

天王星の外側を回っている天体の名前に 由来する元素はどれでしょう？ —天体と元素の物語(7)—

京都薬科大学 名誉教授 桜井 弘

長い間、原子番号92の元素ウランは周期表の最後の元素だと考えられてきました。しかし、1940年代に入ると、ウランよりも大きな元素は人間の手で作られることがわかり、人々驚かせました。なぜ、このようなことが起きたのでしょうか？

1. 原子の姿はどのように決められたか？

近代の原子の構造を解明するきっかけは、イギリスの化学者・物理学者・気象学者ジョン・ドルトン(1766-1844)が提案した原子説にはじまりました。ドルトンは相対原子質量(原子量)を提案し、元素は原子とよばれる小さな粒子でできていると考えました。その後90年ほどして、イギリスの物理学者ジョゼフ・ジョン・トムソン(1856-1940)が真空管を用いて、電圧を加えたときに陰極から発生する粒子の質量を測定して電子(エレクトロン)を発見しました。この時は、まだ電子は原子のどこに存在しているのかわかりませんでした。様々な原子構造のモデルが提案されました。

そのモデルに変革をもたらしたのは、ニュージーランド生れのイギリスの物理学者・化学者アーネスト・ラザフォード(1871-1937)でした。彼はハンス・ガイガーとアーネスト・マースデンとともに、金のうすい箔にアルファ線(正電荷を持ったヘリウムの原子核)をあてる実験を行いました。アルファ線の大部分は金箔を透過するが、一部のアルファ線は大きな角度で散乱される現象を観測しました。ぶつかるたびに大きく跳ね返す「何か硬いもの」すなわち原子核の存在を示唆しました。こうして、1911年にラザフォードたちは、電子より何千倍も重い大きさは原子の何千分の1しかない正の電気を持っている原子核を発見しました。

ラザフォードはさらに1918年に、アルファ線を窒素ガスに打ち込むと水素の原子核が検出されたため、水素の原子核は窒素に含まれていると推測しました。水素の原子核は電荷が1でありそれ以上分割できないと考えられていたため、最も基本的な物質の構成要素であると結論しました。ラザフォードは、この物質をギリシャ語で“最初”を表すプロトス(proto)からプロトン(proton)と名づけました。

一方、キュリー夫妻の娘夫妻で原子物理学者のイレース・ジョリオ＝キュリー(1897-1956)とジャン・フレデリック・ジョリオ＝キュリー(1900-1958)は、アルファ線をベリリウム金属に当てると透過力の強い未知の放射線が出ることを発見しまし

た。そこで、イギリスの物理学者ジェームズ・チャドウィック(1891-1974)は、1932年にこの未知の放射線をいろいろな物質にぶつける研究をして、陽子をはじき出されることを発見しました。この放射線は陽子とほぼ同じ質量を持ち、電荷を持たない中性の粒子であることを明らかにして、中性(ニュートラル)に由来して中性子(ニュートロン)と名づけました。質量は、1934年にチャドウィックにより決められました。

中性子の発見により、1932年にソ連の原子核物理学者ドミトリー・イワネンコ(1904-1994)は原子核の構造について「原子核の中には中性子と陽子だけが含まれており、電子は存在しない」という説を提唱し、ドイツの理論物理学者ヴェルナー・ハイゼンベルク(1901-1976)もこれを支持しました。陽子と中性子を含む原子核の周りを取り囲むように電子が運動している原子の姿が明らかになりました。

原子構造の研究の歴史を紹介したのは、原子の中で最後に発見された粒子である中性子の重要性を理解していただくためでした。電荷を持たないために無限の貫通能力を持ち、あらゆる種類の原子に侵入して原子に変換を起こすことが期待されるからです。中性子を発生させるには、当時開発が進んでいた加速器で陽子を加速して標的にあて、そこから発生する中性子を用いる方法が用いられました。後には、原子炉が開発され、それを中性子源として用いられるようになりました。こうしてウランを含むさまざまなターゲットに中性子を照射する実験が始まりました。

2. 天王星の外側を回る天体の名前に由来して名づけられた元素とは？

1934年にイタリアの物理学者エンリコ・フェルミ(1901-1991)らのグループは、様々な物質に中性子を当てる実験をしました。ウラン238に中性子を照射すると質量数が1つ大きい同位体ができ、続いてベータ崩壊して原子番号の1つ大きな原子になることを観察しましたが、核分裂による生成物が多かったため、同位体の分離は成功しませんでした。

1939年、アメリカの化学者・物理学者エドウィン・マティソン・マクミラン(1907-1991)と物理学者フィリップ・ホグ・アベルソン(1913-2004)(図1)は、ウラン238に中性子を当てて、半減期が2.4日の93番元素を作りました。核分裂生成物が多い中で化学的分離をいかにうまくするかが成功のかぎとなりました。化学的単離が実現したため、ウランよりも原子番号の大きい最初の人工元素として、超ウラン元素が認められました。そして1940年に、新元素はウランより原子番号が1大きいため、太陽系惑星で天王星(ウラヌス)のひとつ外側を回っている惑星の海王星(ネプチューン)に因んでネプツニウム(Np)と名づけられました。1942年には、ウラン238から最長の半減期 2.14×10^6 年を持つネプツニウム237がつくられ、さらに1944年には数マイクログラムが合成されました。現在では、原子炉を使って数十キログラムを作ることができます。

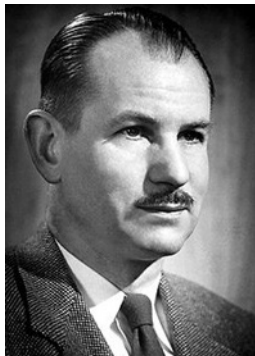


図1. エドウィン・マティソン・マクミランとフィリップ・ホーグ・アベルソン

https://en.wikipedia.org/wiki/Edwin_McMillan

https://en.wikipedia.org/wiki/Philip_Abelson

3. 軌道の理論計算から初めて発見された惑星

有名なイタリアの物理学者・天文学者のガリレオ・ガリレイ(1564-1642)は1612~13年に小型の望遠鏡で新しい惑星を発見しましたが、恒星と考えていたようでした。この惑星の存在を初めて記録したのはガリレオ・ガリレイと言われていますが、発見者とはされていないようです。

1846年、イギリスの数学者・天文学者のジョン・クーチ・アダムズ(1819-1892)は、数学的手法を用いて未知の惑星の位置を計算していました。同じ頃、フランスの天文学者ユルバン・ジャン・ジョセフ・ルヴェリエ(1811-1877)(図2)も、アダムズと無関係に、未知惑星の位置を計算しました。得られた結果をドイツの天文学者ヨハン・ゴットフリート・ガレ(1812-1910)に伝えました。これに応じて、ガレとドイツの天文学者ハインリヒ・ルイス・ダレスト(1822-1875)はベルリン天文台で屈折望遠鏡を用いて観測して、星図にのっていない天体を1846年9月に発見しました。軌道の理論計算から天体が発見された最初の例として天文学史に残る業績となりました。現在では、ルヴェリエが未知惑星の発見者と考えられてい



図2. ユルバン・ジャン・ジョセフ・ルヴェリエ

https://en.wikipedia.org/wiki/Urbain_Le_Verrier

るようです。この発見の直後、ルヴェリエは新しい惑星にローマ神話の海の神にちなんで「海王星(ネプチューン)」とよぼうと提案しました。しかし後に、自らの名前にちなんで「ルヴェリエ」という名前を付けようとしたが、フランス国外で認められませんでした。1846年12月、サンクトペテルブルクのプルコヴォ天文台の所長であるフリードリッヒ・フォン・シュトゥルーベも「海王星」の名前を提唱して、国際的に受け入れられるようになりました。

ローマ神話のネプトゥヌス(Neptūnus)は、ギリシア神話のポセイドン(Poseidōn)と同一視される海の神です。このように、神話に基づいて命名する提案は惑星の命名法では一般的であり、地球以外の全ての惑星はギリシア神話とローマ神話の神々から命名されています。海王星には大きい衛星システムがあります。他の惑星と同様に、海王星のすべての衛星は、ギリシア神話とローマ神話の神にちなんで名付けられています。海王星は約8等級なので、筆者は肉眼で見たことがありませんが、望遠鏡でみると青く見えるそうです(図3)。この青色からローマ神話の海の神に因んでネプチューンと名づけられました。

海王星の真ん中には、地球の約1.2倍の大きさのケイ酸塩、ニッケル、鉄でできた固体のコアがあり、コアは水素(80%)、ヘリウム(19%)そして微量のメタンなどの雲の層で覆われていると考えられています。このメタンが、太陽からの赤い光を吸収し、青い光を宇宙に反射して、惑星は鮮やかな青い色を持つそうです。

[文献]

- 1) 小山慶太著:『ケンブリッジの天才 科学者たち』、新潮選書、1995年。
- 2) ウィークス/レスター著、大沼正則監訳:『元素発見の歴史3』、朝倉書店、1988年。
- 3) D.N.トリフォノフ・V.D.トリフォノフ著、阪上正信、日吉芳朗訳:『化学元素 発見のみち』、内田老鶴圃、1994年。
- 4) 桜井 弘編:『元素118の新知識』、講談社ブルーバックス、2017年。

桜井 弘

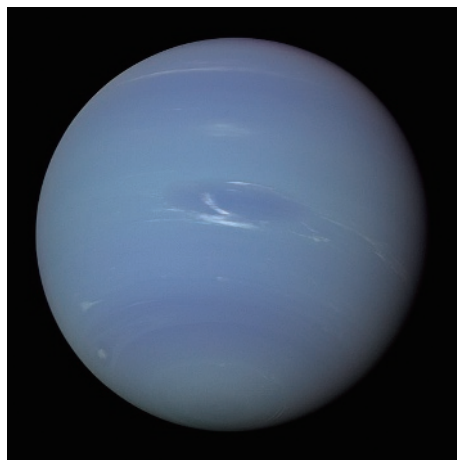


図3. ボイジャー2号が撮影した海王星
Image Credit: NASA/JPL-Caltech