

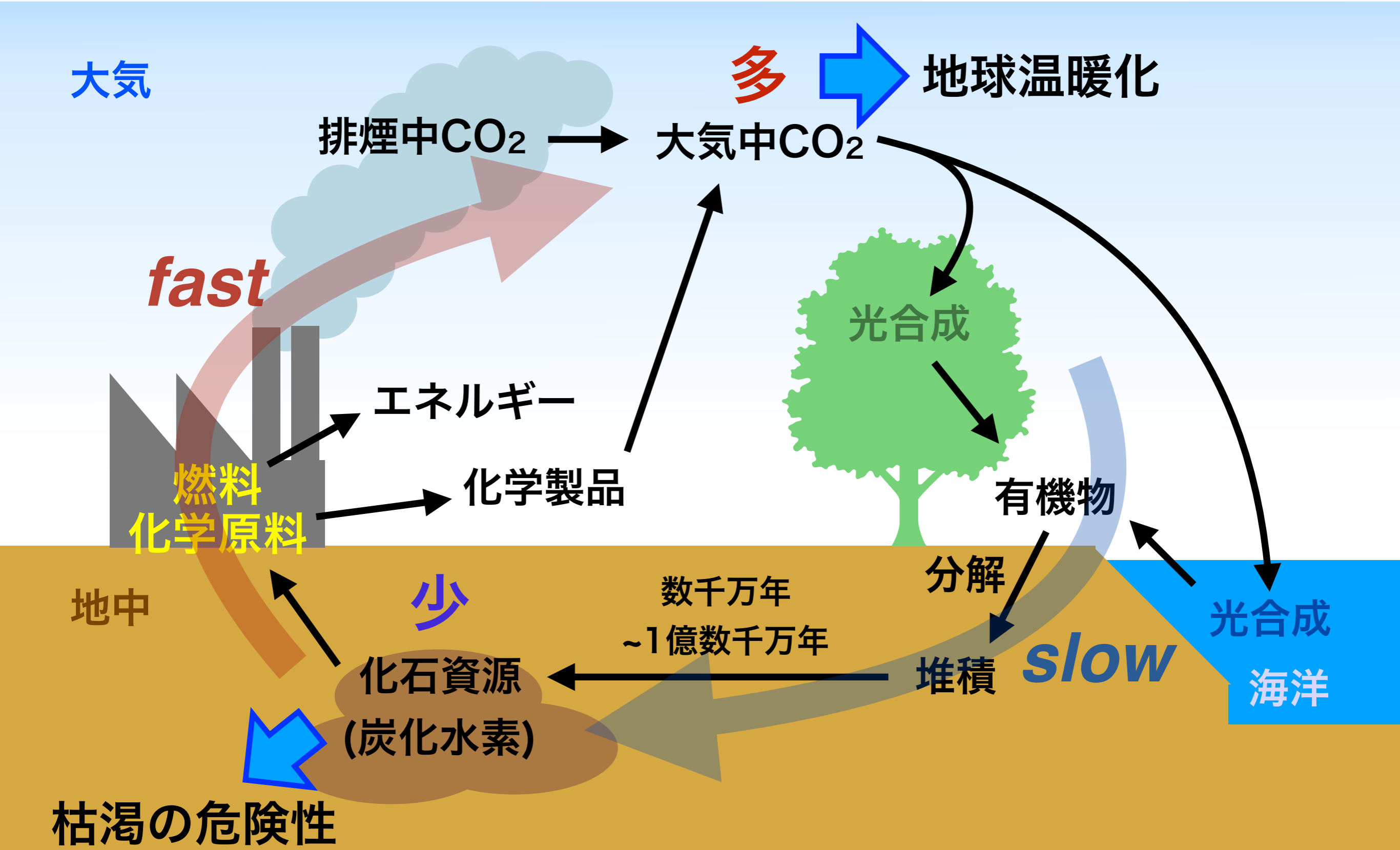
光によるCO₂ 回収・貯蔵・供給技術

東京理科大学 工学部 工業化学科

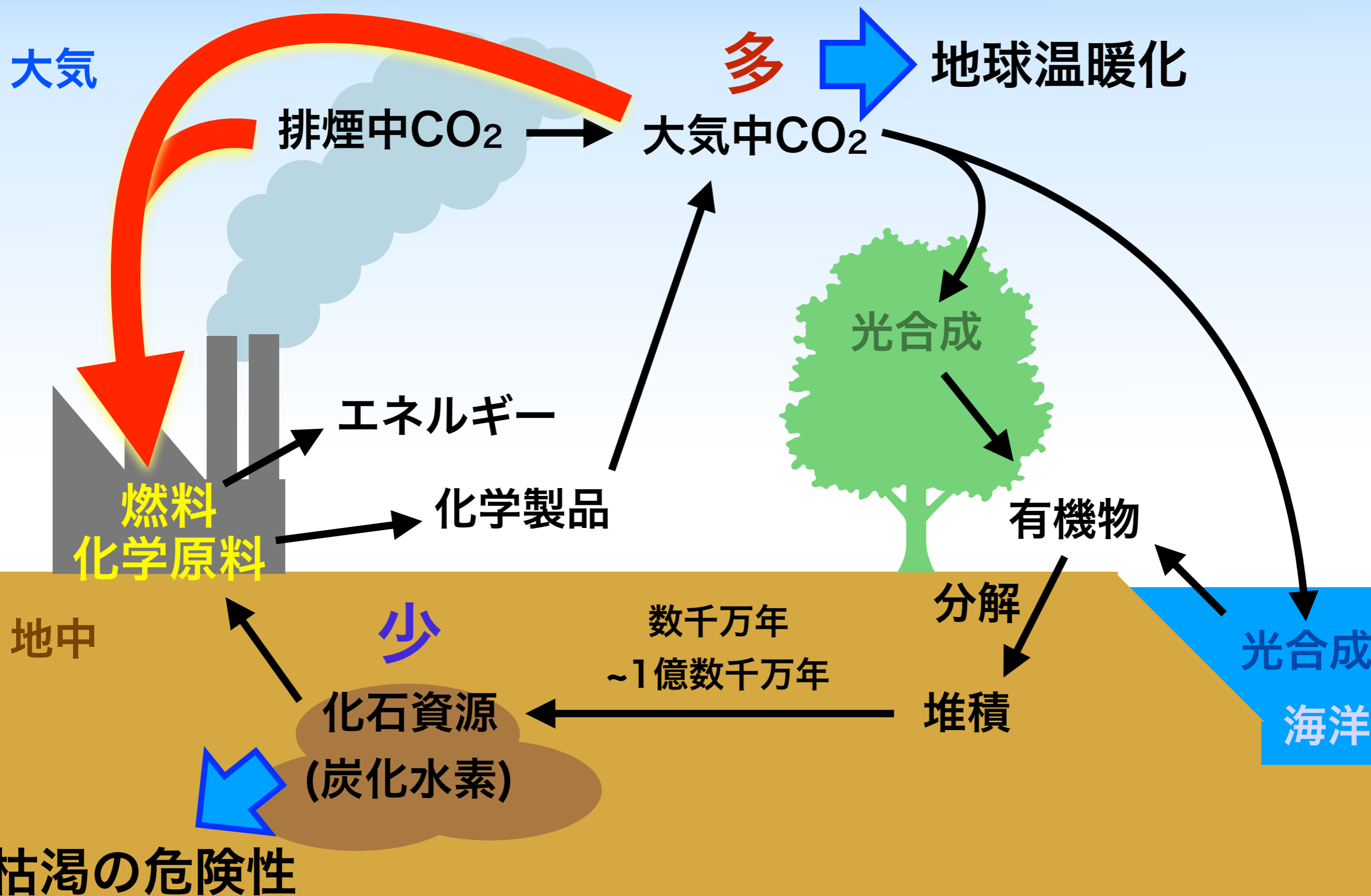
准教授 今堀 龍志

2019年10月31日

研究背景：炭素資源の循環



CO₂ Capture & Utilization (CCU)



CO₂ Capture & Utilization (CCU)

低CO₂プロセス化
が課題

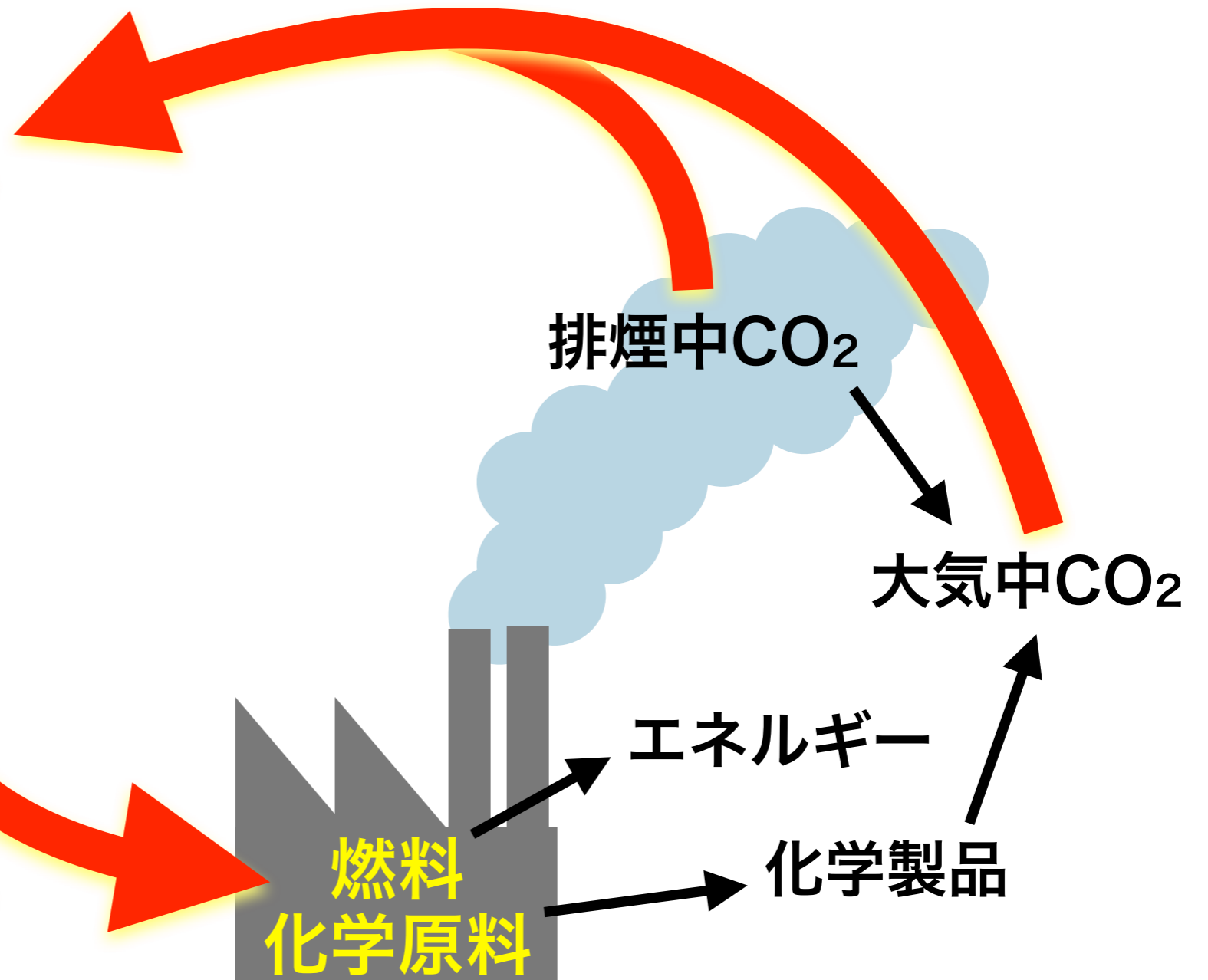
化学吸収法
物理吸収法
膜分離
物理吸着法

回収

供給

変換

光触媒・微生物
(低CO₂プロセス)



CO₂回収・供給技術

種類	化学吸収	物理吸収	膜分離	物理吸着
方法	CO ₂ と化学反応する (結合を形成する) ことで吸収	炭酸ガスを液体の 吸収剤に溶解する	膜でCO ₂ を分離	多孔質固体が物 理的にCO ₂ を 吸着
長所	<ul style="list-style-type: none"> 低濃度のCO₂ガス の吸収が可能 選択的なCO₂吸収 が可能 常圧ガスからの CO₂吸収が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 適用範囲が広い CO₂の放出に 熱が不要 	<ul style="list-style-type: none"> 装置が簡便、安価 CO₂放出に エネルギー不要 	高純度CO ₂ が 得られる
短所	CO ₂ の放出に 加熱が必要	<ul style="list-style-type: none"> 高圧条件でのCO₂吸収 CO₂の放出に減圧 or加熱条件が必要 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂選択性が低い 圧力制御が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 水分でCO₂吸着 が阻害される 熱制御or圧力 制御によって放出

参考：環境省 CCS技術動向調査 <https://www.env.go.jp/earth/ccs/attach/mat03.pdf>

用途ごとに使い分けられる

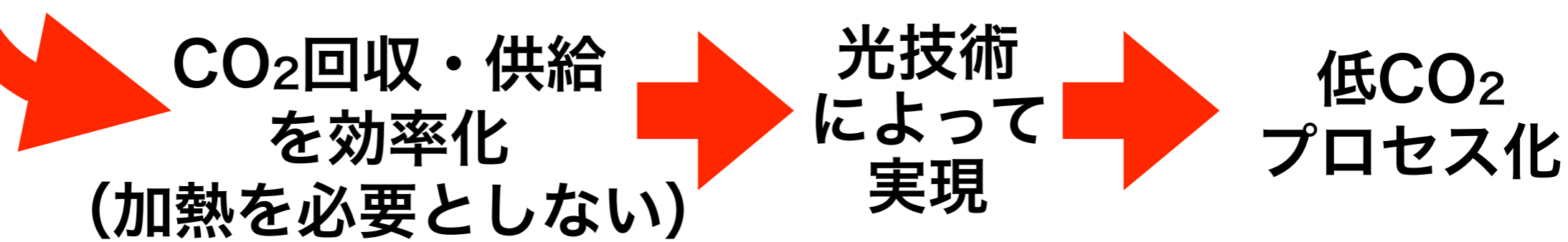
短所→エネルギー使用→間接的なCO₂排出→低CO₂プロセス化
が課題

新技術

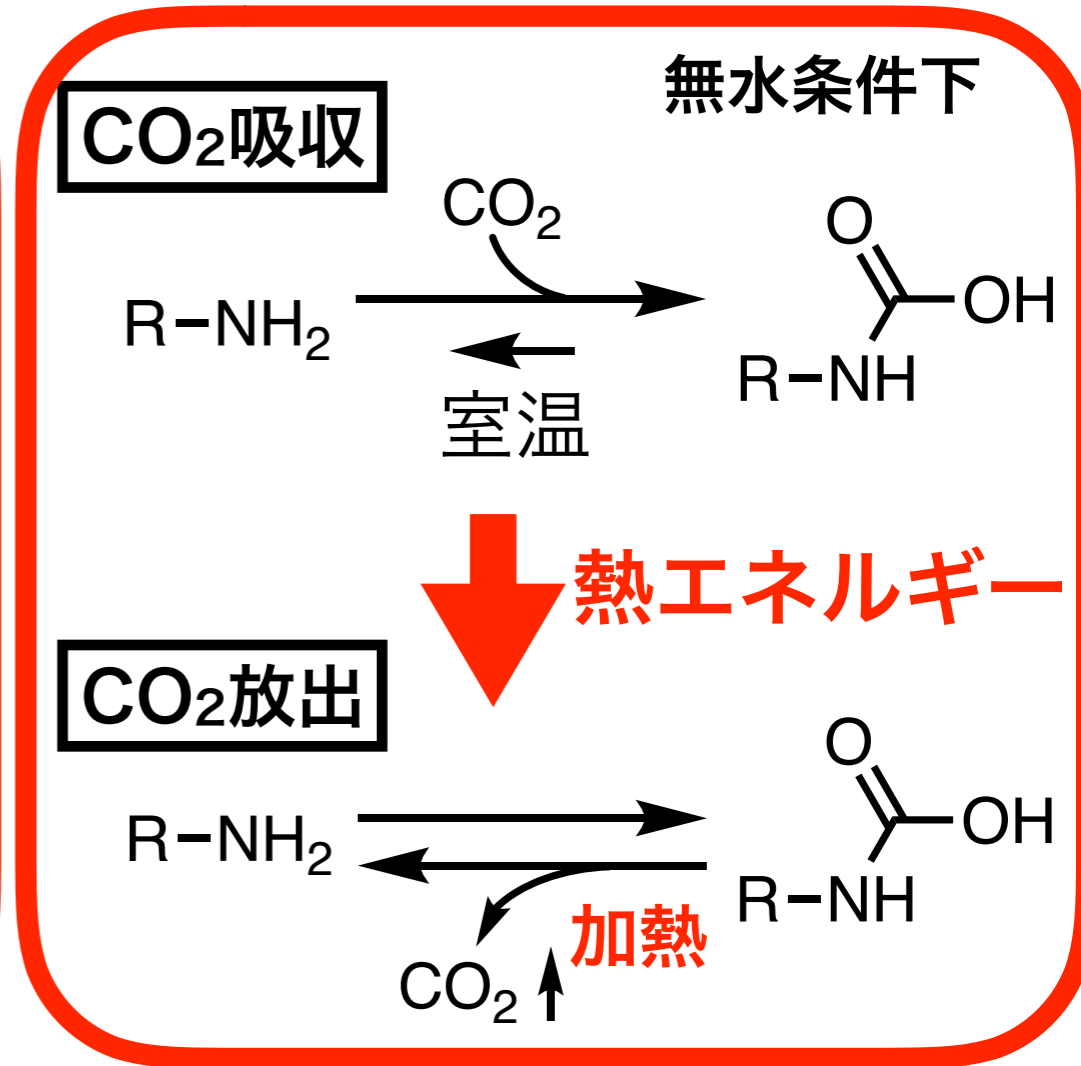
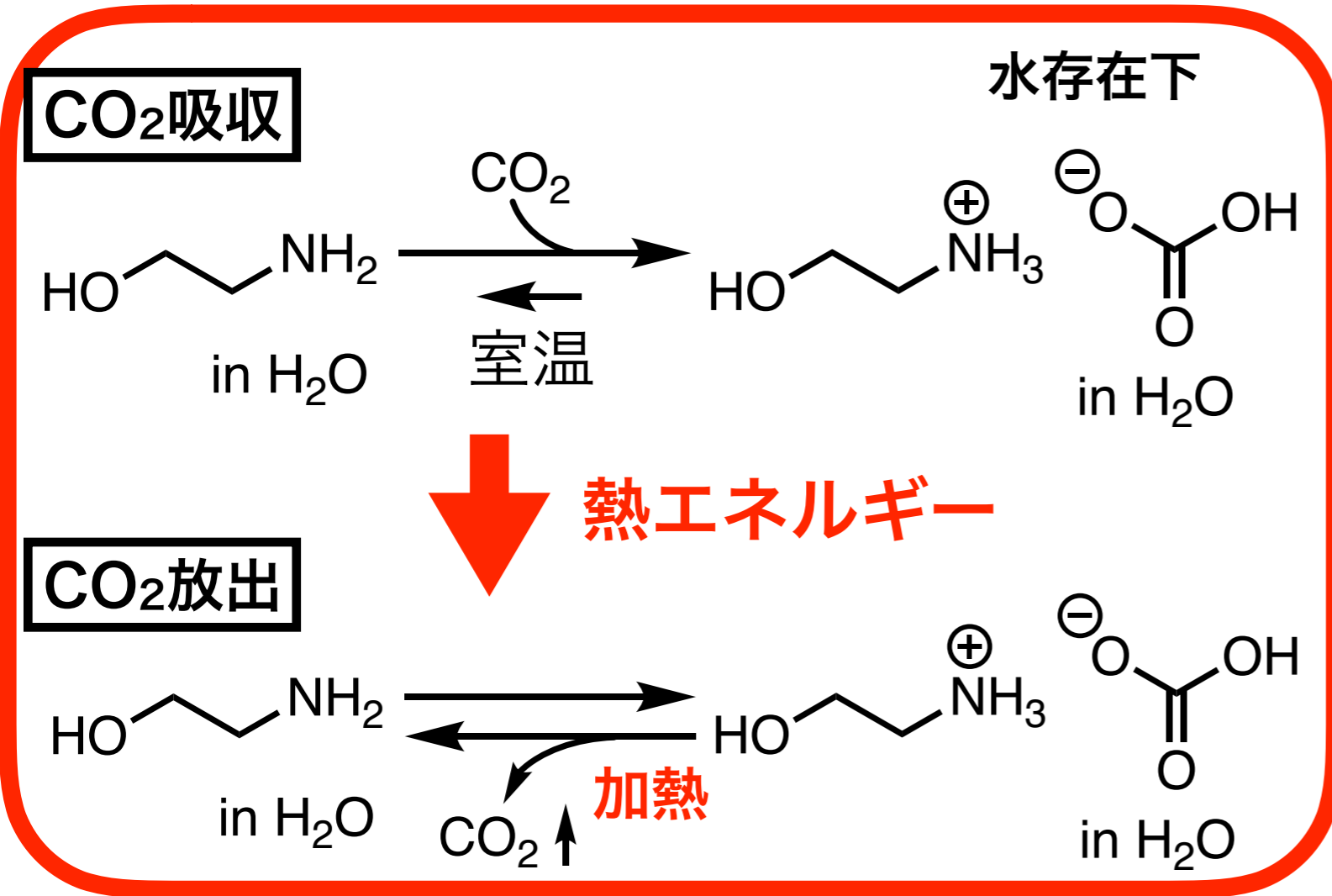
種類	化学吸収	物理吸収	膜分離	物理吸着
方法	CO ₂ と化学反応する (結合を形成する) ことで吸収	炭酸ガスを液体の 吸収剤に溶解する	膜でCO ₂ を分離	多孔質固体が物 理的にCO ₂ を 吸着
長所	<ul style="list-style-type: none"> 低濃度のCO₂ガス の吸収が可能 選択的なCO₂吸収 が可能 常圧ガスからの CO₂吸収が可能 	<ul style="list-style-type: none"> 適用範囲が広い CO₂の放出に 熱が不要 	<ul style="list-style-type: none"> 装置が簡便、安価 CO₂放出に エネルギー不要 	<ul style="list-style-type: none"> 高純度CO₂が 得られる
短所	CO ₂ の放出に 加熱が必要	<ul style="list-style-type: none"> 高圧条件でのCO₂吸収 CO₂の放出に減圧 or加熱条件が必要 	<ul style="list-style-type: none"> CO₂選択性が低い 圧力制御が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 水分でCO₂吸着 が阻害される 熱制御or圧力 制御によって放出

参考：環境省 CCS技術動向調査 <https://www.env.go.jp/earth/ccs/attach/mat03.pdf>

新技術



従来の化学吸収法とその課題



CO₂を放出するために**加熱**が必要

エネルギーを使用 → 間接的にCO₂を排出

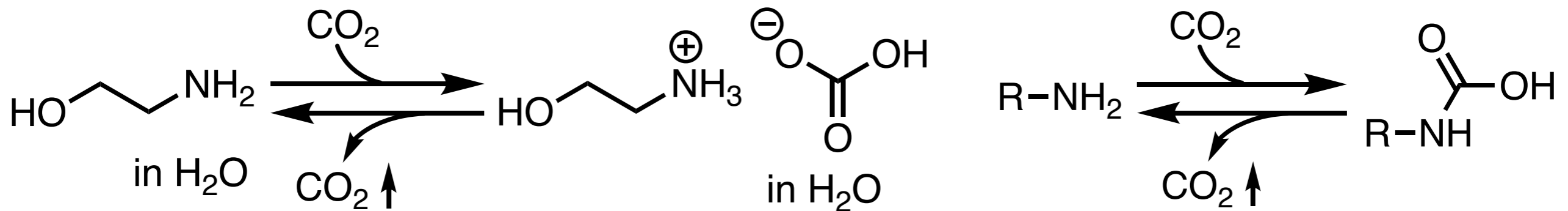
NG

既存法の問題点

化学吸収法の課題

→ エネルギーを用いずに、CO₂の吸収と放出の両方を効率的に実現する化学吸収法の開発が必要

既存法で実現できるのか??



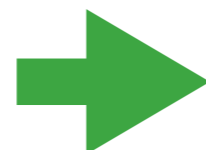
既存法はCO₂吸収とCO₂放出が逆反応

→ CO₂吸収能とCO₂放出能がtrade-offされてしまう

CO₂吸収能を向上させるとCO₂放出能低下

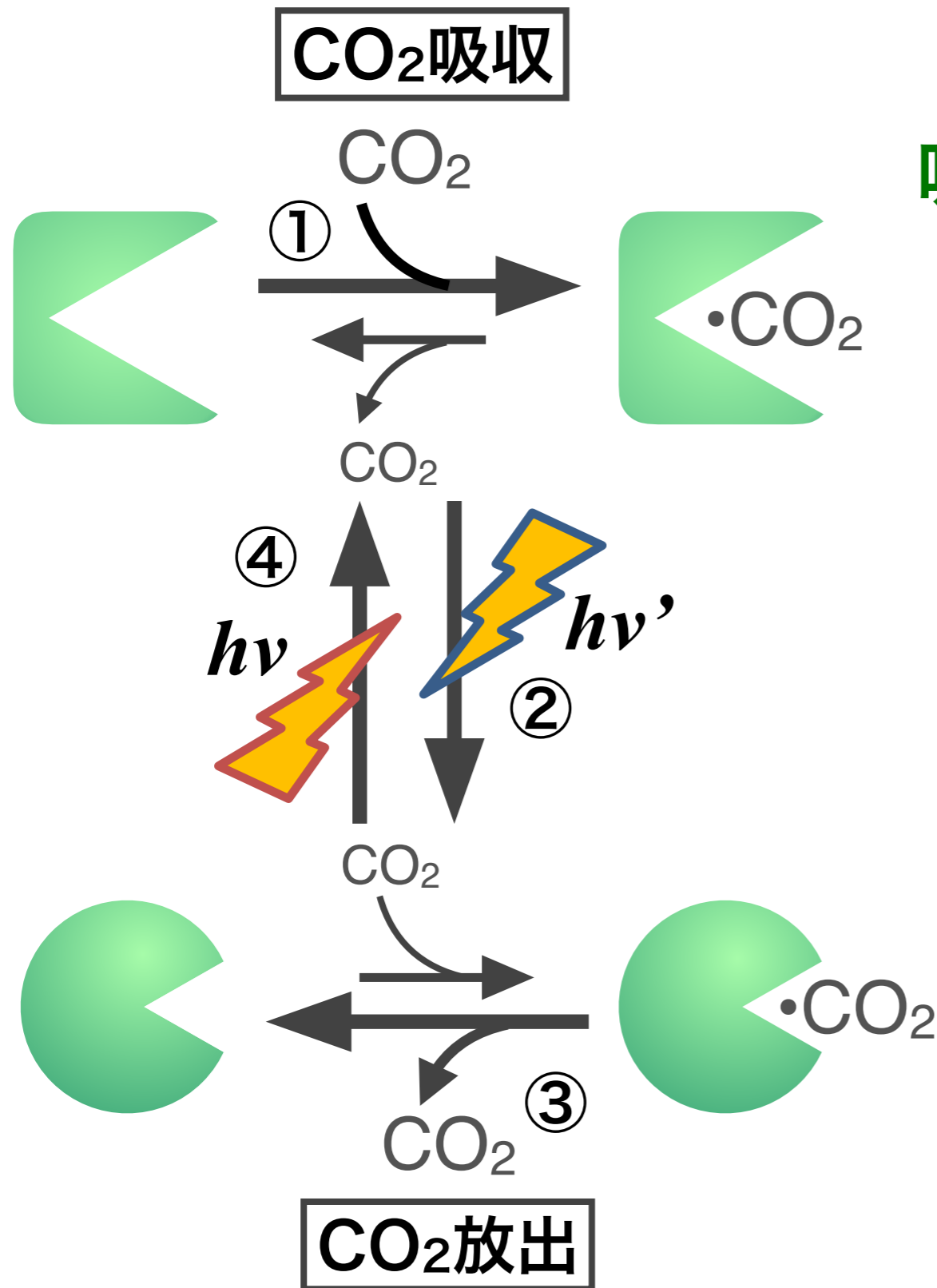
CO₂放出能を向上させるとCO₂吸収能低下

既存法では両立は困難



Breakthrough が必要!!

新技術の戦略



CO₂吸収と放出を
吸収剤の状態を変えて行わせる



: CO₂吸収に優れた状態



: CO₂放出に優れた状態

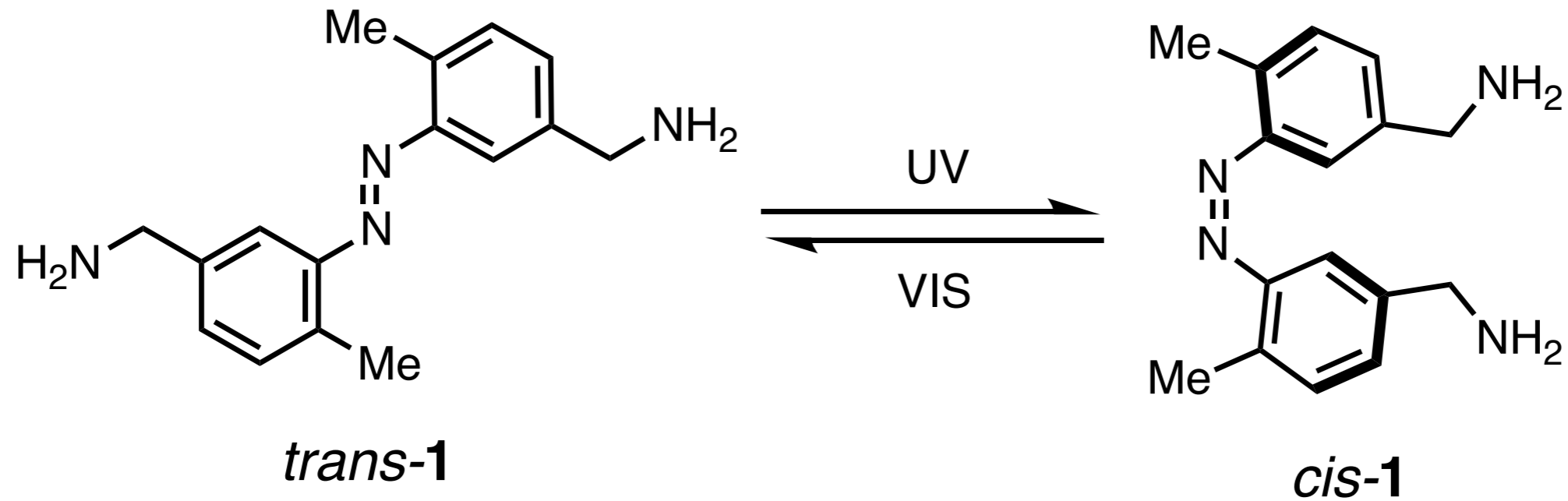
<CO₂吸収・放出サイクル>

- ① 吸収能が高い状態で円滑に吸収
- ② 構造変換 → CO₂過剰吸収状態
- ③ 吸収能が低い状態で円滑に放出
- ④ 構造変換 → CO₂吸収不足状態
(①にもどる)

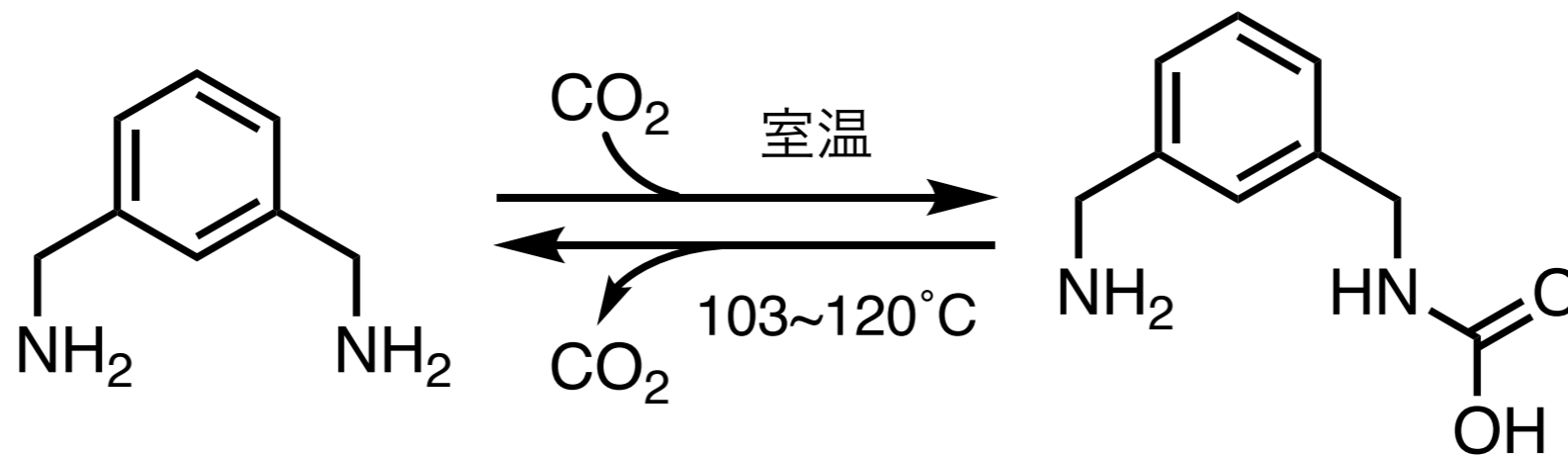


状態間のCO₂吸収能の差分を
繰り返し放出・吸収できると推定

光応答性CO₂吸収分子の設計



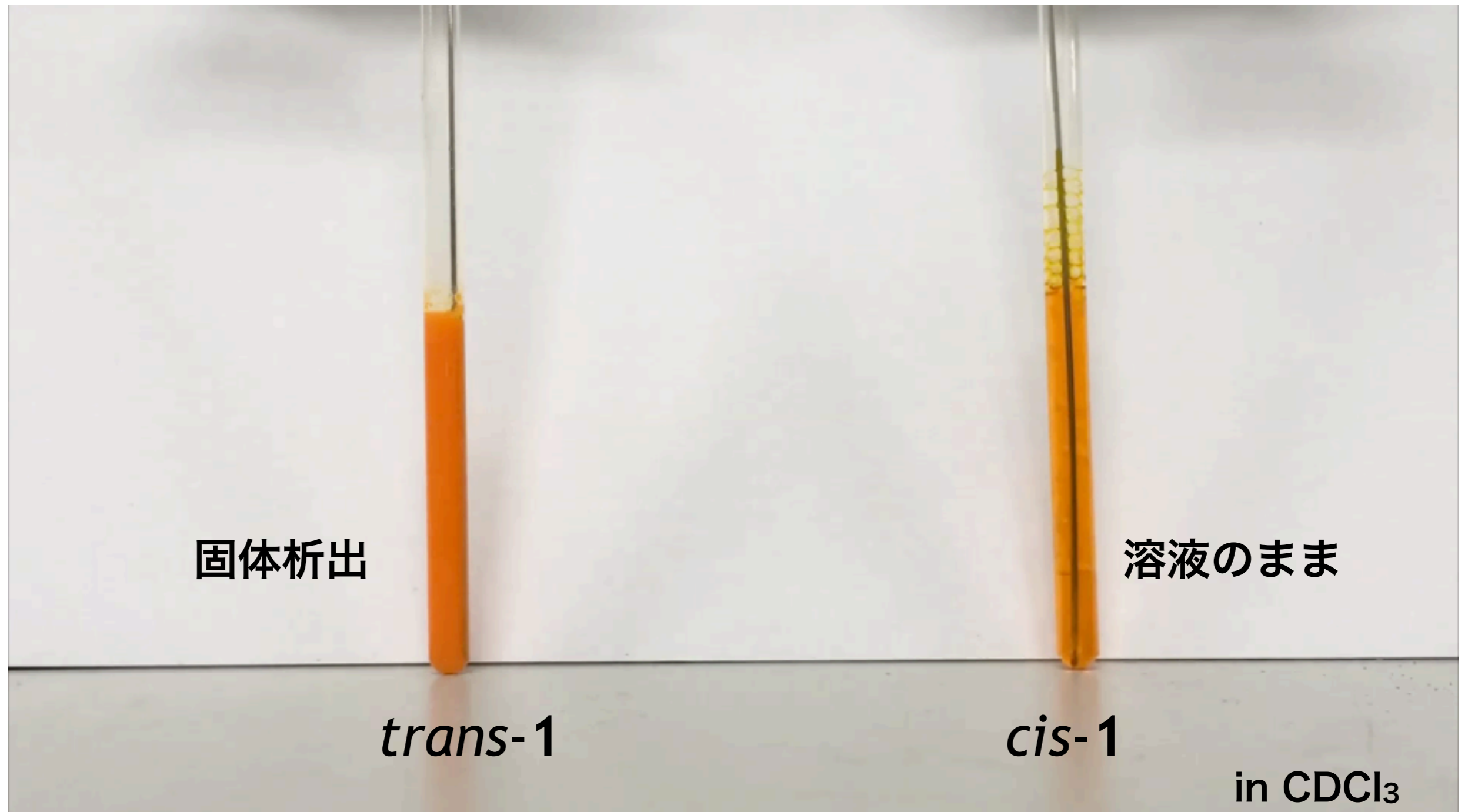
参考



Inagaki, F.; Matsumoto, C.; Iwata, T.; Mukai, C. *J. Am. Chem. Soc.* **2017**, *139*, 4639-4672.

CO₂吸収能評価

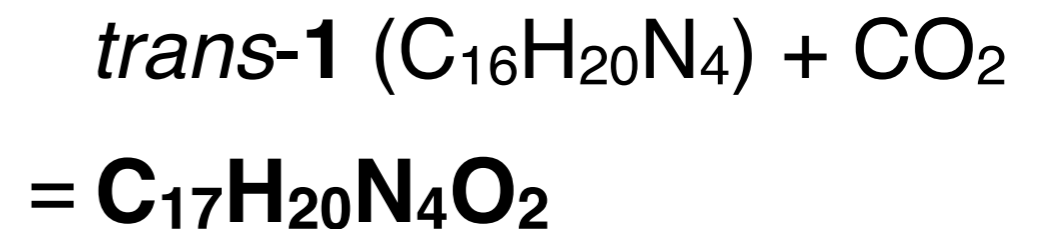
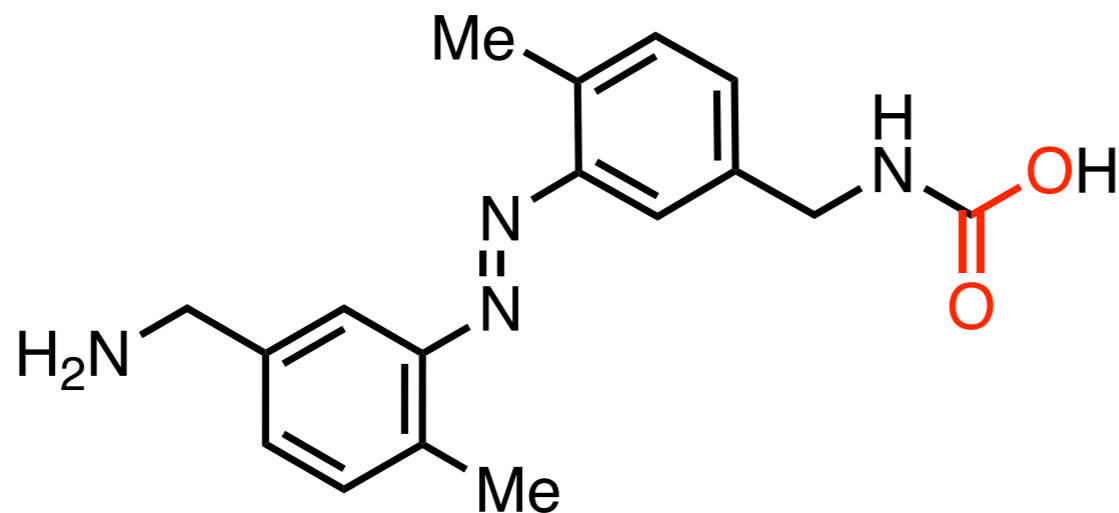
CO₂ bubbling 後



trans-1 + CO₂ 析出固体の評価

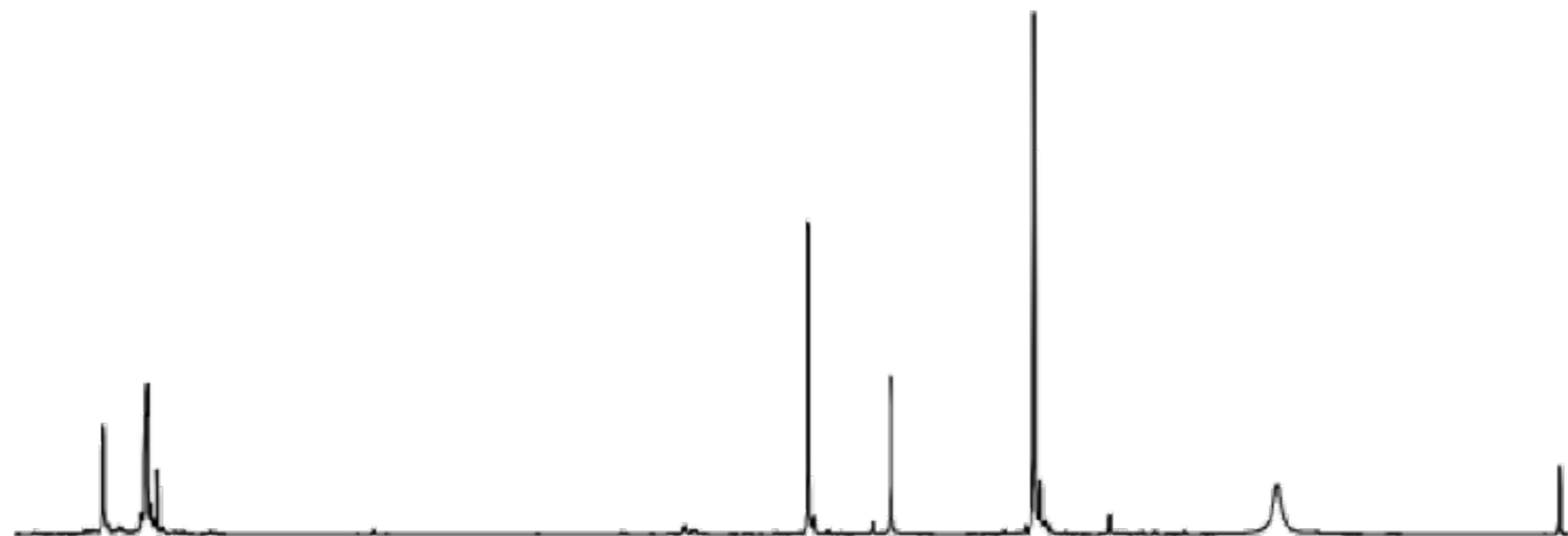
trans-1+CO₂ で析出した固体の元素分析

元素	C	H	N	O
原子量	12.01	1.008	14.01	15.99
測定値 (wt%)	65.74	6.433	17.65	10.18
組成比	5.474	6.382	1.259	0.638
推定組成式	17	20	4	2
C ₁₇ H ₂₀ N ₄ O ₂ の計算値 (wt%)	65.37	6.45	17.94	10.24



proposed structure
(*trans*-1 : CO₂ = 1 : 1)

trans-1 + CO₂ 溶液部分の評価

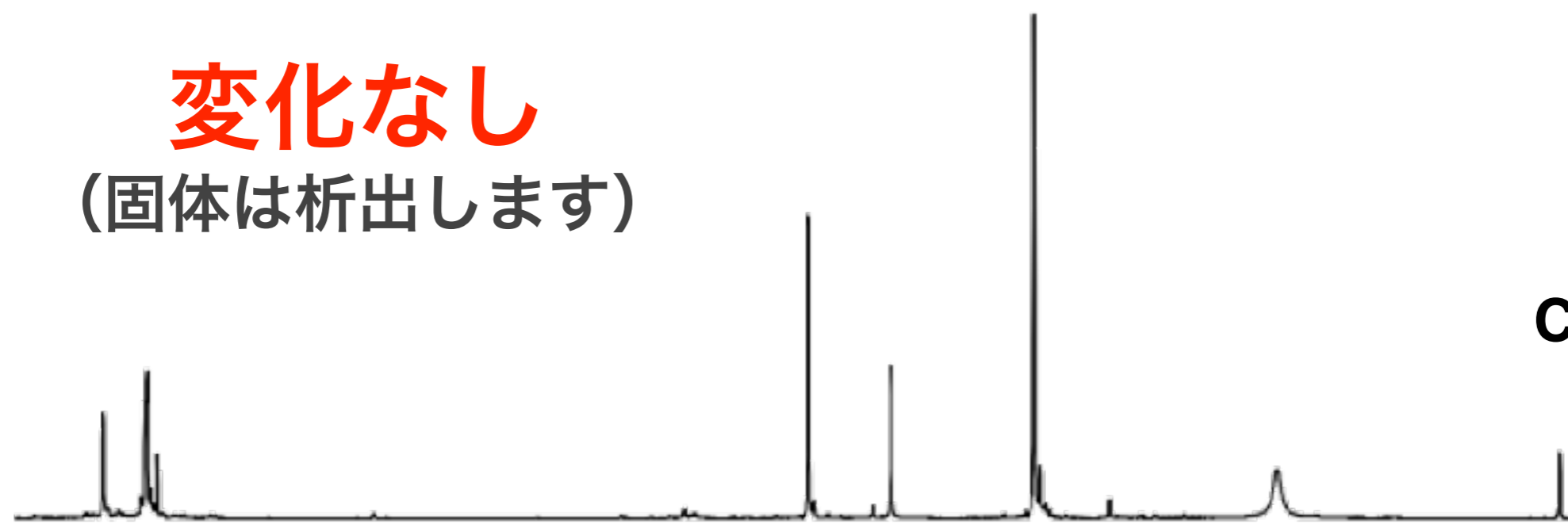


trans-1



変化なし
(固体は析出します)

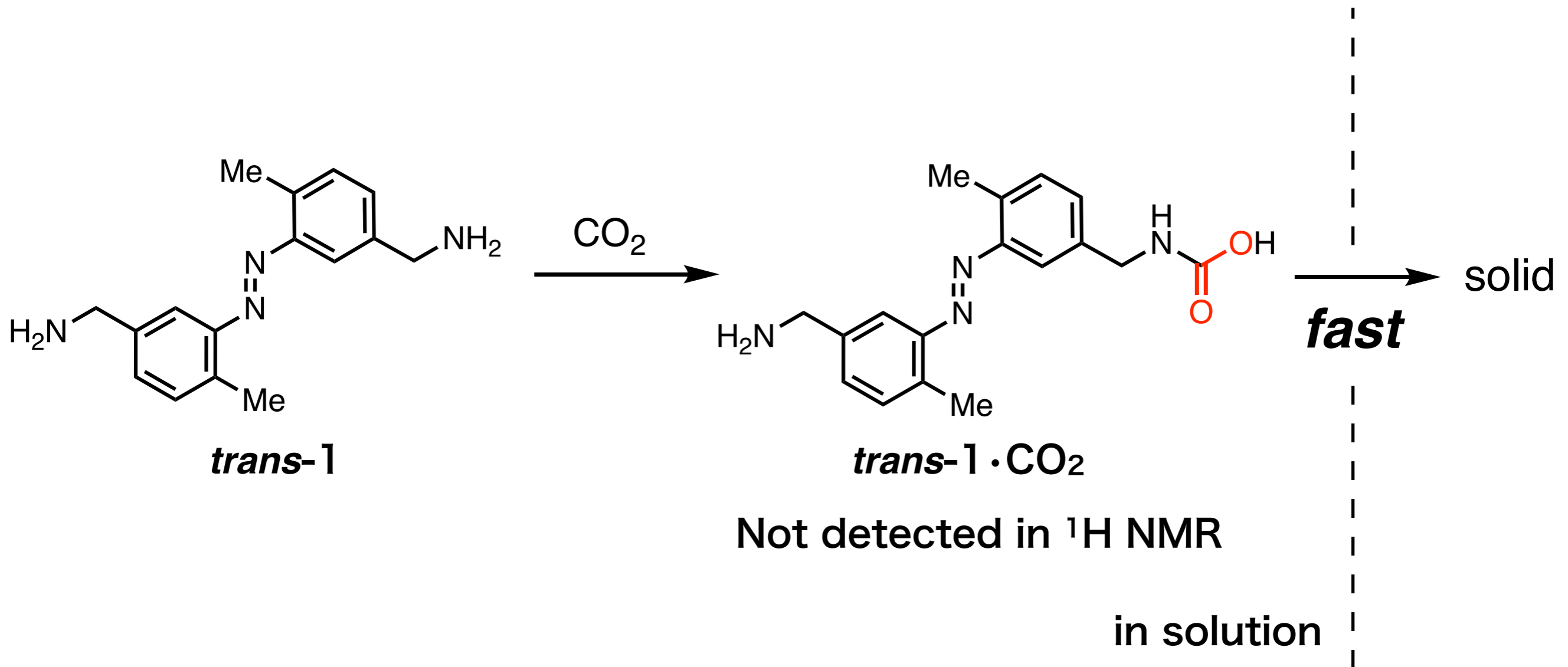
trans-1
+
CO₂ bubbling



7 6 5 4 3 2 1 ppm

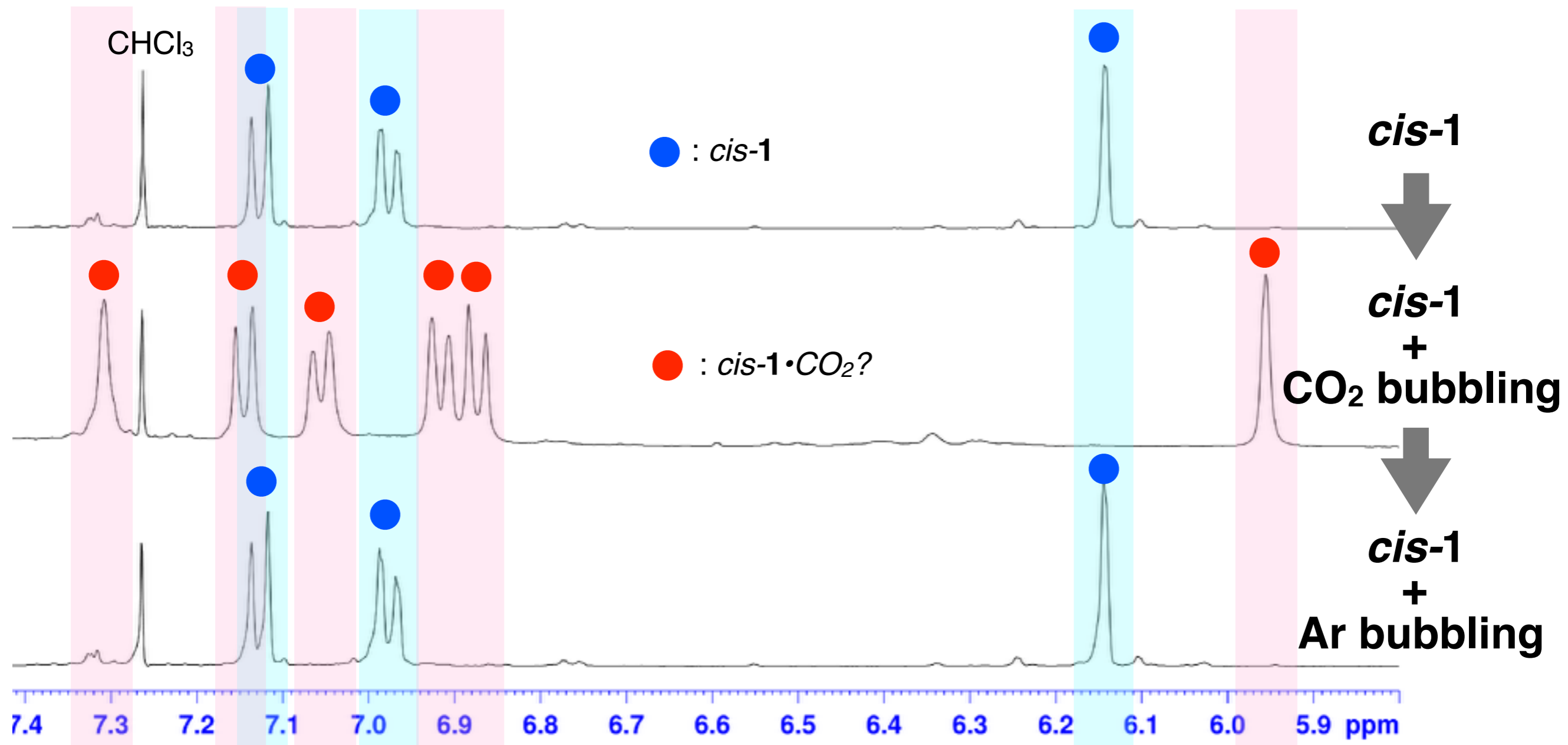
¹H NMR in CDCl₃

trans-1のCO₂吸収能



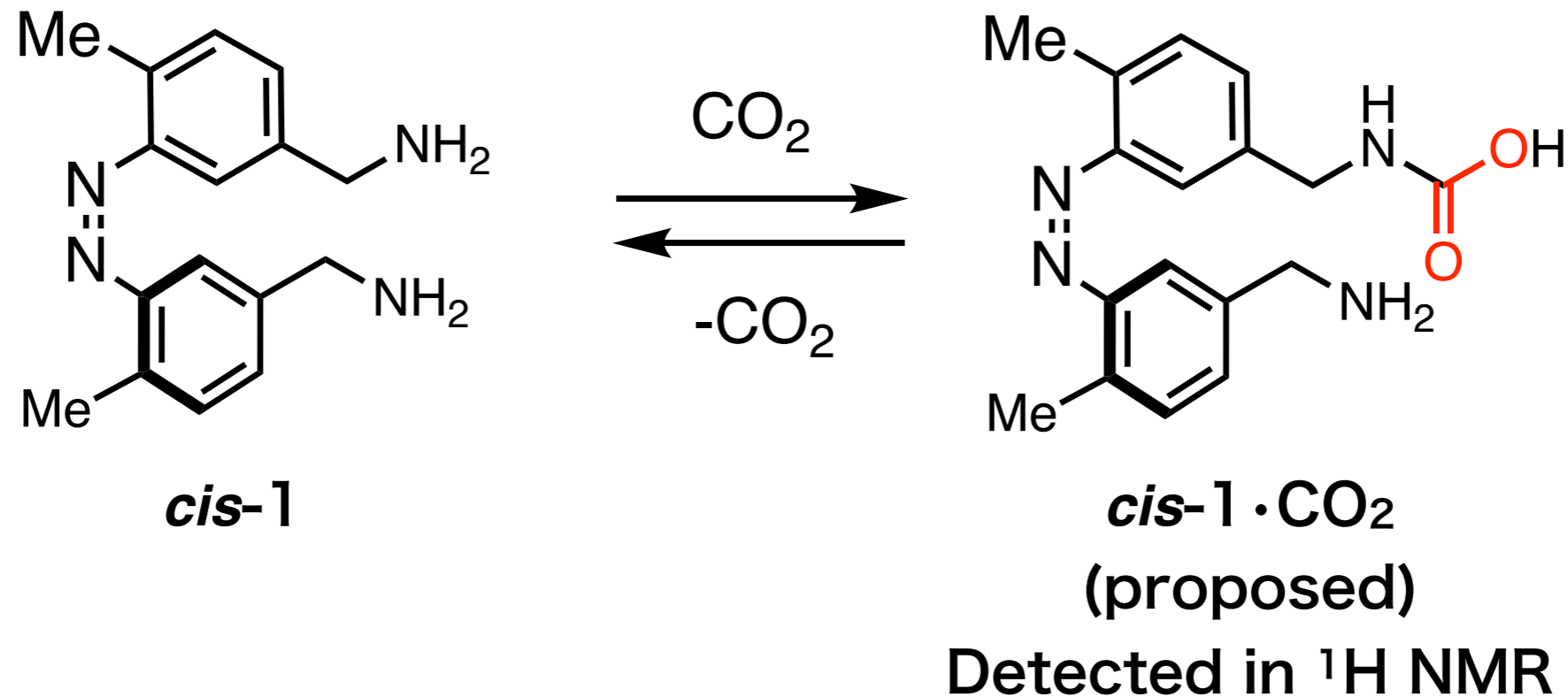
CO₂吸収体が速やかに固化すると推定
→ CO₂の吸収に優れた状態であると判断

cis-1 + CO₂ 溶液の評価



¹H NMR in CDCl₃

cis-1のCO₂吸収能

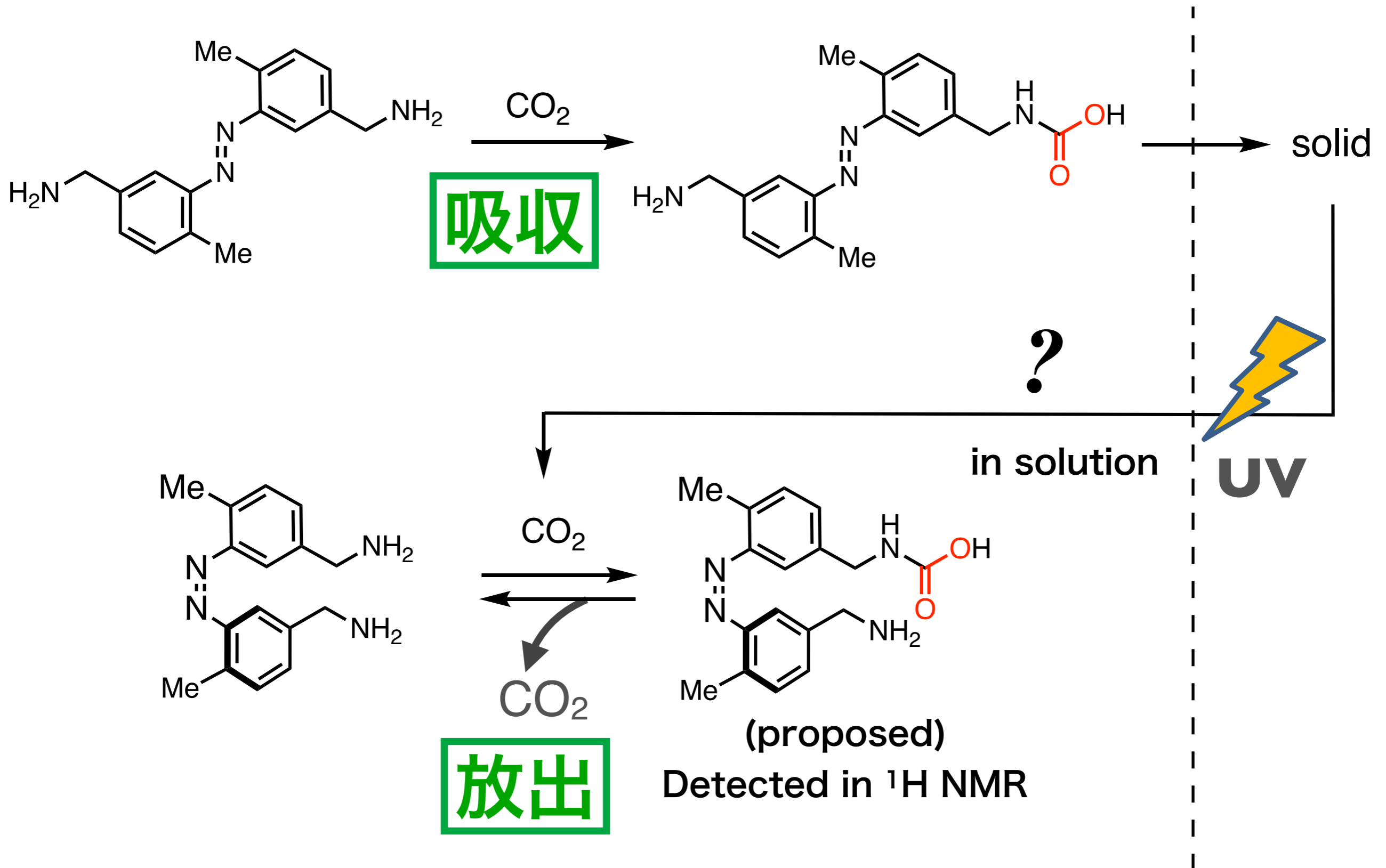


in solution

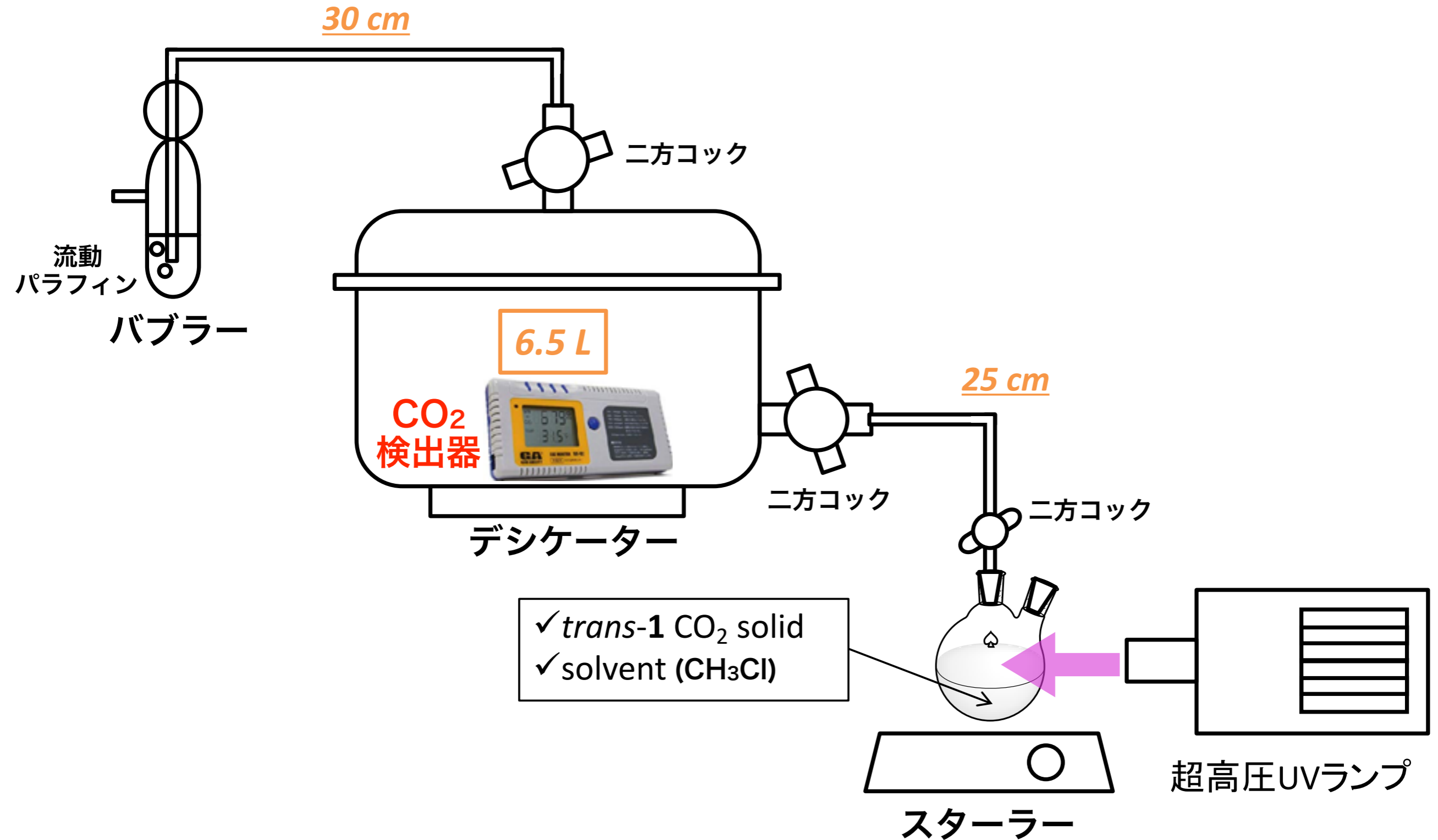
CO₂吸収・放出の平衡状態と推定

→ CO₂の放出を実行可能な状態であると判断

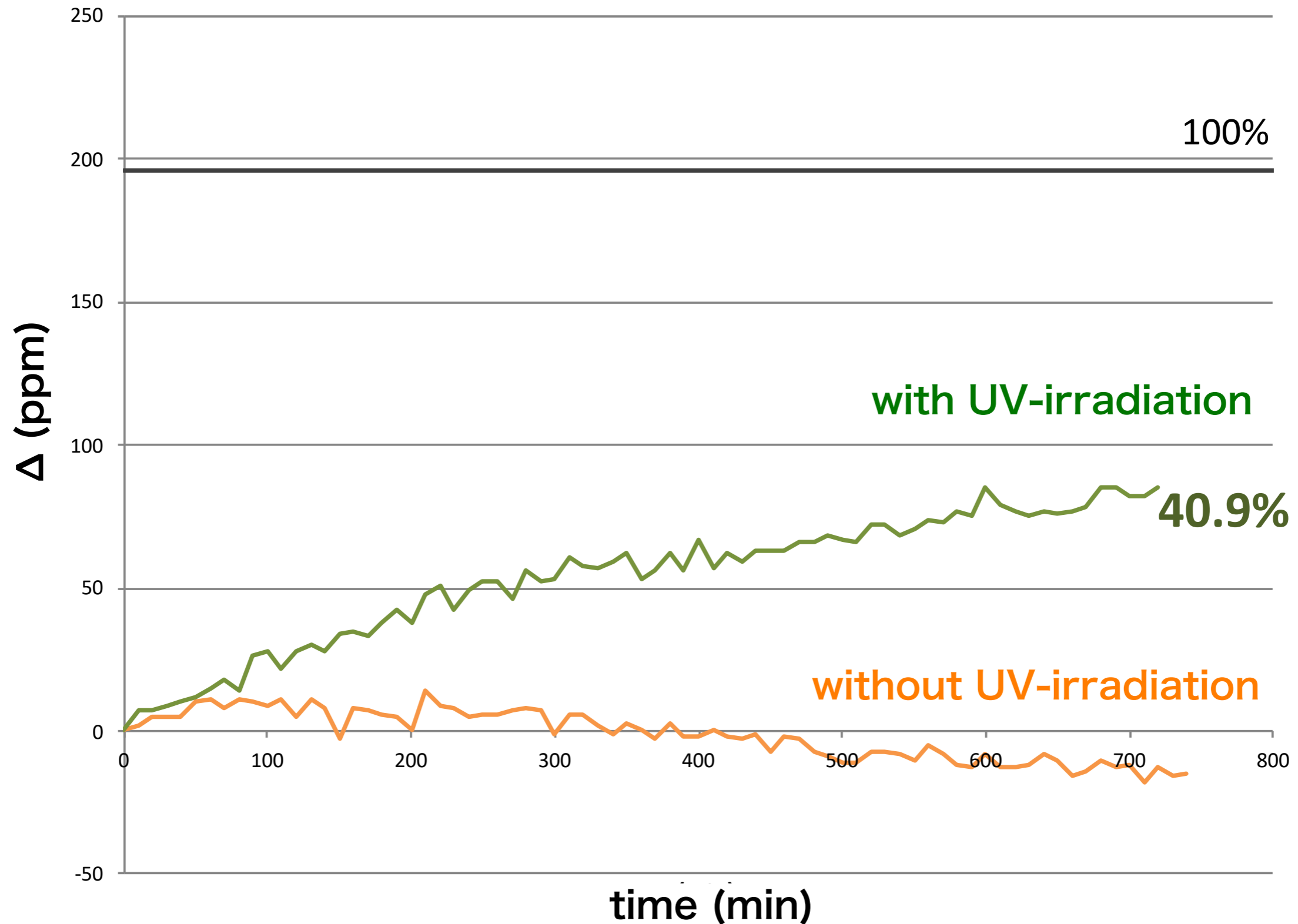
光によるCO₂放出



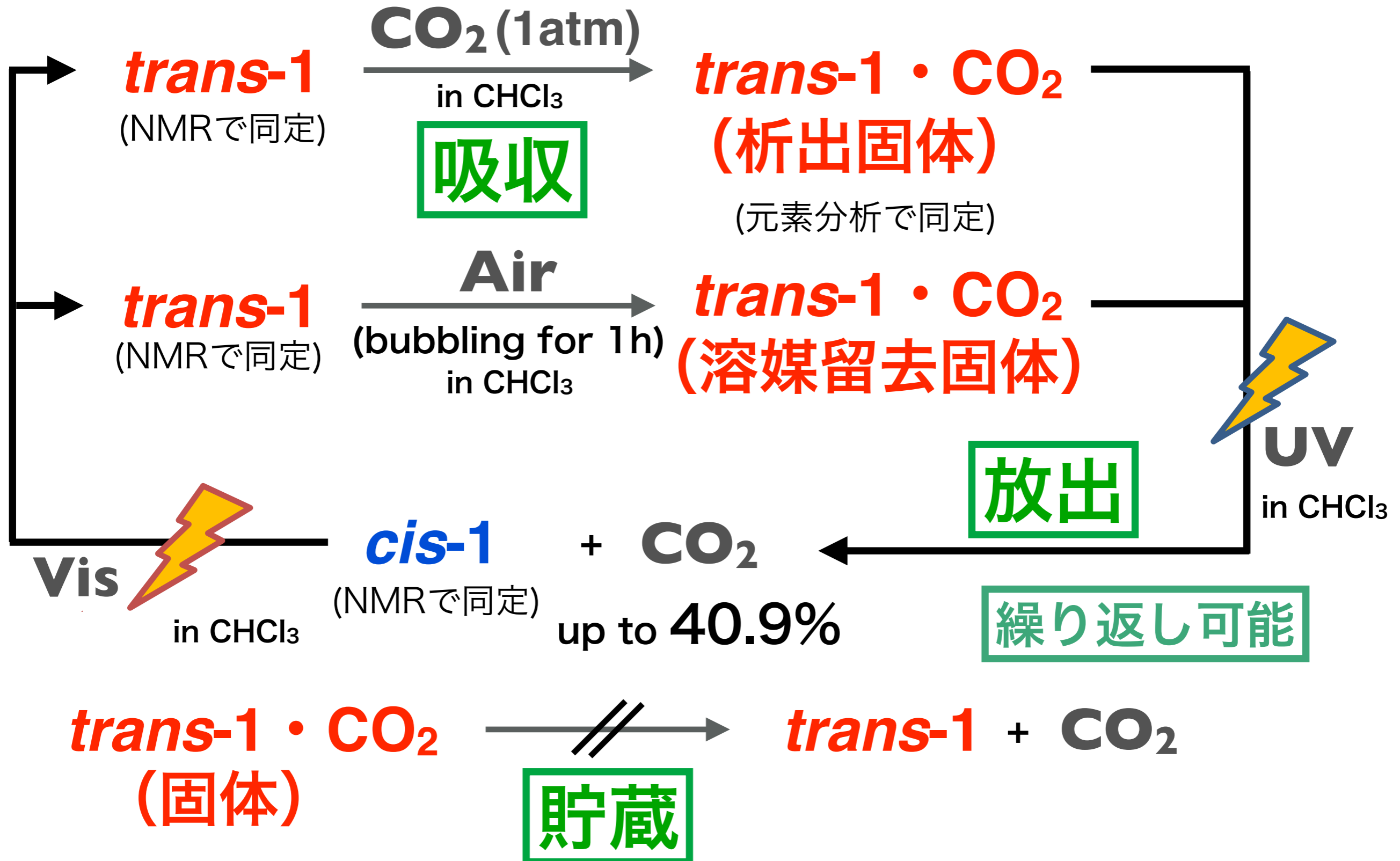
光によるCO₂放出：装置



光によるCO₂放出：結果



光によるCO₂吸収・貯蔵・放出



想定される用途

- 火力発電所、工場等の排煙および大気からのCO₂回収・貯蔵
(CO₂排出を増やささないCCU技術)
- 捕集CO₂供給による植物栽培促進
(植物工場、ビニールハウス等)
- 居住空間のCO₂循環
(宇宙基地、地下、潜水中等)
- CO₂濃度調節による安眠環境構築

実用化に向けた課題

- より効率的なCO₂吸収・放出、安定貯蔵を実現する分子の探索
(特にCO₂放出効率の改良)
- 再生可能エネルギーである太陽光を実際に利用したシステムの開発
- スケールの拡大
- デモ用装置の開発 (機器開発)
- 分析精度の向上 (装置開発)

企業への期待

- 太陽光由来UV光・可視光の利用に向けた集光・分光技術の協力
- デモ用装置の共同開発
- 分析精度の向上（装置共同開発）
- 実用化に向けた分子の大量供給

本技術に関する知的財産権

**発明の名称：化合物、二酸化炭素吸脱着剤、
二酸化炭素収集方法及び
二酸化炭素収集装置**

出願番号：特願2019-036824

出願人：学校法人東京理科大学

発明者：今堀龍志、他1名(計2名)

お問い合わせ先

東京理科大学

研究戦略・産学連携センター

担当URA 東浦 厚

TEL : 03(5228)7431

FAX : 03(5228)7442

E-mail : ura@admin.tus.ac.jp