

# 【新学術領域研究（研究領域提案型）】

## 理工系



### 研究領域名 水惑星学の創成

東京大学・大学院理学系研究科・准教授

せきね やすひと  
関根 康人

研究課題番号：17H06454 研究者番号：60431897

#### 【本領域の目的】

最近の太陽系探査によって、地球以外の天体に液体の水が存在する（していた）証拠が続々と見つかっている。例を挙げれば、火星の表層、木星・土星の氷衛星の内部海、原始太陽系に存在していた惑星の材料である微惑星の内部にも水が存在していた。

本領域は、これら天体上で水が駆動する化学反応や物質循環を解明することで、惑星の形成・進化に果たした水の役割を総合的に理解し、生命存在可能性の議論にまで至る「水惑星学」という学問領域を創成することを目的とする。そのために、地球科学（地質学、地球化学、生命圏科学）と惑星科学（惑星天文学、太陽系探査学、惑星気象学）が有機的に融合し、はやぶさ2探査の機会を最大限に利用することで、水・物質循環を記述する理論とその実試料による実証を両輪とする研究体系を構築する。

#### 【本領域の内容】

太陽系の水を持つ天体は、そのサイズも水量も一見様々であるが、そこで起きる事象には、実は共通性がある（図）。天体表層では、水や氷の光分解と水素散逸による不可逆的な酸化が起きる。一方、水と岩石が触れあう内部では、水-岩石反応によって水素などの還元剤や金属イオンが水に供給される。これらは、水を介した循環・混合でつながることで酸化還元と pH の勾配が生じる。地球上の原始的な微生物はこのような非平衡状態からエネルギーを取り出して生命活動を行っている。これらは熱力学、物理化学、流体力学といった理論に基づき記述できる。本領域では、このような理論の構築を目指し、以下の研究項目を設置している：A01 水-岩石反応、A02 水-氷相互作用、A03 水・物質循環モデル。

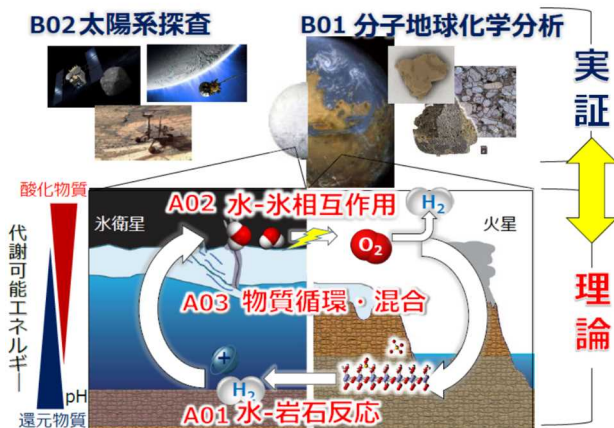


図. 本領域の概念図。

この理論を使って、太陽系探査で得られる観測や、地球外試料、実験試料の分析結果と比較することで、天体上の水の化学的性質（pH、酸化還元、溶存濃度など）や物理量（温度、圧力など）を実証的に還元・解釈していく。本領域では、これら実証ツールの構築を目指し、以下の計画項目を設置している：B01 分子地球化学分析、B02 太陽系探査。

さらに、本領域に含まれない系外惑星学、極限環境生物学、地球史学、環境化学などの周辺分野への応用など、相補的な役割を果たすテーマを公募する。特に、長期的視野に立った独創的な研究を支援する。

#### 【期待される成果と意義】

本領域によって達成が期待される成果は、1) 微惑星内の水・物質循環の解明と地球の水量の決定要因の理解、2) 火星、氷衛星における水環境進化とエネルギー論に基づく生命圏の推定である。前者により、水の供給や空間分布を惑星形成論に組み込むことが可能になり、太陽系外も含めた地球のような水惑星の形成確率・普遍性の理解に初めて至ることができる。後者については、火星や氷衛星において代謝可能エネルギーを定量化することで、これら天体における生命存在指標（バイオマーカー）やバイオマスの予測を通じ、実証的に宇宙における生命に迫ることが可能となる。

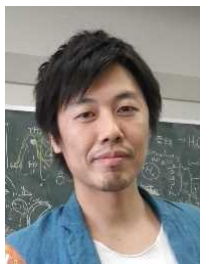
これらの知見は、将来的に、系外地球型惑星の観測や太陽系生命探査、さらには水惑星一般の材料空間の中で地球を再定義することにつながる。本領域が創成する水惑星学は、「地球の普遍性」、「宇宙における生命」といった自然科学の根本課題の解明に向けて、我が国が独自のプレゼンスを発揮する礎となる。

#### 【キーワード】

水-岩石反応：水と岩石が触れ合い、両者の間で生じる化学反応（物質交換や溶解、変成）の総称。  
はやぶさ2探査：2014年に打ち上げられた我が国の小惑星探査機。探査対象は、C型小惑星リュウグウであり、2018年半ばにリュウグウに到着、2020年末に試料と共に地球に帰還する予定。

#### 【研究期間と研究経費】

平成29年度～33年度  
1,079,400千円



Title of Project : Aqua planetology

Yasuhito Sekine  
(The University of Tokyo, Graduate School of Science,  
Associate Professor)

Research Project Number : 17H06454    Researcher Number : 60431897

### 【Purpose of the Research Project】

Recent advances in spacecraft explorations have revealed the present/past existence of liquid water on planetary bodies beyond Earth in the Solar system, which include Mars, icy satellites, and planetesimals in the protoplanetary disk.

Our research project proposes a new field of research – aqua planetology – that aims at comprehensive understanding on the roles of liquid water in the origin and evolution of planets and on habitability there. This requires research interactions among geology, geochemistry, biosphere science, astronomy, and planetary science. We try to achieve this goal both by constructing a theory of chemical reactions and hydrological cycles on planetary bodies and by collecting observational evidence through spacecraft missions, such as Hayabusa2, and geochemical analyses of extraterrestrial samples.

### 【Content of the Research Project】

On a planet that can hold liquid water, similar physicochemical processes occur (Fig.). These include photolysis of water/ice and oxidization on the surface, and water-rock reactions providing reductants and metallic ions to water in the subsurface. These components are connected through hydrological cycles, which in turn results in chemical gradients on the planet and could provide energy for chemotrophic life. To construct a theory of hydrological and geochemical cycles on planets, we set the following research subgroups: A01 water-rock reactions, A02 water-ice interactions, and A03 modeling of cycles.

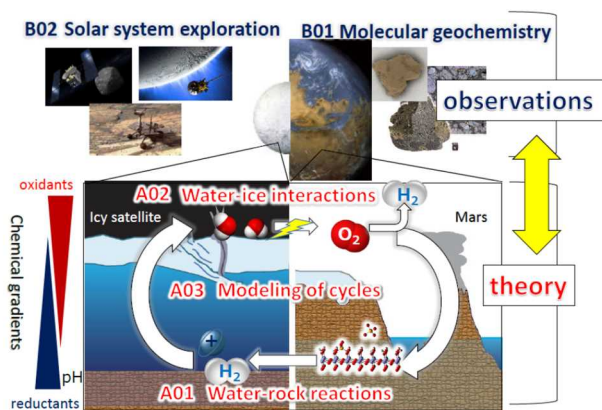


Figure. A conceptual image of this research project.

Based on this theory, we will interpret observational data provided by spacecraft and molecular geochemical analyses of samples. In particular, we focus on revealing chemical properties and physical conditions of water beyond Earth. To this end, we also set the following research subgroups: B01 molecular geochemistry and B02 Solar system exploration.

### 【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

The expected achievements of our research project include 1) understanding of hydrological and geochemical cycles within planetesimals and the factors that control water volume of Earth, and 2) revealing the evolution of aqueous environments and prediction of biosphere on Mars and icy satellites. The former allows to treat the fate of water in planetary formation theory and thus to predict probability of formation of Earth-like aqua planets in the Solar system and beyond. The latter enables us to predict biomarker and biomass on Mars and icy satellites.

These knowledge will be critical in the upcoming ages of both astronomical observations of Earth-like exoplanets and space missions to find life in the Solar system. Aqua planetology will be a unique science to address fundamental questions – Are there any Earth-like planets in the Universe? Is there life beyond Earth?

### 【Key Words】

Water-rock reactions: Chemical reactions between liquid water and rock materials, including ion exchanges, dissolution, and alterations.  
Hayabusa2: Japanese spacecraft mission to C-type asteroid, Ryugu. The spacecraft launched in 2014, and will arrive at the asteroid in 2018. Collected samples will return to Earth in 2020.

【Term of Project】    FY2017-2021

【Budget Allocation】    1,079,400 Thousand Yen