

アルミニウム技術戦略ロードマップ

2025



一般社団法人 日本アルミニウム協会

序文

2024暦年での我が国におけるアルミニウム圧延品（板・押出）に箔製品を加えた需要実績は200万トンに届かず、またアルミ製品全体のそれも400万トンを超えずコロナ禍前には戻りませんでした。しかし自動車などの輸出額やインバウンド需要の回復、賃上げの動きなどから見ても、円安や原燃料価格の高騰が続く中でも国内景気の緩やかな持ち直しは感じられるようにはなってきましたし、物価高騰による国内消費減退や認証不正問題による自動車生産量の減少、半導体製造装置関連の見込み需要の後ろ倒しなどが是正・回復してくることなどにより、今後のアルミニウム製品が選ばれ使われることで需要が増加することに期待が出てきます。

四季の移り変わりを見ると酷暑の夏、短い春と秋、厳しい冬と大きく変化してきています。度重なる自然災害に哀悼の意とお見舞いを表する事例は枚挙にいとまはありません。防災と減災への対応は待ったなしです。最も根本的な原因対策のひとつに温暖化防止を主目的にした気候変動対策があります。持続可能で豊かな社会の実現に向けた産学官への期待は、不安定な国際情勢からくる政治の揺らぎに翻弄されながらも、揺るぎない産業界へのベーシックな役割である新技術の開発と実現です。持続可能な社会にはカーボンニュートラル、サーキュラーエコノミー、ネイチャーポジティブなどへの普遍的な施策・活動が求められます。リスクへの備えと機会への転換により長期的な成長に導くトランスフォーメーションが必要な時代になっています。その期待に日本アルミニウム協会は主体的に応えていきたいと思えます。

25周年を迎えた日本アルミニウム協会でも、アルミニウムが資源循環型社会、低炭素社会や安全安心で快適な社会の構築に重要な役割を果たしていけるものと考えています。目指す社会の実現のためには企業間のサプライチェーンはもとより、関係官庁や研究拠点となる大学などの中長期的な連携が重要となってきます。この連携を円滑かつ効率的に進めるため、軽金属学会の研究部会の協力のもと、「アルミニウム技術戦略ロードマップ」を策定しました。ここに当協会が考えるアルミニウムの将来の姿とともに、研究開発の方向性や目標値を示し、産学官で共有することで有効で効率的な連携が図れるものと考えています。本ロードマップから生まれた「アルミニウム素材の高度資源循環システム構築」の国家プロジェクトも順調に進められており、次なる工業的実用化に期待が掛かっています。

社会環境も新技術・新製品の開発状況も年々変化することから、当協会では、本ロードマップを適宜見直し、改訂版を発行することとしています。今回も、第一線で活躍するアルミニウム関連研究者を中心とした「ロードマップ小委員会」を設けて検討を重ね、「アルミニウム技術戦略ロードマップ2025」として発行します。

本ロードマップが持続的社会発展に向けた取り組みの円滑かつ効率的な推進に資するように、各界からのご意見やご鞭撻を賜れば幸いです。

令和7年3月31日
一般社団法人 日本アルミニウム協会
会長 石原 美幸



目 次

I. 概説	3
II. アルミニウム産業の現状と取り巻く環境	4
II-1 日本の社会・産業界の動き	5
II-2 日本の科学・技術開発の動き	9
III. アルミニウムの技術戦略のシナリオ	11
III-1 市場の動向・マーケティング	11
III-2 アルミニウム需要統計	26
III-3 未来に向けたアルミニウム産業の技術開発の基本戦略	28
III-4 アルミニウム産業の未来に向けた技術開発の進捗状況	30
III-5 人材育成・社会への仕掛け	33
IV. アルミニウム技術戦略ロードマップの解説	34
IV-1 ロードマップ作成のコンセプト	34
IV-2 アルミニウム技術戦略マップ	36
IV-3 アルミニウムビジネスロードマップ	37
IV-4 アルミニウム要素技術マップ	37
IV-5 アルミニウム技術ロードマップ	37
IV-6 アルミニウムサイエンスロードマップ	37
別表1 アルミニウム技術戦略マップ（技術開発戦略の俯瞰図）	38
別表2 アルミニウムビジネスロードマップ（製品開発、プロセス開発のスケジュール一覧表）	39
別表3 アルミニウム要素技術マップ（要素技術と製品分野の関連一覧表）	43
別表4 アルミニウム技術ロードマップ1（技術開発スケジュールの一覧表）	45
別表5 アルミニウム技術ロードマップ2（技術開発スケジュールの一覧表）	46
別表6 アルミニウム技術ロードマップ3（技術開発スケジュールの一覧表）	47
別表7 アルミニウムサイエンスロードマップ1（研究開発の行程表）	48
別表8 アルミニウムサイエンスロードマップ2（研究開発の行程表）	49
別表9 アルミニウムサイエンスロードマップ3（研究開発の行程表）	50
ロードマップ作成小委員会委員名簿	51
（別資料）	
●開発目標値の設定	52
●キーテクノロジー個別ロードマップ	55
（補足資料）	
●2023年度、2024年度、2025年度アルミニウム研究助成テーマ一覧	76

I. 概説

2008年の世界的なリーマンショックを受けて、これまで順調に拡大していた日本のアルミニウム産業も大きく後退した。この需要の回復、そしてさらなる拡大を図るためには社会ニーズを意識し、産学官が連携した研究開発を行うことが不可欠であると考え、2009年に最初の「アルミニウム技術戦略ロードマップ」を策定した。本ロードマップには、アルミニウムの研究開発における産学官の連携を円滑に、かつ効率的に進めるために共有する道しるべとして、研究開発の方向性を記すこととした。

本ロードマップ作成に当たっては、将来にわたる社会ニーズと必要とされるアルミニウムの需要などを分析して得られた将来像からバックキャストすることで、今後取り組みが必要と思われる技術課題を設定した。併せて、研究開発の動機付けとなる出口の需要根拠も明確に示すように努めた。また、関連する研究開発の進捗状況や新技術については、一般社団法人軽金属学会の協力を仰いで把握に努め、今回のような定期的な改訂を通じて開発目標値を継続的に見直し、更新を行うこととしている。

2020年に政府から「2050年カーボンニュートラル宣言」が出された。これを受けて経済産業省を中心に気候変動対策あるいは地球環境の保全と経済成長を両立させる「グリーン成長戦略」の議論が本格化した。2021年には中間目標となる2030年度の温室効果ガス削減量が示されていたが、前回改訂となる2022年度版の本ロードマップでは、「2050年カーボンニュートラル宣言」を踏まえ、目標年度を2035年から2050年に変更し、時間軸の拡張を行った。この大改訂では、これまで社会ニーズの一つとしていた“低炭素”を、より挑戦的ではあるが不可避な“脱炭素”へ切り替えることとした。

今回の改訂版「アルミニウム技術戦略ロードマップ2025」では、前回の大改訂を踏襲する形とし、実現すべき社会の姿として脱炭素社会、循環型社会、安全/安心/快適な社会の3つとしている。改訂を加えた本ロードマップを介して、アルミニウムに関連した官の協力をいただき、産学の研究者の連携が図られることで研究開発が効率的に進み、社会ニーズに応えた優れた製品がより多く生み出されることで日本の社会とアルミニウム産業が益々発展することを願う。

Ⅱ．アルミニウム産業の現状と取り巻く環境

日本のアルミニウム製品の総需要は2006年に446万トン記録した。その後2008年のリーマンショックの影響で一時的に落ち込んだものの、その後は回復基調にあり2014年以降は6年連続で400万トン超えとなった。しかし新型コロナウイルスの世界的感染拡大の影響で2020年は前年度比11%減の367万トンと大きく減少し、2021年に一旦急速な回復を見せたものの国内総需要400万トン超えにはいまだ至っていない。自動車産業の回復により、2024年には復調の動きはみられるが、少子高齢化を伴う国内人口減少が進む中、アルミニウム製品の高付加価値化あるいは機能拡大により、新規の需要開拓はこれまで以上に進めていかなければならない状況にある。

世界的に見るとアルミニウムの需要は、リーマンショックの一時期を除いて、急拡大している。中国での需要が全体を押し上げる形となっている。2023年度、中国は世界の新地金の59%を生産し、消費量においても世界の6割を占める巨大な存在となっている。日本のアルミニウム産業は、製品、原料の両面において中国の影響を大きく受ける状況にある。またアルミニウム製品の重要な副原料であるマグネシウムと金属シリコンについても、ほぼ全量を中国からの輸入に依存している。2021年下期から始まった価格の急騰は2024年になって若干落ち着きを取り戻しつつある。原料価格の転嫁が進められているが、アルミニウム新地金とともに副原料の供給や価格の変動は日本のアルミニウム産業にとって今後も大きなリスクであることは変わらない。

地球環境保全の観点からは、アルミニウム製品のCO₂排出量削減への取り組みが焦眉の課題となっている。背景には、2016年のパリ協定以降の各国における脱炭素化の加速がある。日本でも2020年10月に「2050年カーボンニュートラル」が宣言された。アルミニウム製品の顧客においても、材料選択の指標としてCO₂の総排出量を重要視する傾向が強まっている。特に展伸材のCO₂排出量は比較的多い。これは、原料として新地金の比率が高いためであり、再生地金に切り替える、あるいは新地金を製造（製錬）する段階のCO₂排出量を削減することが有効な対策となる。

ノルスク・ハイドロ、ルサール、エミレーツ（EGA）などの海外の製錬メーカーの中には、すでに水力発電や太陽光発電を用いた低炭素フットプリントのアルミニウム新地金を「低炭素アルミニウム」として販売しているところもある。BMWやアップルなど大手顧客による採用も報道されている。また、リオティントとアルコアは電解時にCO₂を排出しないタイプの不活性セルの開発を進めており、2024年の実用化を目指している。これは、新地金のCO₂排出原単位をさらに下げる技術として注目されている。

製錬業を持たない日本のアルミニウム産業は、海外製錬メーカーが提供する「低炭素アルミニウム」のみに依存するのではなく、新地金の使用比率を下げ、CO₂排出量の少ない再生地金に積極的に置き換えることで、展伸材についてもCO₂排出原単位低減を図る戦略を取ることにした。これを受けて当協会にも「サーキュラーエコノミー委員会」を設置し、資源循環に関わる技術開発や設備投資の在り方、標準化の策定などについて検討を開始した。ここでは安定的なスクラップ原料の確保や品質維持など、社会実装によるゲームチェンジを可能とする革新的技術の開発が

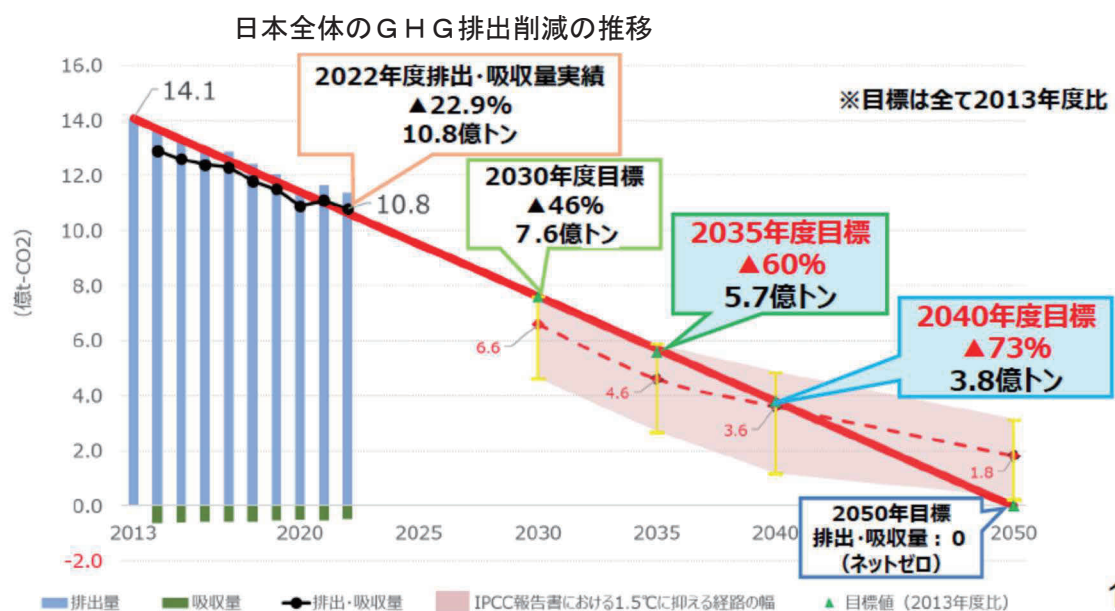
必須である。そのため2019年から要素技術の開発のためNEDO先導研究を開始し、2021年からは実用化に向けた技術開発のための国プロが進められている。

Ⅱ—1 日本の社会・産業界の動き

（１）脱炭素社会への貢献：

「気候危機」とも言われている気候変動問題は、世界全体で取り組むべき喫緊の課題である。気候変動問題の解決に向けて、その原因となる温室効果ガス（GHG）の排出削減のための世界全体での取り組みが求められている。

日本は、2030年度目標と2050年ネットゼロを結ぶ直線的経路を弛まず着実に歩んでいくため、1.5℃目標と整合的で野心的な目標として、2030年度に2013年度比で46%減に加え、2035年度、2040年度においてそれぞれ63%、73%削減する事を目指す。これまでGHGを2013年度から約20%削減し、目標に向けて着実に削減を進めている。

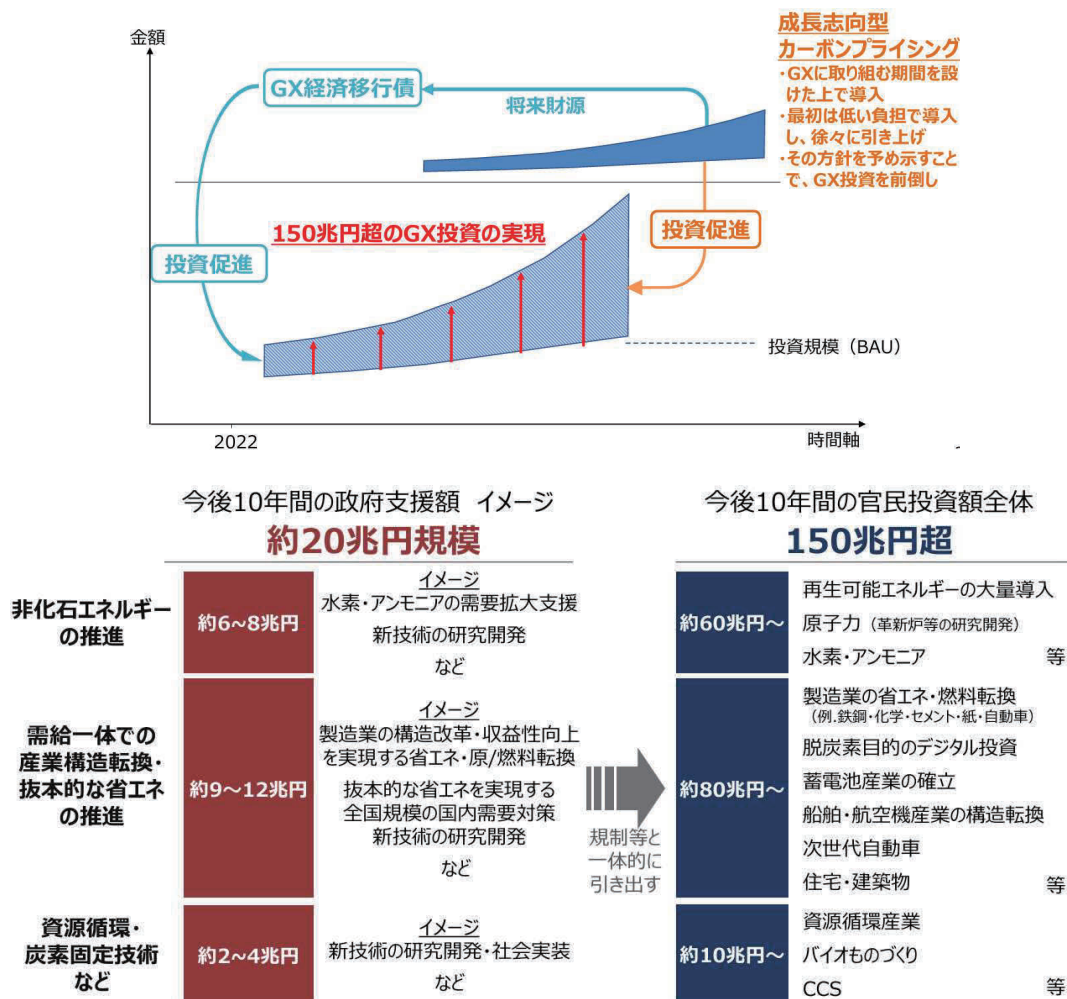


出典：<https://www.env.go.jp/content/000291668.pdf>

経済産業省は、関係省庁と連携し、2020年12月に「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定し、2021年6月に具体的内容を明らかにした。グリーン成長戦略では、産業政策とエネルギー政策の両面から、成長が期待されるカーボンリサイクル・マテリアル分野を含む14分野について実行計画を策定した。その政策の一つとして、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）に2兆円のグリーンイノベーション基金を造成した。

2023年2月には、「GX実現に向けた基本方針」が閣議決定され、グリーントランスマーシェーション（GX）を加速させることで、エネルギー安定供給と脱炭素分野で新たな需要・市場を創出し、日本経済の産業競争力強化・経済成長につなげることとした。その基本方針の

具体化として、2023年3月に「GX実現に向けた今後の取組」を公表した。その成長志向型カーボンプライシング構想では、今後10年間に150兆円超の官民GX投資を実現するために、GX経済移行債を活用した先行投資支援として、20兆円規模の政府支援額を提示した。



出典： https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/shin_kijiku/pdf/012_03_00.pdf

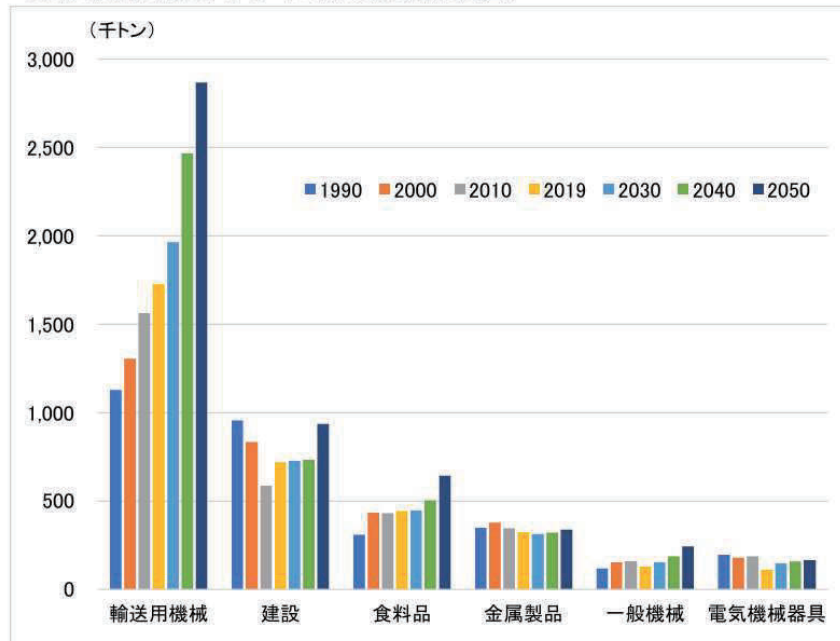
2023年5月に「脱炭素成長型経済構造への円滑な移行の推進に関する法律」（GX推進法）が成立した。GX推進法は、GXに向けた国際的な投資競争の加速を背景に、日本でも2050年のカーボンニュートラル実現と産業競争力の強化、経済成長の実現に向けてGX投資を推進させることを目的としている。

さらに、2023年7月に「脱炭素成長型経済構造移行推進戦略」（GX推進戦略）が閣議決定され、エネルギー安定供給と成長志向型カーボンプライシング構想の2つの柱でGXを加速させ、「GX実行会議」等において必要な見直しを効果的に行っていくこととした。

日本アルミニウム協会は、国の加速的な動きに呼応し、アルミニウムの優れた特性である軽量化、高強度化及び高靱性化等を活かした製品を提供し需要を拡大することにより脱炭素社会に貢献する。特に、軽量化が求められる自動車産業に代表される輸送用機械分野の大幅な需要増が見通されている。また、製造・加工プロセスの省エネルギー化、製造のデジタルトラン

スフォーメーション（D X）によるビッグデータでの生産高度化にも取り組むことで脱炭素社会に貢献する。

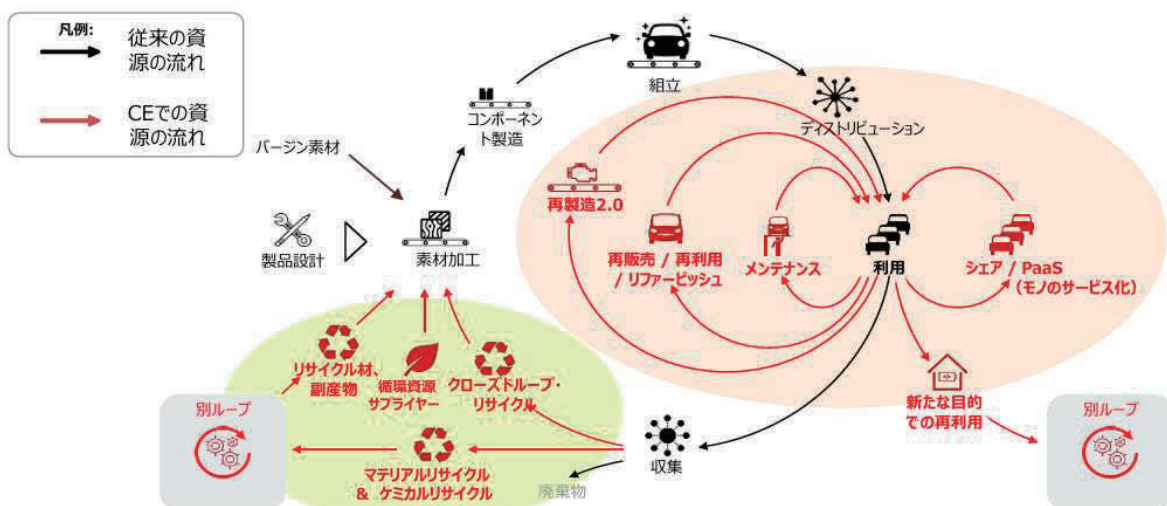
○主な需要分野毎のアルミニウム需要量の実績と見通し



出典： https://www.aluminum.or.jp/vision2050/pdf/VISION2050_main.pdf

（２）循環型社会への貢献：

経済産業省は、2023年7月に「成長志向型の資源自律経済戦略」を発表し、資源循環経済政策の再構築等により、国際的な供給途絶リスクを可能な限りコントロールし、国内の資源循環システムの自律化・強靱化を図ることを通じて力強い成長に繋げるとした。



出典： https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai3/economysystem_2/siryo4-1.pdf

さらに、2023年12月に「サーキュラーエコノミーに関する産官学のパートナーシップ」を立ち上げ、ライフサイクル全体での関係主体の連携による取り組みの拡張の場を構築した。

日本アルミニウム協会は、国のサーキュラーエコノミーに関する産官学のパートナーシップに業界団体として早期に参加を表明し、アルミニウム産業として脱炭素社会実現に向けて貢献するとともに、2023年6月、サーキュラーエコノミー委員会・企画委員会を設置し、具体的な活動を開始した。特に、実行組織である企画委員会では、ワーキンググループ（WG）による各種課題の取り組みを開始し、仕組みづくり、生産技術開発、標準化にそれぞれ4つのWGによる活動を実施しており、今後の成果が期待される。

- 令和5年6月1日付けで、次の2つの委員会を設置する。
 - ・ サークュラーエコノミー委員会（役員クラスで構成、方針など意思決定組織）
 - ・ サークュラーエコノミー企画委員会（部長クラスで構成、活動の実行組織）
- 目的
 - ・ アルミニウム製品の資源循環を通じた脱炭素社会の実現に貢献すること
- 役割
 - ・ アルミニウム製品の資源循環に係る政策案などを企画、立案すること。
 - ・ 他業界団体との連携や行政との調整や提言などを行うこと。
 - ・ これらの活動を通じ、資源循環に係る「研究開発」「設備導入」「標準・認証・トレーサビリティ」などの制度やシステムの構築」「循環型サプライチェーンとシステムの構築」を推進すること。

目指す姿

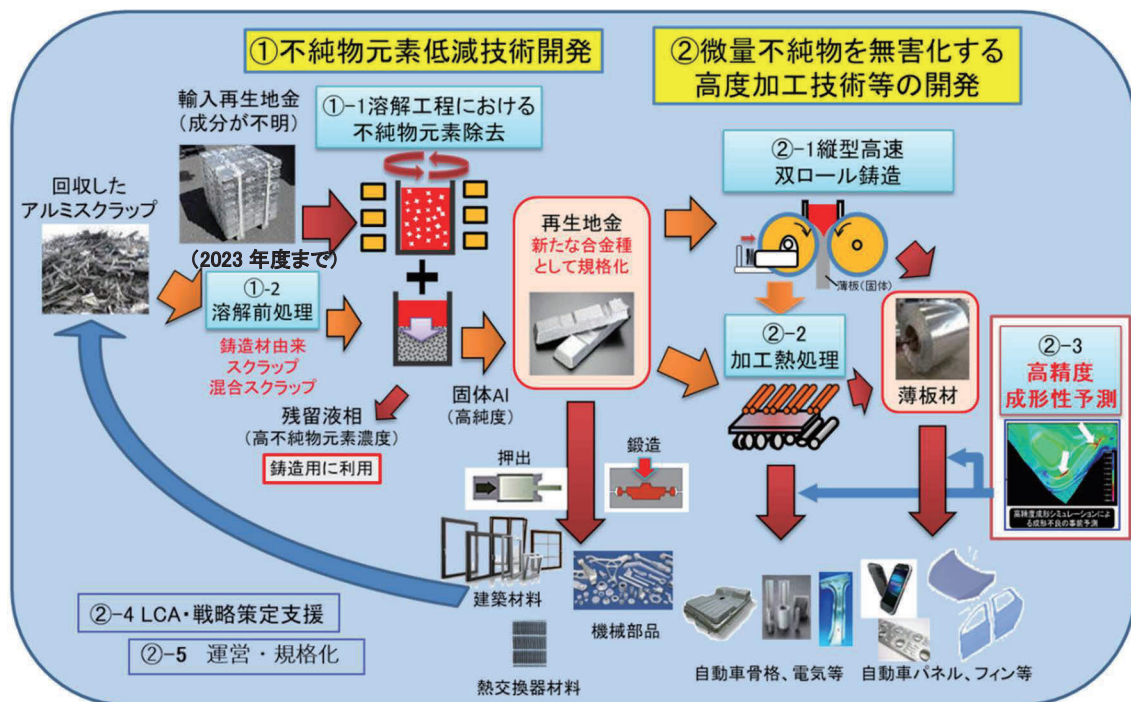
アルミニウム資源循環を通じた脱炭素社会の実現に貢献

- ・ **リサイクル性に優れる**アルミニウムの利用拡大により**資源循環型社会の構築に貢献**
- ・ アルミニウムの**資源循環**により輸入地金量を低減し、**炭酸ガス排出を抑制**
- ・ アルミニウムを利用拡大し、その特徴※から**社会全体の炭酸ガス排出抑制に貢献**

※ 軽量性、高比強度、耐食性等によりSDGsが描く環境に優しい経済社会へのソリューションに適した素材

出典：<https://arc.ctg.u-toyama.ac.jp/plantzero/?lang=en>

日本アルミニウム協会は、他業界に先駆けて、2020年9月のアルミニウムVISION 2050にて資源循環への取り組みを公表し、リサイクル性に優れたアルミニウムの特性を最大に活かして、環境負荷を極力低減した素材を提供することで、その展伸材循環使用率を2030年までに30%、2050年までに50%という目標を掲げた。その実現のためには、高度な技術開発が必須である。NEDO事業として、2019年～2021年までの先導研究をさらに進めるべく、2021年8月より5年間の国家プロジェクト「アルミニウム素材の高度資源循環システム構築事業」を次頁に示すように、溶解工程における不純物元素低減技術開発と微量不純物を無害化する高度加工技術等の開発の2つの研究開発項目について推進中である。これにより、今後、アルミニウムの水平リサイクルのみならず、アップグレードリサイクルの実現が期待される。



出典： <https://www.nedo.go.jp/content/100976122.pdf>

(3) 安心・安全快適社会への貢献

「令和6年高齢社会白書」によると、2023年10月1日時点の日本の総人口は1億2,435万人で前年より60万人減り、一方、65歳以上の高齢者人口は3,623万人で総人口に占める割合（高齢化率）29.1%と過去最高となった。また、2070年には人口8,700万人に減少し、65歳以上の人が38.7%（2.6人に1人）に、75歳以上の人25.1%（4人に1人）に達すると予測されている。このような長寿命化による高齢化社会の下では、医療、介護、福祉等への負荷が相当高まるものと予測され、遠隔医療システムや介護福祉ロボットの開発など社会システムもそれに対応して整備されていく必要がある。また、大規模災害が頻発する今日、アルミニウムの軽量化を活かした緊急仮設橋の整備が望まれている。さらに、インフラ老朽化の対策にとって耐食性に優れたアルミニウムの需要拡大も期待されている。アルミニウムは無害・無臭で衛生的であることに加え、アルマイト等の表面処理により抗菌化、抗ウイルス化も可能である。アルミニウムは、これらの優れた特性により、安心安全快適社会へ貢献できる素材といえる。

II-2 日本の科学・技術開発の動き

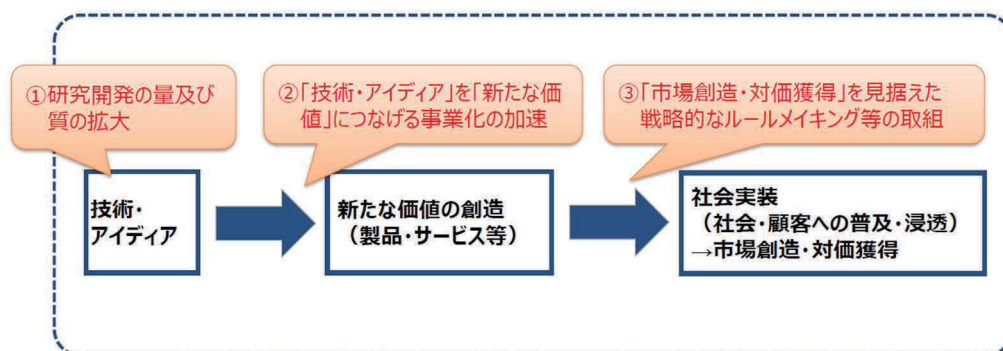
(1) 2021～2025年度第6期科学技術・イノベーション基本計画

科学技術・イノベーション基本計画とは、1995年に制定された科学技術基本法（2021年より科学技術・イノベーション基本法に改正）に基づき、政府が5年ごとに策定する科学技術・イノベーション政策に関する中長期的な方針である。現在の計画は2021年3月に閣議決定されたもので、2021～2025年度を計画期間とする6期目となる。

現在の第6期計画の策定前には基本法が改正され、その対象に「人文社会科学の振興」「イノベーションの創出」が追加された。現計画では、「Society 5.0」の実現に向けた政策の方向性として、「総合知による社会変革」や「知・人への投資」が示されるなど、より社会の変革を目指すことに力点が置かれている。なお、計画で示された中長期的な政策の方向性に、国内外の情勢変化や各取組みの進捗状況などを反映させた年次の実行計画として、「統合イノベーション戦略」が毎年策定されている。その統合イノベーション戦略2022～2024では、「官民連携による分野別戦略の推進」におけるマテリアルの今後の取組方針において、アルミスクラップをアップグレードする基盤技術開発等の継続支援が明記されており、国内資源としてのアルミスクラップを展伸材にリサイクルすることが、国の重要課題として位置づけられている。

（２）経済産業省の科学技術・イノベーション推進の取組

経済産業省は、2024年4月、イノベーション循環の実現に向けた政策の方向性を公表した。そのなかで、日本経済の継続的成長のためには、下図のように、量と質の高い研究開発投資等を通じて、①新たな「技術・アイデア」を生み、②その事業化による「新たな価値の創造」を通じて、これを③「社会実装して市場創造・対価獲得することで実現したイノベーションの成功モデルが次なるイノベーションを生むことが重要との方向性を示した。そして、世界でのイノベーション競争に勝つための投資を今できるかどうか、将来の日本のあり方を決し、GXや経済安全保障など、狭義の経済合理性や企業目線の時間軸を超えた評価軸に基づいて、国として必要な投資を促進する必要があるとした。重要な基盤マテリアルを担うアルミニウム産業も、国の投資を視野に入れてイノベーションを推進する必要がある。



出典：

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/innovation/pdf/003_03_00.pdf

Ⅲ. アルミニウム技術戦略のシナリオ

数多く存在する物質の中で、実際に利用されるものが材料であり、「使われてこそ材料」が本質である。そこでマーケットイン志向から、未来の想定のために、ユーザー業界ヒアリングを実行して、市場の潜在的なニーズ動向を把握し、技術戦略のシナリオ化することでアルミニウム新用途・新技術探索に反映することとした。

Ⅲ-1 市場の動向・マーケティング

アルミニウムの主要需要分野

分野	現在市場規模 (兆円/年)	将来性 ¹²⁾	期待用途
自動車	66.4 ¹⁾	↑	車体(パネル、骨格、足回り)、熱交、電池
住宅・土木、建築	70.3 ²⁾	→	橋梁材料、道路資材(自動運転普及下の歩車分離)
家電	6.9 ³⁾	→	空調機器(オールアルミ熱交)
エネルギー	108.9 ⁴⁾	↑	再生可能エネルギー、水素エネルギー、燃料電池、蓄電池
ロボット	2.47 ⁵⁾	↗	軽量構造部材、冷却システム、航空宇宙ロボット
食	96.1 ⁶⁾	→	飲料缶、飲料カップ、野菜工場
半導体	6.2 ⁷⁾	↗	半導体素子、集積回路、筐体
情報通信	114.9 ⁸⁾	↗	通信ケーブル、冷却システム、中継基地
医療、介護	101.3 ⁹⁾	↑	CT、MRI、軽量高強度介護器具、PTP
航空宇宙	2.2 ¹⁰⁾	↗	構造部材、宇宙ステーション
鉄道	0.3 ¹¹⁾	→	車両

- 1) 自動車・同附属品製造業・2021年度売上高(2022年経済 構造実態調査二次集計結果 総務省)
- 2) 令和5年度建設投資見通し(国土交通省)
- 3) 2023年家電・IT市場動向(GfKジャパン)
- 4) 2023年度国内環境産業市場規模(環境省)
- 5) 2022年度の推定値(産業用ロボット市場規模、シェア、成長レポート【2030年】(fortunebusinessinsights.com))
- 6) 令和4年食品産業の国内生産額(農林水産業)
- 7) 調査統計ガイドブック 2023-2024 半導体(電子情報技術産業協会)
- 8) 2022年度の推定値(産業用ロボット市場規模、シェア、成長レポート【2030年】(fortunebusinessinsights.com))
- 9) 高齢者向け市場2025年推計(みずほコーポレート銀行産業調査部)
- 10) 航空宇宙産業データベース 令和3年8月(日本航空宇宙工業会)
- 11) 令和4年度車両生産金額(日本鉄道車輛工業会)
- 12) 

(1) 自動車の未来

近年、地球温暖化の影響とみられる異常気象が世界各地で観測されており、その原因とされる温室効果ガスの削減は大きな課題となっている。各国で温室効果ガスの削減目標が定められ、それを達成させる為の法律や規制が整備されていく中、CO₂を多く排出する自動車産業にもこれまで以上の削減が求められている。

自動車のCO₂排出は、大きくは製造時（素材、部品製造含む）と走行時に分けられるが、走行時のCO₂排出量を大幅に削減できるとして電動車（HEV：Hybrid EV、PHEV：Plug-in Hybrid EV、BEV：Battery EV、FCEV：Fuel Cell EV）が普及してきた。中でも近年は欧米、中国を中心としてBEV化への動きが加速しており、特に米国や中国の新興BEV専業メーカーなどは既存の自動車メーカー以上に大きく販売台数を伸ばしている。日本でも各自動車メーカーが2025年以降でのBEVの市場への投入計画を発表しており、自動車産業全体として大きな転換期を迎えている。

また、CO₂削減と併せて、安全性能に対する要求も更に高まっていくため、搭乗者、歩行者に対する衝突安全性能や、自動運転化技術の開発が進み、自動車の構造も大きく変わっていくものと予想される。そういった中では、大型アルミダイキャスト（ギガキャスト）部品のBEVへの適用が進んできており、車体構造の大きな変化として今後の動向が注目される場所である。

BEVは多くのバッテリーを搭載することで一回の充電による走行距離を延ばすが、重量増加がネックとなるため、先進リチウムイオン電池や全固体電池の適用、モーターのエネルギー変換効率増大などにより、電池搭載数を削減し軽量化が進むものとみられる。また、水素活用技術が進むことで、水素燃料電池車（FCEV）や水素エンジン車などの開発も進むものとみられる。

BEVは前述の通り、電池の技術革新により軽量にはなっていくものの、それでもガソリン車に比べ車両重量が重くなることが想定され、車体の軽量化は必要となる。BEVには軽量素材としてアルミニウム素材が多く採用されてきているが、アルミニウムはボーキサイトから新地金を製造する際に多くの電力を使用するため、鋼材に対しCO₂排出量が多い金属であることが知られている。一方でアルミニウムは、アルミ缶の例にあるようにリサイクルしやすい金属としても知られており、使い方次第では環境に優しい金属であるとも言える。先にも述べたBEV化を中心とした自動車産業全体の大きな転換期を迎える中で、更にアルミニウム素材の採用を拡大させるためには、軽量であるという特徴はもちろんのこと、CO₂排出量を削減することが可能である環境に優しい素材であることをアピールしていく必要がある。

(2) 建築・住宅の未来

世界に目を向けると、持続可能な開発目標「SDGs」の実現に向け、脱炭素化やサーキュラーエコノミー、いわゆる循環経済の推進が活発化してきている。一方、人口減少が進む国内では、この潮流に加え、東京一極集中を緩和し、個性豊かな地域生活圏を形成した上で、デジタルを最大限活用して連携する、シームレスな拠点連結型国土の形成が提唱されている。

そんな中、建築業界では、立地選定から設計、建設、運用、保守、改修、解体といったライフサイクル全体を通じて資源効率が良く環境的および社会的な責任を踏まえた、健康で豊かな

ビルト・エンバイロメント（建築や地域コミュニティ）と、それを構築し運用するグリーンビルディングへの取り組みが注目されている。

環境的責任においては、ゼロエネルギー住宅（ZEH）や、ゼロエネルギービル（ZEB）など、省エネ基準適合義務化による、建築物使用時の規制強化だけではなく、欧州を中心に展開されている、建設から解体まで、建築物のライフサイクル全体を通じたCO₂削減が必要となり、国内でも良質な建築ストックの有効活用や、建築資材のリサイクル、リユースのサーキュラーエコノミー関連の取り組み、例えば、解体容易性に配慮した環境設計、建築資材の利用履歴のデータベース化を促進する仕組みづくりが求められる。

社会的責任においては、デジタルトランスフォーメーション（DX）による省人化・効率化への取り組みとして、ゼネコンを中心に進められているクラウド環境でのBIM（Building Information Modeling）連携への対応や、建設トレーサビリティ取得の自動化などが求められる。

このような状況下で、アルミ建築に対しては、耐候性等高機能・高性能なアルミ材料での適材適所によるマルチマテリアル活用をベースに、建設工程におけるデジタル化対応や、標準化されたアルミニウム型材の開発・設計・提供体制の整備に加え、使用済み建築材の高いリユース、およびリサイクル性の高さを活かした、使用履歴把握や分別回収可能なグリーン建築材料としての循環運用の仕組み作りにより、グリーン建築材料資源循環型素材としての地位確立が期待されている。

多様で豊かな暮らしが求められている中で、将来世代にわたって持続可能な環境と生活の質の向上の実現に寄与すべく、常に新たな成長機会を求め、ニーズとシーズを繋ぐマッチング活動の基盤を強化するなど、時代の潮流を捉えたアルミ構造事業モデルの創出が望まれる。

（３） 土木製品・土木構造物の未来

アルミニウムは軽量であり、耐食性に優れているため、土木製品・構造物にはこれらの特性を生かして活用されている。軽量であることは耐震性の向上や移送の利便性を高め、防災対策に有利である。また、腐食しにくい特性はメンテナンス費用を削減し、ライフサイクルコストの低減につながる。これまで、アルミニウムの使用は、防護柵、高欄、水門、橋梁検査車などに広がっている。特に、防災・減災への関心の高まりから、アルミニウム製品の需要が増加することが期待される。

ただし、アルミニウムの初期コストが高いことや設計基準の整備が不十分な点が課題として挙げられている。そのため、これらの課題を克服するために、設計基準の策定や技術開発が進められている。例えば、「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針（案）」の完成や、最近では、「橋梁用アルミ合金製検査路」など新製品の規格策定が進んでいる。具体的事例として、１９６１年に建設された「金慶橋」は、日本初のアルミニウム橋梁としてその耐久性が評価されている。また、近年では津波被害の対策として、緊急仮設橋などでアルミニウム合金製床版が採用されている。アルミニウム合金製床版の使用は、施工日数の短縮、高耐食性によるメンテナンス費用の削減、ライフサイクルコストの低減など、多くの利点がある。例えば、紀伊半島の国道４２号の橋梁には、７２時間以内に設置可能な緊急仮設橋が必要とされており、アルミニウム合金製床版が採用されている。この床版は、鋼製覆工板と比較して５０％以上の軽量

化を実現しており、大災害時の救命・救援活動において重要な役割を果たしている。このような事例は、アルミニウムの利点を実証し、利用拡大に寄与している。

2050年に向けて、自動運転の普及により道路の形態が変わる可能性があることが示唆されている。これに伴い、安全性を高めるための新しい土木製品の需要が見込まれる。特に車両用防護柵の需要が増加し、アルミニウムの活用が期待される。さらに、環境負荷の低減が求められる中で、アルミニウムの高いリサイクル性も注目されている。アルミニウムはリサイクル率が高く、使用済み製品から新たな製品への再生が容易である。このため、資源の有効活用や環境保護の観点からも、アルミニウムの利用拡大が期待される。土木分野におけるアルミニウムの使用はまだ発展途上にあるが、その軽量性、耐食性、高いリサイクル性などの特長を生かすことで、社会資本整備に大いに貢献できる。今後も設計基準の整備や技術革新を通じて、アルミニウム製品の普及促進が進められることが期待される。

(4) 家電の未来

日本の家電メーカーは、かつては国内および海外の市場において、大きな販売シェアを有していたが、近年は、中国・韓国メーカー等の後塵を踏んでいる。中国メーカーは、2000年代以降力をつけ急速に存在感を増した。三洋電機の白物家電事業はパナソニックに買収（2009年）された後、海爾集団（ハイアール）に売却（2012年）され、東芝の白物家電事業も美的集団（マイディア）に（2016年）、テレビ事業は海信集団（ハイセンス）に（2018年）売却され、また、シャープは鴻海精密工業の傘下（2016年）となった。

劣勢の日系メーカーであるが、国内市場での人気は依然として高い。代表的な白物家電（洗濯機、冷蔵庫、エアコン、テレビ）の日系メーカーの国内シェアは、いずれの品目においても合計で7割以上のシェアを有している（2018年）。しかし、世界に目を向けると日系企業の存在感はなく、いずれの品目でも中国・韓国メーカーが5割以上のシェアを占めている。

海外市場における日系企業のシェアが低下した要因としては、東日本大震災後のエネルギーコストの急激な上昇などの外的要因に加え、事業の選択と集中、デジタル化・モジュール化、付加価値戦略、新興国市場への展開、イノベーションの面での変化への対応の遅れも要因と言われている。

現在、日系メーカーが高いシェアを維持している国内市場も、今後人口減少に伴う縮小が進む。日本の家電産業もグローバル展開が避けられず、そこでは中国家電メーカーとの厳しい競争が待っている。

アルミニウムに目を向けると国内家電向け展伸材の2023年度出荷量は、若干増えて、約4.6万トンとなった。その内、板材出荷量は4.0万トンで、約8割が熱交換器用フィン材で占められている。優れた熱伝導性を有するアルミニウム材料は、熱交換器やヒートシンク等とともに、廃熱のこもりを防ぐために電気・電子機器の支持体や筐体として幅広く活用されている。家電のさらなる高機能化やコンパクト化を図る上でも、アルミニウム材料には熱伝導性の向上が今後も求められるものと考えられる。

(5) エネルギーの未来

エネルギーにおいては、需給構造と気候変動への対応という大きく二つの問題がある。前者については、デジタルトランスフォーメーション（DX）、デジタル化の進展により電力需要は拡大している。一方で、ウクライナ・中東情勢の緊迫でエネルギー供給に懸念が高まっている。GDPの2割以上を占めるものづくり産業の発展のためにも、安価なエネルギーを安定して供給することは重要である。

後者の気候変動への対応については、2015年COP21のパリ協定採択以降、各国とも温室効果ガス排出量削減が進められている。2023年の日本の平均気温は、1898年の統計開始以降、最も高い値となった。わが国でも2030年に2013年対比46%減、2050年カーボンニュートラルを目標に掲げ、再生可能エネルギーの開発・導入を推進している。

電力需要を賄う電源構成としては、太陽光をはじめ洋上風力発電などの再生可能エネルギーの比率を36～38%にまで引き上げることを目指している。現在の主力電源である火力発電はCO₂を排出しないCCUS（CO₂回収・再利用・貯蔵）技術と併用した上で、原子力発電を合わせて、比率としてはおよそ60%程度を目指すとしている。

新エネルギーの中で特に注目されるのは水素・アンモニアである。経済産業省では2023年6月に「水素基本戦略」を取りまとめた。燃料電池による発電や、燃料として水素発電に用いられ電力需要の一部を賄うだけでなく、回収したCO₂との組み合わせで、メタンほか炭化水素を合成しこれをCO₂フリーの燃料として「熱需要」を賄う構想もある。Hydrogen Councilの推計によると2050年における水素エネルギーのシェアは15%超にもなるとされており、水素の存在感は今後非常に大きくなると予測される。

水素の運搬には、液化して大量に海上輸送することが考えられている。アルミニウムはLNG輸送船のタンクに使用されており、水素運搬船においても採用を期待したい。また、水素の陸上輸送やステーションでの貯蔵の際に用いられる圧力容器にも、ライナー材としてアルミニウム合金が採用されている。エネルギー分野の変革とともにアルミニウムの需要拡大が期待される。

また、アルミニウムはリサイクルすることにより製造に要するエネルギーを大幅に削減することができる。アルミニウム資源循環はエネルギー分野でも大きな貢献が期待される。

(6) ロボットの未来

ロボット市場は拡大を続けている。既に市場が形成されている製造業分野の成長に加え、サービス分野、農林水産分野などの新たな分野へのロボットの普及により、2020年2.9兆円から2035年9.7兆円への市場拡大が見込まれている。

世界における産業用ロボットの年間設置台数は、2010～2019年の間に3倍以上を増えて38万台に達し、2022年には約55万台に達し、過去最高を記録した。今後も年平均7%の成長が見込まれ、2026年には約72万台に達する見通し。アジアは産業用ロボット最大の市場であり、2022年には世界の設置台数の73%を占めている。日本においても2022年度の産業用ロボットの稼働台数は約41万台であり、2012年の約28万台から約1.5倍と伸びている。現在は製造分野、中でも電気・電子産業、自動車産業、金属・機械産業が導入の中心となっている。

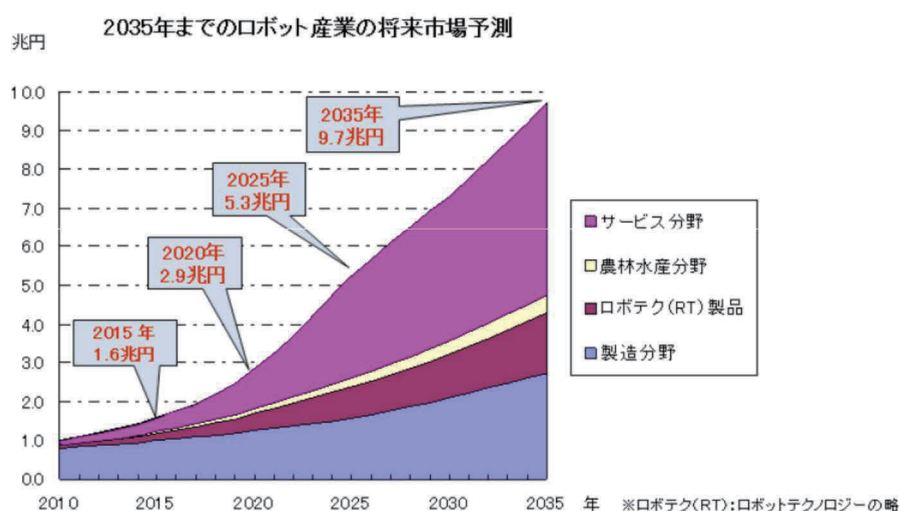
製造分野においては、人工知能ソフトウェアと各種センシングシステムを併用することで、適用作業範囲の拡大が見込まれている。デジタルトランスフォーメーションの進展とともに、食品・飲料、繊維、木製品、プラスチック産業へも拡大している。また少子高齢化・労働力不足を背景に中小企業での導入が進んでいる。利用分野としても従来の製造分野に加えて、物流、介護・福祉、清掃、移動支援、インフラ検査作業などのサービス分野や、農林水産分野への拡大が期待されている。

また、2023年5月に日本ロボット工業会が策定した「ロボット産業ビジョン2050 (https://www.jara.jp/publications/img/vision/visionver0_booklet.pdf)」では、2050年を見据えたロボット産業の未来像が描かれている。このビジョンは、平時と非常時の両方における社会の理想像と、それを実現するためのロボットの役割を示している。具体的には、ロボット技術の進化により、産業の高度化や社会福祉の向上が期待されている。例えば、医療や介護、災害対応などの分野でロボットが活躍し、人々の生活を支えることが目指されている。

課題としては、ハードウェアの面ではボルトレス、ケーブルレスなど構造の簡素化が求められている。アルミニウムは軽量かつ高強度・高剛性で、高い寸法精度での加工も可能なため、ロボットアームや構造フレーム用材料やエンドエフェクター（ロボットの手先部分）としてさまざまな部品へ採用されている。近年はロボット稼働時のCO₂削減のために軽量化が求められており、構造材料としてのアルミニウム合金の更なる適用拡大が見込まれる。またコンパクト化に伴い電装系からの放熱も問題となっており、熱設計の分野においてもヒートシンク、ヒートパイプ用材料などの冷却システムや、高温環境に耐える特性を持つので、航空宇宙分野のロボットのエンジンや主要構成部材への期待が大きい。

2035年に向けたロボット産業の将来市場予測 ①

- 今後のロボットの普及を加味したロボットの将来市場予測は、
2015年1.6兆円、2020年2.9兆円、2025年5.3兆円、2035年9.7兆円



製造業を始めとした現在市場が形成されている分野の成長に加え、サービス分野を始めとした新たな分野へのロボットの普及により、2035年に9.7兆円まで市場拡大し得る。

出典：<https://www.nedo.go.jp/content/100080673.pdf>

(7) 容器・食の未来

今後のアルミ缶の需要動向推測はアルミニウムVISION2050に示されており、2020年の約40万トンから2050年は20万トン増加し約60万トンと推測されている。飲料容器は、脱プラやりサイクル性の観点からアルミ缶の優位性の認識はさらに高まり、アルミ缶率は徐々に上昇すると考えられる。特に海外では海洋プラスチックごみ問題により、アルミ缶への転換が進んでおり、グローバルではアルミ容器の需要はさらなる増加が見込まれる。

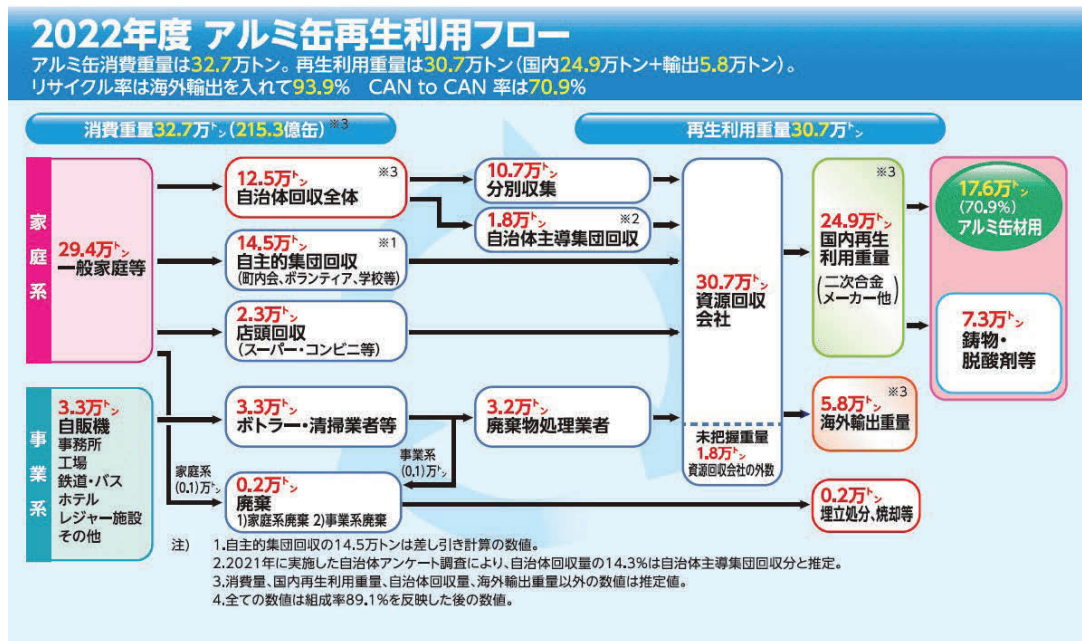
2023年の国内のアルミ缶リサイクル率は97.5%であり、100%ではないものの現実的な観点からはすでに完全リサイクルに近い状態となっている。一方で、CANtōCAN率は現在約70%であり、使用済みアルミ缶年間33万トンのうち17.6万トンが缶材にリサイクルされ、約7万トンは鋳物など、約6万トンは海外輸出されているのが現状である。PETボトルについては国内の各飲料メーカーがリサイクルを進めており2050年にはPETtōPET率50%を掲げている飲料メーカーもある。

また、近年は使用済みアルミ缶やアルミ缶製造過程で発生したスクラップ等を配合し、リサイクルアルミ100%で製造されたアルミ缶やアルミボトル缶も実用化されている。現在、アルミ缶の蓋と缶胴は異なる合金が使用されているが同一材質化や蓋も缶胴同様にリサイクル材を適用するニーズも高まっていくと考えられる。さらなるCANtōCAN率の向上のためにはリサイクル材を多用するための缶材合金成分の拡大やそれに伴う成形技術の向上が必要と思われる。

缶以外の容器としては使い捨てプラカップのアルミ化も進んでおり、日本でもスポーツイベントなどで利用が進んでいる。

国内飲料メーカーがPETtōPETリサイクルを強力に推進している中で、アルミ缶はすでに使用済みアルミ缶回収の社会システムが確立されており、CANtōCANの水平リサイクルによりCO₂排出量の削減に多大な貢献を果たしている。また、世界では脱プラの観点からアルミ容器のニーズが高まっており、CO₂排出量だけでなく、海洋汚染問題に対するアルミ缶の有用性をアルミニウム業界として示していく事が重要である。

食に関しては、昨今の異常気象、台風による農作物への被害、農業従事者の減少、農作物の効率的生産、農薬使用量の低減、安全性などから、今後の農業はICTを活用した効率的な農作物の生産や病害虫の影響が少ないLED光源を使用した野菜工場などが拡大していくと予想される。農業分野におけるアルミニウム材料は効率的生産のための農業機器や資材、ドローン、ICTデバイス、野菜工場における棚、架台などに使用され、食の未来の一端を担っていく。

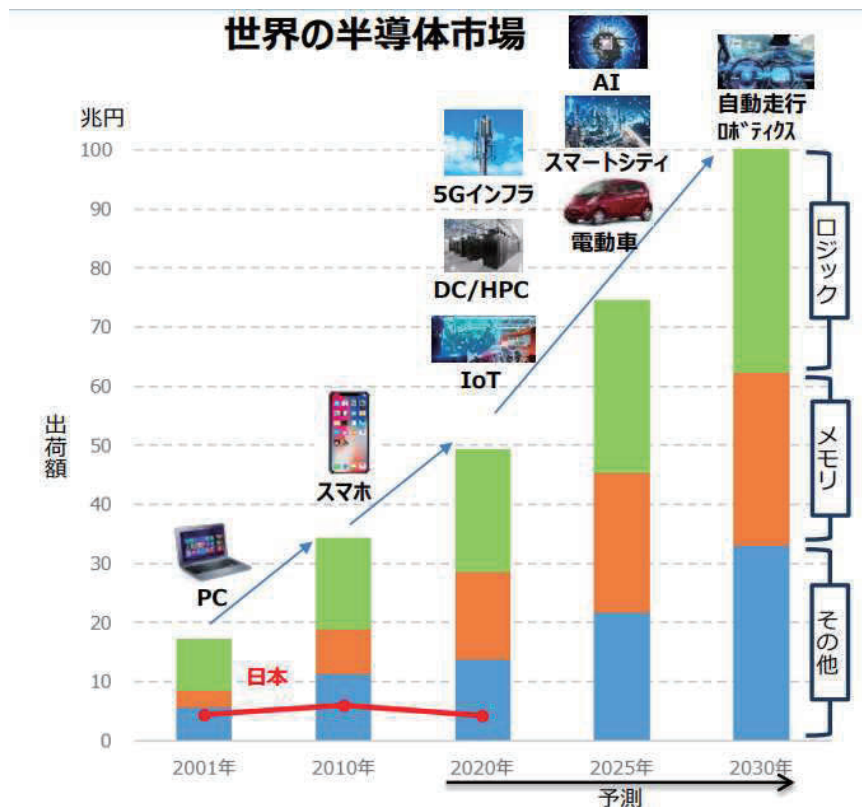


出典：<https://www.alumi-can.or.jp/pages/96/>

(8) 半導体の未来

半導体は5G、デジタルトランスフォーメーション(DX)、ICT、デジタル社会を支える基盤技術である。日本の半導体産業はかつて世界シェアの50%以上を占めていたが、近年は10%程度にまで低下している。しかし足元では、経済安全保障の観点から政府による半導体産業への支援が活発化しており、国内で複数の半導体工場の建設が進んでいる。日本の製造装置、素材産業の強み、デジタル投資促進をテコに、海外の先端半導体デバイスメーカーとの共同開発が推進されていく。さらに、先端ロジック半導体の量産化に向けた半導体製造拠点の新設により、半導体製造プロセスにおける前工程での微細化、後工程での実装3Dパッケージで日本の製造装置・素材産業、産総研などと連携した技術開発が推進されていくと考えられる。半導体の市場規模は2030年には100兆円となり、現在の約2倍になると予測されている。

半導体分野においてアルミニウム材料はクリーンな環境を維持する表面処理などが施されて半導体製造設備の筐体などに使用されている。また、優れた伝熱性能を有していることからパワー半導体などのヒートシンク用部材としても活用が進んでいる。このようにアルミニウム材料はその優れた特性により、半導体業界の成長の一端を担っていくものと考えられる。



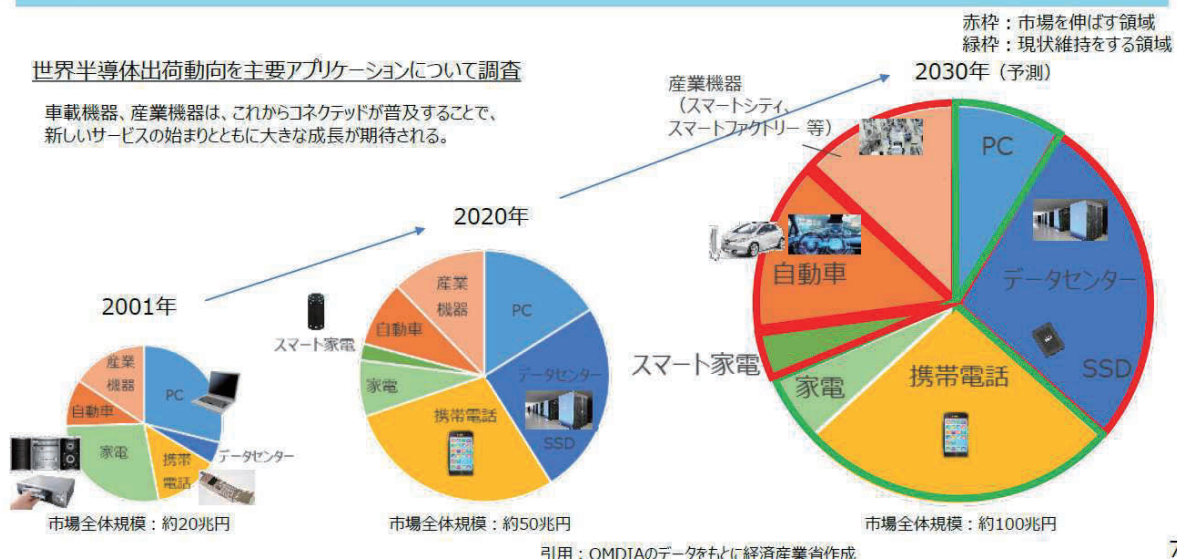
出典: https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0004/03.pdf

(1) 半導体市場の主要アプリケーション別成長

- 2000年頃の半導体市場は、パソコンや家電向けが中心。
- 今後は、データセンターに加えて、車載（自動運転・電動車）・産機（IoT・ロボティクス）、スマート家電等のエッジデバイスが市場の拡大を牽引していく予測であり、こうした成長市場におけるシェアを伸ばすことが重要。

世界半導体出荷動向を主要アプリケーションについて調査

車載機器、産業機器は、これからコネクテッドが普及することで、新しいサービスの始まりとともに大きな成長が期待される。



引用：OMDIAのデータをもとに経済産業省作成

7

出典: https://www.meti.go.jp/policy/mono_info_service/joho/conference/semicon_digital/0004/03.pdf

(9) 情報通信の未来

2020年よりサービスが開始された5Gは、従来に比べ飛躍的に高速大容量かつ低遅延で、同時多接続可能な通信を社会にもたらしている。2024年には、5Gのエリアがさらに拡大し、特に都市部でのカバー率が大幅に向上している。その特徴を活かして、スマート工場、スマートシティ、物流自動化、遠隔医療、ロボットや建設機械の遠隔操作、エンターテインメントを始めとしたあらゆる分野への活用と新たなビジネス創出の取り組みが進められています。また、5Gスタンドアローン（SA）の導入が進み、より安定した通信環境が提供されている。

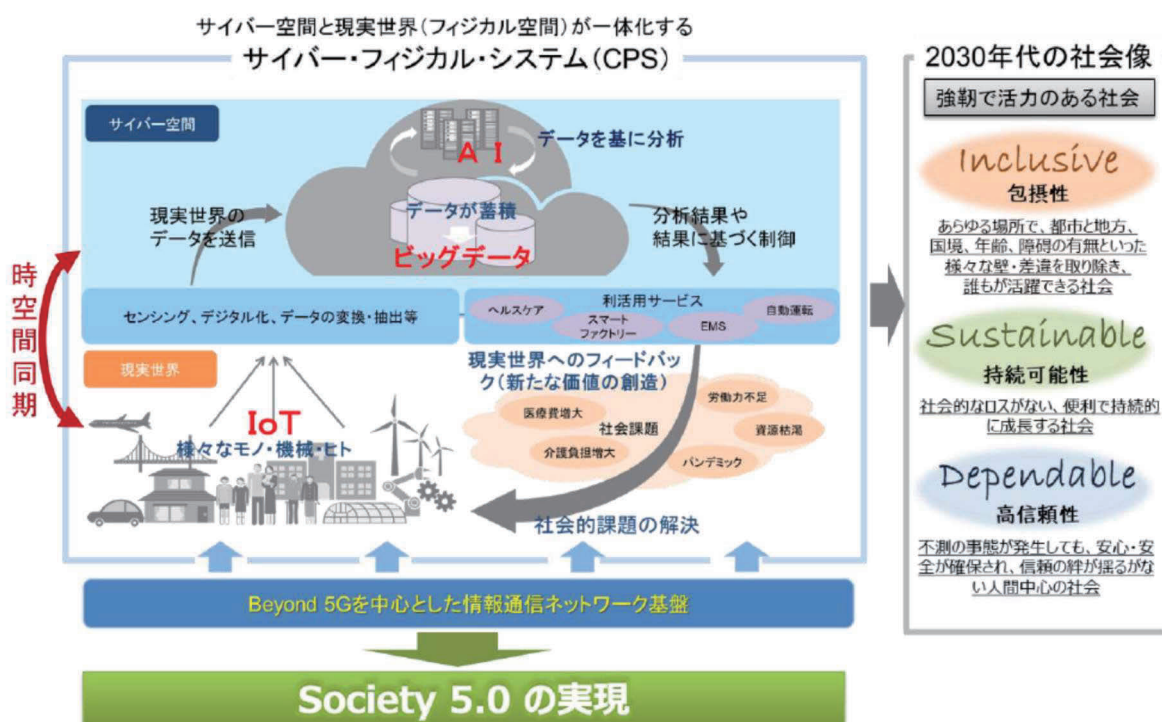
さらにその次世代である6Gは、サイバー空間を現実世界と一体化させ、Society 5.0のバックボーンとして中核的な機能を担うことが期待されている。6Gの標準化スケジュールは2024年に確定し、技術開発が加速している。アクセス通信速度と同時接続数は5Gの10倍、コア通信速度は100倍が目標とされており、ピークデータレートは100Gbpsに達し、遅延は0.1ミリ秒に短縮される見込み。6Gは、通信、感知、コンピューティング、インテリジェンスが深く融合し、宇宙・空・地上一体化によって全域をカバーする次世代移動情報ネットワークとして期待されている。

超多接続が可能となることから、ありとあらゆる場所にセンシングデバイスを設置し、同時接続することが可能となる。このことからスマートフォン、タブレットなどの従来端末だけでなく、様々なデバイスが出現するものと考えられる。さらに災害に対するレジリエンス向上や地上インフラ整備コスト削減の観点から、衛星コンステレーションを活用した通信事業計画も発表されている。例えば、中国の企業は10,000基の衛星を含むコンステレーション計画を発表しており、これにより地球全域での通信カバーが可能となる。これらの新たなニーズの出現により、将来的なアルミニウム合金需要の拡大が期待されています。

情報通信の分野で、アルミニウム合金は、軽量性と高い導電性から通信ケーブルに、軽量性や耐久性、デザイン性から筐体とフレームに、軽量性と耐食性からアンテナ、として利用されている。今後、データ処理速度の高速化にともなって電子基板の熱マネジメントの重要性がさらに高まり、冷却システム用として、放熱部品向けにアルミヒートシンク、筐体部品向けにアルミダイカスト、の需要増加が期待される。ストレージの分野では、データセンターでは引き続きアルミニウム基板を使用したハードディスクドライブが使用されると見られる。記憶容量増加のため基板搭載枚数が増加する傾向にあり、高強度アルミニウム合金基板への期待が大きい。

「Beyond 5G推進戦略 ―6Gへのロードマップ―」の公表

(図表1：サイバー・フィジカル・システムの進展と2030年代の社会像)



出典：https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban09_02000364.html

(10) 医療・介護の未来

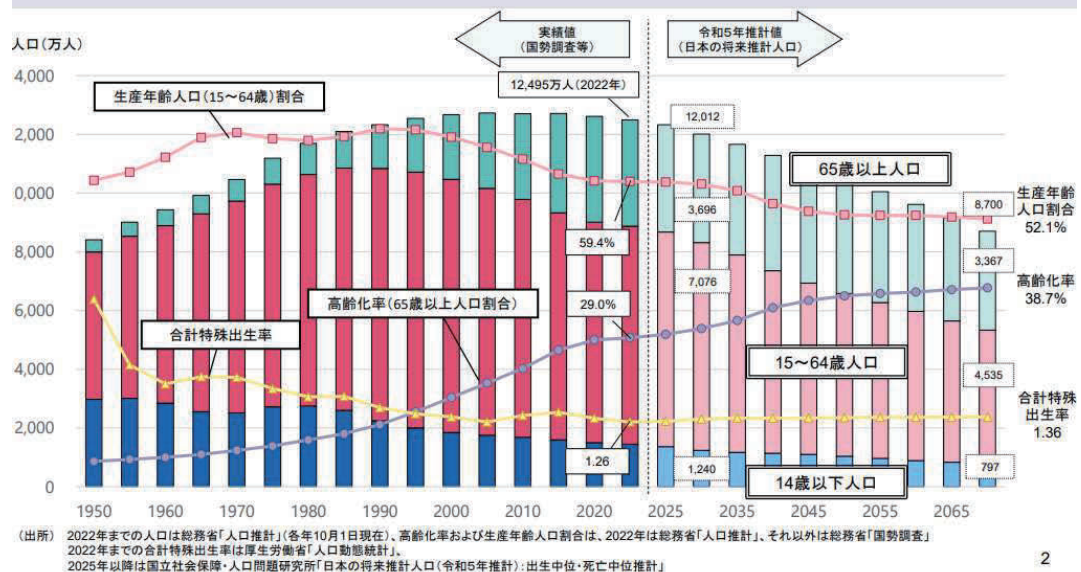
日本の人口推移（厚労省統計）によると、今後も65歳以上の人口の割合、すなわち高齢化率が年々上昇していくと推測されている。さらに2025年以降は15～64歳の生産年齢人口の急激な減少が見込まれている。高齢者の数は大きく増加しないが、医療や介護費用は今後も増大が進んでいくため、医療や介護についてどのような改革を行っていくかが重要になってくる。

1つは健康寿命の延伸により働ける高齢者も増加しているという事実もあり、健やかな生活習慣の形成、疾病予防、重症化予防、介護予防、認知症予防により医療費の削減と労働力の確保が図れる。もう1つは、より少ない人手でも回る医療福祉の現場を実現することであり、医療や介護分野の生産性を高めることが必須と考えられる。

そのためには、ロボット、ICT等の実用化促進、データヘルス改革による生産性の向上が必要となる。アルミニウム材料は健康増進器具、介護器具、ロボット、パワースーツ、ICTデバイスへの活用が期待される。また、アルミニウムは非磁性体であるためMRI (Magnetic Resonance Imaging; 磁気共鳴画像) などの医療機器や医薬品包装材などにも拡大しており、医療介護の未来の一端を担っていくものと考えられる。

日本の人口の推移

日本の人口は近年減少局面を迎えている。2070年には総人口が9,000万人を割り込み、高齢化率は38%台の水準になると推計されている。



出典：<https://www.mhlw.go.jp/content/11601000/001266340.pdf>

(11) 航空の未来

日本の民間航空機産業は、海外大手完成機メーカー（OEM）との複数の大型旅客機機体やエンジンの国際共同開発を軸に着実に成長を続けている。2020年のコロナ禍による航空旅客輸送需要の激減、さらに2022年のロシアのウクライナ侵攻を契機とした世界的サプライチェーンの混乱等により世界の航空機の製造や開発に大きな遅滞が生じた。しかし、既に回復基調にある2023年度の国内航空機生産額は前年度比19.7%増の1.69兆円となり、受注額も2兆円を超えて過去最高レベルに達した。これまでの最高額を記録したコロナ禍前の2019年度の国内航空機産業生産額を直近、超えることが期待されている。具体的には、国際共同開発における日本メーカー比率の高い大型旅客機機体のボーイング787とともに納入予定時期は遅れているが、ボーイング777Xの受注が好調であり、エアバスA320neo用エンジンであるPW110G-JMについても増産を行っている状況にある。また米国で生産されている小型ビジネスジェット機ホンダジェットは、新型機へ引き継がれながら順調に受注している。一方、日本にとって40年ぶりとなる国産旅客機三菱スペースジェットの開発は、事業性が見込めないことから、残念ながら2023年2月に中止が発表された。

2024年経済産業省産業構造審議会の航空機産業小委員会では、今回の国産旅客機開発が種々の要因が複合的に作用し、中止に至ったと分析するとともに、航空機開発では政府がより前に出る支援の枠組みが必要との認識が示された。さらに、国内航空産業の現状の課題を鑑み、今後大きく成長させるためには、完成機事業の創出を引き続き目標として掲げ、主体的に付加価値を取りに行くことのできる産業構造へ変革することが求められるとした。これを受けて経済産業省は、2035年以降の事業化をめどに次世代の旅客機を開発する案を含む「航空機産業戦略」を新たに公表した。今後10年間で、官民合わせて5兆円の投資を掲げ、様々な分野

の技術の結集を図ることになる。また物の輸送あるいは人の移動の新たな手段として、ドローンの活用が検討されている。日本でも、経済産業省／国土交通省の声掛けで「空の移動革命に向けた官民協議会」が設立された。ここでは、ドローンによる物の輸送の実用化とともに、2020年代には地方で、2030年代には都市部でも人の移動手段として空飛ぶクルマの実用化を目指すロードマップが示されている。2025年に開催される大阪・関西博覧会の会場内ポートを利用したデモ飛行が計画されており、今後インフラや法制度の整備とともに普及が進むものと思われる。

一方日本の防衛機の分野では、国産の大型戦術輸送機C-2のメンテナンス需要や新たな配備のための生産需要が継続している。また現戦闘機F-2が退役を迎える2035年に、後継戦闘機として配備が期待される次世代戦闘機については、2022年に日英伊の国際共同開発で行うことが決まり、開発を進めるグローバル戦闘航空プログラム（GCAP）政府間機関の設立に関する条約が締結され、さらに対象となる戦闘機の第三国への輸出についても協議が進められている。

現在、世界の航空産業においても喫緊の課題の一つとして気候変動の対策がある。国連の機関である国際民間航空機関（ICAO）が、国際航空需要が今後も伸び続ける状況を踏まえた上で、2020年以降、温室効果ガス総排出量を増加させないとするカーボンオフセット制度（CORSIA）の推進を取り決めた。さらに 世界の航空交通量の82%を占める航空会社が加盟する国際航空運送協会（IATA）では、2050年までに排出量を実質ゼロ化する目標を打ち出している。この目標の達成のための前提として、従来から進められているエンジンの効率や機体の空力特性のさらなる向上、機体の軽量化とともに、CO₂排出量取引等の市場メカニズムの活用やバイオマス燃料等の持続可能な代替燃料への転換が想定されている。もともと航空機では運動性能や燃費向上のため軽量化が求められ、軽量効果に優れた高強度アルミニウム合金材料が使用されている。既存の大型民間航空機の機体の約7、8割をアルミニウム材料が占めている。また最新鋭の中、小型の旅客機の主翼にも実績のあるアルミニウム材料が採用されることが多い。しかし温室効果ガスの排出量削減につながる軽量化の要求は強く、新たな軽量材料の使用も試みられている。最新の大型民間旅客機ボーイング787やエアバスA380では、樹脂複合材の使用比率が高まった。またアルミニウム材料が主体である現行のボーイング777も、777Xへの改良にともなって主翼が樹脂複合材に置き換わることが決まった。

2050年のカーボンニュートラルに向け、コスト増につながる市場メカニズムの活用や代替燃料への転換が必須となるなか、素材置換等による機体の軽量化の要求はさらに強くなるものと想定される。一方、個々の素材の特性向上や生産技術の改良とともに、最適設計による航空機体のマルチマテリアル化の検討も自動車と同様に不可欠と考えられている。そのため航空機分野においても、信頼と実績のあるアルミニウム材料が、今後も主要な役割を担っていくものと思われる。

（１２） 宇宙の未来

宇宙産業は、情報通信を中心とした宇宙利用産業と、衛星やそれを打ち上げるためのロケット、地上管制装置などを製造する宇宙機器産業に大きく分けることができる。2012年以降

コロナ禍の時期を含め、日本の宇宙機器の生産総額は３０００億円規模を維持しているが、２０２２年度は３９８０億円と前年度と比較して１６％増となり、引続きの成長が期待されている。

現在、大型液体燃料ロケットのＨ－ⅡＡと小型固体燃料ロケットのイプシロンが日本の基幹ロケットとして活躍している。民間主導の米国を中心に宇宙輸送システムの国際競争が激化していることから、Ｈ－ⅡＡの後継機としてＨ３ロケット、イプシロンの後継機としてイプシロンＳ、それぞれの開発が進められている。２０２２年度打ち上げられたＨ３ロケット試験機１号機は、第２段エンジンの不着火で失敗に終わったが、原因究明とその対策が施された試験機２号機は２０２３年度打ち上げに成功した。そして２０２４年度の３号機以降、実衛星の軌道上への投入が進められている。一方で、イプシロンＳの開発の方は順調とは言い難い。２０２２年度に打ち上げられた６号機では、第２段モータ燃焼終了時の姿勢制御に失敗した。２０２３年度に行われたイプシロンＳロケット２段モータ地上燃焼試験においては燃焼異常が生じた。２０２４年１１月の試験においても再び爆発を生じたため、計画されていた、イプシロンＳロケット初号機の２０２４年度中の打ち上げは技術的に不可能となった。

２０２３年度にはＨ－ⅡＡロケット４７号機にて打ち上げられた小型無人探査機ＳＬＩＭが、日本初となる月面着陸を成功させた。ここでのピンポイント着陸は、世界初であり、今後進められる月惑星探査においても必要な重要な技術として世界的評価も高い。

今後１０年間の日本の宇宙政策の基本方針を示す宇宙基本計画が２０２０年に引き続き、２０２３年６月に改定された。これを受けて２０３３年度までの宇宙基本計画工程表も示された。地政学的あるいは自然災害等の国内外の安全保障環境が厳しさを増す中、経済・社会の維持発展とともに安全保障上も宇宙システムの重要性が高まっていることを受け、自前の衛星コンステレーションや情報収集衛星等を確保することが目標に挙げられている。さらに宇宙産業を日本の産業の柱の一つとするため、国際競争力強化のための環境を整備すること、月以遠の深宇宙を含めた宇宙探査活動プロジェクトの活発化を受け、国際協力の強化を図ること、また宇宙へのアクセスの必要性が増すことを受けて、官民連携して宇宙輸送能力の向上や低コスト化、さらに宇宙空間の安全の確保を図っていくことなどが目標として挙げられている。宇宙関係の国の予算は、１０年前の３７００億円から、２０２３年度には６０００億円を超えた。今後もこれらの項目の実現に向け、毎年約５０００億円規模の予算が組まれるものと思われる。

宇宙分野を支えるアルミニウム材料は軽量で溶接を含めた加工性や低温特性に優れ、非磁性材料の中で比較的低価格であるため、主要なロケットの接合部材、液体燃料タンクや宇宙ステーションの実験棟などの構造体として使用されている。さらなる熱特性の向上を図ることで、熱環境の厳しい衛星の小型化に、また型材やポーラス材等による衝撃吸収能の向上を図ることで、ＳＬＩＭ等の軟着陸用の脚システム等への適用拡大も期待されている。今後、宇宙輸送システムの再利用化が進むとともに、地球外における活動が活発となり、持続化することが想定されていることから、月の砂（レゴリス）等の地球外資源の利用とともに、リユースや資源循環の観点においてもアルミニウム材料が選択されるような取り組みが望まれる。

(13) 鉄道車両の未来

1962年に山陽電鉄で日本初のアルミニウム合金製車体を採用した車両が導入されて63年が経過し、昨今では国内で毎年製造される車両の50～60%がアルミニウム合金製である。

現在、北海道新幹線の新函館北斗－札幌間の延伸、超電導磁気浮上方式のリニア中央新幹線の東京－名古屋間開業に向けて建設が進められているほか、北陸新幹線の大阪方面への延伸も計画されており、今後も引き続き、在来線を含めてアルミニウム合金製車体の増備、導入が見込まれる。また、海外においても、日本から輸出された高速車両にアルミニウム合金製車体が採用されており、これまで実績のある台湾、英国に続き、今後は米国、インド等多くの国への展開が期待される。

アルミニウム合金製車体は、その軽量性、省メンテナンス性、リサイクル性といったメリットが、すでに鉄道関係者に広く認識されており、近年では、2020年に投入されたN700S系新幹線車両において、役割を終えた車体からリサイクルしたアルミニウム合金による押出材が荷棚材、構体の一部に使用され、水平リサイクルが実現したことが、大きな話題を呼んだ。2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、鉄道車両においても省エネルギー化、脱炭素化がより一層求められており、燃料電池電車、あるいは脱化石燃料（バイオ燃料や水素等）を動力源とする気動車といった車両にも、アルミニウム合金の適用拡大が期待される。今後は車両設計において、これまで認識されてきたアルミニウム合金製車体のメリットの活用をさらに発展させるとともに、アルミニウムスクラップを再生展伸材として利用するアップグレードリサイクルをはじめとした新技術の開発などにも積極的に取り組み、社会の要請に応えていく必要がある。

Ⅲ－２ アルミニウム需要統計

（１） 現状整理

- ① 図１に世界の新地金生産量と日本のアルミニウム総需要の推移を示す。２０２２年度の日本の総需要は３，８５３千トンであり、２０１８年度の４，２８８千トンをピークに減少傾向にある。２０１９年度のコロナ禍での自動車材や建材の需要減による大幅な落ち込みに加え、半導体不足による装置用厚板需要の落ち込みもあり回復は鈍い。しかし、２０２３年度以降は、国内自動車生産の回復による自動車材の大幅増加が期待できる。

世界の新地金生産量はリーマンショックで若干の落ち込みがあったものの、コロナ禍の影響は軽微であり堅調に伸びている。全世界のアルミニウム消費量は今後も増加が予想される。

- ② 図２に日米独中のアルミ消費量推移を示す。国全体の消費量推移をみると、２０００年以降の中国の伸びが際立っている。中国経済成長によるアルミ生産量の著しい伸びが、消費量にも反映されているものと考えられる。一方、人口１人当たりではドイツが２０１０年以降トップであるものの最近やや下降している。日米はコロナ禍の影響から２０２０年はやや落ち込んだが回復傾向にある。中国は２０００年以降著しく増加し、日米独と並ぶ消費量となっている。
- ③ 図３は用途別の需要推移を日米で比較したものである。ともに輸送関係がトップであり、アルミニウムが軽量化に必須の素材であることがわかる。それ以外をみると、日本では第２位の建設関係が不景気のあおりで需要を落としているのに対して、米国では２位の容器・包装関係が堅調である。環境問題でプラスチック容器からアルミ容器へ切り替えてることが要因と考えられる。日本は食料品関係に容器・包装は入っているが、ＰＥＴボトルが清涼飲料中心に旺盛であることからアルミニウムの需要量はそれほど大きくはない。

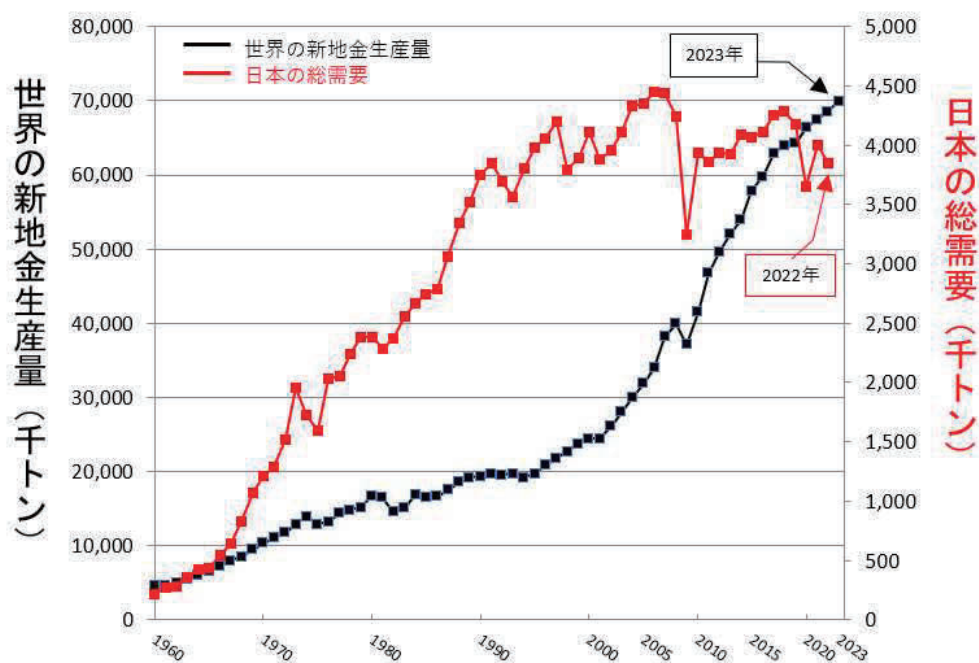
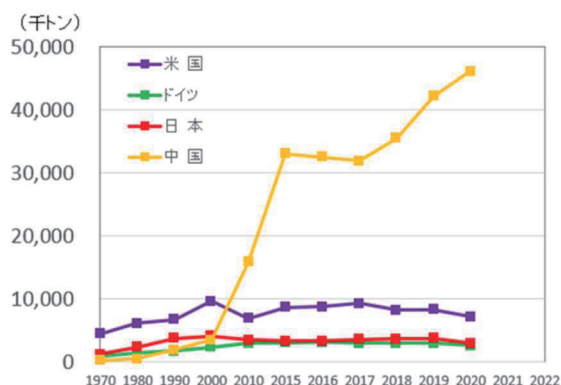
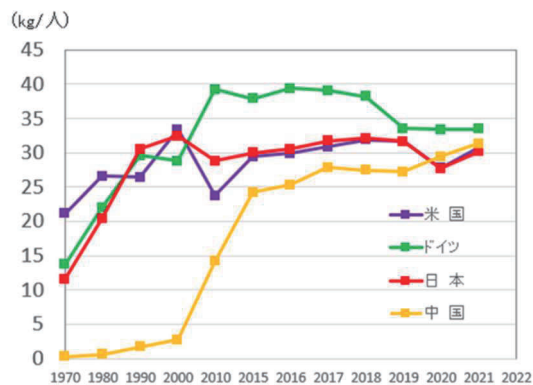


図1 世界の新地金生産と日本の総需要



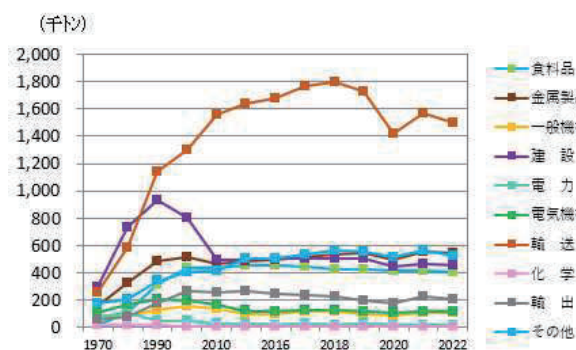
(a)日米独中のアルミ消費量推移



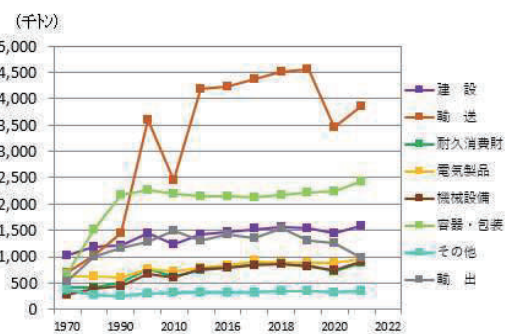
(b)日米独中の一人当たりのアルミ消費量推移

図2 アルミニウム消費量の日米独中の比較

出典: Metal Statistics World population prospects, 世界人口白書、総務省統計



(a)日本のアルミ需要用途別推移



(b)米国のアルミ需要用途別推移

図3 日米のアルミニウム需要用途別推移

出典: 日本アルミニウム協会統計年表、米国アルミニウム協会統計年表

- ④ 日本は、これまでに多くの世界品質NO. 1 製品やオンリーワン製品を生み出してきたが、そのいくつかを紹介する。

《世界品質NO. 1、オンリーワン製品》

アルミ熱交換器、高速鉄道車両、LIBケース・正極、アルミ缶、
HD基板、アンテナ、電波方式個体認識(RFID)、感光ドラム、
アルミ自動車ボディ(パネル、骨格部材、バンパー)・サスペンション部材、
LNGタンカー(アルミタンク)等

(2) 今後への期待

地球温暖化対策のために、各国が2050年カーボンニュートラルに向けた様々な施策を行うなか、日本のアルミニウム産業は、世界をリードする独自の材料技術や加工技術により、リサイクル関連の技術開発を促進する必要がある。資源輸入国である我が国にとって、資源の有効活用はCO₂排出量の低減、輸入資源の減少にもつながることであり、今後への期待は大きい。

Ⅲ－３ 未来に向けたアルミニウム技術開発の基本戦略

（１）脱炭素・資源循環社会の実現を目指した技術開発

日本では大量の電力を消費し、かつ、炭素電極や溶融塩との反応で生じる温室効果ガスの直接排出量も多いアルミニウムの製錬事業から撤退した。その結果、日本のアルミニウム産業は原料である新地金を全面的に海外に依存し、地金価格の変動リスクを構造的に抱えてきた。銅、亜鉛、マグネシウム、マンガンなどの添加金属も輸入に頼るため、価格の高騰、枯渇の懸念、あるいは産出国の政治的・経済的動向など調達上の不安定要因が内在している。

加えて直近では、国内外関係なくライフサイクル全体を通じた脱炭素化が喫緊の課題となっている。特に国内でスクラップをリサイクルしてアルミニウム製品に再生することは、世界的観点で低炭素化を進める上で非常に効果的な解決策である。現状では、鋳造材へのリサイクルは進んでいるが、展伸材へのリサイクルはアルミニウム缶やサッシなど一部に留まる。展伸材はリサイクルの際に混入する異種金属に対して許容度が低いいため高精度な選別が必要となるが、大量に流通する同一合金種でなければ経済的に成立しにくいという事情がある。低炭素化から脱炭素化への大きな動きの中で、アルミニウムは軽量構造材料として輸送分野を中心に今後さらなる需要の高まりが予想される。特に展伸材の使用量が伸びて行くことから、その原料となるスクラップの確保も今後課題となる。

このような背景から、『展伸材スクラップを展伸材に』戻す水平リサイクル、更には『鋳造材スクラップを展伸材に』戻すアップグレードリサイクル技術の開発が求められており、それには次の３つの技術革新が必要となる。

- ① 固体段階での選別（スクラップを合金種ごとに別ける）
- ② 溶融状態での不純物除去（選別したスクラップから有害元素を取り除く）
- ③ 不純物の存在を前提とした加工（有害元素を無害化する加工・熱処理・成形技術）

日本アルミニウム協会は、２０１９年から２年間 国研、大学および軽圧各社と共同で上記技術開発のためのＮＥＤＯ先導研究を行った。２０２１年からはさらに発展させ国プロによる後継研究を開始した。そこで開発されるスクラップの固体選別技術（①）などの実用化により、２０３０年には展伸材における再生地金使用率を３０％に高め、２０５０年には溶融状態での不純物除去技術（②）および不純物存在下での加工技術（③）の社会実装によって、５０％とすることを目指している。この分野の研究に関しては、企業はもとより、大学、国公研の多くの研究者に参画頂くことに期待を寄せる。そのため当協会では、サーキュラーエコノミー委員会を設置して社会実装に向けた検討を進めるとともに、本ロードマップを通じて共創のための情報発信を継続的に行っていく所存である。

（２）アルミニウムの需要拡大を目指した研究開発

今後の需要拡大の点では自動車、鉄道、航空機など輸送機器分野への期待が大きい。アルミニウムは車体・機体の軽量化に大きく貢献することができる。輸送機器に次いで需要の多い建設分野では、例えばアルミニウムの優れた耐食性により建造物のメンテナンスの負担を軽減することができる。アルミニウムの持つ高い熱伝導性は、高性能な熱交換器・放熱器を実現し、今後未利用熱の活用などの用途での採用が期待される。導電特性の面では、ＬｉＢの集電体や自動車のハーネス、コンデンサーの電極などに用いられる。アルミニウムは多様な価値の提供

が可能であり、用途に合わせ機械的あるいは機能的特性をさらに高める技術開発に継続して取り組み、安全安心快適な社会の実現に向け貢献することで、需要拡大を図る。

また、アルミニウムはマテリアルリサイクルが可能な材料である。マテリアルリサイクルは、廃棄物を熱源としてあるいは化学的に分解して原料物質として再利用するのではなく、素材のまま再利用するものであり、地下資源とエネルギーの消費量を低減し、持続可能性に優れたリサイクル形態である。近年、特に脱炭素・資源循環社会の実現が望まれる中、このように環境調和性に優れたアルミニウムが見直され、飲料容器においてPETボトルからアルミニウム缶に回帰する動きが欧米を始め日本でも起きている。また、自動車や鉄道車両においても、使用後の廃棄物リサイクルへの関心が高まっており、このような潮流は広範な用途分野に拡大するものと予想する。持続可能な社会の実現に貢献すべく、リサイクル材をベースとした合金設計・加工技術の研究開発を推進していく。

(3) 人材育成の強化

日本のアルミニウム産業は、高性能・高付加価値製品の提供を可能とする優れた技術力を競争力の源泉としてきた。今後もこの高い技術力を維持・深化させていかなければならない。そのための課題は人材の確保と技術の継承である。

日本アルミニウム協会では2010年度より「中核人材育成講座」を開講し若手技術者の育成に取り組んでいる。このプログラムは、大学の学問とアルミニウム産業の製造技術との融合、材料系学問と機械系学問との融合、そしてアルミニウム企業間の技術の融合という3つの融合により成立したものであり、企業の中堅研究者・技術者を対象に材料と加工プロセスの両面から系統的な教育が行われている。

また、次代を担う学生を対象とした人材育成としては、企業から大学へ講師を派遣してアルミニウム産業・技術について講義をする特別出張講座(2006年度～)などを実施している。

さらに、大学、国公研の若手研究者に対して、本ロードマップに関連する研究課題については各々2年間の研究助成を行っている。

直近2年間の活動実績をⅢ-5節に記載した。今後も引き続きこのような活動を通じてアルミニウム産業の将来を担う人材の裾野を広げていく所存である。

Ⅲ－４ アルミニウム産業の未来に向けた技術開発の進捗状況

(1) アルミニウムの材料技術開発（組織制御）

①科学技術振興機構（JST）産学共創基礎基盤研究プログラム

「革新的構造用金属材料創製を目指したヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築」

期間	研究課題	主な研究者(敬称略)
2011 ～2013	鉄を活用した新規ナノヘテロ構造アルミニウム合金の創製と3D構造解析	里：東工大
2011 ～2015	超微細粒強化と時効析出強化を並立させる新規アルミニウム合金展伸材の開発とその合金設計指導原理の確立	廣澤：横国大、 寺田：千葉工大、 堀田：九大、 松田：富山大
2014 ～2019	水素分配制御によるアルミニウム合金の力学特性最適化	戸田：九大、 山口：原研、 松田：富山大
2015 ～2017	協調的粒界すべりのすべり群サイズの決定機構（超塑性変形速度向上の指導原理）の解明	佐藤：宇宙研、 鶴飼：北大
2016 ～2019	ヘテロ凝固機構により高造形性・高強度を実現する積層造形用金属粉末の開発	渡辺：名工大、 中野：産総研、 鈴木：早大
2016 ～2019	階層的マルチヘテロ構造の創出によるアルミニウム合金の多機能化とその指導原理の解明	芹澤：芝浦工大、 石崎：芝浦工大、 阿相：工学院大、 高田：名大

②強歪加工プロセス開発によるブレークスルー（堀田：九大、向井：神戸大）

- ・ 溶解／ダイキャストプロセス
- ・ 押出プロセス～捻り押出 ・ 圧延プロセス～溝圧延
- ・ 強歪せん断～E C A P (Equal Channel Angular Pressing)、H P T (High Pressure Torsion)、H P S (High Pressure Sliding) など

③外部力による組織微細化

- ・ 急速冷却 ・ 電磁力 ・ 超音波

④半熔融技術の活用

半熔融技術の活用による高性能材料開発の可能性を探索する。

- ・ チクソ・ランナーレス射出押出技術組織制御（三輪：産総研）
- ・ 展伸材D-S S F（里：東工大）F e 1 %含有高強度材の組織制御

(2) アルミニウムの生産技術開発（プロセス）

①新溶解鑄造法の開発

省エネと溶解ロスの低減を目指した、新たな溶解法と非金属介在物ゼロを目指した新たな耐火物コーティング技術を探索する。

- ・ 炉の省エネ：1/5～1/20にする。
- ・ ドロス低減溶解：1/5～1/10にする。
- ・ 耐火物コーティング技術：非金属介在物ゼロ

②他の材料との融合

他材料との融合により高機能、新機能の発現を目指すとともに、低コスト化を探索する。

- ・ 複合材料
 - ・ アルミ粉末とカーボンナノチューブ（CNT）：強度3倍・高熱伝導性
 - ・ アルミニウムと樹脂（接合）
 - ・ アルミニウムと異種金属（接合）
- ・ 摩擦攪拌接合（FSW）での異種材料接合

③連続プロセス化

双ロールキャスターによるFe、Mn含有率増加合金の実用化（熊井：東工大）を目指す。（Fe無害化、高強度化）

2019～2021年 NEDO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」に採択。

2021年～ 国家プロジェクト「アルミニウム素材の高度資源循環システム構築事業」に採択。

④アルミニウムの安定ソース確保

低コスト原料の安定確保を目指して、新製錬法開発に向けた探索を行う。

- ・ 極低酸素雰囲気によるアルミニウム直接還元（池田：産総研）JAA2008年
- ・ イオン液体によるアルミニウム製錬（野平：京大、津田：大阪大）

⑤リサイクル合金選別技術

展伸材から展伸材へのリサイクル技術開発に取り組む。

アルミニウム新リサイクル技術開発事業 JAA2009年 NEDO事前研究

2010～2012年 NEDO実用化開発研究実施

2014～2015年 省エネ型アルミ水平リサイクルLIBSソーティング実証事業として経済産業省事業に採択

2016～2018年 「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」としてNEDOのアジア省エネルギー型資源循環制度導入実証事業に採択。

2019～2021年 NEDO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」に採択。

2024～ NEDO先導研究「低温型電解法によるアルミニウムの高純度化プロセスの研究開発（イオン液体）」に採択

⑥3D積層造形技術への対応

近年、鋳型を必要とせず、中空構造や複雑な構造物を一体成型できる金属粉末3D積層造形技術の発展が著しい。アルミニウム合金粉末を原料として複雑形状のアルミニウム製

品が作製できれば、アルミニウムの用途拡大が見込まれる。今後、3D積層造形に対応可能なアルミニウム合金粉末の開発、上記造形法による製品の特性・信頼性評価の必要性が出てくるものと予測される。

(3) 大型国家プロジェクトへの参画

公募機関	事業名	期間	研究課題
経済産業省	革新的構造材料等技術開発 (ISMA)	2014 ～2020	高強度・高靱性アルミニウム合金の開発
			アルミニウム材料新製造プロセス技術開発
			鋼材／アルミニウムの接合技術の開発
			アルミニウム／CFRP接合技術開発
	エネルギー使用合理化技術開発補助金	2014 ～2015	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
NEDO	省エネルギー革新技術開発事業	2009	アルミニウムリサイクルの新プロセスの事前研究
		2010 ～2012	アルミニウム資源循環における超省エネルギー一次世代プロセスの開発
	アジア省エネルギー型資源循環制度導入実証事業	2016 ～2018	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
	先導研究	2018 ～2020	エクセルギー損失削減のための熱交換・熱制御技術
		2021 ～2023	表面・構造機能化による新概念熱物質交換器開発
		2019 ～2021	アルミニウム素材の高度資源循環システム構築
		2024～	低温型電解法によるアルミニウムの高純度化プロセスの研究開発
	国家プロジェクト	2021 ～	アルミニウム素材の高度資源循環システム構築事業

(4) アルミニウム業界進化のための技術探索

性能向上や新規機能を付加しアルミニウム材料の進化を目指した技術探索を行う。

- ① 機能材：熱伝導性、電気伝導性、非磁性、光反射性、化学的腐食性、ガスバリアー性（水蒸気、水素、・・・）、抗菌性など
- ② 機能性発現：ナノ、生体融合、光物性、メモリ基板、電解コンデンサーなど
- ③ 材料融合：ナノ材料、セラミックス、プラスチック、異種金属など

Ⅲ—5 人材育成・社会への仕掛け

アルミニウム材料立国を支える、新教育システムの構築と実施

○日本アルミニウム協会 「アルミニウム産業中核人材育成講座」開講

2022年度

- ① 溶解鑄造：安田：京都大学、9月1日～2日、15名参加
- ② 熱処理A：村石：東京工業大学、9月13日～14日、13名参加
- ③ 熱処理B：廣澤：横浜国立大学、8月8日～9日、21名参加
- ④ 材料の強度-強化メカニクス：渋谷：大阪大学、7月11日～12日、16名参加
- ⑤ 加工(圧延・押出)：吉田：岐阜大学、9月26日～27日、22名参加

コロナ対策のためWeb開催とした。

熱処理の講座は希望者が多いため、同一内容で2講座開講した。

2023年度

- ① 溶解鑄造：安田：京都大学、8月22日～24日、15名参加
- ② 熱処理A：村石：東京工業大学、9月12日～14日、8名参加
- ③ 熱処理B：廣澤：オンライン、8月7日～8日、13名参加
- ④ 材料の強度-強化メカニクス：渋谷：大阪大学、7月10日～11日、12名参加
- ⑤ 加工(圧延・押出)：吉田：岐阜大学、9月6日～8日、12名参加

熱処理の講座は希望者が多いため、同一内容で2講座開講した。

2024年度

- ① 溶解鑄造：安田：京都大学、8月26日～28日、24名参加
- ② 熱処理A：村石：東京工業大学、9月25日～27日、11名参加
- ③ 熱処理B：廣澤：オンライン、8月6日～8日、9名参加
- ④ 材料の強度-強化メカニクス：下川：金沢大学、7月29日～31日、23名参加
- ⑤ 加工(圧延・押出)：吉田：岐阜大学、9月11日～13日、16名参加

熱処理の講座は希望者が多いため、同一内容で2講座開講した。

○日本アルミニウム協会 「特別出張講座」開講

富山大学「先端材料工学講座」

2022年度：10月6日～1月26日の各木曜日に全13回開催

2023年度：10月5日～1月25日の各木曜日に全13回開催

2024年度：10月3日～1月30日の各木曜日に全13回開催

○軽金属学会 軽金属基礎技術講座「アルミニウムの製造技術」開講

2022年度：11月24日～11月25日に開催 39名参加

2023年度：11月16日～11月17日に開催 40名参加

2024年度：11月21日～11月22日に開催 40名参加

Ⅳ. アルミニウム技術戦略ロードマップの解説

Ⅳ-1 ロードマップ作成のコンセプト

アルミニウムが、将来に亘り社会の一翼を支える材料であり続けるための技術開発の戦略とその実現に向けた道筋（ロードマップ）を作成した。2009年版を初版として、日本アルミニウム協会の専門委員会において定期的に見直しを行っている。

アルミニウムは、今後も高度化するニーズに対応し軽量化構造を実現する高強度・高靱性／高成形性素材である必要がある。脱炭素化の面からは、バージン塊に替えてCO₂排出量の少ないリサイクル材を主要な原料とし、製品の廃棄後もリサイクルされて資源が完全に循環する素材となることをも不可欠である。そして、完全循環型素材であることを背景に、アルミニウムの持つ様々な優れた特性を活かした製品を社会に送り出し、安全・安心社会の実現に貢献することを目指している。そのための技術開発のシナリオを、次の3つの大きな柱を軸にしてロードマップに展開した。

① 材料技術・組織制御技術・加工技術の確立

使われる目的に最適な金属組織を、事前にその組織を設計し、その設計どおりに製造できるプロセスを確立する。合金の設計においては、添加元素として将来的に枯渇や供給に懸念がある元素あるいはリサイクルを阻害する元素の使用量を削減し、組織制御・加工技術の向上で材料特性を確保する。

高強度材としては、2050年以降において、展伸材で引張強さ1,000MPa、伸び10%以上を目指す。

② 資源生成・循環技術の確立

アルミニウムにおいて脱炭素化を実現するためには、資源生成（スクラップの再資源化）・循環技術の確立が不可欠である。純度の低い組成である鋳造材スクラップから、純度の高い組成である展伸材へのリサイクルを可能にする必要がある。技術開発のカギは、個体での選別、熔融状態での不純物除去、不純物存在下での加工技術である。それにより、スクラップおよび製品の需給に応じて環境負荷の低いアルミニウム製品を持続的、安定的に供給することが可能になり、脱炭素社会・循環型社会に大きく貢献する。

③ 利用拡大技術の確立（アルミニウムの高性能化と新機能の発現）

国内でのアルミニウム需要の拡大には、新しい需要分野の開拓が不可欠である。その需要拡大には、アルミニウムの高性能化と新機能の発現が必要である。アルミニウムを構造材料の第一選択素材とするために、品質と高付加価値と低コストを併せ持つ、革新的なものづくり技術を確立する。その結果として、2050年で180万トンの需要増（総需要602万トン）を設定する。

このアルミニウムの将来像を実現するために、大分類をさらに要素技術まで分類し、それを確立するロードマップを検討した。

図4、図5に全体のコンセプト図を示す。

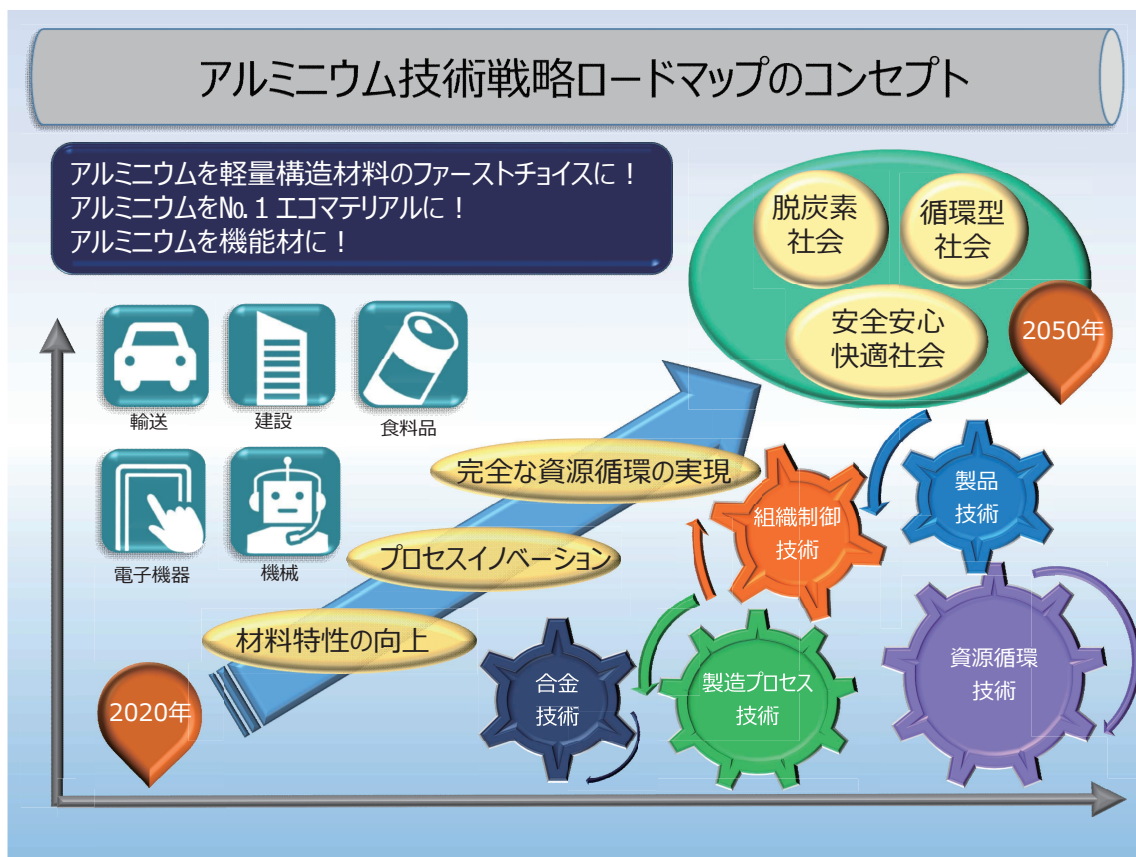


図4 アルミニウム技術戦略ロードマップのコンセプト

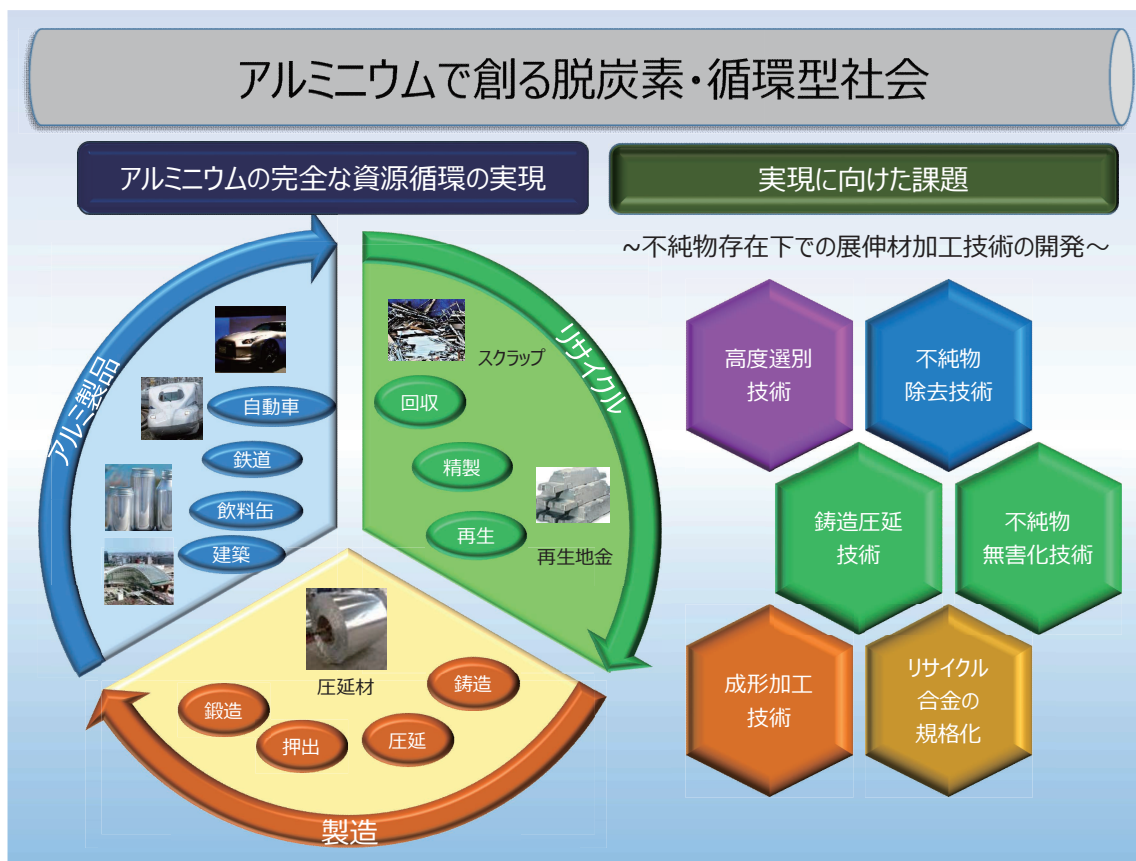


図5 アルミニウムで創る脱炭素・循環型社会

IV-2 アルミニウム技術戦略マップ（別表1）

今後のアルミニウム産業の研究開発を推進するに当たり、戦略目標、社会的要求、技術的要求、要素技術、技術開発の出口としての製品・用途について俯瞰的にまとめた。

戦略目標および特性

- ① 他材料からの代替ではなく、アルミニウムを軽量構造材料のファーストチョイスにするため、高強度、高成形性の両立や高強度化を進め薄肉・軽量化によりCO₂排出削減を図り脱炭素社会に寄与する。
- ② 全ての材料の中でNO. 1 エコマテリアルとしての地位確立のため、展伸材の再生材使用率の増加による資源循環を強化するとともに、近い将来枯渇が懸念される、またはリサイクル時に除去しにくい合金添加元素（Mn、Zn、Cu）の低減により、循環型社会の実現に寄与する。
- ③ 熱伝導性や耐食性、光学特性、抗菌・抗ウイルス性、耐低温特性、表面処理性、放射線遮蔽性等の性能向上と新たな機能探索により、アルミニウムの利用拡大を目指す。

社会的要求・技術的要求

脱炭素社会の実現、循環型社会の実現、安全安心快適社会の実現への貢献

- ① 製品の軽量化、製造・加工プロセスの省エネ化、製造のDXによる脱炭素社会の実現
- ② アルミニウム素材高度資源循環システムの構築、リサイクルしやすくするための合金添加元素量の低減
- ③ 長寿命化、高機能化、抗菌化、抗ウイルス化などによるニューノーマル時代への対応

要素技術

大分類として材料・組織制御技術・成形加工技術、資源循環技術、利用拡大技術とし、各分野において新たな要素技術の開発を目指す。

材料・組織制御技術・加工技術：ナノテクノロジーを応用した組織制御技術、巨大歪加工、急冷凝固、半溶融凝固などを利用した新プロセス技術の開発

資源循環技術：展伸材から展伸材へのリサイクルプロセスの確立を目指した回収技術、再生技術の開発

利用拡大技術：新製品、新用途開発を目指し、接合、表面処理、成形加工法など新たな製品技術の開発
導電性、耐食性、耐熱性、光学特性、放射線遮蔽性、伝熱性の向上と新たな機能性探索

製品・用途

新たな技術開発を推進、アルミニウムの軽量性と機能性を活用した新製品、新用途を提案し、利用拡大を目指す。

Ⅳ-3 アルミニウムビジネスロードマップ（別表2）

ユーザーヒアリングや他分野のロードマップ等を参考に、製品の分野毎に予想される用途開発や新製品開発のシナリオを2050年までの時間軸上に設定した。また、アルミニウム素材の製造プロセスやリサイクルシステムの技術開発についてもシナリオを示した。

Ⅳ-4 アルミニウム要素技術マップ（別表3）

アルミニウム要素技術の大分類、中分類、小分類をさらにキーテクノロジーまで細分化し、アルミニウムビジネスロードマップに取り上げた製品や用途との関係を明確に示した。

製品、用途に適した材料の開発やプロセス開発において、必要とされる関連技術に○印をつけ、その中でも特に上記各開発の推進に対し、期待が高い技術に◎印をつけて表記した。

Ⅳ-5 アルミニウム技術ロードマップ（別表4、5、6）

技術ロードマップの左欄より要素技術を大・中・小分類に分解し、それぞれの技術開発シナリオを2050年までの時間軸上に設定した。各要素技術について、上段（黄色の枠内）に目指す姿、下段に実現のための手段および実行すべき主な研究開発テーマを記し、その期間を矢印で示した。

Ⅳ-6 アルミニウムサイエンスロードマップ（別表7、8、9）

技術ロードマップ（別表4、5、6）の左欄に挙げた要素技術に対して、個々の技術開発を支えるサイエンスとその行程表を示した。なお、作成に当たっては、前回に引き続き一般社団法人軽金属学会の研究委員会に全面的に協力頂いた。