

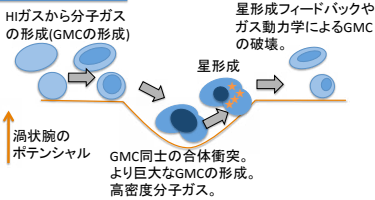
Chemical Compositions of Spiral Arm in Nearby Spiral Galaxy M51

渡邊祥正、坂井南美、山本智(東京大学)

概要 巨大分子雲(GMC)の形成・進化を明らかにすることは、銀河における星形成史や星間物質の進化と関連した重要なテーマである。¹²CO等の分子ガストレーサを用いてGMCの物理状態や運動に着目したこれまでの研究方法では、現在のGMCの状態は明らかにできるものの過去の履歴までは辿ることができない。一方で銀河系内の星形成領域では、化学組成に着目した化学的アプローチがその進化を解明する上で強力な研究手法になることが知られている。本研究では、化学的アプローチが系外銀河におけるGMC進化の研究に適用可能であるか検証するため、まず典型的なGrand-Design Spiralを持つM51の渦状腕でどの程度分子が検出できるのか調べた。観測は野辺山45m望遠鏡と新分光計SAM45を用いて実施し、合計10時間と短い観測時間ではあったがCCH, HNCO, CH₃OH, CS, C¹⁸O, ¹³COの6種類の分子を検出できた。今後は、3mm帯でのサーベイを完成させるとともに、銀河の場所(中心、渦状腕、棒状構造)での化学組成の違いや、系内のGMCとの比較を進める。そして、GMCスケールでの化学組成の持つ意味やGMCの進化との関連を明らかにしていきたい。

渦状腕におけるGMCの進化

GMC進化の例

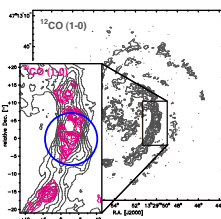
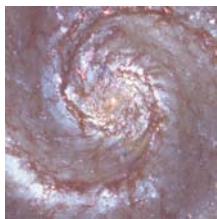


星間物質の進化を理解する上で重要

今までの主な研究手段: ¹²COによるマッピング観測
質量の推定、速度構造
H α 等の星形成領域の位置との比較
⇒現在のGMCの物理的状态や状況証拠のみ

観測天体 (M51)

Grand-Design Spiral
比較的近傍(d = 8.4 Mpc ; Feldmeier et al. 1997)
典型的な観測ビームサイズ20" ~ 814 pc
⇒ 複数のGMCを同時に観測
観測点は中心に近い南西の渦状腕(下図)
 $\alpha_{J2000} = 13^{\text{h}} 29^{\text{m}} 50.0^{\text{s}}$
 $\delta_{J2000} = 47^{\circ} 11' 25''$



HSTによる可視光(V+B+H α)イメージ 分子ガスマップ(¹²CO, ¹³CO)と観測ビーム(青丸)
(Scoville et al. 2001)

化学的アプローチの適用

化学組成に着目した化学的アプローチは、銀河系内の星形成過程の研究において非常に強力な手法として用いられている

低質量星形成領域の星なしコア

進化とともにCCS/NH₃比の減少
Suzuki et al. (1992)

衝撃波領域(原始星からのアウトフロー)

SiOの組成の増大
Bachiller et al. (1990) etc.

Hot Corino とWCCCT天体

複雑な有機分子と炭素鎖分子
Cazux et al. (2003), Sakai et al. (2006)

分子の励起状態 ⇒ 現在の物理状態
化学組成 ⇒ 過去の履歴を反映

化学的アプローチをGMC進化の研究に適用できないだろうか？

観測

観測期間: 2011年3月11 - 14日
観測時間: 10時間
望遠鏡: 野辺山45m鏡
受信機: T100H/V
バックエンド: SAM45 (2 GHz, 4096ch)
観測周波数: 85.0 - 88.0 GHz
96.0 - 100.0 GHz
107.6 - 111.1 GHz
キャリブレーション: チョップパーホイール法
観測方法: ポジションスイッチ法
r.m.s ノイズ: 1.1 - 1.6 mK (10 km/s)

銀河系外天体のラインサーベイ

これまで銀河中心核のみで行われており、通常の渦状腕に付随する分子雲の化学組成を明らかにした先行研究の例は無い

これまでの系外銀河でのラインサーベイの例

AGN / Starburst

NGC 1068, IC 342, NGC 253, Arp 220
50分子程度検出

Martin et al. (2006, 2011), Nakajima et al. etc.

吸収線

クエーサーを背景光にした視線上の銀河の吸収線 (例PKS1830-211)

34分子程度

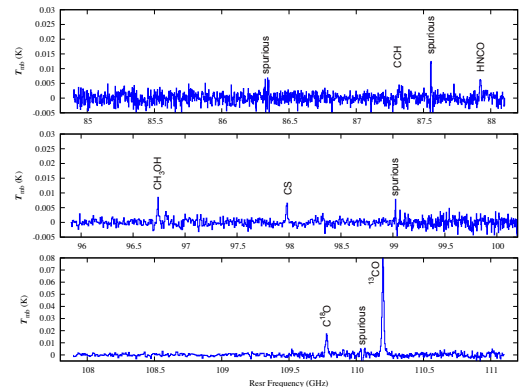
Wiklind & Combes (1996) etc.

複数輝線のマッピング

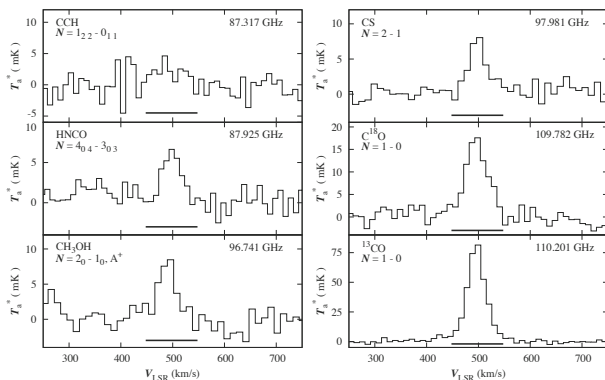
IC 342 (中心部分)

CCH, C³⁴S, N₂H⁺, CH₃OH, HNC, HCN, HC₃N, SO
Meier et al. (2005)

観測結果



検出した分子



本観測で検出した分子のスペクトル

Molecule	Frequency (GHz)	Intensity (K*km/s)
CCH	87.136	0.16 ± 0.17 (3 σ)
HNCO	87.925	0.28 ± 0.17
CH ₃ OH	96.739	0.37 ± 0.16
CS	97.981	0.38 ± 0.15
C ¹⁸ O	109.782	0.94 ± 0.20
¹³ CO	110.201	3.80 ± 0.24

化学的アプローチの可能性

系外銀河の渦状腕で6種の分子を同時に検出！
⇒ 化学的アプローチがGMCの研究にも適応可能！！

課題その1: GMCの化学組成にどの程度多様性があるのか？

課題その2: 化学組成は何を反映しているのか？

例えば。。

CH₃OH: 星形成に伴うアウトフローによる衝撃波? Spiral Shock??

CCH: 大質量星からのUVIによる光解離により作られた?

HNCO: 衝撃波起源?

今後の方針

- M51のラインサーベイの完成
 - 現在約10.5 GHz終了しているが、85 - 115 GHzの30 GHzを完了させ、化学組成の概要を明らかにする
- 銀河内部の場所毎の化学組成の違い
 - 渦状腕、銀河中心、棒状構造といった、GMCが存在する環境に明かな違いがある領域での化学組成の多様性を確かめる
- 系内GMCとの比較
 - 銀河系のGMC全体で平均化した化学組成と系外銀河のGMCの化学組成の違い
- ALMAを使った系外銀河のGMCを空間的に分解したサーベイ
 - 単一鏡の大きなビームサイズでは個々のGMCを空間的に分解できないため、GMCの集合体の平均的な化学組成しか分からない。やはりGMCを空間的に分解した観測が重要