

超高压物質科学：新奇高密度相の探索から材料応用へ

High-pressure materials science: Exploration of novel dense phases and its application to practical materials

遊佐 齊¹、川村史朗¹、谷口 尚¹、亀卦川卓美²、若林大佑²
物質・材料研究機構¹、高エネルギー加速器研究機構²

高压下で物質は高密度化するために、多様な構造に変化してゆく。その過程で多くの物質は、ダイヤモンドに代表されるように、より“硬い”物質へとその性質を変えていく。その“硬い”性質は産業における切削工具材料として広く使われている。

近年、我が国の基幹産業を支える製造業における、多様な金型部品及び軽量高強度難削材料の精密機械加工の需要増加に伴い、切削工具材料の高度化が望まれている。窒化物は硬質材料としてのみならず、炭化物と比較して鉄系金属材料との親和性が低く、切削加工時の耐摩耗性に優れるとされている。現在、新たな窒化物硬質材料開発を目指して、高压合成法を軸に放射光科学と緊密に連携し新物質探索を進めている。

物質・材料研究機構（NIMS）では大容量ベルト型高压装置（最大3万トン）により実用大サイズの焼結体を作成が可能であり、高エネルギー加速器研究機構（KEK PF-AR）に於いては、超高压状態下の物質を知るためのX線回折実験システム（MAX80）が運用されている。また、KEKは微小試料の高压結晶構造・圧縮挙動をより高い圧力下で決定するための、ダイヤモンドアンビルセル（DAC）実験に特化したビームラインも有する。このような特徴を有する高压実験設備に加え、光物性物理（筑波大）および計算科学による高压構造物性予測（AIST）等による協同により、TIA かけはし「窒化物高压構造探索による新たな超硬質高密度材料開発のための調査研究」を展開している。

注目している研究の一つは、硬質材料候補としての5d遷移金属窒化物に関するものである。ベルト型装置利用では、大きな容積を活かし、高压下メタテシス反応による難窒化物合成のための様々なノウハウを培っている。合成例としては、窒化タングステンおよび窒化レニウム化合物がある。これらの合成物質について、PF-ARにおいて、DACによるX線回折実験で構造と圧縮状態について精査し、窒化タングステン高压相の中で最も高い体積弾性率を有する構造を特定した。この知見をもとに、ベルト型装置による実用大焼結体の合成研究をおこなっている。窒化レニウムについては、二硫化モリブデン構造と同構造の相が得られ、面内非圧縮性の高い、新規二次元層状物質であることが見いだされた。この物質は光透過性を有することから、今後の展開が期待される。また、窒化タンタル高压相に関して、MAX80により、逐次構造相転移の様子が高压下で直接観察された。得られた温度・圧力条件は、緻密焼結体合成に向けて重要な情報となると考えられる。このような超硬質物質合成研究例についてポスターで紹介する。