

名古屋大学工学研究科 総合エネルギー工学専攻  
エネルギー安全工学講座

## エネルギー環境安全工学グループ

山澤弘実(教授)、森泉純(准教授)、佐藤陽祐(助教)  
博士後期課程 0名、博士前期課程 10名、学部 4名 (2018年度の実績)

---

### 研究分野と研究方針

#### 【概要】

エネルギーの生産・使用に伴う環境影響のメカニズムを理解し、将来予測のための技術を開発することを目指した研究を行っている。

電力、燃料等のエネルギーの生産・転換・消費の何れの段階でも環境影響は不可避であり、温暖化や原発事故等に代表されるように時代が進むにつれてその影響が顕在化かつ深刻化している。文明社会を維持するためには、環境負荷に対する地球環境システムの反応を合理的に予測評価する必要があり、そのためには主に大気中に放出される微量成分の動態の把握と予測が必要である。

当研究グループは、気象学、大気物理学、環境放射能学、保健物理学等を基盤として、大気中の天然及び人工放射性核種の測定と大気輸送モデルの開発・検証をとおして、局所スケールから全球スケールまでの大気中物質動態の高精度な予測を可能にするための研究を行っている。

#### 【キーワード】

放射性物質、温暖化物質、大気汚染物質、長距離輸送、乱流拡散、沈着、炭素循環、大気・土壌・植生複合系、ラドン及び壊変生成核種、宇宙線生成核種、トレーサ利用、大規模大気輸送シミュレーション、モデル相互比較、放出源逆推定、大気放出事故解析、不確かさ解析、緊急時対応、被ばく評価、空間線量率

#### 【主な研究と内容】

##### (A) 広域ラドン輸送及び空間線量率上昇の解析

大気中物質輸送のトレーサとして天然放射性核種の Rn-222 を対象にした観測、長距離輸送モデルによる再現計算、アジア大陸から太平洋上への物質輸送過程の解明、環境放射線監視施設で得られる線量率( $\gamma$ 線スペクトル)データの解析による Rn-222 壊変核種沈着過程の解明等を行っている。大気中輸送過程の理解を深め、それを再現する大気輸送モデルを改良することで、研究基盤を固める位置づけで重要な研究として長年取り組んでいる。

##### (B) 東電福島原発事故大気拡散解析

福島原発事故初期の大気中放射性核種の動態についての知見は、特に I-131 吸入による内部被ばくの評価のために必須であることと、点状放出源からの数百 km スケールでの大気輸送現象を捉えた他に

類似事例がほとんど存在しない学術的に貴重な知見である。しかし、甚大な地震・津波災害との複合災害であったため、事故初期の大気中濃度に関する実測データは極めて少ない。本研究においては、下記テーマ(C)で得られる大気中濃度を用いた多核種プルーム動態解析、大気拡散モデル沈着過程の検証・改良、世界の先端的モデルの相互比較試験、大気中 I-131 動態解明、大気拡散モデル防災応用等の研究を進めている。

#### (C) モニタリングデータの高度利用及び放射能計測

福島原発事故以降、全国規模で環境放射線監視施設が拡充された。測定される空間線量率は降水によるラドン壊変核種の沈着により増加し、その大きさが気柱中のラドン存在量とよい相関を持つことが(A)の研究で明らかとなった。そこで、常設の監視施設で得られるデータ(モニタリングデータ)の解析及び降水中壊変核種濃度の測定等により、モニタリングデータを上空ラドン濃度評価の proxy として用いる準リモートセンシングの可能性を探る研究を進めている。また、モニタリングで得られる $\gamma$ 線波高分布解析から、地表面沈着量、土壌中深度分布、及び大気中濃度を評価する方法の開発を進めている。これを応用し、福島原発事故初期の測定データを解析して現在までほとんど得られていない多核種の大気中濃度評価を進めている。

#### (D) 屋内環境中ラドン壊変核種挙動の解明

自然界からの被ばくで最も寄与が大きいのは屋内のラドン壊変核種であり、屋内環境中での挙動と線量はラドン壊変核種のエアロゾル粒子への付着の有無、付着・非不着成分の粒径に依存する。そこで、屋内の実環境中でのラドン壊変核種の濃度、粒径分布等の測定を行うとともに、素過程を理解するための単純な人工環境中での実験により、モデル化を進めている。

## 2018年度の研究・教育の概要

### 【アジア域ラドン輸送のメカニズム】

アジア大陸で発生したラドンは主に大気境界層内で水平方向に長距離輸送されると考えられていたが、降水に伴う線量率上昇事象の解析により、地上 1km 以上を經由して長距離輸送される Rn-222 が線量率上昇と地上 Rn-222 濃度に大きく寄与すること、大陸上での上空への輸送は地形性の上昇気流に加えて寒冷渦に伴う背の高い高濃度気団の形成があることが明らかとなった。また、壊変核種湿性沈着を引き起こす降水条件も徐々に分かりつつあり、解析を継続している。

### 【福島原発事故初期の多核種大気中濃度】

事故発生から 1, 2 週間の大気中濃度の実態を復元するために、茨城県内の放射線監視施設の NaI(Tl)波高分布データの解析を進め、データが保存されている測定局全局について 2011 年 3 月 15 日の事故中最大のプルームについて、Xe-133, I-131, 132, 133, Te-132, Cs-134, 136, 137 の濃度を推定した。これまで同日の茨城県内の I-131 最高濃度は東海村での実測値と我々の研究で 2-3 kBq m<sup>-3</sup>とされていたが、内陸で約 5.5 kBq m<sup>-3</sup>の濃度であったことが見出された。また、時間帯により核種組成が明らかに異なること、降水の影響がある場合に核種組成が時間的に変化することと等の新たな知見が得られた。さらに、I-131 の大気中存在形態に関する実測データの探索と解析を進め、ガス状無機態から粒子への付着が比較的短時間で進み 100 km 程度風下では平衡状態になっている可能性が高いことが指摘された。

### 【大気拡散モデル国際比較試験】

福島原発事故を対象に、点状放出源からの数百 km スケールを対象とした大気拡散モデルの比較試験を主導し、世界から 12 の先端的モデルの計算結果の提供を受け、解析を進めている。プルーム毎にモデル全体の再現性が大きく異なること、湿性沈着が影響したプルームはモデル間のばらつきが大きく実測との差異も大きくなること等の全般的傾向が明らかになりつつある。また、沈着のモデル化の差が結果に大きな影響を与えている可能性も指摘された。

### 【沈着核種土壌深度分布の推定】

NaI(Tl)の in situ 測定で得た波高分布から、沈着量及び深度分布を評価する方法の開発を進め、現地にて採取した土壌の分析結果を参照データとして検討を進めた。波高分布のコンプトン散乱成分の全吸収ピークに対する比は土壌中により深く分布する場合に大きくなることを利用して、地上 1 地点での in situ 測定で概ね良好に深度分布を評価できる可能性が見出された。分布の水平不均一さの考慮や、複数高度測定等の工夫によりより精度を高められる可能性も指摘された。

...

### 【本年度の研究成果発表の概要】

	国内会議発表	国際会議発表	国際会議予稿	学術論文
教員	9	5	2	8
学生	4	0	0	1

(※毎年 3 月末に、その年度の教員及び大学院生の研究業績について、工学研究科事務からとりまとめの依頼がある。その内容を使用することで、この表を容易に作成することが可能。予稿と学術論文については、共著が多いと思われるが、ダブルカウントしないこととする。)

## 本年度の卒業論文・修士論文・博士論文のタイトル

### 【卒業論文】

- ・東電福島原発事故での大気中ヨウ素の性状別動態解析
- ・大気拡散モデル霧水沈着過程の詳細化と東電福島事故への適用
- ・室内空气中ラドン壊変生成物  $^{214}\text{Pb}$  の非付着成分および付着成分の移行速度の定量的評価
- ・首都圏での実測大気中  $^{137}\text{Cs}$  濃度を用いた福島原発事故プルームの大気拡散モデル再現性の相互比較

### 【修士論文】

- ・冬季日本海側における高線量率事象を引き起こす広域  $^{222}\text{Rn}$  輸送メカニズムの解明
- ・室内空气中ラドン壊変生成物のエアロゾルへの付着および沈着速度の壁面表面積への依存性
- ・モニタリングステーション NaI 波高分布を用いた 1F 事故初期の茨城県中央部大気中放射能濃度評価
- ・NaI(Tl)波高分布を用いた放射性セシウム土壌中濃度の深度分布推定法の開発

## その他・特記事項

•JNST Most Cited Article Award, March, 2018, H. Yamazawa