

# 国産薪ボイラーと国産スターリングエンジン による実用型熱電併給ユニットの開発

— 国産機同士 が創る

日本初の熱電システム —

Gasifier

Stirling engine

Gasifier

事業主体



アーク日本株式会社

スターリングエンジン

株式会社 *e*スター

# 我が国初となる 国産機同士での熱電併給システムの開発

## 背景 川上(木材)を取り巻く現状と課題

- ・化石燃料と比較したメリットの創出
- ・収益性の確保
- ・未利用材の有効活用
- ・林業の担い手不足の解消

## 川下(地域)を取り巻く現状と課題

- ・エネルギーインフラの更新
- ・災害時のエネルギー需要への備え
- ・高まる再生可能エネルギー需要への対応
- ・地域コミュニティの担い手確保

### <狙い>

- ・石油を「薪」に変換して地域内での経済循環を創出
- ・薪需要の喚起により林業への経済循環を創出



「熱電併給システム」を実現し  
「地域内エコシステム」の普及促進を図る

# 1. システム開発の目的・理念

**目的**

我が国初となる国産機同士の薪ボイラー(ガシファイアーGF)とスターリングエンジン(SE)による実用型熱電併給ユニット(GSU)の開発

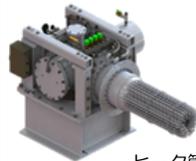
**理念**

1. 熱供給主体、余剰熱発電の熱電併給システム
2. SEの脱着可能で、容易なメンテナンス性を確保
3. 既存GFにも後付け可能

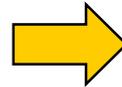
# 2. システム、機器の概要-1



+



ヒータ管 (入熱部)

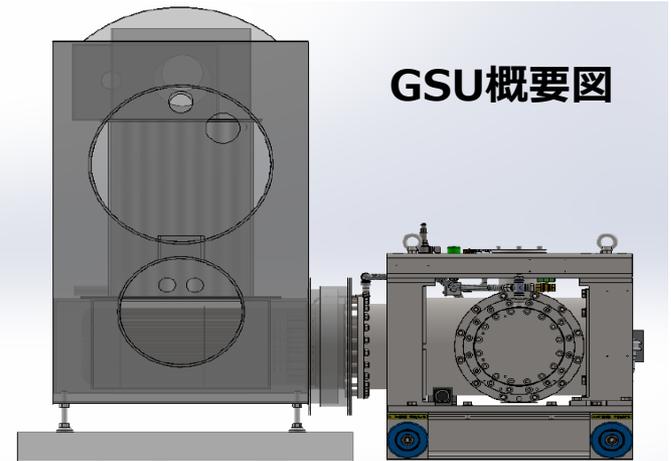


**実用型  
熱電併給ユニット**

アーク日本 : GF

(株)eスター : SE

性能	<ul style="list-style-type: none"> <li>●出力 : 80kW</li> <li>●燃焼効率 : 0~89%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●発電出力 : 5 kW</li> <li>●発電効率 : 25%</li> </ul>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>●国産唯一の下部燃焼 + 2次燃焼方式</li> <li>●貯湯方式連続運転</li> <li>●低残灰・低排煙</li> <li>●シンプルな機構で故障少</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●β形SE</li> <li>●小型・高出力</li> <li>●国産唯一の装置・実績</li> <li>●ヤンマーグループ製作</li> <li>●コンパクト・シンプル</li> </ul>
実績	<ul style="list-style-type: none"> <li>●50施設 105基納入</li> <li>●薪、竹、剪定枝など地域燃料の活用</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>●12基納入</li> <li>●15,000時間を超えたSEは6基</li> </ul>



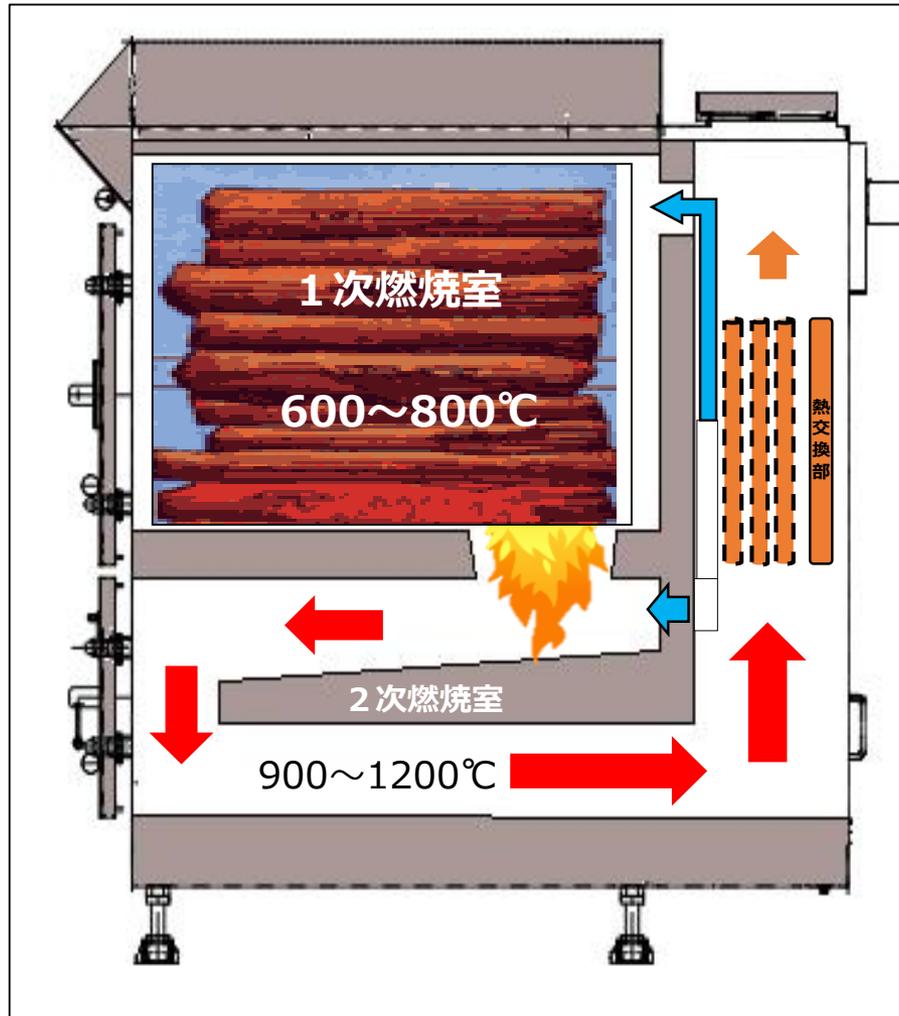
GSU概要図

**GSU: Gasifier Stirling engine Unit**

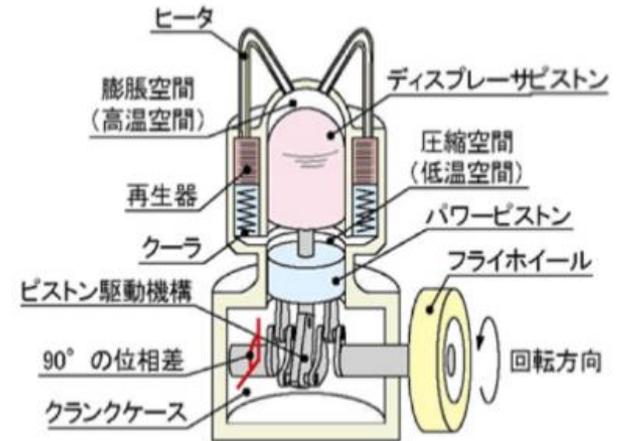
ガシファイアーとスターリングエンジンによる熱電併給ユニット



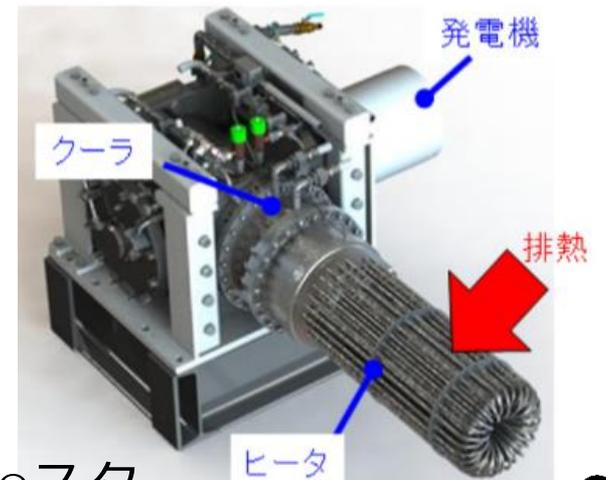
# GF燃焼の仕組み



# SEの基本構造 (株)eスター



β型スターリングエンジン基本構成<sup>(1)</sup>



(株)eスター

ヒータ  
実機外観図

## 2. 実施概要

### 実施概要

#### ■ GFとSEの最適な接続位置の検証

- GF 熱出力 :80kW-1台
- SE 発電出力 : 5kW-1台
- 各種計測機器

#### ■ 熱電併給に最適なエネルギーバランスを検証

- GF(熱)とSE(電)の詳細なデータを取得、分析
- 熱流路の検討・受熱温度の把握
- 燃料(薪)の含水率と発熱量の検証
- ヒーター部に付着する灰の対策

#### ■ 利用時を想定した課題の抽出・検討

- 薪投入量に対しての熱、電力の明確化
- 安全、安定性を確保した運転方法の確立
- 容易なメンテナンス性の確保

### 3. 実施場所 新潟県三条市

実施場所



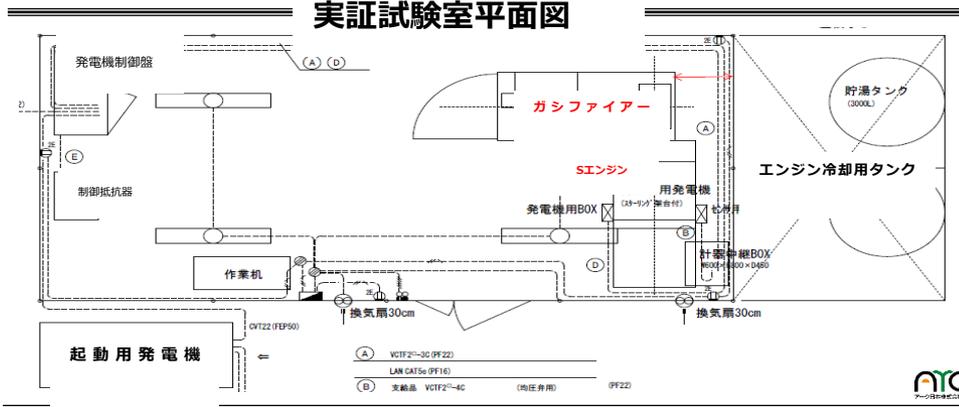
実証試験場所

新潟県三条市 シマト工業(株)

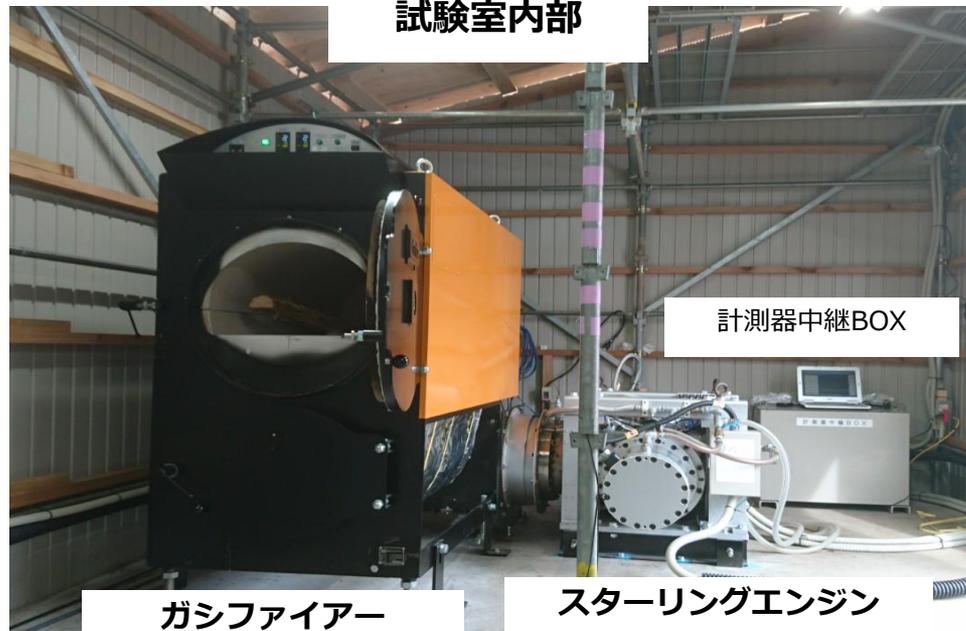


試験室

実証試験室平面図



試験室内部



ガシファイアー

スターリングエンジン

計測器中継BOX



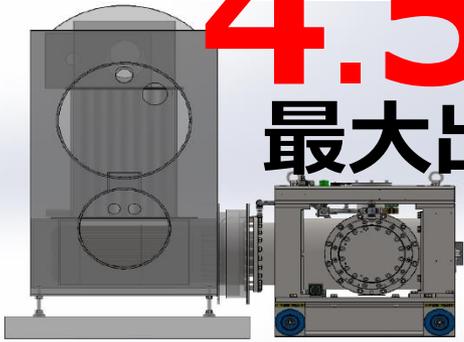
温風放熱器

# 4.試験の実施状況 -1

## 制御盤画面



**4.5kw**  
最大出力値



制御盤

## 40時間運転後のSEヒータ部



燃焼灰の付着により出力が低下

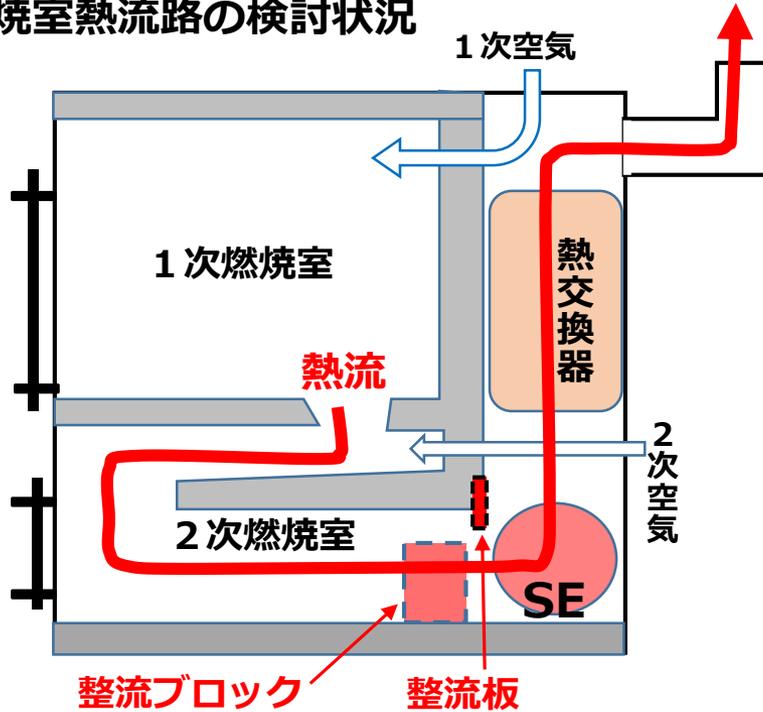
ユニット外観 GF+SE



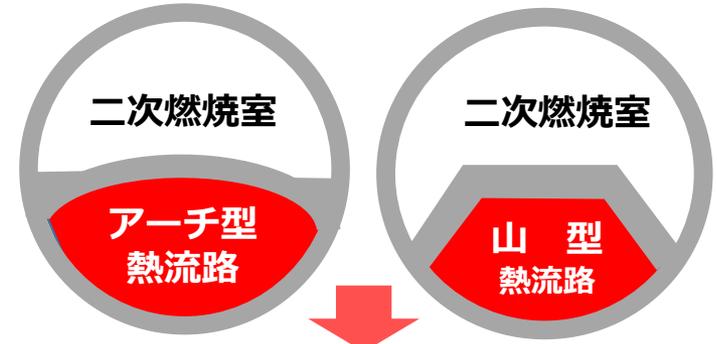
## 4.試験の実施状況 -2

### ・2次燃焼室熱流路の検討状況

熱流路概略図

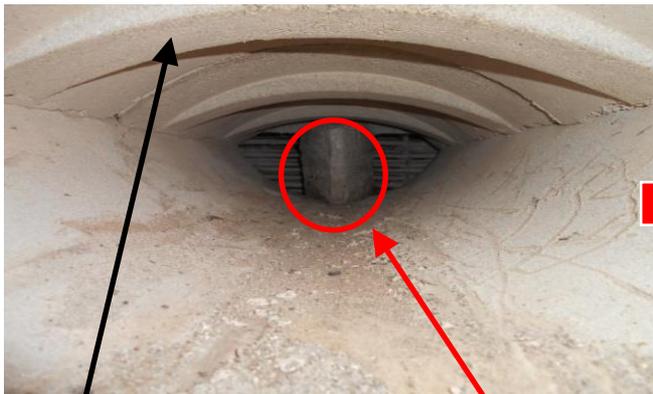


### 熱流路タイプ断面



アーチ形、山形それぞれの熱流路に整流版、整流ブロックを設置

ヒータ部熱流の均一分布を図る



アーチ形熱流路 + 整流ブロック



山形熱流路 + 整流ブロック

## 4.試験の実施状況 -3

### 熱収支分析に不可欠な供試薪の発熱量分析

- ◆ 各薪ラックから薪5本を無作為に採取
- ◆ 各薪の中央部、両端部付近の水分を全乾法で測定
- ◆ 得られた水分から低位発熱量（水素含有率6%）を計算

針葉樹A



抽出供試薪



全乾法での測定



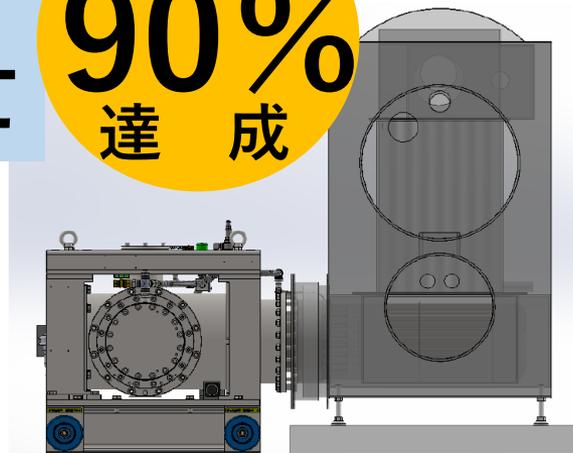
- 供試薪の水分は**全平均で14.6%**で、薪長さ方向やラック内、ラック間のばらつきは**小さく**、乾燥状態はほぼ均等・均質と評価できた
- 供試薪の低位発熱量は全**平均16.4MJ/kg**で、供試薪全体のばらつきは**±0.2MJ**と著しく小さい
- 供試薪の低位発熱量代表値として**16.4MJ/kg (4.5kW/kg)**を使用

薪ラックコード	A	B	C	D	E
水分 (%)					
平均	14.3	15.6	13.7	14.7	15.3
最小/最大	13.7/14.7	15.1/16.3	12.8/14.7	14.0/15.7	14.6/15.8
低位発熱量 (MJ/kg)					
平均	16.4	16.2	16.6	16.3	16.3
最小/最大	16.3/16.6	16.0/16.3	16.3/16.7	16.2/16.5	16.2/16.3

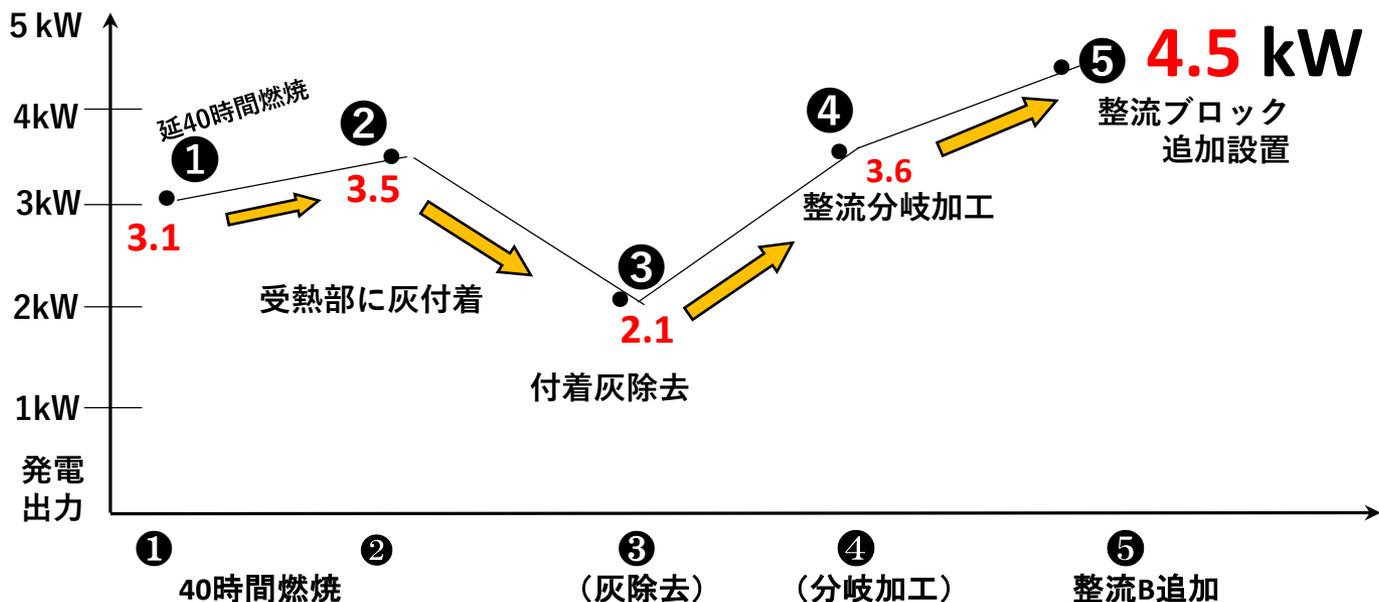
## 5. 実績、成果-1

# 目標発電出力 5 kW 実績値 **4.5 kW** 出力の経過 について

定格出力  
**90%**  
達成

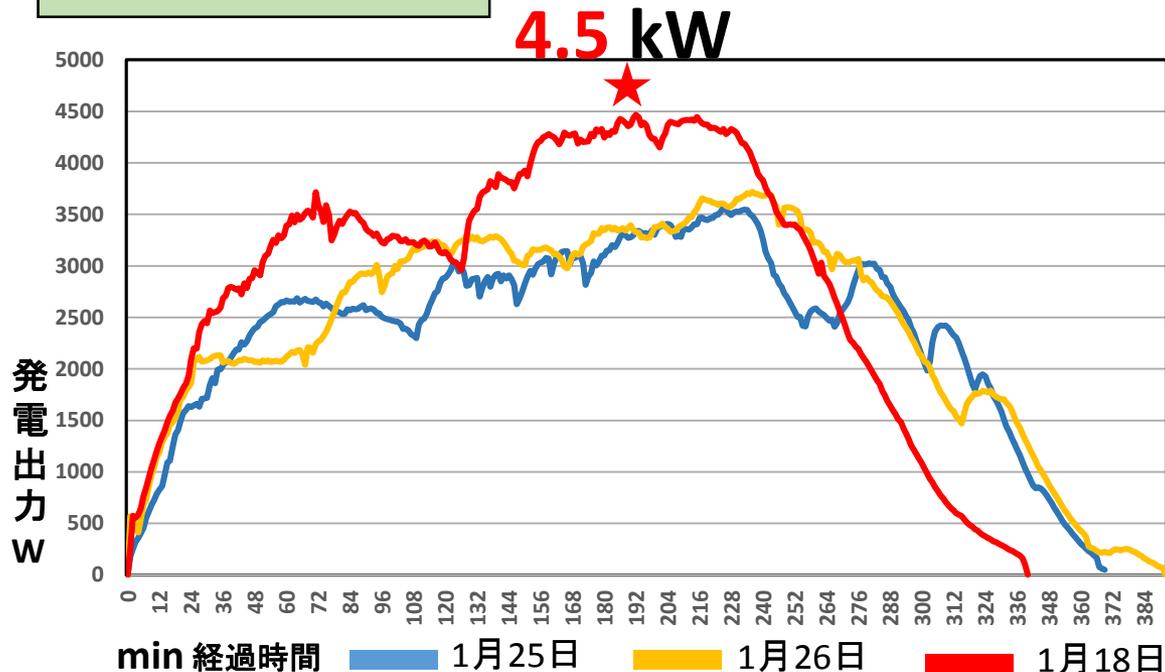


- ・当初3.5kWを出力したが約40時間経過後に2.1kWまで低下
- ・ヒータ部を点検、付着灰を除去 ①～④
- ・灰除去後3.6kWまで上昇するもそれ以上の出力は得られず
- ・ヒータ部への熱流の分布に着目、均一化の方法を検討
- ・熱流路をアーチ形から山形へ変更 ④～⑤
- ・整流板、整流ブロックの設置 ④～⑤



## 5. 実績、成果-2

### 発電出力の推移



発電出力 W	出現率 (%)		
	12月25日	12月26日	1月18日
～500	6.2	9.7	7.1
～1000	5.9	4.8	6.8
～1500	3.8	4.8	5.0
～2000	8.1	9.7	5.6
～2500	16.8	16.5	5.3
～3000	34.1	10.7	8.5
～3500	22.2	34.1	25.0
～4000	3.0	9.7	12.1
～4500	0	0	24.7
～5000	0	0	0
<b>3000以上</b>	<b>25.2</b>	<b>43.8</b>	<b>61.8</b>

### 結果および考察

- 発電出力の増強には熱流路の調整が有効
- 最大出力は4.5kW（定格出力の90%に相当する高い値）
- 発電時間の6割が定格出力の6割（3kW）を超える（電力利用のあり方への示唆）
- 薪投入終了後も余熱発電が有効（石油発電に対するバイオマス発電の有効性評価）

試験 実施日	発電時間	最大出力	平均出力	積算電力
	min	W	W	kWh
12月 25日	370	3,569	2,397	14.7
12月 26日	393	3,719	2,391	15.7
1月 18日	340	<b>4,467</b>	2,917	16.5

## 5. 実績、成果-3

### エネルギーフローの比較

#### ガシファイアー単体

薪エネルギー100kW



熱出力

80.2kW

#### ガシファイアー (GF) +スターリングエンジン (SE)

薪エネルギー100kW



熱出力

76.5kW

## 実績に対する自己評価と新たなチャレンジ

### 自己評価

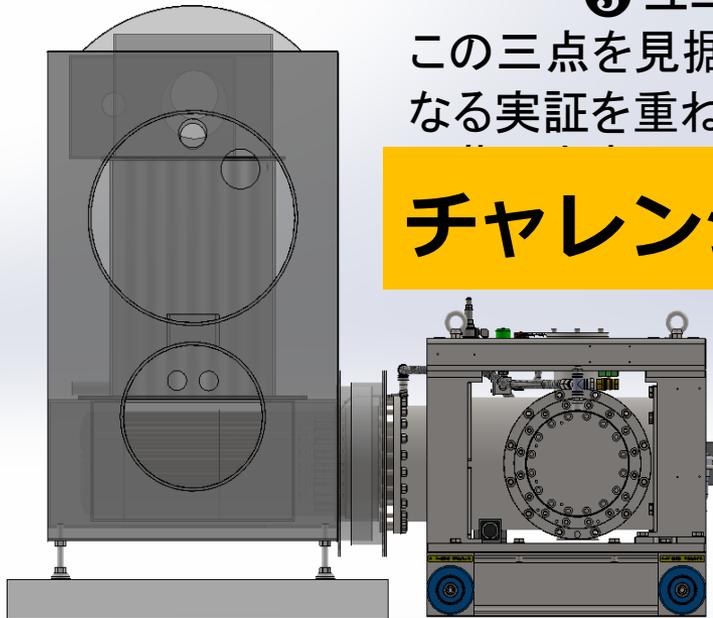
目標発電5kw出力に対し、実績値90%・4.5kw達成と、自社事業達成度は70%と自己評価しました。しかし下記事業化に向けた大きな収穫を得たのに、感謝しつつ新たなチャレンジが。

- 理由は
- ① 災害時救援機器としての機能性の検証ができたこと
  - ② 発電時間の6割が3kw発電を達成にしたこと
  - ③ ユニットの販売コストがある程度把握できたこと

この三点を見据え、進捗達成度は70%ほどですが、この満足度を更なる実証を重ね、具体的な「実用型熱電供給ユニット」の製造販売を

### チャレンジ

- ① 国土強靱化に資する装置の完成
- ② 2020年、初号機の販売運用開始
- ③ 購入可能な実勢装置価格の実現



# ご清聴誠にありがとうございました



本事業にご協力・ご指導くださいました多くの皆さまに深甚なる感謝を申し上げます。

事業主体



アーク日本株式会社

代表取締役 岩城和男

スターリングエンジン

