

廃棄硫黄を活用した機能性材料の創出

大阪大学 大学院理学研究科 高分子科学専攻
助教 小林裕一郎

2025年9月19日

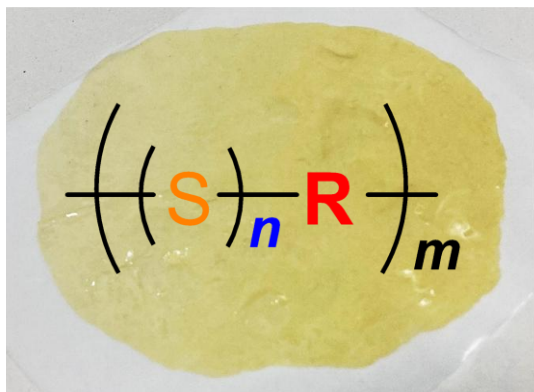
ビジョン

硫黄ポリマーにより、
石油由来プラスチック等を代替し、
CO₂排出量削減を実現する



技術概要

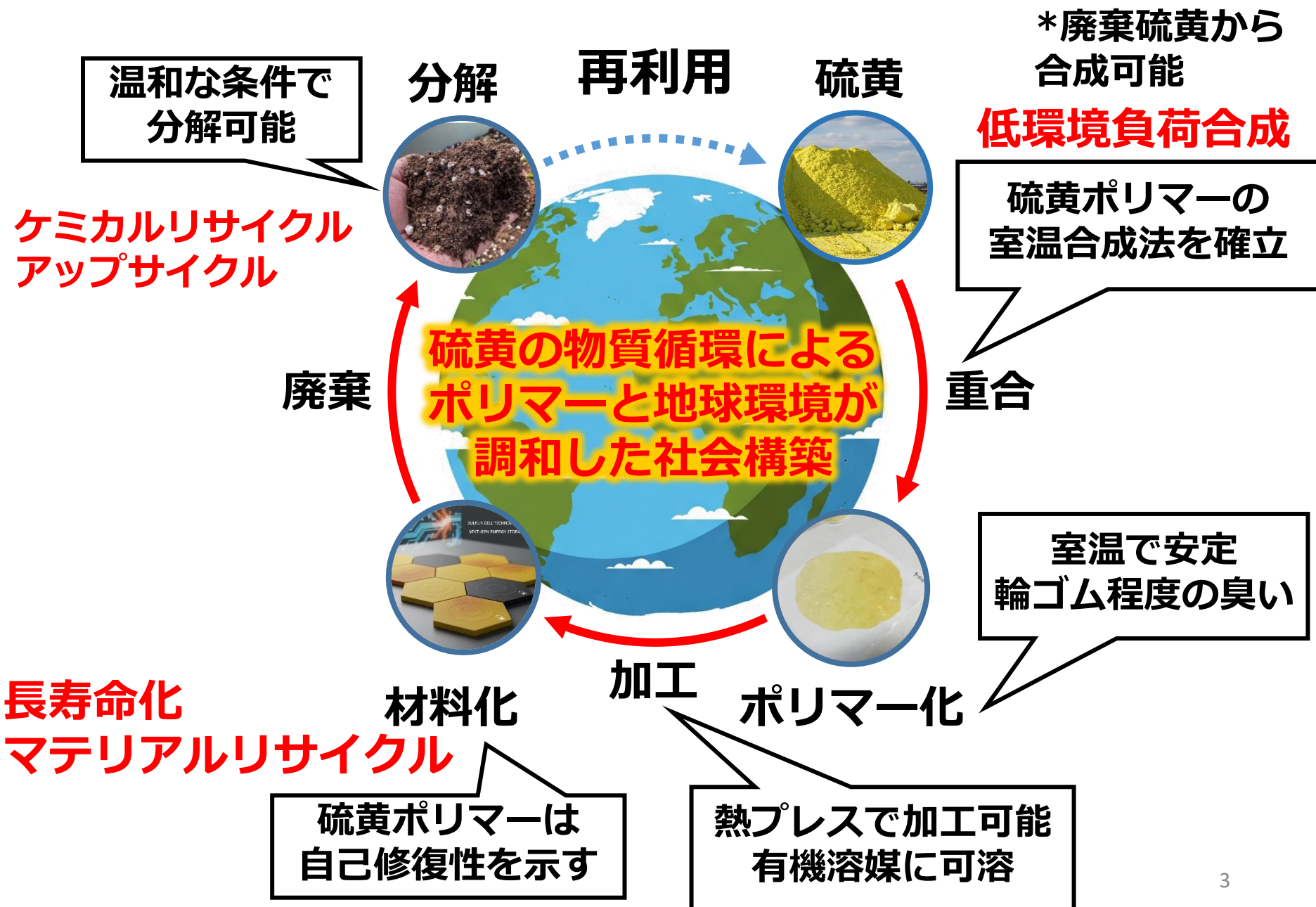
特許出願済



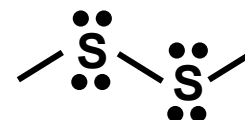
テーラードな硫黄ポリマー合成が可能
(*n*と*R*は自在にデザイン可能)

硫黄ポリマーの室温合成法を開発

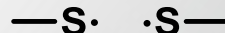
現状と本技術により実現したい未来



硫黄ポリマーの特徴



非強誘電対を持つ
(ex金属とくっつく)



解離・形成が可逆

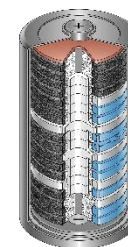
既存の炭素プラスチックには無い機能

硫黄ポリマー材料開発

レンズ



次世代2次電池

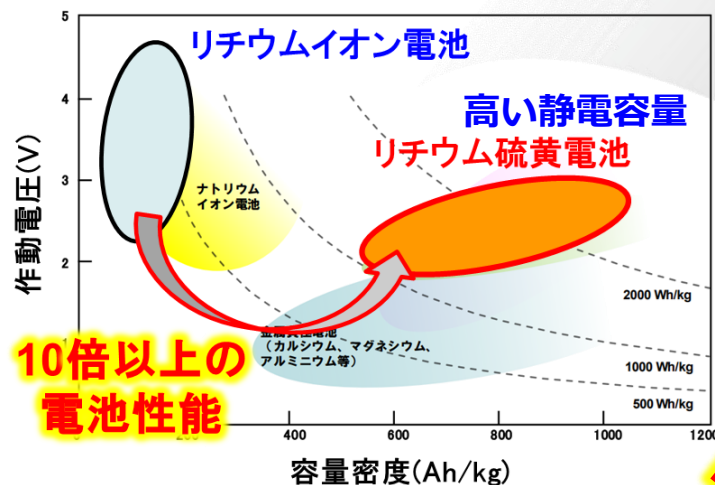
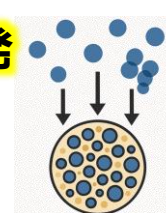


接着剤



自己修復材料

吸着材

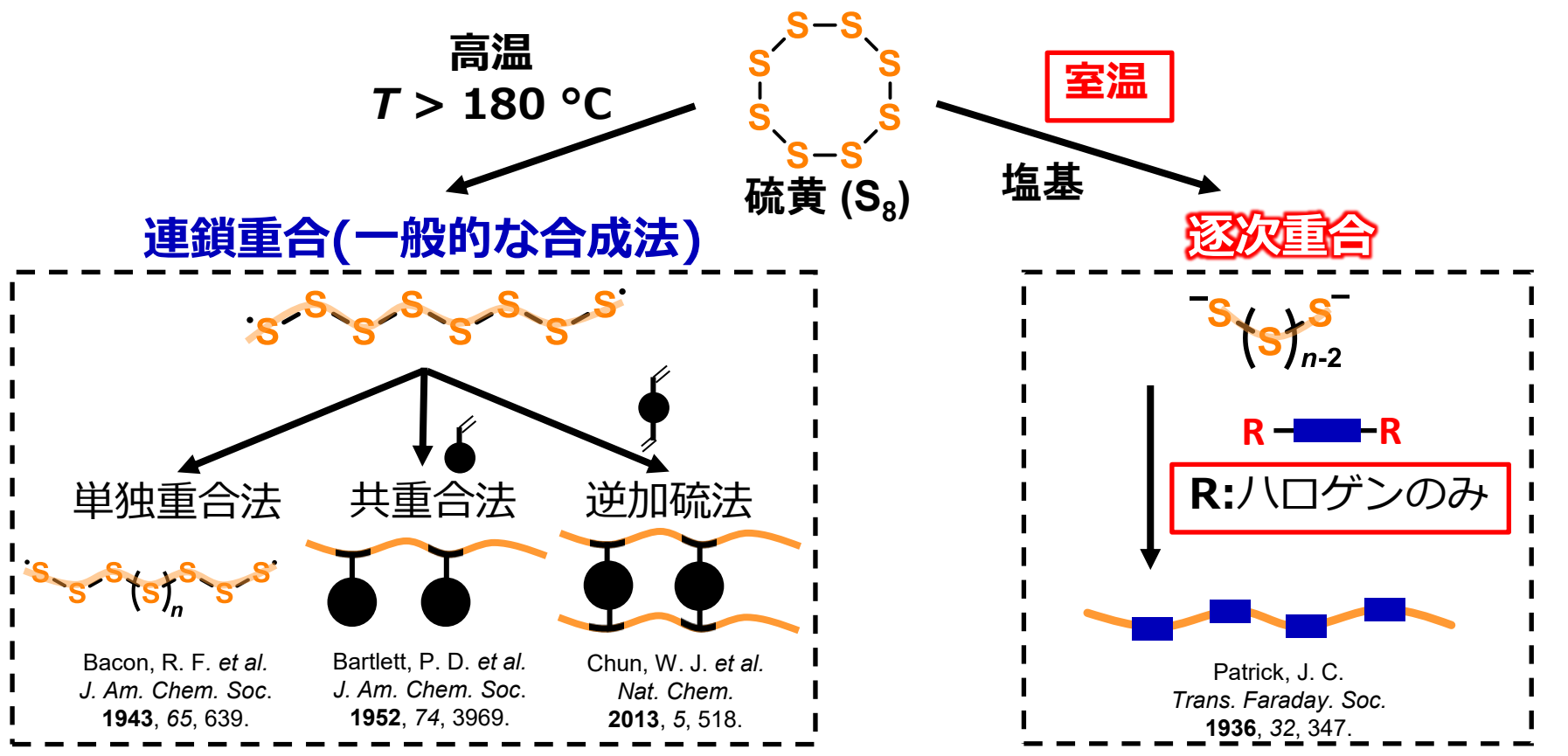


ENAA_StationVisit2008 (nedo.go.jp)

廃棄硫黄を原料とした高機能ポリマー材料の研究開発

炭素ポリマーの代替材料(SDGs)だけでなく、ポリマーへ新たな価値観を付与

従来技術の問題点



ポリマーの種類

多種多様

合成時の
高環境負荷が
社会実装の
ボトルネック

1種類のみ
(ポリチオエーテル)

反応温度

高(180 °C以上)

室温

硫化水素ガス
(有毒ガス)

致死量が発生

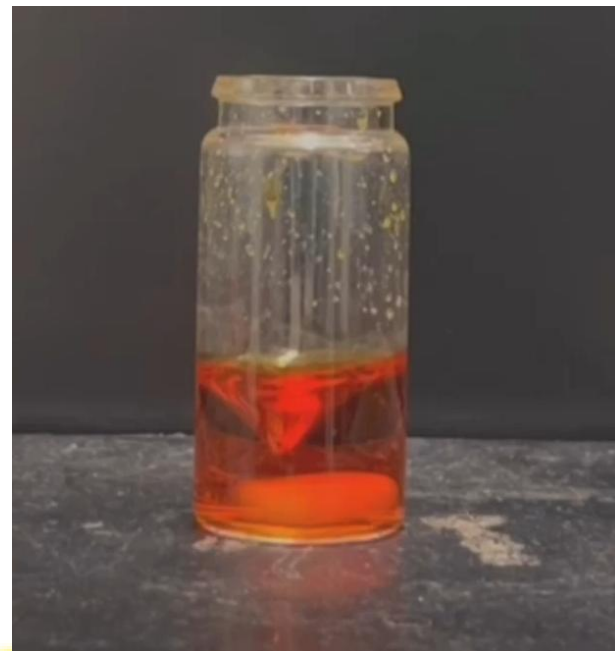
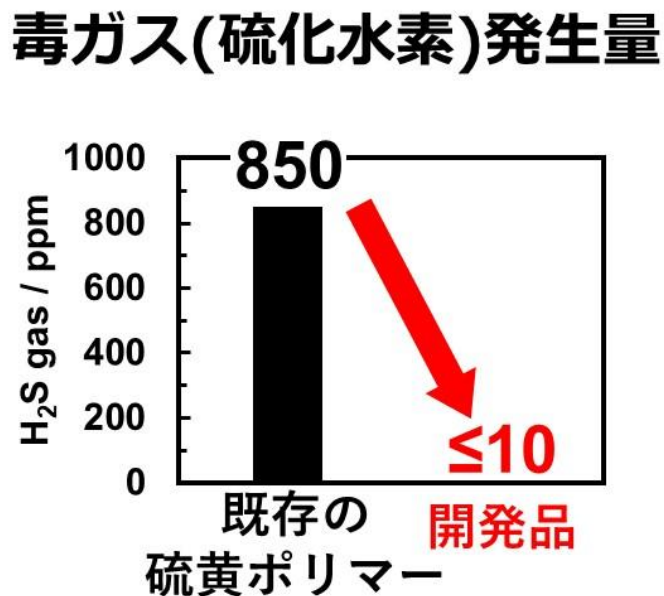
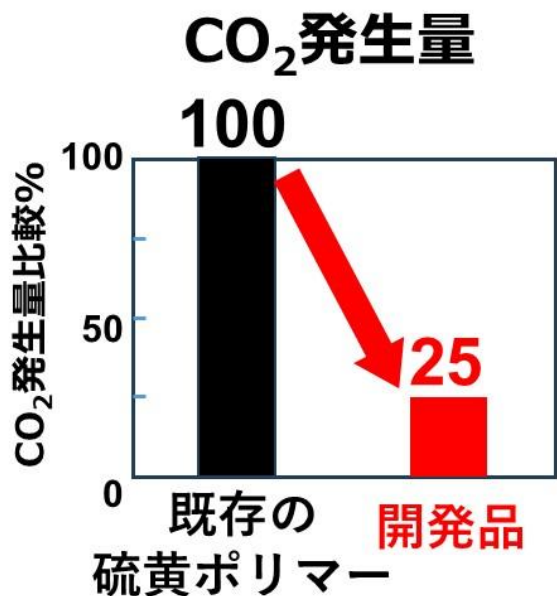
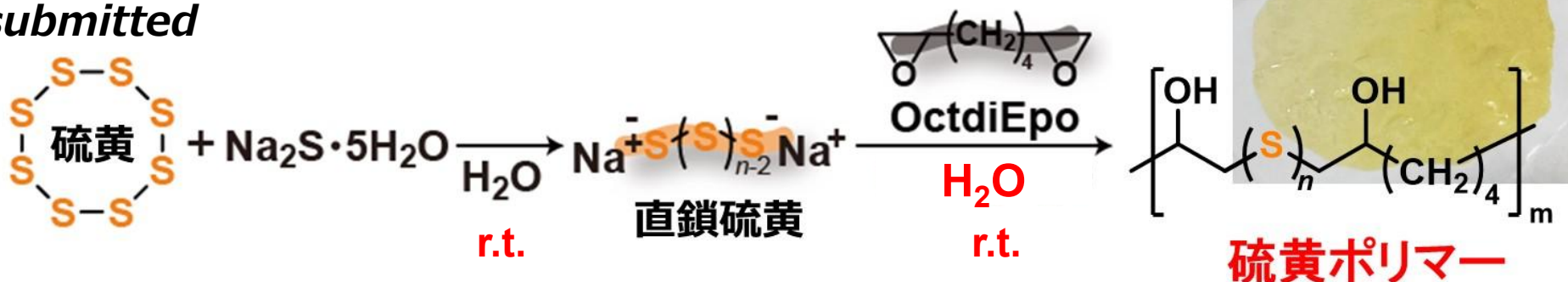
発生せず

独自性：硫黄ポリマーへ逐次重合を適用

新技術の特徴

室温・水中で逐次重合硫黄ポリマーを合成

特許出願済み
submitted



エコ・安全・使いやすい硫黄ポリマー

既存の研究との比較

submitted

	Nat. Chem. 2013	Nat. Commun. 2019	Nat. Chem. 2022	本研究
合成温度 (°C)	160-200	100-135	室温	室温
触媒	無	亜鉛触媒	無	無
刺激	無	無	強UV	無



160–200 °C
By-product: H₂S



Catalysts
100–135 °C



Room temperature

室温
触媒必要無
刺激必要無
大量合成可能

2013

2019

2022

Crosslinkers (A):
DIB, DVB, DEB,
DCPD, limonene,
vegetable oils, etc.

Crosslinkers (B):
TVCH, CDDT, EGDMA,
GBDA, TVTCSi
+ group A

Crosslinkers/co-monomers (C):
1. Low-boiling-point alkenes and alkynes:
IP, DMBD, MBY, DAA
2. Gaseous alkenes and alkynes:
EE, PE, PYE, VC
+ group B
+ group A

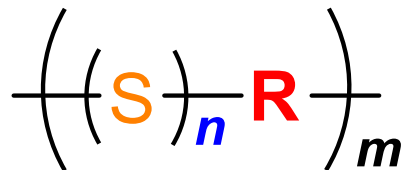
本研究

**学術的にも
最先端の成果**

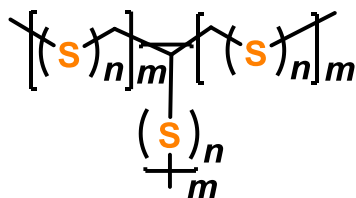
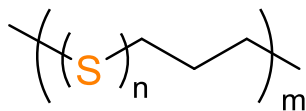
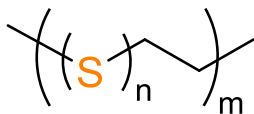
硫黄含有ポリマーシリーズ

常温常圧での逐次重合により

テーラーメイドな硫黄ポリマーの合成が可能
(**n**と**R**は自在にデザイン可能)

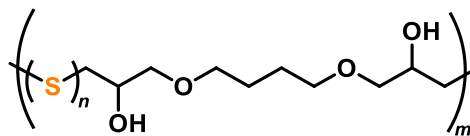
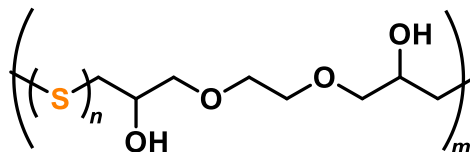
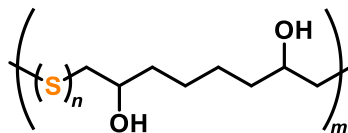


チオエーテル
(PXSn)



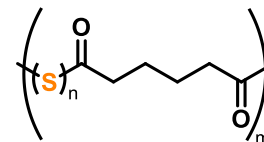
他、芳香環導入型など

エポキシ
(PXEpoxSn)



他、ビスフェノールA型など (有償提供)

エステル
(PXESn)



他、芳香環導入型など

その他
ウレタンなど

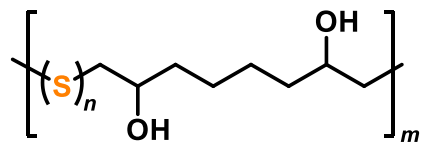
100 gなども対応可能

強み：化学構造の違いに基づいて精密に材料を改良できる

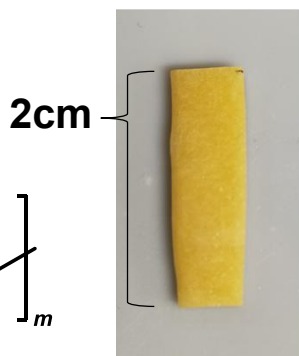


これまで不可能だったボトムアップなものづくりが可能

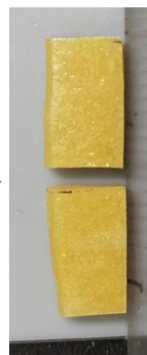
応用例①自己修復性・リサイクル



PolyOD-S3.5



Cut

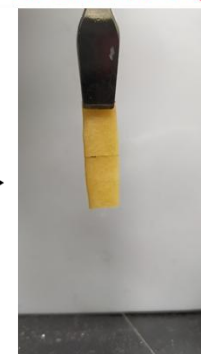


Attach

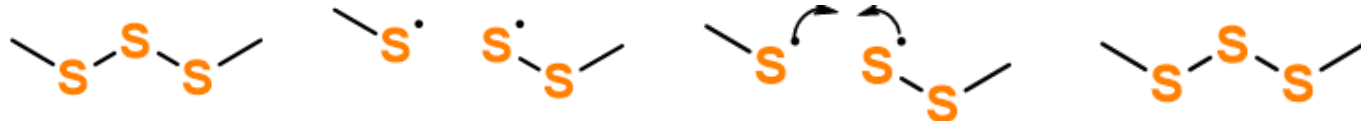
1s



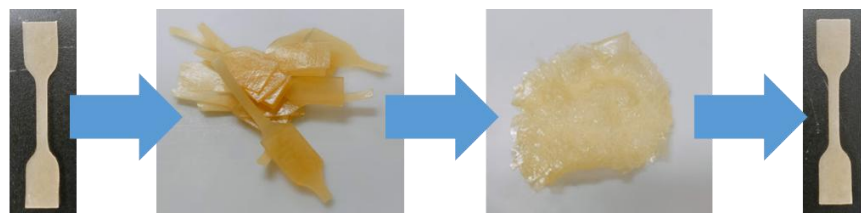
Lift up by tweezers



Self-healing



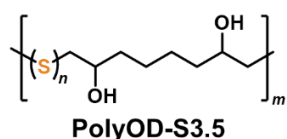
破断片を集めて再成型可能



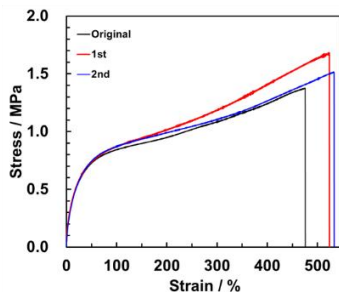
引張試験後の
破損したサンプル

ホットプレス(80 °C)後

再成形

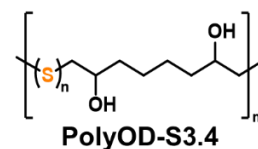


PolyOD-S3.5

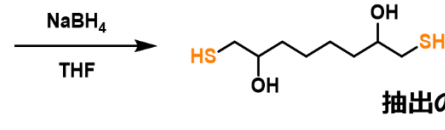


**再成形後も
同様の機械物性**

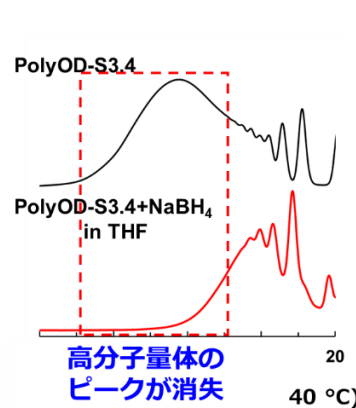
分解&分解物を回収可能



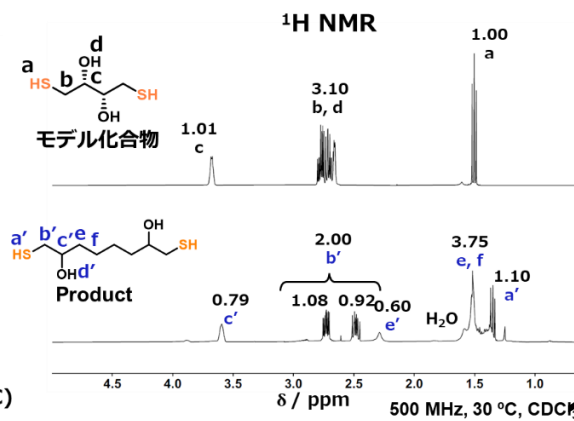
PolyOD-S3.4



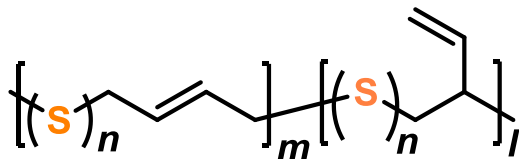
抽出のみで精製



高分子量体の
ピークが消失

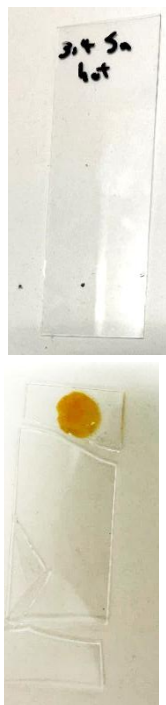
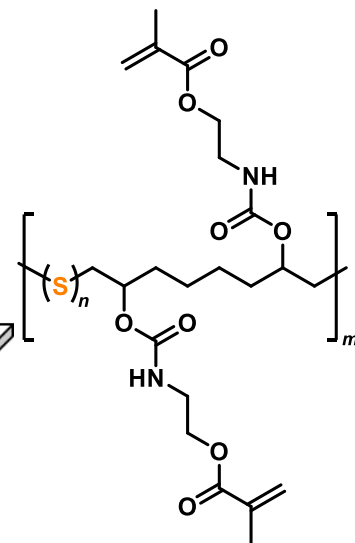


応用例②接着剤



ビニル硫黄ポリマー (エラストマー)

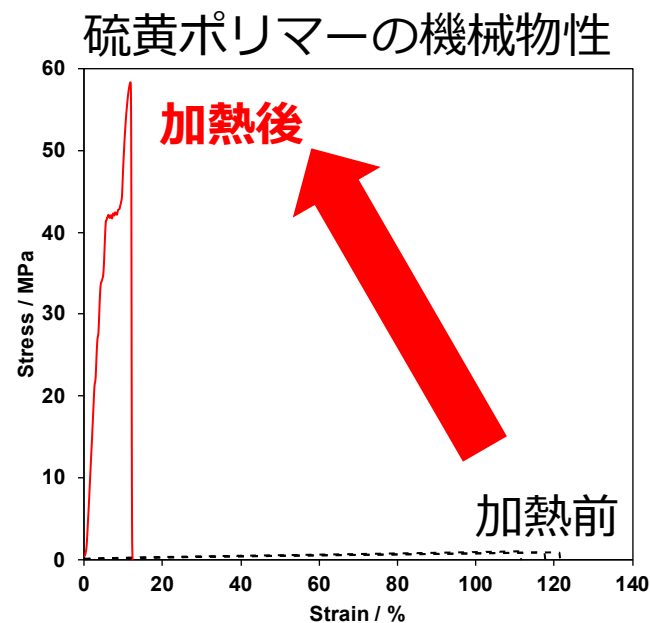
加熱 / 24h



外そうとしたら
ガラスが破損

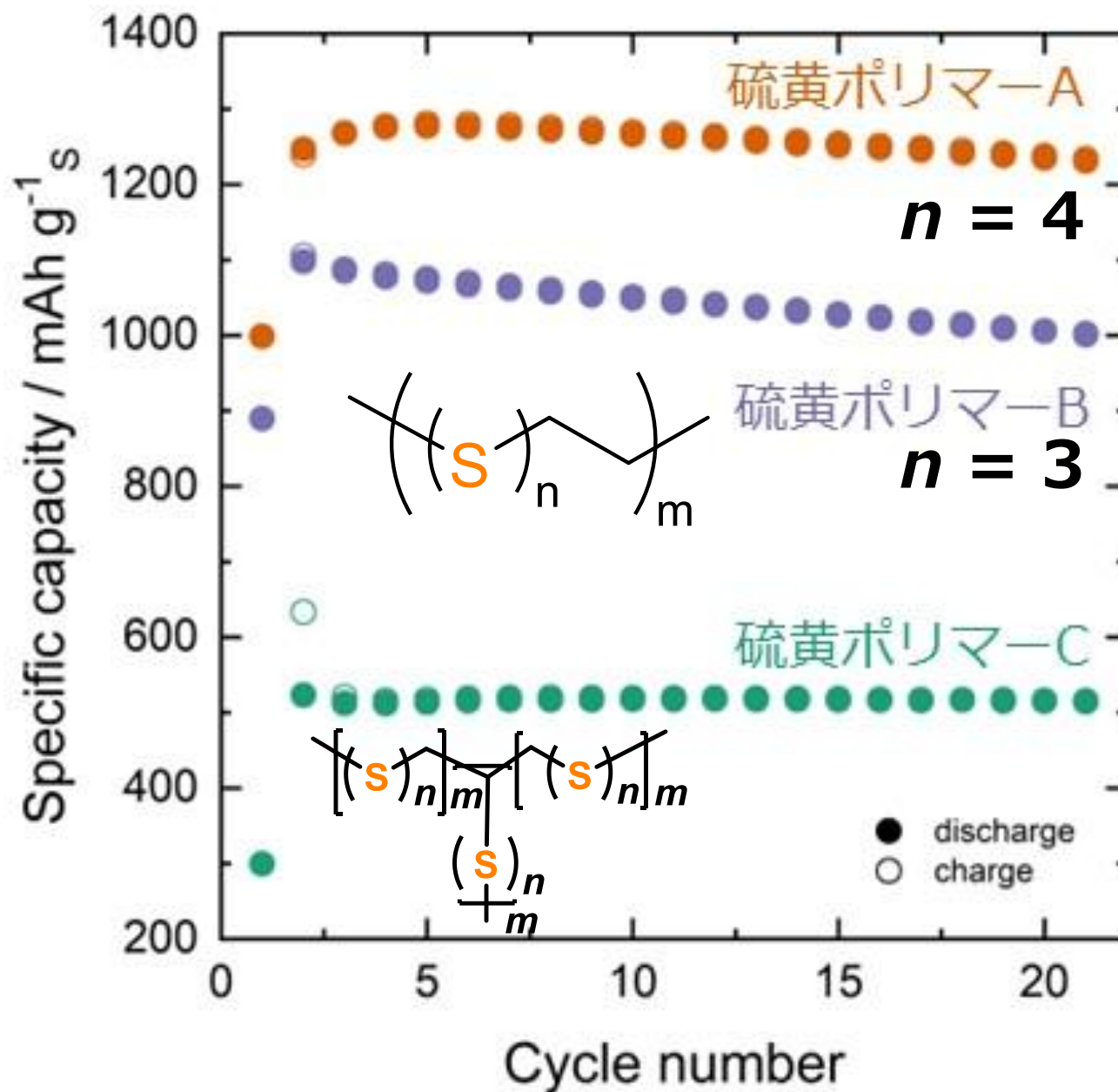


ガラス以上の 接着強度

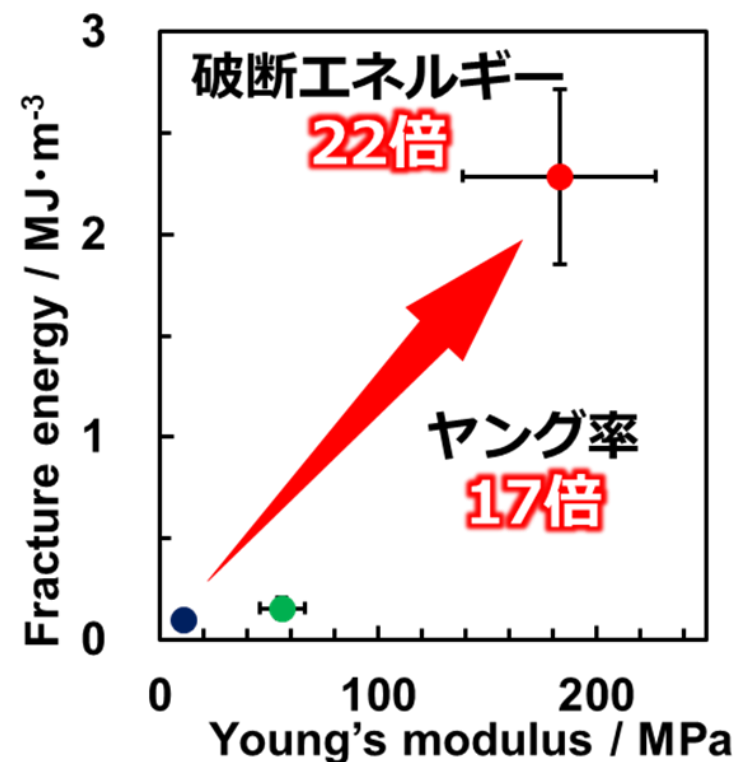
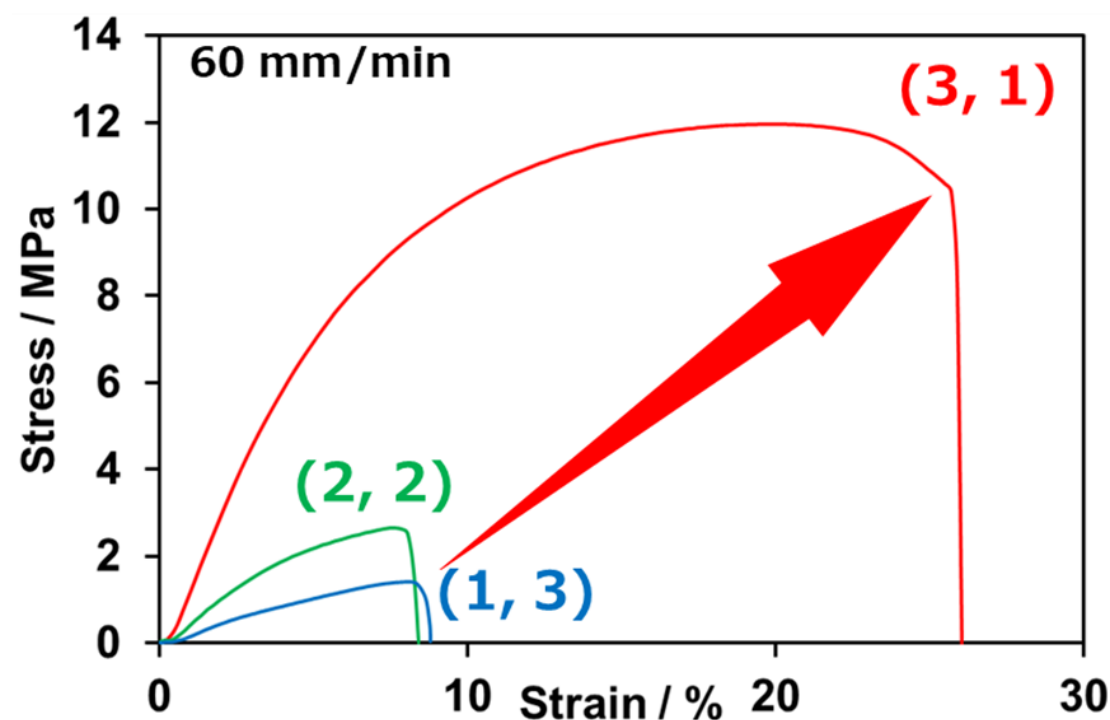
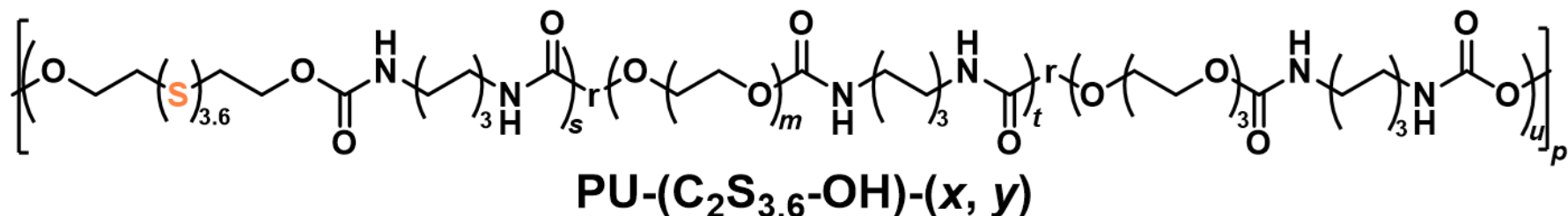


新規接着剤としての可能性

応用例③電池材料



応用例④改質剤(添加剤)



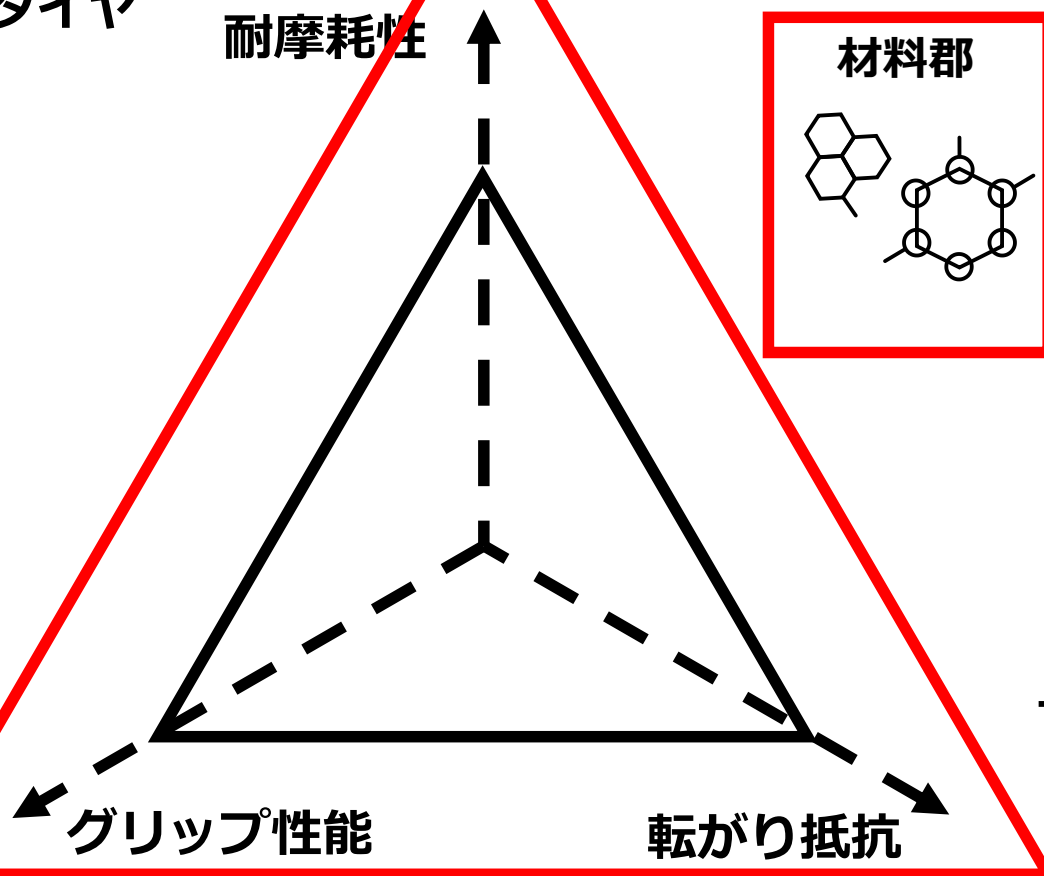
硫黄モノマーを添加するだけで機械物性20倍向上!!

本技術の拡大展開 (機械学習による最適化)

新しいパラメーターを
与える新材料の提供

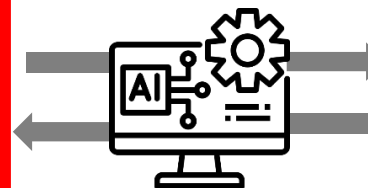
例: タイヤ

耐摩耗性

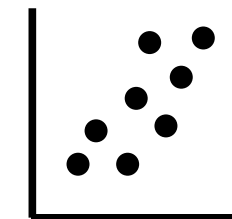


実験データ

学習



機械学習
モデル

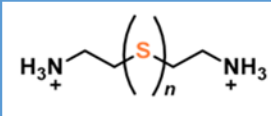
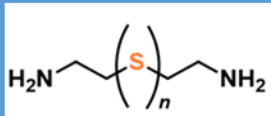
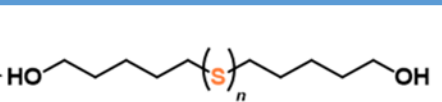
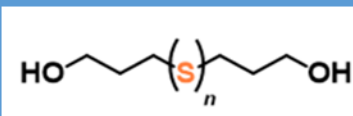
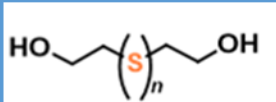
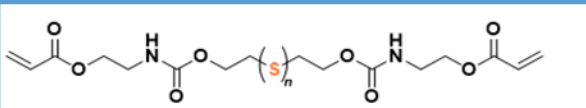
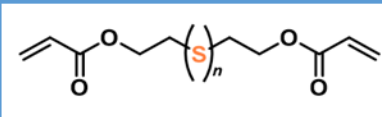


機能や特性

MI

→最適化

→**最大面積を
目指す手法**

硫黄モノマー構造	Sの数 (n)			
	1	2	3	4
 NH2硫黄含有モノマー	固体	固体	固体	固体
 NH2硫黄含有モノマー2	固体	固体	固体	固体
 OH硫黄含有モノマー1	液体	液体	液体	液体
 OH硫黄含有モノマー2	液体	液体	液体	液体
 OH硫黄含有モノマー3	液体	液体	液体	液体
 両末端二重結合硫黄含有モノマー1	固体	固体	固体	固体
 両末端二重結合硫黄含有モノマー2	液体	液体	液体	液体

既存のラインを使用したままあらゆる樹脂へ添加可能！！

想定される用途



耐薬品性ゴム



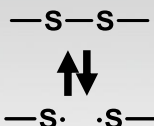
添加剤



ゴム
特許出願済み



接着剤・粘着剤 特許出願済み



解離・形成可逆性

溶媒に不溶

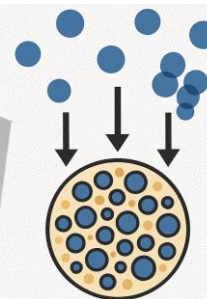


硫黄の資源循環
アップサイクル

室温合成可能な硫黄ポリマー

特許出願済み

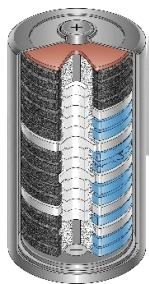
非共有電子対



分離剤(膜)
特に金属

次世代2次電池
(正極材料)

高い静電容量



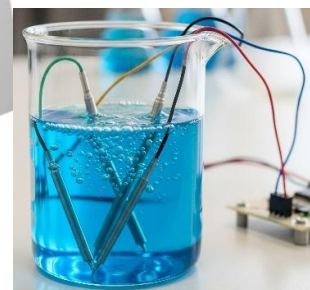
特許出願済み

大きい原子半径

レンズ



次世代2次電池
(電解質)



実用化に向けた課題

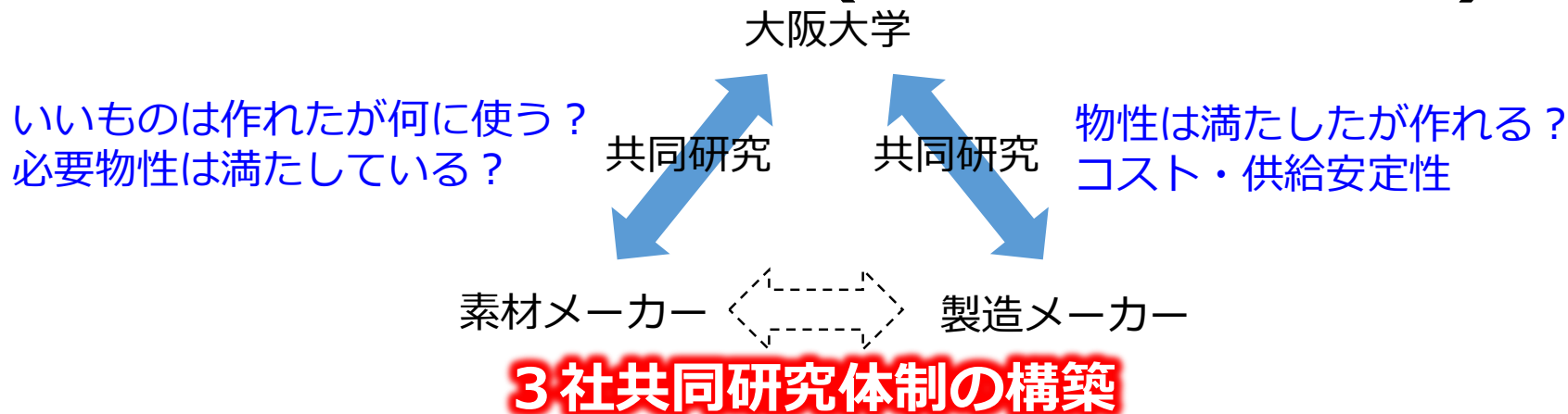
・ 大量合成 & 品質安定



・ ニーズの把握

ベンチマークの値

・ 開発システムの最適化 (共同研究の枠組み)



社会実装への道筋

スケジュール

基礎 研究

1.5年(済み)

- ・ 研究コンセプト証明
- ・ 低環境負荷合成法開発
- ・ 材料物性評価

応用 研究

1.5~3年(現在)

- ・ 材料探索・配合開発
- ・ 合成法最適化
- ・ 試作設計・プロトタイプ製造

製品化

3~5年 試験内容(想定)

- ・ テスト
- ・ 承認・認証手続き
- ・ 量産ライン設計・調整
- ・ 品質管理手順・検査工程定義

ローン チ

製品化以降
複数グレードへの展開を想定

補助金・マネタイズ

補助金活用 (金額2000万)
NEDO官民若手 マッチングサポートフェーズ
大阪大学イノベーションブリッジ

JSTさがし
NEDO官民若手 共同研究フェーズ
GAPファンドSTEP1

GAPファンドSTEP2(予定):数千万円程度
A-STEP(仮):数千万円~1億円程度
D-Global(仮):数千万円~1億円程度

起業

社会実装への道筋

現在

NDA締結済み
連携開始
受託ポリマー合成会社



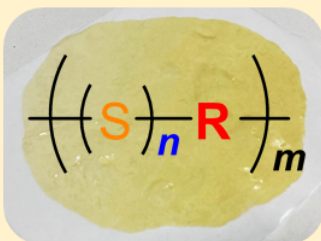
ライセンス

ライセンス料

製造委託

素材供給

自社



硫黄ポリマー
ライブラリー

実証データ



発注(新素材開発)

研究・開発

発注(素材供給)

素材供給

顧客(製造メーカー)



タイヤ



リチウム硫黄電池



コーティング
剤



粘着剤

発注



ゴム靴底

製造委託

自社製造

自社工場



発注(素材供給)

素材供給

発注

素材
供給



発注

素材
供給

【開発面】

- 特定の用途に合わせたポリマー改良や性能評価に関して、既存素材の豊富なデータやノウハウ、評価設備を活用させていただきたい

用途例

電解質…未開発分野

**その他…電池正極材料・ゴム・接着剤・吸着材・レンズ
改質(機能化)したい樹脂**

【製造】

- 製造プロセスにおけるインフラ面での支援（用役や廃液処理）
- サプライチェーンを活用した原料調達支援
- 安定した品質の製品を量産するための品質管理体制の構築支援
- 企業の既存・遊休設備を利用した製造委託

企業への貢献、PRポイント

環境負荷の低減新規高機能材料の創出を可能にし、
破壊的イノベーションをもたらす技術

企業への貢献

•環境負荷の圧倒的な低減

原料に廃棄硫黄を利用→カーボンフットプリントの削減
SDGsへの貢献・企業の社会的責任

•高機能ポリマー材料の創出

新たな機能性の付与→静電容量・自己修復性・光学特性・透明性・吸着性・接着性

•導入実現可能性の高さ

既存の生産ラインへの適用可能性
顧客ニーズに合わせたテーラーメイドな材料設計

PRポイント

- ・未踏の新規開発技術
- ・廃棄物からの価値創造と持続可能な社会への貢献
- ・日本から世界を牽引する独創的技術
- ・共同研究体制と専門知識
- ・研究室から社会実装へ、一貫したコミットメント

本技術に関する知的財産権

全て大阪大学単願

1. 「重合用組成物およびその製造方法ならびに重合体組成物」（特願2025-037453, 2025年3月10日）、小林裕一郎、藤原凜々子、橋本駿、神岡龍之介、松林真伸、岡本直大、松田侑大、山口浩靖
2. 「硫黄含有高分子化合物およびその製造方法、接着組成物、接着方法、成形体ならびに架橋高分子化合物」（特願2024-197710, 2024年11月12日）、小林裕一郎、橋本駿、神岡龍之介、山口浩靖
3. 「硫黄含有高分子化合物の製造方法」（特願2024-155165, 2024年9月9日）、小林裕一郎、橋本駿、神岡龍之介、松田侑大、戸田健太、藤原凜々子、山口浩靖
4. 「硫黄含有高分子化合物の製造方法及び硫黄含有高分子化合物」（特願2024-030624, 2024年2月29日PCT/JP2025/006969）、小林裕一郎、神岡龍之介、橋本駿、西村龍人、神山竜輝、山口浩靖
5. 「リチウム硫黄電池用正極活物質、正極材料、正極並びにリチウム硫黄電池」（特願2023-171267, 2023年10月2日PCT/JP2024/035115）、小林裕一郎、橋本駿、堀口顕義、西村龍人、山口浩靖
6. 「硫黄含有化合物及び高分子材料」（特願2023-521210, 2023年9月11日）、小林裕一郎、山岸佑輝、堀口顕義、北野大輝、山口浩靖
7. 「重硫黄含有高分子化合物及びその製造方法、ポリマー組成物並びに硫黄含有化合物」（特願2022-102152, 2022年6月24日, PCT/JP2023/017132, 2023年5月2日）、小林裕一郎、堀口顕義、北野大輝、西村龍人、橋本駿、山口浩靖
8. 「硫黄含有化合物及び高分子材料」（特願2021-080034, 2021年5月10日, PCT/JP2022/019860, 2022年5月10日）、小林裕一郎、山岸佑輝、堀口顕義、北野大輝、山口浩靖
9. 「硫黄含有高分子材料及びその製造方法」（特許第7620970号、特願2020-082858, 2020年5月8日, 特開2021-176946）、小林裕一郎、原田明、山口浩靖

産学連携の経歴

2023年9月	NEDO 官民若手(マッチングフェーズ)に採択
2023年10月	硫黄ポリマーの有償提供開始
2023年12月	A社と共同研究開始
2024年5月	B社と共同研究開始
2024年10月	C社と共同研究開始
2024年10月	NEDO 官民若手(共同研究フェーズ)に採択
2024年10月	JST さきがけに採択
2024年10月	JST KSAC-GAPファンド ステップ1 PMFに採択
2024年12月	有償提供 5 社突破
2025年9月	D社と共同研究開始予定
2025年10月	E社と共同研究開始予定

大阪大学
共創機構 イノベーション戦略部門 知的財産室
E-mail : tenjikai@uic.osaka-u.ac.jp
Tel : 06-6879-4861