



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Development of collectable adsorbent on the surface of water after adsorption of pollutant [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	三原, 義広
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(環境科学)
Dissertation Number	甲第11356号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55531
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yoshihiro_Mihara_review.pdf, 審査の要旨



学 位 論 文 審 査 の 要 旨

環境物質科学専攻：博士（環境科学）

氏 名 三原 義広

審査委員	主査	教 授	田中 俊逸
	副査	特任教授	中村 博
	副査	教 授	大谷 文章
	副査	教 授	古月 文志
	副査	准教授	山田 幸司

学 位 論 文 題 名

Development of collectable adsorbent on the surface of water
after adsorption of pollutant

(汚染物質の吸着後水面で回収可能な新規吸着材料の開発)

多くの種類の汚染物質が日常生活や産業活動によって、また事故等によって環境に放出されている。最近の事例だけでも、石油化学工場や鉱山の精錬所、原子力発電所から毒性の強い有機物、金属、放射性物質などが排出されて、深刻な環境問題を引き起こしている。これらの汚染物質は比重が異なり、水面に浮上するもの、水底に沈むもの、水に均一に存在するものなど様々である。たとえば、原油の比重は水よりも小さいため水面上に浮上し、ニトロベンゼンの比重は水よりも大きいため水底に沈降する。 Pb^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Cs^{+} といった金属イオンの多くは水溶性であり、水中に溶存している。このように異なる比重をもつ様々な汚染物質を効率よく吸着するためには、吸着剤の吸着能力が優れているのは勿論であるが、その比重が汚染物質と同程度のものを用い、汚染物質との十分な接触時間を確保することが望ましい。また、どんなに優れた吸着能力を有する吸着剤でも、汚染物質を吸着した後、その吸着剤を回収することができなければ吸着する意味がない。このことから、吸着剤を実際の汚染箇所で使用するには、吸着剤の比重の制御が重要であると同時に、吸着剤が容易に回収できることが必要である。吸着剤の化学的、物理的な特性を制御することで、回収操作の容易さを達成することを目的とした研究はすでにいくつか報告されている。たとえば吸着体の母材としてマグネタイトを用いると、汚染物質の吸着の後、磁石によって吸着剤を回収することができる。また、活性炭、カーボンナノチューブなどの吸着剤をアルギン酸ゲル等に内包することによって微細な吸着剤の取り扱いの簡便化を目指した研究も行われている。しかしながら、吸着剤の比重の制御と、吸着後の吸着剤の回収の容易さを目指した研究はほとんどない。

そこで本研究では、吸着剤に「重り」と「浮き」を導入することにより比重を制御することで、水底または水中に存在する汚染物質との接触時間を確保し、最後に水面に浮上する吸着材料の開発を試みている。最初に、アルギン酸ゲルビーズを吸着体の母材として用い、この中に「重り」として CaCO_3 を、「浮き」として CO_2 ガスの気泡を導入した吸着剤を作製している。作製したゲルビーズは一旦水底に沈むが、「重り」である CaCO_3 が弱酸性の溶液に徐々に溶解することによって比重が小さくなり、最終的には「浮き」の浮力で浮上することを確

かめている。水底に汚染源を置いた模擬的な系にこのような吸着剤を適用し、汚染物質の拡散が抑制されるとともに、水面に浮上した吸着剤から汚染物質を回収できることが示されている。

また、「浮き」として火山ガラス質堆積物から作製された中空体のシラスバルーンの「浮き」としての安定性が評価された。表面をオクタデシル基で修飾されたシラスバルーンは水中で安定した浮力を示し、 CO_2 ガスの気泡に代わって、長期間使用可能な「浮き」として有効であることを明らかにしている。また、チオール基を修飾したシラスバルーンも作製され、比重差を用いて土壌からカドミウムイオンを除去するための吸着剤としての機能を有することを見出している。さらに、プロトン型陽イオン交換体は、水中の金属イオンとの交換反応によってプロトンを放出し、そのプロトンが「重り」として用いた MgCO_3 を溶解することによってゲルビーズの比重が制御できることを確認している。このことはゲルビーズ内の「重り」の量を変化させることによって、金属イオンが全てのイオン交換サイトに結合した後に浮上するようにゲルビーズの浮上時間を制御しうる可能性を示している。

グルコースのイースト菌による発酵過程をゲルビーズ内に導入したものは、発酵によって発生した CO_2 ガスが「浮き」となって浮上するが、水面に浮上した後、再び沈降し、それを繰り返す鉛直回遊現象を発見し、その過程の解析を試みている。水中及び水面でのゲルビーズの観察から、発酵によって発生した CO_2 ガスの気泡がゲルビーズの表面に付着しながら浮上し、水面で気泡を放出することによって沈降し、この過程が繰り返されるというメカニズムを提案している。この鉛直回遊の機能をもったゲルビーズにセシウムイオンに対する吸着能を有するプルシアンブルーを内包し、水中のセシウムイオンの吸着除去について調査した結果、溶液を攪拌することなしにセシウムイオンの除去効率を改善できることを明らかにしている。

以上本研究では、「重り」と「浮き」による比重の制御という機能を吸着剤に付加することによって、水底から水面へ移動する機能や水面で容易に回収可能な特性を吸着剤に導入することに成功した。さらに、吸着剤の浮力を制御することで、水底と水面の間を繰り返し鉛直回遊する吸着体を開発することに成功している。本研究で開発された吸着剤は、取水や攪拌が困難な水域、または大型タンクに蓄えられた水中あるいは水底から汚染物質を吸着し、最後は水面上で回収が可能な吸着材料の開発の可能性を示したものであり、環境修復における新規な手法の一つとしてその貢献が期待できる。

審査委員一同は、これらの成果を高く評価し、また研究者として誠実かつ熱心であり、大学院博士課程における研鑽や修得単位などもあわせ、申請者が博士（環境科学）の学位を受けるのに十分な資格を有するものと判定した。