

金属中の点欠陥と溶質原子との相互作用

森 幹芳

金属を高温から急冷したり、低温で電子線照射を行うと原子空孔や格子間原子及びそれらの複合した点欠陥が多量に導入される。点欠陥の挙動を詳細に知ることには固体そのものの物性を理解する為に必要不可欠である。点欠陥は特に金属の拡散、照射損傷、時効現象、力学的性質などに重要な役割をはたす。これらの現象を理解する為には点欠陥についての詳細な知識を必要とする。一般に、点欠陥はある温度で離合、集散を重ねさまざまな複合体を形成し、それらの挙動は溶質原子により著しく影響をうける。そのため点欠陥と溶質原子との相互作用を知することは非常に重要である。

本研究では、FCC金属の代表であるAu、Alを母材としてAuにCoを、AlにFeを溶質原子として微量ドーパしたものを試料として用い、点欠陥とこれら溶質原子との相互作用を調べた。点欠陥は急冷により原子空孔を、78 Kでの電子線照射により原子空孔と格子間原子を導入した。測定手段としては、電気抵抗測定、陽電子寿命測定、メスバウアー効果測定を用いた。電気抵抗測定は試料全体にわたる巨視的な量を極めて精度よく定量的に評価できる。陽電子寿命測定は空孔型欠陥に非常に敏感で欠陥の空隙の大きさを知り、点欠陥の挙動を知ることがごできる。メスバウアー効果測定は点欠陥とプローブ核である溶質原子が結合した時、原子核と周囲の電子との相互作用（超微細相互作用）を知ることができる。これらの結果を重ね合わせることで、詳細に点欠陥と溶質原子との相互作用に対する知見が得られる。

上の3つの方法を行った結果、Au中の原子空孔とCo原子とは、急冷後の等時焼鈍実験で3つのステージより成る複雑な回復過程を示し、その相互作用は強いということがわかった。最初の2つのステージは原子空孔-溶質原子対（VSペア）のペア運動で反応が律速することが判明した。最後のステージはVSペアの解離がおきており、これを利用して求めたVSの結合エネルギーは 0.33 ± 0.05 eVと評価された。電子線照射による電気抵抗測定の結果からその全回復量は純Auの4~5倍も大きく、Au中の格子間原子とCo原子の相互作用も強いことがわかった。Au中の格子間原子とCo原子とは複合体を形成していることがメスバウアー効果測定で観測された。Al中のFe原子と原子空孔は、急冷後の電気抵抗変化が純Alより複雑であることや回復が遅れることから、それらの相互作用は強いと考えられる。電子線照射によって導入された格子間原子はFe原子と結合して複合体を形成し、メスバウアー効果測定から観測され、そのスペクトルが4.2 K~60 Kの温度範囲で大きく変化することから、Fe原子は "cage motion" すなわち制限された局所領域での動的な挙動していることがわかった。