

論文審査の結果の要旨

氏名 松神 秀徳

本論文は7章からなる。第1章は本論文の背景と目的、論文の章構成について記した。第2章は臭素系およびリン系難燃剤に関する既往研究の論点についてまとめた。第3章はモノマー型および縮合型リン系難燃剤の定量分析法を新たに開発し、正確な定量値を獲得するための技術的知見を整理した。第4章はベトナム北部のE-wasteのリサイクル現場における臭素系難燃剤、モノマー型リン系難燃剤、縮合型リン系難燃剤の環境媒体および生物中濃度を明らかにした上で、各種難燃剤の環境排出を引き起こしている発生要因となる作業を特定した。第5章はモノマー型および縮合型リン系難燃剤を含有した廃棄物の適正管理下の焼却処分を検討し、難燃剤自体の熱分解挙動とその二次生成物の濃度や挙動を解明した。第6章は縮合型リン系難燃剤の市販製剤の構成成分を同定し、主成分および含有不純物の濃度と環境放出ポテンシャルを評価した。第7章は本論文の結論について述べられている。

難燃剤は、製品の火災予防や人命保護の観点から、可燃性の高分子材料に難燃性を付与するために添加される化学物質である。1990年代まで世界中で最も使用されてきた難燃剤のひとつであるポリ臭素化ジフェニルエーテル類（PBDEs; polybrominated diphenyl ethers）については、毒性、有害性が問題となり、欧州では2006年から電気電子機器への使用を規制する指令（RoHS指令）が施行された。そのため、2006年以降に製造された電気電子機器にはリン系難燃剤などの代替物質が使用されている。しかしながら、リン系難燃剤の有害性や環境動態に関する知見は明らかとなっていない。そのため、リン系難燃剤の有害性や環境動態を解明するための調査研究が求められていた。

本論文では、第一にリン系難燃剤の環境動態を解明するために必要不可欠な、環境媒体および生物中濃度の定量分析法を確立した。土壌、堆積物、生物試料中に微量に含まれているリン系難燃剤の濃度を正確に定量することができることを確認した。第二に、使用済み電気電子機器の廃棄処理現場を調査対象地域として、表層土壌、河川堆積物、魚類中のPBDEsおよびリン系難燃剤の濃度レベルに関する知見を獲得し、RoHS指令後の廃棄処理現場での環境中への排出実態、環境排出に伴う魚類への移行性、排出制御に向けた要因となる作業の特定に関する考察を行った。第三に、リン系難燃剤を含有した廃棄物を焼却処分した際の難燃剤自体の分解性、二次生成物の生成と分解性に関する知見を獲得し、リン系難燃剤と二次生成物の環境排出性に関する考察を行った。第四に、リン系難燃剤の市販製剤の含有不純物に関する知見を獲得し、リン系難燃剤と含有不純物の環境排出性に関する考察を行った。結論として、生態系や人への影響の未然防止の観点から、リン系難燃剤を含有する廃棄物については、労働安全衛生や環境負荷抑制対策を考慮した処理を行い、適正管理下の焼却処分を行うことが望ましいと考えられた。

一部のリン系難燃剤（縮合型リン系難燃剤）の主成分は、環境排出性や生物蓄積性は低く、焼却処分に伴いダイオキシン類等の二次生成に寄与しない可能性が示され、難燃剤の環境上適切なデザインである可能性が考えられた。しかしながら、その縮合型リン系難燃剤の市販製剤には、主成分より環境排出性が高い可能性がある不純物が含有していた。難燃剤の製造側での技術対策として、環境放出ポテンシャルが懸念される不純物に関しては、生態系や人への影響の未然防止の観点から、市販製剤中に存在する可能性や、その環境排出性等の情報を製品安全シート等に記載することが望ましいと考えられた。

なお、本論文第 3 章は、戸舘侑孝、S.H. Brandsma、P.E.G. Leonards、滝上英孝との共同研究、第 4 章の一部は、松神秀徳、N.M. Tue、鈴木剛、染矢雅之、L.H. Tuyen、P.H. Viet、高橋真、田辺信介、滝上英孝との共同研究、第 5 章は、小瀬知洋、渡部真文、滝上英孝との共同研究、第 6 章は、鈴木剛、滝上英孝との共同研究であるが、論文提出者が主体となって分析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（環境学）の学位を授与できると認める。

以上 1,783 字