

テクノ未来塾 京都オープンフォーラム

2018年10月27日

研究開発から事業化へ、 用途拡大から製品化へ

新規事業をやりきるために大切なこととは？

大阪大学大学院工学研究科
Hitz協働研究所

中澤 慶久

研究開発から事業化へ、用途拡大から製品化へ
新規事業をやりきるために大切なこととは？

本日のアジェンダ

- ①はじめに(自己紹介)
- ②杜仲茶事業の成功と事業譲渡
- ③阪大産学連携制度の活用
- ④トチュウという植物の紹介(基礎)
- ⑤トチュウゴムの研究
- ⑥バイオマスの安定供給・生産技術
- ⑦トチュウエラストマーの事業化

中澤慶久(なかざわ よしひさ)

- 1964年 高知県生まれ(ユズ農家)
- 1987年 日立造船株式会社入社(バイオ事業部配属)
- 1997年 博士(農学) 九州大学(乙種)
- 2000年 米国・ワシントン州立大学 生化学研究所(2年間)
- 2005年 大阪大学兼務(常勤)
- 2010年 大阪大学Hitzバイオマス共同研究講座 招へい教授
- 2012年 大阪大学Hitz (バイオ)協働研究所 特任教授
日立造船(株) 技術開発本部 バイオプロジェクト室長
- 2016年 同社 機能性材料事業推進室 バイオマテリアルG長



- 杜仲茶シリーズ発売 1987(創生)~2004年(事業部閉鎖)
- トクホ(特定保健用食品)「血圧が高めの食品」第1号開発発売
- 植物バイオマスからのトチュウエラストマーの開発(現在)
- 植物におけるゴム産生の機序解析と遺伝子組換えによる増産
- 海外法人の運営および農園開発
- 産学官連携(第4潮流のモデル実験)
- あきらめない開発(国家プロジェクト/企業内開発/産学官連携)

二足のわらじを使う職業
大学: 特任教授
企業: 部長



産学連携 学内に企業研究所

大学の薬用植物園にトチュウの木約2千本が植わっている。この木を使い、トチュウエラストマーという天然ポリマーの研究をしているのが、日立造船が大学内に設置したHitz (バイオ) 協働研究所だ。
所長の中沢慶久特任教授は日立造船の社員。研究だけでなく学生も指導する。トチュウエラストマーは天然ゴムより耐衝撃性に優れ、スポーツ用品や歯科材料に用いられる。同研究所では基礎研究から製品管理、マーケティングまでを担う。「企業が研究のイニシアチブを握る。これほど強い産学連携はない。」

学生もより実践的な研究ができる」。現在、ダイキンやコマツなども研究拠点を置いている。

トチュウの枝をもつ 中沢慶久特任教授

2017年4月11日(朝日新聞まナビバ)

植物でものを作る / 農家



週末は飛行機で実家(高知)に帰り柚子農園で農作業(10t強/年)



入社前より・・・33年、会社、長い呪縛

昭和61年(1986年)12月19日 金曜日

学生時代は農家より出資を集めて観葉植物のクローン増殖企業を設立。農業所得の向上に貢献した。技術は産業のために存在すると考える。

クヌギ苗木大量生産にメド

試験管実験で成功

九州東海大4年・中沢さん

1本の挿木から100~150本



中沢慶久さん

実験は、中沢さんが同研 週間で楕が伸び出し、長さ 研究室の戸田義宏教授(55)の 指導を受け、昨年十一月から、クヌギは各個体で生長量 直径二、三センチ、長さ一、二メートル、クヌギは各個体で生長量 直径二、三センチ、長さ一、二メートル、クヌギは各個体で生長量

クヌギ栽培の原木とし、物学研究室の四年生がわが 需要が高いクヌギの枝を、国で初めて成功した。 試験管内の培地に挿し木、中沢慶久さん(21)とて、全 試、大量の苗木作り出す、目的に不足しているクヌギ 実験に九州東海大農学部、原木の大生産にめどがつ (阿蘇長岡村)の応用植、いた、としている。

試験管の中で挿し木し、身がきたクヌギの枝

調整やヒ 越冬栽培

拓 上手に組 培すれば 期待でき 県竹田市 共同でヒ 育の冷 圃と共同 調整やヒ 越冬栽培

75年の歴史 にヒロイド

日立造船因島 最後の進水式

浦戸内の造船業のかたもと して地域経済を支えた広島県 因島市土庄町、日立造船因島 工場(百田五工場)で、十八日、最後の進水式となる。 結念支線を銀色のオノで断 動車運搬船の進水式が、市民 約一万二千人が見守る中、 静かに船台を滑り出し、浦戸の 静かに船台を滑り出す。

浦戸の造船業のかたもと して地域経済を支えた広島県 因島市土庄町、日立造船因島 工場(百田五工場)で、十八日、最後の進水式となる。 結念支線を銀色のオノで断 動車運搬船の進水式が、市民 約一万二千人が見守る中、 静かに船台を滑り出し、浦戸の 静かに船台を滑り出す。

浦戸の造船業のかたもと して地域経済を支えた広島県 因島市土庄町、日立造船因島 工場(百田五工場)で、十八日、最後の進水式となる。 結念支線を銀色のオノで断 動車運搬船の進水式が、市民 約一万二千人が見守る中、 静かに船台を滑り出し、浦戸の 静かに船台を滑り出す。

日立造船/事業内容の変化

重厚長大産業



世界3位の造船事業

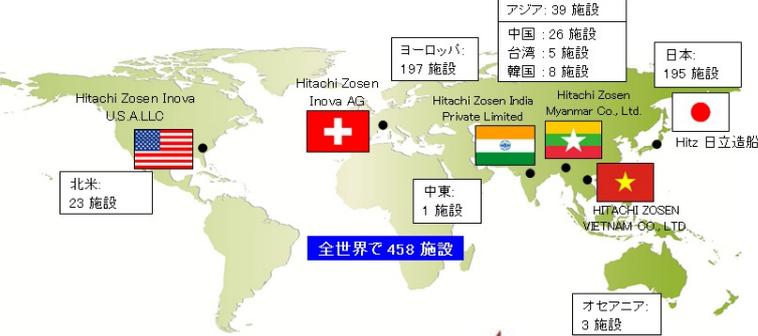
インフラ整備産業



過渡期の産業 (杜仲茶)

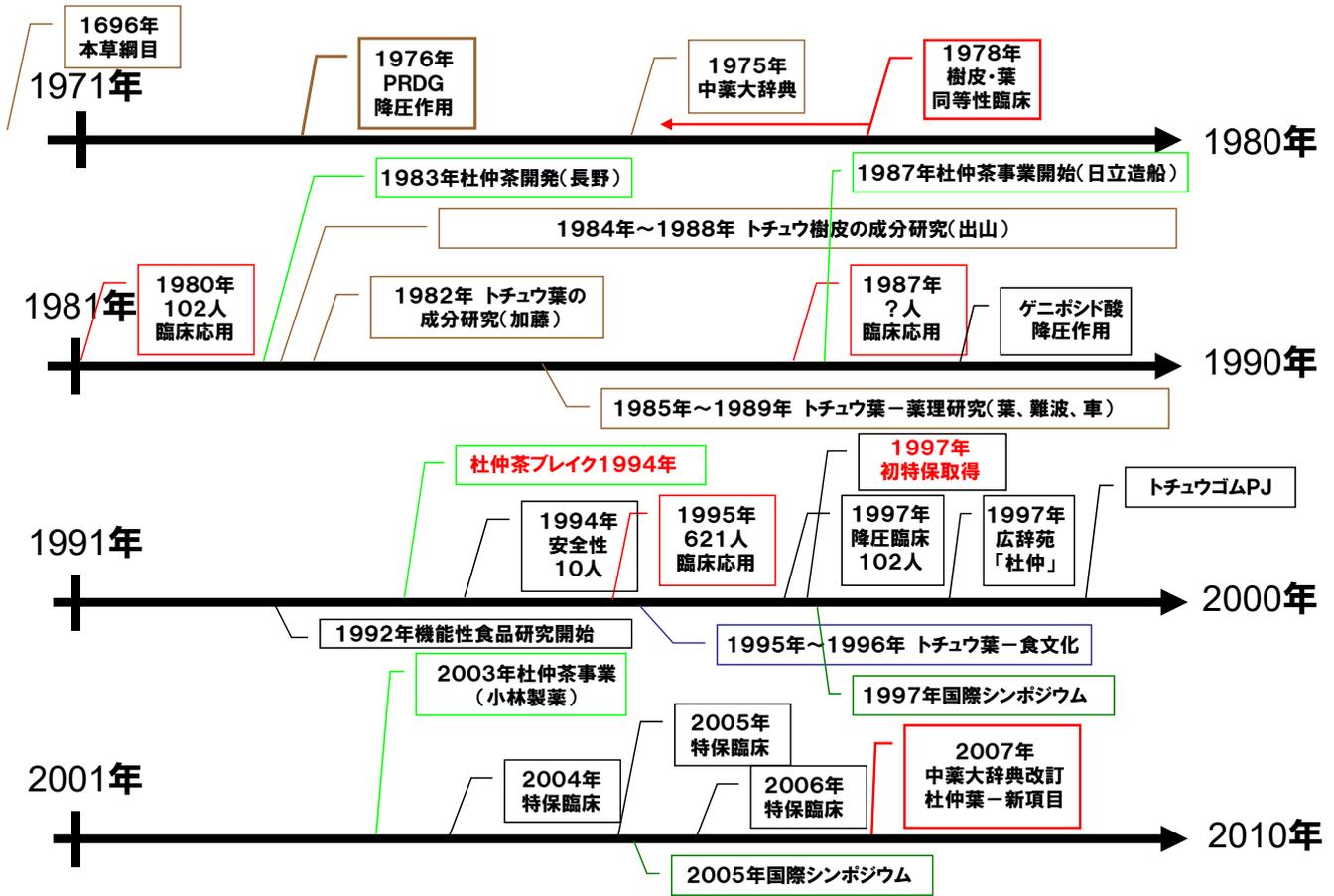


環境産業



次世代産業(1兆円目標) 担当

トチュウ葉(杜仲茶)の開発史



事業を興す事の大変さと雇用確保の重要性を若い時期に学んだ



日立造船の杜仲茶事業(平成元年~平成14年)



杜仲茶事業@売上100億円(平成7,8年度)

日立造船の杜仲茶シリーズ
(1987年~2004年)

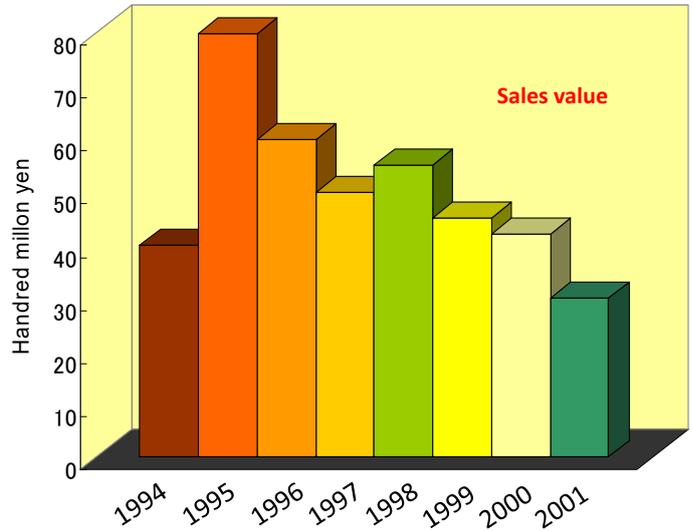


小林製薬の杜仲茶シリーズ
(2005年~現在)



1986年造船不況からの因島工場雇用確保を目的にバイオ事業部を設立、杜仲茶事業で注目されたが、経営資源の集中を理由に2004年3月小林製薬へ営業譲渡、2005年3月末19年間続いた事業部に鍵を閉めて閉鎖、開発は大阪大学へ移る

杜仲茶製造 (1985) : シリーズ品12品目
特定保健用食品 : 「血圧が高めの方」表示1号 (1997)

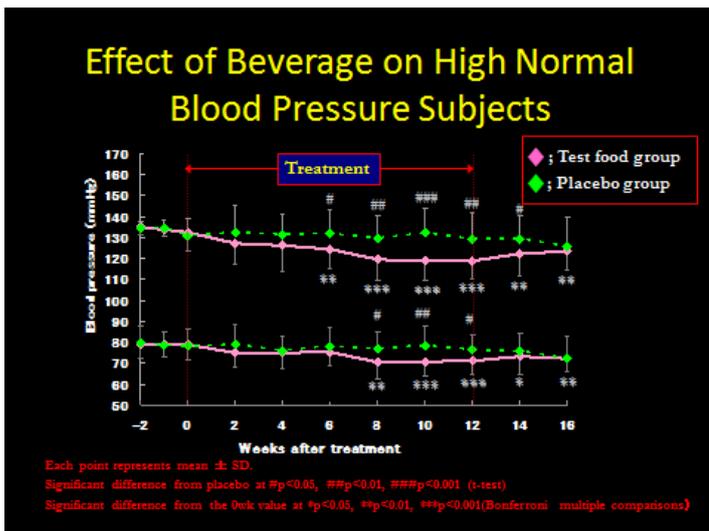


世の中に残る特保標語の創成

平成8年「**血圧が高めの方の食品**」という特定保健用食品の表示許可を取得。食品産業界に震撼を与えた。

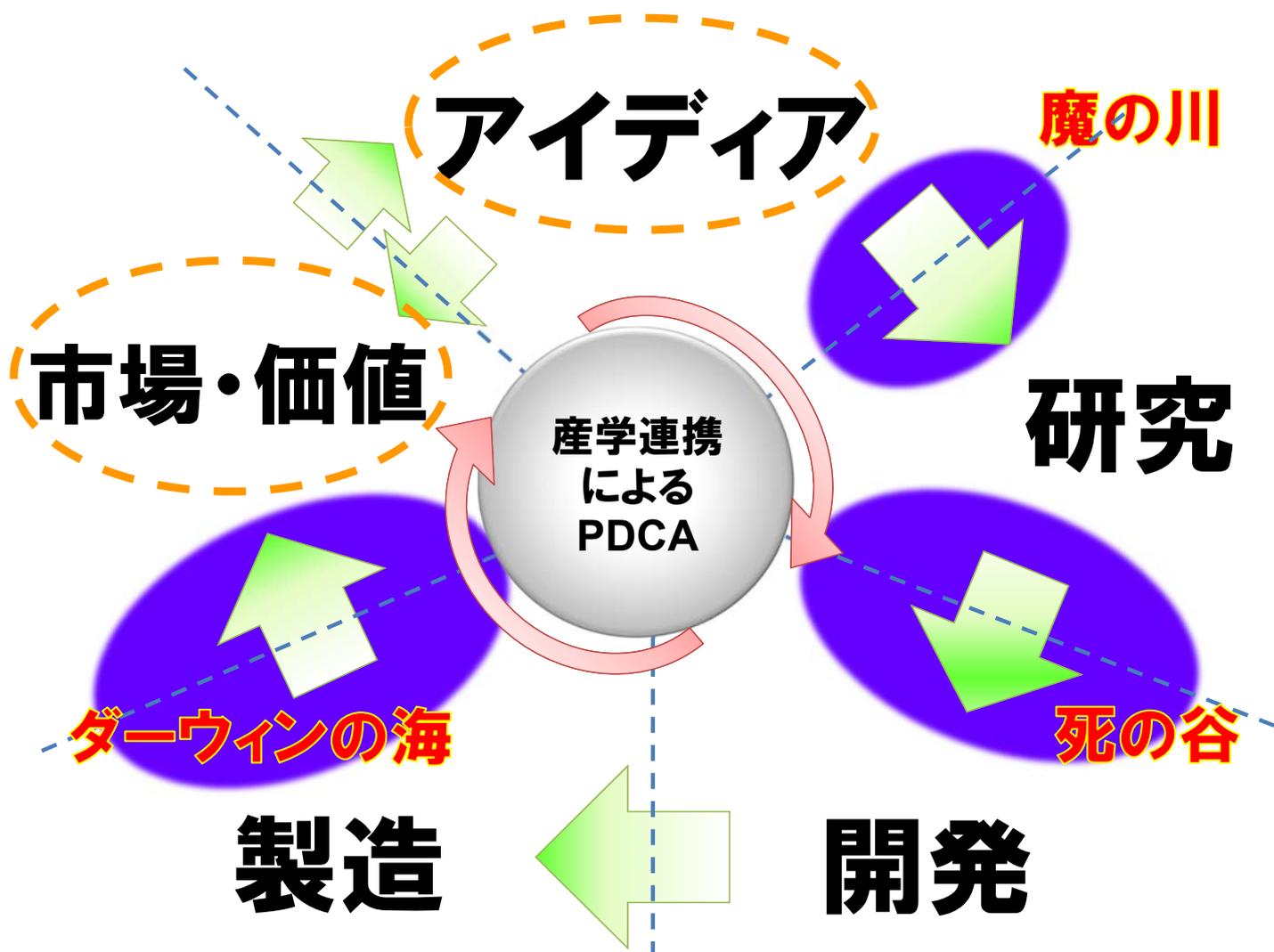
この表示許可により230億円*の市場(H26年度)を創成

*日本健康・栄養食品協会調査報告(2015)



日立造船の杜仲茶事業・・・(私見)

- 1985年造船の構造不況→人員整理→3万人→8千人体制(リストラ)
- 因島→新造船撤退(世界第2位建造工場)→新規事業による雇用確保
(NHK特集「島は沈む」)放送、夢の島から地獄の島に・・・
(入社→因島2名配属→歓迎会で殴られる→島の現状とその真意を知る)
- 流行のバイオ事業→雇用確保が目的→一次産業に特化→不採算→リストラ
(養殖、醸造、水耕栽培、人工温泉、キノコ栽培、飲料事業、国プロなど)
- 初年度から赤字部門へ→再リストラ→杜仲茶事業→3人→自転車での配送
- 杜仲茶OEM販売→倍増売上→3年で1億規模→本格参入→5年経過→5億円
- バイオ事業部→杜仲茶事業に特化→原料不足(H5年)→中国生産検討
- テレビ番組(みのもんだ)→ブレイク→市場切れ→争奪戦→中国製造前倒し
- 営業・企画戦略の失敗→同類品130品→粗悪品→味の低下→消費者離れ
- 製造・品証の失敗→大量の在庫→中国産・安定供給に問題→消費者離れ
- 経営者の失敗→設備投資→固定費の増大→デフレ→価格低下社会→競争力低下
- 特保→血圧1号目→市場・コンシューマの意識なし→説得商品→不得意
- 企画→研究成果→説得材料→健康普及型番組→営業連動→売上倍増(短期間)
- 商品寿命→POS管理→4ヶ月サイクル→CF告知スタイル→業界淘汰
- M&Aにより小林製薬へ営業譲渡
- 2005年3月、工場に鍵を閉め事業終了、因島の20年終わる
- トチュウの次の未来へ



13年を迎えた大阪大学独自の産学連携制度

～新しい社会との相互浸透を常に模索～

ある時間断面で在席する
研究者の数が活力と質を持つ

工学研究科
488名の教員

阪大産学連携制度の特任・招へい研究員数

工学研究科 (招へい教員/招へい研究員/ 特任教員)253	40 174 39
医学系研究科関連 (生命機能、保健科学、MEI等)	150
その他部局	70
人員数(2018/9 現在)	473



250名超の
企業研究者
(工学研究科)

委託研究
(共同研究)

雇用関係のある教員(特任含む) = 3,196名
(常勤) + 1624名(非常勤) = **4,820名**

+ 約500名

共同研究講座累計実績
93講座(2017年10月)

協働研究所システム

**共同研究講座の発展系
キャンパスに企業の雰囲気をも!**

10人以上の「企業」研究者が常駐
産学連携による研究開発者育成
新事業スタートアップ研究

システムチックに、迅速に、キャンパス
内で大学研究者と協働を継続

協働研究所実績
16研究所(2018/9)

- ・大阪大学
- ・出資企業(出向)
- ・その他の機関

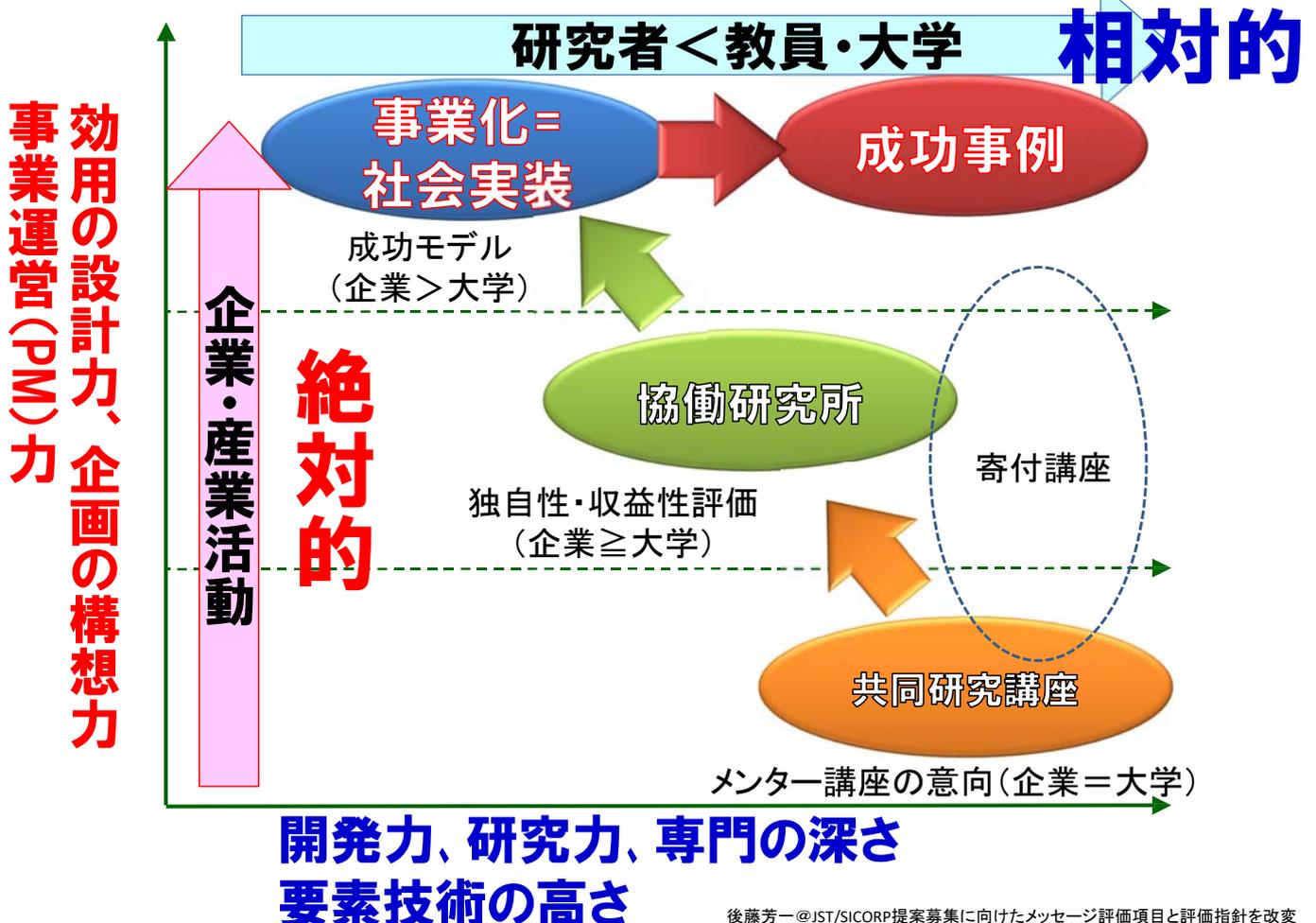
共同研究講座・共同研究部門

- 2年から10年の設置
- 共同研究に専念
- 知的財産の活用を重視した取決め
- 出資企業と大学が協議して運営

教授又は准教授 1名
(准教授～助教) 1名
.....
企業研究者
ポスドク、大学院生
兼任教授、准教授 etc.
事務員

選考

阪大産学連携制度(産と学の関係)



大阪大学大学院工学研究科 Hitz協働研究所

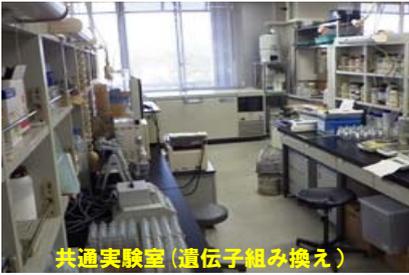
大阪大学テクノアライアンス棟8階(吹田キャンパス)

①研究開発領域

- 基礎研究(ゴム生産植物の解析)
 - 応用開発(素材開発・用途開発・機能評価)
 - 持込研究(NEDOプロジェクト・微生物研究)
 - 産学連携(JST事業NexTEP、機能性食品)
- ⇒多岐に渡る研究領域を支援、大学保有の設備を使用

②研究交流機関 産官学と連携

国内:経済産業省、文部科学省、NEDO、JST、アライアンス企業など
海外:中国林業科学院、寧夏大学、九九慢城社仲産業公司、中国系企業など



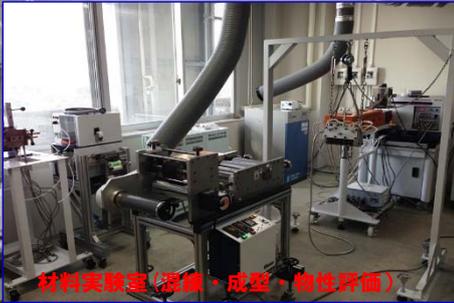
共通実験室(遺伝子組み換え)



薬草園(トチュウ圃場)



化学実験室(有機合成・組成分析)



材料実験室(溶練・成型・物性評価)

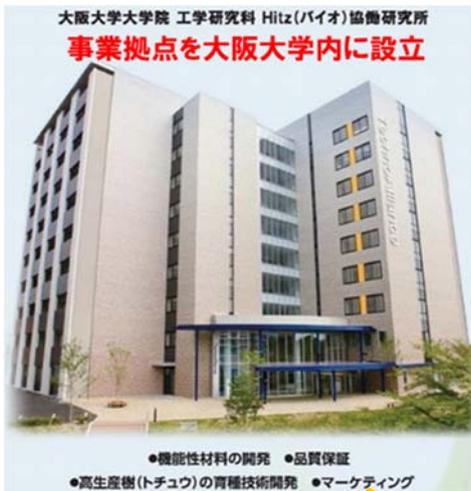
所属	人員(44)	備考
協働研究所 総数(12)	所長:中澤慶久 :鈴木伸昭 :武野カノクワン :李雪虹 :原田陽子 副所長:田中敏嗣 :後藤芳一 :新名惇彦 :馬場健史 :松村浩由 :玉泉幸一郎 :梶浦裕之	特任教授(在席出向) 招へい准教授 特任助教 特任研究員 特任研究員 教授(機械工学) 招へい教授(機械工業振興会) 招へい教授(NAIST) 招へい教授(九大) 招へい教授(立命館大) 招へい准教授(九大) 招へい教員(立命館大)
スタッフ 5名		
大阪大学 兼任教員 (5)	福崎英一郎(工) 宇山浩(工) 紀ノ岡正博(工) 平田取正(薬) 深尾葉子(言語文化)	教授、准教授 (学内兼業)
日立造船 常勤(5)	亀井元男、庄錦樓、 袖木功、藤岡修司 佐藤弥生	招へい研究員 (常勤)
日立造船 非常勤 (トチュウ10) (海外3) (社内15)	藤田優、田中新吾、齋藤浩、中村亮介、西川準、堤雅史、佐田忠行、(劉繼平、魯芳、魯婷) 吉良典子、酒井一郎、西村浩人、林俊介、長谷川剛史、宇野愛、國木政徳、野田武史、山田敏義、得津裕太郎、大西史朗、大淵隆文、山田雄也、連増文、福田直晃	常勤10名 非常勤28名 他企業2名
社外研究者 (2)	柿崎公明、谷政季	(招へい研究員) (非常勤)
ポストドク・ 学生(1)	入室登録学生1名	各研究室

協働研究所組織(H30/9月現在)

「Industry on Campus」大学拠点のイノベーション

オープンイノベーションを大学内に設立

大阪大学大学院 工学研究科 Hitz(バイオ)協働研究所
事業拠点を大阪大学内に設立



●機能性材料の開発 ●品質保証
●高生産樹(トチュウ)の育種技術開発 ●マーケティング

原材料生産(海外独資法人)



日立造船(楊凌)
生物資源開発有限公司(中国)

- 2011年創立(中国陝西省)
- 100%子会社(留学生を採用)

●バイオマスの安定確保(自社農園) ●原料の安定生産

バイオマス安定供給



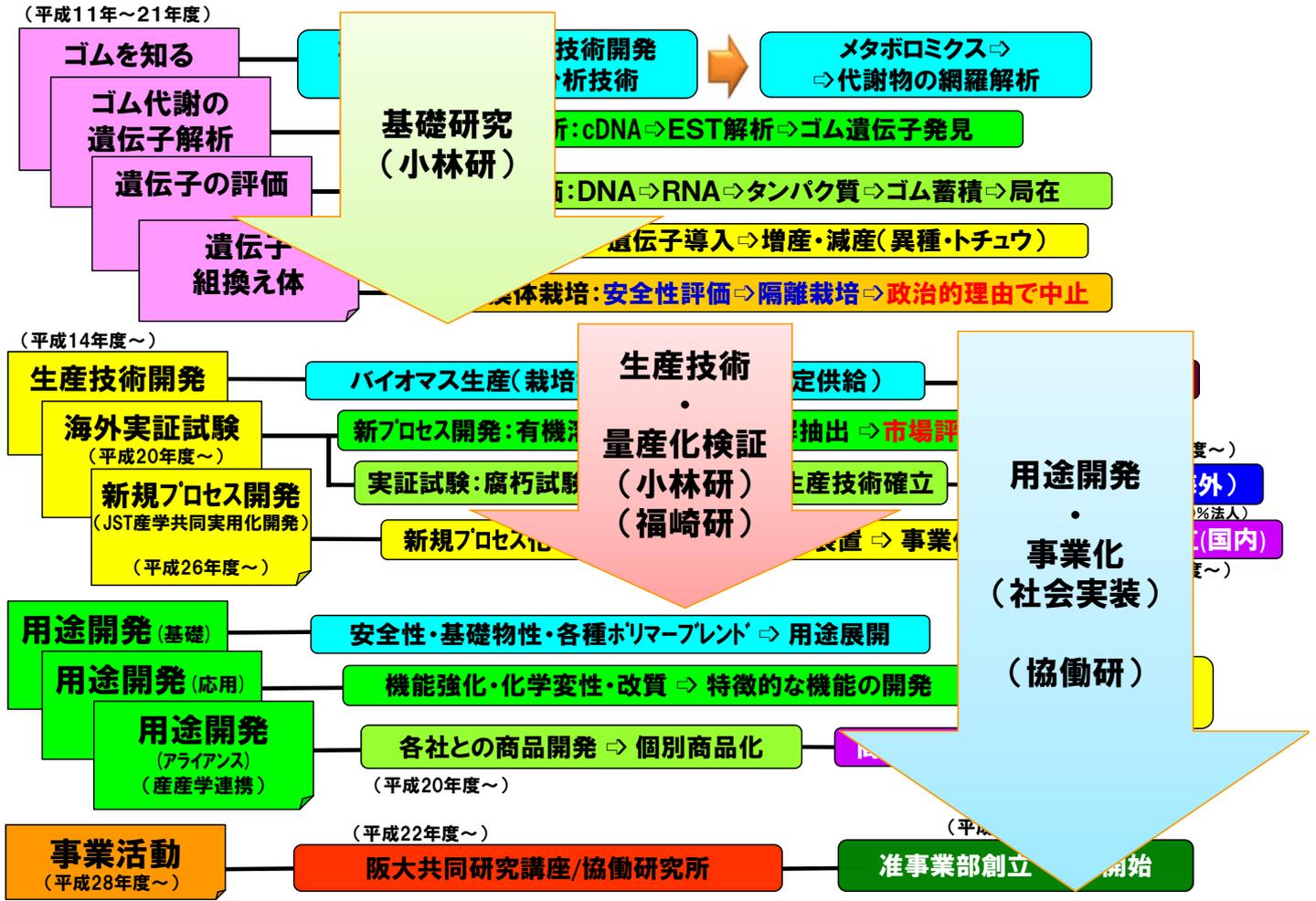
国内生産拠点(JST産学共同実用化開発)



自社農園/200ha 90,000本(メスクローン林)

植栽数9万本/接ぎ木による♀型農園/H29より収穫開始

プロジェクトの進行と技術展開・事業活動



Hitz協働研究所の教育・研究活動・女性研究者育成

項目	人材動向(過去⇨現在)	人数	備考
人材の育成 (人材動向)	登録学生(延べ数)	260	総数(院生60%(DR20%, MS40%)、BS40%)
	教員⇨正規職員	2	即戦力として活躍中
	正規職員⇨教員	3	九州大1名、寧夏大1名、立命館大
	ポストク⇨正規職員	9	学内外より公募、外国籍(3)、博士(5)
	派遣⇨正規職員	3	外国籍(1)、博士(1)
	派遣⇨派遣	3	正規職員候補者でも派遣を希望、博士(1)
	就活後関連のある学生	12	企業間でのトチュウエラストマー用途開発など

女性研究者循環型育成クラスターの形成の一貫として2018年4月より特任研究員として協働研に3名を採用(1名特任助教:5月より)

論文・特許・PA	総数	年度							
		2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010
査読付論文	22	2	4	1	2	3	2	1	7
解説・総説等	17	0	1	4	2	3	1	3	2
書籍	5	0	1	1	0	1	0	1	1
学会発表等	33	6	5	5	5	5	5	3	3
特許	34	6	7	12	2	3	2	4	0
報道発表	35	6	4	8	4	3	3	3	2

特許は阪大との共願を含む総計、2018年3月現在

2018年3月博士論文





トチュウという植物の特徴

(和名:杜仲、Tochu)、(学名:*Eucommia ulmoides* Oliver)
 (中国名:Du-Zhong)、(英名:Hardy rubber tree)

分布:温帯域緯度、(栽培分布:中国-日本区域)

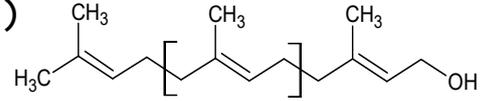
特徴:落葉性、樹高20m、1属1種、雌雄異株、耐乾性(400mm)

TPI:トランス型ポリイソプレン(分子量 10^4 - 10^7 M) 全樹体

利用:食薬区分(樹皮:医薬品、葉・葉柄:食品)

特定保健用食品(血压特保1号)

日陰樹、樹芸品種

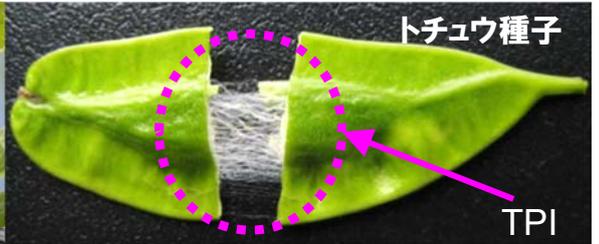


葉



♀

♂



トチュウ種子

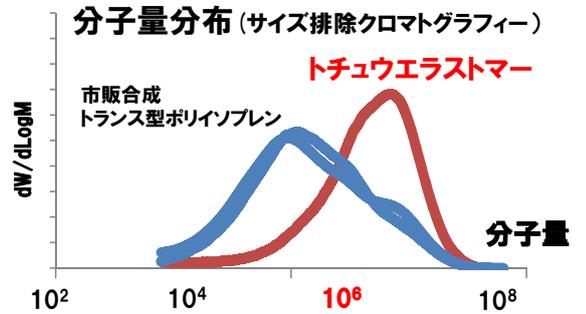
TPI



樹皮



トランス型ポリイソプレン(SEM像)



Eucommia Type 1881 (Kew Herbarium)

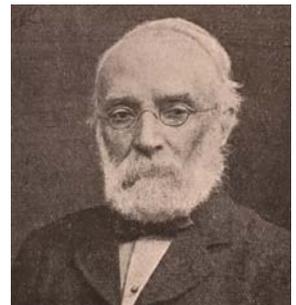


トチュウのポリマー研究の始まり

Dr. A Henry (1857-1930): 1881年長江宜昌採取
 Prof. D. Oliver (1830-1917): 学名を命名(1890年)
 Kew's Director J. Hooker: Icones Plantarum(1890年)



Dr. Augustine Henry
(China Plant hunter)

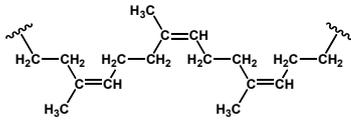
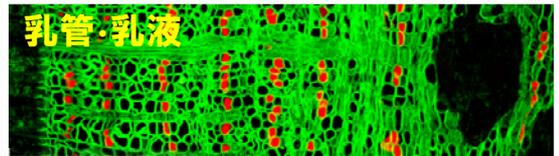
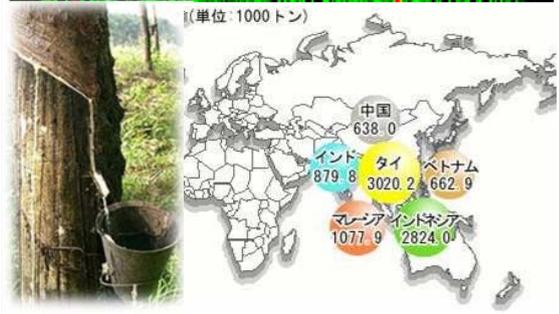
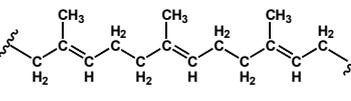
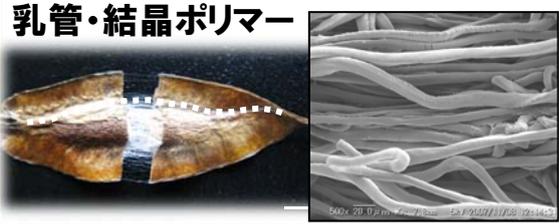


Prof. Daniel. Oliver



Royal Botanic Gardens Kew 2016.6.6.

植物の産出するゴム(エラストマー)の種類

	分子構造	植物種	形状・特徴
天然ゴム Polyisoprene 高分子 ポリイソ プレン	シス型ポリイソプレン <i>cis-polyisoprene(CPI)</i>  弾性 耐久性	熱帯・亜熱帯植物 パラゴムノキ <i>Hevea brasiliensis</i> 半乾燥地植物 グアユール <i>Parthenium argentatum</i>	乳管・乳液  (単位:1000トン) 
	トランス型ポリイソプレン <i>trans-polyisoprene(TPI)</i>  熱可塑性 耐衝撃・高延性	温帯植物 トチュウ <i>Eucommia ulmoides</i> その他, 2,000 種以上の植物	乳管・結晶ポリマー 

ゴムにはシス型(高い産業用途)とトランス型(工業用原料)が存在する

天然ゴムにはシス型とトランス型があり産業用途が異なる



シス型ゴムから作られる製品の例



生ゴム



パラゴムノキ



<http://www.bridgestone.co.jp>

世界のゴム生産量
天然ゴム: 10,000千トン
合成ゴム: 12,000千トン
(45%が天然ゴム)

飛行機や重機タイヤは全て天然シス型ゴム

トランス型PIから作られる製品の例

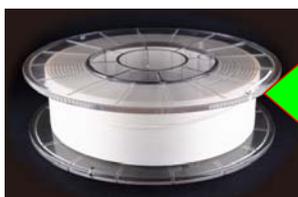


グッタペルカノキ

グッタパーチャは生産性が低いためほぼ生産停止



http://www.dentalmedical.com/cart/index.php?main_page=product_info&products_id=734



トチュウ

<https://ja.wikipedia.org/wiki>

植物ポリイソプレノイドの化学的研究

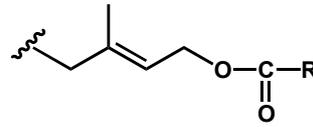
ポリイソプレノイド分析技術の構築

- ・ゴム成分の解析技術 (SEC, NMR)
- ・生合成中間体画分の解析技術 (SFC, MALDI-TOF MS)

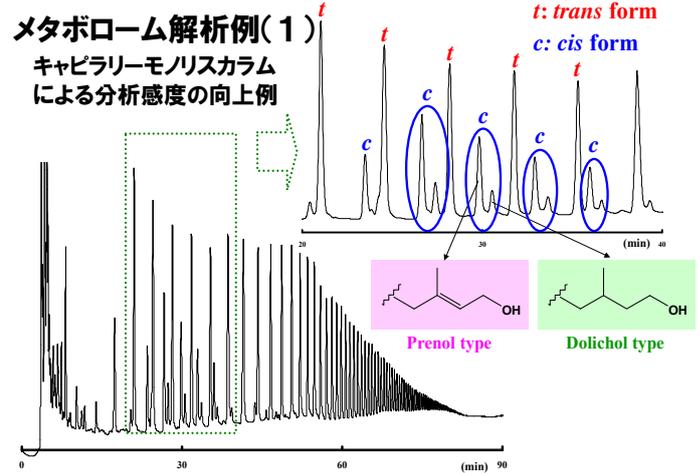
分析対象代謝物	分析手法
ポリイソプレン	SEC (分子量分布) NMR (構造)
ポリプレノール	HPLC, SFC, capillary HPLC (鎖長分布)
親水性低分子代謝物	GC-MS (糖, アミノ酸, 有機酸など)

植物ポリイソプレノイドの分析

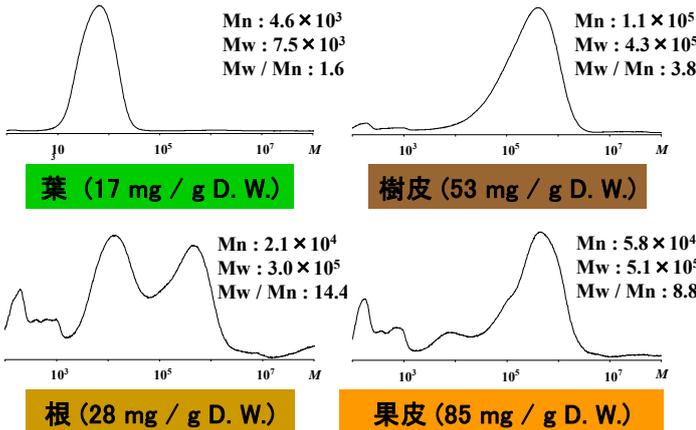
- ・各採取部位由来ポリイソプレノイドの解析 ⇒
ゴム産生能, 分子量分布に部位特異性.
末端のアシル化(脂肪酸の付加)=鎖延長停止.



トチュウポリイソプレノイドの末端構造



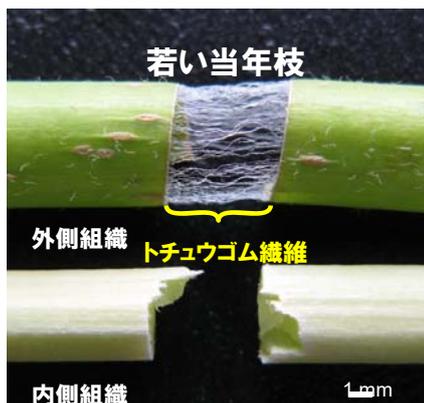
HPLC analysis of polyprenol from *E. ulmoides* using capillary monolithic column



トチュウ各採取部位由来ゴム成分のサイズ排除クロマトグラフィー分析

トチュウゴム合成遺伝子の解析

大規模EST解析の結果(阪大/かずさDNA研究所)

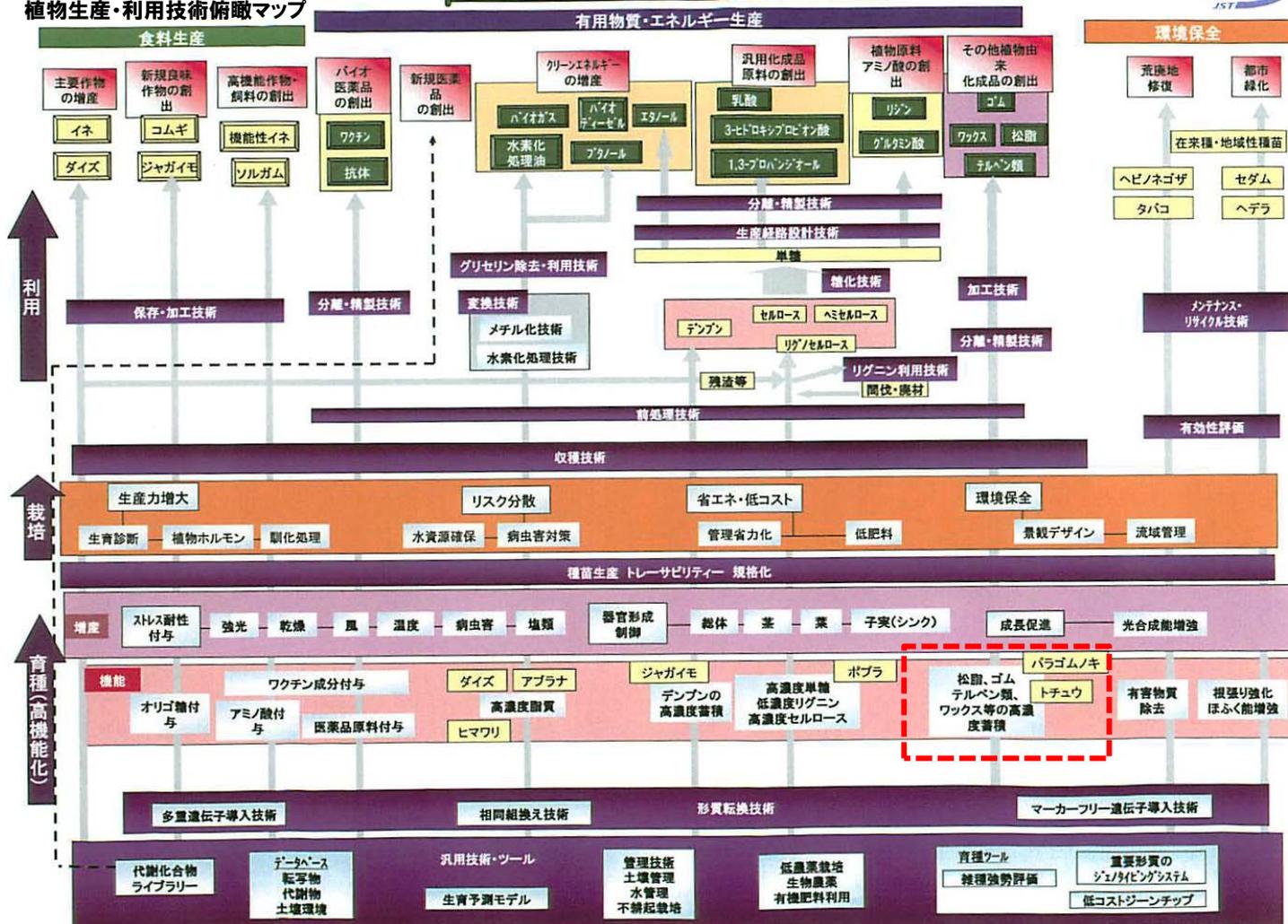


Total ESTs	38,168
(ゴム代謝樹皮側)	(17,914)
(木部側)	(20,914)
High quality ESTs	27,752
Unigenes	10,520
(Contigs)	(4,302)
(Singletons)	(6,218)
NCBI nr matches (%)	74.8

EST・DNAマイクロアレイによるゴム関連酵素の探査結果

メバロン酸経路酵素 ← 原料生産酵素	9
非メバロン酸経路酵素 ← 原料生産酵素	4
TIDS候補酵素群 ← ゴム合成類似酵素 (TPI 合成酵素 ← トチュウゴム合成酵素)	9
ゴム顆粒局在タンパク質 ← バラゴム類似酵素	3
NAC 転写因子 ← 乳管形成因子	6
MYB 転写因子 ← 維管束形成因子	22
	19

トチュウ
ゴム遺伝子
3種類
↑
知財取得



基礎研究の成果と評価(価値)

① 成果

(~2010年)

- ・超高分子(炭素重合)の遺伝子配列知財
- ・ゴム生合成の全容(生化学の七不思議)
- ・シンクとソース
- ・遺伝子制御による増産・鎖長改変

② 評価(価値)

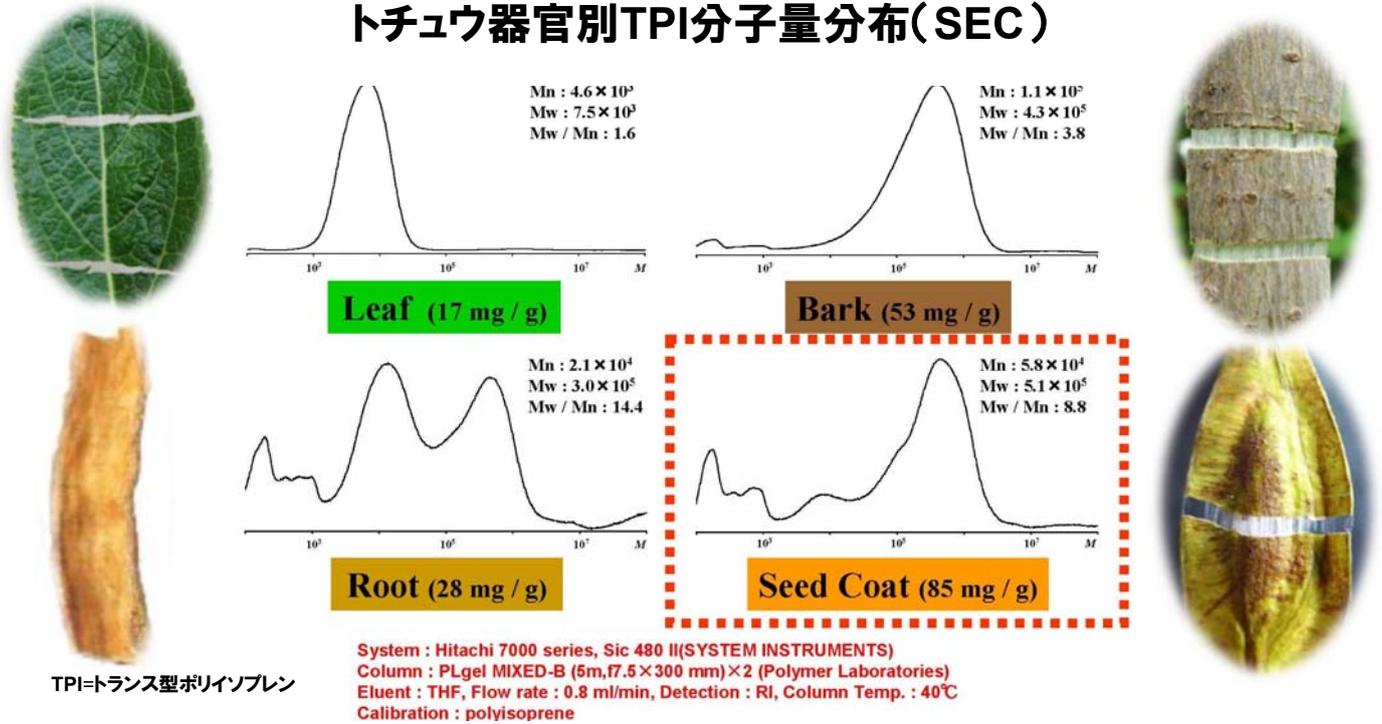
- ・トチュウが政府重点植物へ指定
- ・成果を出せる研究グループ(信用)
- ・人材創出、科学的評価(論文数)

TPI含有量が高く高分子であり持続可能な調達部位

トチュウバイオマス器官別TPI含有量 (%)

Ogans	Leaves	Barks	Roots	Seeds	Pericarps
Content	2 - 6	8 - 12	5 - 10	13 - 20	25 - 32

トチュウ器官別TPI分子量分布(SEC)



TPI=トランス型ポリイソプレン

トチュウバイオマスとして持続可能な採取器官 (種子形成の1年間)



安価で容易な腐朽分解抽出方法の開発 (2008年～2013年)

	溶剤法(葉)	新手法	特徴
抽出手法の改良点	①有機溶媒抽出 (トルエン・クロロフォルムなど) ②熱エネルギー (電気エネルギー、化石燃料) ③連続運転→安全性 ④生産設備→コスト高	①微生物・水 (木材腐朽菌) ②微生物 (少量の化石燃料) ③自由運転 ④生産設備→小型化	①有機溶媒未使用 (コスト削減・安全) ②熱エネルギー削減 (省エネルギー) ③管理コスト削減 ④生産場所拡大
ポイント	環境負荷(大)	環境負荷(少)	生産コスト減

新手法の特徴

特許出願(PCT)

- ①: 残渣・廃液の回収と還元(肥料) ← 環境配慮
- ②: 生産期(農閑期)の繁忙に左右されない ← 農業労働力を活用できる
- ③: 原料保管(種子)可能、市場要求により生産可能 ← 価格を抑える
- ④: 生産手法特許取得 → 制御不可(中国) → 抑制力
- ⑤: タッピング(パラゴムノキ)より効率的 ← NRとの競争力(価格数倍の上昇)

トチュウエラストマー 生産技術のブレイクスルー

採取方法(植物)	採取器官(細胞)	性状	生産の特徴	実績
タッピング法 (パラゴムノキなど)	連結乳管細胞	乳液	プランテーションによる 乳液の回収生産	100年以上の実績 (東南アジア、アフリカ実績、 1000万トン/年)
有機溶媒法 (ゴムタンポポなど)	単乳管細胞	乳液 固形	溶媒分離による物理的 回収方式の生産	米国・ロシアなどで実績
生物的腐朽分解法 (トチュウ)	単乳管細胞	固形	木材腐朽菌等によるバ イオエンジニアリングと 水洗による生産	実績なし→実証生産可能 NEDO助成事業(ODA) パイロット試験、生産事業開始

タッピング法



ゴムタンポポ
溶媒抽出前処理



生物的腐朽分解法 (NEDO海外助成事業にて開発)



バイオマス収穫



研究基地(ODA実証試験地)



腐朽分解(バッチ式)



水洗システム



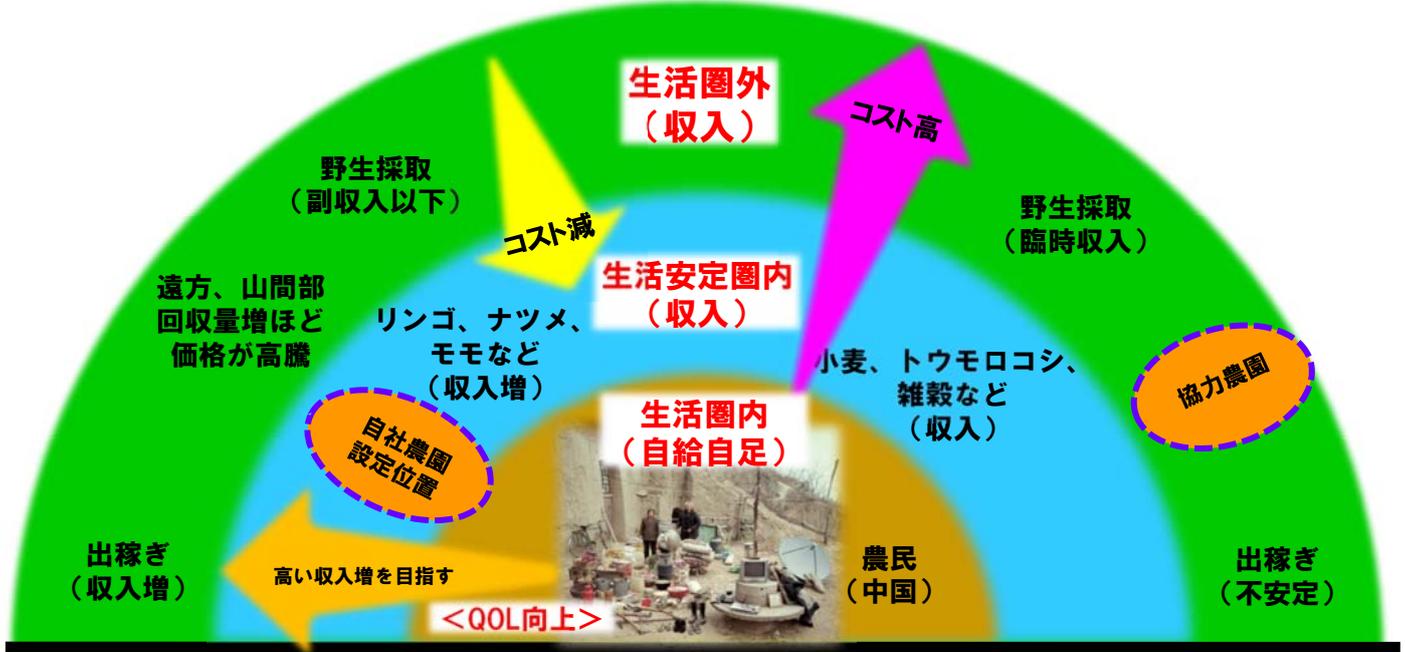
循環式水処理システム



粗製品原料

NEDO助成事業により生産FS検証し事業化方針決定

バイオマスの安定供給にはエネルギー投資効率を考慮



「ウサギ狩りの限界 “Rabbit Limit”」:
フォルケ・ギュンター (Folke Guenther)

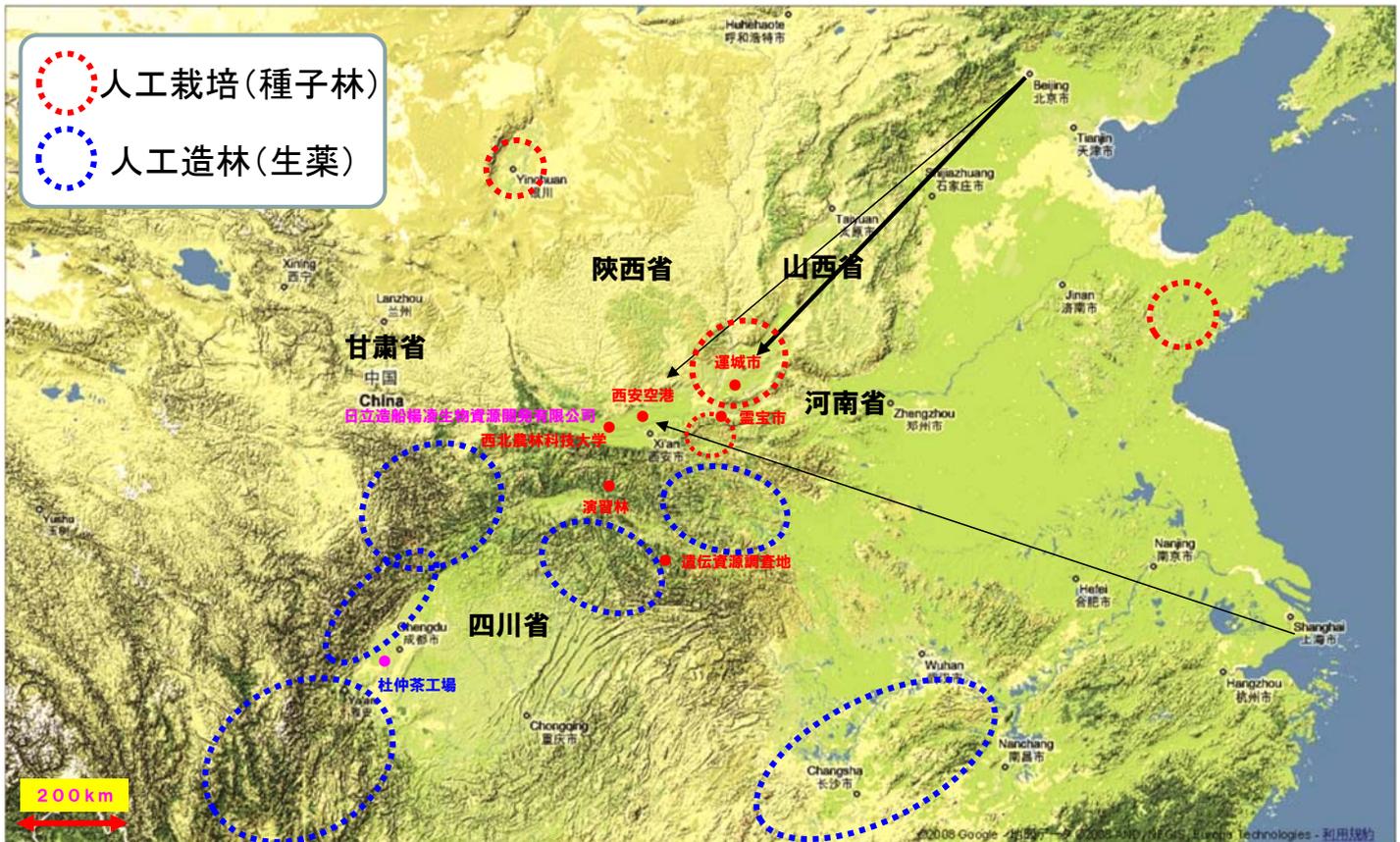
現在 ← | → 過去 (2000年以前)

ウサギが身の回りに沢山いても、ウサギを捕まえるのに必要なエネルギーが、ウサギを食べて得られるエネルギーより多ければ、このアメリカ先住民は餓死します。

石油も同じで、人間の手の届かないところに沢山石油があっても、採掘や輸送や精製に多大なエネルギーが必要になり、同じく破綻してしまいます。

中国での植林地・実証地に関する位置関係

中国広域におけるトチュウの研究対象地域(広域図)



退耕還林の具体的取り組み

- ① 傾斜角25度以上の耕地を段階的に植林し50年間以上栽培する
- ② 1億2400万人の農民が離農することなく持続可能な社会とする
- ③ 不毛・貧困、負のスパイラルから脱し、農民の所得向上を目指す
- ④ 土壌流亡の防止、治水、風化防止による環境改善



何を造林・植樹(栽培)するのか？



トチュウ、ウリハダカエデ、アブラマツ、サンショ、サンザシ、ナツメ、アプリコット、スナモモ、アンズ、ナシ、リンゴ、クルミ、ネズミサシ、トウセンダン、アブラギリなど

転業した農家は中国全国で3200万世帯以上、1億2400万人に上る。自給自足の手段を失った農家に対する食糧補助として、一世帯あたり3500元(約5万6000円)を支払った計算

黄土高原南麓のトチュウ接ぎ木人工林(協力農園)

植栽後約10年で胸高直径は10cm以上成長する
(同一場所での生育状況)

2004年4月

2007年7月

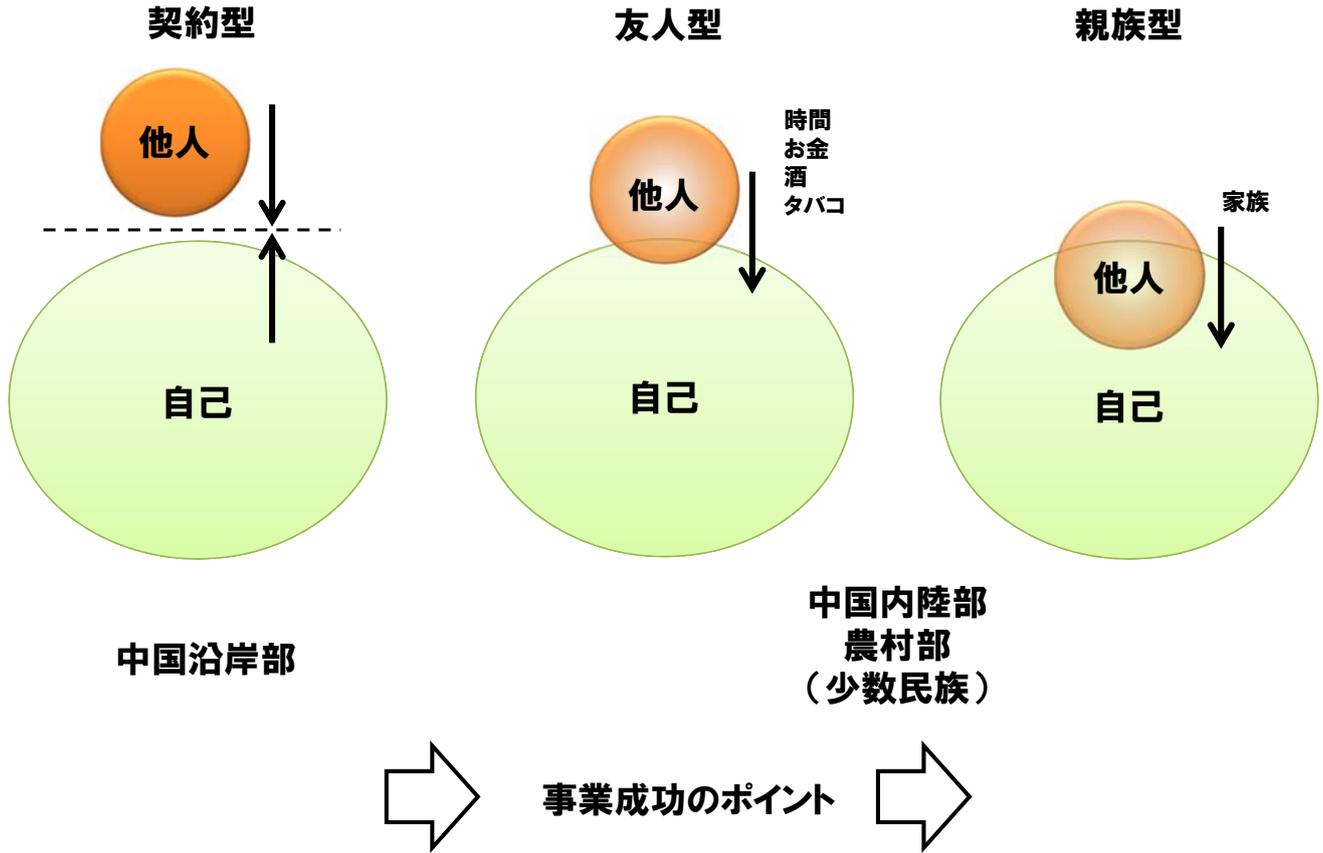


2009年7月

2011年8月

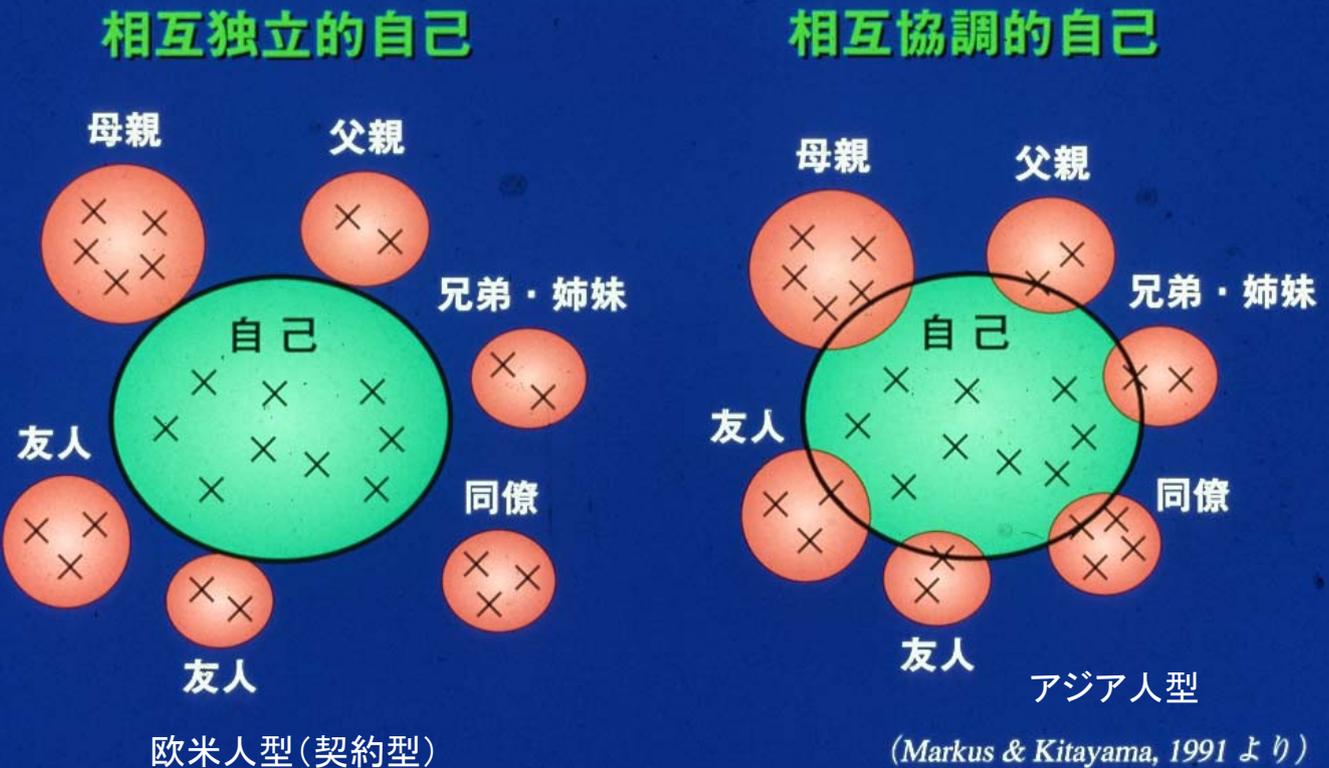


海外(中国)で事業を行うことの難しさ (人と自己の距離)



海外で事業を行うことの難しさ

文化的自己観の概念図



生産技術の再検証

採取方法(植物)	採取器官(細胞)	性状	生産の特徴	実績
タッピング法 (パラゴムノキなど)	連結乳管細胞	乳液	プランテーションによる 乳液の回収生産	100年以上の実績 (東南アジア、アフリカ実績、 1000万トン/年)
有機溶媒法 (ゴムタンポポなど)	単乳管細胞	乳液 固形	溶媒分離による物理的 回収方式の生産	米国・ロシアなどで実績
生物的腐朽分解法 (トチュウ)	単乳管細胞	固形	本材腐朽菌等によるバイオエンジニアリングと 水洗による生産	実績なし→実証生産可能 NEDO助成事業(ODA) パイロット試験、生産事業開始

生物的腐朽分解法生産物



市場にて新生産技術の生産品を評価



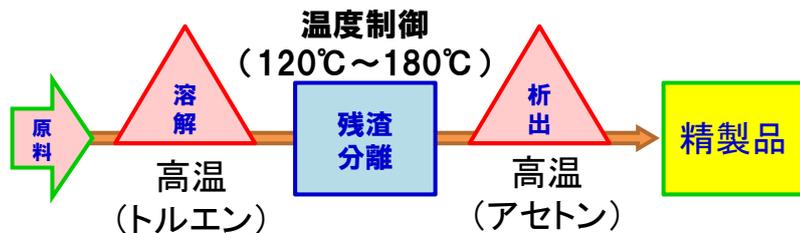
微生物品 + 不純物 = **不安定**(市場評価)、**化学品より劣る**



原点に帰り生産技術を再検討(**新規プロセスを開発**)

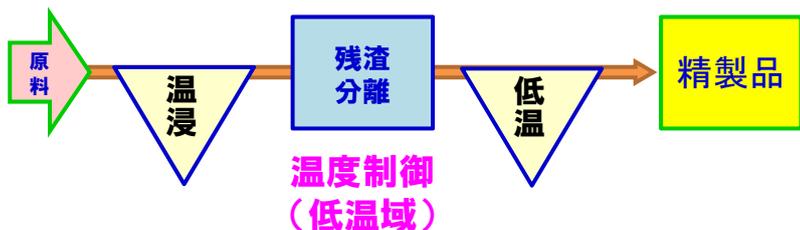
市場からの課題(バイオ工程では産業可に不適)

1. トルエン-アセトン法(従来法=技術に差別化ナシ)



・温度が分子量に影響、毒性学的問題

2. 新規製造法の開発(自社開発=同一溶媒法)



腐朽分解法の課題点

- ・生物的腐朽法はリグノセルロースなどの残渣が残存する
ここからクリークが発生する
- ・微生物を介したプロセスは安全検査などが不適
- ・分子量の低下
- ・菌層などの自然変動の全容を掴めない

メリット: 1液系、操作手順容易、幅広い用途(化粧品等)
デメリット: 溶媒高(再生可能)
規模: 大規模化可能



5Lスケール生産装置(2基) H27.1~7月稼働



50Lスケール生産装置(1基) H27.2月~8月稼働



析出による回収

プレパイロット精製装置
H27.8月稼働

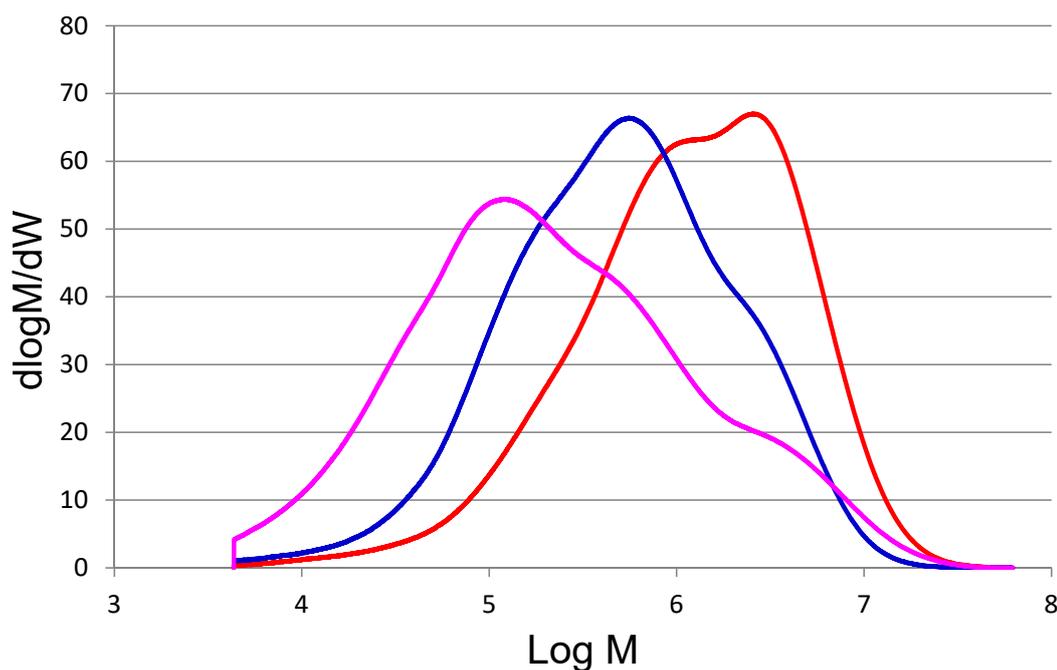
新規プロセスと生産装置を産連開発

パイロットプラントによる連続生産状況



市場からの課題(バイオ工程では産業化に不適)

新製造法・腐朽分解製造法・石油由来合成品の分子量比較



分子量評価結果

生産法	分子量 (M)
新製造法	2,384,125
腐朽法	1,163,741
合成品	996,412

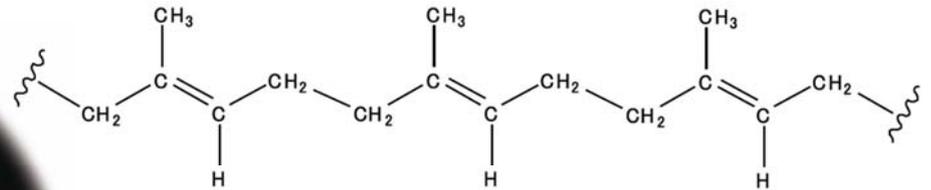
純度評価結果

生産法	精製純度
新製造法	99%以上
腐朽法	80%以上
合成品	98%以上

新製造法により高分子(分子量200万~400万)かつ純度99%以上のトチュウエラストマー生産方法を確立

植物由来バイオプラスチック

トチュウエラストマー[®]



商品名: トチュウエラストマー[®]

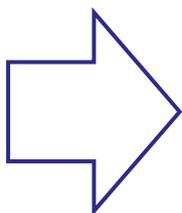
品番: ENP

組成: トランス-1,4-ポリイソプレン

分子量: 平均分子量が100万以上

トチュウエラストマーの特徴

- ①分子量**100万超** (200万超) の**直鎖高分子**素材である。
- ②独自で高い**耐衝撃性**や**延伸性**の機能性を持っている。
- ③既存ポリマーとの**混練**により高い**耐衝撃性**や**延性**の機能性を**付与**できる。
- ④低温度で形状を変えることの**低温熱可塑性**であり、架橋により**形状記憶**を有する(常温から加温で元の形に戻る)。
- ⑤生物の酵素重合により生合成されるため**副次的な化学構造が生成されない**(混ざり物がない)**炭化水素**である。
- ⑥**アレルギーフリー**である。



工業用から薬粧領域原料など
様々な産業用途に活用できる

トチュウエラストマー[®]とは

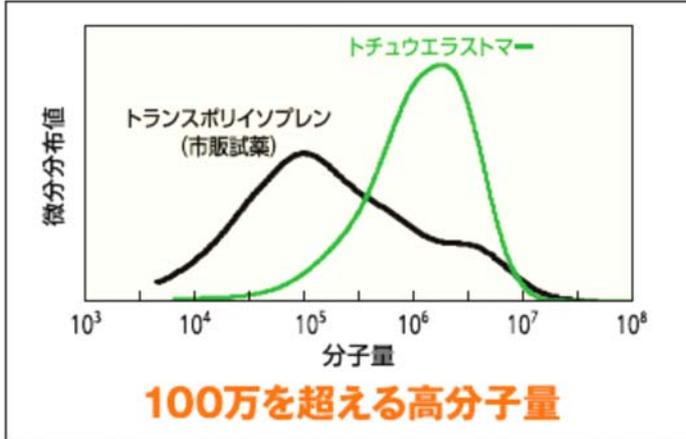
部位:トチュウ果実(種子)の果皮(非可食、持続可能生産部位)

主成分(化学品名):トランス型-1,4-ポリイソプレン(TPI)

商標名:トチュウエラストマー、Eucommia elastomer、杜仲弾性体

特徴:高分子(石油由来の合成品とは異なる)、直鎖構造、立体規則性

トチュウエラストマーと化学合成TPIの分子量比較



ご提供	100~200万
可能な	200~300万
分子量	300~400万

生産法	分子量 (M)
新規法	2,384,125
合成品	996,412

トチュウエラストマーと石油由来合成TPIの比較と特徴

由来	原料	生成法・合成法	特徴・その他
生物(トチュウ)	植物(非可食部)	光合成・二次代謝	立体規則性・乳管細胞蓄積
化石燃料(ナフサ)	C4留分+基剤	触媒合成法	中間体2%、収率:0.6~1.5wt% 45

トチュウエラストマーの特徴(基本物性)

■溶剤への溶解性

項目	ENP	試験方法
溶剤への溶解性	クロロホルム	○
	トルエン	○
	THF	○
	アセトン	×
	エタノール	×

○:溶解
×:不溶

汎用溶媒で溶解可能
溶液電界紡糸や溶液コーティングが可能

■力学特性

項目	ENP	試験方法
引張特性	引張強さ(MPa)	27.0
	破断時伸び(%)	370
曲げ試験	曲げ強さ(MPa)	14.6
	最大点曲げひずみ(%)	9.5
	曲げ弾性率(MPa)	262
衝撃強度(シャルピー)kJ/m ²	44	JIS K7111-1
硬度(タイプDデュロメータ)	48	JIS K6253-3

高い引張特性と衝撃特性など、
優れた力学特性を有する

■安全性

項目	ENP	試験方法
細胞毒性	細胞毒性なし	ISO 10993
感作性	皮膚感作性なし	ISO 10993
皮膚刺激性	Negligible	ISO 10993

高い安全性より、衛生材料やウェアラブル
機器への応用が期待される

■一般的性質

項目	ENP	試験方法
主成分	トランスポリイソプレン	NMR
密度(g/cm ³)	0.95	JIS K7112
ガラス転移点(°C)	約-65	DSC
融点(°C)	61.9	DSC
結晶化温度(°C)	22.9	DSC
荷重たわみ温度(°C)	36.0	JIS K7191-1 JIS K7191-2
マルチフローレート (160°C×10kg)(g/10min)	0.10	JIS K7210-1

*本掲載データは代表値であり、保証値ではありません。

(2017年4月現在)

国プロによる用途開発の加速 ← 産学連携を促進

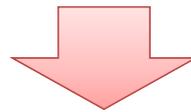
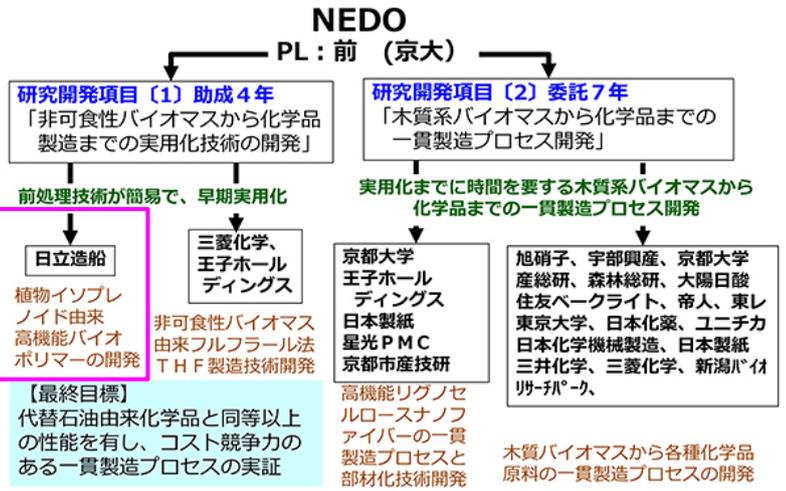
NEDO助成事業 (2013.10-2017.3)

非可食性バイオマスからの高機能化学原料の創成事業

大阪大学の産学連携制度を活用した事業化をNEDOが支援する事業



NEDO理事長から日立造船社長への交付式典 (2013.10.9)



阪大産学連携制度を活用した出口(用途を創る)
(4年間で目標を付ける)

産産学連携による用途開発「もの作り」

例: 公的資金 → 阪大協働研究所/日立造船 → 各社(再委託)



産産学連携による用途開発「もの作り・評価」拠点

■混練装置

ラボプラストミル

- ◆コンピューターと接続することで混練中のトルク、樹脂温度を測定
- ◆混練条件や混練挙動を検討



セグメントミキサー

- ◆密閉室内で二本のブレードが回転することで樹脂を混練
- ◆混練条件や混練挙動を検討
- ◆約50gの小スケールで混練可能



パンパリーミキサー

- ◆密閉室内で二本のブレードが回転することで樹脂を混練
- ◆ブレード交換でゴムや繊維が混練可能
- ◆約500g混練可能



■成形加工装置



射出成形機

- ◆加熱溶解させた樹脂を金型内に射出注入して成形
- ◆2.5~12.5mlのサンプルで成形可能
- ◆物性評価用の試験片が成形可能



ハンドツールダー

- ◆手動による簡易射出成形装置
- ◆樹脂の射出条件を検討
- ◆物性評価用の試験片が成形可能
- ◆少量サンプルのペレット成形も可能



圧縮成形機

- ◆二枚の板でプレス成形
- ◆樹脂やゴムを成形
- ◆最大温度400℃
- ◆最大圧力30MPa



試験片打抜機

- ◆圧縮成形した平板から試験片を打ち抜く
- ◆ブレード形状によりさまざまな試験片に対応可能



■物性評価装置



ムーニー粘度計

- ◆生ゴムや未加硫ゴムの硬度を測定
- ◆試料を100℃に加熱し、この中で毎分2回転する円板にかかるトルクより算出



万能材料試験機

- ◆材料の引張特性、曲げ特性、圧縮特性を評価する装置



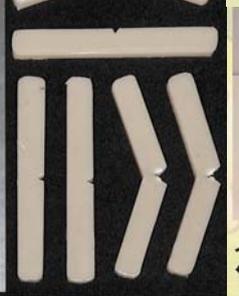
キュラストメーター

- ◆ゴムの加熱速度や履歴の強さを評価する装置



衝撃試験機

- ◆試験片に高速で衝撃を与えることで、材料の衝撃特性及び靱性またはじん性を評価する装置



ノッチ加工機

- ◆衝撃試験片にノッチ加工を施す装置

二軸押出機

- ◆二本のスクリーが回転することで樹脂を混練
- ◆二種類以上の樹脂や添加剤等を同時に混練可能
- ◆ストラット状で押し出されるため、ペレット成形が容易



Tダイ、引き取り機

- ◆二軸押出機の先端に直線状のスリットを持つ金型(Tダイ)を設置
- ◆樹脂をフィルム状に押出成形
- ◆押し出されたフィルムは引き取り機の冷却ローラーで巻き取り



ミニテストロール

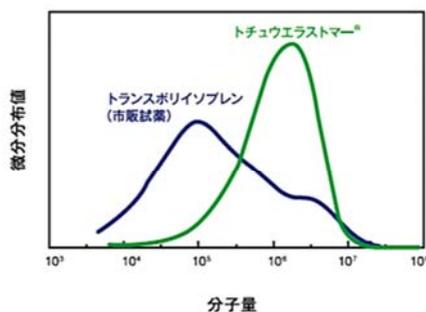
- ◆二本のロールが回転することでゴムを混練
- ◆ロールにゴムを巻き付け、フィラーや添加剤を加えて混練
- ◆約300gで混練可能



NEDOプロによる機能性材料の評価

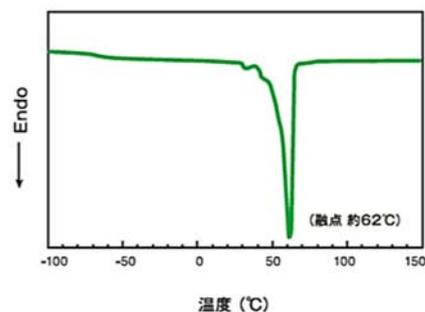
○高分子量 ○低温熱可塑性 ○耐衝撃性 ○高延性

高分子量 (分子量分布)



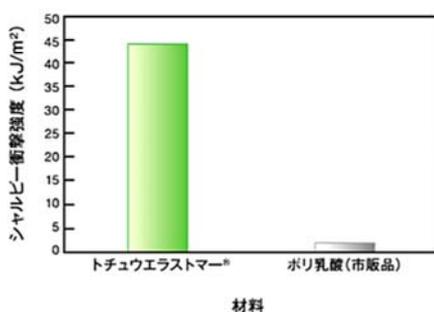
100万を超える高分子量

低温熱可塑性 (熱物性)



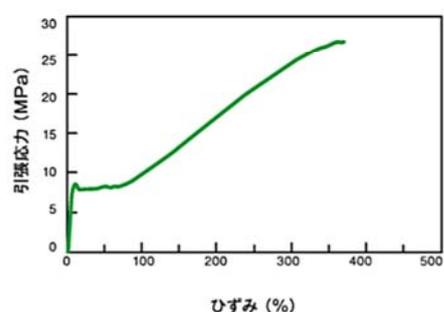
融点は約62°C 低温での成型加工は可能

耐衝撃性 (衝撃強度)



衝撃強度 (単体) はポリブタジエンの約25倍

高延性 (引張強度)



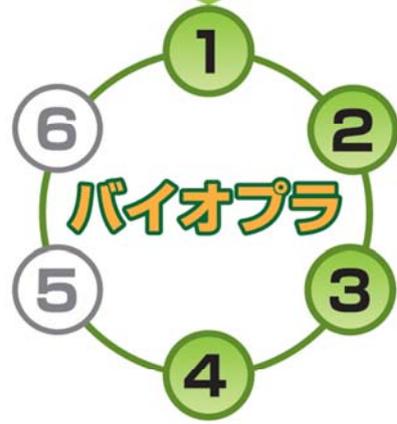
引張強度 27MPa 破断伸び率 370%

NEDOプロによる機能性材料の方向性を評価

スポーツ用品材料

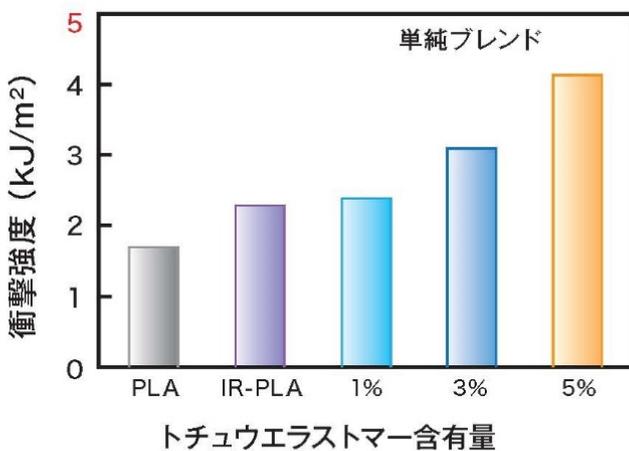
化粧品原料

環境調和型素材

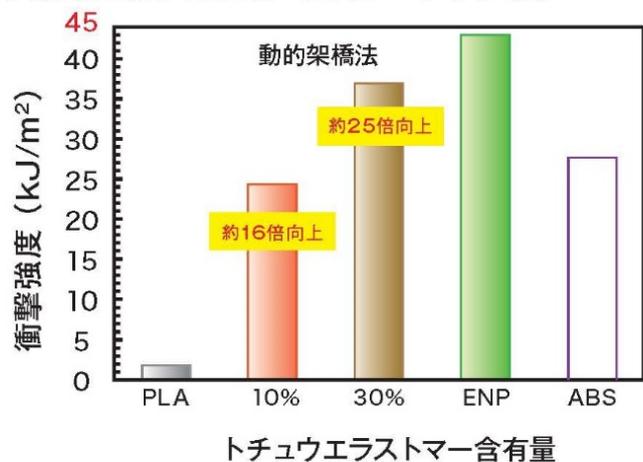


- ① バイオマス（植物）由来
- ② 疎水性の軟質ポリマー
- ③ 平均分子量 100 万以上、狭い分子量分布、直鎖構造
- ④ 優れた耐衝撃性、引っ張り特性
- ⑤ 低温熱可塑性
- ⑥ 細胞毒性・皮膚感作性なし、アレルギーフリー

耐衝撃性バイオポリマーへの応用 （ポリ乳酸改質）



ENP1~5%の少量添加により、市販耐衝撃性ポリ乳酸を上回る衝撃強度が得られた。



動的架橋を行うことにより、ポリ乳酸の衝撃強度が最大約25倍にまで向上した。

ポリ乳酸(バイオ系素材)の欠点の改質(割れにくい素材に改質、延性がない)

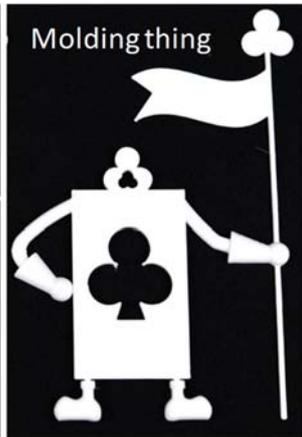
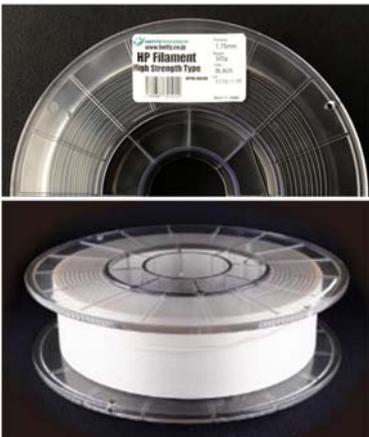
新規顧客の8割は展示会での会話から始まる



2015年1月のナノテク展NEDOブースでの展示状況、この時に声を掛けて頂いた顧客（ホティーポリマー堀田社長）の一言から3Dプリンターフィラメントの開発が始まる

商品化(3Dプリンターフィラメント)

2017年11月Amazon.com発売中



バイオポリマーのほとんどが硬質系であり、軟質系のトチュウエラストマーの特徴をどの様に発揮させるか！

発売後1か月でPLAフィラメントに対して3倍の売れ行き

商品の説明

PLA(ポリ乳酸)のフィラメントにトチュウエラストマー®を配合し耐衝撃性を向上させたFDM方式の3Dプリンター用フィラメントです。

HPフィラメント(高強度タイプ)はFDM方式の3Dプリンター用フィラメントです。

トチュウエラストマー®は日立造船株式会社が研究・開発しているトチュウ(杜仲茶の原料植物)の生体内で生成された天然ポリマーです。

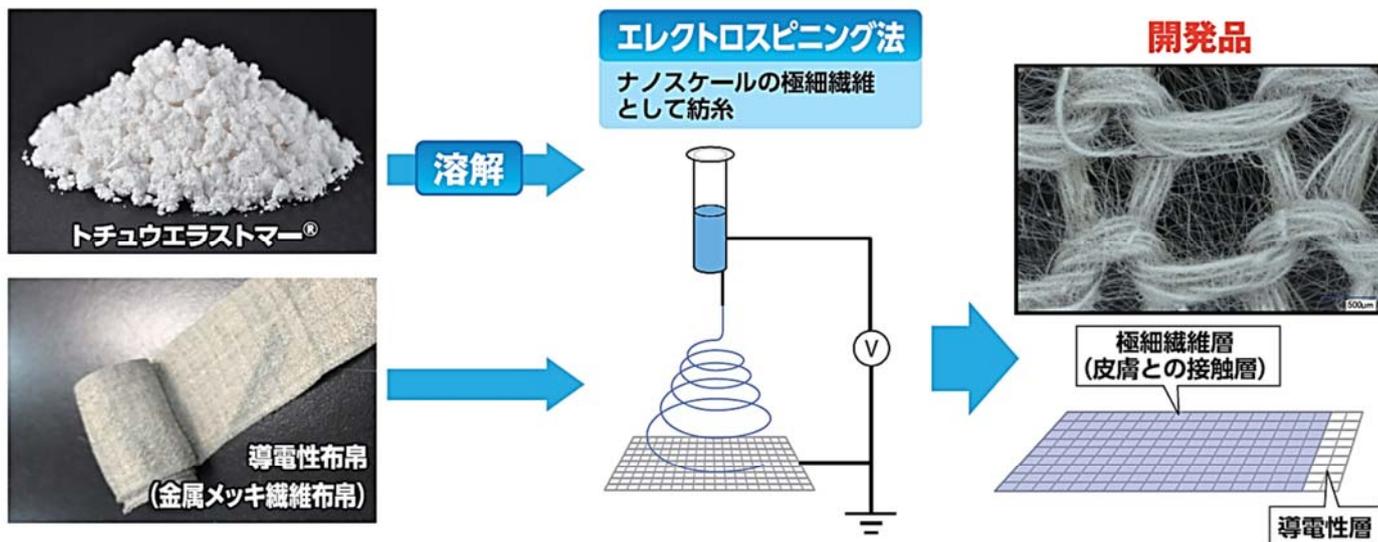
トチュウエラストマーをPLAに配合する事で耐衝撃性強度が一般のPLAに対し、約3割程度向上します。

弊社は日立造船株式会社より提供を受けたトチュウエラストマーを使ってHPフィラメントの試作を行い、FDM(積層型)方式用のPLAフィラメントに更なる強度を付与する事を可能としました。

バイオ材料系ウェアラブル素材開発

概要

構成 トチュウエラストマー[®]をエレクトロスピンニング法により繊維化、導電性布帛上に極細繊維を形成



特徴

密着性

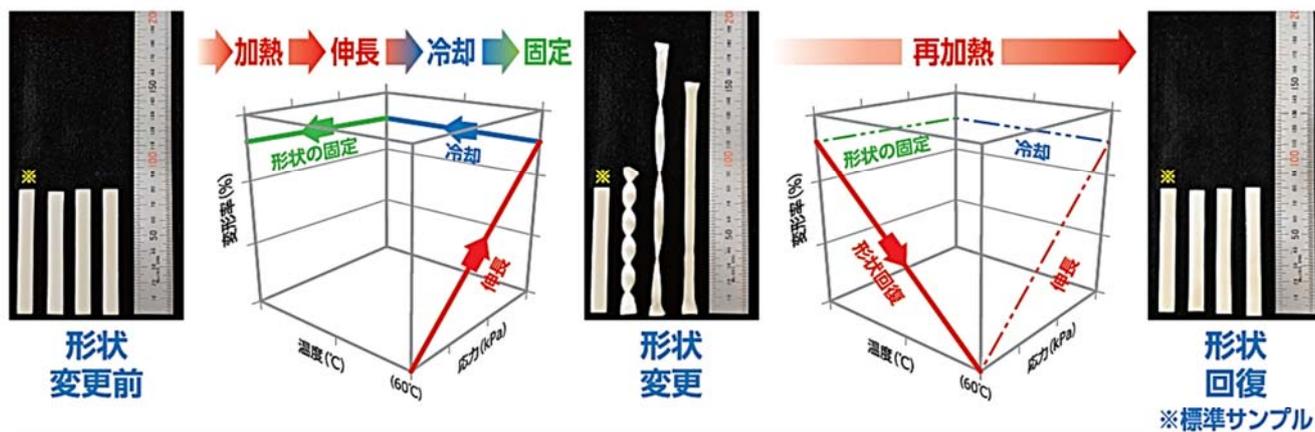
通気性

安全性

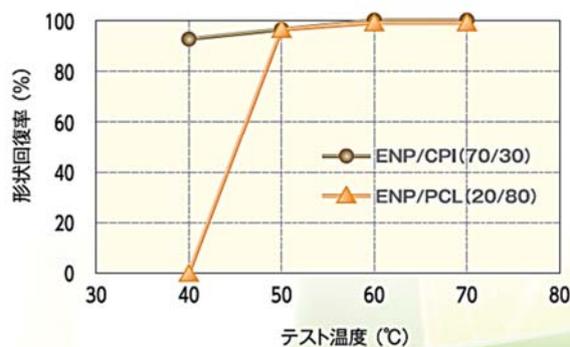
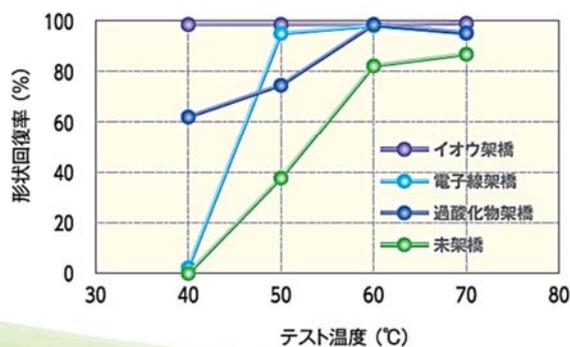
柔軟性

トチュウエラストマーの形状記憶特性

形状記憶過程のイメージ図



加熱温度と形状回復率



ENP: トチュウエラストマー CPI: cis-ポリイソプレン PCL: ポリカプロラクトン

耐衝撃性バイオポリマーへの応用 (スポーツ歯科領域)

カスタマイズマウスガードへの応用(プロスポーツ選手)



天然成分によるマウスガード

- ・スポーツ選手
- ・小中学生向け
- ・オーダーメイド



石膏模型への加熱吸引圧接



歯科技工士^(※)によるカスタマイズ

※デンタライト 歯科技工士 佐藤雅法殿 (日本スポーツ歯科医学会会員 認定 MG テクニカルインストラクター) によるものです。

天然素材

低温熱可塑性

アレルゲンフリー

本研究成果は、松本歯科大学殿 / 鷹股哲也 教授との共同開発によるものです。

一気通貫によるトチュウエラストマー事業

現状: 自社農園(中国) 200ha (9万本) / 農民所得向上



農園経営

安定供給

海外法人

独資法人@日立造船楊凌生物資源開発公司(中国)

トチュウプラスチック

抽出・精製プラント(舞鶴)

精製プラント

スポーツ材料

高機能化学品材料

大阪大学
Hitz協働研究所
(産学連携)

トチュウエラストマー

トチュウプラスチックの開発(新品目)

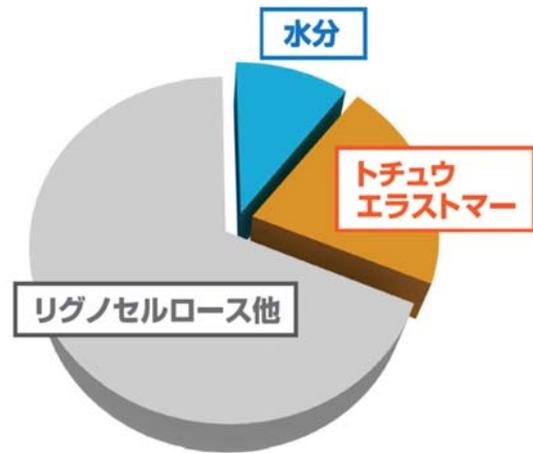
特 徴

- 杜仲茶の木・トチュウから生まれた自然素材
- 熱変形可能
- 高い抗菌性、大腸菌・黄色ブドウ球菌への抗菌活性4以上
- 木のように木ではない、樹脂のように樹脂ではない

表 トチュウプラスチックの機械物性

項 目	L-ENP	準拠規格
密度(g/cm ³)	1.24	JISK7112
シャルピー衝撃強さ(kJ/m ²)	3.9	JISK7111
荷重たわみ温度(°C)	45.5	JISK7191
曲げ強さ(MPa)	12.4	JISK7171
曲げ弾性率(MPa)	1440	JISK7171
吸水特性(%)	8.6	JISA5905

※粉末品からの弊社加工品の値です。



※粉末品中の主要成分となります。

ご静聴ありがとうございました

1000年先、この土地が緑で覆われますように