

## TK-26型キャスク型式証明 ほう素添加アルミニウム合金の説明方針について

- ・ 本申請で使用するバスケット用ほう素添加アルミニウム合金（以下、「本アルミ合金」という）は、強化機構として、Mgの固溶強化及びMn系化合物の分散強化を用いている。これら2点の強化機構が供用期間60年の熱履歴を踏まえて評価され、その上で本アルミ合金の許容応力設定が適切であることを示す。
- ・ Mgの固溶強化については、軽金属学会誌に投稿した研究論文に示されたMg添加量に基づき許容応力を設定すれば、60年後においても強度低下が生じることはない。しかしながら、当該論文はほう素添加していないAl-Mn-Mg合金のデータによるものであるため、ほう素添加が本アルミ合金に及ぼす影響を確認する必要がある。
- ・ 本アルミ合金についても、当該論文と同等の試験を実施しており、その結論が変わらないことを確認している。具体的には、ほう素を添加した高濃度Mg材（他の成分は同等）におけるMg系化合物の析出速度を比抵抗変化量の解析により評価し、当該論文のそれと比較することで影響の無いことを確認した。これらの評価に使用した試験結果は、全て（125, 150, 175, 200）℃×10,000hの長時間熱処理によるものである。
- ・ この結論の信頼性向上に資するため、本アルミ合金と当該論文の材料について以下の組織観察を通じ、ほう素添加の影響を評価した。
  - 1) 本アルミ合金は、ほう素添加により結晶粒が微細化する。これは、定性的にはMg系化合物の析出速度を増加させる方向の組織変化であるが、上述の試験結果より定量的な影響は認められなかった。このため、本アルミ合金において、Mg系化合物の析出速度に結晶粒組織は影響を及ぼさないことが確認された。なお、微細化の確認方法としては、偏光顕微鏡の観察結果並びに切片法による結晶粒径の比較を実施した。
  - 2) 本アルミ合金は最終熱処理として焼なまし処理（0材処理）を実施するため、再結晶の駆動力となる転位組織はほとんど除去される。このため、キャスクの使用環境により結晶粒組織が変化することは無い。このことを、60年間の熱履歴を模擬する加速試験（300℃×1,000h）の前後における偏光顕微鏡の観察結果と切片法による結晶粒径の評価により確認した。
  - 3) 本アルミ合金のほう素化合物は、溶解工程（製造時）においてMgを僅かに吸収する。しかし、ほう素化合物に含有されるMg量が変わらないことを長時間熱処理前後のX線回折分析（以下、「XRD分析」という）と電子線マイクロアナライザ（以下、「EPMA」という）により確認した。
  - 4) 本アルミ合金のほう素化合物の分散状態が、60年間の熱履歴を模擬する加速試験により変化していないことをEPMAにより確認する。なお、組織変化のメカニズムに関する考察により、キャスクの使用環境で変化しないと判断されることも説明する。
- ・ Mn系化合物の分散強化については、60年間の熱履歴を模擬する加速試験の前後で、本アルミ合金のMn系化合物の析出組織を透過電子顕微鏡観察により比較し、ほう素添加の影響が無いことを確認した。また、加速試験前後のMn系化合物の組成をXRD分析により比較し変化がないことを確認した。
- ・ また、加速試験として300℃×1,000hとした妥当性について、Mnの拡散距離を指標に用いて説明した。
- ・ なお、本アルミ合金の許容応力は、当該加速試験後、すなわち60年後の組織状態を保守的に模擬した試料の試験データにより決定した。また、JSME発電用原子力設備規格 材料規格に準拠して決定した。
- ・ 当該加速試験前後の機械特性についてt分布を用いた統計処理により比較し、本アルミ合金が60年後においても強度低下しない、熱的安定性に優れた材料であることを確認した。