

分科会資料抜粋版

「アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業」
(中間評価)

2021年度～2025年度 5年間

プロジェクトの概要 (公開版)

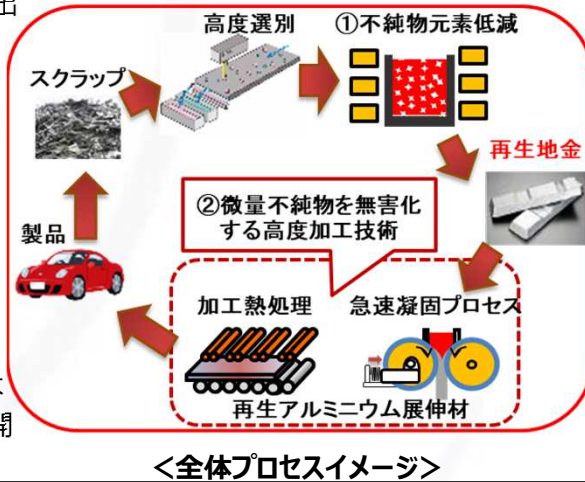
2023年6月22日

アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業



プロジェクトの概要

近年、環境問題の深刻化が予測され、“循環経済（CE）”への転換が求められている。アルミニウムは、資源循環向上の取組が期待される素材であり、輸送用機器の軽量化等、CO₂排出量削減を目的とする用途において需要の大きな伸びが予測されているが、電解製錬により新地金を製造するため、製造時のCO₂排出原単位が11.1kg-CO₂eq/Kgと大きいことが課題である。一方、再生地金はアルミニウムの融点が低く、再生のためのエネルギーが新地金製造の1/20程度と少ないことから、需要が増大しつつある。ただし、アルミニウムスクラップのリサイクル過程で混入する不純物により、再生地金は一部の用途に使用が限定される状況にある。そこで、本事業はアルミニウム素材の高度資源循環システム構築のため、不純物元素低減技術、微量不純物を無害化する高度加工技術等を開発する（右図）。



想定する出口イメージ等

アウトプット目標	研究開発項目①不純物元素低減技術の開発： Si:7%以上のスクラップから、Si:3%以下の再生アルミニウムを70%以上回収 研究開発項目②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発： 急冷凝固プロセスや加工熱処理による、従来の展伸材と同等以上の特性（引張強度、伸び）を持つ再生展伸材の創製
アウトカム目標	本技術開発成果により、2040年度までにアルミニウム圧延業界を中心に再生展伸材の製造技術を確立、普及率30%に当たる再生展伸材生産量130万トン/年、CO ₂ 排出量968万トン/年削減を達成し、国内企業における製品の環境性能向上による国際競争力強化、及び幅広い産業における温室効果ガス排出量削減を実現する。

環境部

PM：今西大介 主任研究員

関連する技術戦略：資源循環（アルミニウム）分野の技術戦略

プロジェクト類型：基礎的・基盤的研究開発

既存プロジェクトとの関係

2019年度 エネ・環先導研究：アルミニウム素材の高度資源循環システム構築

事業計画

期間：2021～2025年度（5年間）

総事業費（NEDO負担分）：15.0億円（予定）（助成）

<研究開発スケジュール・評価時期・想定する予算規模>

	R03 2021	R04 2022	R05 2023	R06 2024	R07 2025	R08 2026
①不純物元素低減技術の開発	→					
②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発	→					
評価時期			中間評価			終了時評価

1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略



2. 目標及び達成状況（概要）

- (1) アウトカム目標と達成見込み
- (2) アウトプット目標と達成状況



3. マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画

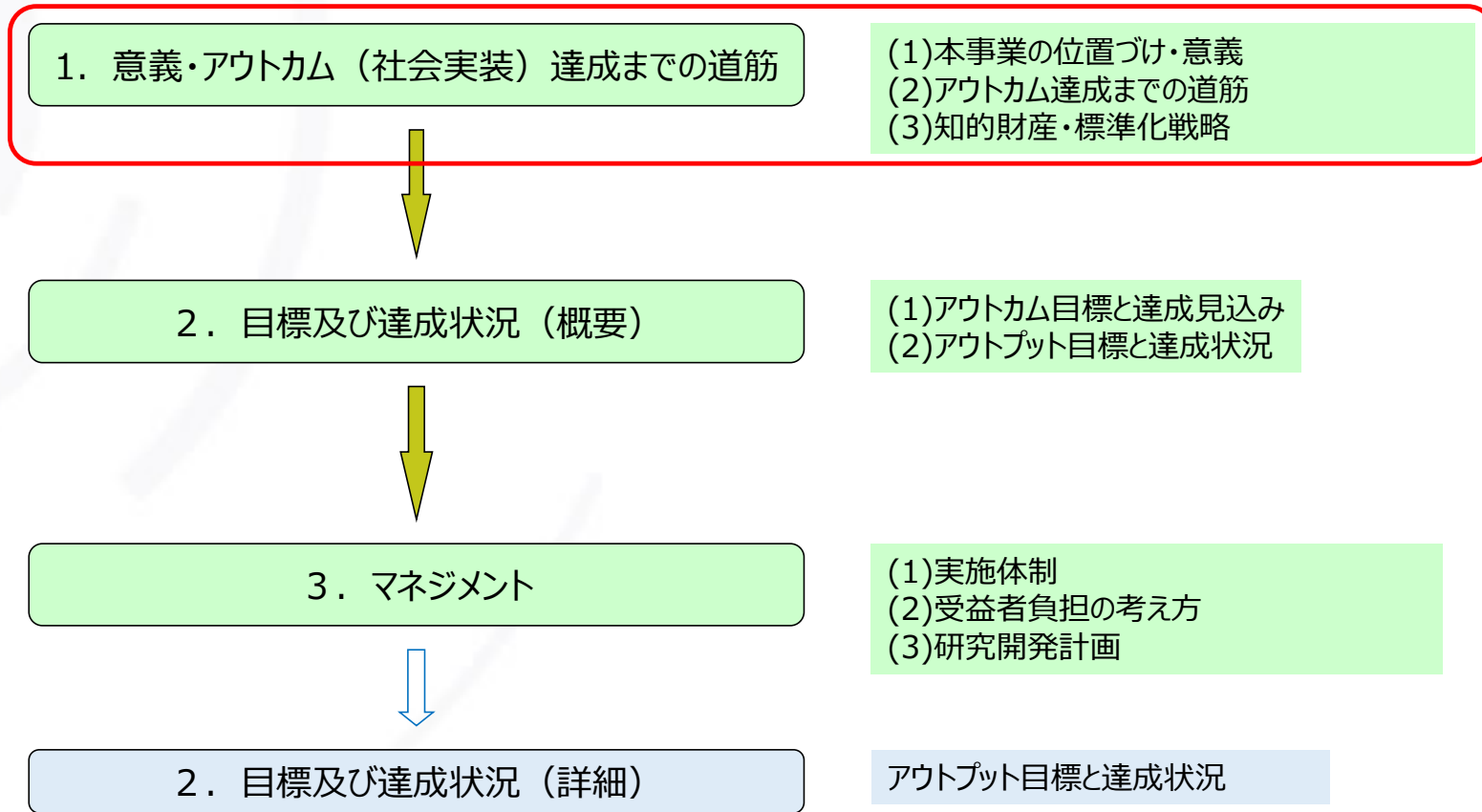


2. 目標及び達成状況（詳細）

アウトプット目標と達成状況

<評価項目 1> 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

- (1) 本事業の位置づけ・意義
- (2) アウトカム（社会実装）達成までの道筋
- (3) 知的財産・標準化戦略



事業の背景・目的・将来像

- アルミニウムは軽量材料として優れた特性を持ち、今後、自動車等での需要が急増する見込みだが、製錬時に電力を大量に消費し、CO₂を大量に排出する
- アルミニウム再生材の使用により、生産時のCO₂排出量の96%が削減可能だが、再生材には不純物が含まれるため、現状では用途が限られ、自動車の車体等に利用できないことが課題となる
- 本事業では、アルミニウムスクラップを、自動車の車体等にも使用可能な素材(展伸材)へとアップグレードする基盤技術（①不純物元素低減、②微量不純物を無害化する高度加工技術等）を開発し、アルミニウムの高度な循環利用を実現する

政策・施策における位置づけ

■ 第四次循環社会形成推進基本計画（2018年6月）

鉄、アルミニウム、銅等ベースメタルのリサイクルを一層促進するため、高度破碎設備や合金成分も加味できる高度選別設備の開発・導入を支援するとともに、二次原料利用量拡大に資する基準等の検討を行う。

■ 革新的環境イノベーション戦略（2020年1月）

金属等（アルミニウムを含む）の循環利用を進めることで原料からの一次製錬が不要となりCO₂の大幅な削減が期待される。

■ 循環経済ビジョン2020（2020年5月）

リサイクル技術の高度化・多角化を検討していくにあたっては、ベースメタル（鉄、アルミニウム、銅等）、セメント、紙、ガラス、プラスチック等の主要素材について、改めて今後の需給見通しや再生材の利用可能性についての評価・分析をしていくことが重要である。

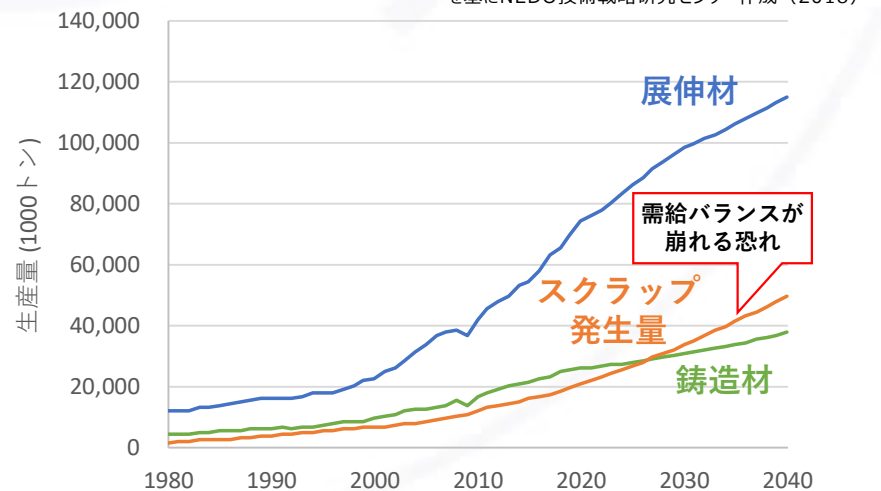
本プロジェクトにおいて政策上重要な位置づけにあるアルミニウムの循環再利用実現へ重要となる技術開発を実施する

技術戦略上の位置づけ

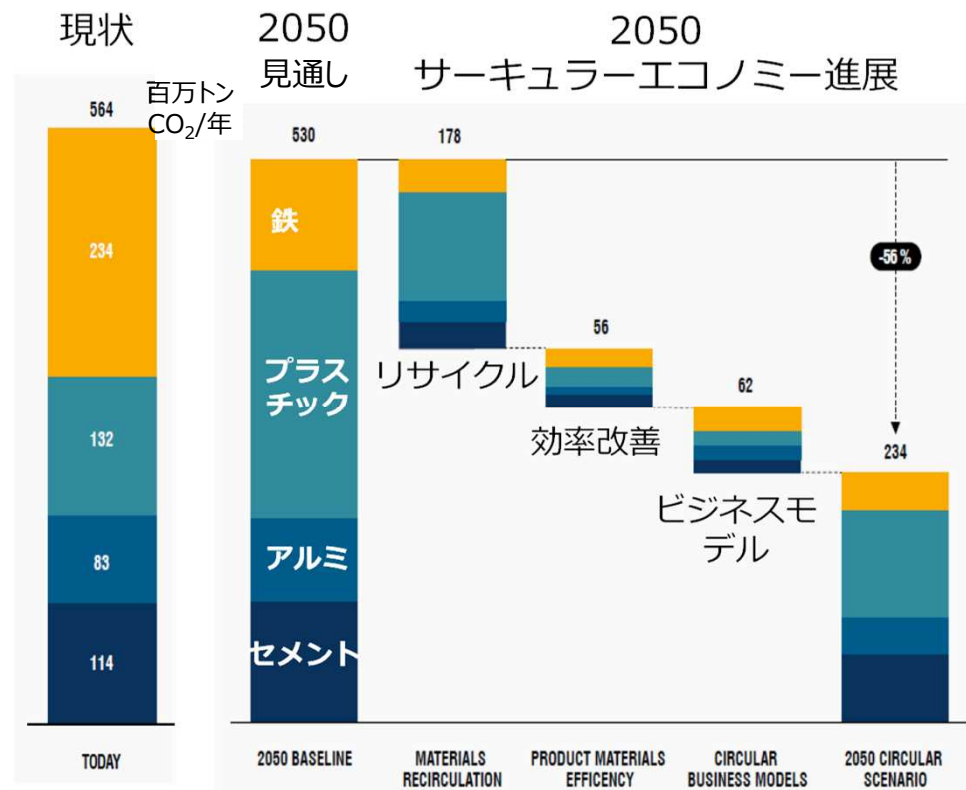
需要増加が予想される展伸材に再生地金を利用可能とし、CO₂発生量の大幅な削減を図る



出典：鉱物資源マテリアルフロー 2017 25.アルミニウム (AI) (JOGMEC, 2017) 等資料を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2018)



出典：Regional Aluminium Flow Model 2017 (International Aluminium Institute, 2017) 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構



出典：The Circular Economy, A Powerful Force for Climate Mitigation (Material Economics, 2018) を基にNEDO技術戦略研究センター作成 (2018)



国内外の動向と比較

■ 国際的には水平リサイクルやクローズドループの構築が主流

航空機のリサイクル

- ・ PAMELAプロジェクト（エアバス）
 - ・ AFRAプログラム（ボーイング）
- 解体技術の高度化により水平リサイクルを目指す

Apple

- MacBook Airに100%リサイクルアルミを使用
 - ・ リサイクル作業ロボットを開発
 - ・ 下取りによる使用済み製品回収
- 自社製品の回収によるクローズドループを構築

JAGUAR LAND ROVER

一部に市場屑を用いるが、プレス端材と廃車のクローズドリサイクルが基本

EUにおける主要なアルミニウムの循環の研究開発プロジェクト

名称	コーディネーター	概要	期間 EU予算（PJ予算）
ENSUREAL	SINTEF (ノルウェー)	改良Pedersen法を用いて低品質のボーキサイトからのアルミナ精製を行うことで、EU領域内での持続的なアルミニウムバリューチェーンを構築する。	2017/10～2021/9 9.0億円（11.2億円）
Aluminium ScrapDbase	BRUNEL UNIVERSITY LONDON (イギリス)	鉄不純物を含むアルミニウムスクラップ合金を使用して、高価値アルミニウム製品を製造することを可能にする方法を、固相挙動や結晶生成挙動を解析することにより開発する。	2015/9～2017/8 0.6億円（0.6億円）
Recycal	LENZ INSTRUMENTS SL (スペイン)	アルミニウムスクラップを鍛造材に適用するため、高剪断加工（HSP）技術を用いた溶融調整プロセスにより、機械的特性を改善する微細構造を実現した。	2014/1～2016/12 3.0億円（4.0億円）
REALCAR2	Jaguar Land Rover Limited (イギリス)	使用済アルミニウムを使用して、低コストでエネルギー効率良く、5000番台のアルミニウムを使用し、軽量の車体構造を構築するための技術開発を行なった	2013/2～2015/7 0.7億円（0.7億円）
REALITY	Jaguar Land Rover Limited (イギリス)	アルミニウム合金を分離し、その後展伸アルミニウム合金を合金種別毎に、さらに分離するための、センサーベースのスクラップソーティング技術の開発および産業展開を目指してスケールアップを行なった。	2017/6～2020/3 2.0億円（3.0億円）
SHREDDER SORT	LENZ INSTRUMENTS SL (スペイン)	自動車スクラップからの非鉄金属を選別し、二次アルミの品質を向上させるため、LIBS等のセンサーによる鑄造/展伸アルミ合金の選別技術の開発を行う。	2014/1～2016/12 4.2億円（5.6億円）
HR-Recycler	Ethniko Kentro Erevnas Kai Technologikis Anaptyxis (ギリシャ)	WEEEをリサイクルするための前処理における人間とロボットの協働によるソーティングプラントシステムを開発する。	2018/12～2022/5 8.8億円（8.8億円）

出所；CORDIS, InnovateUKを基にNEDO技術戦略センター作成（2019）

- マルチマテリアル化の進展によりスクラップが多様化
- グローバル化により生産地・消費地が多様化、回収も困難に
- 展伸材屑を含むスクラップからのアップグレードを含めた資源循環システム構築の実現が理想
- 日本の強みである結晶分別純化精製技術、鑄造板製造技術を組み合わせ、アップグレードリサイクルを推進

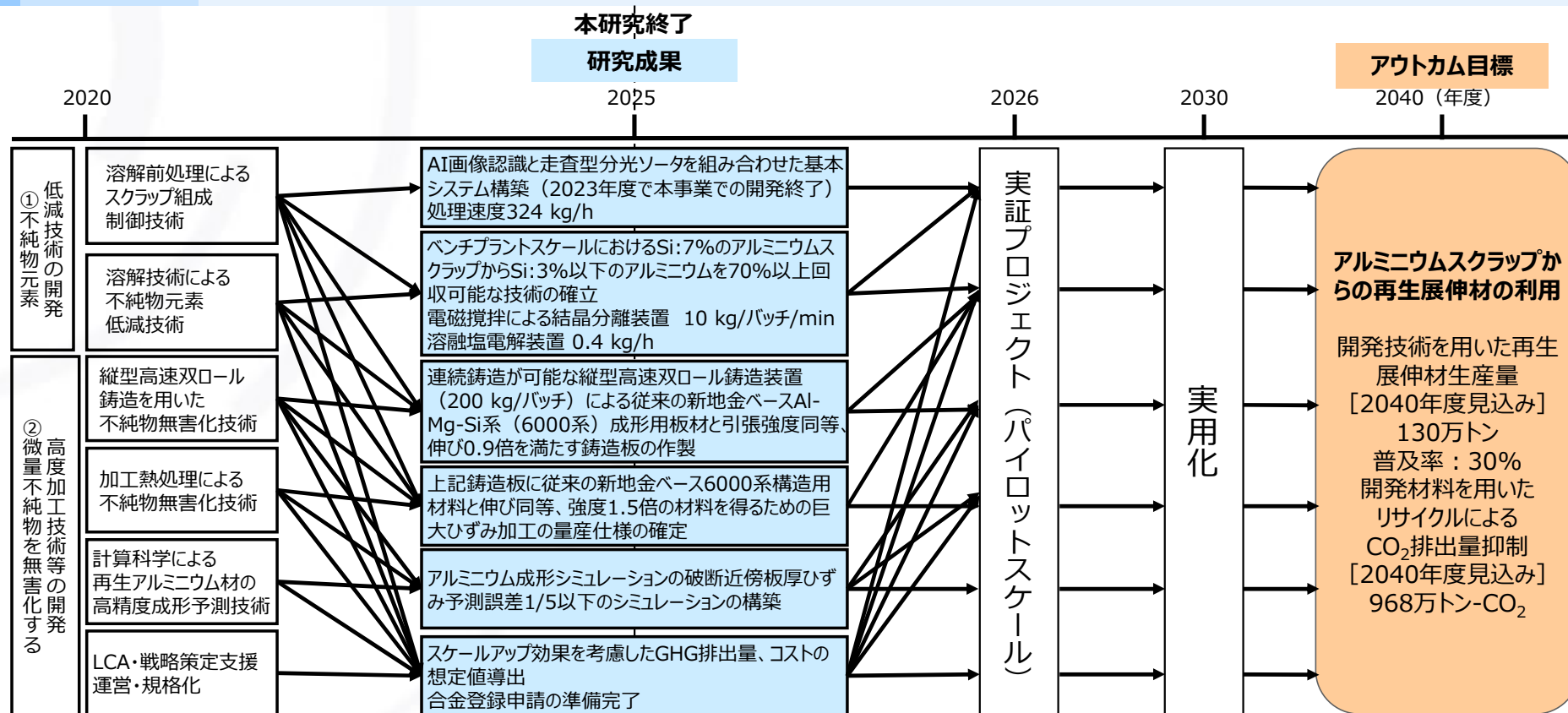


他事業との関係

項目	実施機関	プロジェクト名	期間	事業タイプ	事業内容
1	経済産業省	省エネ型アルミ水平リサイクルのLIBSソーティング実証事業	2014～2015	補助事業	リサイクル工程の高度化に資する、金属スクラップ（アルミニウム、銅）の高効率・高度選別技術等の実証を行う。
2	NEDO	「動静脈一体車両リサイクルシステム」の実現による省エネ実証事業	2016～2018	補助事業	鉄道車両のアルミニウム材料を水平リサイクルすることを目的に、LIBSソーティング技術によるアルミニウム合金選別システムの開発および実証を行う。
3	環境省	省CO ₂ 型リサイクル等高度化設備導入促進事業	2018～2020	補助事業	使用済製品等のリサイクルプロセス全体のエネルギー起源二酸化炭素の排出の抑制及び再生資源の回収効率の向上を図るための省CO ₂ 型リサイクル等高度化設備を導入する経費の一部を補助する。
4	NEDO	アルミニウム素材の高度資源循環システム構築	2019～2021	委託事業 (先導研究)	アルミニウムスクラップから不純物元素を低減する技術を開発するとともに、微量不純物存在下で材料特性を向上させる技術を開発し、両者の組み合わせで、再生アルミニウムが展伸材として利用可能となるか検証する。
5	JST	共創の場 形成支援プログラム	2022～	基盤研究	不純物を含むアルミニウムスクラップからの再生地金の利用を可能とする研究開発を行う。また、資源循環社会モデルを地域（富山）の産官学民の全ステークホルダーと共に構築し、新市場への進出を支援する。さらに、持続的・自立的な産学官の共創システムを構築し、富山で資源循環社会モデルを創成する。

項目4のNEDO先導研究を基にして本研究開発をナショナルプロジェクトとして開始

アウトカム（社会実装）達成までの道筋



本事業における技術開発を通じ、高度なリサイクル技術を獲得することで、アルミニウム素材を利用する国内製造企業における製品の環境性能向上を可能とし、資源制約の克服やCO₂排出量削減等、地球環境問題の解決に貢献する。

知的財産・標準化戦略

■ 知的財産に関する戦略

オープン領域：再生展伸材の規格（不純物元素含量）、性状

クローズ領域：各種開発技術（助成事業参画企業間には自由に利用）

国内アルミニウム関連事業者には特許の実施を許諾（非独占的通常実施権）

基本特許（バックグラウンド特許）を基とした知財創出活動

（①不純物元素低減技術6件、②微量不純物を無害化する高度加工技術等5件）

■ 知的財産や研究開発データに関する取扱いルール

再生展伸材のリサイクル（製造含む）に関連する特許は積極的に取得

■ 国際標準化戦略・計画

再生展伸材の標準化を推進

- ・ 各プロセスでの試作結果に基づき、再生合金の規格化に向けて登録する材料を選定
- ・ 開発材料とその周辺特許を出願し特許網を構築した後、合金登録申請が出来る準備を整える
- ・ プレス発表、国内外の学会、展示会等で開発材料のPR を実施

知的財産管理

■ 知的財産権の帰属

助成事業の実施によって得られた知的財産権等の研究成果は、助成先に帰属

■ 届出

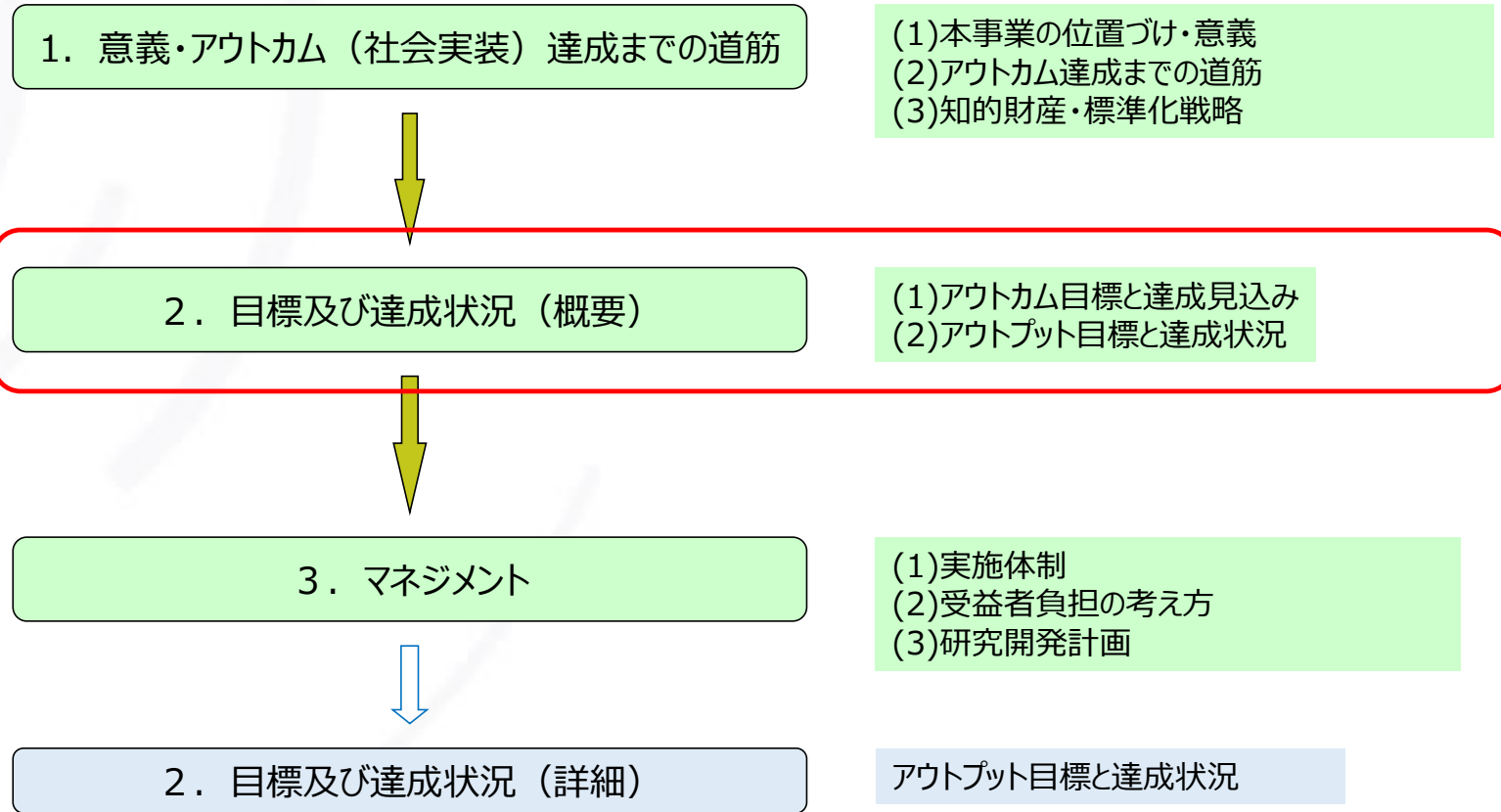
助成事業の実施期間中または助成事業年度の終了後5年以内に、助成事業の成果を学術誌等で発表した場合、助成事業に基づく発明、考案等に関して、産業財産権等を出願または取得した場合およびそれらを譲渡し若しくは実施権を設定した場合には、「産業財産権等届出書」を提出（交付規定 第9条第1項第十六号）

■ 助成先（事業者）における管理

- 発明委員会において情報を管理（豊栄商会、東北大学）
- 知財運営委員会において情報を管理（11助成先（UACJ他）、12共同研究先（産総研他））
審議案件受理後、関係者に資料を送付し書面審議

<評価項目 2> 目標及び達成状況

- (1) アウトカム目標及び達成見込み
- (2) アウトプット目標及び達成状況



アウトカム目標の設定及び根拠

	国内展伸材生産量 (万t)			CO ₂ 削減量 (万t)
	合計	新地金	再生地金	総量
2040年	432	302	130	968
2050年	513	256	257	1,914

アウトカムの算出前提

- International Aluminium Instituteの需要予測によれば日本国内におけるアルミニウム展伸材生産量は、2019年269万トン、2040年432万トン、2050年513万トンと今後大幅に増加
- 本研究開発によって再生展伸材を利用可能とし、その普及率を2040年に30%、2050年50%とすると、削減される新地金輸入量2040年130万トン、2050年257万トン
相当する市場規模は2040年6,500億円、2050年 1兆2,900億円程度（再生展伸材価格¥500/kgで計算）
温室効果ガス排出量削減規模は2040年 968万トン、2050年 1,914万トンとなり、大幅な効果が得られる
その他、製品使用段階における削減効果（自動車軽量化による削減効果）も期待できる

本事業における「実用化」の考え方

■ 実用化とは

本研究開発成果を適用したパイロットプラントスケールでの実証を終了し、アルミニウムに関係する事業者等が、これらの技術を用いて再生展伸材の製造を開始すること。

アウトカム目標の達成見込み

標準化等に向けた公的機関の支援

- ・アルミニウム協会、産業環境管理協会、エンジニアリング振興協会等

産業界のバックアップ体制

- 精錬メーカー、合金メーカー
エンジニアリグメーカー等

・パイロットスケール実証試験
2 t/h

実証プロジェクト

2026年～

- ・再生材性能向上
・ベンチスケール実証 200 kg/d

本事業

2021～2025年

- ・原理検証
・コンセプト実証

先駆的研究

2019～2021年度

・実用装置
40 t/h

実用化

2030年～



ユーザー

- 自動車、鉄道、食品、トイ
レタリー、住宅、印刷等

研究機関

- ・国内の大学、国研、企業を中心としたコンソーシアム

本事業の成果の実用化を踏まえ、2040年、2050年のアウトカム目標の達成を見込む。

波及効果

【再生展伸材の普及によるCO₂削減量】

展伸材を新地金から再生地金に置き換えることで達成されるCO₂発生量削減の他に、再生展伸材が自動車の車体等に使用されることで車体が軽量化され、走行時のCO₂発生量も削減される。

- 自動車の車体等の軽量化による走行時のCO₂削減
2040年：112万トン/年（再生アルミ使用車の走行台数約2,500万台）
2050年：205万トン/年（再生アルミ使用車の走行台数約4,600万台）

※再生展伸材が自動車に利用されることにより、71kg/台程度の軽量化が可能
軽量化による燃費改善効果を+0.75 km/Lと想定（基準：ハイブリッド車23.1 km/L）
年間走行距離11,840km/年、ガソリンのCO₂負荷2.7kgCO₂/Lで計算

【再生展伸材の普及による貢献】

- 資源制約克服
- 地球環境問題の解決への貢献
- 企業競争力向上

費用対効果

【投資コストと効果】

プロジェクト費用の総額
15億円
(2021-2025年度)



経済効果:再生展伸材売り上げ予測
2040年: 6,500億円/年
2050年: 12,900億円/年

◆計算根拠

再生展伸材価格: ¥ 500/kgと仮定

再生展伸材売上量 2040年 130万t × ¥ 500/kg = 6,500億円

2050年 257万t × ¥ 500/kg = 12,900億円

アウトプット目標の設定及び根拠 (先導研究)

前身プロジェクトや先導研究等	取組の成果とその評価 (事後評価)
<p>NEDO先導研究プログラム/ エネルギー・環境新技術先導研究 プログラム/ アルミニウム素材の高度資源循環 システム構築 (2019-2021年)</p>	<p>総合評価：優れている</p> <p>コメント：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アルミニウムリサイクルに関する多岐に渡る研究開発を、様々なユーザーを巻き込みながら推進し、大規模実用化される可能性の基礎を築いたことは高く評価できる。実用化に耐えうるシステムを構築することを期待する。 ・社会実装を目指すには、最終的には顧客、設計・製造部門等に受け入れられることが重要であるため、規格面や使いこなしのノウハウ等、その実現のために必要な活動にも合わせて取り組んでいただきたい。

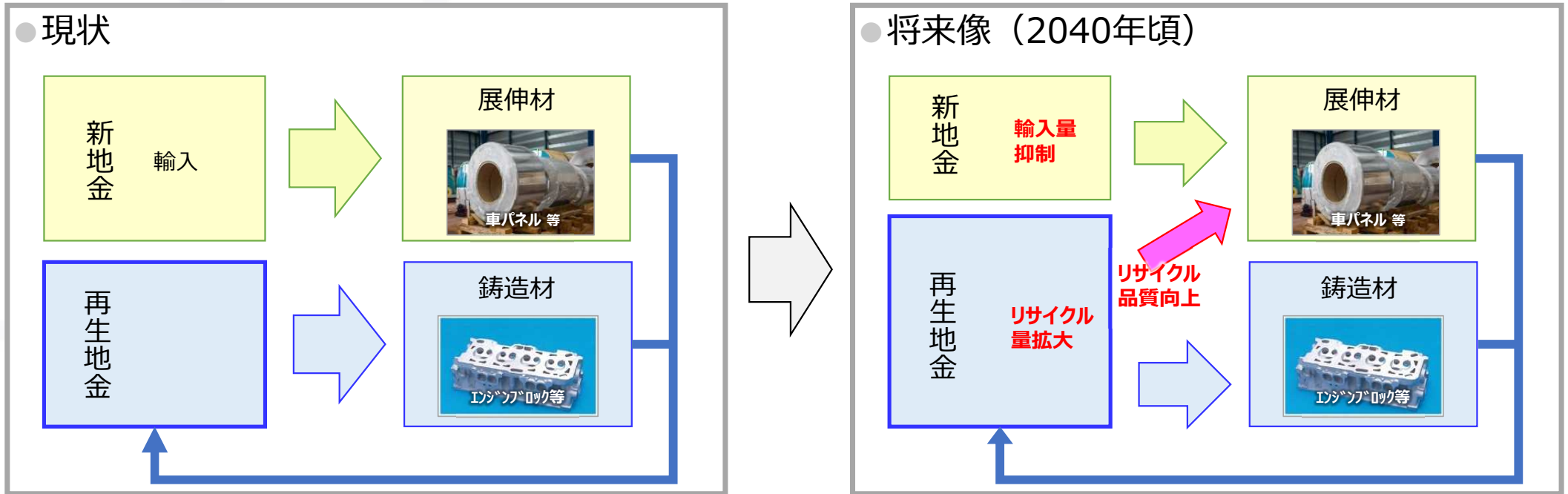
先導研究の事後評価を踏まえ、本事業では、再生展伸材の成形性を予測するシミュレーション技術の確立等、再生展伸材の利用が進むよう、ユーザーとの取り組みも実施中

非連続ナショナルプロジェクトに該当する根拠

事前評価において、非連続ナショナルプロジェクトに該当することを確認済

選定基準	該当	理由
①非連続的な価値の創造	該当	<p>不純物元素低減技術、微量不純物を無害化する高度加工技術等、これらの技術を実装することで、これまで二次合金メーカーから鋳造材メーカーへの供給に限定されていたサプライチェーンが展伸材メーカーにも繋がり、アルミニウム素材のCircular Economy（循環経済）への転換が可能となる。また、アルミニウムは、融点が低く、再生材の利用によりCO₂削減に大きく寄与することから、今後必要とされる持続可能な社会の実現に近づけることができる。</p>
②技術の不確実性	該当	<p>①不純物元素低減技術の開発： 鋳造材を含むスクラップにおける不純物元素の低減には、従来の結晶分別法の適用が理論的に難しいとされる中、それを克服する新たな技術を開発するため、不確実性が高い。</p> <p>②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発： 不純物元素を含むスクラップの溶湯から製造する材料中の粗大な晶出物の生成を抑制し、材料の展延性を確保するには、不純物元素由来の晶出物を合金中に微細に分散させる必要がある。これには、冷却速度を大きくし、合金板を急凝固させ晶出物を微細化させる方法が考えられるが、世界で実用例はなく、実用化するには高度な溶湯制御技術と連続鋳造プロセス設計が必要なため、不確実性が高い。</p> <p>また、固相に巨大ひずみを加え、不純物由来の晶出物を機械的に粉碎し不純物元素を微細化する方法が考えられるが、強加工技術の実用例はなく、再生材の不純物を強化元素として用い、従来の高力アルミニウム合金に匹敵する特性を得ることも世界初の試みであり、不確実性が高い。</p>

アウトプット（研究開発成果）のイメージ



①不純物元素低減技術、②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発により、再生地金を展伸材に利用可能とし、アップグレードリサイクルを実現する

アウトプット(中間)目標の設定及び根拠

研究開発項目	中間目標 (2024年3月)	最終目標 (2026年3月)	根拠
①不純物元素低減技術の開発	Si:5%以上を含むアルミニウムスクラップからSi:3%以下の再生アルミニウムを70%以上回収可能とする技術を開発する	Si:7%以上を含むアルミニウムスクラップからSi:3%以下の再生アルミニウムを70%以上回収可能とする技術を開発する	スクラップ casting 材にはSiが多く添加され、展伸材への再生を阻害する要因となっており、Si除去をメインターゲットとする ・Si濃度:自動車スクラップのSi濃度より上限はSi 7% ・目標値:後工程において適用可能な値としてSi 3% ・回収率:新地金との価格競争力を持つため収率70%程度が必要
②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発	Si:3%を含む再生材を使用したAl-Mg-Si系(6000系)合金で、以下の特性を有する材料を得るための技術を開発する ・従来の新地金ベースAl-Mg-Si系(6000系)成形用板材(引張強度250 MPa、伸び30%)と引張強度同等で、伸び0.8倍	・従来の新地金ベースAl-Mg-Si系(6000系)成形用板材と引張強度同等で、伸び0.9倍	Al-Mg-Si系合金は展伸材中、最も多くSiを含み、Mgの添加量、熱処理条件によって強度レベルを広く振ることが可能なため、再生材使用展伸材に最適 ・伸び0.9倍程度を確保できれば、成形シミュレーション技術を使うことで、殆どのプレス成形が可能
	Si:3%を含む再生材を使用したAl-Mg-Si系(6000系)合金で、以下の特性を有する材料を得るための技術を開発する ・従来の新地金ベースAl-Mg-Si系(6000系)構造用材料(引張強度333 MPa、伸び15%)と引張強度1.2倍で、伸び同等	・従来の新地金ベースAl-Mg-Si系(6000系)構造用材料と引張強度1.5倍で、伸び同等	・引張強度1.5倍を達成できれば、最高強度のアルミニウム合金7050や、1.5GPa級超ハイテンを代替でき、自動車用途など広く再生材の展開が可能

アウトプット目標の達成状況

研究開発項目	中間目標 (2024年3月)	成果 (2023年4月)	計画との差異	今後の課題と解決方針
①不純物元素低減技術の開発	Si:5%以上を含むアルミニウムスクラップからSi:3%以下の再生アルミニウムを70%以上回収可能とする技術を開発する	溶融塩電解小規模ベンチプラント (処理量: 0.03 kg/h) Si: 10.8%⇒0.2% アルミ回収率58.7%	○ 2024年3月達成見込み	溶融塩混入に影響を与える、下記因子の条件を変更し、回収率向上を図る ①溶融塩中Al ³⁺ 濃度 ②電流密度 ③電極板面積
		電磁攪拌ラボ装置(溶湯:100g程度) Si: 7%⇒3.3% アルミ回収率60% Si: 5%⇒3% アルミ回収率70%	○ 2024年3月達成見込み	先行してSi以外の不純物元素除去などの課題解決に向けラボレベルでの実験を実施する
②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発	Si:3%を含む再生材を使用したAl-Mg-Si系(6000系)合金で、以下の特性を有する材料を得るための技術を開発する ・従来の新地金ベースAl-Mg-Si系(6000系)成形用板材(引張強度250MPa、伸び30%)と引張強度同等で、伸び0.8倍	ロール荷重・ロール周速・ロール形状・ノズル形態を工夫しT4材にて 引張強度同等(250MPa) 伸び0.8倍(24%)を達成し 目標をクリアした(小型実験機)	△ 一部未達	縦型高速双ロール casting: 長尺実験機完成後、速やかに最適操業条件を確立し中間目標(従来材の引張強度同等で0.8倍の伸び)を達成するため、小型実験機、広幅短尺実験機を活用し、特性改善のための casting 条件を確立する
		Si:3%を含む再生材を使用したAl-Mg-Si系(6000系)合金で、以下の特性を有する材料を得るための技術を開発する ・従来の新地金ベースAl-Mg-Si系(6000系)構造用材料(引張強度333MPa、伸び15%)と伸び同等で、引張強度1.2倍	HPS加工:伸び同等(14%) 引張強度1.4倍(473MPa) IF-HPSによる大型化(幅200mm)達成 ARB加工:伸び同等(17%) 引張強度1.2倍(399MPa)	○ 2024年3月達成見込み

研究開発成果の意義（副次的成果）

①不純物元素低減技術の開発

開発装置（電磁攪拌装置）の従来合金（リサイクル合金以外）への展開

電磁攪拌装置による組織微細化などの展伸材用アルミニウム素材の特性向上

Fe、Mnなどの除去による、鋳造用アルミニウム合金の特性向上

②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発

開発装置（縦型高速双ロール鋳造機）の従来合金（リサイクル合金以外）への展開

従来合金の製造に適用することで、均質化処理及び熱間圧延といった鋳造後工程の省略が可能

- 製品製造時間の短縮
- 消費エネルギー、CO₂発生量の削減（板材製造全エネルギーの約1/4）
- 増産体制構築に有効（同程度の製造能力で価格1/5、設置面積1/10）

③その他

OJTを通じた当該分野における技術者の育成

- 溶融塩電解によるアルミニウム精錬技術者
- 総合的な材料設計技術の習得

異業種、異分野連携の重要性認識

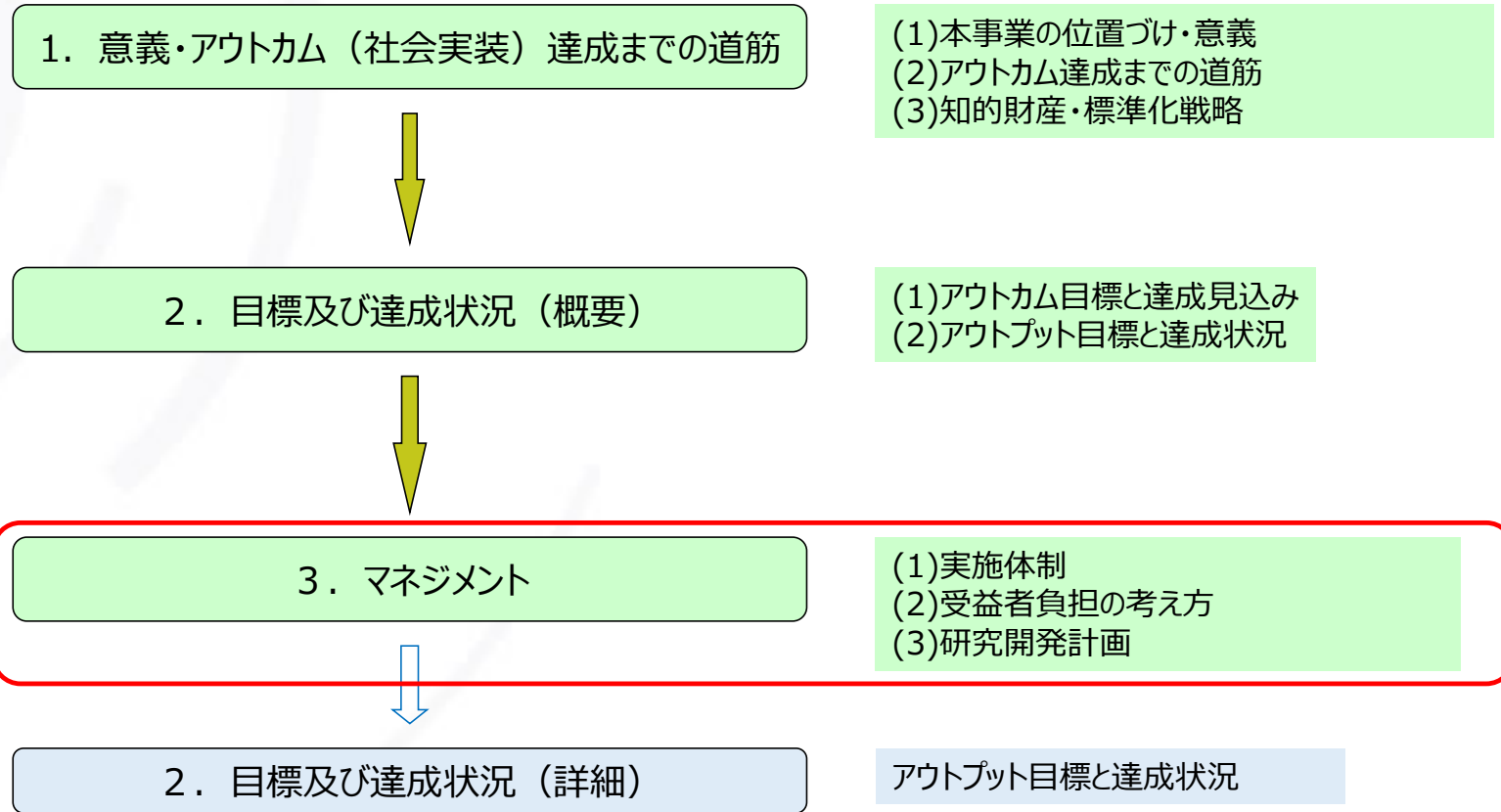
特許出願及び論文発表

	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	計
特許出願 (うち外国出願)	0 (0)	2 (0)	0 (0)	—	—	2 (0)
論文	0	3	3	—	—	6
研究発表・講演	1	9	6	—	—	16
受賞実績	0	0	0	—	—	0
新聞・雑誌等への掲載	0	2	0	—	—	2
展示会への出展	0	1	0	—	—	1

※2023年5月23日現在 (2023年度は計画含む)

<評価項目 3> マネジメント

- (1) 実施体制
- (2) 受益者負担の考え方
- (3) 研究開発計画



NEDOが実施する意義

- アルミニウムのリサイクルに関わる問題の解決は国の方針に沿った重要課題であり、本事業によるアルミニウム再生材の展伸材への利用ならびにCO₂排出量の削減は社会的必要性が高い。
- NEDOではこれまでに培ってきた各種素材のリサイクル技術の開発で得た知見や成果、ネットワークを活用し中長期的な技術開発を行うことが可能。
- 研究開発の難易度が高く、必要な投資規模が大きく、また実用化までのリードタイムが長いことから、民間企業だけではリスクが高い。

NEDOが持つ知識、実績を活かして推進すべき事業

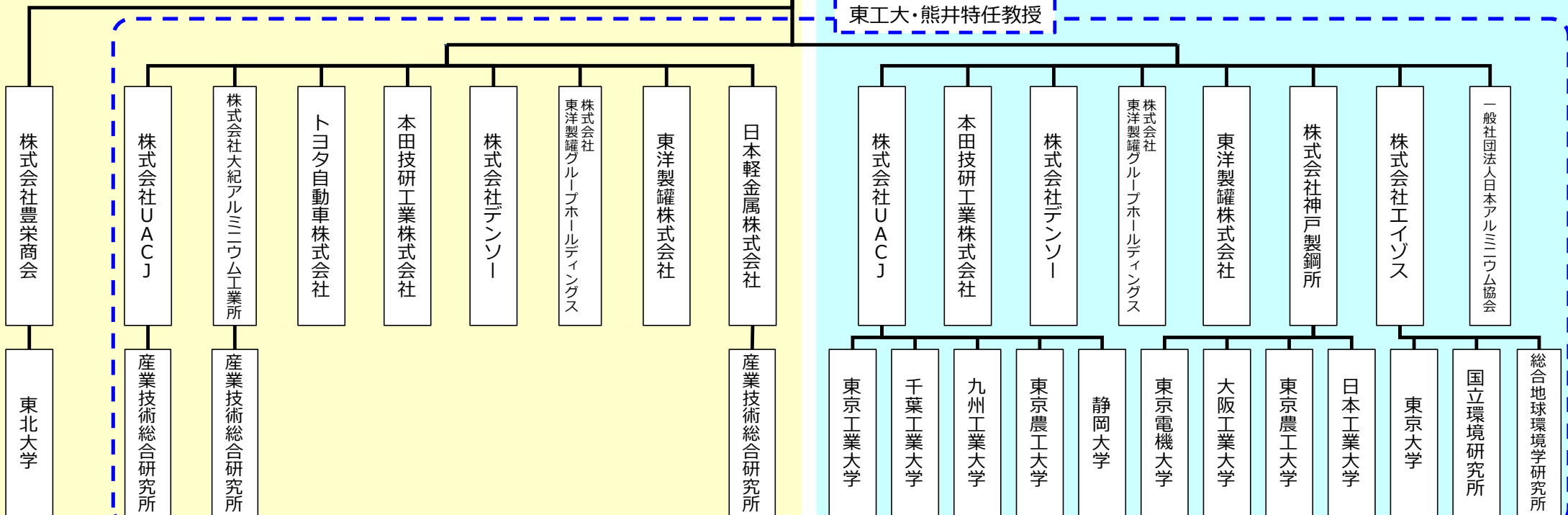
実施体制 (実施者間での連携)

NEDO
PM 今西大介

研究開発項目①不純物元素低減技術の開発

研究開発項目②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発

事業者リーダー
東工大・熊井特任教授



ユーザー企業も参画した体制で研究開発を実施

個別事業の採択プロセス

【公募】

公募予告（2021年1月15日）

⇒公募（2021年4月23日）⇒公募〆切（2021年5月24日）

【採択】

採択審査委員会（2021年6月9日）

採択審査項目：NEDOの標準的採択審査項目にて実施

【採択審査委員】

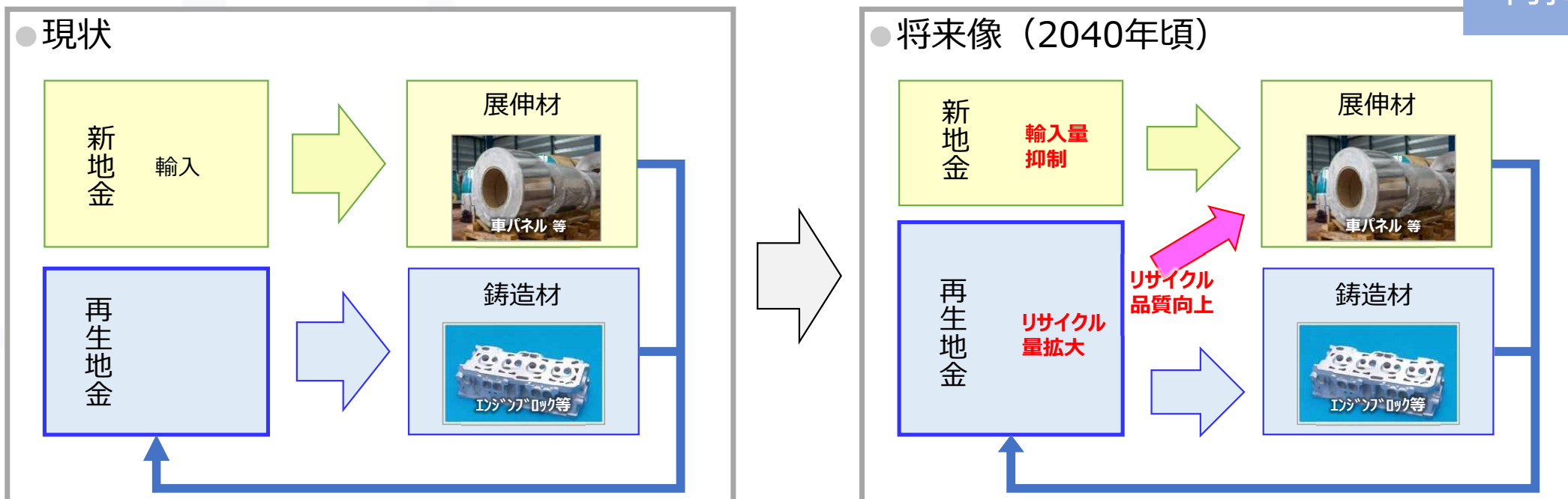
区分	氏名	所属	役職
委員長	喜多川 和典	公益財団法人日本生産性本部	エコ・マネジメント・センター長
委員	相浦 直	一般社団法人軽金属溶接協会	専務理事
委員	小野田 弘士	学校法人早稲田大学	教授
委員	田畑 智博	国立大学法人神戸大学	准教授
委員	辻 伸泰	国立大学法人京都大学	教授

予算及び受益者負担

事業名	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	合計
アルミニウム素材 高度資源循環システム 構築事業	300	312	260	(300)	(300)	(1,472)

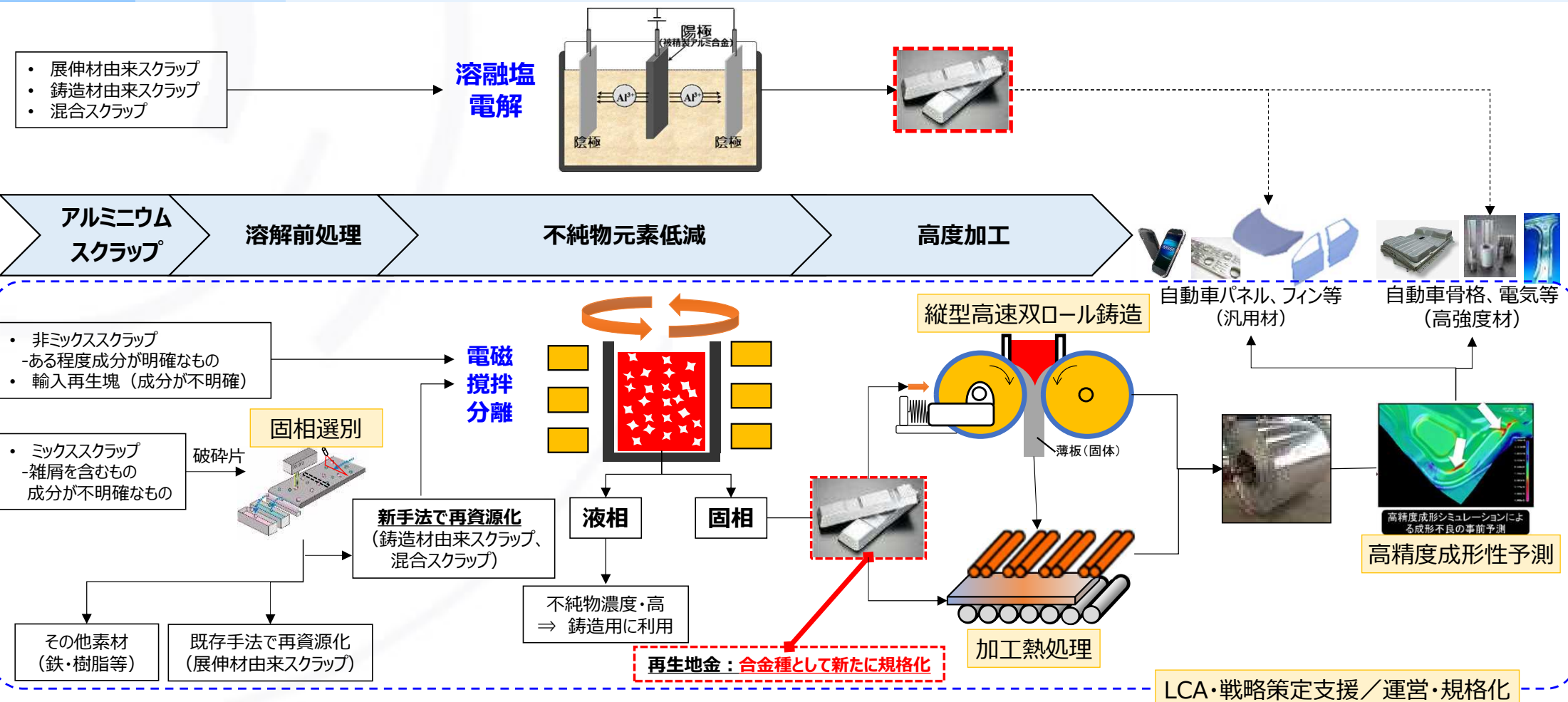
1/2助成 (単位:百万円)

アウトプット（研究開発成果）のイメージ



①不純物元素低減技術、②微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発により、再生地金を展伸材に利用可能とし、アップグレードリサイクルを実現する

目標達成に必要な要素技術



研究開発のスケジュール

2030年実用化によるアウトカムを達成すべく、2025年度末までに必要技術を獲得することを目指し、スケジュールを設定

研究開発項目	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度
①不純物元素低減技術 固体溶融塩電解		小規模ベンチプラントによる 運転方法確立・生産性評価	大規模ベンチプラント 設計・製作 生産速度への 各因子影響調査	大規模ベンチプラントによる 運転方法確立・生産性評価	
電磁攪拌によるα-Al相晶出量制御		ラボスケールによる条件検討 試作開発機		対象合金拡大 組成情報を元に試作	
溶解前処理によるスクラップ組成制御		走査型分光ソータ処理試験 3D位置制御システム開発	走査型分光ソータと 組み合わせ	中間目標	
②微量不純物を無害化する高度加工技術等 縦型高速双ロール鋳造を用いた不純物無害化		表面品質と材料特性が優れた鋳造条件確立 長尺実験機の設計と設置	試作材供給	最終目標	
加工熱処理による不純物無害化		リサイクル材を用いたHPSとARBによる 材料特性改善手法の確立		長尺実験機による 長時間安定操業技術確立	
高精度成形予測技術（成形シミュレーション）		既存材を用いた多軸応力データベース構築 高精度材料モデリング手法確立		リサイクル材を用いた 高強度板材の大型化実証	
LCA/規格化		各プロセスに対しLCA評価、経済性評価、 再生合金の規格化に向け登録する材料選定		リサイクル材の高精度材料 モデリングと予測精度向上	
				スケール効果を加味したLCA評価、経済性評価 再生合金の登録申請準備	

進捗管理

p31の通り、関係者数が多いため、進捗管理や情報共有を円滑にするために、各種会議体などでの連携促進を図っている。

【NEDO主催】

会議名	主要出席者	目的	頻度
NEDO技術推進委員会	外部有識者、事業者、NEDO	本事業の進捗状況、方針の確認等を第三者である外部有識者からアドバイス、指導を得る	2回/年程度

【事業者主催】

会議名	主要出席者	目的	頻度
共同研究進捗連絡会	豊栄商会、東北大学	(1)ベンチプラントの設計・製作・試運転 (2)ベンチプラント運転、結果の解析、次回運転計画の作成	1~2回/月
発明委員会	豊栄商会、東北大学	本プロジェクトから生まれた知財を積極的に権利化し、その使用実施権の譲渡を含めた検討を行う（現在までは未開催）	数回/年程度
研究開発推進委員会	外部有識者、UACJ他、NEDO、オブザーバー	事業の進捗等を外部有識者と共有し、アドバイス、意見を得る。オブザーバーの意見を収集しニーズ把握に繋げる。	3回/年程度
研究開発実務者会議	UACJ 他	一気通貫の事業運営を円滑に図るため、各研究課題の進捗、供試材への要求を直接聞き、連携強化に繋げる。	4回/年程度
知財運営委員会	UACJ 他	特許出願、研究発表、論文投稿等の研究成果の情報公開前に関係事業者間で討議し円滑な事業運営を図る。	6回/年程度
テーマ①-1 不純物元素除去進捗会議	UACJ 他	溶解炉、電磁攪拌装置など設備に関する設計案作成、各担当の進捗状況確認	5回/年程度
テーマ②-1 縦型高速双ロール 鋳造機設計/進捗会議	UACJ 他	縦型高速双ロール鋳造機に関する設備詳細設計案作成 各担当の進捗状況確認、詳細実験計画立案	12回/年程度
テーマ②-2 加工熱処理 進捗会議	UACJ 他	各担当の進捗状況確認、詳細実験計画立案	6回/年程度
テーマ②-3 成形シミュレーション 進捗会議	UACJ 他	各担当の進捗状況確認、詳細実験計画立案	3回/年程度

進捗管理：動向・情勢変化への対応

状況	対応
<p>2021年度初頭より半導体不足が顕在化 IT向け半導体と異なり、産業機器向け半導体不足が続いており、設備導入が遅れるなど影響が認められる</p>	<ul style="list-style-type: none">• 保有済みの小型実験機により製造条件の検討を進め、本検討結果の活用により、設備導入後の製造条件最適化の時間短縮を図る（事業者対応策）• 技術推進委員会（NEDO主催）による本研究開発の計画変更の妥当性の確認／了承• 計画の変更へ対応した予算の変更

概要

		最終更新日	2023年6月13日
プロジェクト名	アルミニウム素材高度資源循環システム構築事業	プロジェクト番号	P21003
担当推進部/ PMまたは担当者 及び METI 担当課	環境部 PM 伊東 賢宏 (2021年8月~2021年11月) PM 今西 大介 (2021年12月~現在)		
0. 事業の概要	アルミニウム素材の高度資源循環を実現するため、溶解工程高度化による不純物元素軽減技術、鑄造・加工・成形技術高度化による微量不純物無害化技術などを組み合わせることにより、アルミニウムスクラップから高性能な再生展伸材を開発する。		
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋			
1.1 本事業の位置 付け・意義	アルミニウムは、資源循環向上の取組が特に期待される素材であり、輸送機器の軽量化等、CO2 排出量削減を目的とする用途において需要の大きな伸びが予測されているが、電解製錬により新地金を製造するため、製造時の CO2 排出量原単位が 11.1 kg-CO2eq/kg と大きいという課題がある。一方、再生地金は、再生のためのエネルギー消費が小さく、その排出原単位が新地金の 1/20 以下と少ないことから、SDGs、CSR、ESG 投資などの影響により需要が増大しつつある低環境負荷のアルミニウム素材として活用が期待されている。ただし、アルミニウムスクラップのリサイクル過程で混入する不純物により、再生地金は一部の用途に使用が限定される状況にある。従って、低環境負荷型の再生地金の使用用途を拡大するための高度なリサイクル技術の開発は、アルミニウム素材を利用する国内製造企業における製品の環境性能向上を可能とし、資源制約の克服や地球環境問題の解決に貢献すると同時に、わが国企業の競争力向上につなげることができる。		
1.2 アウトカム達成 までの道筋	本研究開発事業では、アルミニウムスクラップを再生展伸材として資源循環するために 2 つの研究開発項目を実施する。不純物元素軽減技術の開発、微量不純物元素を無害化する高度加工技術の 2 つの開発の研究開発により、自動車への利用も可能なアルミニウム再生展伸材のリサイクルシステム設備を完成する。その成果を基に実操業による動作実証を行い、製造設備としてのリサイクルシステム装置を完成し上梓する。アルミニウムスクラップリサイクルを可能とする設備を日本全国のアルミニウム製造事業所に展開し、2040 年に年間約 130 万トン/年の再生展伸材を市場へ供給する。		
1.3 知的財産・標準化戦略	知的財産に関する戦略は、アルミニウム再生展伸材についての含有不純物元素や性状を公開することでオープン戦略とする。詳細な製造技術等について国内アルミニウム関連事業者への特許の許諾を行う事で国内でのアルミニウム製造事業の活性化を図ることでクローズ戦略とする。また、標準化に関しては、再生アルミニウム展伸材料を新規合金種登録するための材料選定を進める。		
2. 目標及び達成状況			
2.1 アウトカム目標 及び達成見込み	【アウトカム目標】2040 年度までにアルミニウム圧延業界を中心に再生展伸材の製造技術を確立し、普及率 30%に当たる再生展伸材生産量 130 万トン/年、CO2 削減量 968 万 t/年を達成する。さらに、2050 年度までに中長期アウトカム再生展伸材生産量 257 万トン/年、CO2 削減量 1,914 万 t/年を達成する。これにより、アルミニウム素材の高度資源循環システムの社会実装へと展開する。その結果として、国内企業における製品の環境性能向上による国際競争力強化、及び幅広い産業における温室効果ガス排出量削減を実現する。 【達成状況】本事業が終了する 2025 年度末に 200kg/day のベンチスケール機を事業成果として達成する予定であり、その後実証を進め 2026 年からは 2t/hour の装置開発を進め、2030 年からはさらにスケールアップを行い 40t/hour の実用装置開発を進める。2040 年にはこの実用装置の複数台稼働を想定し 130 万 t/year を見込む。		
2.2 アウトプット目標 及び達成状況	研究開発項目	中間目標	計画との差異
	①不純物元素 軽減技術の開 発	Si : 5%以上を含むアルミニウムスクラップから Si : 3%以下の再生アルミニウムを 70%以上回収可能とする技術を開発する。	○ 2024年3月 中間目標 達成見込み

	②微量不純物元素を無害化する高度加工技術の開発	Si：3%を含む再生材を使用した Al-Mg-Si 系（6000 系）合金で、以下の特性を有する材料を得るための技術を開発する。 ・従来の新地金ベース Al-Mg-Si 系（6000 系）成形用板材と引張強度同等で、伸び 0.8 倍 ・従来の新地金ベース 6000 系構造用材料と伸び同等で、引張強度 1.2 倍	○ 2024 年 3 月 中間目標 達成見込み						
3. マネジメント									
3.1 実施体制	経産省担当 原課	製造産業局 金属技術室 産業技術環境局 資源循環経済課							
	プロジェクト マネージャー	NEDO 環境部 3R グループ 主任研究員 今西 大介							
	委託先	<ul style="list-style-type: none"> ・研究開発項目①不純物元素低減技術の開発 【助成先】(株)豊栄商会、(株)UACJ、(株)大紀アルミニウム工業所、トヨタ自動車(株)、本田技研工業(株)、(株)デンソー、東洋製罐ホールディングス(株)、東洋製罐(株)、日本軽金属(株) 【共同研究先】東北大学、(国研)産業技術総合研究所 ・研究開発項目②微量不純物元素を無害化する高度加工技術の開発 【助成先】(株)UACJ、本田技研工業(株)、(株)デンソー、東洋製罐ホールディングス(株)、東洋製罐(株)、(株)神戸製鋼所、(株)エイゾス、(一社)日本アルミニウム協会 【共同研究先】東京工業大学、千葉工業大学、九州工業大学、東京農工大学、静岡大学、東京電機大学、大阪工業大学、日本工業大学、東京大学、(国研)国立環境研究所、総合地球環境学研究所 							
3.2 受益者負担の 考え方 事業計画内容 事業費推移 (単位：百万円)	研究開発項目	2021	2022	2023	2024	2025	2026		
	①不純物元素低減技術の開発	→							
	②微量不純物元素を無害化する高度加工技術の開発	→							
				中間評価				事後評価	
	会計・勘定	2021	2022	2023	2024	2025	総額		
	一般会計								
	特別会計 (需給)	300	312	260	(300)	(300)	1,472		
	開発成果 促進財源								
	総 NEDO 負担額	300	312	260	(300)	(300)	1,472		
	助成(1/2)	300	312	260	(300)	(300)	1,472		
3.3 研究開発計画									

	情勢変化への対応	2021年度初頭より半導体不足が顕在化し、IT向け半導体と異なり、産業機器向け半導体不足が続いており、設備導入が遅れるなど影響が認められたため、以下の対応を行った。 <ul style="list-style-type: none"> 保有済みの小型実験機により製造条件の検討を進め、本検討結果を活用により、設備導入後の製造条件最適化の時間短縮を図る 技術推進委員会による計画変更の妥当性の確認／了承 計画の変更へ対応した予算の変更 	
	評価に関する事項	事前評価	2020年度 事前評価実施 担当部 環境部
		中間評価	2023年度 中間評価実施 担当部 環境部
		終了時評価	2026年度 終了時評価実施 担当部 環境部
別添			
	投稿論文	「査読付き」3件	
	特許	「出願済」2件	
	その他の外部発表 (プレス発表等)	「外部講演」16件 「展示会への出展」1件 「プレスリリース」2件	
6. 基本計画に関する事項	作成時期	2021年2月の作成	
	変更履歴	2021年12月に改訂 (PMの変更)	