物質と反物質から分子ができた？

Did matter-antimatter mix yield molecules?

ポジトロニウムの結合が化学の新しい世界を開く。

doi:10.1038/news05121-4/22 November 2005

Philip Ball

物質と反物質でできた「原子」から、初めて「分子」を作ることができたかもしれないという報告がなされた。この研究を行ったのはカリフォルニア大学リバーサイド校の Allen Mills たちで、2つのポジトロニウムからなる「ポジトロニウム分子」ができたことを示唆するデータが得られたという¹。

ポジトロニウムは水素原子に似ているが、その一部が反物質でできている。水素原子では、負の電荷をもつ電子が正の電荷をもつ陽子の周りを動いている。この2つの粒子がその間で働く電気的な引力によって引かれ合い、原子を形作っている。これに対しポジトロニウムでは、水素原子における陽子が電子の反粒子である陽電子に置き換わっている。陽電子は陽子と同じ正の電荷をもつが、質量は電子と同じで陽子のわずか1836分の1だ。だから、ポジトロニウムは極端に軽い「原子」である。

2 原子分子

水素原子が結合して2原子分子を作るように、理論的には2つのポジトロニウムが結合して分子を作ることが可能ではなく、化学式は Ps_2 となる。しかし、ポジトロニウムは自然界には存在しない。物質と反物質が出会うとエネルギーを放出して対消滅するからだ。陽電子と電子を人工的に結合させてポジトロニウムを作るとは1951年に初めて成功したが²、ポジトロニウムはガンマ線の形でエネルギーを放出し、すぐに消滅する。

このようにポジトロニウムは不安定なので、ポジトロニウムどうしが互いに結合するほど、ポジトロニウムのガスを高密度にすることはむずかしい。しかし Mills たちは今回、その方法を見

つけたかもしれないと語っており、ポジトロニウムでできた分子が消滅する前に短時間存在したと思われるかすかな証拠を見つけたという。

新たな化学反応

科学者たちはこれまでも、反物質でできた奇妙な物質を作り出してきた。たとえば、陽子と電子のそれぞれの反粒子でできた「反水素」が実験室で作られた。また、デンマークの研究者たちは1992年、1個のポジトロニウムと通常の水素原子を結合させ、 PsH 分子を作った³。彼らは「ポジトロニウム水」、すなわち、 Ps_2O を作ることを考えた。

しかし、もし Mills たちが本当にポジトロニウム分子を作ったならば、これは自然界に存在する原子とはまったく異なる物理的性質をもつ「爆発性」（エネルギーを放出して消滅する）の原子どうしを反応させるという、新しい種類の化学反応を行った最初の例となる。

ガラスに陽電子ビーム

Mills たちがこの不思議な分子を作り出した手順はこうだ。放射性のナトリウムの崩壊で出る陽電子のビームを、普通のシリカ（二酸化ケイ素、ごく小さな穴がたくさんあいた窓ガラスのような物質）のターゲットに当てる。衝突した陽電子の一部は電子をとらえ、ポジトロニウムを作る。ポジトロニウムは多孔質のシリカの内部にたまり、 Ps_2 ができるほどその密度が高くなる可能性がある。

研究チームは、電子と陽電子が対消滅するときに出るガンマ線の強さを測定することにより、蓄積するポジトロニウムの量を測定した。彼らは、孤立したポジトロニウムから出るガンマ線よりも、シリカから出るガンマ線のほ

理論的には、物質と反物質からできた原子からでも分子（ただし、とても不安定なもの）ができるはずだ。

うが強いはずだと予測した。物質と反物質が接近して閉じ込められると、より頻繁に対消滅が起こると考えられるからだ。しかし、ガンマ線の強さは予測されたよりもさらに強いことがわかった。そして、「ポジトロニウムの一部が結合して分子になり、電子と陽電子が衝突する確率を高めた可能性がある」と話す。

しかし、それだけがこの実験結果を説明する論理だとはいえない。対消滅の量が増えるのは、多孔質のシリカの小さな割れ目やひびの中で、ポジトロニウムのガスが通常以上に圧縮されたからなのかもしれない。研究者たちは、今後の実験で異なるターゲットを使い、どの説明が正しいのかを調べたいと考えている。

1. Cassidy D. B., et al. *Phys. Rev. Lett.* **95**, 195006 (2005).

2. Deutsch M., et al. *Phys. Rev.* **82**, 455 - 456 (1951).

3. Schrader D. M., et al. *Phys. Rev. Lett.* **69**, 57 - 60 (1992).