

# 高度総合工学創造実験

## 平成28年度 実施報告書

平成 28 年 11 月 18 日

国立大学法人名古屋大学大学院工学研究科  
創造工学センター



# 受講生 TA 募集!

## 平成28年度のプロジェクトテーマ

- A: 燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか?  
- その普及の課題を検証する 日本特殊陶業(株) 伊藤正也
- B: デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか (株)デンソー 伊藤義人
- C: (仮) 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント (株)日建設計シビル 田中尚人
- D: 高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法 (概念設計~実験計画立案・実施~検証まで) 元・(株)クボタ 土田二郎
- E: 地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる 新日鐵住金(株) 西 隆之
- F: テキストデータからの知識抽出 NTTコミュニケーション科学基礎研究所 平尾 努
- G: 電力・熱エネルギーシステムの実際 (ヒートポンプによる省エネルギー) 中部電力(株) 渡邊激雄

## 大学院総合工学科目

# 高度総合工学創造実験

### 企業の研究開発の楽しさと凄さを実感!

- 企業の技術者による指導
- 課題の発見から始まる実験
- 専攻を越えたチーム作り
- ビジネスマネジメント体験

- 募集締切：  
平成28年4月8日(金)12:00必着
- TA説明会：  
平成28年4月8日(金)13:30~  
(創造工学センター)
- テーマ説明とチーム編成：  
平成28年4月13日(水)13:00~  
16:30(予定)  
(IB大講義室→創造工学センター)  
TA・受講希望者は必ず出席のこと

- 開講期間：  
平成28年4月20日~7月20日  
原則として水曜午後  
全60時間
- 成果発表会：  
8月3日(水)
- 募集定員：各テーマ6名  
(受講生)
- 対象：名古屋大学大学院工学研究科及び単位互換制度のある大学、研究科の大学院博士課程前期課程学生、名古屋大学工学部4年生
- 単位：総合工学科目「高度総合工学創造実験」3単位(工学部学生は大学院工学研究科進学後、同単位を認定)

### (TA)

- 対象：大学院博士課程前期課程学生、原則として当実験を履修した前期課程学生
- 単位：総合工学科目「実験指導体験学習1」1単位(工学研究科博士課程後期課程学生)

申込み・問合せ先

名古屋大学大学院.工学研究科・

教務課(052-789-3978) or

創造工学センター(052-789-3788)

E-mail: [frontdesk@cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp](mailto:frontdesk@cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp)

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

<http://www.cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp/index.html>





## 平成28年度 高度総合工学創造実験受講生 募集要項

平成28年度名古屋大学工学研究科総合工学科目の「高度総合工学創造実験」が別紙のように開講されますので、受講生を募集いたします。

(1) 高度総合工学創造実験とは

- 異分野の受講生からなるチームによる、課題発見・計画立案・実行、及び成果発表
- 産業界における指導的技術者・研究者のもとでの自主的創造性実験

(2) 募集対象（受講生）

- 名古屋大学大学院工学研究科および単位互換制度のある大学、研究科の大学院博士課程前期課程学生、および名古屋大学工学部4年生

(3) 実施期間・時間・場所

- 開講期間：平成28年4月20日（水）～7月20日（水）（第1期のみ開講）
- 成果発表会：8月3日（水）
- 実験スケジュール：原則として水曜午後3、4、5限。それ以外の場合は各グループで調整します。
- 実施場所：創造工学センター（IB電子情報館北棟10階）又はDPの指定する場所

(4) 実験テーマ：受講申込書（次頁）を参照のこと。

(5) 募集人員：各テーマ 受講生4～6名

(6) 単位について

- 名古屋大学工学研究科受講生：総合工学科目「高度総合工学創造実験」3単位（工学部学生は大学院工学研究科進学後、同単位を認定）
- 他大学、他研究科受講生：所属研究科教務課にて確認のこと。

(7) 申込み、問合わせ先

名古屋大学工学研究科教務課入学試験係（内線3978）

創造工学センター（内線3788）

詳細、申込書は創造工学センターホームページでも入手できます。

<http://www.cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp/jikken/jikken.html>

(8) 募集締め切り：平成28年4月8日（金）12：00

(9) 開講までの主な日程：

- 4月6日（水）9：30～12：00 IB大講義室  
研究インターンシップ・高度総合工学創造実験ガイダンス  
研究インターンシップ及び高度総合工学創造実験についての概要説明
- 4月8日（金）12：00 募集締め切り
- 4月13日（水）13：00～16：30 IB大講義室・創造工学センター  
テーマ説明会：  
DPによるプロジェクト・テーマの説明，チーム編成，スケジュール調整  
受講希望者は必ず出席して下さい。
- 4月20日（水）13：00～ 開講

# 平成28年度高度総合工学創造実験の受講申込書

教務委員会委員長殿

平成28年度高度総合工学創造実験の受講を希望します。

氏名 ふりがな	学年 学生番号	(研究科)・専攻/学科 分野/コース, 研究室	内線番号(自宅または携帯) 電子メール・アドレス
国籍 ( )			

注意) 高度総合工学創造実験の連絡は主に電子メールで行われます。アドレスは、わかりやすい字ではっきりと書いてください。外国籍の方はテーマによっては一部受講を制限される場合があります。

希望するテーマの希望順位を少なくとも3位まで記入してください。

希望順位	記号	プロジェクト・テーマ	Directing Professor
	A	燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか? - その普及の課題を検証する	日本特殊陶業(株) 伊藤正也
	B	デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか	(株)デンソー 伊藤義人
	C	(仮) 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備 マネジメント	(株)日建設計シビル 田中尚人
	D	高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト 設計法 (概念設計~実験計画立案・実施~検証まで)	元・(株)クボタ 土田二郎
	E	地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物で ミドリムシを育てる	新日鐵住金(株) 西 隆之
	F	テキストデータからの知識抽出	NTTコミュニケーション 科学基礎研究所 平尾 努
	G	電力・熱エネルギーシステムの実際 (ヒートポンプによる省エネルギー)	中部電力(株) 渡邊激雄

希望の動機・抱負などを記入してください。


※ 特定のテーマの希望者が6名を超えた場合や同一専攻の学生のみとなった場合はチーム編成の参考にすることがあります。

切り取り線

## 平成28年度 高度総合工学創造実験 T A 募集要項

平成28年度工学研究科総合工学科目の「高度総合工学創造実験」が別紙のように開講されますので、Teaching Assistant (T A) を募集いたします。

### (1) 高度総合工学創造実験とは

- 異分野の受講生からなるチームによる、課題発見・計画立案・実行、及び成果発表
- 産業界における指導的技術者・研究者のもとでの自主的創造性実験

### (2) ティーチングアシスタント (T A) の役割

- 様々な専攻分野の受講生のプロジェクト・テーマや実験内容の理解の手助け
- 受講生の意見をまとめ、実験の目的・方法を明確にさせる (リーダーシップの発揮)
- D P と受講生のインターフェース (自分の専門に近いテーマを選んでください)
- 学外での活動にかかわる予約、支援職員との交渉、機材の調達などのマネージメント

### (3) メリット

- プロジェクト運営の模擬体験ができる。
- 企業人の指導により、ビジネス・マネジメントの経験ができる。
- 既定の T A 謝金が支払われる (60時間)
- 工学研究科博士課程後期課程学生には総合工学科目「実験指導体験学習1」1単位が与えられる。

### (4) 募集対象

- 大学院博士課程後期課程学生、または原則として当実験を履修した前期課程学生

### (5) 実施期間・時間・場所

- 開講期間：平成28年4月20日(水)～7月20日(水) (第1期のみ開講)
- 成果発表会：8月3日(水)
- 実験スケジュール：原則として水曜午後3, 4, 5限。それ以外の場合は各グループで調整します。
- 実施場所：創造工学センター (I B 電子情報館北棟10階) 又は D P の指定する場所

### (6) 実験テーマ：次ページを参照のこと。

### (7) 申込み、問合わせ先

工学研究科教務課入学試験係 (内線3978) または創造工学センター (内線3788)  
詳細、申込書は創造工学センターホームページでも入手できます。

<http://www.cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp/jikken/jikken.html>

### (8) 募集締め切り：平成28年4月8日(金) 12:00

### (9) 開講までの主な日程：

- 4月6日(水) 9:30～12:00 I B 大講義室  
研究インターンシップ・高度総合工学創造実験ガイダンス  
研究インターンシップ及び高度総合工学創造実験についての概要説明
- 4月8日(金) 12:00 募集締め切り
- 4月8日(金) 13:30～ T A 説明会： 於：創造工学センター  
職務内容・事務手続きについて
- 4月13日(水) 13:00～16:30 テーマ説明会 I B 大講義室・創造工学センター  
D P によるプロジェクト・テーマの説明、チーム編成、スケジュール調整  
受講希望者は必ず出席して下さい。
- 4月20日(水) 13:00～ 開講

プロジェクト・テーマ、Directing Professors および T A への希望

	プロジェクト・テーマ	Directing Professor	T A への希望
A	燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか？ - その普及の課題を検証する	日本特殊陶業(株) 伊藤正也	実験（水素関連・燃料電池・改質触媒などに関連）を行う場合は相談にのってもらいたい。
B	デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか	(株) デンソー 伊藤義人	明るく、フットワーク軽く行動する人。 (学科不問。DでもMでも可。)
C	(仮) 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント	(株)日建設計シビル 田中尚人	講義の準備、サポート（資料用意、プロジェクター準備、その他備品手配）とプロジェクト推進のアシスト（データ収集など）
D	高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法（概念設計～実験計画立案・実施～検証まで）	元・(株)クボタ 土田二郎	博士課程後期課程の学生さんをお願いできればと考えています。
E	地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる	新日鐵住金(株) 西 隆之	T A に相応しく指導助手ができること。ドクターコース学生相当が是非とも望ましい。
F	テキストデータからの知識抽出	N T T コミュニケーション科学基礎研究所 平尾 努	高度ではなくともプログラミング経験を有すること。
G	電力・熱エネルギーシステムの実際（ヒートポンプによる省エネルギー）	中部電力(株) 渡邊激雄	中間報告会と発表会に確実に出席できる方。

----- 切り取り線 -----

平成 28 年度高度総合工学創造実験 T A 申込書

教務委員会委員長殿

平成 28 年度高度総合工学創造実験 T A を希望します。

氏名	学年	(研究科) 専攻	内線番号 (自宅または携帯)
ふりがな	学生番号	分野, 研究室	電子メール・アドレス
国籍 ( )			
	希望テーマ		D P
第 1 希望			
第 2 希望			

注意) 高度総合工学創造実験の連絡は主に電子メールで行われます。アドレスは、わかりやすい字ではっきりと書いてください。外国籍の方はテーマによっては一部受講を制限される場合があります。

## 平成28年度プロジェクト・テーマおよび概要

記号	プロジェクト・テーマ	Directing Professor
A	燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか？ - その普及の課題を検証する	日本特殊陶業（株） 伊藤正也
	<p>2014年12月にトヨタ自動車が燃料電池自動車 MIRAI を発売しました。今年3月にホンダも燃料電池自動車クラリティ・フューエル・セルを発売する計画です。地球温暖化が進む中、水素社会構築は人類にとって重要な課題の一つと考えられています。</p> <p>本講義では、水素社会とは何か・水素社会の意義について、グループディスカッションを通じて学びます。また、燃料電池自動車普及のために重要な燃料インフラや車両価格などについて具体的な課題は何かについてまとめ、更に課題解決のための方策について提案します。</p>	
B	デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか	(株)デンソー 伊藤 義人
	<p>当実験は、工学を学ぶ学生にデザイン手法・デザイン思考を指導することで、アイデアの出し方、もの創りの発想にどのような変化・好結果をもたらすかを、実践を通して検証します。実験は、デザイナーが行う企画提案プロセス（下記）をベースに進め、最終的には、デザイン・エンジニアリングの両面から検証された新しい商品の提案としてまとめます。</p> <p>企画提案プロセス：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 課題発見                   :    テーマ設定及び潜在ニーズ・ウォンツの探索</li> <li>(2) 商品企画                   :    ユーザ視点の商品案・サービス案の創出と可視化</li> <li>(3) アイデア展開           :    仮説の創出と検証（スクラップアンドビルド）</li> <li>(4) 提案                        :    要点が魅力的に伝わるプレゼンテーションの創出</li> </ul>	
C	(仮) 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント	(株)日建設計シビル 田中尚人
	<p>いま世界では、魅力ある都市を目指し、都市間競争が激しくなっています。特に、新興国においては急激な人口増加、交通渋滞、上下水道整備、物流のサプライチェーンなどの解決すべき課題が指摘されており、そのために、環境負荷が少なく、かつ優れた人材や企業が集積するための工夫が都市に求められてきています。</p> <p>今回の実験では、新興国における都市インフラ整備とそのマネジメント方法について、対象都市を決め、計画と運用方法の両面から考察します。</p> <p>具体的には、人口、面積、土地利用、交通、経済、社会、環境などに関する都市データ、都市ランキングなどを調査分析し、日本企業や外国の先端技術、スマート技術を対象土地に適用した場合の費用対効果を検討します。【最初の2回の講義及び水曜日午後実施が必須な講義以外は、集中講義または週末開催もあります】</p>	
D	高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法 (概念設計～実験計画立案・実施～検証まで)	元・(株)クボタ 土田二郎
	<p>人々の幸福に貢献する（名古屋大学の学術憲章から）創造物を具現化する行為は、工学の基本的な考え方である。本テーマの内容は①多くのアイデアを提案し、②その中から概念をまとめ、③それに基づく多くの要因を捻出して実験計画を立案、④実験結果からシステムのロバスト設計を行うこと、で提案の具現化を体験することである。この流れは企業研究の基本となる。上記した、概念をまとめる手段、及びその概念を具現化するための統計解析を活用した実験計画を立案・実施し、技術課題を達成するシステム設計を行うことを経験することは、大学や企業で自分自身のアイデアを具現化する有効な手段と考える。</p> <p>近年、技術分野の多様化・情報収集力・処理力が急激に進み、以前と比較すると飛躍的に複雑機能を発揮するシステムが実現化されている。今回の「創造実験」受講で、自分自身のアイデアを具現化する難しさ・楽しさを体験してもらい、これからの研究に役立ててもらえることを期待する。</p>	

記号	プロジェクト・テーマ	Directing Professor
E	地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる	新日鐵住金（株） 西 隆之
<p>現代文明の基盤である鉄鋼材料を創り出す鉄鋼業は、鉱物資源や地球環境問題に関わりの深い産業である。その副生成物である鋼滓（スラグ）は、Fe、Ca、Siといった元素以外に、資源枯渇が懸念されるP(りん)も含まれる。スラグが水と共存した場合、植物の育成に必要なFe<sup>2+</sup>やりん酸イオンを供給するので、その高度な利用が注目されている。本テーマでは、鉄鋼業と鉱物資源や地球環境問題との関わりを学び、その副生成物であるスラグの新たな資源化方法として、身近な微細藻類であるミドリムシ育成への応用を取り上げる。微細藻類は、地球のエネルギー・物質収支に大きな役割を果たしていることが知られている。「スラグでミドリムシを育てる」方法について、自由な議論を行い、自らの発想に基づいた実験を試みる。この課題を議論し考える過程で、現代文明が直面している地球環境問題について多角的な視点を涵養したい。</p>		
F	テキストデータからの知識抽出	NTTコミュニケーション科学基礎研究所 平尾 努
<p>インターネットの発達により、我々は多種多様なデータに容易にアクセスできるようになりました。我々にとって最も身近なデータはテキストデータであり、インターネット上にはいわゆるCGM (Consumer Generated Media) や Wikipedia などテキストデータが溢れています。こうした大量のテキストデータから必要とされる知識を抽出し、人々の意思決定に活かすことは重要な研究課題です。本プロジェクトでは、自然言語処理技術、統計解析技術、テキストデータの収集や前処理技術の学習、実習をとおしてテキストデータからの知識抽出技術を学び、最終的には実社会で役立つアプリケーションの構築を目標とします。なお、受講者にはプログラミングの経験があることを望みます。</p>		
G	電力・熱エネルギーシステムの実際（ヒートポンプによる省エネルギー）	中部電力（株） 渡邊 激雄
<p>本テーマでは、電力や熱エネルギーを供給する最新の機器やシステムが設置されて稼働している施設（発電所、工場、地域熱供給施設など）に赴き、現地で専門家の解説を聞くとともに、大学内でも実験とシミュレーションを行うことにより、真のエネルギー効率とは何か、最適なエネルギーシステムとは何か、環境に調和した次世代のエネルギーシステムはどうあるべきかについて考える。投入エネルギーの何倍もの熱を汲み上げることのできるヒートポンプは、CO<sub>2</sub>排出量の削減、1次エネルギー消費量の削減、ならびに、再生可能エネルギー使用量の増加を促すためのキーテクノロジーとして、国内外で大きな注目を集めている。このため、ヒートポンプに関連した実験とシミュレーションを行う。最後に、省エネルギーを推進するための提言を行う。</p>		



- 申込み、問い合わせ先  
工学研究科教務課入学試験係（内線 3 9 7 8）または創造工学センター（内線 3 7 8 8）  
創造工学センターホームページ：  
<http://www.cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp/jikken/jikken.html>  
メールアドレス：[frontdesk@cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp](mailto:frontdesk@cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp)
- 研究インターンシップ、高度総合工学創造実験ガイダンス：  
平成 2 8 年 4 月 6 日（水） 9：30～12：00 IB大講義室
- 募集締め切り：平成 2 8 年 4 月 8 日（金） 12：00 必着
- TA 説明会：（業務内容、事務手続きについて；TAのみ）  
平成 2 8 年 4 月 8 日（金） 13：30～14：30 於 創造工学センター
- テーマ説明会：  
平成 2 8 年 4 月 13 日（水） 13：00～16：30 IB大講義室、他  
会場： IB大講義室・IB101 講義室  
チーム編成、スケジュール調整を行います。受講生、TAとも必ず出席して下さい。



# 高度総合工学創造実験 発表会

日時： 平成 28 年 8 月 3 日 (水) 13:00~17:00 <公開>  
会場： ES 会議室・エントランス (ES 総合館 1 階)

## プログラム

< 発表会 (13:00~16:15) >

- 13:00 挨拶 工学研究科 上垣外正巳 大学院教育部会長  
工学研究科 酒井康彦 創造工学センター長  
司会 CP: 田中 雅
- 13:10 **A: 燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか? — その普及の課題を検証する!**  
~ 我々はFCVと走れるか ~  
DP: 伊藤正也 (日本特殊陶業(株)) TA: 植田格弥 (物質制御工学, D1)  
受講生: 大島正己 (化学生物工学, M1), 服部美月 (物質制御工学, M1),  
松井祐一郎 (物質制御工学, M1), 山田健太郎 (量子工学, M1),  
高瀬 駿 (結晶材料工学, M1), 當間郷史 (物理工学科, B4)
- 13:35 **B: デザイン手法はエンジニアのアイディーションにどのような影響を与えるか**  
~ 新しい「キッチンラップ」 ~  
DP: 伊藤義人 (株デンソー) TA: 市原大輔 (航空宇宙工学, D2)  
受講生: 五葉谷太一 (情報科学研究科・複雑系科学, M1), 天野春樹 (マテリアル理工学, M1),  
山田貴之 (マテリアル理工学, M1), 佐藤飛鳥 (電子情報システム, M1),  
箕浦誠人 (エネルギー理工学, M1)
- 14:00 **C: 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント**  
~ 人々の交流を深める、よりよい街づくりにおける魅力とは: 日進市を事例として ~  
DP: 田中尚人 (株日建設計シビル) TA: 赤星 怜 (社会基盤工学, M2)  
受講生: 土屋礼徳 (情報科学研究科・複雑系科学, M1), 小林泰輔 (社会基盤工学, M1),  
山田悠貴 (社会基盤工学, M1), 日比崇仁 (物理工学科, B4)
- 14:25 **D: 高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法 (概念設計~実験計画立案・実施~検証まで)**  
~ 高機能コーティング材料の開発 —シートで命を救え— ~  
DP: 土田二郎 (元・株クボタ) TA: 中埜 彰俊 (マテリアル理工学, D1)  
受講生: 里中遼太 (物質制御工学, M1), 地多玲子 (物質制御工学, M1),  
石田静馬 (量子工学, M1), 富田雄大 (電気電子・情報工学, B4)
- 14:50 ~ 休憩 ~
- 15:00 **E: 地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる**  
~ スラグを利用した効率的なミドリムシ育成プロセスの検討 ~  
DP: 西 隆之 (新日鐵住金(株)) TA: 鈴木飛鳥 (マテリアル理工学, D2)  
受講生: 堀場絵梨子 (化学生物工学, M1), 石黒雄也 (マテリアル理工学, M1),  
川出隼也 (マテリアル理工学, M1), 伊藤公一 (量子工学, M1)
- 15:25 **F: テキストデータからの知識抽出**  
~ 名大生の生活を見守るエージェント “Navigate U” の開発 ~  
DP: 平尾 努 (日本電信電話(株)) TA: 松山 諒平 (電子情報システム, M1)  
受講生: 胡 耀斌 (情報科学研究科・社会システム情報学, M1),  
李 セイ (情報科学研究科・社会システム情報学, M1),  
若林丈紘 (情報科学研究科・情報システム学, M1), 細川海人 (エネルギー理工学, M1)
- 15:50 **G: 電力・熱エネルギーシステムの実際 (ヒートポンプによる省エネルギー)**  
~ 低 GWP 冷媒を利用した高効率ヒートポンプのシミュレーション及び実装 ~  
DP: 渡邊淑雄 (中部電力(株)) TA: 池亀 透 (機械理工学, D1)  
受講生: 林 祐太 (エネルギー理工学, M1), 今川拓哉 (量子工学, M1),  
中島裕太 (量子工学, M1), 山本泰史 (量子工学, M1)
- 16:15 ~ 休憩 ~
- 16:25 < ポスター展示及び討論 (16:25~17:00) >
- 17:00 閉会





# 目 次

## 成果報告書

1. 伊藤正也 D P (日本特殊陶業) グループ	1
2. 伊藤義人 D P (デンソー) グループ	19
3. 田中尚人 D P (日建設計シビル) グループ	35
4. 土田二郎 D P (元・クボタ) グループ	49
5. 西 隆之 D P (新日鐵住金) グループ	71
6. 平尾 努 D P (日本電信電話) グループ	97
7. 渡邊激雄 D P (中部電力) グループ	111

受講生の声	133
-------	-----



1. 燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか  
-その普及の課題について検証する-

Directing Professor (DP) :

日本特殊陶業株式会社 伊藤 正也

我々はFCVと走れるか	3~18
Ⅰ. DP 報告書	3
Ⅱ. 成果報告書	7



**「燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか  
-その普及の課題について検証する-」 報告書  
～ 我々はFCVと走れるか ～**

## I. DP報告書

### ◆テーマの主旨

2014年12月にトヨタ自動車がMIRAIを、2016年3月にホンダがクラリティイー・フエセルを発売し、燃料電池自動車の普及が始まりました。地球温暖化が進む中、水素社会構築は人類にとって重要な課題の一つと考えられています。

本講義では、水素社会とは何か・水素社会の意義について学びます。また、燃料電池自動車普及のために重要な燃料インフラや車両価格などについて具体的な課題は何かについてまとめ、更に課題解決のための方策について提案します。化石燃料の枯渇に備えて、人類は何をするべきなのか？水素社会に備えるべきことは何かを一緒に考えたいと思います。

エネルギー資源に乏しい日本としてやるべきことは何かについて皆さんと一緒に考え議論し、何をすべきかについてまとめたいと思います。

### ◆課題

- ① 「水素社会」について理解を深めるために以下参考資料を読むこと。
  - ・水素エネルギー白書2014：NEDO
- ② 「水素社会」における燃料電池自動車の価値を議論し、「水素社会」構築における燃料電池自動車の役割をまとめること。
- ③ 燃料電池自動車の普及がもたらす社会の変化を予測すること。

## 1. メンバー

- DP： 伊藤 正也（日本特殊陶業株式会社）  
TA： 植田 格弥（物質制御工学専攻 D1）  
受講生： 大島 正己（化学・生物工学専攻 M1）  
高瀬 駿（結晶材料工学専攻 M1）  
服部 美月（物質制御工学専攻 M1）  
松井 祐一郎（物質制御工学専攻 M1）  
山田 健太郎（量子工学専攻 M1）  
當間 郷史（理工学科・応用物理コース B4）

## 2. 実験実施期間

実験：平成28年4月20日～ 7月20日（全13回）

発表：平成28年8月3日

### 3. サブテーマ

#### 我々はFCVと走れるか

### 4. 実験プロセス

以下に示す実験プロセスですすめた。

#### 1) 「水素社会」と「燃料電池自動車」についての理解

(1) 水素エネルギー白書2014を精読し、レポートを作成。

(2) 全員がレポートを発表

それぞれが考えた水素社会とは何か、その目的は何かなどについて議論を行った。結果として、地球温暖化・資源枯渇・日本の技術立国の継続など多面的な観点で、水素社会の重要性についてメンバーの理解が深まった。

また、水素社会は本当に来るのか？過去のLNG普及の事例について調査し勉強した。

(3) 水素社会構築における燃料電池自動車の必要性について議論

水素社会を語る前に、燃料電池自動車は二酸化炭素排出削減に寄与できるのか？という大きな疑問に直面し、電気自動車との比較検証も行った。

(4) 燃料電池自動車の普及の課題について検証

水素ステーションの普及と燃料電池自動車の価格がポイントであることはネット情報で得られることであるが、現実はどうなのか？

タイミングよく自動車技術会主催の「人とくるまのテクノロジー展」が開催されており、全員で見学し、生の声を聴く機会を設定した。

見学の具体的な目的を明確にするためグループで討議し、以下3点についてヒアリングすることとした。3チームで手分けしてヒアリングを実施した。

- ① 二次電池の情勢
- ② 燃料電池自動車のコスト
- ③ 自動車メーカーの考え方

また、水素価格、水素ステーション、電気自動車や電動バイク、大型車などについてもヒアリングを行った。また、各自レポート作成した。

ヒアリング実施後、メンバーの意見の共有化を行い、以下3点に集約した。

- ① 燃料電池自動車の普及にはそのコスト低減が重要であること
- ② 電池技術については、限界が見えており、全てが電気自動車になる可能性は低い
- ③ 電気自動車と燃料電池自動車は共存していくこと。

#### 2) サブテーマの決定

燃料電池自動車が「水素社会」構築のためのキーテクノロジー（キーアイテム）であることをグループ討議として共通認識として理解した。

燃料電池自動車は是非とも普及してほしいというエールを送る意味合いも込めてサブテ

マを「我々はFCVと走れるか」と決定した。

### 3) サブテーマ

#### 我々はFCVと走れるか

※以後燃料電池自動車=FCVと表現する。

(1) FCVと走れるかというテーマに対して、何を具体的に検討するのか

- ① ユーザー目線に立って考える
- ② FCVと電気自動車(EV)を具体的に比較することと棲み分けを考える
- ③ 時期感が大事であり、2030年の姿について考えること

(2) ユーザー目線で考えるということは、コストがポイントになる

燃料コストとFCVコストについて、検証した結果、2030年時点では、ハイブリッド車やEVにかなり近づくものの、まだ、追いつけない状況であることを予想。水素価格については、1,000円/kgの達成が見通せ、満タンで5,000円、走行距離500km以上が見込める。

FCV価格は、300~350万円に下がることを予想。

ガソリン価格動向は予測が難しいが、二酸化炭素税導入の動きや石油価格の長期的高騰を考慮すると、2030年には、FCVもある程度普及することが予想できる。

(3) FCVとEVの棲み分けは、長距離と近距離の点で、使い分けられることになるが、非常時の電力供給の点では、FCVがEVの2~3倍の容量がある点で、FCVにも分があることが予想された。

(4) 2030年の社会の姿(予想)

水素ステーション数は現在の10倍になり水素インフラは身近なものになり、FCVの普及は進むことが予想される。FCV普及の結果、燃料電池スタックの価格は大幅に下がり、様々な形でFCが世の中で利用されていることを予想した。その理由は以下である。

- ・ 内燃機関は排気ガスがクリーンでないため、用途は屋外に限られること
- ・ 高圧圧縮水素は、二次電池よりエネルギー密度が高く長時間連続して稼働できること

これは、新たな市場(ビジネス)の形成を意味するものであり、燃料電池を利用した新たな社会の実現が期待できる。

(5) 2030年以降に燃料電池を利用した新たな製品群について以下に予想した。

燃料電池船、燃料電池列車、燃料電池農業機器、燃料電池建設機器、燃料電池家電、燃料電池ロボット

### 4. まとめ

「燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか -その普及の課題について検証する-」というテーマで実験をスタートしたが、2016年現在では、燃料電池自動車が普及する

ことができるのか疑問な点も多い。水素ステーションの普及や水素価格、燃料電池自動車の価格がポイントであることはネット情報で得られることであるが、現実はどうなのか？

「人とくるまのテクノロジー展」の見学で、開発現場の技術者の「生の声」を聴くことにより、水素社会が単なる「夢」ではなく、少しずつ近づいている実感を持つことが出来たと考える。「生の声」を聴いて学生が感じたことは、「コスト」に集約できる。

ユーザー目線に立ってビジネスを考える場合、「便利」「環境にやさしい」だけでは売れない。「コストパフォーマンス」が重要である現実を実感できたと考える。

世界をリードする日本の自動車関連技術者に方々は、燃料電池自動車のコストは大幅に削減できると自信を持って語ってくれたことは事実であり、燃料電池自動車は必ず日本がリードして普及するものと信じたい。

燃料電池自動車が普及した時の社会を考えると、様々なビジネスが予想できる。

燃料電池スタック（100kW）が30万円程度まで下がるのであれば、究極は家電にも燃料電池が利用されることも予想できた。

「水素社会」は本当に実現できるの？といった声が多くあるが、技術課題や政策課題など多くの乗り越えるべきハードルを乗り越えられたら、夢のある社会が実現できるし、日本の将来も明るい。

今回受講していただいた学生には、環境・エネルギー関係の最先端の技術を研究し、日本の将来を背負ってもらいたいと考える。

## 参考文献

[1] NEDO, “水素エネルギー白書”, 2014. [http://www.nedo.go.jp/library/suiso ne hakusyo.html](http://www.nedo.go.jp/library/suiso%20ne%20hakusyo.html).

[2] 日本自動車研究所, “総合効率と GHG 排出の分析 報告書”, 2011年3月

<http://www.jari.or.jp/Portals/0/jhfc/data/report/2010/pdf/result.pdf>.



人とくるまのテクノロジー展見学、パシフィコ横浜

(2016年5月25日)



## II. 成果報告書 (TA 報告書)

燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか  
-その普及の課題を検証する-  
～我々はFCVと走れるか～

2016.08.03  
高度総合工学創造実験 最終報告

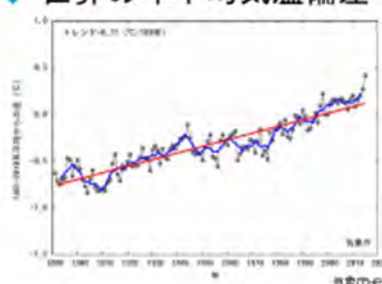
DP 伊藤 正也  
TA 植田 格弥  
メンバー 大島 正己 高瀬 駿 當間 郷史  
服部 美月 松井 祐一郎 山田 健太郎

### 水素社会構築の必要性

#### ◆ 世界のCO<sub>2</sub>排出量の見通し



#### ◆ 世界の年平均気温偏差

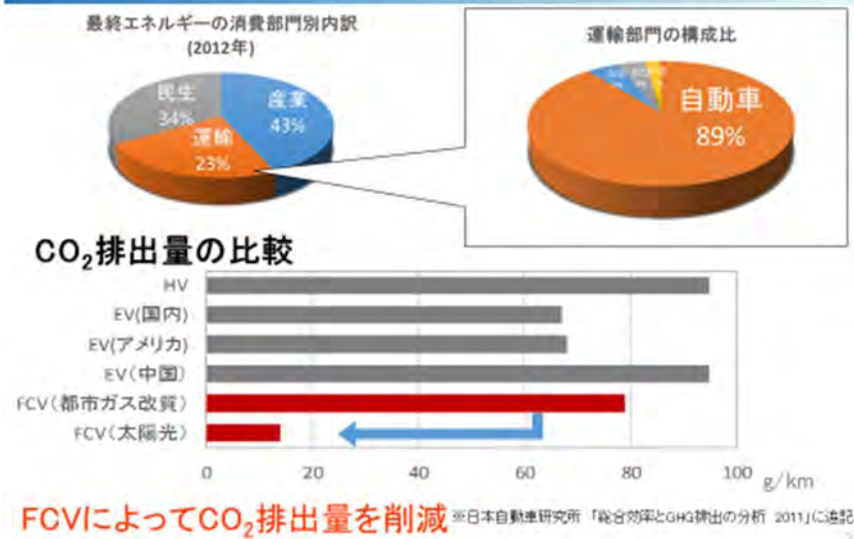


CO<sub>2</sub>排出量増加に伴う  
地球温暖化の進行

CO<sub>2</sub>削減を目指した  
水素社会の構築

近年、世界的に温室効果ガスである CO<sub>2</sub> の排出量は増加の一途を辿っており (左図)、地球温暖化が進行している。CO<sub>2</sub> 削減のために、水素を燃料とする社会の構築が必要とされている。

## CO<sub>2</sub>排出量



運輸部門から排出されるCO<sub>2</sub>のうち約9割は自動車から排出されている。FCVはハイブリッド自動車(HV)と比較して、CO<sub>2</sub>排出量は少ない。また、太陽光発電等の再生可能エネルギーにより水素を製造することで、大幅にCO<sub>2</sub>排出量を削減可能である。

## 水素社会の実現に向けて

燃料電池自動車(FCV)

家庭用燃料電池 (エネファーム)

- ✓CO<sub>2</sub>削減
- ✓エネルギーの貯蔵可能
- ✓日本の技術活用

水素ステーション

FCVは走行中に水しか排出しない究極のエコカーである。また、水素は貯蔵可能、製造・貯蔵の技術に日本の高度な技術を活用できるという利点がある。

## 本研究

- ✓FCVの普及に向けた各メーカーの動向調査 + 課題の抽出
- ✓FCVの普及の課題を克服できるか検証
- ✓FCVが発展した後の将来像を提案

5

FCVの普及に向けた現状把握・課題の抽出を行い、その課題を克服できるか検証した。さらに、FCVが発展した後の将来像を提案した。

## トヨタの取り組み



既にFCV「MIRAI」を販売しているトヨタ自動車は、2019年にFCVの量産型を販売する計画をしている。また、BMWはトヨタ自動車と提携し、2020年にFCVの完成を目指す。

## ホンダの取り組み



今後

2017年後半 CLARITYと同じ車体のEVとPHVを販売  
「顧客のライフスタイルに合わせて」

ホンダ技研工業は CLARITY を発売するだけでなく、水素ステーションや外部給電器の開発しており、「つくる」「つかう」「つながる」というコンセプトのもと、水素社会の実現を目指している。

## 日産の取り組み



EV「リーフ」を販売している日産自動車でも外部充電が可能な固体酸化物型燃料電池を搭載したFCVを2020年ごろに販売する予定である。



## 各自動車の比較

	HV (PRIUS)	FCV (MIRAI)	EV (LEAF)
価格/万円	243万円	724万円	294万円
走行距離/km	900 km	650 km	280 km
施設	ガソリンスタンド	水素ステーション	EV急速充電所
補給数	35,000	84	6,500
所費用	8000万	~5億円	2000万
時間	3分	3分	30分
燃料費	5 円/km	7.7 円/km	1~2 円/km

FCV は HC・EV と比較して本体価格および燃料費が高い。また、水素を補給する水素ステーションの数が不足している。

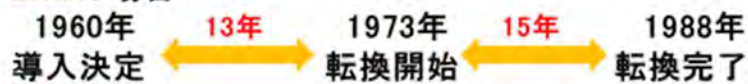
## 水素社会構築の課題

### 現在の課題

- ・水素インフラの未整備（全国100カ所未満）
- ・水素コスト（ガソリンの1.5倍程度（政治価格））
- ・FCV本体のコスト（HVの約3倍）

### インフラの転換には非常に時間がかかる

#### LNGの場合………

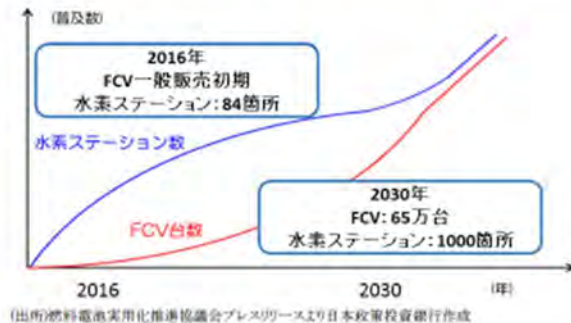


#### 水素の場合………



水素社会の構築に向けて、現状の多くの課題が山積しているが、液化天然ガス(LNG)導入の際にも普及までには30年近く要しており、水素の場合も同様に多くの時間を要すると考えられる。

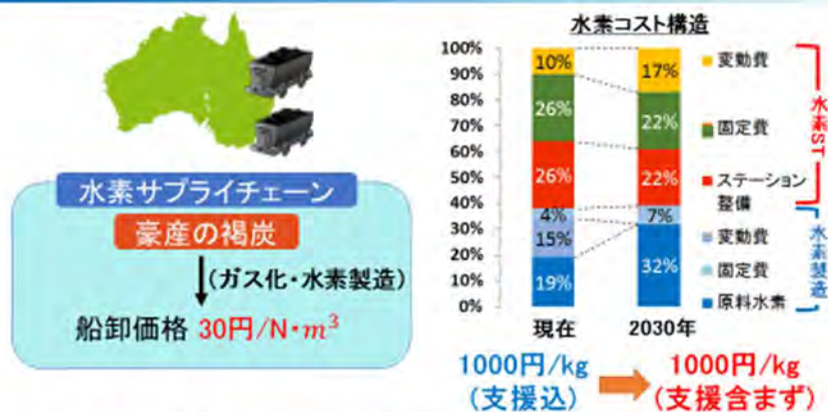
## 水素インフラ



水素ステーション整備を先行、FCV台数と共に普及  
2020年後半での事業の自立化を目指す

水素ステーションの数を増加させるためには、FCVの台数を増加させる必要がある。水素ステーションを先行整備し、FCV台数増加を促進させることで、2030年までに現状の10倍以上となる1000箇所まで増加する見込みである。

## 水素コスト



- ✓ 海上輸送が実現し、水素価格は安価になる。
- ✓ 将来的な化石燃料の高騰、CO<sub>2</sub>排出の規制強化が考えられる。

→ 水素利用の拡大

現状、水素コストには国からの支援が含まれているが、海上輸送が実現し、安価な海外の褐炭から水素を製造できれば、国からの支援なしで現状の価格を実現可能である。

## FCVコスト



**2030年には現行価格の半分に！**

FCVのうち、FCスタックが最も高価である。FCスタックは量産効果により現行価格の半分になると予想している。

## FCVとHVの比較 2030年

	HV	FCV	EV
価格/万円	243万円	300~350万円	280万円
走行距離/km	900 km	700(600)km	100(280)km
施設	ガソリンスタンド	水素ステーション	EV急速充電所
補給数	35,000	1000	6,500
補給所費用	8000万	2億円	~2000万
時間	3分	3分	30分
燃料費	5円/km	7.7円/km	1~2円/km

- ✓ FCVコスト→量産により低下(2030年65万台)
- ✓ 水素コスト→ガソリン並みに低下
- ✓ インフラ→2030年には現在の10倍

2030年には価格・燃料費はHV並みに低下し、水素ステーションの数も現在の10倍程度になる見込みである。

## FCVとEVの比較 2030年

	HV	FCV	EV
価格/万円	243万円	300~350万円	280万円
走行距離/km	900 km	700(600)km	400(280)km
施設	ガソリンスタンド	水素ステーション	EV急速充電所
補給数	34,000	1000	6,500
所費用	8000万	2億円	~2000万
時間	1分	3分	30分
燃料費	5円/km	7.7円/km	1~2円/km



EVと比較すると、価格・インフラ数では劣るものの、走行距離の長さおよび燃料補給時間の短さはFCVに分がある。

## FCVとEVの比較 (利用例)



- ✓長い航続距離を生かした走行
- ✓大容量の電力によるマルチな活用が可能

FCV と EV はそれぞれの特徴を生かしてライフスタイルに合わせた使い分けが可能である。

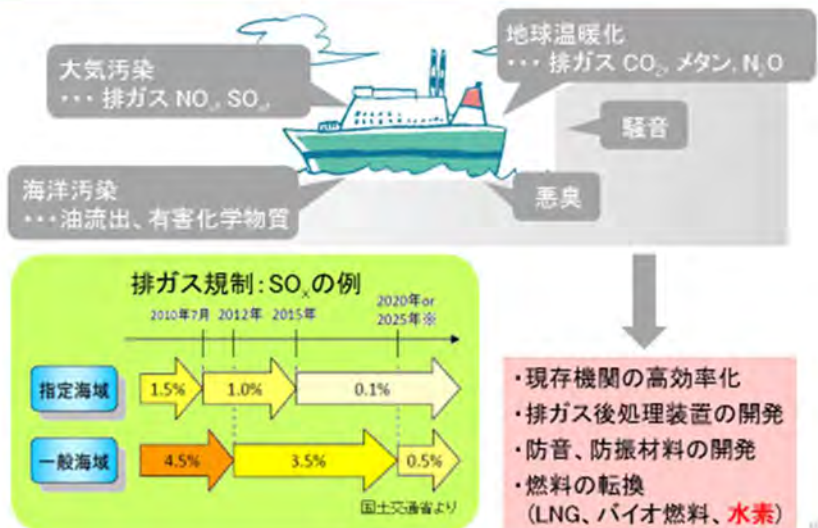


## 水素社会の将来像



燃料電池技術のコストが削減されることで、自動車以外の製品にも燃料電池技術が応用可能である。

## 燃料電池船



船舶から排出される排ガスによる大気汚染も問題視されており、近年排ガス規制も厳しくなりつつある。船舶の動力源をFCにすることで大気汚染問題も解消されるうえ、騒音低減にもつながる。

## 燃料電池船

### 燃料電池船(Fuel Cell Ship)

- ・排出物は水のみ、クリーン
- ・騒音低減が可能
- ・水素ステーションの設置場所が限定的

#### 日本

2015年、実証航行  
戸田建設などが開発  
約450 LのH<sub>2</sub>タンク、航行時間2h



#### オランダ



内陸水路を運航  
70 kWのPEM燃料電池を搭載

#### ドイツ

世界初の燃料電池潜水艦  
燃料電池・ディーゼルのハイブリッドシステム  
ノイズレベルを低減し潜伏



日本でも燃料電池船の実証試験は既に行われている。海外では遊覧船や潜水艦等に既に実用化されている。

## 燃料電池技術を生かせる製品例

**燃料電池フォークリフト**

**実装済**

- ・長い稼働時間
- ・作動時、CO<sub>2</sub>排出ゼロ
- ・短い充電時間
- ・バッテリースペースが不要

**燃料電池掃除ロボ**

出力：1200W  
タンク容量：12L

水素 500g  
↓  
8時間の連続運転

(ルンバの稼働時間は1時間)

**燃料電池運搬ロボ**

出力：800W  
積載重量：120kg  
タンク容量：10L

水素 400g  
↓  
8時間連続運転

※イメージ図

既にフォークリフトに燃料電池が動力源として使用されているが、掃除ロボットや運搬ロボにも燃料電池技術を用いることで長時間の稼働が可能である。

## 燃料電池技術を生かせる製品例

第三次排ガス規制 → 農業機器、建設機器における二酸化炭素の削減

- ・高い出力密度
- ・少ない騒音
- ・作動時、CO<sub>2</sub>排出ゼロ



自脱型コンバイン(20馬力)  
タンク容量 : 410L  
水素 16kg → 3日連続運転



ブルドーザー(79馬力)  
タンク容量 : 195L  
水素 8kg → 約3時間連続  
運転

また、コンバインやブルドーザー等の重機においても燃料電池技術を適用することで、排ガス・騒音低減および長時間連続運転が可能である。

## 水素社会の将来像



燃料電池を応用した社会の実現

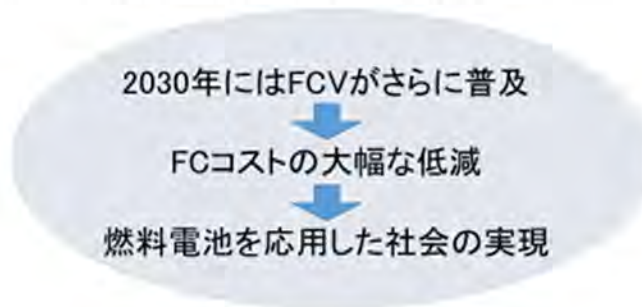
水素社会の実現により燃料電池技術を応用した新しい社会が到来する。

## 総括

---

### 現状の課題

- ✓ FCVコスト→量産により低下(2030年65万台)
- ✓ 水素コスト→ガソリン並みに低下
- ✓ インフラ→2030年には現在の10倍



本研究の総括である。

## 2. デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか

Directing Professor (DP) :

株式会社デンソー 伊藤 義人

デザイン視点を踏まえた、実践的な商品設計を体験する 「新しいキッチンラップ」	21～33
I. DP 報告書	21
II. 成果報告書	24





# 「デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか」 報告書

## ～ デザイン視点を踏まえた、実践的な商品設計を体験する ～

### I. DP報告書

#### ◆テーマの主旨

昨今、「デザインエンジニア」という肩書きも生まれ、従来分業されがちであったデザインとエンジニアリングを、同時に並行して進める商品開発手法が注目されるようになってきた。

当実験では、工学を学ぶ学生が「デザイン視点を踏まえた商品企画」や「デザイン開発に用いる手法」を体験することにより、エンジニアリングとデザインの両面で練り上げた創造性・市場性が高い商品を開発する能力を身に付けることを目的としている。

またその体験により、「参加した学生のアイデアや視点がどのように伸展したか。」「どんなデザイン手法が大きな影響を与えたのか。」を、アンケート・意見交換等で調査する。

#### ◆課題

高い専門性を求められるエンジニアは、その環境に慣れてしまうと専門分野以外の視野が徐々に狭まり、ユーザの視点を忘れがちになる傾向が見られる。また、専門技術にこだわるがゆえ、アイデアの幅を狭めてしまうこともしばしば見られる。さらに、「開発システムの大規模化」「開発の効率化」が、ますます視野を狭めることに拍車をかけている。しかし現在では、ハードウェア・ソフトウェア・サービス・販路等、様々な要素が満たされた商品が市場に受け入れられていることも忘れてはならない。

よって、エンジニアリングの要素が強い商品の開発では、エンジニアには専門性だけでなく、商品開発プロジェクト全体をリードできることが求められる。商品開発をリードする能力を持ったエンジニアとなるには、商品企画やデザイン、更には部品調達や生産技術の知識も必要とされる。

当実験では、商品企画・デザイン・技術の3つの視点を満たした商品開発に取り組むことにより、視野を広げ、創造性・柔軟性を上げ、技術者以外の商品開発プロジェクトメンバーとのコミュニケーションも円滑に出来るエンジニアの育成を目指している。

以上を踏まえ、当実験の課題を下記のように定めた。

- ① 工学系学生に対し、デザイン手法及びデザイン思考（以下、この両者を総してデザイン手法と記述する）を指導し、モノづくりを実践することで、着眼力・

創造性・思考の柔軟性を高める。

② 工学専攻者に対してどのようなデザイン手法が有効かを見出す。

## 1. メンバー

- DP： 伊藤 義人 (株式会社デンソー)  
TA： 市原 大輔 (航空宇宙工学専攻 D2)  
受講生： 五葉谷 太一 (情報科学研究科・複雑系科学専攻 M1)  
天野 春樹 (マテリアル理工学専攻・応用物理学分野 M1)  
山田 貴之 (マテリアル理工学専攻・材料工学分野 M1)  
佐藤 飛鳥 (電子情報システム専攻・情報通信工学分野 M1)  
箕浦 誠人 (エネルギー理工学専攻 M1)

## 2. 実験実施期間

実験：平成28年4月20日～7月27日(全14回)

発表：平成28年8月3日

## 3. サブテーマ

デザイン視点を踏まえた、実践的な商品設計を体験する  
「新しいキッチンラップ」

## 4. 実験プロセス

実施した商品設計手順

### 1) 課題発見

取組課題発掘とニーズ・ウォンツの探索。上記サブテーマ「新しいキッチンラップ」もこのプロセスで、受講生自らが決定した。

### 2) 商品企画

ユーザ視点の商品像の創出とその可視化。

### 3) アイデア展開

仮説の創出とプロトタイプによる検証を繰り返し、商品設計。

### 4) プレゼンテーション

相手に対し、分かり易く魅力的なプレゼンテーション手法。

また、実験と併行して行ったデザイン手法の講義・演習が、受講者の思考・発想にどのような影響があったか、実験にどのような影響を与えたかを推察するために、実験完了時に受講生に対して次の15項目のアンケートを行った。

### 1) デザイン概論(人とモノとの関係性)



- 2) アイデア創出法
- 3) 商品企画概論
- 4) マーケティング概論
- 5) ペルソナ設定
- 6) ビジュアルシンキング
- 7) デザイン思考概論
- 8) イノベーション概論
- 9) パンフレット作成
- 10) ネーミング・キャッチコピー
- 11) スケッチドローイング
- 12) 簡易プロトタイピング
- 13) カスタマージャーニー概論
- 14) インサイト概論
- 15) カラーリング方法論

受講学生のアンケート結果からは、「アイデア創出法」「簡易プロトタイピング」の活用が、商品設計レベル向上に貢献していると感じていることが分かった。DP からの視点では、「ペルソナ設定」が完成度向上に大きく貢献しているように感じた。

## 参考文献

- [1] 渡邊康太郎, 田川欣哉, 畑中元秀, “ストーリー・ウィーヴィング”, ダイアモンド社, 2011年.
- [2] “デザインの現場”, 美術出版社, 2006年6月号「世界を救うためにデザインができること」.
- [3] ジェームス・W・ヤング, “アイデアのつくり方”, 阪急コミュニケーションズ, 1988年.
- [4] “ウォームアップ!”, pp. 58-59, 河合塾美術研究所, 2013年.
- [5] アレクサンダー・オット, “マーカースケッチデザインブック”, pp. 30 - 41, 株式会社トゥールズ, 2005年.
- [6] 近江源太郎, “カラーコーディネーターのための色彩心理学入門”, pp. 26 - 36, 日本色研事業株式会社, 2003年.
- [7] ティム・ブラウン, “デザイン思考が世界を変える”, ハヤカワ新書, 2010年.

## II. 成果報告書（TA報告書）

# デザイン手法は エンジニアのアイディエーションに どのような影響を与えるか

デザイン視点を踏まえた、実践的な商品設計を体験する

DP	伊藤 義人	(株式会社デンソー)
TA	市原 大輔	(航空宇宙)
Member	天野 春樹	(マテリアル理工)
	五葉谷 太一	(複雑系科学)
	佐藤 飛鳥	(電子情報システム)
	箕浦 誠人	(エネルギー理工)
	山田 貴之	(マテリアル理工)

2016/8/03

高度総合工学創造実践\_8 group

1

## エンジニア × デザイン手法

### 工学的創造

課題にフォーカスし、  
問題を分析し、  
それを解決する技術を探る

現状の分析・解析

理論、経験則を求める。  
従来 of 研究成果・経験則を  
重んじ、それに新たな積み  
上げを行う

### デザイン思考

課題・問題の「所在・本質」  
を探る旅のようなもの。

人間観察、周辺観察

曖昧なものは曖昧なまま  
丁寧に扱い人のメンタル  
モデルを重んじる。  
既存常識にとらわれず、  
新たな洞察で本質発見する

1. デザイン手法・思考を活用したアイデア・発想創出を体験する。
2. デザイン・エンジニアリング両面を満たす新商品を提案する。

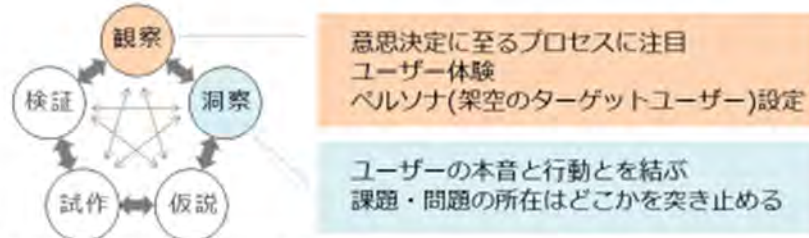
2016/8/03

高度総合工学創造実践\_8 group

2

## デザイン手法・思考とアイデア創出

ポイントは「ユーザーの気持ち,立場になって考える」こと



“素早く”, “簡単に”全プロセスを実施

新規アイデアは、既存のアイデアの新しい組み合わせ



2016/6/02

高専総合工学創造実践\_8group

4

## アイデア！ アイデア！ アイデア！



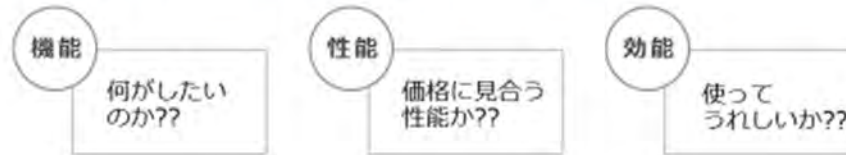
2016/8/03

高専総合工学創造実践\_8group

4

## 商品企画：アイデアの分類と抽出

### どんな人にどんな恩恵・効能をもたらすのか



- 「普通の目覚まし時計では、ついつい二度寝してしまう！」
- 「蚊がうっとうしい！蚊や蜂に刺されないようにならないか！」
- 「熱くないアイロンがあれば、手軽に使えるのに！」
- 「真っ直ぐに切れるハサミが欲しい！」
- …etc.

- 片手で切れるサランラップ : 五葉谷くん, 山田くん
- 冷凍ご飯をふっくら解凍できるタッパー : 天野くん, 佐藤さん, 箕浦くん

2016/6/02

商品企画工学部授業資料\_group

16

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

片手が不自由な方でも  
簡単にラップを切れる体験を提供したい。

2016/6/02

商品企画工学部授業資料\_group

17

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

片手が不自由な方に簡単にラップを切れる体験を提供したい。

なぜこんなにラップがわずらわしいのか？

- ・両手で使う事を前提とした設計
- ・ラップを切るときにコツが必要
- ・ラップ同士が貼りついてしまう



### 技術の改善の必要性

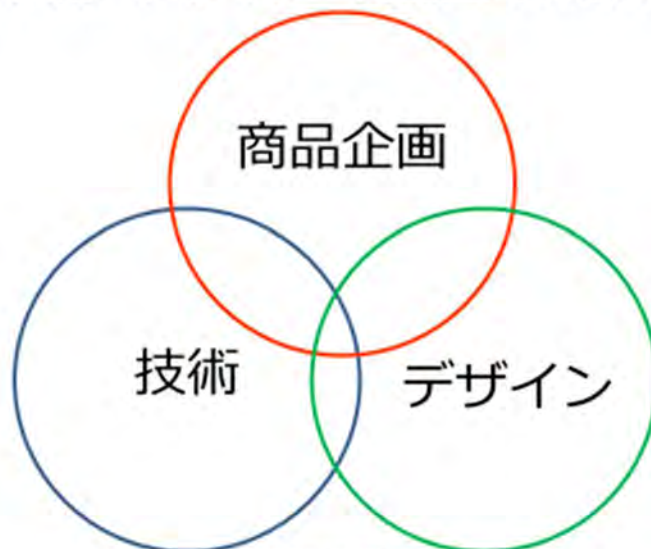
2016/08/03

高度総合工学創造実験\_8 group

7

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

技術・デザイン・商品企画の融合



2016/08/03

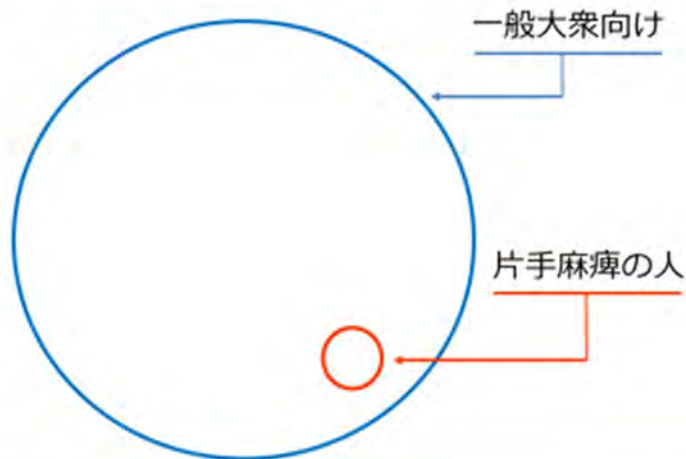
高度総合工学創造実験\_8 group

8



## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

大衆向けする商品は特徴がない曖昧な商品となり、既に大企業がやっている。



片手の人に満足してもらったなら、それは一般の人にも喜んでもらえる。

2016/08/03

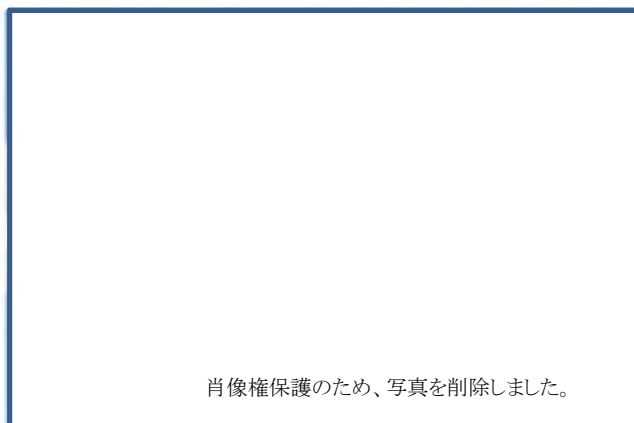
高度総合工学創造実験\_8 group

9

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

理想のターゲット像であるペルソナを具体的に考えることで「どうしてその行動をとるのか？」という動機やどんな商品が好きなのかなどの理由に着目

ペルソナ像 (具体的なターゲット) 片手が不自由でも料理作りを楽しみたい人



山田なつみ 年齢 35 歳  
家族 夫 (36歳) 子供二人

4ヶ月前の交通事故が原因で  
左手が不自由になる。

現在は家族が料理以外の  
家事を手伝っている。

料理は自分でやりたい！！と  
前向きに考えている。

2016/08/03

高度総合工学創造実験\_8 group

10

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

自然と調和したロハスな生活を送りたい！！



2016/08/03

高度総合工学創造実験\_8 group

11

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

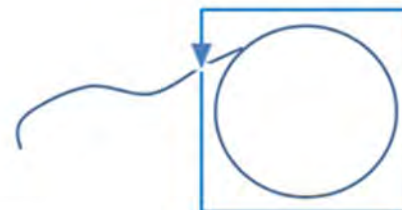
片手でラップを使用できる条件

- ・片手でラップが引き出せる。
- ・片手でラップが切れる。



・片手でラップが引き出せる。

・片手でラップが切れる。



2016/08/03

高度総合工学創造実験\_8 group

12

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

### 1回目の試作品 (片手で切れること最優先)



#### 成果

片手の力だけでラップが切れるようになった  
 カッターの刃を使用することで、切れ味が大幅に向上!

2016/08/03

高度総合工学創造実験\_8 group

#### 課題

手に刃が刺さってしまう可能性があり、  
 大変危険な状態  
 隙間にラップが挟まることで、  
 次回の使用時に手間がかかってしまう…

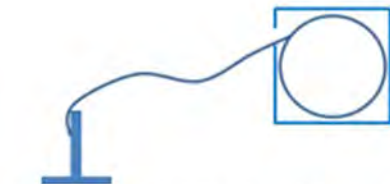
13

## 片手で楽チン ワンハンドラッパー

### 2回目の試作品 (片手でラップを引き出すことを優先)



#### 成果



土台に薄い粘着膜を塗布する事で土台にラップが  
 付けば片手でも引き出せるように!!

2016/08/03

高度総合工学創造実験\_8 group

#### 課題



ラップを土台に貼り付けるためには、  
 ラップがホルダーから離れていけない

14



## 片手で楽チン ワンハンドラッパー



### 学んだ事の一例

具体的なペルソナ像を組織に暗黙知として認識させていないと、議論をする際に本当に必要な機能やデザインがぶれていく可能性。

顧客自身が気付いていない、本当に必要なものを提案し実現する。

「もし顧客に彼らの望むものを聞いていたら、  
彼らは『もっと速い馬が欲しい』と答えていただろう」

2015/06/03

高度総合工学創造実践\_8 group

15

## ふっくらいす



- 28歳の女性 天野ゆみ
- 平日は遅くまで仕事がある
- 夕食が夫婦そろわないので食事を作りおきしておくこともしばしば
- 家事は週末にまとめてやることが多い
- 家事も効率よくやりたいと思っている

冷凍ご飯を炊き立てご飯に近づける

熱の伝わりやすい形状

美味しそうな見た目



2016/7/25

高度総合工学創造実践\_8 group

16

# ふっくらいす

## ワンプッシュで冷凍ご飯をふっくらと

ふっくらいすを使えば  
解凍したご飯をワンプッシュでほぐし、  
ご飯をふっくらと盛り付けることができます。



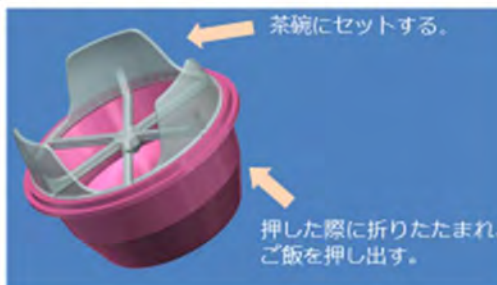
① ふっくらいすにご飯を入れて冷凍庫へ	② レンジにふっくらいすを入れてご飯を解凍する	③ 格子をセットしてふっくらいすを押す	④ ふっくらご飯の出来上がり

2016/7/25

高産総合工学創造実践\_8 group

17

# ふっくらいす



プロトタイプ



2016/7/25

高産総合工学創造実践\_8 group

18

## ふっくらいす



5種類の形状、2つの厚みで実験



ブロックができてしまう⇒格子の形状



熱と圧力で歪んでしまう⇒材質、厚み

2016/7/25

高度総合工学創造実験\_8.group

19

## まとめと所感

### 1. 有用で影響度が高いと感じた手法

#### アイデア創出法

- 難しく考えずに手を動かして柔軟に考えることが大切
- “しりとり”を使ったアイデア出し

#### 簡易プロトタイピング

- 作ってみると新たな発見がいろいろ出てきた
- 実物を見たほうがイメージしやすかった

### 2. デザインに対する認識・所感

- “小さな違い”だけど“大きな違い”
- 大衆受けするコンセプトやデザインは売れない
- ターゲット顧客を明確に
- 自分の持つ“デザイン”のイメージに、“人が物を使っている場面”が加わった
- とにかくやってみること

2016/8/03

高度総合工学創造実験\_8.group

20



### 3. 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント

Directing Professor (DP) :

株式会社日建設計シビル 田中 尚人

人々の交流を深める、よりよい街づくりにおける魅力とは？ 日進市を事例として	37～48
I. DP 報告書	37
II. 成果報告書	41



# 「魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント」 報告書 ～ 人々の交流を深める、よりよい街づくりにおける魅力とは？ 日進市を事例として～

## I. DP報告書

### ◆テーマの主旨

今、世界では魅力ある都市を目指し、都市間競争が激しくなっています。特に、新興国においては急激な人口増加、交通渋滞、上下水道整備、物流のサプライチェーンなどの解決すべき課題がしてきされており、そのために、環境負荷が少なく、かつ優れた人材や企業が集積するための工夫が都市に求められてきています。また、日本国内においても、都市の魅力を高め、人及び企業の誘致を推進することが課題となっています。

本年度の高度創造工学創造実験では、“魅力あるまちとはどのようなものか”を議論し、具体的な都市を対象として既存のデータ収集・分析を行い、現状の課題を抽出し、魅力あるまちづくりへの改善提案を作成し、まちづくりプロジェクト通じてマネジメント能力及びプレゼンテーション能力の向上を目指します。

### ◆課題

- ① 魅力ある都市と街とは、どのようなものかを要因分析する
- ② 一方、魅力のない都市とは何が原因となっているかを整理する。
- ③ 魅力あるまちづくりを目指して、具体的な都市を選定し、現地踏査、資料分析を行い、魅力あるまちづくりを提案する。
- ④ まちづくりプロジェクトを通じて、ひと、もの、カネ、時間のマネジメント能力及びプレゼンテーション能力を身につける。

## 1. メンバー

DP :	田中 尚人	(株式会社日建設計シビル)
TA :	赤星 怜	(社会基盤工学専攻 M2)
受講生 :	小林 泰輔	(社会基盤工学専攻 M1)
	山田 悠貴	(社会基盤工学専攻 M1)
	土屋 礼徳	(情報科学研究科・複雑系科学専攻 M1)
	日比 崇仁	(物理工学科・応用物理学コース B4)

## 2. 実験実施期間

実験：平成28年4月16日～ 8月30日 (全13回)

発表：平成28年8月3日

### 3. サブテーマ

人々の交流を深める、よりよい街づくりにおける魅力とは？ 日進市を事例として

### 4. 実験プロセス

実験プロセスは、以下の1)～3)の3段階に分かれます。

#### 1) 魅力ある都市の要因分析

##### (1) グループ内でのブレイン・ストーミング (BS)

本グループのメンバーにより、魅力ある都市について、各自が自由に意見を出し合い、魅力ある都市を構築するための要因抽出を行った。自然、交通、災害、経済、施設などの大項目と、川、山、空港、鉄道、道路、自転車、先端技術、学校、病院などの小項目に分けて要因を整理した。

##### (2) 国内・海外における魅力ある都市の比較

本グループの参加者による魅力ある都市について、各々が魅力ある都市をBSで抽出した要因に基づいて比較を行った。比較検討した都市は、国内及び海外の両方の都市である。

##### (3) 事業評価手法の検討と統計処理による評価手法

プロジェクトの事業性評価のための手法である、現在価値、Discount Cash Flow (DCF)法の概要を学び、簡単な計算を通じて内容を理解した。

また、都市の多様な要因分析のため、重回帰分析の基礎を、神戸情報大学院大学の杉山郁夫教授(日建設計シビル 顧問)により指導頂き、オープンソールの統計処理ソフト“R”を利用して、重回帰分析の具体例を学んだ。

#### 2) 検討対象都市の選定

##### (1) 検討対象都市の選定

具体的な提案が可能と思われる500ha程度を対象にして、検討対象となる都市を選定した。仮想都市、海外都市、国内都市など様々な角度から検討を実施した結果、愛知県日進市を選定した。

##### (2) 日進市における現状分析と課題の抽出

名古屋市の近郊都市である日進市を対象都市として選定した後、市の現状を把握するため、下記の資料収集、情報分析を実施して、現状の課題を抽出した。

- ・ビジョン／総合計画
- ・交通計画
- ・地域防災計画
- ・環境計画
- ・市民意識調査



### (3) 魅力のない都市の情報収集

公開情報及びグループディスカッションにおいて、魅力のない都市とはどのような要因を含んでいるかを検討。魅力ある街にするために反映させること念頭に議論した。

### (4) 現地調査と日進市ヒアリング

事前に収集した情報及び抽出した課題を確認するため、次のように現地調査と市へのヒアリングを実施した。

- ・日進市運営の「くるりんバス」のバスルートに沿って、現地の状況を確認
- ・西、中、中央、南の四コースをグループに分かれて乗車
- ・途中下車して、住宅状況、公園状況、自然状況、道路交通状況を把握
- ・現地状況及び課題を把握し、日進市の企画部にて改善必要点など情報交換

### (5) 魅力ある街づくり提案

上記のプロセスで「人々の交流を深めること」及び「車社会からの脱却」が、魅力ある街づくりに少なからずとも貢献するものと判断した。交流を深めるために手段として、市の中心部を流れる天白川と市役所を中心としたエリアにおいて、水辺空間を活用した人の賑わい空間、レンタルサイクルの活用、を目指した。

## 3) 模型作成、3Dモデル作成

### (1) 模型作成

市役所を中心とした約500haを対象範囲として、魅力あるまちづくりとして、模型を作成した。

### (2) 3Dモデル作成

Sketchup と Google Earth を用いて、3Dバーチャル模型を作成し、魅力ある要素を提案。また、3Dプリンターを用いて、魅力あるまちづくりの象徴となるような橋を作成した。

## 5. 結論

一連の検討プロセスにおいて、学生メンバーは、魅力ある街づくりをするために必要な様々な意見の徴収、情報収集、分析、課題抽出、現地踏査、解決策提案を体験・習得することができました。時間的及び費用的な制約がある中で、どのように具体的な解決策を提案できるかが、非常に重要な課題でありましたが、グループメンバーの積極的な提案と最後まで手を抜かない努力、お互いの協力により、非常にアピール力のある改善策が提案できたと思います。

また、3Dプリンターの活用というチャレンジングなプログラムにも、積極的に取り組み成果をあげてくれました。

都市という大きな課題に対して、専門知識を十分に持っていない専攻学生が、非常に短期間で様々な知識・能力を蓄積して、実際に発揮できたのは、非常に高いポテンシャルを秘めている証拠だと確信しています。今後の更なる飛躍に期待しています。

## 謝辞

本実験の現地視察及び実験の充実のために、以下の方々にお世話になりました。ここに感謝の意を表明させていただきます。

日進市 企画部

石川 達也 次長兼企画政策課長

川合 陸仁 企画政策課長補佐

横井 健 企画政策課 企画経営係長

神戸情報大学院大学 情報技術研究科／(株)日建設計シビル 技術顧問

杉山 郁夫 教授

また、講義の円滑な進行、模型作成及び現地視察準備、その他運営面において赤星 T Aには、多大な協力を頂きました。また、本実験の運営面で、兼子先生、田中 C P 他、創造工学センター関係者にご協力頂き、感謝申し上げます。

## 参考文献

[1] 谷口 孚幸/編著 伊藤武美/著, “地球環境都市デザイン”, 理工図書, 1999 年.

[2] 日進市第5次総合計画 他

<http://www.city.nisshin.lg.jp/seisaku/keikaku/sougoulist/10246/010228.html>

## II. 成果報告書（TA報告書）

### 平成28年度 名古屋大学 高度総合工学創造実験 最終報告会

（テーマ）魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント

2016年8月3日

“人々の交流を深める、よりよい街づくりにおける魅力とは？  
～日進市を事例として～”

（DP）田中 尚人（TA）赤星 怜（学生）小林 泰輔/土屋 礼徳/日比 崇仁/山田 悠貴

#### ＜検討方針の概要＞

近年海外だけではなく、国内においても、いかに都市に魅力を持たせ、企業や人を呼び込む方策の重要性が問われています。

一方、地球温暖化、省エネルギー、住み心地や快適さなど、環境や生活に配慮した都市計画も重要になってきています。

本グループでは、「魅力ある都市とはなにか？」について、既存のデータ収集、分析を実施し、さまざまな角度（経済性、住みやすさ、先端技術、インフラ、環境など）から魅力を検討し、人の交流を深めることに主眼を置いて都市の魅力をアップさせる方法を模索しました。

具体的な適用を図るために、名古屋市の近郊に位置する「愛知県日進市」を選定して、提案内容を検討しました。

## 1 魅力のない都市とは？

- 魅力ある都市について検討するに当たり、魅力ない都市の特徴を挙げ、該当する都市について考察を行った。

知人にオススメできない**名古屋市！！**

- ・「愛着度」「誇り度」「知人への推奨度」が低い。
- ・「買い物や遊びで訪問したい」場所も少ない。

(件)

順位	魅力ある都市・訪れてみたい都市				魅力を感じない都市・二度と訪れたくない都市			
	国内		国外		国内		国外	
	都市名	回答件数	都市名	回答件数	都市名	回答件数	都市名	回答件数
1	京都	40	パリ	33	名古屋市	20	ロサンゼルス	13
2	金沢	20	ニューヨーク	28	大阪	12	シンガポール	6
3	東京	16	ベネチア	17	川崎	7	フランクフルト	5
4	長崎	11	ローマ	11	千葉	6	バンコク	4
5	横浜	10	ウィーン	9	北九州	5	モスクワ	4
6	札幌	10	ロンドン	8	福島	4	ジャカルタ	3
7	函館	9	バルセロナ	6	大宮	4	ソウル	3
8	松江	9	フィレンツェ	6	広島	4	ラスベガス	3
9	福岡	9	ブラハ	6	前橋	3	香港	3
10	湯布院	7	ラスベガス	6	熱海	3	カルカッタ	2

(注) 11位以下は省略、複数回答を含む

ニッセイ基礎研REPORT 2000.10

## 2 「魅力ある都市」の提案へのプロセス

### 4/11 チーム結成

- 魅力的な都市について、比較検討とディスカッション
- 検討対象とする都市の土地利用や設定条件の検討  
⇒愛知県日進市を選定
- 愛知県日進市および周辺市町村の都市計画のデータ収集



### 6/8 中間発表

- 収集データ分析および課題点の抽出
- 改善策の提起
- 土地利用, 交通, 環境の観点から魅力ある都市へのアプローチ
- 日進市訪問 ヒアリング
- 魅力ある都市のモデル創出  
(模型製作、3次元化)



### 8/3 最終発表

## 3-1 魅力ある都市の提案：（対象都市）日進市

### ➤ 魅力ある都市に関する考察と提案

#### 魅力ある都市とは？

- 魅力ある都市の共通重要項目の抽出。  
→経済性、住みやすさ、先端技術、環境、公共交通など
- 魅力のない都市とならないように配慮する必要がある。

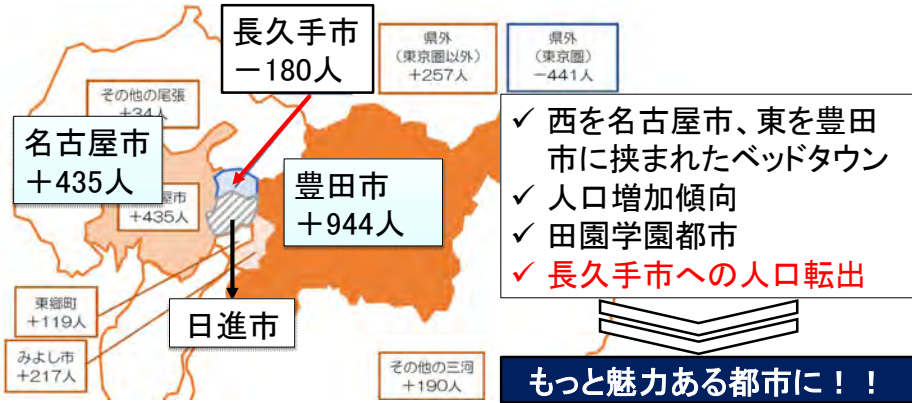
### ➤ 具体的に提案された魅力ある都市に共通する項目

- ✓ 住民の主体的なcommunityづくりの促進(人の交流促進)
- ✓ 公共交通機関の高い利便性
- ✓ 公共施設の充実
- ✓ 憩いの場となる豊かな自然
- ✓ CO2排出の少ない街、省エネルギー

### 3-2 魅力ある都市の提案：（対象都市）日進市

#### ➤ 対象地域の選定（日進市）

- ・ 南北には市が運営する路線バスが通っているものの利用者少数.
- ・ 隣接する長久手市への人口流出が顕著.

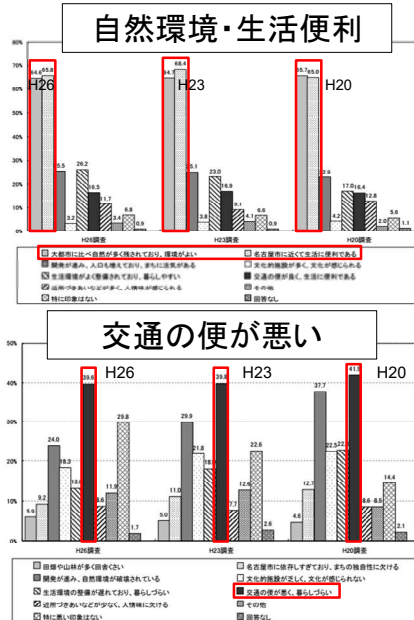


日進市への人口転出入(2012~2014年)

### 3-3 日進市の魅力とは 市民意識調査を参考に



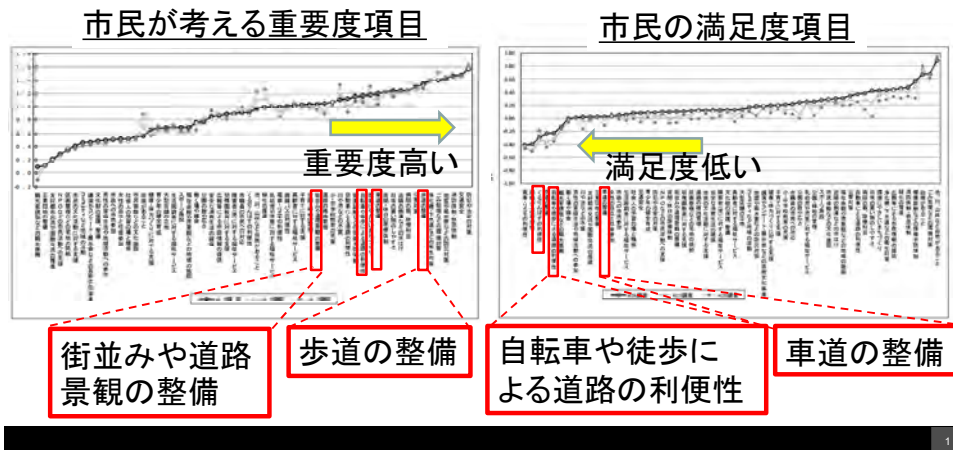
調査対象	日進市在住の18歳以上
配布数	3,000票(全人口の3.4%)
回収数	1,434票(全人口の1.6%)
日進市総人口	約89,000人



### 3-4 日進市の魅力とは 市民意識調査を参考に

#### ➤ 市民意識調査の分析

- 市民が挙げる重要項目として自然に関するものが多く、それらに対する満足度は満たされているものの、歩道の整備などのインフラ整備に関しては不満が残る形となっている。



### 4 現地状況の把握: 視察

#### ➤ 日進市が運営する「くるりんバス」を利用して市内を循環し視察。





## 5-1 検討結果と成果

### ➤ 日進市の分析結果

- データ収集と分析  
既存データ収集  
現地視察
- 魅力ある都市の検討  
土地利用  
交通  
環境の視点

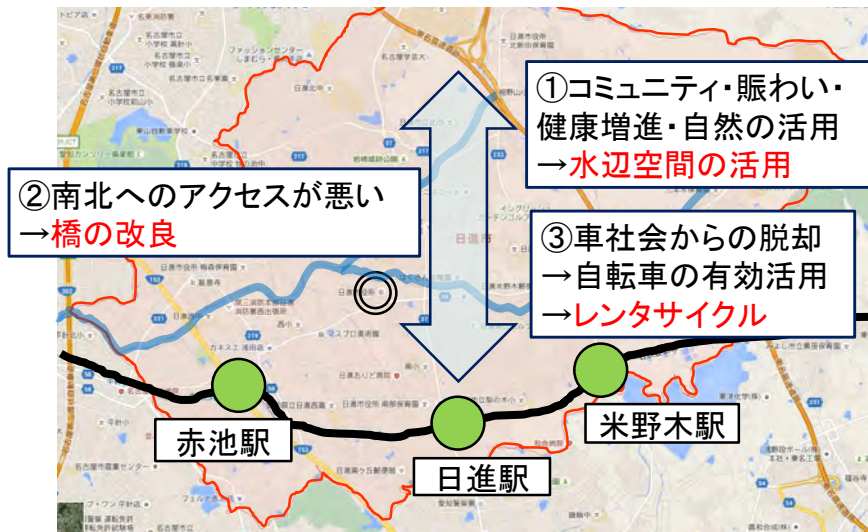


日進市の報告書から  
総合政策・環境計画・交通将来計画・住民への  
ヒアリング結果から現状の方針をまとめる。

⇒ 水辺空間のさらなる活用、賑わいと憩いの場の  
創出、自動車社会からの脱却を目指す。

## 5-2 もっと魅力ある都市を目指して:改善案提起

- 日進市の特徴を活かし、人々の交流を盛んにする以下に示す  
3つの施策を提案し、都市模型及び3Dプリンタ模型を作成する。



## 5-3 検討方針と成果

➤ 魅力ある都市のための模型製作

模型製作風景



模型製作途中



スチレンボード、ベニヤ板、その他建築模型用資材などを使用。

完成模型



日進市役所



市役所模型

## 5-4 検討方針と成果

➤ 魅力ある都市のための模型製作

堤防上の自転車道整備



人々の集う空間

✓ 堤防上に自転車道を整備することにより、自動車社会からの脱却と交流の場の形成を同時に成し遂げる。

親水機能の改善

✓ 河岸植生を整備することにより、親水機能を高めるという自然を活かした機能改善を提案。

河川周辺の植生整備





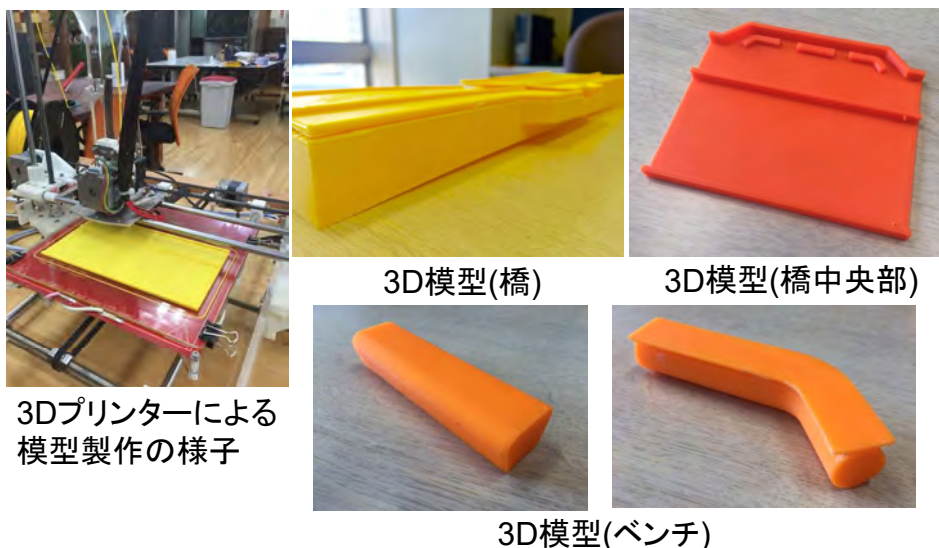
## 5-5 検討方針と成果

### ➤ 魅力ある都市の3次元化（Sketch-upとGoogle Earth活用）



## 5-6 検討方針と成果

### ➤ 魅力ある都市の3次元化（3Dプリンターによる模型製作）



## 6 今後の課題

### ◆施設整備について

- 住民の要望を詳細にヒアリングし、ニーズを把握することが必要
- 施設整備費用については、さらなる検討が必要

### ◆実験環境整備について

- Sketch-upの成果向上のため、バージョンアップが必要
- 3Dプリンターの学内利用を促進
- 模型作製についての事前検討準備



### 謝辞

本実験を遂行するにあたり、暖かくご指導をいただきました田中尚人客員教授に深謝いたします。また、本稿作成にあたりましては、日進市役所企画政策課担当者様方から日進市に関する情報の御提供、ならびに種々の御助言を賜りました。ここに深甚なる謝意を表します。

#### 4. 高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法

Directing Professor (DP) :

元・株式会社クボタ 土田 二郎

高機能シート材料の開発 -シートで命を救え- 51~69

I. DP 報告書 51

II. 成果報告書 58



「高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法  
－概念設計～実験計画立案・実施～検証まで－」報告書  
～ 高機能シート材料の開発 －シートで命を救え－ ～

## I. DP報告書

◆テーマの主旨 自ら提案した「アイデア」を「カタチ」にする

創造工学センターは、従来の大学教育で行われてきた問題解決型・分析型の教育に対して、これを問題発見型・総合型の教育で補完すること、また、従来の座学中心の教育に対して、体験型のものづくりで工学の必要性・学問の方向性を学生に実感・納得させることを活動の目的としています。

－創造工学センター長 工学研究科教授 酒井康彦様ご挨拶から－

センター長が述べられている、問題解決と問題発見は科学技術における重要な2大要素と考えられる。企業では「現状（今ある姿）」を認識し「理想（今ない姿）」を設計することが、企業成長の原動力となる。本講座の主旨は後者の「理想（今ない姿）」を設計し、それを達成すると捉え、その手段として、アイデア集約法→実験計画立案→実験の実践→結果検証を体験してもらうことで、以降の自身の研究活動に活用してもらうこととした。

本講座企画（テーマの主旨）の基本的な考え方は、工学の位置づけを「未だ世の中にない新しい現象を科学的根拠のある事象を組み合わせることで実現する」とし、これを基礎とした「創造実験」を考える。

### 「創造」（概念空間）

- ・ 人々の幸福に貢献する→創造物がどのような価値を提供するかを自ら考える（名古屋大学学術憲章序文から引用）
- ・ 今ある現状の延長線ではなく、将来の姿を自ら想定してその筋道を考える
- ・ 「過去の経験」（学部での知識習得）＋「現在の知見」（院での専門知識）→（帰納的仮説：アイデアの付加）→「将来の姿」が基本
- ・ 自由な発想で、固定観念に捉われることなく創造（＝発明）を追求する。その際に、「できる」発想ではなく「やりたい」発想としてもらう
- ・ 工学であるから「インプット→アウトプット」を基本概念とする
- ・ 創造を補助する手段として「アイデアを出すコツ」、「拡散したアイデアを集約するコツ」を経験してもらう。集約したアイデアに基づき情報収集し、全員の英知を集め、未だ世の中にない現象の概念設計（コンセプト）を創り上げる

### 「実験」（物理空間）

- ・ 概念設計（言語表現）→システム構築（新しい現象の実現）の実現の可否を推定す

る行為

- 実験は「時間×労力×お金」を消耗する作業で、実験を価値あるものにするため今考えられる限りの想定、新規な工夫で実験計画を創造し、万全の準備をする。
- 創造実験は前例なき実験と考える。自らどのような信号を入力してどのような応答を得るかを、解析方法を含め熟慮し実験計画を組み立てる
- データは科学的手法により解析し、予見が入る事を極力排除する
- 基本として統計解析学（データ処理、実験計画法、パラメータ設計）を活用し、作用の「見える化」をする

DPとしての役割は受講者に対して、「創造実験」の意味するところを理解してもらい、企業的な観点から「無から有を産み出す」体験してもらう事と考えた。

その為の進め方として

- 常に周囲の現象を見渡して、「こうなったら良い」、「これは良い」、「これは不便だ」など、アイデアの種に注意を払ってもらう
- アイデアは質より量、矛盾・反論・ネガティブ評論なども数を稼ぐ意見と考える
- 「創造」を引きずり出すきっかけを受講生に与えることで、多様な発想がでるように心がけ、「創造的な研究活動」の一助とする
- 「実験」の考え方、手法を理解してもらう。創造を形にするまでの道筋を体験してもらい、今後の実際の研究に役立ててもらおう
- 自主性を重視し、「勇気ある知識人」を念頭にした素養を身につけて貰う

今回受講する学生さんに、実験とは自己実現の大切な手段であることを少しでも感じてもらえることを期待する

#### ◆課題

以下に今回の講座企画を記す

- ① 価値ある現象のアイデアを絞り出し集める（思考の拡散）
- ② 多数のアイデアの整理整頓・分類を行い、絞り込みにより（情報収集と収束）概念設計を実施する：言語表現による一義的具体的な提案とする
- ③ 概念設計からシステムの要素を各種想定し（帰納的仮説）、実験計画を策定
- ④ 実験の方法、実験材料、実験器具、その他実験に必要な要素は全て受講生自身で考え準備をしてもらう
- ⑤ 忠実に実験を実施し、得られたデータを因子ごとに分析する
- ⑥ 得られた結果からその実現性(妥当性)と問題を見える化し次ステップへつなげる(新たな知見を得たことを認識する)
- ⑦ 上記企画の一助として「トヨタ産業技術記念館」を見学し、発明の大切さを実感して



もらうこととする

## 1. メンバー

- DP： 土田 二郎 (元 株式会社 クボタ)  
TA： 中埜 彰俊 (マテリアル理工学専攻・応用物理学分野 D1)  
受講生： 石田 静馬 (量子工学専攻 M1)  
里中 遼太 (物質制御工学専攻 M1)  
地多 玲子 (物質制御工学専攻 M1)  
富田 雄大 (電気電子・情報工学科・電気電子工学コース B4)

## 2. 実験実施期間

実験：平成28年4月20日～7月27日 (全13回)

発表：平成28年8月3日

## 3. サブテーマ

### 高機能シート材料の開発 -シートで命を救え-

受講生からの約120の提案から議論を重ね集約した。5つの分野に分け、その中から絞り込みサブテーマとした。

アイデア集約で皆さんが関心を示した点は「環境」、「災害復興」、「身近な生活での不具合解消」、「高齢者」など、又自身のアイデアの種として「光触媒」、「珪藻土」、「親水性ポリマー」等々。関心を示す「森」に対して皆さんが持っている「木」で考え、議論を通じて「木」→「森」→「第二の木」→「焦点を絞った森」という連鎖で、漠然とした、形はあるが実体がない雲のような概念を、実体のある一義的具体的 (皆が同じ解釈ができる具体的な言語表現) な共通概念として、サブテーマを抽出した。

今回は、思考発散型・思考集約型・実行型・検証型と多様な個性の受講者であったと感じている。予測がつかない破壊型 or とんでもない発明型の両極端な可能性を感じる点で、「創造工学」的であったと感じている。

「高機能シート材料」はコーティングをすることで、高温・多湿環境でも曇らないという機能を安定して発揮するというコンセプトを意味する。

## 4. 実験プロセス

本講座企画に基づいて実施した。

### 1) 価値ある現象のアイデア出し (思考の拡散)

「どのような分野に興味を持ち日常どのような事象に注意を払っているか」という投げかけでアイデアを募集した。各自約30件のアイデアを、自らの知見・体験・経験・興味から提案してもらい、メンバー全員にそのアイデアが出た背景・効果・技術等々を説明することで、他メンバーからの影響を感じてもらい、発想を拡大してもらった。積極的に討

論してもらうことで、メンバー間で遠慮なく議論できる雰囲気が出来たと感じた。

提案されたアイデアのコンセプトに対してその背景・自分の立場を加味し、その達成のための目標設定・技術手段を考える。コンセプトを創る課程で情報収集を行う。納得・矛盾等々発生するが、最終「一義的具体的」提案をする際のバックデータとなる。

- ① 過去の経験（基本的な知識）＋現在の知見（専門分野）→将来の予測
  - ・過去の経験と現在の知見を組み合わせることで将来の予測を閃かせる
- ② 周囲の環境に注意深く目を凝らして感性を鍛えることでアイデアを次々に発想するくせができる

## 2) 概念設計の実施

多くのアイデアが出た時点で、集約を図る。(拡散→収束)

### (1) 収束の手段

出されたアイデアの内容の理解を進める。提案者が論理構成を考え皆にプレゼンを実施。絞り込んだ提案に関して情報収集を行い、複数の提案を数件に絞り込む

- ① 必要な品質に対して機能展開し、システム構成の要因を数多く考える

### (2) 概念設計

「高機能シート材料の開発～シートで命を救え～」という基本設計を達成するための目標設定・システム構築までを実施した

## 3) 実験計画の策定：計画策定以降は受講生が主体で実施

工学的見地からインプット→アウトプットで特性を検討し実験計画を策定する。今回はいかにコーティング面に結露を少なくするという事で入出力を考案した。

### (1) 入力・応答値

受講生の議論から、入力は空気中の水分量を想定、応答値は結露の水分量としている。予備実験ではガラス面を低温にして結露させることを考えたが、実際には際立った応答値が出ないため、受講生で相談し、霧吹き法を考案し実施した。(詳細T A報告書参照)

### (2) 要因→制御因子

品質機能展開から各種要因を検討し、効果が期待できる要因をピックアップし制御因子として選択。光触媒や珪藻土、吸水ポリマーなどは、受講生が「木」として持っていた知見から選択している。

### (3) 制御因子の水準設定

実験計画法およびパラメータ設計にL18 ( $2^1 \times 3^7$ ) 直交表を使う。今回は交互作用項目をH列に配置するという提案を受講生が行い実施することとなった。直交表を柔軟に捉えたことに感心した次第である。

### (4) 誤差因子の設定

パラメータ設計に重要な誤差因子を気中水分量として、その実験を霧吹き距離にして実

施した。これも受講生間で議論し決定した点は大いに評価できる。何事も自ら考えるということが、企業でも大学でも重要であることを再確認できた。

#### (5) 実験計画の確定

入力・出力を決め、制御因子とその水準、誤差因子の設定及び直交表への割り付けなどを行い、実験材料、実験器具、測定器具などを受講生主体で準備し、予備実験を行っている。その予備実験で、コーティング基材をPVAからPVBに変更。不具合点を北先生に相談しアドバイスを頂いた結果だった。適確な質問は適確な回答をもらえるということを実感してもらったと思っている。

### 4) 実験の実施

実験計画に沿って実験を実施

#### (1) 実験準備

コーティング基材となるガラス類、コーティング基材、基材に混練する親水コート、撥水コート、光触媒、吸水ポリマー、色素などをPVB中に各水準で18種類作成する。実験数は18種類×3入力×2誤差因子=108回となる。

#### (2) 実験実施

実験計画に沿って実施。試験片作成、実験実施、実験データ入力と解析という役割分担で、実験誤差、系統誤差を極力少なくする思考で実施した。

### 5) 実験の解析と結果検討・次ステップへの考察

知識導入講義にて行った実験計画法、パラメータ設計（タグチメソッド）に従い、取得したデータを要因毎に解析し、今回のシステム設計の最適条件を推測した。データ処理を行い、即時に解析することで、実験誤差などを検証し、再実験などを可能とした。今回は解析結果を受講生自身で工夫し「見える化」を行いメンバー間で検証を即実施した。是非研究室でも実施してもらいたい。受講生の段取りで、確認実験で推測最適条件の妥当性を検討することができた。推測最適条件の確認実験は最重要な案件で、今回これを実施できたことは評価に値すると考える。

## 5. まとめ

「未だ世の中になく現象を科学的根拠のある事象を組み合わせることで実現する」という講座企画で「創造実験」を実施した。当初企画と結果から考察する。

### 1) 知識導入

#### (1) 工学における実験の重要性に関して

実験は未知の現象を既知の現象にする為の重要な手段で、実施するにあたり周知の準備が必要である。

- ① 測定値=真の値+誤差（偶然誤差+系統誤差）

② 特性値を因子毎のデータに分析することで、共通言語として活用可能

③ データを活用する為に、その意図に沿ったデータ収取が必要

このような主旨で実験知識導入を行った。受講生もその意を理解されたと感じている。7月に入ってからの実験準備やデータ採取は、自主的に、精力的に行っていたと感じる。DPは受講生の自主的行動を横で眺めていた思いがある。

## (2) 統計解析を利用したデータ分析

アイデアの段階で、多くの因子を使用することは、複雑な現象を創造する助けになる。一元配置→多元配置→直交表活用により高度なシステム設計が可能となる。その為に今回は統計解析、実験計画法、パラメータ設計（タグチメソッド）を学んでもらった。データの持つエネルギーを理解してもらえたと考えている。

アイデアは自由に、実験の評価は科学的・客観的にということが原則であるが往々にしてこの逆になってしまう。結果、勘・経験・度胸で事を進めることが自省するところである。実験の評価が科学的で共通言語として皆で議論できることが、レベル向上に繋がると考えると、統計解析を利用したデータ分析で実験効率を高めて欲しい。

## (3) メンバー全員の英知を結集する

アイデアは各方面のプロが同じ目的を持って集約すると、足し算ではなく掛け算の効果を発揮する。アイデアの出し方はポジ、ネガ、評論、批判などありとあらゆる方面から頂くと、数多く集まる。という主旨で、今回もTA含め全員からアイデア出しをした。アイデアの表現も前回同様に当初と比較すると格段に上達し、自己表現力が向上したと感じている。

今回は受講生の個性が左脳～右脳派とかなり広く、当初は協力体制がとれるか不安であったが、それぞれ皆さんが個性を發揮し、役割分担等組織力を發揮していた。これからの技術開発は大勢の協力を得ることが必要不可欠であることを考えると、非常に重要な体験をされたと思う。是非残りの院生活動で活かしてほしい。

今回は前回からの進歩として「創造実験法」により力をいれた。又パラメータ設計では前回同様にL18直交表を使用し、且つ交互作用列を入れるという奇抜なアイデアも組み込んだ。知識導入（実験計画法、パラメータ設計）の部分に時間をかけられなかった為、疑問点等もあるかとは思いますが、必要と感じた時に深耕してもらえれば、更に効果的に自身の力量向上に繋がると考える。

創造実験を作るために「起承転結」の構造が大切であることを講義中に述べた。

起：目的・コンセプト、特許の名称

承：上記達成の為に目標設定→特性達成のための仕様決定

転：上記達成の為に手段の提供（因子、システム、水準）を考えた実験計画

結：実験結果の検証と次ステップへの考察

この流れは計画・企画を伝える基本的な構造と考える。この流れを4月から7月の実験講座で意識的に伝えた。最終報告では受講生発表資料は主旨に沿っていると感じた。微力であるがこれからの学生生活に役立ててもらえれば幸いである。

本講座推進に当たっては中埜T A、北先生、兼子先生、各D P、スタッフ各位、ご協力頂いた方々に感謝する次第です。

#### 参考文献

- [1] 松岡由幸, “製品開発のための統計解析学”, 共立出版, 2006年.
- [2] 山田 秀, “実験計画法—方法論—”, 日科技連, 2004年.
- [3] 田口玄一, “ベーシックオフライン品質工学”, 日本規格協会, 2007年.
- [4] 井上清和他, “入門パラメータ設計”, 日科技連, 2008年.
- [5] 河村敏彦他, “統計モデルによるロバストパラメータ設計”, 日科技連, 2013年.

## II. 成果報告書（TA報告書）

# 高機能シート材料の開発 ～シートで命を救え～

土田二郎DPグループ  
メンバー: 石田 静馬 里中 遼太  
地多 玲子 富田 雄大

---

## 研究背景

- アイデアをカタチにする
- 安定したシステムの構築

土田 DP グループでは自分たちのアイデアを実現する方法を学ぶ。

## 研究背景 | アイデアをカタチにする

### □ できるだけではなく、やりたいこと

- ★ドブをきれいにする
- ★水垢のつかないシンクがほしい
- ★食料自給率を増やしたい
- ★乾燥を防ぎたい
- ★劣化しない紙を作りたい
- ★軽い土がほしい
- ★自浄作用のある洗剤がほしい
- ★水はけのよい土がほしい
- ★震災のゴミを減らしたい
- ★洗滌を減らしたい
- ★曇らないガラスがほしい
- ★髪に優しいアイロンが欲しい



### □ 身近なことから社会的な問題まで

自然環境、日常生活、社会環境  
美容、エネルギー問題 etc...



一週間で一人あたり7つずつアイデアを出していき、最終的には100を超える案を挙げた。  
それらをグルーピングすることで、自分たちのアイデアの中で方向性を見出した。

## 研究背景 | 現在求められていること

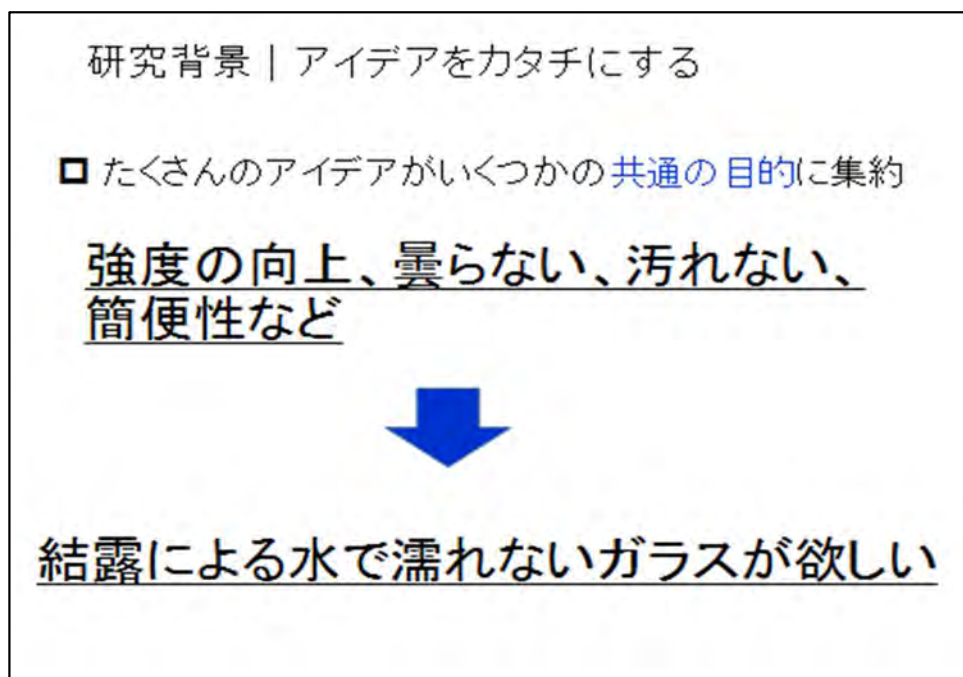


- 起こったときの被害を小さくする、予防のための処置、どこでも使えるアイテム





メンバーのアイデアの根っこには日常的&簡便性という考えがあったように感じる。「日常にすでにあるものに対して価値を付加できるもの」をコンセプトとして、さらにブレインストーミングを行った。



ガラスに着目しようという案に決まった。ガラスは日常生活にはなくてはならないものであり、この機能にさらなる価値を付加させる。具体的には結露によって水でぬれないガラスを目標に実験を行うこととなった。

研究背景 | アイデアをカタチにするために

例)★雨で車のブレーキが効かない！  
★お菓子の量が全然違う！  
★窓ガラスの強度が違う！

製品を使用する上で重要なのは  
欲しい機能を安定して得ること

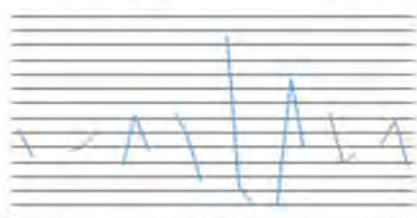
研究背景 | 欲しい機能を安定して得るためには

各因子ごとの最適条件を探す必要がある

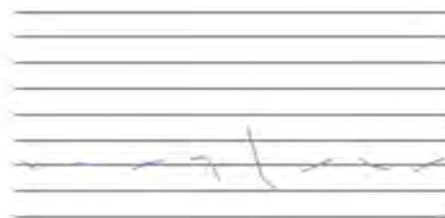
因子の組み合わせは膨大で全ての実験を行うのは困難

効率よく見つけるためには

- 直交表
- パラメータ設計



SN比



感度

## 研究背景

- 生活の身近なところに存在しているモノを取り替えることなく、簡単に高機能化させる
- 様々な環境下でも安定して使用したい



## 結露による水で濡れないガラスのコーティング材料の開発

結露しないガラスの実現のため、複数の関連機能をもつ材料を混合してコーティング材料をつくることとした。

## ロバストデザイン | 安定したシステム構築のために

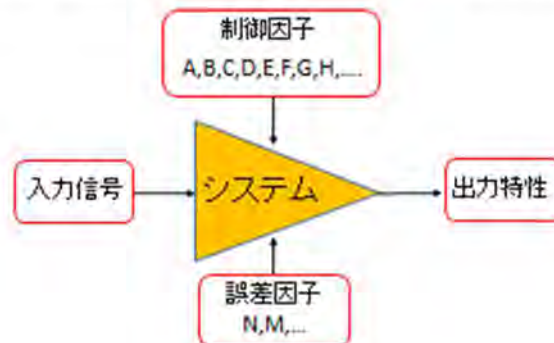
システムを作成する際、2つの因子が存在

制御因子: 開発者が自由に水準を選べる因子

例) 材料の組み合わせ

誤差因子: 開発者が自由に水準を選べないが、機能に影響がある因子

例) 環境、客の使用条件、劣化、製造時のばらつきなど



実際に結露しないガラスを使う場合、気温や湿度などの影響（誤差因子）でなるべく性能の変化が小さいものを作ることが重要である。これを設計するためにタグチメソッドを用

いる。

コーティング材料の作製 | 制御因子の設定

ベースにポリビニルブチラール(PVB)を使用

- ガラスに水がつかない  
撥水コート
- ガラスが水を吸収する  
吸水ポリマー、珪藻土
- ガラスに付いた水を広げる  
光触媒、色素×光触媒

結露しないガラスを実現するために上記のような機能を持つ材料を選んだ。これらは受講生たちが頭をひねり、「結露しない」を実現するために様々な方向性から解決手段を考えた末に選び出した機能である。

制御因子の設定

実験因子の設定			
内容	第1水準	第2水準	第3水準
A ガラス	透明	すりガラス	
B TiO2	0mL	0.2mL	0.5mL
C ポリマー	0g	0.01g	0.05g
D 親水	0mL	0.2mL	0.5mL
E 珪藻土	0g	1g	1.5g
F 撥水	0mL	0.2mL	0.5mL
G 色素	0杯	1杯	2杯
H ポリマー×TiO2	0g×0mL	0.005g×0.2mL	0.005g×0.3mL

A. ガラスの種類 2種類  
B. 光触媒  
C. ポリマー  
D. 親水コート  
E. 珪藻土  
F. 撥水コート  
G. 色素  
H. 光触媒×ポリマー 3水準

制御因子

入力信号 → システム → 出力信号

誤差因子

タグチメソッドによって前述した材料を制御因子として、L18 直交表を用いてパラメータ



設計を行う。

実験方法

制御因子すべての組み合わせ  
 $2 \times 3^7 = 4374$ 通り

↓

$L_{18}$ 直交表を使用  
18通りから実験し、  
最適組み合わせを推定

因子 実験No.	A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	2	2	2	2	2	2
3	1	1	3	3	3	3	3	3
4	1	2	1	1	2	2	3	3
5	1	2	2	2	3	3	1	1
6	1	2	3	3	1	1	2	2
7	1	3	1	2	1	3	2	3
8	1	3	2	3	2	1	3	1
9	1	3	3	1	3	2	1	2
10	2	1	1	3	3	2	2	1
11	2	1	2	1	1	3	3	2
12	2	1	3	2	2	1	1	3
13	2	2	1	2	3	1	3	2
14	2	2	2	3	1	2	1	3
15	2	2	3	1	2	3	2	1
16	2	3	1	3	2	3	1	2
17	2	3	2	1	3	1	2	3
18	2	3	3	2	1	2	3	1

今回設定した制御因子のすべてのパターンを実験すると4374通りのパターンが考えられるが、 $L_{18}$ 直交表を用いることでこれを18通りまで減らし、統計学的な処理によって解析することができる。

誤差因子の設定

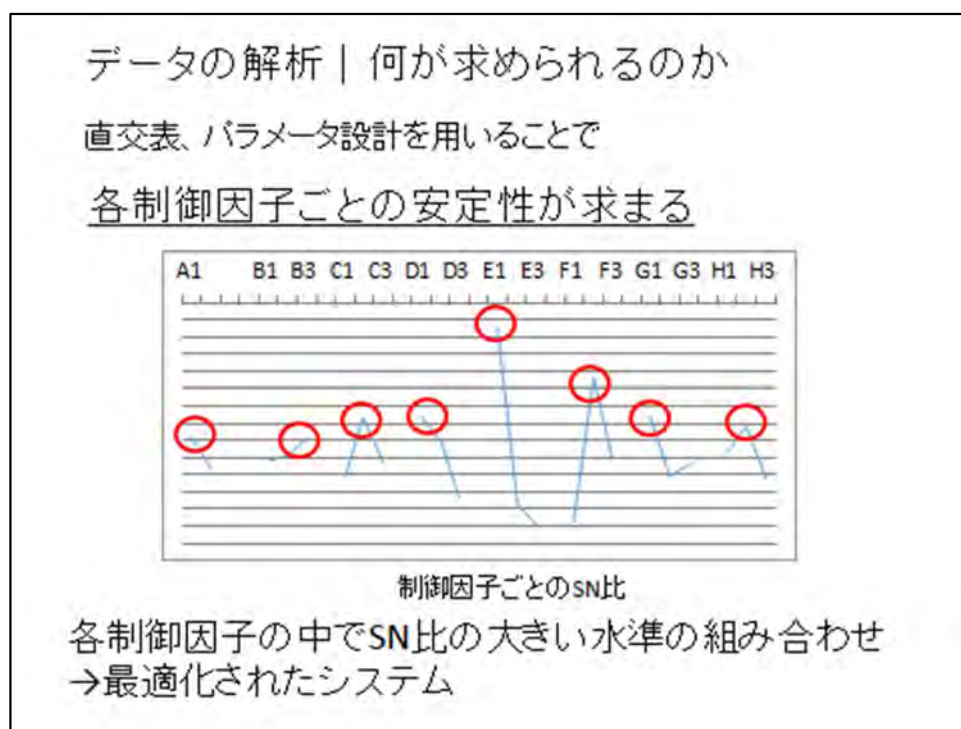
室内の湿度は家庭によって異なる(10~60%)  
→ガラスに付着する水の量も異なる

水の量のばらつきをなくしたい

**誤差因子を設けて測定**

```
graph TD; CF[制御因子  
A, B, C, D, E, F, G, H, ...] --> S[システム]; IS[入力信号] --> S; EF[誤差因子  
N, M, ...] --> S; S --> OC[出力特性];
```

システムの安定性を評価するために、制御因子に加えて誤差因子を導入する。



L18 直交表を統計的に解析することで、上手のような各制御因子の水準ごとの「SN比」と呼ばれる値を得ることができる。SN比が大きいほど安定した出力を得ることができる水準であることを意味しており、タグチメソッドではまず図に丸を付けたようにSN比が大きい水準を選択してシステムを安定させる。

## 実験方法

1.  $L_{18}$ 直交表に従い混合した材料をガラス表面に塗布する
2. 試料に霧吹きで水を付着させ、付着した水の重量を測定する  
入力信号:噴射回数 1回、2回、3回  
誤差因子:試料と霧吹きとの距離 15cm、20cm
3. 得られたデータからSN比を算出し、最適条件を推定
4. 最適条件の試料を作成し、確認実験を行う



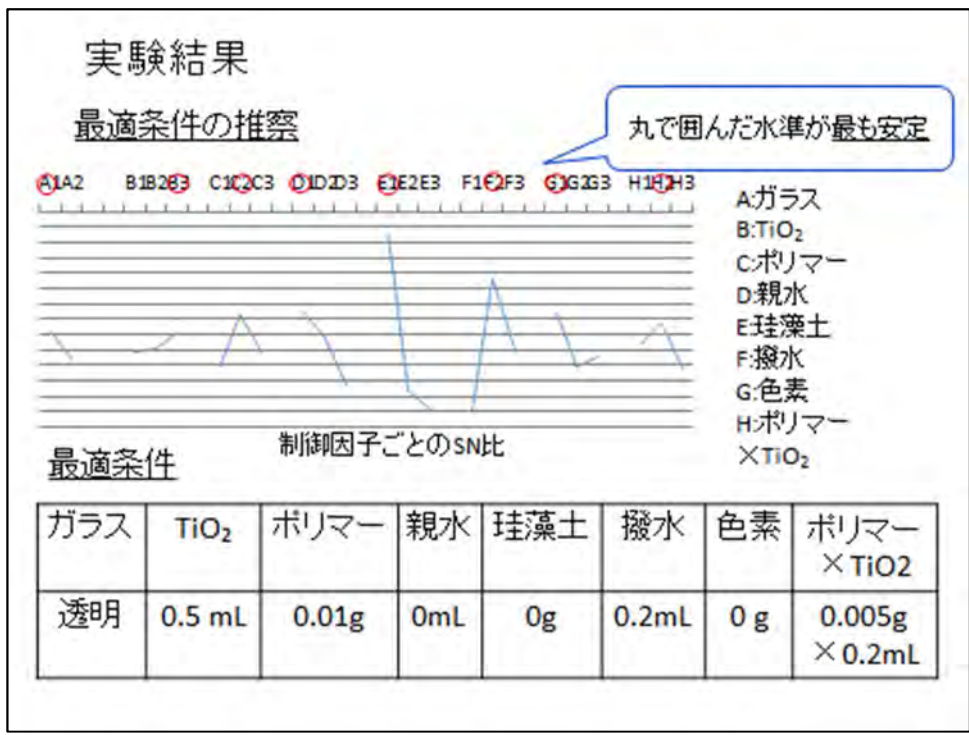
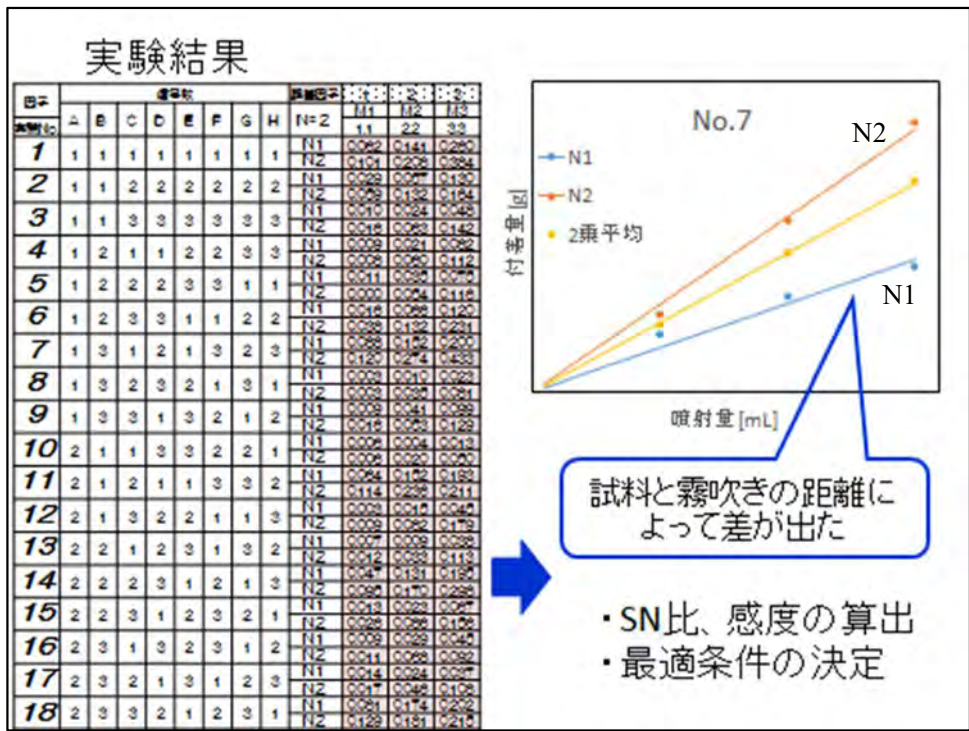
## 実験方法

試料作製枚数

18通り x 入力信号3通り x 誤差因子2通り + 最適条件6枚 = 114枚



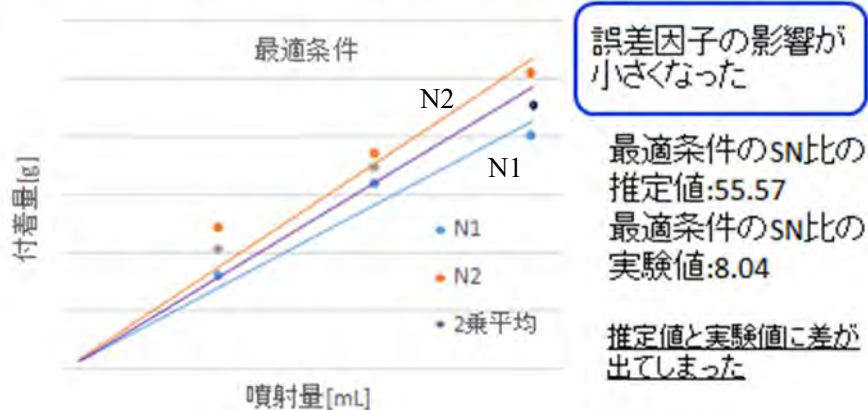




SN比が高く感度のバランスが良いパラメータの組み合わせが求まった。この組み合わせの実験は本実験では行っていなかった。

## 実験結果

因子	信号数								誤差因子	1	2	3
	A	B	C	D	E	F	G	H		M1	M2	M3
実験No									N=2	1.1	2.2	3.3
最適条件	1	3	2	1	1	2	1	2	N1	0.079	0.159	0.199
									N2	0.121	0.185	0.253



求まった最適な組み合わせのサンプルについて追実験を行った。グラフのN1,N2の傾きを比較しても水の付着量の誤差因子による変動が小さく抑えられていることが分かる。

## 考察

最適条件の推定値と実験値が大きく異なった

原因

- 珪藻土の含量によるSN比の大きな変化  
→表面の凹凸やコーティングのムラがばらつきに影響した
- 撥水コートと親水コートを混合した  
→交互作用を引き起こした
- 珪藻土を入れた場合と入れなかった場合でSN比が大きく異なった



- コーティングのムラによる誤差の低減
- 交互作用の有無を調べる事前実験

## まとめ

- 結露による水で濡れないガラスのコーティング材料の最適組み合わせを推定することができた
- 直交表、パラメータ設計の有用性を実感できた

## 謝辞

今回の実験に当たり、実験室及び器具、材料の使用を快諾頂きました北英紀教授、山下誠司助教、誠にありがとうございました。

また、貴重なご助言を承りまして実験が終了できたことに土田二郎先生、中埜彰俊TAIに深く感謝しております。



5. 地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物で

ミドリムシを育てる

Directing Professor (DP) :

新日鐵住金株式会社 西 隆之

スラグを利用した効率的なミドリムシ育成プロセスの検討 73～95

I. DP 報告書 73

II. 成果報告書 81



# 「地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる」 報告書 ～ スラグを利用した効率的なミドリムシ育成プロセスの検討 ～

## I. DP報告書

### ◆テーマの主旨

現代文明の基盤である鉄鋼材料を創り出す鉄鋼業は、主原料に鉄鉱石や石炭といった鉱物資源を用い、石炭によって鉄鉱石を還元し二酸化炭素を排出することから、今世紀の主要課題の一つである地球環境問題に関わりの極めて深い産業である。その副生成物である鋼滓（スラグ）のなかでも製鋼スラグは、Fe、Ca、Siといった元素以外に、資源枯渇が懸念される P（りん）も含まれる。このようなスラグが水と共存した場合、植物の育成に必要な  $\text{Fe}^{2+}$  やりん酸イオンを溶出するので、その有効な利用が注目されている。

本テーマでは、始めに現代文明を支える鉄鋼業と鉱物資源やエネルギー問題、さらに地球環境問題とその関わりを学ぶ。次に、鉄鋼業での副生成物である製鋼スラグの新たな資源化方法として、身近な微細藻類であるミドリムシを例としてその育成への応用を取り上げる。微細藻類は、地球の資源エネルギー問題や温室効果気体である二酸化炭素の物質収支に大きな役割を果たしていることが知られており、その効率的な育成は副生成物資源の有効活用と地球環境問題への解決の糸口を考える上で有益である。

本テーマでは「スラグでミドリムシを育てる」方法について、闊達な議論を行い、自らの発想に基づいた工学実験を試みる。この課題を考え工学実験を行い議論する過程で、現代文明が直面している地球環境問題について多角的な視点を涵養する。

### ◆課題

- ① 今世紀の主要課題の一つである地球環境問題について、資源エネルギー問題と関係づけながらその論点を科学および工学の立場から議論して多面的な理解につなげる。
- ② 鉄鋼材料を創り出す鉄鋼業において、関係する鉄鉱石や石炭といった鉱物資源、副生成物である製鋼スラグなど中心にした鉄鋼製造プロセスの概要を理解する。
- ③ 副生成物である製鋼スラグを利用した微細藻類育成の例として、ミドリムシの工業的な育成方法について実験目的および実験手法を考えて、それに基づいた工学実験を行う。
- ④ 得られた実験結果をもとに、その応用として工業的規模への拡張、すなわちスラグを利用した効率的な育成プロセスを検討することで、現代文明が直面している地球環境問題について多角的な視点を涵養する。



## 1. メンバー

D P : 西 隆之 (新日鐵住金株式会社)  
T A : 鈴木 飛鳥 (マテリアル理工学専攻・材料工学分野 D2)  
受講生: 石黒 雄也 (マテリアル理工学専攻・材料工学分野 M1)  
伊藤 公一 (量子工学専攻 M1)  
川出 隼也 (マテリアル理工学専攻・材料工学分野 M1)  
堀場 絵梨子 (化学生物工学専攻・生物機能分野 M1)

## 2. 実験実施期間

実験: 平成28年4月20日～ 7月20日 (全13回)

発表: 平成28年8月3日

## 3. サブテーマ

### ～ スラグを利用した効率的なミドリムシ育成プロセスの検討 ～

始めに今世紀の主要課題の一つである地球環境問題[1]について、資源エネルギー問題と関係づけながら、その論点を科学および工学の立場から議論して多面的な理解を行った。そのなかで、微細藻類が資源エネルギーや地球環境問題に果たす役割[2][3] [4]について理解を深めた。鉄鋼材料を創り出す鉄鋼業について、関係する鉄鉱石や石炭といった鉱物資源、副生成物である製鋼スラグなど中心にした鉄鋼製造プロセスの概要および製鋼スラグの利用状況[5][6]を調べた。副生成物である製鋼スラグを利用した微細藻類育成の例として、ミドリムシの諸性質[7]およびミドリムシの工業的な育成方法について調べた上で、実験目的および実験手法を議論、決定し、それに基づいた工学実験を行った。得られた実験結果をもとに、その応用として工業的規模への拡張、すなわちスラグを利用した効率的な育成プロセスを検討することで、現代文明が直面している地球環境問題について多角的な視点を醸成した。

## 4. 実験プロセス

### 1) 実験背景への理解

#### (1) 地球環境問題

今後の最重要課題の一つである温室効果ガスによる気候変動という地球環境問題についての理解を深めるために、古気候学の観点から気候変動問題を科学的に解説した大河内直彦「チェンジング・ブルー」[1]を参考書として取り上げ、地球環境や気候変動に関して意見を交換した。

#### (2) 鉄鋼製造プロセスおよび製鋼スラグへの理解

製鋼スラグの利用について発表されている技術情報や文献を分担して収集して、製鋼スラグがりん、鉄、珪素などを含み、その成分が水を含む環境で穏やかに溶出することから、

近年では農産物育成のための土壌改良や海域での藻場形成に役立てられていること[5][6]を学んだ。その上で新日鐵住金（株）名古屋製鐵所を見学し、鉄鋼製造プロセスについて学ぶとともに、実際の工業的規模プロセスの一端を理解した。

### （3）微細藻類の光合成と地球環境

海洋微細藻類のような微細藻類の光合成と有機物質生産が、地球環境に影響を及ぼしてきたこと[8][9]を調べた。さらに近年、光合成植物の中でも微細藻類をバイオマス資源に適用することが脚光を浴びていること[10]、微細藻類としてのミドリムシ (*Euglena gracilis*) が二酸化炭素の固定能力を持ち、入手性が容易で増殖し易く有用な油類を生成しうること[11]など、関係する文献を調べて、その有用性について議論した。

## 2) 実験目的の設定

製鋼スラグを利用技術や、二酸化炭素の固定につながる光合成植物、微細藻類の増殖方法に関する学術論文、技術情報を収集して、相互に文献紹介と議論を行って当該分野での理解を深めた。そのなかで、製鋼スラグを用いた微細藻類であるミドリムシの増殖方法、および明らかにすべき実験目的を検討した。

その結果から、製鋼スラグを利用しつつ鉄鋼製造プロセスで発生する二酸化炭素の固定も視野に入れて、「製鋼スラグを共存したミドリムシの増殖に及ぼす雰囲気中の二酸化炭素濃度の影響を明らかにする」ことを実験の目的に設定した。

## 3) 実験方法の検討

### （1）実験方法

ミドリムシの増殖について文献調査を行い、既往報告[7][12][13][14][15]を参照してビーカー実験とした。その増殖のための培地の選択などの条件を予備実験で明らかにし、実験方法を構築して製鋼スラグの効果を増殖速度の評価で定量的に明らかにすることにした。

### （2）増殖速度の評価方法

ミドリムシなどの単細胞生物の増殖は、単位培地あたりの細胞数が培地の濁度または吸光度と比例関係にあることが知られている[16][17]。そこで、より選択的な細胞数の測定が期待できる吸光度計で、波長 676 nm および 730 nm でミドリムシの細胞数が測定できるかを予備実験で確認して、その増殖速度すなわち倍加時間の評価とすることにした。

## 4) 予備実験方法の検討

### （1）予備実験の進め方

スラグからのりんや鉄などの有用成分の溶出挙動が既往研究に報告されている一方で、その溶出挙動は複雑であることも知られている[6]。溶出評価の溶出成分分析などは本実験の範囲で行う難しさもあったので、既往文献から期待される溶出挙動を前提として 75 から

300  $\mu\text{m}$  の粒度で、製鋼スラグをビーカーの底に入れてミドリムシ増殖実験ができるかを、予備実験で確かめた。

ミドリムシのように有機物による増殖と光による増殖の両方が可能な微生物の場合、培地は光による増殖がなされる独立栄養培地として検証する必要がある[12]。そこで本実験では、文献[7]に記載されている CHU No.10 培地を採用した。これは  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  などの市販試薬で構成できる無機栄養培地である。予備実験で本培地が、ミドリムシの光合成ができる独立影響培地になること、およびその培地からりんを含む  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  試薬を除いても製鋼スラグを共存させれば光合成による増殖が可能であること確認した。

以上のような検討を踏まえて、培地 500 g に対して共存させる製鋼スラグを 0.1 mass%、0.2 mass%、0.3 mass%の三水準に設定して、製鋼スラグを培地に共存させた状態でミドリムシの増殖挙動を調べることにした。

## (2) 実験可変因子の取捨選択

ミドリムシの増殖実験には、本実験の目的である製鋼スラグ共存下での雰囲気中  $\text{CO}_2$  濃度が増殖速度へ及ぼす影響以外にも、工学実験一般と同様に多数の可変因子が存在する。特に実証の要素を含む工学実験では実験目的に即した有効な結果を得るために、この可変因子と条件の設定と選択は極めて重要である。本実験においても、その点を受講生に理解させることを心掛けた。本実験で考慮した因子は、温度、照度（光量子）、明暗時間、培地の pH、通気（曝気）条件、容器形状、外部からの汚染、など極めて多岐にわたる。これらは、予備実験で製鋼スラグの影響が分かると判断された範囲で固定する、ないし固定できたと仮定することにした。しかしながら、実際にはそれ以外の影響する可能性のある因子、例えば光波長（色）、雰囲気あるいは通気による攪拌の影響など、検討考慮ができていない条件が多く、本実験を遂行する上での課題であった。ただし既往文献の最良の増殖速度に近い値が本実験で得られたことから、これらの因子は、今回得られた実験結果、すなわち製鋼スラグ共存下で雰囲気中の二酸化炭素濃度を高めることがミドリムシの増殖速度を増大させる効果を有する、という結論に影響するものではないと考えられる。

## (3) 細胞数測定のための吸光度測定

予備実験の段階で、細胞数測定に応用した場合には吸光度の測定にばらつきが生じることが認められた。この原因は、数十  $\mu\text{m}$  程度のミドリムシが培地に対しては懸濁物であつてかつ通気した条件でも培養容器であるビーカー内で偏在が生じること、共存させる製鋼スラグも培地に対して懸濁物になること、などが考えられた。これに対しては、吸光度測定を 3 回以上としかつ試料液を培地保持容器の上中下から採取するなど、受講生が測定方法の工夫を行った。

#### (4) 雰囲気中の二酸化炭素濃度の調整

限られた資源（予算、時間、実験環境）の中で、ミドリムシの増殖実験における雰囲気中の二酸化炭素濃度を高める方法とその具体化を、TA主導のもと受講生間で討議した。その結果、観賞用水槽に使用する市販の小型二酸化炭素ガスボンベおよびレギュレータを購入し、気体混合槽を自作することで対処した。レギュレータの調整精度とそれによる二酸化炭素濃度など未検証の部分があり、ボンベ容量から通気量を十分に揃えることができないなど課題もあったが、本法を採用することは工学実験を行う上での解決の方法論を検討し対処する学習として有意義であったと考える。

### 5) 本実験方法の検討

予備実験の知見を基にして、恒温槽中の人工光下でミドリムシを増殖する本実験方法を検討した。特に、ミドリムシの倍加時間は1日ないし数日程度であることを考慮し、増殖速度である倍加時間を一定の精度で得るために7日間程度の測定期間が必要であった[12]~[15]。そこで、一回の実験で同時に実施できる条件を考え、選択させるようにした。既往文献を参照し実験温度（摂氏 25 度）および明暗時間（明：暗=12：12）という条件は、照明付き恒温槽で実験を行うことで、倍加時間の評価に堪えるよう配慮した。実験条件は既往文献および予備実験を踏まえた設定にしたことで、本実験は概ね仮説の検証および目的を明確化できる実験を実施できた。

### 6) 実験結果および共有と考察について

#### (1) 実験結果

実験結果については、ミドリムシを培養した7日間の平均増殖速度（倍加時間）で評価したこと、準備したガスボンベ容量およびレギュレータの調整安定性、などの要因で、雰囲気中の二酸化炭素濃度の影響について、倍加時間との相関性を明確に示すには至らなかった。しかしながら限られた資源の中で、設定した実験目的を検証できる工学実験を実施できたことは評価できる。

反省点としては、一部の実験で微細藻類であるミドリムシが実験途中で死滅したと思われる状況になった場合があったことが挙げられる。生体を扱う実験では想定すべきことであつたが、微細藻類の増殖実験においての実験上のノウハウを十分に持ち合わせなかった。また白色の浮遊物が死滅したミドリムシ、ないしその影響がどうかも判断がつかなかった。今回は、実験に使用するビーカーや配管などの容器を実験に供する前に希塩酸洗浄した上で、通常の洗浄、乾燥して実験に使用することにした。それ以降は、文献から期待できるミドリムシの安定した増殖が認められた。成果報告に記載した結果は、そのような操作を行ったものである。

また、本実験は製鋼スラグの有用性や二酸化炭素濃度の影響をミドリムシの増殖速度、すなわち倍化時間で評価したが、ミドリムシ個体の大きさや有機物生成（クロロフィルや

ポラミン) 量のような評価には、実験の資源や難度の点からも至らなかった。

## (2) 実験結果の共有

実験結果およびその解析については、中間発表および最終報告会の準備のための発表スライド作成の段階で、受講生で分担して解析を実行できた。一連の実験および文献共有の過程では、ネットワークサービスの一つである **OneDrive** を使って、ネットワーク上で情報と結果を共有した。今回の実験では、このようなサービスを使った情報共有は有益であったが、このサービスを大学教育の場で使うことは、昨年使用した **DropBox** と同様、実験データの保護という観点で不適切であったかもしれない。今回も、創造実験終了後の一定期間経過（3ヶ月程度）を目処に、同サービス内のデータを削除する予定である。

## (3) 工業化のための思考実験としてのモデル工場

地球環境問題への理解と実験結果への考察に対する工夫として、製鋼スラグを利用したミドリムシ培養のモデル工場を、本実験で得られた結果をもとに、工業化を視野においた思考実験として行った。この狙いは以下の3点にある。

- ① 製鋼スラグ発生量、それを副生する製鉄所、製鉄業の工業規模への理解を深める。
- ② 自ら求めた実験結果を用いてより大きな実証製造規模の工場を検討することにより、研究開発を実用段階に移行させる規模感を実感する。
- ③ 温室効果気体に起因する気候変動問題が地球規模の極めて大きな物質収支の問題であること、そのような大きな量の問題は一つの方法で解決できる容易な問題ではなく、だからこそ様々なことを考えるべき段階にあることを認識する。

このような高い目標に対して、今回の思考実験で実施できた内容は全く十分な検討とはいえないが、少なくともモデル工場における製鋼スラグの使用量や、それによって得られるミドリムシ収量（バイオマス）、およびそれから推定できる  $\text{CO}_2$  固定量などを見積もることで、今回の実験から引き出された結果を数量感として把握できたことは、工学的見地から、そして地球環境問題について多角的な視点を涵養することから重要と考える。

## 5. まとめ

本実験では、地球環境問題という喫緊かつ重大な今日的課題を見据えながら、生物の育成に必要な元素であるりんを含む製鋼スラグの微細藻類のような光合成生物育成に対する有用性を認め、さらには温室効果ガス増加に伴う気候変動問題への対応の糸口について議論し理解を深めた。

それを踏まえて製鋼スラグを二酸化炭素の固定につながるミドリムシなどの微細藻類増殖に活用することについて議論した。微細藻類としてミドリムシの性質や増殖実験に関する文献を収集し、その培養方法と製鋼スラグの利用方法などを調べることで、製鋼スラグ共存下のミドリムシの増殖に及ぼす雰囲気中二酸化炭素濃度の影響を明らかにするという

課題を自ら設定し、その課題に沿った実験方法を考え、実験計画を立て実行した。さらに、実験から得られた結果および既往研究の成果にもとづいて、製鋼スラグを用いたミドリムシ培養のモデル工場について考察を行った。この一連の実験は、製鋼スラグや二酸化炭素の利用、およびそれを副生する鉄鋼業および製鉄プロセスについての理解の一助になるとともに、ミドリムシ培養への応用を検討することで気候変動問題という地球環境問題への理解の喚起と多角的な視点の涵養につながるものとする。今回の一連の実験および検討は実証に配慮した総合工学実験であり、受講生各位にその点を実感してもらえたとする。

最後に、本実験の遂行にあたり、名古屋大学教授 小山敏幸先生、ならびに市野良一先生には深甚なるご指導を賜りました。さらに実験場所と装置の提供や使い方を教えていただくにあたり、市野研究室の方々にも多大なご協力をいただきました。記して謝意を表します。

### 参考文献

- [1] 大河内直彦, “チェンジング・ブルー”, 岩波書店, 東京, 2008, 同左, 岩波現代文庫, 東京, 2015.
- [2] 小島紀徳, “二酸化炭素問題対策とエネルギー利用”, 鉄と鋼, 第 78 巻, 1992, pp. 697 – 705.
- [3] 小俣達男, 藤田祐一, 前田真一, “光合成微生物は資源・エネルギー分野で人類に貢献できるか?”, 光合成研究, 第 20 巻, 第 2 号, 2010, pp. 65 – 71.
- [4] 三室守, “光合成微生物の地球環境とその保全への応用”, 生物工学, 第 89 巻, 第 3 号, pp. 121 – 123.
- [5] 藤本健一郎, 加藤敏朗, 植木知佳, 堤直人, “製鉄副生スラグによる海の森づくり (藻場造成技術開発)”, 新日鐵技報, 391 号, pp. 206 - 209, 2011.
- [6] 山本民次, 鈴木雅巳, 吳硯津, 松田治, “製鋼スラグからのりん, 珪素の溶出とそれらが植物プランクトン自然群集の増殖に及ぼす影響”, 鉄と鋼, 第 89 巻, 第 4 号, 2003, pp. 102 – 108.
- [7] 斉藤実, “ユーグレナ (ミドリムシ) の観察法”, 横浜国立大学 理科教育実習施設研究報告, 第 5 巻, 1989, pp. 1 – 14.
- [8] 白岩善博, “海洋微細藻類の光合成・物質生産と地球環境”, THE CHEMICAL TIMES, 第 238 巻, 2015, pp. 2 – 9.
- [9] 大河内直彦, 黒田潤一郎, “海洋無酸素事変 地球のダイナミックな営みを探る”, 科学, 第 80 巻, 2010, pp. 1117 – 1123.
- [10] 宇野博志, 三井物産戦略研レポート, “バイオマス資源としての微細藻類”, 2011 年 12 月 05 日, pp. 2 – 11.
- [11] 嵐田亮, “微細藻類ユーグレナの特徴と食品・環境分野への応用”, 光合成研究, 第 22 巻, 第 1 号, 2012, pp. 33 – 38.



- [12] 佐藤守, 吉中禮二, 黒島良介, 森本晴之, 松岡良知, 柳川和司, 池田静徳, “養魚初期飼料としてのユーグレナの栄養価評価—I”, 水産増殖, 第 32 卷, 第 2 号, 1984, pp. 83 – 87.
- [13] 中野長久, 浜崎和恵, 竹中重雄, 宮武和孝, 谷晃, 相賀一郎, “*Euglena gracilis* の高 CO<sub>2</sub> 環境への適応とその機構”, CELSS 学会誌, 第 7 卷, 第 2 号, 1995, pp. 15 – 18.
- [14] 中野長久, 宮武和孝, 乾博, 穂波信雄, 村上克介, 金井謙二, 辰巳雅彦, 相賀一郎, 近藤次郎, “地球環境を閉鎖・循環系生態系として配慮した食料生産システム—藻類(ユーグレナ)の食料資源化に関する研究”, CELSS 学会誌, 第 10 卷, 第 2 号, 1998, pp. 13 – 23.
- [15] 松本隆仁, 乾博, 宮武和孝, 中野長久, 村上克介, “ユーグレナの光合成育成に与える光質と CO<sub>2</sub> 濃度の影響”, *Eco-Engineering*, 第 19 卷, 2007, pp. 27 – 32.
- [16] 小西正則, 堀内淳一, “細胞の増殖を捉える—計測法から比速度算出まで—”, 生物工程, 第 93 卷, 第 3 号, 2015, pp. 149 – 152.
- [17] 永谷正治, “微生物の増殖”, 日本醸造協会誌, 第 63 卷, 第 11 号, 1968, pp. 1163 – 1169.

## II. 成果報告書

次頁以降に記す。

II. 成果報告書 (TA報告書)

高度創造工学創造実験 最終発表

2016/8/3

# 地球環境問題を考えながら 鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる

サブテーマ スラグを利用した効率的な  
ミドリムシ育成プロセスの検討

E班 M1 石黒雄也、伊藤公一、  
川出隼也、堀場絵梨子  
DP 西隆之先生、TA 鈴木飛鳥

1

## 地球温暖化による影響

海面上昇



動植物の絶滅リスクの増加



マラリア感染地域も増加



異常気象の増加



食料不足



熱帯低気圧の強大化



環境省「地球温暖化パネル」2

## 食料・エネルギー不足問題

人類が使える資源・エネルギー



地球温暖化を中心とした地球環境の保全と  
資源・エネルギー問題が21世紀の課題である

- [1] [http://www.kasato.com/1001/sinomaki\\_files/01DSC\\_8809.JPG](http://www.kasato.com/1001/sinomaki_files/01DSC_8809.JPG)より転載(2016年7月26日)  
 [2] <http://www.cs-f.jp/images/nature.jpg>より転載(2016年7月26日)  
 [3] [http://image.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1211/29/Kurobe\\_kepco.jpg](http://image.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/1211/29/Kurobe_kepco.jpg)より転載(2016年7月26日)

3

## ミドリムシの利用



- [4] <http://euglena-fan.jp/img/food02.jpg>より転載(2016年7月26日)  
 [5] [http://response.jp/imgs/img\\_v2-712544.jpg](http://response.jp/imgs/img_v2-712544.jpg)より転載(2016年7月26日)

4



## 鉄鋼材料の有用性



[6]



[7]

## 鉄鋼は人類社会を支える基盤材料！！

[6] <http://www.steelcan.jp/steelcanage/vol11/mainreport.html>より転載(2016年7月26日)

[7] <http://www.steelcan.jp/steelcanage/vol31/closeup.html>より転載(2016年7月26日)

5

## 製鉄プロセス

地球環境問題



CO<sub>2</sub>発生

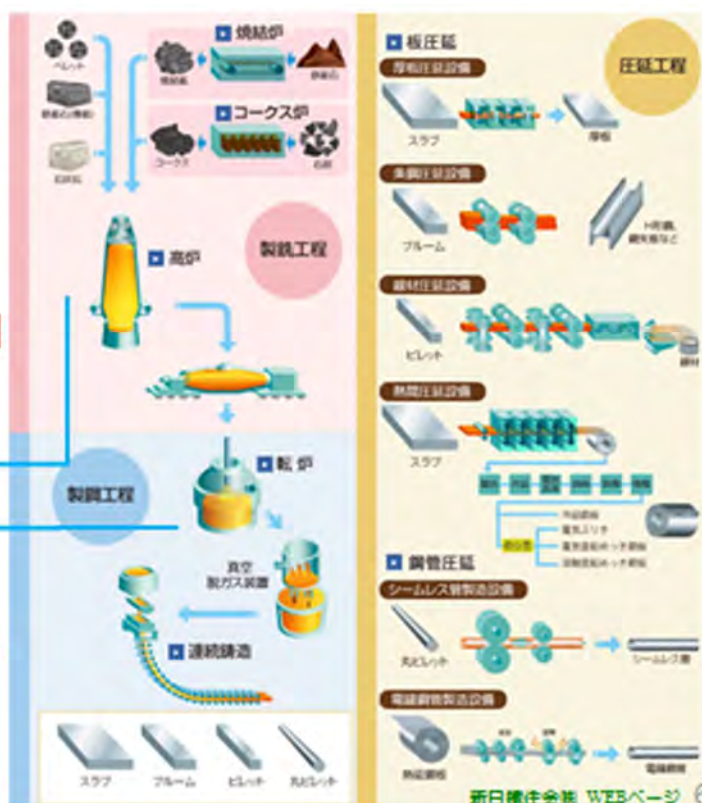
副生成物

高炉スラグ

製鋼スラグ

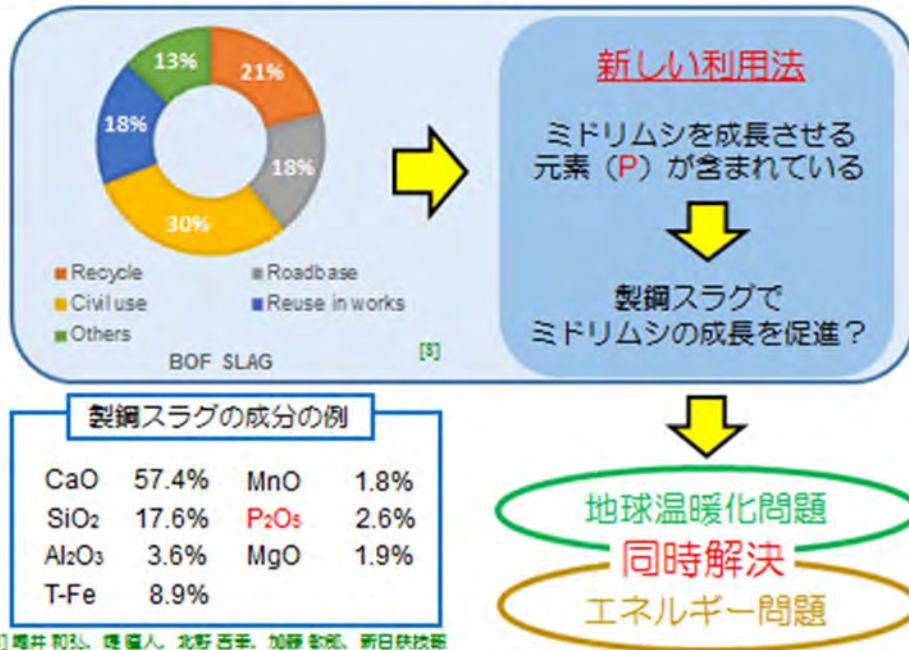


Pを含んでいるが  
有効利用  
できていない



新日鐵住金 鉄鋼 WEBページ 6

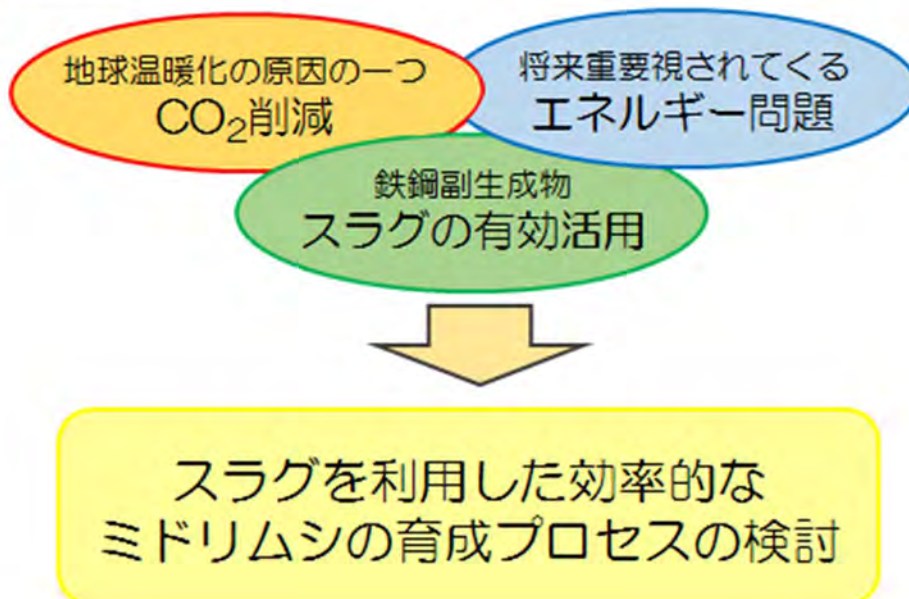
## 製鋼スラグの利用



[8] 堀井 和弘、磯 龍人、北野 吉幸、加藤 幸成、新日鉄技報 第394号 (2012) より転載(2016年7月26日)

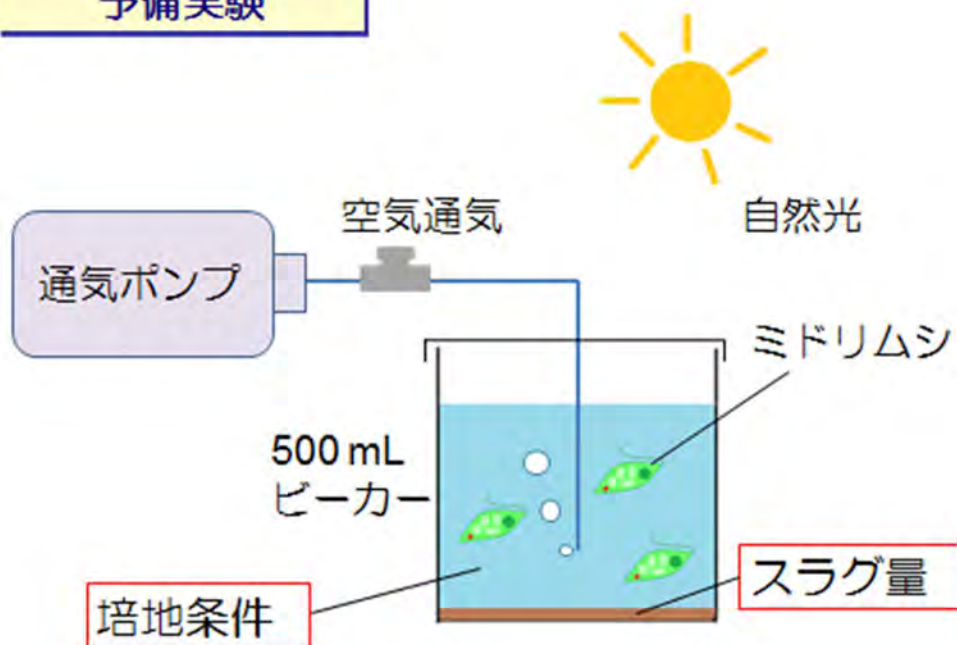
7

## 目的の設定



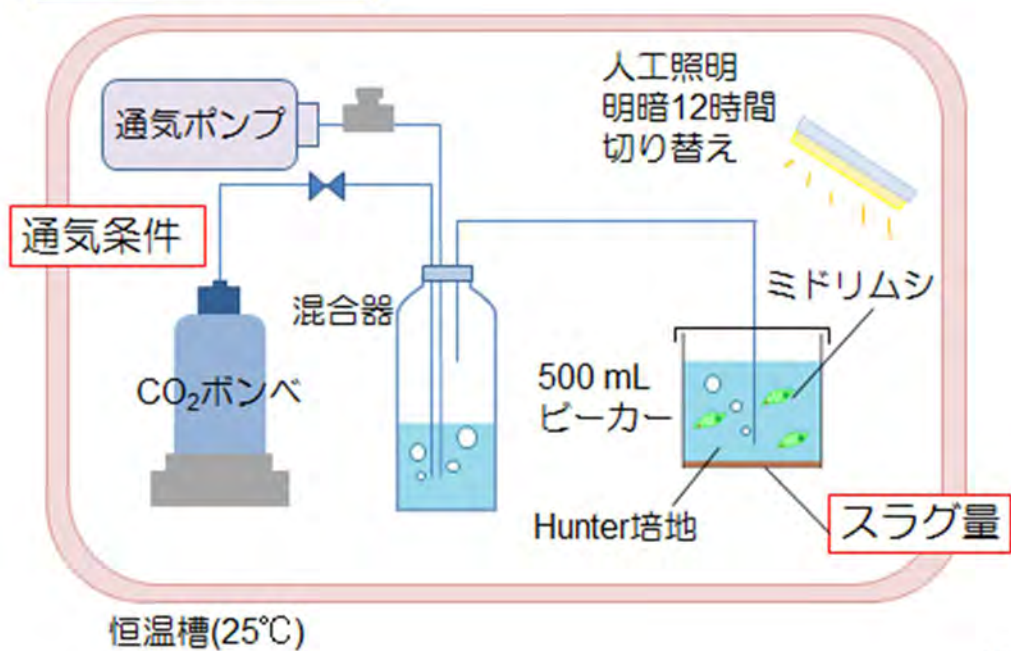
8

## 予備実験



9

## 本実験



10



## Hunter培地とスラグの組成

培地組成(Hunter培地 <sup>[9]</sup> 参照)		スラグ組成	
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	0.058 g/L	CaO	57.4%
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.020 g/L	SiO <sub>2</sub>	17.6%
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0.059 g/L	MgO	1.9%
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	0.025 g/L	T-Fe	8.9%
FeCl <sub>3</sub> · 6H <sub>2</sub> O	0.001 g/L	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.6%
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	0.010 g/L	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2.6%
		MnO	1.8%

[9] HERMAN VON DACH, Department of Physiology, Georgetown University School of Medicine, Washington, D.C. 1959

11

## 予備実験の条件

スラグ量	培地	通気
0.05 g	Hunter培地	空気
0.25 g	Hunter培地	空気
0.05 g	Hunter培地(-P)	空気
0.05 g	0.005%硝酸	空気

12



## 本実験の条件

スラグ量	培地	通気
0.00 g	Hunter培地	空気
0.05 g	Hunter培地	空気
0.15 g	Hunter培地	空気
0.05 g	Hunter培地	CO <sub>2</sub> 5.06%
0.15 g	Hunter培地	CO <sub>2</sub> 4.56%
0.05 g	Hunter培地	CO <sub>2</sub> 1.95%
0.05 g	Hunter培地	CO <sub>2</sub> 11.8%
0.05 g	Hunter培地	CO <sub>2</sub> 20.4%

13

## 濁度法による細胞数の測定

ランベルト・ベールの式

$$E = \ln \frac{I_0}{I} = KC$$

$E$  : 濁度、 $I_0$ ,  $I$  : 入射、透過光度、  
 $K$  : 比例定数、 $C$  : 濃度

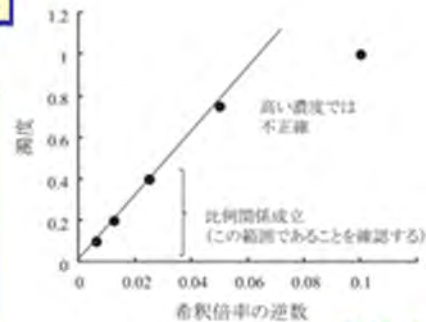


図1. 希釈倍率と濁度の関係 [10]より転載

吸光度計で  
初期と7日後の  
濁度( $E_s, E_f$ )を測定  
(波長 : 676 nm, 730 nm)

表2. 濁度法でよく使用される波長 [10]より転載

波長 (nm)	適用
600	酵母 (酵母様真菌)・細菌など
660	大腸菌・細菌など
730	シアノバクテリア・微細藻類など

[10]小西 正明, 堀内 孝一. 生物工学第93巻第3号 (2015) 149-152

14

## 増殖速度

ランベルト・ベールの式

$$E = \ln \frac{I_0}{I} = KC$$

細胞濃度

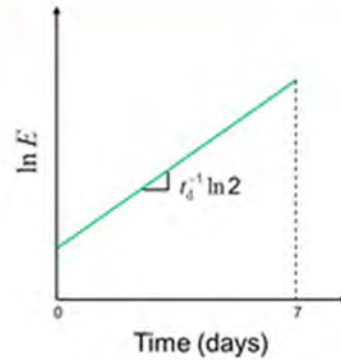
$$C = C_0 2^{\frac{t}{t_d}}$$

$t$ : 時間、 $t_d$ : 倍加時間、  
 $C_0$ : 初期濃度

$$\ln E = \frac{t}{t_d} \ln 2 + \ln KC_0$$

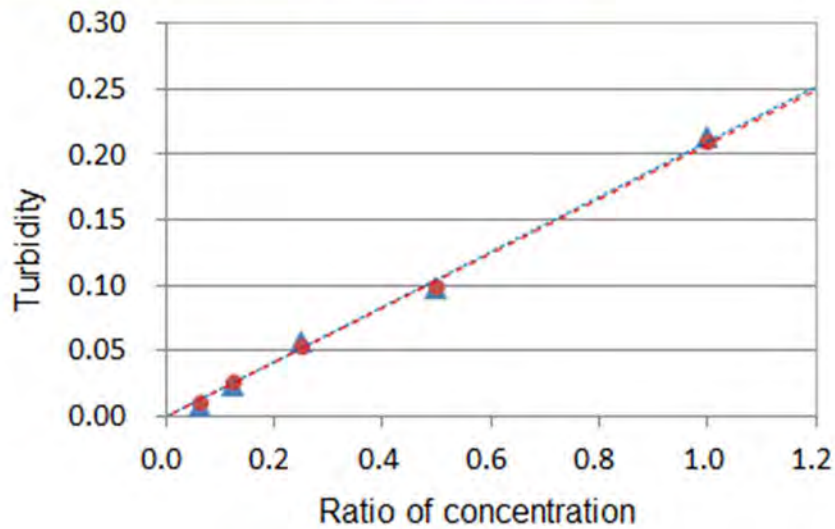
$$t_d = \frac{(t_f - t_s) \ln 2}{\ln E_f - \ln E_s}$$

$t_s, t_f$ : 開始、終了時間



15

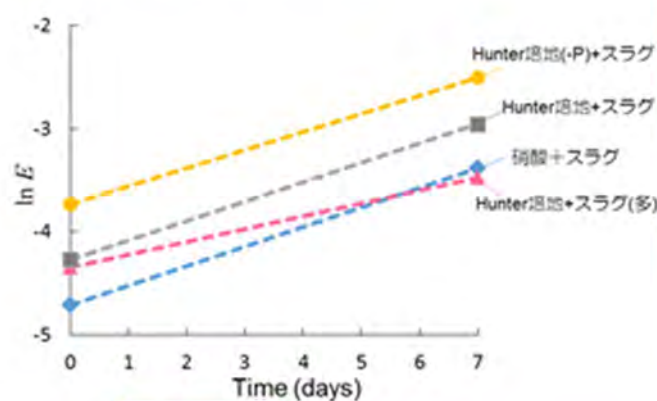
## ミドリムシの濃度と濁度の関係



(赤)676 nm, (青)730 nm

16

## 予備実験



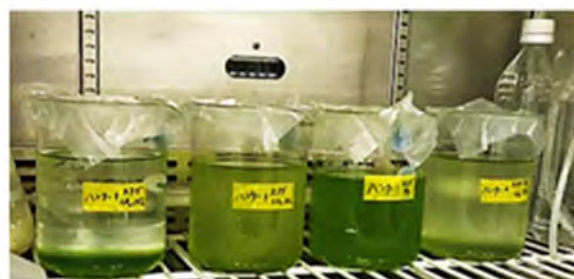
種類	倍加時間 (days)
Hunter培地(-P)+スラグ	3.95
Hunter培地+スラグ	3.70
硝酸+スラグ	3.65
Hunter培地+スラグ(多)	5.58

### ポイント

- スラグが多すぎると増殖率が減少
- 他では倍加時間に差異がないため、Hunter培地+スラグを基本系とした。

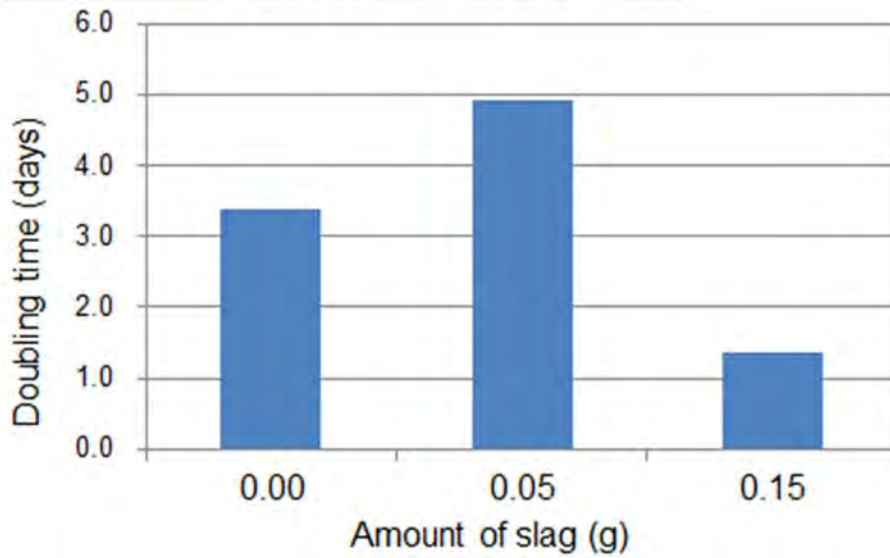
17

## ミドリムシ培養の様子



18

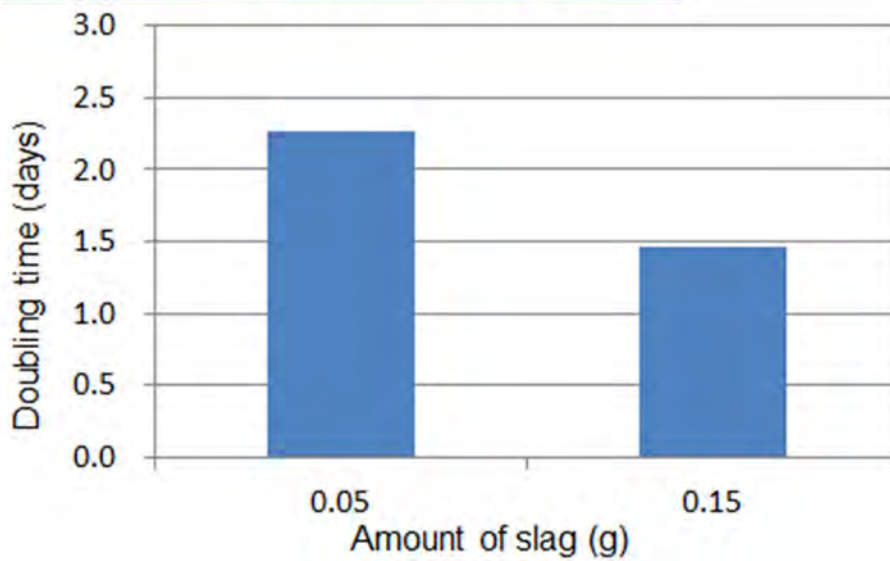
### スラグ量が倍加時間に与える影響



培養容器には空気を通気した。

19

### スラグ量が倍加時間に与える影響

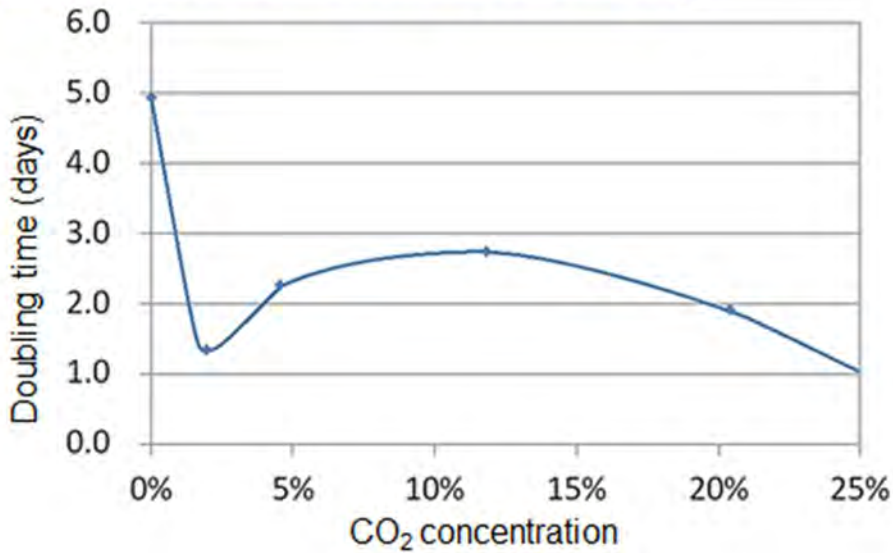


培養容器には5%CO<sub>2</sub>を通気した。

20



## CO<sub>2</sub>濃度が倍加時間に与える影響

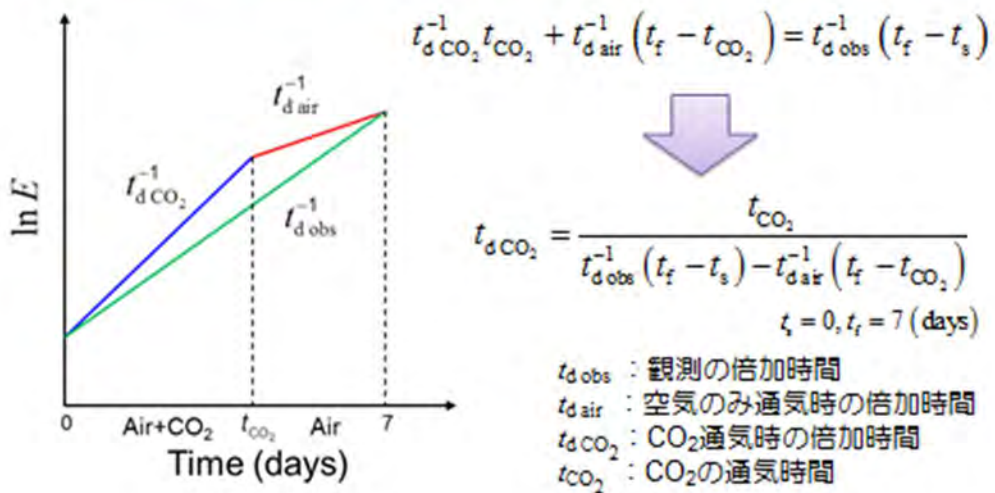


スラグ量は0.05 gとした。

21

## 測定結果の補正

すべての実験で、7日後CO<sub>2</sub>が切れていた → 補正が必要？



22

## 測定結果の補正

※ポンベ仕様：CO<sub>2</sub>量 74 g

Air中CO<sub>2</sub>濃度 0.04vol%

スラグ量 (g)	CO <sub>2</sub> 量 (mL/min)	Air量 (mL/min)	通気可能時間 (days)	推定CO <sub>2</sub> 通気時間 (days)
0.05	0.26	641		
0.05	3.45	173	8.28	6.25
0.05	4.03	75	7.09	5.35
0.05	3.80	30	7.52	5.67
0.05	3.14	12	9.10	6.87
0.15	0.51	1282		
0.15	3.08	65	9.28	7.00

$t_{d\ air}$

補正対象

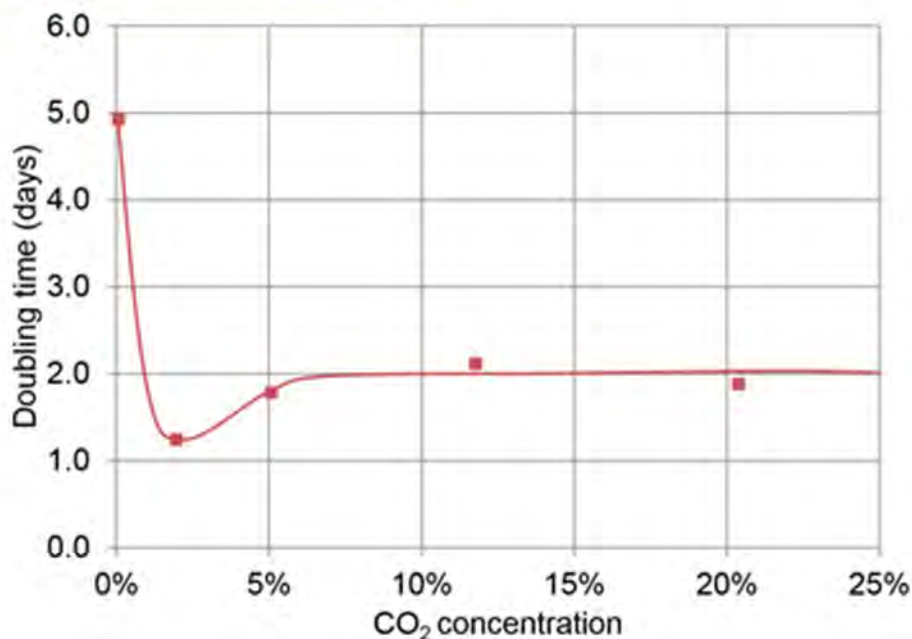
仕様※とおりであれば7日もつはず

最小流量で7日供給できなかったことから調整時のCO<sub>2</sub>逸失量を見積もり

残存ポンベ中CO<sub>2</sub>量 56 g

23

## 補正計算結果



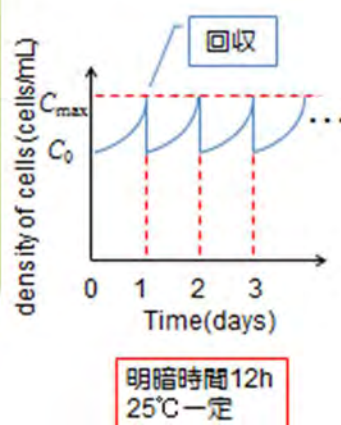
24

## ミドリムシの工業的生産

細胞濃度  $C = C_0 2^{\frac{t}{t_d}}$

初期値の設定  $C_{\max} = C_0 2^{\frac{1}{t_d}}$   
 $\rightarrow C_0 = C_{\max} 2^{-\frac{1}{t_d}}$

1日の細胞濃度の増加量  
 $\Delta C = C_{\max} - C_0 = C_{\max} \left( 1 - 2^{-\frac{1}{t_d}} \right)$



$C_0$ :初期細胞濃度、 $C$ :細胞濃度、  
 $C_{\max}$ :上限細胞濃度、 $t_d$ :倍加時間

25

## ミドリムシの工業的生産

1日のミドリムシの増加量  $\Delta C$  [cells/(mL · day)]

年間1Lあたりのミドリムシの増加量

$$\Delta M = 1000 (\Delta C) m t_w \text{ [g/(L · year)]}$$

CO<sub>2</sub>固定量

$$\Delta M r_c \frac{m_{\text{CO}_2}}{m_c} \text{ [g/(L · year)]}$$

バイオジェット燃料へ利用

$$\Delta M r_{\text{oil}} \frac{1}{d_{\text{oil}}} \text{ [mL}_{\text{oil}} \text{/(L · year)]}$$

$t_d$ :倍加時間、 $m$ :ミドリムシ乾燥重量、 $t_w$ :年間操業日数、  
 $r_c$ :ミドリムシの炭素乾燥重量比率、 $m_{\text{CO}_2}$ ,  $m_c$ :CO<sub>2</sub>, Cの式量、  
 $r_{\text{oil}}$ :ミドリムシの油脂乾燥重量比率、 $d_{\text{oil}}$ :ジェット燃料油密度

26



## CO<sub>2</sub>固定法としての検討

年間1Lあたりのミドリムシの増加量:15 [g/(L・year)]

年間1LあたりのCO<sub>2</sub>吸収量 :27 [g/(L・year)]

新日鐵住金グループ年間CO<sub>2</sub>排出量9700万トン(2013)<sup>[11]</sup>を10%  
吸収するには  
水槽**710 km<sup>2</sup>** (琵琶湖の広さ<sup>[12]</sup>)必要



杉の人工林で吸収するには  
**11,000 km<sup>2</sup>必要<sup>[13]</sup>** ミドリムシの約**15倍**



倍加時間:1.3日(実験値), 乾燥重量:1.2×10<sup>-10</sup> g/cell<sup>[14]</sup>, 水槽深さ:50 cm  
乾燥重量炭素比率:50%<sup>[15]</sup>, 上限細胞濃度:10<sup>6</sup> cells/mL, 年間操業日数:300日

- [11] 「生産工程でのCO<sub>2</sub>削減と省エネルギーの取り組み」 <http://www.nissai.com/csr/env/warning/production.html> (2016/7/26)  
[12] 「琵琶湖の概要」 <http://www.pref.shiga.lg.jp/d/birako-kankyo/beri/01shira/01-04birako/01-04birako.html> (2016/7/25)  
[13] 「森林はどのくらいCO<sub>2</sub>を吸収しているのか」 [http://www.ninjabuff.jp/kit\\_shou/rendaku/20141113\\_topic2\\_2.html](http://www.ninjabuff.jp/kit_shou/rendaku/20141113_topic2_2.html) (2016/7/26)  
[14] 松本ら, Eco-Engineering 19 (1), 27-32 (2007), [15] 廣田ら, 光合成研究 22, 1 (2012)

27

## 資源として検討

新日鐵住金グループ年間CO<sub>2</sub>排出量  
9700万トン(2013)<sup>[11]</sup>を10%吸収させると

ミドリムシ **530万トン**

バイオジェット燃料 **20億L**  
国内ジェット燃料消費量(2014)<sup>[16]</sup>の**22%**

ミドリムシの油脂乾燥重量比率:30%<sup>[17]</sup>  
ジェット燃料油密度:0.8 g/cm<sup>3</sup><sup>[18]</sup>

- [16] 「国土交通省 最新の航空運轉統計年報」 [http://www.cmlt.go.jp/t-tokei/11/annual/15\\_eentrysyohiryu.pdf](http://www.cmlt.go.jp/t-tokei/11/annual/15_eentrysyohiryu.pdf) (2016/7/25)  
[17] 林ら, 日本生物工学会大会講演要旨集 63, 25 (2011), [18] 「石油運轉 統計資料」 <http://www.paj.gr.jp/statis/kansan/> (2016/7/25)

28

## まとめ

➤スラグとCO<sub>2</sub>を用いてミドリムシの効率的な育成プロセスの検討を行った。

- スラグを0.03 mass%添加で倍加速度を短縮

→スラグの高度利用が可能

- 空気より濃いCO<sub>2</sub>の通気で増殖速度が増加

➤得られた倍加時間からCO<sub>2</sub>固定法・資源としての可能性を考察した。

- 高等植物の約15倍のCO<sub>2</sub>固定化効率が推定される。

• バイオジェット燃料源として有望

29

## 課題

➤本実験の今後の課題

- CO<sub>2</sub>の安定供給と濃度による効果の明確化
- CO<sub>2</sub>による増殖促進の原因特定

➤工業的生産への応用に向けて

- CO<sub>2</sub>やスラグの供給・分離方法の検討
- 微細藻類の効率的な分離回収技術
- 再生可能エネルギーを使った人工照明との併用

30



## 6. テキストデータからの知識抽出

Directing Professor (DP) :

日本電信電話株式会社

コミュニケーション科学基礎研究所

平尾 努

名大生の生活を見守るエージェント “Navigate U” の開発 97～110

I. DP 報告書 99

II. 成果報告書 103



# 「テキストデータからの知識抽出」 報告書

## ～ 名大生の生活を見守るエージェント “Navigate U” の開発 ～

### I. DP報告書

#### ◆テーマの主旨

本テーマはでは、我々の身近にあるテキストデータから知識を抽出し、それを利用したビジネスモデルの草案・分析・検証を実施し、社会的課題を解決するプロセスを学ぶこと、参加者自身がそれに主体的に取り組むこと、各種スキルと意欲を養うことを目的とする。

#### ◆課題

- ①自然言語処理技術が解決できる社会的課題にどのようなものがあるか
- ②自然言語処理を利用したサービスにどのようなものがあるか
- ③自然言語処理ツールの習得・活用
- ④自然言語処理技術を利用したビジネス創造と評価、提案プロセスの実施
- ⑤上記に関連した特許調査
- ⑥上記に関連したツール・データのライセンス（著作権）の確認

### 1. メンバー

DP:	平尾 努	(日本電信電話(株) コミュニケーション科学基礎研究所)
TA:	松山 諒平	(電子情報システム専攻・情報・通信工学分野 M1)
受講生:	胡 耀斌	(情報科学研究科・社会システム情報学専攻 M1)
	李 婧	(情報科学研究科・社会システム情報学専攻 M1)
	細川 海人	(エネルギー理工学専攻 M1)
	若林 丈紘	(情報科学研究科・情報システム学専攻 M1)

### 2. 実験実施期間

実験：平成28年4月20日～ 7月27日（全15回）

発表：平成28年8月3日

### 3. サブテーマ

自然言語処理を活用したサービスの創出

### 4. 実験プロセス

本実験は以下に示すプロセスで進めた。

## 1) 概要説明と目標設定

まずテーマの目的を説明し、自然言語処理技術の概要を説明した。その後、ビジネスプランを作成し、一般財団法人、学生サポートセンターが主催する「学生ビジネスプランコンテスト」への応募することを最終目標とした。

## 2) 自然言語処理技術を利用したサービスの動向調査

自然言語処理技術を利用したサービスとしてどのようなものが存在するのか、そこで活用されている自然言語処理技術がどのようなものなのかをいくつかの Web 上のサービスを例にあげ、解説した。また、受講生による自然言語処理のサービス紹介も実施し、どのような自然言語処理技術が必要とされ、それらが実サービスにどう活かされているかについて議論し、理解を深めた。

## 3) 自然言語処理技術を活用したサービス開発とビジネスプランの創出

受講生間の議論に基づき、評判分析[1]に焦点を当てたサービスとビジネスプランを開発することを目的とした。評判分析とは、ある商品に対するレビューテキストの内容が好意的であるか（ポジティブ）／そうでないか（ネガティブ）に分類するような技術を指す。

次に、評判分析を活用したサービスの開発するにあたり、受講生間でアイデアを出しあいブレインストーミングを行った。いくつかの候補の中から、大学生活をサポートする Twitter bot（問いかけに対して自動応答する Twitter アカウント）“Navigate U” 開発することとした。“Navigate U”は、ユーザのつぶやきを分析し、その内容、時間などに応じて様々な情報を推薦する。たとえば、昼間に「お腹が減った」に類するような表現がつぶやかれた場合、大学近辺で評判のランチを提供する店舗を推薦する。こうした bot を実装することで、新入生のように大学生活になじんでいない学生が少しでも大学生活を楽しめるようにすることを目的とする。本実験では、時間の都合上、推薦する情報のカテゴリを飲食店関連だけにしぼったが、授業や交通機関などさまざまなカテゴリの情報を推薦できるようになれば、大学生活を過ごす上で必要不可欠な情報を手に入れられるようになるであろう。

そして、こうしたサービスでどのように収益をあげるかについても議論した。収益源については店舗からの広告掲載料、生協などからの協賛金などがあがった。

また、特許調査の基本的な手順を学習し、上記サービスに類似するサービス、技術について特許がないか調査を実施した。また、利用するテキストデータ、自然言語処理ツールのライセンスについても問題がないかを確認した。さらに、技術調査の一環として、NTT コミュニケーション科学基礎研究所の見学会を実施し、機械学習、自然言語処理分野の6項目の見学を実施した。上記実験テーマと関連のある見学が多く、NTT の研究者と受講者との間で活発な質疑応答が行われた。



#### 4) システムの実装

システムの実装にはスクリプト言語である Python を利用し、次に述べる各種 API, ライブラリはすべて Python から呼び出すこととした。

名古屋大学関係者から評価が高い飲食店舗をツイートデータから抽出するため、Twitter API である Tweepy を利用し、名古屋大学生協のフォロワー、あるいはプロフィール欄に「名大」、「名古屋大」を含むユーザを抽出する。そして、先のユーザ群のツイートを収集した後、係り受け解析を行い、「店舗名」とそれを修飾する「評価表現」の係り受けペアを抽出する。ある店舗の評価は評価表現がポジティブと判定された回数によって決定する。評価表現の同定には、東北大学の乾・岡崎研究室で公開している評価表現辞書、店舗名の同定には、LINE 株の佐藤敏紀氏が整備している固有表現辞書である Neologd [2], 係り受け解析には Google Japan の工藤拓氏が開発した CaboCha [3] を利用した。店舗名とその評価は MySQL を利用してデータベース化した。

“Navigate U” へむけてのユーザの発言 (メンション) に対しては、Tweepy を利用して、メタ情報 (時間, 位置情報) を取得する。そして、ユーザのメンションがポジティブなのかネガティブなのかを判定するため、テキストデータを CaboCha を利用して係り受け解析を行った後、評価表現辞書と照合する。また、ユーザのメンション中に出現する単語に応じて推薦するモノのカテゴリを決定する。ただし、先に述べたとおり実験時間の都合上、現状では飲食店のみを対象としている。

次に、ユーザからのメンションがネガティブと判定された場合にはユーザを励ますようなフレーズを織り交ぜて店舗を推薦するツイートを返信し、ポジティブと判定された場合にはその雰囲気を保つようなフレーズを織り交ぜて店舗を推薦するツイートを返信する。こうした返信ツイートは店舗名を変数としたいくつかのひな形を予め用意しておき、ランダムにひな形を選択した後、適切な店舗名を補うことで生成する。

#### 5) プレゼンテーション

学生生活をより充実したものにするという社会的課題を “Navigate U” がどのように解決するかということが聴衆に伝わるように心がけ、受講者全体で分担してプレゼンテーション資料を作成した。特に、スライドに文字をつめ込まないようにし、メッセージがひと目で伝わるようにした。また、実際に “Navigate U” が動作している動画を撮影し、デモを行うようにした。

#### 4. まとめ

初期の段階から、受講者全員が積極的に課題に取り組み活発な議論のもと実験を進めることができた。全員がプログラミング経験者であることも幸いし、最終的に動くシステムが完成したことは意義深い。「大学生活をサポート」というアイディアは学生だからこそその発想であり、興味深かった。実現できれば、社会的にインパクトが

あり，ビジネスとして成り立つ可能性も大いにある．本原稿の執筆時点では，ビジネスプランコンテストへの応募については書類の作成途中であるが，これまでの成果がコンテストにて評価されることを期待したい．

#### 参考文献

- [1] Pang, P., Lee, L. and Vaithyanathan, S., "Thumbs up? Sentiment Classification using Machine Learning Techniques," pp. 79 – 86, Proc. Of EMNLP-2002, (2002).
- [2] Sato, T., "Neologism dictionary based on the language resources on the Web for Mecab", <https://github.com/neologd/mecab-ipadic-neologd>, (2005).
- [3] 工藤拓, 松本裕治, "チャンキングの段階適用による係り受け解析", 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 6, pp. 1834-1842, (2002).

#### II. 成果報告書

次頁以降に記す.

# テキストデータからの知識抽出

名大生の生活を見守るエージェント  
"Navigate U" の開発

Fグループ :

メンバー : 若林 李 胡 細川

DP : 平尾 TA : 松山

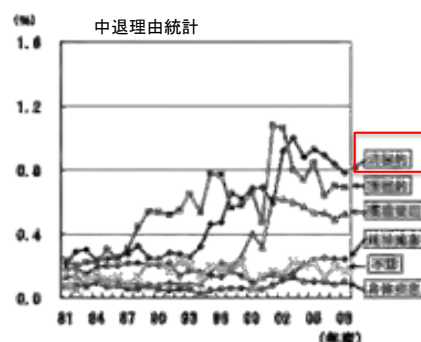


2

## 背景その1

- 大学生の中退率 : 約10%
- 大学生の留年率 : 10%を大きく超える (特に理系)

- 大きな社会問題

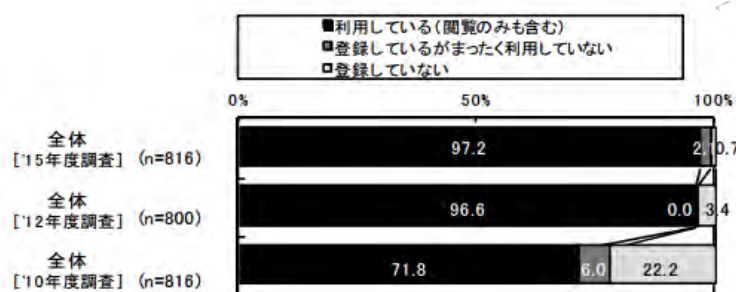


- 理由の一つとして「大学生活になじめないから」というのがあるのでは？



## 背景その2

- 近年、SNSが普及しており、人間関係が仮想世界に広がっている
- 大学生が多く使っていてSNS
  - LINE : データ利用不可
  - Twitter : API経由でデータ利用可能



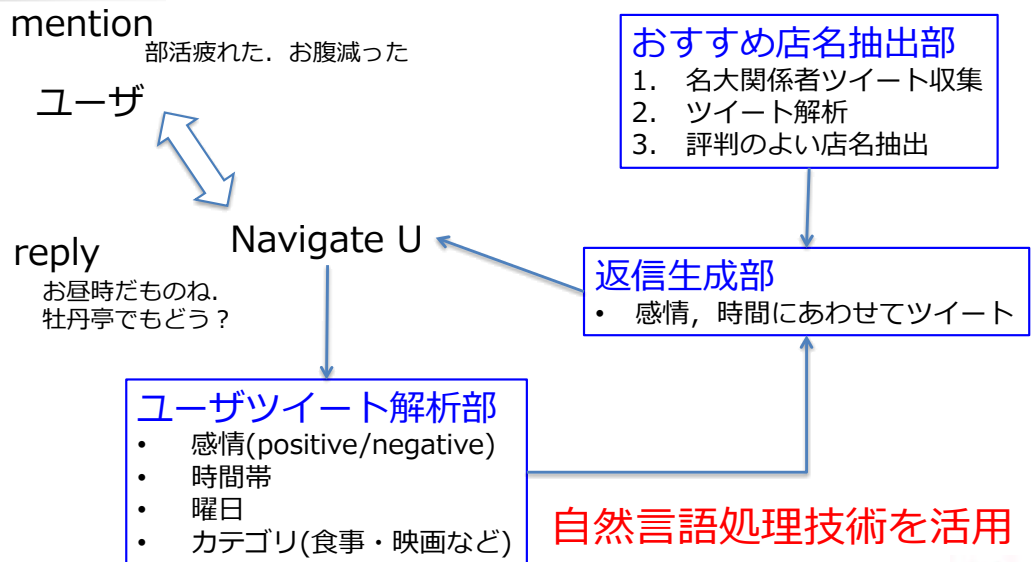
## 実験の目的

- Navigate U
  - SNS学生からのつぶやきに対して学生生活をサポートするつぶやきを返信するbot
  - 「Navigate U」と話すあなたを応援
    - コメント
      - 今日もがんばってるね! (#^.^#)
  - 快適に暮らすために必要不可欠な情報を推薦

〇〇いってみよう！

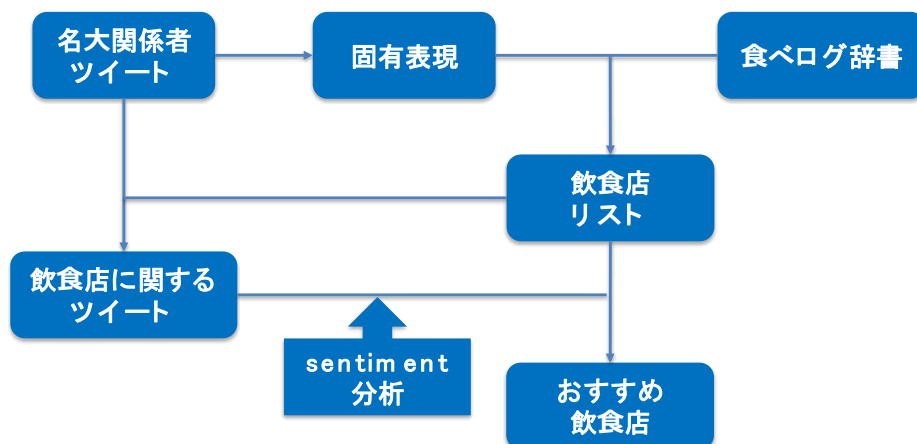


# Navigate U の概要



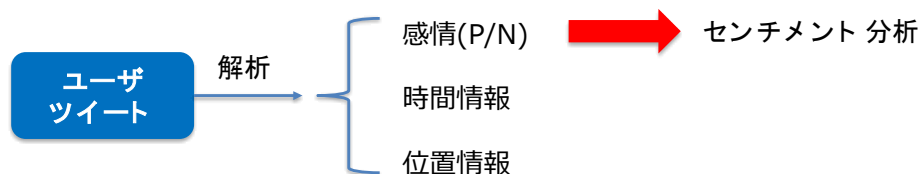
# 飲食店推薦モジュール

- おすすめ店名抽出

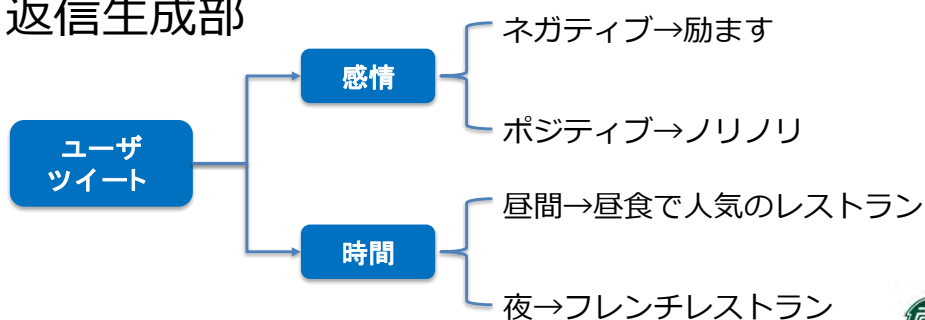


# Navigate Uの技術のポイント

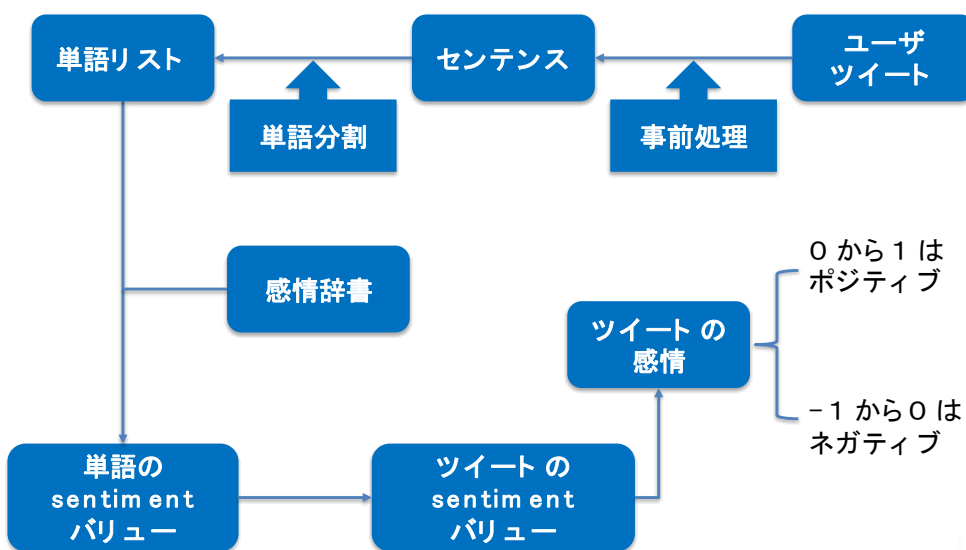
## • ユーザツイート解析部



## • 返信生成部



# センチメント分析



## ビジネスプランコンテスト

- Navigate U を平成28年度学生ビジネスプランコンテストに応募する



## Navigate U の事業戦略 / 収益源

- 事業戦略

無気力症や未知の環境への消極性による留年/退学

手軽/能動的に大学生活を広げるサービスの需要

ユーザの感情と大学の周辺情報に焦点を当てた  
レコメンドサービス

- 収益源

- 飲食店からの掲載料収入
- 大学・大学生協からの協賛金





## 事業展開のあらまし

- 3. 大学生活を楽しくする  
コミュニティづくりの支援  
- 独自SNSの立ち上げ
- 2. 全国の大学へ横展開  
- ローカライズ、大学組織と協力
- 1. 飲食店以外の情報推薦  
- 映画, 書籍, …



## 事業規模の見込み

ユーザ数	開始時	2年目	3年目
対象大学生（万人）	1.6	16	100
Twitter利用者（万人）	1.0	10	60
NavigateU利用者（万人）	0.05	1	10

ターゲット 規模	開始年	2年目	3年目
登録店舗（件）	400	4000	24000
有料会員店舗（件）	20	200	1200
カバー大学（校）	1	50	300
協賛大学（校）	0	40	250



## 収益の見込み

収入	開始年	2年目	3年目
掲載料収入(万円)	240	2400	15000
大学等からの協賛(万円)	0	400	2500

支出	開始年	2年目	3年目
人件費(万円)	2000	2000	2000
サーバ費(万円)	40	400	2400
API使用費(万円)	480	480	480



## 機能拡張案

- 学生会員(twitterユーザ)向け
  - ユーザ情報の分析による自然な会話機能
    - ユーザ情報) フォロワー数, 利用時間帯, ...
    - 各大学/医療機関による分析を会話に反映
  
- 店舗会員向け
  - プレミアムプランの提供
    - 写真・口コミ情報の添付
    - 店舗推薦頻度の操作



## まとめ

- 学生のTweetから感情を分析し，大学周辺の店舗情報をレコメンドするbotを開発した
  - 名大ユーザのTweetをもとに感情-店舗情報を紐づけ
- レコメンドBotとのやり取りを通して，学生のメンタルケア・積極性向上をはかる
  - ⇒ 留年/中退問題の解決をめざす



## 7. 電力や熱エネルギーを供給する機器やシステムの実際

Directing Professor (DP) :

中部電力株式会社 渡邊 激雄

低GWP冷媒を利用した高効率ヒートポンプのシミュレーション  
と実装 113～131

I. DP 報告書 113

II. 成果報告書 121



**「電力や熱エネルギーを供給する機器やシステムの実際  
(ヒートポンプによる省エネルギー)」 報告書**  
～ 低GWP冷媒を利用した高効率ヒートポンプのシミュレーションと実装 ～

**I. DP報告書**

◆テーマの主旨

近年のエネルギー問題、例えば、東日本大震災以降の電源構成の変化や太陽光発電の大量導入への対応、省エネルギーの推進、水素利用の可能性などについて検討するためには、エネルギーの供給と利用の両面から考察することが重要である。

自然界に存在するエネルギー、すなわち、石油、天然ガス、LPガス、石炭、原子力、水力、太陽光、風力など、元々の形態で供給されるエネルギーを「一次エネルギー」と呼ぶ。これに対して、電力は、これらの一次エネルギーから転換されたエネルギーであり、「二次エネルギー」と呼ばれる。電力を使用すれば、直接的にはCO<sub>2</sub>を排出せず、例えば、電気自動車は見かけ上は何も排出しない。しかし、発電などで、一次エネルギーを使用しているため、間接的にCO<sub>2</sub>を排出することになる。ちなみに、2014年度の資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」によれば、我が国の一次エネルギーの約44%が事業用および自家用の発電に使用されている。

水素エネルギーも水素分子の形では自然界にほとんど存在しないので一次エネルギーではない。水素が、石油、天然ガス、石炭などから改質によって製造されれば、二次エネルギーとなり、電力を使用して電気分解により製造されれば、「三次エネルギー」となる。したがって、単に水素を使用するというのではなく、エネルギー利用効率を高めると同時に、天然エネルギー資源ではない水素を製造する際のCO<sub>2</sub>排出量やコストを抑制することが重要である。

本テーマでは、エネルギー問題に関する基礎セミナーを実施した上で、電力や熱エネルギーを供給する最新の機器やシステムが設置されて稼働している施設（発電所、研究所、工場など）に赴き、現地で専門家の解説を聞き、理解を深めるとともに、大学内でも実験とシミュレーションを行うことにより、真のエネルギー効率とは何か、最適なエネルギーシステムとは何か、環境に調和した次世代のエネルギーシステムはどうあるべきかについて考える。

投入エネルギーの何倍もの熱を汲み上げることのできるヒートポンプは、CO<sub>2</sub>排出量の削減、1次エネルギー消費量の削減、ならびに、再生可能エネルギー使用量の増加を促すためのキーテクノロジーとして、国内外で大きな注目を集めている。このため、ヒートポンプに関連した実験とシミュレーションを行う。最後に、省エネルギーを推進するための提言を行う。



#### ◆課題

- 1) エネルギー問題について、エネルギーの供給と利用の両面から考察する。
- 2) 真のエネルギー効率とは何か、最適なエネルギーシステムとは何か、環境に調和した次世代のエネルギーシステムはどうあるべきかについて考える。
- 3) 省エネルギーを推進するための提言を行う。

#### 1. メンバー

- DP： 渡邊 激雄 (中部電力株式会社)
- TA： 池亀 透 (機械理工学専攻・電子機械工学分野・D1)
- 受講生： 今川 拓哉 (量子工学専攻 M1)
- 中島 裕太 (量子工学専攻 M1)
- 林 祐太 (エネルギー理工学専攻 M1)
- 山本 泰史 (量子工学専攻 M1)

#### 2. 実験実施期間

実験：平成28年4月20日～ 7月27日 (全14回)

発表：平成28年8月3日

#### 3. サブテーマ

低GWP冷媒を利用した高効率ヒートポンプのシミュレーションと実装

#### 4. 実験プロセス

本実験は以下のプロセスで行った。

##### 1) 実験内容・目標

実験内容と目標を以下のように設定した。

- 発電所、研究所および工場の見学を通して、現代におけるエネルギー問題（需要と供給の両面）を把握する。
- ヒートポンプシステムのシミュレーションと実験によって、省エネルギー効果を検証する。
- 低GWP冷媒を用いた高効率ヒートポンプシステムを提案する。

##### 2) 基礎セミナーの実施

以下の(ア)から(ウ)のテーマで基礎セミナーを行った。

(ア) 電力供給と省エネ技術について

電力供給に関わるエネルギー問題への受講生の理解を深めるために、「電力供給と省エネ技術について」という題目で、以下の項目について講演を行った。

- ① 日本の発電電力量構成比の推移
- ② EUは全体でエネルギーミックスを実現
- ③ 日本の電力系統の現状
- ④ 電力システム改革 (全面自由化と発送電分離)
- ⑤ 「株式会社 JERA」(呼称：ジェラ) の設立について ～世界で戦うグローバルなエネルギー企業を目指して～
- ⑥ 浜岡原子力発電所 新規規制基準を踏まえた対策の実施
- ⑦ 我国のエネルギー消費状況
- ⑧ 業務・家庭部門のエネルギー消費状況
- ⑨ 業務・家庭部門における対策
- ⑩ エネルギーの「見える化」の例
- ⑪ 「戦略的省エネルギー技術革新プログラム」における「重要技術」

(イ) 電力供給における CO<sub>2</sub> 排出削減に関する取り組み

電力供給における CO<sub>2</sub> 排出削減に関して理解を深めるために、「電力供給における CO<sub>2</sub> 排出削減に関する取り組み」というテーマで講演を行った。講演内容の大項目は以下の通りである。

- 中部電力における CO<sub>2</sub> 排出削減に関する取り組み
- 電気事業連合会における CO<sub>2</sub> 排出削減に関する取り組み
- 国の CO<sub>2</sub> 排出削減に関する取り組み

講演のまとめは以下のとおりである。

- ① 日本の電気事業者は、地球温暖化の対策として、原子力発電所の再稼動に向けた安全対策の強化、火力発電の高効率化、再生可能エネルギーの利用および電気利用の高効率化を進めている。
- ② 日本の原子力発電所の停止に伴う CO<sub>2</sub> 排出量の増加は、1.1 億トン／年 (2010 年と 2013 年の比較) である。
- ③ EU・米国などの先進国や中国などは、したたかなエネルギーベストミックス戦略を実行している。
- ④ 安倍首相は、2015 年 6 月の G 7 サミットで、日本の温暖化効果ガスを 2030 年に 2013 年比で 26.0 % 削減することを表明した。このうち、CO<sub>2</sub> の寄与分は、21.9 % である。
- ⑤ これを実現するための 2030 年における電源構成は、原子力が 22 - 20 %、LNG が 27 %、石炭が 26 %、石油が 3 %、再生可能エネルギーが 24 - 22 % とされ、再生可能エネルギーの内訳は、水力が 8.8 - 9.2 %、太陽光が 7.0 %、バイオマスが 3.7 - 4.6 %、風力が 1.7 %、地熱が 1.0 - 1.1 % である。

(ウ) 工業熱力学

「何のために、工業熱力学を学ぶのか？」および「工業熱力学を用いて何ができるのか？」

を考え、工業熱力学の面白さ、可能性、醍醐味を実感できるようにした。

本セミナーの目的は以下の通りである。

- ① 熱機関は、高温の熱からどのように動力を取り出すのか、逆に、ヒートポンプは、動力を利用してどのように熱を低温から高温にくみ上げるのかを理解する。
- ② 高温の熱から動力を取り出す熱機関の熱効率や動力を利用して熱を低温から高温にくみ上げるヒートポンプの成績係数はどのようにして求められるのかを理解する。
- ③ 熱機関の熱効率やヒートポンプの成績係数を可能な限り向上させるには、どうすればよいのかを考える。

本学習の内容は以下の通りである。

- ① 化学反応と燃焼（化学反応とエネルギー変換、燃焼）
- ② ガスサイクル（熱機関とサイクル、ピストンエンジンのサイクル、ガスタービンエンジンのサイクル、ガス冷凍サイクル）
- ③ 蒸気サイクル（蒸気の状態変化、蒸気原動機サイクル）
- ④ 冷凍サイクルと空気調和（冷凍の発生、成績係数、各種冷凍サイクル、空気調和）さらに、②から④の応用として、以下の⑤と⑥を扱った。
- ⑤ 「蒸気タービンによるランキンサイクル」と「ガスタービンによるブレイトンサイクル」との「コンバインド発電サイクル」
- ⑥ CO<sub>2</sub> 遷臨界サイクル、単段および二段圧縮式逆ランキンサイクル、カスケード逆ランキンサイクルなどの高温ヒートポンプサイクル

### 3) 発電所・研究所・工場への訪問と見学

以下の（ア）から（ウ）の施設を訪問し、見学した。

（ア） 中部電力株式会社新名古屋火力発電所（名古屋市港区）

新名古屋火力発電所を訪問し、現地の技術者の説明と発電所や展示室の見学により、LNGコンバインドサイクル火力発電の概要、運転方法および発電サイクルについて理解を深めるとともに、火力発電全体の現状と最新動向を把握した。

（イ） 中部電力株式会社技術開発本部（名古屋市緑区）

世界最大級のヒートポンプ試験装置「ヒーポンらぼ」におけるヒートポンプチラーの試験状況を見学し、ヒートポンプの試験方法に関する理解を深めた。

（ウ） 三菱重工業株式会社冷熱事業部枇杷島工場（愛知県清須市）

高効率ヒートポンプチラー、業務用給湯ヒートポンプなどを製造している三菱重工業株式会社冷熱事業部枇杷島工場を訪問し、技術開発の最前線で活躍されている幹部技術者の説明により、業務用・産業用ヒートポンプの最新動向を把握するとともに、製造ラインの見学と技術者の説明により、製造工程に関する理解を深めた。

#### 4) ヒートポンプサイクルの実験

ヒートポンプの技術課題として、地球温暖化係数 (GWP) の小さい冷媒の利用、家庭用・業務用給湯における普及拡大、生産プロセスにおける用途拡大などが挙げられる。本年度は、これらの課題に取り組むべく、低GWP冷媒を利用した高効率ヒートポンプを取り上げた。

中部電力の高温ヒートポンプ小型原理機を IB 電子情報館 10 階西側区の創造実験室に持ち込み、実験を行った。高温ヒートポンプ小型原理モデルに、近年、GWP が、従来のフッ素系化合物の冷媒よりも大幅に低く、さらに、CO<sub>2</sub> よりも低い冷媒として脚光を浴びている HFO (Hydro-fluoro-olefin) の一つであり、欧州向け自動車などのエアコンにも採用され始めている R1234yf を充填して、性能試験を行った。

この性能試験を通して、温度、圧力、流量、熱量および電力の計測方法とデータロガーを介したコンピュータでのデータ解析方法を修得した。

R1234yf の亜臨界サイクルを採用することにより、冷媒の最高圧力を 3 MPa 以下と低くできた。(従来の CO<sub>2</sub> の遷臨界サイクルでは、冷媒の最高圧力を 10 MPa 以上である。) R1234yf の亜臨界サイクルで、過冷却度を小さくした場合には小温度上昇加熱が可能となり、過冷却度を大きくした場合には大温度上昇加熱が可能となる。結果として、小温度上昇加熱と大温度上昇加熱の両方に適するヒートポンプサイクルを実現した。(従来の CO<sub>2</sub> の遷臨界サイクルでは、大温度上昇加熱にのみ適する。)

#### 5) ヒートポンプサイクルの解析

米国標準研究所 (NIST: National Institute of Standards and Testing) が開発した蒸気圧縮冷凍サイクル解析プログラム (CYCLE\_D: NIST Vapor Compression Cycle Design Program) を利用して、ヒートポンプサイクルの計算や実験データの解析を行った。

#### 6) 国際交流

今回、高温ヒートポンプ小型原理機に採用した圧縮機を製造した、世界的圧縮機メーカーの日本法人である Bitzer Japan 社の Ferdinand Spannan 社長を創造実験室にお招きし、高温ヒートポンプ小型原理機とその心臓部である圧縮機の運転状況を視察していただくとともに、意見交換を行った。日本語を含む 5 か国語に堪能な同社長から、主に英語により、同社の製品紹介と国際交流に関する助言をいただいた。

#### 7) 省エネルギーを推進するための提案

昨年の受講生のアンケート結果に、「成果を学会で発表したかった」という感想があった。4 か月という短い期間で成果を上げ、学会発表まで行うのは一般的に厳しいが、間に合ったため、省エネルギーを推進するための提案として、以下の (ア) から (ウ) の発表や投稿を行った。

#### (ア) 日本伝熱学会東海支部主催第 23 回伝熱コロキウムにおける講演発表

本実験の成果を、当 DP が支部長を務める日本伝熱学会東海支部主催の第 23 回伝熱コロキウム（7 月 22 日、三菱重工業株式会社冷熱事業部枇杷島工場にて開催）において、受講生 4 名のリレー式による講演発表を行った。この伝熱コロキウムでは、全部で 5 件の発表があり、すべての講演が終了した後、さらに、同じ講演会場で 5 か所に分かれ、さらに、質疑や意見交換が行われた。

8 月 3 日開催の高度総合工学創造実験の発表会で、「伝熱コロキウムでは、どのような反響があったのか？」などのご質問をいただき、受講生が簡潔にお答えした。詳細な内容を以下に示す。

- コメント（名大・教授）：このようなヒートポンプの実験装置が同じ大学内に設置されているとは、知らなかった。研究室から院生を送り込んでおけばよかった。  
✧ 回答：来週、実験装置をご覧いただきたい。
- 質問（豊橋技科大・助教）：今回の実験結果の COP の値を、どのように評価しているのか？  
✧ 回答：中間期 65°C 給湯条件で、COP = 4.3 という値は、R32 冷媒の給湯ヒートポンプ（ネオキュート）より、高く、大変良い結果である。
- 質問（岐大・教授）：40 - 50°C の排熱を利用して、90°C 位の温熱を取り出す利用先がある。この場合、COP はどの程度の値になるのか？  
✧ 回答：後日、シミュレーションを行って、検討し、連絡したい。
- 質問（メーカー・技術者）：R1234yf だけでなく、R1234ze(E) の実験も行ったのか？ その場合、同じような性能となるのか？  
✧ 回答：R1234ze(E) は試運転で用いたが、よい結果にはならなかった。詰めた試験は未だ行っていない。

#### (イ) 日本冷凍空調学会年次大会への投稿

本実験の成果を、2016 年度日本冷凍空調年次大会（9 月 7 日 - 9 日、神戸大学）に A4 サイズ 6 ページの講演論文として投稿した。

#### (ウ) 国際エネルギー機関主催第 12 回ヒートポンプ国際会議への Abstract 投稿

本実験の成果を国際的に発信すべく、来年 5 月にオランダのロッテルダムで開催される、国際エネルギー機関（IEA）主催第 12 回ヒートポンプ国際会議（HPC2017）へ Abstract を投稿した。その結果、査読が完了して採用され、講演論文の執筆に進むこととなった。

## 5. まとめ

高度総合工学創造実験の特徴は、専攻を越えた様々なバックグラウンドを持った院生がチームを組んで実験を遂行することである。当グループでは、国籍はもちろん、受講生の専門領域も制限せず、院生を受け入れた。そのため、エネルギー分野にあまりなじみのない院生でも理解できるように、工業熱力学の講義を行うとともに、発電

所・工場・研究機関の見学により、理論的背景と物理的イメージとの両方を持つことができるようにした。

ご多忙にもかかわらず、施設見学にご対応いただいた、三菱重工業株式会社冷熱事業部および中部電力株式会社新名古屋火力発電所の関係各位に心より感謝する。また、ご多用の中、名古屋大学までお越しいただき、受講生と交流していただいた Bitzer Japan 社の Ferdinand Spannan 社長に心より感謝する。

## 参考文献

- [1] JSME テキストシリーズ出版分科会, “JSME テキストシリーズ 熱力学”, 社団法人日本機械学会, 2002.
- [2] 高橋毅, “進化する火力発電 低炭素化・低コスト化への挑戦”, 日刊工業新聞, 2012.
- [3] 中部電力グループ アニュアルレポート 2016.
- [4] 電気事業における環境行動計画 2015年9月.
- [5] 環境省, 平成22年度の電気事業者ごとの実排出係数・調整後排出係数等の公表について(お知らせ), 平成24年1月.
- [6] 環境省, 電気事業者別排出係数(特定排出者の温室効果ガス排出量算定用)平成26年度実績 H27.11.30 公表.
- [7] 長期エネルギー需給見通し, 資源エネルギー庁, 2015年7月.
- [8] 長期エネルギー需給見通し小委員会に対する発電コスト等の検証に関する報告, 発電コスト検証ワーキンググループ, 2015年5月.
- [9] 火力発電分野の動向について, 総合資源エネルギー調査会 省エネルギー・新エネルギー分科会資源エネルギー庁, 2015年3月.
- [10] 再生可能エネルギー導入促進関連制度改革小委員会 報告書 平成28年2月.
- [11] Choyu Watanabe, Yohji Uchiyama, Satoshi Hirano, Takeshi Hikawa, “Trends in Industrial Heat Pump Technology in Japan,” Proceedings of the 24<sup>th</sup> IIR International Congress of Refrigeration (August 16 - 22 - Yokohama, Japan), Paper ID 414 in USB Memory, 2015.
- [12] Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Appendix 8.A: Lifetimes, Radiative Efficiencies and Metric Values, 2014.
- [13] ANSI/ASHRAE Standard 34-2010, “Designation and Safety Classification of Refrigerants,” 2010.
- [14] The Japan Society of Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2014 Progress Report, “Risk Assessment of Mildly Flammable Refrigerants,” 2015.
- [15] J S Brown, Piotr A Domanski, Eric W Lemmon, “CYCLE\_D: NIST Vapor Compression Cycle Design Program -Version 5.0 (NIST Standard Reference Database 49),” 2009.
- [16] 渡邊激雄, “地球温暖化影響の小さいノンフロン HFO 冷媒を使用した高温ヒートポン



プの研究開発”，月刊「電気現場技術」，2016年7月号，pp. 56 – 60，2016.

- [17] 渡邊激雄，池亀透，今川拓哉，中島裕太，林祐太，山本泰史，“HFO 冷媒を用いた高温ヒートポンプに関する理論的および実験的研究”，2016年度日本冷凍空調学会年次大会講演論文集，講演番号 B113，神戸大学六甲台キャンパス，9月6日–9日，2016年.

## II. 成果報告書

次頁以降に記す。

## II. 成果報告書（TA報告書）

名古屋大学 高度総合工学創造実験 発表会  
平成28年8月3日(水)

電力・熱エネルギーシステムの実際  
(ヒートポンプによる省エネルギー)

### 低GWP冷媒を利用した高温ヒートポンプの シミュレーション及び実装

Teaching Assistant 受講生	池亀透 (機械理工学専攻・D1) 今川拓哉 (量子工学専攻・M1) 中島裕太 (量子工学専攻・M1) 林祐太 (エネルギー理工学専攻・M1) 山本泰史 (量子工学専攻・M1)
大学側教官 Directing Professor	山澤弘実 (エネルギー理工学・教授) 渡邊激雄 (中部電力)

1

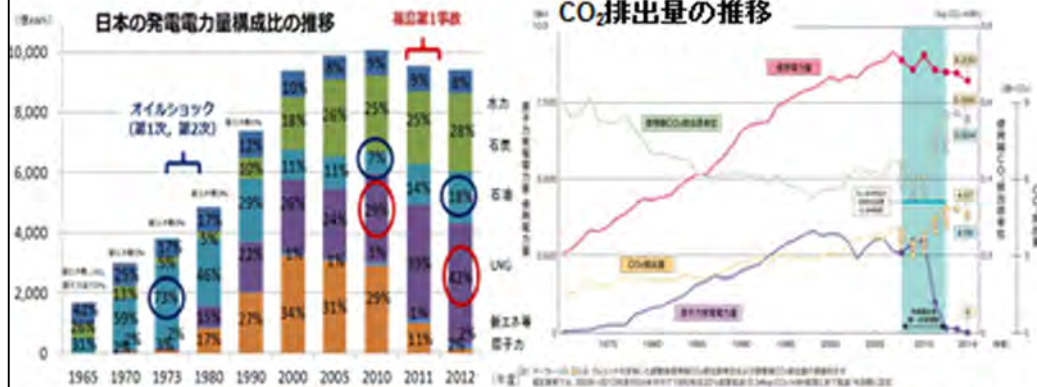
## 目的

1. 発電所・研究所・工場の見学を通して、現代におけるエネルギー問題(需要と供給の両面)を把握
2. ヒートポンプシステムのシミュレーションと実験によって、省エネルギー効果を検証
3. 低GWP冷媒を用いた高効率ヒートポンプシステムの提案

2

# エネルギー問題

**火力発電の割合61%(2011)→88%(2012)**



東日本大震災以降原子力発電所停止に伴い、火力発電の割合が増加し、CO<sub>2</sub>排出量が増加

地球温暖化の進行や化石燃料枯渇の懸念

地球温暖化の進行の抑制やエネルギーの持続的供給のため  
エネルギーミックスの実現・高効率発電・省エネルギー化が急務

出典：電気事業連合会ホームページ [http://www.ene100.jp/map\\_title](http://www.ene100.jp/map_title)

3

## 新名古屋火力発電所見学

### LNGコンバインドサイクル発電

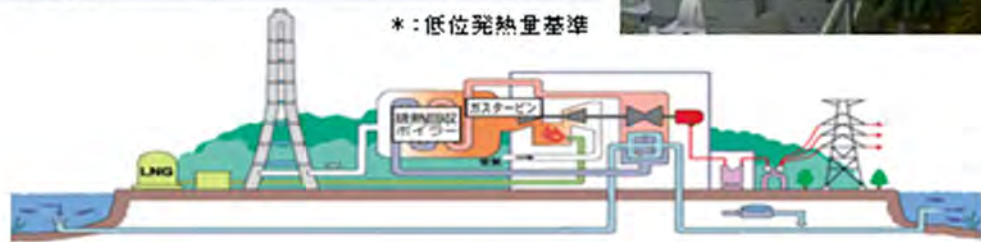
LNGの燃焼によるガスタービンと燃焼排熱を利用した蒸気タービンを組み合わせた(コンバインド)発電による高効率発電の実現

高効率発電によるCO<sub>2</sub>排出量の抑制

LNG	燃焼温度(℃)	熱効率(%)*	運転開始年
四日市4号	1100	47	1988
新名古屋7号	1300	54	1998
新名古屋8号	1500	58	2008
西名古屋	1600	62	2017



\*：低位発熱量基準



4

## 省エネルギーのキーテクノロジー ヒートポンプ



ヒートポンプ・・・少ない消費電力で大気中の熱を集め、大きな熱エネルギーとして利用する技術  
例) エアコン, エコキュート(給湯器), 冷蔵庫など

成績係数(Coefficient Of Performance = COP)が大きい

$$\begin{aligned} \text{COP} &= \frac{\text{加熱(冷却)能力}}{\text{消費電力}} \\ &= \frac{Q_h}{E} : \text{加熱} \quad \left( \frac{Q_l}{E} : \text{冷却} \right) \\ &= 5 (\text{例: ルームエアコンなど}) \end{aligned}$$

さらなる普及が期待される分野

家庭用・業務用給湯  
産業プロセス用ヒートポンプ

省エネルギー化に貢献!!!

5

## 中部電力技術開発本部への訪問

ーヒートポンプらぼー

- ・ヒートポンプの開発とエネルギー効率評価を行うため2009年に完成
- ・ヒートポンプ試験設備として国内最大級
- ・10kW~700kWの空調・製造プロセス用ヒートポンプの試験が可能
- ・-20℃から+60℃の温度調節が可能(訪問時は7℃)



6



## 三菱重工業冷熱事業部への訪問



- 三菱重工業冷熱事業部(枇杷島)で最新ヒートポンプシステムの動向について学んだ。
- ヒートポンプのCOPIに何が大きく影響するか討論した。
- カーエアコン、トラックのエアコンなど国内外向けの製品の製造工程や圧縮機の製造工程を見学した。

7

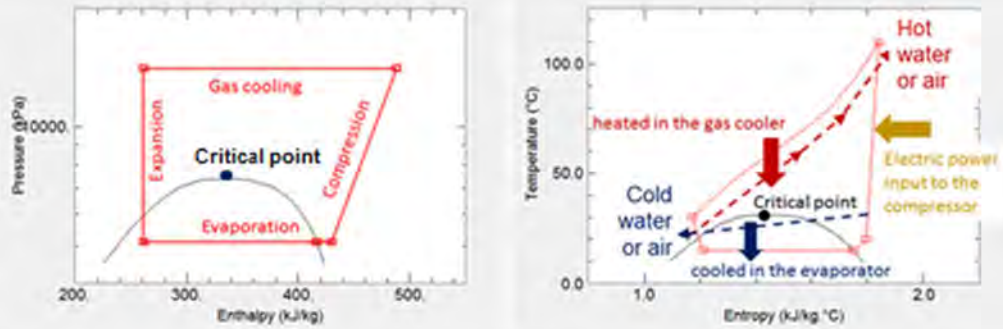
## 冷媒の分類と特性

分類	冷媒の番号 または名称	構造式	ODP	GWP	毒性	燃焼性	
合成 冷媒	CFC	R12	$\text{CCl}_2\text{F}_2$	1.0	10,200	無	不燃
	HCFC	R22	$\text{CHClF}_2$	0.055	1,760	無	不燃
	HFC	R134a	$\text{CH}_2\text{F}-\text{CF}_3$	0	1,300	無	不燃
		R32	$\text{CH}_2\text{F}_2$	0	677	無	微燃
	HFO	R1234yf	$\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$	0	<1	無	微燃
		R1234ze(E)	$\text{Trans}-\text{CF}_3\text{CH}=\text{CHF}$	0	<1	無	微燃
自然冷媒	二酸化炭素	$\text{CO}_2$	0	1	無	不燃	
	アンモニア	$\text{NH}_3$	0	<1	有	弱燃	
	プロパン	$\text{H}_3\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$	0	3.3	無	強燃	
	イソブタン	$\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3$	0	3.3	無	強燃	

- CFC: Chloro Fluoro Carbon, HCFC: Hydro Chloro Fluoro Carbon, HFC: Hydro Fluoro Carbon, HFO: Hydro Fluoro Olefin
- ODP: オゾン層破壊係数, GWP: 地球温暖化係数
- 毒性, 燃焼性: ASHRAE規格34による分類: A(非毒), B(有毒), 1(不燃), 2L(微燃), 2(弱燃), 3(強燃)

8

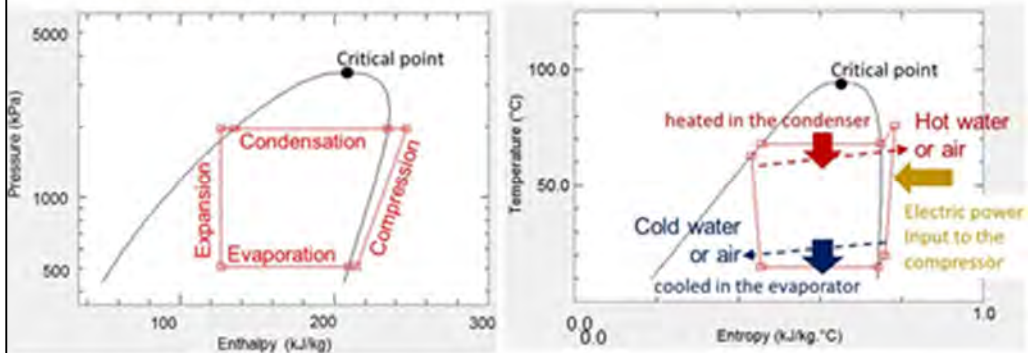
## 遷臨界サイクル (CO<sub>2</sub>)



- 臨界点の下で、液が蒸発して低温で熱を吸収し、臨界点の上でガスが冷却されて高温で熱を放出する。
- 超臨界状態のガスは熱を水または空気と与えながら温度が下降していく。
- 大きな温度上昇を伴う加熱に適している。
- 最高圧力が10M Pa以上の高圧となる。

9

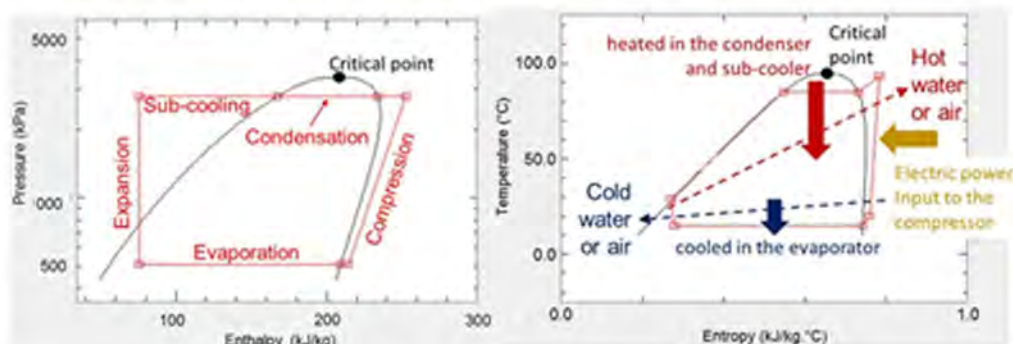
## 亜臨界サイクル(R1234yf, 過冷却度5°C)



- 臨界点の下で、液が蒸発して低温で熱を吸収するとともに、ガスが凝縮して高温で熱を放出する。
- 一定の温度でガスが凝縮して、熱を水または空気と与える。
- 小さな温度上昇を伴う加熱に適している。
- 最高圧力は3M Pa以下の低圧となる。

10

## 亜臨界サイクル(R1234yf, 過冷却度55°C)



- 臨界点の下で、液が蒸発して低温で熱を吸収するとともに、ガスが凝縮して一定の高温で熱を水または空気に放出した後、液になってからも更に熱を放出して温度が下がる（過冷却）。
- 大きな温度上昇を伴う加熱に適している。
- 最高圧力は3MPa以下の低圧となる。

11

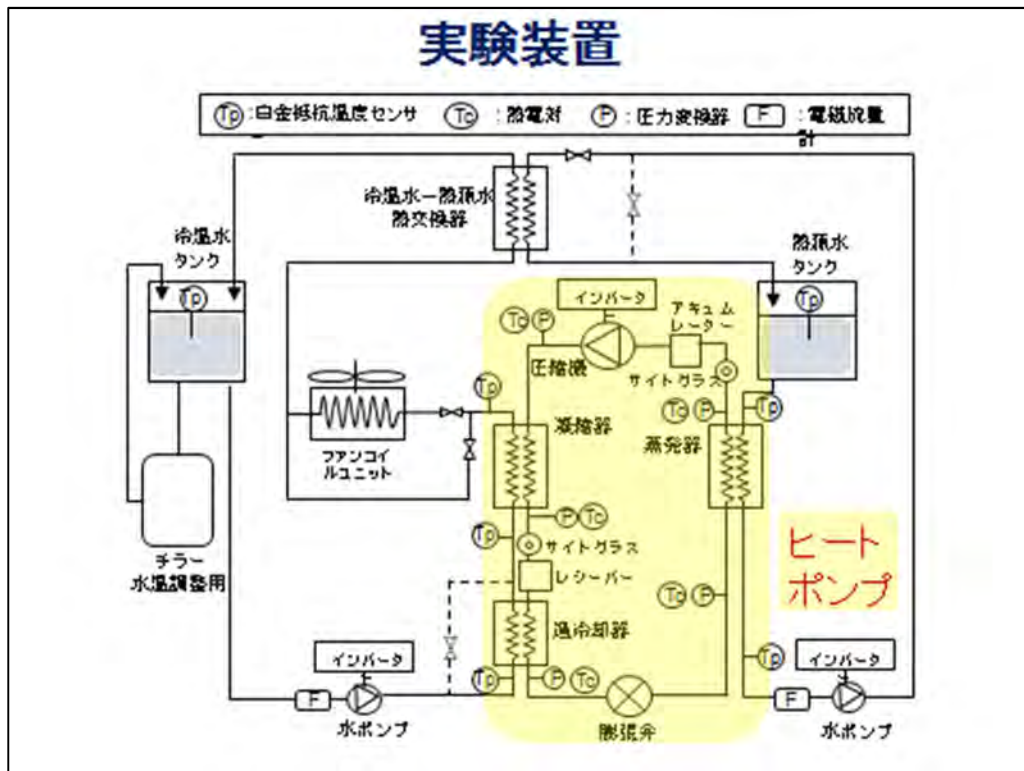
## 遷臨界サイクルと亜臨界サイクルの比較

	大温度 上昇加熱	小温度 上昇加熱	冬期加熱	初期 コスト
CO <sub>2</sub> 遷臨界サイクル	○	×	○ (三重点-56°C)	△ (圧力10MPa超)
R1234ze(E) 亜臨界サイクル 過冷却 小	×	○	×	○ (圧力3MPa以下)
R1234yf 亜臨界サイクル 過冷却 小	×	○	△ (沸点-29°C)	○ (圧力3MPa以下)
R1234yf 亜臨界サイクル 過冷却 大~小	○ 過冷却大	○ 過冷却小	△ (沸点-29°C)	○ (圧力3MPa以下)

12



## 実験装置

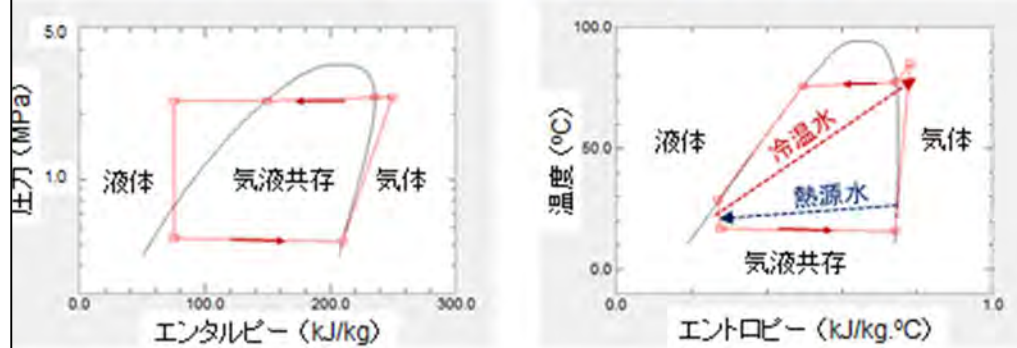


## 試験結果の例

		夏期(80℃給湯)条件	中間期(65℃給湯)条件	冬期(65℃給湯)条件
蒸発器出口水温	℃	19.8	10.8	3.2
蒸発器入口水温 <sup>1)</sup>	℃	25.5	15.8	7.4
凝縮器出口水温 <sup>2)</sup>	℃	79.8	64.9	65.1
凝縮器入口水温	℃	47.1	31.3	27.9
過冷却器入口温度 <sup>3)</sup>	℃	23.5	15.1	8.5
凝縮器入口冷媒温度	℃	83.9	73.9	74.1
凝縮器出口冷媒温度	℃	72.4	56.5	55.5
過冷却器出口冷媒温度	℃	28.6	18.1	11.7
蒸発器入口冷媒温度	℃	16.6	7.9	1.9
蒸発器出口冷媒温度	℃	16.1	7.2	1.2
圧縮機電力	kW	1.18	0.97	0.9
加熱能力	kW	4.75	4.16	3.31
加熱COP		4.02	4.29	3.68

1) 外気温に対応, 2) 給湯温度に対応, 3) 水道水温度に対応

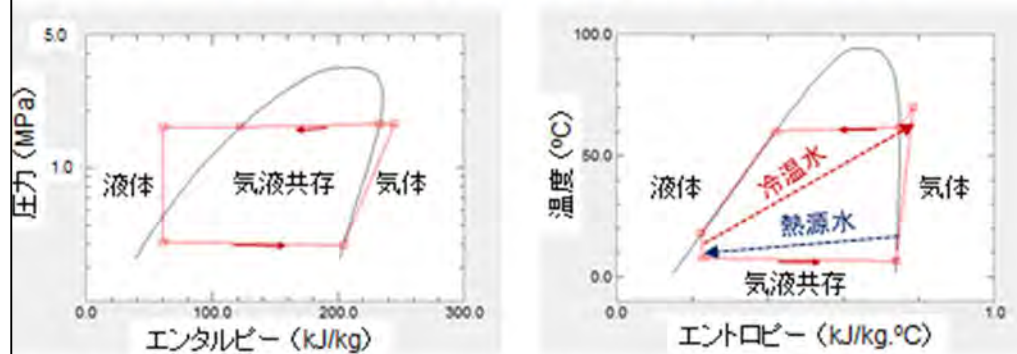
## 夏期・80℃給湯条件の試験結果



- 最高圧力は2.4M Pa, 最低圧力は0.5M Paとなった.
- 過冷却度は約47℃であった.
- 24℃から80℃までの56℃の温度上昇の温水加熱を行った.
- 加熱能力は4.8kW, 加熱COPは4.0であった.

15

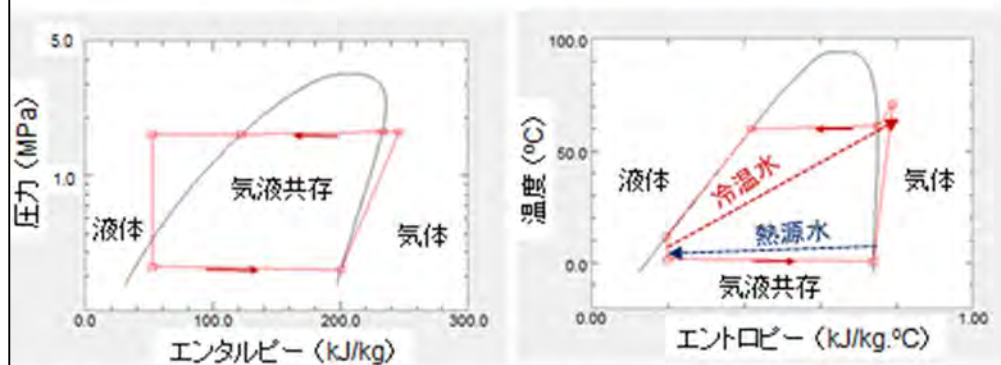
## 中間期・65℃給湯条件の試験結果



- 最高圧力は1.7M Pa, 最低圧力は0.4M Paとなった.
- 過冷却度は約42℃であった.
- 15℃から65℃までの50℃の温度上昇の温水加熱を行った.
- 加熱能力は4.2kW, 加熱COPは4.3であった.

16

## 冬期・65°C給湯条件の試験結果



- 最高圧力は1.7M Pa, 最低圧力は0.3M Paとなった.
- 過冷却度は約48°Cであった.
- 8.5°Cから65.1°Cまでの56.6°Cの温度上昇の温水加熱を行った.
- 加熱能力は3.3kW, 加熱COPは3.7であった.

17

## 日本伝熱学会東海支部伝熱コロキウム



- 日本伝熱学会東海支部伝熱コロキウムにて実験の成果を発表し, 大学や企業の専門家の方と意見交換をした.

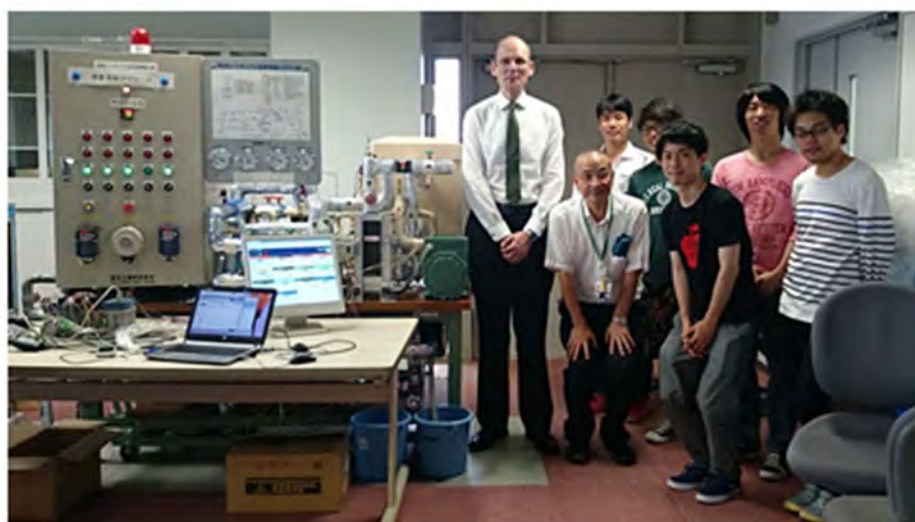
18



## まとめ

1. 中部電力(株)新名古屋火力発電所を訪問し、火力発電など電力供給システムの最新動向を把握した。
2. 省エネルギーを推進する機器として、高温ヒートポンプに着目した。
3. 中部電力技術開発本部や三菱重工業冷熱事業部への訪問を通して、ヒートポンプの最新動向を把握した。
4. 高温ヒートポンプ小型原理モデルに高効率圧縮機を搭載し、冷媒R1234yfを充填して性能試験を行うことにより、過冷却器付きの亜臨界サイクルによる低GWP冷媒高効率高温ヒートポンプの可能性を実証した。
5. この成果の一部を日本伝熱学会東海支部伝熱コロキウムで発表し、大きな反響を得た。
6. より広範囲なデータを取得、解析を行い、その成果を日本冷凍空調学会年次大会(9月)やヒートポンプ国際会議(2017年5月)で発表することにより、省エネルギーを推進するための提言を行う。

19



世界的圧縮機メーカーBitzer Japan社長との国際交流

20

謝辞

施設見学にご対応いただいた、新名古屋火力発電所、  
中部電力技術開発本部及び三菱重工業冷熱事業部の  
関係各位に感謝いたします。





## 受講生の声

アンケート結果	135～151
アンケート結果のまとめ	135
TAアンケート結果	136
受講生アンケート結果	142
受講を希望した動機・抱負	152 ～156



## 平成 28 年度 高度総合工学創造実験に関するアンケート結果のまとめ

Coordinating Professor 田中 雅  
担当助教 兼子 一重

アンケートは成果発表会後に行い、回収率はTA 100% (7名)、受講生 100% (31名) でした。以下に結果を総括します。

**TA** 受講後の感想では、7名中5名が全体として良い経験になったと回答している。また、自由記入を見ると、TAはそれぞれ異なる問題に直面し、対処することを体験したことが分かる。また、創造実験未履修生およびMのTAより単位付与の希望があった。

**受講生** 受講動機（複数選択）は、「実験の内容に興味を持ったため」(17名、55%)「企業からの先生の指導を受けてみたかったから」(10名、32%)に対して「研究室の指導教員に勧められた」が13名(42%)であったが、「友達や先輩から聞いて」も5名(16%)あった。受講後の感想ではほとんどの受講生が「全体として良い経験になった」(26名、84%)としている。また、「時間が足りない」(7名、23%)、「時間を取られ、研究に差しさわりがあった」(6名、19%)、「後輩に勧めたい」(7名、23%)であった。

企業の技術者の指導に対しては「工学を総合的に見る高い視点・広い視野からの指導」(25名、81%)、「経済的な視点からの実験結果の検討」(13名、42%)、「企業での発明・発見についての経験」(9名、29%)が有益であったと回答している。

テーマについては多くが「新鮮で興味深かった」(22名、71%)とし、テーマ設定を任されて「有意義であった」(9名、29%)が「大変であった」(3名、10%)より多かった。

異分野の学生との共同作業については、「他専攻の学生とのチームワークが有益であった」(22名、71%)と好評であり、自分の専門を「生かすことができた」(11名、35%)は「できなかった」(3名、10%)より多かった。今後についても「工学研究科博士課程前期課程の学生の選択制」(11名、35%)、「色々な学年が混ざっている方が良い」(13名、42%)、「学部4年生の共修」(11名、34%)「他研究科からの参加者を増やした方が良い」(9名、29%)と選択制・異分野種混合が歓迎されているが、意見は多様化の傾向がある。また、基礎知識の有無で難易度が変わる点を指摘する声があった。

自由記入では、DPの知識と熱意への感動、研究・開発に対する企業と大学の視点の違い、他分野を学ぶ楽しさ、説明することの難しさの発見についてのコメントが目についた。また、施設の不備(PC、3Dプリンタ等)を指摘する声があった。

**改善すべき点** 当人からの非公開要請があったため、詳細は掲載していないが、チーム編成方法について問題の指摘があった。テーマ説明の前に希望テーマを提出させ仮チーム編成を行うこと、事前に受講申請した者より追加申請者の方が希望テーマに配属されていること、の2点である。この問題は以前から批判を受けており、改善すべきと考える。また、実験用具・材料の購入方法について、TAおよび受講生への周知が不十分であり、徹底すべきであった。

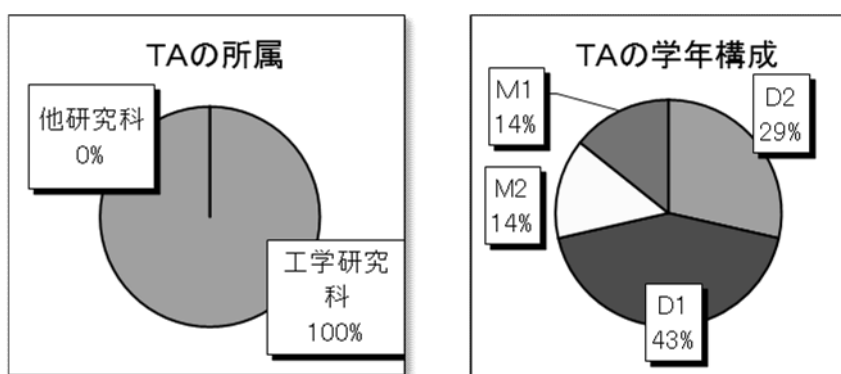
以上

## 平成 28 年度 高度総合工学創造実験に関するアンケート結果

(ア) TA アンケート結果 (7 名中 7 名 : 回収率 100 %)

0) TA の学年構成及び所属 :

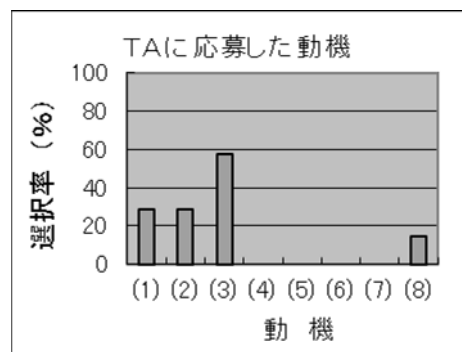
TA の構成は博士課程後期課程 2 年 (D2) が 2 名 (29 %)、博士課程後期課程 1 年 (D1) が 3 名 (43 %)、前期課程 2 年 (M2) が 1 名 (14 %)、前期課程 1 年 (M1) が 1 名 (14 %) であった。全て工学研究科の学生であった。



自由記入 (原文のまま) には下線を施した。

1) この実験の TA に応募した動機 (複数選択):

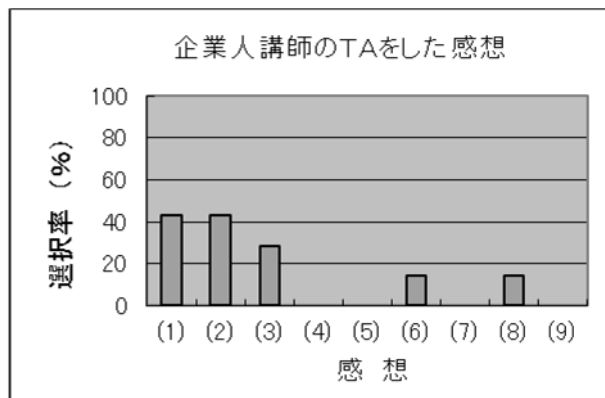
動機	選択数
(1) 実験の内容に興味をもった.	2
(2) 企業からの先生と実験指導を試みたかった.	2
(3) 研究室の指導教員に勧められた.	4
(4) 友達や先輩から聞いて.	0
(5) ポスターを見て.	0
(6) Web サイトを見て.	0
(7) ポスターを見て.	0
(8) その他	1



(8) その他の内容 :

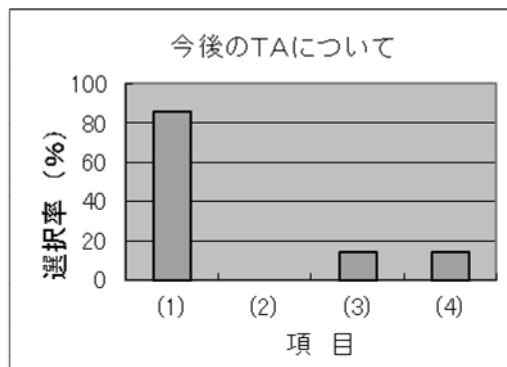
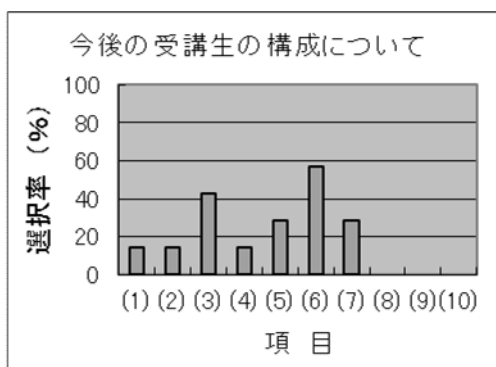
- 頼まれたから。

- 企業からの先生のTAをした感想（複数選択）.



感 想	選択数
(1) 工学を総合的に見ることのできる高い視点・広い視野からの指導をアシストでき有益であった.	3
(2) 経済的な視点から実験結果の意義を検討できたことは有益であった.	3
(3) 企業での発明あるいは発見についての体験が少しできたような気がする.	2
(4) これまでの工学研究科（工学部）の先生の指導と違って面食らった.	0
(5) 学生の学力、各専攻（学科）での授業の内容等を十分に理解していなく、学生実験の指導者としては問題がある.	0
(6) TAの使い方が上手である.	1
(7) TAに頼り過ぎているように思う.	0
(8) TAの役割がはっきりしなかった.	1
(9) その他	0

- 2) 高度総合工学創造実験への今後の参加（複数選択）:



受講生について

項 目	選択数
(1) 工学研究科・博士課程前期課程 2 年の学生全員が参加する実験とする価値がある.	1
(2) 前期課程 1 年の学生全員が参加する実験とする価値がある.	1
(3) 工学部 4 年の学生も参加できる実験とする価値がある.	3
(4) いろいろな学年が混ざっているのがよい.	1
(5) 学年が混ざっていない方がよい.	2
(6) 工学研究科・博士課程前期課程の学生の中で、興味のある学生が選択できるようにするのがよい.	4
(7) 他研究科・他学部からの参加者を増やした方がよい.	2
(8) 他研究科・他学部からの参加者は居ない方がよい.	0
(9) 工学部 4 年生の内、大学院に進学し博士課程前期課程で卒業を希望する学生全員を参加させるとよい(このような講義は社会に出てから役に立つ).	0
(10) 工学研究科・博士課程前期課程の学生の中で、卒業研究テーマとしてこの講義を活用するとよい(期間 1-1.5 年位とする).	0

上の回答の理由・意見

- 早いうちから、様々な専攻と交流し、一つのテーマについて発表を行うことで、今後の研究に対して、選択肢が広がると思う。(3)

TAについて

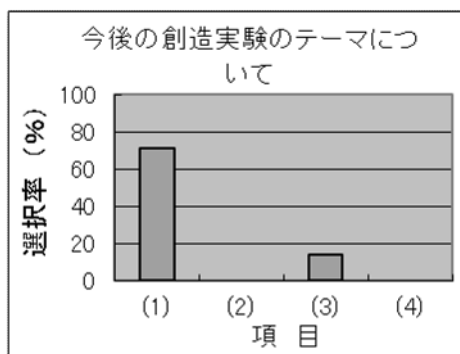
項 目	選択数
(1) 一人の TA で 4~6 名程度の指導は適切である.	6
(2) 一人の TA で 4~6 名の指導は (もしそうであったら) 困難である.	0
(3) TA は各期毎に変わるのがよい.	1
(4) その他	1

(4) その他の理由

- 受講生と同程度の作業をしているので、TA にも創造実験の単位を与えてほしい。

3) 高度総合工学創造実験の今後のテーマについて (複数選択可) :

項 目	選択数
(1) このようなテーマで続けるとよい.	5
(2) テーマを増やした方がよい.	0
(3) テーマを変更すべきだと思う.	1
(4) その他	0



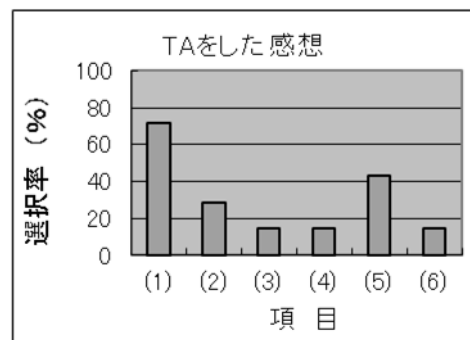


(3) テーマ例：

- ジャンルを豊かにする。(機械工学とか)

4) 高度総合工学創造実験でTAをした感想 (複数選択可)。

項目	選択数
(1) 全体として良い経験になった。	5
(2) 後輩に勧めたい。	2
(3) 再度 TA をやってみたい。	1
(4) 自分の専門に近いテーマを複数年にわたって担当し、博士論文にまとめてみたい。	1
(5) 時間をとられ、研究に差し障りがあった。	3
(6) その他	1



(6) その他の内容

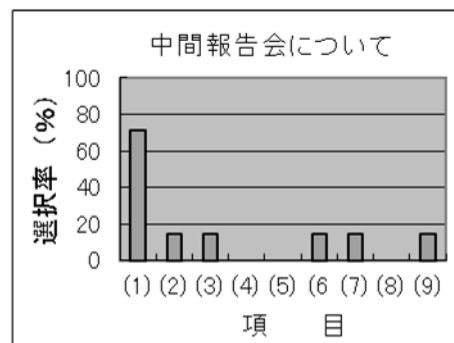
- 修士でも何か単位がもらえたらうれしい。

意見：

- 学生間での議論のとりまとめを行っていたが、社会に出るうえで非常に貴重となった。また、燃料電池等のエネルギー関連の知見を広めることができた。(1)
- 研究に差し障りがあるほどではありませんが、TAが不要な回もあったので全回参加する必要は無かった。(5)

5) 中間報告会について (複数選択可)。

項目	選択数
(1) 他のグループの実験内容がわかり、興味深かった。	5
(2) 他のグループの進捗状況がわかり、実験計画の見直しをした。	1
(3) 発表準備をすることにより、自分のグループの目標がはっきりした。	1
(4) 他のグループとの交流のきっかけとなった。	0
(5) 創造性とは何か、より深く考えるきっかけとなった。	0
(6) 成果発表会の参考になった。	1
(7) 中間報告会はあった方がよい。	1
(8) 中間報告会はない方がよい。	0
(9) その他	1

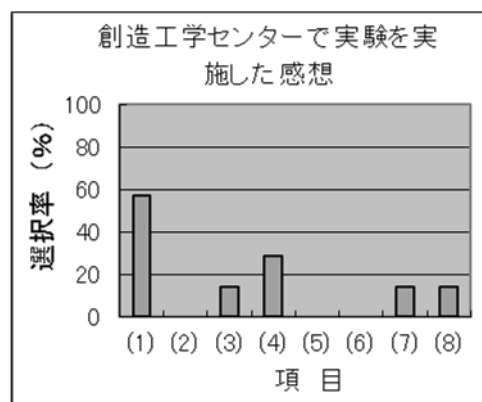


(9) その他の内容

- 中間報告会に参加することができなかった。

6) 創造工学センターで高度総合工学創造実験を実施した感想（複数選択可）。

項目	選択数
(1) 創造工学センターの施設は使いやすかった。	4
(2) 創造工学センターの利用は不便だった。	0
(3) 創造工学センターは機材が充実していた。	1
(4) 創造工学センターの機材では不十分であった。	2
(5) 技官の支援が有効であった。	0
(6) 技官の支援は必要でなかった。	0
(7) 技官の支援は受けなかった。	1
(8) その他	1



(8) その他の内容

- 工作室は使っていません。

意見など：

- パソコンが古かった。

7) 高度総合工学創造実験についての感想、意見等：

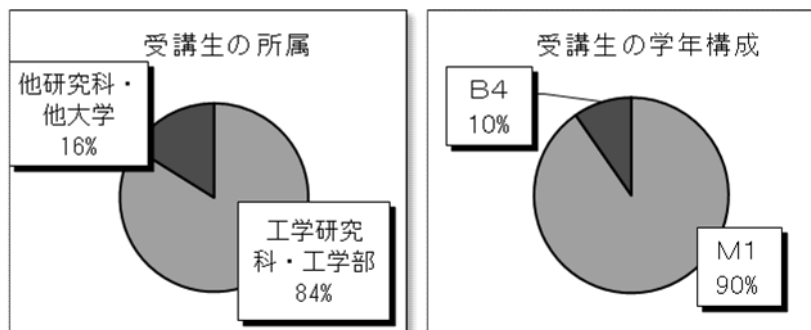
- 同グループの他専攻の方との交流はもちろん、発表会で他グループの発表を聴いて、異分野交流という点で非常に良い経験ができた。講義中は討論の進行役をさせていただいた。生徒の方の意見をまとめたり、議論が進まなくなったときに意見を出すなど進行役ならではの経験を積むことができた。DPの先生にも言われたが、会社ではこのような議論を交わすことが多く（商品企画等）今回の経験を生かしたい。  
また、今回のテーマが“水素社会を実現させるためには”ということでエネルギー白書を読んだり、展覧会に行ったり、最新のエネルギー事情に関して情報を収集することができ、自分でも将来のエネルギーに対して真険に考える機会となった。(A)
- 定量評価以外の方法で設計することの難しさをまなんだ。  
学生間でモチベーションに差があるのが問題。(B)
- 本実験は半年間という短い時間でのものであり、成果が中途半端なものになるものもあったため、通年講義とする方がよいのではないかと思った。また、更に質の高いものを実施することで、論文などにまとめて成果が形として残るようにした方が良いとも感じた。  
TAの仕事は、最初何をしたら良いかや授業の流れが分からず困惑した。回を重ねるにつれて、DP及び受講生との連携がとれるようになったため、効率的に授業を進めるためにも、受講経験者かTA経験者がTAをやるべきであるというのは強く感じた。  
我が班は、DPに飲み会の場などももうけていただいたため、メンバー間の仲が良く、DP－TA－受講生間も円滑な関係が築けたと思う。このような交流の場の形成は非常に重要であると感じた。(C)

- 去年も同じテーマでTAを行っていた。去年との違いとして受講生の数が減っており、一人あたりの負担が増加したように思える（去年本テーマは、5人のメンバーがいたが、今年は4人だった）。また、去年は化学系の実験を率先して行える学生がいたため、比較的とまどうことなく実験を行えたが、今年はそういう学生がいなかったため、実験時に実験操作から学ぶ必要があった。どちらが良いとも言えないが、限られた実験時間であることを考えると、メンバーのうち1人くらいは多少専門が近い学生がいてくれた方が、TAとしては助かる。(E)
- M1は、他にも講義が多く、この授業のために水曜の午後が使われると空いている時間はけっこう少なくなって大変だった。  
M2も就職活動をする人が多いため、大変だろうと思った。  
B4の進学を志望している人の参加者を増やすといいと思う。(F)
- 自身の研究と異なった分野の研究を行うことができ、自分の知見が広がったことを実感できて、非常に有意義であった。ただ研究として一定の成果を残すためには、半期という期間は短く、せめて、一年を通して研究を行っていく必要があると感じる。  
また、様々な専攻の学生が共に研究していくというのが理想であるのに、同じ専攻の学生が固まってしまった。私の専攻の学生がだれも参加していないことから、本実験をもっと周知して、多くの学生と共に実験を進められたら、より有意義な実験になったのだと感じる。(G)

以上

(イ)受講生アンケート結果 (31名中31名:回収率100%)

受講生の所属研究科(学部)と学年:



所属	受講生	回答数
T・工学研究科(工学部)	26	18
O・その他	5	5
X・無記入		8
計	31	31

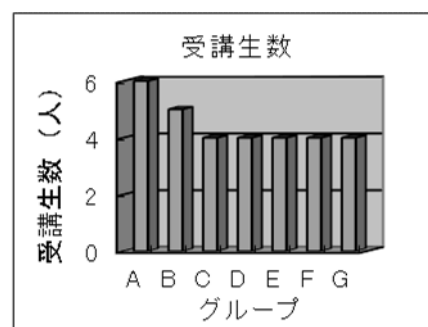
O・その他内訳: 情報科学研究科5名。

学年	受講生	回答数
M2(博士課程前期課程2年)	0	0
M1(同上1年)	28	26
B4(学部4年)	3	3
不明		2
計	31	31

自由記入(原文のまま)には下線を施した。判読困難の部分は斜字体で表記。

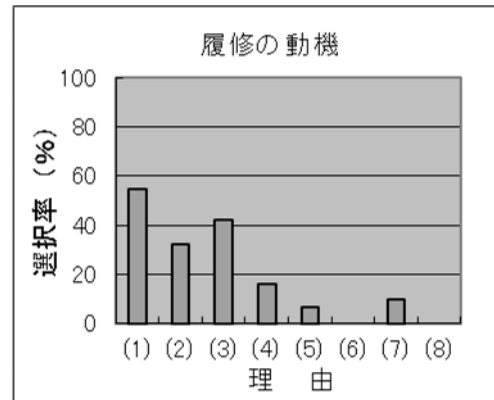
プロジェクト・テーマと受講者数:

プロジェクトテーマ	受講生	回答数
A・燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか?(伊藤正也 DP)	6	6
B・デザイン手法はエンジニアのアイディーションにどのような影響を与えるか(伊藤義人 DP)	5	5
C・魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント(田中尚人 DP)	4	4
D・高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法(概念設計~実験計画立案・実施~検証まで)(土田二郎 DP)	4	4
E・地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる(西隆之 DP)	4	4
F・テキストデータからの知識抽出(平尾努 DP)	4	4
G・電力・熱エネルギーシステムの実際(ヒートポンプによる省エネルギー)(渡邊激雄 DP)	4	4



1) この実験を履修した動機について (複数選択) :

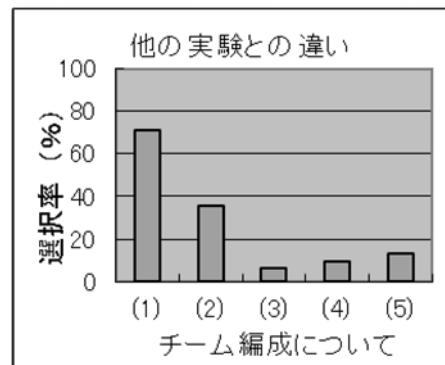
履修の動機	選択数
(1) 実験の内容に興味をもったから.	17
(2) 企業から来られる先生の指導を受けてみたかったから.	10
(3) 研究室の指導教員に勧められたから.	13
(4) 友達や先輩から聞いて.	5
(5) ポスターを見て.	2
(6) Web サイトを見て.	0
(7) パンフレットを見て.	3
(8) その他	0



2) この実験といままで履修した他の実験等との違い (複数選択) :

チーム編成について

チーム編成について	選択数
(1) 他の専攻 (学科) の学生と一緒に実験を行い、彼らから大いに学ぶところがあり、大変有益であった.	22
(2) 他の専攻 (学科) の学生と一緒に実験を行ったとき、自専攻 (学科) でこれまでに学んだことを活かすことができた.	11
(3) 異なる専攻 (学科) の学生と一緒に実験を行ったので、突っ込んだ実験を行うことができなかった.	2
(4) 自専攻 (学科) でこれまでに学んだことを活かすことができなかった.	3
(5) 他学部の学生とチームを組んで気付いたこと.	4

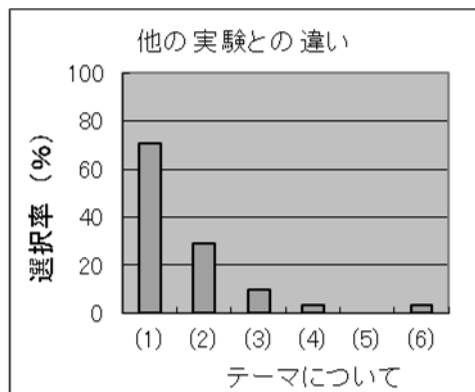


(5) 他学部の学生と一緒にチームを組んだ場合、特に気付いたこと :

- 今回のテーマは自分の研究と関わりのあるものだったのですが、他の専攻からの新鮮な見方を得られて有意義であった。
- 同じ工学部でも学んでいることがとても違うことを身をもって体感した。(1)
- やはり、専門分野でなかったため、建築の分野の学生に、リードしてもらったと思う。(1)
- 予備知識の有無に差が生じると感じた。

テーマについて

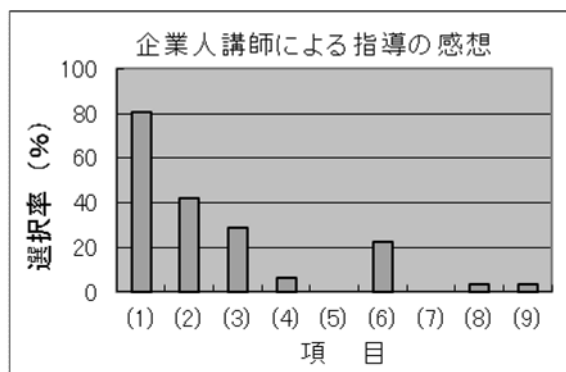
テーマについて	選択数
(1) テーマが新鮮で大変興味深かった.	22
(2) テーマの設定を任された点が大変有意義であった.	9
(3) テーマの設定を任されて大変であった.	3
(4) 期待した内容と違って、興味がわかなかった.	1
(5) テーマがこれまでに学んだことと違って、興味がわかなかった.	0
(6) その他	1



(6) その他の内容：

- テーマの設定が抽象的でテーマをほり下げて決めるのに時間が掛かってしまった。

3) 企業からの先生の指導を受けた感想 (複数選択)：



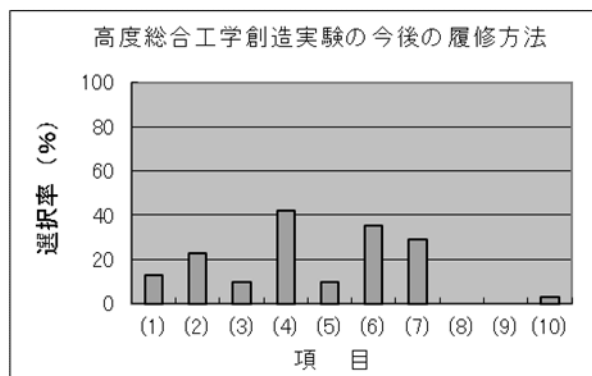
項目	選択数
(1) 工学を総合的に見ることのできる高い視点・広い視野から指導を受けられ有益であった.	25
(2) 経済的な視点から実験結果の意義を検討できたことは有益であった.	13
(3) 企業での発明あるいは発見についての体験が少しできたような気がする.	9
(4) これまでの工学研究科(工学部)の先生より受けた指導の仕方と違って面食らった.	2
(5) 学生の学力、各専攻(学科)での授業の内容等を十分に理解していなく、学生実験の指導者としては問題がある.	0
(6) TAを上手に使われて指導していた.	7
(7) TAに頼り過ぎているように思う.	0
(8) TAの役割がはっきりしない.	1
(9) その他	1

(9) その他の内容：

- TAが授業の1回目に、“材料費を経費として落とすには”についてしっかり指導すべきだと思います。



4) 高度総合工学創造実験の今後の履修をどのようにしたらよいかについて（複数選択）：



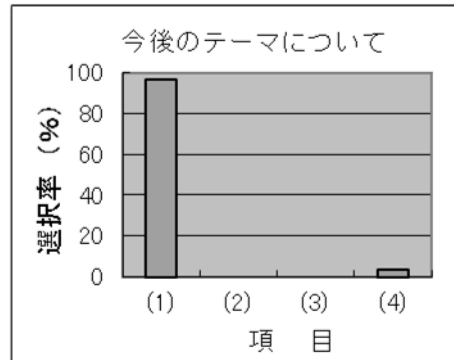
今後の履修方法について	選択数
(1) 工学研究科・博士課程前期課程2年の学生全員が参加する実験とする価値がある.	4
(2) 前期課程1年の学生全員が参加する実験とする価値がある.	7
(3) 工学部4年の学生も参加できる実験とする価値がある.	3
(4) いろいろな学年が混ざっているのがよい.	13
(5) 学年が混ざっていない方がよい.	3
(6) 工学研究科・博士課程前期課程の学生の中で、興味のある学生が選択できるようにするのがよい.	11
(7) 他研究科・他学部からの参加者を増やした方がよい.	9
(8) 他研究科・他学部からの参加者は居ない方がよい.	0
(9) 工学部4年生の内、大学院に進学し博士課程前期課程で卒業を希望する学生全員を参加させるとよい(このような講義は社会に出てから役に立つ).	0
(10) 工学研究科・博士課程前期課程の学生の中で、卒業研究テーマとしてこの講義を活用するとよい(期間1-1.5年くらいとする).	1

上の回答の理由：

- 本講義は義務的にやらせるというよりは、自分から学びを求めることで成立しているため、全員参加型にするとかえって密度が下がると考える。(6) (7)
- 大学院生と学部生ではできることに差があり、結局上の学年に任せっきりになりそうだから。(5)
- やる気に差が出てしまいそう。(6)
- 話しやすいので。(5)
- いろいろな視点があると面白いと感じることが多かったため。(3) (4) (7)
- 専門分野を知れば知るほど、物事の見方が固まってしまうので、他学部を入れることで色々な視点で物事をみれるようになると思われる。(4) (7)
- 面白いから。(2) (7)
- 内容はおもしろいが時間がかかる上、単位数も少ないので、必修とすべきでない。(6)
- 他研究科・他学部を入れるのであればもう少しバラ付きを持たせると良い。
- 自分の専門と大きく異なるテーマに取り組む可能性があるため、高いモチベーションのある学生のみが参加すべきだと思うから。(6)
- 学年は問題ではなく、みんな熱情があつて、能力が上がることであればよい。

5) 高度総合工学創造実験の今後のテーマについて (複数選択) :

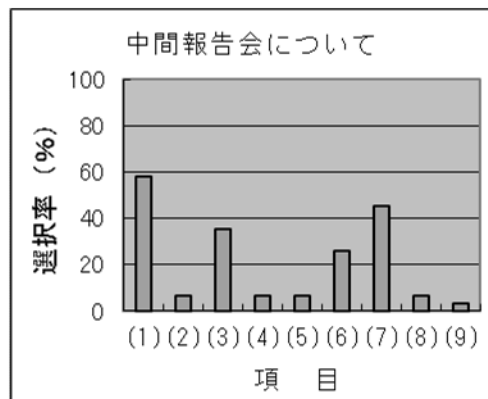
今後のテーマ	選択数
(1) このようなテーマで続けるとよい.	30
(2) テーマを増やした方がよい.	0
(3) テーマを変更すべきだと思う.	0
(4) その他	1



(4) その他の内容 :

- 自分のグループは、私以外全員が実験テーマに対して専門的知識を持っており、もう少し基礎からやるものだと思っていた。

6) 中間報告会について(複数選択)



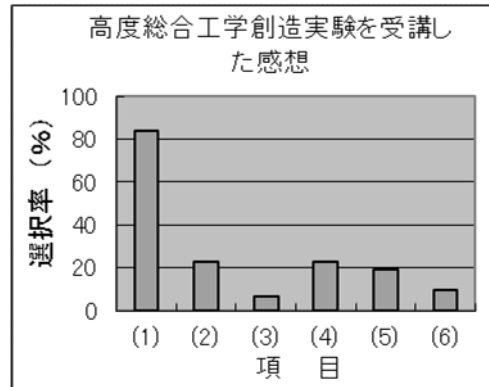
感想	選択数
(1) 他のグループの実験内容がわかり、興味深かった.	18
(2) 他のグループの進捗状況が分かり、実験計画の見直しをした.	2
(3) 発表準備をすることにより、自分のグループの目標がはっきりした.	11
(4) 他のグループとの交流のきっかけとなった.	2
(5) 創造性とは何か、より深く考えるきっかけとなった.	2
(6) 成果発表会の参考になった.	8
(7) 中間報告会はあった方が良い.	14
(8) 中間報告会はない方が良い.	2
(9) その他	1

(9) その他の内容 :

- I B 1 0 1 は狭い。創造工学センターではダメなのか。

7) 高度総合工学創造実験を受講した感想（複数選択）：

感想	選択数
(1) 全体として良い経験になった.	26
(2) 後輩に勧めたい.	7
(3) 将来、TAになってみたい.	2
(4) 時間が足りない.	7
(5) 時間をとられ、研究に差し障りがあった.	6
(6) その他	3

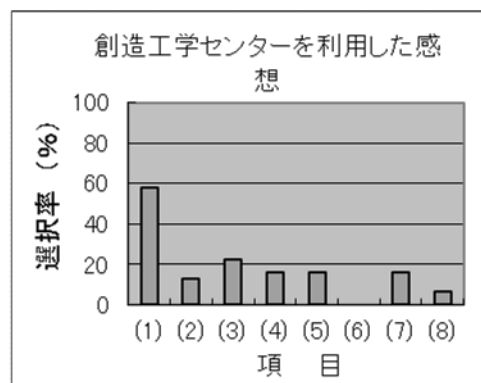


(6) その他の内容：

- もう少し時間が欲しかったです。単位を4単位にして、夏休みも行うようにしたらどうか？
- 前期で比較的に多くの講義をとってしまったため、忙しかった。もっとゆとりを持って臨みたかった。
- 様々な学年、専攻が交じわる中でスケジュールの調整は大きな課題ではないのか。

8) 創造工学センターで高度総合工学創造実験を実施した感想（複数選択）：

創造工学センターの感想	選択数
(1) 創造工学センターの施設は使いやすかった.	18
(2) 創造工学センターの利用は不便だった.	4
(3) 創造工学センターは機材が充実していた.	7
(4) 創造工学センターの機材では不十分であった.	5
(5) 技官の支援が有効であった.	5
(6) 技官の支援は必要でなかった.	0
(7) 技官の支援は受けなかった.	5
(8) その他	2



(8) その他の内容：

- 今回の授業では、創造工学センターの実験設備は使用しなかった。
- 3Dプリンターを一般施設で使ったため時間に制限がかかった。

意見（自由記入）：

- 部屋自体はきれい良かった。3Dプリンタが使用できず、外部のものを利用せざるおえなかつ

た。(1) (4)

- IB101は最初見落しかと思いました。(IB館10Fと表記してほしい)
- ・Macがない、いつの間にかWindows10に更新  
・データを収納したり、常にプログラムを稼働させておけるサーバが欲しい。(4)

9) 高度総合工学創造実験について、感想、意見等：

- 企業の方を先生として招いて授業を行うことで、大学で学んだ知識をどう生かしていくかということ  
を学ぶことができた。また、大学では学ぶ機会の少ない効率や理論以外の市場において重要  
視される点を学ぶことができ非常に有意義であった。

今回学んだ水素社会とFCVについては自らの研究とも深く関わってくるテーマであり、「人と  
車のテクノロジー展」に参加させていただくことで実際に企業で働く多くの方々のお話を伺うこ  
とができ、その点でも有意義であった。(A)

- 最終発表の質疑の時間がもう少し長いとうれしい。他の研究分野を専攻している人と一緒に行動  
することでいろいろな刺激を得ることができてとてもよかった。一つのことに専念して行うこと  
で多くのことを知ることができた。また、他のグループの発表も興味深くて、面白く発表を聞く  
ことができた。外部の発表会にも行くことができたのもよかった。(A)

- このような総合科目、他専攻の人と関わる講義にはじめて参加したことが初めてだったのでとて  
も新鮮でした。

学部4年で研究室に配属されてから自分と近い研究をしている人としかほとんど関わる機会  
がありませんでした。この講義では学年や専攻の異なる人と意見を交わし、講義中でないところ  
でも知らない知識を本当に多く得ることができました。他の講義でもこのような研究室外の人と  
関わるのであれば良いなと思いました。(A)

- 研究室で行う実験とは異なる視点を見い出すことができて有意義であった。企業側としてもものご  
とを考えたり、企画を提案することの大切さと大変さを学ぶことができてよかった。

ただ、他の授業も多く大変であり、実験等にも追われる中で貴重な水曜の午後全てをもっていか  
れるのは痛い。もう少し時間を分散させていただきたい。(A)

- 自分の研究分野とは、全く異なる内容に関するテーマだったので、新しく知る知識が多く興味深  
かった。また、授業を進めていく中で、専門外の分野について学習していく姿勢を学ぶことがで  
き、他分野の学生と交流して学ぶ機会を得られたことは、非常に有意義な経験になったと感じた。

テーマであるFCV及び水素社会については、講義を受けるまでほとんど知らなかったのが、普  
及が始まりだしたこのタイミングで水素利用について学ぶことができとてもよかったと思う。(A)

- このような企業の方を講師に招いてあるテーマについて企業の方のアドバイスを受けながら受け  
られる授業は他にないので非常に有意義なものになりました。また、学科が違う生徒と一緒にグ  
ループディスカッションを通してテーマについて学べたのも、様々な視点から考えられることは  
よい経験になりました。私がこのグループを選択したのは将来のエネルギー、環境問題の解決へ

の糸口となるFCVについて学べるからでした。今までTVかネットでの情報しか得られていなかった  
だったので、FCVは究極のエコカーだというプラス面しか知らなかったですが、授業を通して  
様々な問題にFCVは直面していることがわかりました。これからはFCVの課題か実際にロー  
ドマップに沿ってどのように解決されるのか注目したいと思います。(A)。

- Bグループは実際に“もの”を作りながら実験をすすめていたので面白かった。他のグループは  
規模が大きすぎて調べたり、アイデア出しがメインになってしまったりしているところは少しづ  
まらないと思った。(B)

- 週一回、4～5時間という授業時間は、当初は自分の研究に支障が出そうで心配だったが、大丈  
夫だったなという印象を持ちました。逆に、アイデア手法を学んだ後の感想としては、もっと時  
間が必要だったとも思った。ただ、全体として授業の時間量は適切だったと思うし、その中でと  
ても充実した内容を学べたと思っています。

0からモノを作るという、普段の研究生活の中では体験することのできないことを経験できて  
非常によかった。(B)。

- 創造実験の目的は創造性の育成であると考えているが、他のグループの最終報告を聞くと調査し  
た結果や得た知識を発表しているものもあってもの創りを経験して他の活動では得られないよう  
なものが得られたのが疑問である。企業の方に来ていただいているのもっと企業の仕事に近  
いようなテーマで活動してもよいのではないかと感じた。(B)

- ・中間発表の準備などへの時間を製作にあてたかった。  
・実際にモノ作りを行う大変さを知った。  
・中間発表や最終発表のスケジュール・注意事項などはTAとDPに限らず、メールで参加者全  
員に知らせたい。(B)

- 友人から誘われたため、受けてみようと考えたのですが、結果として受けてよかったと感じてい  
ます。院試直前まで行うため時間の関係で多少忙しくなるのでM1になってから受けるべきだっ  
たかなと今は振り返ってみて思います。テーマとしては自分の研究にまったく関係のないものを  
選んだため、基礎知識は他の方に学ぶことが多く、とても新鮮でした。良かった点としては、実  
際に企業の方に来ていただけて、長い時間ご指導をいただけたこと及び他のまったく関係を持っ  
てこなかった研究の方々と積極的にディスカッションして1つのものを作っていくという体験が  
できたことです。また発表をするという経験自体初めてだったので、この経験を今後活かして  
いきたいと考えています。(C)

- 他学部の方々とグループワークが出来たのは良い経験になったと思います。社会に出た際、この  
ようなことは度々あると思うからです。自分の研究が1人でやるものなので、数人で共同して物  
作りをすることは楽しかったです。今回、学生やDPの都合もあり土日にグループワークを行っ  
たため、他のグループがおらず静かではあったが寂しさも感じました。最終報告で各グループの  
話を聞いて、それぞれ結果を出していて興味深いことが多くあったのですが、内容が難しくわか  
らなかつた部分がありました。誰にでもわかるようなプレゼン作りもこのグループワークで学ん  
でいかなければならないと感じました。(C)

- 自分の研究テーマからは大きくかけ離れてはいたが、偏ることなく取り組めたと思う。私の研究テーマは沿岸防災にまつわるものなので、防災と都市形成を結びつけて考えることのできた貴重な機会の1つであったと思います。

また、発表の準備に向けて、都市模型、スケッチアップを用いたことで、研究からは学ぶことができない発表手法について知ること、学ぶことができた。(C)

- 高度総合工学創造実験では、他専攻、他学年の学生と共に1つのテーマについて進めることができたことが最も有意義だったと感じました。受講したテーマは自分の専攻に近い内容だったので、他の学生よりも理解しているつもりでしたが、異なった専攻からの意見は非常に重要でした。本実験を通じて、初めて会ったメンバーとの事業の進め方を少し学べたと思います。(C)

- 品質工学は大学では学ばない分野なので、今回の実験で重要性を実験を通して実感できて意義のある実験だったと思う。期間が限られており、まだやるべき実験項目は残ってしまった。

大学の実験と企業の実験の違いが少しわかったと思う。(D)

- 今回は自分の専門分野に一番近いテーマを選択して受講させていただきました。今まで学んできた事をバックグラウンドとして使え、その上で、普段行わない実験をすることができたので、貴重な経験でした。

中間発表や、最終発表を通じて、各テーマ実施内容が大きく異なり、どのテーマのとりくみも大変興味深いものを感じました。しかし、最初の講義を申し込む段階ではテーマの文字列があるだけで、具体的にどのような事をやるのかイメージがつかなかったので、各テーマの前年の発表スライド etc が最初に見られると、テーマ選びの参考になると思います。(E)

- この実験を通して、他学科の人と意見を交換しあうこと、自分達で目的やゴールを定めて時間内でその目的を達成する社会に出ていく上で必要な力、またこの実験で一番重要である自分達で何が必要かを考え、創造する力というものを培うことができました。大変いい機会であり、将来性のある実験ができたことも感じられ、有意義な授業でした。(E)

- 内容や発想がおもしろくとてもいい経験ができました。しかし、授業外の時間がとても多く、授業や研究などに追われている中でかなり負担となりました。単位数を多くする、はじめから授業数を増やすなど必要だと思いました。(E)

- 先生が前年度までの活動内容を把握しておらず、TAの前年度の経験(記憶)もとにして5ヶ月間のスケジュールを立てていたところに危うさを感じました。何度も参加しており慣れている先生でないならば、参考にできるよう数年分の資料を用意しておくとういと思います。

私たちのグループではアプリケーションの開発を行いました。開発環境として適切なコンピュータがセンターに存在しなかったため、各自のコンピュータを使用しました。アプリケーション開発が前提であるテーマである以上、コンピュータは自前でなくセンターのものを使えば良かったです。十分な性能のあるコンピュータを1台置いてもらえればそれだけでも大いに助かりました。(F)

- 他分野を学ぶことができて非常に新鮮であった。また、様々な場所に訪くことができて貴重な体験となった。(G)

- 他の専攻の学生と交流する機会はありませんでしたので、とても貴重な体験となりました。また、自分の専攻とは異なるテーマは最初はとまどうこともありましたが、最終的にはとても有意義なものであったと思います。(G)
- テーマであるヒートポンプについてほとんど知識はなかったが、1から講義してもらい実験をすることで、知見を深めることができた。企業の施設も見学し、成果を伝熱学会伝熱コロキウムで発表することもでき、大変良い経験ができた。(G)
- 先輩に忙しいがやるとためになるとすすめられ、参加したが先輩の言う通りとても有意義な時間を過ごすことができたように感じている。特に企業の方と実際に話をするだけでなく、様々な企業見学を通して普段の講義では学べないことも多々学べた点はとても良かったと思っている。(G)

以上



## 受講を希望した動機・抱負

以下は受講申込書に記載された「高度総合工学創造実験受講希望の動機」、「そのテーマを選択した理由」です。なお、第1希望のグループにまとめてありますが、実際の配属はこの限りではありません。また、プロジェクト・テーマおよびDPの所属は受講生募集開始時点のものを使用しています。

A： 燃料電池自動車は水素社会構築に貢献できるのか？ — その普及の課題を検証する  
(日本特殊陶業(株)・伊藤正也 DP)

- 学部4年生になり、本格的に研究に携わる上でこの創造実験に参加することにより、問題を提示し解決する経験を自分の研究過程の中で生かせると考えたからです。  
また、第一希望を選んだ理由は燃料電池自動車は発売されたばかりであり、リアルタイムな問題に触れられるであろうと考えたからです。プロジェクトテーマの中に書かれてあるグループディスカッションは今までなかなか経験する場がなく、専門分野の違う仲間とともに自分の意見の述べ方、チームとして問題を解決する方法を積極的に学びたいです。(物理工学科・応用物理コース、B4)
- 私は現在大学の近くに住んでおり、トヨタ自動車がMIRAIを発売して以来、時折近所をMIRAIが走っているのを目にします。その時に私はいつも気分の高揚を感じます。なぜならMIRAIの近未来を思わせるデザインもさることながら、燃料を使ったときの副生成物が水だけであるということから世界の環境の未来を背負って走っているという使命感がひしひしと伝わってくるからです。私の感じているこの高揚感をもっと多くの人に体験してもらうには水素ステーションなどの水素社会の構築が必須です。今回創造実験を通して未来の水素社会構築について考えることで、より具体的課題を発見したいと思います。(量子工学専攻、M1)
- 僕は、環境問題、特にエネルギー問題に興味を持っており、燃料電池自動車MIRAIや(株)ユーグレナが火力発電で排出されたCO<sub>2</sub>を使ってミドリムシを育てる研究をはじめたといったニュースに注目しています。  
技術的な可能性だけでなく、講師の先生の意見から商品化に必要な視点、他分野の学生とのやりとりの中で広い視点を身につけたいです。(量子工学専攻、M1)
- 大学院生という立場から、日頃より最先端の技術に触れる機会は多く、日本が世界の最先端をゆく、燃料電池にも興味があります。  
しかし、普段とは視点の異なる技術を普及させるための課題、また、社会的意義の考察を行いたく、本テーマの受講を希望します。  
更に、日頃の研究における学習の形態や講義では培うことのない、グループディスカッションによる課題解決の方法を本講義で体験し習得したいと思います。(量子工学専攻、M1)
- 国際的な問題となっている地球温暖化に対する解決策の1つとなりうる水素利用について学ぶことは、将来を生きていく自分にとって有意義なものであると感じたので、このテーマを選択しました。また、最近話題となっている燃料電池自動車についてもより深く理解したいと思いました。グルー

プワークを通じて、日頃の研究では身に付かないチームとして行動する姿勢を学ぶとともに、専門外の課題へのアプローチの方法を身に付けたいと思います。(量子工学専攻、M1)

- 自動車に興味があり、燃料電池自動車についても気になっていました。地球温暖化対策として燃料電池は重要だと考えているので、燃料電池について学ぶテーマをやりたいと思いました。また、グループディスカッションは、自分以外の意見を知るとも良い機会だと思います。自分が思ってもいなかったような意見はとても参考になり、自分の知識を深めてくれると思います。今回の実験を通して幅広い視野を身につけたいと思います。(量子工学専攻、M1)
- ○○○○からの要請を受け、Aのプログラムへの参加を希望します。(物質制御工学専攻、M1)
- 私たちの研究室では自動車触媒の研究を行っており、以前より燃料電池の話は身近な内容であったのでやってみたいと思いました。また自分自身も自動車に関係する触媒を研究していることから、自動車に対する知見をより深め、自身の研究に生かしていきたいと思っています。(化学生物工学専攻・応用化学分野、M1)
- 当研究室では自動車社会を豊かにかつ環境にやさしくするための研究が盛んに行われており、その1つとして燃料電池自動車や水素社会をより身近に考え多方面から研究を見つめ直すきっかけにしたいと考えました。また、グループディスカッションでいろいろな人の意見を聞き、自分へフィードバックし、グループで1つの課題を解決するという事に挑戦してみたいと思っています。(物質制御工学専攻、M1)

B： デザイン手法はエンジニアのアイディエーションにどのような影響を与えるか

(株デンソー・伊藤 義人 DP)

- 第1希望：日本のモノづくりはもともととても高いレベルを保っており、日本人の誇りとして品質の良さというものがあります。しかし、現代安くそれなりの品質を持つものに押され、日本のモノづくり文化は変革を迫られてきているのではないかと感じます。iphone が与えた衝撃はすさまじいもので、何を作りどうやってユーザーまで届けるかということを中心に考えればそこに爆発的なニーズが生まれるという事を目の当たりにしました。それは日本のモノづくりでも大切なことであり、これから身に付けなければならないものの1つとしてデザインの思考があると考えました。なので今回実際に体感でき、イメージを持てる絶好の機会だという思いで応募しました。

第2希望：今の研究室からは直接はインフラに関係ないのですが、過去少し国際開発工学に興味を持ち、調べていた時期がありました。なかなか自分の研究内容とインフラ系との関係が見つけられなかったのが、断念してしまいました。今回実験や研究、調査をしてみてもう一度進路として考えることが出来たらなと思い、第二希望としました。(物理工学科・応用物理学コース、B4)

- この実験を通じて、企業の第一線で活躍する技術者に指導していただけることももちろんですが、プロジェクトチームを組んで研究するという経験をしておきたいと思い受講を決めた。

(B) 工学的な勉強はしてきたが、デザインやユーザー視点からのものづくりをやった経験がないので、デザインとエンジニアリングの両面から開発を考えることをやってみたいと思い志望した。将来的には就職先等でも役立つものだと考えている。

(F) 元々電気系であったため、プログラミングはやったことがある。言語抽出の概念は知らない  
ので、この機会に学び、研究に活かしたいと考えている。(エネルギー理工学専攻、M1)

- テーマ B：今まで工学を学んできてものづくりをデザインとつなげて考えたことがなくて、この実験は非常に興味深かった為、希望した。また、学んできた事と全く関係のない分野で自分の知識や考え方がどれだけ通用するのか、どのような新しい知識や考え方が得られるのか、楽しみである。

テーマ A：水素は新たなクリーンエネルギーとして近年注目されている。その点で自分の専攻と関連深いテーマであるといえるが、企業の方や他専攻の学生とのディスカッションを通じて異なる見方、考え方に触れることにより自分の知見が広がることを期待して希望した。得られたことを自分の研究に活かしたい。(エネルギー理工学専攻、M1)

- 大学院に入学して、ただカリキュラム通りに履修していただくではもったいないと感じたので、是非高度総合工学創造実験に参加したいです。現在、一つのテーマを数人で研究するのではなく、自分一人だけで研究を行っています。そのため、数人からなるグループで共通のテーマに取り組むことは自分にとって新鮮です。また、自分の研究内容とは異なる分野を学ぶことや他研究室の学生と交流することで、知識の幅を広げていきたいです。(情報科学研究科・複雑系科学専攻、M1)

- B のテーマを第 1 希望としたのは、大学院での研究活動に限らず、乗り越えるべき課題に対しての解決策の 1 つを提案して、新しい答えとしてまとめあげる力は重要であると感じたので、その力を養いたいと考えたためです。F のテーマを第 2 志望としたのは、情報系学生として求められる様々な技術を習得するとともに、実生活でその技術はどのように活用されているのかを知りたいと思ったからです。

今回は第 1 または 2 志望のテーマに強い興味を覚えたので、それを中心に記入させていただきました。(情報科学研究科・複雑系科学専攻、M1)

- テーマ B を強く希望します。
  - 研究室の研究だけでは経験できないようなアイデアの出し方、もの創りの発想を実践を通して学ぶことで自分の視野を広げるだけではなく、普段の研究にも活かしていきたいです。
  - 企画提案プロセスを学ぶことで物事を順序よく計画立てて進められるような力を身に付けたいです。
  - デザインに関して普段学ぶ機会はないですが、デザインの考え方はいろいろなものを設計する上で大切であると思うので、デザインに関する知識を身に付けてみたいです。(電子情報システム専攻・情報通信工学分野、M1)

#### C： 魅力ある都市の計画と環境都市インフラ整備マネジメント

(梶日建設計シビル・田中 尚人 DP)

- 講義内容を読んで、自分の将来行いたい職種に活かせるのではないかと興味を持ち、受講したいと感じた。(社会基盤工学専攻、M1)

#### D： 高機能システムの立案と統計解析を活用したロバスト設計法（概念設計～実験計画

立案・実施～検証まで)

(元・(株)クボタ・土田 二郎 DP)

- 私は今、個人的にプロダクトの開発を行っており、そのプロダクトが完成すれば実際に市場で販売を行う予定です。その製作の過程で、どのようなターゲットを選定するのかや、統計的手法を用いた、定量的な予測が、比較的難しく、また妥当かどうかも分かりかねたため、この講義で上記の部分を補完したいと考えているからです。(マテリアル理工学専攻・材料工学分野、M1)

E： 地球環境問題を考えながら鉄鋼副生成物でミドリムシを育てる

(新日鐵住金(株)・西 隆之 DP)

- 本研究室では、フェーズフィールド法を用いて主に鉄鋼に関する材料特性の計算や手法の開発を進めていて、環境問題との関わりという異なる側面から鉄鋼を議論してみたいと思ったのと、スラグは日常生活においてコンクリートの主原料として知られていてこれが環境問題の改善につながることに興味を持ったため、受講を決めました。(マテリアル理工学専攻・材料工学分野、M1)
- 研究室ではフェーズフィールド法によって材料組織の時間変化をシミュレーションする研究を行っているのですが、実際に実験を行ったり、研究室で行っているのとは異なったインフォマティクス関連の実験を体験したいと思い受講を希望しました。せっかくの機会なので、研究室では学べない事を色々吸収できるようにがんばりたいと思います。(マテリアル理工学専攻・材料工学分野、M1)
- 生物機能分野で研究しているということもあり、以前からミドリムシなどの微生物に興味があったのですが、私の専攻分野ではなじみのないスラグによってミドリムシを育てるというテーマを見て他の専攻の知識や実験方法を知ることが、自分の専攻分野での研究にも役立ちそうだったので、この実験に参加したいと思いました。(化学・生物工学専攻・生物機能工学分野、M1)

F： テキストデータからの知識抽出

(日本電信電話(株)コミュニケーション科学基礎研究所・平尾 努 DP)

- 私は現在、情報システムの要求仕様書と設計書のトレーサビリティ検証に関する研究に取り組んでいます。研究において、ドキュメントからテキストデータを取り出し、統計分析や機械学習に使用しているため、創造実験のテーマにおける取り組みに私の技術や知識を活かすことができると考え、希望いたしました。様々な専攻の方との議論・実践を通して、私自身の成長や、私の研究に関する新たな知見に繋がりたいと思っています。また、企業の研究者の方による指導のもと、大学の研究機関とは異なるスピード感や視点も学びたいと思います。(情報科学研究科・情報システム学専攻、M1)

G： 電力・熱エネルギーシステムの実際 (ヒートポンプによる省エネルギー)

(中部電力(株)・渡邊 激雄 DP)

- 東日本大震災以後、原子力発電所が停止し代替エネルギー技術へ注目が集まっています。原子力発電所も最近になって再稼働が実現し、これからもエネルギー関連の研究開発が進められると予想できます。それらに関連しているヒートポンプや燃料電池の技術について最近の動向や詳細について

知り、エネルギー理工学専攻の一学生として、現在の研究や将来従事する仕事に活かせたらと思います。また、将来はものづくり関係の就職先で従事したいと考えていますので、デザイン手法等の技術も応用できることを期待しています。(エネルギー理工学専攻、M1)

- 実際に発電所や工場、地域熱供給施設などへ行き、見学できることから、本テーマを第1希望にしました。少しでも自分の力に出来るように、積極的に取り組みたいと思っています。(量子工学専攻、M1)
- 以前より、エネルギー、電力に興味をもっており、研究を進めていきたいと思っていました。今回、エネルギーシステムに関する実験を開講していることを知り、今実験を希望しました。今回の実験でより電力；エネルギーについて理解を深め、研究室での研究にも生かしていきたいと考えています。(電気電子・情報工学科・電気電子工学コース、B4)

以上(順不同、原文のまま)

高度総合工学創造実験平成28年度実施報告書

2016年11月18日初版発行

2016年11月18日Web版発行

編集：創造工学センター

発行：国立大学法人名古屋大学大学院工学研究科

創造工学センター                      センター長 酒井康彦

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 C3-1 (631)

<http://www.cplaza.engg.nagoya-u.ac.jp>

© 2016 名古屋大学大学院工学研究科創造工学センター



NAGOYA UNIVERSITY