

MVR해수담수화플랜트의 고농도 농축수를 활용한 미네랄 제어 및 제염기술 연구

김영민 · 천원기 · 김동국*[†]

제주대학교, *한국에너지기술연구원

(2016년 8월 23일 접수, 2016년 11월 22일 수정, 2016년 11월 25일 채택)

A Study on the mineral control and salt manufacture technology using higher concentration in the MVR desalination plant

Kim Yeongmin · Chun Wongee · Kim Dongkook*[†]

Jeju National University, *Korea Institute of Energy Research

(Received 23 August 2016, Revised 22 November 2016, Accepted 25 November 2016)

요 약

일반적으로 해수담수화플랜트는 크게 두 가지의 문제점을 가지고 있는데, 에너지 비효율성과 해수담수화 후 부산물인 농축수의 해결방안이다. 전자는 태양에너지 등 산재에너지원의 활용과 새로운 기술에 대한 꾸준한 연구개발로 상당히 그 효율성이 개선되었으나, 농축수 해결방안에 대한 연구는 아직 미미한 실정이다. 본 논문에서는 많은 에너지를 투입하여 담수와 함께 생산된 농축수의 활용과 관련하여 제염이 가능한 설비의 구축과 그 효율성을 제고하기 위한 미네랄(Mg) 성분 제어에 관하여 제주 MVR해수담수화 플랜트를 중심으로 그 연구 결과를 소개하고자 한다. 플랜트의 정상 작동으로 생산된 농축수에 본 연구의 제염 설비를 적용하여 단계별 소금의 성분 함량을 분석했을 때 Mg 성분 수치가 줄어드는 것으로 보아 미네랄(Mg) 제어가 정상적으로 진행되고 있음을 알 수 있었다. 아울러, 본 MVR해수담수화 플랜트의 에너지 이용의 효율성과 담수 생산 및 농축수 활용에 관하여 그 활용성을 확인할 수 있었다.

주요어 : MVR 해수 담수화 플랜트, 실험 연구, 농축수, 제염

Abstract - Seawater desalination plants generally have two inherent problems which stem from energy inefficiency and desalination concentrate management. The former has been somewhat resolved thanks to the innovative methods in utilizing new and renewable energy resources whereas the latter still has much issues to be dealt with. This paper introduces the application of a desalting process for the disposal of desalination concentrate (especially, Mg) and to improve its cost effectiveness of a MVR seawater desalination plant built in Jeju. Principal component analysis on the desalination concentrate has revealed a steady reduction of Mg with the application of the desalting process verifying its functional reliability. Also, it was found that our MVR seawater desalination plant is not only energy efficient but also could be effectively applied for the dual purpose of fresh water production and concentrate management.

Key words : MVR Seawater Desalination Plant, Experimental Research, Concentrated Water, Decontamination

[†]To whom corresponding should be addressed.

Tel : +82-42-860-3152 E-mail: dokkim@kier.re.kr

1. 서론

급격한 인구 증가로 인한 물 사용량 증가와 생활 폐수의 증가 및 공업용수의 공급량 증가로 물 부족 문제는 더욱 심화될 것으로 전망되며 이에 따라 해수담수화에 대한 연구도 많이 진행되고 있다.[1,2] 해수담수화에 대한 연구의 대부분은 보다 낮은 에너지 소비로 보다 많은 담수를 생산하는데 초점이 맞춰져있으며 담수화 과정에서 생산되는 농축수에 대한 연구는 미미한 편이다. 담수를 생산하기 위해서는 해수보다 높은 염분농도의 농축수를 담수 생산량보다 많이 생산해야 하며 현재 담수화플랜트의 대부분은 담수 생산 후 발생하는 농축수를 바다에 방류하고 있는 실정이다.[4] 바다 염분농도보다 높은 염분농도로 인해 농축수의 해양방류가 환경에 미치는 영향에 대한 우려가 증가하고 있으며 최근 담수화플랜트의 시장과 용량이 점차 증가함에 따라 농축수에 대한 처리문제가 대두되고 있다.[5,6]

본 연구에서는 MVR해수담수화 플랜트에서 생산되는 고농도 농축수(약 15wt.% 이상)를 활용하여 미네랄(Mg) 제어 및 제염할 수 있는 설비를 구축하였으며 실험 단계별 미네랄 함량을 분석하여 미네랄(Mg) 제어 유무를 확인하였다.

2. 미네랄(Mg)회수 및 제염 실험방법

MVR해수담수화에서 원수로 쓰이는 용암해수는 소금으로 제조했을 시 Mg성분이 다량으로 함유되어 있어 쓴맛을 내기 때문에 Mg성분을 제어하는 것이 무엇보다 중요하다. Table 1은 주요 소금의 미네랄 함량을 보여준다.[6]

Table 1에서 확인할 수 있듯이 용암해수로 미네랄 회수를 하지 않은 상태에서 제조된 소금의 성분을 분석해보면 Mg성분 함량이 태안자염보다 약 3배정도

높으며 Ca성분은 부족한 것을 알 수 있다. 본 연구에서 제조되는 소금이 경쟁력을 갖기 위해서는 국내 시판중인 태안자염과 비교하여 미네랄 성분과 균등하도록 제어가 필요하다.

2-1. 실험내용

본 실험은 용암해수 소금에 Mg성분을 제어하기 위한 실험으로 실험방법은 용암해수 원수를 증발·건조 후 1차 소금을 생산하고 잔류 농축수에 다시 용암해수 원수를 첨가하여 다시 증발·건조시켜 2차 소금을 생산한다. 2차 소금 제조 후 잔류 농축수에 NaOH를 첨가하여 Mg성분을 제어하고 원심분리를 이용하여 침전물과 액을 분리시킨 후 잔류소금을 제조한다. Fig. 1은 제염 및 Mg회수 실험방법을 보여준다.

2-2. Process Schematic

위 실험내용을 바탕으로 아래와 같이 2가지 방법으로 실험장치를 구성하였다.

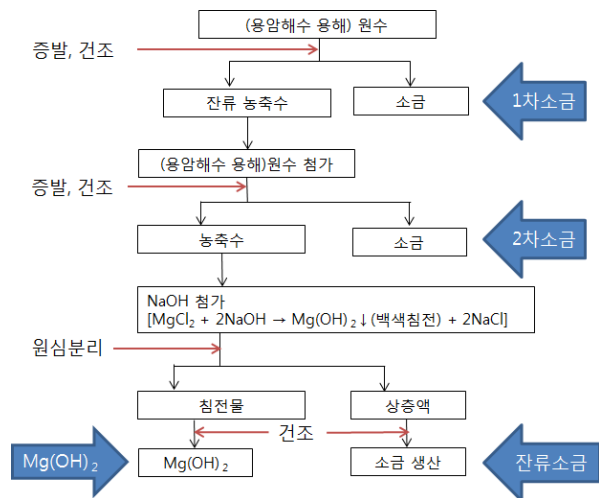


Fig. 1. Experiment method of decontamination and mineral recovery

Table 1. Mineral contents of the main salt

(단위 : ppm)

구분	천일염	중국산천일염	정제염	울릉도심층소금	용암해수	태안자염	비고
염(Na)	386,296	392,389	396,423	410,000	319,793	380,282	
마그네슘(Mg)	14,045	7,298	33	7,000	22,399	9,569	
칼륨(K)	4,949	2,499	1,085	3,800	6,877	3,082	
칼슘(Ca)	903	797	132	2,400	1,995	12,784	

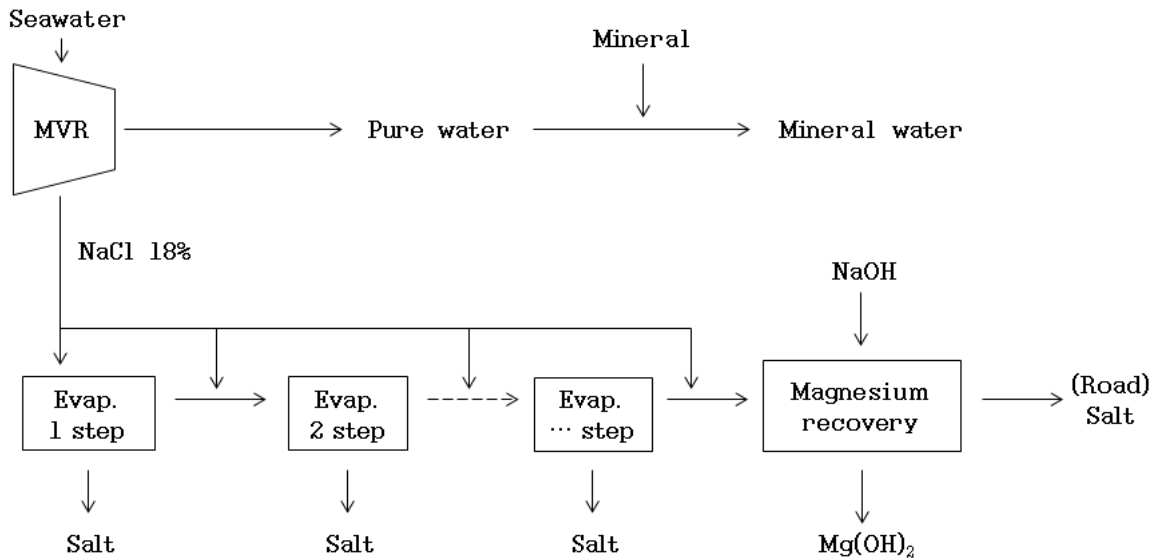


Fig. 2. Process Schematic-1

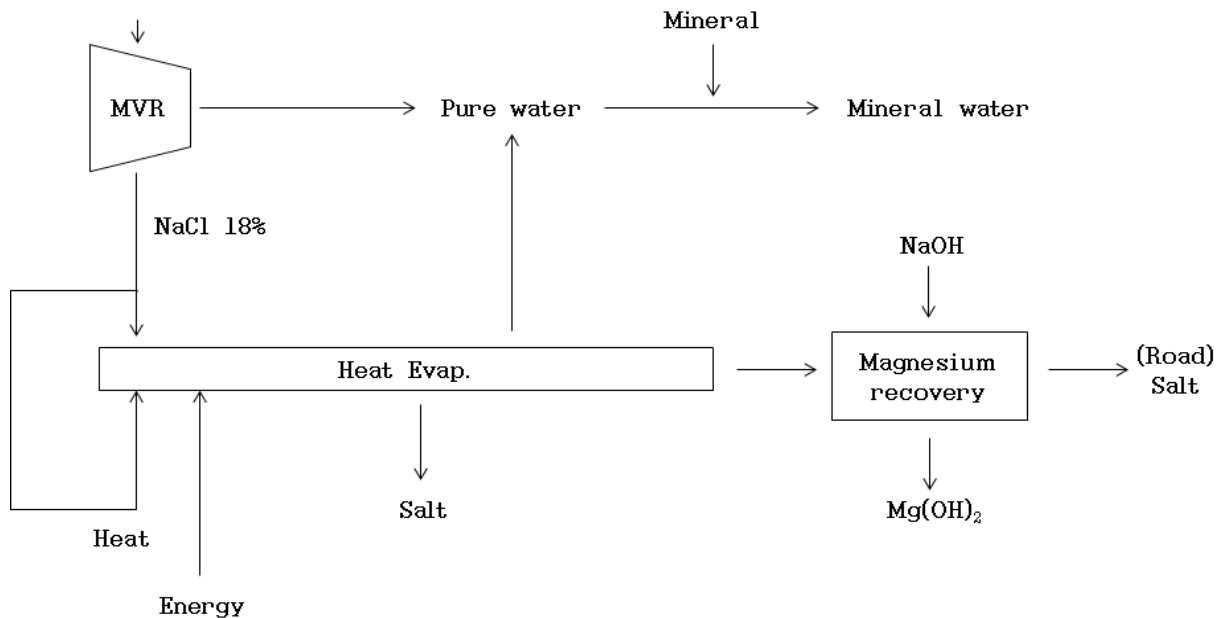


Fig. 3. Process Schematic-2

Process Schematic-1안의 경우로 Evaporator를 단계별로 따로 설치하여 소금을 제조하는 방법으로 Mg 성분 제어에 유용하나 설치비가 비싼 단점이 있으며 Process Schematic-2안인 경우 Heat Evaporator설치로 담수 생산이 소량이나마 가능하고 설치비가 상대적으로 적은 반면 증발에 필요한 에너지를 투입이 필요하고 Mg성분 제어가 상대적으로 부족할 수 있다.

2-3. 제염 설비 구축

Fig. 4는 MVR해수담수화플랜트와 연계된 제염설비의 P&ID이며 이를 바탕으로 Fig. 5와 같이 제염설비를 구축하였다. 제염설비는 Process Schematic-2을 바탕으로 설계되었다. Heat Evaporator에 필요한 에너지는 MVR 토출증기와 결정화농축장치의 토출증기를 이용하고 Mg성분 제어에 용이하기 위하여 원심분리기를 설치하였으며 소금 제조 후 농축염수는 결정화농축장치로 보내지는 순환 방식으로 설계되었다.

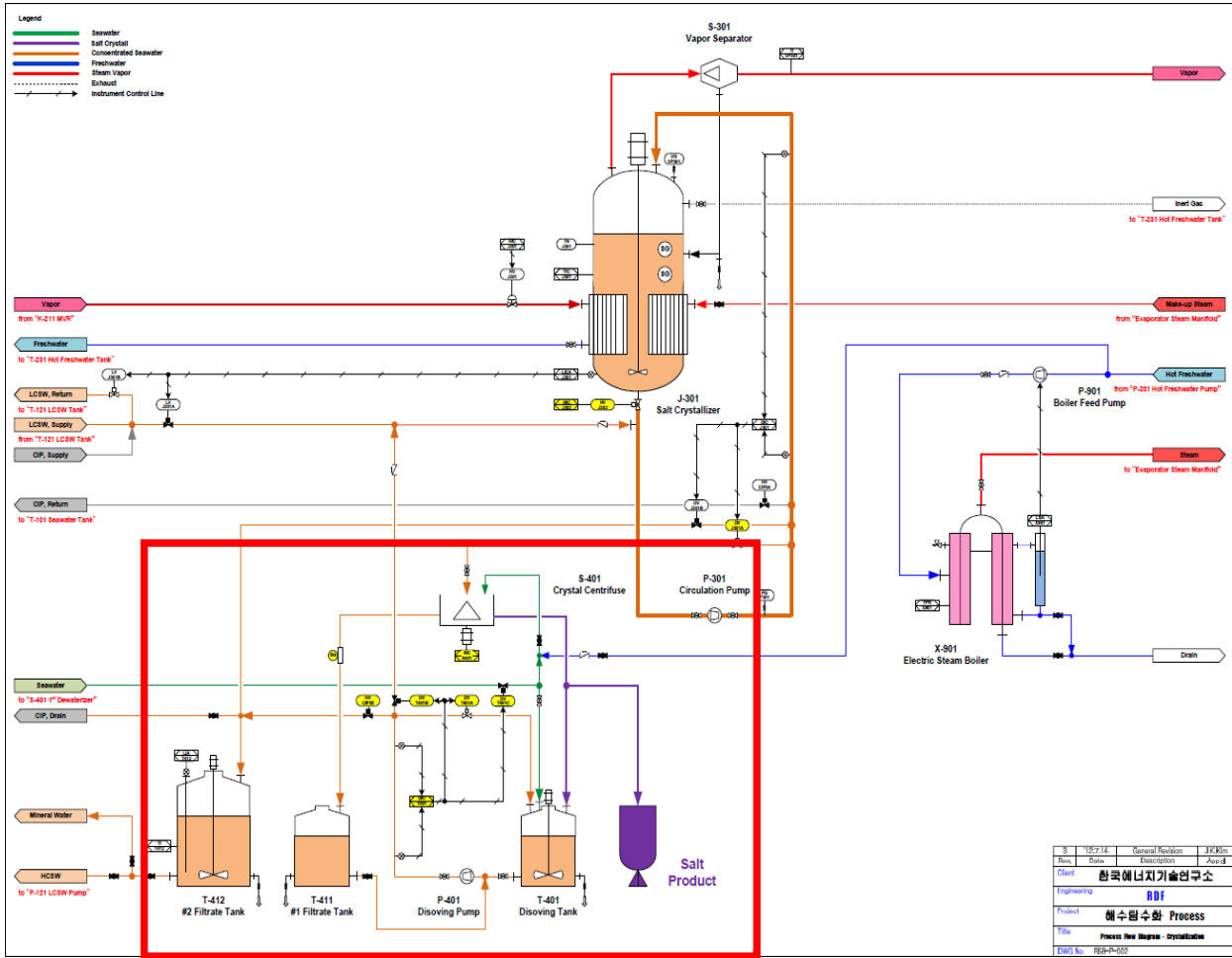


Fig. 4. P&ID of mineral recovery and decontamination plant



Fig. 5. Decontamination plant

3. 실험 결과

Table 2와 Fig. 6은 실험 단계별 주요 미네랄 함량을 보여준다. Na성분인 경우 포함된 함량이 다른 성분들보다 훨씬 많기 때문에 보조축을 사용하였다. Table 2와 Fig. 6에서 확인할 수 있듯이 Mg성분의 경우 꾸준히 줄어드는 것을 확인할 수 있으며, K, Ca, Na성분의 1차 소금생산과 2차 소금생산 후 증가되는 부분, 감소되는 부분이 있음을 확인할 수 있다. 이 현상은 Mg성분을 제어하기 위해 1차 소금생산과 2차 소금생산 후 원액을 투입하며 발생한 현상으로 K, Na 성분인 경우 2차 소금생산 후 함량에 큰 차이를 보이는데 이것은 NaOH를 투입하며 생긴 현상으로 풀이된다. 그러나 본 연구의 주요 목적인 Mg성분은 꾸준히 줄어들어 제어가 가능함을 알 수 있다.

Fig. 7은 주요 소금별 미네랄 함량을 비교한 그래프

Table 2. Main mineral contents of an experiment stage

(단위 : ppm)

구 분	원액 소금	1차생산	2차생산	잔류소금	Mg침전
Na	319,793	370,957	377,785	322,324	147,682
Mg	22,399	8,473	6,367	2,978	231,439
K	6,877	3,827	2,764	15,046	10,149
Ca	1,995	99	722	917	376

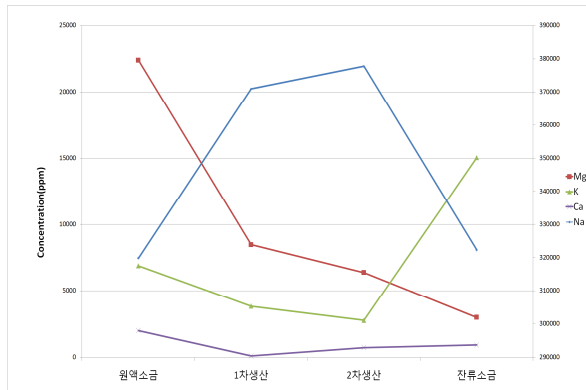


Fig. 6. Mineral contents of the produced salt

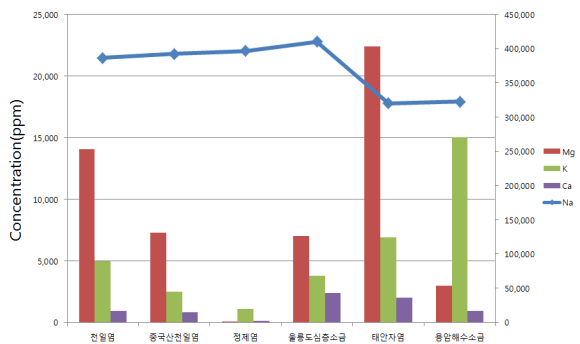


Fig. 7. Mineral contents of the main produced salt

이다. Na성분이 다른 성분들보다 많은 수치를 보여 보조축을 사용하였다. Fig. 7에서 Mg성분 함량 비교 시 용암해수소금은 정제염을 제외한 주요 소금보다 낮은 수치를 보였다. K성분인 경우 다른 주요 소금보다 약 2~10정도의 높은 수치를 나타냈으며 그 외의 다른 성분은 대체로 비슷한 수치를 나타내었다.

4. 결론

본 실험에서는 담수화에서 생산되는 농축수를 활용하여 제염이 가능한 설비를 구축하였으며 품질을 향

상시키기 위하여 미네랄(Mg) 성분을 제어할 수 있는 연구를 제시하였다. 실험 결과 생산 단계별 소금의 성분 함량을 분석했을 때 Mg성분 수치가 줄어드는 것으로 보아 미네랄(Mg) 제어 정상적으로 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 다만, 제조된 소금이 크기가 천일염보다 작으며 Mg 성분 뿐만 아니라 다른 성분 또한 제어할 수 있는 방안을 모색하여야 하며 결정관에서 소금 결정이 생기기까지의 농축시간을 단축시키는 등 연구를 지속적으로 진행하여야 할 것으로 보인다. 본 연구에서 제시하는 제염 및 미네랄(Mg) 제어 기술의 지속적인 연구를 통해 해수담수화 플랜트의 문제점인 농축수 방류로 인한 환경오염 및 생태계 파괴 등을 예방할 수 있을뿐더러 부산물을 이용한 제염으로 부가가치를 높일 수 있을 것으로 사료된다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원의 지원과 한국과학재단 기초연구사업 “저열원의 하베스팅을 위한 TM (Thermal to Mechanical energy) 발전변환시스템 개발” 연구비 지원으로 수행되었음 (과제번호 : 2014R1A2A 01006421)

References

1. Moser, H., Denisart. J. P., 1984, Mechanical Vapor compression(MVC), Heat Recovery System, Vol. 4, No. 5, pp. 333-336
2. Kim, D. K., 1998, A Development on the Effective Management Technology of Energy Conservation(II), KIER-982211, Korea Institute of Energy Research.
3. Lee, Y. S., Park, J. T., 1990, Waste Heat Recovery in Evaporation Plants by MVR System, KJACR,

- Vol. 19, No. 1, pp.36-45
4. Kim, D. K., 2001, MVRS Desalination and Decontamination Technology, KOrea Technology Innovation Society, pp. 287-300
 5. Kim, S. H., 2016, Transforming Brines from Seawater Desalination Plants to Resources, Korean Society of Civil Engineers, Vol. 64, No. 2, pp. 25-29
 6. Shin, S. C., 2016, saltpeople, http://saltpeople.com/mall/menu4_5.html