



東北大学



東北発 素材技術  
先導プロジェクト

Tohoku Innovative Materials Technology  
Initiatives for Reconstruction



# 東北発素材先導技術プロジェクト 希少元素高効率抽出技術領域の紹介 および成果概要

次世代自動車のための産学連携イノベーション  
次世代自動車宮城県エリア 人材育成成果発表会  
平成26年1月30日  
仙台国際センター

東北大学 多元物質科学研究所  
希少元素高効率抽出技術拠点



東北大学



東北発 素材技術  
先導プロジェクト

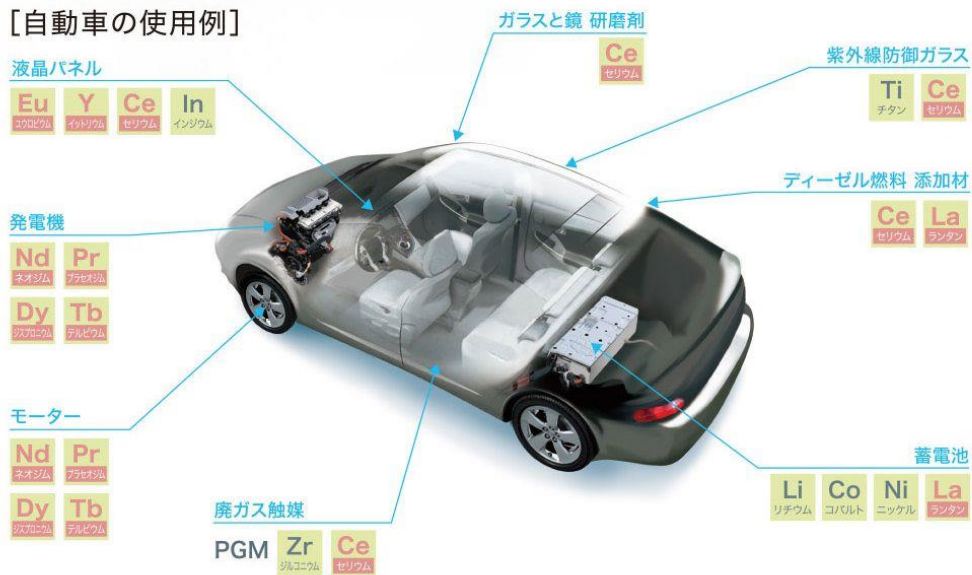
Tohoku Innovative Materials Technology  
Initiatives for Reconstruction



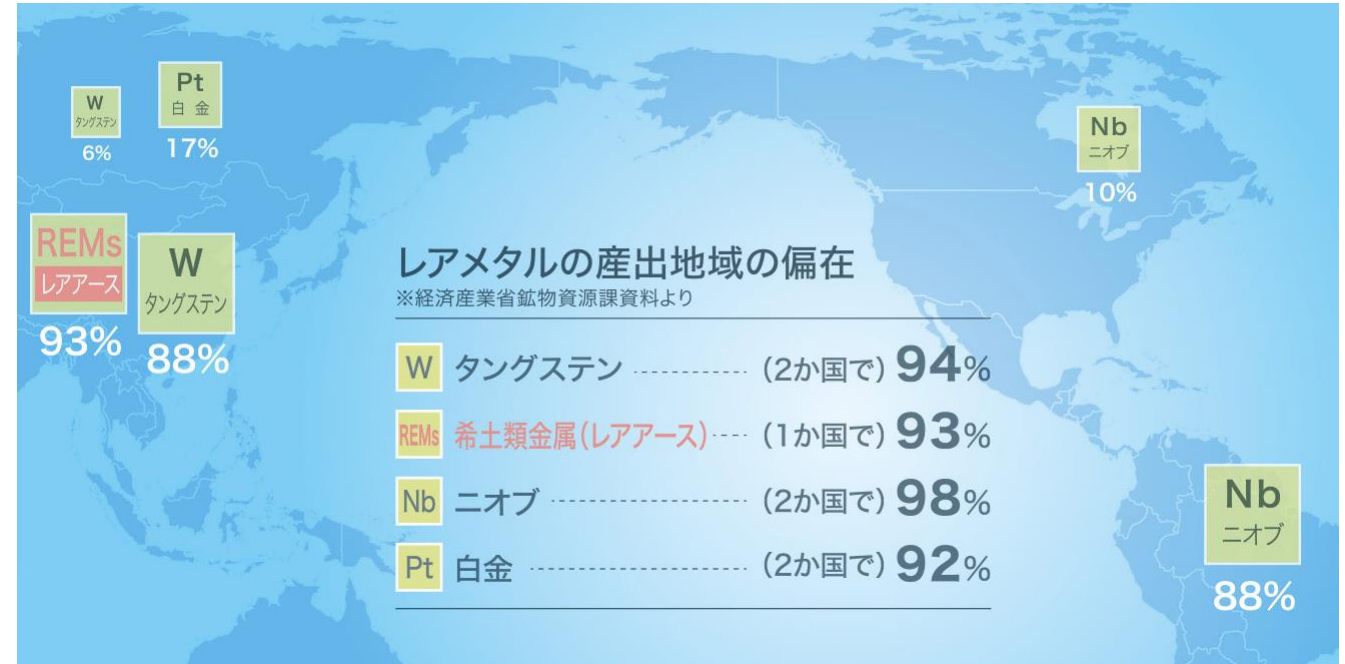
## レアメタルの使用例

### ハイテク製品に欠かせないレアメタル

#### 【自動車の使用例】



## レアメタルの生産



レアメタル資源の課題  
埋蔵量や生産量が特定の国に偏っている  
→供給価格や供給量の不安定化



- ・レアメタルのリサイクル
- ・新しいレアメタル資源の探索
- ・レアメタルの代替技術

# 希少元素高効率抽出技術

廃電子機器(都市鉱山)



E-scrapの収集

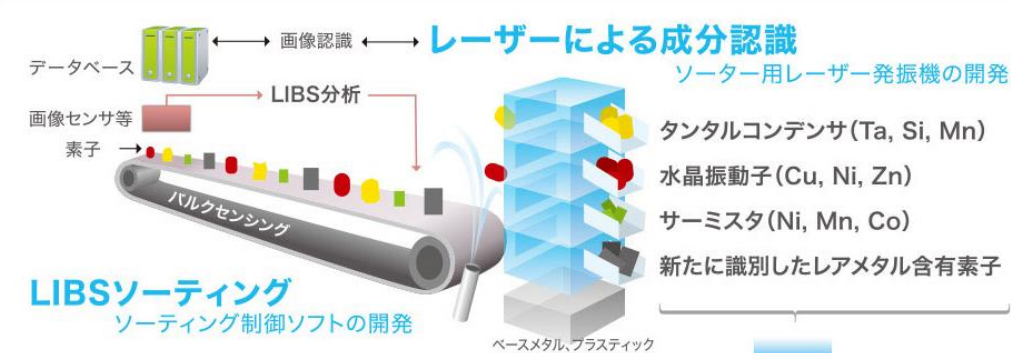
選別

電子基板等の破碎(電気パルス破碎)

破碎・解体



破碎部品・部材の選別(LIBSソーティング)



## 廃電子機器からのレアメタルリサイクルのプロセスイメージ

目的元素の抽出・精製(イオン液体による抽出)

レアメタル金属



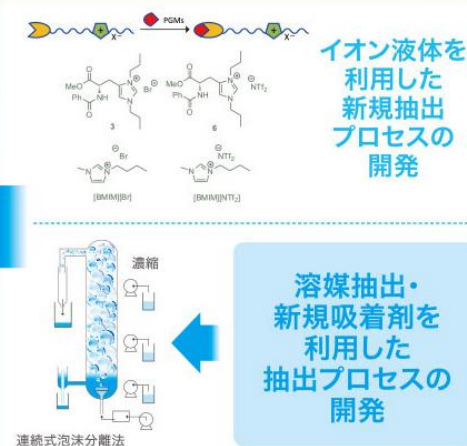
イオン液体中での  
電解析出

低環境負荷電解による新規プロセス

低温溶融塩電解

低環境負荷電解による新規プロセス

還元・金属回収



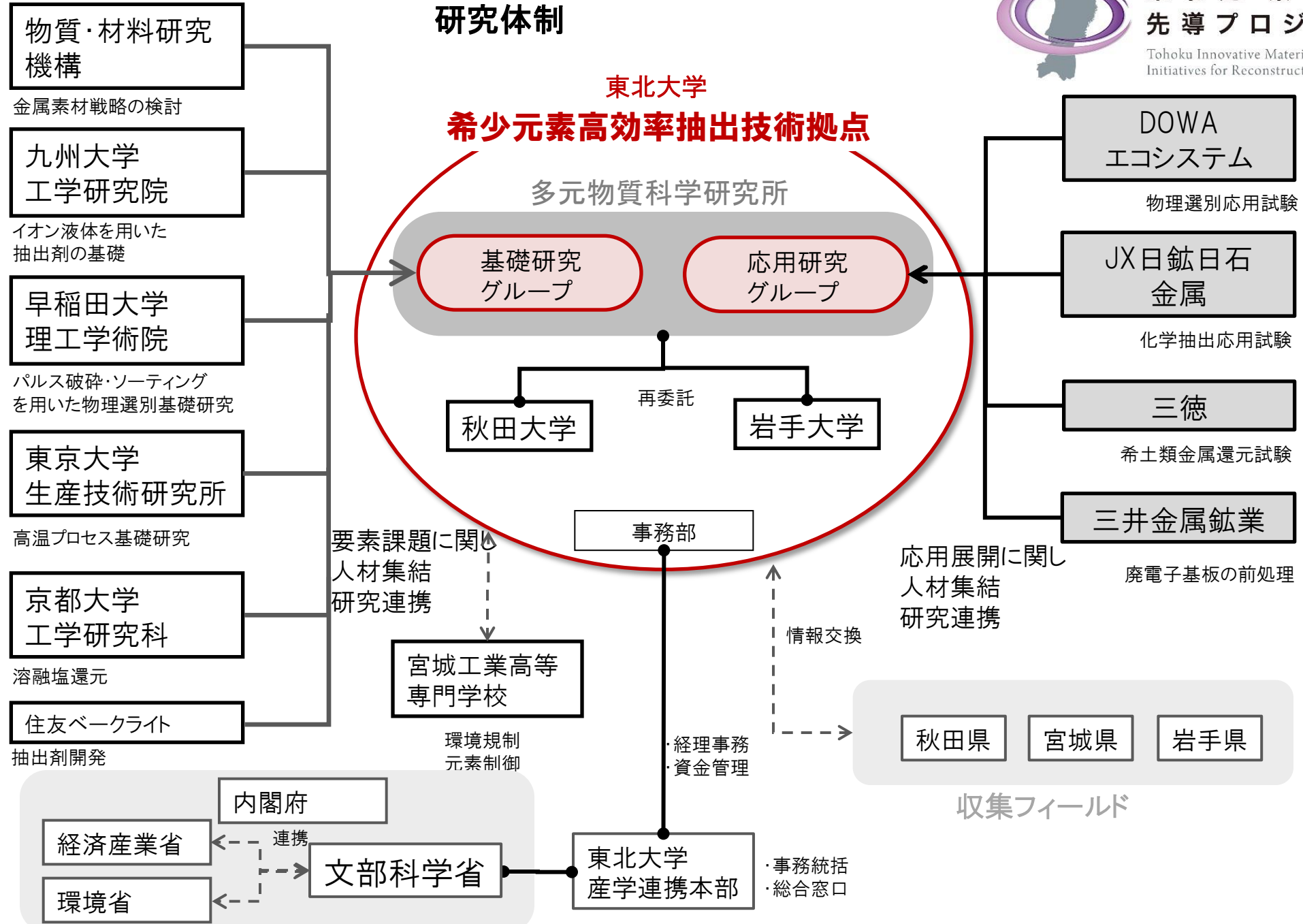
希少元素の選択的抽出

- 廃プラスチックの  
無害化処理
- ケースやリード線などの  
ベース金属の分離・回収





## 研究体制





東北大学

2012

2013

2014

2015

2016

東北発 素材技術  
先導プロジェクト

Tohoku Innovative Materials Technology  
Initiatives for Reconstruction



課題1  
物理選別技術  
の高度化

パルス解砕・破壊機構の解明

レーザー発光を中心としたセンシング技術の開発

破砕・解砕の科学とセンシング技術  
の統合による新規物理選別プロセス  
の提案

課題4  
計算科学の  
支援

最適化モデルシミュレーションの高度化

第一原理計算によるイオン液体ならびに熔融塩の物性評価アルゴリズムの開発

課題2  
新規化学精  
製基盤技術  
の確立

イオン液体ならびに新規抽出剤の合成

熔融塩・イオン液体精錬のプロセス  
化学確立

実験と計算科学を連結した  
イオン液体の構造と物性の関係の明確化

反応速度論の量子化学による解明  
移動元総論によるプロセス最適化

課題5  
構造解析の  
支援

高温NMR解析技術の構築

イオン液体・熔融塩融体の構造解析

個体微小部分の構造解析

課題3  
応用技術開発

ハロゲン化合物の揮発挙動の解析

ハロゲン化物処理技術の提案

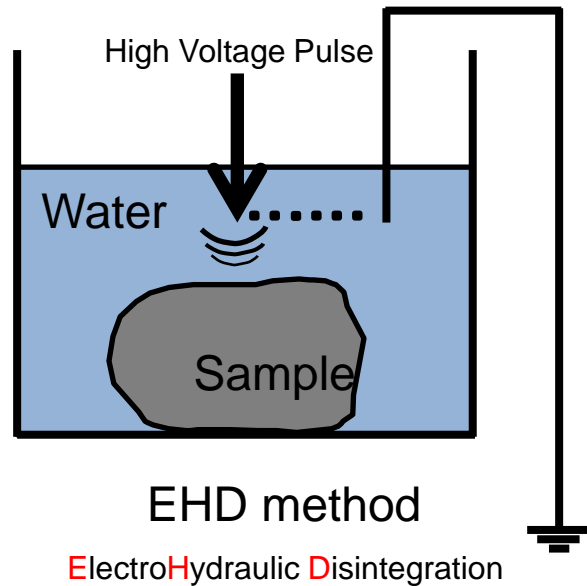
総合的レアメタル・金属  
リサイクルプロセスの提案

レアメタルリサイクル時の重金属処理プロセス開発

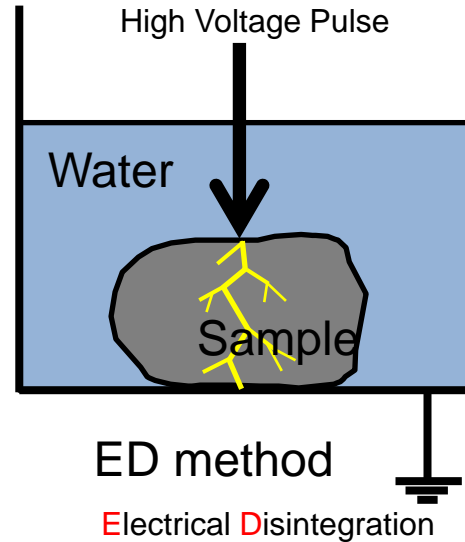
レアメタル・金属リサイクルの新規プロセスによる新産業創生

# 破碎・解体

## 電気パルス破碎の原理



水の絶縁破壊で発生する  
衝撃波によって粉碎

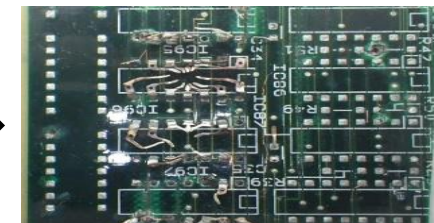
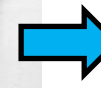
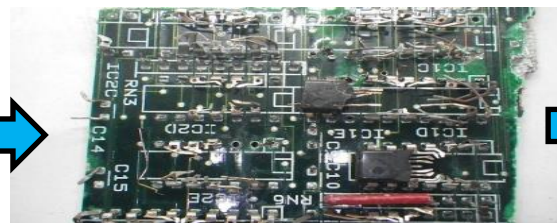
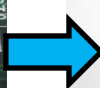
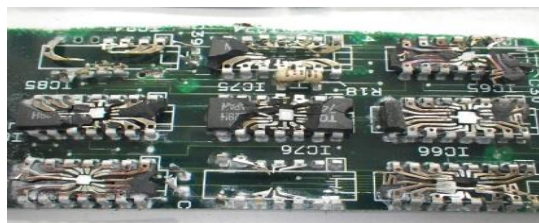


固体試料に直接高電圧を  
印加させて内部から破壊

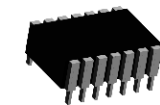
### 研究項目

- ・対象物毎の破碎条件の確定
- ・破碎界面の解析  
微小部XRD装置  
3D顕微鏡  
EPMA
- ・高電圧プラズマの物理現象のシミュレーション

### 基板からの素子の剥離 例



最後は  
ICチップ

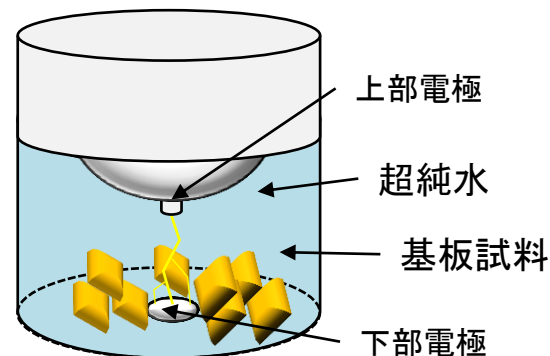


早稲田大学 大和田教授



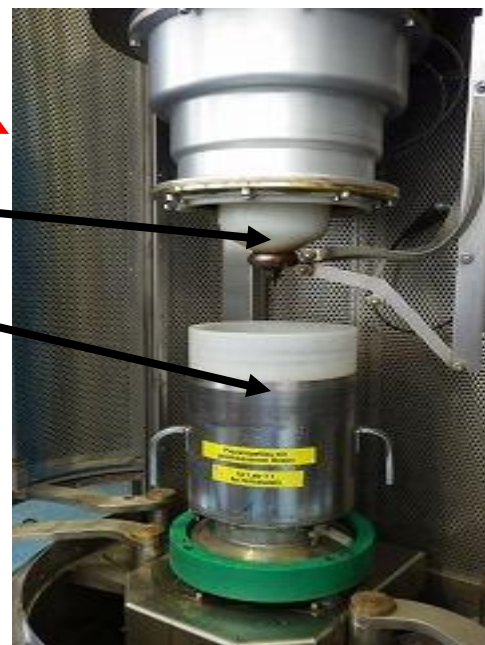
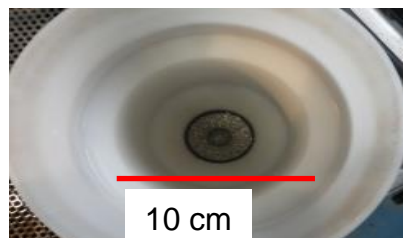
## 実験装置

SEFRAG社の高電圧パルス粉碎装置使用

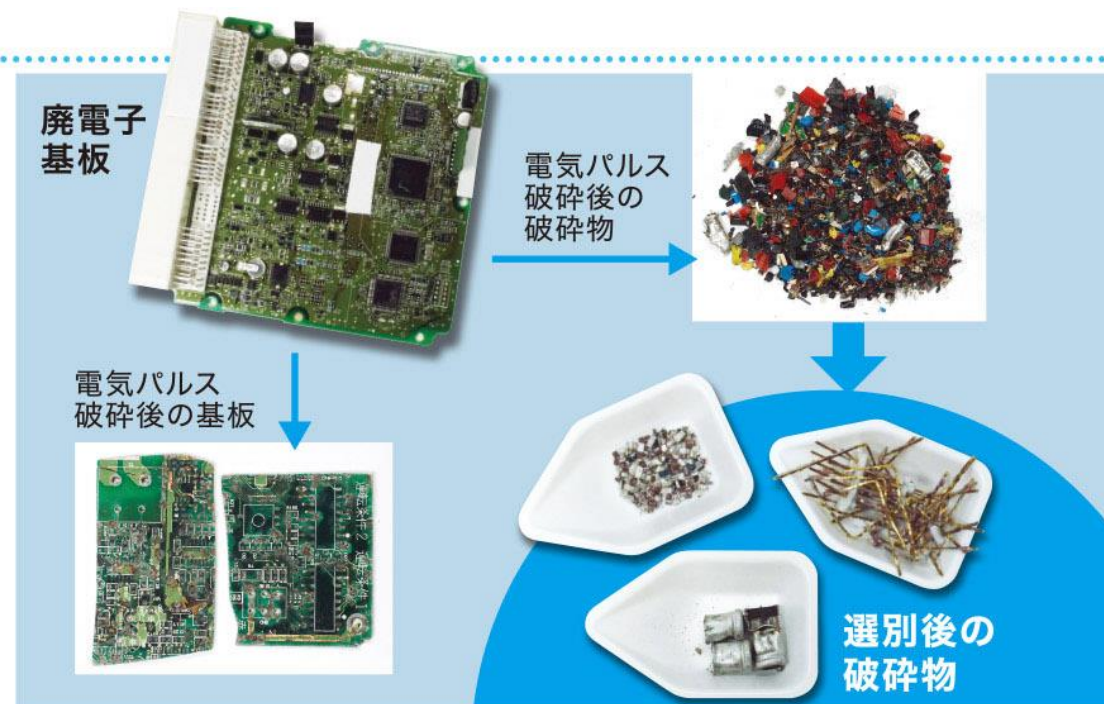


上部電極

試料投入容器



## 実験試料



# 物理選別

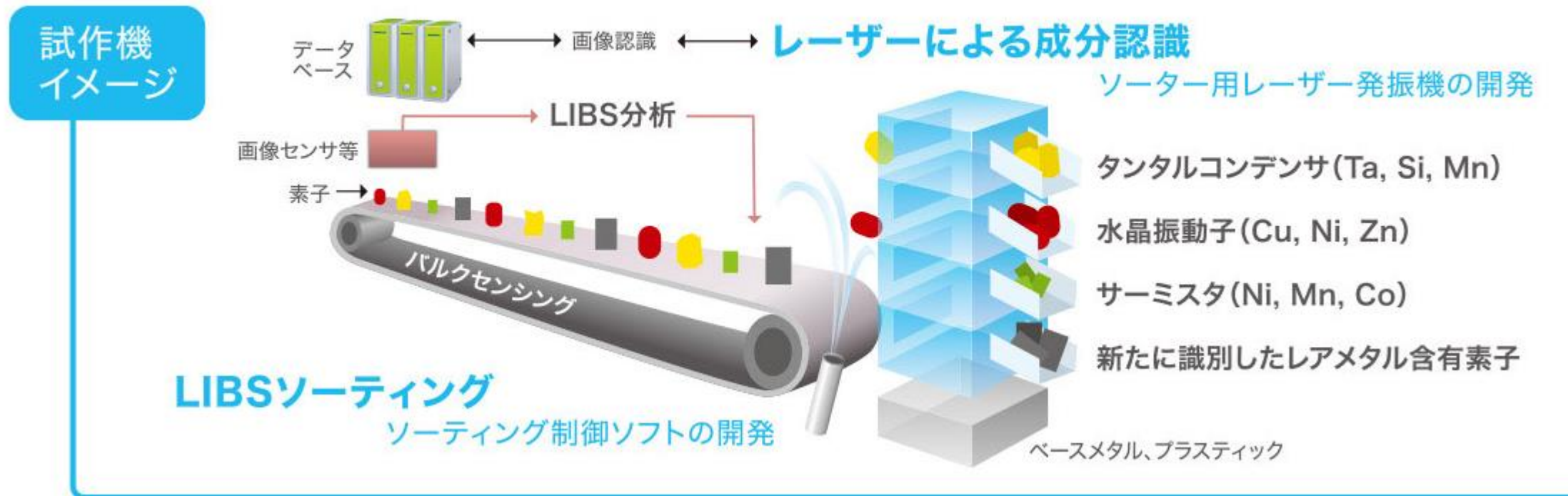
多元研 佐藤俊一 教授  
産総研 大木達也、古屋仲茂樹 氏



東北発 素材技術  
先導プロジェクト  
Tohoku Innovative Materials Technology  
Initiatives for Reconstruction

## LIBSソーターの開発

### ■ ソーティング(選別技術)



「レーザー誘導発光分析」技術:

- ①非接触でほぼ無侵襲
- ②高速分析が可能
- ③軽元素分析も可能



# 化学的分離・精製

水溶液系での  
希少元素の分離

水溶液から  
イオン液体への  
希少元素の移行

イオン液体での  
希少元素の電析

水溶液とイオン液体間の希少元素の分配係数が重要。その外、イオン液体での水、希少元素の溶解度、活量係数も必要。  
そのための第一原理計算と、実験を組み合わせたスクリーニングを行います。

## 実験

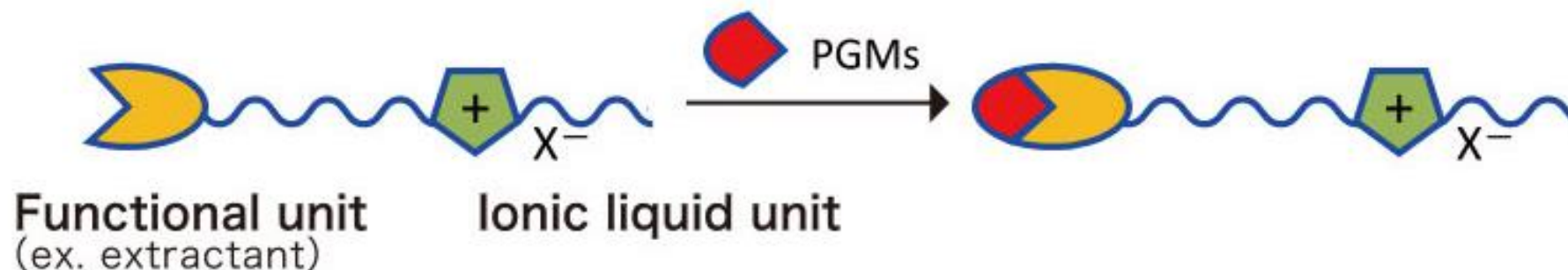
- 安価なイオン液体の合成  
希少元素の選択性の評価
- 水の溶解度の測定とシミュレーション
  - 電解での安定性評価
  - イオン液体の物性  
(粘性、電気伝導度など)

# イオン液体

イオン液体の最大の特徴は、常温で金属イオンを溶解し、水分を含まないために電解における電極間にかかる電圧を広く取ることが可能。

したがって、従来水溶液から電析できなかった非常に活性な希少元素が電析可能。

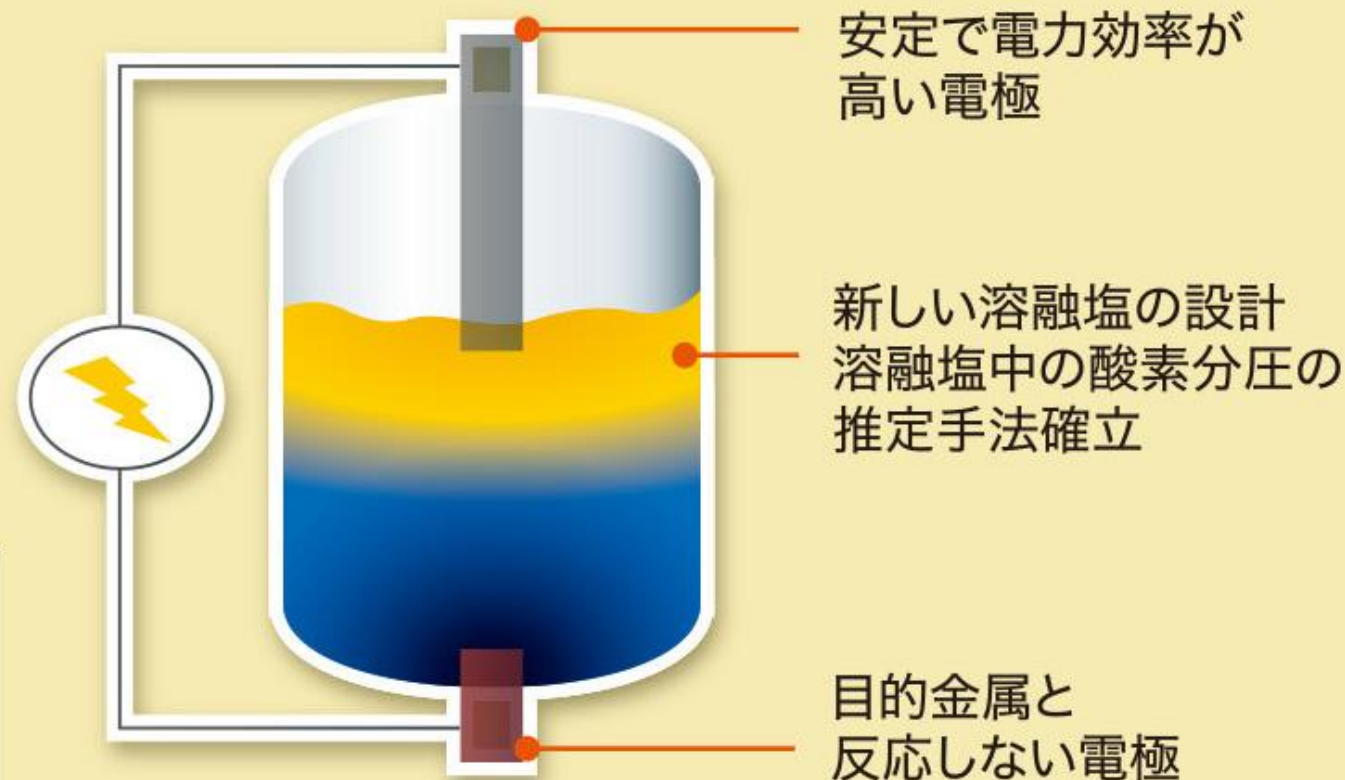
## Task-Specific Ionic Liquids (TSILs)





## ■ イオン液体・熔融塩の電解

熔融塩のTGDTAによる融点測定や電気化学測定による電位窓、融体構造などの特性を調査。  
レアメタル電析物の形態制御を、組成や温度、電流密度を変化させて行い、電析機構を解明。





## 要素技術・資源化技術

東北大学・柴田准教授



プリント基板

### (熱処理) 焼却乾留/熔融

基板全体ならびに各実装部品毎

- ホットサーモカップルによるin-situ観察
- 高温TG-MSによる重量変化と揮発物質の同定
- 小型炉によるシミュレーション試験

プリント基板の資源化における乾式前処理の最適化(レアメタルならびにベースメタル回収)

岩手大学・山口教授

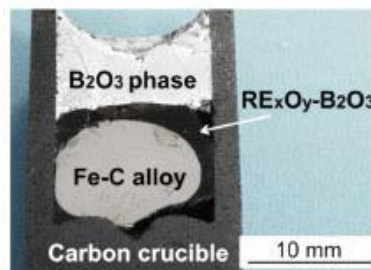
熔融フラックス処理による  
希土類磁石スクラップからの希土類元素回収

研究内容

ホウ素含有フラックスを用いた熔融処理により、希土類磁石スクラップから希土類元素を選択的に酸化抽出



$B_2O_3$ 系  
フラックス





東北大学



東北発 素材技術  
先導プロジェクト

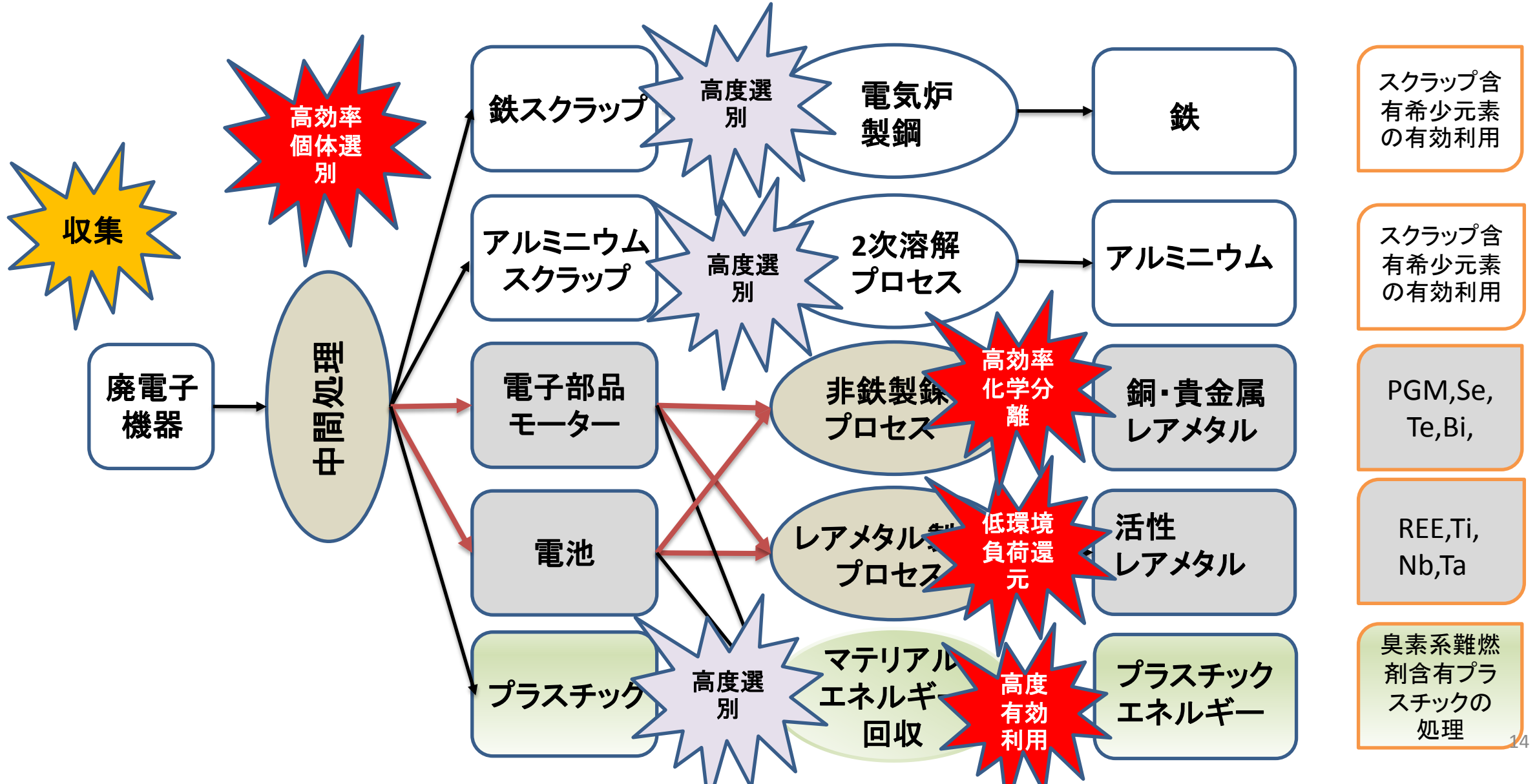
Tohoku Innovative Materials Technology  
Initiatives for Reconstruction



ご静聴、ありがとうございました。



# 廃電子機器からの希少元素回収の流れ ー産業イノベーションの視点からー





# 電気パルス破砕結果 例

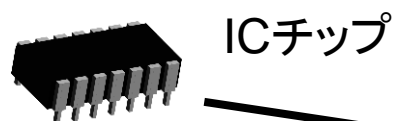
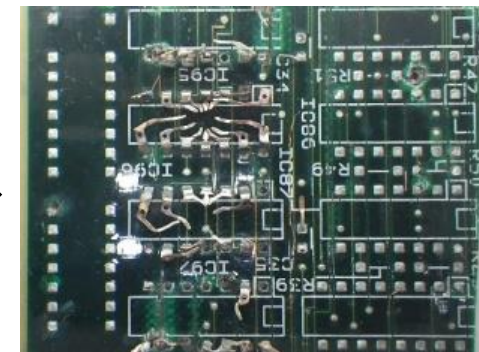
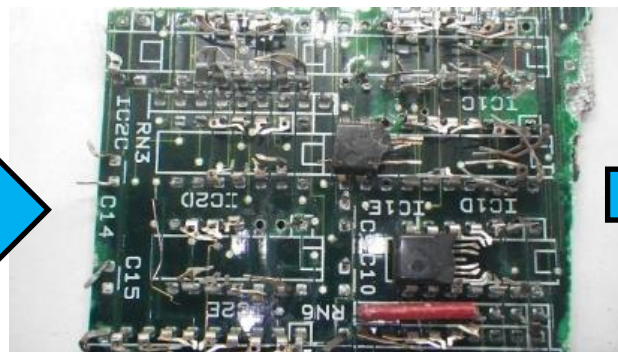
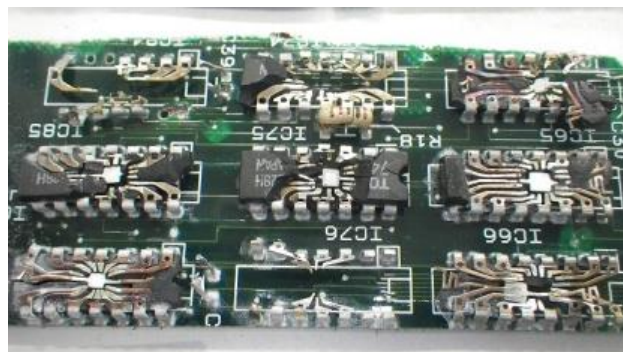
早稲田大学 大和田教授



東北発 素材技術  
先導プロジェクト  
Tohoku Innovative Materials Technology  
Initiatives for Reconstruction

リード挿入型部品

部品の種類による粉砕の違い



部品内部の金属板に電流が流れようとするため  
そこに近いプラスチックが選択的に破壊される



中心部の金属素材



足部分



プラスチック



部品内部の構造