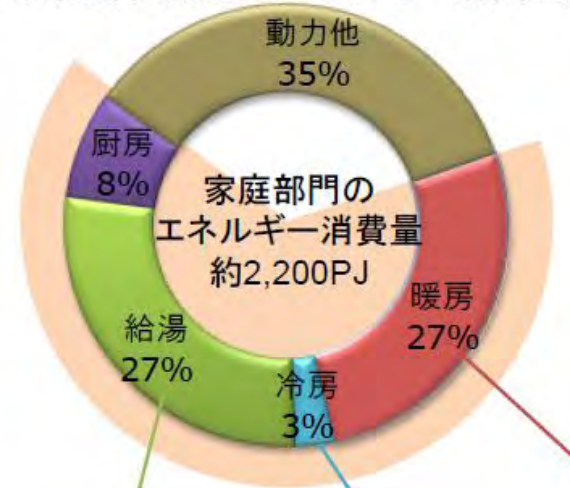

省エネ技術開発における 熱交換の重要性

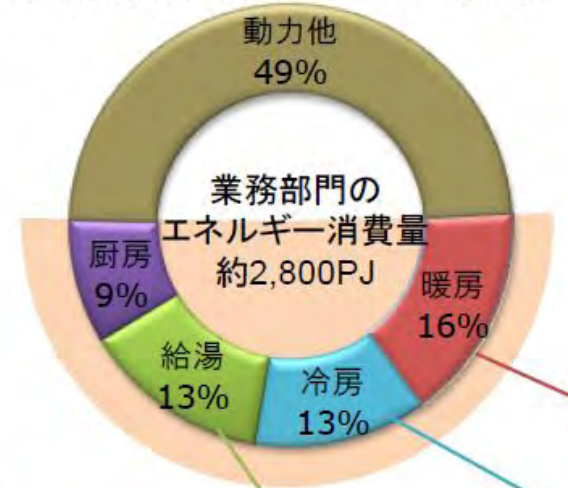
東京大学 生産技術研究所
鹿園直毅

最終エネルギー消費に占める熱の需要

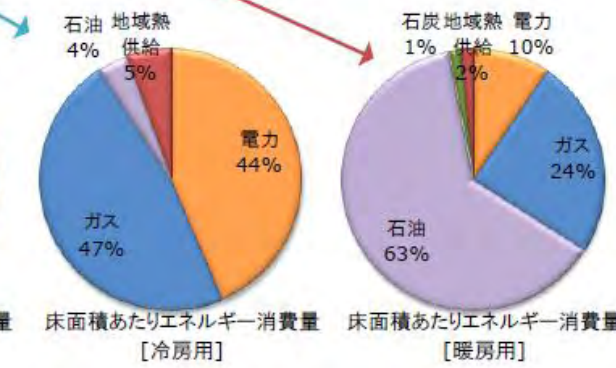
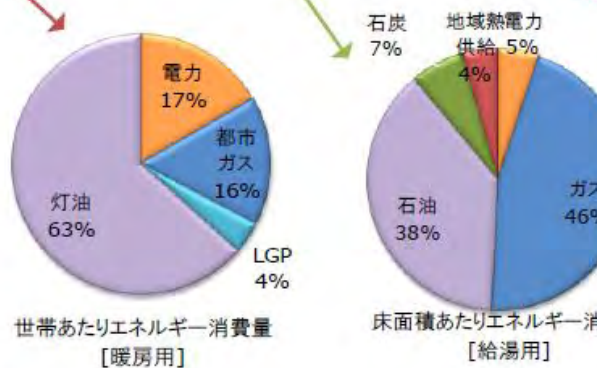
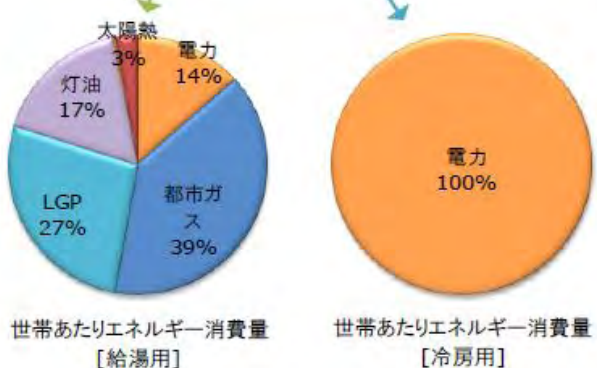
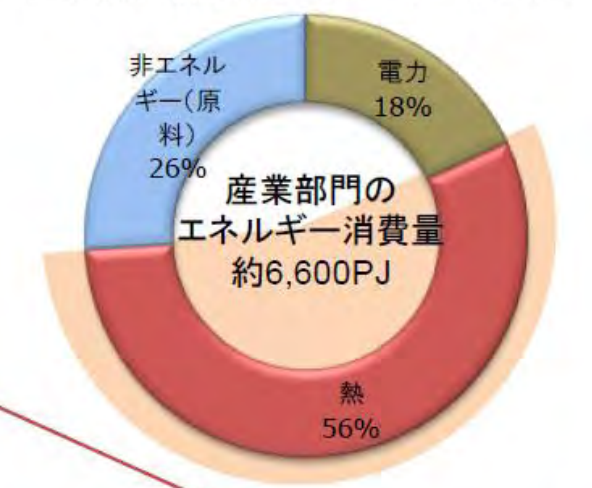
家庭部門用途別エネルギー消費量



業務部門用途別エネルギー消費量

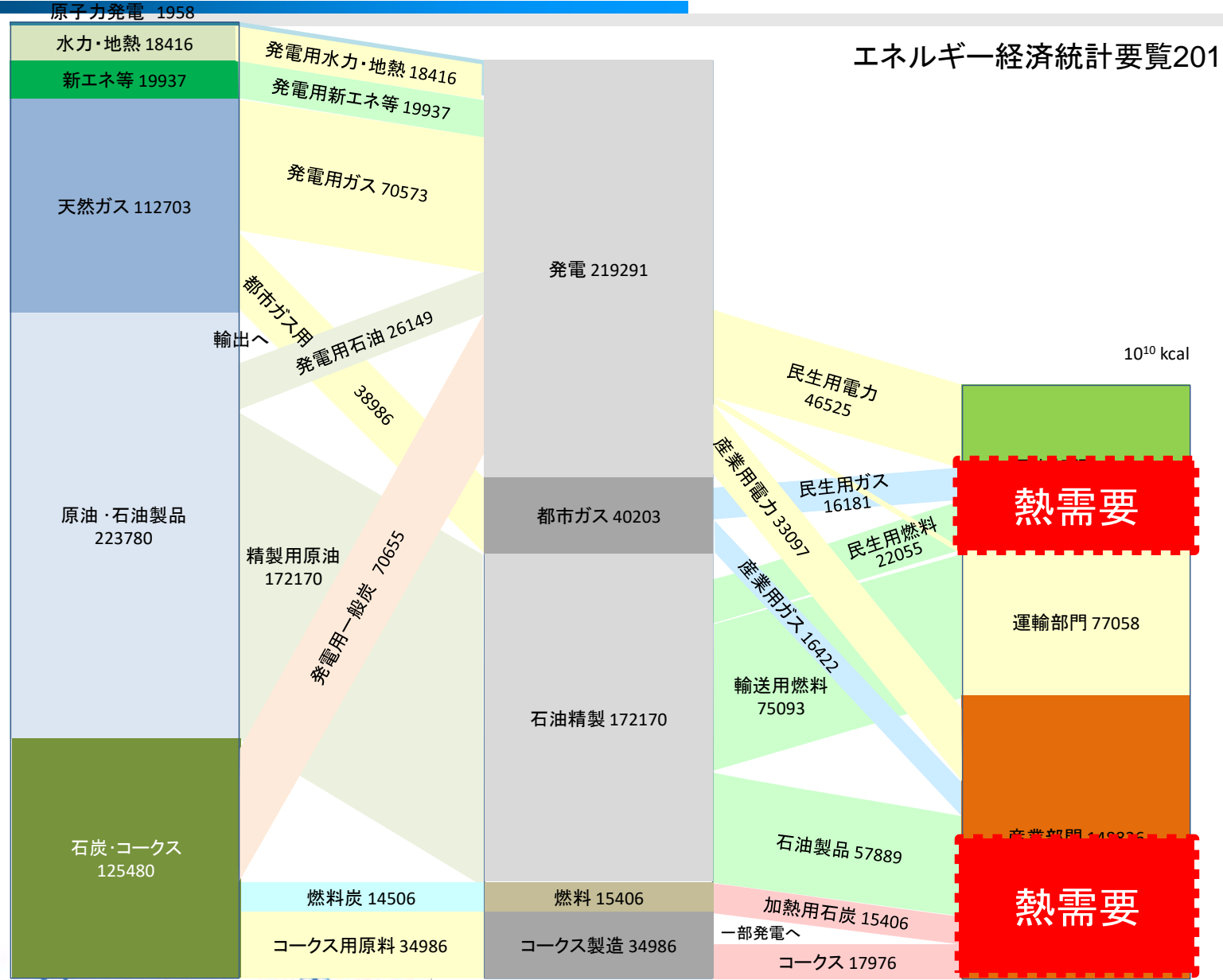


産業部門用途別エネルギー消費量



エネルギーバランス (2015年度)

エネルギー経済統計要覧2017より作成

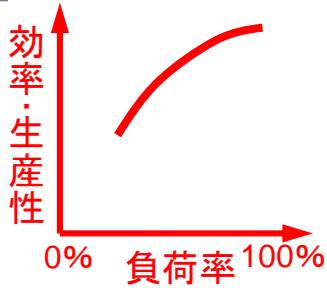


熱需要

熱需要

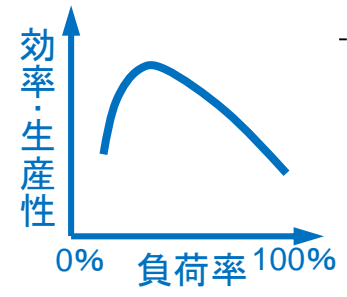
小型分散・軽量・コンパクト・多品種・オンサイト・変動対応・リサイクル...

大規模・
集中・
重厚



物理的寸法・重量

小型・
分散・
軽量



モジュール化学プラント

分散エネルギー資源

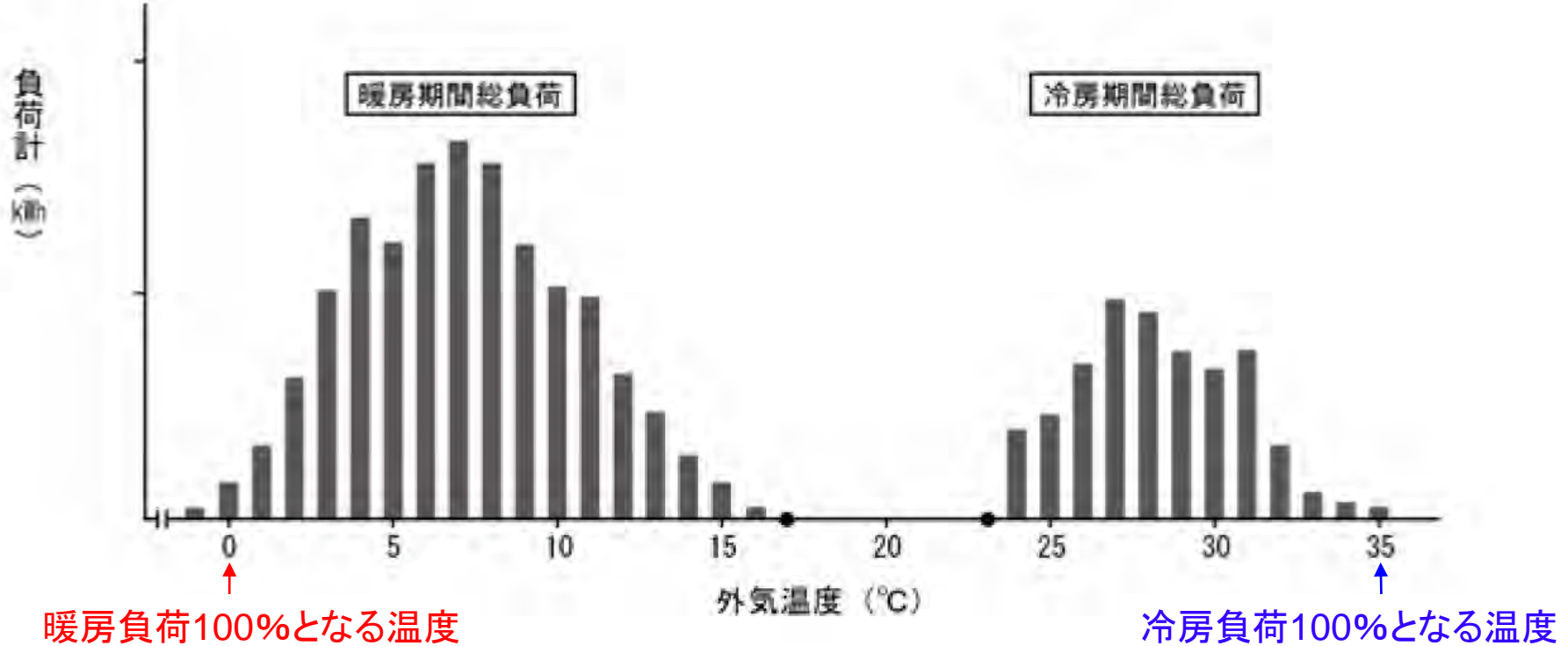
少・小

数・変動・種類

多・大

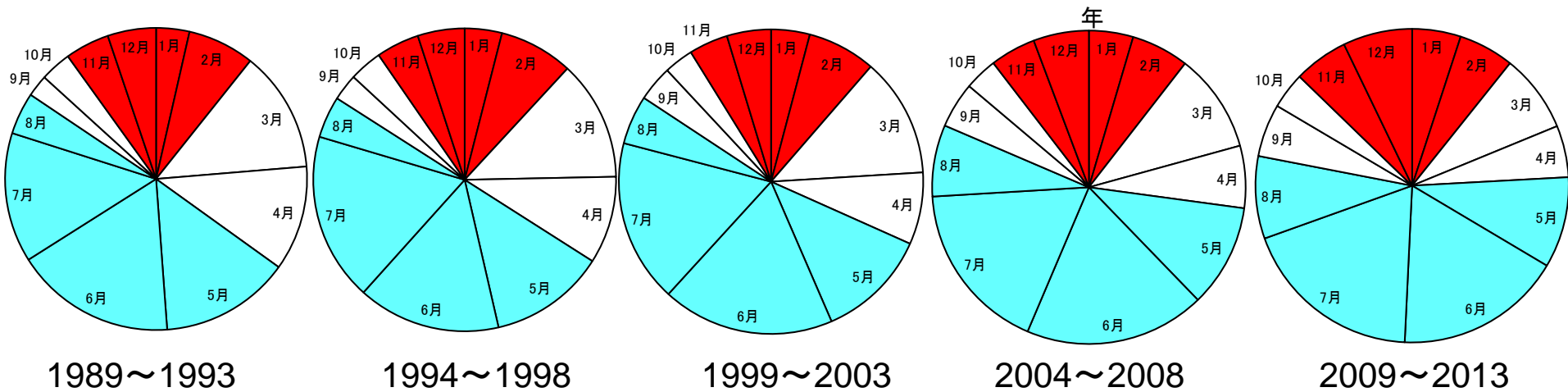
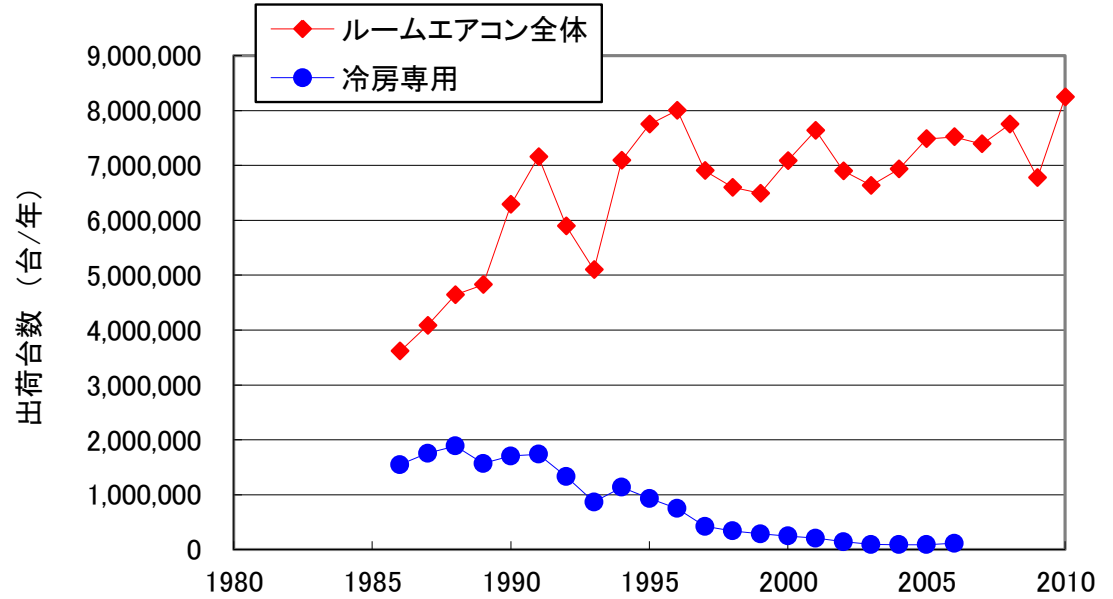
エアコン性能指標: Annual Performance Factor (APF)

$$\text{APF} = \frac{\sum \text{Load} \times \text{Duration}}{\text{Temperature} \times \text{Total Energy Consumption}}$$



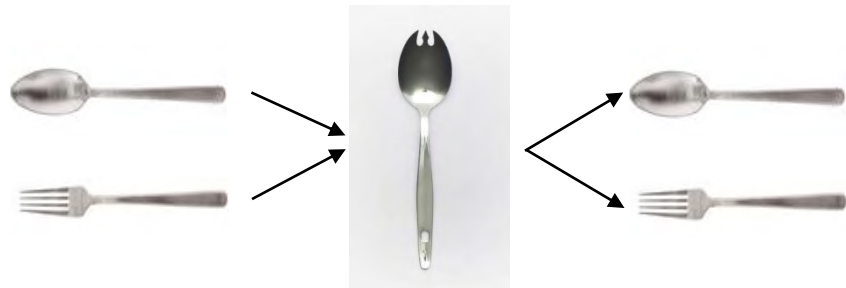
昔はクーラーと呼ばれていたが...

- 冷専は絶滅
- 夏期に約半数が出荷する傾向は変わらず
(売れないのか, 売らないのか...)

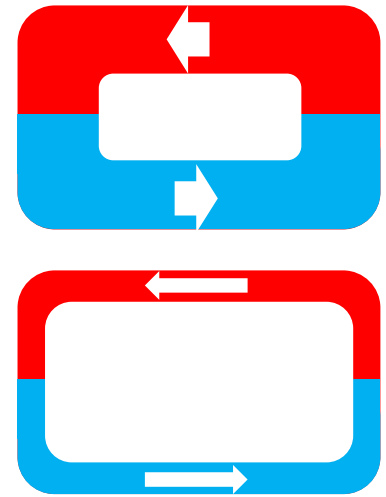
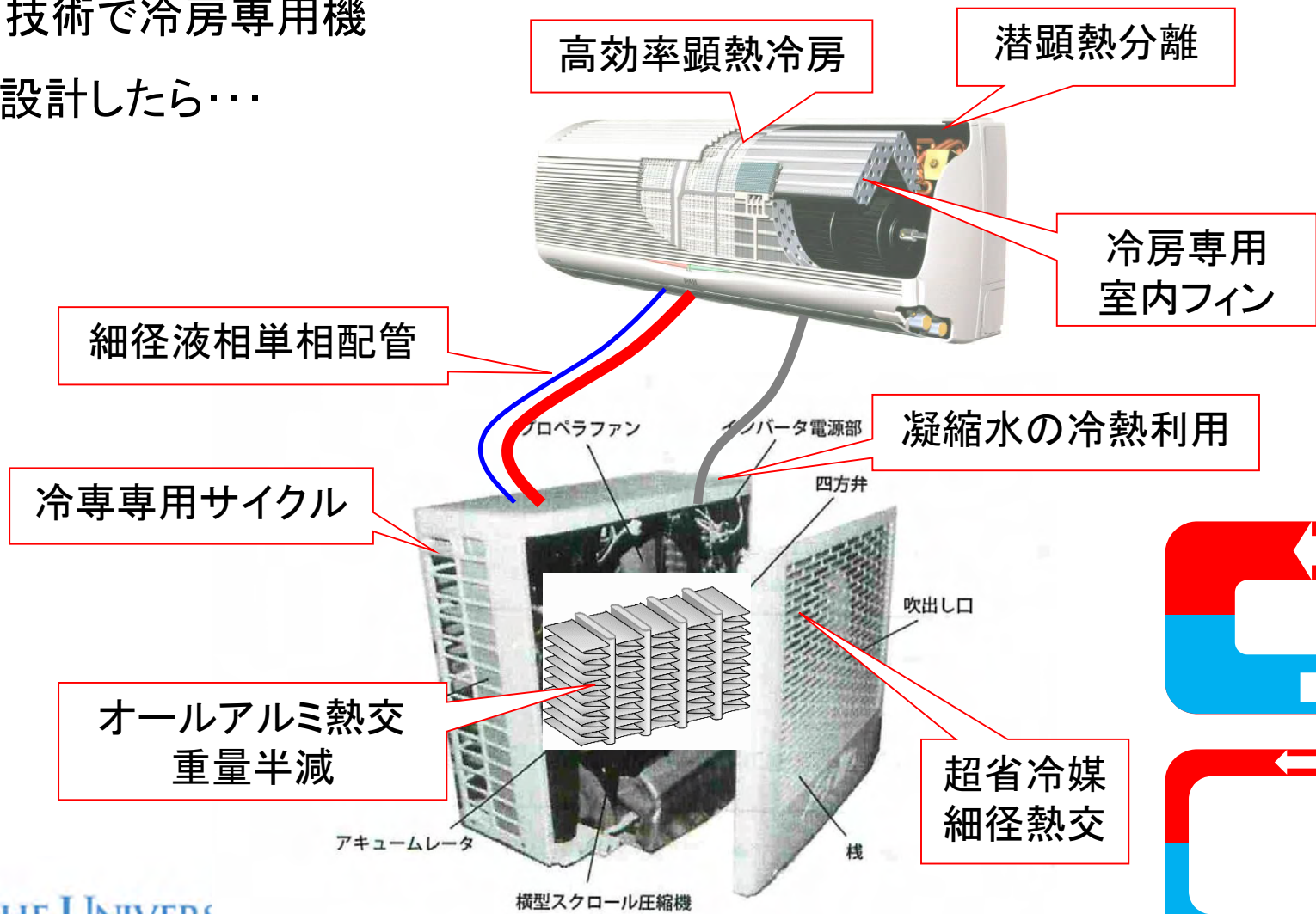


エアコン月ごとの出荷台数の推移

専用設計すべきでは...

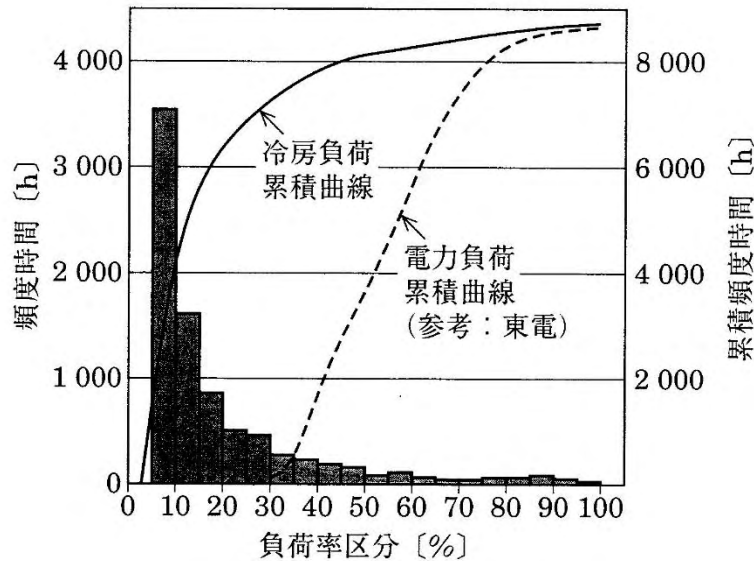


今の技術で冷房専用機
を再設計したら...



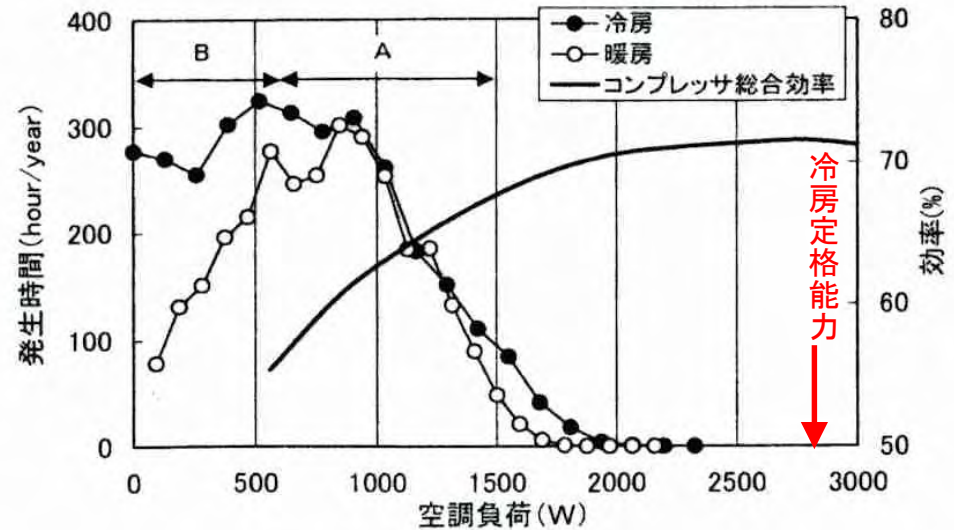
冷房負荷ピーク

地域冷暖房冷房負荷



田中, 2003

2.8kWエアコン負荷



井上, エネルギー・資源, 25-5, 2004, pp.321-324.

発生時間のほとんどは負荷率1/3以下

- 低負荷率で高効率であることが重要
- ピークは低コストに(効率が多少低くても全体には効かない)

デザインの問題??



何が違う？



ヒートポンプユニット

貯湯ユニット

6.0kW

460L

ヒートポンプ

HE-JPU46HXS

<http://sumai.panasonic.jp/hp/>



一体型

給湯能力0.7kW 140L+燃焼器

PEFC

Panasonic エネファーム一体型

<http://panasonic.co.jp/ap/FC/index.htm>

設計の王道

ベースロード

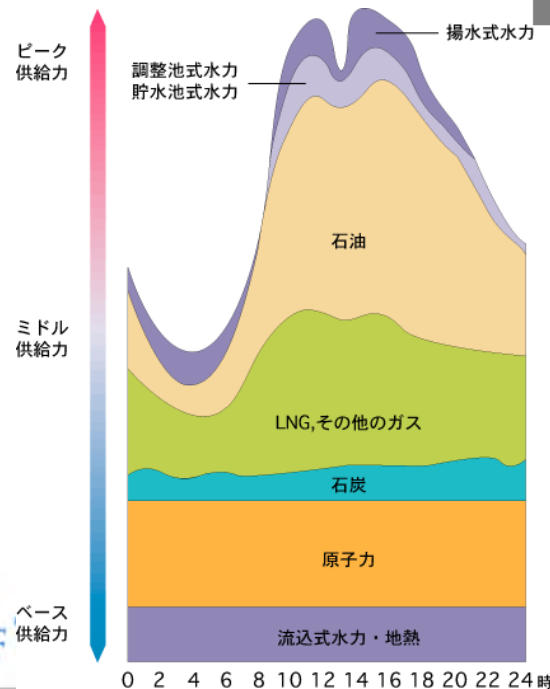
高イニシャルコスト, 低ランニングコスト

- 原子力
- ヒートポンプ
- 燃料電池
- ...

ピーク

低イニシャルコスト, 高ランニングコスト

- 燃焼式
- 電気ヒーター
- 吸収式冷凍機
- ...



2,000¥/kW



80,000¥/kW

ヒートポンプ + 燃焼式



ヒートポンプ

- 給湯能力 中間期2.0 kW
- 冷媒 プロパン 210 g

ガス燃焼機

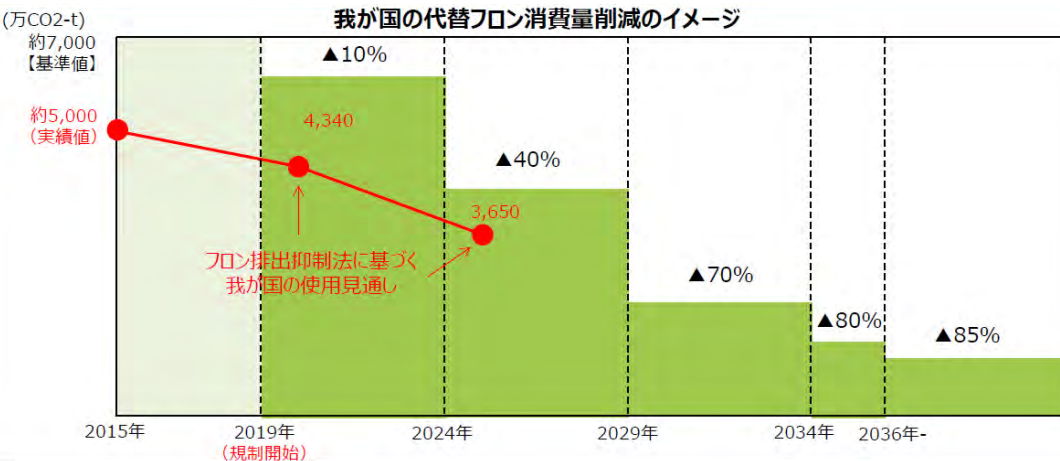
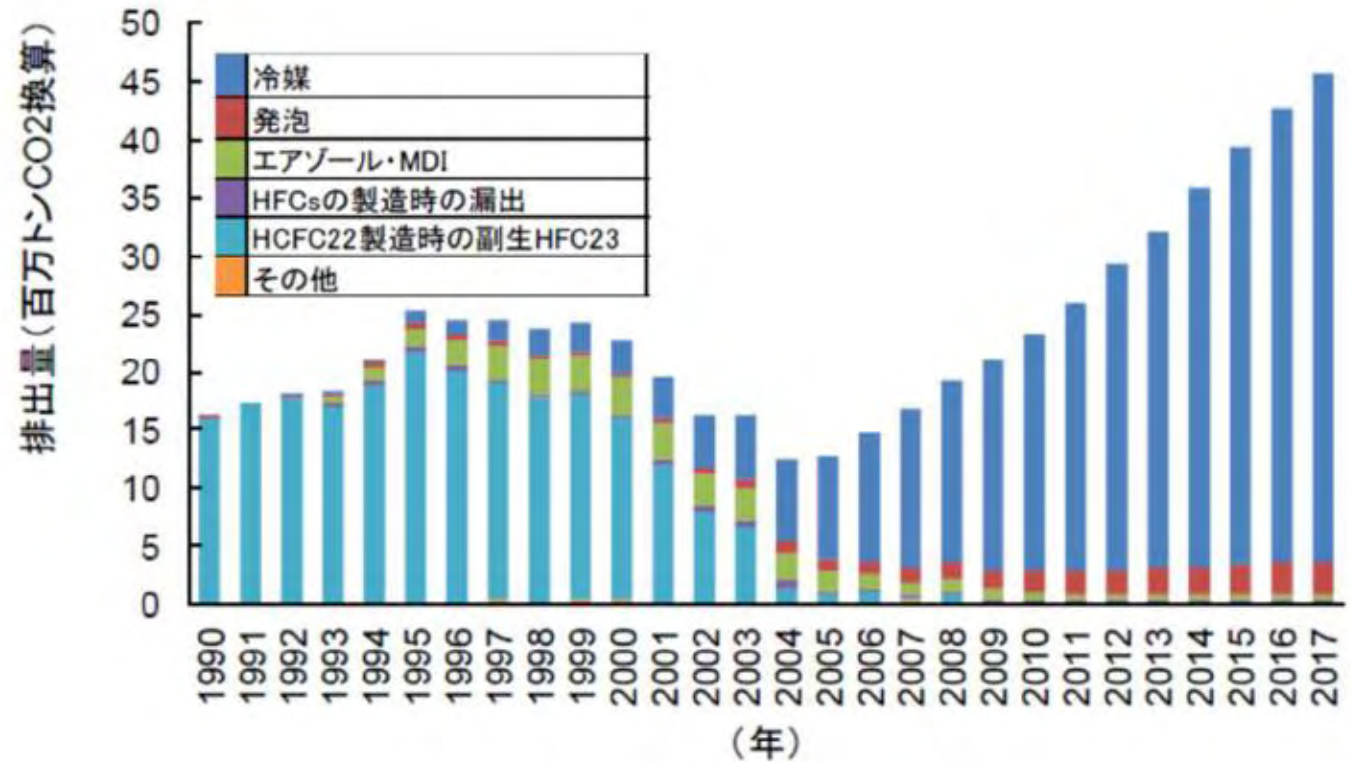
- 潜熱回収(エコジョーズ)
- 24号

貯湯タンク

- 140リットル

平成27年度『地球温暖化防止活動環境大臣表彰』受賞

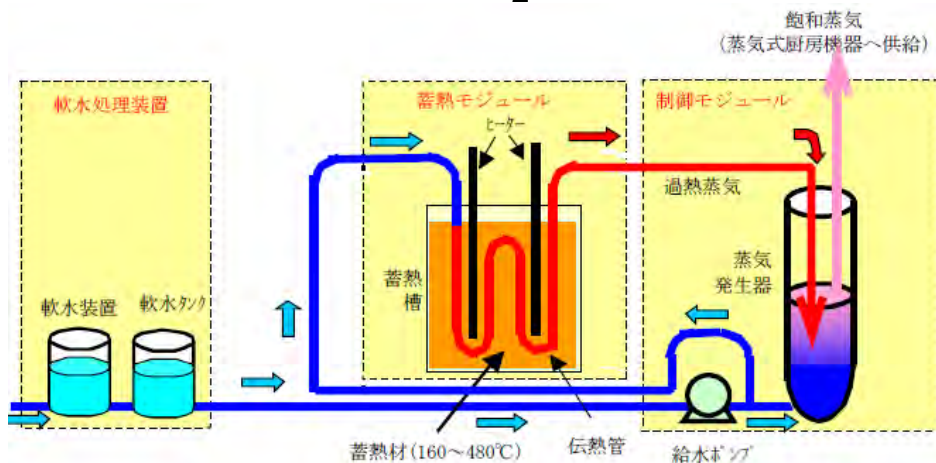
HFC(ハイドロフルオロカーボン)規制:キガリ改正



産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策WG, フロン類の廃棄時回収率向上に向けた対策の方向性について, 2019.
http://www.meti.go.jp/committee/sankoushin/seizou/kagaku/pdf/005_07_00.pdf/pdf

夜間電力蓄熱式蒸気発生器「蒸気源」

- 東京電力, 東北電力, 北陸電力、中国電力、九州電力, 石川島検査計測の共同開発
- 蓄熱材: 熔融塩 HTS (Heat Transfer Salt) およびマグネシア (MgO) クリнка
- 蓄熱温度: 480 °C程度まで昇温
- 低ランニングコスト, CO₂排出ゼロ(原発の夜間電力利用)

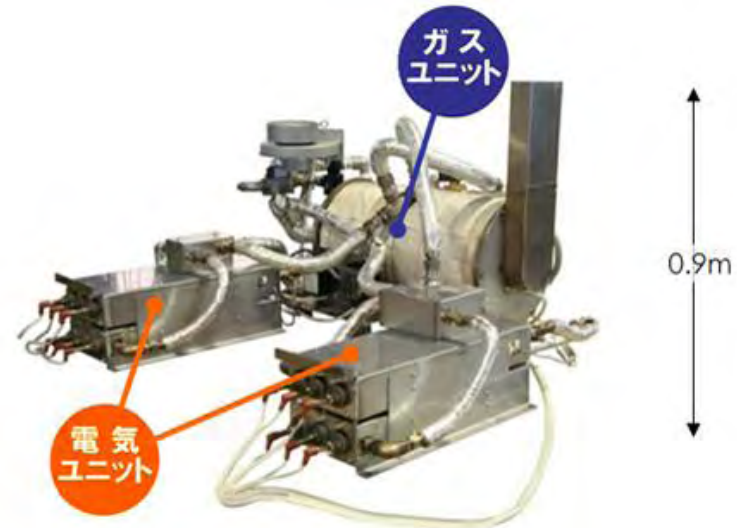
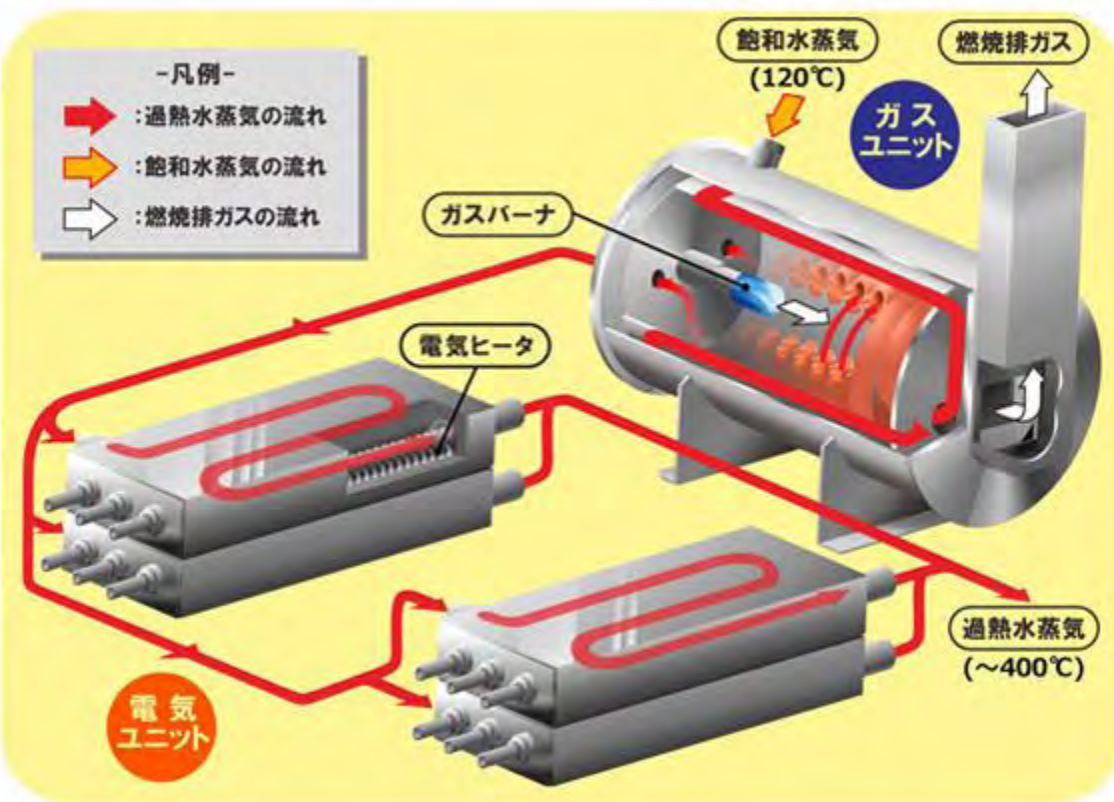


(温度: 600K)

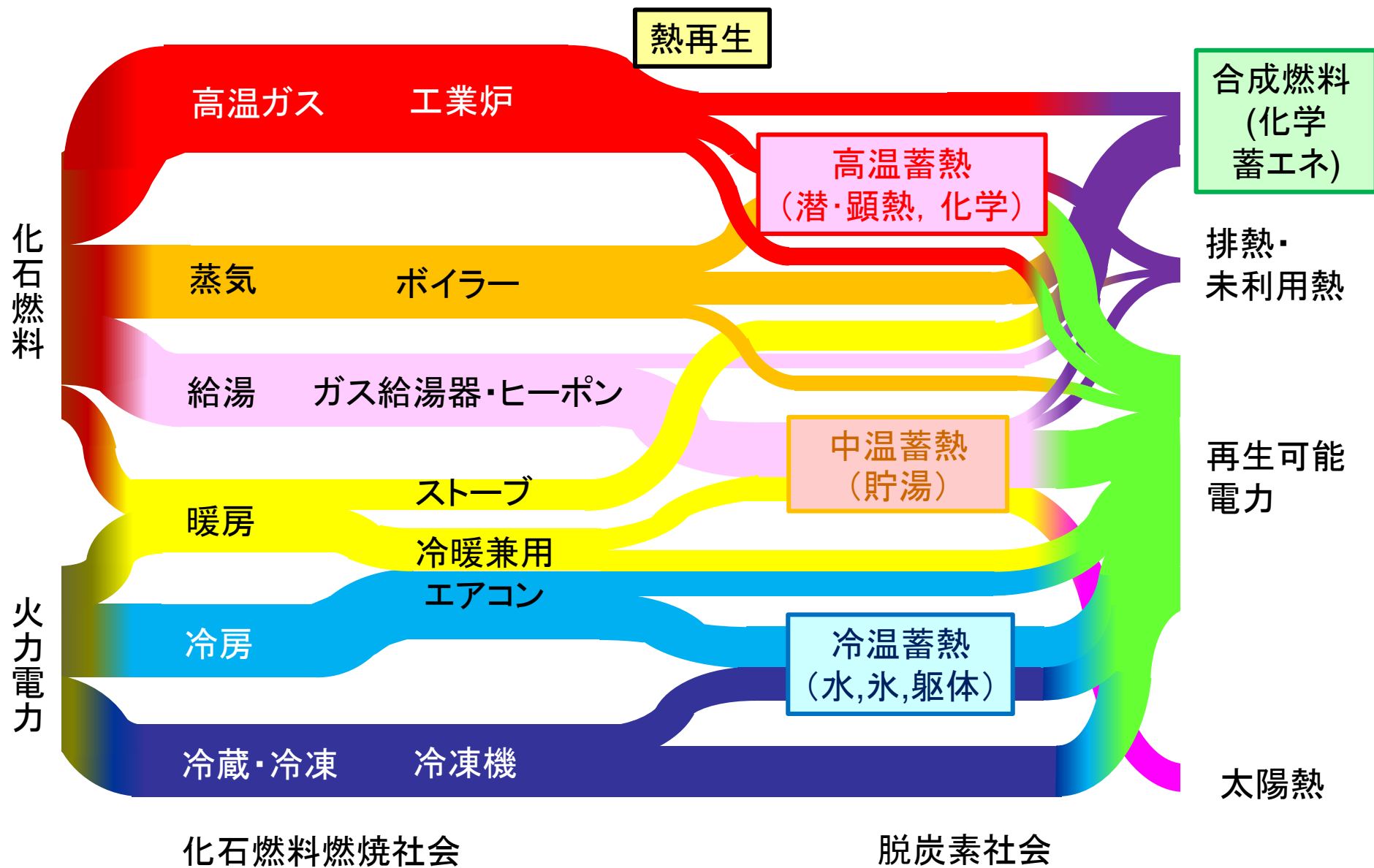
項目	単位	マグネシア	HTS (熔融硝酸塩)
比重	kg/m ³	3,400	1,800
比熱	kJ/kg	1.16	1.56
	(kcal/kg°C)	(0.28)	(0.37)
熱伝導率	W/(m・K)	22.4	0.39
	(kcal/mh°C)	(19.3)	(0.34)

電気+ガスのハイブリッド過熱水蒸気発生器

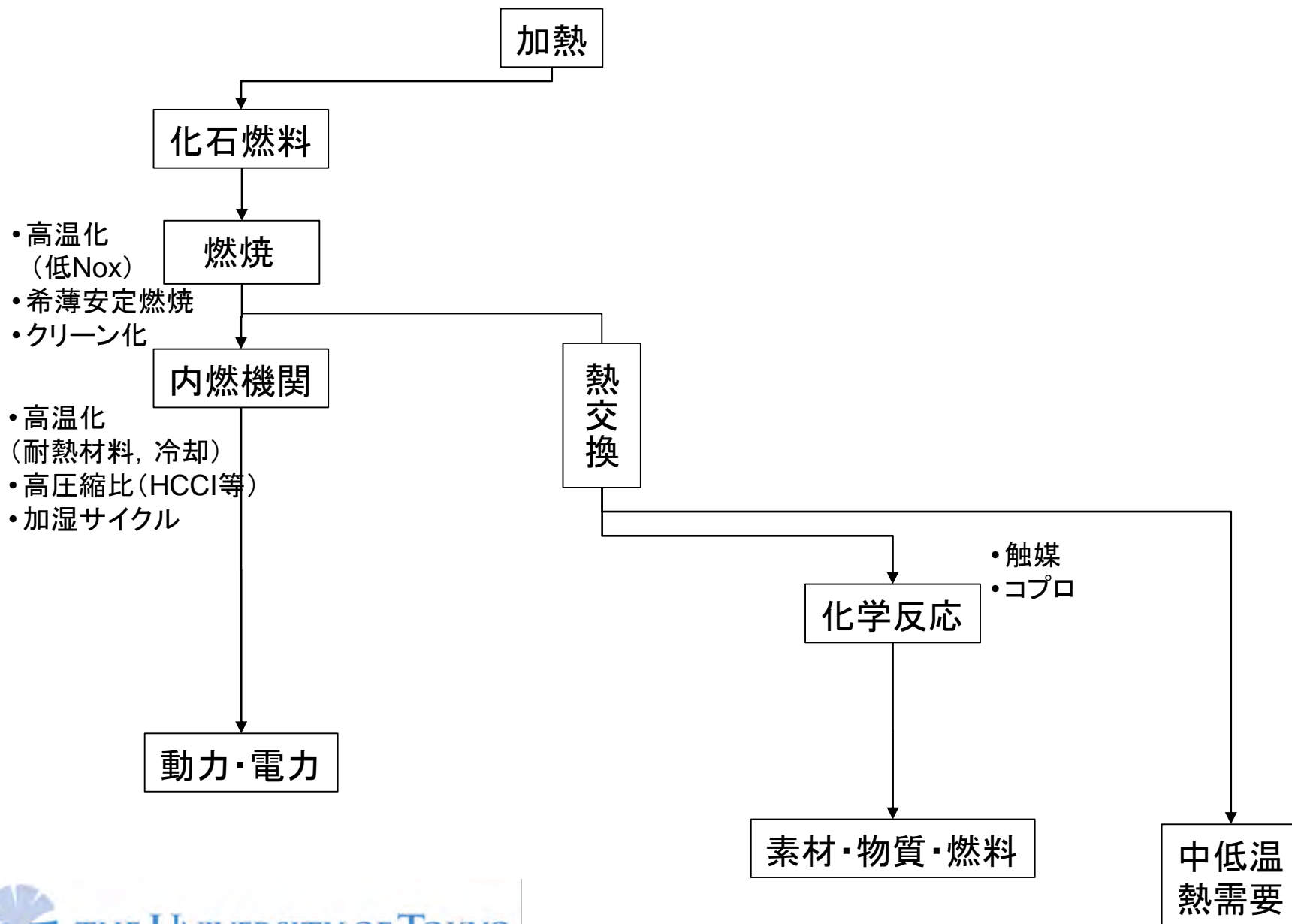
温度制御性に優れた電気式と
ランニングコストの低いガス式のハイブリッド



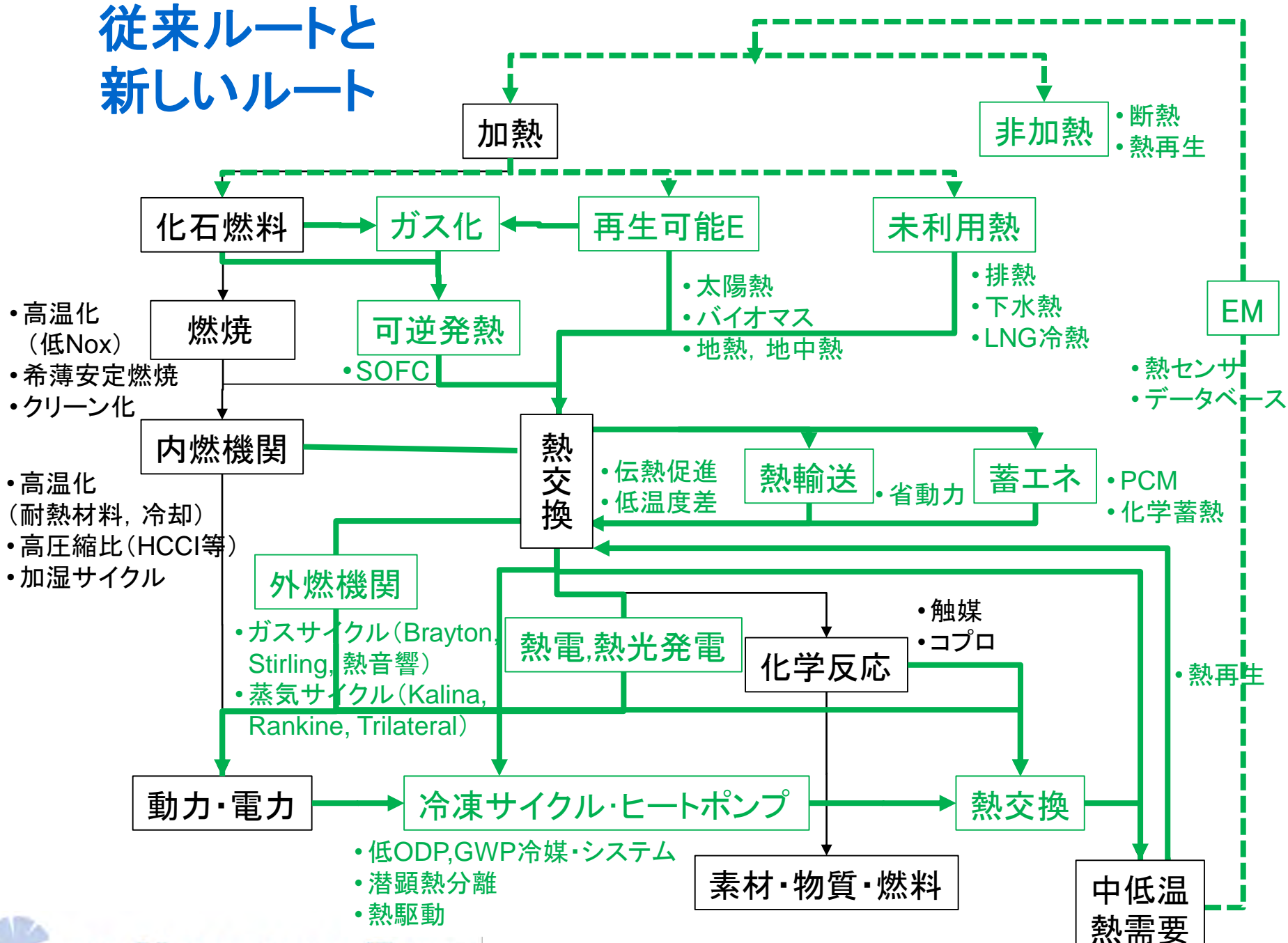
熱の脱炭素化



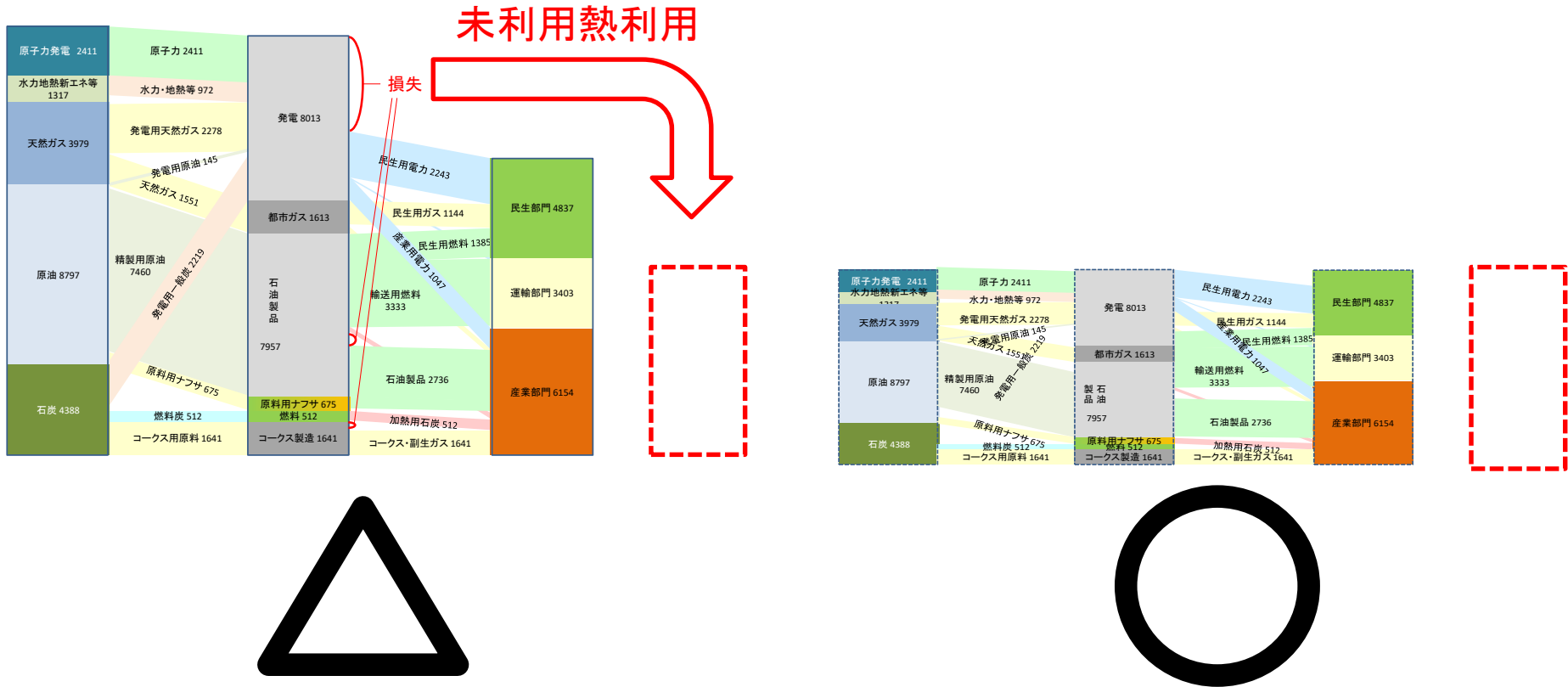
従来の熱利用技術



従来ルートと新しいルート



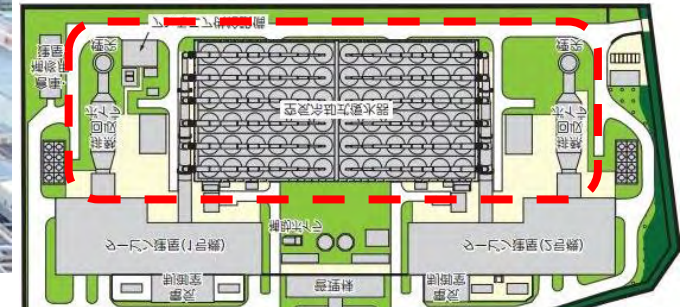
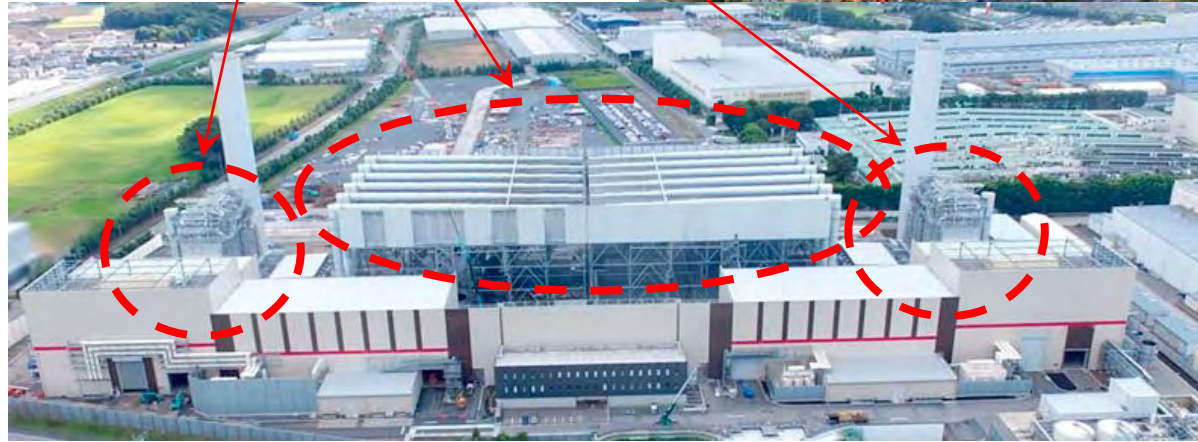
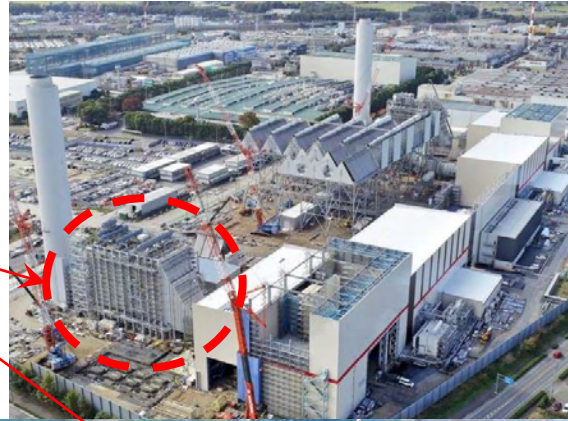
あるべき姿



- ① 加熱しない
(断熱, 熱再生)
- ② 熱が必要なら可逆発熱か再生E由来熱
(高温電池, ヒートポンプ, 合成燃料, 太陽熱...)
- ③ 熱になってしまった後は,
使い回す⇒熱交換

熱交換の課題

- 神鋼真岡発電所: LNGパイプラインを利用した内陸型コンバインドサイクル 120万kW
- 熱交換器が敷地の約2/3
- 大伝熱面積・大構造物
- 総コストと性能を左右



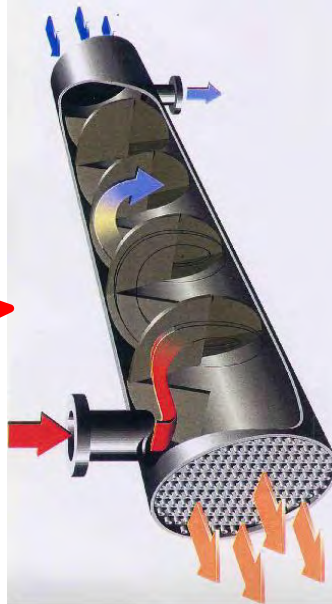
<http://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1607/22/news033.html>
<http://www.tokyo-gas.co.jp/IR/library/pdf/annual/1509.pdf>
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/safety_security/kankyo_karyoku/pdf/h25_04_02_03.pdf
https://www.kobelco.co.jp/releases/1202084_15541.html

蒸留塔 塔頂ベーパー空冷式熱交換器



永田, 石油プラントへの低位熱発電システムの適用, 日本機械学会 No.09-94 第二回湘南ワークショップ, 2009

4000kWカーリーナサイクル



蒸発器

- 縦型シェル&チューブ×2基
- 41.9 MW
- 高さ 13.715 m
- シェル内径 1.490 m
- ヘリカル(らせん)バッフル

永田, 石油プラントへの低位熱発電システムの適用, 日本機械学会 No.09-94 第二回湘南ワークショップ, 2009

燃焼式との比較

ガス給湯器



600 × 470 × 240 mm 27.5 kg

http://rinnai.jp/catalog_download/pdf/kyuto.pdf/

Rinnai RUF-A2400AW

- ・ 最大給湯能力 ≒ 50 kW
- ・ 重量 = 27.5 kg
- ・ 実売価格 ≒ ¥100,000
- ・ 価格/熱量 ≒ 2,000 ¥/kW
- ・ 温度差 ≒ 1,500°C
- ・ 熱量/温度差 ≒ 30 W/°C
- ・ 価格/重量 ≒ 4,500 ¥/kg

ヒートポンプ給湯器



672 × 799 × 299 mm 55 kg 2170 × 600 × 680 mm 89 kg

<http://sumai.panasonic.jp/hp/online.html>

Panasonic HE-JPU46HXS (460L)

- ・ 給湯能力 = 6.0 kW (約1/9)
- ・ 重量 = 55 + 89 = 132 kg (5倍以上)
- ・ 実売価格 ≒ ¥300,000 (約3倍)
- ・ 価格/熱量 ≒ 80,000 ¥/kW (40倍)
- ・ 温度差 ≒ 10°C (1/150)
- ・ 熱量/温度差 ≒ 600 W/°C (20倍)
- ・ 価格/重量 ≒ 2,500 ¥/kg (約半分)



熱交換の性能(W/°C)をいかに安く実現するか

$$\text{熱交換コスト} = \text{固定費} + \frac{\text{材料費}}{\text{伝熱面積}} \times \text{伝熱面積}$$

熱交換コスト削減の3因子

① 固定費(減価償却費)削減

- 大量生産技術の転用
(習熟率90%なら生産量10倍でコスト約3割減)

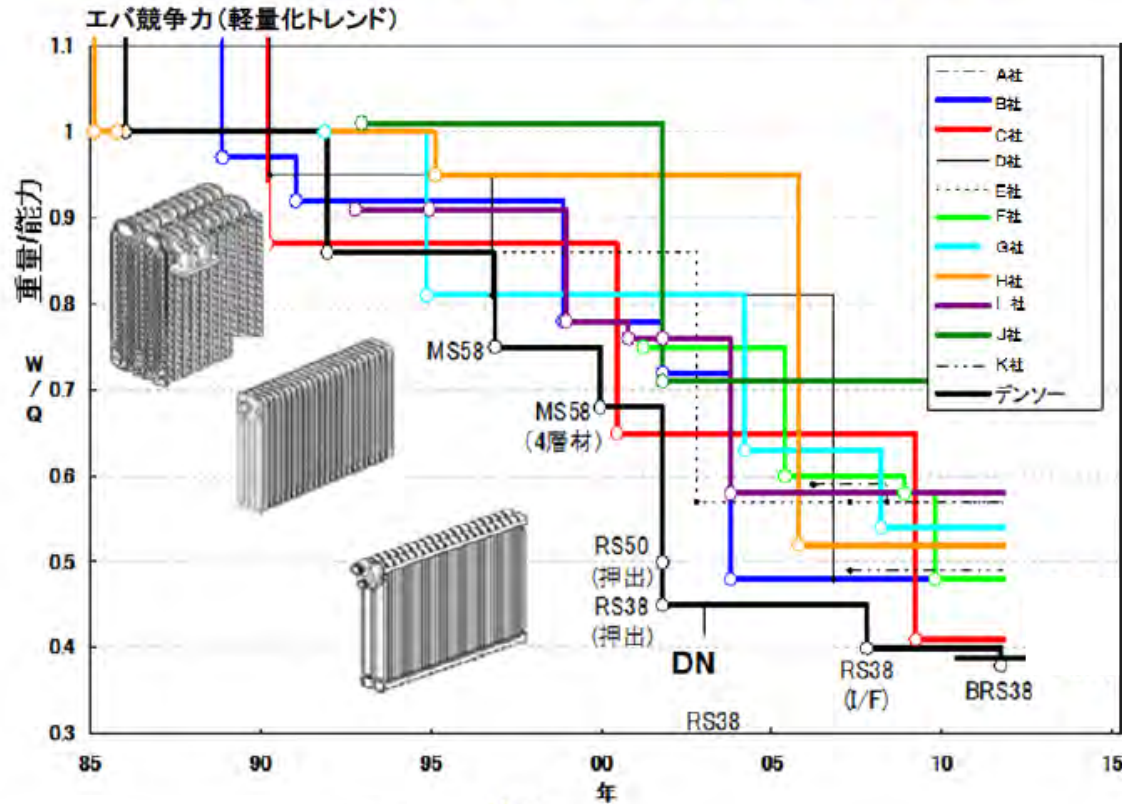
② 安価な素材への転換

- 耐食性, 耐熱性, 強度向上
- 温度分布(熱応力), 凝縮液分布(腐食)の正確な予測

③ 伝熱面積削減

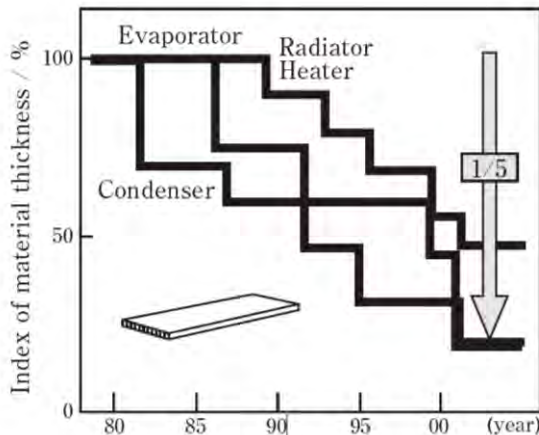
- 熱通過率 K (または総括伝熱係数 U)を増加
= 伝熱促進

自動車用熱交換器



<http://www.higashiyamakai.com/kaihou/h27/kaiinohara.pdf>

自動車用熱交換器は、20年間で重量が数分の一に



Alチューブ材は、耐食性向上・ロウ付け向上により肉厚が20年間で1/5に

伊藤, UACJ Tech. Rep. (2017)

ラジエーターの高性能/小型化



重量1/6

素材比較

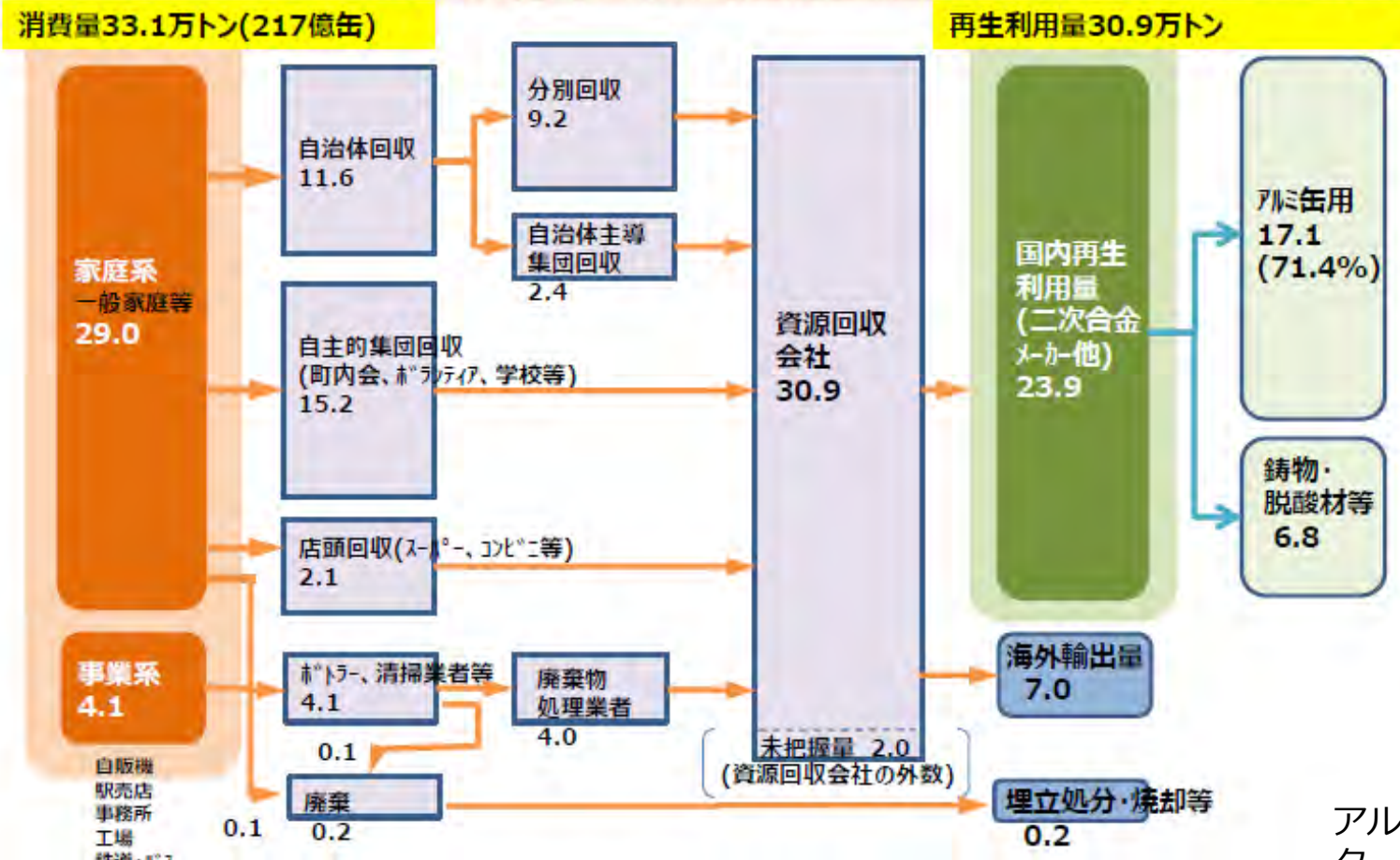
	鉄	銅	SUS	アルミニウム
熱交換器の量産実績	○	○	△	◎
熱伝導率	△	◎	×	○
強度	○	△	◎	○
軽量性	○	△	○	◎
耐熱性	○	○	◎	△ 250°C以下⇒○
機械加工性	○	◎	×	◎
薄板化(圧延)	×	○	×	◎
表面性状改質	○	○	×	◎
ろう付け	○	○	○	◎
クラッド材入手容易性	△	△	△	◎
サンプル提供への対応	△	○	△	◎ 少量でも対応可
水道法	0.3 mg/L以下	1.0 mg/L以下	-	0.1 mg/L以下
耐食性	×	○	◎	△ (犠牲層⇒○)
材料費(体積あたり)	◎	×	×	○
資源量	◎	×	△	◎

リサイクル

アルミ缶リサイクル率: 93.6%, Can to Can率71.4%(2018年度)

2018年(平成30年)度 アルミ缶再生利用フロー

2018年度のアルミ缶消費重量は33.1万トン、再生利用重量は30.9万トン(国内23.9万トン+輸出7.0万トン)、リサイクル率は93.6% (図中単位: 万トン)



- 注) 1. 自主的集団回収の15.2万トンは、調整数値。
 2. 2012年(平成24年)自治体アンケート調査により、自治体回収量の値の約2割ほどは集団回収を含むとして計算。
 3. 消費量、国内再生利用量、自治体回収量、海外輸出品以外の数値は推定値。
 4. 全ての数値は組成率87.6%を反映した後の数値。

アルミ缶リサイクルセンターHPより
<http://www.alumi-can.or.jp/publics/index/62/>

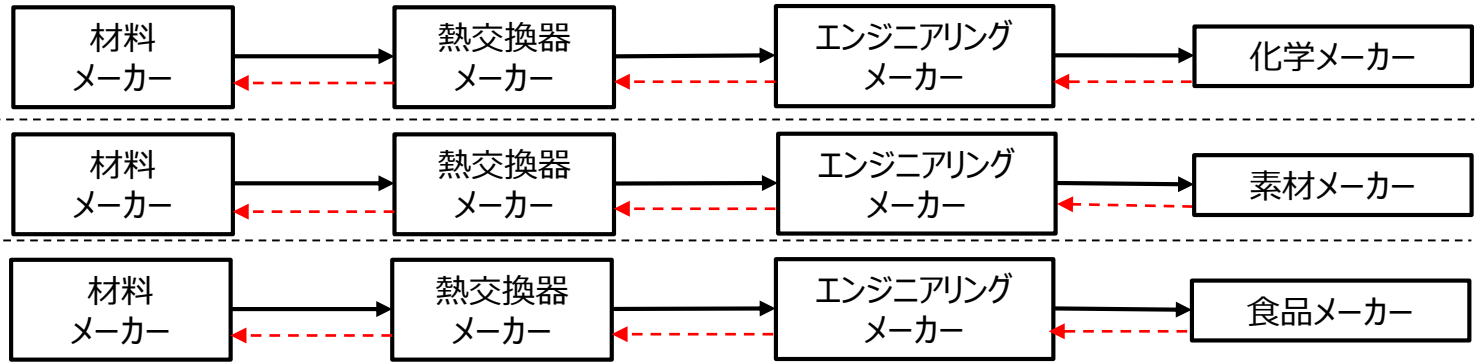
構造改革

業界の課題

- 異業種間の横の交流もなく、業界ごとに独自の進化を遂げており、**技術の共有化が進んでいない**。
- メーカーとユーザ間の情報共有が少ないため安全率が大きく、**技術が保守的**

(従来)

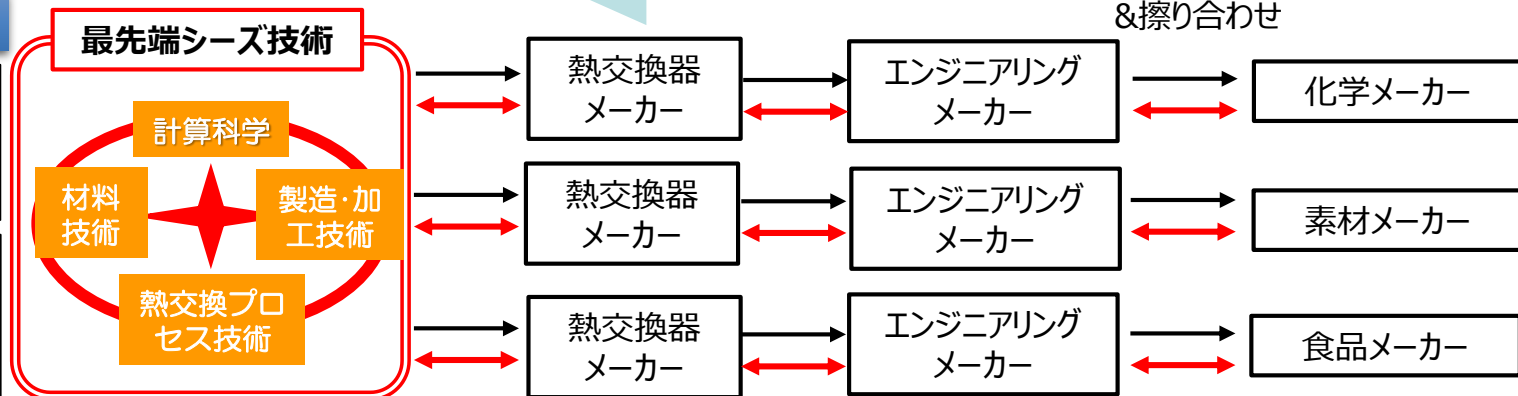
業界ごとのやりとり。技術は小規模かつ独自に進化



新コンセプトの機能検証

(理想の姿)

情報(ニーズとシーズ)の共有 & 擦り合わせ



理想の姿

最先端シーズ技術の共同開発 & 共有

各業界におけるシーズからニーズまでの情報共有

まとめ

■ ニーズの変化

- 脱炭素, 小型分散, 高機能化, 多品種, オンサイト, 変動対応, レジリエンス, リサイクル…

■ 熱技術はニーズに応えられているのか？

- 現状でもニーズと技術がミスマッチ
- 技術構成を見直す良い機会では？

■ これからのニーズに対応した熱技術とは？

- まずは加熱しない → 加熱するなら可逆熱か再生E由来熱
→熱になってしまったら使い回す(熱交換)
- 小型, 軽量, コンパクト, 安価, リサイクル…
⇒まさに自動車技術
- 量産技術転用 × 材料転換 × 伝熱促進
- 新ニーズと先端シーズ技術を共有する体制づくり

