが可能
- ◆ 未開発分1,000 万kW の普及で年間約50TWh の電力量の増分、国内年間全発電電力量(約1,000TWh)の5 % 相当分を未開発中小水力発電でカバー(設備利用率60%)

未開発中小水力発電の賦存量と地点数(環境省)

出力区分(kW)	出力(GW)	地点数	1,000kW以下出力構成(%)	1,000kW以下地点数構成(%)
100未満	0.29	4,614	54	90
100～200	0.65	4,431		
200～500	1.79	5,604		
500～1,000	2.13	3,059		
1,000以下小計	4.86	17,708		
			1,000kW以上出力構成比(%)	1,000kW以上地点数構成比(%)
1,000～5,000	3.35	1,878	46	10
5,000～10,000	0.53	83		
10,000～30,000	0.25	17		
1,000～30,000小計	4.13	1,978		
合計	8.99	19,686	100	100

環境省「平成23年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」河川部導入ポテンシャルより抜粋

低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書

中小水力発電 一要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと科学・技術ロードマップ(着手段階)ー 平成26年3月 2014年

中小水力発電(Vol.2) 一開発可能な発電量電力量と発電原価、設備利用率との関係ー

平成27年3月 2015年

独立行政法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

水力発電プラント開発状況比較（ドイツと日本）

日本の理論上の水力発電量はドイツの6倍、小水力発電所の数はドイツの5分の1程度

ドイツの水力発電設備

項目	ドイツ	日本
10MW以下のポテンシャル	1830MW*	10325MW**
既開発の設備容量	1826MW (2016年)*	3610MW (2015年度)**
既開発の発電所数	約7500カ所	1475カ所
電力市場の全面自由化 再生エネの開発目標 FIT制度の導入	1998年～ 2030年に電源の65% 2000年～	2016年～ 2030年に電源の36-38% 2012年～
小水力発電事業者	電力会社、地方自治体の公営 企業 (Stadtwerke、約900社)	電力会社、公営企業局、 新電力、土地改良区等
小水力機器製造者	国内や欧州、海外需要に対応	国内需要に対応

*World Small Hydropower Development Report 2016, **第5次発電水力調査

Bavaria in Germany

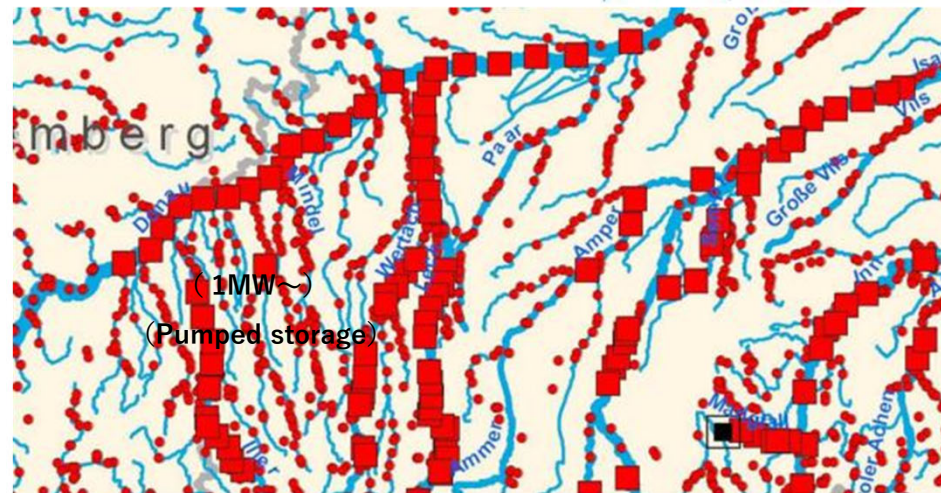
100km

■ Wasserkraftanlagen mit $P_{el} > 1$ MW

■ Pumpspeicherkraftwerke

DLM1000W Gewässer (BKG 2007)

ドイツ連邦環境・自然保護・原子力安全省
https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/bilder/dateien/wasserkraftwerke_deutschland_bestand_0.pdf



秋田県
ドイツとほぼ同縮尺



informed by Dr. Inoue of Hydropower Development
Research Institute

小水力発電の発電原価

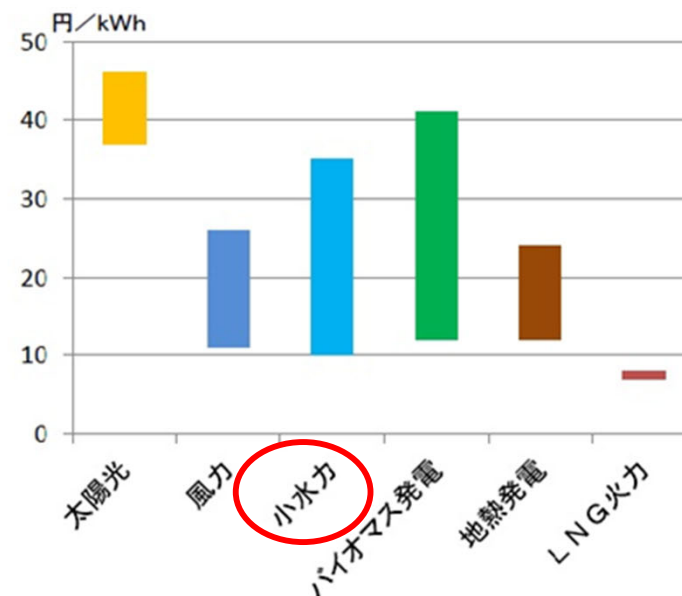
要因

- ◆ 初期投資としての建設費（電気関係工事費、土木工事費）
- ◆ 河川の年間の流況、落差、水車および発電機の性能によって決まる年間の発電電力量
- ◆ 設備の維持管理費や金利などによって決まる年間経費率

現状： 35円／kWh（補助金無し）

中小水力発電の建設費

建設費大分類		コスト比率 (現状)	パラメータ（発電量・コスト）	
			大分類	中分類
電気工事費	水車	50 ～ 60%	水車タイプ	落差
				流量と効率
				回転数
	発電機	10 ～ 20%	発電機タイプ	回転数
				極数
				電圧
	制御盤	30%	制御盤タイプ	周波数
				電圧
				系統連携有無
小計	100%			
土木工事費	電気工事費の 0.5 ～ 5 倍		取水口形状	
			水路形状	
			水圧管形状	
			堰堤有無	



再エネの発電原価

低炭素社会の実現に向けた技術および経済・社会の定量的シナリオに基づくイノベーション政策立案のための提案書

中小水力発電 ー要素技術の構造化に基づく定量的技術シナリオと科学・技術ロードマップ(着手段階)ー 平成26 年3 月

中小水力発電 (Vol.2) ー開発可能な発電量電力量と発電原価、設備利用率との関係ー

平成27 年3 月

独立行政法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター

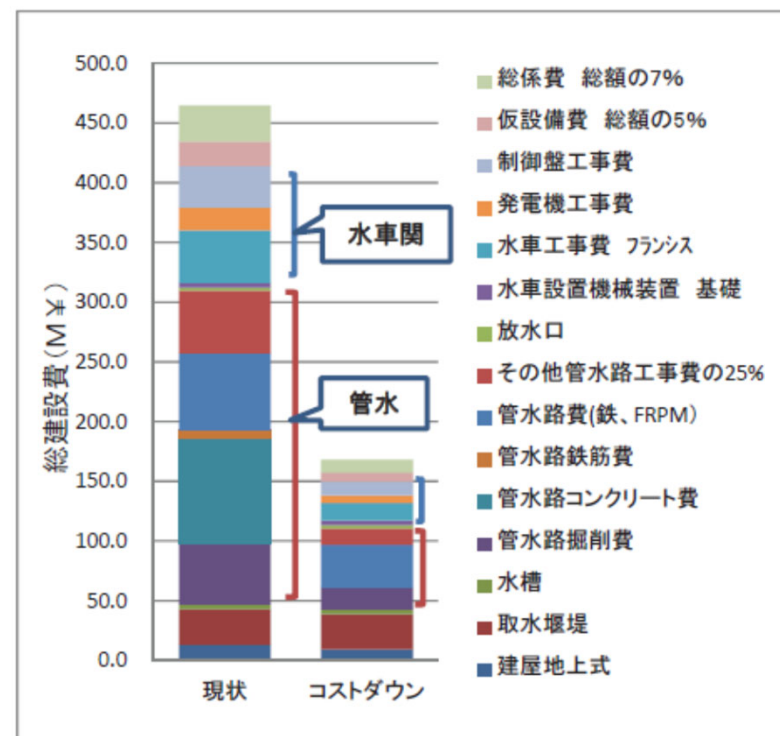
コストダウンの可能性

○ 電気関係工事費

- ・ 一般用発電機(6極)(量産品事例)のコスト、重量、原材料費率、システム付加価値から一般用発電機のシステム付加価値は水車用と比べ概ね1/3 程度
- ・ 量産によっても原材料費はほぼ同等とすると、コストも現在の1/3 程度減
- ・ 水車についても発電機と類似構造の回転機械であり同等の量産効果が期待可能

○ 土木工事費

- ・ 土木工事費の大半を占める水路に使う水圧管材質を従来の鉄から落差100m 以下で使用可能なFRPM 管(強化プラスチックモルタル管、コンクリート基礎工事、掘削不要)の使用で、材料費と敷設費は約1/3
- ・ 量産により工事の効率改善、一般土木工事の積算標準単価により、水路掘削費を約1/3 に削減



現在とコストダウン後の総建設費構造の比較

(流量 0.5m³/s、有効落差 60m、水路長 1000m 発電出力 212kW の計算例)

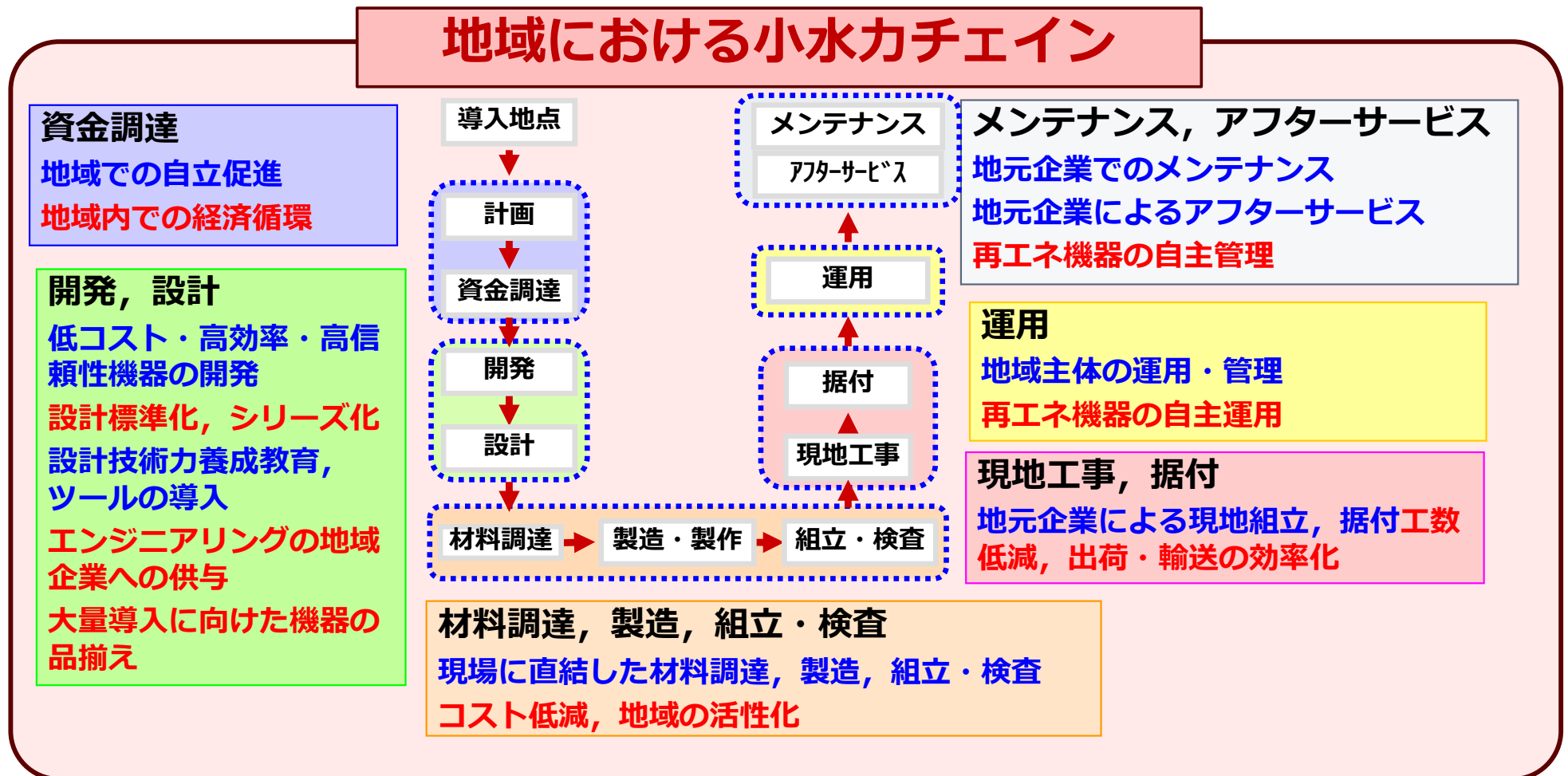
地域に適した小水力発電機器とは

低コスト、高効率、高信頼性の達成 理論に基づいたトレードオフ設計が必要

地域で自立する再生可能エネルギーバリューチェーンの構築

Before : 地域外の再生可能エネルギー企業による地域利益の流出
(企業に場所を提供, 企業が利益を得て地域への恩恵無し)

After : 地域に利益を還元できるバリューチェーンの構築



地域に適した小水力発電機器とは？

コスト低減をベースとして地域(地元)の

1. 板金屋さんで材料調達・製造が可能であること
2. 車の組立・修理屋さんで組立が可能なこと
3. 土木屋さんで現地工事・据付けができること
4. 兼業として運用ができること
5. メンテナンスができること、また、メンテナンス周期が長いこと
6. 収益の管理ができること

早稲田大学で開発した実機水車

所在地	出力 kW	落差 m	運転開始 または有水	特徴	コスト 低減	長寿命 化	異物混 入対策	効 率向上	運転範 囲拡大
山梨県	172	86	2014/12	シュラウド無しフランシスランナ	○	○		○	
千葉県	132	42	2018/10	低振動ランナへの取替		○		○	
大韓民国 Daechong	53000	51.3	2021	高比速度フランシス水車				○	
秋田県	49	47.4	2021/12	新型フランシス水車				○	○
秋田県	57	8.1	2022/10	軸流水車					○
大分県	1500	122.0	2023	低脈動ドラフトフランシス水車	○			○	○
青森県	190	90	2023	異物詰まりAIモニタリング、フランシス	○		○	○	
長野県	196	56.4	2024/11	新型フランシス水車				○	○
和歌山県	96	37.3	2025/2	異物通過性改良AMランナ(スプリッターランナ)	○		○	○	

新規技術により開発した小水力水車

早稲田大学で開発し、実機適用した水車

所在地	出力 kW	落差 m	運転開始 または有水	特徴	コスト 低減	長寿命 化	異物混 入対策	効率 向上	運転範 囲拡大
山梨県	172	86	2015/12	シュラウド無しフランシスランナ	○	○		○	
秋田県	49	47.4	2021/12	新型水車				○	○
青森県	190	90	2023	異物詰まりAIモニタリング、フランシス	○		○	○	
長野県	196	56.4	2024/11	新型水車				○	○
和歌山県	96	37.3	2025/2	異物通過性改良AMランナ (スプリッタランナ)	○		○	○	



葛野川マイクロ水力発電所
シュラウド無しランナ



鎧畑発電所3号機
新型水車

キャビテーション壊食に強い水車

地域に適した小水力発電機器とは？

水車・発電機のメンテナンス周期を長く！

流れ込み式水車のポイントは？

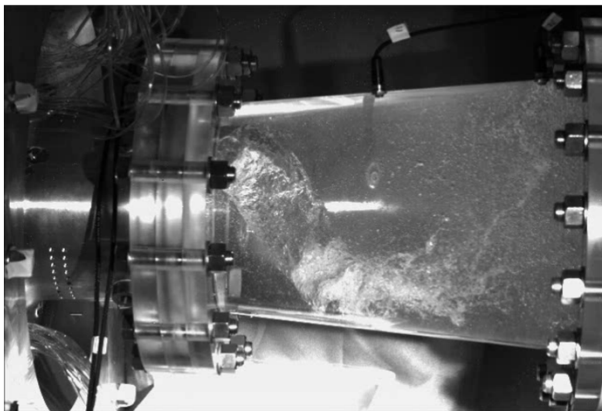
- ① キャビテーションによる振動、壊食
- ② 落差変化少なく、流量変動大きい

標準設計に高いキャビテーション性能設計を折り込む

設置地点を放流水位より低く
(設置選定基準の標準化)



流れ込み式発電所



キャビテーションロープ
ふれ回りによる変動力発生



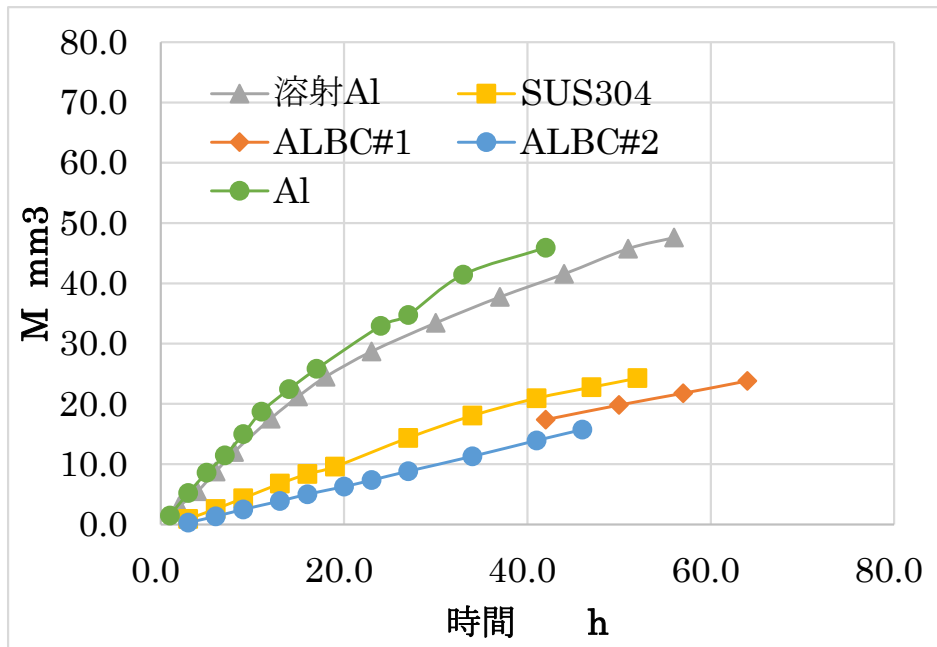
ランナ表面のキャビテーション
による壊食



流れ込み式発電所の放流地点

ランナ製作材料の耐キャビテーション壊食評価と適用

キャビテーション壊食試験結果



累積体積減少量比較

$$\text{累積体積減少量 } M = \frac{Wt}{\rho}$$

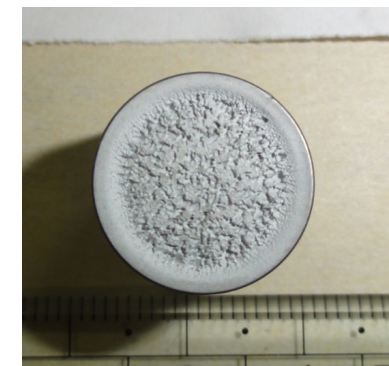
Wt : 累積欠損量

欠損体積が最も多かったのはAl、
最も少なかったのALBC

実機ランナ: ALBC、SUS304を使用



Al(試験前)



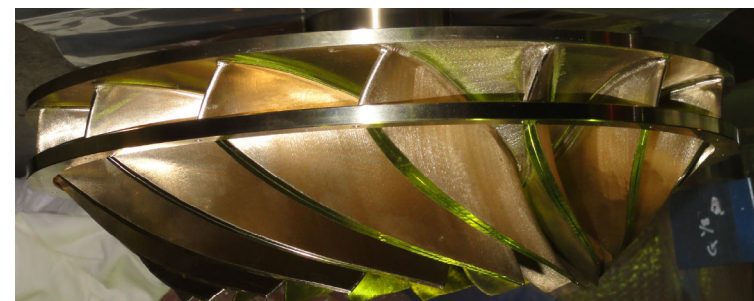
Al(42h経過)



ALBC(試験前)



ALBC(64h経過)



ALBC製実機ランナの導入 12

大きな流量変動でも低振動、高性能な水車

地域に適した小水力発電機器とは？

水力発電の流量変動の影響を小さく

～「超部分負荷」「広範囲」発電にむけて～

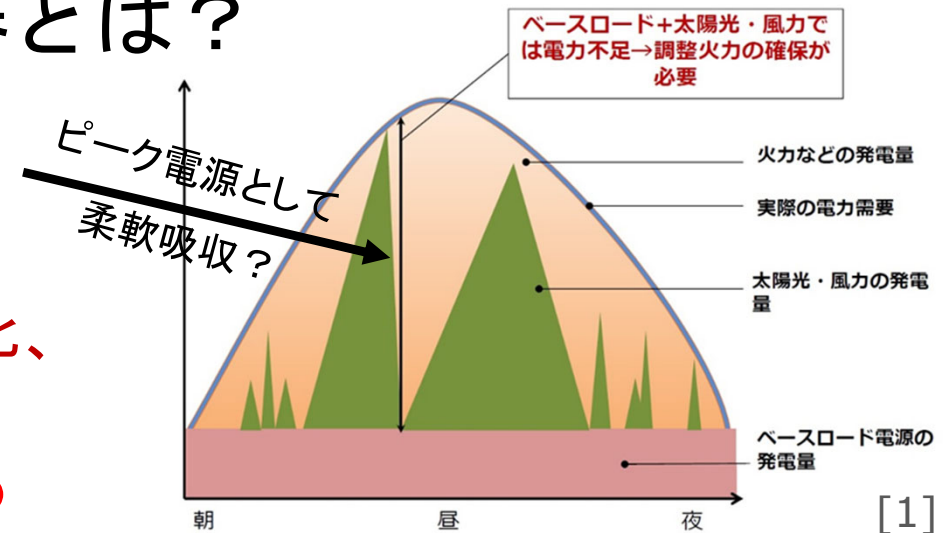
課題

変流量・変落差で流動不安定化、
効率低下

振動

騒音

Δ出力



[1]

非設計点 運用例	水車内 発生箇所	問題となる現象	原因	早稲田での試験
部分負荷 小流量	ドラフト チューブ	渦芯ふれまわり 全圧損失 水圧脈動	拡大管内 の 旋回流	
過負荷 大流量	ドラフト チューブ	キャビテーションサージ 水圧脈動	システム サージ	
落差変動	ランナ	キャビテーション壊食	流れ角 不一致	

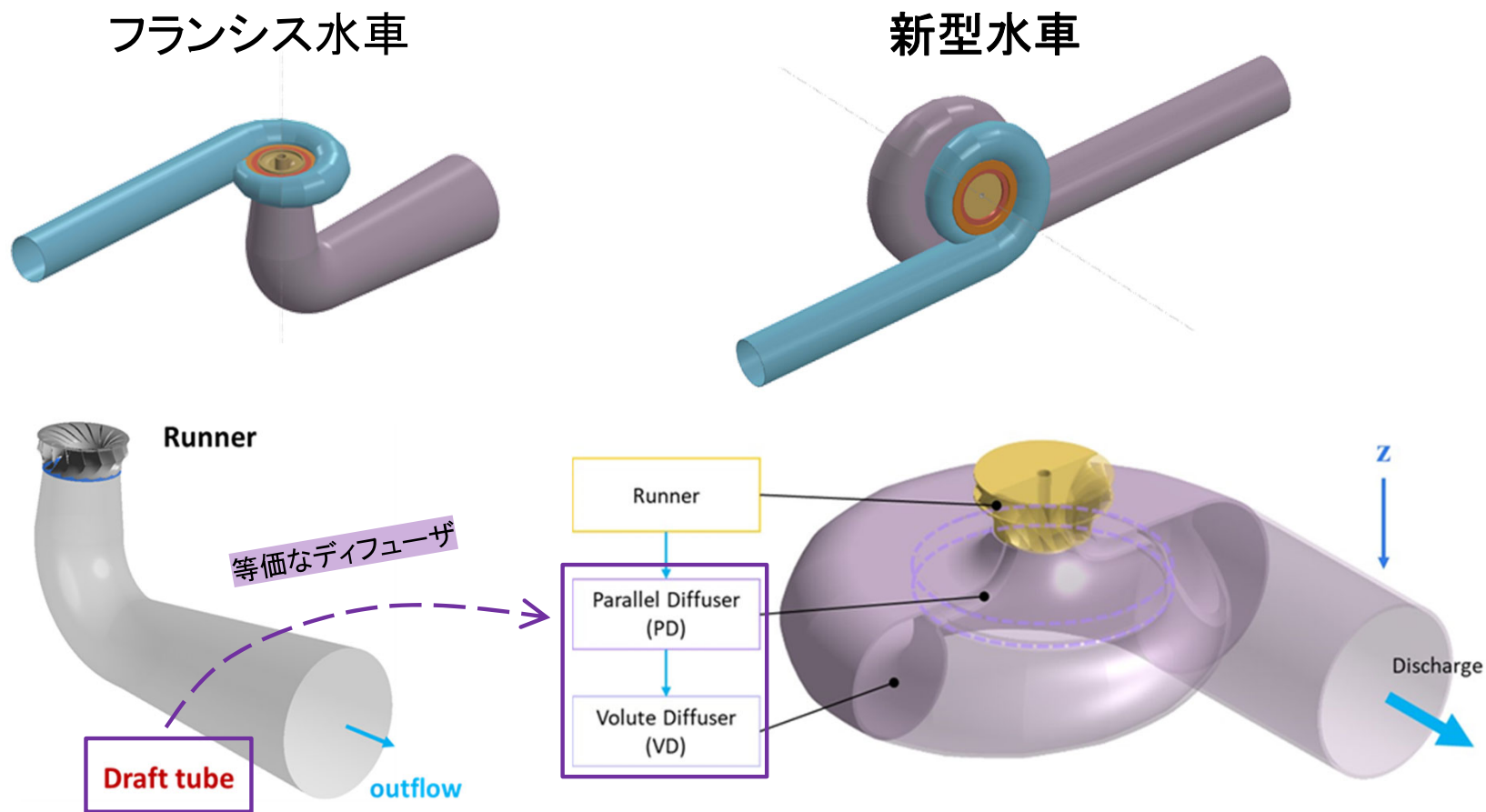
低減手法...

- ① フィン
- ② 給気
- ③ グループ

効率低下・
限度・
中小に不向き

→CFDを活用
した新型設計

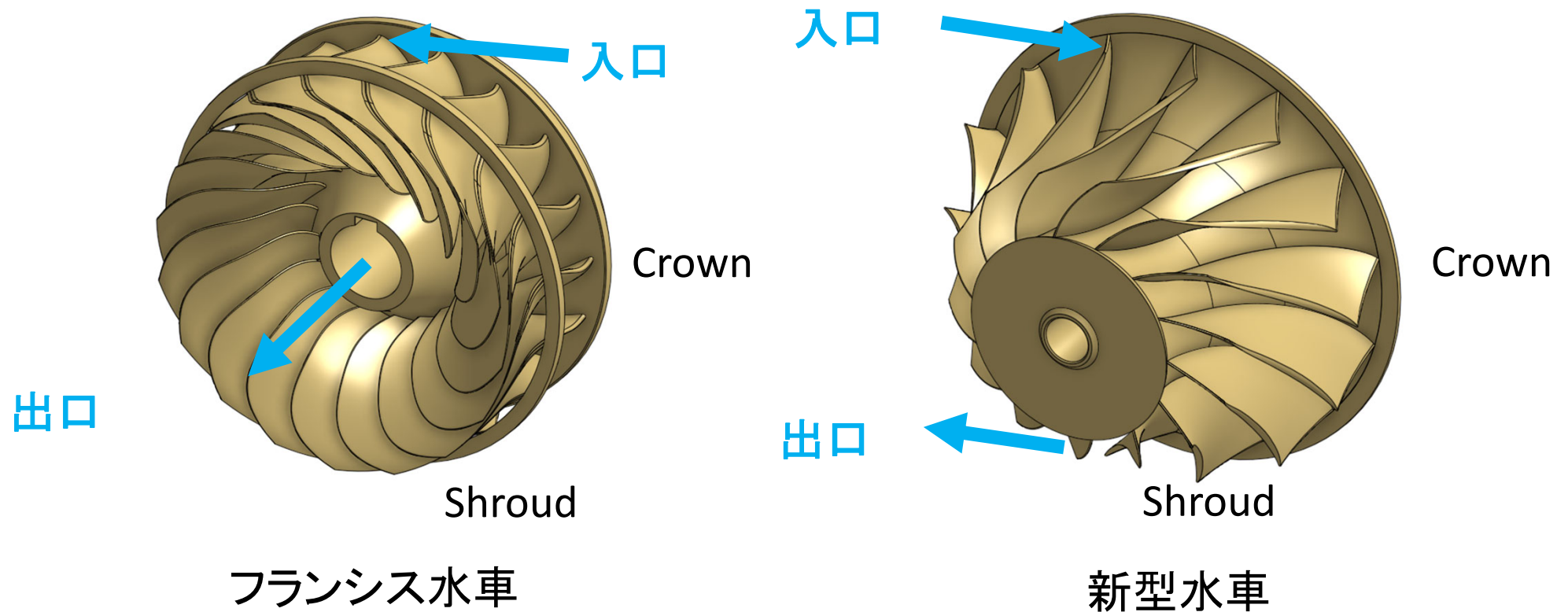
新型フランシス水車の開発



フランシス水車より広範囲で運転可能、高効率な新型水車を開発

ドラフトチューブをボリュートに変更 ➡ ランナ形状も設計変更

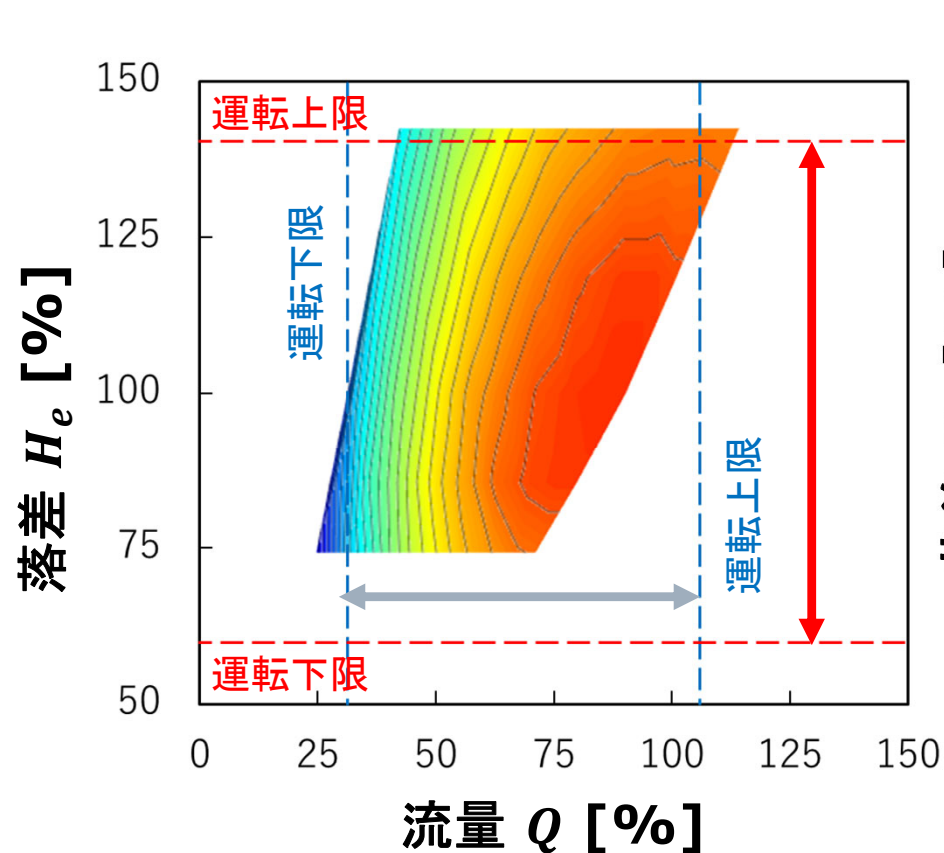
新型フランシス水車ランナ形状の特徴



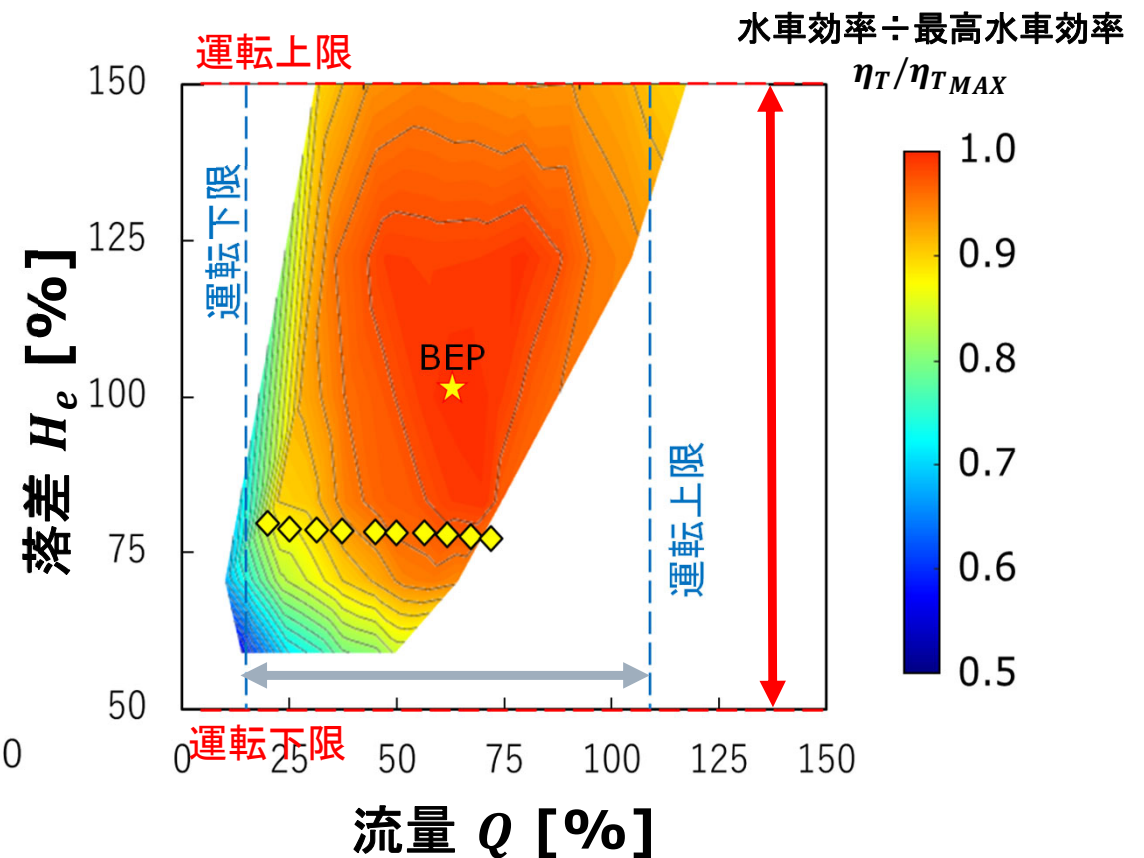
	フランシス水車	新型水車
流入方向	半径方向	半径方向
流出方向	軸流方向	斜流方向
ランナ下流要素	ドラフトチューブ	平行ディフューザ

新形水車の性能予測

新形水車：広範囲の流量、落差で運転可能



類似仕様フランチス水車
(2015年 早稲田大学開発)

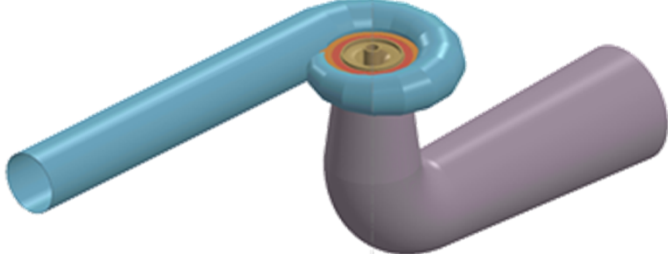
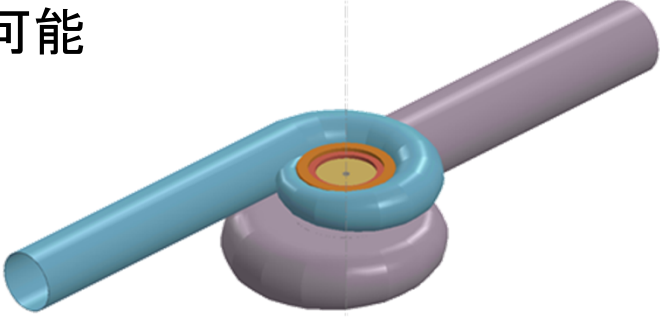
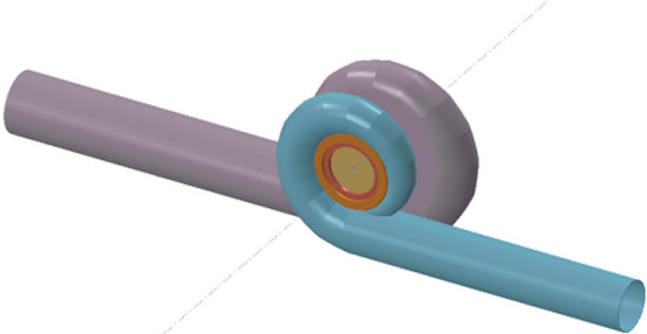


新型水車 予測効率

◆ BEP:最高水車効率
: R3 1月実証試験運転点

新型水車のメリット

従来フランス水車よりも優れる点...

	従来フランス	新型水車
流量	運転範囲広くない	運転可能範囲広い
効率	ピークが高い	広範囲で高い
設置	土木工事費用高い場合 あり (under the ground)	自由度高い (on the ground)
他の流路部品		平行ディフューザ
不安定流れ	渦芯ふれ回り キャビテーションサージ	
◇ 本水車は大型化にも適用可能		
		
フランス水車(立軸)	新型水車(立軸)	新型水車(横軸)

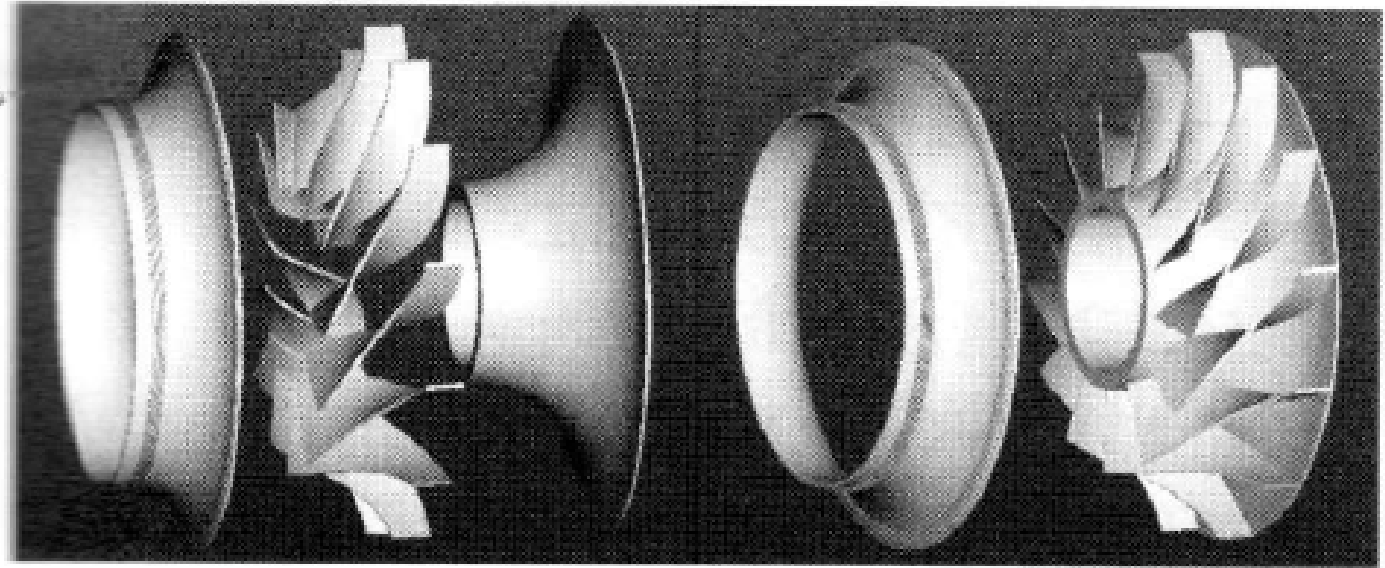
**初期建設費低減の切り札、
ランナ製造方法
量産システムの使用**

地域に適した小水力発電機器とは？

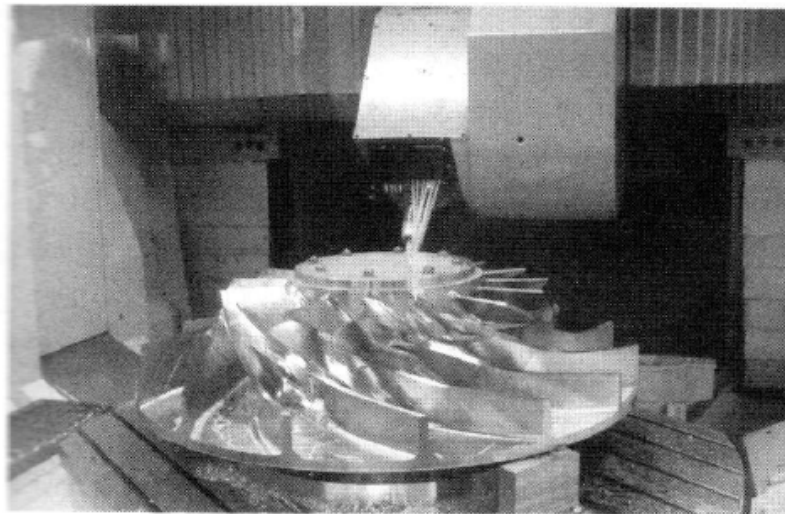
小水力水車ランナ製造の難しさ＝高価 **コスト低減の切り札**

小水力ランナの製造方法

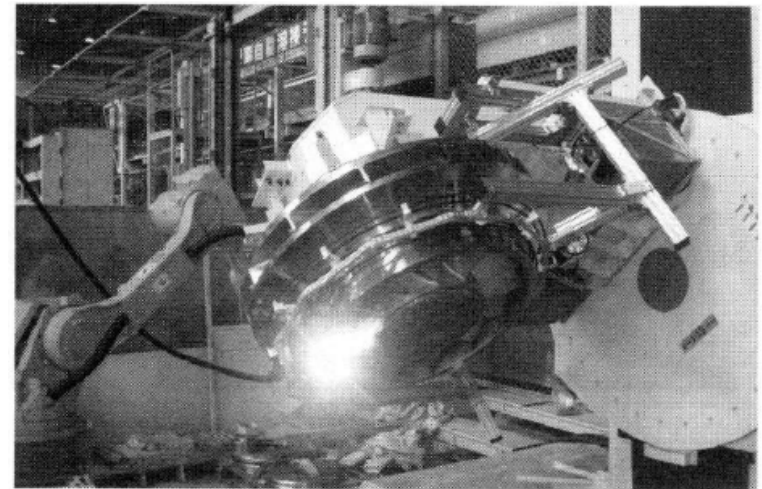
鋳物(精密鋳造)
切削加工(鍛造)
放電加工(鍛造)
3Dプリンタ
など



3piece impeller and 2 piece impeller



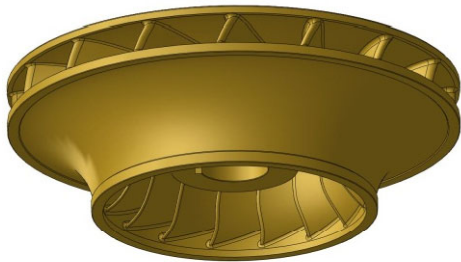
5 axis cutting



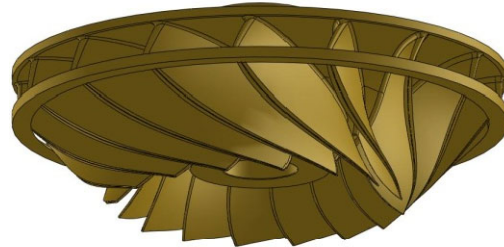
Robotic welding

シュラウド無し水車の開発

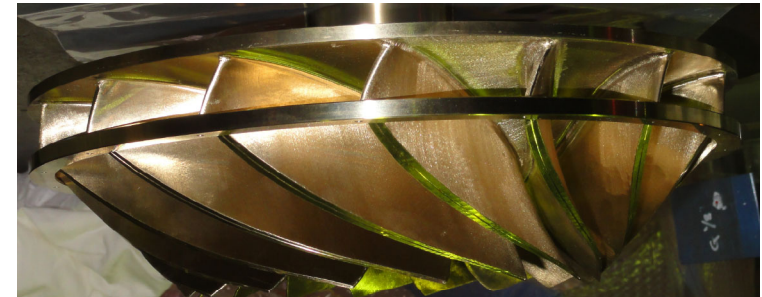
- ◆ コスト低減, 効率向上を目指し鍛造材からの切削で製作可能なシュラウドの無い新しい水車設計コンセプトを提案、設計技術構築
- ◆ 模型性能試験により, 開発した水車の妥当性を検証
- ◆ 実機水車の開発設計、実証を実施、運転開始



シュラウド有り



シュラウド無し
(提案内容)



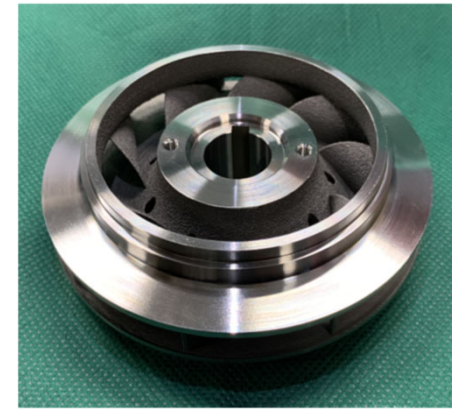
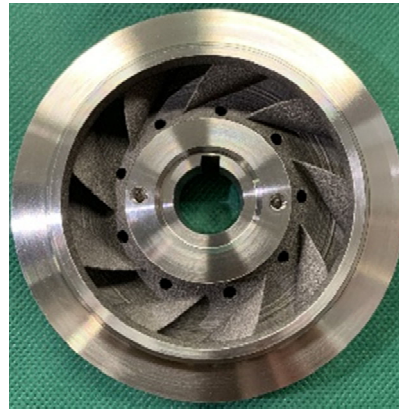
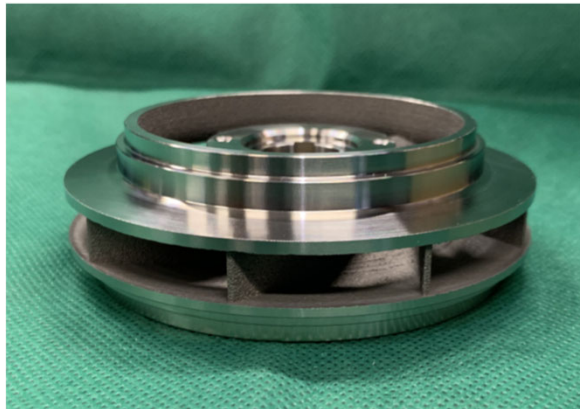
ALBC製実機ランナの導入

	シュラウド あり	シュラウド 無し
製造方法	鋳造	切削
製造コスト	高い	安い

3D金属プリンタによるランナ製作

(Additive Manufacturing Method)

➤ 電子ビームによる金属製(64チタン)3Dプリンタによる羽根車製造

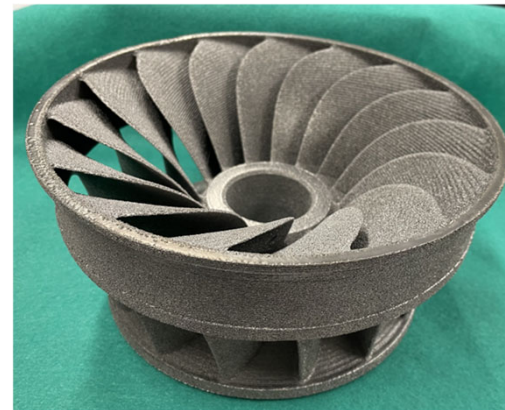


メリット

- ・個別設計の水車では価値有り。
- ・インコネル、チタンなどの高価材料も選択可能

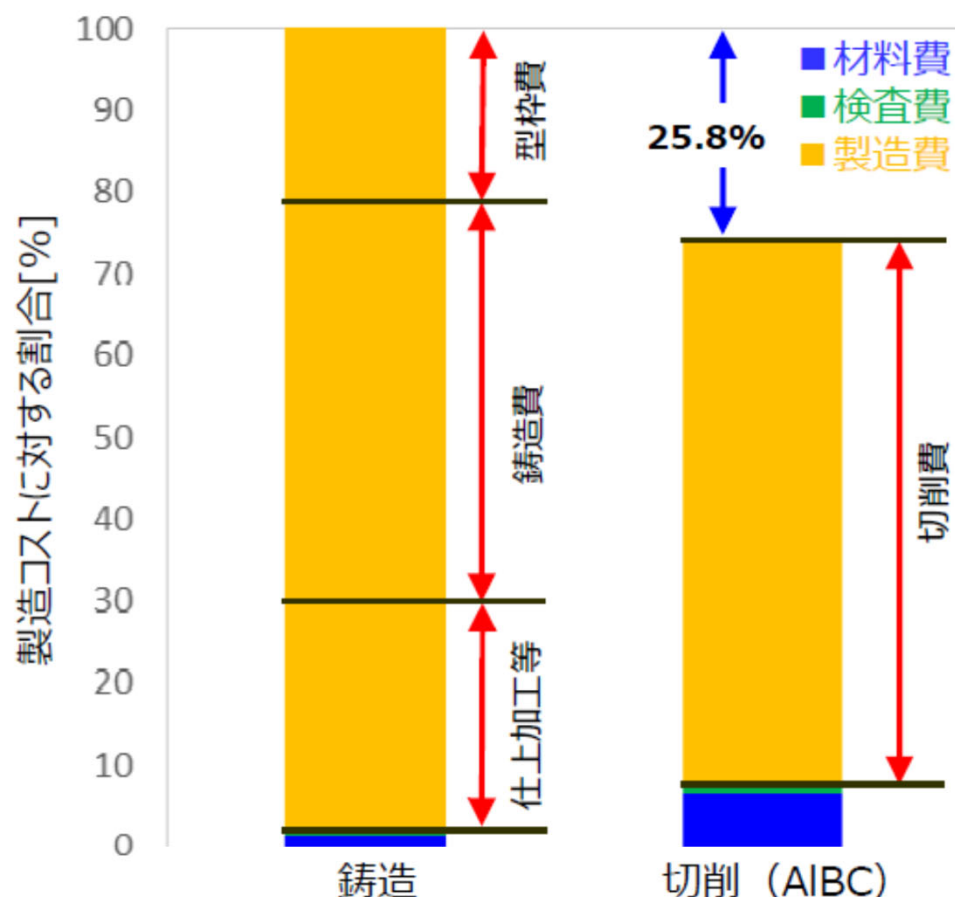
デメリット

- ・3D造形だけではなく熱処理、検査もセットで行う必要あり安くはできない。



製造コストの低減効果

- 実証機のランナサイズ（比速度 80， 入口径： 375 mm）における製造コストの関係について鋳造および切削加工で製造した場合のコストを比較



【算出条件】

- ・鋳造における材料費は当社資材査定単価で算出
- ・切削における材料費は切削加工メーカーからのヒアリング結果による
- ・人件費単価は鋳造，切削ともに同一単価

【結 果】

	鋳造コストに対する割合
鋳造	100%
切削 (AIBC)	74.2% (25.8%減)

【切削加工の評価】

- ・材料費は鋳造より高い
- ・製造費は切削加工の方が安い

【結 果】

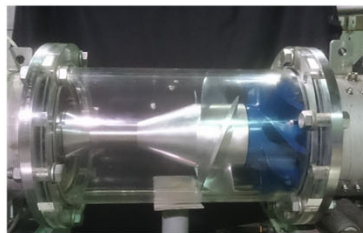
AIBC（アルミ青銅合金）材による切削加工では，従来製造（鋳造）に比べ，約 26 % のコストダウン。

自動車用HVシステムを用いた発電・制御ユニット

- 車両用ハイブリッドユニット(HVユニット)を水車用発電機及び制御システムとして使用することでイニシャルコストを低減
- HVユニットに適した水車の開発、プロペラ水車の効率最適化、信頼性評価

Test Apparatus

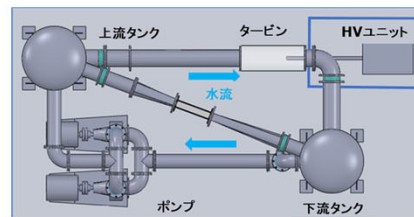
水車試験装置 Turbine



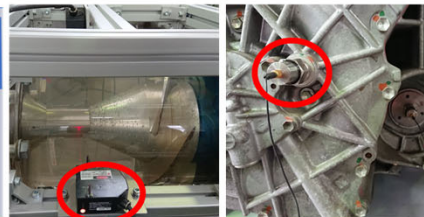
模型水車 Model Turbine

計測項目: タービン性能、圧力変動、軸振動

Measurement items : Turbine performance,
Pressure fluctuation, Shaft vibration

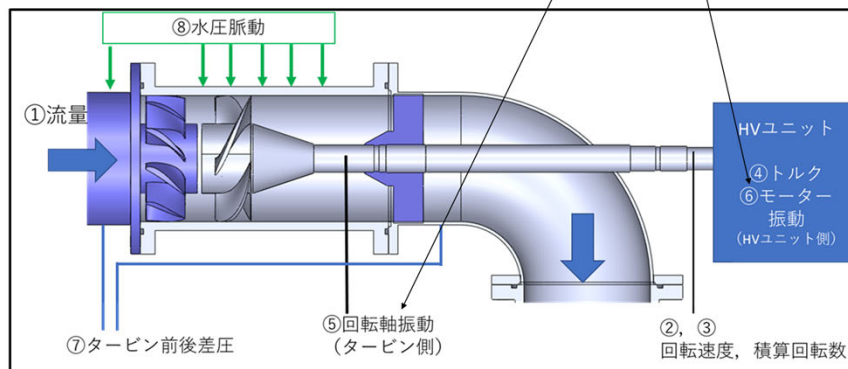


試験装置 全体図 Overview

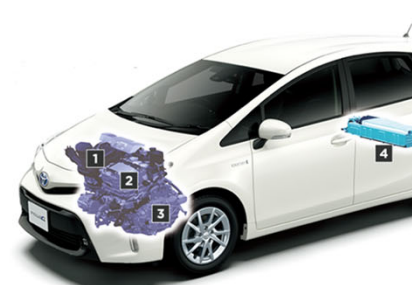


レーザー変位計

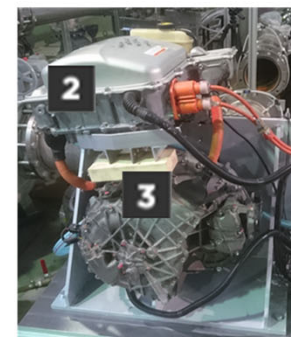
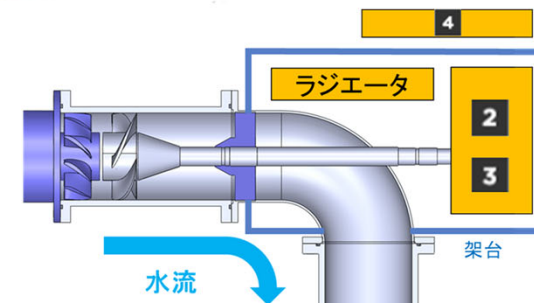
振動計



ハイブリッドユニット HV Units



- 1 1.8Lエンジン
ENGINE
- 2 昇圧コンバーター付
パワーコントロールユニット
- 3 発電用モーター・
駆動用モーター
MOTOR
- 4 ニッケル水素バッテリー
BATTERY



ラジエータ Radiator



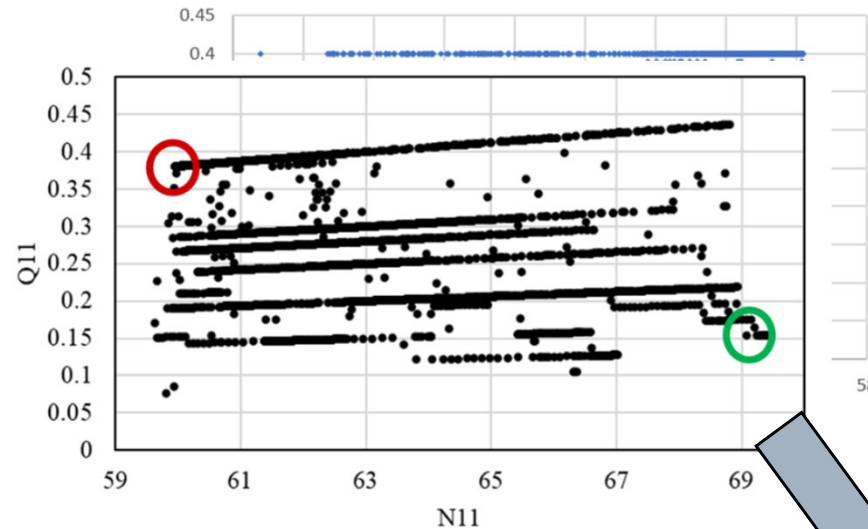
個別流況を考慮した 水車設計の標準化、シリーズ化

地域に適した小水力発電機器とは？

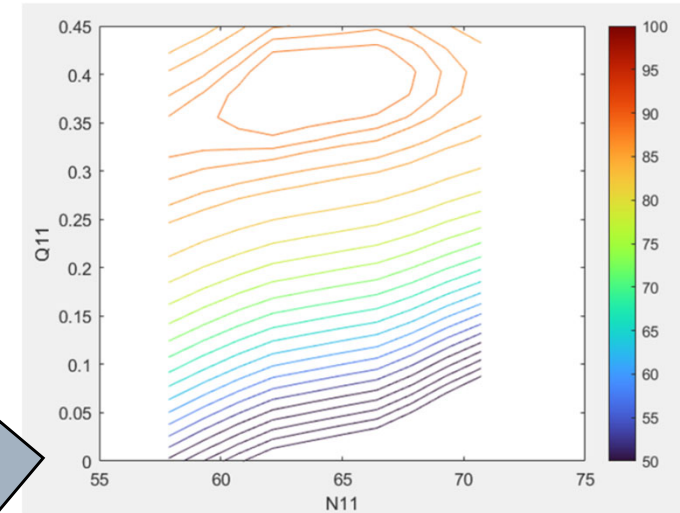
水車設計は、大容量水車も小水力用水車も同じ

→ 地域のメーカー参入の一番の障壁

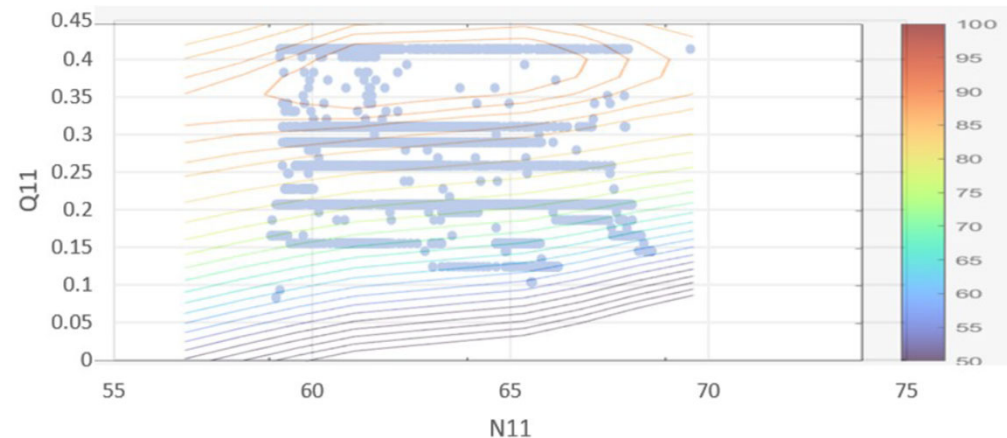
流況に基づく水車の標準化、シリーズ化



流況データ(流量、落差)の把握



類似仕様水車の効率カーブ



最大出力を得ることができる最適水車寸法の決定

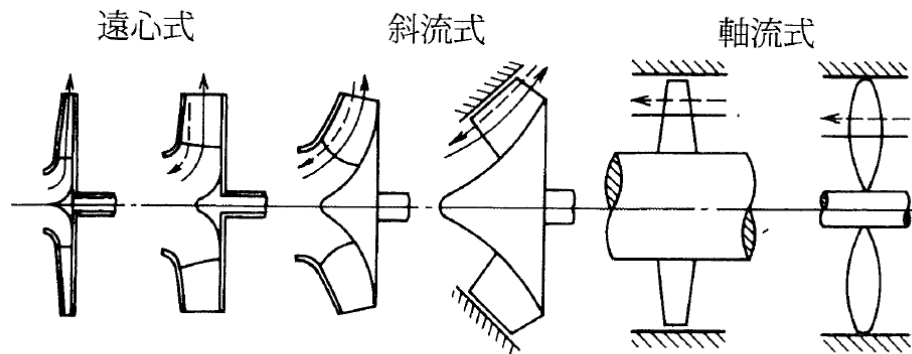
標準化の指標(比速度)と羽根車形状の関係

水車の形状は比速度(出力、有効落差、回転速度)によりほぼ決定

$$\text{比速度 } n_{sp} = N \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}}$$

$n_{sp} \text{ (m, kW, min}^{-1}\text{)}$

←--- 水車流れ
——→ ポンプ流れ



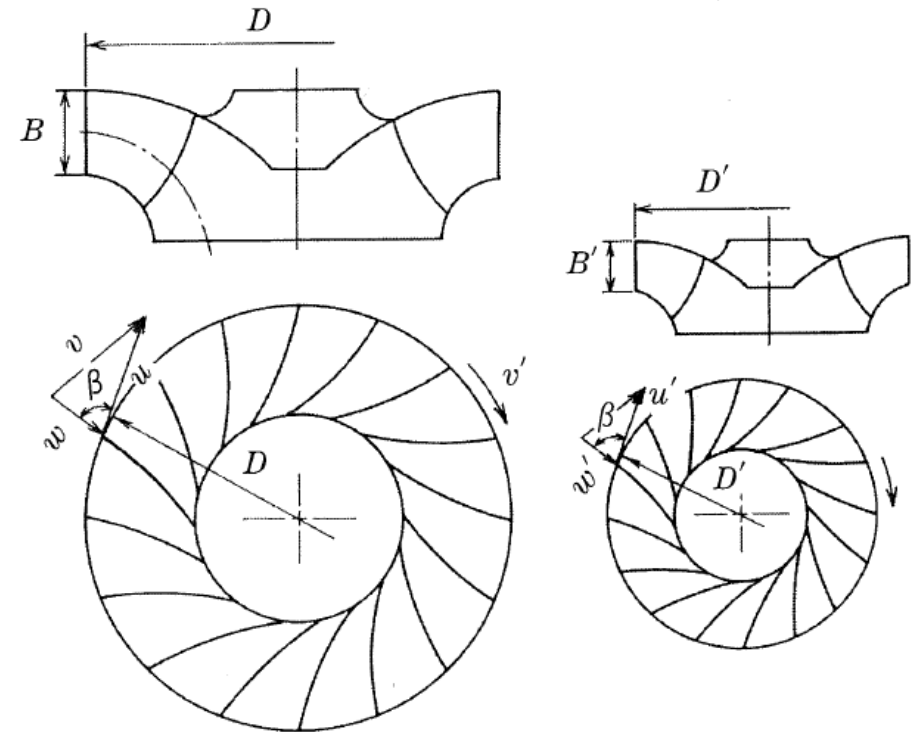
形状の系統的变化

小 ————— 比速度 ————— 大

実機

模型

模型比 $\lambda = (D / D')$



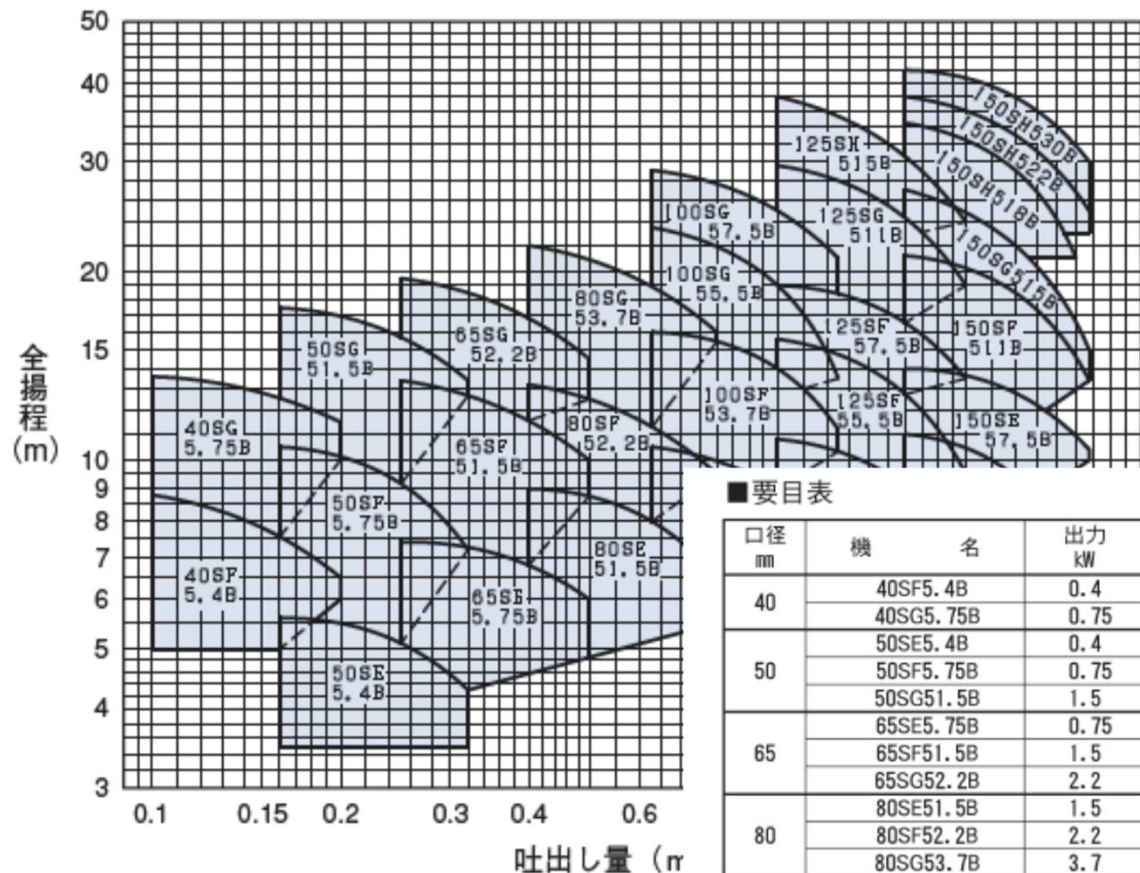
フランシス水車 (低比速度) は, 小流量・高落差向け
軸流水車 (高比速度) は, 大流量・低落差向け

バリューチェーンの問題点の解決と合理化

設計標準化、シリーズ化の推進

各機種[※]の代表比速度でシリーズ化実施
個別設計部分のみカスタマイズ

■選定図 50Hz [同期速度：1500min⁻¹]



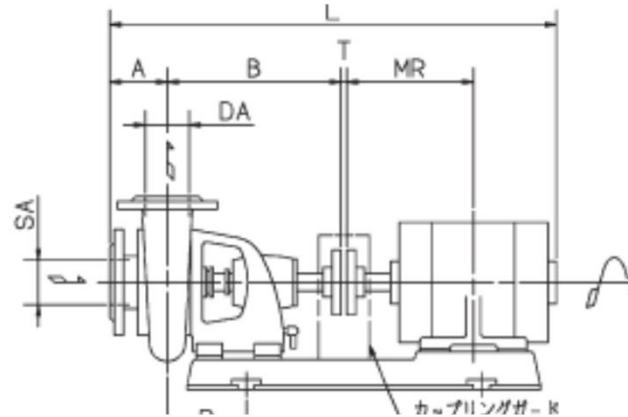
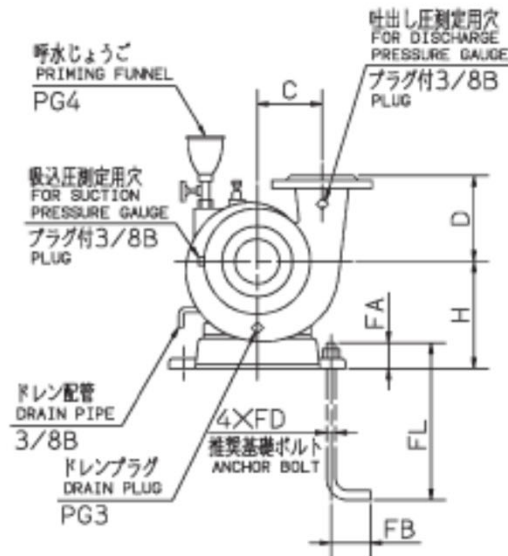
■要目表

口径 mm	機 名	出力 kW	吐出し量 m³/min	全揚程 m	吐出し量 m³/min	全揚程 m	防振架台適用表 型式
40	40SF5.4B	0.4	0.10	8.8	0.20	6.5	DB-1
	40SG5.75B	0.75	0.10	13.6	0.20	11.5	DB-1
50	50SE5.4B	0.4	0.16	5.6	0.32	4.3	DB-1
	50SF5.75B	0.75	0.16	10.5	0.32	7.2	DB-1
	50SG5.15B	1.5	0.16	17.5	0.32	13.4	DB-1
	50SE5.75B	0.75	0.25	7.4	0.50	6.0	DB-1
65	65SF5.15B	1.5	0.25	13.4	0.50	10.0	DB-1
	65SG5.2B	2.2	0.25	19.5	0.50	14.5	DB-2
	65SE5.15B	1.5	0.40	9.0	0.80	6.5	DB-1
80	80SF5.2B	2.2	0.40	13.2	0.80	9.5	DB-2
	80SG5.3.7B	3.7	0.40	22.0	0.80	16.0	DB-2
	80SE5.15B	1.5	0.63	10.5	1.25	7.5	DB-2
100	100SF5.3.7B	3.7	0.63	16.0	1.25	11.2	DB-2
	100SG5.5B	5.5	0.63	23.5	1.25	13.5	DB-3
	100SG5.7.5B	7.5	0.63	29.0	1.25	21.0	DB-3
	100SE5.2B	2.2	1.00	10.8	2.00	7.1	DB-2
125	125SF5.5B	5.5	1.00	15.6	2.00	9.5	DB-3
	125SF5.7.5B	7.5	1.00	19.0	2.00	13.5	DB-4
	125SG5.11B	11	1.00	29.5	2.00	19.0	DB-4
	125SH5.15B	15	1.00	38.0	2.00	24.0	DB-5
	125SE5.5B	5.5	1.60	11.0	2.80	8.0	DB-2

バリュウチェーンの問題点の解決と合理化

設計標準化、シリーズ化の推進

基本主要寸法を決定、流量、有効落差などに応じて相似則を用いて寸法を決定



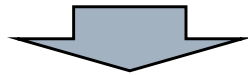
注) ※印Lの値は概略値を示します。 単位: mm

口径 SA DA	機 名	出力 kW	ポン プ 及 ビ 電 動 機																				質量 kg	
			A	B	H	D	C	P	T	MR	L	PG3	PG4	BM	BN1	BN2	BY1	BY2	BD	FD	FL	FA		FB
40	40SF5.4B	0.4	95	255	150	140	100	115	3	120	594	1/4B	1/2B	260	85	85	214	214	12	M10	125	40	40	38
	40SG5.75B	0.75	95	315	165	160	120	140	3	140	693	1/4B	1/2B	300	100	100	244	244	12	M10	125	40	40	51
50	50SE5.4B	0.4	100	255	150	130	90	115	3	120	599	1/4B	1/2B	260	85	85	214	214	12	M10	125	40	40	38
	50SF5.75B	0.75	95	315	165	160	110	140	3	140	693	1/4B	1/2B	300	100	100	244	244	12	M10	125	40	40	52
	50SG51.5B	1.5	95	335	190	170	130	140	3	168.5	756	1/4B	1/2B	360	100	100	264	264	12	M10	200	40	40	70
65	65SE5.75B	0.75	105	315	165	140	110	140	3	140	703	1/4B	1/2B	300	100	100	244	244	12	M10	125	40	40	52
	65SF51.5B	1.5	100	335	190	160	120	140	3	168.5	761	1/4B	1/2B	360	100	100	264	264	12	M10	200	40	40	70
	65SG52.2B	2.2	100	355	225	180	140	160	3	193	829	1/4B	1/2B	360	120	120	304	304	12	M10	200	40	40	94
80	80SE51.5B	1.5	105	340	190	150	120	145	3	168.5	771	1/4B	1/2B	360	100	100	264	264	12	M10	200	40	40	70
	80SF52.2B	2.2	105	355	225	160	120	160	3	193	834	1/4B	1/2B	360	120	120	304	304	12	M10	200	40	40	92
	80SG53.7B	3.7	105	355	225	190	150	160	3	200	849	1/4B	1/2B	390	120	120	304	304	12	M10	200	40	40	110
100	100SE52.2B	2.2	115	365	225	160	130	170	3	193	854	1/4B	1/2B	360	120	120	304	304	12	M10	200	40	40	96
	100SF53.7B	3.7	110	360	225	170	150	165	3	200	859	1/4B	1/2B	390	120	120	304	304	12	M10	200	40	40	105
	100SG55.5B	5.5	115	390	255	220	170	200	3	239	958	1/4B	1/2B	400	140	140	350	350	15	M12	250	55	50	150
	100SG57.5B	7.5	115	390	255	220	170	220	3	258	996	1/4B	1/2B	400	160	160	350	350	15	M12	250	55	50	162
125	125SE53.7B	3.7	130	365	225	190	150	170	3	200	884	3/8B	1/2B	390	120	120	304	304	12	M10	200	40	40	121
	125SF55.5B	5.5	125	395	255	220	160	205	3	239	973	3/8B	1/2B	400	140	140	350	350	15	M12	250	55	50	150
	125SF57.5B	7.5	125	395	255	220	160	225	3	258	1011	3/8B	1/2B	400	160	160	350	350	15	M12	250	55	50	162
	125SG511B	11	130	390	255	220	180	220	3	323	1136	3/8B	1/2B	480	160	160	350	390	15	M12	250	55	50	206
	125SH515B	15	140	490	290	260	210	227.5	3	345	1246	3/8B	1/2B	640	180	180	410	410	15	M12	250	55	50	291

メンテナンスを簡単に
異物閉塞シミュレーション
異常診断システム

地域に適した小水力発電機器とは？

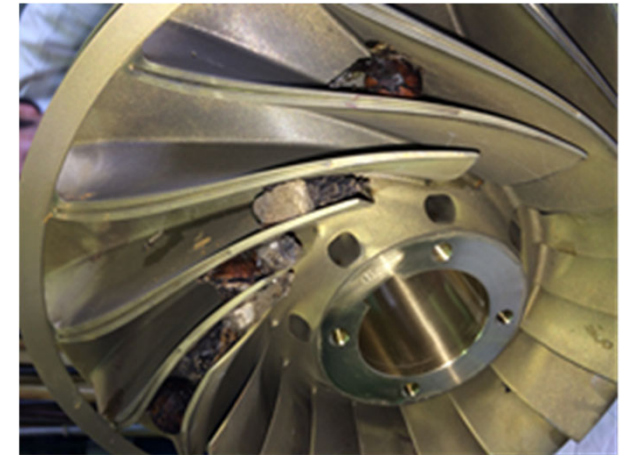
手のかからない水力発電システム



異物が閉塞しない水車設計

異物閉塞のシミュレーションによる現象把握

異物閉塞の監視システム



ランナの異物閉塞

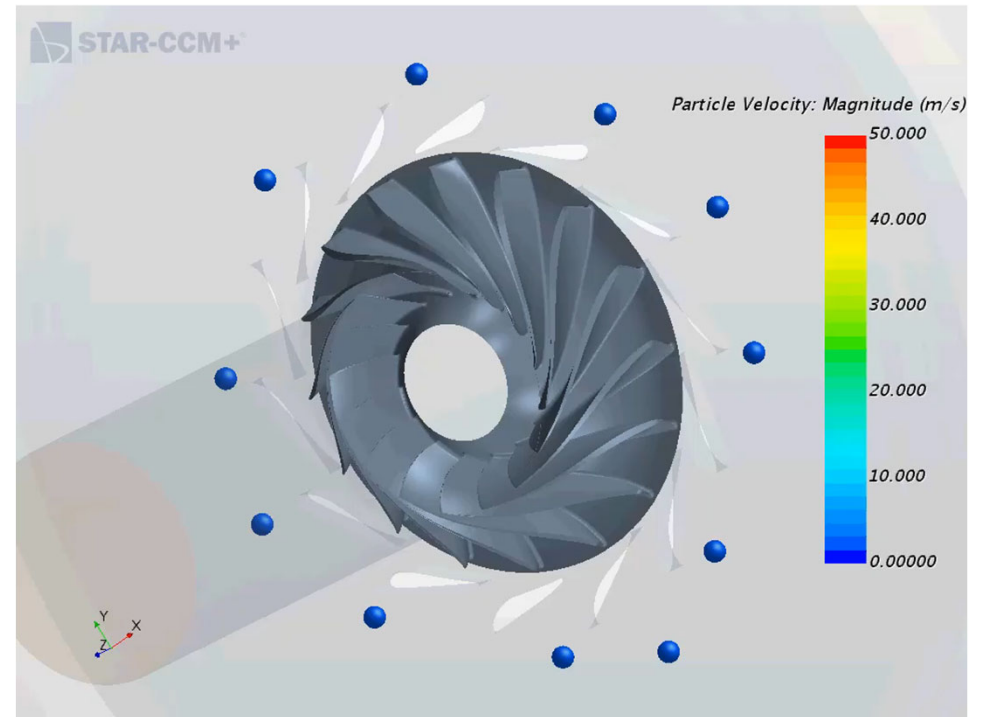
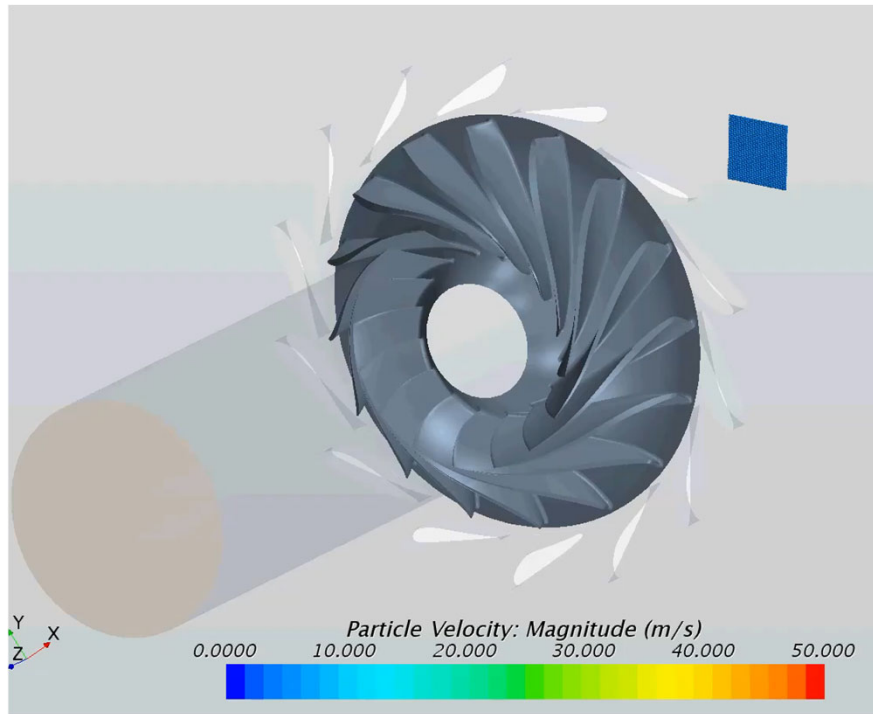
- ◆ 水車の目詰まりは、水車の効率低下、振動増大、運転停止などの重大な問題の発生懸念
- ◆ 小発電所向け水車内の異物運動を予測するシミュレーション、診断システムによる常時モニタリング
- ◆ 異物通過性の良いランナの開発



詰まった異物

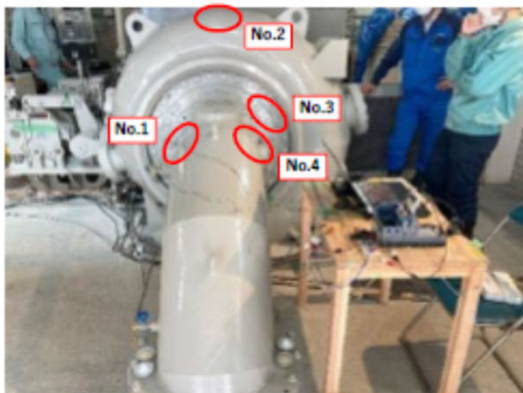
異物混入による閉塞

水車流路の閉塞シミュレーション



フランシス水車流路内の葉っぱ、クルミ通過解析

小水力発電所異常診断モニタリングシステムの開発



実機設置センサ

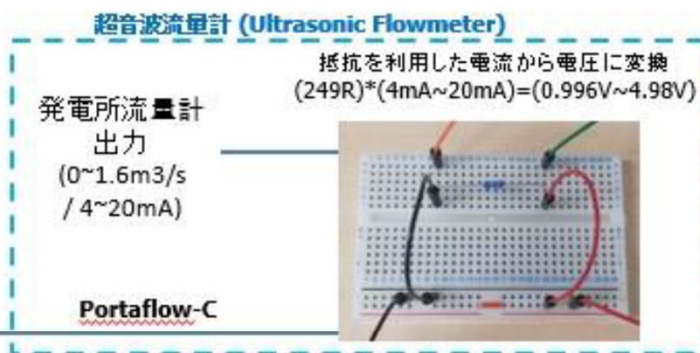
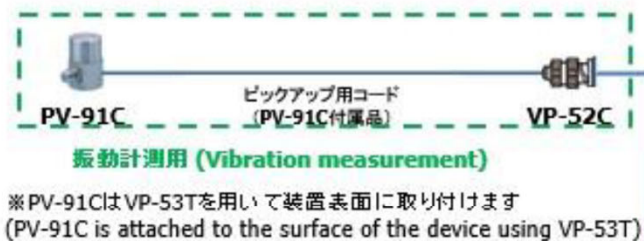
実機運転データ
振動、圧力、流量など

AI診断システム

遠隔地でのモニタリング

模型試験結果
(異常データ)

異常時を模擬
した流体解析
によるデータ
取得



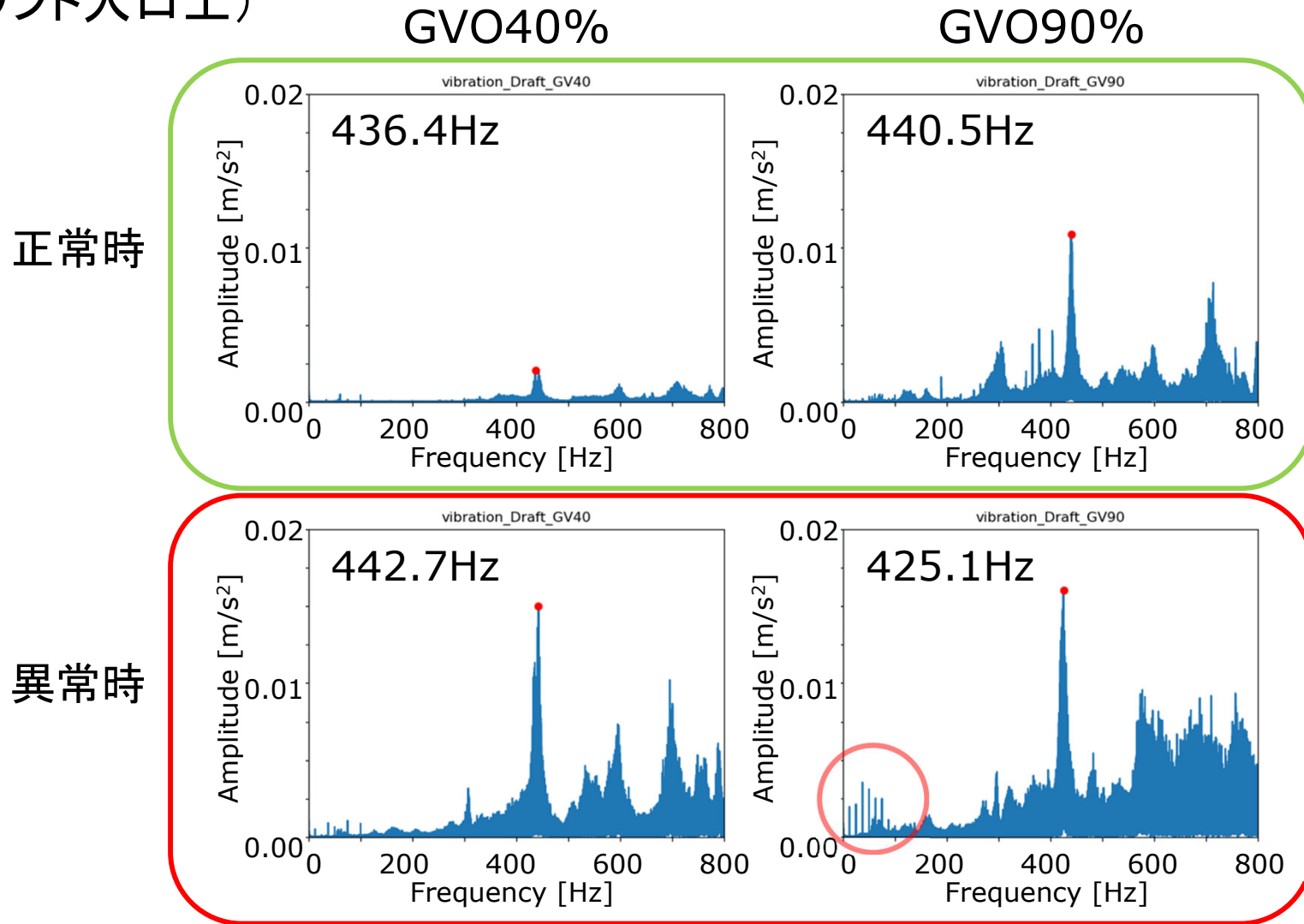
NI 9234 CシリーズモジュールとNI CompactRIO 9053
(NI 9234 C Series modules and NI CompactRIO 9053)

USBケーブル
Measuring Data

ノートパソコン
Notebook
(Include LabVIEW)

異常データの分析例

✓ 振動(ドラフト入口上)



- ・ドラフトにおいてはランナの固有振動数である450Hz付近にピーク出現
- ・GVO90%では異常時において12.5Hz(回転周波数)付近にピーク出現
→ランナへの異物閉塞信号

ターボ機械協会 水車講習会 2025年4月16日実施

毎年4月に実施，受講者は60名くらい

【プログラム】

水車の理論は、小水力も大水力も同じ

時 間	テーマ	内 容	講 師（敬称略）
9:50	Webセミナー要領説明，本セミナー趣旨説明		
10:00 ～12:00	水車・ポンプ水車の 基礎知識	水車・ポンプ水車の基礎知識として，速度三角形，角運動量理論，相似則，流量・落差変化時の性能，流動不安定などの基本事項について解説します。また、対面受講者を対象とした水車関連の模型試験見学を行います。	宮川 和芳 早稲田大学
【 昼休み 】			
13:00 ～14:00	水車性能設計の新技术	コンピュータを利用して流れ解析技術や，これを用いて開発された新型ランナなどの事例を含む新技术について解説・紹介します。	榎本 保之 東芝エネルギー システムズ（株）
14:10 ～15:10	水車性能の評価・試験	新技术を用いて設計する水車性能の評価について，解析や実験を通して紹介します。	田村 悠太 日立三菱水力（株）
15:20 ～16:20	水車の壊食・摩耗	キャビテーション壊食，土砂摩耗の発生メカニズムと対策を紹介します。	新保 拓哉 富士・フォイトハイトロ （株）
16:30 ～17:30	昨今の揚水発電の運用実態	昨今の揚水発電を取巻く環境の変化，運用実態について紹介します。	吉田 健太郎 関西電力（株）

ターボ機械協会 水力エネルギー利用促進分科会

◇ 中小水力エネルギーの利用に向けた分科会の発足
水力エネルギー分科会(従来)に変えて水力エネルギー利用促進分科会を発足

◇ 活動内容

現在、個別分散的な取組みに留まっている国内の小規模水力発電開発について、ターボ機械協会の分科会として水力エネルギーの利活用を主題に掲げ、産官学連携や文理融合も踏まえた多面的な活動を進めます。

具体的には、技術情報や課題の共有、水車の設計や運用方法に関する研究開発、地域社会振興を意識した水力発電プロジェクトの推進方策の検討など、利用促進につながる取り組みを進めます。

共同研究や国プロへの応募、新規発電所計画、技術相談などの場にもできればと考えております。

◇ 委員構成

企業、アカデミア、自治体、企業局など

※水力エネルギーの利活用で協同する方々にご参画頂きたく考えておりますが、これらに制限するものではありません。

◇ 活動頻度

3回/年程度

まとめ

小水力発電は、設備利用率が高く負荷変動の少ない優良な再生可能エネルギーとして注目されている。

◇ 技術的課題

- ・性能：効率，キャビテーション性能，部分負荷での流動不安定
 - ・信頼性：振動・騒音，キャビテーション壊食
 - ・コスト：初期初期コストの高さ，個別計画・設計がコスト増加要因
 - ・維持・運用：異物閉塞，モニタリングが必要，生態系保全
 - ・製造：限定された設計，製造メーカー，サイズ小のため製造が困難
- の解決例を示した。

標準化、シリーズ化により発電原価の低減を見込め、また、製造台数の大幅な増加も見込める。早急な着手が必要。

小水力発電の導入において、信頼性、性能、低コスト向上の技術は地域に根付く小水力発電チェーンの構築に不可欠であり、産官学で継続的な活動が必要である。

ご清聴ありがとうございました。