

STUDY FOR METALS

青色・緑色系LEDの農林・水産、食品工学及び医学分野における新応用

香川大学工学部教授 岡本研正 P2

JRCM REPORT

海外出張報告 欧米におけるアルミニウムリサイクルの近況 P6

ANNOUNCEMENT

佐藤副理事長、栄えの藍綬褒章受章 P8

TODAY

科学技術基本計画と大学改革を考える



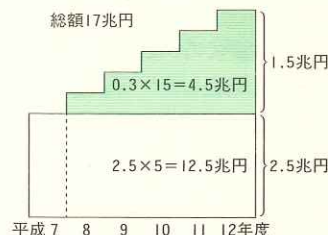
大阪大学
名誉教授 森田善一郎
(住友金属工業(株)顧問)

科学技術基本計画の骨子

- (1)社会的・経済的ニーズに対応した研究開発の強力な推進
- (2)基礎研究の積極的な振興→大学、国公立研究機関の基盤強化
- (3)産官学の人的交流促進のための国の諸制度・運用の改善
- (4)政府の研究開発投資の拡充→平成8年度から12年度までの科学技術経費の総額約17兆円の確保(毎年3,000億円の上積み、下図)

(億円)

省 庁	平成7年度 予算	平成8年度 予算	平成9年度 概算要求
文 部 省	11,582	12,414	13,320
科学技術庁	6,451	6,929	7,504
通商産業省	2,815	4,217	4,926
防 衛 庁	※	1,653	1,798
農 林 水 産 省	857	950	1,030
厚 生 省	※	751	919
その他(※含む)	3,213	1,193	1,719
合 計	24,918	28,107	31,216



一昨年11月、「科学技術基本法」が制定されて以降、科学技術創造立国をめざして、科学技術の振興を産官学で共同推進するための会合が方々で開かれるようになった。JRCM第23回評議員会が開催された今年3月3日、大阪では近畿通産局の主催で、第1回近畿産官学連携推進会議が開かれ(筆者はこちらの会議に出席)、通商産業省、文部省等官側の指針が示された。

また、JRCMに関係あるところでは、4月14日に通商産業省会議室で第1回産官学金属材料技術フォーラムが開かれ、通商産業省のスーパーメタル、金属材料技術研究所の次世代鉄鋼構造材料等、最近の金属系材料研究開発案件が紹介され討議されている。

今後展開されるであろうこれら協力事業の推進力となっているのは、何と云っても政府の科学技術基本計画の骨子に謳われている平成8年度から12年度にわたる総計約17兆円の科学技術経費投資の情報であろう。この17兆円が文部省、通商産業省、その他各省庁が関与する研究機関の基盤強化、研究開発等のために使われることになるが、これら各省庁の平成7、8年度予算と平成9年度概算要求額を比べると文部省が最大となっており、産官学のなかでは学(主として大学、研究所)が最もその恩恵に浴することになる。このことを換言すれば、今後の科学技術推進のなかで、学が演ずるべき役割

と果たすべき責任が極めて大きいことを意味している。

ところで、筆者は日本鉄鋼協会会長在任中、こわれて日本鉄鋼連盟広報誌『鉄鋼界』(平成3年3月)に随想記事として「大学破綻の危機」なる小文を寄稿したことがある。当時の私の体験に基づく、大学の建物の狭隘と老朽化、大学の研究と教育を支える文部省の文教予算の過小等、直面している大学の惨状を訴える内容であった。爾來数年を経て、幸いにも科学技術基本計画を一部先取りしたかたちで大学院重点化やCOE(Center of Excellence)の設置等の改革が進みはじめ、大学を取り巻く環境は明らかに好転しつつある。

例えば、文部省がこの科学技術基本計画の1つの目玉としている日本学術振興会を經由しての「未来開拓学術研究推進プロジェクト」がスタートし、理工学、生命科学、複合領域を含めて平成8年度117件、110億円、平成9年度(件数未定、継続を含む)206億円の研究費がすでに交付または交付されようとしており、さらにそのいずれれにも対し、数年間にわたり支給が継続されることになっている。しかしながらこのプロジェクトに対しては、受領者の選考や研究費の配分方法等につき、一部の大学研究者の間で不満の声もあるようだ。今後その公正さ、透明性について疑義のないよう運営されるべきであろう。

さて、現在の大学は単に研究・教育の学府であるだけでは

なく、社会人教育、外国人留学生受け入れ、産学交流、社会への情報発信等開かれた大学としてさまざまな取り組みが行われている。しかし大学教員の数はこれまで定員削減で減らされる一方で、さらに最近では、多様化した大学運営のための種々の会議への出席、学会活動とそれに伴う出張等のため、学部科長等管理業務を兼ねる教官のみならず、一般教員も研究に割かれる時間が相対的に少なくなっている。皮肉にも研究業績を上げ、学会で活躍している教員ほどその傾向が大きいようだ。

STUDY FOR METALS

青色・緑色系LEDの農林・水産、食品工学 及び医学分野における新応用

香川大学工学部信頼性情報システム工学科教授 岡本研正



1. はじめに

1993年末、日亜化学工業が、世界中の光エレクトロニクス研究者や技術者の長年の夢であった高輝度青色光LEDの開発を発表した^{1),2),3)}。

それまでのSiCやZnSe系材料青色LEDが10~20mcd程度の低い光度であったのに対し、日亜化学工業の青色LEDはGaNを材料としたもので、20mAの定格電流に対して光度1cdという目の眩むような明るい光を放つものであった。

光度1cd以上の発光ダイオードは超高輝度LEDと呼ばれている。可視光発光ダイオード(LED)としては、GaPを材料とする緑色LEDやGaAsPを材料とする赤色LEDは比較的早く開発されたが、これに比べ青色LEDの開発は遅々として進まなかった。LEDは当初からRGB(赤、緑、青)フルカラーディスプレイ用光源として期待されたが、B(青色)画素としての青色LEDがなかなか実現しなかったため、その間にカラー液晶ディスプレイやプラズマディスプレイのほうが先に実用化されてしまった。

一方、GaAlAs赤色LEDをはじめとしてLEDの高輝度化が進み、1980年ころには1cdを超える超高輝度赤色LEDが発表された⁴⁾。これを契機として、LEDメーカーによる高輝度化競争が

始まった。また、1990年ころからは短波長高輝度LEDの開発も盛んとなり、InGaAlP系材料を用いた橙、黄、黄緑及び緑色の高輝度LEDが次々と登場してきた。そして、製作技術上のむずかしさのため可視光域で最後まで残っていた超高輝度青色LEDがついに誕生したわけである。

日亜化学工業は青色LEDに続き1994年にInGaN系の青緑色LED(発光波長500nm、2cd)⁵⁾、1995年にはInGaN系の緑色LED(発光波長525nm、6cd)⁶⁾を、さらに1996年夏には、同じくInGaN系の青色LEDチップの表面にYAG系の蛍光体を塗布した白色光LED⁷⁾を相次いで発表した。同社はまた、1996年、GaN青色LD(レーザダイオード)の室温連続発振に成功⁸⁾する等、現在、GaN系青~緑色LED及びLDにおいて世界のトップを独走しており、国内外のいくつかの光半導体メーカーがその後を追っている⁹⁾。

高輝度青色LEDの開発がきっかけとなり、緑色より短波長の光を放射するLEDやLDに関する開発研究が一段と盛り上がりを見せはじめているが、その内容はGaN系やZnSe系半導体結晶の成長や素子膜における量子井戸の作製等、ミクロな構造に関するものが主である。

一方、青~緑色系LEDやLDの利用については、現在のところ前者はカラ

一方、老朽化した建物の建て替えも徐々に進みつつあるようだが、それでも諸外国の大学に比して空間的にゆとりが少ないことには変わりはない。このような環境のもとではいくら研究費を増額しても、政府が期待しているような科学技術立国の名にふさわしい優れた独創的研究成果が一举に出てくるとは、私には思われない。私はいま、科学技術基本計画を遂行するには、まず大学教員の増強(人材確保)と大学の管理運営システムの合理化を図り、研究のための環境整備を行うのが急務であると考えている。

一表示素子やRGBフルカラー大型ディスプレイの画素、交通信号の光源としての利用等、後者は光ディスクや光磁気ディスクの情報ビットの書き込み、読み取り等、いずれもごく通常の使用目的のみにとどまっている感じがする。本稿では、青~緑色系LEDのまったく新しい応用に関する筆者のオリジナルな研究を紹介する。

2. 青・赤LED光源による植物栽培

筆者は、『日経エレクトロニクス』1993年12月3日号で青色LED発表のニュース記事¹⁰⁾を初めて見たとき、この青色LEDの発光の中心波長が450nmであることを知り、直ちにこれを植物栽培用の光源として利用することを思いついた。それは、450nmという青色光が、植物の光合成作用を担うクロロフィル(葉緑素)の示す2つの光吸収ピークの1つとほとんど同じ波長だったからである。クロロフィルのもう1つの光吸収ピークは、660nm付近の赤色域にある。

図-1のように、これら2つの吸収ピークはかなりシャープなものであり、それゆえ光源として660nmの赤色光と450nmの青色光だけを用いて植物を生長させることの可能性が予想された。

筆者は同僚の柳智博助教授(栽培学)と共同して、1993年夏からGaAlAs系の

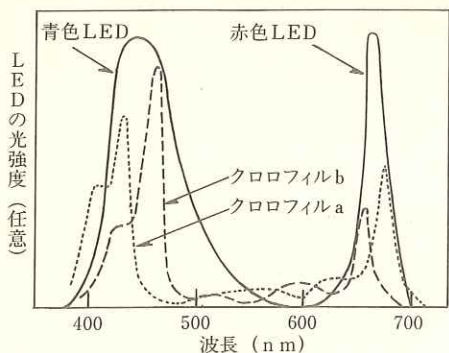


図-1 青色及び赤色LEDの発光スペクトルとクロロフィルの光吸収スペクトル

超高輝度赤色LED (7cd、発光中心波長660nm) を用いてハウレンソウ栽培を試みたが、直径1cmで7cdという当時では、最高輝度のLEDを有効エリアが26cm×34cmの基板上に六方最密状に765個も並べた強力な赤色光源であったにもかかわらず、生長したハウレンソウは茎の部分が長く、全体的に弱々しい形態、すなわち徒長した形状となった¹⁰⁾。

この要因として青色光の欠如が考えられたが、その当時は高輝度の青色LEDはまだ存在せず、筆者は、LEDによる植物栽培の試みは時期尚早であり断念せざるを得ないと感じた。ところがその2か月後の11月末に、450nmの高輝度青色LED開発のニュースを知るに至ったのである。

筆者らは直ちに翌年(1994年)春、青色LED(直径5mm)を100個購入し、この青色LEDと3cdの赤色LED(660nm、直径5mm)を各88個合計176個を14cm×18cmの基板上に混合配置した光源と、赤色LEDのみ176個を同型の基板に配置した光源とを含む栽培装置を製作し、同年6月よりレタス苗の栽培実験を開始した。

その結果、赤色LED光のもとで育成したレタス苗は、茎が異常に長く葉は細長く色も薄いという典型的な徒長形態を示しやがて枯れはじめるが、青赤混合LED光のもとで育ったレタス苗は、青々とした葉を有し健全な生長を遂げることがわかった。赤と青のLEDだけを人工光源として用い、形態学的に健

全な植物栽培に成功したのは、これが世界で最初である^{11),12),13)}。

赤と青のLEDだけで植物が健全に生育するという事は、これらのLEDが人工光源栽培において、現行のハロゲン系ランプや植物育成用蛍光灯等の光源に取って代わる可能性があるということである。筆者はこの成功を機に、青、赤色LEDを人工光源とした植物栽培装置(LED PACKシリーズ)やバイオ実験装置(BIOLEDシリーズ)、さらには汎用の赤、青LED

光源付培養器(UNIPACK)等を次々と開発してきた^{14),15),16)}。写真-1は、青色、赤色LEDを各560個使用した植物栽培装置(LED PACK III、高さ38cm、幅36cm、奥行47cm)である。

また、栽培装置の開発だけでなく、これらの装置を用いたレタスの栽培やアサガオの育成(柳らと共同)、ラン(シンビジウム)苗のマイクロプロパゲーション(香川大学農学部田中道男教授らと共同)及び各種培養植物(タバコ、サツマイモ、エビネ、レタス、その他)の発芽に及ぼす赤色光と青色光の影響の調査(香川大学農学部深井誠一助教授らと共同)、さらにLED光下での光合成測定(東邦大学薬学部牧野好美教授らと共同)等に関する研究を行っている。

これら一連の研究において、LED光源によるラン苗のマイクロプロパゲーションに世界で初めて成功¹⁷⁾したり、赤、青色光の最適光強度比率に関する知見等が得られている^{18),19),20)}。

またわれわれは、目下、赤、青LED光源を用いてパルプ材用樹木苗の培養も行っており、すでに栽培試験に成功を収めている。青赤LED光源による植物の栽培や培養は、現在、園芸学、バイオ技術、植物学、森林学等の分野において世界から注目されているところである。

LEDの植物栽培用光源としての長所は、①植物の生育に必要な不可欠な波長の光のみを放射するのでスペクトル利用効率が高、②発熱が少な

い、③消費電力が少ない、④小型・軽量な面光源とすることができる、⑤寿命が数万時間とランプや蛍光灯に比べてはるかに長い、⑥機械的に非常に堅固である、等である。

現在、米国のNASAでは宇宙での食料供給を想定して宇宙ステーション内や月面基地での植物栽培の可能性が研究されているが、上記のような多くの長所を有するLED光源は、このような宇宙栽培用の光源として有望である。

3. 青・緑色系LEDの水産分野における応用

3.1 青、赤色LEDによる海草の栽培

前述のように、青色LEDと赤色LEDを用いて光合成植物の栽培や組織培養を行うことができるが、光合成を行う植物は陸上植物のみに限らず淡水や海水中で生育する藻類にも多いことから、青、赤色LEDを用いて海草や水草を栽培することも可能と考えられる。

特に興味もたれるのは青、赤色LEDのノリ養殖の光源としての応用である。ノリは日本人には不可欠の海産物であるが、その生産は海洋汚染と養殖者の高齢化により次第に困難な状況に近づいており、タンカーによる石油大量流出事故でも起きれば再起不能

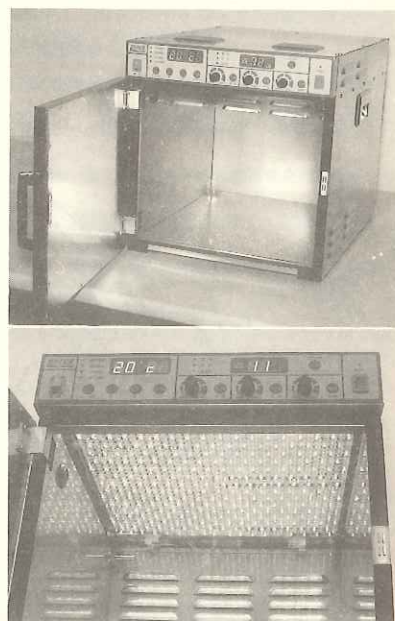


写真-1 LED植物栽培装置(LED PACK III) 青色LED、赤色LED各560個使用。 上：外観(高さ38cm×幅36cm×奥行47cm) 下：内観

な状況となる。ノリ養殖がLED人工光源を用いて植物工場のように安定して生産できるようになれば、このような問題は解決されるであろう。

ワカメのように光合成を行う海藻類は比較的浅い海底に生育するが、それは太陽光が到達可能な深さに限りがあるからである。特に赤色光は水による吸収のため減衰が大きく、深度が増すとクロロフィルによる光合成が困難となる。

LEDは、通常ハンマーで叩かないと割れないほどの強度をもった硬質エポキシ樹脂レンズで覆われていることから、かなりの水圧にも耐えられると考えられ、海洋牧場構想における海中光源としての可能性を秘めている。深海底にLED光源を設置すれば、まったく新しい人工生態系環境をつくりだすことができるかもしれない。

3.2 青・緑色系LEDの集魚灯への応用

魚類にも昆虫等と同様に、光を感じると光放射源のほうに進むという、正の走光性を示すものが多い。イワシ、アジ、サバ、サンマ、イカ等がそうである。そのため、このような魚に対しては、夜間に集魚灯を用いて漁獲することがよく行われている。

魚類が集魚灯に集まる理由は、走光性だけでなく、集魚灯に集まる動物性プランクトンや稚魚を食餌するためだと考えられている。また、魚には色彩

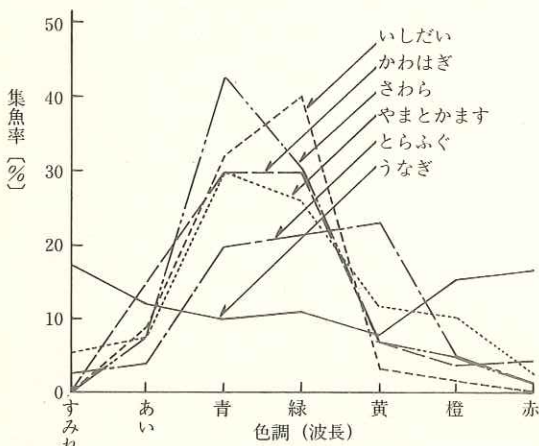


図-2 各種の光色の光源に対する海産稚魚の集魚率 (水面照度50lx)
(照明学会編「光バイオインダストリー」オーム社、平成4年刊、P319より転載)

感覚があり、集魚灯の色調に関してはアジやイワシをはじめ多くの魚では、青色と緑色の間の領域に集魚率のピークがあることが知られている。

図-2は、各種色調の光源に対する海産稚魚の集魚率である。このように、一般的にいて、魚類は青緑色を中心とする青色から緑色域の色光に強い集魚反応を示す一方、赤色系の色光に対しては集魚反応をあまり示さない。上記の事実は、青色、青緑色ないしは緑色LEDが集魚灯として利用できる可能性があることを示している。

集魚灯には水中で使用するものと水上から照射するタイプのものがあるが、光源としては、現在、メタルハライドランプやハロゲンランプが使われている。これらの光源の短所は、定格電力が数kWと大きい、ランプ寿命が4,000時間と短い、衝撃に弱い特殊な構造をしており高価である、放射光に熱線や集魚効果の少ない赤色成分が多く含まれスペクトル効率があまりよくない、等である。これに対し、青～緑色LEDを用いた集魚灯は次のような多くの長所をもつと考えられる。

- ①LED 1個当たりの定格入力電力が60~70mW程度であり、約50cm角の基板上に縦横に100個ずつ並べても(LED総数10,000個)その消費電力は700W程度である。
- ②LEDの寿命は数万時間と長い。
- ③LEDは機械的に堅固で割れず、水圧にも耐え得る。
- ④集魚率の高い光のみを放射する。
- ⑤水中灯として使用する場合、水冷効果が期待でき、定格電流を超えて最大電流まで通電することができる。
- ⑥LED光は指向性があるので光利用効率が高く、水中の深いところまで光が到達する。

イカ釣り漁船等では非常にたくさんの集魚灯を使用するので、LED光源が集魚

灯として有効ならば、漁船の燃料費の節減に寄与するであろう。

4. 青色LEDの食品加工への応用

カビ等の菌類では一般に近紫外線で胞子の活動が促進され、青色光で阻害されることが研究論文で報告されている。筆者は、青色発光ダイオードを用いての防菌や防霉が可能なのではないかと考え、1996年の2月から3月にかけて、食パンに種青カビを植えつけた試料に青色LEDの光を照射する実験を何度も行った。この結果、青色LED光に劇的な青カビ抑制効果があることが判明した(1996年3月)。

そしてさらに詳しい調査のため、1996年12月から1997年1月上旬にかけて、450nmから730nm(近赤外)に至る青、青緑、緑、黄緑、黄、橙、赤、紅色のLED光源をそれぞれ内蔵した栽培箱(BIOLED II)を製作し青カビ培養実験を行った。その結果、青色LEDのみが青カビ防止効果を示すことが確認された²¹⁾。

このように青色LEDで防菌や防霉が可能となれば、人体に多少なりとも有害またはその危険性のある食品保存料の添加量を極小化できると思われる。

5. 青色/緑色光LEDを用いた新生児黄疸治療

筆者は、1995年7月8日夜、古いスクラップ記事を整理していたところ、1971年(昭和46年)4月8日付毎日新聞の記事に目が止まり、そのなかで小児科医療現場で新生児黄疸の光線治療に使用されている青色蛍光灯ランプの発光中心波長が、高輝度青色LEDのそれ(450nm)とほぼ一致するという事実を発見した。筆者はこの記事を読むや否や、高輝度青色LEDの新生児黄疸治療への応用を思いつき、埼玉県越谷市立病院小児科部長の大日方薫氏をパートナーとして、1996年2月から共同研究を始めた。そして、同年4月に鳥津製作所(秦野カスタマーサービスセンター)の協力を得て、LED光(450nmの

青色光及び510nmの青緑色光)による試験管内血液の照射実験(光強度5W/mm²、照射時間30~60分)を行い、直ちに液体クロマトグラフィー装置で試液を分析したところ、黄疸の原因物質であるビリルビン(油脂性)がLED光の照射により、体外に排出しやすいフォトビリルビン(水溶性ビリルビン)に変化することが確認された。

筆者はこの基礎実験結果を踏まえ、多数個のLEDをプリント基板上に配列した面状光源を用いた新生児黄疸治療装置を開発した。試作した装置の光源は、直径5mm、長さ8mmの砲弾型の青色(波長450nm)LEDまたは青緑色(同510nm)LEDを28cm×36cmのガラスエポキシ樹脂基板上に720個(または1,350個)配列したもので、装置としては現行のように保育器内の患児に対し器外上方から光を照射する型と、器内において患児の背面から照射するベッド型の2種類のタイプのものを製作した。

これらの新装置(写真-2参照)は、1996年10月25日、大阪千里ライフサイエンスセンターで開催された第23回日本小児栄養消化器病学会講演会において発表された²²⁾。

今回のLED光線療法装置は、従来(現行)の蛍光灯光線療法装置と比較して、次に列挙するような数々の長所と可能性を有している²³⁾。

- ① 蛍光灯のランプの場合、光の強さを自由に変えることができないが、LED光源の場合、入力電流と光量が比例するので照射光強度を自由に制御できる。このため患児の黄疸症状の程度に応じて照射光を調整できる。
- ② 蛍光灯治療ランプの光は5,000ルクス以上と強力で、しかも有害な紫外線が含まれるため、患児は眼帯を着用しなければならない。また、紫外線のため患児の皮膚が黒くなる。また、紫外線は患児の皮膚細胞のDNAを損傷し、ガンの原因となる恐れもある。LED光は、紫外線をまったく含まない純可視光なので安全である。
- ③ 蛍光灯ランプの連続使用寿命は数千時間であるが、LEDのそれは数万時

間であり、実際上、光源の交換は不要である。

- ④ 蛍光灯治療装置は40Wのランプを少なくとも5~6本使用するため、消費電力は200~240W以上となるが、LED治療装置の場合、最大でも70Wであり1/3以下の電力消費で済む。
- ⑤ 蛍光灯と違い直流で点灯するため、現在、その危険性が問われている電磁波を発生しない。
- ⑥ 蛍光灯ランプは、発熱するうえにガラス管を使用しているため機械的に脆く、患児に近づけることはできない。LEDはほとんど熱を出さず、非常に硬いエポキシ樹脂で覆われており、しかも数V~数十V(20~30V)の低電圧で動作するので安全である。
- ⑦ LED光源は1cm~数cmの薄型にすることが可能で、小型で簡便な装置が実現できる。
- ⑧ LEDは、治療に有効な光波長(420~530nm)のみを放射するので波長効率が高い。

6. むすび

上述したように、筆者は、いろいろな科学、技術及び産業分野での青~緑色系LEDの、単なるディスプレイ(表示)素子としての利用以外のオリジナルな応用について実験開発的研究を行っている。近紫外領域をも含めた青~緑色系の短波長光LED及びLDは、ここ3~4年の間に誕生したばかりであり、今後、用途によっては従来のランプや蛍光灯に取って代わることになるであろう。

また、LEDのもつ数々の長所を生かした新しい応用が、化学、医学、医療福祉、薬学、園芸学、農学、生物学、微生物学、食品工学、バイオ技術、醸造、マリンテクノロジー、交通工学、光通信、計測工学、建築、美術工芸、印刷技術等の諸分野で開発されるであろう。

謝辞 本研究に対し、ご支援をいただいております日亜化学工業株式会社技師長小山稔氏並びに技術部長清水義則氏に感謝の意を表します。本研究の一部は文部省平成7年度科学研究費補助金(試験研究B)及び平成7・8年度香川県産業技術



写真-2 筆者の開発した青色・青緑色LEDを用いた新生児黄疸光線治療装置

振興財団(香川テクノ財団)学術研究助成金によってなされました。また、三菱化学株式会社からのご支援を賜っております。

参考文献

- 1) 日経エレクトロニクス 1993.12.20, No.597, p.51
- 2) 日経エレクトロニクス 1994.1.3, No.598, p.59
- 3) 日経エレクトロニクス 1994.2.28, No.602, pp.93-102
- 4) 寺島ら: 超高輝度2,000mcd LEDとその特性、電子材料、1983年7月号, pp.81-84
- 5) 日経エレクトロニクス 1994.4.25, No.606, p.20
- 6) 日経エレクトロニクス 1995.9.11, No.644, p.10
- 7) 日経エレクトロニクス 1996.9.23, No.671, p.15
- 8) 日経エレクトロニクス 1996.12.2, No.677, p.7
- 9) 日経エレクトロニクス 1996.10.21, No.674, pp.79-100
- 10) 岡本、柳: 植物栽培用光放射源としての高輝度発光ダイオードの利用、園芸学会雑誌、第62巻、別冊2、374-375 (1993)
- 11) 岡本、柳: 青色/赤色超高輝度発光ダイオードを用いた植物育成光源の開発、平成6年度電気関係学会四国支部連合大会講演論文集、109 (1994)
- 12) 岡本、柳: 青/赤超高輝度発光ダイオードを用いた植物育成光源の開発、農業及び園芸、第70巻、第1号、32-34 (1994)
- 13) 岡本、柳: 青色/赤色超高輝度LED光源を用いた植物栽培、1995年度第42回応用物理学関係連合講演会講演予稿集、No.3、1195 (1995)
- 14) 岡本、柳: 超高輝度青/赤発光ダイオード光源を備えた植物育成装置の開発とその光環境、日本生物環境調節学会第33回集合同議論文、194-195 (1995)
- 15) 田中、岡本ら: 青色/赤色超高輝度LED独立光源を備えた新培養器(ユニバック)の開発、園芸学会雑誌、第65巻、別冊1、498-499 (1996)
- 16) K.Okamoto, T.Yanagi and S.Takita: Development of plant growth apparatus using blue and red LED as artificial light source, Acta Horticulture, 440, 111-116 (1996)
- 17) 田中、岡本ら: 青色/赤色超高輝度LED光源を用いたシンビジウムのマイクロプロパゲーション、第14回植物組織培養学会大会講演要旨集、58 (1996)
- 18) 柳、岡本: 園芸植物の人工光栽培における超高輝度発光ダイオードの利用、園芸学会雑誌、第64巻、別冊2、320-321 (1996)
- 19) T.Yanagi, K.Okamoto and S.Takita: Effects of blue, red, and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants, Acta Horticulture, 440, 117-122 (1996)
- 20) 柳、岡本: 園芸植物の人工光栽培における超高輝度発光ダイオードの利用(第2報)、園芸学会雑誌、第65巻、別冊2、432-433 (1996)
- 21) 岡本: 青色発光ダイオード光照射によるカビ防止、1997年日本防菌防黴学会第24回年次大会プログラム、講演番号C-10 (1997)
- 22) 岡本、大日方、村北: 発光ダイオードによる新しい光線治療システム、1996年度第23回日本小児栄養消化器病学会講演抄録集、49 (1996)
- 23) 岡本、亀田、大日方: 青/緑色超高輝度発光ダイオードを用いた新生児黄疸治療装置の開発、第36回日本ME学会大会論文集、JJME、Vol.35 Suppl., 144 (1997)

欧米におけるアルミニウムリサイクルの近況

JRCMアルミニウムリサイクル技術推進部 村田富士夫

非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発プロジェクトは開始以来4年を経過し、JRCMが受託しているアルミニウム高度リサイクルの技術開発も、平成9年度にはこれまでの研究成果や将来計画等の中間評価を受ける。そのような時期に、JRCMの研究に関係の深い国内外の技術の進捗を適切に把握しておくことが重要である。過去3年間の海外技術調査は、世界の企業、大学、研究機関等がアルミニウムのリサイクルをどのように考え、どのような内容を検討しているのかを主体に調査を行ってきた。

そこで今年度は、これまで3年間に訪れた24か所の訪問先の情報や文献・特許調査結果から、JRCMの研究開発の中心技術に関係の深い8か所と討議するために、1996年11月24日から13日間にわたり6か国に出張した。調査メンバーは日本軽金属(株)の渡辺靖彦氏、古河電気工業(株)の大滝光弘氏、住友軽金属工業(株)の大谷真氏、(株)神戸製鋼所の長尾元裕氏と筆者の5名である。

1. 大学の訪問

今回訪問したドイツのアーヘン工科大学は、アルミニウム-リチウム合金中のリチウムの除去を真空蒸留法で検討した研究があったことで知り得た訪問先である。この大学は創立が1870年で、非鉄金属学科のあるドイツの3つの大学の1つであり、同学科は教授15名、学生が1学年当たり40名とのこと。大学の研究費負担は国が30%、州40%、企業30%で、企業との共同研究、委託研究も多く取り入れている。学部長のProf. Dr. Krügerを中心に、今回の窓口のDr. Krone、院生等7名と双方の研究成果を主体に討議を行った。

また、ノルウェーのノルウェー工科大学は、溶湯清浄化の研究論文の著者

であるProf. Dr. Enghに直接申し入れての訪問となった。同大学は1210年に教会の関連機関として創立された由緒正しい学校であり、この学校も企業との連携を重視している。

なお、同校はオスロになる前のノルウェーの首府であり、本年3月にノルディックスキー世界選手権大会が開催されたトロンヘイムにあり、ここは北緯63度と今回の旅の最北端であった。

カナダのマギル大学は、世界でも数少ないアルミニウムの真空蒸留法の研究を行ったことがあり、プロジェクト開始の年にProf. Harrisを訪問した。当時はJRCMがプロジェクト開始直後のため先方の研究を聞くのが主体であったが、今回はJRCMの研究成果をもとに討議することができた。この大学も州政府、企業との産学共同組織を保有していた。

真空蒸留法については、アーヘン工科大学、マギル大学ともに研究完了状態であったが、後者では他の非鉄金属での真空蒸留法について講義してくれたし、JRCMの真空蒸留がアトマイズ法も検討していることに関し、反応速度向上には高効率な方法との評価を受けることができた。

液相精製については、各校ともに研究実施の知見がまったくないとのことであった。介在物除去では、ノルウェー工科大学がハイドロアルミニウム社と共同でスクラップ溶解中のメタルロスを最少にする条件の研究を実施しており、その一端を報告してくれた。

2. 企業の訪問

2.1 真空蒸留法

アルミニウム・ハーデンベルグ社は、1994年度に当プロジェクトから訪問したことがあり、北オランダの片田舎にある中堅二次合金メーカー（スク

ラップを鋳物用等の地金に成分調整するメーカー）で、かつて欧州では廃車からの高亜鉛のアルミニウムスクラップが安価であったことから、亜鉛除去のために真空蒸留法を検討したが、技術の完成を見る前に低亜鉛含有のスクラップが安価になったために開発を中断せざるを得なかった経緯を有している。

同社は技術開発ポテンシャルが高く、また、1997年春から研究を再開することなので、前回訪問時に面会した技術担当重役であるMr. Wijkに依頼して再度訪問することになった。

同社によれば、最近再び亜鉛の含有量が増加の傾向を示していることから研究開発を再開するが、同社の計画は14t/チャージの保持炉の5 m上部に真空室を設け、ここに電磁ポンプで溶湯を持ち上げて流出落下中に蒸留するというものであった。2%含有する亜鉛は、溶湯を1時間循環させることにより0.1~0.15%に減少し、そのコストは14,000円/tと驚異的な安さで、真空蒸留法は高コストであるという強いイメージを見直す価値があることを示唆していた。今後とも注目しておくべき企業と考える。

2.2 介在物除去関係

溶湯の段階で介在物量を迅速評価できることは開発、操業ともに極めて重要であり、この条件に最も近い条件で計測できるのがボーメン社のLiMCA-II (Liquid Metal Cleanliness Analyser) である。本機は高価なため普及を妨げているが、JRCMも廉価な評価法の開発にチャレンジしていることもあって、カナダの同社と面談した。

この方法は、溶湯に侵漬した電極間の電気抵抗を計測して、そこを通過した20~320 μ mの範囲の非導電体の非金属介在物を0.05~1,000個/100gAlの範囲で短時間に計測が可能である。課題は

ガスと介在物の区別が不十分なことで、現在これをマギル大学と共同で改良中とのことなので成功が期待される。

当プロジェクトの調査によれば、現在アルミニウムの造塊前に広く使われている介在物除去法では、おおよそ30 μ m以上の大きさの介在物の除去しかできないが、将来のより高品質な要求に対応できるよう、さらに高性能な介在物除去法の開発に当たっている。そこで、この世界では実力のある、アメリカ・ニューヨーク市郊外にあるフォセコ社とスクラップを対象とした介在物除去法を討議した。

同社の溶湯浄化法であるSNIF方式は、ガス吹き込み用のノズルを備えたスターラーを溶湯処理槽に挿入した方法であるが、スクラップのような介在物の多い溶湯の場合には、スターラーのノズル、シャフトを増加することが効果的とのことであった。一方、介在物評価には加圧式サンプラーであるPoDOFA (Porous Disk Filtration Apparatus) よりも吸引式のLAIS (Liquid Aluminum Inclusion Sampler) が有効という見解は、ノルウェー工科大学のそれと一致していた。

2.3 ドロス処理

ドロスとは、溶解原料であるスクラップの表面酸化物、表面処理の陽極酸化皮膜、溶解中に発生した酸化物等が溶湯表面に浮上集合したものであるが、これを除滓する際に溶湯を持ち出すことからアルミニウムを回収するプロセスが加えられている。ドロス発生は溶解量に比例して増加するので、将来を考えるとより高い回収率でアルミニウムを回収する方法の開発が望まれ、当プロジェクトにおいても重要な開発アイテムとなっている。

前年度の海外調査団が参加したアメリカの金属学会TMSで、オーストリアのフォコン社が、金属アルミニウムを効率よく回収できるECOSENTシステムの概要を報告したことから、同社を調査の対象とした。実機はベネズエラやハンガリーにあるとのことから本社に近いウィーンで話を聞くことにな

った。同社によれば回収率実績95% (保証85%以上) というが、ビデオを見る限りアルミニウム回収用回転炉内のドロスが灼熱しており、操業中のメタルの酸化が抑制されていないように思われるのがわれわれ共通の見解であった。

欧米ではドロス処理時にフラックスとして岩塩を使用してきたが、今回の情報では塩のリサイクルが完璧にできないことから、欧州においては岩塩を使用しない処理法が見直されつつあり、ECOSENTもその一環と思われる。日本は、アルミニウムのドロス処理には岩塩を用いる方法をまったく採用してこなかったのが、幸いにも欧州の先をいっていたようである。

2.4 リサイクル全般

調査の目的を冒頭に述べたように、今回はリサイクル全般についての調査を取って行くことはしなかったが、結果的にProf. Dr. Altenpohlとの面談がそのようになってしまった。同氏は親日家の元アルミニウム・スイス社の技術系副社長で、現在は引退してチューリッヒに居を構えているが、われわれとの面会にわざわざウィーンまで奥様同伴で飛んできてくださった。

JRCMの質問に対する回答は、すべて彼の著書“Aluminium von innen Ver. 7”英語版に記載してあるとのことであった。当プロジェクトのを知り、この本の次回改定時にはぜひ著者として加わって欲しいとの外交辞令も忘れなかった。

3. おわりに

寒い12月に、北緯63度のトロンヘイムから最南といえどもニューヨークの北緯40度までの、いずれも東京の35度より緯度が高いところを旅することになった。訪問先も、この時期も選んだのは当然だし、13日間に6か国、8訪問先でフライトだけでも31,900kmはきつい旅であったと思われるが、わが5名はだれにも苦情は言えなかった。



ノルウェー工科大学での討議を終えて、Prof. Dr. Enghを囲んで院生らとともに

気相精製では大学の研究からは新しい情報は得られなかったが、ハーデンベルグ社から研究再開の概要とコスト目標を聞くことができたのは大きな収穫であった。

液相精製については、アーヘン工科大学で錫や鉛の液相精製を研究していたり、同大学の研究現場の見学中に結晶分別法がらみの設備を見かけたことから、液相精製の研究は実施しなければならぬテーマであろうとの彼らの発言を裏付けていたように感じられた。

介在物除去においては、ノルウェー工科大学のスクラップ溶解のメタルロス最少化の検討が、将来公表できるのなら注目すべき研究といえよう。

ドロス処理については、これまで岩塩を用いた欧米の処理法は参考にならないとされていたが、岩塩を使用しない処理に向かう兆しがうかがわれたのは1つの収穫であった。

欧米における精製は、液相精製や気相精製よりもスクラップの分離分別が優先という考え方には変わりがないが、アーヘン工科大学等一部では将来のためにはそろそろそれらの研究に着手すべきと考えているようである。

海外技術の進展を知る価値を否定する向きもあるが、アルミニウムにおいては日本は非精錬国であるので、将来大量発生が予測されるスクラップを精製によって再生することは、精錬工場を持つと同じ意味合いがあることから、他国のこの種の技術開発の進展は常時注目する必要がある。

本調査は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託研究「非鉄金属系素材リサイクル促進技術研究開発」の一環として実施したものである。

ANNOUNCEMENT

〔人事異動〕

平成9年4月16日付

細田卓夫

(新) 研究開発部主任研究員

(旧) (株)神戸製鋼所鉄鋼事業本部生産技術部主任部員

〔新人紹介〕

①出生地②西暦生年月日③最終学歴④職歴
⑤仕事に対する期待⑥趣味、特技、資格等

ほそだ たくお
細田 卓夫

①島根県大田市

②1945年7月10日

③東京大学工学系
研究科修士課程

④1971年(株)神戸製

鋼所入社。工場、開発部での材料開発、
特許、標準。

⑤鉄鋼材料の永遠の夢を追求。

⑥自然探訪、ドライブ。



活動報告

■第37回理事会

日時 5月29日(木) 14:00~16:00

議題1 平成8年度事業報告及び収支決算

2 平成8年度収支差額の処理

3 委員会規程の改定

4 理事・審議員・評議員の変更等 他

■第43回運営委員会

日時 5月22日(木) 14:00~16:00

議題1 平成8年度事業報告及び収支決算

2 平成8年度収支差額の処理

3 委員会規程の改定

4 理事・審議員・評議員の変更等 他

■第128回広報委員会

日時 5月19日(月) 16:00~18:00

議題1 JRCM NEWS No.128編集

2 委員会の今後の運営について 他

■第42回調査委員会

日時 5月14日(木) 15:00~17:00

議題1 平成8年度調査研究報告

2 小委員会提案テーマの取り扱い

●第7回青色・紫外発光デバイス材料調査 部会

日時 5月9日(金) 13:30~17:00

議題1 講演会「GaN系ワイドギャップ材料
と発光素子」

上智大学理工学部電気電子工学科

助手 菊池昭彦氏

2 研究調査報告書 他

●第7回金属系二次資源有効活用部会パ ートII

日時 5月15日(木) 13:30~17:00

議題 平成9年度活動についての討議 他

■第15回新製鋼プロセス・フォーラム

日時 5月28日(木) 15:30~17:30

場所 (株)商工会館

議題1 平成8年度事業報告(案)

2 平成9年度事業計画(案) 他

●第30回企画部会

日時 5月20日(火) 14:00~16:30

議題1 平成8年度事業報告(案)

2 平成9年度事業計画(案) 他

●第9回財務委員会

日時 5月9日(金) 14:00~16:00

議題1 平成8年度事業報告(案)

2 平成9年度事業計画(案) 他

■アルミニウムリサイクル技術委員会

日時 5月26日(月) 13:30~17:30

議題1 平成10年度概算要求について

2 中間評価準備について

●第24回アルミニウムリサイクル実証検 討会

日時 5月13日(火) 13:30~17:30

議題1 実証試験の場所及び実施方法案

2 特許成果配分案 他

■電磁プロジェクト成果報告会

日時 5月16日(金) 10:00~17:00

議題1 研究成果報告(9件)

2 今後の課題とベンチスケール実験へ

の展開 他

■第1回溶融炉利用廃棄物処理技術委員会

日時 5月26日(月) 10:00~12:30

議題1 平成8年度の成果報告

2 平成9年度研究計画案の検討

編集後記

5月号のSTUDY FOR METALSにおいて、経済報告という研究開発の背景のマクロ状況が取り上げられた。従来、触れられるが正式な論点とならなかったのが、画期的と感じた読者もおられたと思う。

昨年策定された基本計画で科学技術振興が謳われたが、財政改革の聖域なしの掛け声に雲行きも怪しい。当JRCM

の長期ビジョンでも調査研究等の重点化を明示し、限られたリソースの効率利用を狙うこととしている。夢も経済整合性が一層求められる。

さらに、国の施策のその評価に透明・客観性を徹底する方向が追求されつつある。センター活動の透明性には本NEWSがその役割を果たしていると考え、読者の批判を仰ぎたい。(Y)

広報委員会 委員長 高倉敏男
(編集部会) 委員 安田金秋/斎藤健志
倉地和仁/高木宣勝
鹿江政二/川崎敏夫
小泉 明/前田敏彦
佐々木晃
事務局 増田誠一

The Japan Research and Development Center for Metals
JRCM NEWS/第128号

本誌は地球環境保全を考慮し再生紙を使用。
本書の内容を無断で複製複製転載することを禁じます。

発行 1997年6月1日
編集人 財団法人 金属系材料研究開発センター広報委員会
発行人 鍵本 潔
発行所 財団法人 金属系材料研究開発センター
〒105 東京都港区虎ノ門一丁目26番5号 虎ノ門17森ビル6階
TEL (03)3592-1282(代) / FAX (03)3592-1285
E-mail JDD00647@niftyserve.or.jp