



YNU研究イノベーション・シンポジウム2020 機械・素材産業にとってのコロナショックとは

横浜国立大学 工学研究院 教授
中尾 航

コロナショックとは

■ Face to Faceコミュニケーションの制限→国際サプライチェーンの変革



日本発の新材料が世界を変えた

毎日ふつうに使っているスマートフォン、パソコン、乗用車。これだけ広く普及して便利に使われているのは、それまでにない高性能な部品材料が出現し、利便性や安全性、信頼性が向上したからです。その多くが日本の研究者や企業によって発見・開発されました。

材料を構成する基本要素は「元素」です。元素の固有の性質を組み合わせて多種多様な材料がつくられています。利用される元素の種類と使用量は近年いじく増加しており、とくに高性能な部品材料には産出量や流通量が少ない「レアメタル」や「レアアース」が多く使われています。

研究者の所属は発表当時のもの、敬称略。
構成元素に含まれるレアメタル、レアアースを円柱で示す。

ネオジム磁石

RE
レアアース
(ネオジムなど)

佐川真人(住友特殊金属(株), 1982年)
ネオジム磁石は従来のフェライト磁石の10倍のエネルギーをもつ。



スマートフォンのバイブレーター



自動車の駆動モーター

青色LED

Ga
ガリウム

赤崎 勇、天野 浩
(名古屋大学、1989年)
この開発で青、赤、緑の光の三原色がそろい、すべての色が表示できるようになり、用途が多様になった。



青色LED。車のヘッドライトでは黄色などの蛍光灯に当てて明るい白色光をつくっている。

高張力鋼板(ハイテン)

Mn Ni Nb
マンガン ニッケル ニオブ

日本の鉄鋼メーカーが
自動車産業との二人三脚で開発(1970年代半ば)
普通の鋼板の約2倍の引張り強度があり、軽量化による省エネルギーに貢献。



自動車のフレーム

自動車排ガス用三元触媒

Rh Pd Pt
ロジウム パラジウム 白金

日本の自動車メーカーがシステム
を実用化(1970年代半ば)
排ガス中の有害成分である窒素酸化物(NOx)、炭化水素(HC)、一酸化炭素(CO)を同時に除去する。

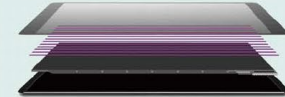


自動車の触媒コンバータ

アモルファス酸化物半導体 IGZO

In Ga Zn
インジウム ガリウム 亜鉛

細野秀雄(東京工業大学、2004年)
従来のアモルファスシリコンの数十倍、電子の移動度が大きく、低消費電力であることから、高解像度ディスプレイとして普及した。



スマートフォンのディスプレイ

リチウムイオン電池

Li Co
リチウム コバルト

吉野 彰(旭化成(株)、1985年)
エネルギー密度はニッケル水素電池の約3倍。



自動車の駆動用バッテリー

参照：文部科学省元素戦略プロジェクト
(拠点形成型) 広報誌

世界を変えるほどの新素材の開発、製造は、
我が国の産業力の強みのひとつ

我が国の資源確保の問題1

地球に寄り添うものづくりへ

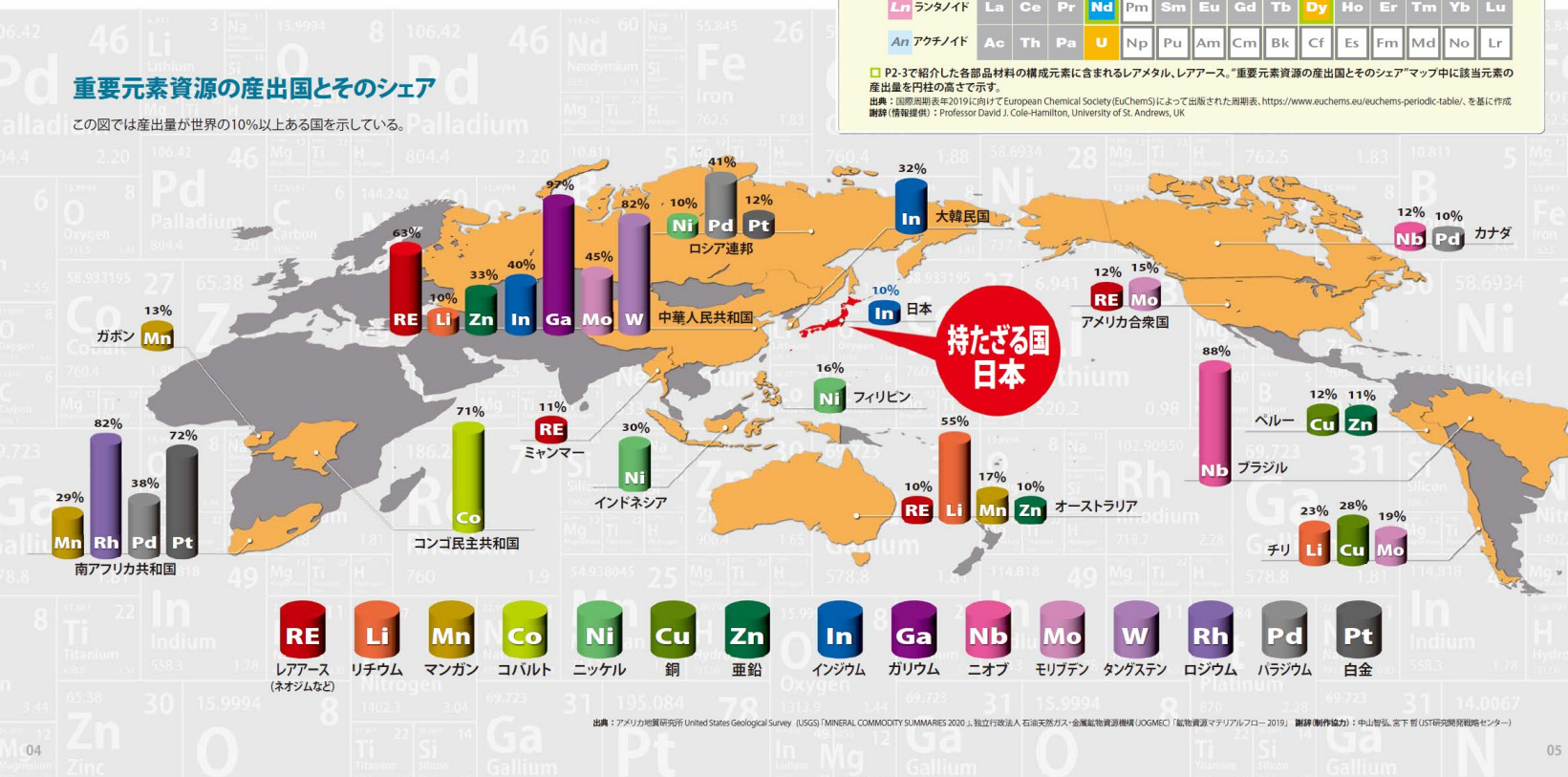
地球上の元素資源の埋蔵量は有限です。ところが、レアメタルやレアアースの需要は今後も増え続け、数十年後には多くの元素の供給ができなくなると危惧されています(右の図)。そのうえ、元素資源は地球上のどこからでも産出するわけではなく、地域的にいちじるしく偏っています(下の図)。

元素資源の需要と供給のバランスをいかにしてとっていくかが、今世界共通の課題となっています。その解決に向けて、資源の全地球的な循環と、環境に負荷をかけない革新的な元素の利用技術の開発が求められています。



重要元素資源の産出国とそのシェア

この図では産出量が世界の10%以上ある国を示している。



参照：文部科学省元素戦略プロジェクト
(拠点形成型) 広報誌

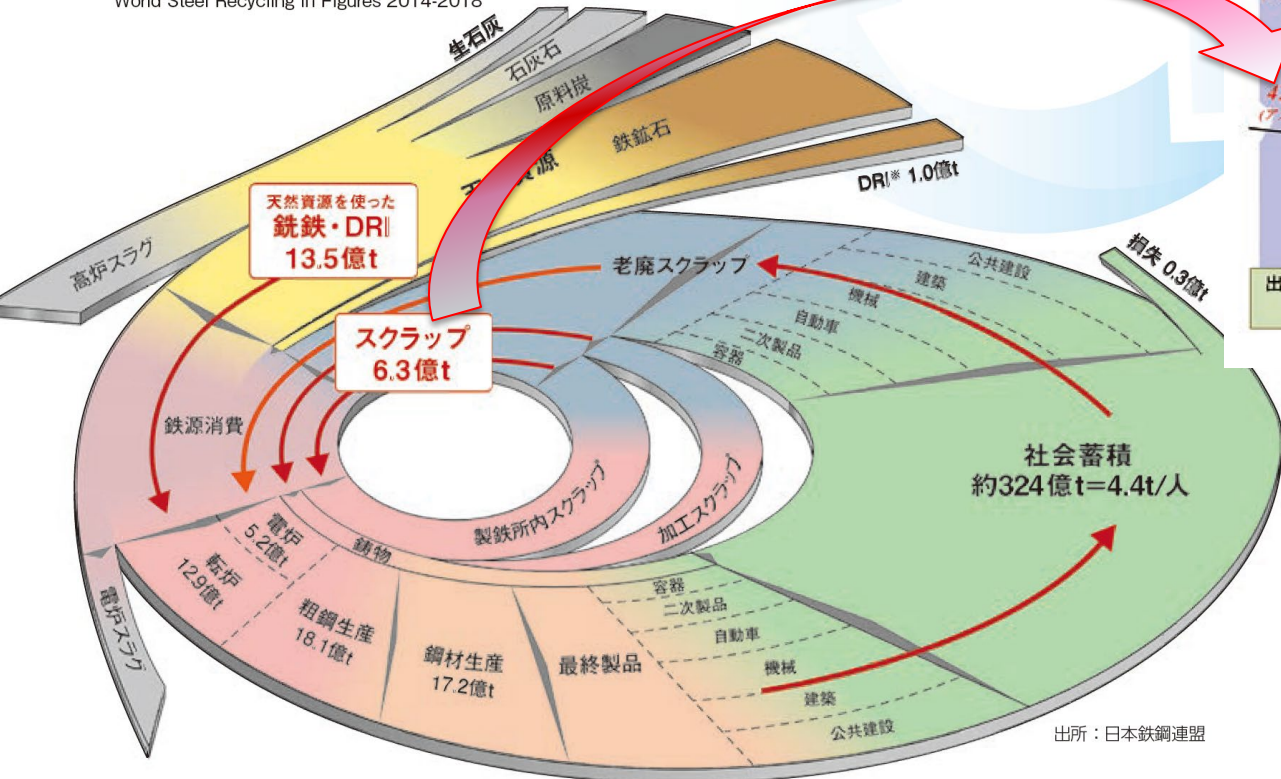
磁石、触媒、電池素材の新素材の数多くは
産出国が偏在している稀元素を多く活用し
ている。

我が国の資源確保の問題2

■ 使用済み資源もすでにグローバルサプライチェーンが構築されている

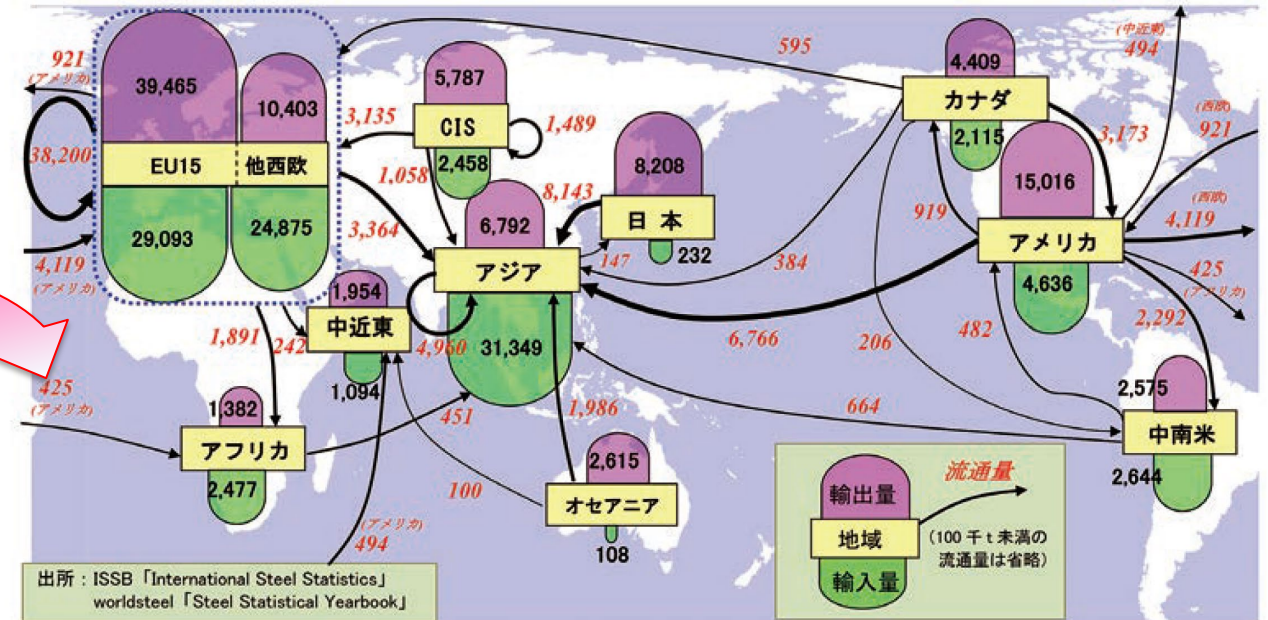
世界の鉄鋼循環 (2018年)

鉄リサイクリング・リサーチ
World Steel in Figures 2019
World Steel Recycling in Figures 2014-2018



※ DRI：直接還元鉄。主として天然ガスを使用し鉄鉱石を還元。

世界のスクラップ流通図 (2017年)



出所：日本鉄源協会・日本鉄鋼連盟

参照：日本製鉄 広報誌

鉄鋼材料の資源の1/3相当を占めているスクラップでさえ、グローバルサプライチェーンの網の中で供給されている。



資源確保に関する新たな切り口

- 廃棄物の資源化により“資源欠乏国”からの脱却
- 高度な物質循環構造（リマニュファクチャリング等）の確立
 - 使用済み部材の劣化因子の除去（→アンチエイジング）
- サーキュラーエコノミーへの対応（ビジネスモデルの変更）

自己治癒機能とは、

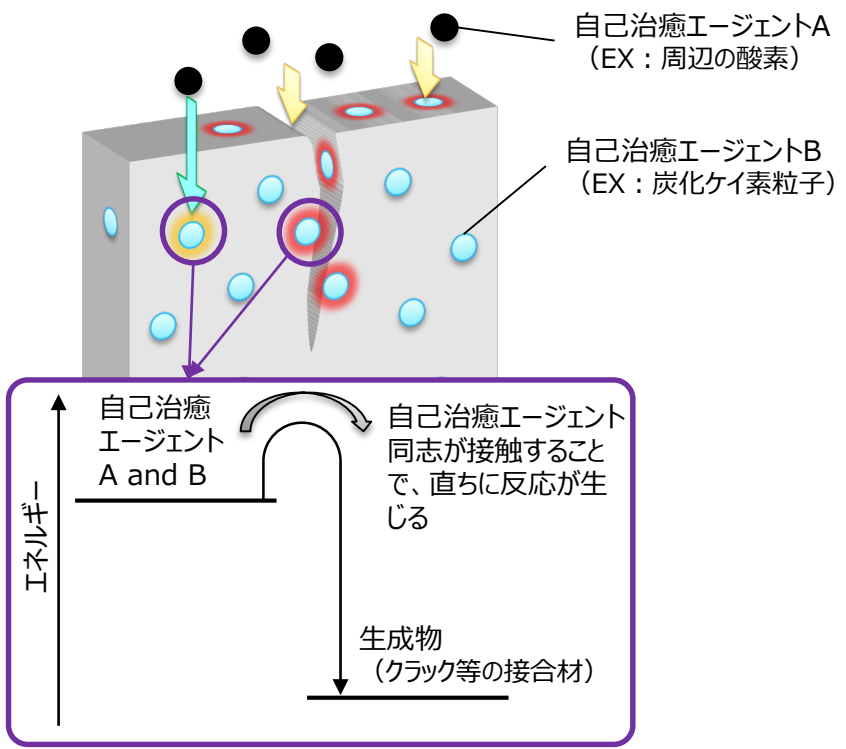
■ 稼働中に適切な化学反応を生じることで機能発現



自己治癒エージェント
(自己治癒性を導く反応物or触媒)



どのように配置するかが一つのポイント
(損傷の発生によりこれらが初めて接触する。)

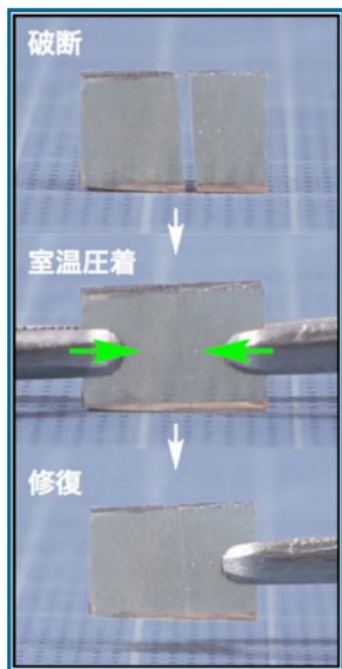




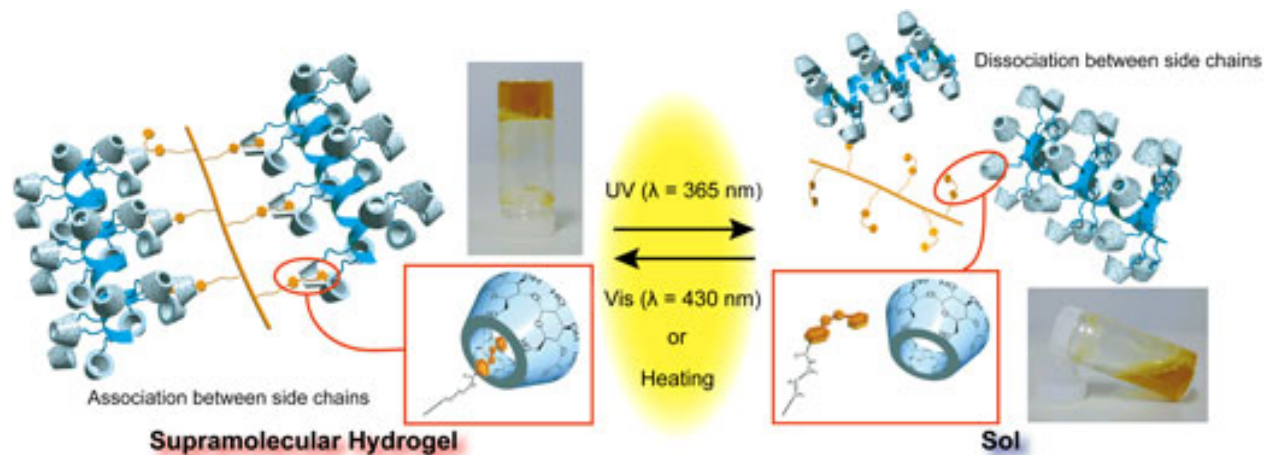
自己治癒材料の実例1

一度、破壊した結合を再接合し、使用寿命を再延長

東京大学大学院の研究グループが、世界初の自己修復ガラスを開発した。室温で破断面を押し付けておくと修復し、再利用が可能になる初のガラス素材。持続可能な社会への貢献が期待されるという。



破断面を圧着すると修復するガラス

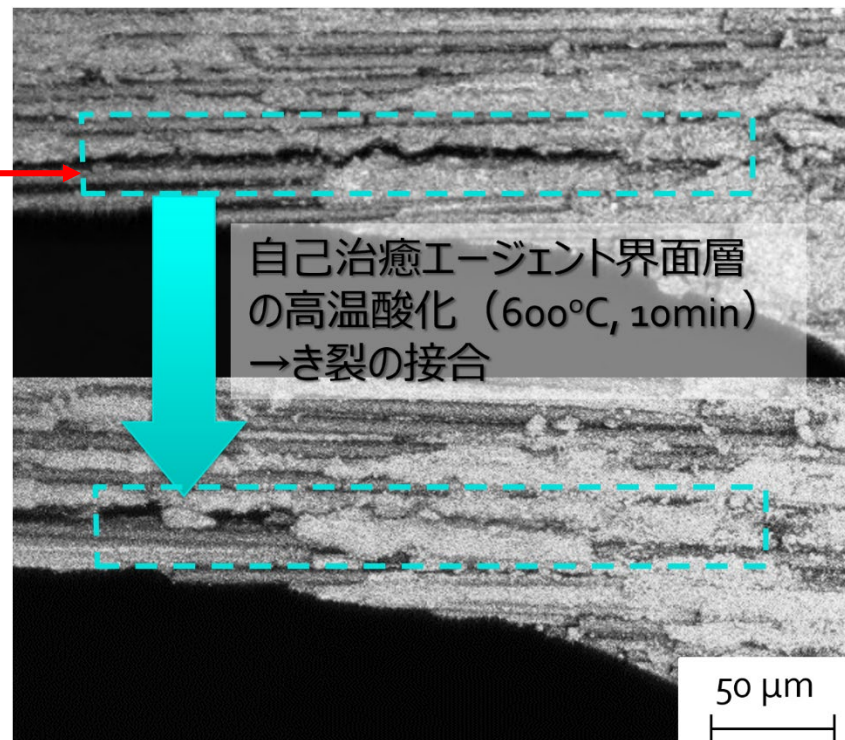
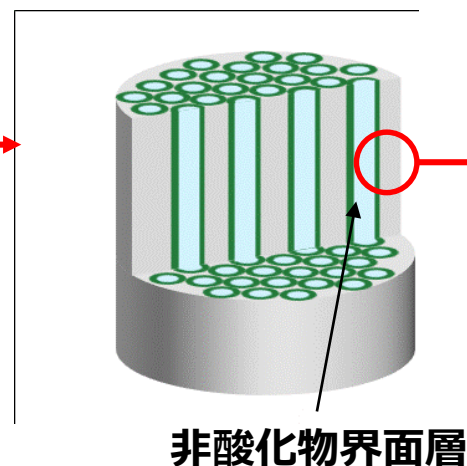
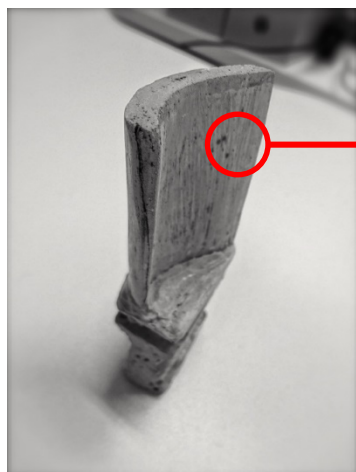


<http://www.chem.sci.osaka-u.ac.jp/lab/harada/jp/research/o5-1.html>

<http://www.itmedia.co.jp/news/articles/1712/18/news082.html>

自己治癒材料の実例2

- 使用中に自動的に破壊の前駆体を治癒することで信頼性を大幅確保

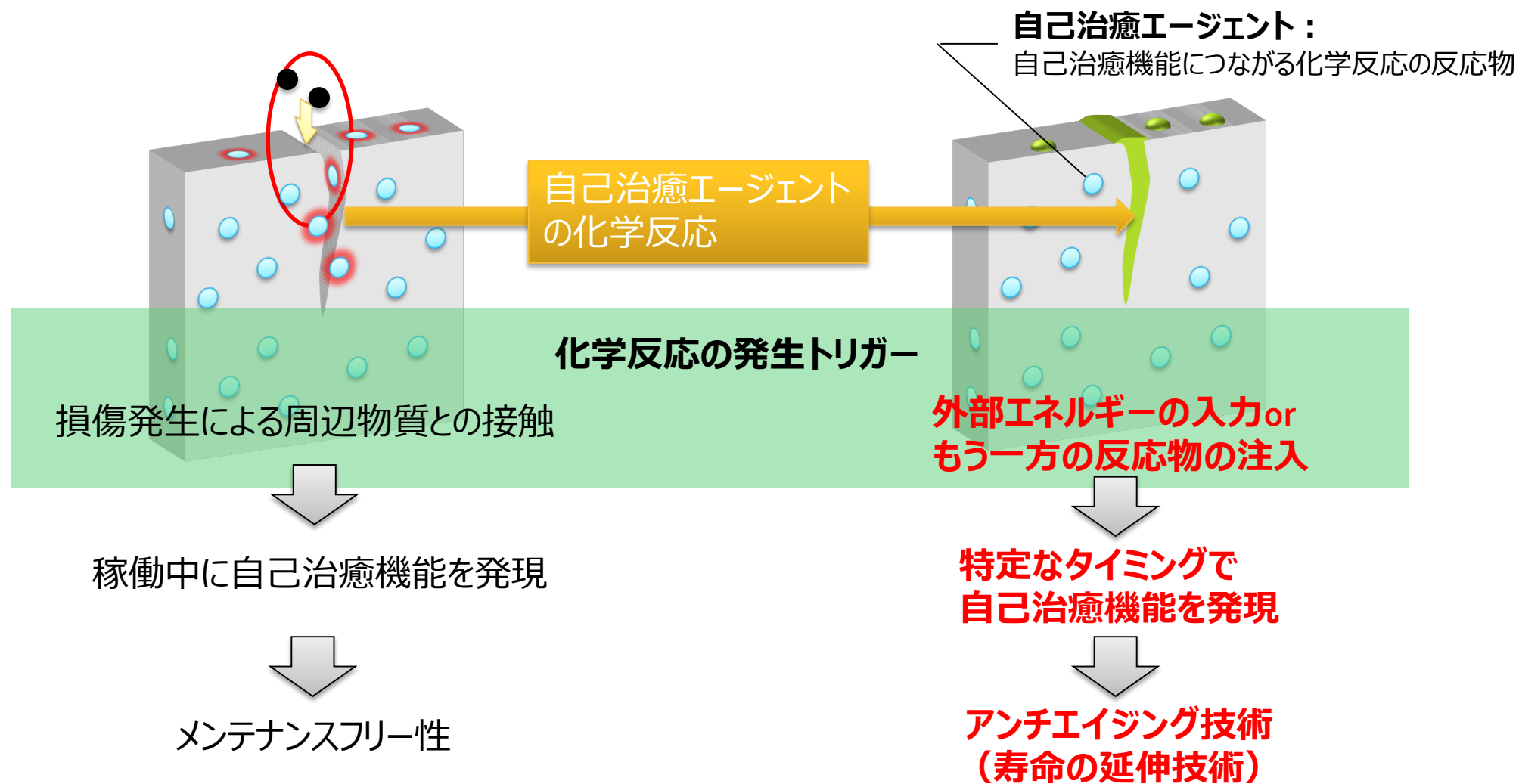


低炭素化効果

= 619百万トンCO₂排出量削減
(航空産業の総CO₂排出量：約4100百万トン(2050年推定))
= 我が国の総CO₂排出量半分

新たな自己治癒材料の活用方法の提案

■ メーカーでの自己治癒を実用化し、使用済み部材を資源化（アンチエイジング）



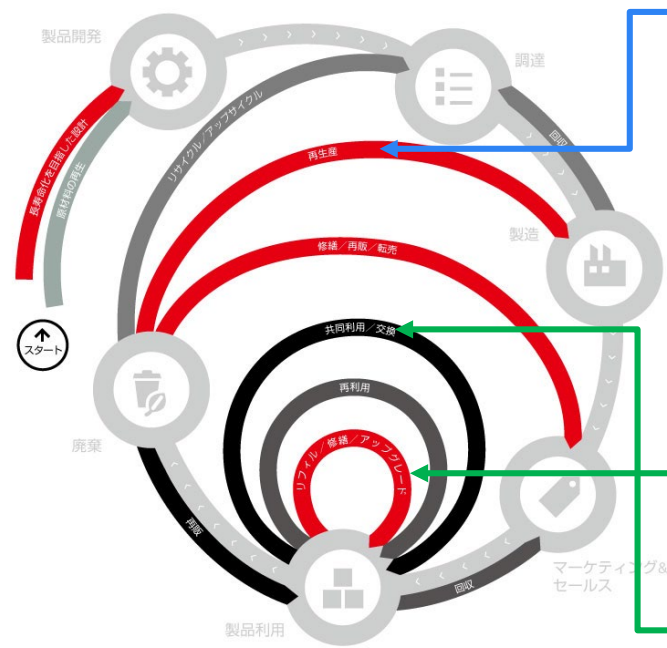


メーカーでの自己治癒による新たなビジネスモデル

高度な物質循環型部材を活用し、より消費者に近いビジネスへ変換

サーキュラーエコノミーのビジネスモデル

Ref: <https://www.accenture.com/jp-japanese/insight-creating-advantage-circular-economy>



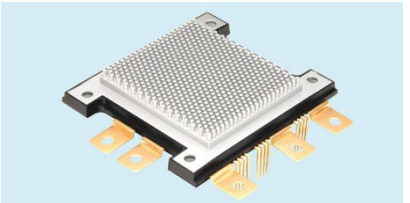
アンチエイジング技術を用いた
セラミック部材の再使用
(寿命延長)

根幹部品の
安定・安価な供給体制

特定の機能を有するモジュールの
サービスとしての製品化

管理会社による
定期的な点検・メンテナンス

高付加価値製品（サービス）のシェアリング・プラットフォーム化



複数回使用を想定した
安価なSiCパワー半導体



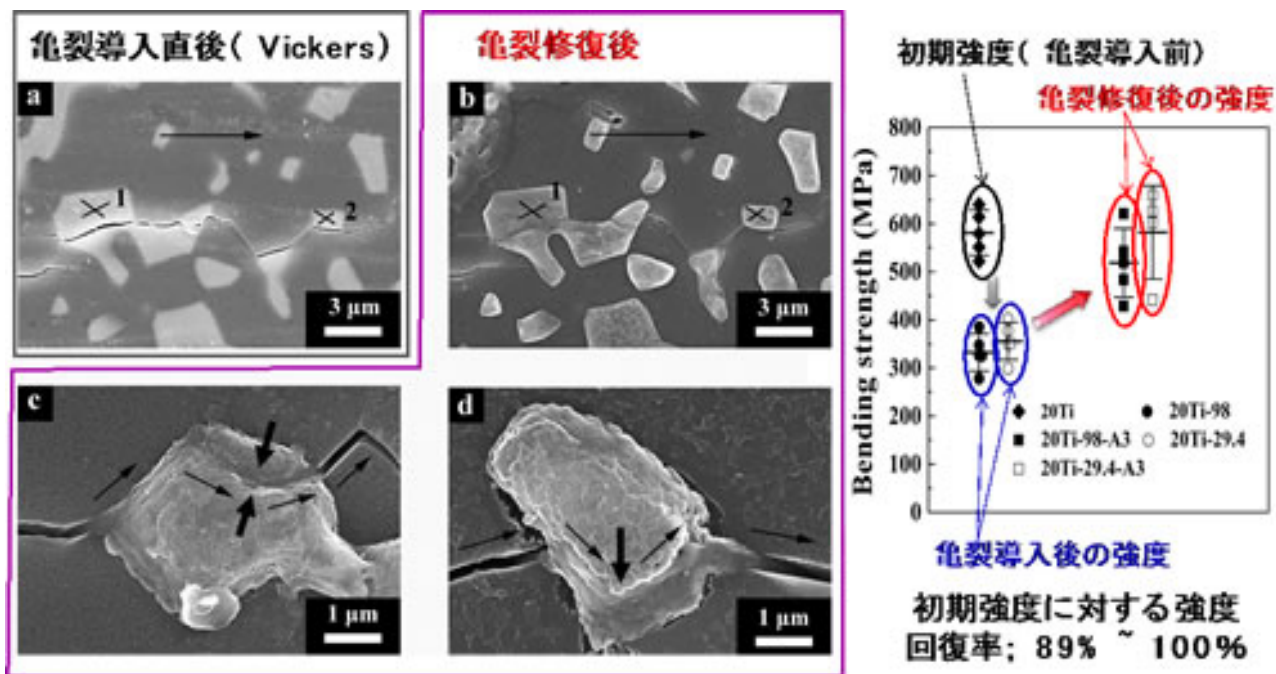
高機能EV用パワーデバイスのリース



高機能EVのカーシェアリング

メーカーでの自己治癒の有望な研究シーズ1

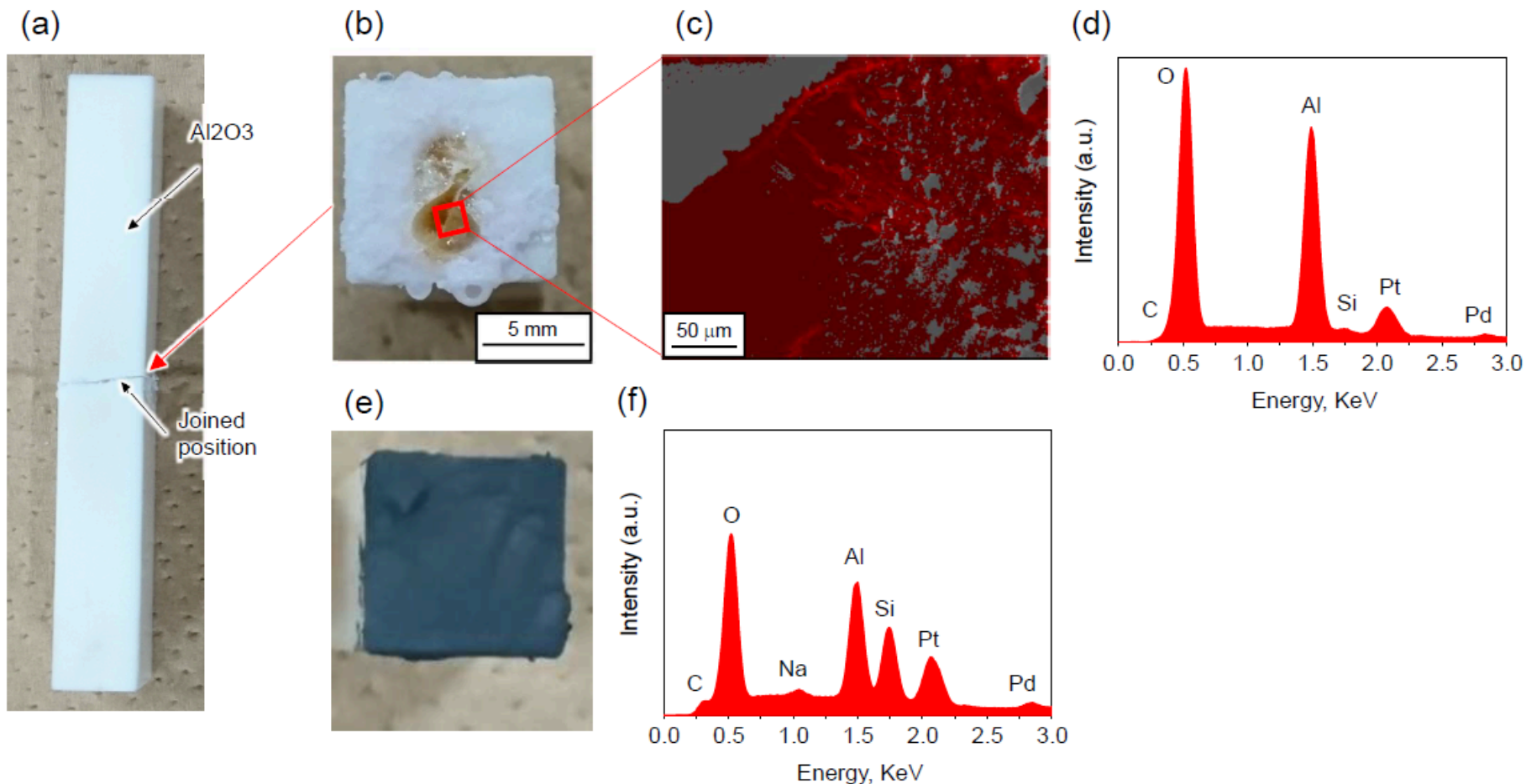
■ 電気化学手法によるセラミックスの自己治癒（大阪大学 関野先生）



損傷を受けたセラミックス部材に電流を流すことで、傷を補修する。

メーカーでの自己治癒の有望な研究シーズ2

■ 電子レンジで割れたセラミックスを復活



接合に影響を与えた物質の解明。(a)接合後の試料形状。(b)試験後の破面観察。赤四角がEDX解析範囲である。(c) EDXによる相分析結果。グレー範囲は破面形状上により測定エラー。(d) EDXによる元素分析結果。Pt, Pdはスパッタリングに用いた元素である。(e)実験前にSiCを塗布した破面写真。(f) EDXによるSiC粉末の元素分析結果。

終わりに変えて

- コロナショックを良い機会として捉え、日本から、機械システム全体で物質とエネルギー（エクセルギー）を循環することで、まるで地球のような持続性を有する材料システムとして提言する。

