

液体および固体中の環境中性子エネルギー分布

浜島靖典・小村和久

〒923-1224 石川県能美市 金沢大学 LLRL, K-INET

HAMAJIMA, Y., KOMURA, K.: Energy distributions of environmental neutron in liquids and solids

1. はじめに

環境中性子の起源は、主に1次宇宙線と大気との核破砕反応による2次宇宙線成分の一つとして、また一部は放射性壊変による事が知られている。環境中性子誘導核種は、地球科学分野で年代測定や浸食の研究に有用に用いられている。一方、極低レベル放射能測定の際には妨害となることがある^{1, 2)}。いずれの場合も、物質中の環境中性子誘導核種分布、或いは中性子束分布を知ることが重要である。しかし、1970年代以後、カウンターを用いた大気中の高度分布は報告されているが、固体や水中深度分布の詳細な報告例は少なく、計算により推定されていた³⁾。本研究では、金箔を環境中性子で照射し $^{197}\text{Au}(n, \gamma)^{198}\text{Au}$ 反応で生成したAu-198を測定することにより、淡水、海水、コンクリート、鉄及び鉛中の環境中性子束分布を深度分解能、中性子束共に精度よく測定した。この測定は、旧尾小屋鉱山トンネル内の地下測定室（水深換算270m）に設置した計11台の高分解能・高効率・極低BGのGe検出器⁴⁾を同時に用いる事で可能となった。また本報告では、この実験結果と中性子輸送のMCNP計算結果の比較をおこなった。

2. 実験

16から33gの金箔を、淡水、海水中に水平に吊るした。また重ねたコンクリート板、鉄板、鉛板の間に挿入した。約20日照射後、尾小屋地下測定室で、生成したAu-198の412keV γ 線を約4日間同時に測定した。金標的中の放射能は全て熱中性子によると仮定し、各深度の中性子束を求めた。中性子自己しゃへい、輸送中の照射、 γ 線の自己吸収、計数効率等の補正を行っ

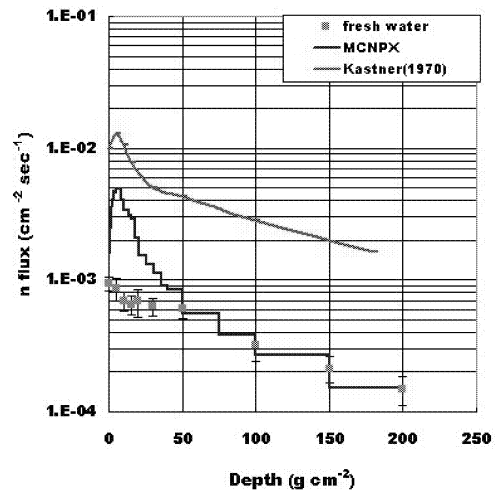


Fig.1 Depth profiles of experimental (points) and simulated (solid line) environmental neutrons in fresh water. (Upper solid line was reported by Kastner et al.⁶⁾)

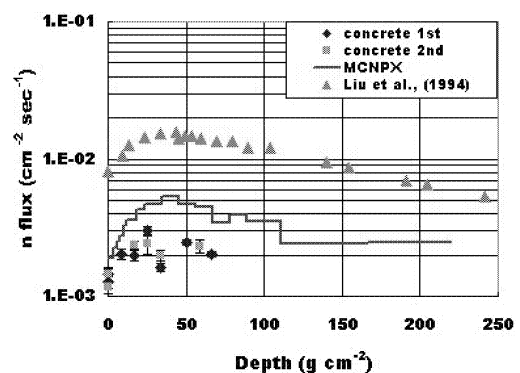


Fig.2 Depth profiles of experimental (points) and simulated (solid line) environmental neutrons in concrete. (Triangles were reported by Lue et al.⁷⁾)

た⁵⁾。

計算コードはMCNP 4C, MCNPX2.4.0により再現性を検討した。3種類の中性子エネルギースペクトル源を仮定してそれぞれ各物質中の深度分布を計算し、金の励起関数と積分し生成放射能を求めた。

3. 結果と考察

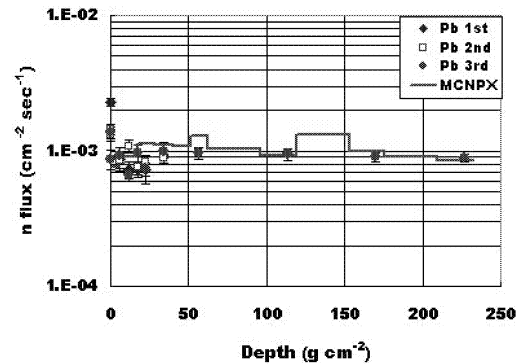
実験結果の中から、淡水、コンクリート及び鉛中の金の放射化法とMCNPX2.4.0計算で求めた環境中性子束深度分布を図1, 2, 3に示す。深度0 g cm⁻²の絶対値の差は、照射期間中の空气中環境中性子束強度差に由来する。検討の結果、計算にはMCNPX2.4.0を用い、環境中性子と同等のエネルギー分布を持つ大気中一様分布の中性子源を仮定した。

淡水中の分布は実験結果では、ほぼ指数関数的に減少したが、計算では10-20 g cm⁻²に極大が見られた。50 g cm⁻²から200 g cm⁻²までの範囲ではよく一致した。

コンクリート中では30 g cm⁻²から40 g cm⁻²まで増加後減少の実験結果を計算結果はよく再現した。

鉛中では表面付近で減少し、その後227 g cm⁻²までの範囲ではほぼ一定で、極大は見られなかった。表面以外では計算結果は実験結果をよく再現した。

図のように、物質によって中性子束深度分布は大きく異なるが、金中の生成放射能分布はMCNPX2.4.0計算で分布、絶対値ともよく再現された。



Depth profiles of experimental (points) and simulated (solid line) environmental neutrons in lead.

文献

- 1) Komura, K. and Hamajima, Y., Applied Radiation and Isotopes, 2004, **61**, 185-189.
- 2) Komura, K., J. Radiation Research, 2001, **42**, S17-S29.
- 3) Dunne, J. A. and Elmore D., Earth and Planetary Science Letters, 2003, **206**, 43-49.
- 4) Hamajima, Y. and Komura, K., Applied Radiation and Isotopes, 2004, **61**, 179-183.
- 5) Hamajima, Y. and Komura, K., Radioactivity in the environment, 2006, **8**, 511-519.
- 6) J. Kastner, B. G. Oltman, Y. Feige, R. Gold, and F. Congel, IEEE, Nucl. Sci., 1970, **17**, 144.
- 7) B. Liu, F. M. Phillips, J.T. F. Martin, M. M. Fowler, and D. Stone, Water Resources Res., 1994, **30**, 3115