



室温で高効率にCO₂を吸収可能な薄型 シート状Li₄SiO₄コンポジット

中央大学 工学部 応用化学科
教授 大石克嘉

2022年9月13日

本日の発表のアウトライン

- 固体型リチウム系複合酸化物CO₂吸収材における従来技術の問題点.
- 上記問題点の解決と新技術の利点.
- 開発した自己発熱型CO₂吸収コンポジットの構造とCO₂吸収機構.
- さらなる吸収の効率の向上に向けた今後の技術開発課題
- 応用分野: 炭化水素の水蒸気改質法による水素製造工程におけるCO₂の除去.

CO₂の分離・回収¹⁾

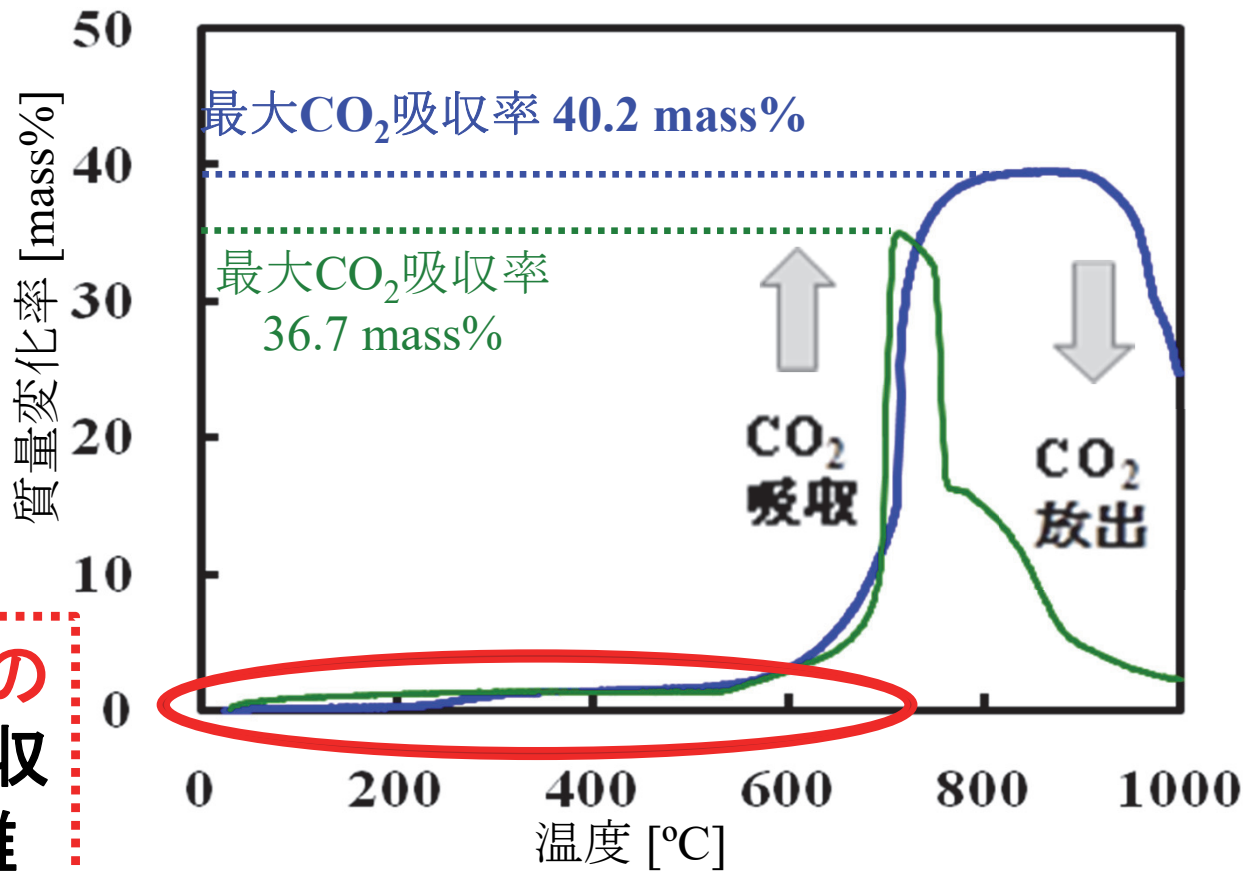
- ・CO₂を固体表面に吸着・脱着させる**吸着法**
- ・CO₂が通過しやすい膜を利用する**膜分離法**
- ・CO₂が吸収・放散されやすい
液体や固体を用いる**吸収法**

1) K.Yamada, *Netsu Sokutei*, vol.32, No.4, pp.195-200, (2005)

固体型のCO₂吸収材の中の、
リチウム系複合酸化物のCO₂吸収と反応
-CO₂は化学反応で**固体(Li₂CO₃)**になる-



リチウム系複合酸化物のCO₂吸収温度帯



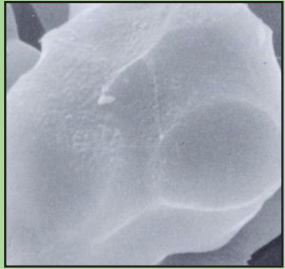
常温での
CO₂吸収
は困難

5°C/min up to 1000°C in CO₂

— Li₄SiO₄
— Li₂CuO₂

リチウム系複合酸化物のCO₂吸収機構と問題点(欠点)

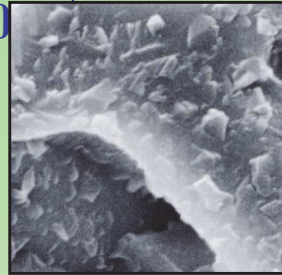
CO₂吸収前



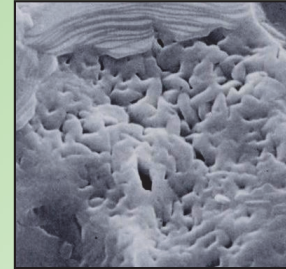
←→ 5μm

反応率 20%

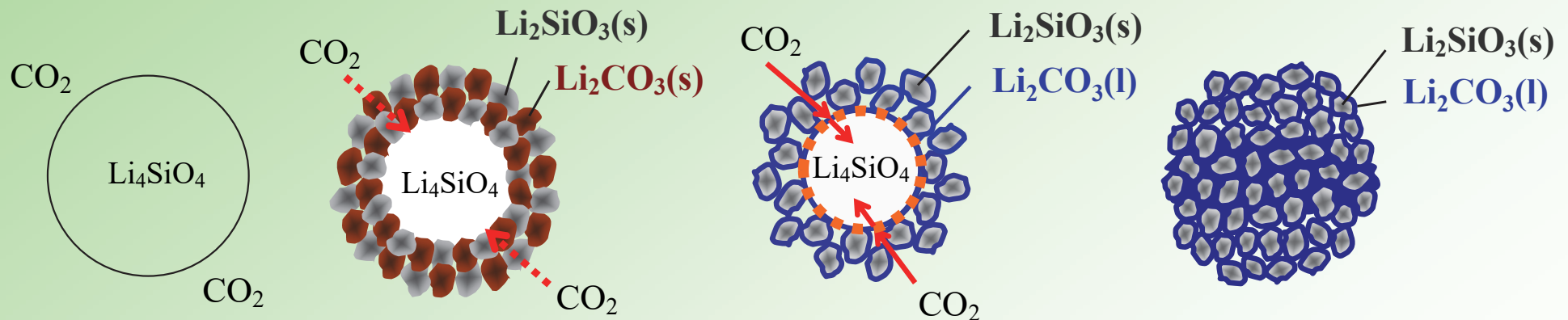
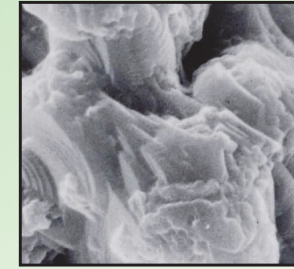
(620



反応率 60% (700°C)



反応率 100% (700°C)



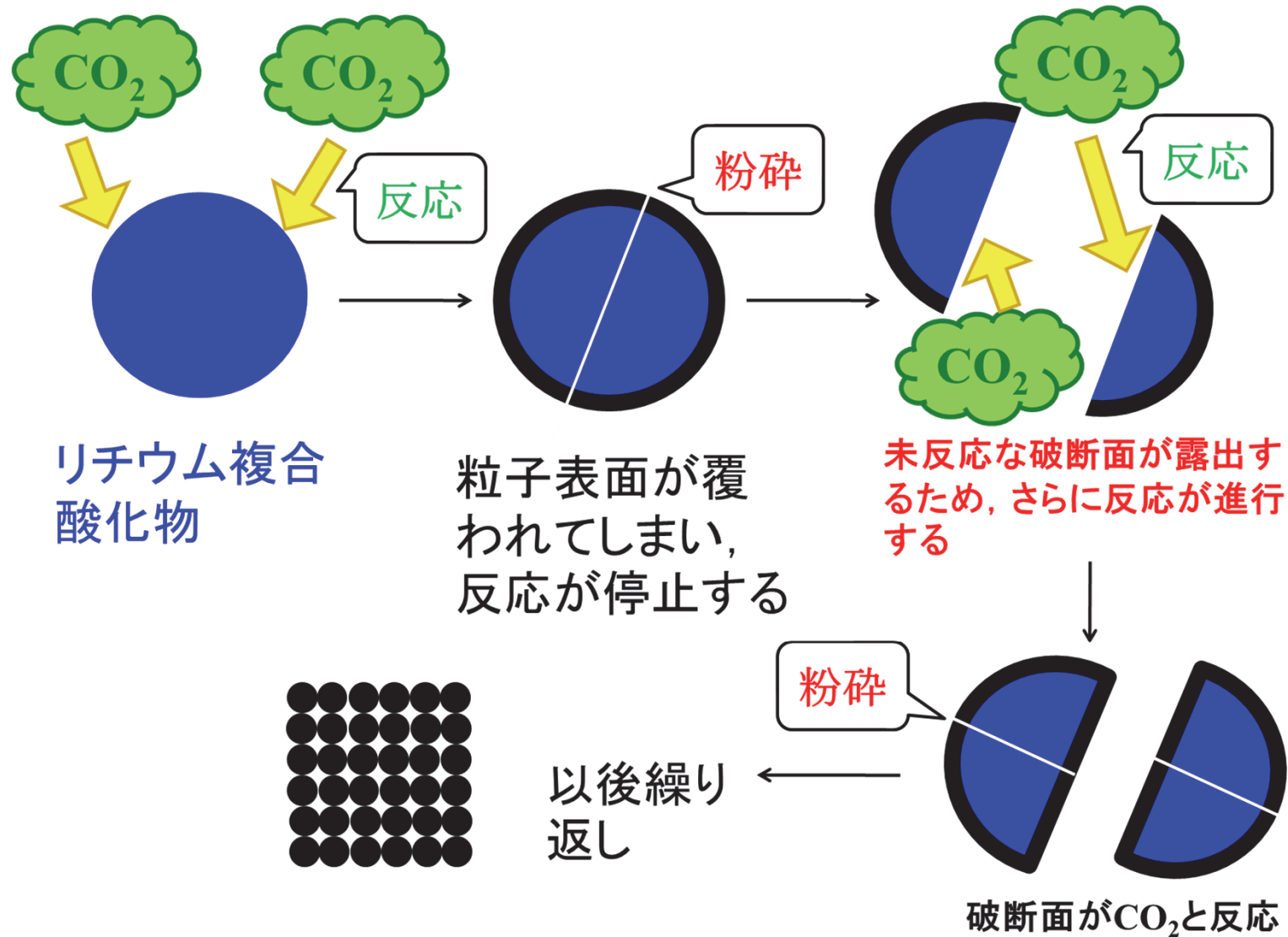
上記状態になると、CO₂吸収速度が緩慢になる

従来技術とその問題点

- 1: 固体型CO₂吸収物質の1つであるリチウム系複合酸化物のCO₂吸収能は、650°C～700°Cの温度領域のみに限定されるため、常温下でのCO₂吸収剤としての使用(応用)は難しい。
- 2: 上記リチウム系複合酸化物は、顆粒の形でCO₂吸収材での応用が期待されているが、顆粒の粒子の最表面からCO₂吸収するため、少量のCO₂の吸収後は、そのCO₂吸収能が激減する。

問題点の解決法の1つ

— 粒子を割って活性面を出す —



従来の固体型CO₂吸収物質は、
顆粒状もしくは粉末状で使用されて来た

従来型の顆粒状のCO₂吸収材(物質)



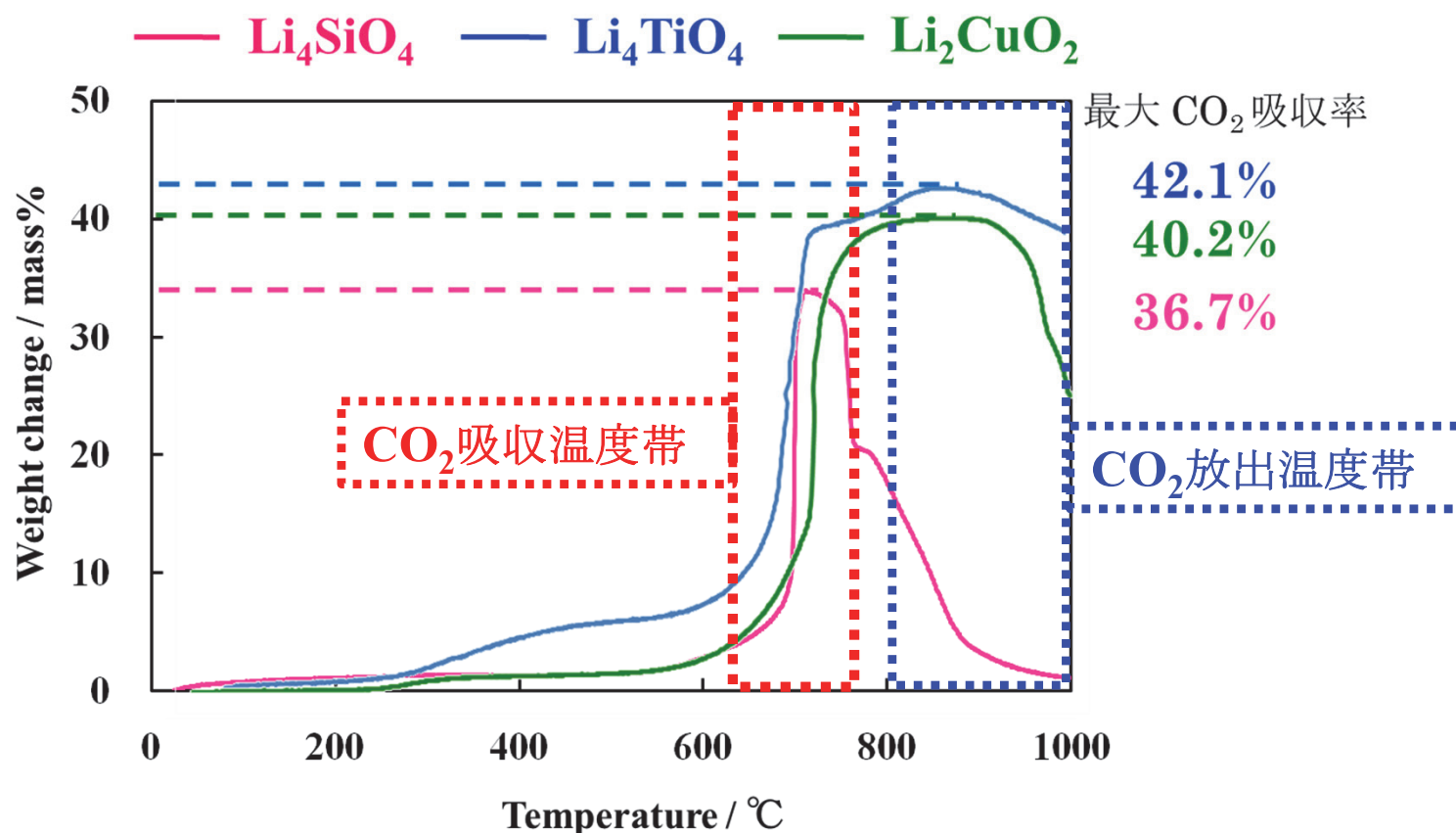
.....

新技術では、CO₂吸収物質(Li₄SiO₄)を顆粒状ではなく、
通電により発熱するSi板の表面に積層(配置)した構造の
全く新しい**自己発熱CO₂吸収コンポジット**を考案する

新技術の特徴・従来技術との比較

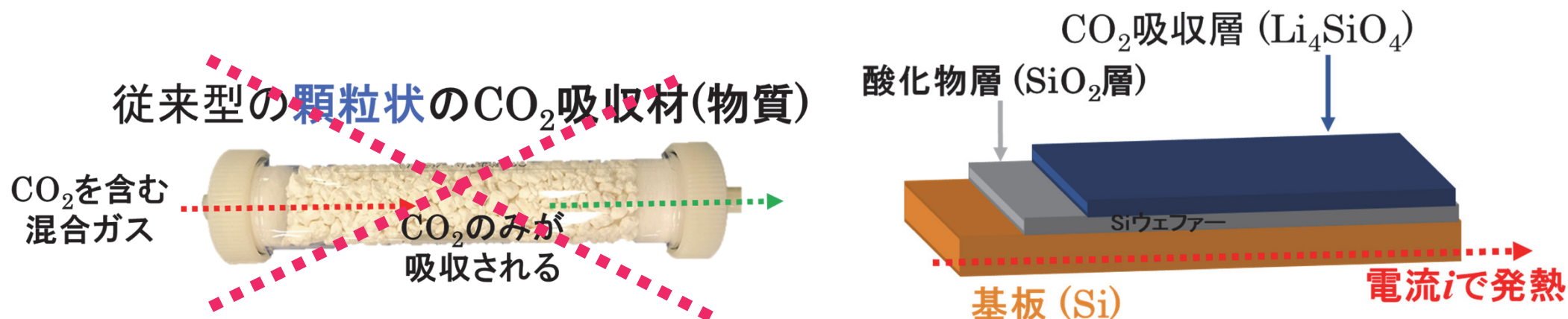
- リチウム系複合酸化物CO₂吸収材に**自己発熱機能**を持たせる事により、従来技術の問題点であった“常温では使用が困難”である点を改良する可能性が示唆される。
- リチウム系複合酸化物CO₂吸収材に、上記**自己発熱機能**を付加することにより、そのCO₂吸収能は常に活性に保たれる。

リチウム複合酸化物は、CO₂吸収能力が温度により大きく異なっているが、リチウム系複合酸化物自身の温度を変化させることにより、**常温下でも使用可能**になる。



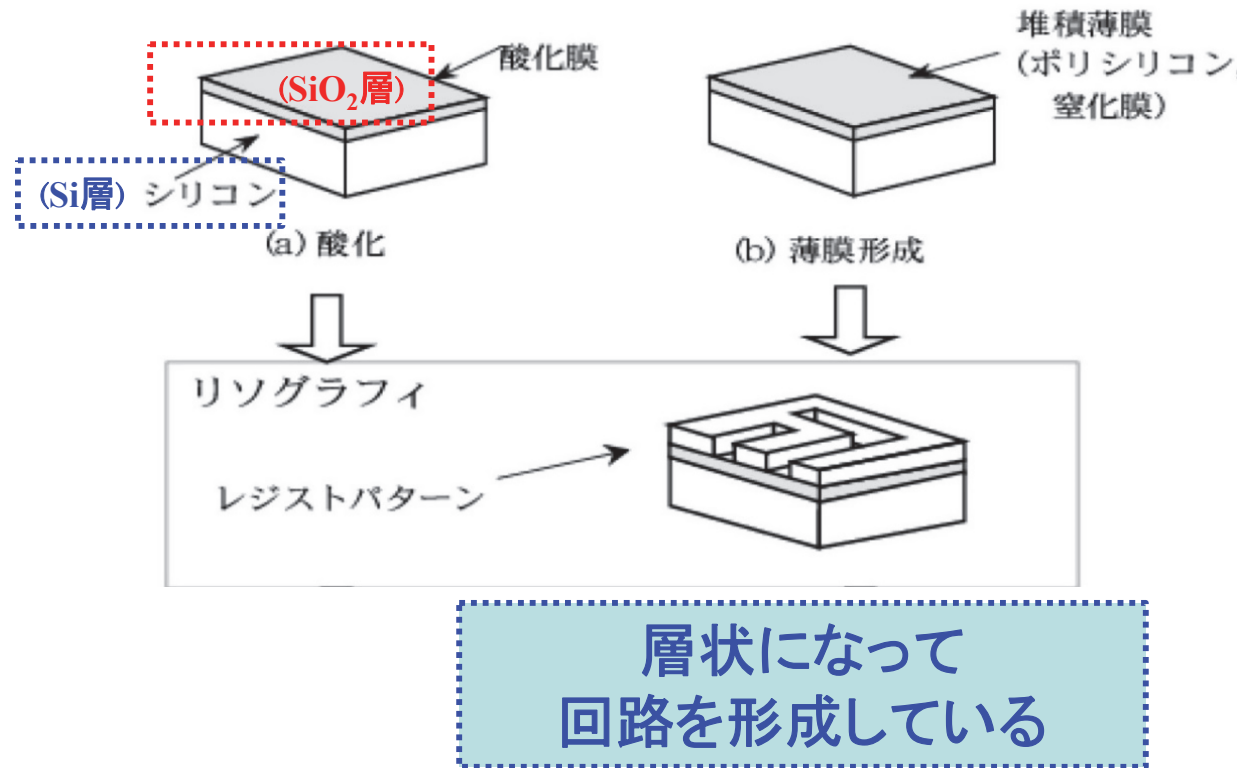
CO₂吸収物質Li₄SiO₄は、
ケイ素(Si)を含んでいる。

ベース部分にSiを、その上に中間層であるSiO₂層を、その上にCO₂吸収物質Li₄SiO₄層を組み上げた層状CO₂吸収コンポジットの構造を考案。(2-5)



- 2) R. Kobayashi, K. Oh-ishi, *Chem.Eng.* 57 (2012) 25.
- 3) K. Oh-ishi, M. Kanegawa, *Mat.Sta.* 12 (2012) 56.
- 4) K. Oh-ishi, R. Kobayashi, *Ohm* 100 (2013) 9.
- 5) 大石克嘉、小林亮太、金川護、特許第6363407号.

Siをベースとした NPNTランジスタの積層構造



Si(ケイ素)板と Li_4SiO_4 層の強固な連結性

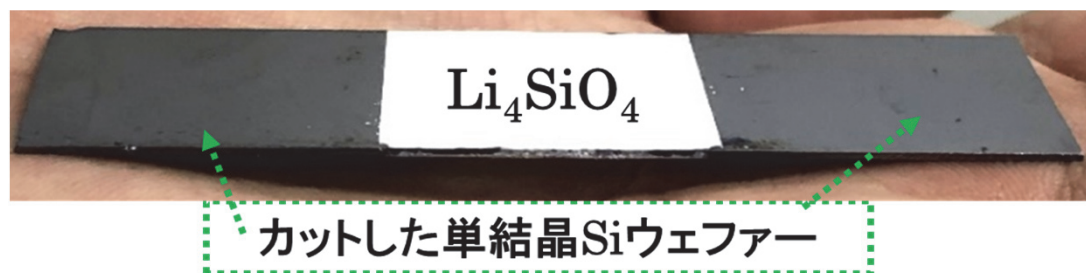
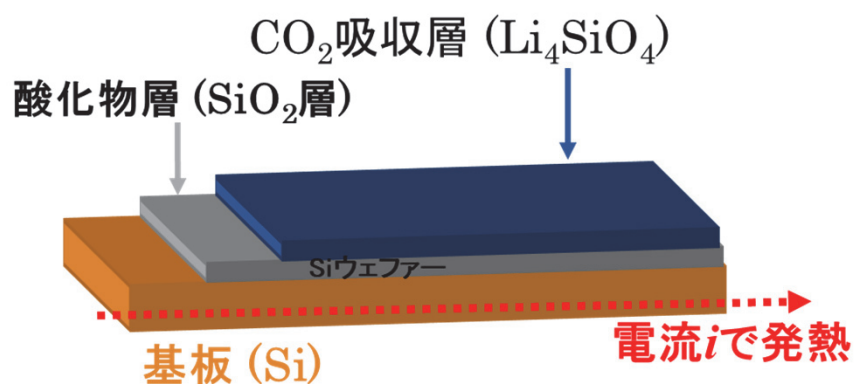
線熱膨張係数(mm/mm \cdot °C) ⁶⁾

Si: 7.63×10^{-6} (40°C)

SiO₂: 7.97×10^{-6} (0~80°C)

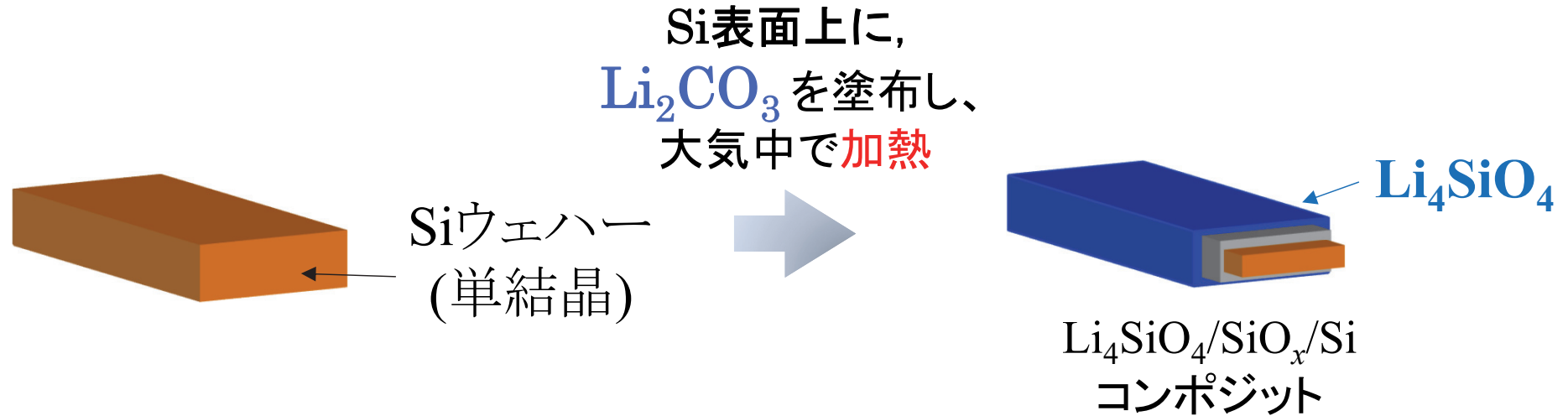
Li₄SiO₄は使用可能と予想される

—SiとSiO₂から成る半導体デバイスは熱で破壊する事は稀—



Li₄SiO₄系自己発熱型CO₂吸収コンポジットの作製方法⁷⁾

—電気炉での加熱により積層構造(コンポジット)は容易に作製可能—



Li₂CO₃の融点は710°C付近であるため、Li₂CO₃が液体状になる
固-液反応が進み、反応しやすい

7) 大石克嘉、小林亮太、金川護、特許第6363407号。

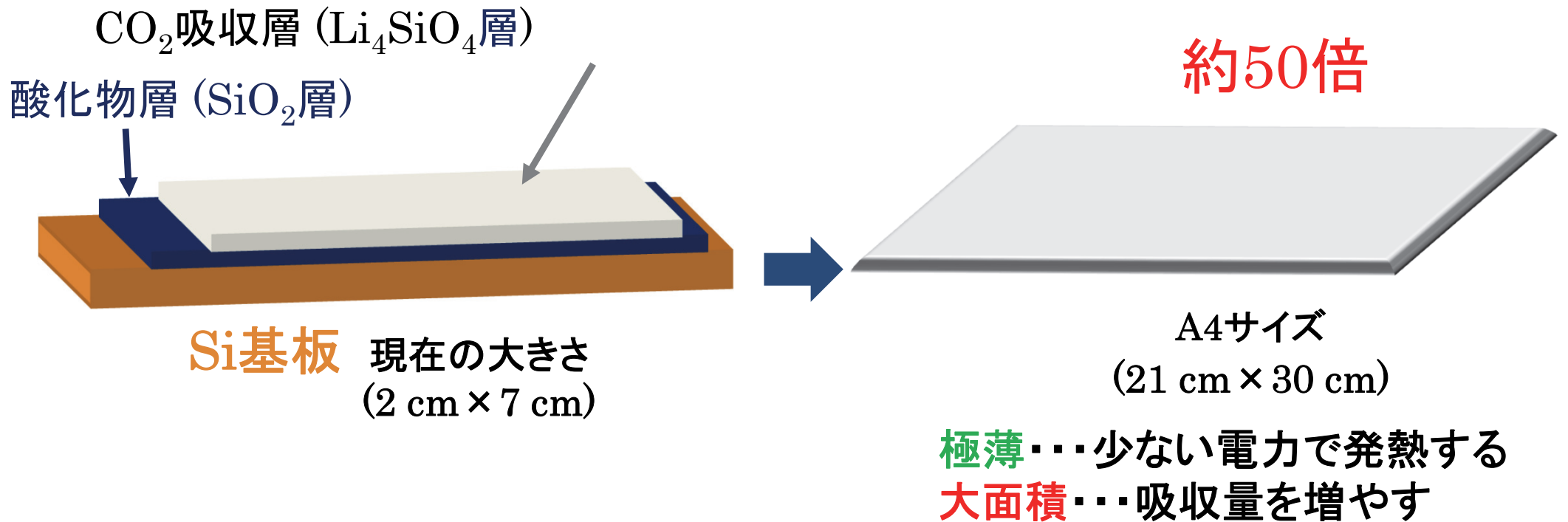
本技術に関する知的財産権⁷⁾

- 発明の名称 : CO₂吸収部材の製造方法、CO₂吸収部材およびCO₂吸収装置出願番号 : 特許第6363407号
- 出願人 : 中央大学
- 発明者 : 大石克嘉、小林亮太、金川護

実用化に向けた課題

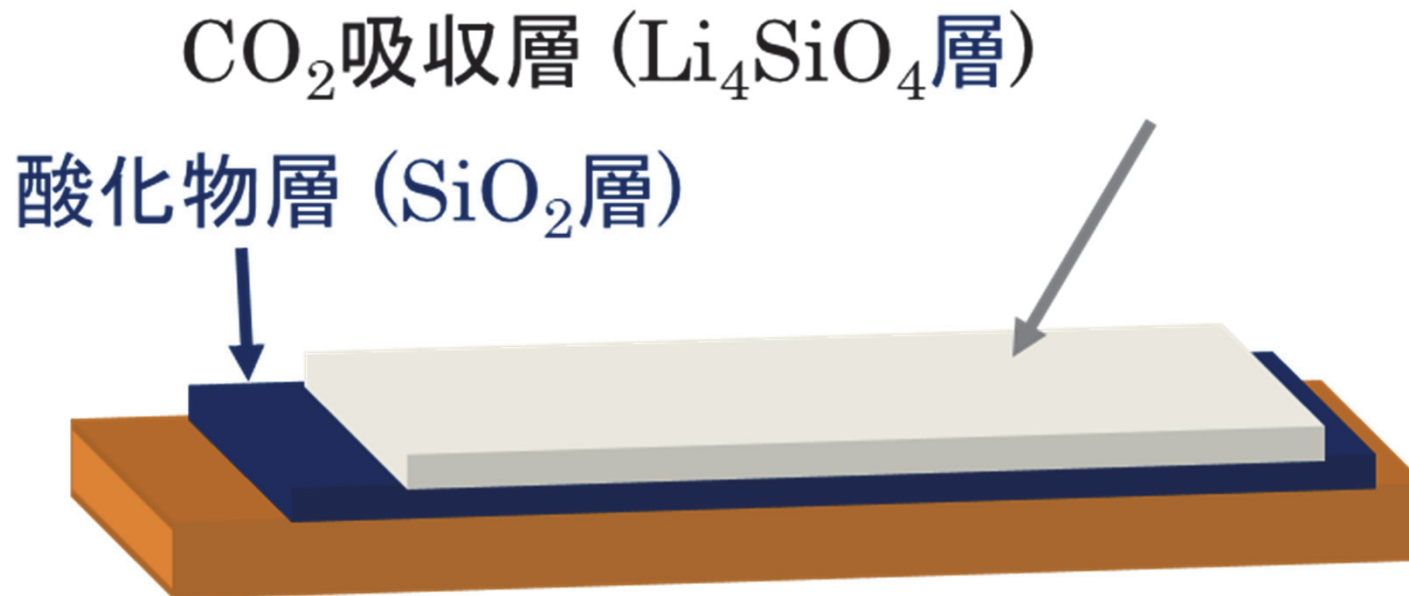
- 現在、Si板をベースとし、かつCO₂吸収物質としてLi₄SiO₄を使用した自己発熱型CO₂吸収コンポジットの作製まで成功している。が、Siベース部分の面接が小さくCO₂吸収量は少量のままとなっている。このため、Siベース部分の面積を大きくする点が現時点での課題である。将来的には、Siベース部分の大きさを、**A4の大きさ**にしたいと考えている。
- 同時に、Siベース部分に、**太陽光発電用の使用済みポリSi基板**の使用を考えている。

現在研究中の試み — CO₂吸収材の極薄大面積化 —



電源は、メタンの水蒸気改質装置の
200V電源か100V電源から取る

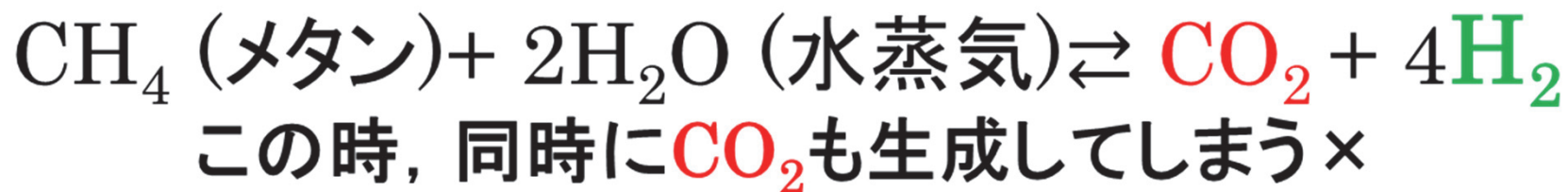
今後の課題2



Si基板を,
太陽光発電装置内に在る“使用済みポリSi”で作製する

想定される用途

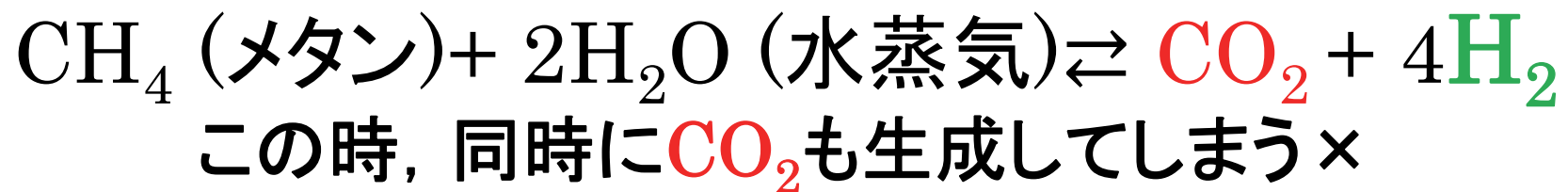
- 本技術である自己発熱型CO₂吸収コンポジットは、未来の燃料の1つである**水素**の製造に使用される。具体的には、炭化水素(主にメタン)と水蒸気を反応させて水素を得る場合、同時にCO₂も発生してしまう。が、その反応時に、本CO₂吸収コンポジットを使用すれば、水素と同時に発生したCO₂を発生直後にその場で吸収が可能であり、水素製造の反応効率は高く向上する。同時に、本吸収コンポジットは、水素製造装置内でCO₂の吸収・放出を繰り返すため、装置の外に取り出す必要は無いという利点もある。



石油産油国が、今後めざす方針の中の2つ。

メガソーラーではなく、ギガソーラーと触媒を使用して、
海の水から水素を製造する ⇔ グリーン水素

メタンなどの炭化水素と水蒸気(水)を反応させて、
水素を製造する ⇔ ブルー水素



この時に発生する CO_2 を吸収するために、
シート状の自己発熱型 CO_2 吸収コンポジットを使用

お問い合わせ先

中央大学 研究支援室
シニアURA 工藤, 井上

TEL: 03-3817-1674

FAX: 03-3817-1677

e-mail: ksanren-grp@g.chuo-u.ac.jp