

氏 名	ふ 府 ま 馬 しやう 正 いち 一
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2460 号
学位授与の日付	平 成 15 年 1 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	COMPARATIVE EVALUATION OF EFFECTS OF IONIZING RADIATION AND OTHER TOXIC AGENTS ON AN AQUATIC MICROCOSM (電離放射線と他の毒性因子が水圏マイクロコズムに及ぼす影響の比較評価)
論文調査委員	(主 査) 教 授 齊 藤 眞 弘 教 授 三 野 徹 教 授 川 端 善 一 郎

論 文 内 容 の 要 旨

21世紀における人類のエネルギー源として、原子力エネルギーは重要な選択肢の一つである。原子力の利用は、人類の生存環境に微量な人工的な放射能を負荷することが避けられない。環境中には放射能を含め、さまざまな毒性物質が存在しており、それらのリスクを量的に正しく評価することが、これらの環境毒性要因による個人の健康や、人類集団としての遺伝的影響などを総合的に知るうえで重要である。

放射線の生物影響に関しては、従来、個々の生物種に対する影響を定量的・定性的に評価する方法によって研究されてきたが、個々の生物種は、それを含む生態系の一員であり、系全体へのエネルギー補給が一定な状況下では、その構成生物種は互いに、食物連鎖のなかで相互に依存しながら、量的な定常状態を維持している。したがって、放射線の生物影響を評価するには、個々の生物種に対する影響を単独に評価するだけでなく、生物種間の相互作用をも考慮した、生態系全体への影響を評価することが必要である。

本論文第1章では、微量環境汚染物質の生物影響を生態系の恒常性攪乱の視点から捉え、モデル生態系としての水圏微生物マイクロコズム（以下水圏マイクロコズムと略記）を実験的に構築する手法を概観し、その生態系影響評価法としての意義を述べている。

生物種間の相互作用を介した放射線と有害毒性物質の生態系へのリスク評価は、1) 生じうる有害効果の同定 2) 効果の量的評価 3) 被ばく量又は摂取量の評価 4) リスクの同定、の4段階に分けて行われるが、本研究では、生産者である鞭毛藻ユーグレナ *Euglena gracilis*, 消費者である繊毛虫テトラヒメナ *Tetrahymena thermophila*, 分解者である大腸菌 *Escherichia coli* から構成される水圏マイクロコズムを毒性評価のモデル実験系として用いて、生態系への毒性評価を行った。有害効果の指標としては、培養液中での細胞密度、光合成能などが用いられた。

第2章では、電離放射線及び他の有害物質の生態系への毒性評価材料として水圏マイクロコズムを用い、ガンマ線照射、紫外線(UV)照射、酸性雨モデルとしての酸性化、と培養系へのアルミニウム、マンガン、ニッケル、銅、ガドリニウムなどの塩化物または硫酸塩の添加が水圏マイクロコズムの各構成生物種の細胞者度へ及ぼす影響を評価し、以下の点を明らかにした。

- 1) 水圏マイクロコズム構成生物種を単独で有害因子処理した場合と、システムとして処理した場合の感受性はまったく異なり大腸菌とテトラヒメナの有害因子感受性の差異が水圏マイクロコズムのシステム不安定性を加速する。
- 3) 毒性物質処理後の、群集レベルでの解毒作用、すなわち共存生物種やその代謝産物及び分解生成物による毒性物質の無毒化が、個々の構成生物種の細胞密度の回復を促進する。
- 4) 本研究で構成した水圏マイクロコズムは単純であり、観測結果の分析が容易であるので環境中微量毒性物質の生態系影響を評価するための指標材料として有用である。

第3章では、電離放射線と他の物理化学的有害要因との間での毒性効果の比較が行われ、生態系に対するリスク相対評価への応用について述べている。

生態系への毒性の毒性要因間での相互比較は、ふたつの手法、すなわち定性的比較と定量的比較により行われた。定性的比較においては、負荷量（Dose）-応答（Response）関係は以下の5つの指標、

1. 効果なし
2. 効果が認められる：少なくともひとつの生物種の細胞密度の変動
3. 顕著な効果がある：ひとつの生物種の死滅
4. 重大な効果がある：2生物種の死滅
5. 破壊的な効果を及ぼす：全生物種の死滅

により、第2章での結果が分析された。

生態系への毒性比較を、あい異なる毒性要因の間で比較し、その結果に普遍性を持たせるためには、共通した量的判断の基準を設ける必要があるが、新たな量的概念として、影響指数 Effect Index (EI) および規格化された影響指数 Normalized Effect Index (NEI) が導入された。上記の定性的効果の段階と NEI との間には、良い相関があり、その有用性が示された。

以上のように、水圏マイクロコズムによる影響評価法により、実環境中での、電離放射線や金属の生態系リスクが評価され、チェルノブリ原発事故のような重大事故の際の放射能汚染時でさえも、放射線の水圏微生物生態系への影響は、本研究で評価された有害金属に較べ、小さいということが明らかになった。本研究で発展した有害因子影響の相対的評価法は、放射線影響をより科学的に評価するために有用であり、次世代のエネルギー源を選択する際の指標を与えるものである。

論文審査の結果の要旨

原子力エネルギーは、21世紀におけるエネルギー源としての重要な選択肢のひとつであるが、将来環境に負荷される可能性のある放射性物質の生態系に対する安全評価は、原子力エネルギーの有効利用のために不可欠である。放射線を含む微量環境汚染物質の生物影響は、従来、個々の生物種に対する影響を定量的・定性的に評価する方法によって研究されてきており、生物種間の相互作用を視野に入れた生態系全体への影響評価は、ほとんどなされていなかった。本研究では、生産者である鞭毛藻ユーグレナ、消費者である繊毛虫テトラヒメナ、分解者である大腸菌から構成される水圏微生物マイクロコズムを用いて、生態系のシステムとしての安定性に対する毒性評価を行っている。その結果、この水圏微生物マイクロコズムは単純でありながら、毒性因子の直接影響だけでなく、生物間相互作用や生物毒性因子間相互作用による群集レベルでの影響も評価できることを明らかにした。評価すべき点は以下の4点である。

1. 大腸菌、テトラヒメナ、ユーグレナからなる単純な水圏微生物マイクロコズムを用いて、複雑な水圏微生物マイクロコズムと同様に、環境毒性要因の生態毒性を評価できることを明らかにした。
2. 水圏微生物マイクロコズムを用い、その構成生物種に対する個々の感受性と生態系としての集団安定性の関係を明らかにした。
3. 環境毒性要因の生態系への影響を、生態系の安定性への群集レベルでの影響という視点から捉え、影響評価を異なる毒性要因間で定性的・定量的に比較できるように、共通の判断基準を提案した。
4. 現在の環境中に存在する毒性因子と電離放射線の水圏マイクロコズムへの影響を比較し、原子力施設の事故などにより環境に放出された放射性物質の水圏微生物生態系への影響は、いくつかの湖沼や河川で見られる有害金属の影響に較べて無視できる程度であることを明らかにした。

以上のように、本論文は、水圏微生物マイクロコズムを用い、生物間相互作用を考慮した生態毒性の評価法を開拓し、毒性要因間の毒性比較を可能にしたものであり、生態系レベルでの環境毒性要因の影響評価研究に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成14年12月26日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。