

平成25年度地球温暖化対策技術開発成果発表会

「温泉発電システムの開発と実証」

平成26年 1月16日

委託先 : 地熱技術開発株式会社
共同研究者: 弘前大学
: 産業技術総合研究所



早期に実用化が必要かつ可能なエネルギー起源二酸化炭素の排出を抑制する技術の開発及び実証研究

(領域Ⅰ)グリーンイノベーション推進実証研究領域

① 再生可能エネルギー地域実証研究分野

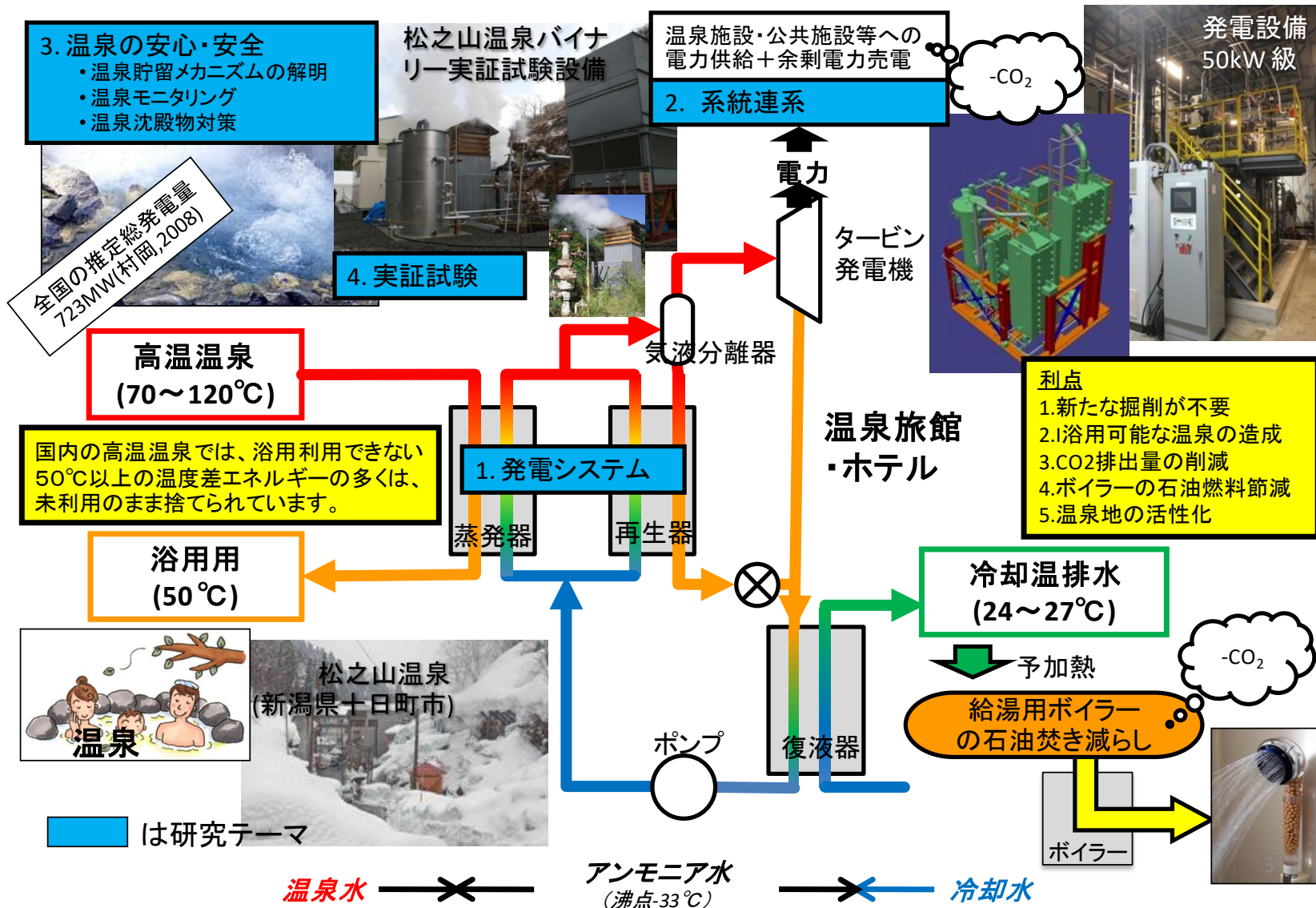
地域の特性を活かした再生可能エネルギー関係施設(例えば海洋エネルギーを利用した発電、地熱発電の普及拡大に資する開発)の設置に向けた地域実証研究を実施する事業を



採択課題:「温泉発電システムの開発と実証」

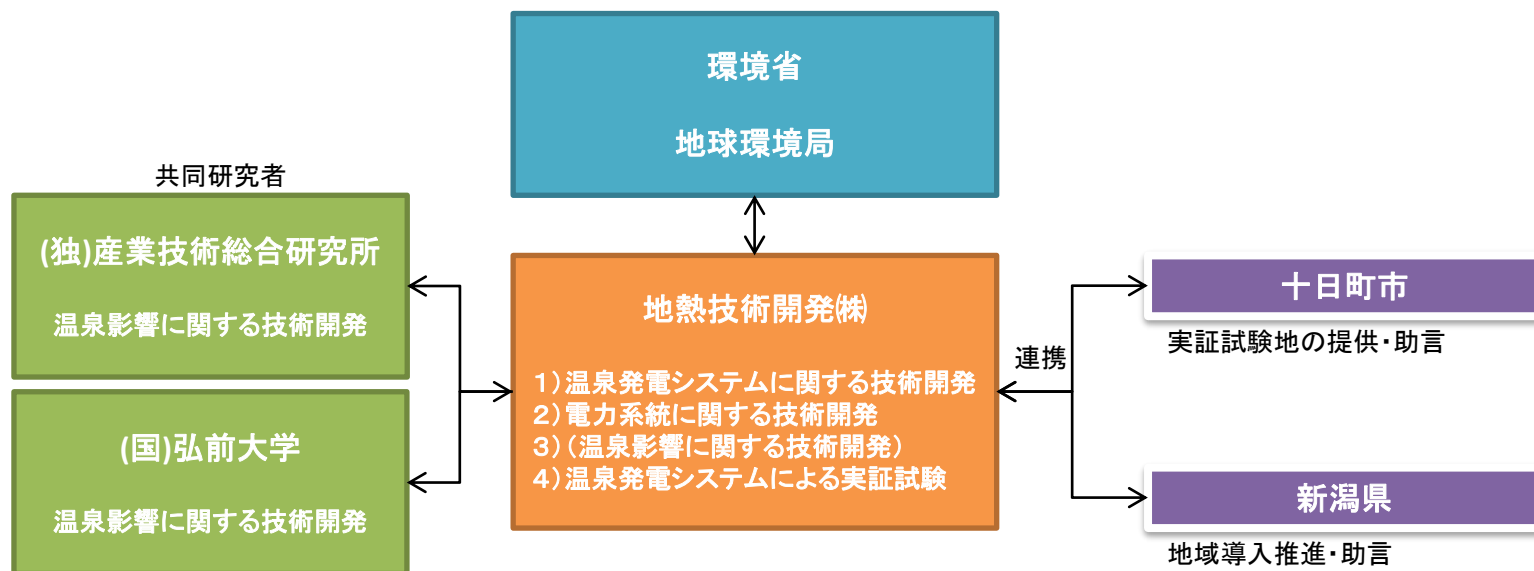
「温泉発電システムの開発と実証」(2010-2012)

GERD



開発項目と事業実施体制・スケジュール

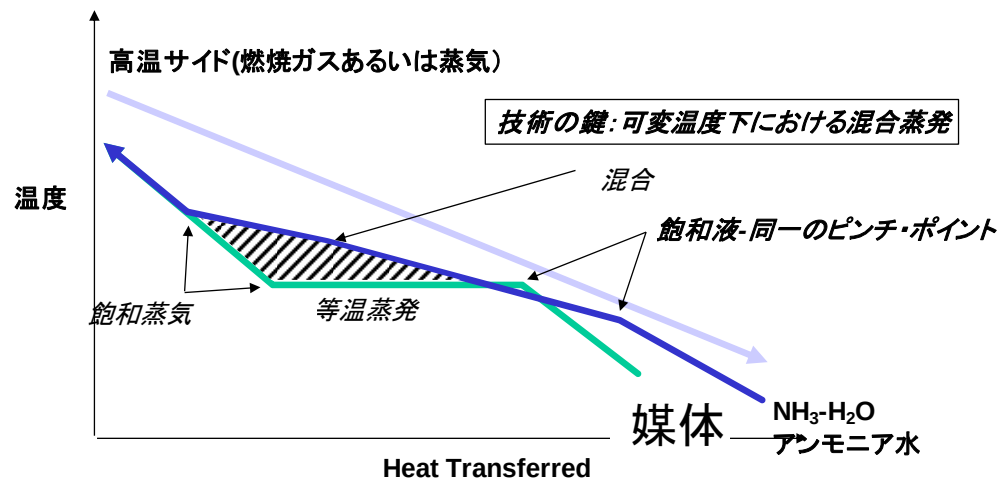
GERD



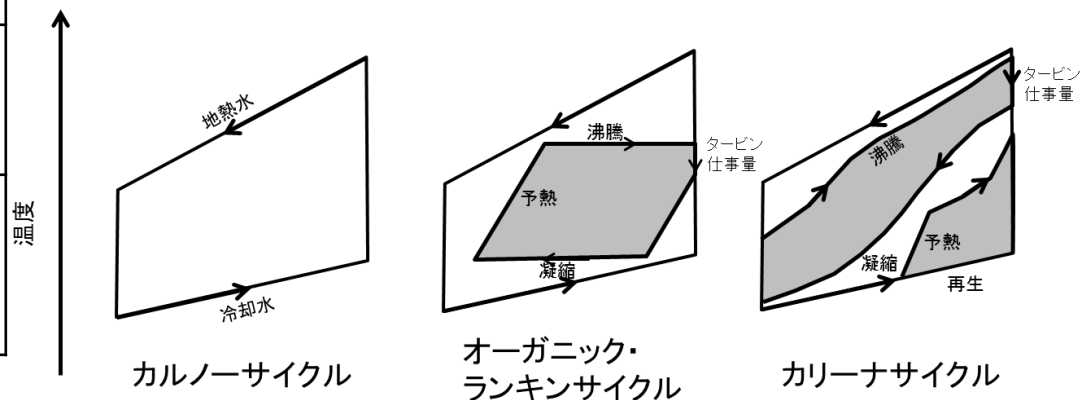
項 目	平成22年度	平成23年度	平成24年度
1. 50kW級温泉発電システムの設計	→		
2. 各要素機器の開発・製作	タービン発電機開発・性能試験 →		
3. 許認可	熱交換器製作 →		
4. 現地設置工事(松之山)	→	溶接安全管理審査 ▼ 使用前安全管理審査 ▼	
5. 実証試験		開所式 →	→
6. 温泉影響調査	→	→	→

バイナリー発電の主な媒体の種類とアンモニア水の利点

熱媒体	長所	欠点	沸点 1気圧	地球 温暖化 係数
CO2			-78.5	1
アンモニア+水	発電効率が 高い 地球温暖化 係数がゼロ 媒体が安価	毒性があ る	-33.34 (アンモ ニア) 0 (水)	0
炭化水素 系	地球温暖化 係数が比較 的低い 媒体が安価 普及してい る	引火性が ある	-11.7~ 36.5	20程度
代替フロ ンR245fa	毒性・引火 性がない 電事法(ボイ ラータービン 主任技術者 選任等)不 要	地球温暖 化係数が 高い 媒体のコ ストが高い フロン類回 収・破壊法 への対応	15.3	900
代替フロ ンR134a			-26.1	1300

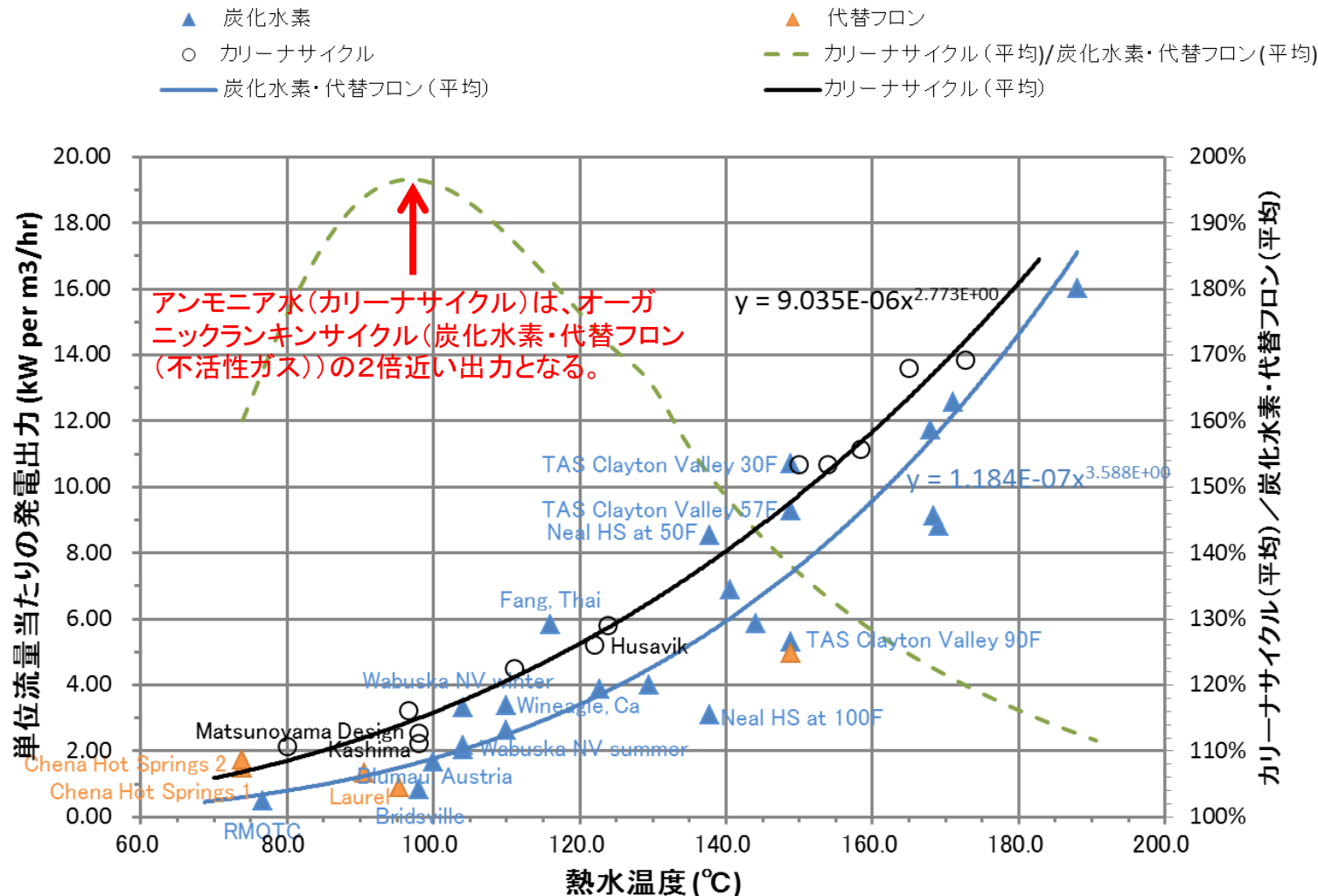


理論値により近い温度変化線は変換効率の改善を示す



媒体による熱源単位流量当りの出力実績比較

GERD



ランキンサイクル(炭化水素ガス・代替フロン系)とカリーナサイクル(アンモニア水)の実績・設計値から求めた単位熱量当たりの発電出力の比較

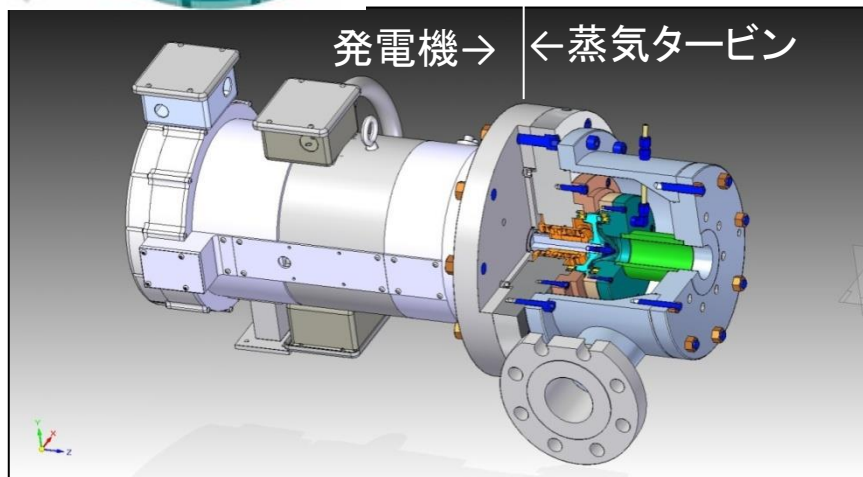
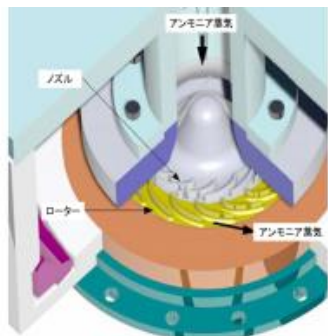
試験サイト(新潟県十日町市松之山温泉)

- 使用する温泉: 鷹の湯3号源泉
 - ✓ 泉温 97.2°C
 - ✓ 最大湧出量 624L/分(現在の使用量 260L/分)
 - ✓ うち、130L/分は河川に放流(これを利用) + 温泉に影響を与えない湯量で発電



小型タービン発電機の開発

GERD

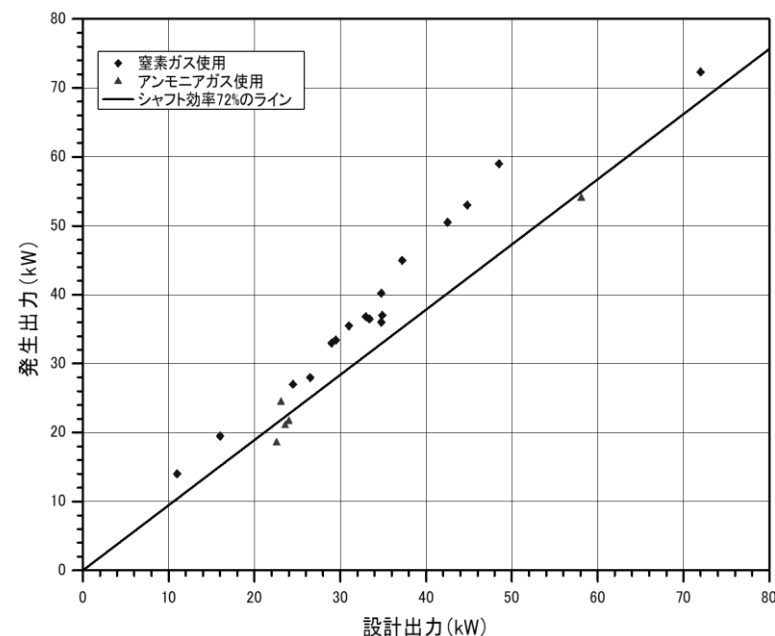
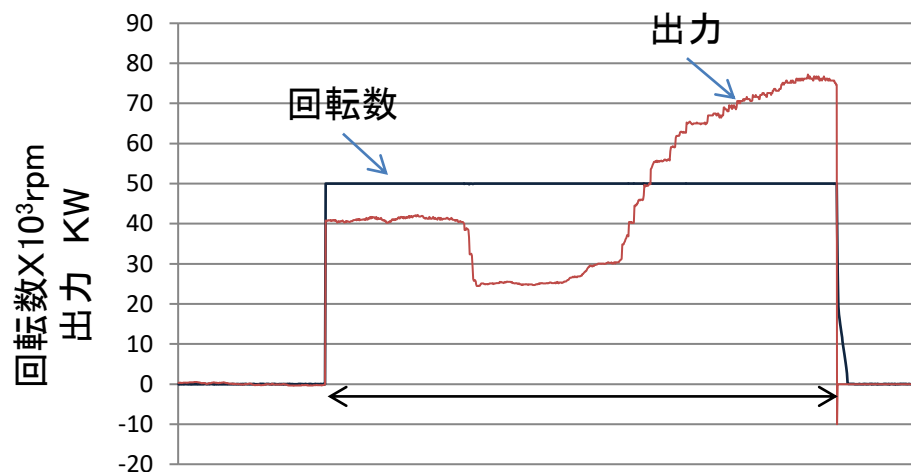


- | | |
|------------|--|
| 材質 | : チタン合金ローター、ステンレス合金ノズル & ケーシング |
| シール方式 | : 窒素ガスシール方式 |
| 発電方式 | : 永久磁石型高速発電機 (水冷式ケーシング、定格回転数50,000rpm) |
| 最大出力(設備容量) | : 87kW |
| 電圧・周波数 | : 400V・50Hz |

- ・回転数 : 50,000rpm(定格回転数)
- ・回転数変動 : $\pm 150\text{rpm}$ 以下($\pm 0.3\%$ 以下)
- ・最高出力 : 78kW

(窒素ガス使用のため定格出力(87kW)の試験は実施できなかったが、発生出力は設計値を上回っており、定格出力の見通しがついた)

- ・振動値(両振幅): 数ミクロン以下



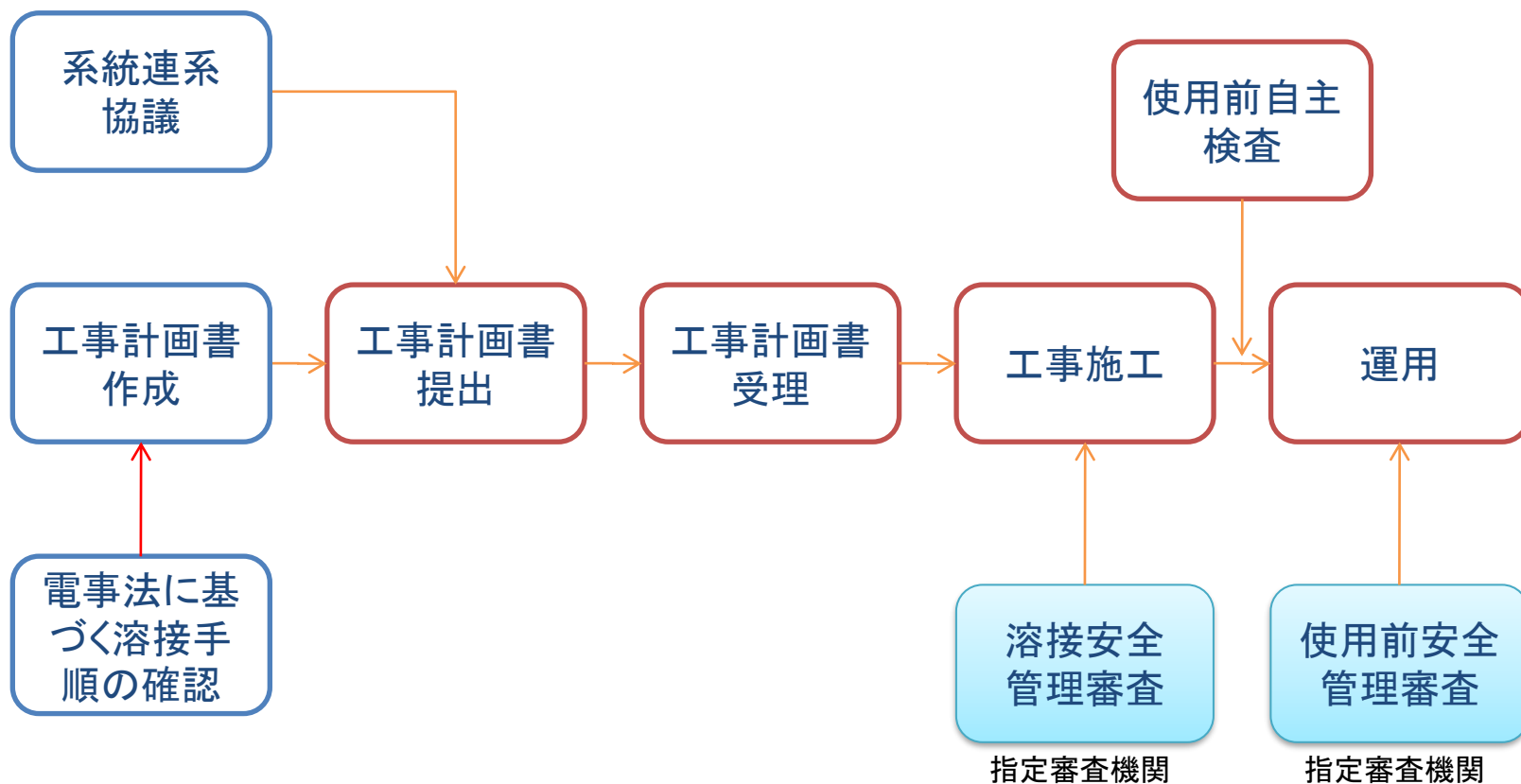
設計出力と発生出力の関係

電気事業法等に基づく運用までの流れ

GERD

H22年度

H23年度





温泉バイナリー発電設備（開所式）

GERD

日時 : 平成23年12月16日 13:30~14:30

参加者 : 環境副大臣(当時): 横光克彦様

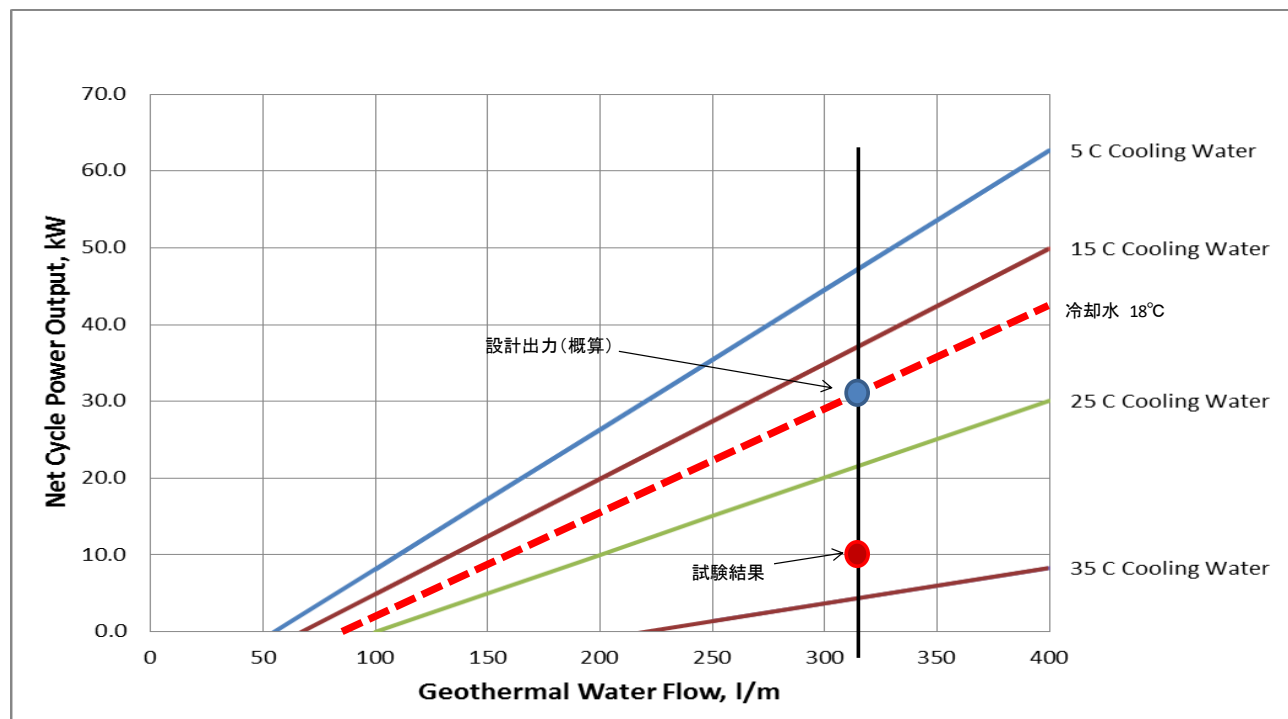
新潟県知事: 泉田裕彦様

十日町市長: 関口芳史様

合計 47名

報道関係: テレビ(4社)、ラジオ(1社)、新聞(14社)





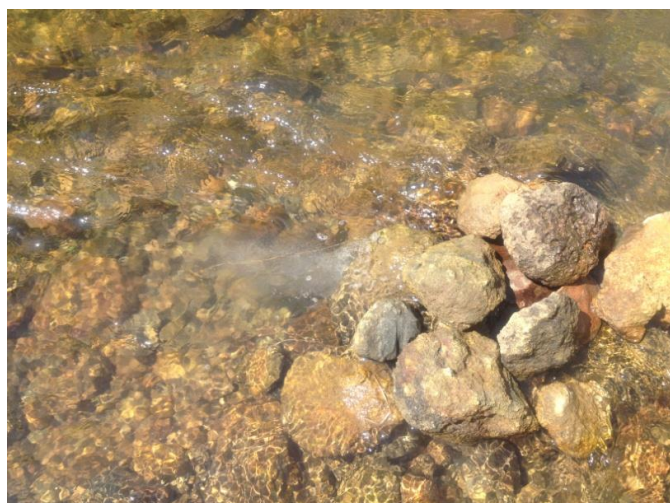
温泉流量を約320リットル/分、温度98℃として発電試験を実施。温泉流量定格値388リットル/分の83%に相当するが、発電出力は10kW程度であった。



- 要因① 温泉井戸から産出するガスの影響
- 要因② 蒸発器の熱交換性能の影響

◆ガスの状況

- ・温泉流量が約320L/minに達した頃より、流量の増量が不可能となる。
- ・原因は熱源ポンプのインペラ(羽)部に温泉付随ガスが溜まり、ガスロックが発生。



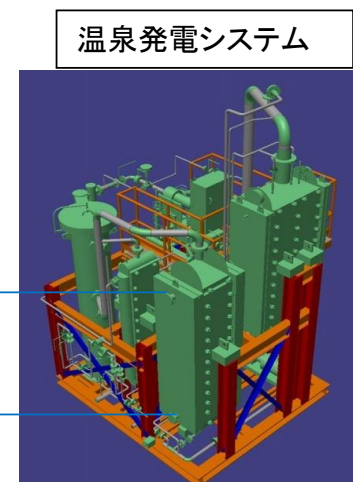
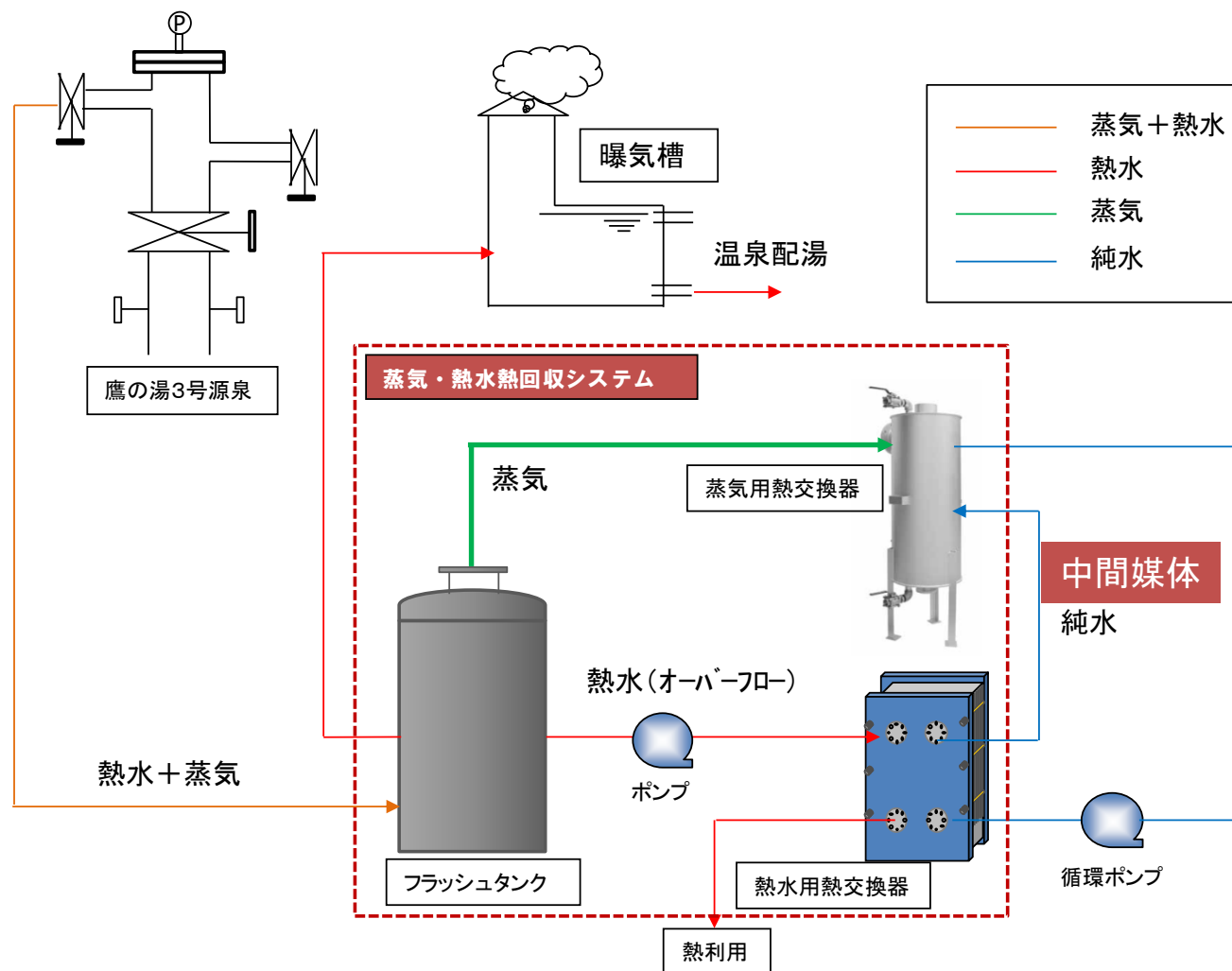
蒸発器	単位	計画値	実測値 (5/21)
蒸発器入口温水温度	℃	98.00	98.2
蒸発器出口温水温度	℃	52.28	63.5
温泉流量	L/min	388	316
蒸発器入口NH3温度	℃	33.17	29.1
蒸発器出口NH3温度	℃	95.00	69
アンモニア流量	kg/s	1.288	1.05
アンモニア濃度	10 ⁻² wt%	0.7956	0.7042
入熱量	kW	1188	734

計画の約62%
の熱交換量

「発電サイクルに取り込まれる熱量＝蒸発器の交換熱量」であることから、上記の運転では計画の62%しか温泉水の熱が発電に利用できていない。

対策① 熱源として余剰蒸気および中間媒体の活用

GERD



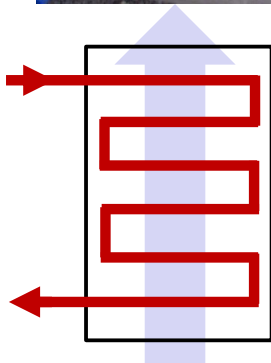
対策② 蒸発器の熱交換能力の向上

GERD

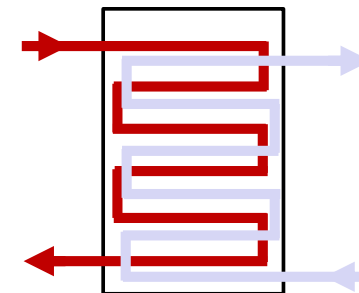
既存(改良前)



改良後

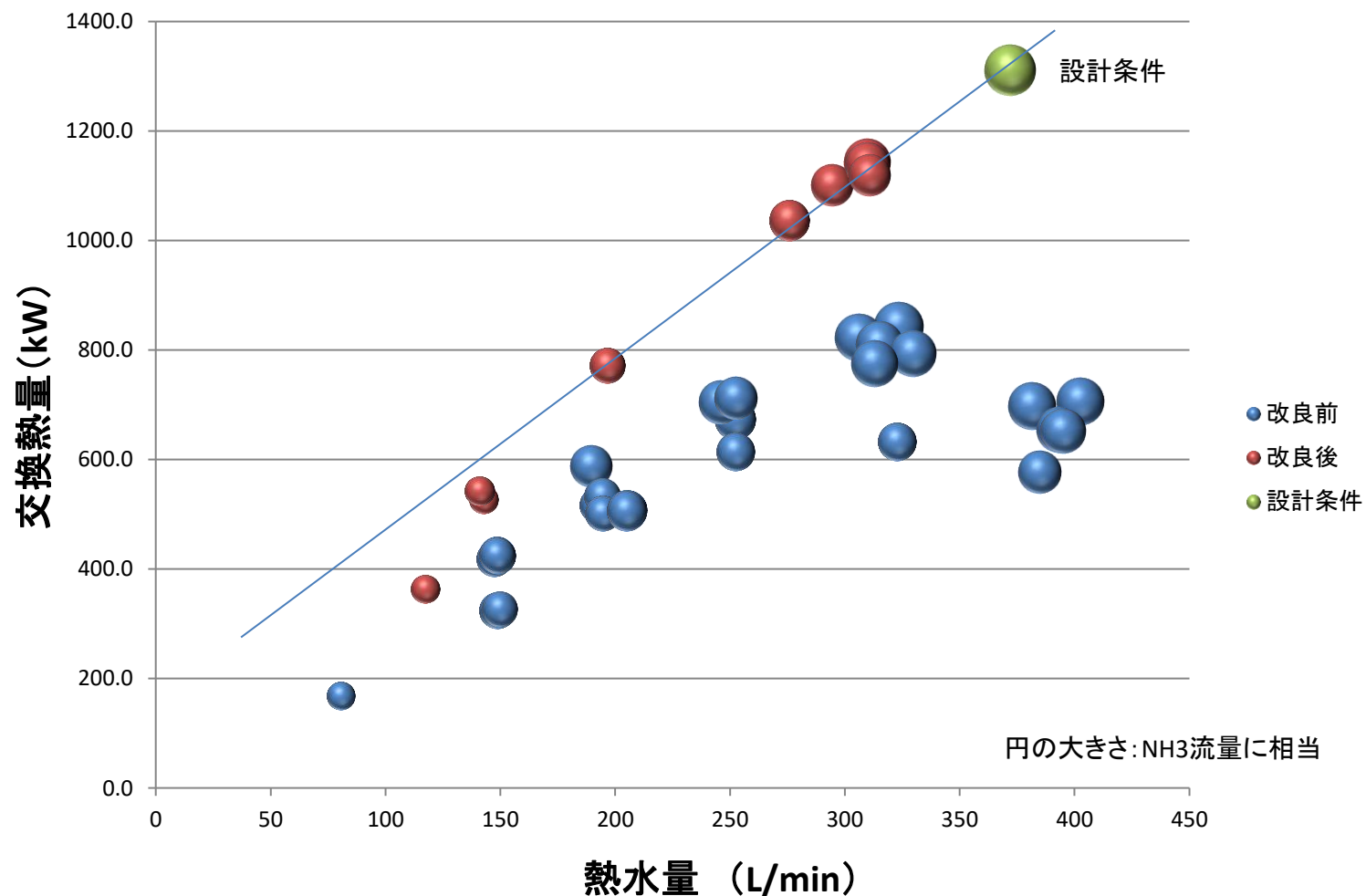


	蒸発器		再生器	
	既存	改良	既存	改良
タイプ	ハイブリッド	ブロック	ハイブリッド	ブロック
プレート幅	360 mm	330 mm	360 mm	330 mm
熱容量	1112 kW	1112 kW	93 kW	93 kW
熱通過係数	1,348 W/m ² K	1,907 W/m ² K	618 W/m ² K	944 W/m ² K
質量流束	20.9 kg/m ² s	153.3 kg/m ² s	2 kg/m ² s	69.3 kg/m ² s
圧力損失	4.5 kPa	53 kPa	2 kPa	10.8 kPa

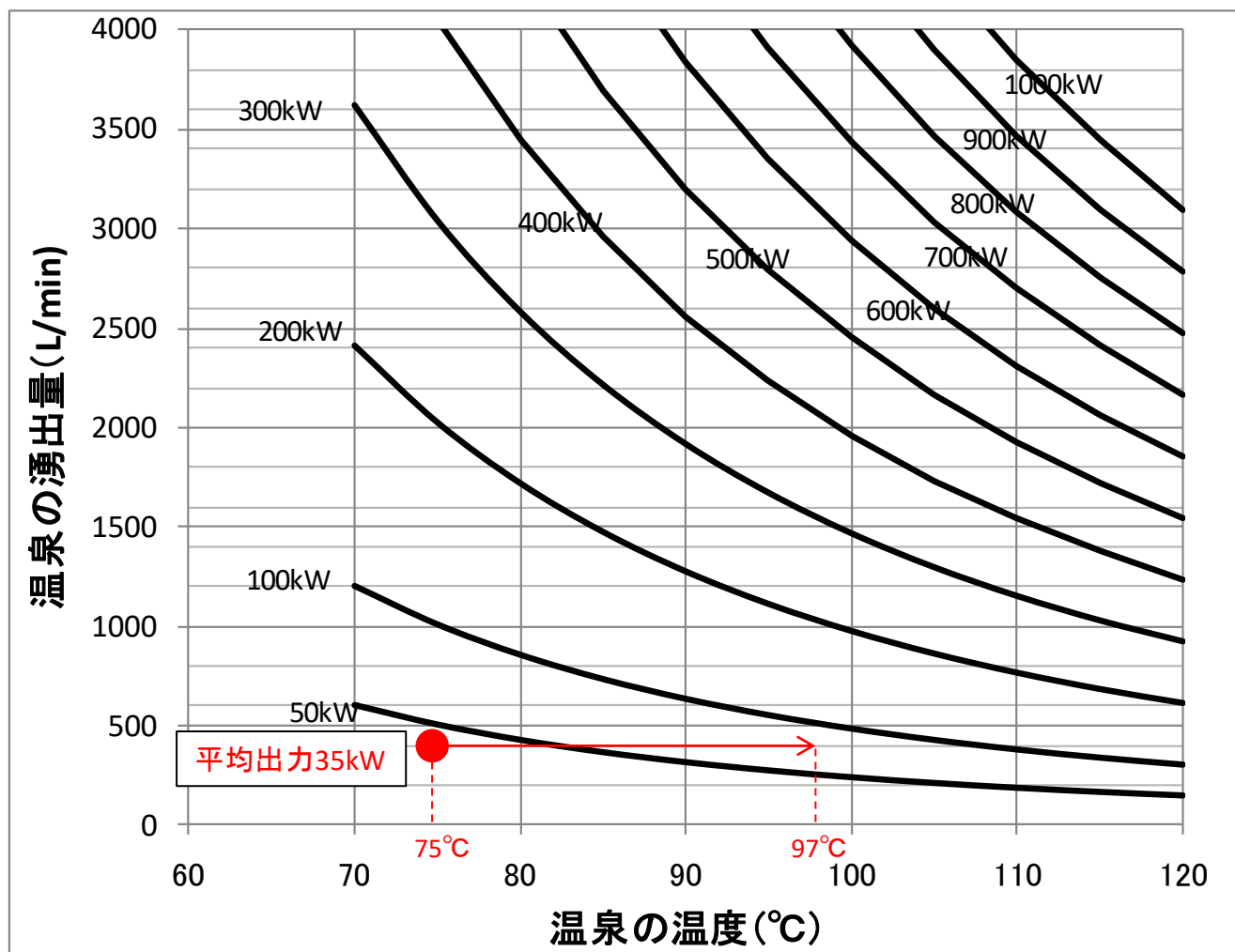


熱交換器能力改良前後での交換熱量の比較

GERD

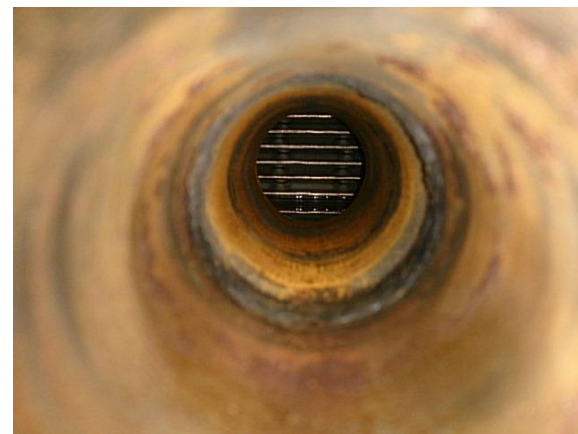
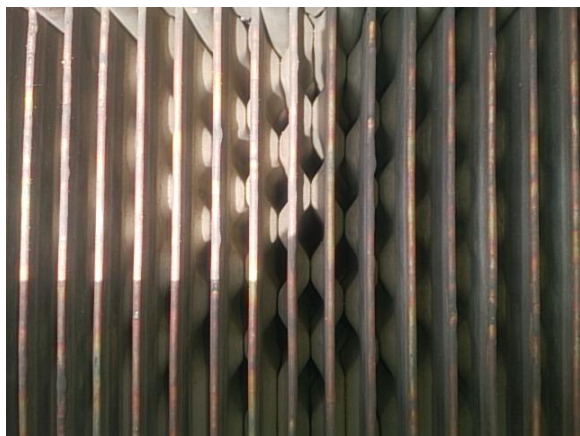


環境省委託事業 平成25年度CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 取得データ



環境省委託事業 平成25年度CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業 取得データ

松之山温泉:蒸発器 (運転期間:2011.12 → 2013.3) の開放点検 →スケール・腐食の問題はなかった





固定買取価格制度下の温泉発電事業の事業性の試算

GERD

発電機出力 (kW)	送電端出力 (kW) =発電機出力 × 75%	年間売電電力 量(kWh) 利用 率=90%	固定価格買 取制度によ る売電収入 (万円) 40円/kWh	設備投資(100万円/kW、工 事を含む)の場合の税引き後 内部収益率(IRR%, 15年間)		引き後内部収益率(IRR, 15 年間)6%時の設備投資単価 (万円/kW)		必要な温泉の湯量 (95℃の場合, kg/min)		
				ボイラータービン主任技術者		ボイラータービン主任技術者		アンモニア水 の実績平均		他の媒体の 実績平均
				あり	なし	あり	なし			
50	37.5	295,650	1,183	—	17.2	44	121	239		551
100	75.0	591,300	2,365	-7.7	18.3	86	125	478		1,103
150	112.5	886,950	3,548	6.0	18.7	100	125	718		1,654
200	150.0	1,182,600	4,730	10.2	18.8	107	126	957		2,205
250	187.5	1,478,250	5,913	12.3	18.9	111	126	1,196		2,757
300	225.0	1,773,900	7,096	13.7	適用外	114	適用外	1,435		3,308
400	300.0	2,365,200	9,461	15.2	適用外	117	適用外	1,913		4,411
500	375.0	2,956,500	11,826	16.1	適用外	119	適用外	2,392		5,514

設備投資が100万円/kWであれば、税引き後内部収益率(IRR)は10%以上
⇒ 事業性◎

不活性ガスサイクルと比較した場合、発電量300kW未満では、アンモニア水サイクルは設備投資額が同じ条件(100万円/kW)では、ボイラータービン(BT)主任技術者が必要な分、事業性(IRR)は低くなるが、発電量が増えるため、売上は大きくなる。

50kWクラスの場合、アンモニアや炭化水素ガス(ペンタン等)を利用するシステムは、BT主任技術者が必要であることから、2,200万円程度で設備を導入する必要があり、現状では困難が伴う。

BT主任技術者が不要の場合、50kWの設備が6,000万円程度で導入できれば採算性が確保されるので、当面のコストダウンの目標はここになる。

BT主任技術者が必要な場合でも、より大きな150kW以上であれば、税引き後内部収益率(IRR)が6%以上となり、採算性が確保される。

課題1. 圧力容器の安全管理審査に係る費用の増大

⇒ 蒸発器・再生器について、溶接箇所のないブロック式熱交換器を採用。安全管理審査の対象外とすることで、費用の削減を図る。

課題2. 制御系の重複による費用の増大

⇒ 補機側を含めた制御系を統合し、合理化することで費用の削減を図る。

課題3. 高圧連系による費用増大

⇒ 本事業等からの要望により逆流する電気が50kWを超えない場合、低圧連系できる可能性が示された。低価格の汎用パワコン利用により費用削減を図る。

課題4. ボイラー・タービン(BT)主任の選任による操業経費の増大

⇒ 経済産業省では、アンモニアや炭化水素ガス等に対する規制緩和の要件調査を実施中。BT主任技術者の外部委託、兼務、資格条件の緩和等を利用して、年間経費を削減する工夫を行う。

1. 発電可能量の底上げ効果

- 不活性ガスから発電効率アップによって達成される削減量
 $967,840\text{t-CO}_2 (= 36\text{万kW (温泉発電のポテンシャル量)} \times 24\text{h} \times 365\text{日} \times (1-0.38) \times 0.9 \times 0.000550\text{t-CO}_2/\text{kWh}) \times \text{効率向上効果} 1.18 \times \text{夏期出力向上・省エネ効果} 1.017 \times \text{蒸気の活用} 1.18) =$
 $+1,773,220\text{t-CO}_2$ (現在の不活性ガス媒体における能力に上乘せする)

2. 2020年時点の削減効果

- 国内潜在市場規模: 国内の温泉資源ポテンシャル量の2020年導入予想: 全体の約16%(2050年自然エネルギービジョン, 日本地熱学会 & 地熱開発企業協議会, 2008)に、本研究で増加した量を見込むと年間CO2削減量は438,570t-CO2
- 2020年度に期待される最大普及量(50kWに換算すると: 3,200台、規制緩和が実現されていない従来システムでは200kW以下は、主任技術者等の費用で導入は困難)

1. 熱交換器や配管等の腐食や付着するスケール(炭酸塩鉱物系・シリカ等)
2. 二次媒体の違いによる出力差
3. 低温熱源で冷却源に冷却塔や空冷コンデンサーを用いた場合の夏期の出力低下
4. 小型発電設備の場合の補機類(冷却塔やポンプ類等)に消費される所内電力
5. 熱源の問題(資源量の曖昧さ, 生産量の減衰, 坑井設備の劣化, 坑内スケール)
6. 小型発電設備における法規制(ボイラー・タービン主任技術者, 工事計画書等)
7. 事業上の不確定要素(資源量の変動, 周辺を含む設備コスト, ステークホルダー等)

⇒大幅な普及までに課題が残っている。

事業名

平成25年度CO2排出削減対策強化誘導型技術開発・実証事業

事業の目的

将来的な地球温暖化対策の強化（規制等）につながるCO2排出削減効果の優れた技術の開発・実証を本事業により強力に進め、CO2排出量の大幅な削減を実現することを目的する。

事業期間

平成25年度～平成27年度

ご清聴ありがとうございました。



地熱技術開発株式会社 大里和己(osato@gerd.co.jp)

TEL 03-5541-9072 FAX 03-5541-9074