

令和 2 年 6 月 17 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B) (特設分野研究)

研究期間：2016～2019

課題番号：16KT0030

研究課題名(和文) 関与物質総量を通じた食に関する資源依存変容メカニズムの解明

研究課題名(英文) Mechanism of resource dependency for food production in terms of total material requirement

研究代表者

山末 英嗣 (YAMASUE, EIJI)

立命館大学・理工学部・教授

研究者番号：90324673

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)：本研究では、食料生産に関わる採掘活動量について、関与物質総量を用いて評価するための枠組みを構築し、種々の食材や献立の背後にある資源を評価することを目的として研究を進めた。対象は一部例外を除き国産の野菜類41種、果実の野菜・果樹類8種、魚介類16種、畜産5種のデータベースを構築した。また国内外の飼料5種についても計測を行った。また、170万件を超えるレシピに関するビッグデータを分析し、100以上の献立の背後にある資源を統計的に解析することができた。最後に、得られた成果を基に、食料に関する資源戦略について分析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究課題では、「食」に関して資源端への依存構造を解明することに挑戦した。このような研究事例は、農学や産業エコロジー学分野においてもほとんど見られず、学術的にもインパクトの高い成果を提供できた。関与物質総量は第二次循環基本計画から推移をモニターすべき指標として注目されているが、本研究を遂行することで、世界に先駆けて食に関する関与物質総量データを整備でき、近未来における食料セキュリティの向上、すなわち食料資源管理戦略について社会的に貢献できることが期待できる。特に、我が国が食糧供給に関わる資源安全保障を考える上で大きな意義があったと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have proposed a framework to quantify mining activities relevant to food production in terms of total material requirement (TMR), which has been applied to food production. Targeted foodstuffs were 41 types of domestic vegetables, 8 types of fruit, 16 types of seafood, and 5 types of livestock. Domestic and foreign livestock feed was also considered. Generally, contributions by energy were dominant for vegetables cultivated in a greenhouse and fertilizer inputs were dominant for non-greenhouse cultivation. On the other hand, the specific TMR of livestock feed was relatively small compared to vegetables. The specific TMR for seafood production by set net fishing was relatively low compared to other fishing and the effects of fishing tools and energy were negligibly small, the effect of energy ascribed to fuel was dominant for other fishing types using boats. For livestock, the specific TMR for a beef cow was 5-6 times as high as that for pigs or broiler hens.

研究分野：産業エコロジー

キーワード：関与物質総量 食料 レシピ 献立 ビッグデータ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

#### 研究目的の概要

人間が生きていく上で必要不可欠な「食」の生産には多岐にわたる資源採掘活動が関わっている。農業においては、自生する食物だけでは膨大な人口を支えることは困難であり、資材、肥料、農薬などを大量に投入することで高い生産性を実現させている。漁業においても養殖や遠洋漁業においては大量のエネルギー消費が伴う。そしてそれらの投入物の背後には必ず資源採取活動が伴う。

関与物質総量(Total Material Requirement, TMR)は、資源採取活動のうち、特に採掘活動(土地改変量)を定量化できる指標で、申請者の予備調査によると、例えば牛肉を 1 kg 生産するために必要な採掘活動は暖房や飼料(やそれに必要な肥料、農薬)を考慮すると約 50 kg と概算される。これは豚肉(約 10 kg)の約 5 倍に相当する。この場合、同じ 1 kg の肉を消費する場合でも、牛肉を好む文化と牛肉を好まない文化で資源採掘量に大きな差が生じる。これは菜食文化であったり、海産物に特化した文化ではさらに大きな差が生じる可能性がある。このように関与物質総量を用いることで、食に関する資源循環を「土地改変量」という視点から定量化できることが期待される。また、上記では重量あたりで評価を行ったが、熱量や栄養素あたりで評価を行うことも可能で、それらを通じて従来見えてこなかった資源依存メカニズムを明らかにできる可能性がある。

ここで、関与物質総量は循環型社会形成推進基本計画第二次循環基本計画から、推移をモニターすべき数値として追加された指標の一つであるが、現時点ではデータの整備が進んでおらず有効に活用されていないのが現状である。

### 2. 研究の目的

本研究では、

- (1) 単位(重さ、熱量、栄養素等)の食料を生産するために必要な採掘活動(土地改変量)は何 kg なのか?というデータベースを日本だけでなく先進国、新興国、途上国の主食、副食、嗜好品について整備する。それに基づき、関与物質総量からみた食品ごとの諸外国依存性を定量化する。
- (2) 上記の成果に「消費量」というファクターを考慮し、ある国家が年間の食料消費に必要とする「土地改変量(年間関与物質総量)」を定義し、その経年的な変化を計測・予測・評価する。そしてそれらを地域別、プロセス別、時系列の分析を行うことで人間社会の資源への依存構造を文化、世代などの要因を考慮しながら解明する。
- (3) 以上の結果を他の指標を用いた結果と比較し、関与物質総量によって初めて見えることを抽出する。同時に得られた成果は地図上に可視化することで、食料生産に関わる資源循環を視覚化し、世界レベルでの効率的な食料生産に貢献するための要素抽出を行う。を主な目的として研究を進めた。

### 3. 研究の方法

研究は主に以下の流れで行った。

- (1) まず食料生産に関わる関与物質総量を計測するためのフレームワーク構築を行った。ここでは「食料」生産の関与物質総量のフレームワークを構築した。従来の関与物質総量のフレームワークに整合させるため、特に水と土壌の扱いに注意を払った。
- (2) 次に関与物質総量の計測を行った。先に構築したフレームワークに基づき、日本だけでなく、途上国、新興国、途上国の主食、副食、嗜好品について整備する。推算是主に農業、水産業、畜産・酪農、関連投入物に分け、それぞれ研究代表者、分担者、連携者、協力者の得意分野に併せてサブチームを形成し、効率的なデータ種別計測に努める。計測値は国別に分解をし、食材ごとの関与物質総量の視点から見た諸外国依存性を定量化し、他の手法論で算出された諸外国依存性と比較する。
- (3) さらに地域別・時系列の関与物質総量の推移評価と将来予測モデルの開発を行った。上述の食料の関与物質総量に「消費量」を乗じることで、ある国の食料消費に必要とする年間の「土地改変量(年間関与物質総量)」を定義し、その経年的な変化を計量する。過去の計測結果から国ごとの食に関する資源依存の変容を解析し、さらにケーススタディ、シナリオ分析により将来的な資源依存を文化、世代などの要因を考慮しながら評価した。
- (4) 最後にレシピに関するビッグデータ解析を行い、「調理食品」に資源依存性の評価を行った。

### 4. 研究成果

既存研究では食料の Material Intensity (物質集約度)を報告しているが、個別の推算根拠は明らかでない場合が多かった。また、土壌の利用のみ評価しており、農薬や肥料、エネルギーの投入は考慮していない物も多かった。土壌の利用を考慮することは重要であるが、例えば、田

畑を利用する集約農業では一カ所で長期にわたって耕作を行うため、生産活動のたびに土壌利用をカウントすることの妥当性には注意が必要である。ここで既存の関与物質総量の推計では、人為的な地球改変量が重量としてカウントされている。これらとの比較を行うためには、食料生産についても人為的な地球改変量のみを考慮すべきであることがわかった。したがって、太陽光による光合成、微生物による発酵、自然起源の栄養素（肥料）についてはシステムに加えられない方が妥当であることがわかった。そこで、本研究では食料生産に関わる関与物質総量の枠組みとして以下を提案した。

- 水（河川、海水）や気体（空気）の移動、太陽光によるエネルギー・物質投入は考慮しない。ただし食品そのものの重量は水分も含め考慮する。したがって、自生する草木から得た食材は、それ自身の重さが関与物質総量となる。
- 作物の生産には土壌（土地）が必要であるが、一カ所で複数年にわたって生産活動を行う場合、全期間にわたる生産量を考慮して按分する。温室等を使用される客土・入れ土も同様に考慮する。
- 太陽光による光合成、微生物による発酵、自然起源の栄養素の摂取、畜産・魚介等において自生する草木や通常の生態系において供給される動植物性プランクトンの捕食活動は考慮しない。一方、燃料、肥料、農薬、人工飼料といった人工的な投入がある場合、それらの生産に関わる関与物質総量はすべて考慮する。
- ビニールハウス、漁具、機械類、船舶等といった長期にわたって使用される材料に関わる関与物質総量は、その材料や製品寿命が尽きるまでの生産量を考慮して按分する。
- 輸送、包装、加工、廃棄に関わる投入、また副産物の扱いについては、システム境界で定める。
- 機能単位は評価目的に応じ、重量、カロリー、栄養素等、任意に設定できる。機能単位あたりの関与物質総量を食料の TMR 係数と定義する。

次に、このようにして定義した枠組みにしたがって、日本における食材生産をケーススタディとして評価した。対象食材は一部例外を除き国産の野菜類 41 種、果実的野菜・果樹類 8 種、魚介類 16 種、畜産 5 種とした。これらの推算のため、国内外の飼料 5 種についても計測を行った。機能単位は出荷状態の食材 1 kg とした。

野菜の TMR 係数に関する全体の傾向として、類似の栽培法である限り推定方法によって大きな差は見られないことが分かった。たとえば「なす」に注目すると、農業環境技術研究所のインベントリデータを使用したもの、産業連関表によるもの、高知県産のものはいずれも加温栽培と思われるが、いずれも似た TMR 係数となった。また露地栽培と思われる群馬県産のなすと高知県産のなす（露地）も同様である。なす以外にキャベツ、白菜も産地、推計方法にかかわらず似た値が得られた。一方、ブロッコリーやほうれん草は同一の作物でも差が見られるが、これらは同一の産地でも差が見られることから、むしろ製法の差を正當に評価できていると考えられる。

なすの例からも分かるように、ハウス栽培といった加温が行われている作物は TMR 係数が高く、そこに占める光熱エネルギーの影響も大きいことが分かる。露地栽培等、加温を行っていない作物については肥料の影響が大きかった。肥料、特にリン系肥料は TMR 係数が高く、ほとんどの作物において効率的な生産のために肥料が多く投入されている影響が現れたものと考えられる。一方、農薬の影響が大きい作物も一部見られる。水稻やニンニク（高知）も農薬の使用量が比較的高いのは似た理由の可能性がある。全体を通じ、さやいんげん、ししとう、しょうが、みょうが、大葉の TMR 係数は高い値となった。ただしこれらの食材が一回の食事で使用される量は比較的少なく、仮に食事当たりの関与物質総量という視点で評価を行うと、その影響は小さいと考えられる。

果実的野菜・果実類・その他については、野菜と同様に加温されているものは光熱エネルギーの影響が大きい。加温されていない果実的野菜・果実類の TMR 係数は全体として 5 kg-TMR/kg 以下であり、野菜類と比べて TMR 係数の多寡に大きな差は見られない。ただしこれらの比較は出荷量ベースであり、可食部ベースにすると異なる結果が得られることに注意しなければならない。豆類、トウモロコシ、メロン等は比較的、非可食部の割合が高いため特に注意が必要である。

飼料の TMR 係数は野菜、根菜、果実等と比べても小さく、飼料毎に大きな差は見られない。また、飼料種は異なるものの、国産と米国産で TMR 係数に大きな差は見られない。ただし、本稿で調査した範囲で米国産飼料は農薬を使用しており、その TMR 係数に与える影響は無視できない。推測の域を出ないが、飼料の TMR 係数が小さいのは、そもそも飼料は畜産・酪農に使用される中間投入製品であり、さらには外観等も問題にならないため広い意味で極力コストをかけない製造体系になっているためと推察される。

魚介類は、漁法によって大きく TMR 係数に差が生じることが分かった。イカ釣り漁業、定置網、機船曳網を比較すると、定置網漁法で得られた魚介類の TMR 係数は小さい。定置網漁法では網といった漁具を使用するが、その使用年数を考慮すると無視しうるほど小さい値となった。サケの TMR 係数が比較的高いのは、漁獲量を考慮した総価値が最も高く、エネルギー・物質投入の多くがアロケートされたためである。イカ釣り漁業、機船曳網漁法はエネルギーの割合が高い。これは漁船や漁具に関わる物質投入を考慮したとしても、漁域までの移動が支配的であることを意味している。一方、養殖は対象産物によって大きな差が見られた。いずれの産物も、陸から数 100m～数 km 離れた沖合で養殖が実施されているが、それに要するエネルギーは他の漁法に比

べて小さい。コンブやワカメでエネルギーの要素が大きいのは、これらは乾燥して出荷されることがほとんどであり、そこに大量のエネルギーが投入されるためである。なお、ホタテは養殖法に地まき式と垂下式の2種類があるが、TMR係数の差はほとんど無かった。

畜産については、肉豚(7.4-8.1 kg-TMR/kg)やブロイラー(5.9-6.4 kg-TMR/kg)は複数の育成法を考慮したが、同種間での差異は小さかった。また、牛乳を除きすべての製品で物質投入、すなわち飼料の影響が大きかった。ここで興味深いのは、肉牛のTMR係数(37.8 kg-TMR/kg)が他の畜産に比べて5-6倍程度大きいことである。これは、肉牛が出荷までに要する日数が肉豚やブロイラーと比べて長く、その分、飼料を多く必要とするためである。なお、これらの数値は食肉への加工前であり、食肉の歩留まりが畜種にかかわらずおよそ50%であることを考慮すると、食肉のTMR係数は上記の2倍程度の値を持つと推定される。ただし、ゼラチンや革製品等が副産物として得られる場合、それらへのアロケーションを考慮しなければならない。鶏卵については、飼料の配合はブロイラーと異なるもののTMR係数は4.9 kg-TMR/kgと同程度の値になった。牛乳のTMRは2.0 kg-TMR/kgとなった。この値は水道水(ほぼ1 kg-TMR/kg)より高いが、みかんジュースのTMR係数5 kg-TMR/kgより小さいことが分かった。

なお、飲料については、諸外国を中心として、飲料に関するTMRを調査した。試算は水道水、コーヒー、紅茶、緑茶、アルコール類について行った。その結果、珈琲でも産地によって、資源効率に大きな差があることが分かった。例えば、ブラジルとタイ産の珈琲では6倍の差が見られた。これまでの研究では日本国内だけの製品についてしか考慮しなかったが、今後の評価において「産地」を考慮することの重要性が明らかになった。

最後にビッグデータ解析を行った。クックパッドと呼ばれるウェブサイトがあり、近年、そこに集約されたレシピデータが研究者向けに公開されている。そのデータ量は公称で172万品目を超える。本研究では、クックパッドを通じて得られたレシピに関するビッグデータを分析することで、日本人の食を通じた資源依存構造とその変容を解明した。

レシピに含まれる食材データは、これまでに推算した関与物質データベースと接続させたが、輸入小麦(粉)、大豆、トウモロコシ等についても可能な限り推定を行った。さらに、醤油、味噌、みりん、マヨネーズ、砂糖、塩といった調味料についてもMiLCA等を中心として関与物質総量のデータベースに追加を行った。ただし、本研究で得られたビッグデータには加熱手法(IH、ガス、電子レンジ)とその時間に関する情報はほとんど含まれていなかった。したがって、加熱に必要な関与物質総量は本報告については含まれていない。

結果の一例として、みそ汁の5400レシピについて分析を行ったところ、暫定値として一人あたりの関与物質総量は $0.4 \pm 0.2$ kg/kgという結果が得られた。その他100種類程度のレシピについて分析を行うことができた。なお、いくつかの料理について、そのレシピによってどの程度ばらつきが見られるかを調査するため、代表的な料理(カレー、肉じゃが、みそ汁、生姜焼き)について、ビッグデータから4レシピをランダムに抽出し「一人分」の関与物質総量を推算したところ、一つの料理についてもそのレシピによって大きくばらついていることがわかった。特にカレーや肉じゃがでその傾向が高い。これは肉の関与物質総量の値が大きいためだけでなく、牛肉(49.3 kg/kg)、豚肉(13.3 kg/kg)、鶏肉(7.34 kg/kg)とばらつきが大きいためである。一方、みそ汁は基本的には肉を使用しないため、ばらつきはそこまで大きくない。生姜焼きも、基本的には豚肉を使用するため、カレーや肉じゃがほどのばらつきは見られなかった。

以上より、食材や献立のTMR係数は多種多様であったが、同類の食材では似た特徴を有するものも多かった。例えば、作物に関しては、温室を使うものはTMR係数が高い一方、そうでないものは概ね10 kg-TMR/kg以下であり肥料の影響が大きい。飼料のTMR係数は小さく、1.5-2 kg-TMR/kgの範囲であった。漁業ではエネルギー(燃料)の影響が大きく、漁具の影響は小さかった。畜産は肥料の影響が大きい一方で、エネルギーの影響は無視しうるほど小さかった。ただし、ブロイラーや肉豚が比較的近い値を示す一方、肉牛はその5-6倍高い値であった。このような差異は作物においても白菜(1.2-1.5 kg-TMR/kg)と大葉(39.4 kg-TMR/kg)の例のように見られるが、大葉は調理の主役となることは少ない。一方、肉牛、肉豚、ブロイラーは好みの差はあるもののいずれも同程度の量が調理で使用される。このことは、食文化(肉食、魚食、菜食)によって、食に関する関与物質総量、すなわち資源強度に大きな差異が生じることを意味している。

なお、粗鋼のTMR係数が8-12 kg-TMR/kg、展伸材アルミニウムのTMR係数が48 kg-TMR/kgであることを考えると、食材のTMR係数はそれらと十分比較しうるほどのTMR係数を有する。食料は金属材料と異なりストックにはなりにくいが、フローという視点では無視できない要素であることが関与物質総量の視点からも分かった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 山末 英嗣, 光斎 翔貴, マクレラン ベンジャミン, 松八重 一代	4. 巻 14
2. 論文標題 食料生産における関与物質総量の枠組の提案と評価, ~国産食材のTMR係数~	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本LCA学会誌	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松八重一代、長坂徹也	4. 巻 65
2. 論文標題 責任ある資源利用を目指した社会における未利用資源の活用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 4-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 松八重一代、長坂徹也	4. 巻 38
2. 論文標題 リンの資源と持続可能性	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 エネルギー・資源	6. 最初と最後の頁 43-45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 4件/うち国際学会 10件）

1. 発表者名 Yoko Yamakata, Eiji Yamasue, Benjamin C McLellan, Kiyoharu Aizawa
2. 発表標題 Resource Intensity for Menu Items: How Much Land is Required to provide for each Dish?
3. 学会等名 10th Workshop on Multimedia for Cooking and Eating Activities in conjunction with IJCAI-ECAI2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji Yamasue, Shoki Kosai, Jordi Cravioto
2. 発表標題 Strategic Resource Management in Vietnam in terms of Total Material Requirement
3. 学会等名 International Forum on Green Technology and Management (IFGTM2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yamasue Eiji, Shoki Kosai, Ichiro Daigo, Kenichi Nakajima, Benjamin McLellan, Kazuyo Matsubae and Shinsuke Murakami
2. 発表標題 Revisiting Total Material Requirement Estimation and Evaluation
3. 学会等名 EcoBalance2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Eiji Yamasue
2. 発表標題 Material Balance Transition in Japan in terms of Total Material Requirement
3. 学会等名 Sino-Japan Symposium for Industrial Ecology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山末英嗣, 光斎翔貴, 村上進亮, 橋本征二, マクレランベンジャミン
2. 発表標題 関与物質総量で可視化される資源問題 直接重量・地球温暖化係数との比較を通じてー
3. 学会等名 日本LCA学会第14回研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 McLellan, B.C., Yamasue, E
2. 発表標題 Distribution of Environmental and Social Impacts and Benefits in the Clean Energy Transition
3. 学会等名 第35回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 McLellan, B., Yamasue, E
2. 発表標題 Material criticality in supply chains: national and technology perspectives
3. 学会等名 EcoBalance 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 McLellan, B.C., Ogata, S., Tezuka, T.
2. 発表標題 Resources-energy-development nexus and its implications for achieving the SDGs in Asia
3. 学会等名 The 18th Science Council of Asia (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 McLellan, B., Yamasue, E.
2. 発表標題 Minerals-Energy Nexus and the Future of Low-Carbon Technologies
3. 学会等名 Resources for Future Generations (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山末英嗣
2. 発表標題 隠れたフロー（環境背後霊）から見えるもの
3. 学会等名 第2回連続自治体特別企画セミナー（KIRPセミナー）（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松本光崇，田原聖隆，梅田靖，小林英樹，山末英嗣
2. 発表標題 アジアにおける持続可能な生産の実現に向けたビジョン構築と課題
3. 学会等名 環境科学会シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山末英嗣
2. 発表標題 関与物質総量を通じた「食」に関する資源強度の可視化
3. 学会等名 東北大学大学院環境科学研究科第109回コロキウム環境「環境問題解決に向けた超学際科学の方法論とエビデンス提示」（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山末英嗣
2. 発表標題 LCAとTMRからみた資源循環
3. 学会等名 第23回日本LCA学会講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Loewenthal, Z.B., McLellan, B.C., Tezuka, T
2. 発表標題 Risks and Benefits to the Agricultural Sector with an Increased Involvement in the Nuclear Power Cycle in an Australian Context
3. 学会等名 第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Loewenthal, Z.B., McLellan, B.C., Tezuka, T
2. 発表標題 Potential of using Spent Nuclear Fuel for Food Irradiation
3. 学会等名 第33回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae
2. 発表標題 Resource logistics of phosphorus focusing on the demand and supply structure in Asia
3. 学会等名 5th Sustainable Phosphorus Summit (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazuyo Matsubae, Kenichi Nakajima, Eiji Yamasue, Keisuke Nansai, Tetsuya Nagasaka
2. 発表標題 Resource Logistics as a Support Tool of Science, Technology and Innovation Policy Decision: Case study of Phosphorus
3. 学会等名 Ecobalance 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Eiji Yamasue, Kazuyo Matsubae, Benjamin McLellan, Kenichi Nakajima, Shinsuke Murakami and Ichiro Daigo
2. 発表標題 Bottom-up Analysis of Total Material Requirement for Food Production
3. 学会等名 Ecobalance 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 山末英嗣他 (編集: 大竹久夫, 杉山茂, 佐竹研一, 小野寺真一, 黒田章夫, 竹谷豊, 橋本光史, 三島慎一郎, 村上孝雄)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 360
3. 書名 リンの辞典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>TMRデータベース  <a href="http://www.ritsumei.ac.jp/~yamasue/tmr/index.html">http://www.ritsumei.ac.jp/~yamasue/tmr/index.html</a>  TMRデータベース  <a href="http://www.ritsumei.ac.jp/~yamasue/tmr/database.html">http://www.ritsumei.ac.jp/~yamasue/tmr/database.html</a>  関与物質総量データベース  <a href="http://www.ritsumei.ac.jp/~yamasue/tmr/index.html">http://www.ritsumei.ac.jp/~yamasue/tmr/index.html</a></p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	マクレラン ベンジャミン  (McLellan Benjamin)  (10723455)	京都大学・エネルギー科学研究科・准教授    (14301)	

