

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	アルカリ水電解による大型水素製造装置の開発に関する研究
Title(English)	Development of Large-scale Hydrogen Generator by Alkaline Water Electrolysis
著者(和文)	真鍋明義
Author(English)	Akiyoshi Manabe
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10653号, 授与年月日:2017年9月20日, 学位の種別:課程博士, 審査員:北村 房男,菅野 了次,川路 均,野村 淳子,林 智広,大坂 武男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10653号, Conferred date:2017/9/20, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

論文審査の要旨及び審査員

(2000字程度)

報告番号	乙 第 号	学位申請者	真鍋 明義	
論文審査員	氏 名	職 名	氏 名	職 名
	主査 北村 房男	准教授	林 智広	准教授
	菅野 了次	教 授	大坂 武男	神奈川大学 客員教授
	川路 均	教 授		
	野村 淳子	准教授		

本論文は、「アルカリ水電解による大型水素製造装置の開発に関する研究」と題し、日本語で書かれ全六章から構成されている。

第一章「序論」では、水素社会に向けて CO₂ ガスを排出しない水電解水素製造技術が見直されていること、中でも大容量の水素製造法としてアルカリ水電解 (AWE) が注目されていることを述べ、大型実機に既に実績のある食塩電解の技術を利用しながら高性能 AWE 装置の開発を達成するために、性能に影響する主要 4 因子 (陽極、陰極、隔膜及び電解槽) それぞれを高性能化する必要性について述べている。

第二章「アルカリ水電解 (AWE) 装置の高性能化」では、高性能化のキーポイントであるゼロギャップシステムの特徴を論じ、実用機に採用できるようにする為には、ラボ装置での段階的な評価、パイロットでの試験そしてプラントでの検証が必要であることを指摘している。特に、現時点で国内最大規模である、100 Nm³/h AWE装置の稼働評価を実施している。

第三章「主要性能決定因子に対する検討」では、前述した電解性能に影響を及ぼす主要 4 因子それぞれについて、セル電圧を下げるための方策、ガス純度を高めるための技術の見極めを行い、以下のことを明らかにしている。1) 電極の過電圧の低減には、熱分解法による触媒活性を利用する手法が有効であること、また、陽極の酸素過電圧の低減において Raney-Ni コーティングは変動の多い条件下でも安定である、2) 熱分解法によるコーティングは薄層を形成するのに適しているが、得られた構造はポーラス状である、3) 長寿命化を期待して中間層に RuO₂ を設けたが改善は見られなかった。これは、負荷変動試験の回数に追従して電極表面に Ni(OH)₂ や NiOOH の析出量が漸次増加するためであり、Ni 基材の溶出を完全に防ぐことは困難であること、4) 電解槽に採用する電極メッシュの仕様をセルの仕様 (大きさ、運転条件、環境) に応じて変更することで、標準的なメッシュと比較して 20 mV 前後の電圧低減が期待された、5) 膜に親水処理を施すことで、ガスがトラップされず電圧の変動が抑えられること、膜の性状により電圧変動も大きく異なること、一方、単純な細孔では電圧変動は殆ど見られないこと、6) KHI の隔膜を用いた場合、300 mmH₂O 程度の差圧があれば 25 wt% KOH 電解液は容易に隔膜を透過し、片側の電解室に供給しても対極側に充分電解液は供給され得ること、片側のみの電解液供給時の電圧増加は 4~5 mV と大変小さく、プラントコスト削減への指針となる、7) ガスとして隔膜を透過する量と溶存ガスとして透過する量とを精査した結果、溶存ガスの透過量は意外に多く、4 kA/m², 80℃ の条件では、両者の割合は 1.25:1 であった、8) 運転の安全面では、微弱電流を通電している時が爆発限界領域に近づき危険状態となることを明らかにしている。

第四章「実証パイロット及び実証プラント装置から得られた知見」では、AWE 電解システムに対し、これまでに確認できた技術を適用して性能を評価するとともに、問題点や技術的特徴を顕在化することに主眼を置き検討を実施している。隔膜の品質安定性 (ガス純度と電圧) や、膜由来有機物に拠る発泡現象の問題を解決するとともに、希釈ガスを N₂ に替えて、陽極から発生する酸素を循環タンク上部の気相部に供給して水素希釈し、N₂ ガスの削減を図っている。また、電解セルからのジュール熱による蓄熱が起こるため、熱交換器の容量に余裕を持たせる必要を指摘している。さらに、無垢の Ni 電極と活性被覆処理した各種電極 (44 セル) を同一電解槽で同時に評価し、技術的に対処すべき点を明確化している。

第五章「AWE プラントの応用」では、AWE 技術がトリチウムを大気圏へ放出できる技術であり、また、トリチウム水 (HTO) は危険だが HT 分子では生命体は取り込まれにくく、危険性も HTO と比べて 1 万分の 1 になることから、AWE による汚染水処理の提言を行っている。炭酸ガス削減のための再生可能エネルギーとの連携に関しては、本 AWE プロセスは 100 A/s の速度の変動電力に対しても追従できることが確認され、今後のプロセス対応で更なる大きな変動に対しても支障ないことが示唆されている。

第六章「結言」では、本研究の成果を総括している。

これを要するに、本論文は現状の水素製造装置にまつわる技術的問題点を明らかにし、それらの解決策に関して検討を行ったものであり、今後のプラント設計の指針となる数多くの知見を得ており、工学上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士 (工学) の学位論文として十分な価値があると認められる。

注意: 「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。