

平成23年度 RSET 部門別研究成果報告書

部門名	(第3部門) 炭素循環技術部門	部門長	瀧本 昭
<p>平成23年度の研究成果及び活動等を記載してください。 1. 研究成果の概要、2. 本年度の実施計画概要に対応した成果報告及び活動報告、 3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ、4. 反省点、5. 研究成果をアピールするポンチ絵など 注：本年度の業績や今後の研究課題の設定などに関しては、別紙に記載してください。</p>			
<p>RSET設置の初年度として、本部門においては石炭火力発電所から排出されるCO₂、石炭灰、排熱などの環境負荷の低減を目的に、以下の4課題について基礎的な技術研究に取り組んだ。研究成果では、各課題においてロードマップの1ststageに掲げた目標を達成することができた。なお、大型水槽を用いた実証実験に関しては、共同研究契約や装置・機器類の導入時期がやや遅れたことから、次年度以降の目標とする。</p>			
<p>1. CO₂分離回収の高効率化に関する研究（児玉・大坂）</p>			
<p>高効率なCO₂回収技術の確立を目指して、市販のゼオライト系デシカントロータを対象とした温度スイング吸着CO₂ (CO₂-TSA)回収法の基礎特性の獲得を行った。また、CO₂-TSAの数学モデルの構築を行うため、ロータ内物質移動を表現する物質移動係数の獲得を行った。</p>			
<p>ゼオライトハニカムへのCO₂吸着において、発電所排ガス中にCO₂とともに存在し、強吸着成分である水蒸気の存在は、CO₂回収原単位に大きく影響を与える。本年度は、ゼオライトハニカムを用いたCO₂-TSAサイクル評価装置を作成し、水蒸気存在条件下における、CO₂回収効率および、CO₂吸着能の回復率を評価指針とし、本プロセスにおける水蒸気の阻害因子としての強度を評価した。吸着工程において、CO₂吸着能における水蒸気阻害の影響は、水蒸気が希薄であるため、大きな影響なく阻害しないことが明らかとなった。しかし、ゼオライトハニカムに水蒸気が蓄積した状態から、CO₂吸着能が温度スイングにより回復する割合を検討した結果、回復率は相対湿度ではなく、再生工程における再生温度に大きく影響を受けることが判明し、伝熱を考慮した物質移動現象の把握が必要であることが明らかとなった。また、水蒸気の強吸着性能を利用した水蒸気吸着によるCO₂脱着量は、線形性を示し、水蒸気再生によるCO₂回収の可能性を示す結果を得た。来年度は、水蒸気再生CO₂-TSAプロセスを構築し、CO₂回収技術の高効率化を目指す。</p>			
<p>CO₂-TSAプロセスの最適化を、数値解析により求めるため、ハニカム層内の物質移動を総括的に表現した物質移動係数の算出を、等温系吸着破過評価装置を作成し求めた。空間速度、流速、温度などの操作因子を変化させ、プロセス解析の基礎物性として、物質移動係数を定量的に獲得した。</p>			
<p>2. 海洋バイオマス育成に関する研究（瀧本・長谷川・三木）</p>			
<p>・低コスト高効率の藻類バイオリアクタの開発を目的に、CO₂マイクロバブルおよびLED光源を用いた海洋バイオマス育成システムを提案し、海水中でのCO₂バブルの溶解特性と海藻育成に影響しない最適気泡径・供給量などを実験的およびシミュレーションモデルにより明らかにしている。また、海中光合成のために、発光ダイオードLEDを光源とする<i>Ulva fasciata</i>海藻育成について、人工気象器内でのLED(violet, blue, green, yellow, red, white)を用いた実験を行い、有効な波長(blue)とその促進効果(落葉温帯林に対して約5倍)を検証した。</p>			

- ・沿岸生態系の保全と育成の観点から、石川県沿岸域において微量元素の分布を化学形態別に調査した。研究では、クリーン限外ろ過法を用いたスペシエーション法により、真の溶存態、コロイド態および粒子態に微量元素を分画・定量した。フィールド観測において、微細藻類や大型藻類の一時生産に必要な微量必須金属や有機腐植物質の物質循環モデルを構築した。
- ・室内培養試験において、微量必須金属や有機腐植物質の化学形や濃度を制御して、植物プランクトンの増殖に適した条件を探索した。特に、有機腐植物質の存在が微量必須金属のコロイド態画分を増加させ、藻類に対する生物学的有効性を増加させることを明らかにした。
- ・微細藻類（植物プランクトン）の増殖や大型藻類の着床に適したブロック体として、フライアッシュを主成分としたエコブロックの有用性を検討した。室内培養試験において、エコブロックの硬度や成分組成の安定性、微量必須元素の溶出挙動を求め、エコブロックの利用が藻類の生長を2-3倍程度まで促進することを明らかにした。
- ・企業等との共同研究化の推進成果：鉄鋼副産物活用による海域環境修復機構の解明についての共同研究（1月締結）。

3. 高品質フライアッシュの製造とコンクリートへの活用の技術開発（鳥居）

産官学連携による「北陸地方におけるコンクリートへの有効利用推進検討委員会（委員長：鳥居）」が立ち上がり、石川県の七尾大田火力発電所では、原料炭の選別とサイクロンによる分級化により高品質フライアッシュ（JIS I種灰）の製造技術が確立された。現在、石川県、富山県の両県で年3万^ト、来年8月までに福井県で年3万^トの高品質フライアッシュの安定的な供給体制が整いつつある。北陸3県の生コンクリートへの適用を目指して、コンクリートの配合や施工の技術を指導し、石川県及び富山県での試験施工が完了した。これらの活動は、全国的な注目を集めており、日本材料学会主催の「フライアッシュの有効利用シンポジウム（立命館大学、平成23年12月12日）」にて基調講演を行った。

- ・企業等との共同研究化の推進成果：フライアッシュ（石炭灰）硬化体の有効活用についての共同研究（2月締結）。

4. 排熱回収方法と余剰排熱の有効利用法（児玉・汲田・多田）

火力発電所排熱のうち、急冷が必要となる復水器からの排熱は、海水温プラス7℃程度であり、民生利用には不向きである。よって、復水器排熱は、藻類の成長促進に利用するものとして、当面、活用対象から除外することとした。煙道排熱については、圧力損失の問題があるが、上記の温度スイング型CO₂吸着回収プロセスの駆動熱源となり得ることから、検討対象に低圧力損失型の熱交換技術も含めることとした。また、省エネルギーの重要性を鑑み、検討対象を分散型発電設備や工場排熱、さらには太陽熱に広げることとした。低級熱エネルギー利用技術として、吸着式デシカント空調装置の高度化研究を進めてきたが、新たな取り組みとして蓄熱機能を盛り込むことを検討した。水蒸気に対する吸着特性が異なる吸着材を担持したハニカム吸着材を複数準備し、蓄熱放熱挙動と水蒸気吸脱着挙動を調べた結果、ゼオライト系吸着材は、放熱・除湿利用において、風量、温度、湿度の経時変化が小さくなる点でシリカゲル系吸着材に比べて扱い易いことがわかった。しかし、ハニカムロータの体積当たりの蓄熱密度は決して大きくなく、蓄熱・放熱過程で材料形状が変化するなど、更なる工夫が必要である。

平成23年度 第3部門 RSET 部門別研究成果リスト

1. 研究論文（学術雑誌掲載のもの）

番号	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	レベルの自己判定
1	Effectiveness parameters for the prediction of the global performance of desiccant wheels - An assessment based on experimental data	<i>Renewable Energy</i> , Vol. 38, No. 1, pp.181-187	2012.1	Ruivo C.R., Costa J.J., Figueiredo A.R., Kodama A	3
2	Streptobactin, a Triccatechole-Type Siderophore from Marine-Derived Streptomyces sp. YM5-799	<i>Journal of Natural Products</i> , 74, pp.2371-2376	2011. 10	Matsuo Y., Kano H., Jang J., Adachi K., Matsuda S., Miki O., Kato T., Shizuri Y.	4
3	Recovery of toxic metal ions from washing effluent containing excess aminopolycarboxylate chelant in solution	<i>Wat. Res.</i> , 45, pp. 4844-4854	2011. 10	Hasegawa H., I.M.M. Rahman, Nakano M., Z. A. Begum, Egawa Y., Maki T., Furusho Y., Mizutani S.	4
他 31 編					
(レベルの自己判定について4段階で記入)					
4. 国際的に高水準の成果					
3. 国際水準または国内高水準の成果					
2. 外国語による公表または国内水準の成果					
1. 国内誌等への公表成果					

2. 研究論文（国際会議のプロシーディング）

番号	発表論文題目 (国際会議名、開催地等)	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名	国際会議の評価を自己判定
1	Study on the low temperature activation of dry desulfurization process by the accelerated oxidation (ICSST11, Jeju, Korea)	Proceedings of the 9th international conference on separation science and technology.	2011. 11	Osaka Y., Kodama A.	B
2	Continuous monitoring of COD in industrial wastewater using Fluorescence Spectroscopy Effect (Tokyo, Japan)	Proceedings of the 4th IWA-ASPIRE Conference , pp.180	2011.10	Kato F., Urata M., Miki O., Kato T., Hashiba M.	A

3	The Cracking of Prestressed and Precast Concrete Members Deteriorated by Alkali-Silica Reaction (Rotorua, New Zealand) 他 10 編	Proceedings of 9 th Inter. Sympo. on High Performance Concrete CD-R 8pages	2011. 8	Torii K., Minato T., Nakajima Y., Yamato H.	A
---	--	---	---------	--	---

(国際会議の位置付け・評価を自己判定して3段階で記入)
 A. 世界規模あるいは大規模な国際会議、国際シンポジウム等
 B. 中規模の国際会議・国際シンポジウム等
 C. 特定分野・小規模な国際会議・国際シンポジウム等

3. 国際会議等の基調講演・招待講演

番号	演 題 (国際会議名、開催地等)	発表年月	著者名・発表者名 (発表者名に*印)
1	The severely Damaged ASR-Affected Bridge Piers and its Countermeasures in Japan (Annual Meeting of Thailand Concrete Institute, Rayohn, Thailand) 他 2 件	2011.10	Torii K. *

4. 著書、編書

番号	書 名	発 行 所	発行年月	著者名
1	化学工学便覧改訂七版 第10章 吸着・イオン交換 (担当 10.6.1-b.(iii) 除湿空調、pp.565-566)	丸善出版	2011.9	児玉昭雄
2	Eco-environmental consequences associated with chelant-assisted phytoremediation of metal-contaminated soil. (In: Handbook of Phytoremediation, I. A. Golubev ed.) 他 4 編	Nova Science Publishers, Inc., New York, pp. 709-722	2011. 7.	I.M.M. Rahman, M.M. Hossain, Z.A. Begum, M.A.Rahman, Hasegawa H.

5. 報告書、解説、資料、展望、総説など

番号	種 別	題 目	掲載誌 巻・号・頁	発表年月	著者名
1	総説	フライアッシュの活用によるコンクリートの高耐久化—北陸地方のASR問題への取り組みと情報発信— 他、6 編	電力土木、pp.1-5	2012. 1	鳥居和之

6. 特許等

番号	発明の名称	種別	出願番号	登録番号	氏 名

1	熱交換器の伝熱管配列構造 他 1 件	特許	特願 2011-159027		大西 元、 多田幸生、 瀧本 昭
---	-----------------------	----	----------------	--	------------------------

7. 口頭発表

番号	演 題 (学会名、開催地等)	発表年月	発表者名 (発表者名に*印)
1	吸着冷凍のための複合吸着材の開発 [依頼講演] (化学工学会第 4 回 3 支部合同福井大会、福井) 他 24 件	2011. 12	汲田幹夫*

8. 外部資金の獲得状況について

(1) 科学研究費補助金 (研究種目、研究課題名、代表・分担等)

- ・挑戦的萌芽研究、湿度差スイングを駆動源とする超低消費エネルギー型吸着式 CO₂ 分離の可能性検討、代表・児玉昭雄
- ・環境省循環型社会形成推進科学研究費補助金、溶融飛灰及び焼却飛灰の資源化と有用金属回収を可能とする化学的ゼロエミッション技術の開発、代表・長谷川浩
- ・基盤研究 (C)、放射性廃棄物中の高濃度アルカリ塩によるセメント硬化体の長期劣化現象と対策の提案、代表・鳥居和之
他 5 件

(2) 政府出資金事業等 (事業名、出資機関名、代表・分担等)

- ・JST、研究成果最適展開支援プログラム (A-STEP) 探索タイプ、汚染土壌中重金属の低環境負荷・高効率除去を実現するキレート洗浄技術の開発、代表・長谷川浩
他 1 件

(3) 国、地方、民間等との共同研究 (研究題目、機関名、代表・分担等) <民間の場合には企業名の記載なし>

- ・エンジン系燃焼促進剤の開発、代表・瀧本昭
- ・鉄鋼副産物活用による海域環境修復機構の解明、代表・三木理
- ・水蒸気吸着剤 AQSOA を用いた蓄熱型デシカント設備の開発、代表・児玉昭雄
- ・カーボンポーラスコンクリートの環境浄化機能に関する検証、代表・長谷川浩
- ・腐植酸を用いた植物プランクトンの生長促進に関する研究、代表・長谷川浩
他 7 件

(4) 受託研究 (研究題目、委託機関名、代表・分担等) <民間の場合には企業名の記載なし> 1 件

(5) 企業・財団等の助成金 (賞) (企業・財団等名、研究題目、事業名又は賞名、代表・分担等) 2 件

(6) 特許等による研究費 (研究費を受ける発明の名称等) なし

(7) 奨学寄附金 (件数) 7 件

第3部門 平成23年度 シンポジウム、セミナー、会議等の開催実績

番号	シンポジウム、セミナー、会議等 (開催地、参加者数、概要)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	「大学院改革による高度専門職業人（研究開発型人材）の育成」事業 ～グリーン・イノベーションを目指す機械工学的素養の創出～サステナブルエネルギー研究センター炭素循環技術部門共催 エネルギー・環境技術 特別講演会 ・新日本製鐵(株) 藤本 健一郎 氏 (金沢大学、約 150名) ・「製鐵副生物の処理・利用技術開発」という題目で、製鋼スラグを活用した海域環境修復への取り組みを中心にご講演と意見交換。	2012.2	瀧本 昭* 児玉昭雄* 三木 理 長谷川浩 阿部義男
2	「大学院改革による高度専門職業人（研究開発型人材）の育成」事業 ～グリーン・イノベーションを目指す機械工学的素養の創出～サステナブルエネルギー研究センター炭素循環技術部門共催 エネルギー・環境技術 特別講演会 ・新日鉄エンジニアリング(株) 當間 久夫 氏 (金沢大学、約 150名) ・「下水汚泥処理の現状及び固形燃料化技術について」という題目で、造粒乾燥システムによる)下水汚泥の固形燃料化の開発を中心にご講演と意見交換。	2012.1	瀧本 昭* 児玉昭雄* 三木 理 長谷川浩 阿部義男
3	「大学院改革による高度専門職業人（研究開発型人材）の育成」事業 ～グリーン・イノベーションを目指す機械工学的素養の創出～サステナブルエネルギー研究センター炭素循環技術部門共催 エネルギー・環境技術 特別講演会 ・三菱化工機(株) 宮島 秀樹 氏 (金沢大学、約 150名) ・「水素社会の未来と展望」という題目で、小型、中型、大型水素製造装置の開発を中心にご講演と意見交換。	2012.1	瀧本 昭* 児玉昭雄* 三木 理 長谷川浩 阿部義男
4	炭素循環技術部門 第2回ミーティング (金沢大学、7名) ・研究開発状況の相互報告、および、新たな専任教員の赴任に伴い、今後の進め方を中心に協議、確認した。	2011.10	瀧本 昭* 三木 理 児玉昭雄 長谷川浩 鳥居和之 汲田幹夫 大坂侑吾
5	平成23年度金沢大学コンクリートフォーラム (第3回炭素循環技術部門 夏季セミナー 金沢、200名) 「北陸地方におけるフライアッシュのコンクリートへの有効利用促進」をテーマに実施 ・福留和人氏 ハザマ技術研究所、久保哲司氏 北陸電力(株)、宮野暢紘氏 住友大阪セメント(株) ・コンクリートの製造者や建設会社の技術者を対象として、最近のフライアッシュの有効利用の動向やアルカリシリカ反応への対策について講演と意見交換。	2011.8	鳥居和之* 瀧本 昭

6	International Seminar on ASR Problem in Thailand and Japan (Osaka, 60名) ・タイ国から30名の視察団(タイ道路公社、タイ空港公社、タマサート大学、AITなど)を大阪に迎えて、タイ国のASRの特徴と今後の対策について講演と意見交換、セミナーの後に、阪神高速道路のASR対策の現場見学を実施。	2011.7	Torii K. *
7	第2回炭素循環技術部門 春季セミナー (金沢大学、11名) ・坂本 守氏 ハザマ技術研究所 ・「石炭灰関連技術について」という題目で、石炭灰有効利用技術とその取組状況についてご講演と意見交換。	2011.6	瀧本 昭 長谷川浩 鳥居和之* 多田幸生 大坂侑吾
8	炭素循環技術部門 第1回ミーティング (金沢大学、7名) ・センターの発足に伴い、部門の運営、開発目標、各メンバーの今後の進め方を中心に協議、確認した。研究開発のカテゴリと責任者は次の通り。バイオマス育成(瀧本・長谷川)、二酸化炭素回収(児玉)、石炭灰利用(鳥居)、排熱利用(児玉)。	2011.5	瀧本 昭* 児玉昭雄 長谷川浩 鳥居和之 多田幸生 汲田幹夫 大坂侑吾
9	第1回炭素循環技術部門 セミナー (金沢大学、40名) ・橋本 徹氏 北陸電力(株) ・三木 理氏 新日本製鐵(株) ・橋本氏からは「北陸地方産フライアッシュの品質とコンクリートへの有効利用」、三木氏からは、「製鋼スラグを活用した海域環境修復への取り組み」という題目で、石炭火力発電所や製鉄所から発生する副産物の有効利用についてご講演と意見交換。	2011.3	瀧本 昭* 長谷川浩 児玉昭雄 鳥居和之
10	金沢大学重点戦略経費 政策課題対応型研究推進ワークショップ「デシカント空調システムの課題と今後」 (金沢、60名) ・(株)アースクリーン東北 吉田康敏 氏の基調講演「デシカント空調、開発・販売の15年を振り返る」と13件の講演および総合討論で構成した。空調の省エネルギーへの貢献が期待されるデシカント技術について、その導入効果と課題を明確にするとともに新たな連携を模索した。	2011.3	児玉昭雄*

平成23年度のテレビ放映、新聞報道など(2011年度、2件、 鳥居和之)

・コンクリート工業新聞(H23.3.24)

「北陸地方におけるFA有効利用検討委員会—鳥居和之委員長に聞く」

・セメント新聞(H23.7.18)「北陸地方で有効利用へフライアッシュ混合コンクリート」

アドバイザーボード報告（第3部門）

I 自己評価

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い (B)
<p>研究開始から現在までの達成状況を評価するとともに、課題を整理・解析してコメントして下さい。</p> <p>部門立ち上げの初年度として、機械系・化学系・土木系・環境系の幅広い分野のメンバーからなる炭素循環技術部門の共通研究課題についての意見交換（ミーティング3回、セミナー講演会6回など）が行われ、協力体制が確立されるとともに、新規テーマならびに企業との連携研究の進展があった。また、専任教員としての三木教授の着任により、部門の組織体制が整ったが、研究遂行にむけての大型装置・機器類の導入が次年度になるため、研究課題の一部が遅れている。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 (A)
<p>前項の評価を反映させ、課題に対する計画の改善点を明示し、コメントして下さい。</p> <p>平成23年度には、各課題においてロードマップの1ststageに掲げた目標に沿った成果をあげることができた。一方で、長期計画では、「藻類バイオリアクタの開発」において大型装置の導入が次年度となり、研究にやや遅れが出ている。そこで、平成24年度に向けて、専任教員を軸として各課題で企業との共同研究計画を立案し、実用技術開発を指向した課題を推進するようにした。更に、各個別課題間で連携し有機的な研究体制を組むことで目標を達成する計画を立案した。</p>

II 外部アドバイザー（東京工業大学・柏木 孝夫先生）のご意見

研究成果の目標達成度： A:高い B:やや高い C:やや低い D:低い (A)
<p>コメント</p> <p>研究者の専門性、組織的研究成果等を複眼的に見ると、極めて高いと評価する。</p> <p>領海を含めると世界6位の国土を有する我が国において、海洋の低炭素化に向けた効果的利用技術の研究開発に着目し、藻類の高度成長システム確立に向け、その基盤が築かれている。</p> <p>一方、各種排熱の有効利用はこれまで、その重要性が永年指摘されてきたにも拘わらず、体系的な研究が少なかったが、本プロジェクトでは極めて専門性の高い研究者らが斬新なアイデアで基礎から応用に至る広い視点からの研究成果を達成しており、今後の成果を大いに期待したい。</p>
次年度の研究内容と目標は適切か： A:適切 B:概ね適切 C:やや不適切 D:不適切 (A)
<p>コメント</p> <p>CO2問題は、化石燃料の国際的配分を意味するための今世紀最大の国際政治課題である。</p> <p>海洋や排熱の利用など、これまで一連の研究体制が確立されていなかった分野に絞って包括的な研究推進組織にした点は、本プロジェクトの極めて重要かつ独創的な点である。</p>