



シリーズ「金属素描」

No. 20 ルテニウム (Ruthenium)

大阪大学 森 浩 亮



元素名：Ruthenium，原子番号：44，原子量：101.07，電子配置：[Kr] 4d⁷ 5s¹，密度：12.36 Mg·m⁻³ (293 K)，結晶構造：最密六方 (室温～融点)，融点：2523 K，沸点：4150 K⁽¹⁾，地殻存在量：0.6 ng·g⁻¹⁽²⁾。【写真】ルテニウム・マープル (大粒) (㈱フルヤ金属写真提供)

ルテニウム (Ru) という名は「ロシア」を意味する中世のラテン語 *Ruthenia* からつけられた⁽³⁾。金 (Au)，白金 (Pt) などの高価な貴金属の仲間ではあるが，活躍の場は装飾品ではない。したがって普段の生活ではまず耳にすることがないであろう。しかしながら，ルテニウムの応用分野は多岐に渡り拡大しつつある。本稿ではその一端を紹介する。

2016年にはおよそ30.9トンのルテニウムが消費され，そのうち13.8トンが電子機器，7.7トンが触媒，4.6トンが電気化学機器に用いられた⁽⁴⁾。白金族以外の金属とルテニウムが合金化することはほとんどないが，少量含むと様々な特性が改善することが知られている。具体的には，白金や，パラジウム (Pd) などの柔らかい金属にルテニウムを少量添加した合金は強度が増すため，電気接点に使われる。また，0.1%のルテニウムを添加したチタン (Ti) 合金は塩酸に対する耐腐食性が格段に向上する⁽⁵⁾。一方で，ルテニウム (96.2%) とイリジウム (3.8%) の超合金は美しい光沢があり，硬度が高く，耐劣化性にも優れるので高級万年筆のペン先に用いられる。

今後更なる需要の増加が見込まれる分野に触媒利用が挙げられる。ルテニウム化合物は様々な酸化状態 (0 から +8) を有するため，酸化・還元反応問わず多様な触媒反応に用いられる。有機合成化学分野では，2001年に不斉水素化反応が，2005年にオレフィンメタセシス反応が発見されノーベル賞授与事由の研究として脚光を浴びたが，いずれもルテニウム錯体が触媒として機能する。エネルギー分野では，化学肥料の原料であり水素エネルギーキャリアでもあるアンモニアの合成法 ($\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$) への貢献が期待されている。既存の鉄 (Fe) 触媒は，高温・高圧を必要とするが，ナノ構造制御されたルテニウム触媒は，水素被毒を抑制し，温和な条件下において律速段階である窒素解離を促進する⁽⁶⁾。また，光

励起寿命が長く，光励起後の電子移動過程において生ずる酸化種が安定であるルテニウム錯体の特性を利用し，色素増感太陽電池が開発されている⁽⁷⁾。

金属触媒の性能を向上させる手法として合金化が有効であるが，前述したように，ルテニウムは合金を形成しにくい。しかしナノサイズ領域では原子レベルで異種金属元素と混じりあい，ユニークな触媒性能が発現する場合がある。例えば，Ru-Pd の固溶体合金ナノ粒子は，有害な一酸化炭素の除去反応で既存の触媒を凌駕する。また Ru-Ni 固溶体合金ナノ粒子は低温での水素生成反応に超高活性を示す⁽⁸⁾。原子レベルでのルテニウムの固溶化は，その手法を含めまだまだ未開拓であるが，新たな機能発現の可能性を秘めた研究分野である。

このように魅力的な特性をもつルテニウムであるが，金属ルテニウムの融点および沸点がロジウム (Rh) やパラジウムより高く扱いやすい反面，高温酸化で生成する四酸化ルテニウム (RuO_4) は揮発性が高く，人体への影響も確認されていることからその使用には十分な対策が必要である。

文 献

- (1) 金属データブック改訂4版 日本金属学会編：丸善，(2004)。
- (2) R. L. Rundnick and S. Gao: "The Crust", Elsevier Ltd., (2004), 1-64.
- (3) V. N. Pitchkov: *Platinum Metals Review*, **40** (1996), 181-188.
- (4) U. S. Geological Survey *Minerals Year Book*, (2016)。
- (5) R. W. Schutz: *Platinum Metals Review*, **40** (1996), 54-61.
- (6) 秋鹿研一：触媒，**46** (2004), 660-666.
- (7) 荒川裕則：色素増感太陽電池，CMC 出版，(2007)。
- (8) K. Mori, K. Miyawaki and H. Yamashita: *ACS Catal.*, **6** (2016), 3128-3135.

次回！ 金属素描 No. 21 イリジウム