

## 第26回大学女性協会守田科学研究奨励賞受賞者

河口 沙織 博士（高輝度光科学研究センター 主幹研究員）

専門分野：放射光高压科学

研究課題：3000K、100GPa 以上の高压高温下における液体試料の放射光 X 線計測手法の開発と地球外核および隕石研究への応用

### 研究業績

放射光高压科学技術は広い研究分野において重要なプローブであり、地球深部物質学への展開はその最たる例のひとつである。地球の外核が液体鉄合金であることは 70 年も前から知られているが、その組成は未だ解明されていない。地表から 10 km より深い地球深部についての直接観測量は地震波速度のみであるため、そこから得られる密度・弾性波速度データから組成の情報を読み解くことが地球核（135 GPa 以上、3500 K 以上の高温高压状態である）の組成を推定する唯一の方法である。外核における軽元素の存在を議論するためには外核条件相当の静的超高压実験が必須となるが、従来の技術で可能な実験は、大型高压発生装置を用いた 10 GPa 以下の低压領域に限られていた。

河口博士は、高压発生装置ダイヤモンドアンビルセル(DAC)を用いた高压発生技術と SPring-8 の放射光 X 線計測の技術開発、および利用研究により、液体鉄合金の弾性波速度、密度測定を外核条件に迫る高温高压下において実現した。まず、SPring-8 BL35XU における高分解能 X 非弾性散乱法による弾性波速度測定を立案し、実現に向けヒーター内蔵型 DAC の改良、BL35XU におけるレーザー加熱光学系の立ち上げ、液体試料を長時間保持するための試料室の最適化を行った。その結果、60 GPa、3000 K までの高温高压下における液体鉄硫黄合金の音速決定を世界で初めて成功させた[1]。液体鉄合金の密度測定については、X 線回折(XRD)測定から液体鉄合金の密度を決定する手法を、SPring-8 BL10XU において高エネルギー X 線を利用した広い波数範囲に渡る測定へと拡張すると同時に、固体状態における精密構造解析を組み合わせることで、従来と比較して信頼性の高い熔融金属の密度決定に成功した。弾性波速度・密度両測定結果に矛盾はなく、硫黄は地球外核に含有されている可能性が高いことを明らかにした[2]。

最近では、高压液体試料計測の次のステップとして複合動的環境下サブミリ秒 XRD 計測技術を開発、原始地球に隕石が衝突することでマグマオーシャン、そして液体地球外核が形成されたその瞬間を模すような動的な高压・高温環境を DAC 中で再現し、マグマの結晶化のその場での可視に成功した[3]。これら計測システムの開発と精密な高压発生技術の確立に関する研究開発は、液体試料計測に限らず様々な物質に対して応用可能であり、地球物質学から材料合成分野まで、広く貢献できることが期待される。

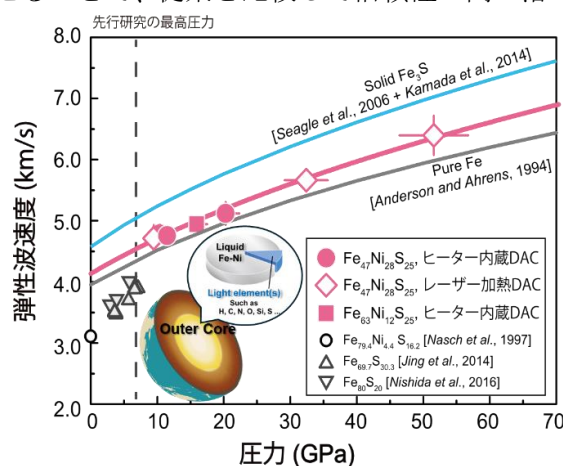


図1. 高分解能 X 線非弾性散乱法による液体鉄硫黄合金の弾性波速度測定結果

[1] Kawaguchi-Imada S et al. *J. Geophys. Res.*, 122(5), 3624-3634, 2017.

[2] Kawaguchi-Imada S et al. *Am. Mineral.*, 107(7), 1254-1261, 2022.

[3] Kawaguchi-Imada S et al. *J. Synchrotron Rad.*, 31(2), 2024.

## 第26回大学女性協会守田科学研究奨励賞受賞者

服部 祐季 博士（名古屋大学大学院医学系研究科 准教授）

専門分野：発生学、神経科学

研究課題：脳発達期における免疫細胞ミクログリアの細胞動態と機能

### 研究業績

中枢神経系には、神経細胞の他にも免疫系細胞であるミクログリアが存在し、脳機能を支えている。ミクログリアの成体脳における機能解明が先に進んだ一方、2010年代から胎生期や生後にわたる発達期においても神経細胞の分化制御や組織構築、血管形成の促進など様々な役割を担うことが服部博士や国内外の研究から明らかとなった[1,2]。さらに、近年急速に発展したシングルセル解析により、ミクログリアには遺伝子発現的にも多様性があることが示された。しかし、どのようなプロセスを経て多様性を獲得するのかは依然不明である。そこで服部博士は、「ミクログリアの脳侵入経路やその時期が性質多様性に関与する可能性」について検証を行った。

脳には、ミクログリアに加えて、共通の遺伝子発現を示すなど似た性質を持つも、異なる細胞集団である脳境界関連マクロファージ(CAM)が存在する。CAMは、髄膜、脳室、血管周囲スペース、脈絡叢といった血管・間葉組織系と脳実質の境界に位置する細胞集団である。ミクログリアとCAMは共に卵黄嚢内で生じる前駆細胞に由来し、起源が同じである。しかし、両者の運命選択がいつ・どこでなされるのかはよく分かっていない。服部博士は、マウスの脳スライス培養下ライブイメージング、二光子顕微鏡を用いた胎仔脳生体イメージング(システムを新たに構築)、細胞運命追跡等を通じて、胎生早期にミクログリアが脳に侵入する際にたどる分布経路を調査した。

マウスにおいて、ミクログリアは胎生9日目から脳に定着を始め、分裂し細胞数を増やす。服部博士は、各胎齢でのライブ観察を通じて、脳室内腔に存在する一部のCAMが胎生12日目に高頻度で大脳原基に侵入することを見出した。胎生13日目以降では侵入がほぼ起こらないため、胎生12日目は脳室CAMの流入が発生しやすく、侵入を許容できる時期であることが示唆された。さらに、CAMの指標となるCD206発現細胞の運命追跡解析を通じて、大脳原基に侵入した脳室CAMが周囲環境に呼応してミクログリアへと分化することを見出した。以上の結果から、ミクログリア・CAMの運命決定は脳に移行してから行われ、大脳に分布するミクログリアの一部は脳室CAMに由来することが示唆された。すなわち、ミクログリアは少なくとも二つの異なる経路をたどる細胞集団からなり、胎生9日目頃にミクログリアの性質を備えて脳に侵入する群と、その後遅れて(胎生12日目)脳室から流入する群が存在することが明らかとなった[3](図)。

今回、ミクログリアには異なる分布経路を使って脳に定着する細胞集団が存在することが分かった。一方、脳定着後に周囲環境によって性質が賦与される可能性もあり得る。今後は、その両面からミクログリアの性質多様性がいかにして決定され、脳形成あるいは将来の脳機能構築に寄与するのか明らかにしていくことが期待される。

[1] Hattori et al., *Nat. Commun.*, 2020.

[2] Hattori, *Front. Cell. Neurosci.*, 2023.

[3] Hattori et al., *Cell Rep.*, 2023.

