

에너지 절감을 위한 역삼투 해수담수화 공정

김건태 · 강문선 · 임성균 · 최광호

코오롱건설(주) 기술연구소

Evaluation of R/O for Energy Saving in Seawater Desalination

Kim Geon Tae, Kang Moon Sun, Yim Seong Kyun, Choi Kwang Ho
R & D Institute, Kolon Eng. & Construction Co. Ltd.,

1. 서론

국의 역삼투법을 이용한 해수담수 생산비용은 대형설비를 기준으로 1.3 ~ 1.5\$/처리수m³이며, 이 생산비중 가장 많이 차지하는 부분은 에너지비용과 감가상각비용으로서 이 두 항목이 전체 해수담수화 비용의 65 ~ 80%를 차지하며, 반면에 막 교체비, 약품비, 인건비 및 유지관리 비용은 20 ~ 35%로 상대적으로 작은 부분을 차지하고 있다. 따라서 역삼투 해수담수화시스템이 경제성을 갖기 위해서는 투자비와 에너지 절감이 필수적이다.

본 연구에서는 기존 역삼투 해수담수화공정에 에너지절감설비와 에너지회수설비를 도입하여 그 효율 및 경제성을 분석하였고 기존공정보다 높은 고압을 적용하여 회수율 50%까지 높인 고압 역삼투 해수담수화공정과 회수율 35% 이하의 기존공정의 에너지소모량 및 처리수의 수질 등을 비교하여 고압공정의 경제성 및 실 플랜트 적용 가능성을 검토하였다.

2. 실험 및 실험장치

Pilot 시스템의 용량은 에너지회수설비를 평가할 수 있는 최소 용량인 Feed 기준 5m³/Hr 사양으로 제작하였으며, 시스템 구성은 크게 전처리공정과 역삼투공정 두 부분으로 구성하였다.

전처리공정으로 역세형정밀여과시스템(BMF : Backwashable Micro Filter)을 도입하여 해수 원수에 함유된 미세 부유물질을 완벽하게 제거하여 기존공정과 고압공정의 성능 비교 시 부유물질에 의한 분리막오염을 최소화하였다.

분리막공정의 에너지소모량을 최소화하기 위해 각각의 Feed Pump 및 고압펌프에 인버터를 부착하였으며, 또한 고압 분리막공정에서 처리수를 생산한 후 방류되는 농축수의 에너지를 회수하기 위하여 에너지회수설비를 장착하였다.

에너지회수설비에 의한 시스템의 에너지절감율을 비교하기 위해서 PEI사의 Turbo Charger와 ERI사의 Pressure Exchanger 2가지 형태의 에너지회수설비를 PILOT에 부착하여 시스템의 성능을 비교하였다.

기타 설비로는 약품주입설비와 분리막 오염 시 약품세정을 위한 세정설비, 계장공기공급과 역세형정밀여과설비의 공기역세를 위한 Air Compressor, data 수집 및 운전제어를 위한 Control Panel 및 모니터링시스템 등을 설치하였다.

표1. Pilot 주요설비 사양

주요설비	설비사양	
역세형정밀여과설비 (BMF : Backwashable Micro Filter)	Module Dimension	D114mm × 1078mmL
	Quantity	20Ea
	Type	Hollow Fiber
	Pore Size	0.01 μ m
	Material	Polyacrylonitrile
	Backwash Pump	20m ³ /Hr × 2kg/cm ² G
역삼투설비 (R/O : Reverse Osmosis)	Module Dimension	D100mm × 1000mmL
	Quantity	18Ea
	Module Type	Spiral Wound
	Material	Polyamide
	High Press. Pump	1st R/O 5m ³ /Hr × 70kg/cm ² G 2nd R/O 3m ³ /Hr × 100kg/cm ² G

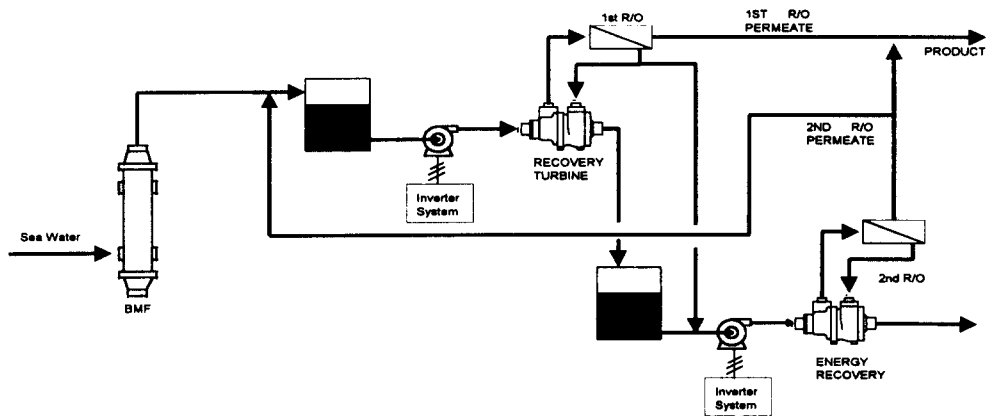


그림 1. Pilot 개략공정도

3. 실험결과

(1) 생산수질 비교

해수 총 용존고형물(TDS) 34,600mg/L을 35% 회수율 공정으로 Test한 처리수의 TDS는 252ppm으로 나타났으며, 50% 회수율을 1단공정으로 회수했을 때는 187ppm, 2단으로 회수하였을 때는 220ppm을 보여 단기간의 Test에서는 1단 공정으로 50% 회수율을 갖는 공정이 수질 측면에서 유리한 것으로 나타났다.

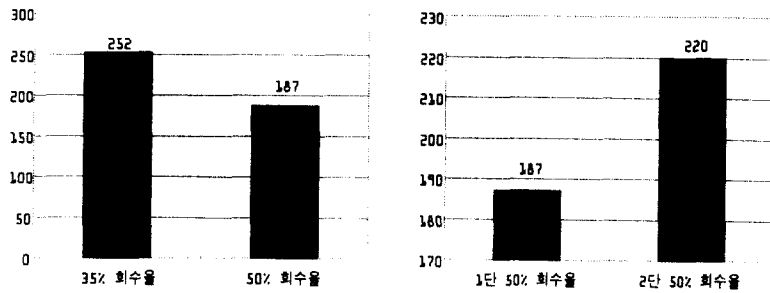


그림2. 공정별 생산수질 비교(총 용존고형물)

(2) 1단공정과 2단공정의 연속 Test 비교

시스템의 성능을 파악하기 위하여 1단공정과 2단공정을 50% 회수율로 장기간 연속 Test한 결과 1단공정은 급격한 처리수수질 악화 현상이 보였으며, 2단공정은 안정적인 수질 결과를 보였다.

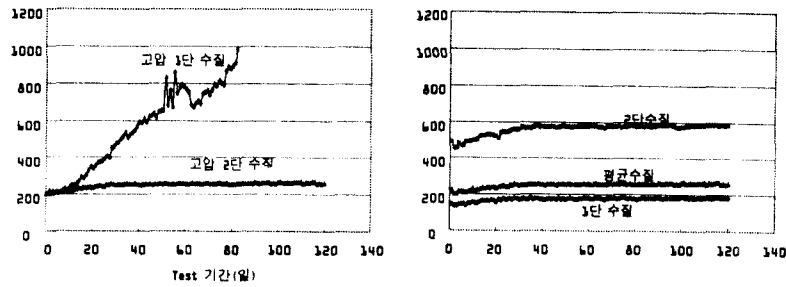


그림3. 공정별 생산수질 비교(총 용존고형물)

(3) 에너지소모량 비교

기존 1단 공정에 에너지회수설비와 에너지절감설비(인버터 등)를 부착하지 않고 35% 회수하였을 때와, 고압 2단 공정에 에너지회수설비와 에너지절감설비를 적용하여 50%를 회수하였을 때의 에너지 소모량 비교한 결과 50% 회수율 공정이 35% 회수율공정에 비해 약 44%의 에너지 절감효과가 이는 것으로 나타났다.

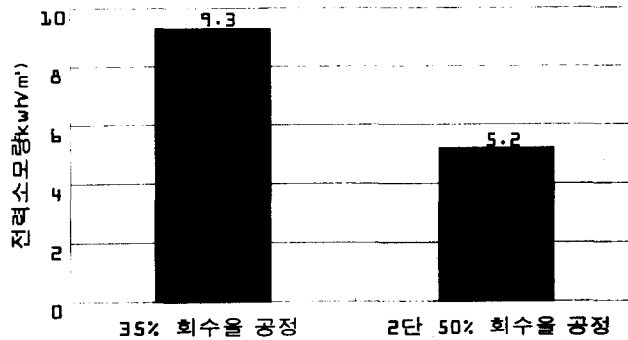


그림4. 에너지소모량 비교

4. 결론

기존 1단공정에 에너지회수설비와 절감설비를 부착하지 않고 35% 회수하였을 때와, 고압 공정에 에너지회수설비와 절감설비를 부착하여 50%를 회수하였을 때의 성능 Test 결과, 총용존고형물의 경우 35% 회수율 공정은 252ppm, 1단 50% 공정은 187ppm, 2단 50% 공정은 220ppm으로 나타났으며, 고압 1단공정은 장기간 운전의 경우 수질이 급격하게 저하하는 것으로 나타났다.

에너지소모량은 고압 2단 50% 회수율 공정이 5.2kw/m³로 나타나 1단 35% 회수율 공정에 비해 우수한 것으로 나타났다.

상기의 결과로 볼 때 고압을 이용한 고회수율 역삼투 해수담수화공정이을 실 플랜트에 적용할 경우 기존공정에 비해 경제성이 높을 것으로 판단된다.

5. 참고문헌

1. “造水技術”, 24(4), 48 ~ 50, Water Reuse Promotion Center (1999)
2. “造水技術”, 25(2), 30 ~ 36, Water Reuse Promotion Center (1999)
3. F.M. Mubeen, The Int'l Desalination & Water Reuse, 9(3) 42 ~ 49 (1999)