

# 論文審査の結果の要旨

氏名 町田 亮介

本論文は6章からなる。第1章はイントロダクションであり、最近の天文観測により、形成段階の若い星の周囲は塵で覆われており、円盤内部は従来考えられていたよりはるかに低温であり、地球型惑星の形成時に氷が存在している可能性が高いことが指摘されている。そのため、本研究において氷の存在が惑星形成に果たす役割を評価することが示されている。この指摘はきわめて重要なものであり、地球型惑星の起源と進化を考える上で、本研究はきわめて意義のあるものといえる。

第2章はモデルの説明である。太陽系元素存在度に従い、固体（岩石質）1に対し氷が3の割合で存在する円盤の温度、密度構造、衝突におけるダスト雲とそこでの昇華、固体の合体成長に関する定式化がなされている。氷微惑星は光学的に厚い円盤内で形成すると直ちに合体成長をおこなう。細かいダスト粒子が沈殿し、原始惑星系円盤が光学的にうすくなると、微惑星は中心星の輻射を直接にうけることになる。すると昇華が開始する。一方合体成長にともなう衝突による昇華ではダストも同時に放出されるため、微惑星周囲に光学的に厚いダスト雲が形成される。したがって、微惑星の合体成長速度と昇華速度の兼ねあいで形成される微惑星の水含有量が変化する。ダストの放出率をパラメタとしてモデルは書かれている。氷を含まない微惑星形成に関する基本的考え方があるものの、氷の昇華およびダスト雲の挙動に関する定式化は論文提出者のオリジナルであり、その価値は高い。

第3章は数値シミュレーションについての記述である。初期条件、境界条件、近似の方法が述べられ、モデルとシミュレーション方法の正しさの検証がなされている。この結果、本モデルの妥当性が示されたといえる。

第4章は結果である。まず、氷を含む天体の衝突による合体成長の時間スケールと、氷の昇華の結果による変化が議論されている。昇華の開始時間、円盤の質量、ダストの放出率により、結果として形成される微惑星の水の含有量の総量が決まることが示された。すなわち、光学的に厚い円盤内で微惑星が形成す

ると直ちに合体成長がおこるが、低温であるため昇華はおこらない。やがてダストが沈殿し、微惑星が星の光に直接さらされると昇華が始まる。したがって、微惑星から原始惑星への水の供給を考えるには、円盤全体の進化と昇華の関係を明らかにすることが重要であることが示された。さらに、氷の昇華にともない、ダストの一部も同時に放出され、円盤赤道面付近にはダスト雲が形成され、それは星の光を遮る。ダストの放出率はパラメータとして扱われている。計算の結果、重い円盤ではほかの条件にかかわらず、最終的には 10%以上の水が残ることが示された。円盤が光学的に薄くなった後でダスト雲が形成され得場合、ダスト雲は 100 万年のタイムスケールで存在しうる。円盤中の同領域で形成された天体の間でも、化学的不均質が生じる可能性も示された。光学的に厚い円盤中で微惑星が形成される場合、固体物質が多いため、昇華の程度にかかわらず、氷微惑星の形成がおこりやすくなることも指摘された。

これらの結果は、従来考えられていた惑星形成過程に対し、氷微惑星の形成がはるかに大きいことを示したという点において重要な新しい知見を与えている。すなわち、地球型惑星の形成領域において氷（水）をさまざまな量でもつ惑星の形成を示唆し、内惑星領域に水を多く含む惑星、すなわち生命の存在しうる領域が従来考えられていたよりはるかに広くなりうることを示されたという点において、本研究が高い科学的価値をもつといえる。

上記の結果、本研究は、惑星科学、とりわけ惑星形成論に関し、重大な新しい知見をもたらしたものとして、学位論文に十分な価値をもつと判断し、審査員全員一致で、合格とした。