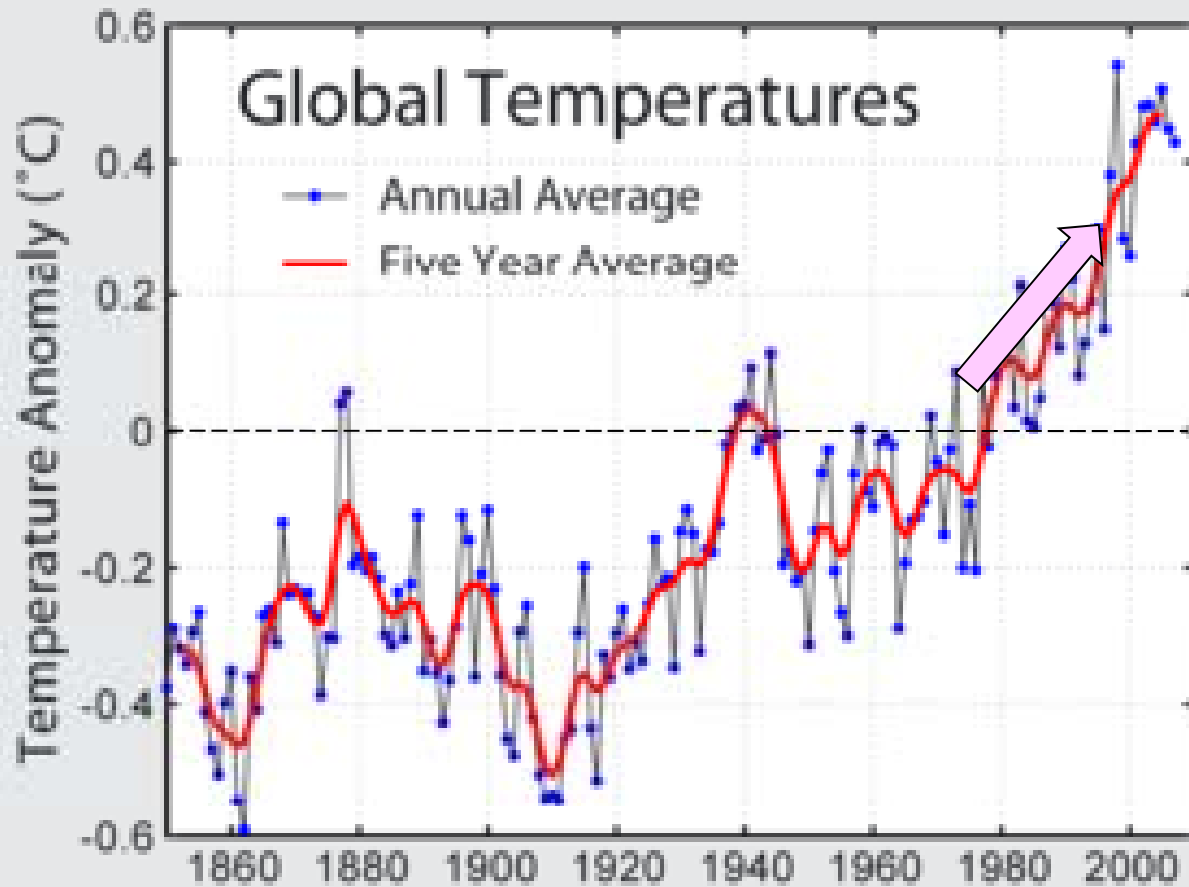


エコ・エネ研究会
第9回講演会
7月12日

有機系廃棄物のエネルギー化 (副題：糞も立派なエネルギー)

大学院自然科学研究科
産業創造工学専攻
先端機械システム講座
鳥居修一

GLOBAL WARMING



Global mean surface temperature anomaly relative to 1961–1990

The Greenhouse Effect

Physics: Earth absorbs incoming solar radiation and then tries to cool by emitting long wavelength infrared radiation. This radiation is absorbed by Greenhouse Gases and hence can't escape → net effect should be to increase mean annual temperature.

Greenhouse Gases:

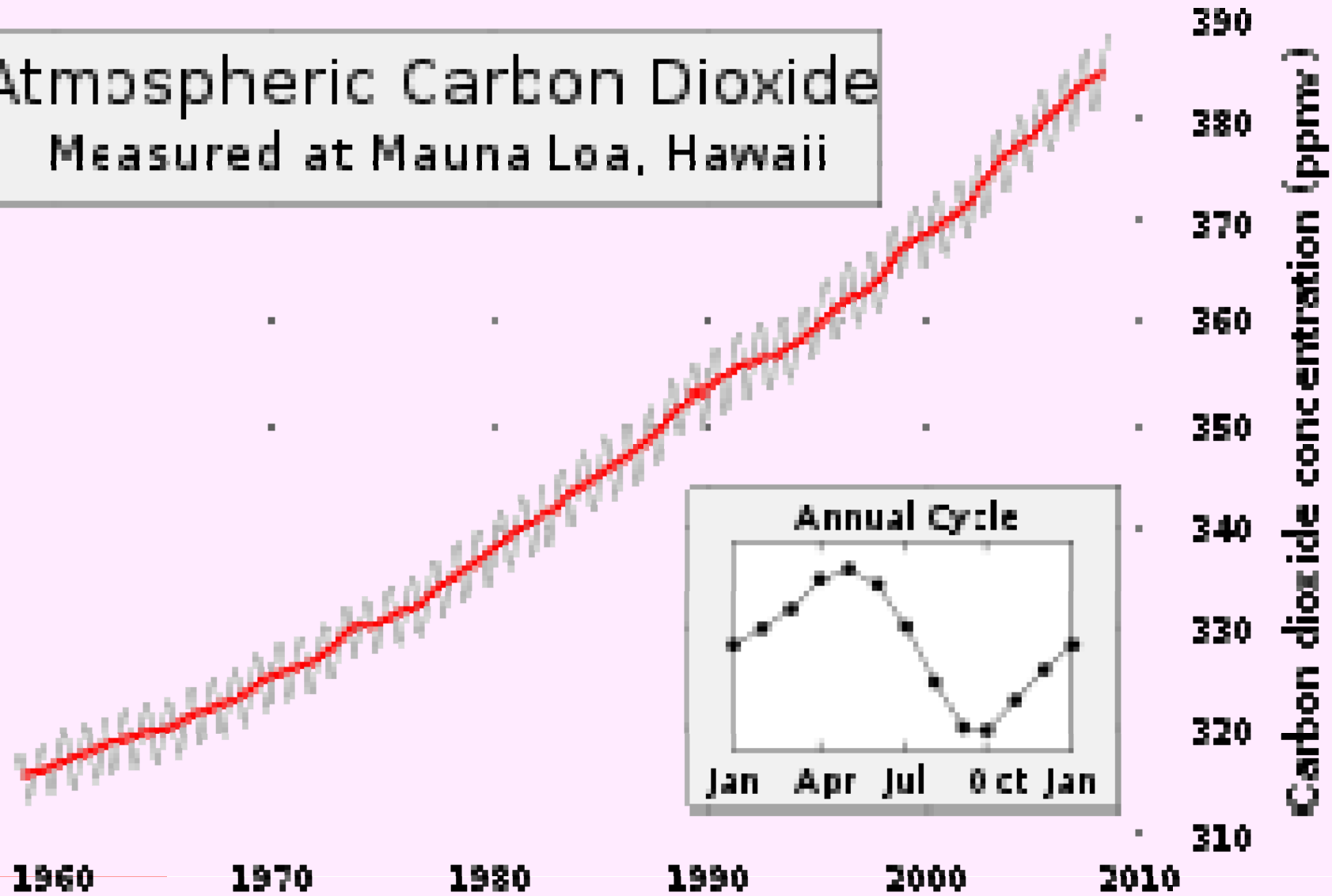
- CO_2 → burning of carbon based fuels
- CH_4 → anerobic bacteria in rice fields, cows, sewage
- N_2O → fossil fuels and fertilizer
- CFCs → refrigeration and spray cans

Importance:

- CO_2 → 65% ; 0.4 % (150 years) ; 1
- CH_4 → 25% ; 1 % (70 years) ; 25
- CFCs → 10% ; 5 % (14 years) ; 10,000 !

TIME HISTORY OF CO₂

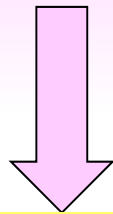
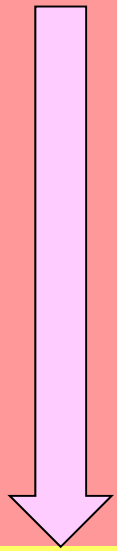
Atmospheric Carbon Dioxide
Measured at Mauna Loa, Hawaii



Recent increases in atmospheric carbon dioxide (CO₂).

STOP THE GLOBAL WARMING (地球温暖化を抑えるには?)

Suppression of CO2 (二酸化炭素の発生を抑えるには?)



•To save the Energy (省エネ)

•Suppression of the use of the Fossil Fuels

(化石燃料使用の抑制)

•Production and Development of Renewable Energy

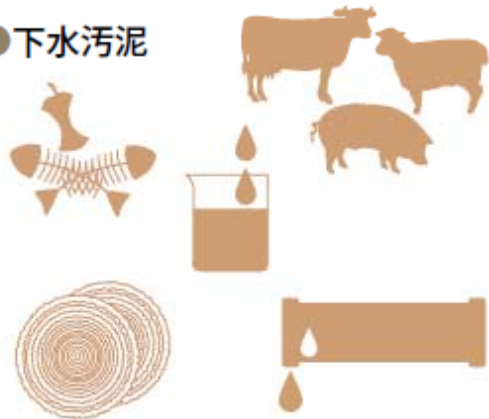
(再生可能エネルギーの開発と生成)

バイオマスとは？

? バイオマスの種類は？

廃棄物系バイオマス

- 畜産資源 (家畜排せつ物等)
- 食品資源 (加工残さ)
- 産業資源 (パルプ廃液等)
- 林産資源 (製材工場残材、建築廃材等)
- 下水汚泥



未利用バイオマス

- 林産資源 (林地残材)
- 農産資源 (稲わら、もみがら、麦わら等)

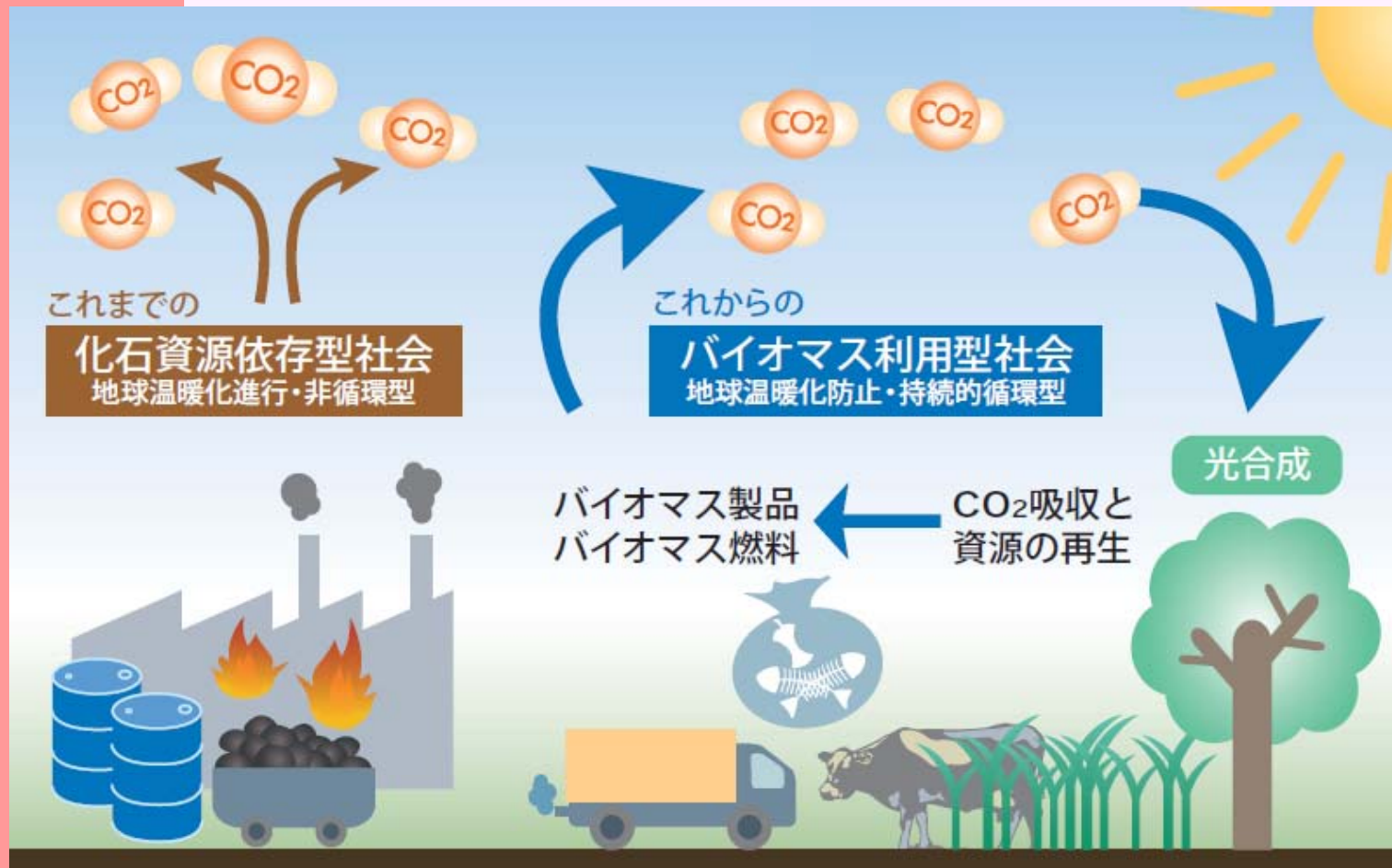


資源作物

- 糖質資源 (さとうきび、てんさい)
- 農産資源 (米、いも類、とうもろこし等)
- 油脂資源 (なたね、大豆、落花生等)












?カーボンニュートラルとは?



?日本のバイオマスの 賦存量・利活用量は?

わが国のバイオマス賦存量・利活用率(2008年)

対象バイオマス		年間発生量	バイオマスの利活用状況	
廃棄物系 バイオマス	家畜排せつ物 	約8,700万トン	たい肥等への利用 約90%	未利用 約10%
	下水汚泥 	約7,900万トン	建築資材・たい肥等への利用 約75%	未利用 約25%
	黒液 	約7,000万トン	エネルギーへの利用 約100%	
	廃棄紙 	約3,600万トン	素材原料・エネルギー等への利用 約60%	未利用 約40%
	食品廃棄物 	約1,900万トン	肥飼料等への利用 約25%	未利用 約75%
	製材工場等残材 	約430万トン	製紙原料・エネルギー等への利用 約95%	未利用 約5%
	建設発生木材 	約470万トン	製紙原料・家畜敷料等への利用 約70%	未利用 約30%
未 利用 バイオ マス	農作物非食部 	約1,400万トン	たい肥・飼料・家畜敷料等への利用 約30%	未利用 約70%
	林地残材 	約800万トン	製紙原料等への利用 約1%	ほとんど利用なし

※「食品廃棄物」の利用率は、グラフ作成時において20年度の統計結果が公表されていないため、19年度の統計結果を基に算出。

?今、なぜバイオマスなの？

メリット1

地球温暖化の防止

「カーボンニュートラル」な資源なので、温室効果ガス(CO₂)の排出を抑制します。

メリット2

循環型社会の形成

「資源使い捨て社会」から「資源リサイクル社会」への移行を促進します。

メリット3

戦略的産業の育成

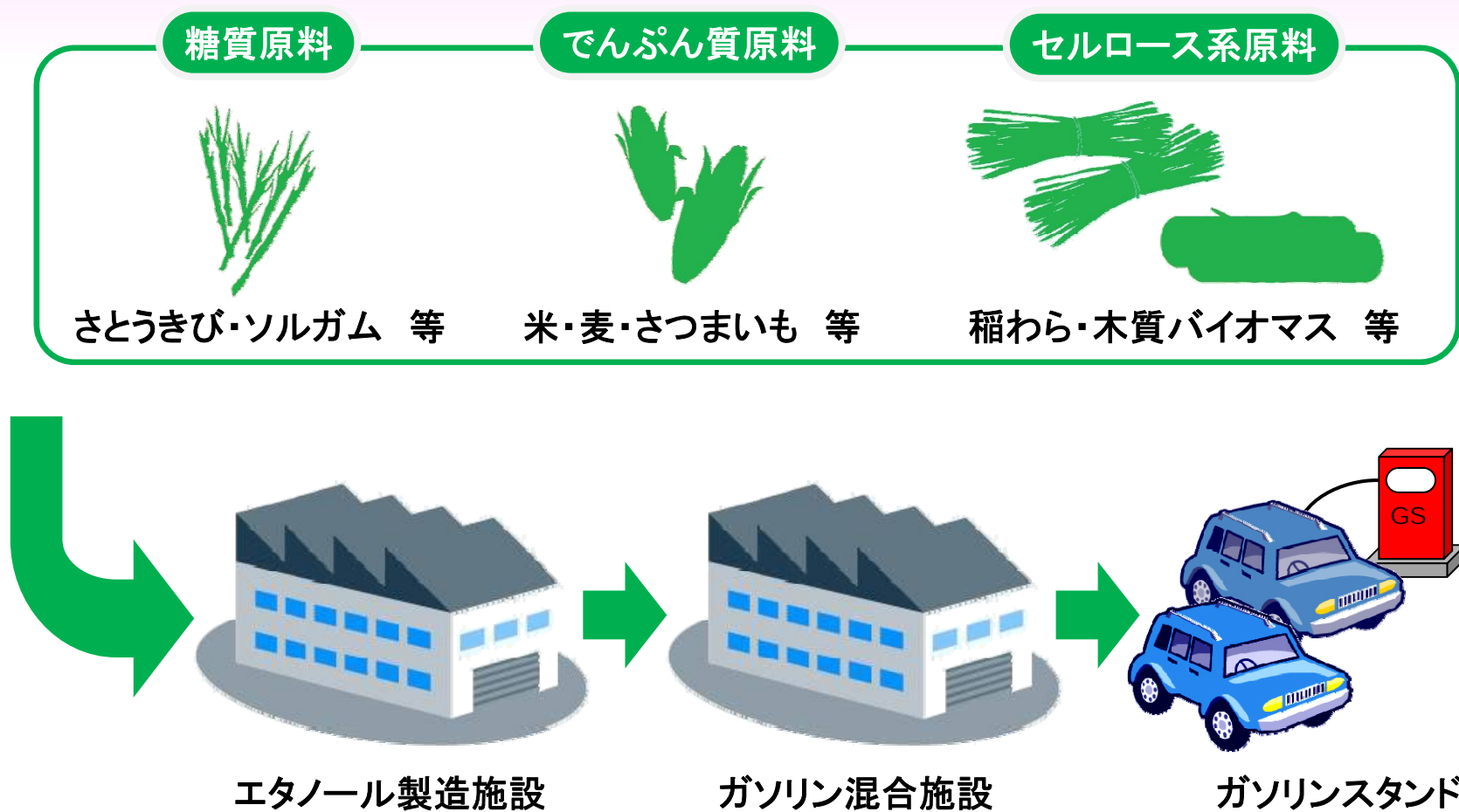
バイオマスを利用した「新たな産業」が生まれます。

メリット4

農山漁村の活性化

「エネルギーや素材の供給」という新たな役割が期待されます。

? バイオ燃料の種類は? バイオエタノール



? バイオ燃料の種類は? バイオディーゼル燃料

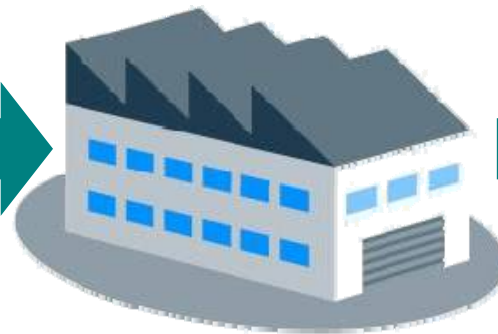
油（油糧作物・廃食用油 等）



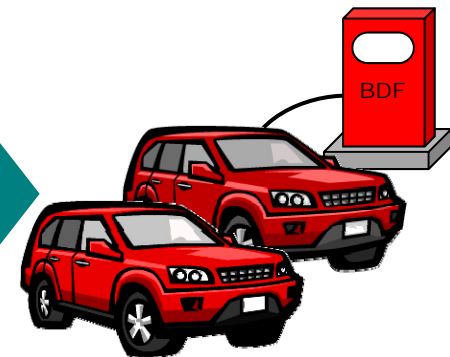
菜種油・
ひまわり油 等



家庭系廃食用油・
事業系廃食用油 等



バイオディーゼル燃料製造施設

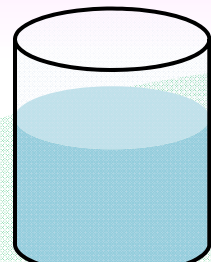


BDFスタンド

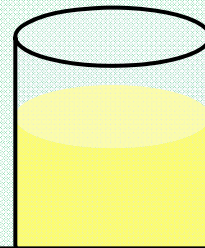
?その他には?



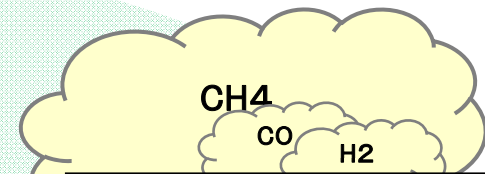
バイオマスくん
©ochappi/SPiRiTS



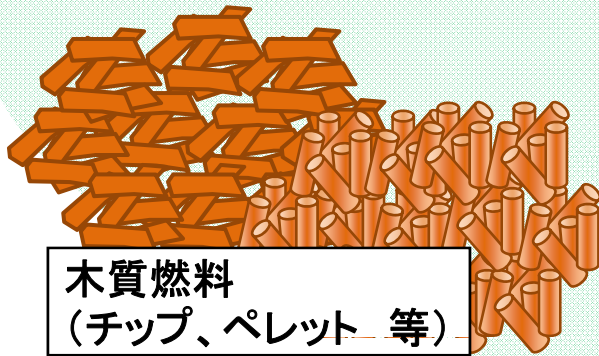
バイオエタノール



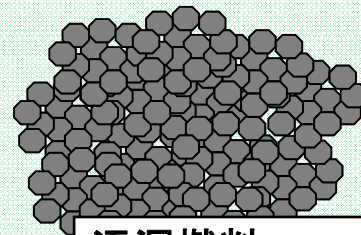
バイオディーゼル燃料



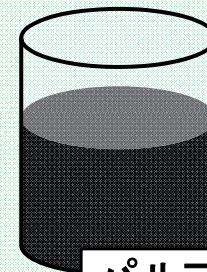
バイオガス
(メタン発酵CH₄、
木質熱処理CO、H₂)



木質燃料
(チップ、ペレット 等)



汚泥燃料
(油温減圧乾燥 等)



パルプ黒液燃料

背景

経済産業省のバイオマス、省CO₂化への取り組み

「バイオマス・ニッポン総合戦略（平成14年12月27日閣議決定）」

「京都議定書目標達成計画（平成17年4月28日閣議決定）」

産業クラスター計画

九州地域：「九州地域環境・リサイクル産業交流プラザ (K-RIP)」

- バイオマスの利活用：
 - ①地球温暖化の防止
 - ②循環型社会の形成
 - ③競争力ある新たな戦略的産業の育成
 - ④農林水産業・農山漁村の活性化
- 地域のバイオマス資源や未利用エネルギー：省CO₂化
- 地域のイノベーション創出：新産業・新事業の創出

対応シナリオ

2008年～2012年

1990年の温室効果ガスの排出量に比べ6%の温室効果ガスの削減

～2010年

廃棄物系バイオマス全体の80%、未利用バイオマス全体の25%以上



有機系廃棄物からの燃料利用

- ＞九州地区での畜糞や汚泥の現状
- ＞畜糞や汚泥の燃料化における問題点
- ＞畜糞や汚泥の利活用の事例の紹介

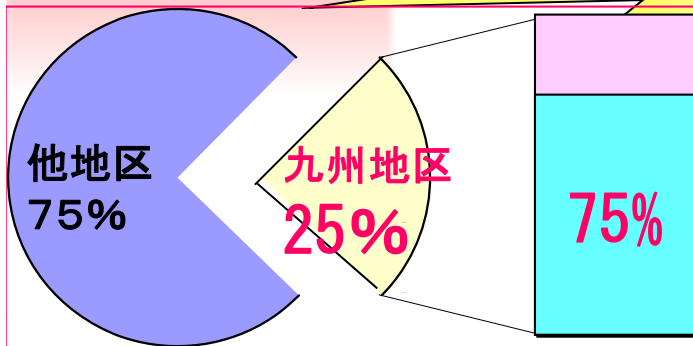
九州各県の家畜系糞尿の現状

平成15年度
環境クラスター戦略分野別研究会(環境バイオ分野)調査

家畜糞尿: 2260万トン/年 (福岡ドーム約13杯分/年)

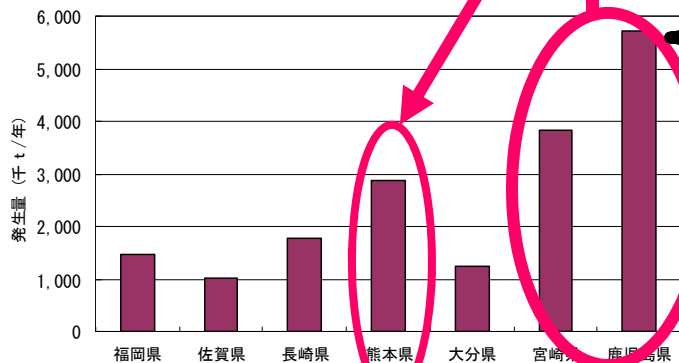
糞尿の処理が急務

2004年11月
家畜排せつ物管理の適
正化および利用促進に
関する法律施行



畜産業の更なる発展

日本の家畜糞尿の発生状況



九州各県家畜糞尿の発生状況

牛糞尿

堆肥化:
供給過剰

鶏糞

高含水率で処理困難
利用価値が少ない

豚糞尿

敷藁養豚畜産の
推進

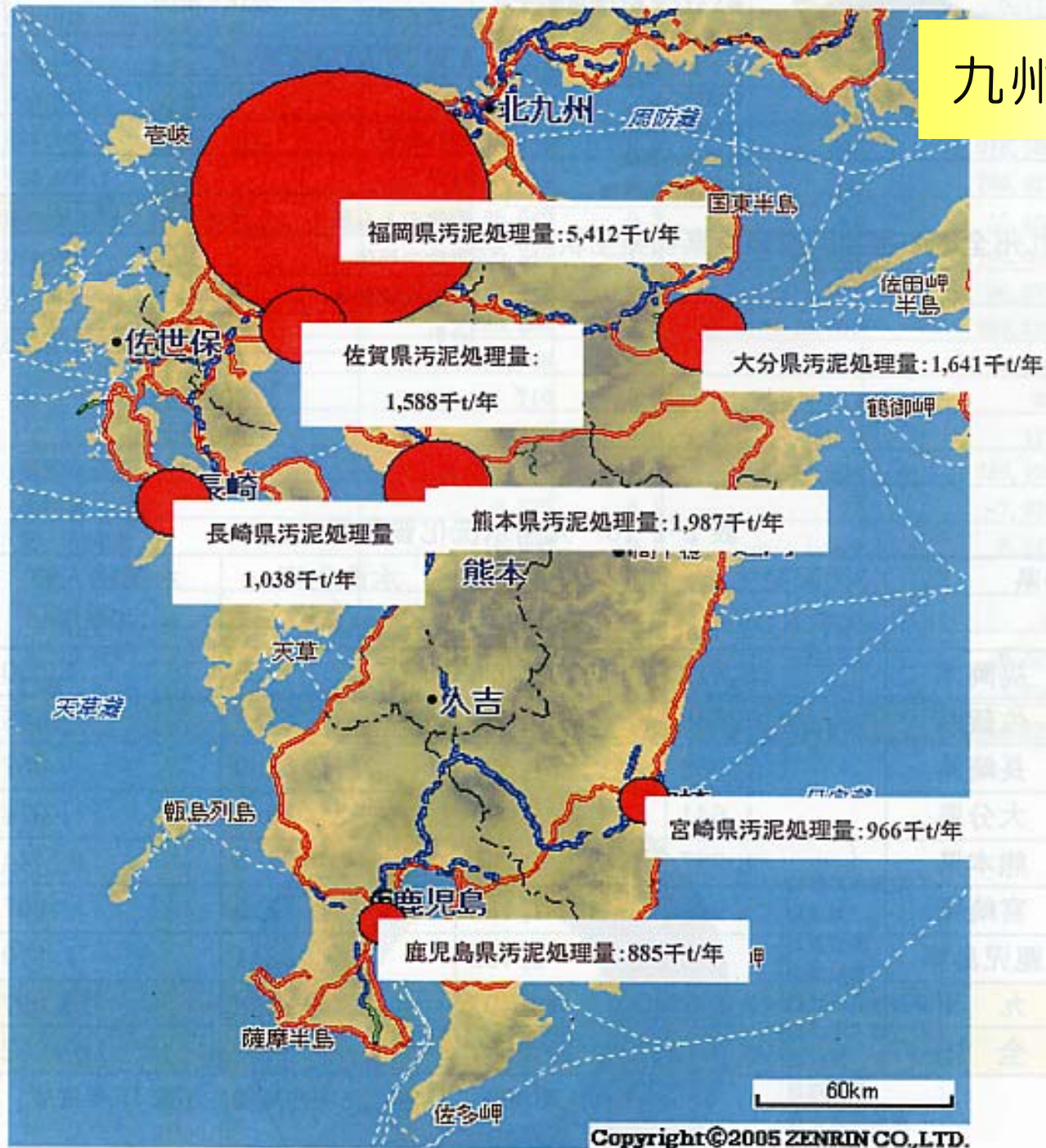
有効エネルギーへの変換

悪臭・
水質汚染



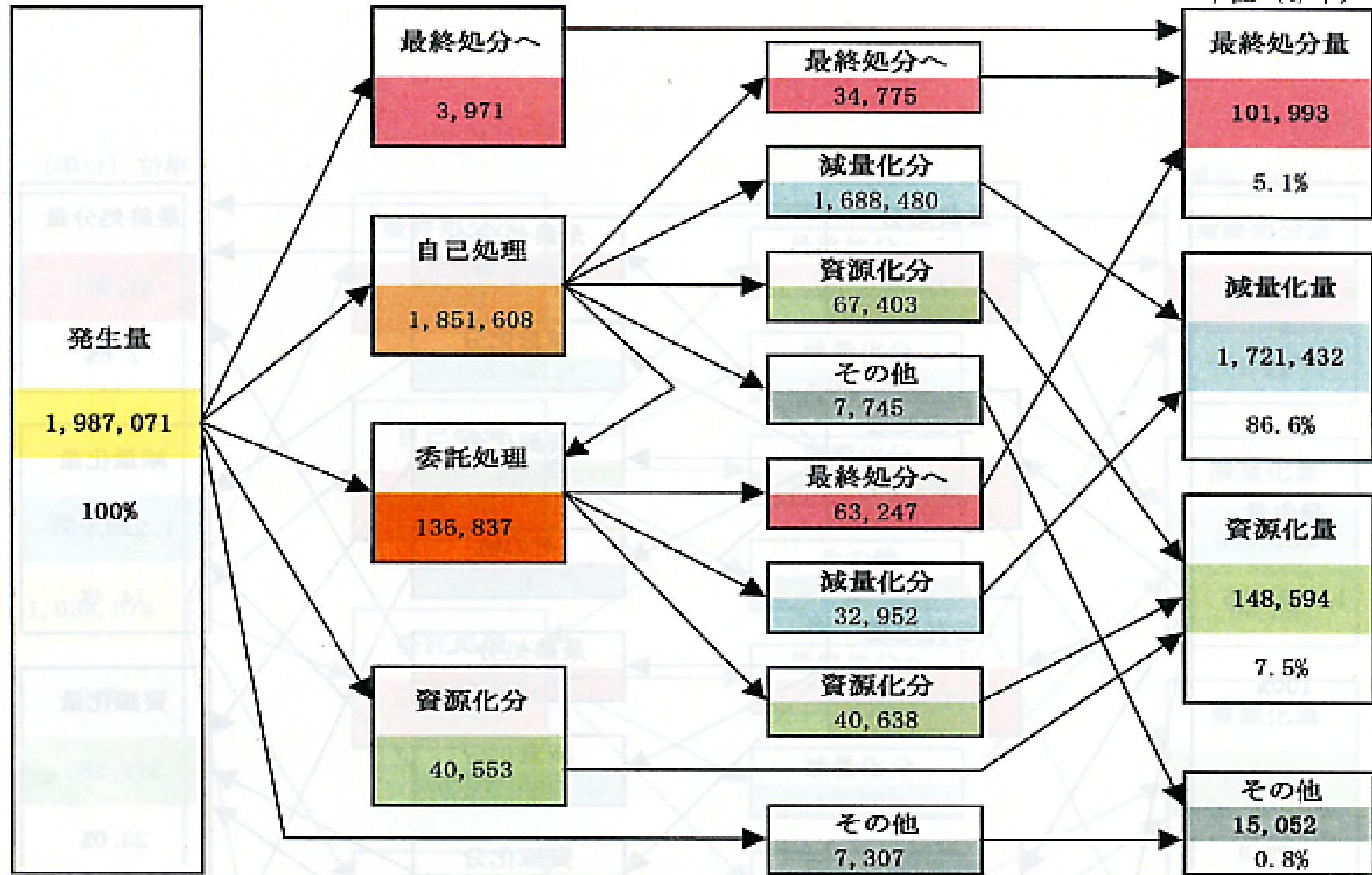
九州各県の汚泥の現状

平成18年度広域的新規事業支援連携等事業費補助金による「戦略分野事業化研究会」で調査した調査報告書



熊本県の汚泥の現状

単位 (t/年)

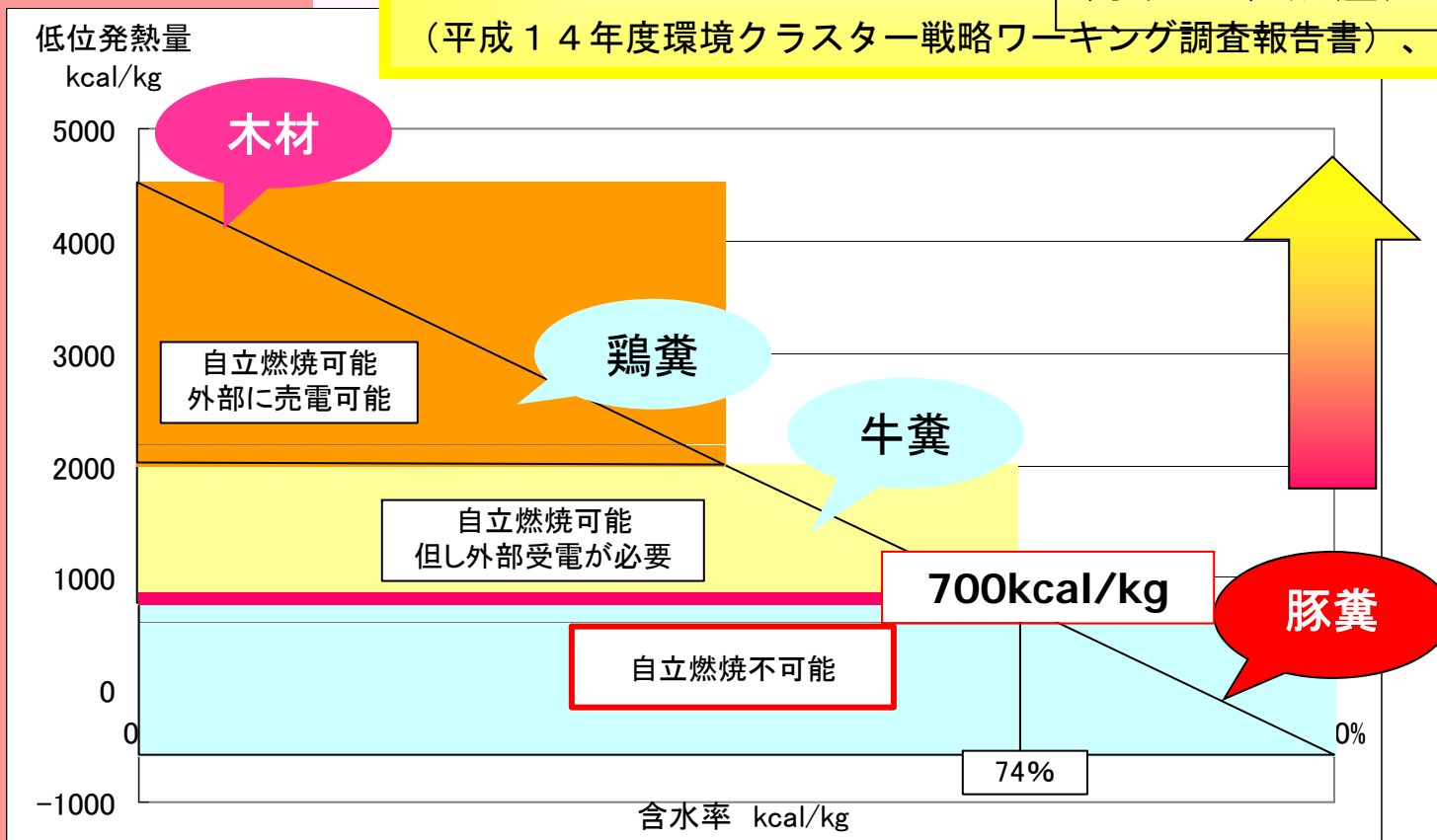


- 牛糞 → 堆肥化
- 鶏糞 → 堆肥化、燃料化
- 豚糞 → 排水処理, メタン発酵 (高含水率)

建設費, 維持管理費

(水処理、残渣処理)

(平成14年度環境クラスター戦略ワーキング調査報告書)、



廃棄物の含水率と低位発熱量の関係

畜産糞尿、下水汚泥のエネルギー化

◎ メタン醗酵 ⇒ バイオガス、醗酵残渣

> 乾式メタン醗酵

> 湿式メタン醗酵

◎ 直接燃焼〔熱回収又は発電〕

（例）鶏糞発電（宮崎バイオマスリサイクルセンター）

◎ 下水道処理センター（福岡市）で発生した汚泥を油温減圧式乾燥することで、35%程度媒体油（廃食用油）を含有する燃料（5,500kcal/kg）化

(バイオマス等未活用エネルギー事業調査：九州経済産業局)

主要設備仕様

No.	名称	仕様	数量
1	脱水汚泥ホッパ	容量80m ³	1
2	汚泥混合タンク	円筒立型タンク 容量:19m ³	1
3	予備加熱タンク	円筒立型タンク 容量:19m ³	1
4	汚泥乾燥機	油温減圧式 処理量:30t-wet/8時間 伝熱面積:198m ²	1
5	油分離機	遠心バスケット型 処理量:4m ³ /時	3
6	油再分離機	遠心分離型 処理量:7m ³ /時	2
7	媒体油受入タンク	円筒立型タンク 容量:29m ³	2
8	コンデンサ	多管式熱交換器 伝熱面積257m ²	1
9	真空ポンプ	水封式 排気速度:9.7m ³ /分	2
10	主ボイラ	炉内埋管式 換算蒸気量:12t/時	1
11	臭気燃焼炉	連続燃焼式 処理風量:40m ³ /分	1
12	生物脱臭塔	充填塔式 処理風量:40m ³ /分	1



財団法人 福岡県下水道公社
〒816-0093 福岡市博多区基町4丁目5番1号
TEL 092-451-4944

御 笠 川 浄 化 セ ン タ ー
〒816-0093 福岡市博多区基町4丁目5番1号
TEL 092-451-4911 ~ 2
FAX 092-451-4946

●博多駅(2センター)より「有明」下車(140)鳥居尾車
バス(「御笠川浄化センター」にて下車して下さい。(所要時間約20分))
●JR「博多」駅より徒歩約20分 ●博多駅南口よりタクシーで約10分

御笠川那珂川流域下水道事業
御笠川浄化センター

汚泥乾燥設備



財団法人 福岡県下水道公社

近年、都市部への人口集中や社会活動の拡大・高度化により、資源の枯渇や廃棄物の増大が大きな環境問題となっています。

下水道においても下水汚泥は、全国で186万t/年(平成10年度末)発生しており、そのうち約6割が埋立処分されているのが現状です。

そのような状況下のもとで下水汚泥の処理処分の適正化、多様化を図るため、御笠川浄化センターでは汚泥溶解設備の導入に続き汚泥乾燥設備を導入しました。

この設備では、脱水汚泥を媒体油と混合させ、減圧下で加熱することにより、低温状態で効率よく乾燥させることが出来ます。脱水汚泥は乾燥することにより減容化され、補助燃料・肥料等として有効利用可能です。

設備概要

処理プロセス	油温減圧式汚泥乾燥
処理量	30t-wet/8時間
処理対策	高分子系脱水ケーキ(汚泥)
	含水率 80%
	可燃分 72%
熱媒体油	廃食用油
補助燃料	消化ガス及び灯油
建築建屋	鉄筋コンクリート造 地上4階建
	建築面積 1,169.19㎡
	延べ面積 2,648.32㎡
竣工	平成13年1月

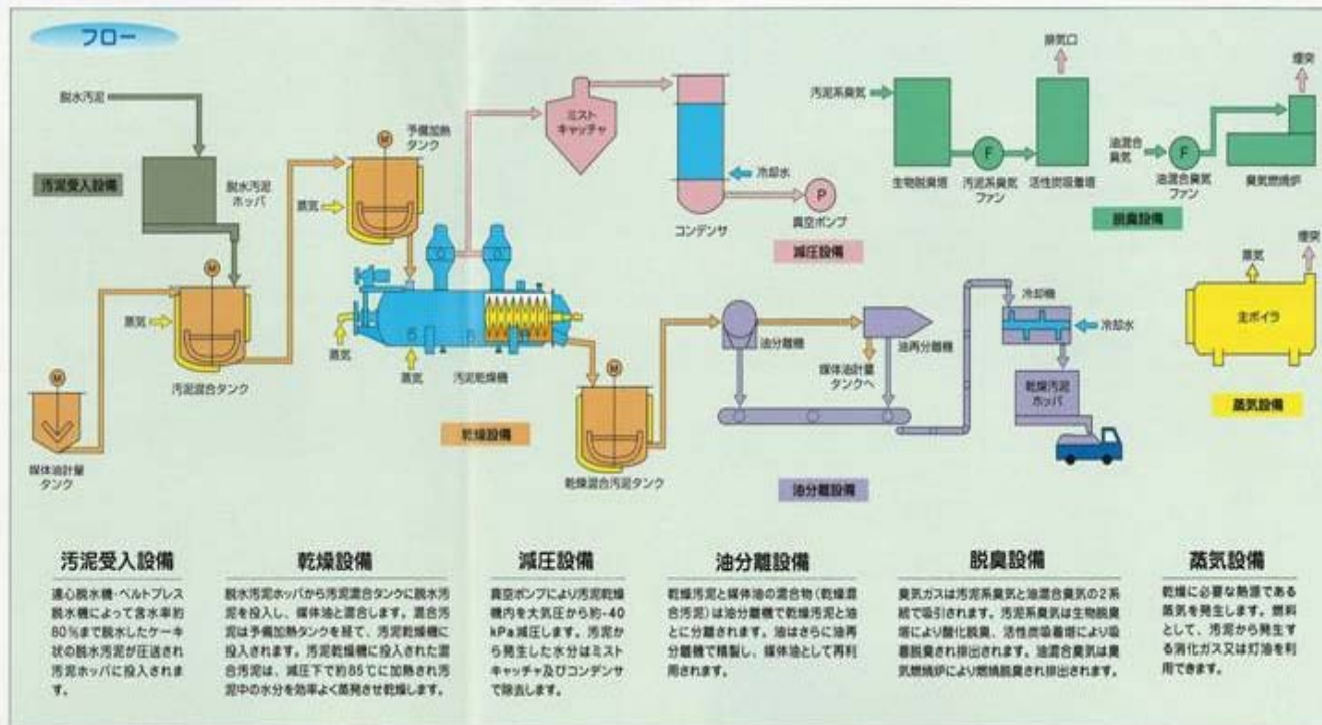
設備の特長

省資源・省エネルギー

- 補助燃料として汚泥から発生する消化ガスを利用することが可能です。
- 下水処理水を機器の冷却水、シール水として有効利用する他、トイレ洗浄水にも利用しています。
- 乾燥汚泥は補助燃料、肥料等に有効利用が可能です。
- 運転は自動化を図るとともに、集中管理方式を採用し、省力化運転が可能です。

運転管理

- 設備から発生する臭気ガスは系統別に集められ、汚泥系臭気ガスは生物脱臭塔+活性炭吸着塔により脱臭され、油混合臭気ガスは臭気燃焼炉により脱臭されます。
- 主要設備を建屋内に収納することにより美観、防臭、振動、騒音について、周辺環境との調和を目指しています。
- 汚泥中の有機分を燃焼させることがないため、排ガス中にはSOx、NOx、ばいじん等が非常に少なく、公署規制値を大幅に下回ります。



汚泥受入設備

遠心脱水機・ベルトプレス脱水機によって含水率約80%まで脱水したケーキ状の脱水汚泥が圧送され汚泥ホッパーに投入されます。

乾燥設備

脱水汚泥ホッパーから汚泥混合タンクに脱水汚泥を投入し、媒体油と混合します。混合汚泥は予備加熱タンクを経て、汚泥乾燥機に投入されます。汚泥乾燥機に投入された混合汚泥は、減圧下で約85℃に加熱され汚泥中の水分を効率よく蒸発させ乾燥します。

減圧設備

真空ポンプにより汚泥乾燥機内を大気圧から約40kPa減圧します。汚泥から発生した水分はミストキャッチャー及びコンデンサーで除去します。

油分離設備

乾燥汚泥と媒体油の混合物(乾燥混合汚泥)は油分離機で乾燥汚泥と油とに分離されます。油はさらに油再分離機で精製し、媒体油として再利用されます。

脱臭設備

臭気ガスは汚泥系臭気と油混合臭気の2系統で吸引されます。汚泥系臭気は生物脱臭塔により酸化脱臭、活性炭吸着塔により脱臭され排出されます。油混合臭気は臭気燃焼炉により燃焼脱臭され排出されます。

蒸気設備

乾燥に必要な熱源である蒸気を生じます。燃料として、汚泥から発生する消化ガス又は灯油を利用できます。



左上：乾燥汚泥
左下：汚泥混合タンク
上：汚泥乾燥機

左上：油分離機
左下：臭気燃焼炉
上：中央監視室

1バッチ処理/2.5h :

脱水汚泥 (含水率70~80%) 10t + 媒体油 (廃食油) 7t (新規継ぎ足し1tを含む)

合計17t



- ① 予備加熱 80°C
- ② 減圧乾燥 (天ぷら方式) 100°C 2h
- ③ 油分離機 → 回収媒体油 6t → 再利用



乾燥汚泥 2.8t
水分0.08t (2.6%)
油分1t (36%)
固形分1.72t (61.4%)

* 製品 5,500kcal/kg (指定可燃物扱)

900バッチ稼働/年, 土日休み, 定修1ヵ月/年

* 今後稼働率を3倍に上げる予定 (現在3バッチ/8時間/日 → 計画9バッチ/24時間/日)

乾燥製品2,400t/年 :

製造コスト 約20,000円/t (廃食油購入費、灯油購入費、電気代等)

販売単価 630円/t (税込)

1,800t/年 → 電源開発(株) 松浦火力発電所 混焼用燃料

600t/年 → その他 (緑農地還元)

運転員 :

常勤10

夜勤1名 (脱臭設備運転員)

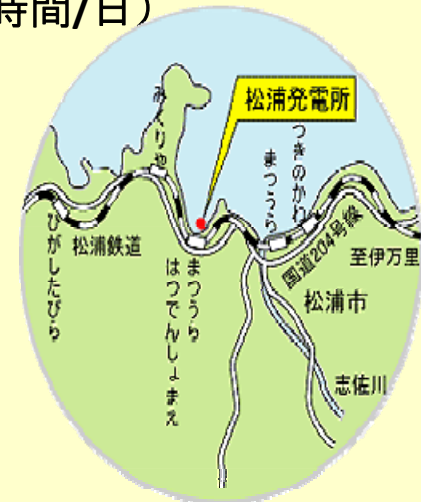
廃食油価格 :

平成13年 (運開当初) 約25円/kg → 平成19年 現在 約45円/kg

現在廃食油代替として、製油工場からの絞り粕による媒体油製造を検討

電源開発

- 松島発電所 長崎県西海市大瀬戸町
1,000,000 (500,000 × 2)、海外炭
- 松浦発電所 長崎県松浦市志佐町
2,000,000 (1,000,000 × 2)、海外炭



宮崎県北諸県郡高城町 南国興産（株） 一例（鶏糞発電）



800～1000°Cの燃焼室で鶏糞を焼却

ボイラーで1時間当たり41 t の高圧蒸気を発生させ、その蒸気でタービンを回すことで、1時間当たり1960 k w を発電

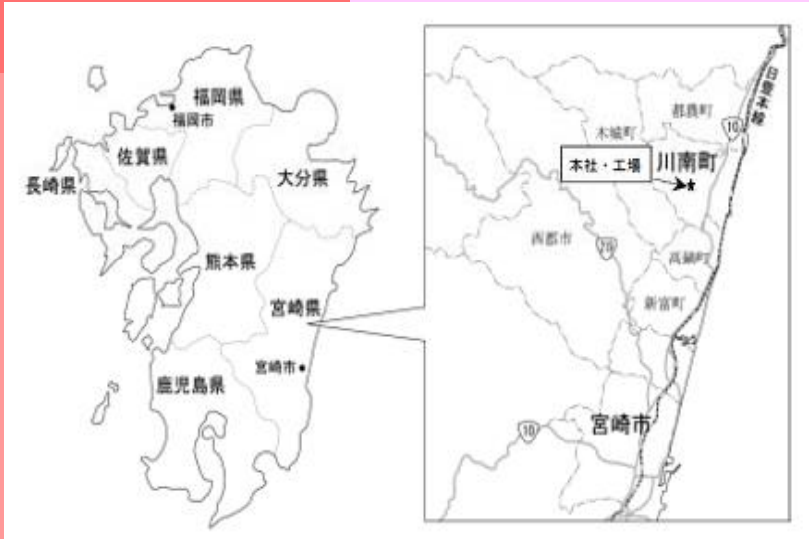
1日で約300 t、年間で約10万 t もの鶏糞を処理する。

宮崎県（鶏糞は約20万 t 発生）

半分を処理！！

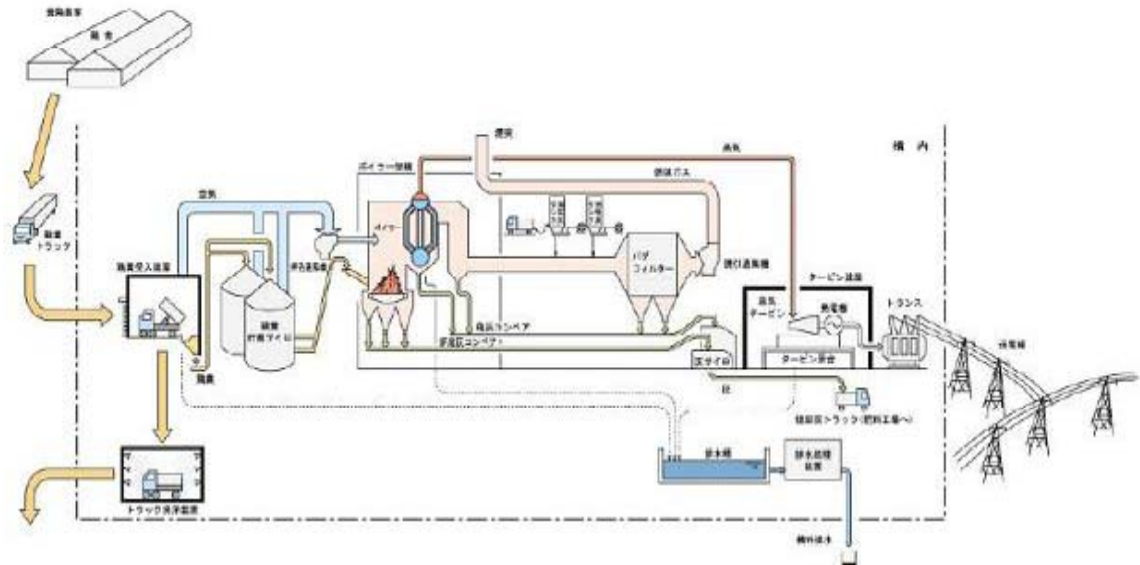
— 例

(西日本環境エネルギー株式会社HP)
みやざきバイオマスリサイクル(株) 宮崎県川南町「鶏ふん発電」



鶏ふん焼却量：13.2万 t / 年

◎ 発電出力：11,350kW



山鹿市のバイオマスセンター

メタン発酵： バイオガス

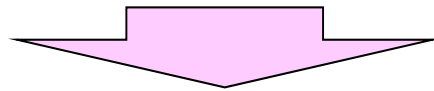


メタン発酵残さ： 液肥 又は 水処理

研究室の構想

高含水率有機系廃棄物からの熱エネルギー抽出

廃液＋廃油 ⇒ 燃焼



「化石燃料の使用量の軽減、高有機系廃棄物の有効利用、廃油の再利用、生成熱エネルギーの利用」

目的：

発熱量が低く含水率が高い有機系廃棄物と廃油（廃食油を含む）を混合しながら、噴出できるノズルの開発とそれを用いた燃焼実験による基礎データの構築。

従来の研究、利用形態

◎ 廃食油

バイオディーゼル燃料
エマルジョン化して使用

◎ 潤滑油、廃油

再生重油

◎ 下水汚泥

焼却処理、水処理後放流

◎ 豚尿

水処理後放流、メタン醗酵によるバイオガス生成

◎ 焼酎廃液

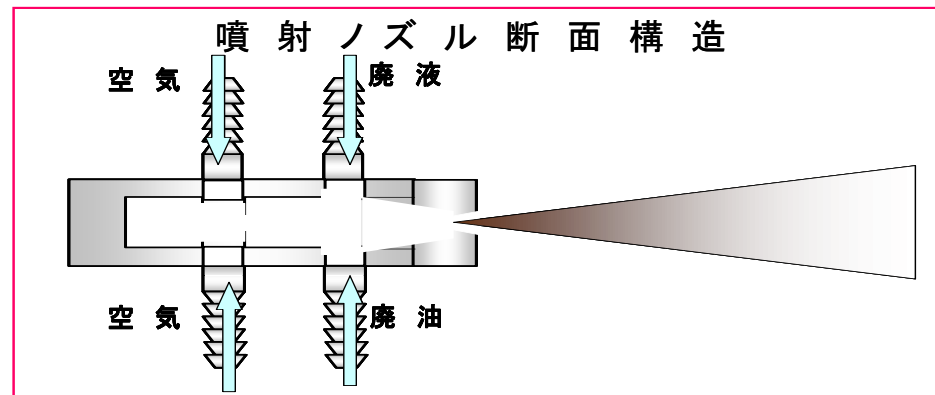
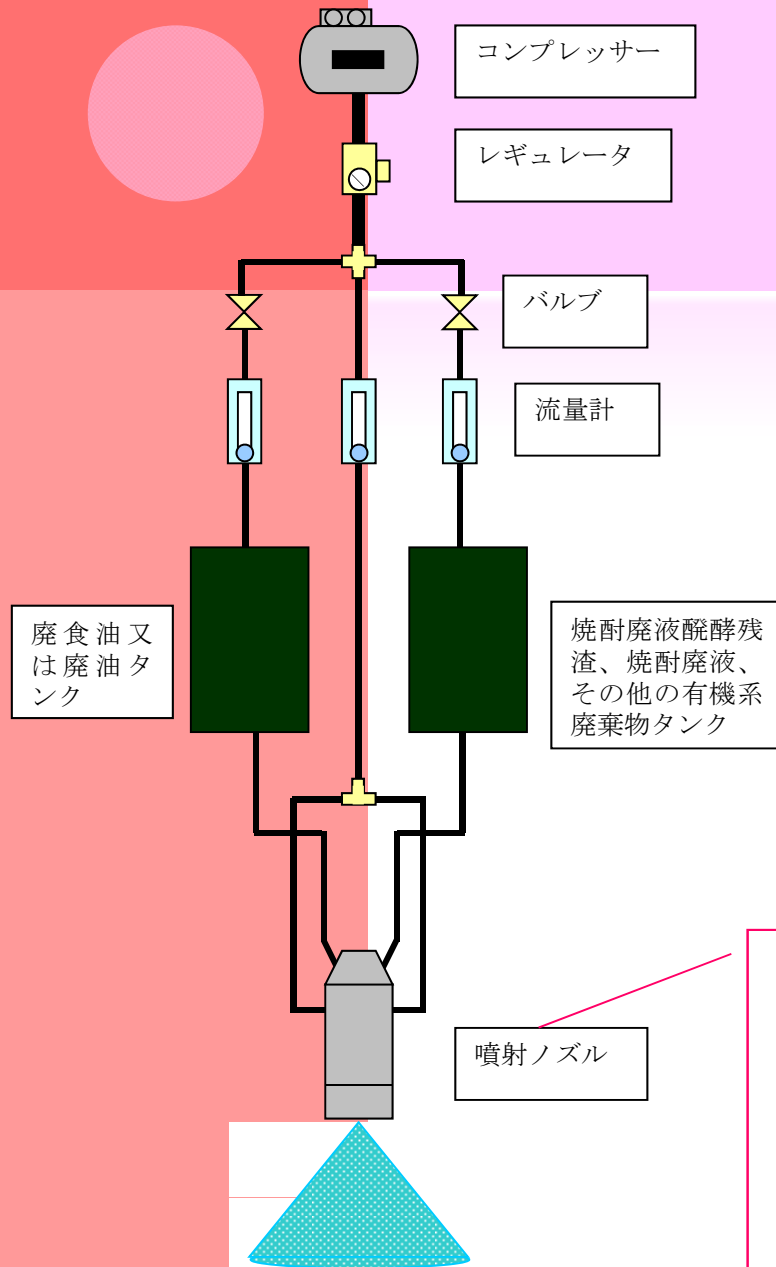
海洋投棄、飼料化、肥料化、エネルギー抽出

(バイオガス、アルコール)

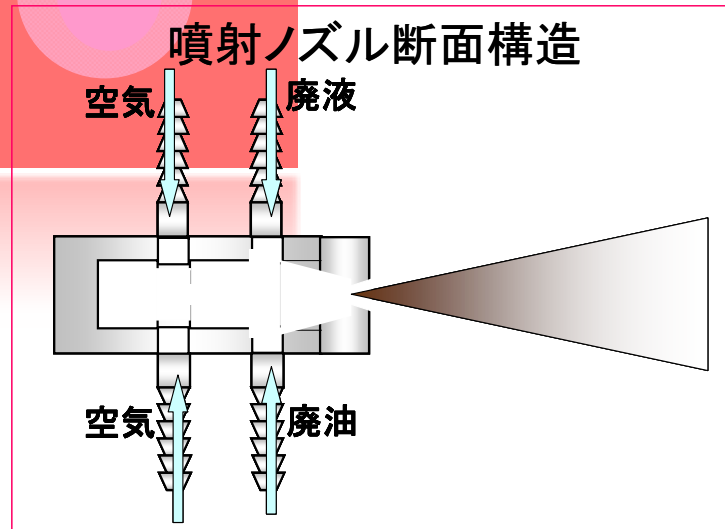
実験装置と実験条件

- 供給流量：
(廃油と廃液)
- 混合比：
(廃油と廃液の流量比)

最適燃焼条件



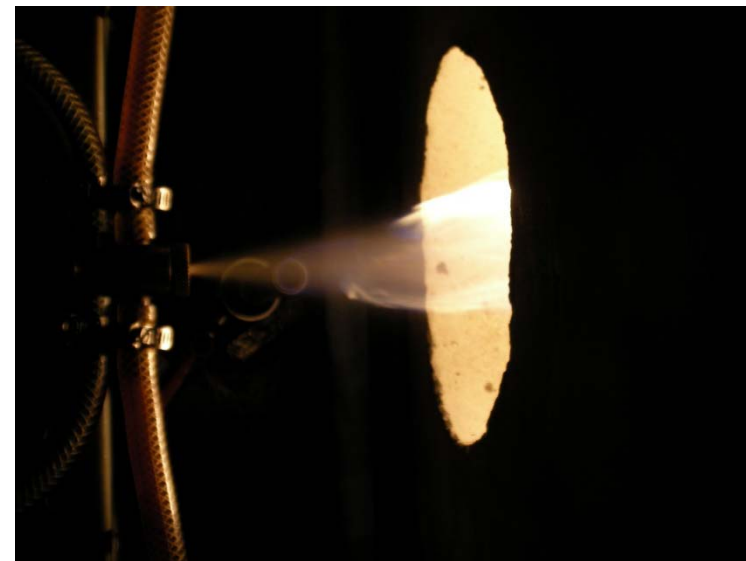
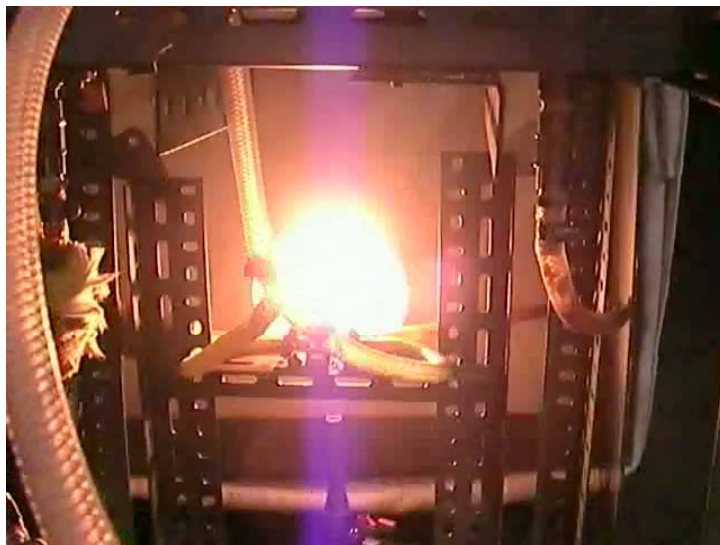
燃焼器開発で求められる技術



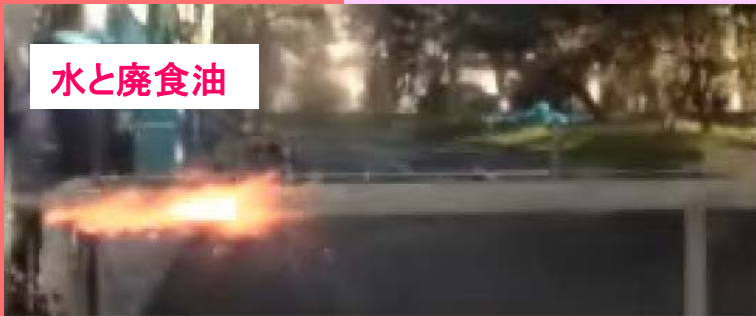
- 廃油、廃液を未処理で使用
- 構造と整備が簡単で、低コストで製作
- 廃油と廃液を一箇所で均質混合させながら噴射
- 異物が詰まりにくい構造

特開2007-17099

国際特許：PCT/JP2006/313678



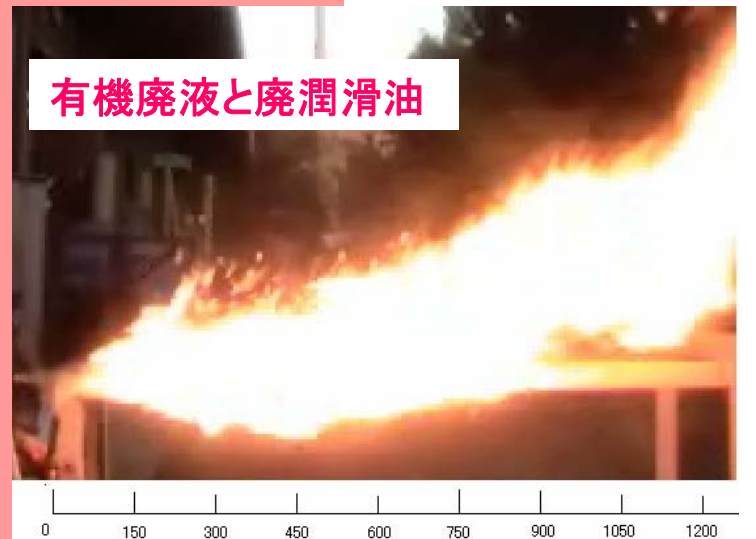
ノズル先端近傍での火炎(豚尿+廃油)特性(静止画像)



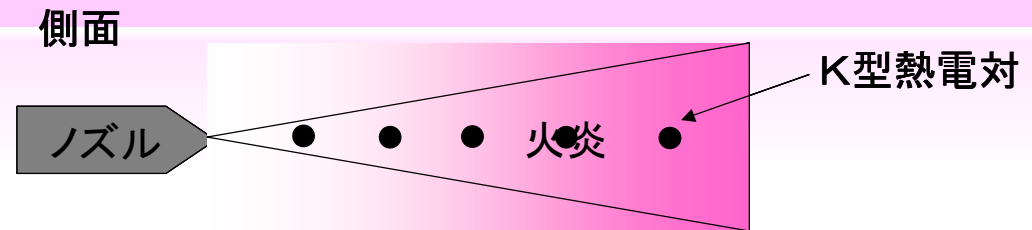
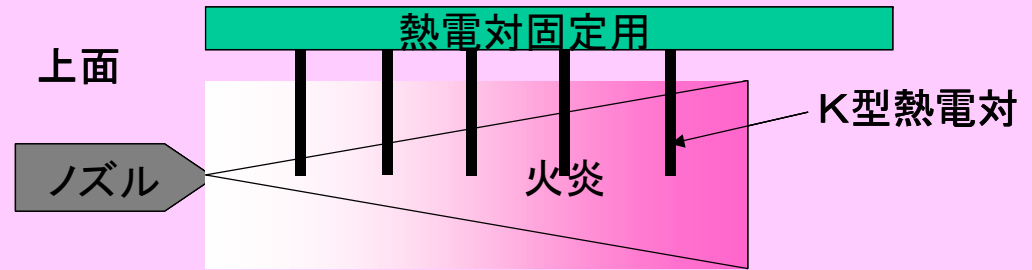
水と廃食油



水と廃潤滑油



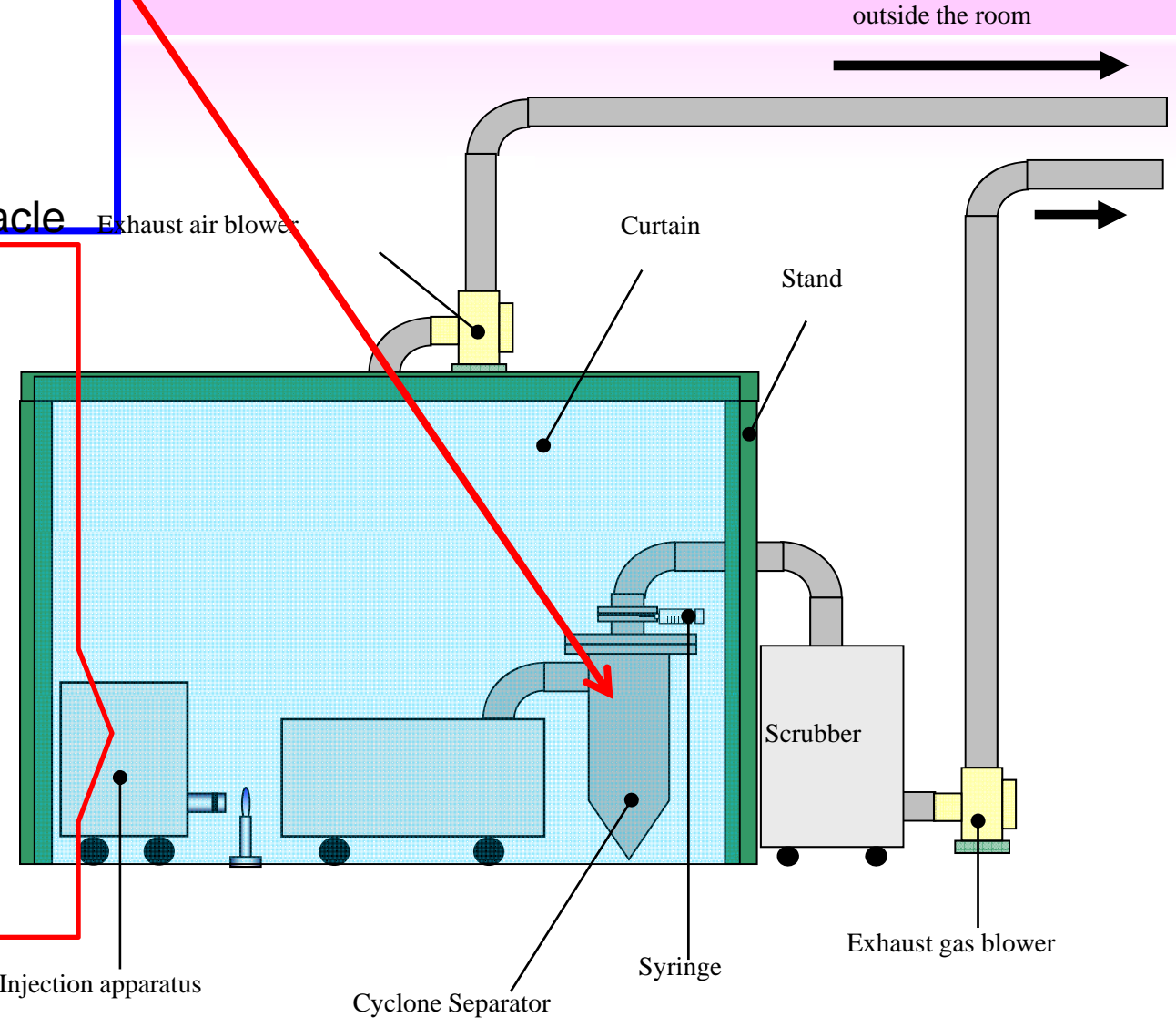
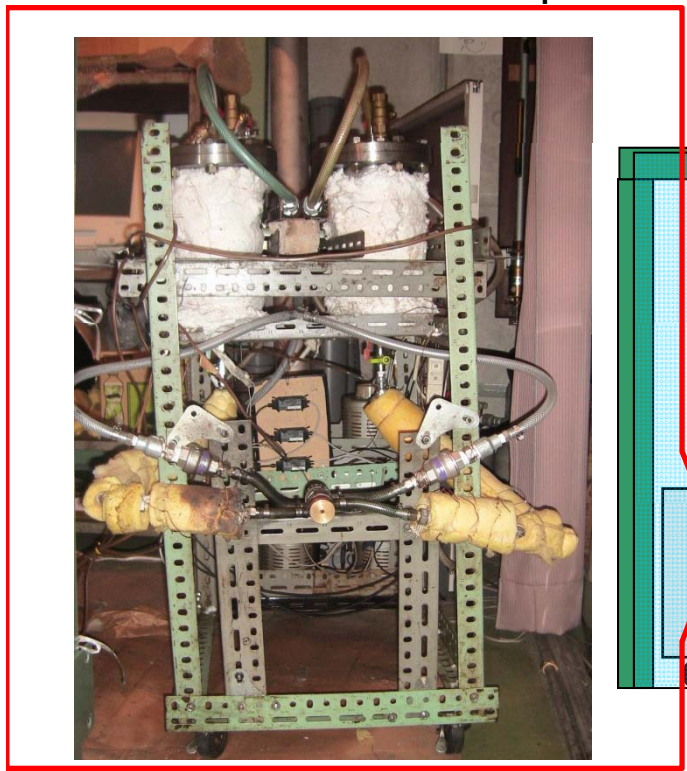
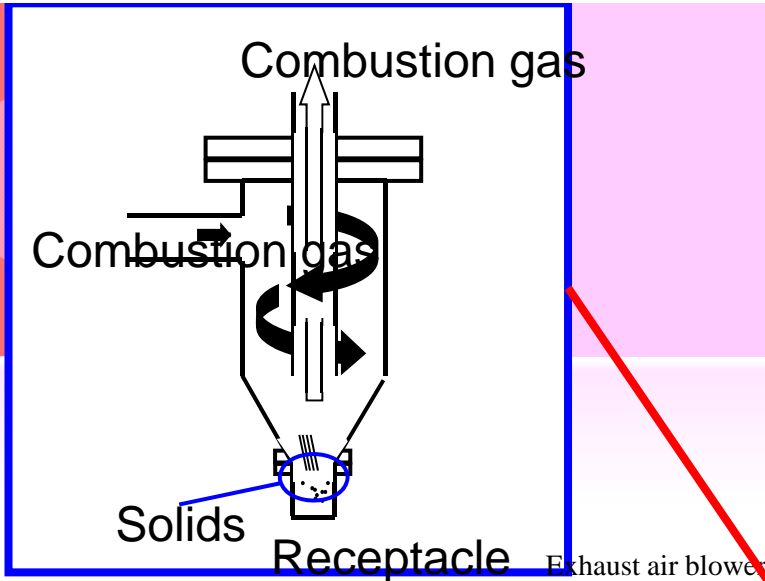
有機廃液と廃潤滑油



発生した火炎の最高温度

噴霧燃焼した液の種類	最高温度 (°C)
水と廃食油	920
水と廃油	1046
廃液と廃食油	1180
廃液と廃油	1200
廃油のみ	1088
廃食油のみ	1093

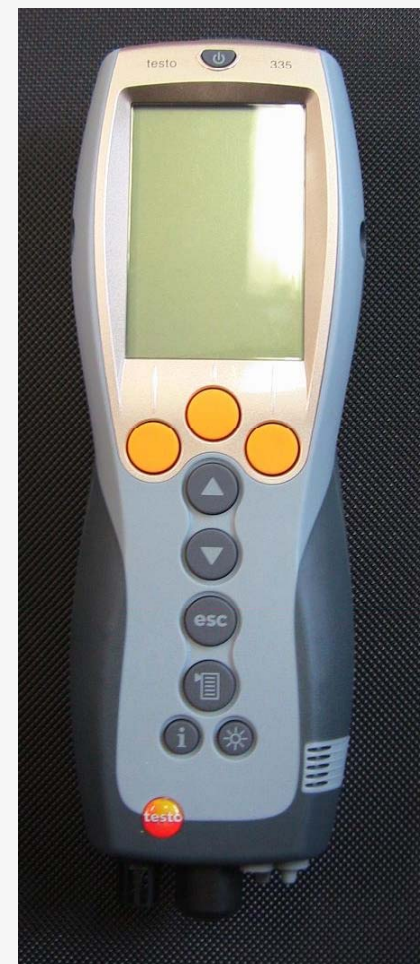
実験装置 (廃液と廃油)



測定項目（燃焼ガス分析）



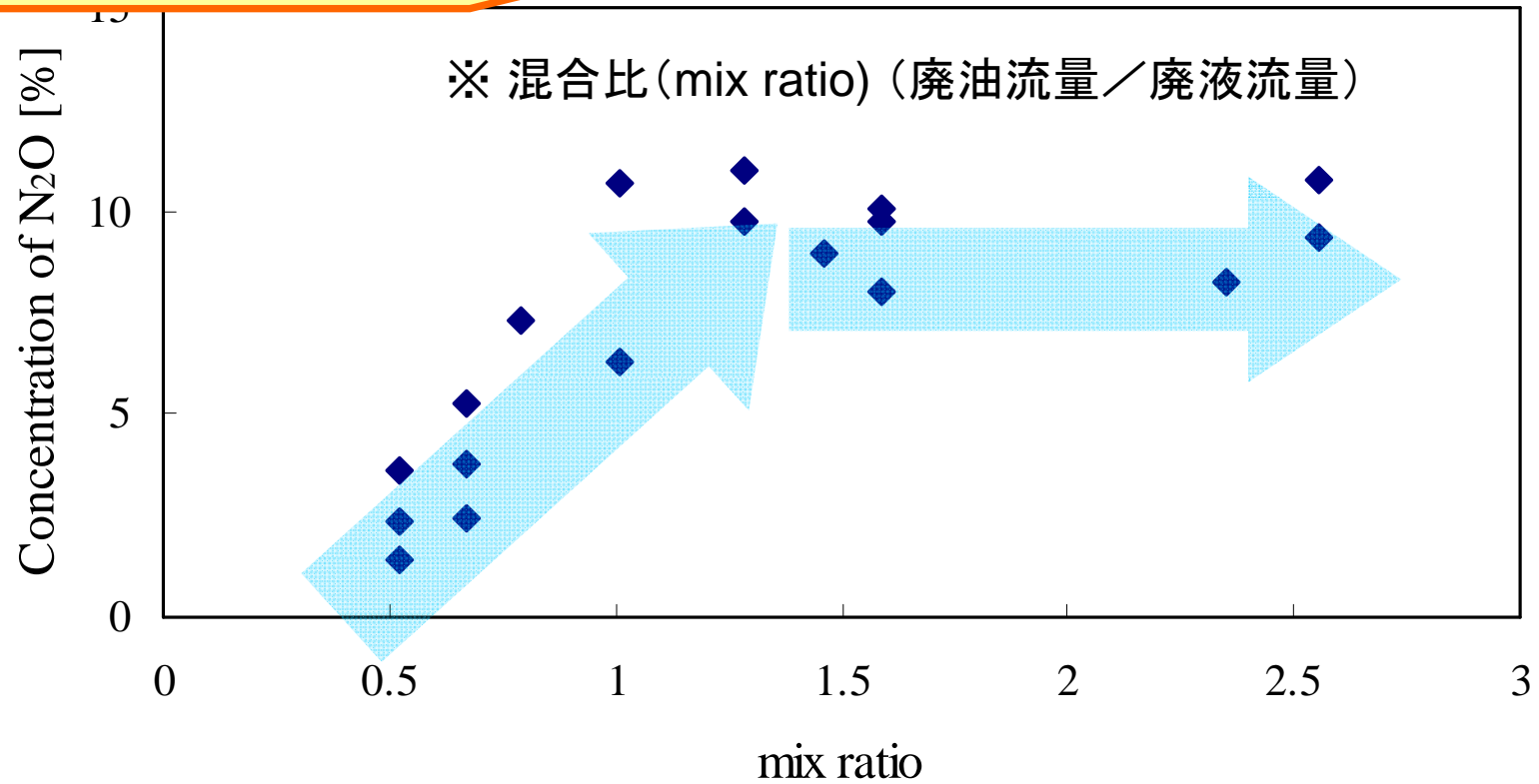
Gas chromatograph (GC-8AIT)
SHIMADZU Corporation



ポータブルガス分析器
主に、NOx、NO

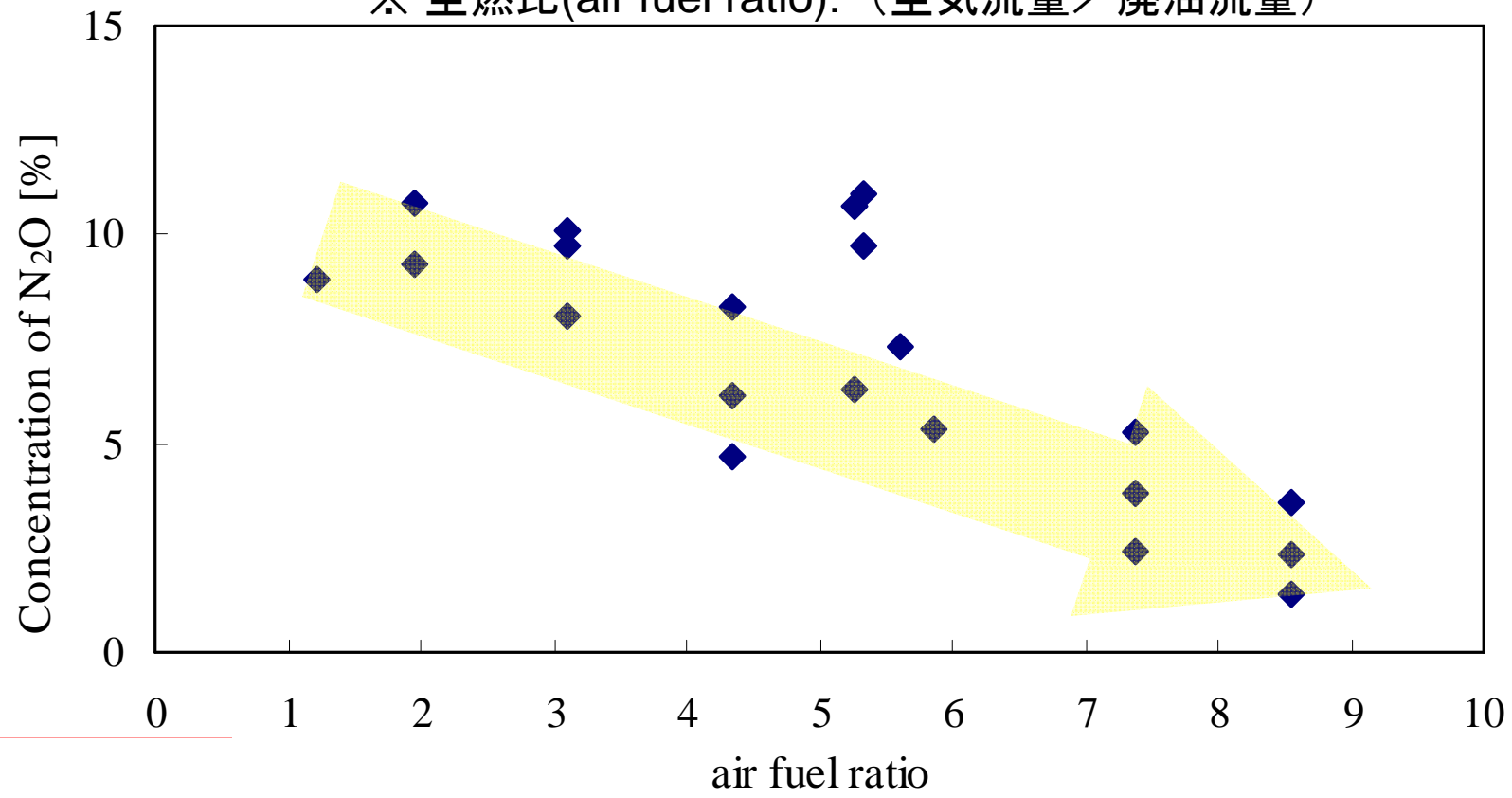
結果及び考察

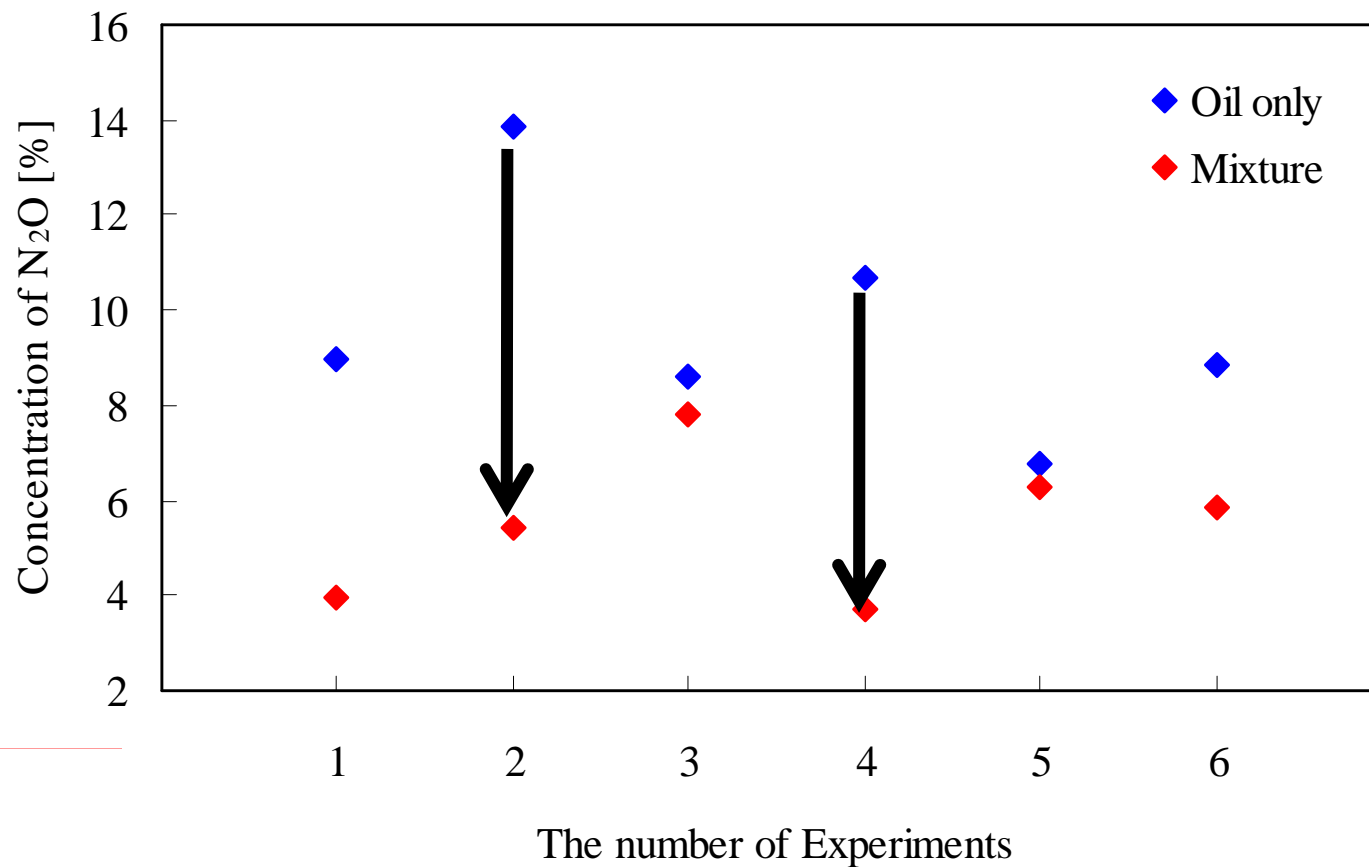
ガス分析結果 (N₂O)





※ 空燃比(air fuel ratio): (空気流量 / 廃油流量)



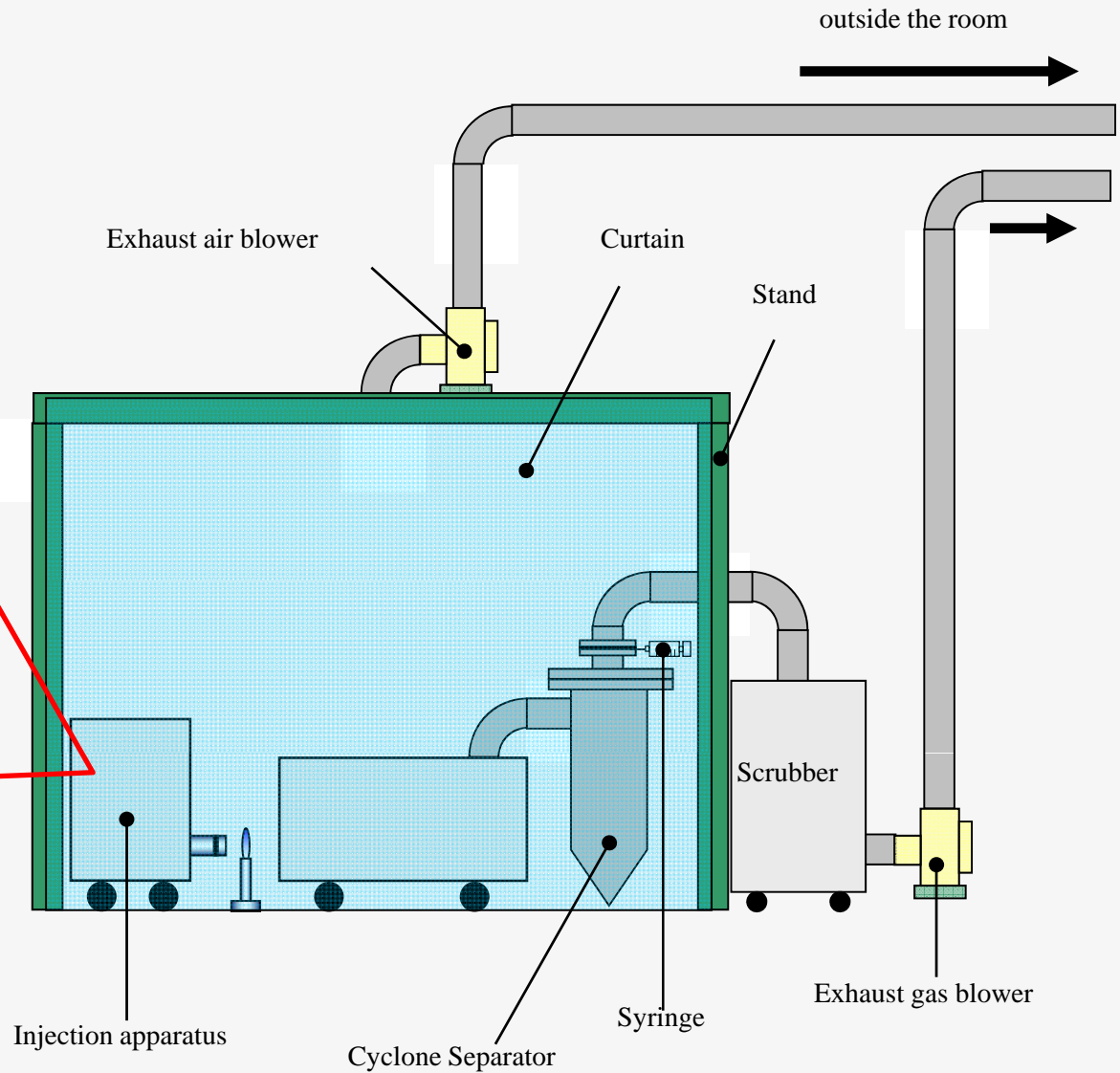


有機性廃液との混合燃焼 ➡ N₂O の生成抑制効果

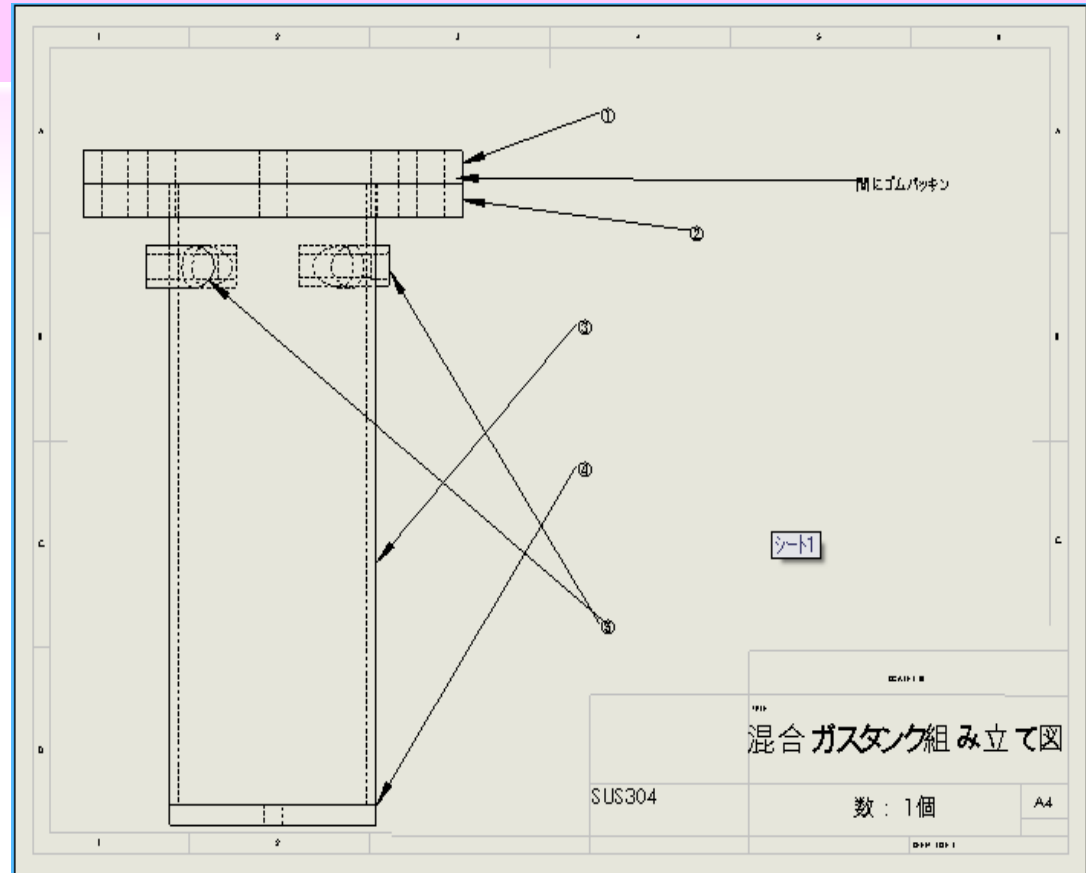
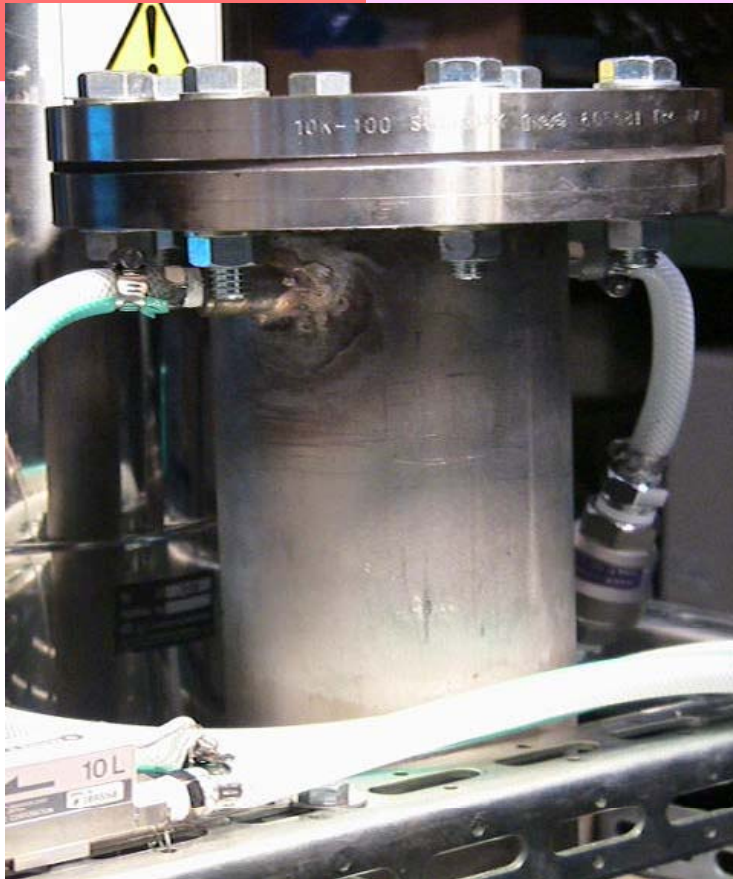
実験装置 (廃液とバイオガス)



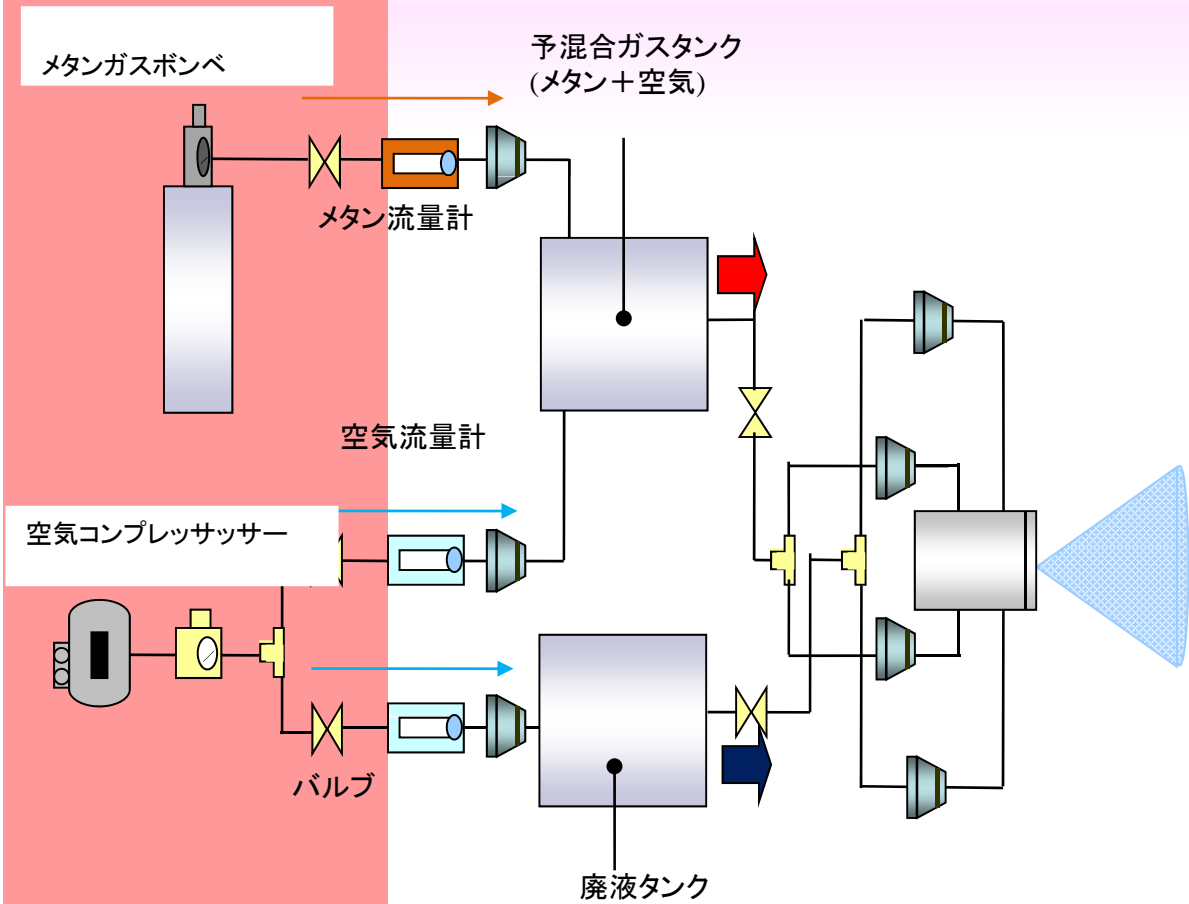
噴射装置(正面)



メタン×空気の予混合タンク






燃料噴射装置の概略



装置写真

実験結果

空燃比=1	7	7	0.5	
過濃燃焼	1.5	14	0.5	
	1.5	13.5	1.3	

実験の目的：
「予混合燃焼装置を用いた
燃焼の有無の確認」

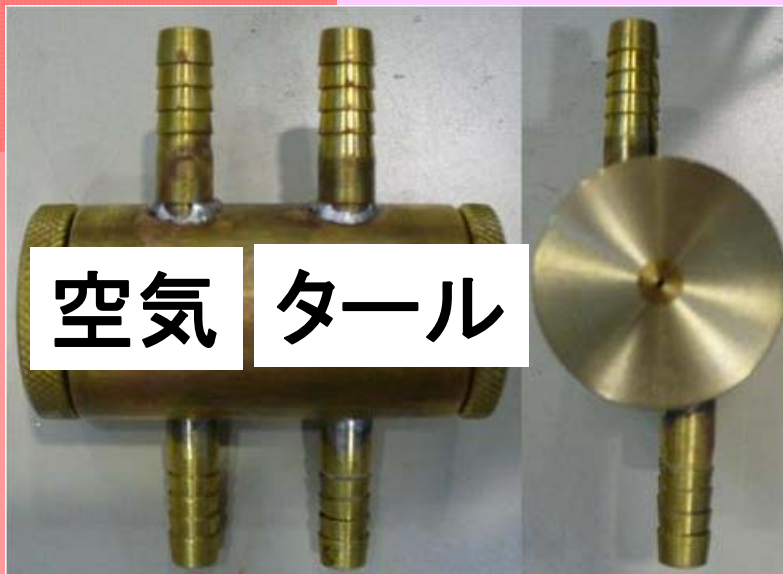
(結果)
過濃度燃焼（燃料過多）の
場合、即ち、空気よりメタ
ンの量を多くした予混合燃
料と廃液とを同時に噴射さ
せた場合、
着火バーナーによる、予混
合燃料の燃焼は生じている
ように観察できる。
しかし、重質油と下水又は
豚尿との混合燃焼の実験結
果のような、燃焼現象は生
じていない。

特許ライセンス契約による実機開発事例 (特開2007-17099、 PCT/JP2006/313678)

(明和工業株式会社)

木質バイオマス(竹)を用いたバイオガス製造によって発生するタールの利用にむけて

タール: 粘度が高いために利用しにくい。

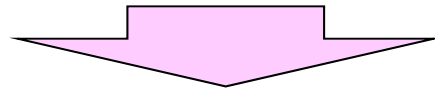


研究室での構想

乾式メタン醱酵残渣又は汚泥からの熱エネルギー抽出

醱酵残渣又は汚泥＋廃油

=> 高カロリー燃料化

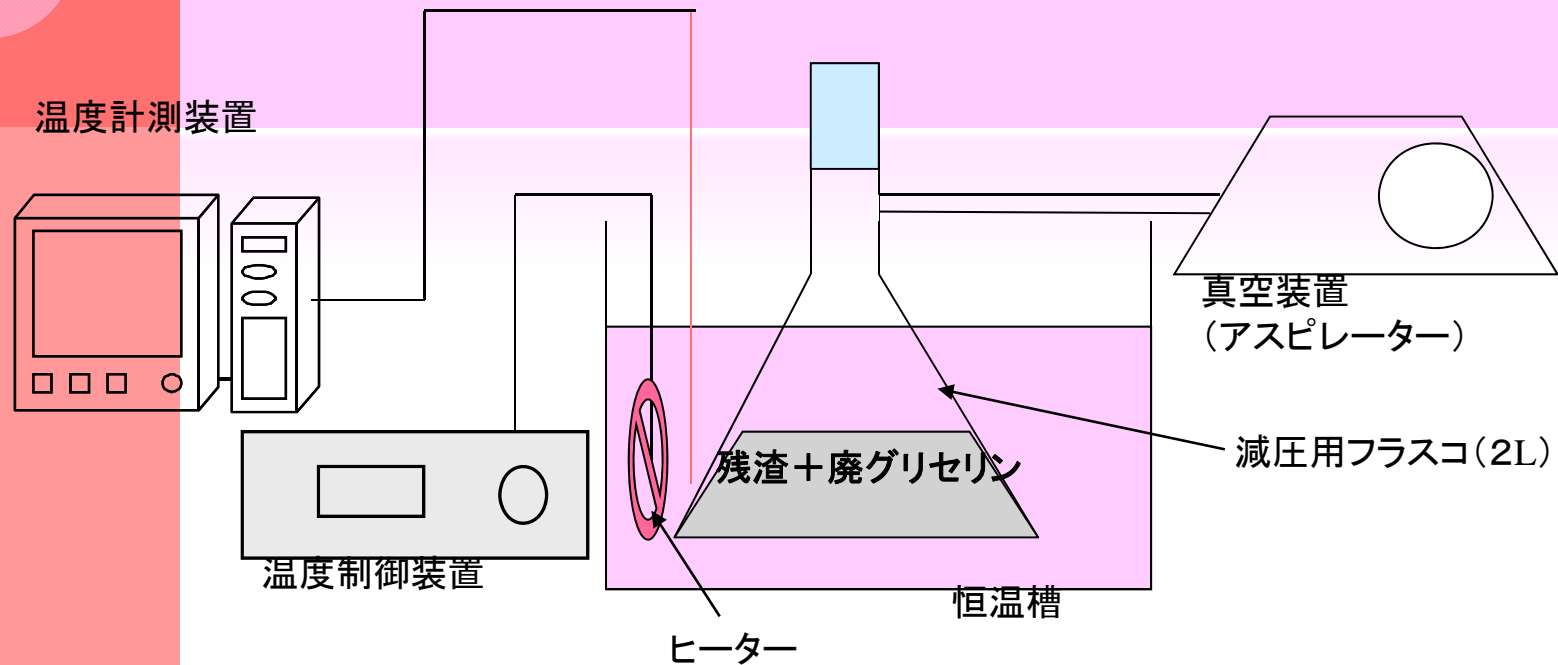


「化石燃料の使用量の軽減、高有機系廃棄物の処理、廃油の再利用」

特願2007-144752 「有機廃棄物燃料およびその製造方法」

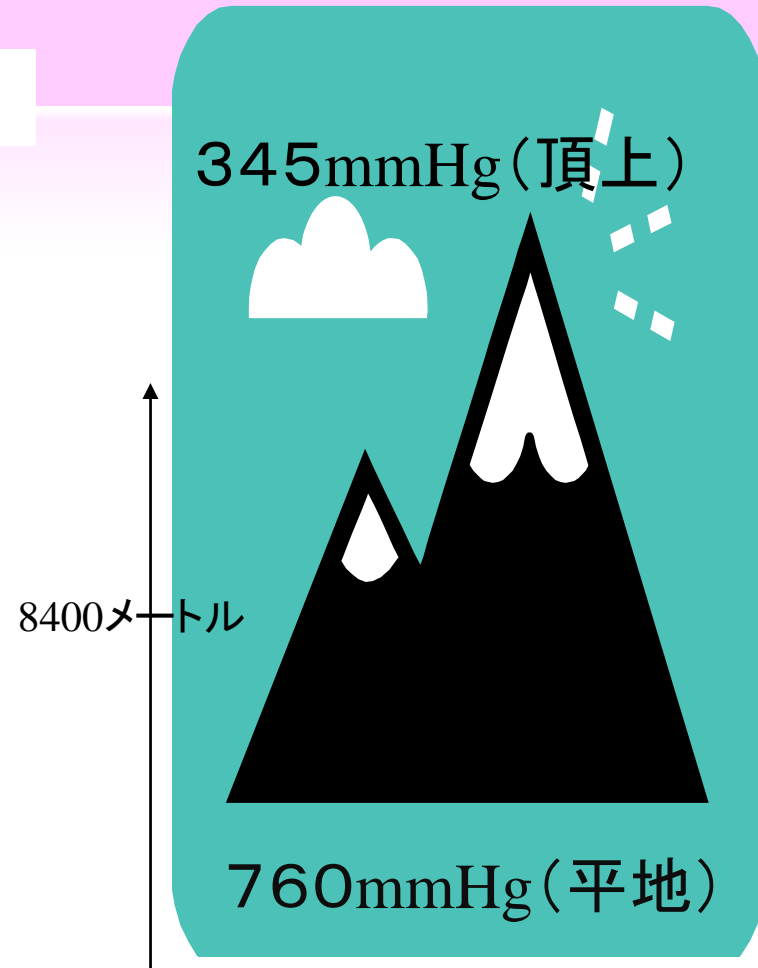
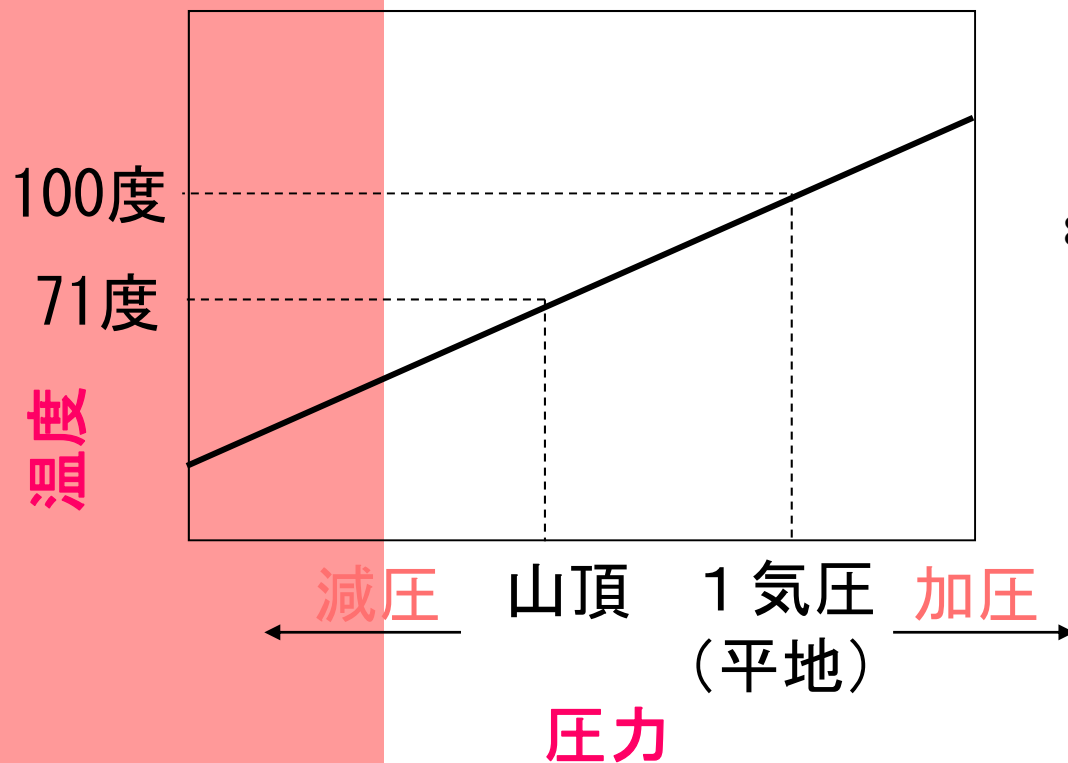
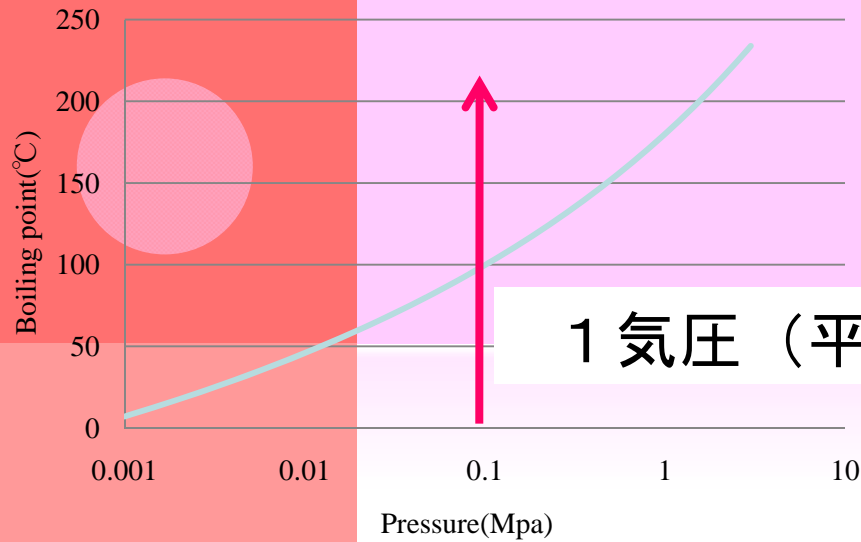
醱酵残渣と廃グリセリンを混合しながら、減圧することで水分を除き、高カロリー燃料の製造のための基礎データを構築する。

実験装置と実験条件



- ◎ 乾式メタン醗酵残渣（含水率70%程度）：430g
- ◎ 廃グリセリン（発熱量約6000kcal/kg）：50g
- ◎ 容器周りを70°Cの温水で定温加熱

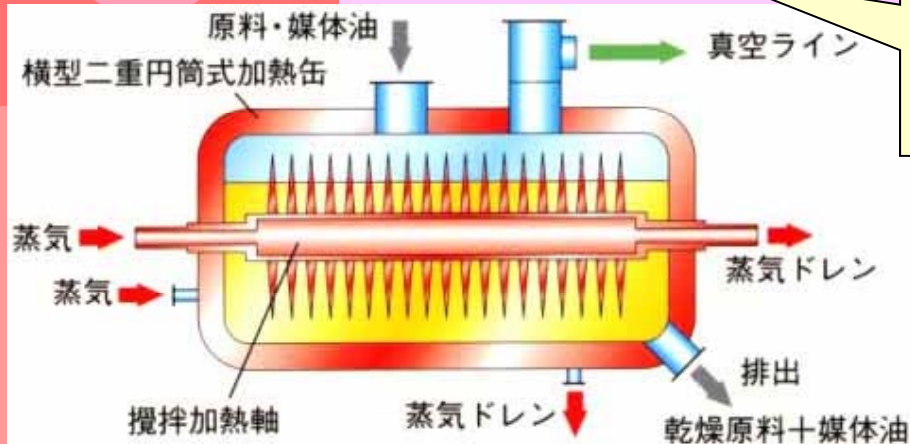
減圧乾燥について



◎ 減圧すると沸点が低下する。

既存技術

油温減圧式乾燥



- 乾燥熱媒体として油(主として廃食用油)を使用
- 密閉減圧下で加熱・攪拌することによって乾燥処理
- 油で高含水媒体の水分を除去

課題

- 廃食用油を使用(現在、廃食用油が確保しにくい)
- 主要温度帯が85℃~90℃
- 真空装置を使用するので、凝縮器が必要

研究装置の概略構造 (財)畜産環境整備機構HPより

低価格での製造

特願2007-144752「有機廃棄物燃料およびその製造方法」

- 現存する廃油(廃食用油を除く)が使用可 ⇒ 低価格が可能
- 減圧と加熱を同時に行うことで、最小投入エネルギー(電気)で水分を除き、廃油と汚泥又は畜糞を均質に混合
- アスピレーターが使用可 ⇒ 装置の簡略化と低コスト化が可能

燃烧実験手法

1. 定温加熱し、フラスコ内部をアスピレータで減圧する。
2. 質量計で一定時間ごとに容器質量を測る。
3. 水分の減少がほぼ無くなった時点で終了する。
4. 試料の含水を含水率測定装置で測定する。
5. 試料の発熱量を発熱測定装置で計測する。



質量計



含水率測定装置



発熱測定装置

汚泥(483.81g) + 102.5g(廃グリセリン)

減圧乾燥実験

製作した試料



減圧乾燥中の容器内部
実験開始時の容器内材料の
含水率93.3%



62.1%

減圧乾燥実験

製作した試料



減圧乾燥中の容器内部
(鶏糞メタン発酵残さ+廃グリセリン)

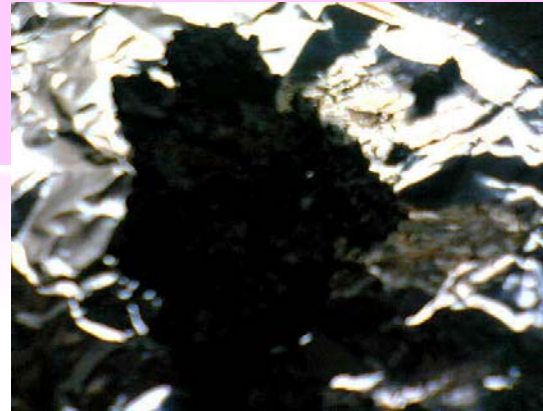


含水率:24.2%

上記の試験片
(100mmX100mmX5mm、67.1g)
を発熱量測定装置に設置する。

各試料

- ◎ 乾式メタン醗酵残渣 + 再生重油（廃プラスチック）



含水率：
43%

- ◎ 鶏糞堆肥 + 廃グリセリン



含水率：
33%

- ◎ 鶏糞堆肥（含水率30%）



コーヒーかすの結果：発熱量：
3200~4500 KCAL/KG



みかん搾りかすの結果：
発熱量：3700 KCAL/KG



さくらそうの結果：
発熱量：4536
KCAL/KG



めかぶの結果：
発熱量：3770
KCAL/KG

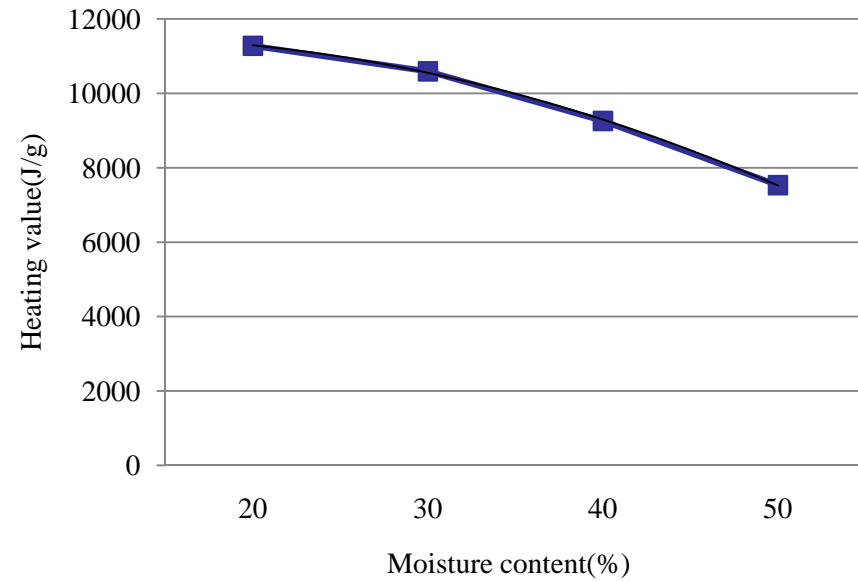


— 例

原材料

原材料：下水污泥

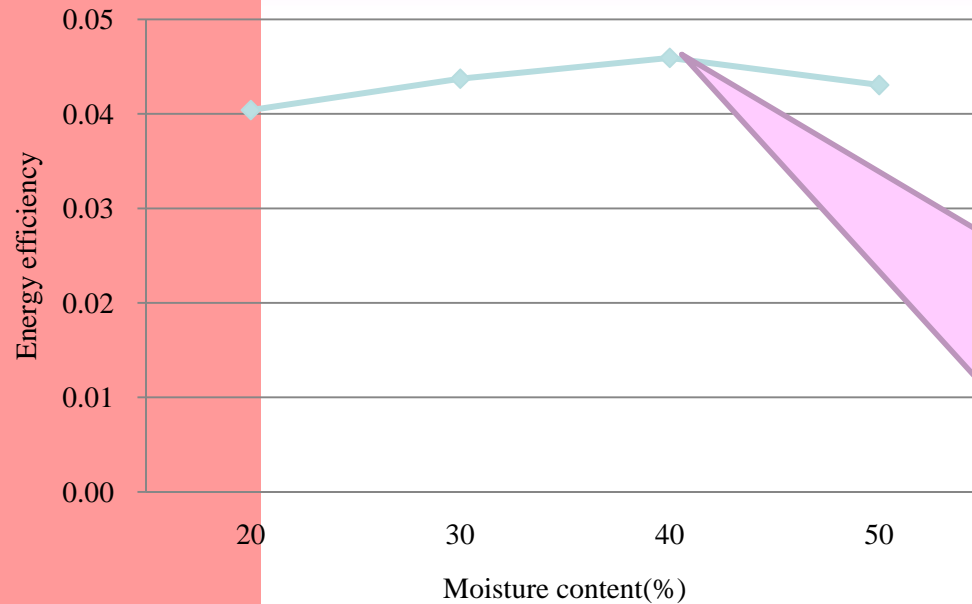
含水率：78.5%



含水率の影響

エネルギー効率

$$= \frac{\text{燃料の発熱量}}{\text{投球したエネルギー}}$$

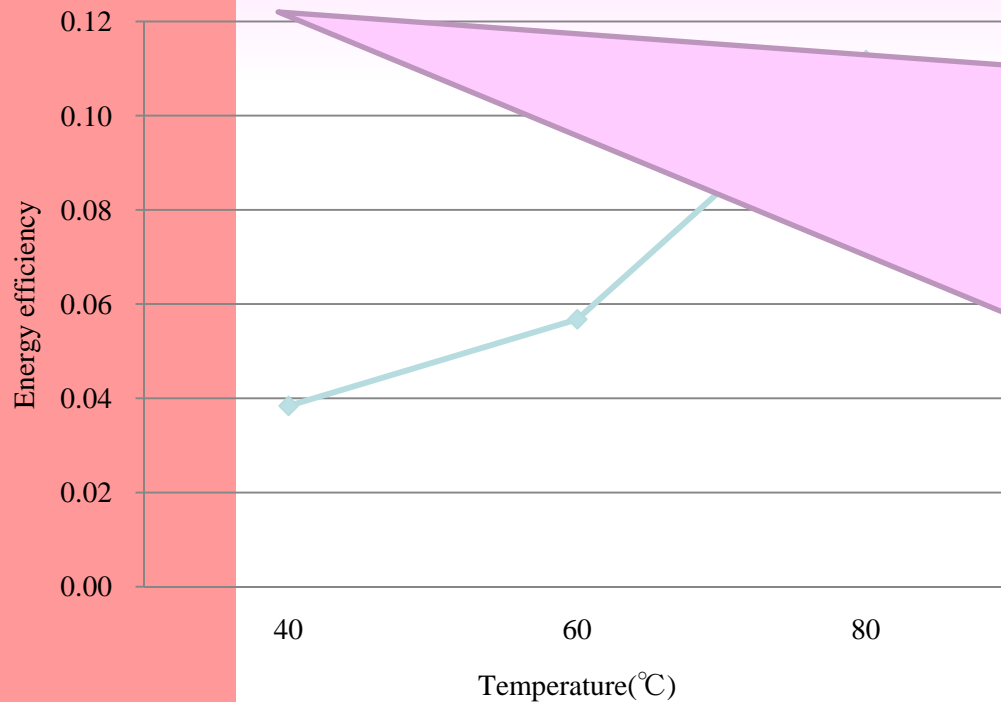


含水率

•含水率を下げていけば発熱量は上がるが、実験時間が長くなり装置稼働によるエネルギー消費が大きくなる。

含水率を低下しても、エネルギー効率は増加しない。

高温槽の保温の影響

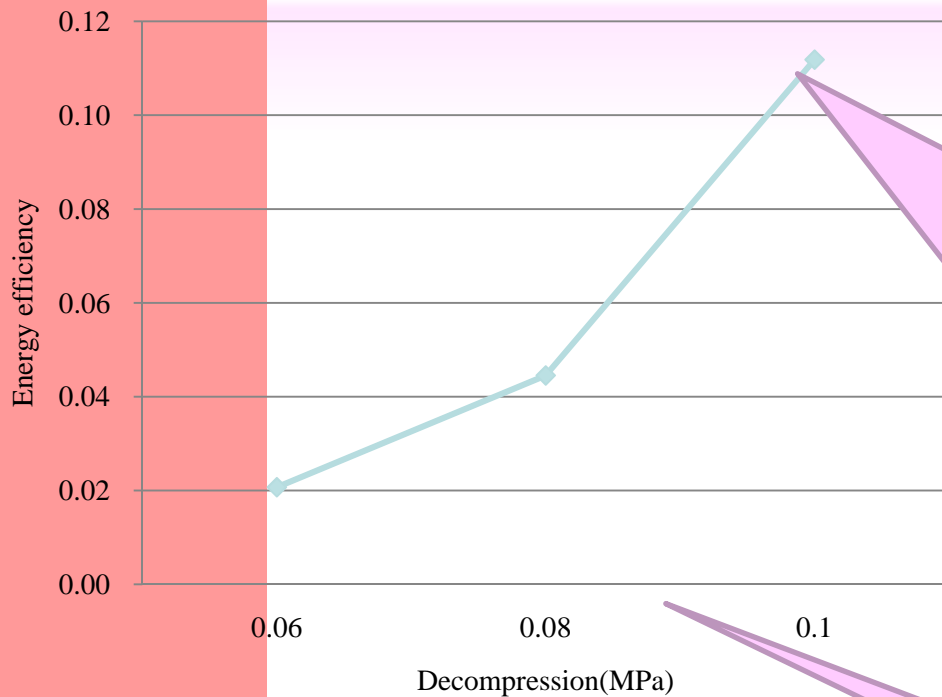


•恒温槽の温度が低い場合，温度が高い場合より消費電力は低い。

•単位時間当たりの消費電力も小さくなるが，装置の稼働時間は長くなるため，消費エネルギーが多い。

↓
エネルギー効率は低下する。

減圧度の影響



真空度が高いほど燃料のエネルギー効率は高くなる傾向がある。

真空度は大気圧からどれだけ減圧したのかの値

結 果

- ◎ 乾式メタン醗酵残渣 + 廃グリセリン :
- ◎ 汚泥 + 廃グリセリン :
- ◎ 乾式メタン醗酵残渣 + 再生重油 (廃プラスチック) :
- ◎ 鶏糞堆肥 + 廃グリセリン :
- ◎ 鶏糞堆肥 (含水率%) :

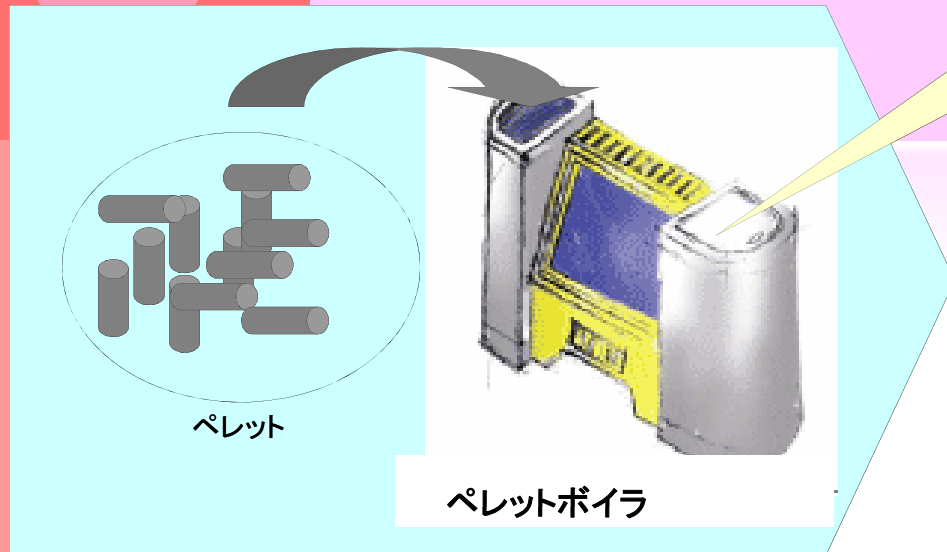
4745 kcal/kg
5029kcal/kg
4840 kcal/kg
5010 kcal/kg
2201 kcal/kg

既存の燃料と発熱量

石炭 :	5000-8000 kcal/kg
木炭 :	6700-7500 kcal/kg
重油 :	9000-11000 kcal/kg、比重0.86~0.96 動粘度:3cSt/303K、引火点:333K
木質ペレット :	3000 kcal/kg
焼酎廃液 (含水率95%)	: 225kcal/kg
焼酎廃液をメタン発酵させた残渣	: 220kcal/kg
鶏糞 (平均水分43%、MBR資料)	: 1913kcal/kg
汚泥の油温減圧式乾燥による燃料 (御笠川浄化センター資料)	: 5700kcal/kg
乾式メタン醗酵残渣の天日乾燥燃料 (含水率10%)	: 2786 kcal/kg



燃料ペレットの応用(事例案)



- ・最適燃料特性
- ・ボイラー性能
- ・排ガス特性

有機系廃棄物(畜産系)の醗酵残渣の燃料化の可能性

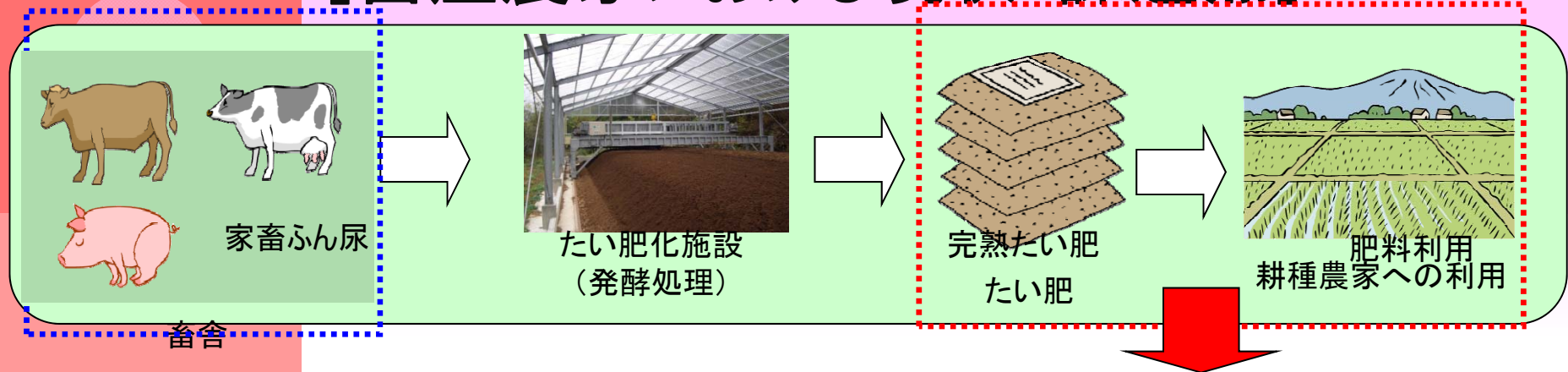
バイオエタノールの低コスト化
バイオエタノールの普及

- ・燃料ペレットの産業界への普及
- ・バイオディーゼル燃料の拡大促進
- ・畜産業の発展
- ・下水汚泥の利活用
- ・新産業(燃料製造)の創出



脱CO2化促進による温暖化の県全域による取り組み

[畜産農家における現状・課題点]



全国においても 畜産地帯が偏在していることや畜産農家の規模拡大により、たい肥の年間に対する利用および販売に苦慮している。

- 低コストで含水率の軽減が可能
- 木質系程度の発熱量を持つ媒体 (燃料)

たい肥作りの絶対条件

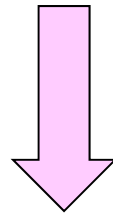
- 第1次発酵: 嫌気性高温発酵であること。
- 初期発酵段階: 高熱・高温発酵で、70℃~80℃以上の温度が必要。
- たい肥原料: 炭素率の低い分解しやすい有機物を使用。



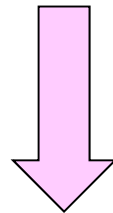
鶏糞堆肥(含水率30%)

一つの試み

製作された燃焼器を使用して、燃料（堆肥を燃料としたいもの）を燃焼した際の燃焼関連の計測を行う。

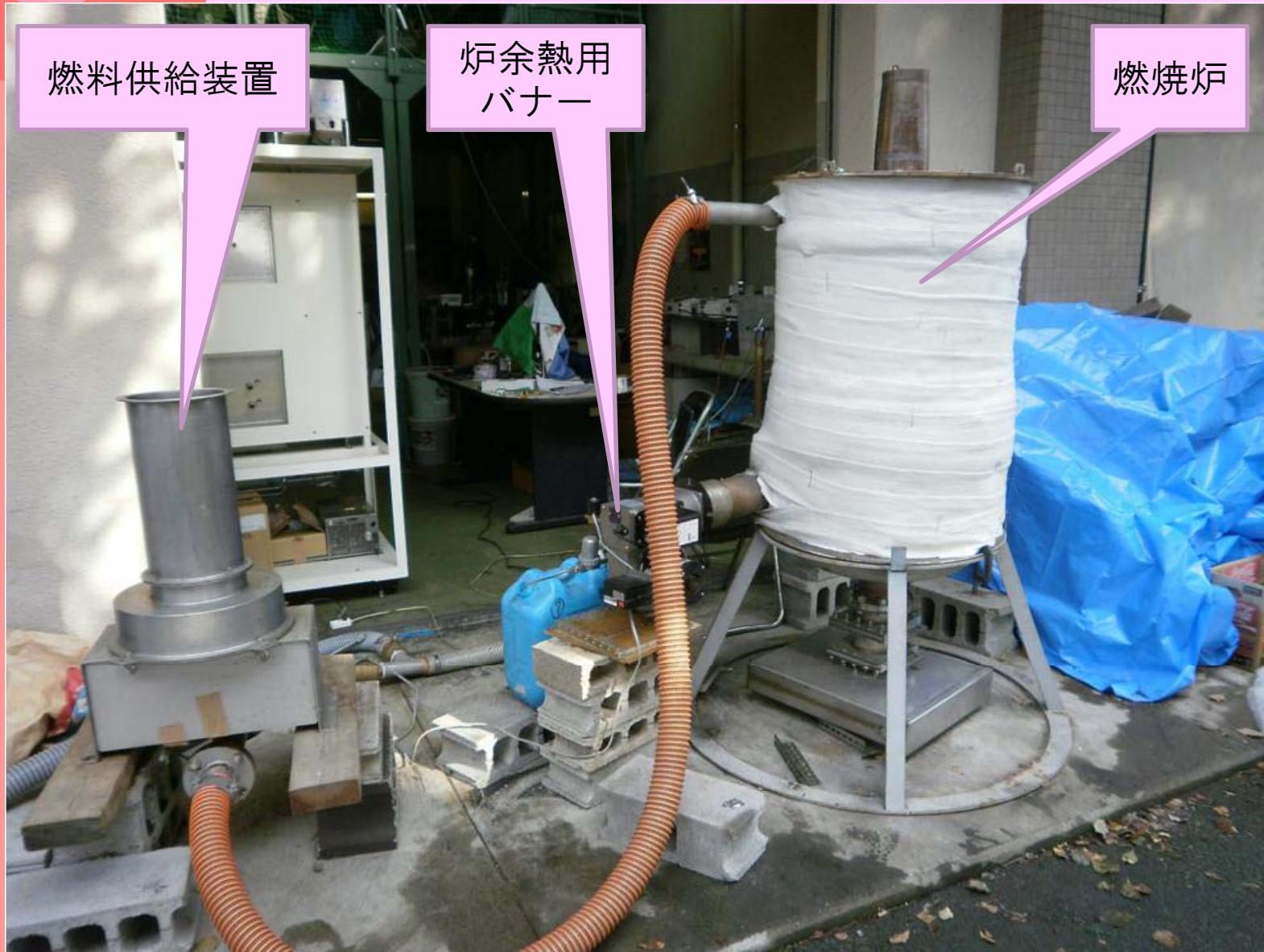


温度、ガス分析、燃料発熱量計測



開発した燃料と燃焼炉の有効性と、今後の事業への基礎データの構築

装置の全景



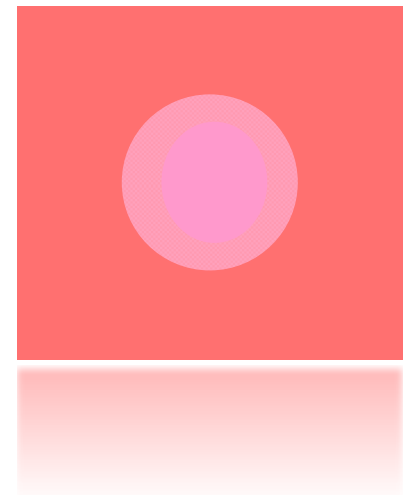
炉余熱用バーナー



バーナー出口



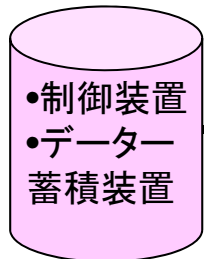
燃焼状況



温度計測機器

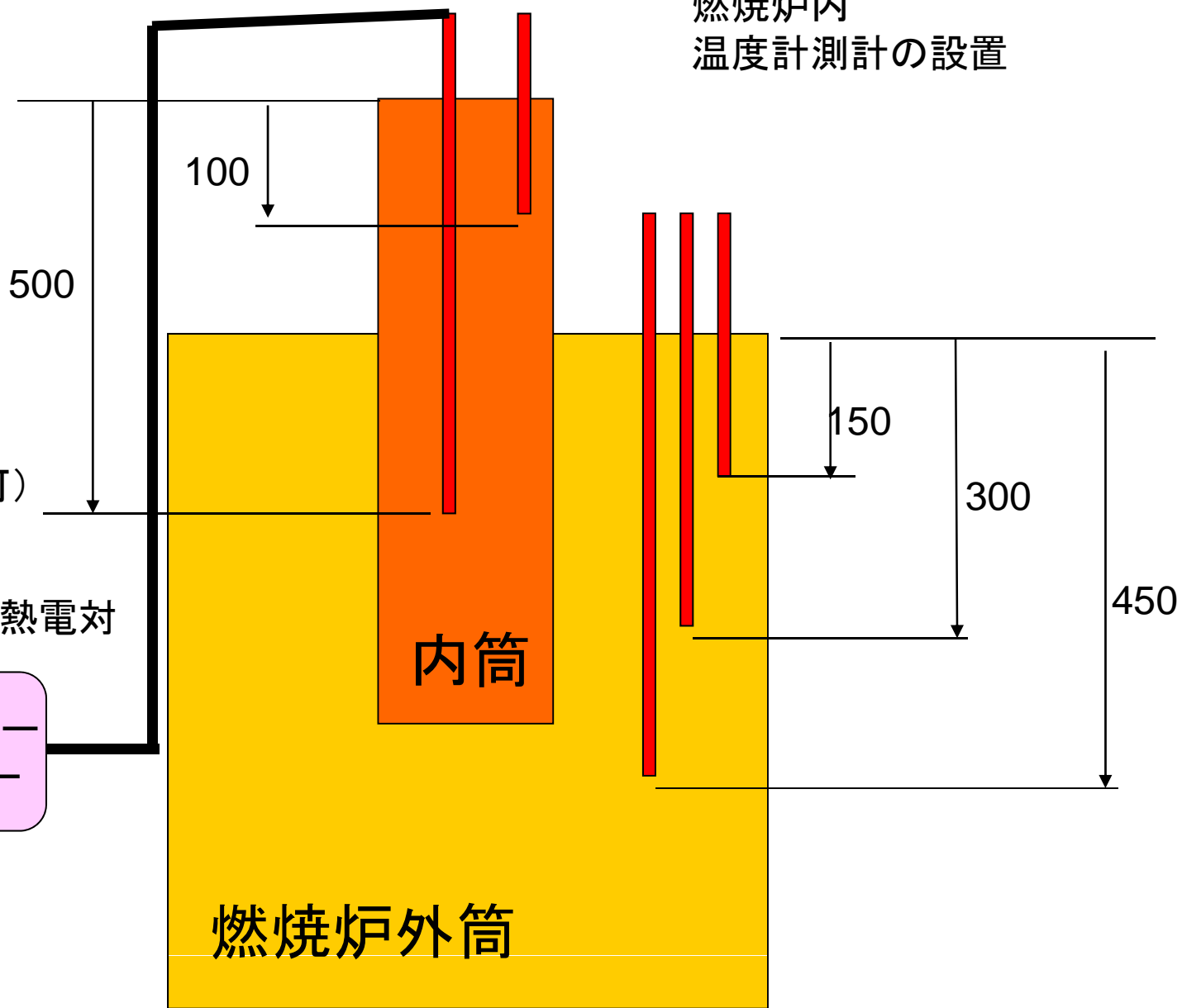
>K型熱電対
(1000度まで対応可)

K型熱電対



•制御装置
•データ蓄積装置

データロガー



燃烧炉内
温度計測計の設置

100

500

150

300

450

内筒

燃烧炉外筒

燃料の発熱量、ガス分析 および含水率の計測

発熱測定装置

(SHIMAZU CA-4AJ, 島津燃研式自動ボンベ熱量計)



パーソナルガスクロマトグラフ GC-8A
(SHIMADZU)



含水率測定装置
(AND MF-50)



測定結果 (燃料の発熱量)

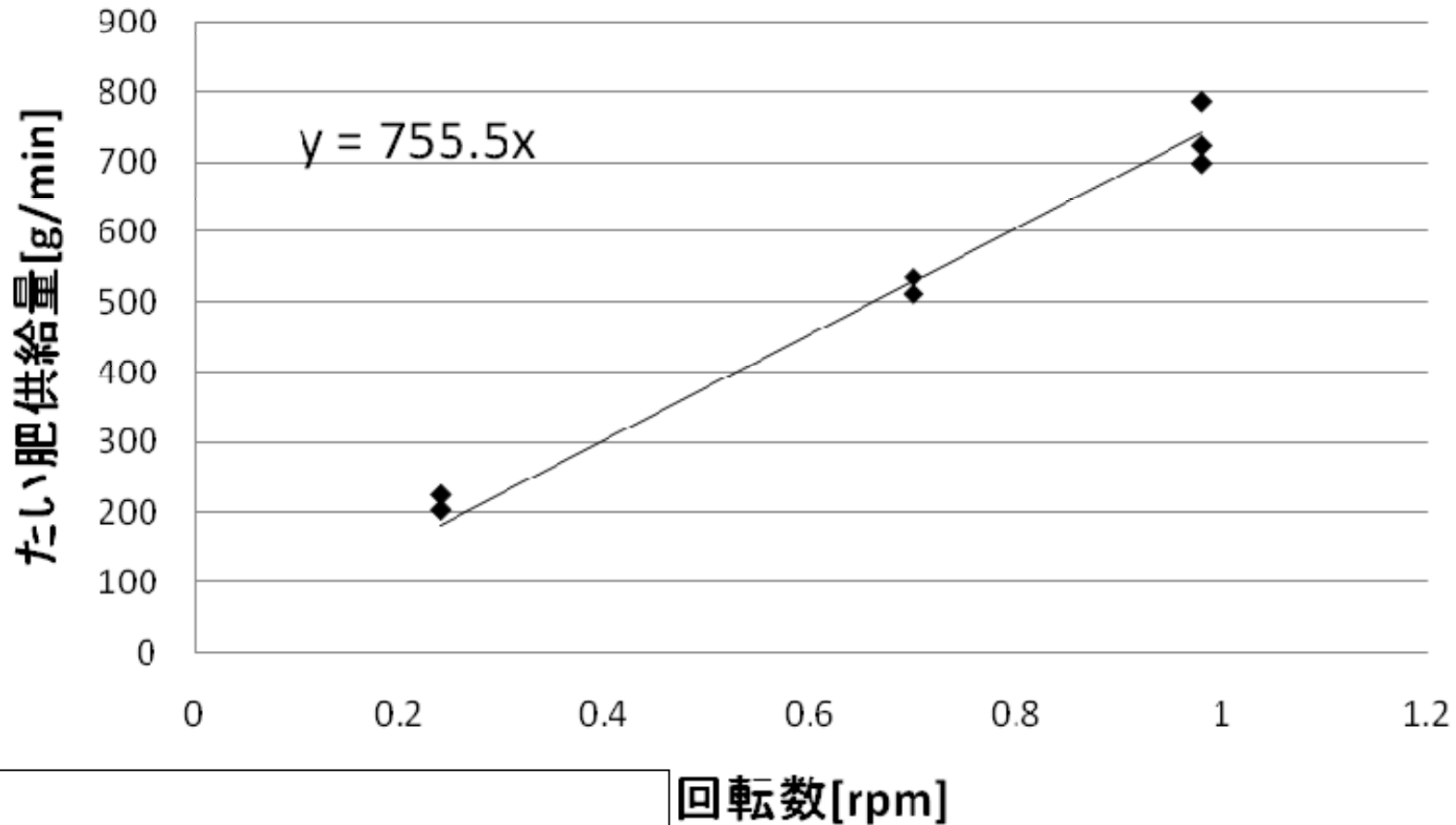
◎ 堆肥

3972 kcal/kg、22.45% (含水率)

参考資料

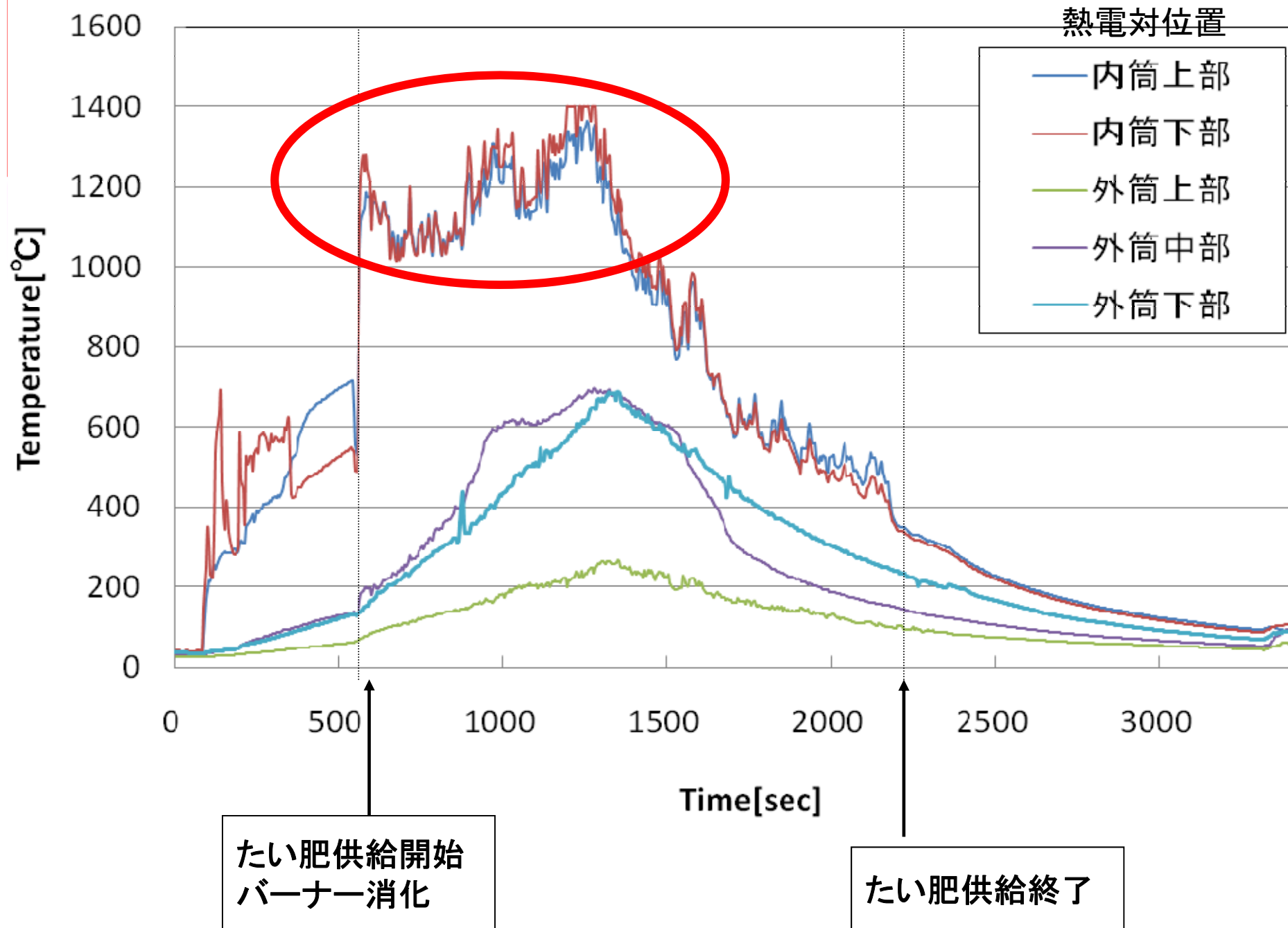
石炭	:	5000-8000 kcal/kg
木炭	:	6700-7500 kcal/kg
重油	:	9000-11000 kcal/kg、比重0.86~0.96 動粘度:3cSt/303K、引火点:333K
木質ペレット	:	3000 kcal/kg

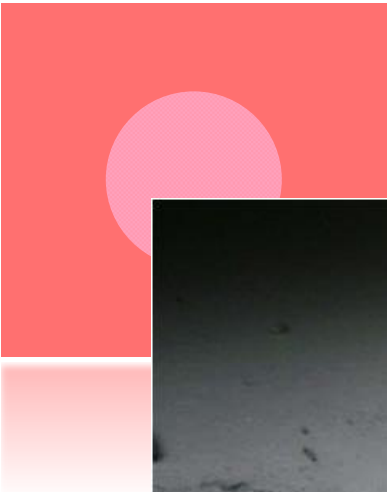
実験結果 (燃料排出装置の性能)



実験: 0.980[rpm]で運転

➡ $755.5 \times 0.98 = 740$ [g/min]のたい肥を供給





実験状況



運転開始



定常運転

研究開発した炉の特徴

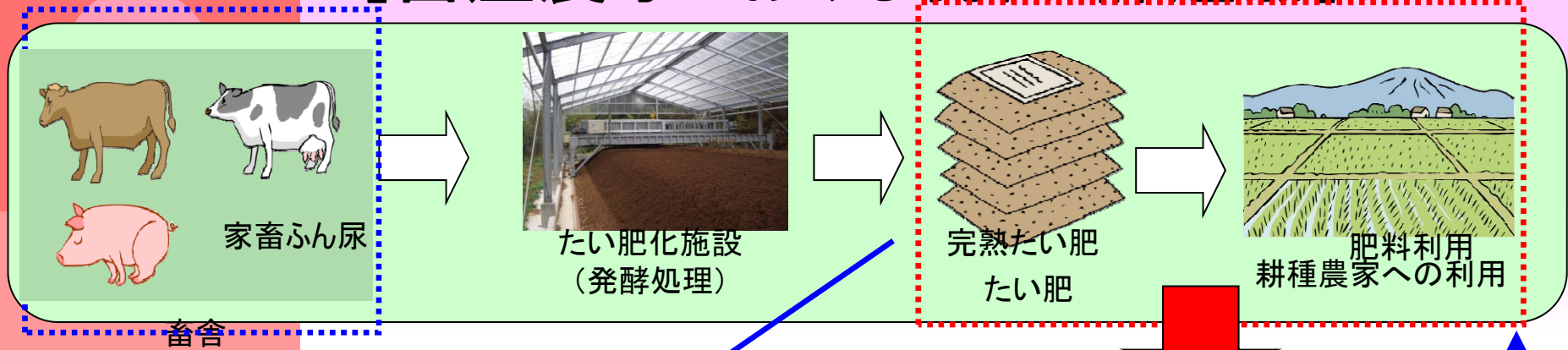
- 炉内に駆動機器がない。 ⇒ 装置の信頼性
- 炉構造がシンプル。 ⇒ 低コスト化と信頼性
- 装置がコンパクト。 ⇒ 場所を選ばない。オンサイト
- 燃料を選ばない。 ⇒ 炉の利活用の幅が広い

脱CO₂. 温暖化抑制効果

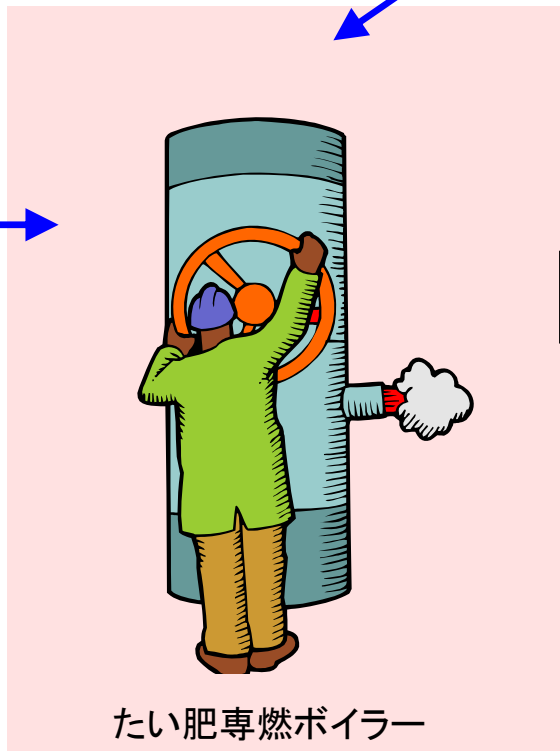
食の安全性

飼料の輸入 = 燃料の輸入

[畜産農家における現状・課題点]



全国においても 畜産地帯が偏在していることや畜産農家の規模拡大により、たい肥の年間に対する利用および販売に苦慮している。



燃烧ガス

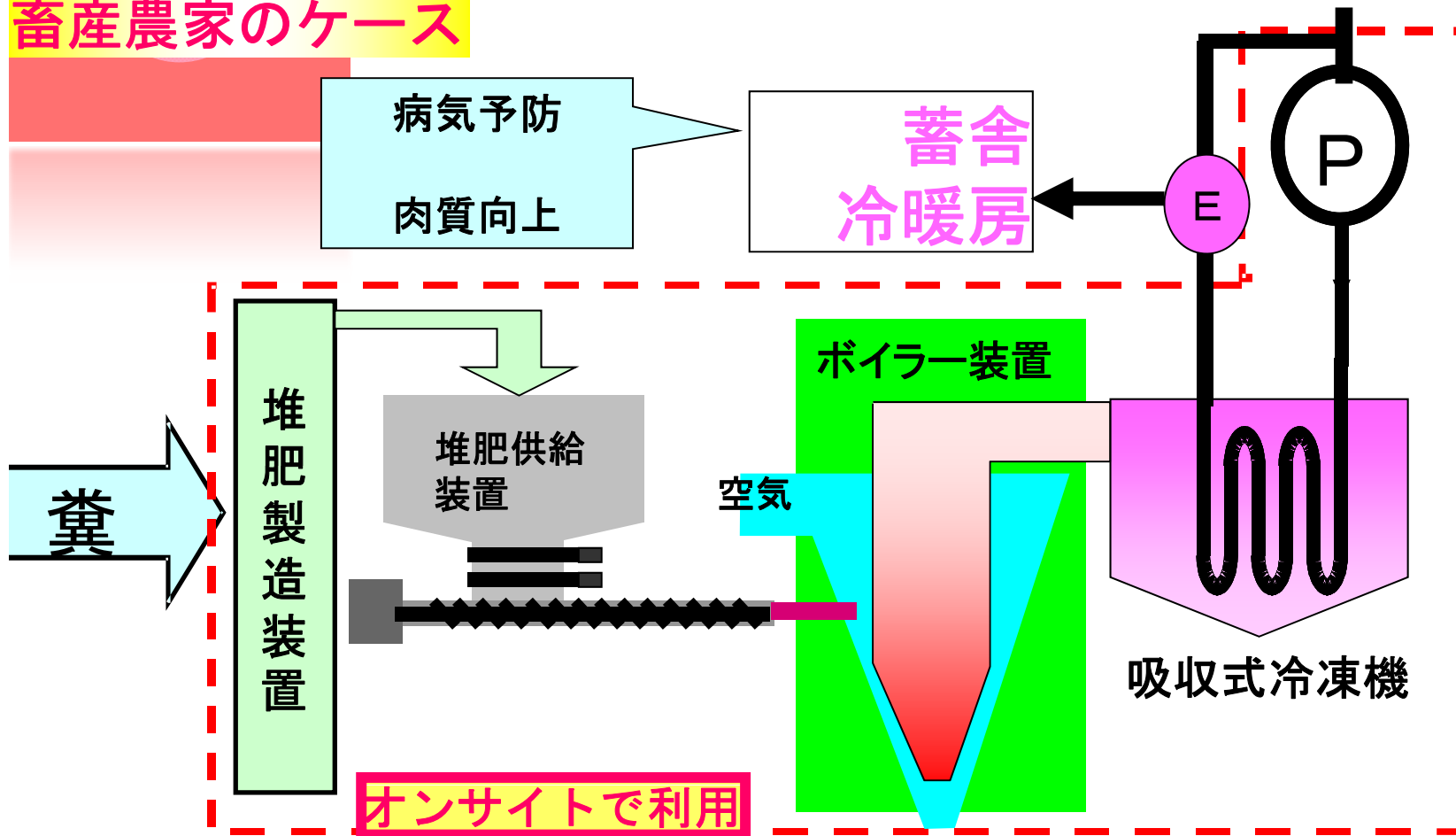


燃烧灰

環境にやさしい循環型畜産業の確立

研究の想定成果とその応用・活用

畜産農家のケース



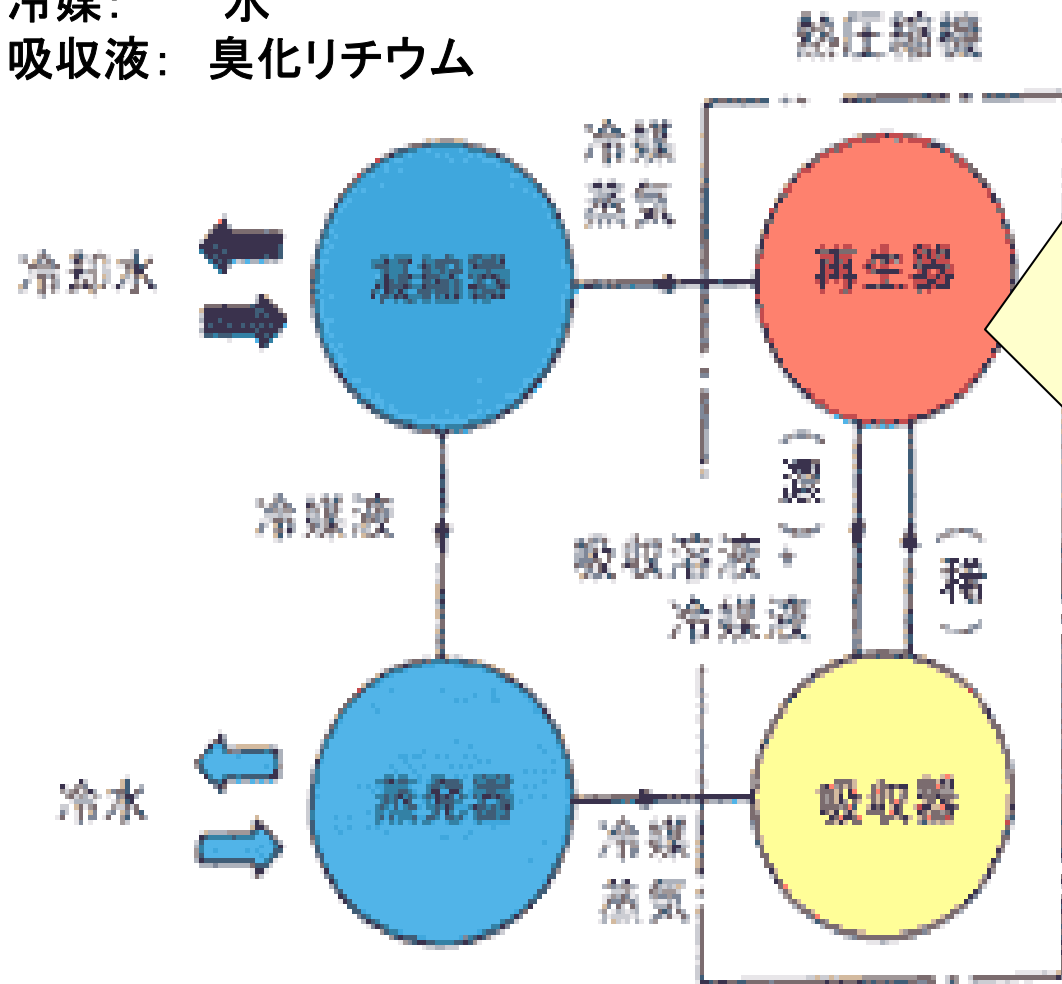
畜産業の発展
余剰堆肥の利活用

輸送費ゼロ、化石燃料の軽減

熱源の利用

直燃き式二重効用吸収式冷温水器

冷媒： 水
吸収液： 臭化リチウム



掲載記事

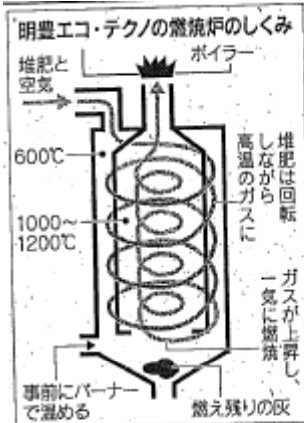
明豊エコ・テクノと熊本大

牛ふん堆肥使うボイラー

産業廃棄物処理業の明豊エコ・テクノ（鹿児島県出水市、外戸口孝一社長）は熊本大学と組み、牛ふん堆肥（たいひ）を燃料とするボイラー用燃焼炉を開発した。セ氏1200度以上の高温で安定燃焼させ、従来困難だった牛ふん堆肥を利用可能にした。標準的なボイラーでは燃料費を3割程度削減できる。ボイラーを多用する食品加工場や温泉施設、ハウス農家などに売り込む。

高温で安定燃焼 燃料費3割削減

新開発の燃焼炉の内部には外筒と内筒の二重構造を採用。炉内をバーナーで同600度に加熱した後、堆肥を炉の上部から投入する。堆肥は外筒を落下する間に同1000度以上のガスになり、内筒に入り上昇しながら燃焼。炉上部のノズルから同1200度以上の炎が出る仕組み。新型炉は現在、特許を申請中だ。牛ふん堆肥は含水量が多く、ボイラーの熱源に利用するのは困難だった。新型炉を既存ボイラーと組み合わせれば、牛ふん堆肥も燃料として使



A重油10キロと同等の熱量を得るには堆肥が17ト程度必要。同社は堆肥を1トあたり20円で販売する計画。A重油価格が1トあたり70程度なら、リース料（メンテナンス費を含め月額12万円）

間エリアニュース > 経済・産業]

堆肥を燃料に新型炉を開発 / 出水市の産廃会社

(2010 06/22 11:21)

産業廃棄物処理業、明豊エコ・テクノ（出水市、外戸口孝一社長）は、牛ふんなど家畜排せつ物由来の堆肥（たいひ）を燃料とする新燃焼炉を開発した。常時1000度を超す高温で一気に燃やすため、水分が多く燃えにくい堆肥の燃料化が可能になった。においも抑えられ、灰は肥料に使えるという。

燃焼炉は内筒と外筒の二重構造。堆肥は上部から外筒と内筒の間に入れる。落ちる間に1000度を超すガスになり、内筒を通過して上昇し抜ける仕組み。燃焼炉は特許を申請中だ。

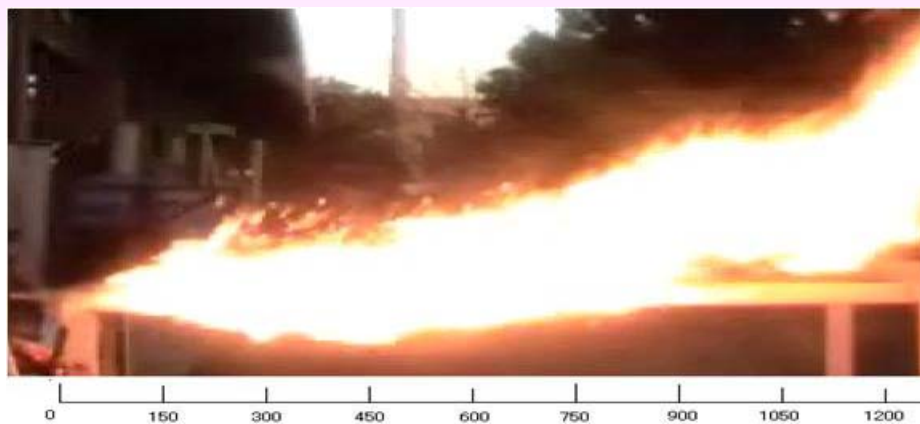
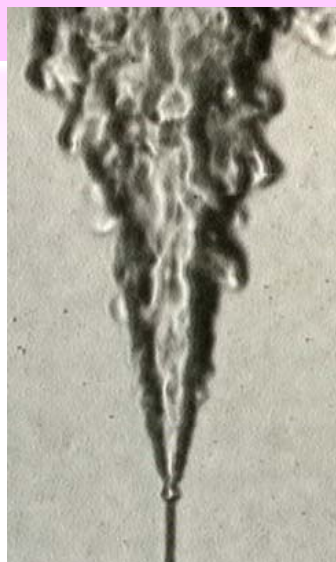
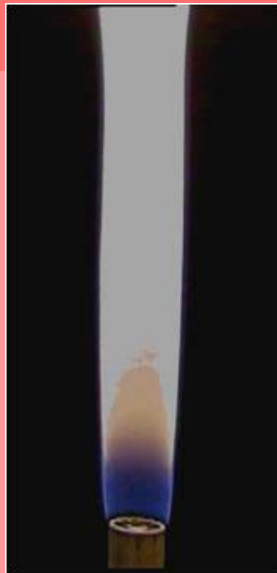
内筒から漏れる熱で、外筒との間の空間は継続的に温められ、高温状態が維持される。熊本大が行った燃焼試験では内筒から抜ける炎は最高1400度近くまで上がった。投入量の数%が灰で残るが、県環境技術協会（鹿児島市）の調査ではリン酸やカリが主成分。そのまま肥料に活用できるという。

同社はこれまで、畜舎の床に敷き家畜排せつ物がまじった粉碎木くずを堆肥化していた。しかし利用が進まず、燃料化を2007年から研究していた。



畜産堆肥を原料とする新型炉（右）の燃焼試験＝出水市上鯖瀬の明豊エコ・テクノ

各種燃料を使った燃焼です。
地球に優しいのは？



STOP THE GLOBAL WARMING (地球温暖化を抑えるには?)

Suppression of CO2 (二酸化炭素の発生を抑えるには?)



•To save the Energy (省エネ)

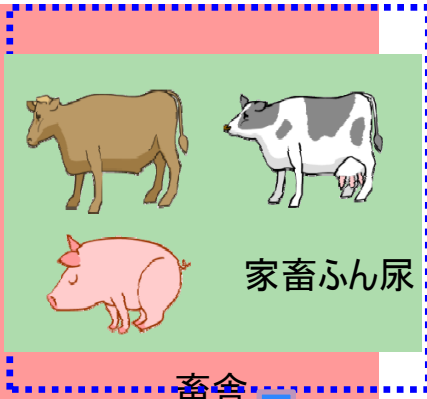
•Suppression of the use of the Fossil Fuels

(化石燃料使用の抑制)

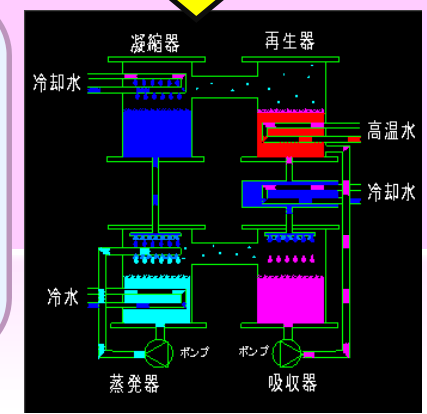
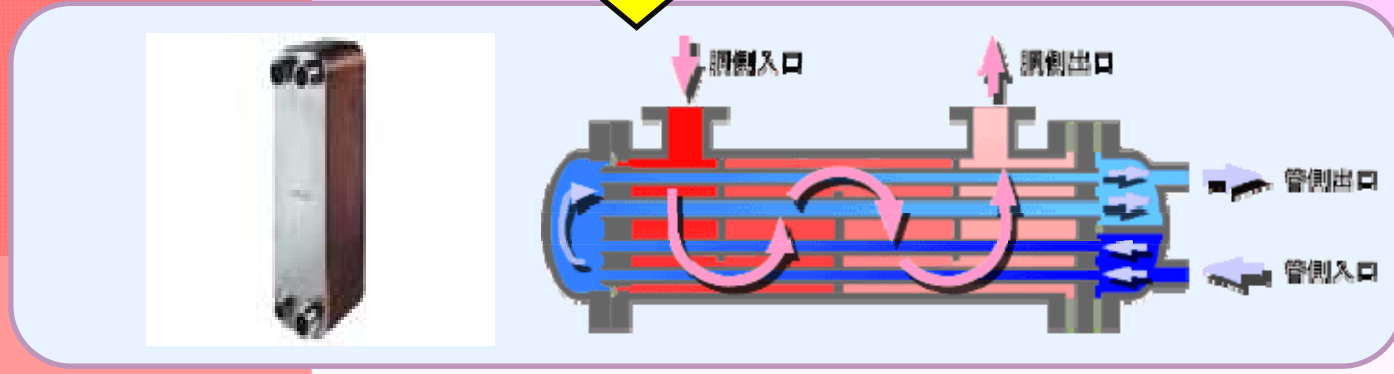
•Production and Development of Renewable Energy

(再生可能エネルギーの開発と生成)

発生した熱を有効に使用



畜舎



- プレート形状の最適化 (圧力損失の軽減・熱性能の向上)
- 伝熱性能の向上 => 革新的方法： ナノ流体

ナノ流体を用いた伝熱性能向上に関する基礎研究

NANOFLUID (WATER+NANODIAMOND)

After 60 days later

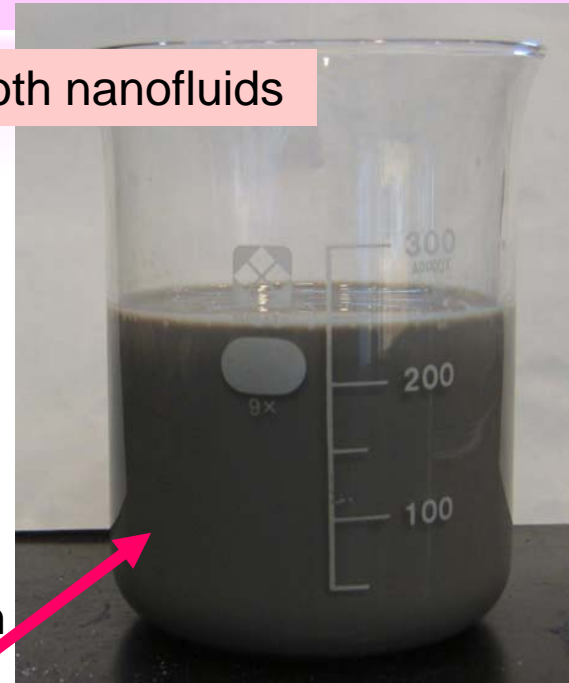
no concentration gradient in both nanofluids

- Water
- Nanodiamond(10 nm)

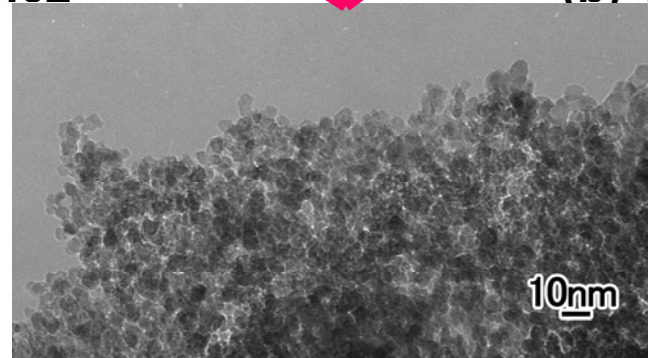
SEM Photograph



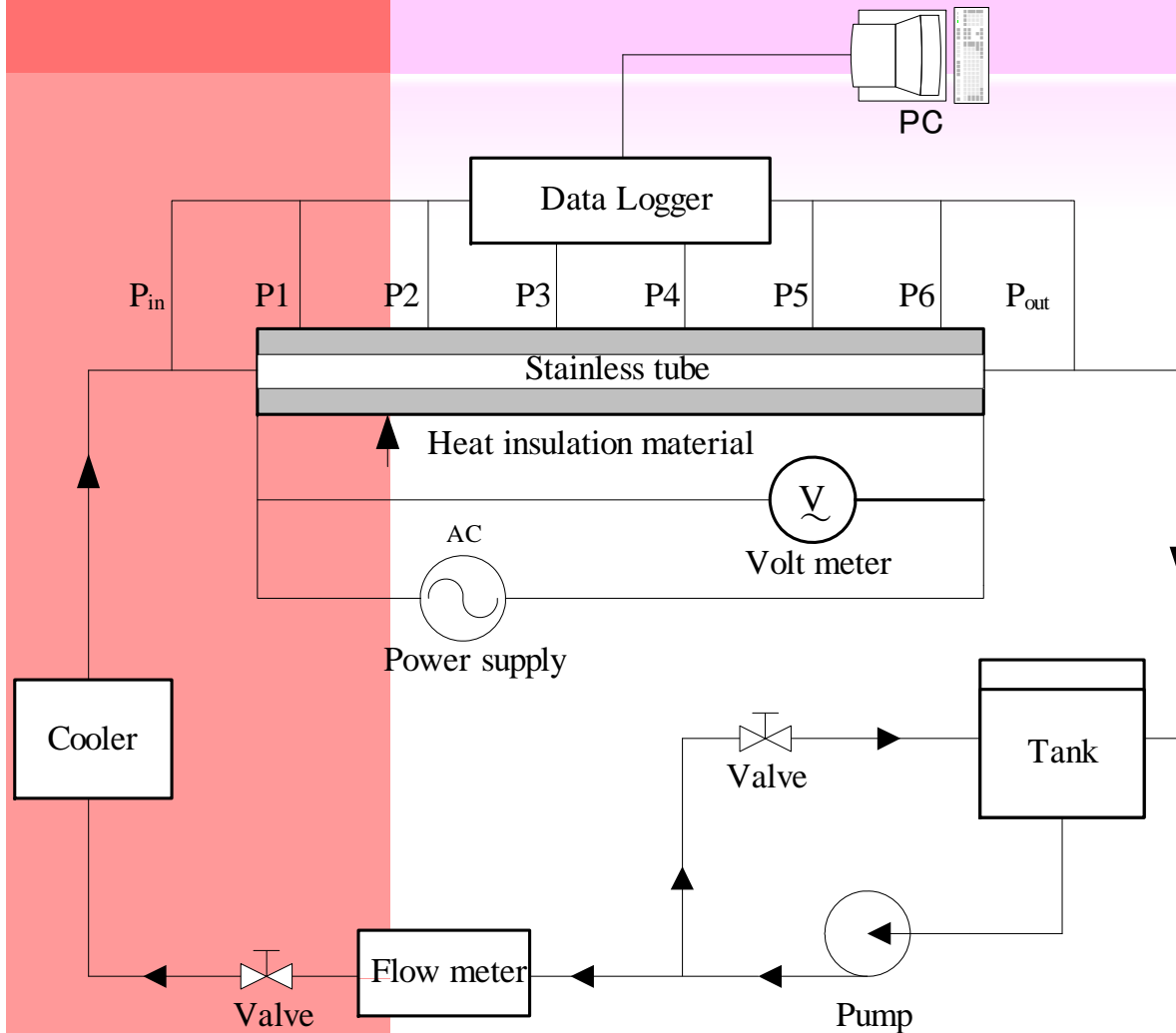
(a) 0.4 % and pH=6.62



(b) 1.0 % and pH=6.35



EXPERIMENTAL SETUP AND MEASUREMENT METHODS



Experimental Apparatus

Test section:

straight seamless stainless tube with 1000 mm length, 4.0 mm inner diameter, and 4.3 mm outer diameter

Temperature Measurement:

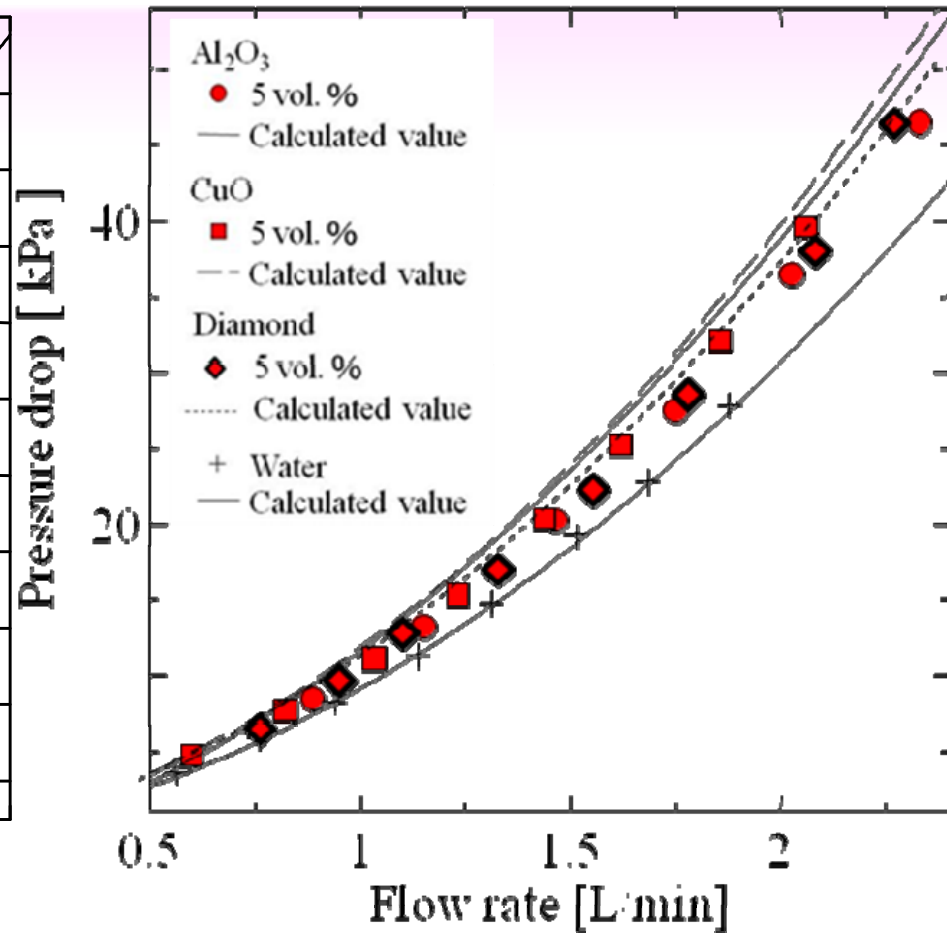
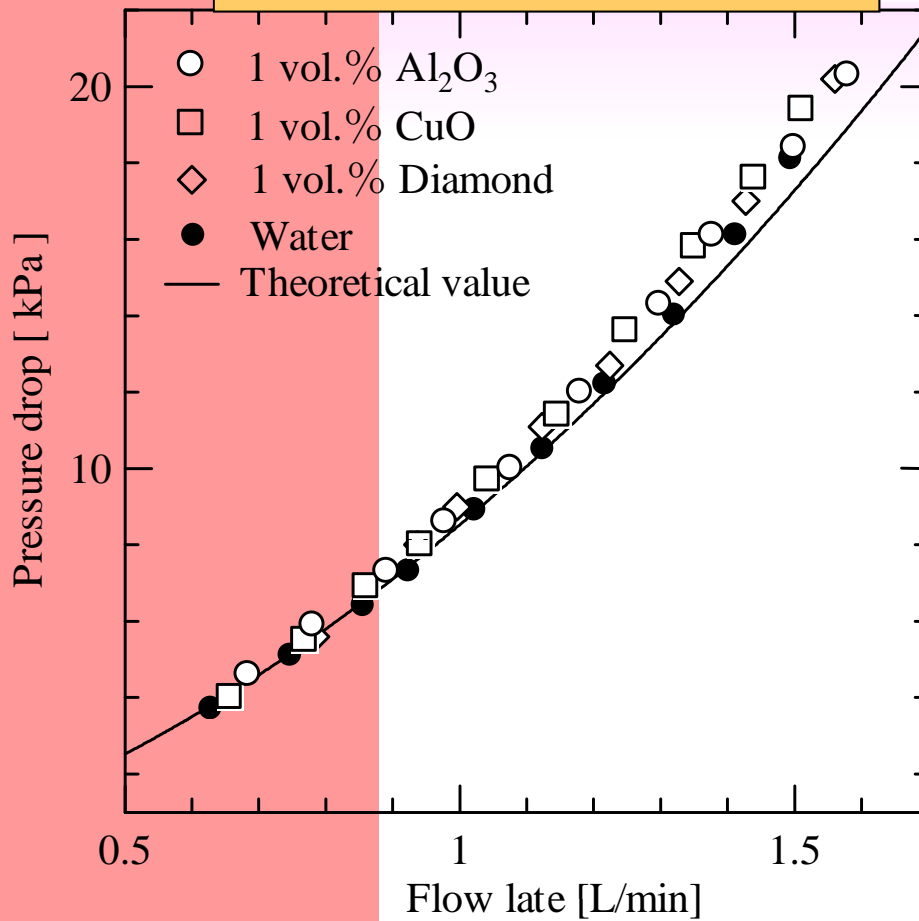
K-type thermocouples (0.01mm in diameter) are mounted on the test section at

Flow rate :

0~25 l/min.

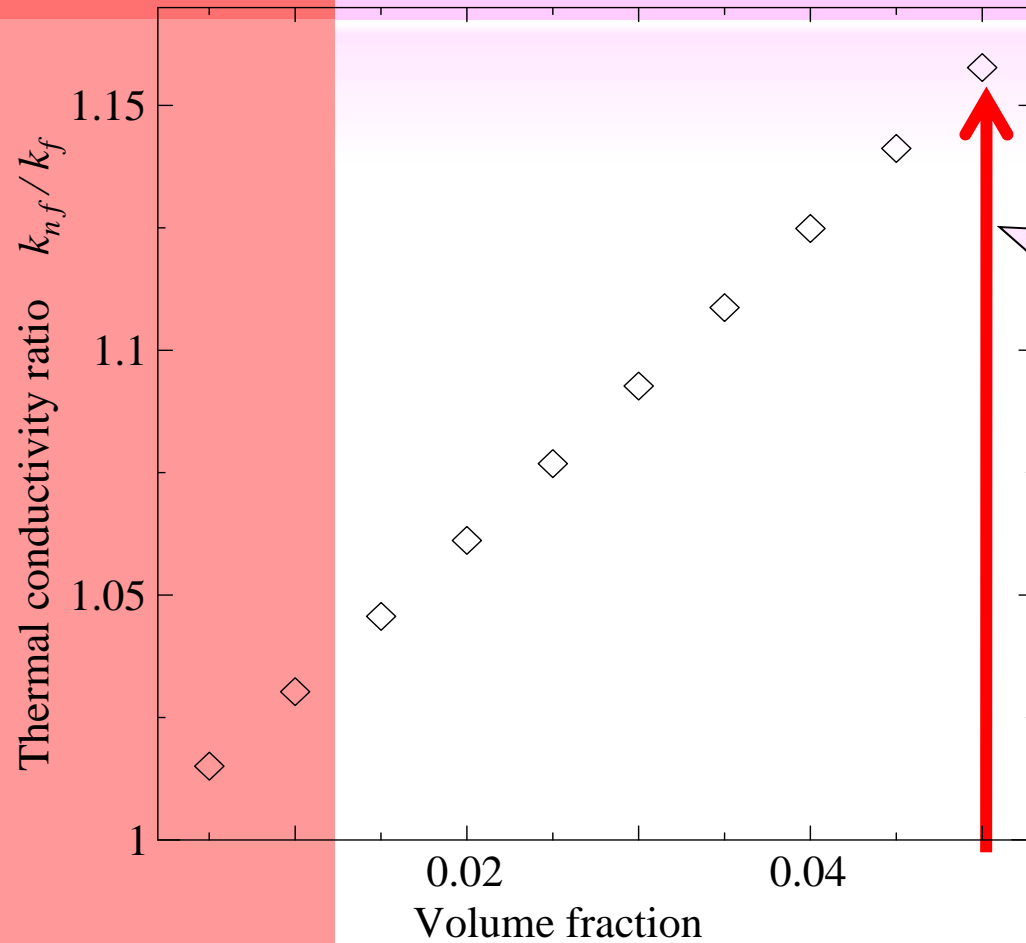
PRESSURE DROP

$$\Delta p = \lambda \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2} \cdot \rho$$



Pressure drop for different nano-fluids

ENHANCEMENT OF THERMAL CONDUCTIVITY

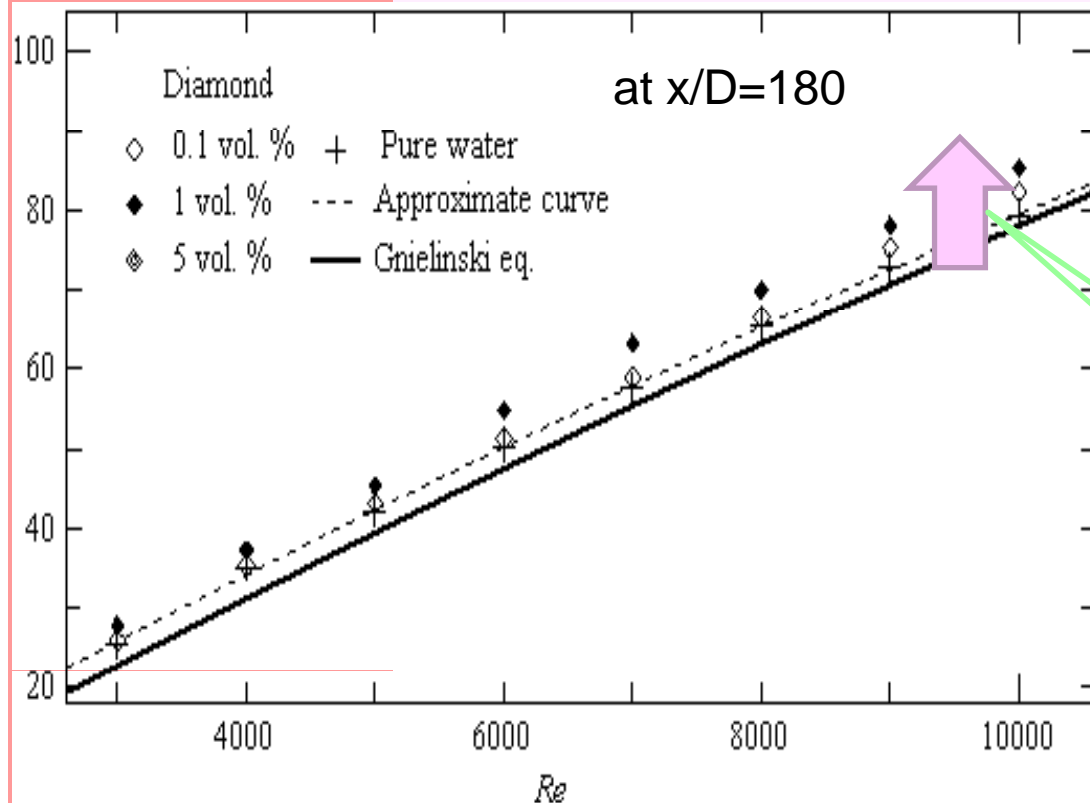


Maximum enhancement

About 16% at 5 % of volume fraction.

Comparison of theoretical results for different nano-particle materials

EXPERIMENTAL RESULTS



Gnielinski's correlation

$$Nu = \frac{(f/8)(Re - 1000)Pr}{1.07 + 12.7\sqrt{f/8}(Pr^{2/3} - 1)}$$

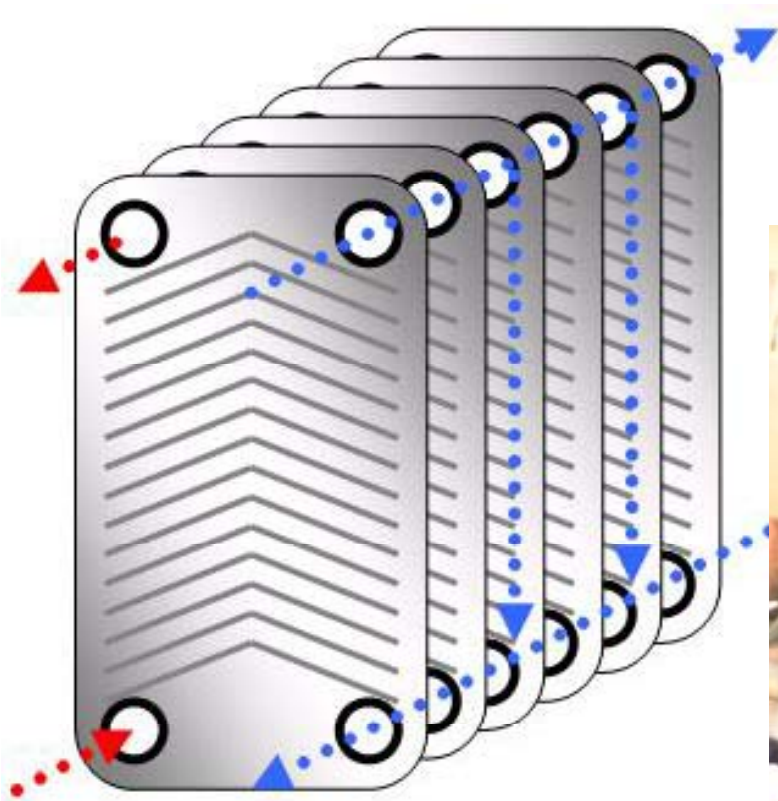
$$f = [1.82 \log_{10}(Re) - 1.64]^{-2}$$

Over 20%

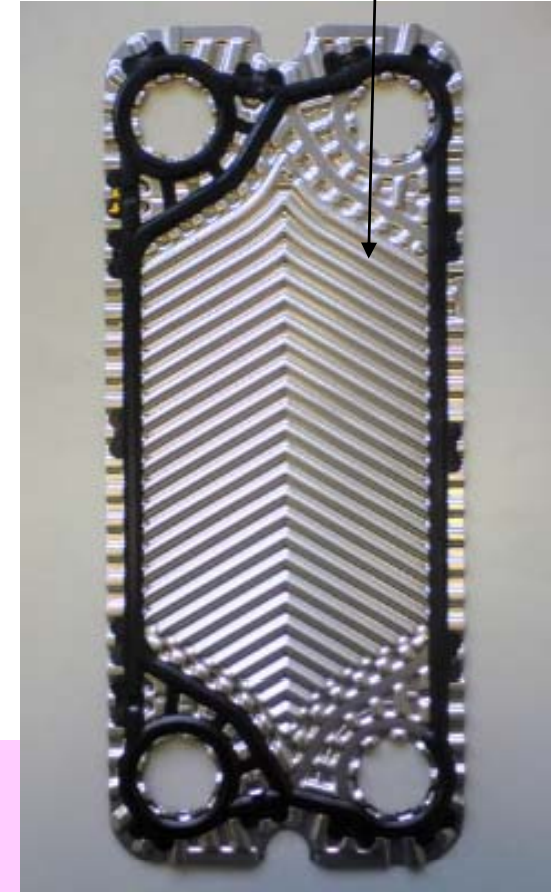
$$Nu \uparrow = \frac{h \uparrow D}{k \uparrow}$$

Nusselt number in thermally and hydrodynamically fully-developed region for different particle concentrations

プレート型熱交換プレートの最適形状に関する研究



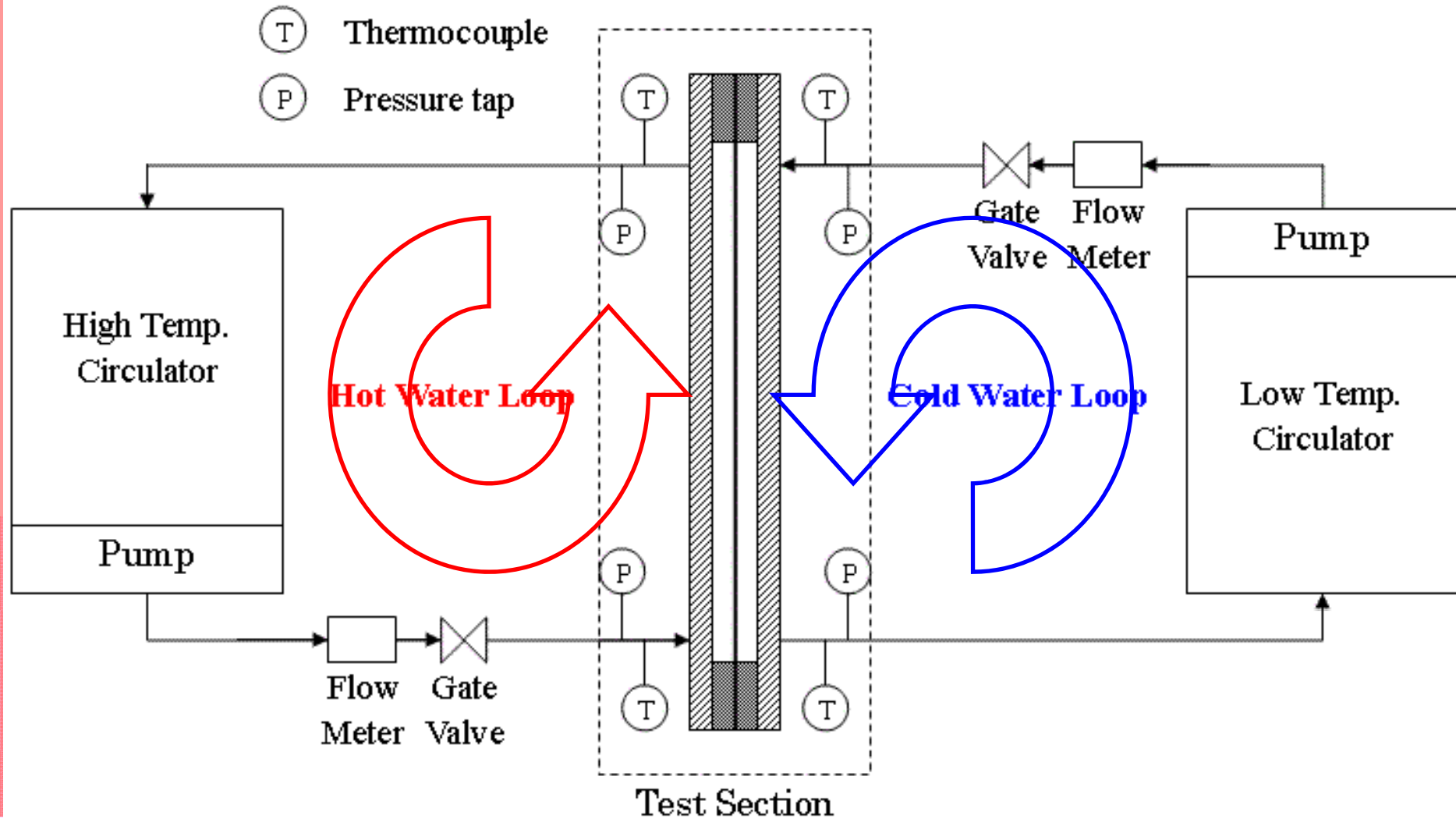
Flame



Heat transfer plate

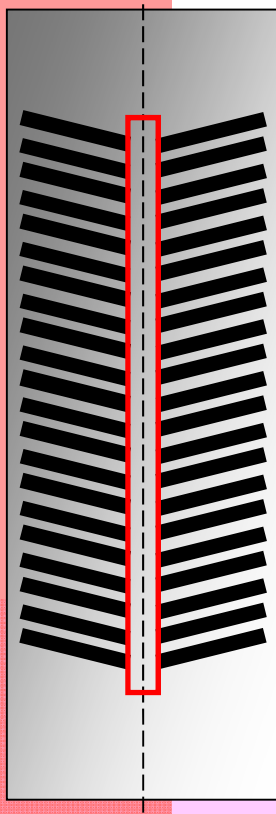
「HISAKA Plate Heat Exchanger」

Experimental apparatus

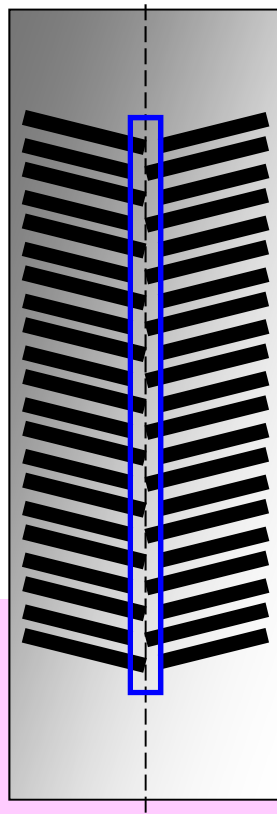


Heat transfer plate shape

(Aluminum + Acrylic blocks)

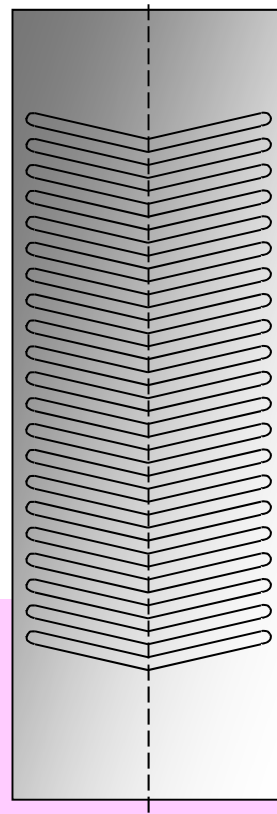


Separate herringbone
(Block)

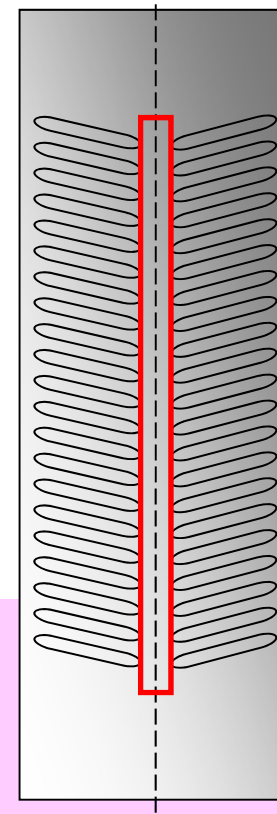


Plover pattern
(Block)

(Titanium)



Herringbone

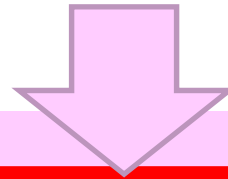


Separate herringbone

Thermal fluid-flow performance η

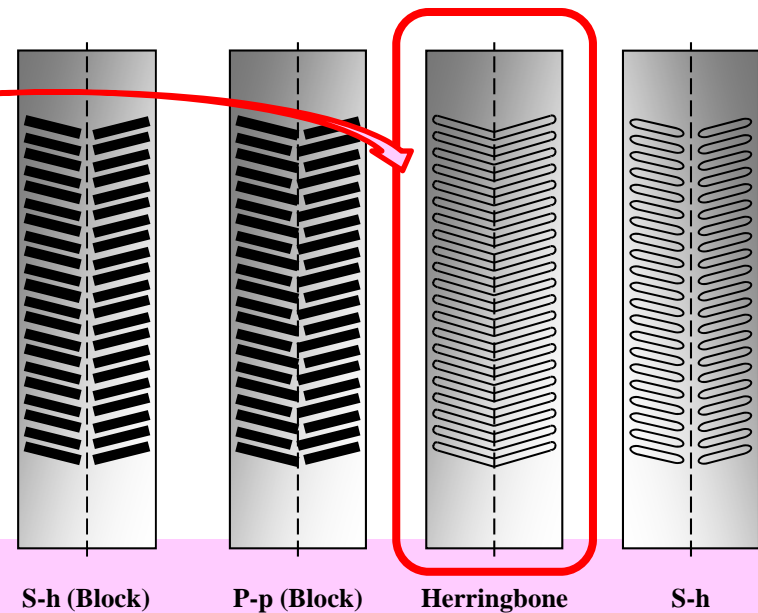
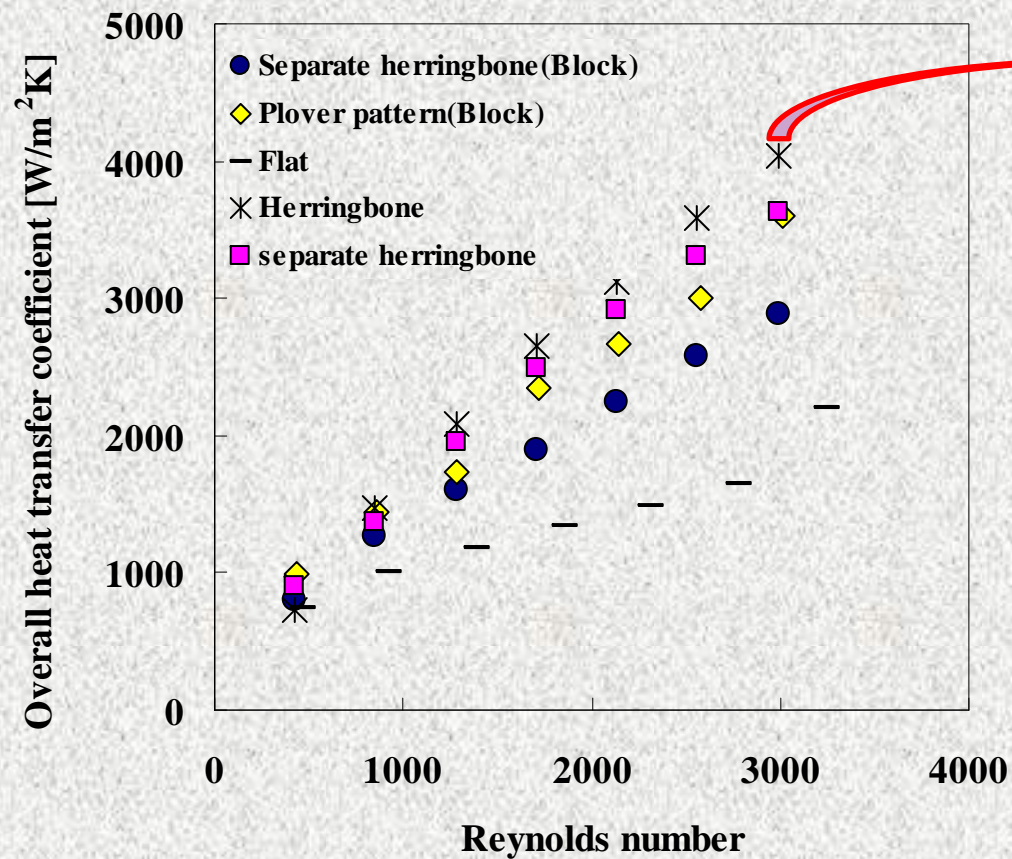
$$\eta = (k / \Delta P) / (k_f / \Delta P_f)$$

(k : Overall heat transfer coefficient , ΔP : Frictional pressure drop , f : Flat)

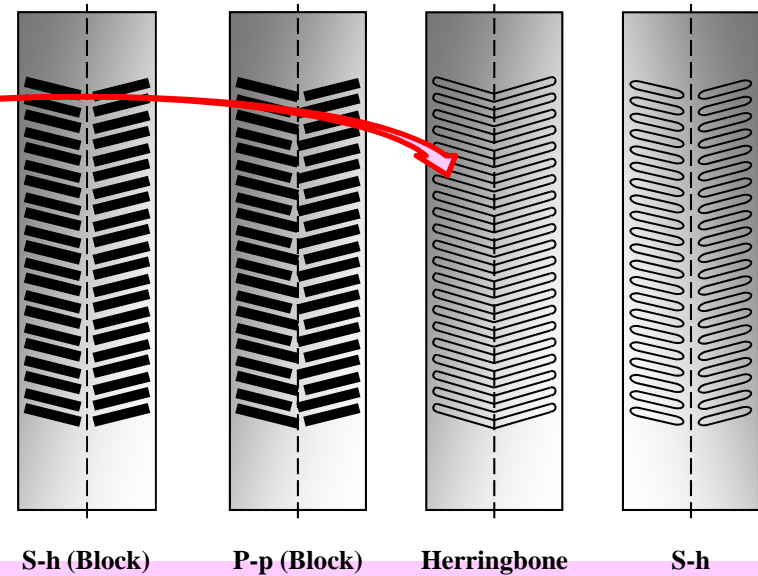
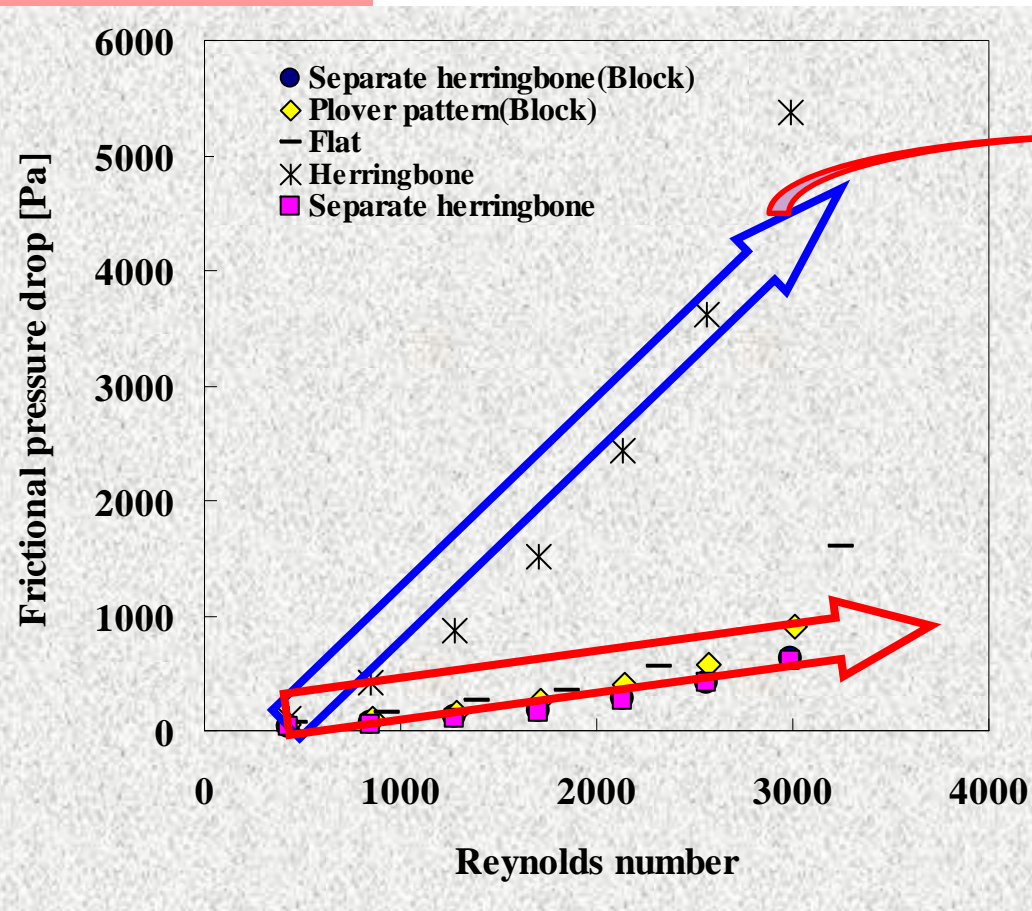


**The ratio of
enhancement rate in overall heat transfer coefficient
to
the corresponding rate in frictional pressure drop**

Heat Transfer Coefficient

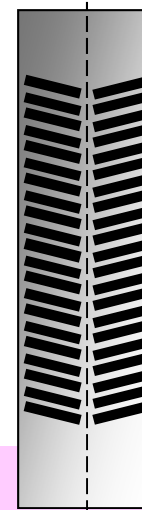
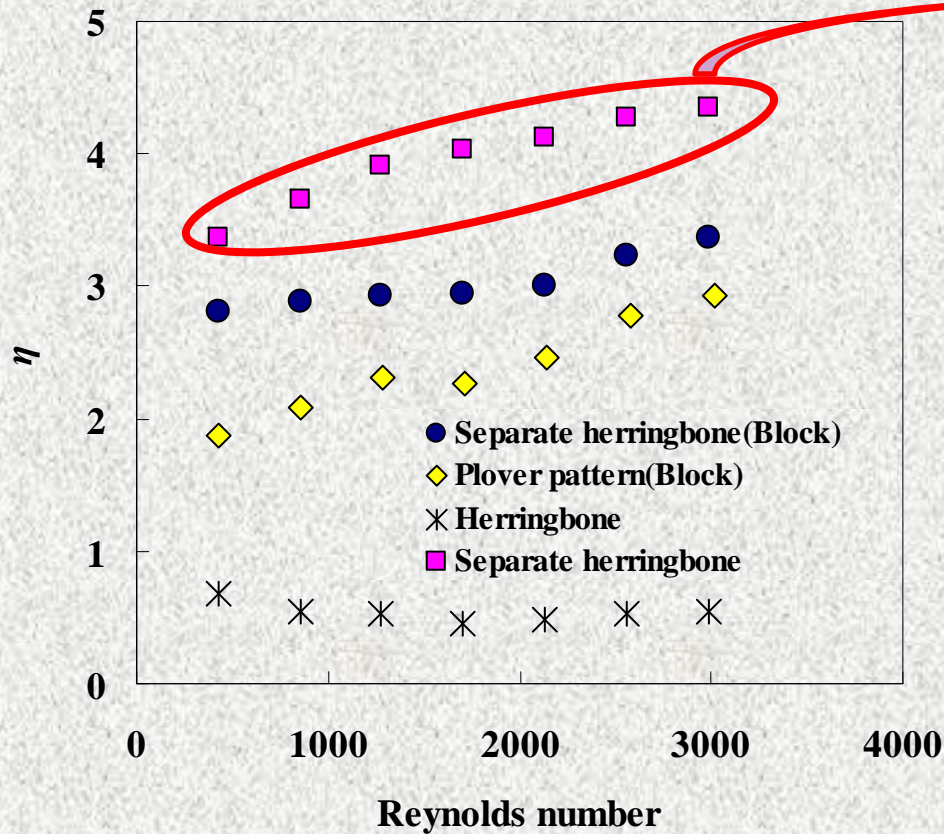


Frictional pressure drop



$$\eta = (k / \Delta P) / (k_f / \Delta P_f)$$

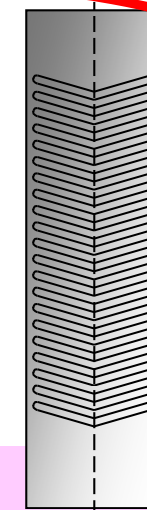
(k : Overall heat transfer coefficient , ΔP : Frictional pressure drop , f : Flat)



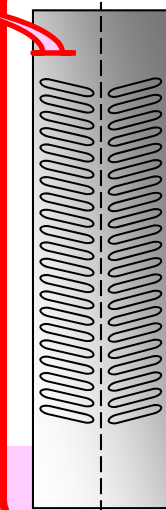
S-h (Block)



P-p (Block)



Herringbone



S-h

多目的エネルギー高効率生成・輸送・回収システムの開発

Development of Various Systems Relevant to High-Performance Energy-Production, -Transport and -Collection

キーワード：ナノ粒子、バイオマス、水素、熱交換、マイクロポンプ、熱衝撃、燃焼、気流制御

鳥居 修一 教授 工学博士 / **Shuichi TORII** Professor, Dr. Eng.

産業創造工学専攻 先端機械システム講座 / Department of Advanced Mechanical System

E-mail: torii@mech.kumamoto-u.ac.jp, URL: <http://www.mech.kumamoto-u.ac.jp/Info/lab/heat/torii/toriiindex.html>

●亜音速領域水素噴流拡散火炎に関する研究 (Fig. 1)

亜音速水素噴流燃焼現象を明らかにし、次世代クリーン(脱CO₂)燃焼用バーナーなどの燃焼器設計の基礎データの構築を図る。

●バイオマスからの生成熱及び希少物質抽出に関する研究 (Fig. 2)

バイオマス(有機系廃棄物、汚水、汚泥、廃油)の最適燃焼特性を把握する事で、燃焼器や燃焼生成物(リン化合物)回収器への応用を目指し、再生エネルギー利活用を図る。(特願 2005-199908、国際特許: PCT/JP2006/313678)

●熱衝撃波の伝播特性に関する研究 (Fig. 3)

ナノ・マイクロ構造体の加工成形時に生じる熱衝撃波の発生とその機構を明らかにし、超微細構造ものづくりの進展を図る。

●ナノ流体による高効率熱輸送に関する研究 (Fig. 4)

高効率熱輸送機器・電子デバイス冷却へのナノダイヤモンド流体の応用を目指す。(特開2006-11638)

●バイオマスの高カロリー燃料化に関する研究 (Fig. 5)

バイオマスを用いた高カロリー燃料化(5000kca/kg程度)による化石燃料の代替燃料を目指し、既存の燃料器を使用した脱CO₂によるエネルギー生成を図る。(特願2007-144752)

●極悪環境下でのプレート型熱交換器の高性能化に関する研究 (Fig. 6)

チタン板を使用したプレートの最適形状の検討とそれを用いたプレート型熱交換器の性能向上を目指す。

●閉空間の単純気流制御に関する基礎研究 (Fig. 7)

密閉空間内の気流を単純に制御して、省エネ型最適室内温度空間の形成を図る。

●マイクロポンプの開発と動特性に関する基礎研究 (Fig. 8)

ペルチェ素子と熱電素子による無電源体内埋め込み型マイクロポンプの開発し、その動特性と最適制御の基礎データの構築を目指す。

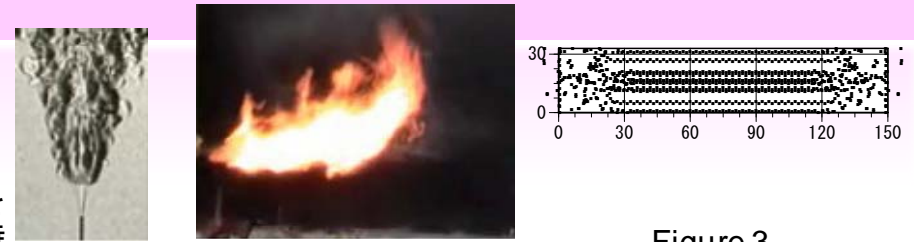


Figure 1 Subsonic Flame
Figure 2 Biomass Combustion

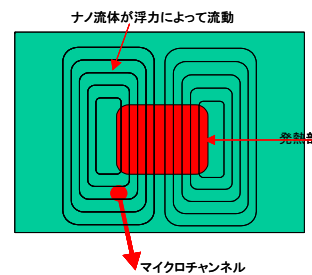


Figure 4 Nano Fluid Device



Figure 5 Biomass Fuel
Figure 6 Plate Heat-Exchanger

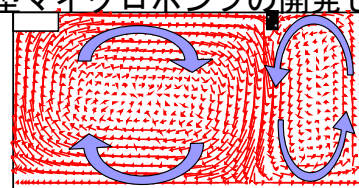


Figure 8 Thermal-Flow Control

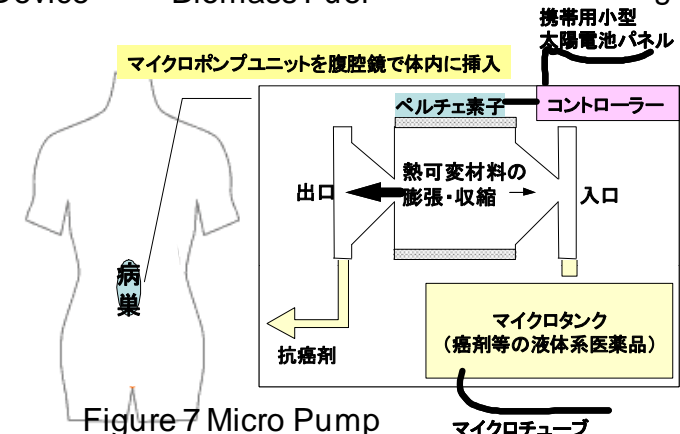


Figure 7 Micro Pump

ご清聴ありがとうございます

TEL&FAX: 096-342-3756

E-mail: torii@mech.kumamoto-u.ac.jp

HP: <http://www.mech.kumamoto-u.ac.jp/Info/lab/heat/torii/toriiindex.html>