

## T8:フォトニクスが拓く水の科学

企画：応用物理学会フォトニクス分科会

日時：2025年9月8日（月） 13:30～17:05

会場：名城大学 N104+オンライン（ハイブリッド開催）

シンポジウム世話人：伊藤佑介（東大）、辻野賢治（東京女子医大）、染川智弘（レーザー総研）、  
中川桂一（東大）、杉本泰（神戸大）、小西邦昭（東大）、江川麻里子（資生堂）

### 1. はじめに

本報告書は、招待講演6件と一般公演1件の研究発表について、その概要と意義を整理したものである。対象となる研究は、水の構造的特性から宇宙探査、生体内動態まで多岐にわたり、基礎科学と応用研究の両面から水の理解を深めるものである。

シンポジウムのピーク参加者は、応物講演会の発表によると98名（現地80名、オンライン18名）にのぼった。現地では立ち見が出るほどの盛況であり、本領域の関心の高さをうかがわせた。

なお、本シンポジウムは、フォトニクス分科会会誌「フォトニクスニュース」の特集「フォトニクスが拓く水の科学」に着想を得て企画された。オープニングトークとして、フォトニクス分科会の小西邦昭幹事長からフォトニクス分科会の紹介があり、続いて、同会江川麻里子幹事からシンポジウムの趣旨説明がなされた。

### 2. 各研究の概要

#### (1) 水の異常性の構造的起源（東大先端研 田中 肇 招待講演）

水は4℃で密度が最大となるなど、他の液体には見られない特異な性質を示す。その起源を解明するため、局所的な正四面体構造に基づく二状態モデルを提案。熱力学的性質は構造秩序に、動的性質は空間的粗視化構造に依存することを示し、シリカにも類似の構造が存在することから、水型異常性の普遍性を示唆した。

#### (2) 水表面の和周波発生分光の実験と計算（埼玉大院理工 山口 祥一 招待講演）

水表面の分子構造理解には実測データが不足している。水表面の和周波発生（SFG）スペクトルでは、低波数に正のOH伸縮バンドが観測されており、これをもとに様々な理論モデルが考えられてきた。しかしながら、低周波のOH伸縮バンドは測定のアートファクトであることが講演者らの実験で明らかとなり、信頼性の高い水表面描像確立にはさらなる実測データの蓄積の重要性が報告された。

#### (3) 無機物表面における水の科学（東理大理 由井 宏治 招待講演）

大気中での無機固体表面における水分子の挙動を、ヘテロダイン検出振動和周波発生法（HD-VSFG）や偏光変調外部反射赤外吸収分光法（PM-ER-IR）などの分光法で解析。シリコン酸化膜表面の吸着水構造や酸化チタンの表面水酸基を検出。表面酸化状態の事前把握と制御が重要であり、小惑星リュウグウ試料分析などの実績もあることから、宇宙科学へのさらなる応用も期待される。

#### (4) 月極域における水の探究（立命館大学 仲内 悠祐 招待講演）

月極域には水氷が存在する可能性が高く、資源利用や拠点構築に直結する。日印共同のLUPEX計画で

は着陸探査を行い、水の存在量や形態を直接測定予定。搭載機器 ALIS はハイパースペクトルカメラにより水氷の定量や鉱物同定が可能である。

#### (5) 水分子の水素結合ネットワークに対する重力の影響（資生堂 江川 麻里子ほか 一般講演）

低重力環境が水分子の水素結合ネットワークに与える影響を 3D クリノスタットで模擬。純水、ゼオライト、メソポーラスシリカ、それぞれの水素結合ネットワークを、近赤外分光計を用いてリアルタイム計測した。水分子が存在する周囲環境により重力影響が変化することが示され、宇宙生活における生体機能維持への示唆を与える。

#### (6) 脳内水動態の可視化技術の最先端（慶應大医 篠塚 崇徳ほか 招待講演）

脳には老廃物排出に関わる独自の水輸送系（glymphatic system）が存在する。誘導ラマン散乱（SRS）イメージングにより、生きた脳組織内の水流を可視化。光源に長短パルスレーザーを用い、近赤外光による SRS イメージングを行うことで、厚みのある脳組織内の観察が可能となった。重水と蛍光色素の拡散速度比較から、水の方が速く拡散することを確認した。

#### (7) 細胞内における水分子ダイナミクス（京大農・JST さきがけ 白神 慧一郎 招待講演）

細胞内の水はピコ秒程度で絶えずダイナミックに揺らぎ続けるバルク水と、生体分子近傍にて動的に束縛された水和水に分類されるが、その動的特性は未解明部分が多い。テラヘルツ分光により HeLa 細胞内の水和水状態を定量化し、約 3/4 がバルク水であることを明らかにした。生命現象における水の役割理解に新たな知見を提供する。

### 3. 総合的考察

これらの研究は、水の特異な物理化学的性質の起源解明から、表面科学、宇宙探査、生体機能解析まで幅広い領域をカバーしている。特に、構造モデルや分光計測技術の進展は、水のミクロな挙動を直接的に捉えることを可能にし、理論と実験の融合を促進している。また、宇宙環境や月探査といった地球外条件下での水の挙動研究は、将来の宇宙開発や資源利用戦略に直結する重要な知見をもたらす。さらに、生体内での水動態解析は、脳機能や細胞活動の理解に直結し、医療応用の可能性を広げる。

### 4. おわりに

水は生命・環境・産業のあらゆる場面で不可欠な存在であり、その理解は多分野に波及効果をもたらす。本報告で取り上げた研究群は、基礎から応用までの知見を有機的に結びつけ、水科学の新たな展開を切り拓くものである。今後も分野横断的な連携と技術革新が、水の本質解明とその応用拡大を加速させることが期待される。

