



SMR과 원자력 이용 해수 담수화

T.Gonishi · M.Gasparini · 전풍일

국제원자력기구(IAEA)

에너지는 지속 가능한 개발을 위한 필수적인 요소이다. 시골 지역의 전화(電化) 사업과 함께 배전 계통의 더욱 용이한 접근을 이루면서, 전세계적인 인구 성장 및 도시화로 인하여 에너지 수요는 꾸준히 증가할 것이다. 인구가 밀집한 개발도상국의 1인당 에너지 소비율은 상당히 증가할 것임이 명백하다. 세계에너지협의회(WEC)의 예측에 따르면, 전기 수요는 다음 50년 동안 세 배로 증가할 것이다.

원자력은 많은 나라의 전력 공급 시장에서 통용되는 입증된 기술이다. 거의 10,000 reactor-year의 운영 경험이 과거 50년에 걸쳐 축적되었다. 개발도상국에서 점증하는 수요에 비추어, 혁신적인 개념을 포함하는 중소형 원자로(SMR)의 개발에 대한 관심은 국가적·국제적인 차원에서 강력하게 추진되고 있다.

물은 인류 생존의 또다른 필수

요소이며, 어떤 대안도 없다. 물 부족을 겪거나 예상하고 있는 많은 나라들은 해수 담수 기술을 이용하여 비전통적인 수자원을 얻고 있거나 그것의 개발을 고려하고 있다.

개발도상국에서의 증가하는 수요는 에너지 및 물 양쪽에 집중되고 있다. 많은 개발도상국에서 원자력을 해수 담수와 연결시키는 방안이 이들 두 가지 문제를 풀기 위하여 검토되고 있다.

원자력을 이용하는 해수 담수화는 식수의 점증하는 수요를 충족시키는 하나의 대안이다. 원자력 담수화의 몇몇 실증 프로그램이 특정 국가의 환경하에서 기술적·경제적인 타당성을 입증하기 위하여 진행되고 있다. 이들 응용 중의 많은 부분들은 여러 원자로 중에서도 중소형 원자로를 지켜보고 있다.

이 논문은 원자력 담수화의 실증을 지원하는 국제원자력기구

(IAEA)의 활동뿐만 아니라 SMR의 전망 및 해수 담수화에 대한 특별한 응용과 관련한 소개이다.

에너지와 물

에너지와 물은 인류 생존의 필수적인 요소이다. 이를 안전하고, 경제적이며, 환경 친화적으로 확보하는 것은 지속 가능한 개발을 유지하기 위하여 필수적이다. 에너지 문제는 주로 이를 얻을 수 있는 자원이 무엇이나와 관련되는 반면, 물 문제는 제한된 자원을 어떻게 관리하는냐와 관련된다.

현재 인구가 매우 밀집한 개발도상국은 선진국보다 훨씬 더 적은 1인당 에너지를 소비하며, 개발도상국에서의 1인당 에너지 소비는 상당히 증가할 것임이 명백하다. 시골 지역의 전화(電化) 사업과 함께 배전 계통의 더욱 용이한 접근을 이루면서, 전세계적인 도시화로 인하여 장래 개발도상

국의 에너지 수요는 꾸준히 증가할 것이다.

오늘날 세계 60억 인구 중에 20억 인구가 전기를 전혀 이용할 수 없다. 다음 25년 안에 세계 인구는 20억명 증가할 것으로 예상된다. 이들 40억 인구와 현재 거의 에너지를 소비하고 있지 않은 수십억명 이상이 전 세계적인 에너지 수요의 증가에 커다란 압력으로 작용할 것이다. 세계에너지협의회(WEC)의 예측에 따르면, 전기 수요는 다음 50년 동안 세 배로 증가할 것이다.

전세계적인 담수의 이용 가능과 관련하여, 담수의 총량은 필요하거나 사용되는 실제 양을 크게 초과하지만, 자원들이 고루 분포되어 있지 않다. 문명은 담수가 적절히 이용 가능한 곳에서만 개발될 수 있었다. 점증하는 인구에 대한 적절한 식수 확보의 중요성과 이러한 수요를 충족시키는 복잡한 문제들이 전세계적으로 인식되어 왔다.

이미 1994년에 개발 도상국의 약 10억 인구가 안전한 물 공급의 부족을 겪었고 30억명의 인구가 적절한 위생을 얻지 못했다. 전세계적으로 20%의 인구가 안전한 물이 부족하고 50%의 인구가 적절한 위생을 얻지 못했다.

에너지와 물은 그 분포에 있어서 똑같은 불균형을 갖고 있다. 그

들의 공통점은 개발 도상국의 많은 나라들이 둘 다 또는 둘 중 하나가 부족하다는 것이다.

증가하는 SMR의 관심

증가하는 에너지 수요를 충족시키기 위하여 많은 나라들은 새로운 에너지 생산의 투자 정책에 대한 중요한 결정을 해야 한다. 이들 결정들은 주로 낮은 가격, 낮은 위험도, 그리고 에너지 안보에 대한 선호에 따라 방향이 정해진다. 기후 변화에 대한 점증하는 관심은 에너지 대안 선택의 또다른 중요한 요소이다.

환경 문제에 비추어, 원자력 에너지는 실제로 온실 가스(GHG)의 방출없이 대규모 전력 수요를 충족시키도록 도울 수 있는 몇몇 선택 중의 하나로서 다음 20년 안에 인식될 것이다.

UN 기후변화협약의 1997년 교토 회의에서 결정된 교토 협약은 선진국에서의 GHG 감축 목표를 인식시켰다. 원자력은 이산화탄소 방출 목표에 부합하기 위한 노력에 있어서 선진국들을 지원하는 한편 점증하는 에너지 수요를 만족시킬 수 있다.

인구 성장이 주로 개발 도상국에서 일어나기 때문에, 원자력은 이들 나라에서 가능한 선택이 아니라면 중요한 역할을 수행할 수

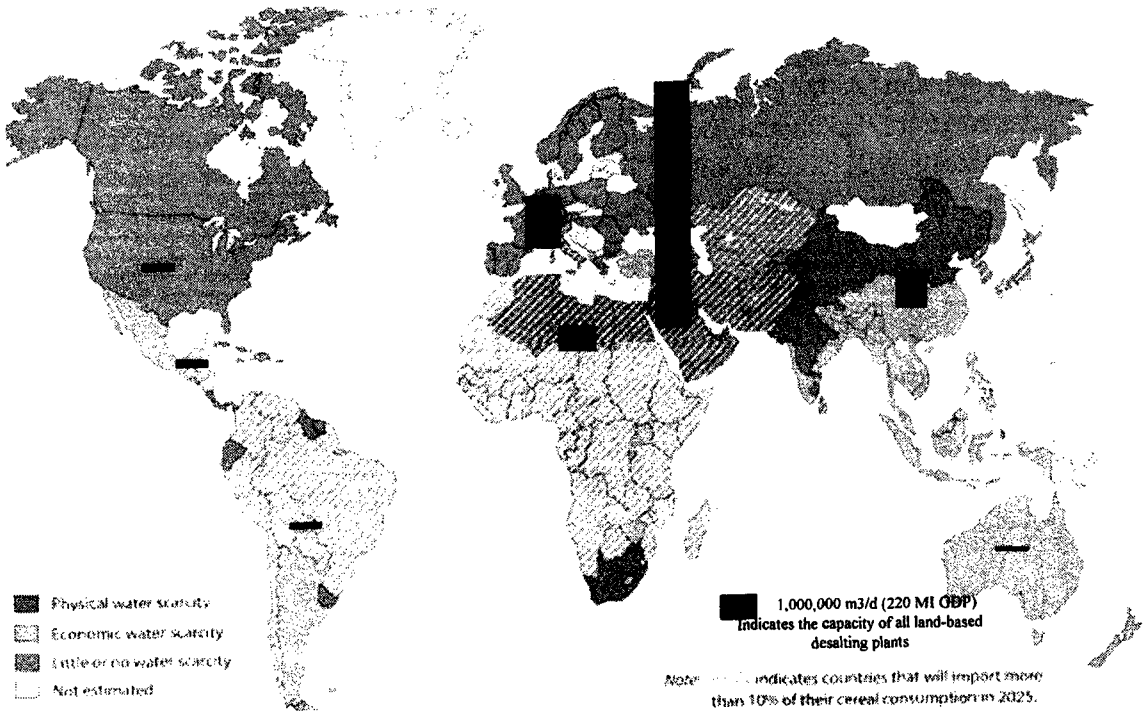
없다. 건설될 신규 발전소들이 개발 도상국에서는 종종 제한되는 기존 전력 계통망에 적합해야 하므로, 실질적으로 700MW 이하의 중소형 발전소에 더욱 큰 관심을 불러올 것이다.

2001년에 카이로에서 IAEA가 주최한 「중소형 원자로(SMR)의 현황 및 전망」에 관한 국제 세미나에서는 개발 도상국에서 원자력의 개발 및 SMR의 전망에 영향을 미칠 수 있는 주요 요소들을 토의했다.

많은 선진국에서에서 원자력 에너지의 미래 성장을 위한 주요 추진력이 경제적 경쟁력인 반면, 개발 도상국에서의 원자력의 미래는 추가적인 요소, 즉 또다른 우선 순위에 의해 영향을 받을 수 있다. 그러므로 중소형 원자력이 개발 도상국에서 특별한 관심을 끌 수 있다.

그러나 규모의 경제 때문에 SMR이 단지 대규모 원자로의 설계를 축소한 것이라면 SMR은 대형 원자로에 비하여 경쟁력이 없게 될 것이다. 이들 단점에도 불구하고, SMR은 시골 지역뿐만 아니라 소규모 전력 계통을 가진 중소 전력사 또는 국가에 매력적일 수 있다.

더욱 중요한 것은, 공장에서 원전 설비 모듈의 대량 생산 가능성이 그들의 경제적인 경쟁력을 향



〈그림〉 Projected global water scarcity in the year 2025 and current seawater desalination efforts using conventional energy sources

상시킬 수 있다는 것이다. 규모의 단점을 극복하고, 원자력 기반 요건을 감소시키며, 재정적 압박을 경감시키키 위한 더욱 혁신적인 방법이 SMR의 매력을 제고할 것이다.

더욱이 적용의 신속성은 특히 개발 도상국에서 중요한 요소가 될 것이며, SMR 범주에서 요즈음 개발되고 있는 많은 노형 설계들이 이점을 고려하고 있다. 해수 담

수화 같은 열의 응용 또는 산업체를 위한 공정 열의 응용은 흥미로운 전망을 갖게 한다.

점증하는 원자력 담수화의 관심

담수 수요는 여전히 증가하고 있다. 2000년도의 세계 물 포럼은 2025년 도시의 담수 수요의 증가 추세를 예측하고 있다. 지구상 담수의 단지 1% 미만이 직접적

인 인류 이용에 가능하다. 그리고 이러한 제한된 자원은 전세계적으로 고루게 분포되어 있지 않다.

1996년 6월의 「UN 인류 정착 회의」, 즉 「HABITAT II」에서 갈증나는 도시의 문제가 주요 의제 중의 하나였다. 개발 도상국의 많은 도시에서 제일 중요한 환경적 우선 순위는 인류의 불행을 경감시키는 하나의 가장 효과적인 수단으로서 깨끗한 물 및 위생에 대

한 이용을 개선하는 것이다. <그림>은 2025년까지 물 부족을 겪게 될 것으로 예상되는 지역을 나타낸다.

물 부족 문제를 해결하는 여러 가지 방안 중에 풍부한 담수를 확보하는 가장 전망있는 방안은 물의 관리가 물 문제의 압력을 해결할 수 없는 장소이나 시기에서의 해수 담수화이다.

담수화가 된다면 해수는 점증하는 물 문제의 해결에 기여할 수 있으며, 어디서든지 바다는 이용 가능하다. 해수 담수 과정에서, 에너지는 일반적으로 증기나 전기의 형태로 담수화 과정에 공급된다.

해수 담수화는 농업용·음용 및 산업용으로 적합한 저염분 담수를 얻기 위하여 해수로부터 용해된 염분 성분을 분리시키는 과정이다. 해수 담수화 기술은 20세기 중반에 잘 확립되었으며, 여전히 개선될 잠재성을 갖고 있다. 공색한 담수화 설비 용량은 지금 전세계적으로 2천5백만m³/d를 초과하고 있다.

원자력 에너지가 전기 공급의 선택인 곳에서 마찬가지로 해수 담수를 위한 에너지원으로서 가능할 수 있다. 원자력 담수화는 원자력이 동일한 부지에서 담수화 과정의 에너지원(전기 또는 열)으로서 사용되는 통합된 설비로 해수로부터 식수를 생산하는 것이다.

그러한 설비는 단지 식수의 생산을 위하여 전용되거나 전기 생산 및 식수 생산을 같이 할 수 있는데, 이 경우에는 원자로의 총에너지 생산의 일부가 식수 생산을 위하여 이용된다.

수많은 요소들이 원자력 담수화의 기술을 촉진시키기 위하여 기여하고 있다. 그들은 화석 연료의 환경적인 문제에 대한 점증하는 우려, 에너지원의 다양화 이점의 인식, 산업 개발에 있어서 기대되는 파급 효과, 그리고 중소형 규모의 새로운 선진 노형 개념의 개발을 포함한다. 이들 요소들은 과거 10년간 많은 개발 도상국의 관심을 불러일으켰다.

통합된 원자력 담수화의 기술적 타당성은 오래동안 카자흐스탄 및 일본에서 실증되어 왔다. 그들의 성공적인 운영은 기술적 타당성, 안전 요건 준수 및 발전 겸용 원자로의 신뢰성을 입증해 왔다. 운전 경험은 2001년 현재 150 reactor-year를 초과한다.

지역 난방 및 산업용 공정열 생산에 있어서 관련 경험들이 또한 축적되어 왔다. 사실 50개 이상의 원자로가 그런 목적으로 열을 공급하고 있다. 어떤 원자력 관련 안전 문제도 이들 열의 활용에 보고되지 않았다.

IAEA의 원자력 담수화 연구

담수화 기술에 관한 이용 가능한 정보를 검토하고 원자로와 담수 플랜트를 결합시키는 초기 단계의 일, 화석 연료와 비교하여 여러 가지 결합 구성에 있어서 원자력을 이용하는 해수 담수화의 경제적 타당성의 제반 평가, 그리고 북아프리카 국가에서 원자력 담수화에 관한 지역 타당성 연구에 뒤이어, IAEA는 가까운 미래에 실증을 위하여 원자력 및 담수화 결합의 기술적 구성의 세 가지 실제적 방안에 대하여 1996년 「Options Identification Programme(OIP)」를 확인했다.

그들은 가까운 장래에 건설되거나 건설될 원자로와 결합된 담수화(방안 1), 기존 원자력 계통의 주변에 요구되는 일부 적절한 설계변경으로 현재 운전중인 원자로와 결합된 담수화(방안 2), 그리고 소형(난방) 원자로와 결합된 담수화(방안 3)이다. 1997년 원자력 해수 담수화에 관한 IAEA 심포지엄에서는 원자력 담수화에 대한 최신 현황 및 미래의 기회에 관한 검토가 주로 토의되었다.

원자력 담수화 플랜트는 대부분의 경우에 있어서 전기 및 담수를 생산하는 발전 겸용 설비일 것이다. 발전 겸용 플랜트의 평가에 적합한 몇몇 비용 할당 방법이 개발



〈표 1〉 Reactor Types and Desalination Processes

Type	Where?	Desalination	Status
LMFR	Kazakhstan(Aktau)	MED, MSF	in service till 1999
PWRs	Japan(Ohj, Takahama, Ikata, Genkai)	MED, MSF,RO	in service, operating experience over 100 reactor-year
	Rep. of Korea, Argentina, etc.	MED, RO	under design
	Russia	MED, RO	under design(floating unit)
BWR	Japan(Kashiwazaki)	MSF	desalination unit dismantled
PHWR	India(Kalpakkam)	MSF/RO	being connected
	Canada	RO(preheat)	under design
NHR	Morocco(Tan-Tan)	MED	in preparation
	China	MED	under design
HTGR	South Africa, France, The Netherlands	MED, MSF	interested in application

되어 왔다.

IAEA는 'Power Credit' 방법을 이용한 스프레드시트 방법론에 기초한 별개 에너지-담수화 플랜트 방안의 경제적 비교를 위하여 DEEP(담수화 경제 평가 프로그램)라는 컴퓨터 프로그램을 제의한다. 스프레드시트는 열원으로서 몇몇 원자력/화력 발전소 형태의 단순화된 모델과 증류 및 막 담수화 과정을 포함한다.

생산된 담수의 세 가지 주요 비용 요소는 자본 투자, 에너지 및 운전 유지(O&M)이다. IAEA에서의 포괄적인 연구에 따르면, 이들 요소들은 전체 비용의 약 35~45%, 25~55% 및 10~25%를 각각 차지한다.

자본 투자비는 담수화 과정(MSF, MED 또는 RO)에 상대적으로 민감하지 않지만 운전 유지 및 에너지 비용은 과정에 따라 매

우 다르게 된다. 증류 과정(MSF 및 MED)은 에너지 비용(40~55%)에 크게 의존하지만, 전기적으로 추진되는 RO의 에너지 비용은 35%로 낮다.

한편 RO에 대한 운전 유지비는 담수 생산 비용의 약 25%를 차지하는 한편, 증류 과정에 대하여 운전 유지비는 단지 10% 대이다. 이것은 저비용 에너지 원에 의한 잠재적 비용 절감을 나타낸다.

해수 담수화용 원자로

모든 원자로는 담수화 과정이 요구하는 에너지를 공급할 수 있다(표 1). 원자력 담수화에 있어서 안전성, 규제 및 환경 문제는 결합 과정에 주어지는 고려와 함께 원자력발전소에 직접 관련되는 사항들이다.

원전에 대한 기존의 국제적 안

전 기준 및 지침은 담수화 설비에 적용하기에 적합하다. 현재 원자력 담수화 설비의 안전성에 관한 특별한 지침을 개발할 계획은 없지만, 원전 설계에 관한 개정된 IAEA의 요건은 발전 겸용 원전에 대한 특정한 요건을 포함한다.

혁신적인 증소형 원자로에 집중되는 기술 개발을 위한 다음 방향들이 원자력 담수화의 적용에 대한 매력을 확실히 강화시킬 것이다.

① 입증되고 표준화된 설계는 필수적으로 동일한 계통, 구조 및 기기를 가진 수많은 설비의 광범위한 개발을 지원할 것이다.

② 운전 및 정비의 단순화 및 표준화는 설비 인력뿐만 아니라 자격 및 교육 훈련 요건을 최소화시킨다. 그들은 현지 기능 인력의 활용을 극대화한다.

③ 고유 특성 및 피동형 설계 특성의 최적 사용에 의한 규제 요건의 단순화 및 표준화는 초기 설비 인수 및 계속 운영을 위한 규제 검사 및 준수 요건을 최소화할 수 있다.

④ 공장 제작 모듈 시스템 및 표준화된 건설의 확대 활용은 현장 노동력 및 건설 기간을 최소화시킨다. 이것은 또한 비용 및 재정 위험을 감소시킬 뿐만 아니라 발전 계획에 있어서도 이점이 된다.

⑤ 부하 추종뿐만 아니라 전력

계통 주파수 및 전압의 변동을 통한 운전의 이용 가능성은 매력을 강화시킨다.

⑥ 긴 운전 여유 기간은 설비 요원 및 대중을 보호하기 위한 신속하고 복잡한 수동 또는 자동 완화 조치의 필요성을 최소화하거나 제거한다.

⑦ 부하에 대한 근접성은 축소된 기반에 대한 소형 설비와 부하와의 우수한 연결 가치를 제고시킨다.

⑧ 단순하고 효율적인 안전 조치 수단은 다양화 및 핵확산 우려의 해결에 있어서 비용을 최소화하고 신뢰성을 촉진할 수 있다.

원자력 담수화에 관한 현재의 활동

에너지 및 물 문제는 개별 국가가 해결할 수 없지만, 지역적 또는 전 세계적인 방안을 필요로 한다. 대부분 에너지 및 물 부족을 겪고 있는 개발 도상국들은 국제적 정보 교류 및 협력을 위한 기술적 상대를 필요로 한다.

원자력 담수화 실증 프로그램으로 나아가기 위한 다음 단계는 국제적 협력 체제 내에서 실증을 위한 사업 관련 준비 단계를 시작하는 1개 이상의 IAEA 회원국에 대한 것이다. IAEA에서의 많은 활동들은 회원국의 활동을 지원하는 데에 중점이 주어지고 있다.

1. 회원국의 국가적 활동

OIP 및 1997년 원자력 해수 담수화 심포지엄은 원자력 담수화 사업을 평가, 계획 및 착수하는 단계로 나아가는 많은 회원국들에게 좋은 계기가 되었다.

한국은 담수용 MED 또는 RO와 결합된 발전 겸용 SMART 원자료를 이용하여 OIP에서 구분된 옵션 1을 구체화할 가능성을 타진하는 선두 주자 중의 하나이다.

또한 러시아에서는 담수화를 포함하는 다목적용 KLT-40 원자로에 기초한 부양 발전소 개발을 위한 노력을 계속하고 있다. 첫 번째 원자력 담수화 사업은 RO 및 MED 과정을 이용하여 러시아의 북극 해안 지역(Severodvinsk 또는 Pevec)에서 예상된다.

가장 최근에 인도네시아 및 튀니지는 IAEA 기술 협력 체제하에 한국 및 프랑스로부터의 각각 기술 지원과 함께 개별 조사를 시작했다. 이집트 또한 E1-Dabaa 부지에 대한 검토를 추진하고 있다.

옵션 2에 대해서는 두 가지 예가 관련될 수 있다. 파키스탄의 카라치 원전의 가압중수로에 설치된 소형 RO 설비는 2000년초부터 식수용 뿐만 아니라 비상 냉각 예비용으로 450m³/d의 담수를 공급해 왔다.

대규모 실증 설비가 인도에서 설치되고 있다. 6,300m³/d의

MSF-RO 혼합 담수화 설비가 기존 Kalpakkam의 가압중수로에 연결되고 있다.

부분적인 시운전 시험이 RO 담수화 방법을 이용하여 진행중이며, 2003년까지 완전한 가동을 예상하고 있다. 생산된 담수는 원전의 계통수 및 지역 사회를 위한 식수로서의 수요를 충족시킬 것이다.

중국 및 모로코는 결합을 위한 MED 방법을 가정하여 원자력 담수화 설비용 난방 원자료를 검토함으로써 옵션 3의 방법을 추진하고 있다. 고려중에 있는 설비의 생산 능력은 각각 160,000m³/d 및 8,000m³/d의 담수이다.

관련 개발 활동들이 또한 아르헨티나·캐나다 및 프랑스에서 진행중이다. 개발 도상국에서 원자력 담수화를 개발하는 데 있어서 가장 심각한 우려는 종종 그러한 나라들이 원자력 기술 또는 안전에 있어서 단지 제한된 기반 및 일천한 경험을 갖고 있다는 사실로부터 나온다.

적절한 교육 훈련, 법적 체제 및 규제 체제를 포함하는 효율적인 기반은 이들 나라에서 담수화 설비용 원자력의 이용을 고려하는 전제 조건이다.

2. IAEA 지원 활동

IAEA는 기술 협력 프로그램의



〈표 2〉 Coupling Options Considered In Economic Analysis

(1) Desalination processes and the capacities

Desalination Process		Capacities(1000m ³ /d)
Distillation	MED	60,120,240,480
	MSF	60,120,240,480
Membrane	RO	60,120,240,480

(2) Energy Sources and Power Level

Energy Source	Power Level	Technology Status	
Nuclear	PWR-600	600MWe	Being developed
	PWR-900	900MWe	Existing
	PHWR-600	600MWe	Existing
	PHWR-900	900MWe	Being developed
	HTR-100	100MWe	Being developed
	HR-200	200MWe	Being developed
Fossil	PC-600	600MWe	Existing
	PC-900	900MWe	Existing
	CC-600	600MWe	Existing

체제를 통한 기술 지원뿐만 아니라 지침서, 기술 자료 및 컴퓨터 프로그램의 발행을 통하여 이들 국가적 노력을 지원하고 있다. IAEA 지원 활동은 또한 다음을 포함한다.

- ① 관련된 기관간의 연구 사업 조정(CRP)
- ② 담수화 경제성 평가 컴퓨터 프로그램의 개발 및 응용(DEEP)
- ③ 기술 보유자 및 잠재적 최종 사용자에게 의한 통합 원자력 담수화 설비 공동 개발의 조정
- ④ 회의 및 출판물을 통한 정보 교환 포럼 개최

1997년에 창립된 「국제 원자력 담수화 자문 그룹」은 원자력 담수화 기술 및 프로그램의 정보 교환을 위한 포괄적이고 규칙적인 포럼을 개최했다.

1998년에 시작된 「원자로 및 담수화 설비의 결합 최적화」에 관한 CRP는 담수화 계통, 결합의 최적화, 가능한 성능 개선 및 원자력 담수화 계통의 선진 기술 결합에 적합한 원자로 설계의 검토를 포함한다. 그 CRP는 다양한 원자력 계통 및 담수화 과정의 최적 결합 조건을 확인하고 있다.

수많은 기술 협력 사업들이 특별 사업의 타당성을 평가해 왔다. 1999년에 IAEA는 「통합된 원자력 및 담수화 계통 설계」에 관한 지역간 기술 협력 사업을 착수했다. 이 사업은 통합된 원자력 담수화 개념의 공동 개발을 위하여 기술 보유자 및 잠재적 최종 사용자간 국제적 협력을 지원하며, 특정한 부지에서의 원자력 담수화의 가능성에 대한 실증을 목적으로

하고 있다.

DEEP를 이용하여 IAEA는 〈표 2〉에 나와있는 바와 같이 선택된 담수화 기술에 연관되어 광범위한 화력 및 원자력 에너지 자원에 의한 담수화의 세부 경제성 평가를 수행해 왔다. 이 연구는 세 곳의 넓은 지역에 대한 DEEP 계산으로 구성되어 있다. 추가로 주요 변수의 가능한 변화의 함수로서 담수화 방안의 평가를 허용하는 민감도 분석이 수행되었다.

「선택된 원자력 담수화 사업의 경제적 연구 및 평가와 사례 연구」에 관한 새로운 CRP가 약 12개의 기관에서 착수되었다. 이는 원자력 담수화 설비의 경제적 측면을 심화시키고 이 방안에 대한 신뢰성을 줄 것이다.

3. 미래 적용을 위한 원자력 담수화 설비의 설계 방안

OIP는 가까운 미래에 실증을 위한 원자로 및 담수화 계통의 실질적 결합을 확인했다. 시간이 오래 걸린다면 다른 방안들이 또한 타당하다.

다음은 원자력 담수화 방안의 개발에 기여할 설계 방식에 대한 몇몇 주요 특징들이다. 원자력 담수화 설비의 설계 방안은 기본적으로 원자로와 담수화 설비의 설계에 고려되는 일부 추가적인 측면과 원자력 계통과의 통합에 기

초한다.

가. 부지

- 물 소비 중심에 대한 근접성
- 물 수송 지역의 지형학적 조건
- 담수화에 적합한 해수의 질 및 해양 조건
- 환경의 염분에 의한 잠재적 영향
- 담수화 설비의 급수 취수 및 원자력 계통 배수의 상대적인 정열

나. 안전성

생산된 물에 방사능 누출이 없도록 적절한 안전 조치가 도입되어야 한다. 격리 설비 및 담수화 계통에 방사능 수준을 감시하는 적절한 대비가 있어야 한다. 가압 중수로의 경우, 난방 증기 및 생산된 물의 삼중수소 수준이 정기적으로 점검되어야 한다.

다. 설비 설계 수명

원자력발전소의 주요 기기는 40년 이상으로 설계되는 반면, 담수화 설비는 보통 약 25년의 경제적 수명으로 설계된다. 그러므로 원자력 담수화 설비의 설계 및 위치는 전기 생산 및 물 생산에 대한 간섭을 최소화하면서 담수화 설비 교체의 가능성을 수용하는 것이 필수적이다.

라. 운전 탄력성

발전 겸용 설비의 물 및 전력 비율은 일간 및 계절적으로 변한다.

발전 겸용 설비는 두 주요 BOP 계통, 즉 터빈과 담수화 설비 중 어느 것에서 생산이 감소되거나 중단될 때, 생산 설비의 고장을 회피할 수 있어야 한다.

그들은 ① 운전중 한 BOP 계통의 과도 현상 또는 다른 BOP 계통의 정지 동안에 부드럽고 편리한 운전과, ② 부분 부하에서 두 주요 BOP 계통 중 어느 하나의 꾸준한 운전의 요건을 충족해야 한다.

마. 건설 기간

원자력발전소의 건설 기간은 담수화 계통(보통 1½~3년)보다 훨씬 더 길다. 사용자가 재정 비용을 최소화하고 건설 자원을 최적화하기 위하여 두 설비를 동시에 가동하기를 원한다면, 담수화 설비 건설은 이에 따라 계획되어야 한다.

결론

장기적으로 전세계적인 전력 시장 상황은 불확실하지만, 대부분의 불확실성은 원자력 선택을 유지할 필요성을 강력하게 지지하고 있다. 21세기에 예상되는 문제들에 대처하는 여러 가지 활동들이 다른 관련된 기술의 진전과 함께 지난 50년간의 원자력발전소 연구·개발·설계·건설 및 운전으로부터 얻은 경험 및 기술을 토대로 진행되고 있다. 개발 도상국에

서 점증하는 수요에 비추어, 중소형 원자로(SMRs)의 혁신적인 개념이 국가적 및 국제적 수준에서 강력하게 추진되고 있다.

담수는 지속 가능한 개발을 위한 또다른 필수 요소이다. 주로 개발 도상 지역에서 담수 부족을 겪거나 예상되는 많은 나라들은 원자력을 해수 담수화 기술과 결합하는 방안을 고려하고 있다.

몇몇 원자력 담수화의 실증 프로그램이 특정 국가의 조건하에서 기술적 및 경제적 가능성을 확인하기 위하여 진행되고 있다. 이들 중 많은 적용들이 다양한 원자로 선상에서 SMRs을 지켜보고 있다.

IAEA에 의한 광범위한 경제적 조사에 따르면 원자력 해수 담수화가 화력과 같은 범위의 물 비용을 가져오며, 따라서 두 가지 방법이 모두 특정 부지 조건에 따라 가능한 방법일 수 있다.

IAEA의 원자력 해수 담수화 활동은 적극적인 국가적 참여와 관련된 기술적 및 재정적 지원과 함께 국제 협력 노력을 통하여 시행되고 있다.

지금까지의 모든 결과는 해수 담수화에 원자력의 적용이 실현 가능한 방안임을 보여준다. 진행중이거나 계획된 실증 프로그램은 원자력 담수화의 가능성에 더욱 신뢰성을 축적시킬 것이다. ☞