
수도용 역삼투법 해수담수화
공정의 최적 설계

김 충 환 박사
(수자원공사)

수도용 역삼투법 해수담수화공정의 최적설계

김충환

한국수자원공사 수자원연구소

1. 서론

우리나라에서 수도에 해수담수화시설은 90년대 중반에 마련된 정부의 물 관리종합대책에 의거 생활용수가 부족한 도시지역을 중심으로 적극적으로 도입되기 시작했다.

현재 우리나라의 해수담수화시설 실적은 2002년 현재 총 44개소로서 용량은 $10 \text{ m}^3/\text{일}$ 에서 $1,000 \text{ m}^3/\text{일}$ 이나 대부분 $50 \text{ m}^3/\text{일}$ 미만의 소규모 시설로 20여 개소가 설치 계획중에 있다. 해수담수화기술은 선진외국에서는 이미 실용화가 되어 있으나, 우리나라에서 생활용수를 생산하는 수도용 해수담수화시설의 계획, 설계, 제작, 시공, 운영관리 및 환경관리기술 등을 포함한 제반기술은 미흡한 단계로 기술발전 및 경제성 향상을 위해 집중적인 개발이 필요하다.

해수의 담수화 방식으로는 증발법과 비교하여 에너지소모가 적고 실용성이 높은 역삼투법이 일반적으로 규모나 염분농도에 관계없이 도입되고 있고, 우리나라의 도시지역에 설치된 해수담수화시설은 대부분이 역삼투법이다. 최근에는 중대규모의 해수담수화시설을 도입하기 위한 개념설계연구도 이루어지고 있는 등 장래에 도입이 기대되고 있다. 본 발표에서는 중소규모 먹는물 생산용 역삼투법 해수담수화시설에 대해 한국수자원공사에서 추진한 시범연구사업과 설계경험 및 자료조사 등을 토대로 원수 및 생산수의 수질을 고려한 최적설계에 대해 검토하였다.

2. 해수담수화시설의 공정설계

2.1 도입계획 조사

해수담수화시설의 도입계획은 대상지역의 상수도사업이 관할하는 지역의 물수급 계획을 합리적, 경제적으로 만족시키는 수도사업계획 전체의 계획중에서 책정되어야 한다. 특히 해수담수화시설의 도입을 위해 고려하여야 할 사항은 물수급예측과 해수담수화플랜트의 규모, 위치선정, 계획조건, 기존정수시설과의 접속, 투자자금 및 운전비용, 재무 및 경제성 분석 등이다.

해수담수화시설의 도입을 위해 고려할 사항

- (가) 물수급 예측과 해수담수화플랜트의 규모
 - 수도사업의 현황
 - 물수급 예측
 - 해수담수화 플랜트의 규모
- (나) 플랜트의 위치선정
 - 후보지의 입지조건
 - 후보지의 비교검토와 최적 후보지의 선정
 - 플랜트 위치의 자연환경 조건
 - 원수 취수량의 확보
- (다) 플랜트의 계획조건
 - 플랜트의 능력
 - 플랜트의 위치
 - 생산수 수질
 - 원해수 수질
 - 약품류
 - 환경보전 대책
- (라) 역삼투법 해수담수화플랜트의 개념설계
 - 공정의 개요
 - 기기의 사양
 - 플랜트의 배치
 - 운영조직
- (마) 기존정수시설과의 접속
 - 접속지점의 선정
- (바) 투자자금 및 운전비용
- (사) 재무분석 및 경제성분석

2.2 원수의 선정과 취수

하루 수천 m^3 /일 이상의 대규모 해수담수화 시설에서는 해수를 직접 취수하여 원수로 사용하는 경우가 대부분이며, 취수시설의 구조는 해수의 오염이나 시설의 전처리를 간략하게 하기 위해서 스트레이너나 해안에 수중 취수 구조물을 설치하여 취수하고 있다. 그러나 하루 수백 m^3 /일 규모의 소규모 해수담수화시설에서는 대부분 해수의 오염으로부터 보호할 수 있고, 또한 안정한 수질을 확보할 수 있는 방법으로 해변에 지하관정을 개발하여 취수한다. 지하관정을 개발할 수 없는 곳에서는 수중 취수구조물을 설치하여 직접 해수를 취수하기도 한다. 지하관정을 개발하여 원수로 사용할 경우에는 염분농도와 수량의 안정성을 조사하는 것이 중요하며, 염분의 농도

가 해수보다 상대적으로 낮은 경우에는 시설 설계와 운전에 세심한 주의가 필요하다. 따라서 작은 섬지역에 지하관정을 개발하여 원수로 사용할 경우, 원수의 염분농도는 해수와 같을 경우가 운전의 안정성 및 기술의 적용에 유리할 것이다. 삼투압은 염분농도 1,000 mg/l 당 0.6~0.8 kgf/cm² 정도 발생하기 때문에 염분의 농도가 낮으면 낮은 역삼투압에서 운전이 가능하다. 지하관정을 개발하여 원수로 사용할 경우가 해수를 직접 채수하여 원수로 사용하는 경우보다 해수의 오염으로부터 보호될 수 있고, 또한 염분농도를 제외하고는 안정적인 수질을 확보할 수 있다는 것이 유리하다. 지하관정을 개발하여 담수화시설의 원수로 사용할 경우에는 역삼투설비의 설계를 위해 염분농도 및 수량 파악이 중요하며, 시설의 규모에 맞게 염분농도를 고려한 시설의 원수량을 취수할 수 있도록 개발하여야 한다.

2.3 생산수의 수질

해수담수화 시설의 생산수는 목표로 하는 수질기준에 적합하여야 하며, 특히 먹는물 생산용 역삼투법 해수담수화 시설의 생산수는 먹는물의 수질기준에 적합하여야 한다. 해수에는 75종 이상의 원소가 포함되어 있으며, 주성분은 Cl⁻, Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, K⁺, Br⁻, Sr²⁺, SO₄²⁻ 등이다. 이러한 성분은 역삼투막에 의해 99% 이상 제거되어 제거율이 상당히 높으며, 또한 유기물 및 세균도 충분히 제거된다. 일반적으로 해수담수화용 역삼투막 생산수의 수질은 우리나라의 먹는물 수질기준 55개 항목중에 보론을 제외하고는 먹는물의 수질기준을 만족하게 되며, 역삼투막을 통과한 직후의 생산수는 경도성분이 10 mg/l 이하, pH 6.5-7 정도이다.

우리나라의 먹는물 수질기준에서는 보론농도 0.3mg/l 으로 설정되어 있으며, WHO가이드라인 0.5mg/l, 일본의 수도수 수질기준 감시항목에 1.0 mg/l 이하로 설정하고 있다. 해수중에 포함된 보론(B)은 3~5 mg/l 정도로서 주로 유리형(遊離形)이나 염의 형태로 존재하며, 염분농도 99.5% 정도 제거되는 역삼투막 생산수에는 1~2 mg/l 존재하는 것으로 나타났다. 보론 인체에서 근육이나 장기에 존재하지만 많은 양을 섭취할 경우에는 중추 및 말단 신경계통과 소화기관에 장애를 일으키는 물질로 알려져 있다. 역삼투법을 이용한 해수담수화에서서 붕소의 제거는 해수중의 염분을 99.5% 이상 제거한 후 생산수중에 약 1~2mg/l 존재하는 붕소를 다시 역삼투막을 이용하여 제거하는 방법이 유리한 것으로 평가되고 있으며, 또한 기존의 육수계 담수와 혼합하여 붕소농도를 저감시키는 것이 가능하다. 해수중의 트리할로메탄전구물질(THMFP)과 약 65 mg/l 정도 포함된 브롬이온(Br⁻)은 염

소와 반응하여 THMBr (CHBr_3) 및 HOBr이 된다. 역삼투막에 공급되기 전에 HOBr은 SBS에 의해 Br^- 이온으로 환원되지만 THMBr은 그대로 존재한다. 여기서 Br^- 와 THMBr의 역삼투막에 의한 제거율은 염분과 같은 정도의 제거율을 가지는 것으로 추측되기 때문에 생산수중에 Br^- 이온은 0.4 mg/l , THMBr은 $5 \text{ } \mu\text{g/l}$ 정도 존재하는 것으로 추측된다. 특히 THMs의 제거성능은 폴리아미드재질의 해수담수화용 역삼투막에서 약 80~90%이나 셀룰로오스 아세테이트 재질의 막에서는 생산수의 THMs이 막을 통과하기 이전의 막공급수 THMs보다 1.2~1.5배정도 높게 나타났다. 이러한 현상은 셀룰로오스 아세테이트막에서 THMs이 막과 親和性이 강하여 물보다 막의 투과성이 더 크기 때문이며, 폴리아미드재질의 막은 THMs과 막과 친화성이 약하기 때문인 것으로 조사되었다.

2.4 단위공정

2.4.1 취수설비

해수의 취수량은 처리수량의 약 3배를 취수한다. 농축수량은 해수 취수량의 약 60~70%를 배수하게되며, 농축수의 농도는 해수보다 1.5배정도 증가한다. 해수의 취수방법은 지하관정수나 복류수를 개발하는 것이 표면해수를 취수하는 것보다 운전관리에 유리하다. 해수로부터 직접 채수하는 경우 기름오염, 적조 및 태풍 등에 주의해야한다. 취수지점은 연중 수온, 농도 등의 변화를 조사하여 결정한다.

2.4.2 전처리설비

부유물질 등 막의 오염이나 스케일을 유발시키는 성분은 막운전의 허용농도범위 이내로 저감시켜야한다. 역삼투법 해수담수화시설의 전처리는 부유물질을 제거하기 위한 공정으로 모래여과공정이 도입되며, 기타 역삼투막의 스케일성분 및 막오염물질이 막유입수 허용농도기준을 초과하는 원수를 사용할 경우에는 수처리단위공정을 설치하여야 한다.

가. 약품주입 운전

기본적으로 응집제(FeCl_3), 환원제(SBS), 스케일방지제(황산) 및 미생물에 의한 슬라임 방지제를 주입한다.

- (1) 급속여과장치 : 원수중에 포함된 부유물질을 제거하기 위하여 장착한다.

- (2) FeCl₃ (응집제)의 주입 : 모래여과의 정도 (精度)를 높인다.
- (3) 염소 (소독제)의 주입 : 미생물에 의한 슬라임을 방지한다.
- (4) SBS (환원제)의 주입 : 잔류염소를 환원처리 한다. (폴리아미드계 막의 경우)
- (5) 황산 (스케일 방지제)의 주입 : 역삼투막의 스케일을 방지한다.

나. 무약품주입운전

무약품주입 운전시에는 응집제, 환원제, 스케일방지제 등은 주입하지 않으며 염소는 간헐적으로 주입한다. 염소주입시 폴리아미드계의 막인 경우 역삼투막 유입원수중에 포함된 잔류염소를 제거하기 위하여 환원제를 간헐적으로 주입한다.

- (1) 급속여과장치 : 시설의 유지관리 비용을 저감시키기 위해서는 장착하는 것이 유리하다.
- (2) 염소 (소독제)의 주입 : 미생물에 의한 슬라임을 방지한다. (Shocking처리시)
- (3) SBS (환원제)의 주입 : 폴리아미드계막의 경우 잔류염소를 환원 처리한다. (Shocking 처리시)

2.4.3 역삼투설비부

역삼투법 해수담수화시스템의 공정도는 그림 1과 같다. 역삼투설비의 구성은 전처리필터, 고압펌프, 1단 역삼투막 등으로 구성된다. 펌프에는 진동 및 맥동을 방지할 수 있는 구조로 설치한다.

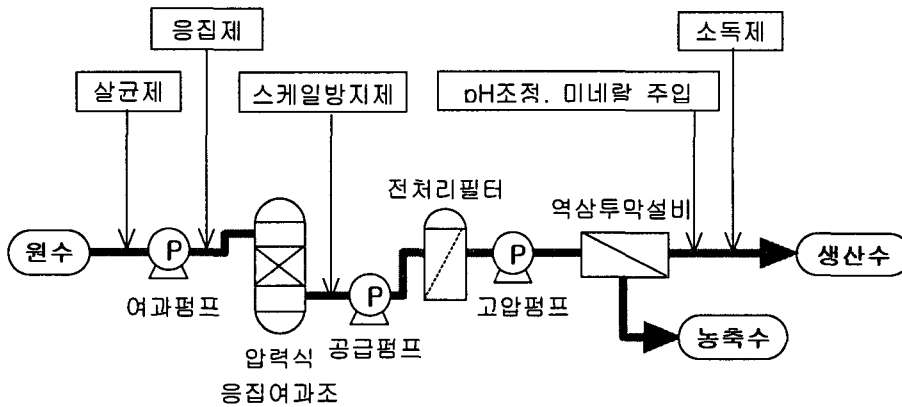


그림 1 먹는물 생산용 역삼투법 해수담수화 시설의 기본 공정도

(가) 역삼투막 및 모듈의 선정

역삼투막 모듈에는 와권형(Spiral Wound), 중공사형(Hollow-Fiber), 평막형(Plate) 및 관상형(Tubular) 등이 있다. 막모듈의 특징은 표 1에 나타내었다. 와권형 및 중공사형은 막교환이 용이하며 높은 비표면적 등으로 인하여 해수나 기수의 담수화에 많이 사용되고, 평막형이나 관상형은 막세정이 용이하기 때문에 고농도의 부유물질(SS)이 함유된 원수에 주로 사용된다. 표 2는 막의 재질에 따른 제거특성을 나타낸 것으로 폴리아미드막(내염소성 약함)과 셀룰로오스 아세테이트막(내염소성 강함)이 있으나 THM의 제거성능이 우수한 폴리아미드재질의 와권형 막모듈을 선정하는 것이 좋다.

표 1 각종 막모듈의 특징

항 목	와 권 형	중공사형	평 막 형
부유물질(SS)허용성	○	△	◎
막의 세정성	○	○	◎
막충진밀도(비표면적)	○	◎	○
모듈구조의 간단함	○	◎	△
막교환의 용이	◎	◎	○
해수담수화도입 실적	◎	○	△

주)상대적우위 ◎ > ○ > △

표 2 막재질의 특징

항 목	막재질	특 징
와권형	폴리아미드계 (PA계)	· 염분, 보론, 브롬, THM등 배제율이 높다. · 내압성, 내온성이 높다. · 잔류염소에 약하다. (탈염소처리가 필요)
중공사형	초산 셀룰로오스계 (CA계)	· 염분배제율이 높다. 염분, 브롬, THM 등 배제율은 폴리아미드계보다 낮다. · 잔류염소에는 강하다. (내염소성 0.1~1.0 mg/l)
	폴리아미드계 (PA계)	· 와권형과 거의 같은 성능을 갖지만, 제거율(탈염율)은 조금 떨어진다. · 잔류염소에 약하다. (탈염소처리가 필요)

역삼투설비의 구성에서 모듈내エレメント의 수 및 모듈의 배치는 수질, 수온, 회수율 및 운전압력 등에 따라 결정된다.

표 3은 회수율과 모듈의 배치 예를 나타내었다. 회수율은 원수중의 스케일 성분의 농도와 용해도의 관계 및 생산수량에 의해 결정되지만 해수담수화의 경우에는 30~40 %이다.

표 3 회수율과 막모듈의 배치 예

회수율 (%)	모듈 배치	모듈내 элемент 수(본)	최대허용차압(kgf/cm ²)	
			1элемент	1모듈
50 % 이하 (해수)		1~6	0.8	3.4
51~75 % (기수)		1~6	0.8	3.4
76 % 이상 (기수)		1~6	0.8	3.4
비고	① 최대원수공급량 : 4 inch spiral형 모듈 = 3.7 m ³ /h 8 inch spiral형 모듈 = 15.9 m ³ /h ② 수온은 25℃를 표준으로 하며, 온도가 1℃저하됨에 따라 약 2~3 % 투과수량이 감소하기 때문에 막면적을 증가시킨다. (25℃가 1이면 9℃는 2가 된다)			

(나) 역삼투막의 배치

역삼투막의 배치는 회수율과 처리수질을 고려하여 결정하며, 표 4에 해수를 담수화하는 경우 회수율에 따른 역삼투방식을 나타내었다. 1단RO (1단역삼투법)에서는 통상 회수율 35~45 %로 약품주입 시스템이 무약품주입 시스템보다 다소 높게 설계하는 것으로 무약품주입시스템에서는 약 37 % 이내로 설계한다. 생산수중에 보론을 제거하기 위해서 개발된 공정이 저압 2단역삼투법 (저압2단RO법)으로 1단역삼투법 (1단RO법)보다 다소 낮은 50 kgf/cm² 압력에서 1차 처리한 후 생산수를 2단역삼투법 (2단RO)에서 약 10~15 kgf/cm²로 처리하고, 1단역삼투법 (1단RO)의 농축수를 70 kgf/cm²에서 처리하여 회수율 50~55 %를 얻는다.

표 4 역삼투막의 탈염 (염분제거)방식

항 목	특 징	회수율 (%)	운전압력 (kgf/cm ²)
1단RO법	일반적인 해수, 기수담수화의 대표적인 방식	35~45	60~70
농축수승압1단RO법	1단RO 방식에서 농축수를 승압시킨 뒤에 다시 역삼투(탈염)처리하여 회수율을 높이는 방식 시설규모의 축소가 가능	55~60	1단: 60~70 2단: 70~90
고압1단RO법	1단RO 방식에서 전체적인 운전압력을 높여 회수율을 높게하는 방식, 시설규모의 축소가 가능	50~60	80~90
저압2단RO법	1단RO 방식보다 저압에서 고투과성을 유지하는 막과 종래 초저압RO막을 직렬로 연결하여 회수율을 높이는 방식 보론대책용으로 사용	50~55	1단: 50~70 2단: 10~15

(참고문헌: 일본 정수기술 가이드라인, 2000, 수도기술연구센터)

표 5는 기설정수와 혼합여부와 보론제거의 필요성 및 기설정수와 혼합유무 등에 따른 막선정방법을 나타낸 것으로 막처리수를 생활용수로 사용하기 위하여 보론을 처리하여야 하는 경우에는 2단역삼투법 (2단RO)을 도입한다.

표 5 담수화 시스템 선정

기설정수	보론처리의 필요성	기설정수의 THMFP	막처리단수	막의 조합	공급수SDI 값
유	무	고	2단	CA(HF)+PA(SW)	3이하
			1단	PA(SW)	4이하
		저	1단	CA(HF)	3이하
				PA(SW)	4이하
무	유	-	2단	CA(HF)+PA(SW)	3이하
				PA(SW)+PA(SW)	4이하
	무		1단	PA(HF)	2이하
				CA(HF)	3이하
			PA(SW)	4이하	

(HF: 중공사형, SW: 와권형, CA: Cellulose acetate, PA: Polyamide)

(참고문헌: 일본 정수기술 가이드라인, 2000, 수도기술연구센터)

50 m³/일 이상의 시설에서는 보수관리 및 고장 등에 대비하기 위하여 역삼투설비의 기수 (基數) 2계열로 구성하는 것이 좋다. 또한, 유지관리가 용이하게 단위공정을 구분하여 조립식으로 설치한다. 생산단가의 대부분이 전기료이므로 에너지 절약형을 선택하고, 수처리는 경험이 필요하므로 납입실적이 많은 기종을 선택하는 것이 중요하다.

2.4.4 고압펌프

가. 고압펌프의 선정

역삼투법에 의한 해수담수화시설에서는 원수에 기계적인 압력을 주어 투과압력을 확보하기 때문에 고압펌프가 사용되며, 담수화에 필요한 에너지의 대부분이 고압펌프의 동력이기 때문에 펌프의 선정이 매우 중요하다. 펌프의 형식에는 크게 비용적식 펌프와 용적식 펌프로 대별할 수 있으며, 비용적식 펌프에는 와권(渦卷)펌프, 사류(斜流)펌프, 축류(軸流)펌프가 있고 용적펌프에는 왕복(往復)펌프(플란저펌프), 로타리펌프 등이 있다. 이러한 펌프 중에서 100 m³/일 이상의 장치에서는 다단와권펌프, 그 이하의 소규모 장치에서는 왕복펌프가 사용된다. 고압펌프를 선정할 때는 다음과 같은 사항을 주의하여야 하고 용량별 펌프 선정기준은 표 6과 같다.

- (가) 역삼투막의 운전조건 (유량, 회수율, 압력)과 일치하여야 한다.
- (나) 효율이 높아야 한다.
- (다) 맥동이 없고 막에 영향이 없어야 한다.
- (라) 기계적 고장이 적고 수리가 용이하여야 한다.
- (마) 해수에 대하여 내부식성이 강하여야 한다.
- (바) 에너지 회수가 가능하여야 한다. (중대용량 펌프)

운전압력은 막 모듈의 허용압력의 범위로 수온, 회수율 등을 고려하여, 동력비가 경제적으로 소요되는 점을 설정하여야 하지만, 회수율 30~40 %, 수온 30 ℃ 이하, 압력 4.9~6.4 MPa (50~65 kgf/cm²)이 일반적이다. 특히, 수온이 낮은 경우에는 막의 압밀화가 일어나기 어렵기 때문에 운전압력을 높게 하여 투과수량의 감소에 대처한다. 수온이 20 ℃ 이하일 경우에는 5.9~6.9 MPa (60~70 kgf/cm²)의 압력으로 운전하는 경우가 있다. 펌프의 운전에 필요한 축동력(軸動力)은 유량, 압력 및 효율에 의하여 구할 수 있다.

표 6 해수담수화용 고압펌프의 선정기준

항 목	시설 용량	고압펌프 용량	고압펌프 형식
해 수 담수화	1~10 m ³ /일	0.2~2 m ³ /h x 60~70 kgf/cm ²	왕복펌프 회전펌프
	10~20 m ³ /일	2~30 m ³ /h x 60~70 kgf/cm ²	왕복펌프 고속원심펌프
	200~5000 m ³ /일	30~80 m ³ /h x 60~70 kgf/cm ²	다단와권펌프 고속원심펌프
	5000 m ³ /일 이상	700 m ³ /h x 60~70 kgf/cm ²	다단와권펌프 양흡입고속다단와권펌프
기 수 담수화	3~50 m ³ /일	0.2~4 m ³ /h x 40 kgf/cm ²	왕복펌프 회전펌프
	30~200 m ³ /일	2~15 m ³ /h x 40 kgf/cm ²	고속원심펌프
	200~3000 m ³ /일	15~150 m ³ /h x 40 kgf/cm ²	다단와권펌프 양흡입와권펌프
	3000 m ³ /일 이상	150 m ³ /h x 40 kgf/cm ²	다단와권펌프 양흡입와권펌프

자료 : 일본 해수담수화설계지침

나. 왕복펌프 및 다단와권펌프

일반적으로 왕복펌프는 효율이 70 % 이상으로 높은 데 비하여 와권형의 펌프는 유량이 적은 경우 높은 효율을 얻기가 어렵다. 또한 왕복펌프는 역지(逆止)밸브, 그랜드패킹(Grand packing) 및 플런저(Plunger)의 마모가 자주 발생하기 때문에 유지관리가 어렵다. 그러나 왕복펌프와 비교하여 효율은 낮음에도 불구하고 간단한 구조, 저렴한 가격, 적은 맥동 및 유지관리 용이 등으로 인하여 와권형펌프를 적은 유량 사용시에도 많이 이용하고 있다.

(1) 왕복펌프

다른 형식의 펌프와 비교하여 소형이라도 효율이 좋기 때문에 비교적 소규모의 역삼투설비에 쓰이는 예가 많다. 공급수량이 많고 운전압력이 높은 것은 3연 또는 5연의 플런저를 1개의 회전축으로 구동하는 방식이 채용된다. 왕복펌프의 토출 압력이 맥동하는 것을 부드럽게 하는 방법으로서 연동하는 플런저의 수를 복수로 함과 동시에 어큐물레이트(Accumulate)라고 하는 완충장치를 부착하는 것이 일반적이다.

(2) 다단와권펌프

중규모이상의 역삼투설비로서는 고압펌프로써 다단와권펌프가 사용되는 예가 많다. 다단와권펌프는 복수의 날개차를 직렬로 나란히 세운 구조로

일반적으로 대형이 될수록 효율이 높다. 대규모의 경우는 왕복펌프의 제작이 곤란하기 때문에 와권펌프가 사용되며 펌프의 효율은 75~85 %의 높은 압력조정이 용이하다. 소형의 고속원심펌프는 20~50 %로 효율은 낮지만 토출시에 압력 맥동이 적다.

2.4.5 후처리부

가.약품주입시

- (1) 염소소독 : 2차오염 방지 (잔류염소 유지)를 위하여 필요하다.
- (2) 경도 투입 : 미네랄성분 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 미네랄용출석(石))을 투입하거나 담수와 혼합하여 맛을 낸다.
- (3) pH조정 : 담수와 혼합하거나 약품 (NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$)을 주입하여 처리수의 pH를 조정한다.

나.무약품처리시

- (1) 염소소독 : 2차오염 방지 (잔류염소 유지)를 위하여 필요하다.
- (2) 경도 투입 : 미네랄성분 ($\text{Ca}(\text{OH})_2$, 미네랄용출석(石))을 투입하거나 담수와 혼합하여 맛을 낸다.

2.4.6 기타설비

가. 농축수처리설비

원수의 60 %에 해당하는 양의 농축수가 배출되는데, 이때 배출되는 농축수의 염분농도는 45,000-50,000 mg/L정도로 (해수의 염분농도보다 높아 39,000 mg/L이하로 희석하거나) 빠른 유속으로 해양에 방류하여 주변 해양 환경에 미치는 영향을 최대한 배제하도록 한다. 수중에 방류하는 농축수는 염분농도 58 ‰, 하루발생량 약 75,000 m³으로 수중에 설치한 방류탑 선단 부분의 윗방향 45° 각도의 노즐로부터 방류되도록 한다. 이러한 확산 희석 방식은 염분농도의 변화로 인한 해양생물에 영향을 적게 할 수 있는 효과적인 방법이다.

나. 세정배수처리설비

해수담수화시설에서 발생하는 배출수로는 농축수이외에 여과기역세정배출수, 플러싱세정수, 막모듈보관폐액 및 막모듈 화학세정폐액 등이 있다. 여과기역세정배출수의 슬러지는 침전·농축·탈수하여 매립하고, 침전수와 플러싱세정수는 폭기로 COD를 제거하고 막모듈보관폐액 및 막모듈 화학세정폐액 NaOH로 pH를 조정한 후 방류한다.

다. 에너지회수설비

해수담수화 시설에서 운전에 필요한 전력은 고압펌프가 약 80 %를 차지하여 담수생산 비용에 큰 영향을 미친다. 농축수의 압력에너지는 고압펌프 구동의 보조에너지로 회수되도록 한다

2.5 우리나라 해수담수화시설의 표준모델(안)

- 역삼투공정 도입
- 약품주입과 무약품주입 시스템이 있음
(소독제, 응집제, 탈염소제, 스케일방지제)
- 우리나라의 소규모시설은 무약품주입시설
- 외국에서는 규모에 관계없이 약품주입공정을 설치하나 최근 소규모시설에서는 청정한 원수의 취수 및 회수율을 조정하여 무약품주입운전하는 시스템이 개발되어 사용되고 있음
- 우리나라에서는 유지관리인원이 상주하지 않는 소규모시설은 청정한 지하해수를 취수하여 무약품주입운전 시스템으로 설계, 유지관리인원이 상주하는 하루 수백~수천톤(m³) 이상규모의 시설은 선택적으로 약품주입 운전시스템으로 설계(원수수질 및 막재질을 고려하여 약품선정)

3. 결론

해수담수화방법에는 역삼투법, 증발법 및 전기투석법이 있으나 수도에 도입된 실적은 역삼투법 및 증발법이 대부분이며, 최근에는 기술의 완성도가 높고 공정이 간단한 역삼투법의 도입이 증가하고 있다. 우리나라에 도입된 해수담수화시설이 대부분이 소규모이나 장래에는 중대규모시설의 도입도 고려해 볼 수 있기 때문에 규모 및 운전형태 등에 제약을 두지 않고 일반적인 해수담수화시설의 도입에 적용될 수 있는 보편적인 설계방법을 제시하였다. 특히 설계에서는 원수수질과 규모를 고려한 전처리약품주입 유무, 보론농도 및 역삼투막의 형태, 도입위치(기존수도와의 연계), 주변환경에 미치는 영향 등을 설계에 고려하여야 한다. 금후에도 기술의 발전수준을 고려한 최적설계 방안이 지속적으로 검토되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 해수의 해수담수화시 적정설치·운영방안 조사 연구, 2002, 환경부
2. 해수의 담수화 시스템 및 적용방안 연구, 한국수자원공사, 1998
3. 대규모 해수담수화시설의 표준모델 적용방안, 한국수자원공사, 2000
4. 역삼투법 해수담수화, 아카데미서적, 김충환, 2000
5. 日本水道維持管理指針, 日本水道協會, 1998
6. 日本水道施設設計指針, 日本水道協會, 2000
7. 浄水技術ガイドライン, 日本水道技術研究センター, 2000
8. 和田洋六, 造水の技術地人書館, 1996
9. 和田洋六, 水のリサイクル(基礎編, 應用編), 地人書館, 1992
10. 水道實務六法, 厚生省水道環境部水道法研究會監修, 1998
11. ○도 해수담수화시설 설계보고서, 한국수자원공사, 2000
12. ○○도 해수담수화시설 설계보고서, 한국수자원공사, 2002
13. 김충환, 정혜원, 역삼투 공정을 이용한 먹는물 생산에서 보론제거에 관한 연구, 한국물환경학회지, 제15권, 제1호, 13-22, 1999
14. 김충환, 한국수자원학회지, 해수담수화의 개발현황과 장래전망, Vol. 31. No.5, 1998
15. 造水技術ハンドブック編輯企劃委員會編, “造水技術ハンドブック”, 財團法人 造水促進センター, 1993
16. 造水技術編輯企劃委員會編, “造水技術-水處理のすべて-”財團法人 造水促進センター, 1983