

氏名（本籍）	長 屋 圭 治 (岐阜県)
学位の種類	博士(工学)
学位記号番号	甲 第 132 号
学位授与年月日	平成 13 年 3 月 24 日
専 攻	生産開発システム工学専攻
学位論文題目	導水管へのカワヒバリガイの付着防止技術に関する研究 (Control Efficacy of <i>Limnoperna fortunei</i> Settlement on Conduit)
学位論文審査委員	(主査) 教授 湯 浅 晶 (副査) 教授 松 井 佳 彦 教授 本 城 勇 介 助教授 井 上 隆 信

論文内容の要旨

外来種である付着性二枚貝カワヒバリガイ(*Limnoperna fortunei*)の日本への侵入が 1990 年代の初めに確認された。カワヒバリガイは淡水域に生息するため、農業用水や工業用水に加えて水道施設に進入し固着するなどの被害を引き起こしている。このカワヒバリガイは中国を原産としており、香港、韓国でも同様な被害が報告されている。日本における浄水施設の被害としては取水管内壁への大量付着、除塵機から貝殻の多量搬出、取水ポンプ用冷却機内細管の目詰まり、導水管内壁への大量付着が報告されている。浄水場内においては生貝の付着は確認されていないものの、貝殻による検水配管の目詰まり、汚泥濃縮層汚泥流入部に貝殻が堆積することによる汚泥流入の支障などが報告されている。

アメリカやヨーロッパでは付着性二枚貝としてカワホトギスガイ(*Dreissena polymorpha*)による被害が多数報告されており、水中を漂う幼生に対して塩素処理を行い死滅させる方法や、防汚塗料の塗布によって付着を抑制する方法をはじめとして多くの防汚法が検討されている。さらに、付着忌避性や付着力と基質の表面物性の関係を明らかにするといった付着メカニズムの解明に関する研究報告も多い。しかし、カワヒバリガイの付着防汚法に関する研究報告は十分でないため、本研究をカワヒバリガイの付着防汚技術開発の基礎研究として位置付けた。第一にカワヒバリガイの被害状況を把握することを目的とし、付着を防ぐ方法と付着後に除去する方法の二つの視点から付着防汚法について検討した。

阪神水道企業団の導水管内壁に付着するカワヒバリガイの付着密度を調査した。導水管内に全 65 箇所の調査地点を定め(調査距離:約 35 m)、内壁にコドラートをあててその中に付着しているカワヒバリガイを全て脱離し、実験室に持ちかえって計数した。その結果次のことを明らかにした。

- ・阪神水道企業団の 3 期導水路の調査区間においては、管路直線部よりも屈曲部の付着密度が高い。
- ・管壁面付近の流速が 1 m/s 以上の場所ではカワヒバリガイの付着密度が低い。

カワヒバリガイの付着忌避性の評価試験としてフィールドでの付着実験を行うとともに、簡易な付着忌避性の評価法として室内実験を行った。簡易な付着忌避性評価法の有効性について検討するとともに、付着忌避性と試験片の表面物性との関係を考察し、次のことを明らかにした。

- ・シリコーン樹脂系塗料と銅・銀含有樹脂塗料の中にはフィールドにおいてカワヒバリガイに対する高い付着防汚効果を示すものが存在する。
- ・付着忌避性の簡易評価試験として静置法と仮止め法を提案した。フィールドで高い付着防汚性を発揮するためには少なくとも静置法において高い付着忌避性を有する必要がある、スクリーニング試験として静置法を用いることが有効である。
- ・試験片の表面自由エネルギーの水素結合成分値を低下させることがカワヒバリガイに対する付着防汚性を高めるための必要条件であると考えられる。表面自由エネルギーの水素結合成分値が低いシリコーン樹脂系塗料は、表面粗さを低下させることによって防汚効果を発揮する。

引張試験機を用いて、試験片に付着した成貝を脱離させて除去性を評価した。除去性と分泌した足糸数の関係を考察するとともに、試験片の表面物性として表面自由エネルギーと表面粗さに着目し、除去性との関係を考察した。その結果次のことを明らかにした。

- ・シリコーン樹脂系塗料の脱離力は0.1 N未満であり、相対的に除去性が高い。
- ・分泌した各足糸が脱離する際に、試験片と接着円盤の界面で剥離する場合と、足糸の繊維部が切断する場合があることを確認した。また、分泌した足糸数が少ないほど、かつ剥離割合が大きいほど脱離力や脱離エネルギーは低下する。
- ・試験片の表面自由エネルギーの水素結合成分値を低下させることがカワヒバリガイに対する除去性を高めるための必要条件であると考えられる。

付着したカワヒバリガイを水流によって脱離させるために必要な流速とカワヒバリガイに作用する抗力を直接的に測定した。さらに抗力の大きさと流速や付着足糸数や殻の大きさなどの関係を考察し、次のことを明らかにした。

- ・シリコーン樹脂系塗料に付着したカワヒバリガイは0.5 m/s程度の比較的小さいノズル平均流速で脱離させることが可能で、相対的に脱離性の優れた塗料であることを確認した。各試験片の脱離に必要な抗力は引張試験での測定した脱離力よりも小さく、平均で1/5程度の大きさであった。
- ・脱離時に足糸繊維部が切断する場合に限って、カワヒバリガイの殻長と分泌している足糸数から、その成貝を脱離するために必要な流速を推定した。

論文審査結果の要旨

外来種である付着性二枚貝カワヒバリガイ(*Limnoperna fortunei*)が我が国の淡水域に進入して増殖し、農業用水や水道施設に進入して取水管や導水管内壁への大量付着を生じ、除塵機から貝殻の多量搬出、貝殻による取水ポンプ用冷却機内細管や検水配管の目詰まり、汚泥濃縮層汚泥流入部に貝殻が堆積することによる汚泥流入の支障などが報告されている。アメリカやヨーロッパでは付着性二枚貝としてカワホトトギスガイ(*Dreissena polymorpha*)による被害が多数報告されており、水中を漂う幼生に対して塩素処理を行い死滅させる方

法や、防汚塗料の塗布によって付着を抑制する方法をはじめとして多くの防汚法が検討されている。さらに、付着忌避性や付着力と基質の表面物性の関係を明らかにするといった付着メカニズムの解明に関する研究報告も多い。しかし、カワヒバリガイの付着防汚法に関する研究報告は十分でないため、本研究では、カワヒバリガイの付着防汚技術開発の基礎研究として位置付け、カワヒバリガイの被害状況の把握、付着防止方法と付着後の除去方法の視点から付着防汚法について検討している。

阪神水道企業団の導水管内壁に付着するカワヒバリガイの付着密度を調査した結果、次のことを明らかにした。

- ・ 阪神水道企業団の3期導水路の調査区間においては、管路直線部よりも屈曲部の付着密度が高い。
- ・ 管壁面付近の流速が1 m/s以上の場所ではカワヒバリガイの付着密度が低い。

カワヒバリガイの付着忌避性の評価試験としてフィールドでの付着実験と簡易な付着忌避室内実験を行い、付着忌避性と試験片の表面物性との関係について次のことを明らかにした。

- ・ 管壁面・シリコーン樹脂系塗料と銅・銀含有樹脂塗料の中にはフィールドにおいてカワヒバリガイに対する高い付着防汚効果を示すものが存在する。
- ・ 付着忌避性の簡易評価試験として静置法と仮止め法を提案した。フィールドで高い付着防汚性を発揮するためには少なくとも静置法において高い付着忌避性を有する必要がある。スクリーニング試験として静置法を用いることが有効である。
- ・ 試験片の表面自由エネルギーの水素結合成分値を低下させることがカワヒバリガイに対する付着防汚性を高めるための必要条件であると考えられる。表面自由エネルギーの水素結合成分値が低いシリコーン樹脂系塗料は、表面粗さを低下させることによって防汚効果を発揮する。

引張試験機を用いて、試験片に付着した成貝を脱離させて除去性を評価し、除去性と分泌した足糸数の関係、および、試験片の表面物性と除去性との関係について次のことを明らかにした。

- ・ シリコーン樹脂系塗料の脱離力は0.1 N未満であり、相対的に除去性が高い。
- ・ 分泌した各足糸が脱離する際に、試験片と接着円盤の界面で剥離する場合と、足糸の繊維部が切断する場合がある。また、分泌した足糸数が少ないほど、かつ剥離割合が大きいほど脱離力や脱離エネルギーは低下する。
- ・ 試験片の表面自由エネルギーの水素結合成分値を低下させることがカワヒバリガイに対する除去性を高めるための必要条件である。

付着したカワヒバリガイを水流によって脱離させるために必要な流速とカワヒバリガイに作用する抗力を直接的に測定した結果、抗力の大きさと流速や付着足糸数や殻の大きさなどの関係について次のことを明らかにした。

- ・ シリコーン樹脂系塗料は脱離性の優れた塗料であり、付着したカワヒバリガイは0.5 m/s程度の比較的小さいノズル平均流速で脱離させることが可能である。

以上のように、本論文は導水管等の材料基板に対するカワヒバリガイの付着特性を明らかにし、防汚技術の向上に資する新しい知見を明らかにしており、博士(工学)の学位論文として合格と判定する。

最終試験結果の要旨

学位論文提出者は博士後期課程在学中の3年間に勉学・研究活動に精勤し、所定の講義の単位を修得するとともに、阪神水道企業団水質試験所において1ヶ月間の学外研修を行った。その結果、論文提出者は学位を授与するに十分な専門的知識を有するに至り、学位申請論文の研究内容はすでに3編の審査付き論文として学術誌・論文集に公表されている。これらのことを確認して、学位の認定に伴う最終試験を合格と判定した。