



**Remnants of the early Solar System water
enriched in heavy oxygen isotopes**

太陽系の始原水が重い酸素同位体成分に富んでいた事を示す名残

**坂本直哉, 瀬戸雄介, 伊藤正一, 倉本圭, 藤野清志,
永島一秀, A. N. Krot, 坂本尚義**

北海道大学 大学院理学研究院

Science誌2007年6月14日号電子版

報道解禁時間: 平成19年6月15日(金)午前3時

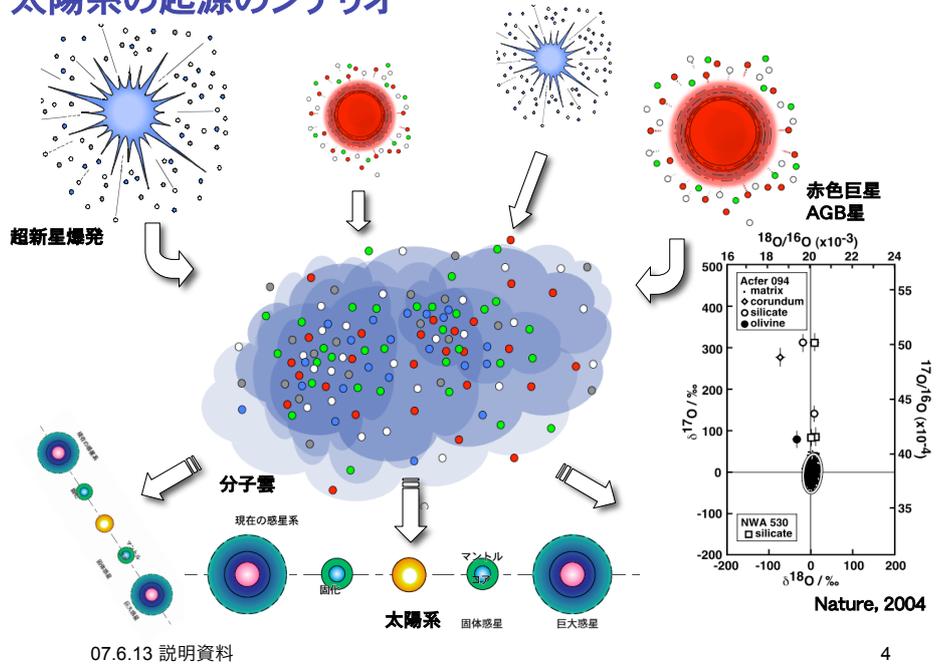
太陽系の始原水が重い酸素同位体成分に富んでいた事を示す名残

- 北海道大学 大学院理学研究院の塚本尚義教授らのグループは、隕石中から新物質を発見しました。この物質は太陽系で最も重い原子量をもつ酸素を含んでいます。この重い酸素は太陽系形成当時の水(H₂O)の酸素に由来していると考えられました。本研究により35年間ずっと追い求められていた46億年前の太陽系形成を示す重要な化石が見つかったことになり、太陽系の起源についての理解が、今後大きく進んでいきます。
- この成果は米国科学雑誌「SCIENCE」2007年6月14日号に電子版として印刷より一足先に公表されます。
- この論文の報道解禁日は2007年6月15日午前3時(日本時間)です。

07.6.13 説明資料

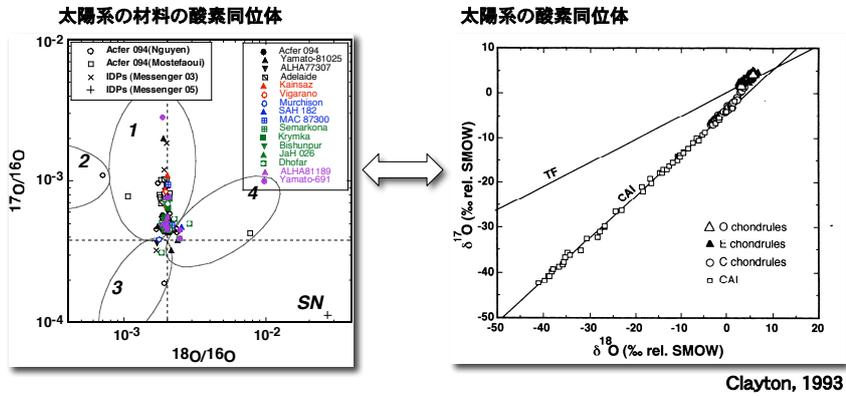
3

太陽系の起源のシナリオ



4

太陽系の起源の謎

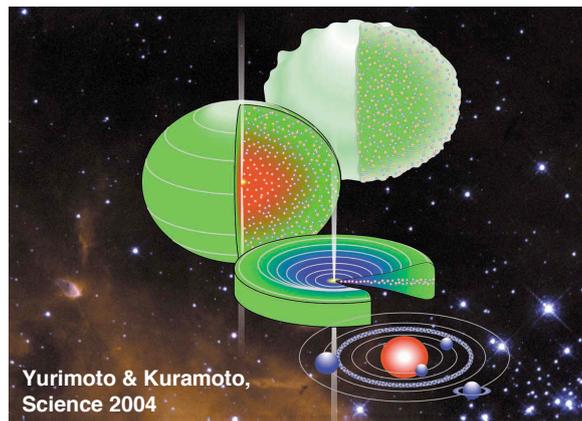


- 太陽系を作った材料の酸素の同位体比はバラバラ。
- ⇕
- 現在の太陽系の酸素の同位体比は規則正しく変化している。
(Clayton et al., 1973)

07.6.13 説明資料

5

太陽系の酸素同位体不均質の分子雲起源説

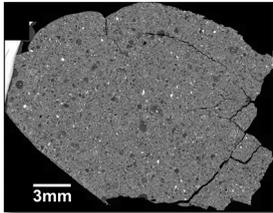


- 坂本・倉本予想: 太陽系の始原水は酸素の重い同位体成分に富んでいるはず。

07.6.13 説明資料

6

New-PCP: それは偶然に発見された!

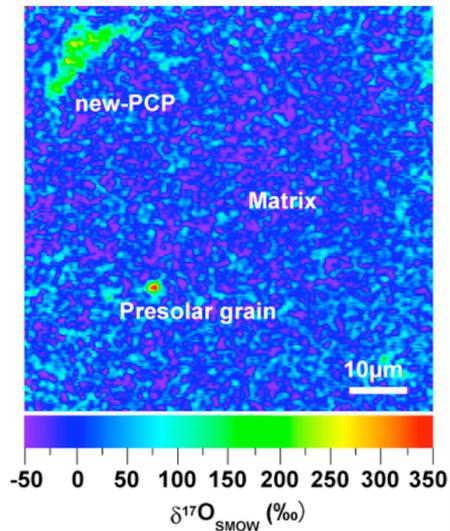


Acfer 094
炭素質隕石の
一種



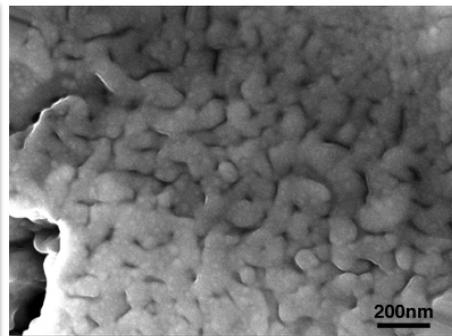
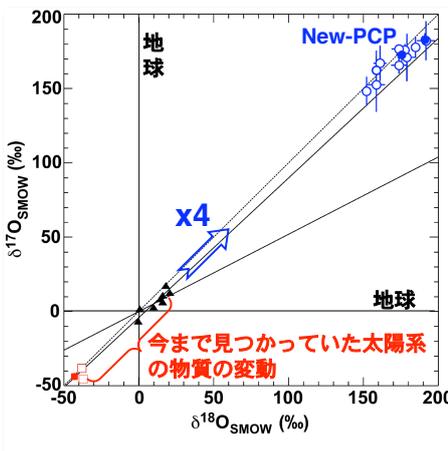
同位体顕微鏡
高精度に物質表面の同位体分布がわか
る世界でただ一つの装置

07.6.13 説明資料

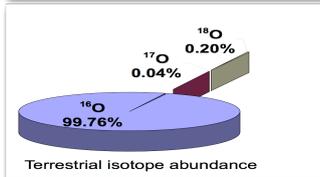


7

New-PCP: 太陽系一の重い酸素同位体を含む



New-PCPの表面微細構造
このようなナノスケールの微細構造をもつ
物質はめずらしい。特殊な生成環境を反映
している。

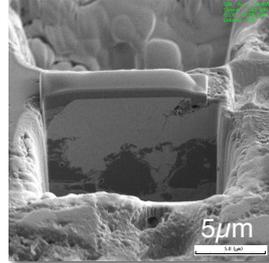


8

微細構造を調べるナノテク装置—協力企業



エスアイアイ・ナノテクノロジー社
収束イオンビーム装置



収束イオンビーム装置により隕石
から切り出しているnew-PCP



日本電子社
透過電子顕微鏡

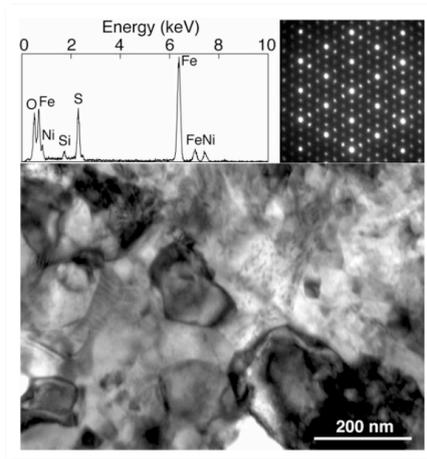


日立ハイテク社
透過電子顕微鏡

07.6.13 説明資料

9

透過電子顕微鏡による観察



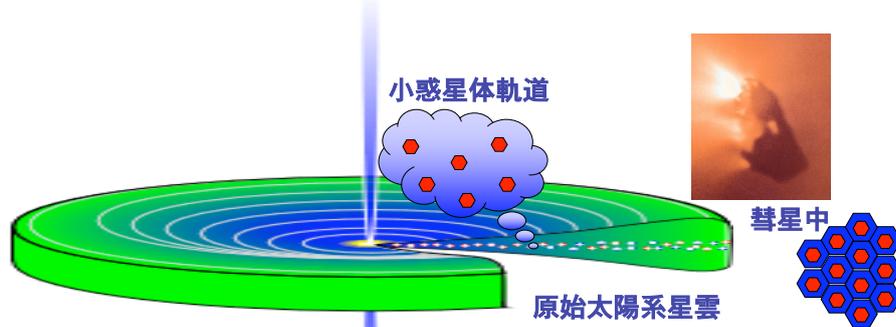
- New-PCPは鉄酸化物と鉄硫化物それぞれのナノ結晶が複雑に絡み合った状態
- 今までになかった新しい存在形態

07.6.13 説明資料

10

New-PCPの成因

- 熱力学理論により87°C以下の低温の環境で金属鉄や硫化鉄が水蒸気や氷水と反応してできることが判明。



- 太陽系の始原水は太陽系の最も重い酸素成分の貯蔵庫であった。(35年来の謎の解明)

07.6.13 説明資料

11

太陽系の始原水が重い酸素同位体成分に富んでいた事を示す名残

- 北海道大学 大学院理学研究院の塚本尚義教授らのグループは、隕石中から新物質を発見しました。この物質は太陽系で最も重い原子量をもつ酸素を含んでいます。この重い酸素は太陽系形成当時の水(H₂O)の酸素に由来していると考えられました。本研究により35年間ずっと追い求められていた46億年前の太陽系形成を示す重要な化石が見つかったことになり、太陽系の起源についての理解が、今後、大きく進んでいきます。
- この成果は米国科学雑誌「SCIENCE」2007年6月14日号に電子版として印刷より一足先に公表されます。
- この論文の報道解禁日は2007年6月15日午前3時(日本時間)です。

07.6.13 説明資料

12

太陽系の始原水が重い酸素同位体成分に富んでいた事を示す名残

Remnants of the early Solar System water enriched in heavy oxygen isotopes

坂本直哉, 瀬戸雄介, 伊藤正一, 倉本圭, 藤野清志, 永島一秀, A.N.Krot, 冢本尚義

太陽系の起源における最大の謎の一つに太陽系の酸素同位体不均質問題があります。これは1972年にシカゴ大学クレイトン教授により発見され、多くの研究者がこの謎に挑戦してきましたが、35年経った今でも決着がついていません。2004年に本研究の著者でもある倉本と冢本は、この謎に挑戦する新理論を発表しました(*Science* 誌 2004)。その理論は、太陽系ができた時代の水(水蒸気または氷)の酸素同位体比は現在の地球上の水より重い酸素同位体成分にずっと富んでいなければいけない事を予測しました。今回の発見はこの理論が正しい事を支持する結果です。

理論的には予測されていた事ですが、今回の発見はその理論予測とは無関係で、偶然に発見されました。私たちは、太陽系の材料になった物質(プレソーラー粒子)を発見し(*Nature* 誌 2004)、その研究を発展させるため、さらに詳しい探索を同位体顕微鏡を用い多くの隕石中に行っていました。その途中で、筆頭著者の坂本(博士課程学生)が偶然おかしな物質 new-PCP を見つけたのです。New-PCP は New poorly characterized phase の略で新同定不完全物質の意味です。以前に類似の同定不完全物質が隕石で見つかったいたので新がつけられました。New-PCP がどのような物質なのかきちんと決定されていないのです。

New-PCP は、太陽系で重い酸素同位体成分が最も濃縮した物質、つまり、最も重い酸素からなる物質です。この物質の発見により太陽系の酸素同位体不均質の大きさが従来の約4倍に広がりました。

New-PCP はこのように大きな酸素同位体異常をもっているばかりではなく、その化学組成においても従来の物質にはみられない特異性を持っています。New-PCP は硫化鉄と酸化鉄からなるナノクリスタルの集合体だったのです。しかし、その結晶構造等は曖昧な点が多く、より詳細な研究が、放射光や透過電子顕微鏡を用い原子レベルで現在進行中です。

熱力学計算により New-PCP のような物質は、金属鉄や硫化鉄が87°C以下の低温で水や水蒸気と反応する事により形成する可能性がある事がわかりました。ですから、重い酸素は水成分からもたらされたものなのです。したがって、New-PCP の発見により研究者が35年間探し求めていた太陽系で最も重い酸素の貯蔵庫が水成分である事が突き止められました。

以上の考察から、New-PCP は次の2カ所で生成することが推定できます。一つは、原始太陽系星雲の現在の小惑星軌道付近です。ここでは氷が蒸発し水蒸気になり、星雲中に浮いている金属鉄や硫化鉄の塵を酸化し、酸化鉄を作ります。もう一つは、彗星中です。彗星は塵と氷の雪だるまです。彗星内部の温度が上がると氷は融け、一番酸化しやすい周りの金属鉄や硫化鉄の塵と反応し、酸化鉄を作ります。このような反応が原始太陽系星雲で起こる事も倉本と冢本の理論から予想されています。