

## Molecular Hydrogen Emission from Protoplanetary Disks II. Effects of X-ray Irradiation and Dust Evolution

原始惑星系円盤からの水素分子輝線 II. X線照射およびダスト進化の影響

野村英子<sup>1),2)</sup>, 相川祐理<sup>1)</sup>, 辻本匡弘<sup>3)</sup>, 中川義次<sup>1)</sup>,  
Tom J. Millar<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> 神戸大理, <sup>2)</sup> Queen's University Belfast, <sup>3)</sup> 立教大理  
*ApJ*, **661**, 334 (2007)

近年の観測技術の向上に伴い、水素分子輝線など原始惑星系円盤からの放射の詳細観測が可能となった。一方で、観測値を再現する円盤モデルの研究が進展している。ここで原始惑星系円盤は惑星形成の場であると考えられており、観測量のモデル計算と観測データとの比較による円盤構造の理解は、惑星形成過程の解明につながる。

本研究では中心星からのX線・紫外線照射、および円盤内ダスト成長・赤道面への沈殿過程を考慮し、原始惑星系円盤モデルを構築した。さらに円盤内の水素分子各エネルギー準位滞在密度の詳細計算を行い、円盤から放射される水素分子輝線のモデル計算を行った。

さて、若いTタウ型星は強いX線・紫外線を放射することが観測的に知られているが、これらは円盤表層部のガスを加熱する。本研究の計算により、円盤内縁部の表層部においてはX線加熱が、その他の領域においては紫外線加熱が優勢であることを示した。またX線・紫外線は水素分子を励起する。本研究で円盤内の主な水素分子励起機構を調べた結果、中心星のX線が強く紫外線が弱い場合には、X線による励起が効くことが示された。中心星の紫外線が強い場合には、円盤内ダストの性質により、熱励起もしくは紫外線による励起が効くことがわかった。

ここで原始惑星系円盤内において、ダスト粒子は合体成長して赤道面へと沈殿し、やがては惑星形成につながると考えられる。本研究では、(A) べき乗のサイズ分布モデルおよび (B) 沈殿するダストの合体成長方程式を数値計算した結果を用い、円盤内ダスト進化が、円盤構造および水素分子輝線に及ぼす影響を調べた。まず円盤構造への影響に関しては、ダスト進化に伴い紫外線に起因するダスト上の光電加熱率が減少するため、円盤表層部のガス温度が減少した。その結果、水素分子の主な励起機構が、熱励起から紫外線による励起へと移行した。このため、ダスト進化に伴い円盤からの水素分子輝線比に変化が現れることがわかった。すなわち水素分子輝線比の観測により、惑星形成第一段階である円盤内ダスト進化の検証ができる可能性が示された。

## Millimeter Interferometric HCN(1-0) and HCO<sup>+</sup>(1-0) Observations of Luminous Infrared Galaxies

野辺山ミリ波干渉計を用いた赤外線銀河のHCN(1-0), HCO<sup>+</sup>(1-0)輝線の観測

今西昌俊 (国立天文台), et al.  
*AJ*, **134**, 2366 (2007)

太陽の1,000億(10<sup>11</sup>)倍以上の光度の大部分を赤外線で放射している天体は、赤外線銀河と呼ばれ、塵(ダスト)の向こう側に非常に強力なエネルギー源が隠されて存在し、そこからのエネルギー放射が一度周囲の塵に吸収され、赤外線で熱再放射されていることを意味する。そのエネルギー源は星生成か、活動銀河中心核(AGN; 質量降着している超巨大ブラックホール)である。ドーナツ状の塵に囲まれた古典的AGNとは異なり、大量のガス/塵が集中する赤外線銀河の中心核では、存在しているであろうAGNが全立体角方向隠されやすい(=埋もれやすい)ため、エネルギー源の区別を困難にしている。

AGNは、星生成に比べて以下の大きな特徴をもつ。第一に、超巨大ブラックホール周囲の降着円盤の近傍から、逆コンプトン過程により、2 keV以上の硬X線が強く放射される。第二に、エネルギー源の表面輝度が高く、数百Kの高温ダストからの中間赤外線(5-20 μm)放射が強い。赤外線銀河中のAGNの場合、吸収が大きいために、これらの特徴の直接検出は容易ではないが、周囲のガスに与える影響を通して、検出できる可能性がある。

その一つとして提唱されているのが、ミリ波のHCN(1-0), HCO<sup>+</sup>(1-0)輝線による観測である。観測的には、AGNに支配された銀河中心核は大きなHCN(1-0)/HCO<sup>+</sup>(1-0)輝度温度(=光量×波長の2乗)の比、星生成に支配された銀河は小さな比を示すという風に二極化されている。この手法を赤外線銀河に適用したのが本論文である。結果は、われわれの以前の赤外線分光観測から、強力な埋もれたAGNがあると診断されていた赤外線銀河は、大きなHCN(1-0)/HCO<sup>+</sup>(1-0)輝度温度比を期待どおり示し、星生成的な天体は小さな比を示した。つまり、赤外線分光観測の診断結果と見事に整合している。

解釈としては、以下の二つを考えている。AGNからのX線の影響により、HCNの組成比が増加すれば、クランプ構造をしている分子ガスにおいては、放射が光学的に薄くても厚くても、輝度温度が大きくなる。ある理論的計算でも、赤外線銀河中心核に埋もれて存在するAGN周囲のガスの状態として妥当な一部のパラメーターの範囲で、HCO<sup>+</sup>に対してHCNの組成比が増加するという結果が出されている。あるいは、波長14 μmにラインをもつHCN分子が、AGNからの強い中間赤外線放射によって光励起され、カスケード過程を経て、ミリ波のHCN(1-0)輝線が明るくなっているのかもしれない。より深い洞察には、赤外線銀河中心核の分子ガスの物理状態をより現実的に取り入れた理論計算との詳細な比較が必要である。