

火力発電所等から排出される二酸化炭素を回収し、固定化する技術を開発

工学部生命応用化学科 環境化学工学研究室

科学技術の発展は地球温暖化などの環境問題を引き起こしたが、それを解決する手段もまた科学技術である――。

こうした信念のもと、工学部生命応用化学科の児玉大輔准教授は地球温暖化の要因の一つとされる二酸化炭素の効率的な削減を目指して「イオン液体を利用した二酸化炭素物理吸収プロセスの構築」の研究に取り組んでいる。

その仕組みや、これまでの研究成果、今後の展望を紹介する。

エネルギーコストが少ない イオン液体の性質に注目

地球温暖化対策の一つとして、火力発電所や工場などの大規模施設から排出される二酸化炭素を大気中に拡散させることなく回収し、地中海や海洋に隔離・貯留する技術の開発が進められている。日本では「アミン系水溶液」を利用して二酸化炭素を化学的に吸収する方法が広く検討されているが、そこには大きな問題があると児玉大輔准教授は指摘する。

二酸化炭素を吸収した液体は、そのままでは単なる廃棄物になってしまうので、できれば二酸化炭素を取り出して、液体は再利用するのが望ましい。ところがアミン系水溶液から二酸化炭素を分離するには、120℃程度の高温に加熱して蒸留する必要がある。加熱には当然ながらエネルギーが必要になり、場合によってはさらなる二酸化炭素の排出を招く恐れがある。

そのため現状では、二酸化炭素を吸収したアミン系水溶液は再利用されることなく焼却処分されているのです」

そこで児玉准教授は、アミン系水溶液に代わ



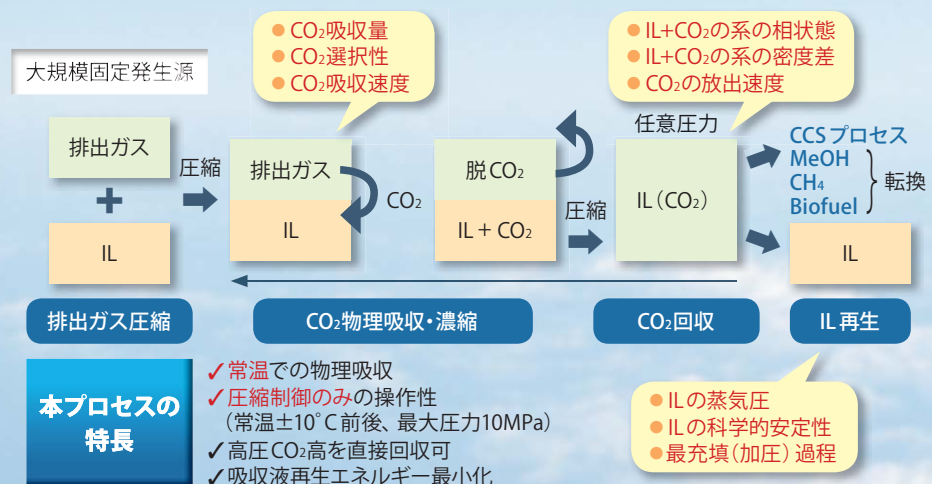
イオン液体に二酸化炭素がどれくらい溶けたかを測定する「イオン液体・二酸化炭素吸収実験装置」（児玉准教授の右側）は、世界に一台しかない日大工学部オリジナルの実験装置

る溶媒として「イオン液体」に注目した。イオン液体は、高圧の状態でもガスと接触すると二酸化炭素だけを物理的に吸収し、圧力を下げれば二酸化炭素を分離する性質を持っている。つまり理論上は、圧力の操作だけで二酸化炭素の吸収と分離をコントロールできるため、吸収液再生にかかるエネルギーコストは、アミン系水溶液



イオン液体物性測定装置。イオン液体の粘度、密度、溶解度を一度に計測できる装置で、導入は2013年。従来の装置よりもコンパクトに改良され、15 mLほどの試料で実験ができるようになった

●イオン液体を利用したCO₂吸収・再生プロセスの概念図



液に比べてはるかに少なく済むのだ。しかもイオン液体は揮発しない・燃えない・劣化しないといった特性も持ち合わせているため、溶媒としての使い勝手も抜群に良い。

ただし、一般的なイオン液体は5gで数千円はする非常に高価な材料。児玉准教授が研究を始めた2005年頃の実験装置では、一度の実

験に100〜150 mLものイオン液体が必要であったため、研究は思うようにはかどらなかった。

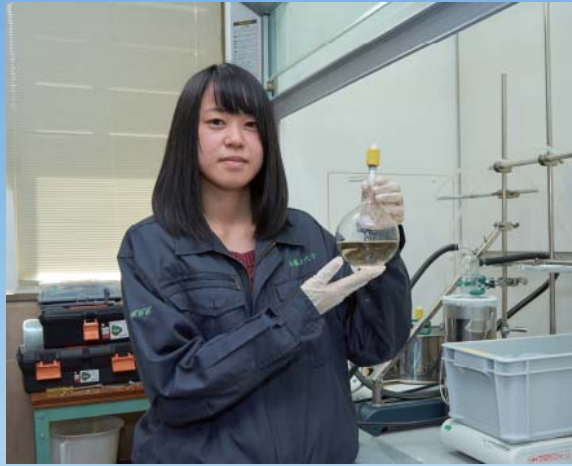
そんな時、以前より交流のあった産業技術総合研究所(以下産総研)から共同研究のオファーが寄せられた。

「彼らは私よりもひと足早く同様の研究を始めており、自前でイオン液体をつくるノウハウを持っていました。一方の我々には、二酸化炭素がイオン液体にどれだけ溶けるかを精密に測る技術があり、これは産総研にはないものだったのです」

お互いの不足を補おうと始まった産総研との共同研究。イオン液体の合成ノウハウを手に入れたことで、研究は着実に進展した。さらに、この研究のために「イオン液体・二酸化炭素吸収実験装置」も独自開発。これにより、従来よりも少ない試料で効率よく実験ができるようになった。

研究の2本柱は 実験装置のさらなる改良と 新しいイオン液体の開発

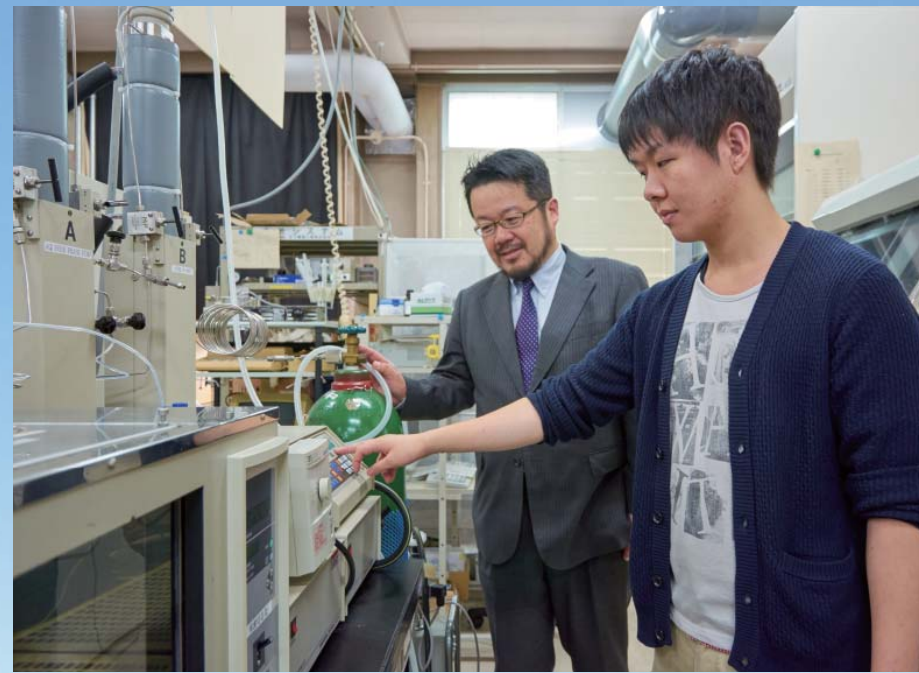
こうした独創的な実験環境が評価され、2011年2月には、グリーン・イノベーション、ライフ・イノベーションの推進を目的とした独立行政法人日本学術振興会(JSPS)公募の「最先端・次世代研究開発支援プログラム」



新しいイオン液体の開発に取り組む学生。約1週間かけて合成し、不純物を取り除いた上で、その物性を評価する

にも、採択率5・8%という狭き門を突破して採択された。
大型の研究資金を得た児玉准教授がまず着手したのは、新しい実験装置の開発だ。「高圧装置の神様」とよばれる著名なエンジニアに協力を仰ぎ、およそ2年間にわたる試行錯誤の末、イオン液体の粘度・密度・溶解度を同時に計測できる装置を完成させた。

環境活用が十分に検討されておらず、研究の余地は大いに残されているのだ。
また、児玉准教授は、イオン液体に関する研究成果を海外へ輸出することも視野に入れている。火力発電所や工場から排出される二酸化炭素を回収する技術は、省エネ化が進んでいる日本よりもむしろ中東や東南アジアでニーズが高いくからだ。
すでに欧州の大学と共同研究を行う計画も持ち上がっている。その第一歩として、来年度博士後期課程の大学院生を現地に派遣する予定だという。



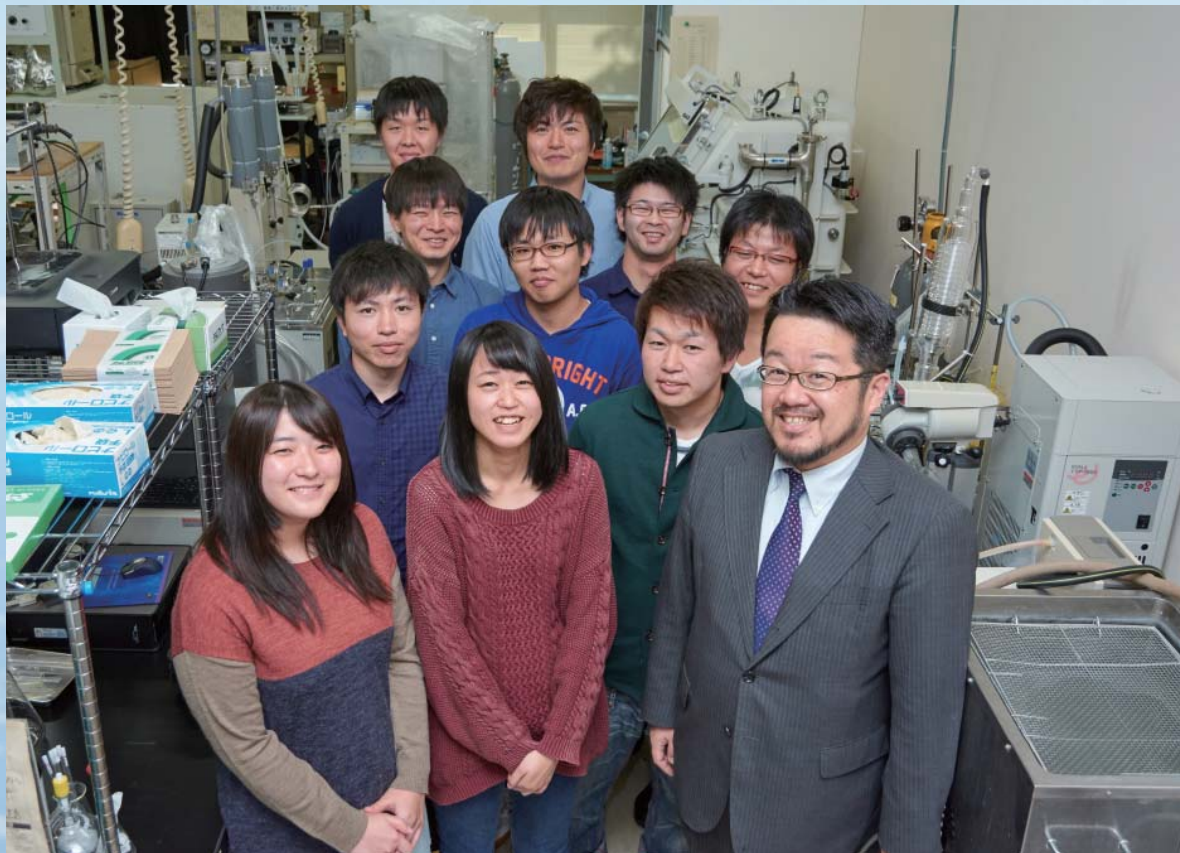
高圧熱量測定装置。イオン液体が二酸化炭素を吸収した際、発熱するかどうかを測定する装置。工場からの排ガスと同じような条件下で実験ができる

装置の開発と並行して、新しい溶媒の創出にも取り組んだ。研究室で合成するイオン液体は、市販品に比べれば安価ではあるものの、大量に使うにはまだまだコスト面に難がある。また、イオン液体は粘度が高く、二酸化炭素と混ぜ合わせるには相当な力と時間を要するため、サラサラに改良しなければ実用には適さない。
そこで児玉准教授は、短期的な解決策として、イオン液体に類似した性質を持つ吸収液を開発。それまでイオン液体の合成は、主に学部生や大学院生が担ってきたが、研究費で専属のポスドクを雇用できるようになったことで、短期間で成果を上げることができた。

装置の開発と並行して、新しい溶媒の創出にも取り組んだ。研究室で合成するイオン液体は、市販品に比べれば安価ではあるものの、大量に使うにはまだまだコスト面に難がある。また、イオン液体は粘度が高く、二酸化炭素と混ぜ合わせるには相当な力と時間を要するため、サラサラに改良しなければ実用には適さない。
そこで児玉准教授は、短期的な解決策として、イオン液体に類似した性質を持つ吸収液を開発。それまでイオン液体の合成は、主に学部生や大学院生が担ってきたが、研究費で専属のポスドクを雇用できるようになったことで、短期間で成果を上げることができた。

**国内外の研究機関と連携し
研究成果の実用化を目指す**

当面の目標は、イオン液体で二酸化炭素を吸収・分離する技術の確立だが、児玉准教授はさらにその先も見据えている。取り出した二酸化炭素を廃棄物として処理するのではなく、それを出発原料として化学品・化学品に置き換える道を探っているのだ。
「二酸化炭素は悪者のように思われがちですが、使い方次第では人々の生活を豊かにする資源にもなります。例えば地元・福島県のトマ



児玉准教授と研究室に所属する学生、大学院生メンバー。学会などでの研究・論文発表も積極的に行っており、メンバーの中には学生優秀論文賞などの受賞経験者も

そうした日本にはないノウハウを学ぶとともに、新しい溶媒づくりなどにも参画することで、いろいろな視点やアイデアを持ち帰ってほしいと期待しています」
このように、学外の研究機関や研究者と積極

児玉大輔(こだま・だいすけ)
工学部准教授。日本大学大学院工学研究科工業化学専攻博士前期課程修了。(株)朝日ラー研究員、工学部助手、同専任講師などを経て現職。産業技術総合研究所客員研究員

ト農家では、トマトの発育を促進するためにニールハウスの中に二酸化炭素を吹き込んでいます。あるいは、コーヒーからカフェインの抽出や、ジンジャーエールのショウガエキスを抽出するといった食品加工の工程でも、二酸化炭素が必要になります」
ところが、そうした場で使われる二酸化炭素は輸人品が多い。日本ではまだ二酸化炭素の循



研究室で合成されたイオン液体試料。二酸化炭素の溶解度や粘度などを測定し、最終的な評価を行う

的に連携を図るのが児玉准教授の研究スタイル。将来的には、そのネットワークを生かして大規模な実証実験を行い、イオン液体を利用した二酸化炭素物理吸収プロセスを実用化したいと考えだ。