

高強度竹シート素材の開発

開発者 静岡県浜松市中区船越町14-13
053-464-4711 株式会社テクノート

開発者 東京都文京区弥生1-1-1
東京大学 アジア生物資源環境研究センター
03-5841-7506 環境材料設計学研究室

協力者 静岡県浜松市中区船越町14-13
053-464-4711 チームオーシャンマン



目指している事

鉄材、アルミ材、カーボンファイバー、プラスチック材の代替品、工業用材料として竹素材を利用する

竹の構造と特徴

竹は表皮付近に繊維が集中している。成長が早く3年で利用可能、節は繊維が不連続、低環境負荷素材である。

表皮に近い繊維が密集した部分では、鉄の引張り強度（約 $35\sim 40\text{kg/mm}^2$ ）に匹敵し、重量は鉄の約10分の1、アルミの約3分の1で、単位重量あたりの強度を比較すると鉄の5倍～10倍にもなる。



節は繊維が不連続

真竹（上）と孟宗竹（下）との繊維比較

初めに

竹突き板（節有り）の合板を開発

節あり竹集成材から薄板加工した材料を縦横に貼り合わせた竹シート材を試作して特許申請をした。
強度試験をした結果

節あり竹集成材から製造した竹合板では節や繊維の少ない所も含まれていて強度不足が判明



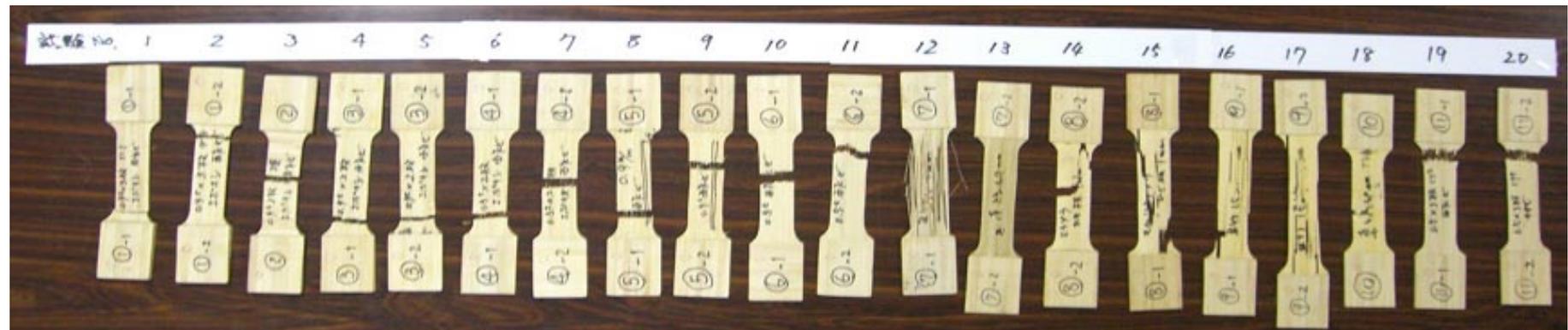
孟宗竹薄板合板 2枚合わせ



孟宗竹薄板合板 3枚合わせ

開発した竹素材の強度試験結果 節有り突き板合板及び竹単版の試験結果（黄色マークは竹単版）

竹薄板合板、強度試験		試験年月日 2007年11月13日 試験者 (株)テクノート 社											
試験場所 静岡県浜松工業技術センター		http://www.iri.pref.shizuoka.jp/hamamatsu/index.html											
使用設備 精密万能材料試験機 島津製作所 AG250KN													
試験NO	試験体	構成	接着剤	繊維方向	幅	板厚	破断強度		破断応力		ヤング率		比重
					mm	mm	N	kgf	N/mm ²	kg/mm ²	N/mm ²	kg/mm ²	
1	1-1	0.5合板×3枚エポキシ接着(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	縦横縦+縦横縦+縦横縦	25.8	2.528	3802	387.9	58.25	5.94	6565.5	669.94	
2	1-2	0.5合板×3枚エポキシ接着(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	縦横縦+縦横縦+縦横縦	25.9	2.513	3542	361.4	54.49	5.50	6723.3	686.00	
3	2	0.6合板×3枚エポキシ接着(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	横縦横+横縦横+横縦横	25.7	2.473	2373	242.1	37.39	3.80	3530.4	360.20	
4	3-1	0.8合板×2枚貼合(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	縦横縦+縦横縦	25.8	1.700	2499	255.0	53.62	5.40	6954.2	709.60	
5	3-2	0.8合板×2枚貼合(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	縦横縦+縦横縦	26.2	1.665	2499	255.0	57.13	5.80	6579.0	671.30	
6	4-1	0.5合板×2枚貼合(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	縦横+縦横	25.8	1.141	1398	142.6	47.56	4.80	3599.1	367.20	
7	4-2	0.5合板×2枚貼合(孟宗竹)	酢ビ+エポキシ	縦横+縦横	25.5	1.173	1207	123.1	40.46	4.10	4182.2	426.70	
8	5-1	0.8合板(孟宗竹)	酢ビ	縦横縦	25.2	0.821	1219	124.3	59.04	6.00	5719.7	583.60	0.71
9	5-2	0.8合板(孟宗竹)	酢ビ	縦横縦	25.2	0.852	1078	110.0	50.23	5.10	5506.2	561.80	0.71
10	6-1	0.5合板(孟宗竹)	酢ビ	縦横	25.0	0.574	529	53.9	36.90	3.70	3373.1	344.10	0.68
11	6-2	0.5合板(孟宗竹)	酢ビ	縦横	25.1	0.589	613	62.5	41.49	4.20	3948.1	402.80	0.68
12	7-1	真竹(外形約Φ50、)	単版	縦	25.4	1.150(外皮剥)	10114	1032.0	343.58	35.00	36814.0	3756.50	
13	7-2	真竹(約Φ50)	単版	縦	24.7	1.277(外皮剥)	11195	1142.3	354.92	36.20	30922.9	3155.30	
14	8-1	孟宗	集成材単版	縦	25.1	1.173	2278	232.4	77.39	7.80	8537.9	871.20	
15	8-2	孟宗	集成材単版	縦	25.6	1.177	2127	217.0	70.62	7.20	6791.3	692.90	
16	9-1	真竹(約Φ80)	単版	縦	25.5	1.643(外皮剥)	8627	880.3	219.27	22.30	20278.0	2069.10	
17	9-2	真竹(約Φ80)	単版	縦	25.0	1.47(外皮剥)	7562	771.6	205.76	20.90	15194.6	1550.40	
18	10	真竹(約Φ80)節部	単版	縦	25.2	1.448(外皮剥)	4144	422.8	113.59	11.50	15213.9	1552.40	
19	11-1	1.7合板	酢ビ	縦横縦	25.5	1.721	2682	273.6	61.11	6.20	5622.2	573.60	
20	11-2	1.7合板	酢ビ	縦横縦	25.4	1.725	2106	214.8	48.07	4.90	5307.4	541.50	



現在までの研究成果と今後の目標

【問題点の抽出と改善法の把握】

- ◆ 開発した竹シート材(縦+横+縦3層)の引張強度の試験結果は平均 **6kg/mm²**であった。
- ◆ ジュラルミンや鉄材に代替する竹シート素材の開発には、無節で繊維密度の高い竹素材を製造する技術が必須であることが確認された。

改善方法

- 竹材の表皮に近い部分(表皮から2.0mm~3mmの範囲)の効率的な取り出し。
- 節部分を取り除いた棒状短冊材を削り出し、圧密して繊維を密にする。
- 短冊材を積層接着しブロック化する。
- 薄板に加工して約0.2mm厚の薄板短冊材を試作した。
- 薄板短冊材の繊維方向を交差させて接着積層して竹シート板を試作した。



竹の薄板片を並べて積層途中の状態



竹の薄板片を編んで積層した試作品

竹長尺シート素材の手作り試作 製造装置の開発に向けて

- 薄板短冊材をラップジョイントして接着積層し、連続的な竹シート材の試作をした。
- 省力化・機械化できる部分を詳細に検討・把握し、製造装置に反映する。

(株)テクノートの主業務は機械設計業であり、25年間の機械設計経験を活用して竹シート材の大量製造装置を開発する。

東京大学は竹シート素材の高強度化及び強度信頼性や切削加工装置開発のアドバイスを
行なう。また、試作する竹シート素材の性能評価を担当する。

竹シート素材、手作り試作の製造工程



圧密短冊材 接着ブロック化 スライス 長尺シート化、接着積層

実施体制

<製造装置の設計製作試験>

株式会社テクノート

<http://www.tcn.co.jp/bamboo/>

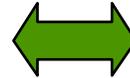
- 装置設計・製作・試験
- 竹シート素材の試作
- 販路開拓

<学術的な支援>

東京大学 アジア生物資源環境研究センター
環境材料設計学研究室

<http://smd.anesc.u-tokyo.ac.jp/>

- 竹素材の塑性加工に関するアドバイス
- 試作竹素材の物理的特性の評価
- 接着・積層加工に関する アドバイス



<実用化支援>

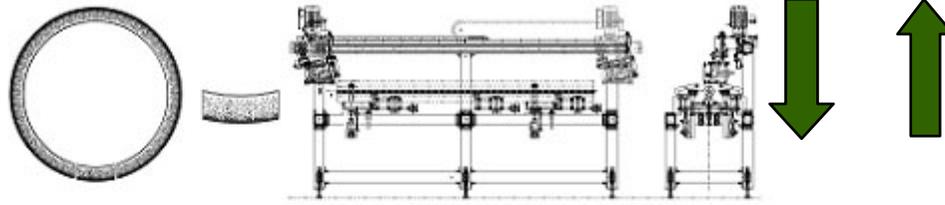
チームオーシャンマン

- 竹シート素材を活用した滑空機の製作と飛行実施
- ダイビング用竹フィンの製作

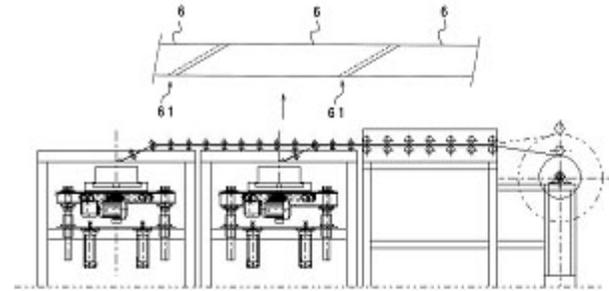


竹シート素材の製造工程

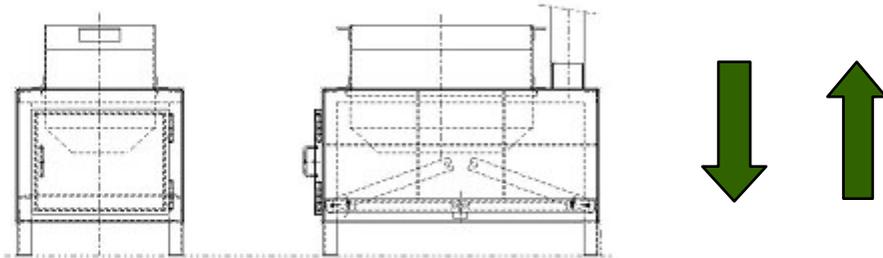
第1工程 短冊材製造装置



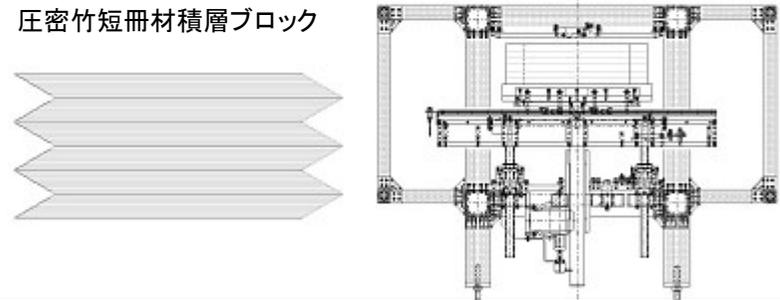
第6工程 テープ化装置



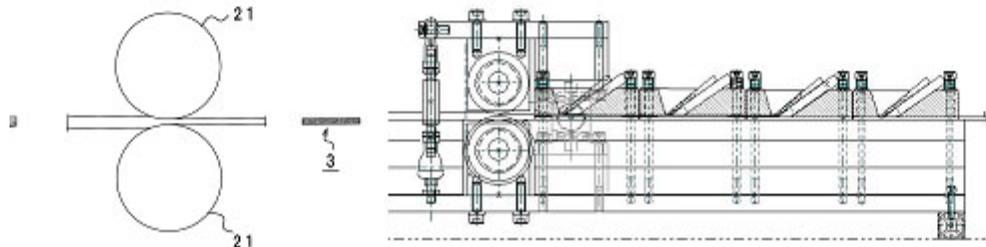
第2工程 脱脂、脱糖装置



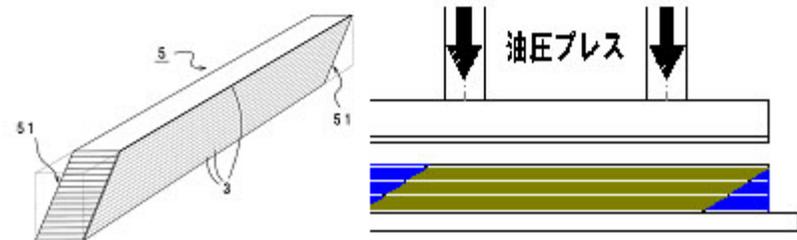
第5工程 スライス装置



第3工程 圧密平板化装置



第4工程 短冊材ブロック化



高強度竹シート材の利用分野

- ① 建築用構造材(角パイプ、H形材、C形材、アングル材に成型加工して鉄材やアルミ材の代用)
- ② 建築用内外装材、家具用構造材、表面材、模型及び工作用のクラフト素材
- ③ 自動車、電車、航空機、ボート等の外板、フレーム構造材
- ④ 自動車、電車、航空機、ボート等の内外装に使用される表面材
- ⑤ スケートボード、ボディボード、スキー板などスポーツ用品

竹シート材を利用した二次製品



アングル、パイプ材、発泡材との複合板



発泡材と竹シートを利用した軽量椅子

販路開拓 東京国際航空宇宙産業展2009に出展しました

ASIT 東京国際航空宇宙産業展 2009
AEROSPACE INDUSTRY EXHIBITION TOKYO 2009

2009.11.4日～6日 東京ビッグサイト 東6ホール
主催 株式会社東京ビッグサイト、東京都

<p style="text-align: center;">出展者 株式会社 テクノート</p> <p style="text-align: center;">高強度竹シート素材 <small>軽量・高強度・耐湿性良好、竹からつくられた素材</small></p> <p>◆竹シート素材の利点分野 航空機、宇宙機の筐体材料、建築用構造材・内装材、スポーツ器材等の軽量化材料として工業加工が容易です。繊維強化プラスチック等の樹脂系材料に比べ、価格競争力も優れています。</p> <p>◆竹の特徴 竹の繊維はアミノ酸の一種、炭素の割合が非常に高く、繊維密度も高い。従来の木材よりも約2倍の強度と、約1/3の重量をもち、加工が容易です。また、虫食いや腐食に強く、30年程度で伐採でき、資源の持続可能性も確保されています。</p> <p>◆竹シート素材の製造工程 <small>竹の選別・乾燥・剥皮・切断・圧縮・成形・乾燥・仕上げ</small></p> 	<p style="text-align: center;">共同出展者 チーム オーシャンマン</p> <p style="text-align: center;"><small>2007年度、第31回鳥人間コンテスト 陸上競技(主催)</small> チームオーシャンマンは清空模範門フォークステークスに出場 平成24年日本カップス優勝</p> <p>○ 従来した清空機はトビウオを模倣したデザイン 長さ18m、翼幅10m、重量1.5tの大型飛行機。清空模範門フォークステークスに出場し、2年連続優勝を達成しました。</p> <p>○ 主要メンバーに竹シート材を多用 清空機のエンジンカバー、翼端、機体等、工業用航空機、工業用航空機として、株式会社テクノートで開発された竹シート材を多用、軽量高強度な飛行機を実現しました。</p> <p>チームオーシャンマンは、清空模範門フォークステークスに出場し、2年連続優勝を達成しました。竹シート材の活用により、機体の軽量化と強度向上を実現しました。</p> 
<p style="text-align: center;">共同出展者 東京大学アジア生物資源環境研究センター</p> <p style="text-align: center;">木を活かす <small>よく使いたい</small></p> <p>私たちは木の個性を生かすものづくりに取り組んでいます</p> <p>木質(木や竹)の有効性</p> <p>◆軽量化 木質は従来のプラスチック等の合成材料に比べて、軽量化が容易です。また、加工が容易です。</p> <p>◆高い熱伝導率・断熱性能 木質は従来のプラスチック等の合成材料に比べて、熱伝導率が高く、断熱性能も優れています。また、加工が容易です。</p> 	<p style="text-align: center;">共同出展者 伊藤製作所</p> <p style="text-align: center;">竹シートを利用した合板&2次製品</p> <p>◆竹シート合板： 寸法安定性・強度異方性を改善した積層材料 ◆竹板合板： アングル材(参考出展) ◆竹パイプ： 軽量化に寄与する材料 ◆竹角材・竹車軸： 発泡材を竹シート材で覆った複合材料 ◆竹椅子： 竹シートと発泡材の複合座面椅子(参考出展)</p> 

本事業の目的は、竹資源の新しい使い道の開拓であり、竹の持っている、軽量、高強度、環境にやさしいという、特徴を生かした新素材を自動装置で作り出し、工業材料として利用しやすい高強度竹シート素材として提供する事である。

航空宇宙産業は、軽量で強度のある素材を最も必要としている分野である。従来の材料に変わるエコ材料の提案をして販路の開拓を行ない竹素材の普及を計る。航空宇宙業界で認められる材料ならば、他産業（自動車、建築、船舶、鉄道 など）にも充分利用可能であると考えられるので、この展示会に出展する事で拡販のきっかけを掴む。

現在までの実用化試験 ① 潜水用フィンの試作

竹シート素材の可能性を試験する為、フリーダイビング（素潜りを競技目的としたスポーツ）に使用するフィン（足ひれ）の試作を行った。素潜りの日本記録保持者等が試用して、履き心地、推進力などの試験した結果良好であったが、強度不足が明らかとなった。



静岡新聞掲載記事2008年1月23日



月刊ダイバー2月号掲載記事

現在までの実用化試験実績 ② 航空機応用試験（鳥人間コンテストに参加）

開発メンバーが代表を務めるチームオーシャンマンは2007年度の鳥人間コンテスト（読売テレビ主催）滑空機部門フォーミュラークラスに参加し、151.3mを飛んで優勝を果たしその有用性を実証した。強度部材に竹薄板合板を多用した事により軽くて強度のある機体を完成させることができ優勝に繋がった。



第31回鳥人間コンテスト滑空機部門
フォーミュラークラス優勝機

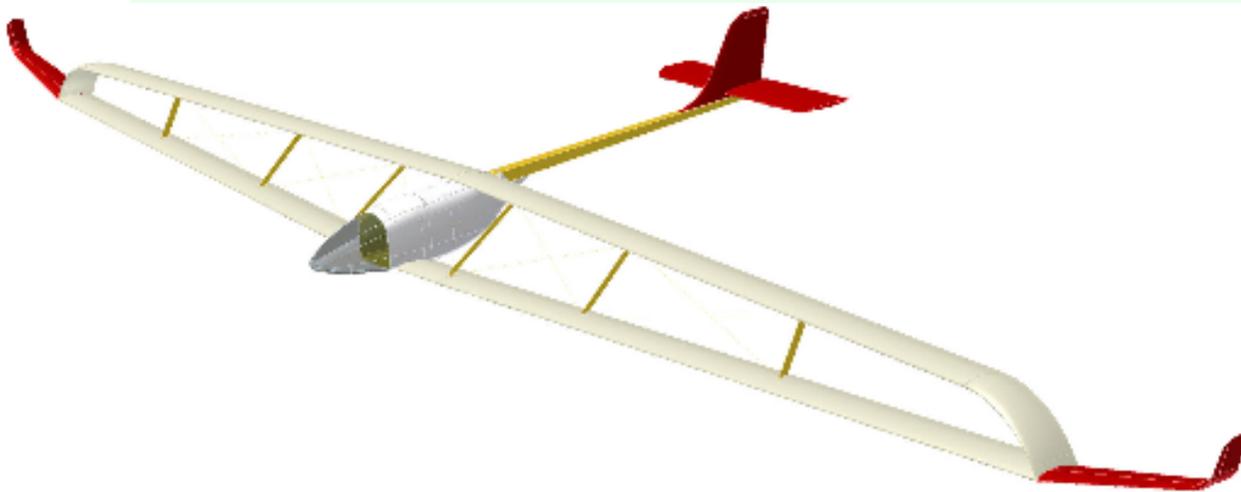
毎日新聞掲載記事2007年9月11日

- 鳥人間コンテスト第33回大会の滑空機部門オープンクラスに参加し、開発された竹シート素材を滑空機の主要メンバーに使用して製作した。

滑空機の主翼桁部材や他の強度メンバーに使用して、高強度竹素材の試験を行なう予定である。製作する滑空機は、複葉結合翼の機体にてエントリーを予定している。本大会に参加する事により公の場で、竹素材の実用化試験を行い、高強度竹シート素材の知名度を上げ、本品の普及とPRを計る。

- 開発した竹素材を利用してフリーダイビング用竹フィンの2次試作を行なう。

バハマ・ブルーホールで行われた2009 AIDAフリーダイビング世界選手権CWT (コンスタントウエイトウィズフィン)にて平井美鈴さんは-71mおよび-72mの日本記録を達成し、4位入賞いたしました、本竹フィンを日本記録保持者に提供し、カーボンファイバーフィンの変わりとなる竹フィンを世界に紹介することでPRし、竹材の利用普及に貢献する。



2010年 鳥人間コンテスト参加機体



ダイビング用フィンの2次試作

製造装置の開発

株式会社テクノートにて設計製作 2011年1月現在



短冊材製造機
巾決め子割された竹短冊材を製造する。



脱脂脱糖釜
前工程で製造された竹短冊材を水煮して竹に含まれる油分、糖分などを除去する。



圧密平板化装置
水煮され節を取り払った竹短冊材を圧縮圧密して平板化し同時に繊維が少ない内肉部を切削し、さらに表皮はシリコン分を含んでおり接着が効かないため除去する装置である



短冊材ブロック化接着装置
圧密平板化された竹短冊材を接着積層してブロック化する装置である。

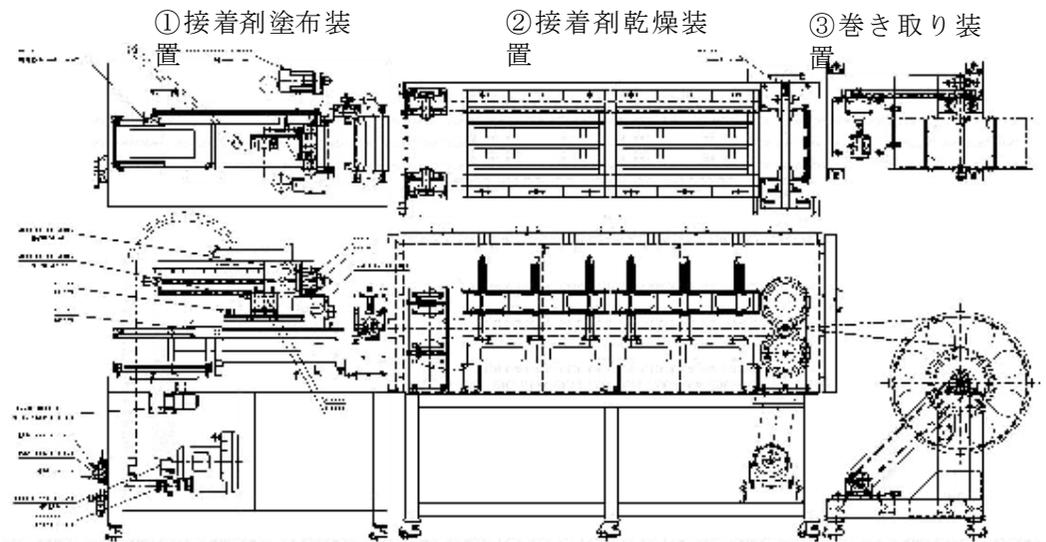


スライス装置
前工程で作成された竹ブロック材を約0.3mmの厚さでスライスする自社設計製作のスライス装置である

スライサー刃物装着写真



接着剤塗布装置：スライサーにて製造された突き板を接続しながら接着剤を塗布する装置



接着、乾燥、巻取ライン配置図：前工程のスライサーにて製造された竹突き板に接着剤を塗布し接続しながら乾燥機に投入し長尺竹シート素材を製造する。



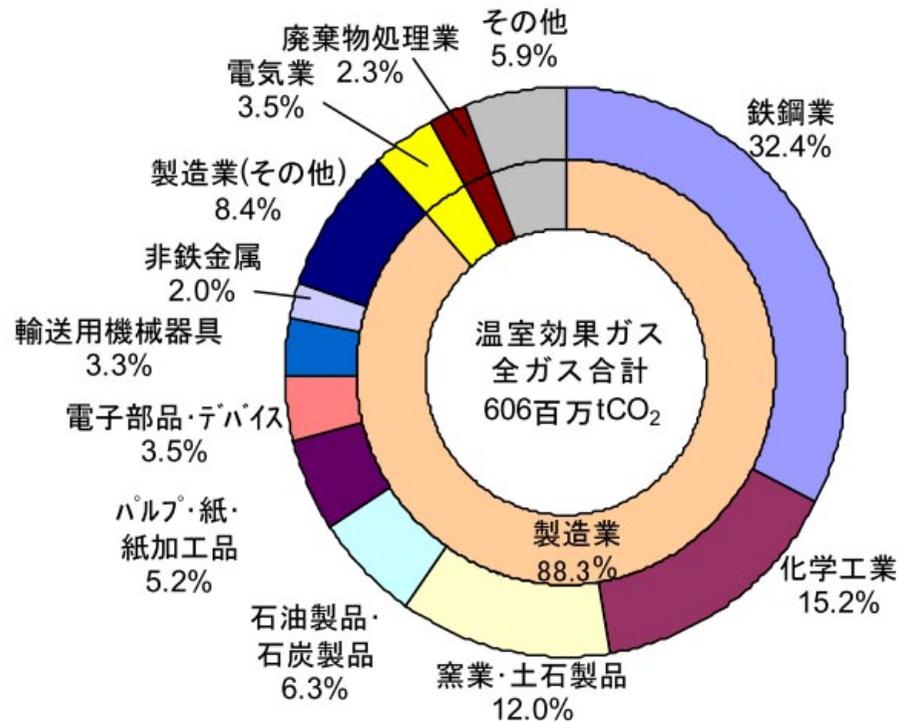
接着剤塗布装置とカバーを装着した接着剤乾燥機



巻き取り装置

終わりに

開発中の高強度竹シート素材は
東京大学アジア生物学資源環境研究センター「環境材料設計学研究室」と
株式会社テクノートの共同特許申請済みである。



日本の産業別温室効果ガス排出量
(経済産業省2006年調べ)

弾性率40GPa、強度400MPaが確保されれば
高強度木材としてカーボンファイバーやアルミ材料、プラスチック材料、鉄材料等の代替品として、環境負荷の低いエコ材料を提供できる。 また⇒ CO₂ 40%以上の削減に寄与できる。

竹素材の風合いを保持していることにも特徴がある。構造・補強用材のみではなく、インテリア用途・デザイン用途等の表面材利用にも耐えうる新素材としての展開も考えられる

日本の産業別CO₂排出量は、鉄鋼業と化学工業(プラスチック製品等)で全体の47.6%を占めている