

氏 名	青 山 勲 あお やま いさお
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 913 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 9 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	生態系における放射性物質の挙動に関する基礎的研究

論文調査委員 (主 査) 教授 井上頼輝 教授 高橋幹二 教授 筒井天尊

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は原子力施設から発生する放射性廃棄物の海洋処分に関連して、工学的な安全管理、環境制御を行う立場から、環境中における放射性核種の移行に注目し、水圏生態系の放射能汚染に伴う国民の放射線被曝を推定するための基礎的知見を得ようとするものであり、8章から成っている。

第1章は、放射性廃棄物の管理および生態系における放射性物質の挙動について概括し、放射生態学の問題についての著者の見解と立場を述べ、研究目的を明らかにしている。

第2章においては、放射性廃棄物深海処分の安全評価法を提案している。すなわち、深海に投棄処分されたセメント固化体からの放射性核種の浸出量を求め、海洋の二層モデルに基づいて、底層から表層への拡散移行を考えることにより、表層における放射能濃度を計算し、表層に棲息する水産生物の旅射能汚染に伴う人間の個人および集団に対する放射線被曝線量の子測を行っている。また、感度解析の手法によって、濃度予測中に含まれるパラメーターのうち、被曝線量におよぼす影響の最も強いキーファクターの考察を行っている。

環境における放射性核種の挙動は、物理・化学・生物学的過程の重なり合ったものであるが、水圏環境では特に放射性核種の物理化学的存在形態が重要である。第3章では、錯形成論からイオン状で存在する微量金属の錯体生成比を計算し、濾過法、透析法、吸着法、遠心分離法等によって放射性核種の化学的存在形態を求め、理論と比較検討している。

第4章から第6章までは、水産生物による放射性物質の濃縮過程を動力学モデルにより解明し実験的に検証したものである。先ず第4章では、水圏生態系の第一次生産者である植物プランクトンによる濃縮過程をその増殖過程との関連で表現するモデルを提起している。

第5章では、生態系における重要な概念である食物連鎖を通しての放射性物質の移行を連立微分方程式によるコンパートメントモデルで表現し、感度解析によって水系において最高レベルの生態学的地位を占める水産生物中の放射能濃度におよぼすパラメーターの重要度を定量的に評価すると共に、パラメーター

変動の不確定性を評価している。

第6章では、水産生物の個体レベルにおける放射性物質の濃縮過程における不確実な現象を確率過程で表現することによって、環境要因や体個差に基づく放射能濃縮のばらつきを定量化し、濃度分布の時間的变化の一般的な表現方法を誘導している。また式の簡略化によって、食物連鎖を通して物質移動のある場合にも適用できるように理論的な展開を計っている。

第7章では、水圏生態系における放射能汚染の示標生物としての水産生物のモニタリングを実施する際の問題に関して、第6章の実験データを基礎にして、観測値の確率、情報論的評価法、統計的に有意な資料数の決定法についてのべている。さらに、原子力船から放出される廃棄物による港湾の放射能汚染を一例として取り上げ、放射能のモニタリング体制について、発見ポテンシャルの概念を導入して、合理的な放射能探索方法のあり方を提案している。

第8章は結論であって、本研究で得られた種々の成果を総括し、今後の課題と見通しについて述べている。

### 論文審査の結果の要旨

水圏環境の放射能汚染に関しては、水圏での拡散、生物による摂取と濃縮、人体への移行などについて、これまでにいくつかの研究が行なわれ、それなりに見るべき成果があり、実際面にも役立って来たことは事実である。しかし水圏生態系における放射性物質の移行現象はきわめて複雑であり、影響評価をする場合、環境要因のとり方により数桁の差が出ることも珍らしくなく、より定量的な素過程の解明と、放射性物質の放出から環境へ影響を与えるまでの全過程の総合的な検討が求められてきた。

著者は水圏環境における放射性物質の生態学的挙動に重点を置き、素過程における移行現象を数学モデルで解析し、不確実性の介在する現象に確率論、情報論あるいは感度解析の手法を導入することにより、定量的な評価を行なおうとしたもので、いくつかの基礎的な事項で注目すべき成果をあげた。得られた成果の主なものはつぎの通りである。

(1) 放射性廃棄物の深海処分安全評価は、国連国際原子力機関によるものをはじめいくつか提案されているが、現象に不明確な点が多いためいずれも簡単なモデルを使用し、海底に達した放射性廃棄物固化体は、瞬時に全放射性物質を海水中に放出するなどの大胆な仮定を用いている。著者はより実現に近いモデルを提案し、感度解析により長期的には廃棄物の投棄地点の水深が、深海の鉛直拡散係数や固化体の核種保持力等よりも放射線被曝から見て重要な因子であることを明らかにした。

(2) 環境中における放射性物質の移行は、その物理化学的存在形態に大きく支配される。著者は放射生態学上問題となるいくつかの核種が存在形態について、理論的、実験的に検討し、有用な資料を提供した。

(3) 水圏生態系における放射性物質の生物濃縮は、定性的な表現か、あるいは濃縮係数による決定論的な表現が用いられているが、実際には個体差が大きいために現象を正確には記述できていない。著者は生物濃縮という種々の不確実性要因の介在しやすい生物学的現象を単純マルコフ過程と出生死滅過程で解析した。現象をマルコフ過程と考えると、初期の状態ベクトルと推移確率行列とを与えることによって濃度

分布の時間的変化を予測し得るが、環境水中の放射能濃度が変化する場合には適用できない。一方、出生死滅過程を考えれば、パラメーターを環境水中の濃度や捕食生物による摂餌量、同化率等の関数で表現することにより、より複雑な場合でも濃縮過程の確率論的な表現が可能であることを示した。またこうして得られた水産生物中の放射能濃度分布はポアソン分布となり、その平均値は従来の濃縮係数による決定論的な一点推定値と一致することを示し、実験により検証した。

(4) 水産生物による濃縮過程の不確定性の測度としてエントロピーを定義し、濃縮の進行と共に濃度分布のエントロピーが増大するという熱力学的法則に一致する現象を実験的に示した。また統計的に有意なデータを得るに必要な試料数を平均値の検定論から、有意水準を定めることにより合理的に求める方法を提案した。

(5) 海洋において移動汚染源を移動監視装置により検出する場合、瞬間探知確率密度を考えることにより発見ポテンシャルを求め、これを最大にするような合理的な探索方法の定め方を提案した。

以上、要するに本論文は従来あまり研究されなかった放射生態学分野における数理モデルについて論述し、生態系における放射能汚染に関する基礎的研究を行ったもので、今後の放射性物質による水圏環境汚染を防止し、管理、制御する上で、学術上、実際上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。