

別紙 4

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

主 論 文 の 要 旨

論文題目：ガンマ線照射がコンクリートの力学的特性に与える影響に関する研究 (Impact of gamma-ray irradiation on physical properties of concrete)

氏 名：石川 俊介

論 文 内 容 の 要 旨

原子力施設におけるコンクリート構造物は、供用期間中の環境によって材料レベルで変質が生じる可能性がある。原子力施設におけるコンクリート構造物の大部分は、取り替えることができないため、長期間の運転のためには、経年変化を予測し、長期間に渡って健全であることを確認することが重要となる。放射線照射の影響に対して、構造物に要求される機能が維持され、コンクリート構造物が長期的に健全であることを評価する方法として、日本国内ではこれまで運転期間中の中性子およびガンマ線の累積照射量が下記の目安値以下であれば健全であると評価してきた。

中性子照射 : 1×10^{20} n/cm²

ガンマ線照射 : 2×10^{10} rad (2×10^8 Gy)

この目安値は、Hilsdorf 論文を基に設定されている。しかし、Hilsdorf 論文に引用されている元文献のデータは、軽水炉に用いられているコンクリートと異なる構成材料を用いた例や軽水炉の環境条件と大きく乖離しているもの、試験条件（温度やセメントの種類など）が異なるものが含まれていることが指摘されている。

コンクリートは、水、セメント、骨材などの複数の材料から構成される。構成材料により放射線照射の影響は異なり、個々の構成材料に生じた変化が組み合わさった結果としてコンクリートの強度や剛性などの力学的特性が変化することになる。そのため、放射線照射によるコンクリートの劣化メカニズムを明らかにするためには、個々の構成材料レベルでの放射線影響の理解が必須となるが、その理解は十分ではない。

物質にガンマ線が照射されると、ガンマ発熱により温度上昇が生じ、同時に熱・乾燥の影響を受ける。そのため、ガンマ線照射正味の影響を正確に把握するためには、同時

に生じる熱・乾燥による影響を把握して差し引いて評価する必要がある。

コンクリートにガンマ線が照射されると、コンクリート中に含まれる水が放射線分解され、水素などのガスが発生し、乾燥を促進させる。また、コンクリート中の水、特に化学的結合水の分解程度の把握は、セメントペーストの安定性を知る上で有益な情報となる。

国際的に原子力発電所の長期運転や運転延長の重要性が高まる近年において、放射線照射がコンクリートの力学的特性に与える影響についてメカニズムから明らかにすることが望まれる。

本研究では、原子力施設におけるコンクリート構造物が受ける放射線のうち、ガンマ線照射がコンクリートの力学的特性に与える影響を把握することを目的として、コンクリートおよびその構成材料である骨材とセメントペーストに対して、コンクリートの健全性の目安値である 200 MGy を最大の照射量としてガンマ線照射試験を実施し、実験的検討を行った。本研究を進めるにあたり以下の点に配慮した。

- ・セメントペーストや骨材といったコンクリートの構成材料レベルでのガンマ線照射による影響を把握し、その結果に基づきコンクリートとしての影響を把握する。
- ・リファレンスとして加熱試験および乾燥試験を実施し、熱・乾燥による影響を分離して、ガンマ線照射正味による影響を把握する。
- ・ガンマ線照射により生じるセメントペースト中の水、特に化学的結合水の分解に着目した試験を実施し、セメントペーストの安定性について把握する。

ガンマ線照射に対するセメントペーストの安定性を把握する目的で、セメントペーストの水和物の一部を構成する化学的結合水の分解程度に着目したセメントペーストのガンマ線照射試験（化学特性試験）を行った結果、ガンマ線照射により分解される水分は主に蒸発性の水であり、化学的結合水はほとんど分解されないことを確認した。

セメントペーストの物性に与える影響を把握するために実施したセメントペーストのガンマ線照射試験では、照射量 50 MGy の範囲においてセメントペーストの曲げ強度の低下は確認されず、むしろガンマ線照射下で中性化が進行する場合はセメントペーストの強度が増進する可能性があることが示された。

骨材の物性に与える影響を把握するために実施した 4 種類の骨材のガンマ線照射試験では、照射量 100 MGy の範囲において、熱・乾燥影響と同様に骨材の強度変化および体積変化は見られず、ガンマ線照射による影響は有意ではないことを確認した。

コンクリートの物性に与える影響を把握するために実施したコンクリートのガンマ線照射試験では、照射量 200 MGy の範囲において、コンクリートは中性化によって圧縮強度が増大する傾向があり、また、その影響は大きく卓越しておらず、同時に生じる熱・乾燥による影響と大きな差異はないことを確認した。

本研究において実施した一連のガンマ線照射試験では、ガンマ線照射による影響は同時に生じる熱・乾燥による影響と同程度であり、ガンマ線照射特有の劣化は生じないと結論付けることができ、現行のガンマ線照射に対する規制は撤廃できると考えられる。