

エタノール・農産物等の同位体組成に関する調査研究

<原材料・原産地評価のための適切なデータベース因子の抽出に関する研究>

報 告 書

令和2年3月31日

一般社団法人日本海事検定協会

(理化学分析センター)

## 目次

1. はじめに	.....	3
2. 背景（はちみつの産地、種別の研究）	.....	3
3. 研究目的	.....	4
4. 分析サンプル	.....	4
5. 分析方法	.....	5
6. 分析結果	.....	5
7. 総括	.....	7
8. 年度別成果	.....	10
9. これまでの研究成果	.....	12

# エタノール・農産物等の同位体組成に関する調査研究

## ＜ 安定同位体比を用いたはちみつの産地、種別の研究＞

### Abstract

国産及び国外産蜂蜜について、国別及び花の種類での安定同位体炭素および安定同位体窒素の比率及び国別での味覚センサーを用いた味覚それぞれのデータベースの作成を行いました。国別での安定同位体炭素および安定同位体窒素の比率では相関は得られず判別できませんでしたが、花の種類では、安定同位体炭素および安定同位体窒素の比率で判別できる可能性が示唆されました。また、味覚センサーの結果については十分なサンプル数が得られませんでした。

## 1. はじめに

安定同位体比分析装置を用いた研究として、これまで食の安心安全をテーマとした「食品の原材料/原産地識別」あるいは「食品の天然/養殖/化学合成品の判定」を行ってきた。本年度はハチミツの産地判別に安定同位体比分析が適用できるかをテーマとした。

## 2. 背景

- (1) ハチミツはその栄養価の高さから、様々な健康効果が期待されている。疲労回復、殺菌効果、美容効果等、ハチミツの効果・効能は多岐に渡る。近年、ハチミツはその殺菌・抗菌効果から需要が増加している。国産をはじめ、様々な国でハチミツは製造され、輸入している。中国、オーストラリア、カナダ等、世界で広く親しまれている食品でもあり、ハチミツのデータ収集は非常に意義のあるテーマだと考えられる。

### (2) 加糖ハチミツ

しかしながら、ハチミツの需要増加に伴い、ハチミツに偽和物を混ぜた偽和ハチミツが増加した。ハチミツの表示には、「加糖ハチミツ」というカテゴリーがある。純粋ハチミツに対し、一定量の異性化糖等を加えたものである。砂糖がハチミツより価格が安いことから、加糖ハチミツと表示せず、本物のハチミツに砂糖を混ぜる等の偽和が行われている。砂糖よりもでん粉から作られるブドウ糖や転化糖が利用され、現在は異性化糖が主要な偽和物となっている。

偽和物によって、その検査は確率されており、いずれも国際共有されている Official Methods of Analysis of AOAC International (Horwitz, 2006) に掲載されている。異性化糖に関する偽和検査法は複数確立されており、日本では、薄層クロマトグラフィ (979. 22) による方法が普及しており、海外では炭素安定同位体比 (998. 12) による検査法が普及している。

### (3) 炭素安定同位体比

自然界には安定的に存在する炭素の同位体が知られる。原子の中に中性子を 6 個持つ  $^{12}\text{C}$  と 7 個持つ  $^{13}\text{C}$  はいずれも安定で、存在比は 98. 9% と 1. 1% である。植物には光合成で炭酸ガスから糖を生成する際に、二つの同位体を分け隔てなく使う「 $\text{C}_4$  植物」と軽い方を選別して使う「 $\text{C}_3$  植物」がある。砂糖の原料となるサトウキビや、異性化糖の原料となるトウモロコシ等は  $\text{C}_4$  植物、一方で多くの植物は  $\text{C}_3$  植物である。したがってハチミツは通常  $\text{C}_3$  植物の炭素安定同位体比を示す。

このハチミツにトウモロコシを原料とした異性化糖を加えると同位体比が C4 植物の傾向に動く。これを利用してハチミツの糖を構成する炭素安定同位体比調べ、異性化糖の存在を検出する。

### (3) 安定同位体比分析から産地判別へ

安定同位体比を利用した産地判別は多くの食物に試みられている。炭素安定同位体比を利用した異性化糖の検査では、糖を生成する植物の特徴を利用してその添加濃度を算出していく。つまり、ハチミツの蜜源である植物が違えば、それぞれの植物の特徴が見られると考えられる。

ハチミツの異性化糖を検査していく中で、ハチミツの原産地と花の種類によってデータベースを作成していくことで、安定同位体比分析がハチミツの産地判別に活用できることが期待でき、産地偽装等への検査にも繋がると考えた。

以上のことから、ハチミツの炭素安定同位体比と窒素安定同位体比によるデータベースを作成し、産地判別へ活用できるかを検討するものとした。

### (4) 味覚センサーによる味情報の分析

ハチミツは食物であり、産地毎、花の種類によって味覚は異なる。味とは主観的な指標であり、評価不可能と言われていた。しかし、味覚センサーの技術を用いることにより、味を客観的に評価することが可能となった。この技術は人の舌では明確に言語化出来ない微妙な味の違いを数値化することが出来る。

## 3. 研究目的

ハチミツの産地を判別するための手法として、EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比測定の可能性・有効性を明らかにする。また、同サンプルを味覚センサーを用いてその相関性を調べる。

## 4. 分析サンプル

国産 8 種、中国産 8 種、北米産 3 種、南米産 2 種、欧州産 2 種の計 23 種類のサンプルを使用した。(詳細表 1)

表 1. 分析サンプル

原産地	花の種類
国産	—
国産	ふじ
国産	さくら
国産	ラベンダー
国産	アカシア
国産	とち
国産	アカシア
国産	りんご
中国	アカシア
中国	レンゲ
中国	ホワイト

中国	ELA
中国	レンゲ
中国	アカシア
中国	ELA
中国	ホワイト
北米	ホワイト
北米	ホワイト
北米	ホワイト
南米	不明
南米	不明
欧州	ローズマリー
欧州	不明

※ホワイト及び ELA に関しては花の種類は特定できない

## 5. 分析方法

同一のサンプルを用いて、EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比測定及び味覚センサーによる味覚測定を行った。

### (1) EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比測定

#### ① たんぱくの抽出

ハチミツを未処理で測定すると炭素安定同位体比は得られるが、窒素安定同位体比が得られない。よって、ハチミツに含まれるたんぱくを抽出し、EA/IRMS にて測定することで窒素安定同位体比を得る。

### (2) 味覚センサーによる味覚測定

ハチミツを希釈した物を脂質膜型味覚センサーTS-5000Z（株式会社インテリジェントセンサーテクノロジー社製）で酸味、苦味雑味、渋味刺激、旨味、塩味、苦味、渋味及び旨味コクを測定する。

## 6. 分析結果

### 6-1 EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比（産地別測定）

表 1. の 23 サンプルについての炭素・窒素安定同位体比を下図 1. に纏めた。

ハチミツに含まれるたんぱくの  $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  は -24~-28‰ に、 $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  は 0~7‰ の間にプロットされた。

北米産ハチミツに関しては、 $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  は -27.0~-27.4‰ に、 $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  は 3.71~3.78‰ にプロットされ、特異性を示したが、最も測定点数の多い中国産では  $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  は -24.3~-27.1‰ に、 $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  は 1.0~2.5‰ 及び国産では  $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  は -24.3~-26.6‰ に、 $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  は -0.0~4.0‰、と広い範囲でプロットされ、産地毎での特異性は見出せなかった。

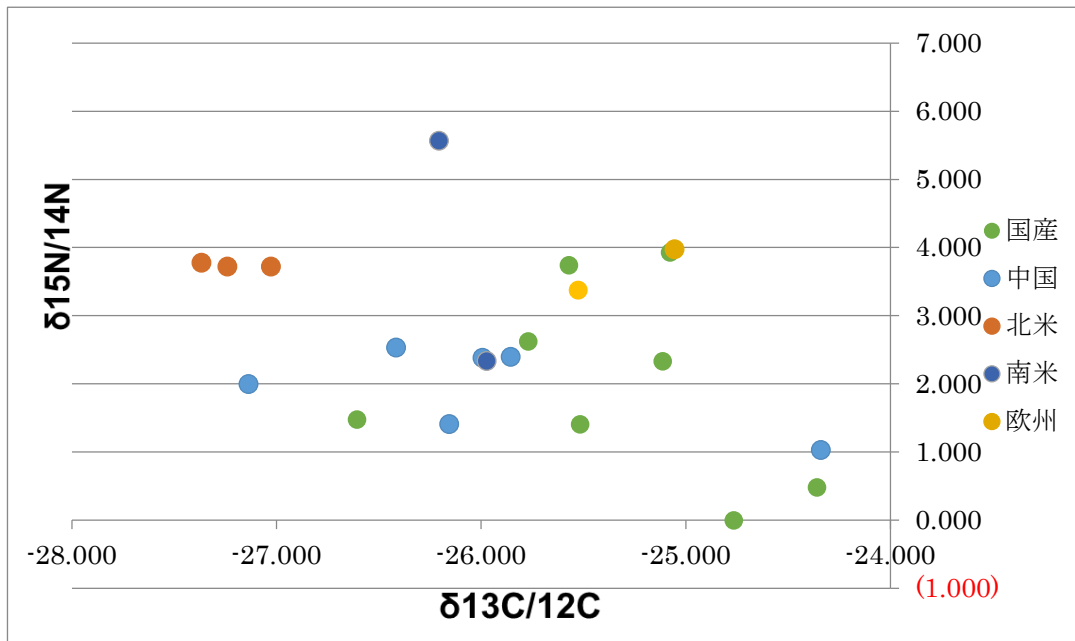


図 1. 産地毎の炭素・窒素安定同位体比

### 6-2 味覚センサーによる味覚測定（産地別測定）

表 1. の 23 サンプルについての味覚センサーによる味覚測定を行った。尚、測定した酸味、苦味雑味、渋味刺激、旨味、塩味、苦味、渋味及び旨味コクのうち、差異がみられた酸味、旨味のみを図 3 に纏めた。最も測定点数の多い中国産では酸味が 4.3~6.5、旨味が-2.2~-1.2 と比較的纏まった範囲にプロットされたが、国産では酸味が-7.9~5.1、旨味が-1.5~3.9 と広い範囲でプロットされ、特異性を見いだせなかった。

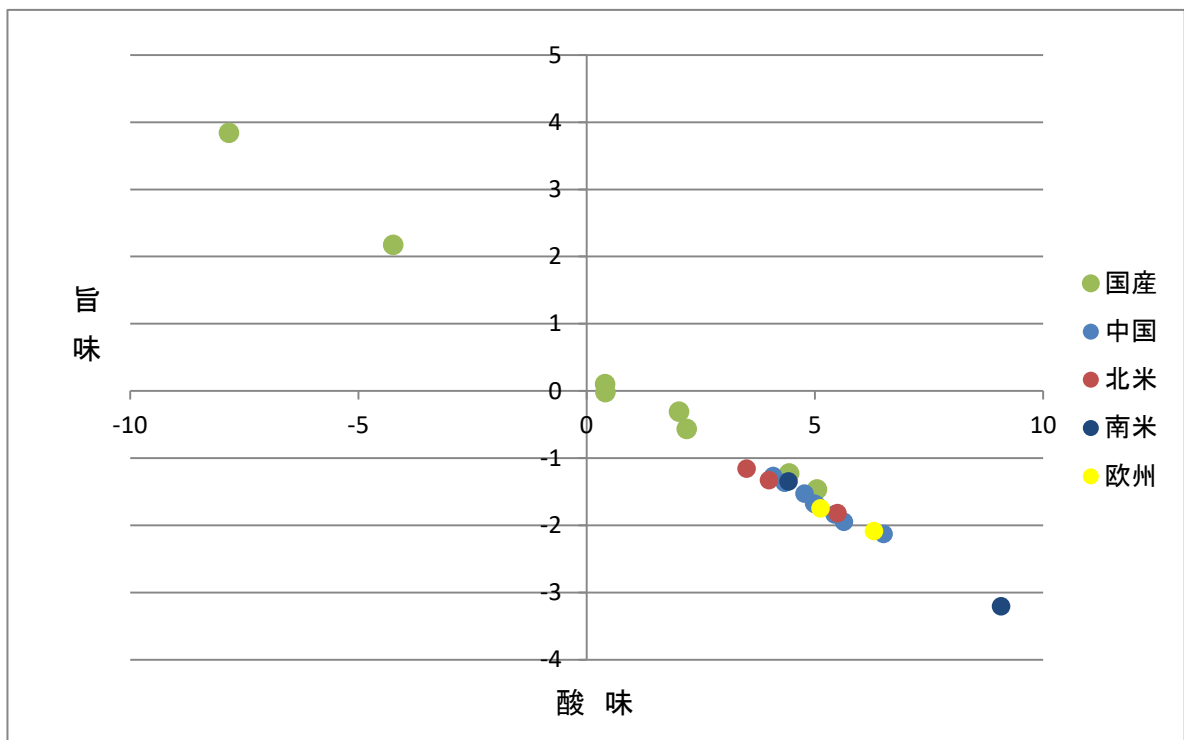


図 3. 産地毎の味覚

### 6-3 EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比（花の種類別）

EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比（産地別測定）において、北米産ハチミツにおいては、花の種類は特定できないもののハチミツの種類がホワイトであったことが狭い範囲でのプロットが得られた要因としては考えられる。その為、中国産ハチミツにおいて花の種類を判別できるアカシア、レンゲを各 7 点ずつ測定した。その結果を下図 4 に示す。

アカシアは  $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  は  $-24.4\sim-23.5\text{‰}$  に、 $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  は  $1.0\sim2.2\text{‰}$  に、レンゲは  $\delta^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  は  $-27.0\sim-25.3\text{‰}$  に、 $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  は  $1.6\sim2.4\text{‰}$  に、プロットされた。窒素安定同位体比  $\delta^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  に関しては差異は得られなかったが、炭素安定同位体比においては差異は得られた。

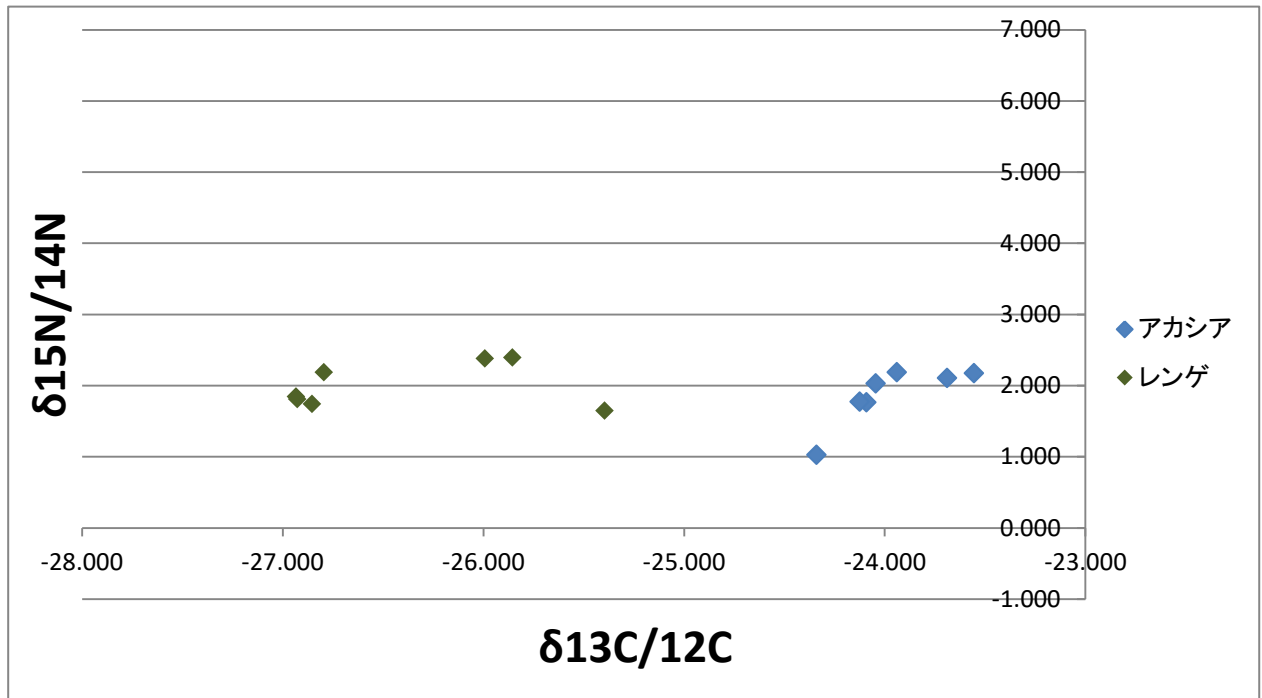


図 3. 花の種類毎の炭素・窒素安定同位体比

### 6-4 味覚センサーによる味覚測定（花の種類別）

味覚センサーによる花の種類別の味覚測定に関しては実施できなかった。

## 7. 小括

### 7-1 EA/IRMS 法による炭素・窒素安定同位体比

ハチミツの炭素・窒素安定同位体比では産地の特定は行えない事が分かった。しかし、一つの産地における花の種類に関しては、炭素・窒素安定同位体比は決まった範囲にプロットできる可能性が示された。

但し、今回はアカシア及びレンゲに限られた物であったため、決まった範囲にプロットされるかどうかは分からない。

他の花の種類で今後、十分な数の産地及び花の種類毎のデータベースを作成することにより、炭素・窒素安定同位体比からハチミツの原産地及び花の種類毎の特定ができるかどうかを検討を行う必要がある。

### 7-2 味覚センサーによる味覚測定

ハチミツの味覚センサーによる味覚測定では産地の特定は行えない事が分かった。

サンプル数が 23 種類であった事、多くの花の種類での測定であった事より、十分なサンプル

数が得られなかったことが要因と考えられる。今後、十分な数の産地及び花の種類毎のデータベースを作成することにより、ハチミツの原産地及び花の種類毎の特定ができるかどうかを検討を行う必要がある。



## 卷末資料

## 8. 年度別成果

年度毎の成果を表2に示す。

表2 年度別成果

年度	分類				テーマ/目的	成果 (判別については可能性を記載 <sup>1</sup> )
	エタノール	農産物	魚介類	プラスチック		
平成23年度	○	—	—		●海外産エタノールの原料・産地判別	●アルコールの原料が判別できる (C3植物・C4植物・合成エタノール)
	—	○	—		●種々の品目についての検討 (落花生・桃・さくらんぼ・お茶・繊維・コーヒー・植物油)	●脱脂処理することで落花生の国内外産判別ができる (測定部位を限定)
平成24年度	○	—	—		●海外産エタノールの原料・産地判別	●工場単位で判別できる ●発酵・蒸留過程で同位体分別が起きている ●バルク分析から分離分析(GC/C/IRMS)にしたことで精度が向上した
	—	○	—		●トウモロコシによる前処理の違いによる判別の有効性の検討	●サンプルを脱脂しても判別精度は向上しない
平成25年度	○	—	—		●外国産エタノールの原料・産地判別 ●飲料酒の産地判別	●分離分析法の導入でエタノールの原料・産地判別の精度が向上した ●日本酒・焼酎・ウイスキー・リキュール類などの産地が判別できる(GC/C/IRMS法)
	—	○	—		●トウモロコシの部位ごとにおける同位体比の変動について	●測定部位を限定することで判別確度が向上する
平成26年度	—	○	—		●トウモロコシの産地判別 ●タケノコの前処理及び部位による同位体比変動に関する研究	●トウモロコシでは、窒素×酸素プロットで国内外の産地の判別ができる ●タケノコでは採取部位の違いが同位体比に大きく影響する(窒素安定同位体比)
	—	—	○		●魚介類の同位体比の利用に関する研究	●ブリやクロマグロ(大型魚)は、天然と養殖とで安定同位体比が相違する
平成27年度	—	○	—		●トウモロコシの抽出油による産地判別の研究	●トウモロコシの抽出油を分析することで、種子よりも精度よく産地が判別できる
	—	○	—		●生米の産地判別及び炊飯による米の産地判別への影響に関する研究	●生米による産地判別は困難である ●ヨーロッパ産と国内産との判別は可能 ●米は炊飯加工しても安定同位体比は殆ど変化しない
	—	—	○		●魚介類の同位体比の利用に関する研究	●サケ類の天然養殖判別は可能である ●マグロ類は脱脂しても部位による同位体比は大きく変わらない ●甲殻類は筋肉と内臓とで同位体比が大きく相違する
平成28年度	—	○	—		●統計手法を用いたトウモロコシの産地判別	●統計解析をすることでトウモロコシの国産/外国産の高確率判別の可能性がある
平成29年度	—	○	—		●落花生の抽出油、脂肪酸同位体比の活用	●バルク分析では出来なかった国内判別が出来る可能性が見出された
	—	○	—		●コーヒー豆の地域判別の可能性	●生豆と焙煎豆とで同位体比が大きく挙動することを確認した ●地域判別できる可能性を見出した
平成30年度	—	—	—	○	●バイオマスプラスチックの判別	●原料判別プロットによってプラスチック及びその原料に使われた植物の情報が得られる。 ●プラスチックに熱分解GC/C/IRMS法の適用は可能。ただし熱分解法では多種類のフラグメントが生成するため、有効なピークを選定する必要がある。 ●値付けされた標準ポリエチレンは熱分解GC/C/IRMS法の標準として使用できる。

<sup>1</sup> データベースを構築するほどの検体を分析していないため、判別の可能性について記載した。

2019年度	-	○	-	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安定同位体比を用いたはちみつの産地、種別の研究</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● ハチミツの炭素・窒素安定同位体比及び味覚センサーによる味覚測定では産地の特定は行えない事が分かった。</li> <li>● 一つの産地における花の種類に関しては、炭素・窒素安定同位体比は決まった範囲にプロットできる可能性が示された。</li> </ul>
--------	---	---	---	---	---	--

## 9. これまでの研究成果

本研究の成果を以下の通り要約する。

### 1-1 平成 23 年度

- (1) エタノール …… 原料や原産地の異なるエタノールを収集し、炭素、酸素及び水素の同位体比を測定した結果、原料の違い（C3 植物・C4 植物・化学合成エタノール）を判別することが可能となった。
- (2) 農産物（落花生） …… 落花生の産地を判別するため可食部の安定同位体比を測定したが明確に産地判別することが出来なかった。そこで落花生を脱脂して測定した結果、判別精度を向上させることができた。測定部位を限定することが有効である。

### 1-2 平成 24 年度

- (1) 同位体比分別 …… 東南アジア産の糖蜜エタノールの原料であるサトウキビ・糖蜜・水の同位体比を測定した結果、原料とエタノールの酸素・水素同位体比が明確に識別された。すなわち、発酵、蒸留など製造工程における同位体効果<sup>2</sup>が最終製品のエタノールに反映されることが確認された。
- (2) エタノールの国別・工場別判別 …… 工場によって特異な同位体比を示すものがあることから、地域や工場別に判別できる可能性が示された。また、精度向上を目的として分析装置 GC/C/IRMS を用いて炭素安定同位体比を測定した結果、バルク分析よりも高精度に産地判別の精度を向上させることができた。
- (3) トウモロコシ産地判別の精度向上 …… より高精度な判別法を目的としてサンプルの脱脂を試行したが、精度は向上しなかった。

### 1-3 平成 25 年度

- (1) エタノールの原料判別の高精度化 …… 炭素安定同位体比測定にガスクロマトグラフィー（分離分析）を適用することで高精度な判別が可能となった。同じ C4 植物のサトウキビ、糖蜜及びトウモロコシであっても炭素同位体比で判別できる可能性が示された。
- (2) エタノールの原産地判別 …… 一部の産地で同じ原料でも産地判別できる可能性が示されたが、水素・酸素の同位体比の測定値にばらつきが大きく（バルク分析）、安定した値を得ることができなかった。課題は、エタノールの場合と同様に GC/C/IRMS 法を適用して高精度化を図ることである。
- (3) 飲料酒の原料・原産地判別 …… 国内外産の日本酒・焼酎・ウイスキー・リキュール類など、計 105 種類のサンプルについて研究した。北海道産及び大分県産の日本酒・麦焼酎の同位体比が特異なプロット領域を占めたことから、産地判別の可能が示された。ウイスキー・リキュール類については国内外および国内（大分・北海道）での判別が可能である。

酸素・水素同位体比については飲料酒中の水の影響が想定されることから、エタノールと同様にガスクロマトグラフィーによる分離分析によって原料・産地判別する必要がある。

- (4) トウモロコシ産地判別の精度向上 …… 可食部の部位ごとの同位体比の変動を調査した。胚部は個体ごとの同位体比測定値の差が 1‰ と大きく、同じ産地・品種間でも大きな差異が認められたため、胚部を産地同位体比判別に使用することは難しい。胚・種子・皮の各同位体比を比較すると、皮の同位体比が産地の違いを明確に識別できることが確認された。

植物サンプルは部位によって同位体比のばらつき（偏差）が大きいため、測定する際は、同じロットサンプルでばらつきの小さな部位を選定して分析する必要がある。

<sup>2</sup> 同位体効果とは、原子を同位体で置換したときの物理的・化学的な挙動に差異が生じる現象を言う。同位体効果により変化した同位体組成を比較することで、その物質がどのようなプロセスを経てきたかを推定することができる。

#### 1-4 平成 26 年度

- (1) トウモロコシの産地判別 …… 国内外で製造されたトウモロコシについては、酸素・窒素同位体比の測定によって産地判別できる可能性が示された。特に外国産の窒素同位体比は国産に比べてプロット領域が集中するため国内品との判別が容易である。
- (2) タケノコの前処理による同位体比変動 …… 部位の違いと同位体効果の影響を確認するため、その影響が現れ易いと考えられる成長の早い植物を選定して調査することとした。そこでタケノコをサンプルとして、部位ごとの同位体比の相違並びに加工前後の同位体比の変動を調査した。部位の違いによる差異が大きく現れるのは窒素同位体比であることを確認した。
- (3) タケノコの水煮加工による同位体比の変動 …… タケノコについて、サンプル前処理（乾燥条件）による同位体比の変動を調査した結果、加熱調理（水煮）されたものでも<sup>3</sup>十分に乾燥すれば安定した値が得られることを確認した。
- (4) 魚介類の安定同位体比 …… 天然の魚介類は餌の種類も幅広く、移動するため産地判別は難しい。しかし、大型魚のブリやクロマグロについては、天然品と養殖品とで差異があることが確認された。この差異は養殖期間中の給餌の影響によるものと考えられる。

#### 1-5 平成 27 年度

- (1) トウモロコシの抽出油による産地判別 …… トウモロコシから油分を抽出し、炭素及び酸素安定同位体比を測定した。抽出油の同位体比プロットは、種子のプロットよりも産地間に差が見られ、判別の精度向上がみられた。
- (2) 生米及び炊飯加工米の産地判別 …… 生米ではヨーロッパ等の、産地を限定した判別で産地判別の可能性が示された。炊飯加工米では、炊飯前後の安定同位体比に大きな変化はみられなかったことから、炊飯加工米でも生米のデータベースを使用できる可能性が示唆された。
- (3) 魚介類の天然養殖判別 …… 脱脂した筋肉サンプルを用いることで、天然養殖判別できる可能性が示された。しかし、内臓の同位体比は筋肉の同位体比と比較して大きく差がみられたことから、筋肉と内臓の混在サンプルを判別に用いるのは困難である。

#### 1-6 平成 28 年度

- (1) 統計手法を用いた農産物の産地判別 …… トウモロコシの安定同位体比測定結果を統計解析し、産地判別を試みたところ、2次元プロットと同様に詳細な地域の判別は難しいが、統計解析をすることで国産／外国産の高確率判別の可能性が示された。また、抽出油の炭素安定同位体比が判別関数に与える影響が大きいことが判明した。

#### 1-7 平成 29 年度

- (1) GC-IRMS による脂肪酸同位体比の活用 …… 落花生抽出油による脂肪酸同位体比では、炭素数 16, 18 及び 18 : 1 のファクターを用いることで、バルク分析では判別が難しかった国内の県ごとの判別及び国内外の判別の可能性が見いだされた。
- (2) コーヒー豆の地域判別の可能性 …… コーヒーは、生豆で測定した同位体比データと焙煎豆で測定した同位体比データを併用することは難しく、個々にデータ採取することが必要であることが再認識された。地域ごとのプロットでは、南アメリカ／中東アフリカ／東南アジアで地域性が確認されたことから、地域判別の可能性が見出された。

#### 1-8 平成 30 年

- (1) バルク分析によるプラスチックの安定同位体比分析
  - ① バルク分析による  $\delta^{13}\text{C}$  及び  $\delta\text{D}$  によってバイオマスプラと石油プラの識別が可能である。
  - ② 原料判別プロットを適用してバイオベース度を測定すると、プラスチックのバイオベース度に加えて原料に使われた石油由来成分の含有量が推定できる。（提案）

<sup>3</sup> これまで加工食品は同位体比の変動が起きるため、安定同位体比による判別分析は困難とされていた。

③ 安定同位体比分析をプラスチックに適用することで、バイオベース度の推定だけでなく、原料に使われた植物の情報（C3 植物・C4 植物）を得ることができる。（IRMS 固有の判別法）

(2) 熱分解ガスクロ注入法によるプラスチックの安定同位体比分析

- ① プラスチックのバイオマス度測定に熱分解 GC/C/IRMS 法の適用は可能である。
- ② キュリーポイント熱分解法では多種類のフラグメントが生成するため、有効な GC ピークを選定して分析する必要がある。排除すべきピークは、①微小ピーク、②生成フラグメントが不安定な軽質成分、③ベースラインの影響が高沸点成分である。
- ③ 値付けされた標準ポリエチレンは熱分解 GC/C/IRMS 法の標準としても使用できる。

2. 研究成果全体の概要（確認事項・まとめ）

平成 23 年度～平成 30 年度に行った研究によって得られた確認事項は以下の通りである。

(1) エタノール

- ① C3 植物・C4 植物（サトウキビ・糖蜜・トウモロコシ）・化学合成品の判別は可能である。
- ② エタノールの製造地域・工場の判別は一部で可能である。
- ③ 日本酒、麦焼酎及びウイスキー・リキュールの産地判別は一部地域で可能である。
- ④ 分析装置 GC/C/IRMS を用いて分離分析することで産地判定の精度は大きく向上する。

(2) 農産物

- ① 落花生は脱脂サンプルを測定することで判別精度が向上する。
- ② 落花生の産地特定には脂肪酸同位体比測定が有効である。
- ③ トウモロコシ種子の安定同位体比測定では皮を使うことが好ましい。
- ④ トウモロコシ種子の酸素×窒素同位体比を用いることで国内外判別できる可能性がある。
- ⑤ トウモロコシの産地特定には種子・抽出油の両者から得られる同位体比情報が有効である。
- ⑥ トウモロコシ産地特定に統計解析の適用によって国産外国産の高確率判別の可能性がある。
- ⑦ タケノコの窒素同位体比は部位の差が大きいことから、測定部位を限定する必要がある。
- ⑧ タケノコの水煮加工品は、十分に湯煮してから乾燥すれば安定した値が得られる。
- ⑨ 米は炊飯加工しても同位体比への影響は殆どない。（窒素・炭素・酸素）
- ⑩ 米はヨーロッパ産と国産とで識別できる。
- ⑪ コーヒー豆は焙煎の有無によって同位体比が変化する。

(3) 海産物

- ① 大型魚類については、天然養殖判別は可能である。（養殖期間中の餌の影響）
- ② 魚類では内臓を除いて同位体比を比較することが好ましい。
- ③ マグロは測定部位による同位体比への影響は殆どない。（ただし、内臓除く）
- ④ イカ・カニは筋肉と内臓とでは同位体比は大きく相違する。

(4) プラスチック

- ① バルク分析 IRMS 測定によって原料判別プロットを適用することで、プラスチック及びその原料に使われた植物の情報（C3 植物・C4 植物）を得ることができる。
- ② プラスチックのバイオマス度測定に熱分解 GC/C/IRMS 法の適用は可能である。ただし、キュリーポイント熱分解法では多種類のフラグメントが生成するため、有効な GC ピークを選定して分析する必要がある。排除すべきピークは、①微小ピーク、②生成フラグメントが不安定な軽質成分、③ベースラインの影響が大きな高沸点成分である。
- ③ 値付けされた標準 PE は、熱分解 GC/C/IRMS 法の標準としても使用できる。