

環境蓄積物質の 回収，変換，機能化方法

日本大学 理工学部 物質応用化学科
教授 梅垣 哲士

2022年12月20日

新技術の特徴・従来技術との比較

特徴

精密に空間構造制御された多孔質材料空間内で二酸化炭素など環境に蓄積される物質を還元性化合物とともに回収し、化学変換するとともに、その結果得られる複合材料を機能性材料としてそのまま活用する。

本技術では環境蓄積物質の有効活用に資する新奇な材料システムとして応用が期待できる。

従来技術との比較

二酸化炭素などの環境に蓄積されている物質の有効活用法として、還元性化合物との反応で有用化合物を変換する方法があるが、高温、高压条件など消費エネルギーが大きいプロセスとなる。

本技術では多孔質材料空間で尿素の低温合成が可能である上、その結果得られる複合材料を機能性材料として活用できる。

背景 -環境に排出される含酸素化合物-

我々の生活

燃料や食料などの物質を消費する

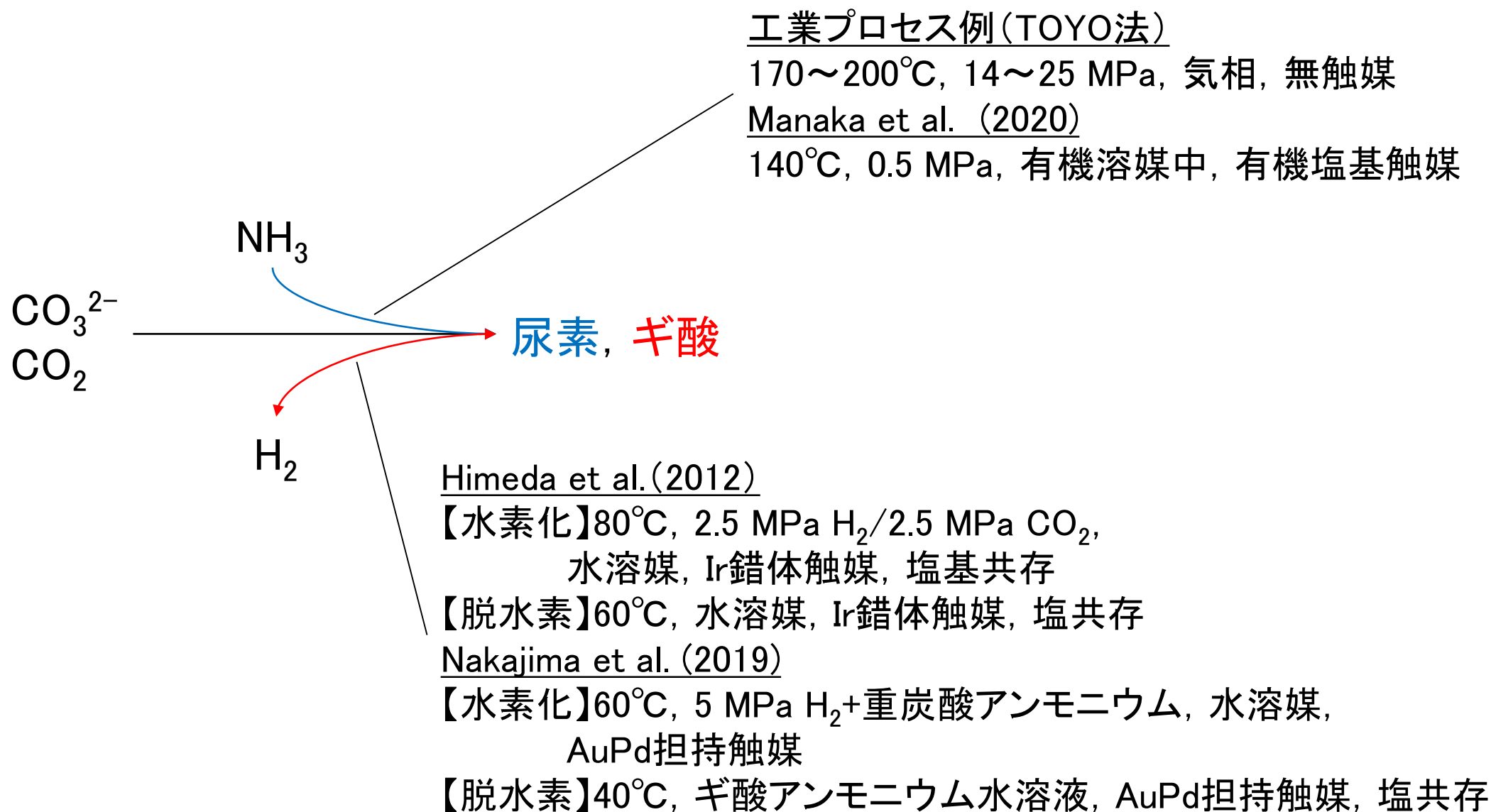
→酸素が豊富な地球では、二酸化炭素や水など酸素を含む安定な化合物を排出
↳光合成などのプロセスにより生態系で循環利用

* 産業革命以降

物質消費が加速度的に増大→排出過多になり、環境中に蓄積される物質が存在
↳環境負荷を与える物質もあり
例) 二酸化炭素 温室効果

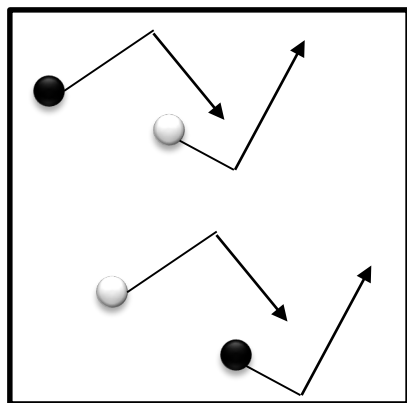
※有効活用法 還元性化合物による有用化合物への化学変換

背景 -環境蓄積物質を活用するプロセス-

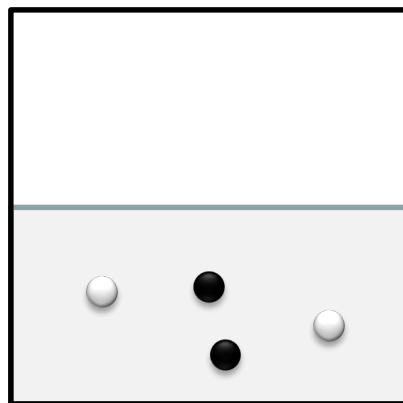


従来技術とその問題点

気相反応

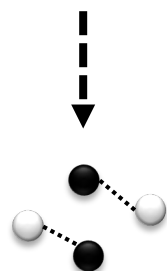


液相反応



本来反応を誘起する分子間結合が
形成されにくい
⇒高温高圧条件を要する
(エネルギー消費が大きいプロセス)

- ・分子の運動性が高い
- ・溶媒分子が結合，介在する
- ・反応分子の密度が低い
- ・反応分子の密度が低い

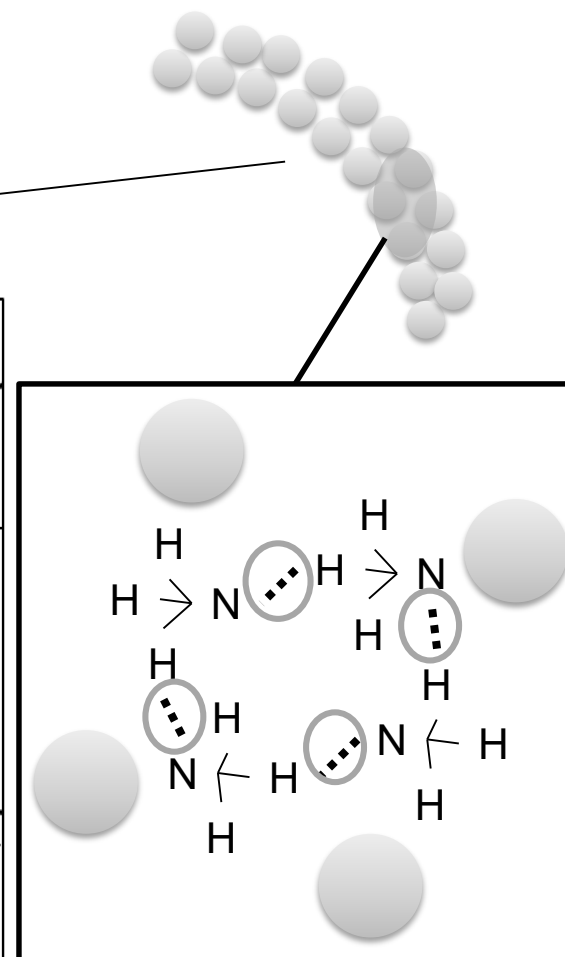
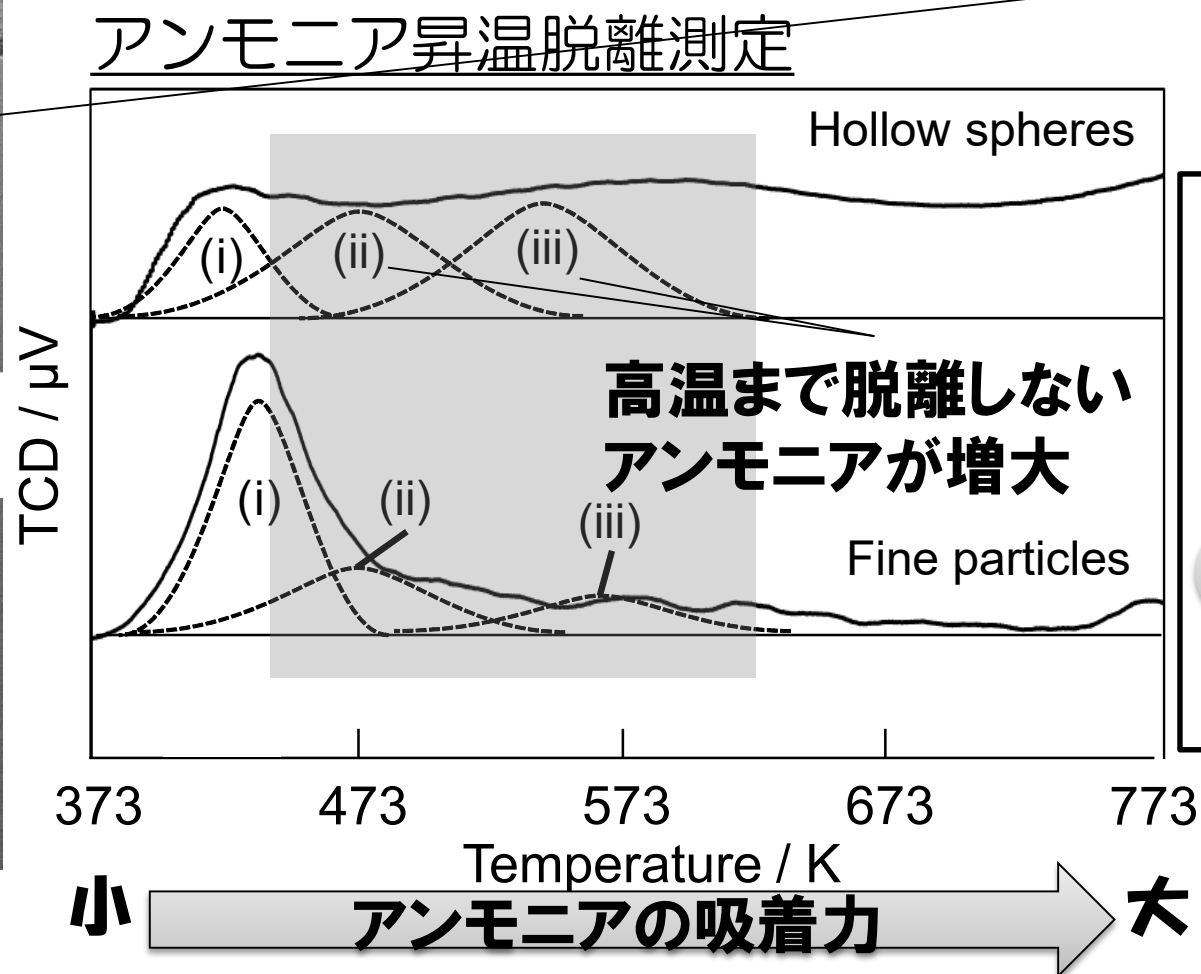
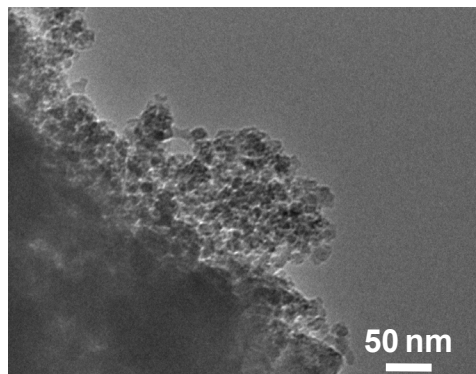
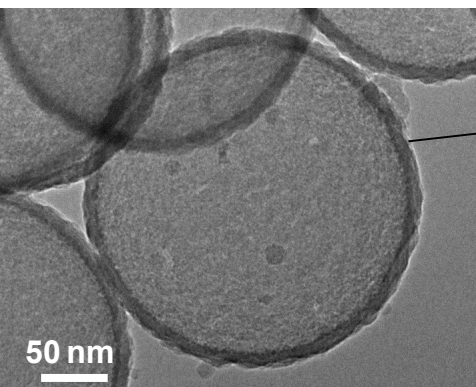


(分子間結合の効率的形成のために)

反応に関与する分子を密度を自在に制御するには？

多孔質材料内の空間の活用

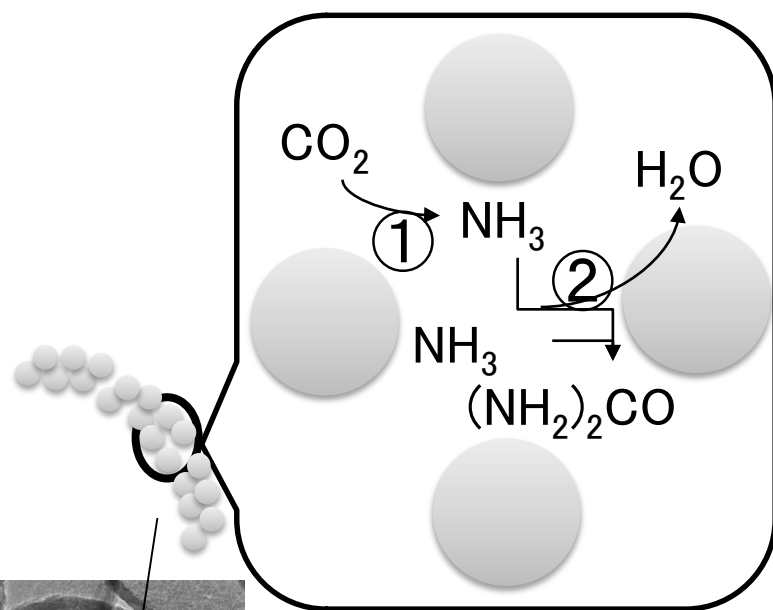
球状中空材料のナノ空隙で分子が高密度化
→特異的な分子間結合(水素結合)が形成



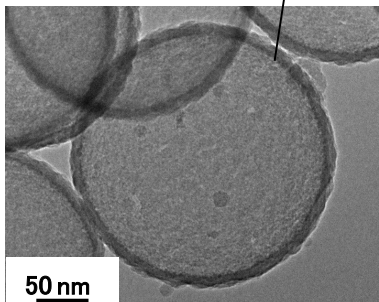
本発明

多孔質材料の微細空間を活用した分子密度制御

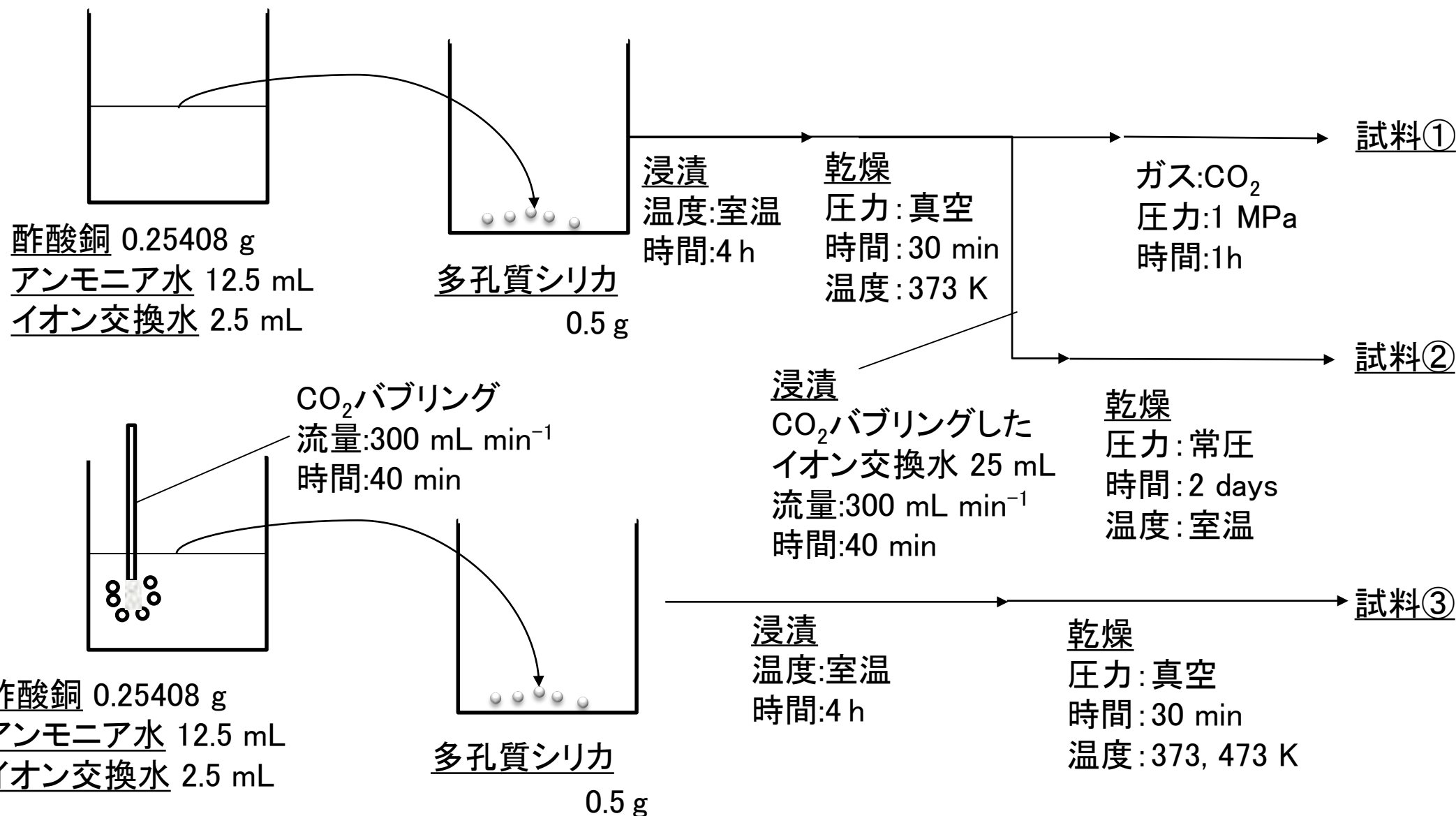
⇒分子間結合の効率的形成と生成効率の向上



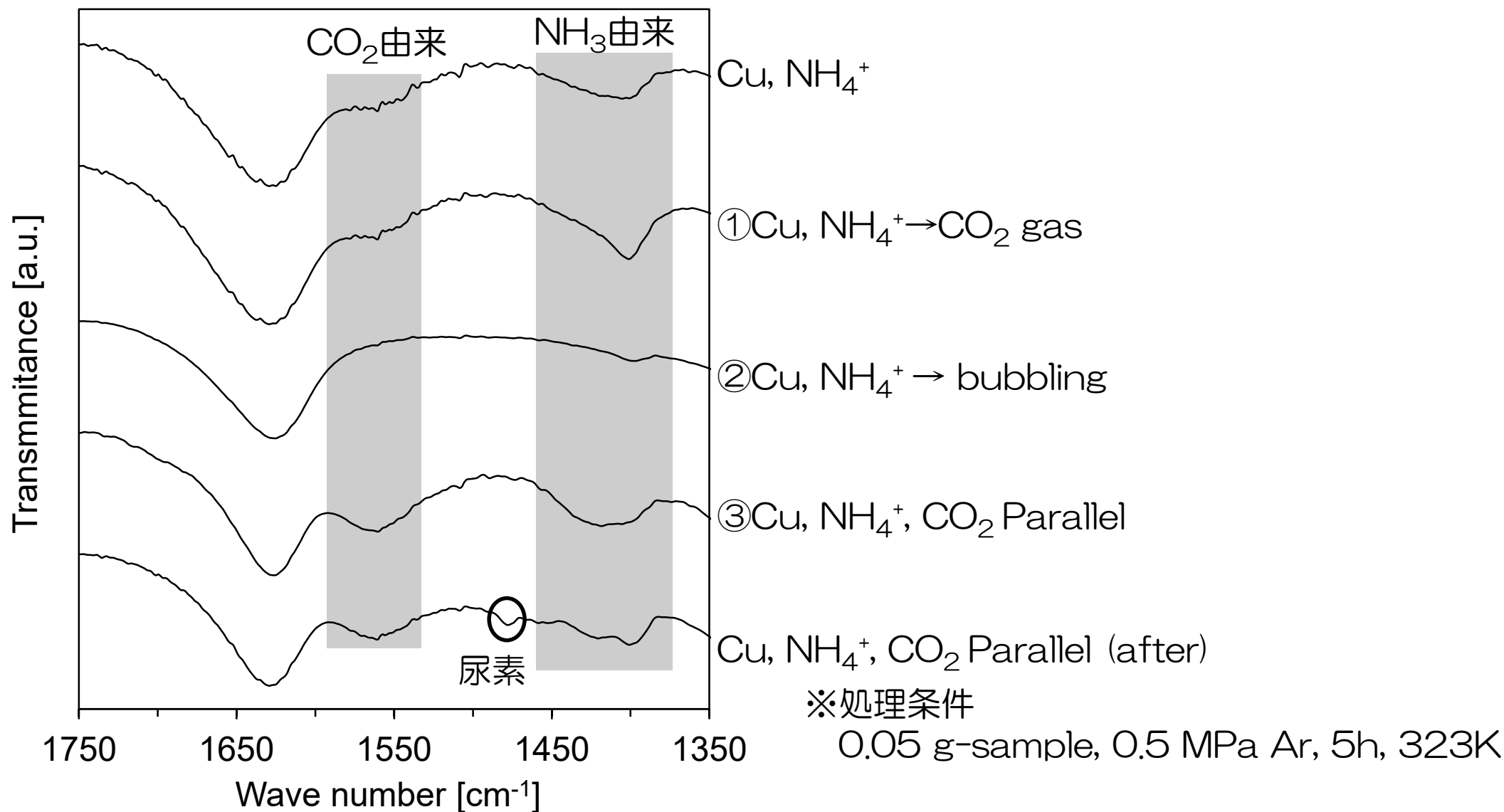
- ①二酸化炭素およびアンモニアの固定化, 回収
- ②ナノ空隙構造を制御した多孔質球状中空シリカ内での二酸化炭素およびアンモニアからの尿素生成



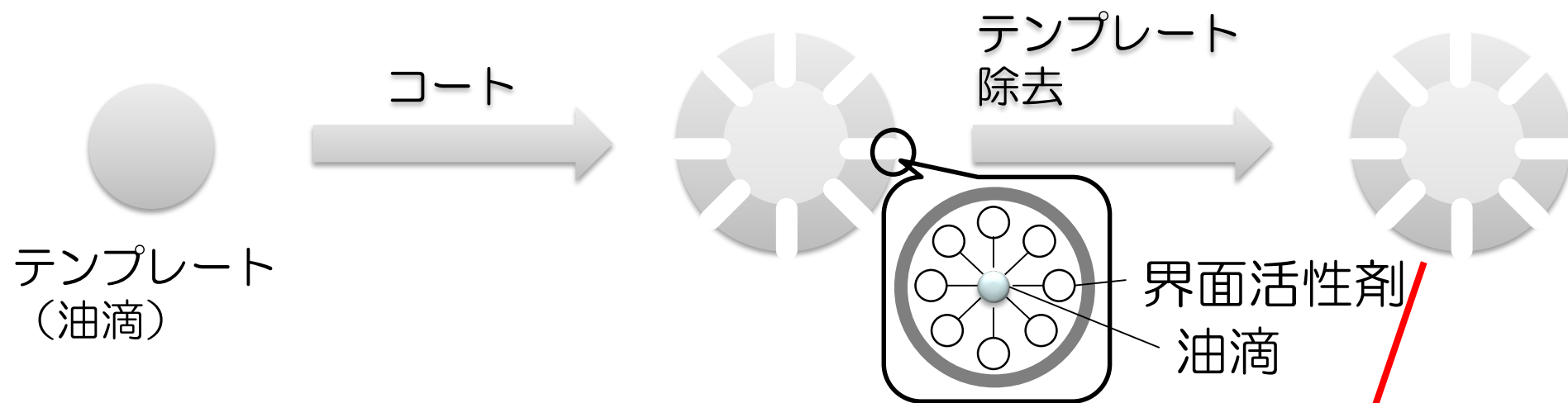
多孔質材料への回収方法



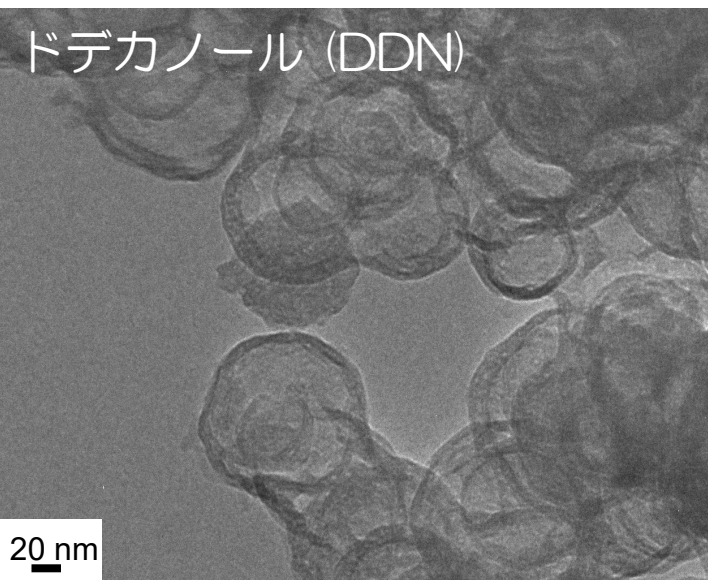
各種処理法による回収化学種の違い



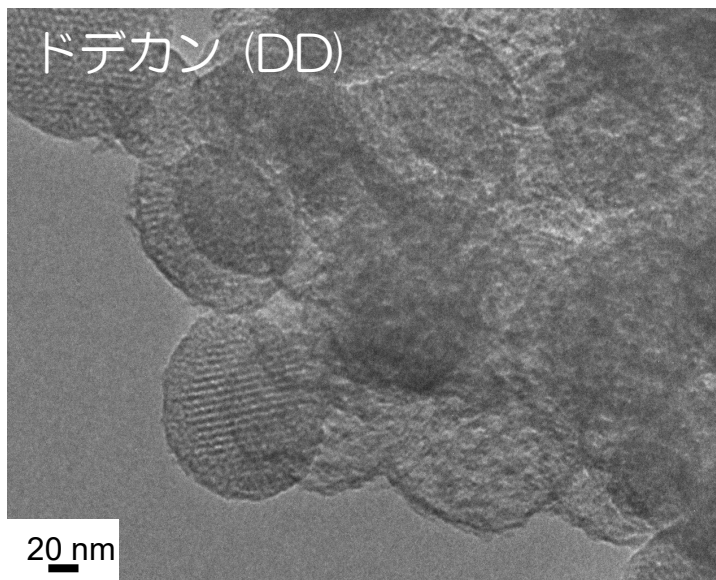
ホスト材料の形状の制御(1)



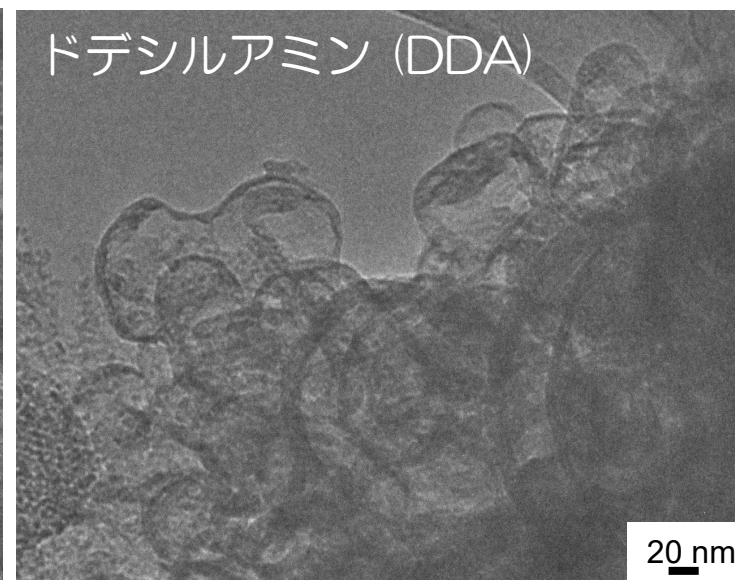
ドデカノール (DDN)



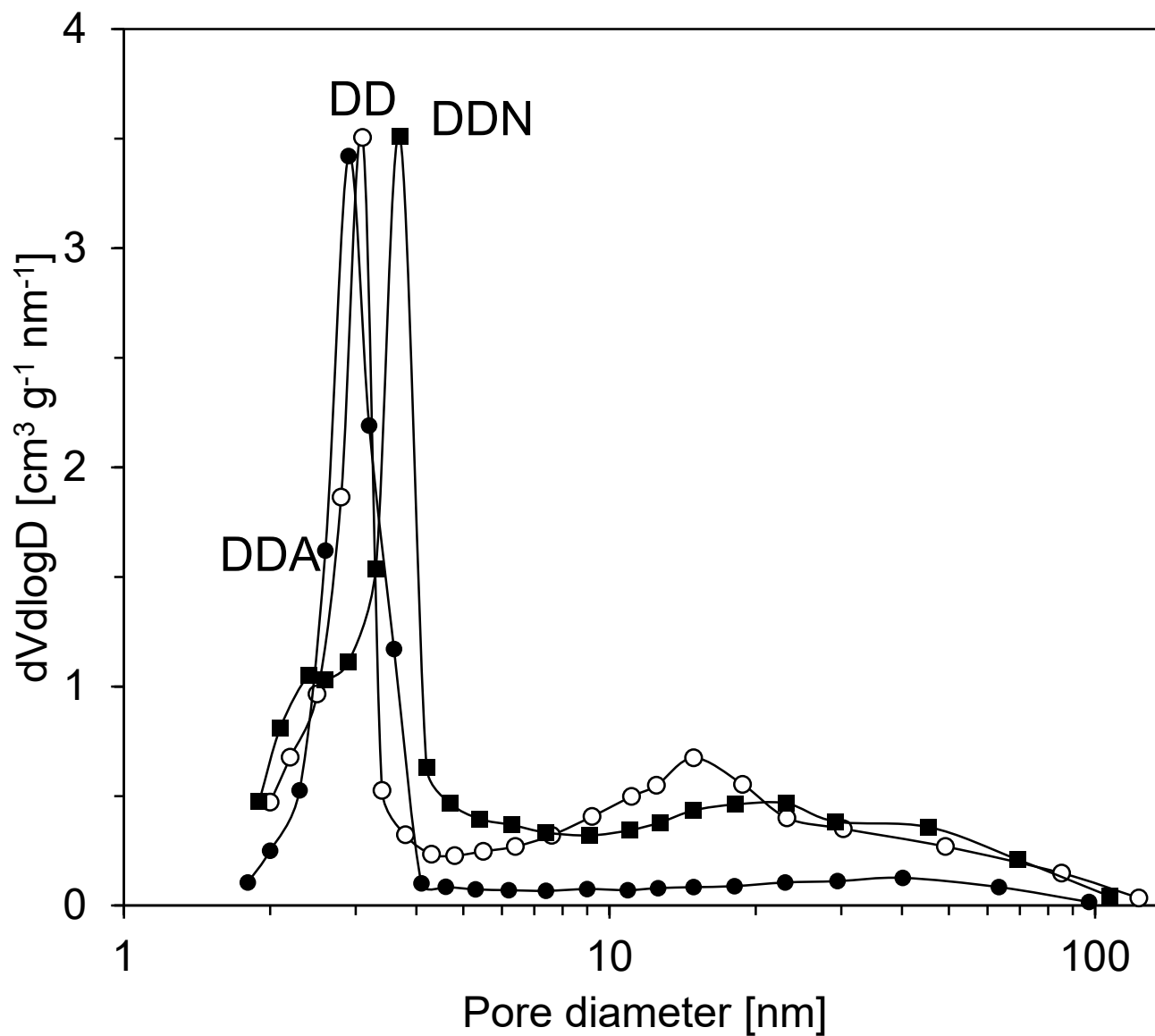
ドデカン (DD)



ドデシルアミン (DDA)



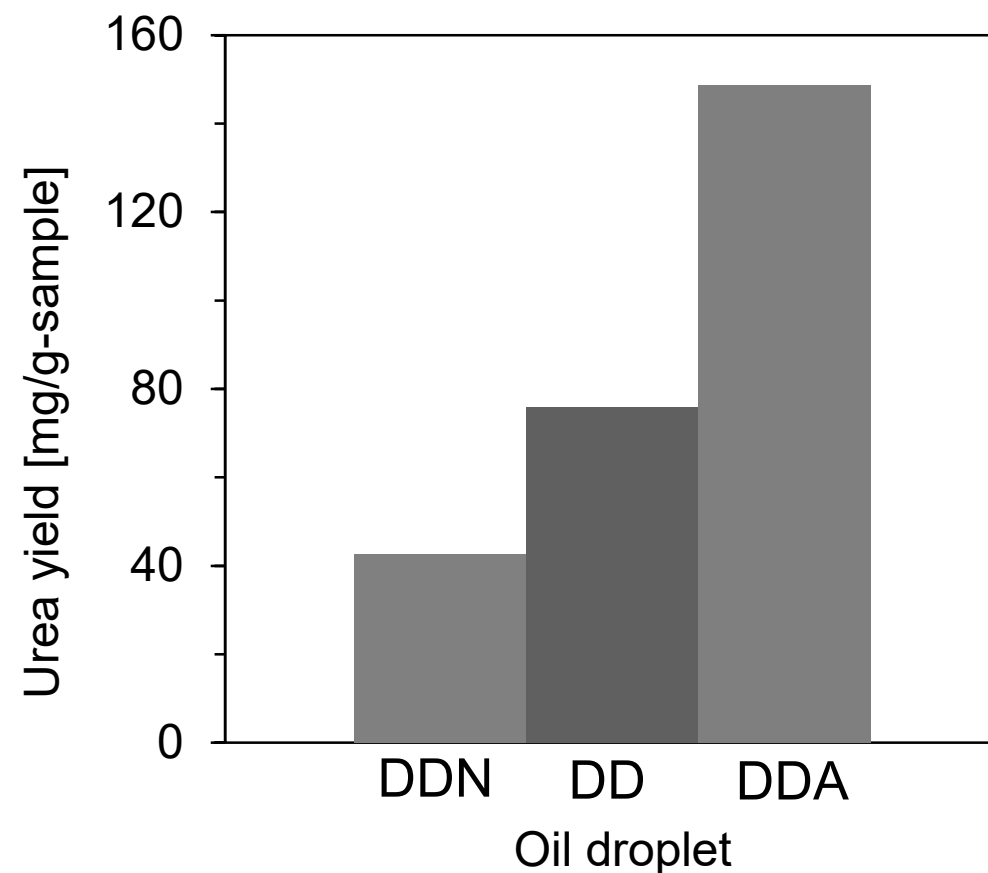
ホスト材料の形状の制御(2)



回収物質と尿素生成量の関係

変換前の内包成分に関する分析

Oil droplet	Ar ⁺ etching [min]	Cu [mol%]	Si [mol%]	N [mol%]
DDN	0	2.0	93.8	4.1
	5	0.6	94.6	4.8
	10	1.8	96.2	1.9
DD	0	1.1	93.4	5.5
	5	0.4	97.0	2.6
	10	0.9	90.6	8.5
DDA	0	1.4	87.8	10.7
	5	1.2	94.2	4.6
	10	1.2	87.7	11.1

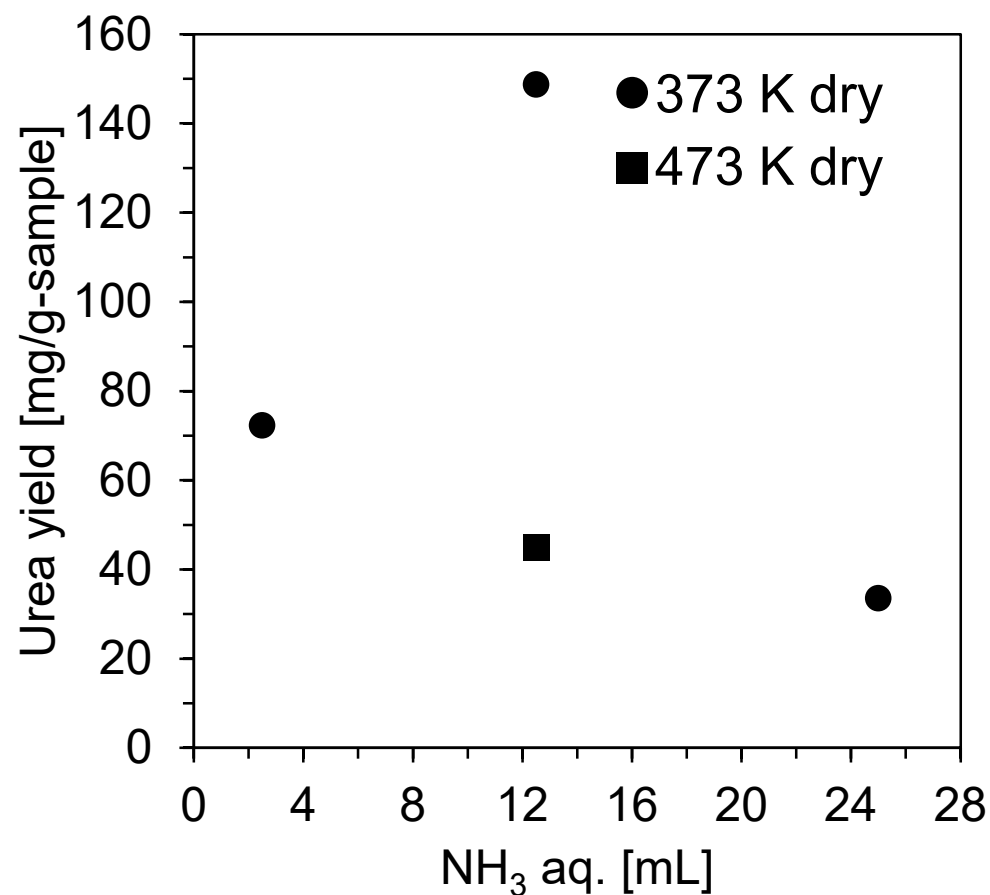


※処理条件

0.05 g-sample, 0.5 MPa Ar, 5h, 323K

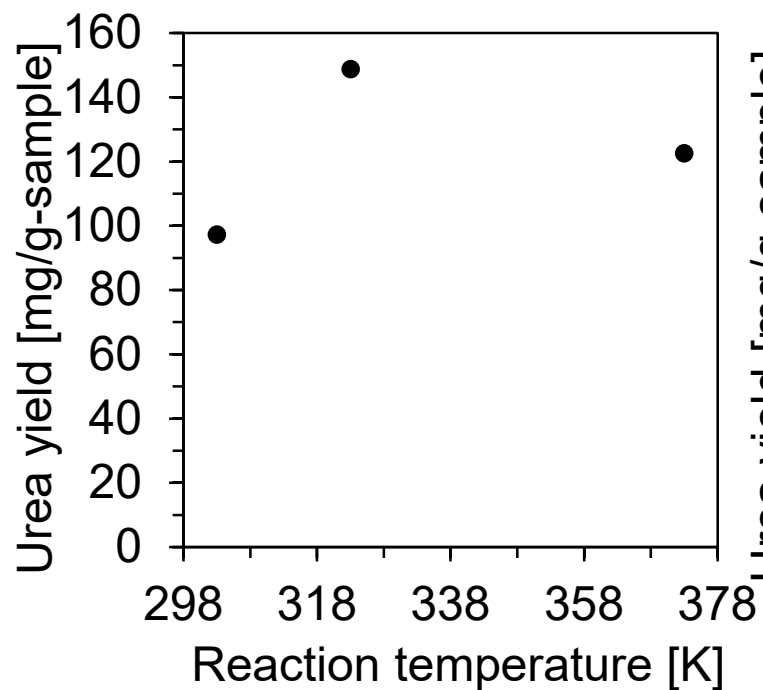
回収物質濃度の影響

NH ₃ [mL]	dry temp [K]	Ar ⁺ etching [min]	N [mol%]
2.5	373	0	6.1
		5	3.5
		10	6.9
12.5	373	0	10.7
		5	4.6
		10	11.1
	473	0	8.1
		5	6.5
		10	1.2
25	373	0	3.9
		5	7.8
		10	2.2

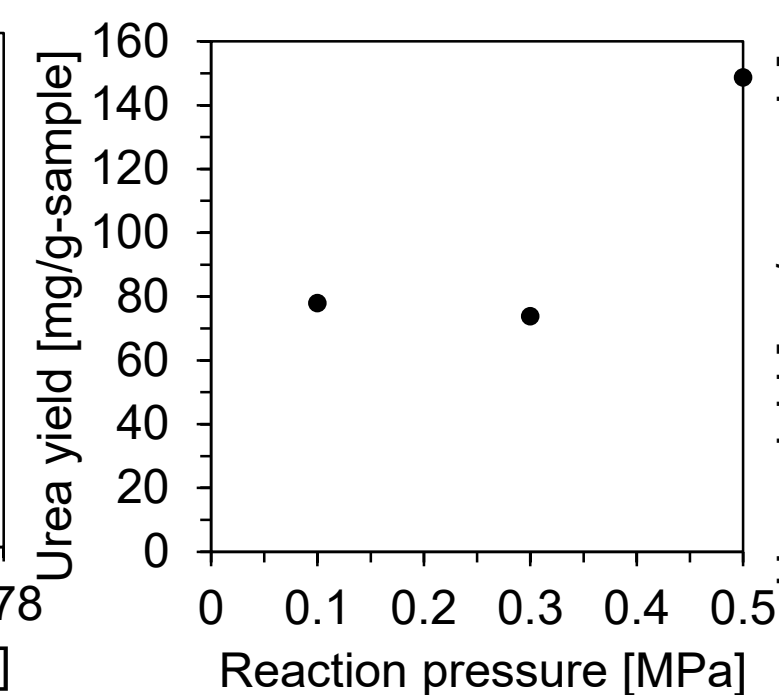


処理条件の影響

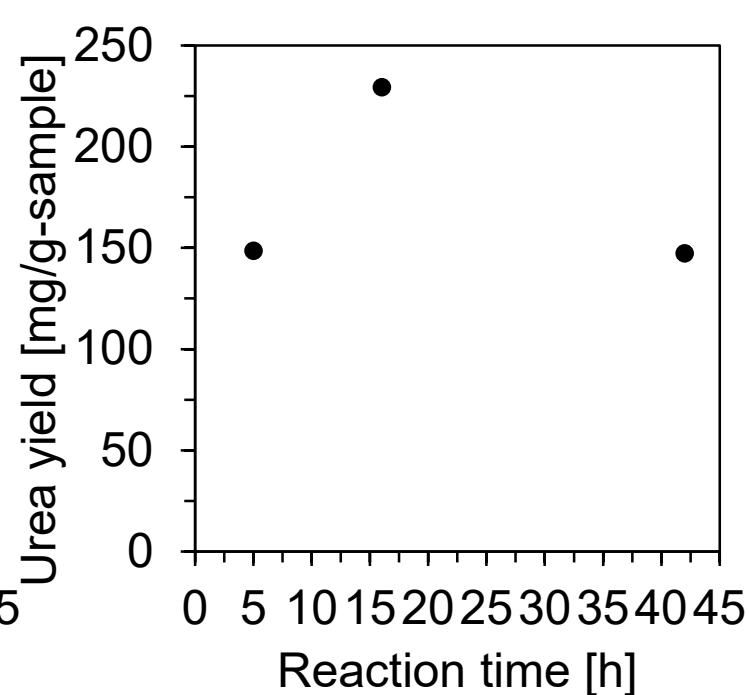
反応温度



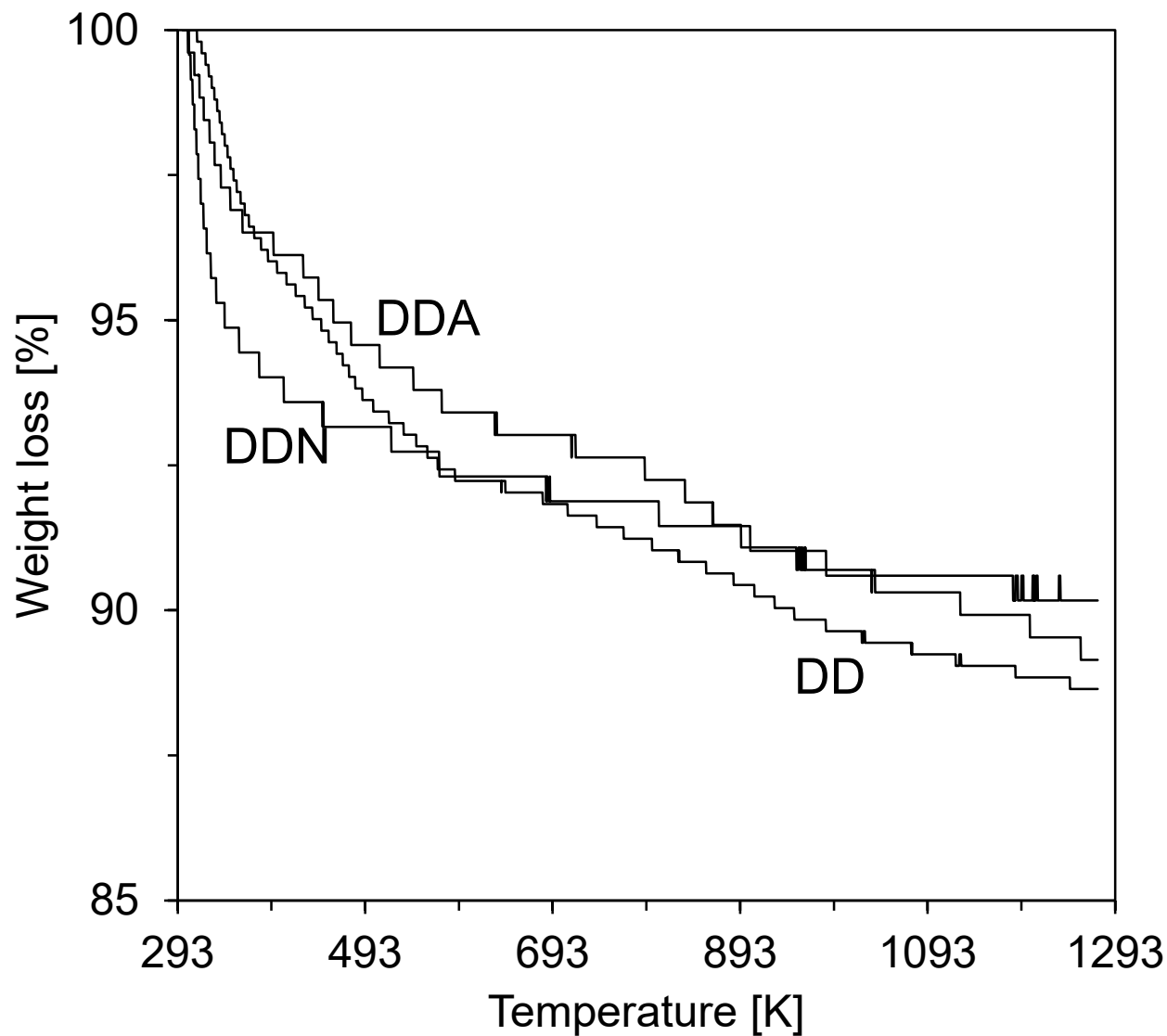
反応圧力



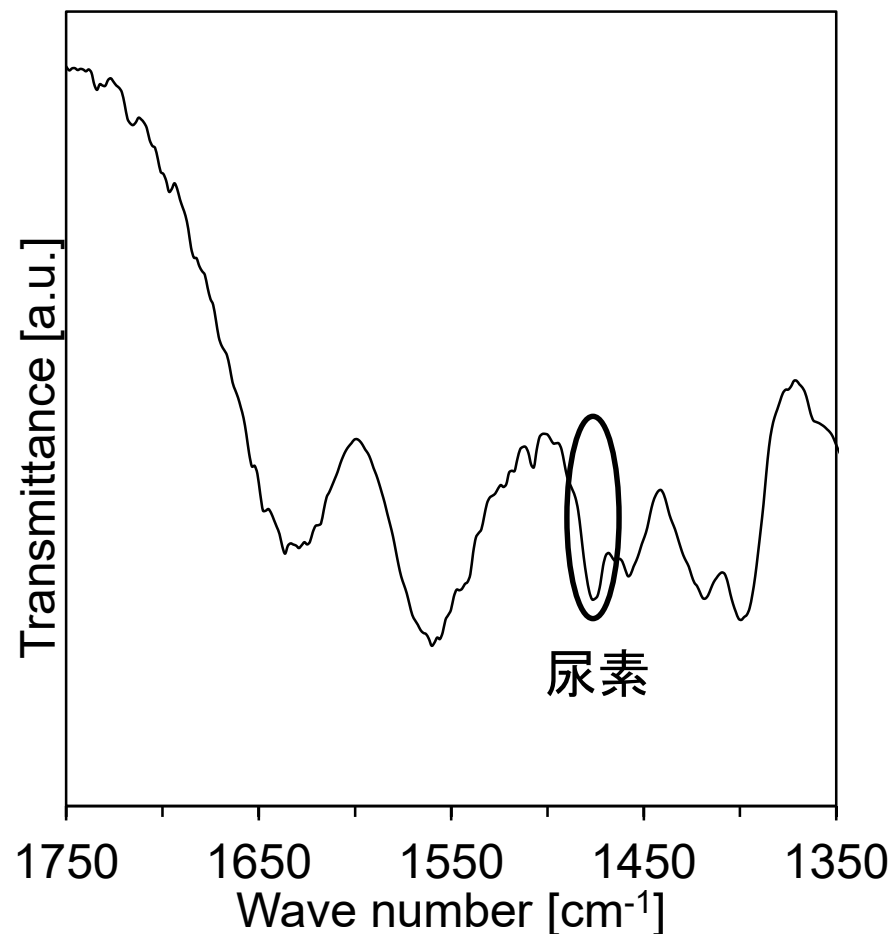
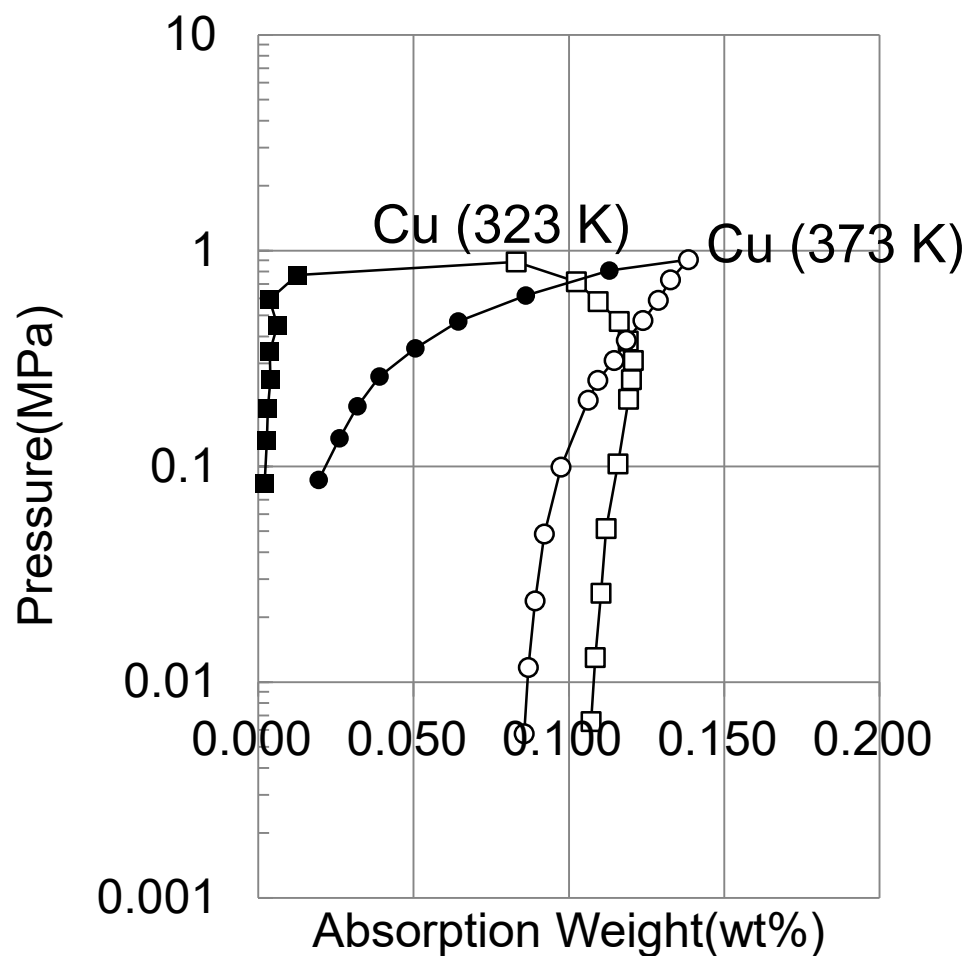
反応時間



処理後の試料の特徴(1)



処理後の試料の特徴(2)



前処理 : 0.1 g-sample, 1 MPa H₂, 373 K, 30 min
 反応条件 : 0.1 g-sample, 1 MPa H₂, 3h, 323, 373 K

想定される用途

処理後の試料がそのまま材料として活用できる可能性がある
生成率をコントロールすることで複合材料的な機能制御も可能である

※想定される用途

- 環境蓄積物質の回収と変換後の機能材料化

例) 窒素酸化物, リン酸化物など (廃水や排ガスを想定)

→ 徐放性肥料, 物理的エネルギー貯蔵材料, など

- ガス貯蔵

例) 水素, メタンなど → 化学的エネルギー貯蔵材料など

実用化に向けた課題

- 廃水，排気ガスからの回収にも適用可能か？
（どこからアンモニア，二酸化炭素を回収するか？）
→濃度，不純物量などどこまで実用条件での回収が可能か？
- 用途に応じた仕様にできるか？（建材？下水処理層？など）

企業への期待

- 環境蓄積物質を含む実廃水，実排ガスを想定したプロセス設計
- 生成物を含む複合材料の実用条件での適用
使用場所（住宅，農畜産施設，・・・）
それぞれの設置場所（外壁，床材，・・・） など
→それぞれの用途に応じた回収物質の調整

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称 : 尿素の合成方法、水素の貯蔵方法、
及び、シリカ粒子の製造方法
- ・ 出願番号 : 特願2022-124903
- ・ 出願人 : 日本大学
- ・ 発明者 : 梅垣 哲士、金子 剛大

お問い合わせ先

日本大学産官学連携知財センター

TEL 03-5275-8139

FAX 03-5275-8328

e-mail nubic@nihon-u.ac.jp