


論文審査の結果の要旨

報告番号	博(工)甲第 110号	氏名	Boivin Sandrine Lucie Pascale
学位審査委員	主査 田邊 秀二 副査 板山 朋聡 副査 村上 裕人		
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>Boivin Sandrine Lucie Pascale氏は、2020年10月に長崎大学大学院工学研究科博士後期課程に入学し、現在に至っている。同氏は、工学研究科博士後期課程に入学以降、当該課程の所定の単位を修得するとともに、水道における水質安全性を常時担保するための計測手法に関する研究を行い、その成果を主論文「Development of Automated Water Quality Monitoring Techniques for Producing Safe Drinking Water (安全な飲料水を生産するための自動水質計測手法の開発)」として完成させ、参考論文を付して、2021年12月に博士(工学)の学位を申請した。長崎大学大学院工学研究科教授会は、2021年12月15日の教授会において論文内容等を検討し、本論文を受理して差し支えないものと認め、上記の審査委員を選定した。委員は主査を中心に論文内容について慎重に審議し、公開論文発表会を実施するとともに、最終試験を行い、論文審査および最終試験の結果を2022年2月16日の工学研究科教授会に、本書面をもって報告することとした。</p> <p>学位論文の適合性を審査したところ、印刷公表論文3編(うち審査付き論文3編)が学位論文を構成していることが認められ、適合性ありと判断した。なお、参考論文には、その他の論文9編(いずれも審査付き論文)も含まれる。</p> <p>第1章では、浄水処理における水質の自動計測の必要性と可能性に関する研究背景を説明するとともに、研究目的と論文概要を示している。第2章では、水道における水質の課題(残留臭気、微生物漏洩、臭素酸濃度)を解決するための先行研究を調査してまとめた後、開発する水質計測技術がこれら課題を解決する可能性を示している。第3章では、開発する水質計測技術の詳細とその検証手法について示している。</p> <p>第4章では、水道水源における臭気の発生を予測するために、臭気物質を発生する藻類の種類を明らかにすると共に、その藻類を簡易手法で自動計数する技術の開発を行っている。まず、貯水池の水質を定期的に検査することで、<i>Pseudanabaena</i> sp. の増殖がその貯水池の2-メチルイソボルネオール(2-MIB)濃度が増加する原因であると共に、<i>Pseudanabaena</i> sp. の濃度の増減が2-MIB濃度変化の代理指標となる可能性を示している。さらに、藻類の特性を調べることにより、藻類の体内にあるクロロフィルによって放出される蛍光強度は<i>Pseudanabaena</i> sp. を含む藍藻類は比較</p>			

的弱く均一である一方で、珪藻類や緑藻類などの他の藻類は、細胞内で非常に強い自己蛍光強度を持つことを明らかにしている。この蛍光強度の違いにより、藍藻類を他藻類と区別すると共に、*Pseudanabaena* sp. の特徴的な長さと幅を活用することで、水中の多くの藻類の中から *Pseudanabaena* sp. のみを計数できることを示している。本研究より、開発した自動計数手法は、*Pseudanabaena* sp. 濃度を過大評価する可能性があるものの、2-MIB の発生の可能性を早期に警告することで、浄水場が適切な予防措置を講じることができることを提案している。

第5章では、透析膜を用いた前処理システムを組み合わせたリアルタイム微生物数カウンターの信頼性を、浄水処理場の砂ろ過処理水中の細菌数を監視することで評価している。砂ろ過処理水中に残留する溶存有機物は強い自家蛍光を出し、細菌から放出される弱い自家蛍光を遮って分析を妨害するため、本研究では透析膜を使ってその溶存有機物を除去している。本研究では、透析膜が砂ろ過処理水中の溶存有機物（フミン酸）を長期間安定的に取り除くことができる上に、陰イオン交換樹脂により透析液を連続再生できることを明らかにしている。また、砂ろ過処理水中の細菌数濃度の変動 ($0.2 \times 10^4 \sim 2.5 \times 10^4$ 個/mL) を追跡することで、逆流洗浄後の細菌数の濃度ピークと粒子数の濃度ピークの出現のタイミングが異なることを明らかにしている。以上の研究より、砂ろ過処理の異常を早期に警告するリアルタイム微生物数カウンターの活用法を提案している。

第5章では、下水を処理して飲用水として再利用する飲用再利用において、オゾン処理の消毒副生成物である臭素酸イオン濃度の継続的な監視を行うために、臭素酸イオンの妨害物質（溶存有機物）を連続除去するための前処理システムを構築することである。本研究では、その前処理システムとして、ナノろ過膜法を採用している。ナノろ過膜前処理システムは、臭素酸イオン濃度を変更することなく、下水処理水から干渉物質を確実に除去するように最適化できることが示されている。特に、臭素酸イオン濃度のオンライン分析のための最適な前処理条件は、 $1 \text{ L/m}^2\text{h}$ の膜透過流速と 35°C の処理水温度であることを明らかにしている。以上の研究より、ナノろ過膜前処理システムを組み合わせたオンライン臭素酸イオン計は、オゾン処理中の臭素酸イオン生成の速度を監視することが可能であり、規制値を超える臭素酸イオン濃度が検知された場合にはオゾン注入量を低減するなどの活用法が提案されている。

第6章は結論であり、上記の研究成果をまとめると共に、今後の研究の展開について説明している。

以上のように本論文は、水道水質計測の自動化に関して新規性があり、高い学術的価値を有するものと評価できる。学位審査委員会は、Boivin Sandrine Lucie Pascale 氏の研究が環境工学の分野において極めて有益な成果を得るとともに、水道の水質計測技術の進歩発展に貢献するところが大きく、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。

また、入学後に掲載された筆頭著者または主著者の審査付き論文が3編あることから、工学研究科規程第21条第2項ただし書の適用が適当であると判断した。