

2019年度国立天文台滞在型共同研究報告書

2019年 5月 12日

国立天文台長 殿

申請者 (受入責任者)	氏名	齋藤 正雄
	所属・職	TMT推進室 教授
研究課題名	化学組成で探る集団的星形成シナリオ	
研究場所	国立天文台三鷹・野辺山	
台外からの 共同研究者	氏名	谷口 琴美
	所属・職	University of Virginia 研究員

1. 研究概要

現在、我々のグループは若い星が集団でできるような星形成領域分子雲コアの化学組成を調べている。太陽もこうした集団的星形成領域で生まれたと考えられるため、コアから原始惑星円盤、そして惑星へと物質の移動、変遷を考えたときに分子雲コアは重要な時期と位置づけられる。これまでに我々は大質量星形成領域の分子輝線観測から、炭素鎖分子(HC3N、HC5N、CCS など)と複雑有機分子(CH3OH、CH3CN)あるいは炭素鎖分子と窒素含む分子(N2H+など)の存在比は多様な値を持つことを発見した。そしてその多様性の起源として前者は星が誕生する前の物理状態、後者は分子雲コアの進化段階が関連していることを突き止めた。これまでは一点観測による複数天体の観測であったため、空間分布などの情報がなかった。そこで、今年の1月に野辺山45m 鏡を用いて、南北2つピークを持つ集団的星形成領域のHC3N、CCS、CH3OH のマッピング観測を行った。この天体はN2H+の分布が南北で違うため、今回のマッピング観測からHC3N/C3HOH 比やHC3N/N2H+比などが得られる。これらの比は、この星形成領域が星を生む前にどのような物理状態であったか、また現在の進化段階はどちらが進んでいるかなどの知見が得られると考えられる。特に、共同研究者の谷口さんは観測およびデータ解析に精通していることはもちろんのこと、現在ポスドクで滞在しているヴァージニア大学で世界最先端の化学反応ネットワークを習得しつつある。観測結果およびこのネットワークによる解析で、観測した天体における集団的星形成シナリオを定量的に明らかにすることを目指す。また、物理過程の理論的考察や他の天体との比較などを他の共同研究者とともに議論し、研究を深めたい。

2. 研究成果 ※学会等での発表、学会誌等に掲載するなどされた場合は(別紙)にご記入ください。

今回の滞在において達成したことはおもに3点にわたる。

1つめは当初の目的である野辺山45m鏡で取得したNGC2264のデータの議論である。来日前に野辺山で得られたNGC2264のNorthとSouthのHC3N, CH₃OH, HNCの解析がされ、谷口さん滞在中に得られた結果のうち特に積分強度図の比較を中心に議論を行った。南側のMassive Young Stellar Objectについては、ALMA等を用いた電波天文観測が多く行われており、有機分子が多く見つかっていて、典型的なhot coreである。我々の観測で得られた高励起エネルギーのCH₃OHの輝線のピークとHC3N, HNCのピークが一致しており、hot coreと一致する。その一方で、北側の領域についての化学に関する研究例は少なく、ALMAで観測された例がない。北側の領域では、高励起エネルギーのCH₃OHの輝線が弱く、低励起エネルギーのCH₃OHの輝線が広がっている。HC3Nの分布も広がっており、複数のコアが見られた。サブミリ波連続波では似ている南北の領域において分子輝線の分布や化学進化の違いが観測からはっきりしたので、そのメカニズムについては今後の課題として共著者間と議論していく。北側の領域については、より詳細な観測をALMAに提案するため、今回の野辺山のデータの論文化を進めていく。

2つめは上記研究に関連した炭素鎖分子の生成に関する論文作成である。比較的孤立した低質量の星なし分子雲コアでCCHの観測を野辺山45m鏡で実施し、L1521BとL134Nの2つの天体で12C/13Cの比が太陽より高かつ両天体で異なることを観測から突き止めた。初期の炭素イオンの同位体比が高いことが知られており、それが化学反応を通して分子にまで行くことがわかった。また、物理的には類似しているこれらのコアだが、進化が進んでいるL134Nが12C/13Cが低いことは化学反応ネットワークの予想と整合している。論文は最終版を共著者間で回覧している状況であり、投稿間近まで持ってくる事が出来た。

3つめはNGC2264の結果と関連する観測についてである。今回の滞在中に1週間ほど野辺山に滞在し、45m鏡の観測を実行した。NGC2264のようなクラスター領域には様々な質量の星が含まれる。小質量星の化学進化については、1990年代から研究されNH₃やCCSが、大質量星の化学進化については、我々のグループによってN₂H⁺やHC₃Nを使った化学進化の指標が確立された。その一方で、これらの中間の質量を持つ原始星、Herbig Ae/Be型星の周辺のenvelopeの化学組成については研究例が少なく、hot core及びhot corinoに対応する天体が1天体報告されているだけである。そこで、今回は、野辺山45m望遠鏡を用いて、Herbig Ae/Be型星の45GHz及び90GHz帯の分子輝線のサーベイ観測を行った。このサーベイ観測より、Herbig Ae/Be型星の化学進化を調べ、上記2つの研究と合わせ小、中、大質量星の星形成領域の化学的多様性および進化に関する研究につなげる。

なお4月5日に谷口さんは我々のこの間の研究に基づく成果を国立天文台の談話会で発表した。発表後も天文台内の研究者と活発な質疑応答が行われ、我々の研究が台内の近隣分野の研究者の関心を持たれたのは良かった。さらに、谷口さんは世界最先端の化学反応ネットワークを習得しつつあるが、同様の研究をしている東大の相川教授および国立天文台の野村教授について星間化学反応のシ

3. 本制度に対する意見、要望など【申請者記載欄】

大変有意義な共同研究となった。

4. 本制度に対する意見、要望など【本事業で来訪した共同研究者記載欄】

5. 共同研究者の滞在日程	
氏名・所属	谷口 琴美 University of Virginia
滞在日程・日数	2019年4月2日 ~ 2019年 5月 2日 (30)日間
滞在日程・日数	年 月 日 ~ 年 月 日 ()日間
合計	(30)日間

(記載要領)

※ 記入欄は必要に応じ適宜スペースを拡張して記入のこと。

※ 共同研究者の滞在日程は、必要に応じ行を追加して記入、複数人招へいしている場合には、表をコピーして各人ごとに記載すること。

※ 報告書の公開にあたり支障を生ずるおそれがある場合は、当該部分とその理由を明記すること。

【お願い】

滞在終了2年後、当該共同研究によって出版された論文等の成果の提出を依頼させていただきますので、その際にご協力ください。