

超高圧力下の水素化物超伝導体の合成研究

High-Pressure Synthesis of Superhydrides

阪大基極セ ○清水 克哉

Osaka Univ.¹, Katsuya Shimizu

E-mail: shimizu.katsuya.es@osaka-u.ac.jp

火山性のガスのなかでも猛毒の硫化水素を低温で液化して高压容器で圧縮すると、固体金属になるばかりでなく転移温度が 200 K を超える超伝導体になることが発見された[1]。これを機に様々な水素化物超伝導体 (Superhydrides) に高温超伝導の期待が高まっている。

そもそも水素の高压金属状態には室温超伝導の期待がされていた[2]。ただし、それに必要な圧力は現在の高圧実験技術では達成できておらず実現に至っていない。単体水素に代わり、水素を多く含む化合物＝水素化物が室温超伝導の候補に提案され[3]、前述の硫化水素の超伝導が発見されたわけである。我々が再現実験と結晶構造解析を行った結果、硫化水素の超伝導体は理論予測[4,5]された硫黄の 3 水素化物 (H_3S) であることが判明している[6]。さらに従来型超伝導体＝BCS 理論に基づく超伝導体であると結論された。銅酸化物超伝導体をはじめ他の高温超伝導体は、その発現機構が未だに不確かである一方で、BCS 超伝導はよく理解されているので、結晶構造などのパラメーターが計算できれば、 T_c はおおよそ予測できる。水素化物超伝導体の理論的探索は、周期表のなかから元素を選び水素とともに圧縮して、安定な結晶構造構造とその構造における超伝導性を計算する。当時、我々は既知の H_3S の水素と硫黄からの直接合成実験に 3 年を費やしたが[7]、これとは比較にならないすさまじい速さで計算機の中での合成実験はすすみ、室温超伝導を実現する可能性のある候補物質が次々と示されてきている。

理論計算技術の発展により、実験家のセレンディピティに頼ることなく理論計算が新しい高温超伝導体の探索を主導していくようになったともいえる。原料元素と水素を高压発生容器の試料室に封じ込め、理論予測された圧力まで加圧して加熱することで水素化物を合成し、その合成物の結晶構造と超伝導性を検証する実験を行っている。本講演ではこの合成実験の詳細を紹介する。

ごく最近、室温を超えたとする実験結果が報告されたのち撤回された[8]。また、理論提案された水素化物がその通りに合成され、計算通りの T_c が観測されたという報告もまだ限られている。理論計算の精度のさらなる向上に加えて、適切な合成手法の確立が必要であると考えている。

参考文献

- [1] A. P. Drozdov *et al.*, Nature **525**, 73 (2015), [2] N. W. Ashcroft, Phys. Rev. Lett. **21**, 1748 (1968), [3] N. W. Ashcroft, Phys. Rev. Lett. **92**, 187002 (2004), [4] Y. Li *et al.*, J. Chem. Phys. **140**, 174712 (2014), [5] D. Duan *et al.*, Sci. Rep. **4**, 6968 (2014), [6] M. Einaga *et al.*, Nat. Phys. **12**, 835 (2016), [7] H. Nakao *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. **88**, 123701 (2019), [8] E. Snider *et al.*, Nature **586**, 373 (2020)