T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	原始惑星系円盤から太陽系への化学進化
Title(English)	Chemistry from Protoplanetary Disks to the Solar System
著者(和文)	WEI CHEN-EN
Author(English)	WEI CHEN-EN
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11385号, 授与年月日:2020年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:奥住 聡,野村 英子,井田 茂,中本 泰史,佐藤 文衛,玄田 英典
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11385号, Conferred date:2020/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第　　号		学位申請者氏名		WEI Chen-en	
論文審査 審 査 員		氏　名	職　名		氏　名	職　名
	主査	奥住 聡	准教授	審査員	佐藤 文衛	准教授
	審査員	野村 英子	特定教授		玄田 英典	准教授
		井田 茂	教授			
		中本 泰史	教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Chemistry from Protoplanetary Disks to the Solar System」というタイトルであり、4 章から成っている。

第 1 章「General Introduction」では、原始惑星系円盤と太陽系天体に関するこれまでの観測事実と理論的研究を、特に化学的観点から紹介し、本論文の目的について述べている。太陽系内の物質は、原始惑星系円盤内の化学進化を経て生成されたと考えられる。太陽系天体中の元素組成には、地球や小惑星など、太陽系内縁の天体ほど揮発性元素が枯渇している、という特徴がある。特に炭素の枯渇に関しては、炭素塵の破壊過程が未解明の問題であり、様々な研究が行われている。一方で、近年の太陽系天体探査などの進展により、彗星の化学組成に関する詳細な情報が得られつつある。本論文は、このような太陽系天体の化学的特徴を踏まえ、原始惑星系円盤から太陽系にいたる進化段階において起きたと考えられる化学過程を明らかにすることを目的としている。

第 2 章「The Effect of Carbon Grain Destruction in the Protoplanetary Disks」では、太陽系内縁天体の炭素枯渇問題を踏まえ、原始惑星系円盤内で炭素塵の破壊が起きた場合、気相と塵表面の化学組成にどのような影響が表れるかを調べている。具体的には、原始惑星系円盤内の物理構造モデルを用い、炭素塵の破壊を考慮して、気相反応と気相原子・分子の塵表面への凍結を扱った化学反応ネットワーク計算を行った。その結果、炭素塵が破壊され、気相中の炭素元素量が酸素元素量を上回ると、シアン化水素や不飽和炭化水素など、炭素を含む分子の存在量が急増することを明らかにした。計算結果を解析し、この原因は、一酸化炭素に取り込まれなかった炭素が別の分子を生成したためであることを示した。

この計算で得られた塵表面の氷中の炭素量の円盤半径分布を、太陽系内縁天体の炭素枯渇と比較したところ、内側ほど炭素量が少なくなる傾向は得られたが、その絶対値は小惑星領域では高く、地球領域では低すぎる結果となった。この食い違いの原因として、塵の乱流による巻き上げと円盤表層部における塵表面の氷の光解離・光脱離の可能性を議論した。また、地球領域においては、分子の蒸発温度の不定性や、円盤外縁からの揮発性元素の供給の可能性を議論している。一方で、輻射輸送計算に基づき、シアン化水素や不飽和炭化水素などの輝線を大型電波干渉計 ALMA を用いて観測することにより、円盤内縁における炭素塵破壊を観測的に検証できる可能性を示した。

第 3 章「The Effect of Mantle Reactions on Formation of Complex Organic Molecules」では、ロゼッタ探査機によるチュリモフ・ゲラシメンコ彗星の観測結果を踏まえ、氷マントル反応による複雑な有機分子の生成について調べている。具体的にはまず、氷マントル反応の実験結果をもとに、氷の結晶化に誘発される氷マントル反応の反応率を定式化し、氷マントル反応ネットワークを、気相反応・塵表面反応の化学反応ネットワークに取り入れた。また、氷マントル反応をおこすのに必要な熱源として、若い原始星天体の観測から示唆されている周期的な FU Ori 型アウトバーストを考慮した。

計算の結果、温度が 120K 以上の状態では、氷マントル反応の時間尺度がアウトバーストの時間尺度に比べ十分短くなり、効率よく氷マントル反応がおこることを示した。FU Ori 型アウトバーストは、ガス降着率の増加に伴う円盤温度の上昇で解釈される。計算の結果、彗星形成領域において氷マントル反応が効率よく起こり、チュリモフ・ゲラシメンコ彗星で観測されたカルバミン酸アンモニウム塩を豊富に生成するためには、原始太陽系星雲が、1 年あたり 10^{-5} 太陽質量の質量降着率で FU Ori 型アウトバーストをおこしていた可能性があることを示した。さらに、計算結果の氷マントル構造依存性や、炭素・酸素元素組成比依存性、また、FU Ori 型アウトバースト以外の加熱機構の可能性などについて議論した。

第 4 章「Summary and Future Prospects」では、本論文の結果をまとめ、今後の展望について述べている。

以上のとおり、本論文は、太陽系天体中の物質の化学的特徴と原始惑星系円盤内の新たな化学反応ネットワーク計算に基づき、円盤内で起きた可能性のある化学過程を提唱した。化学モデルには今後取り組むべき課題がまだあるが、本論文は、将来の天文観測や太陽系探査による、原始惑星系円盤から太陽系天体に至る物質進化の化学モデルを検証するための指針を示している。よって、博士（理学）の学位を与えるにふさわしいものと認める。

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。