

平成 24 年度 第 5 部門研究成果報告書

部門名	(第 5 部門) バイオマス利用	部門長	関 平和
1. 研究成果の概要			
(1) 未利用バイオマスの堆肥化、消化、光合成によるエネルギー・資源回収技術の開発 (2) 未利用バイオマス燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発 (3) 未利用バイオマスからのバイオエタノール等の生産技術の開発			
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			
【成果報告】			
(1) 未利用バイオマスの堆肥化、消化、光合成によるエネルギー・資源回収技術の開発			
(1-1) <u>メタン発酵と炭化を組み合わせた下水処理場集約型バイオマス利用技術の開発</u>			
<p>昨年から継続した下水汚泥と稲わらの混合消化実験を継続し、膨張軟化処理により稲わらからのメタン回収率が約 1.4 倍に増大した。次に、連続メタン発酵実験装置を 1L から 10L にスケールアップした実験では、消化汚泥の脱水性が大きく向上することを示した。また、中能登町をケーススタディとして、OD 汚泥と町内で発生する油揚げのメタン発生ポテンシャルを測定するとともに、3L の連続装置を用いて混合消化実験を行った結果、OD 汚泥に対し、油揚げのメタン生成ポテンシャルがきわめて高いこと、中温 25 日で汚泥濃度 10% までの消化が可能であることを示した。</p>			
(1-2) <u>下水処理水を利用したバイオマス創生を目指した二酸化炭素資源化プロセスの開発</u>			
<p>実験室規模の浸漬膜付加型フォトバイオリクターにて、模擬下水処理水を用いた微細藻類連続培養実験を開始した。これまで課題であった窒素・リン供給負荷の向上のため、基質滞留時間を 24 時間から 12 時間に短縮した実験を行った。種株として、<i>Botryococcus braunii</i> を用いたが非常に増殖が遅く、<i>Anabaena</i> 属と思われる種が主に優占して増殖した。藻類濃度は一時は高濃度に達したが、なんらかの原因で <i>Anabaena</i> 属が急速に減少後、リアクター内は非常に低い増殖しかみられなくなった。現在、バッチ実験による培地成分の影響と藻類産生の阻害物質の有無について確認を行っている。</p>			
(1-3) <u>未利用バイオマス発酵熱の効率的な原位置直接利用技術の開発</u>			
<p>ミニチュアサイズの発酵槽・蓄熱槽・熱利用槽を用いて、通水による竹チップ発酵熱の回収・蓄積・利用の伝熱実験を行った。その結果、1) 作成した伝熱モデルが妥当であること、2) 発酵槽温度が 50-60℃であれば発酵熱の安定回収が可能であること、3) しかし、ミニチュアサイズのように比放熱面積が大きい場合は、槽内温度維持に高い発熱速度が必要であること、が温度測定と伝熱解析結果との比較から分かった。そこで、現在、輪島市で実用規模システムを想定して 50m³ の竹チップ槽の発酵熱を回収し、1.0m³ のドジョウ養殖槽の加温実験を実施中である。</p>			
(2) 未利用バイオマス燃焼時のリスク評価と環境負荷低減技術の開発			
<p>東南アジアの大気環境調査から、バイオマス燃焼由来成分の季節変動と時間変動を測定し、交通由来成分に比べ、雨天時に特徴的な変化が発生することを確認した。これに対して、発生源の季節・時間変動は明らかになっておらず、今後情報収集を進める。</p>			
<p>また、バイオマス燃焼への展開を提案している充填層フィルタの基礎性能を実験と理論の両面から検討し、30Pa 未満の低圧損条件でナノ粒子の捕集効率が 50% を超え、流速を低く設定すれば、さらに</p>			

検討し、30Pa 未満の低圧損条件でナノ粒子の捕集効率が 50%を超え、流速を低く設定すれば、さらに低圧損・高捕集効率が期待できることが確認できた。現在、実際の煙突や排気ダクトへの適用に向け、設定条件の検討を行なっている。

（3）未利用バイオマスからのバイオエタノール等の生産技術の開発

木質系（リグノセルロース系）バイオマスから燃料・化成品原料への完全変換を目指して以下の検討を行った。まず、実バイオマス中の結晶性セルロースをイオン液体と超音波を用いて、短時間・低エネルギーで非結晶化することに成功し、極めて効率的にエタノール発酵を行うことができた。現在、リグノセルロース系バイオマスに対してイオン液体を作用させることで、非結晶性セルロース+リグニン+回収イオン液体へと分画することを目指し、その分画手法の構築を試みている。また、モデル純リグニンをを用いた別実験では、マイクロ波を用いた系で低分子化を行い、ある単一の芳香族系化合物（バニリン）を 10%含む低分子化混合物を得られることも分かった。

【活動報告】

- ▶ 「東アジアの環境・エコ技術・政策に関する国際シンポジウム」(RSET、日中韓環境・エコ技術コース主催)
- ▶ ミニシンポジウム「バイオマス研究の最前線」(RSET 共催、主催：日本生物工学会 中部支部)
- ▶ 第2回バイオマス研究会・金沢大学バイオリファイナリー重点研究プログラムセミナー「環境汚染物質のリスクと安全を考える」(2013年1月開催)
- ▶ 第3回バイオマス研究会(2013年2月開催)

3. ロードマップから見る研究成果の位置づけ

本部門の第1期（1～3年目）の目標は、（1）堆肥化・消化・光合成によるエネルギー・資源回収技術、（2）バイオマス直接燃焼技術、（3）バイオエタノール製造技術、に係る要素技術の開発と実証試験実施環境の構築である。本年度の成果は、主に要素技術開発に係るものである。また、第3回バイオマス研究会では行政機関からの講師を迎え、行政機関との連携を図る。

4. 反省点

（1-1）中能登を対象とした食品廃棄物と OD 汚泥の混合消化に関して、OD 汚泥の分解性が悪いことから、前処理についてさらに検討を行う必要がある。一方、生ごみと草本バイオマスの乾式メタン発酵に関する予算を獲得したために、今後、乾式メタン発酵に関する知見収集を進める。

（1-2）については、今後菌株や運転条件の検討による高効率化を進める。また、窒素リン負荷向上のため、浸透圧を利用した低エネルギー消費型栄養塩濃縮プロセス開発について基礎的な検討を開始し、両プロセスの組み合わせによる最適化について今後詳細な検討を要する。

（1-3）については、伝熱モデルの妥当性が確認できたが、熱回収による発酵阻害を抑えて連続的熱生成を可能とするような、微生物群集構造の解明について未検討であった。今後、これについての検討が必要である。

（3）について、発生源の時間・季節変動の情報を得るには、現地の協力が不可欠である。これまで地道に活動を続けた結果、現地の協力体制を構築しつつあり、今後の情報収集を急ぐ。また、充填層フィルタについて、外部予算を獲得することができたが、まだ実用性能の検討が進んでいないため、急ぎ検討を進める。

平成 24 年度 第 5 部門研究成果リスト

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	Carbon dioxide capture and nutrients removal utilizing treated sewage by concentrated microalgae cultivation in a membrane photobioreactor	<i>Biores. Technol.</i> 125, 59-64	2012, 9	<u>R. Honda</u> , J. Boonrat, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, K. Yamamoto	4
2	Antibiotic resistance of <i>Escherichia coli</i> in leachates from municipal solid waste landfills: Comparison between semi-aerobic and anaerobic operations.	<i>Biores. Technol.</i> 113, 253-258	2012, 1	S. Threedeach, W. Chiemchaisri, T. Watanabe, C. Chiemchaisri, <u>R. Honda</u> , K. Yamamoto	4
3	Photosynthetic bacteria biomass production from food processing wastewater in sequencing batch and membrane photo-bioreactor.	<i>Water Sci. Technol.</i> 65(3), 504-512	2012, 3	S. Chitapornpan, C. Chiemchaisri, W. Chiemchaisri, <u>R. Honda</u> K. Yamamoto	4
4	Estimating the heat generation rate in a forced-aeration composting process by measuring temperature changes.	<i>J. Agric. Meteorol.</i> , 68(2), 107-120	2012, 6	<u>H. Seki</u> , T. Shijuku	4
5	下水汚泥の高負荷高温嫌気性消化における余剰汚泥加熱処理と微量金属の効果	土木学会環境工学研究 論文集	2012, 11	高島正信、中木 原江利、 <u>池本良 子</u>	3
6	Development of a High-volume Air Sampler for Nanoparticles	Journal of Environmental Monitoring	2013, 2	<u>M. Hata</u> , T. Thongyen, L. Bao, A. Hoshino, Y. Otani, T. Ikeda, <u>M. Furuuchi</u>	4
7	Enhanced enzymatic saccharification of kenaf powder after ultrasonic pretreatment in ionic liquids at room temperature,	<i>Bioresour. Technol.</i> , 103 (1) 259-265	2012, 1	<u>K. Ninomiya</u> , K. Kamide, <u>K. Takahashi</u> , N. Shimizu.	4
他 9 件 (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	Mesophilic co-digestion of sewerage sludge in the oxidation-ditch process and wasted fried tofu	Proceedings of the 4 th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference 2012, pp. 148-151	2012, 12	T. Gu, T. Togari T. Nakade, <u>R. Yamamoto-Ike moto</u> , E. Nakakihara, <u>R. Honda</u>	A

2	Treatment of municipal sewage in snowy region by using anaerobic-oxic biological filter reactor equipped with swinging carbon fibers	Proceedings of the 4 th IWA Asia-Pacific Young Water Professionals Conference 2012, pp. 156-159	2012, 12	Y. Chen, <u>R. Yamamoto-Ike moto</u> , E. Nakakihara, <u>R. Honda</u>	A
3	Deduction of Reaction Kinetics from the Heat Generation Rate in Composting. (International Symposium of Agricultural Meteorology 2012, Sakai)	Extended Abstracts of International Symposium on Agricultural Meteorology 2012 (ISAM2012) and WMO-ISAM Joint Symposium, p. 183	2012, 3	<u>H. Seki</u> , T. Shijuku, Y. Kitagawa, S. Kiyose	C
4	Development of a high-volume air sampler for aerosol nanoparticles	Proc. of 6th International Conference on Plasma-Nanotechnology & Science (IC-PLANTS 2013)	2013, 2	<u>M. Furuuchi</u> , <u>M. Hata</u> , T. Thongyen, L. Bao, A. Hoshino, Y. Otani, T. Ikeda	A
5	Bio-derived ionic liquids for pretreatment of lignocellulosic biomass	Proceedings of the 18th Symposium of Young Asian Biochemical Engineers' Community (YABEC) 2012, p.132	2012 Oct	<u>K. Ninomiya</u> , C. Ogino, <u>K. Takahashi</u> , N. Shimizu:	C
他 6 件					
(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
なし

4. 著書、編書

番号	書名	発行所	発行年月	著者名
1	イオン液体の科学 -新世代液体への挑戦-	丸善出版株式会社	2012.11	<u>高橋憲司</u> (監修 イオン液体研究会)

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	研究紹介	サステナブルエネルギー研究センター-竹チップ発酵熱の有効利用-	研究紀要平成23年度版(石川県高等学校教育研究会理科部会)	2011.3	関 平和
2	解説	イオン液体と超音波を組み合わせたリグノセルロース前処理によるバイオマス・リファイナリー、 他4件	バイオインダストリー、29(5), 38-45	2012, 5	<u>高橋憲司</u> 、 <u>仁宮一章</u> 、 <u>荻野千秋</u> 、 <u>清水 宣明</u>

6. 特許等

なし

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	正浸透 (FO) 膜ろ過による窒素・リンイオンの濃縮特性 (日本水環境学会年会、大阪)	2013, 3	* 本多 了、Mavis Wong, Eric M.V. Hoek
2	竹チップ層と伝熱通水管の間の伝熱係数に関する考察 (日本農業気象学会 2012 年全国大会)	2012, 3	* 関 平和、六佐公補、小澤辰徳
3	膨張軟化前処理稲わらと下水汚泥の混合消化によるメタンガス回収と微生物叢、第 49 回環境工学研究フォーラム講演集、京都)	2012.11	* 中出 貴大、大月 紳司、西田 裕之 池本 良子、中木原 江利、高野 典礼
4	コリン系イオン液体を用いたリグノセルロースの糖化前処理、日本生物工学会 第 64 回大会、神戸、神戸国際会議場、 他 47 件	2012, 10	* 仁宮一章、表小百合、曾田裕司、太田晶子、高橋憲司、清水宣明

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)

- ・ 若手研究 (B)、膜ろ過を利用した藻類濃縮培養による下水処理水からのバイオマス生産プロセスの開発、代表・本多 了
- ・ 基盤研究 (B) (海外学術調査)、東南アジアの水環境における薬剤耐性菌の発生と耐性獲得経路の解明、分担・本多 了
- ・ 基盤研究 (B)、竹チップ発酵熱抽出・利用システムの実用化手法の開発、代表・関 平和
他 7 件

(2) 政府出資金事業等 (事業名、出資機関名、代表・分担等)

- ・ 生ゴミ・草本バイオマスの複合高効率メタン発酵の技術開発、環境省地球温暖化対策技術開発実証研究事業、分担・池本良子

(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)

- ・ 鶏糞堆肥化発酵熱利用システムの可能性検討、代表・関 平和、 他 1 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>

- ・ 熱帯地域に適した水再利用技術の研究開発、JST-JICA・地球規模課題対応国際科学技術協力、分担・本多 了、 他 2 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)

- ・ 平和中島財団・アジア地域重点学術研究助成、熱帯アジアの下水処理施設における大腸菌の薬剤耐性獲得に関する実証的研究、分担・本多 了
- ・ 鉄鋼環境基金・環境研究助成、下水処理水を利用した二酸化炭素回収・藻油生産プロセスの開発、代表・本多 了
- ・ クリタ水・環境科学振興財団・萌芽的研究、浸漬膜付加型フォトバイオリアクターによる下水処理水を利用した二酸化炭素固定・栄養塩除去プロセスの開発、代表・本多 了
他 3 件

(6) 奨学寄附金 (件数) ...計 3 件

9. 関連の学位論文提出数

- ・ 修士論文 7 本、卒業論文 22 本

平成 24 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)	開催年月	開催者名 (責任者名に*印)
1	東アジアの環境・エコ技術・政策に関する国際シンポジウム（金沢、参加者約 80 名） 中国（精華大学、北京師範大学、復旦大学、中国科学院、北京都市計画局）より 8 件、台湾（国立台湾大学、国立交通大学、国立政治大学）より 3 件、金沢大学より 7 件の計 18 件の招待講演・研究発表による情報交換と東アジアの関連研究ネットワーク構築を行った。	2012, 8	池本良子* 古内正美 本多 了
2	ミニシンポジウム「バイオマス研究の最前線」（金沢、参加者約 20 名）（共催） RSET 第 5 部門より 2 名（仁宮、本多）および学外より 2 件の研究発表を行った。	2012, 8	小林史尚* 関 平和
3	東アジアの環境と災害マネジメントに関する国際ワークショップ（第 2 回金沢大学・プリンスオブソクラ大学合同開催ワークショップ）（タイ・プーケット、参加者約 20 名） RSET 第 5 部門より 3 名（関、古内、畑）が参加して合計 3 件の研究発表を行い、国際共同研究の可能性について議論した。	2012, 9	古内正美* 関 平和 畑 光彦
4	環境工学に関する共同セミナー（カンボジア・プノンペン、参加者約 20 名） カンボジアの大気環境の現状を紹介する 3 件の研究発表（畑および本学学生 2 名）を行い、道路交通およびバイオマス燃焼の影響について議論した。	2012, 9	カンボジア・国立教育研究所 (Dy BONNA 所長*、畑 光彦)

5	大気環境と大気汚染に関する特別セミナー（カンボジア・プノンペン、参加者約 50 名） カンボジアの大気環境の現状を紹介する 3 件の研究発表（畑および本学学生 2 名）を行い、道路交通およびバイオマス燃焼の影響について議論した。	2012, 9	カンボジア・カンボジア工科大学 (Seingheng HUL 講師*、古内正美)
6	第 1 回 RSET バイオマスセミナー（金沢、参加者約 50 名） 【プログラム】松井三郎京都大学名誉教授による講演とディスカッション	2013, 1	池本良子*
7	第 2 回 RSET バイオマスセミナー・金沢大学バイオリファイナリー重点研究プログラムセミナー「環境汚染物質のリスクと安全を考える」（金沢、参加者約 15 名） 【プログラム】村上道夫特任講師（東京大学）による講演とディスカッション	2013, 1	本多 了*
8	Sci-Mix in Kanazawa 2013（金沢、40 名）	2013, 1	高橋憲司* 奥野正幸
9	第 3 回バイオマス研究会（金沢、参加者 14 名） 【プログラム】坂井修二氏（金沢市環境局長）と横江 斉氏（石川県環境部次長）による講演とディスカッション	2013, 2	関 平和* 本多 了
10	日本農業気象学会 2013 年全国大会（野々市、参加者 200 名）（共催）	2013, 3	関 平和* 本多 了

アドバイザーボード報告（第5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>部門所属の研究者は、これまで独自に、公共団体、他大学、民間企業、農業者等との連携により研究を進めてきており、かつ、学会、市民をも対象とした技術報告会、研究紹介、海外の研究者を交えたワークショップなどを通じて、研究成果の情報発信も行ってきた。昨年度立ち上げた「バイオマス研究会」は、本年2月に石川県、金沢市の管理職による廃棄物関連の実情と課題についての講演を企画しており、問題の発掘・共同研究の糸口がつかめればと考えている。</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	(B)
<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>研究費確保については、研究者各位の努力の結果、科研費、共同研究費などいくつかの競争的資金の確保ができたが、研究の推進にはまだ十分とはいえず、引き続き研究費獲得に積極的に取り組むとともに、研究成果の適切な公表を行い、それに対する相応な評価を得るよう尽力する。アドバイザーから昨年指摘された研究者間の情報交換については、引き続き、部門ミーティングを通じて実施するとともに、部門を越えた連携を進めていく予定である。</p>		

II 外部アドバイザー（㈱松井三郎環境設計事務所・松井 三郎様）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	(B)
<p>コメント（200字程度）</p> <p>この1年で、確実に研究が前進していて、専任教員の参加により研究目標が広がり、バイオマスの湿式利用の研究が進んでいる。メタンエネルギーと発酵熱利用は、確実な成果・実用化が求められている。光合成バイオマス、F O膜は当分基礎研究が継続し、いずれかの時点でブレークスルーが生まれると予想される。ナノ粒子分離回収の研究は、省エネルギー廉価で途上国大気汚染と温暖化防止に役立つ技術成果である。イオン液体によるセルロース糖化研究は、酵母への毒性を解消するイオン液体の作成が、引き続き基礎研究で解決することが今後の課題。目標達成が来ている。</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	(B)
<p>コメント（200字程度）</p> <p>上記の到達段階から、どの様に課題解決するか、バイオマス関係は公的機関と連携し、研究課題を絞り、現在の研究に関係させることが必要となっている。研究テーマの中に、技術成果を実現するための経済性分析も加える必要がでくる。基礎研究段階のテーマは、どのように研究資金を確保するか、頭の痛い問題が残されている。しかしテーマに発展性があるから外部資金は得られるのでは？ナノ粒子の研究は、具体的成果が出ているので、企業との連携模索が今年度必要ではないか？またJICAの資金を企業と一緒に獲得することも考えられる。イオン液体の研究は、酵母糖化段階の解決として毒性の少ないイオン液体開発を急ぐ必要がある。この段階を解決できれば、技術の実用化に大いに進む。次年度の目標は、概ね適切である。</p>		

第5部門アドバイザーボード会合 報告

日時：2013年1月26日（土）15:00～17:00

会場：金沢大学自然科学2号館 2C614号室

出席者：（アドバイザー） 松井三郎 京都大学名誉教授

（RSET第5部門） 関 平和、池本良子、古内正美、高橋憲司、仁宮一章、畑 光彦、本多 了

1. 平成24年度バイオマス利用部門活動報告および関研究室による研究・活動報告

関部門長より、平成24年度第5部門の活動報告のあと、未利用バイオマス発酵熱利用に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、林業廃棄物の堆肥化など林業との協力、地下水を利用することで加温熱の節約可能性についてコメントがあった。

2. 池本研究室による研究・活動報告

池本良子教授より、未利用バイオマスと下水汚泥の混合消化に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、牛糞のメタン発酵の残渣物や消化汚泥脱水液の液肥利用などについてコメントがあった。

3. 古内・畑研究室による研究・活動報告

畑助教より、未利用バイオマス直接燃焼に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、低コストフィルターの充填剤の粒径の要求仕様やブラックカーボンや亜酸化窒素の影響について、コメントと質疑応答があった。

4. 本多研究室による研究・活動報告

本多助教より、下水処理水からの藻類バイオマス生産に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、特定種の藻類株や尿由来ホルモンにより藻類生産促進についてコメントがあった。

5. 高橋・仁宮研究室による研究・活動報告

仁宮助教より、イオン液体による木質系バイオマスからのバイオエタノール生産に関する研究報告が行われた。松井アドバイザーより、抽出後の最終残渣リグニンの組成や目指しているプロセスの産業化の目途についてコメントと質疑応答があった。

5. アドバイザーからのコメントおよびディスカッション

第5部門全体の研究・活動に関して、松井アドバイザーより主に次のコメントがあった。

- ・ 基礎的研究は順調に進捗している。一方で、テストプラントや可能なら産業化・実用化などの出口の見える研究活動についても検討しておいた方がよい。
- ・ 自己評価書において、教育的成果も明記した方がよい。例えば、RSET関連研究をテーマとした卒論、修論の本数や卒研生、修士学生、博士学生の人数、外国人研究員・留学生の受け入れや在外研究などがある。

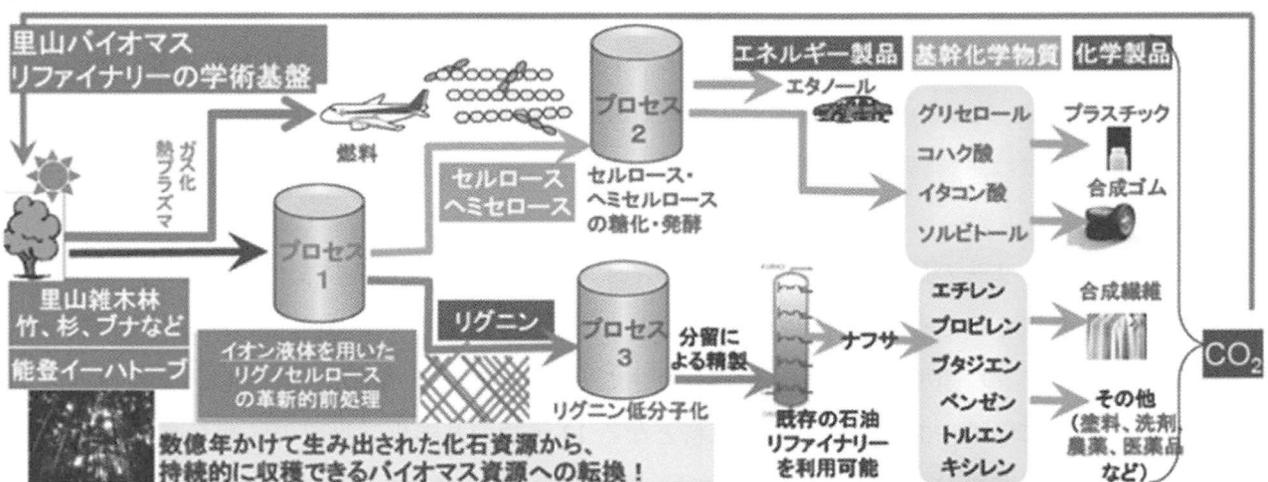
イオン液体駆動型バイオリファイナリー

第5部門 高橋憲司、仁宮一章

バイオリファイナリーとは、バイオマス資源を用いて化学変換技術やバイオテクノロジー技術により、化石燃料から作られている製品群と同様の製品群を生み出す生産体系のことを意味します。このような考えは、1999年8月の米国大統領クリントンの大統領令（大統領令13134号：バイオ製品とバイオエネルギーに関する開発と促進）が起源とされています。この発令は、2つの大きな意味を持ちます。1つは、米国政府が国家戦略としてバイオテクノロジーに基礎をおくバイオ製品とバイオエネルギーの重要性を訴えたこと。2つ目は、科学技術が国家戦略の一翼を担うものであるという点を明確にアピールした事です。

現在、私達の研究は科学技術振興機構の戦略的創造研究事業先端的低炭素化技術開発によるプロジェクトを支援を頂いています。また、平成25年度からは文部科学省概算要求（プロジェクト分）による「イオン液体駆動型里山バイオマスリファイナリー」の事業が開始されます。

以下の図に我々が進めているバイオリファイナリーの概略を示しました。

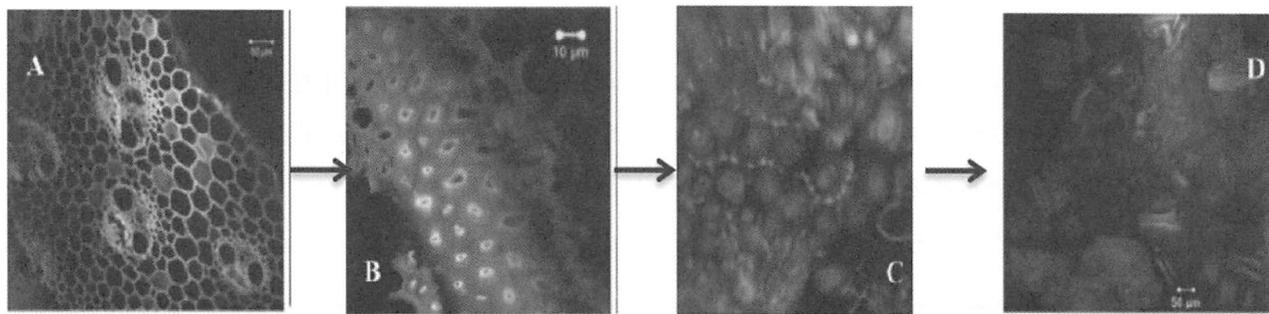


バイオマスからの製品としてすぐ思いつくのは、バイオエタノールと思います。トウモロコシなどのでんぷん系バイオマスからは、酵素反応により比較的容易にグルコースを作ることができます。このグルコースから、発酵によりバイオエタノールを製造できます。しかし、木質系のバイオマスを構成するセルロースは高分子鎖間が水素結合で結ばれた強固な結晶構造をしている上に、リグニンという高分子で覆われているため、酵素反応が容易には進行しません。例えば、でんぷんから酵素反応によりグルコースを作るために1日必要とすると、セルロース結晶からグルコースを作るには400日が必要で、稲藁を試料とした場合は80,000日必要となります。これではとても実用化は無理です。

そこで、必要となるのがバイオマスの「前処理」です。これまでもいろいろな前処理方法が提案されてきましたが、高温条件や高压条件が必要など、実用化に際して問題がありました。私達が着目したのは、「イオン液体」という新規な物質群です。ある種のイオン液体はバイオマスを溶解する能力があります。溶解するという事は、セルロースの結晶構造が崩れ、酵素が容易に反応しやすくなる事を意味します。下の図は、イオン液体処理により植物細胞壁が次第に崩壊して行く様子の蛍光顕微鏡写真を示

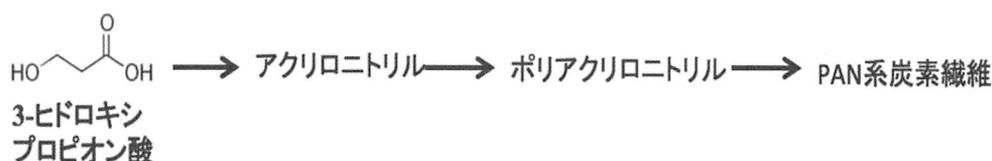
しました。蛍光を発している物質は、細胞壁に含まれるリグニンです。

全てのイオン液体がバイオマス処理に適している訳ではありません。図1に示したプロセスから分かるように、イオン液体処理後は、酵素反応および酵母による発酵プロセスが必要です。イオン液体として良く知られているのはイミダゾリウム系のイオン液体です。しかしながら、このイミダゾリウム系イオン液体のほとんどは、酵素および酵母にとって悪影響を及ぼす事が分かってきました。そこで私達は、イオン液体を構成する物質自体がバイオ由来の「バイオイオン液体」を新規に合成して用いています。このバイオイオン液体は、カチオンが生体膜などを構成しているコリン系物質で、アニオンとしては酢酸イオンから構成されます。



しかし、どのような分子構造のイオン液体が適しているかの指標はまだはっきりしません。求められるイオン液体としては、セルロース結晶構造の崩壊作用、特に水素結合の切断作用が或る一方で、酵素などのタンパク構造には悪影響を与えず、かつ酵母などの微生物に影響を与えないイオン液体の設計が望まれています。

バイオリファイナリーの最終製品としては、バイオエタノールが真っ先にあげられます。しかしながら、エタノールを作る事だけが本研究の目的ではありません。セルロースから得られるグルコースを出発物質として、様々な重要な化学物質を作りだすことができます。米国 DOE では、グルコースから製造され、最終的に繊維やプラスチックの原料となる 12 種類の基幹化学物質の候補が選定されています。私達は、その中でも 3-ヒドロキシプロピオン酸に着目しています。



3-ヒドロキシプロピオン酸からはアクリロニトリルを合成可能で、これをモノマーとしてポリアクリロニトリルを重合することができます。そして、ポリアクリロニトリルからは PAN 系炭素繊維を製造することができます。

日本でバイオリファイナリーを実現するためには、様々な問題が存在します。金沢大学がバイオリファイナリーの拠点となれるよう、地道に努力するのみです。