

アルミニウム技術戦略ロードマップ

2013

概要版



一般社団法人 日本アルミニウム協会

序文

アルミニウムは、日本の製造業の競争力を支える基盤材料として、これまで重要な役割を担ってきた。

地球環境問題解決というグローバルかつ緊急の課題とともに、エネルギー資源に乏しく、また少子高齢化等の課題を抱える我が国が、今後持続可能な経済発展を遂げるためには、省資源や省エネルギーをさらに強力に進めつつ、循環型社会、低炭素社会、安全安心の社会を構築する必要がある。

現在、政府は、「大胆な金融緩和」、「機動的な財政出動」、「民間投資を喚起する成長戦略」のいわゆる”3本の矢”を柱とする経済政策を推進しているが、成長戦略では、クリーンかつ経済的なエネルギー需給の実現や安全・便利で経済的な次世代インフラの構築など日本のあるべき姿を「戦略目標」として掲げている。軽量で長寿命かつ加工性が良くリサイクル性にも優れるといった数々の優れた特性を有するアルミニウムという素材の果たすべき役割は、従来にも増してますます大きくなるものと思われる。

今後、アルミニウム産業の日本経済への貢献を一層効率的に推進していくためには、産学官の連携が不可欠であることは論を俟たない。産学官の連携を円滑に効率的に進めるための羅針盤として、このロードマップを有効に活用いただけるなら喜ばしい限りである。

このロードマップのスタートは、平成21年度に策定・公表した「アルミニウム技術戦略ロードマップ2009」であり、各方面から大きな反響をいただき、その内容の一部は政府の「産業構造ビジョン2010」の「アクションプラン」にも取り上げられている。

以後、定期的な見直しを実施しており、本年も当協会の「ロードマップ小委員会」にて検討を重ね、「アルミニウム技術戦略ロードマップ2013」を策定した。各界からのご意見、ご鞭撻を賜ることができれば幸いである。

平成25年9月26日

一般社団法人 日本アルミニウム協会

会長 山内 重徳



目次

はじめに	3
I. アルミニウム産業を取り巻く環境	6
I-1 社会産業の潮流・底流	7
I-2 科学技術の潮流・底流	8
II. 導入シナリオ	9
II-1 市場の動向・マーケティング	9
II-2 ユーザーヒアリング	13
II-3 アルミニウム需要統計	15
II-4 アルミニウム産業の課題	17
II-5 未来のアルミニウム産業に向けて	18
II-6 人材育成・社会への仕掛け	20
III. アルミニウム技術戦略ロードマップ	21
III-1 ロードマップ作成のコンセプト	21
III-2 アルミニウム技術戦略マップ	23
III-3 アルミニウムビジネスロードマップ	24
III-4 アルミニウム要素技術マップ	24
III-5 アルミニウム技術ロードマップ	24
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）	25
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）	26
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）	28
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）	29
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）	30
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）	31
ロードマップ作成小委員会委員名簿	32
（別資料）	
● 開発目標値の設定	33
● 技術キーワード個別ロードマップ	36
（補足資料）	
● 2013年度アルミニウム研究助成テーマ一覧	52

はじめに

今後のアルミニウム産業の研究開発の方向性を示すため、2009年、社団法人日本アルミニウム協会としてロードマップを作成・公表し、大きな反響があった。本ロードマップは軽金属学会のロードマップと補完関係にあり、また、定期的な見直しを行うこととしている。今回は第4回目の見直しを実施し、市場動向・マーケティングへの土木及び鉄道車両関係の追加、統計資料の更新、個別ロードマップへの最新情報追加等を織りこみ、「アルミニウム技術戦略ロードマップ2013」としてまとめた。

日本の産業界はリーマンショックによる不況から、立ち直りの基調にあったが、2011年3月東日本を襲った未曾有の大震災により、停滞を余儀なくされた。東日本大震災は直接的な被害に加え、社会的、経済的にも深刻な影響を及ぼしており、さらなる具体的な復興の推進と再生が望まれている。一方、我々を取り巻く社会・経済環境については、国際競争の激化、少子高齢化、製造業の空洞化が懸念されており、その対応が急がれる。

1. 日本のアルミニウム産業の課題

日本のアルミニウム産業は、2度のオイルショックで、製錬業が壊滅し、ほぼ全量輸入に依存する地金をプロセス処理する業態が主となっている。また、ユーザーのきめ細かい品質の要求に応えるべく、多品種少量ロットによる生産形態をとっているため、原料調達コストの高さも相俟って、国際競争力維持に課題があるとされている。

日本のアルミニウム総需要は、2006年に約450万トンを記録したがその後低下している。特に、圧延品については、1996年に約250万トンを記録してから、減少が続いている。我が国は、今後少子高齢化が進み、人口も減少していくことから、今のままの需要構造では増加を期待することは難しく、新規の需要開拓は喫緊の課題である。

また、現在、添加元素に用いられている銅、亜鉛、マンガン、マグネシウムといった、今後地金価格が高騰する可能性のある枯渇金属や、ある特定国への依存度が高い金属があり、生活に欠かせない基礎材料としての供給安定性や信頼性が損なわれる懸念がある。

2. 未来のアルミニウム産業の発展に向けて

(1) 弱みを強みに変える技術開発

新地金を全面的に海外に依存していることによる原料コスト面の劣勢を軽減するためには、今後ますますリサイクル率を向上させる必要がある（総需要450万トンに対して75万トン回収量を増加、現行300万トン（合金を含む）の輸入量の内75万トンを削減）。このためには、リサイクルの技術革新を図り、かつスクラップを上流工程に円滑に戻す社会システムを構築し、リサイクルコスト低減を実現しなければならない。これにより、原料費のコストダウンが図られるとともに、海外製錬への依存量を減らすことによる二酸化炭素（CO₂）の抑制で地球温暖化問題の解決にも貢献できる。

添加元素の枯渇や特定国への依存度の高さといった問題については、ナノテクの活用で添加元素量低減（少ない添加元素量で性能維持）を図り、また、さらには添加元素を豊富に賦存する鉄、シリコン等のユビキタス元素に代替し、かつ性能優位性が獲得できるような合金組成に仕上げるための研究開発を推進し、国際競争力を高める必要がある。

(2) アルミニウムの需要拡大を目指した研究開発

アルミニウムを使った製品としては、熱交換器、リチウムイオン電池（LIB）のケース及び正極、ハードディスク（HD）基板など、世界市場でNO.1を誇るものが種々ある。しかし、アルミニウムというリサイクル性に優れた素材の利用を拡大し、循環型経済社会の構築にさらに貢献するためには、その利用拡大のための技術開発を強力に推進する必要がある。一例として、電気自動車（EV）の普及への対応については、EV車は車体の軽量化が走行距離の延長という点で極めて重要な意義を持つため、アルミニウム材料の採用に向けた技術開発を強力に推進する。EVのほか自動車関連では、燃料電池自動車（FCV）、LIB、絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ（IGBT）などがある。

自動車関連以外の新しい用途領域への進展については、クラウド・コンピューティングなどの情報通信技術（ICT）、ICTと電力ネットワーク（スマートグリッド、環境共生スマートシティ、次世代エネルギー社会システムの実証プロジェクト）と新産業としての植物工場・次世代農業等が展開されており、この領域へのアルミニウム材料の用途開発を推進する。

ライフサイクルアセスメント（LCA）の見地からは、日本アルミニウム協会の環境自主行動計画報告書に記載されているように、アルミニウム材料の製造段階でのCO₂排出量に比較して、アルミニウム材料を使用した車体の軽量化による走行時のCO₂削減量の方が数倍大きく、アルミニウム材料の需要拡大は社会全体のCO₂排出抑制に大きく貢献できる。

(3) 人材育成の強化

アルミニウムは日常生活に欠かせない金属材料であるが、大学教育の変化、学問の多様化に伴い、ものづくりの基本である製造プロセス研究が衰退し、金属分野の専門知識を持たない学生が増加している。また、これまで産業を支えてきたベテランの団塊世代の人材が定年を迎えたこともあり、蓄積された経験やノウハウの伝達は重要な課題である。このような背景に鑑み、日本アルミニウム協会では金属系材料研究開発センター（JRCM）と共同で経済産業省の委託事業として3年間（平成19～21年度）に亘り、アルミニウム産業の研究・技術を担う人材の育成を目指す「中核人材育成プログラム」を開発してきた。そして、その完成したプログラムを用いて、平成22年度より日本アルミニウム協会で「中核人材育成講座」を開講した。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の融合、材料系学問と機械系学問の融合、そしてアルミニウム企業間の技術の融合という3つの融合により完成したものであり、中堅研究者・技術者の系統的な教育の推進が期待される。

また、学生を対象とした人材育成として、インターンシップ制度及び特別出張講座はこれまでも一定の成果を上げてきたが、2011年度から「アルミニウム・夏の学校」を開催し、材料系の学生に限らず、電気、機械、化学等の学生も対象に加え、アルミニウム産業における活躍の場を紹介する取組みを始めた。2012年度は「アルミニウム・夏の学校」を関西（京都）および関東（箱根）の2カ所で開催し、16大学から60名の学生が参加した。2013年度も昨年同様に関西および関東の2カ所で開催し、12大学から60名の学生が参加した。

I. アルミニウム産業を取り巻く環境

日本のアルミニウム産業を取り巻く環境は、経済のグローバル化の進展により、大きく変化してきている。日本経済は、国民総生産（GDP）世界第二位の規模にまで成長を遂げたものの、様々な課題に直面しており、2010年ついに中国にその座を譲り渡した。

量的な尺度としてのGDPは国民の幸福とどれほど関連するかという指摘もあるが、これまで「ものづくり」で経済成長を遂げてきた日本がグローバルな競争が激化する中で、引き続き世界の先進国として生き残っていくためには、これまでとは違った新たな視点による戦略の遂行が必要となっている。

特に、近年その問題の解決が急務となっている地球温暖化対策のためには、省エネルギー・省資源で世界をリードしてきた日本への期待は高まっている。また、少子・高齢化問題にしてもその課題解決をだれよりも先に迫られているという意味でも、日本は先進国であり、これら課題解決のためにリーダーとして果たすべき日本の役割は大きい。

原子力発電所の事故に起因した電力不足の影響により、LED照明など省エネ商品の需要が大きく伸びてきている。また、太陽光発電も住宅への設置やメガソーラーの建設により増加することが予測される。電気自動車は環境対応車としてだけでなく、家庭用蓄電池としての役割もあり、今後需要動向が注目される。これらの分野での需要拡大が見込まれる一方で、中国や東南アジアでの需要拡大と、今後も予想される電力不足や電力料金の値上がりが相俟って、業種を問わず、生産拠点の海外流出による、国内空洞化の懸念が一層高まっている。

一方、BRICsと新興国の成長は比較的堅調であり、今や世界の経済を牽引する役割を期待されている。2010年6月、日本アルミニウム協会が発表した世界の新地金の需要見通しでは、現状の3,800万トンが2020年には7,400万トンと試算されている。この約6割弱を中国が占めるとの推定である。また、2020年に世界で約1,000万トンの供給不足が懸念されている。この他にも以下のような潮流や底流の変化があり、このような変化に適切に対応した取り組みが必要とされている。

I-1 社会・産業の潮流・底流

(1) 低炭素社会への貢献：

地球温暖化問題の解決は待ったなしの対応を迫られており、また化石燃料はいずれ枯渇するとも言われていることから、より一層の省エネルギーの推進及びCO₂を排出しない再生可能エネルギーや原子力エネルギー等の利用推進が求められてきた。しかし大震災に伴う原発事故の発生により、原子力発電の安全性に対する国民の信頼が揺らいでおり、再生可能エネルギーへの期待がより一層高まることが予想される。一方で当面のエネルギー供給において、再生可能エネルギーの占める割合は僅かであることから、高効率化された、石炭や天然ガス火力に頼らざるを得ない現状である。

日本アルミニウム協会の低炭素社会実現に向けての決意表明

“温暖化防止はアルミニウムが決め手”

アルミニウムはこの世に一旦デビューすると、その軽量性やリサイクル性などの特徴により、CO₂排出抑制に大きく貢献し、地球温暖化防止のエースとなる素材である。製造段階やリサイクルによるCO₂削減はもとより、製品使用段階において、大きな削減効果が期待される。エネルギー政策の見直し作業も踏まえ、「低炭素社会実行計画」において中長期的な目標を立て、地球温暖化防止のための絶え間ない努力を続ける。

(2) 循環型社会への貢献：

資源・エネルギーに乏しい日本は、その殆どを輸入に依存しており、資源・エネルギーの安定供給確保の観点からも一刻も早い循環型社会システムの構築が課題となっている。そのためにも、都市鉱山とも言われる廃棄家電製品・情報化製品に含まれる有用金属の回収技術や高度なりサイクル技術の確立が必要とされている。

(3) 安全・安心社会への貢献：

「2013年版高齢社会白書」によると、2012年10月1日時点の日本の総人口は1億2752万人で前年より28万人減り、一方、65歳以上の高齢者人口は3079万人で総人口に占める割合（高齢化率）は24.1%と過去最高となった。また、2060年には人口は9000万人を割り込み、65歳以上の人々が40%に達すると予測されている。このような状況の下では、医療、介護、福祉等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。

I-2 科学・技術の潮流・底流

(1) 2005～2010年：第3期科学技術基本計画の実態と反省

日本における材料開発は世界最高水準のレベルに達していると言える。またナノテクでのシーズや元素戦略・希少金属代替ではそれなりの成果が出ているものと考えられる。しかし材料分野の成果は見え難く、金属・無機・有機の融合等が課題として指摘されている。

(2) 2011～2016年：第4期科学技術基本計画

科学・技術・イノベーション政策を、他の重要政策と密接な連携を図りつつ、官民の総力を挙げて推進することを基本方針に、第4期科学技術基本計画が策定された。グリーン・イノベーションとライフ・イノベーションを大きな柱とし、科学・技術が成長を支えるプラットフォームと位置付けられる。

“材料”という言葉は姿を消したが、材料はグリーン・イノベーションやライフ・イノベーションに貢献する無くてはならない分野である。アルミニウムは科学・技術を支えるベース材料の一つであり、蓄電池、次世代自動車、医療機器、介護機器など出口を見据えた新たな材料、利用技術の提案が求められる。

(3) 経済産業省産業構造ビジョンとアルミニウム技術戦略

2007年及び2008年の経済産業省技術戦略マップに、アルミニウム関連研究開発テーマが掲載されず、その展開での国家プロジェクトが、アルミニウム関連では5年間皆無に等しかった。このような状況を反省して策定された、「アルミニウム技術戦略ロードマップ2009」は、平成22年6月に公表された経済産業省「産業構造ビジョン2010」のアルミニウム産業のアクションプランで取り上げられた。そこでは取り組む具体的施策として、i) アルミニウムの特性を活かした成長分野の需要開拓、ii) 新興国需要の取り込み、iii) 高度なりサイクルシステムの実現、iv) アルミニウム資源の安定調達、v) 企業基盤の強化が挙げられ、実現に向けて革新的な技術開発の取組が求められている。

II. 導入シナリオ

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、未来の想定とユーザー業界ヒアリングを継続的に実行することにより、市場の潜在的なニーズ動向を把握しアルミニウム新用途・新技術探索に反映することとした。

II-1 市場の動向・マーケティング

(1) 自動車の未来

地球環境問題の解決に向けて、自動車に関するCO₂排出規制を強化する動きがあり、燃費の向上のためEVやハイブリッド車（HV）などパワートレインの開発が進んでいる。特にEVは、地球に優しいクリーンな自動車として期待が寄せられているものの、一回の充電で実走行距離を伸ばすことが課題となっている。そのため、蓄電池の効率をあげることと、車体の軽量化が必須アイテムとなっている。車体軽量化のため、将来は適材適所化（マルチマテリアル化）が進み、自動車の様々な部位に軽量で扱いやすいアルミニウム合金の適用が期待される。さらに、車体に様々な軽量素材を組合せるため、異種材料との接着・接合技術が革新的に進むと考えられる。

EVについては、2009年にEV/PHEVタウン構想により、8地域での実証事業と3地域での調査事業が実施されている。それを受けて、経済産業省が発表した「次世代自動車戦略2010」においては、乗用車の新車販売台数に占める次世代自動車の割合を2020年に20%～50%、2030年には50%～70%にするという目標がたてられている。また、インフラとしての充電器インフラ実証プロジェクトも進んでおり、2020年には普通充電器200万基、急速充電器5000基の設置が予測されている。

燃料電池自動車（FCV）については、2015年国内で量産車を販売することが、自動車メーカーと水素供給メーカーの共同声明として出されている。

さらに、バスやトラックを含む自動車以外にも、鉄道、バイク、自転車等において電化と軽量化という観点からアルミニウムの利用が期待されている。

(2) 住宅の未来

未来の住宅は、省エネルギー及びゼロエミッションを徹底して目指すことが求められており機能材、高強度構造部材としてのアルミニウムの地位の確立が期待される。スマートメーターを含め、スマートハウスでの系統電力とEVや再生可能エネルギーとの連携および発光ダイオード（LED）普及も踏まえ、直流化の動きが進展している。新しいエコ住宅の試みとして「EV付き住宅」の販売も開始されている。

(3) 灯りの未来

電球や蛍光灯に変わる21世紀の灯りとして期待されるLED照明への切替えが、省エネルギーの観点から進んでいる。アルミニウムの優れた加工性と熱伝導性を活かして放熱素材として利用されている。またLEDの基盤自体をサファイアからアルミニウムとセラミックスの複合体とする技術開発も進められている。アルミニウムはLEDに欠かせない素材として、今後の展開が期待される。

(4) 家電の未来

テレビ、冷蔵庫、エアコン等の一般家電に加え、安全・安心、快適生活に必要な電気製品の普及が予測される。これら家電製品についても、地球温暖化対策の推進といった観点から、省資源、省エネルギーに資する更なる小型化、高性能化、及び高効率化が求められており、より高機能なアルミニウム材料の開発が望まれる。

また、電力の直流化についてはLED照明が急展開しており、それに相まって、太陽光発電(PV)、LIB、定置型燃料電池(FCB)などのエネルギーの供給サイドの直流化も進みつつある。PVは、FIT政策(Feed-In-Tariff、固定価格買取政策)による普及が必要を支えている。

(5) エネルギーの未来

エネルギー政策の基本理念として、安定供給、経済性、環境適合性に加え安全確保が大前提である。化石燃料を有効利用するためのシステムの高効率化、太陽電池、風力発電、未利用熱等の再生可能エネルギーの導入の促進、より一層の省エネルギー化が求められている。エネルギー源の多様化、分散化に伴い重要となるのがスマートグリッド技術との融合であり、次世代エネルギー社会システム実証プロジェクトが、国で採択された4地域(横浜、豊田、京阪奈、北九州)以外にも15箇所で推進されている。

太陽光発電用構造部材や電極インキ、スマートグリッドに欠かせない蓄電池の電極材料、ネット・ゼロエネルギー・ビル(ZEB)やネット・ゼロエネルギー・住宅(ZEH)での高性能ヒートポンプ空調や高効率ヒートポンプ給湯器に必要な熱交換器など、エネルギー分野でアルミニウムの新たな需要が期待される。

(6) ロボットの未来

少子高齢化の問題が深刻な事態になっていくことが予想される中で、介護ロボットや福祉ロボットへのニーズが非常に高まってきている。ロボット構体のベース材料としては、薄肉(軽量)・高強度・高成形アルミニウム材料の提案が望まれる。

(7) 食の未来

食文化は経済のグローバル化に伴いますます多様化していくことは明らかである。新しい食品の製造や容器包装の分野で新たな需要が出ることが予想される。また、食料の自給率向上の観点から、植物工場の建設や運転も増加していくことが予想され、意外な需要が出てく

ることも考えられる。さらに、地震等の緊急時保存用としての米や水を保存する容器に遮光性の観点からアルミニウムの利用が増えることも期待される。

(8) 半導体の未来

電化社会、高度情報化社会だけでなく、現代生活のあらゆる面で欠くことのできない電子テクノロジーを支える半導体分野はさらに成長することが予想される。半導体を進歩させるためには、それを作る半導体製造装置の技術革新が必要不可欠となる。半導体製造装置と共通点の多い製造装置として、フラットパネルディスプレイ（FPD）製造装置やソーラーパネル製造装置があり、これら製造装置部門への大型、高精度厚板の提案が望まれる。

(9) 情報通信の未来

安全安心、快適な社会の実現に向けて、防災や防犯・セキュリティ、食品・農業、医療・福祉、物流など広範な分野において、ユビキタスセンサーネットワーク構想が取り上げられており、市場規模の拡大が見込まれている。更に、クラウド・コンピューティングが大きな潮流になりつつある。この場合は、IDC（Internet data center）～無線・有線～端末（携帯、タブレット端末、PC等）の構造のなかで、アルミニウムの新用途が期待される。

(10) 医療・介護・バイオ・健康の未来

第4期科学技術基本計画での注力領域がライフ・イノベーションであるが、医療・介護・バイオ・健康領域で、アルミニウムの機能性を活かした検査・分析機器が開発されている。また医療用器具、介護用器具等の軽量化による負荷軽減を目的にアルミニウムの需要が期待される。

(11) 航空の未来

航空機用素材としては比強度において複合材が優勢であり、エアバスA380やボーイング787等大型機で複合材の採用が進み、B787では複合材50%、アルミニウムは20%となった。一方、日本にとって40年ぶりとなる国産旅客機MRJ（Mitsubishi Regional Jet）は2015年の試験機初飛行、2017年からの量産納入を目指して開発が進められているが、アルミニウム材料が主体である。これはMRJのような中、小型機では機体構造部材の曲率半径が小さく、複合材での加工が困難であることによる。長期間にわたる技術の蓄積によるアルミニウムの信頼性は揺るぎないものであり、トータルコスト的には優る面がある。設計、製造と一体化した共同開発による、Al-Li合金やナノテクを活用した軽量高強度なアルミニウム新合金の開発は業界において喫緊の課題である。

(12) 宇宙の未来

宇宙の利用は宇宙新興国にも広がり、需要は世界的に拡大傾向である。現在では我が国も参加する国際宇宙ステーション（ISS）の運用が開始され、宇宙での有人活動が恒常的に行われている。一方で、2011年はISSへの主要な輸送機であった米国スペースシャトル

ルが引退し、現在、ISSへの有人輸送機は、ロシアのソユーズ宇宙船だけであり、無人の輸送機として、ロシアのプログレス、欧州のATV、米国のドラゴン及び我が国が開発し運用しているHTV（宇宙ステーション補給機 こうのとり）がある。このような背景から、宇宙空間への物資輸送における我が国のプレゼンスが高まっており、今後、さらに打上げ需要が高まると期待できる。宇宙産業は、アルミニウム業界における市場規模として現時点では大きなものではないが、潜在的には大きな需要が期待できる。

また、宇宙空間で発電しマイクロ波で地上に送電する、宇宙太陽光発電の研究開発が2030年ころの実用化を目指して進められている。大きな課題の一つは、多くの物資を如何に宇宙空間に輸送し、発電設備を組み立てるかである。軽量、高剛性なアルミニウム材料の活用が期待される。原子力発電に対する信頼が揺らいでいる今、宇宙太陽光発電に対する期待が、より一層高まることが予想される。

（13）土木製品・土木構造物の未来

アルミニウムは防護柵、高欄、水門、橋梁検査車、橋梁点検車、照明柱、トラス屋根、耐震ブレース、床版など広い範囲で利用されている。

アルミニウムが土木分野で利用されているのは、軽量である点、耐食性に優れている点などからである。軽量である点は、耐震性の向上につながり、今、話題となっているしなやかな（レジリエンス）構造物の構築には適している。また、腐食しにくいことは、メンテナンス費用が削減でき、ライフサイクルコストの低減に結びつく。我が国は、今後、少子・高齢化が急速に進むので、メンテナンスが容易であるアルミニウムは利用する上では大変有利である。

ただし、設計基準の整備や供給体制の整備等が鋼やコンクリートに比べて遅れているなどの課題があり、今後解決へ向けての努力が必要となっている。

（14）鉄道車両の未来

1962年山陽電鉄に日本で初めてアルミニウム合金製車両が導入されて50年が経過し、その軽量性、耐食性、リサイクル性が鉄道関係者に広く認識されている。昨今では毎年製造される車両の約半数がアルミニウム合金製車両を占め、今後も通勤車両から新幹線車両まで幅広く普及することが期待される。

全国新幹線鉄道整備法に基づき整備計画が定められている5路線の整備新幹線のうち、北陸新幹線、北海道新幹線、九州新幹線（長崎路線）には、アルミニウム合金製新幹線車両が導入される予定である。

さらに、東京－大阪間を結ぶ中央新幹線は、平成9年から山梨リニア実験線で走行試験中の超電導磁気浮上方式（超電導リニア方式）が採用される見通しであり、走行試験中のリニア車両にはアルミニウム合金製車両が採用されている。なお、首都圏－中京圏間が2027年に先行開業し、東京－大阪間の全線開業は2045年を予定している。

II-2 ユーザーヒアリング

ロードマップ作成にあたって、アルミニウムを使用するユーザーの業界団体もしくは代表企業に各業界の現状、課題、今後の動向についてヒアリングを行い、目標設定の参考とした。現時点で完了した分野及びその概要は次表の通りであり、今後もヒアリングを継続し追加していく予定である。

製品分野／ユーザー	ヒアリング項目	課題・要望等
輸送		
<ul style="list-style-type: none"> ・(一社)日本自動車工業会 (FCCJ水素構成材料WG) (2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ・HEV、EV、FCVの今後 ・高圧水素用アルミ材料の課題 	<ul style="list-style-type: none"> ・FCVのコスト低減、信頼性・耐久性の改善、 ・高強度アルミ材
<ul style="list-style-type: none"> ・日野自動車(株) (2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ・トラック、バスの今後 	<ul style="list-style-type: none"> ・大型車の軽量化 ・アルミは切欠き感受性が課題 ・材料+構造変更、加工法提案 鋳物、ダイカストに期待
<ul style="list-style-type: none"> ・東京電力(株) (2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ・電気自動車の普及とインフラ整備 	<ul style="list-style-type: none"> ・EVのコストダウンと高性能電池の開発 ・軽量化(ガソリン車に比べ効果大)
<ul style="list-style-type: none"> ・アルミ車両委員会 (日本アルミニウム協会) (2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄道車輛の未来 	<ul style="list-style-type: none"> ・疲労強度、検査方法 接合部の信頼性が課題。 ・大断面の押出材開発 ・高剛性、高減衰性材料開発 ・型材の形状、サイズの規格化 (モジュールの統一) ・リニアモーターカーの軽量化
<ul style="list-style-type: none"> ・三井造船(株) (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> ・アルミ材の船舶への適用の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接部の強度低下対策 疲労強度向上、耐食性向上
<ul style="list-style-type: none"> ・日産自動車 (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> ・電動車両用モーターの概要と巻線について —モーター巻線のアルミ化を目指して— 	<ul style="list-style-type: none"> ・導電性の確保
<ul style="list-style-type: none"> ・宇宙航空研究開発機構 (JAXA) (2011) 	<ul style="list-style-type: none"> ・航空宇宙機の機体構造における課題と材料技術 	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量、高剛性機体材料

<p>建築・土木</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>清水建設株</u> (2009) ・ <u>佐々木設計事務所</u> (2010) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ TRY2025未来都市構想 ・ アルミ構造住宅による未来のライフスタイル 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 構造材はMg合金として、海水からの製錬を前提 ・ 内装材、構造部材として提案
<p>電気・機械</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>電力中央研究所</u> (2009) ・ <u>未来味[®]技術研究センター</u> (千葉工業大学) (2009) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電化社会、グリーン化社会 ・ ロボットの現状と未来 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 電気利用技術開発と普及 ・ 軽量化（構体、部品） ・ 安全性確立
<p>エネルギー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ <u>京大大学生存圏研究所</u> (2011) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 宇宙太陽光発電所と無線送電 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 軽量、高強度、高剛性材料 発電モジュール、アンテナ等

Ⅱ－３ アルミニウム需要統計

(1) 現状整理

- ① 2009年日本のアルミニウム総需要は過去にない落ち込みとなった。
その後回復基調にあったが、世界経済成長の鈍化等により厳しい状況にある。
- ② 全世界のアルミニウムの消費量は今後も増加が予想される。
- ② 特に2000年以降の中国での伸びが大きく、欧州全体でも増加している。
- ③ 一方、日米は2000年以降停滞状態である。
- ④ 人口1人当たりのアルミニウム消費量で見ても、中国と欧州は増加している。
- ⑤ 人口1人当たりのアルミニウム消費量を見たとき、1980年までは米国での消費量が多かったが、1990年以降では日米がほぼ同等であり、我が国は人口1人当たりで見ると世界最大のアルミニウム消費国である。
- ⑥ 用途別日米比較（上位4用途）
日本：輸送、建設、金属製品（箔、PS版）、食料品
米国：輸送、容器包装、建設、輸出
(輸送関係が共通してトップ、日本は高品質の金属製品が、また米国では容器包装分野でのアルミニウムの大量使用とコスト競争力を生かしての輸出が特徴的。)

☆日本の開発製品☆

これまでも多くの世界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。

《JAA世界NO. 1、オンリーワン製品》 * JAA：日本アルミニウム協会
アルミ熱交換器、アルミ新幹線車両、PV電極、バックシート、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 等

《開発中の製品》

- ① JAA：燃料電池車(FCV)水素タンク用アルミライナー：NEDOプロジェクト
2003～2009年
水素用アルミニウム材料評価・開発：NEDOプロジェクト 2010～2011年
- ② 物質・材料研究機構：アルミ陽極酸化不揮発メモリー：文科省元素戦略 2007～
2011年 レアメタルをいれない、オールアルミ系抵抗変化型メモリー素子の集積化プロセスの開発に成功、次世代半導体デバイスとして期待される。

(2) 今後への期待

日本のアルミニウム産業は、これまで欧米からの技術導入により発展してきたが、人口1人当たりで見ると、すでに米国と並び世界最大のアルミニウム消費国である。今後は世界をリードする独自の材料開発、用途開発が望まれる。また、コスト競争力を向上させる工夫が必要である。

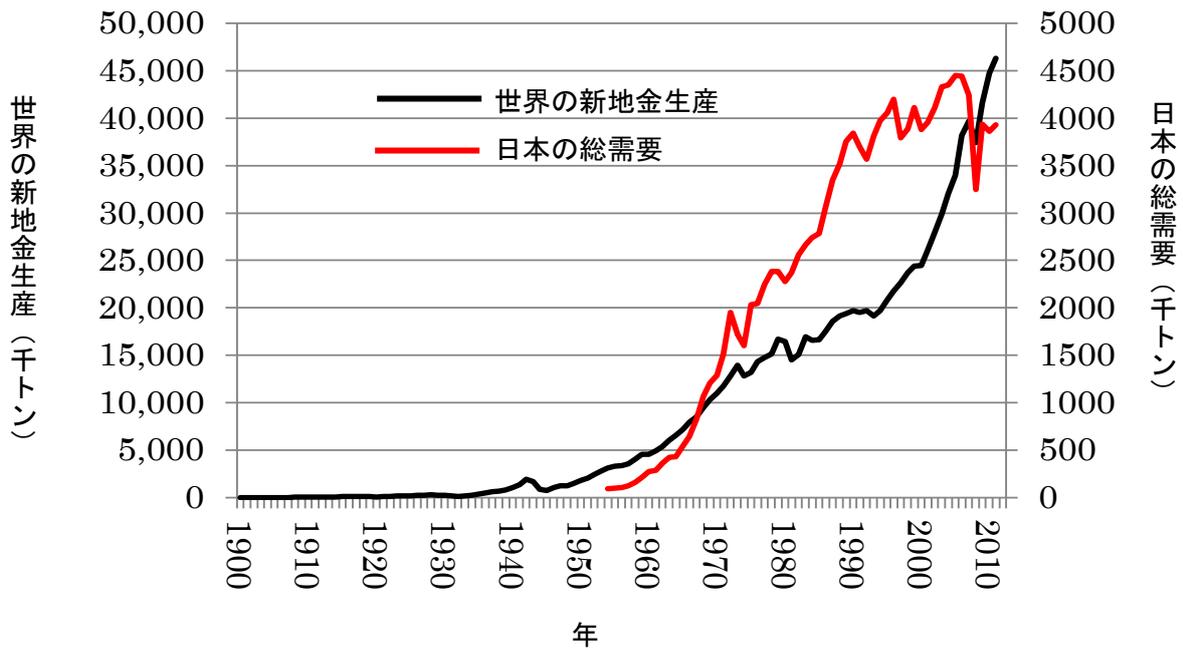


図1 世界のアルミ新地金生産と日本のアルミ総需要（～2012）

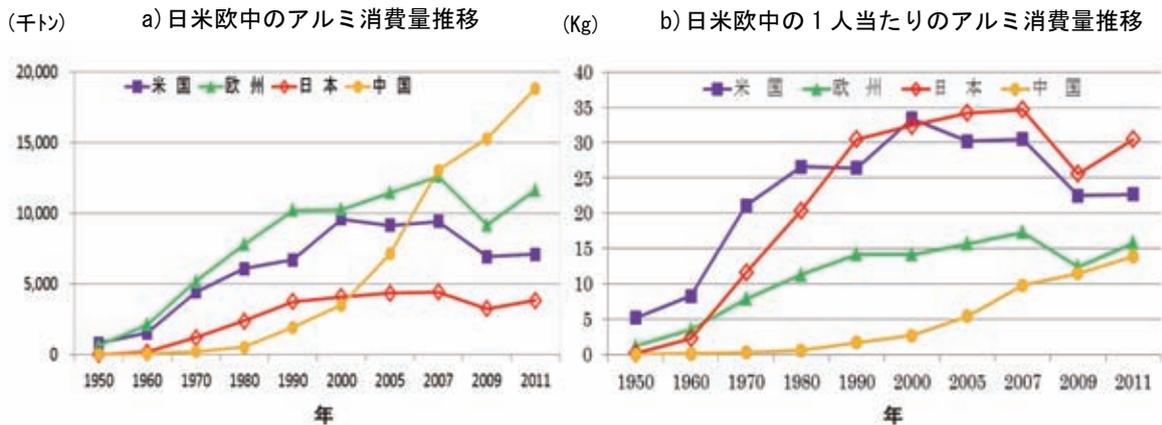


図2 アルミ消費量の日米欧中の比較（1950～2011）

出典：Metal Statistics 1997-2011 World population prospects、世界人口白書、総務省統計

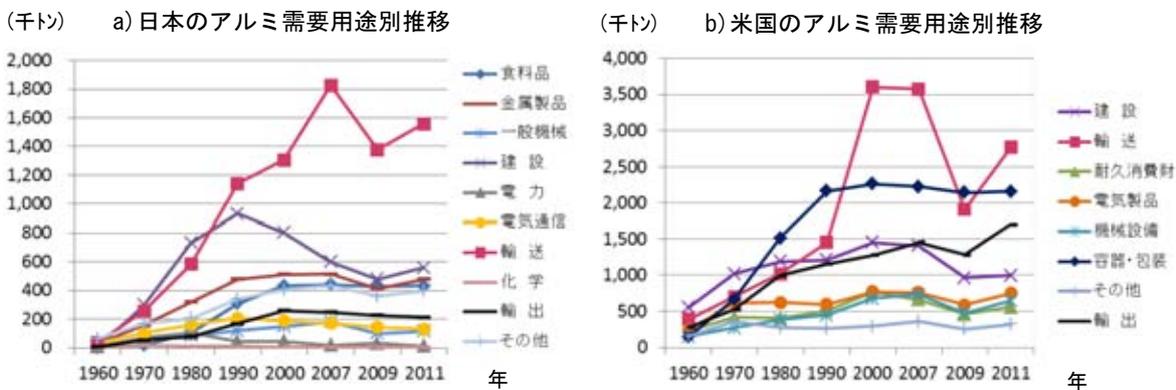


図3 日米のアルミ需要用途別推移（1960～2011）

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

Ⅱ-4 アルミニウム産業の課題

今後の低炭素社会、資源循環型社会、安全・安心社会への貢献と適応分野を考える。

(1) 材料技術開発

- ①日本のアルミニウム産業は、製錬事業からは遠くなったが、低コスト製錬技術の確立は長期的課題であり、新技術・極限的技術の開発に手掛かりを見つける。
- ②元素戦略および資源高騰・枯渇への状況から、アルミニウム合金の添加元素の低減を先取りした形で、超軽量・高強度部材開発を、世界に先駆けて実行することが必要である。また枯渇金属であるCu代替、SUS代替、Zn代替の商品へのアルミニウムの展開も図る。
- ③展伸材から展伸材（サッシからサッシ、自動車から自動車）へのリサイクルを推進する。

(2) 製品・用途開発

自動車産業の電化の構造変化を睨んで、車体、ボディーの超軽量・高強度部材の要求はさらに強くなるとともに、新たな部品への提案が求められる。バルク材の新用途開発として、アルミニウム建築構造材、土木構造材、海洋構造材等、アルミニウムの特徴が活かされた社会インフラへの展開を積極的に推進する。電気電子・半導体・情報通信・光学領域等において、機能性部材としては世界一のアルミニウム部材が多い。更なる付加価値の高い機能性部材で世界初、世界一の展開を図る。省エネ効果の大きいLED照明の基盤材料としての地位を確立する。

以下にアルミニウムの適用が期待される分野、用途を挙げる。

①自動車

・電気自動車：モーター、IGBT、電池、車体、ワイヤーハーネス等

②住宅・土木・建築

・オールアルミ住宅：200年住宅、CO₂ゼロ住宅とゼロエミッション住宅、PV
・建築・土木等の社会インフラ：超高層ビル、耐震ブレード、橋梁、未来都市

③灯り

・LED照明：放熱部材、LED基盤

④家電

・オールシーズン空調システム
・超大型映像機器、ネットワーク化（高速通信網）
・ホームセキュリティシステム

⑤エネルギー

・再生可能エネルギー：太陽光・太陽熱、水力、波力、潮力、風力等
・燃料電池：固体高分子型燃料電池（PEFC）、固体酸化物型燃料電池（SOFC）
・蓄電池：LIB、NAS電池、レドックスフロー電池等
・超伝導

⑥ロボット

・構体
・電池（動力源）

⑦食

- ・植物工場
- ・緊急時保存用食糧容器

⑧半導体

- ・半導体製造装置、高純アルミターゲット

⑨情報通信

- ・センサーネットワーク、ユビキタスアンテナ、RFID

⑩医療・介護・バイオ・健康

- ・コンピュータ断層撮影（CT）、核磁気共鳴画像法（MRI）、医療・介護用ベッド、介護・福祉ロボット

⑪航空宇宙

- ・機体構造部材

II-5 未来のアルミニウム産業に向けて

(1) アルミニウム業界共通の基盤技術開発

(1)-1 添加元素（Mg、Mn、Zn、Cu）低減合金の開発

ナノ組織制御による引張り強度と伸びをバランスさせた超軽量、高強度部材の開発を目指す。またユビキタス元素（Si、Fe等）ベースの部材開発を行い、用途モノアロイ化（6000系合金）への布石（Mg、Mn、Cu、Zn低減）とする。

目標 2025年：従来の限界を越えた500MPa～30%の軽量・高強度部材の開発

2035年：800MPa～40%の軽量・高強度部材の開発

① ナノ組織制御でのブレークスルー

- ・DSSF（Deformation-Semi Solid Forming）プロセス（里：東工大）

科学技術振興機構「産学共創基礎基盤研究」プログラム2011～2015

「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」

- ・微細粒強化、転位強化と時効析出強化の並立

（廣澤：横国大、寺田：京大、堀田：九大、松田：富山大）

科学技術振興機構「産学共創基礎基盤研究」プログラム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導出」

- ・水素化脱水素化による微細組織化（文科省元素戦略 2007～2011年：東北大）

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：神戸大学）

- ・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～ECAP（Equal Channel Angular Pressing）、HPT（High Pressure

Torsion) など

③ 外部力による組織微細化

- ・ 急速冷却
- ・ 電磁力
- ・ 超音波

(1) - 2 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コーティング技術を探索する。

- ① 炉の省エネ：1/5～1/20にする。
- ② ドロス低減溶解：1/5～1/10にする。
- ③ 耐火コーティング技術：非金属介在物ゼロ

(1) - 3 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。

- ① 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
バイエルとアルキャン : 1000MPa
- ② 摩擦攪拌接合 (FSW) での異種材料接合

(1) - 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。

- ① チクソ・ランナーレス射出押出技術 (三輪 : 産総研)
- ② チクソ展伸材 D-SSF (里 : 東工大) Fe 1% 含有高強度材

(1) - 5 連続プロセス化

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

(1) - 6 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。

- ① 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) JAA 2008 年

(1) - 7 リサイクル合金分別技術

展伸材から展伸材へのリサイクル技術開発に取り組む。

- ① アルミニウム新リサイクル技術開発事業 JAA 2009 年 NEDO 事前研究。
2010～2012 年 NEDO 実用化開発研究実施。

(1) - 8 革新的新構造材料等技術開発 (平成 25 年度経済産業省公募事業)

異種材料の接合技術開発に取り組むとともに、革新的アルミニウム材料の開発として、

以下の2件の技術開発に取り組む。

- ① 高強度・高靱性アルミニウム合金の開発
- ② アルミニウム材製造電析プロセス技術開発

(2) 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、・・・）など
- ② 機能性発現：ナノ、生体融合、光物性など
- 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

☆研究助成テーマ☆

現在、研究助成中の技術テーマを以下に示す。

《2013年 中長期委員会研究助成テーマ》

- ①水素ポア制御による航空機用アルミニウム合金の力学特性向上（九州大学）
- ②土木構造物における圧縮部材にアルミニウムを用いるための基本性能把握（熊本大学）

《2013年 アルミニウム研究助成テーマ》（巻末の補足資料参照）

- ①2012年からの継続テーマ：14件
- ②2013年新規テーマ：14件

II-6 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。

- 経済産業省委託事業 JRCM&JAA：2007～2009年
製造中核人材育成プログラム作成と実証

- 日本アルミニウム協会：2013年度「アルミニウム産業中核人材育成講座」開講
 - ①溶解鑄造：（安田：京都大学、9月12日～14日）、13名参加
 - ②熱処理：（里：東京工業大学、9月19日～21日）、16名参加
 - ③材料の強度-強化メカニクス：（渋谷：大阪大学、9月27日～28日）、14名参加
 - ④加工（圧延・押出）：（仲町：同志社大学、11月25日～27日）、13名参加

- 日本アルミニウム協会：2013年度「アルミニウム・夏の学校」開催
 - ①関西地区：（京都、7月26日～27日）、6大学、学生27名参加
 - ②関東地区：（箱根、8月29日～30日）、6大学、学生33名参加

- 日本アルミニウム協会：2013年度「特別出張講座」開講
 - ①富山大学、②名古屋大学、③京都大学

Ⅲ. アルミニウム技術戦略ロードマップ

Ⅲ-1 ロードマップ作成のコンセプト

日本はこれから低炭素社会、循環型社会、安全・安心の社会の実現を目指す。アルミニウムを、その一翼を担う材料に位置づけるべく技術戦略マップの実現の道筋(ロードマップ)を作成した。2009年版を初版として、アルミニウム協会を中心に定期的に見直しを実施する。

アルミニウムは、環境負荷の小さい、軽量化構造を実現する高強度素材の提供、製品開発／製造／リサイクル(PPRサイクル)の完全循環型素材として確立し、様々な顧客製品に対して、信頼性の高い、構造素材であることが必要である。この未来のアルミニウムの姿を実現するために、次の3つの大きな柱を中心にロードマップに展開した。

① 材料技術・組織制御技術の確立

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。出来上がる材料は、添加元素を枯渇元素からユビキタス元素(Fe、Si)に代替する合金設計でかつ高強度、高靱性／高成形性(高伸び)を有する。

② リサイクル、リユース技術の確立

回収と再生の技術の確立により、アルミニウムの完全循環型社会を実現するため、現状の総需要450万トンに対して当面75万トン回収を増加させることを目指す。

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)

これまでの統計データでも分かるように、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ファーストチョイス素材とするために、品質や付加価値の向上とコストバランスを併せ持つ、革新的なものづくり技術を確立する。その結果として、2035年で200万トン／年の需要増(総需要650万トン／年)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、大分類を更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。

アルミニウム産業のエコロジーモデル構築

アルミニウムの完全ライフサイクル化(循環型社会への貢献)



図4 アルミニウム産業のエコロジーモデル構築

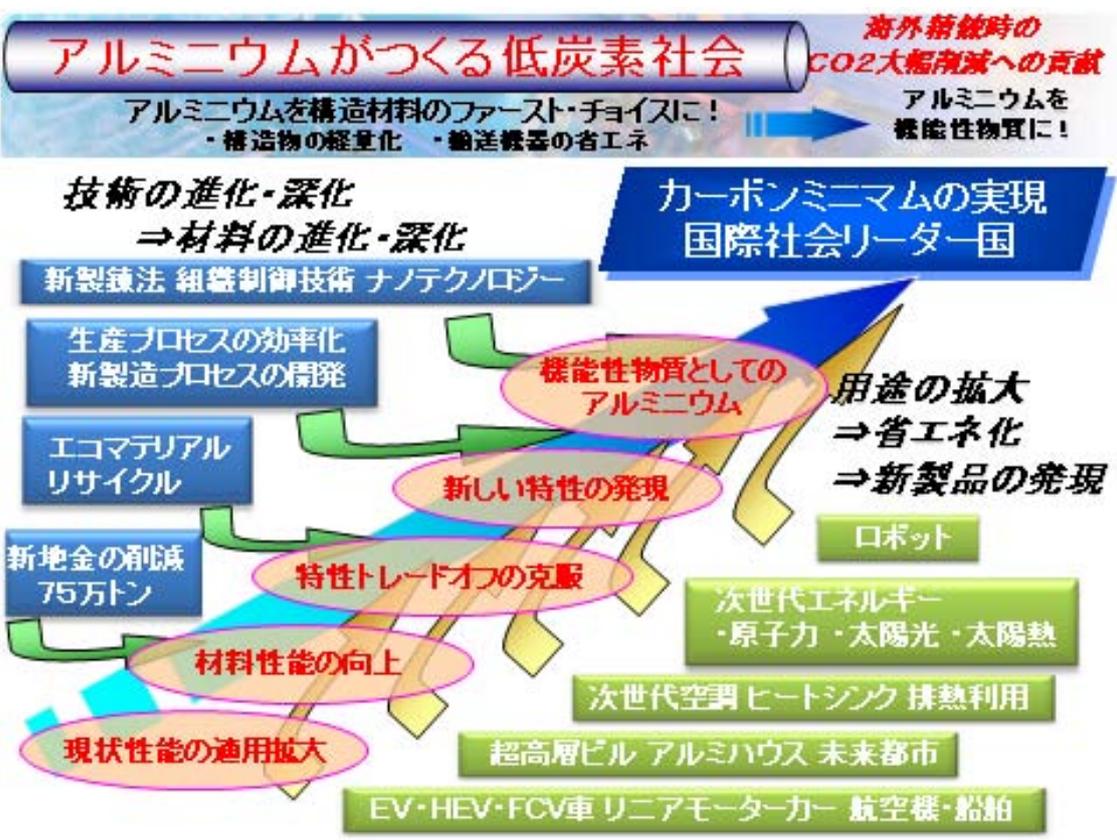


図5 アルミニウムが作る低炭素社会