

# タイタン大気の窒素の起源：氷地殻模擬物質への衝突脱ガス実験

東京大学大学院 新領域創成科学研究科 福崎 翔

## 1. 背景

土星系最大の衛星タイタンは、窒素を主成分とする分厚い大気に覆われている他に類を見ないほど特異な天体である。タイタンの形成、進化を理解する上でこの大気中の窒素の起源の解明は最も重要な研究の1つであり、これまで多くの研究がされてきている[1,2]。近年のカッシーニ探査により、この問題に重要な手がかりとなる観測結果が得られた。それは、Ar や Xe などの希ガスがタイタン大気において著しく欠乏していることである。このことは、タイタンを形成する材料物質である周土星系原始星雲内の微衛星に、希ガス成分が含まれていないことを意味し、同様の温度・圧力条件で凝縮する窒素分子も微衛星に取り込まれていないことを示唆する[3]。したがって、現在のタイタン大気中の窒素分子は、その進化段階のどこかでアンモニア等、窒素より高温で凝縮する化学種から生成したと考えられる。しかしながら、そのプロセスや生成時期などはよく分かっていない。

## 2. 研究目的・実験

本研究では、タイタン大気中の窒素分子がタイタン形成後の彗星等による天体衝突によってアンモニア等を含む地殻・マントルから生成された可能性を評価する目的の下、衝突脱ガス実験を行った。

天体衝突によって生成される気体の化学組成を大きく左右する地殻やマントルの構成物質として、アンモニア氷や硫酸アンモニウムが地殻やマントルに含まれると考

え[4,5]、我々は、アンモニア氷および硫酸アンモニウム塩への衝突脱ガス実験を行い、窒素分子の生成、生成量を調べた。

## 3. 実験内容

実験は基盤棟・地下に設置されているレーザー銃[図 1]を用い、高出力 Glass-レーザー(~10–40 J)を金箔[厚さ: 2.5, 5.0, 10.0  $\mu\text{m}$ ]に照射し、箔表面の蒸発を推進力に金箔を標的物質に衝突させる。衝突によって生成したガスは四重極質量分析計(QMS)によって質量分析を行う。レーザー照射により生成する一酸化炭素と、生成した窒素分子を分別するため、硫酸アンモニウム塩とアンモニア氷は、同位体( $^{15}\text{N}$ )によりラベリングする。本実験で達成された衝突速度は毎秒 1.1km ~ 3.5 km である。さらに、実験系内のコンタミを評価するために blank shot も行った。

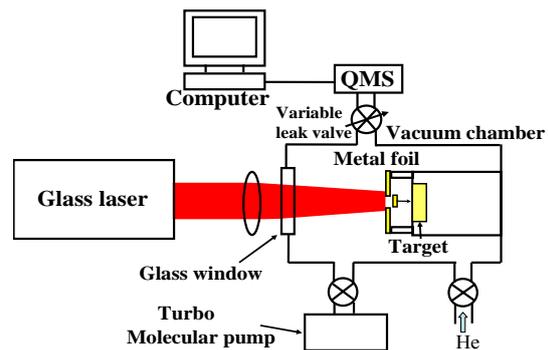


図 1. 実験装置

## 4. 実験結果

実験を行った結果、QMS 測定データ(マススペクトル)[図 2.1,2]から、硫酸アンモニウム塩やアンモニア氷への衝突による窒素分子の生成が見られた。また、金箔衝突時

のターゲット内の最大衝撃波圧力に対する窒素分子の生成量の関係から、最大衝撃波圧力の増加に伴い直線的に増加することも分かった。[図 3.1,2]

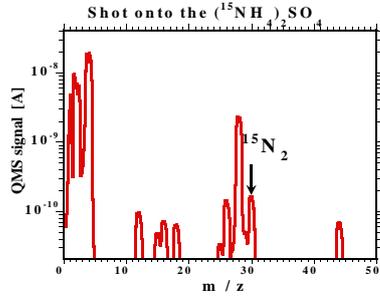


図 2.1 マススペクトル (硫酸アンモニウム)

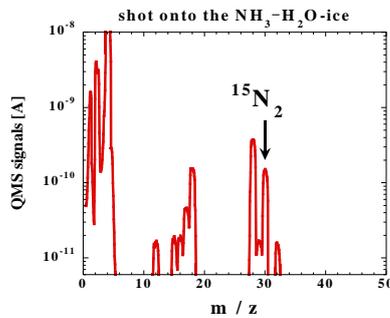


図 2.2 マススペクトル (アンモニア氷)

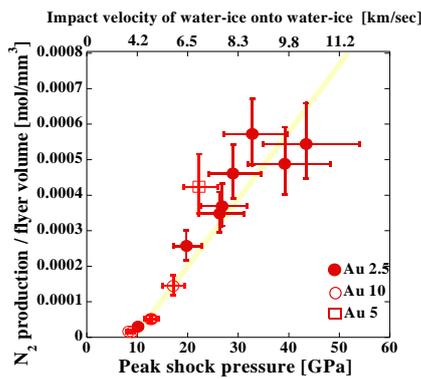


図 3.1 窒素量の見積もり (硫酸アンモニウム)

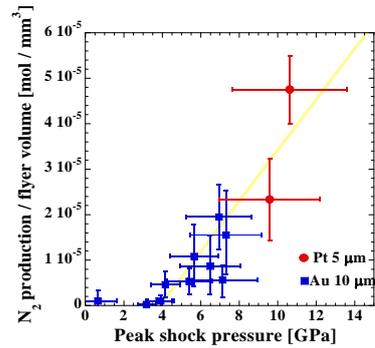


図 3.2 窒素量の見積もり(アンモニア氷)

## 5. 応用

本実験結果よりタイタン集積中の微衛星の衝突では硫酸アンモニウムから窒素分子はほとんど生成しないということ、一方彗星衝突では非常に効率良く窒素が生成されることが分かった。さらに、得られた実験データを使い、タイタン形成後 45 億年間の彗星の累積衝突頻度から窒素分子生成量を見積もった。その結果、実験から得られた彗星衝突による累積の窒素生成量は、現在の大气中の窒素量の数倍程度になり、その起源の候補として有力であることが分かった。

## 参考文献

- [1] McKay, C. P. et al., 1988. *Nature* 332, 520-522.
- [2] Atreya, S. K. et al., 1978 *Science* 201, 611-613.
- [3] Niemann, H. B. et al., 1988 *Nature* 438, 779-784.
- [4] Fortes, A. D. et al., 2007. *Icarus* 188, 139-153.
- [5] Mitri, G. et al., 2008. *Icarus* 196, 216-224.