

NUBIC NEWS

2021 DECEMBER

Nihon University Bussiness, Research and Intellectual Property Center

特集
脱炭素
研究最前線

CONTENTS

- 【巻頭言】 ————— 01
カーボンニュートラル達成に向けた取り組み
- 【TOPICS】 ————— 02
令和3年における特許法等の改正について
- 【脱炭素研究最前線】 ————— 05
イオン液体を利用したCO₂分離・回収技術の開発
根域環境制御装置(N.RECS)による
農業生産における脱炭素に向けた取り組み
鉄鋼スラグのCCUプロセスによる
二酸化炭素削減技術の開発
減圧下での炭酸カルシウムの熱分解と
二酸化炭素の回収
- 【チャレンジャーの観察眼】 ————— 11
- 【進化する研究の『真価』】 ————— 12
- 【Let's コラボ】 ————— 13
ナタデココを用いたカプセル化技術による
飲みやすく副作用を起こさない経口吸着剤の開発
- 【NUBIC インフォメーション】 ————— 14
コーディネーター紹介
日本大学における産官学連携

日本大学産官学連携知財センター

カーボンニュートラル 達成に向けた取り組み

小方 頼昌 (おがた よりまさ)

日本大学 副学長・松戸歯学部部長
日本大学産官学連携知財センター長

1984年日本大学松戸歯学部卒業、1988年東京医科歯科大学大学院を修了後、同年日本大学松戸歯学部助手、2001年より教授に就任。専門は保存治療歯学、分子生物学、常態系口腔科学。これまで厚生労働省医療審議会委員、全国健康保険協会の審査医師、日本歯周病学会理事長等を歴任。



令和3年9月1日より、日本大学産官学連携知財センター長を拝命いたしました小方頼昌(日本大学副学長、松戸歯学部部長)です。どうぞよろしくお願ひ申し上げます。

現在、SDGs(持続可能な開発目標)として、2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標が示され、その実現に向けて、さまざまな取り組みが国際的に展開されています。SDGsは、2015年9月の国連サミットにおいて採択され、17のゴール・169のターゲットから構成されていますが、目標7(エネルギー)と目標13(気候変動)につながる取り組みとして、「カーボンニュートラル」があります。日本においては、2020年10月、政府は2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言しました。

2050年のカーボンニュートラルの実現には、技術イノベーションのみならず経済社会イノベーションが不可欠であり、自然科学から人文社会科学に至る広範な知見が必要とされています。このため、教育・研究や社会貢献などの幅広い観点から、大学の役割が大いに期待されています。また、大学は、各地域の「知の拠点」として、地域の脱炭素化を促し、その地域モデルを世界に展開する役割としても重要です。

このような状況の下、大学が、国、自治体、企業、国内外の大学、研究機関等との連携を通じて、その機能や発信力を高める場として、「カーボンニュートラル達成に貢献する大学等コアリション」(大学等コアリション)が設立されています。大学等コアリションは、令和3年7月29日に、188の国公立大学等のほか、文部科学省、経済産業省、環境省により設立されました。日本大学は、大学等コアリションに参加しており、今後のカーボンニュートラルに向けた取り組みに積極的に協力しています。

日本大学では、これまでにカーボンニュートラルに関連したさまざまな研究活動が行われています。例え

ば、その一つに、『ロハスの花壇』があります。これは、水質浄化用のろ材を敷き詰め、5回のろ過を行うことで生活排水が浄化される「花壇」であり、内部に十分に空気がいきわたり、花壇でろ過された汚れは、速やかに土壌微生物により分解される仕組みです。さらに分解産物は、植物が栄養として利用するため、肥料も要りません。実際に必要な電力は一日6分から20分の揚水ポンプ動力のみで、通常の浄化槽と比較すると約10分の1の電力で同等の処理が行えます。この花壇の実績を活かして、ライフラインが寸断された非常時にも平常時と変わらず使える自立型の水洗トイレ『ロハスのトイレ』が開発されています。

2050年のカーボンニュートラルの実現には、社会実装に向けた地域連携も重要です。具体的には、地域に根差したゼロカーボンを推進するためには、自治体(官)、地域企業(産)、地域大学等(学)だけでなく、地域住民(民)の連携が重要です。例えば、前記『ロハスの花壇』の事例では、福島県葛尾(かつらお)村に「ロハスの花壇」が設置され、福島イノベーション・コースト構想促進事業『住民と学生との協働による「ロハスビレッジかつらお」復興まちづくり』として、省エネルギー、低炭素、省メンテナンス化が推進されています。

このようなカーボンニュートラルに向けた社会実装を推進するためには、知的財産法の改正にも目を向ける必要があります。最近では、令和3年の改正により、「第三者意見募集制度の新設(特許権侵害訴訟)」、「海外からの模倣品流入への規制強化(商標法・意匠法)」などが予定されています。今後とも、知的財産権の取得と活用により、研究成果の社会実装の推進が期待されています。

最後に、日本大学の産学連携活動のさらなる発展に向けて、産業界はじめ関係各位のご支援ご協力をお願いし、巻頭挨拶といたします。

令和3年における特許法等の改正について

加藤 浩 (かとう ひろし)

日本大学産官学連携知財センター副センター長

1990年3月に東京大学大学院を修了後、1990年4月～2009年3月まで、経済産業省(特許庁)において特許行政を担当(2008年3月に博士号取得)。2009年4月より、日本大学法学部教授。2019年4月より現職。



令和3年(2021年)5月14日、特許法等を改正する法律案が可決・成立し、5月21日に法律第42号として公布された。今回の改正により、「審判口頭審理のオンライン化」、「訂正審判等における通常実施権者の承諾要件の撤廃」、「特許料等の料金改訂」などが行われる。本稿では、令和3年における特許法等の改正について解説したうえで、今後の対応について考察する。

1. 特許法等の改正の趣旨

新型コロナウイルス感染症の感染拡大により、「非接触」の生活様式が浸透している。また、電子商取引の拡大に伴う模倣品の流入や、特許ライセンスの大規模化、複雑化など、消費行動や企業活動も変化している。このような生活様式及び経済活動の変化への対策を講じること等を目的として、今回の特許法改正が行われることになった。

2. 特許法等の改正の内容

(1) 審判口頭審理のオンライン化(特許無効審判など)

【令和3年10月1日施行】

特許無効審判などの口頭審理は、従来、当事者等が審判廷に出頭して対面で行われていたが、現在、新型コロナウイルス感染症の感染拡大に対応して、デジタル化等の手続を整備することが求められている。このため、今回の改正により、特許無効審判などの口頭審理において、審判長の判断により、当事者等が審判廷に出頭することなく、ウェブ会議システムを利用して手続を行うことができるようになる。なお、審判口頭審理のオンライン化は、特許だけでなく、実用新案、意匠、商標においても導入される。



図1 審判口頭審理のオンライン化

〈今後の対応〉

今回の改正により、審判長の判断でウェブ会議システムを用いることにより、当事者及び参加人が審判廷に実際に出頭することなく、口頭審理、証拠調べ、証拠保全における手続を行うことができるようになる。こうして、当事者及び参加人は、新型コロナウイルス感染症に対する不安を持つことなく口頭審理に参加できるようになり、また、遠隔参加が可能となることから、遠隔地の当事者及び参加人も、わざわざ審判廷に出頭する必要がなくなり、ユーザーの利便性が向上することが推測される。今後は、審判口頭審理において、当事者等が積極的に参加することが期待される。

(2) 訂正審判等における通常実施権者の承諾要件の撤廃

【令和4年4月1日施行】

現在、特許権の訂正等は、通常実施権者(ライセンスを受けた者)の承諾が必要であるが、今回の改正により、特許権の訂正等における通常実施権者の承諾は不要となる。

この改正は、デジタル技術の進展等に伴って、特許権のライセンス態様が複雑化し、パテントプールのような大規模なライセンス態様が普及したことが背景にある。すなわち、近年、通常実施権者が大規模化・多様化し、特許権者が訂正審判等において全ての通

常実施権者の承諾を得ることが現実的に困難となっている。また、通常実施権者が訂正審判の請求等を承諾しないことによって、特許権者による訂正審判等が阻止され、特許権者の保護を弱めることにつながっている。

なお、今回の改正により、訂正審判の請求のほか、特許異議の申立て又は特許無効審判の手続の中で行う訂正の請求を行う場合に、通常実施権者の承諾が不要となる。また、この改正は、特許法のほか、実用新案法、意匠法にも適用される。

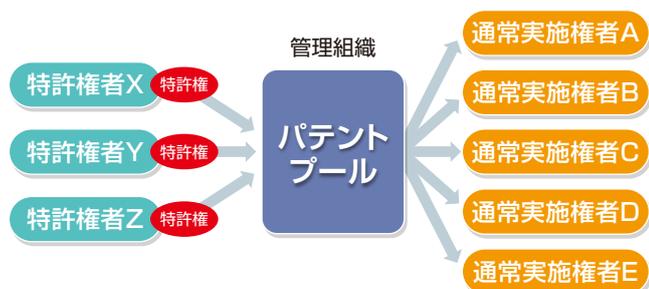


図2 パテントプールによる特許ライセンス

〈今後の対応〉

今回の改正により、特許権者による訂正審判等を適切に行うことができることから、特許権者のより適切な保護を図ることができる。また、通常実施権者が大規模化・多様化しても、特許権者による訂正審判等を適切に行うことができることから、パテントプールのようなライセンス態様を含めて、特許権のライセンス活動が推進されることが期待される。

また、他の主要国では、訂正審判等において、通常実施権者の承諾を要する規定は設けられていないことから、この改正により、海外の制度との調和が図られる。したがって、今後は、海外の企業とのライセンスが推進され、ライセンス態様のグローバル化が期待される。

なお、今後の実施権者の対応として、ライセンス契約において、「特許請求の範囲などを訂正する場合には、実施権者に事前に相談すること」といった条項を設けることが重要であると考えられる。

(3) 第三者意見募集制度の新設(特許権侵害訴訟)

【令和4年4月1日施行】

特許権侵害訴訟において、裁判所が広く第三者から意見を募集できる制度(第三者意見募集制度)が導入される。その結果、当事者の申立てにより裁判所が必

要と認めるときには、法曹界、学界、業界団体、企業等の第三者に対して意見募集を行うことができる。また、その際に、弁理士が「第三者意見募集制度」における相談に応じることが可能となる。

この改正は、社会的影響の大きい事件において、裁判所が幅広い意見を踏まえて判断できるよう当事者の証拠収集を補完することを目的としたものである。なお、「第三者意見募集制度」の対象となる審級は、第一審(東京地裁、大阪地裁)と控訴審(知財高裁)とされている。また、特許権と実用新案権の侵害訴訟が対象であり、特許法における補償金請求権訴訟も対象となる。ただし、意匠権、商標権の侵害訴訟は対象とされていない。

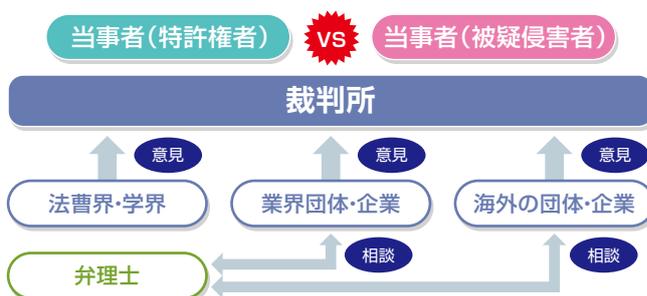


図3 第三者意見募集制度

〈今後の対応〉

今回の改正により、特許権侵害訴訟がこれまで以上に高度化・複雑化することが想定されており、裁判所が的確に審理を行うためにも、第三者意見募集制度の導入の意義は大きい。

今後は、特許権侵害訴訟の当事者には、第三者意見募集制度による第三者からの意見の提出を想定した訴訟戦略が求められる。例えば、法曹界、学界、業界団体、企業等の各々の分野の専門的な考え方について十分に認識したうえで、訴訟への対応を検討することが重要である。

(4) 海外からの模倣品流入への規制強化(商標法・意匠法)

【令和4年4月1日施行】

近年の電子商取引の発展により、海外事業者が直接、日本国内の個人へ模倣品を販売することが増加している。しかしながら、個人使用目的による模倣品輸入は、輸入の主体が個人であり、商標権、意匠権などの侵害に直ちに当たらないと考えられてきたため、模倣品による被害の防止や回復が困難であった。

そこで、増大する個人使用目的の模倣品輸入に対応し、海外事業者が模倣品を郵送等により国内に持ち込む行為を、商標法・意匠法上の「輸入」行為として、侵害行為に位置付けることになった。こうして、増大する個人使用目的の模倣品輸入に対して、商標権及び意匠権の侵害を問いやすくなり、権利侵害の抑止効果も期待される。



図4 海外からの模倣品流入への規制強化(商標法・意匠法)

(5) 知的財産制度の基盤整備

(a) 特許料等の料金体系の見直し

【令和4年4月1日施行】

審査負担増大や手続のデジタル化に対応し、収支バランスの確保を図るため、特許料等の料金の見直し(引き上げ)が行われる。これまでは、特許料等の料金について、特許法に定められていたが、今回の改正により、特許法で上限額を定め、具体的な金額は政令に規定できるように改正される。なお、この改正は、特許法だけでなく、実用新案法、意匠法、商標法についても同様である。このうち、特許料の改訂については、以下の表に示すとおりである。

項目	改定前金額	改定後金額
特許料 (第1年から第3年まで)	毎年 2,100円 +(請求項の数×200円)	毎年 4,300円 +(請求項の数×300円)
特許料 (第4年から第6年まで)	毎年 6,400円 +(請求項の数×500円)	毎年 10,300円 +(請求項の数×800円)
特許料 (第7年から第9年まで)	毎年 19,300円 +(請求項の数×1,500円)	毎年 24,800円 +(請求項の数×1,900円)
特許料 (第10年から第25年まで)	毎年 55,400円 +(請求項の数×4,300円)	毎年 59,400円 +(請求項の数×4,600円)

特許料の改訂

(b) 災害等の理由による手続期間徒過後の割増料金の免除

【令和3年10月1日施行】

現在、特許料等の納付期間を経過してしまった場合、割増料金を支払うことにより、権利の消滅を免れることが可能である。しかし、新型コロナウイルス感染症の感染拡大や災害等の理由によって特許料の納付期間を経過した場合には、割増料金の納付を要するとす

るのは適切ではないとして、このような場合には、割増特許料の納付を免除することが規定される。なお、この改正は、特許法だけでなく、実用新案法、意匠法、商標法についても同様である。

(c) 特許権等の権利回復の要件の緩和

【令和3年10月1日施行】

現在、特許権等が手続期間の徒過により消滅しても、「正当な理由」がある場合には、権利を回復できるが、「正当な理由」の判断は厳格に運用されている。このため、今回の改正では、「正当な理由」に代えて、「経済産業省令で定めるところにより権利の回復ができるが、故意で手続を行わなかった場合は回復できない」という規定に改正されることにより、権利回復の要件が実質的に緩和される。なお、この改正は、特許法だけでなく、実用新案法、意匠法、商標法についても同様である。

(d) 弁理士制度の見直し

【令和4年4月1日施行】

弁理士制度に関して、農林水産関連の知的財産権(植物の新品種・地理的表示)に関する相談等の業務について、弁理士を名乗って行うことができる業務として追加される。

植物の新品種については、令和3年4月1日に改正種苗法が施行された。この改正により、日本の優良品種の海外流出を防止するため、育成者権の保護を拡充する規定が導入されている。例えば、登録品種の種苗等が譲渡された後でも、その種苗等を育成者の意図しない国へ輸出する行為や意図しない地域で栽培する行為に対して、育成者権を及ぼす特例が新たに規定されている。

今後は、弁理士としての業務範囲が拡大されることから、農林水産関連の知的財産権についても視野に入れて知的財産戦略を検討することが重要である。

3. おわりに

令和3年における特許法等の改正は、「ニュー・ノーマル」と呼ばれるポストコロナ時代に向けた新たな対応を目的としている。大学や企業においても、今回の特許法等の改正に的確に対応し、ポストコロナ時代において、産官学連携活動が推進されることに期待したい。

イオン液体を利用した CO₂分離・回収技術の開発

工学部

児玉 大輔 <こだま だいすけ>

工学部 生命応用化学科 准教授

1995年日本大学大学院工学研究科博士前期課程修了。株式会社朝日ラバーの研究員を経て、1998年日本大学工学部助手。2002年に大阪大学で博士(工学)取得。2003年日本大学工学部専任講師。2003年オタワ大学工学部客員研究員、2005年ジョージア工科大学客員研究員、2008年より日本大学工学部准教授(現職)。2012年産業技術総合研究所客員研究員、2013年神戸大学大学院非常勤講師。



研究の背景

2015年に開催された気候変動枠組み条約第21回締約国会議(COP21)で、新たな地球温暖化対策「パリ協定」が採択されました。中国や米国など主要排出国が参加しなかった「京都議定書」と異なり、途上国も含めたすべての国が参加する画期的な協定であり、二酸化炭素(CO₂)をはじめとする温室効果ガスの排出を大幅に抑制するとともに、低炭素社会への道筋をつける技術開発が進むきっかけになりました。一方、日本では、2020年10月に、当時の菅義偉首相が臨時国会の所信表明において、国内の温暖化ガスの排出を2050年までに「実質ゼロ」とする方針(2030年までに2013年度比で46%削減)を表明して以降、脱炭素社会の実現に向けたカーボンニュートラルの取り組みが加速しています。日本国内における温室効果ガス総排出量は、2020年度にはCO₂換算で11億4,900万トン(2013年度比で18.4%減)と減少傾向ですが、火力発電所や工場などCO₂を大量に排出している発生源から今まで以上に分離・回収していく必要があります。

CO₂分離・回収技術

前述のようなCO₂大規模発生源からCO₂のみを選択的に分離・回収し、地中や海洋に隔離・貯留するCCS(Carbon-dioxide Capture and Storage)プロセスの開発が、広く国内外で進められています。例えば、北海道苫小牧市にある日本CCS調査(株)では、出光興産(株)北海道製油所内の水素製造装置から発生するCO₂を含むガスから高純度のCO₂を分離・回収し、地中に圧入する設備を建設しました。2019年11月までに30万トンのCO₂を圧入し終え、環境

への影響がないか、モニタリング調査を継続しています。このような大規模技術を実現するためには、分離・回収コストを大幅に削減することが重要です。苫小牧市における実証試験も含め、アルカノールアミン類などを利用した化学吸収法が商用プラントとして稼動していますが、吸収液の再生には熱エネルギーを駆動源とする蒸留を用いるため、再生コストが50%を占めるなどエネルギー消費が著しいという問題があります。したがって、コスト削減のため、室温程度で駆動可能な低エネルギー再生型CO₂吸収液の開発が望まれています。

イオン液体

イオン液体(IL:Ionic Liquid)は、陽イオン(カチオン)と陰イオン(アニオン)のみからなる室温で液体状態の塩(えん)です。イオン液体の蒸気圧はほぼゼロのため、大気中への拡散を防ぐことができ、リサイクルが容易で環境にやさしく、揮発性有機化合物(VOC:Volatile Organic Compound)に代わるグリーン溶媒として期待されています。また、イオン液体は、難燃性もあり、熱及び化学的安定性に優れた幅広い温度範囲で使用可能であり、従来の溶媒には無い様々な特長を持ちます。さらに、二酸化炭素などの酸性ガスを選択的かつ大量に吸収する性質があり、CCSプロセスでの吸収液として利用可能です。表1に示すように、このイオン液体を利用し、二酸化炭素の分離・回収状態を常圧から高圧へ変換することができれば、吸収液の再生に熱エネルギーを大量に消費する蒸留操作を一切必要とせず、従来の吸収液再生エネルギーコストを大幅に削減できます。イオン液体を利用し二酸化炭素を分離・回収する方法は、温度、圧力変化のみによる物理吸収・再生メカ

ニズムを利用したものであり、簡便な操作によりプロセスを構築できます。また、再生により回収される二酸化炭素も、常圧ガスとしてではなく、隔離・貯留に有利な液化炭酸あるいは任意の高圧状態の二酸化炭素として回収できるという利点があります。

イオン液体は、電池をはじめとする電気化学デバイスの電解質や静電防止剤として利用されており、国内外で量産されています。また、化学反応溶媒や触媒としての利用など、様々な分野で応用研究が積極的に行われており、その用途に合わせて構造を自由にデザインできることから「デザイナー流体」とも呼ばれています。

表1 アミン法とイオン液体法の比較

	アミン法	イオン液体法
吸収原理	化学吸収	物理吸収
吸収条件	常温、常圧	常温、高圧 (~10MPa)
再生条件	高温、常圧	常温、任意圧力
吸収液再利用	高温処理必要	容易

新規イオン液体の開発と評価

イオン液体を利用したCCSプロセスを設計操作する際、イオン液体がどのくらい二酸化炭素を吸収するのか？ 詳細に把握しておく必要があります。私たち

の研究グループでは、独自に開発した高圧溶解度測定装置(図1)などを駆使しながら研究を進めています。今まで、アミド型構造(*N,N*-ジメチルホルムアミド; DMF)を持つイオン液体[DMFH] [TFSA]を合成し、このイオン液体に対するガス溶解性や選択性などについて解明しました。[DMFH] [TFSA]の二酸化炭素溶解度は、同じアニオン骨格を持つイミダゾリウム系イオン液体[Bmim] [TFSA]と同等で、同圧下では温度降下に伴い溶解度が増加することが分かりました。一方、体積濃度基準では、カチオンの分子量に起因し、二酸化炭素の吸収量が増加しました。今後さらに低エネルギー再生型吸収液を開発するためには、高価なイミダゾリウム系イオン液体ではなく、安価で化学的安定性に優れたイオン液体を対象に、二酸化炭素など酸性ガス溶解メカニズムの検討を早急に進める必要があります。国内外の研究機関や企業との共同研究を積極的に進めています。

おわりに

脱炭素社会の実現に向けた技術の開発は、前述のとおり加速しつつあり、日本発の地球温暖化対策技術を国外に広く発信するチャンスです。今後、ベンチ・パイロットスケールでの実証試験を実施し、ガス吸収分離性能の評価改善に取り組むことによって、アルカノールアミン類を利用した化学吸収法に代わり、低コストで環境負荷の低い二酸化炭素物理吸収プロセスの実現を目指していきます。



図1 高圧溶解度測定装置

根域環境制御装置(N.RECS)による 農業生産における脱炭素に向けた取り組み

窪田 聡 (くぼた さとし)

生物資源科学部 生命農学科 花の科学研究室 教授

1988年日本大学農獣医学部農芸化学科卒業、1994年日本大学大学院農学研究科農学専攻修了。1995年から科学技術特別研究員として農林水産省野菜・茶業試験場、1998年からプロジェクトサイエンティストとして国際イネ研究所(IRRI)、2000年から本学生物資源科学部に勤務。



農業における温室効果ガスの排出と その削減目標

我が国の年平均気温偏差は100年あたり1.24℃の割合で上昇しており、2019年の年平均気温は我が国で気象観測が始まって以来最も高くなっています。農林水産業は気候変動の影響を受けやすく、高温による作物収量の低下や品質の劣化などが発生し、また災害の激甚化により被害も拡大傾向にあります。これらはCO₂等の温室効果ガス(GHG)によるものと考えられています。

日本のGHG排出量はCO₂換算で12.4億トン(2018年現在)と見積もられ、そのうち農林水産分野は約5,001万トンを占めています。この農林水産分野におけるGHGの排出量のうち、化石燃料の燃焼等によるCO₂の排出量は1,829万トン(全体の35%)に及びます。CO₂排出を削減するには、農機の電化、施設・機械、施設園芸冷暖房などの省エネルギー化と、それらの装置と再生エネルギーとの連携がポイントとなり、農林水産省では2050年のゼロエミッションに向けて地産地消型エネルギーシステムの構築等の技術開発が進められています。

農業用冷暖房設備の現状

植物の温度制御技術として一般に広く普及している方法は、温室全体の気温を制御する方法です。2018年現在の暖房設備を持つ全国の施設面積は17,388haであり、このうち石油利用型の面積は全体の約90%を占めています。一部では効率のよいヒートポンプエアコン(HP)と石油利用型暖房機を組み合わせ合わせたハイブリッド暖房が行われていますが、その設置面積は全加温設備実面積のわずか4%に過

ぎません。省エネルギー化を促進させるには、HPの一層の普及に加え、温室全体を暖房する方法から栽培植物の一部を加温する局所加温方式への転換が求められています。

温室を冷房する方法としては、気化熱を利用した蒸発冷却方式と、暖房に用いているHPを冷房モードで運転するHP方式の2つがあります。蒸発冷却方式は冷房能力が低く、HP方式では多大な設置コストとランニングコストがかかり、なにより電力を大量に消費することからCO₂排出量の削減に逆行してしまいます。すなわち、CO₂の排出をほとんど伴わない効果的な温室の冷房方式は存在しません。

以上のように、農業生産における冷暖房において、CO₂の削減と夏季の高温対策を両立するには、まずCO₂排出量が少ない冷暖房装置を開発し、それを太陽光や風力などのグリーンエネルギーと連携させることにより、農業における冷暖房の脱炭素が図られると考えられます。日本大学学長特別研究(第2期)「日本大学発 スマートアグリカルチャーの創出と産業化を目指した技術開発」で開発された根域環境制御装置(N.RECS, 特許第6784383号)は、冬季の暖房の省エネルギー化と夏季の高温対策を1台の装置で実現することができ、脱炭素社会における農業生産装置としてふさわしい特性を持っています。ここでは、N.RECSの性能と効果について述べるとともに、今後の発展の可能性についてご紹介したいと思います。

根域環境制御装置(N.RECS)の性能と その効果

N.RECSは植物の根の部分(根域)を局所的に加温・冷却できる装置です。熱源には空気熱源式ヒー

N.RECSとクリーンエネルギーの連携による農業における脱炭素社会の実現

トポンプ冷温水システムを採用し、植物を栽培する栽培槽は発泡スチロール(EPS)製の断熱パネルと培養土に効率的に熱を伝えるアルミ製熱交換パネルからなっています(図1)。培養土の上面以外はEPSパネルで覆われているため、太陽光や外気温の影響を受けにくく保温性に大変優れています。そのため、外気温が約10℃の冬季の温室内では根域温度を24℃に、最高気温が35℃を超える夏季の温室内では根域温度を約20℃に冷却できます。

冬季の暖房栽培を省エネルギー化する早道は、温室全体の暖房温度を下げることです。15℃暖房から12℃暖房にするだけで暖房コストは半減します。しかし、一般的に暖房温度を下げると、植物成長の抑制や収量の減少を招いてしまいます。そこで、12℃暖房を行った上でN.RECSを用いて根域を加温して様々な植物の生育反応を検討しました。その結果、非常に多くの植物において、根域加温を行うと通常の暖房を行った植物よりも生育が旺盛となり(図2)、かつ30%以上の省エネルギー化が図られました。

つづいて、N.RECSによる夏季高温時の根域冷却について検討しました。その結果、気温が35℃を大きく上回るような高温時であっても、根域温度を約20℃に冷却することにより、植物が枯死することなく健全に生育し(図3)、また開花の遅延等の生育障害を回避できることがわかりました。もし、温室全体の冷房をHP方式で行うとしたら、N.RECSによる根域冷却で投入した10倍以上のエネルギーが必要になるでしょう。

以上のように、季節を問わずN.RECSで根域温度を植物の成長に最適な温度に調節すると植物の生育が促進され、また従来法よりも大幅な省エネルギー化が実現できることがわかりました。

3,000鉢の植物を生産できる165m²の温室に導入した実証型N.RECSにおいて、夏季の根域冷却に必要な電力消費量は1日あたり10kWh程度です。一般家庭用として普及しているシステム容量4kW(設置面積は約25m²)の太陽光パネルを藤沢市に設置した場合、7~8月の日射量から1日の発電量は概ね17kWhになり、N.RECSのデマンドを上回っています。一般的に日射の強い日は最高気温が高くなることから、根域冷却に必要な電力のデマンドと太陽光パネルによる発電のピークがほぼ一致し、昼間の根域冷却は系統電源にほとんど依存せず維持できると考えられます。冬季の根域加温に必要な電力消費量は1日あたり約8kWhです。冬季は昼間よりも夜間に多くのデマンドが発生するため、系統電源からの電力供給は不可欠ですが、太陽光パネルと連携することにより化石燃料由来の電力の依存度を大幅に下げることが可能です。

以上のように、N.RECSは従来の温度制御技術よりも著しく省エネルギーで植物の生産性を向上できることから、農業生産者が太陽光パネル等で自ら作り出した電力を自らの温室で消費する「エネルギーの地産地消システム」の構築に大きく貢献すると考えられます。N.RECSは一般企業から市販化が予定されておりますが、グリーンエネルギーとの連携についてはまだ検討途上です。農業における脱炭素化の取組みを促進させるためにも、NUBICを通して多くの企業様に興味を持っていただき、N.RECSの社会実装を図っていきたく考えています。

N.RECSの技術情報webサイト：<https://www.nreecs.jp>

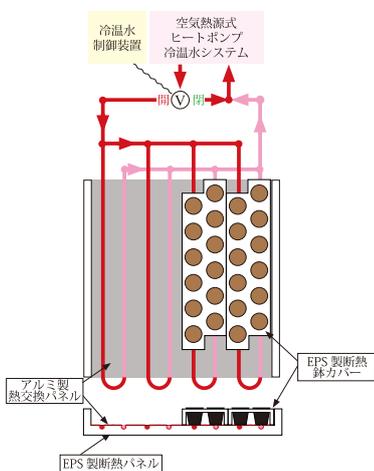


図1 N.RECSの構造

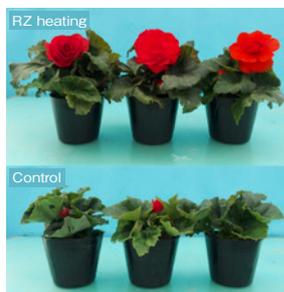


図2 球根ベゴニアの生育と開花に及ぼす冬季の根域加温の影響

RZ heating: 最低気温12℃/根域温度24℃。Control: 最低気温16℃/根域無加温。トータル暖房コストはコントロールよりも根域加温で30%削減されました。



図3 ローダンセマムの生育に及ぼす夏季の根域冷却の影響

RZ cooling: 根域20℃冷却。Control: 根域無冷却。いずれも最高気温が35℃を超える温室内で栽培しました。根域無冷却だと、生育が悪く一部の植物は枯死していますが、根域冷却を行うと根と莖葉の発達が促進され、枯死する植物はありませんでした。



研究の背景と目的

現在、二酸化炭素(CO₂)排出量削減のための研究が世界中で盛んに行われておりますが、近年では排出量削減だけでなく、CO₂を工業原料として製品を作り出す二酸化炭素利用技術(Carbon dioxide Capture and Utilization, CCU)技術が注目されています。私たちの研究室では炭酸カルシウム(CaCO₃)を主体としたCCU技術の開発に取り組んでいます。CaCO₃はカルシウムと炭酸から構成されており、構造中にCO₂を取り込んでいる物質と言えます。このため、工場等から排出されているCO₂を原料としてCaCO₃を合成できれば、CO₂の削減につながります。

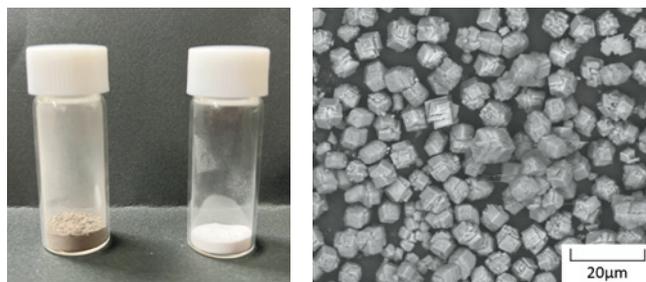
CO₂は化学的に安定であり、他の物質に変換することは難しいと思われがちですが、水に吹き込むことにより簡単に炭酸イオン(CO₃²⁻)へと変化し、陽イオンと反応して塩を形成します。このため、未利用カルシウム資源とCO₂とを反応させることで、CaCO₃製造のためのCCUプロセスが構築できると考えました。そこで、私たちはケイ酸カルシウムを多く含む製鋼スラグに注目しました。カルシウム塩を含む懸濁液に二酸化炭素を吹き込むと(1)式に示すようにケイ酸カルシウム(CaSiO₃)とCO₂とが反応し、可溶性の炭酸水素カルシウム(Ca(HCO₃)₂)を形成します。これにより製鋼スラグからカルシウム分のみが抽出が可能です。また、(2)式で示されるようにこの水溶液からCaCO₃が合成できます。この反応は、製鋼スラグ1tからCaCO₃を860kg生産でき、同時に380kgのCO₂を固定化可能であるため、工業製品を生産すると同時にCO₂削減につながる技術となります。



CCUプロセスによる炭酸カルシウムの合成

製鋼スラグとCO₂との反応は、製鋼スラグを水中に分散させたスラリーを作製し、これにCO₂ガスを吹き込むだけの簡単なプロセスで行います。これにより、吹き込んだCO₂はCO₃²⁻イオンへと変化し、製鋼スラグ中のカルシウムと反応することでCa(HCO₃)₂水溶液が得られます。この水溶液は不安定であり、加熱あるいはpHを変化させることで容易にCaCO₃を析出させることができます。

このCO₂による溶解は炭酸水素塩を形成する2価のアルカリ土類金属塩にのみ効果的で、鉄などの重金属元素は炭酸水素塩を形成しないので、製鋼スラグからカルシウム分のみを抽出することができます。このため、得られる炭酸カルシウムは純度が高く、白色の粉末として回収することが可能です(図左側)。さらに、析出条件および熟成時間などを制御すると、図右側の走査型電子顕微鏡写真に示すような、粒径の比較的揃った菱面体状カルサイト型CaCO₃粒子を合成することができます。この粒子は、紙やプラスチック等のフィラー(充填材)などとして利用可能であり、これを使用した製品を使うことでCO₂の固定化につながります。



製鋼スラグとCO₂から合成した炭酸カルシウム粒子

左写真:原料スラグ(左)と得られた炭酸カルシウム(右)

右写真:得られた炭酸カルシウムの走査型電子顕微鏡写真

小嶋 芳行 (こじま よしゆき)

理工学部 物質応用化学科 教授

1988年日本大学理工学研究科工業化学専攻修了。カルシウム化合物のキャラクター制御に関する研究に従事。2010年より現職。無機マテリアル学会 副会長、色材協会理事、日本セラミックス協会関東支部 幹事。



研究の背景

現在、世界中で二酸化炭素(CO₂)排出量の削減に迫られています。世界で窯業関係のCO₂の排出量は全排出量の10%程度にもなります。その一例がセメントであり、石灰石と粘土などを1450℃で焼成することによりセメントクリンカーが製造されます。この時、石灰石(炭酸カルシウム)の脱炭酸由来および燃料来のCO₂が排出されます。CO₂排出を削減するためには、セメントの減産、高炉スラグなどの添加によるセメントクリンカーの含有割合の低下、回収したCO₂を用いたコンクリートの2次製品の炭酸化などが挙げられます。炭酸カルシウムの脱炭酸温度は900℃程度であり、この温度で数時間加熱すると酸化カルシウム(CaO)となります。また、1tの石灰石を脱炭酸する場合、0.44tのCO₂が排出されます。しかし、このCO₂は空気などと一緒に排出されるため、CO₂濃度としては20%前後となります。図1にvan't Hoffプロットを示します。これは炭酸塩、水酸化物の分解温度と圧力の関係を示したものです。圧力を低下すると各物質の分解温度

は低温化することがわかります。例えば、炭酸カルシウムの脱炭酸温度は、1atmでは860℃ですが、0.0003atm(30Pa)では500℃となります。また、減圧下で炭酸カルシウムを分解した場合、発生するのはCO₂だけであるため、高純度のCO₂として回収できます。

減圧下での炭酸カルシウムの脱炭素

減圧下での炭酸カルシウムの脱炭酸温度と時間の関係を図2に示します。常圧で炭酸カルシウムを900℃で加熱した場合、CaOとなる時間は90分間でした。これに対して、減圧した場合(20Pa), 800℃では15分間でCaOが得られ、645℃まで低下させることができました。また、生成したCaOの比表面積は常圧で10m²/gでしたが、減圧下の場合、最大で71m²/gとなりました。この高比表面積CaOは乾燥剤やスマートフィルムなどに利用することができます。CO₂の回収は容易であり、回収した高純度CO₂は触媒を用いて水素化を行うことにより、ギ酸、メタノールなどの合成などに利用できます。

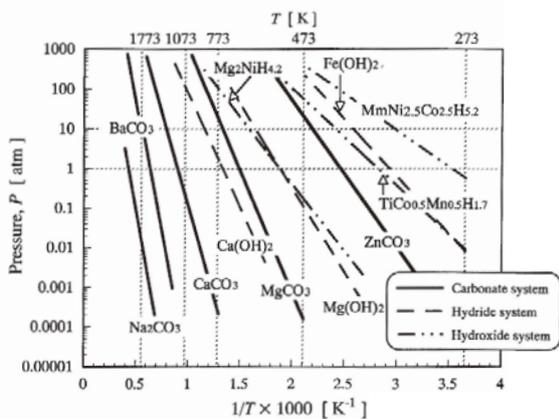


図1 van't Hoffプロット

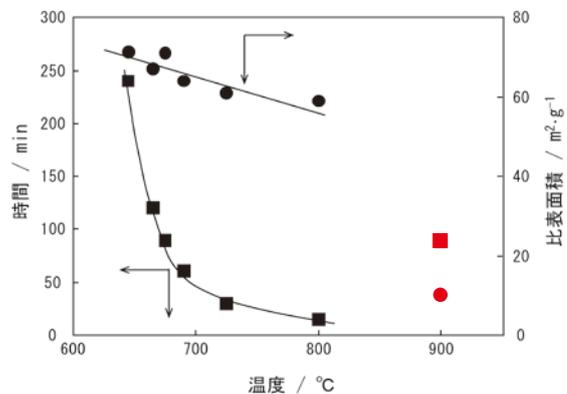


図2 炭酸カルシウムの脱炭酸

チャレンジャーの 観察眼

不思議な「量子の世界」を 解明し、量子状態を 検出・制御する

我々の研究グループでは、主に磁性体や超伝導体のような機能性物質や、レーザー光格子や量子コンピュータのような人工量子多体系を対象として、それらの振る舞いの解明や制御を目指した理論研究をしています。特に、量子物性理論および量子情報科学の立場から微視的な視点で理論解析計算、大規模数値計算を行っています。

我々が通常目にする古典の世界とは異なり、微視的低温な量子の世界では、「もの」の状態が確率的に決定したり(量子重なり合い)、2つの「もの」が互いに“もつれて”存在したり(量子もつれ)といった不思議な現象が起こります。これらの現象は普通には観測されませんが、特別な状況では実生活スケールに顔を出すことがあります。それらをうまく制御することが出来たら、我々の社会生活に革新的な進歩をもたらすことは確実です。

最近「もの」の量子性の制御と観測の問題に取り組んでおり、例えばある種の磁性体に数ギガパスカルの圧力を印可することで、古典的な磁性から、量子力学的な性質を持つ“量子磁性体”に外的に変化させる研究を実験グループと連携して行いました。また、量子性の利用の極致

山本 大輔 (やまもと だいすけ)

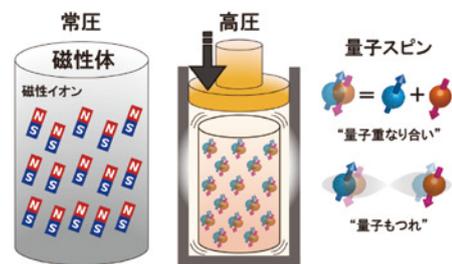
文学部 物理学 准教授

2010年早稲田大学大学院博士課程修了、博士(理学)取得。理化学研究所基礎科学特別研究員、早稲田大学高等研究所助教、青山学院大学理工学部助教を経て2021年より現職。量子物性理論を専門分野として、現在は量子固体物質の性質解明や人工量子系における量子状態の検出・制御に関する研究を行っている。



とも言える量子コンピュータ、量子シミュレータの研究にも精力的に取り組んでおり、特に量的にもつれた状態の効率的な検出方法に関して理論的に探索しています。

また、近年の物理学では物性・素粒子・宇宙といった各専門分野が、世界(もの、宇宙)は量子状態が有する情報によって記述されるという「量子情報」をキーワードとして繋がったことで、分野をまたがった専門知識の統合を目指す試みが行われています。我々も物性側の視点から共同研究に参画しています。



ピストンシリンダー圧力セルによる加圧と磁性イオンの量子スピンへの変化

チャレンジャーの 観察眼

電気自動車の エコ運転アシスト機能

電気自動車(EV)はガソリン車と比べ短い航続距離(1回の充電で走れる距離)が普及に向けた大きな課題の1つになっています。これまでガソリン車は様々な燃費改善により航続距離を1000 km以上に伸ばしてきましたが、EVの航続距離は現在、ガソリン車のおよそ1/3です。これを解決する候補のうち例えば全固体電池などの高性能電池は研究室レベルでの実証実験段階であり、実用化には10年以上かかると予想されています。

これに対して本研究はドライバにエコ運転を促す運転支援システムを提案しています。これは筆者が自身のEVでの運転を通じて、EVの航続距離は走行方法によって大幅に変動することから着想を得ました。具体的には信号機の多い(ストップ・アンド・ゴーが頻発する)日本の道路では加速後の惰性走行が航続距離に大きなインパクトを与えます。そこで、惰性走行すべき時に無駄に加減速しないように現在のアクセルペダルの状態を振動などでドライバに知らせ、バッテリーを消費しないエコ運転をアシストします。一例としてバッテリーを消費して加速していれば運転席シート右大腿部が振動し、減速していれば同左大腿部

加藤 修平 (かとう しゅうへい)

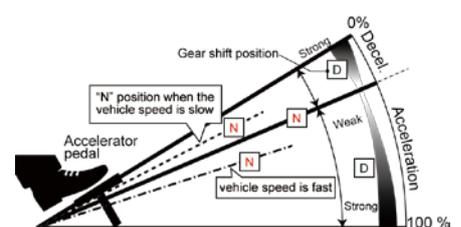
生産工学部 電気電子工学科 専任講師

日本大学生産工学部を平成15年度に卒業、日本製鉄株式会社、いすゞ中央研究所を経て平成29年に母校の電気電子工学科に着任。現在、専任講師として主に電気自動車の航続距離延長や太陽光発電の直流スイッチの研究開発に従事。



が振動するような仕組みでドライバに図に示すような適切なアクセルペダル踏み込み量の情報を与えます。このエコ運転のアシスト機能がないと、惰性走行しているつもりで運転していても、実はアクセルペダルを踏み込みすぎていて、かなりバッテリーを浪費していることが様々なデータから分かっています。

現在、本研究は基礎段階であり公道での実証実験を通じて有効性を検証した段階です。特に上記の「惰性走行すべき時」の判定については、車間距離などの様々なデータからAIによる自動判定について研究を行っています。さらに本研究はEVに限定せず、EV走行(純バッテリー走行)が可能なハイブリッド自動車(例えばトヨタ・プリウスや日産・e-powerなど)にも応用が可能で非常に大きな波及効果が期待できます。



進化する研究の『真価』

有用タンパク質の発現系確立にマルチな機能を発揮するスタビロンタグの開発 ～真核細胞も大腸菌発現系もおまかせ!～

近年、『バイオ医薬品』の開発が非常に盛んになっています。バイオ医薬品とは、簡単にいうとバイオテクノロジーを使って作られた医薬品(ホルモン、抗体、酵素など)で、以前からのものでは血糖値を下げるインスリンなどが有名です。また、最近では新型コロナ重症患者向けのアクテムラや軽症者向けの中和抗体薬(カクテル抗体療法)、ある種の癌細胞を抑制するT細胞を活性化させる免疫チェックポイント阻害薬のオプジーボなどの抗体薬が盛んに使用されています。しかし、近年開発されたバイオ医薬品は非常に高額です。その原因としては、真核生物の発現系を利用するため低発現であること、培地が高額であること、製品化までの過程が煩雑であることなどがあります。本発明のスタビロンタグは、真核細胞発現系で発現量向上を可能にします。また、大腸菌発現系では封入体形成がしば

舛廣 善和 (ますひろ よしかず)

生物資源科学部 応用生物科学科 准教授

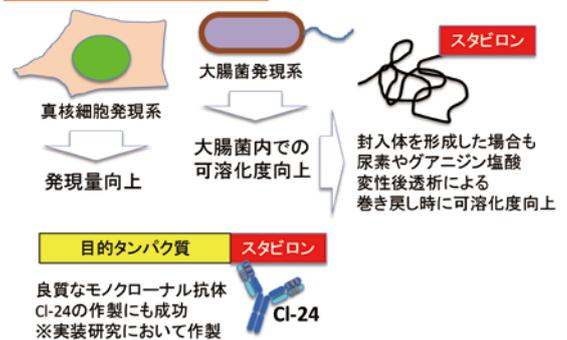
2000年に東京大学大学院を修了後、九州大学歯学部助手、日本大学総合科学研究科専任講師を経て現職。現在、スタビロンタグシステムの開発や分解耐性型細胞膜透過性有用タンパク質の再生医療や難治性疾患への応用を目指している。



しば問題となりますが、本タグは可溶化度の向上も可能です。

また、超高感度のモノクローナル抗体も開発したので、特異的検出と精製も可能です。低発現や封入体形成でお困りの場合は、ご利用されてはいかがでしょうか。

各種発現系利用時の利点



進化する研究の『真価』

神経難病ALSの早期発見に 貢献する血液診断法の開発

①研究内容の紹介

筋萎縮性側索硬化症(ALS)は筋萎縮や呼吸不全が急速に出現する神経難病です。現在、進行を緩やかにする薬が使用されていますが、効果は「病初期」に限られます。しかし、従来の診断では、確定までに年単位の時間が掛かるため、患者さんは治療薬の恩恵を得られ難い状況にあります。これに対して、私たちの一連の研究から、ALSの脳内に蓄積する異常型タンパク質が、「病初期」の血液に出現する可能性が浮上しました。異常型タンパク質は「シーディング」を起こし、正常型タンパク質の構造異常を誘発するため、「病初期」のALS血液に含まれる異常型タンパク質をシーディングで増幅し、増幅の有無を比較することで、初期段階での診断が可能になると考えました。本研究は本学医学部脳神経内科中嶋秀人教授および原誠准教授との共同研究で、科研費挑戦的研究(萌芽)の支援を受け行っています。

②研究の発展性(期待される成果)

超高齢化社会を迎え、ALSを含む神経難病の罹患

徳田 栄一 (とくだ えいいち)

薬学部 薬学科 専任講師

2010年日本大学大学院薬学研究科博士課程修了。Umeå University(Sweden)、慶應義塾大学などを経て、2019年より現職。これまで一貫してALSの基礎研究に携わり、現在はALS病因タンパク質凝集体の細胞間伝播の研究に従事。



者数が急増しており、世界規模で深刻な社会問題となっています。神経難病を早期発見できる診断法の開発は、先制医療の実現に必須だけでなく、新薬の治験においても重要な役割を果たします。現在、私が開発を行っているALS血液診断法は、病初期のALS患者さんを研究対象にしていますので、ALSの早期発見だけでなく、治験の迅速化にも貢献できる手法だと考えています。

③連携を希望する内容

神経難病の診断に有用なバイオマーカーの探索に、ご興味のある産業界の方々との連携を希望しています。

④連携することによる産業界のメリット

異常型タンパク質は神経難病だけでなく、心疾患や糖尿病への関与も指摘されています。シーディングを利用した本診断法は、原理的には血液に異常型タンパク質を含むすべての疾患に適応可能であり、様々な疾患の診断に利用できる波及効果が期待できます。

ナタデココを用いた カプセル化技術による 飲みやすく副作用を起こさない 経口吸着剤の開発

星 徹 (ほし とおる)
理工学部 物質応用化学科 准教授

2003年日本大学理工学部物質応用化学科卒業、2005年日本大学大学院理工学研究科物質応用化学専攻修了。2008年東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻博士(工学)。2008年日本大学理工学部物質応用化学科助手、2011年日本大学理工学部物質応用化学科助教、2020年より現職。中空球状ナタデココの調製法を確立し、応用として薬剤カプセルへの展開を行っている。



研究の背景

慢性腎臓病(CKD)の患者は、腎機能の低下に伴い、体内の老廃物の十分な排泄が行われないため、尿毒症、高カリウム血症などの合併症が発現することで、心血管疾患、入院、死亡の危険性が高いことが知られています。AST120(クレメジン®)に代表される球形吸着炭は、消化管内に存在する尿毒症毒素及びその前駆体を吸着し、便とともに体外に排出することから、透析導入の遅延を目的としてCKD患者へ腎機能低下抑制薬として広く用いられています。

球形吸着炭は口内への残留感、不快感、飲みこみにくさによる服薬コンプライアンスの低下が課題です。また、球形吸着炭の消化管内壁への吸着を原因とする副作用も問題とされています。軽度では便秘症状ですが、腸閉塞や腸穿孔などの手術が必要となる重度の副作用も報告されています。吸着炭をオブラートに包む方法や服薬補助ゼリーと一緒に飲みこむなど、不快感を抑えた嚥下法が推奨されていますが、その一方で、消化管内壁への吸着抑制については、報告例が非常に少ないのが現状です。

ナタデココを用いた吸着剤のカプセル化

飲みこみやすく、消化管内壁に吸着しない経口吸着剤を開発するために、無毒かつ酸、塩基で分解しにくいナタデココに着目しました。ナタデココは、酢酸菌が産生するセルロースナノファイバーから成る保水性に優れた高強度のヒドロゲルです。ナタデココはヒトの消化酵素では分解されない食物繊維として、特定保健用食品としても利用されています。

中空かつ球状のナタデココによるカプセル化技術によって、現行で使用されている球形吸着炭(200~400 μ m)よりも粒径の小さい6.0 μ mの活性炭のカプ

セル化に成功しました(図1(a))。中空球状ナタデココを形成している厚み100~120 μ mのセルロースゲル膜は、セルロースナノファイバーの緻密な網目構造で形成されています(図1(b))。セルロースゲル膜の網目の細孔よりも小さい尿毒症毒素は、中空体内部に侵入することができ、細孔サイズよりも大きく中空体内部に保持される活性炭に吸着されます(図1(c))。トリプトファンを用いた吸着試験では、現行品よりも飽和吸着量が2.5倍大きくなり、服用量を減らすことが期待されます。また、セルロースゲル膜によるカプセル化は、吸着炭と消化管内壁が直接接触しない状態を創り出すことができることから、消化管内壁への吸着が原因とされる副作用が起こらないことが期待されます。

ナタデココによるカプセル化技術は、活性炭の他に、イオン交換樹脂、無機系吸着剤といった電解質異常症で使用される経口吸着剤のカプセル化も可能です。カプセル化する物質によって様々な病状に適した飲みやすく副作用の少ない経口吸着剤の開発が可能であると考えています。

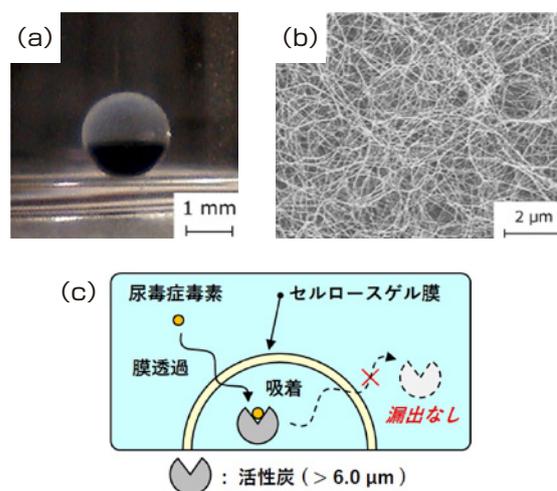


図1 (a)活性炭内包中空球状ナタデココの外観
(b)超臨界乾燥後のセルロースゲル膜の走査型電子顕微鏡像
(c)尿毒症毒素吸着の模式図

NUBIC インフォメーション

コーディネーター紹介

日本大学では、3名のコーディネーターが、本学で生み出された研究成果を基に、産業界等との共同研究をコーディネートするだけでなく、本学が保有する特許権等のマッチングなど、社会の皆さまと本学をつなぐ橋渡しを展開しています。

各コーディネーターの培ってきた経験や専門性と幅広いネットワークを生かし、社会の皆さまと日本大学が「Win-Win」の関係を築くことができるよう心がけて活動しています。

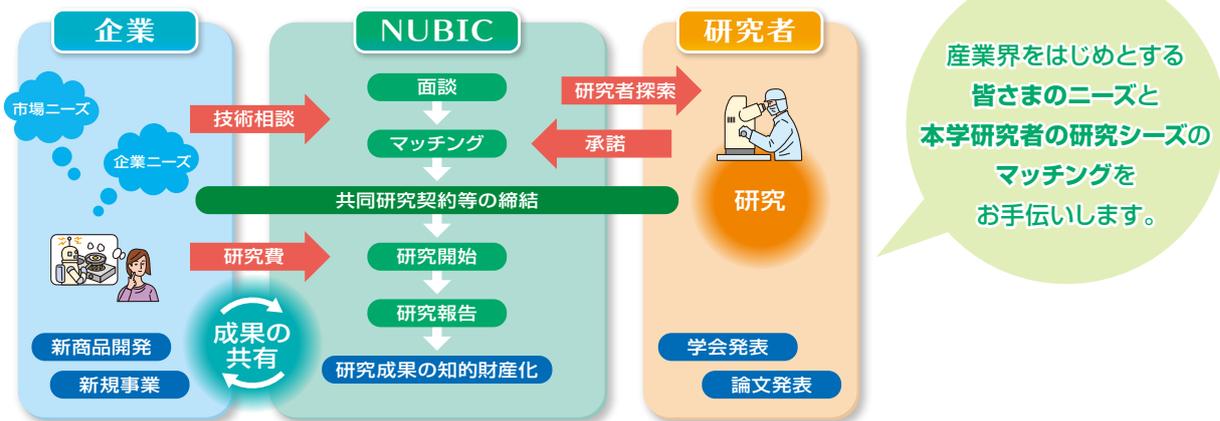
何かお困りごとはないでしょうか？ 日本大学がお手伝いできることはないでしょうか？

日本大学が社会の皆さまのお役に立てるよう活動してまいりますのでお気軽にご相談ください。

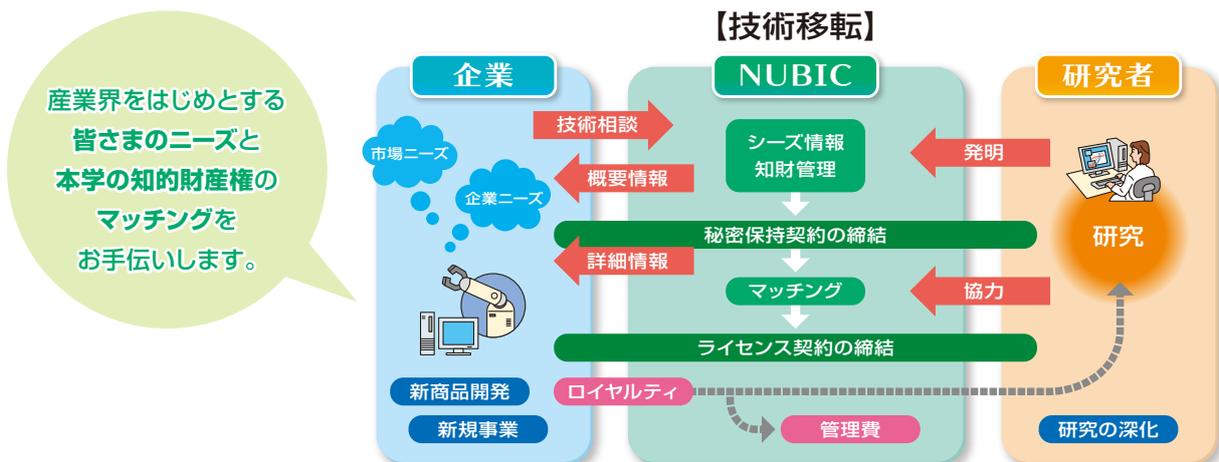
皆さまからのお問い合わせをお待ちしております。

日本大学における産官学連携

【技術相談・共同研究等】



【技術移転】



編集後記

地球環境問題については2050年に向け、世界が動き出しています。本号では、文部科学省、経済産業省及び環境省等我が国が推進する「カーボンニュートラル達成」に貢献すべく、「脱炭素社会実現」を目指す本学の様々な取組みを特集し、また、将来の科学技術の担い手となる若手研究者に焦点をあて、それぞれが情熱を傾ける研究内容を紹介いたしました。本学で保有する新技術にもご注目いただき、企業の皆さまにご活用いただければ幸いです。本学では産官学連携知財センター(NUBIC)が社会と本学研究者の橋渡し役となり、本学で生み出された知の還元をもって社会からの信頼と繋がりを全力で築いていきます。(編集一同)



日本大学と 産官学連携 しませんか！

日本大学の産官学連携窓口 **Nubic** がお手伝いいたします。

Nubic Nihon University Business,
Research and Intellectual Property Center

令和3年12月1日発行

発行 **日本大学産官学連携知財センター**

〒102-8275 東京都千代田区九段南4-8-24

お問合せ: 日本大学研究推進部 知財課

TEL: 03-5275-8139 FAX: 03-5275-8328

E-mail: nubic@nihon-u.ac.jp

URL: <https://www.nubic.jp>

無断転載禁止 ©2021 NUBIC

