

Title	The Role of Methane Hydrate on Thermal Evolutions of Icy Moons
Author(s)	西谷, 隆介
Citation	大阪大学, 2021, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/82038">https://doi.org/10.18910/82038</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 西谷 隆介 )

論文題名

The Role of Methane Hydrate on Thermal Evolutions of Icy Moons  
(氷衛星の熱進化に対するメタンハイドレートの役割)

## 論文内容の要旨

太陽系には表面が氷に覆われた氷衛星が数多く存在する。これら氷衛星は同じ氷で覆われていても、衛星間で見え方が大きく異なる。一部の氷衛星には内部に液体層（内部海）を持つものもあり、これら氷衛星の多様性がいかに生まれたかはわかっていない。氷衛星の多様性を明らかにするには、氷衛星がいかに熱を獲得・放出してきたかの歴史、すなわち熱進化を知ることが重要である。本研究ではメタン分子が水分子に包接されたメタンハイドレートに着目した。メタンハイドレートは氷より熱伝導率が4倍程度低く、粘度が1桁程度大きい。こうした特徴は熱進化に大きな影響を与えると考えられる。本研究ではメタンハイドレートの氷衛星熱進化への影響を明らかにするため、メタンハイドレートの形成を考慮した熱進化モデルを新たに開発し、開発したモデルを（1）土星衛星 Enceladus, Mimas（2）土星衛星Titan（3）様々な半径、バルク密度を持ったジェネリックな氷衛星に応用した。

（1）EnceladusとMimasはそれぞれ半径252km、198kmと小さな氷衛星だが、探査データはどちらも内部海を持つ可能性を示唆している。しかし、Mimasが海を持つほど暖かい場合、表面の緩和していないクレーターを説明できない。そこでメタンハイドレートを考慮した熱進化計算を行ったところ、Enceladus、Mimasともに先行研究と整合的な潮汐加熱量で厚い海を維持でき、Mimasの表面熱流量をクレーターが緩和しない程度に抑えることができた。

（2）Titanは窒素とメタンから成る約0.15 MPaの厚い大気を持つ。現在大気に含まれるメタンは光化学反応などにより数千万年ほどで消えてしまうため、なんらかの方法でメタンが大気に供給されたはずである。本研究では大気へのメタン供給源としてメタンハイドレートを考えた。計算の結果、Titan集積から5億年以内にメタンハイドレート層が形成すれば大気中に十分なメタンを大気中に供給できることがわかった。

（3）氷衛星熱進化における主な熱源は岩石中に含まれる長寿命核種の壊変熱である。よって氷衛星内部で発生する熱量は半径およびバルク密度に依存する。そこで、様々な半径およびバルク密度を持つジェネリックな氷衛星に対し熱進化計算を行った。計算の結果、半径750kmから1500kmの氷衛星ではメタンハイドレート層の有無で現在まで内部海を維持できるかが決まり、初期メタン濃度によってはメタン大気を現在まで維持することがわかった。

以上の結果から、大小様々な氷衛星に対してメタンハイドレートが熱進化に影響を与えていることがわかった。本研究の結果はメタンハイドレートが氷衛星熱進化において重要な化合物の一つであることを示唆している。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 西 谷 隆 介 )		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	教授 佐々木晶
	副 査	教授 寺田健太郎
	副 査	教授 近藤忠
	副 査	准教授 佐伯和人
	副 査	准教授 谷篤史 (神戸大学)

## 論文審査の結果の要旨

論文題目 : The Role of Methane Hydrate on Thermal Evolutions of Icy Moons

(氷衛星熱進化におけるメタンハイドレートの役割)

太陽系には表面が氷に覆われた氷衛星が数多く存在し、衛星間で見え目が大きく異なる。一部の氷衛星は内部に液体層(内部海)を持つと考えられている。これら氷衛星の多様性を明らかにするには、氷衛星がいかに熱を獲得・放出してきたかの歴史、すなわち熱進化を知ることが重要である。本研究ではメタン分子が水分子に包接されたメタンハイドレートに着目した。メタンハイドレートは氷より熱伝導率が4倍程度低く、粘度が1桁程度大きい。こうした特徴は熱進化に大きな影響を与えると考えられる。本研究ではメタンハイドレートの氷衛星熱進化への影響を明らかにするため、メタンハイドレート層の生成を考慮した熱進化モデルを新たに開発し、開発したモデルを(1)土星衛星 Enceladus, Mimas (2)土星衛星 Titan (3)様々な半径、バルク密度を持ったジェネリックな氷衛星に応用した。

(1) Enceladus と Mimas はそれぞれ半径 252km、198km と小さな氷衛星だが、探査データはどちらも内部海を持つ可能性を示唆している。しかし、Mimas が海を持つほど暖かい場合、表面の緩和していないクレーターを説明できないかも知れない。そこでメタンハイドレートを考慮した熱進化計算を行ったところ、Enceladus、Mimas とともに先行研究と整合的な潮汐加熱量で厚い海を維持でき、Mimas の表面熱流量をクレーターが緩和しない程度に抑えることができた。

(2) Titan は窒素とメタンから成る約 0.15 MPa の厚い大気を持つ。現在大気に含まれるメタンは光化学反応などにより数千万年ほどで消えてしまうため、なんらかの方法でメタンが大気に供給されたはずである。本研究では大気へのメタン供給源としてメタンハイドレートを考えた。計算の結果、Titan 形成から5億年以内にメタンハイドレート層が生成されれば、その後、大気中に十分なメタンを大気中に供給できることがわかった。

(3) 氷衛星熱進化における主な熱源は岩石中に含まれる長寿命核種の壊変熱である。よって氷衛星内部で発生する熱量は半径およびバルク密度に依存する。そこで、様々な半径およびバルク密度を持つジェネリックな氷衛星に対し熱進化計算を行った。計算の結果、半径 750km から 1500km の氷衛星ではメタンハイドレート層の有無で現在まで内部海を維持できるかが決まり、初期メタン濃度によってはメタン大気を現在まで維持することがわかった。

以上の結果から、大小様々な氷衛星に対してメタンハイドレートが熱進化に影響を与えていることがわかった。本研究の結果はメタンハイドレートが氷衛星熱進化において重要な化合物の一つであることを示唆している。

よって、本論文は博士(理学)の学位論文として十分価値あるものと認める。