

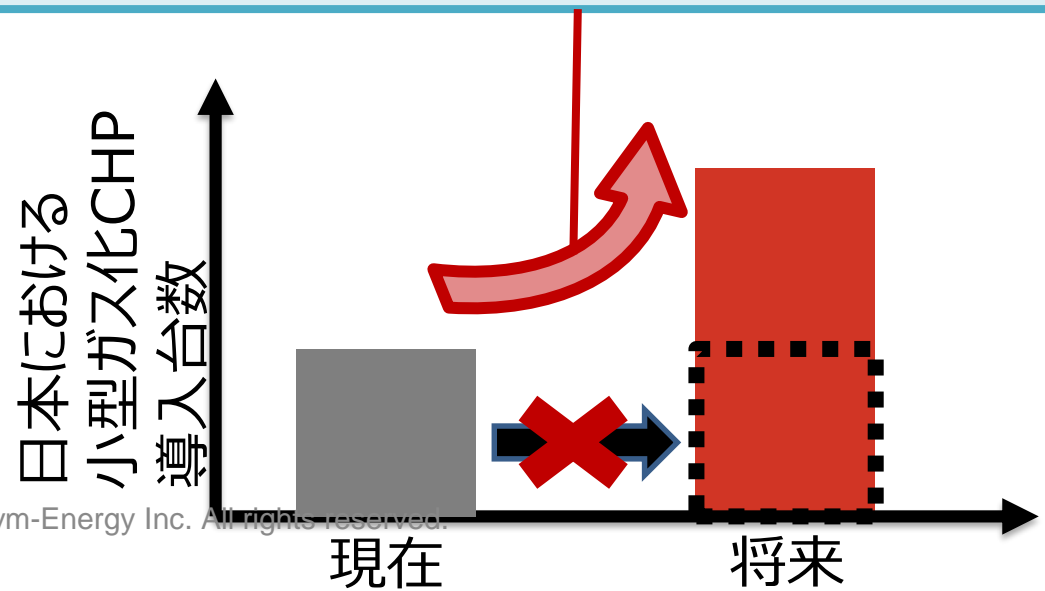
小型木質ペレットガス化発電における スギ・ヒノキペレットの適用性向上に 資する製造プロセスの開発・実証

2020年2月27日 第5回国際バイオマス展
RIN-2「地域内エコシステム」の構築に向けた技術開発

事業者：シン・エナジー株式会社
協力事業者：中部大学/株式会社PEO技術士事務所

- 未利用資源を地域循環させる「地域内エコシステム」構築には、**熱利用も可能な分散型電源である小型ガス化CHPの活用が有効**
- しかし、我が国の小型ガス化CHPには、欧州並みの高い稼働率実現している例がほとんどない。
- 燃料のスキペレットがメーカー要求値のEN plus A1を満たしていたにも関わらず、クリンカー形成のために**約1週間で停止**するといったトラブルを、ペレットの機械的性能の改善にもかかわらず10か月にわたって続けたという事例(宮崎県串間市の大生黒潮発電所)はその代表例である。
(メーカー提示の連続稼働実績時間:4週間(672時間)以上)

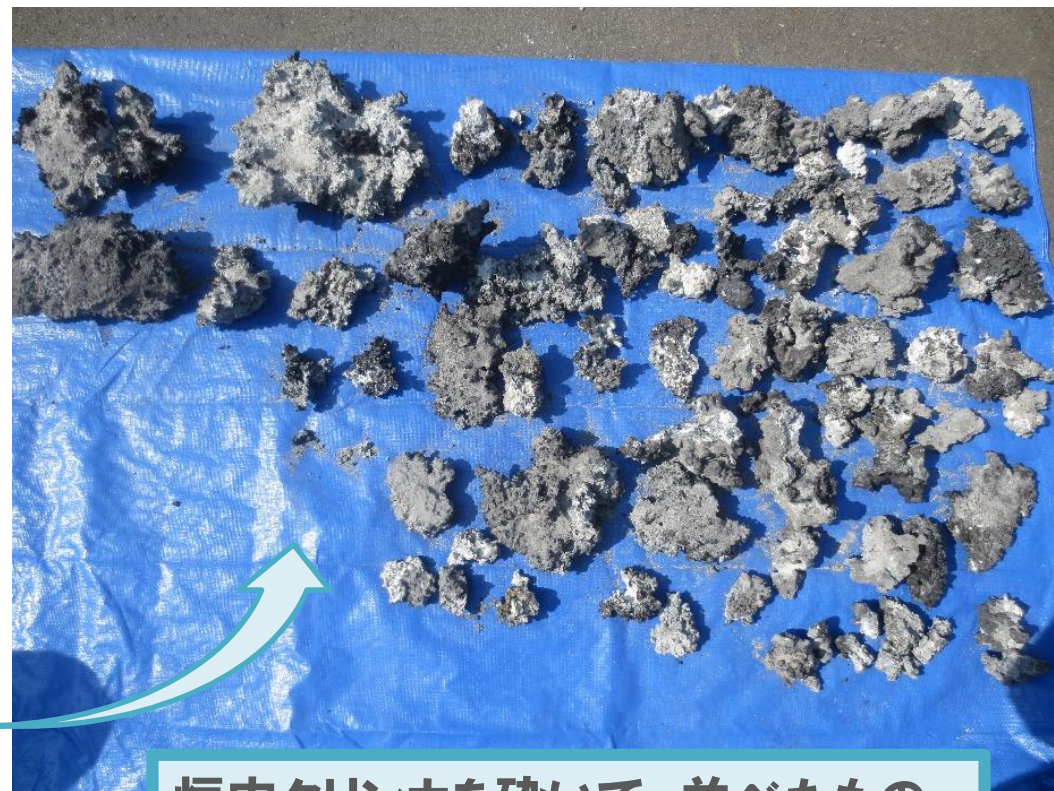
本事業では
高いガス化稼働率実現のために
必要な燃料性能の検証とその検証方法、適切なガス化燃料用への改質の可能性、それに基づく燃料規格の見直しを検討する。
燃料性能の適正な評価方法を確立することで、小型ガス化CHPを安心して普及させることができるようにする。



スギペレットによる2週間(336時間)連続運転後、
熱分解層と部分酸化層の境に**クリンカ**が約100kgほど発生



宮崎県串間市大生黒潮発電所7号機における炉内写真



炉内クリンカを砕いて、並べたもの
炉内清掃時に2時間程度かかる

串間発電所のペレットは欧州規格、メーカー推奨値を 満たしていた

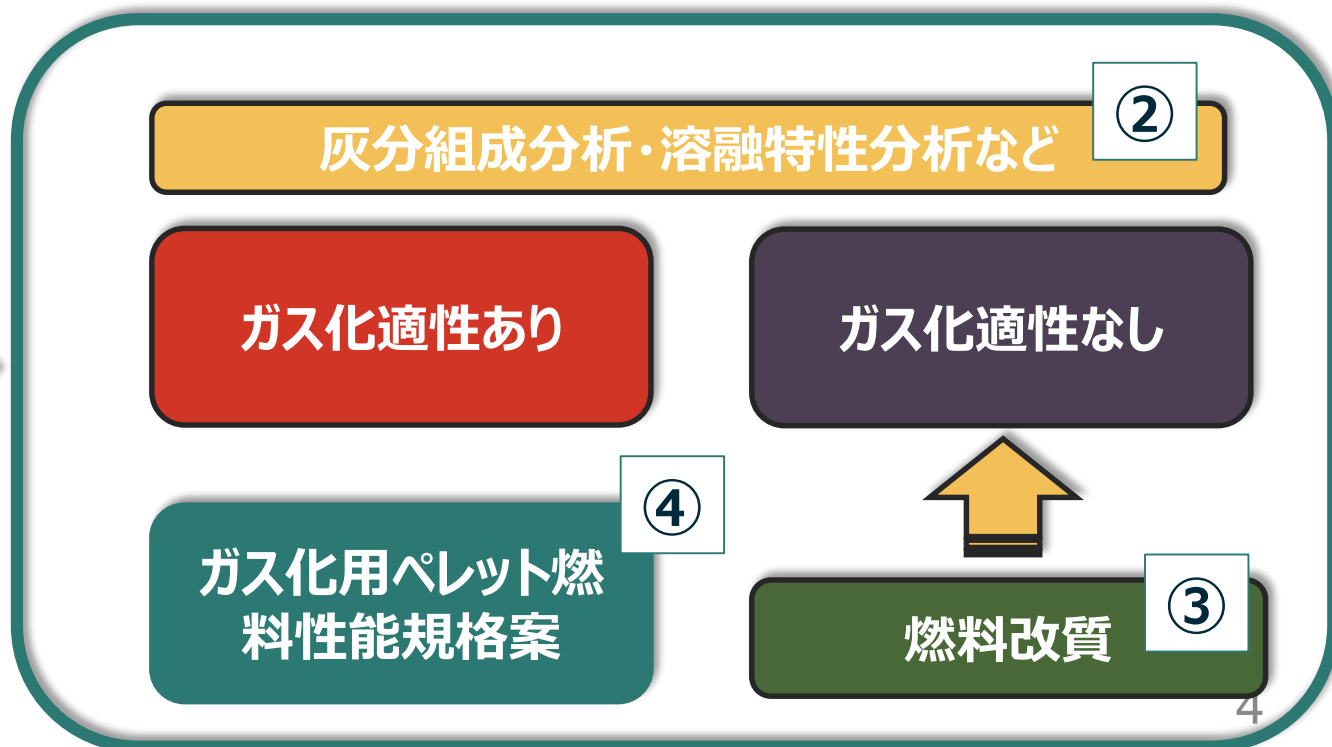
●BURKHARDT社が要求するペレット規格であるEN plus A1を満たしたペレットを製造

→それでもクリンカトラブルにより安定運転が達成できていなかった（平均連続稼働時間1-2週間(168-336時間)）

●メーカー公表のメンテナンスまでの平均連続稼働実績時間は4週間（672時間）以上（年間で7,900時間以上）

項目	単位	EN plus A1	実測値 平均/ 分析値	適合	備考
直径	mm	6 or 8(±1)	<u>6.12</u>	○	2018/12/10 サンプリング
長さ	mm	3.15-40	<u>100%</u>	○	2019/5サンプリング 範囲内の満足率
かさ密度	kg/m ³	600-750	674	○	2018/12/10～ 2019/2/5まで98サ ンプルの平均値
含水率	wt-%	≤10	7.1%	○	
機械的耐久性	wt-%	≥98	99.4%	○	
低位発熱量	MJ/kg	≥16.6	<u>17.6</u>	○	2019/5サンプリング
灰分	wt-% dry	≤0.7	<u>0.66</u>	○	2018/12/10 サンプリング
DT	°C	≥1200	<u>1330</u>	○	2018/12/10 サンプリング

- ① 日本各地におけるスギ等の材やスギ等のサンプル収集・分析
- ② ガス化条件における燃料性状、特に**灰特性に着目し、ガス化適性の検証を行う**
- ③ ②で適性がないと判定されるものでも燃料改質等により、**ガス化への適性化の実現可能性を確認する**
- ④ 上記検証に基づいてスギ等用いたペレットにも適用できる**新たなガス化用ペレット燃料性能に関する規格案に関する考察を行う**



各地のスギ・ヒノキサンプルの灰組成には大きな差異が

ドイツ平均
K₂O:18.9%

日本サンプル平均
K₂O:32.9 %

串間市スギ平均
K₂O:43.5 %



- EN plus A1やISO規格では灰溶融性測定法として、CEN/TS15370-1を指定。
- 測定雰囲気として、酸化雰囲気（空気、 CO_2 ）、還元雰囲気（ CO_2/CO 、 H_2/CO_2 ）のどちらかで測定。（リコメンデーションなし）そのため、**業界では酸化雰囲気（空気）での測定結果で適否が判断されてきた。**
- ISOでは灰溶融性測定結果提示、欧州規格では、DT(Deformation Temperature) が 1200°C 以上がA1クラスの要件としている。
- **しかし、カリウム含有量が高いサンプルについては測定雰囲気によって、大きく結果が異なることが明らかになった。**

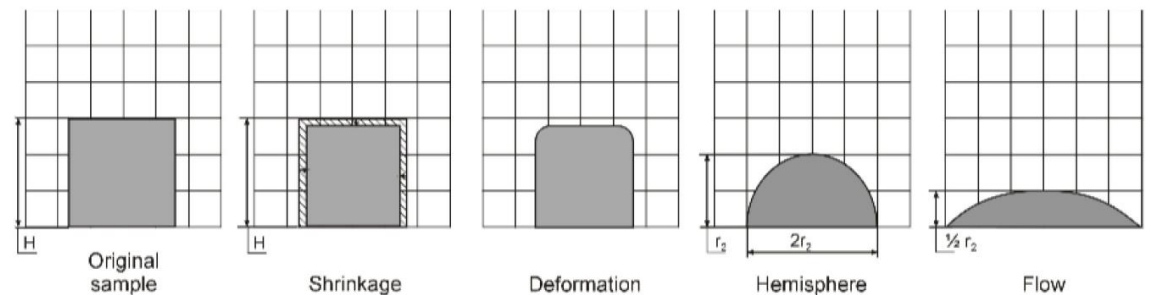


Figure 1 - Phases in the ash melting process (original shape = shape and size at 550°C)

7.1 Test atmosphere

- An oxidizing or reducing atmosphere depending on the application can be used.
- An oxidizing atmosphere is obtained with air or carbon dioxide.
- The reducing atmosphere is obtained by introducing a mixture of
 - a) 55 % (V/V) to 65 % (V/V) carbon monoxide with 35 % (V/V) to 45 % (V/V) carbon dioxide or
 - b) 45 % (V/V) to 55 % (V/V) hydrogen with 45 % (V/V) to 55 % (V/V) carbon dioxide into the furnace at a minimum linear rate of flow past the test piece between 100 – 250 mm/min, calculated at ambient temperature.

NOTE The flow rate is not very critical, provided that in the case of reducing atmosphere it is sufficient to prevent any leakage of air into the furnace. However, the same flow rate level is recommended also for oxidizing atmosphere. For furnaces with larger diameter a flow around 400 mm/min for reducing atmosphere may be needed. In all cases refer also to manufacturer instructions. The flow rate for rotameter adjustment can be calculated by multiplying the flow rate in mm/min with the inside cross-section area of the furnace tube and converting to units litres/min.

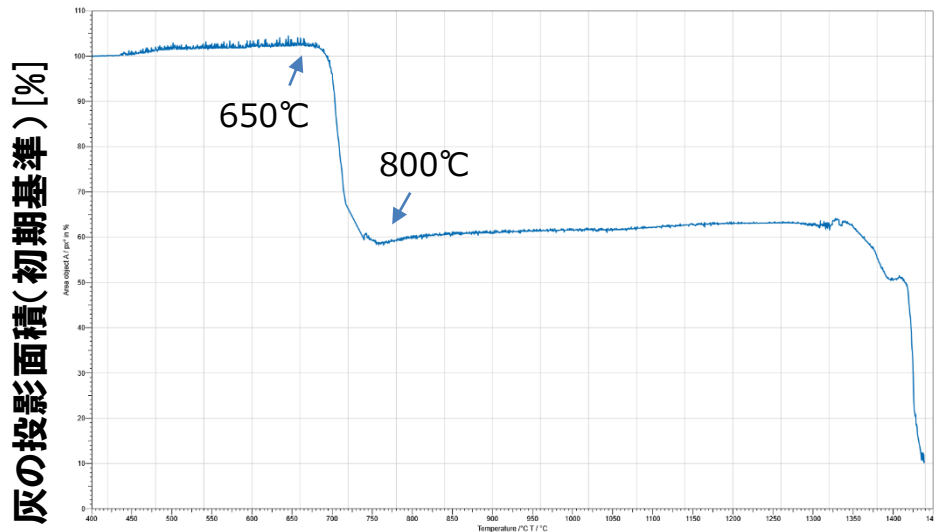
抜粋 : CEN/TS15370-1 September 2006
Solid biofuels-Method for the determination of ash melting behaviour- Part1:Characteristics temperatures method

測定雰囲気の違いと灰溶融特性が異なる ①DT, HT, FT

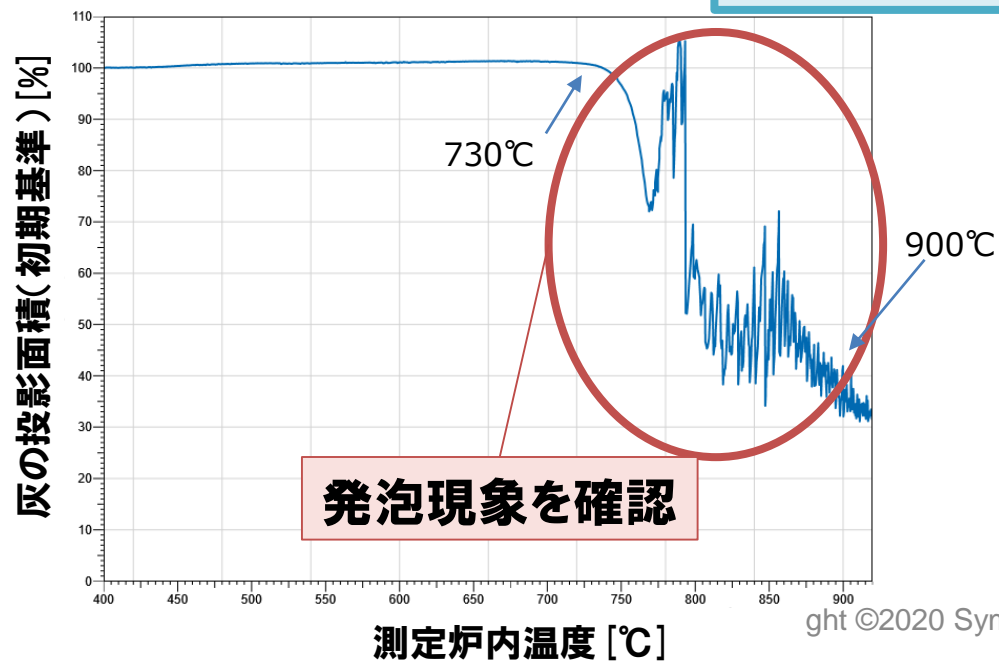
	M-6	T-1-2	M-1	M-2	M-3	M-4	D-5
wt%	サンプルH (スギ/芯材)	サンプルE (スギ)	サンプルD (スギ)	サンプルD (スギ/辺材)	サンプルA (スギ/芯材)	サンプルA (スギ/辺材)	ドイツ CHP用
K ₂ O	64	57	44	42	14	10	22
SiO ₂	0.94	2.5	2.1	4.6	35	43	7.3
Al ₂ O ₃	0.54	0.73	1.4	3.0	11	12	1.9
CaO	24	25	36	34	18	14	45
DT[°C]							
酸化雰囲気	1430	715	1405	1395	1150	1155	1460
還元雰囲気	705	725	770	765	1090	1135	1480
CO ₂	695	715	755	760	1160	1150	1430
HT[°C]							
酸化雰囲気	1435	1495	1430	1420	1210	1210	1475
還元雰囲気	730	760	800	795	1140	1175	1495
CO ₂	735	750	790	790	1210	1210	1460
FT[°C]							
酸化雰囲気	1445	1505	1490	1435	1410	1390	1510
還元雰囲気	745	775	1445	920	1395	1405	1505
CO ₂	750	770	1430	900	1440	1445	1480

測定雰囲気が違うと灰溶融特性が異なる ②投影面積、発泡

サンプルD 酸化雰囲気

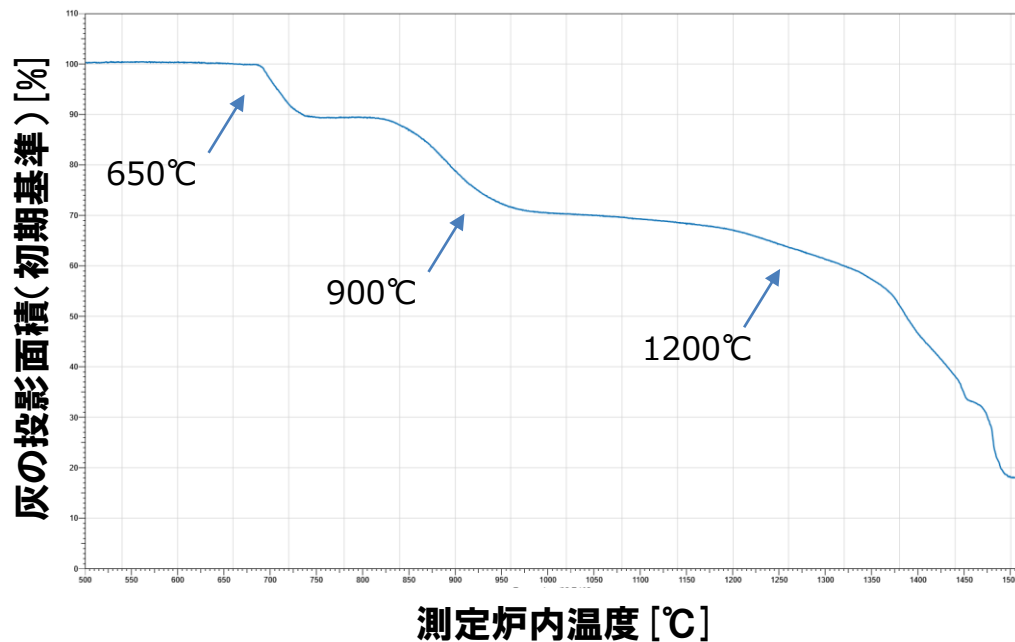


サンプルD 還元雰囲気

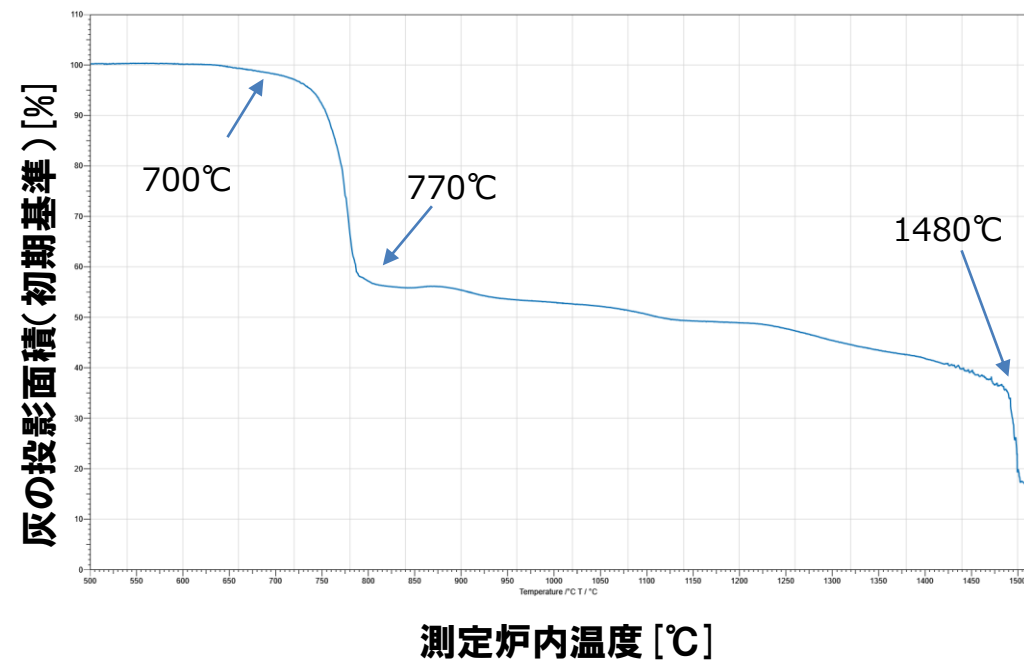


測定雰囲気が違うと灰溶融特性が異なる ③ドイツの場合

ドイツサンプル 酸化雰囲気



ドイツサンプル 還元雰囲気



燃料改質によりガス化適性の改善が可能になった

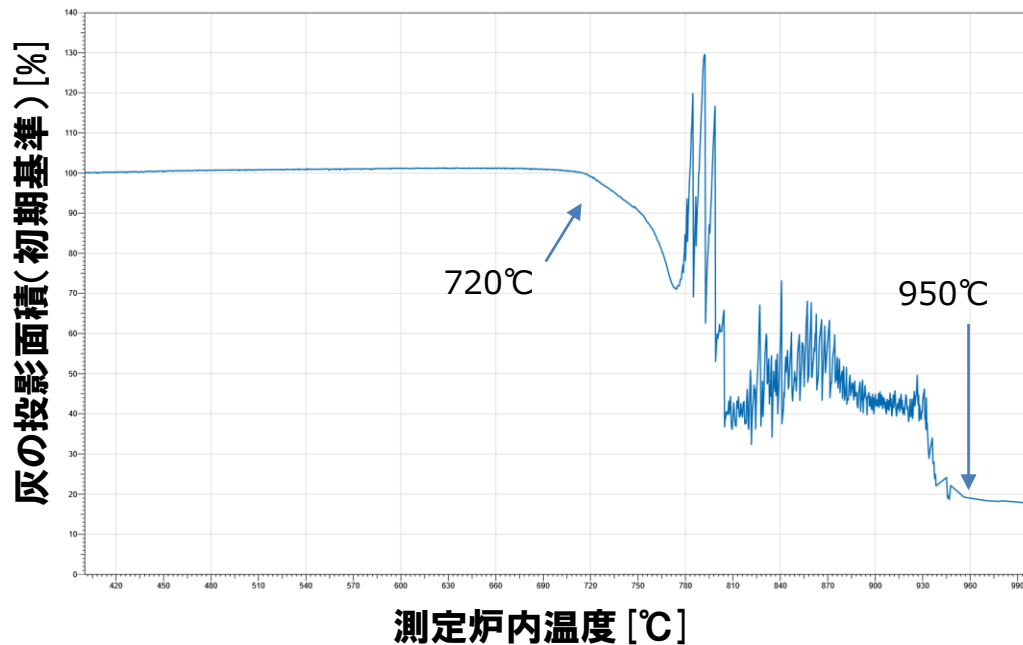
燃料改質をした串間の全木ペレットの、還元雰囲気での融点測定を実施
⇒DT、HT、FTの上昇が確認された

wt%	宮崎県串間市 (燃料改質前)	宮崎県串間市 (燃料改質後)
酸化雰囲気【°C】		
軟化点 (DT)	1410	1320
溶融点 (HT)	1435	1350
流動点 (FT)	1530	1395
還元雰囲気【°C】		
軟化点 (DT)	775	1325
溶融点 (HT)	800	1375
流動点 (FT)	980	1495

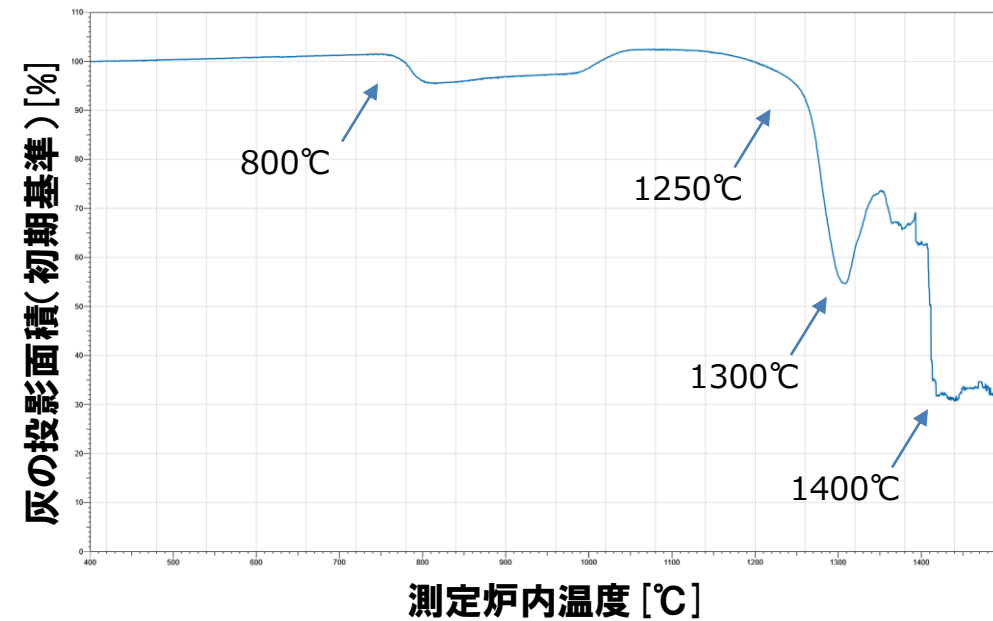
燃料改質により大幅に灰溶融特性を改善できた

宮崎県串間市ペレット 還元雰囲気

対策前



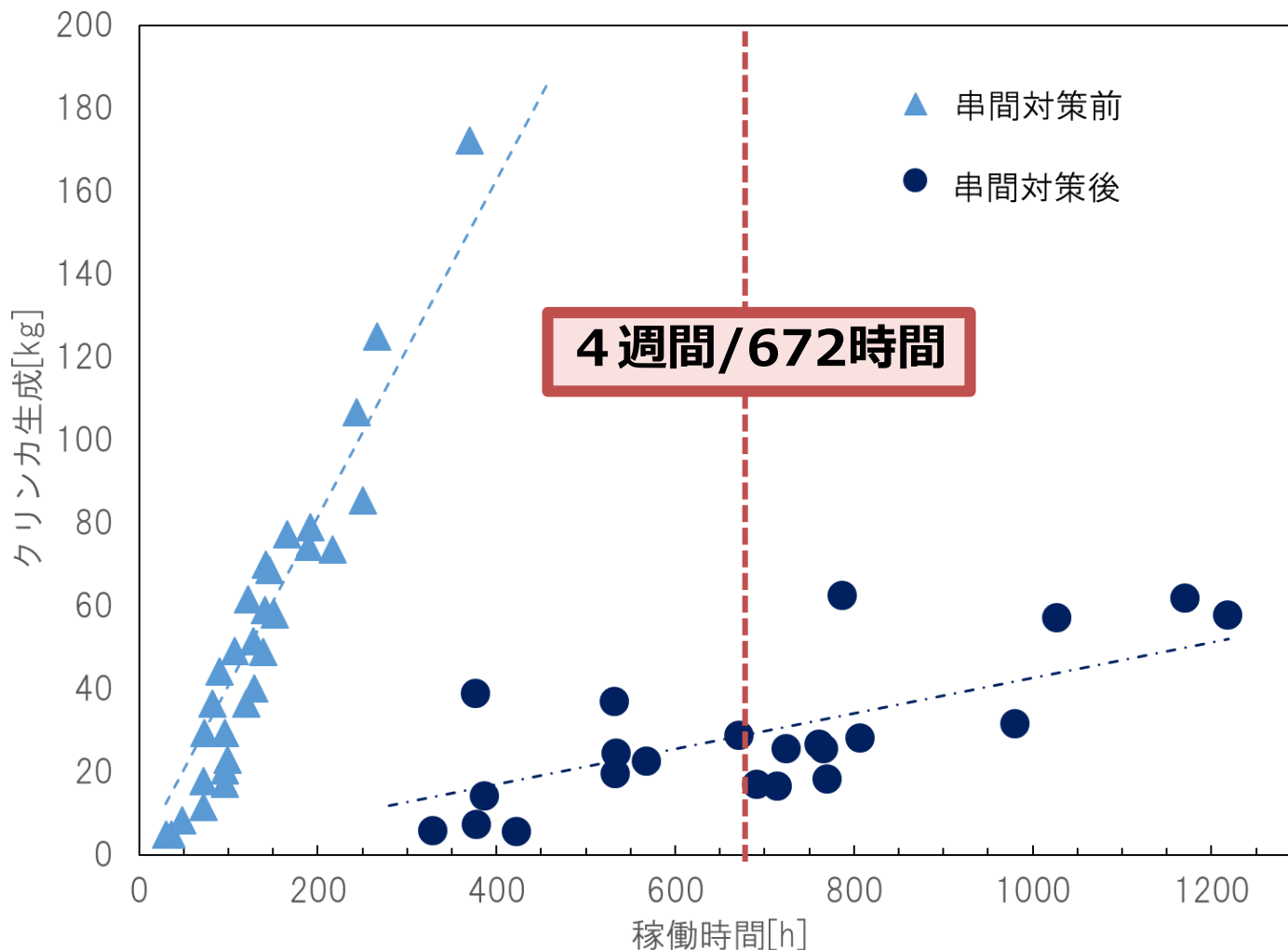
対策後





燃料改質によりクリンカ生成速度は大幅に低減 ガス化炉長期連続運転が可能に

ガス化炉稼働時間とクリンカ生成量の関係の
対策前後の比較



- 串間市プラントにおけるガス化炉平均運転時間
 - 対策前：137時間
 - 対策後：689時間
- メーカー公表のメンテナンスまでの平均連続稼働実績時間4週間（672時間）以上を満たす
⇒ ガス化に適さないカリウム含有量が多い原料でも、本燃料改質技術を実施すれば、**ガス化材として適切な燃料にすることが可能**

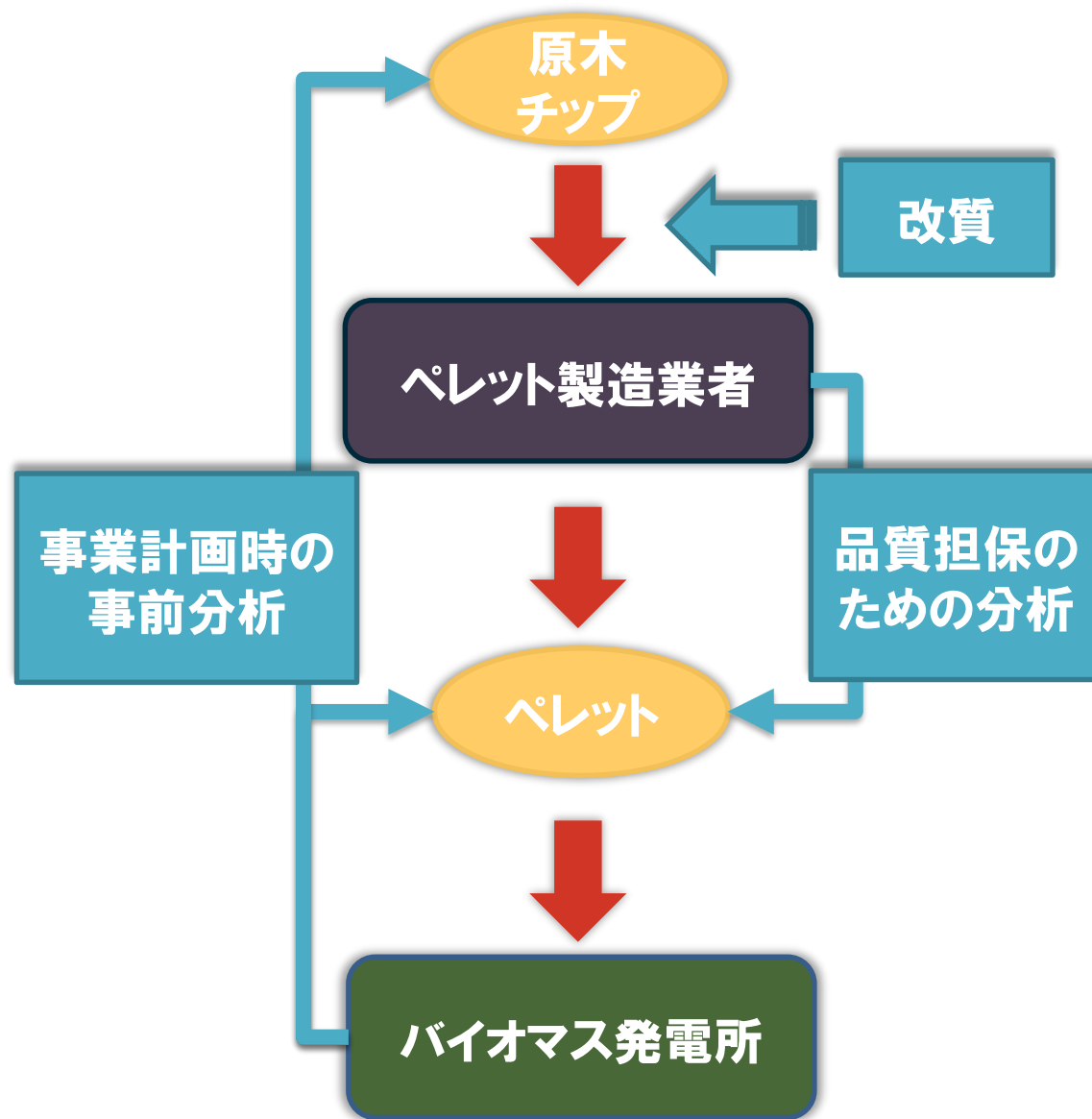
地域内エコシステム構築への本事業成果の貢献

●地域内エコシステム構築のために、未利用バイオマス資源を用いた小型ガス化CHPの活用が試みられてきたが、ISOや欧州規格を満たしていても著しいクリンカ生成による障害が多発してきた。

●本事業の結果から、小型ガス化CHPの**高い稼働率実現のためには、ガス化条件に合わせ、還元雰囲気もしくはCO₂による酸化雰囲気**でバイオマス燃料灰の特性を評価すべきこと、**燃料改質によって、地域のバイオマス燃料の正確な評価と、利用が可能となること、を明らかにした。**

●運用前に以下の3点を事前に実施すれば、安心して地域内エコシステム構築事業を推進できる

- ①燃料中のカリウム含有量の測定
- ②還元雰囲気もしくはCO₂による酸化雰囲気下での灰溶融性測定
- ③カリウム濃度が高い場合、**燃料改質**



● ガス化用ペレット性能規格立案のために検討すべき事項

- ① 灰溶融性測定において還元雰囲気もしくはCO₂による酸化雰囲気の指定
 - 高カリウム含有のスギ材では測定雰囲気の違いにより測定結果が異なる
- ② カリウム含有量の測定
 - 高カリウム含有のスギ材ではガス化炉内でクリンカの形成が著しい

● 規格化に向けた課題

◆ 条件(閾値)の明確化

◆ DT測定に代わる評価基準の制定

- 石炭灰とは違い、バイオマスのDT評価は軟化状態が非常に分かりにくく、属人的なばらつきが生じやすい(酸化雰囲気においても)。
- 投影面積、発泡性の有無等での評価など、新規の評価手法の開発が必要

本事業のまとめ

- 日本各地のスギ・ヒノキ等のサンプルの収集・分析実施(日本:約12か所、独:1か所)
- 同種のスギでもカリウムの含有量にかなりのばらつきがあり、ドイツと比較して、日本のスギのカリウム含有量は平均して高いことが明らかになった。
- これまでの欧州規格では、灰溶融性測定法として、酸化雰囲気(空気、CO₂)、還元雰囲気(CO₂/CO、H₂/CO₂)のどれかでのDT,HT測定を指示している。しかし、そのどれを選択するかについての指示はなかった。
- 今回の事業で、
 - ①カリウム含有量の高い試料(スギ)の場合について、「CO₂による酸化雰囲気」と「還元雰囲気(CO₂/CO、H₂/CO₂)」でのDT,HT等の測定結果は類似していること;一方、「空気による酸化雰囲気」の結果とは大きく異なること;また、形状の変化(発泡現象)も大きく異なること、の3点が、明らかになった。
このことより、主として還元雰囲気で行う熱分解ガス化用の燃料についての灰溶融性測定には、「還元雰囲気」ないし安全性に優れる「CO₂による酸化雰囲気」を指定することが望まれる。
 - ②カリウム含有量の高いバイオマス燃料を改質し、効果を試験した。
改質ペレットの溶融点を還元雰囲気化で測定した結果、DTやHTの十分な上昇が確認された。
また、実機での改質ペレットによる運転を実施しており、平均連続稼働時間を対策前後で137時間⇒689時間に延ばし、メーカー公表のメンテナンスまでの平均連続稼働実績時間4週間(672時間)以上を達成した。
 - ③以上に基づいて、ガス化用ペレット性能規格の改訂のために検討すべき事項を明らかにした。
 1. 灰溶融性測定において還元雰囲気もしくはCO₂による酸化雰囲気の指定
 2. カリウム含有率の測定

今後の課題

- 条件(閾値)の明確化
- DT測定に代わる評価基準の制定