

エネルギー変換フロンティアの研究概要と目標

同志社大学 工学研究科
千田 二郎

本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」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。また、研究拠点として、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個の研究ラボを擁する「エネルギー変換研究センター」（光喜館）が2004年3月に竣工した。

本研究プロジェクトは、電気、機械、化学、環境系の本学研究者が一拠点に集結し、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ことに特徴がある。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新規のシステム研究も行っている。さらに、次世代型のエネルギー変換システムとして「ソーラーCO₂ランキンシステム」をパイロットプラントとして配備し、研究センターそのものが大型の実験設備であることが2点目の特徴である。

本稿では、このプロジェクト研究の目的、施設概要ならびに研究概要とその目標について解説するとともに、上記のセンター内の大型エネルギー変換システムの概要についても紹介する。

エネルギー変換フロンティアの 研究概要と目標

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」
- 共同研究テーマの紹介
- 大型共同研究施設の紹介

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.

Academic Cooperative Research Project Supported by
the Ministry of Education

■「Next Generation Zero-Emission Energy Conversion System at Doshisha University」(2003-2007)

Research Facilities

Energy Conversion Research Center (Building)

200kW Gas Engine Co-Generation System coupled with CO2
Heat Pump System

Several Optical Measuring Instruments

Research Staff

Doshisha University → 15(14)Professors (Electrical, Mechanical,
Chemical Engineering)

Outside → 18 Organization = 20 researchers
(including England, USA, China)

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

Background of the Project

- 1. Durable and Renewable Energy Resources**
→ Solar Energy (Solar Battery), Biomass
- 2. Optimum Energy Conversion System in Transportation**
→ Fuel Cell or Engine Systems ?
- 3. Optimum Energy Conversion Process in Power Supply System** → Local Energy Network with Co-Generation?

Key Issues in the Project

- 1. Engine Systems with high energy density and high power density** → High Efficiency and Lower Emission
- 2. Fuel Cell with zero emission in operation**
→ High Efficiency and Durability , H2 Storage System
- 3. Electric Power Generation by Solar , and Capacitor**
- 4. Effective Energy Usage and Storage System**

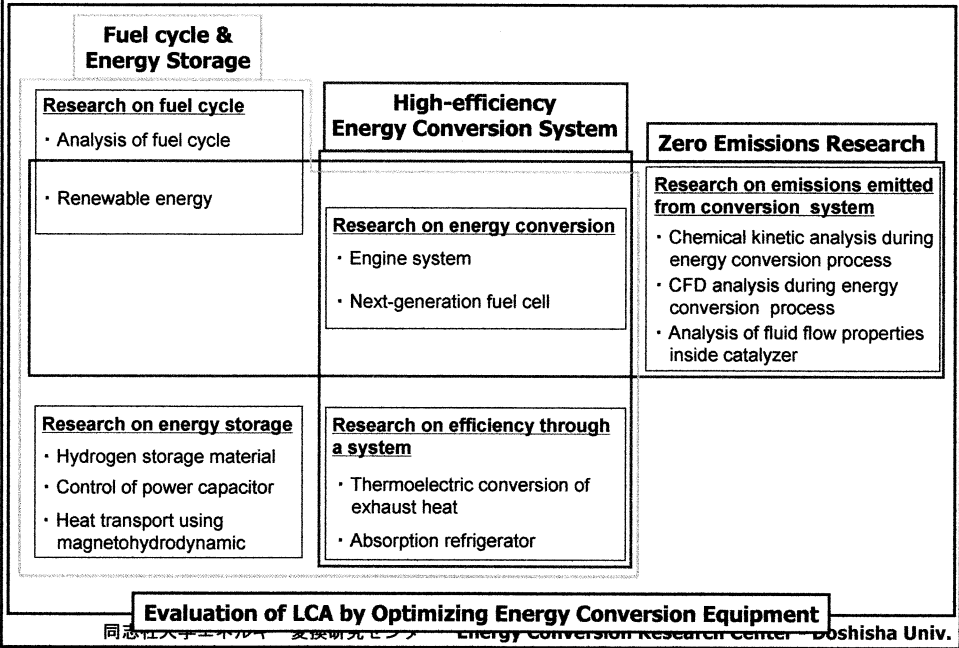
同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

Research Contents of the Project

- 1. High Efficiency Energy Conversion System**
Engine Systems(Diesel, H2, CNG), Solar Cell
Fuel Cell, Heat Pump etc and Co-Generation
- 2. Zero – Emission Analysis**
Chemical Reaction Kinetic Analysis,
Measurements of Emitted Gases and Nano Particles
- 3. Fuel Cycle (LCA – Well to Tank) and Energy Storage System**
Optimum Fuel Cycle Analysis for Minimum CO2
Next Generation H2 Storage Materials
Power and Heat Storage by Capacitor and Magnetic Fluid
- 4. Optimum Life Cycle Analysis (LCA) in Energy Conversion Systems**
Effective Power and Heat Management System

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

Flowchart of Research Project



年度別の研究内容 — その1

平成15年度

- ① 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
- ② 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
- ③ 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
- ④ 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

- ① 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
- ② 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
- ③ 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
- ④ 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

- ① 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
- ② 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
- ③ 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
- ④ 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

- ① 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
- ② 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
- ③ 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
- ④ 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

- ① 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
- ② 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
- ③ ハイブリッドシステムにおけるキャパシタ特性評価
- ④ 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.

研究組織 学内研究者 14名(2004年度)

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(2004年度)

	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
	米国ウィ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.

Energy Conversion Research Center (BF, 1 ~ 3 F, 2500m²)



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

BF and 1F → 10 Research labos. In 7 Experimental Rooms

• **Incubation Labo.**

- **Co-Generation System Labo.**

• **Engine Combustion Analysis Labo.**

-Reacting Fluid Analysis Labo. and Nano-Particle Labo.

Heat Transfer Analysis Labo. and Fluid Mechanics Labo.

• **Energy Transportation Analysis Labo.**

and Energy Storage Analysis Labo.

- Fuel Cell Analysis labo.

**2F → Research Rooms for Graduate Students
and 2 Analysis Rooms**

3F → 14 Researchers Rooms and 2 Discussion Rooms

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

Energy Transportation and Energy Storage

Co-Generation System

Incubation

Reacting Fluid and Nano-Particle

Heat Transfer and Fluid Mechanics

Engine Combustion

Fuel Cell

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

Energy Transportation and Energy Storage

Co-Generation System

Incubation

Reacting Fluid and Nano-Particle

Heat Transfer and Fluid Mechanics

Engine Combustion

Fuel Cell

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

研究テーマの紹介ー1

<燃焼研究分野>

千田J — 燃料設計手法による高効率・低エミッション燃焼法の提案研究
千田J・藤本 — 含酸素燃料によるスートフリーディーゼル機関の解析的研究
千田J・藤本 — 直接噴射・自着火型水素ディーゼル機関の基礎的研究
千田J — バイオディーゼル機関の基礎的研究
水島・千田J — 非定常噴霧構造の数値解析的研究
水島 — 燃焼流における渦と化学反応の相互作用

<システム研究分野>

千田J・千田M — ガスエンジンコージェネレーションの排熱利用熱電変換システム研究
千田M — コージェネレーションシステムの熱工学的解析
山口 — 超臨界CO₂を用いた太陽熱発電利用システムの特性評価
稲岡 — 高効率エンジン排熱回収・熱電変換システムの開発
鈴木(学外共同研究者) — 吸収式冷凍機内の不凝縮性ガスの拡散制御

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

研究テーマの紹介ー2

<特殊流体・流体研究分野>

山口 — 電磁流体によるエネルギー輸送システム研究
平田・舟木 — エンジン排気触媒内部の流動解析研究
平田・舟木 — 燃料電池内部のガス拡散解析研究

<微粒子研究分野>

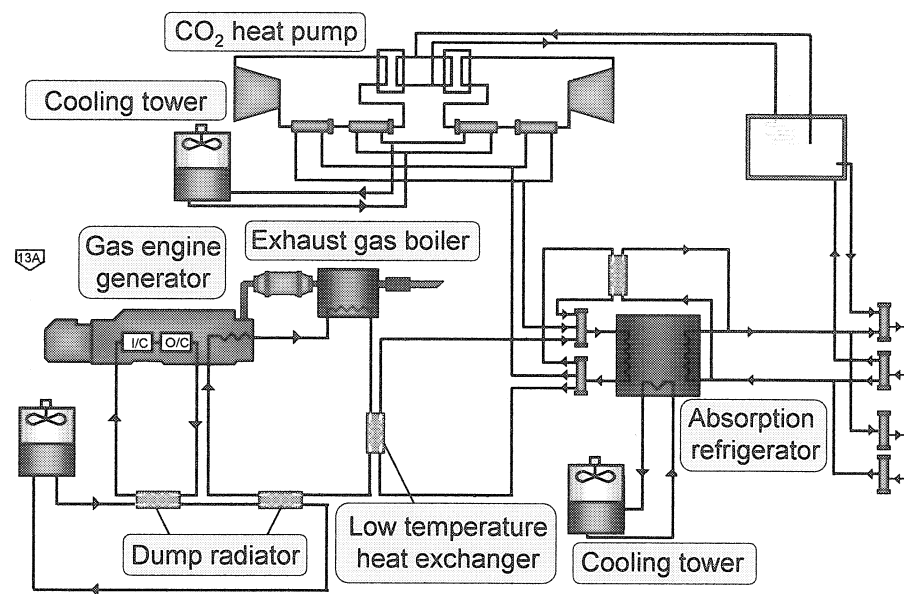
高野 — 微粒子の動力学挙動と時空間構造の解析研究
高野 — 微粒子物性の評価・計測システムの開発研究
白川 — 粉体工学技術を利用した触媒複合型水素吸蔵合金の開発

<燃料電池・水素・電気化学研究分野>

稲葉 — 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
白川 — 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
伊藤靖彦 — エネルギー変換に関わるプロセスと材料への溶融塩電気化学プロセスの応用
盛満 — 電気化学触媒の開発

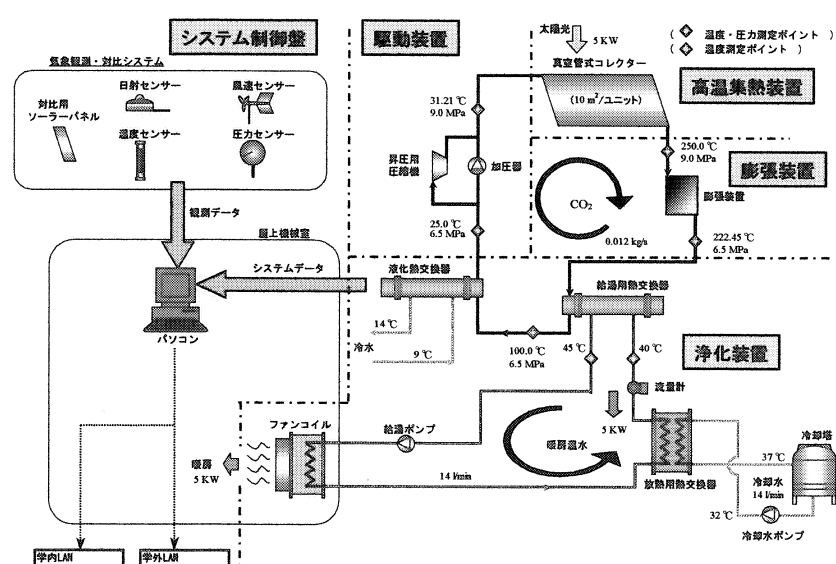
同志社大学エネルギー変換研究センター Energy Conversion Research Center - Doshisha Univ.

Hybrid Co-Generation System in the Center



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

Super Critical CO2 Rankin Cycle by Solar Heating



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

