

お酒の安全・安心を保証する分析技術

栗林 喬

2000年以降、食品の偽装やラベル表示の誤記といった、食品の安心・安全に対する問題が大きく取り上げられている。これらの問題を解決する方法として、食品の安全性や信頼性を保証する技術の開発が望まれており、元素組成やDNAの差異に基づく鑑定技術が、数多く報告されている。また近年、食品原料やその産地情報をより正確に特定する手段として、質量分析計を用いた安定同位体比分析が注目を集めている。

安定同位体とは、水素や炭素などの元素に含まれる同位体のうち、放射能を持たず、自然界に一定の割合で存在している安定な同位体のことである（一方、放射線を放出し崩壊する不安定なものは放射性同位体と呼ばれる）。食品中の主な軽元素である、水素・炭素・窒素・酸素の安定同位体にはD (^2H)・ ^{13}C ・ ^{15}N ・ ^{18}O が存在する。これら同位体の存在比率を安定同位体比といい、試料を燃焼させることで生じた H_2 ・ CO_2 ・ N_2 ・ O_2 を、同位体比質量分析計により検出し、各元素の同位体比 (δ 値) を導出する。同位体比の表現法は、たとえば炭素の場合、対象とする試料の同位体存在比 ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, R_{sample}) が、標準物質である矢石（イカ近縁種の化石）の R_{standard} からどの程度ずれているのかを千分率 (‰) で表した値であり、次式で定義される。

$$\delta = (R_{\text{sample}}/R_{\text{standard}} - 1) \times 1000$$

安定同位体の存在割合は、その元素の置かれる環境によりわずかに異なる。水の水素・酸素安定同位体比は、緯度や標高などの地理的特徴や、降水量の多寡や気温の高低といった気候要素により影響を受ける。また、生物に含まれる炭素・窒素の安定同位体比は、それらが利用した栄養源や生育した環境、生物種や炭素固定様式の差異などを反映し、これらの差異は食物連鎖（生物濃縮）を介してさらに顕在化しうる。たとえば、稲などの C_3 植物と、トウモロコシなどの C_4 植物の炭素安定同位体比である $\delta^{13}\text{C}$ 値は、それぞれ -25% および -11% であり、この差異は両植物の光合成経路の違いに起因する¹⁾。したがって、食品中の軽元素安定同位体比は、原材料となる生物や水の起源を反映するため、産地判別や不当な添加物が存在しないという真正性を保証するための指標として用いることができる。

2013年には、和食がユネスコの無形文化遺産に登録されるなど、昨今、日本の伝統的な食文化が世界的に注目を集め、清酒を含む日本産酒類も世界各地で消費されるようになった。一方で、食品の安全性の問題や市場への偽造品の広がりも懸念されており、国産酒類の高い品

質を証明するための科学的根拠、および分析手法の重要性が年々高まっている。これを受け、炭素安定同位体比を指標としたアルコールの起源分析が、一般的な鑑定技術としてすでに普及している。さらに2010年以降、炭素に加え、分析対象を水素や酸素の安定同位体に拡大することで、清酒や梅酒などさまざまな酒類の原料起源を特定する試みが多数報告されている。そこで本稿では、安定同位体比解析による、国産酒類の安全・安心を保証するための分析技術の現状について紹介する。

日本洋酒酒造組合は、2015年から、うめ・糖類・酒類のみを使った梅酒を「本格梅酒」と表示することができるよう自主基準を制定した。他方、酸味料を添加した梅酒も流通していることから、同基準の信頼性確保のため、酸味料添加を検出する方法が求められており、2016年、梅酒に含まれるクエン酸の水素・炭素安定同位体比を利用した酸味料添加判別法が開発された²⁾。 C_3 植物である梅由来のクエン酸の $\delta^{13}\text{C}$ 値は -24% であるが、たとえば、梅酒の酸味料として使用されるトウモロコシ (C_4 植物) 由来のクエン酸は -11% を示す³⁾。実際、酸味料が添加された梅酒のクエン酸の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、おおよそ -14% であったことから、酸味料を添加していない梅酒のクエン酸の $\delta^{13}\text{C}$ 値との間で明瞭な差異が認められた²⁾。今後、梅酒の原料起源判別ツールとしての応用が期待される。

また、Kuribayashiらは、清酒、およびその製造に用いられた醸造用水の水素・酸素安定同位体比を測定した。その結果、すでに報告されている酸素安定同位体比と同様に⁴⁾、醸造用水の水素安定同位体比の値が、清酒の水素安定同位体比に反映されることが明らかとなった。さらに、アメリカや中国、ヨーロッパなどで製造された海外産清酒の水素・酸素安定同位体比を測定した結果、 δD 値および $\delta^{18}\text{O}$ 値は原産国に依存した固有の値をとることが明らかとなり、国産および海外産清酒の判別のための指標となりうることが示された⁵⁾。

国産酒類の輸出拡大を図るうえでも、科学的に証明可能なトレーサビリティ体制を構築し、製品の安全性や信頼性を保証することは非常に重要である。さらなる分析技術の発展と、その成果の普及に期待したい。

- 1) 佐藤充克：醸協， **103**, 104 (2008).
- 2) 和歌山県： http://www.pref.wakayama.lg.jp/chiji/press/280404/280404_5.pdf (2016/04/04)
- 3) Akamatsu, F. *et al.*: *Food Chem.*, **228**, 297 (2017).
- 4) Tomiyama, S. *et al.*: *Geochem. J.*, **47**, 591 (2013).
- 5) Kuribayashi, T. *et al.*: *Anal. Sci.*, **33**, 979 (2017).