

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2020

課題番号：16K00519

研究課題名(和文) 微量金属と軽元素安定同位体を用いた農産物・食品安全の生育環境トレーサビリティ研究

研究課題名(英文) Growth environment traceability research for agricultural products and food safety using trace metals and stable isotopes of light elements

研究代表者

伊永 隆史 (Korenaga, Takashi)

東京大学・環境安全研究センター・客員研究員

研究者番号：30124788

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：農研機構食品研究部門の支援により、日本のコメ試料の5軽元素(H,C,N,O,S)の安定同位体比質量分析、および微量金属16元素測定を行った。
中国西安交通大学の協力で入手した中国産コメ試料17検体についても、安定同位体比クロスチェックを経て分析精度を向上させた。高精度な産地推定技術を確立し、同位体比と微量金属の組合せによる生育環境トレーサビリティを踏まえた産地推定を可能にした。
生育環境のトレーサビリティが可能なデータベースを構築するには、グルタミン酸の酵素的脱アミノ化中の安定な窒素同位体(15N/14N)の分画を反映し、質量・エネルギー移動に基づく反応性を動態解析する新展開が必要である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

西安交通大学医学部・薬学院から第7届国際会議に招待され、学術的視点から農産物・食品等の生育環境トレーサビリティの高精度化に関する本科研費採択課題について招待講演を行った。発表に関し、米国人座長から日本の本発表は中国で今後重要となる漢方薬の効能と産地特定問題に解釈を与える可能性がある社会的意義の高い研究成果であると好評を得た。直ちに共同研究した方が良い重点課題とのアドバイスを受けた。会議中、西安交通大学医学部・薬学院から客座教授および名誉教授の称号を授与され、共同研究を要請されるに至った。中国の国家課題である漢方薬の効能と産地特定の関連性解明に役立ち、学術的・社会的意義が高いと認められた。

研究成果の概要(英文)：In order to elucidate the rice growth properties, stable isotope ratio mass spectrometry of 5 light elements (H, C, N, O, S) and 16 trace metal element analysis were performed on Japanese rice samples with the support of the Food Research Division of the Agricultural Research Organization.

17 Chinese rice samples obtained with the cooperation of Xi'an Jiaotong University in China was also analyzed and improved through a professional stable isotope ratio cross-check. This research have been established a highly accurate plantation area estimation technology and made it possible to evaluate the accurate growth environment based on the traceability analysis of the plant growth area by combining both stable isotope ratios and trace metal analysis.

The creation of a database that enables traceability of the habitat reflects the stable nitrogen isotope (15N/14N) fraction during enzymatic deamination of glutamate and responds to mass / energy transfer in the biosphere.

研究分野：環境分析化学

キーワード：安定同位体 環境計測 微量元素 トレーサビリティ 質量分析 コメ 生育環境 中国

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 北海道から沖縄県まで日本全国で素性の正しいコメ試料 2300 種を収集し、軽元素 4 種 (C, N, H, O) の安定同位体比を高性能質量分析計によりデータ収集した結果から、安定同位体だけでは生育環境の判定情報として十分とは言えず、微量金属の元素組成の分析値を加える必要性が生じた。

(2) 米国、欧州、オーストラリア、インド、東南アジアなどのコメ試料を収集、世界的データ処理を試みたが、最大のコメ産地中国の試料入手が困難なため、生育環境データとして不完全であった。

2. 研究の目的

(1) 本科研費により、日本全国で収集した素性の正しいコメ 2300 試料の安定同位体比データ解析成果に加え、中国産の素性の正しいコメ試料で D, ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O , ^{34}S を 20 検体以上収集・分析し、世界規模でのコメ生育環境データベースの構築をめざす。

(2) コメ安定同位体比 IRMS 分析のみならず、ICP/MS による微量金属元素分析を行い、組み合わせにより、本研究目的の生育環境のトレーサビリティが飛躍的に向上する。

3. 研究の方法

(1) 本申請者はコメの産地判別や産地偽装防止でこれまでに画期的な研究成果を挙げ、研究協力者である西安交通大学・周小靖教授を通じ、西安交通大学薬学院の王嗣苓副院長及び張徳文特別教授と既に緊密な連携を構築している。よって、中国国内の複数地域から、素性の正しいコメの試料を収集するための仕組みがきわめて良好に整っている。本研究に使用する中国産コメ試料は、農林水産省横浜植物防疫所を経由して農林水産大臣の許可を得て輸入することが原則である。生物多様性条約と名古屋議定書の双方を批准していることから、中国での現地協力者との調査・研究及びコメの試料収集に当たっては、生物資源へのアクセスと利益配分の基準及び方法に関する生物多様性関連法 (中華人民共和国生態環境部 Bureau of Ecology and Environment of the People's Republic of China) からの許可を得ることとする。また、材料移転に関する同意書 (Material Transfer Agreement: MTA) も作成し、それに遵守し研究を遂行する。

(2) コメの安定同位体比 IRMS 分析のみならず、ICP/MS による微量金属元素分析を加えることにより、本研究課題の生育環境のトレーサビリティを飛躍的に向上させる。この研究を通じ、コメ特有の生育環境・食物連鎖を生育環境情報として蓄積された安定同位体比に、微量金属元素も加えて指標とした生育環境トレーサビリティ実証研究を行い、2017 年 10 月に中国・西安交通大学で開催予定の国際会議の招待講演を受け入れる。

4. 研究成果

(1) 近年の異常気象がもたらす大規模風水害の影響が生育環境トレーサビリティで無視できないという実験的事実を解明し、微量元素チェックで異常データを除いたデータベース構築に成功したので、試料・データも添えて国立研究開発法人農研機構食品研究部門へ技術移転した。

(2) コメに特有の生育環境・食物連鎖を生育環境情報として蓄積された安定同位体比に、土壌由来の微量金属元素組成 ICP/MS 分析値を加えることで、データの解析精度が高く信頼性の高い生育環境判別が得られることを究明できた。微量金属元素も加えて指標とした生育環境トレーサビリティ実証研究を行い、中国・西安交通大学で 2017 年 10 月開催の国際会議に招待講演された際に、米国人座長から漢方薬製造で未解決となっている生育環境の違いによる品質のパラツキを解明する手段として、安定同位体や微量金属が有望ではないかと、西安交通大学医学部薬学院との共同研究を指摘された。

(3) 本研究に使用する中国産コメの試料は、生物多様性条約と名古屋議定書の双方を批准していることから、農林水産省横浜植物防疫所を経由して農林水産大臣の許可を得て輸入することが原則である。しかしながら、中国・西安交通大学の尽力により、今回は 50g 以下のコメ試料であれば少量であるから、正規の手続きを免除されることとなり、中国全土から計 20 種の素性の正しい中国産コメ試料を入手できる運びとなった。これにより、今まで入手が困難であった世界最大のコメ産地である中国からでも、データの信頼性が高い生育環境分析データベースが得られたことは、本科研費により解明できた成果として学術的価値が高い研究成果と考えられる。

(4) 特に、中国産コメを含む安定同位体比による生育環境評価の世界比較図を Fig. 1 (A) (B) に示す。安徽省、江蘇省、吉林省、黒龍江省、遼寧省、湖北省、浙江省などの中国コメ主要産地から収集した 20 試料について、D, ^{13}C , ^{15}N , ^{18}O , ^{34}S の 5 因子を IRMS 質量分析して、データ処理した結果、中国産コメの生育環境の識別がほぼ可能となることが、本科研費により新たに判明した。

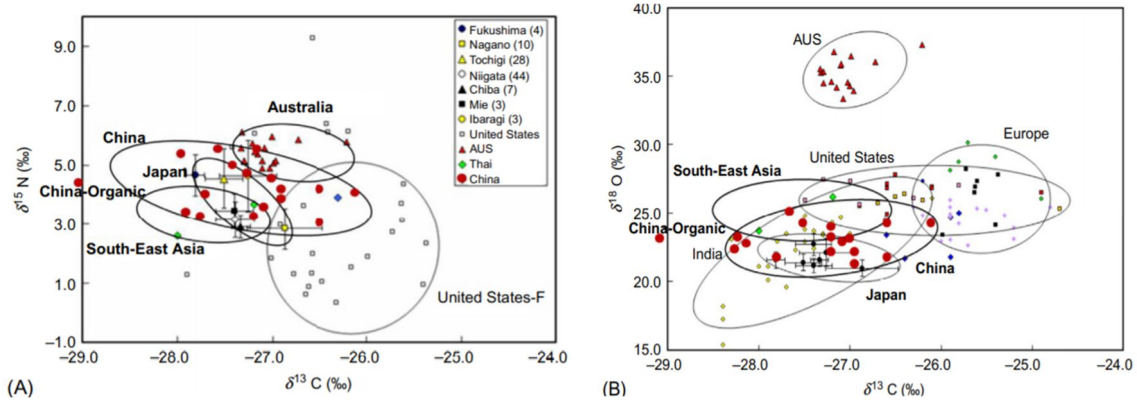


Fig. 1 中国産コメの生育環境データを追加したコメ安定同位体比の世界比較

(5) 科学的根拠に基づく産地判別・生育環境解明因子の解析においては、コメの DNA による系統地理解析データを加えることで、安定同位体比と微量金属元素の組み合わせを超える高度な生育環境トレーサビリティ機能強化をめざすことが考えられる。コメの品質と生育環境の関連性を解明すると同時に、DNA 抽出後、塩基配列決定、次世代シーケンサーによるアンプリコンシーケンスあるいは MIG-seq 解析に供試する。生育環境推定の高度化が可能な研究成果は、今まで論文発表された研究成果は見当たらず、研究事例の積み上げが望まれている。この研究の先駆者は国立研究開発法人農研機構食品研究部門・鈴木彌生子主任研究員(研究協力者)であり、日中のリンゴ産地判別の先行事例報告があるに過ぎない。具体的には、安定同位体比分析により国産と中国産の判別可能性が見出されたが、国産リンゴ間では有意差が無かった。ただし同位体比分析に微量金属元素分析のデータを加えれば、青森・長野・中国 3 者間での産地トレーサビリティが識別可能になることから、コメ等の生育環境解析評価でも役立つと考える。これにより、コメ等の品質と生育環境問題の因果関係の解明に貢献できることが将来的に期待される。

(6) この種の研究は、日本と同様にワインやハチミツなどの産地偽装問題を抱える EU 圏内でも始まっている。安定同位体比分析だけでは有意差が認められなかった場合には、安定同位体比データに微量金属や DNA 系統解析を組み合わせることにより、生育環境・産地同定の高精度化を達成可能になると考えられる。

(7) 研究代表者はこれまで全国規模のコメを主に、牛肉、リンゴやウナギなどの多様な農水産物を対象に、安定同位体比や微量金属元素の高度質量分析により、生育環境情報を差別化できることを明らかにしてきた。しかし産地偽装を発見し、偽装産品の流通を未然に防ぐための厳密な産地識別はこれらの手法で得られる情報だけでは捜査上不十分であった。そこで慶應義塾大学研究者の協力を得て、安定同位体比と微量金属元素組成の分析、さらに次世代シーケンサーを利用した系統地理解析の手法を組み合わせることで、精度の高いコメ等の生育環境・産地識別が可能になると考え、本科研費による環境動態化学基礎研究の将来展望と必要性とを強く認識しながら、本研究を遂行した。

(8) 本科研費においては、新学術領域 Isotopomics の創設を目指した同位体オミクス・サイエンスにおいて画期的な研究成果をあげることができた。これにより、安定同位体比は生育環境や光合成経路(炭素 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)、栄養源や栄養段階(窒素 $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)、生育水の状態(酸素 $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 、水素 D/H)、土壌の組成(硫黄 $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$)の 5 因子を化学情報として、コメ等の生育履歴を正確に追跡する実証的な基礎研究によって本事例を初めて発表できたことから学術的価値が高い研究成果を収めた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 伊永隆史	4. 巻 5
2. 論文標題 バイオ系の分析化学	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生命科学のための分析化学	6. 最初と最後の頁 1-9
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 伊永隆史	4. 巻 5
2. 論文標題 バイオ系の機器分析法と分析機器	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 生命科学のための分析化学	6. 最初と最後の頁 33-42
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 伊永隆史	4. 巻 4
2. 論文標題 食品の同位体分析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 156-162
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 A.S Goto, M.T. Miura, T. Korenaga, T. Hasegawa, N. Ohkouchi, Y. Chikaraizhi	4. 巻 52
2. 論文標題 Fractionation of Stable Nitrogen Isotopes ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) during Enzymatic Deamination of Glutamic Acid: Implication for Mass and Energy Transfers in the Biosphere	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 273-280
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2343/geochemj.2.0513	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 伊永隆史	4. 巻 136
2. 論文標題 次代への羅針盤 - 世界に飛び出して	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 東洋経済	6. 最初と最後の頁 2-5
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 Takashi Korenaga, Yaeko Suzuki, Yoshito Chikaraishi	4. 巻 7
2. 論文標題 Biochemical Stable Isotope Analysis for Advances in Food Authenticity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Engineering Tools in the Beverage Industry	6. 最初と最後の頁 221-228
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 伊永隆史, 田沼絢子, 森勝博	4. 巻 3
2. 論文標題 西日本豪雨等対策技術としての自治体エリア放送の防災・危機管理機能	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 総合危機管理	6. 最初と最後の頁 31-38
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Korenaga	4. 巻 1
2. 論文標題 Chemical information on reliability of the animal production origin certification by stable isotope ratio mass spectrometry, and its system risk management study	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Council of Agriculture Executive Yuan & National Chung Hsing University	6. 最初と最後の頁 1-128
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 該当する

1. 著者名 伊永隆史	4. 巻 1
2. 論文標題 食品産地偽装問題の危機管理に関する実証研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 総合危機管理	6. 最初と最後の頁 3-12
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 伊永隆史	4. 巻 1
2. 論文標題 財政危機	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 銚子学	6. 最初と最後の頁 83-84
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 藤本一雄, 木村栄宏, 伊永隆史, 室井房治, 戸塚唯氏	4. 巻 17(1)
2. 論文標題 危機管理教育の教材としてみた濱口梧陵の功績とっその再評価	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 安全教育学研究	6. 最初と最後の頁 19-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11376/jase2001.8.1_3	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 伊永隆史	4. 巻 8
2. 論文標題 マイクロフロー分析システム及び小型質量分析デバイスの開発	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 ぶんせき	6. 最初と最後の頁 369-369
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 伊永隆史	4. 巻 1
2. 論文標題 食品産地偽装問題の危機管理に関する実証研究	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 総合危機管理	6. 最初と最後の頁 3-12
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 伊永隆史, 田沼絢子, 森勝博
2. 発表標題 自治体エリア放送の防災・危機管理機能と地域活性化の展望
3. 学会等名 総合危機管理学会第3回学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊永隆史, 田沼絢子, 森勝博
2. 発表標題 防災・危機管理や地域活性化・地方創生に役立つ自治体エリア放送について,
3. 学会等名 第36回大学等環境安全協議会総会・研修発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 T. Korenaga
2. 発表標題 Advanced Chemical Information on Reliability Evaluation of the Food Origin Certification by Stable Isotope Ratio Mass Spectrometry
3. 学会等名 The 6th Australia-China Biomedical Research Conference (ACBRC) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊永隆史
2. 発表標題 マイクロフロー分析システム及び小型質量分析デバイスの開発
3. 学会等名 日本分析化学会第66年会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木村栄宏，藤本一雄，伊永隆史，伊勢崎翼
2. 発表標題 郷土の魅力と災害・事故等を学ぶための「銚子学」教科書の作成
3. 学会等名 日本安全教育学会第18回岡山大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Korenaga
2. 発表標題 Chemical information on reliability evaluation of the animal production origin certification by stable isotope ratio mass spectrometry, and its system risk management study
3. 学会等名 International Meeting for Animal Science and Industry of Taiwan（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 伊永隆史	4. 発行年 2021年
2. 出版社 化学同人	5. 総ページ数 173
3. 書名 生命科学のための分析化学	

1. 著者名 Takashi Korenaga, Yaeko Suzuki, Yoshito Chikaraishi	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Elsevier	5. 総ページ数 1 - 506
3. 書名 Engineering Tools in the Beverage Industry	

1. 著者名 伊永隆史ほか	4. 発行年 2017年
2. 出版社 秀英社	5. 総ページ数 120
3. 書名 銚子学 銚子の自然・産業・生活・歴史文化	

〔産業財産権〕

〔その他〕

総合危機管理学会 事務局 http://www.simric.jp/

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	手束 聡子 (Tezuka Satoko) (70435759)	千葉科学大学・危機管理学部・准教授 (32525)	2018年4月辞退承認

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計1件

国際研究集会 大連海事大学環境科学技術学院日中セミナー	開催年 2019年～2019年
--------------------------------	--------------------

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
中国	西安交通大学			
中国	大連海事大学			