

原始星形成領域における重水素濃縮解消の研究

柴田 大輝¹, 坂井 南美¹, 酒井 剛², 山本 智¹

1: 東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 2: 東京大学大学院理学系研究科天文学専攻



1 要旨

重水素は、低温の星間分子雲中で分子に濃縮される(重水素濃縮)。さらに、重水素濃縮はCOがdustに吸着して減少することで加速されることが知られている。そのため、重水素濃縮度は低温の星間分子雲では上昇する。一方、原始星のコアができて星間分子雲の温度が上昇すると、dustからCOが気相へと蒸発するため重水素化合物が破壊され、重水素濃縮度が減少する。この現象を確認するため、2つの星形成領域L1551, IRAS16293-2422について観測を行った。その結果、L1551の原始星方向の点でイオンの重水素濃縮度が低いことが観測された。しかし、中性分子ではそのような結果は得られなかった。中性分子では重水素濃縮の解消が進んでいることからその濃縮度は星形成直前の物理状態を反映するものと考えられる。一方で、IRAS16293-2422ではイオン、中性分子ともに重水素濃縮の解消が見られなかった。これは、IRAS16293-2422はL1551よりも若く、周囲に低温のガスが残っているためと考えられる。

2 背景

2.1 重水素濃縮 低温の星間分子雲中において
分子中のDとHの存在比 $\Rightarrow 0.1 \sim 0.01$ **重水素濃縮**
HDとH₂の存在比 $\Rightarrow 10^5$
<メカニズム> $H_3^+ + HD \rightleftharpoons H_2D^+ + H_2 + 230\text{ K}$

2.2 重水素濃縮の解消

原始星のコアができて星間分子雲の温度が上昇
 \Rightarrow dustからCOが蒸発
 \Rightarrow 重水素濃縮が解消されるはず

H₂D⁺の主な破壊反応は
 $H_2D^+ + CO \rightarrow HCO^+ + HD$

これまで重水素濃縮の解消の研究はほとんどされていない

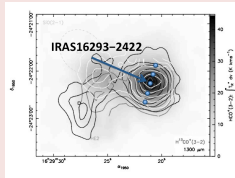
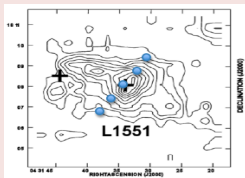
3 観測方法

望遠鏡: 野辺山 45 m 電波望遠鏡 (T100HV, S80)

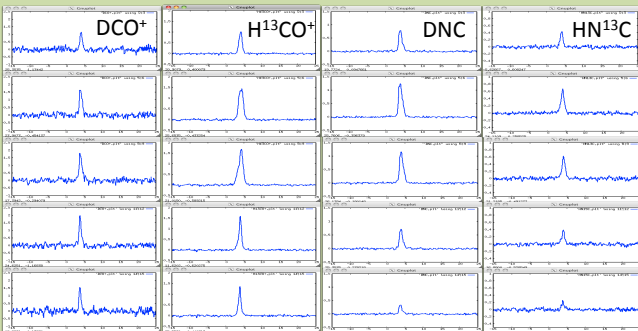
観測天体: Class I / 0 天体 L1551 及び Class 0 天体 IRAS16293-2422

観測分子: DCO⁺, H¹³CO⁺, HC¹⁸O⁺, DNC, HN¹³C, N₂D⁺, N₂H⁺ (J = 1 - 0)

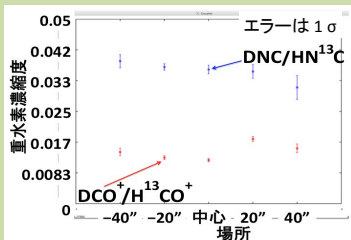
観測方法: 原始星を中心としたアウトフローと垂直方向に切った5点ストリップ観測 (ビームサイズ 20", grid 20")



<IRAS16293-2422>



• DCO⁺, H¹³CO⁺とも積分強度は原始星方向で強くなっている。
• DNC, HN¹³Cの積分強度は原始星方向で強い。



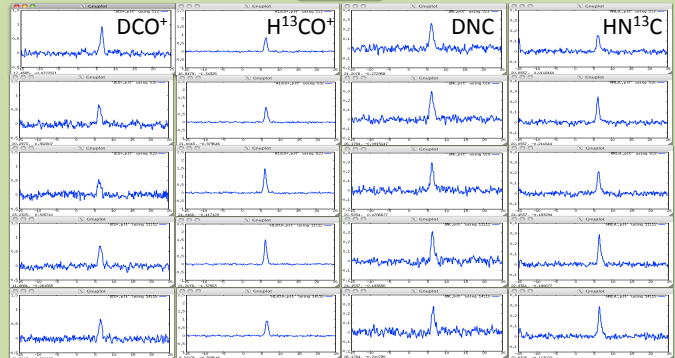
解消領域
< 3000 AU

原始星方向での重水素濃縮解消の違いが見えない
 \leftarrow 低温の envelope の影響

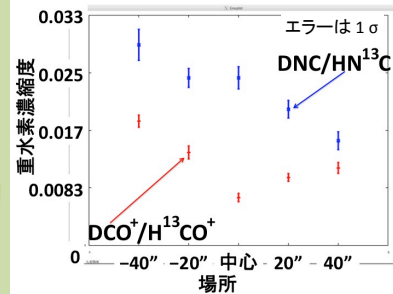
原始星まわりに低温の envelope が残っている

4 結果

<L1551>



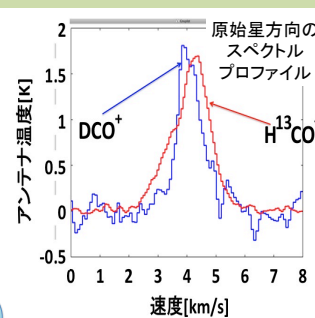
• DCO⁺は原始星方向で積分強度が低い、H¹³CO⁺は原始星方向で強い。
• DNC, HN¹³Cは原始星方向でほぼ一様。



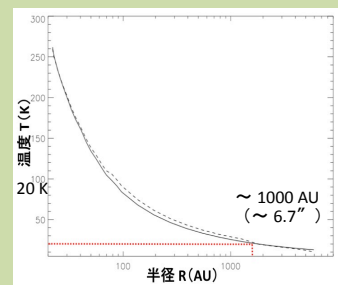
解消領域
~ 3000 AU

• コアの不均一性による傾きが見える
• 中心方向での重水素濃縮は
DCO⁺ \rightarrow 解消されている
DNC \rightarrow 解消されていない

重水素濃縮解消速度はイオンの方が中性分子よりも速い!



原始星付近ではDCO⁺のスペクトルに対してH¹³CO⁺のスペクトル幅が広い。



IRAS16293-2422における一次元温度プロファイル

(N. Crimier et al. A&A, 519, A65, 2010.)

重水素濃縮の解消がされると考えられる領域 (T < 20 K) は原始星位置から 1000 AU 程度の領域

速度幅の広い成分では重水素濃縮の解消が始まっている。

5 まとめ

- L1551の原始星方向での重水素濃縮の解消が観測的に確認された。
- 重水素濃縮の解消速度はイオンの方が中性分子よりも早く、中性分子は原始星形成時の物理状態を保存している可能性があると考えられる。
- 重水素濃縮の解消の起こっていない低温の envelope の影響のため、IRAS16293-2422の原始星方向での重水素濃縮の解消は観測的に確認出来ない。
- IRAS16293-2422の原始星方向での高速度成分では重水素濃縮の解消が示唆される。

6 今後の展望

この観測によって、Class 0, Class I 天体では中性分子が原始星形成時の物理状態を保存している可能性があることがわかった。今後、中性分子の重水素濃縮度の観測によって原始星形成時の物理状態の決定ができる可能性がある。