

宇宙における元素合成：カルシウム

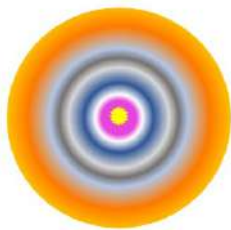
1. はじめに

今回取り上げるカルシウムは我々の骨や歯の材料であり、体内に含まれるミネラルの中で最も割合の高い元素です。生物がカルシウムを活用しだしたのは意外に古く、約5億年前にはカルシウムの殻を持つ生物が誕生しています。サンゴもその内の1種です。サンゴの群生地はサンゴ礁となり、そこに住む人々も多いですし、サンゴの殻は炭酸カルシウムと呼ばれるもので海水中の二酸化炭素を取り込む働きもしていますので、地球温暖化にも関与する重要な元素と言えるでしょう。



2. カルシウムはどこでできた

2-1. 星の内



前回の講演“鉄はどこでできたか”の中で、周期表の中で鉄よりも前にある元素は基本的には星の内部の核融合反応でできるという話をしました。カルシウムは原子番号20で鉄(原子番号26)より前にあるので、基本的に星内部の核融合反応で合成されます。ただし、カルシウムが合成されるような核融合反応が起きるためには、星の中心温度が30億度！を超えるような温度になる必要があるため、太陽の8~11倍以上という重たい星に限られます。このような星は最終的には超新星爆発を起こすので、星の内部で合成されたカルシウムも爆発によって宇宙に放出されます。

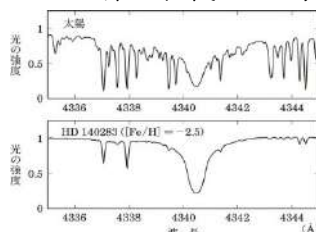
2-2. 星の外？

カルシウムの合成に関与する天体としてX線バースト天体というものがあると考えられています。この天体は名前の通りX線で爆発的に明るくなる天体で、短時間で急激に明るくなり、その後暗くなっていくということを繰り返しています。どうやら、2つの星が互いの周りを回る連星の内の1つが中性子星となっているケースと考えられており、隣の星から中性子星の表面に降ってきたガスが中性子星の表面で核融合爆発する際に、カルシウムも合成されると考えられています。右図のコンパス座X-1と呼ばれる天体では中性子星の周囲に4重のX線リングが確認されています。



3. 宇宙初期を探るカギ

3-1. 第1世代の星を探せ！



宇宙で最初に誕生した第1世代の星の研究が進んでいます。第1世代の星には水素とヘリウムしかなかったため、そのような特徴を持つ星がないか探査が続けられています。左の図は太陽のスペクトルと金属含有量が太陽の1/300しかない星のスペクトルの比較です。太陽スペクトルに比べてのっぺりしたグラフになっていますが、ここにどんな元素の信号があるのか調べることは、宇宙初期の元素合成を考える際に重要になります。

3-2. 第2世代の星からわかること

2014年、SMSS J0313-6708という星が目撃されています。この星のスペクトルには鉄の吸収線がなく、銀河系で最も古い時代にできた星であると考えられています(ただし、C(炭素)等の吸収線があるので、第1世代ではない)。一方でカルシウムの吸収線ははっきり表れています。カルシウムは重たい星の中心部の鉄とほぼ同じ領域でできると考えられるので、このようなスペクトルが現れる理由について活発な議論が起きています。



4. まとめ

カルシウムは我々の体に不可欠な元素で、生物はヒトが誕生する遥か前からカルシウムを有効に活用してきました。カルシウムは基本的には重たい星の内部の核融合で形成されると考えられますが、銀河系の中で最も古いと考えられる星からもカルシウムが検出されており、宇宙の始まりの頃を考えるかカギの1つとなるかもしれません。