

長期間航走水中無人航走体の動力検索 (3) 小型炉心の課題 Study on Power Source for Long-Endurance Underwater Unmanned Vehicle

(3) Challenge of Small Furnace

艦磁研 廣田 恵

Naval Ship M&UEP R.C., Megumi Hirota

E-mail: kanjiken@nmurc.com

大規模にして複雑なシステムでありその設計に高性能のコンピュータを要するものであっても、その構成する部分を見子細に見ていくと基礎的な計算から成り立っている。物事を理解するうえで基礎的な計算による試みの一つとして、水中を長期間無人で自律的に行動する無人水中航走体 (UUV: Unmanned Underwater Vehicle) の可能性を考えている。既存の商用化あるいは研究報告、開発中の大型 UUV の性能諸元を調べ、まず船用小型軽水炉の研究¹⁾を参照し、炉を横置きとすることで UUV を運用に適した大きさにできると結論した²⁾。次いで、より定量的な検討を進めるため、搭載を考える UUV (「搭載 UUV」という) に現在米国で開発が報告されている Orca 型 UUV³⁾ (長さ 26 m、幅及び高さ 2.6 m) を参考にした。搭載 UUV の目標仕様として進出速力 6 kt、巡航速力 3 kt とした。前報⁴⁾では搭載 UUV の推進に必要な動力を周辺を取り巻く流体の摩擦抵抗から求めて 6.3 kW とし、航走体の管制及びデータ収集のための機器の電力を合わせて熱出力 134 kW の動力源を要するとした。本報からは寸法を搭載 UUV に納める原子炉で 134 kW の熱出力を長期間安定して ^{235}U の核分裂連鎖反応から得る場合の課題を基礎的な計算により順次取組む。

まず核反応によって生成する中性子の平均エネルギー 2 MeV を核分裂反応効率の高い 0.025 eV に減速するモデル計算として熱伝達材に含まれる陽子による散乱を計算した。散乱は完全弾性散乱として被散乱粒子の表面法線方向にのみ力がかかる。Figure 1 の位置関係で入射、被散乱粒子質量は同等($m=M$)から 1 回の陽子による散乱で中性子のエネルギーの減衰率は散乱角で積分したものとなる (下式)。ただし、 $A = m/M$, r は陽子半径である。

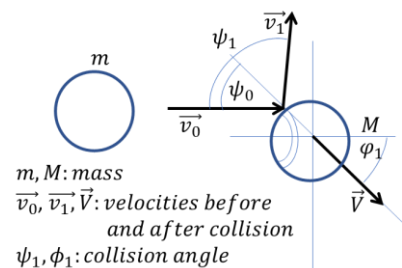


Figure 1. Elastic collision status of neutron generated by nuclear fission

$$\left(\frac{v_1}{v_0}\right)^2 = \left[\frac{r^2 \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi} \frac{2\pi \cdot \frac{1}{2} A \cos(2\psi)}{1+A} \sin(\psi) d\theta d\psi}{\pi r^2} \right]^2 = 0.44$$

n 回の散乱でのエネルギーの減衰は n 乗となり、無限に広がる媒質中で反応生成中性子のエネルギーが目標値に達するには 23 回の弾性散乱による結果となった。軽水を熱伝達材とする場合に核反応生成中性子の平均自由行程を算出したところ搭載 UUV の寸法を越える結果となり、超小型化の一つの課題が抽出できた。

参考資料 1) 日本原子力研究所原子力船研究開発の現状(1995.3) 2) 廣田：応用物理学会第 82 回秋季学術講演会 11a-S401-5 3) www.naval-technology.com/projects/orca-xluuv/ 4) 廣田：応用物理学会第 83 回秋季学術講演会 22p-C101-6