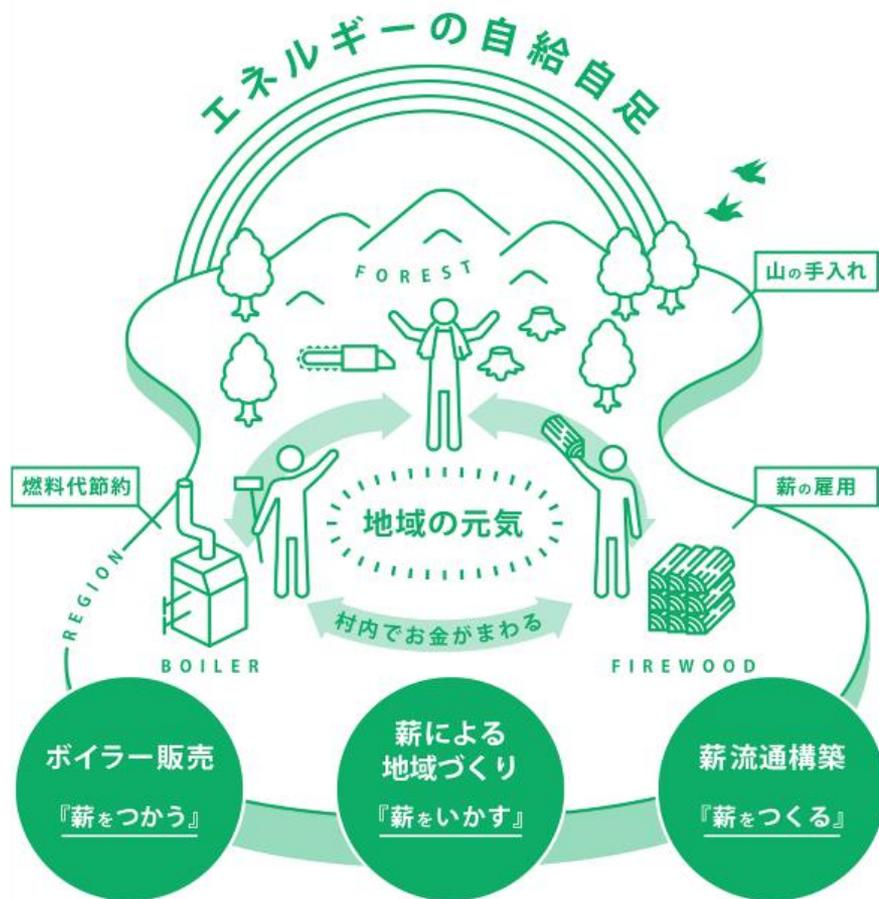


小型バイオマスボイラーの導入費用対効果向上のための
製造から工事まで一気通貫のコスト削減低コスト化手法の開発





理念

薪で地域を生き返らせる

私たちは薪ボイラーの販売を通じて、地域が主体となった薪流通の仕組みを創り、地域の「森と人」、「人と人」がつながる新しい経済を生み出すことによる地域再生を目指します。



大垣市上石津町 時地区
405世帯 986人 (2023年2月現在)

2018年度 高効率・高性能な最小規模10 kWの薪ボイラーの開発

成果 日本の家屋事情に適した省スペース・低コストな小規模薪ボイラー完成

課題 熱利用システムとしては非常に不便。システム全体のコストも見直しが必要

2019年度 小型木質ボイラー及び木質ボイラーによる地域熱供給で利用可能な貯湯タンク式熱供給ユニットの開発

成果 家庭でも導入しやすい価格帯・大きさ
給湯システムとして他の熱源と遜色のない利便性を確立

課題 効率面での目標未達 さらなる低コスト化 停電時に使用できない

2020年10月～ 小型木質ボイラー+貯湯タンク式熱供給ユニットのテスト販売開始

2021年度 小型バイオマスボイラーの導入費用対効果向上のための缶体製造の低コスト化と長寿命化手法の開発（事業主体：株式会社ダイチュウ）

成果 長寿命化に目途、ただしコスト削減効果は限定的

課題 製造から工事までの一気通貫でコスト削減を行い、顧客の手の届く価格で導入できるようにする。

製造から工事まで一気通貫でコストを見直し、導入価格の低減を目指す

テスト販売の状況

2020年10月からテスト販売を開始。現在9件10台が安定して稼働中



本事業実施内容

本事業実施内容と目標

製造から工事までコスト削減ができる部分を洗い出し、小さなコスト削減策を実行それらを積み上げることで、全体で大きなコスト削減効果を生み出す

(1) 缶体の軽量化と簡易化

- 缶体やダクトの板厚変更
- 半身密閉システム化と安全装置の省略
- 使用感レベルの機能の省略

(2) 高効率でクリーンな燃焼と低負荷運転を両立する簡易な燃焼方式

- 三角平板による完全燃焼炉
- 1次と2次の給気量の最適化

製品の質を許容できるレベルを限度として、

導入価格 **250**万円 → **200**万円台へ低減

※補助対象外取組も含めて最終的には**150**万円台まで低減

普及台数の増加 → 木材の年間利用量の増加
→ 地域分散型エコシステムへ

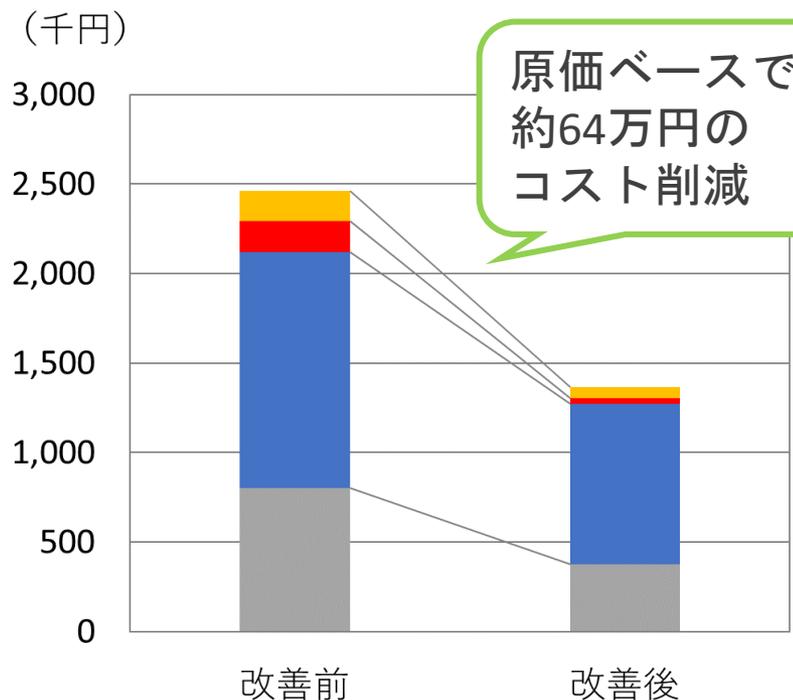
(3) 最適なインストール手法の開発

- トヨタ生産方式の視点
- 部材、作業の標準化

(4) 補助対象外の取り組み

- ケーシングの見直し
- 機器仕様の変更
- 量産化

製造・導入工事コスト



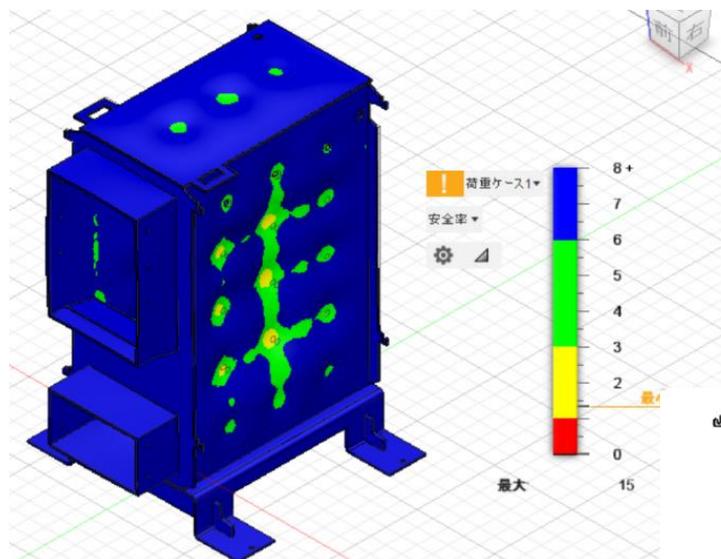
顧客の手に届く価格となることで、地域への小型薪ボイラーの普及を促し地域内分散需要型エコシステムを構築する

検討内容 ① 缶体の軽量化と簡易化

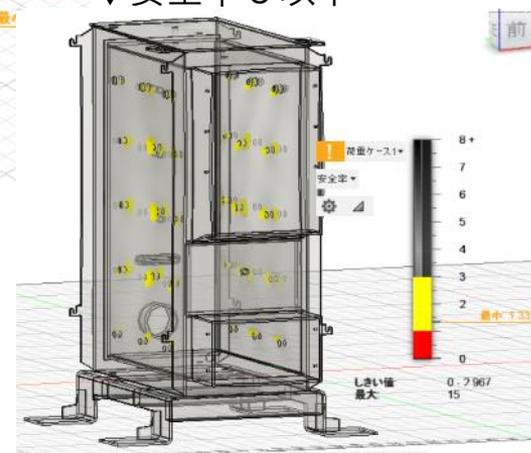
MB-8現行品仕様

支持ピン数	34本
内壁	6.0 mm
外壁	6.0 mm
缶体重量	200 kg
組立品重量	350 kg

簡易ボイラー規格=0.2 MPa(N/mm)の圧力をかけた時の
変位量のシミュレーション結果



▼安全率 3 以下



安全率：最小1.333

側面が内壁側に変位：最大0.558mm

非常に堅牢な缶体。壁面の支持ピン数が多く溶接の手間が多い
板厚も厚く重いため、導入・設置工事時のハンドリングに難

検討内容 ① 缶体の軽量化と簡易化

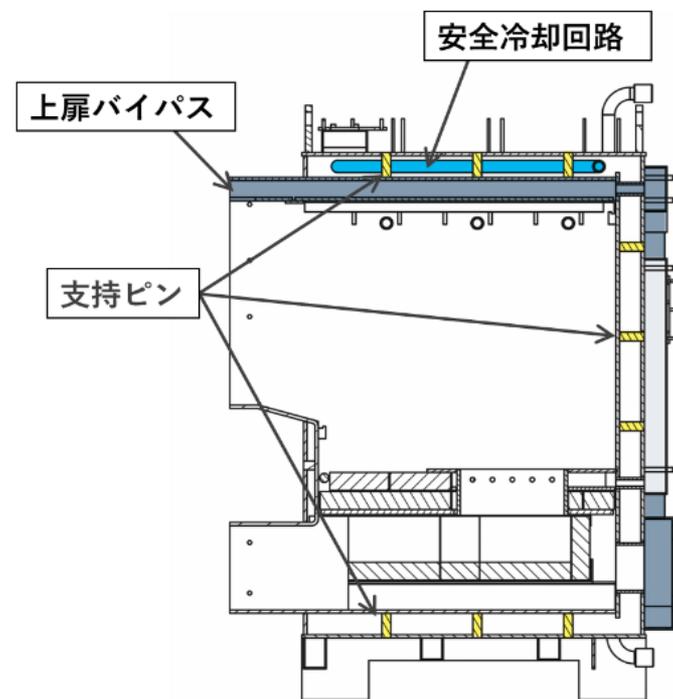
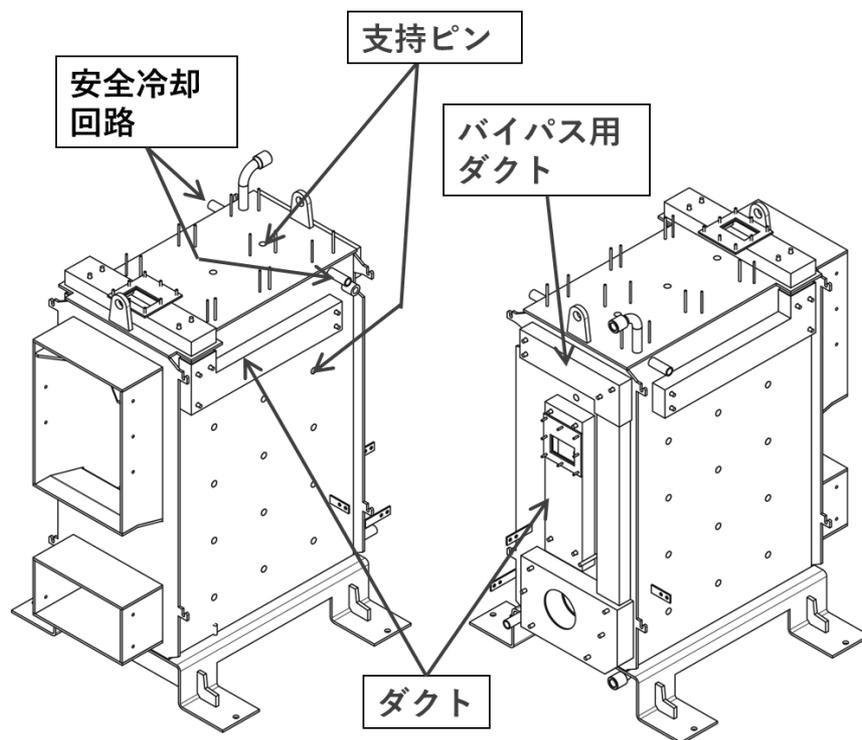
検討項目

支持ピンの本数減	24本, 15本
内壁の板厚減	4.5 mm, 3.2 mm
外壁の板厚減	4.5 mm, 3.2 mm
上扉バイパス・安全冷却回路の廃止	
密閉から半密閉システムへ変更	

安全性を維持しながら
原価ベースで約62.5千円の
コスト削減を目指す

軽量化による運搬・工事コストの
軽減も期待

現状350 kg (缶体のみ:200 kg)



簡素な燃焼方式の検討

制御対象	現行の制御方法	検討内容
	ラムダセンサー 燃焼フェーズに合わせて 目標排ガスO ₂ 濃度を設定	廃止
給気量	ダンパーの自動調整 排ガスO ₂ 濃度の目標値と実測値の 差から1次および2次ダンパーの 開度を調整 給気量を調整することで 燃焼状態を良好に維持	ダンパーの手動調整 手動ダンパー操作で 燃焼状態を調整

ボイラーの低出力化による貯湯タンク熱交換器の短縮

	現行	検討内容
ボイラー出力	10 kW	5 kW
熱交換器	20 m × 2個	10 m × 2個

ボイラー効率や排ガスの
清浄さを維持しながら
原価ベースで約84.5千円
のコスト削減を目指す

現場工数の検証と見直し

施工要領が定まっておらず、作業手順やパーツリストが整理できていない

項目	現状 (人工)
現地調査	1
工事準備 (設計・工法検討・資材発注)	2
発送準備 (資機材梱包・積込み)	1
工事前 人工計	4
据付	3
配管・断熱工事・煙突取付	6
試運転調整	2
工事工数 小計	11
総人工	15

事前準備に時間がかかり過ぎている

薪ボイラーと同様に熱源機とタンクで構成されている
エコキュートは、多くて5人工程で施工完了

運搬に適した運搬兼外装枠の試作

→MB-8（薪ボイラー）について専用パレットを作成

→貯湯タンクの外装を一から見直し。運搬ケース兼外装となるものを設計・試作



ユニックやフォークリフトで運搬するために別途パレットと木枠を準備
床に打ち込んでおいたアンカーに近い位置までハンドパレットで移動。
木枠解体後、パレットからジャッキ上の単管パイプ土台へとタンクを移動
タンク脚をアンカーへと固定
持ち手がないために微調整が非常に難しい

工事の標準化・施工の容易化
部材調達先の見直し等で
原価ベース247千円の
コスト削減を目指す

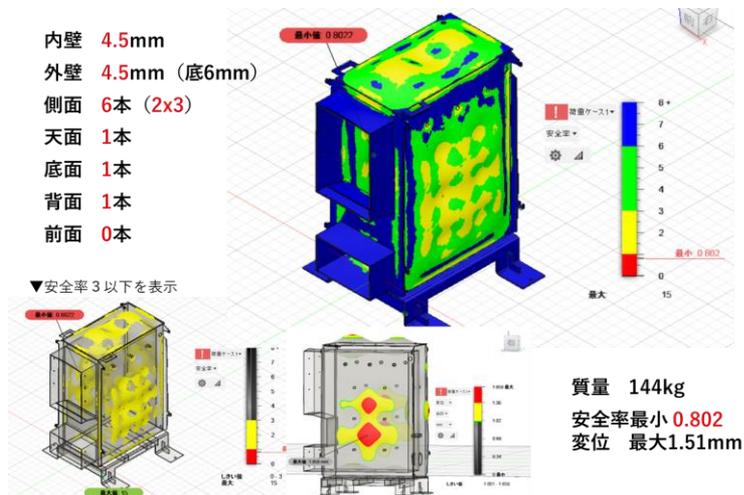
改良によって誰でも施工できることにつなげ
代理店での販路拡大へ

検討内容① 缶体の軽量化と簡易化

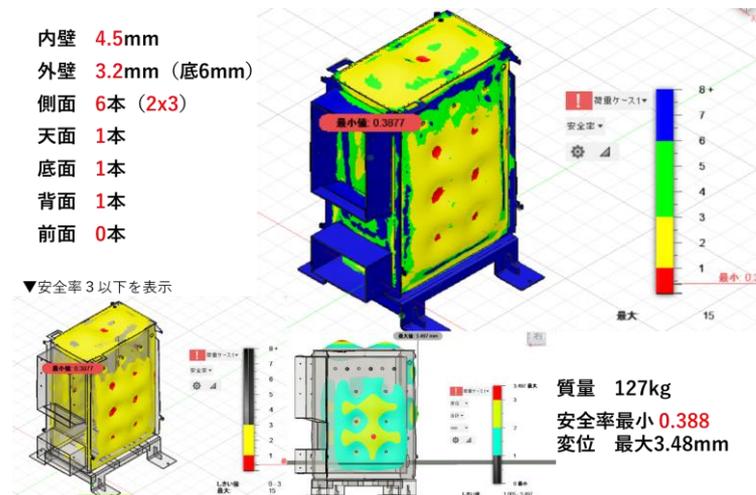
軽量化・簡易化缶体試作① 塑性変形の測定

壁面の板厚、支持ピンの数を減じた場合の安全性をCAEにてシミュレーション。
その結果を踏まえ、下記の2種類（TP3-a機・TP3-b機）の試作機を製造
実際に0.2MPaの圧力をかけて缶体のひずみとふくらみを計測

機種名	板厚			ピン数			安全回路
	底面（曲げ脚）	内壁	外壁	左・右側面	天・底面	背面	
0.2.0機	6	6	6	12	3	3	あり
TP3-a	6	4.5	4.5	6	1	1	廃止
TP3-b	6	4.5	3.2	6	1	1	廃止

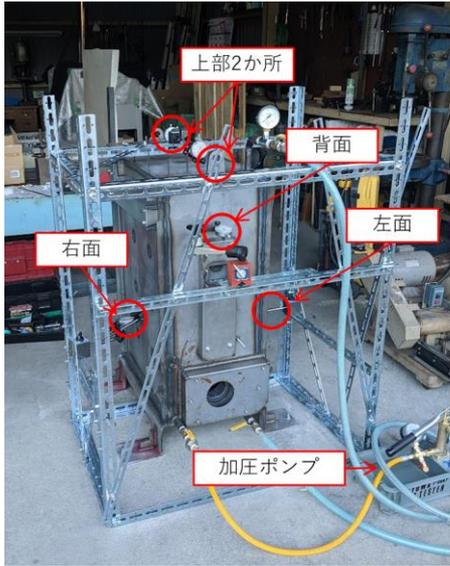


TP3-a CAE解析結果



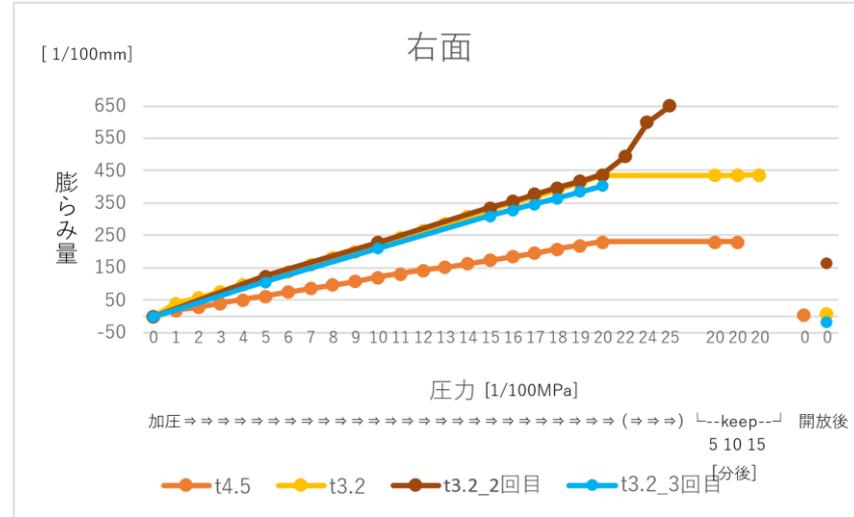
TP3-b CAE解析結果

軽量化・簡易化缶体試作① 塑性変形の測定結果



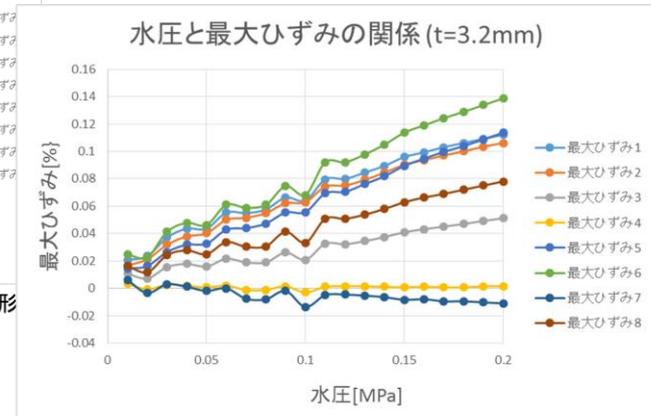
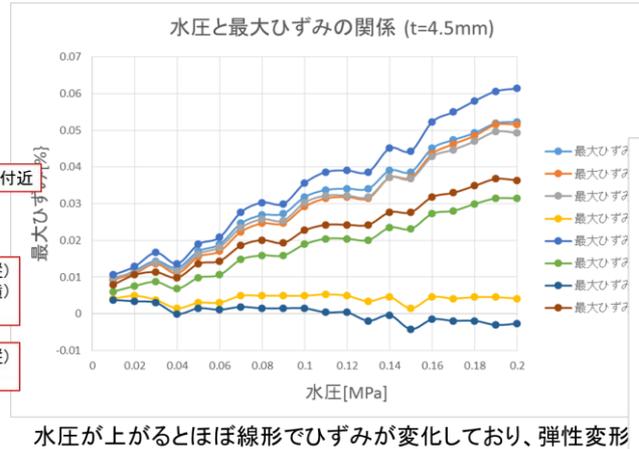
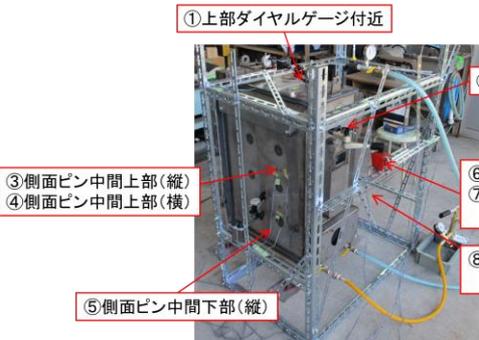
測定方法

- ・ 上部×2、右面、左面、背面の5カ所をダイヤルゲージで測定。
- ・ CAE検証で各面の最大のふくらみ値となる位置。
- ・ 上部の水圧=0からスタート (下部は約0.01MPa)
- ・ 手動水圧ポンプにて0.01MPa刻みで0.01MPa~0.2MPaを付与
- ・ t=3.2は、0.2MPaの水圧付与後に一度水を抜き、0.25MPaまで付与。その後、再度水を抜き0.2MPa付与。



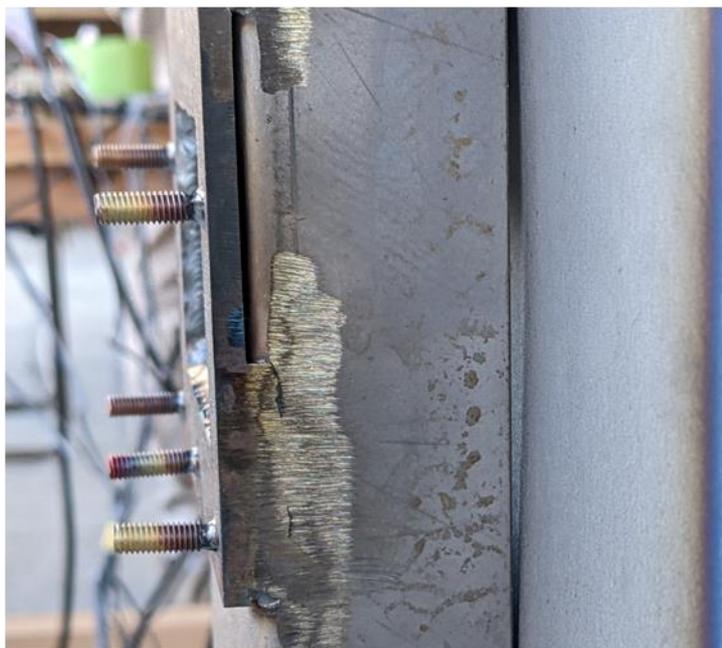
最も変形の大きい右面のふくらみまとめ

ひずみゲージ貼り付け箇所



0.2MPaではTP3-a(4.5t), TP-3b(3.2t)ともに弾性変形内

TP-3b(3.2t) の場合の変形が（弾性変形域内ではあるが）著しい。
変形でダクトの気密などに不具合の起こる可能性がある。



t3.2 0.2MPaでの背面。
変形によりダクトとの間に隙間ができる



t3.2 0.2MPaでの天面。
かなりのふくらみができる。

→板厚3.2mmは採用しない

試作①の結果を踏まえ、下記の検証のため2機種を試作を行った

① 板厚増による変形の影響を検証（TP3-c機）

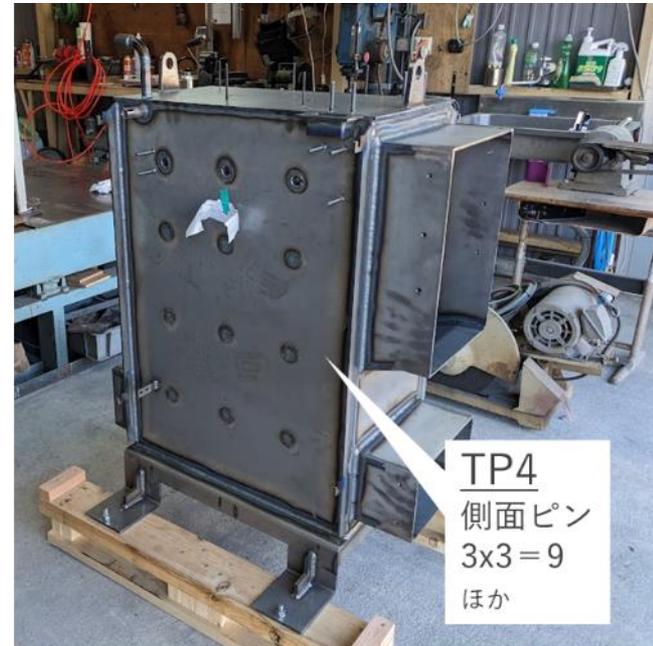
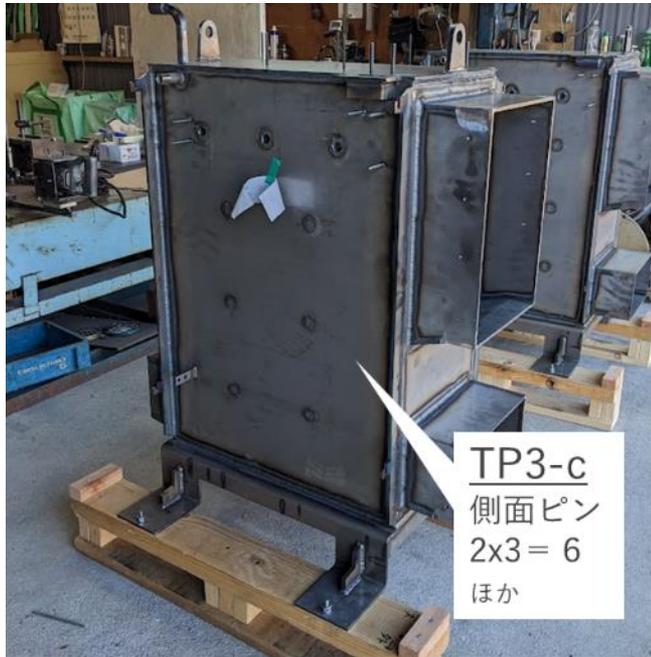
TP3-a / bから板厚を内外壁ともテスト販売機と同じ6mmに戻したものを加えて、TP3-a / bで廃止した安全回路を復活させる。ピン数はそのまま。

② 構造変更による変形の影響を検証（TP4機）

板厚はTP3-a 内外壁とも4.5mmのまま支持ピンの数を増やしたもの（テスト販売機よりは少ない）。安全回路は復活。

TP3・TP4およびテスト販売機の仕様の比較

機種名	試作時期	板厚			ピン数			安全回路
		底面（曲げ脚）	内壁	外壁	左・右側面	天・底面	背面	
0.2.0機	—	6	6	6	12	3	3	あり
TP3-a	前回	6	4.5	4.5	6	1	1	廃止
TP3-b		6	4.5	3.2	6	1	1	廃止
TP3-c	今回	6	6	6	6	1	1	あり
TP4		6	4.5	4.5	9	2	2	あり



・ 前回同様の測定を実施中（本資料の作成時点）

①板厚増／②構造変更によるによる変形への影響を検証。

TP3-a(4.5t)で弾性変形内でありダクトの浮きもわずかであったことからそれよりも板厚の厚いTP3-cおよびピン数の多いTP4は変形の影響はわずか実際に導入した際の、繰り返し運転による疲労破壊の可能性も検討中

現行品と試作機の重量比較

テスト販売機（0.2.0号機）と、今年度の試作機4台の重量を比較。

ダクト廃止、ピン数減、板厚が同じTP3-c機で18.5kg減。

板厚を内壁・外壁とも4.5kgに減じ、指示ピン数を増やしたTP4機で61kg減。

▼缶体重量の比較（実測値。仕様上必要なダクトはすべて含む。カタツムリ無）

機種名	缶体重量 [kg]	バイパス	安全回路	ピン数	備考
0.2.0機 (6t-6t)	217.5	有	有	34	テスト販売機。
TP3-b (4.5t-3.2t)	140.0	無	無	15	2022年度試作1回目
TP3-a (4.5t-4.5t)	156.0	無	無	15	2022年度試作1回目
TP3-c (6t-6t)	199.0	無	有	15	2022年度試作2回目
TP4 (4.5t-4.5t)	156.5	無	有	24	2022年度試作2回目

※缶体以外の部材の重量 = 約100kg / ダクトはすべて2.3 t

薪ボイラーの実質重量は200kg以下は困難

→通常の作業員4人で持ち上げられると

運搬・設置作業の自由度が上がるが断念

→従来通りユニック+ハンドリフトでの施工を前提に

製造時から現場搬入まで使用できる専用パレットを作成し

現場工数だけでなく製造コストも削減



現行品と試作機のコストの比較

現行品と試作機 4 台の缶体価格の比較

材料費や製造ロット数による変動を除くため、今回の試作単価で再計算

▼缶体価格の比較（試作②の価格で再計算。）

機種名	価格 [円]	0.2.0機との差 [円]	[kg]	備考
0.2.0機 (6t-6t)	330,863			テスト販売機。(LOT1台試算)
TP3-b (4.5t-3.2t)	291,198	-39,665	-77.5	2022年度試作 1 回目
TP3-a (4.5t-4.5t)	294,920	-35,943	-61.5	2022年度試作 1 回目
TP3-c (6t-6t)	305,922	-24,941	-18.5	2022年度試作 2 回目
TP4 (4.5t-4.5t)	296,427	-34,436	-61.0	2022年度試作 2 回目

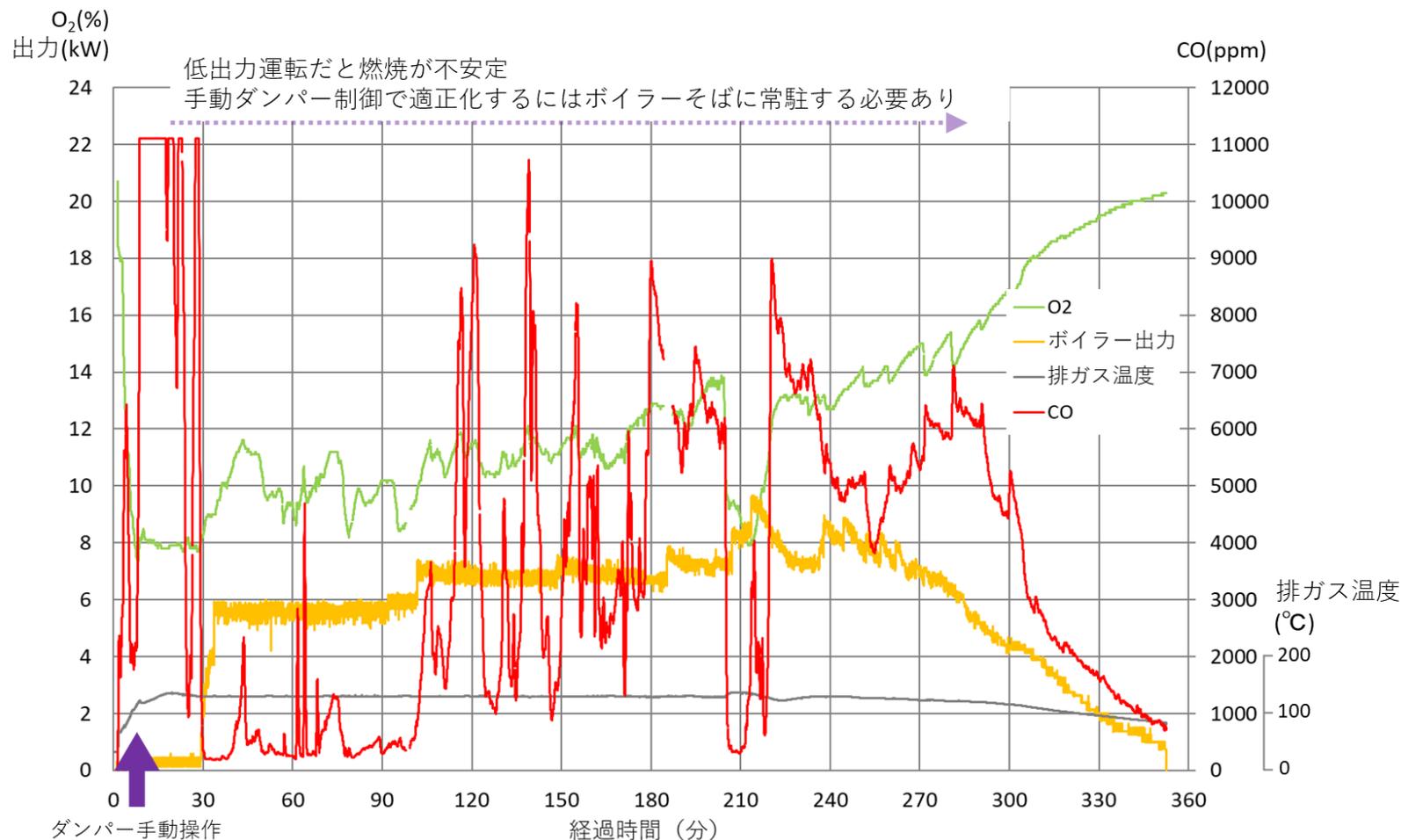
缶体価格 = 部材費 + 組立加工費 + 諸経費。

現行品から板厚は変えず、ダクト廃止とピン数減（34本から15本）で24,941円削減
板厚を減らし（6tから4.5t）、指示ピン数を34本から24本に減らして 34,436円削減

ピンの数よりも板厚の方を薄くする方がコスト削減効果が大きいが
缶体の腐食による減肉と耐用年数とのバランスを見極める必要あり

検討内容② 高効率でクリーンな燃焼と 低出力運転を両立する簡易な燃焼方式

② ボイラーの低出力運転+ダンパー手動制御 燃焼試験結果



排ガスO₂濃度
高止まり



燃焼ガスと給気の
混合不良



ファン回転数上げて
混合促進

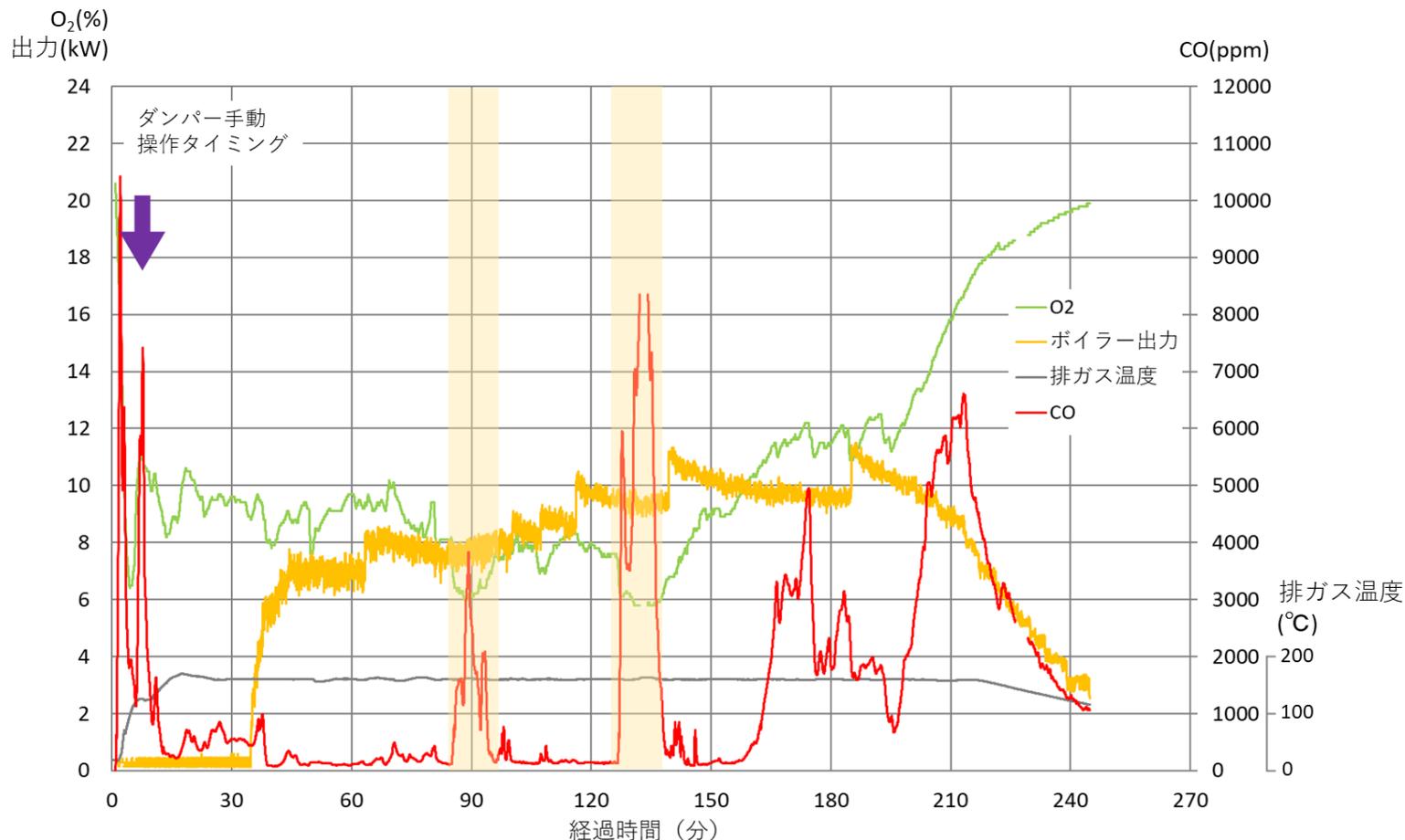
ファン回転数増+ダンパー開度減

ファン回転数増+ダンパー開度変更無し

燃焼室内で薪がブリッジ上に詰まり燃焼が不安定に

ボイラー出力が抑制できない

② ボイラーの8kW出力運転+ダンパー手動制御 燃焼試験結果



着火15分後に1回
ダンパー操作するだけで
比較的燃焼が安定

O₂濃度が8%を切っている時間帯（黄色背景）に
手動でダンパー調整するとよりCO濃度の抑制可能

8kW以下の燃焼をさせると、CO濃度が高止まりしボイラー効率が低下

② 高効率でクリーンな燃焼と低出力運転を両立する 簡易な燃焼方式検討結果まとめ

ボイラー出力を10から8 kWまでの抑制にとどめる

8kW以下の低出力運転は燃焼が不安定になりやすく、
むしろ低出力運転時にダンパーの自動制御が必要

ラムダセンサーを活用したダンパーの手動制御へ

排ガス温度が一定になるようファン回転数を自動制御して
いるため燃料不良/過剰の指標にするのは困難

ラムダセンサーの排ガス O_2 濃度に応じて操作する

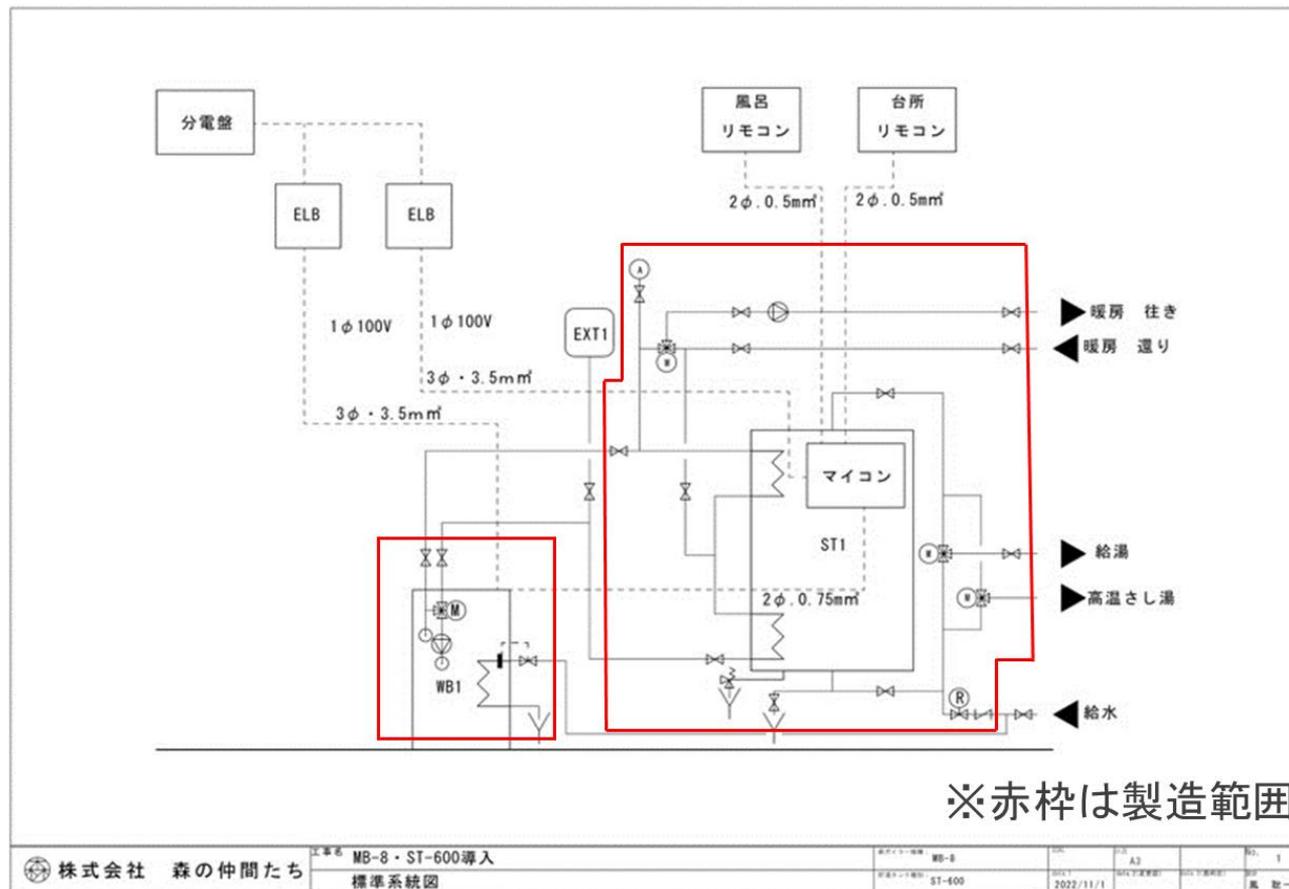
貯湯タンクの熱交換器の長さは20m×2個のまま

ボイラー出力を5 kWまで落とせないと熱交換器長は短くできない
オーバーヒート防止のためにも現行のままとする

検討内容③ 最適なインストール手法の開発

③最適なインストール手法の開発：標準系統図

机上検討の工数削減のため標準系統図を作成



標準系統図をもとに

- 管工事部材リストを作成 → 在庫管理や発注業務の工数を削減
- 標準工事手順の取り決め → 事前に組める配管は会社作業場で実施し現場作業を効率化

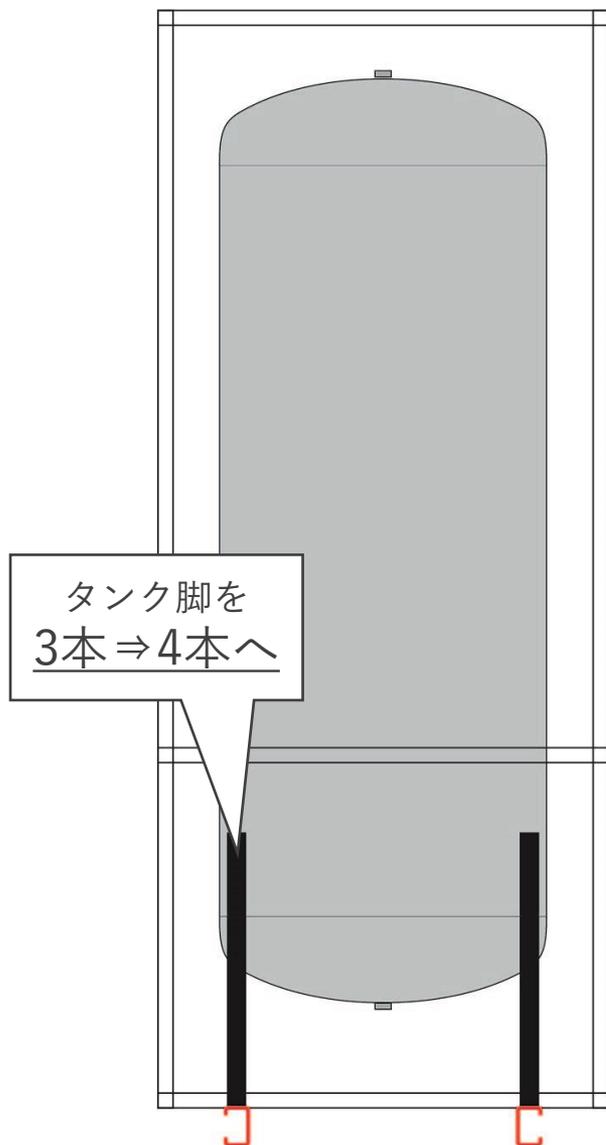
貯湯タンクの輸送性向上のため運搬時に使える枠を試作
＜条件＞

- ① トータルコストで10万円
- ② 骨組みは金属で製作し地上高75cmで2分割できるもの
- ③ 骨組みにジッパーテントを被せて外装とする
- ④ 重量は分割した場合の下枠で30kgを超えないこと
- ⑤ 満水にしたタンクを支えられ1Gの水平振動に耐えられること
- ⑥ 貯湯ユニットを据え付けてからアンカーを打設できるよう、骨組みの外側にアンカーを打つ場所を作る

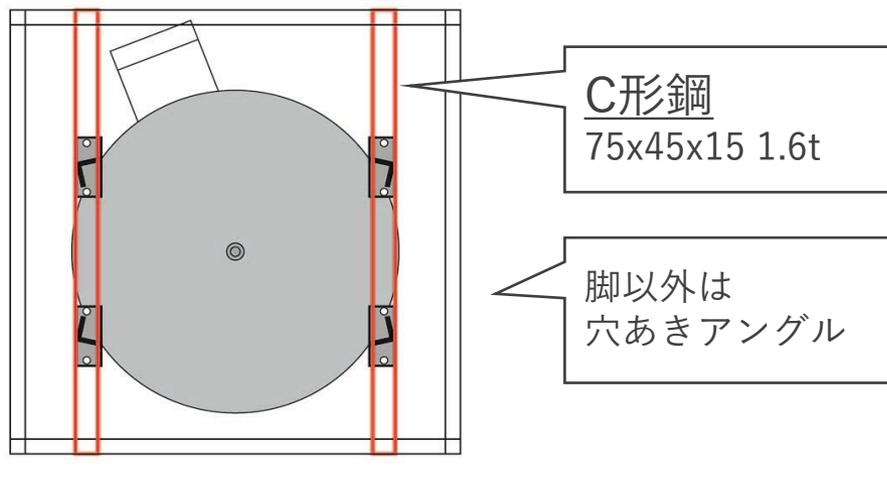


作業員2名で持ち上げることができるようになった

ユニックでの吊り作業も問題無し



- ・ タンクの脚自体を強度UPのため3本⇒4本に設計変更
4本脚を強度のあるC形鋼で支持
その上に穴あきアングルで枠組みを作成
- ・ 枠組みは枠自身の重量が30kg以下で、人力での持ち上げに問題がないかつユニックでの吊りやすさのため分割せず一体型とし、穴あきアングルで組立





- ① トータルコストで10万円
⇒概算で 7.8万円 (枠 3万円+テント3.8万)
- ② 金属製で 2分割
⇒吊りやすさを考え、一体型に変更
- ③ ジッパーテントを被せて外装⇒検討中
- ④ 下枠の重量30Kg未満
⇒枠全体で30kg未満 (計算値)
- ⑤ 満水時1Gの耐震⇒試算上問題なし
- ⑥ 外側からアンカーを打設可能
⇒不可。ただし対応可能。

さらに
タンクの脚を3本⇒4本にしたことで、
フォークリフト、ハンドリフトでの
移動が可能となった

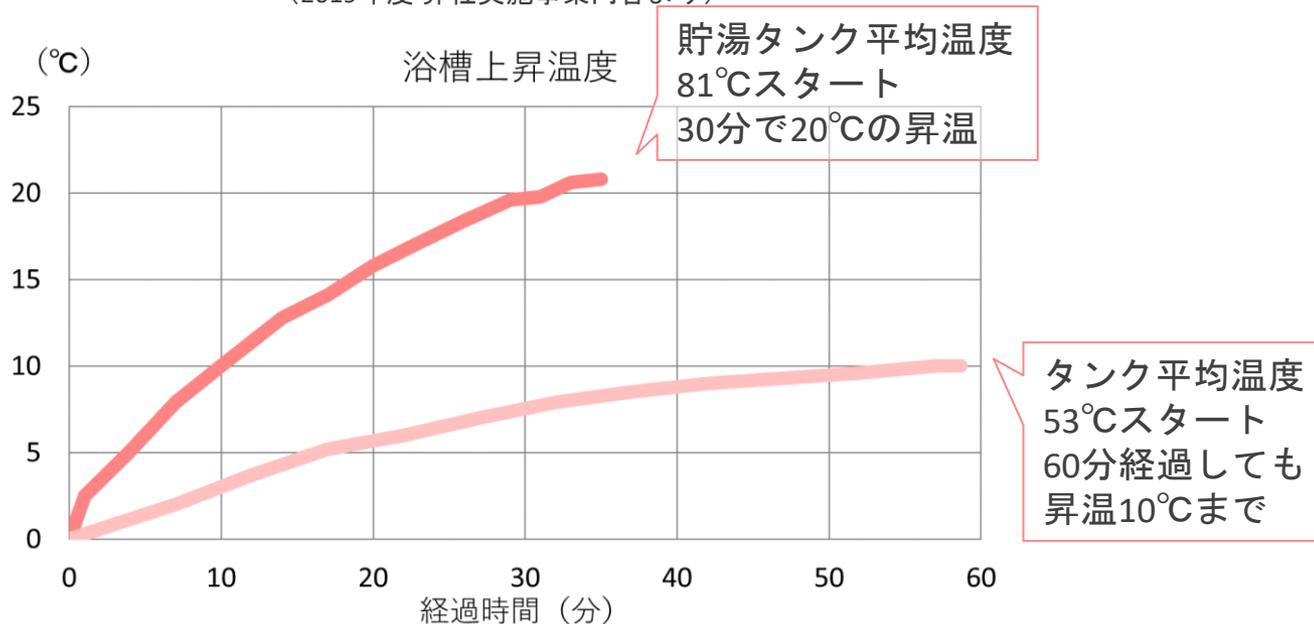
項目	対策前 (人工)	対策後 (人工)
現地調査	1	1
工事準備 (設計・工法検討・資材発注)	2	1
発送準備 (資機材梱包・積込み)	1	1
工事前 人工計	4	3
据付	3	1
配管・断熱工事・煙突取付	6	4
試運転調整	2	1
工事工数 小計	11	6
総人工	15	9

6人工を削減

その他の取り組み

追い焚き回路の廃止

追い焚き回路による昇温検証結果
(2019年度 弊社実施事業内容より)



モニターへのヒアリング結果から、実地においてもタンク温度をかなり高温にしないと昇温不可であり、実際には使えていない機能と判明

→追い焚き回路を廃止し、高温たし湯で湯ぶね温度の調節へ

各種電装パーツの量産製造へ移行

外装発注ルートの見直し等

機能の見直しと
量産化等により
原価ベース250千円の
コスト削減を目指す

ボイラーがオーバーヒートへ至る過程と安全機構

	モード	ファン	循環ポンプ	冷却安全弁
缶水温度85℃以上 排ガス温度220℃以上	低負荷運転	回転数減	ON	閉
冷却安全弁 缶体温度95℃検知	缶体 強制冷却	↓	↓	開 水道水を安全冷却回路へ通水 熱交換によって缶体を冷却
フローセンサー 缶水温度95℃検知	自然消火	停止	↓	↓
サーモスタット 缶水温度100℃検知	↓	↓	↓	↓
缶水温度95℃以下	↓	↓	↓	閉
缶水温度80℃以下	エラー解除可能	↓	OFF	↓

冷却安全弁無し仕様 = 缶水を強制冷却できない

タンクとの熱交換および自然放冷によって缶水が80℃以下になるまで待つしか手段がない

オーバーヒートはユーザーの誤使用で起きることもあるが、
停電等で電源を喪失することでも発生する可能性がある（停電頻度は最大0.32回/年程度想定）
沸騰したお湯の吹き出しによる重度のやけどに至る『重大なハザード』に該当

リスク評価

- 安全冷却回路あり

A2 → 低負荷運転 (-2) → B3 → 安全冷却回路(-2) → B1 → サーモスタッド(-1) → Cへ
さらに安全弁でリスクを低減できる

- 安全冷却回路なし

A2 → 低負荷運転 (-2) → B3 → サーモスタッド(-1) → B2 → 安全弁(-1) → B1まで
安全弁のリスク低減措置を行ってもC領域まで下げることができない

安全冷却回路ありのR-Map

発生頻度	5	(件/台・年) 10 ⁻⁴ 超	頻発する	C	B3	A1	A2	A3	A領域
	4	10 ⁻⁴ 以下 ~10 ⁻⁵ 超	しばしば発生する	C	B2	B3	A1	A2	
	3	10 ⁻⁵ 以下 ~10 ⁻⁶ 超	時々発生する	C	B1	B2	B3	A1	
	2	10 ⁻⁶ 以下 ~10 ⁻⁷ 超	起りそうにない	C	C	B1	B2	B3	
	1	10 ⁻⁷ 以下 ~10 ⁻⁸ 超	まず起り得ない	C	C	C	B1	B2	
	0	10 ⁻⁸ 以下	考えられない	C	C	C	C	C	
				無傷	軽微	中程度	重大	致命的	
				なし	軽傷	通院加療	重傷 入院治療	死亡	
				なし	製品発煙	製品発火 製品焼損	火災	火災 (建物焼損)	
				0	I	II	III	IV	
					危害の程度				

安全冷却回路なしのR-Map

発生頻度	5	(件/台・年) 10 ⁻⁴ 超	頻発する	C	B3	A1	A2	A3	A領域
	4	10 ⁻⁴ 以下 ~10 ⁻⁵ 超	しばしば発生する	C	B2	B3	A1	A2	
	3	10 ⁻⁵ 以下 ~10 ⁻⁶ 超	時々発生する	C	B1	B2	B3	A1	
	2	10 ⁻⁶ 以下 ~10 ⁻⁷ 超	起りそうにない	C	C	B1	B2	B3	
	1	10 ⁻⁷ 以下 ~10 ⁻⁸ 超	まず起り得ない	C	C	C	B1	B2	
	0	10 ⁻⁸ 以下	考えられない	C	C	C	C	C	
				無傷	軽微	中程度	重大	致命的	
				なし	軽傷	通院加療	重傷 入院治療	死亡	
				なし	製品発煙	製品発火 製品焼損	火災	火災 (建物焼損)	
				0	I	II	III	IV	
					危害の程度				

コストの比較

計8.5万円+α
循環ポンプ 35,000円
出張修理
5,000円×2名+交通費

安全冷却弁無し時の
オーバーヒート後
復旧作業コスト

> 安全冷却回路のコスト

計6.4万円
製造コスト 2,000円
循環ポンプ 35,000円
冷却安全回路 27,000円

強制的に缶体を冷却できる安全冷却回路を残した方が適切

まとめ

① 缶体の軽量化と簡易化	
軽量化	人力で持ち上げられる目安の200 kg以下の達成はできなかったが、製造コスト削減を達成。また、専用パレットの作成で運搬・据付工数削減を達成。
安全試験	板厚・支持ピン数を減らしても、弾性変形域内での変位かつ簡易ボイラー基準をクリアできることを確認 缶体の簡易化に目途を立てることができた
② 高効率でクリーンな燃焼と低負荷運転を両立する簡易な燃焼方式	
燃焼制御の簡素化	ラムダセンサーを活用した手動ダンパー制御での燃焼制御を可能とした
低出力運転	出力抑制は8 kWまで。 それ以下はダンパー自動制御による燃焼制御が必要
③ 最適なインストール手法の開発	
運搬・据付工事の改善	標準仕様の整備及び運搬兼外装枠を製作。 工事人工削減へ
工事内容や使用部材の標準化	標準仕様を整理し、それを基に工事手順・使用部材のとりまとめを完了。工事人工削減へ

コスト削減		
① 缶体製造	構造変更	34,500円
	配管システム変更	12,000円
② 燃焼方式	ダンパーの手動化	54,000円
③ 最適なインストール手法	工事人工の削減 作業効率化 部材調達先等の見直し	270,000円
	* その他自社取組	追い焚き回路廃止他
		電装量産化
削減額合計		547,600円

原価ベースで55万円の導入コスト削減
安全面、故障時のアフターフォロー、利便性を両立させたうえで
コスト削減を達成することができた

- 製造手法の改良や簡素化
- 缶体の安全性評価の精緻化
 - CAE 解析と実測値のサンプル数を増やしCAE解析結果と突合・チューニング
 - 実際に導入した際の、繰り返し運転による疲労破壊の可能性、
 - 応力集中部（角溶接部等）のシミュレーション・実測・検証を継続
- 精緻化したCAE解析で開発スピードを向上

- ターゲティングの見直し

小規模事業者から普及をスタート

SDGsへの貢献で
会社のPRへ

高額な光熱費の寒冷地世帯に向けた商品開発へ

電気・灯油・ガス
の価格高騰

市場と対話して市場に寄り添った仕様へ
焚く回数が少なく手離れが良いシステム
給湯だけでなく暖房需要も十分に賄える
寒冷地仕様の整備