

平成30年 5月11日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02860

研究課題名(和文) 金属素材の持続可能な循環利用システムの構築

研究課題名(英文) Construction of a sustainable recycling system for metals

研究代表者

醍醐 市朗 (Daigo, Ichiro)

東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・特任准教授

研究者番号：20396774

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：合金成分も考慮した金属素材の循環利用システムの構築を目指し、鉄鋼材の循環性不純物元素の実態を把握した。サンプリング調査により、日本における品種別濃度分布を得て、炭素鋼中の循環性不純物元素量を同定した。時系列では鋼中合金成分由来のCu分が増え、炭素鋼以外の素材から混入するCu分は減少してきたと推計された。前者は濃化ではなく、スクラップを構成する品種の変遷によるものであった。国間比較から、先進国ほど不純物濃度は大きい傾向がみられた。固体標準物質を用いることなく鉄鋼中の微量元素の定量分析が可能な手法を開発した。

研究成果の概要(英文)：Towards a sound cyclic use of steel, the current status of tramp elements content in carbon steel in Japan has been identified by analyzing the content in specimens randomly sampled. A representativeness of the results was proved. As combined with dynamic material flow analysis, it was estimated that the amount of Cu alloyed in steel composing scrap have increased and the amount of Cu contained in materials beside carbon steel unintentionally mixing in steel scrap have decreased. The former is derived from increase of section and bar steel which have relatively higher impurity content. A comparison among nations showed a larger impurity content at developed countries. A new quantitative analysis technique was developed for trace elements in carbon steel without a solid reference material, which can provide additional information about mixing of impurities during steel recycling.

研究分野：産業エコロジー

キーワード：鉄リサイクル 循環性元素 鉄スクラップ 合金成分 物質循環 金属リサイクル 不純物濃化

1. 研究開始当初の背景

金属素材の社会中での使用量(ストック量)は、先進国において1人当たりストック量の飽和が観測されている。また金属素材は、再溶解によりリサイクルできる循環利用性に優れた素材である。金属資源はスクラップ等の形態で世界的に流通することから、1つの国内で閉じて循環はしておらず、将来的には世界全体のストック量が飽和することで、蓄積された金属を何度も循環して利用することが考えられる。

ほとんどの金属素材が合金として利用されているにもかかわらず、金属リサイクルにおいて合金成分の循環利用はあまり議論されておらず、散逸的に利用されていることが多い。さらに、使用済み製品からの金属スクラップ回収時には、他素材の混入が不可避であり、それらが不純物として金属相中に残り、リサイクル材の機能を制御するのが困難になることがある。今まで、物質フロー分析(material flow analysis: MFA)が実施され、フェライト系ステンレス鋼に由来して炭素鋼スクラップに意図せず混入するCrや銅線やコネクタ等の銅系素材で鉄スクラップに巻込まれるCu等が定量されてきた。一方、資源の散逸の面だけでなく、混入した先での素材中の不純物濃度の上昇による影響まで定量評価することは困難であり、今まで分析されてこなかった。

2. 研究の目的

上記のような意図しない合金成分は、需要の増加に伴って必要となる天然資源からの生産材による希釈があることと、不純物許容濃度の比較的高い素材用途が存在することで問題は顕在化していない。一方、将来的には、複数回循環利用され合金成分はさらに高くなること、需要量の飽和によりあまり希釈されないことから、問題の顕在化が危惧される。特に、鉄鋼材は、循環利用の回数が約5回と、銅素材の約2回と比べても大きい。そこで、本研究では、将来の持続可能な金属素材の循環利用に向けて、合金成分も考慮した金属素材の循環利用システムの構築を目指して、鉄鋼材の循環利用に伴う、鉄鋼材に含まれる合金成分の挙動を把握することを目的とした。

3. 研究の方法

市場において取引されている鉄鋼材中の機能に関わらない不純物成分の濃度は明らかではない。そこで、不純物許容濃度の高い鋼材である鉄筋棒鋼を中心に、試料を採取した。日本では、鉄のスクラップヤードにて、不純物濃度が異なると考えられる品種ごとに、携行型蛍光X線分析器によりオンサイトで分析することで500点以上の試料を分析し、重量濃度ならびに濃度分布を得た。さらに、国により不純物濃度やその分布が異なることがわかっており、採取国の生産やリサイクル状況ならびに入手可能性の観点から、日本、ベトナム、中国、西欧、ウクライナから試料を採取

した。最も不純物濃度が高く違いが明確に表れると考えられた棒鋼を対象とし、各国から100点程度の試料を確保した。分析対象とする合金成分は主にCu, Sn, Ni, Cr, Moとし、スパーク発光分光分析により重量濃度ならびに濃度分布を得た。また、Au, Ag, Pd等の極低濃度の元素についても、混入経路の特定に有益な情報となるため、LA-ICP-TOFMSを用いた分析手法を開発した。

鉄鋼材の動的MFAを用いて、分析で得られた濃度にフロー量に乗じることで、不純物元素のフローを分析した。さらに、WIO(waste input output)-MFAを用いることで各フロー間の整合性を担保しつつ、UPIOM(the unit physical input-output by materials)を用いて、不純物の混入源としての使用済み製品の同定を試みた。

4. 研究成果

不純物濃度を分析した結果から100点以上の試料により十分に小さな不確実性の評価結果が得られることが分かった。日本において品種別に平均不純物濃度を同定し、炭素材に意図せず混在している不純物量を得た。結果の代表性は、日本から輸入した鉄スクラップから非鉄金属を手選別したものを原料とするベトナムの小型電気炉の生産物と日本の分析結果から推定されるCuとSn濃度が平均値と分散ともにほぼ一致したことで検証できた。

既存文献の調査と今回の結果から、日本の炭素鋼中不純物のうち、CuとNiは時系列で大きく変化なく、Snは純化、Crは濃化してきた傾向が観察された。MFAにより、炭素鋼に随伴するCu, Sn, Cr, Ni, Moの年間フロー量は、各資源の消費量に対してそれぞれ4%、17%、9%、16%、19%であることがわかった。Snは、表面処理分を除くと9%となる。NiとMoは意図せず混在する割合が大きいことがわかった。Cuは、その由来をスクラップ中の炭素鋼合金元素分(f3)、リサイクル時に意図せず混入する炭素鋼以外の素材を構成する元素分(f4)の2つに区分して、時系列での変化を推計する手法を開発した。その結果として、f3の量は老廃スクラップを構成する形鋼と棒鋼の割合が増えたことで微増しているものの、f4の量は1990年頃に大きく減少、90年代は横ばい、2000年から2010年にかけて約半分に減少したことがわかった。国間の比較では、経済発展に伴って不純物濃度が大きくなる傾向がみられた。

混入源を特定することを試みたが、データの制約から不確実性の高い推計となった。Cuは建築物、それ以外の元素は自動車に由来するものが多いと推計されたが、今後の更なる調査ならびに検証が必要であることがわかった。混入源となる廃製品を特定するための1つのアプローチとして、分析する元素の種類を増やすことが挙げられる。GD-LA-ICP-MS法による鉄鋼材分析を試み、極微量に含まれるAu濃度について相対感度係数を用いて半

定量値を得ることが可能となった。粗い推計として、鉄鋼材に不純物として随伴するAuとAgは、それぞれ1t、23t程度と推計された。さらに、ETV/LA-ICP-MS法と呼ばれる手法を考案し、固体標準物質を用いることなく鉄鋼中の微量元素の定量分析を可能とした。さらに、鉄鋼中に存在する数ppmレベルのAgの分布状態の測定に応用し、Agの定量イメージング像を得ることができた。

素材蓄積量が飽和することが経験的に分かっていることから、その時点まで蓄積されてきた社会中の金属素材を持続的に循環利用する将来的な金属利用システムを評価対象とし、新たに投入する天然資源の最小化を目的関数とする最適化モデルを構築した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計23件)

- ①醍醐市朗、瀨瀬将太、太田暁、林英男、榎学：日本における普通鋼中のCu濃度を決定する要因の同定。鉄と鋼。査読有、104(8), 2018, 早期公開
DOI:10.2355/tetsutohagane.TETSU-2018-009
- ②A. Oyaizu, J. Cravioto, I. Daigo, E. Yamasue: Data Envelopment Analysis for steel production with the use of Total Material Requirement, *Matériaux et Techniques*, 査読有、2018, (accepted)
- ③K. Nakajima, I. Daigo, K. Okada, S. Koike, K. Nansai, K. Matsubae, O. Takeda, T. Miki: Bottlenecks in Material Cycle of Nickel. *Matériaux & Techniques*, 査読有、104 (6-7), 2016, 604.
DOI:10.1051/mattech/2017011
- ④K. Nakajima, I. Daigo, K. Nansai, K. Matsubae, W. Takayanagi, M. Tomita, Y. Matsuno: Global distribution of material consumption: Nickel, Copper, and Iron. *Resour Conserv Recycl*, 査読有、133, 2018, 369-374.
DOI:10.1016/j.resconrec.2017.08.029
- ⑤I. Daigo, S. Kiyohara, T. Okada, D. Okamoto, Y. Goto: Element-Based Optimization of Waste Ceramic Materials and Glasses Recycling. *Resour Conserv Recycl*, 査読有、133, 2018, 375-384.
DOI:10.1016/j.resconrec.2017.11.012
- ⑥醍醐市朗、小口正弘：製品の平均寿命を推定するための使用年数分布の重要性。日本LCA学会誌。査読有、14 (1), 2018, 70-76
- ⑦山末英嗣、光斎翔貴、クラビ・オット・ジョルディ、安永玲華、ゲンテ・ユックワ、梅田靖：持続可能な開発目標に向けた電子機器の使用年数の把握と傾向分析。日本LCA学会誌、査読有、14(1), 2018, 77-83
- ⑧醍醐市朗：鉄鋼材料のリサイクル。材料と科学と工学、査読無、54, 2017, 57-60
- ⑨S. Kuzuhara, H. Sakuma, H. Hayashi, I. Daigo: Spatial distribution of tramp

- element contents in recycled steel. *ISIJ Int.*, 査読有、57 (4), 2017, 758-763
DOI:10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-508
- ⑩I. Daigo, L. Fujimura, H. Hayashi, E. Yamasue, S. Ohta, T. D. Huy, Y. Goto: Quantifying the total amounts of tramp elements associated with carbon steel production in Japan. *ISIJ Int.* 査読有、57(2), 2017, 388-393
DOI:10.2355/isijinternational.ISIJINT-2016-500
 - ⑪E. Yamasue, K. Matsubae, K. Nakajima, I. Daigo, K. N. Ishihara: Total Material Requirement of Scrap Steel from End-of-Life Vehicles, *ISIJ Int.*, 査読有、56(8), 2016, 778-787
DOI:10.2355/isijinternational.ISIJINT-2015-312
 - ⑫I. Daigo, K. Iwata, M. Oguchi, Y. Goto: Lifetime distribution of buildings decided by economic situation at demolition: D-based lifetime distribution. *Procedia CIRP*, 査読有、61, 2017, 146-151.
DOI:10.1016/j.procir.2016.11.221
 - ⑬J. Cravioto, R. Yasunaga, E. Yamasue: Comparative analysis of average time of use of home appliances, *Procedia CIRP*, 査読有、61, 2017, 657-662
DOI: 10.1016/j.procir.2016.11.248
 - ⑭D.-Q. Nguyen, V.-H. Ha, E. Yamasue, T.-H. Huynh: Material flows from Electronic Waste: Understanding the shortages for Extended Producer Responsibility Implementation in Vietnam, *Procedia CIRP*, 査読有、61, 2017, 651-656.
DOI:10.1016/j.procir.2016.11.184
 - ⑮E. Yamasue, J. Cravioto, D. Q. Nguyen, M. Oguchi, I. Daigo, Lifetime Analysis for Electronic Devices in Vietnam. *Procedia CIRP*, 査読有、61, 2017, 152-154
DOI:10.1016/j.procir.2016.11.269
 - ⑯H. Hatayama, K. Tahara: Strategy Planning Before Mining: Exploring the Targets, Sustainability Through Innovation in Product Life Cycle Design, 査読有、2017, 933-943
DOI: 10.1007/978-981-10-0471-1_63
 - ⑰N. Sekine, I. Daigo, Y. Goto: Dynamic Substance Flow Analysis of Neodymium and Dysprosium Associated with Neodymium Magnets in Japan. *J Ind Ecol.* 査読有、21 (2), 2017, 356-367.
DOI:10.1111/jiec.12458
 - ⑱Lu X., Matsubae K., Nakajima K., Nakamura S., Nagasaka T. Thermodynamic Considerations of Contamination by Alloying Elements of Remelted End-of-Life Nickel- and Cobalt-Based Superalloys. *Metall Mater Trans B*,

- 査読有, 47, 2016, 1785-1795
DOI: 10.1007/s11663-016-0665-2
- ⑱ 醍醐市朗, 大木慧, 後藤芳一: 主成分分析による経済の発展に伴う鉄鋼材の需要変遷モデルの構築. *開発技術*, 査読有, 22, 2016, 89-100.
- ⑲ I. Daigo, Y. Goto: Comparison of tramp element contents of steel bars from Japan and China, *ISIJ int*, 査読有, 55(9), 2015, 2027-2032
DOI:10.2355/isijinternational.ISIJINT-2015-166
- 21 H. Hatayama, K. Tahara, I. Daigo: Worth of metal gleaning in mining and recycling for mineral conservation. *Miner Eng*, 査読有, 76, 2015, 58-64
DOI:10.1016/j.mineng.2014.12.012
- 22 舟田享史, 醍醐市朗, 後藤芳一: 鉄鋼材ストック・フローに着目した日本の高度経済成長期における需要量変遷の分析. *開発技術*, 査読有, 21, 2015, 1-13
- 23 I. Daigo: Material Stock and the End-of-life Recycling Rate of Steel. *Steel Construction: Today & Tomorrow*, 査読無, 46, 2015, 9-12.

[学会発表] (計77件)

- ① 工藤克之, 葛原俊介, 林英男, 醍醐市朗: 鉄鋼リサイクル材におけるトランプエレメントの広域濃度分析とその統計的解析. 第78回分析化学討論会, 2018年
- ② 醍醐市朗: 物質フロー分析による使用済み製品からの散逸量の推計. 資源・素材学会平成30(2018)年度 春季大会(招待), 2017年
- ③ 醍醐市朗: 有用な金属材料の持続可能な利用に向けて. 第27回東京大学環境安全研究センターシンポジウム(招待), 2018年
- ④ 畑山博樹, 田原聖隆, 醍醐市朗, 高木重定: 持続可能な開発目標と鉄鋼の関連性の検討. 日本鉄鋼協会第175回春季講演大会, 2018年
- ⑤ 中駄将人, 醍醐市朗, 榎学: 素材リサイクルにおける散逸フロー推計. 日本鉄鋼協会 第175回春季講演大会, 2018年
- ⑥ 瀨瀬将太, 醍醐市朗, 榎学: 日本における炭素鋼中の Cu 濃度の決定要因. 日本鉄鋼協会 第175回春季講演大会, 2018年
- ⑦ 張政陽, 武山健太郎, 松八重一代, 中島謙二: 使用済自動車の部品リユースおよび素材リサイクルに関するシナリオ分析. 日本鉄鋼協会 第175回春季講演大会, 2018年
- ⑧ 畑山博樹, 田原聖隆, 醍醐市朗: 材料技術開発を対象とした LCA の枠組みの検討. 第13回日本 LCA 学会研究発表会, 2018年
- ⑨ 武山健太郎, 大野肇, 松八重一代, 中島謙二, 近藤康之, 長坂徹也: 動的 MFA モデルを用いた都市鉱山入出量の推計. 第13回日本 LCA 学会研究発表会, 2018年
- ⑩ 中駄将人, 醍醐市朗, 榎学, 後藤芳一: リサイクル推進に向けた金属素材ごとの促進・阻害要因の抽出. 第13回日本 LCA 学会研究発表会, 2018年
- ⑪ 瀨瀬将太, 醍醐市朗, 藤村玲央, 林英男, S. Benjamin, 榎学, 後藤芳一: 繰返し素材リサイクルによる不純物元素の濃度変化説明モデル 鉄鋼材の事例. 第13回日本 LCA 学会研究発表会, 2018年
- ⑫ 山末英嗣: LCA としての TMR からみたサーキュラーエコノミー. 第23回日本 LCA 学会講演会(招待), 2018年
- ⑬ 醍醐市朗: 製品 LCA と素材 LCA とは. 第7回グリーンスチールセミナー(招待), 2017年
- ⑭ K.Nakajima: Japan activities for designing a sustainability strategy for global resource network. Nickel Seminar LCA WORKSHOP, 2017年
- ⑮ 中島謙二: 持続可能かつ継続可能な資源利用にむけて. 平成28年度 LCA 日本フォーラム・日本 LCA 学会共催セミナー(招待), 2017年
- ⑯ Nakajima K., Nansai K. Matsubae K. Tomita M. Takayanagi W.: Global Distribution of Hidden Flows Induced by Consumption of Metals. World Resources Forum 2017, 2017年
- ⑰ K.Takeyama, H. Ohno, K. Matsubae, K.Nakajima, Y. Kondo, T. Nagasaka: Estimation of possibility of steel scrap as secondary resource of Ni and Cr. 1st Inter. Conf. on Energy and Material Efficiency and CO2 Reduction in the Steel Industry 2017 (EMECCR2017), 2017年
- ⑱ H. Ohno, K. Matsubae, K.Nakajima, Y. Kondo, S. Nakamura, T. Nagasaka: Optimization of steel scrap use by focusing on alloying elements with IO-MFA based linear programming towards the development of sustainable steel cycle in our society. EMECCR2017, 2017年
- ⑲ S. Ohta, I. Daigo, Y. Goto: Identification of end-of-life products causing tramp element contamination in carbon steel. EMECCR2017, 2017年
- ⑳ S. Koketsu, L. Fujimura, B. Sprecher, I. Daigo, Y. Goto: Identifying the factors of the difference of impurity element contents in steel between Japan and Netherlands. EMECCR2017, 2017年
- 21 I. Daigo, Y. Aduma, Y. Goto: The total anticorrosive function performed by steel stock in use. EMECCR2017, 2017年
- 22 I. Daigo, K.Nakajima, E. Yamasue, K. Matsubae, H. Hatayama, Y. Kobayashi: Development of a new LCA framework for materials. EMECCR2017, 2017年
- 23 K.Nakajima, I. Daigo, K. Nansai, K. Matsubae, W. Takayanagi, M. Tomita, Y. Matsuno: Global distribution of material stocks: iron, copper, and nickel. 11th Int. Conf. on Society & Materials, 2017年
- 24 醍醐市朗: マテリアルフローを活用してコストを削減し環境に配慮する経営とは. 愛

- 媛県経済同友会 環境エネルギー委員会講演会(招待), 2017年
- 25 I. Daigo: A new LCA framework for materials. Seminar at Institute of Environmental Sciences (CML), Leiden University(招待), 2017年
- 26 太田暁, 醍醐市朗, 後藤芳一: 日本における鉄鋼材中の不純物元素濃度の決定要因の解明. 第12回日本LCA学会研究発表会, 2017年
- 27 瀬藤将太, 醍醐市朗, 後藤芳一: 日本とオランダにおける鉄スクラップへの不純物元素混入源の比較. 第12回日本LCA学会研究発表会, 2017年
- 28 安永玲華, ショルテイクラビョット, 山末英嗣: 東南アジアにおける家電製品の素材リサイクルによるTMR削減ポテンシャル評価. 第12回日本LCA学会研究発表会, 2017年
- 29 ショルテイクラビョット, 醍醐市朗, 山末英嗣: Comparative efficiency of mechanical properties, material and energy requirements, and environmental impact in steel production: A DEA perspective, 第12回日本LCA学会研究発表会, 2017年
- 30 中島謙一: 持続可能かつ継続可能な資源調達にむけて. 平成28年度LCA日本フォーラム・日本LCA学会共催セミナー, 2017年
- 31 E. Yamasue, J. C. Cravioto, N. D. Quang, M. Oguchi, I. Daigo: Lifetime Analysis for Electronic Devices in Vietnam by means of Markov Chain Model, The 24th CIRP Conf. on Life Cycle Engineering, 2017年
- 32 I. Daigo, L. Fujimura, H. Hayashi, E. Yamasue, Y. Goto: Impurity Contamination in Steel by Repeated Recycling. The 14th Japan-China Symposium on Science and Technology of Iron and Steel, 2016年
- 33 醍醐市朗, 藤村怜央, 太田暁, 林英男, 山末英嗣, H. T. Duc, 後藤芳一: 日本における鉄鋼材に随伴するトランプエレメント量の推計. エコデザイン・プロダクト&サービスシンポジウム (EcoDePS) 2016, 2016年
- 34 太田暁, 藤村怜央, 醍醐市朗, 後藤芳一, 中島謙一: WIO-MFAを用いた鉄鋼材の循環利用に伴うトランプエレメントの混入起源の同定. EcoDePS 2016, 2016年
- 35 林英男, 葛原俊介, 醍醐市朗: LA-ICP TOFMSを用いた鉄鋼材に含有する極低濃度元素の分析手法. EcoDePS 2016, 2016年
- 36 藤村怜央, 太田暁, 醍醐市朗, 後藤芳一, 林英男, 山末英嗣, H. T. Duc: 鉄スクラップ中のトランプエレメント含有率の国間比較. EcoDePS 2016, 2016年
- 37 萩原淑, 葛原俊介, 林英男, 醍醐市朗: 鉄鋼リサイクル材におけるトランプエレメントの極微量分析. EcoDePS 2016, 2016年
- 38 小柳津頭, 醍醐市朗, 中島謙一, 松八重一代, 山末英嗣: 関与物質総量からみた鉄基合金のパフォーマンス評価. EcoDePS 2016, 2016年
- 39 早川大樹, 林英男, 川口雅弘, 渡邊禎之, 湯川泰之, 庄野厚: 紫外フェムト秒レーザーアブレーションで生成する金属微粒子の粒径分布と元素組成に及ぼすキャリアガスの影響. 日本分析化学会第65年会, 2016年
- 40 武山健太郎, 大野肇, 松八重一代, 中島謙一, 近藤康之, 中村慎一郎, 長坂徹也: MaTraceを用いた鉄鋼中の合金元素の動的マテリアルフロー分析. 資源・素材学会平成28年度春季大会, 2016年
- 41 太田暁, 佐藤有一郎, 醍醐市朗, 後藤芳一, 中島謙一: 物質フロー分析による鉄鋼材料中不純物元素の混入期限の推定. 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会, 2016年
- 42 河村洋佑, 醍醐市朗, 後藤芳一: 材料需要量の時系列変遷モデルの構築. 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会, 2016年
- 43 木村将志, 醍醐市朗, 後藤芳一: 鉄鋼スラグを含めた酸化物系セラミックスからガラスウールへの循環利用システムの構築. 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会, 2016年
- 44 萩原淑, 葛原俊介, 林英男, 醍醐市朗: 鉄鋼リサイクル材におけるトランプエレメントの局所的濃度分析. 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会, 2016年
- 45 藤村怜央, 醍醐市朗, 後藤芳一: 鉄スクラップ中のトランプエレメント含有率の多国間比較. 日本鉄鋼協会第172回秋季講演大会, 2016年
- 46 Ohta S., Daigo I., Sato Y., Nakajima K. and Goto Y.: Identifying unintentionally mixed impurities in EAF steel using WIO-MFA. ISIE AP-SEM 2016, 2016年
- 47 Oguchi M., Tasaki T., Daigo I., Cooper T., Cole C., Gnanapragasam A.: Expected product lifetimes of consumer durables - Do product lifetimes meet consumers' expectations? ISIE AP-SEM 2016, 2016年
- 48 Fujimura L., Daigo I., Goto Y.: Impurities in EAF steel bars contaminated by non-functional recycling. ISIE AP-SEM 2016, 2016年
- 49 山末英嗣: 東南アジアにおける効率かつ健全な国際資源循環, 日本MRS2016年年会, 横浜情報文化センター(基調), 2016年
- 50 山末英嗣: SCPにおける循環生産の役割, 第22回日本LCA学会講演会(依頼) 2016年
- 51 畑山博樹: 循環経済の実現に向けたクリティカルマテリアルの循環システムの構築, 日本MRS2016年年会(招待), 2016年
- 52 林英男: LA-ICP-TOFMSによる材料分析と元素イメージング, レーザーアブレーションワークショップ 2016, 2016年
- 53 山末英嗣, 松八重一代, 中島謙一, 村上進亮, 醍醐市朗, 石原慶一: TMRとCO2の観点から見たデカップリングの優先度分析. 第11回日本LCA学会研究発表会. 2016年
- 54 佐藤有一郎, 醍醐市朗, 後藤芳一: 鉄鋼材料中不純物元素の物質フロー分析. 第11回日本LCA学会研究発表会. 2016年
- 55 藤村怜央, 林英男, 醍醐市朗, 後藤芳一: 使用済み製品からの素材回収時に混在する他

素材由来の鉄鋼リサイクル材中の不純物濃度の国間比較. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

56大木慧, 醍醐市朗, 後藤芳一: 主成分分析による用途別鉄鋼材需要量の時系列変化の分析. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

57本下晶晴, 醍醐市朗, 鶴田祥一郎, 稲葉敦: 削減貢献量評価ガイドラインと実践上の論点. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

58醍醐市朗, 畑山博樹, 中島謙一, 山末英嗣, 松八重一代, 小林能直: 素材の社会的価値評価のための枠組みの検討. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

59醍醐市朗, 中谷隼, 中島謙一, 山末英嗣, 村上進亮: 機能量のインベントリ、ミッドポイント、エンドポイント. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

60松井大輔, 醍醐市朗, 後藤芳一: 物質のライフサイクルを通じた機能と機能量の評価手法の構築. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

61境志野, 胡勝治, 山田真理子, 醍醐市朗: ICT 機器における実装技術トレンドの TMR 指標を用いた評価. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

62太田暁, 醍醐市朗, 後藤芳一: 構造体の持つ機能に着目した資源効率の評価手法の構築. 第 11 回日本 LCA 学会研究発表会. 2016 年

63藤村怜央, 醍醐市朗, 後藤芳一: 日本・ベトナム・オランダにおける鉄スクラップ中のトランプエレメント濃度の国間比較. 日本鉄鋼協会 第 171 回春季講演大会, 2016 年

64松井大輔, 醍醐市朗, 後藤芳一: 持続可能な開発に向けた普通鋼が提供する機能に着目した指標開発. 日本鉄鋼協会 第 171 回春季講演大会, 2016 年

65醍醐市朗, 中島謙一, 布施正暁, 山末英嗣, 八木晃一: MES-15-016 材料機能から見た次世代型エネルギー技術におけるレアメタル制約回避の可能性電気学会メタボリズム社会・環境システム研究会. 2015 年

66醍醐市朗, 関根伸雄, 後藤芳一: 日本におけるネオジム磁石の動的マテリアルフロー分析. 日本磁気学会第 202 回研究会, 2015 年

67Daigo I., Iwata K., Oguchi M., Goto Y.: Changing average lifetime of buildings over time analysed on the basis of D-based distribution. Product Lifetimes And The Environment Conf. 2015. 2015 年

68Daigo I., Sekine N., Goto Y.: Structure of conditions for recycling from urban mine. Inter. Soc. for Indus. Ecol. 2015. 2015 年

69Daigo I., Murayama C., Goto Y.: Contamination Behavior of Impurities in Steel Recycling Systems. Asia steel 2015, 2015

70Daigo I., Sekine N., Goto Y.: Structure of conditions for recycling from urban mine. EcoDesign 2015. 2015 年

71I. Daigo: Resource conservation and material recycling. The 9th conference on

society and materials. (基調) 2015 年

72D. Matsui, I. Daigo, Y. Goto: Functionality-wise evaluation on structural value of steel. The 9th Conf. on Society and Materials. 2015 年

73Matsuhashi R., Daigo I., Goto Y.: Evaluation of a performance of steel recycling systems restricted by copper contamination. Asia steel 2015, 2015 年

74松井大輔, 醍醐市朗, 後藤芳一: 引張機能量による普通鋼ストック量の評価手法の構築. 環境科学会 2015 年会. 2015 年

75松橋諒, 醍醐市朗, 後藤芳一: Cu 濃化を考慮した鉄鋼材循環利用システムの構築. 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015 年

76松井大輔, 醍醐市朗, 後藤芳一: 引張機能量による普通鋼需要量の評価手法の構築. 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015 年

77藤村怜央, 醍醐市朗, 後藤芳一: 使用済み製品からの鉄スクラップ回収時に混入する不純物の国間比較. 日本鉄鋼協会 第 170 回秋季講演大会, 2015 年

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕 (計 0 件)

〔その他〕 なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

醍醐 市朗 (DAIGO, Ichiro)

東京大学・大学院工学系研究科・特任准教授, 研究者番号: 20396774

(2) 研究分担者

林 英男 (HAYASHI, Hideo)

地方独立行政法人東京都立産業技術研究センター・事業化支援本部・主任研究員
研究者番号: 10385536

畑山 博樹 (HATAYAMA, Hiroki)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・安全科学研究部門・主任研究員
研究者番号: 30612733

葛原 俊介 (KUZUHARA, Shunsuke)

仙台高等専門学校・専攻科・准教授
研究者番号: 60604494

山末 英嗣 (YAMASUE, Eiji)

立命館大学・理工学部・准教授
研究者番号: 90324673

中島 謙一 (NAKAJIMA, Kenichi)

国立研究開発法人国立環境研究所・資源循環・廃棄物研究センター・主任研究員
研究者番号: 90400457

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

なし