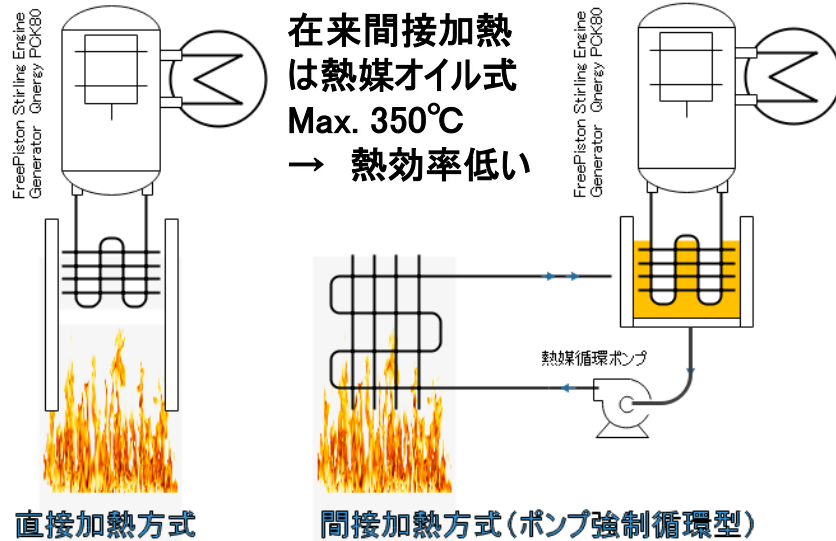


事業課題名	バイオマス燃焼熱間接加熱による小型スターリング機関の性能安定化
事業者名	ADMIEXCOエンジン設計株式会社

0. 背景

- 森林バイオマスの地産地消(発生地ー消費地が10km以内)地域内エコシステムには山林に近い消費地で、多種木質系バイオマス利用可能な、小型分散バイオマス燃焼の**熱電併給(発電+温水供給)装置**の普及が必要。
- 多種木質燃料に対応するには、バイオマス・ガス化+ガスエンジン方式より、**小型バイオマス燃焼器+外燃機方式**が望ましい。
- ここで問題となるのが**スケールメリット**。小型のバイオマス発電は熱効率が悪い。
- そこで注目されてるのが**スターリング機関**。これはスケールメリットが低い。つまり、小型でも効率低下が少ない(逆に、大型化しても効率上昇が無い)。
- ところが実際使ってみると・・・スターリング機関の加熱部が燃焼**灰付着に敏感**。灰が着くと発電・温水とも性能が半分以下。安定した実用機にはほど遠い実態。**毎日、消火停止+加熱部の灰清掃**をしながら運転する、**手間のかかる装置**。
- そこで、スターリング機関をバイオマス燃焼の**灰付着問題から解放したい!**
現状:バイオマス燃焼火炎で直接、スターリング機関を加熱
本件:バイオマス燃焼火炎>**熔融金属熱媒(600°C)**>スターリング機関加熱部
という間接加熱可能。これを実現するシンプルな装置を提案する。
- 灰問題解決のスターリング機関は、地域内エコシステムの小型分散熱電併給装置

1. 目的・手段



方式	直接加熱	間接加熱	
		強制循環	自然循環
コンタミ特性 (運転の安定性)	× コンタミ多い △ サイクロン併用	○	○
設備費	○ 安価 △ サイクロン併用	× 耐熱ポンプが高価	△~○
メンテナンス性	× 頻繁な清掃	△ 耐熱ポンプ軸受等	○
温度特性	○ 清掃直後 ~ △ コンタミ状態	○ 熔融金属 × 熱媒油(300°C)	○ 熔融金属 × 熱媒油(300°C)
伝熱特性	○ 清掃直後 ~ × コンタミ状態	◎ 大型では必須	○~△ 小型設備なら ○
連続運用性	× 清掃時に 燃焼炉停止	○	○
起動性	◎	△ (※1)	○ (※1)

目的: 低融点金属を熱媒としたスターリング機関の自然対流(熱媒ポンプ無し)間接加熱方式による可能性を明らかにする。

- 手段: ① 間接加熱用小型バイオマス燃焼炉の設計・試作
 ② 上記①試作機を使用した実験で、同間接加熱法式の評価
 ③ 同間接加熱炉を安価に量産・普及させる製品化設計検討

2. この間接加熱が可能なら...

山林近くのハウス農場・食品加工場、畜産場等にお勧め

表2 直接火炎加熱と間接加熱方式の比較

	直接加熱	間接加熱 (溶融錫)
運転時間 h/year	3,600	7,500
総発電量 kwh/year	25,200	52,500
発電電力価格 ¥/year	¥604,800	¥1,260,000
発生温水価格 (A重油換算) ¥/year	¥445,824	¥928,800
年間清掃メンテナンス回数	300	50
年間清掃メンテナンス費	¥450,000	¥75,000
年間差引経費	+¥600,624	+2,113,800

計算条件:

単機発電出力7kw-e, 温水発生熱量18kw-th, 燃焼量約45kw-th
(12~26kg/h), 電力単価24¥/kwh自家消費, A重油価格 72 ¥/L,
清掃メンテナンス1基1回¥1,500,

直接加熱:12h/day DSS運転, 間接加熱:150h/week WSS運転

直接加熱に対し1基あたり年間150万円得

左表2

- ・ 毎日清掃の直接加熱式 VS
- ・ 毎週清掃の間接加熱式 の比較。

メリット:消費電力削減+燃料使用削減

小型分散装置で導入者メリットが年間200万円を超え, 導入費用が1,000万円以下なら, 地域内で「使える」装置として認知される。

灰問題がある限り, 導入者のメリットは年間60万円程度。地域内エコシステム機器として普及が難しい。

目標量産販売価格 7kw発電モデル @750万円, 20kw発電モデル @1,800万円

山林のバイオマス
賦存量

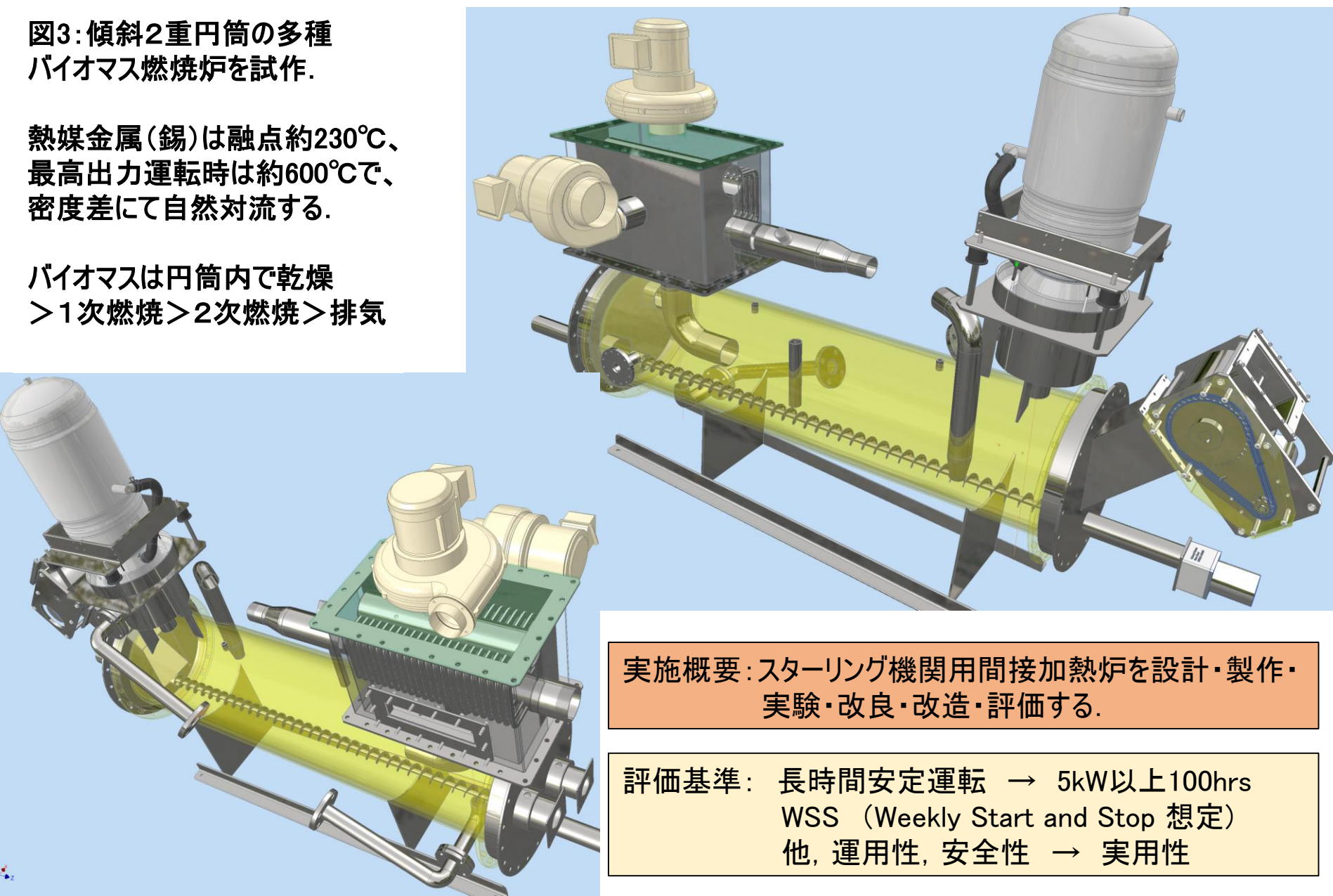
木質系バイオマス市場(森林系のみならず果樹剪定枝等を含む)
スターリング機関(7kw) 約6,000基相当, 燃焼量675,000トン/年

3. 実施概要 — 溶融金属専用炉の設計・制作・対コンタミ性 —

図3: 傾斜2重円筒の多種
バイオマス燃焼炉を試作.

熱媒金属(錫)は融点約 230°C 、
最高出力運転時は約 600°C で、
密度差にて自然対流する。

バイオマスは円筒内で乾燥
> 1次燃焼 > 2次燃焼 > 排気



実施概要: スターリング機関用間接加熱炉を設計・製作・
実験・改良・改造・評価する。

評価基準: 長時間安定運転 → 5kW以上100hrs
WSS (Weekly Start and Stop 想定)
他, 運用性, 安全性 → 実用性

3. 実施場所

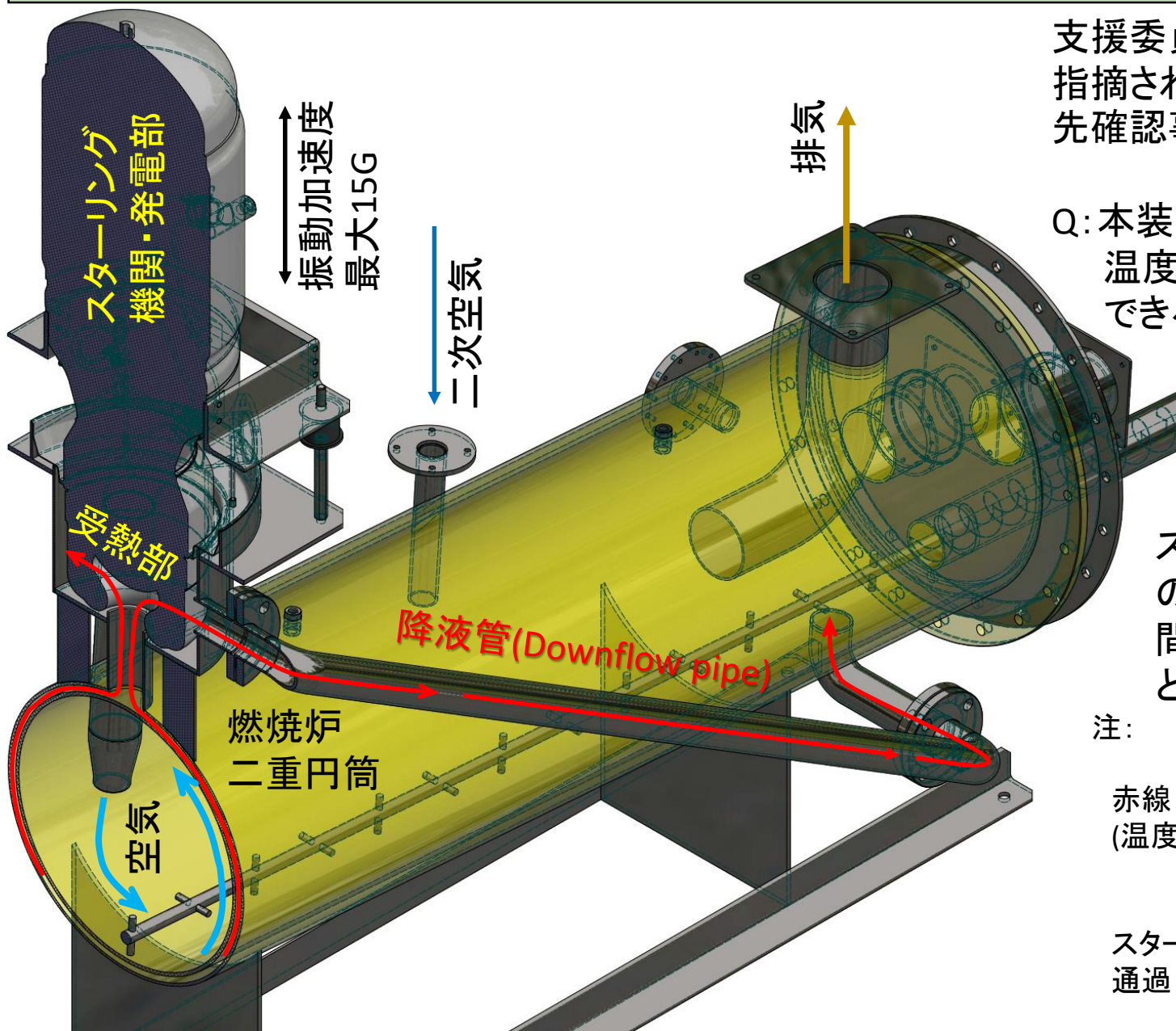
伸栄工業・ADMIEXCO 燃焼実験場
茨城県かすみがうら市上稲吉1751-1

実施場所2

ADMIEXCOエンジン設計(株)
茨城県土浦市神立東1-20-3



試験の実施状況A. — 溶融金属の自然循環 —



支援委員会(現地支援)にて指摘された、本研究の最優先確認事項

Q: 本装置にて、溶融金属の温度差自然対流が確保できるのか?

A: 溶融金属循環の確認方法として、スターリングエンジンの発電量をもって間接的に流動を確認とする

注:

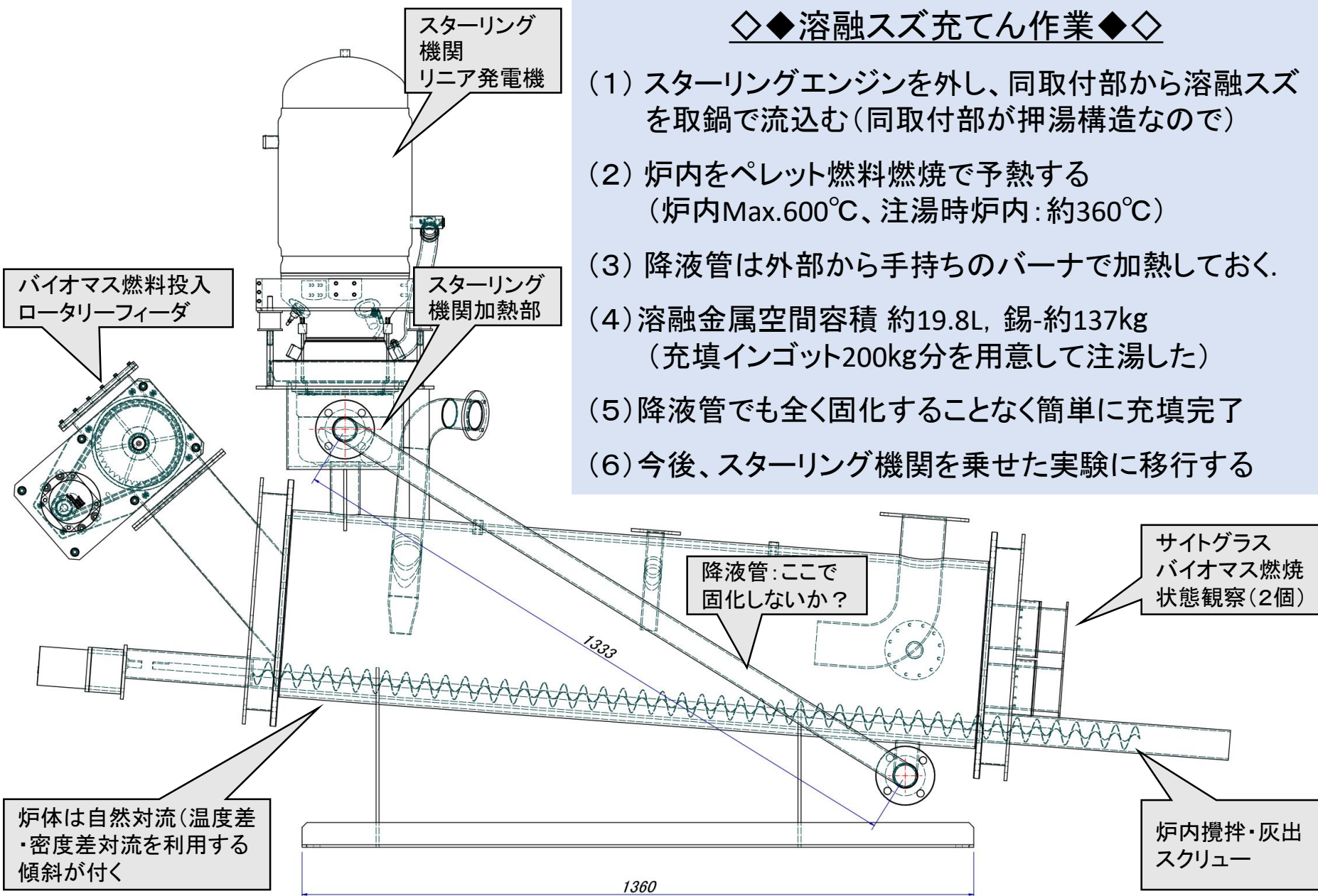
赤線: 溶融スズの自然対流 (温度密度差による上昇・降下)

スターリング機関の加熱部 通過・熱交換

試験の実施状況B. — 溶融金属の充てん作業 —

◇◆溶融スズ充てん作業◆◇

- (1) スターリングエンジンを外し、同取付部から溶融スズを取鍋で流込む(同取付部が押湯構造なので)
- (2) 炉内をペレット燃料燃焼で予熱する
(炉内Max.600°C、注湯時炉内:約360°C)
- (3) 降液管は外部から手持ちのバーナで加熱しておく。
- (4) 溶融金属空間容積 約19.8L, 錫-約137kg
(充填インゴット200kg分を用意して注湯した)
- (5) 降液管でも全く固化することなく簡単に充填完了
- (6) 今後、スターリング機関を乗せた実験に移行する



5. 2019年度の事業実績、成果(1)

当初の計画・目標	取り組み状況・得られた成果
① 溶融金属炉の設計・製作・修正	溶融金属炉の設計 製作側に合わせ設計の大幅修正 排熱回収空気予熱器の設計修正
② スターリングエンジン仕様・調達	別熱源での単体試運転完了 燃焼 850°C > 発電出力 約2.9kw 燃焼 960°C > 発電出力 約3.8kw 燃焼 1090°C > 発電出力 約5.4kw 最大温水出力: 35⇒46°C, 38L/min 参考: 定格(カタログ)発電出力 7.1kw
③ 溶融金属の充てん作業	注湯作業中に固まらないか? > 押湯位置からの注湯で固化なく充填
④ 連続運転実験(連続100h運転)	試験中

5. 2019年度の事業実績、成果(2) 溶融スズの炉内充填



写真(上): 間接加熱炉の全様.

右側上部がスターリングエンジン取付部、兼注湯部(押湯)部. エンジンを外してある.

写真(右上): 炉内のペレット燃焼.

円筒内壁に沿った旋回流燃焼をしている.
炉内温度約620℃付近.

写真(右下): 降液管の予熱作業.

手持ちのガスバーナーで加熱しておく.

