

論文審査の結果の要旨

報告番号	博(生)乙第34号	氏名	中村 耕三
学位審査委員		主査 中村 剛 副査 田邊 秀二 副査 多田 彰秀 副査 黒川 不二雄	
<p>論文審査の結果の要旨</p> <p>中村耕三氏は平成18年4月に長崎大学大学院生産科学研究科に社会人学生として入学し、平成23年3月に単位取得後退学した。同氏は、生産科学研究科に入学以降、システム科学を専攻して所定の単位を修得するとともに、海水の淡水化に関する研究に従事し、その成果を平成23年5月に主論文「逆浸透膜法による海水淡水化のための統計学的プロセスコントロール法の開発」として完成し、参考論文として、学位論文の印刷公表論文2編(いずれも審査付論文)、印刷公表予定論文1編(審査中論文)を付して、博士(工学)の学位を申請した。</p> <p>長崎大学大学院生産科学研究科教授会は、2011年7月20日の定例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、試験を行い、論文審査および試験の結果を2011年9月7日の生産科学研究科教授会に報告した。</p> <p>本論文は、海水の淡水化プラントにおける逆浸透膜(RO膜)劣化の予測と制御のための方法を扱っている。通常RO膜のメーカーは、膜に通水する海水の膜汚染度の基準値を定めているが、その基準値とRO膜の性能劣化の程度に明確な関連が見られない。また有機物が多く含まれている海水では、基準値を決定すること自体が困難、といった実際上の問題を経験した。そこで、従来の膜汚染度指標より信頼できる指標を探索し、さらに長年の懸案とされている淡水化プラントの連続監視法の開発を研究の目的とした。</p> <p>まず、場所、時期などの条件が異なる187の海水をサンプリングし、5秒毎(T)の累積透過水量(V)、並びに、計測時海水温度(°C)、EC、pH、E260、濁度を計測する実験を行った。実験結果の詳細な統計解析結果に基づき、経過時間tにおける累積透過水量V(t)を予測するための統計モデル</p> $\ln V(t) = \alpha + \beta \ln t + \varepsilon, \quad \varepsilon \sim N(0, \sigma^2)$ <p>但しαはtに依存しない定数でβは回帰計数、を構成し、15<T<825のときに、lnV(t)を予測する精度が最大となることを突き止めた。この結果に基づき、透過指数βを定義し、新たな膜汚染度指標</p>			

として提案した。上記統計モデルに基づく理論的考察と実験計画に基づく実験結果の統計解析により、 β は環境及び実験器具に依存しないことを実証した。

現在世界中の殆どの淡水化プラントで用いられている膜汚染度指標である SDI_{15} と性能を比較したところ、 β の方が良い成績を示した。その理由として SDI_{15} は 2 点 ($T=0, 900$ 秒) での情報を用いて決定されるのに対し、 β は連続した区間 $15 < T < 825$ の情報を用いるために測定誤差の影響を受けにくいという測定精度上の特質に加えて、膜汚染度が高いためメーカーが指定する基準値に達していない水に対して SDI_{15} は予測不能の値を示すので信頼できないことが多くの文献で指摘されているが、そのような水に対しても β は膜汚染度と線形の関係を保つという著しい特質が上げられる。さらに、膜汚染度が高い水について SDI_{15} の値が信頼できない原因として、 SDI_{15} の値を事実上決定する $T=900$ の時点での水質評価では遅すぎるものが、上記統計モデルとデータを用いて論証された。この発見は SDI_{15} の改良法を具体的に示唆するもので高く評価される。

β は膜汚染度と線形の関係を保つという特質を活かして、プラントで常時継続的に計測される EC, $\ln E_{260}$, 濁度の 3 変数を用いた β 予測のための重回帰式を構成し、膜汚染度を連続的に監視する方法を考案した。これにより、水質の急激な変化に応じた海水除濁処理の運転条件（ろ過流速、逆洗間隔、薬品添加量）の最適化制御が可能となり、プラント管理のためのランニングコストと環境負荷低減を可能にすることが期待される。

今後の課題として、様々な環境の基でのプラント運転時における β の物理化学的観点からの性能評価、および β の予測式の精度を高めるための研究が期待されると締め括られた。

以上のように本論文は、海水淡水化プラントの効率的かつ安定的な運転のための統計学的プロセスコントロール法を開発したもので、プラント管理技術向上に多大の寄与をするものと評価できる。

学位審査委員会は、本研究は海水淡水化の分野において極めて有益な成果を得るとともに、統計的品質管理学の進歩発展に貢献するところ大とみなし、博士（工学）の学位に値するものとして合格と判定した。