

議題 2

固体燃料を使用した火気設備等に必要 な離隔距離に係る試験方法の検証実験

火を使用する設備等の評価方法及び防火安全対策に関する検討部会（第2回）

課題

木炭や薪などの天然の固体燃料を使用した場合、下記の理由から性能規定による離隔距離の算出が困難であること

天然の固体燃料の場合

①燃料

木炭や薪などの天然の固体燃料を使用



②通常燃焼

告示の定義では、通常想定される使用における「最大の燃焼となる状態」をいう



③定常状態

告示の定義では、測定する位置における温度上昇が30分間につき0.5°C以下になった状態をいう



懸案事項

気体燃料・液体燃料と異なり、燃料の種別（樹種・炭種類）、発熱量、寸法などが一定でないこと

機器の最大温度が一定とならないことや、燃料の減少や燃料の追加に伴う機器温度の低下が生じることにより、「通常燃焼」の定義が不明確となること

機器に自動温度調節機能がなく、機器温度の変動が大きいことから、「定常状態」を維持することが現実的でないこと

検討事項

固体燃料を使用する火気設備等に性能規定を適用できるよう、以下の点について検討を行う。

- ① 試験で使用する天然の固体燃料の明確化
- ② 「通常燃焼」の定義
- ③ 「定常状態」の定義

固体燃料を使用した火気設備等に必要な離隔距離に係る試験方法の検証実験

① 検証実験の目的

- 燃焼実験により、固体燃料（木炭、薪）を使用する火気使用設備について、通常想定される使用において機器メーカーの定める最大出力による燃焼を継続させ、周囲の可燃物表面における温度等を測定することにより、近接する可燃物へ与える熱影響について検証し、固体燃料（木炭、薪）を使用する火気使用設備の試験方法を定めることを目的とする。

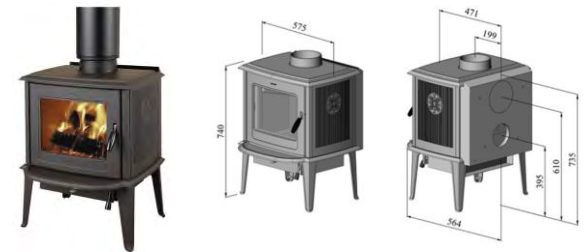
② 検証実験に使用した機器

1 薪を使用するストーブ

選定理由：一般的家庭用として流通するもののうち、放熱形式に輻射熱式を用いたもので、材質による比較を行うため鋼板製・鋳物製のものを選定

(1) 薪ストーブ 1（鋳物製のもの）

- ・メーカー：モルソー社
- ・型式：7110CB
- ・サイズ：高さ740mm×幅575mm×奥行564mm



7110CB モルソー社製

(2) 薪ストーブ 2（鋼板製で蓄熱材（耐火レンガ等）を組み合わせたもの）

- ・メーカー：ハーゼ社
- ・名称：ルノ
- ・サイズ：高さ1155mm×幅510mm×奥行445mm

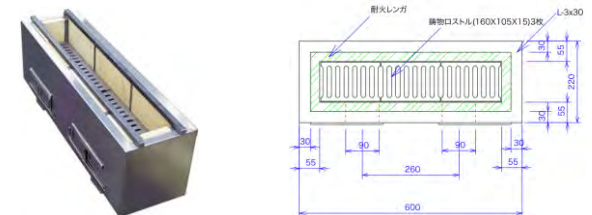


ルノ ハーゼ社製

2 木炭を使用する厨房設備

選定理由：業務用で一般的な耐火レンガを用いたものを選定

- 設備：業務用炭焼き器
- メーカー：秋元ステンレス工業（株）
- 型式：C-600
- サイズ：高さ270mm×幅600mm×奥行220mm



C-600 秋元ステンレス工業（株）製

③ 検証実験に使用した燃料

1 薪

(1) ナラ

選定理由：

業界団体へのヒアリングから日本の薪ストーブで最も一般的に使われている薪としてナラの薪を選定



ナラ薪

(2) カラマツ

選定理由：

(1) のナラ（広葉樹）の薪との比較のため、針葉樹で一般的なカラマツの薪を選定



カラマツ薪

2 木炭

(1) 黒炭

選定理由：

業界団体へのヒアリングから
木炭のうち、発熱量が最も大きいものとして選定。



黒炭

(2) オガ炭（白）

選定理由：

業界団体へのヒアリングから飲食店で一般的に使われている炭として選定。



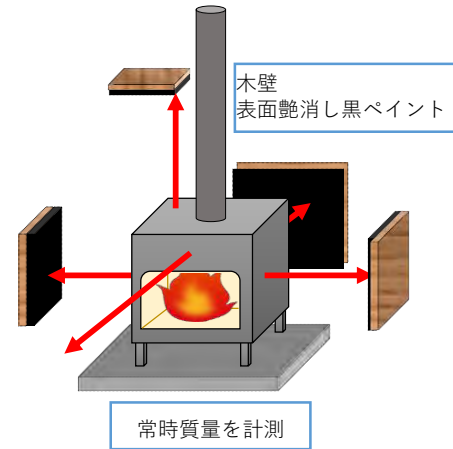
オガ炭（白）

固体燃料を使用した火気設備等に必要な離隔距離に係る試験方法の検証実験

④ 検証実験の方法

1 計測機器等の概要

- (1) 機器の表面温度を測定する。（開放面は除く）
- (2) 一定の距離を確保して木壁を設置し、木壁の表面温度を測定する。
- (3) 機器の質量を常時計測する。
- (4) 燃料を投入前に、その質量を測定する。



2 検証実験の手順

木炭・薪は2種類ずつ準備し、1機器につき2種類の固体燃料を用いて実験を実施。（計6パターン）

- (1) 固体燃料を一定量燃焼させ、設備の余熱を行う。
- (2) 設備の余熱後、固体燃料を最大投入量まで投入し、燃焼サイクルを開始する。
- (3) 固体燃料の燃焼に伴い、質量が50%減少したタイミングで、減少した質量分の固体燃料を投入し、燃焼状態を保持する。
- (4) 燃焼サイクルを4～6サイクル継続し、木壁の温度変化を記録する。



燃料投入前の質量測定状況

3 燃料投入量

メーカー等が指定する最大投入量又は機器の最大出力に基づく燃料投入量のうち、多い方を燃料投入量とする。

- (1) 木炭を使用する厨房設備 ⇒ メーカーが指定する最大投入量（黒炭：1.0kg オガ炭(白)：1.2kg）
- (2) 薪ストーブ1（鋳物製のもの）⇒ メーカーが指定する最大投入量（ナラ：2.6kg カラマツ：2.6kg）
- (3) 薪ストーブ2（鋼板製のもの）⇒ 機器の最大出力から算出した量（ナラ：1.6kg カラマツ：1.6kg）

※最大出力に基づく燃料投入量の算出方法

機器の最大出力と燃焼効率が設定されている場合の、燃料投入量算出方法は以下のとおりとした。

$$\frac{\text{機器の最大出力 (kW)} \times 7\text{kW}}{\text{使用する固体燃料の発熱量 (kW/kg)} \times \text{燃焼効率 (\%)} \times 5.6\text{kW/kg (薪)}} = \text{燃料投入量 (kg)}$$

※メーカー・販売者が仕様書等で示している値

薪ストーブ2（ハーゼ社・ルノ）の場合

$$\frac{7\text{kW}}{5.6\text{kW/kg (薪)} \times 80.2\%} = 1.6 \text{ (kg)}$$

(小数点第二位切り上げ)

固体燃料を使用した火気設備等に必要な離隔距離に係る試験方法の検証実験

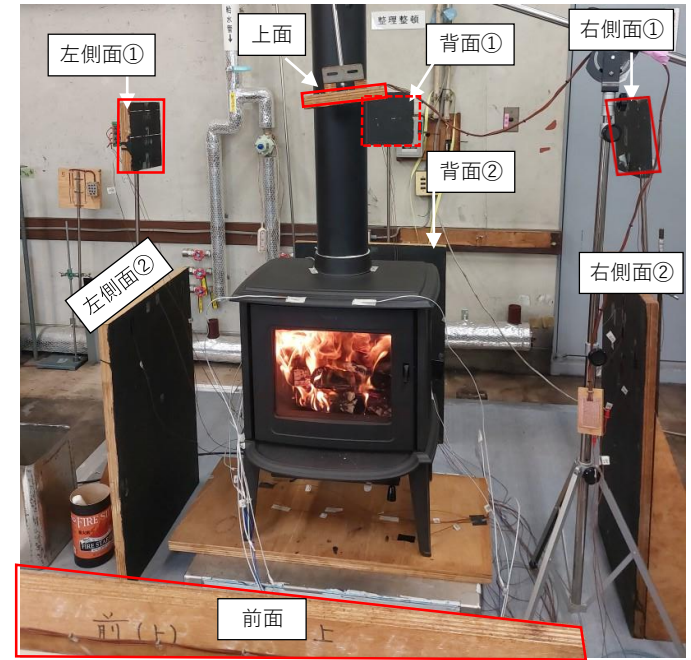
⑤ 試験で用いた木壁との離隔距離

※離隔距離については、想定とともに試行したため、一定とはしなかった。
 ※表中の離隔距離は、当該資料に掲載するグラフにおける想定での数値

薪ストーブ

離隔距離	前面	背面①	背面②	上面	左側面①	左側面②	右側面①	右側面②
薪ストーブ1 (7110CB)	1000	150	500	500	300	300	150	500
薪ストーブ2 (ルノ)	1000	150	500	1000	300	300	150	500

(mm)



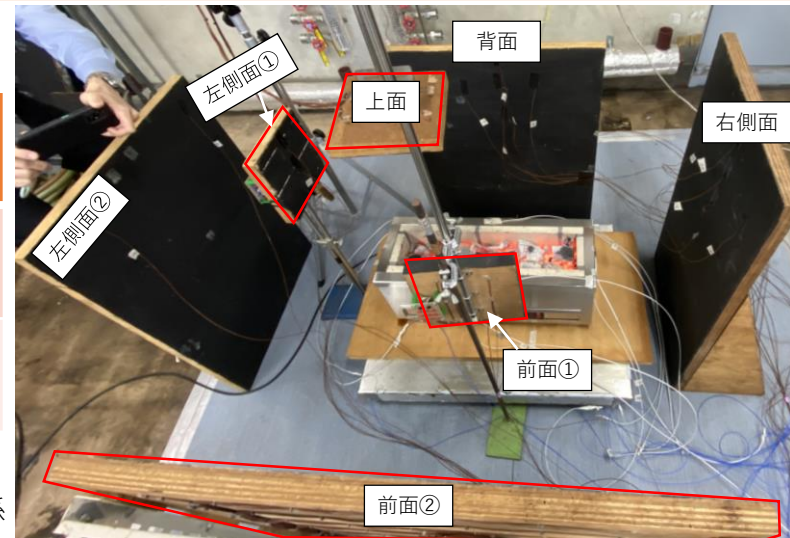
機器と木壁の位置関係
 ※写真は薪ストーブ1のもの

炭焼き器

離隔距離	前面①	前面②	背面①	背面②	上面	左側面①	左側面②	右側面
炭焼き器 (黒炭)	150	500	250	—	500	150	500	250
炭焼き器 オガ炭 (白)	300	500	300	500	500	300	500	250

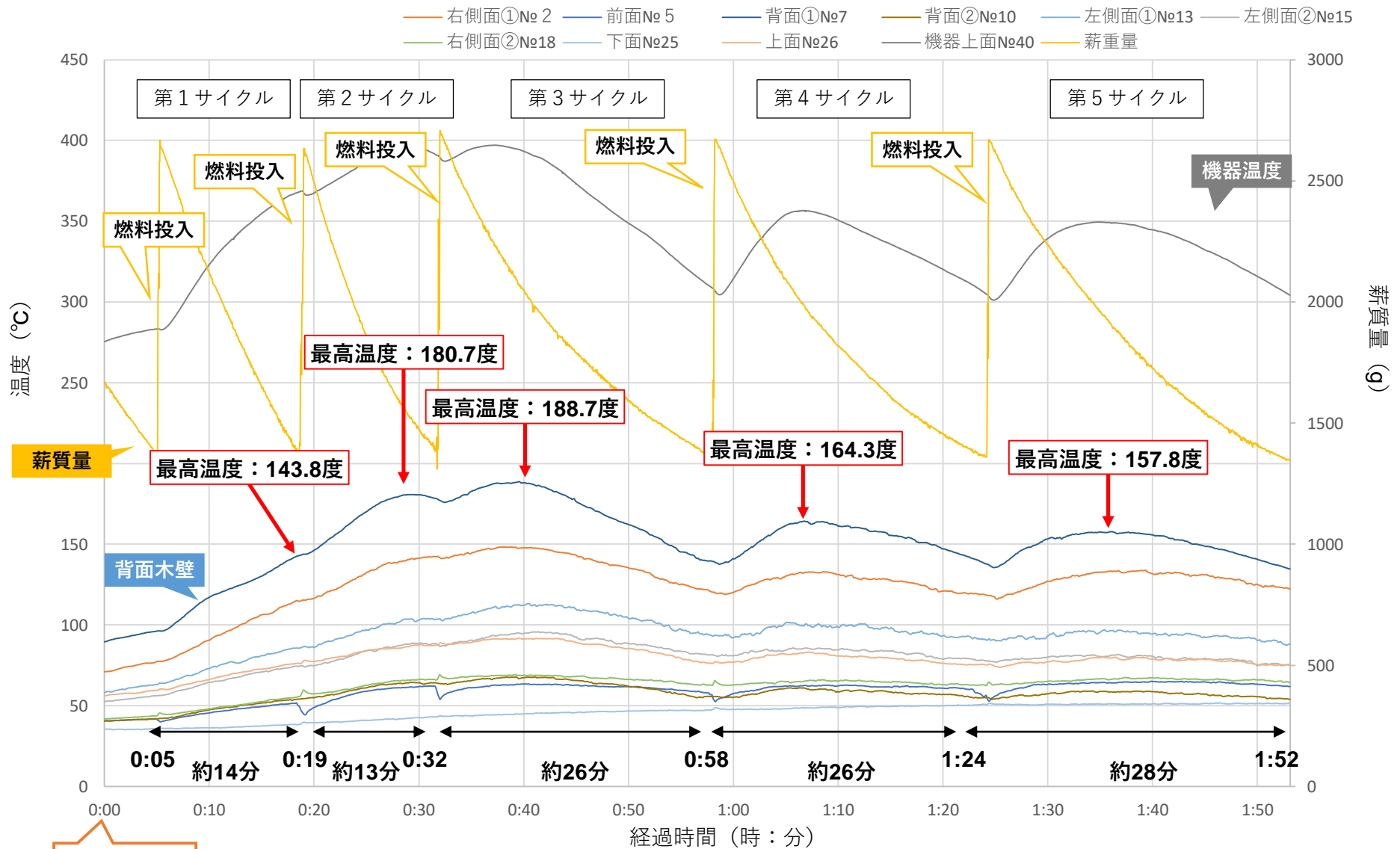
(mm)

機器と木壁の位置関係



① 検証実験の結果

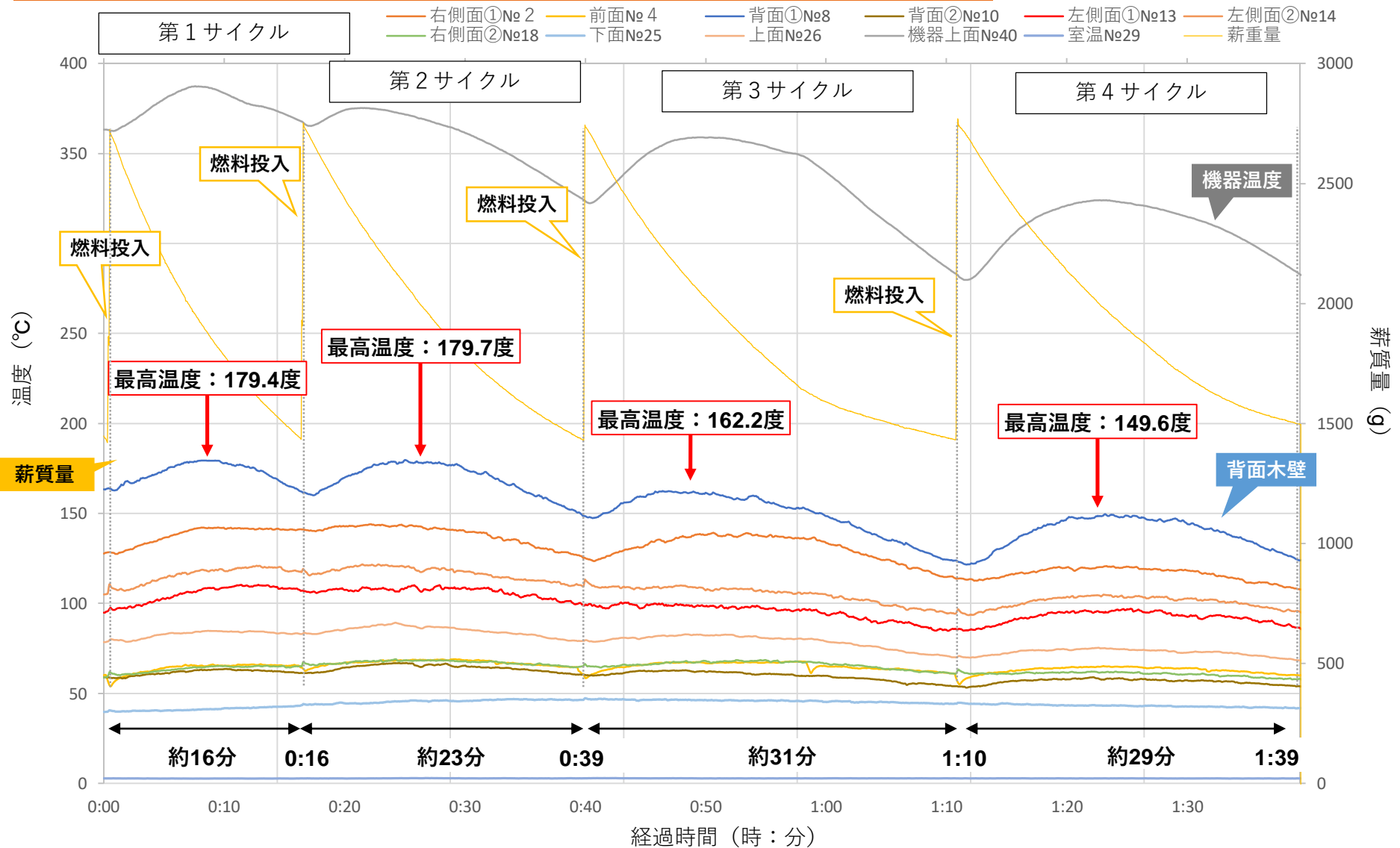
パターン1 薪ストーブ1 (薪種類：カラマツ2.6kg (1サイクルで1.3kg追加))



※機器温度は代表的な1点とし、
 壁面温度はそれぞれの木壁のうち最高温度が最も高いものとした

① 検証実験の結果

パターン2 薪ストーブ1 (薪種類：ナラ2.6kg (1サイクルで1.3kg追加))



※機器温度は代表的な1点とし、
壁面温度はそれぞれの木壁のうち最高温度が最も高いものとした

② 検証実験の結果まとめ（薪ストーブ）

※カラマツについては機器の予熱が不十分な状態で試験を開始したため想定どおり温度変化が得られていない。

① 温度変化について

薪の種類によらず、機器本体・木壁とも安定した温度変化が確認できた。

② 燃焼サイクルについて

ナラの場合、第1サイクルでは燃焼サイクルが15分程度と比較的燃焼が早く進んだが、薪が炭化して無炎燃焼となった状態（いわゆる熾火（おきび）状態）となった際の燃焼サイクルは30分程度であった。



③ 発熱量について

ナラとカラマツで発熱量に大きな差異は確認できなかった。

④ その他

- ・ サイクル数を重ねる毎に、機器本体及び木壁の最高温度が一定程度低下する傾向が見られた。これは、薪の燃焼に伴って発生する灰が機器内に蓄積することで、投入する薪の質量が低下したことが要因であると考えられる。
一方で、燃焼後、約0.2kgの機器質量の減少が確認され、これは機器に含まれる水分が蒸発したためと考えられる。
- ・ 試験開始後2～3サイクル程度は燃焼の拡大が大きく、通常想定される機器温度よりも高温になり、また、燃焼サイクルも早くなる傾向が見られた。
これは熾火状態となる前、燃焼開始直後の薪からは揮発成分である可燃性ガスが多く発生し、燃焼するためであると考えられる。

③ 検証実験の結果の考察（薪ストーブ）

① 試験に用いる薪の種類について

薪の種類（ナラ・カラマツ）による燃焼性状の違いに大きな差異はなかったことから、試験に用いる薪は最も入手がしやすいナラが妥当ではないか。

② 燃料の追加タイミングについて

想定した温度変化が得られたことから、燃料を追加投入するタイミングは、投入した木炭の50%が燃焼したタイミングが妥当ではないか。

③ 試験のサイクル数について

サイクルを重ねることで灰等の燃焼残渣（以下、「灰」という。）による誤差が大きくなる可能性がある。このため、1試験で実施する試験のサイクルは4～5サイクルが適切ではないか。

木壁の温度変化が前サイクルと同じように変化し、かつ最終サイクルで当該試験サイクル中の最高温度を観測しない場合に、定常状態であったと評価してはどうか。

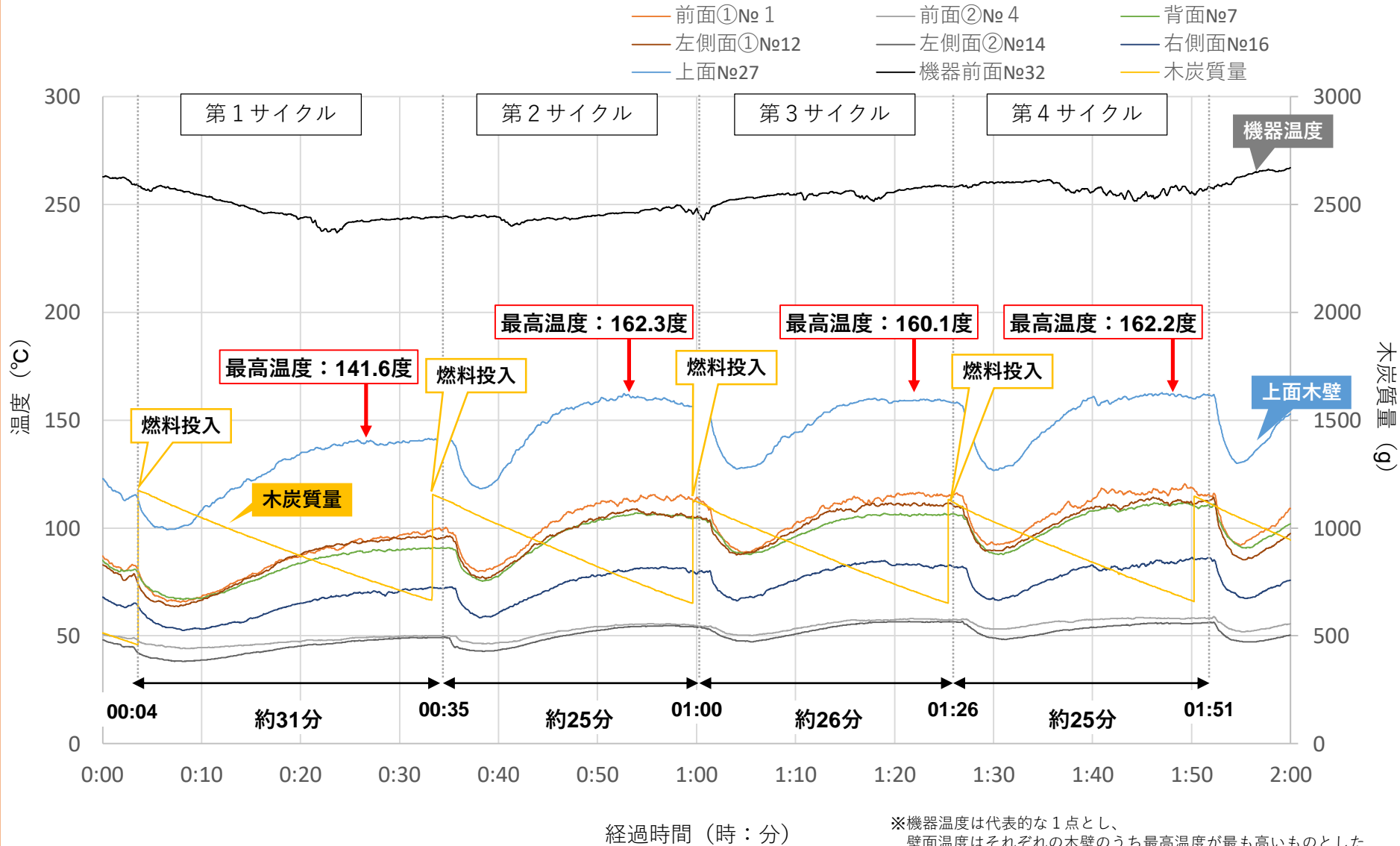
なお、5サイクルでも燃焼が安定しない場合は、予熱、機器の乾燥が不十分であることが想定されるため、試験をやり直すことが必要であると考えられる。

④ その他（留意事項）

- ・ ストーブの蓄熱部分に一定量の水分が含まれている可能性があることから、試験開始までに、機器本体に含まれる水分を十分に蒸発させる必要がある。また、予熱後の乾燥した状態で基準となる機器質量を計測する必要がある。
- ・ 薪の性質上、燃料着火後3サイクル程度は急激に燃焼が進行する傾向がある。（1サイクルの時間が短く、機器温度等も高くなる）
このため、予熱に当たっては機器・壁面を暖めると同時に、通常の燃焼に必要な熾火状態とすることが重要である。

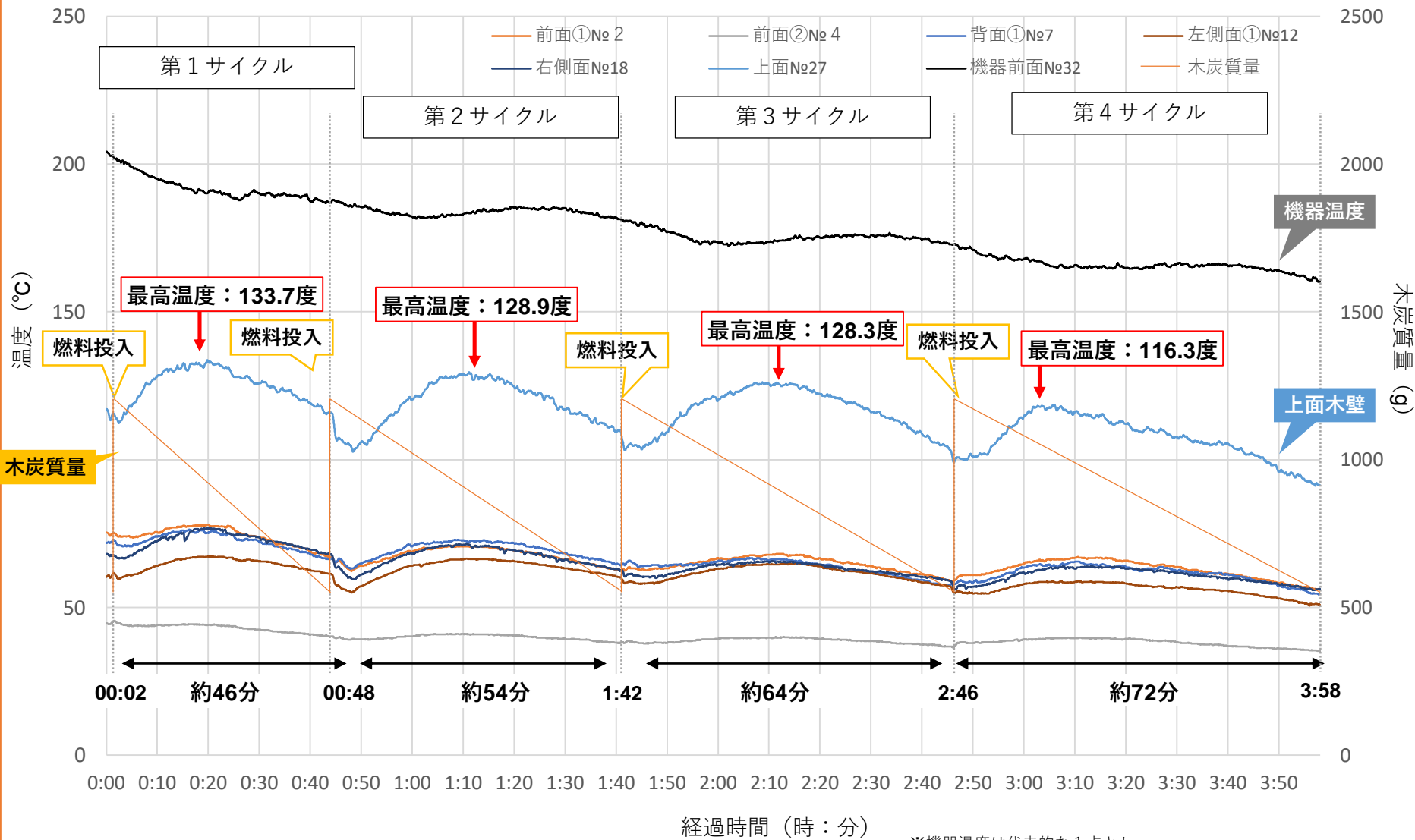
① 検証実験の結果

パターン3 業務用炭焼き器（黒炭1.0kg（1サイクルで0.5kg追加））



① 検証実験の結果

パターン4 業務用炭焼き器 (オガ炭1.2kg (1サイクルで0.6kg追加))



※機器温度は代表的な1点とし、
壁面温度はそれぞれの木壁のうち最高温度が最も高いものとした

② 検証実験の結果まとめ（業務用炭焼き器）

① 温度変化について

木炭の種類によらず、木壁については安定した温度変化が確認できた。

一方、機器本体については、はっきりとした温度変化のサイクルが観測できなかった。

黒炭では、木壁の最高温度が第3サイクルより第4サイクルで微増しているが、これは機器に含まれる水分の蒸発分も含めて木炭が投入されたためと考えられる。

② 燃焼サイクルについて

黒炭は、燃焼速度が早く、1サイクルが約20～30分程度であった。一方、オガ炭（白）は、燃焼速度が遅く、1サイクルが1時間前後であった。

オガ炭（白）は1サイクルの時間にばらつきがあったが、これは木炭の燃焼に伴って発生する灰が機器内に蓄積することで、機器内の木炭の質量が低下したこと等が考えられる。

③ 発熱量について

黒炭とオガ炭（白）では黒炭の方が発熱量が大きく、木壁の最高温度は、黒炭で162.3℃、オガ炭で133.7℃であった。（木壁は機器から50cm上部のもの）。

④ その他

炭焼き器本体からの水分の蒸発や木炭の燃え残りなどによる誤差が発生する。

燃焼を安定させるためには、事前に木炭の大きさをそろえる必要があるが、オガ炭は整形されているため大きさをそろえやすい。

③ 検証実験の結果の考察（業務用炭焼き器）

①試験に用いる木炭の種類について

今回の試験から、木炭の種類によって燃焼速度・発熱量に違いが見られた。このため、試験に用いる木炭の種類としては、最も安全側の条件として発熱量が大きい炭（黒炭）で行うことが妥当ではないか。

②燃料の追加タイミングについて

想定した温度変化が得られたことから、燃料を追加投入するタイミングは、投入した木炭の50%が燃焼したタイミングが妥当ではないか。

③試験のサイクル数について

サイクルを重ねることで灰による誤差が大きくなる可能性がある。このため、1試験で実施する試験のサイクルは4～5サイクルが適切ではないか。木壁の温度変化が前サイクルと同じように変化し、かつ最終サイクルで当該試験サイクル中の最高温度を観測しない場合に、定常状態であったと評価してはどうか。なお、5サイクルでも燃焼が安定しない場合は、予熱、機器の乾燥が不十分であることが考えられ、試験をやり直すことが必要であると考えられる。

④その他（留意事項）

- 炭焼き器の耐火レンガ及びモルタル部分に一定量の水分が含まれている可能性があることから、試験開始までに、機器本体に含まれる水分を十分に蒸発させる必要がある。また、予熱後の乾燥した状態で基準となる機器質量を計測する必要がある。

（今回の実験に使用した機器の場合、燃焼後最大1.7kgの機器質量の減少が確認された。）