

〈論說〉

21世紀를 위한 물豫測(2)

The Global 2,000 Report to the President
Entering the Twenty-First Century 의 拔萃譯

崔 榮 博*
Y. B. Choi

4. 水資源의 需要

水資源은 人間社會에서 多種多樣한 役割을 다하기 위해 사용된다. 地表水와 地下水를 이용할 때 주의 되는 것은 다음에 열거하는 것들이다.

즉生活用水·工業用水·農業用水·에너지生産(水力發電을 포함하지 않음)이다. 이의 使用過程 중에서 取水量은 부분적으로 消費된다. (蒸發이나 生産物에 吸收되는 部分도 포함함) 그러나 나머지 부분은 다른 물利用者가 再使用한다 하여도 自然環境으로 되돌아간다.

그림 -2에 세가지 用途(生活, 工業, 農業) 사이의 取水比率를 주요 16개국에 대하여 표시하였다. 이 資料는 美國地質測地局에 의해 美國을 위해 5年마다 편찬되어 왔던 것이다. 수집된 자료는 후에 다른 나라를 위해서도 편찬되어 出版되게 되어있다. (예를들면 유럽이나 아시아, 極東을 위해 經濟委員會에 의해서 出版).

그러나 이러한 基本統計가 결여된 상황에서 體系的으로 全地域의 使用水量을 見積하는 경우에는 보다 廣範圍하게 이용되고 將來의 自然開發의 豫測에도 일반적으로 사용될 수 있는 연관자료를 圖化하여 비교하는 것이다.

예컨대 《生活用水》는 1人當 使用水量의 값이 있을 경우에는 그것을 사용하여 都市나 地方人口의 資料와 곱셈하여 계산할 수 있다. 유럽各國에서는 1日 1人當 76~270l의 범위이고 平均이 150l이다. 世界保健機構(WHO)에서 발표된 開途國의 1人當 飲用水 使用水量의 推計는 표-2에 나타낸 바와 같다.

注) 멕시코와 탄자니아는 1970年, 인도는 1968年, 이스라엘은 1960年.

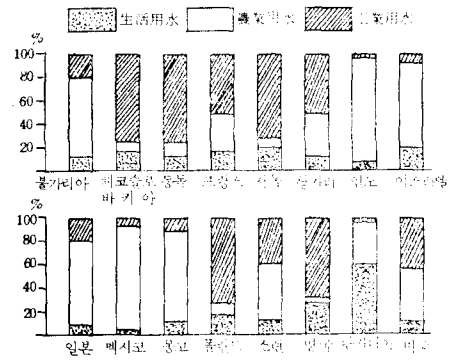


Fig.-2 主要國의 用途別取水量 (1956年)

資料) G.R. White et al, Resources and Needs: Assessment of the World Water Situation, U.N. Water Conference, 1977

《工業用水》는 여러가지 商品 生産物의 자료에서 산출할 수가 있다. 原水單位(單位生産當 물 使用量)은 어떠한 工業프랜트에 의한 것인가 또한 물의 價格은 얼마로 할 것인가 물은 再使用하고 있는가의 유무에 따라 크게 달라진다. 이 目的을 위하여 工業製品 製造에 중사하는 人口 1人當 使用水量은 단순하게 계산하여 사용하기로 한다. 美國에서는 이 使用水量을 人口로 나누기 위한 값은 1日 1人當 2,500gal 즉 약 9,500l이다. 아시아 諸나라에서는 그 값은 1日 1人當 2,150에서 8,600l 사이이다. 日本에서의 그 값은 1日 1人當 약 4,500l이다. (말하자면 1年 1人當 1,640m³ 이다) 美國의 經驗에서 보면 工業用水의 약 11%가 消費된다.

《農業用水》는 기후와 灌溉水利技術에 의하여 그 필요량도 변동한다. 最大는 고랑灌溉이며 最小는 호스

* 正會員 高麗大 工大 교수

표-2 開發途上國의 1人當 用水의 使用水量(1970年)

(單位 1/日)

國 名	區 分	現 在						將 來					
		都 市				地 方		都 市				地 方	
		家 庭 用 With House Connections		公 共 用 With Public Standposts		最 小 值	最 大 值	家 庭 用 With House Connections		公 共 用 With Public Standposts		最 小 值	最 大 值
		最 小 值	最 大 值	最 小 值	最 大 值			最 小 值	最 大 值	最 小 值	最 大 值		
아프리카	보 츠 와 나	90	1,820	—	—	10	45	90	320	—	45	20	45
	부 른 지	100	350	10	40	—	—	150	350	40	70	20	40
	카 메 룬	100	180	18	34	10	20	120	200	30	50	20	30
	아 프 리 카	50	300	—	20	—	—	75	220	15	20	—	—
	차 드	60	400	8	25	5	15	150	400	25	45	20	40
	콩 고	75	100	50	75	10	30	75	100	50	75	—	—
	다 오 메 이	10	125	10	30	10	20	80	150	25	50	20	40
	겔 비 아	60	220	50	150	22	50	90	310	—	—	—	—
	가 나	36	120	22	36	22	100	115	180	20	55	20	45
	게 냐	100	150	40	60	—	—	100	150	40	60	—	—
	아이보리코스트	20	130	20	40	10	20	40	150	20	40	20	40
	케 냐	20	200	5	15	10	20	50	300	20	30	15	75
	베 소 토	55	270	—	—	27	54	55	270	35	70	35	70
	리 베 리 아	95	190	20	40	20	40	115	285	40	80	40	95
	말 라 가 스	40	250	10	24	4	10	80	250	—	25	10	40
	말 리	10	25	—	—	—	—	40	160	30	50	—	—
	모 리 타 나	20	200	20	50	10	50	100	300	50	100	30	100
	니 제 트	100	300	1	2	3	10	—	—	—	—	—	—
	나 이 지 리 아	45	230	45	70	45	45	90	230	45	90	45	70
	세 베 갈	76	96	18	22	—	—	100	125	20	24	—	—
	토 고	60	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	우 간 다	50	500	5	15	5	10	70	700	20	30	10	15
	탄 자 니 아	80	110	40	80	25	50	100	150	55	100	20	40
오 트 볼 다	50	250	5	50	5	20	75	300	10	75	10	50	
자 이 래	30	250	10	30	20	40	100	300	20	50	5	10	
잠 비 아	200	700	50	90	10	50	130	700	50	90	40	50	
아메리카	아 르 헨 티 나	300	600	—	—	100	200	200	350	—	—	100	200
	바 루 바 토 스	230	1,730	23	68	23	910	135	570	23	68	135	570
	볼 리 비 아	60	150	10	25	60	100	150	250	—	—	80	150
	브 라 질	80	500	10	50	20	75	100	500	30	50	20	75
	칠 레	180	400	10	20	100	100	250	500	—	—	100	100
	콜 롬 비 아	113	275	—	—	40	200	115	300	—	—	80	150
	코 스타 리 카	175	275	—	—	120	150	200	300	—	—	150	250
	도 미 니 카	320	375	55	95	95	130	130	340	55	95	95	130
	에 콰 도 르	140	200	—	—	70	140	—	—	—	—	—	—
	엘 살 바 도 르	17	295	40	40	60	100	130	400	40	40	60	100
구 아 테 말 라	150	150	—	—	25	25	200	200	—	—	60	60	

國 名 \ 區 分		現 在						將 來					
		都 市				地 方		都 市				地 方	
		家庭用 With House Connections		公共用 With Public Standpost		最小值	最大值	家庭用 With House Connections		公共用 With Public Standposts		最小值	最大值
		最小值	最大值	最小值	最大值			最小值	最大值	最小值	最大值		
아메리카	가 이 아 나	270	360	—	—	135	270	450	550	—	—	360	550
	하 이 티	150	200	20	40	—	—	175	225	20	40	20	40
	온 두 라 스	20	270	—	—	45	140	160	270	—	—	90	135
	자 베 이 카	320	390	45	70	20	320	340	570	45	90	45	450
	멕 시 코	100	350	20	50	50	250	100	350	20	50	50	250
	니 카 라 구 아	130	220	40	60	75	150	240	300	40	60	95	150
	파 나 마	190	300	—	—	40	80	210	340	—	—	60	90
	파 라 과 이	160	350	10	30	100	200	190	350	10	30	100	200
	페 루	90	400	25	30	80	100	150	300	30	50	600	100
	우 루 구 아 이	120	250	—	—	100	180	126	262	—	—	105	190
베 네 주 엘 라	200	300	—	—	150	300	400	600	—	—	150	200	
東地中海	아프가니스탄	60	70	20	30	15	20	60	100	30	50	30	50
	바 레 인	220	420	23	140	110	340	230	360	—	—	140	280
	키 프 로 스	145	275	—	—	90	145	185	320	—	—	145	185
	北 예 멘	50	180	10	23	10	18	140	230	18	36	50	70
	이 집 트	100	260	30	40	30	40	250	350	150	250	40	60
	이 더 오 피 아	20	100	5	10	5	10	40	100	10	20	5	15
	이 란	75	150	—	25	40	75	150	190	—	—	110	150
	이 라 크	90	200	—	—	65	130	160	360	—	—	90	145
	요 르 단	60	120	—	—	30	60	80	150	—	—	40	80
	쿠 웨 이 트	150	220	70	220	—	—	180	410	150	220	—	—
	레 바논	150	200	—	—	80	125	200	250	—	—	100	150
	파 키 스 탄	70	180	20	60	20	100	150	220	20	70	50	100
	카 타 루	150	300	80	110	40	80	230	300	80	150	80	150
	사우디아라비아	50	400	25	50	25	50	150	250	25	50	100	200
	소 말 리 아	—	250	20	50	—	—	250	—	60	—	—	—
	수 단	45	900	23	32	14	42	110	1,140 ^b	—	—	18	45
아랍首長國連邦	150	200	—	—	50	—	—	250	—	—	—	75	
튀 니 지	100	150	5	10	—	—	150	—	5	10	—	—	
南 예 멘	50	80	30	50	20	40	—	—	—	—	30	60	
南地中海	알 제 리	20	200	10	30	10	60	80	200	50	60	50	60
	모 로 코	60	260	10	20	—	70	100	300	20	30	20	80
	터 키	120	170	60	70	50	60	—	—	—	—	—	—
東남아시아	뱅 그 라 데 시	45	70	15	25	10	20	70	135	25	45	25	45
	버 어 마	100	180	45	100	22	60	150	220	70	120	50	100
	인 디 아	50	270	—	—	25	100	90	270	—	—	45	130

國名	區分	現 在						將 來					
		郡 市				地 方		郡 市				地 方	
		家庭用 With House Connections		公共用 With Public Standposts		最小值	最大值	家庭用 With House Connections		公共用 With Public Standposts		最小值	最大值
		最小值	最大值	最小值	最大值			最小值	最大值	最小值	最大值		
	인도네시아	50	150	5	20	—	—	86	150	—	100	30	60
	몽고	24	150	5	60	—	—	187	420	—	—	—	—
	헝가리	60	100	40	60	40	60	100	200	60	100	60	100
	스리랑카	170	220	30	50	20	70	170	220	30	50	20	70
	타이	120	180	—	—	50	100	150	200	—	—	50	80
南太平洋	후이 지	140	260	—	—	—	—	—	270	—	—	9	90
	쿠벨共和國	40	400	15	140	—	15	—	—	—	—	—	—
	韓國	150	250	—	—	40	80	200	350	—	—	80	120
	라오스	50	300	40	80	20	40	100	200	50	150	50	100
	말레이시아	18	410	—	—	14	230	250	250	—	—	23	110
	필리핀	110	540	—	—	40	110	360	1,100	—	—	180	360
	싱가포르	—	220	—	—	—	—	—	315	—	—	—	—
	베트남	—	150	—	60	—	—	—	300	—	60	—	—
	사모아	—	770	—	—	—	—	—	220	—	50	—	100
平 均	아프리카	65	290	20	45	15	35	90	275	30	60	20	50
	아메리카	160	380	25	50	70	190	195	375	30	55	120	195
	南地中海	95	245	30	60	40	85	160	310	55	95	70	115
	유럽地域	65	210	25	40	20	65	90	250	35	45	35	70
	東南아시아	75	165	25	50	30	70	125	225	45	85	40	85
	西太平洋	85	365	30	95	30	95	230	375	50	85	70	145
	平 均	90	280	25	55	35	99	150	300	40	70	60	110

- 注 a) 크기는 무시한다.
 b) 庭園撤收도 포함한다.
 c) 모두 0 또는 5로서 정리한 값.

資料) Frits van der Leeden. *Water Resources of the World Statistics*:
 Port Washington, N.Y.: Water Information Center. 1975.
 原資料는 모두 文獻에 의한다.
 World Health Organization. 1973(data as of Dec. 31. 1970).

나 小口徑管에 加工하여 點滴狀態로 少量의 물을 連續 공급하는 灌溉라는 것을 고려한 뒤에 灌溉面積의 자료로부터 계산할 수 있다. 美國의 灌溉實績에서 말하면 灌溉用取水는 1acre當 3.1acre-ft이다. 이것은 1ha當 0.95ha·m에 상당한다). 灌溉地域에 필요로 하는 이 水深은 取水量이 大量이라는 것을 나타낸다. 이 水量中 17%는 灌溉地에 送水되는 사이에 損失된다. 말하자면 水路損失이다. 또 59%는 農作物이 生長할 때의 蒸發散으로서 사용된다. 나머지 24%는 灌溉地로부터

流出된다. 충분한 流出이 되지 않을 경우 土壤에 鹽分이 축적되어 그 肥沃도가 손실된다.

에너지生産에 있어서의 《冷却用水》는 1KWh의 發電에 사용되는 比率로서 나타내는 경우가 많다. 그러나 이 比率는 冷却法에 따라서 變動한다. 一過性冷却에서는 크며 蒸發冷却에서는 적다. 또 乾式冷却塔에서는 거의 0에 가깝다. 美國에서는 1KWh當 42gal (160l)이 熱冷却用으로 取水된다. 최근에는 冷却池나 冷却塔를 사용하는 일이 많아지고 또 그외의 사유도 있고 하여

표-3 大陸과 主要國의 用途別의 물使用水量

(單位: 10億m³/年)

區 分 名	에너지—生産		農業用水		工業用水(1人當)			生活用水(1人當)			總使用 水 量
	發 電 量 (10 K Wh)	使用水量	面 積 (100萬 ha)	使用水量	工業從事 人 (1,000人)	1人當 使用量 (m ³ /年 ·人)	使用水量	人 口 (100萬 人)	1人當 使用量 (m ³ /年 ·人)	使用水量	
아 프 리 카	86	11	6.4	60.8	2,963	1,500	4.4	405	30	12	88
이 집 트	3	0.4	2.9	27.6	615	1,500	0.9	38	40	1.5	30
나 이 제 리 아	—	—	—	—	172	1,500	.3	65	40	2.6	—
아 시 아	520	68	147.4	1,400	23,600	1,300	30.7	2,290	—	98	1,597
방그라데쉬	1	0.1	—	—	260	1,000	.26	75	40	3.0	—
中 國	—	—	74.0	703	—	—	—	853	40	34	—
印 度	48	0.6	37.6	357	4,800	1,000	4.8	611	40	24	386
인도네시아	1	0.2	3.8	36	925	1,000	.9	132	40	5	42
日 本	378	49	3.4	32	11,900	1,640	19.5	112	100	11	112
파 키 스 탄	4	0.5	12.0	114	427	1,000	.4	73	40	3	118
비 율 빈	10	1.3	1.0	10	538	1,000	.5	44	40	2	14
韓 國	—	—	.8	7.6	1,160	1,000	1.2	35	40	1	—
泰 國	5	0.7	1.9	18	309	1,000	.3	42	40	1	20
土 耳 其	10	1.3	1.7	18	638	1,000	.6	41	50	2	22
太平洋地域	61	7.9	1.4	13	1,610	3,600	5.7	20	—	2	29
오스트라리	56	7.3	1.3	12	1,337	3,600	4.8	14	90	1	25
유 럽	1,355	176	12.2	116	51,000	3,600	183.6	404	100	40	516
소 聯	844	110	9.9	94	29,036	2,500	72.8	256	70	18	295
北 韓	1,788	232	21.6	205	21,270	3,900	76.5	339	—	38	551
멕 시 코	24	3	3.3	31	—	—	—	60	50	3	—
美 國	1,663	216	16.9	160	19,000	3,650	69.4	216	150	32	477
南 美	50	6.4	3.7	35	3,653	1,200	4.4	214	50	11	57
부 라 질	4	0.5	0.14	1	2,470	1,200	3.0	106	50	5	10
世 界	3,860	502	192.7	1,830	104,096	2,930	305	3,670	55	201	2,838
O F C D 諸國	3,214	418	33.1	814	67,400	—	—	755	100	76	—

資料) United Nations, *Statistical Yearbook*, 1977: 使用水量에 대하여는 by U.S. Geological Survey.
〔發電量은 熱電式電流計에서 구한 電動機使用電力量〕

平均使用水量은 34gal (130l)까지 내려갔으나 이중 약 1.5%가 蒸發損失로서 소비된다.

여러가지 用途의 물 使用량을 나타내는 자료는 「유엔年鑑」(U.N Year Book)등에 의하는 것이 이용된다. 표-3의 大陸과 主要國에 관한 자료 一覽表는 여러가지 性質에 대한 여러 研究에서 모아진 것이며 전술한 바와 같은 절차로 계산된 것이다. 그러나 이러한 이용 가능한 既存統計값은 다른 자료와 비교되어 있지 않으며 整合性이나 精度는 확인되어 있지 않다. 자료가 없는 것도 많이 있으며 특히 中共의 것이 없는 것은 눈에 띈다.

표-4는 표-3에 나타냈던 大陸이나 主要國중의 몇 개에 대하여 陸地面積과 年間平均取水量을 一覽表로 만든 것이다. 물 供給量에 대한 표-1의 설명 때에도 말한 바와 같이 이러한 큰 集計값은 자료內부의 중요한 變動要因을 덜어 가린다. 한나라를 생각해 보아도 取水量은 틀림없이 特定地域에 集中해있다. 어느 地域에서는 그나라의 數値보다 훨씬 큰 取水量으로 될 것이며 다른 地域에서는 훨씬 적은 取水量으로 될 것이다. 그렇다 할지라도 平均取水量은 브라질의 1mm를 조금 넘는 最小值로부터 日本의 301mm의 最大值까지 나라에 따라 差가 있다는 것을 읽을 수 있다. 日本이

큰 數値로 되어있는 것을 熱變換機(火力發電이나 原子力發電등) 冷却用 取水量이 대단히 많다는 것에 由來되고 있으나 이외에 工業用水나 農業用水의 크기도 原因되고 있다.

將來의 取水量을 豫상하기 위해서는 모든 여러가지 물의 需要量을 결정하는 原因에 대하여 고려할 필요가 있다. 理想으로서는 물 使用別마다 分割하여 생각하는 것이 좋다. 적절한 需要函數를 사용하여 물 使用에 영향을 미치는 各 要素를 그룹별로 나누던가 定量化한 다던가해서 상호 關係를 조사한다면가 하는 것이 좋다.

표-4 單位陸地面積當의 年平均取水量 (單位: 100 km² mm)

國名	陸地面積	年間平均取水量
아프리카	30.6	2.88
이집트	1.00	30.0
아시아 ^{b)}	27.7	57.7
印度	3.29	9.12
인도네시아	1.93	3.11
日本	.372	301
파키스탄	.804	147
비올빈	.300	46.7
泰國	.514	38.9
터키	.781	28.2
오스트라리아 ^{c)}	8.42	3.56
오스트라리아	7.69	3.25
유럽 ^{d)}	27.2	19.0
소련	22.4	13.2
北美	22.1	24.9
美國	9.36	51.0
南美 ^{e)}	17.8	3.20
부라질	8.51	1.18
世界(南極不包含)	134	21.2

生活用水는 장래의 生活樣式과 所得 家族構成, 물 使用의 技術, 장래의 물 價格들에 영향을 받는 것이다. 장래의 工業用水도 技術의 차이, 工業生産量, 물 價格 등에 의하여 그 使用量이 결정될 것이다. 마찬가지로 農業用水의 使用量도 農作物 生産量, 灌溉技術, 물의 價格등 기타요소에 의하여 설명될 것이다.

그러나 이러한 需要의 일반적인 關係는 國家 또는 世界的規模로 見積할 때에는 이용할 수가 없다. 하지만 물資源이 經濟財이라하는 認識이 일반화되어 있지 않고, 經濟모델을 형성하기에는 다소 抵抗이 있고 물資

源의 需要量을 조사하는 것조차 종래 거의 없었고 조사하였다고 해도 그것은 비교적 小規模인 것이었다.

또 과거에 실시한 물管理로 부터는 물利用의 미래를 고려하였을 경우에 의문이 있는 것도 볼수 있다. 예컨대 상당한 규모의 灌溉面積을 갖는 많은 國家에서는 灌溉用으로 물을 取水하는데 대하여 補助金을 내는 방법을 선택하여 왔다. 그 결과 本來의 물이 코스트(單價)에 상승할 만큼의 集約的인 利用法을 채용할 만큼의 刺激도 없고 일반적으로 적절한 灌溉技術이 導入되는 일도 없고, 그 情報조차 杜絶되기 쉬웠다. 다른 경우에도 물資源은 價格에 관계없이 行政的으로 配分되고 또는 그저 공짜 비슷하게 使用者에게 配分되었다. 그 결과로 不足때에 있어서의 節水の 可能性과 의의에 대하여는 등한시되어 便利한 대로 적당히 넘어가는 狀態로 되어 왔다.

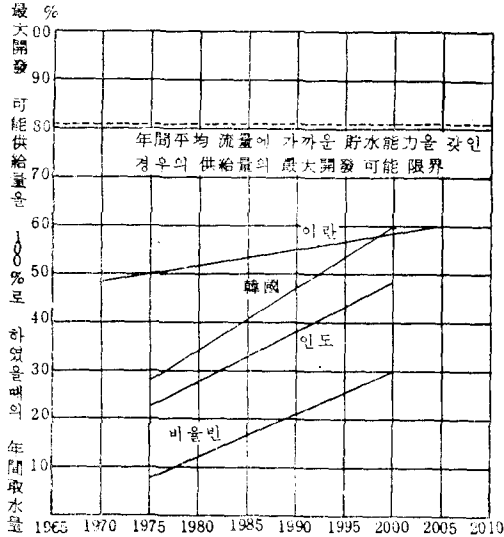
그림 -3은 아시아 4 個國에 있어서 地域別降水에 의한 流出量을 최대의 開發可能供給量(最大供給限界)으로 하고 여기에 대한 2000년까지의 使用水量을 %로 표시한 直線豫測이다.

이 4개事例에서는 貯水池가 없을 경우, 最大供給限界의 20~60% 사이에 最大開發可能供給량이 차지하고 있다. 年間流出量에 상당되는 貯水能力이 있으면 이것을 80%까지 인상시킬 수 있다. 그리고 “消費水量”은 最大開發可能的 限界供給량과 비교할 때 “取水量”보다 더욱 적절한 性格을 갖고 있다. 왜냐하면 取水된 물은 거의 再使用 가능한 까닭이다. (消費된 물과 使用中의 蒸發散, 動植物중으로의 吸收등에 의하여 回收되지 않는다). 그러나 “消費水量”의 자료는 世界的 많은 곳에서 좋아야 斷片的인 것으로 존재할 정도이다. 年間河川流量의 15%의 貯水能力이 있는 美國에서는 1975년의 取水量과 消費量은 각각 開發可能 供給량의 最大限界(平均流出量)의 35%내지 8%이다.

그러나 이러한 문제도 적절한 豫測모델의 開發을 방해하는 것은 아니다. 모델을 想定하기 전에 우선 地域別分析을 集約시킬 필요가 있다. 단 과거의 물 使用資料로부터 外插하여 豫測하기에는 중대한 不足資料가 존재하는 것으로 생각된다. 그러한 豫測法은 특히 물 不足이 증가한지도 모르는 地域에서 豫測을 크게 그르치는 경파가 되기 쉬운 것이다. 그것은 外插法에 의한 豫測으로는 물 不足으로 더욱 귀중한 資源으로 될 때에 發生하는 여러가지 經濟的, 技術的, 社會的 調整에 대하여 豫測할수 없는 것이기 때문이다. 따라서, 이 豫測法은 限定的으로 사용되어야 하며 高度의 試驗的 豫測이라고 생각해도 좋다.

앞에 말한 것과 같은 곤란이 있음에도 불구하고, 물

使用에 관한 몇가지의 地球的 規模의 豫測이 준비되었다. 여기에서는 4개 豫測이 취급된다. 그 중 3개는 使用에 관한 將來의 狀況變動을 고려한 어떤 커다란 調整을 하여 過去 물使用을 外挿하여 豫測하는 方法에 따르고 있다. 더욱이 3번째에 취급하는 豫測은 비교적 代답한 方法으로 物資源으로 이용되는 可能性이 2000년까지에 限界的인 狀況이 될 豫定國을 判別하기 위하여 施行하고 있다.



注) %를 傾向値에 의해 2000년까지 豫測한 것. 地域別의 降水에 의한 流出을 바탕으로 하였음.

그림 -3 아시아 4개國에 있어서 最大 供給限界에 대한 使用水量(取水量)比率의 推移

(1) C.A. Doxiadis의 豫測

1967年 C.A. Doxiadis는 人間の 制禦아래 있는 물의 取水量에 관하여 그 增加의 豫測을 圖表에 의하여 표시하였다. 그는 1975年의 年間全取水量을 2兆 4120 m³億으로 推測하였는데 이 값은 그가 使用한 여러 使用(灌溉, 工業, 都市, 農村)에 대한 本報告 中の 자료(年間 2兆 3,360億 m³)로 보아 대체로 타당한 것이다. 그에 의하면 2000년에는 使用量은 年間 6兆 5,000億 m³의 도달하고 더욱이 S字形을 표시하는 理論(logistic) 曲線에 따라가면, 約 100年후에는 이것이 23兆 m³라고 하는 漸近極限, 말하자면 理論上 豫想되는 極限値까지 接近한다 하는 것이 된다. 이 極限値는 地球상의 供給可能量의 推定値에 가까운 것이다. 이하 그에 의한 2000년에 있어서는 取水量의 推定値를 표기하지만 그중에서는 工業과 都市使用量의 豫測이 最大의 增加比率를 나타내고 있다.

用途	年	
	1975年	2,000年
灌 溉	2,000	4,600
工 業	184	950
都 市	182	850
農 村	46	100
合 計	2,412	6,500

(單位 : 10億 m³/年)

Doxiadis는 그 計算方法에 관하여서도 地域과 大陸의 分割方法에 관하여서도 아무런 설명을 하지 않으므로 여기서는 그 信賴性에 관하여 判定을 내릴 수가 없다.

(2) G.P. Kalinin 豫測

1969年 소련의 水文學者 G.P. Kalinin은 2000년에 있어서의 全世界 물 需要에 대하여 아래의 推定値를 발표하였다.

用 途	取 水 量	消 費 量
農 業	7,000	4,800
生 活	600	100
工 業	1,700	170
廢 水 怖 釋	9,000	—
其 他	400	400
合 計	18,700	5,470

(單位 : 10億 m³/年)

農業이나 工業用水의 取水量에 관한 Kalinin의 數値는 Doxiadis의 數値를 크게 上廻하고 있고 生活用水의 豫測도 높은 數値를 나타내고 있다. Kalinin은 이 數値를 어떻게 도입하였는지, 아무런 설명도 하지 않으나 다음과 같은 해설을 덧붙이고 있다.

2000년에는 地球상에 每年 새롭게 供給되는 물의量 即, 大洋上에서 蒸發하고 大洋으로 되돌아가는 것이 아니고 地上에 뿌려지는 37兆 m³의 물—중, 半이 人類의 使用에 提供되게 될 것으로 豫想시킨다. 이러한 커다란 需要. 또 需要와 供給의 空間의 分布의 不均一性에서 고려하여 浪費的 流出을 調節하여 河川水를 旱魃의 影響을 받을 地域으로 送水하기 위한 研究가 迅速하고도 또한 前例가 없는 規模로서 着手하지 않으면 안될 것이다. 이것은 특히 切迫한 問題이다. 이렇게 말하는 것도, 물需要는 人口의 數倍의 速度로 伸長되기 때문이다. 世界人口가 21世紀에 200億으로 達하게

되었을 때, 물需要는 2000년에 있어서의 需要量을 數倍나 上廻할 것으로 史料된다.

그러나 이들의 물需要豫測은 그치런 近似的인 것 밖에 되지 않는다. 이 사유는 人口·灌溉·工業·生活消費의 成長에 관한 史料도 近似的인 것에 不過하고 環境汚染의 推測도 커다란 誤差를 포함하고 있기 때문이다. 아마도 將來에 있어서의 淸淨한 淡水에 대한 需要가 過大視되어 있다고도 史料된다. 그 이유로서는 다음 것이 있을 것이다.

a) 需要의 增大에 따라서 工業이나 農業에 있어서 單位生産量當의 消費水量, 소위 原水單位를 低減시키는 것과 같은 方法의 開發이 期待된다.

b) 이미 몇가지 實例이 있는 바와 같이 工業의 몇개 部門에서는 海水나 기타 鹽分을 함유한 물의 利用이 가능하다.

c) 이러한 海水나 기타의 鹽水를 함유한 물의 脫鹽化가 旺盛해질 것으로 史料된다.

d) 汚水의 淨化도 그 方法이 改善되어 旺盛해질 것으로 期待된다. 그러나 앞으로 35년에서 50년까지의 期間중 즉, 2,000년에서 2,015년까지에 비하여는 위의 물需要豫測의 數値는 近似的으로 올라바라고 간주하지 않으면 안될 것이다.

일반적으로 말하여 人口의 伸長, 灌溉나 工業의 發

展을 갖는 나라나 地域과 갖지 않은 나라나 地域과의 差異를 한층 두드러지게 할 것으로 史料된다. 같은1%의 물使用量의 增加에도 여유없는 地域에서는 커다란 여유가 있는 地域에 비하여 보다 심각한 影響을 받는다. 더구나 乾燥地域에서의 開發에 있어서 때때로 栽培形態가 이전에 비하여 물不足에 대한 彈力性이 적은 것으로 變更되어 버리는 일이 있다. 水資源의 開發(즉 貯水)는 물不足의 頻度를 格게하는 것이나 그 反面에는 需要가 貯水量을 上廻하는 旱魃 기간에 그 影響을 中래 緩和하여온 手段을 잃어버리고 극히 深刻한 事態를 바로 招來하고 만다는 우려도 있다.

(3) FAO의 물豫測

표-5는 FAO(國聯食糧農業機構)에 의한 물使用의 豫測이다.

이것은 世界의 水利經濟 主要部門의 各國에 대하여 豫測을 세우고 있는 點에서 意味가 깊다.

FAO의 「食糧과 農業의 狀況」 “The State of Food and Agriculture” (C77/INF/19, Nov. 1977) 중에서 이 表와 물問題 일반에 관한 해설로서 다음과 같이 쓰여져 있다.

「灌溉되어 있는 土地는 世界全耕地의 13%에 不過하나 人間의 使用하는 물의 總量中 灌溉用水는 壓倒的인 比率를 차지하고 있다. 農業의 물利用(鑛工業用水,

표-5. 世界의 물使用量(1967.200年)

(單位: 100m³, %)

區 分	全 使 用 量		年間成長率 豫 測 值 1967~2000	使 用 比 率	
	1967年 推計	2000年 豫測		1967年 推計	2000年 豫測
農 業					
灌溉用水	1,400,000	2,800,000	2.1	70	51
牧畜用水	58,800	102,200	1.7	3	2
農村生活用水	19,800	38,300	2.0	1	1
其 他	—	—	—	—	—
都市生活用水	73,000	278,900	4.1	4	5
工鑛業用水	437,700	2,231,000	5.0	22	41
合 計	1,989,300	5,450,400	3.1	100	100

資料: M. HOIY, Water and the Environment, Irrigation and Drainage paper No.8, Food and Agriculture Organization, Rome, 1971.

生活用水)는 現在 灌溉用水의 伸長을 훨씬 上廻하는 速度로 增大하고 있으나 이들 중 相當部分이 非消費의 이고 循環利用이 가능한 반면 灌溉는 앞으로 할지라도 消費의인 (즉, 蒸發으로 잃어버린다) 물利用이다. 이러한 생각에서 灌溉農業은 將來에 있어서도 물의 消費

者로서 最大의 것으로 存續한다고 史料된다.

어떤 地域이나 國家 또는 河川流域에 관하여 물利用과 取水에 붙 수 있는 特徵은 氣候條件이나 社會的 經濟的條件에 따라서 變化하는 것으로서 물使用을 消費의인 것과 非消費의인 것으로 구별하여 考察할 필요가

있다. 예컨대 표 -6에 나타난데에서는 1人當 使用量은 美國과 소련에서 가장 크지만 이 兩國 다같이 高度로 發達된 灌溉農業과 工業을 안고 있다.

표-6. 主要業의 물使用量(1965年)
(單位: m³/人, %)

區 分	全使用量	用 途 別 比 率		
		農村과 도시의 生活用水	農業用水	工業用水
英 國	200	31	3	66
체코슬로바키아	285	13	6	81
印 度	600	3	96	1
日 本	710	10	72	18
멕시코	930	4	91	5
소 련	1,000	8	53	39
美 國	2,300	10	42	48

資料: United Nations, The Demand for, Water, Natural Resources, Water Series No. 3, New York, 1976.

멕시코나 印度와 같은 非工業國에서도 상당히 큰 使用量을 나타내고 있으나, 여기서는 灌溉農業에 의한 물 利用이 크다는 것이 된다. 또 체코슬로바키아나 英國과 같은 灌溉의 需要가 극히 낮은 工業國에 있어서는 현저하게 적은 使用량이 되는 것도 나타내고 있다.]

(4) 水質물資源에의 要求는 量의 問題만은 아니고, 質에 관하여도 고려하지 않으면 안된다. 廢水·廢棄物이 水質에 가해지는 有害한 影響에 관하여서는 잘 아는 사실의 것이지만, 별로 잘 알려지지 않는 중대한 問題는 물資源의 使用은 그 鹽分의 增大를 수반한다는 問題이다. 이것은 피할 수 없는 自然의 攝理이지만 人類는 그 過程을 현저하게 加速化시키고 있으며, 使用強度가 增大함에 따라 이 問題는 더욱 중대한 것으로 된다고 사료된다.

灌溉에 대한 水質基準은 벌써 作成되어 있다. 표 -7은 이 基準을 3개소의 灌溉地區의 水質에 적용한 것이다. 파키스탄의 모나計劃과 美國의 페코스江에서는 “重大” 또는 “相當한 問題있음”으로 링크되고 있다. 티그리스江은 “問題없음”으로 分類되지만, 나트륨 吸收比는 限界線상에 있다고 간주된다.

供給水중의 鹽分增加는 鹽類負荷와 鹽類濃縮이라는 2개 基本的인 過程의 結果이다. 鹽類의 負荷는 地表流과 같은 自然에 原因되는 것과 灌溉地區로부터의 排水와 같이 人間에 起因하는 것과의 雙方의 結果로서 發生한다. 鹽分濃도에 있어서의 鹽類負荷와 濃縮과의 影響의 比較를 콜로라도江의 예에 따라서 표 -8에 표

표-7 灌溉地區 3個所의 水質
(單位: EC_w^{a)}, SAR^{b)})

區 分	鹽 分	Na
基 準		
問題없음	0.75以下	3以下
피 問題 있음	0.75~3.0	3~9
重大한 問題 있음	3.0以上	9 以上
灌 溉 地 區		
모나計劃(파키스탄, 1968)	3.60	38.0
페코스江(美國, 1946)	3.21	8.6
티그리스江(이라크, 1966~69)	0.51	2.5

注) a) 電氣傳導度[溶液中의 鹽分濃度の 增大에 따라서, 溶液의 電氣傳導도도 큰 値을 나타냄]

b) 나트륨 吸收比[SAR=Na⁺/√Ca²⁺+Mg²⁺/2 (Na⁺, Ca²⁺, Mg²⁺; 各各의 이온濃度)라고 定義되고, 알카리化的 指標로 됨. 原文에서는 Sodium absorption rate Sodium adsorption ratio라고 되어 있는 경우도 많음]

資料) R.S. Ayers and D.W. Westcott. Water Quality for Agriculture

표-8 鹽分濃도에 주는 諸要因의 影響(고로라도江 a), 1942~61年 (單位: mg/l, %)

區 分	積算濃도 ^{b)}	寄與率
自 然 源	334	47
蒸 發	80	12
灌溉(鹽類寄與)	178	26
灌溉(水分의 消費의 使用)	75	11
都市·工業부터	10	1
流域外에의 送水	20	3

注) a) Hoover 댐에 있어서

b) mg/l.

資料) United States Environmental Protection Agency, Summary Report, 1971

시한다. 20年の 監視期間을 통하여 平均鹽分濃도의 59%가 蒸發도 포함한 自然의 原因에 의한 것이며, 나머지 41%가 人類의 活動(그중 灌溉가 37%를 차지한다)에 의한 것이다.

開發途上國에 있어 또 한가지 중요한 關心事는 完全한 飲料水를 確保하고 廢水를 衛生的으로 處理하는 일이다. 開發途上國 88個國民들 16億人을 對象으로 한 最近의 世界保健機構의 調査에서는 調査된 人口의 77%가 滿足을 느끼는 公共的인 물의 供給을 받고 있지 않다는 것을 報告하고 있다. (계속)