

ディビジョン番号	6
ディビジョン名	有機化学

大項目	9. 有機典型元素化学
中項目	9-3. 14 族元素化学
小項目	9-3-2. Ge, Sn, Pb

概要（200字以内）

ゲルマニウム、スズ、鉛の有機金属化合物には材料、有機合成反応剤、触媒として多くの用途がある。一方で、スズと鉛化合物は毒性を有するので、エミッションゼロあるは使用量を極限まで削減する工夫が求められている。これらの元素を含む生物活性物質の研究は毒性を除くと十分ではなく、今後の課題である。また、4価化合物の性質はある程度わかっているが、2価化合物とカテナーションの基礎的な研究は今後の発展が期待される。

```

graph TD
    A[Ge, Sn, Pb] --> B["R4Ge, R3GaX, E2GeX2, ...  
R4Sn, R3SnX, E2SnX2, ...  
R4Pb, R3PbX, E2PbX2, ..."]
    B --> C["カテナーション  
Ge-Ge, Sn-Sn, Pb-Pb  
低原子価化合物  
R2Ge, R2Sn, R2Pb"]
    C --> D[材料]
    C --> E[有機合成反応剤・触媒]
    C --> F[生物活性]
  
```

現状と最前線

ゲルマニウム、スズ、鉛は金属的な性質をもつ典型元素であり、有機化学的観点からは対応するアルキル、アルコキシ、アミノ、カルボキシル化合物などの有機金属化合物が重要である。様々な有機基の可能性があるので物質多様性は高い。一般に熱、酸素あるいは水に対する安定性が高く化学的に扱いやすいが、スズと鉛の化合物には毒性が有るので注意が必要である。スズと鉛は安価であるが、ゲルマニウムはやや高価である。

これらの元素をふくむ材料の前駆体として、精製の容易な有機金属化合物を利用することが行われている。熱あるいは加水分解によって制御しながら、前駆体を高分子状の不溶性膜あるいは粒状物質を生成させる方法が取られる。効率的に分解できる化合物の探索、分解法の研究、生成した物質の評価、材料への応用の研究が精力的に行われており、さらに発展するものと期待される。

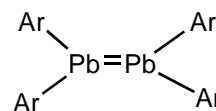
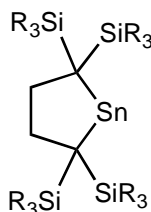
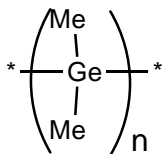
スズ、鉛の有機金属化合物は有機合成反応剤あるいは触媒に広く用いられている。それ自体は一般に安定で反応性が高くないので、求核剤、ルイス酸、遷移金属錯体によって活性化する方法が探索されている。安定に保存できるが必要に応じて高い反応性を示すこと、また活性化剤によって特徴的で多様な反応性を示すという点で高いポテンシャルをもつ。しかし、安全性の点で工夫が必要であり、リサイクルシステムによるエミッションゼロの実現が求められる。

あるいは、反応系を工夫して、使用量を極限まで削減することも解決策として重要である。なお、ゲルマニウム化合物の合成的な利用は十分ではなく今後の課題である。

これらの14族化合物の生物活性の研究は、スズと鉛化合物の毒性に関して以外はあまり進んでいない。炭素の同族元素であることに着目すれば、既存の炭素化合物の一部をゲルマニウム、スズあるいは鉛で置き換えることには意義がある。

物質の多様性という観点からはカテナーションと低原子価化合物に将来性がある。カテナーションはゲルマニウム-ゲルマニウムなどのような同じ元素間の結合であり、これが可能な元素化合物は極めて多様性に富む。単結合化合物に加えて多重結合化合物の研究が進むことが期待される。ただし、ゲルマニウム、スズおよび鉛化合物のいずれも合成法と取扱い法の開発が未成熟である。また、これらの元素化合物では4価化合物がよく知られているが、2価化合物も存在する。この低原子

価化合物の研究も遅れており、4価あるいは0価化合物との酸化還元挙動や2価化合物に特有の性質などが未解明である。高配位化合物も重要である。



#### 引用文献

1. “Germanium Organometallics”, “Tin Organometallics”, “Lead Organometallics”, In Comprehensive Organometallic Chemistry, III, Vol. 3, pp. 699–903 (2007).
2. 第5版実験化学講座18「有機化合物の合成VI 金属を用いる有機合成」p. 183 (2004) 丸善.

#### 将来予測と方向性

- ・ 5年後までに解決・実現が望まれる課題  
有機スズ、鉛化合物を触媒量用いる化学プロセスの開発  
材料への応用
- ・ 10年後までに解決・実現が望まれる課題  
有機ゲルマニウム、スズ、鉛化合物の生物活性の研究  
カテナーション、低原子価化合物の化学的研究

#### キーワード

材料, 生物活性, 14族有機金属化合物, 有機合成反応剤, 触媒

(執筆: 山口雅彦)