

【5-1306】日本海及び周辺域の大気・海洋における有機汚染物質の潜在的脅威に関する研究(H25～H27；累計予算額 120,329 千円)

早川 和一(金沢大学)

1. 研究実施体制

- (1) 大気・海洋環境中の PAHs 及び放射性核種の起源と動態の把握に関する研究(金沢大学)
- (2) 大気・海洋環境中の POPs 条約指定物質の起源と動態の把握に関する研究(国立研究開発法人国立環境研究所)
- (3) 大気・海洋環境中の PAHs 類二次生成と毒性化の解明に関する研究(京都大学)
- (4) 日本海及び周辺域の有機汚染物質の発生・輸送と海洋負荷の解析に関する研究(一般財団法人日本環境衛生センター)

2. 研究開発目的

本研究班は、従来からこの地域の環境を汚染する化学物質として、PAHs と POPs 条約指定物質(以下 POPs と略す)を対象に日本国内は平成 11 年から、中国、韓国、ロシアでは平成 13 年から調査研究を継続している。この間、H21 年度より環境省環境研究総合推進費(B-0905、RF-0905: 黄砂粒子上で二次生成する多環芳香族炭化水素誘導体による越境大気汚染と健康影響)を受けて研究成果を得たが、まだ調査域と調査期間は限られ、将来予測に重要な汚染レベルの推移や二次反応を含む大気・水環境中の動態が明らかにできたとはいえない。とりわけ有機物の燃焼で生成する PAHs は 2013 年 1 月に中国の北京などで問題になった PM_{2.5} に多く含まれており、その挙動と毒性の解明は冬の北西風の風下に位置する我が国国民にとっても急務である。

以上のことを踏まえて、本研究は、大気については前回事業と同じ地点で調査期間を延長して継続サンプリングをし、より直近の観測結果を得るとともに、対象域についても前回の日本海だけから周辺海域及び関連河川に拡大した。これにより大気中二次反応を含めたこの地域の PAHs と POPs の最新の動態を明らかにし、これらに基づいてシミュレーションモデルの精緻化を図り、将来予測を行うことを目的とした。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

- 1) 日中韓口では都市によって PAH、NPAH の大気中濃度と組成が大きく異なり、発生源も異なる(中国は主に石炭暖房、日本は主に自動車)こと、中国で発生した PAH、NPAH は能登半島まで越境輸送され、黄砂と異なる時期(10 月中旬～4 月中旬)に高濃度となる季節変化を毎年繰り返していることを世界で初めて明らかにした。また、このことは化石燃料やバイオマスの燃焼に由来する PAH、NPAH が、黄砂由来 PM_{2.5} と区別して燃焼由来 PM_{2.5} の動態や健康影響を解析できる発生源及び毒性マーカーとして極めて有効なことを示しており、これまで粒子の大きさやイオン・金属分析のみに頼っていた PM_{2.5} 研究の新領域を切り開く分析方法を提示している。
- 2) 日本海の PAH 汚染の実態はこれまで全く不明であったが、移流ルートとして対馬海流の寄与が最も大きく、これに大気が続き日本海に直接注ぐ河川の寄与は遥かに小さいこと、対馬海峡への流入量が最も大きい中国河川である長江下流域の PAH 濃度は日本海より遥かに高く、燃焼と石油から由来していること、最近の PAH 汚染は能登半島の大気と同様に軽減傾向にあることなど、その全体像を世界で初めて明らかにした。
- 3) 従来の PAH 排出インベントリを改良するとともに輸送中の PAH の二次反応に関するパラメータを組み込んだ北東アジア域における PAH のシミュレーションモデルを初めて開発し、実測値との高い相関を確認できた。これは、この地域の PAH、NPAH 汚染の数理的将来予測が可能になったことを意味している。

4) 日本海表層における POPs 濃度の 2007 年～2015 年の変動傾向の解析から、中国沿岸域を汚染源とした POPs の越境汚染が現在もなお続いていることを示唆しており、今後の継続的な調査の必要性を浮き彫りにした。また、日本海及び黄海において表層から海底直上で海水中の溶存態 HCHs の鉛直分布を世界ではじめて明らかにした。今後は POPs の海洋中における移行及び挙動の解明が進むものと思われる。

(2)環境政策への貢献

- 1) 国内主要 4 都市域の過去 18 年間の大気中 PAH、NPAH の個別濃度の実測値は、我が国の PAH、NPAH 及び PM_{2.5} 等の大気環境基準・指針値策定の参考値として活用が見込まれる。
- 2) 極東アジア諸国（中国・韓国・ロシア）の主要都市の過去 15 年間の大気中 PAH、NPAH の個別濃度の実測値とモデルシミュレーション結果は、それぞれの国の PAH、NPAH 及び PM_{2.5} 等の大気環境基準・指針値策定の参考値として活用が見込まれる。さらに、国際的な環境政策立案に有用な参考資料としても活用が見込まれる。
- 3) 本研究は PAH 成分と黄砂の飛来時期を明確に特定しており、アレルギー疾患などが発現する時期との関連を明らかにすれば、健康影響の本体を解明できる可能性が大きいことを示している。将来は PM_{2.5} 予測に成分情報を加えることが期待できる。
- 4) PM_{2.5} に関連して、PAH、NPAH 発生源の推定も可能であり、国・都市による最適対策の選択に有用情報を提供できる。
- 5) 日本海表層水の過去 18 年間の PAH の個別濃度の実測値とシミュレーション結果は、我が国の PAH の水環境基準・指針値策定の参考値として活用が見込まれる。さらに、国際的な環境政策立案に有用な参考資料としても活用が見込まれる。
- 6) 日本海表層水の POPs 観測と過去の我々の観測結果との比較から、POPs 濃度レベルが 2 分の 1 程度まで低下していることが分かった。暖水系と冷水系が交わる日本海は、世界有数の水産資源の宝庫であり、ここで得られた観測結果は日本海の環境保全方針の上でも重要な知見と考える。
- 7) 日本海表層における POPs 濃度の 2007 年～2015 年の変動傾向から、2008 年～2013 年にかけて全異性体の濃度が漸減傾向にあったが 2013 年～2015 年には増加傾向に転じていること、平均濃度で比較すると 2008 年当時と現在ではほぼ同等にまで濃度が増加していること、が明らかになった。暖水系と冷水系が交わる日本海は、世界有数の水産資源の宝庫であり、ここで得られた観測結果は日本海の環境保全方針の上でも重要な知見と考える。

<行政が既に活用した成果>

- 1) 環境省有害大気汚染物質健康リスク評価手法等に関する検討会において、本研究成果である PAH、NPAH の分析法と最近の汚染状況に関する情報を提示し、指針値・基準値等の作成方針に貢献した（例えば BaP の実大気中濃度と相対リスク試算に関する論文：Anal. Sci., 32 (2), 233-236 (2016)）。
- 2) 本研究は PAH 成分と黄砂の異なる飛来時期を明確に特定しており、これらとヒトのアレルギー疾患などが発現する時期との関連を明らかにすれば、健康影響の本体を解明できる可能性が大きい。その結果、PM_{2.5} 予測に成分情報を加えることができる。
- 3) PM_{2.5} に関連して、本研究で開発した方法は、PAH、NPAH の濃度だけでなく、発生源の同定も可能であり、各国・都市の分析結果と併せて、国内はもとより諸外国に国際学会や会議を通じて、都市毎の最適対策の選択に有用な情報として提供した。

本事業で実施した大気及び日本海の PAH、NPAH 汚染が改善方向にあることは、我が国の今後の環境施策や水産資源の保護・育成施策等の策定に関わる有用情報として提供できた。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- 1) 国内主要 4 都市域の過去 18 年間の大気中 PAH、NPAH の個別濃度の実測値は、我が国の PAH、NPAH 及び PM_{2.5} 等の大気環境基準・指針値策定の参考値として活用が見込まれる。
- 2) 極東アジア（中国・韓国・ロシア）の主要都市の過去 15 年間の大気中 PAH、NPAH の個別濃度の実測値とモデルシミュレーション結果は、それぞれの国の PAH、NPAH 及び PM_{2.5} 等の大気環境基準・指針値策定の参考値として活用が見込まれる。さらに、国際的な環境政策立案に有用な参考資料としても活用が見込まれる。
- 3) 日本海表層水の過去 18 年間の PAH の個別濃度の実測値とシミュレーション結果は、我が国の PAH の水環境基準・指針値策定の参考値として活用が見込まれる。さらに国際的な環境政策立案に有用な参考資料としても活用が見込まれる。

4．委員の指摘及び提言概要

PAHs、POPs、放射性核種による大気、海洋の汚染実態について詳細なデータを取得するとともに、それらの発生量、沈着量、黄砂粒子上での反応などの知見を蓄積できた点が評価できる。今後これらの知見が、当該地域のみならず、グローバルな汚染物質の動態把握および環境保全施策に寄与することが期待される。なお、全体の発表件数は多いものの、サブテーマによっては論文化されていない結果もあるのでその点について引き続き努力をお願いしたい。

5．評点

総合評点：A