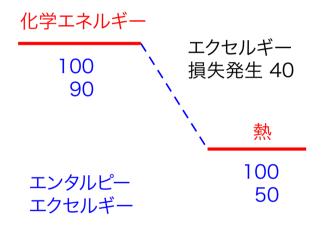


バイオエタノール製造コストを大幅削減! ~自己熱再生理論を用いた省エネ蒸留プロセス実証試験~

国立大学法人東京大学生産技術研究所 新日鉄エンジニアリング株式会社

エネルギーとエクセルギー

- エネルギーのうち有効な仕事として取り出せるものがエクセルギー
- エネルギーのうちエクセルギーの割合をエクセルギー率という
- エクセルギー率は各エネルギー形態によって異なり、熱のエクセルギー率が他に比べて低い

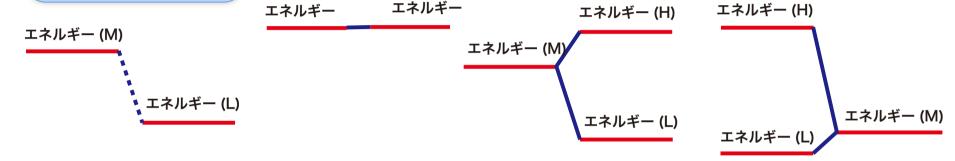


- エネルギーは保存されており、放散が無い限り、一定
- エクセルギー率が高い化学エネルギー(燃料)をエクセルギー率の低い熱エネルギーに変換する場合(燃焼)、エクセルギー損失が発生する

エクセルギー再生理論

エネルギー動力

エネルギー変換



l 加熱炉・ボイラー型

エクセルギー率が高い エネルギー形態から 低い形態に変換する 場合、エクセルギー損 失がおこる

Ⅱ モーター・発電機型

エクセルギー率が同 じエネルギー形態に 変換する場合、エク セルギー損失はない

Ⅲ 熱機関型

一般にエクセルギー率が 低いエネルギーは廃棄 エネルギーとなる

IV ヒートポンプ型

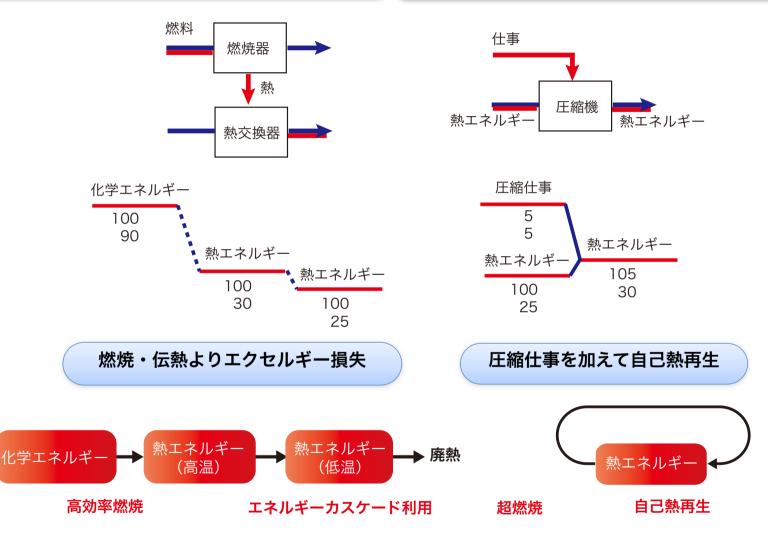
エクセルギー率の低いエ ネルギーがより高いエネ ルギーにエクセルギー再 生される

- ・エネルギー変換において、I型以外はすべて原理的にエクセルギー損失はゼロ
- ・劣質化したエネルギーはIV型エネルギー変換でエクセルギー再生(エクセルギー率の向上)できる

熱利用におけるエクセルギー再生

燃焼加熱・カスケード利用(|型エネルギー変換)

エクセルギー再生(自己熱再生) (IV型エネルギー変換)

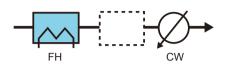


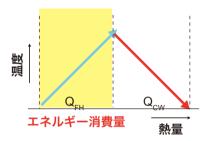
- 燃料を燃焼させて熱を発生させ、カスケード利用
- エネルギーは廃熱として使い捨て

- 熱エネルギーを循環再利用
- 燃料を燃焼させない消費しない

熱エネルギーは、エクセルギー再生し循環利用する(自己熱再生)

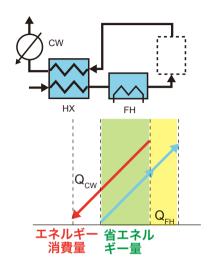
エクセルギー再生を利用した熱の循環利用技術(自己熱再生)





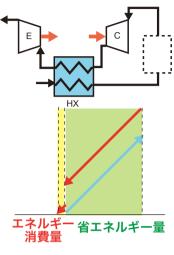
燃焼加熱 (旧来技術)

・燃料を燃焼させ、加熱



燃焼加熱 - 熱回収 (従来省エネ技術)

• 熱回収により40~60%の省エネ



自己熱再生 (エクセルギー再生技術)

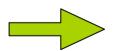
- 断熱圧縮による自己熱再生で加熱ゼロ
- •80~90%の省エネ

低温となった熱エネルギーを断熱圧縮により高温にアップグレードし循環利用

革命的省エネルギー: 従来の熱回収に比べてエネルギー消費が1/5~1/20に

カスケード利用

燃焼加熱



エクセルギー再生

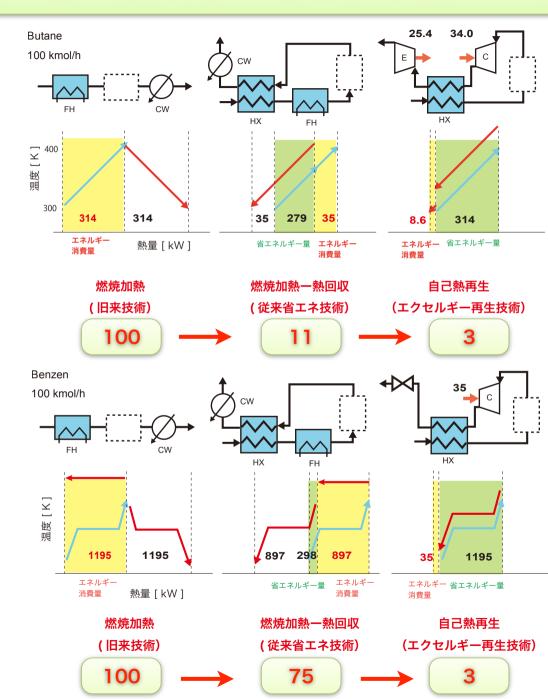
自己熱再生

- 燃料を出来る限り高温で燃焼し、熱を高温から 低温へカスケード利用する
- 燃料を燃焼させ、発生した熱で加熱する加えた 熱は最終的には廃熱となる
- 加熱炉で燃料を燃焼

- I型エネルギー変換以外のエネルギー変換を行い、エクセルギー損失を最小化する
- 加熱は一切行わず、仕事を加えて自己熱を再生 し循環再利用する
- 圧縮機で圧縮し自己熱交換

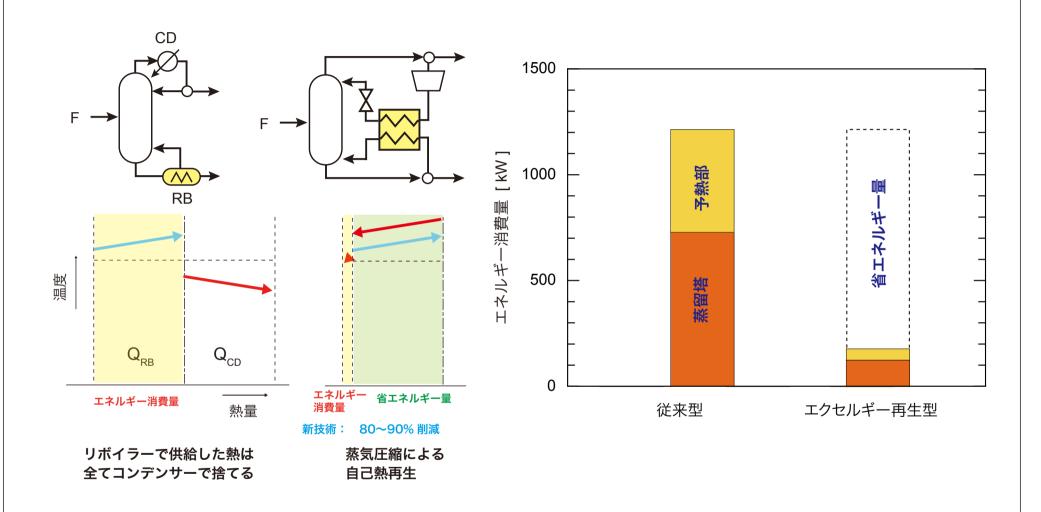
自己熱再生の省エネルギー性比較





蒸気一液系

自己熱再生型蒸留



自己熱再生(エクセルギー再生)によりエネルギー消費は1/7に

自己熱再生技術の応用

あらゆる分野の加熱炉、燃焼炉を全て代替できる

自己熱再生蒸留

- 約86%の省エネ
- 石油化学産業の約4割は蒸留で消費

自己熱再生バイオエタノール共沸蒸留

- 約88%省エネ
- 全エネルギー消費の約7割は蒸留分離

自己熱再生バイオマス・ 褐炭乾燥

- 約70%省エネ
- 40~60%の含水率で、これを乾燥させるのに多くのエネルギーを消費

自己熱再生ナフサ脱硫

- 約75%省エネ
- 300℃までナフサを加熱し脱硫するプロセスの加熱炉を圧縮機に置き換え自己熱再生

自己熱再生CO₂化学吸収 分離(アミン法)

- 約68%省エネ(従来技術で4.1 GJ/CO₂-tが1.3 GJ/CO₂-t)
- CO₂分離・回収(CCS)でエネルギー消費の約8割は分離プロセス

自己熱再生酸素プラント

- 約40%省エネ
- 製鉄やIGCCなどで多くのエネルギーを消費

自己熱再生技術の意義

革新的エネルギー理論

- エクセルギー再生により熱を循環利用するという、従来のエネルギーのカスケード利用とは全く異なる る革新的なエネルギー理論と技術体系を創生
- 石油精製・化学、鉄鋼、電力、窯業、製紙、食品などエネルギー多消費産業を中心に、ほぼすべての 分野で展開できる

低炭素産業基盤の構築

- CO₂排出量を1/2~1/10まで劇的に低減でき、低炭素社会を構築できる
- 既存の産業プロセスを陳腐化し、我が国の産業の国際競争力を飛躍的に向上できる
- 蒸留、乾燥、濃縮など熱的単位操作では、開発のハードルは低く、ほぼ3~5年以内には実用化可能

大きな国際的貢献

- 我が国の独占的技術であるが、すべての先進国、途上国に適用でき、<mark>地球温暖化防止に決定的に貢献</mark> できる
- 先進国に技術輸出するだけでなく、途上国にはODAと連動させCDMとしてCO₂排出権を獲得し、産油 国にはプラント輸出しエネルギーセキュリティを確保する

論文発表

自己熱再生ナフサ脱硫

- Y. Kansha, et al., Self-Heat Recuperation Technology for Energy Saving in Chemical Processes, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **48**, 7682-7686 (2009)
- K. Matsuda, et al., Advanced energy saving in the reaction section of the hydro-desulfurization process with self-heat recuperation technology, *Applied Thermal Engineering*, **30**, 2300-2305, (2010)

自己熱再生蒸留

- Y. Kansha, et al., An Innovative Modularity of Heat Circulation for Fractional Distillation, Chem. Eng. Sci., 65, 330-334 (2010)
- Y. Kansha, et al., Integrated Process Module for Distillation Processes Based on Self-Heat Recuperation Technology, *J. Chem. Eng. Jpn*, **43**(6), 502-507, (2010)
- Y. Kansha, et al., Process design methodology for high-energy saving HIDiC based on self-heat recuperation, *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering*, **6**, 320-326, (2011)
- K. Matsuda, et al., Advanced energy saving in distillation process with self-heat recuperation technology, *Energy*, **36**(8), 4640-4645 (2011)
- Y. Kansha, et al., Application of the self-heat recuperation technology to crude oil distillation, Applied Thermal Engineering, in press (2011)

自己熱再生バイオエタノール共沸蒸留

• Y. Kansha, et al., A New Design Methodology Based on Self-Heat Recuperation for Production of Bioethanol by Azeotropic Distillation, *Energy & Fuels*, **24**, 6099-6102, (2010)

自己熱再生CO2化学吸収分離(アミン法)

- A. Kishimoto, et al., Exergy Recuperative CO2 Gas Separation in Post-Combustion Capture, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **50**, 10128-10135 (2011)
- A. Kishimoto, et al., Exergy recuperative CO2 gas separation in pre-combustion capture, *Clean Technologies and Environmental Policy*, in press (2011)

自己熱再生バイオマス・褐炭乾燥

- C. Fushimi, et al., Novel Drying Process Based on Self-Heat Recuperation Technology, *Drying Technology*, **29**, 105-110 (2011)
- M. Aziz, et al., Self-Heat Recuperative Fluidized Bed Drying of Brown Coal, Chemical Engineering and Processing, 50, 944-951 (2011)
- M. Aziz, et al., Innovative Energy-Efficient Biomass Drying Based on Self-Heat Recuperation Technology, *Chemical Engineering & Technology*, **34**(7), 1095-1103 (2011)

自己熱再生酸素プラント

• Y. Kansha, et al., A novel cryogenic air separation process based on self-heat recuperation, *Separation and Purification Technology*, 77, 389-396 (2011)

エクセルギー再生IGCC/IGFC

• G. Guan, et al., High-density circulating fluidized bed gasifier for advanced IGCC/IGFC—Advantages and challenges, *Particulogy*, **8**, 602-606, (2010)