

## レポート

# 地方国立大学の卓越研究とネットワークの形成： 熊本大学のマグネシウム合金研究を事例として

第2調査研究グループ 客員研究官・愛媛大学 准教授 野澤 一博

## 概要

地域の大学の中には、国際的に見ても卓越した研究を行い、優れた技術シーズを持つ大学がある。熊本大学におけるマグネシウム合金研究もそのうちの一つである。熊本大学大学院自然科学研究科の河村能人教授は自身の科学研究費助成事業（科研費）でマグネシウム合金の研究に着手し、マグネシウムの欠点である機械特性や発火しやすいといった問題を克服した合金の開発に成功した。更に、県内企業との連携を中心にその実用化を進めると、同時に基礎研究を深耕し、実用化研究と基礎研究を相乗的に発展させている。現在では、国際的な研究センターを有し、国内外の大学や企業と共同研究を行うなどネットワークが広がっている。研究開発を進展させるには、こうした多様な機関との連携が必要である。そのネットワークの広がりや、センターという拠点で組織的な研究を行うことで、卓越性が認識されたことによると言える。地方国立大学の多くは大学の機能強化の方向として“地域貢献型”を選択したが、それは地域のみに関わられた大学になることを意味するのではない。研究の卓越性と地域貢献は矛盾するものではない。熊本大学のマグネシウム合金研究の事例は、“地域貢献型”大学における研究と地域貢献の両立の一つのモデルとなる。

キーワード：科研費、産学連携、マグネシウム合金、熊本大学、ネットワーク、地域貢献

## 1. はじめに

2015年度の「国立大学経営力戦略」における国立大学の機能強化の方向性として、大学は、重点支援①（地域貢献型）、重点支援②（教育研究型）、重点支援③（卓越した教育研究型）の3つの内の一つを選択することとなった。地方圏にある多くの国立大学は、“地域貢献型”を選択した。重点支援①（地域貢献型）とは、具体的には「主として、地域に貢献する取組とともに、専門分野の特性に配慮しつつ、強み・特色のある分野で世界・全国的な教育研究を推進する取組を中核とする国立大学」<sup>1)</sup>とされている。

地域の大学の中には、国際的に見ても卓越した研究を行い、優れた技術シーズを持った大学がある。熊本大学におけるマグネシウム合金研究もそのうちの一つである。その研究開発の中心人物は自然科学研究科の河村能人教授である。河村教授は、2012年に文部科学省科学技術政策研究所（当時）の「科学技術

への顕著な貢献（ナイスステップな研究者）」を受賞し、2017年春には、紫綬褒章を受章するなど、アモルファス合金やマグネシウム合金の材料科学研究における功績が幅広く認められている。

地方圏においてはインフラや地域資源の点から研究環境に恵まれた状況とは言えない。だからと言って、卓越した研究開発ができないわけではない。そこで本稿では、熊本大学のマグネシウム合金の研究開発を事例に、地方圏の大学において優れた研究開発の展開と、一研究者から広がる研究ネットワーク形成のプロセスについて見てみる。

## 2. 熊本大学のマグネシウム合金の研究開発

### (1) KUMADAI マグネシウム合金とは

マグネシウムは幾つかの優れた特性を持っている。比重は1.7で鉄の約4分の1、アルミニウムの約3分の2と、実用金属の中では最も軽量である。比強

度、比剛性という機械特性についても鉄やアルミニウムよりも優れている。また、切削性に優れており、リサイクルしやすいという特性を持っている。しかし、マグネシウムは酸素と激しく反応すると発火しやすく、また耐食性が鉄やアルミニウムに比べて劣るという欠点を持っている。近年マグネシウム合金の研究が進み、マグネシウムの持つ強度や軽さを求めて電子機器の筐体や自動車部品など様々な特性を持ったマグネシウム合金が開発されている。

熊本大学大学院自然科学研究科の河村能人教授は1999年から自身の科学研究費助成事業（科研費）から研究をスタートさせた（当時東北大学助教授）。河村教授は、2000年に東北大学金属材料研究所から熊本大学工学部へ転籍したが、熊本大学着任時、光学顕微鏡すらない状態から研究を立ち上げなければならない状態であった。厳しい環境の中、2001年にマグネシウムに亜鉛、イットリウムを混合して加工すると強度や耐熱性が大幅に向上することを発見し、強度が高いという機械特性を大幅に向上させたマグネシウム合金を開発した。当初の合金の製造方法は急冷法であったが2003年には比較的量がしやすい鋳造法によるKUMADAIマグネシウム合金の開発に成功した（図表1）。

KUMADAIマグネシウム合金とは、熊本大学河村能人教授グループが開発した新合金であり、1種類の合金を意味するのではなく、耐熱マグネシウム合金と不燃マグネシウム合金の2種類ある。これらの合金は、従来の常識を覆すような機械特性を持ち、世界的に注目されている。KUMADAI耐熱合金は、マグネシウムに亜鉛とイットリウムを混ぜた合金であり、常温耐力は400MPa以上と市販マグネシウムの2倍、発火温度は780～930℃（既存難燃マグネシウムは650～810℃）と、高強度、高耐熱という優れた特

性を持っている。一方、KUMADAI不燃マグネシウム合金は、マグネシウムにアルミニウムとカルシウムを混ぜた合金であり、高強度、不燃、高耐食という優れた特性を持っており、特にその発火温度は1100℃以上で、純マグネシウムの沸点1091℃を超える熱を与えても燃えないという特質を持っている。

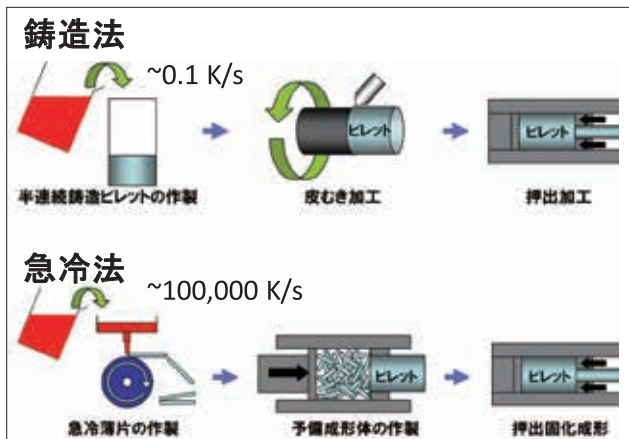
KUMADAIマグネシウム合金は、製造方法によっても出せる材料特性が変わってくる。急冷法は鋳造法に比べ、室温強度は1.6倍、耐食性は10倍ほど高く、超々ジュラルミンを越える性能値を出すことができる。マグネシウム合金は、合金設計と、凝固・加工・熱処理制御等の製造プロセス設計を組み合わせ、工夫することによってアルミニウム合金やチタニウム合金に勝るとも劣らない高い比強度と高靱性を与えるものとなる<sup>3)</sup>。

## (2) 熊本大学におけるマグネシウム合金研究拠点の形成

熊本大学では、マグネシウム合金の実用化を進める観点から材料系、機械系、化学系の8つの研究室の教員が中心となって2003年6月に自主研究グループを大学内に組織化して、産学官交流会「高性能マグネシウム合金創成加工研究会」も立ち上げた。その活動が大学内で認知され、2005年度に河村教授を中心とした研究が熊本大学拠点形成研究Bに採択され、マグネシウム合金研究は、河村教授の個人的な研究テーマから大学組織のテーマと位置づけられるようになっていった。

自主研究グループでは、文部科学省、経済産業省などをはじめとした各省庁や熊本県庁からの大型研究開発助成を継続的に獲得することにより、マグネシウム合金開発を加速させていった。そのことにより、大学内外で研究者を増やしていった。その結果2011年12月に熊本大学内に先進マグネシウム国際研究センターが設立された。同センターは基盤研究部門、人材育成部門、国内連携部門、産学連携部門、国際連携部門、客員部門の6つの部門から構成されている<sup>3)</sup>。特に、基盤研究部門は、合金設計、合金評価、生体機能評価、形質制御、構造体化の5つの研究ユニットから構成されており、マグネシウム合金製造に関する川上から川下に至る研究体制を構築している<sup>4)</sup>。所属研究者は兼務を含め19名である（2017年12月時点）。本センターは、溶解・鋳造棟と成形・加工棟からなる実験工場（床面積約500m<sup>2</sup>）を有しており、2015年には熊本大学黒髪キャンパス内に「先進マグネシウム国際研究センター」単独の建物（床面積約2,000m<sup>2</sup>の5階建て）が竣工した。同センターは、最新鋭のモノづくり設備と分析評価設備を備えた施設であ

図表1 マグネシウム合金の製造方法



出典：河村（2014）「マグネシウム新時代に向けた高性能化」『素形材』<sup>2)</sup>

図表 2 環黄海域におけるマグネシウム研究開発拠点の形成



出典：熊本大学先進マグネシウム国際研究センター HP を一部修正

り、マグネシウム研究において世界有数の研究施設である。

河村教授は、マグネシウム研究の国際研究を積極的に展開している。文部科学省の各種競争的資金を獲得することにより、中国、韓国、台湾などの国・地域の大学や研究機関と覚書を締結し組織的な共同研究を展開している。海外の研究者とは、マグネシウム金属の新たな機能探索、疲労・破壊機構解明と粒界制御による力学特性の改善、力学特性発現機構解明を進めている（図表 2）。最近では、日本学術振興会の頭脳循環を加速する戦略的国際研究ネットワーク推進プログラムに採択され、欧米などへのグローバル展開を進めている。しかし、国際的な展開は、耐熱・不燃マグネシウム合金のノウハウの流出につながる危険性も指摘できる。河村教授は国際研究を進めることの必要性として、①日本発の新領域の世界展開、②大学のプレゼンス向上と優秀な人材の確保、③国際標準化、④世界における当該研究分野の指導的立場の確立、⑤手薄な研究分野の補強や相互補完による研究の推進、⑥最新情報の収集による優位性の維持・確保、などの効果を期待している点を挙げている。

### (3) 基礎研究の展開

河村教授は、科研費・特定領域研究「高性能マグネシウムの新展開－21世紀の超軽量金属材料－」（1999～2002年度）に採択されて以降、科研費を継続的に獲得することで、革新的なマグネシウム合金

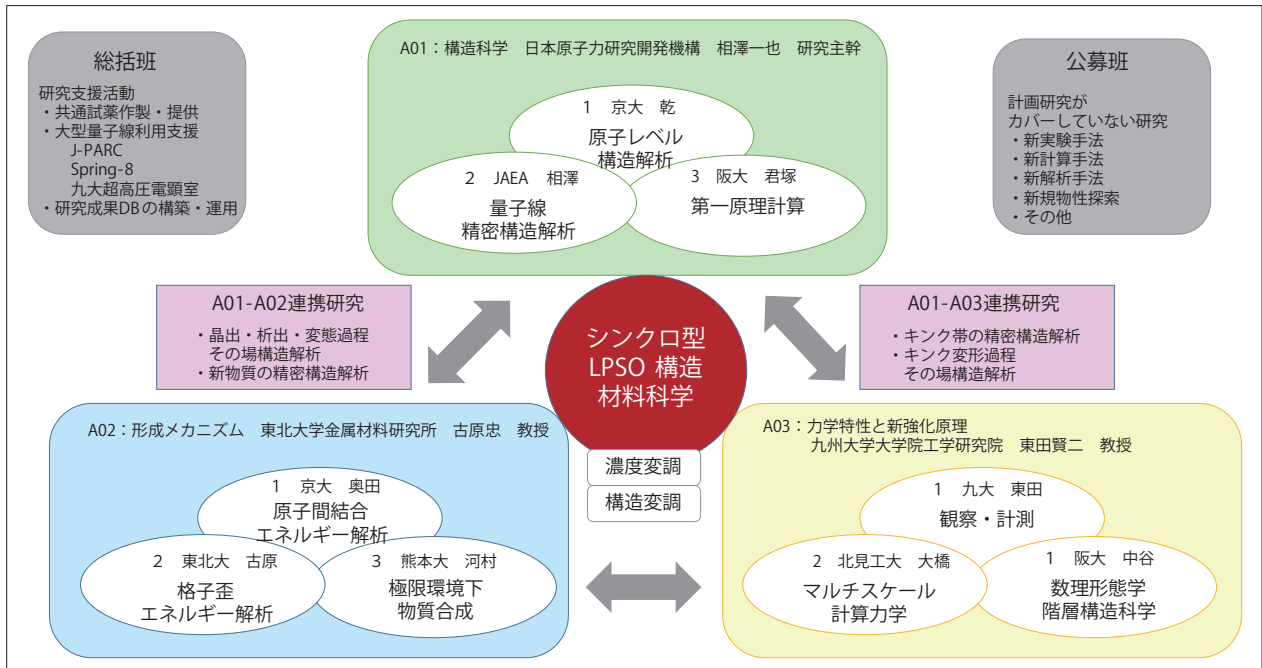
の実用化研究のみならず、基礎研究を強力に推進している。2011年には新学術領域研究（研究領域提案型）に「シンクロナ型 LPSO 構造材料科学」が採択された。同プロジェクトは、KUMADAI 耐熱マグネシウム合金で発見されたシンクロナ型 LPSO 構造が持つユニークな構造、形成メカニズム、新しい材料強化原理を明らかにすることを目的としており、そのために、熊本大学だけではなく、全国の大学の英知が集められ、23大学 4 機関、57 人の研究者が研究に参加し、評価委員や技術・事務員などを含めると総勢 75 名となる<sup>5)</sup>（図表 3）。

KUMADAI 耐熱マグネシウム合金は、濃度変調と構造変調が同期した新奇な長周期積層構造（シンクロナ型 LPSO 構造：Synchronized Long-Period Stacking Ordered Structure）で強化されており、LPSO 型マグネシウム合金と呼ばれている（図表 4）。この LPSO 型マグネシウム合金は、高温で加工することによりキンク変形が生じて強化されるため、従来のマグネシウム展伸材の常識を覆すような超々ジュラルミン並みの 400MPa を越える降伏強度と大きな延性を発現することが明らかになっている。

このシンクロナ型 LPSO 構造に関する基礎研究の推進により、マグネシウムのみならず他の金属材料の機械特性向上のための要因もわかるようになり、合金設計やプロセス設計に役立っている。実用材は、その特性発現メカニズムが学術的に説明されて初めて安心して使用されるものであり、LPSO 構造の学理構築を

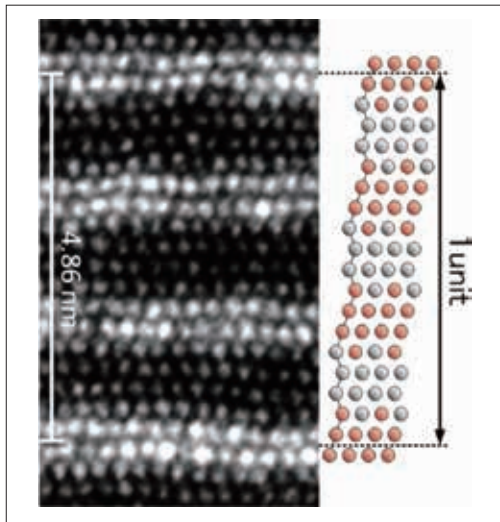


図表 3 科研費新学術領域研究「シンクロ型 LPSO 構造の材料科学」研究分担図



出典：河村 能人 教授御提供資料一部加筆

図表 4 KUMADAI 耐熱マグネシウム合金中に存在するシンクロ型 LPSO 構造



出典：河村 能人 教授御提供資料

ウムを取り扱う非鉄金属メーカーはなかった。そこで、九州不二サッシ株式会社<sup>6)</sup>が持つアルミニウムで培った押出技術に着目し 2002 年に技術移転の仲介者が熊本大学の連携先として打診した。その共同研究を支えるために、2003 年に熊本テクノ産業財団（当時）の新事業創出促進事業に採択され、2004 年度から経済産業省の地域新生コンソーシアム研究開発事業に採択され開発が進められた。

KUMADAI マグネシウム合金に関して地域の産学官連携が強力に促進されたのは、2006 年に科学技術振興機構の「地域結集型研究開発プログラム」が採択されたことによる。同プロジェクトは、事業期間は 2006～2011 年の 5 年間の事業であった。同事業では、企業、公設試験研究機関（公設試）、大学等が連携し、自動車をはじめとする輸送機器や産業機器への実用化を図るため、次世代耐熱マグネシウム合金に関する卓越した研究開発拠点、並びにマグネシウム合金を活用した産業拠点を形成することを目指し研究開発に取り組んだ。事業の推進体制としては、中核機関はくまもとテクノ産業財団（現くまもと産業支援財団）として、企業は不二ライトメタル株式会社をはじめ 13 社、公設試 1 機関、10 大学、常駐研究員 22 名の大型研究開発プロジェクトであった（図表 5）。同事業の結果、県内外企業・機関のネットワークが形成された。特筆すべきことは、地元の不二ライトメタル（株）がマグネシウムという新規事業に乗り出すとともに研究開発型企業へ変革したことである。

行う基礎研究の推進は実用化研究と相乗効果をあげていると言える。

#### (4) 実用化の展開

##### a) 地域企業との連携

熊本大学河村教授は、2001 年に研究室において KUMADAI マグネシウム合金の開発に成功したが、それを実用化させるためには、規模を拡大し、製造コストを下げる必要があった。そのためには、企業のパートナーが必要であった。熊本県内にはマグネシ

b) 特許分析

河村教授の産学連携状況を概括するに当たり特許分析を行った。「河村能人」を発明者とする特許は57件出願されている(2017年6月時点)。その特許出願人を分析すると、発行年としては2010年の9件

図表5 「次世代耐熱マグネシウム合金の基盤技術開発」の研究テーマとリーダー・参加企業



出典：熊本県「熊本県地域結集型研究開発プログラム」パンフレット

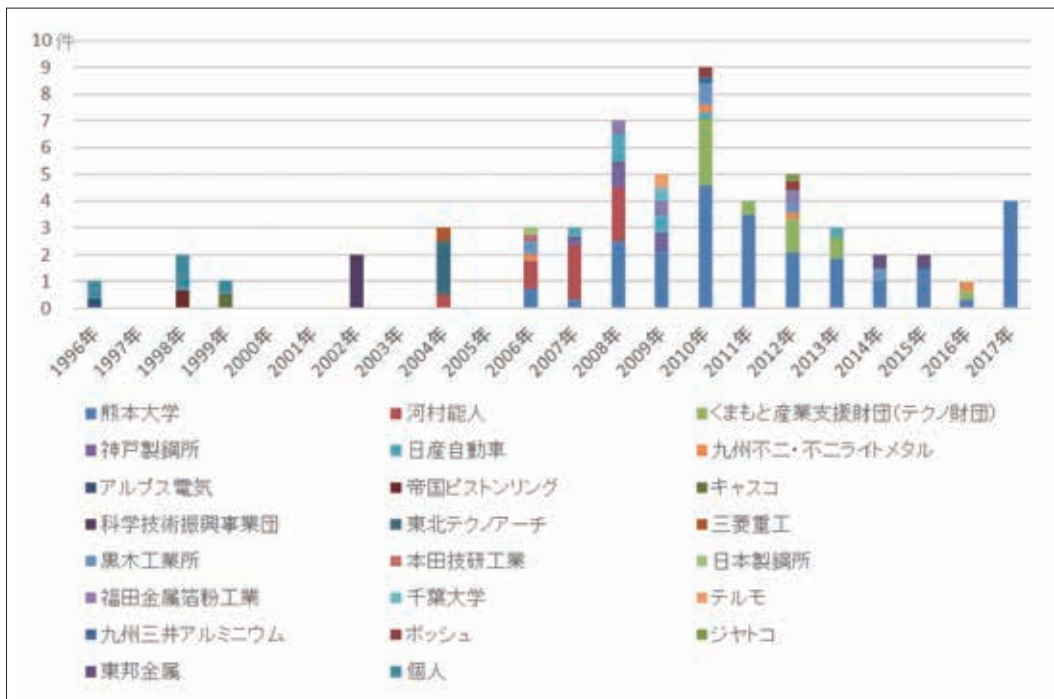
が最も多い。これは2006年からはじまった地域結集型研究開発プログラムで多くの企業との共同研究の成果によるものである。河村能人教授が熊本大学に転籍してからも企業17社、大学・団体4機関、個人2人が特許出願人として名を連ねている(図表6)。特許出願人としては熊本大学が最も多く、次にくまもとテクノ産業財団が続いている。企業としては不二ライトメタル(株)に偏らず、多くの企業と連携している。自動車関連特許が多いことが特徴と言える。特徴的な取組としては、技術移転企業や国際特許事務所と共同で、材料普及に適した「非独占ライセンススキーム」を構築して戦略的に知財管理を行っていることである。

c) 用途開発の広がり

現在、KUMADAI マグネシウム合金の実用化のターゲットとして検討されているのが次世代航空機への実装である。航空機の燃費向上を目指して軽量化が図られているため新素材として炭素繊維複合材の利用が注目を浴びているが、2015年には、米国連邦航空局(FAA)がマグネシウム合金使用禁止令を解除したことによって、マグネシウム合金の使用も検討され始めた。

通常のマグネシウムの欠点として470~550℃で発火するという問題があった。しかし、KUMADAI マグネシウムは、その欠点を克服したため、FAAの

図表6 河村教授を発明者とする特許出願件数と出願人



(注) 分数カウント、発行日ベースで件数を分類した。  
出典：特許情報プラットフォームから作成

燃焼試験をパスし、航空機業界で注目されている。2014～2015年にはボーイング社との共同研究が、また2016年からは国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の航空機プロジェクトが行われ、KUMADAI マグネシウム合金の航空機用構造部材への適用が検討されている。2014年には内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）に採択され、住友電気工業株式会社と独立行政法人労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所、国立研究開発法人産業技術総合研究所、熊本大学の共同研究として、KUMADAI 急冷耐熱マグネシウム合金の低コスト連続一貫量産システムの構築の検討が行われた。

熊本大学は、タングステンワイヤーの製造で培ってきた独自の伸線加工技術を持つ福岡県の東邦金属株式会社と共同で KUMADAI 耐熱マグネシウム合金の極細ワイヤーの開発にも成功した。用途としては、精密溶接や3Dプリンター用の原料、生体吸収性ステントなどの医療機器材料への応用が期待されている。現在、熊本大学は、日本医療研究開発機構の産学連携イノベーション創出プログラムに採択され、東邦金属株式会社、京都府の福田金属箔粉工業株式会社、長野県の高島産業株式会社、熊本大学医学部、京都大学医学部と共同で心臓血管や脳動脈瘤<sup>りゅう</sup>用の生体吸収性ステント等の医療用の用途開発を進めている。

### 3. おわりに

以上見てきたように、熊本大学におけるマグネシウム合金研究のネットワークは、一研究者の研究成果が、大学内で組織的な研究となると同時に、県内外企

業との緊密な共同開発により、国内外の大学や企業へと広がっていった。センターという拠点の構築により、マグネシウム合金研究が組織的かつ長期的に取り組む活動であることを示し、併せて卓越性が広く認識されるようになり、さらなるネットワークが広がっていったと言える。つまり、多様な機関と連携することで英知が集められ、マグネシウム合金の製品化、低価格化は、実用化研究と基礎研究の両輪により成し遂げられたと言える。地方国立大学の多くは大学の機能強化の方向として“地域貢献型”を選択したが、それは地域のみ閉じられた大学になることを意味するのではなく、研究の卓越性と地域貢献は矛盾するものではない。熊本大学のマグネシウム合金研究の事例は、“地域貢献型”大学における研究と地域貢献の両立を目指す一つのモデルと言える。

KUMADAI マグネシウム合金の実用化に関して、河村教授は「新素材の実用化には研究着手から30年程度の年月が必要であり、現在は折り返し地点を過ぎたところである」と述べている<sup>7)</sup>。KUMADAI マグネシウムは一部で利用されてきているが、今後、自動車部品や航空機内装材、医療用機器などへ実用化を果たし、事業として拡大していくことが期待されている。

### 謝辞

本記事作成に当たり、多くの方の御協力を頂きました。インタビューや資料提供に御協力くださいました熊本大学河村能人教授はじめ大学関係者、テックマネッジ株式会社伊原智人氏、不二ライトメタル株式会社、熊本県関係者の皆様に感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 文部科学省：「国立大学経営力戦略」[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/houjin/1341970.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/1341970.htm)
- 2) 河村能人：マグネシウム新時代に向けた高性能化～KUMADAI マグネシウム合金～，素形材，Vol.55 No.6: p32-38, (一財)素形材センター，2014.
- 3) 渡井久男：「マグネシウム合金の研究開発動向」文部科学省科学技術政策研究所 科学技術動向 2005年8月号，<http://data.nistep.go.jp/dspace/bitstream/11035/1621/1/NISTEP-STT053-20.pdf>.
- 4) 熊本大学先進マグネシウム国際研究センター HP、<http://www.mrc.kumamoto-u.ac.jp/>
- 5) 平成28年度科学研究費補助金「新学術領域研究（研究領域提案型）」に係る事後評価報告書：「シンクロ型LPSO構造の材料科学」一次世代軽量構造材料への革新的展開—  
[https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-AREA-2308/2308\\_jigo\\_hyoka\\_hokoku\\_ja.pdf](https://kaken.nii.ac.jp/ja/file/KAKENHI-AREA-2308/2308_jigo_hyoka_hokoku_ja.pdf)
- 6) 九州不二サッシ（株）は、2007年に不二サッシ株式会社資材事業部門と合併して不二ライトメタル（株）となった。不二ライトメタル（株）は、熊本県玉名郡長洲町に本社を置く不二サッシ（株）の100%子会社のアルミサッシ製造会社である。
- 7) 2015年7月8日の熊本大学での河村能人教授へのヒアリングによる。