

**H28年度木材バイオマス加工・利用システム開発事業  
成果報告御説明資料**

<b>事業課題名</b>	<b>竹類改質による燃料化開発事業</b>
<b>事業者名</b>	<b>株式会社日立製作所 電力ビジネスユニット 発電事業部</b>

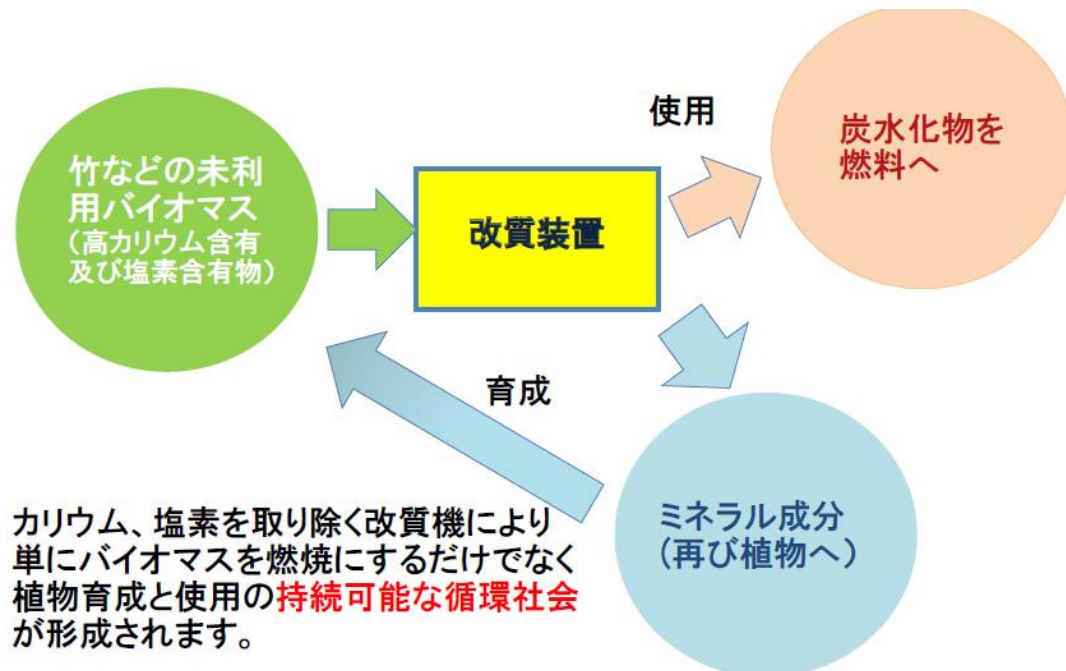
2017年3月7日

# 1. 目的・理念

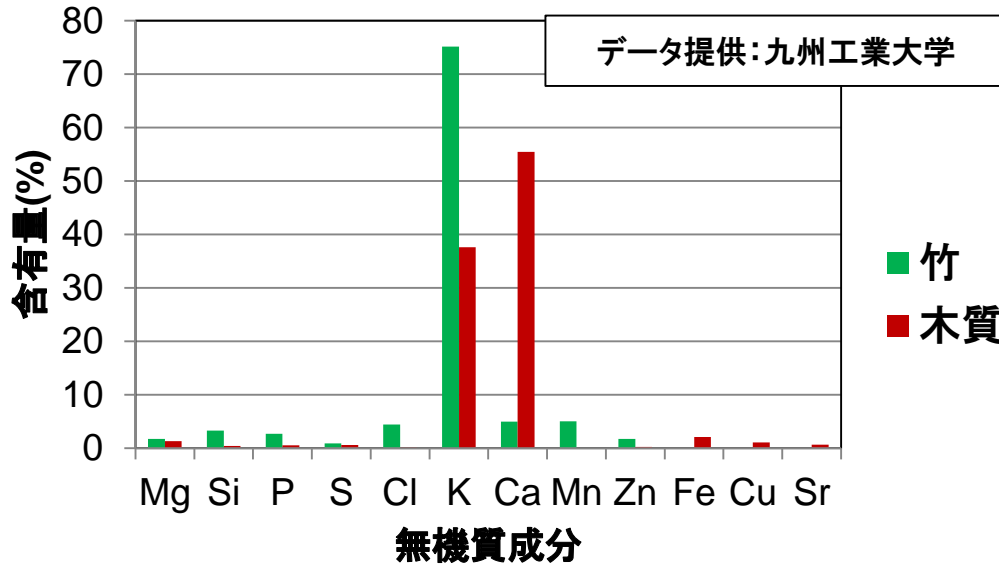
昨年の本事業において国内の竹が 大量利用技術が無いことで 利用化されることがなく 放置竹林となっていることから これを改質して燃料化できないか研究開発を開始した。

結果、管理竹林よりの3-5年経過した竹類及び一部海外の竹に関して 改質に成功したが、この研究過程で最も改質に厳しい性状は1年目の竹であることが判った。

また、孟宗竹、真竹以外にも笹類など放置され未利用となっているバイオマスも多いことが判った。



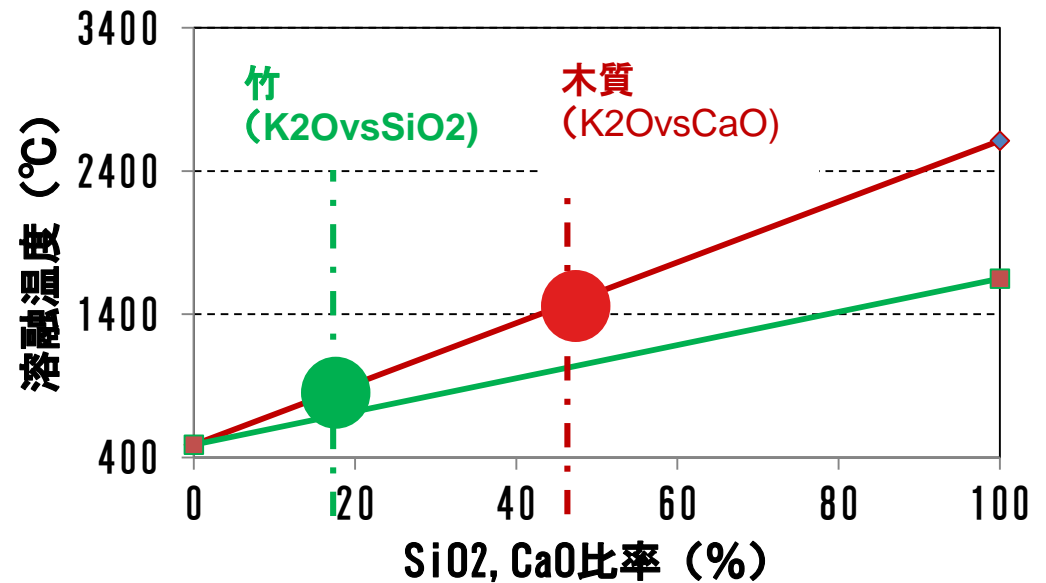
## 2. 竹の特徴①(低灰軟化・溶融温度)



竹は灰の溶融温度が低い。

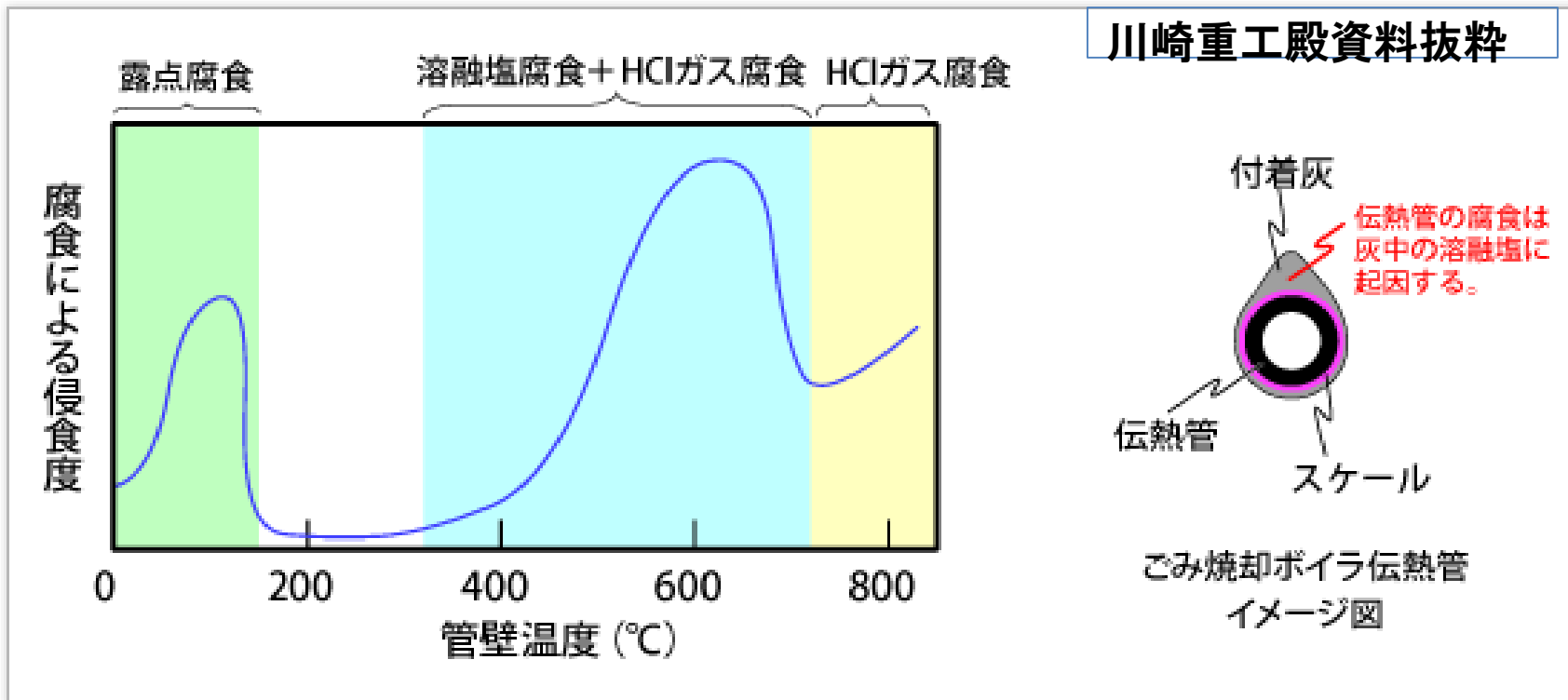
竹は圧倒的にカリウム(k)が多い。

通常ボイラでは炉内にクリンカという溶岩を作ってしまう。



## 2. 竹の特徴②(高塩素濃度:腐食)

竹には0.1-0.5%の塩素がある。

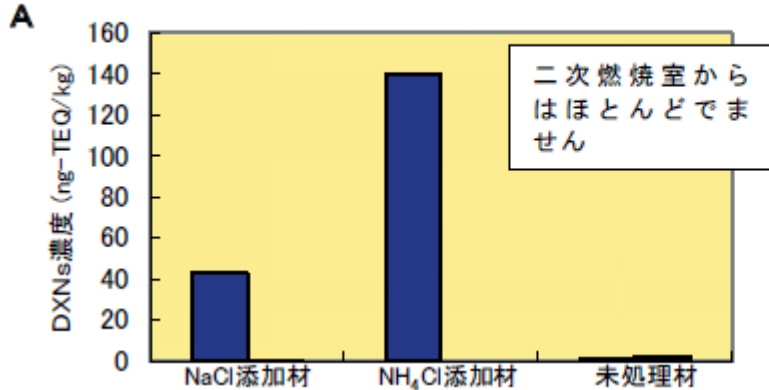


小型ボイラでは0.1%Cl濃度=HCl 約50mg/Nm<sup>3</sup>以下で熔融塩腐食は低減する。  
一方、大型高温ボイラでは腐食抑制で0.04%Cl濃度以下が必要とされている。  
大気汚染防止法の塩化水素濃度は80mg/Nm<sup>3</sup>以下であり 塩素濃度の高い竹は対策が必要。

## 2. 竹の特徴③(高塩素濃度:ダイオキシン低温燃焼)

ダイオキシン規制法では0.1-5ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>以下 対象はごみ処理施設と低温電気炉。

だから関係ないでは済まされない。



■ 一次燃焼室出口 700°C一次燃焼室  
■ 二次燃焼室出口 900°C二次燃焼室

ダイオキシン規制法の温度滞留時間:850°C以上×2秒以上

森林総合研究所殿H15年度研究成果報告選集より

図1 木質材料の燃焼によるダイオキシン類の生成 (生成量は、規制値 (ng-TEQ/Nm<sup>3</sup>) の単位を使わず、木材の重量当たりで示しました。)

A. 連続投入方式による塩化ナトリウム (NaCl) 添加材 (添加量, 5000ppm)、塩化アンモニウム (NH<sub>4</sub>Cl) 添加材 (添加量, 1000ppm) 及び未処理材 (塩素含有量, 40ppm) の比較。

ダイオキシン類は200-500°Cで再合成することがあり 特に200-300°Cが顕著なことからごみ焼却炉では排ガスを水スプレーで一気に300⇒150°Cにすることでダイオキシン類の低減を行っている。

また塩化水素に対しては炭酸カルシウムなどをバグフィルター前に散布して 塩化水素の排ガス濃度を低減している。

木質ペレット規格抜粋

項目	単位	A	B	C
灰分 AC	%	AC≤0.5	0.5<AC≤1.0	1.0<AC≤2.0
硫黄 S	%	S≤0.03		S≤0.04
窒素 N	%	N≤0.5		N≤1.0
塩素 Cl	%	Cl≤0.02		Cl≤0.03

木質ペレット規格に塩素濃度があるのはペレットストーブで燃焼しても問題ない濃度。Cl 0.03%以下



## 2. 竹の特徴④(高塩素濃度:ダイオキシン再合成)

### 1 試験材料

海水貯木材に相当する高濃度の無機塩素が含まれる木材は、スギチップ（約30×30×5mm）に塩化アンモニウム水溶液を加えた後、室温下で風乾させることにより調製した。塩化アンモニウム添加量は、0.1%（Cl換算）であり、このスギ材20kgを焼却用試験材料とした。天然材に含まれる塩素濃度には、樹種や樹木の生育環境により差があると考えられる。スギの場合では、25～450ppmであることが報告されており、今回用いた材は0.1%（1000ppm）であるために、通常の天然材の2～40倍程度の塩素が含まれたと考えられた。

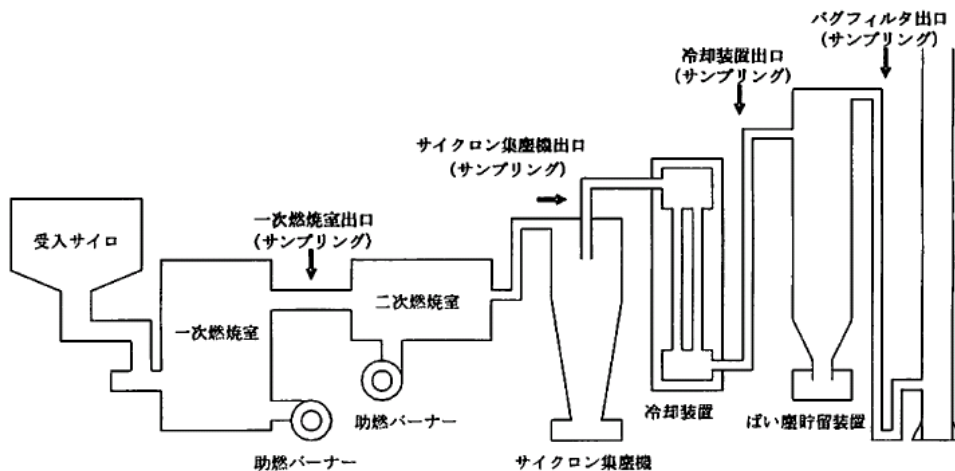


図 1-1. 実証試験炉フロー図および排ガスサンプリング箇所

低温燃焼によるダイオキシン



再合成によるダイオキシン



出典：森林総合研究所，H15年度  
研究成果報告選集

表 1-2. 焼却炉内温度条件

	温度 (°C)
一次燃焼室	600 ～ 650
二次燃焼室	800 ～ 850
サイクロン集塵機出口排ガス	742
冷却装置出口排ガス	128
バグフィルタ出口排ガス	88

表 1-3. 排ガス中のダイオキシン類濃度

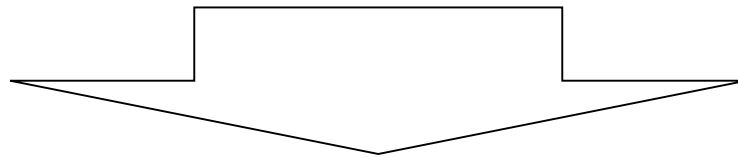
	ダイオキシン類毒性等量 (TEQ) (ng-TEQ/m <sup>3</sup> N)
一次燃焼室出口	1.4
サイクロン集塵機出口	0.008
冷却装置出口	0.038
バグフィルタ出口	0.031

再合成

## 2. 竹の特徴⑤(総括)

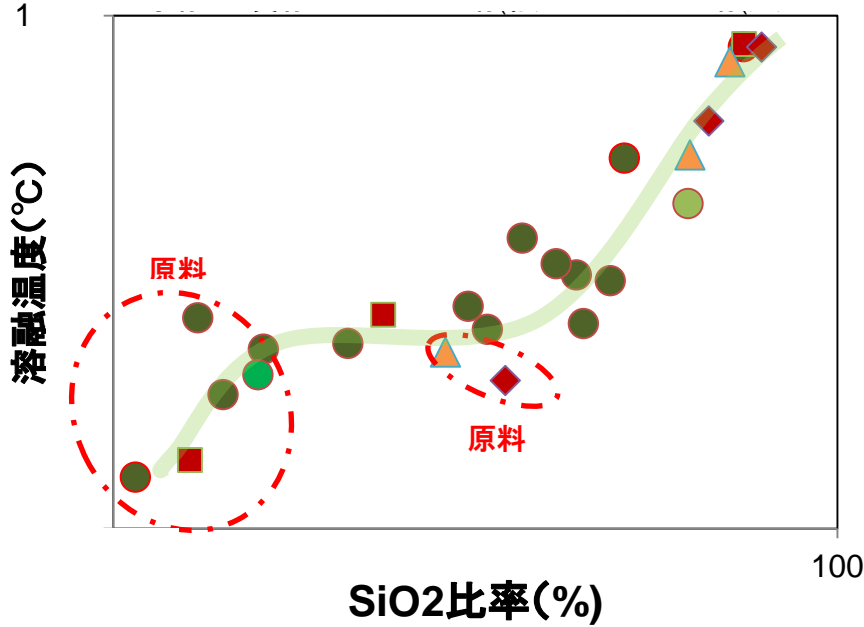
竹を燃料として使用するには次の問題点を解決する必要があります。

- (1)カリウムによる灰の軟化・熔融温度の低下(680-900℃)。
- (2)塩化物による高温腐食対策。(熔融塩+HCl腐食)
- (3)ダイオキシン抑制燃焼温度と滞留時間の確保。  
( $>850^{\circ}\text{C} \times >2$ 秒)
- (4)ダイオキシン再合成の抑制。  
(200-500℃領域、特に300-200℃:ゴミ焼却炉は水スプレ冷却)  
また、灰にダイオキシン類が含まれるとセメント固化などの処理が必要など 各種対応が必要となる。



高カリウム、高塩素含有のバイオマスには**改質**により  
**カリウム、塩素の低減が必要**となる。

# 3. 昨年の実績(1)



K2Oによる共晶現象があるため  
70%シリカ比率で変曲点あります。  
改質には90%比率までシリカ濃度  
を上げる必要があります。

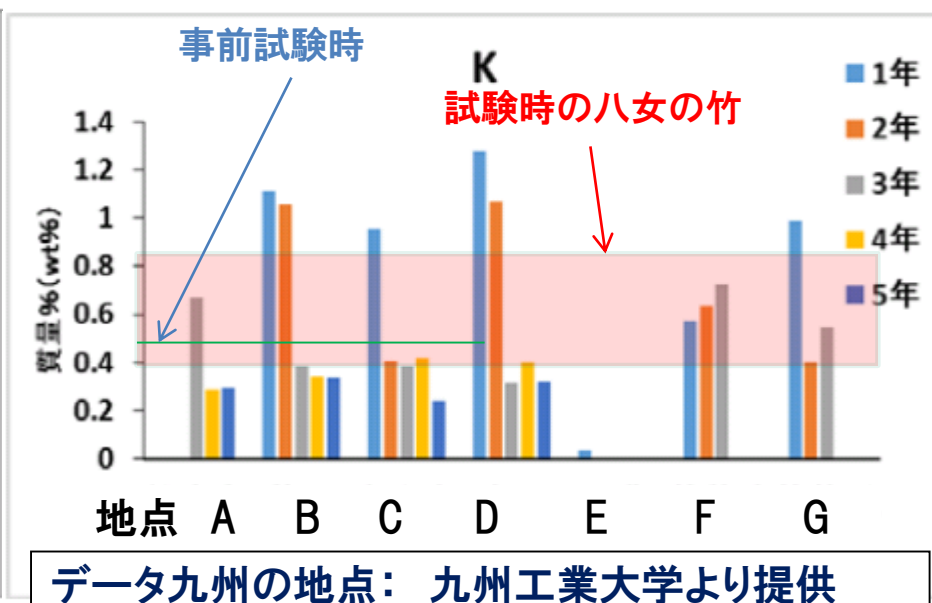
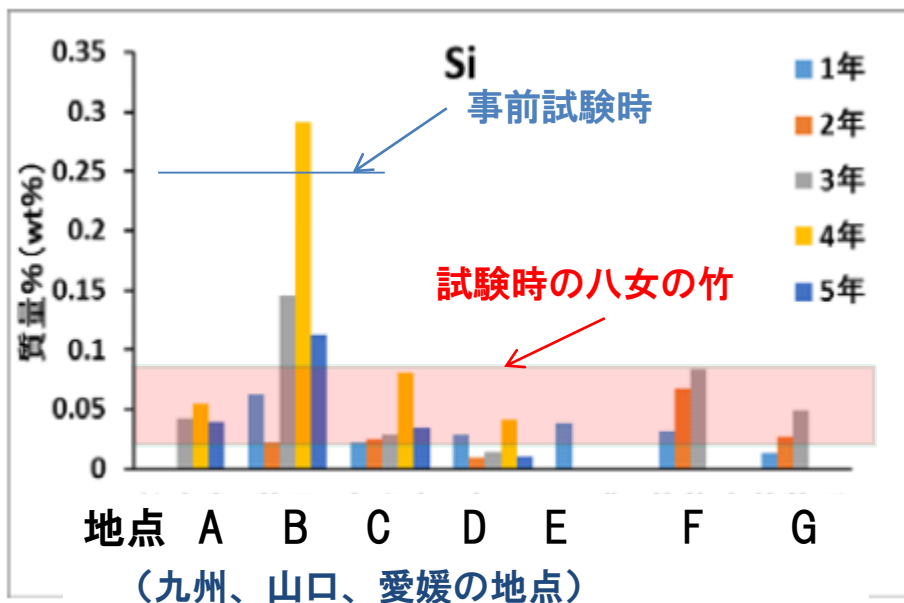
700°C以下で溶融する  
竹もあり 一般的に言われ  
ている900°C前後の溶融  
温度ではない。

元素/試料			孟宗竹		真竹		海外竹 I		海外竹 II		判定値	
			原料	改質後	原料	改質後	原料	改質後	原料	改質後		
高位発熱量	ベース	単位										
	気乾	kJ/kg	18,090	←	17,790	←	17,640	←	17,640	←	同等	
Cl	無水	%	0.10	0.01	0.16	0.05	0.17	0.03	0.07	0.01	<0.1	
K	無水	%	0.43	0.1	0.90	0.23	0.81	0.22	0.63	0.32	軟化温度評価	
灰温度	軟化点	灰化	°C	845	1460	770	1480	910	1465	960	1415	>1100
	溶融点	灰化	°C	885	1540	780	1490	1040	1495	1035	1460	—
	流動点	灰化	°C	1060	1550	815	1550	1350	1550	1300	1550	—

改質による灰の温度特性を把握



## 2. 昨年の実績(2)

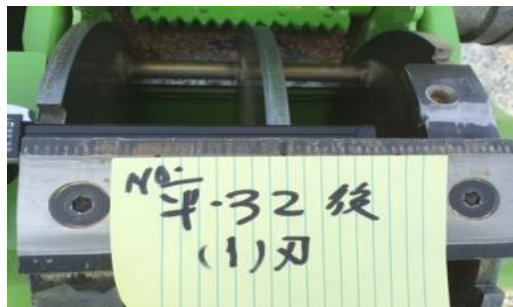


灰の温度を左右するケイ素とカリウムの含有量は地域と年代で  
ことなることが判った。

特に九州方面の竹はケイ素が少なく 改質が厳しい性状と云えます。  
管理竹林より出る3-5年の竹に比べ 1-2年の竹はカリウム含有量が  
高いことが判った。

放置竹林を全伐採する場合 次年度は全て1年目のやけとなり  
この条件で改質を確認する必要があり本年度確認した。

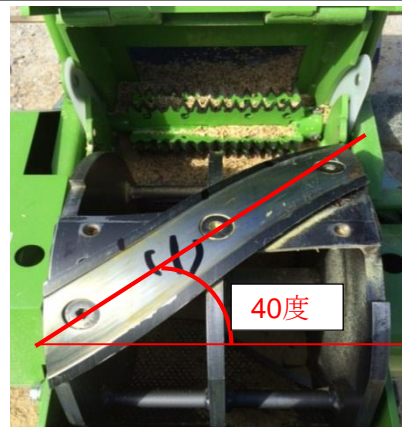
# 3. 昨年の実績(3)



水平刃  
(オリジナル角度)

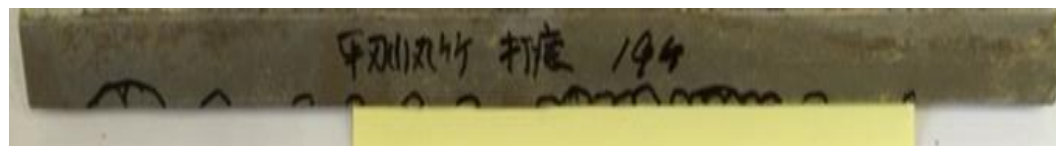


20度刃



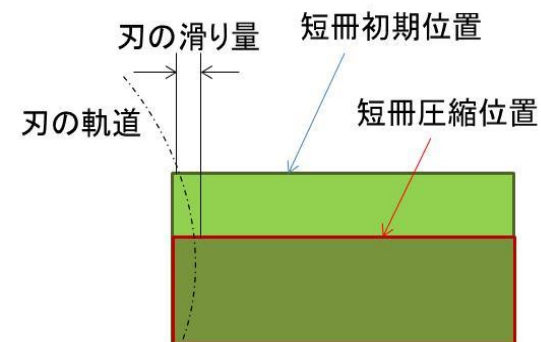
40度刃

## 試験用炭素鋼刃 (焼き入れ無し)



### 試験用炭素鋼刃打痕の一例

竹表面形状と合う打痕は無い。細かな打痕のみ⇒泥砂による打痕



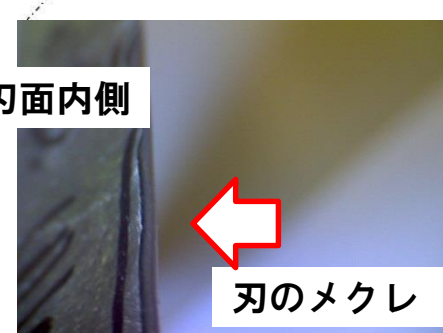
泥が付着

### 摩耗原因

- ①竹に付着した泥砂による摩滅
- ②竹圧縮変形と竹蠟による刃の滑り
- ③刃角度の無いことでの刃先面圧高

刃角20度、短冊内側の摩耗が最も少ない結果でした。

刃面内側

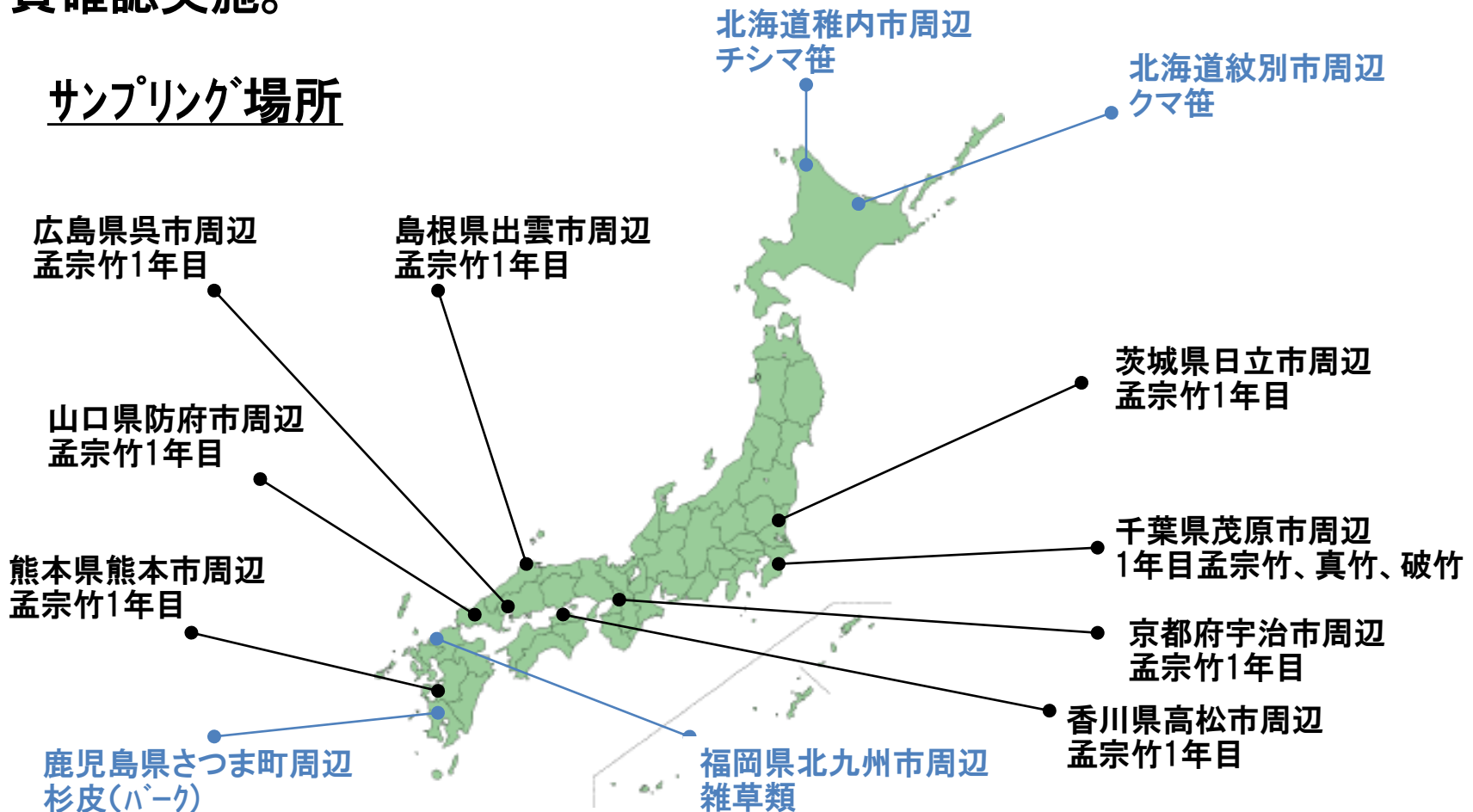


刃のメクレ

### 3. 今年度の事業実績、成果(1)【1年目竹性状他】

1年目の孟宗竹を各地(茨城、千葉、広島、香川、島根、熊本、鹿児島)でサンプリング、また千葉県では真竹と破竹の1年目もサンプリング。竹以外の北海道の笹、雑草類、未利用の杉の皮(バーク)も分析及び改質確認実施。

#### サンプリング場所



### 3. 今年度の事業実績、成果(1)【1年目竹性状】

#### 1年目竹性状分析・改質結果一例

分析項目	単位	ベース	孟宗		真竹		淡竹		判定値
			原料	改質	原料	改質	原料	改質	
総発熱量	kJ/kg	気乾	18500	—	18000	—	18400	—	
全水分	wt%	到着	39.2	—	47.9	—	34.0	—	
灰分	wt%	無水	3.7	—	3.6	—	3.9	—	
Cl	wt%	無水	0.17	0.01	0.19	0.02	0.15	0.02	<0.1
K	wt%	無水	0.80	0.23	1.27	0.25	0.54	0.18	
灰軟化温度	°C		800	1,400	760	1,270	920	1,400	>1100
灰熔融温度	°C		850	1,400	820	1,400	1,040	1,400	

### 3. 今年度の事業実績、成果(1)【竹以外】

#### 竹以外の分析及び改質結果

分析項目	単位	ベース	チシマ笹		クマ笹		雑草		パーク		EFBペレット		判定値
			原料	改質	原料	改質	原料	改質	原料	改質	原料	改質	
総発熱量	kJ/kg	気乾	17600	—	18000	—	17400	—	18000	—	18400	—	
全水分	wt%	到着	39.7	—	34.8	—	53.6	—	40.7	—	8.4	—	
灰分	wt%	無水	5.4	—	5.7	—	6.7	—	3.2	—	4.8	—	
Cl	wt%	無水	0.26	0.02	0.18	0.02	0.31	0.04	0.02	<0.01	0.41	0.01	<0.1
K	wt%	無水	0.60	0.05	0.58	0.10	0.87	0.32	0.16	0.10	1.50	0.37	
灰軟化温度	℃		1,250	>1400	>1400	>1400	1,030	1,160	1,100	1,140	950	1,150	>1100
灰溶融温度	℃		1,400	>1400	—	—	1,190	1,210	1,200	1,310	1,060	1,160	

### 3. 今年度の事業実績、成果(2)【抽出物利用】

試験委託先:公益財団法人日本肥糧検定協会

50項目の有害物質分析では有害物質は検出されず 栽培試験実施。

生育状態の写真  
(12月2日撮影)



小松菜にて栽培  
試験結果は次の通り

- ①無添加に比べ竹抽出物を添加すると1-2cm丈が高い成長。
- ②無添加小松菜重量を100とした場合添加では124-144の高い生態重量であった。
- ③収穫時に無添加の小松菜は肥料切れによりやや黄色に変色したが、添加した小松菜では変色無く良好な結果。

# 3. 今年度の事業実績、成果(3)【チッパー刃磨耗試験】



短冊作り



泥類洗浄処理



泥塗布  
時間経過と共に砂利類  
がバケツ下部に沈み込



泥付着2時間後刃面  
大きな摩滅痕ある。

前処理後4時間  
運転刃面状況



前処理後4時間運転刃面状況  
めくれ程度で極端な摩滅無い



泥付着の一例

同一送りスピードでも刃が摩  
耗し能力が低下することで刃  
の側面に竹の当たり後が多い  
のは泥付着側

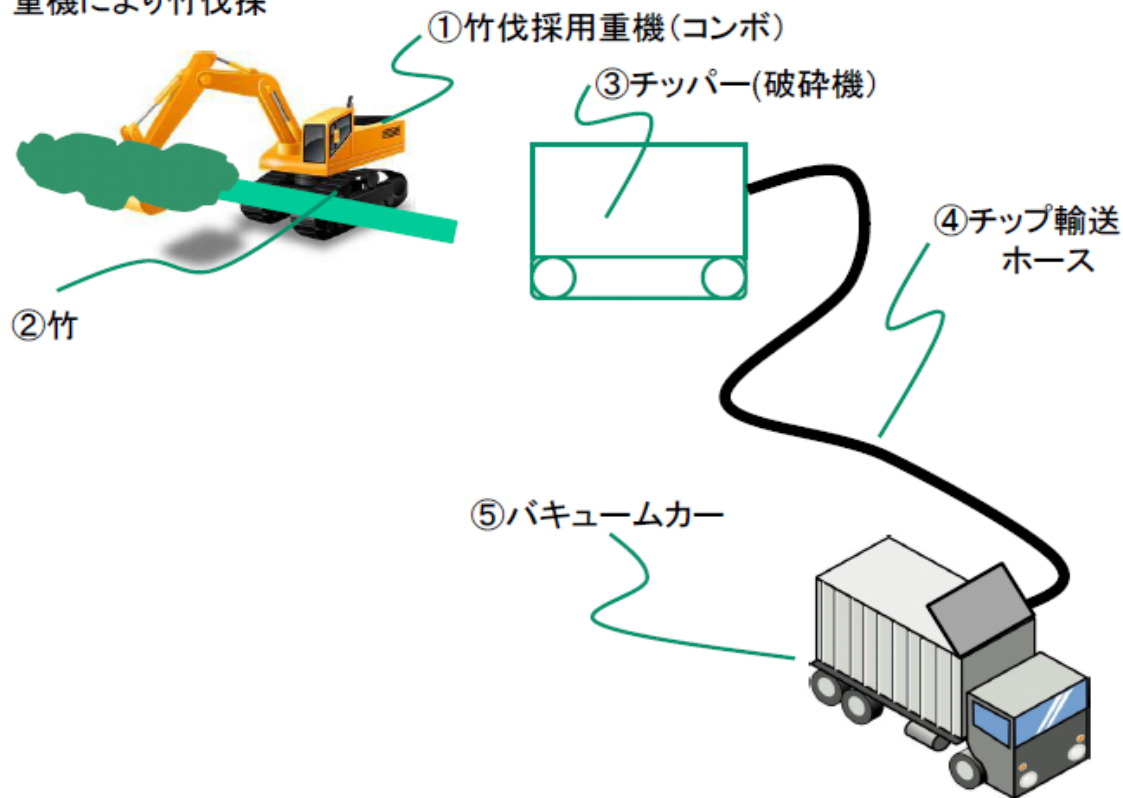


泥付着5時間後刃面  
摩滅により鋭利部は無い。

前処理ありは4時間でフレコン一杯粉碎、泥  
付着では5時間でも8割まで。発煙で中止。

### 3. 今年度の事業実績【効率収集】

重機により竹伐採



チップ化することで気流搬送可能なことを確認しました。  
広大な竹林では機械化により現状の1/3-1/5の価格で  
収集可能と推定している。



2年間の竹類データ採取と改質試験により製品設計のデータは採取できた。

また、本年度は次の成果を確認しました。

- ①各地の1年目のため及び数種類の竹を分析し、改質した結果特に問題となる竹は無かった。
- ②竹以外の笹類、雑草、杉の皮(バーク)、及びEFBペレットも改質し改質後の物性に問題ないことを確認した。
- ③昨年度試験結果より 摩耗低減に最適と推定される条件と一般搬入される条件でチップー刃の摩耗試験を実施し、効果を確認した。
- ④溶出したカリウム・塩素を含む溶液を分析及び植物育成試験を実施した結果 有害物質は無く 且つ植物育成効果を確認した。すなわち、竹を余す事無く使用可能となった。
- ⑤最もコストが掛かる竹伐採・収集に関して 改質を前提に広大な竹林であれば 現状の1/3-1/5程度までコストを低減可能なことを検討できた。

今後は製品設計し、持続性可能な環境循環社会に貢献できるようにしたい。

以上

ご静聴 ありがとうございます。

2年間ご指導頂いた林野庁殿及び事務局・検討  
委員会の方々に御礼申し上げます。



Copyright © 2007, Hitachi, Ltd.

 日立の樹  
ONLINE  
<http://www.hitachinoki.net/>