

「平成23,24年度地球温暖化対策技術開発等事業」

石炭焚火力のCO₂排出原単位半減に向けた バイオマス高比率混焼技術の開発

平成26年1月16日(木)

代表者： 株式会社IHI
共同実施： 東北大学，千葉大学

株式会社 IHI

1. 背景・目的
2. 実施内容
3. まとめ

1. 背景・目的

2. 実施内容

3. まとめ

1. 背景・目的(1) 石炭火力をめぐる最近の内外状況

安定で安価な石炭火力発電のCO₂低減は、必須項目。

海外(米国)の状況
石炭火力への厳しい要求

日本国内
固定価格買取制度の発足(H24年7月)
バイオマス電力の高価引取りの法制化



	バイオマス	メタン発酵 ガス化発電	未利用木材 燃焼発電 (※1)	一般木材等 燃焼発電 (※2)	廃棄物 (木質以外) 燃焼発電 (※3)	リサイクル 木材燃焼発 電 (※4)
調達価格		40.95円 (39円+税)	33.6円 (32円+税)	25.2円 (24円+税)	17.85円 (17円+税)	13.65円 (13円+税)
調達期間		20年間	20年間	20年間	20年間	20年間

(※1)間伐材や主伐材であって、後述する設備認定において未利用であることが確認できたものに由来するバイオマスを燃焼させる発電
(※2)未利用木材及びリサイクル木材以外の木材(製材端材や輸入木材)並びにパーム椰子殻、稲わら・もみ殻に由来するバイオマスを燃焼させる発電
(※3)一般廃棄物、下水汚泥、食品廃棄物、RDF、RPF、黒液等の廃棄物由来のバイオマスを燃焼させる発電
(※4)建設廃材に由来するバイオマスを燃焼させる発電

出典:資源エネルギー庁 HP

2013/11/29,日本経済新聞 朝刊記事(抜粋)

【ワシントン=矢沢俊樹】米国のオバマ政権が石炭火力発電の本格的な規制強化に乗り出した。米国の内外を問わず、新設する石炭火力プラントの二酸化炭素(CO₂)排出に厳しい「米国基準」の順守を迫る内容。大量のCO₂を排出する中国や欧州を念頭に締め付けを強め、最新技術の導入促進につなげる狙いがあるとみられる。石炭火力の需要が増える新興国などでは低コストを求める事情もあり、波紋を広げている。

石炭火力発電規制の発端は、オバマ大統領が今年6月に発表した気候変動の行動計画だ。2020年までに05年比で温暖化ガス排出量を17%削減する内容で、CO₂排出が多い石炭の規制が目玉のひとつとなっている。

具体化に向け、米環境保護局(EPA)は9月、**新設する石炭火力発電所のCO₂排出量の上限を従来の水準より4割ほど低い「1メガワット(1000キロワット)時あたり1100ポンド(約500キログラム)」に制限する新規制を公表**。CO₂を地下に貯留する最新技術を使わない限り、石炭火力を事実上阻止する内容とされる。地下貯留には数百億円規模の費用がかかる。

◆新興国の石炭輸入に影響 米財務省も10月末、国内外を問わず、石炭火力発電向けの公的融資を例外を除き原則打ち切る方針を決めるなど、手綱を緩める気配はない。米の発言力が大きい世界銀行や米輸出入銀行も、途上国向け石炭火力向けの融資を制限すると表明。欧州の国際金融機関も同調しそうな雲行きだ。

発電所の建設費用は数千億円に上ることもあり、各国の金融機関が融資を組成する場合に公的機関を組み込んで信用力を高める場合が多い。

1. 背景・目的(2) 石炭火力の低炭素化技術

代表的なCO2削減技術

方式	システム	特徴
高効率化 (A-USC)	蒸気温度を700℃に上げ、再熱系を2段として、プラント効率を向上。燃料使用量を低減する。	<ul style="list-style-type: none"> ・高温高強度材料の確認試験済。 ・適用材の実缶試験を予定。 ・国家プロジェクトとして、推進中。
木質バイオマス混焼	石炭で使用される微粉炭機を用いて、木質バイオマスを単独粉碎または石炭と混合粉碎して、バーナーで燃焼させる。	<ul style="list-style-type: none"> ・フレキシブルで導入し易い。 ・既設プラントへの対応可能。 ・バイオマス燃料形態により影響有。 ・微粉燃焼設備の増強で混合率UP可能。

即効性のある対策として期待

代表的なCO2回収技術

方式	システム	特徴
酸素燃焼方式	燃焼用空気から窒素を分離し、高純度の酸素を利用することで、燃焼排ガスからCO2を直接回収する方式	<ul style="list-style-type: none"> ・排ガスの減容化 ・既設プラントへの対応可能 ・全量回収に適する
燃焼排ガス方式	空気燃焼による排ガスから、アミン吸収液や透過膜を用いてCO2を分離・回収する方式	<ul style="list-style-type: none"> ・吸収設備の追設 ・部分回収などにも対応可能 ・吸収技術は既存技術の範疇
燃焼前回収方式	石炭をガス化・発電するプロセス (IGCC) において燃焼前にCO2を分離・回収する方式	<ul style="list-style-type: none"> ・C/Cのため効率は高い ・酸素製造設備に加えてガスタービンなどの機器が必要となる

1. 背景・目的(3) 技術課題

石炭火力におけるバイオマス利用に関する技術課題

現状では混焼は5cal%程度が限界

1. 木質バイオマスの形態は何が良いか？

= 国内木質バイオマスの収集・加工・輸送コストが不明 =

2. 木質バイオマス燃料をどう粉砕するか？

= 微粉炭機の粉砕能力の大幅低下によるバイオマス受入量の制約 =

3. 木質バイオマス燃料をどう燃焼させるか？

= バーナ, ボイラ火炉への影響が未確認 =

4. 混焼時の伝熱特性・排煙処理は？

= バイオマス燃焼灰(塩基性成分)の影響が未確認 =

1. 背景・目的(4) 環境省殿補助事業

環境省殿受託事業の概要

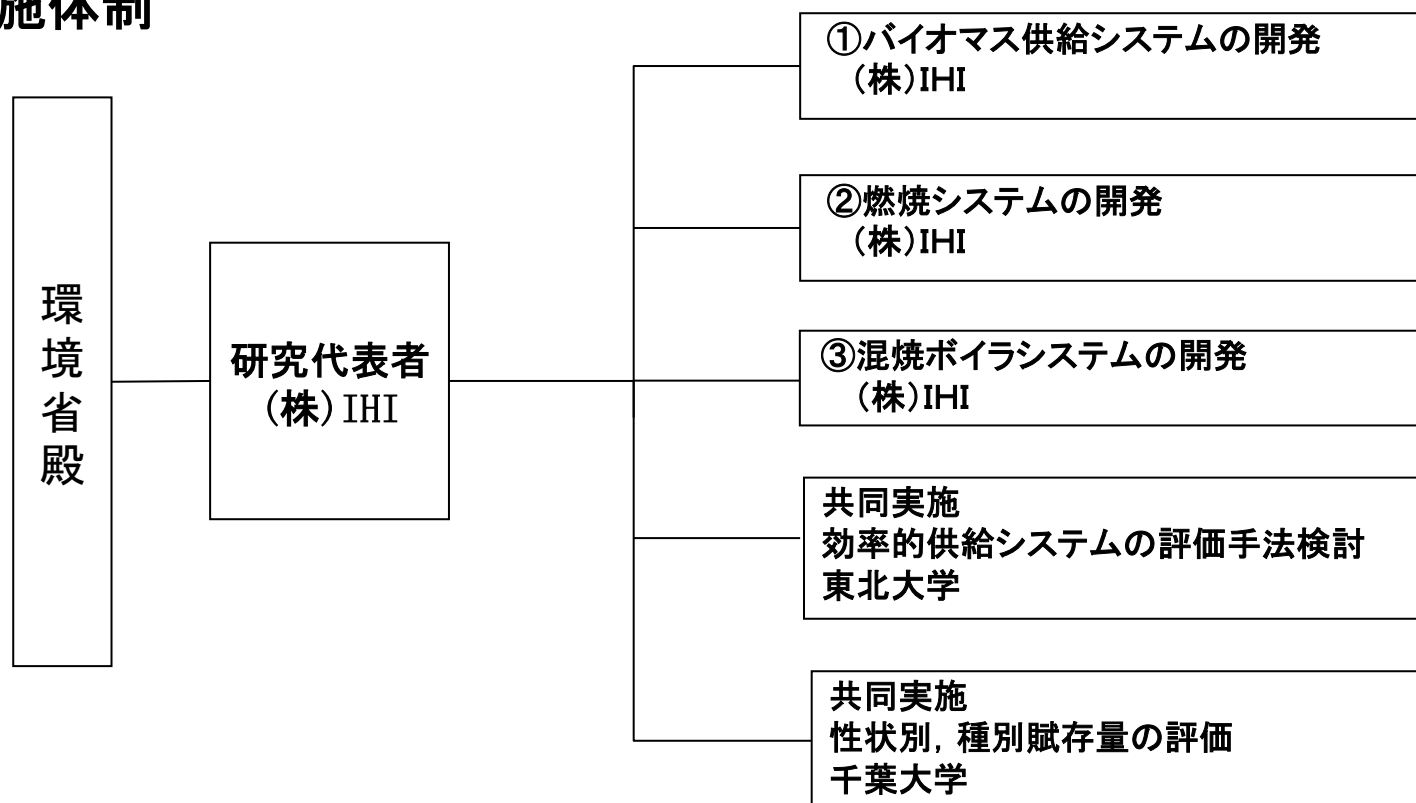
平成23,24年度 地球温暖化対策技術開発事業に採択される。

提案課題:『石炭焚火力のCO₂排出原単位半減に向けたバイオマス高比率混焼技術の開発』

受託予算: H23年度 55百万円 H24年度 72百万円

補助率: 100%

事業実施体制



1. 背景・目的

2. 実施内容

3. まとめ

2. 実施内容(1)

石炭火力におけるバイオマス利用に関する技術課題

現状では混焼は5cal%程度が限界

1. 木質バイオマスの**形態**は何が良いか？

= 国内木質バイオマスの収集・加工・輸送コストが不明 =

2. 木質バイオマス燃料をどう粉砕するか？

= 微粉炭機の粉砕能力の大幅低下によるバイオマス受入量の制約 =

3. 木質バイオマス燃料をどう燃焼させるか？

= パーナ、ボイラ火炉への影響が未確認 =

4. 混焼時の伝熱特性・排煙処理は？

= バイオマス燃焼灰(塩基性成分)の影響が未確認 =

2. 実施内容(2) バイオマス供給システムの開発

木質バイオマス燃料

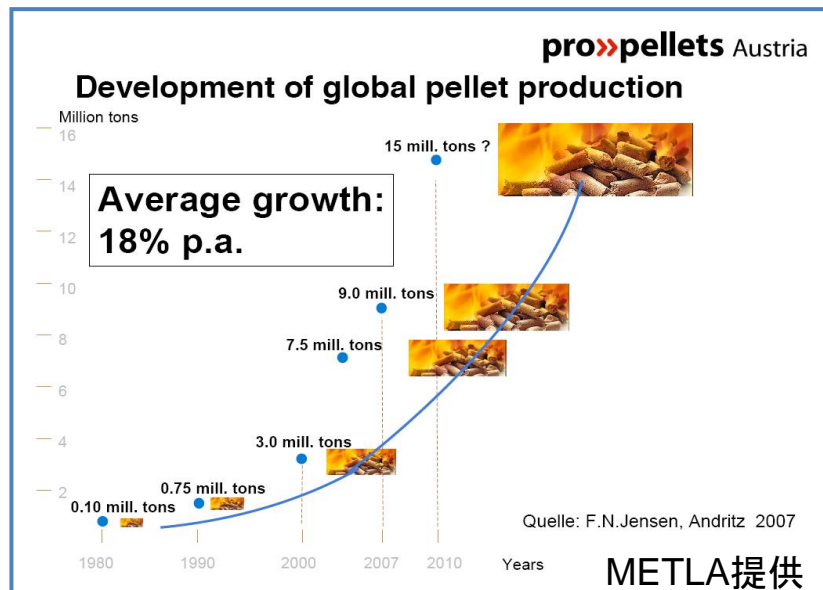
石炭火力で使用される代表的な木質バイオマス燃料には、

- ①間伐材などをチップ化した**木質チップ**
- ②それらを一旦粉砕し、成型した**木質ペレット**がある。



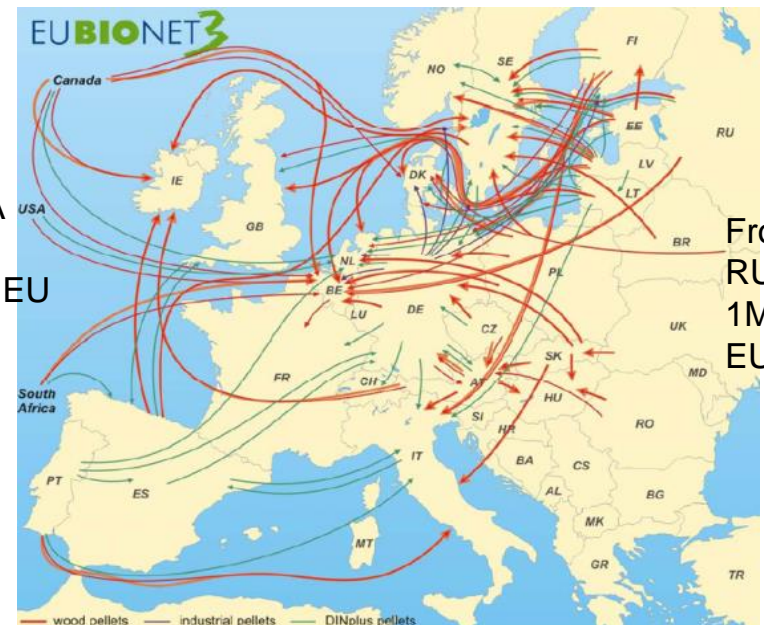
海外調査結果

- ・欧州を中心に、木質ペレット燃料が主流で、2010時点で、15百万トン/年規模の流通実績。



木質ペレットの生産量の動向

European wood pellet flows



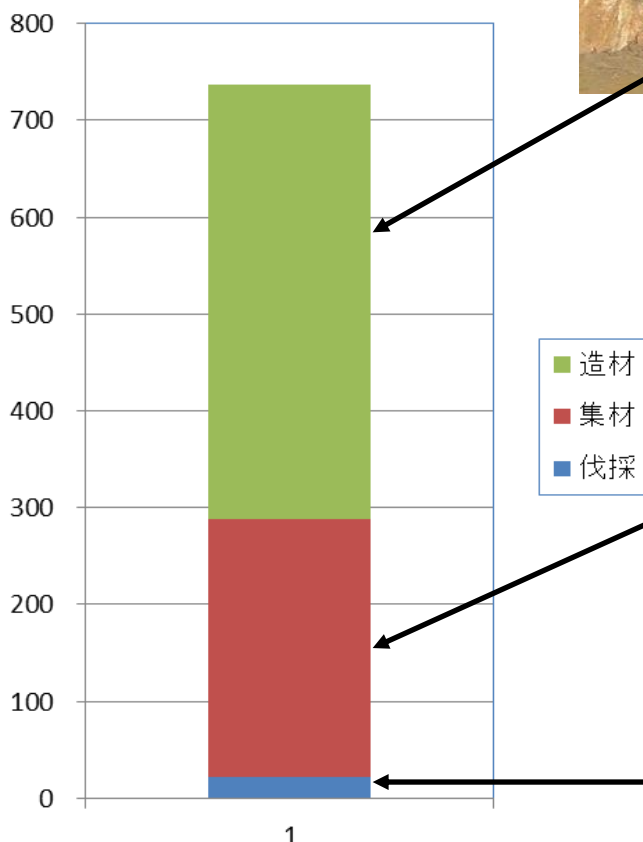
木質ペレットの流通状況

2. 実施内容(3) バイオマス供給システムの開発

伐採、集材、造材に関わるエネルギー消費を実測(高知県)



プロセッサー
(枝打ち、切断)



タワーヤーダー
(樹木の吊り上げ)

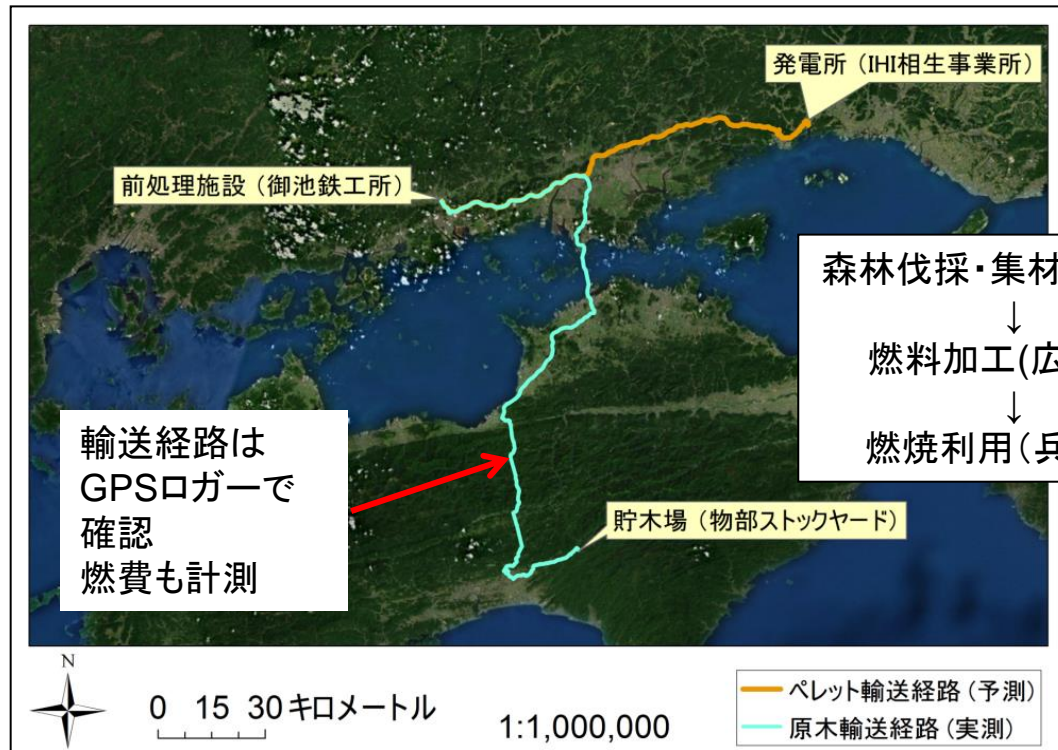
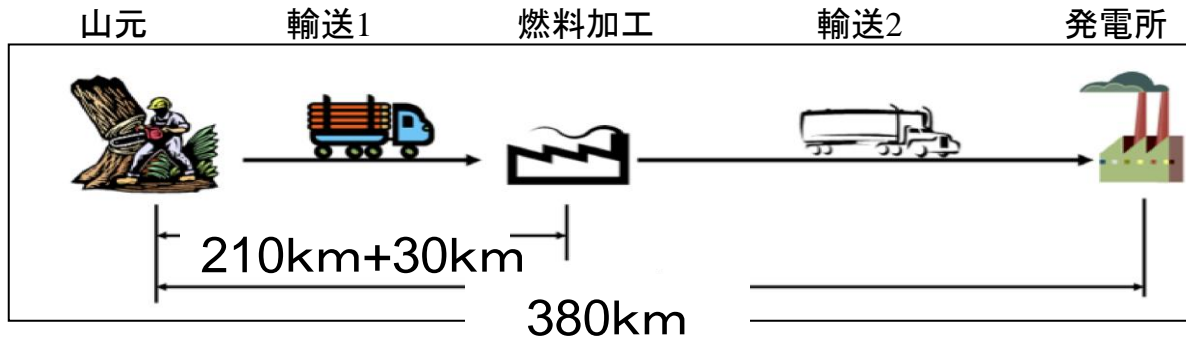


チェーンソー
(伐採)

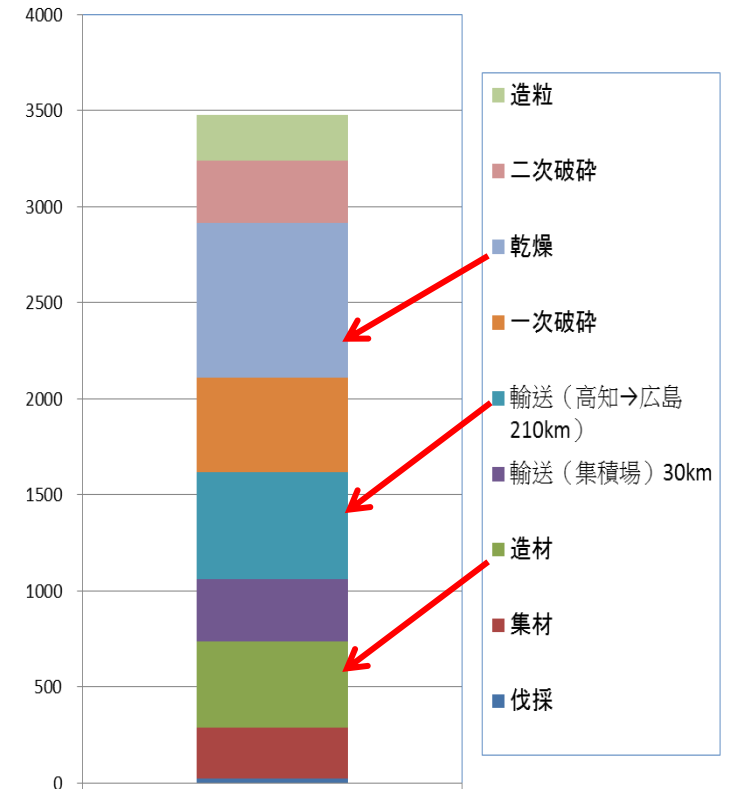
最終製品 1トン当たりの消費熱量(MJ/t)

2. 実施内容(4) バイオマス供給システムの開発

伐採地、貯木場から発電所までの
加工、輸送の全プロセスを実測



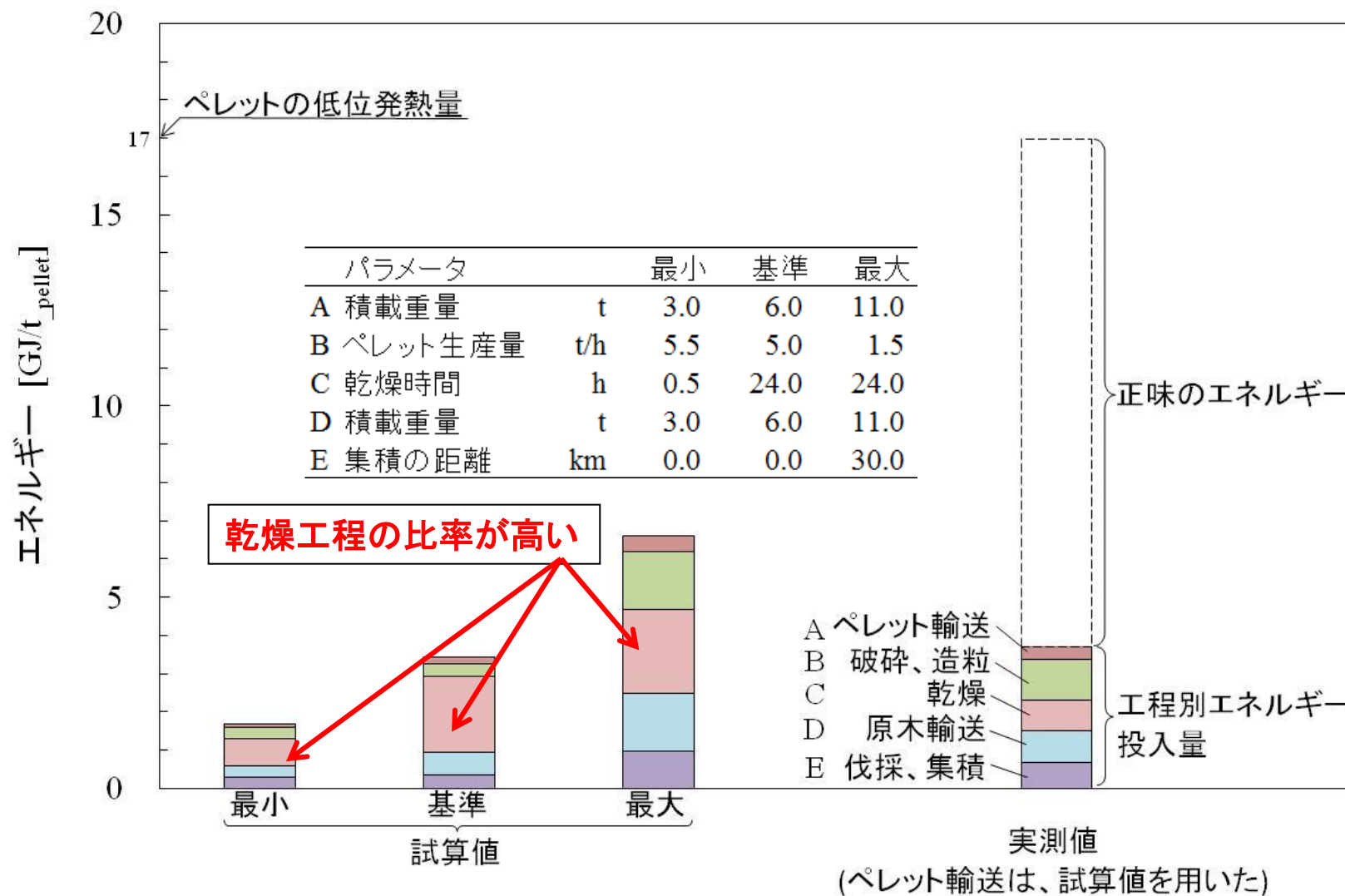
最終的に
山元からペレット製造にいたる
エネルギー消費の総計



最終製品 1トン当たりの消費熱量(MJ/t)

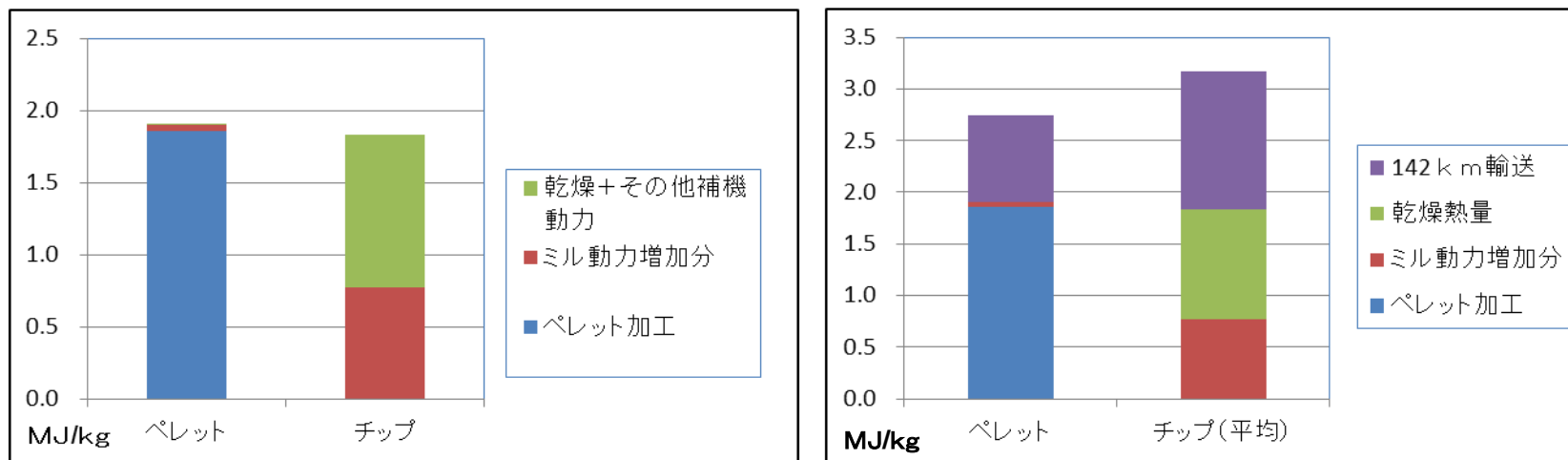
2. 実施内容(5) バイオマス供給システムの開発

ペレット製造に関わるエネルギー投入量の試算と評価



2. 実施内容(6) バイオマス供給システムの開発

木質チップと木質ペレットの製造及び使用時のエネルギー損失比較



注)チップは、使用者(発電)側の消費エネルギーを表示
製造時のエネルギーは含まず

燃料中の水分1%分の熱量	0.22 MJ/kg
走行距離換算(燃料消費量相当)	37.6 Km(ペレット)
	27.4 Km(チップ)

- ・チップとペレットいずれも最終的には乾燥、破砕プロセスが必要
- ・広域収集では工程間の輸送効率の良いほうが有利となる

⇒微粉炭焚き火力での高比率混焼では、ペレットが有利

2 実施内容(0)

石炭火力におけるバイオマス利用に関する技術課題

現状では混焼は5cal%程度が限界

1. 木質バイオマスの形態は何が良いか？
= 国内木質バイオマスの収集・加工・輸送コストが不明 =

2. 木質バイオマス燃料をどう**粉碎**するか？
= 微粉炭機の粉碎能力の大幅低下によるバイオマス受入量の制約 =

3. 木質バイオマス燃料をどう**燃焼**させるか？
= パーナ、ボイラ火炉への影響が未確認 =

4. 混焼時の**伝熱特性**・**排煙処理**は？
= バイオマス燃焼灰(塩基性成分)の影響が未確認 =

2. 実施内容(7) 燃焼システムの開発



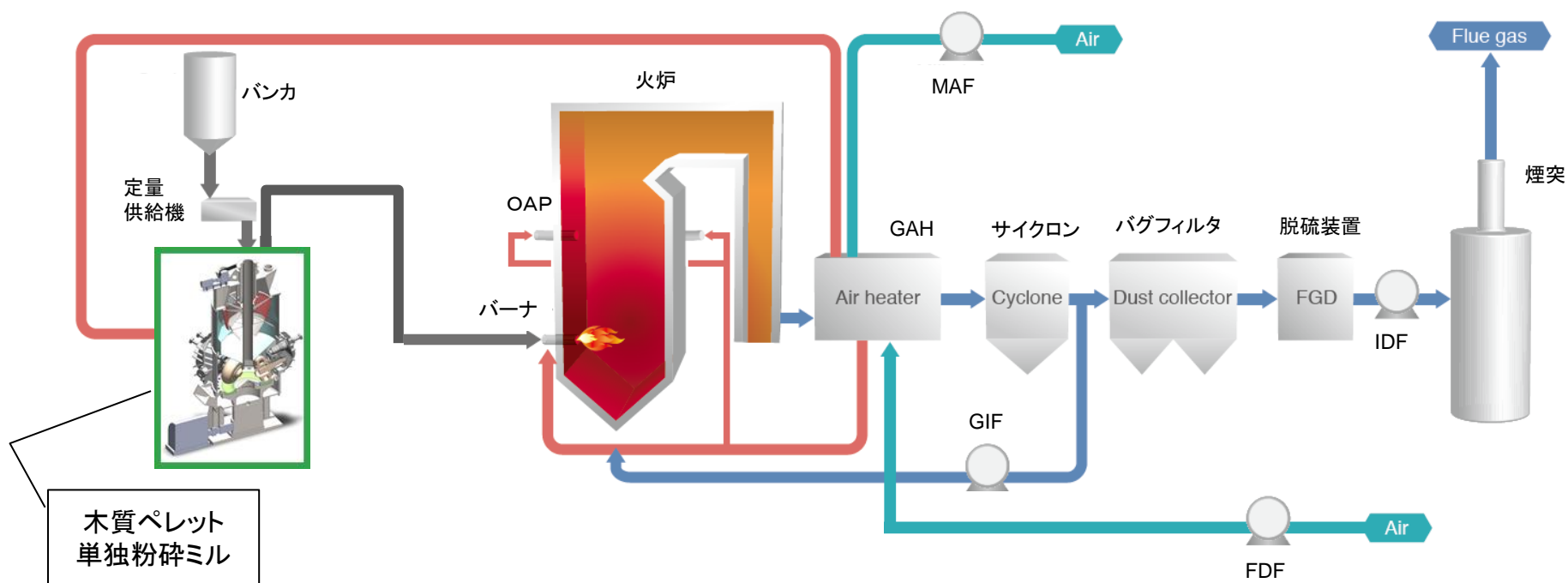
設備仕様

燃焼量	: 石炭1,600kg/h
火炉	: 前面燃焼水冷炉
バーナ	: IHI-DFバーナ, 単一
微粉炭機	: IHI VS-13 (3,000kg/h)
脱硫方式	: 活性炭吸着法

Main flow diagram

主系統図

CFT : Coal Firing Test Furnace

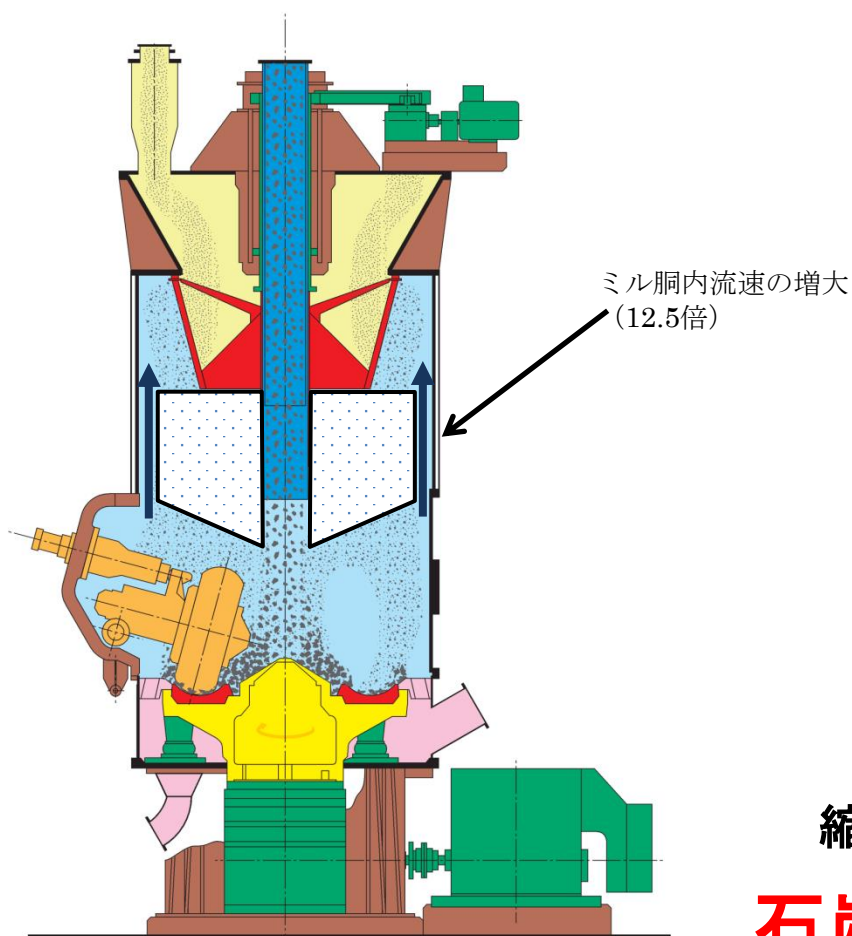


2. 実施内容(8) 燃焼システムの開発

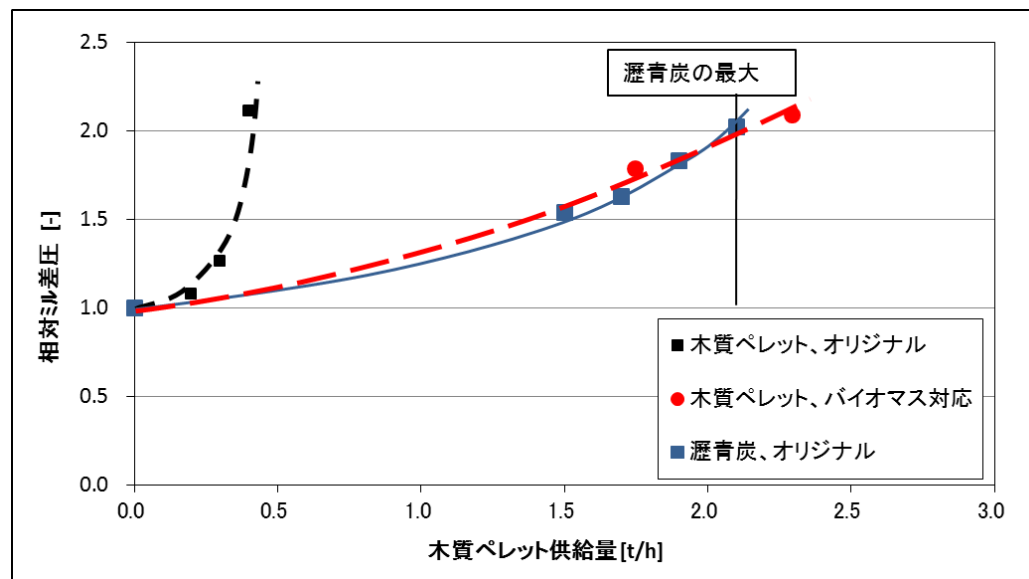
木質ペレットの粉碎容量の改善

木質ペレットについて石炭用ミルに改造を加え、粉碎能力向上を達成した。

1 改造ミルの構造



2 木質ペレット粉碎容量



粉碎生成物

1mm アンダーは93%

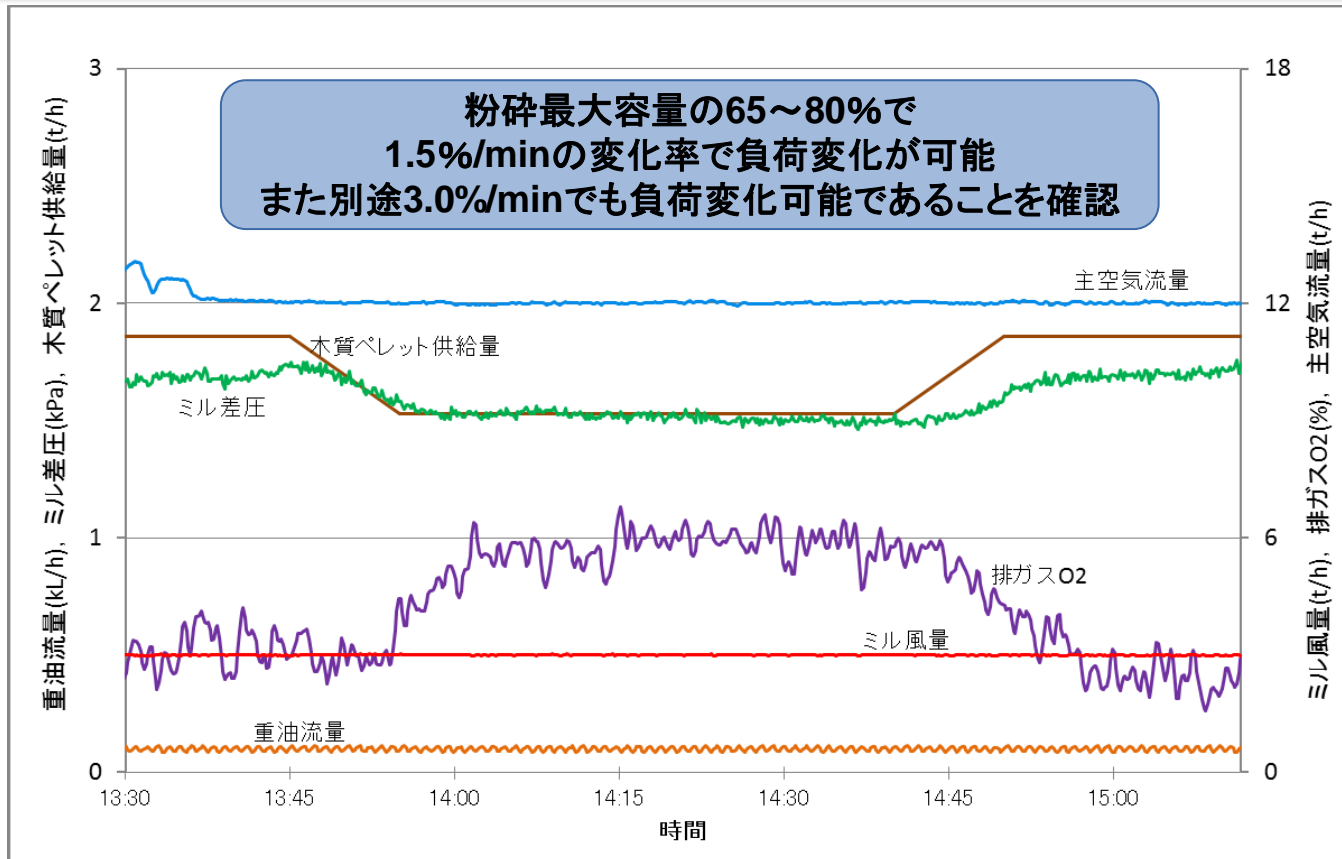
縮流リングによるミル胴内流速の増加

石炭と同等以上の粉碎能力を達成

2. 実施内容(9) 燃焼システムの開発

実際のプラントでの運用において、プラントの負荷変化を木質ペレットで行うことができるか確認するため、負荷変化試験を行なった。

負荷変化時の運転トレンド



石炭粉砕時と同程度の負荷変化ができることを確認

2 実施内容(0)

石炭火力におけるバイオマス利用に関する技術課題

現状では混焼は5cal%程度が限界

1. 木質バイオマスの形態は何が良いか？
= 国内木質バイオマスの収集・加工・輸送コストが不明 =

2. 木質バイオマス燃料をどう粉砕するか？
= 微粉炭機の粉砕能力の大幅低下によるバイオマス受入量の制約 =

3. 木質バイオマス燃料をどう**燃焼**させるか？
= バーナ, ボイラ火炉への影響が未確認 =

4. 混焼時の伝熱特性・排煙処理は？
= バイオマス燃焼灰(塩基性成分)の影響が未確認 =

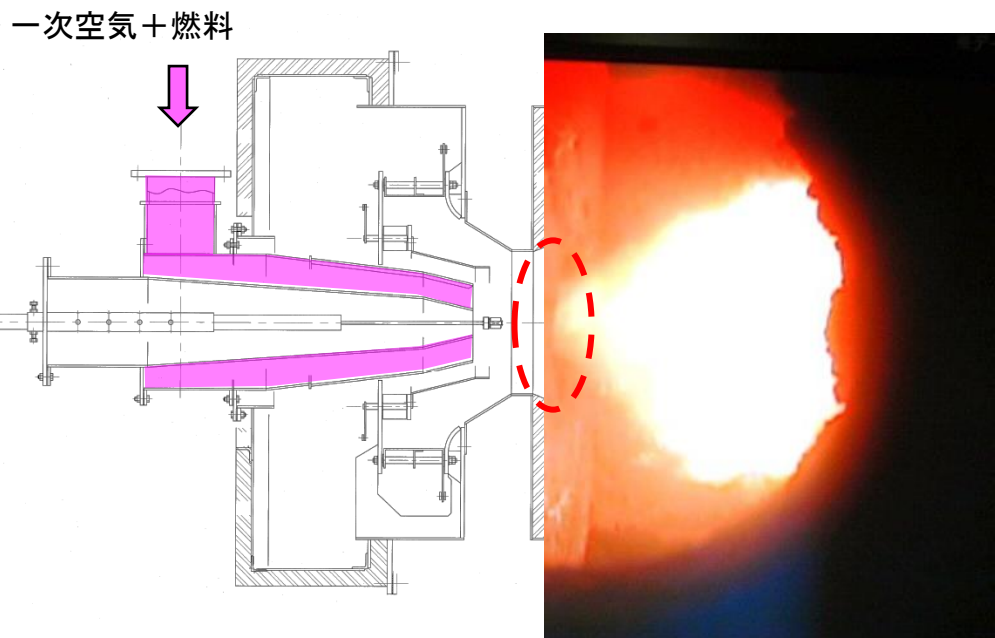
2. 実施内容(10) 燃焼システムの開発

木粉(ペレット粉碎生成物)専焼試験

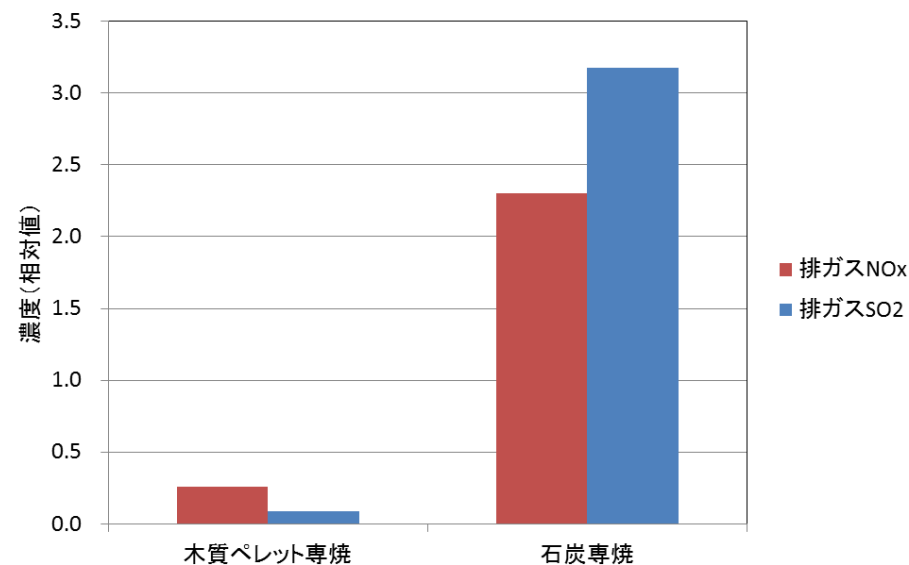
IHI標準のDFバーナで、木粉の専焼が可能であることを確認。

1 木質バイオマスペレットの専焼火炎

2 排ガス性状



火炎の安定性は良好



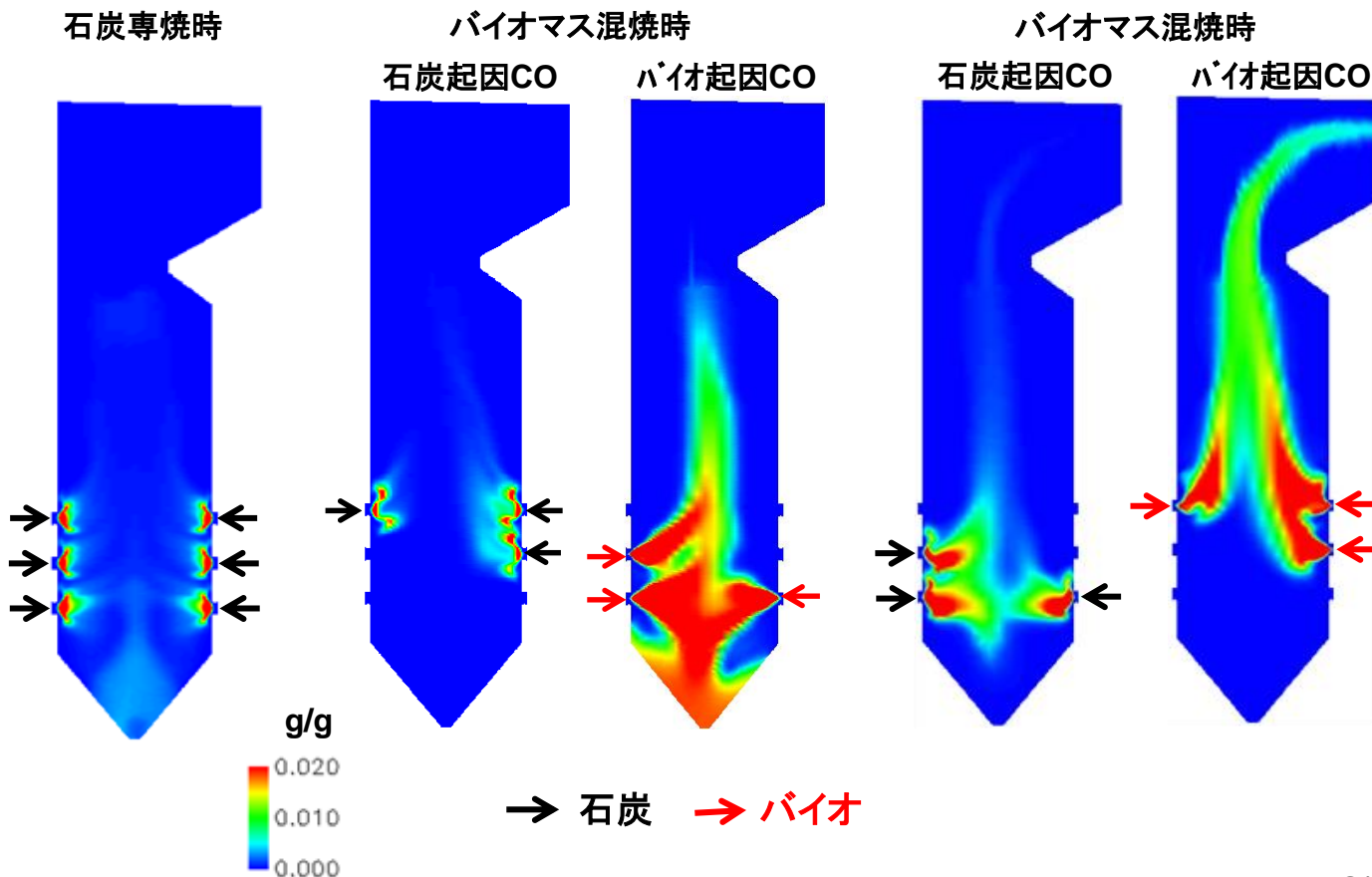
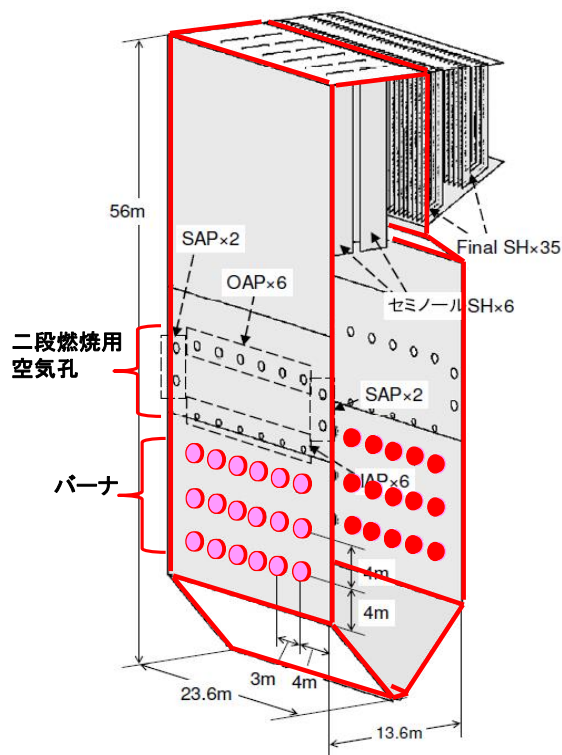
木質ペレット専焼時の燃焼率は高く、NOx, SO2ともに低い

2. 実施内容(11) 混焼ボイラシステムの開発

高比率混焼による炉内燃焼への影響解析(CFDモデル)

- ・木質バイオマスは揮発分が多く、火炉内で比較的早く燃焼する。火炉収熱はやや増加傾向。
- ・バイオマスからのCO発生が多い。炉内の滞留時間を増やす工夫が必要。

(缶左から2番目バーナ部断面) CO濃度



2 実施内容(0)

石炭火力におけるバイオマス利用に関する技術課題

現状では混焼は5cal%程度が限界

1. 木質バイオマスの形態は何が良いか？
= 国内木質バイオマスの収集・加工・輸送コストが不明 =

2. 木質バイオマス燃料をどう粉砕するか？
= 微粉炭機の粉砕能力の大幅低下によるバイオマス受入量の制約 =

3. 木質バイオマス燃料をどう燃焼させるか？
= パーナ、ボイラ火炉への影響が未確認 =

4. 混焼時の**伝熱特性・排煙処理**は？
= バイオマス燃焼灰(塩基性成分)の影響が未確認 =

2. 実施内容(12) 混焼ボイラシステムの開発

ラボ試験による灰付着の影響評価

1300℃温度場でのスラッキング模擬試験

混焼時でも灰の付着率は、ほとんど変わらない。
混焼により灰量は減り、灰の付着量は減る。

800℃温度場でのファウリング模擬試験

混焼時でも灰の付着率は、変わらないことを確認。

1300℃でのスラッキング模擬試験の様子
ハンターバレー炭



0分(灰落下直後)



30分



60分(灰落下直前)

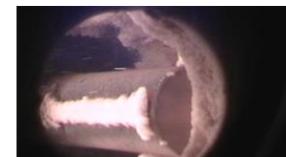
バイオマス 30cal%



0分(灰落下直後)

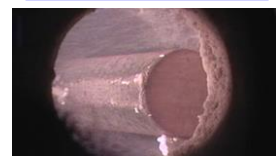


20分

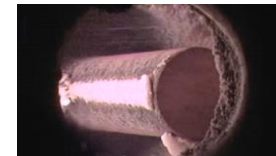


35分(灰落下直前)

バイオマス 60cal%



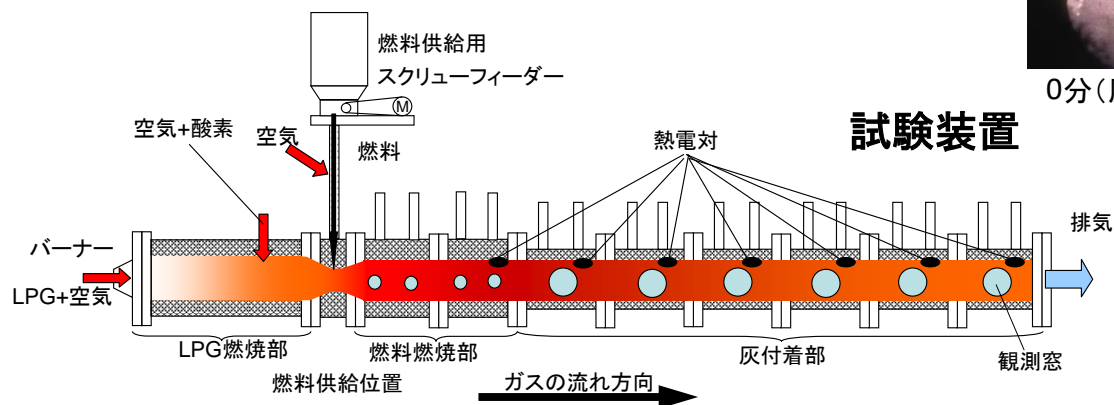
0分(灰落下直後)



30分



66分(灰落下直前)

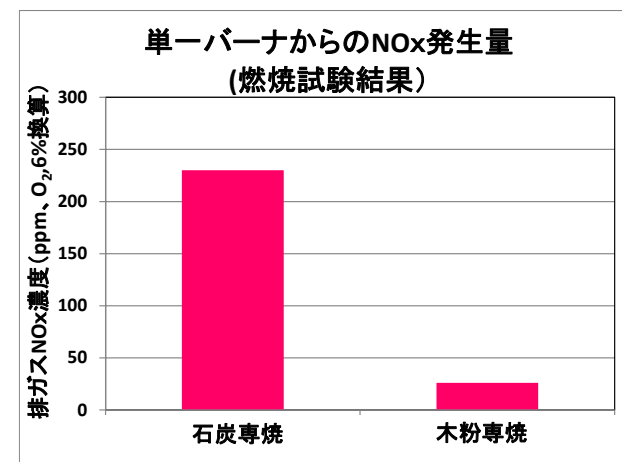
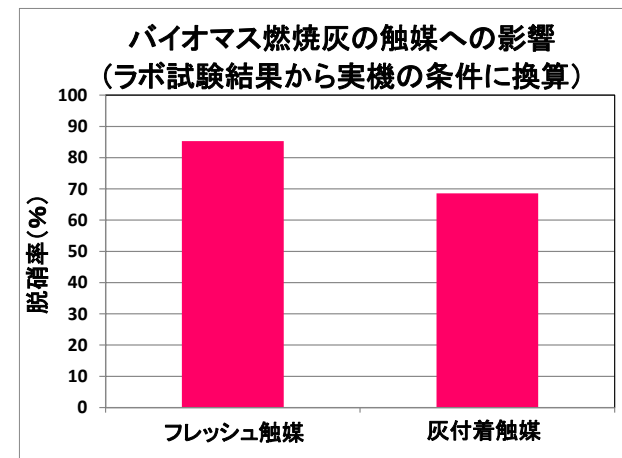
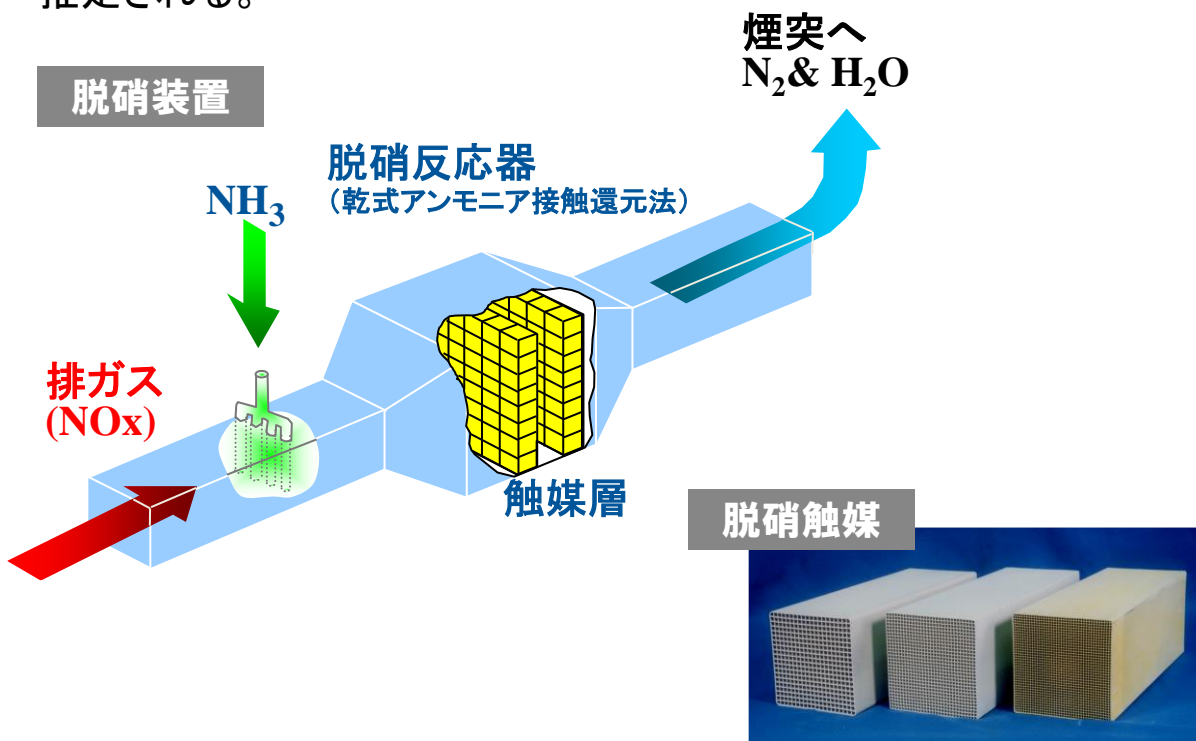


2. 実施内容(13) 混焼ボイラシステムの開発

木質バイオマス中の微量成分の環境設備への影響調査

電気集塵器、排煙脱硫装置への影響は無いことを確認した。

排煙脱硝装置については、バイオマスには触媒を被毒する成分、K、Caなどが多く含まれ、触媒への影響が懸念されるが、石炭燃焼時に比べNOxの発生量が減るので、石炭燃焼時と同等になると推定される。



燃焼試験 条件
 石炭:N分 1.34% 排ガスO₂ 3.1% 二段燃焼率 19.4%
 木粉:N分 0.10% 排ガスO₂ 4.0% 二段燃焼率 19.4%

1. 背景・目的

2. 実施内容

3. まとめ

3. まとめ(1)

技術課題の解消

1. 木質バイオマスの**形態**は何が良いか？
⇒ **ペレット**が輸送効率等において経済的
2. 木質バイオマス燃料をどう**粉碎**するか？
⇒ 豎型ローラミルに**縮流リング**設置
3. 木質バイオマス燃料をどう**燃焼**させるか？
⇒ 下段の**微粉炭バーナ**で専焼
4. 混焼時の**伝熱特性・排煙処理**は？
⇒ **微粉炭燃焼用設備**で対応可能

3. まとめ(2)

3.1 バイオマス供給システムの開発

- 国内における木質燃料の収集, 輸送, 加工の各プロセスを検証し, 実際に山元から燃料への加工, 燃焼試験までの一貫したプロセスを検証した。
- 木質バイオマスの初期含水率が木質バイオマス供給システム全体のエネルギー投入量に与える影響は大きいことがわかった。
- 木質バイオマスの広域収集では工程間の輸送効率が高い方が有利になり, 木質チップより木質ペレットの方がエネルギー損失は少なくなることがわかった。

3.2 燃焼システムの開発

- 石炭ミルの改造により木質ペレットの単独粉砕容量を石炭粉砕時と同等以上まで増大した。
- 改造ミルにて粉砕した木質ペレットを微粉炭バーナで専焼できることを確認した。
- 木質ペレット単独粉砕ミルにおいて, 負荷変化速度1.5~3%/minを実現した。

3.3 混焼ボイラシステムの開発

- 数値シミュレーションを用いた火炉収熱評価, ラボ試験による灰付着試験, 木質バイオマスの微量成分の環境設備への影響調査を通じ, 既存ボイラシステムへ高比率の木質バイオマス混焼が適合可能であることを確認した。

3. まとめ(3)



収集

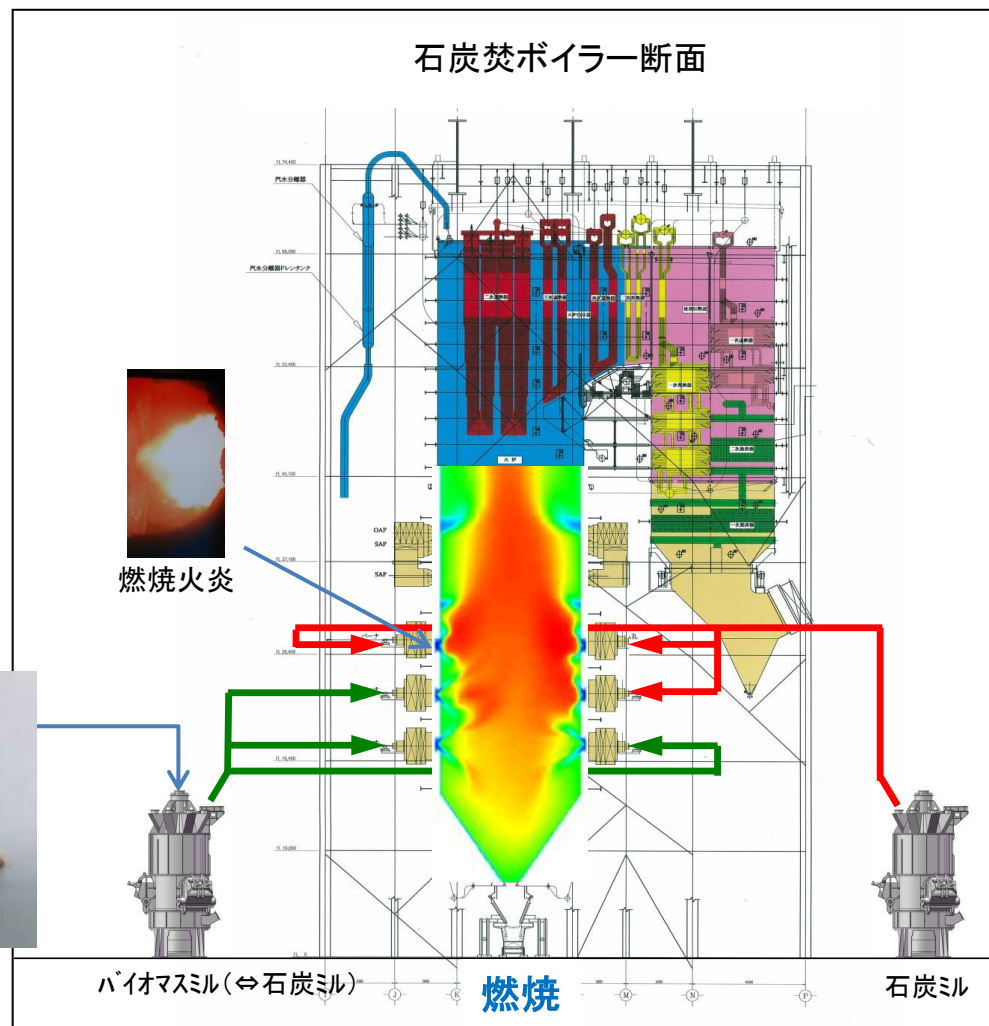


輸送



木質ペレット燃料

加工



国内遠隔地から集めたバイオマス燃料の石炭ボイラーでの高比率混焼(50cal%)が、**実現可能**であるとの見通しを得た。⇒ 実証へ。

ご清聴ありがとうございました。

技術開発の機会を与えていただいた環境省殿,
およびご協力いただいた関係各位に深く感謝いたし
ます。

IHI

Realize your dreams