

ドロス発生抑制による環境負荷 低減型・高品質メタル製造プロセス

東北大学新技術説明会
JST東京本部別館1Fホール

2019/12/05



東北大学大学院 工学研究科
金属フロンティア工学専攻 助教

平木 岳人

平木 岳人 (ひらき たけひと)

1981年生まれ 38歳 岐阜県飛騨市神岡町 出身

1997～2004

富山高専／富山高専専攻科 (丁子・袋布研究室)

2004～2009

阪府大／北大・工学研究科 (秋山研究室)

2009～

東北大・環境科学研究科→工学研究科 (長坂研究室)

2014.6～2015.5

留学:ギリシャ・アテネ National Technical University of Athens

所属学会: 軽金属学会、鉄鋼協会、金属学会、廃棄物資源循環学会 など

所属委員会・研究会・フォーラム:

- ・アルミニウム協会／ドロス委員会
- ・軽金属学会／微細化研究部会、アップサイクル研究部会
- ・鉄鋼協会／エコメタラジーフォーラム など



ドロスについて

(アルミニウム生産プロセスの場合)

金属アルミニウムの生産／循環フロー

CO₂ 9.22 kg/kg-Al

海外

新地金

原料投入

スクラップ

工場
or
市中

ドロスの発生

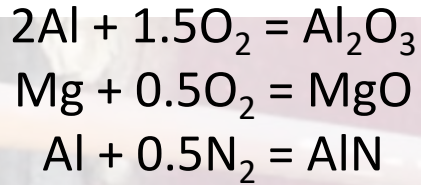
20-50 ton/charge

加熱溶解（バーナー式）

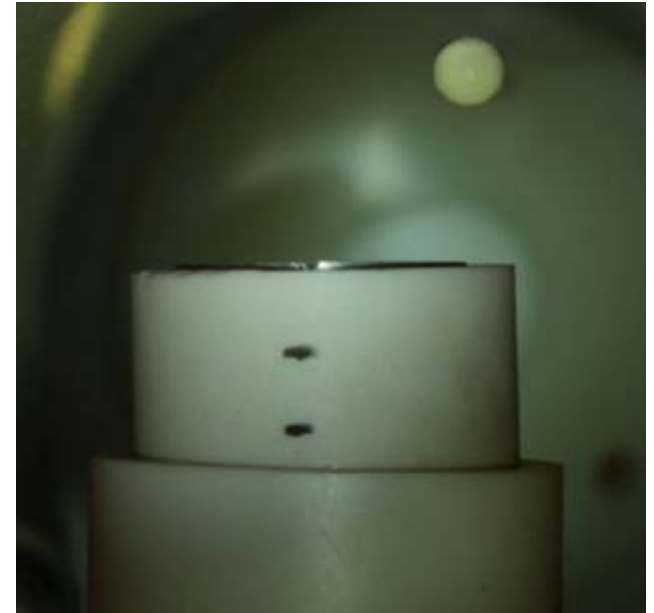
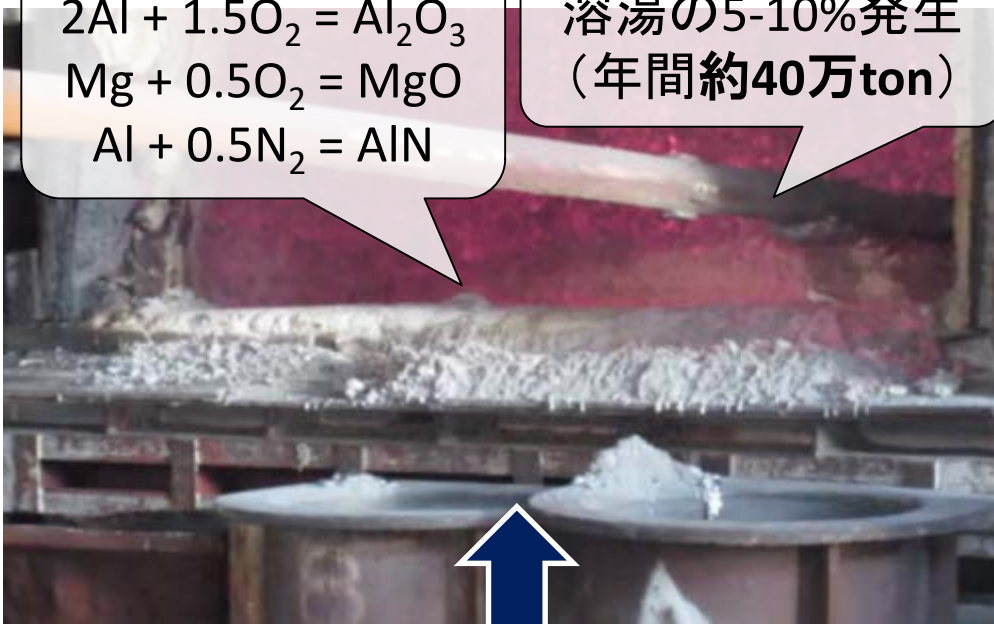
溶湯処理
(介在物除去など)

鑄造

アルミニウムドロス

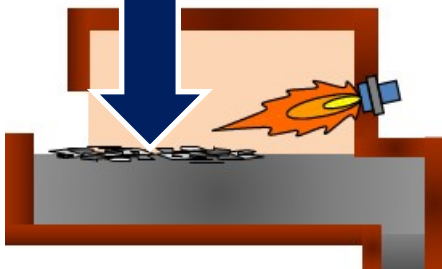


溶湯の5-10%発生
(年間約40万ton)



Al-Mg合金溶解の様子
(800°C、大気雰囲気)
120倍速再生

溶湯表面で不可避に発生したドロス

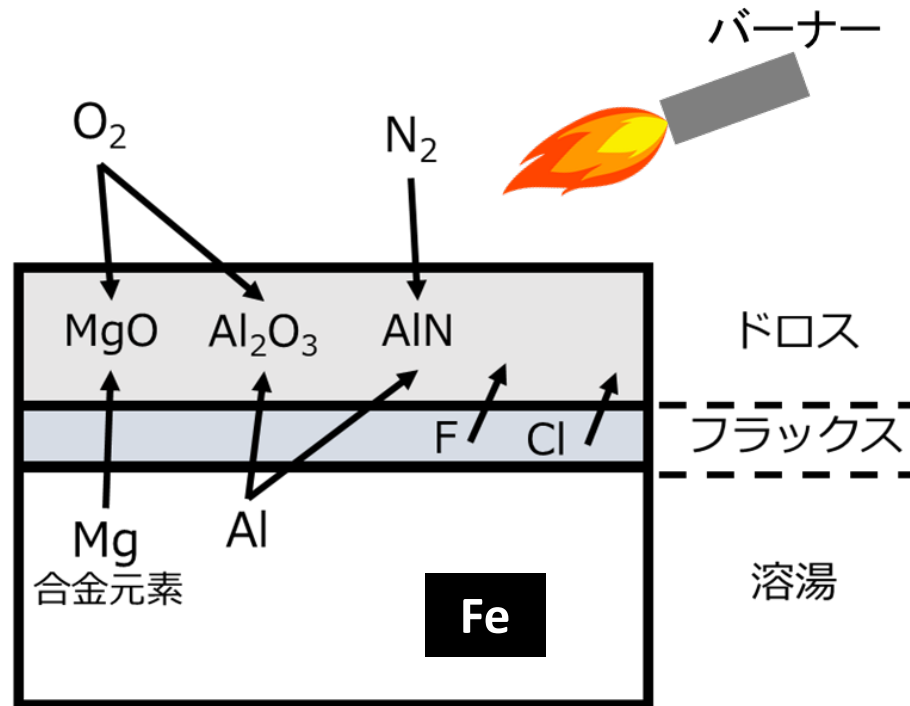


バーナー付き反射炉

- ・Mgなど酸化しやすい添加元素の濃度が高い
- ・(可燃性不純物を含む)スクラップの溶解量が多い
- ・形状の小さな(=比表面積・大)原料の溶解量が多い

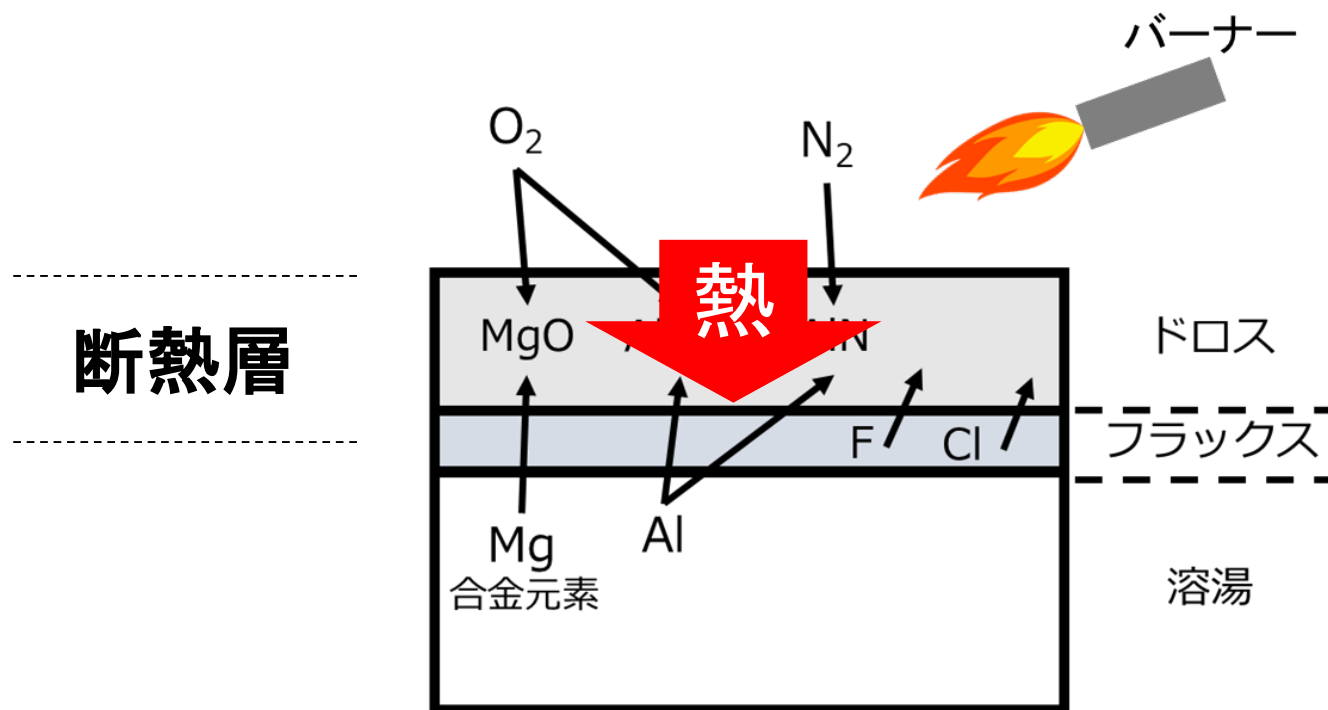
➡ ドロスの発生量が激増

メタル分の損失／不純物の濃化



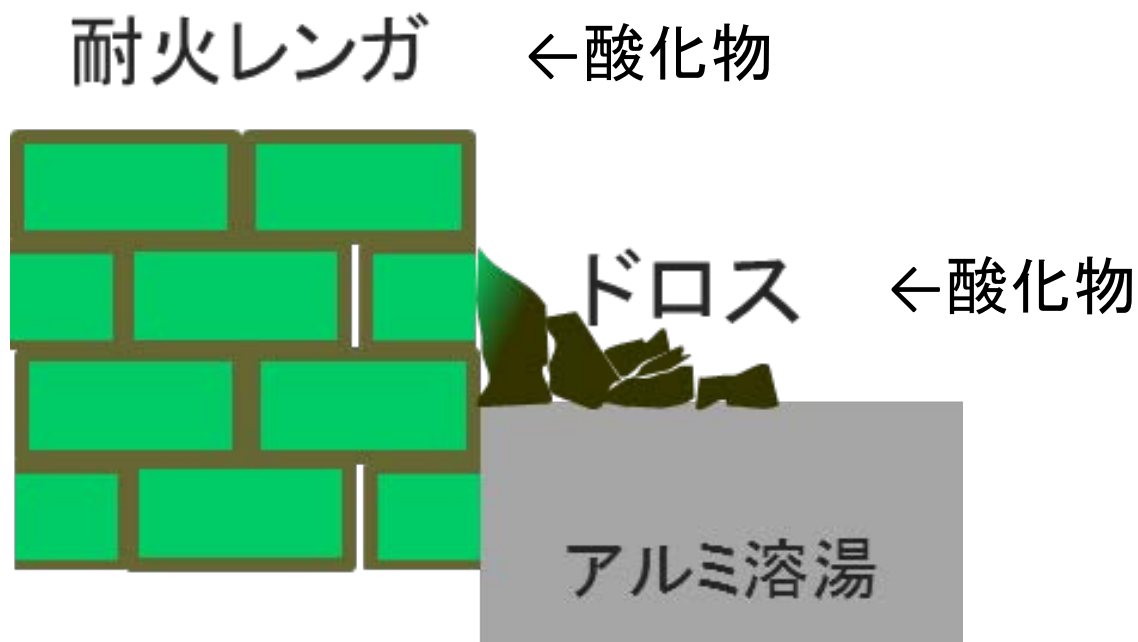
メタル分が主に酸化により損失してしまう
不純物 (Fe など) が濃化してしまう

溶解の長時間化



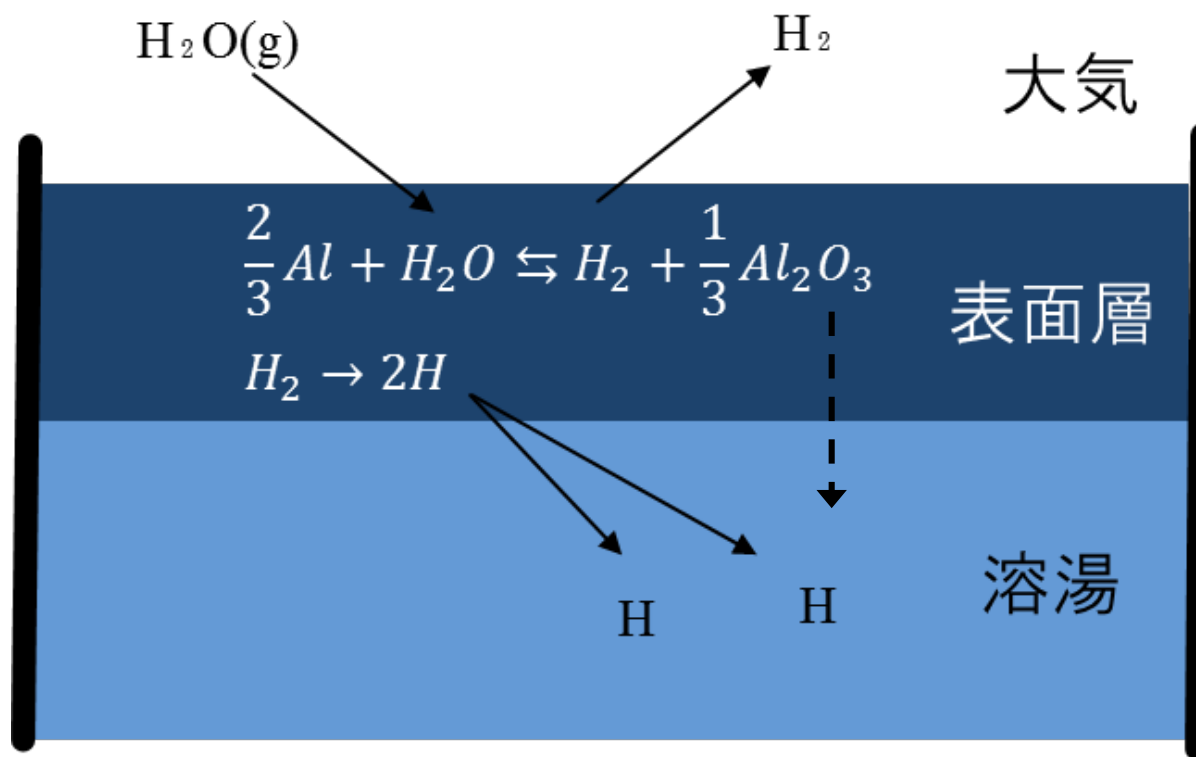
ドロス層 = 断熱層になってしまう

耐火物の短寿命化



ドロスが耐火レンガと固着してしまう

介在物・水素の増加



溶湯の品質が低下してしまう



様々な問題を併発

酸化・窒化によるメタル分損失

メタル損失による不純物濃化

バーナー輻射熱の伝熱阻害

固着による炉内耐火物損傷

製品(溶湯)中の介在物増加

Al-Mg合金製造

スクラップ使用

小片原料使用

アルミニウム循環社会に必須

ドロス発生量: 増

↓

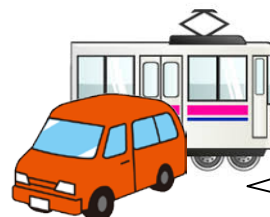
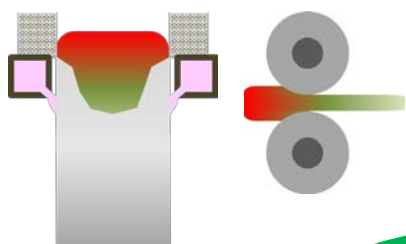
・エネルギー消費量: 増

・製品品質: 低下

・コスト: 増

鋳造・圧延など

製品

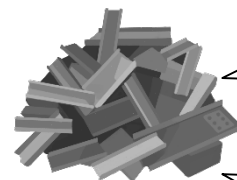
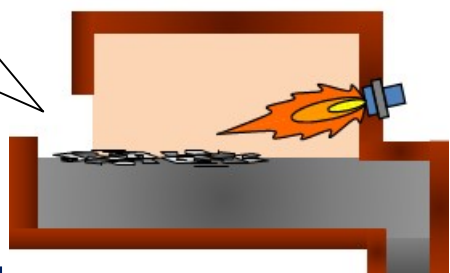


Al-Mg合金
不可欠

アルミニウム
循環社会

溶解

スクラップ



マルチマテリアル化で
不純物増

高度選別により
比表面積増大

ドロスの
大量発生

ドロス

AIN



- ・溶解量の10%以上がドロスとして損失
- ・年間40万ton以上の有害ガス発生を伴う廃棄物の排出
(窒化物由来のアンモニア悪臭が問題 $\text{AlN} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + \text{NH}_3$)

アルミニウムドロス発生抑制
に向けた研究の動向と
本研究の特徴

競合する研究開発と本研究の比較

非現実的案

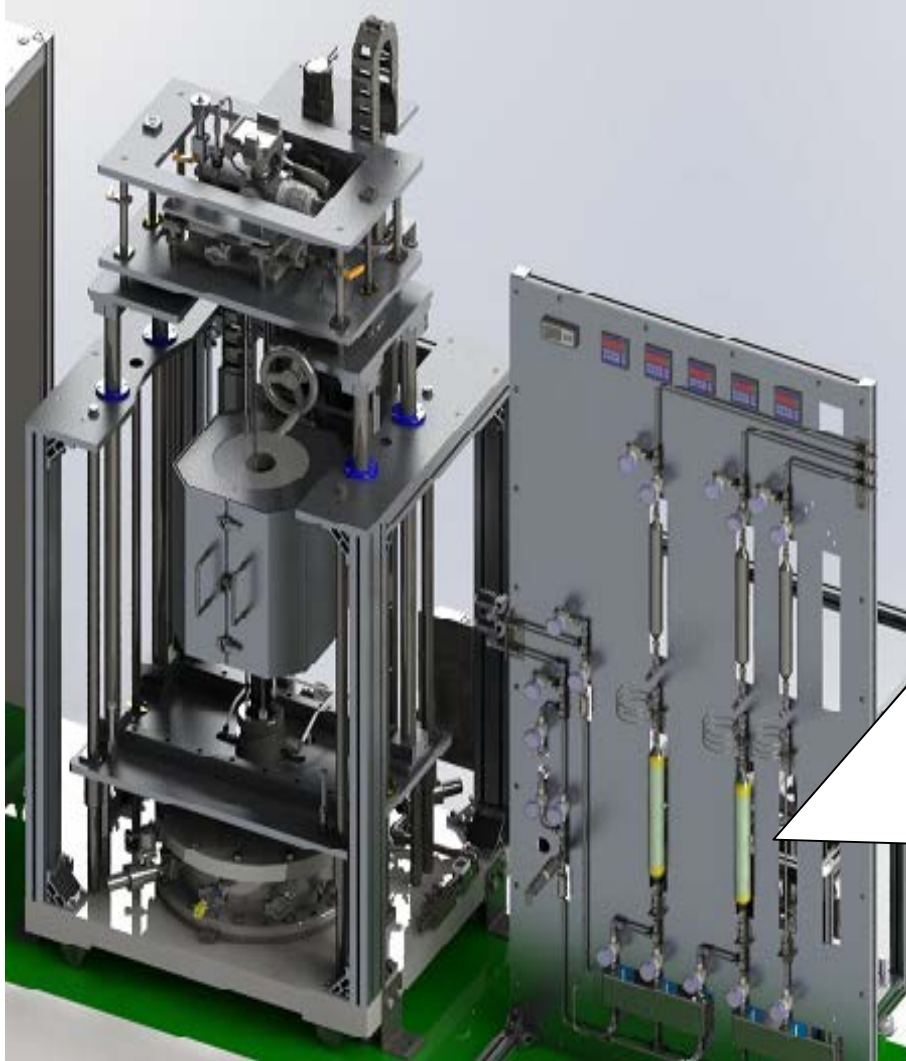
- ・真空・不活性雰囲気
- ・フッ化物フラックス等によるカバーリング

- 莫大なコスト
- ドロスの甚大な汚染

表 代表的な既報と本研究の比較

報告者	発生メカニズムの解明		発生抑制方法
	重量変化	構造変化	
Cochranら ¹⁾	○	△ 試験後観察	△ Be添加
Partingtonら ²⁾	○	△ 試験後観察	×
Ozdemirら ³⁾	○	△ 試験後観察	△ Sr添加
本研究	○	○ その場観察	本発明

- 1) C. N. Cochran et al., *Metall. Trans. B*, **8B**, 323-332 (1977)
- 2) E. C. Partington et al., *J Mater. Sci.*, **33.9**, 2447-2455 (1998)
- 3) O. Ozdemir et al., *Oxid. Met.*, **72**, 241-257 (2009)



雰囲気管理／その場観察型・熱重量測定装置スペック

[重量]

最大300g程度まで設置可能

[温度]

1200°Cまで加熱可能

[雰囲気]

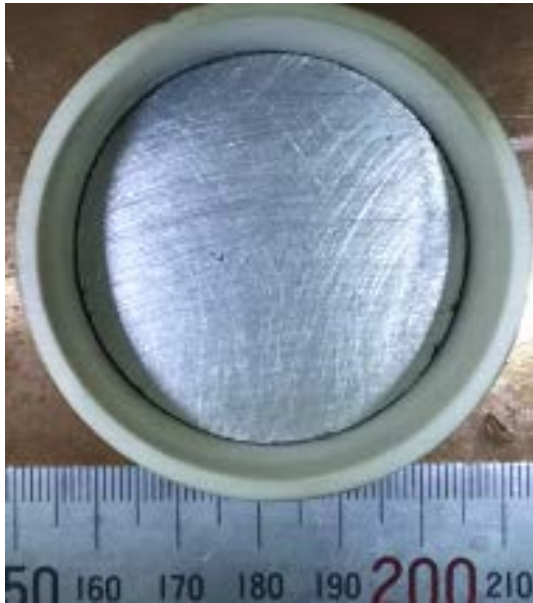
Ar、N₂、O₂、H₂、CO₂調整可能
真空引きも可能

[構造変化]

上部からカメラで観察可能

本発明によるアルミニウムドロスの発生抑制

Al - Mg 合金
(Mg: 10mass%)



800°C, 90min
79%N₂-21%O₂
にて加熱

従来法



著しいドロスの発生



本発明



ドロスフリー



実用化のインパクト 創造的展開



酸化・窒化によるメタル分損失

メタル損失による不純物濃化

バーナー輻射熱の伝熱阻害

固着による炉内耐火物損傷

製品(溶湯)中の介在物増加

上記を全て解決

国内アルミニウム総需要： 約420万ton

ドロス発生による酸化損失量(総需要の5%)： 21万ton

アルミニウム製錬時のCO₂排出原単位： 9.22kg-CO₂/kg

⇒ CO₂削減効果： 年間193万ton

ドロス

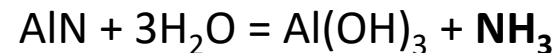


粉碎・
分級

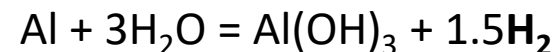


構成相		含有率 (mass%)
酸化物	Al ₂ O ₃ , MgAl ₂ O ₄	70
窒化物	AlN	17
メタル分	Al	11
ハロゲン 化合物	KCl, NaCl, NaF	2

悪臭発生が起こるため禁水



水素爆発が起こるため禁水



禁水性のため屋内管理

管理型埋立費：3 - 5万円/ton

既存法（鉄鋼業）での受入規制強化

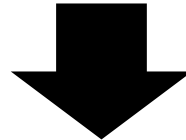
中国への輸出量激減（数万ton/年）

上記を全て解決

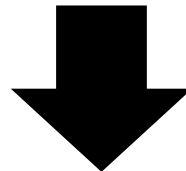
⇒ 軽金属産業最大の
ゴミ問題解決

本発明

一般的にドロスが発生しやすいと言われる
Al-10%Mg合金にてドロスフリー化を達成



全ての金属溶融プロセスで応用可能



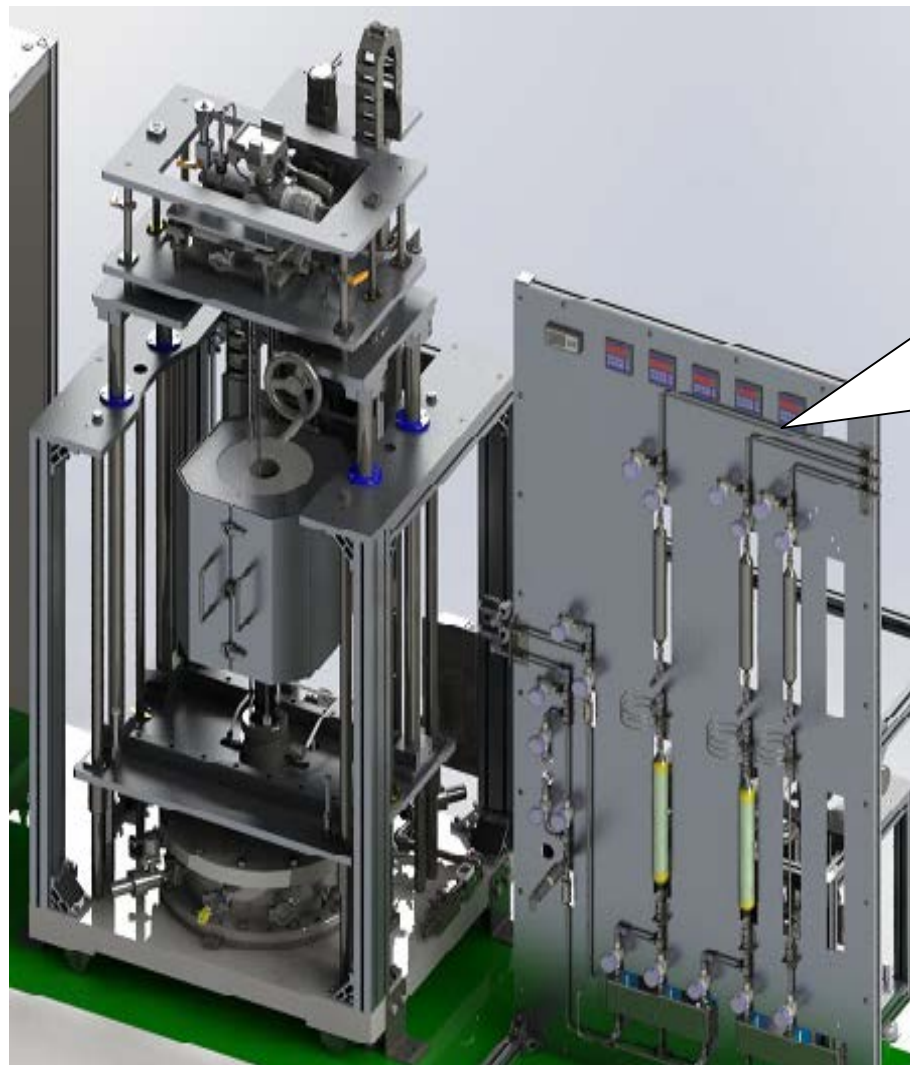
金属生産プロセスの高生産性化・高品質化と、
ドロスフリーによる環境負荷低減の同時達成が可能

経済

環境

本発明により両立

今後の予定など



様々な用途を想定した金属の酸化
／窒化プロセスメカニズムの解明

・Al-Mg合金(ドロソ発生抑制)

・Mg合金 等

など

真空加熱による目的元素の
選択的な揮発分離回収等も
可能

本発明の名称：

ドロスの発生抑制方法及び金属の精練方法

出願番号： 特願2019-082166

出願人： 東北大学

発明者： 平木岳人

お問い合わせ先

東北大学

産学連携機構 総合連携推進部

TEL 022-795-5267 / 5274

FAX 022-795-5286

問い合わせ専用URL

<http://www.rpip.tohoku.ac.jp/jp/information/gijutsu/>

e-mail liaison@rpip.tohoku.ac.jp