

木質バイオマス加工・利用システム開発事業成果報告会
(20170307、日本教育会館)

平成28年度 「木質バイオマス加工・利用システム開発事業」
提案課題


竹資源のグリーンテクノロジーによる高度利用技術の開発

- ・環境に優しい技術
- ・廃棄物を少なくする技術
- ・省エネ技術
- ・カスケード的な利用技術

国立研究開発法人森林総合研究所、日本かおり研究所(株)、大倉工業(株)

なぜ竹なのか？

国内における竹資源の現状と課題

- 全国で放置竹林の増加や里山林への竹の侵食等の問題が多発。管理竹林の減少。
→ 森林の公益的機能への影響
 - 竹資源の有効利用を図るため様々な取管理竹林の減少組(主に直接利用技術の開発)が進められてきたが、開発製品の消費ニーズ欠如や東南アジア等からの低価格竹製品の輸入等の問題により、現状では竹の利用は限定的。
- 
- これまでには無い「画期的な活用方法」の開発が望まれている！
 - ◇ 山村地域内での一貫作業(伐採・搬出～製造)が可能で、かつ地域へ利益が還元されるような利用技術 →【竹の高付加価値化(機能性成分として)】



管理竹林

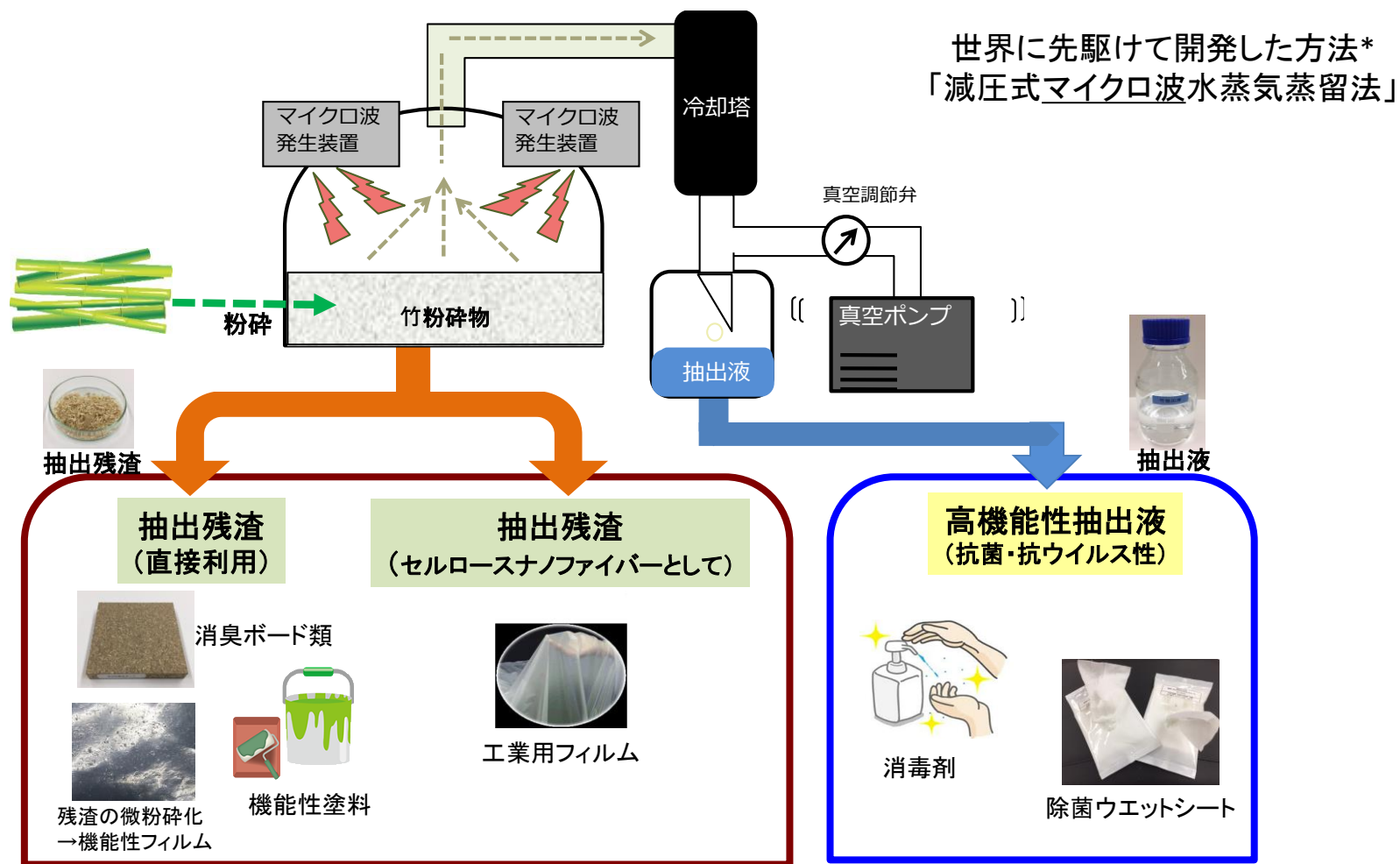


放置竹林



拡大竹林

研究開発の概要



**マイクロ波処理技術(グリーンテクノロジー(環境に優しい技術))
を起点とした総合利用**

本年度の事業内容(概要)

I. 抽出装置の機能強化による抽出効率の改善

⇒抽出コストの低減(時間の短縮)

II. 抽出液の利用法開発

○製造方法の確立

⇒原料特性(採取時期等)、最適な抽出条件

○高度な利用法の開発

⇒香りの利用法開発: 自律神経系調節作用、香り成分の精密分析

⇒香り(嗜好性)の改善: 他の香り成分との混合効果等

⇒抗炎症活性

III. 抽出残渣の利用法の開発

○PBの製造実証

⇒実際の製造ラインを用いて製造したPBの評価

⇒消臭性PBの製造、機能性の評価

○パウダー化、ペースト化

⇒微粉碎(乾式、湿式)した残渣の消臭性等の評価

○CNFの利用

⇒CNF添加ボードの製造と強度の評価 →性能の向上

I 抽出装置の改良と最適な抽出条件の確立



- ・ マイクロ波出力増強 (9kW → 12kW)
- ・ 真空系の増強
12分⇒3分 に短縮 (所定の減圧度に到達する時間)

原料 : 30kg
(含水率 : 41%)

抽出残渣 : 20kg
(含水率 : 28%)



改良した装置

マイクロ波照射パワー	抽出液回収量(L)	抽出時間(min)
9kw	7.8	62
12kw	9.0	53

大量抽出の際の作業効率が大幅に向上

Ⅱ 竹稈抽出液の利用法の開発

抽出液の抗菌活性

竹試料採取：春

表 竹稈抽出液の保存効力試験の結果

試験菌	生菌数(/mL)		
	開始時	14日後	28日後
<i>Escherichia coli</i> (大腸菌)	6.2×10^5	<10	<10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (緑膿菌)	4.8×10^5	<10	<10
<i>Staphylococcus aureus subsp. aureus</i> (黄色ブドウ球菌)	7.0×10^5	<10	<10

<10 : 検出せず

表 竹枝葉抽出液の保存効力試験の結果

試験菌	生菌数(/mL)		
	開始時	14日後	28日後
<i>Escherichia coli</i> (大腸菌)	4.4×10^5	<10	<10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (緑膿菌)	3.0×10^5	<10	<10
<i>Staphylococcus aureus subsp. aureus</i> (黄色ブドウ球菌)	2.2×10^5	<10	<10

<10 : 検出せず

→ 抽出液は抗菌活性あり

有望な抗菌剤

Ⅱ 竹稈抽出液の利用法の開発

デンプン量に関しては、塩田ら
(2012) の報告を基に作図

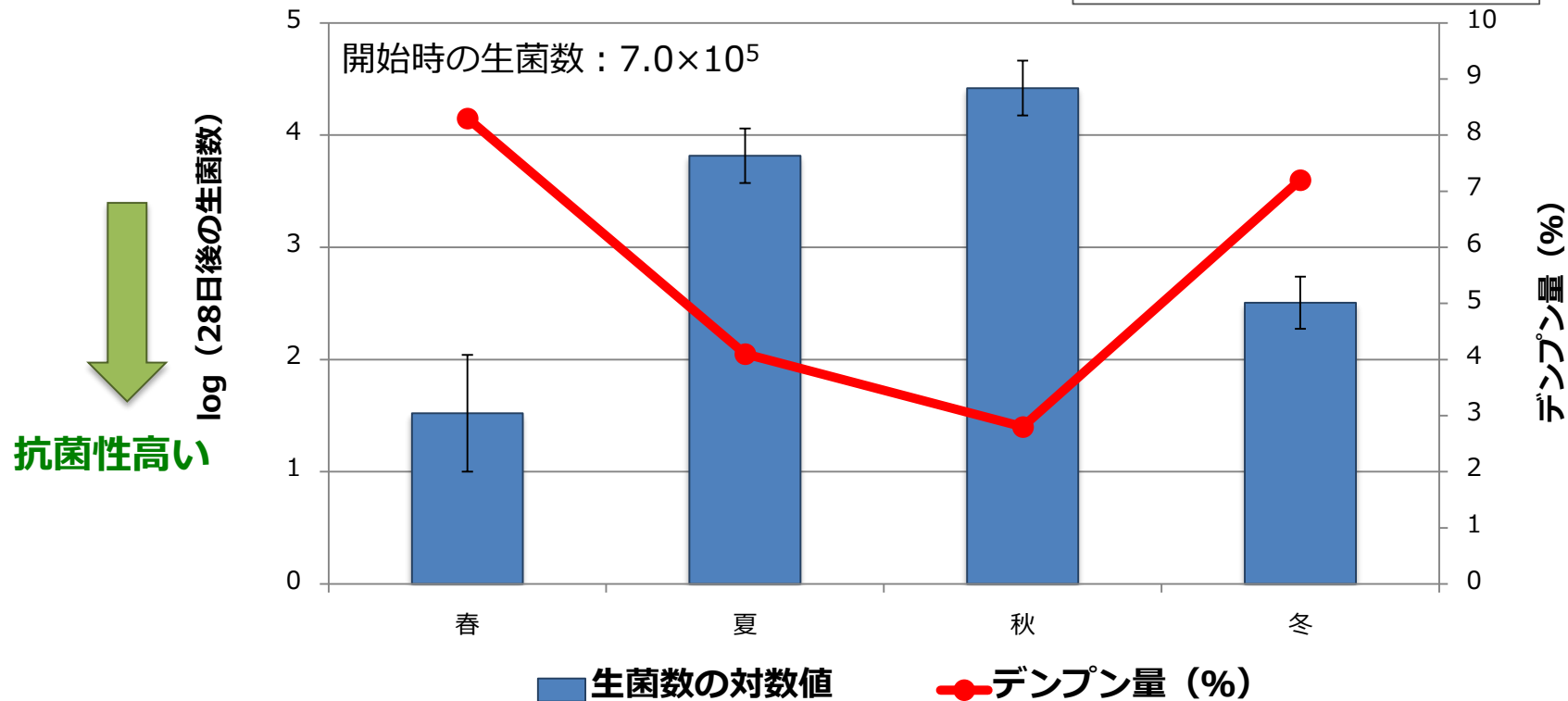


図 竹(稈)抽出液の抗菌性と含有デンプン量の季節変動
(抗菌性に関してはH27~28年の2年間の集計)

冬から春に採取した抽出水の抗菌活性が高い
(緑膿菌、黄色ブドウ球菌でも似た傾向)

→ 冬から春に含有デンプン量が増加するため、菌への防御の対策？

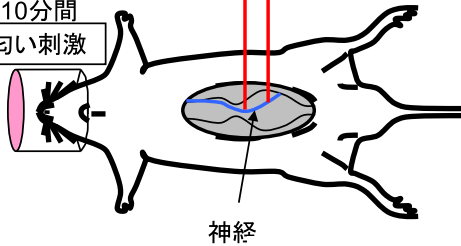
II 竹稈抽出液の利用法の開発

⇒香りを活かす新たな利用法の開発

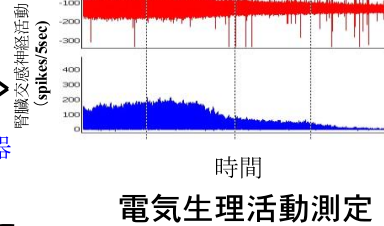
自律神経系調節作用の測定



10分間
匂い刺激



増幅器



電気生理活動測定

ファースト
スクリーニング

(株)ANBAS測定

(株)ANBASとの共同研究、依頼試験

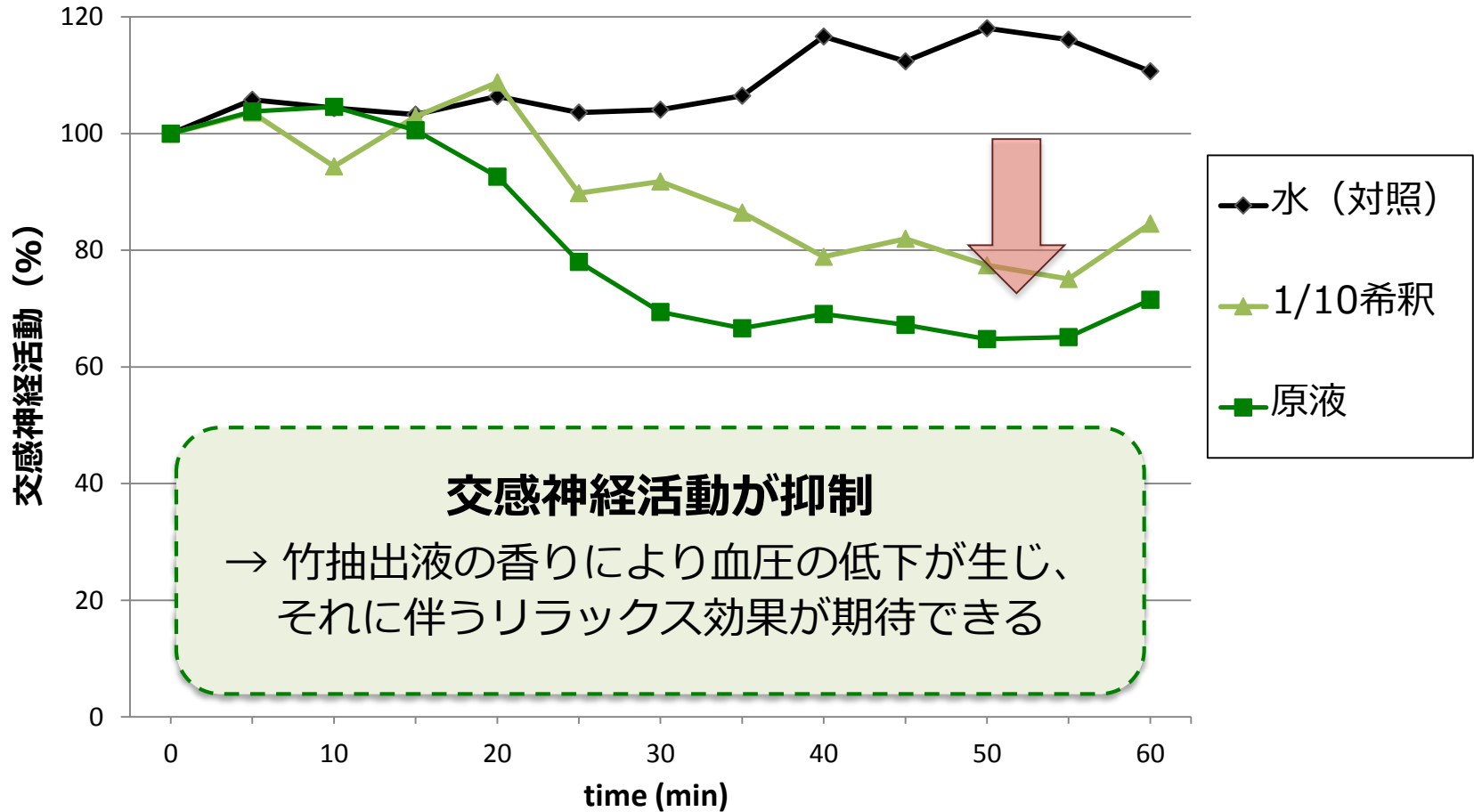
交感神経と副交感神経が各々興奮すると何が起こるか？

	交感神経興奮 (副交感神経活動低下)	副交感神経興奮 (交感神経活動低下)
白色脂肪	脂肪分解	脂肪合成 (脂肪分解減少)
褐色脂肪	熱産生 (消費)	
膵臓	インスリン分泌減少	インスリン分泌増加
副腎	血圧上昇、血糖上昇	
肝臓	グリコーゲン分解、糖新生	グリコーゲン合成、解糖 (糖の利用)
腎臓	血圧上昇	
胃・腸	消化・吸収能低下	消化・吸収能上昇
食欲	二次的に減退	二次的に増加
皮膚	血流低下 皮膚への酸素と栄養素の供給減少)	血流上昇 皮膚への酸素と栄養素の供給上昇)
免疫組織 (脾臓)	免疫能低下 (NK活性低下)	免疫能上昇 (NK活性上昇)

永井克也、臨床栄養、109(1)、1-10(2006)

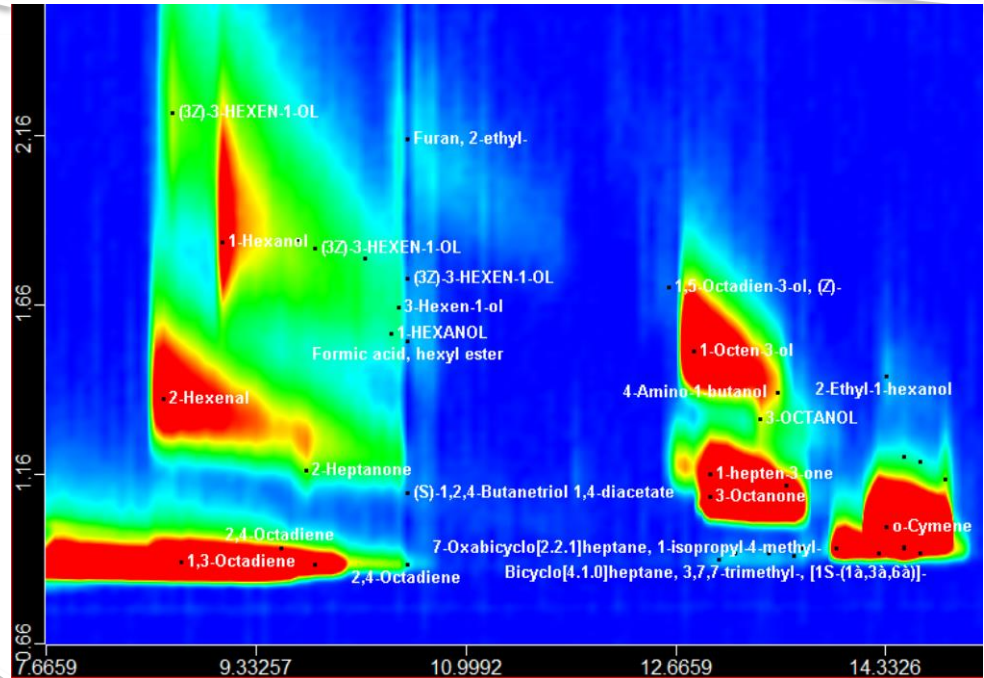
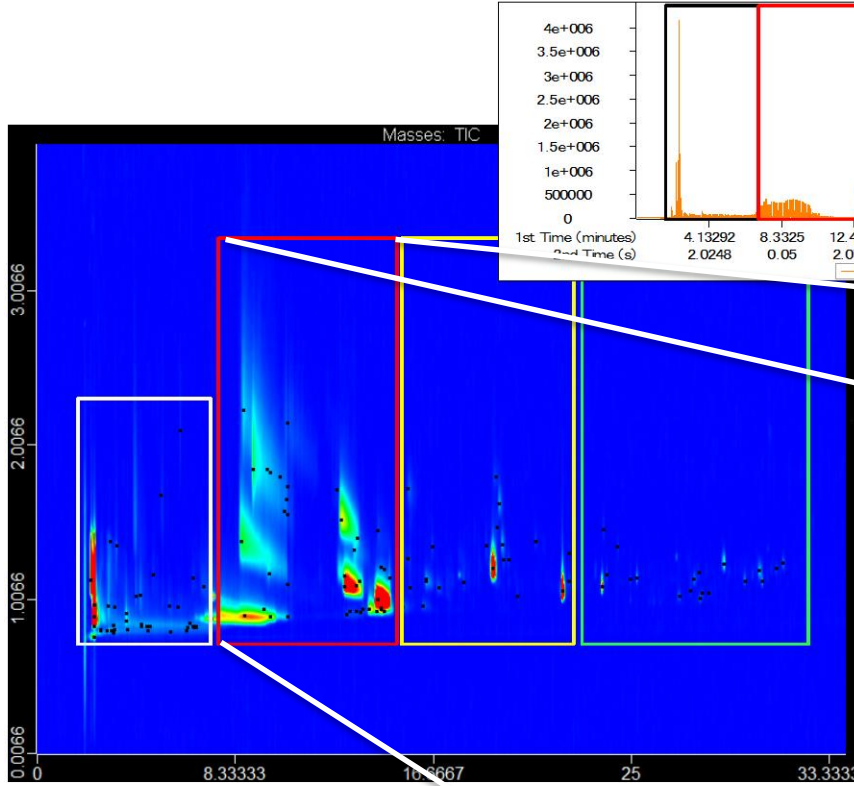
・竹稈抽出液の香りの自律神経系調節作用試験

ラットに竹抽出液の香りを嗅がせ、交感神経活動への影響を評価



竹抽出液香り成分の網羅的解析

(GC×GC-TOFMS)



通常のシングルGCでは分離が困難な共溶出した成分の正確な分離が可能であり、100種以上の成分を同定

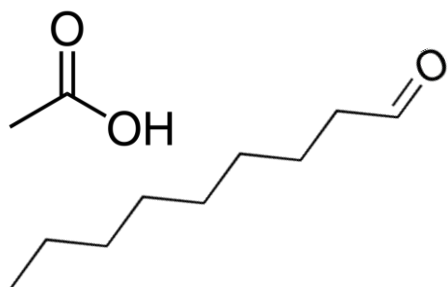
➡ 抽出液組成の網羅的な把握

1st column (→) : DB-5MS, 30m×0.25mm I.D.
 2nd column (↑) : SupercoWAX, 1.2m×0.1mm I.D.

竹箨抽出液中の香りに関する成分：

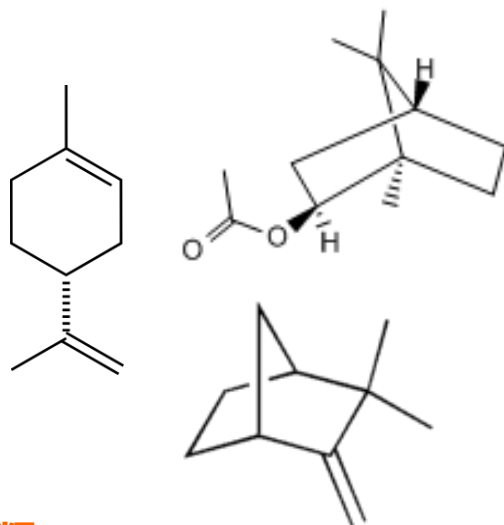
カルボニル類：

酢酸、ノナナル



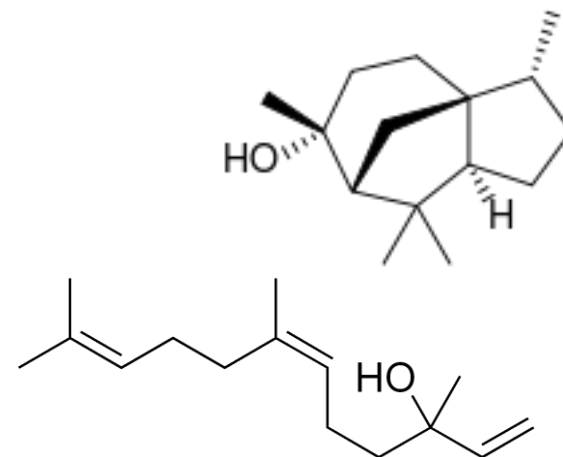
モノテルペン類：

リモネン、酢酸ボルニル、カンフェン



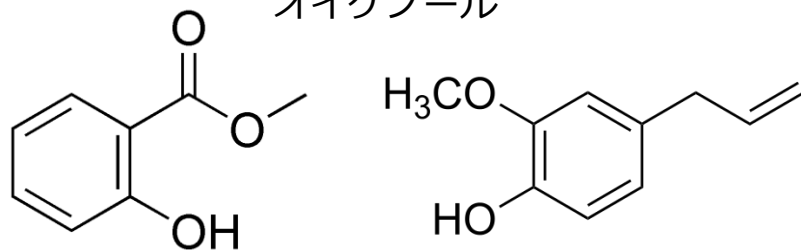
セスキテルペン類：

ネロリドール、セドロール



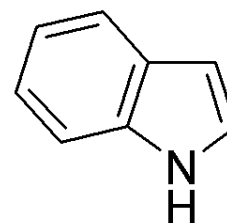
フェノール類：

サリチル酸メチル
オイゲノール



含窒素化合物：

インドール



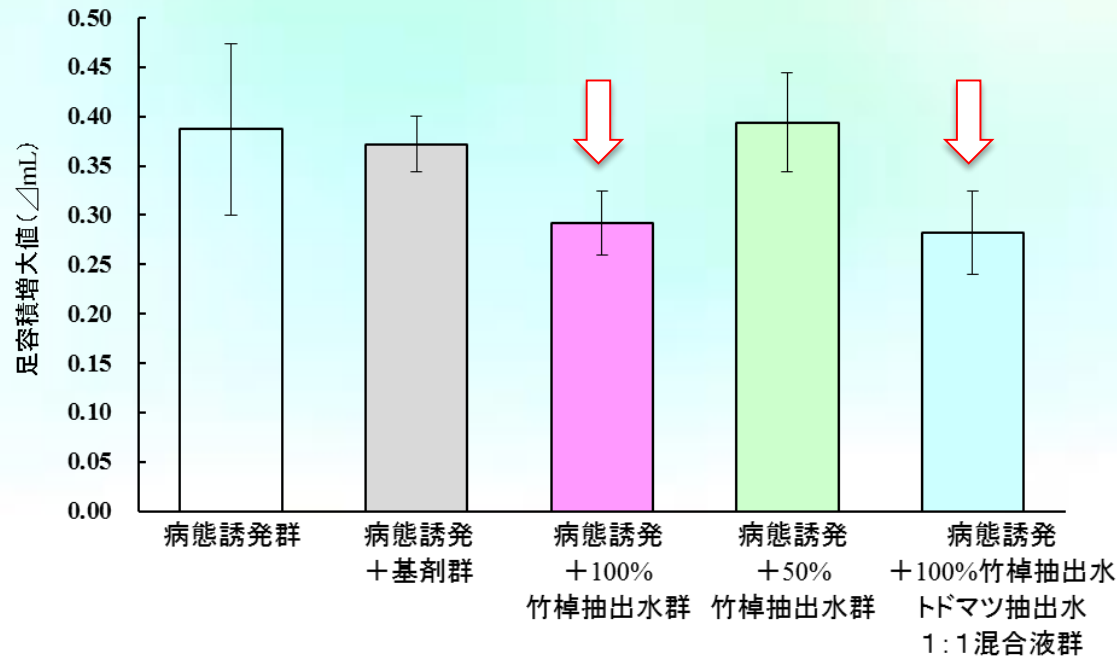
他800種の物質を検出

Ⅱ 竹稈抽出液の利用法の開発

【竹稈抽出液の抗炎症効果(ラットカラゲニン浮腫抑制試験)】

●竹稈抽出液(100%および50%液)、竹稈抽出液/トドマツ抽出水=1:1混合液について、ラットの浮腫抑制効果を測定した。

(結果)竹稈抽出液100%および、竹稈抽出液・トドマツ抽出水混合液については、統計学的な有意差は認められないが、Control群と比較して浮腫抑制傾向が確認された。



Ⅲ竹稈抽出残渣の利用法の開発

パーティクルボード（PB）量産適用による再現性の確認（実機実証試験）

木材リサイクルチップと竹抽出残渣を10wt%配合し、量産機でPB（厚み15mmのJIS曲げ強さ区分の13タイプ）を製造、品質評価。

小型破碎機でチップ化 ⇒ マイクロ波抽出 ⇒ 抽出残渣 ⇒
リサイクルチップと混合 ⇒ PB原料チップ
→ 2 t の竹チップの抽出処理を実施

連続した生産プロセスへ投入

原料チップの製造プロセス



小型破碎機



竹チップ



抽出処理

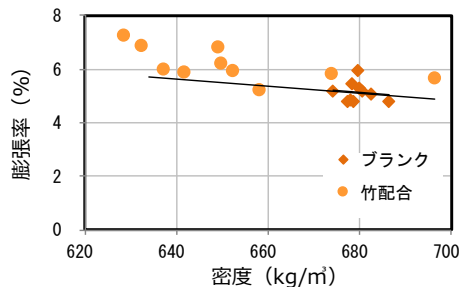


原料チップ化

1. 量産適用による再現性の確認

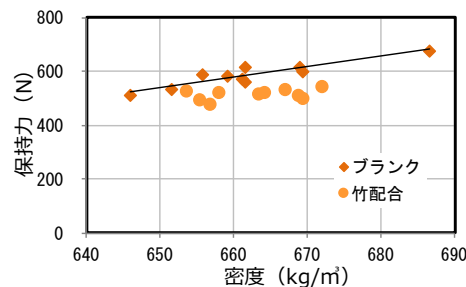
1) 物性の確認

③ 吸水厚さ膨張率 (12%以下)



- ・ブランク品の近似線上にあり、ほぼ同等の性能
- ・JISの規定性能は十分満足
- ・実験室試作の再現性あり (13タイプ)

④ 木ねじ保持力 (400N以上)



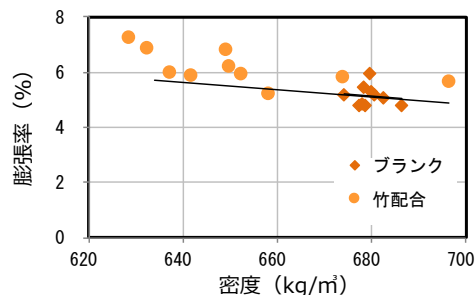
- ・ブランク品を若干下回るが、ほぼ同等
- ・JISの規定性能は十分満足
- ・実験室試作で確認した

✓ PBのJIS規格クリアー

✓ 従来品と同等の強度

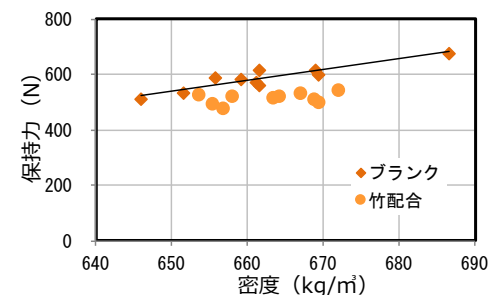
1) 物性の確認

③ 吸水厚さ膨張率 (12%以下)



- ・ブランク品の近似線上にあり、ほぼ同等の性能
- ・JISの規定性能は十分満足
- ・実験室試作の再現性あり (13タイプ)

④ 木ねじ保持力 (400N以上)



- ・ブランク品を若干下回るが、ほぼ同等
- ・JISの規定性能は十分満足
- ・実験室試作で確認した

◎ 量産適用による再現性の確認

竹残渣を10wt%配合したパーティクルボード
⇒日本工業規格JISA5908をクリアー

* 実験室で試作した場合に確認できた
木ねじ保持力の品質向上については、明確な効果は発現しなかった



曲げ強度の低い13タイプでは、竹残渣利用の特長が得られにくい

竹材の柔細胞の摩砕されやすさによって、実験室にはない
木質チップを準備する「異物除去、切削、乾燥の各工程及び搬送」で
竹残渣由来のフレーク形状が基準よりも小さくなっている



- ✓ 抽出残渣のパーティクルボードへ適用は可能
- ✓ 通常製品への抽出残渣適用の規格化が必要

【改善点】特長を得るには、より曲げ強度が求められる18タイプでの
活用の可能性、製造工程で摩砕されない方法の確立等が重要。

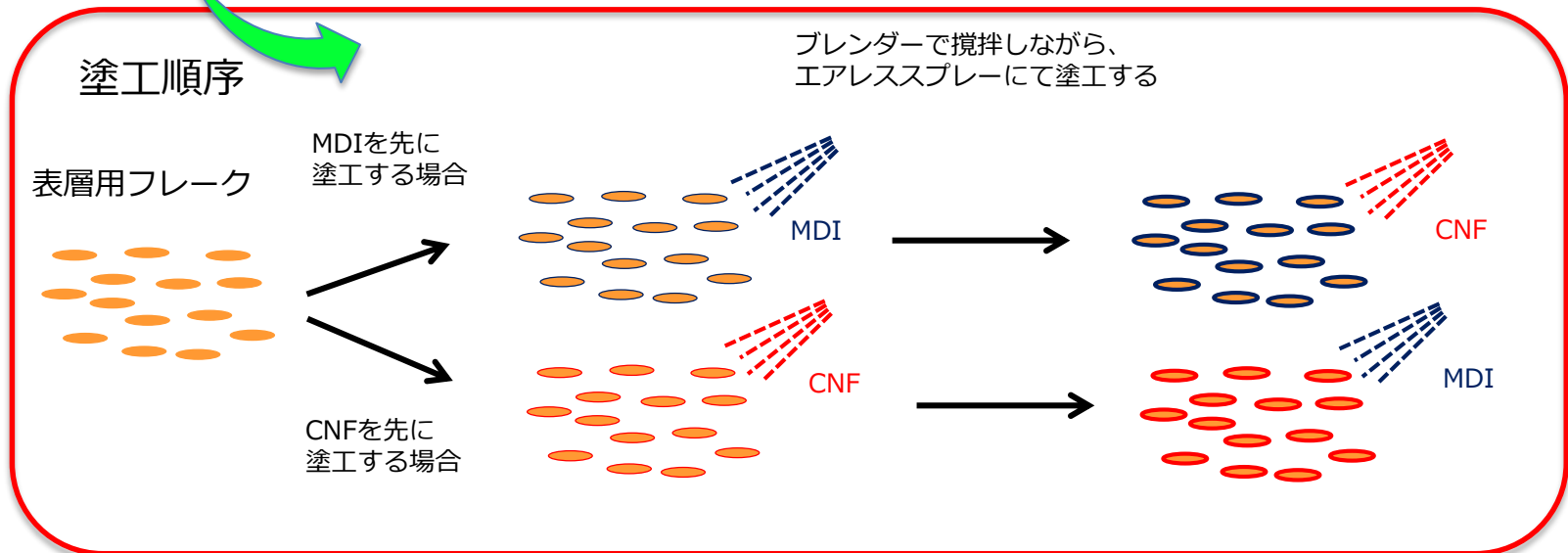
Ⅲ竹稈抽出残渣の利用法の開発

◎CNFを用いた機能性ボードの開発

●PB製造用接着剤（MDI（エマルジョン））にCNFを混合して、PBを試作したが、機能性向上は確認できなかった。

- ・ 接着剤が増粘し、接着剤の塗布ムラの発生？
- ・ MDIとCNFが優先的に結合し、MDIとフレークとの接着力が低下？

⇒MDIとCNFを別々に塗工
塗工順序（MDI⇒CNFとCNF⇒MDI）の検討

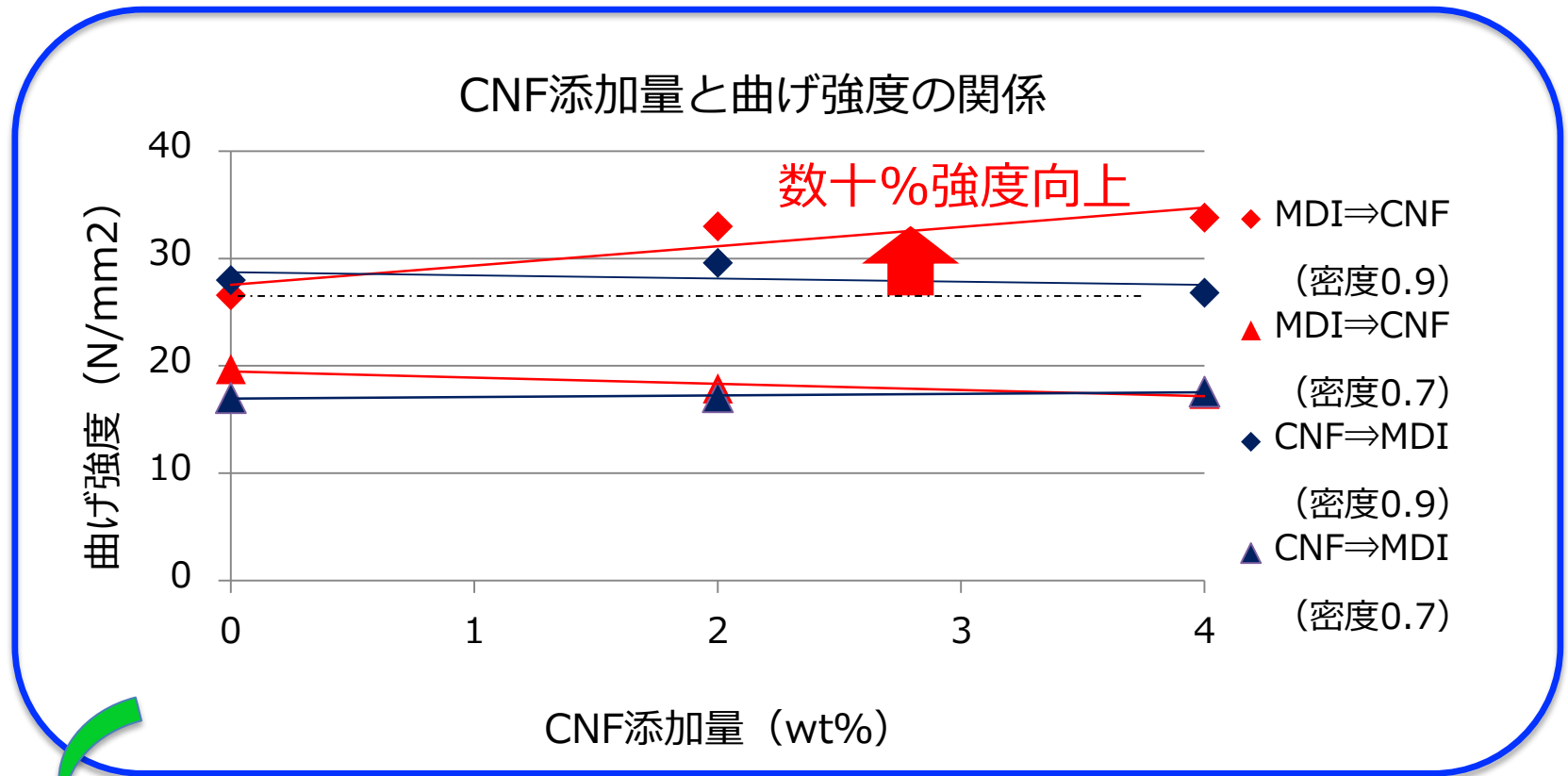


◎ CNFを用いた機能性ボードの開発

試験方法

- 竹パルプの作製（森林総合研究所にて実施）
原料：香川県三豊市産モウソウチクの抽出残渣チップ
処理：アルカリ蒸解+漂白（次亜塩素酸）
- 竹CNFの作製（株）スギノマシンに加工委託
CNF製造装置：超高压ウォータージェット加工装置（大型機）
○濃度5.1%の竹CNFを作製。
市販CNF（広葉樹）と同じ製法 ← 比較のため
- CNF添加PBの試作
○異なる塗工順序によるボード性能の比較
- 評価方法
曲げ強度にて評価

◎ CNFを用いた機能性ボードの開発



MDI⇒CNFの順に塗工 ⇒ 数十%曲げ強度が向上した

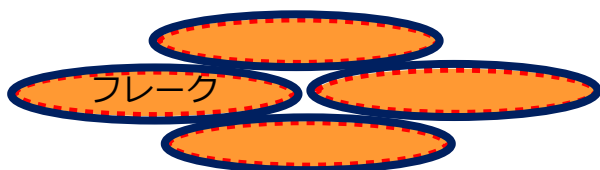
⇒ 竹由来CNF添加のボード強度 ≒ 木材由来CNF添加のボード強度

◎ CNFを用いた機能性ボードの開発

● 考察

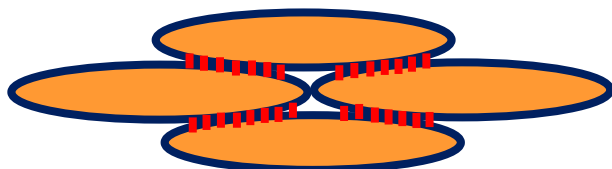
- ・ 塗工順序 (CNF⇒MDI)

赤線はCNFをイメージ
青線はMDIをイメージ



CNFは木質フレークに取り込まれ、
フレーク接着はMDIのみ作用

- ・ 塗工順序 (MDI⇒CNF)




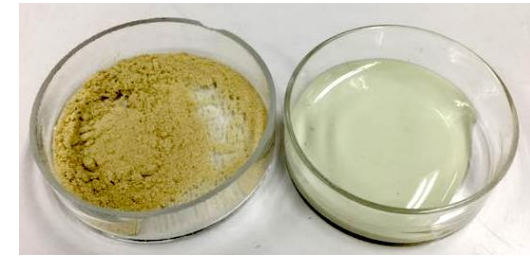
フレーク表面にMDIが覆われ、
フレークと木材との接着MDIと
CNFが架橋される

MDIを先に塗工することにより、木質フレークとの接着力は保ったまま、接着層がより強固になったと推測する。
破断面観察等により、結合メカニズムの解析を進める予定。

Ⅲ竹稈抽出残渣の利用法の開発

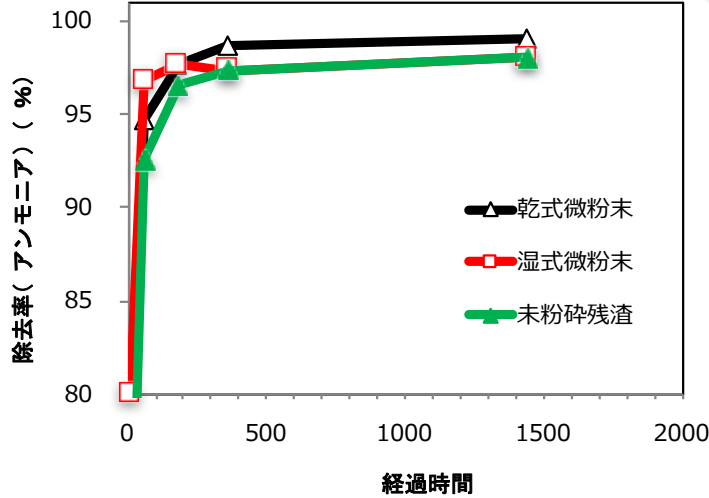
竹稈残渣の微粉碎末の消臭機能の評価

- 微粉碎末の調製  乾式ミリング法 (乾式微粉末)
湿式ミリング法 (湿式微粉末) (ペースト化)
- 対照試料：未粉碎残渣

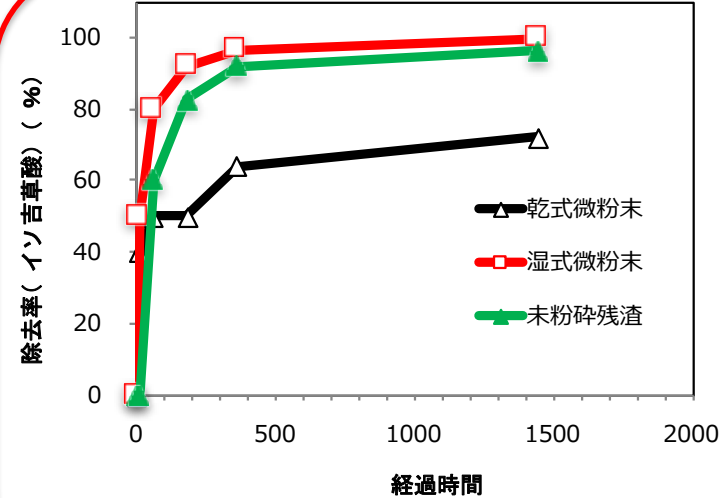


乾式微粉末

湿式微粉末



アンモニアに対する効果



イソ吉草酸に対する効果

⇒ **湿式微粉末**は**イソ吉草酸**等に対し優れた除去効果を示した

ペースト状の微粉末を他材料の表面に塗布し、薄膜を形成することが可能

⇒ **消臭材料**として居住空間での利用価値が大きい

今後の課題

竹由来の機能性素材（抽出液、抽出残渣）の

1. 製造コスト（伐採、収集、運搬等を含む）の低減
2. 使用目的に応じた製造スケジュールの確立
3. 利用分野の拡大

參考資料

II 抽出液の利用法の開発

竹棹、枝葉抽出液のインフルエンザウイルス不活化能

竹試料採取：春

サンプル	作用時間(分)		ウイルス感染価 対数減少値**
	0分(初期感染価)	30分後	
コントロール*	3.5×10^7	7.4×10^6	0.3
竹棹	1.4×10^5	$< 6.3 \times 10^0$	> 4.3
竹枝葉	3.5×10^7	6.3×10^2	4.7

評価ウイルス：A型インフルエンザウイルス

感染価の単位：TCID₅₀/mL

検出下限値：6.3TCID₅₀/mL

*：PBS(リン酸緩衝生理食塩水)

**：計算式 \log_{10} (初期感染価 / 作用時間(30分)後の感染価)

→宿主細胞(イヌ腎細胞)に対しては細胞毒性無

→ 竹抽出液の活性は市販品と比べると
同等かそれ以上

有望な消毒資材

●効果判定の目安

・米国EPA基準(市販消毒剤)*

⇒ 対数減少値 4

・市販消毒剤**

⇒ 対数減少値 3~4

*Antimicrobials Division U.S.EPA,
Confirmatory virucidal effectiveness test

**例えば,日本化学療法学会雑誌,2005