

第6章 建設費の積算と実施工程

6.1 給水施設の計画

施設計画は、第3章で検討した給水計画に基づき立案する。ダムを除く主要施設の計画諸元（導水量、生産量、開発量等）を表 C.6-1 に、ダム施設の諸元を表 C.6-2 に示す。

表 C.6-1 給水計画における主要施設の計画諸元

Region	Facilities	Facilities/Quantity	Dimensions (Quantity)
Al Baha	Transmission Pipeline	Section A Desalination (Dawqah ~Al Baha)	Supply:70,000 m ³ /day
		Section B Renewable (Hali ~Dawqah)	:70,000 m ³ /day
	Booster Pump	4 Units	Capacity: 2.7 Kw (1), 6.9 Kw (1) 6.0 Kw (2)
	Reservoir	5 Reservoirs	Volume: 400,000 m ³ (1) Volume: 100,000 m ³ (4)
	Desalination Plants	Shuaibah (Existing)	Production:40,000 m ³ /day
		Dawqah Plant (Stage 1)	:75,000
		(Stage 2)	:25,000
Asir	Transmission Pipeline	Section D (Shuqaiq~Abha)	Supply:146,000 m ³ /day
		Section E (Shuqaiq~Al Birk)	10,000
		Section H (Abha ~AL Janabin)	19,000
		Section G (Abha ~ AL Alayah)	40,000
		Section C (Al Baha - Al Alayah)	65,000
		Section I (Al Alayah - Bisha)	65,000
	Desalination Plant	Shuqaiq Extension (Stage 2)	Production: 238,000 m ³ /day
	Wells Fossil Water from Wajid Aquifer, Najran	Section J Stage 1 Pipeline	Supply:29,000
		Well	Production :29,000 m ³ /day
		Stage 2 Well	Production :32,000
Jazan	Transmission Pipelines	Section F Shuqaiq (UKAD) ~Samtah (Jazan)	Production:160,000 m ³ /day
	Desalination Plants (New)	Sabya (new) stage 1	35,000
		Stage 2	160,000
		Stage 3	55,000

注.Section A～I は、図 C-7-1 の図中に示すルート(A)～(I)に対応している。

表 C.6-2 ダム諸元

Region	Name of Dam	Catchment Area	Length	Height	Capacity	Development Water
		(km ²)	(m)	(m)	(1000m ³)	(m ³ /day)
Makkah	Hali	4,843	384	95	249.6	35,000
	Qanunah	2,310	385	50	79.2	30,000
	Yiba	2,242	284	64	80.9	38,000
Al Baha	Al Janabin	-	592	55	55.5	5,000
	Nilah-Qiwlah	-	-	-	-	11,000
	Tabalah	863	396	40	68,410.0	16,000
	Hirjab	600	-	-	-	9,000
	Ranyah	4,375	-	-	-	68,000
Jazan	Baysh	7,600	340	106	193.6	58,000
	Damad	1,000	154	28	55.5	36,000
	Qissi	272	1044	25	151.0	9,000

上記の施設整備の位置図を以下の図 C.6-1 に示す。

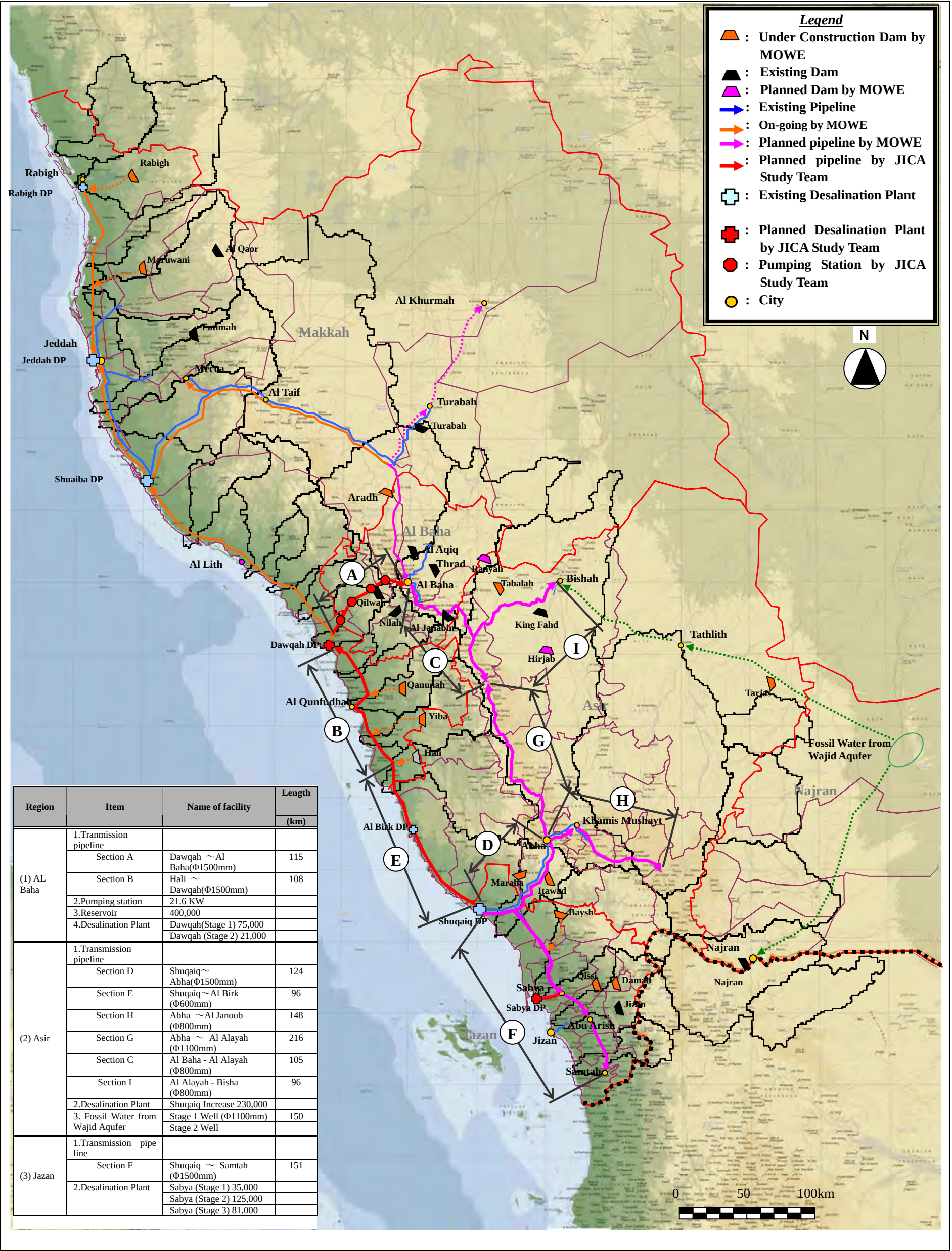


図 C.6-1 Al Baha 州・Asir 州・Jazan 州の主要給水施設図

6.2 建設費の積算

6.2.1 積算のための単価の設定

施設の建設費を算定する積算単価としては、MOWE 発注の既往業務で検討され使用されている以下に示す単価を利用する。表 C. 6-3 に積算単価及び年間維持管理費の建設費にかかる割合を示す。ダム単価については、ダム体積とダム契約額が入手できたダムからダム体積当たりの単価をもとに設定した。

表 C. 6-3 積算単価及び年間維持管理費の割合

Item	Unit	Unit Cost/Price	Annual Operation & Maintenance Cost (% of Const. Cost)
Expansion of Desalination Plant 淡水化プラント	SR/m ³	1,400	25.0
Dam Treatment Plant (80,000m ³ /day) ダム浄水施設	SR/m ³	630	25.0
Transmission pipeline (1500 mm) 送水管	MSR/km	4.7	1.5
Transmission pipeline (1300 mm)	MSR/km	4.5	1.5
Transmission pipeline (1100 mm)	MSR/km	4.0	2.0
Transmission pipeline (800 mm)	MSR/km	1.8	3.0
Transmission pipeline (550 mm)	MSR/km	1.6	3.0
Transmission pipeline (less than 550 mm)	MSR/km	1.2	3.0
Pumping stations プースター	SR/Kw	5,100	0.5
Reservoirs 貯水槽	SR/m ³	280	1.0
Drilling wells (井戸掘削, 12,000m ³ /day)	SR/m ³	330	1.0
Drilling wells (井戸掘削, 6,000m ³ /day)	SR/m ³	520	1.0
Drilling wells (井戸掘削, 5,000m ³ /day)	SR/m ³	640	1.0
Drilling wells (井戸掘削, 3,000m ³ /day)	SR/m ³	760	1.0
Drilling wells (井戸掘削, 2,000m ³ /day)	SR/m ³	780	1.0
Construction of groundwater chlorination plant (12,000m ³ /day, 処理プラント)	SR/m ³	460	30.0
Construction of groundwater chlorination plant (6,000m ³ /day)	SR/m ³	520	30.0
Construction of groundwater chlorination plant (3,000m ³ /day)	SR/m ³	600	27.0
Construction of groundwater chlorination plant (2,000m ³ /day)	SR/m ³	650	25.0
Chlorination units (処理ユニット)	SR/m ³	480	15.0
Concrete Gravity Dam (コンクリート重力ダム)	SR/m ³	350	10.0
Rockfill Dam (フィルダム)	SR/m ³	50	10.0

資料：MOWE

表 C. 6-4 堤体積当たりのダム単価(コンクリート、フィルダム)

Regions	Name of dam	Type	Purpose	Length	Height	Dam volume (1,000m ³)	Storing C. (1000m ³)	Contract C. (1000SR)	Unit Cost (m ³ /SR)
Makkah	Hali	Concrete	Control	384	95	651.92	249,560	226,620	347.6
	Rabigh	Concrete	Control	380	80.5	555	220,350	168,900	304.3
Jazan	Baysh	Concrete	Control	340	106	680	193,644	213,186	313.5
	Damad	Concrete	Flood, irrigation	154	28	375	55,500	147,281	392.7
	Average								339.6
Makkah	Al Marwni	Rockfill	Control	580	101	6,000	183,600	262,321	43.7
	Al Lith	Rockfill	Control	420	79.5	2,486	88,570	124,296	50.0
	Average								46.9

出典：Progress Report for Each Dam

6.2.2 建設費と維持管理費

M/P で提案した施設について、建設数量と単価により建設費の算定を行った。なお、ダムについ

ては、Ranyah ダム及び Hirjab ダムを除いて既に発注済みであることから建設費からは除いている。ダムを除く、期間毎の建設費を表 C. 6-5 に示す。

表 C. 6-5(1) パイプライン、淡水化プラント等の建設費 (2011-2015)

Region	Item	Name of facility	Water volume	Length	Dimension	Unit Cost	Unit	Construction Cost	O&M Cost (Annual)
			(m ³ /day)	(km)				MSR	MSR
(1) AL Baha	1. Transmission pipeline								
	Section A	Dawqah ~ Al Baha (renewable)	70,000	115	Φ 1500mm	4.50	MSR/km	518	7.8
	Section B	Hali ~ Dawqah (renewable)	70,000	108	Φ 1500mm	4.70	MSR/km	508	7.6
	2. Booster pump		21.6 KW			5,100.00	SR/KW	110	0.6
	3. Reservoir		400,000			280.00	SR/m ³	112	1.1
Total								1,247	17.0
(2) Asir	1. Transmission pipeline								
	Section D	Shuqaiq ~ Abha	110,000	124	Φ 1500mm	4.70	MSR/km	583	8.7
	2. Desalination Plant	Shuqaiq Increase	230,000			1,400.00	SR/m ³	322	80.5
	3. Fossil Water from Wajid Aquifer	Stage 1		150	Φ 1100mm	4.00	MSR/km	600	12.0
		Well	29,000			785.00	SR/m ³	23	0.2
Total								1,528	101.5
(3) Jazan	Transmission pipeline								0.0
	Section F	Shuqaiq (UKAD) ~ Samtah (Jazan)	150,000	151	Φ 1500mm	4.70	MSR/km	710	10.6
Total Cost								710	10.6
Ground Total		2010-2015						3,485	129.2

表 C. 6-5(2) パイプライン、淡水化プラント等の建設費 (2016-2020)

Region	Item	Name of facility	Water volume	Length	Dimension	Unit Cost	Unit	Construction Cost	O&M Cost (Annual)
			(m ³ /day)	(km)				MSR	MSR
(1) AL Baha	1. Desalination Plant	Dawqah	75,000			1,400.00	SR/m ³	105	26.3
Total								105	26.3
(2) Asir	1. Transmission pipeline								
	Section E	Shuqaiq ~ Al Birk	10,000	96	Φ 600mm	1.60	MSR/km	154	4.6
	Section H	Abha ~ Al Janabin	19,000	148	Φ 800mm	1.80	MSR/km	266	8.0
	Section G	Abha ~ Al Alayan	40,000	216	Φ 1100mm	4.00	MSR/km	864	25.9
Total								1,284	38.5
(3) Jazan	1. Desalination Plant	Sabya	35,000			1,400.00	SR/m ³	49	12.3
Total Cost								49	12.3
Ground Total		2015-2020						1,438	77.0

表 C. 6-5(3) パイプライン、淡水化プラント等の建設費 (2021-2025)

Region	Item	Name of facility	Water volume	Length	Dimension	Unit Cost	Unit	Construction Cost	O&M Cost (Annual)
			(m ³ /day)	(km)				MSR	MSR
(1) AL Baha								0	0.0
Total								0	0.0
(2) Asir	1. Transmission pipeline								
	Section C	Al Baha - Al Alayan	65,000	105	Φ 800mm	1.80	MSR/km	189	5.7
	Section I	Al Alayan - Bisha		96	Φ 800mm	1.80	MSR/km	173	5.2
	2. Fossil Water from Wajid Aquifer	Stage 2							
		Well	32,000			785.00	SR/m ³	25	0.3
Total								387	11.1
(3) Jazan	1. Desalination Plant	Sabya	125,000			1,400.00	SR/m ³	175	43.8
Total Cost								175	43.8
Ground Total		2020-2025						562	54.9

表 C. 6-5(4) パイプライン、淡水化プラント等の建設費(2026-2031-2035)

Region	Item	Name of facility	Water volume (m ³ /day)	Length (km)	Dimension	Unit Cost	Unit	Construction Cost	O&M Cost (Annual)
								MSR	MSR
(1) AL Baha									
	1.Desalination Plant	Dawqah (Stage 2)	25,000			1,400.00	SR/m ³	29	7.4
Total								29	7.4
(2) Asir									
Total								0	0.0
(3) Jazan	1.Desalination Plant	Sabya Stage 3	81,000			1,400.00	SR/m ³	113	28.4
Total Cost								113	28.4
Ground Total	2020-2025							143	35.7

以上をとりまとめた期間別の建設費を以下に示す。

表 C. 6-6 M/Pに係る施設の建設費(Million SR)

州	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	Total
Al Baha	1,247	105	0	29	0	1,381
Asir	1,528	1,284	387	0	0	3,199
Jazan	710	49	175	113	0	1,048
Total	3,485	1,438	562	143	0	5,628

上表より、建設費は、2010年～2015年の期間が最も多く、約SR3,485million (US\$ 929million)、その後順次減少し2015年～2020年で約SR1,438million (US\$ 383million)、2020年から2025年で約SR562million (US\$ 150million)、2025年～2030年で約SR143million (US\$ 38million)である。

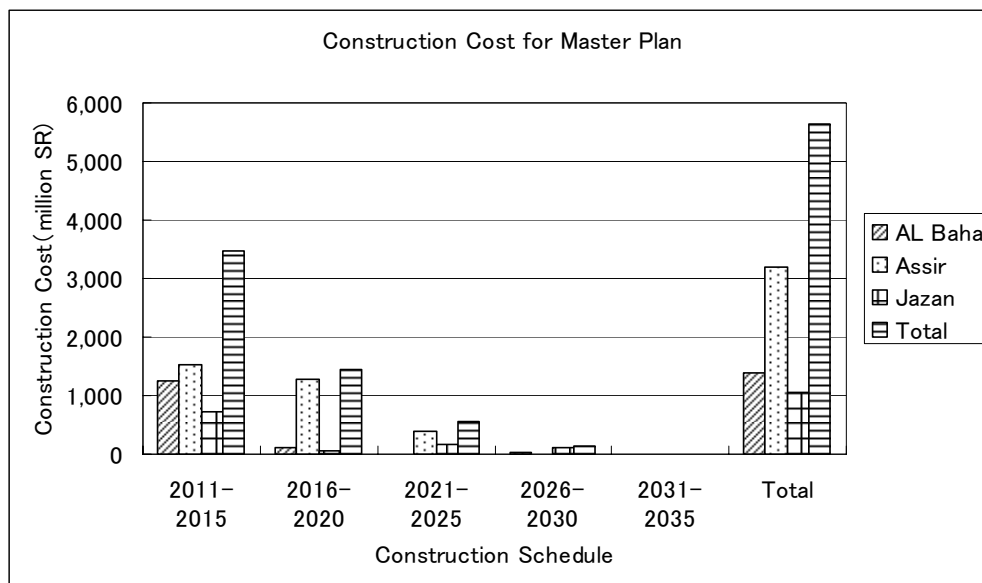


図 C. 6-2 M/Pにかかわる期間別の建設費

維持管理費については、2015年までで、年間当たりSR130million、以下、年々増加し、最終目標年の2035年では、年間当たり、SR298millionとなる。

表 C. 6-7 M/Pに係る施設の年間維持管理費(Million SR/年)

州	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
Al Baha	17	43	43	43	43
Asir	81	120	131	138	138
Jazan	102	114	158	187	187
Total	130	207	262	298	298

6.3 実施工程

M/P で提案している水供給施設の建設実施工程を表 C. 6-8 に示す。

表 C. 6-8 水供給施設の実施工程

Region	Facility	Section or Location Name	Construction Period (Water volume 10 ³ m ³)	2006-10	2011-15	2016-20	2021-25	2026-30	2031-35	Remarks
AL Baha	Transmission line	Dawqah – Al Baha	2011-2030 (135)		70	135	135	135		
		Hali-Dawqah	2011-2015 (75)		75					
		Al Baha - Al Alayah	2016-2020 (65)			65				
	Desalination	Shuaibah	2006-2015 (40)	40	0					Return to Makkah
		Dawqa Plant	2016-2030 (96)			75	75	100		
	Renewable Water	Existing	2011-2015 (19)		19					
		Hali Dam	2011-2020 (35)		35	0				Return to Makkah
		Qanunah Dam	2011-2015 (30)		30	0				Return to Makkah
		Yiba Dam	2011-2015 (38-0)		38	0				Return to Makkah
		Al Janabin Dam	2011-2015 (5)		5					
		Nilah& Qilwah Dam	2011-2015 (11)		11					
Asir	Transmission line	Shuqaiq - Abha	2006-2025 (313)	82	238	238	313			
		Shuqaiq - Al Birk	2016-2020 (10)			10				
		Abha -Al Alayan	2016-2020 (40)			40				
		Abha -Al Janoub	2021-2025 (19)				19			
		Al Baha - Al Alayan	2016-2020 (65)			65				
		Al Alayan - Bishah	2016-2020 (65)			65				
	Desalination	Shuqaiq	2006-2025 (313)	82	238	238	313			
	Fossil water		2016-2025 (32)		29	29	61			
	Dam	Existing	2006-2010 (57)	57						
		Baysh	2011-2015 (25)		25					
		Hali	2011-2015 (35)		35					
		Tabalah	2011-2015 (16)		16					
		Hirjab	2016-2020 (9)			9				
		Ranyah	2016-2020 (68)			68				
Jazan	Transmission line	UKAD-Samtah	2011-2015 (75)		75					
	Dam	Baysh	2011-2015 (33)		33					
		Damad	2011-2015 (36)		36					
		Qissi	2016-2020 (9)			9				
	Desalination	Shuqaiq	2006-2025 (75)	3	75	75	0			No use in 2025
		Sabya	2016-2030 (206)			35	160	215		

注)実施期間をパターン着色で示す。また、パターン内の数字は、整備目標の合計給水量（生産量）である。

第7章 水マスタープラン(M/P)の評価

7.1 技術的評価

本調査で提案された3州の水M/Pは、次に述べるような技術的な資料・基準・判断や適切な策定手順に従って立案されたものであり、技術的に妥当なものと評価できる。

1) 計画、設計に用いた基準等

計画立案に用いた社会・経済条件、自然条件、環境条件、水利用条件等の関連情報は、「サ」国政府や州の保有する資料に基づいて吟味し、さらに対象州においては、ステークホルダー協議を実施することにより、水問題の把握に努めた。M/Pについては、住民意見を聴取し、プランの策定に反映した。計画立案検討に必要な計画・設計、調査基準としては、「サ」国政府の定める基準を用いている。

2) 長期的な人口予測

水需要に関わる長期的な3州全体の人口予測については、全国平均の人口増加率(2.6%)に対する各州の増加率の比率を用いることにより推計している。基本ケースは、MOWEで実施されているプロジェクトで適用されている国家経済計画省(MOEP)の予測値である。

3) 都市用水の需要予測

都市用水の需要予測に当たっては、MOWEの基本給水シナリオに基づいて給水原単位、漏水率を設定した。水道普及率は、都市規模により普及率が異なることから、大都市、都市、地方コミュニティに区分して設定した。

4) 農業用水

農業用水については、再生可能水が量的に不足していることから、非在来型水資源である、下水処理水を再生して有効に使用することや節水型の近代かんがい技術の導入等による需要管理が重要との提案を行った。これらの施策で、Al Baha州、Asir州では、2007年レベルでの作付が可能となった。Jazan州については、作付面積に対して、再生可能水が不足し、再生可能水資源ポテンシャルに見合うまでの作付面積の削減が必要となった。検討では、穀類の削減、飼料作物の作付中止により生み出された水資源量を優先的に野菜と果樹栽培に配分し、残りは州の代表的作物であるソルガム栽培に割振る計画とした。その結果、果樹は2007年水準維持、野菜は2007年の倍増という将来計画での作付面積が確保できることとなった。

5) 相互導水システム

都市用水の給水については、時間的、地域的な再生可能水の偏りを是正するため、さらには、水資源の安定確保のためにダム、井戸による再生可能水の開発と淡水化水の水源を組み合わせた供給とし、水源間と需要地をパイプラインで結ぶ相互導水システムを採用した。

6) 淡水化水のコスト

非在来型の水資源開発では、淡水化水のプラントの延伸が計画されており、2035年の計画目標に対する都市用水供給量は、Al Baha州で70%、Asir州、Jazan州で50%程度となっている。今後、詳細な検討が必要であるが、送水コストを含む経済性からの観点から、需要地に近い紅海沿いに新規の淡水化プラントの建設、計画をすることが有利と考えられる。

7) 下水再生水の利用

下水再生水については、都市用水、工業用水としては、利用が限定されるが、農業用水としては、再利用比率が80%程度以上と効率的な再生処理が可能な段階となっており、積極的な利用が望まれる。特に、高原都市である、Al Baha州、Asir州の都市では、分散型の下水処理システムの採用により、再利用効率を高め、有効に利用することが可能となる。Jazan州については、現行の利用率が低いことから、都市部での利用率を高める下水処理システムの計画、検討が必要である。

8) 総合水管理システムと管理組織

管理組織としては、総合水管理の中核となる、RWPC（Renewable Water Production Corporation：再生可能水生産公社）の新設を提案している。この際の管理の基本は、再生可能水資源、海水淡水化水、下水再生水、化石地下水といった異なった水資源を組み合わせ、効率的、経済的な水管理を行うものである。なお、州内の水資源は、それぞれの州が管理するものとし、需給が逼迫する場合は、州を超えた水管理をこの組織が実施していくものとする。

9) 需要の管理

需要管理としては、「水の 3R」により、節約(Reduce)、再生利用(Reuse)、循環利用(Recycle)等のキャンペーン活動、適正な水道料金の徴収、節水機器の導入、さらには、これらを実施していくための研修計画、組織改革等が必要である。これらの啓蒙活動、意識向上活動により、一人当たりの水利用量を減少させていくことが必要である。

提案された 3 州の M/P は、将来の予測人口や経済成長に基づいて 2035 年を目標に、上述のような技術的な根拠のもとに作成されたものである。この意味で、社会・経済の実態や水文情報の集積に応じて計画を見直し、必要に応じて改定すべきである。

7.2 経済、財務評価

7.2.1 経済・財務評価

水 M/P で示された、海水淡水化プラント、井戸、ダムを用いた都市用水と工業用水の総合給水計画について、経済・財務分析を行った。この分析には計画水量を確保するために必要な新規の施設に加えて、既に計画／建設されている施設が含まれ、水開発計画の便益と費用の比較により、水資源開発計画の実現可能性を検討した。

7.2.2 基礎諸元

経済・財務分析に用いた基礎諸元を次表に示す。

表 C.7-1 経済・財務分析の基礎諸元

項目	緒元
1. 価格	2010 年 1 月時点の価格
2. 為替レート	SAR 1 = USD 0.2673
3. 変換係数	120 %
4. 資本の機会費用	6.5 %
5. 評価年数	30 年
6. 経済耐用年数	
1) 海水淡水化プラント	25 年
2) 送水施設	25 年
3) 深井戸	25 年
4) ダム	80 年

1) インフレの調整

最近 10 年間の物価上昇率は約 21%であり、消費者物価は 2001 年まで一旦下がり、その後上昇している。経済・財務分析の基準年は 2009 年（＝事業開始 0 年目）とし、下述する海水淡水化の過去のコストは各年のインフレ変換係数を用いて、2009 年時点の価値に変換した。

2) 変換係数

「サ」国では原油価格を抑制するために多額の補助金が用いられていることから、事業費の経済価格への変換においては、燃料費の国際価格を考慮した。指標としてガソリンの小売価格を用いて、燃料費が補助金によって 1/3 に抑えられていると推定した。事業費に占める燃料費の割合を

10%と仮定し、この燃料費の10%を3倍にすることにより（ $10\% \times 3 + 90\%$ ）、市場価格から経済価格への変換係数を120%と設定した。

ガソリンの補助金割合については、世界価格の指標とされるアメリカのガソリン価格（2009年第2四半期）50円/lit¹から税金分29%²を除いた36円/litを国際価格とした。「サ」国のガソリン価格については同時期のリヤドでの小売価格12円/litを用いて、「サ」国の燃料費は24円/lit（およそ67%）の補助金によって1/3に抑えられていると推定した。

3) 資本の機会費用

資本の機会費用については、SWCCの参考基準が5～7%、NWCが6～8%であることから、5～8%の中間値、6.5%に設定した。2004～2008年の中央銀行の平均貸出利率は4.0%であり、2006年が最大値5.3%となっていることから、6%台の設定は適当と考えられる。

4) 計画施設の経済耐用年数

計画対象3州における計画施設は、海水淡水化プラント、送水施設、化石水用の深井戸、そしてダム4つのタイプに分けられる。将来の開発水量については、計画水量が各施設の耐用年数が終わるまで得られるものと仮定した。耐用年数は上表の各年数を適用した。海水淡水化プラントの耐用年数25年間は、SWCCの2008 Annual Report for Operation & Maintenance³に示されている。送水施設と深井戸の耐用年数については、海水淡水化プラントと同じ25年間とした。ダムの耐用年数については日本の基準でフィルダムが50年、コンクリートダムが80年となっており、ほとんど全てのダムがコンクリートダムであると考えられることから、「80年間を適用」した。

7.2.3 開発計画の水の価値

1) 水の財務的価値

都市用水における財務的な水の価値は、水道料金で表される。水道料金は国家水戦略において決められており、国家水会社(NWC)をとおして2010年1月に確認された。ほとんどの水道使用者の月間使用量が100m³以下であることから、実際の水道料金は0.10～0.15SR/m³と考えられているが、2009年の世銀のレポートから料金構成の料金帯毎の使用量割合を把握することができることから、財務分析においては水道料金の加重平均値を用いることとした。

次表では料金帯毎の使用量割合を使って、加重平均した水道料金が0.40 SR/m³であることが示されている。水開発計画の実施により得られる水の財務的価値として、この水単価を適用した。

表 C.7-2 水道料金の加重平均値の推定

m ³ /month	Band	Price 1) (SR/m ³)	Proportion 2) (%)	Partial price (SR/m ³)
		A	b	a*b
< 50	A	0.10	60	0.06
50 - 100	B	0.15	25	0.04
100 - 200	C	2.00	15	0.30
200 - 300	D	4.00	-	-
> 300	E	6.00	-	-
Weighted mean of water tariff (Financial water price)				0.40

1) NWC, 2010

2) Estimation from Fig. Riyadh Residential Water Consumption and Tariff, *Proposal for a National Water Strategy*, June 2009, WB

2) 水の経済的価値

仮に水開発計画が実施されない場合、水開発の最も経済的で現実的な代替手段は海水淡水化プラ

¹ 出典：IEA「エネルギー価格と税」

² 個別間接税23.2%+小売売上税5.7%≒29%。小売売上税は州毎に設定されており、最大値8.5%と最小値2.9%の平均値として5.7%を用いた。

³ Table of Remaining Life Time for SWCC Plants

ントの利用である。脱塩水のコストは、淡水化公社 (SWCC) の実績値とインフレ変換係数を用いて推定した。次表の水開発コストは、各年における SWCC の全プラントの平均値である。送水コストは SWCC の年次報告書において、東海岸、西海岸、全国合計で示されているので、西海岸のデータを用いた。

基本的に地下水利用を制限する対象州においては、脱塩水の合計コストは（井戸水より割高であるが、）水開発の最も経済的手段であり、水の社会的費用と考えられる。従って 4.16 SR/m³ の水価に経済価格への変換係数 120% を乗じて、経済分析における水の経済的価値として適用した。

表 C. 7-3 脱塩水のコストの推定

Year	Conversion coefficient	Water production cost - SWCC plants (SR/CM)		Water transmission cost - West coast (SR/CM)		Total (SR/CM)
	a	b	c=a*b	d	e=a*d	f=c+e
2004	1.220	2.25	2.75	1.20	1.46	4.21
2005	1.212	2.35	2.85	1.19	1.44	4.29
2006	1.186	2.23	2.64	1.18	1.40	4.04
2007	1.139	2.27	2.58	1.33	1.51	4.10
2008	1.036	2.38	2.47	1.61	1.67	4.13
Average		2.30	2.66	1.30	1.50	4.16

Source: 2008 Annual Report for Operation & Maintenance, SWCC

便益の算定根拠を次表に整理する。

表 C. 7-4 便益の算定根拠

便 益	諸 元	備 考	出 所
都市用水	0.40 SR/m ³	水の財務的価値	水道料金
都市用水	4.99 SR/m ³	代替方 (海水淡水化) による水の経済的価値	SWCC の運営・維持管理報告

7.2.4 水開発計画の費用

1) 事業費の概要

水開発のために必要な施設計画（表 C. 6-1 及び表 C. 6-2 参照）が作られ、支出時期を含む事業費案が提案された。この提案に基づき、次表に各施設の建設費と年間の運転・維持管理費を整理した。建設費の 6 割以上は送水施設で占められており、海水淡水化プラントと合わせると 75% を超える。年間の運転・維持管理費では海水淡水化プラントが 6 割以上を占めており、送水施設と合わせると 92% を超える。

表 C. 7-5 水開発計画の事業費概要

Proposed facilities	Al Baha	Asir	Jazan	Three regions	Proportion
	(MSR)	(MSR)	(MSR)	(MSR)	(%)
Construction Cost					
Desalination plant	134.4	322.0	337.4	793.8	12.0
Transmission facility	1,247.3	2,228.6	709.7	4,185.6	63.2
Deep well	-	648	-	647.9	9.8
Dam	456	151.9	381.9	989.9	15.0
Total	1,837.8	3,350.4	1,429.0	6,617.1	100.0
Annual O&M Cost					
Desalination plant	33.6	80.5	84.4	198.5	66.4
Transmission facility	17.0	49.5	10.6	77.2	25.8
Deep well	-	18.5	-	18.5	6.2
Dam	2.3	0.8	1.9	4.9	1.6
Total	52.9	149.2	96.9	299.0	100.0

財務コストと経済コストを次表に整理する。

表 C. 7-6 事業コスト (MSR)

事業コスト	建設費				年間運営・維持管理費			
	Al Baha	Asir	Jazan	Total	Al Baha	Asir	Jazan	Total
財務コスト	1,838	3,350	1,429	6,617	52.9	149.2	96.9	299.0
経済コスト	2,205	4,020	1,715	7,941	63.5	179.0	116.3	358.8

2) 事業費の支出計画

水開発分野のほとんどの既存施設がおおよそ 5 年間で建設されていることから、提案された施設の建設期間は一律、供用開始前の 5 年間で仮定した。そして、5 分の 1 の建設費が均等に建設期間の各年に計上されている。年間の運転・維持管理費は施設のタイプ別に、建設費に対する経験率を用いて推定され、耐用期間の各年に均等に計上した。

7.2.5 経済・財務分析の結果

1) 財務分析の結果

水道料金収入を水開発計画の便益に適用して財務分析を行った。6.5%で割引いた便益・費用比率は 0.10 である。勿論この結果は水道料金の低い設定によるものである。現在の水道料金構造のままで、水道料金によって全ての費用を賄うためには、現在の料金レベルをおおよそ 10 倍にしないといけない。

2) 経済分析の結果

表 C. 7-7 経済分析の結果

評価項目	水開発計画
経済内部収益率	6.8 %
便益・費用比率	1.02
純現在価値	158 MSR

内部収益率 (IRR) は 6.8%と計算された。水開発部門の標準的な割引率はおよそ 6~7%と考えられることから、提案された水開発計画は経済的観点において実現可能と評価できる。この計算結果は、新規の広域水開発において、標準的な割引率を考慮しても経済的に見合う脱塩水、表流水、地下水の組み合わせの一つのモデルが、本水開発計画であるということを示している。

7.3 社会、自然環境面からの評価

1) 社会経済活動への寄与

本 M/P は、将来の南西地域における水需要に対して、十分な供給量を確保することを目的として、持続可能な再生可能水資源の統合的な開発及び維持管理、運営を計画するものである。

本 M/P の実施は、直接的には都市用水、工業用水等の各種用水の供給や水利権の確立、また間接的には地域の保健衛生の改善や地域経済の発展が見込まれる等、地域社会経済の改善に寄与するものである。

2) 水 M/P 実施計画施設と自然保護区との関係

図 C. 7-1 に、本 M/P の主要な施設及び M/P 対象区域内の自然保護区の位置を示す。本 M/P の対象区域には、Al Baha 近傍の Jabar Shada 保護区及び Abha の南に位置する Raydah 保護区の 2 保護区が立地している。

主要な施設である、ダム、パイプライン、淡水化プラントは、上記の保護区を避けて計画されている。従って、直接改変等の大きな環境への影響は予見されない。



図 C. 7-1 水 M/P 計画施設と自然保護区との位置

3) 自然環境面での影響と緩和策

本 M/P の統合水資源開発・管理は、既存、若しくは、MOWE が現在計画中及び建設中の施設（ダム、パイプライン等）を活用することを基本としている。これに追加して、調査団は新規にダム、パイプライン及び淡水化施設の建設を提案している。これらの新規施設の建設及び供用について、初期環境影響評価（IEE）レベルで環境社会配慮調査を実施した。

現段階では、施設の詳細な位置や配置、規模や機能が確定されておらず、不確実性を多く含む予測であるが、地下水、流況、動植物、水質汚染及び騒音・振動等の環境要因について負の影響が及ぶ可能性が予測されたため、予測される負の影響について緩和案を検討した。表 C. 7-8 に負の影響が予見される項目及び環境緩和案を示す。施設の配置計画の詳細な検討や各種環境緩和策の実施により、環境への影響を軽減することが可能であると考えられる。

表 C. 7-8 主要な環境への影響と緩和策（案）

環境要因	ダム	パイプライン	淡水化施設	緩和策（案）
非自発的住民移転	D	D	D	- 適切な立地の検討 - パイプラインの埋設 - 補償・補填
地下水	E	C	C	適切な放流による地下水の涵養
流況	E	C	C	適切な放流による流況の改善
動植物・生態系	D	E	D	- 陸域・海域での動植物調査の実施 - 貴重種の生息地域ではパイプラインの埋設による負荷軽減 - 淡水化施設からの放流水の希釈
大気汚染	D	D	D	- 低公害タイプ機械の導入 - 散水 - 低公害タイプのポンプ、淡水化プラントの導入
水質汚染	E	C	E	- 水質調査の実施 - 適切なダム放流設備の導入検討（選択取水設備等） - 適切な淡水化施設からの放流方策の検討（沖合までの放流パイプ設置等）
土壌汚染	C	C	D	オイル、液体等の適切な防護施設の設置
騒音・振動	C	E	D	- 適切な立地の検討 - 工事実施時間の厳守（夜間の工事禁止） - 工事中の防音設備の設置 - ポンプ等の建屋の防音性壁素材の検討
堆積土砂	D	C	C	設計段階での堆砂防止対策検討

A: 好影響、B: 若干の好影響、C: 影響は無い若しくは軽微な影響、D: 若干の悪影響、E: 悪影響を及ぼす可能性がある

4) 代替案の検討

戦略的環境影響評価の考え方にに基づき、以下の3案について、影響の予測の比較検討を行った。

A案: 本 M/P を実施しないゼロオプション

B案: 本 M/P で計画された案

C案: 本 M/P の代替案である淡水化施設のみによる水供給を行う案

上記の案の検討結果を表 C. 7-9 に示す。

表 C. 7-9 代替案の検討結果（環境社会配慮）

環境要因		A 案	B 案	C 案	影響の予測結果
社会環境	非自発的住民移転	C	-	-	A 案では住民移転は発生しない。一方、B 案及び C 案は、現段階では、施設の詳細な位置や配置計画、施設の数量等が詳細に決定されていないため、不確定となっている。
	地域経済	D	A	B	A 案では、将来の水不足により地域経済が衰退する可能性が予見される。B 案及び C 案では、安定的な水供給が地域経済に好影響を及ぼすことが予見されるが、C 案では地下水に依存する農業等の衰退が懸念される。
	水利権	E	A	B	B 案では M/P の実施により、効率的な水配分が決定され、水利権の確立に大きく寄与する。
	保健衛生	E	A	A	B 案及び C 案では、安定的な水供給により、保健衛生状況が改善する。逆に、A 案では水不足により、衛生状態が悪化する。
自然環境	地下水	E	A	B	A 案では、過剰な地下水揚水により、地下水位が悪化することが予想される。一方、C 案では、飲料水として用いられる地下水が減少することにより、若干の改善は見られるものの、根本的な解決には直結しないと予想される。
	動植物生態系	C	D	D	A 案は、現状維持となる。一方、B 案及び C 案では、施設建設の際に、対策を採らない場合、動植物への影響が及ぶことが懸念される。
	地球温暖化	C	C	E	「サ」国では淡水化施設からの二酸化炭素排出量は、1990 年において全体の約 15%を占めている。個別のプラントの建設及び供用による影響は軽微であると考えられるが、複数の施設を建設した場合、累積的に影響は大きくなるものと予想される。

環境要因		A 案	B 案	C 案	影響の予測結果
公害	大気汚染	C	C	D	地球温暖化と同様に、個別のプラントの建設及び供用による影響は軽微であると考えられるが、複数の施設を建設した場合、累積的に影響は大きくなるものと予想される。
	水質汚染	C	D	D	B 案ではダム及び淡水化施設の供用、C 案では淡水化施設の供用により、対策を講じない場合には、局地的に水質が悪化する可能性がある。
	騒音・振動	C	D	D	B 案ではパイプライン及び淡水化施設の供用、C 案では淡水化施設の供用により、対策を講じない場合には、局地的に騒音及び振動が悪影響を及ぼす可能性がある。

A: 好影響、B: 若干の好影響、C: 影響は無い若しくは軽微な影響、D: 若干の悪影響、E: 悪影響を及ぼす可能性がある

ゼロオプション（A 案）では、自然環境の保全が保たれるものの、将来の水供給量不足により、社会環境に影響が及ぶ可能性が予測される。代替案（C 案）では、地域的な公害が発生する他、複合的な影響により地球温暖化等の項目に負の影響が及ぶことが予測された。

5) 調査重点項目の提案

現段階では、施設の詳細な位置や能力・規模等が確定しておらず、且つ限られた情報により IEE レベルの予測を行ったため、影響の範囲や規模は、不確実性が伴っている。

今後、詳細な調査を行い、精度の高い影響予測を元に、適切な環境負荷低減対策を検討する必要がある。「サ」国の環境法制度では、本調査で提案を行ったいずれの施設に対しても、Feasibility Study 実施段階で環境影響評価（EIA）を実施する必要がある。

従って、「サ」国は、本調査において負の影響を及ぼすと予測された項目を中心に EIA を実施し、より具体的な環境負荷緩和対策を検討することが望まれる。以下に、EIA 実施時に重点的に調査を行うべき項目及び調査内容の案を整理して、表 C. 7-10 に示す。

表 C. 7-10 EIA 実施時の調査重点項目及び調査内容の案

環境要因	対象施設	調査項目	調査時期/頻度	調査地点
非自発的 住民移転	ダム	- 居住状況調査 - 土地利用調査	適宜	ダム上下流域
	パイプライン			パイプラインルート＋両側 100m の範囲
	淡水化施設			施設周辺 500m 程度
地下水	ダム	- 水位観測 - 揚水試験	適宜	ダム地点 ダム下流域
流況	ダム	流量観測	適宜	ダム流入地点
動植物・ 生態系	ダム	- 文献調査 - 現地調査 - 専門家ヒアリング	乾季 1 回 雨季 1 回	淡水域＋500m の範囲
	パイプライン			パイプラインルート＋両側 100m の範囲
	淡水化施設			施設周辺 500m の範囲
水質汚染	ダム	水質測定 (生活環境項目)	測定可能時 1 回/月	ダム流入地点 貯水池予定地中心部 下流域（他ワジとの合流前）
		重金属類測定	測定可能時 2 回/年	ダム流入地点
		上流域土地利用	適宜	ダム上流域
	淡水化施設	海域水質調査	1 回/月	排水口計画地点
		海域動植物調査	乾季 1 回 雨季 1 回	計画地の約 500m 北の海域 計画地の約 500m 南の海域
		既存施設事例収集	適宜	
騒音・振動	パイプライン 淡水化施設	現地調査	1 回/年	ポンプ場計画地点及び周辺
		- 既存施設事例収集 - 居住状況調査 - 土地利用調査	適宜	ポンプ場計画地点

第8章 勸告

(1) 水 M/P の実施

水 M/P は、国家開発 5 カ年計画、国家水戦略(National Water Strategy)等を上位計画として、水資源管理に関する基本戦略、政策、アクションプランの基に、在来型水資源と非在来型水資源を適切に開発、運営することにより、都市用水、工業用水、農業用水を供給し、これらにより、Al Baha 州、Asir 州、Jazan 州の社会経済の発展、人々の快適な生活に貢献することを目的として策定されたものである。

上記の目的を達成するために、2035 年を目標としたセクター別の社会経済フレームに基づき、合理的な水需給計画を提案した。水 M/P のとりまとめにあたっては、ステークホルダー協議を実施し、関係機関や住民等の意見を取り込んでいる。

提案された水 M/P では、今後に起こりうる水問題を想定して計画されており、提案された事業がそれぞれに実施工程に従って実施されることを勧告する。

(2) 給水計画における対象ダムの計画給水量の確認

調査団は、本調査における水収支計算結果を用いて、5 ワジである、Ghoran、Naaman、Habga、Yabah、Khulab の流域についてのダム計画を立案したが、MOWE との協議の結果、これらのダムサイトは、将来の給水計画、水文条件、地形地質的条件等を考慮した場合、ダムサイトとしては、不適あるいは MOWE の開発計画としては考慮していないと判断された。従って、給水計画において開発対象としたダムは、すべて MOWE によって計画中あるいは建設中のダムである。

調査団の給水計画は、MOWE によって提供された計画給水量を使用したものである。今後、それぞれのダムの運転を始めるに当たっては、ダムの計画開発流量がこの計画給水量に加えて、下流の既得権流量や新規の灌漑流量を包含できるかどうかの確認が必要である。併せて、ダムの運転ルールや維持管理方法の検討が必要になる。

上記調査において、調査団は、ダムと下流ワジにおける地下水帯水層と連携した水資源開発方法の提案を行う。その手法としては、技術的な妥当性をより詳細に検討するため、表流水・地下水の相互関係を解析可能な 3 次元数値シミュレーションモデルを構築し、これにより、貯留可能な地下帯水層を評価し、地下水とワジを流れる表流水の関係把握を行うことを提案する。

さらには、回復不可能な地下水障害を生じさせない地下水の生産ポテンシャルの把握、様々な環境条件の変化に対する事業成立性の評価等へ資する基礎資料を整備することを提案する。

(3) 下水処理水の再利用の推進

本 M/P の対象州の主要都市の下水処理事業が、MOWE の管轄事業として進められている。本 M/P では、下水処理水の再利用ターゲットとして、都市の緑化水、冷却水としての産業利用および灌漑利用を提案している。この再利用ターゲットのうち灌漑利用が最も利用水量が多い。Al Baha 州や Asir 州では、現状の全灌漑流量の 1/5 (20%) から 1/4 (25%) に相当する流量である。

これら州の山地高原地域では、下水処理水の再利用を促進することを主眼にして、地形を配慮した分散型下水処理システムを推薦する。また、Jazan 州では、下水処理水を使った海岸部での塩水防止対策案を提案している。それぞれの州での下水処理事業の運用に併せて、これらの下水処理水の再利用事業が開始できるように、F/S の実施を勧告する。

(4) 給水計画

給水計画は、家庭用水、産業用水を対象とし、水資源としては、表流水（再生可能水）、地下水（再生可能水）、海水淡水化水および深層化石水を対象とした。

海水淡水化水は、異常旱魃時の緊急対応時に最も有効な水資源である。現在、SWCC より、M/P 対象 3 州で海水淡水化水がすでに供給されており、現在も拡張整備事業が MOWE によって進められている。

本調査で明らかになった計画対象区域の再生可能水資源（表流水・浅層地下水）ポテンシャルや将来の水需要予測から、都市用水や工業用水の需要を充足するためには海水淡水化水事業の継続・拡張は不可欠である。

しかしながら、SWCC の海水淡水化水事業は、ダムによる再生可能水資源の生産コストと比べて依然として3倍~4倍ほど高いため、今後とも生産コストの低下を図るべきである。また、送水コストも高いことから、輸送距離の最小化を図るために、消費地にできるだけ近い地区に海水淡水化プラントの建設を計画すべきである。

本 M/P では、Makkah 州の Dawqah と Jazan 州の Sabya の 2 ヶ所に海水淡水化プラント事業を提案している。引き続き、F/S の実施を勧告する。

(5) 都市用水における需要管理の実施

都市用水の需要管理として、水使用原単位の低減については、節水型機器の導入、料金体系の見直し、工場内の施設の節水機器更新、教育、啓蒙活動を提案した。また、漏水率の改善にかかる提案としては、老朽管路の早期更新、流量管理の促進、漏水診断技術の導入等を提案した。

上記の施策促進は、コストを要するものであるが、長期的な観点から、水使用原単位 10%を減少した場合で、ダムによる水源開発が不要となるほどの効果が見られることから、財政的な削減効果が大きい。上記の需要管理施策を関連機関が一体となって実施すべきである。

(6) 農業における需要管理の実施

農業用水の水源は、再生可能水資源と下水再生水が主である。Al Baha 州、Asir 州においては、再生可能水資源と下水再生水でほぼ 2007 年レベルの作付が可能となる農業計画を立案できたが、全国第3位の農業生産高を示す Jazan 州では、再生可能水資源と下水再生水だけでは、供給量が不足した。農業における需要管理として、飼料作物、穀類のような単位使用水量の大きい作物から需要増が期待できる果樹、単位使用水量の小さい野菜への作付転換が最も現実的な施策と考えられる。

Jazan 州では、上述した課題がクリアできない場合は、産業構造を変換させ、余剰となる農業従事者を Jazan 経済都市の労働人口に振り向けるべきである。なお、産業構造変換施策を実施する場合は、小規模農家の生計維持を考慮した政策的配慮が必要である。

(7) 総合水管理システムの運営・維持管理に関連する調査の継続

水 M/P では、「管理の基本」として、異なった水資源を組み合わせ、効率的、経済的な管理を行うこと、広域ネットワークによる水融通を図ることを提案した。

本 M/P は、総合水管理の中核となる組織として RWPC (Renewable Water Production Corporation : 再生可能水生産公社) の新設を提案する。この組織の目的は、再生可能水資源の開発、管理、供給業務を監督するとともに、関係機関との水供給の調整を図るものである。本 M/P では、MOWE 並びに地方水事務所(GDW)、他省庁、SWCC、NWC 等の水関連機関の役割や活動内容を提案しているが、引き続き、RWPC の設立に関連する F/S の実施を勧告する。

(8) 総合水管理システムの紅海水ライフライン事業に関連する調査の継続

M/P で提案した総合水管理システムの紅海水ライフライン事業(REWLIP)は、海水淡水化プラントやダムの水資源施設をパイプラインで結び、Al Baha 州・Asir 州・Jazan 州の主要都市に給水を導水するシステムである。調査団は、「低廉な水を確保する経済的な観点」と「広域的に必要な水を融通・安定確保できる技術的な観点」に基づいて、この事業を提案している。

この事業は、海水淡水化プラント（2 ヶ所の新規プラントを含む）、ダム群（既設と建設中を含み 10 基）および導水パイプライン網（約 1,300km）から成り立っている。この大型の水資源開発（再生可能水資源と海水淡水化水を同時に開発する）と 4 州にわたる広域導水システムは、「サ」国にとって初めてでかつ重要なプロジェクトである。本 M/P では、ダムからの計画給水量として、MOWE の計画値が用いられているが、調査団の提案したように、ダムと下流帯水層との連携により、多くの再生可能水の開発が期待できる。この重要プロジェクトの F/S の実施を勧告する。