

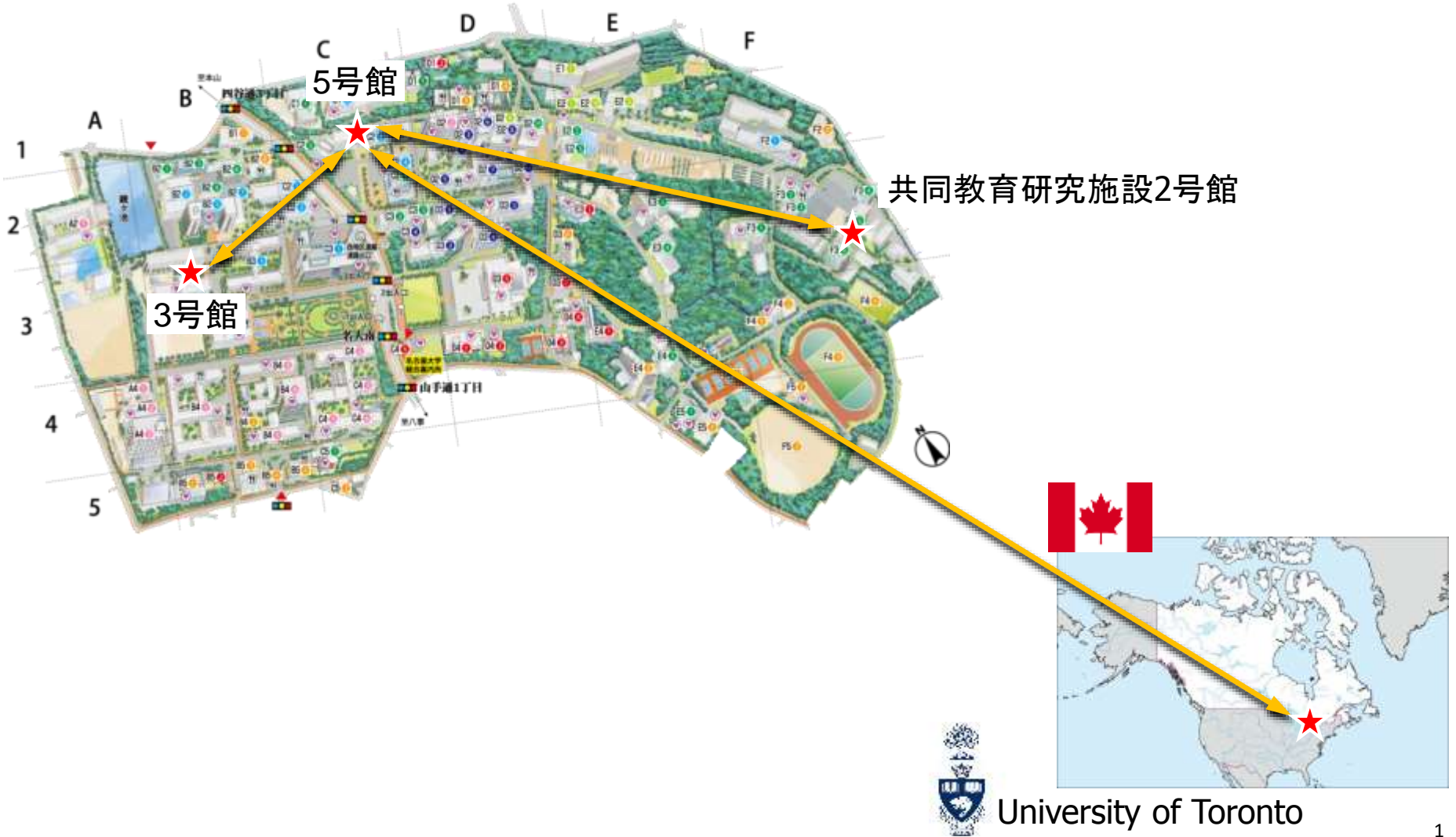
最終講義 Metallurgical Thermochemistry から Waste Management

マテリアル理工学専攻材料工学分野
藤澤 敏治

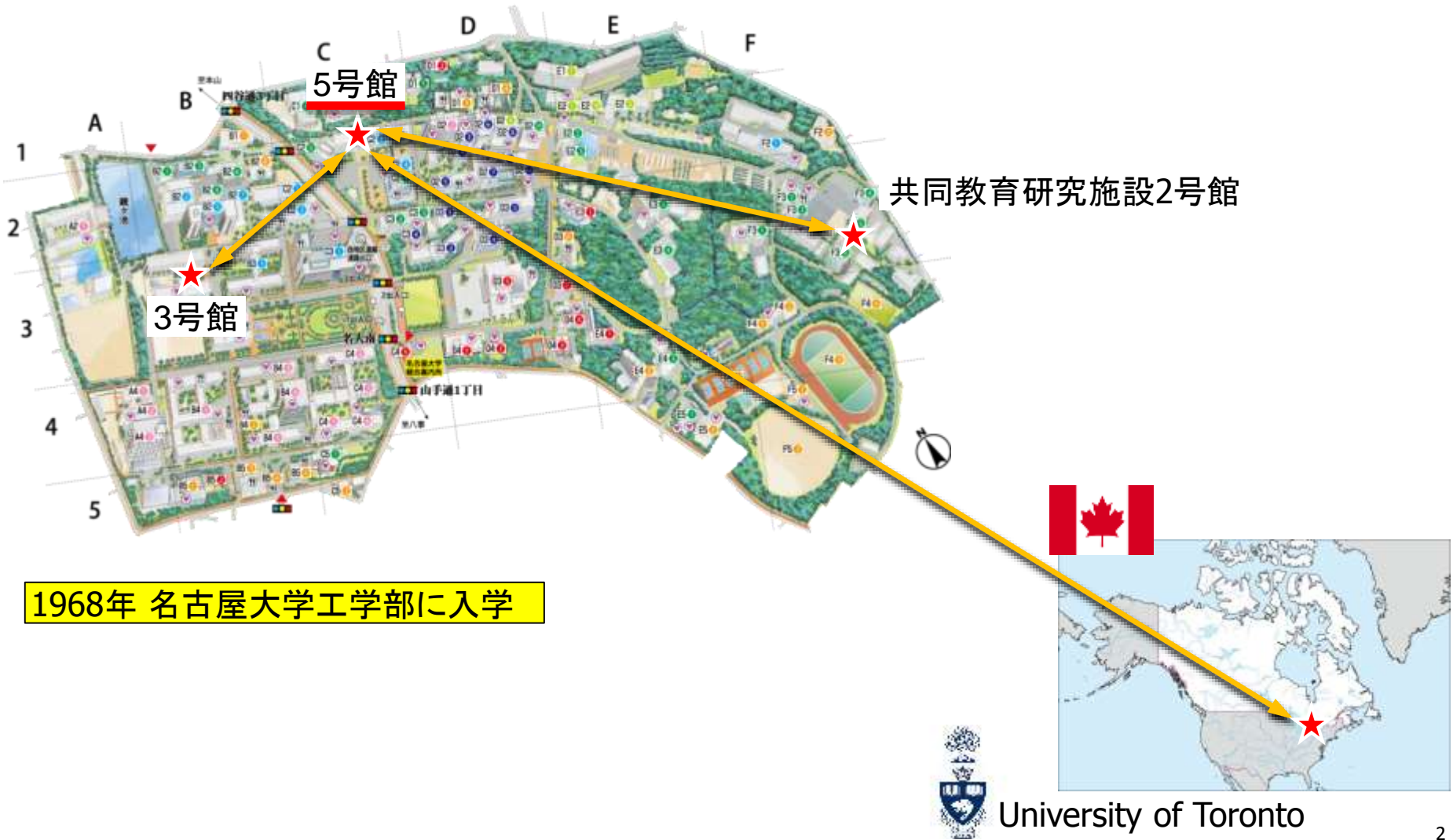
平成27年3月9日(月)
ES025講義室



経歴 都合6回の引っ越し



経歴 都合6回の引っ越し

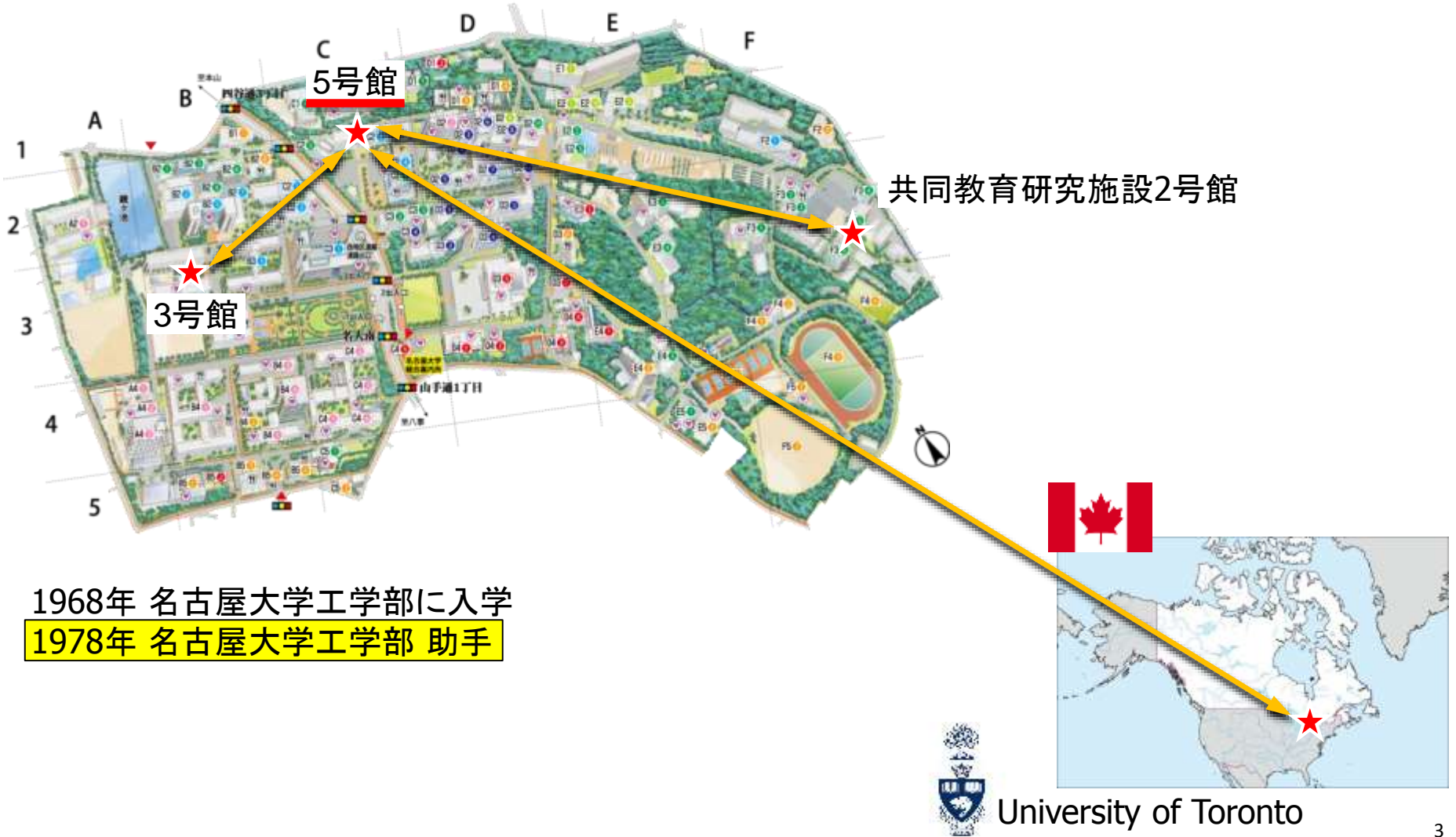


1968年 名古屋大学工学部に入学



University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し

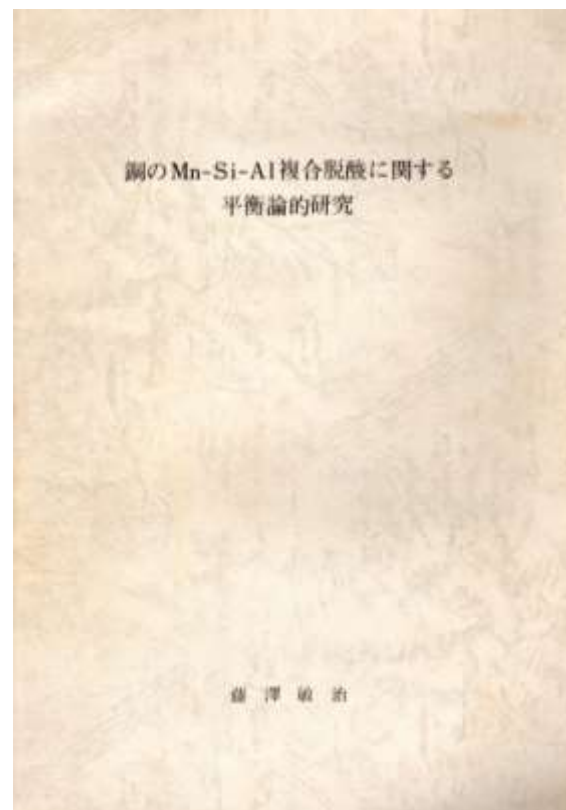


1968年 名古屋大学工学部に入学

1978年 名古屋大学工学部 助手

鉄鋼製錬に関する研究

- ◆【学位論文】鋼のMn-Si-Al複合脱酸に関する平衡論的研究



鋼のMn-Si-Al複合脱酸に関する平衡論的研究

MnOの活量の測定値

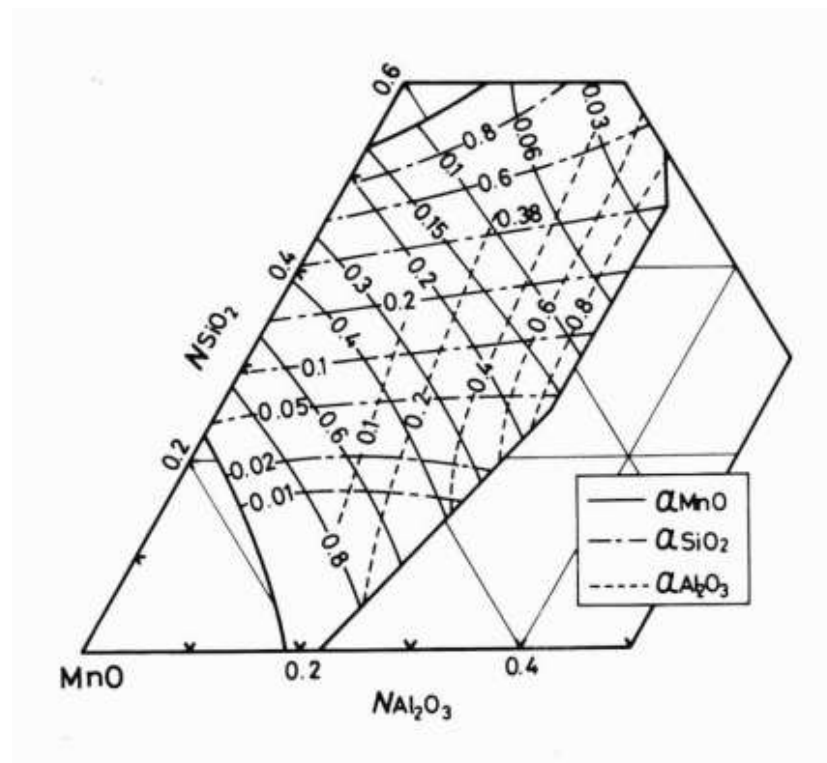


SiO₂, Al₂O₃の活量を推算

Gibbs-Schuhmannの方法

Gibbs-Duhemの式から出発した
接線交差法

(Tangent intercept procedure)



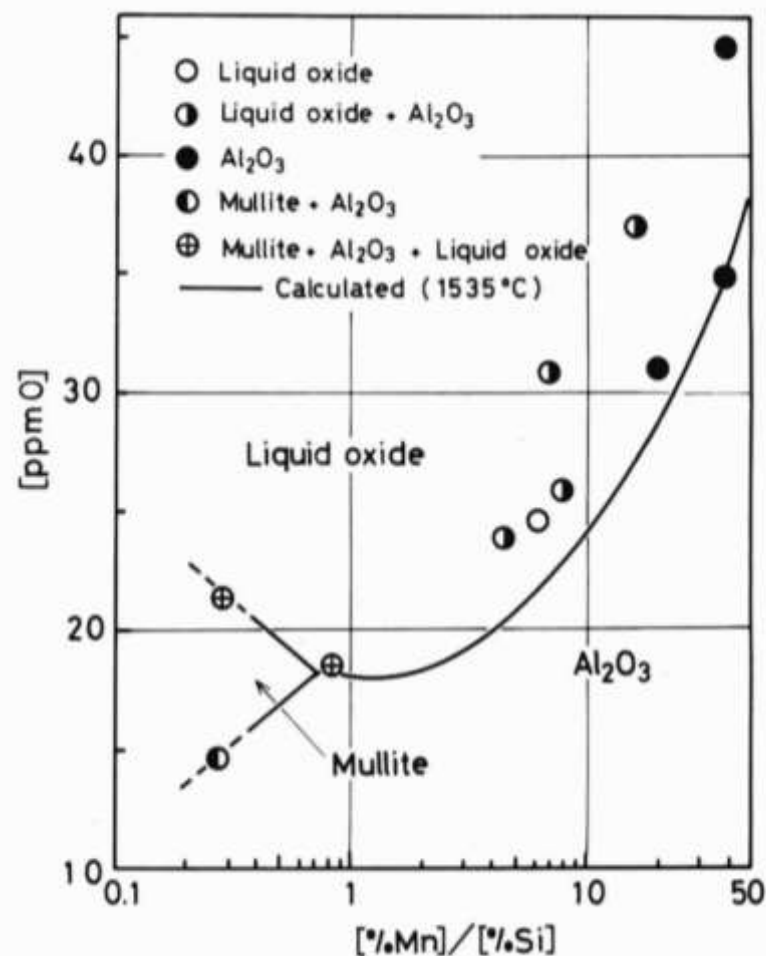
$$\left[\log a_2^{\text{II}} = \log a_2^{\text{I}} - \int_{\log a_1^{\text{I}}}^{\log a_1^{\text{II}}} \left(\frac{\partial n_1}{\partial n_2} \right)_{a_1, n_3} d \log a_1 \right]_{n_2 / n_3}$$

鋼のMn-Si-Al複合脱酸に関する平衡論的研究

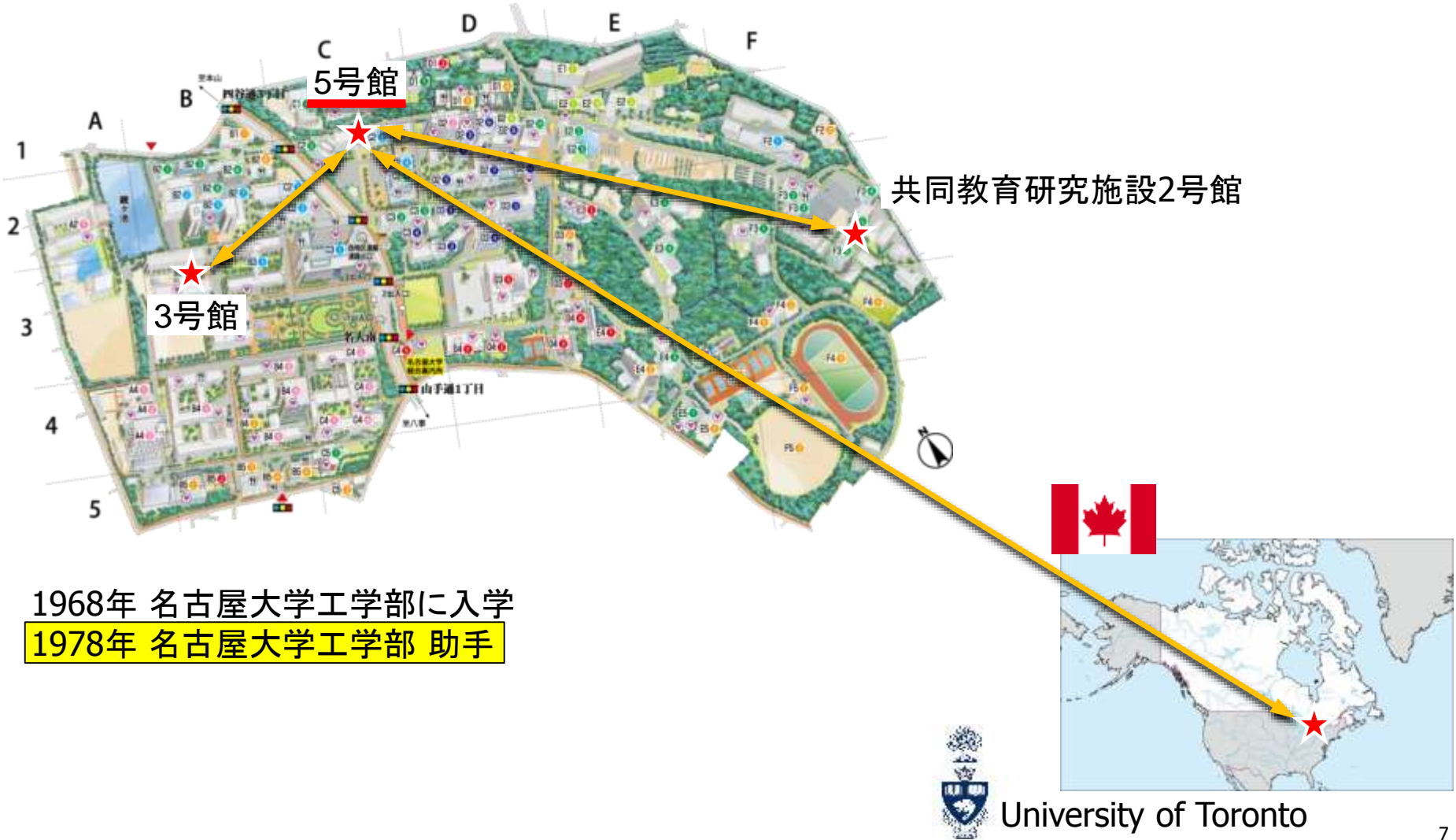
酸化物—溶鉄間の平衡関係

平衡する溶鉄組成を推算

推算値と実測値の比較



経歴 都合6回の引っ越し



1968年 名古屋大学工学部に入学

1978年 名古屋大学工学部 助手

経歴 都合6回の引っ越し



Prof. J. M. Toguri



1968年 名古屋大学工学部に入学

1978年 名古屋大学工学部 助手

1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間



University of Toronto

トロント大学への留学の効果

- ◆ 鉄鋼製錬分野から非鉄金属製錬分野への展開
- ◆ 国外から我が国 学会 大学を冷静に見つめることができた
- ◆ 熱力学 → プロセスの重要性に、遅まきながら、気づかせてくれた
- ◆ さすがに2年間留学したお陰で、英語が堪能とは言わないまでも、億劫に感じない ロげんかもOK?
- ◆ 今にまで続く貴重な人脈の獲得:トロントマフィア 秘密結社
メイプルリーブス

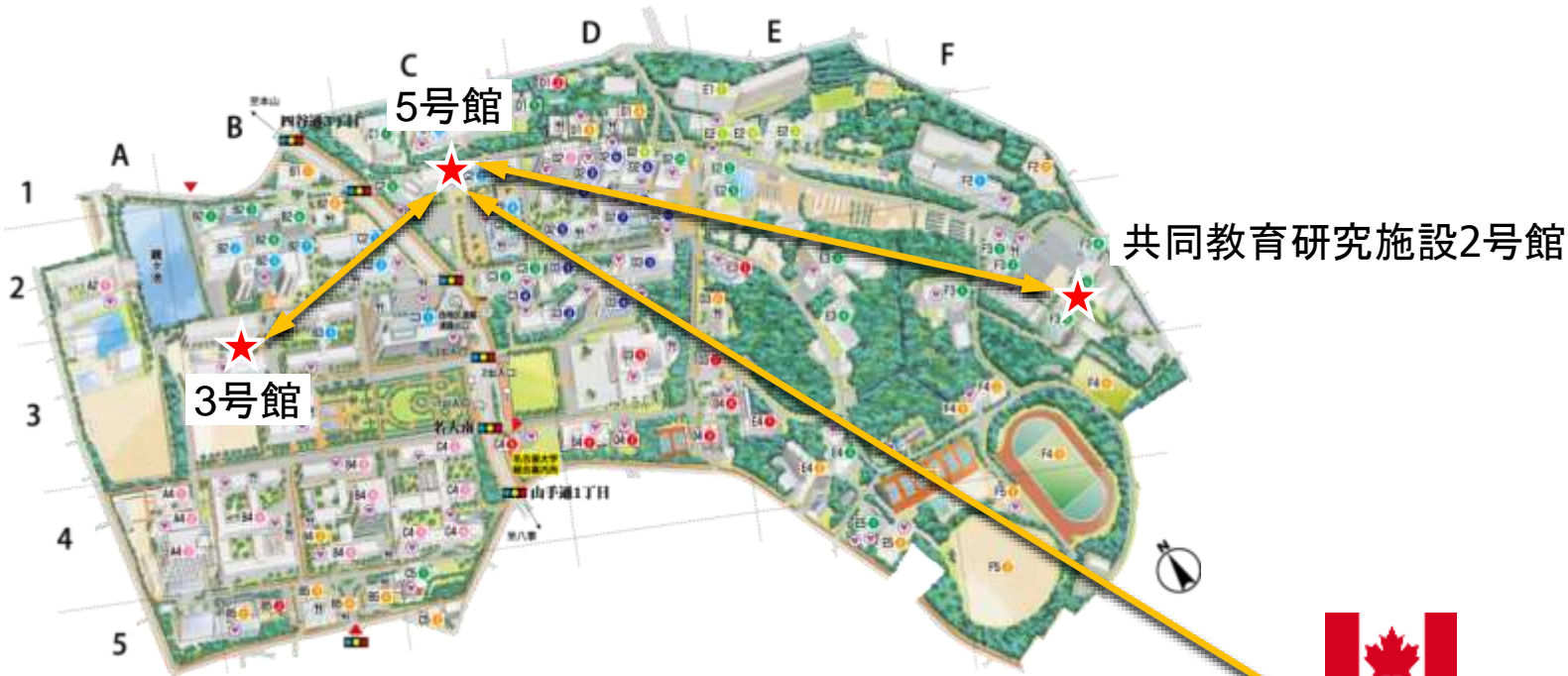


トロントマフィア 秘密結社メイプルリーブス



今にまで続く貴重な人脈の獲得

経歴 都合6回の引っ越し



Prof. J. M. Toguri



1968年 名古屋大学工学部に入学

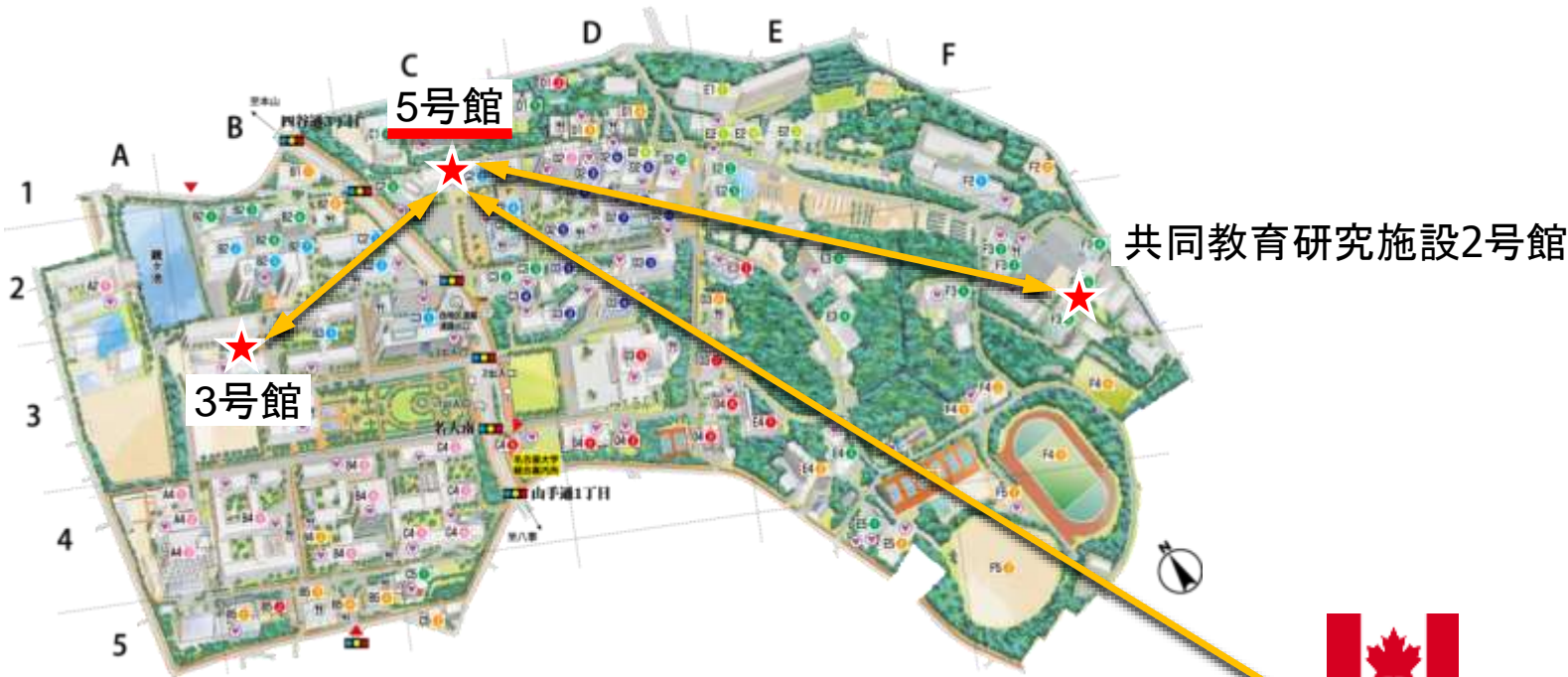
1978年 名古屋大学工学部 助手

1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間



University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し



Prof. J. M. Toguri

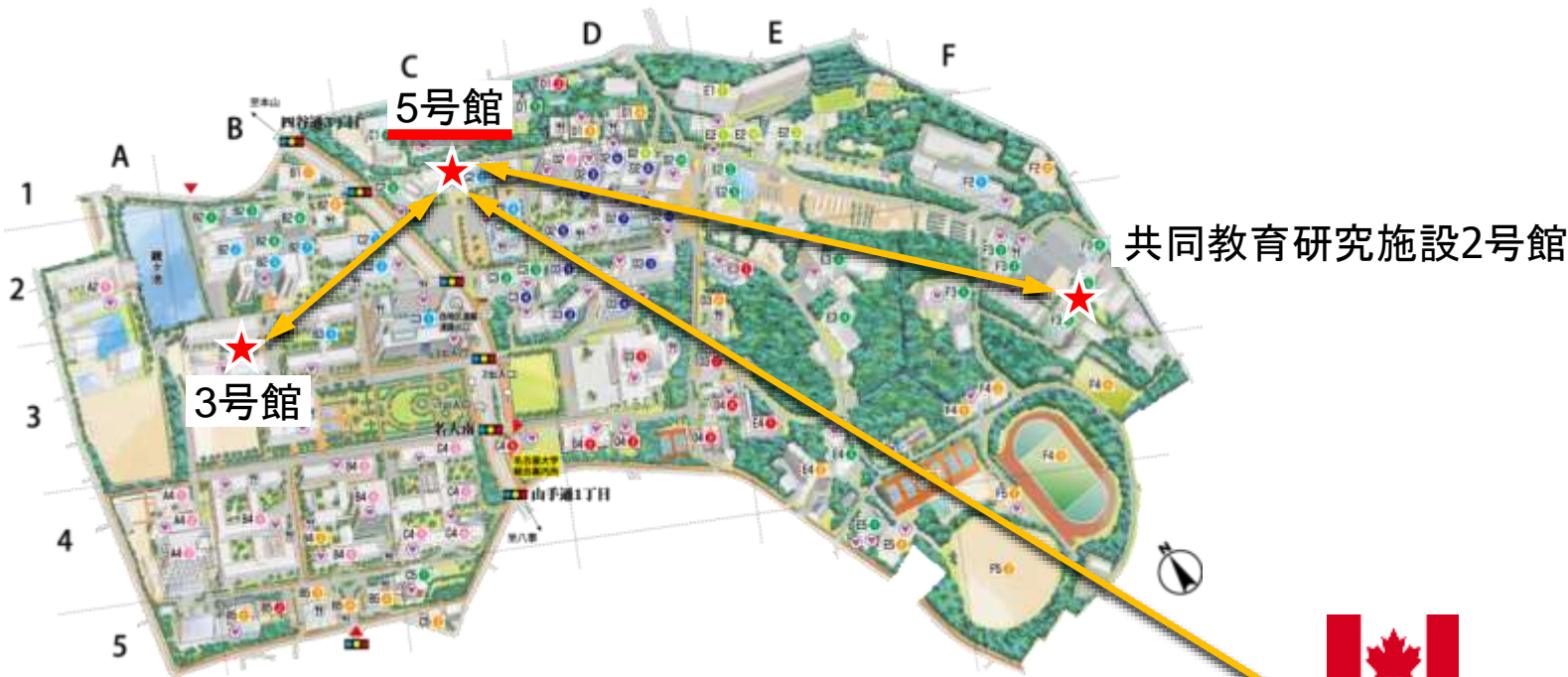


- 1968年 名古屋大学工学部に入学
- 1978年 名古屋大学工学部 助手
- 1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間
- 1990年 名古屋大学工学部 講師



University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し



Prof. J. M. Toguri

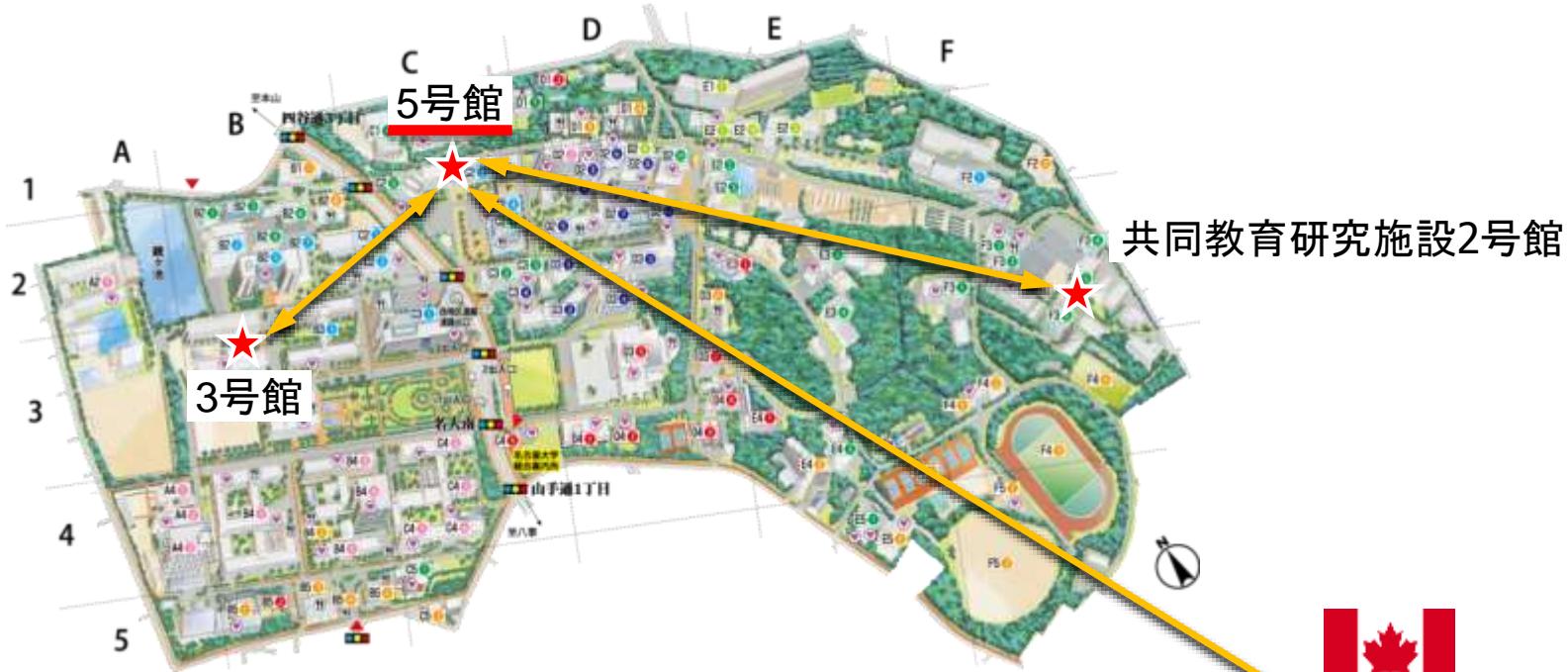


- 1968年 名古屋大学工学部に入学
- 1978年 名古屋大学工学部 助手
- 1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間
- 1990年 名古屋大学工学部 講師
- 1992年 名古屋大学工学部 助教授



University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し



Prof. J. M. Toguri



- 1968年 名古屋大学工学部に入学
- 1978年 名古屋大学工学部 助手
- 1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間
- 1990年 名古屋大学工学部 講師
- 1992年 名古屋大学工学部 助教授
- 1996年 名古屋大学工学部 教授



University of Toronto



講演会場は真剣勝負

対戦相手は自分自身

- ◆ 恩師の定年退職→後ろ盾を失う
- ◆ 学会で自分を売り込むには？
 - 一回の講演大会で発表出来るのはせいぜい2から3件
 - 質問は、いくらでもできる
- ◆ 司会者に当ててもらえるために
 - 座る位置から工夫
 - 真っ先に(声を上げて)手を挙げる
- ◆ 研究は生き物、日々進化する
 - 予稿集には頼らず、当日の発表内容について質問する
(修論発表会でも同様 現在でもそうしている)
- ◆ ただし、質問内容は、自分の立ち場を考えて



鉄鋼製錬に関する諸研究成果の例

◆ 製鋼反応の推奨平衡値

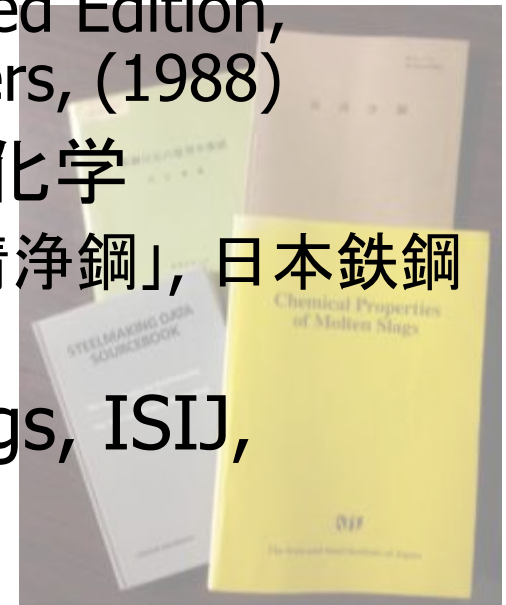
製鋼反応の推奨平衡値 改訂増補, 日本学術振興会
製鋼第19委員会編, (1984)

Steelmaking Data Sourcebook Revised Edition,
Gordon and Breach Science Publishers, (1988)

◆ 溶鋼の脱酸と非金属介在物の物理化学

第126・127回西山記念技術講座「高清浄鋼」, 日本鉄鋼
協会, (1988)

◆ Chemical Properties of Molten Slags, ISIJ, (1991)



素材の高純度化に関する諸研究



◆ 銅

【学位論文】福山博之:炭酸ソーダ系スラグー溶銅間の不純物成分の移行に関する熱力学的研究

【学位論文】Gerardo Raul Fernando Alvear Flores : Thermodynamic Considerations for the Elimination of Te, Se, Ni, Zn, P and Si from Molten Copper by Using Na₂CO₃-Based Slag

◆ 希土類金属

【学位論文】黒田健介:固相エレクトロトランスポート法による希土類金属の高純度化に関する基礎研究

【学位論文】佐野浩行:高純度希土類金属製造プロセスに関する基礎研究

◆ シリコン

【学位論文】棚橋満:太陽電池用シリコン製造プロセスの開発に関する物理化学的研究

熱力学的平衡関係に関する諸研究

◆ 例) Gibbs-Duhemの関係式を利用した諸研究

Na₂O-CO₂-Sb₂O₅系溶融スラグの活量

1573Kにおける固体Fe-Cr合金中の硫黄の活量ならびに
同合金と硫化物との平衡

CaS飽和CaO-Al₂O₃-CaS系スラグと溶鉄との平衡

Gibbs-Duhemの式

A-B2元系のGibbs-Duhemの式

$$x_A d \ln a_A + x_B d \ln a_B = 0 \quad (\text{微分方程式})$$

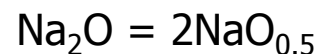
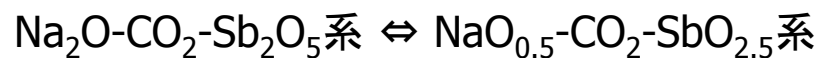
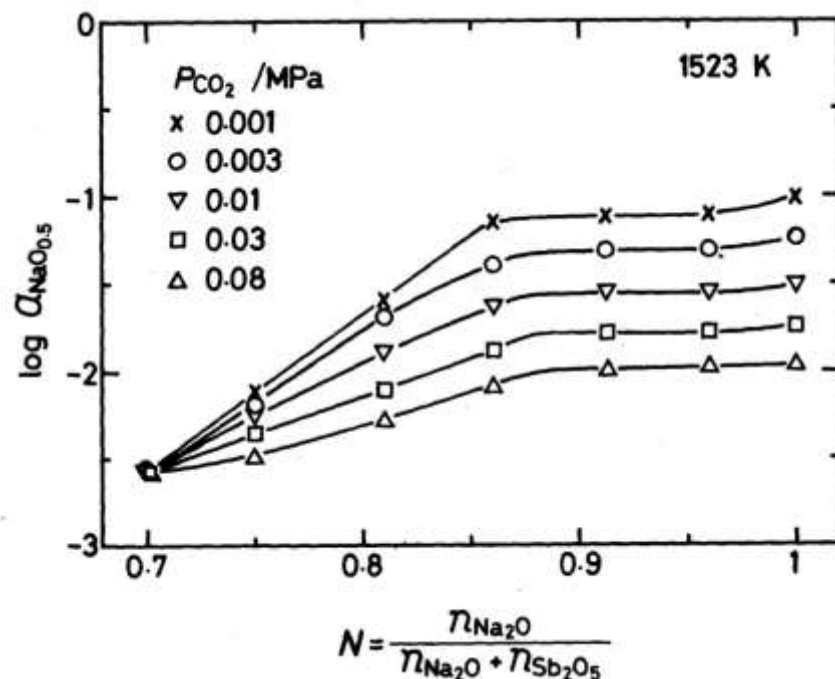
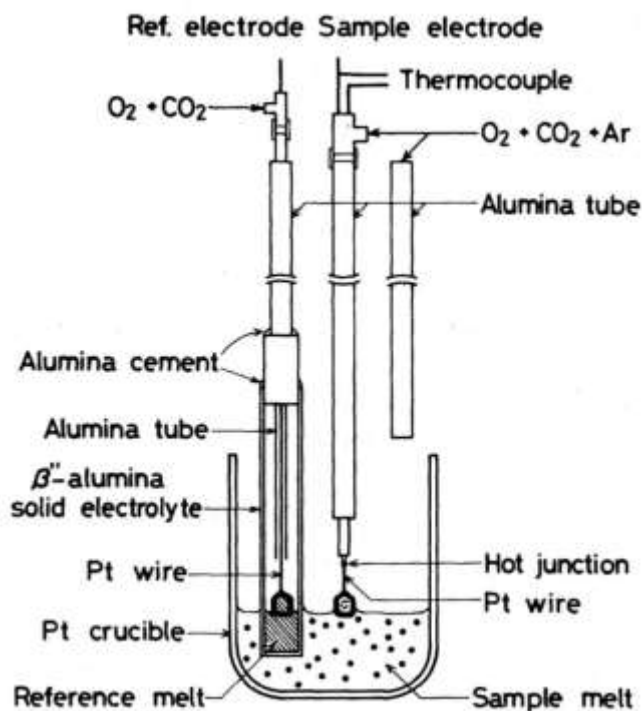
積分 $a_A = 1 \quad (x_A = 1)$

$$\ln a_A \text{ at } x_A = - \int_{x_A=1}^{x_A} \left(\frac{x_B}{x_A} \right) d \ln a_B$$

一方の成分活量 (a_B) からもう一方の成分活量 (a_A) を計算可能

Na₂O-CO₂-Sb₂O₅系溶融スラグの活量

Na₂O-CO₂-Sb₂O₅系溶融スラグ中のNa₂Oの活量の電気化学的測定



Na₂O-CO₂-Sb₂O₅系溶融スラグの活量

NaO_{0.5}-CO₂-SbO_{2.5}系の
Gibbs-Duhem式

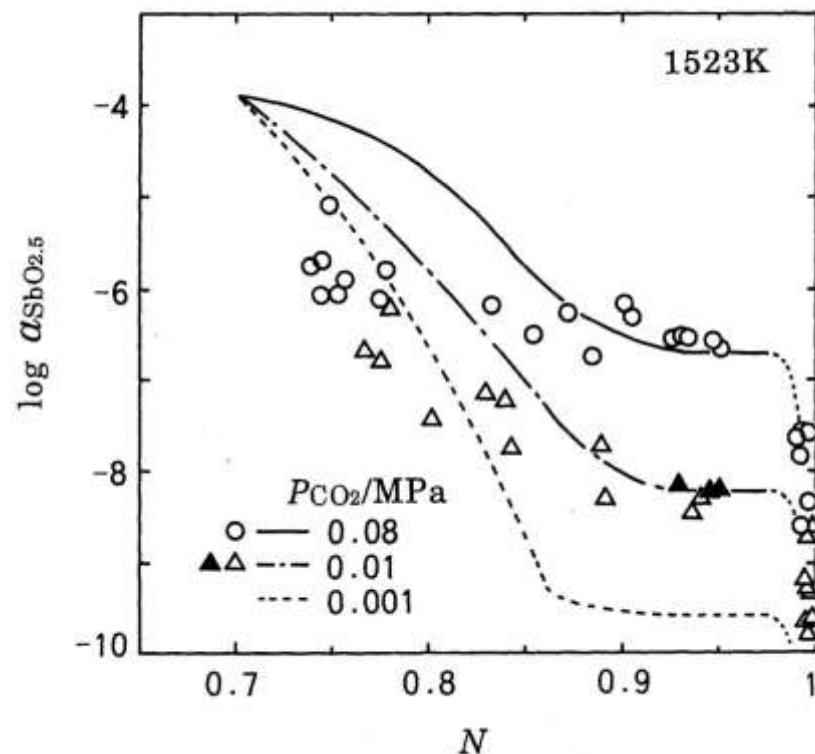
$$x_{\text{NaO}_{0.5}} d \ln a_{\text{NaO}_{0.5}} + x_{\text{CO}_2} d \ln a_{\text{CO}_2} + x_{\text{SbO}_{2.5}} d \ln a_{\text{SbO}_{2.5}} = 0$$

$P_{\text{CO}_2} = \text{一定} \Leftrightarrow a_{\text{CO}_2} = \text{一定}$

NaO_{0.5}-SbO_{2.5}擬2成分系として扱える

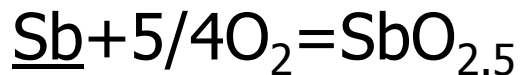
$a_{\text{NaO}_{0.5}} \rightarrow \text{G-D計算} \rightarrow a_{\text{SbO}_{2.5}}$

推算値と実測値の比較



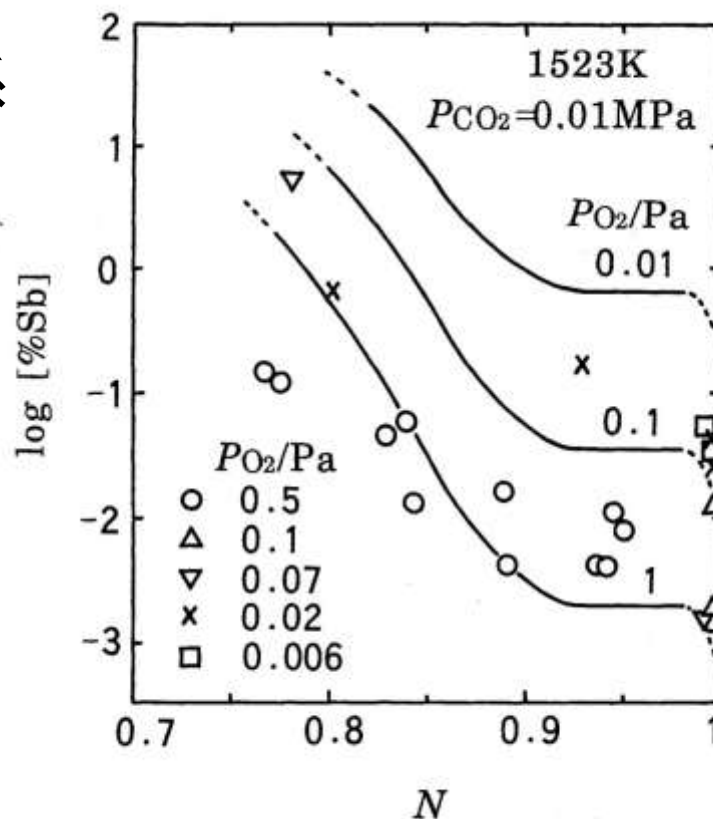
Na₂O-CO₂-Sb₂O₅系溶融スラグの活量

溶融スラグー溶銅間の平衡関係



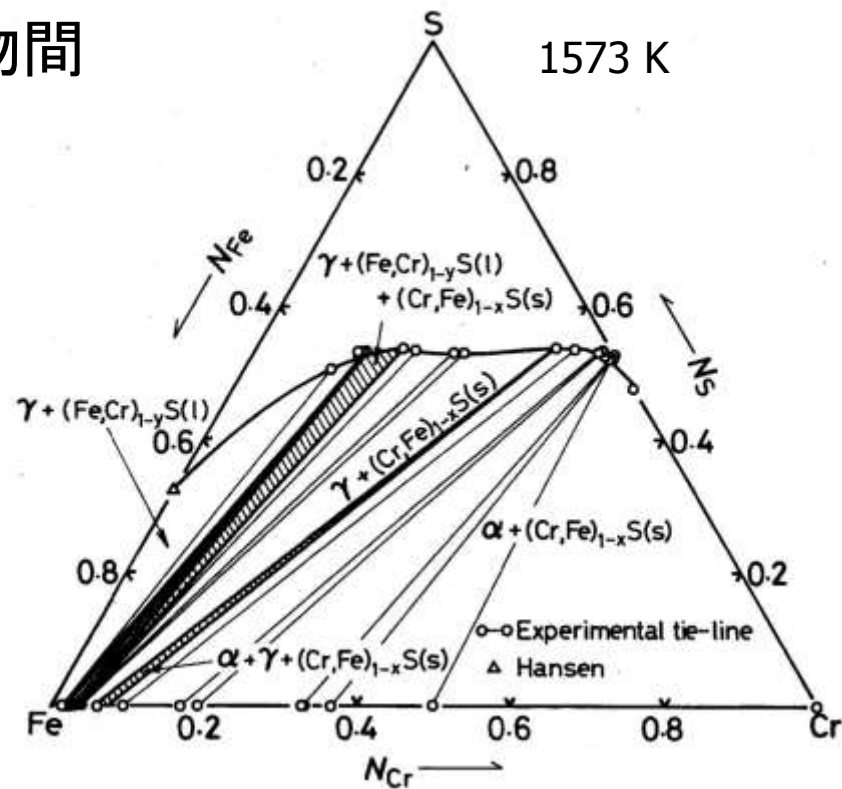
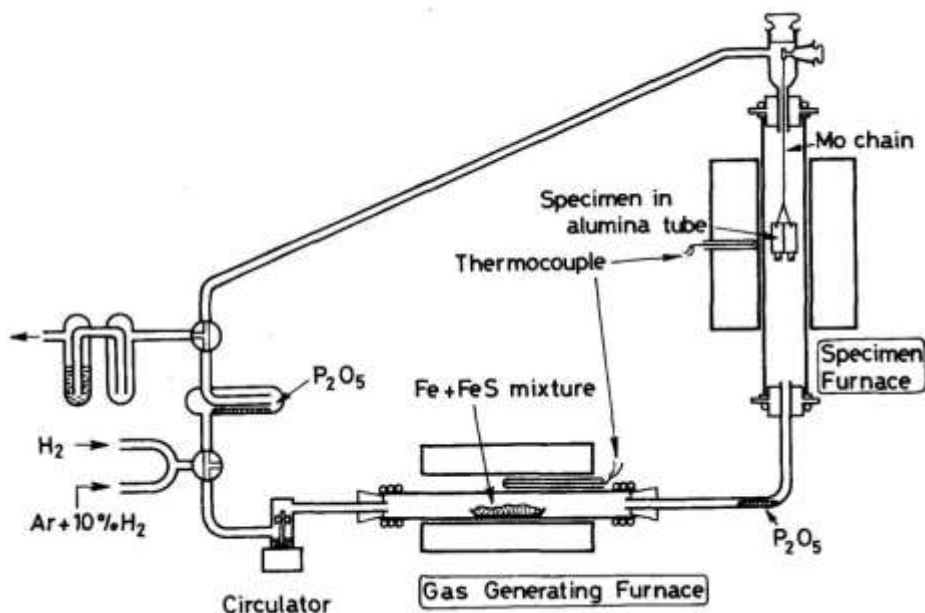
溶銅中の平衡Sb濃度を推算

推算値と実測値の比較



固体Fe-Cr合金と硫化物との平衡

P_{S_2} 制御下でのFe-Cr合金—硫化物間
平衡組成の測定



固体Fe-Cr合金と硫化物との平衡

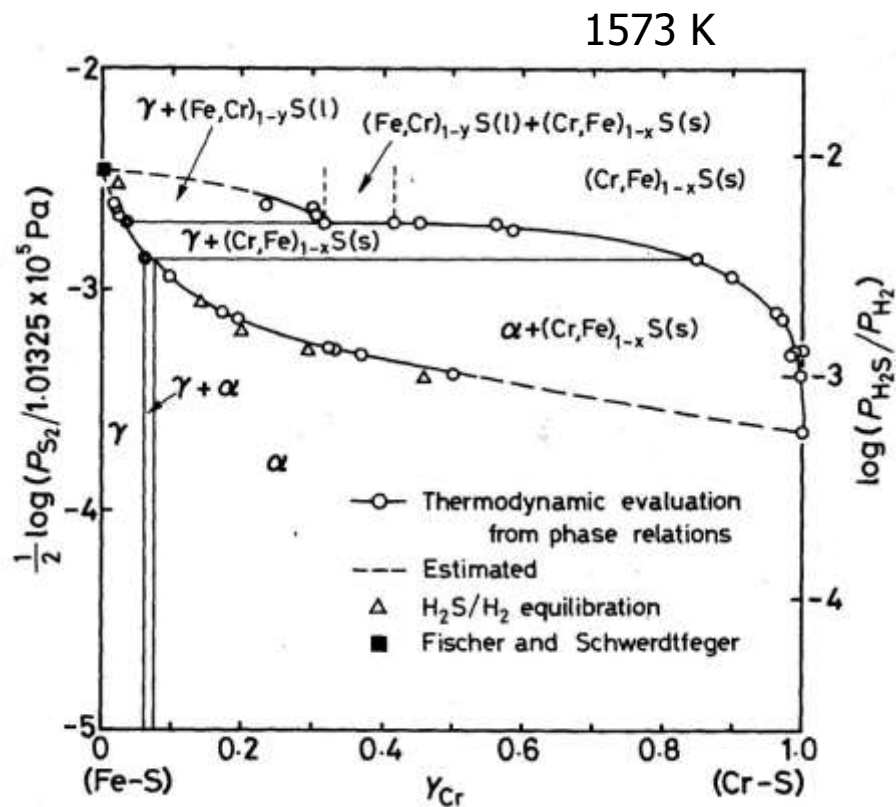
連立方程式

硫化物側のGibbs-Duhem式

メタル側のGibbs-Duhem式

硫化物—メタル間の平衡関係

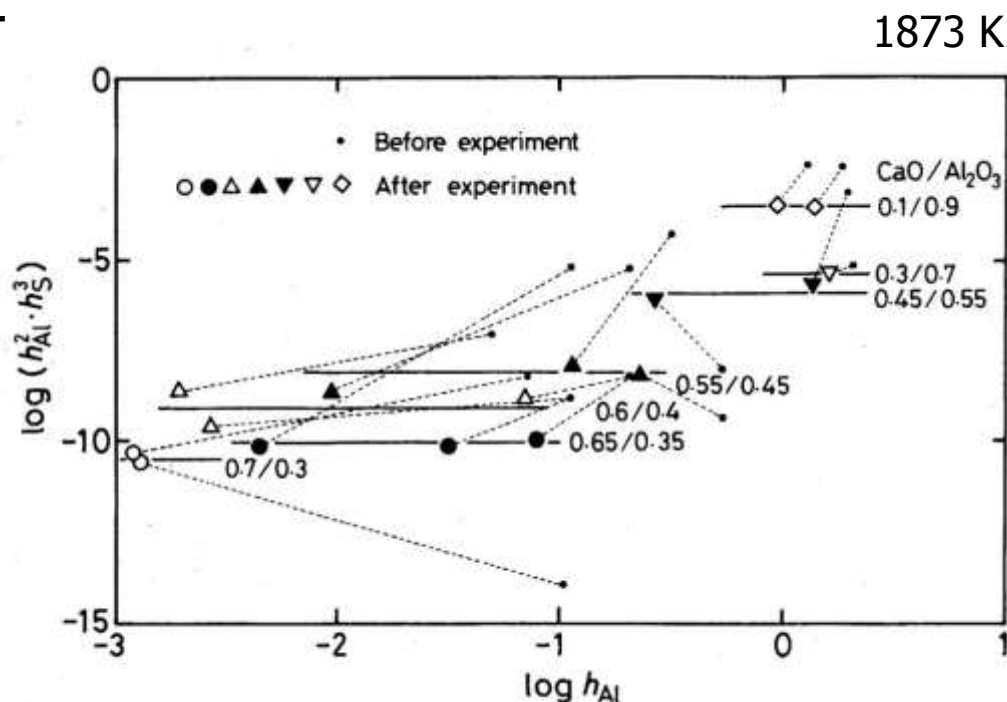
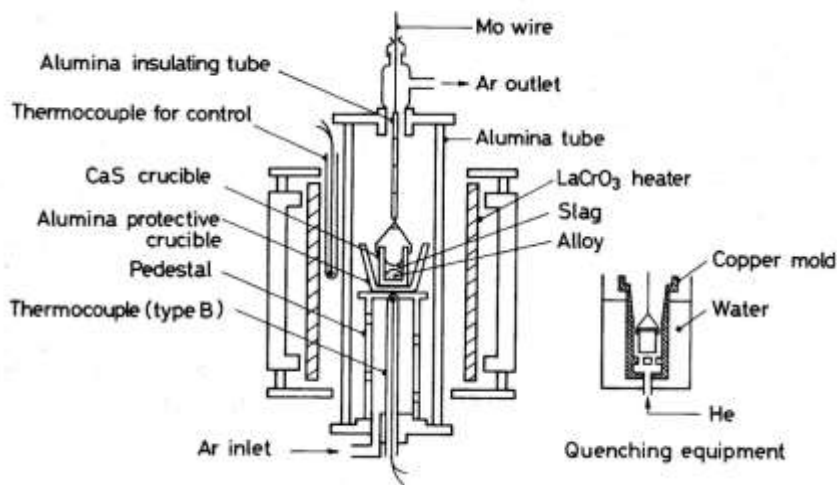
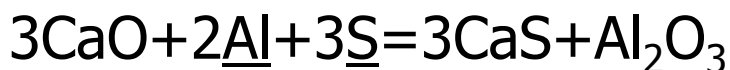
平衡組成の測定値から
安定状態図を作成



Fe-Cr-S系安定状態図 (Stability Diagram)

CaS飽和CaO-Al₂O₃-CaS系スラグと溶鉄との平衡

自作したCaSるつぼを用いた
スラグー溶鉄間平衡測定



CaSはCaO-Al₂O₃系スラグにはほとんど溶解しない

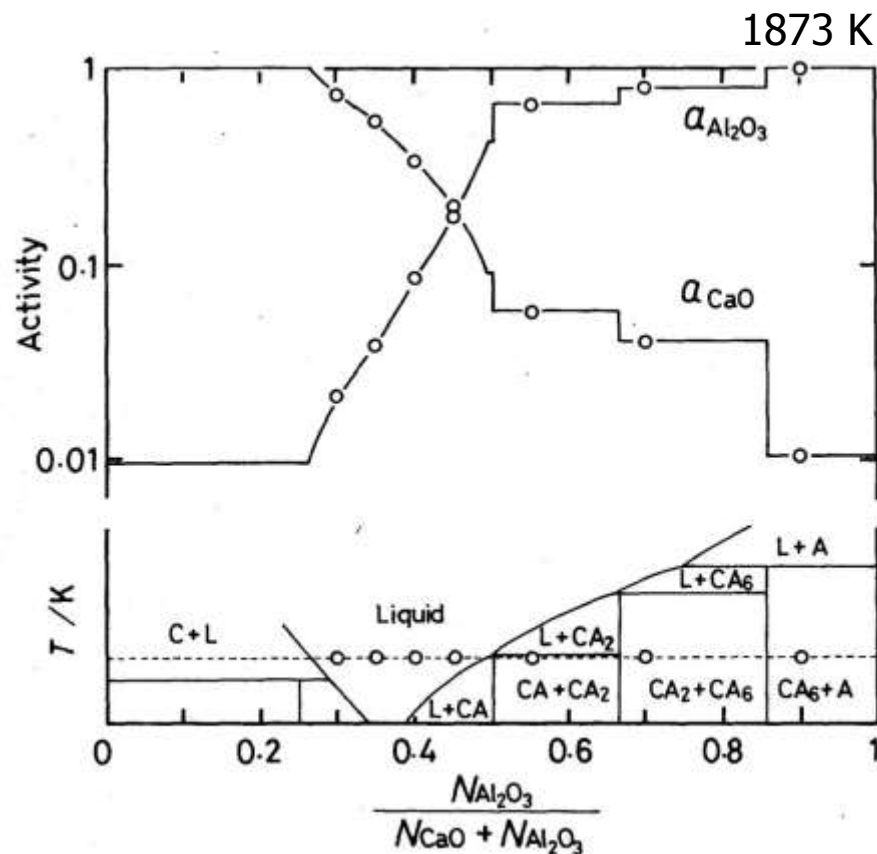
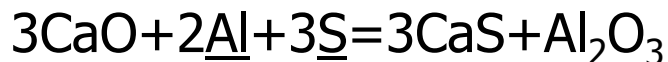
CaS飽和CaO-Al₂O₃-CaS系スラグと溶鉄との平衡

スラグに関する3成分系の
Gibbs-Duhem式

$$a_{CaS} = 1$$

CaO-Al₂O₃擬2成分系として
扱える

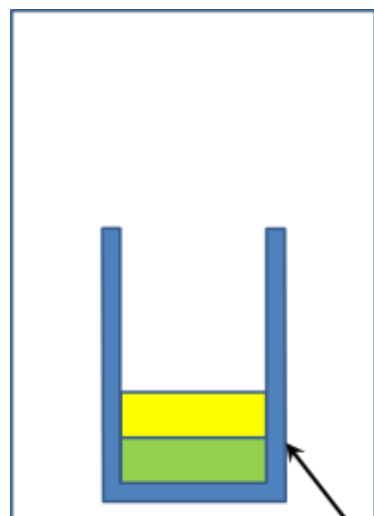
測定値+スラゲーメタル間平衡
関係 → G-D計算 → CaO, Al₂O₃
の活量



CaO-Al₂O₃系の活量

反応系の範囲

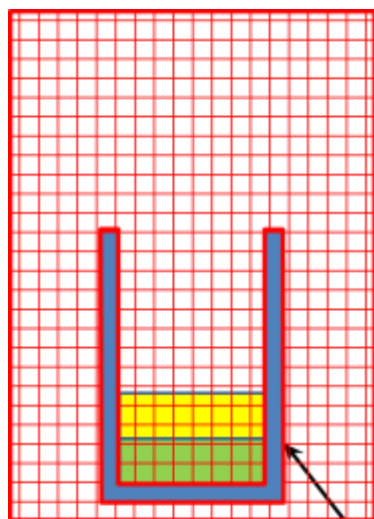
- ◆ 通常だと、反応しにくい安定な材質の容器を用いて、全く反応していないとみなす



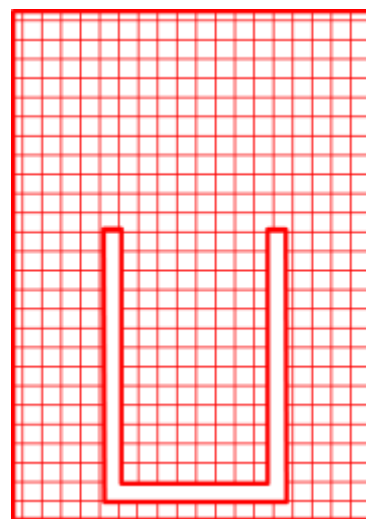
反応しにくい安定な
材質の容器

反応系の範囲

- ◆ 通常だと、反応しにくい安定な材質の容器を用いて、全く反応していないとみなす、つまり容器は反応系外の物質として扱う



反応しにくい安定な
材質の容器



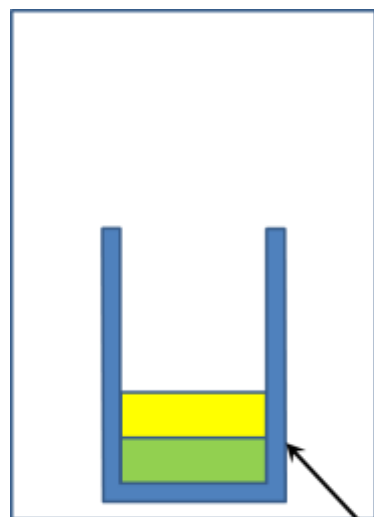
系の範囲

反応系の範囲

- ◆ これに対して、反応容器を反応系の主要成分として反応系内の物質として扱う

CaS飽和CaO-Al₂O₃-CaS系スラグと溶鉄との平衡

CaS製の自作のルツボを用いた実験



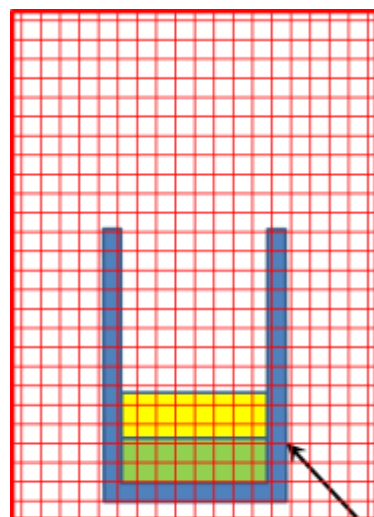
容器が主要成分

反応系の範囲

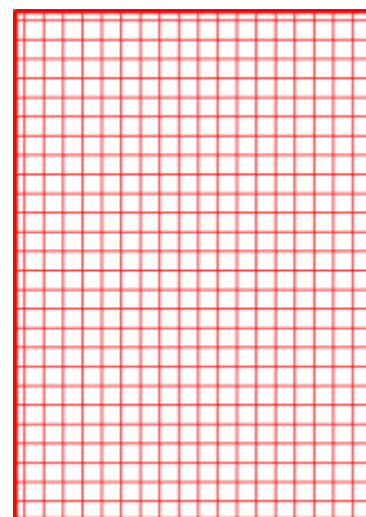
- ◆ これに対して、反応容器を反応系の主要成分として反応系内の物質として扱う

CaS飽和CaO-Al₂O₃-CaS系スラグと溶鉄との平衡

CaS製の自作のルツボを用いた実験



容器が主要成分



系の範囲

冶金から廃棄物処理の世界に足を踏み入れる



◆ メタル・ロンダリング研究会

人工資源 (Man Made Resources) を原料とした非鉄金属製
錬プロセス開発に関する調査研究

主宰: 増子 昇 先生 (当時: 東大生産研)



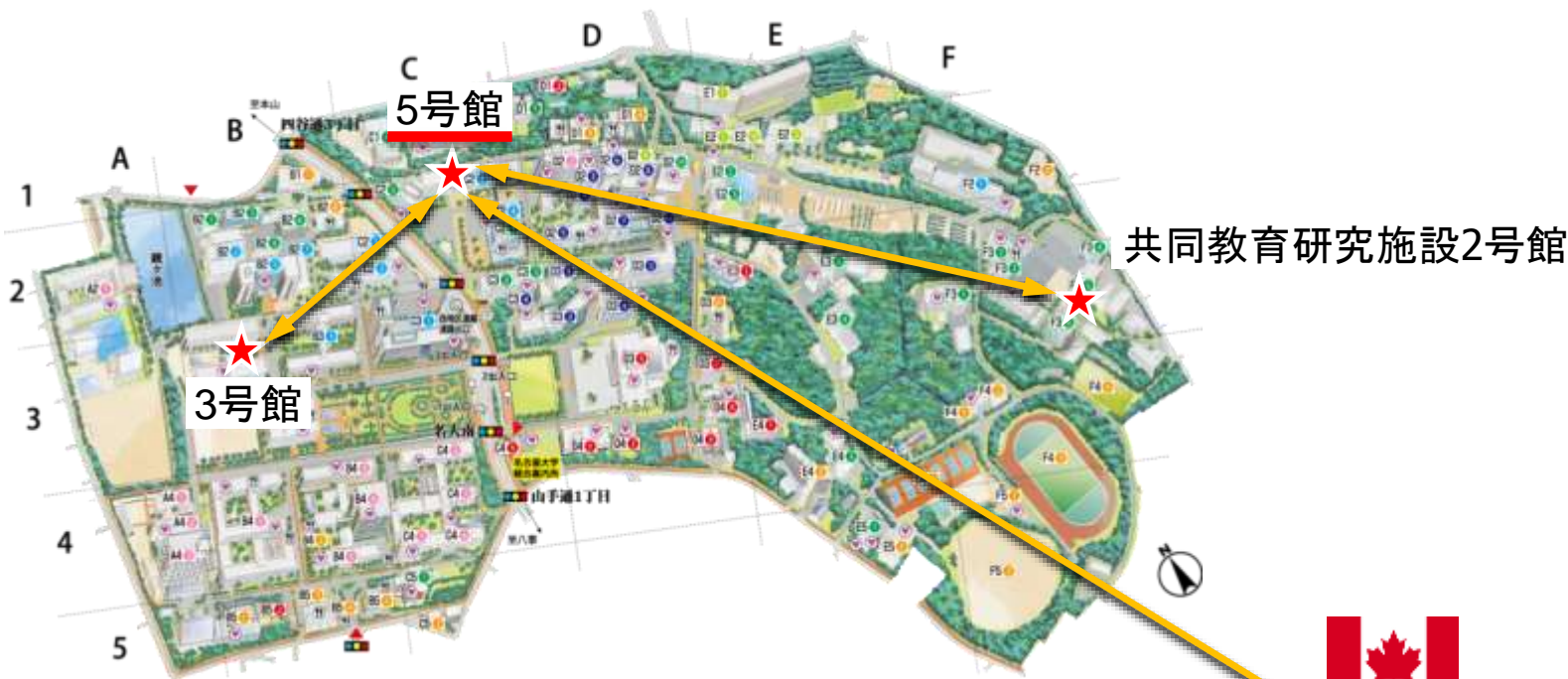
メタル・ロンダリングとは: 金属資源廃棄物の「**簡便な処理 (洗濯)**」により、廃棄物の資源化を図る

サイクル研究の先駆け

◆ 銅のリサイクルプロセスに関する研究に着手



経歴 都合6回の引っ越し



Prof. J. M. Toguri



- 1968年 名古屋大学工学部に入学
- 1978年 名古屋大学工学部 助手
- 1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間
- 1990年 名古屋大学工学部 講師
- 1992年 名古屋大学工学部 助教授
- 1996年 名古屋大学工学部 教授

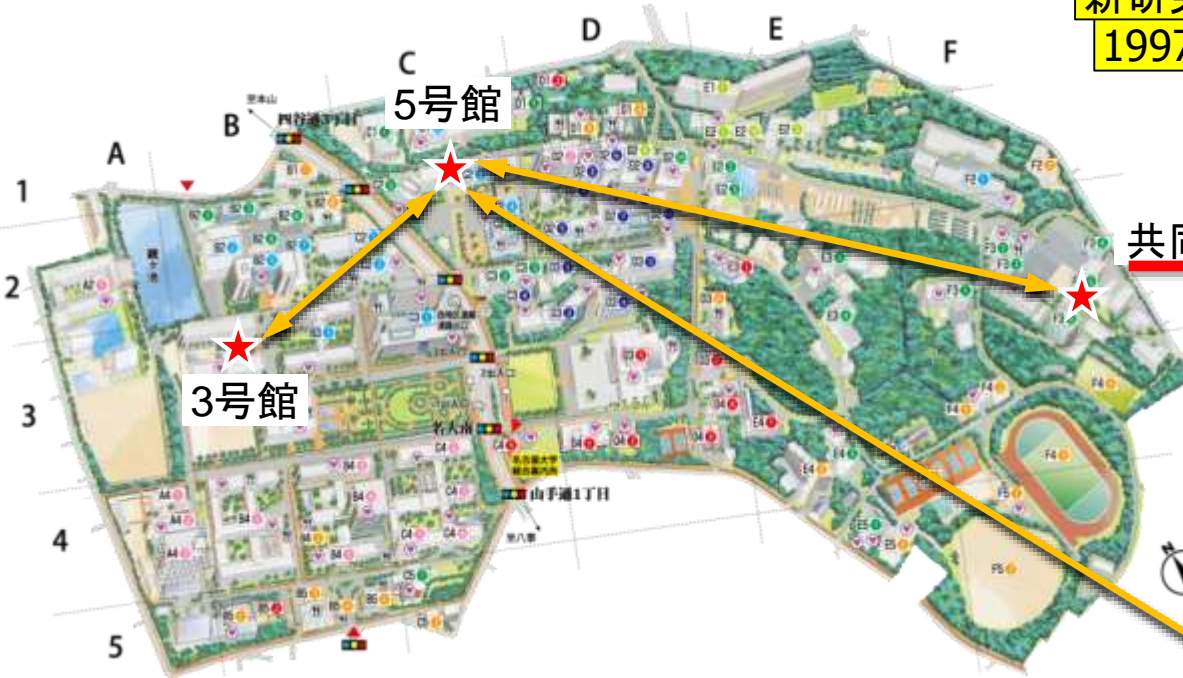


University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し

新研究室の立上げ

1997年 難処理人工物研究センター 教授



共同教育研究施設2号館

ResCWE



EcoTopia



Prof. J. M. Toguri



University of Toronto

- 1968年 名古屋大学工学部に入学
- 1978年 名古屋大学工学部 助手
- 1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間
- 1990年 名古屋大学工学部 講師
- 1992年 名古屋大学工学部 助教授
- 1996年 名古屋大学工学部 教授

難処理人工物研究センター (ResCWE)



- ◆ Research Center for Advanced Waste and Emission Management
- ◆ これも、いわば、工学部から見れば、プチ海外みたいなもの、工学部の中だけにいては、見えない色々なことが見える
- ◆ 他学科出身の先生方との交わりが、とても新鮮で有意義
- ◆ 残念なことに、2名の戦友に先立たれる、経験も致しました
- ◆ その後エコトピア(EcoTopia)を経て、10年間の出城生活後、工学研究科に復帰
- ◆ その間、廃棄物処理に関わる様々な基礎研究、プロジェクト研究はもとより、国や近隣自治体の廃棄物処理、ゴミ行政にも関わらせて頂いた

関係したゴミ工場関連PFI事業

◆ 名古屋市 鳴海工場 2001

◆ 浜松市 2006

◆ 岡崎市 2007

◆ 鈴鹿市 2008

◆ 一宮市 2011

◆ 四日市市 2012

◆ 現在: 名古屋市 北名古屋工場 富田工場



<http://www.city.nagoya.jp/kurashi/category/19-14-2-2-0-0-0-0-0-0-0.html>



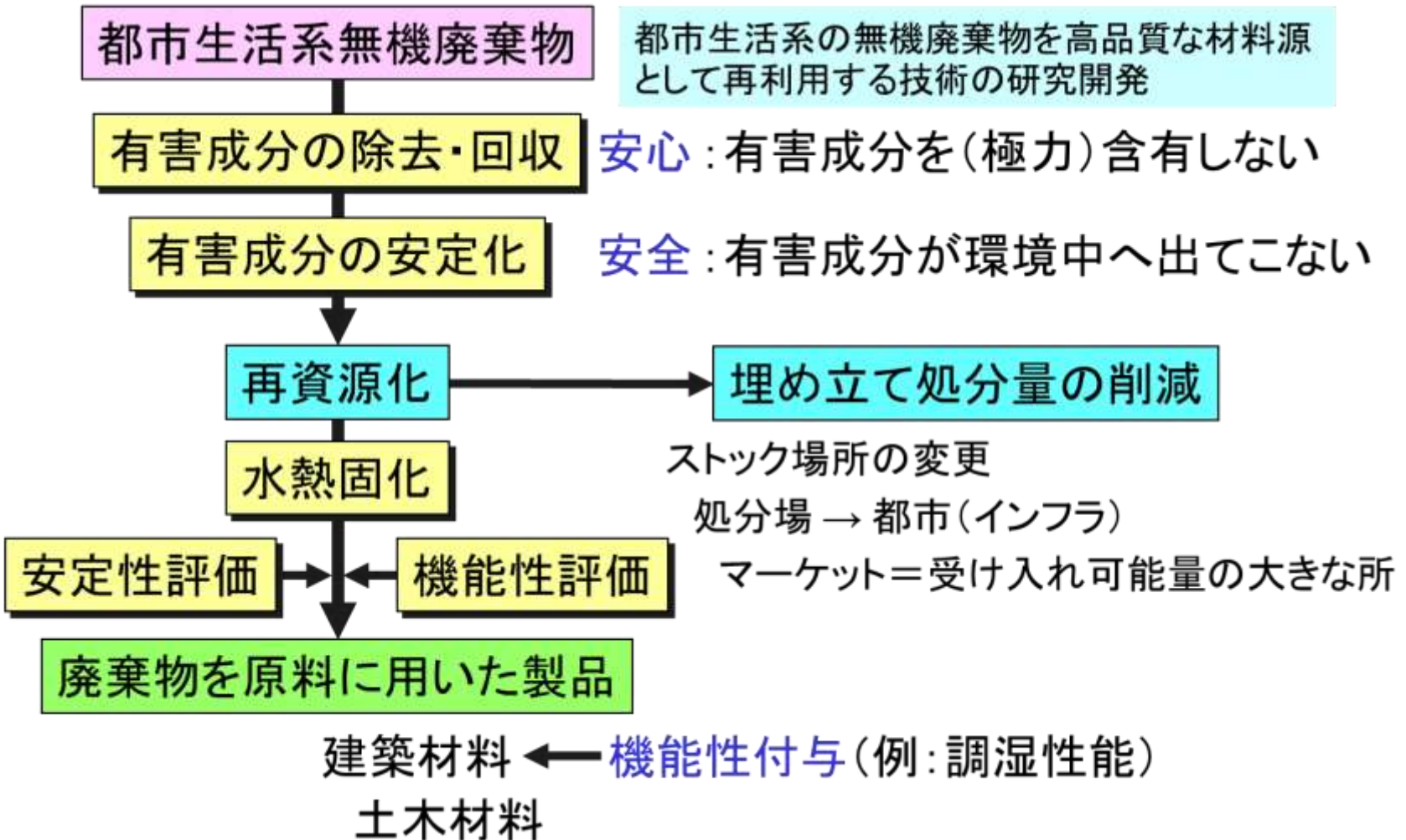
<https://www.eng.nssmc.com/fukkoh/environmentplant.html>

PFI: Private Finance Initiative

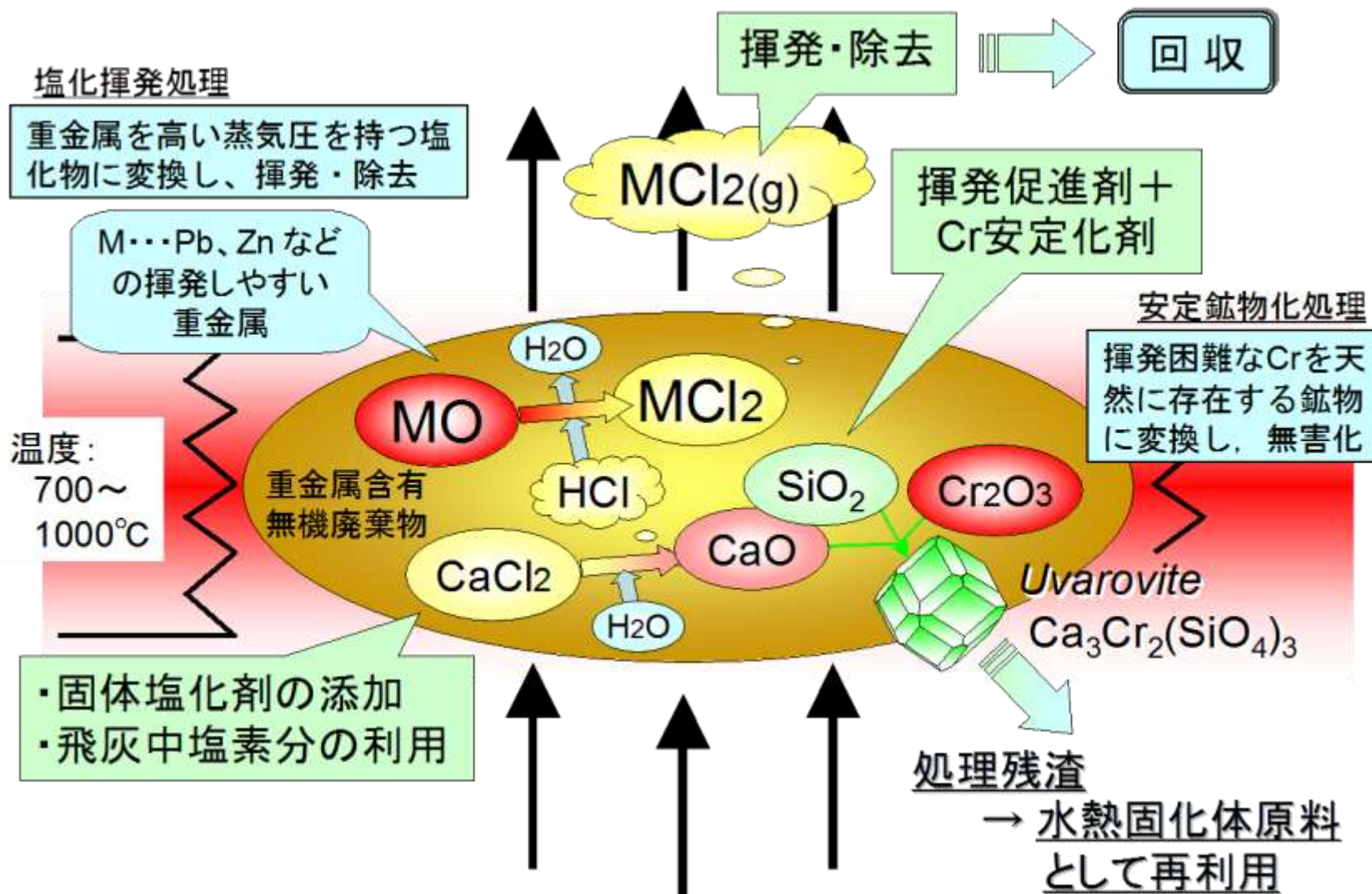
参加したプロジェクト研究

- ◆ 当時の科学技術庁/愛知県・名古屋市地域結集型共同研究事業「循環型環境都市構築のための基盤技術開発」/安定化WG “無機廃棄物の再利用と有害物質の安定化技術の研究開発” 1999～2004年 科学技術交流財団
- ◆ NEDO/JRCM 「省エネルギー型金属ダスト回生技術の開発」/炭材フィルターにより電気炉の排ガスから直接有価金属を回収 (1998～2002年度)
- ◆ 「中国南部における石炭エネルギーを基軸とした環境共生型都市システム」
など

無機廃棄物の再利用と有害物質の安定化



無機廃棄物の再利用と有害物質の安定化



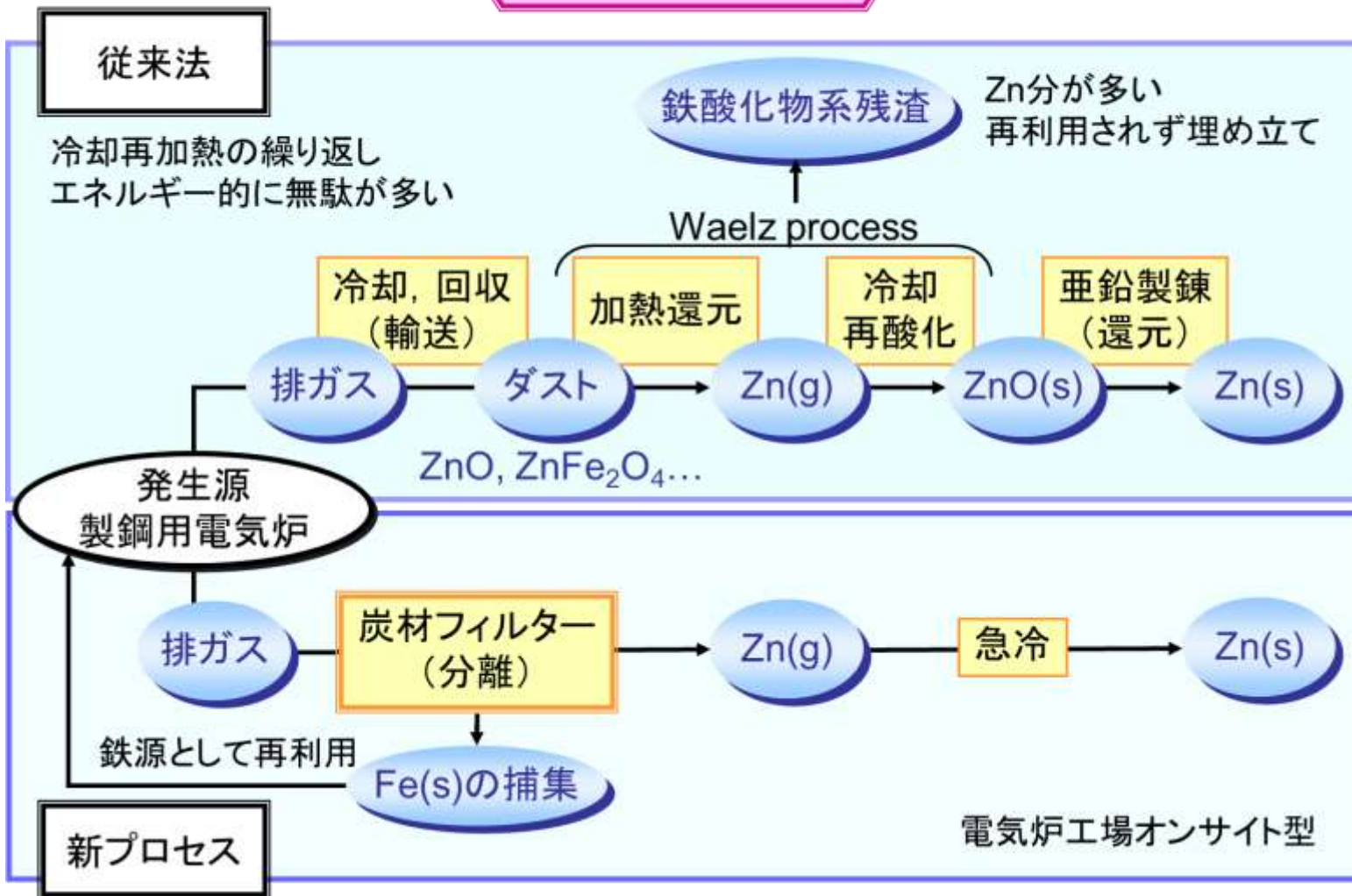
無機廃棄物の再利用と有害物質の安定化

◆ 塩化処理法を用いた関連研究

【学位論文】佐藤史淳: 混合塩を用いた塩化処理による
廃棄物中の重金属除去

省エネルギー型金属ダスト回生技術

亜鉛回収プロセス

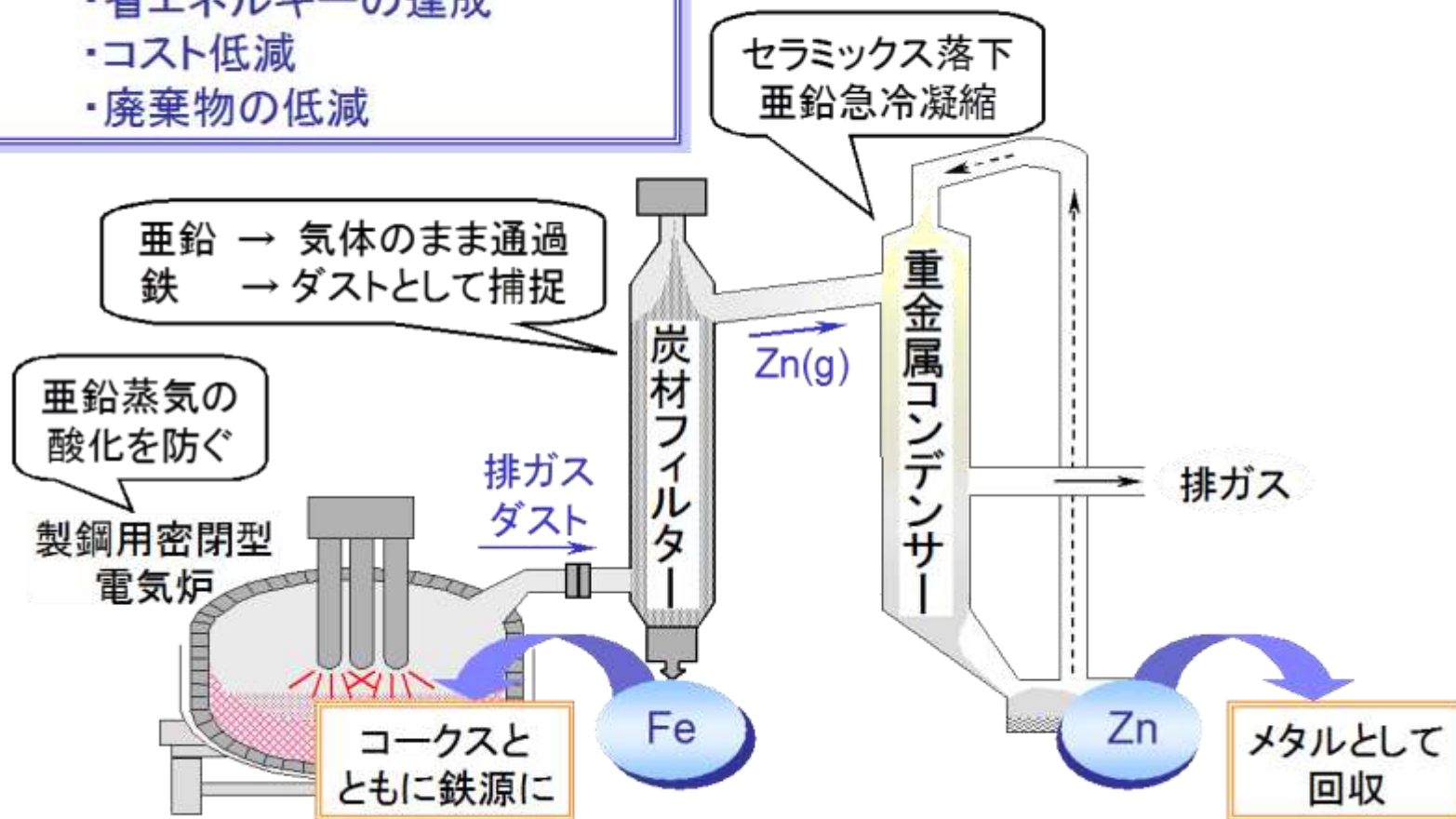


炭材フィルター

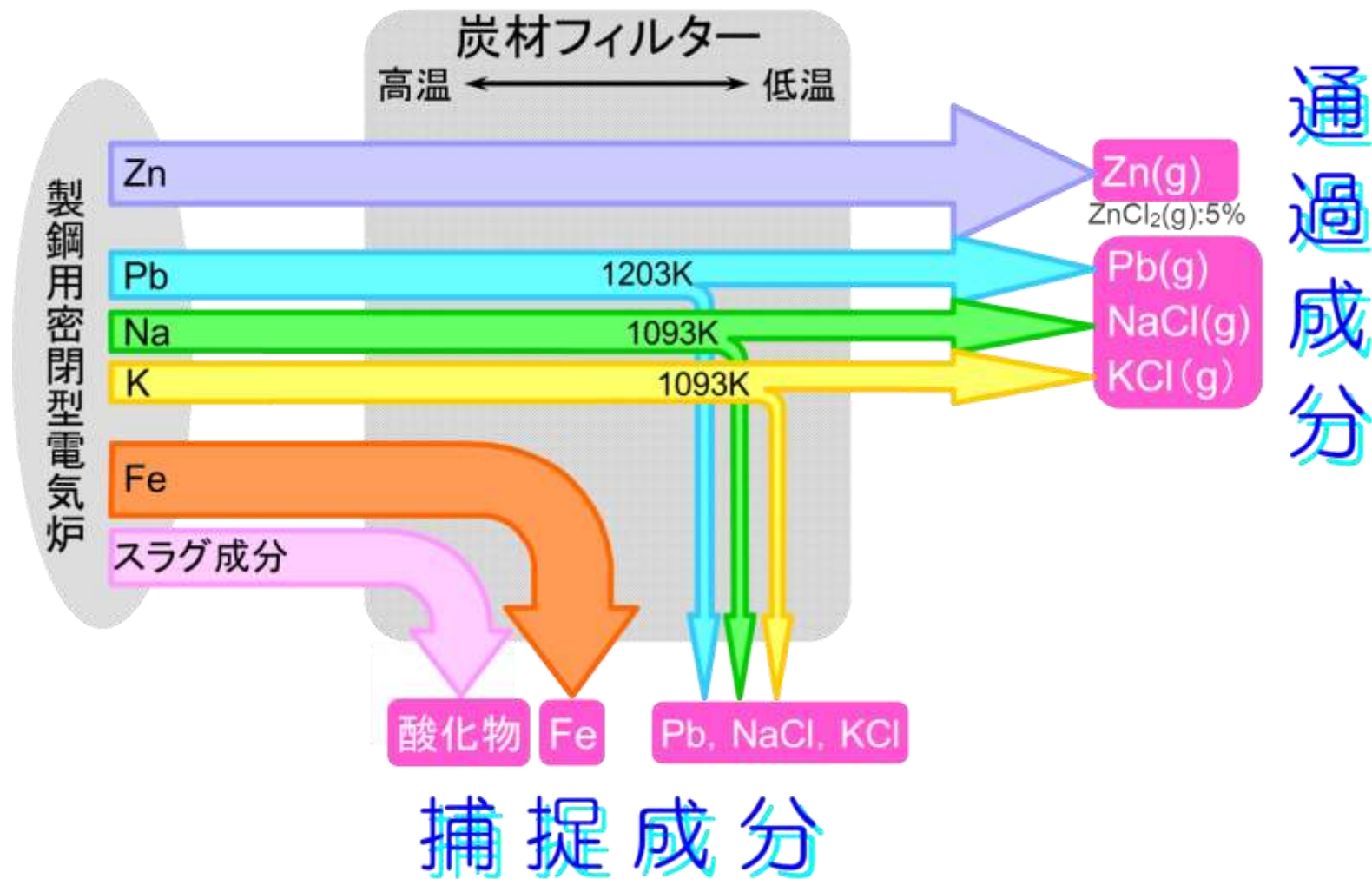
電気炉工場オンサイト型

冷却・再加熱を経ず直接鉄・亜鉛を回収

- ・省エネルギーの達成
- ・コスト低減
- ・廃棄物の低減



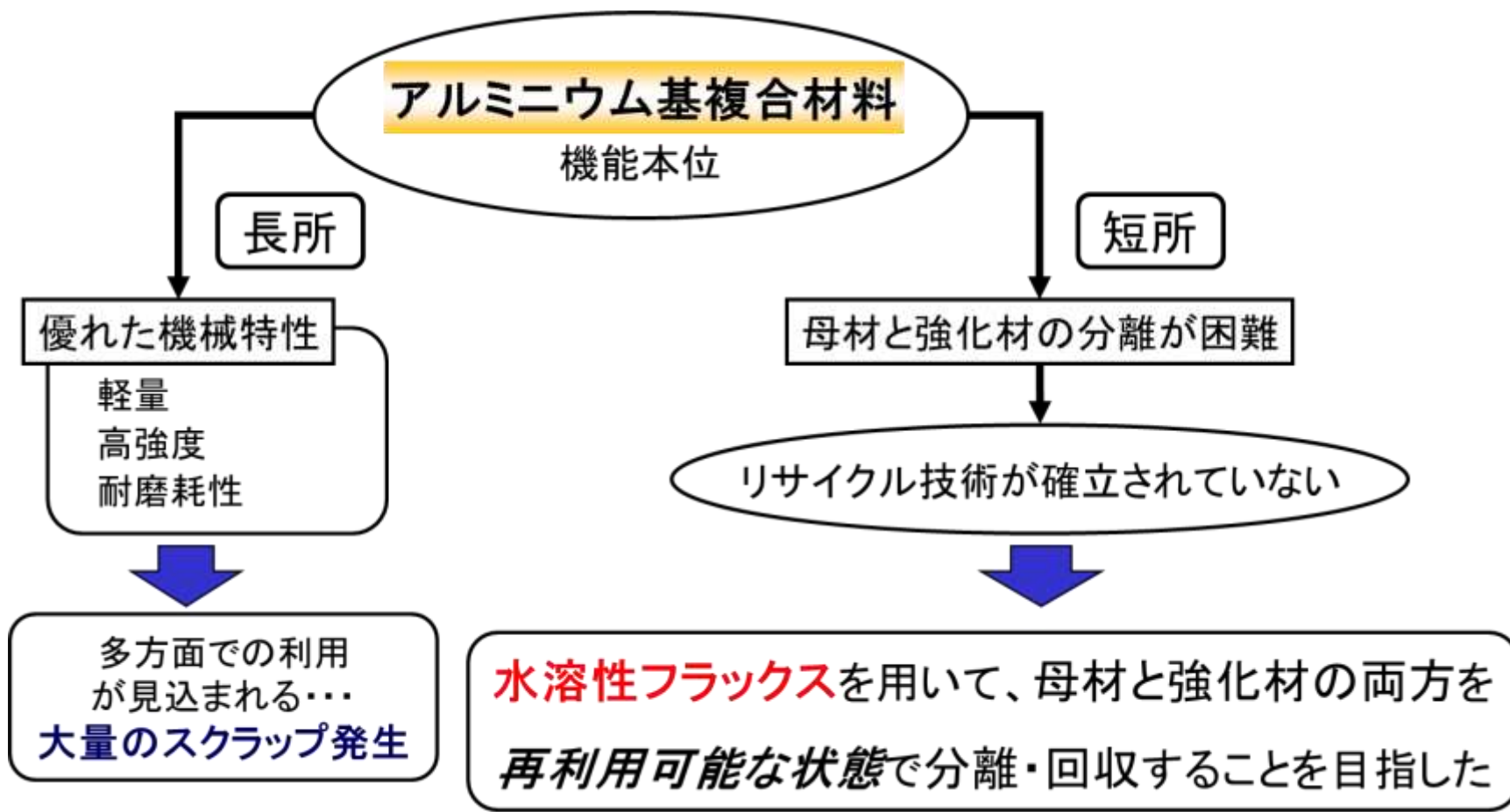
炭材フィルター



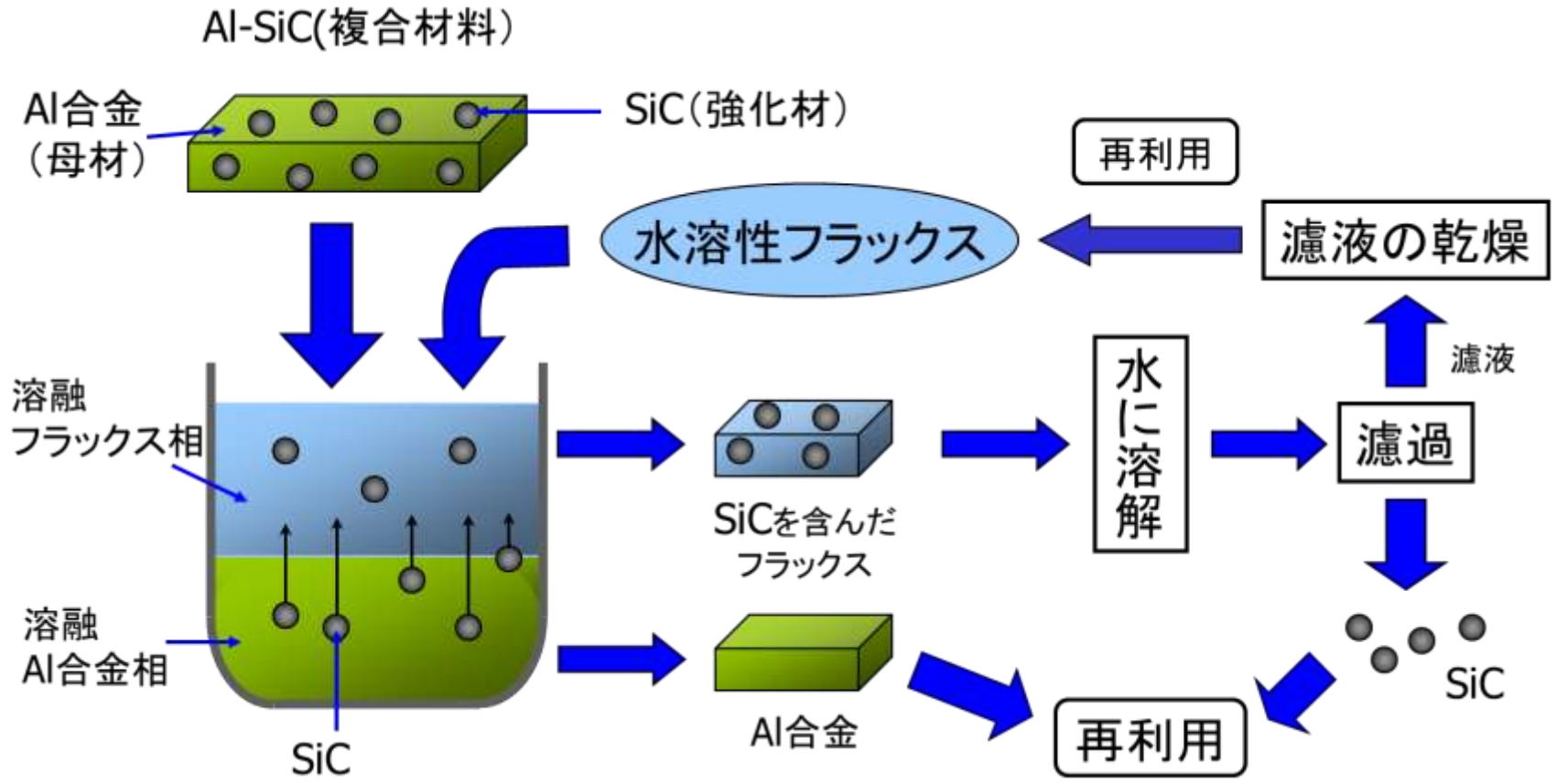
研究・実験中に予想外な結果が得られた時こそ

- ◆ そこには隠された真実、研究のネタが隠されている
- ◆ 例) AI基複合材料のリサイクル

AI基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

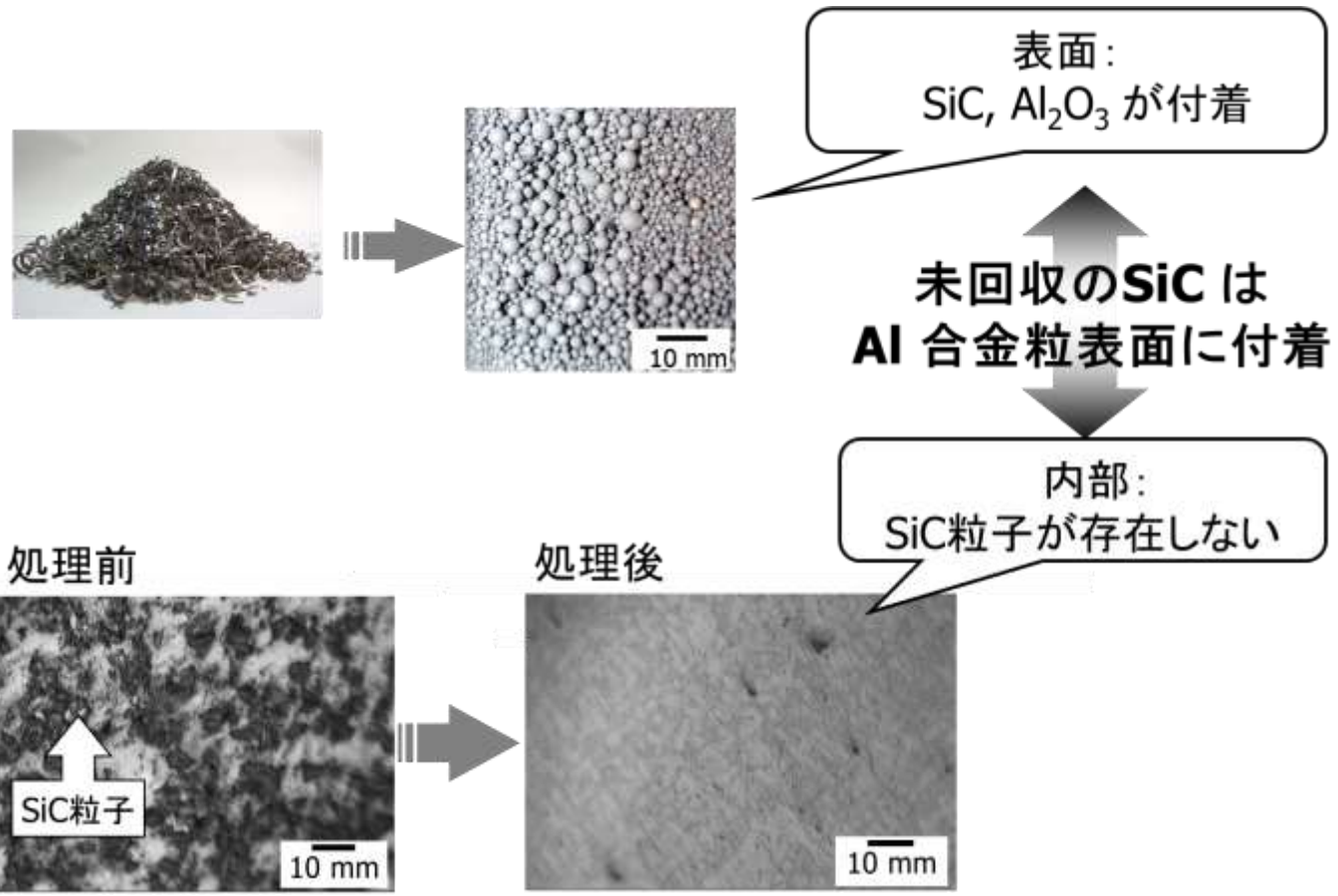


Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス



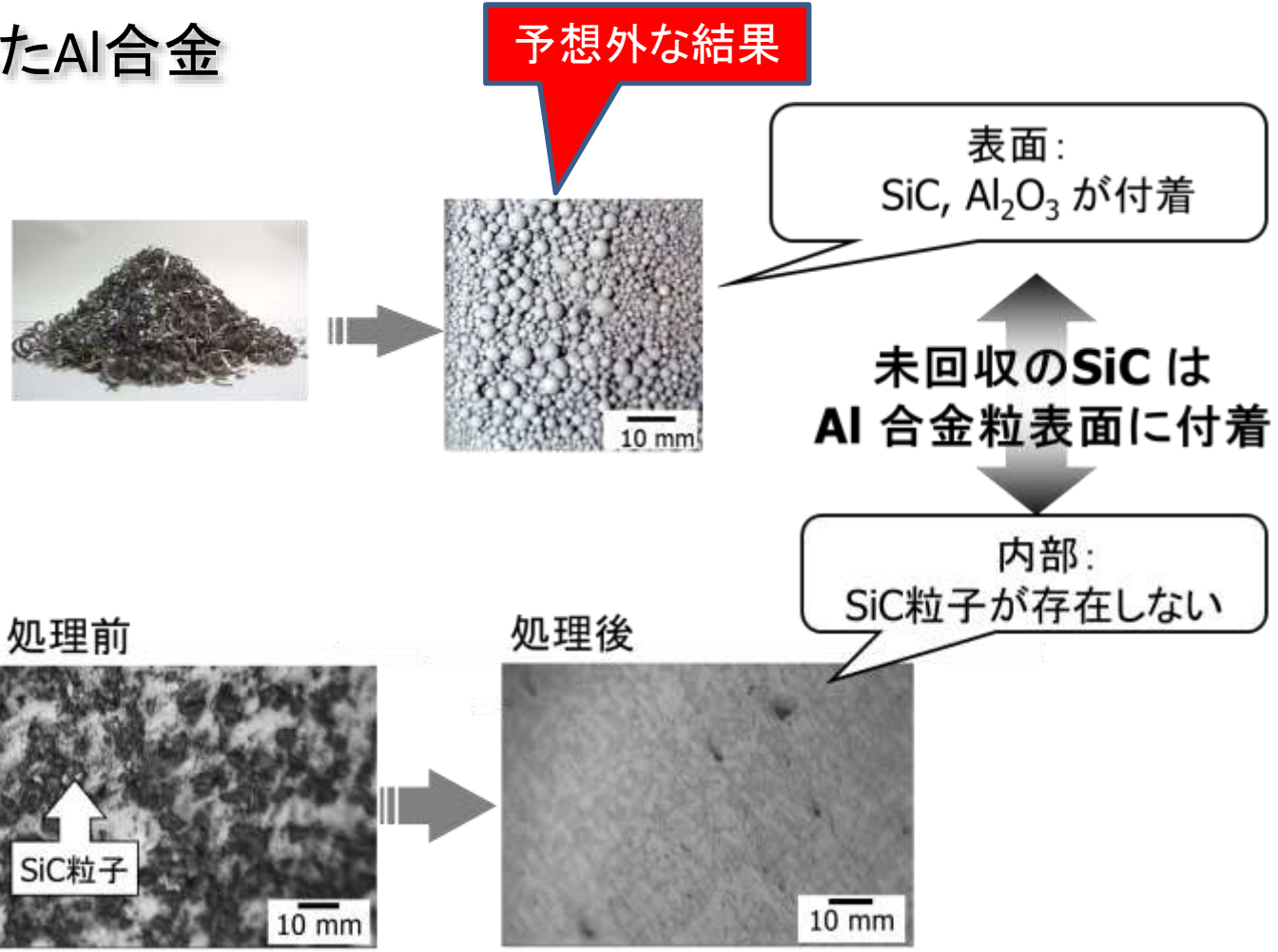
Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

回収したAl合金



Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

回収したAl合金



Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

SiCの存在領域と界面張力の関係

Al粒表面にSiC, Al₂O₃が付着



フラックス中に移行しきれなかったSiCが Al合金 / フラックス界面に安定に存在

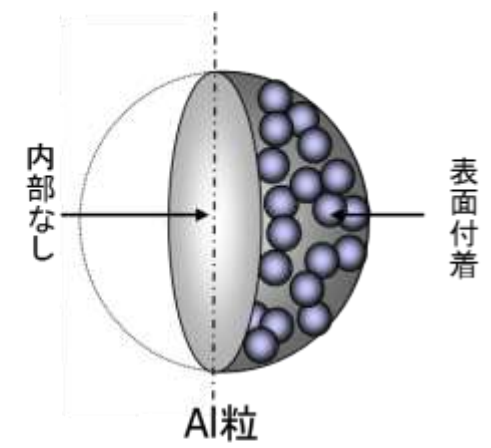


Al粒表面のSiCが、フラックス中で Al粒が合体するのを妨げている



Al合金を小さな粒状でしか回収できなかった

Al合金 / フラックス界面の SiC を
フラックス中に完全に移行させる界面張力の状態
の必要性

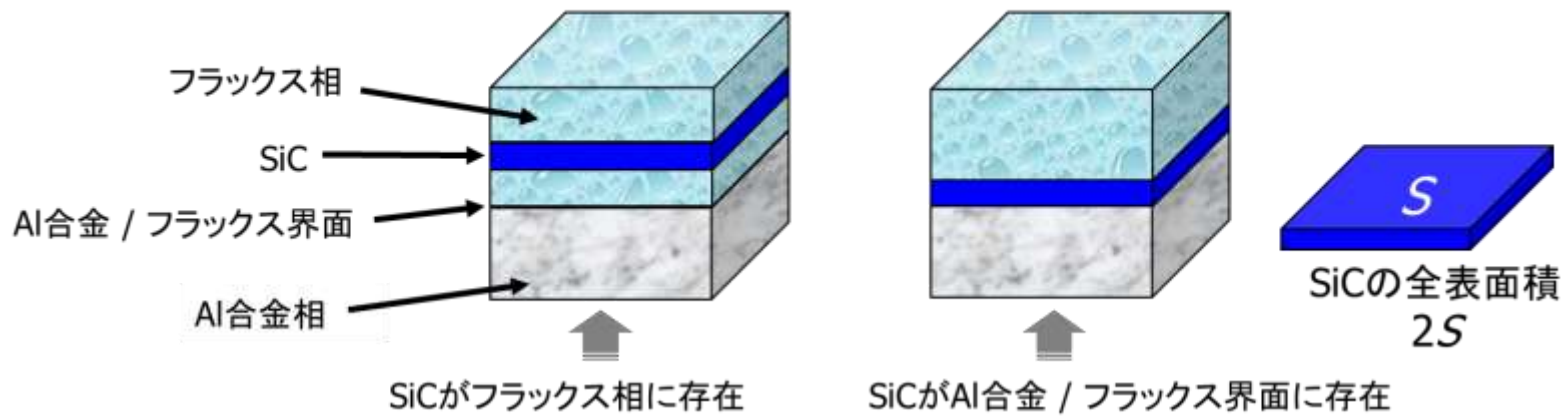


Al合金 / SiC / フラックス の
各相間の 界面張力が支配

Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

SiCの存在領域と界面張力の関係

各相間の界面張力がどのような関係の時、界面に存在するSiCがフラックス相に移行するか？



SiCがフラックス相に存在
界面エネルギー W_{Flux}

SiCがAl合金 / フラックス界面に存在
界面エネルギー W_{int}

$$W_{Flux} = 2S \cdot g_{Flux-SiC} + S \cdot g_{Flux-Al}$$

$$\dots\dots(i)$$

$$W_{int} = S \cdot (g_{Flux-SiC} + g_{Al-SiC}) \dots\dots(ii)$$

g_{I-II} : I相とII相の界面張力

SiCがフラックス中に安定に存在するためには : $W_{Flux} < W_{int} \dots\dots(iii)$

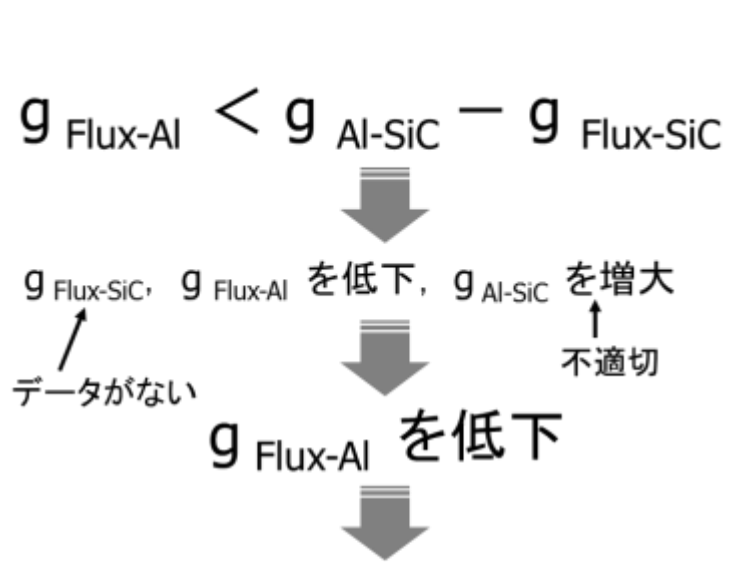
(i), (ii), (iii)より以下の関係式が得られる。

$$\underline{g_{Flux-Al} < g_{Al-SiC} - g_{Flux-SiC}}$$

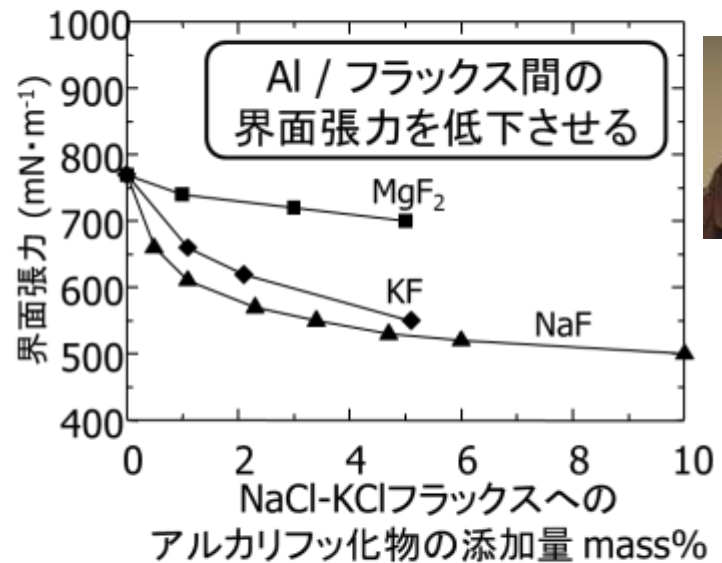
この式を満足させる必要がある

Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

アルカリフッ化物の影響



SiC がフラックス中に安定に存在するための条件式



アルカリフッ化物の配合

水への溶解度の大きい KF を選択

Al合金 / フラックス間の界面張力低下による SiC回収率, 回収Al合金の状態への影響を調査

Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

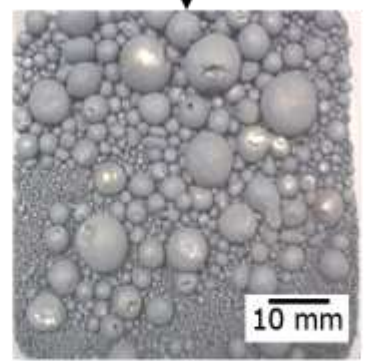
回収したAl合金の形状 (NaCl-KCl-KF系フラックス)

処理前

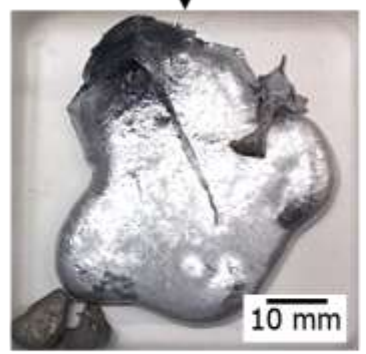


NaCl-KCl-KF系フラックスにて処理

処理後



KFなし

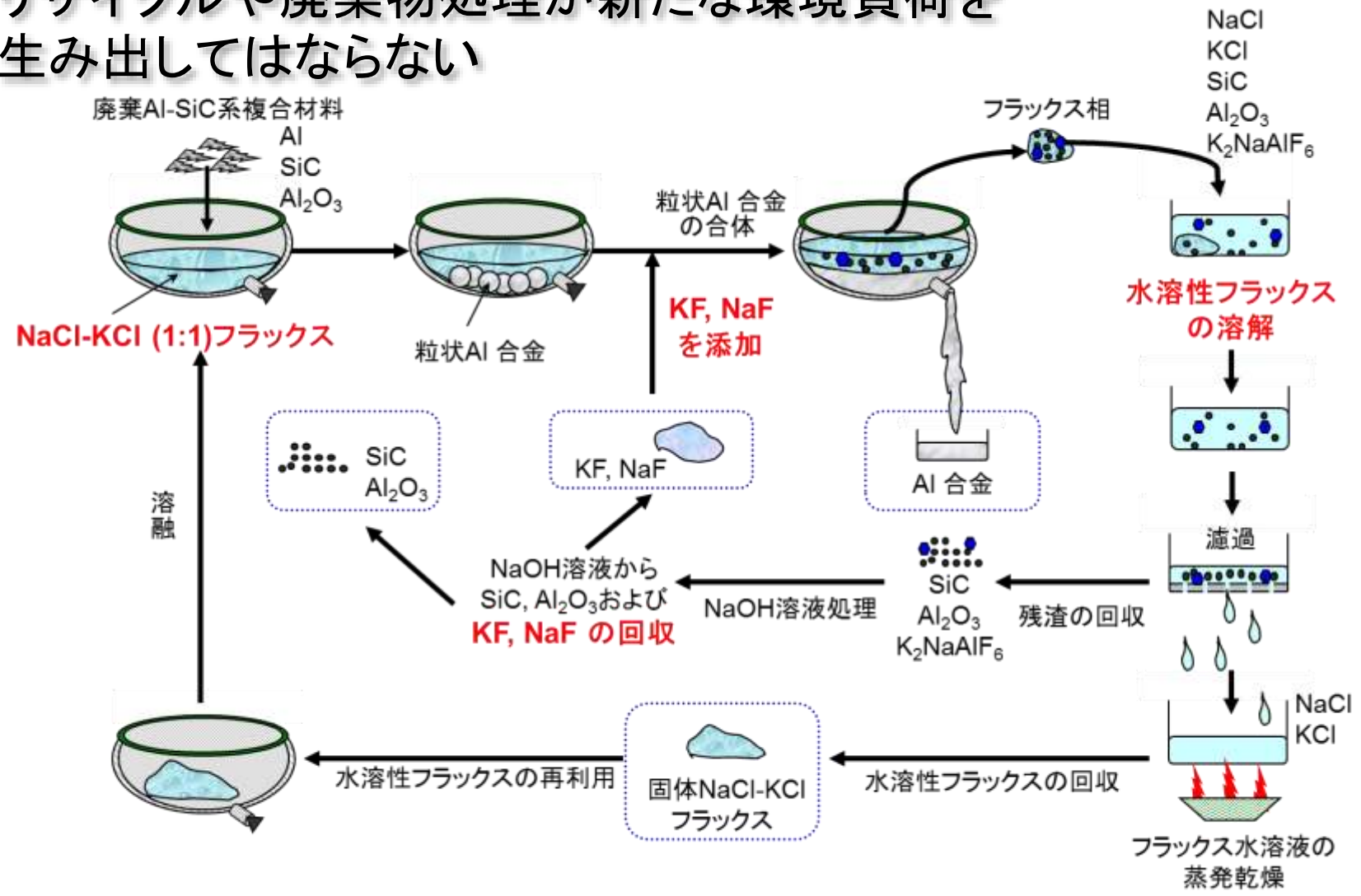


10 mass%KF

KF添加の効果あり

Al基複合材料のクローズド・リサイクル・プロセス

リサイクルや廃棄物処理が新たな環境負荷を 生み出してはならない



経歴 都合6回の引っ越し

新研究室の立上げ

1997年 難処理人工物研究センター 教授



共同教育研究施設2号館

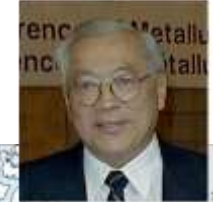
ResCWE



EcoTopia



Prof. J. M. Toguri



University of Toronto

- 1968年 名古屋大学工学部に入学
- 1978年 名古屋大学工学部 助手
- 1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間
- 1990年 名古屋大学工学部 講師
- 1992年 名古屋大学工学部 助教授
- 1996年 名古屋大学工学部 教授

経歴 都合6回の引っ越し



新研究室の立上げ

1997年 難処理人工物研究センター 教授

2004年 エコトピア科学研究機構 教授

2005年 エコトピア科学研究所 教授

共同教育研究施設2号館

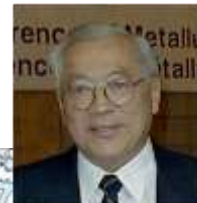
ResCWE



EcoTopia



Prof. J. M. Toguri



University of Toronto

1968年 名古屋大学工学部に入学

1978年 名古屋大学工学部 助手

1981~1982年 カナダのトロント大学に留学 2年間

1990年 名古屋大学工学部 講師

1992年 名古屋大学工学部 助教授

1996年 名古屋大学工学部 教授

経歴 都合6回の引っ越し

10年間の出城生活

- 1997年 難処理人工物研究センター 教授
- 2004年 エコトピア科学研究機構 教授
- 2005年 エコトピア科学研究所 教授

共同教育研究施設2号館



Prof. J. M. Toguri



2007年 名古屋大学大学院工学研究科 教授



University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し

10年間の出城生活

1997年 難処理人工物研究センター 教授

2004年 エコトピア科学研究機構 教授

2005年 エコトピア科学研究所 教授



共同教育研究施設2号館

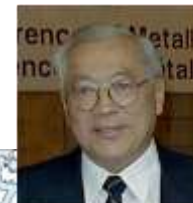
ResCWE



EcoTopia



Prof. J. M. Toguri



2007年 名古屋大学大学院工学研究科 教授

2008~2009年 5号館改修に伴う避難引っ越し→3号館へ(1年間)



University of Toronto

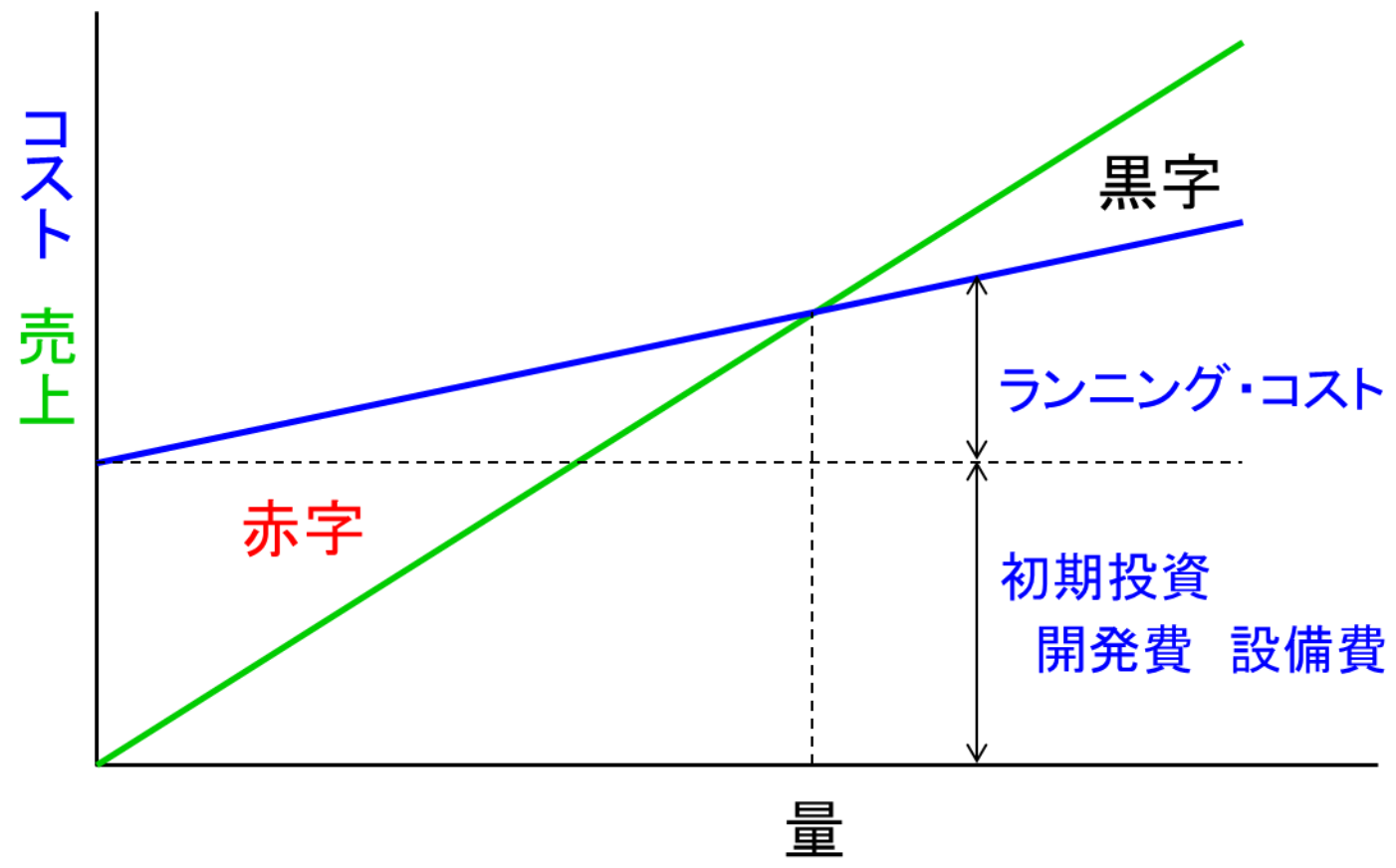
「現代の錬金術＝廃棄物を資源に」



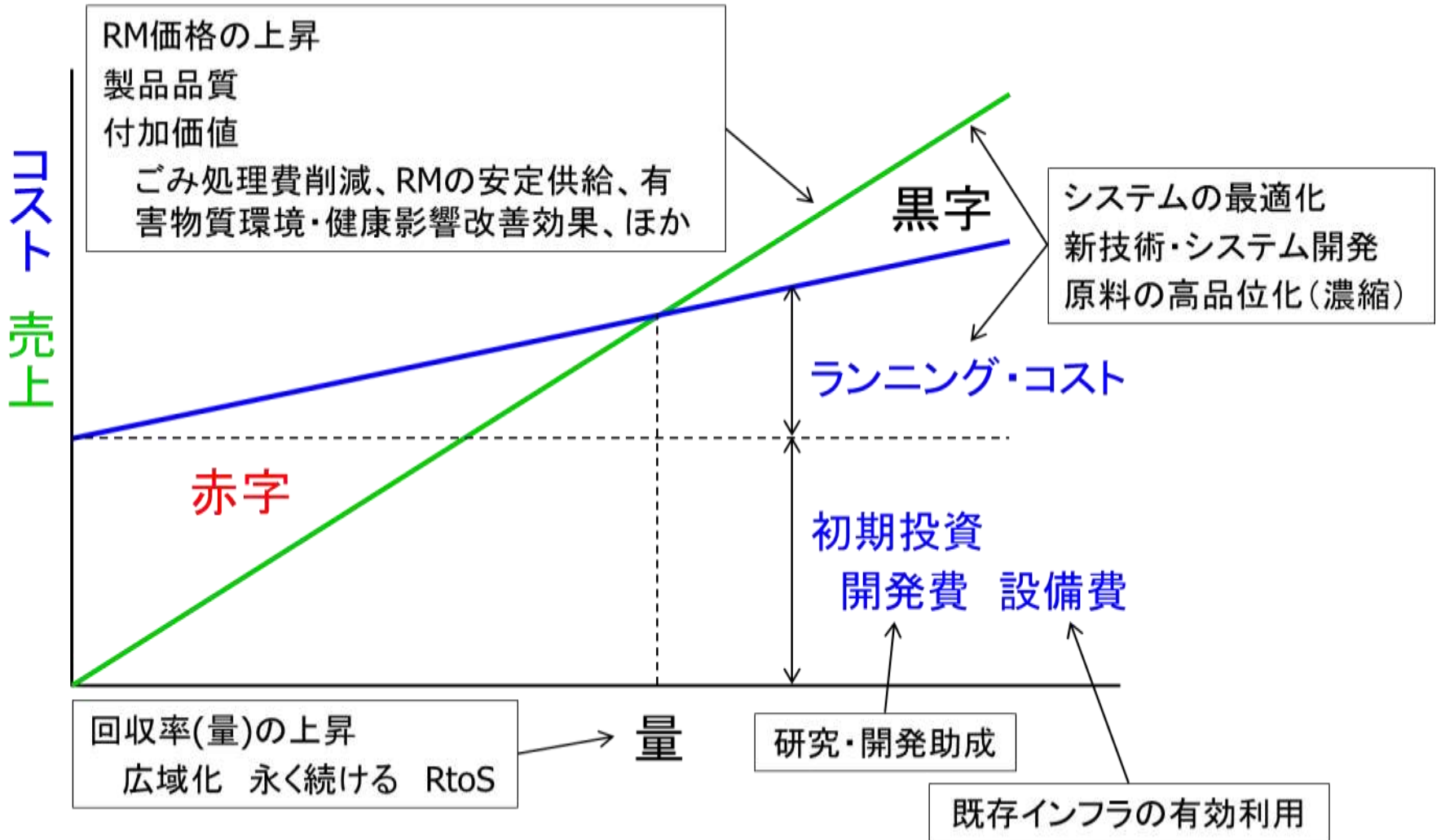
モノづくりの基本原則(ベーシックなビジネスモデル)

- ◆ これらの経験を通じて、「工学とは」ということを考えさせられた
- ◆ モノづくりでは、商品を製造して販売することで利益をあげるのが当たり前、もうからなければ、そもそも商売は成り立たない
- ◆ ゴミのような価値の低い廃棄物を処理しリサイクルすることを考えても、やはり経済的に成立していなくては、うまくいくはずがない
- ◆ これが実に難しい

モノづくりの基本原則(ベーシックなビジネスモデル)



モノづくりの基本原則(ベーシックなビジネスモデル)



RM: Rare Metal

RtoS: Reserve to Stock

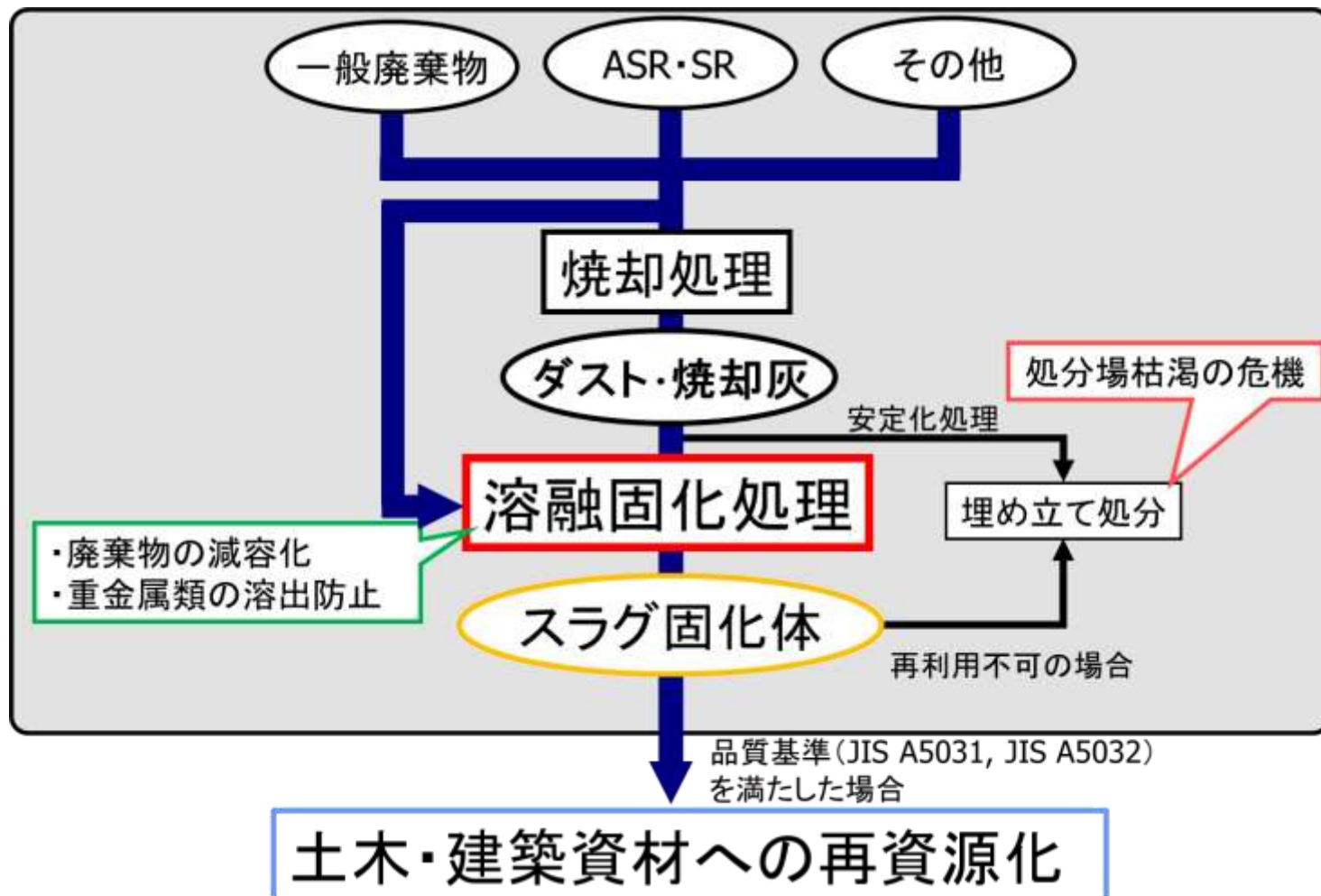
直近の研究テーマ

廃棄物処理やリサイクルでも、モノづくりの精神

- ◆ 焼却灰溶融スラグの改質熱処理
安くてよい商品を作らなければ使ってもらえない
- ◆ 非鉄製錬スラグの製鉄原料化
非鉄製錬業界の長年にわたる叶わぬ夢
- ◆ ネオジム磁石からの希土類金属リサイクルプロセス
溶態化・不溶態化制御によるレアメタルの分離・回収

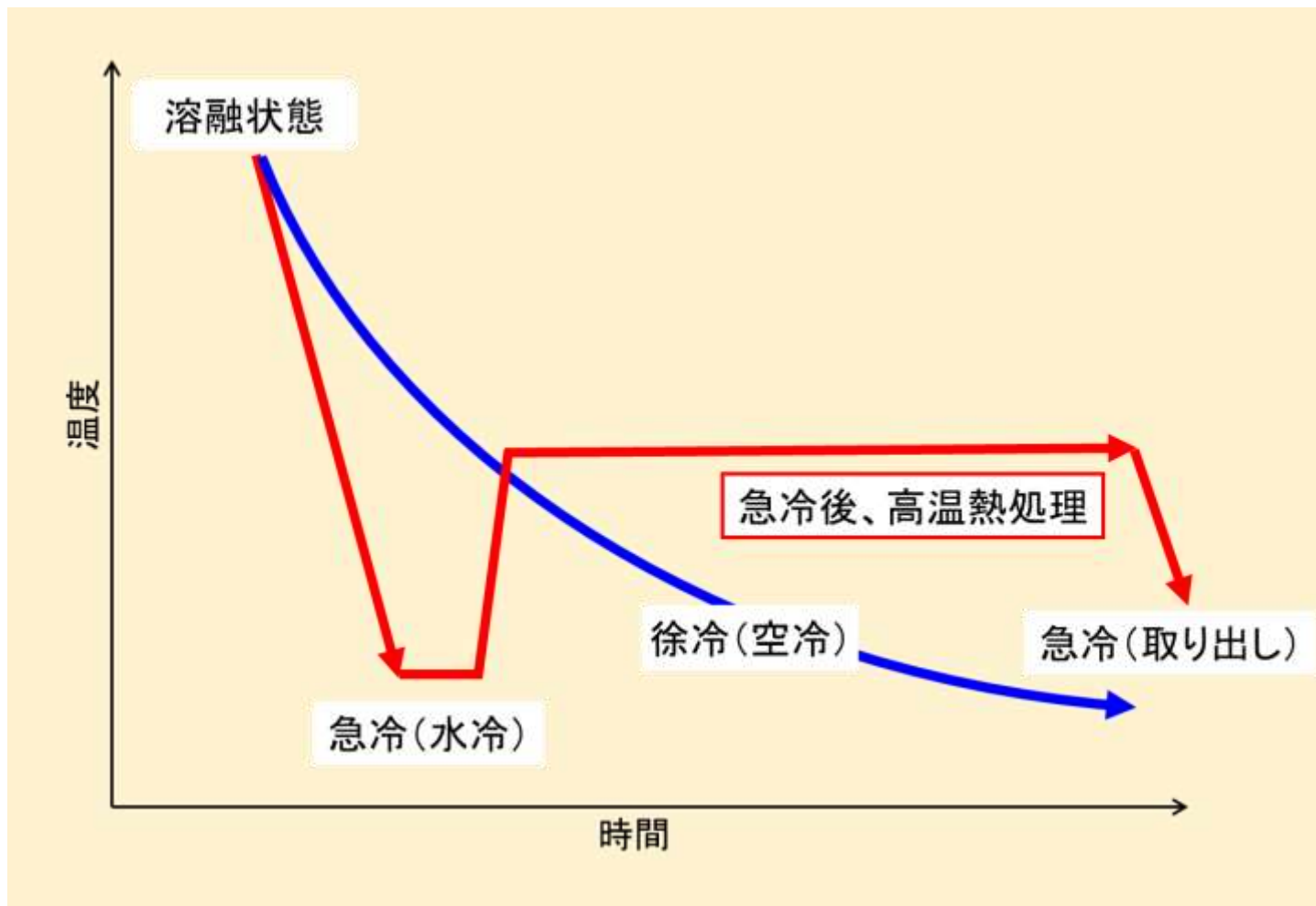
焼却灰溶融スラグの改質熱処理

廃棄物処理フロー



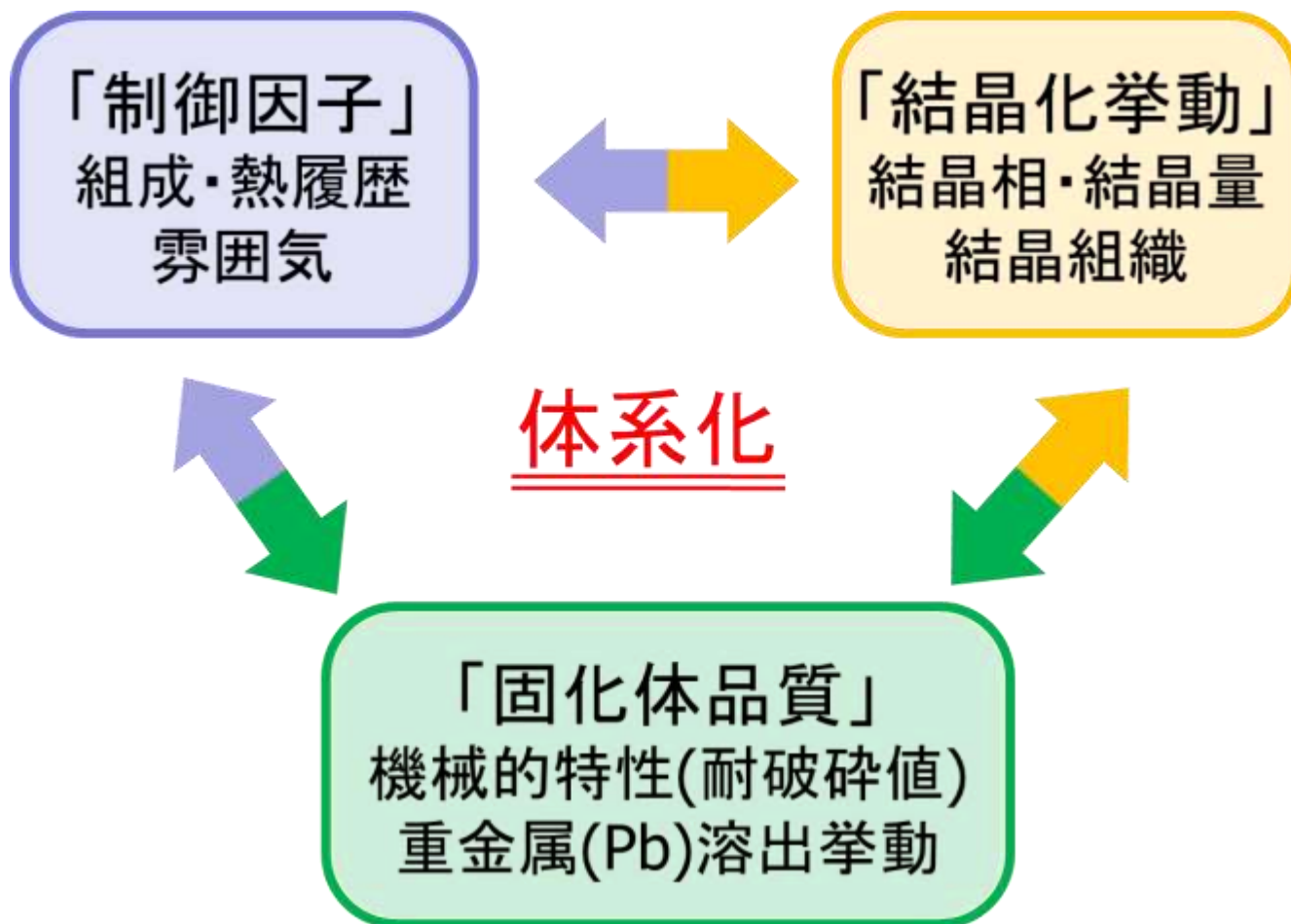
焼却灰溶融スラグの改質熱処理

熱処理フロー



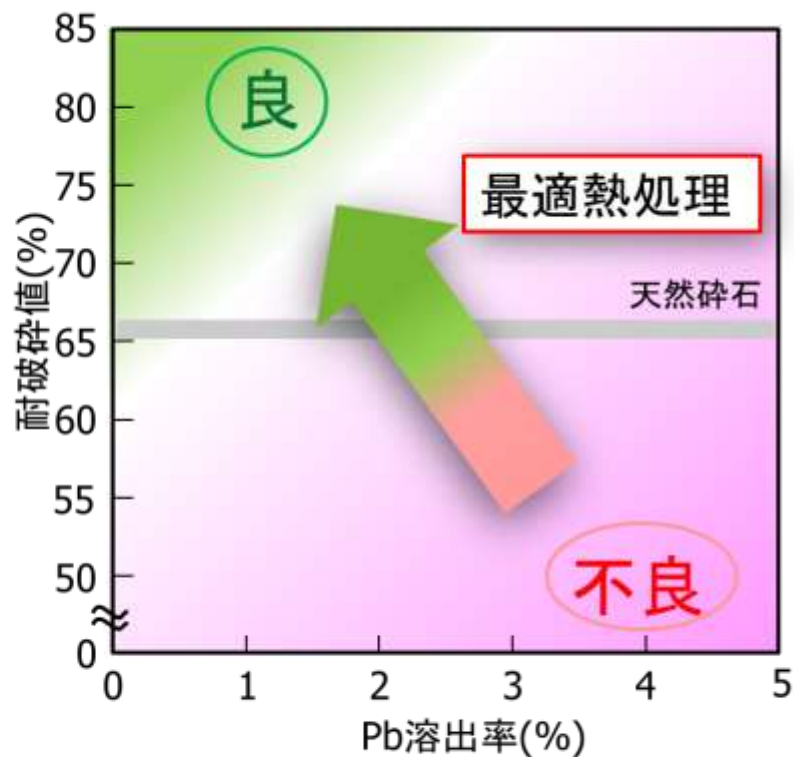
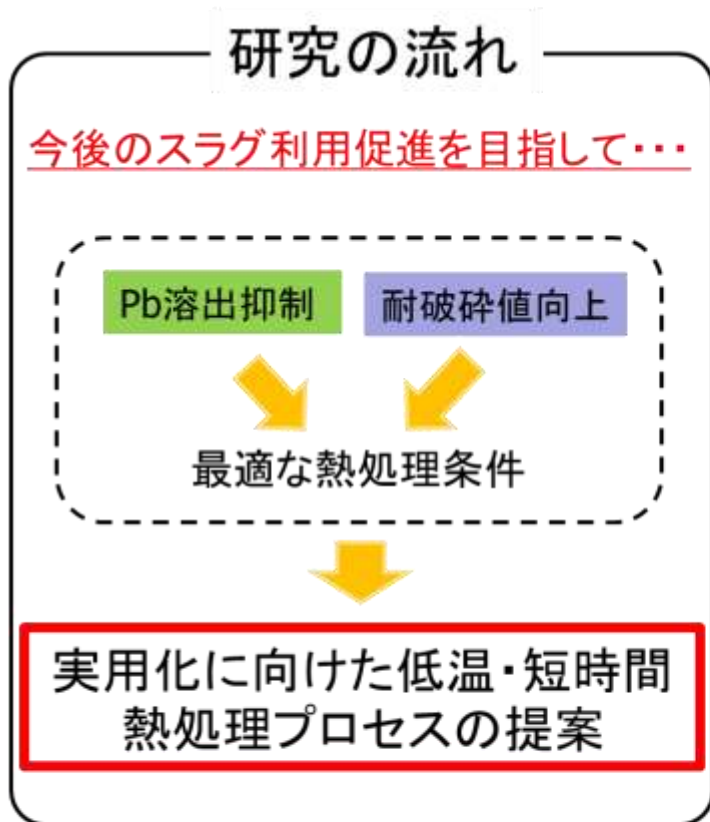
焼却灰溶融スラグの改質熱処理

研究概要



焼却灰溶融スラグの改質熱処理

研究概要



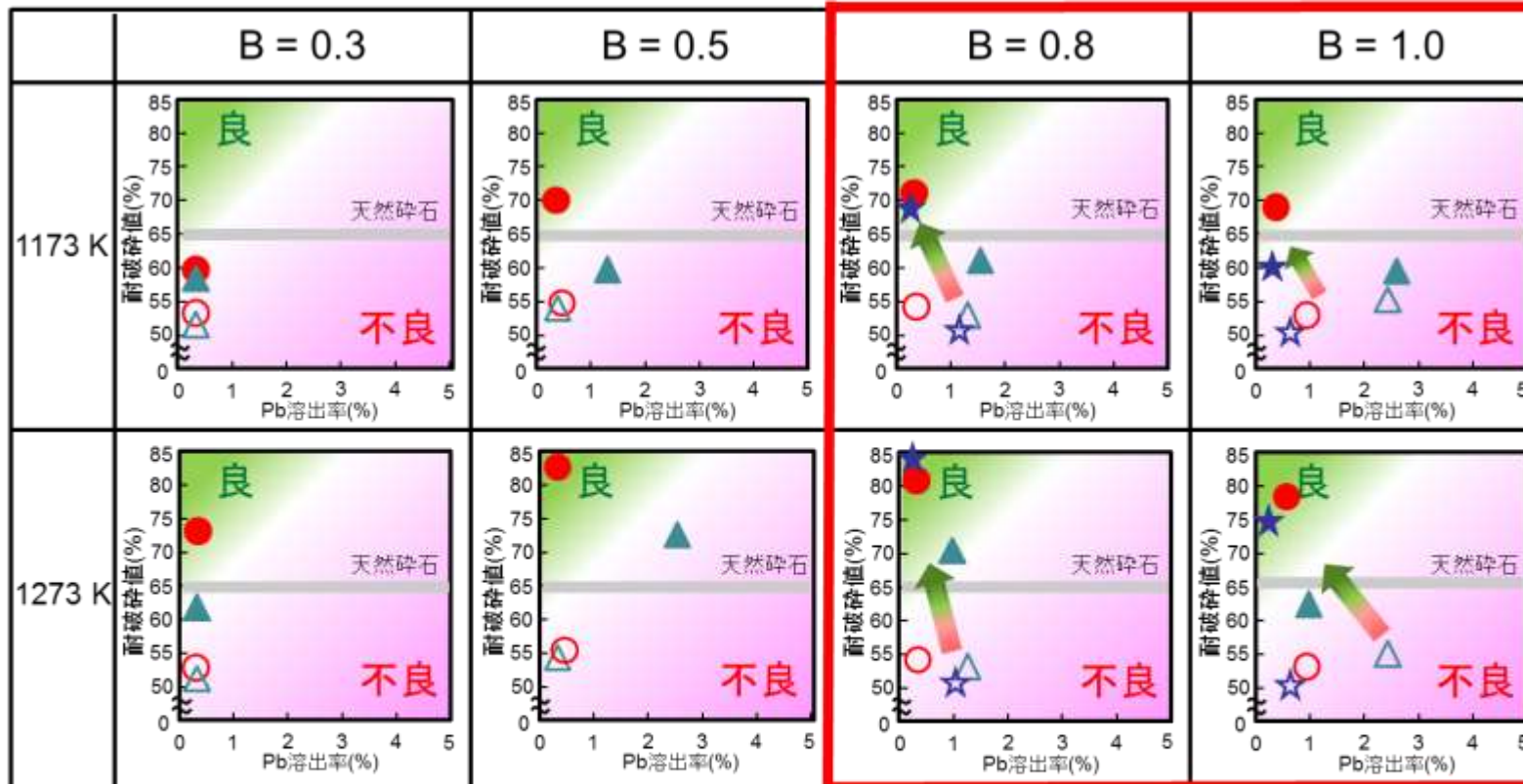
理想的な品質：耐破碎値向上 + Pb溶出抑制

焼却灰溶融スラグの改質熱処理

安くてよい商品を作らなければ使ってもらえない

B: 塩基度 (%CaO/%SiO₂)

A: アルミナ濃度 (%Al₂O₃)



熱処理前 ○ A = 10 ini △ A = 20 ini ☆ A = 30 ini

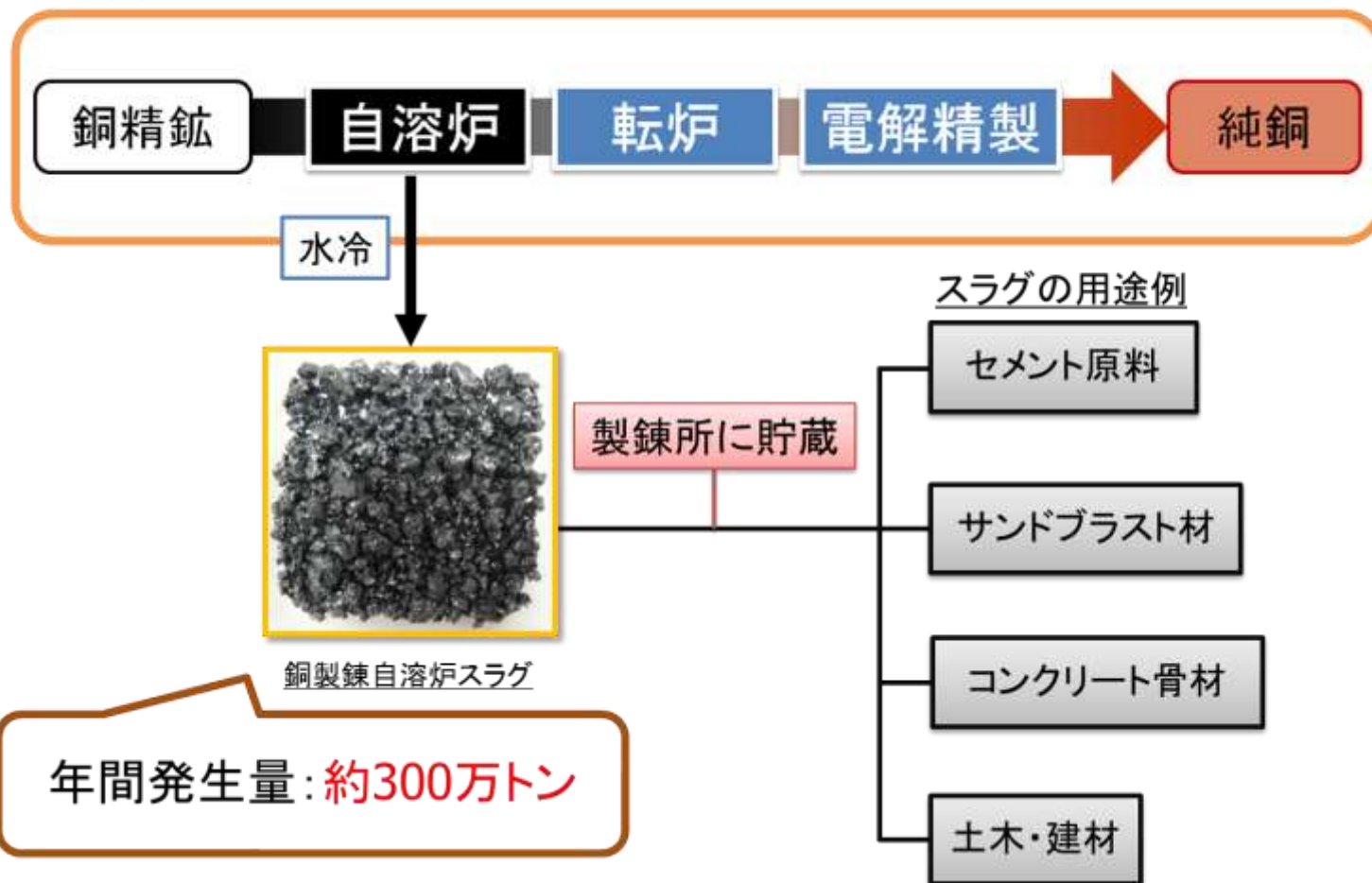
熱処理後 ● A = 10 ▲ A = 20 ★ A = 30

高塩基度側で熱処理を施すことで良質なスラグを得ることが可能

非鉄製錬スラグの製鉄原料化

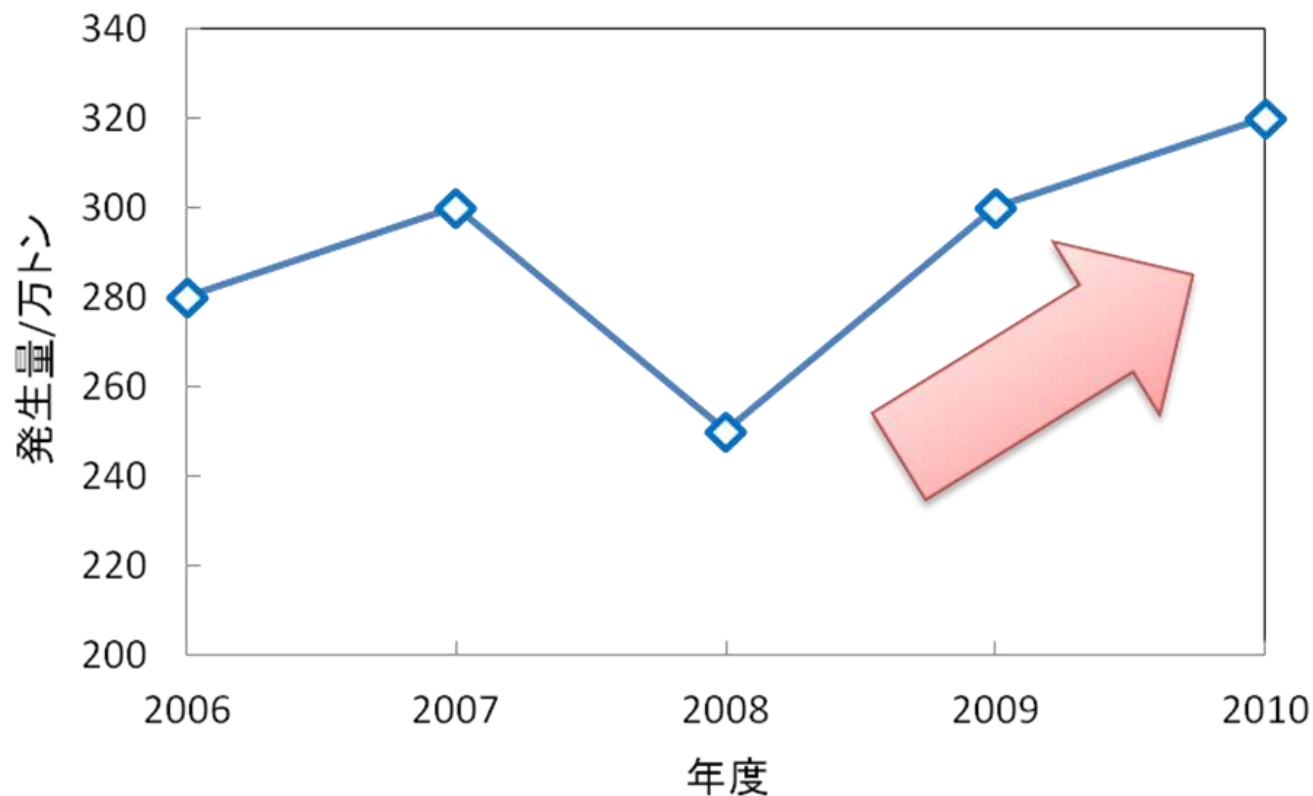
銅製錬プロセスとスラグ

<銅製錬プロセス>



非鉄製錬スラグの製鉄原料化

国内における銅製錬自溶炉スラグ発生量の推移



出典 資源・素材2012(秋田)

非鉄製錬スラグの製鉄原料化

新規用途の開発

自溶炉スラグの再資源化促進のためには...

非鉄成分 (Cu, Zn, Pb等)



自溶炉スラグの組成例

製鉄原料化に向けて...

新規用途の開発

スラグ中に豊富に含まれる鉄分を製鉄原料として利用

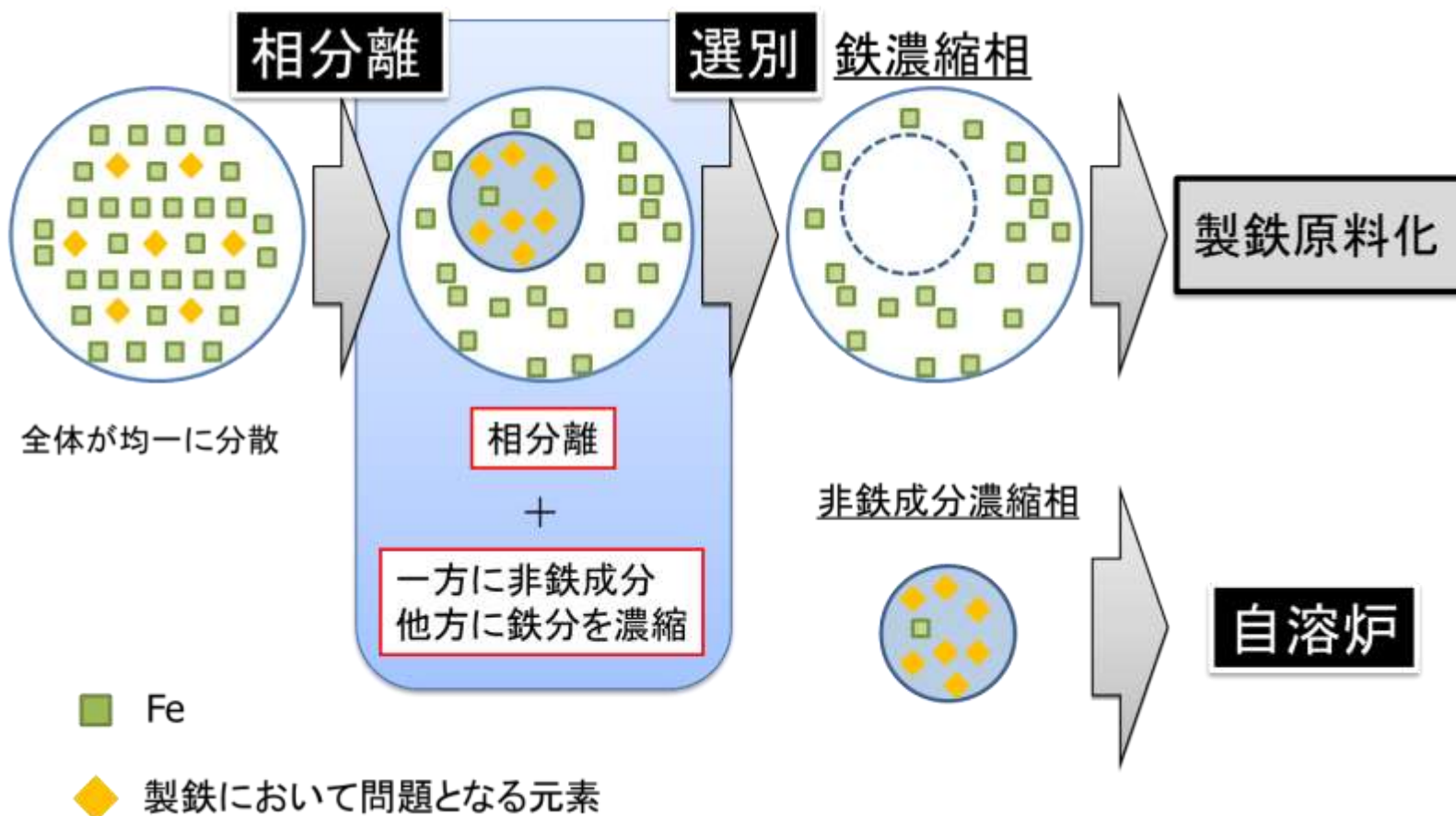
問題点: スラグ中に含まれる非鉄成分

- 鉄鋼製品の品質に悪影響を及ぼす
- 鉄鋼製錬において除去が困難

スラグ中に含まれる非鉄成分の分離プロセスの開発

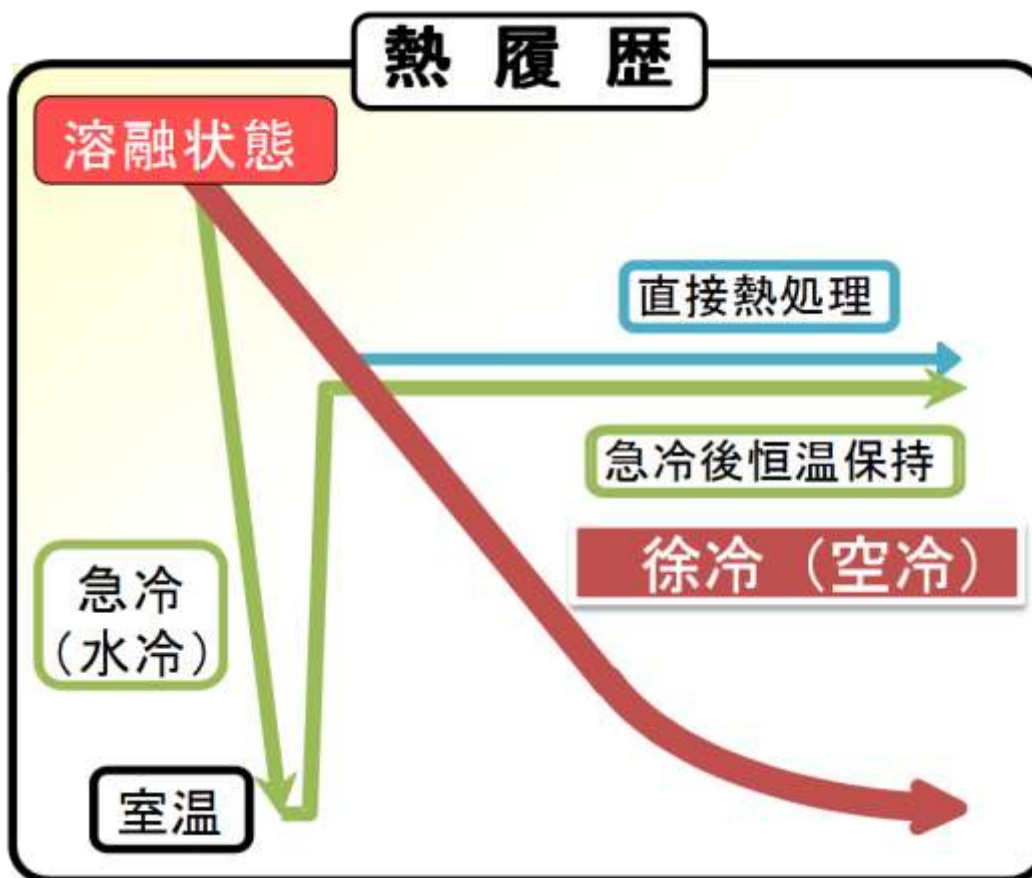
非鉄製錬スラグの製鉄原料化

提案する製鉄原料化プロセス



非鉄製錬スラグの製鉄原料化

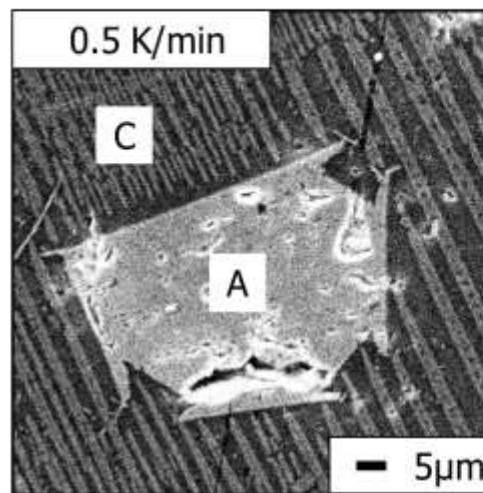
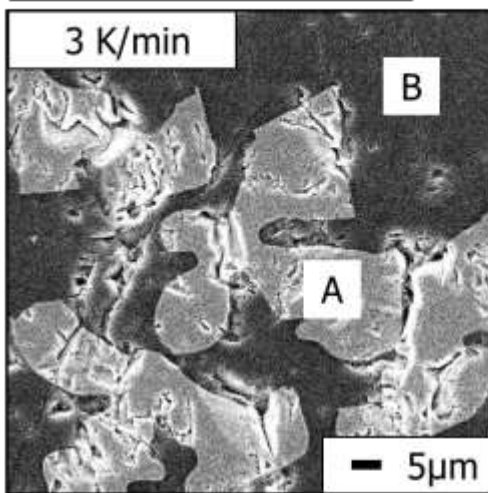
徐冷による結晶化挙動及び鉄/非鉄成分(Cu)の分配挙動の調査



非鉄製錬スラグの製鉄原料化

冷却速度の影響

徐冷後試料の断面写真



A: Magnetite相
 B: 非晶質相
 C: Fayalite相+非晶質相

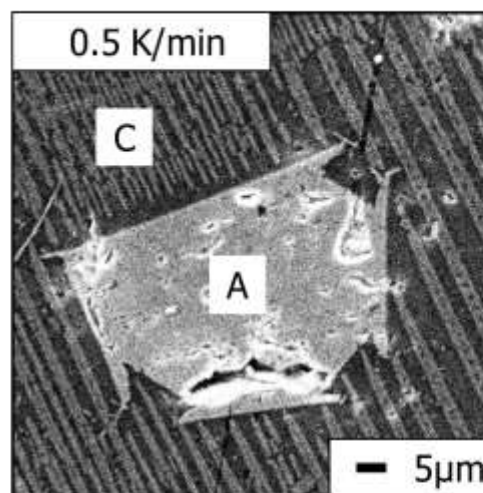
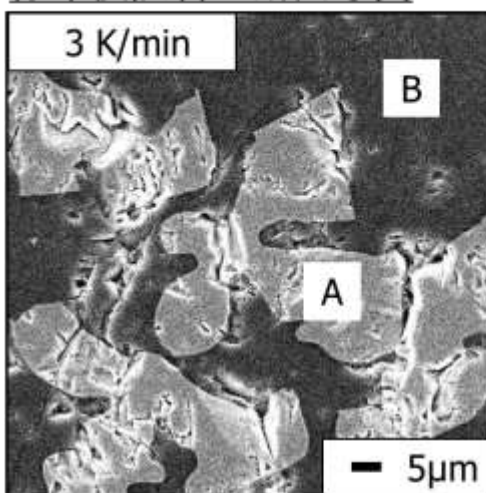
<各相のEDX点分析結果(mol%)>

	A	B	C
Fe	90~95	10~30	53~54
Si	1~2	54~70	36~38
Cu	0	1~3	0

非鉄製錬スラグの製鉄原料化

冷却速度の影響

徐冷後試料の断面写真



A: Magnetite相
B: 非晶質相
C: Fayalite相+非晶質相

<各相のEDX点分析結果(mol%)>

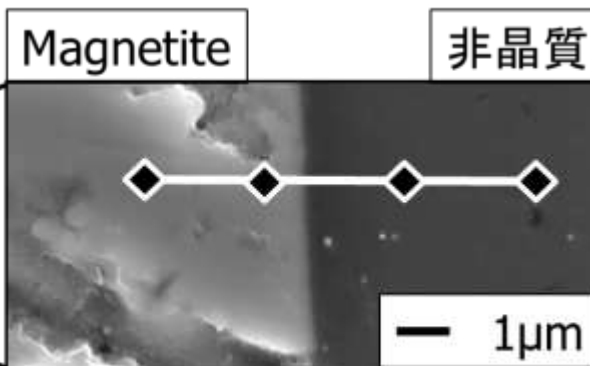
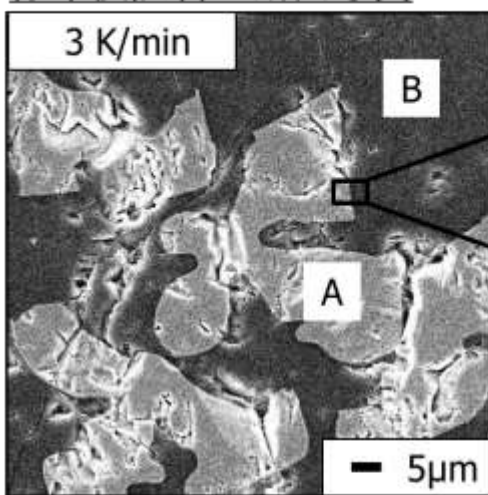
	A	B	C
Fe	90~95	10~30	53~54
Si	1~2	54~70	36~38
Cu	0	1~3	0

Magnetite (Fe_3O_4), Fayalite ($2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$)

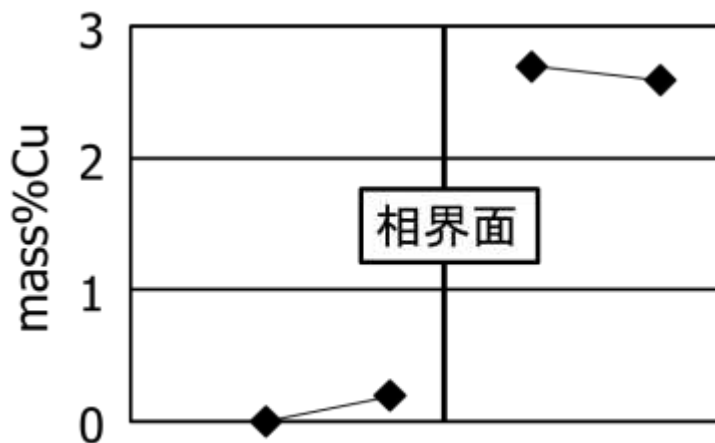
非鉄製錬スラグの製鉄原料化

Cu分配

徐冷後試料の断面写真



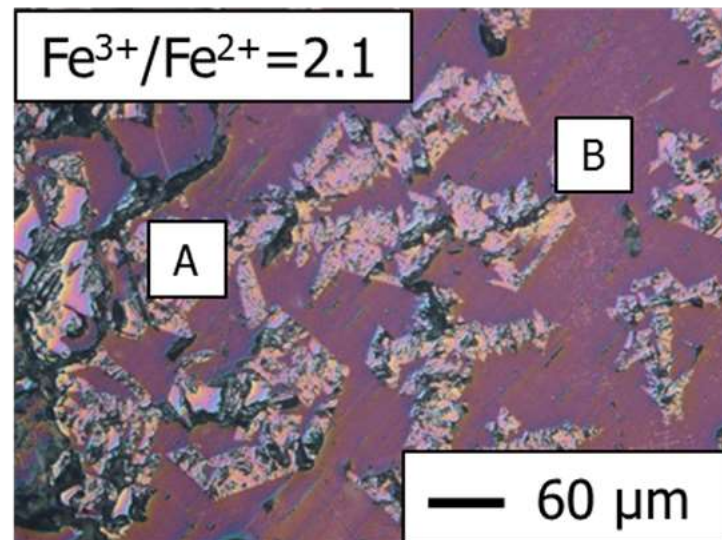
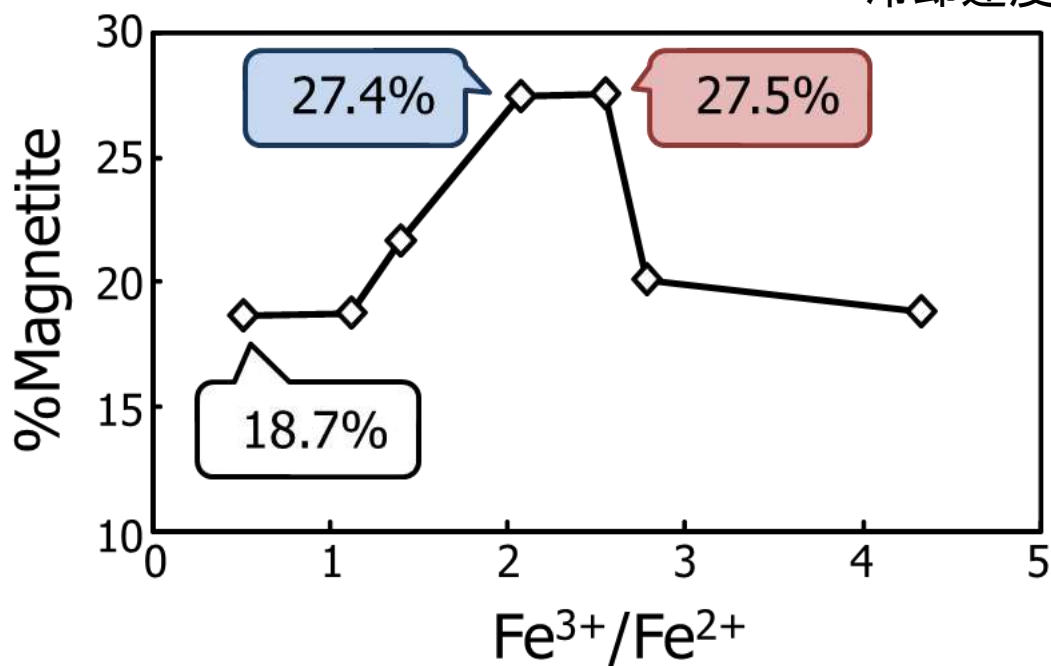
Magnetite中にCuは取り込まれない



非鉄製錬スラグの製鉄原料化

Fe³⁺/Fe²⁺がMagnetiteの結晶量・サイズに及ぼす影響

冷却速度: 3 K/min



Magnetite (FeO·Fe₂O₃): Fe³⁺/Fe²⁺ = 2

非鉄製錬スラグの製鉄原料化

非鉄製錬業界の長年にわたる叶わぬ夢

- ◆ 自溶炉スラグの徐冷処理により Magnetite および Fayalite が析出
- ◆ Magnetite 中に Cu がほとんど取り込まれない

徐冷処理による相分離と非鉄成分の濃縮

$\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ をコントロールすることで、
Magnetite の結晶量と形態を制御することができる

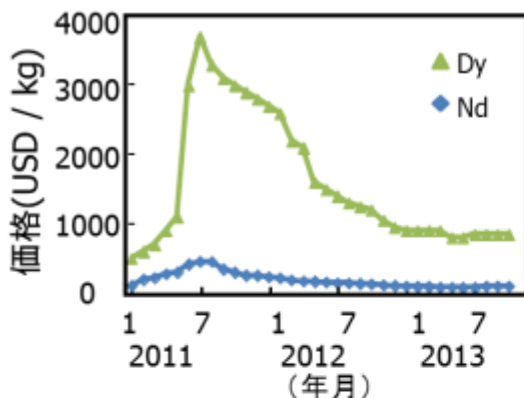
Magnetite 生成条件の最適化



自溶炉スラグの製鉄原料化の可能性

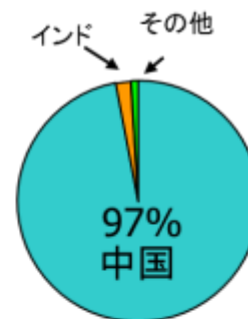
ネオジム磁石からの希土類金属リサイクルプロセス

レアアース



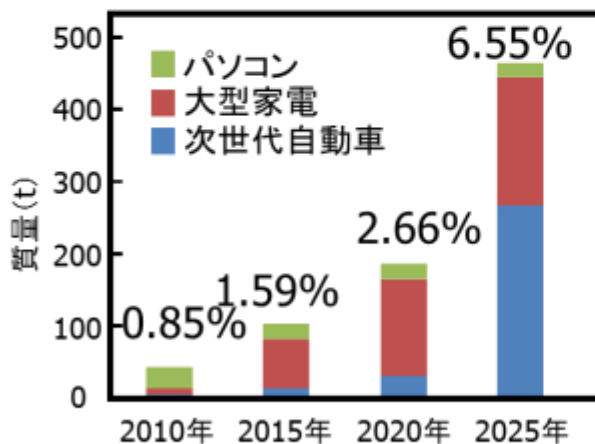
レアメタル価格推移

供給不安がある

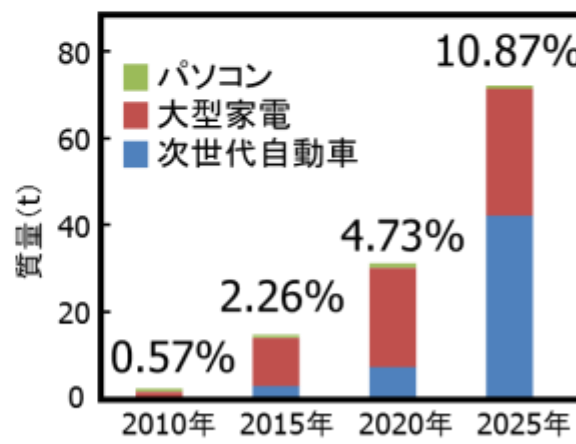


2010年レアアース生産国

資料: 経済産業省



Nd



Dy

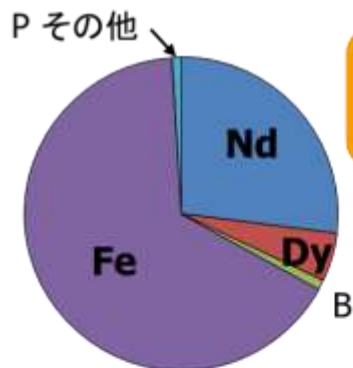
当該年度におけるリサイクル潜在量と需要に占める割合の予測

ネオジム磁石からの希土類金属リサイクルプロセス

ネオジム磁石

http://ja.wikipedia.org/wiki/プラグインハイブリッドカー#/media/File:Toyota_Prius_Plug-In_Hybrid_IAA_2009.jpg

http://ja.wikipedia.org/wiki/ネオジム磁石#/media/File:Hdd_head_actuator_magnet.jpeg



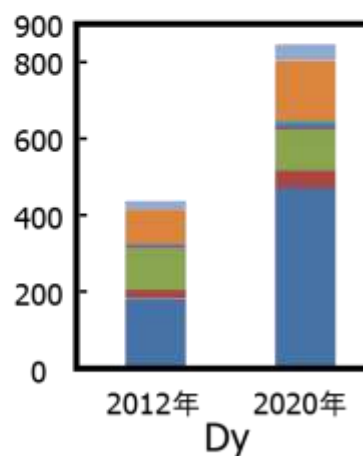
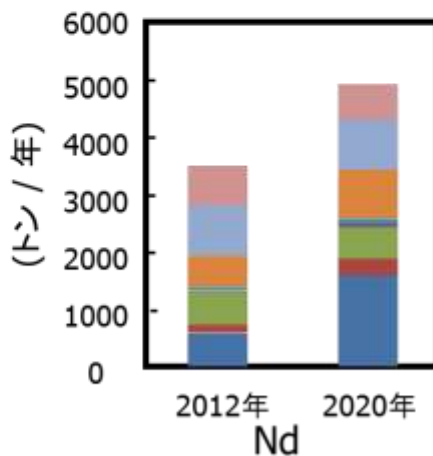
レアアースを約30%含んでいる



強力な磁力



小型・省エネルギー化



- その他
- VCM
- FA機器
- 電気洗濯機
- 電気冷蔵庫
- エアコン
- EPS, 自動車用
- HEV駆動用

使用量予測

資料 電学誌

Nd, Dyともに使用量が増加していく

ネオジム磁石からの希土類金属リサイクルプロセス

溶態化・不溶態化制御によるレアメタルの分離・回収

「簡便な処理(洗濯)」
による資源化

ネオジム磁石 (Nd-Fe-B)

高温化学反応
(希土類金属だけを選択的に
水に可溶性化合物に変換)

水で洗う

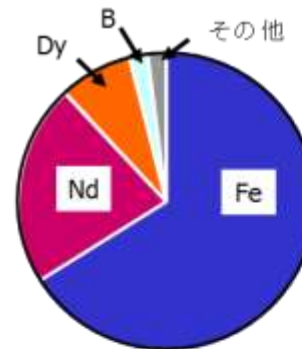
水溶液

沈殿

希土類金属の回収 鉄の回収



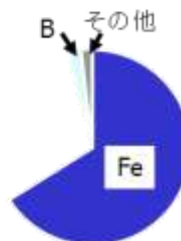
レアアース
25~30%含



ネオジム磁石成分

シンプル・効率的・低コスト

- ✓ 大半を占めるFeを金属状態で温存
- ✓ 反応系に新たな元素をできる限り加えない
- ✓ 高圧・真空等、特殊な装置(条件)を使わない
- ✓ 廃水処理等の付帯設備の負担が小さい



特許化したい

これまでの足取りを改めて振り返ってみると

- ◆ Metallurgical Thermochemistry から Waste Management
- ◆ 「基礎研究」から「応用研究」へ
- ◆ 「熱力学を操る楽しみ」から「より実現化に重きを置いた研究」へ
- ◆ 「理学」と「工学」の違い

「理学」と「工学」の違い

Scientists are those people who solve the problems which they can solve, and engineers are the people who solve the problems which have to be solved.

- Alvert Einstein -



<http://www.geocities.ws/davidfisica/einstein01.html>

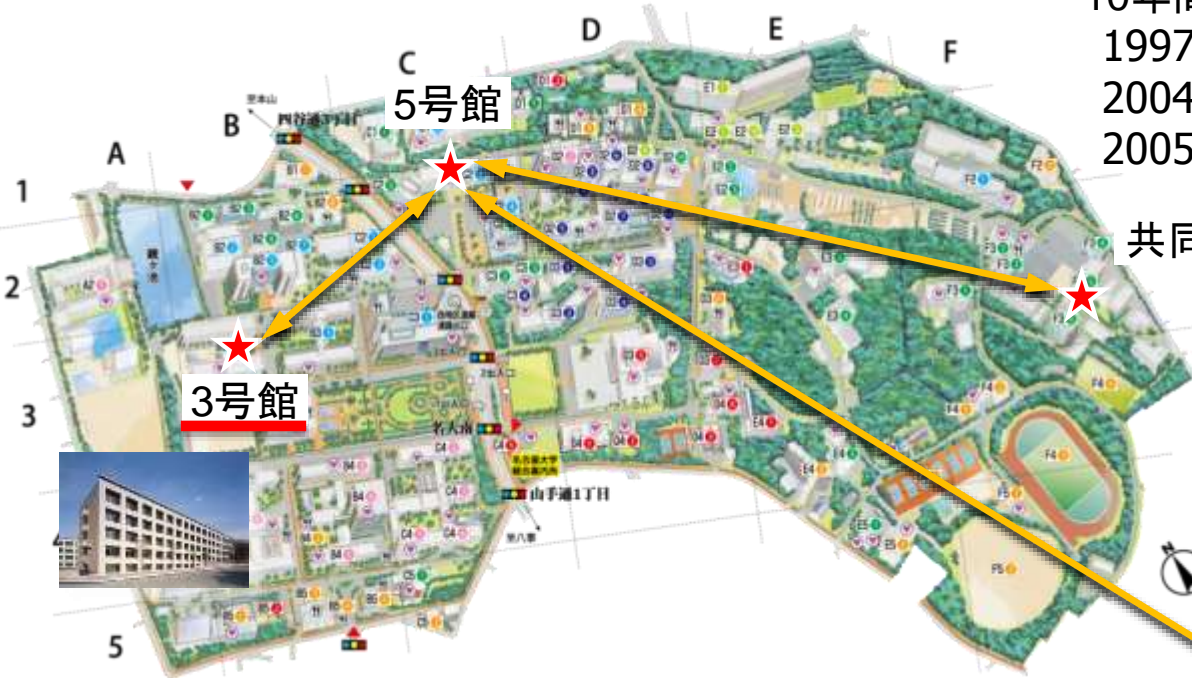
経歴 都合6回の引っ越し

10年間の出城生活

1997年 難処理人工物研究センター 教授

2004年 エコトピア科学研究機構 教授

2005年 エコトピア科学研究所 教授



共同教育研究施設2号館

ResCWE



EcoTopia



3号館

5号館



2007年 名古屋大学大学院工学研究科 教授

2008~2009年 5号館改修に伴う避難引っ越し→3号館へ(1年間)

Prof. J. M. Toguri



University of Toronto

経歴 都合6回の引っ越し

10年間の出城生活

1997年 難処理人工物研究センター 教授

2004年 エコトピア科学研究機構 教授

2005年 エコトピア科学研究所 教授

共同教育研究施設2号館

ResCWE



EcoTopia



Prof. J. M. Toguri



University of Toronto



5号館

3号館



2007年 名古屋大学大学院工学研究科 教授

2008~2009年 5号館改修に伴う避難引っ越し→3号館へ(1年間)

2015年3月31日 定年退職

経歴 都合6回の引っ越し

1 3号館

2 5号館

3 共同教育研究施設2号館

ResCWE

EcoTopia

Prof. J. M. Toguri

University of Toronto

1968年 名古屋大学工学部に入学
 1978年 名古屋大学工学部 助手
 2015年3月31日 定年退職

研究・教育生活を支えてくださった人々

◆ 助手・助教

Mohammad Sheikshab Bafghi (バフギ)



→ 帰国

Gerardo Alvear (ヘラルド)

→ 資源メジャーのXstrata Plc (エクストラータ)



佐野 浩行

→ JX-PPC佐賀関(パンパシフィック・カッパー(株) 佐賀
関製錬所) 生産技術担当課長

棚橋 満

→ 物質制御工学専攻 講師



研究・教育生活を支えてくださった人々

◆ 非常勤研究員

Hong Lan (洪 瀾) → 米国へ

Kim Kyoungrean → 帰国

Korean Institute of Ocean Science and Technology

葛谷 俊博 → 室蘭工業大学 助教

ほか



◆ 技術職員

高井 章治さん(旧姓:北村)



栗本 和也さん(旧姓:松田)



研究・教育生活を支えてくださった人々

◆ 研究室に在籍した多くの卒業生・修了生諸君

【藤澤研究室在籍学生リスト】

/FY2014/ 池田悠輔 尾曲良太 佐々木昂介 西淵泰斗 伊藤夢奈 窪谷英紀 杉山正樹 山下展義
 /FY2013/ 山本和樹 渡辺智行 松元和人 谷裕樹 河内俊彦 田中智也 山田匠吾 柳原紳吾 小栗徹也 唐津兼人 清水解 廣瀬琢哉 加賀公平 /FY2012/ 山中淳 千葉慎太郎 成瀬翔太郎 板野泰隆 船橋政志 谷直幸 佐藤拓馬 /FY2011/ 天谷慎二 加藤嗣憲 塚原徳久 三石賢 牧野大河 横田拓也 /FY2010/ 大島義人 太田峻 杉山博紀 長坂章秀 永山幹也 脇坂晴樹 /FY2009/ 安藤正樹 後藤城吾 富田直哉 野水良憲 久田浩士 水谷守利 /FY2008/ 小川晃弘 高見弘樹 種村卓也 塚本潤 水越俊翼 小島俊亮 /FY2007/ 佐藤史淳 高坂典晃 酒井隆生 立花俊裕 羽田俊一 森田勇氣 渡邊佑典 東尾悠司 /FY2006/ Victor Montenegro Gonzalez 岡本卓也 川口陽介 野澤和史 森知子 金森俊樹 久米秀尚 /FY2005/ 今井紀夫 佐川洋介 瀧川洋平 野口裕介 松本卓也 阿部桂治 笹田健史 古瀬健宏 松岡真也 /FY2004/ 尾崎敦志 永利修平 西川晃央 永瀬晃大朗 藤田航平 /FY2003/ 大西宏昌 児玉英優 篠原貴司 内藤崇 内藤貴之 後藤宏太 武藤徹 /FY2002/ 加藤慎一 佐口耕樹 水野裕介 山出雅章 渡邊宏満 観野拓志 浅見彰 尾崎茂人 倉知三香子 澤田守成 /FY2001/ 佐久間裕之 西本亜矢 安部啓二郎 南則敏 松居潤 /FY2000/ 本村竜也 山本桂己 永田真之 伊奈克朗 肥田道直 澤秀則 /FY1999/ 伊藤恭祐 山内貴司 杉山潤 岩堀伸哉 太田博人 林宏暁 尾関宏紀 /FY1998/ 里見岳男 毛利広美 後藤貴亨 森田浩文 安本聖一

研究・教育生活を支えてくださった人々

◆ 研究室に在籍した多くの卒業生・修了生諸君

【藤澤研究室在籍学生リス

/FY2014/ 池田悠輔 尾曲



渡辺

解 廣

佐藤拓

太田峻

久田

07/ 佐

Victor

今井紀夫 佐川洋介 瀧川洋平 野口裕介 松本卓也 阿

004/ 尾崎敦志 永利修平 西川晃央 永瀬晃大朗

司 内藤崇 内藤貴之 後藤宏太 武藤徹 /FY200

昌

裕介

之

田道直 澤秀則 /FY

/FY1998/ 里見岳男



谷英紀 杉山正樹

也 山田匠吾 柳原

慎太郎 成瀬翔太

久 三石賢 牧野

FY2009/

弘樹 種村

田俊一

野澤

金森俊樹

史 古瀬

003/ 大西宏

耕樹 水野

/ 佐久間裕

奈克朗 肥

宏暁 尾関宏紀

久田 水谷



最後に

- ◆ お世話になった上記の方々をはじめとして
- ◆ 材料教室の皆様
- ◆ 名古屋大学の諸先生方
- ◆ 事務の皆様
など
- ◆ それとこれまで支えてくれた家内と息子
に感謝し



最後に

- ◆ 最終講義を幕引きとさせていただきます
- ◆ ご静聴ありがとうございました

