

寒冷地に適した小型薪ボイラーシステムの開発②

—欧州製の先進的な薪ボイラーと同水準の性能を有する燃焼技術開発—

2025年2月21日

株式会社 森の仲間たち



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
399世帯 929人(2025年1月現在)

家庭用薪ボイラーシステム:いままでの取り組み①



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

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 さらに低コスト化

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

(薪＋化石または薪＋太陽熱温水器併用)

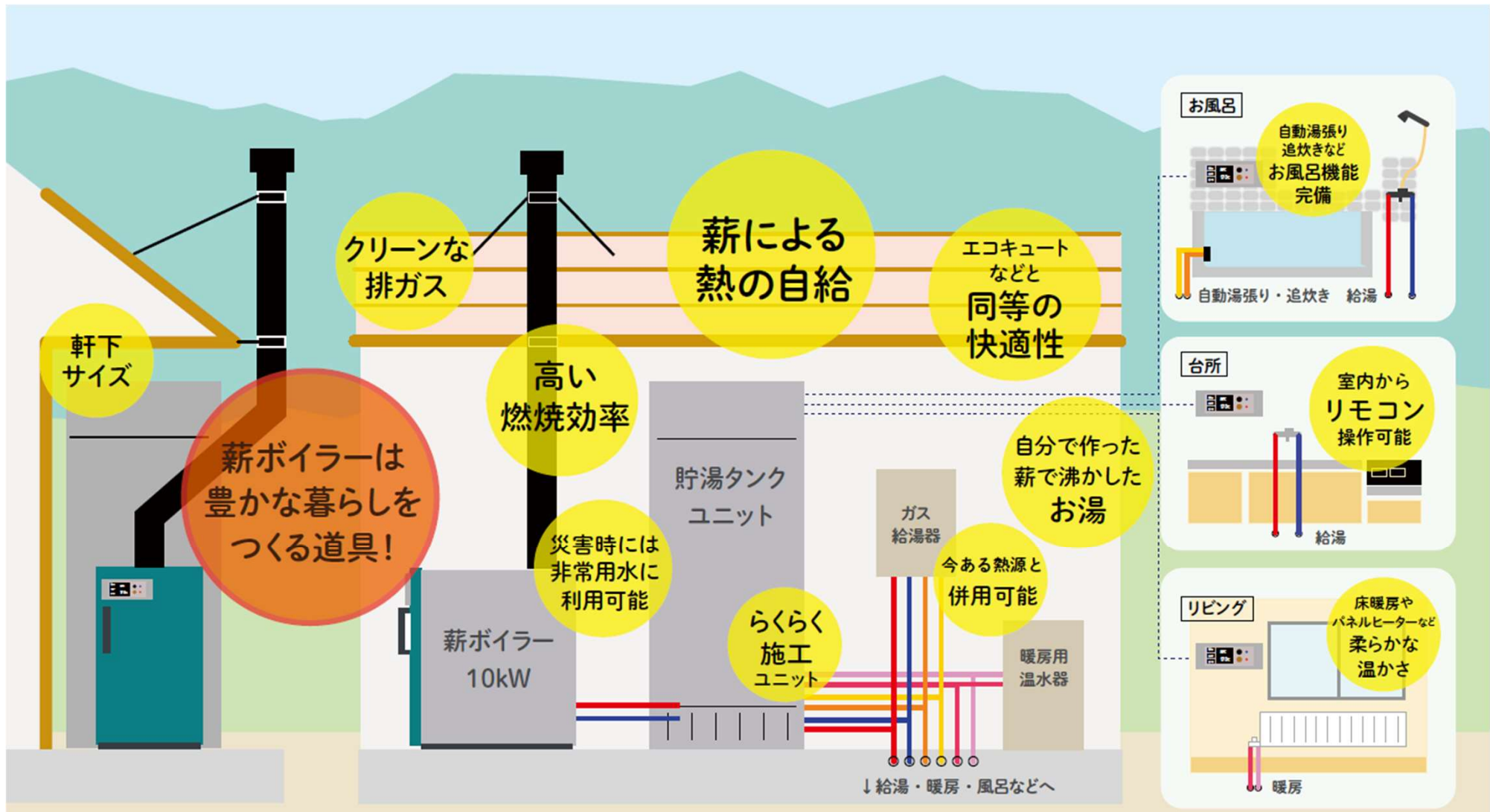
2022年度～ 化石燃料ボイラー・太陽熱温水器・薪ボイラーの3システム併用実証開始

2023年度～ ペレットボイラーシステムへの転用実証開始

MB-8システムとその応用事例



小型薪ボイラーシステムの概要



小型薪ボイラーだけでなく
家庭用ペレットボイラー等
他のバイオマス熱源との接続も可能

化石燃料給湯器及び
太陽熱温水器との併用も可能

リモコン操作で
給湯・自動湯はり・
暖房制御可能

家庭用薪ボイラーシステム:いままでの取り組み②



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)

2022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
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

成果 製造～据え付け工事までの全工程において一定のコスト削減を達成

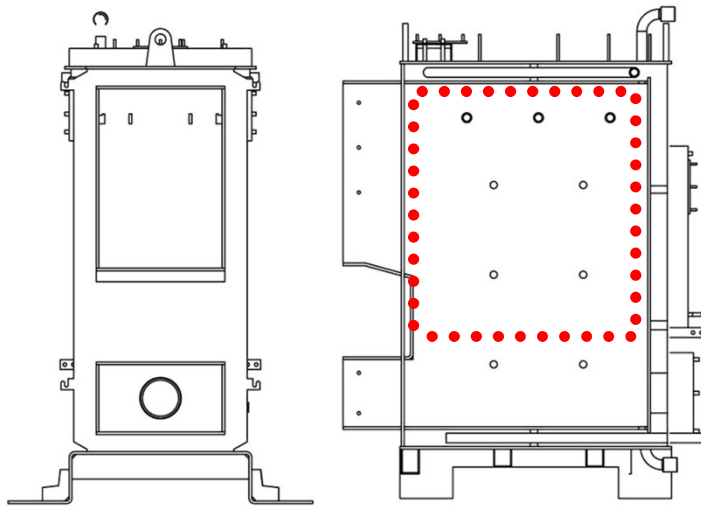
課題 一般家庭向けとしては導入価格が依然高く負担が大きい

早期にエコシステムを発展させるためにはターゲティングの見直しが必要
物価・光熱費高騰等の情勢に合わせ、新たな市場との対話によるシステムの改良へ
→一般家庭(寒冷地外)よりも熱需要が大きい寒冷地や小規模事業者のニーズへのマッチングへ

2023年度 寒冷地に適した小型薪ボイラーシステムの開発—電気・化石燃料費の高騰により、
寒冷地での市場開拓を目指せる小型薪ボイラーシステム—

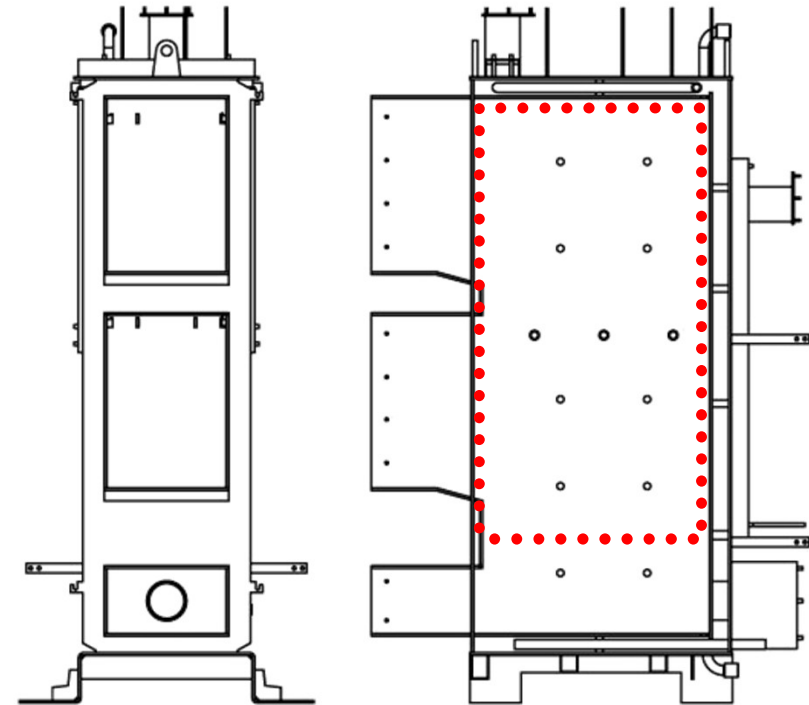
寒冷地需要を満たすための新たな缶体『TP5』の製作とシステム全体の寒冷地仕様を確立

MB-8



TP5

薪投入量を2倍にするため
燃焼室の高さを2倍に



	MB8	TP5
薪投入可能量(ヒノキ 含水率14%)	~ 10 kg	~ 25 kg
薪全量投入時の燃焼時間	3.5 ~ 4時間	9 ~ 10時間
ボイラー出力	8 ~ 10 kW	10 ~ 11 kW
ボイラー効率	83.5%	82.3%
システム効率	80.5%	90.6%(寒冷地仕様)

- 2023年度事業において寒冷地に適した小型薪ボイラーシステムの開発を行い、寒冷地における暖房のニーズも満たせる製品『TP5システム』を開発。
小出力長時間燃焼の小型薪ボイラーと寒冷地に適したシステムを構築することができた
- 一方で、製品価格は欧州製システムよりは安価であるが、材料高等により当初の目標価格を達成することはできなかった。また、排ガスの清浄さにも課題が残った。
- 欧州製ボイラーに匹敵するような高い性能を有したボイラー・システムへとさらに改良を加えることで、燃費が向上しランニングコストを下げるができる。これにより、製品高を克服し魅力ある製品に高められる。

価格が高騰し、輸送長期化の影響を受ける欧州製品を代替できる、日本の熱需要にマッチした高性能薪ボイラー・システムを開発し、新しい普及の局面をつくる。それにより、地域内分散需要型エコシステムを拡大し、地域内エコシステムをより増強していく。

実施概要と目標

目標

導入価格：284 万円以下
(TP5システムから極力変えない)

貯湯タンクユニットの
エネルギー効率：85%

ボイラー効率：85%以上
(TP5 (2023年度開発品)：82.3%)

排ガスの清浄性：
安定燃焼時の排ガスCO濃度
欧州基準 class 3を燃焼時間中の
85%以上で達成
(TP5 (2023年度開発品)：73.9%)



来年度のテスト販売へ

1)完全燃焼対策

- 【課題】
- ・より完全性の高い燃焼を実現
- 【打ち手】
- ・耐火セメントの形状と材質
⇒丸みを帯びた形でガスと空気の回転性の向上
 - ・2次燃焼炉に入れる助燃機材
⇒三角平板、触媒による燃焼性の向上
 - ・1次、2次空気ダンパー自動制御
⇒開放のタイミングやPD制御による過燃焼時の未燃ガスの燃焼

2)ブリッジ対策

- 【課題】
- ・ブリッジを起こしにくい1次燃焼炉を作ることで、完全燃焼を継続
- 【打ち手】
- ・1次燃焼炉のを内壁で変更できる試作ボイラーの製作
⇒最適な縦横比の模索
 - ・1次燃焼炉の形状変更
⇒ハの字型燃焼炉
 - ・1次空気取り込み位置の変更
⇒1次空気を入れる穴位置を変更

- 燃費向上により製品高を克服
- 欧州製の薪ボイラーと同等の魅力を有する製品により国内を維持・拡大、海外市場も視野に
- 国産で85%以上の効率を有する燃焼機器開発は業界の技術底上げ

3)放熱対策

- 【課題】
- ・ボイラーと貯湯タンクの放熱を抑えボイラー効率、システム効率を向上
- 【打ち手】
- ・ボイラー前面の断熱 ⇒放熱ロスを防ぎ、安定燃焼性を向上

青森県で冬季における実証試験を実施 ↓昨年度のシステム効率との比較

物価高、円安を利用・克服する新たな薪ボイラー普及局面を創造
地域内分散型のエコシステムの構築に向けて

TP5の特徴と課題

特徴

- 大容量の薪投入室(ヒノキ薪約24 kg)
→1日の薪くべ回数を軽減
- ボイラー出力9 kWで10時間の長時間連続燃焼を実現
→貯湯タンクをサイズアップする必要なし
→暖房需要に最適

課題

- 横幅が狭いためブリッジが起きやすい
→ブリッジが発生すると排ガス清浄性と燃焼効率が悪化
- 高さが1445 mmと高く、製造時・運搬時ともに取り回しが悪い
- 材料の取り都合が悪く、量産時でも製造コストダウンが図りにくい
- アンカー強度がMB-8よりも必要であり、当社標準施工から外れる

新缶体のコンセプト

- 暖房需要に最適である低出力長時間燃焼を継承
→貯湯タンクの大きさを抑えつつ寒冷地の暖房需要を満たすシステム設計を可能に
- 薪投入量が減少しないように、横幅を広げて高さを抑える
→ブリッジの発生を抑制し、製造・運搬時の安定性も確保することを目指す

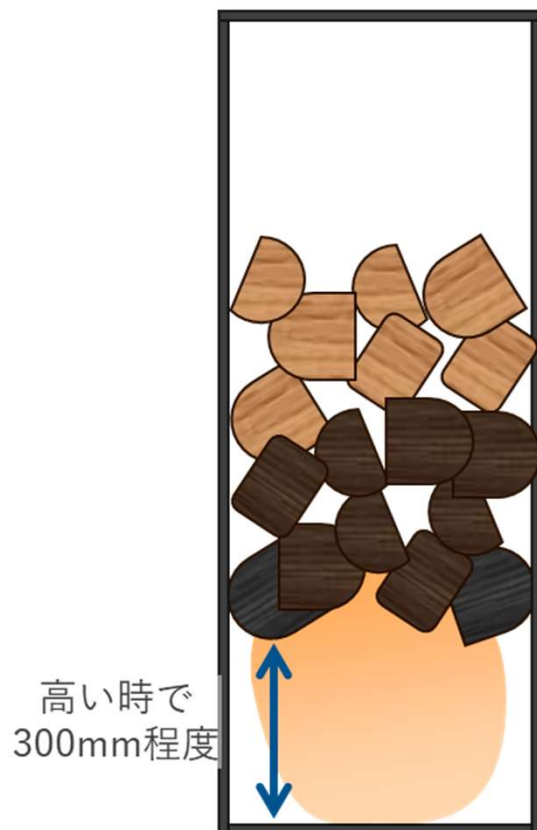
【補足】ブリッジについて

MB-8の時からの問題。TP5では頻度も多く解消するまでの時間も長い強固なブリッジが発生。

『ブリッジ』とは

薪が下方へ落下・崩れる際、薪同士がかみ合ってアーチを形成すること

安定燃焼中に発生するブリッジ



ブリッジが起きると、土台となっている薪やアーチのクサビの役割を担う薪の燃焼が進み自ら崩れるまで、状況が継続

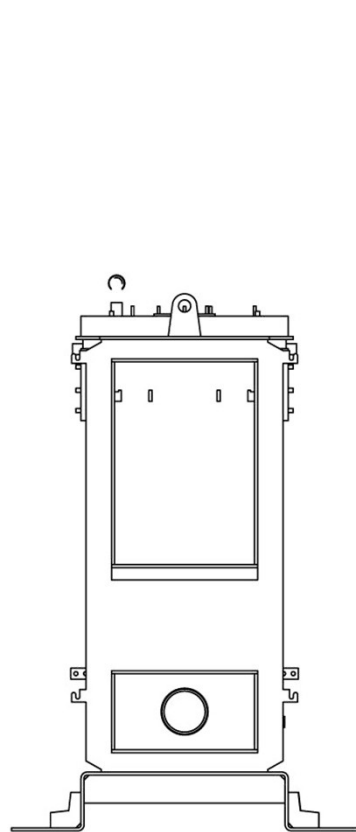


バーナー口から離れた所で燃焼が行われるため、バーナー口に到達するまでに燃焼ガス温度が低下



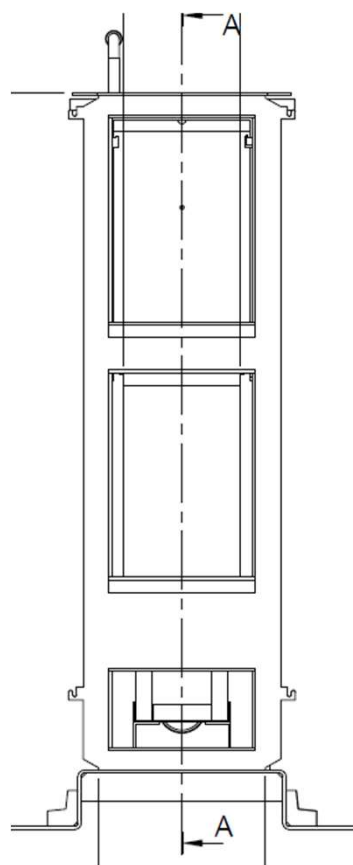
2次燃焼室温度も低下し、高CO発生へ

【参考】昨年度以前及び今年度製作ボイラー缶体比較



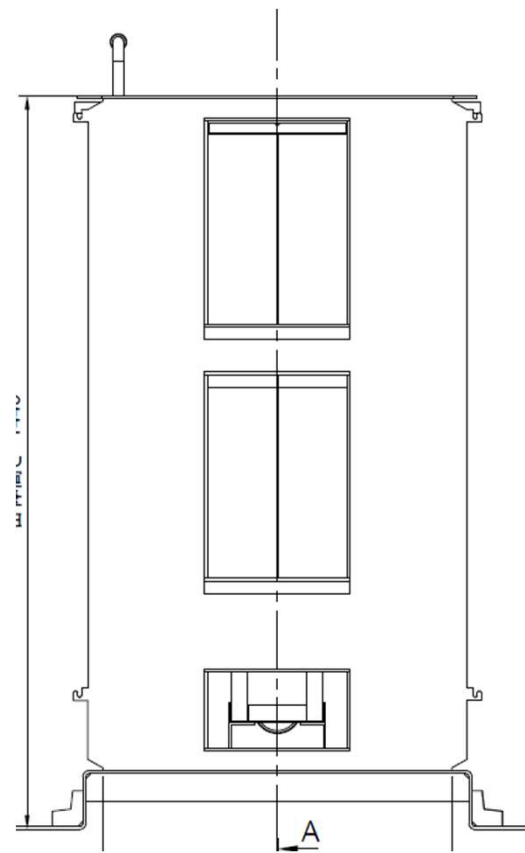
MB-8

テスト販売機



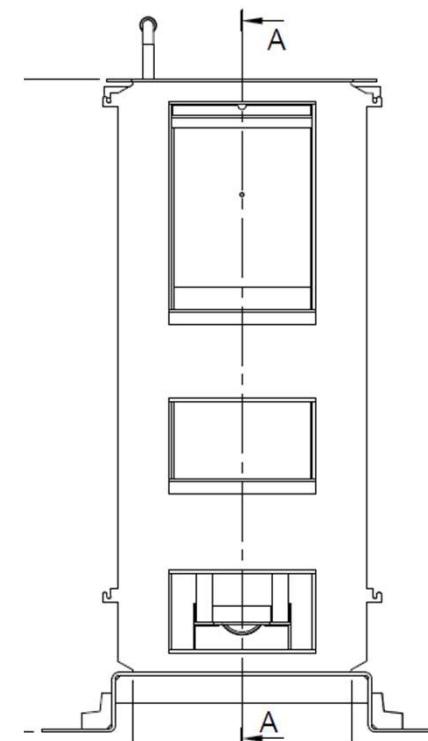
TP5

昨年度事業
試作機



TP6

今年度事業
1回目試作機



TP7

今年度事業
2回目試作機

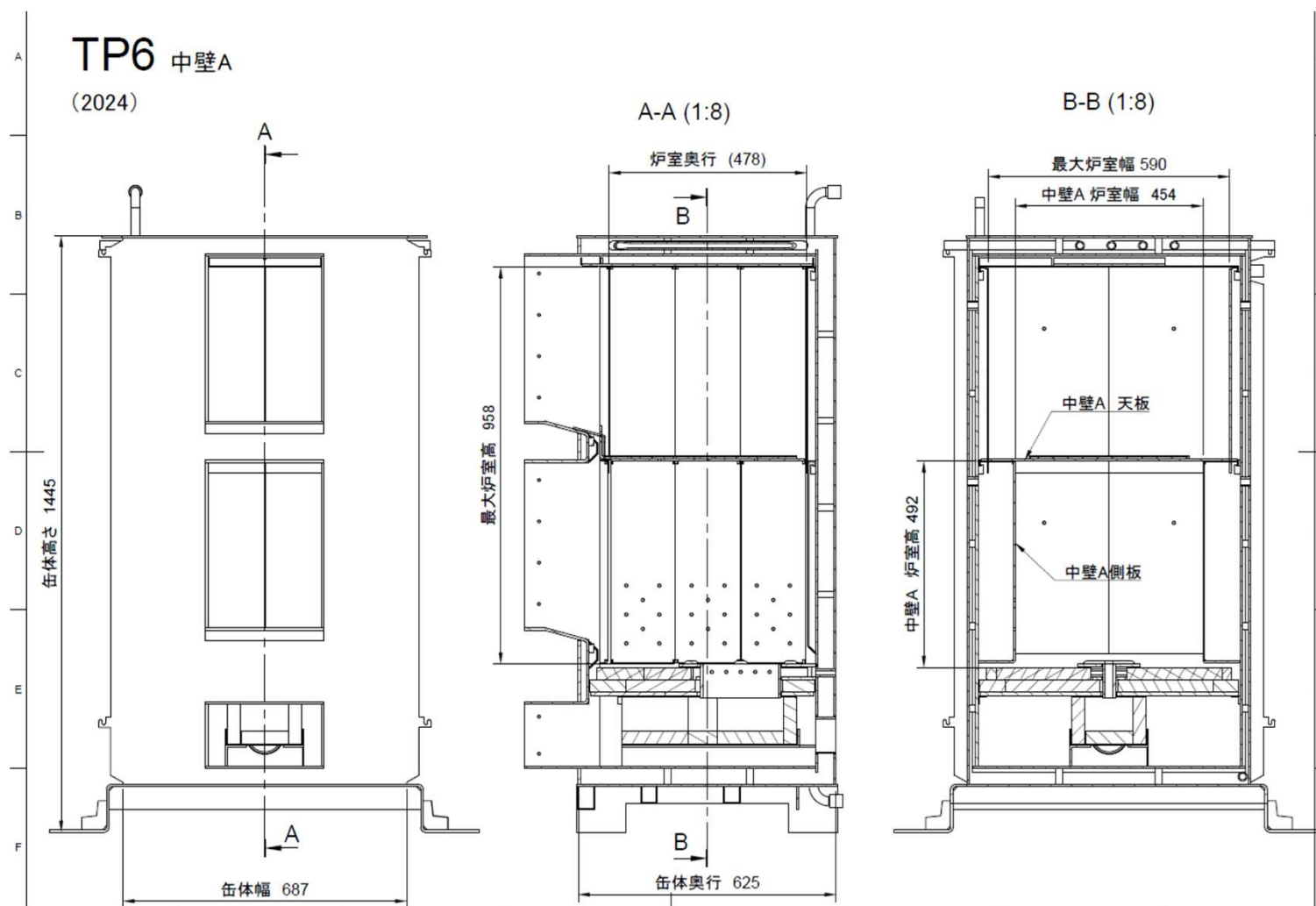
TP6の設計詳細

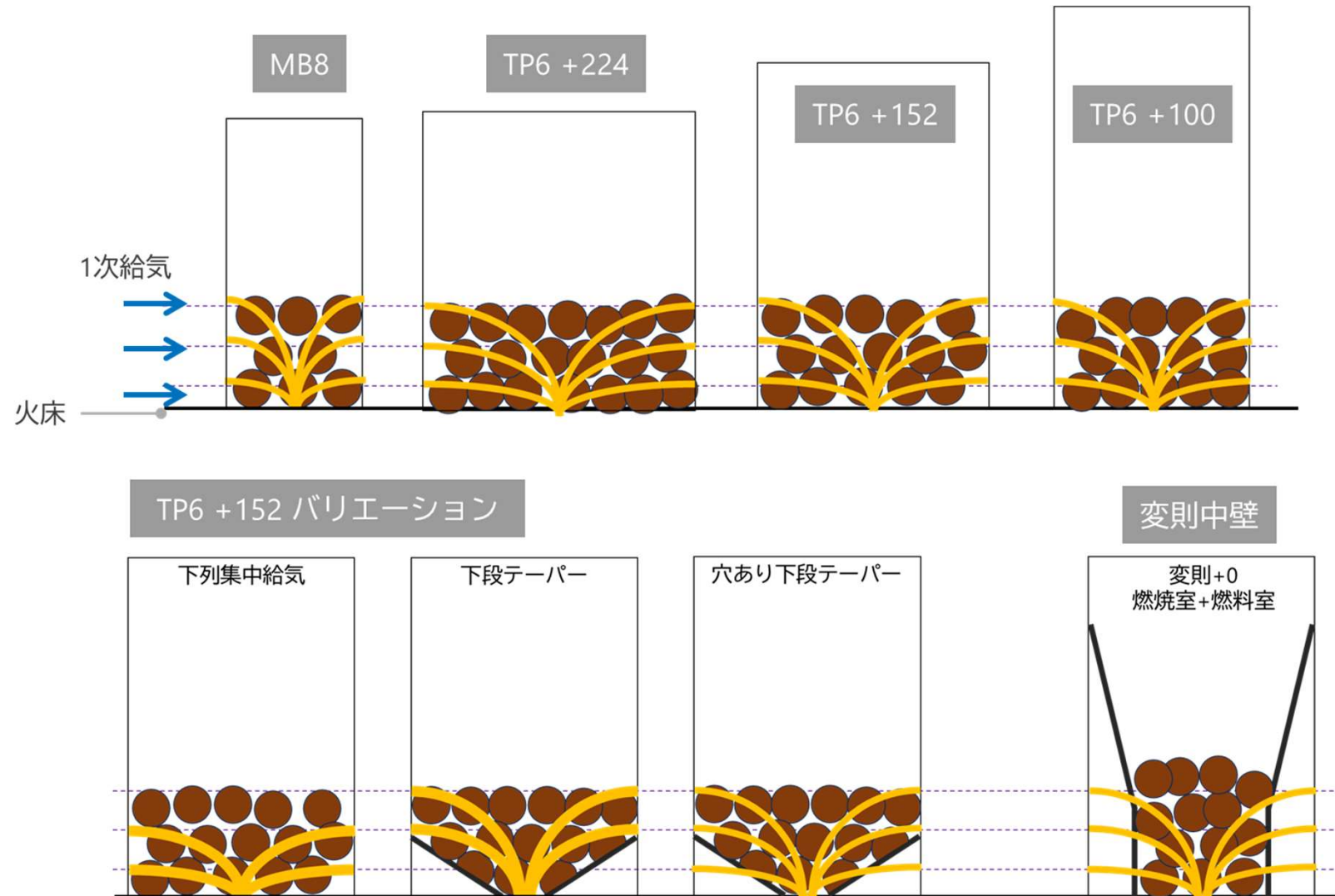
ブリッジを起こしにくく燃焼の質も維持できる最適な炉幅を検証するためTP6を製造

- TP5をベースに缶体幅を327→687 mmへ変更(バーナー口・折り返し空間サイズは変更なし)
- 炉内に交換可能な中吊り壁と天板を設置

炉幅は454～590 mmまで可変(TP5は230 mm)

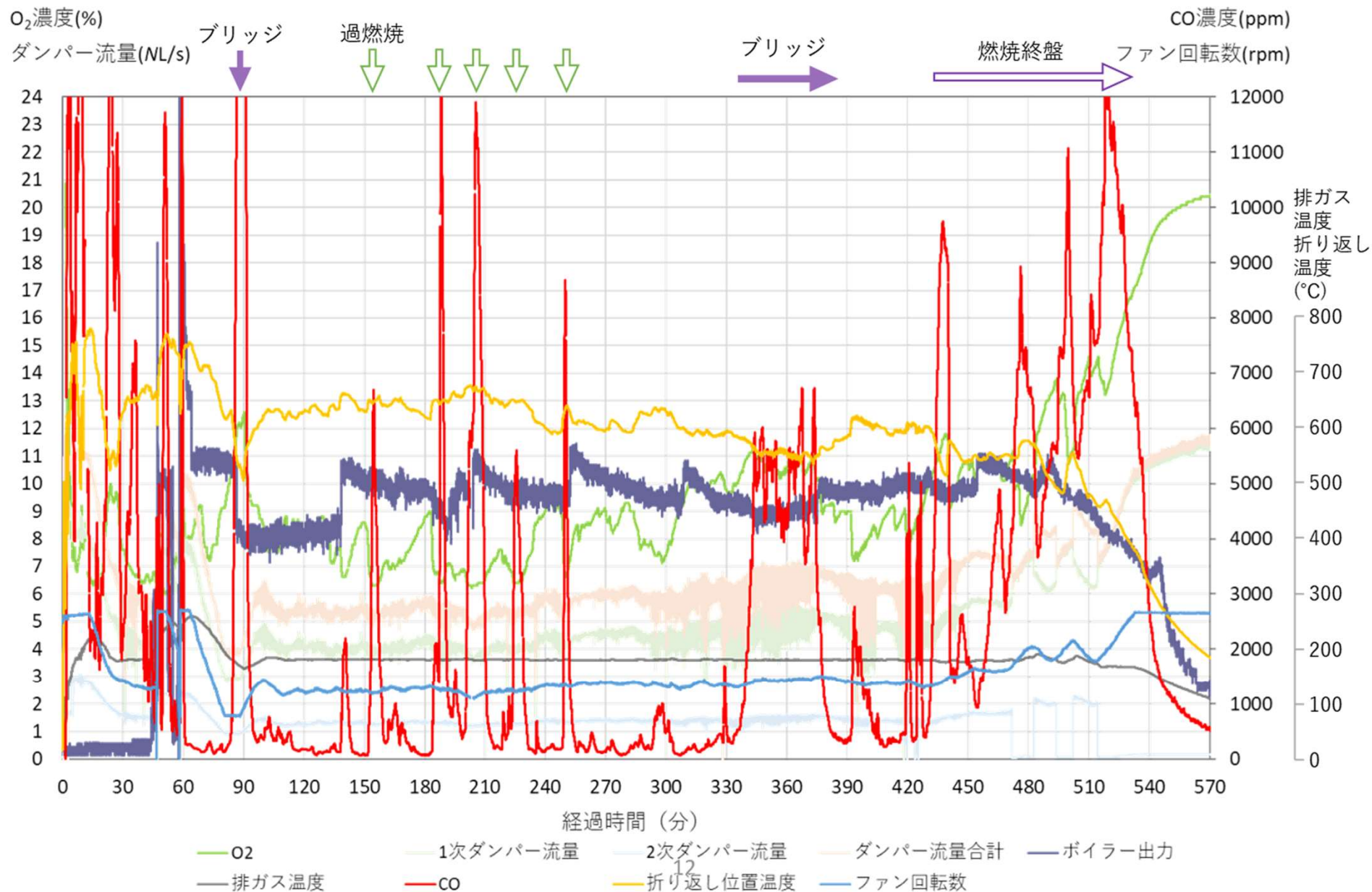
薪容積をTP5と同等にするため、炉の高さを天板で調整





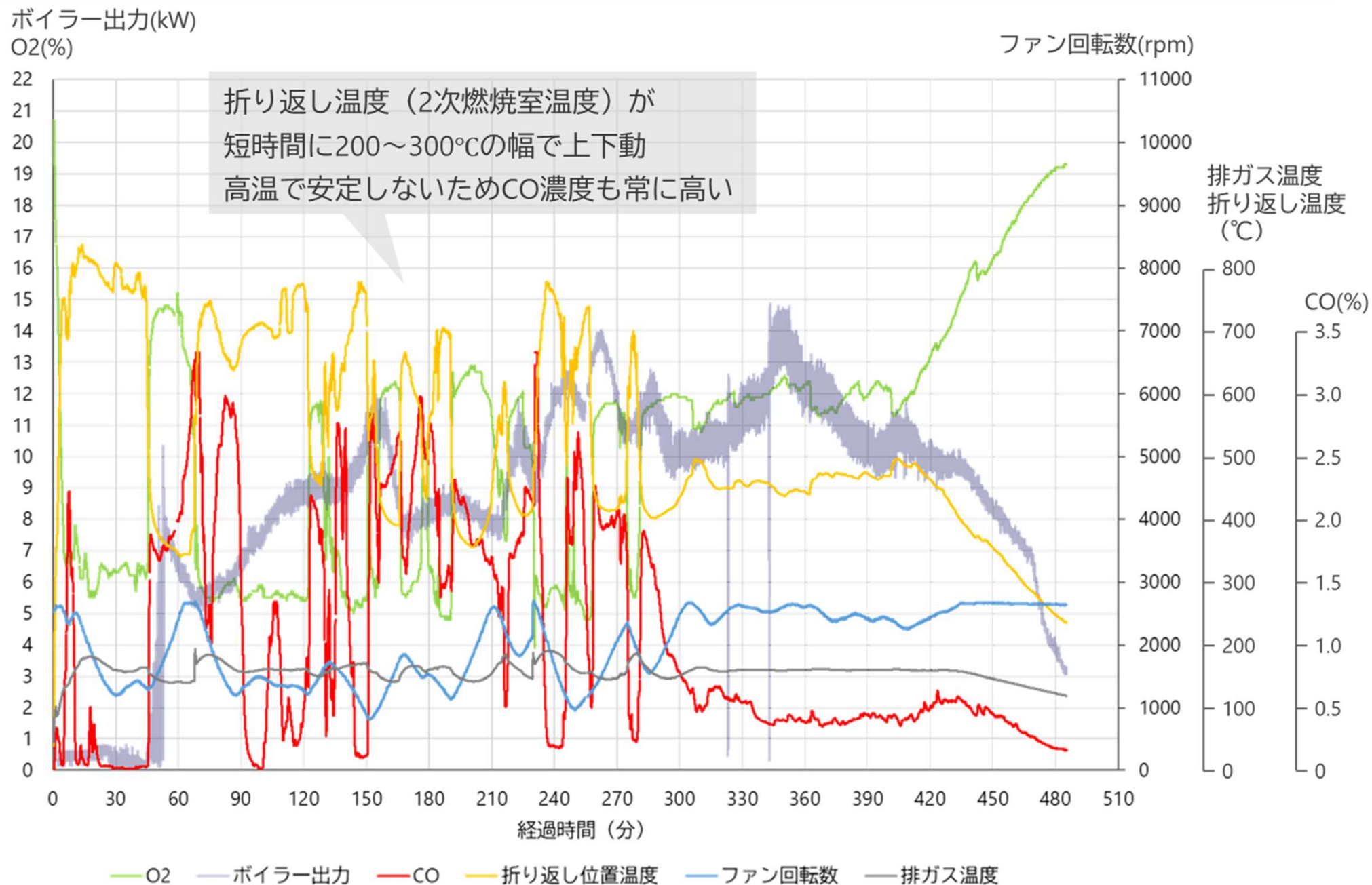
- 中吊り壁を変更して様々な縦横比の炉を再現
- 炉サイズと1次給気の入れ方も変更しながら燃焼試験を実施
- ブリッジを起こさないことと燃焼の質の維持が両立できるかどうかを検証

【参考】TP5燃焼状況



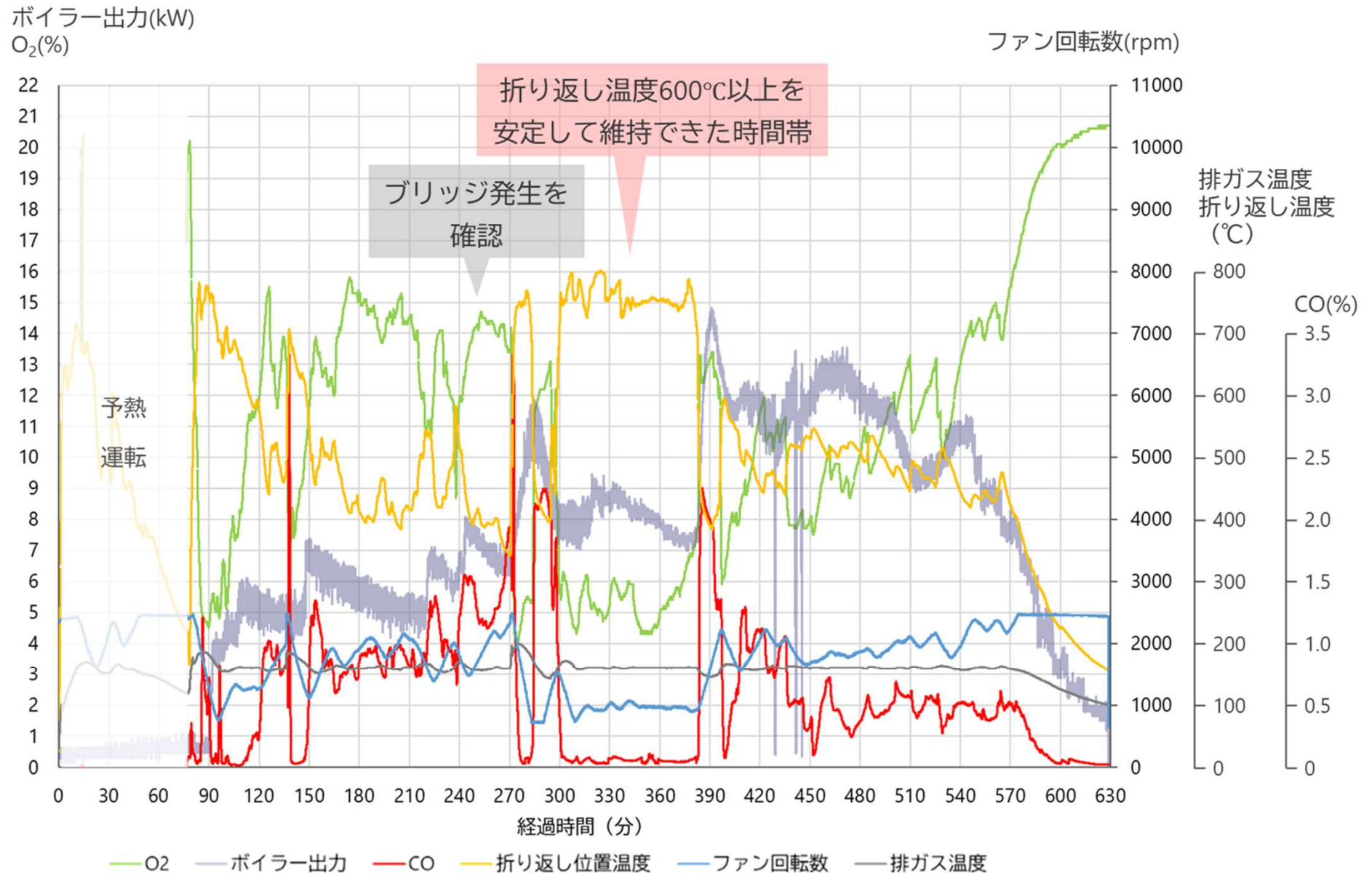
<着目点> 折り返し温度が600℃付近で安定している

TP6+224 (炉室横幅最大) の燃焼試験結果



ブリッジの発生は無いが燃焼の質が大きく悪化

変則+0 (炉室横幅最小) 燃焼室+燃料室 燃焼試験結果



折り返し温度600℃以上維持の時間帯があるものの、全体的に燃焼の質は悪いまま
中吊り壁の角度が変わったところでブリッジも発生してしまった

燃焼室の横幅を広げることで、噛み込むブリッジの抑制できるが燃焼の質が大きく悪化した。

燃焼炉サイズの変更が燃焼の質に大きく影響を与える結果となった。

高CO濃度・燃焼不安定の要因

- 横幅を広げると一次空気の流路が長くなり、一次空気が燃焼範囲に到達時した際、従来機と比べて低温となる
- 燃焼室の不要な空間が大きく、この空間を温めるための熱が必要
- 缶水が相対的に多い
(燃焼室最大横幅と燃焼室最小横幅時に必要な高さを両立させたため)
- これら全てが負の連鎖を引き起こして2次燃焼室温度の低下を招き、高CO濃度の原因に

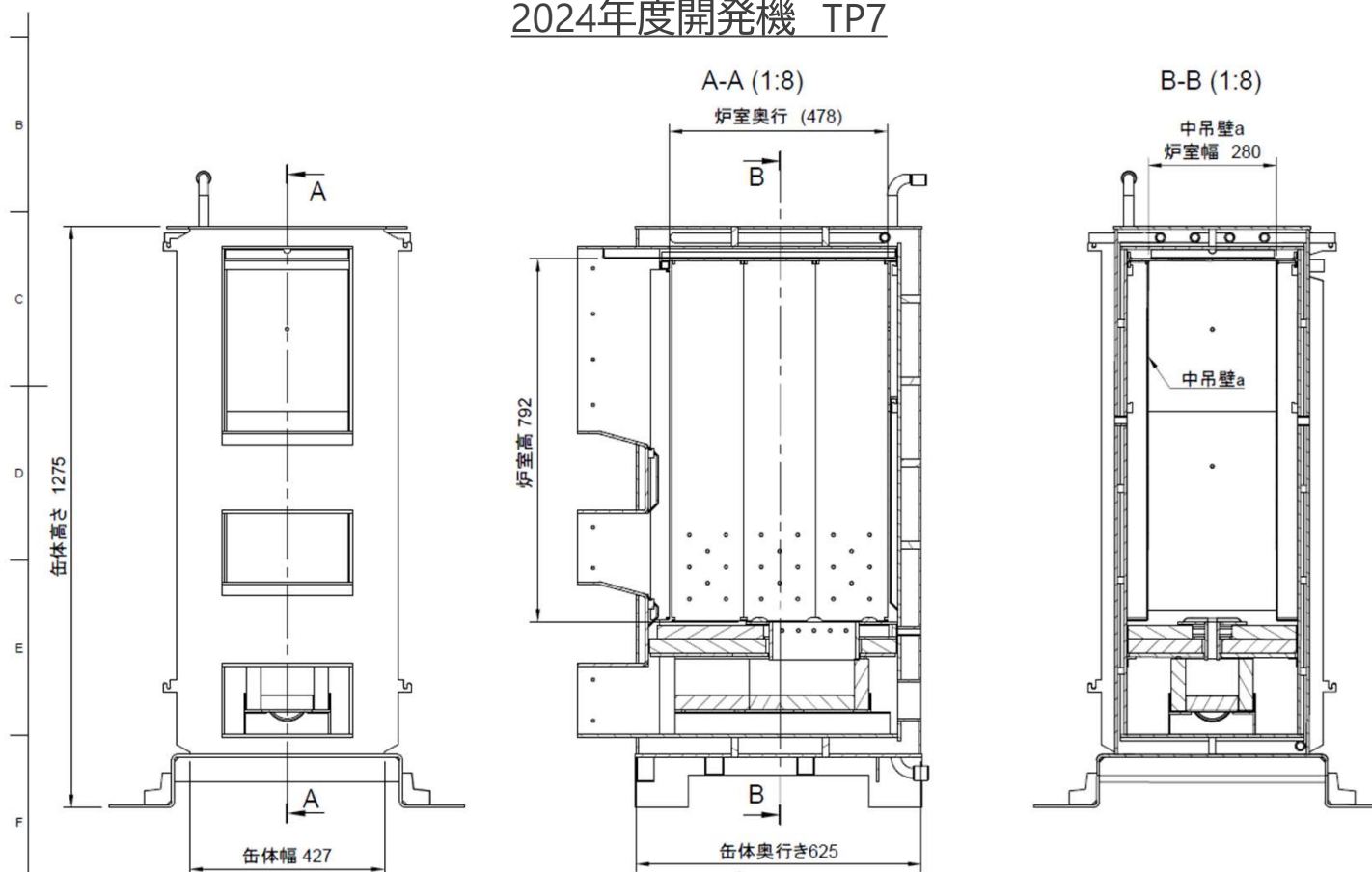


新たな改良機TP-7へ

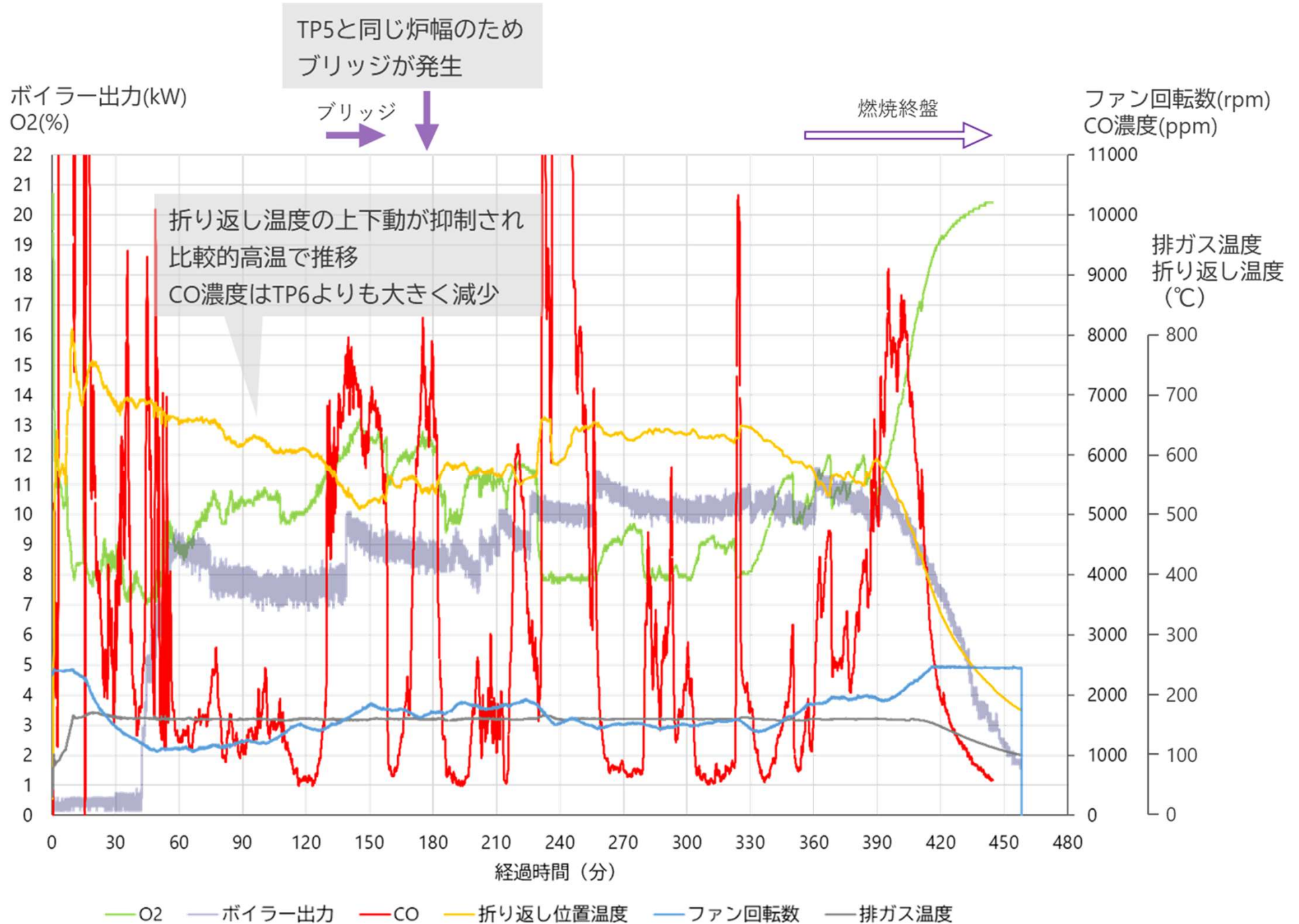
TP7 (TP6の改良機) の設計

- 炉幅はTP5と同じ230 mmから最大300 mmまで可変
TP5との薪投入量比 炉幅230 mm :83%
 炉幅300 mm :108%
- 缶体高さはTP5から170 mm減の1275 mm

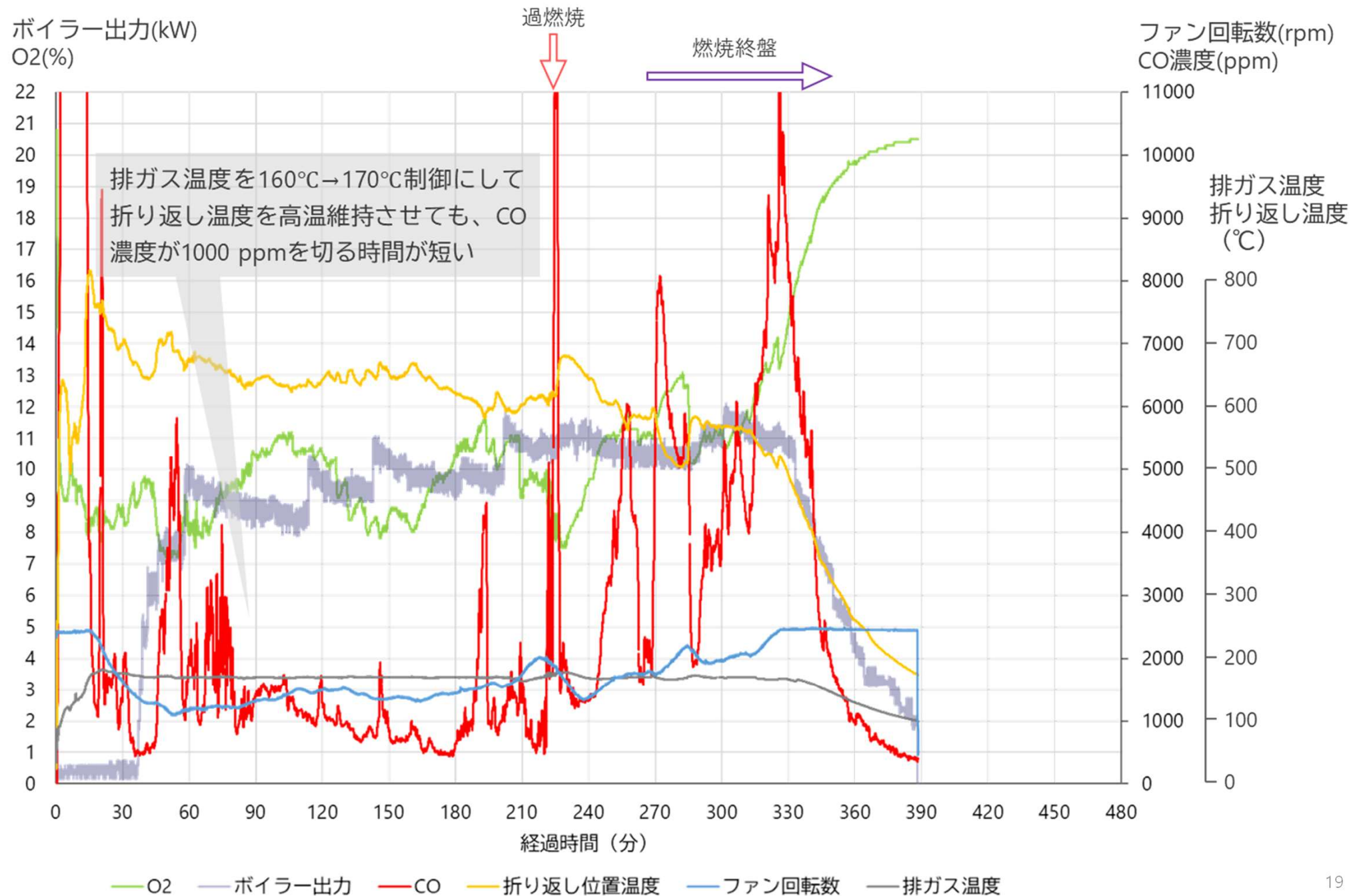
2024年度開発機 TP7



TP7燃焼試験結果:TP5と同じ炉室横幅(TP7+0 排ガス温度160℃制御)



TP7燃焼試験結果:TP5と同じ炉室横幅(TP7+0 排ガス温度170℃制御)



- TP7にしたことで、折り返し温度が高温で安定し、TP6に比べCO濃度が大幅に減少
- しかし、TP5に比べて依然濃度が高い傾向(1000 ppmを下回る時間帯が短い)
- 改良のため、TP5とTP7の缶体の違いを改めて検証

TP5とTP7の缶水量と伝熱面積の比較

ボイラー機種	缶水量 (L)	伝熱面積(m ²)		
		1次燃焼室	2次燃焼室	合計
TP5	48.9	1.48	0.46	1.94
TP7	48.3	1.54	0.58	2.11

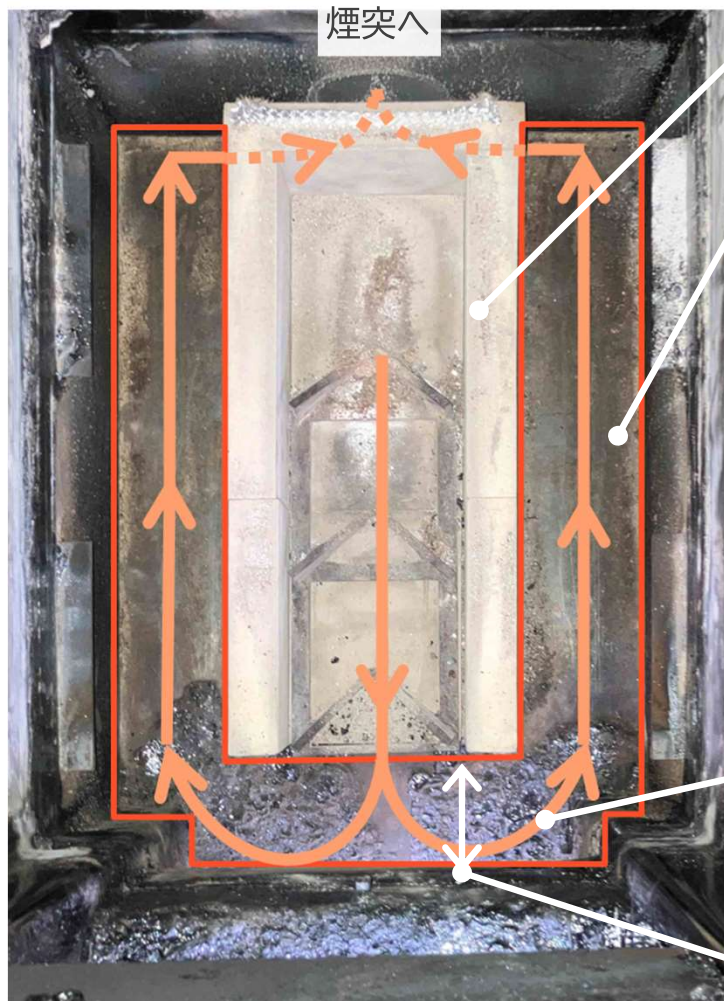
1.2倍大きい

CO濃度が下がりきらない原因は、2次燃焼室の伝熱面積がTP5と比較して大きいことが原因と考えられたため、2次燃焼室の改良を実施

TP7 2次燃焼室改良

1次燃焼室の火床を取り除いて上から2次燃焼室を撮影

TP7

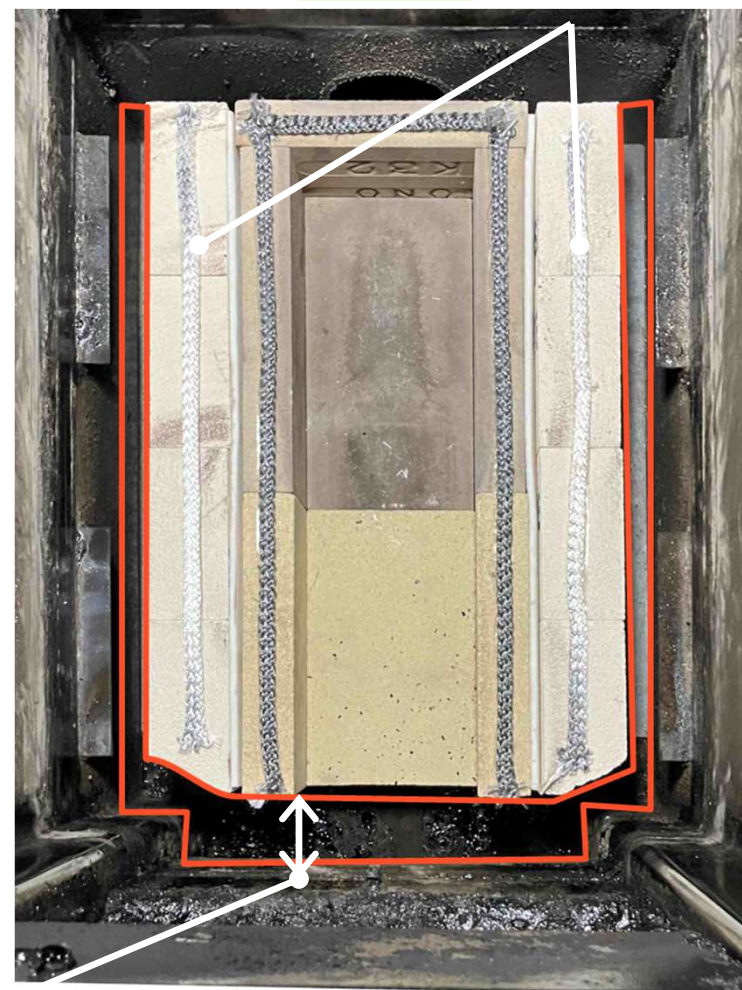


折り返し部

底面伝熱部

燃焼ガスの流れ

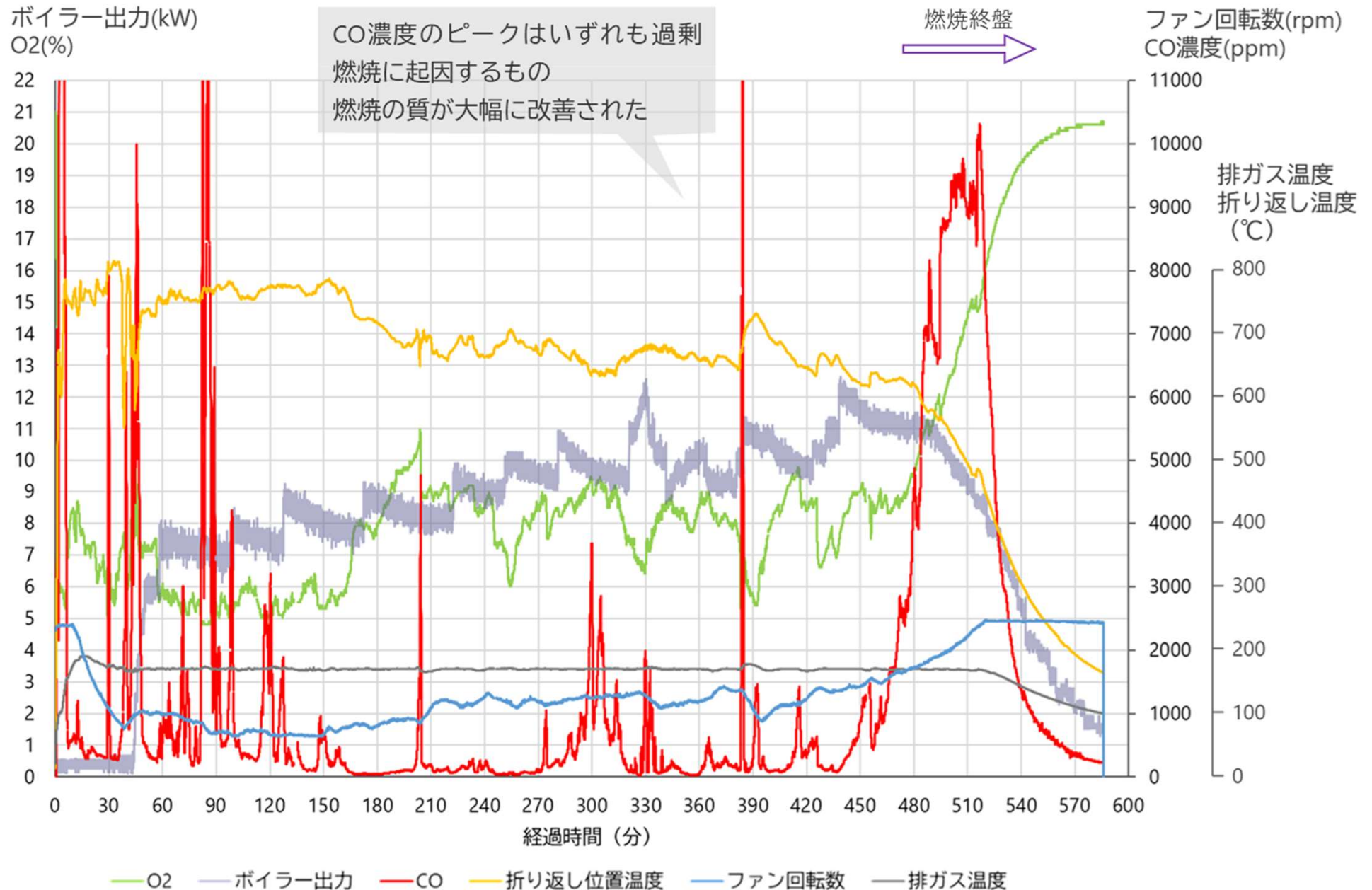
TP7改



折り返し部側面にレンガ追加
→2次燃焼室の伝熱面積を
TP5と同等へ

折り返し部を25 mm延長
→折り返し部出口と扉との距離もTP5と同等へ

TP7改 燃焼試験結果：炉室横幅最大(TP7+70 排ガス温度170℃制御)



ブリッジ発生抑制・小出力長時間燃焼・燃焼の質いずれも両立することができた

TP7およびTP7改燃焼試験結果まとめと比較

ボイラー機種 排ガス温度設定	薪 投入量 (kg)	燃焼継続 時間 (時間)	ボイラー 出力平均 (kW)	ボイラー 効率 (%)	回数 (回)	ブリッジ発生 継続時間		割合 (%)	CO濃度 4000ppm以下 達成割合 (%)
						平均 (分)	最大 (分)		
TP5 160℃	24.0	10.0	8.6	82.2 (84.5)	8	8.8	14.0	10.9	73.9
TP7+0 170℃	16.8	6.5	8.2	72.7 (75.5)	1	3.1	—	19.3	75.4
TP7改+70 170℃	25.1	9.8	8.0	77.3 (80.2)	0	—	—	0	87.4

TP7の2次燃焼室を改良したことにより、炉室横幅を広げてもTP5以上の燃焼の質を実現
低出力長時間燃焼とCO発生抑制・ブリッジ対策を両立することができた

- ・ブリッジ発生の定義
安定燃焼（制御上の定義State6）時にCOが2000ppmを超え、
かつ、折り返し温度が600℃未満であること
燃焼終盤のブリッジを除く
- ・燃焼終盤の定義
全燃焼時間 - 全燃焼時間 / 4
- ・ブリッジ発生割合
(ブリッジ発生時間の合計/燃焼運転総合計) × 100
- ・CO濃度4000ppm以下達成割合
(CO濃度4000ppm以下の時間の合計（全State）/燃焼運転総合計) × 100
- ・ボイラー効率（）内数字
缶水温度上昇分を補正したもの

TP5とTP7改 その他特徴の比較

ボイラー機種	缶体重量（外装込み） （kg）	重心高さ （cm）	アンカー ボルト径	製造原価	材料の取り都合
TP5	749	75.5	M10	72万円	× コスト面の量産メリットが低い
TP7改	651	63.4	M8	66万円	○ コスト面の量産メリットが高い

・アンカーボルト径：建築設備設計施工指針2014年版に基づき算出

・製造原価：開発のため1機のみ製作した時の缶体製造原価

TP7改はTP5にくらべ製造・運搬・据え付けにおける安定性が高く、
材料の取り都合も良いことから、製造コスト面においてもメリットが多い
アンカーボルト径もM8で良く、標準施工要領の変更不要

寒冷地における実証試験(現在実施中)

昨年度から引き続き、寒冷地における薪ボイラーシステム運用における課題について検証。

- 実地におけるボイラー効率及びシステム効率の計測
- 運用面における課題の整理

場所:青森県六戸町(Yew village事務所兼宿泊体験施設)

12月にTP5からTP7へ入れ替え工事実施。さらに2月にTP7改への改変を実施



寒冷地仕様タンク断熱

外装内部のタンク断熱
32Kグラスウール100mm保温



①模擬現行仕様
(左記タンク断熱+プラ段模擬外装)

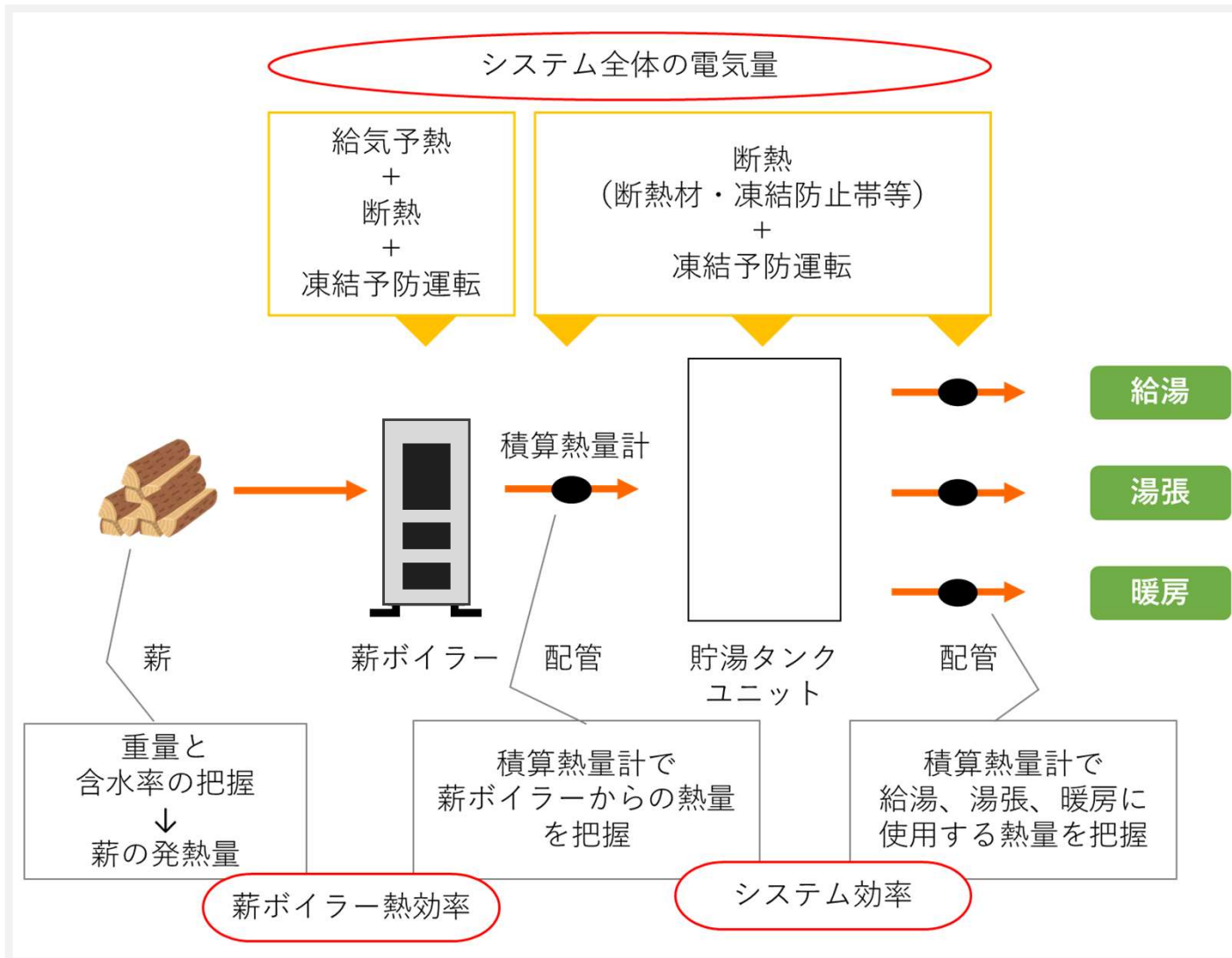


②模擬寒冷地仕様
①+32Kグラスウール100mm



昨年度同様 ①の模擬現行仕様と ②模擬寒冷地仕様 の両方においてシステム効率を計測
システム効率の向上と費用対効果について検証を行う

ボイラー効率・システム効率計測実施要領



使用計測器

熱出力	: 積算熱量計
電気消費量	: ワットメーター
温度	: サーミスタ・おんどとり

熱利用条件(4人家族想定)

暖房: 24時間暖房
 朝: シャワー3分×4回
 夜: 湯はり1回
 シャワー5分×4回

現在計測中

12/10～2/9の56日間の連続運転中
 最低気温が0℃以下 : 56日
 うち最高気温も0℃以下 : 3日
 現在までに凍結等の不具合発生なし

気象庁 八戸観測所データより

ボイラー熱効率 = ボイラー出力(kWh) / ((薪投入量(kg) × 4(kWh/kg)))

システム効率 =

給湯・湯張り・暖房出力合計(kWh) /

(ボイラー出力(kWh) + システム全体の電力消費量(kWh) - 貯湯タンク実験開始前後の平均温度差(℃) × 600L / 860(kcal/kWh))

成果:目標値との比較

	目標値	達成状況	
導入価格	284万円 TP5システム同等まで	検証中 (達成見込み)	ボイラー製造:若干安価ただし物価上昇 システム仕様:昨年度同様見込み システム全体のコストは昨年度と同等になる見込み
システム効率	85%以上	検証中 (達成見込み)	実証試験実施中だが、昨年度と同じ仕様で確定見込み。そのため、外気温条件は昨年度よりも厳しいが、それでも目標達成可能な見込み
ボイラー効率	85%以上	81.0% (改良継続中)	EN規格303-5のボイラー効率ボイラー出力10kWにおける基準と比較して、Class3(73.0%以上)は達成 本事業内でClass4(82.0%以上)を達成できるよう改良中
排ガスの清浄性	85%以上 安定燃焼時の排ガスCO濃度 欧州基準 class 3(4000ppm未満 (O ₂ 10%換算))の達成割合として	87.4% 達成	

排ガスの清浄性は昨年度テスト機TP5では73.9%の達成率であったのに対し、TP7およびTP7改でブリッジ発生が抑制できたことと燃焼制御の改良により、大幅に達成割合を上げることができた

成果まとめ①

○ボイラー熱効率80%以上・平均出力8～9kWの小出力・10時間近くの長時間連続燃焼を可能とし、ブリッジ発生も抑制できる薪ボイラーの開発

⇒欧州製薪ボイラーの性能にはまだ到達できてないが、欧州にはない小出力×長時間燃焼を可能とする薪ボイラーを開発することができた。

○ボイラーの高さがTP5よりも低くなり、製造コスト減や製造～設置の取り回しの良さが改善しただけでなくユーザーが使用しやすい缶体へ

⇒TP7は製造原価がTP5よりも低く、製造～運搬までの取り回しも改良され、設置後の安定性も向上。さらに、設置後のボイラーの高さに起因した圧迫感が軽減され、幅が広くなったことで薪が投入しやすい缶体へ改良できた。

○欧州の蓄熱タンクシステムより効率の良い可能性

⇒システム効率は寒冷地仕様で90%程度の見込み。

⇒欧州型の大きな蓄熱タンクに熱を貯めてそこから熱を使用するシステムよりも、小出力長時間燃焼できるシステムの方が効率が良い。また、必要な貯湯タンクも小型で良いため日本の住宅事情に適している。

成果まとめ②

○ニーズの高い寒冷地に適したシステムが完成

- ⇒寒冷地におけるニーズを満たせる薪ボイラーシステムを確定できる見込み
- ⇒すでに引き合いがあり、今年夏にTP7改システムを納入予定。

○欧州の同規模薪ボイラーよりも安価で寒冷地や小規模事業所で使用しやすい薪ボイラー

- ⇒TP7改は欧州の30kWクラスボイラー(売価300万円超)に該当。この規模の薪ボイラーよりもTP7改システムは安価に市場投入が可能。
- ⇒煙管がないためメンテナンス性が高く、長時間燃焼するため薪くべ回数も少なく運用しやすい
- ⇒日本に最適なシステムであることを強みとして、営業・販売展開を目指す。

○欧州製高性能ボイラーにはまだ及ばないボイラー効率・排ガスの清浄性

⇒欧州製薪ボイラーに比べ性能面ではまだ劣る状態。小出力というハンデを乗り越えて肩を並べるには、燃焼制御に非常に高い技術力が求められる。

○拡販するための体制構築

⇒地域内分散需要型エコシステムを拡大し、地域内エコシステムを増強するには、ユーザーに早く広く届けられる体制構築が必要。

⇒システムを増産し拡販を推し進めるためには製造拠点、営業やアフターフォロー人員等、社内設備や人員の増強が必要。また、給湯器メーカーや農機具メーカー等との協業も必要。