



第537回 生存圏シンポジウム

第20回 持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム ーマイクロ波高度利用と先端分析化学ー 第14回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウム ーマイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究ー

> 令和6年12月9日(月)14:00-17:00 京都大学 宇治キャンパス 木質ホール・3F 大会議室



主催:京都大学 生存圈研究所

第 537 回生存圏シンポジウム

第20回 持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム ーマイクロ波高度利用と先端分析化学-第14回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウム

-マイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究-

講演要旨集

令和6年12月9日(月)14:00-17:00

京都大学 宇治キャンパス 木質ホール・3F 大会議室

主催:生存圈研究所

プログラム

- 14:00-14:05 開会の辞 三谷 友彦 (京都大学生存圏研究所)
- 14:05-14:45 マイクロ波による炭素資源の触媒変換とその学理椿 俊太郎(九州大学大学院農学研究院)
- 14:45-15:25Characterization of woody biomass components and its catalytic
conversion for valuable chemicals (木質バイオマスの化学成分
分析及び有用化合物への触媒変換)

Qu Chen (東北大学高等材料科学研究所)

- 15:25-15:35 休憩
- 15:35-16:15 木質バイオマスの熱分解による液化物と Char の同時生産の試み Char の化学的性質と機能 本間 千晶(北海道立総合研究機構林産試験場)
- 16:15-16:55 炭素の貯蔵庫と言われる熱帯泥炭地における炭素動態研究と
 FT-ICR MS の活用可能性
 伊藤 雅之(京都大学生存圏研究所)
- 16:55-17:00 閉会の辞 今井 友也(京都大学生存圏研究所)

マイクロ波による炭素資源の触媒変換とその学理

椿俊太郎

九州大学大学院 農学研究院 / カーボンニュートラル・エネルギー国際研究所

Catalytic conversions of carbon resources by microwaves

and their fundamentals

Shuntaro Tsubaki Faculty of Agriculture / I2CNER, Kyushu University

概要

地球温暖化の影響で、カーボンニュートラルの実現には、バイオマスや CO₂を活用した新たな産業 システムが強く求められる。マイクロ波加熱プロセスは、化学プロセスの電化における重要な技術の 1 つとして期待される。マイクロ波は、局所的に集中した電磁場によって触媒上に生成される非平衡 局所加熱することで、触媒反応を加速する。一方、マイクロ波による触媒反応加速のメカニズムは、 十分な理解が進んでいない。我々は、in situ XAFS、in situ Raman、in situ XRD を用いて、固体触媒上 に局所ホットスポットの形成メカニズムを実証してきた。さらに、マイクロ波による局部的な発熱の メカニズムに基づいて、様々なマイクロ波触媒反応を設計することができるようになりつつある。本 発表では、マイクロ波を用いたバイオマス変換プロセスへの応用例についても紹介する。

著者プロフィール

椿 俊太郎

<略歴> 2010 年京都大学大学院農学研究科博士後期課程 修了、博士(農学)京都大学。2011 年 高 知大学特任助教、2015 年 東京工業大学助教、2021 年大阪大学 特任講師を経て、2022 年より九州大 学大学院農学研究院准教授(兼任)九州大学 I2CNER 准教授、大阪大学大学院工学研究科招へい准教 授。2019 年~2022 年 JST さきがけ研究者。<研究テーマと抱負>マイクロ波化学、触媒化学、食品 工学。<趣味など>自転車通勤、XAFS、子供と昆虫採集/釣り。



課題

石油化学資源 CO。·煤煙排出

ロオンデマンドでの物質生産が可能 再生可能エネルギー時代の新産業プロセス

ロマイクロ波加熱は変動の大きな電力に合わせて瞬時に駆動

□被加熱物質を目的温度に急速加熱

●低エネルキ

●低CO。排出

●無触媒プロセス

マイクロ波を用いた産業プロセス



沁九州大学

(研究経歴)

農学系

Л,

工学系

農学系

 \Diamond

titts



低温環境 担持金属

PNAS 116 (10) 4000-4005

食品

ナノ粒子

活性点の選択加熱

触媒

生成物

触媒

生成物











電磁波によるイオン制御

5 Ru-POM ×2,450MHz (MW)

5 D8 Ru-POM × 200MHz (RF)

125

= 12.0 (1.2 V vs Ag/AgCI)

Time (s)

Kinetic isotope effect (H⁺/D⁺)

155

24

0.62

0.58

0.54

0 5

0.75

0.45

0.43

0.41

0.39

0.37

95

95

Å 0.86

≥ 0.82

Ħ

G

RF照射による水の電気化学的酸化の促進 H9 Ru-POM ×200MHz (RF) 0.04 2H₂O → O₂ + 4H⁺ + 4e⁻

2.0 V vs Ag/AgCl

1.6 V vs Ag/AgCl

1.2 V vs Ag/AgCl

4 6 8

Number of H*

2

0.03

0.02

0.01

0.00

Pulsed

Irradiation

0

13

Ē

3

電磁波によるイオン制御

HO

IL:[C₂C₁Im][OAc]

+ DMSO

-5.5

-6.0

-6.5

s -7.0

-7.5

-8.0

24

4H+

26

RF

(200 MHz)

Protonated tetraruthenium

polyoxometalate

Chem Commun, 55, 1032-1035, 2019.

H.Ru-POM

(x = 4.9)

結晶性セルロースのイオン液体への溶解加速

HO

Whatman セルロースの溶解

-8.5 0.00270 0.00275 0.00280 0.00285 0.00290 0.00295 0.00300 0.00305 T⁻¹/K⁻¹

Conventional heating
 Microwave heating

PCCP 22 1003-1010 2020

Frequency (MHz) ACS Sustain 13593-13590

ACS Sustain Chem Eng, 8, 13593-13599, 2020

25

MWによるゼオライトの加熱

PHYSICAL C

Heating of Zeolites under Microwave Irradiation: A Density Functional Theory Approach to the Ion Movements Responsible of the Dielectric Loss in Na, K, and Ca A-Zeolites

・カチオン依存的なマイクロ波加熱挙動 Gracia et al., J. Phys. Chem. C, 2013, 117, 30, 15659–15666 Direct microwave energy input on a single cation for outstanding selective catalysis

MW

(2,450 MHz)

Tetraruthenium

polyoxometalate

10

熱分解反応とマイクロ波利用の課題

Tokyo Tech Prof. Yuji Wada Prof. Satoshi Fuili Prof. Ei-ichi Suzuki Prof. Ken Motokura Dr. Sánchez Pablo Dr. Fuminao Kishimoto Dr. Naoto Haneishi Dr. Taishi Ano Mr. Masayuki Matsuhisa Mr. Shogo Hayakawa Mr. Kosuke Furusawa Mr. Yuki Nakasako Mr. Satoshi Ozawa Ms. Noriko Ohara Ms. Yoko Kaetsu Ms. Ryoko Yamamoto

Osaka Univ. Prof. Makoto Yasuda Prof. Tomoo Mizuqaki Dr. Takato Mitsudome Dr. Sho Yamaguchi Ms. Yuki Hamada AIST Dr. Masateru Nishioka ICU Prof. Chun Wang-Jae Kyushu Univ. Prof. Noriyuki Igura Prof. Hisahiro Einaga Prog. Koichiro Ohno Prof. Takeharu Sugiyama KEK-IMSS Dr. Ken-ichi Kimijima

ICS-OTRI Osaka Univ., Shorai Foundation, Murata Science Foundation, JACI, The Japan Pize Foundation, The Sumitomo Foundation, JST A-STEP, Inamori Foundation, Mizuho Foundation for the Promotion of Sciences, Towa Foundation for Food Science & Research

椿 俊太郎

九州大学大学院 農学研究院 生命機能科学部門

〒819-0395 福岡市西区元岡744 ウェスト5号館611

E-mail; tsubaki.shuntaro.318@m.kyushu-u.ac.jp

ご質問等

木質バイオマスの化学成分分析及び有用化合物への触媒変換 QU Chen

東北大学材料科学高等研究所

Characterization of woody biomass components and its catalytic

conversion for valuable chemicals

QU Chen

Advanced Institute for Materials Research (AIMR), Tohoku University

Abstract

Biomass is the largest renewable carbon resource on our planet and the only renewable energy resource which can produce both fuels and chemicals. It is very important to understand the chemical components structures for the further biomass conversion. Nuclear Magnetic Resonance (NMR) is one of the most powerful methods for this objective. Herein, the bamboo cell walls and lignin samples from young to old were characterized by ¹H–¹³C correlation heteronuclear single-quantum coherence (HSQC)-NMR spectroscopy to elucidate the growing mechanism of bamboo. The hormone effect on bamboo cell cultures were also studied. One the other hand, metal-Organic Framework (MOF) materials have been reported that can be efficiently applied for biomass upgrading, however, their utilization on real wood degradation is limited. In this study, Zr- and Cu-ion contained MOF-818 materials were modified by microwave heating, consequently, used for biomass conversion. The modified MOF-818 catalyst facilitated cellulose, lignin and wood degradation obtaining various valuable monomeric chemicals.

著者プロフィール

曲 琛 (Chen QU)

<略歴> 1999年中国瀋陽化工大学工学部材料工学専攻無機非金属材料分野卒業/2003年中国瀋陽 化工大学大学院材料工学専攻材料科学分野修士課程修了/2012年富山県立大学大学院工学研究科生 物工学専攻博士後期課程修了(工学博士)/同年京都大学生存圏研究所バイオマス変換分野特定研究 員/2018年京都大学大学院エネルギー科学研究科特定助教/2023年東北大学材料科学高等研究所特 任准教授、現在に至る。<研究テーマと抱負>バイオマスの成分評価および変換に関する研究。<趣 味など>読書、映画鑑賞

木質バイオマスの熱分解による液化物と炭化物(Char)の 同時生産の試み - Char の化学的性質と機能 -

本間 千晶

北海道立総合研究機構 林産試験場

Optimizing pyrolysis conditions for simultaneous production of liquid products and functional char from woody biomass -Chemical Properties and Functions of Char-Sensho Honma

Hokkaido Research Organization Forest Products Research Institute

概要

急速熱分解技術を用いることで、木質バイオマスから液化生成物と炭化物(Char)の同時生産が可能となる。有用な機能を付与した Char の活用および液化物からの化成品生産技術の開発は、来るべき低炭素社会実現に向けて極めて重要である。本研究では、液化生成物と Char の特性評価および有用物 質製造等への応用を目指し、熱分解条件が生成物に与える影響を解析した。

講演要旨

木質バイオマスを有効に利用し、省エネルギーと有用物製造を実現することは、低炭素社会実現に 向けて極めて重要である。一方、液化物と Char の収率や化学組成は熱分解条件に大きく依存すること

を利用し、木質バイオマスを対象とした急速熱分 解技術により、液化生成物と炭化物(Char)の同 時生産が可能となる。今回は、液化物と Char の 同時生産および有用物製造の試みとともに、得ら れた熱分解生成物、特に Char の特性評価、機能 付与などについて、これまでの取組を紹介する。

例えば、スギ材熱分解実験において、液化物収 率は、300~500℃処理で増大し、500℃付近で最大 となった (Fig. 1)。その後減少し、800℃処理で は約 20%となった。一方、Char の収率は処理温 度が300℃から800℃に上昇するにつれて減少し、 800℃処理で約20%となった。スギ材熱分解液化物 の組成は、500℃付近では芳香族アルコール(一例 として、Isoeugenol:バニリンの誘導体、4-Vinylguaiacol: リグニン由来化合物)や含酸素化 合物が多く含まれており、これらは化学工業の原料 として有用である。Char の性状および機能の一例 として、液相でのアンモニア吸着能を試験した。 500℃で生成された Char は、液相アンモニア吸着試 験において最大の吸着能を示した (Fig. 2)。この ことは、この温度領域での酸性官能基の増加が寄与 しているためと推察される。液化物収率が最大とな

Fig. 1 Product distribution at various reactor temperature for Japanese cedar¹)

Fig. 2 Adsorption of ammonia on the char obtained from Japanese cedar wood meal pyrolyzed in the range of 300–800°C¹⁾.

る 500℃処理により、同時に得られる Char が最大のアンモニア吸着能を持つことが示された。

Char については、化学構造変化の解析からアンモニア吸着能付与に好適な熱分解条件などが示された。液化物とともに有用物質製造に寄与できると考えられた。このように、液化物と機能性を有する Char を、より高収率で同時に得るための熱分解条件が明らかになったことから、ここに示した熱分解 技術が低炭素社会実現に向けた有効な資源利用法として活用されることが期待される。

参考文献

1) S. Honma, T. Hata, Y. Ohashi, Joko Sulistyo, T. Watanabe and T. Yoshimura: *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, **92**, 522-529(2017).

著者プロフィール

本間 千晶 (Sensho Honma)

<略歴> 1985年北海道大学農学部農芸化学科卒業/1986年北海道立林産試験場研究職員/2008年 北海道立総合研究機構林産試験場主査/2015年博士(農学)(京都大学農学研究科)/2022年北海道 立総合研究機構林産試験場専門研究員、現在に至る。

炭素の貯蔵庫と言われる熱帯泥炭地における炭素動態研究と

FT-ICR MS の活用可能性

伊藤 雅之

京都大学 生存圈研究所

Application of FT-ICR MS to Carbon Cycle Research in Tropical

Peatlands

Masayuki Itoh* Research Institute for Sustainable Humanosphere

概要

熱帯林は、地球上の半分以上の生物種が生息する多様性のゆりかごと呼ばれ、炭素(植物バイオマ ス)や水の貯蔵庫として、地域や地球環境にとって重要な役割を果たす生態系である。中でも、熱帯 "泥炭湿地"林は、東南アジア、中南米、アフリカの低緯度地域に見られる森林であり、季節的な冠 水によって落葉落枝の分解が抑制されることで泥炭と呼ばれる未分解の有機物が蓄積するという特徴 を持つ。とくに、マレーシア・インドネシア両国に属するボルネオ島は、その森林の二酸化炭素吸収 量の大きさから「地球の肺」とも呼ばれ、インドネシアには世界の熱帯泥炭湿地の約半分が存在する。 この炭素の貯蔵庫ともいえる生態系で、ここ数十年の間にプランテーションへの転換という劇的な変 化が起きている。アブラヤシを中心とするプランテーションへの変化は、排水や火災に伴う貯留炭素 の大気中への放出へとつながる。さらにその過程で地下水や河川水として従来に比べ多くの炭素が放 出されることが示されている。これらが地域の生態系や地球環境にとって、どのような影響を与える のかを明らかにすることは喫緊の課題と言える。本発表では、熱帯泥炭湿地の炭素循環についてのこ れまでの研究成果を紹介し、フーリエ変換イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置(FT-ICRMS)を用 いることで、今後どのような研究進展の可能性があるかについて紹介したい。

講演要約スライド

著者プロフィール

伊藤 雅之(Masayuki Itoh)

<略歴> 2002 年京都大学農学部生産環境科学科卒業/2007 年京都大学大学院農学研究科博士後期課程修了(農学博士)/2008 年独立行政法人農業環境技術研究所特別研究員/2010 年日本学術振興会特別研究員 PD(京都大学生態学研究センター)/2012 年京都大学東南アジア研究所助教/2018 年兵庫県立大学環境人間学部准教授/2023 年京都大学生存圏研究所准教授、現在に至る。<研究テーマと抱負>各種生態系における物質循環・温室効果ガス動態<趣味など>尺八・スキーなど

第 537 回生存圏シンポジウム 第 2 0 回 持続的生存圏創成のためのエネルギー循環シンポジウム ーマイクロ波高度利用と先端分析化学ー 第 1 4 回 先進素材開発解析システム(ADAM)シンポジウム ーマイクロ波高度利用生存圏フラッグシップ共同研究ー 講演要旨集 発行日:令和 6 年 12 月 9 日 編集兼発行者:京都大学生存圏研究所 京都府宇治市五ヶ庄

