

アルミニウム技術戦略ロードマップ

2015 & 2016



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、日本製造業の競争力を支える基盤材料として、欠くことのできない重要な役割を担ってきた。昨今の環境問題の高まりの中で、アルミニウムの特性への期待は大きく、アルミニウム産業としてこれにしっかりと応えていかねばならない。その為にも、私たちが現状をどう捉え、より良い未来に向けてどのように貢献していくのか、具体的に発信することが重要と考えている。

アルミニウム協会では、軽金属学会と協力して、2009年に「アルミニウム技術戦略ロードマップ2009」を発行し、その後毎年見直しを行い、2014年に5回目の改訂を行ったのを期に、1年半をかけて全体の見直しを進めることとした。アルミニウム需要に影響する重要課題の一つとして取り上げた地球環境問題の年毎の変化、アルミニウム主要分野のニーズの変化、重要技術開発テーマの推進状況などを見直し、「アルミニウム技術戦略ロードマップ2015&2016」として今般発行するに至った。

一方、経済産業省は、この間鉄鋼・非鉄を合わせた金属素材産業の将来について、各金属素材系各社の技術開発トップ、学会のトップを委員とする研究会を立ち上げ、その成果として2015年6月に「金属素材競争力強化プラン」を発表した。素材産業の共通の課題を精査し、その解決を国家レベルで進めようと意図したものであり、その課題認識や取り組みの方向性は、当然のことながら私たちが「ロードマップ」の改訂作業で議論してきた内容と軌を一にするものである。

日本のアルミニウム産業を持続的に発展させていく為には、産学官の連携が不可欠であることは言うまでもなく、課題克服に向け、円滑かつ効率的な推進に資する観点からも、「ロードマップ」が国の「競争力強化プラン」と連動し、技術戦略の面でそのマイルストーンの役割を果たしていきたい。

日本アルミニウム協会では、今後も継続的に「ロードマップ」の見直しを行い、発信していく。各界からのご意見、ご鞭撻を賜れば幸いである。

平成28年4月21日
一般社団法人 日本アルミニウム協会
会長 金子 明



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	6
II-1 日本の社会・産業界の動き	7
II-2 日本の科学・技術開発の動き	8
III. アルミニウム技術戦略のシナリオ	10
III-1 市場の動向・マーケティング	10
III-2 アルミニウム需要統計	18
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	20
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	22
III-5 人材育成・社会への仕掛け	25
IV. アルミニウム技術戦略ロードマップの解説	26
IV-1 ロードマップ作成のコンセプト	26
IV-2 アルミニウム技術戦略マップ	28
IV-3 アルミニウムビジネスロードマップ	29
IV-4 アルミニウム要素技術マップ	29
IV-5 アルミニウム技術ロードマップ	29
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）	30
別表2 アルミニウムビジネスロードマップ（製品開発、プロセス開発のステージ一覧表）	31
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）	33
別表4 アルミニウム技術ロードマップ1（技術開発ステージ一覧表）	34
別表5 アルミニウム技術ロードマップ2（技術開発ステージ一覧表）	35
別表6 アルミニウム技術ロードマップ3（技術開発ステージ一覧表）	36
ロードマップ作成小委員会委員名簿 （別資料）	37
● 開発目標値の設定	38
● 技術キーワード個別ロードマップ	41
（補足資料）	
● 2015 & 2016年度アルミニウム研究助成テーマ一覧	57

I. 概説

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。本ロードマップは一般社団法人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。今回の「アルミニウム技術戦略ロードマップ2015&2016」は初版発行から8年目に当たる。

その間、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、エネルギー需給問題が懸念されており、その対応が急がれる。

● 日本のアルミニウム産業の現状

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傾向にあり、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。直近では総需要、圧延品とも横ばい傾向にあるが、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、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添加元素として用いられており、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。

● 未来のアルミニウム産業の発展に向けての課題

2015年6月に経済産業省で策定した、金属素材競争力強化プランでは、「技術開発戦略」、「製造基盤強化」、「グローバル戦略」の三つをアクションプランの柱として掲げている。その中

で、アルミニウム分野の課題を下記にまとめた。

<技術開発戦略>

近年のアルミニウム産業は拡大基調にあるが、取り巻く環境は楽観視できるものではない。資源の無い日本のアルミニウム産業は、輸入したアルミニウムインゴットに需要にあった付加価値をいかにつけられるかが成長の鍵になる。付加価値は、アルミニウム製品開発、プロセス開発により作り上げられる。そのためには、材料研究開発の基礎、適用から応用にいたる研究開発の切れ目の無い流れが大事である。

将来の鍵となる研究課題のひとつは原料である。1930年台に国内製錬が始まったものの、2015年最後の製錬事業の撤退により80年の火が完全に消えた。一方、全世界では、毎年5,000万トンものアルミニウムが生産されて様々な分野の製品になっている。そして、寿命となって廃却され、廃棄物として新たなアルミニウム原料になる。その活用技術（リサイクル）の研究開発は大変重要なテーマであり、且つ、それぞれのステップ間でのテーマの連携は成果の出来を大きく左右する。例えば、基礎研究では不純物の機能向上の指導原理が、適用では組織の制御技術が必要である。そして、応用では実用製品化技術（合金の規格化、国際標準化もそのひとつ）により「使われる素材」になる。その途切れの無い研究開発の流れが重要である。

また、合金技術も重要なアルミニウムの研究課題である。アルミニウムに対する市場の期待は、軽量構造材料として鉄に変わるために足らない特性を担保する材料である。市場拡大の大きなテーマである。特に、高強度、高成形性、高耐食性、接合技術、成形技術は、利用拡大のための重要課題である。今後は、マルチマテリアル構造用の異種材接合技術も必要性が増す。

未来の世界をリードするアルミニウム産業の実現のために重要な課題は、それぞれの技術開発ステップ、分野の人材育成である。今後更に専門性が深くなる要素技術を俯瞰して組み合わせて、新しいものや技術を作り出す人材が望まれ、人材育成についても産学官連携が重要である。

<製造基盤強化>

第一次産業革命の機械化から、自動化、IT化、そして今、第四次産業革命でネットワーク化（IoT: Internet of Things）という時代を迎えている。製造基盤はそれぞれのイノベーションにあわせていろいろなビジネスチャンスを生み出している。

一方、どの時代でも、製造基盤強化の具体的な成果は製造コストにつながる無駄削減である。中国、台湾、韓国という隣国の発展も目覚しく、低コストの製品の波は日々押し寄せてくる。それに立ち向かうだけのコストとサービスが必要である。例えば、製造情報はある意味ノウハウである。しかし、使用者でのパフォーマンスまで含めたデータが揃い、活用できれば、ばらつきの分析により製造の無駄も明らかにできることも期待できる。そのような、ビッグデータを共有することで、これまでより高いステージでの改善活動、顧客サービスも可能になる。これを製造基盤のなかで「ものづくり」をネットワーク化することも、IoTの形のひとつと考えられる。

また、製造基盤強化では、明確な競争領域を認識することも技術イノベーションには必要である。「品質のばらつき」、「歩留まり改善」、「工程保証、検査の合理化」とそのネットワーク化での製品品質制御技術は、これからの競争領域として尖ったイノベーションが期待される。

<グローバル戦略>

アルミニウム業界も成長のために、海外市場への事業拡大が必要になっている。従来の海外展開は、現地生産を目的（消費地に近いところでの供給拠点）として、独立したサイト化が進められて来た。しかし、技術立国を目指す日本では、日本をマザー工場として、各地域のサイトを有効に結び、地球規模で事業を考える時代がきている。例えば、欧米の主要なアルミ産業では、グローバル事業を目指す企業と現地の需要家を細やかに支える企業のニーズも高まっている。この点は、日本のアルミニウム業界は、他の産業分野に比較すると遅れており、早急な戦略化と実現が必要である。

グローバル戦略においても人材育成は重要な課題である。アルミニウム産業を地球規模で大局的に見ることができる俯瞰性と客観性をもった国際感覚のある人材育成も必要である。

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、先の大戦後、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が国民の幸福とどれほど関連するのの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。

近年、人類が直面している地球温暖化対策は最重要課題のひとつである。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、世界で高まっている。また、少子・高齢化問題にしてもその課題解決を世界のどの国より先に迫られているという意味でも、リーダーとして果たすべき日本の役割は大きい。

先の震災での原子力発電所の事故に起因した電力供給に関する政策・行政の見直しにより、省電力の機運も更に高まり、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、電力の自由化も相俟って、再生可能エネルギーへの期待も拡大しており、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してきている。風力発電も建設が増えている。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、世界での需要動向が注目される。

日本のアルミニウム需要を見ると、これらのエネルギー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国内エネルギーの割高感から、今後も予想される国内の需要家の生産拠点の海外移転に伴う、素材需要の国内空洞化懸念は高まっている。

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、「BRICsと新興国の比較的堅調な経済成長により、2010年の3800万トンから2020年には7,400万トンに拡大し、その約6割弱を中国が占めるが、同時に世界で約1,000万トンの供給不足が懸念される」と推定されていた。ほぼ、予測どおりに推移しているが、一方で2014年後半から、中国政府の自国アルミニウム市場への介入により、国際競争のアンバランスを引き起こしており、日米などのアルミニウム産業界も中国に早急な改善を要求している。欧州通貨危機によるEU諸国の経済の変調とその長期化などの影響もあり、上記新興国も従来のような高い経済成長を持続できない可能性が生じている。

日本のアルミニウム産業には、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。

Ⅱ－１ 日本の社会・産業界の動き

(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、石油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では、日本経団連へ「地球環境保全の自主行動計画」の提出等の地球環境問題に係る自主的な行動表明をおこなってきており、「地球温暖化対策編」は2012（平成24）年度で最終年を迎えた。

また日本経団連が新たに実施する2020年度を目標とした「低炭素社会実行計画」への参加を表明し、2014（平成26）年3月に計画を提出している。

更に、2020年度以降（2030年度最終目標）の「低炭素社会実行計画フェーズⅡ」へも2014年度に参加を表明し、2014（平成26）年12月に計画を提出している。

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。

日本アルミニウム協会では、2014－2015年度経済産業省「エネルギー使用合理化技術開発費補助金」事業において、L I B Sソーティング実証事業を推進し、アルミ合金系スクラップの相互選別の事業性を実証した。これにより、今後アルミニウムの水平リサイクルが実現していくことが期待される。

(3) 安全・安心社会への貢献：

「平成27年版高齢社会白書」によると、2014年10月1日時点の日本の総人口は1億2,708万人で前年より22万人減り、一方、65歳以上の高齢者人口は3,300万人で総人口に占める割合（高齢化率）は26.0%と過去最高となった。また、2060年には人口は9,000万人を割り込み、65歳以上の人が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。

II-2 日本の科学・技術開発の動き

(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・有機材料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) 2016～2020年度：第5期科学技術基本計画

「先を見通し戦略的に手を打っていく力と、どのような変化にも的確に対応していく力を重視」との基本方針に基づき、「未来の産業創造と社会変革」、「経済・社会的な課題への対応」、「基盤的な力の強化」、「人材、知、資金の好循環システムの構築」を4本柱として推進される。日本を「世界で最もイノベーションに適した国」へと導くと位置付けられている。“材料”については、「経済・社会的な課題への対応」の中で「ものづくり・コトづくりの競争力向上」と表現されている。

(4) 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なかったことから、アルミニウム関連の国家プロジェクトは5年間皆無に等しかった。この様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、2010（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。ここでは、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。

経済産業省は2015年6月に金属素材競争力強化プランを策定し、それをフォローアップするという位置付けで非鉄金属製造産業戦略の作成・とりまとめを実施中である。業界の課題や戦略をまとめ、今後の政策立案につなげる計画である。

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継続的に実行して、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	市場規模 (兆円/年)	将来 性 ¹³⁾	期待用途
自動車	62.5 ¹⁾	↑	車体（パネル、骨格、足回り）、熱交、EV、HV
住宅・土木、建築	51.3 ²⁾	↗	橋梁材料
灯り	1.1 ³⁾	↗	LED照明
家電	67.2 ⁴⁾	→	空調機器（オールアルミ熱交）
エネルギー	93.3 ⁵⁾	↑	再生可能エネルギー、燃料電池、蓄電池、超伝導
ロボット	1.6 ⁶⁾	↑	軽量構造部材
食	78.6 ⁷⁾	→	飲料缶、植物工場
半導体	3.7 ⁸⁾	↗	半導体製造装置
情報通信	81.8 ⁹⁾	↑	タブレット、中継基地
医療、介護	62.9 ¹⁰⁾	↑	CT、MRI、軽量高強度介護器具
航空宇宙	1.1 ¹¹⁾	↗	構造部材、宇宙ステーション
鉄道	0.2 ¹²⁾	→	車両

1) 自動車・同附属品製造業・2014年度売上高（法人企業統計調査 年次別調査 平成26年度統計表・財務省）

2) 平成26年度建設投資（国土交通省）

3) 照明市場に関する調査結果 2013（矢野経済研究所）

4) 平成25-26年版 家電業界売上高（野村総研）

5) 2013年度国内環境産業市場規模（環境省）

6) 平成22年度ロボット産業将来市場調査（経済産業省・NEDO）

7) 平成22年度食品産業の国内生産額（農林水産省）

8) 2014年国内半導体市場（電子情報技術産業協会）

9) 平成24年度情報通信産業市場規模：名目国内生産額（総務省）

10) 2007年高齢者向け医療・医薬・介護・生活産業市場（みずほ情報総研）

11) 2006年度日本の航空宇宙産業規模（日本航空機開発協会）

12) 平成26年度車両生産金額（日本鉄道車両工業会）

13) → ↗ ↑
 (小) -----> (大)

(1) 自動車の未来

地球環境問題から、自動車に対するCO₂排出量の規制が厳しくなり、欧州では、2020年に向け95g/kmとしている。また、北米でも2020年以降のCAFE規制（企業平均燃費）を欧州並みに厳しくする方案となっている。自動車は、燃費向上のためパワートレインの開発が飛躍的に進み、これまでのHEVからPHEV（プラグインハイブリッド）やEV化の割合が世界的に増加する傾向にあり、さらに、ゼロエミッションを目的としたFCV（燃料電池車）が、一部の日本のメーカーで実用化され、欧州でも開発が進められている。FCVやEVは、航続距離を伸ばすことが課題となっており、高効率電池の開発が進められているとともに、車体の軽量化も検討されている。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5,000基の設置が予測されている。

さらに、近年の自動車は、操安性の向上や安全性の確保のため、自動制動技術の実用化が進み、加えて自動運転技術の開発が2020年を目標に実用化を目指し進められている。これらの自動化技術躍進は、センサーやワイヤハーネス等により車体重量が増加させる傾向にある。一方、衝突安全性については、2017年以降その基準が強化され、それに対応するためには骨格系の高強度・高剛性化が必要となり、車体重量増の因子となると考えられる。よって、車体の軽量化技術をさらに拡大する必要があるとあり、アルミニウム合金展伸材の適用による軽量化ならびに、適材適所化（マルチマテリアル化）がさらに進むと考えられる。

2015~2016年は、スポーツカー時代といわれており、低迷であったスポーツカーの生産台数が増加している。軽快感が必要なスポーツカーは、アルミニウム合金展伸材を多用しているものもあり、アルミニウムの需要拡大の要因となると考えられる。

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) 建築・住宅の未来

世界レベルでの国や都市間競争、人口減少と少子高齢化、インフラ老朽化、地球環境問題等の相互作用により、社会構造の大きな転換期を迎える中で、価値の多様化を再構築し、豊かさや安心が持続する国土の実現が求められている。

これを受け、効率指向によるコンパクト化した地域圏を、その機能維持や新たな価値創造の為にIoTや高速交通手段で繋げ、さらに国境付近の海洋や離島も含めて国土全体を維持可能な形で利用する国家施策も検討されている所である。

アルミ建築としては、適材適所のハイブリッド概念をベースに、省エネルギー及びゼロエミッションに貢献し、安全で快適な空間を実現すべく、高機能・高性能材としてのアルミニウムの地位確立と、その供給体制の標準化が期待されている。

具体的にはコンパクトな都市領域を中心に要求される「耐火性能の向上技術開発」、オフ

グリッド地域を含め「土地と分離可能で簡易移動性に資する技術開発」、クラウド環境でBIM (Building Information Modeling) や3Dプリンターを活用し、施主のセルフビルドも可能となる「ものづくり技術開発」等、グローバルな視点で変革する時代の潮流を捉えた取り組みが望まれる。

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。

また、発電・蓄電・消費電力を一括で管理し、エネルギーの最適化を図るスマートハウスが普及し、家庭内のネットワーク化が進むことにより、健康管理、防災、防犯など日常生活をサポートする様々な技術導入も飛躍的に発展することが期待される。

更に、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)の普及も踏まえ、直流化の動きが進展しており、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) 土木製品・土木構造物の未来

2013(平成25)年11月のインフラ長寿命化基本計画、2014(平成26)年5月の国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)の決定、2020年東京オリンピック開催、更には、昨今の防災・減災への関心の高まりなどにより、土木分野は今後大きく注目されることが確実である。

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、耐震性や移送利便性の向上につながり、防災対策、並びに今、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、メンテナンス費用の削減による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ことから、メンテナンスが容易であり、トータルコストダウンに結びつくアルミニウムは大変有利である。

2000年頃からアルミニウム歩道橋や拡幅歩行者用アルミニウム床版が建設されるようになり、最近では道路橋用アルミニウム床版を用いた鋼製橋が建設されるようになってきており、2015年には国土交通省近畿地方整備局で60m級の緊急架設橋用の床版として採用された。

また、2015年には最新の研究結果を盛り込んだ「アルミニウム合金土木構造物設計・製作指針(案)」が完成した。この指針(案)の最大の特徴は、摩擦攪拌接合を考慮した構造設計法を与えたことであり、この指針(案)により土木分野へのアルミニウムのさらなる活用が期待されている。

(4) 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の基板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おり、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。

また、最近では次世代照明として薄型化、フレキシブル化が可能な有機ELが注目されている。有機ELはディスプレイとしては実用化されているが、照明用途としては発光効率や寿命などの課題が残されている。現在実用化に向けて研究開発・実証試験が行われており、アルミニウムの新たな活躍の場としても期待される。

一方、自然光を反射の連続で室内に運び、そのまま室内照明として使う採光システム「光ダクトシステム」の採光部、導光部、放光部には、軽量性、反射性、耐久性の観点からアルミニウムが多く用いられている。本システムは古くから実用化されているものの、一般住宅用として大きく伸びるまでには至っていない。エネルギー問題の深刻化、また、自然への回帰、健康・快適化への嗜好が更に高まれば、今後大きく普及することも考えられる。

(5) 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とともにIoT化の観点からも、省資源、省エネルギーに資するさらなる小型化、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）による普及が需要を支えている。一方で電気料金の自由化による異業種参入や、電気自動車による電源供給などに対応して、電池・エネルギー関連新市場の動向が注目される。

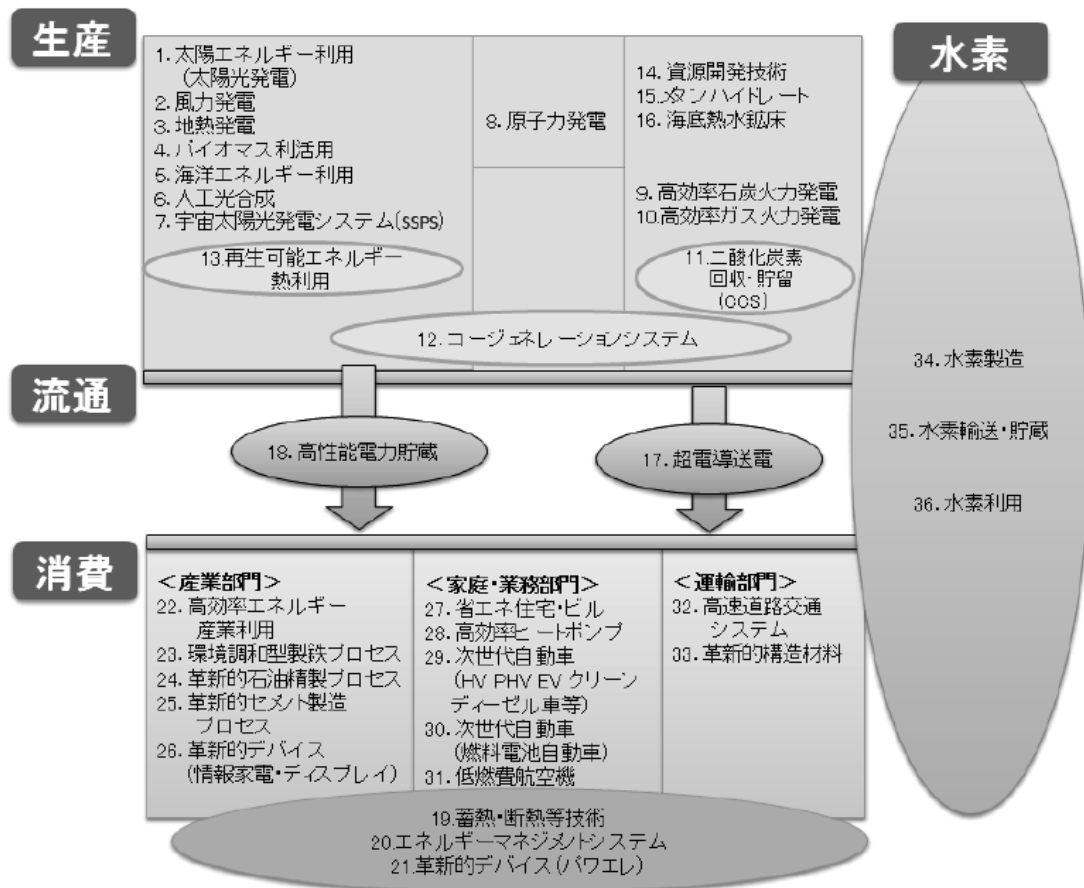
(6) エネルギーの未来

2014年4月11日に第四次エネルギー基本計画が閣議決定された。この基本計画は東日本大震災および東京電力福島第一原子力発電所事故後初となる基本計画であり、大震災および原子力発電所事故後のエネルギーに関する様々な問題に直面する状況に対し、現実的かつ実現可能なエネルギー政策の方向性を総合的・俯瞰的に示したものである。

この基本計画に明示された技術開発に関するロードマップが「エネルギー関係技術開発ロードマップ」として2014年12月に策定された。

このロードマップの中に技術課題として36の課題が生産・供給、流通、消費のエネルギー・資源のサプライチェーン、水素の4つの局面に対応して整理されている。

これら技術課題の解決のためには、軽量かつ、耐食性・加工性・導電性・熱伝導性に優れたアルミニウム材料の活用が必須であり、また、これらの特性を活かしたさらなる研究・開発が望まれる。



経済産業省「エネルギー関係技術開発ロードマップ 平成26年12月」より

(7) ロボットの未来

経済産業省は、ロボット産業を将来我が国の基幹産業の一つに成長させるべく、ロボット産業育成に向けた取り組みを進めている。自動車など大手企業を中心だった生産プロセス用途で裾野を広げるとともに、少子高齢化等により労働力不足が深刻になっている医療・介護や建設分野などへの大幅な導入を促す予定である。ロボット構造フレームの材料として、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。

また、コンパクト化に伴いモータやCPUなどからの発熱も問題となっており、放熱設計の分野においてもヒートシンク、ヒートパイプなどアルミニウムの需要が見込まれる。

(8) 食の未来

食文化は、経済のグローバル化、国内の高齢社会の進展、訪日外客数の急速な増加(日本政府観光局調査 2015年1月~12月計:19,737千人、昨年比+47.1%)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のが予想される。機能性(健康)食品・飲料製品の急速増加、観光客向けの食品・飲料製品の開発により、お客さまの心を上手に捉える観点からの包装分野の商品開発は大きな商機をもたらす可能性が現われてくるだろう。また、食料自給率向上の観点から植物工場の建設や運転も始まり、栽培棚などの構造部位にアルミニウムが用いられている。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もアルミニウムの利用が増えることも期待できる。

(9) 半導体の未来

半導体分野は、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ものである。世界半導体市場は2000年のITバブルで2,000億ドルを超えるピークを示した後に一旦落ち込んだが、2004年にはITバブルのピークを超え、2008年のリーマン・ショック後に多少落ち込んだものの、2014年で約3,000億ドルに拡大し、2016年で3,500億ドルに到達すると予想され、大きく成長しつつある分野である。

半導体集積回路の微細化はムーアの法則に従って進んできた。最近に発表された最先端半導体の微細化のトレンドでも止まる気配がなく、少なくとも2050年までは進化し続けるものと予想されている。

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。この技術革新や開発に伴い、アルミニウムの利用拡大と新規採用は期待される。

(10) 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掲げられている。クラウド・コンピューティングの市場も拡大しており、IDC

(Internet data center)～無線・有線～端末(携帯、タブレット、PC等)の構造の中で、アルミニウムの新しい用途の開拓が望まれる。

次世代無線システムにおいては、移動通信時における家屋内、街中、駅中、車中などいつでもどこでも高速かつ大容量の通信ができる環境の整備が進んでいる。アルミニウムは中継基地局、アンテナなどに使用されているが、更なる機能向上による用途の拡大が期待される。

(11) 医療・介護・バイオ・健康の未来

平成27年度版情報通信白書によれば、少子高齢化の進行により我が国の高齢化率(65歳以上の割合)は2014年の26.1%から、2035年には33.4%を超え、人口的には13%増加することが予想されている。これに対し、生産年齢人口(15~64歳人口)の比率は61.1%から56.6%に、人口的には18%低下することが予想されている。

こうした少子高齢化に伴う高齢者の増加と生産年齢人口の減少は、医療・介護サービスなどの分野では国内需要を拡大させるが、一方その担い手となる労働力を確保することが必要不可欠であり、介護用ロボット活用の期待が高まっている。

アルミニウム材料は軽量であることはもちろんであるが、無臭・無害の毒性のない金属であり、磁気を帯びない、腐食し難い等の特長を持っており、これらの分野での用途拡大が期待される。

(12) 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年の試験機初飛行を終え、2018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。

しかし、米連邦航空局(FAA)が民間航空機へのマグネシウム材料使用禁止令を解除したことから、航空機分野でも複合材だけでなく、マグネシウム材料がアルミニウム材料と競合するようになってきた。2014年5月から、熊本大学とボーイング社はKUMADAI超急冷耐熱マグネシウム合金の次世代航空機への実装化を目指した共同研究を開始し、2014年10月には共同研究協定を調印した。NEDOのプロジェクトによる炭素繊維の低コスト化の研究も着実に進められており、低コスト化のためのスクラップリサイクル体制の構築や、設計、製造と一体化した共同開発による、A1-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。

(13) 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にある。現在、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、千葉工業大学等では、ISSから超高感度CMOSカラーハイビジョンカメラを用いた流星の長期連続観測を行うなどにより、直接流星群の母体観測を行い、その特性を知ることができるというものである。

また、小惑星探査機「はやぶさ2」のプロジェクトを進めており、有機物や含水鉱物の存在を予想され、より原始的であると考えられているC型小惑星[1999JU3]をターゲットとし、その小惑星の起源と進化を明らかにすることで、そこから、太陽系や生命の起源・進化までも明らかにしようとするプロジェクトがある。また、2016年2月に直接観測に成功した「重力波」の研究は、宇宙誕生の謎に迫ることができると期待されている。

北米に2機設置している「LIGO」、また、日本では、東大宇宙線研究所が岐阜県飛騨市に設置した「KAGURA」など大型低温重力波顕微鏡がある。これらにより、これまで未知とされている連星中性子星合体によるブラックホールの誕生やガンマ線バースト源の謎などを解明していく計画である。

アルミニウム業界にとっては、これらにより市場規模拡大には直接つながらないものの、軽量、高剛性、非磁性という特徴を持ち、機能性の高いアルミニウム合金は、これらの分野にも一部部材として活用されるであろうと期待することができる。

(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た5路線の整備新幹線のうち、一部あるいは全線が未開業の3路線、北陸新幹線（2015年3月長野-金沢間が開業）、北海道新幹線（2016年3月新青森-新函館間が開業）、九州新幹線（長崎ルート）（2022年度から可能な限り前倒しして全線開業予定）にも、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、1997（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。

Ⅲ－２ 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い。
- ③ 一方、日・米・欧は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について、1980年までは米国の消費量が多かったが、1990年以降、米は下降傾向。近年、日・米・欧は停滞しているが、中国は増加継続。
- ⑤ 尚、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、輸出、建設
(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 レアメタルを用いない、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。

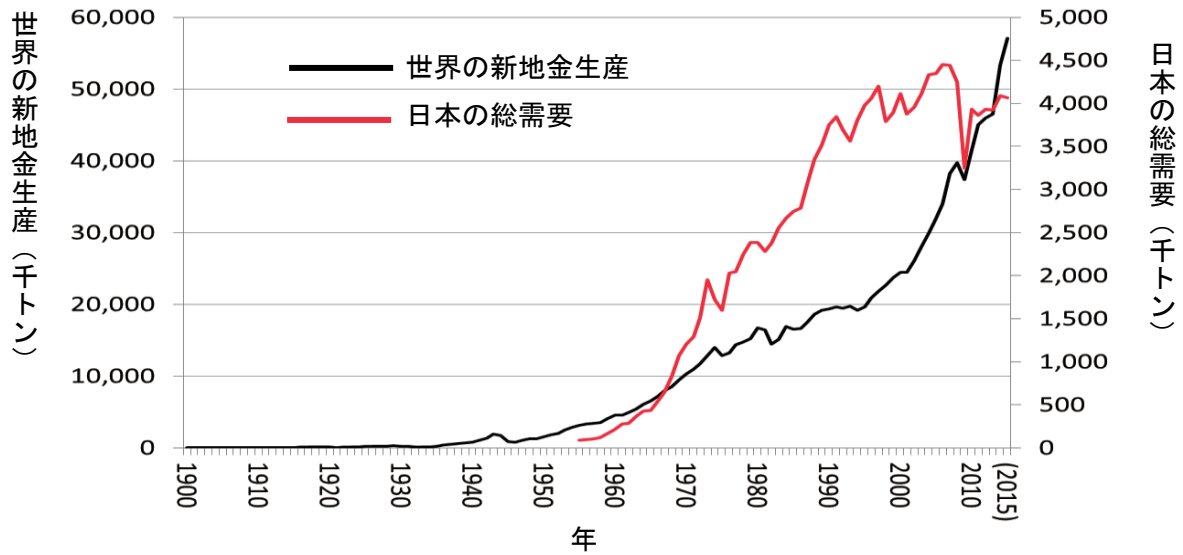


図1 世界のアルミ新地金生産と日本のアルミ総需要（～2015）

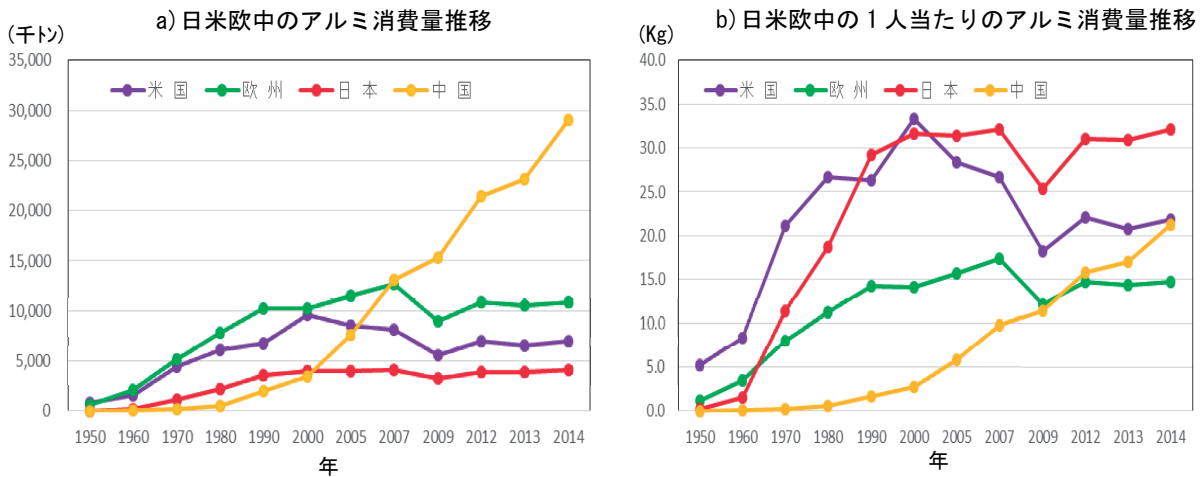


図2 アルミ消費量の日米欧中の比較（1950～2014）

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

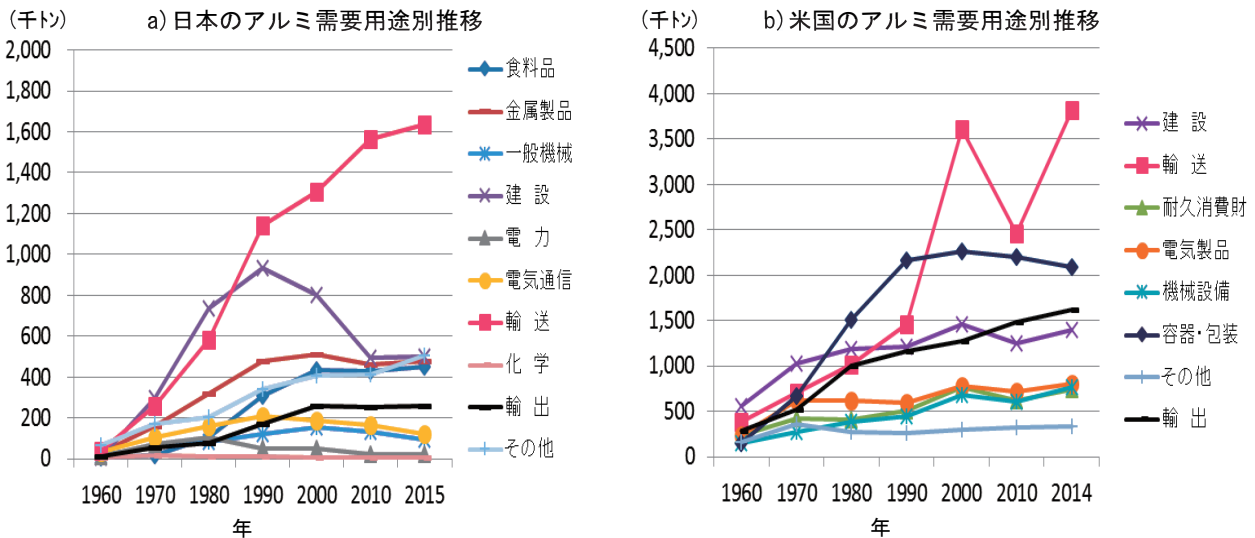


図3 日米のアルミ需要用途別推移（1960～2015）

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

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

●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４００万トンに対して６６万トン回収量を増加、現行２７０万トン（合金を含む）の輸入量の内６６万トンを削減）。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（ CO_2 ）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、さらには豊富に賦存する鉄、シリコン等のユビキタス元素を添加元素として積極的に使用し、かつ性能優位性を獲得できるように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。

●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、インフラ整備と防災・減災対応が進みつつある土木・建築分野、更にはクラウド・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 CO_2 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 CO_2 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 CO_2 排出抑制に大きく貢献できる。

●人材育成の強化； 高い専門力、創造力、国際感覚

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2007（平成19）～2009（平成21）年度の3年間に亘り、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、2010（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（平成23）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。2014（平成26）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、18大学から59名の学生が参加した。2015（平成27）年度も同様に関西および関東の2カ所で開催し、15大学から51名の学生が参加した。

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) アルミニウムの製品技術開発（組織制御）

添加元素（Mg、Mn、Zn、Cu）低減合金と不純物Feの活用技術を開発する。

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

- ・ D-S S F (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2011～2013

「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」

- ・ 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：千葉工大、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確立」

- ・ 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）

- ・ 水素ポア制御による力学特性向上

（戸田：九大、山口：原研、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2014～2016

「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」

- ・ 「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）

科学技術振興機構「産学共創基礎基盤研究」プログラム2015～

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) 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-SSF（里：東工大）Fe 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）

(2) - 1 新溶解鋳造法の開発

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。

- 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 耐火物コーティング技術：非金属介在物ゼロ

(2) - 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。

- 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
アルミと樹脂（接合）
アルミと異種金属（接合）
- ② 摩擦攪拌接合（FSW）での異種材料接合

(2) - 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）

(2) - 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。

- 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）JAA2008年

(2) - 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。

- ① 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

(2) - 6 3D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

(3) - 1 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）

輸送機器の抜本的軽量化に向け、機能とコスト競争力を同時に向上させたアルミニウム材の開発と、これら材料を適材適所に使用するために必要な接合技術の開発に取り組む。

① 革新的アルミニウム材の開発

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

② 接合技術開発

- i) 鋼材／アルミニウムの接合技術の開発（スポット接合技術）
- ii) アルミニウム／CFRP接合技術開発

(3) - 2 水素除去による各種力学的特性向上

水素マイクロポアを低減することによる各種力学的特性の向上に取り組む。

- ① 水素ポア制御によるアルミニウムの力学特性向上（戸田：九大）JAA2012
- ② 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
（戸田：九大）JAA2013
- ③ 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）
JST産学共創基礎基盤研究プログラム2014

(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、・・・）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

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

- 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：2015年度「アルミニウム産業中核人材育成講座」開講
 - ① 溶解鋳造：（安田：京都大学、8月27日～29日）、17名参加
 - ② 熱処理：（熊井：東京工業大学、9月10日～12日）、17名参加
 - ③ 材料の強度-強化メカニクス：（渋谷：大阪大学、9月18日～19日）、15名参加
 - ④ 加工（圧延・押出）：（吉田：岐阜大学、9月24日～26日）、16名参加

- 日本アルミニウム協会：2015年度「アルミニウム・夏の学校」開催
 - ① 関西地区：（京都、7月24日～25日）、7大学、学生29名参加
 - ② 関東地区：（東京、9月 4日）、8大学、学生22名参加

- 日本アルミニウム協会：「特別出張講座」開講
 - 2014年度
 - ①富山大学、 ②名古屋大学、 ③京都大学 ④首都大学東京
 - 2015年度
 - ①富山大学、 ②名古屋大学、 ③京都大学

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

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400万トンに対して当面66万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。

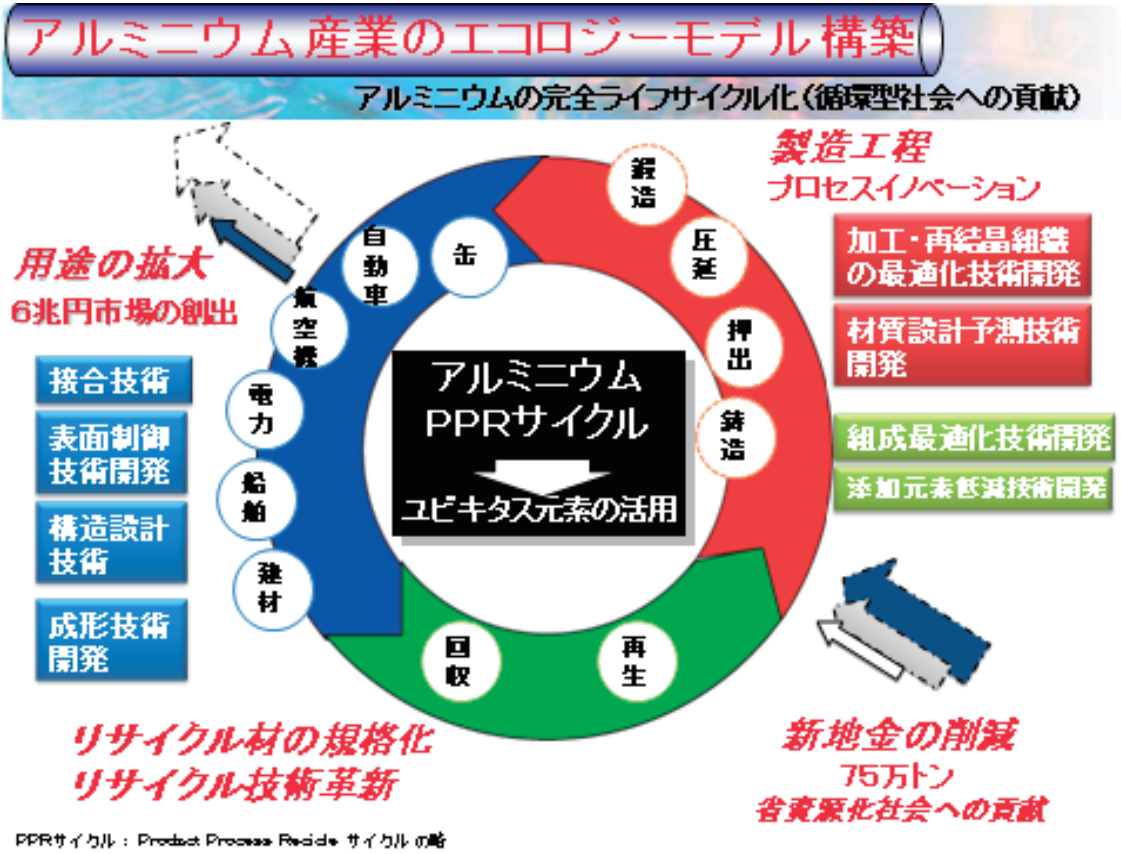


図4 アルミニウム産業のエコロジーモデル構築

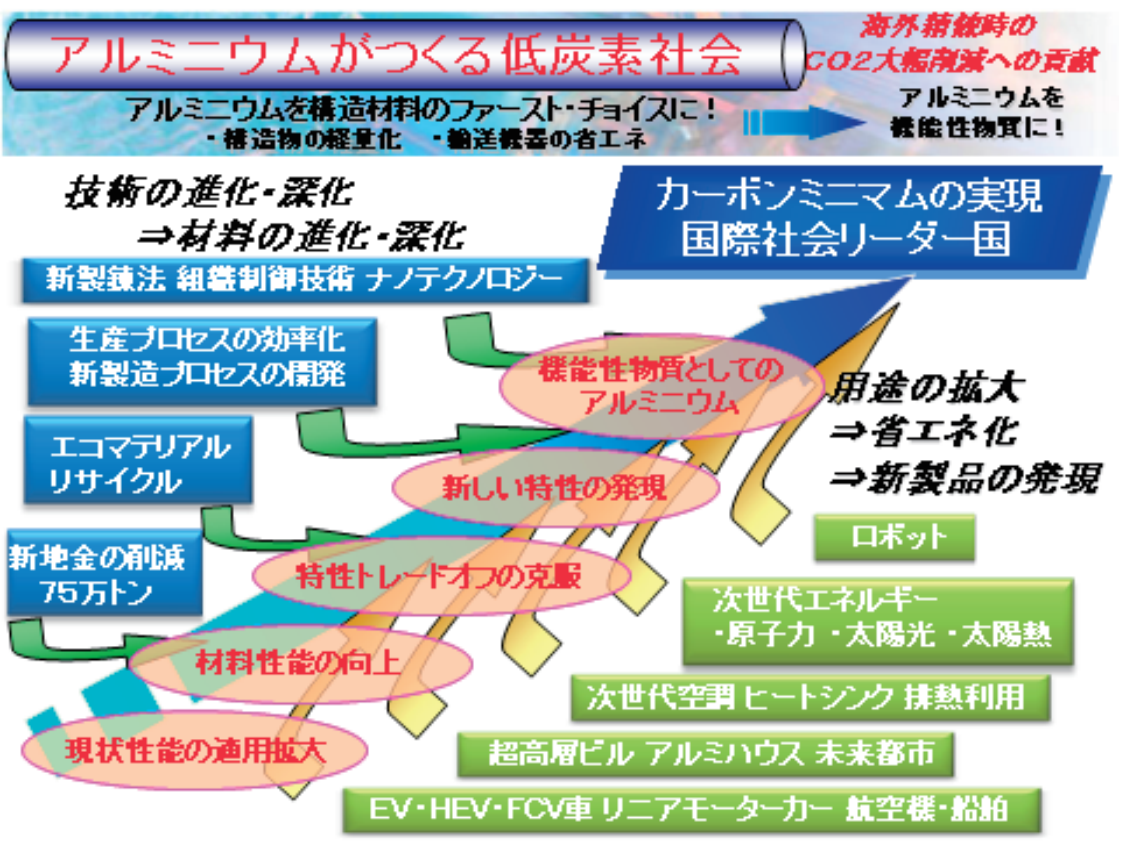


図5 アルミニウムが作る低炭素社会

IV-2 アルミニウム技術戦略マップ (別表1)