

해외 물 기근 현황과 용도별·국가별 자본지출 전망을 고려한 해수담수화 플랜트 시장성 평가

양정석 · 손진식[†] · 강대수

국민대학교 건설시스템공학부

Market Evaluation of Seawater Desalination Plant considering International Water Scarcity and Expense Outlook by Use and Nation

Jeong-Seok Yang · Jinsik Sohn[†] · Dae-Su Kang

School of Civil and Environmental Engineering, Kookmin University

(Received 13 December 2010, Revised 11 February 2011, Accepted 14 February 2011)

Abstract

National water supply, water resources available, the ratio of water supply to total water resources, and the ratio of water supply to available water resources were investigated to find global seawater desalination plant market for 163 nations. Water resources available per capita from 2007 to 2016, population in water scarcity region from 2011 to 2016, and the ratio of water scarcity population to total population were also analyzed for the countries. Annual percentage increase in total municipal drinking water capital expenditure and Annual percentage increase in total industrial water market were analyzed to predict the amount of water supply by use. 76 countries are suffering from water scarcity and 60 countries among the countries have coastal regions. Forty countries were selected by considering the considerable amount and highly increasing trend of water demand by use. Most countries show increasing trend of industrial water and 82 countries have more than 4% annual increasing rate for domestic water expense from 2008 to 2016 among 163 countries. Among the 76 water scarcity countries 16 countries were finally selected by considering expense prediction by use. Middle-east, east asia, pacific ocean, and west europe regions include most selected countries.

keywords : Global market development, Seawater desalination, Water demand by region, Water demand by use, Water scarcity

1. 서론

현재 전 세계적으로 기후변화 및 도시화, 산업성장에 따른 물 부족 사태는 매년 심각해지고 있으며, 기후변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007) 4차 보고서에서는 이번 세기 말까지 기후 변화(climate change)가 2~3도(섭씨온도)까지 기온을 상승시킴에 따라 2080년대에는 11~32억 명의 인구가 물 부족으로 고통 받게 될 것이라고 밝히고 있으며, UNEP은 물 기근에 시달리는 세계 인구가 2000년 5억 명에서 2025년 40억 명까지 증가할 것이라고 추측하여 물 부족 사태에 따른 대책이 시급한 상황이다. 특히, 전 세계적으로 중동, 인도, 중부 유럽, 아프리카(남아공, 수단, 케냐) 지역은 물 부족이 심각한 상태에 이르렀으며, 한국 또한 물 부족 국가로 분류되어 있다(Global Water Intelligence (GWI), 2007). 또한 산업화 이후 인구의 증가와 산업의 발달에 따

른 삶의 질을 향상시키기 위한 물의 수요 또한 증가하고 있는 추세이기 때문에 여러 전문 기관에서 발표한 물 부족 양에 비해 더욱 큰 용수량이 필요한 상황이라 판단된다. 이에 따라 수자원의 수요량에 따른 공급 대책마련이 필요한 시점이라고 할 수 있다. 하지만 인간이 사용 가능한 수자원은 지구상에 존재하는 약 13억 8,500만 km³의 물 중 2.5% 이내로 한정되어 있으며 산업발달 및 도시화에 따른 지표수의 바다로의 빠른 유출 등에 따라 수자원 확보 또한 쉽지 않은 실정이다(김인수와 오병수, 2009). 특히 우리나라의 경우 연평균 강수량은 전 세계의 1.4배나 되지만, 높은 인구밀도로 인해 1인당 강수량은 연간 2,591 m³로 세계 평균의 약 1/8에 불과한 실정으로, 지하수개발, 하수재이용, 인공강우 및 해수담수화 등의 대체수자원의 개발이 더욱 요구되는 실정이다(한국수자원공사, 2009; Cincotta et al., 2003). 2007년 기준으로 하수재이용 규모는 2차 폐수 처리를 포함하는 것으로 가정했을 때 매년 11억 달러로 추정되며, 연간 약 19%로 성장하고 있다(GWI, 2007).

현재 하수재이용과 더불어 가장 큰 성장세를 보이고 있는 해수담수화는 국내 일부 물 부족 지역의 용수 공급에

[†] To whom correspondence should be addressed.
jinsiksohn@kookmin.ac.kr

이용되고 있을 뿐만 아니라, 중동과 지중해 등 수자원 확보가 어려운 지역에서는 이미 주요한 용수 공급원으로 이용되고 있다(손진식 등, 2008). 중동지역의 경우, 담수와 전기가 동시에 필요한 지역이 많기 때문에 발전플랜트와 담수 플랜트를 개별적으로 건설하기보다는 2종의 플랜트를 동시에 병합·건설하여 에너지 이용률을 증가시키는 경우가 많다(김인수와 오병수, 2008).

해외의 경우 해수담수화 시장에 대한 조사와 연구가 활발하게 진행되고 있으며, Data Base 구축 및 교류가 활발하여 담수화 플랜트 시장에 큰 영향을 끼치고 있다. 하지만 국내에서는 해수담수화 플랜트 기술 연구에 비해 해외 시장에 대한 조사연구가 미흡하여 국내 기업의 해외 시장 진출 지원이 취약한 실정이다. 본 연구에서는 물 부족 국가를 선정하고, 이들 국가의 용도별 물수요 자본지출 예측 및 분석을 통해, 국내 기업의 해수담수화 플랜트 해외 시장 진출에 도움을 주고자 한다.

2. 연구방법

본 연구는 GWI (2007)의 자료를 기초로 하여 전 세계 163개 국가를 대상으로 각국의 연간 물 이용량 부족 국가를 선정하였다. 물 이용량 부족 국가의 선정 기준은 2007년 기준으로 각국의 인구대비 물 부족 인구 비율이 5%이상 되는 국가 중에서 하였고, 해안지역을 포함하고 있어 해수담수화 적용이 가능한 국가로 선정하였다. 물 부족 인구 비율은 GWI (2007)에서 조사된 물 부족 인구를 기준으로 하였다. 물 이용량 부족국가 중 연간 1인당 물 이용량이 1600 m³ 이하의 물 부족 국가, 1000 m³ 이하의 물 기근 국가로 구분하였다. 연간 1인당 물 이용량이 1600 m³ 이하의 물 부족 국가, 1000 m³ 이하의 물 기근 국가로 구분한 이유는 국제인구행동연구소에서는 1000~1700 m³는 물 부족 국가, 1000 m³ 이하의 물 기근 국가로 분류하고 있으며, GWI (2007)에서는 1600 m³ 이하의 물 부족 국가로 분류하기 때문이다. 선정된 물 이용량 부족 국가를 대상으로 지역별, 용도별 물 수요 자본지출 예측 및 분석을 하였다.

물 이용량 부족 국가로 선정된 60개 국가 중 해수담수화

사업성을 고려하여 자본력 있는 국가를 선정하기 위해서, 생활용수 자본 지출 경향이 높은 국가를 선정하였으며, 공업용수 수요 시장전망은 전 세계적으로 높은 성장성을 보이며 규모가 큰 주요 40개 국가 중 물 이용량 부족 국가에 포함되는 국가를 선정하였다.

또한 분석 결과의 검증을 위하여 선정된 국가를 대상으로 전 세계 8개 지역 중 각 지역의 용도별 물 수요 시장 성장률이 높은 8개 국가를 선정하고 조사된 자료를 이용하여 예측한 담수화 자본 지출(CAPEX)과 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 전 세계 지역별 물 기근 현황

3.1.1. 아프리카 지역

아프리카 해안 지역 중 기후변화 및 가뭄에 의한 물 부족 인구 비율 분석 결과 10개 국가가 물 이용량 부족 국가이며, 연간 1인당 물 이용량은 Kenya 지역이 2007년 기준 875.8 m³로 가장 부족한 물 기근 국가인 것으로 나타났다. 또한, Sudan, Mauritius, Somalia는 2007년에는 연간 물 이용량이 1600 m³ 이상이었던가 2016년에는 1600 m³ 미만인 물 부족 국가로 예상되어 물 부족 국가인 Eritrea, South Africa와 더불어 이에 따른 대책이 시급한 상황이라 할 수 있겠다(Table 1~2).

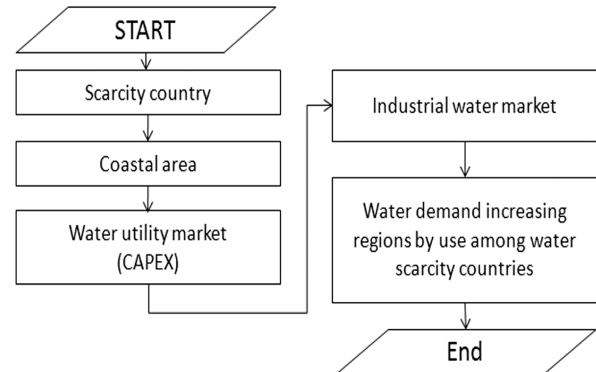


Fig. 1. Market evaluation chart flow.

Table 1. Water resources (Africa)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Mauritania	3,068,742	1.7	11	15
Namibia	2,031,252	0.3	18	1
Togo	6,145,004	0.2	15	1
Nigeria	131,529,672	8.0	286	3
Sudan	36,232,944	37.3	65	57
Mauritius	1,248,000	0.0	2	0
Somalia	8,227,826	3.3	14	24
Eritrea	4,401,357	0.3	6	5
South Africa	45,192,000	15.3	50	31
Kenya	34,255,720	1.6	30	5

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 2. Water scarcity population forecast 2007~2016 (Africa)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Mauritania	3,584.5	3,112.1	2,701.9	306,874	358,807	427,178
Namibia	8,861.5	8,652.7	8,448.9	710,938	733,358	762,603
Togo	2,441.0	2,134.7	1,866.8	921,751	1,067,538	1,256,174
Nigeria	2,174.4	1,933.2	1,718.8	6,576,484	7,488,332	8,654,746
Sudan	1,793.9	1,618.3	1,459.9	12,681,530	14,229,488	16,196,067
Mauritius	1,602.6	1,540.1	1,480.1	748,800	785,466	831,484
Somalia	1,701.5	1,479.8	1,286.9	822,783	958,596	1,135,313
Eritrea	1,363.2	1,207.2	1,069.0	440,136	503,050	583,561
South Africa	1,106.4	1,132.2	1,158.6	6,778,800	6,657,065	6,571,821
Kenya	875.8	762.9	664.5	5,138,358	5,979,016	7,074,084

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

3.1.2. 동아시아와 태평양 지역

동아시아와 태평양 지역은 10개 국가 중 Mongolia를 제외한 9개 국가 모두 물 이용량 부족 국가로 나타났다. 특히, Singapore는 심각한 물 기근 국가로 나타나며 한국 역시 물 부족 지역으로 2016년까지 점차 심화될 것으로 나타났다. 국제인구행동연구소(PAI)의 2003년 연구보고서를 보면 2025년에는 한국의 인구가 52,065천명으로 10.8% 증가한다는 가정 하에서는 그 양이 1,340 m³으로 줄어들 것으로 전망하여 지속적인 대체수자원의 확보가 시급하다. Malaysia, Australia는 연간 1명당 사용가능한 용수량은 높으나 물 부족 인구가 전체 인구 비율 5%이상으로 조사되

었다(Table 3~4). 공업용수 수요 시장 상승과 동시에 생활용수 자본지출 상승이 동시에 예측되는 국가가 지역적으로 많은 것으로 나타났다. 이것은 지역적으로 선진화 진행 중인 국가들이 많은 이유로 판단된다. 또한 기후변화 및 가뭄에 의한 물 부족 국가 또한 많아서 Australia, China, Malaysia, Thailand 4개의 국가에서 미래 담수화 시장의 성장 규모가 커질 것으로 판단된다.

3.1.3. 유럽 및 중앙아시아 지역

유럽 및 중앙아시아 지역은 11개 국가 중 4개 지역이 물 이용량 부족 국가로 나타났다. 4개 국가 중 Cyprus를 제외

Table 3. Water resources (East Asia & Pacific)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Hong Kong, China	6,943,600	NA	NA	NA
Malaysia	25,347,368	9.0	580	2
Thailand	64,232,760	87.1	410	21
Taiwan, China	22,900,000	NA	67	NA
Australia	20,320,904	23.9	492	5
Japan	127,956,008	88.4	430	21
China	1,304,499,968	630.3	2830	22
Korea, Rep.	48,294,144	18.6	70	27
Singapore	4,351,400	0.2	1	31

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 4. Water scarcity population forecast 2007~2016 (East Asia & Pacific)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Hong Kong, China	NA	NA	NA	1,041,540	1,079,407	1,128,252
Malaysia	22,882.1	20,971.6	19,220.6	2,534,737	2,795,437	3,122,092
Thailand	6,383.0	6,175.6	5,974.9	3,211,638	3,345,197	3,514,667
Taiwan, China	2,925.8	2,881.7	2,838.3	3,435,000	3,511,209	3,616,134
Australia	24,211.5	23,238.2	22,304.0	7,112,316	7,468,372	7,913,099
Japan	3,360.5	3,375.4	3,390.2	19,193,401	19,213,531	19,350,832
China	2,169.4	2,104.9	2,042.2	260,899,994	271,186,573	284,459,478
Korea, Rep.	1,449.5	1,421.2	1,393.6	7,244,122	7,440,022	7,701,100
Singapore	139.0	130.5	122.5	4,351,400	4,635,966	5,043,123

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

한 3개 국가가 연간 1600 m³ 이상이지만 전체 인구에 비해 물 부족 인구 비율이 높아 물 이용량 부족 국가에 포함되었다. Cyprus는 2007년부터 2016년까지 물 부족에 시달릴 것으로 나타나고 있다(Table 5~6). 지역적으로는 유럽 및 중앙아시아 지역은 시장의 선진화가 진행된 지역이다. 공업용수 시장 규모의 상승률은 전체적으로 작으나 생활수준 및 인구증가에 따라 생활용수 자본 지출 상승비율은 높은 것으로 나타났다. 2016년까지 용도별 물 수요 전망은 Turkey가 가장 높으며 물 부족 현상 또한 겪고 있어 해수담수화 건설 지역으로 가장 적합하다 판단된다.

3.1.4. 라틴아메리카와 카리브해 지역

라틴아메리카와 카리브해 지역은 전 세계 타 지역에 비

해 수자원이 풍부한 것으로 나타나며, 이에 따라 연간 한 명당 사용 가능량은 높게 나타나고 있다. 하지만 물 부족 인구 비율은 높기 때문에 Trinidad and Tobago, El Salvador, Chile, Peru, Dominican Republic, Mexico, Haiti 7개의 물 이용량 부족 국가로 나타났다. Haiti는 2011년 이후로 연간 1600 m³ 이하로 물 부족에 시달릴 것으로 나타났다. 용도별 물 수요 시장 전망과 기후변화 및 기근에 의한 물 부족 현상을 겪고 있는 국가는 Chile, Mexico 2개 국가이다.

3.1.5. 중동 및 북아프리카 지역

중동 및 북아프리카 지역은 전 세계적으로 물 부족을 가장 크게 겪고 있는 지역이다. 20개 국가 모두 물 이용량 부족 국가이며, 인구 1인당 연간 수자원이용량 역시 타 지역

Table 5. Water resources (East Europe & Central Asia)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Bulgaria	7,740,928	10.5	21	50
Romania	21,632,148	23.2	212	11
Turkey	72,636,000	37.5	229	16
Cyprus	835,307	0.3	1	30

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 6. Water scarcity population forecast 2007~2016 (East Europe & Central Asia)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Bulgaria	2,712.9	2,829.3	2,950.7	1,161,139	1,118,048	1,081,177
Romania	9,800.2	9,862.7	9,925.6	1,081,607	1,081,390	1,088,195
Turkey	3,152.7	2,993.8	2,842.8	18,159,000	19,291,051	20,699,423
Cyprus	1,197.2	1,166.1	1,135.9	668,246	691,720	722,378

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 7. Water resources (Latin America & Caribbean)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Trinidad and Tobago	1,305,236	0.3	4	8
El Salvador	6,880,951	1.3	25	5
Chile	16,295,102	12.5	922	1
Peru	27,968,244	20.1	1913	1
Dominican Republic	8,894,907	3.4	21	16
Mexico	103,089,136	78.2	457	17
Haiti	8,527,777	1.0	14	7

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 8. Water scarcity population forecast 2007~2016 (Latin America & Caribbean)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Trinidad and Tobago	3,064.6	3,203.5	3,348.8	326,309	313,713	303,017
El Salvador	3,633.2	3,339.7	3,069.9	344,048	378,163	420,764
Chile	56,581.4	54,059.7	51,650.4	1,629,510	1,719,677	1,832,070
Peru	68,399.0	64,156.2	60,176.5	2,796,824	3,011,132	3,278,221
Dominican Republic	2,360.9	2,191.5	2,034.3	3,557,963	3,874,439	4,270,975
Mexico	4,433.1	4,186.1	3,952.9	41,235,654	44,061,526	47,569,679
Haiti	1,641.7	1,454.3	1,288.4	426,389	487,171	564,961

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

에 비해 낮게 나타나고 있다. 2007년 기준으로는 16개 국가가 물 기근 국가, 2개 국가가 물 부족 국가로 나타나지만 2016년 이후에는 Iraq, Iran, Islamic Rep, Syrian Arab Republic을 제외한 모든 국가가 물 기근 국가가 될 것이라 예측된다. 18개 국가에서 생활용수 자본 지출 상승 역시

2016년까지 지속될 전망이다. 그에 반해 공업용수 물수요 시장규모가 성장할 것으로 예측된 국가는 경제규모가 큰 Iran, Saudi Arabia 2개 국가뿐이다. 용도별, 물 부족에 따라 해수담수화 건설이 가장 용이한 국가는 Saudi Arabia뿐이지만 물 기근 현상을 심하게 겪고 있고 이에 따른 생활용수

Table 9. Water resources (Middle East & North Africa)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Iraq	27,000,000	42.7	75	57
Iran, Islamic Rep.	67,699,896	72.9	138	53
Lebanon	3,576,818	1.4	4	34
Bahrain	726,617	0.1	0	114
Djibouti	793,078	0.3	1	47
Qatar	812,842	0.3	0	1,000+
Kuwait	2,535,446	0.4	0	2,194
Oman	2,566,981	1.4	1	135
West Bank and Gaza	3,626,000	0.2	1	23
Tunisia	10,021,900	2.7	5	55
United Arab Emirates	4,533,145	2.3	0	1,038
Jordan	5,411,151	1.0	1	102
Morocco	30,168,082	12.8	29	44
Libya	5,853,452	4.8	1	481
Israel	6,909,000	2.0	2	102
Syrian Arab Republic	19,043,382	19.9	26	77
Egypt, Arab Rep.	74,032,880	68.7	58	118
Yemen, Rep.	20,974,656	6.6	4	166
Saudi Arabia	24,573,100	17.3	2	866
Algeria	32,853,798	6.1	14	43

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 10. Water scarcity population forecast 2007 ~ 2016 (Middle East & North Africa)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Iraq	2,777.8	2,441.1	2,145.2	4,050,000	4,666,751	5,461,549
Iran, Islamic Rep.	2,038.4	1,972.2	1,908.1	16,924,974	17,627,548	18,518,301
Lebanon	1,118.3	1,053.7	992.8	178,841	191,267	206,483
Bahrain	137.6	128.4	119.9	726,617	778,617	852,496
Djibouti	882.6	800.1	725.2	793,078	874,936	988,762
Qatar	0.0	0.0	0.0	812,842	914,553	1,057,932
Kuwait	8.0	8.0	8.0	2,535,446	2,539,964	2,582,485
Oman	389.6	332.2	283.4	2,566,981	3,009,792	3,649,020
West Bank and Gaza	300.0	250.2	208.6	2,900,800	3,529,846	4,378,664
Tunisia	498.9	475.0	452.1	6,013,140	6,370,876	6,816,330
United Arab Emirates	49.0	40.3	33.1	4,533,145	5,514,469	6,979,996
Jordan	184.8	164.0	145.6	5,411,151	6,095,985	7,060,329
Morocco	961.3	891.1	826.0	6,033,616	6,574,984	7,249,763
Libya	170.8	152.8	136.6	5,853,452	6,546,113	7,518,398
Israel	289.5	273.3	258.1	6,909,000	7,316,957	7,899,967
Syrian Arab Republic	1,365.3	1,221.9	1,093.6	12,378,198	13,993,075	16,044,478
Egypt, Arab Rep.	783.4	719.4	660.5	22,209,864	24,449,279	18,518,301
Yemen, Rep.	190.7	160.9	135.7	20,974,656	24,864,413	27,255,195
Saudi Arabia	81.4	73.5	66.4	24,573,100	27,210,578	30,494,487
Algeria	426.1	401.1	377.6	32,853,798	34,900,483	30,874,299

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

자본 지출 상승 비율 또한 2016년까지 높기 때문에 18개 국가 모두 해수담수화 건설에 적합한 지역이라 판단된다.

3.1.6. 북미 지역

북미 지역은 United States가 물 부족 현상과 동시에 생활용수, 공업용수 자본 지출 또한 상승할 것으로 예측되었다. United States는 자본 지출 상승 비율은 낮지만 규모는 세계 최대이며, 해수담수화 시장의 신흥 성장지역으로 주목을 받고 있다. 1인당 연간 수자원이용량은 매우 높지만 전체 인구에 비해 물 부족에 시달리고 있는 비율은 2007년 기준 27%이상으로 나타나 물 이용량 부족 국가로 나타났다.

3.1.7. 사하라 사막 이남 아프리카 지역

사하라 사막 이남 아프리카 지역은 총 7개 국가를 조사하였다. Pakistan, India 두 국가가 물 이용량 부족 국가로 나타났다. 2개 국가 모두 용도별 물 수요 시장 규모 및 자

본지출 상승 지역이며 상승 비율 또한 높은 지역이다. 경제 규모 및 물 부족 인구 또한 높은 지역이기 때문에 해수담수화 건설에 적합한 지역이라 판단된다.

3.1.8. 서유럽 지역

서유럽 지역은 전 세계 적으로 생활용수, 공업용수의 시장 규모의 상승 전망과 함께 물 부족 국가가 많은 지역이다. 전체 인구에 비해 물 부족에 시달리고 있는 인구는 대부분의 국가가 5~10%로 비교적 낮은 편이나 Belgium은 20%, Spain은 35%로 높게 나타났다. Belgium, Greece, Italy, Portugal, Spain 5개 국가는 시장규모도 크며 기후변화 및 가뭄에 의한 물 부족에 시달리고 있는 지역이기 때문에 해수담수화 건설에 적합하다 판단된다.

3.2. 용도별 물수요 예측

용도별 물수요 전망은 생활용수 자본 지출 추세, 공업용

Table 11. Water resources (North America)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
United States	296,496,640	479.3	3069	16%

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 12. Water scarcity population forecast 2007~2016 (North America)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
United States	10,350.9	9,900.3	9,469.4	80,054,093	92,812,504	98,733,766

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 13. Water resources (Sub-Saharan Africa)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Pakistan	155,772,000	169.4	223	76
India	1,094,583,040	645.8	1897	34

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 14. Water scarcity population forecast 2007~2016 (Sub-Saharan Africa)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Pakistan	1,431.6	1,307.6	1,194.4	46,731,600	51,727,810	58,004,707
India	1,733.1	1,600.4	1,477.8	218,916,608	239,646,050	265,621,498

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 15. Water resources (Western Europe)

Country name	Population	Total abstraction (km ³ /year)	Total natural renewable water resources (km ³ /year)	Abstraction / availability balance (%)
Portugal	10,556,707	11.3	69	16
Greece	11,089,185	7.8	74	10
Italy	57,471,000	44.4	191	23
United Kingdom	60,202,604	9.5	147	6
Spain	43,388,588	35.6	112	32
Belgium	10,470,738	5.2	18	29
Denmark	5,418,313	1.3	6	21

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 16. Water scarcity population forecast 2007~2016 (Western Europe)

Country name	Per capita availability (m ³)			Scarcity population		
	2007	2011	2016	2007	2011	2016
Portugal	6,536.1	6,428.1	6,321.8	1,055,671	1,080,290	1,113,561
Greece	6,673.2	6,619.0	6,565.4	1,330,702	1,350,137	1,379,509
Italy	3,323.4	3,321.8	3,320.1	5,747,100	5,782,566	5,855,253
United Kingdom	2,441.8	2,408.5	2,375.6	6,020,260	6,142,922	6,313,607
Spain	2,581.3	2,566.4	2,551.6	15,186,006	16,906,137	17,227,687
Belgium	1,719.1	1,708.8	1,698.6	2,094,148	2,119,588	2,159,923
Denmark	1,107.4	1,090.3	1,073.5	270,916	276,973	285,265

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

수 수요 시장 규모를 예측 및 분석하였다. 생활용수 시장은 크게 자본적 지출과 운영 경비로 구분이 되지만 본 연구에서는 자본적 지출(CAPEX)에 초점을 맞춰 분석하였다. 생활용수 자본 지출 추세는 163개 국가를 대상으로(GWI, 2007)에서 제공하는 2008~2016년 동안 전 세계 생활용수 자본 지출 예측 값을 토대로 높은 지출 증가 추세의 국가를 선정하였다. 9년간 지역별로 연 증가율 평균이 4% 이상 되는 국가를 선정하였으며 82개 국가가 선정되었고, 지역별로 증가추세를 나타내었다(Table 17). 연 증가율 평균이 4% 이상 되는 국가를 선정한 이유는 2007년 자료이기 때문에 2007년에서 2008년 사이의 세계 경제성장률을 기준으로 하였다. 2007년에서 2008년 사이 국제통화기구와 국내 금융기관에서 조사된 경제성장률이 4~5%인 것을 감안하였다. 전 세계 8개 지역 모두 2008년부터 2016년까지 높은 추세를 보이고 있다. 특히, Latin America & Caribbean 지역은 2008년 2.9%에서 2016년 8.02%로 성장 폭이 계속

적으로 증가하고 있으며, Sub-Saharan Africa 지역은 2008년부터 2016년까지 지속적으로 7%이상의 성장률을 보이고 있다. 공업용수 수요 시장 규모 예측은 높은 성장성을 보이며 큰 규모의 주요 40개 국가 자료를 토대로 지역별로 세분화 하여 연평균 증가 추세를 살펴보았으며 대부분의 국가에서 증가 추세를 보이는 것으로 나타났다. Sub-Saharan Africa 지역 같은 경우 높은 성장 추세를 보이는 생활용수 자본 지출 추세와 더불어 2008년부터 2016년까지 7%이상의 지속적인 성장 추세를 보이는 것으로 나타났다. 또한 전 세계 8개 지역 모두 2009년도에 증가 백분율이 전년도에 비해 감소하였으며 2008년부터 2016년까지 증가 백분율은 크게 변화되지 않는 모습을 보였다(Table 18).

3.3. 물 부족 국가 중 용도별 물 수요 증가 지역

앞서 선정된 전 세계 8개 지역 물 부족 국가 중 생활용수 자본 지출과 공업용수 수요 시장 성장성이 연평균 4%

Table 17. Annual percentage increase in capital expenditure (%)

Region	Year									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Africa	4.23	4.54	4.85	5.17	5.50	5.82	6.15	6.49	6.83	
East Asia & Pacific	5.03	5.24	5.45	5.67	5.89	6.11	6.34	6.57	6.81	
East Europe & Central Asia	2.78	3.23	3.68	4.13	4.59	5.04	5.50	5.97	6.44	
Latin America & Caribbean	2.90	3.52	4.14	4.77	5.41	6.05	6.70	7.36	8.02	
Middle East & North Africa	6.65	6.78	6.91	7.04	7.18	7.32	7.46	7.61	7.77	
North America	6.57	6.68	6.80	6.93	7.06	7.18	7.32	7.46	7.60	
Sub-Saharan Africa	7.02	7.14	7.26	7.38	7.52	7.65	7.78	7.93	8.07	
Western Europe	5.95	6.06	6.18	6.30	6.43	6.56	6.69	6.83	6.97	

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 18. Annual percentage increase in Total industrial water market (%)

Region	Year									
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Africa	3.14	3.02	3.03	3.04	3.05	3.06	3.07	3.08	3.08	
East Asia & Pacific	5.19	5.07	5.14	5.20	5.27	5.34	5.41	5.48	5.55	
East Europe & Central Asia	3.89	3.69	3.72	3.75	3.79	3.82	3.85	3.88	3.91	
Latin America & Caribbean	5.15	5.05	5.07	5.09	5.11	5.14	5.16	5.18	5.20	
Middle East & North Africa	2.96	2.84	2.85	2.86	2.86	2.87	2.88	2.88	2.89	
North America	4.85	4.28	4.29	4.31	4.32	4.34	4.35	4.37	4.38	
Sub-Saharan Africa	7.63	7.34	7.36	7.38	7.40	7.42	7.45	7.47	7.49	
Western Europe	3.95	3.76	3.78	3.80	3.82	3.85	3.87	3.89	3.92	

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 19. Water demand increasing regions by use among water scarcity countries

Region	Country name	Industrial water market (million \$)			Total municipal drinking water capital expenditure (million \$)		
		2007	2016	Increase percentage average (%)	2007	2016	Increase percentage average (%)
AFR	South Africa	214.1	283.3	3.06	466.9	897.1	7.53
EAP	Australia	315.8	463.6	4.16	830.6	1,727.9	8.48
	China	2,511.8	5,004.6	7.36	12,600.0	34,119.6	11.72
	Malaysia	202.6	425.9	7.92	142.0	310.1	9.07
	Thailand	172.6	326.3	6.81	40.0	83.8	8.56
ECA	Turkey	148.6	245.2	5.39	400.1	1,310.4	14.22
LAC	Chile	403.3	681.5	5.66	174.3	295.3	6.03
	Mexico	666.5	1,129.7	5.69	660.3	1,526.4	9.79
MNA	Saudi Arabia	333.4	429.3	2.76	831.0	3,115.3	15.84
NA	United States	5,528.2	8,441.9	4.54	13,244.0	21,942.0	5.80
SAR	India	751.2	1,506.2	7.42	450.0	1,237.6	11.97
WE	Belgium	167.1	213.9	2.70	518.0	884.9	6.17
	Greece	86.4	106.1	2.25	120.0	192.1	5.37
	Italy	592.7	798.3	3.22	1,280.0	2,701.1	8.68
	Portugal	86.8	142.4	5.34	444.7	814.6	6.98
	Spain	432.8	700.8	5.20	1,309.0	3,344.9	11.00

이상되는 16개 국가를 8개 지역별로 선정하였다(Table 19). 동아시아와 태평양, 서유럽 지역에서 가장 많은 국가가 물 부족에 시달리며 용도별 물수요 시장 역시 높은 폭으로 상승하는 것으로 나타났다. 특히, China, India, Malaysia, Thailand, Turkey 등 대부분의 국가가 높은 연평균 증가율을 보였으며, China, India, United States은 시장규모 또한 가장 크기 때문에 국내 기업의 주요 해외 시장 진출 국가가 될 것으로 판단된다. 또한 China, Turkey, Saudi Arabia, India, Spain 5개 국가는 물 부족 국가이면서도 공업용수 수요 시장 연평균 성장 추세가 10%이상으로 매우 높기 때문에 대규모 해수담수화 플랜트 사업 진출에 용이할 것으로 판단된다.

3.4. 용도별 물 수요 증가 국가에 대한 해수담수화 시장 자본 지출 분석

물 부족 국가이면서 용도별 물 수요 증가 지역으로 판단된 16개국에 대해 자료의 신뢰성 확보를 위하여 GWI (2010)에서 조사한 보고서 Desalination Market 2010의 담수화 시장 자본지출(CAPEX)자료와 Global Water Market 2008의 공업용수 시장규모 자료를 비교 분석하였다. 전 세계 8개 각 지역마다 시장 성장률이 높을 것으로 판단되는 국가를 선정하였으며 2007년부터 2016년까지 공업용수 시장 증가율 및 담수화 시장 자본지출 증가율을 나타내었다 (Table 20~21). 공업용수 시장규모 예측 자료는 2007년 자료로 2016년까지 예측한 값으로써 앞서 물 부족 국가 중 용도별 물수요 시장 증가 지역을 판단하는데 사용된 자료이며, 이에 대한 자료 사용의 신뢰성 확보를 위하여 담수화 시장 자본지출을 비교분석 하였다.

담수화 시장 자본지출은 2010년 보고된 자료로써 2007년

부터 2010년까지는 실측 조사된 자료이며 이후 2016년까지는 예측된 자료이다. 비교 분석한 결과 2007년부터 2010년까지 예측한 공업용수 시장규모 증가 값에 비해 실제로 조사된 담수화 시장 자본지출 값은 Australia, Turkey를 제외한 대부분의 국가에서 하락하는 추세를 나타내고 있었다. 하지만 이는 공업용수 시장규모 성장성은 과거 성장된 관측 값을 이용하여 분석된 비율로 성장을 예측한다는 측면에서 각 지역별·국가별로 조사된 것이며, 담수화 시장 자본지출 값은 현재 진행 중인 프로젝트 현황, 앞으로 지출될 자본 현황 조사 값을 기반으로 한 조사이기 때문에 4년간의 트렌드 분석은 다소 일치하지 않는 부분도 있다고 판단된다.

실제로 South Africa의 경우 2008년부터 2009년까지 담수화 시장 자본지출이 거의 없으나 이후 2010년부터는 계속 증가 추세가 예측되고 있으며, Saudi Arabia의 경우 2009년까지 담수화 시장 자본지출은 하향 추세를 보이고 있으나 2010년 이후 2007년 수준까지 회복한 이후 지속적인 성장세를 보이고 있다. Turkey, Spain을 제외한 대부분의 국가에서 공업용수 시장 성장률에 비례하여 담수화 시장 자본지출 증가율이 증가한 것으로 나타났다. 특히, 큰 성장률을 보이는 Australia, Turkey, Chile, United States, India, Spain에서 Turkey, Spain을 제외한 국가에서 공업용수 시장 성장률과 담수화 시장 자본지출 성장률이 함께 높은 것으로 분석되었다.

Saudi Arabia의 경우 2007~2009년도 공업용수 시장 규모는 \$333.4 million에서 꾸준히 상승하는 것으로 나타났으나, 담수화 시장 자본지출은 2007년 \$1,834.2 million에서 하강하는 것으로 나타났다. 이것은 2007년에 담수화 시장 자본지출이 높게 산정되어 이후 2009년까지 시적으로 투자가

Table 20. Total industrial water market

Region	Country name	Total industrial water market (million \$)							Increase percentage average (%)
		2007	2008	2009	2010	2012	2014	2016	
AFR	South Africa	214.1	221.0	227.9	235.0	250.0	266.1	283.3	32.31
EAP	Australia	315.8	330.1	344.3	359.1	390.9	425.6	463.6	46.79
EAC	Turkey	148.6	157.5	166.4	175.8	196.3	219.4	245.2	65.02
LAC	Chile	403.3	427.5	453.0	480.1	539.3	606.1	681.5	68.98
MNA	Saudi Arabia	333.4	343.3	353.0	362.9	383.7	405.8	429.3	28.75
NA	United States	5,528.2	5,824.5	6,098.5	6,386.1	7,005.2	7,688.1	8,441.9	52.71
SAR	India	751.2	813.2	877.7	947.4	1,104.7	1,289.3	1,506.2	100.50
WE	Spain	432.8	457.2	482.0	508.2	565.3	629.3	700.8	61.93

Reference : Global Water Intelligence, 2007 (Global Water Market 2008)

Table 21. Desalination market capital expenditure

Region	Country name	Desalination market capital expenditure (million \$)							Increase percentage average (%)
		2007	2008	2009	2010	2012	2014	2016	
AFR	South Africa	93.7	0.0	0.1	2.2	45.2	109.0	115.7	23.43
EAP	Australia	632.5	432.9	1,930.2	12.3	1,559.2	802.2	1,437.8	127.30
EAC	Turkey	146.6	77.9	219.4	2.9	417.1	67.9	67.9	-53.65
LAC	Chile	60.1	9.2	44.8	131.0	233.4	461.2	171.6	185.67
MNA	Saudi Arabia	1,834.2	685.5	68.3	1,797.7	1,205.4	1,765.1	2,260.3	23.23
NA	United States	370.9	234.2	191.5	322.6	1,611.2	1,375.9	2,026.6	446.34
SAR	India	133.8	307.2	50.3	287.6	258.5	386.0	410.1	206.50
WE	Spain	634.1	426.6	230.5	90.6	287.9	385.4	677.9	6.90

Reference : Global Water Intelligence, 2010 (Desalination Markets 2010)

될 것으로 판단된다. United States는 2007년부터 2010년까지 담수화에 대한 시장이 활성화 되지 않았기 때문에 공업용수 시장 규모에 비해 담수화 시장 자본지출은 \$400 million 이하로 나타났다. 하지만 2011년 이후로 \$1,611.2 million으로 성장하며 2016년까지 계속된 성장을 보이고 있다.

4. 결론

생활용수와 공업용수의 수요는 인구증가, 인프라 구축 전망, 석유와 가스, 펄프와 종이, 산업 발전과 연관되어 있어 이에 대한 분석이 필요한 실정이나 실질적으로 전 세계 대륙별, 국가별 산업 시장의 성장 규모가 다르며 지역적 특성에 따라 문화적 차이, 재정적 관점으로 프로젝트를 효과적으로 투자하기 위한 국가적 재정 모델 또한 모두 달라 해수담수화 시설 적용에 대한 예측 또한 전문가들의 의견은 같지 않다. 이에 따라 물 기근 국가의 예측 및 분석과 용도별 물수요 시장 전망 예측을 통하여 수요와 공급에 따른 해수담수화 플랜트 시장 진출이 용이한 국가 선정은 미래의 물수요 시장에서 해수담수화 시설 건설에 대한 적용 가능성을 판단하는데 큰 요인이 될 것이다.

결과적으로 전 세계의 많은 수의 국가가 물 부족에 시달리고 있는 것으로 나타났다. 또한 생활용수 자본 지출 예측 값 역시 연간 상승폭이 꾸준히 증가하고 있었으며, 공업용수 시장 규모 증가 추세 역시 시장 규모 성장률은 2016년까지 꾸준히 지속적인 성장이 가능한 것으로 나타나 이에 따른 전 세계적인 대체수자원의 개발이 시급함과

동시에 해외 시장 진출 요건이 충족된다 할 수 있겠다. 지역별로 살펴보면 아프리카 지역은 South Africa가 물 부족에 시달리면서도 물 수요 시장 발전 가능성은 높았으며, 사용가능한 수자원에 비해 취수율은 31%에 달하여 대체수자원의 필요성이 높은 것으로 나타났다. 동아시아와 태평양 지역은 Singapore, Korea, Rep 2개의 국가 외에 7개 국가는 인구 한 명당 연간 사용 가능한 수자원량은 높게 나왔으나 물 부족에 시달리고 있는 인구 예측치는 높아 물 부족 국가가 많은 지역적 특성을 보였다. 또한 중동 및 북아프리카 지역은 20개 국가 중 20개 모두 물 부족 국가로 나타났다. 그 중 Iraq, Djibouti를 제외한 18개 국가가 연간 생활용수 자본 지출 상승 비율이 높게 나타나 대체수자원의 필요성이 높으면서 시장성 역시 높게 나타났으나 주요 공업용수 시장 조사 국가 40개 안에 포함되는 국가가 적어 물 이용량 부족 국가이면서 용도별 물수요 증가 국가 수가 낮게 평가되었다. 하지만 중동 및 북아프리카 지역의 현재 해수담수화 시장은 가장 선진화된 지역이며 이후 성장률 역시 높아 국내 기업의 해수담수화 플랜트 해외 진출에 있어 가장 주목해야 할 곳이다.

또한 전 세계 8개 지역 중 주목할 만한 지역은 Latin America & Caribbean, Sub-Saharan Africa으로 나타났으며, Latin America & Caribbean 지역은 2008년 2.9%에서 2016년 8.02%로 성장 폭이 지속적으로 증가하였으며, Sub-Saharan Africa 지역은 2016년에는 2개 국가 모두 물 이용량 부족 국가로 포함되고 있으며, 용도별 물수요 평가 역시 7%이상의 연평균 증가율을 보이고 있어 주목할 만한

다고 할 수 있다. 국가별로는 물 기근 국가에 포함되며 용도별 물수요 시장 증가 국가는 16개 국가가 선정되었다. 선정된 16개 국가 중 현재까지 중동과 지중해의 가장 발달된 해수담수화 시장에 이어 GWI (2007)에서 선정한 미래의 해수담수화 시장 국가 미국, 멕시코, 칠레, 호주 및 인도 국가 모두 포함되어 있는 것으로 나타났다.

자료의 신뢰성 확보를 위하여 선정된 16개 국가 중 지역별 수요 증가율이 높은 하나의 국가를 선정하여 8개국에 대하여 공업용수 시장 규모 증가율과 GWI (2010) 자료를 기반으로 담수화 자본 지출 증가율을 비교분석하였다. 분석 결과 대부분의 국가가 공업용수 시장 규모 증가율과 비례하여 담수화 자본 지출 증가율이 증가하였으며, 증가율이 높은 주요 4개국 Australia, Turkey, Chile, United States, India, Spain에서 Turkey, Spain을 제외한 국가에서 공업용수 시장 성장률과 담수화 자본 지출 성장률이 함께 높은 것으로 분석되었다. 하지만 16개 국가 외에도 더욱 많은 국가가 물 기근에 시달리면서도 물 수요 시장 역시 활성화 될 것으로 판단된다. 이는 공업용수 시장 규모 증가 예측을 40개 국가에 한하여 분석하였기 때문에 용도별 물수요 증가 지역에서 제외된 것이 이유라 판단된다.

향후 전 세계 모든 국가의 공업용수 시장 규모 증가 추세에 대한 분석과 국가별 개별적인 수도 인프라 현황 및 산업연보표 등 정량적인 분석을 하고, 물 재이용 시장 및 산업에 대한 자료를 반영한다면 국내기업의 해외 해수담수화 플랜트 시장 진출에 더욱 신뢰할 수 있는 기반이 마련 될 것이라 판단된다.

사 사

본 연구는 국토해양부 플랜트기술고도화사업의 연구비지원(07해수담수B01-01)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- 김인수, 오병수(2008). 물부족 해결을 위한 해수담수화와 물 재이용 기술. *대한환경공학회지*, **30**(12), pp. 1197-1202.
- 김인수, 오병수(2009). 떠오르는 물 산업-해수담수화. *대한토목학회지*, **57**(8), pp. 15-21.
- 손진식, 양정석, 이선재, 장진구, 임재한, 김동하(2008). 해외 해수담수화 플랜트 수주현황 분석 및 연구. *상하수도학회지*, **22**(3), pp. 337-342.
- 한국수자원공사(2009). 물과 미래, 2009년 세계 물의 날 주제 물과 미래, 2009 제17회 세계 물의 날 자료.
- Cincotta, R., Engelman, R., and Anastasion, D. (2003). *The Security Demographic Population and Civil Conflict after the Cold War*, Population Action International, Washington, DC 20036-1624 USA.
- Global Water Intelligence (2007). *Global Water Market 2008: Opportunities in Scarcity and Environmental Regulation*, USA.
- Global Water Intelligence (2010). *Desalination Market 2010*, USA.
- IPCC (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science, Synthesis Report*, Cambridge university Press, Cambridge.