

日本酒の小角および超小角放射光散乱測定によるナノレベルでの  
成分と風味との相関解明  
**Small-angle and Ultra-small-angle Synchrotron Radiation Scattering  
Measurements of Japanese Sake to Clarify the Correlation between Nano-  
level Structure and Flavor**

蟹江 澄志<sup>a</sup>, 日高 将文<sup>a</sup>, 高山 裕貴<sup>a</sup>, 原田 昌彦<sup>a</sup>, 西堀 麻衣子<sup>a</sup>, 駒井 三千夫<sup>a</sup>,  
藤井 智幸<sup>a</sup>, 竹岡 芳成<sup>a</sup>, 今野 政憲<sup>b</sup>, 曾根 宏<sup>b</sup>, 伊藤 佳介<sup>b</sup>, 浅見 周平<sup>c</sup>  
Kiyoshi Kanie<sup>a</sup>, Masafumi Hidaka<sup>a</sup>, Yuki Takayama<sup>a</sup>, Masahiko Harada<sup>a</sup>, Maiko Nishibori<sup>a</sup>,  
Michio Komai<sup>a</sup>, Tomoyuki Fujii<sup>a</sup>, Yoshinari Takeoka<sup>a</sup>, Masanori Konno<sup>b</sup>, Hiroshi Sone<sup>b</sup>, Keisuke Ito<sup>b</sup>,  
Syuhei Asami<sup>c</sup>

<sup>a</sup> 東北大学, <sup>b</sup> 宮城県産業技術総合センター, <sup>c</sup> (株)一ノ蔵

<sup>a</sup> Tohoku University, <sup>b</sup> Industrial Technology Institute, Miyagi Prefectural Government Jutensangy,  
<sup>c</sup> Ichinokura Co. Ltd.

本研究では、官能評価に頼っている日本酒の「風味」を客観評価することを目的とし、SAXS/USAXS 測定に着目した。すなわち、「風味」が大きく異なる「大吟醸酒」、「吟醸酒」、「純米酒」、「本醸造酒」などの日本酒について SAXS/USAXS 測定を行い、ぬる燗前後によって起こる散乱パターンの変化を調べ、「風味」との相関について精査することを目的とした。その結果、銘柄の違いにより、散乱パターンに明確な違いが観察された。さらに、常温 (25 °C) および一旦ぬる燗 (45 °C) とした後、室温まで冷却した状態 (燗冷まし) での散乱パターンを比較した結果、燗冷まし後では、3.0 nm 程度の散乱体に由来する散乱強度が減少する傾向が見られた。

**キーワード：** 日本酒, アルコール, 風味, 味覚, ナノ構造

**背景と研究目的：**

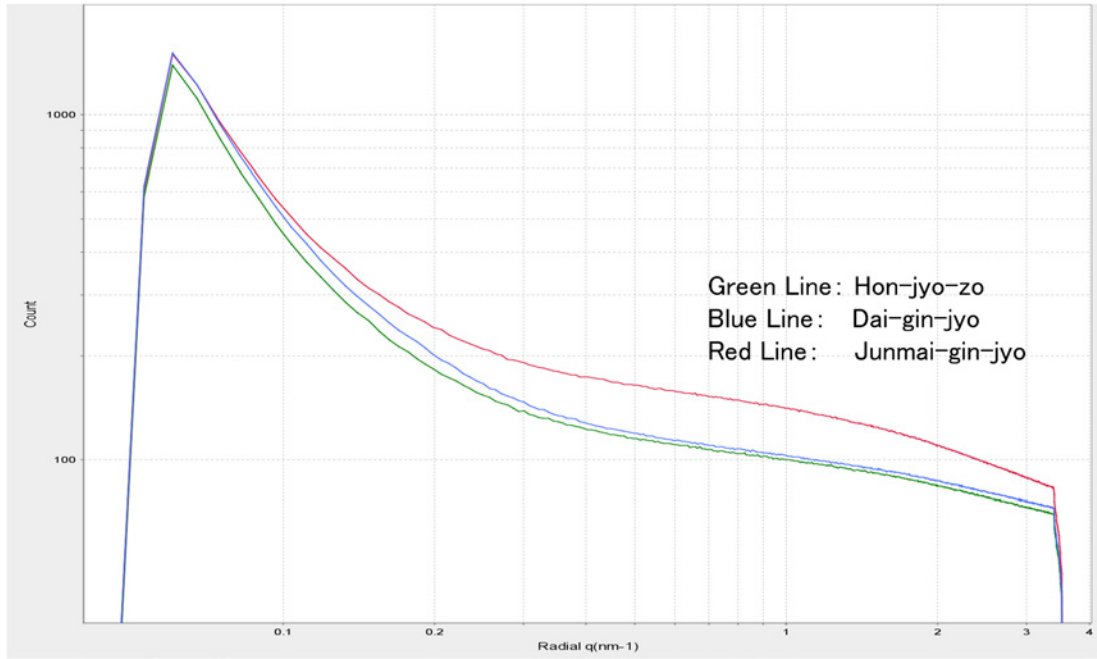
近年、海外における日本酒の人気の高まっている。外国人に対してアピールする際に不可欠なのが、科学的なエビデンスである。日本酒は、「甘さ・辛さ」、「淡麗・濃醇」と言った「風味」を持ち、これらは温度による影響を強く受ける。日本酒の味の変化は、人間の味覚が温度によって甘味や酸味を感じる強さが異なるためと説明される。一方で、燗冷ましの日本酒は、味が劣化することが多く、何らかの化学的な変化が起こっていることは明白であるが、科学的エビデンスが不足している。東北大学大学院農学研究科では、これまでに、日本酒の成分分析により、「甘さ・辛さ」などの官能評価にどのような成分が関係しているのかについて明らかにしてきた。一方、すべての官能項目について、対応する成分を同定するに至っていない。そこで我々は、これまで官能評価に頼ってきた日本酒の「風味」を客観評価するため、X 線散乱法に着目し、様々な日本酒の測定を行ってきた。具体的には、放射光 SAXS/USAXS 測定に着目し、これまでに、SPring-8 BL19B2 により、SAXS/USAXS によって「風味」が評価できるのか検証を行ってきた (課題番号 2022A1661)。その結果、銘柄の違いにより、散乱パターンに明確な違いが観察された。しかしながら、未だ測定結果が断片的であり、日本酒の「風味」の客観評価に至っていない。そこで本申請課題では「風味」が大きく異なる「大吟醸酒」、「吟醸酒」、「純米酒」、「本醸造酒」などの日本酒について SAXS/USAXS 測定を行い、ぬる燗前後によって起こる散乱パターンの変化を調べ、「風味」との相関について精査することを目的とした。

## 実験：

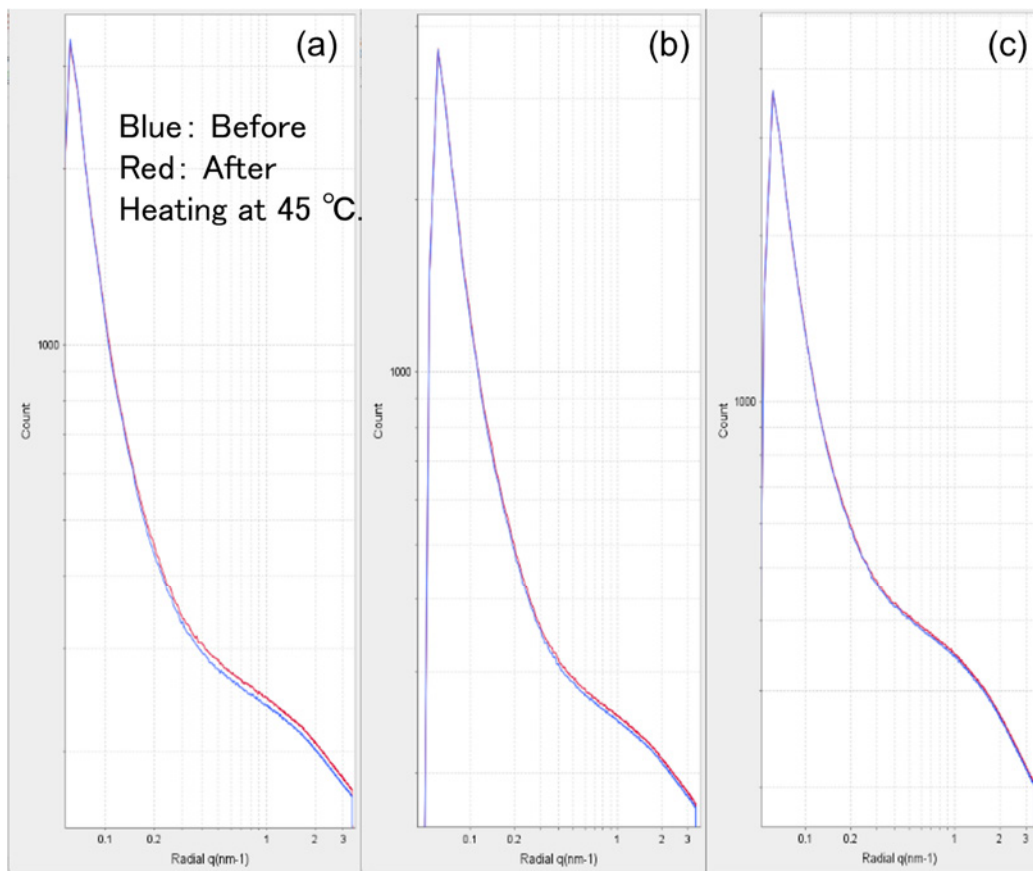
小角および超小角放射光散乱測定を行うため、各種日本酒を光路長 10 mm のセルに封入した。測定は BL19B2 の SAXS/USAXS 装置を用いて行った。測定の条件は、SAXS では X 線エネルギー = 18 keV, カメラ長 = 3 m (測定  $q$  レンジ =  $0.06\text{--}3\text{ nm}^{-1}$ ), USAXS では X 線エネルギー = 18 keV, カメラ長 = 42 m (測定  $q$  レンジ =  $0.005\text{--}0.2\text{ nm}^{-1}$ ) とした。散乱パターンの取得には、PILATUS 1M 検出器を用いた。また、得られた散乱パターンを絶対強度で規格化し、SAXS/USAXS 領域での散乱像とした後、Igor プラグインである Irena の Unified Fit により解析を行った。各種日本酒の冷却・加温については、ペルチェ素子を組み込んだ温調セルを自作し、サンプルセルに日本酒を封入することで行った。ぬる爛は、温調セル中の日本酒を 45 °C に加熱し、その後、25 °C にまで冷却することで行った。

## 結果および考察：

Figure 1 に、代表的な (a) 本醸造、(b) 大吟醸、(c) 純米吟醸に分類される日本酒の SAXS/USAXS 領域の常温 (25 °C) での散乱パターンを示す (銘柄については、現報告書段階では非公開)。銘柄の違いにより、散乱パターンに明確な違いが観察された。日本酒の「風味」に由来する各種成分の水溶液については、前回までの課題申請により散乱パターンを取得していることから、現在、これらの結果との比較により、日本酒の小角散乱領域における散乱の根拠について、さらなる解析を行っている。続いて、常温 (25 °C) および一旦ぬる爛 (45 °C) とした後、室温まで冷却した状態 (爛冷まし) での散乱パターンを Figure 2 に示す。本醸造、大吟醸酒では、爛冷まし前後に置いて散乱パターンに変化が見られ、純米吟醸酒では、変化が見られなかった。散乱パターンを元に、0.4 nm 程度および 3.0 nm 程度の散乱体が存在するとして解析を行った結果、爛冷まし前後において、0.4 nm 程度の散乱体に由来する強度には変化が見られなかったのに対し、3.0 nm 程度の散乱体は、いずれも散乱強度が減少する傾向が見られた。その挙動は、本醸造酒が最も顕著であった。現在、この変化が何に由来するかについて、他の分析手法を併用しつつ解析を進めている。今後は、温度変化および熟成期間を変化させつつモデル溶液での測定結果との比較を行うことで、当初の目的である日本酒の「風味」を客観的に評価する手法としての超小角および小角放射光散乱測定に繋げていきたいと考えている。



**Figure 1.** SAXS/USAXS Profiles of Japanese Sake at 25 °C. Green: Hon-jyo-zo, Blue: Dai-gin-jyo, Red: Junmai-gin-jyo.



**Figure 2.** SAXS/USAXS Profiles of Japanese Sake before and after “Nuru-kan” at 45 °C. All scatterings were collected at 25 °C. (a) Hon-jyo-zo, (b) Dai-gin-jyo, (c) Junmai-gin-jyo.