

エネルギー変換フロンティアの概要と目標

同志社大学 工学研究科
千田 二郎

本稿では、文部科学省の平成15年度私立大学学術研究高度化推進事業の「学術フロンティア推進事業」に採択された、共同研究プロジェクト「次世代ゼロエミッション・エネルギー変換システム」の概要ならびに各年度の具体的な研究目標を紹介する。本プロジェクトでは、環境保全のための最適なエネルギー変換過程の究明を目的として、自動車用・産業用および家庭用の汎用のエネルギー変換システム全般の基礎研究を行う。特にエンジンシステムの低エミッション化の基礎研究、燃料電池の体系的研究、さらにキャパシタによる電力貯蔵の研究を主眼とし、周辺の技術領域である水素や熱などのエネルギー貯蔵、変換機器内の熱流体諸現象の解析的研究、システム最適化研究など、高効率化と環境保全のためのエネルギー変換システム全般の基礎研究を一拠点で行う。また、本プロジェクトでは大型研究装置として、「ガスエンジンコージェネレーションとCO₂ヒートポンプのハイブリッドシステム」を設置し、研究施設内の電気・空調を供給・制御するとともに、熱電併給の低公害・高効率利用形態に関するシステム研究も行う予定である。具体的な研究内容は、高効率エネルギー変換システム研究、ゼロエミッション研究、燃料サイクルとエネルギー貯蔵研究、エネルギー変換機器の最適化LCA評価研究の4研究グループで構成される。

併せて、本プロジェクトを実施するために整備された、「エネルギー変換研究センター」の概要を紹介する。この研究センターは本年3月30日に竣工し、地下1階・地上3階(2500 m²)建てで、7つの実験室に、「インキュベーションラボ」、「コージェネレーションシステムラボ」、「エンジン燃焼解析ラボ」、「反応性流体解析ラボ」、「微粒子ラボ」、「熱移動解析ラボ」、「流動解析ラボ」、エネルギー輸送解析ラボ」、「エネルギー貯蔵解析ラボ」、「燃料電池解析ラボ」の10個の研究ラボを整備している。

最後に、本共同研究プロジェクトで実施している研究例を簡単に紹介し、コージェネレーションシステムの高効率化研究の予定を紹介する。

エネルギー変換フロンティアの 概要と目標

同志社大学大エネルギー変換研究センター長 千田二郎
学術フロンティア共同研究プロジェクト リーダー: 藤本 元
幹事: 平田勝哉・稲岡恭二

- 学術フロンティア研究の概要紹介
「次世代ゼロエミッション・エネルギー変換研究」
- 共同研究内容の一部の概要紹介

URL : <http://www1.doshisha.ac.jp/~ene-cent/>

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

同志社大学における文部科学省・私立大学 学術研究高度化推進事業

1994年に、工学部と工学研究科が今出川キャンパスから京田辺キャンパスへ移転・統合

- 1996年 ハイテクリサーチセンター整備事業
「ナノ構造ハイブリッドデバイス物質」
- 1997年 学術フロンティア推進事業
「先端材料と複雑系科学」
- 2000年 学術フロンティア推進事業
「知能情報とその応用」
- 2003年 学術フロンティア推進事業
「次世代ゼロエミッション・エネルギー変換システム」

2002年 関西文化学術研究都市・知的クラスター創成事業「ネオ家電」

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

学術フロンティア共同研究プロジェクト 「次世代ゼロエミッション・エネルギー変換システム」

研究組織



同志社大学研究開発推進機構
「エネルギー変換研究センター」

研究施設 …… 「エネルギー変換研究センター」(光喜館)を建設

研究装置 …… 「エネルギー変換システム動力解析装置」
「レーザー応用化学種・微粒子計測解析システム」

「ガスエンジンとCO₂ヒートポンプの
コンバインドコージェネレーションシステム」

11品目の装置群

研究設備 …… 8品目の設備群

研究者



学内研究者 : 工学研究科教員 14名
学外共同研究機関 : 日・米・英・中の4極ネットワーク
18機関, 20共同研究者

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究の背景・目的と研究概要

背景・目的

内燃機関システム → 高エネルギー密度と高パワー密度 → 高効率とゼロエミッション化

燃料電池システム → 高効率化と水素の貯蔵システム

電力貯蔵の効率化 → キャパシタ

資源循環型の再生可能エネルギー資源 (バイオマス)

トランスポーターションとしての最適なエネルギー変換システムのあり方

地域分散型エネルギーネットワークの構築 (熱電併拾コージェネと熱電変換システム)

研究概要

自動車用・産業用および家庭用の汎用のエネルギー変換システムの最適化と
ゼロエミッション化を目的に

高効率エネルギー変換システム研究

ゼロエミッション研究

燃料サイクルとエネルギー貯蔵研究

エネルギー変換機器の最適化LCA評価研究

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究組織 学内研究者 14名

研究者	所属・役職	分担研究活動
藤本 元	本学工学研究科教授	ゼロエミッション化のための燃焼過程の化学反応動力学解析とシステム化
千田二郎	本学工学研究科教授	エンジンシステム内の高効率・低エミッション燃焼法の開発
千田 衛	本学工学研究科教授	コージェネレーションシステムの熱工学的解析
稲岡恭二	本学工学研究科助教授	高効率エンジン排熱回収・熱電変換システムの開発
水島二郎	本学工学研究科教授	エネルギー変換過程における反応性流体の流体力学解析
平田勝哉	本学工学研究科教授	燃料電池および排気触媒内部のガス流動解析
舟木治郎	本学工学部助教授	排気触媒内のガス流動解析
高野 頌	本学工学研究科教授	微粒子の動力学的解析手法の開発と時空間構造計測法の確立
稲葉 稔	本学工学研究科助教授	高効率中温域燃料電池用プロトン導電性固体電解質の開発
伊藤靖彦	本学工学研究科教授	高耐久性軽量水素吸蔵材料の開発とエンジンシステムへの適用
盛満正嗣	本学工学部助教授	電気化学触媒に関する研究
山口博司	本学工学研究科教授	電磁流体を用いた高効率熱輸送システムの開発
白川善幸	本学工学研究科助教授	固体電解質材料の高プロトン伝導機構に関する量子化学計算シミュレーション
原田和郎	本学工学研究科教授	安定電力供給型キャパシタ制御、電力と熱の効率的マネジメント制御

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究組織 学外共同研究機関 18機関

	研究機関	分担研究内容
国内	京都大学大学院エネルギー科学研究科	天然ガス機関、水素貯蔵
	京都大学大学院工学研究科	吸収式冷凍機
	神戸大学大学院自然科学研究科	プロトン導電性固体電解質
	(株)前川製作所	冷凍・空調機
	(株)フェローテック	熱電変換
	岡山大学工学部	流体挙動解析
	(株)堀場製作所	排気ガス・微粒子計測
	東北大学流体科学研究所	電磁知能性流体
	(財)日本自動車研究所	システムLCA評価
	(独)交通安全環境研究所	排気微粒子の低減
	(独)国立環境研究所	エミッション総合評価
	舞鶴工業高等専門学校	排気系流動解析
	(株)ヤンマー	コージェネシステム研究
	(株)シスメックス	微粒子計測法
海外	英国インペリアルカレッジ工学部	数値燃焼解析
	米国ウイスコンシン大学マディソン校エンジン研究所	エンジンシステム
	中国北方交通大学磁性液体研究所	磁性流体
	米国カリフォルニア大学アーバイン校先端動力エネルギーセンター	燃料電池

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究内容の詳細

高効率エネルギー変換システム研究

- 内燃機関(ディーゼル・水素・天然ガス機関)、燃料電池、冷凍機、ヒートポンプの高効率化と超低公害化の限界究明基礎研究システム高効率化のための排熱の熱電変換と排熱利用冷凍機のシステム研究

ゼロエミッション研究

- エネルギー変換プロセスと触媒システムのゼロエミッション化のための化学反応性流体の熱流体挙動解析
- 排気成分の超低濃度計測技術の確立、微粒子生成過程の化学反応動力学解析と微粒子の物理的性状研究

燃料サイクルとエネルギー貯蔵研究

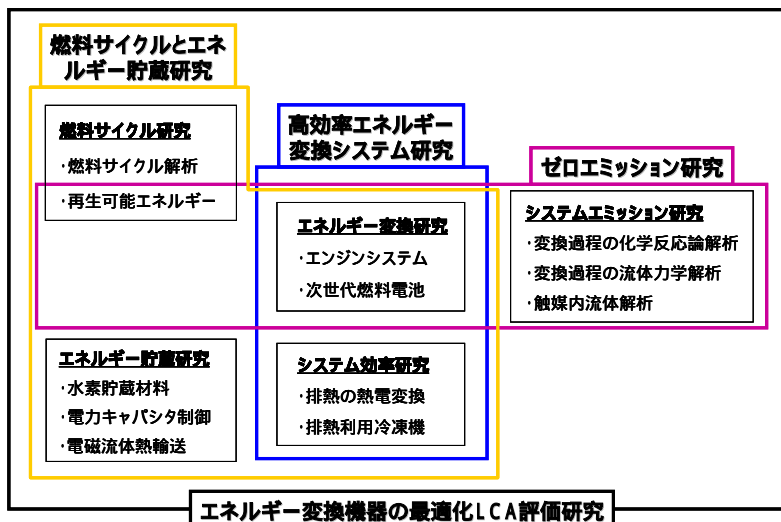
- CO₂ミニム利用のための燃料サイクル解析、再生可能エネルギーのエネルギー変換システムへの適用研究
- 次世代型の水素貯蔵材料、キャパシタ制御による電力の最適利用、新規電磁流体による熱貯蔵技術開発

エネルギー変換機器の最適化LCA評価研究

- 種々のエンジンシステム、燃料電池、排熱利用冷凍機、ヒートポンプ、キャパシタ更にエネルギー貯蔵システム
- 効率的なマネジメント制御、システム全体のライフサイクルアセスメント評価研究

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究内容のフローチャート



同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

年度別の研究内容 - その1

平成15年度

ディーゼル機関の噴霧燃焼解析による排気生成物の調査, エンジン排熱諸元の整理と回収用熱交換器要素の基本設計, 燃料電池用プロトン導電性固体電解質の作製

低濃度排出化学種の高精度測定法の検討, 排出微粒子の物理的特性の評価手法の検討

電磁流体による熱輸送機構の解明, 電気二重層キャパシタの充放電特性と適合回路方式の検討

ハイブリッドシステムとしてのエネルギー変換機器・周辺機器の組合せ法の検討

平成16年度

低排気エミッション化のための燃料設計による新たな合成燃料を用いたディーゼル機関とガス機関の性能調査, プロトン伝導に特化した量子化学計算と分子動力学法シミュレーションの融合(第一原理MD)プログラム作成, 多重効用化によるコンパクト型排熱利用吸収冷凍機の高効率化の検討

燃焼生成物の生成過程の化学反応動力学解析, 排出微粒子の粒径・数密度測定法の調査, 微粒子の動力学解析手法の考案, 排気触媒内部のガス流動機構の解析

合成燃料と含酸素燃焼の製造過程の燃料サイクル解析, 電磁流体を用いた磁気シールに関する研究とエネルギー変換機器への応用

エンジンシステム・燃料電池・電気モータ系ハイブリッドを想定したLCA評価法の検討

平成17年度

水素ディーゼル機関の燃焼性能と排気性能の究明, 最適熱交換要素に即した熱電変換要素の基本設計, 燃料電池用プロトン伝導体への分子動力学シミュレーションの応用, チタン系水素貯蔵合金内の水素挙動の電気化学的測定

排出化学種・微粒子の高精度測定法の開発と非定常計測の実施, 燃焼過程の非定常乱流多次元解析による燃焼生成物の算定, 燃料電池触媒内部の流体挙動解析

燃料サイクルを用いた水素製造過程の解析, 電磁流体を用いた排熱回収システムの開発, 電力制御システムの高効率化・最適制御の検討

エンジンシステム・燃料電池・キャパシタ・電気モータ系ハイブリッドを想定したLCA評価法の検討

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

年度別の研究内容 - その2

平成18年度

合成燃料・含酸素燃料を用いたエンジンシステムの排気性能の限界究明, 熱電変換スタックの試作と実証実験, システム最適制御法の開発, プロトン導電性固体電解質を用いる燃料電池の試作と評価, コンパクト型吸収冷凍機内不凝縮性ガス収集器の最適設計

エンジンシステムの超低公害化の限界究明, 排気触媒と燃料電池触媒の最適化解析, 超微粒子の時空間構造の光学的計測手法の確立

バイオマスによる燃料合成のCO₂解析, ハイブリッド化のための電圧バランス回路等, 周辺回路の検討

エンジンシステム・燃料電池・キャパシタ・電気モータ系, さらに排熱利用空調機システムを含むハイブリッドシステムのLCA評価法の検討

平成19年度

燃料電池正極, 負極電極特性の解析と電極特性の向上, プロトン伝導材料の設計と総括, 高耐久性・軽量型水素貯蔵材料の実用化開発

エネルギー変換機器から排出する有害成分の環境影響調査

ハイブリッドシステムにおけるキャパシタ特性評価

エンジンシステム用燃料と水素の製造過程における燃料サイクルの総合評価を行い, 最終的にエンジンシステム・燃料電池・キャパシタ・電気モータ系, さらに熱電変換と熱輸送技術を含む排熱利用空調機システムを包含する全ハイブリッドシステムのLCA評価を行う

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究装置の一覧

研究装置名	主な使用目的
エネルギー変換システム動力解析装置	変換システムの動力解析を行う
排気ガス分析装置	エンジンの排気ガスの分析を行う
PMA-11 マルチチャンネル検出器	スペクトル分析を行う
デジタルCCDカメラ	ディーゼル噴霧や燃焼の可視化に用いる
2次元レーザードップラー流速計	2次元速度分布計測を行う
2次元PIV装置	流れ場の2次元速度ベクトルの計測を行う
高速運動解析システム	高速運動を解析する
温度場計測計	流れ場の温度を計測する
LD励起 Nd-YAG レーザ	流れ場の可視化の光源に用いる
3次元ステレオPIVシステム	流れ場の3次元速度ベクトルの計測を行う
非接触温度計測評価システム	変換デバイス内の流速と温度分布の測定を行う
微粒子計測システム	微粒子の挙動計測

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

研究設備の一覧

研究設備名	主な使用目的
ナノパーティクルサイザー	排気ガス中の微粒子のリアルタイム分析
ディーゼル機関性能計測装置	ディーゼル機関の運転性能試験を行う
ソーラー超臨界CO ₂ ランキンシステム	高効率ランキンシステムの研究を行う
高性能データアキュイジションシステム	電磁流体の電磁気特性の計測を行う
ELDC エネルギー貯蔵システム	キャパシタ制御のためのエネルギー貯蔵を行う
高性能電気化学測定装置	プロトン伝導体の伝導性の計測を行う
顕微レーザーラマン分光装置	プロトン伝導体まわりの局所構造分析を行う
複合固体電解質動的構造解析システム	固体電解質材料の構造解析を行う

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

エネルギー変換研究センター(研究拠点)

地下1階,地上3階 (延べ床面積2500平米)

2004.4 エネルギー変換研究センター 完成



同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

エネルギー変換研究センター



正面



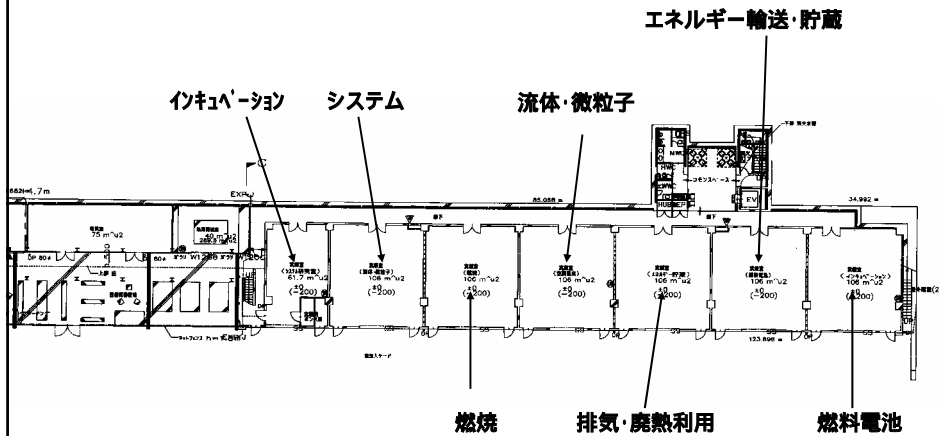
側面



全体像

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

エネルギー変換研究センター 実験室



同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

エネルギー変換研究センター の概要

地下1階&1階：

- ・インキュベーションラボ
- ・コージェネレーションシステムラボ
- ・エンジン燃焼解析ラボ
- ・反応性流体解析ラボ & 微粒子ラボ
- ・熱移動解析ラボ & 流動解析ラボ
- ・エネルギー輸送解析ラボ & エネルギー貯蔵解析ラボ
- ・燃料電池解析ラボ
- (外部:熱源機械室)

2階：大学院生用共同研究室8室 & 解析室2室

3階：研究者用個人研究室14室
PMルーム (Project Management Room)
RDルーム (Research Discussion Room)
会議室2室

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

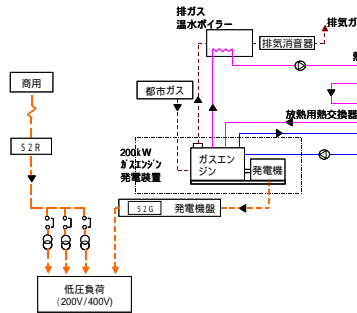
ガスエンジンコージェネとCO₂ヒートポンプのハイブリッドシステム

最適化システム研究を行う
施設内の電機供給と空調管理

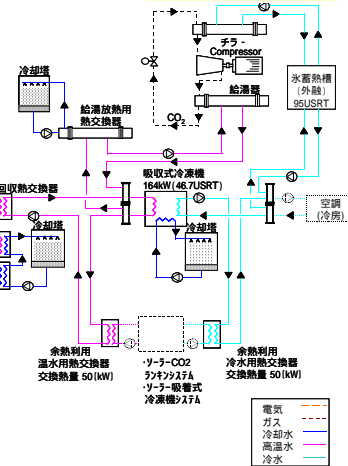
コージェネレーションシステム

・燃料にCO₂やNO_xの発生量が少なく、SO_xもほとんど発生しないクリーンなエネルギーである天然ガスを使用したガスエンジンコージェネレーションシステムを採用する。
・ガスエンジンの排熱(冷却水及び排ガス)から高温水を回収し、エネルギー変換システム研究センターの空調に利用することによりエネルギーの有効利用を行う。

ガスエンジンコージェネレーションシステム



CO₂ヒートポンプシステム



同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

共同研究内容の一部の紹介

・コージェネレーションシステム研究(千田M・千田J・藤本・山口・稲岡)

・エンジンシステムの噴霧・燃焼研究(千田J・藤本)

- * 燃料設計手法による高効率・低エミッション燃焼法
- * 含酸素燃料によるSoot Free燃焼法
- * バイオディーゼル燃料に関する基礎研究
- * 直接噴射式水素ディーゼル機関の基礎研究

・排熱回収・熱電変換研究(稲岡・千田M)

・乱流燃焼過程のモデル解析研究(水島・千田J)

・排気触媒内部流動解析(平田・舟木)

・微粒子物性の評価・計測システムの構築(高野)

・高効率燃料電池の研究(稲葉)

・水素吸蔵材料の開発と電気化学触媒に関する研究(伊藤・盛満)

・電磁流体熱輸送とソーラー超臨界CO₂タンク(山口)

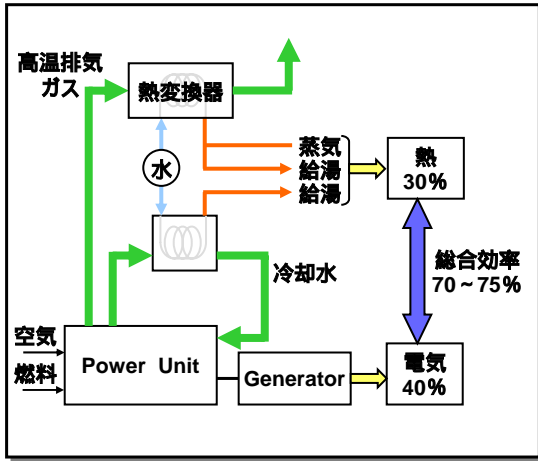
・固体電解質材料の高プロトン伝導機構の量子化学シミュレーション(白川)

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

コージェネレーションシステムの現状

地域分散型エネルギーネットワークとして地域内・建物内の熱電併給

< Mono-Gen Co-Gen へ さらに Tri-Gen へ >



Power Unit

Engine System

- ガスタービン
 - 再生サイクル型 ~40%
 - セラミック型 ~42%
- ガスエンジン
 - 現状 40~42%
 - セラミックエンジンで ~50% 開発中
- ディーゼルエンジン
 - 効率 47%級 開発中

燃料電池

- 固体高分子型 (PEFC)
- 固体電解質型 (SOFC)
- ⋮

同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

コージェネレーションシステム研究

ガスエンジン + CO₂ ヒートポンプ + [ソーラー CO₂ ランキン] コンバインドシステムの熱電マネジメント

エンジン排熱回収技術の開発 → [電気エネルギーへの変換]

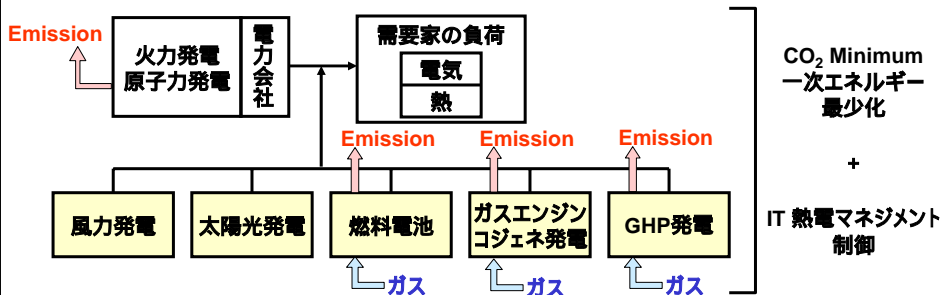
- ・排熱駆動ランキンコンバインド [種々の複合システムが考えられる]
- ・排熱駆動マイクロガスタービン [種々の複合システムが考えられる]
- ・排熱駆動燃料電池
- ・ターボコンバインド
- ・冷熱回収式ハイブリッドアンモニア吸収冷凍機システム

新規な熱電変換システム

電磁流体エネルギー輸送システム

磁性流体沸騰二相流システム

将来的には、エネルギーの Best Mix による最適熱電マネジメント



同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

CO₂ヒートポンプとコージェネレーションの連携による研究テーマ

冷負荷に対する大温度差空調システム

CO₂ヒートポンプの氷蓄熱よりの5 冷水とコージェネの吸収式の7 の冷水をミキシングし、空調負荷に対して低温化し、大温度差にて空調を行なう。

大温度差空調のメリットは、空気側と水側で搬送量を低減できるためファンやポンプの搬送動力(ランニングコスト)を低減できる。

一般データによると大温度差空調では数%のランニングコスト低減がはかれる。

また搬送量を低減できることにより、設計段階で大温度差空調を前提に行なうとエアダクトや配水管のサイズダウンや空調器の小型化が行なえる。

研究テーマとしては、このランニングコストについて通常時と大温度差空調時で運転確認を行ないメリットの検証を行なう。

CO₂HPとコージェネレーションの温排熱ハイブリッドシステム

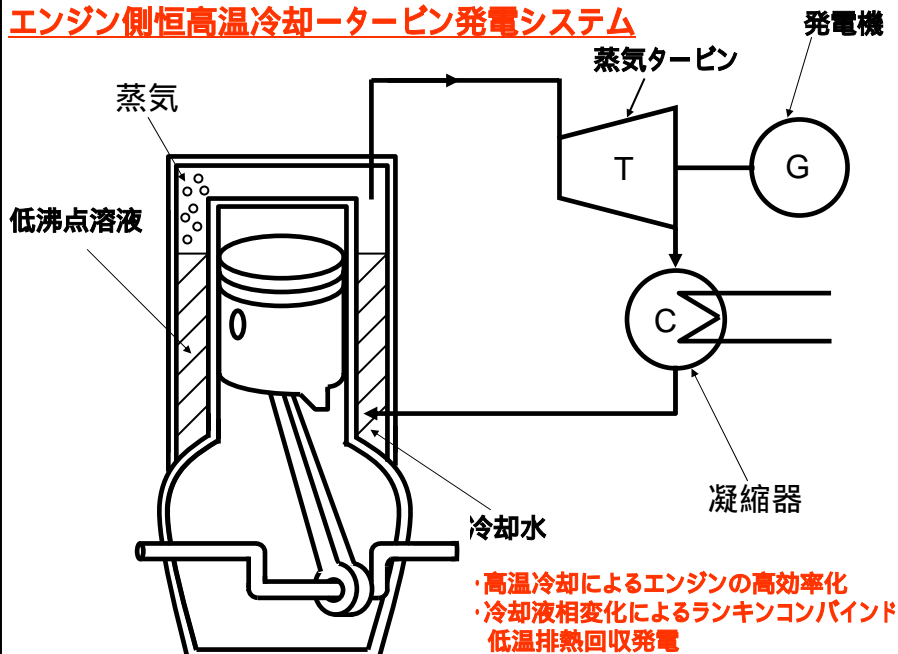
コージェネレーションの吸収式熱媒にはガスエンジン排熱とCO₂ヒートポンプの給湯熱源(90)がリンクされ、どちらかの温排熱でも利用できる。

このため、コージェネレーションの温排熱が少なくても、CO₂ヒートポンプの温排熱により吸収式からの冷水取り出しが可能になる。

研究テーマとしては、温排熱の有効利用が図れ、トータルでの熱利用がupするという検証を行なう。

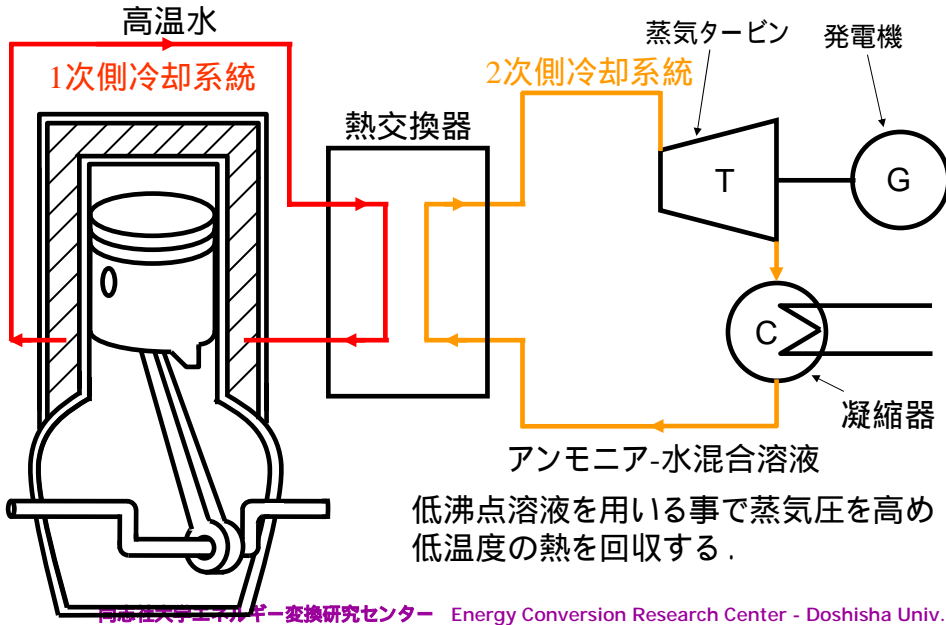
同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

エンジン側恒高温冷却タービン発電システム



同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

1次側でジェット水加圧により高温冷却
を行ない、エンジンの効率を上げる



ソーラー超臨界CO₂ランキンユニット

