



令和4年度
質の高いインフラの海外展開に向けた
事業実施可能性調査事業
(チュニジア国 再生可能電源による
海水淡水化開発調査事業)

WITH AFRICA **FOR** AFRICA



目次

1. 序章		
1.1. プロジェクトの概要		7
1.1.1. プロジェクトの背景及び目的		7
1.1.2. 対象地域		8
1.1.3. 対象プロジェクト		8
1.2. 調査対象地域の概要		9
1.2.1. 自然条件	(1)気候 (2)地形と地理 (3)海の状況	9
1.2.2. 現地状況	(1)行政界 (2)人口 (3)経済 (4)水資源と水道セクター	11
1.2.3. SONEDEによる淡水化プロジェクト	(1)生産水量の推移 (2)既存及び建設中の淡水化プロジェクト	14
1.2.4. SONEDEの再生可能エネルギー開発状況		15
2. 基礎調査		
2.1. 水道・水資源		17
2.1.1. 既存及び計画水源とその制約条件		17
2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス	(1)水需要予測 (2)新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水供給能力の予測 (3)新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水需給バランス	21
2.2. 電力		33
2.2.1. 電源構成、電力需給バランス	(1)電源構成 (2)電力需要	33
2.2.2. 送配電網の現状		35
2.2.3. 電力セクターの関連制度、技術要件	(1)電力託送制度 (2)系統連系に関する技術要件	36
2.2.4. SONEDEの電力消費の現況	(1)概要 (2)電力消費の特徴	38
2.2.5. SONEDEの再生可能エネルギー開発計画	(1) SONEDEの太陽光発電所開発計画 (2) PV計画の発電電力量推定	39

目次

2. 基礎調査		
2.3. ビジネスモデル		44
2.3.1. 経済・財務状況	(1)概要(2)IMFによる財政支援(Extended Fund Facility)の供与 (3) 本事業に対するインプリケーション	44
2.3.2.開発金融機関(DFIs)のインタビュー結果概要	(1)公共投資プロジェクトに対するソブリンローンについて (2)民間投資プロジェクトに対するDFIs融資について	47
2.3.3.インフラ整備にかかる制度・法令	(1)再生可能エネルギー発電法の自家消費制度 (2)公共投資プロジェクト実施における公共調達の枠組み (3)民間投資プロジェクト実施におけるコンセッション・PPP制度 (4)コンセッション制度の概要	49
2.4. 財務分析		53
2.4.1.前提条件		53
2.4.2.水道料金と平均料金		53
2.4.3.SONEDEの財務状況		55
2.4.4.財務分析の手法		55
2.5. 環境社会配慮制度・組織		56
2.5.1.チュニジアにおけるEIA 手順と組織体制	(1)EIA手順 (2)組織体制	56
2.5.2.EIA の実施手順	(1)政令第2005-1991号に記載された手続き (2)SONEDEの経験 に基づく実施手順 (3)太陽エネルギーコンポーネントの影響評価	57
2.5.3.政令第2005-1991号以外の環境関連法令及び基準		58
3. 海水淡水化及び再生可能エネルギーの事業計画		60
3.1. 海水淡水化事業の計画		60
3.1.1. 海水淡水化プラントの開発計画	(1)新設海水淡水化プラントの開発計画におけるキーポイント (2)中部地域の開発計画 (3)南部地域1の開発計画 (4)南部地域2の開発計画 (5)南部地域統合の開発計画 (6)海水淡水化施設の開発計画	60

目次

3. 海水淡水化及び再生可能エネルギーの事業計画		
3.2. 太陽光発電事業の計画		82
3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画	(1)太陽光発電活用の概要 (2)電力託送を利用する上での留意点 (3)検討の手順 (4)水供給量に基づく需要電力の推定 (5)需要電力1MW以上の淡水化委施設 (6)各太陽光発電から淡水化施設への電力供給計画 (7)電力供給計画の検討結果 (8)組合せに基づく電力消費のシミュレーション	82
3.3. 本事業に適用可能な技術の検討		95
3.3.1. 海水淡水化		95
3.3.2. 再生可能エネルギー		97
3.4. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の中期開発計画		98
4. モデルプロジェクトのPre-FS		
4.1. モデルケースの選定		101
4.1.1. 海水淡水化のモデルケースの選定		101
4.1.2. 太陽光発電事業のモデルケースの選定	(1)選定の条件 (2)選定の結果	102
4.1.3. モデルケースの選定結果		105
4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計		106
4.2.1. 海水淡水化	(1)プラント建設用地の選定 (2)海水淡水化プラントの計画条件 (3)取水・放水施設の詳細検討	106
4.2.2. 再生エネルギー施設	(1)概略設計検討ポイント (2)現地調査結果サマリー (3) 30MW Sfax太陽光発電設備概要 (4) 30MW Sfax太陽光発電設備配置図 (5) 30MW Sfax太陽光発電設備の発電電力量予測 (6) 基本技術仕様	125
4.2.3. 概略設計結果	(1) 海水淡水化プラント (2) 太陽光発電所	149

目次

4. モデルプロジェクトのPre-FS		
4.3. 適用可能な技術及びノウハウ		150
4.3.1. 海水淡水化		150
4.3.2. 再生可能エネルギー		152
4.4. 概算工事費算定		153
4.4.1. 海水淡水化	(1)概算事業費の算定条件 (2)事業内容 (3)算定方法 (4)概算事業費(5)事業実施スケジュール (6)運転・維持管理費	153
4.4.2. Sfax太陽光発電設備	(1)概算事業費の算定条件 (2)概算運転・維持管理の算定条件	159
4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル		161
4.5.1. ビジネスモデルのオプション		161
4.5.2. オプション1: 公共投資モデル		162
4.5.3. オプション2: 民間投資モデル		163
4.5.4. オプション3: ハイブリッドモデル		165
4.5.5. ビジネスモデルオプションの比較		166
4.6. モデルプロジェクトのビジネスモデル財務分析		167
4.6.1. 事業期間		167
4.6.2. 海水淡水化施設		167
4.6.3. 太陽光発電施設		170
4.6.4. モデルプロジェクトの財務分析の結果		172
4.7. 環境社会配慮		173
4.7.1. 環境社会影響の検討		173
4.7.2. 簡易的な環境社会影響評価の実施	(1)騒音 (2)保護区及び生態系 (3)文化財及び歴史遺産	173
5. 事業化に向けた課題	(1)海水淡水化プラント (2)太陽光発電 (3)ビジネスモデル (4)経済・財務 (5)環境社会配慮	178



Be the **Right ONE**

1. 序章

1.1. プロジェクトの概要

1.1.1. プロジェクトの背景及び目的

- チュニジアは、降雨量が少なく地下水の塩分濃度が高いことから、表流水よりもエネルギーを必要とする海水淡水化技術への依存度が高まっている。安定かつ低コストでの水供給には、安定かつ低コストの電力供給が必要である。しかし、発電量の96%を火力発電が占め、燃料の60%を輸入に頼っている。
- 本プロジェクトは、海水淡水化プラントと再生可能エネルギー発電プラントを対象に、託送制度を考慮した開発中期計画を提案し、モデルプロジェクトのPre-FSを実施するものである。

調査概要

- 1) 水需要を基にしたSONEDEの海水淡水化プラントの中期開発計画の策定
- 2) 海水淡水化プラントの開発計画に基づく、海水淡水化のエネルギーコスト削減のための託送制度を考慮した再生可能エネルギープラントの中期開発計画の策定
※再生可能エネルギーの内、太陽光発電は有力な選択肢の一つである。
- 3) 海水淡水化プラント及び太陽光発電プラントの構想設計、ビジネスモデル及びファイナンスプランの提案を含む、モデルプロジェクトのPre-FSの実施



1.1. プロジェクトの概要

1.1.2. 対象地域

- 本調査では、チュニジア国内でも特に水需要バランスがひっ迫しているチュニジアの中部の沿岸地域及び南部を対象に検討を行う。



1.1.3. 対象プロジェクト

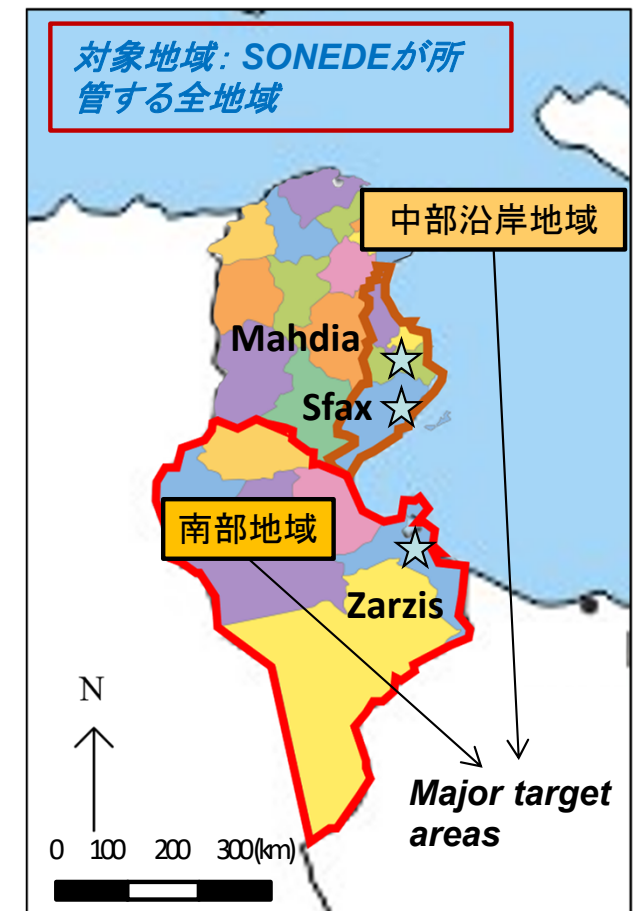
- SONEDE及び豊田通商株式会社(以下、豊田通商)との契約により、以下の往路プロジェクトのPre-F/Sを実施する。

i) 海水淡水化プラント:

- チュニジア中部の沿岸に位置するMahdiaあるいは、南部地域であるZarzisに整備

ii) 太陽光発電所(1か所):

- SONEDEの太陽光発電計画の中から、建設中または本調査にて検討する海水淡水化プラントへ電力供給するに適した太陽光発電を整備



出典: 豊田通商

図1.1 調査対象地域

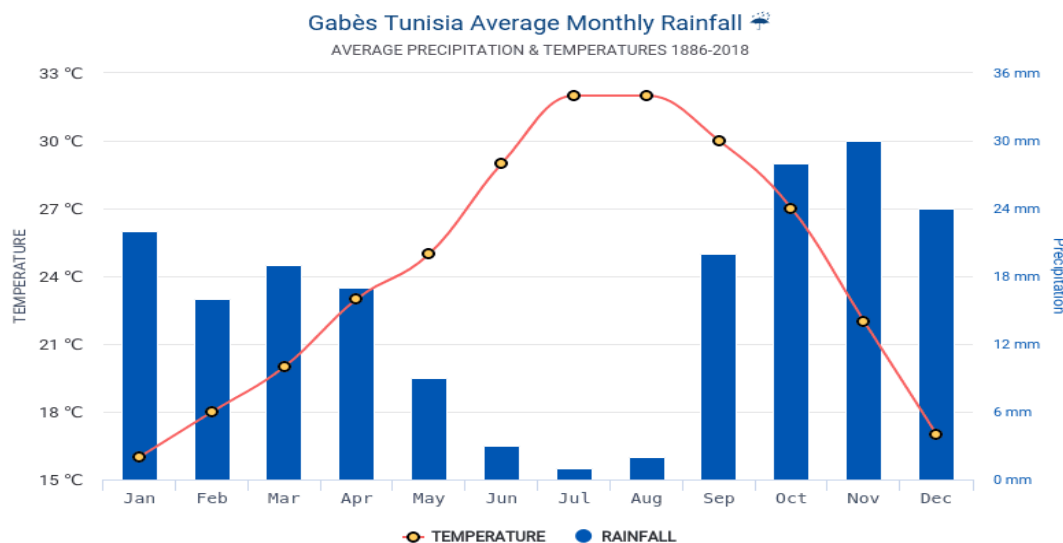
1.2. 調査対象地域の概要

1.2.1. 自然条件

(1) 気候

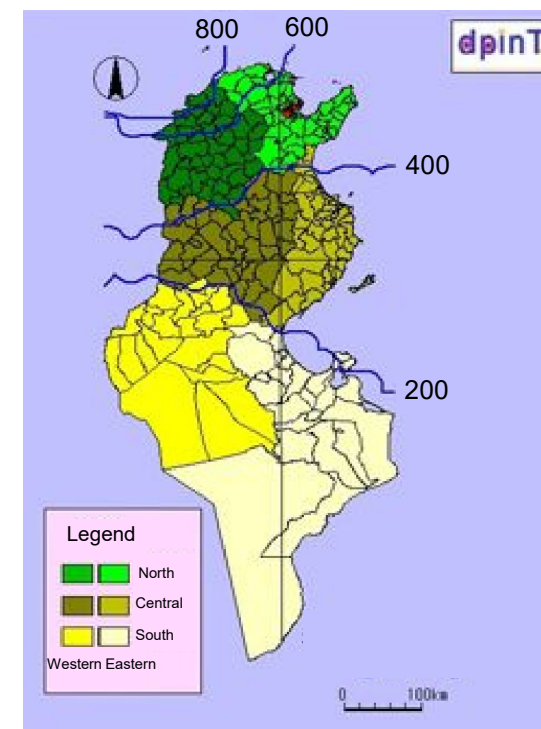
- 本事業の対象地域は最高気温の月平均が30度から35度、最低気温の月平均が約10度程度で寒暖差が激しい。降水量は地域内でばらつきがあり、冬季は雨が降るが、夏季はほとんど降らない。

- ・ 図1.2にチュニジアの地域区分と年降水量の等雨量線を示す。
- ・ 南部は年降水量がほぼ200ミリメートル以下、中部は200から400、北部は400ミリメートル以上である。
- ・ 南部最大の都市であるガベス市の月別平均気温と降水量を図1.3に示す。



出典: hikersbay (<http://hikersbay.com/>)

図 1.3 ガベス市の気温と降水量



出典: JICA プロジェクトニュース
チュニジアの農業

図 1.2 年降水量等雨量線図 (mm/年)

1.2. 調査対象地域の概要

1.2.1. 自然条件

(2) 地形と地理

- チュニジアは地中海沿いの北アフリカに位置する国である。アルジェリアとリビアに隣接し、アフリカ最北端の国とされている。
- 調査対象地域は東部沿岸に位置しており、単調な起伏のある地形で、海に向かって緩やかに傾斜している。
- チュニジアは様々な地形的特徴を有しており、チュニジアの北部では山岳地帯、中央部は乾燥した平原地帯、南部ではサハラ砂漠のような半乾燥砂漠地帯である。また、地中海東岸に沿ってサヘルと呼ばれる肥沃な海岸平野も広がっている。

(3) 海の状態

1) 潮汐データ

- Sfaxの港の潮汐データを表 1.1に示す。

表 1.1 Sfax港の潮汐データ

	平均潮位	最高潮位	最低潮位
海拔 (m)	+1.16	+2.15	+0.00

出典: RAPPORT DU CENTRE HYDROGRAPHIQUE ET OCEANOGRAPHIQUE DE LA MARINE NATIONALE DE LA TUNISIE

2) 水深の特徴

- 本調査では水深測量は実施していないが、海図によれば調査対象地域から約1kmの地点で水深10mに達している。

1.2. 調査対象地域の概要

1.2.2. 現地条件

(1) 行政界

- チュニジアは24の県から構成され、首都であるチュニスにはチュニジア北部に位置し、地中海に面している。

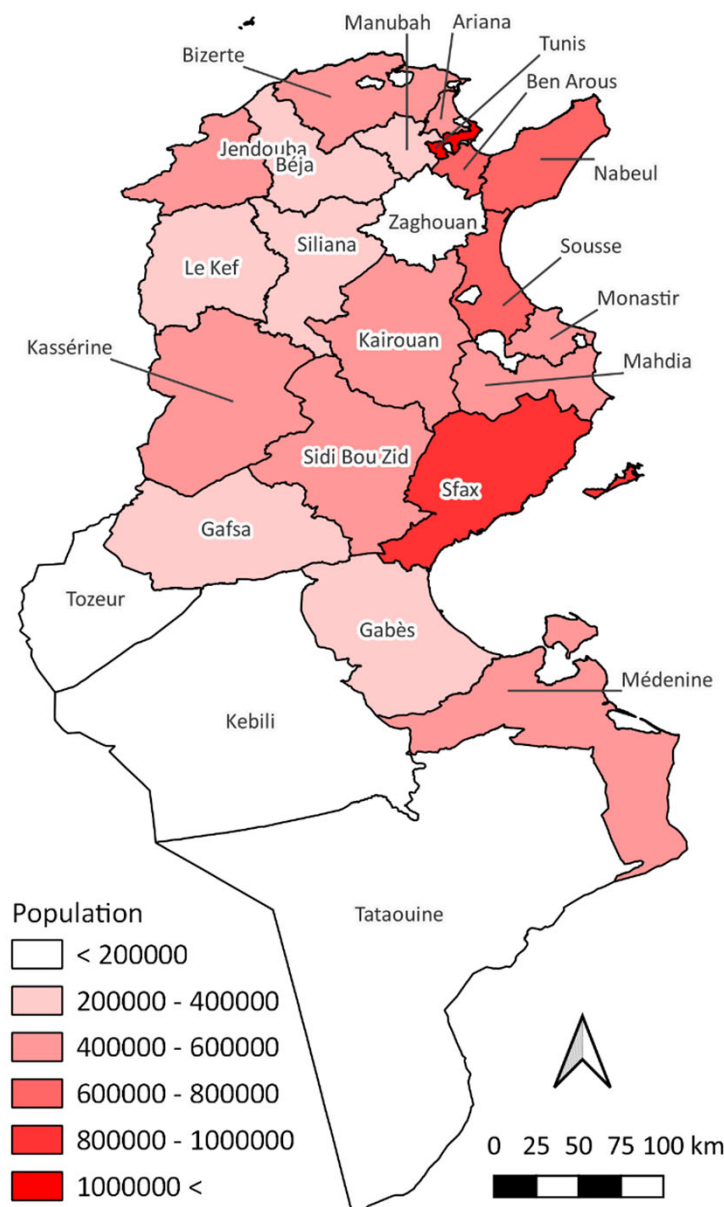
(2) 人口

- 2021年時点で総人口は11.94百万人である。北部及び中部の沿岸部の都市に人口が集中しており、南部の都市は中部と比較し人口は少ない。

表 1.2 調査対象地域の都市における人口

中部		南部	
Nabeul	787,920	Gabes	374,300
Sousse	674,971	Medenine	479,520
Monastir	548,828	Tattouine	149,453
Mahdia	410,812		
Sfax	955,421		

出典: Census 2014



出典: Census 2014を基に作成

図 1.4 行政界と人口分布

1.2. 調査対象地域の概要

1.2.2. 現地条件

(3) 経済

1) 概要 (World Bank data, 2021)

- 国内総生産 (GDP): USD 46.84 億
- GDP 成長率: 3.3%
- 失業率: 16.8%
- 一人当たりGDP: USD 3,924.3
- 消費者物価指数 (年率): 5.7%

2) 主要産業分野

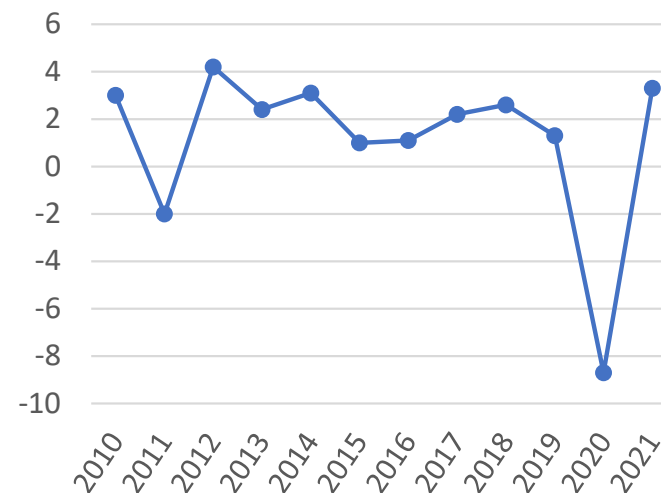
- ・ サービス: 観光、情報通信技術など
- ・ 製造・鉱業: 繊維、機械部品、電気部品、リン鉱石、食品加工など
- ・ 農業: 小麦、大麦、柑橘類、オリーブ、ナツメヤシ等

3) 2010年以降の経済発展

- ・ 2010年代のチュニジア経済は、長期にわたる国外・国内不均衡により低迷を続けていた。高い失業率と公共機関の汚職が2011年1月の革命の引き金となり、抗議行動によって生産活動が妨げられ、GDP成長率は-2.0%となった。
- ・ 2015年に発生した一連のテロ事件により、観光客が大幅に減少し、経済にマイナスの影響を与えたが、2016年以降は大規模なテロ事件等は発生しておらず、1%~3%前後の低水準で比較的安定したGDP成長率を維持していた。

4) 現在の状況

- ・ 2020年には新型コロナウイルスに感染拡大によって、製造業と観光業が中心のチュニジアは経済は大きな打撃を受け、GDP成長率は-8.7%となった。
- ・ ウクライナ戦争以降の世界的な環境と商品価格の上昇により、チュニジアの現在の成長は減速することが予想される。



出典: World Bank data

図 1.5 チュニジアのGDP成長率 (%)

1.2. 調査対象地域の概要

1.2.2. 現地条件

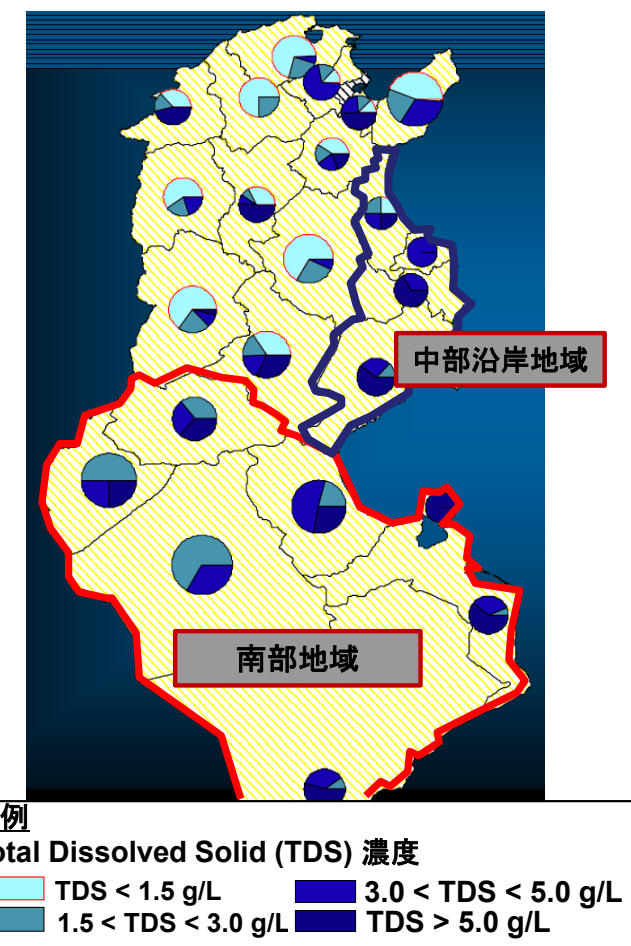
(4) 水資源と水道セクター

1) 組織体制

- チュニジア政府において水資源と水道事業を管轄しているのは農業・水資源・漁業省である。また、同省の管轄下で都市部や比較的規模の大きい農村集落に対する水道事業は水資源開発公社 (Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux: 以下、“SONEDE”) が実施している。

2) 水資源の利用状況

- チュニジアは殆どの地域で降水量が極端に少ないことから利用可能な水資源量が非常に乏しい。
- 国連によると、一人当たりの年間降水量が $1,000 \text{ m}^3$ より少ないと水不足になるリスクが高まり、それが 500 m^3 を下回ると完全な水不足に陥るとしているが、チュニジアはそれを下回る $399 \text{ m}^3/\text{人}/\text{年}$ である。
- チュニジアは残された未使用の利用可能な水資源が全水資源量の3%のみであり表流水も地下水も取水量増加の余地は殆どない。
- チュニジアの水資源は45%が地下水であるが、その多くは一般には飲用に適さない塩分濃度である。特に図 1.6に示すように、中部沿岸地域や南部では塩分濃度が高い地下水に依存せざるを得ない状況である。WHOによると引用に適するのはTDSが 1g/L 以下の水である。



出典: SONEDE

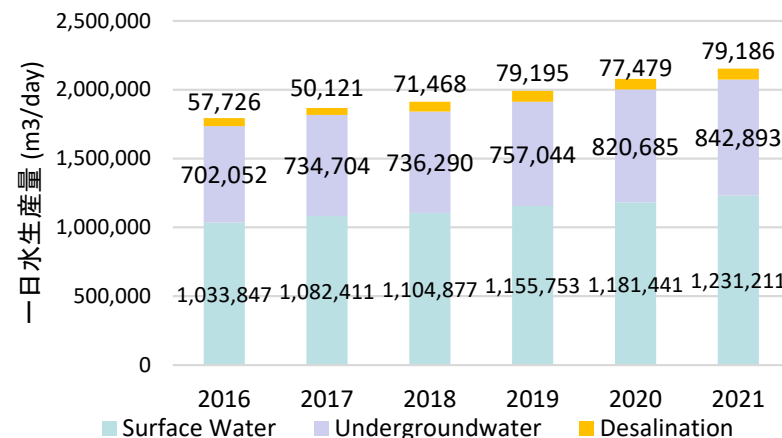
図 1.6 チュニジア各県の塩分濃度別の水源比率

1.2. 調査対象地域の概要

1.2.3. SONEDEによる淡水化プロジェクト

(1) 生産水量の推移

- ・ 一日平均生産量は年々増加している。
- ・ 汽水淡水化及び海水淡水化による生産水量は年々増加している。
- ・ 表流水と地下水は増加しているが、近い将来表流水と地下水は供給能力の限界に達することが予想される。



出典: SONEDE

図 1.7 生産水量の推移

(2) 既存及び建設中の淡水化プロジェクト

- ・ 表 1.3は既存及び建設中の淡水化プロジェクトの一覧である。海水淡水化プラント4施設、汽水淡水化プラント18施設が稼働中または建設中である。また、Zarat、Sousse、Sfaxに海水淡水化プラントを建設中である。

表 1.3 海水及び汽水淡水化プラント一覧

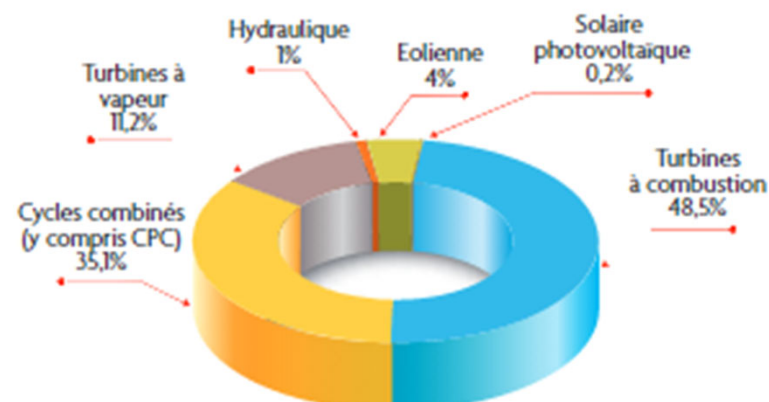
Name	Capacity (MLD)	Name	Capacity (MLD)	Name	Capacity (MLD)	Name	Capacity (MLD)
Ben Guerdane	1.8	Nefta	4	Zarzis 2	0.3	Djerba	75
Kebili-Jemna	6	Souk Lahad	4	Kerkennah 1	4	Zarat	50
Tozeur	6	Beni Khedache	0.8	Djerba	12	Sousse	50
Mareth	5	Hezoua	0.8	Djerba 2	3	Sfax	100
Douz	4	Djerba	5	Gabes	22.5		
Matmata	4	Zarzis	12	Phase 1 Southern Tunisia brackish water plants	36.2		
						BWRO	SWRO

Source: Global Water Intelligence社のデータを基に豊田通商株式会社が作成 (<https://www.desaldata.com/>)

1.2. 調査対象地域の概要

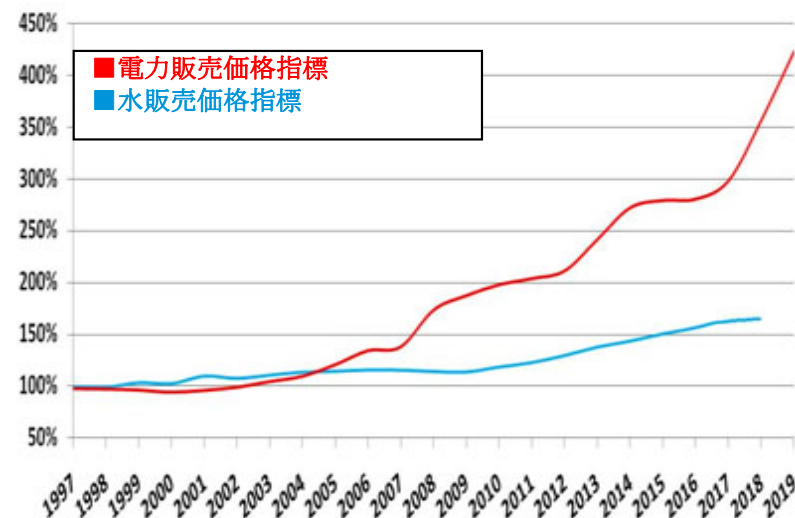
1.2.4. SONEDEの再生可能エネルギー開発状況

- 電力セクターを代表するSTEG、STEG-ER、ANMEなどの組織は、工業・エネルギー・鉱山省の管轄となっている。
- 2020年時点のチュニジアにおける電源構成に占める再生可能エネルギーは5.2%に留まり、他は諸外国から輸入する化石燃料を由来とした電源である。
- 電気料金は継続して上昇傾向にあり、特に産業用電力料金は過去25年間で4倍になった。
- SONEDEにおける海水淡水化施設への依存度は高まっており、造水コスト内訳において電力コストは現状の24%から2030年までには35%に上昇すると予測されている。
- 上昇する電力コストを抑制してより安価な電力コストを実現するため、SONEDEは自らが再エネ発電所の開発を検討するに至っている。
- チュニジアではSTEGが保有する電力システムを介した電力託送制度が近年確率された。これによってSONEDEは、太陽光発電所から安価な電力を遠隔の海水淡水化施設へ供給することが出来る。



Source: STEG Annual Report 2020

図.1.8 チュニジアにおける2020年の電源構成



Source: SONEDE プレゼン資料

図.1.9 電力および水の販売価格動向

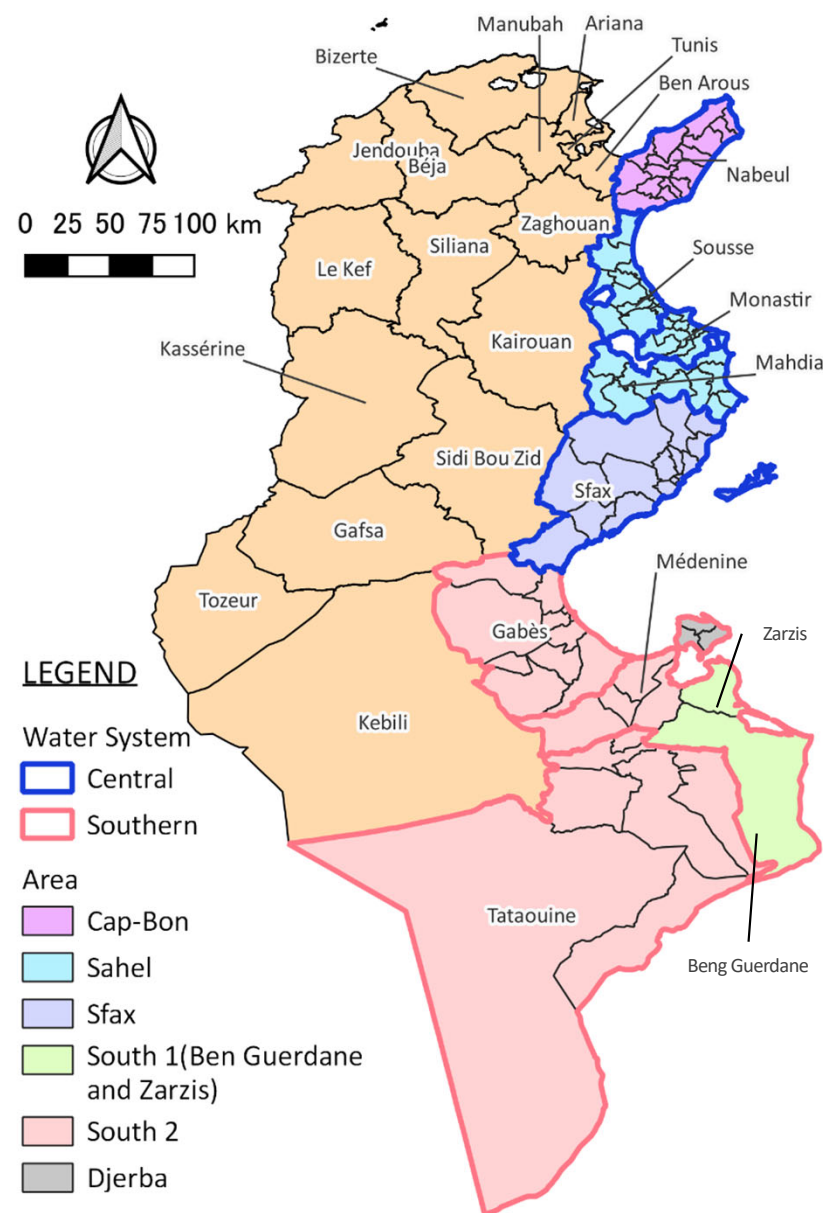


2. 基礎調査

2.1. 水道・水資源

2.1.1. 既存及び計画水源とその制約条件

- チュニジアでは、大半の地域で降雨量が少ないことから利用可能な水資源量が限られており、塩分を含む地下水を水道水源として利用している。
- チュニジアの沿岸部における水供給システムは、北部地域、中部地域及び南部地域に分けられる。
- 中部地域及び南部地域において、西部(内陸部)の水供給システムは、東部(沿岸部)とは独立している。
- 南部地域において、SONEDEはZarzis及びBen Guerdaneとその他の都市を結ぶ送水施設の更新に莫大な費用を必要とすることから、上記2都市の水供給システムを、その他の都市からは独立させる計画である。送水施設は1980年代に整備され、現在は高い漏水率が確認されている。
- Djerbaは、島内に十分な供給能力を有する汽水及び海水淡水化プラントがあることから、本調査の対象外とする。
- 上記の理由及びSONEDEとの議論の結果、水需給の関係は以下の3地域において実施する
 1. 中部地域 (Central Area)
 2. 南部地域1 (Southern Area 1 (Zarzis and Benguerdane))
 3. 南部地域2 (Southern Area 2 (Gabes, Medenine, and Tataouine))



出典: 豊田通商

図.2.1 対象地域の水供給システムの分類

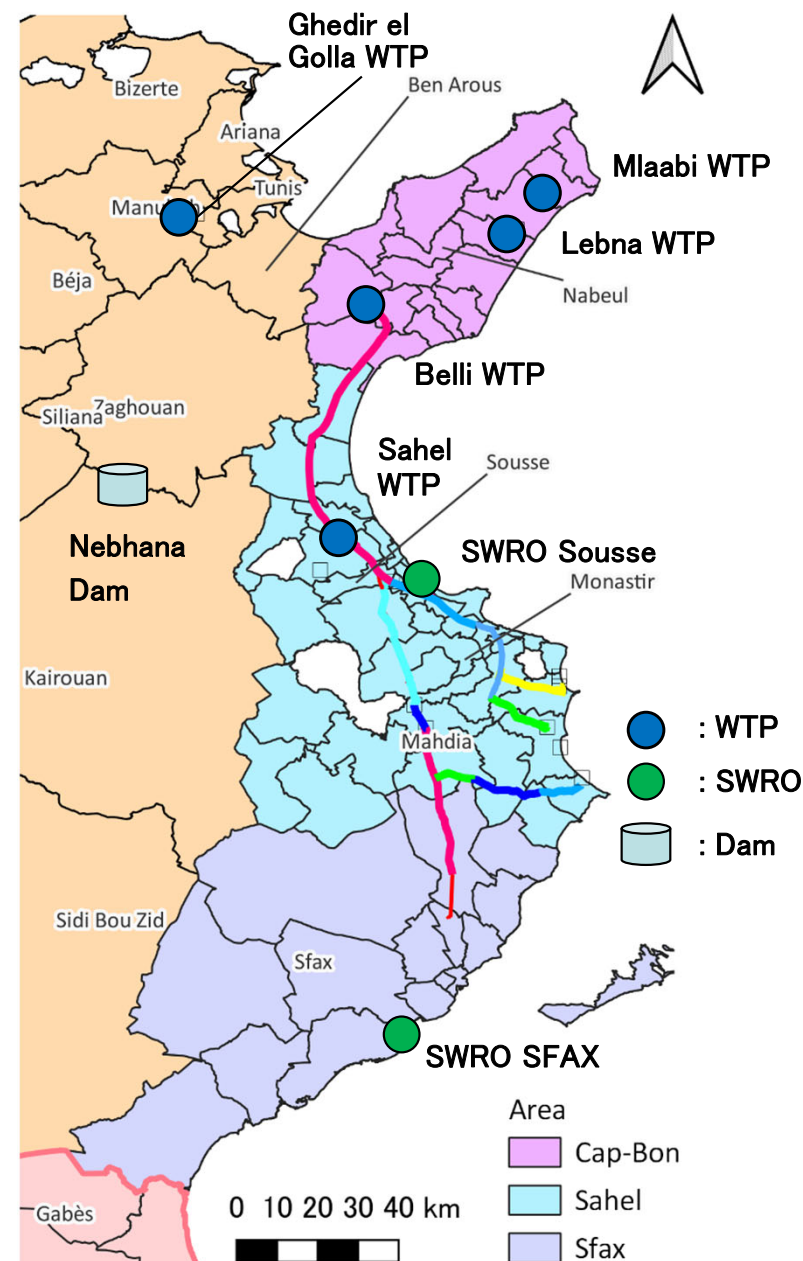
2.1. 水道・水資源

表.2.1 中部地域の水資源一覧

水資源		量 (MLD)	状況	制約条件・予測
地下水	Cap-bon, Sahel, Sfax	168	既存	気候変動による影響の懸念
表流水	Belli WTP	415	既存	既に10%の過剰摂取の状況 気候変動による影響の懸念
表流水	Ghedir el Golla WTP	22	既存	本来はチュニスで消費される水源
表流水	Lebna WTP	8	2023年完成	中部地域の新たな水源
表流水	Mlaabi WTP	3	既存	SONEDEに緊急用解いて割り当てられる灌漑用水
表流水	Nebhana Dam (3 WTPs)	50	既存	SONEDEに緊急用解いて割り当てられる灌漑用水
表流水	Sahel WTP	346	2025年完成	中部地域の新たな水源
SWRO	Sousse	50	2023年完成	2031年に100MLDへ拡張
SWRO	Sfax	100	2024年完成	2033年に200MLDへ拡張

備考: WTP(Water Treatment Plant): 浄水場

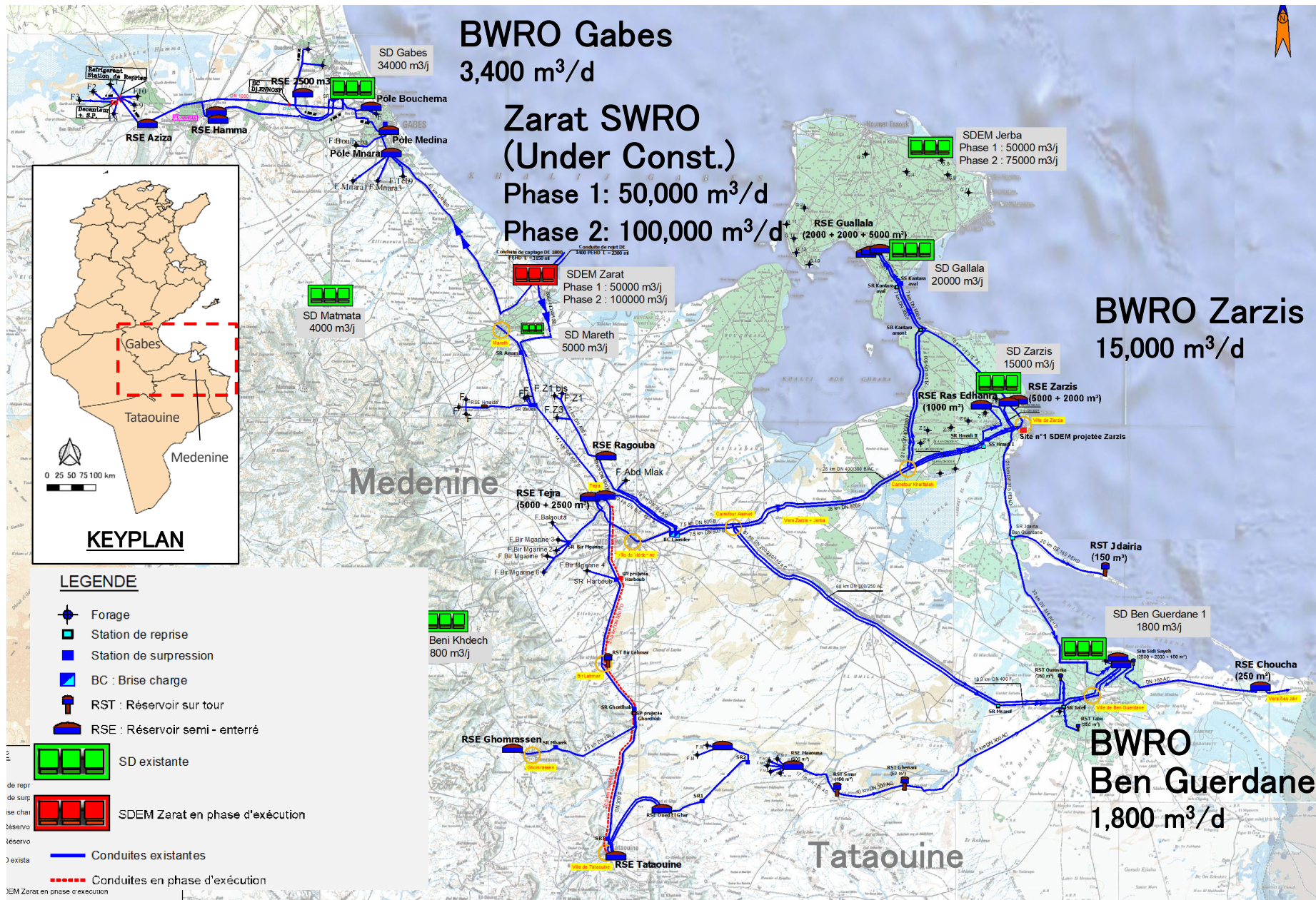
SWRO (Seawater Desalination Plant by RO): 逆浸透法による海水淡水化施設



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.2 中部地域の水源地

2.1. 水道・水資源



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.3南部地域の水源地

2.1. 水道・水資源

表.2.2 南部地域の水資源一覧

地域	水資源		容量 (MLD)	状況	制約条件・予測
South 1	地下水	Zarzis, Ben Guerdane	12.1	既存	気候変動による影響の懸念
	BWRO	Zarzis	15.0	既存	
	BWRO	Ben Guerdane	1.7	既存	
	地下水	Supplement South Tunisia (from Ragouba)	17.6	既存	南部地域1が十分な水源を確保した場合、南部地域2に割り当てられる
South 2	地下水	Medenine Tataouine Gabes ZI_Gabes	130.4	既存	気候変動による影響の懸念
	BWRO	Gabes	34.0	既存	
	SWRO	Zarat	50.0	2023年完成	2032年に100MLDへ拡張
	地下水	Southeast Back up (Ragouba)	0.0	既存	現在は南部地域1で消費されている

出典: 豊田通商

2.1. 水道・水資源

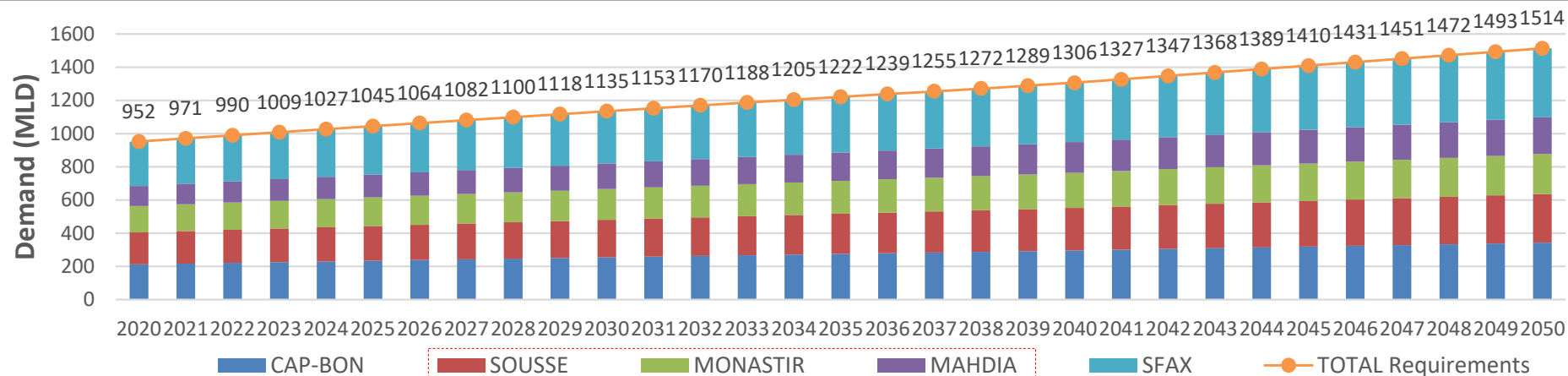
2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(1) 水需要予測

- 水需要は2001年から2017年にかけての実績値を基にしたSONEDEによる予測値である。
- 以下の表は、全国の水需要ではなく中部地域、南部地域1、2の3地域各県の水需要である。

非公開情報

2.1. 水道・水資源



SAHEL

図.2.4 中部地域の水需要(MLD)

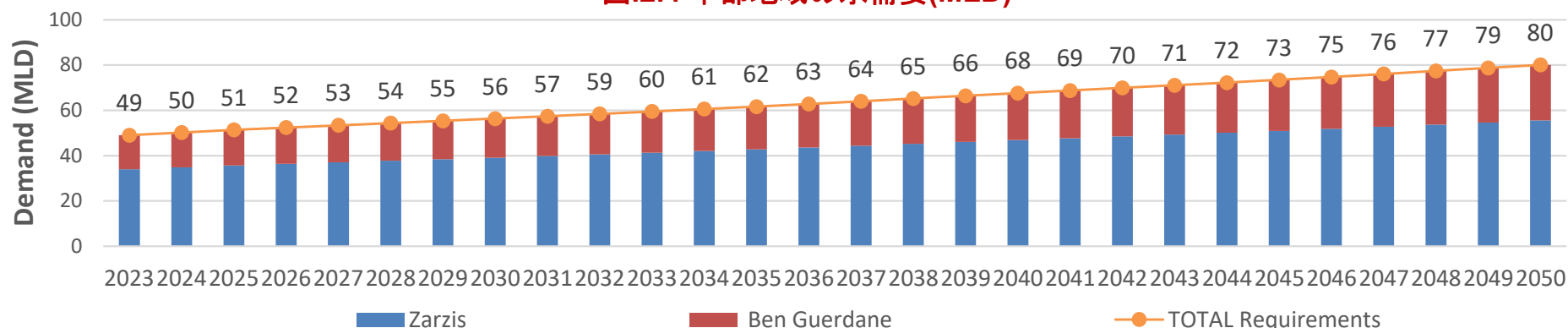


図.2.5 南部地域1の水需要(MLD)

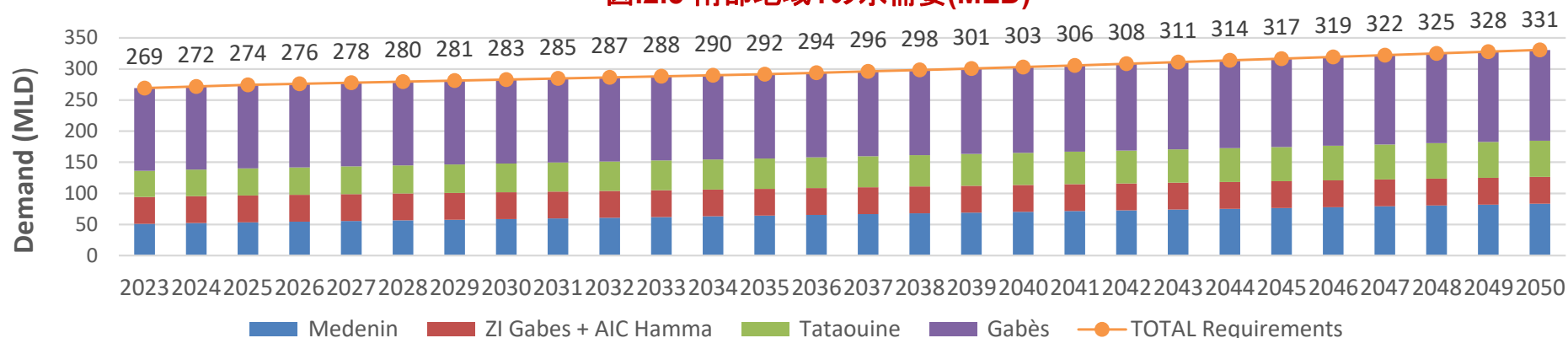


図.2.6 南部地域2の水需要 (MLD)

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

Be the Right ONE

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(2) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水供給能力の予測

1) 水供給能力の予測シナリオ

- 2022年10月にSONEDEから、利用可能な水道水源及びその将来的な見通しに関する異なる2つのシナリオが提示された。
 - ・ シナリオ1: 2050年までの水道水源の変化に関する基本となる予測
 - ・ シナリオ2: シナリオ1をベースに表流水及び地下水量が20%※減少する予測
- ※気候変動に関する国際連合枠組条約におけるチュニジアの国別報告書において、気候変動と降雨量の減少が予測されている
- 2050年を目標にして水源開発計画を作成する。新設する海水淡水化プラントの容量は、現在のチュニジアにおける厳しい財政状況を考慮し、最低限の需要を満たすためにシナリオ1を基に計画する。シナリオ2が現実のものとなった場合は、海水淡水化プラントの拡張を、財政及び水不足を考慮した上で計画よりも早期に進めることとする。

2) 本調査におけるシナリオの調整・変更点

- 将来の水供給能力の予測に関するシナリオでは、SONEDEは2026年にZarzisに新たな海水淡水化プラントを整備する計画である。ただし、ここでの水需給バランスの分析の目的は、計画海水淡水化プラントの開発計画の検討のための基礎となる水需給バランスを得るためであることから、SONEDEが計画するZarzis SWROはシナリオにおいて考慮しない。
- Zarzisを含む計画海水淡水化プラントの建設時期については3章において整理する。
- ただし、既存および建設中の海水淡水化プラントの拡張についてはSONEDEの計画を踏襲する。

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(2) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水供給能力の予測

3) 各地域の検討条件

■ 中部地域

・ シナリオ1及び2の共通条件

- Sousse海水淡水化プラントは 2023年に稼働を開始し2031年に拡張する。
- Sfax海水淡水化プラントは2024年に稼働を開始し2033年に拡張する。
- Sahel浄水場は2025年にEl Kalaa配水池に向けて能力の半分で稼働を開始し、2026年からは100%の能力で稼働する。
- Mlaabi浄水場は、Sousse海水淡水化プラントが稼働する2023年から水供給を停止する。
- Nebhana貯水池からの水供給は、Sahel浄水場が稼働を開始する2026年から停止する。
- Ghedir EL Golla 浄水場は2024年に水供給を停止する。(シナリオ2においては2023年)

・ シナリオ2の固有条件

- 地下水は2050年にかけて定率で20%まで低減させる。
- Belli 浄水場、Lebna 浄水場、Sahel 浄水場は2050年にかけて定率で生産量を20%低減させる。

2.1. 水道・水資源

- 以下の表に各シナリオにおける水供給量を示す。

非公開情報

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(2) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水供給能力の予測

- 南部地域1
 - ・ 共通条件
 - 汽水淡水化プラントの生産量は現状を維持する
 - ・ シナリオ2固有条件
 - 2050年までに地下水量の20%を定率で低減する

非公開情報

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(2) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水供給能力の予測

- 南部地域2
 - ・ 共通条件
 - SWRO Zarat海水淡水化プラントは 2023年に稼働を開始し2032年に拡張する。
 - 汽水淡水化プラントの生産量は現状を維持する。
 - ・ シナリオ2固有条件
 - 2050年までに地下水量の20%を定率で低減する。

非公開情報

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(3) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水需給バランス

- 中部地域、南部地域統合、南部地域1、南部地域2それぞれの需給バランスの結果を次頁以降に示す。
- 中部地域では、Sfax及びSousseの海水淡水化プラントの開発により不足が解消されるが、2027年には水不足の状態であり、計画されている既存の海水淡水化プラントの拡張しても需要に対して供給量が足りていない状況である。

10年後の2032年にはシナリオ1で51MLD、シナリオ2で98MLDの水不足である。

- 南部地域統合では、南部地域1と南部地域2を合わせた地域として検討している。

10年後の2032年にはシナリオ1で34.1MLD、シナリオ2で43.1MLDの水不足である。

- 南部地域1では、供給量が増える要素がないため、水不足量が年々増加している。

10年後の2032年にはシナリオ1で12.0MLD、シナリオ2で12.7MLDの水不足である。

- 南部地域2では、Zarat海水淡水化プラントの開発・拡張により不足が緩和されるが、需要に対して供給量が足りていない状況である。

10年後の2032年にはシナリオ1で22.1MLD、シナリオ2で29.4MLDの水不足である。

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(3) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水需給バランス

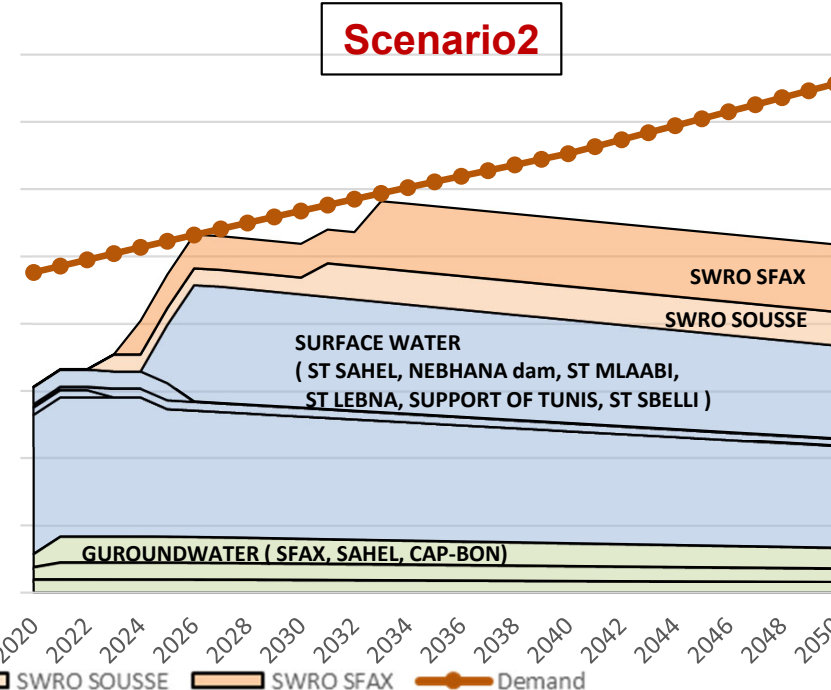
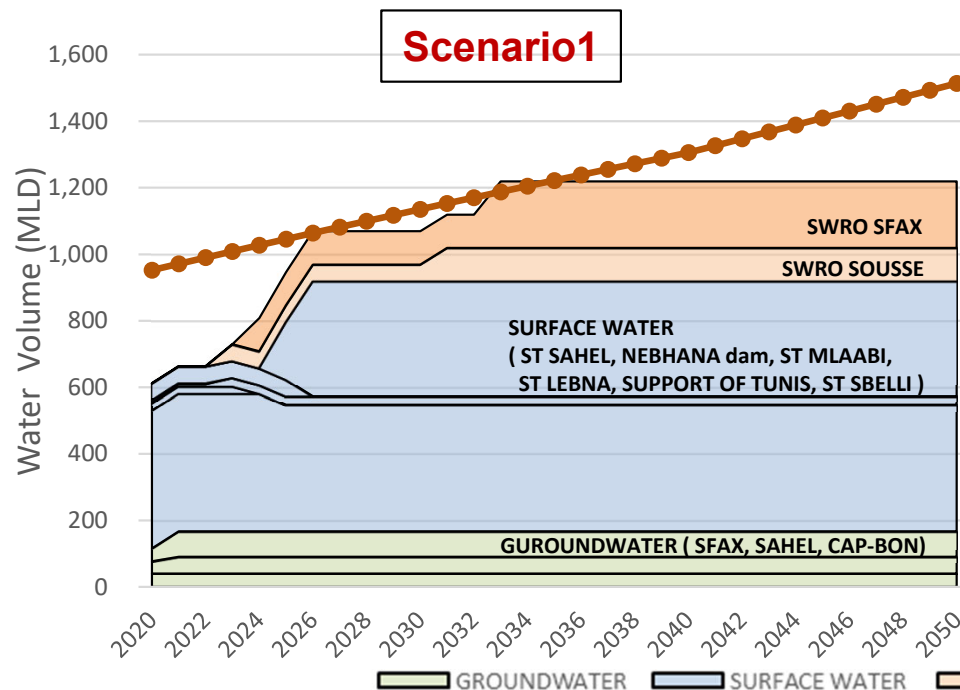
1) 中部地域

表.2.12 中部地域の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1306	1410	1514
Supply	612	664	664	730	808	947	1069	1069	1069	1069	1069	1119	1119	1219	1219	1219	1219	1219	1219
Shortage	-340	-307	-326	-279	-219	-99	5	-13	-31	-48	-66	-34	-51	31	14	-3	-87	-191	-295

Scenario 2	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1306	1410	1514
Supply	612	664	664	708	808	947	1064	1060	1052	1045	1037	1079	1072	1164	1157	1149	1111	1073	1035
Shortage	-340	-307	-326	-300	-219	-99	1	-22	-47	-73	-98	-73	-98	-23	-48	-73	-195	-337	-479



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成 図.2.7 中部地域の需給バランス

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(3) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水需給バランス

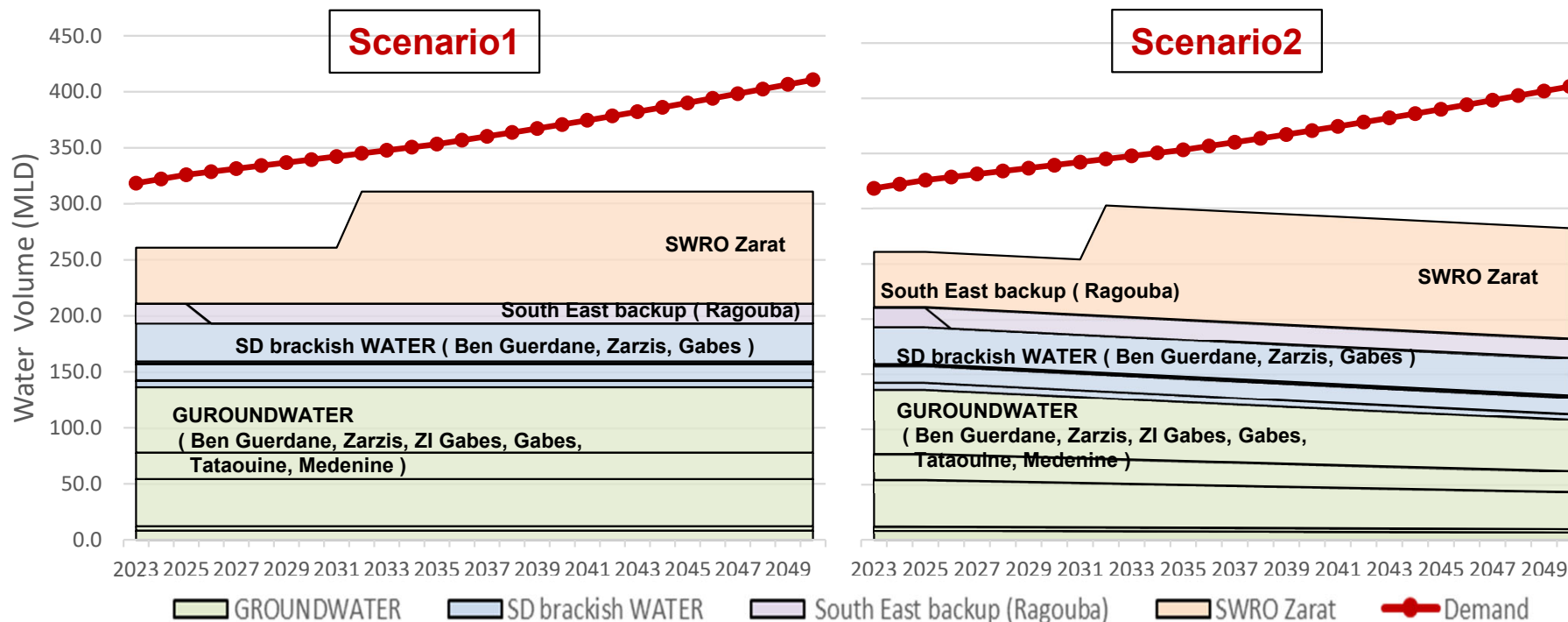
2) 南部地域統合

表.2.13 南部地域統合の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	318.4	325.9	328.7	331.4	334.1	339.3	345.0	350.5	353.2	370.7	390.0	410.7
Supply	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	310.9	310.9	310.9	310.9	310.9	310.9
Shortage	-57.5	-65.0	-67.8	-70.5	-73.2	-78.4	-34.1	-39.6	-42.3	-59.8	-79.1	-99.8

Scenario 2	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	318.4	325.9	328.7	331.4	334.1	339.3	345.0	350.5	353.2	370.7	390.0	410.7
Supply	260.9	260.9	259.6	258.3	257.0	254.5	301.9	299.3	298.1	291.7	285.3	278.9
Shortage	-57.5	-65.0	-69.1	-73.1	-77.1	-84.8	-43.1	-51.2	-55.2	-79.0	-104.7	-131.8



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.8 南部地域統合の需給バランス

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

(3) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水需給バランス

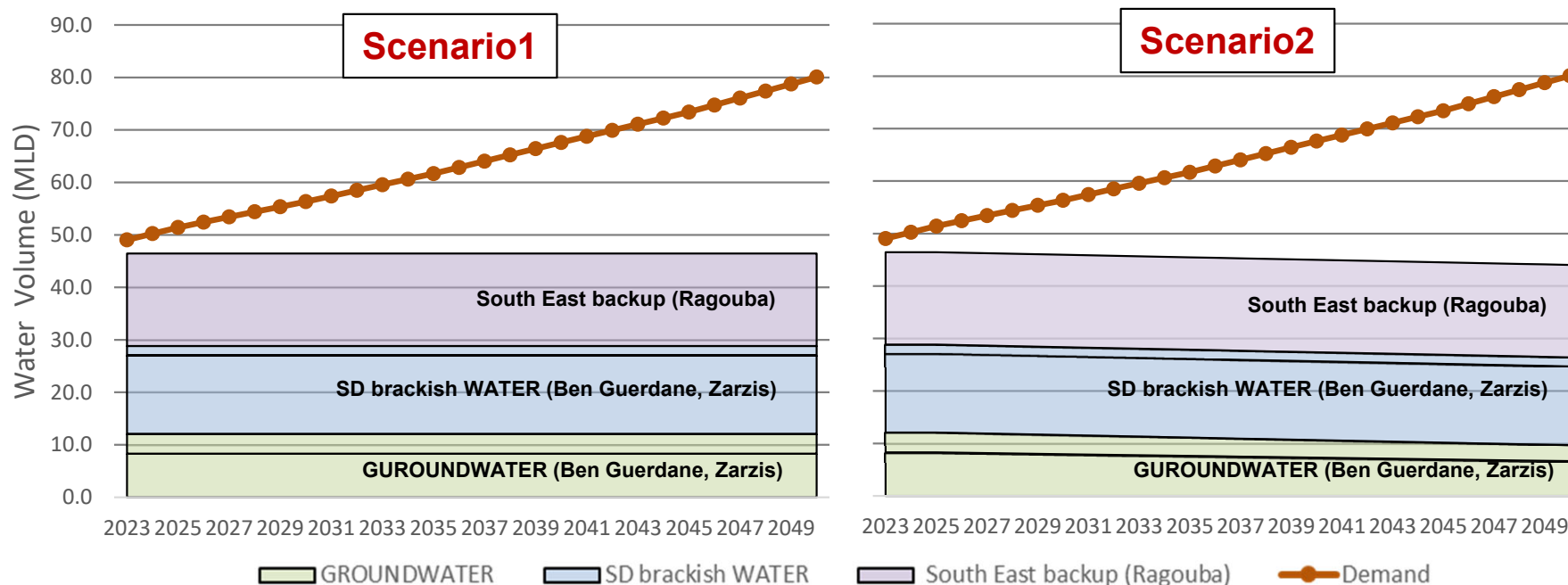
3) 南部地域1

表.2.14 南部地域1の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	49.1	51.4	52.4	53.4	54.4	56.3	58.5	60.6	61.7	67.6	73.4	80.1
Supply	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5
Shortage	-2.6	-5.0	-6.0	-7.0	-8.0	-9.9	-12.0	-14.2	-15.2	-21.2	-27.0	-33.6

Scenario 2	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	49.1	51.4	52.4	53.4	54.4	56.3	58.5	60.6	61.7	67.6	73.4	80.1
Supply	46.5	46.5	46.4	46.3	46.2	46.0	45.8	45.6	45.5	45.0	44.5	44.0
Shortage	-2.6	-5.0	-6.1	-7.2	-8.3	-10.4	-12.7	-15.0	-16.2	-22.6	-28.9	-36.1



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.9 南部地域1の需給バランス

2.1. 水道・水資源

2.1.2. 本調査における計画海水淡水化プラントを除く水需給バランス

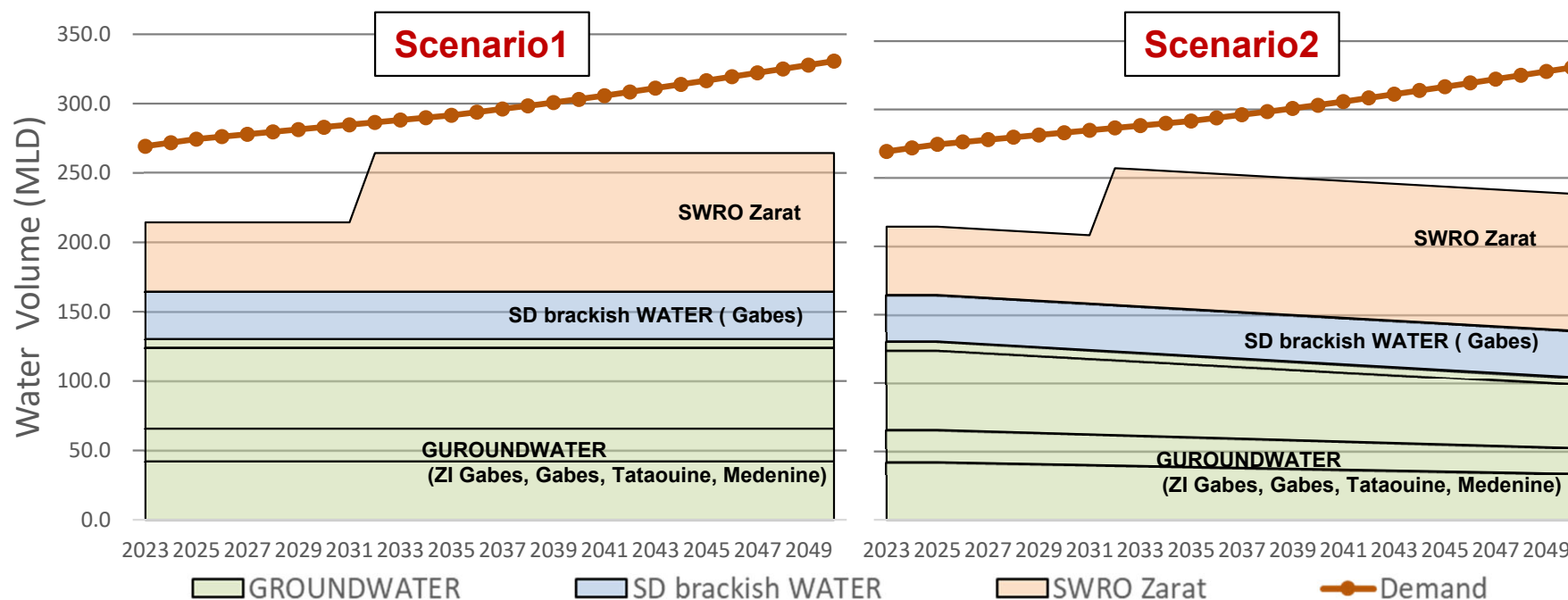
(3) 新たな海水淡水化施設を考慮しない場合の水需給バランス

4) 南部地域2

表.2.15 南部地域2の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	269.3	274.5	276.2	278.0	279.7	283.0	286.5	289.9	291.6	303.1	316.6	330.6
Supply	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4
Shortage	-54.9	-60.0	-61.8	-63.6	-65.3	-68.6	-22.1	-25.5	-27.2	-38.6	-55.2	-66.2
Scenario 2	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	269.3	274.5	276.2	278.0	279.7	283.0	286.5	289.9	291.6	303.1	316.6	330.6
Supply	214.4	214.4	213.4	212.3	211.3	209.2	257.1	255.0	254.0	248.8	243.6	238.3
Shortage	-54.9	-60.0	-62.9	-65.6	-68.4	-73.8	-29.4	-34.9	-37.6	-54.3	-73.0	-92.3



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

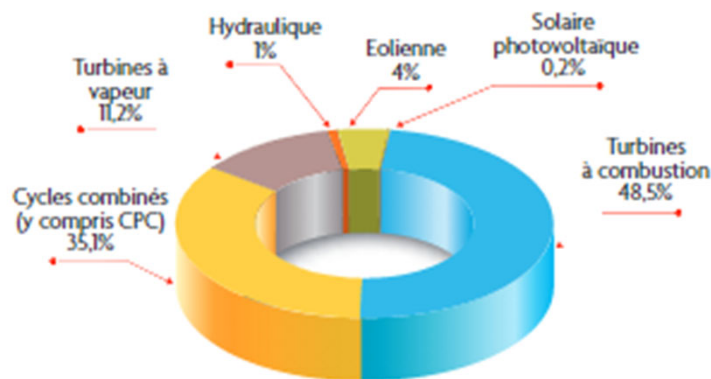
図.2.10 南部地域2の需給バランス

2.2. 電力

2.2.1. 電源構成、電力需給バランス

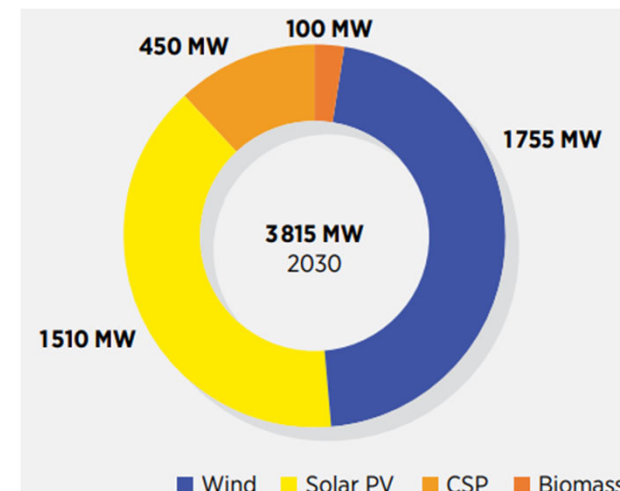
(1) 電源構成

- チュニジアは石油と天然ガスの産出国であるが、2000年以来一次エネルギーの純輸入国となっている。2020年の総発電量19,746 GWhの96%は化石燃料由来で、主に天然ガス(約60%はアルジェリア産)によるものである。この様に化石燃料による電源の占める割合が大きく、資源の海外依存度が高いことがチュニジアの大きな課題となっている。
- 電源構成における太陽光、風力、水力などの再生可能エネルギーは全体の約5.2%に過ぎず、太陽光発電は全電源構成の0.2%に留まっている。同国内の太陽光発電の豊富なポテンシャルを考慮すると開発状況は非常に低い。
- チュニジアの太陽光発電計画では、エネルギー安全保障の観点から2030年までに再生可能エネルギーの割合を電源構成の30%(合計出力3,815 MW)まで高めるとしている。



出典: STEG Annual Report 2020

図.2.11 チュニジアにおける2020年の電源構成



出典: IRENA Renewables Readiness Assessment: The Republic of Tunisia

図.2.12 チュニジアにおける2030年の再生可能エネルギー開発目標(容量ベース)

2.2. 電力

2.2.1. 電源構成、電力需給バランス

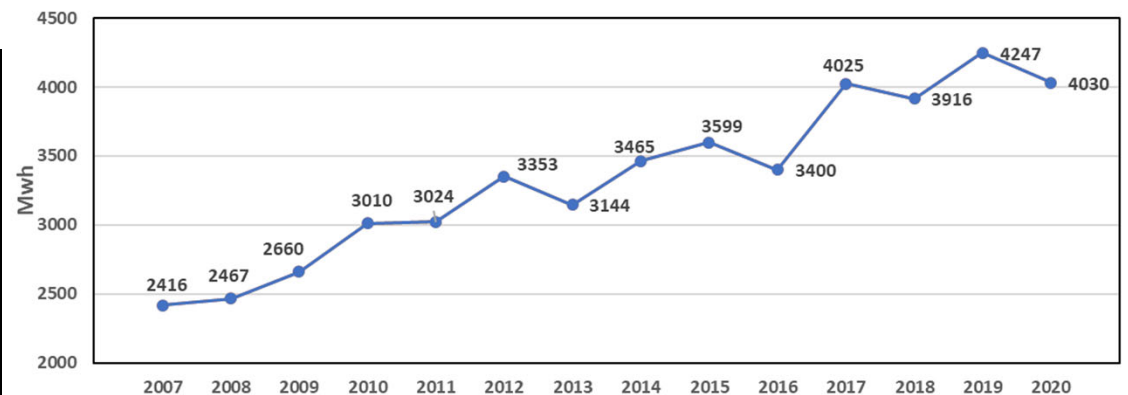
(2) 電力需要

- 電力需要については、2020年の総電力需要は19,791 GWhで、2019年の20,352 GWhに比べて約5 %需要が減少した。しかし、これはCOVID-19による経済活動停滞に起因する一時的な減少である。2011年から2017年にかけて電力需要は約2.4 %で成長していたため、COVID-19収束後は電力需要は再び増加に転じると予想されている。
- チュニジアにおける年間ピーク電力需要は、平均124 MW/年のペースで増加しており、これは年間平均成長率約4.0 %に相当する。2000年以降は住宅や商業ビルの冷房化が進み、電力需要のピーク時間帯が冬の夜間から夏の日中にシフトしている。

表.2.16 電力需要のバランス

Source of energy	Actual Demand [Mwh] in 2019	Actual Demand [Mwh] in 2020
STEG	17,007	16,163
Cathage Power Company	3,071	3,415
Third party purchases	139	164
Total of National production	20,217	19,742
Exchange +Purchase SONELGAZ	135	49
National energy injected into the HV network	20,352	19,791

出典:STEG Annual report 2020



出典: IRENA Renewables Readiness Assessment: The Republic of Tunisia and STEG Annual report 2020

図.2.13 2007-2020年のピーク電力推移

2.2. 電力

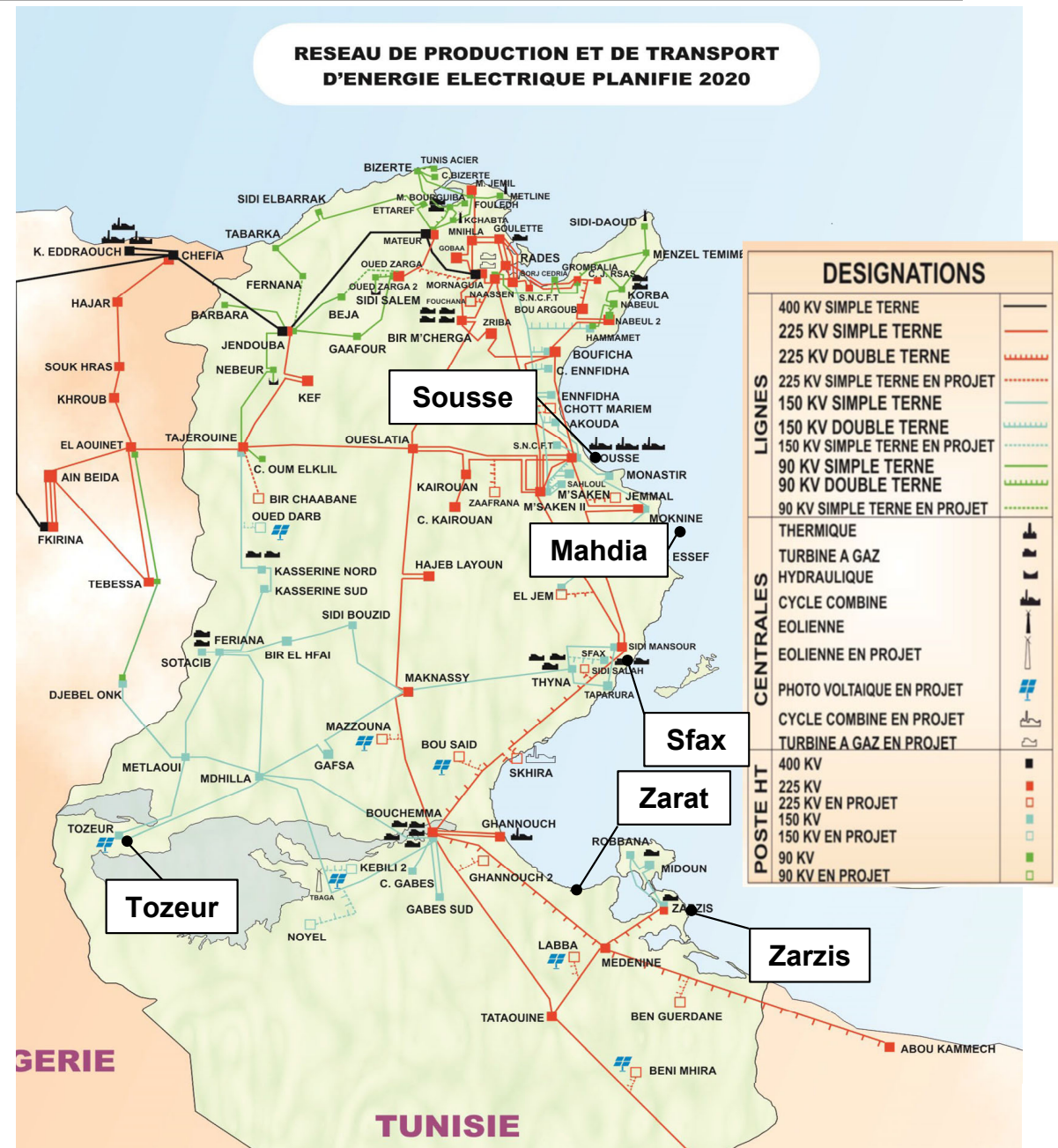
2.2.2. 送配電網の現状

■ 送電網の詳細

- 送電電圧は高圧 (HV) に分類され400 kV、225 kV、150 kV、90 kVの4つの電圧階級からなる。
- 2020年時点における送電線総延長は6,793 kmに達している。
- 2020年の送電ロスは、2.32 %であった。
- アルジェリアおよびリビアの送電網と国際連系している。アルジェリアとの電力融通を通じて国内電力システムの信頼度向上および非常時の供給力確保を行っている。リビアとの間では少量の電力融通を行っている。

■ 配電網の詳細

- 配電電圧は中圧 (MV) および低圧 (LV) に分類され、MVは30 kV、15 kV、10 kV、LVは380 Vおよび220 Vの電圧階級からなる。
- 2020年時点における配電線総延長は183,189 kmに達している。
- 2018年には電化率99.8 %に至っている。



出典:STEG

図.2.14 チュニジアの電力系統図

2.2. 電力

2.2.3. 電力セクターの関連制度、技術要件

(1) 電力託送制度

- 電力託送の概要を図2.20に示す。
- 電力託送に関連する制度は第2章2.3.3項に取りまとめる。

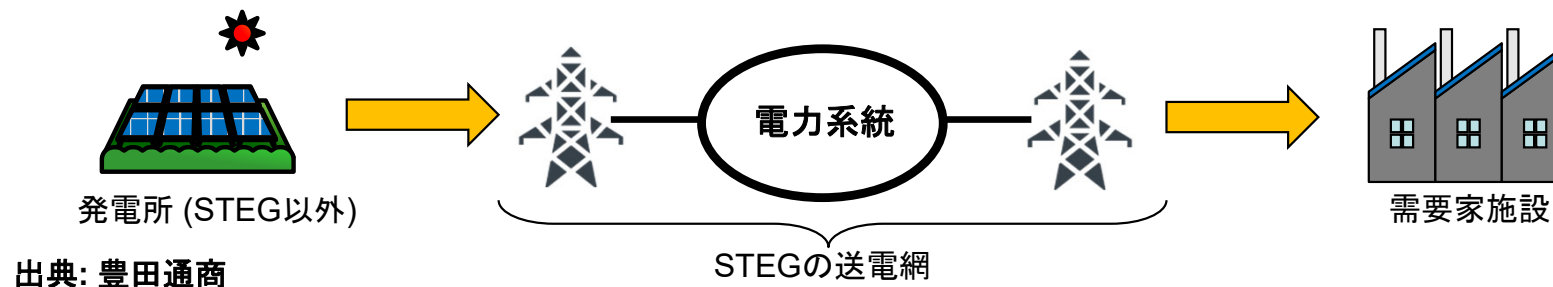


図.2.15 電力託送の概要

(2) 系統連系に関する技術要件

- 再生可能エネルギーのHVおよびMVにおける系統連系の技術要件は、2017年にチュニジアの官報によって公開された。設計段階においては、この要件を参照する必要がある。以下に設計上重要と思われる項目を抜粋する。

1) 系統連系に関する接続検討 (Chapter I)

- STEGおよび系統連系を望む申請者の両者において行う必要がある検討内容が記載されている。

例) STEG: 系統連系に要する送電線や変電設備などの詳細な構成、設備の仕様、その費用等。

申請者: 単線結線図、保護制御方法、機器諸元等。

2.2. 電力

2.2.3. 電力セクターの関連制度、技術要件

(2) 系統連系に関する技術要件

2) 系統連系を行う電圧階級 (Chapter II)

- 出力10MW以上の再生可能エネルギーの系統連系は、高圧 (HV) の送電網への接続となる。

3) 設備保護 (Chapter II.8)

- 系統事故時の電圧、電流、周波数異常に対する必要な保護について概要の記載がある。

4) 電力量計測 (Chapter II.9)

- 系統連系する者は、系統接続点に2つの電力量計 (常用/予備) を設置する必要があり、それらの設置および保守の費用は申請者の負担である。

5) 運用の際に提供するデータ (Chapter V)

- 設備容量1 MW以上の再生可能エネルギー発電所は、系統運用者であるSTEGへ運転データおよび遠隔信号を提供しなくてはならない。
- 提供の頻度はそのデータ項目によって異なる。項目および頻度を表2.20に示す。
- 再生可能エネルギーによる発電電力量予測データに関しては、エネルギーマネジメントシステム (EMS) および発電量予測を行うシステムの導入が必要になると考えられる。

表.2.17 STEGへ提供が必要な運転データ

データ項目	頻度	備考
MW, Mvar, kV, A, Wind speed and direction, Temperature, atmospheric pressure, Irradiation.	常時	テレメータ
Circuit breaker for grid connection.	常時	遠隔信号
The available capacity of renewable energy plant.	日次	-
The forecast of the wind/irradiation. The forecast of the generation from the renewable energy to be injected to the grid.	日次	-
The update of the wind/irradiation forecasts. The forecast of the generation from the renewable energy to be injected to the grid. (*1)	毎時	-

*1: 設備容量10 MW以上の施設のみ。

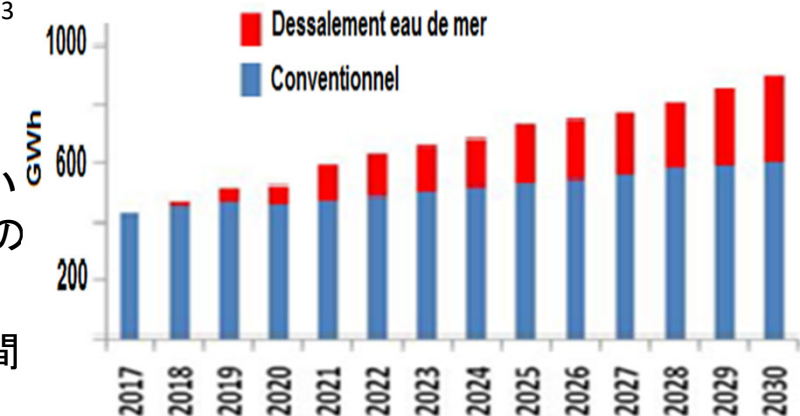
出典: official gazette of the Republic of Tunisia in 2017

2.2. 電力

2.2.4. SONEDEの電力消費の現況

(1) 概要

- SONEDEによる水供給量は、近年において年間6億4,800万m³に達している。また、電力消費量の多い海水淡水化施設（SWRO）をはじめ、複数の水供給施設の開発を進めている。
- 初のSWROは、ジェルバSWROで2018年に操業を開始した。いくつかのSWROが現在建設中であり、将来にかけて更に多くのSWROが建設される計画である。
- この様な背景から、SONEDEは電力消費量が2022年には年間600 GWhに達し、今後更に増加し続けると推定している。

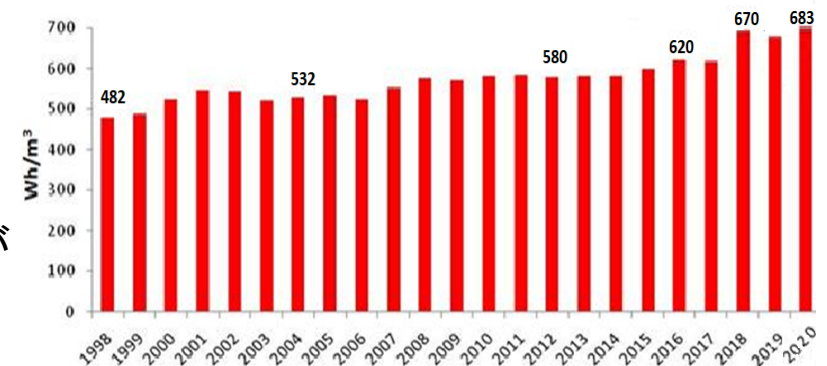


出典: SONEDE

図.2.16 電力消費の予測

(2) 電力消費の特徴

- SONEDE施設全体の単位水量m³あたりのエネルギー消費量は、2020年に683Wh/m³を記録した。一方で、ジェルバSWROにおいては、約2.6kWh/m³を消費している。
- SWROや汽水淡水化施設（BWRO）などの淡水化プラントへの依存度が高まっているため、この値は上昇傾向にありSWROが開発されるにつれて増加し続けると予想される。



出典: SONEDE

図.2.17 単位水量あたりの電力消費の傾向

2.2. 電力

2.2.5. SONEDEの再生可能エネルギー開発計画

(1) SONEDEの太陽光発電所開発計画

- SONEDEは、淡水化のための電力コストの増加を抑制するため表2.21および図2.23に示す太陽光発電所を自身で開発して所有することを計画している。リストにあるPV計画の内半数以上は、既にSTEGへの接続申請中であるが、殆どの箇所で具体的な実現可能性調査はまだ実施されていない。
- 本項では、建設中および既存のPV発電所を除く、赤枠で囲ったPV計画の発電量の推定を行う。

表.2.18 太陽光発電ポテンシャルリスト

No.	Name of plant	PV Output (MW)	Pre Application STEG	Response STEG	Grid Connection	Financer	Remarks
1	Lebna(Dam)	1 (Floating)	Not yet	Not yet	MV	*1	Dam is owned by Ministry of Agriculture.
2	Ghadir Elgoulla(Dam)	1 (Floating)	Not yet	Not yet	MV	No plan	Dam is owned by SONEDE.
3	Sfax	30	✓	Verbal	HV	No plan	
4	Kerkennah	1	Not yet	Not yet	MV	No plan	
5	Zarat	20	✓	Verbal	HV	*1	SONEDE Pre-FS done.
6	Sousse	4	✓	Not yet	MV	*1	SONEDE Pre-FS done.
7	Tozeur 1	3	✓	In writing	MV	*1	
8	Tozeur 2	35	✓	Verbal	HV	No plan	SONEDE Pre-FS done.
9	Gafsa	2	✓	In writing	MV	*1	SONEDE Pre-FS done.
10	Meknassy	4	Not yet	Not yet	MV	*1	SONEDE Pre-FS done.
11	Mahdia	To be studied	To be studied	To be studied	To be studied	To be studied	Maybe executed beside the desal.
12	Total	101 + α	-	-	-	-	
13	Matmata	2.2	✓	Not yet	MV	-	Under Construction (Financer has not been yet determined.)
14	Chottfejjij	0.5	✓	Verbal	MV	-	Under Construction (Financer has not been yet determined.)
15	Ben Gardane	0.2	Operational		MV	JICA	Existing
16	Ben Gardane	0.4	unknown	unknown	MV	-	Under expansion
17	Total	3.3	-	-	-	-	

*1:ドナーと資金協力について予備的協議進行中

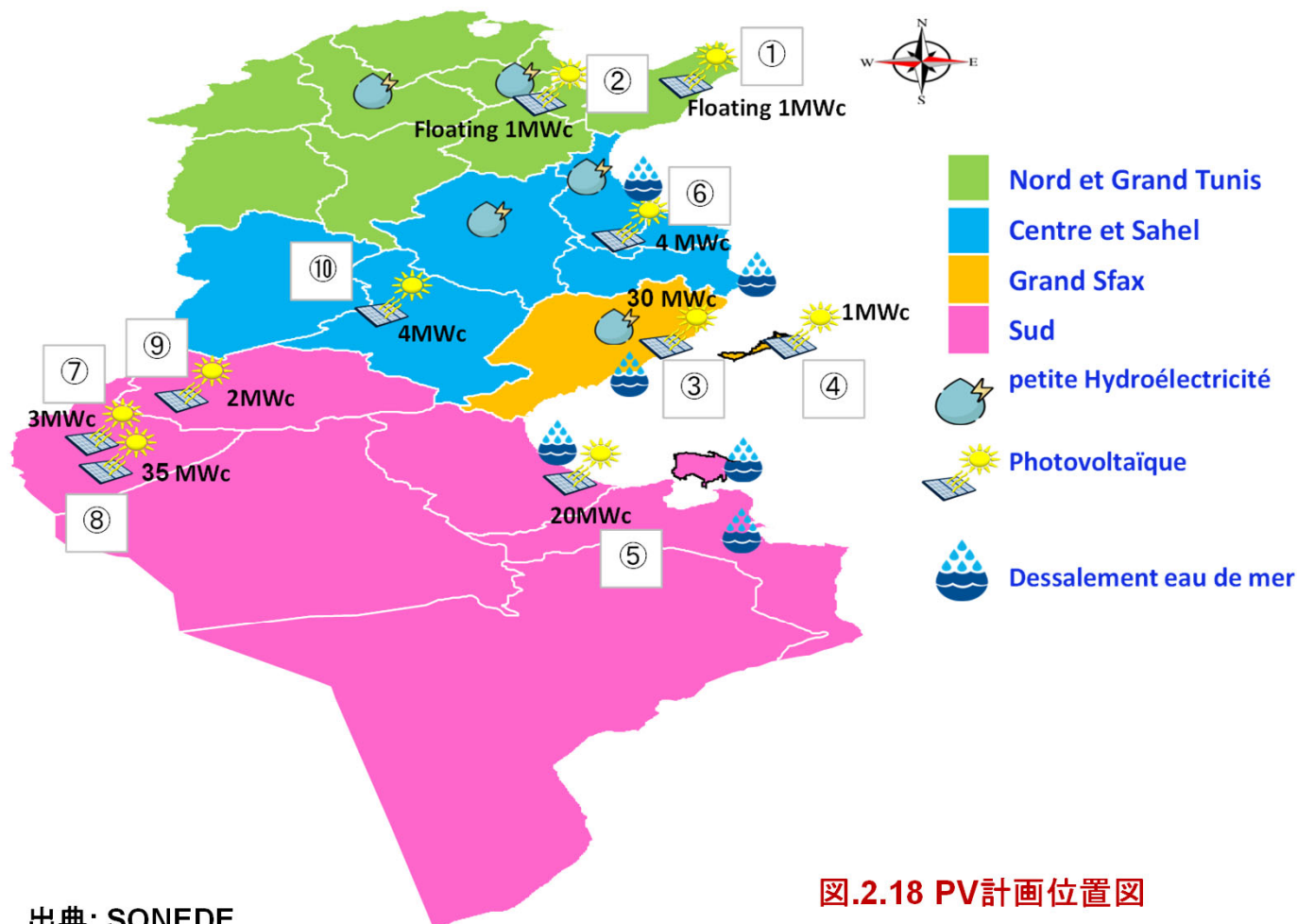
出典: SONEDEの情報を基に豊田通商作成

2.2. 電力

2.2.5. SONEDEの再生可能エネルギー開発計画

(1) SONEDEの太陽光発電所開発計画

- 建設中および既存のPV発電所を除くPV計画の位置は、図2.23に示す通りである。



No.	Site
1	Lebna(Dam)
2	Ghadir Elgoulla(Dam)
3	Sfax
4	Kerkennah
5	Zarat
6	Sousse
7	Tozeur
8	Tozeur
9	Gafsa
10	Meknassy

図.2.18 PV計画位置図

出典: SONEDE

2.2. 電力

2.2.5. SONEDEの再生可能エネルギー開発計画

(2) PV計画の発電電力量推定

- 各PV計画の発電電力量の推定には、Global Solar Atlas (GSA)を用いる。
- GSAは、Solargis社(世銀グループによる資金提供)によって開発および運営されている発電電力量推定ソフトウェアである。日射量や気象パラメータの高解像度なグローバルデータベースを適用しており、GSAには発電電力量を推定するための次の主な機能がある。
 - ・ 太陽光発電のタイプ(小規模住宅、中規模商用、大規模地上設置または水上設置型)に基づいて発電電力量を推定可能。
 - ・ PVモジュール(水上設置型除く)の最適傾斜角の提供。
 - ・ 損失の考慮(汚れ、DC配線損失、ミスマッチ損失、ダウンタイム損失等)。
 - ・ ポテンシャルマップおよび発電量推定レポートの出力。

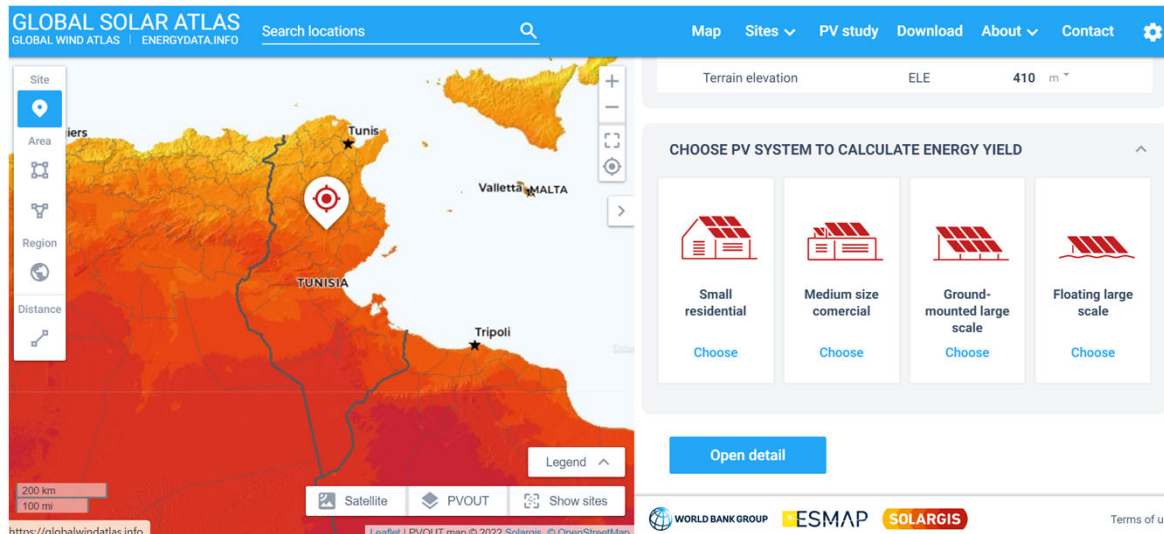


図.2.19 GSAソフトウェアの操作画面(参考)

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

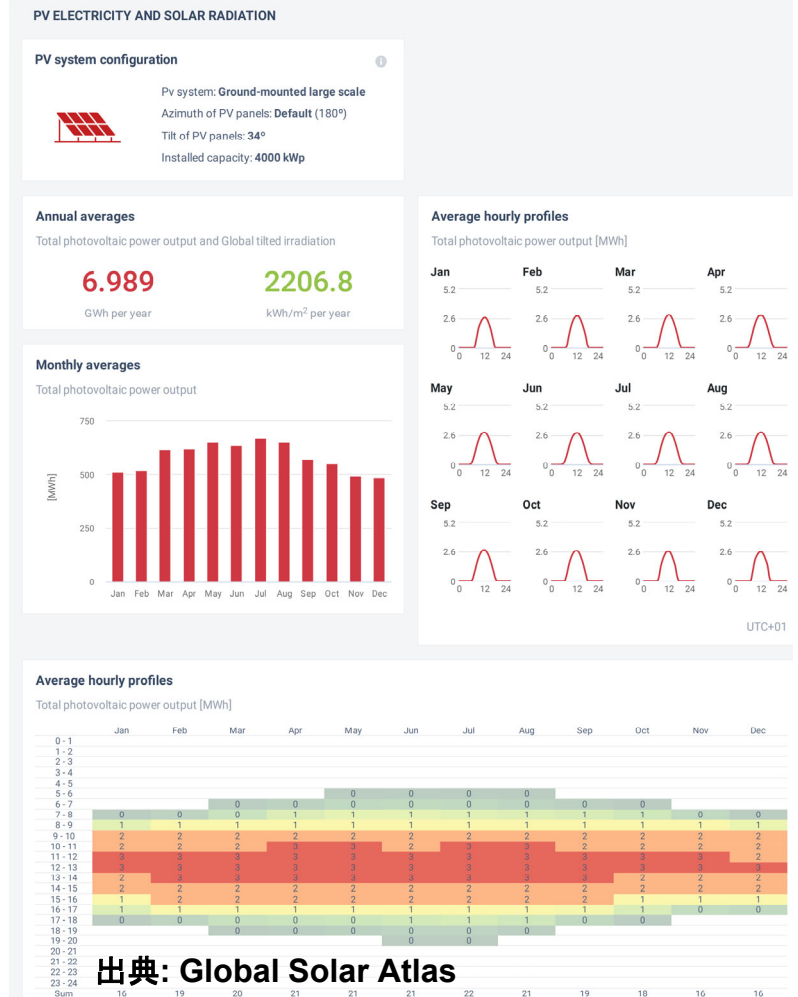


図.2.20 発電量推定レポート(参考)

2.2. 電力

2.2.5. SONEDEの再生可能エネルギー開発計画

(2) PV計画の発電電力量推定

- 各PV計画の発電電力量推定結果概要を表2.19に示す。

表.2.19 各PV計画の発電電力量推定結果概要

No.	Site	Type	Location		PV Capacity[MW]	Optical tilt ^{*1} [°]	Capacity Factor ^{*2} [%]	Estimated PV generation per year [GWh]
			North	East				
1	Lebna(Dam)	Floating	36° 44'28"	010° 55'01"	1	31(11)	16.08	1.41
2	Ghadir Elgoulla(Dam)	Floating	36° 46'59"	010° 03'36"	1	32(11)	15.83	1.39
3	Sfax	Ground-mounted	34° 35'29"	010° 35'56"	30	32	19.63	51.58
4	Kerkennah	Ground-mounted	34° 43'14"	011° 12'01"	1	32	19.85	1.74
5	Zarat	Ground-mounted	33° 39'56"	010° 20'55"	20	33	20.24	35.455
6	Sousse	Ground-mounted	35° 33'20"	010° 30'58"	4	33	18.89	6.62
7	Tozeur	Ground-mounted	33° 56'50"	007° 49'58"	3	36	20.33	5.34
8	Tozeur	Ground-mounted	33° 36'21"	007° 56'22"	35	34	20.15	61.78
9	Gafsa	Ground-mounted	34° 13'08"	008° 19'30"	2	35	20.27	3.55
10	Meknassy	Ground-mounted	34° 38'30"	009° 36'36"a	4	34	19.95	6.99
Total estimated PV generation per year [GWh]								175.85

出典: GSAを用いて豊田通商作成

*1) 地上設置型太陽光の発電電力量推定には、最適PVモジュール傾斜角を適用した。水上設置型PVについては、一般的に流通しているフロートの構造および仕様による制限があるため、国立再生可能エネルギー研究所(NREL)が提供する水上設置型PVの典型的な傾斜角である11°を適用した。

*2) 設備利用率(Capacity factor)は、最大出力に対する年間発電量の比率である。

2.2. 電力

2.2.5. SONEDEの再生可能エネルギー開発計画

(2) PV計画の発電電力量推定

- 表2.22の地上設置型PVの平均設備利用率は、19.9 %であり、チュニジアの地上設置型PVの平均設備利用率19.4 %を上回っている。^{*1}
- 上記の理由は、チュニジアの中でも日射量の高い南部に地上設置型PVの計画地が多く点在しているためと推察される。
- 一報、表2.22の水上設置型PVの平均設備利用率は、16.0 %であり、チュニジアの地上設置型PVの平均設備利用率である19.4 %よりも低い。
- これは次に示す事項が理由と推察される。
 - ・ 水上設置型PVの計画地は、チュニジアの中でも日射量の低い北部に位置している。
 - ・ 水上設置型PVの場合、フロートの構造上の制限によりPVモジュールの傾斜角は、最適角よりも低く設定する必要があるため。

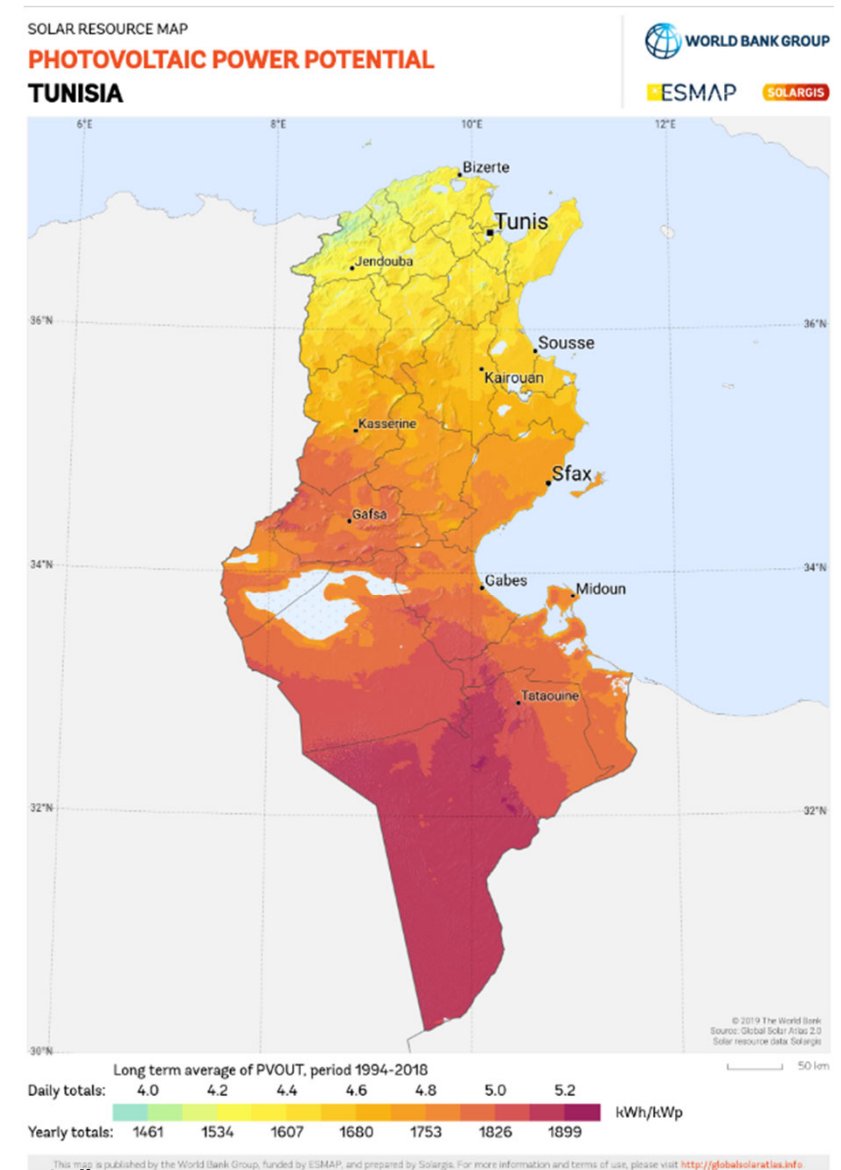


図.2.21 太陽光ポテンシャルマップ

2.3. ビジネスモデル

2.3.1. 経済・財政状況

(1) 概況 ※

- 従来より、チュニジア国は慢性的な財政・対外不均衡、債務増加、非効率な国有企業による偶発債務に起因する脆弱性を抱えていた。これらは2020年初頭からのCOVID-19感染拡大により悪化してきた。
- さらに、現在の世界経済の鈍化とウクライナ戦争以降の商品価格の高騰により、チュニジアの成長は短期的に減速し、商品価格の上昇は対外・財政収支をさらに圧迫する可能性がある。

表2.20 チュニジア国経済指標 (2018-2022)

経済指標	2018	2019	2020	2021	2022
インフレ率(消費者物価平均)	7.3%	6.7%	5.6%	5.7%	8.1%
実質GDP成長率	2.5%	1.4%	-8.7%	3.3%	2.2%
経常収支(対GDP比率)	-10.4%	-7.8%	-5.9%	-6.1%	-9.1%
一般政府総債務(対GDP比率)	74.8%	69.0%	82.8%	81.8%	88.8%

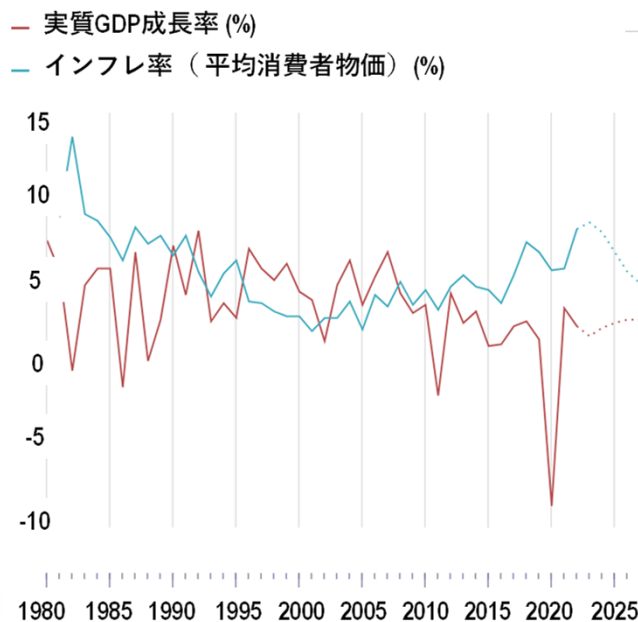


図.2.22 実質GDP成長率とインフレ率

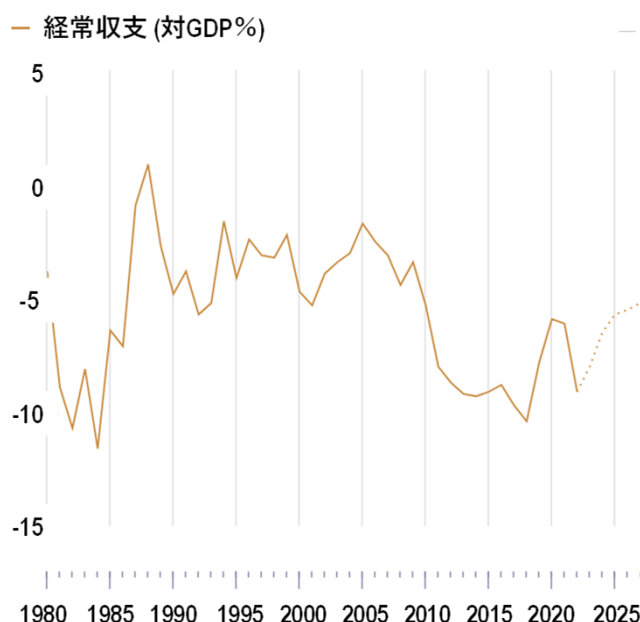


図.2.23 経常収支

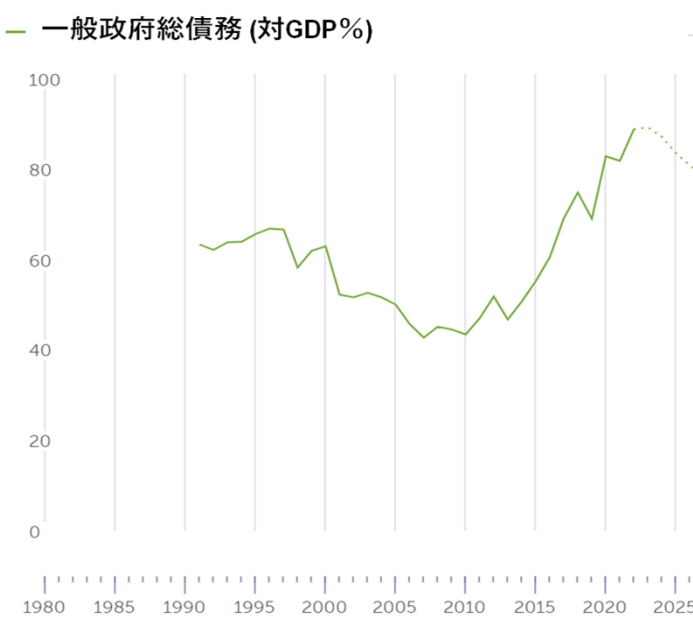


図.2.24 一般政府総債務

※ 本項の出典: IMF Article IV Consultation Staff Report (2021年2月), IMF DataMapper (2022年10月), IMFプレスリリース (2022年10月15日)

2.3. ビジネスモデル

2.3.1. 経済・財政状況

(2) IMFによる財政支援(Extended Fund Facility)の供与 ※

- 最近の厳しい経済状況と財政問題を受け、2022年7月にIMFミッションが実施され、一連の協議を経て、チュニジア国政府とIMFは10月中旬にスタッフレベルの合意に達し、IMFによる約19億米ドルのExtended Fund Facility(EFF)を供与し、48か月のアレンジメントでチュニジア国の経済政策を支援することとなった。
- IMFのファシリティは、政府がコミットしている以下の改革努力を支援することとしている。
 - ・ (a) 公務員賃金支出を抑制し、(b) 低所得層に適切な保護を提供しつつ一般物価補助金を段階的に廃止することにより、支出を抑え社会支援のための財源を確保する。
 - ・ 社会的セーフティネットを強化し、低所得層が被る物価上昇の影響を補填する。
 - ・ 新しい国有企業(SOE)法の制定をはじめ、国有企業の改革を行う。
 - ・ 投資インセンティブの合理化・簡素化により、競争を強化し、投資家にとって透明で公平な競争の場を創出するための構造改革を強化する。
 - ・ 改革ロードマップを確立するための包括的なガバナンス診断を含め、公共部門におけるガバナンスと透明性を強化する。
 - ・ 再生可能エネルギー、土地・水管理、海岸線、農業、健康、観光を守るための施策への投資を促進し、気候変動への適応力・レジリエンスを強化する。
 - ・ 高騰・加速するインフレに対し、国民の購買力を保護する。(チュニジア中央銀行は、マクロ経済安定を強化するための金融引き締めに着手している)

※ 本項の出典:IMFプレスリリース(2022年10月15日)

2.3. ビジネスモデル

2.3.1. 経済・財政状況

(3) 本事業に対するインプリケーション

1) 開発金融機関(DFIs)からのソブリン融資

- IMFファシリティの支援を受けることで、現在の対外・財政不均衡が緩和され、IMFの厳重な監視の下、国際的なコミットメントとして政府の改革努力が強化される。
- IMFファシリティに続いて、世界銀行やJICAなどの支援機関から、共通の政策マトリックスを適用して、財政安定と社会的支援を強化するための開発政策ローン(Development Policy Loan:DPLs)が実施される可能性が高い。
- これらの資金援助により、開発金融機関は、チュニジア国に対するそれぞれの開発援助戦略に従って、**新規プロジェクトローンの検討とコミットメントを再開することが可能となる。**

2) 再生可能エネルギーへの投資促進

- 今後、産業・鉱山・エネルギー省(MIME)は、再生可能エネルギー市場の自由化に向けて、STEG送電の契約条件、送電料金設定等、**再生可能エネルギー発電への民間投資を促進するための制度整備をさらに進める方向にあると考えられる。**

3) 国有企業改革

- 改革の一環として、国有企業、特にSTEGの機能と財務管理は、国民へのサービス提供を確保し、インフラ投資を促進するために、さらなる改革が行われるものと考えられる。これらの公共サービス料金(エネルギー、水等)は、よりコストに見合った水準に改定される可能性が高い。
- 政府は、国営企業の対外債務と財政収支の目標を維持するために、新規インフラプロジェクトの実施については民間投資をより活用していく方向性にあり、国有企業のためにソブリン借入を行うことについては、従来より慎重になることが考えられる。

※ IMF支援で設定される条件の具体的内容については、今後予定されるIMF理事会の承認後に開示される情報を待つ必要がある。

2.3. ビジネスモデル

2.3.2. 開発金融機関(DFIs)のインタビュー結果概要

(1) 公共投資プロジェクトに対するソブリンローンについて

非公開情報

2.3. ビジネスモデル

2.3.2. 開発金融機関(DFIs)のインタビュー結果概要

(2) 民間投資プロジェクトに対するDFIs融資について

非公開情報

2.3. ビジネスモデル

2.3.3. インフラ整備にかかる制度・法令

(1) 再生可能エネルギー発電法の自家消費制度

1) 予備的な法制度レビューの結果概要

- 法令改正前、法律第2015-12号と政令第2016-1123号により定められた「自家消費制度」においては、電力消費者と発電主体が同一事業者であることのみが認められていた（例：SONEDEが自ら再エネ発電を行い、SONEDE施設に電力供給する）。
- 法律第2019-47号による同制度の改正により、プロジェクトカンパニーを設立し、再エネ発電を行い消費者に売電する形態も認められることになった（例：民間デベロッパーがプロジェクト・カンパニーを設立し、SONEDE向けに発電・売電を行う）。
- さらに、政令第2016-1123号は政令第2020-105号により改正され、第三者である民間デベロッパー（Project Owner）の出資によるプロジェクト・カンパニー設立を認める要件が定められた。同政令によれば、電力自家消費を行う消費者（例：SONEDE）も出資参加し、プロジェクト・カンパニー資本金の一部を負担することが求められる。
- また法令では、消費者（SONEDE）が保有しなければならないプロジェクト・カンパニーの最低株式比率は明記されていない。
- つまり、最新の法令では、SONEDEの自家消費太陽光発電プロジェクトについて、第三者の民間投資による合弁事業として実施することが可能であり、本プロジェクト実施の有力な選択肢のひとつと考えられる（例：公共投資による海水淡水化事業、民間投資による太陽光発電事業の実施）。

なお現状、このプロジェクト・カンパニー方式の自家消費スキームによる再エネ発電について、需要施設にSTEG送電網を用いた電力託送を行うための標準送電契約を規定するMIME省令は検討中であるが未承認であり、また電力託送料金（送電コスト）の設定も未承認であるため、この新スキームを実施するための法令整備の完成は、これら省令の承認を待つ必要がある。そのため、現在のところ、この制度を活用した前例事業も存在していない。

2.3. ビジネスモデル

2.3.3. インフラ整備にかかる制度・法令

(1) 再生可能エネルギー発電法の自家消費制度

2) 自家消費制度の内容

非公開情報

2.3. ビジネスモデル

2.3.3. インフラ整備にかかる制度・法令

(2) 公共投資プロジェクト実施における公共調達の枠組み

- 政府機関がソブリンローンによる資金支援を受けて実施する公共投資プロジェクトの調達は、主に公共調達規則（政令第2014-1039号）及び各ドナーの調達ガイドライン（例：我が国円借款におけるJICA調達ガイドライン（2012年4月））に基づいて実施される。
- これらの融資プロジェクトの調達に関しては、国際競争入札の手順が十分確立されている。また、SONEDEはJICA円借款によるスファックス海水淡水化事業の経験を有している。

(3) 民間投資プロジェクト実施におけるコンセッション・PPP制度

- チュニジア国では、公共インフラへの民間投資を実施する制度として、(a)コンセッション（法律第2008-23号）および(b)Public-Private Partnership（PPP）（法律第2015-49号）の2つがある。
- コンセッションとPPPの主な相違
 - コンセッション：公共インフラサービスの対価となるサービス料金・報酬は、契約公共機関（例：農業省）とは別の利用者（例：SONEDE）から徴収される。
 - PPP：契約公共機関（例：SONEDE）がサービス料金・報酬を負担する。

Contrat Concession	Contrat PPP
Personne Publique / Personne privée ou publique	Personne Publique / Personne privée
La Gestion d'un service public ou l'utilisation et l'exploitation des domaines ou des outillages publics. La réalisation, la modification ou l'extension des constructions, ouvrages et installations.	Le financement, la conception, la réalisation ou la transformation; la maintenance, l'exploitation ou la gestion d'ouvrages ou d'équipements ou d'infrastructures ou de biens immatériels nécessaires pour assurer les besoins de la personne publique.
Rémunération perçue sur les usagers	Contrepartie payée par la personne publique

出典：IGPPPウェブサイト

図.2.25 コンセッション契約とPPP契約の比較

2.3. ビジネスモデル

2.3.3. インフラ整備にかかる制度・法令

(4) コンセッション制度の概要

- PPP制度と理論的な相違があるものの、これまでのインフラプロジェクトの多くはコンセッション契約に基づいて実施されている。これは、歴史の浅いPPP制度と比較して、コンセッション制度の方が、関連する施行法令を含む法的根拠が確立されており、政府や民間の実務家が参考にできる多くのプロジェクト事例が国内で実施されてきたことが理由である。
- 調査団が現地の法律事務所へインタビューしたところでは、チュニジア国のプロジェクト組成において、PPP制度とコンセッション制度はほぼ互換性があり、コンセッションでは契約公共機関（例：農業省）と利用者・オフテーカー（例：SONEDEなど）が分離されていなければならないにもかかわらず、契約公共機関（農業省）はオフテーカー（SONEDE）に権限を委任できるため、オフテーカー（SONEDE）がコンセッション契約の契約公共機関となりうるとのことである。
- 本プロジェクト実施において実際に適用可能な制度・方式については、プロジェクト計画にかかる次段階の調査でさらに詳細な検討が必要である。

表2.22 コンセッション制度の概要

項目	概要	法的根拠
適用可能なセクター	・ コンセッション法（法律第2008-23号）は、海水淡水化、再生可能エネルギー発電を含むすべてのインフラ・セクターを対象としている。	法律第2008-23号 法律第2019-47号
プロジェクトの政府承認	・ 専門機関であるInstance Générale de Partenariat Public Privé (IGPPP) がフィージビリティ・スタディ報告書等をレビューし、意見を報告する。 ・ MOF、IGPPP 等の参加を得て、ライン省庁にコンセッションプロジェクト常設委員会が設置され、プロジェクトとその調達プロセスの承認・監督を行う。	政令第2020-316号
調達	・ コンセッション契約の調達は、一般競争入札または事前資格審査(PQ)付き競争入札のいずれかで実施される。	政令第2020-316号
政府支援策	・ 政府支援として、IGPPPによるプロジェクト調査への技術協力がある。	政令第2020-316号
民間発案案件 (Unsolicited bid)	・ 民間による事業提案が民間発案(unsolicited bid)として承認された場合、提案者は入札評価で20%のボーナスを得る。直接交渉は、極めて限られた場合にのみ許可される。	政令第2020-316号

出典：IGPPPウェブサイトおよび関連法令

2.4.財務分析

2.4.1. 前提条件

- 為替レート: 1 USD= 3.0685 TND (January 30, 2023) 出典: **Central Bank of Tunisia**
- インフレ率:

表.2.23 インフレ率の予測

2022	2023	2024	2025	2026	2027
8.079%	8.489%	7.856%	6.723%	5.456%	4.801%

出典: International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Database, October 2022

2.4.2. 水道料金と平均料金

- 水道料金を表2.2に示す。

表.2.24 水道料金

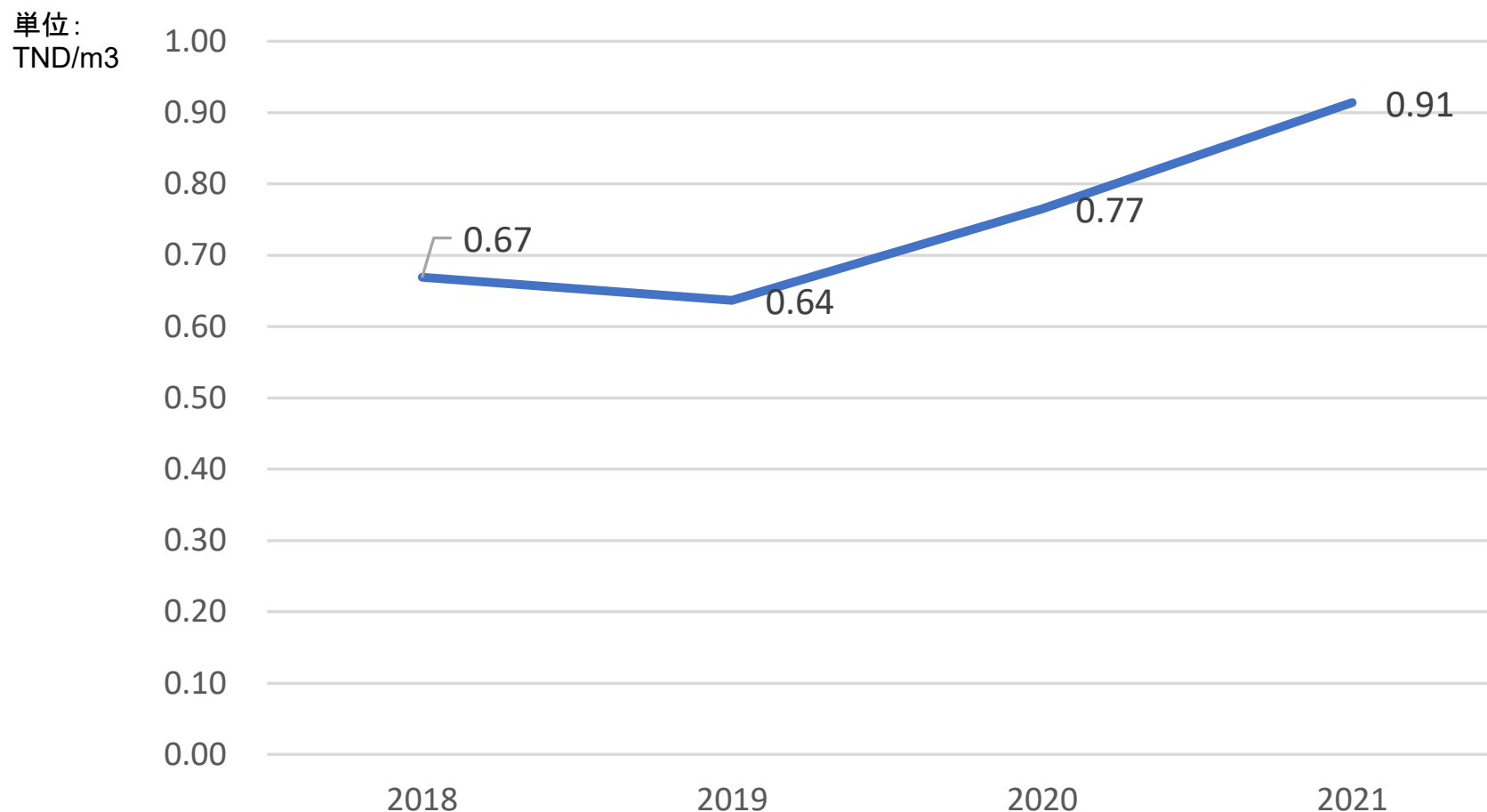
基本料金		従量料金	
口径 (mm)	TND/3か月	使用水量 (m3/3か月)	TND/3か月
15	9	0-20	0.2
20	16	21-40	0.665
30	29.8	41-70	0.81
40	54.5	71-100	1.12
60-80	138.7	101-150	1.29
100	223.7	151+	1.62
150	581.3		

出典: SONEDE

2.4.財務分析

2.4.2. 水道料金と平均料金

- 水道料金を表2.2に示す。2018～2021年の平均水道料金を図.2.25に示す。2019年に少し下がったものの、2018年から2021年にかけて37%増加している。この期間の物価上昇(約20%)を考慮すると、増加率は比較的高い。



出典: SONEDE

図.2.26 平均水道料金

2.4.財務分析

2.4.3. SONEDEの財務状況

- SONEDEの財務諸表(損益計算書、貸借対照表、キャッシュフロー)は公表されていないため、現在の財務状況を評価することは困難である。
- JICA報告書(2015)によると、総資産利益率(ROA)は-2%、流動性(資金繰り)は105%、自己資本比率は63%であり、自己資本比率によると経営は安定しているが、収益性と流動性が低い。

出典: JICA (2015)「チュニジア国スファックス海水淡水化施設整備事業準備調査」

2.4.4. 財務分析の手法

- 財務分析は本事業で提案するビジネスモデルに基づき、実施した。海水淡水化事業と太陽光発電事業の財務的内部収益率(FIRR)とEquity IRR(配当利回り)を算出した。
- FIRRは実施機関にとっての事業の収益率を示す。
- Equity IRRは民間投資家にとっての収益性を示す。

2.5.環境社会配慮制度・組織

2.5.1. チュニジアにおけるEIA 手順と組織体制

(1) EIA手順

- 事業の環境影響評価 (EIA) の実施要領は、2005 年 7 月11 日発令の政令第2005-1991号によって定められている
- (なお、政令第2005-1991号は現在改訂中であり、本事業の EIA 調査を実施するタイミングでEIAの実施要領が変更される可能性があることに留意が必要である)
- 政令第2005-1991号の Annex1 によると、海水淡水化事業は「カテゴリー B」に分類される。これは、環境に重大な影響を与える大規模プロジェクトであり、環境管理計画 (EMP) を含む詳細な EIA 調査が必要となる。

(2) 組織体制

- EIA調査の窓口となるのは組織である環境保護庁: ANPE である。ANPEは、環境・持続可能な開発省の下に1992 年に設立されたの公的機関であり、EIA 調査の承認、開発事業に対して環境許可を発行する権限を持っている。EIA 調査は中央レベルで審査されるが、地方事務所によって各地の環境・社会状況が加味された審査体制となっている。
- ANPEの他、APAL (沿岸管理保護庁)、DGPA (漁業および農業総局)、DGSAM (航空および海事サービス総局) などの機関も、EIAの運営委員会の一員となり、EIA 評価プロセスに参加する事が想定される (次スライドを参照)。

2.5.環境社会配慮制度・組織

2.5.2. EIAの実施手順

(1) 政令第2005-1991号に記載された手続き

- 事業実施主体は、政令による事業分類に従って EIA 調査を実施する必要がある。
- カテゴリ B のプロジェクトの場合、EIA 報告書の評価には約 3 か月要する事が想定される。

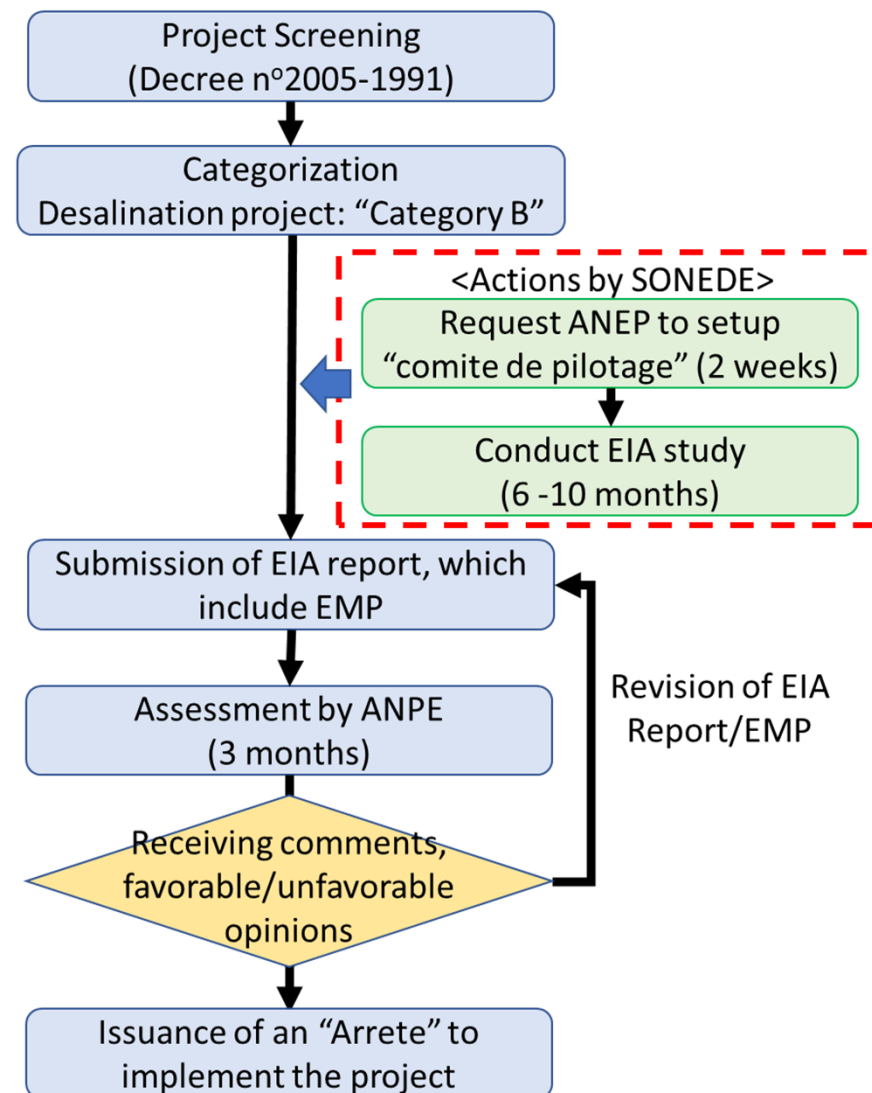
(2) SONEDEの経験に基づく実施手順

SONEDEによると、既存の海水淡水化事業の実施の際には、以下の手順でEIA が実施されている。

- EIA 調査は、概念設計後に SONEDE が雇用する環境コンサルタントによって実施される。
- SONEDE は ANEP に、環境影響調査を監督し、指導する「comité de pilotage」(運営委員会)を設立するよう要請する。
- 運営委員会は通常APAL、DGPA、DGSAM、および環境省の他の関連部署によって構成される。

(3) 太陽エネルギーコンポーネントの影響評価

- 300MW 未満の発電施設については EIA 調査は必要はないが、「簡易環境情報シート :chaier des chartes」を提出する必要がある。



出典:政令及び SONEDE 資料を基に豊田通商が作成

図.2.27 EIA海水淡水化事業を行う場合の手続きと環境許可

2.5.環境社会配慮制度・組織

2.5.3. 政令第2005-1991号以外の環境関連法令及び基準

- 既存の海水淡水化事業の EIA報告書等から抽出した主な関連法令及び基準を下表に示す。また、実際に事業を実施する際には、これらチュニジアの規制や基準に加えて、国際基準や条約も考慮する必要がある。

表2.25 環境関連法令及び基準

法令・基準	内容と備考
環境配慮	
1975 年 3 月 31 日発令 法令第 75-76 号 2001 年 11 月 26 日発令 法令第 2001-116 号	チュニジアのすべての水に関連する事業の実施を規定する水法。人口の増加する水需要に対応し、希少資源を保全することを目的としている。
1995 年 7 月 17 日発令 法令第 95-70号	水と土壌の保全を目的とした法令。
1996 年 4 月 3 日発令 法令第96-29号	海洋汚染に対する国家緊急介入計画を制定する法令。
1996 年 6 月 10 日発令 法令第96-41号	固形廃棄物の排出及び管理に関する法令
1992 年 8 月 3 日発令 法令第92-72 号	植物の保護及び農薬使用に関する法令
2006 年 7 月 19 日発令 農業水資源省省令	希少生物及び絶滅の危機に瀕している野生動植物のリストを更新する省令
社会配慮関連(用地取得含む)	
2003 年 4 月 14 日発令 法令第2003-26 号	(法律第 76-85 号を修正、補足する法律を含む) 公共の利益のための用地および財産の収用について規定
1986 年 5 月 9 日発令 法令第86-35 号	考古学的遺産の保護を目的とする法令
排出基準	
NT106-002(1989)	工場等からの排水水質基準
NT 09.11 (1983)	欧州共同体の基準に基づいた水質基準

出典) SONEDE作成の EIA 調査報告書等を基に調査団作成

- 調査の結果、SONEDE は複数の案件において海水淡水化事業の EIA 手続き申請と環境許可の取得経験を有し、新規プロジェクトのEIA 調査に対応可能な知見があると評価される



3. 海水淡水化及び再生可能 エネルギーの事業計画

3.1. 海水淡水化事業の計画

3.1.1 海水淡水化プラントの開発計画

(1) 新設海水淡水化プラントの開発計画におけるキーポイント

新設海水淡水化プラント

- 2050年を目標にして水源開発計画を作成する。新設する海水淡水化プラントの容量は、現在のチュニジアにおける厳しい財政状況を考慮し、最低限の需要を満たすためにシナリオ1を基に計画する。
- チュニジアの現状を考えると、いま計画されているダム、浄水場以外に表流水や地下水からの淡水は増えないと想定し、今後は海水淡水化プラントで増加する需要をまかなう。
- SONEDEとの一連の協議の結果、SONEDEは中部地域のMahdia及び南部地域1のZarzisに海水淡水化プラントを建設する意向であることが明らかとなった。
 - Mahdia海水淡水化プラントは、主にMahdia市とMonastir市に水を供給し、北部地域からの水も消費している中部地域全体の水需給バランスの不足を軽減あるいは解決するものである。
 - Zarzis海水淡水化プラントは、主に南部地域1であるZarzis市とBen Guerdane市に水を供給し、南部地域1の全体の水不足を軽減あるいは解決するものである。これに加え、Medenineに位置するRagoubaの地下水をSONEDEが利用することにより、南部地域2における水不足の軽減を可能とする。

新設海水淡水化プラントのその他の水道水源利用への影響

- SONEDEは南部地域1におけるRagouba地下水の水量を、Zarzis海水淡水化プラントの整備後に17.6 MLDから1.7 MLDまで低減し、その差分である15.9 MLDを南部地域2において利用することとしている

本調査における提案

- 本調査では、Ragoubaの地下水は全量である17.6 MLDを南部地域1ではなく南部地域2で使用するとし、南部地域1の需要はZarzis海水淡水化プラントのみで満たすことを提案する。
- 検討の結果、南部地域1は需要に対して余裕があり、南部地域2は常に水不足となることが分かった。そのため、南部地域1と南部地域2を含めた南部地域統合した需給バランスで新設海水淡水化プラントの開発計画を行うことを提案する。

3.1. 海水淡水化事業の計画

3.1.1 海水淡水化プラントの開発計画

(2) 中部地域の開発計画

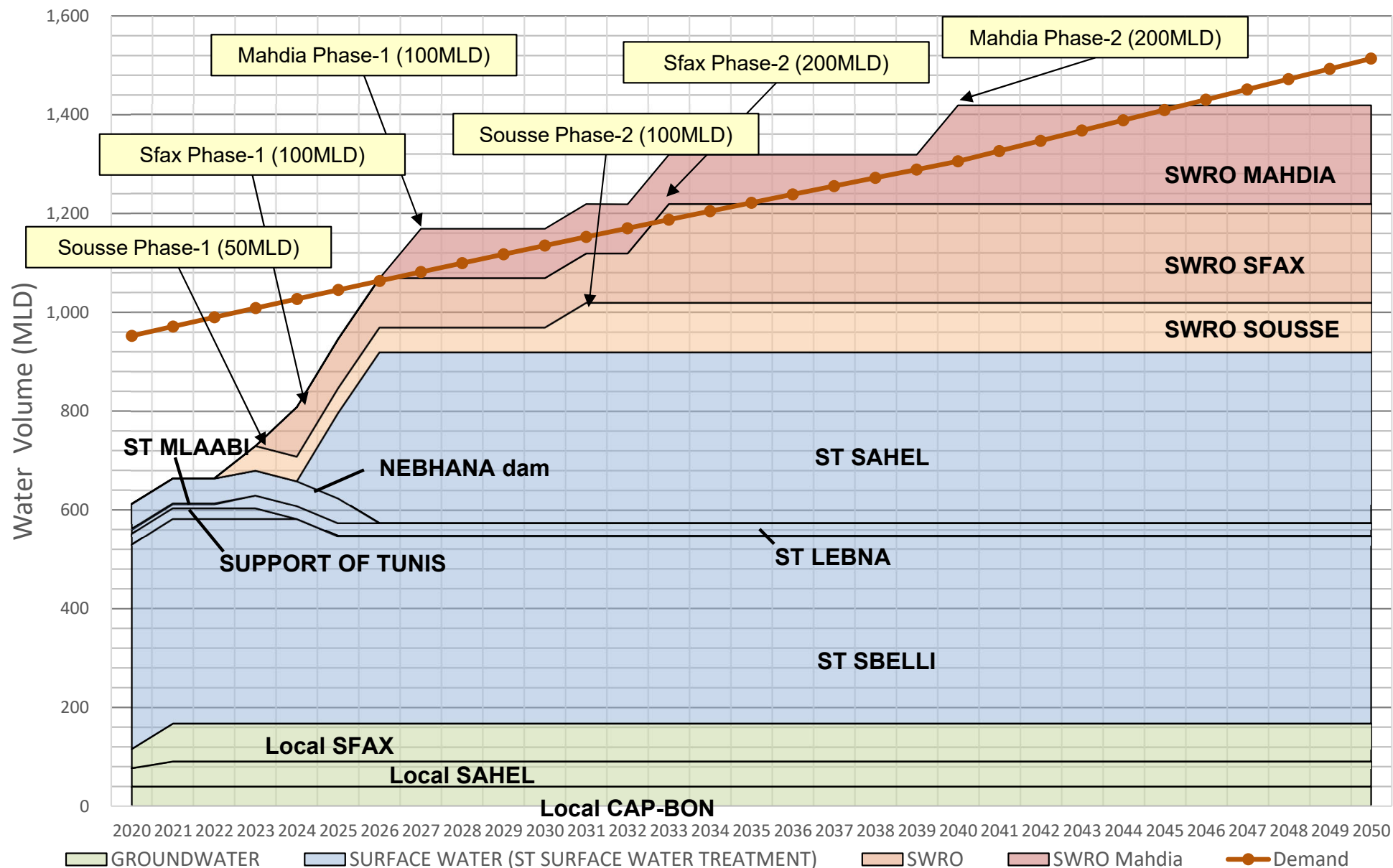
- 2027年以降の水不足に対応するために、Mahdia SWROのプラント容量は200 MLD x 2 (25 MLD x 8)と、将来の需要増加に伴う拡張を可能とする計画とする。
- 両シナリオにおいて、2027年に100 MLDの能力を有するプラントを稼働させ、2040年に200 MLDに拡張する。
- Sousse, Sfax, Mahdiaの海水淡水化プラントは水需給の不足量に応じて3プラント同様の稼働率とする。
- 2045年までは需要を満足しているが、2046年以降に水不足が発生し、2050年では需給率は97.3%となる。
- 2050年までの需要を満たすためには、追加のプラントが必要となる。

表.3.1 中部地域におけるMahdia SWROの有無を考慮した水需給バランスと生産水量予測 単位: MLD

Scenario 1	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1239	1255	1272	1289	1306	1327	1347	1368	1389	1410	1431	1451	1472	1493	1514
Supply	612	664	664	730	808	947	1064	1017	1027	1038	1049	1075	1087	1120	1133	1146	1159	1171	1184	1197	1151	1164	1176	1188	1201	1213	1219	1219	1219	1219	1219
Shortage without Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-279	-219	-99	0	-65	-72	-79	-86	-78	-83	-67	-71	-76	-80	-84	-88	-92	-155	-163	-171	-180	-188	-196	-212	-232	-253	-274	-295
Mahdia SWRO	0	0	0	0	0	0	0	65	72	79	86	78	84	67	71	76	80	84	88	92	155	163	171	180	188	196	200	200	200	200	200
Rate of SWRO Operation	-	-	-	100%	100%	100%	96%	65%	72%	79%	86%	78%	84%	67%	71%	76%	80%	84%	88%	92%	77%	82%	86%	90%	94%	98%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-279	-219	-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	-32	-53	-74	-95
Scenario 1	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1239	1255	1272	1289	1306	1327	1347	1368	1389	1410	1431	1451	1472	1493	1514
Supply	612	664	664	708	808	947	1064	1013	1021	1028	1036	1062	1071	1107	1118	1129	1139	1134	1126	1119	1108	1104	1096	1088	1081	1073	1066	1058	1050	1043	1035
Shortage without Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-300	-219	-99	0	-69	-79	-89	-99	-91	-99	-81	-87	-93	-99	-122	-146	-170	-198	-223	-251	-280	-308	-337	-365	-393	-422	-450	-479
Mahdia SWRO	0	0	0	0	0	0	0	69	79	89	99	91	99	81	87	93	99	100	100	100	198	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Rate of SWRO Operation	-	-	-	100%	100%	100%	99%	69%	79%	89%	99%	91%	100%	81%	87%	93%	99%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-300	-219	-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-22	-46	-70	0	-23	-51	-80	-108	-137	-165	-193	-222	-250	-279

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

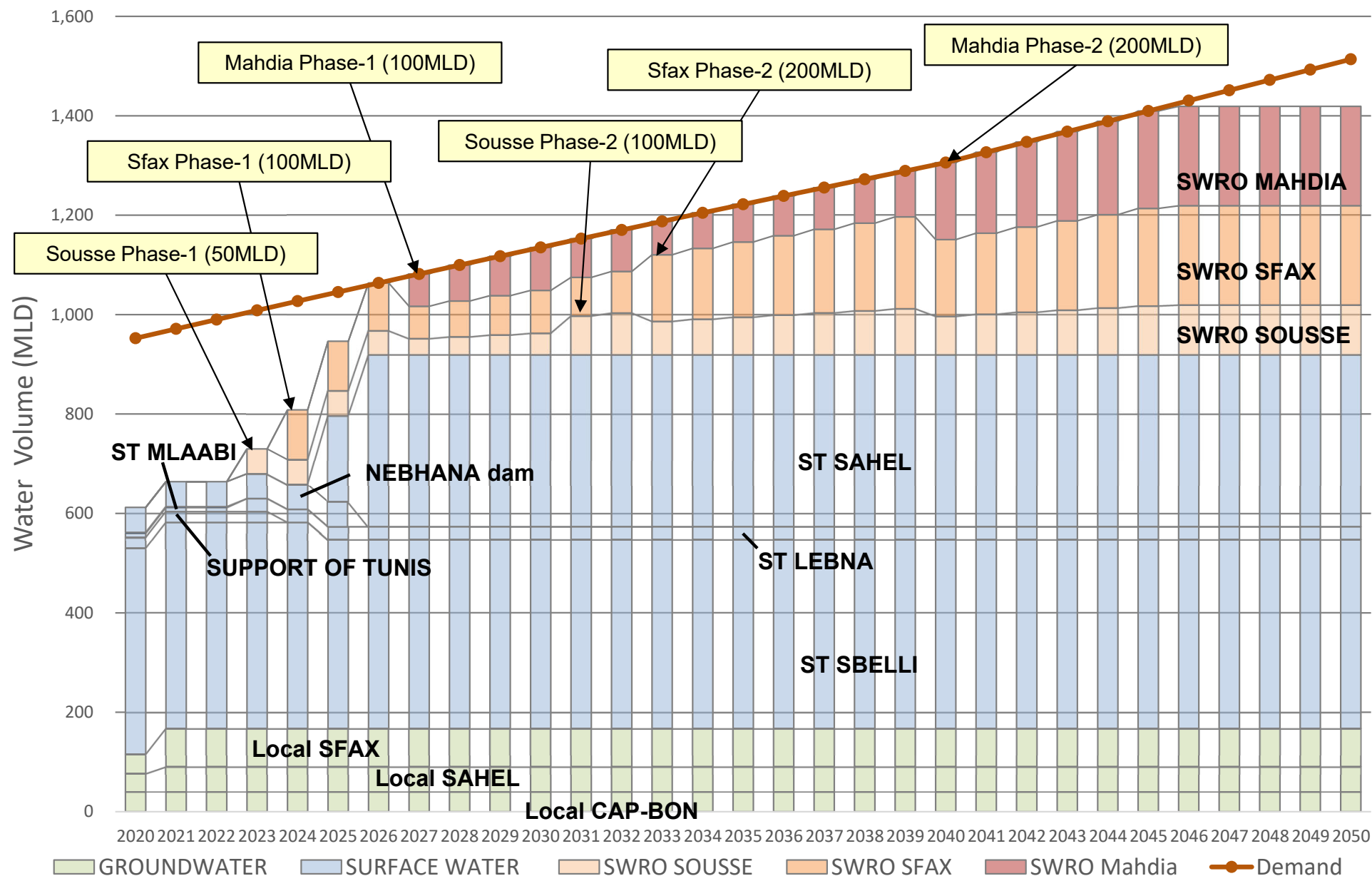
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.1 中部地域における需給バランス(シナリオ1)

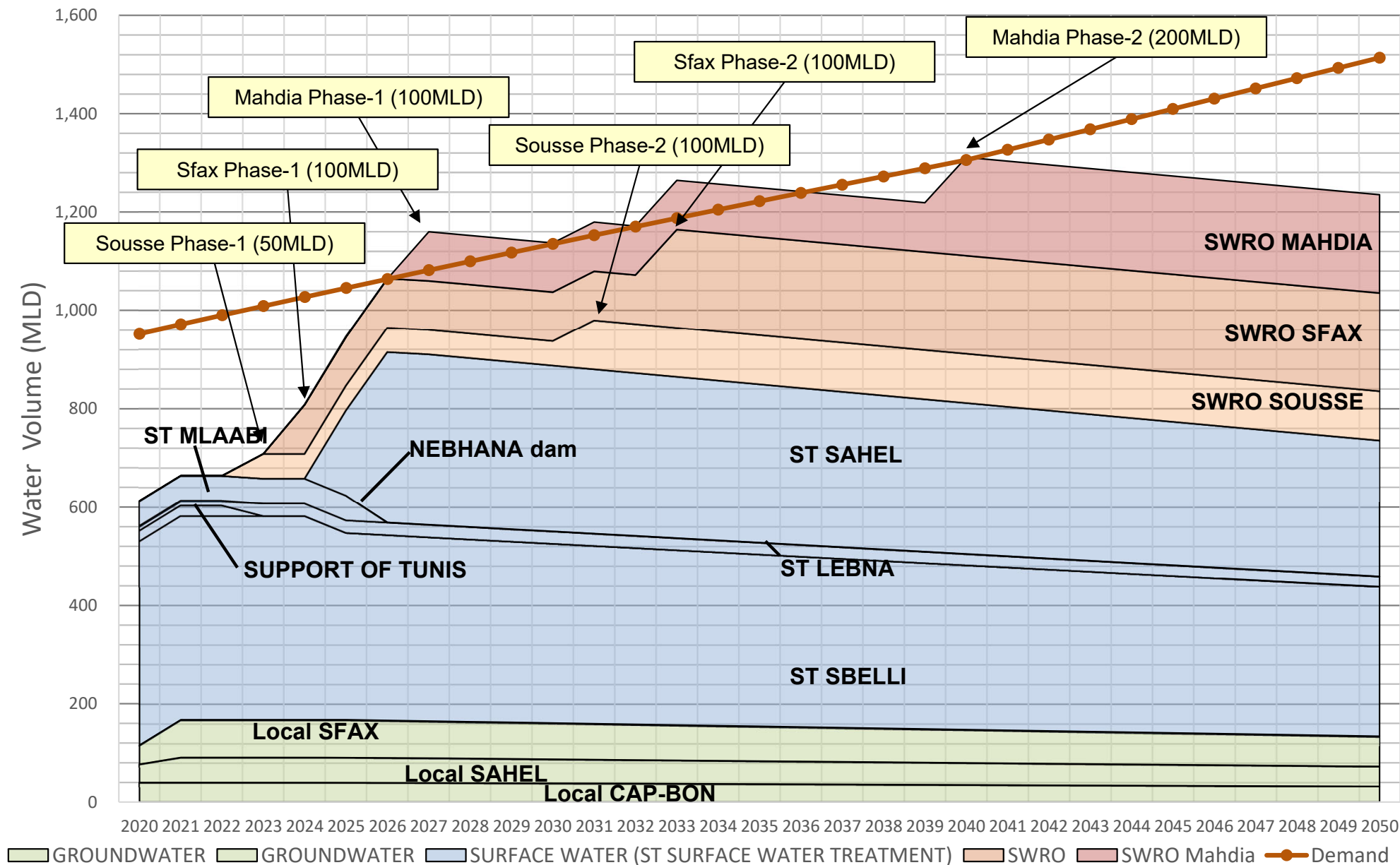
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.2 中部地域における生産水量予測 (シナリオ1)

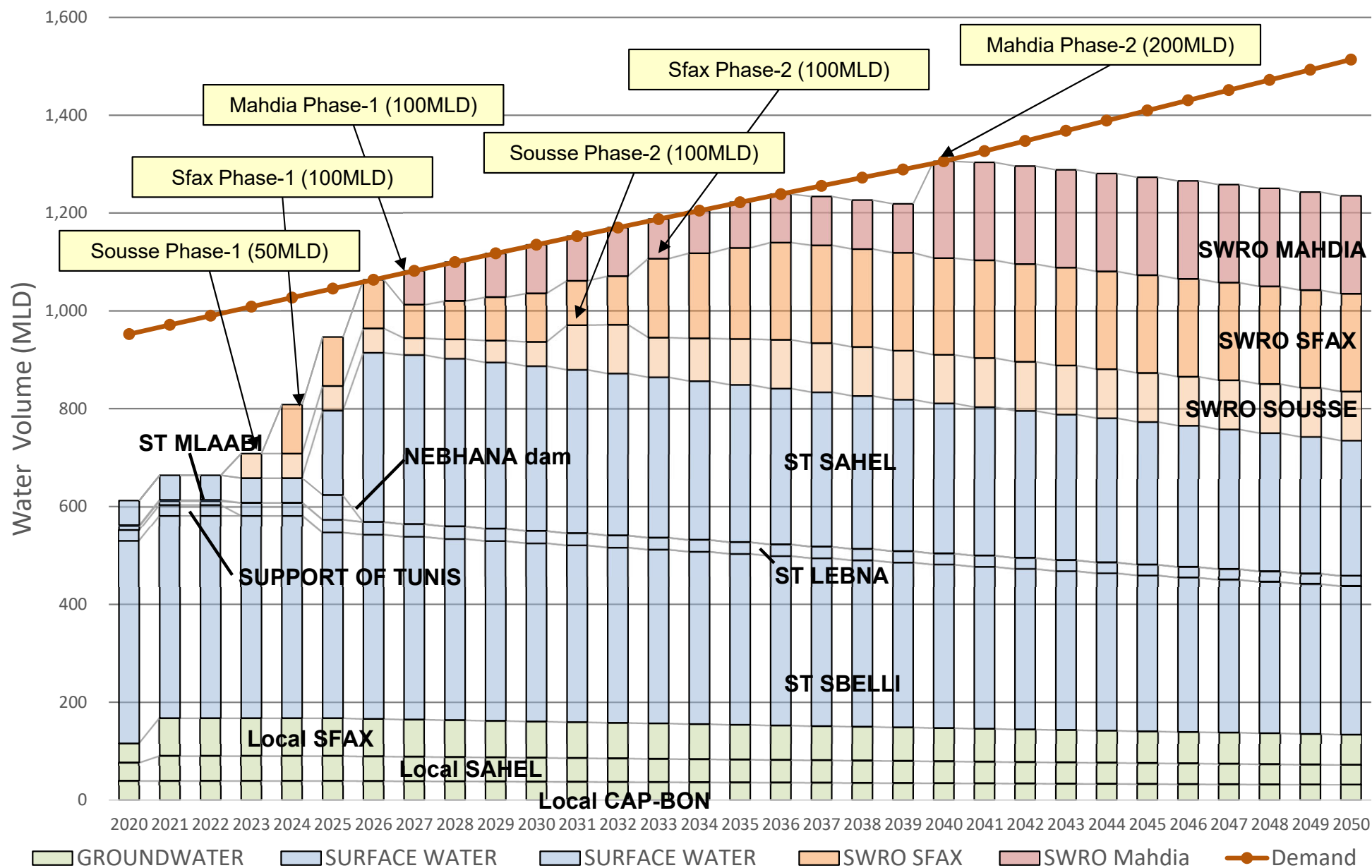
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.3 中部地域における需給バランス(シナリオ2)

3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.4 中部地域における生産水量予測（シナリオ2）

3.1. 海水淡水化事業の計画

3.1.1 海水淡水化プラントの開発計画

(3) 南部地域1の開発計画

- Zarzis SWRO海水淡水化プラントは50 MLD (25 MLD x 2)の容量で開発され、2026年に運転を開始する。
- Zarzis SWRO海水淡水化プラントは水需給の不足量に応じた稼働率とする。
- Zarzis SWRO海水淡水化プラントが運転開始されれば、2026年は稼働率47%と需要に対して余裕がある。2050年に水不足となるが、需給率は98.4%である。

表.3.2 南部地域1におけるZarzis SWROの有無による需給バランスと生産水量予測

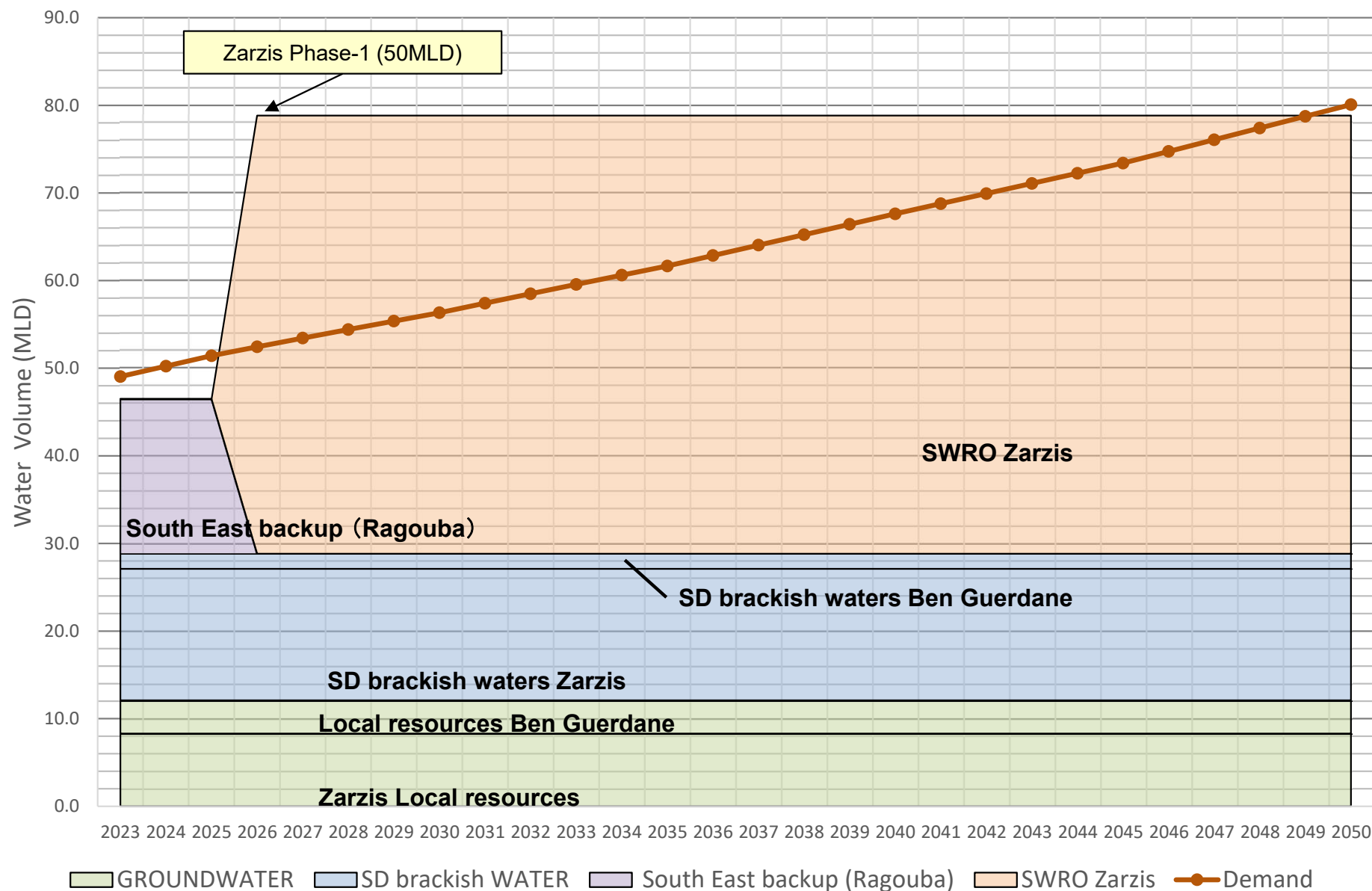
単位: MLD

Scenario 1	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	49.1	50.2	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.3	57.4	58.5	59.6	60.6	61.7	62.9	64.0	65.2	66.4	67.6	68.8	69.9	71.1	72.2	73.4	74.7	76.1	77.4	78.7	80.1
Supply	46.5	46.5	46.5	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Shortage without Zarzis SWRO	-2.6	-3.8	-5.0	-23.6	-24.6	-25.6	-26.5	-27.5	-28.6	-29.7	-30.7	-31.8	-32.8	-34.0	-35.2	-36.4	-37.6	-38.8	-39.9	-41.1	-42.3	-43.4	-44.6	-45.9	-47.2	-48.6	-49.9	-51.3
Zarzis SWRO	0	0	0	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39	40	41	42	43	45	46	47	49	50	50
Rate of SWRO Operation	-	-	-	47%	49%	51%	53%	55%	57%	59%	61%	64%	66%	68%	70%	73%	75%	78%	80%	82%	85%	87%	89%	92%	94%	97%	100%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-3	-4	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

Scenario 2	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	49.1	50.2	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.3	57.4	58.5	59.6	60.6	61.7	62.9	64.0	65.2	66.4	67.6	68.8	69.9	71.1	72.2	73.4	74.7	76.1	77.4	78.7	80.1
Supply	46.5	46.5	46.5	28.7	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.7	27.6	27.5	27.4	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.4
Shortage without Zarzis SWRO	-2.6	-3.8	-5.0	-23.7	-24.8	-25.9	-26.9	-28.0	-29.2	-30.3	-31.5	-32.7	-33.8	-35.1	-36.4	-37.7	-39.0	-40.2	-41.5	-42.7	-44.0	-45.3	-46.5	-47.9	-49.4	-50.8	-52.2	-53.7
Zarzis SWRO	-	-	-	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	47	48	49	50	50	50
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	47%	50%	52%	54%	56%	58%	61%	63%	65%	68%	70%	73%	75%	78%	80%	83%	85%	88%	91%	93%	96%	99%	100%	100%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-3	-4	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-4

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

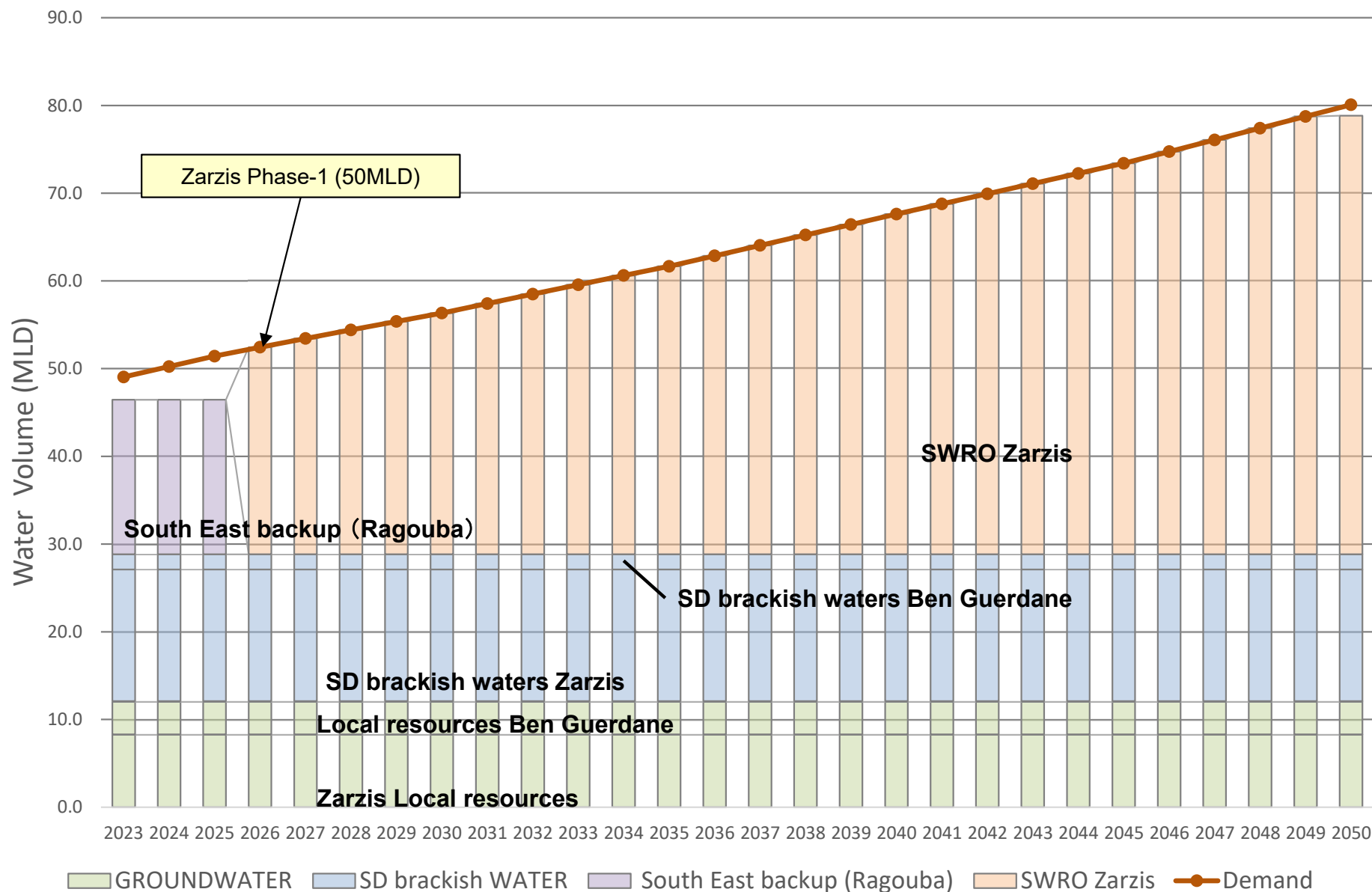
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.5 南部地域1における需給バランス(シナリオ1)

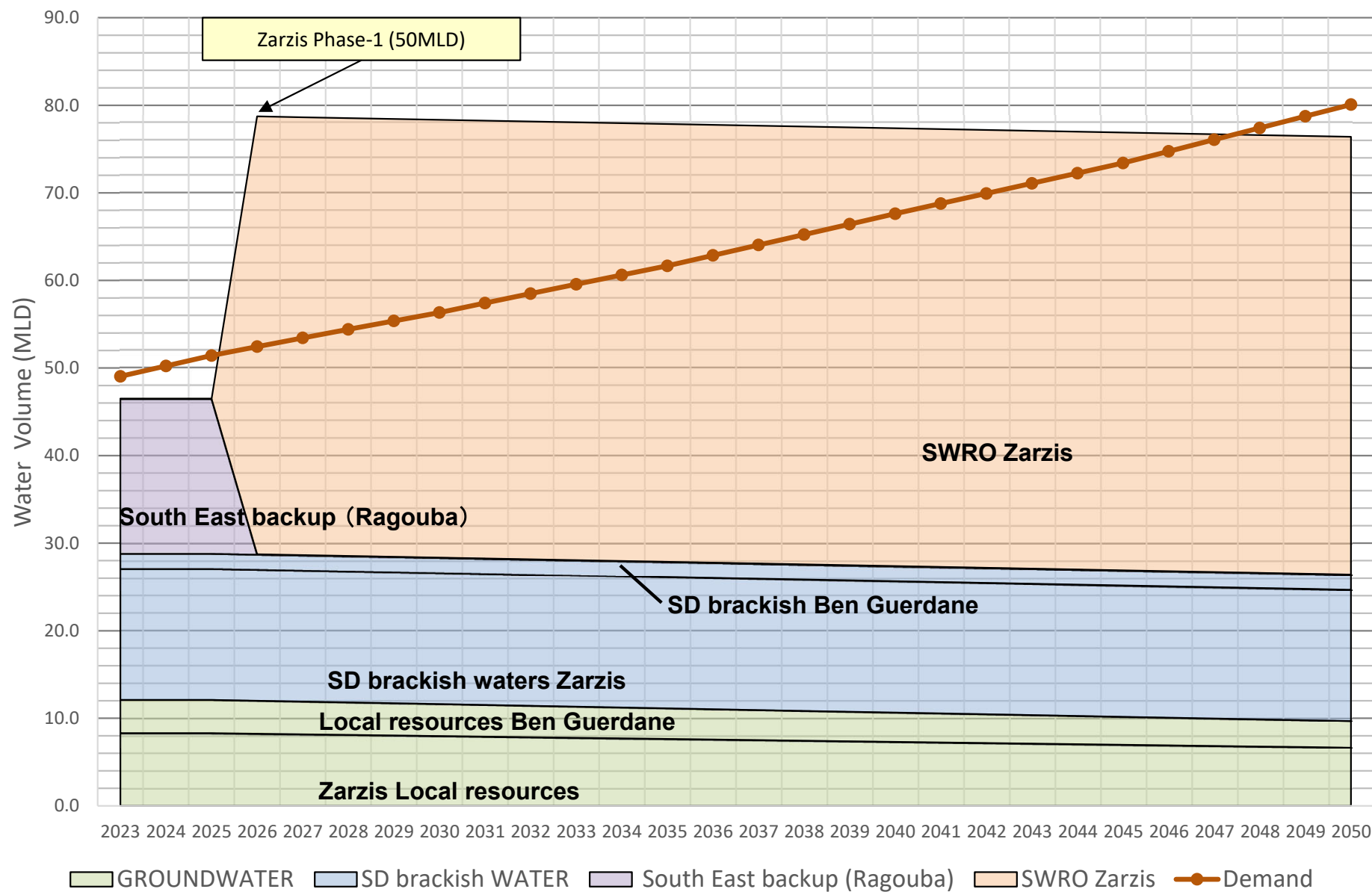
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.6 南部地域1における生産水量予測 (シナリオ1)

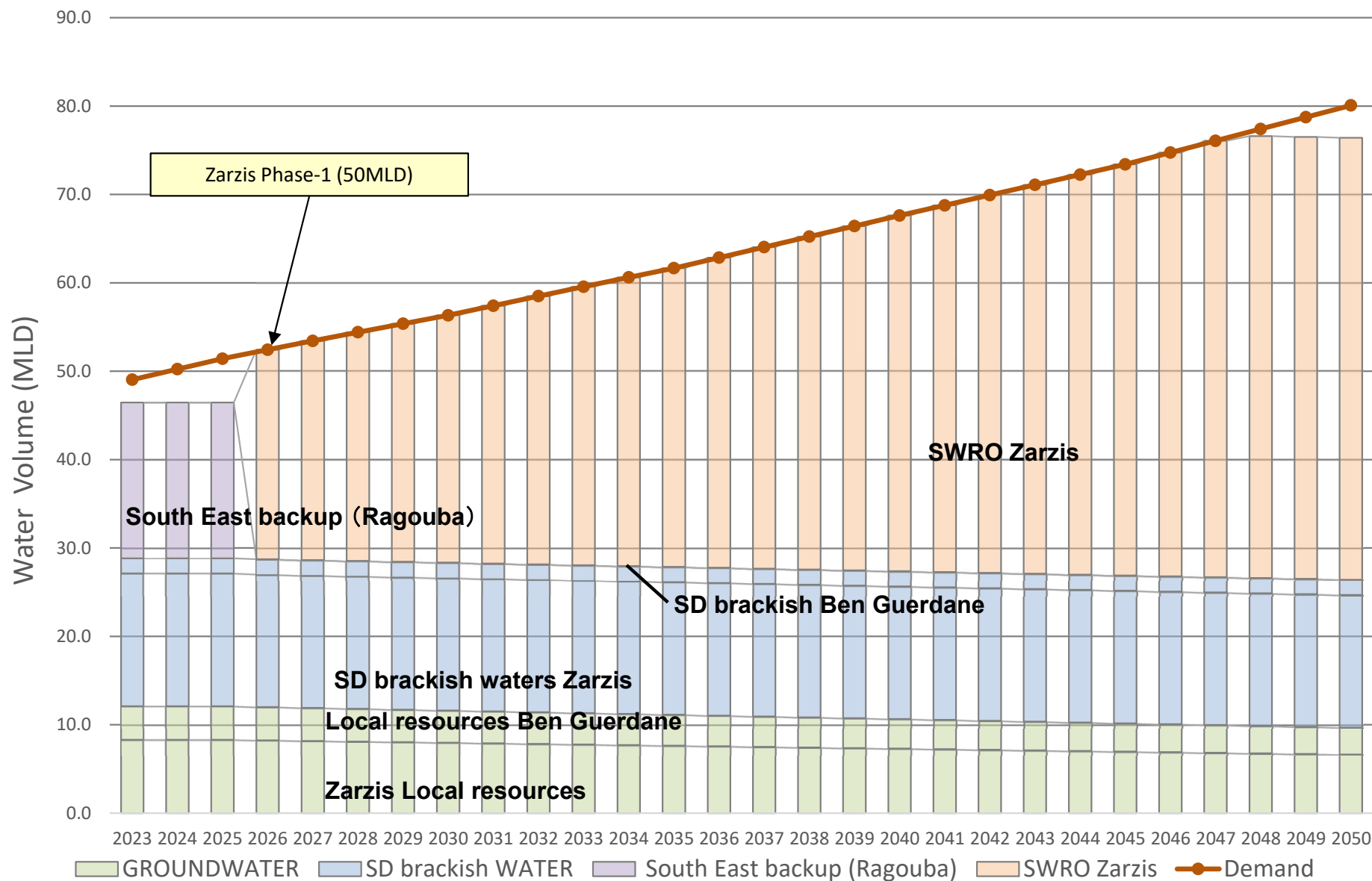
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.7 南部地域1における需給バランス(シナリオ2)

3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.8 南部地域1における生産水量予測（シナリオ2）

3.1. 海水淡水化事業の計画

3.1.1 海水淡水化プラントの開発計画

(4) 南部地域2の開発計画

- Zarat SWRO海水淡水化プラントは水不足を緩和する。
- Zarat SWRO海水淡水化プラントは2023年に運転を開始し、2032年に拡張される。
- Zarat SWRO海水淡水化プラントが100%の稼働率で運転しても需要に対して供給量は常に不足している。

表.3.3 南部地域2におけるZarat SWROの有無による需給バランスと生産水量予測(シナリオ1)

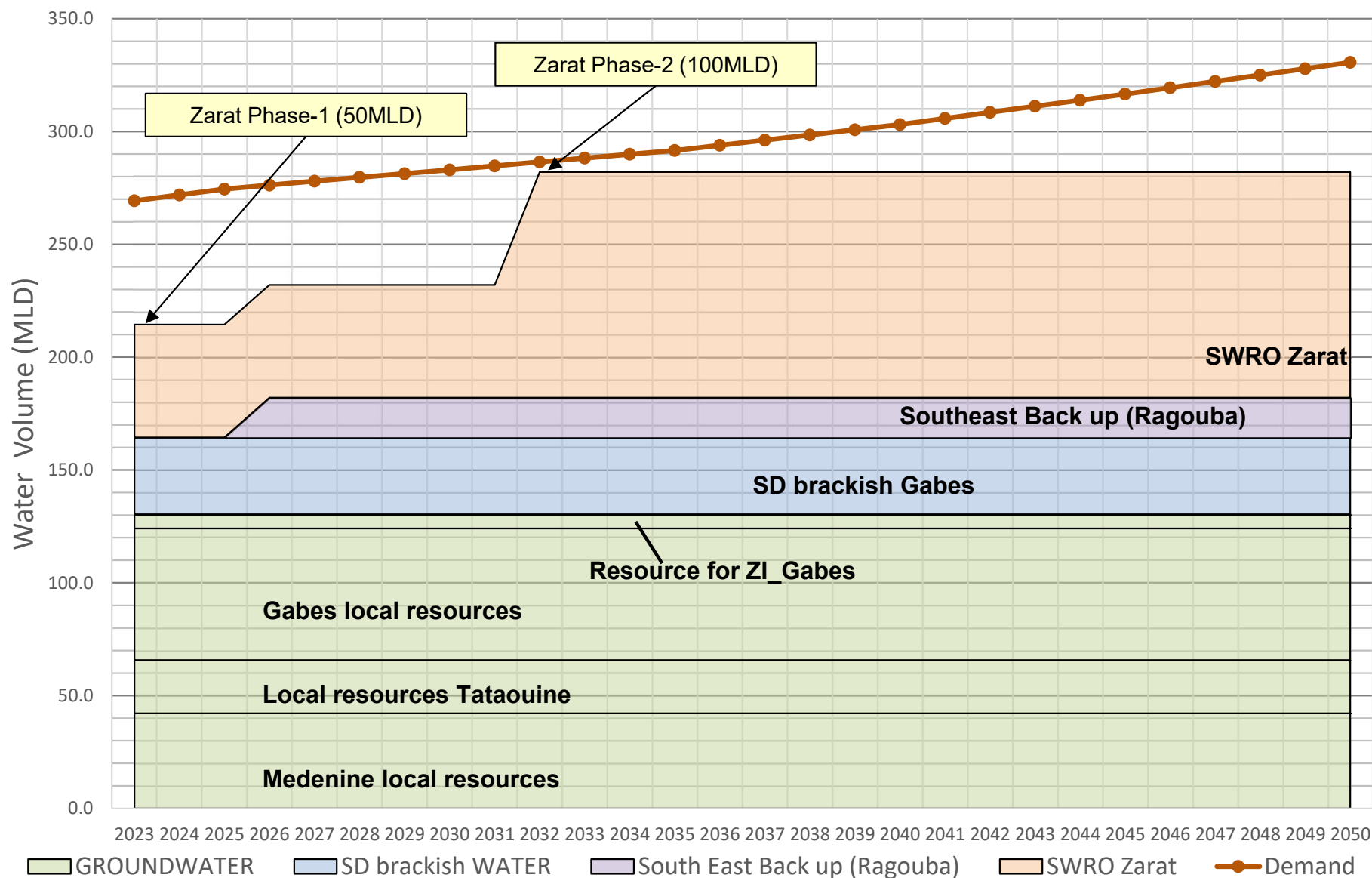
単位: MLD

Scenario 1	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	269.3	271.9	274.5	276.2	278.0	279.7	281.3	283.0	284.8	286.5	288.2	289.9	291.6	293.9	296.2	298.5	300.8	303.1	305.8	308.5	311.2	313.9	316.6	319.4	322.2	325.0	327.8	330.6
Supply	164.4	164.4	164.4	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0
Shortage without Zarat SWRO	-104.9	-107.5	-110.0	-94.2	-95.9	-97.6	-99.3	-101.0	-102.7	-104.5	-106.2	-107.9	-109.5	-111.8	-114.1	-116.4	-118.7	-121.0	-123.7	-126.4	-129.1	-131.8	-134.5	-137.4	-140.2	-143.0	-145.8	-148.6
Zarat SWRO	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Zarat SWRO	-54.9	-57.5	-60.0	-44.2	-45.9	-47.6	-49.3	-51.0	-52.7	-4.5	-6.2	-7.9	-9.5	-11.8	-14.1	-16.4	-18.7	-21.0	-23.7	-26.4	-29.1	-31.8	-34.5	-37.4	-40.2	-43.0	-45.8	-48.6

Scenario 2	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	269.3	271.9	274.5	276.2	278.0	279.7	281.3	283.0	284.8	286.5	288.2	289.9	291.6	293.9	296.2	298.5	300.8	303.1	305.8	308.5	311.2	313.9	316.6	319.4	322.2	325.0	327.8	330.6
Supply	164.4	164.4	164.4	181.0	180.0	178.9	177.9	176.8	175.8	174.7	173.7	172.7	171.6	170.6	169.5	168.5	167.4	166.4	165.4	164.3	163.3	162.2	161.2	160.1	159.1	158.1	157.0	156.0
Shortage without Zarat SWRO	-104.9	-107.5	-110.0	-95.2	-98.0	-100.8	-103.5	-106.2	-109.0	-111.8	-114.5	-117.3	-120.0	-123.3	-126.6	-130.0	-133.3	-136.7	-140.4	-144.2	-147.9	-151.7	-155.4	-159.3	-163.1	-167.0	-170.8	-174.7
Zarat SWRO	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Zarat SWRO	-54.9	-57.5	-60.0	-45.2	-48.0	-50.8	-53.5	-56.2	-59.0	-11.8	-14.5	-17.3	-20.0	-23.3	-26.6	-30.0	-33.3	-36.7	-40.4	-44.2	-47.9	-51.7	-55.4	-59.3	-63.1	-67.0	-70.8	-74.7

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

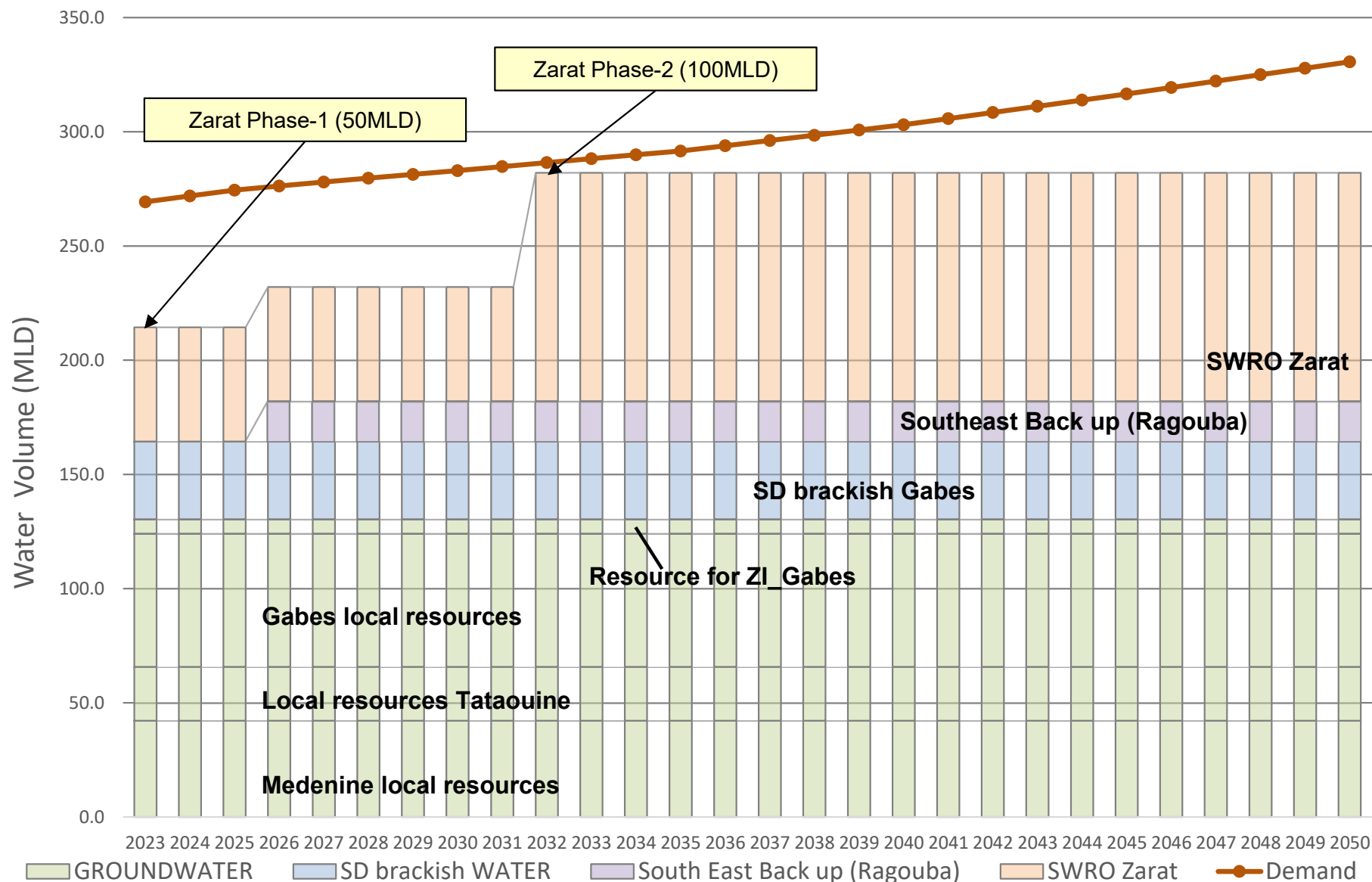
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.9 南部地域2における需給バランス(シナリオ1)

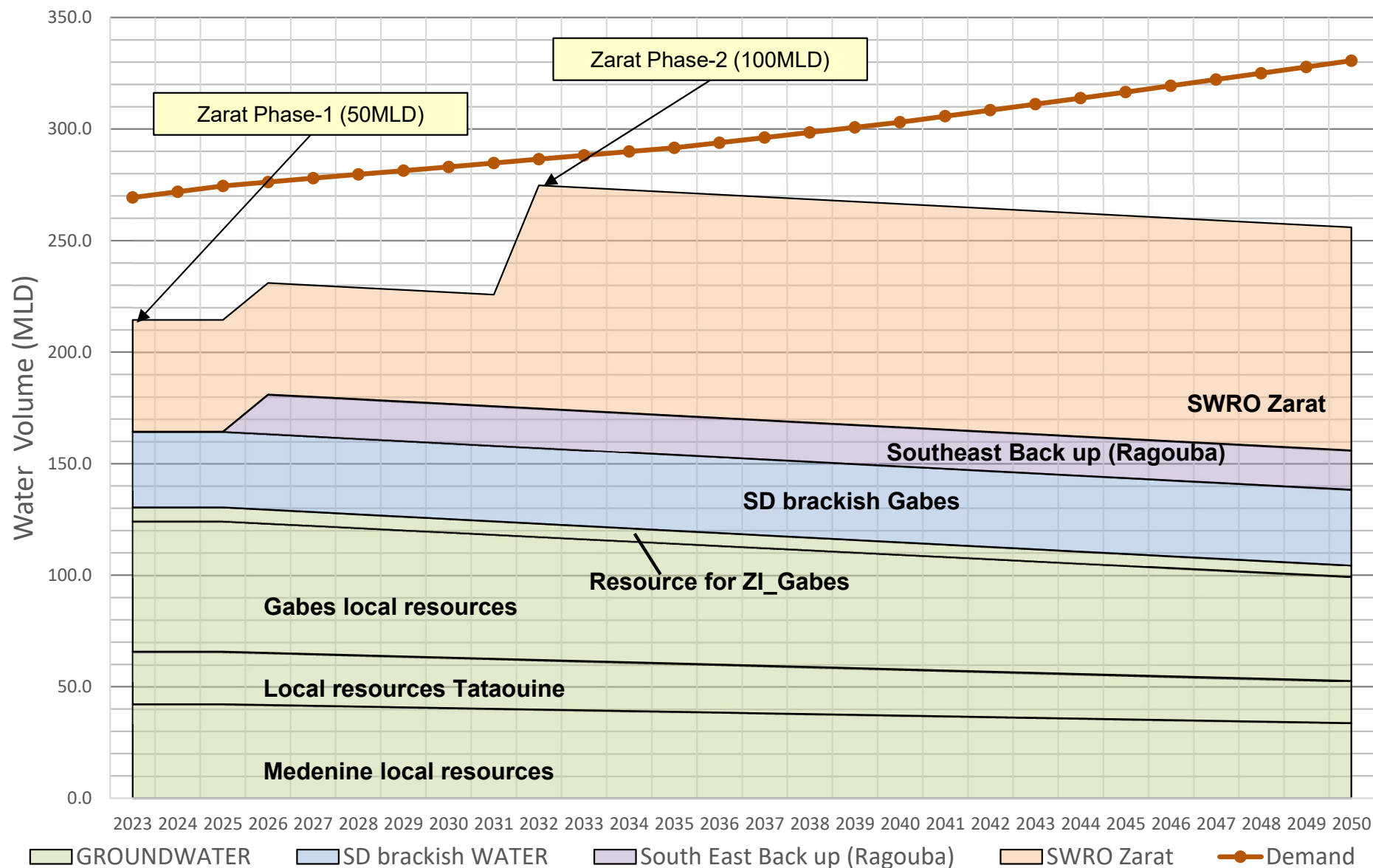
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.10 南部地域2における生産水量予測（シナリオ1）

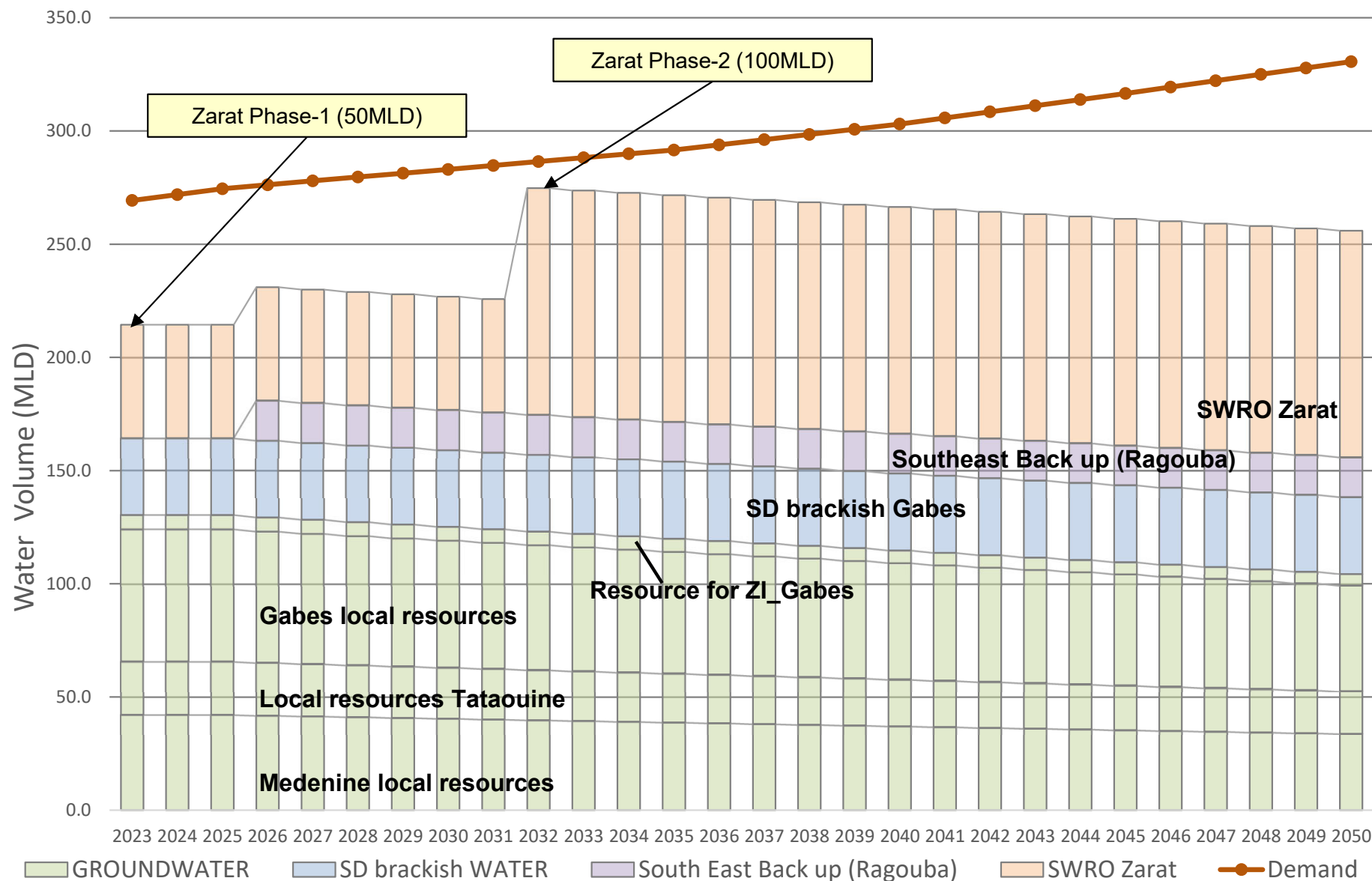
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.11 南部地域2における需給バランス(シナリオ2)

3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.12 南部地域2における生産水量予測（シナリオ2）

3.1. 海水淡水化事業の計画

3.1.1 海水淡水化プラントの開発計画

(5) 南部地域統合の開発計画

- 南部地域の水不足を緩和するためにはZarzisのプラント能力拡張又はZaratに新たなSWROを建設する必要がある。本調査では下記の通り、Zarzisのプラント能力拡張を提案する。
 - Zarzis SWROは2026年に50 MLDの能力を有するプラントを稼働させ、2038年に100 MLDに拡張する。
 - Zarzis, Zaratの海水淡水化プラントは水需給の不足量に応じて、2プラント同様の稼働率とする。
- Zarat SWROが拡張される2031年までは不足している状況であるが、2023年以降2050年までは水需要を満足する。

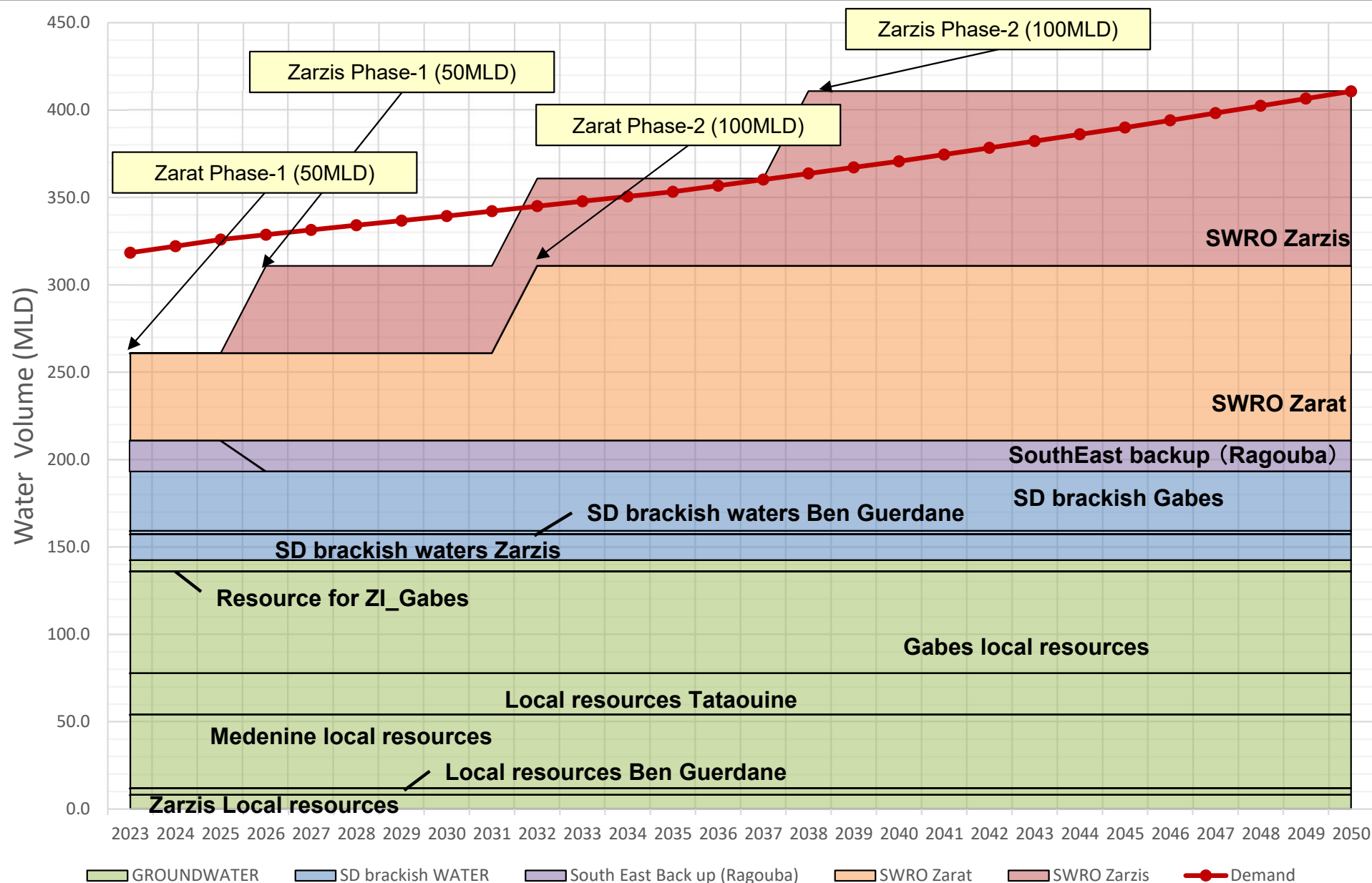
表.3.4 南部地域統合におけるZarzis SWROの有無による需給バランスと生産水量予測

単位: MLD

Scenario 1	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	318.4	322.1	325.9	328.7	331.4	334.1	336.7	339.3	342.2	345.0	347.8	350.5	353.2	356.7	360.2	363.7	367.2	370.7	374.5	378.4	382.3	386.1	390.0	394.1	398.3	402.4	406.6	410.7
Supply	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	300.3	302.1	304.0	305.8	308.1	310.4	287.3	289.0	290.8	292.7	294.6	296.6	298.5	300.4	302.5	304.6	306.7	308.7	310.8
Shortage without Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-67.8	-70.5	-73.2	-75.8	-78.4	-81.3	-34.1	-36.9	-39.7	-42.4	-45.9	-49.3	-52.8	-56.3	-59.8	-63.7	-67.5	-71.4	-75.3	-79.1	-83.3	-87.4	-91.6	-95.7	-99.8
Zarzis SWRO	0	0	0	50	50	50	50	50	50	45	46	47	47	49	50	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%	91%	93%	95%	97%	100%	76%	78%	80%	82%	84%	86%	88%	90%	92%	94%	96%	98%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-17.8	-20.5	-23.2	-25.8	-28.4	-31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Scenario 2	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	318.4	322.1	325.9	328.7	331.4	334.1	336.7	339.3	342.2	345.0	347.8	350.5	353.2	356.7	360.2	363.7	367.2	370.7	374.5	378.4	382.3	386.1	390.0	394.1	398.3	402.4	406.6	410.7
Supply	260.9	260.9	260.9	259.6	258.3	257.0	255.8	254.5	253.2	297.3	298.7	299.3	298.1	296.8	295.5	279.0	280.1	281.2	282.5	283.8	285.0	286.3	285.3	284.0	282.7	281.4	280.1	278.9
Shortage without Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-69.1	-73.1	-77.1	-81.0	-84.9	-89.0	-43.1	-47.1	-51.2	-55.2	-59.9	-64.7	-69.5	-74.2	-79.0	-84.2	-89.3	-94.4	-99.6	-104.7	-110.2	-115.6	-121.0	-126.4	-131.9
Zarzis SWRO	0	0	0	50	50	50	50	50	50	48	49	50	50	50	50	85	87	90	92	95	97	100	100	100	100	100	100	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	98%	100%	100%	100%	100%	85%	87%	90%	92%	95%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-19.1	-23.1	-27.1	-31.0	-34.9	-39.0	0.0	0.0	-1.2	-5.2	-9.9	-14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.7	-10.2	-15.6	-21.0	-26.4	-31.9

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

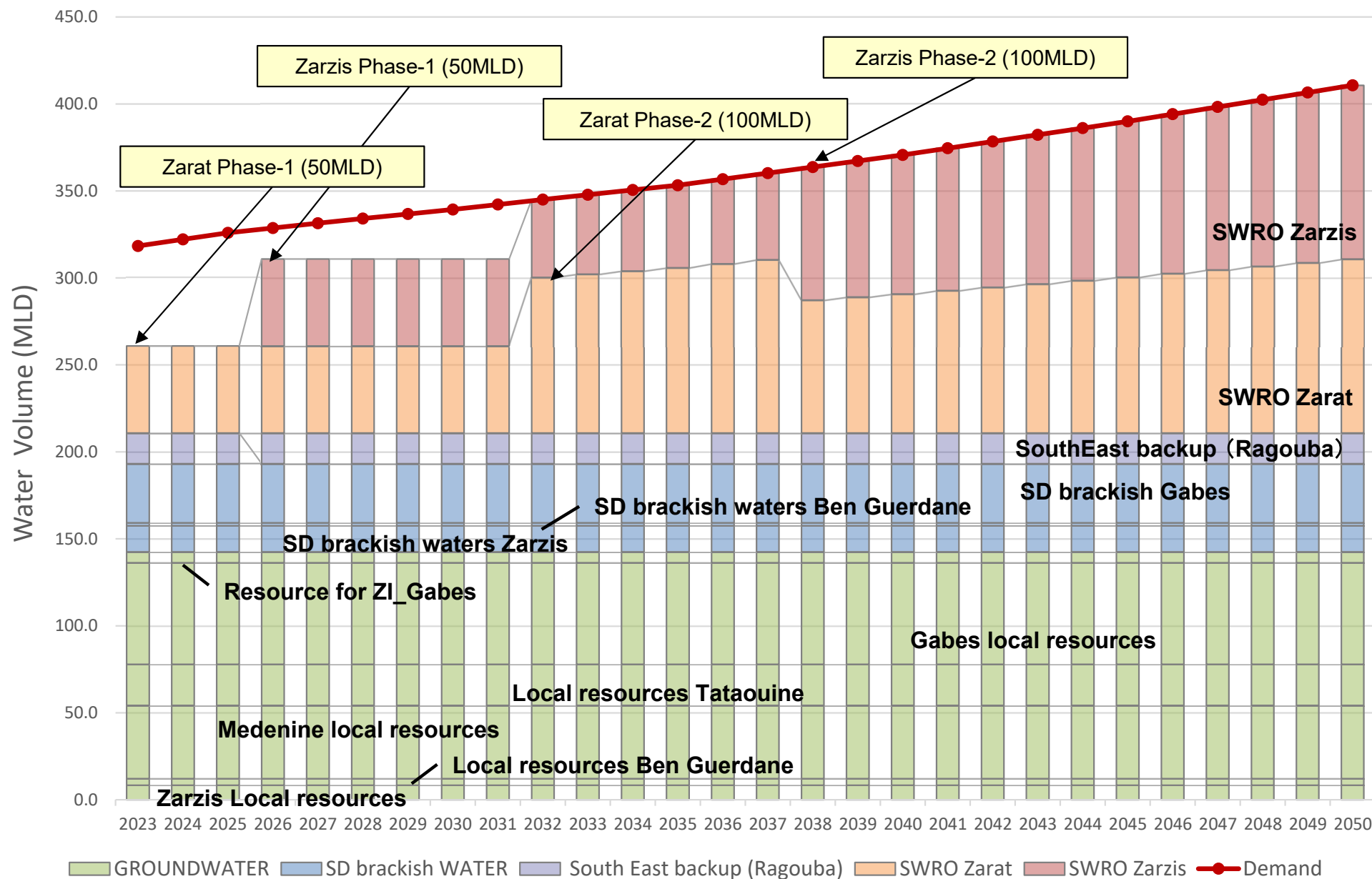
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.13 南部地域統合における需給バランス(シナリオ1)

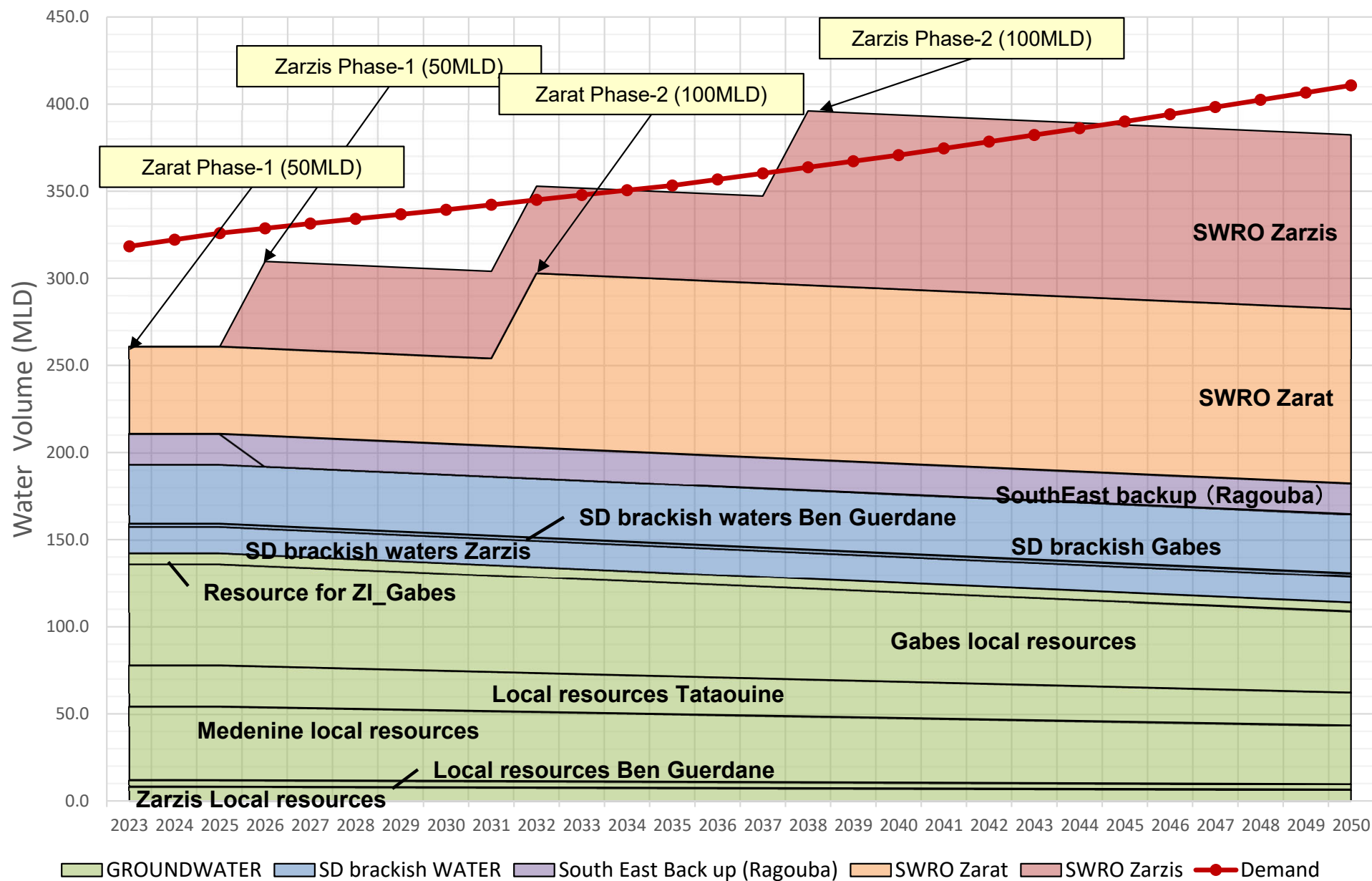
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.14 南部地域統合における生産水量予測 (シナリオ1)

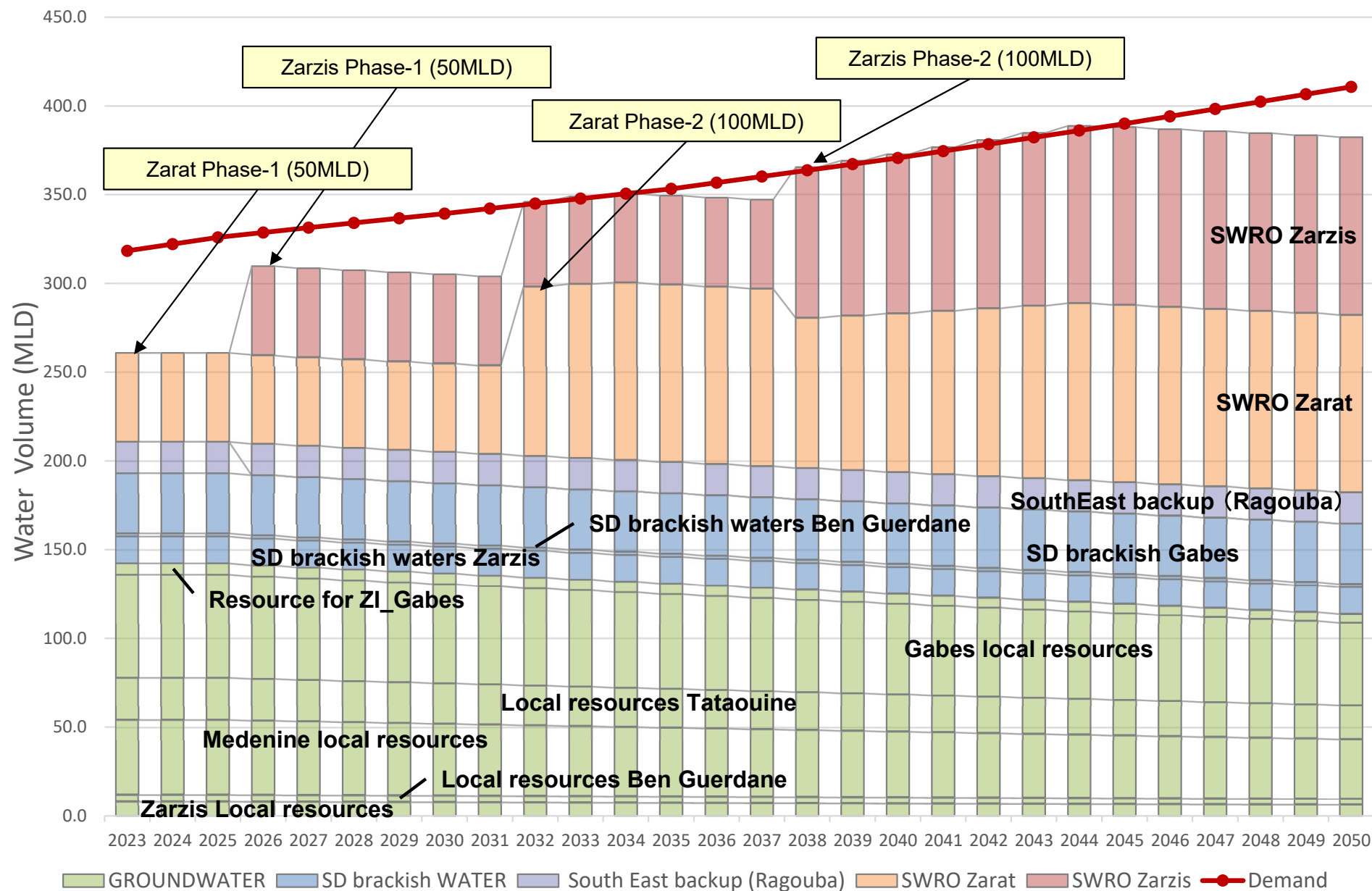
3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.15 南部地域統合における需給バランス(シナリオ2)

3.1. 海水淡水化事業の計画



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.16 南部地域統合における生産水量予測 (シナリオ2)

3.1. 海水淡水化事業の計画

3.1.1 海水淡水化プラントの開発計画

(6) 海水淡水化施設の開発計画

- 新設海水淡水化施設の開発計画を踏まえた海水淡水化施設の一覧を以下に示す。

表.3.5 開発計画を踏まえた海水淡水化施設一覧

施設名	容量(MLD)	完成年度	拡張年度
SOUSSE	50→100	2023	2031
SFAX	100→200	2024	2033
MAHDIA	100→200	2027	2040
ZARAT	50→100	2023	2032
ZARZIS	50→100	2026	2038
DJERBA	SONEDEにて別途計画		
KERKENNAH	SONEDEにて別途計画		

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

- 本項では、計画太陽光発電からSONEDEの需要施設（淡水化施設）への電力供給計画を検討する。
- 発電した電力を最大限に活用するためには、計画太陽光発電と淡水化施設の最適な組合せを考えることが重要である。

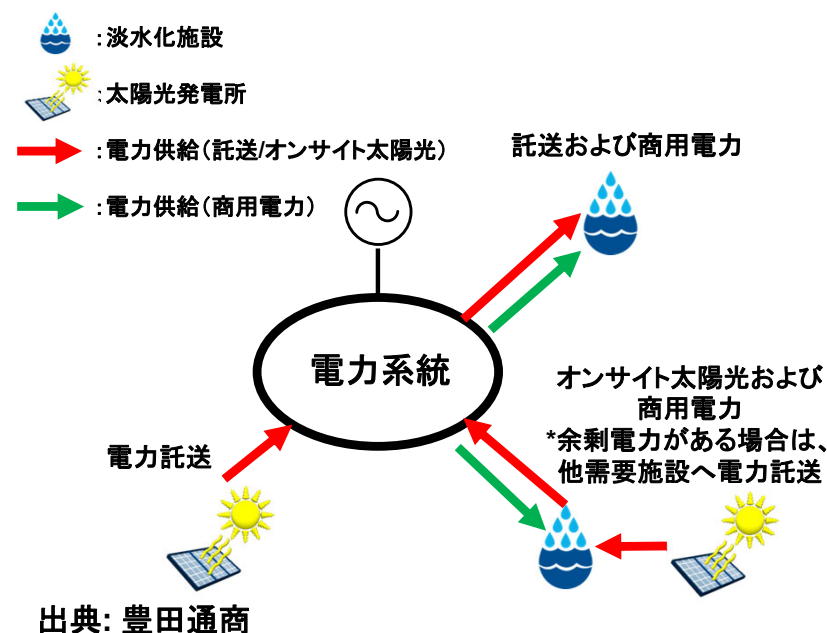
(1) 太陽光発電活用の概要

- 太陽光発電利用ケースは、主に次の3種類に分類される。
 - ・ オンサイト太陽光（地産地消）
 - ・ オンサイト太陽光（地産地消）+電力託送
 - ・ 電力託送

(2) 電力託送を利用する上での留意点

- 一つの発電所から供給できる託送先の数には制限はない。
- 託送先は、1 MW以上の需要電力を維持する需要施設である必要がある。
- 託送電力を受電する需要施設は、一つの託送元からの電力託送しか受けられない。（複数の託送元からの受電は認められていない。）

※制度に関する詳細は2.3.3章参照。

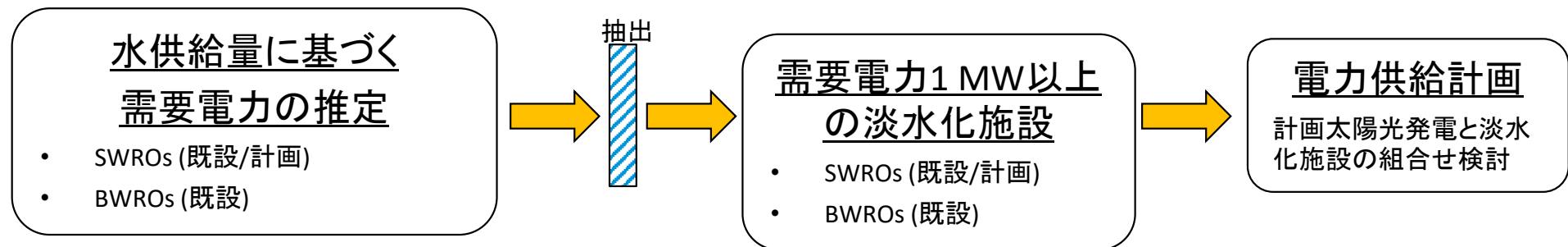


3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(3) 検討の手順

- 前述の通り各需要施設は、特定の需要電力を維持する必要がある。従って、SONEDEの淡水化施設から需要電力1 MW以上を超える施設を抽出する。
- 抽出された淡水化施設と太陽光発電の組合せを検討し、電力供給計画を立案する。



出典: 豊田通商

図.3.18 電力供給計画検討のための手順

(4) 水供給量に基づく需要電力の推定

- 需要電力の推定は、以下の想定の下行った。
 - 単位造水量 (m³) あたりの消費電力
 - SWROs : 2.6 kWh/m³
 - BWROs : 1.0 kWh/m³
 - 淡水化施設の稼働状態
 - 淡水化施設は年間を通して一定稼働を想定。
 - 一定稼働に基づき電力量の消費も一定と想定した。よって、需用電力 (kW) の値と、1時間あたりの消費電力量 (kWh) の値は同じと見なす。

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(5) 需用電力1 MW以上の淡水化施設

1) SWROs

- 推定された2050年までの各SWROの需要電力を表2.23に示す。
- Kerkennah SWROを除いて他のSWROの需用電力は1 MW以上である。
- Kerkennah SWROは、託送先の単司会施設候補からは除外する。(オンサイトでの消費を前提とする。)

表.3.6 SWROの推定需用電力

Year	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Total demand of SWROs (kW)	26,457	26,981	32,149	34,463	36,793	39,141	41,512	43,783	49,791	52,340	54,867	57,014
Djerba (50MLD to be expanded to 75MLD)	4,795	5,058	5,337	5,630	5,940	6,266	6,611	6,975	7,358	7,763	8,125	8,125
Zarat (50MLD to be expanded to 100MLD)	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	9,687	9,887	10,087	10,282
Sfax (100MLD to be expanded to 200MLD)	10,830	10,830	10,441	7,048	7,826	8,598	9,365	8,441	9,097	14,550	15,483	16,410
Sousse (50MLD to be expanded to 100MLD)	5,417	5,417	5,225	3,527	3,916	4,303	4,687	8,441	9,097	7,272	7,738	8,201
Kerkennah (6MLD)	0	260	312	374	449	539	647	650	650	650	650	650
Zarzis (50MLD to be expanded to 100MLD)	0	0	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	4,844	4,944	5,043	5,141
Mahdia (100MLD to be expanded to 200MLD)	0	0	0	7,050	7,829	8,601	9,369	8,444	9,057	7,274	7,741	8,204

2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
59,208	61,402	63,596	65,790	67,984	70,654	73,324	75,995	78,665	81,335	82,791	83,240	83,690	84,139	84,588
8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125
10,534	10,786	8,278	8,467	8,656	8,865	9,074	9,284	9,493	9,702	9,927	10,151	10,376	10,601	10,825
17,318	18,226	19,134	20,043	16,761	17,662	18,562	19,463	20,364	21,265	21,667	21,667	21,667	21,667	21,667
8,655	9,109	9,563	10,017	8,377	8,827	9,277	9,727	10,178	10,628	10,830	10,830	10,830	10,830	10,830
650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
5,267	5,393	8,278	8,467	8,656	8,865	9,074	9,284	9,493	9,702	9,927	10,151	10,376	10,601	10,825
8,658	9,112	9,566	10,021	16,759	17,660	18,561	19,462	20,363	21,263	21,667	21,667	21,667	21,667	21,667

出典: 豊田通商

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(5) 需用電力1 MW以上の淡水化施設

2) BWROs

- 推定された既設BWROの需要電力を表3.7に示す。

表.3.7 BWROの推定需用電力

No.	Name of BWRO	SONEDE Data*1		DESAL Data (Web Reference)	
		Peak Demand (kW)	Average Demand (Calculated*2) (kW)	Water Supply m ³ /day	Average Demand (Calculated*3) (kW)
1	Ben Guerdane	303.00	81.39	1,800	75.00
2	Tozeur	167.00	74.87	6,000	250.00
3	Mareth	364.00	245.30	5,000	208.33
4	Douz	231.00	168.93	4,000	166.67
5	Matmata	200.00	97.69	4,000	166.67
6	Nefta	119.00	50.25	4,000	166.67
7	Souk Lahad	231.00	139.00	4,000	166.67
8	Beni Khedache	77.00	40.49	800	33.33
9	Hezoua	49.00	25.50	800	33.33
10	Zarzis	805.00	685.00	12,000	500.00
11	Kerkennah 1	412.00	250.32	4,000	166.67
12	Djerba	960.00	643.42	12,000	500.00
13	Gabes	1083.00	413.77	22,500	937.50
14	Belkhir	161.00	23.31		
15	Rahmat	309.00	150.15		
16	Kebili-Jemna			6,000	250.00
17	Djerba			5,000	208.33
18	Zarzis 2			3,000	125.00
19	Djerba 2			3,000	125.00
20	1 Southern Tunisia brackish water plants			36,200	1508.33

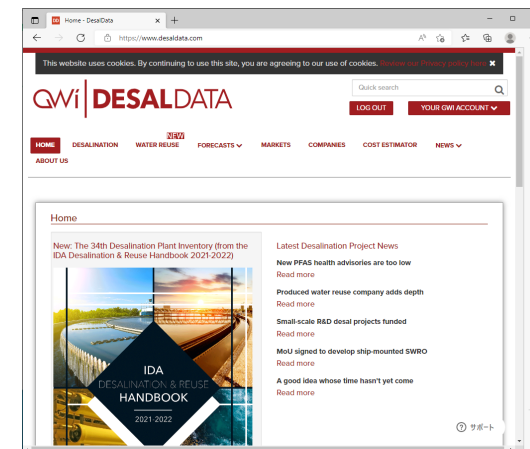
*1: Monthly consumed electricity and Peak demand are stated for January 2017 to December 2022.

*2: Consumed electricity of each month were divided by 720 hour (30days x 24 hour). Then obtained values were averaged.

*3: Water supply volume were multiplied with 1.0 kWh/m³ then divided by 24 hour.

出典: SONEDEの情報およびDESAL DATAを基に豊田通商作成

Be the Right ONE



出典: DESAL DATA

<https://www.desaldata.com>

図.3.19 DESAL DATA website

- Gabes BWROのピーク電力は、1 MW以上となっているが、通常、ピーク電力の継続時間は短く、常時同等の電力を消費している可能性は低い。
- SONEDE提供のデータによるとその他のBWROも1 MWの需要電力を維持している施設はない。
- “Southern Tunisia brackish water plants” BWROに関しては、1 MWの需用電力を維持していると思われる、託送先の候補になり得る。

*DESAL Data websiteの情報に基づく。

3.2. 太陽光発電事業の計画

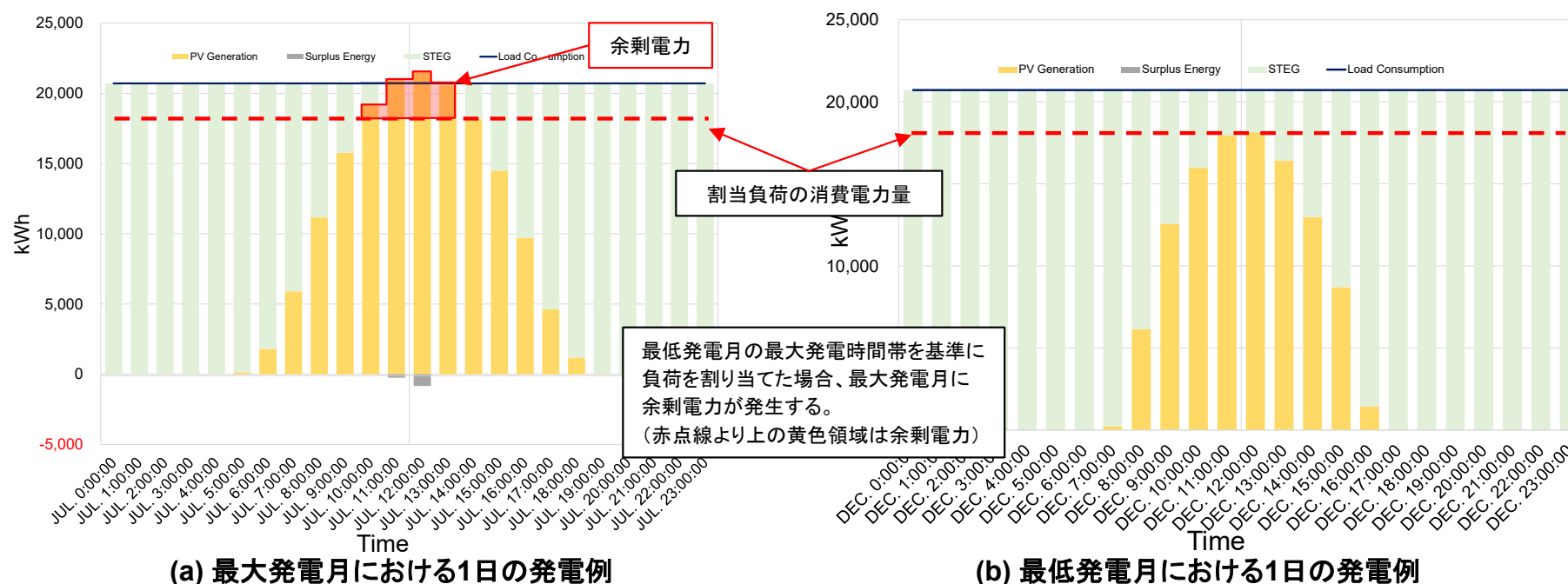
3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(6) 各太陽光発電から淡水化施設への電力供給計画(太陽光発電/淡水化施設の組合せ)

1) 発電電力の淡水化施設への配分の基本コンセプト

- 本項では、太陽光発電の発電電力を各淡水化施設へ割り当てる検討を行った。
- 通常、太陽光発電の発電電力量は、年間を通して時間ごとに変動する。割り当てに際し、太陽光発電の電力を出来るだけ多く消費するために、①年間で最も発電する月における最大発電時間帯の最大発電量(kWh/h)と、②割り当てた需要施設の1時間あたりの消費電力量が極力同等になる様に組合せを検討した。

※①において年間で最も発電しない月における最大発電時間帯の発電量を基準に取った場合、最も発電する月においては最大発電時間帯で余剰電力が多く発生するため、最大発電時間帯の発電電力量を基準とした。



出典: 豊田通商

図.3.20 組合せ検討のコンセプト

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(6) 各太陽光発電から淡水化施設への電力供給計画(太陽光/淡水化施設の組合せ)

2) 太陽光/淡水化施設の組合せ案

上述のコンセプトの下、以下の2つの案で太陽光/淡水化施設の組合せを検討した。

① Case 1: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/1 淡水化施設)

- 1箇所の太陽光発電所からの発電電力の消費先は、1箇所の淡水化施設に限定する組合せ。
- 発電電力の消費先(組合せ)は、事業期間中に変更しない。

② Case 2: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/ 複数淡水化施設)

- 1箇所の太陽光発電所からの発電電力の消費先は、複数の淡水化施設を考慮する組合せ。
- 太陽光運開初年度から極力余剰電力が発生しない組合せを考慮する。
- SFAX PVについては、後述Pre-FS対象とした通り開発の優先度および現実性も高い。そのため、電力供給先についても現実性の高い建設中のSFAX、Zarat、Djerba SWROを優先的に組み合わせる。
- 発電電力の消費先(組合せ)は、事業期間中に変更しない。

次頁以降に各Caseの検討結果と考察を記載する。

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(7) 電力供給計画の検討結果(太陽光/淡水化施設の組合せ)

① Case 1: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/1 淡水化施設)

非公開情報

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(7) 電力供給計画の検討結果(太陽光/淡水化施設の組合せ)

① Case 1: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/1 淡水化施設)

非公開情報

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(7) 電力供給計画の検討結果(太陽光/淡水化施設の組合せ)

② Case 2: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/複数淡水化施設)

非公開情報

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(7) 電力供給計画の検討結果(太陽光/淡水化施設の組合せ)

② Case 2: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/複数淡水化施設)

非公開情報

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(7) 電力供給計画の検討結果(太陽光/淡水化施設の組合せ)

- 検討の結果、本調査ではCase 2を採用する。各Caseの総評を以下に示す。

【各Caseの総評】

① Case 1: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/1 淡水化施設)

- 本Caseの傾向としては、太陽光運開後数年間は淡水化施設の造水量が少ないことから電力消費量も少なく、太陽光のピーク発電時間帯の発電量に対して多量の余剰電力が発生する。特にSFAX、TOZEUR 2、Zaratの様な大型太陽光発電でこの傾向は顕著になる。
- 余剰電力の量をTozeur 2 PVで例にとると、運開後13年目までピーク発電時間帯において15GWh以上の余剰電力が発生する。これは造水量150,000 m³/日の淡水化施設の1時間あたりの電力消費量に相当する。
- 余剰電力を有効活用するための課題として、今回検討した淡水化施設以外にも上記に相当する電力消費量且つ日中に一定で稼働している需要施設が複数必要となる事である。

② Case 2: 組合せ途中変更無し(1 太陽光/ 複数淡水化施設)

- Case1で懸念された余剰電力の課題を解消すべく、1箇所の太陽光発電から複数の淡水化施設へ託送する組合せとした。太陽光発電運開後は、Case1に比べて余剰電力は削減できる。事業期間後年においては供給力不足の傾向となるが、太陽光から発電された電力は全て消費している状態となる。
- 比較的小規模な太陽光発電(Maknessy、Tozeur 1、Lebna、Ghadir Elgoulla)については、1需要施設あたり1託送元の太陽光発電からしか電力託送を受けられない制約から、今回の組合せ対象から外れる。しかし、淡水化施設以外のSONEDE需要施設へ電力供給するという用途で活用の可能性が考えられる。(参考)SONEDEでは年間約600GWhの電力を消費している

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(8) 組合せに基づく電力消費のシミュレーション

- 後述Pre-FS対象となるSFAX太陽光発電からの電力消費シミュレーション結果概要を示す。

表.3.12 電力消費のシミュレーション結果 (Sfax PV)

Unit : kWh

No.	Year	① PV Generation	② Consumption of ROs [③ + ⑦]	Supplied Electricity by PV			⑥ Surplus Energy [① - ③]	⑦ Grid Energy STEG	⑧ Rate of Utilization ③ / ① [%]
				③ To ROs in Total [④ + ⑤]	④ Wheeling*2	⑤ On-Site Consuming*1			
1	2026	51,578,507	185,665,479	51,561,536	16,783,690	34,777,846	16,971	134,103,944	99.97%
2	2027	51,320,615	158,509,924	49,572,490	24,495,483	25,077,007	1,748,124	108,937,434	96.59%
3	2028	51,064,011	168,036,135	50,313,585	22,891,610	27,421,975	750,426	117,722,550	98.53%
4	2029	50,808,691	177,664,080	50,668,218	20,989,886	29,678,333	140,473	126,995,862	99.72%
5	2030	50,554,648	187,402,441	50,554,648	18,765,975	31,788,673	-	136,847,793	100.00%
6	2031	50,301,875	182,489,485	50,296,357	21,120,384	29,175,974	5,518	132,193,127	99.99%
7	2032	50,050,366	186,577,638	50,050,366	19,055,821	30,994,545	-	136,527,272	100.00%
8	2033	49,800,114	238,765,709	49,800,114	6,211,733	43,588,381	-	188,965,595	100.00%
9	2034	49,551,113	250,985,084	49,551,113	4,407,692	45,143,422	-	201,433,971	100.00%
10	2035	49,303,358	143,747,312	46,428,445	- 0	46,428,445	2,874,912	97,318,867	94.17%
11	2036	49,056,841	151,704,093	47,406,654	0	47,406,654	1,650,186	104,297,439	96.64%
12	2037	48,811,556	159,660,875	48,020,789	- 0	48,020,789	790,767	111,640,086	98.38%
13	2038	48,567,499	167,617,656	48,340,515	0	48,340,515	226,983	119,277,141	99.53%
14	2039	48,324,661	175,574,438	48,320,274	-	48,320,274	4,388	127,254,164	99.99%
15	2040	48,083,038	146,823,566	46,235,595	- 0	46,235,595	1,847,443	100,587,971	96.16%
16	2041	47,842,623	154,715,195	46,923,607	0	46,923,607	919,016	107,791,588	98.08%
17	2042	47,603,410	162,606,825	47,298,582	0	47,298,582	304,828	115,308,243	99.36%
18	2043	47,365,393	170,498,455	47,349,795	-	47,349,795	15,598	123,148,660	99.97%
19	2044	47,128,566	178,390,084	47,128,566	-	47,128,566	-	131,261,519	100.00%
20	2045	46,892,923	186,281,714	46,892,923	-	46,892,923	-	139,388,791	100.00%

*1 : Sfax SWRO

*2 : 2026-2034:Djerba, Zarzis SWRC 出典: 豊田通商

3.2. 太陽光発電事業の計画

3.2.1. 海水淡水化施設への電力供給計画

(8) 組合せに基づく電力消費のシミュレーション

- 電力消費のシミュレーション結果概要を以下に示す。
- SFAX太陽光発電
 - 複数の淡水化施設の組合せにより、運用初年度から太陽光発電の高い利用率が見込まれる。
 - 2035年の組合せ変更の過程で太陽光発電の利用率が低下するが、概ね太陽光発電による電力の90 %以上が消費される予測となった。
 - 2035年以降、組み合わせた淡水化施設であるSFAX SWROの消費電力も増加していくため、太陽光発電からの電力の利用率も増加する。

3.3. 本事業に適用可能な技術の検討

3.3.1. 海水淡水化

■ 以下に一般的に海水淡水化プラントに適用可能な技術を示す。

- 前処理セラミック膜

現状の圧力式二層ろ過＋圧力式砂ろ過の代わりにセラミック膜によるろ過装置を設ける。膜処理ゆえ濁質の除去性能が非常に高く、SDI < 2以下のろ過水が期待できる。その結果、RO膜の寿命が延び、薬品洗浄の回数も削減できる。また、Foot printも小さくなる。

- 高圧配管へのPlastic Lining管の適用

海水とBrineの高圧配管は一般的にSuper AusteniteかSuper Duplex SSが使用されるが、内面をPlasticでLiningした配管を適用する。Plasticゆえ腐食の心配がなく、コストも安い。小型ROで実績が増えつつある。

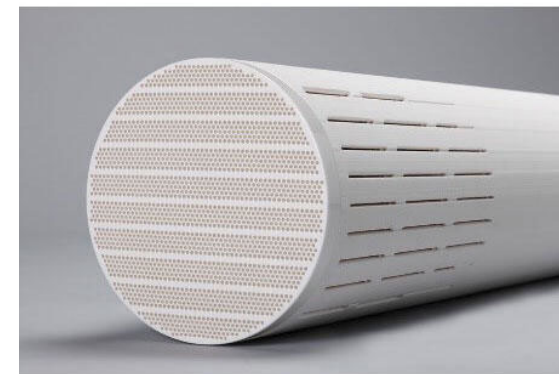


写真.3.1 Ceramic membrane

3.3. 本事業に適用可能な技術の検討

3.3.1. 海水淡水化

- Energy Recovery Device

今回は他のSONEDEの海淡と同じPXを適用と書いたが、他にも新しいERDが開発されており、日本の電業社などのERDの実績が増えつつある。Energy savingなどを詳細に比較して検討する価値がある。

- 再生RO膜の活用

本プラントや他のプラントからの廃棄RO膜を薬品で再生処理して再利用する。新膜に比べて安価ゆえ、OPEXを低く抑えることができる。



写真.3.2 DeROs
Energy Recovery Device
(DMW corp.)

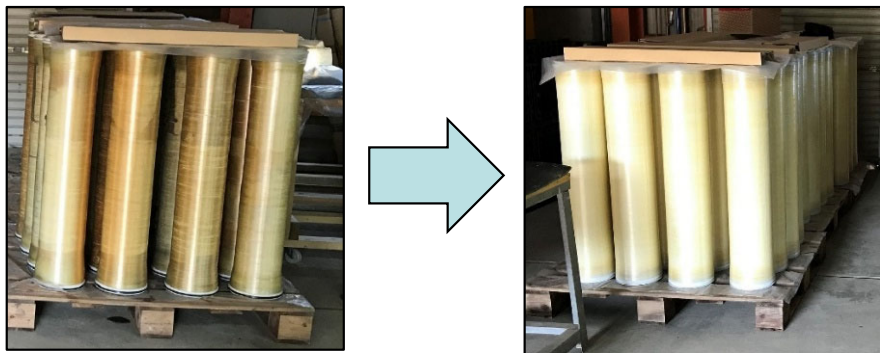


写真 3.3 Disposed RO membrane to Recovered RO
membrane (Japan)

3.3. 本事業に適用可能な技術の検討

3.3.2. 再生可能エネルギー

本項では、一般的に太陽光発電に関連して適用が考えられる技術について述べる。

■ 蓄電設備

太陽光発電などの再生可能エネルギーは、発電量が天候や時間帯によって左右される。このような不安定な電源の安定化として蓄電池が期待される。主な用途は以下の通りである。

- 余剰電力のシフト（昼間充電、夜間放電）
- 出力変動抑制

■ EMSおよび発電電力量予測

EMSは、一般的にEMS監視制御範囲内における電力需要や再エネの発電量等の制御を行うシステムである。主な用途は以下の通りである。

- 発電電力量予測
- 需用と発電電力量予測に基づくEDC制御（Economical Load Dispatching Control）
- 蓄電池併設太陽光の場合、蓄電池を制御して太陽光の短・長周期変動の変動抑制を行うことが可能。

■ ドローンによる太陽光発電設備維持管理技術

太陽光発電所の広大な敷地内を隈なく確認するには時間と人員を要するため、近年では赤外線カメラを搭載したドローンによって点検を行う方法も普及している。



出典: TMEiC Website

https://www.tmeic.co.jp/product/substation_generation/tmbcs/

図.3.21 蓄電池コンテナ



出典: 日本工営

図.3.22 EMS

3.4. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の中期開発計画

非公開情報

3.4. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の中期開発計画

- 以下に海水淡水化プラント及び太陽光発電施設の組合せについて示す。

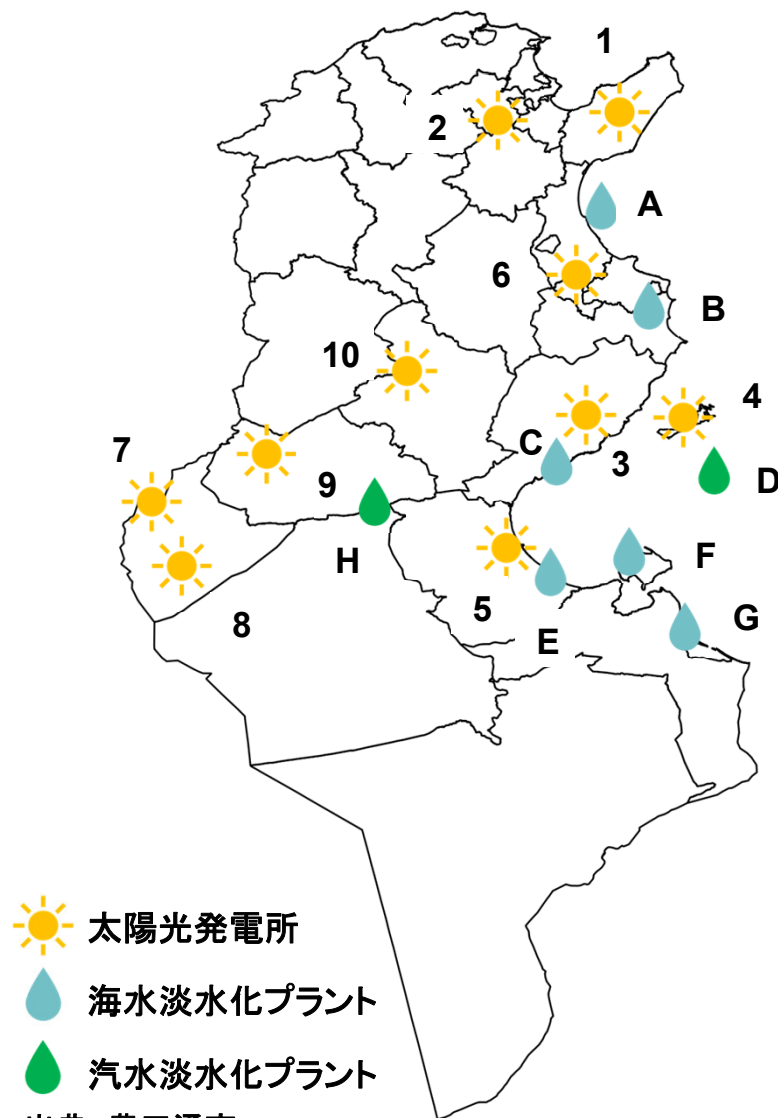
表.3.13 淡水化及び太陽光発電施設一覧

No.	施設	容量 (MWp)	No.	施設	容量 (MLD)
1	Lebna	1	A	Sousse	50 (100)
2	Ghadir Elgoulla	1	B	Mahdia	100 (200)
3	Sfax	30	C	Sfax	100 (200)
4	Kerkennah	1	D	Kerkennah	6
5	Zarat	20	E	Zarat	50 (100)
6	Sousse	4	F	Djerba	50 (75)
7	Tozeur 1	3	G	Zarzis	50 (100)
8	Tozeur 2	35	H	ST BWRO	36
9	Gafsa	2			
10	Meknassy	4			

()内の数字は拡張後の容量を示す

表.3.14 淡水化及び太陽光発電施設の組合せ

太陽光発電	淡水化	供給期間
3. Sfax	C. Sfax F. Djerba	2026~2045
4. Kerkennah	D. Kerkennah	2026~2045
6. Sousse	A. Sousse	2026~2045
8. Tozeur 2	B. Mahdia E. Zarat G. Zarzis	2027~2046
9. Gafsa	H. ST BWRO	2026~2045



 太陽光発電所
 海水淡水化プラント
 汽水淡水化プラント

出典: 豊田通商

図.3.24 淡水化及び太陽光発電施設の位置



4. モデルプロジェクトのPre-FS

4.1. モデルケースの選定

4.1.1. 海水淡水化施設のモデルケースの選定

- 「3.1 海水海水淡水化プラントの開発計画」で述べたように、当面、SONEDEが新たに建設する海水淡水化プラントはMahdia SWRO及びZarzis SWROである。
- 本調査では、以下の理由から[Mahdia SWRO](#)をPre-F/Sの対象とする。

1. 水不足量(水需要と供給のギャップ)

- Zarzisの海水淡水化プラントがない場合、2032年の南部地域1及び2の水需要と供給のギャップは34.1MLDとなる(南部1:12.0MLD、南部2:22.1MLD)
- 一方でMahdia海水淡水化プラントがない場合は、2032年の中部地域における水需要と供給のギャップは51MLDとなり、Zarzisの海水淡水化プラントよりも水量不足へのインパクトが大きい。

2. その他の要因

- 南部地域と比較し水量が多い分、中部地域は気候変動に対して脆弱であり、気候変動に左右されない海水淡水化施設の整備の意義が大きい。
- Mahdiaは州都であり、その経済規模はZarzisよりも大きい。また、Mahdiaの周辺都市(Hiboun, Rejiche, Ksour Essef, and Chebba)は数万人規模の都市であることから、Mahdia海水淡水化施設の直接的な受益者はZarzisよりも多いと考えられる。
- 本調査は民間資金及び公共投資の両面からビジネスモデルを検討するが、民間資金の場合はテイク・オア・ペイを前提条件とする。この観点から、中部地域は複数の既存海水淡水化施設を有し、他のプラントにおける生産量の調整により地域全体の生産量の調整が可能であることから、Pre-F/Sの対象として適切であると考えられる。

4.1. モデルケースの選定

4.1.2. 太陽光発電事業のモデルケースの選定

(1) 選定の条件

- 以下の観点からPre-FS対象の太陽光を検討した。
 - ・ 期待される発電電力量
 - ・ 系統連系に関する系統運用者(STEG)との協議状況
 - ・ 発電場所での電力消費(地産地消)
 - ・ 電力系統へのアクセスの容易性

(2) 選定の結果

- SONEDEとの協議及び計画太陽光を取り巻く現状に基づき、Pre-FS対象のPVを1箇所抽出した。
 - ・ [SFAX太陽光発電所](#): SFAXにおいて大型SWROが現在建設中である。地産地消で太陽光の発電電力を消費できるため、SFAX太陽光発電所をPre-FS対象として選定した。

1) 期待される発電電力量

- 水需要予測に基づく淡水化施設の1時間あたりの消費電力量は、Kerkennha SWROを除き運用初年度から5,000 kWh/h以上となっている。太陽光計画の内出力10 MW未満のなかで最も大きいものは4 MW (Sousse、Maknnesy)であるが、それらのピーク発電時間帯の発電量は、約3,000 kWh/h弱である。
- 増え続ける水需要に対応すべく、淡水化施設の消費電力量も増加していくため、優先的に開発すべき太陽光としては、[出力10 MW以上のものが望ましい](#)。該当する太陽光計画は、以下の3箇所となり、ピーク発電時間帯の発電量を示す。
 - ・ SFAX PV (30 MW) : 約21.5 MWh
 - ・ TOZEUR 2 PV (35 MW) : 約26.6 MWh
 - ・ Zarat PV (20 MW) : 約14.9 MWh

4.1. モデルケースの選定

4.1.2. 太陽光発電事業のモデルケースの選定

(2) 選定の結果

2) 系統連系に関する系統運用者(STEG)との協議状況

- SONEDEへのインタビューに基づく、SFAX、TOZEUR 2、Zarat太陽光発電設備の系統連系については、既にSTEGと協議を開始しており、概ね系統接続に関して了解を得ている。特に、SFAX PVに関しては太陽光の最大出力30 MWを逆潮流することに概ね了解を得ている状況である。(正式な回答を得るためにSTEGからの接続事前検討に関する請求書待ちの状態である。)
- 従って、SFAX PV (30 MW) の太陽光発電設備を計画する上での課題は無く、SFAX PVの開発が最も太陽光発電事業と同様、関連機関との協議が進んでいることから優先度が高い。

3) 発電場所での電力消費(地産地消)

- SFAX太陽光発電のサイトは、現在建設中のSFAX SWROに隣接する位置に計画されている。太陽光によって発電された電力は託送によって需要地へ送ることで消費する事は可能であるが、この場合は必ず託送料金が発生する。従って、発電電力は、その場で消費することがより経済的である。
- SFAX SWROの1時間あたりの電力消費量は、運開初年度においては約10.8 MWhであるがその後は年々上昇し、2046年に頭打ちになり最終的に約21.7 MWhと推定されている。
- SFAX太陽光発電においては、年間で最も発電する時間帯の発電量は1時間あたり約21.5 MWhと推定される。
- 太陽光発電の運開後は余剰電力が発生するものの、SWROの電力消費量が年を追うごとに増加し、最終的には太陽光のピーク発電時間帯の発電量とSWROの消費電力量はほぼ同等になり、計画されている30 MWの設備容量は妥当である。(余剰電力は、他需要施設へ託送することも可能。)

4.1. モデルケースの選定

4.1.2. 太陽光発電事業のモデルケースの選定

(2) 選定の結果

4) 電力系統へのアクセスの容易性

- SFAX太陽光発電設備は、建設中のSFAX SWROで設備される電気設備の一部(11 kV開閉設備)を介して系統へ接続する計画となっている。SFAX SWROでは、系統からの電力受電のために150 kVの連系開閉設備および150 kV送電線が整備される。SFAX太陽光発電設備から余剰電力が発生する場合においても、電力系統へ送電する設備が予め備わっている状況になるため、系統へのアクセスが良い。
- 民間資金の活用もにらんだPre-FSを行うにあたり、関連機関との協議が進んでいることは、実現性の観点から調査対象として優先度が高い。

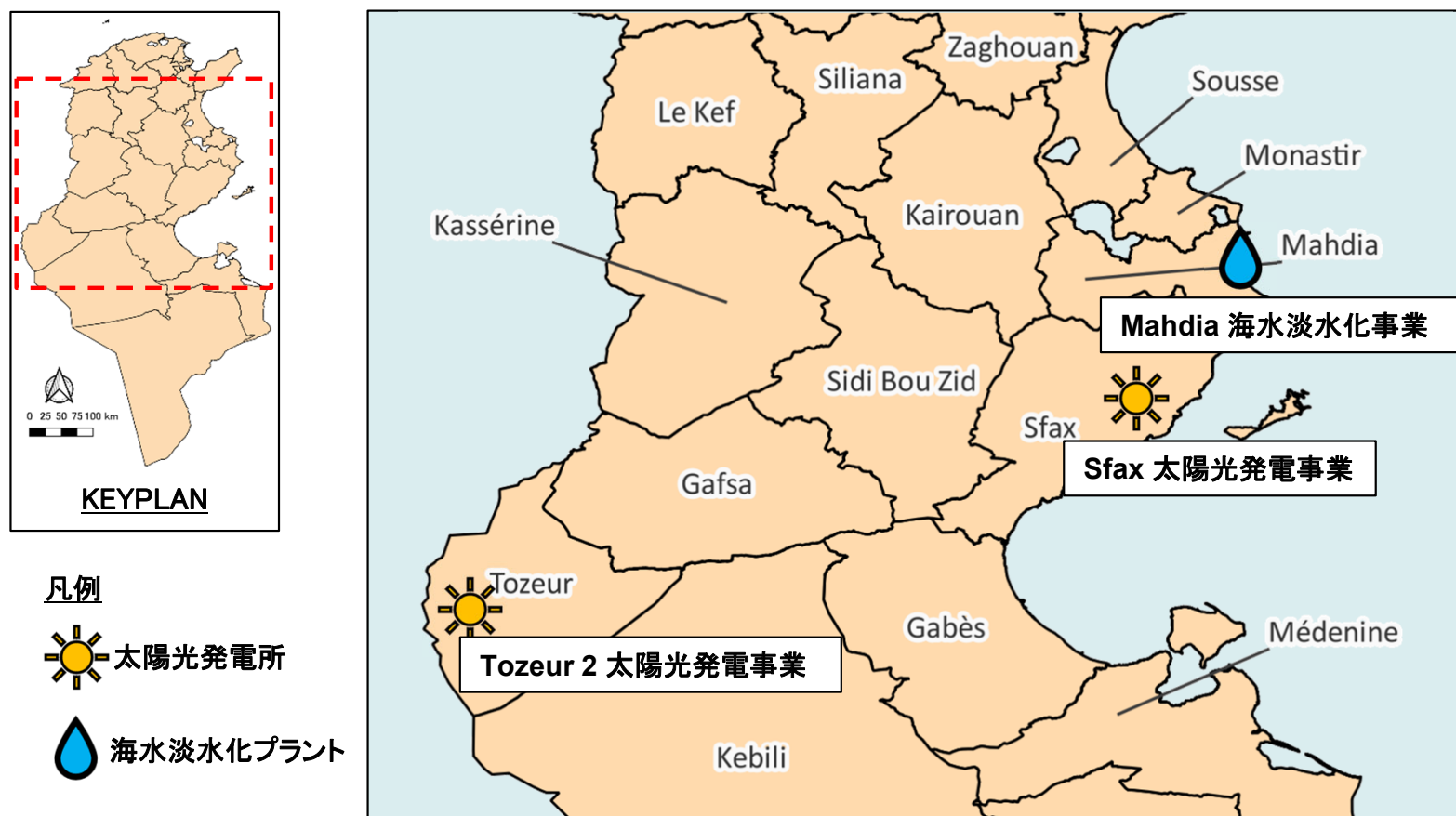
非公開情報

4.1. モデルケースの選定

4.1.3. モデルケースの選定結果

■ 以下の事業を本調査におけるPre-FSの検討対象とする

- ・ 海水淡水化: Mahdia
- ・ 太陽光発電所: Sfax及びTozeur



出典: 豊田通商

図.4.3 モデルケースの位置図

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(1) プラント建設用地の選定

1) 候補地の概要

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

- (1) プラント建設用地の選定
- 2) 取水・放水施設の検討

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

- (1) プラント建設用地の選定
- 3) 送水ルート検討

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(1) プラント建設用地の選定

4) 電源計画

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(1) プラント建設用地の選定

5) 用地選定

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(2) 海水淡水化プラントの計画条件

1) 施設容量

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(2) 海水淡水化プラントの計画条件

2) 海水水質

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(2) 海水淡水化プラントの計画条件

3) 生産水水質

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(2) 海水淡水化プラントの計画条件

4) フロー及び各施設の仕様

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.1. 海水淡水化

(3) 取水・放水施設の詳細検討

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.2. 再生エネルギー施設

(1) 概略設計検討ポイント

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.2. 再生エネルギー施設

(2) 現地調査結果サマリー

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.2. 再生エネルギー施設

(3) 30MW Sfax太陽光発電設備概要

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.2. 再生エネルギー施設

(4) 30MW Sfax太陽光発電設備配置図

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.2. 再生エネルギー施設

(5) 30MW Sfax太陽光発電設備の発電電力量予測

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

非公開情報

4.2. 海水淡水化及び再生エネルギー施設の施設概略設計

4.2.3. 概略設計結果

(1) 海水淡水化プラント

非公開情報

(2) 太陽光発電所

非公開情報

4.3. 適用可能な技術及びノウハウ

4.3.1. 海水淡水化

- 3.3.1章において記載した技術及びノウハウはすべて適用可能である。
これは本事業で計画した海水淡水化プラントが一般的なものであり、プラント建設用地に水質、地形及び環境的な特筆事項がないためである。

- 前処理セラミック膜

現状の圧力式二層ろ過＋圧力式砂ろ過の代わりにセラミック膜によるろ過装置を設ける。膜処理ゆえ濁質の除去性能が非常に高く、SDI < 2以下のろ過水が期待できる。その結果、RO膜の寿命が延び、薬品洗浄の回数も削減できる。また、Foot printも小さくなる。

- 高圧配管へのPlastic Lining管の適用

海水とBrineの高圧配管は一般的にSuper AusteniteかSuper Duplex SSが使用されるが、内面をPlasticでLiningした配管を適用する。Plasticゆえ腐食の心配がなく、コストも安い。小型ROで実績が増えつつある。

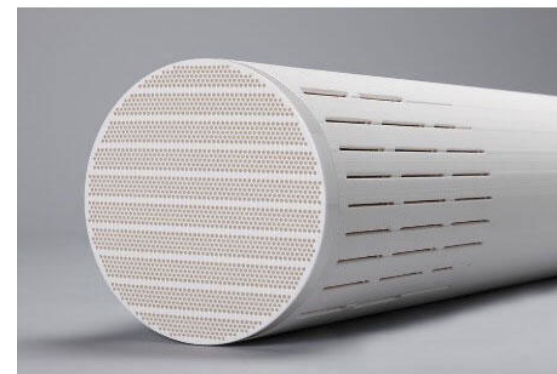


写真 4.13 Ceramic membrane

4.3. 適用可能な技術及びノウハウ

4.3.1. 海水淡水化

- Energy Recovery Device

今回は他のSONEDEの海淡と同じPXを適用と書いたが、他にも新しいERDが開発されており、日本の電業社などのERDの実績が増えつつある。Energy savingなどを詳細に比較して検討する価値がある。

- 再生RO膜の活用

本プラントや他のプラントからの廃棄RO膜を薬品で再生処理して再利用する。新膜に比べて安価ゆえ、OPEXを低く抑えることができる。



写真 4.14 DeROs
Energy Recovery Device
(DMW corp.)

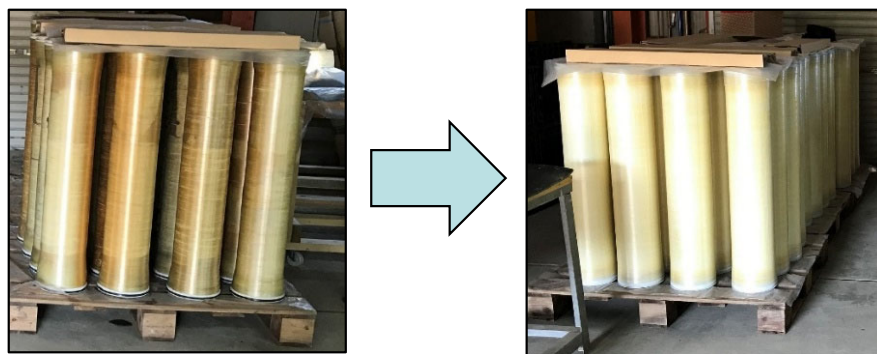


写真 4.15 Disposed RO membrane to Recovered RO
membrane (Japan)

4.3. 適用可能な技術及びノウハウ

4.3.2. 再生可能エネルギー

- 2.2.3章において適用可能と思われる下記技術候補を記載した。この中で本事業で適用可能な技術は『EMSおよび発電電力量予測』技術である。

表.4.30 適用可能な技術(再生可能エネルギー)

No.	技術内容	本事業への適否	理由
1	蓄電設備		・ 本事業では、太陽光発電により発電された電力は、より経済性を求めて貯蔵はせずに消費し切る方針としている。その為、充電するための余剰電力は見込んでいない。 ・ 変動電源に対して系統安定化を目的とした蓄電設備の導入はチュニジアでは求められていない。
2	EMSおよび発電電力量予測	✓	・ 下記参照
3	ドローンによる太陽光発電設備維持管理技術		・ チュニジアでは、一般にドローンを飛行させるには、複数の省庁から許可を受ける必要がある。維持管理サービスを提供している会社によると、これまで太陽光発電のメンテナンス用途でドローンが認められた事例は確認できなかった。そのため、適用は困難と考える。

出典: 豊田通商

- EMSおよび発電電力量予測
 - ・ 2.2.3章に記載の通り、チュニジアでは2017年に公開された官報によって、再生可能エネルギーの系統連系に係る技術要件が取りまとめられている。
 - ・ 設備容量1 MW以上の再生可能エネルギー発電所は、系統運用者であるSTEGに対して有効電力や無効電力などの運転データを提出する必要がある。
 - ・ 提出が必要な運転データの中で発電電力量予測の項目がある。提出は日次という頻度が基本であるが、設備容量10 MW以上の再生可能エネルギーの場合は、毎時提出とされている。
 - ・ この要求に応えるため、発電電力量予測機能を有したEMSの導入が求められる。

4.4. 概算工事費算定

4.4.1. 海水淡水化

(1) 概算事業費の算定条件

非公開情報

(2) 事業内容

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

4.4.1. 海水淡水化

(3) 算定方法

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

4.4.1. 海水淡水化

(4) 概算事業費

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

4.4.1. 海水淡水化

(5) 事業実施スケジュール

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

4.4.1. 海水淡水化

(6) 運転・維持管理費

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

4.4.2. Sfax太陽光発電設備

(1) 概算事業費の算定条件

非公開情報

4.4. 概算工事費算定

非公開情報

4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル

4.5.1. ビジネスモデルのオプション

- 基礎調査結果に基づき、モデルプロジェクトの実施方式および資金調達方法として、以下の3つのビジネスモデル・オプションを提案する。

表4.35 ビジネスモデルのオプション

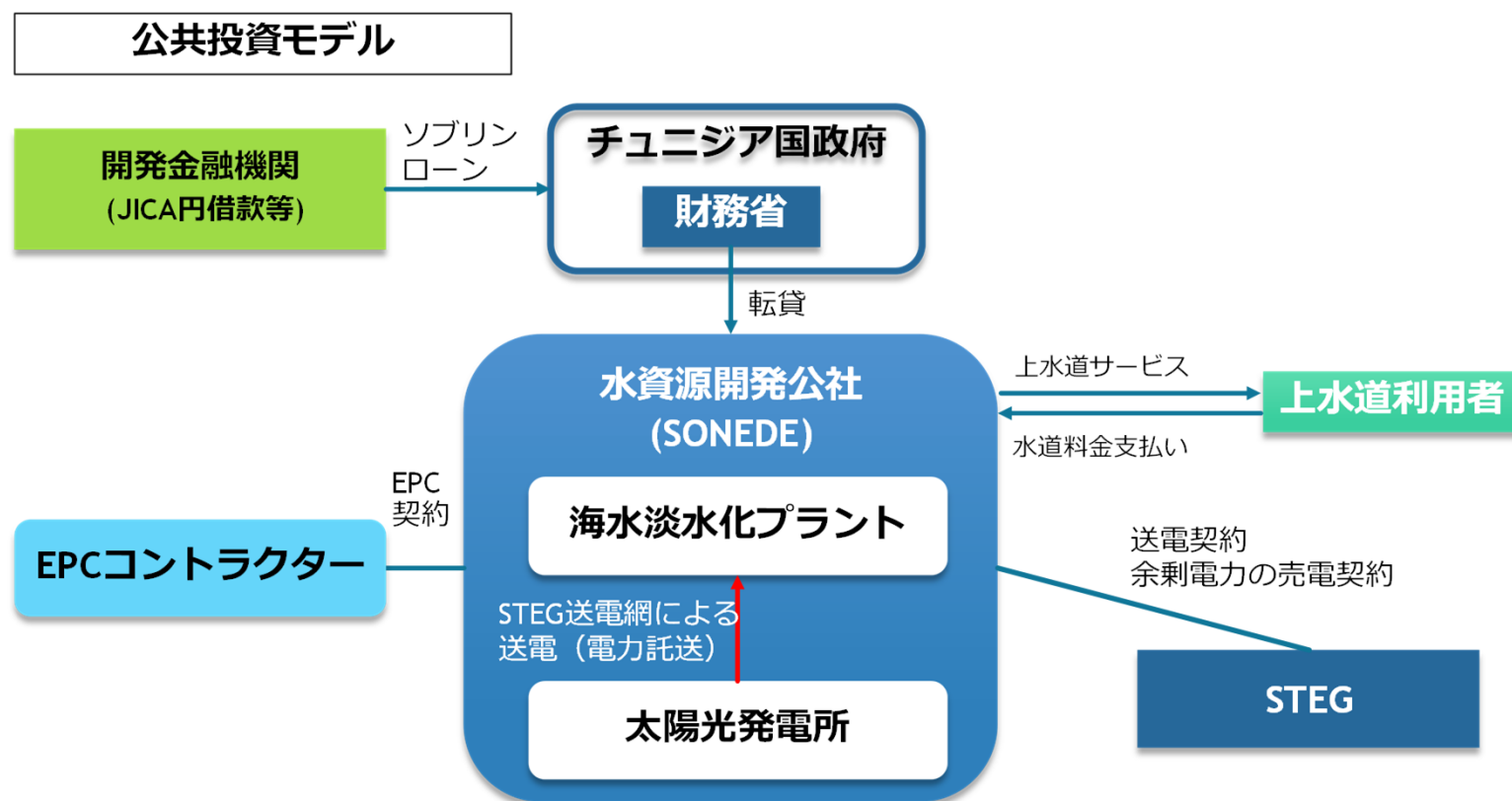
ビジネスモデル オプション		資金調達	建設	運営・維持管理 (O&M)
1. 公共投資モデル		政府／SONEDE (ドナー借款の借入)	SONEDE	SONEDE
2. 民間投資モデル 2-1. 単一SPC方式 2-2. 分離SPC方式		民間	民間	民間
3. ハイブリッドモデル	海水淡水化コン ポーネント	政府／SONEDE (ドナー借款の借入)	SONEDE	SONEDE
	太陽光発電コン ポーネント	民間	民間	民間

出典: 豊田通商

4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル

4.5.2. オプション1: 公共投資モデル

- ドナーからの政府借入により、SONEDEがすべての事業スコープの建設・運営を実施する。
- 太陽光発電の電力は、STEG送電網を通じて海水淡水化プラントを含むSONEDEの施設に託送される。
- 太陽光発電の余剰電力がある場合は、SONEDEとSTEGの間に締結する売電契約に基づきSTEGに販売される。



出典: 豊田通商

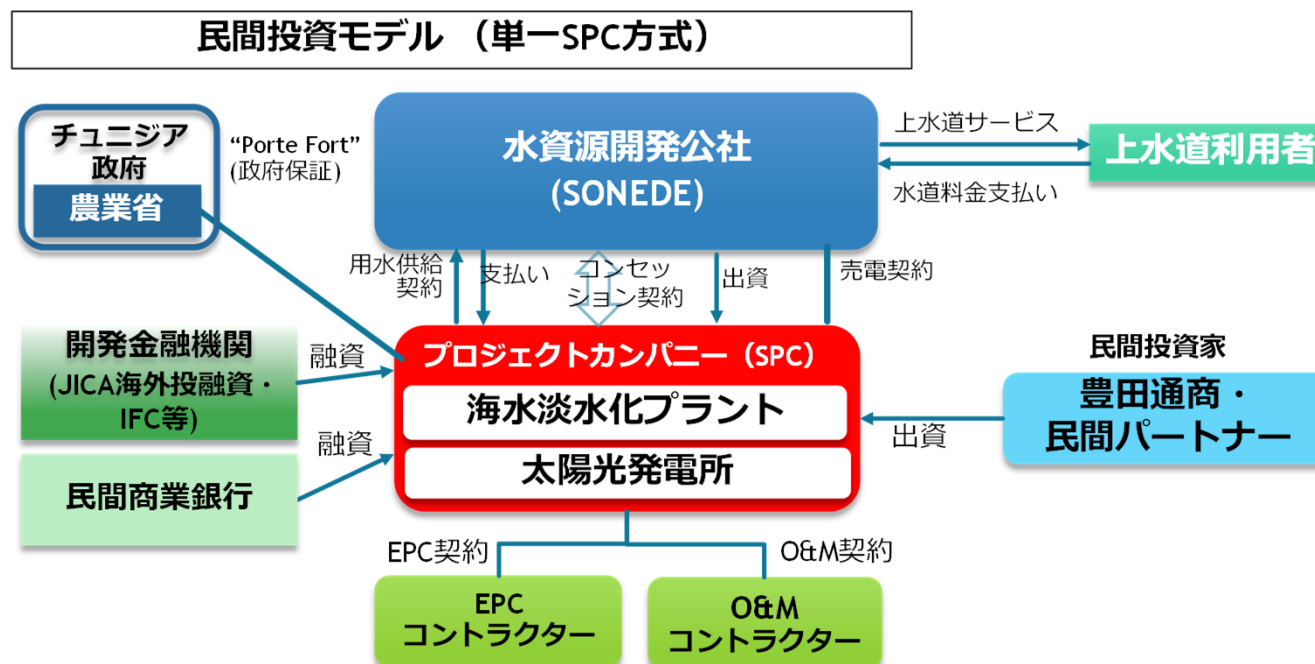
図.4.25 公共投資モデル

4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル

4.5.3. オプション2: 民間投資モデル

オプション2-1: 単一SPC方式

- 民間投資家（デベロッパー）とSONEDEの出資によりSPCを設立し、金融機関からの民間セクター融資によりすべての事業スコープの建設・運営を行う。民間投資家（デベロッパー）の選定と契約は、コンセッションまたはPPP制度に基づき実施する。
- プロジェクトのうち、太陽光発電と送電（電力託送）は、再生可能エネルギー法（法律第2019-47号により改正された法律第2015-12号）に基づいて実施する。改正された再エネ発電自家消費スキームを適用し、民間とSONEDEにより設立したSPC（プロジェクトカンパニー）から本プロジェクトの海水淡水化プラントとSONEDEの他の施設への電力供給を行う。ただし、同法第9条では、プロジェクトカンパニーの目的が再エネ発電のみに制限されていることから、単一のSPCが海水淡水化と太陽光発電の両コンポーネントを担う本方式の実現性は、MIMEによるさらなる確認が必要である。



出典: 豊田通商

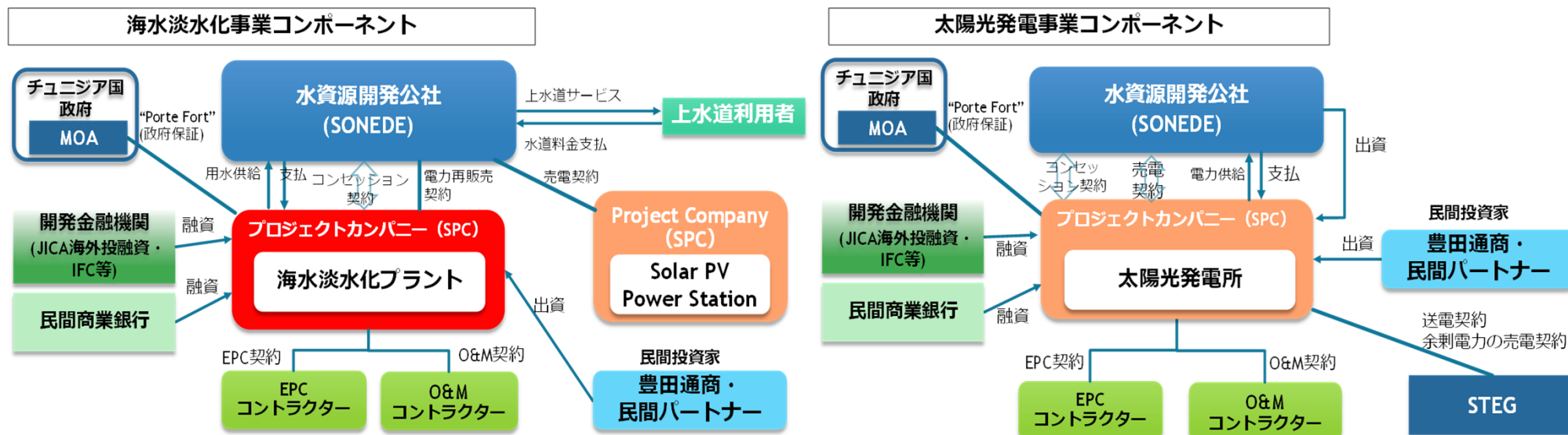
図.4.26 民間投資モデル(単一SPC方式)

4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル

4.5.3. オプション2: 民間投資モデル

オプション2-2: 分離SPC方式

- プロジェクトの2つの事業コンポーネントは、それぞれ民間投資家（デベロッパー）が設立する2つのプロジェクトカンパニー（SPC）が、民間セクター融資を用いてそれぞれの事業コンポーネント（海水淡水化・太陽光発電）を担当し建設・運営を行う。民間投資家の選定・契約はコンセッションまたはPPP制度を適用する。
- 太陽光発電と送電は、オプション2-1と同様に再生可能エネルギー法に基づいて実施する。改正された再生可能発電自家消費スキームを適用することで、①サイトポテンシャルを最大限活用する規模の太陽光発電を開発し、②海水淡水化プラントでの消費後の余剰電力を他の既存SONEDE施設に送電することを企図する。そのため、③法令に沿って、太陽光発電のみを目的としたプロジェクトカンパニー（SPC）を海水淡水化プラントとは別に設立・運営することで、SONEDEの他施設への電力供給ができるように図る。



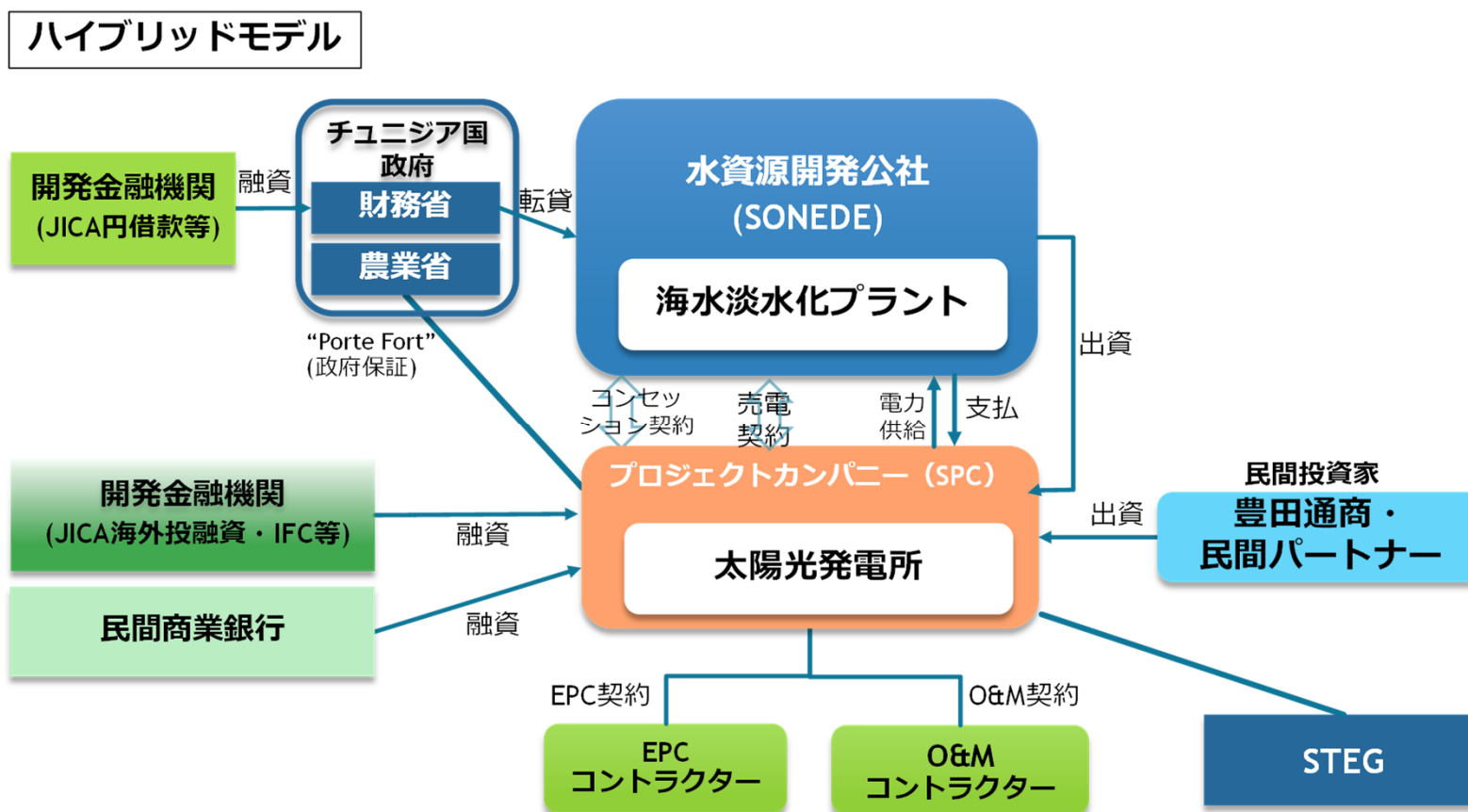
出典：豊田通商

図4.27 民間投資モデル(分離SPC方式)

4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル

4.5.4. オプション3:ハイブリッドモデル

- ハイブリッドモデルは、公共投資により実施される海水淡水化事業の民間投資で実施する太陽光発電事業で構成される。
- 事業ストラクチャーの組成は、海水淡水化はオプション1(公共投資モデル)、太陽光発電はオプション2(民間投資モデル)のハイブリッドとなっている。



出典: 豊田通商

図4.28 ハイブリッドモデル

4.5. モデルプロジェクトのビジネスモデル

4.5.5. ビジネスモデルオプションの比較

表4.36 ビジネスモデルオプションの予備的な比較

ビジネスモデル オプション	Pros	Cons
1. 公共投資モデル	[法制度面] 公共調達制度やドナーの調達ガイドラインなど、事業実施にかかる法制度が確立している。	[資金調達面] - 公的債務管理の観点から、政府は、借款借入に非常に慎重となる可能性が予想される。 [事業実施面] 【太陽光発電】 SONEDEは本事業のような大規模な太陽光発電事業を実施した経験がない。
2. 民間投資モデル 2-1 単一SPC方式 2-2 分離SPC方式	[資金調達面] - 資本投資コスト(CAPEX)の資金調達は、すべて民間デベロッパー(投資家)の責任により実施される。 [事業実施面] - 建設リスク・運営リスクなど、事業実施にかかる多くのリスクは民間側が負担する。	[法制度面] - チュニジア国では、海水淡水化と太陽光発電の複合コンセッション事業が実施された前例がない。 【太陽光発電】「プロジェクトカンパニー」を用いた自家消費方式再エネ発電にかかる法令整備が完了していない。 「2-1 単一SPC方式」については、現行の法律第2015-12号にプロジェクトカンパニーの目的を再エネ発電・売電に限定する条文があるところ、海水淡水化との複合事業を担う単一SPCが認められるか、MIMEの見解を確認をする必要がある。
3. ハイブリッドモデル	[資金調達面] 【太陽光発電】 CAPEXの資金調達は、民間デベロッパー(投資家)の責任により実施される。 [事業実施面] - SONEDEは海水淡水化事業に十分な経験を有する一方で、太陽光発電事業の実施にかかるリスクの多くは、民間側が負担する。	[法制度面] 【太陽光発電】 太陽光発電事業コンポーネントについては、オプション2と同様の法制度面の課題がある。 [資金調達面] 【海水淡水化】政府は、借款借入に非常に慎重となる可能性が予想される。

出典: 豊田通商

Be the Right ONE

4.6.モデルプロジェクトの財務分析

4.6.1. 事業期間

非公開情報

4.6.2. 海水淡水化

非公開情報

4.6.モデルプロジェクトの財務分析

非公開情報

4.6.モデルプロジェクトの財務分析

非公開情報

4.6.モデルプロジェクトの財務分析

4.6.3.太陽光発電施設

非公開情報

4.6.モデルプロジェクトの財務分析

非公開情報

4.6.モデルプロジェクトの財務分析

4.6.4.モデルプロジェクトの財務分析の結果

非公開情報

4.7.環境社会配慮

4.7.1. 環境社会影響の検討

- 事業実施の上では2.5に整理したEIA調査を行い、ANPEの承認を得る必要がある。加えて、外部資金を調達するにあたっては、資金提供者の定めるガイドラインに則って影響評価を実施し、必要な対策を設計に反映する必要がある。参考として、JICAのガイドラインに従う場合、汚染対策、自然環境、社会環境の3分類について以下に記した計30項目の現状及び影響評価を行う必要がある。

表 4.42 JICAガイドラインにおける評価項目

汚染対策	自然環境	社会環境
大気汚染、水質汚濁、廃棄物、土壌汚染、騒音・振動、地盤沈下、悪臭、底質	保護区、生態系、水象、地形・地質	非自発的住民移転、貧困層、少数民族・先住民族、雇用・生計手段等の地域経済、土地利用及び地域資源の利用、水利用、既存の社会インフラやサービス、地域の意思決定機関等の社会組織、被害と便益の偏在、地域内の利害対立、文化遺産、景観、ジェンダー、子供の権利、公衆衛生(HIV/AIDS等の感染症)、労働安全・衛生、事故、越境の影響及び気候変動

4.7.2.簡易的な環境社会影響評価の実施

- PreF/S段階では、現時点における施設レイアウトにおける簡易的な環境社会影響の検討する。なお、簡易評価の項目は他の海水淡水化事業のEIA報告書などを参考に、特に周囲への影響が大きいと予想される騒音、生態系への影響と中心として行う。

4.7.環境社会配慮

4.7.2.簡易的な環境社会影響評価の実施

(1) 騒音

- 騒音の評価は施設建設地の境界線から200m地点における騒音レベルを予測し、影響を評価する。
- 工事中：重機による騒音は最大100 dB程度と想定されるが、音源から100 m程度で50dB以下、200m程度で45dB 以下となることが予測される。
- 供用中：最大の音源は高圧ポンプ(最大94 dB)であり、建屋外では64dB程度となることが推定される。工事中と同様に考えると、200m程度で45dB以下となる事が予測される。
- Pre-F/Sにて検討を進めている事業予定地の周辺において、最も騒音の影響を受ける施設は南側に隣接しているホテルであると考えられるが、上記簡易予測の結果と騒音源からの距離がおおよそ400m以上離れている事を踏まえると、事業の実施による騒音の影響は無視できる程度と予測される。



図 4.29 暫定的な施設レイアウト(赤長方形:高圧ポンプ施設)

4.7.環境社会配慮

4.7.2.簡易的な環境社会影響評価の実施

(2) 保護区及び生態系

- 本事業予定地周辺のラムサール湿地及び自然保護区を整理する。Pre-F/Sにて選定した事業予定地は保護区に位置していないが、一番近い保護区は図1の“Les Salines de Monastir”で、凡そ30km程度の距離に位置している。
- また、最寄りの海洋保護区は図中No.5 の“Salines de Thyna”であり、約100km南に位置している。
- これら、保護区までの距離、本事業により排出する物質の種類や濃度を勘案すると、本事業の保護区及び周辺の生態系への影響は限定的であると考えられる。

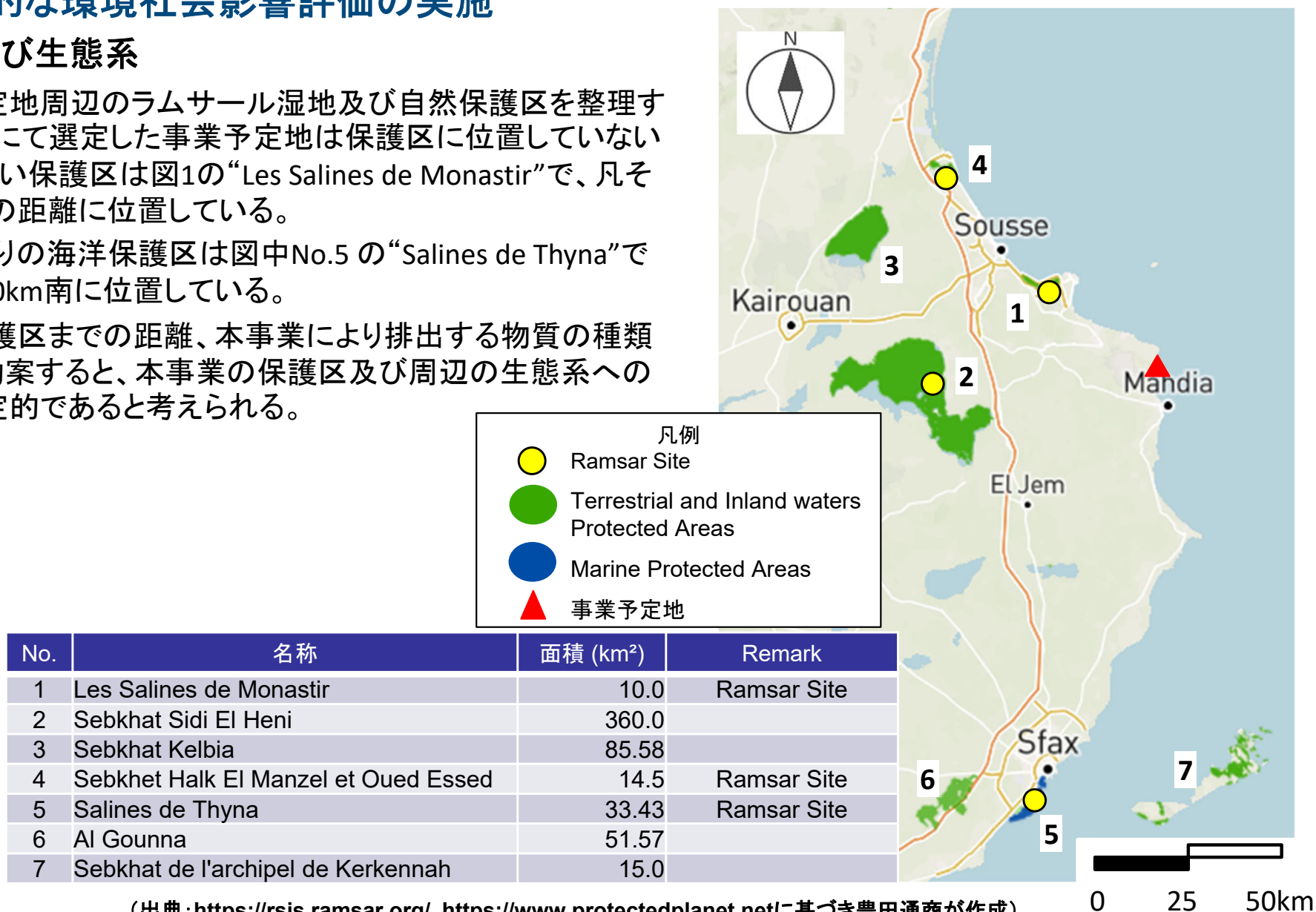


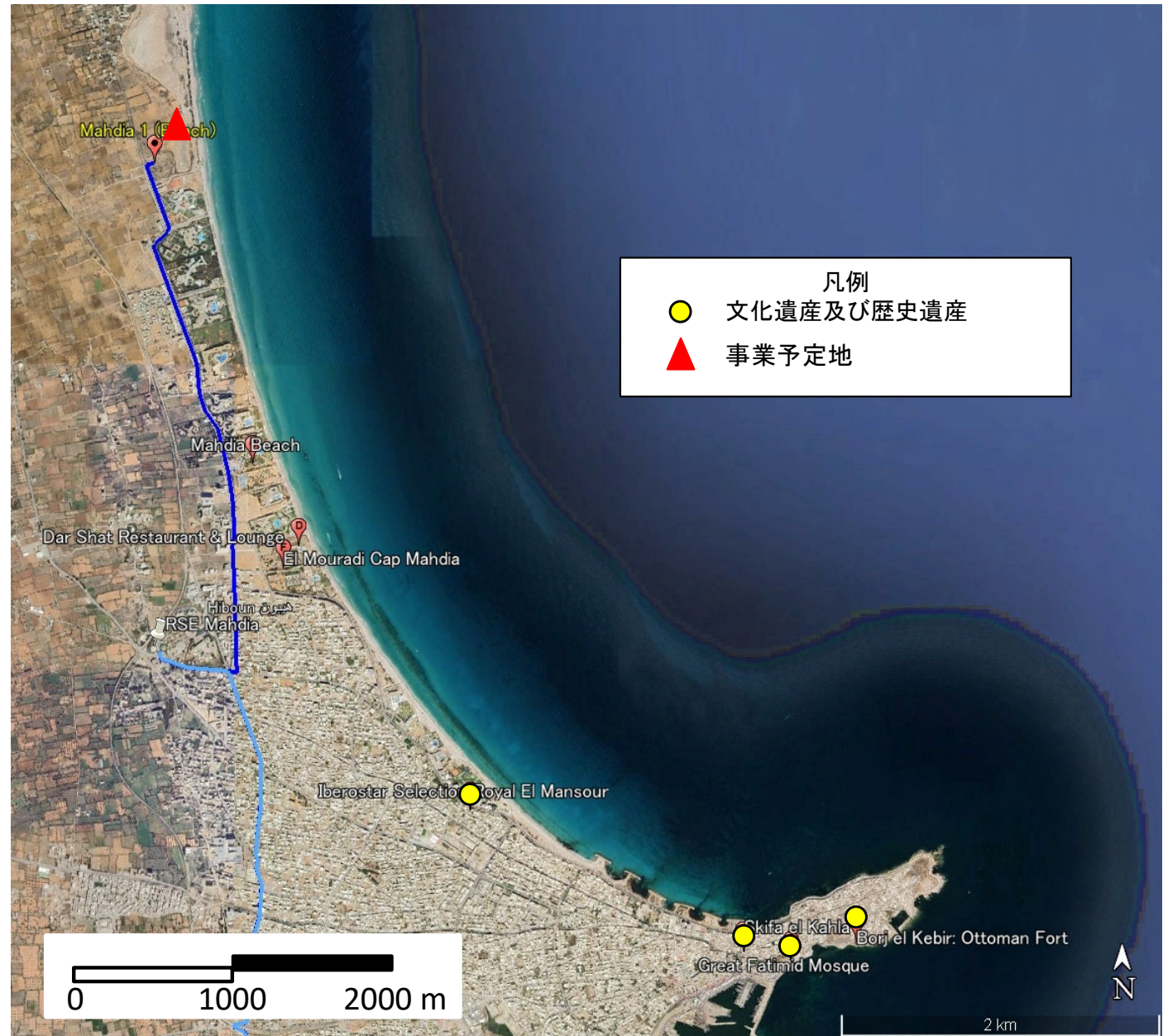
図 4.30 事業予定地周辺のラムサール条約指定地区及び保護区

4.7.環境社会配慮

4.7.2.簡易的な環境社会 影響評価の実施

(3) 文化財及び歴史遺産

- 文化財及び歴史遺産は事業予定地より5 km以上南のMahdia中心街に位置している。
- 事業の実施が周辺環境に及ぼす影響の種類や事業予定地及び文化財・歴史遺産周辺の交通容量等を鑑みると、本事業の実施がこれらに与える負の影響は無視できる程度と評価できる。



(出典: Archiqoo.com, Google Earth, に基づき調査団作成)

図 4.31 事業予定地付近に位置する文化財及び歴史遺産



5. 事業化に向けた課題整理

5. 事業化に向けた課題整理

(1) 海水淡水化プラント

- プラント設置場所の海水水質の確認：
SONEDEはこれまでの経験と実績から、放水管を取水管よりも短く設定している。今後、建設された施設の運用を通じて、ブラインの取水水質への影響について検証が必要である。また、周辺施設（下水処理場や工場）からの排水の有無及びその影響についても確認が必要である。さらに、Mahdia海水淡水化プラントの取水予定位置周辺において年間の変動の確認が必要である。
- ホテル等の近隣施設への影響：景観、騒音、悪臭、等々の影響確認が必要である。
- 生産水タンクの3時間Holdingの妥当性：3時間は一般的に短い値であり、他プラントの運用状況をもとに検証が必要である。
- 95%稼働率維持への課題：
本調査では近年の類似事業の傾向をもとに年間の稼働率を95%と設定した。高い稼働率を維持するためには計画的な運営維持管理と高い運転スキルが求められるため、SONEDEが実プラントの運用を通じて95%の稼働率を長期間維持できるノウハウを蓄積することが必要である。
- 拡張工事(Phase 2)を考慮した最適設計の確認：
土木・建築施設は拡張を考慮した200 MLD対応だが、機電設備は一期分100 MLDが本事業における対象
- 海底地形測量の実施：
土木工事において取水放水施設が占める費用の割合は高く、今回の計画では海水淡水化プラントのその他土木工事と同程度の金額である。取水放水施設の計画は海底地形に大きな影響を受けることから、海底地形測量が必要である。
- 土質調査の実施：
SFAX海水淡水化プラントでは基礎工事の追加費用が発生しており、土質調査の実施が必要である。

5. 事業化に向けた課題整理

(2) 太陽光発電

- 電力接続検討の正式回答：
現在、SONEDEとSTEGとの間で複数の太陽光発電候補地の系統連系に関して協議が進行中である。系統連系について概ね了解を得られているものの正式回答は受領していない状況であるため、引き続きSTEGとの協議を通じて正式回答を確認する必要がある。
- 塩害を考慮した設計：
SFAX太陽光発電の計画地は沿岸部に近く、長期間の運用に耐え得る塩害対策を考慮する必要がある。概略設計の際、塩害対策を検討のうえ入札仕様書を作成する必要がある。（例：エンクロージャタイプPCSの採用、架台の表面処理仕様等）
- 事業期間中の電力託送先の変更：
電力託送先の変更は、MIMEの承認が必要となる。需要施設の電力消費量の増加に伴い、太陽光発電から電力供給する託送先は、電力の有効活用の観点から適宜変更することが望ましい。そのため、MIMEと継続して協議を行い電力託送先の変更について可否を確認する必要がある。

(3) ビジネスモデル

- 事業実施に向けたビジネスモデル・資金調達の方針：
資金調達の蓋然性や政府方針に照らし、実施するビジネスモデルオプションを検討・選択する必要がある。
- 再エネ発電自家消費にかかる法令面の詳細検討（法律第2015-12号等）：
特に民間投資モデルによる事業実施を企図する場合、設立するプロジェクトカンパニーの要件（海水淡水化事業を同一SPCが実施できるか）やSONEDE施設への送電にかかる制限等について、MIMEと詳細な確認を行い、その適用可否を十全に確認する必要がある。
- 民間投資モデルの適用制度に沿った実施計画の策定：
民間投資モデルによる実施の場合、民間投資家の選定・契約に当たりPPP制度・コンセッション制度のいずれを適用するか検討し、詳細な実施計画を策定する必要がある。

5. 事業化に向けた課題整理

(4) 財務分析

- 海水淡水化施設の民間投資の場合の料金：
海水淡水化施設を民間投資で行う場合、公共調達の1.2倍の料金設定が必要であり、公共調達の場合でも従来(2021年)の料金の2.2倍の料金が必要となる。

(5) 環境社会配慮

- EIA調査の早期着手・実施：
EIA調査は概ね半年から1年弱の期間を要する事が想定されるが、実施する業者の能力によってはより長期間を要する可能性もある。また、事業実施予定地において測定項目(大気質、水質等)の実測結果によっては追加的な対策が必要となる可能性も考えられる。これらを考慮し、概略設計の完了後、速やかにEIAを実施する事が必要である。

図. 1. 1	調査対象地域
図. 1. 2	年降水量等雨量線図 (mm/年)
図. 1. 3	ガベス市の気温と降水量
図. 1. 4	行政界と人口分布
図. 1. 5	チュニジアのGDP成長率 (%)
図. 1. 6	チュニジア各県の塩分濃度別の水源比率
図. 1. 7	生産水量の推移
図. 1. 8	チュニジアにおける2020年の電源構成
図. 1. 9	電力および水の販売価格動向
図. 2. 1	対象地域の水供給システムの分類
図. 2. 2	中部地域の水源地
図. 2. 3	南部地域の水源地
図. 2. 4	中部地域の水需要 (MLD)
図. 2. 5	南部地域1の水需要 (MLD)
図. 2. 6	南部地域2の水需要 (MLD)
図. 2. 7	中部地域の需給バランス
図. 2. 8	南部地域統合の需給バランス
図. 2. 9	南部地域1の需給バランス
図. 2. 10	南部地域2の需給バランス
図. 2. 11	チュニジアにおける2020年の電源構成

図. 2. 12	チュニジアにおける2030年の再生可能エネルギー開発目標（容量ベース）
図. 2. 13	2007-2020年のピーク電力推移
図. 2. 14	チュニジアの電力系統図
図. 2. 15	電力託送の概要
図. 2. 16	電力消費の予測
図. 2. 17	単位水量あたりの電力消費の傾向
図. 2. 18	PV計画位置図
図. 2. 19	GSAソフトウェアの操作画面（参考）
図. 2. 20	発電量推定レポート（参考）
図. 2. 21	太陽光ポテンシャルマップ
図. 2. 22	実質GDP成長率とインフレ率
図. 2. 23	経常収支
図. 2. 24	一般政府総債務
図. 2. 25	コンセッション契約とPPP契約の比較
図. 2. 26	平均水道料金
図. 2. 27	EIA海水淡水化事業を行う場合の手続きと環境許可
図. 3. 1	中部地域における需給バランス（シナリオ1）
図. 3. 2	中部地域における生産水量予測（シナリオ1）
図. 3. 3	中部地域における需給バランス（シナリオ2）
図. 3. 4	中部地域における生産水量予測（シナリオ2）
図. 3. 5	南部地域1における需給バランス（シナリオ1）

図. 3. 6	南部地域1における生産水量予測（シナリオ1）
図. 3. 7	南部地域1における需給バランス（シナリオ2）
図. 3. 8	南部地域1における生産水量予測（シナリオ2）
図. 3. 9	南部地域2における需給バランス（シナリオ1）
図. 3. 10	南部地域2における生産水量予測（シナリオ1）
図. 3. 11	南部地域2における需給バランス（シナリオ2）
図. 3. 12	南部地域2における生産水量予測（シナリオ2）
図. 3. 13	南部地域統合における需給バランス（シナリオ1）
図. 3. 14	南部地域統合における生産水量予測（シナリオ1）
図. 3. 15	南部地域統合における需給バランス（シナリオ2）
図. 3. 16	南部地域統合における生産水量予測（シナリオ2）
図. 3. 17	太陽光発電活用の概要
図. 3. 18	電力供給計画検討のための手順
図. 3. 19	DESAL DATA website
図. 3. 20	組合せ検討のコンセプト
図. 3. 21	蓄電池コンテナ
図. 3. 22	EMS
図. 3. 23	淡水化及び再生エネルギー施設の中期開発計画
図. 3. 24	淡水化及び太陽光発電施設の位置

図. 4. 1	SFAX SWRO 150 kV機器
図. 4. 2	SFAX SWRO 単線結線図
図. 4. 3	モデルケースの位置図
図. 4. 4	海水淡水化プラントの候補地
図. 4. 5	候補地周辺の海図（左）及び取水放水施設のイメージ（右）
図. 4. 6	送水管経路
図. 4. 7	計画プラントと既設受変電所の位置関係
図. 4. 8	海水淡水化施設の全体フロー
図. 4. 9	海水淡水化施設レイアウト
図. 4. 10	取水放水施設配置
図. 4. 11	Sfax SWRO 周辺マップ
図. 4. 12	Sfax太陽光発電設備候補地
図. 4. 13	Sfaxの水平照射量（GHI）及び気温
図. 4. 14	固定式と追尾式トラッカー比較表
図. 4. 15	ソーラーパネルレイアウト図
図. 4. 16	Sfax太陽光発電設備配置図
図. 4. 17	Sfax太陽光発電設備単線接続図
図. 4. 18	Sfax太陽光発電設備及びSfax SWRO単線接続図
図. 4. 19	Sfax太陽光発電設備の年間発電電力量予測とシステム出力係数
図. 4. 20	MVPSの参考図

図. 4. 21	SCADAシステム
図. 4. 22	DESALDATAによるコスト算出例
図. 4. 23	海水淡水化プラント 事業実施工程（民間調達）
図. 4. 24	海水淡水化プラント 事業実施工程（公共調達）
図. 4. 25	公共投資モデル
図. 4. 26	民間投資モデル（単一SPC方式）
図. 4. 27	民間投資モデル（分離SPC方式）
図. 4. 28	ハイブリッドモデル
図. 4. 29	暫定的な施設レイアウト（赤長方形：高圧ポンプ施設）
図. 4. 30	事業予定地周辺のラムサール条約指定地区及び保護区
図. 4. 31	事業予定地付近に位置する文化財及び歴史遺産

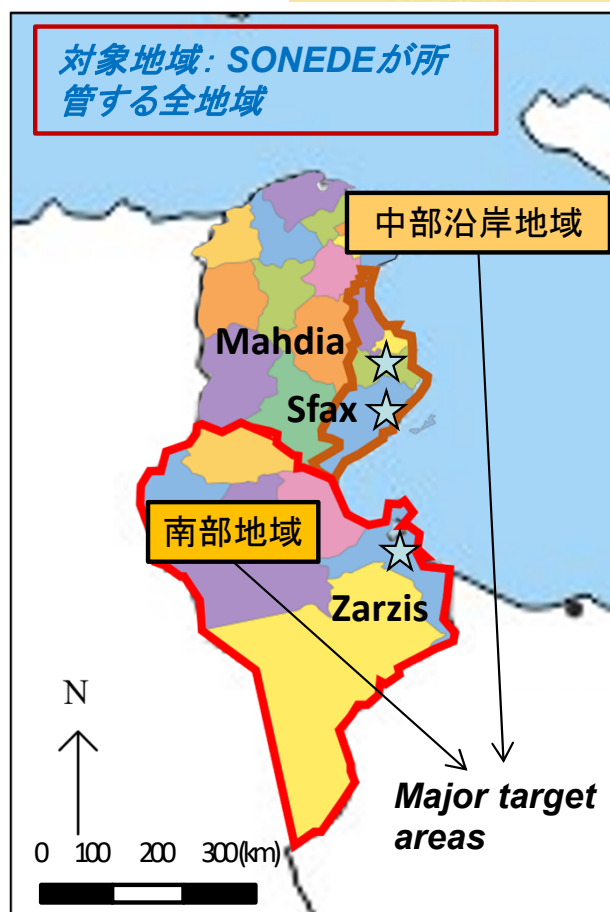
表. 1. 1	Sfax港の潮汐データ
表. 1. 2	調査対象地域の都市における人口
表. 1. 3	海水及び汽水淡水化プラント一覧
表. 2. 1	中部地域の水資源一覧
表. 2. 2	南部地域の水資源一覧
表. 2. 3	中部地域各県の水需要 (MLD)
表. 2. 4	南部地域1各県の水需要 (MLD)
表. 2. 5	南部地域2各県の水需要 (MLD)
表. 2. 6	中部地域の供給水量 (シナリオ 1)
表. 2. 7	中部地域の供給水量 (シナリオ 2)
表. 2. 8	南部地域1の供給水量 (シナリオ 1)
表. 2. 9	南部地域1の供給水量 (シナリオ 2)
表. 2. 10	南部地域2の供給水量 (シナリオ 1)
表. 2. 11	南部地域2の供給水量 (シナリオ 2)
表. 2. 12	中部地域の需給バランス
表. 2. 13	南部地域統合の需給バランス
表. 2. 14	南部地域1の需給バランス
表. 2. 15	南部地域2の需給バランス
表. 2. 16	電力需要のバランス
表. 2. 17	STEGへ提供が必要な運転データ

表. 2. 18	太陽光発電ポテンシャルリスト
表. 2. 19	各PV計画の発電電力量推定結果概要
表. 2. 20	チュニジア国経済指標（2018-2022）
表. 2. 21	自家消費制度に適用されるSTEG送電費用
表. 2. 22	コンセッション制度の概要
表. 2. 23	インフレ率の予測
表. 2. 24	水道料金
表. 2. 25	環境関連法令及び基準
表. 3. 1	中部地域におけるMahdia SWROの有無を考慮した水需給バランスと生産水量予測
表. 3. 2	南部地域1におけるZarzis SWROの有無による需給バランスと生産水量予測
表. 3. 3	南部地域2におけるZarat SWROの有無による需給バランスと生産水量予測（シナリオ1）
表. 3. 4	南部地域統合におけるZarzis SWROの有無による需給バランスと生産水量予測
表. 3. 5	開発計画を踏まえた海水淡水化施設一覧
表. 3. 6	SWROの推定需用電力
表. 3. 7	BWROの推定需用電力
表. 3. 8	Case 1太陽光発電と淡水化施設の組合せ概要
表. 3. 9	Case 1太陽光発電と淡水化施設の組合せ詳細
表. 3. 10	Case 2太陽光発電と淡水化施設の組合せ概要
表. 3. 11	Case 2太陽光発電と淡水化施設の組合せ詳細
表. 3. 12	電力消費のシミュレーション結果（Sfax PV）
表. 3. 13	淡水化及び太陽光発電施設一覧
表. 3. 14	淡水化及び太陽光発電施設の組合せ

表. 4. 1	Mahdia SWRO の候補地概要
表. 4. 2	Mahdia SWRO の候補地概要
表. 4. 3	取水・放水施設の検討結果
表. 4. 4	送水管の検討結果
表. 4. 5	海水淡水化プラント候補地検討比較表 (1/2)
表. 4. 6	海水淡水化プラント候補地検討比較表 (2/2)
表. 4. 7	当該 (Mahdia 1) 海水淡水化施設容量
表. 4. 8	海水淡水化Plantの設計ベースとなる海水水質
表. 4. 9	海水淡水化Plantの生産水要求水質
表. 4. 10	Sfax日照データ (HelioClim 3vs5とMeteoNorm 8)
表. 4. 11	バイフェイシャルPVモジュール比較
表. 4. 12	バイフェイシャルPVモジュールの仕様
表. 4. 13	インバーター比較表
表. 4. 14	Sfax太陽光発電設備生産予測
表. 4. 15	Sfax太陽光発電設備発電予測
表. 4. 16	25年間のSfax太陽光発電設備発電予測
表. 4. 17	Sfax太陽光発電設備の年間発電電力量予測とシステム出力係数
表. 4. 18	フランス国家規格 (AFNOR : Association française de normalisation)
表. 4. 19	国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission)

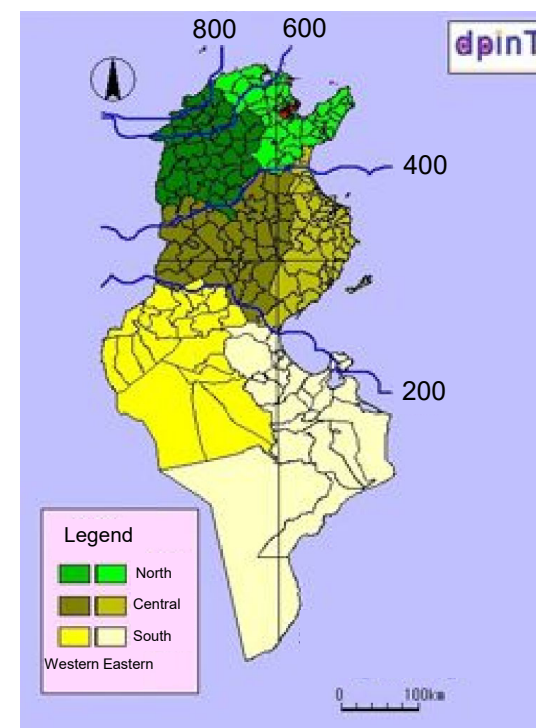
表. 4. 20	国際標準化機構（International Organization for Standardization）
表. 4. 21	PVモジュールおよび付属品の認証
表. 4. 22	PVモジュール仕様
表. 4. 23	PVモジュールに含まれる付属品の仕様
表. 4. 24	太陽光発電用インバーター仕様
表. 4. 25	1軸トラッカーの仕様
表. 4. 26	SCADAデータ取得に関する参考値
表. 4. 27	測候所の仕様
表. 4. 28	本プロジェクトで検討した海水淡水化プラント及び附帯施設の仕様
表. 4. 29	本プロジェクトで検討した太陽光発電設備及び附帯施設の仕様
表. 4. 30	適用可能な技術（再生可能エネルギー）
表. 4. 31	事業概要（海水淡水化）
表. 4. 32	概算事業費（海水淡水化）
表. 4. 33	海水淡水化プラント 運転・維持管理費
表. 4. 34	30MW Sfax太陽光発電設備 CAPEXとOPEX
表. 4. 35	ビジネスモデルのオプション
表. 4. 36	ビジネスモデルオプションの予備的な比較
表. 4. 37	公共調達の海水淡水化施設の建設費用
表. 4. 38	民間投資の海水淡水化施設の建設費用
表. 4. 39	公共調達の水供給量
表. 4. 40	民間投資の水供給量
表. 4. 41	太陽光発電所の建設費用
表. 4. 42	JICAガイドラインにおける評価項目

写真. 3. 1	Ceramic membrane
写真. 3. 2	DeROs Energy Recovery Device (DMW corp.)
写真. 3. 3	Disposed RO membrane to Recovered RO membrane (Japan)
写真. 4. 1	Travelling Screen (Zarat)
写真. 4. 2	Pretreatment (Zarat)
写真. 4. 3	Pretreatment (Djerba)
写真. 4. 4	RO unit (Djerba)
写真. 4. 5	Energy Recovery Device (Djerba)
写真. 4. 6	High Pressure PumpとCartridge Filter (Japan)
写真. 4. 7	CO2 storage tanks (Singapore)
写真. 4. 8	Brine Discharge Pit (UAE)
写真. 4. 9	Product water tanks (Djerba)
写真. 4. 10	Intake & Discharge (Zarat)
写真. 4. 11	Sfax SWRO周辺候補地
写真. 4. 12	太陽光発電用インバーター
写真. 4. 13	Ceramic membrane
写真. 4. 14	DeROs Energy Recovery Device (DMW corp.)
写真. 4. 15	Disposed RO membrane to Recovered RO membrane (Japan)



出典: 豊田通商

図.1.1 調査対象地域



出典: JICA プロジェクトニュース
チュニジアの農業

図.1.2 年降水量等雨量線図 (mm/年)

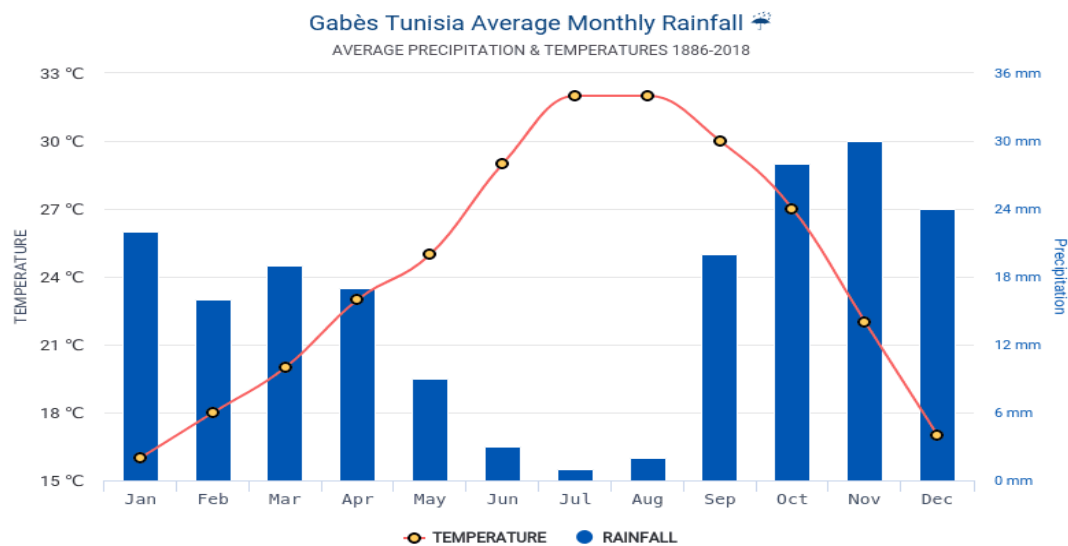


図.1.3 ガベス市の気温と降水量

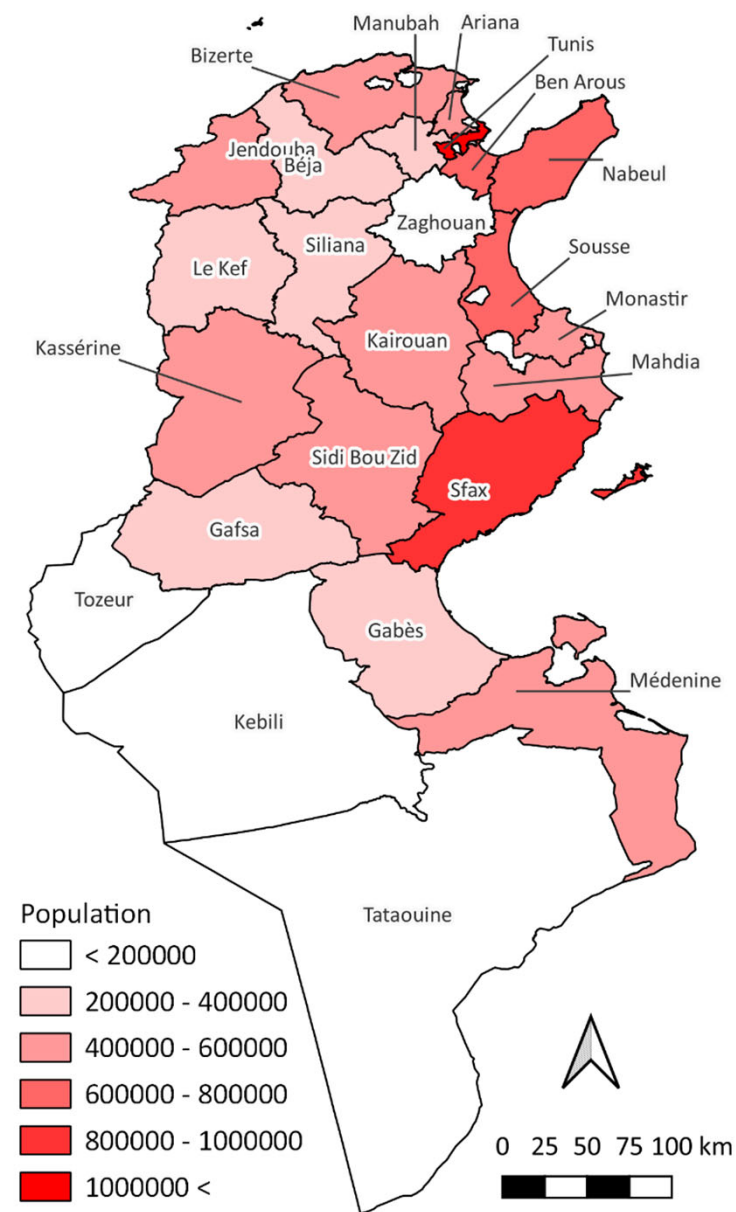
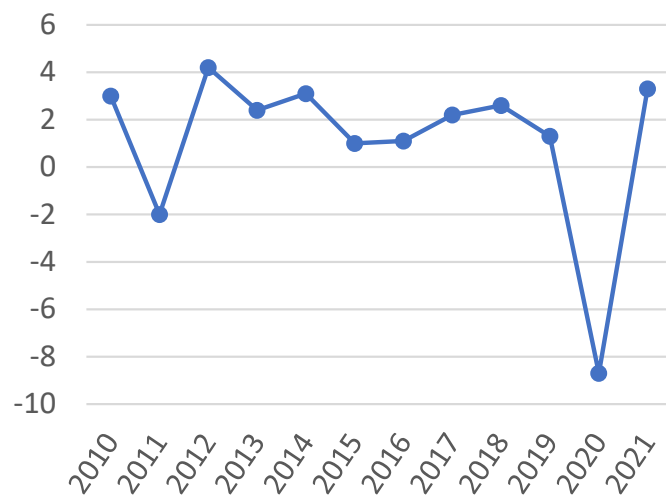
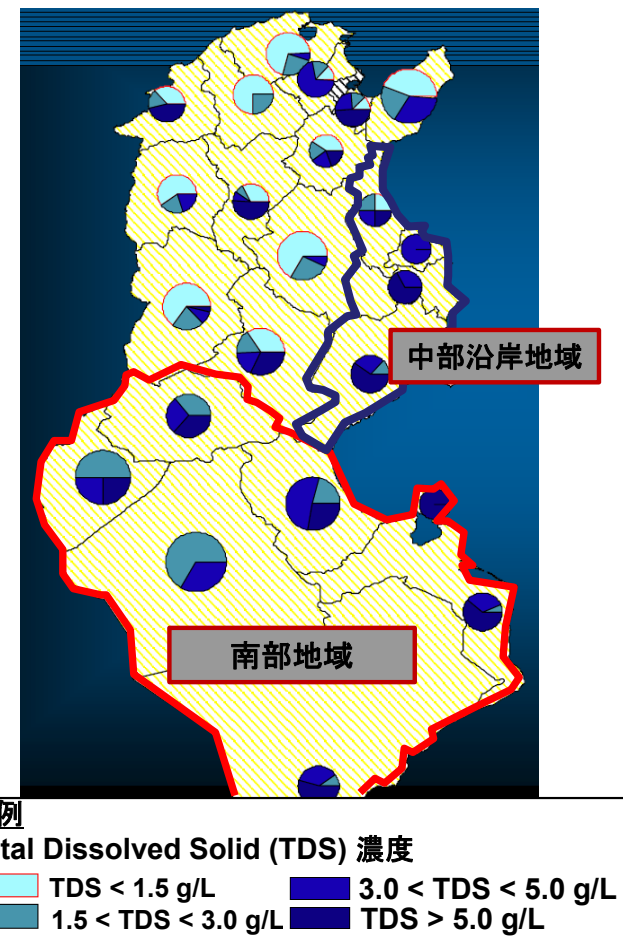


図.1.4 行政界と人口分布



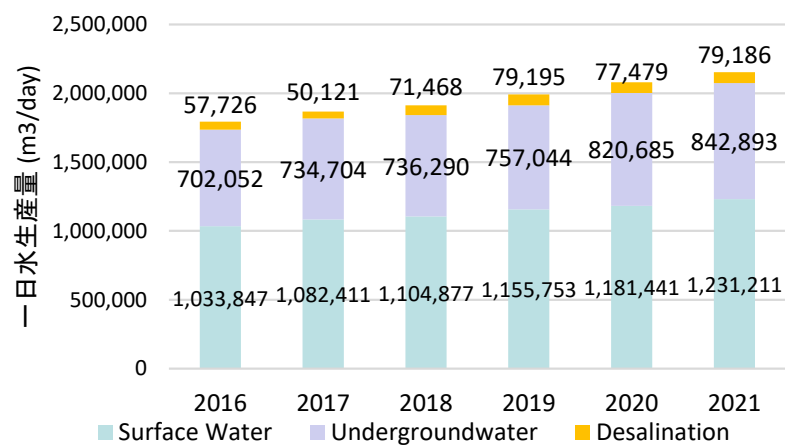
出典: World Bank data

図.1.5 チュニジアのGDP成長率 (%)



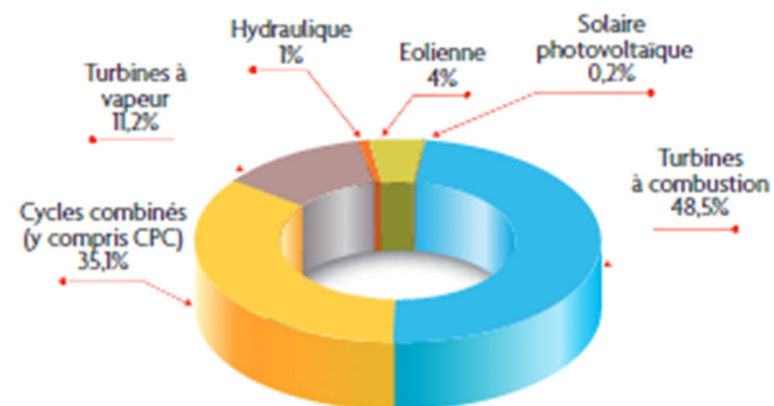
出典: SONEDE

図.1.6 チュニジア各県の塩分濃度別の水源比率



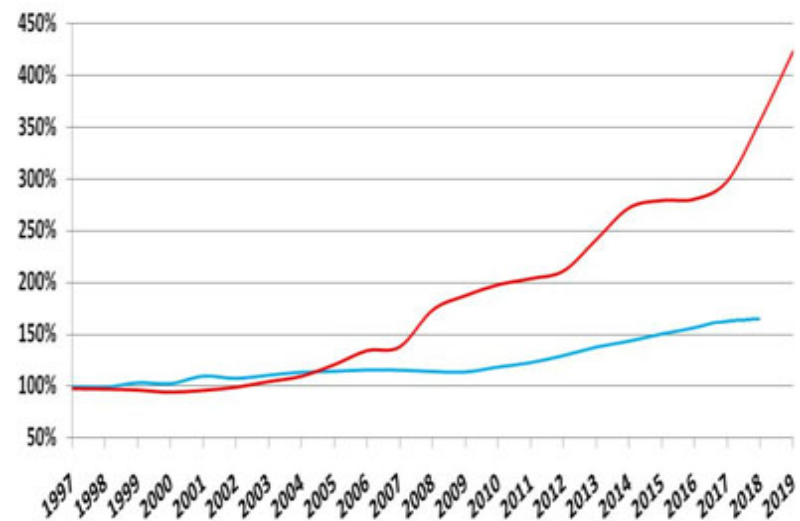
出典: SONEDE

図.1.7 生産水量の推移



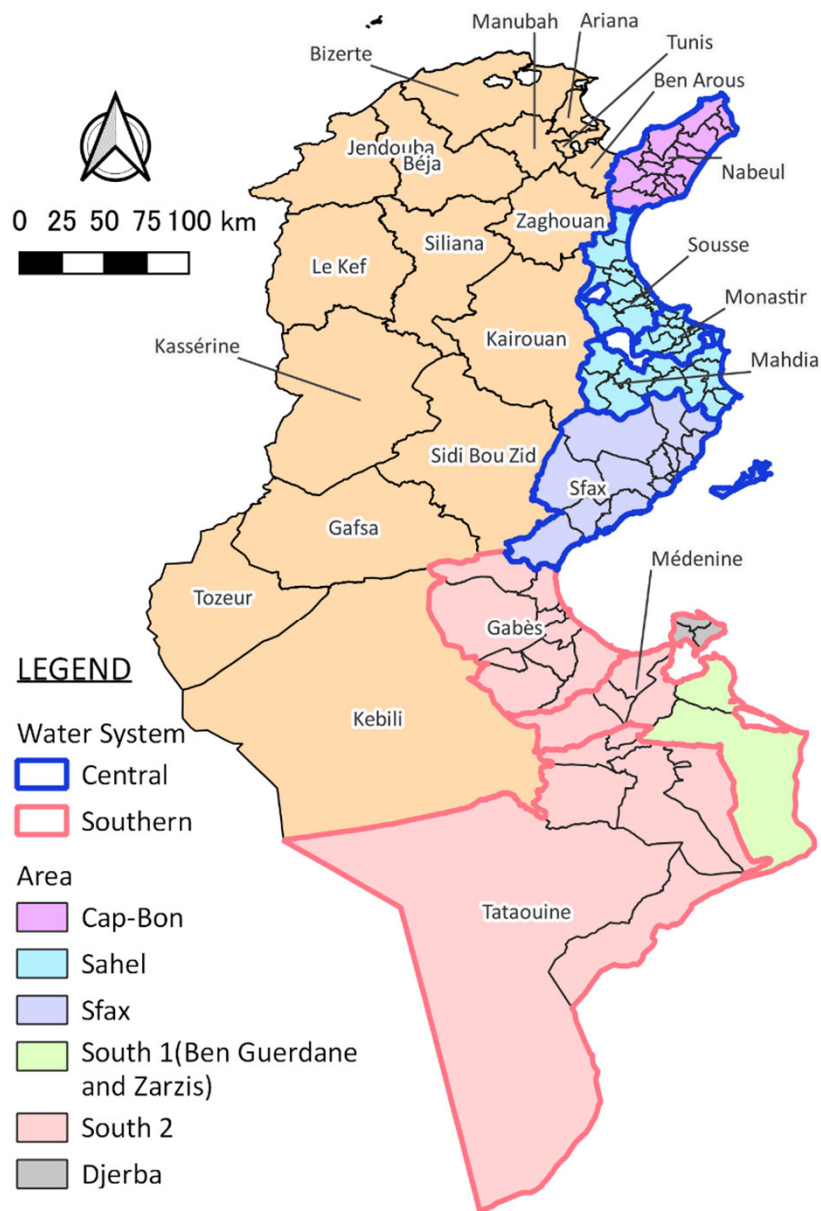
Source: STEG Annual Report 2020

図.1.8 チュニジアにおける2020年の電源構成



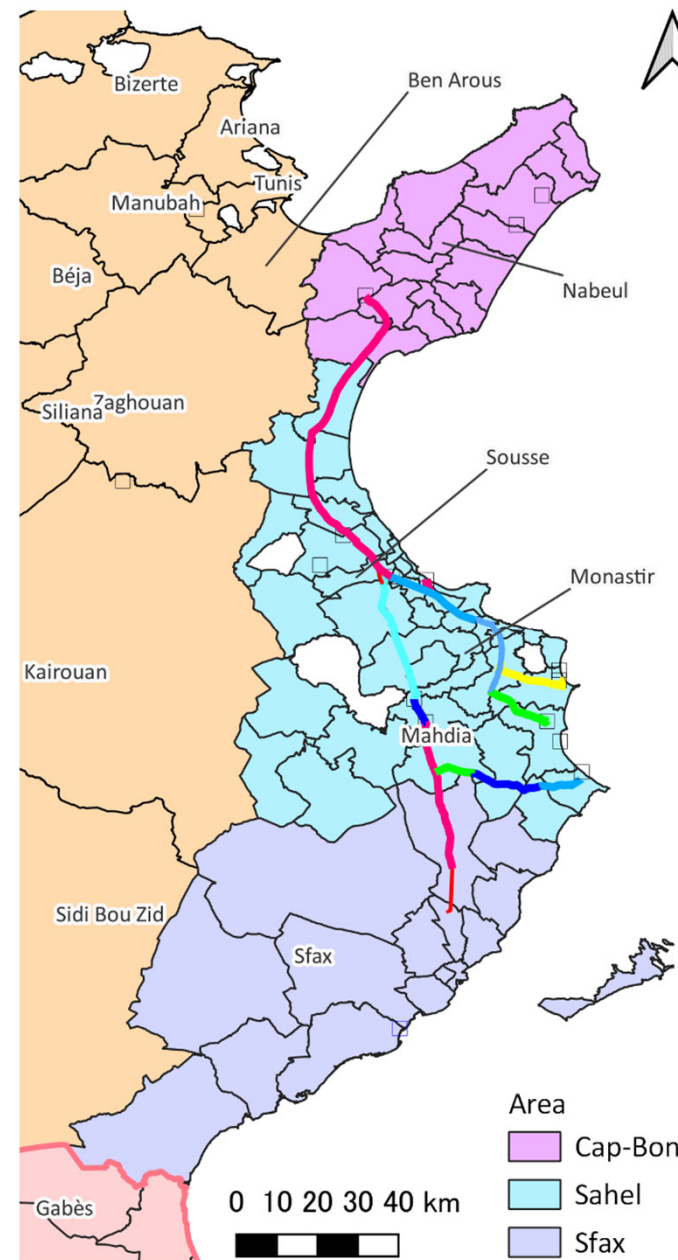
Source: SONEDE プレゼン資料

図.1.9 電力および水の販売価格動向



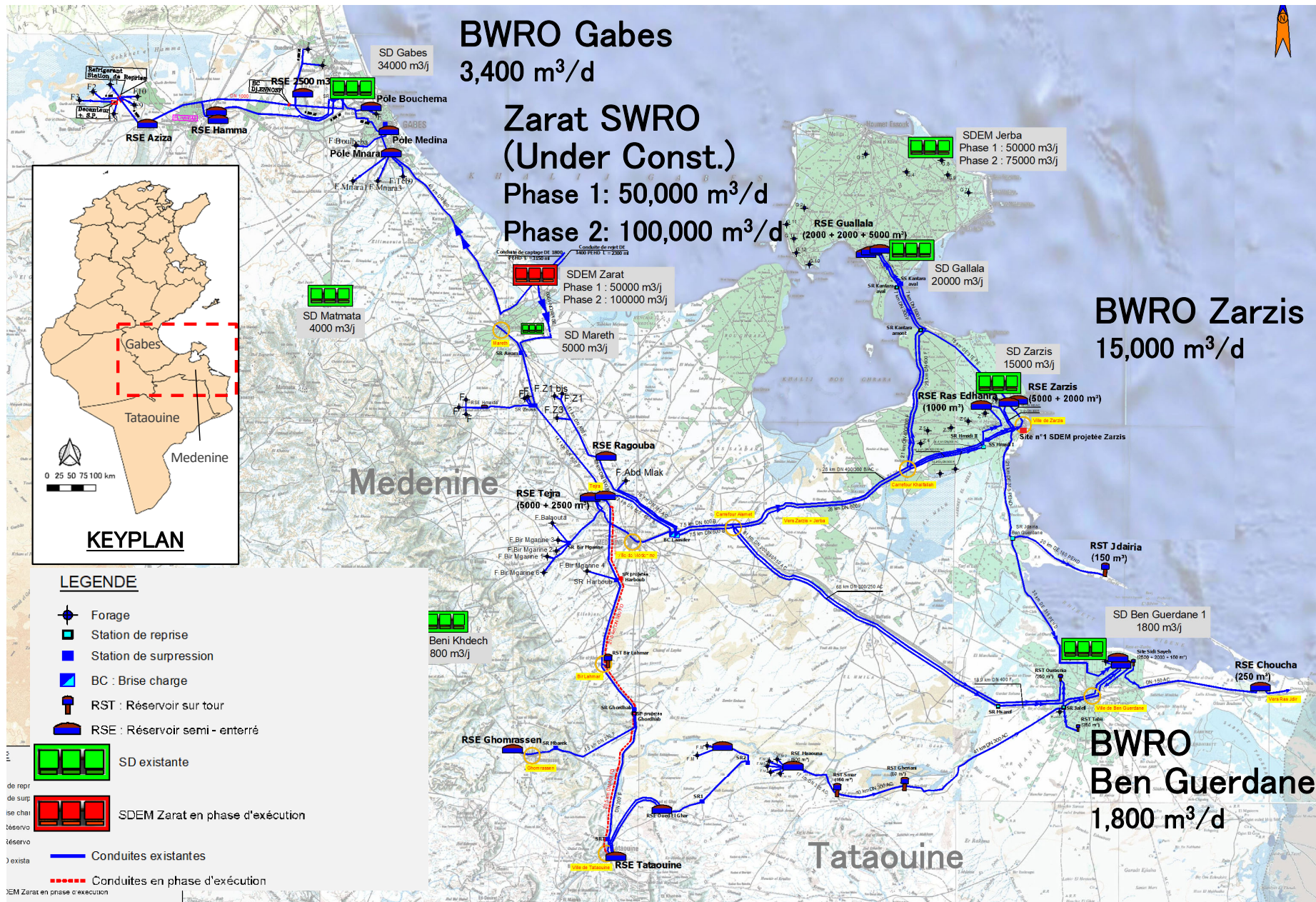
出典: 豊田通商

図.2.1 対象地域の水供給システムの分類



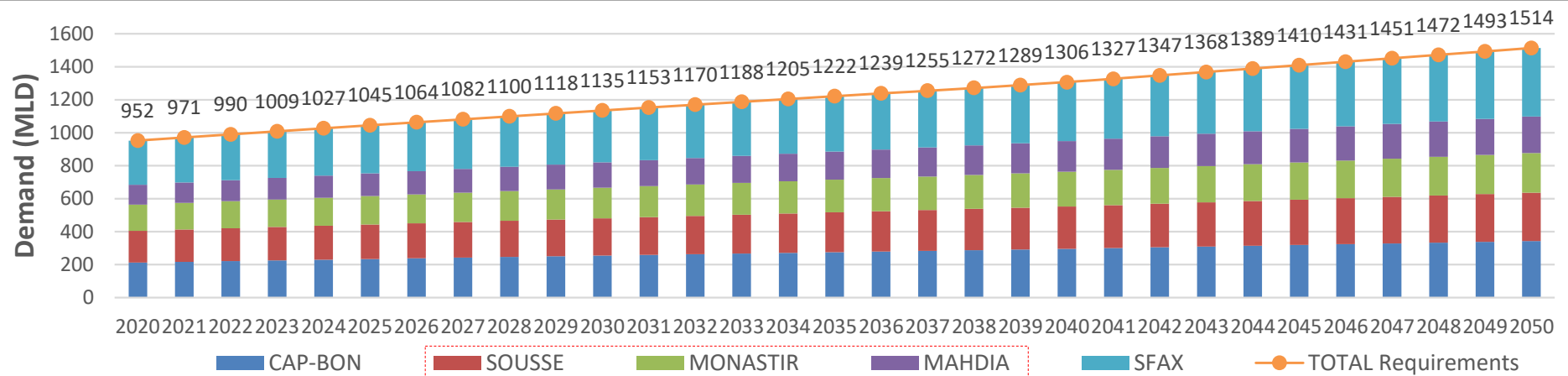
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.2 中部地域の水源地



出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.3 南部地域の水源地



SAHEL

図.2.4 中部地域の水需要(MLD)

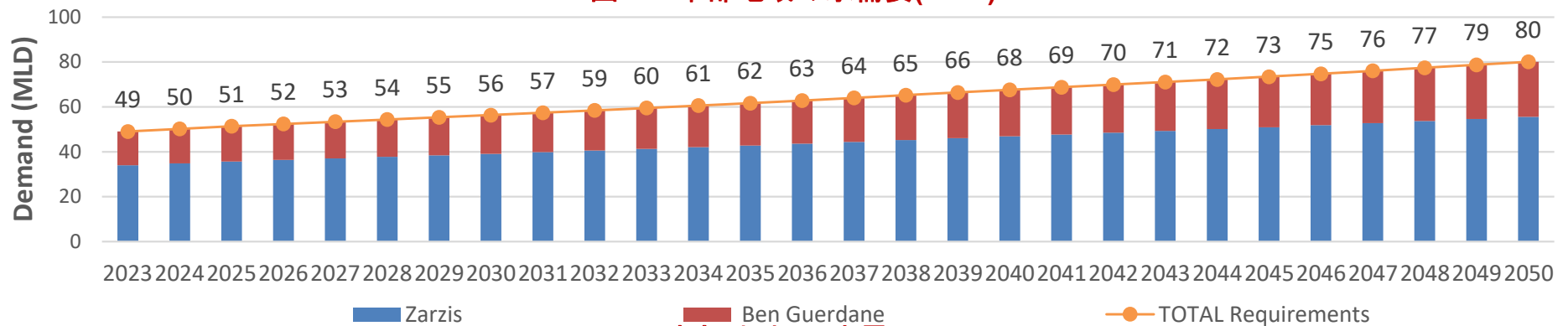


図.2.5 南部地域1の水需要(MLD)

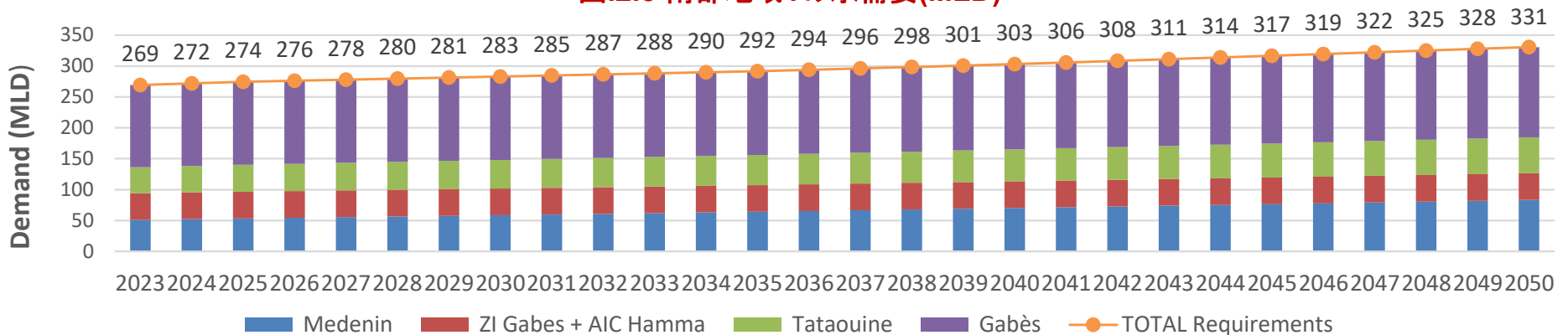
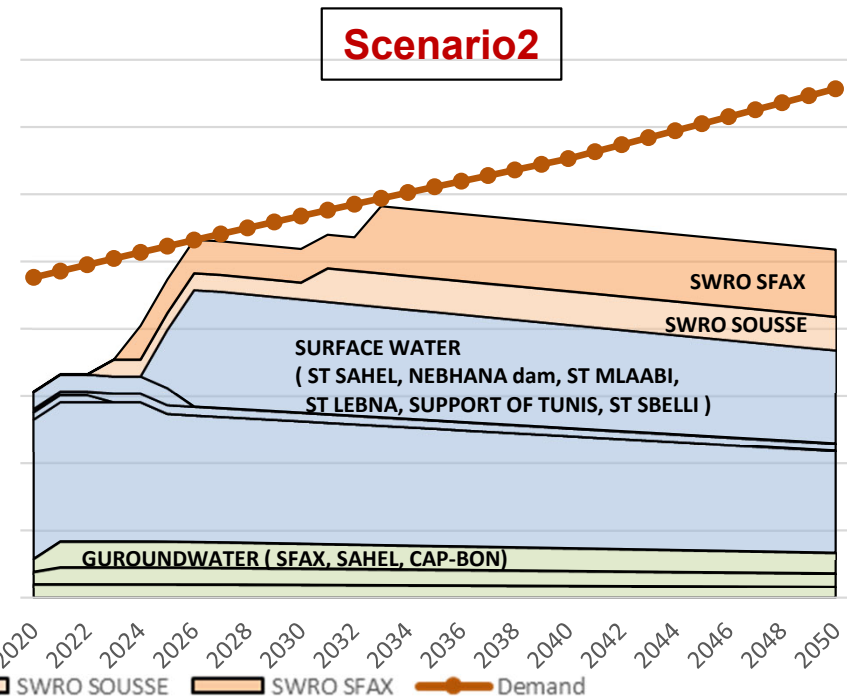
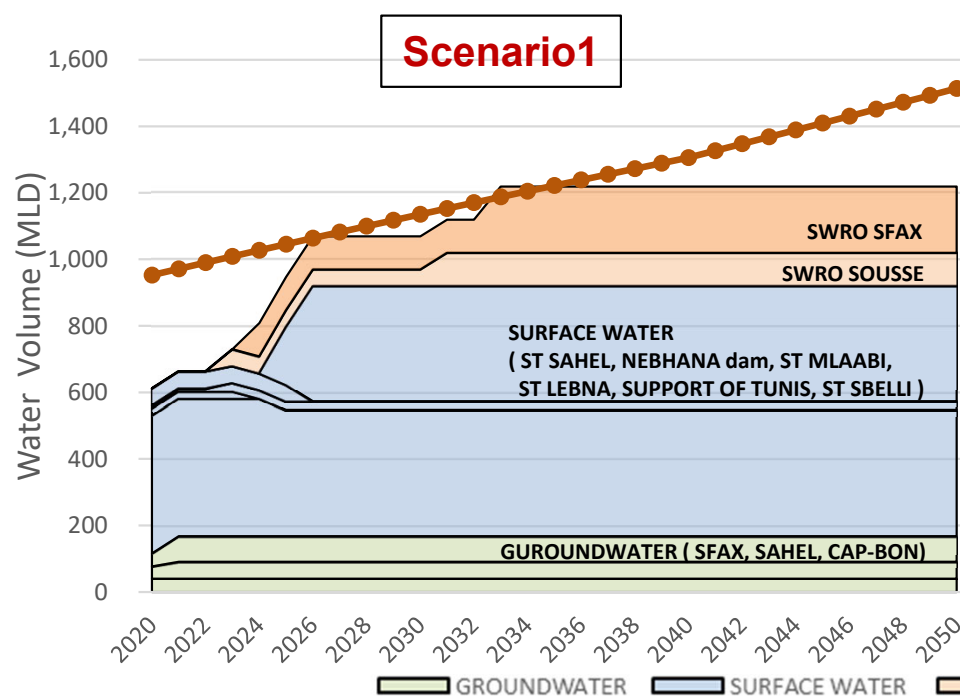


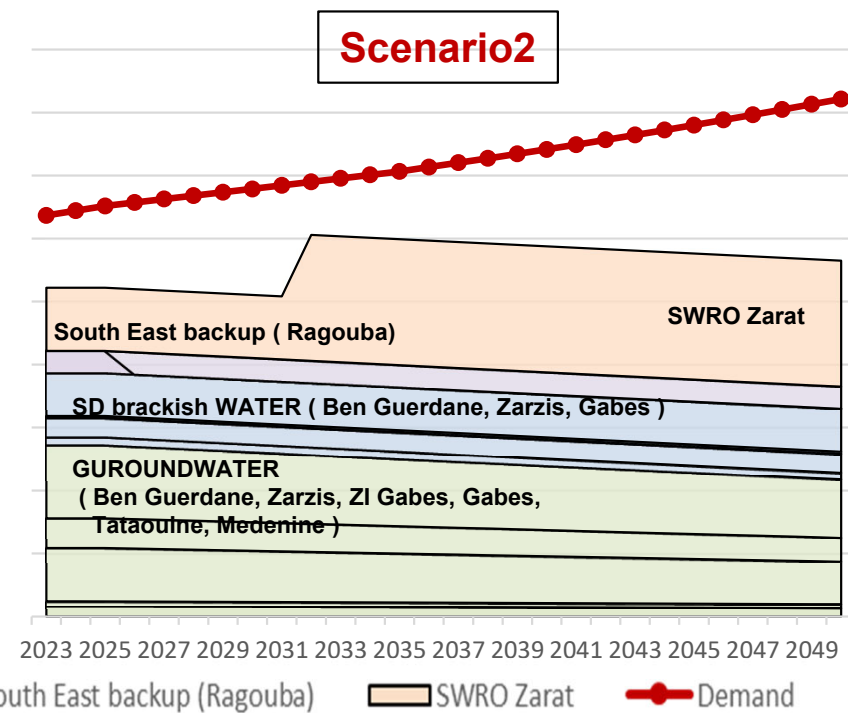
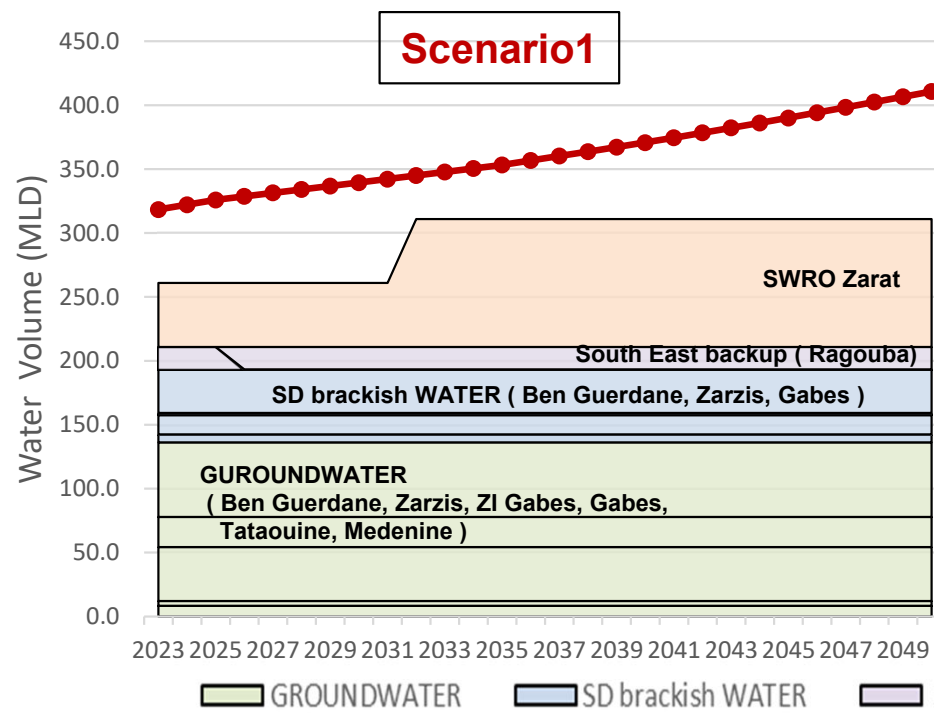
図.2.6 南部地域2の水需要 (MLD)

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

Be the Right ONE

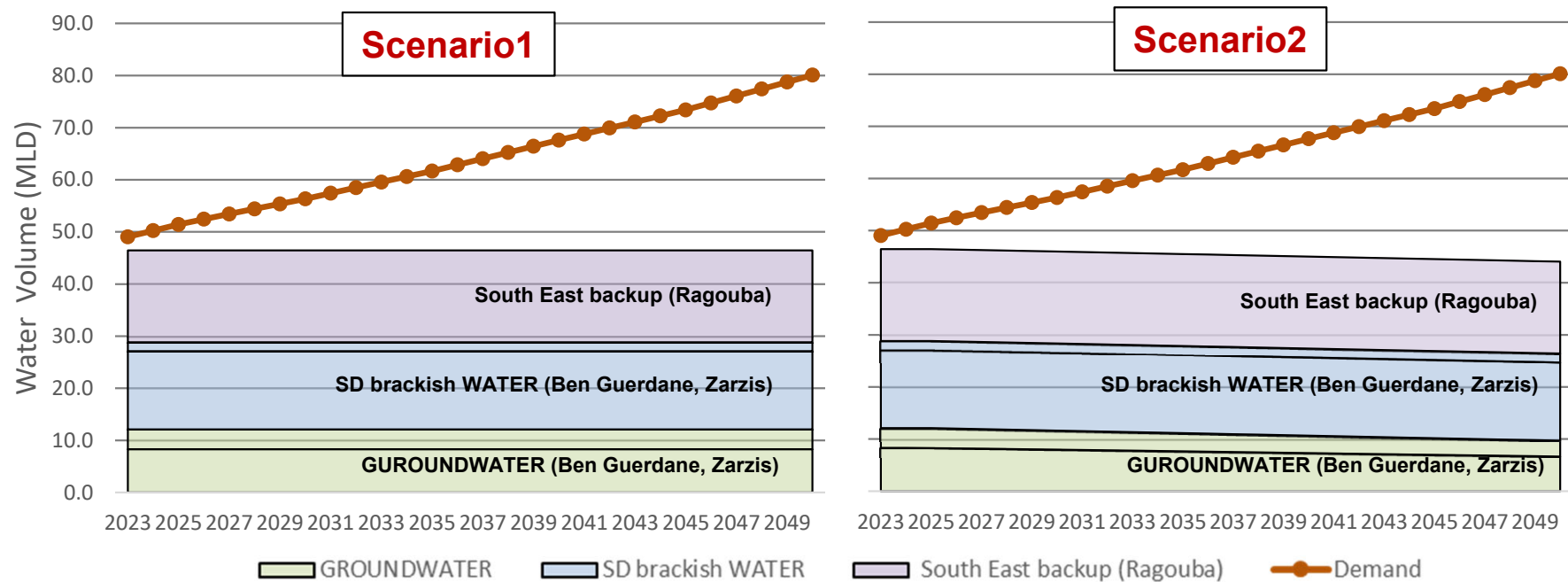


出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成 図.2.7 中部地域の需給バランス



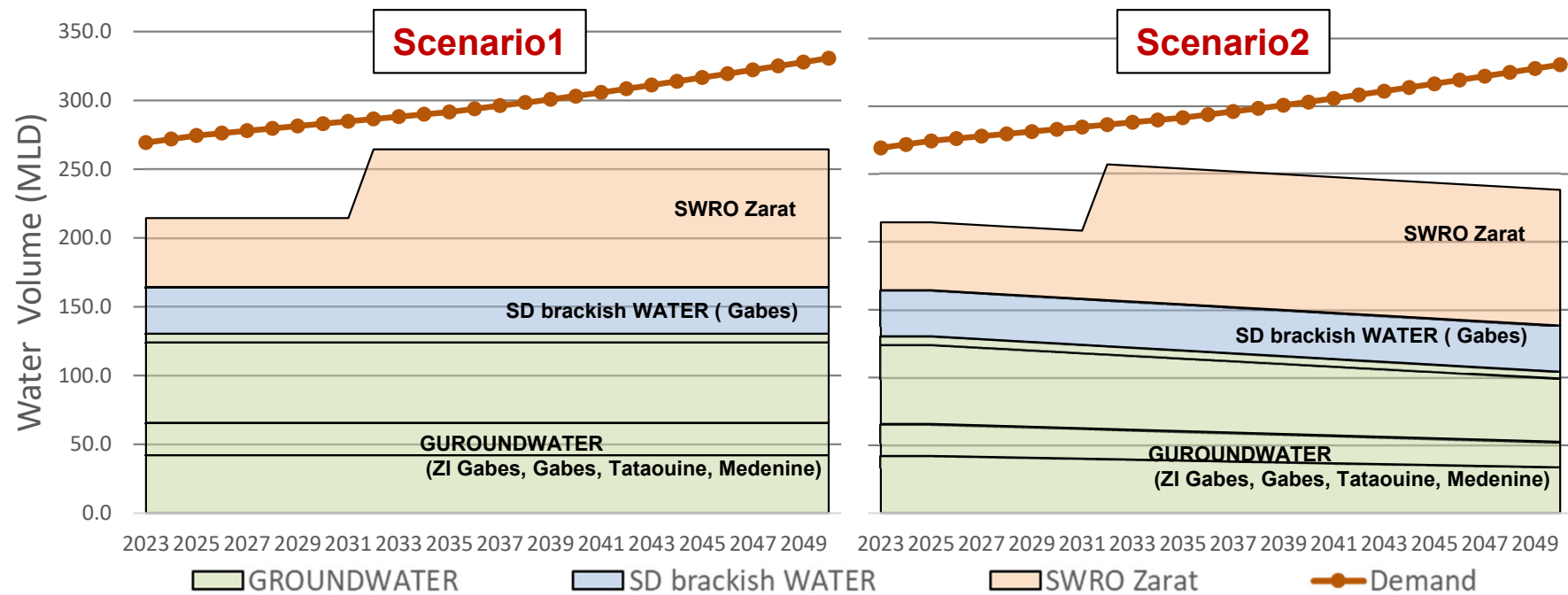
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.8 南部地域統合の需給バランス



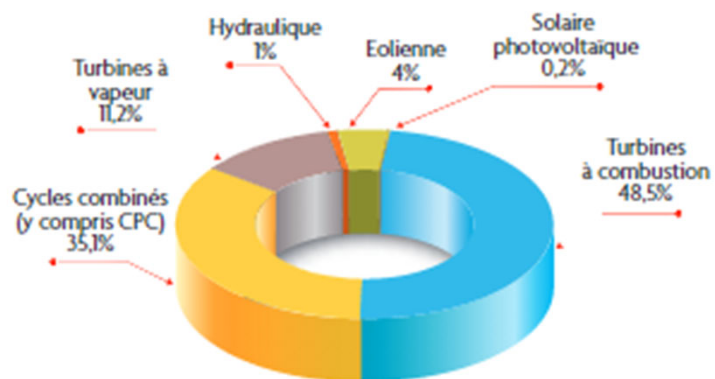
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.9 南部地域1の需給バランス



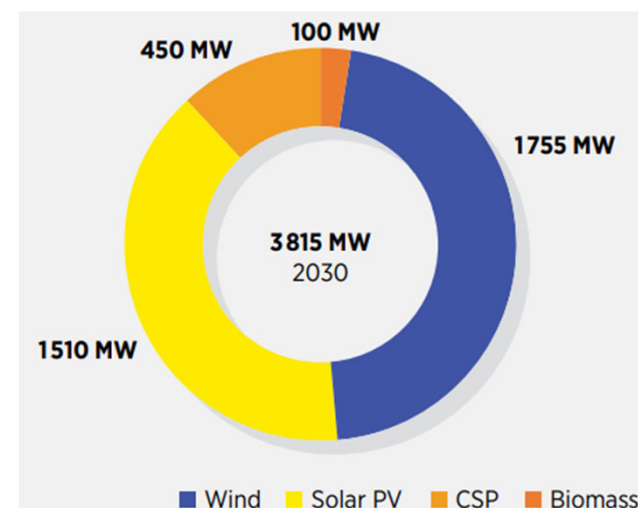
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.2.10 南部地域2の需給バランス



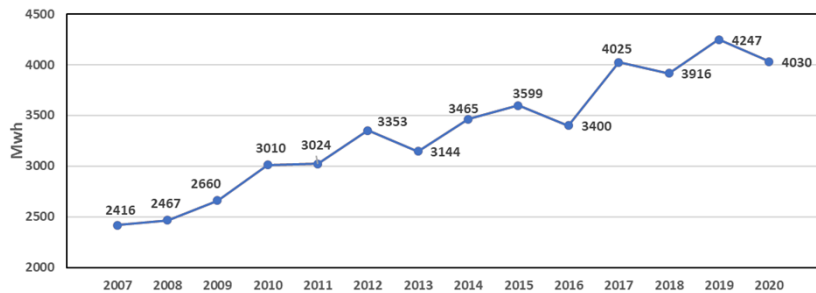
出典: STEG Annual Report 2020

図.2.11 チュニジアにおける2020年の電源構成



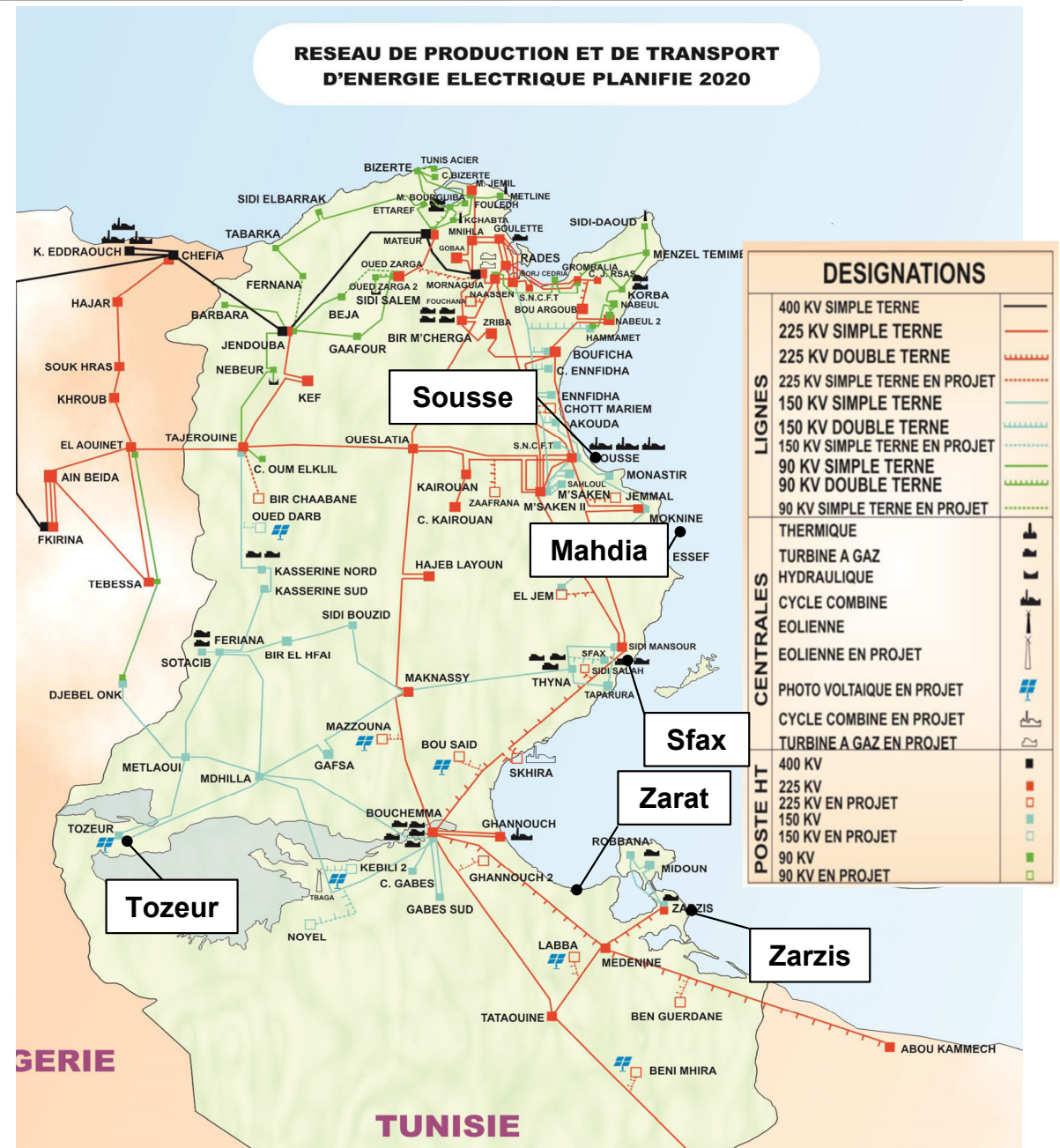
出典: IRENA Renewables Readiness Assessment: The Republic of Tunisia

図.2.12 チュニジアにおける2030年の再生可能エネルギー開発目標(容量ベース)



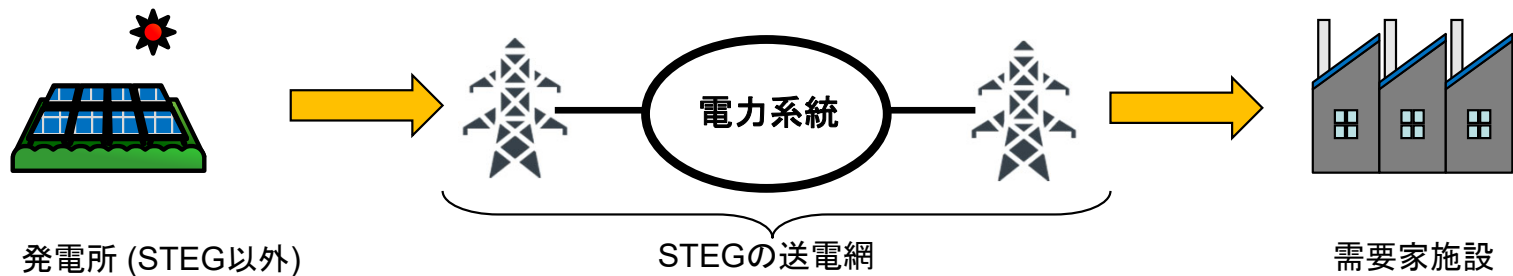
出典: IRENA Renewables Readiness Assessment: The Republic of Tunisia and STEG Annual report 2020

図.2.13 2007-2020年のピーク電力推移



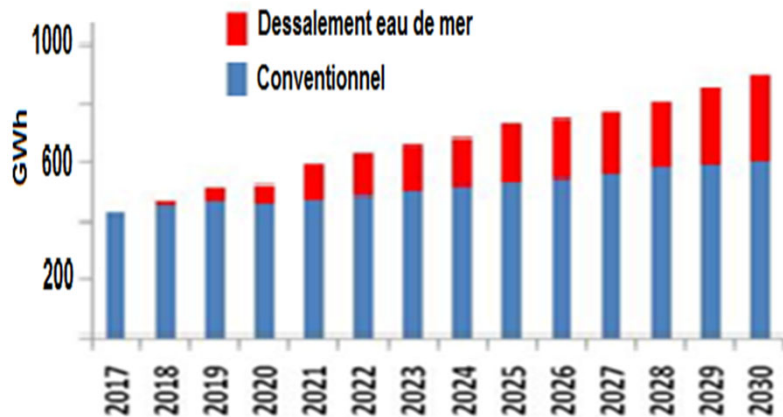
出典: STEG

図.2.14 チュニアの電力系統図



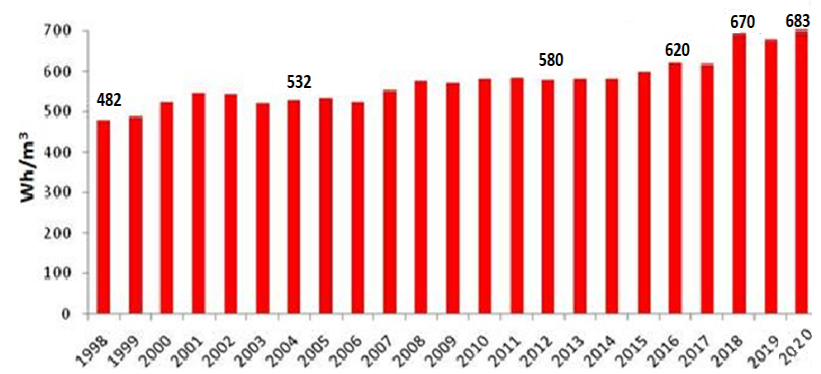
出典: 豊田通商

図.2.15 電力託送の概要



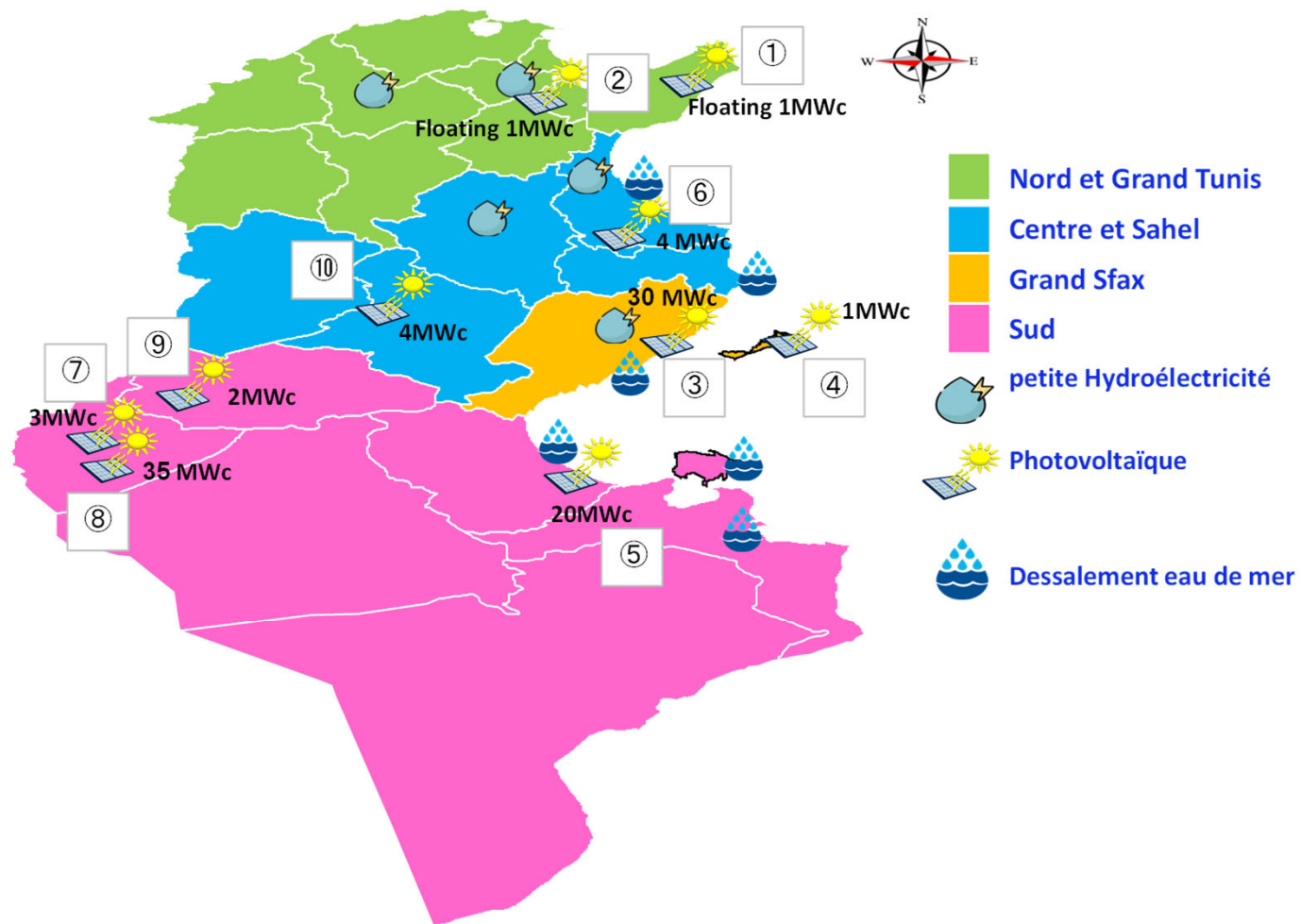
出典: SONEDE

図.2.16 電力消費の予測



出典: SONEDE

図.2.17 単位水量あたりの電力消費の傾向



No.	Site
1	Lebna(Dam)
2	Ghadir Elgoulla(Dam)
3	Sfax
4	Kerkennah
5	Zarat
6	Sousse
7	Tozeur
8	Tozeur
9	Gafsa
10	Meknassy

出典: SONEDE

図.2.18 PV計画位置図

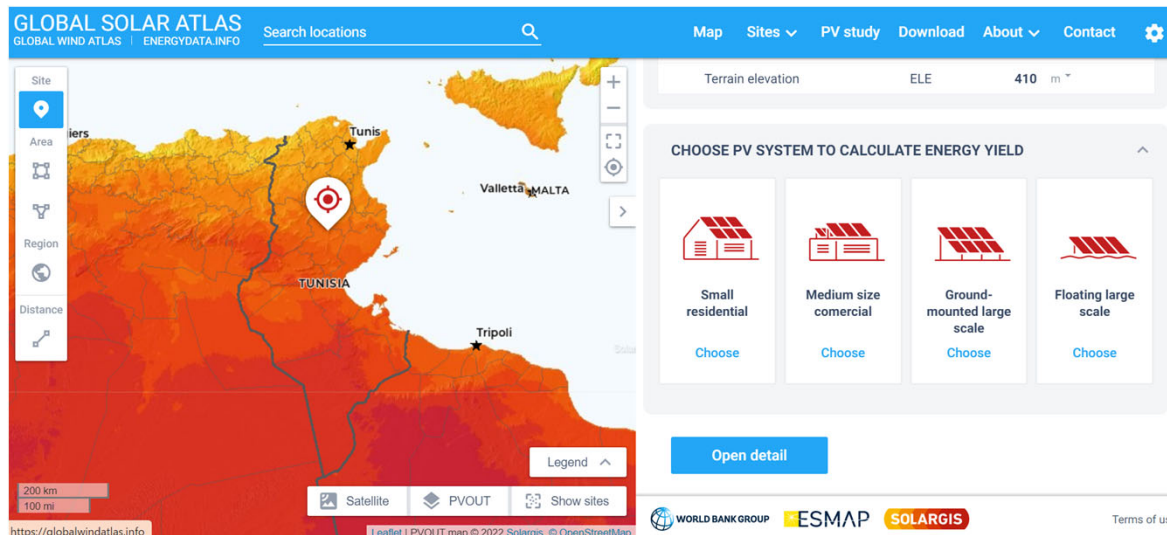


図.2.19 GSAソフトウェアの操作画面(参考)

GLOBAL SOLAR ATLAS BY WORLD BANK GROUP

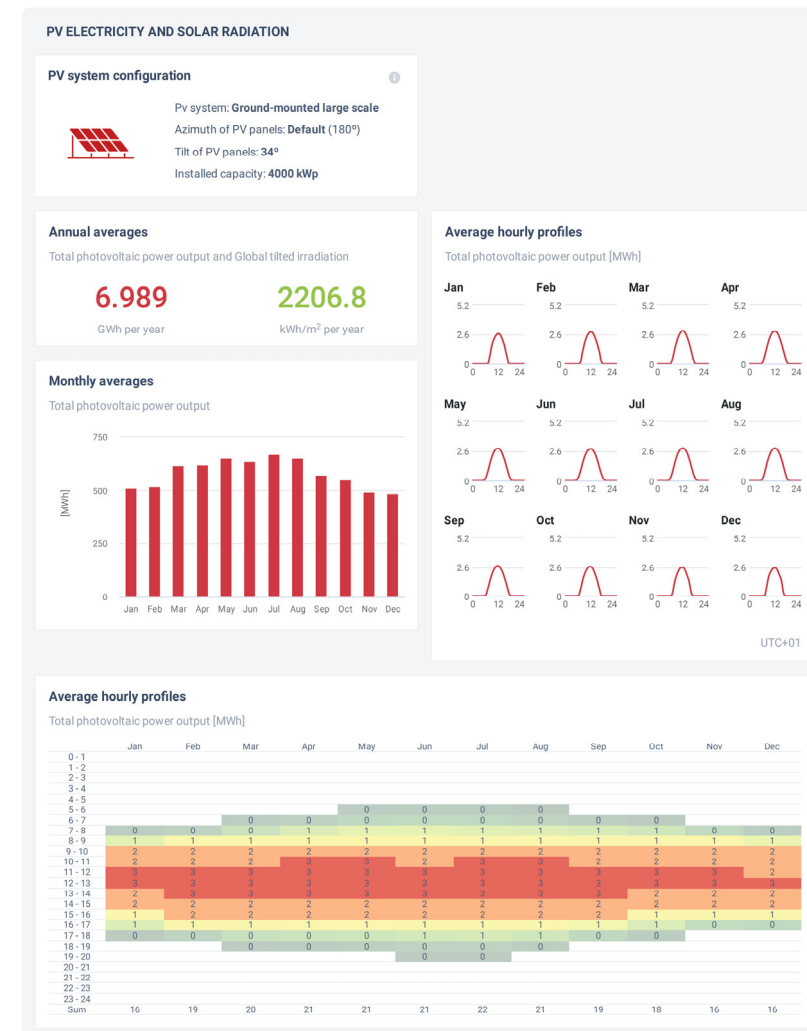
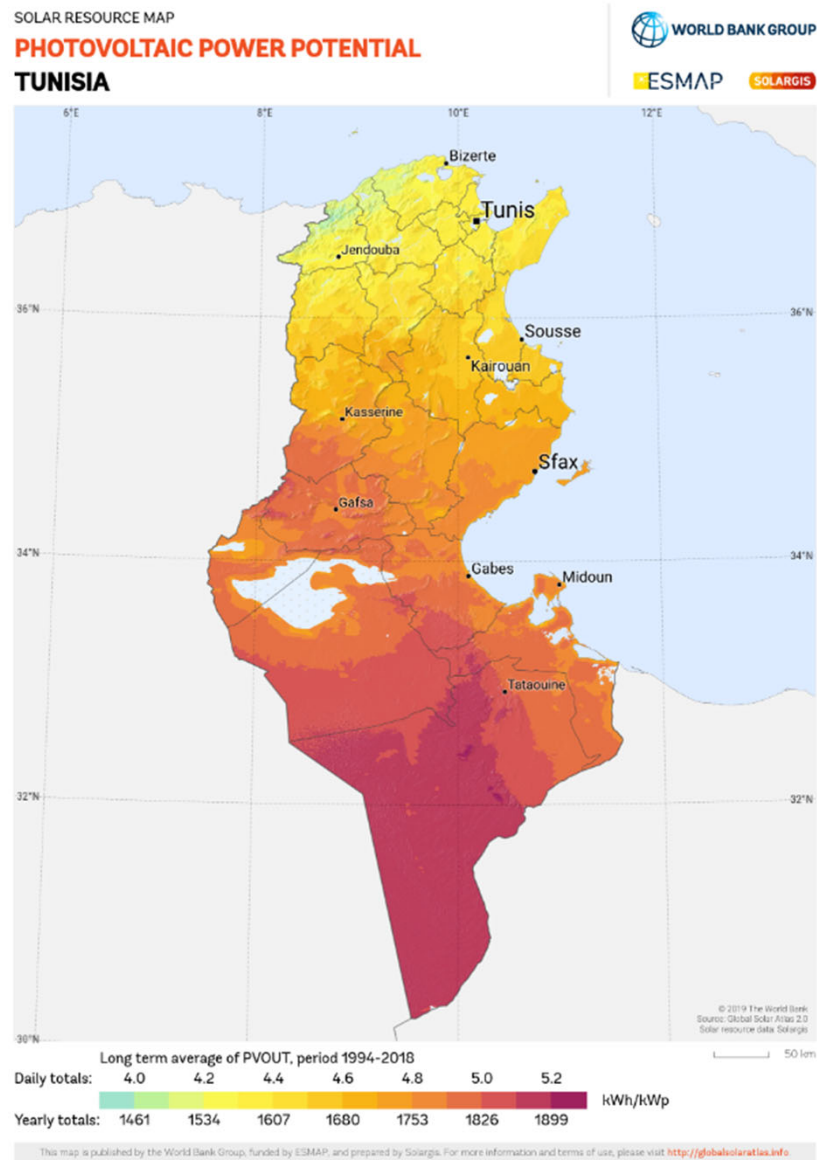


図.2.20 発電量推定レポート(参考)



出典: Global Solar Atlas

図.2.21 太陽光ポテンシャルマップ

— 実質GDP成長率 (%)
— インフレ率 (平均消費者物価) (%)

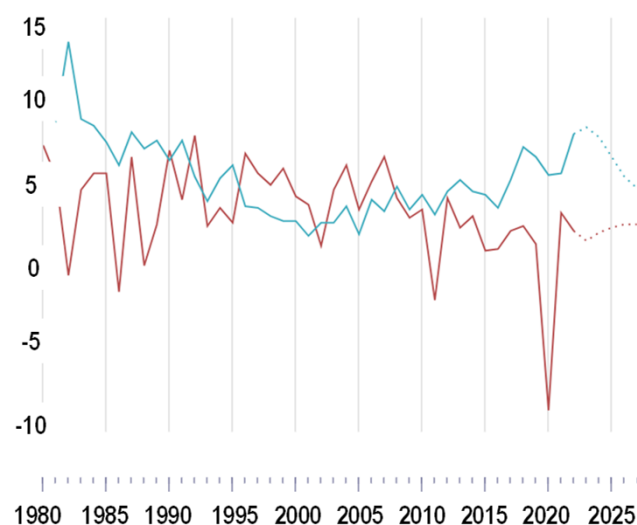


図.2.22 実質GDP成長率とインフレ率

— 経常収支 (対GDP%)

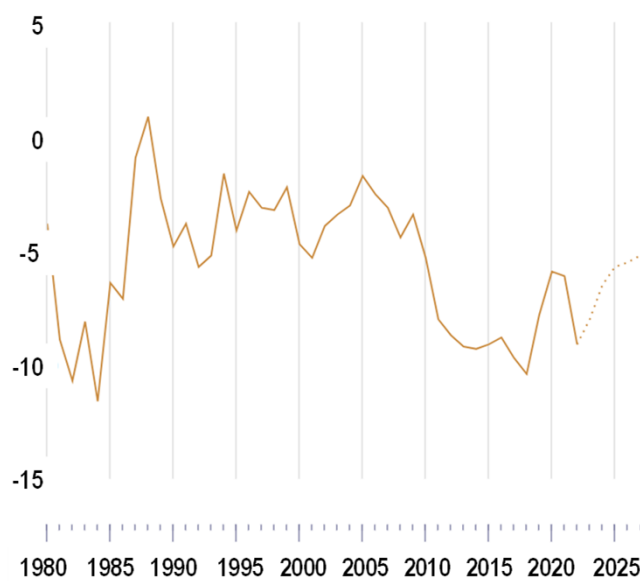


図.2.23 経常収支

— 一般政府総債務 (対GDP%)

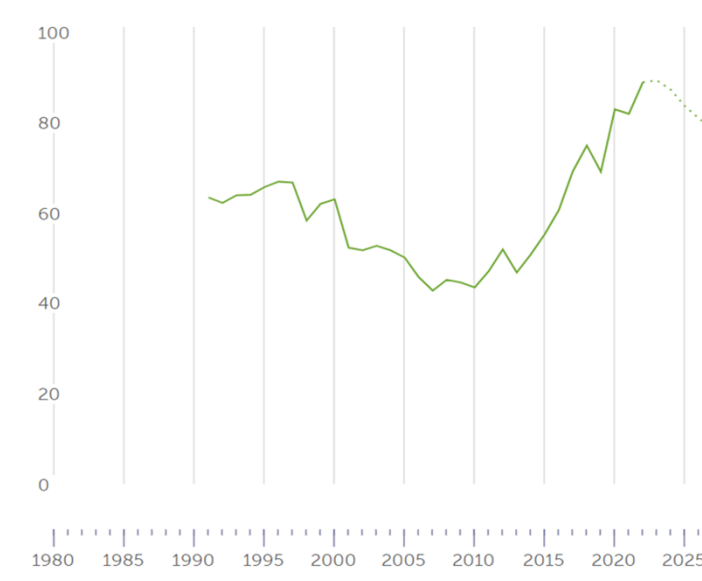


図.2.24 一般政府総債務

出典: IMF Article IV Consultation Staff Report (2021年2月), IMF DataMapper (2022年10月), IMFプレスリリース (2022年10月15日)

Contrat Concession

Personne Publique /
Personne privée ou publique

La Gestion d'un service public ou l'utilisation et l'exploitation des domaines ou des outillages publics.
La réalisation, la modification ou l'extension des constructions, ouvrages et installations.

Rémunération perçue sur
les usagers



Contrat PPP

Personne Publique /
Personne privée

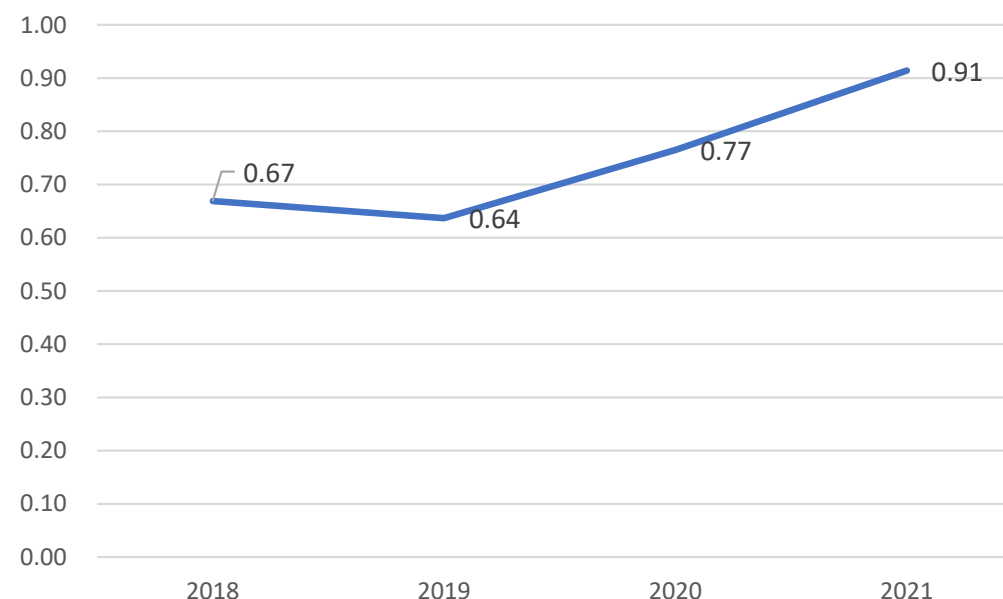
Le financement, la conception, la réalisation ou la transformation; la maintenance, l'exploitation ou la gestion d'ouvrages ou d'équipements ou d'infrastructures ou de biens immatériels nécessaires pour assurer **les besoins de la personne publique.**

Contrepartie payée par la
personne publique

出典: IGPPPウェブサイト

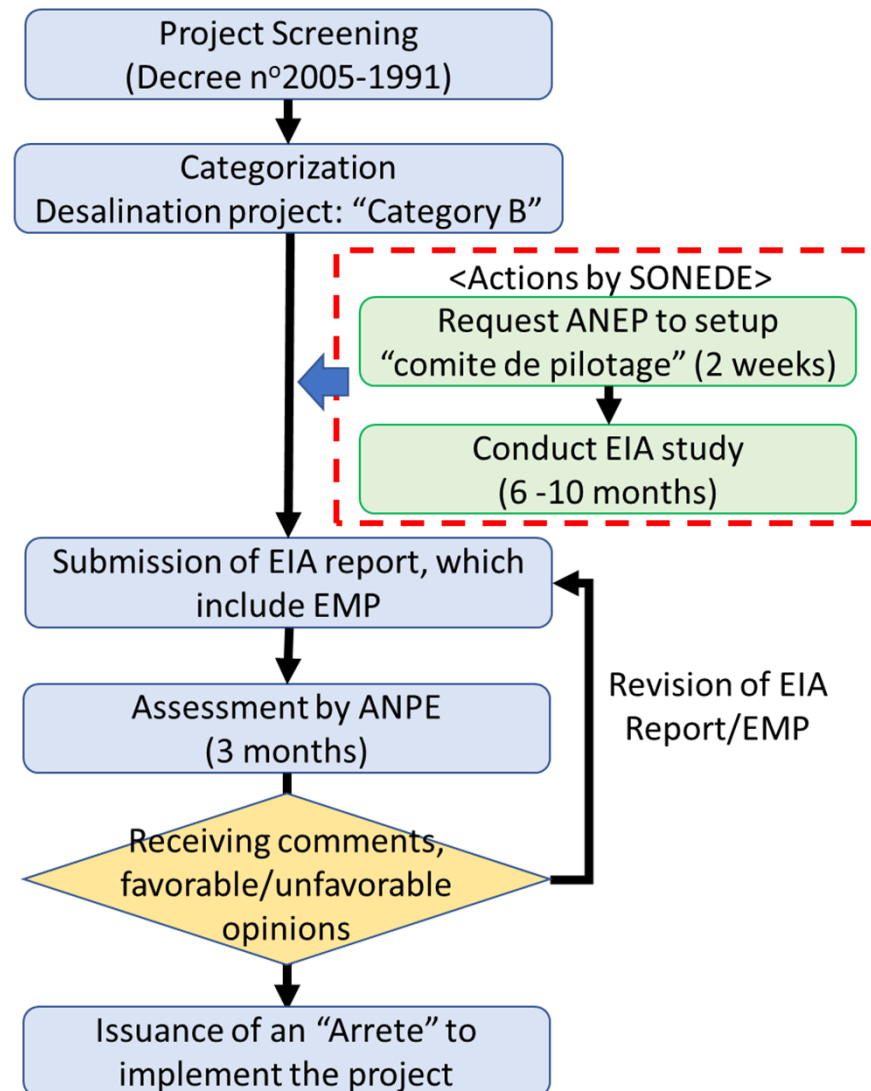
図.2.25 コンセッション契約とPPP契約の比較

単位:
TND/m3



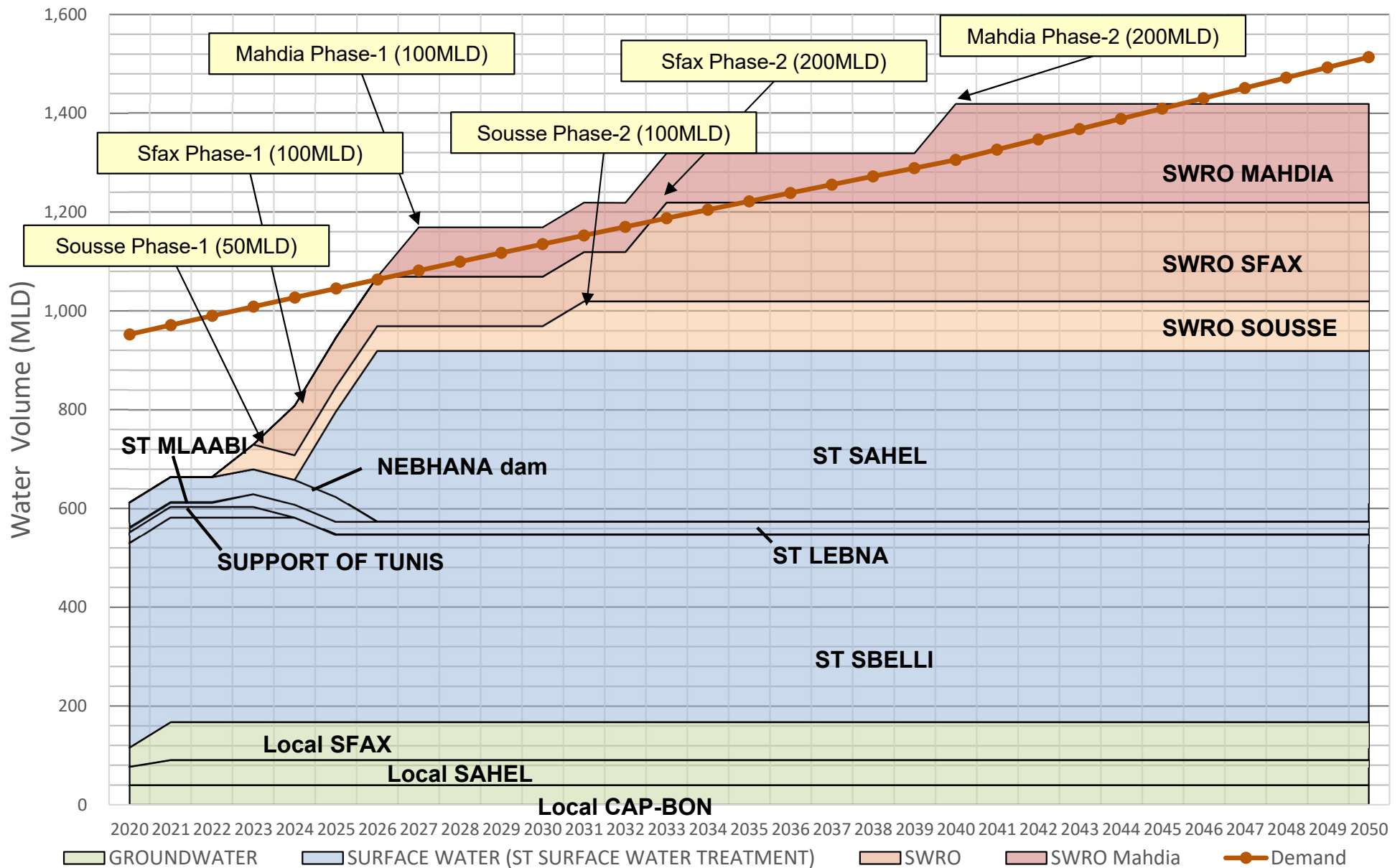
出典: SONEDE

図.2.26 平均水道料金



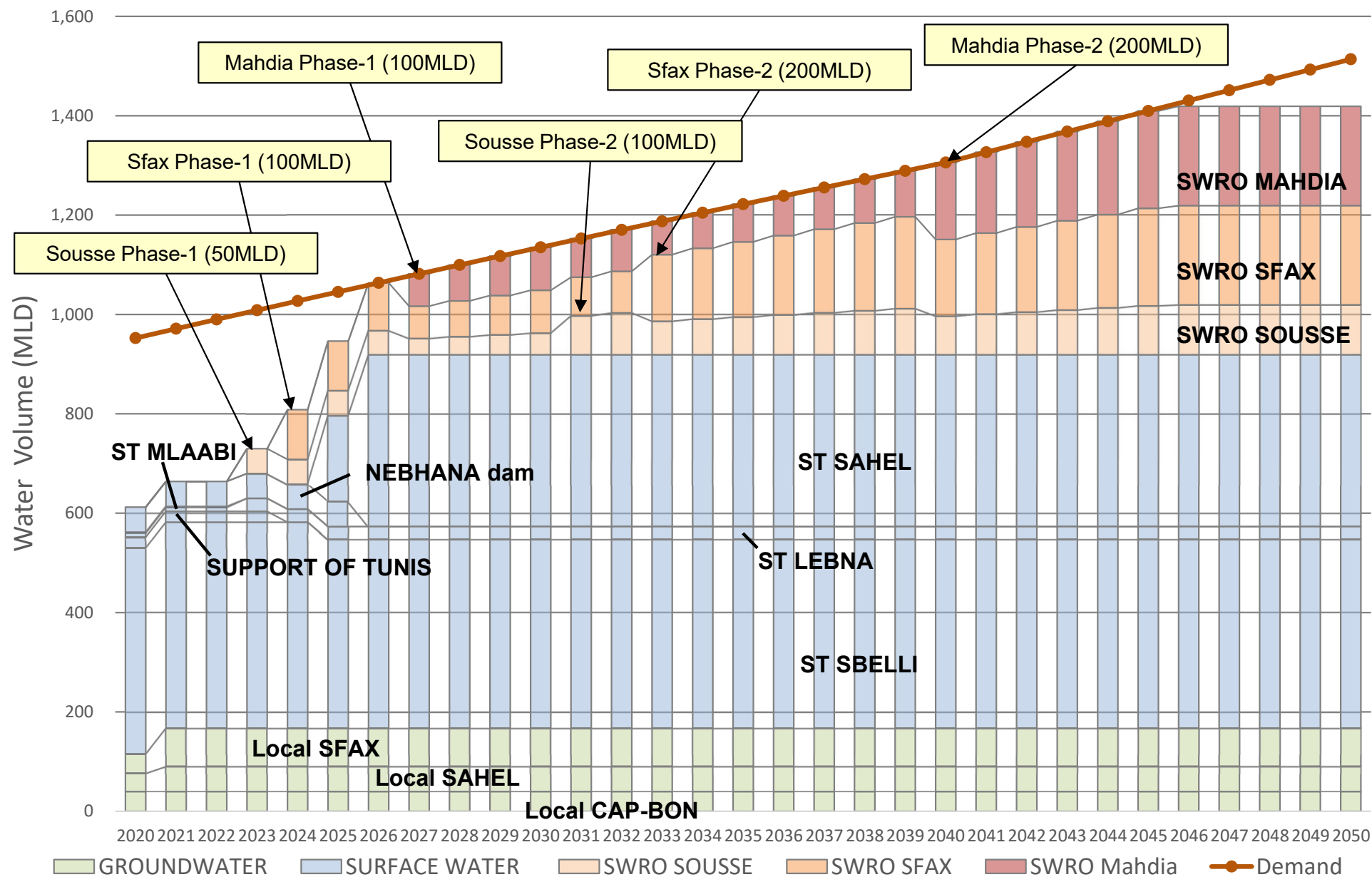
出典:政令及び SONEDE 資料を基に豊田通商が作成

図.2.27 EIA海水淡水化事業を行う場合の手続きと環境許可



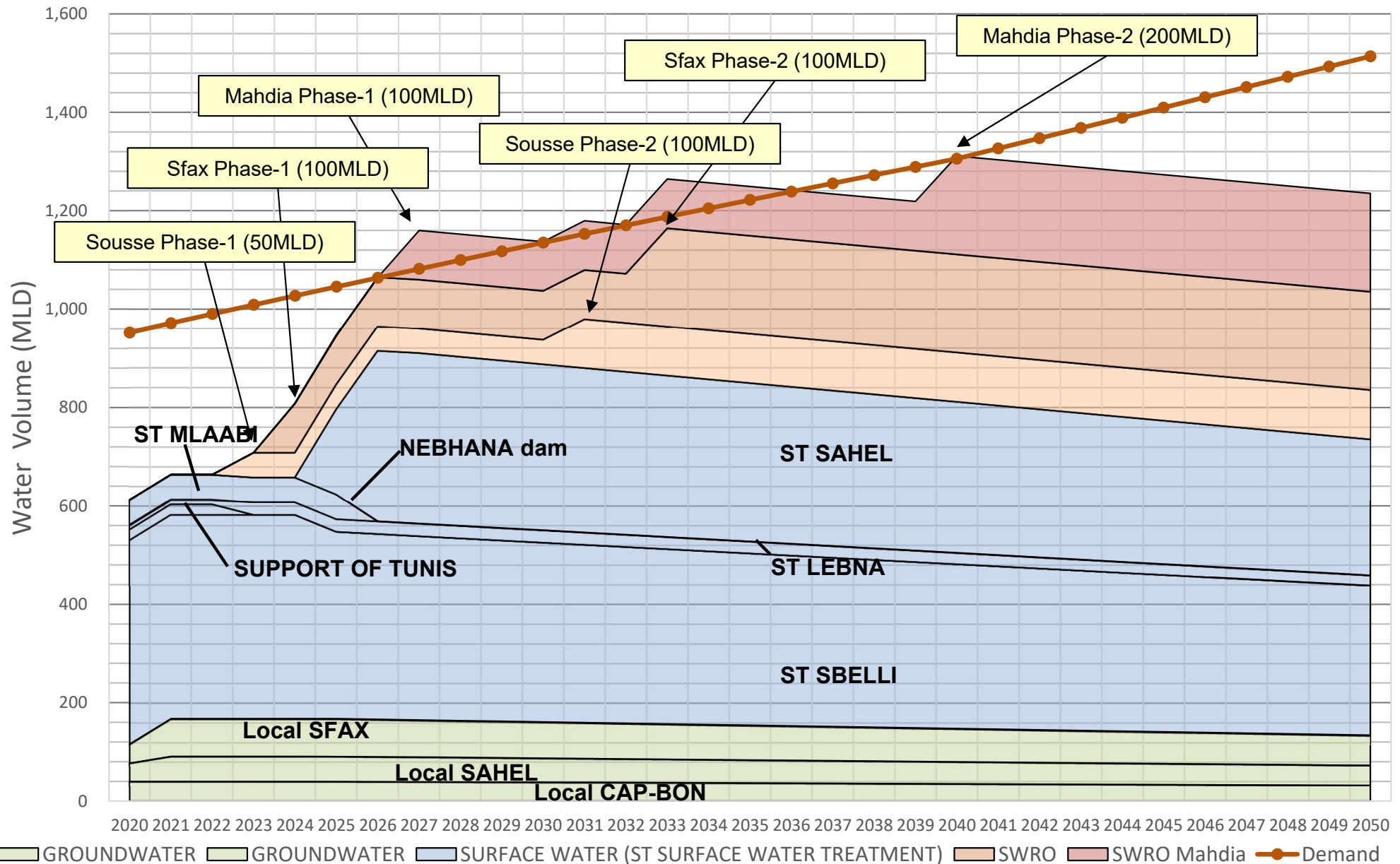
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.1 中部地域における需給バランス(シナリオ1)



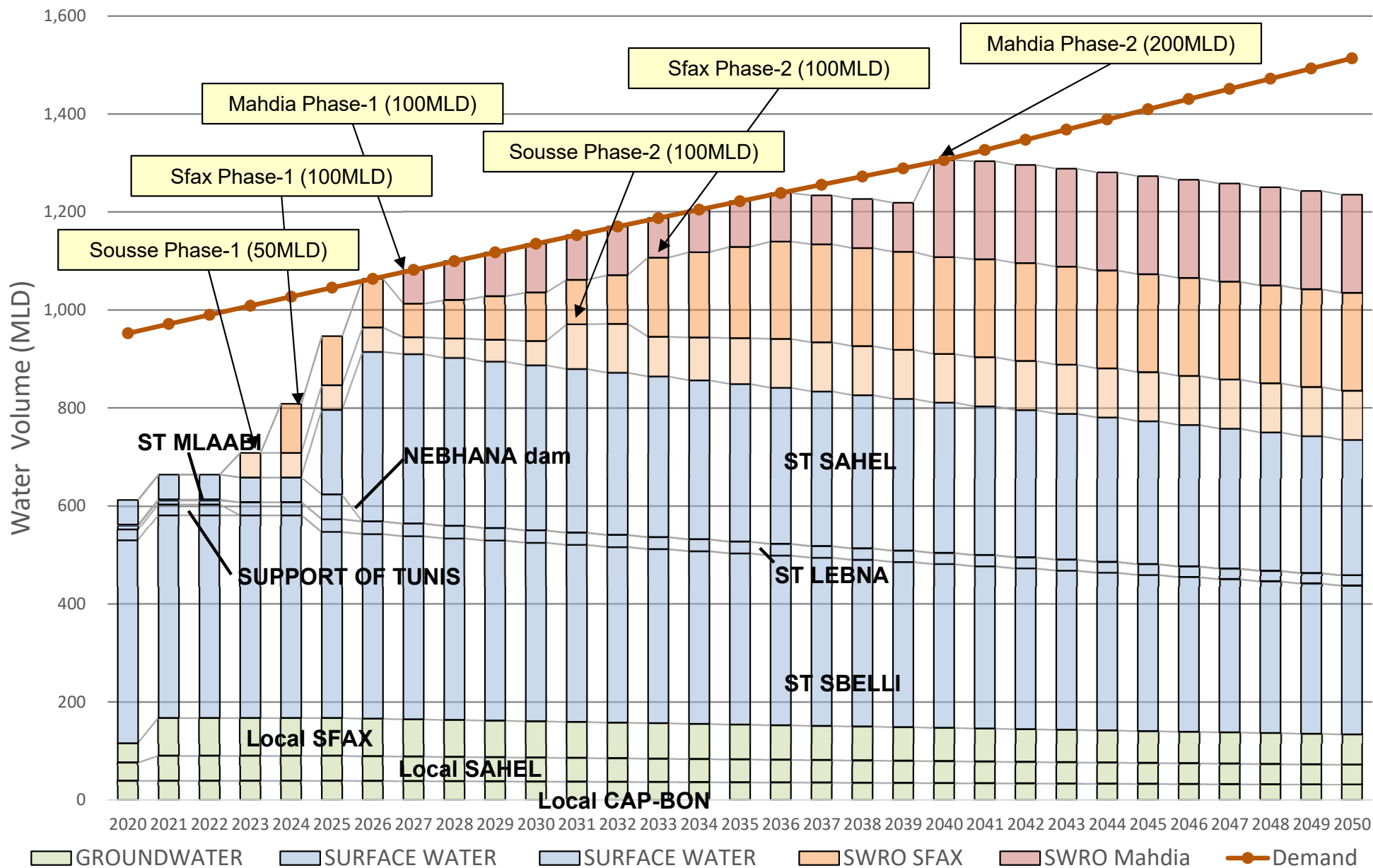
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.2 中部地域における生産水量予測 (シナリオ1)



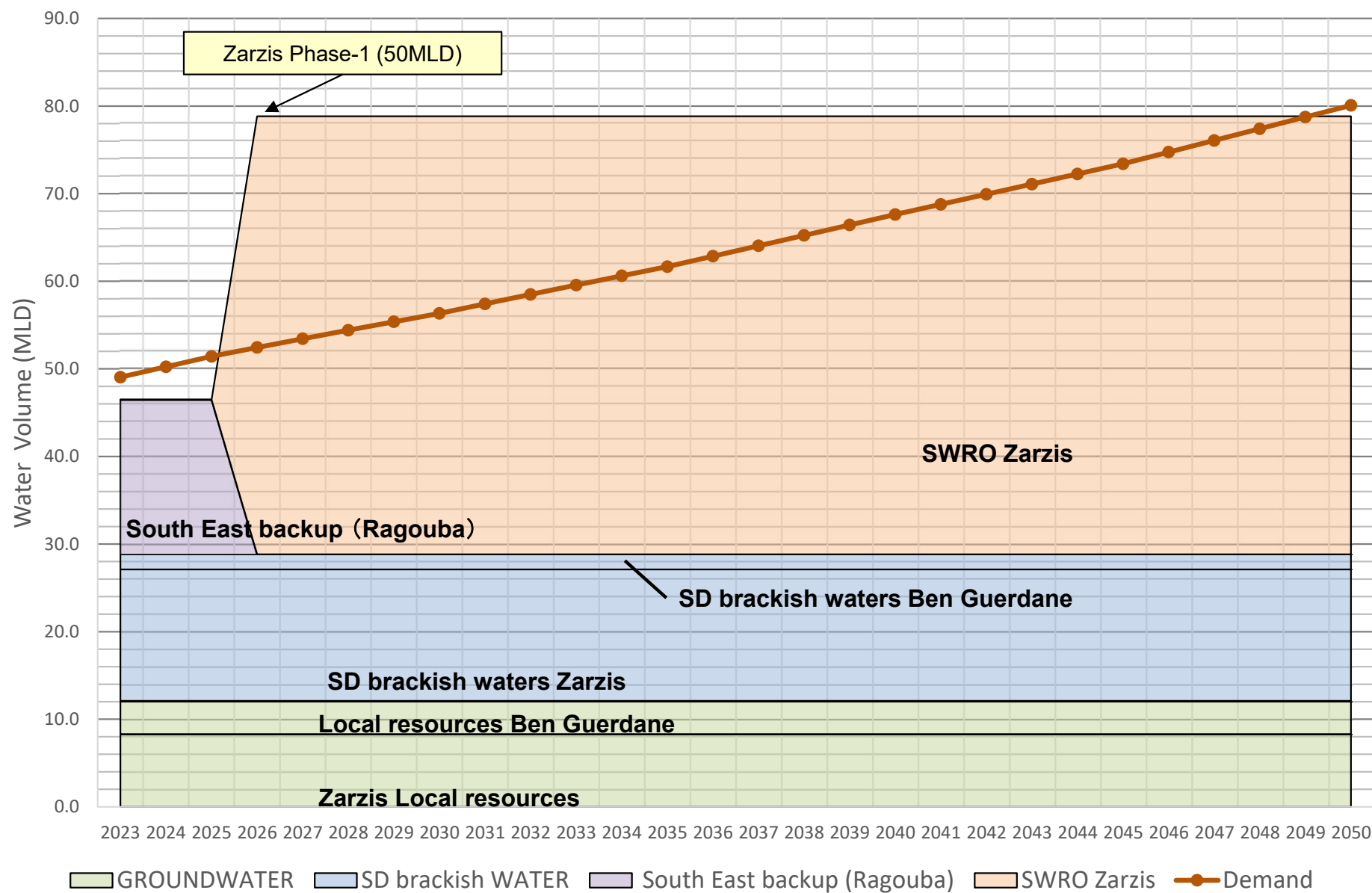
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.3 中部地域における需給バランス(シナリオ2)



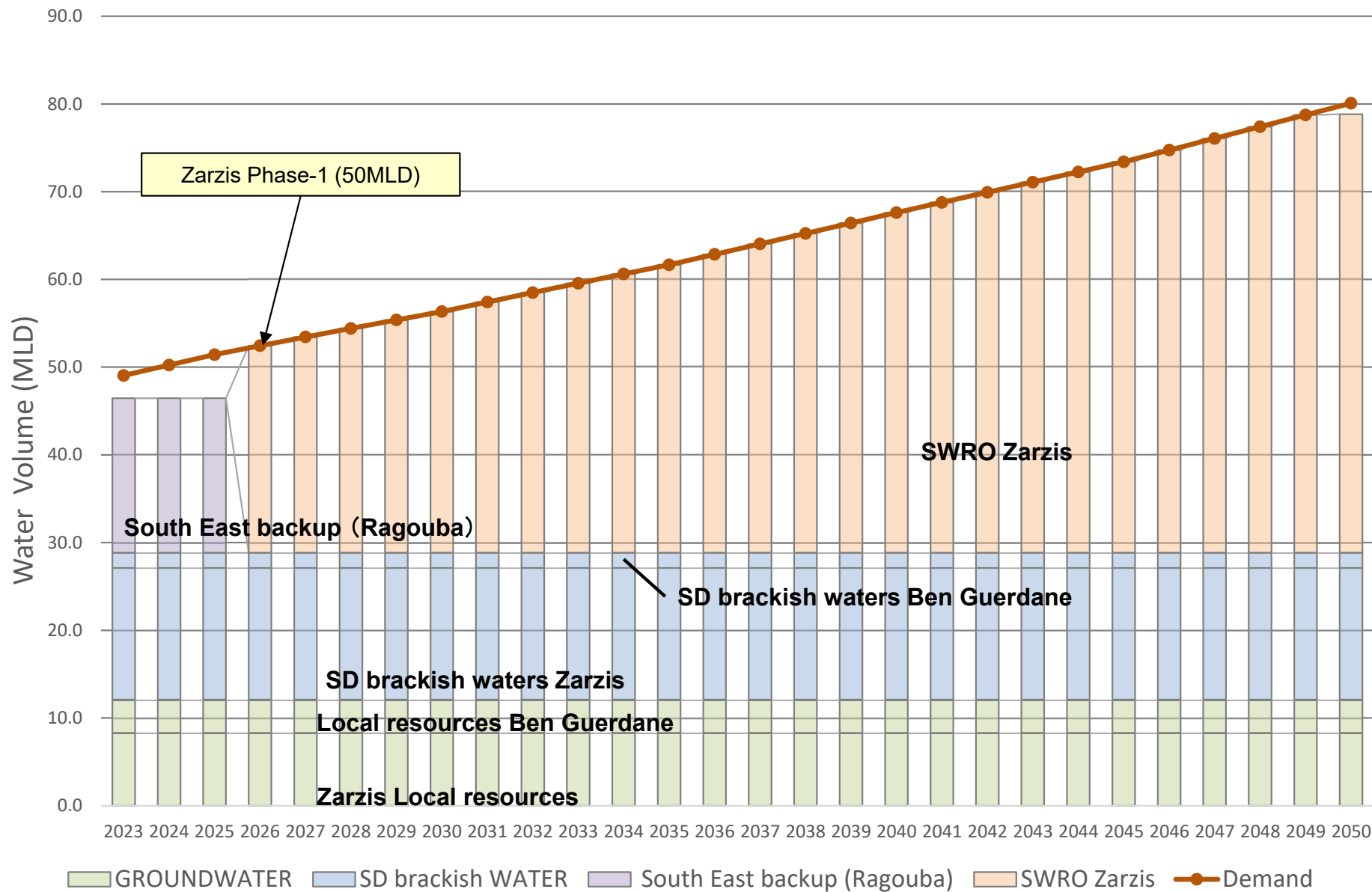
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.4 中部地域における生産水量予測 (シナリオ2)



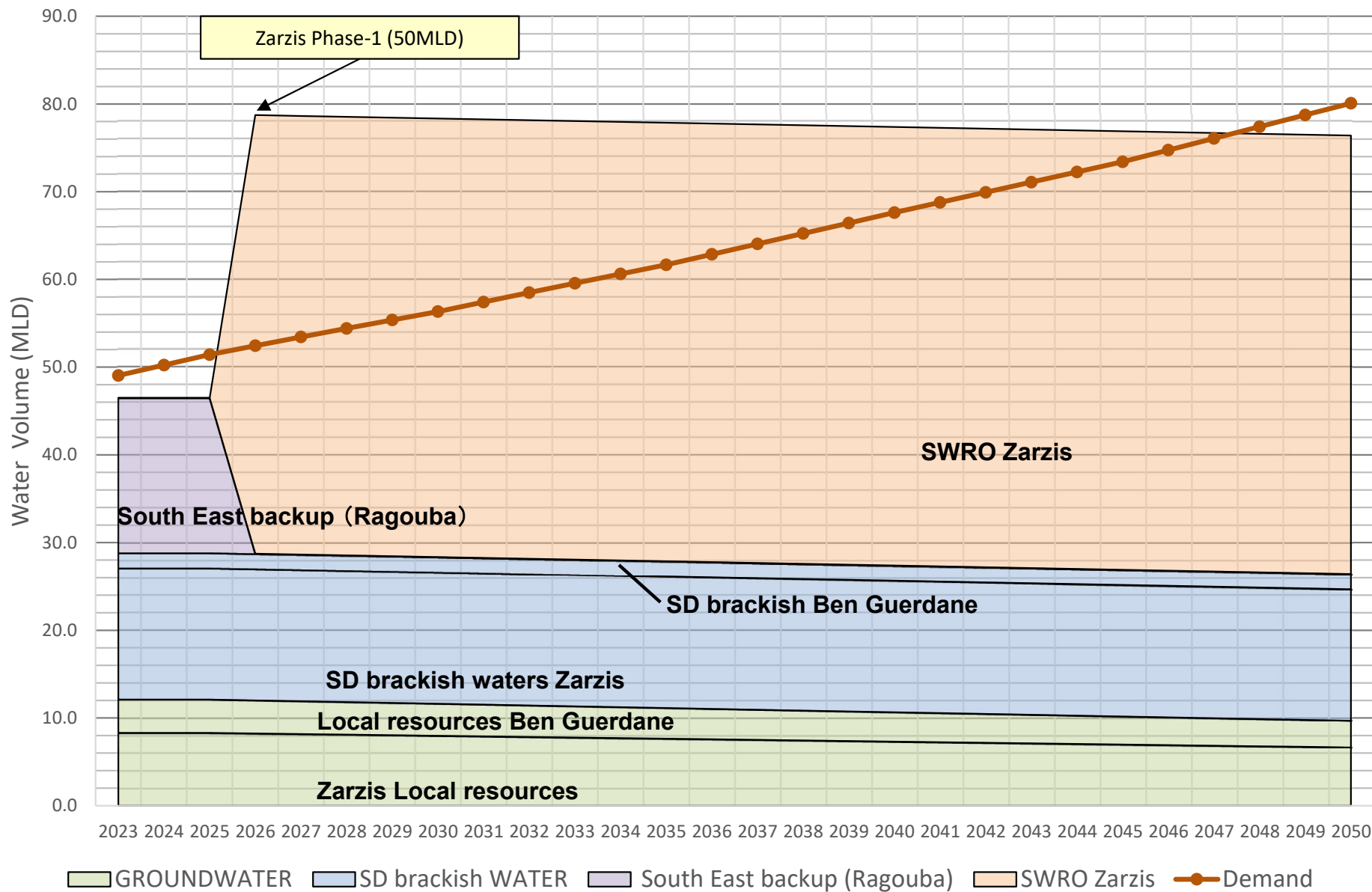
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.5 南部地域1における需給バランス(シナリオ1)



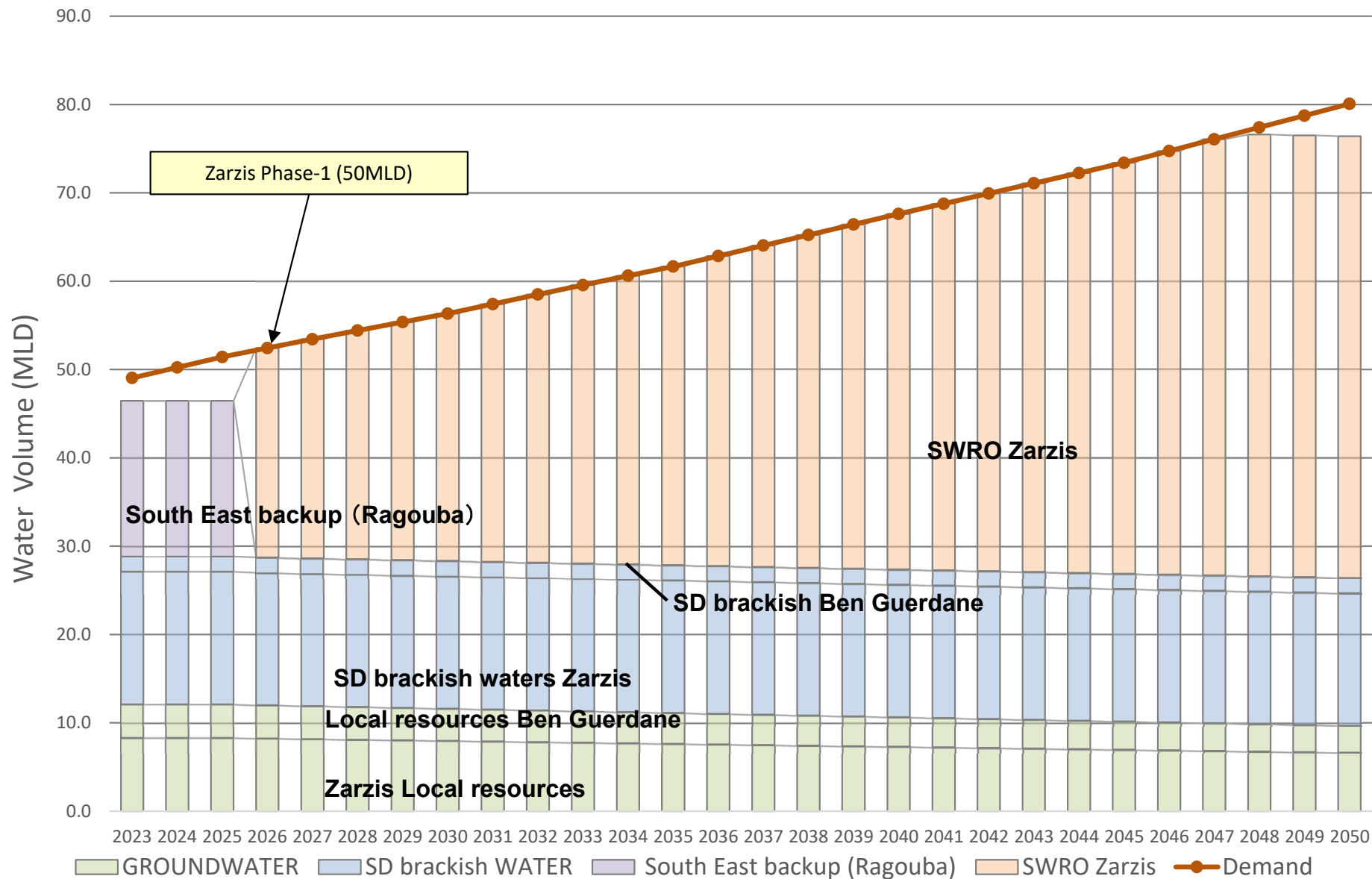
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.6 南部地域1における生産水量予測 (シナリオ1)



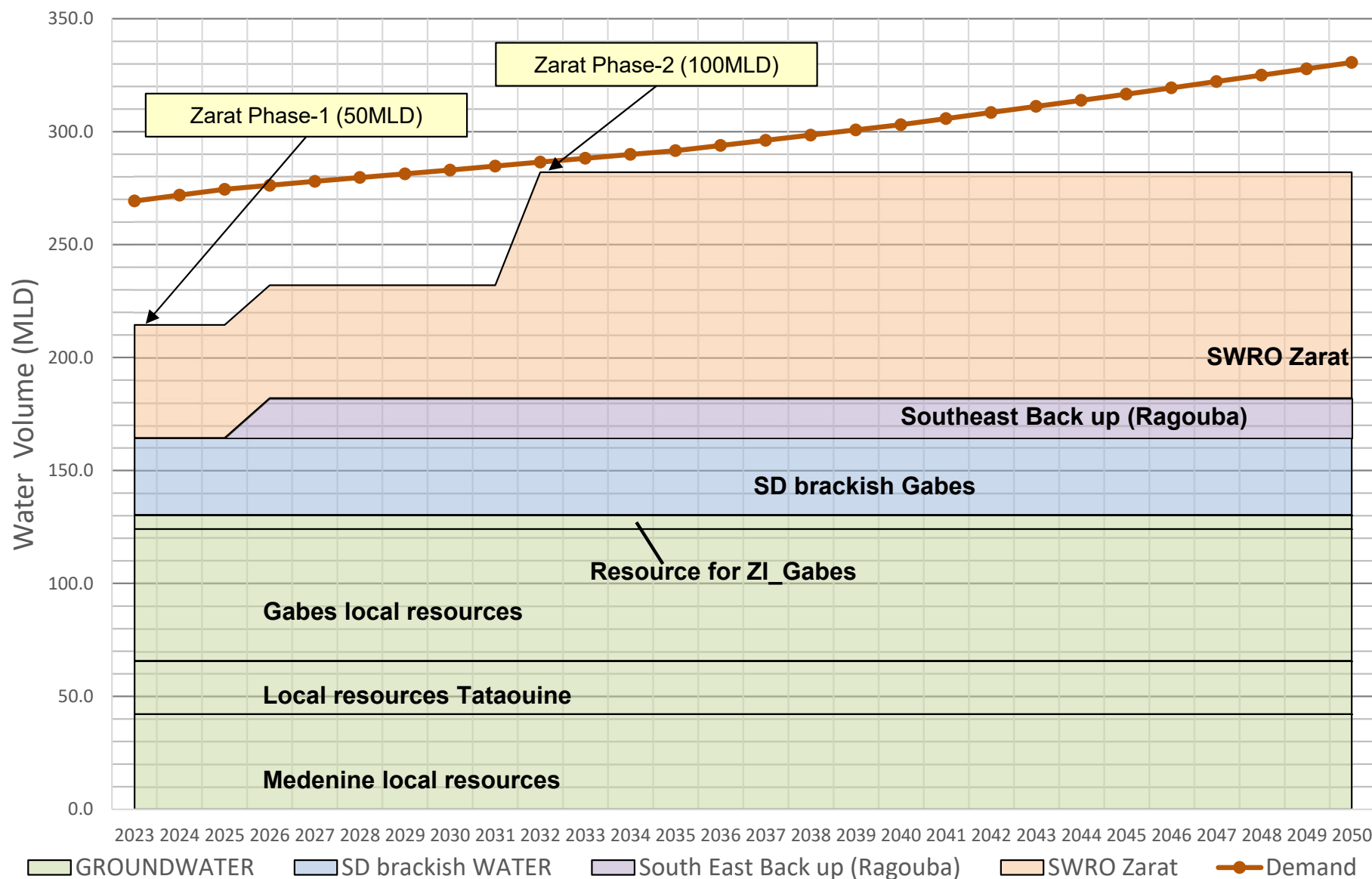
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.7 南部地域1における需給バランス(シナリオ2)



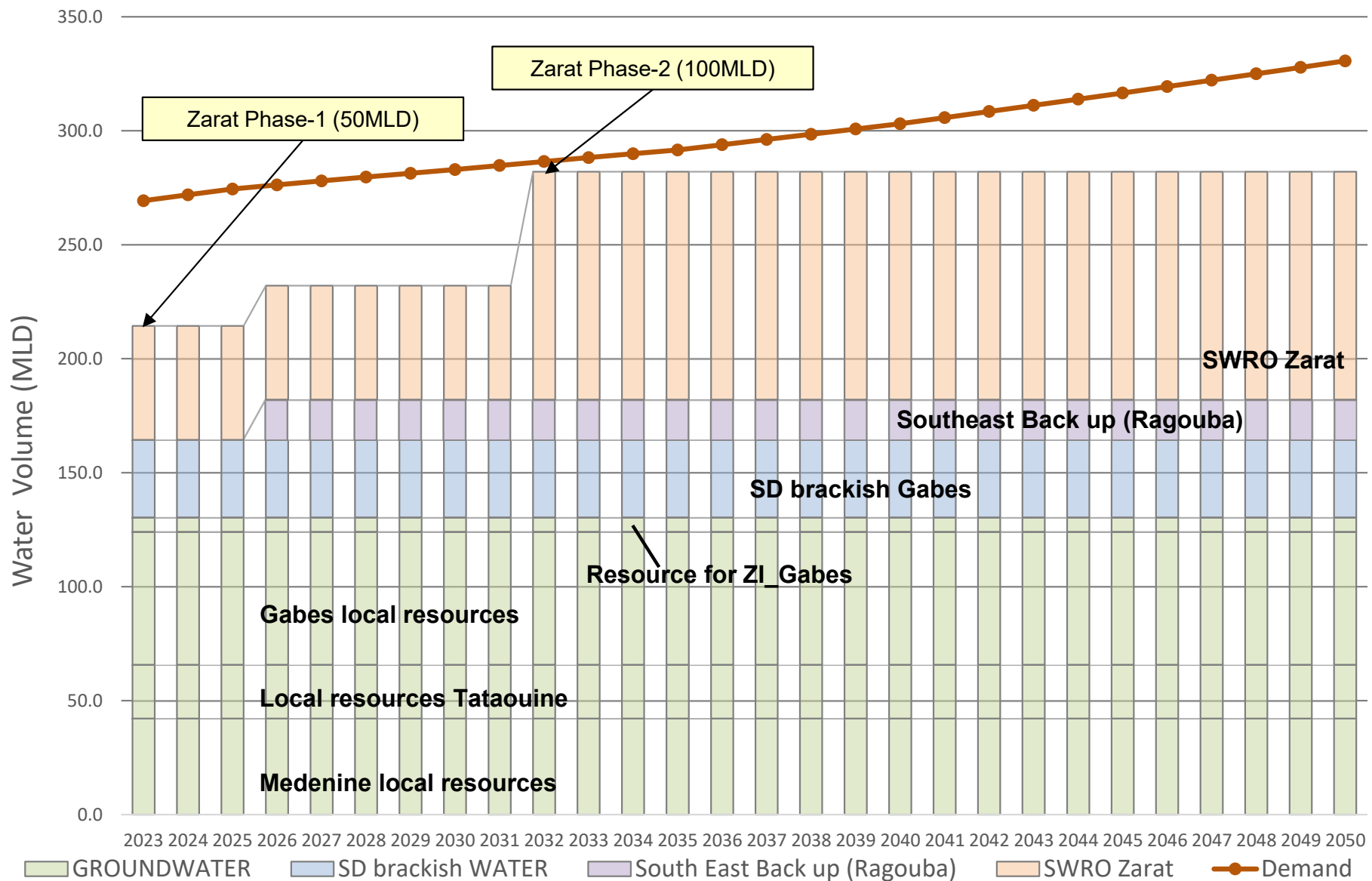
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.8 南部地域1における生産水量予測 (シナリオ2)



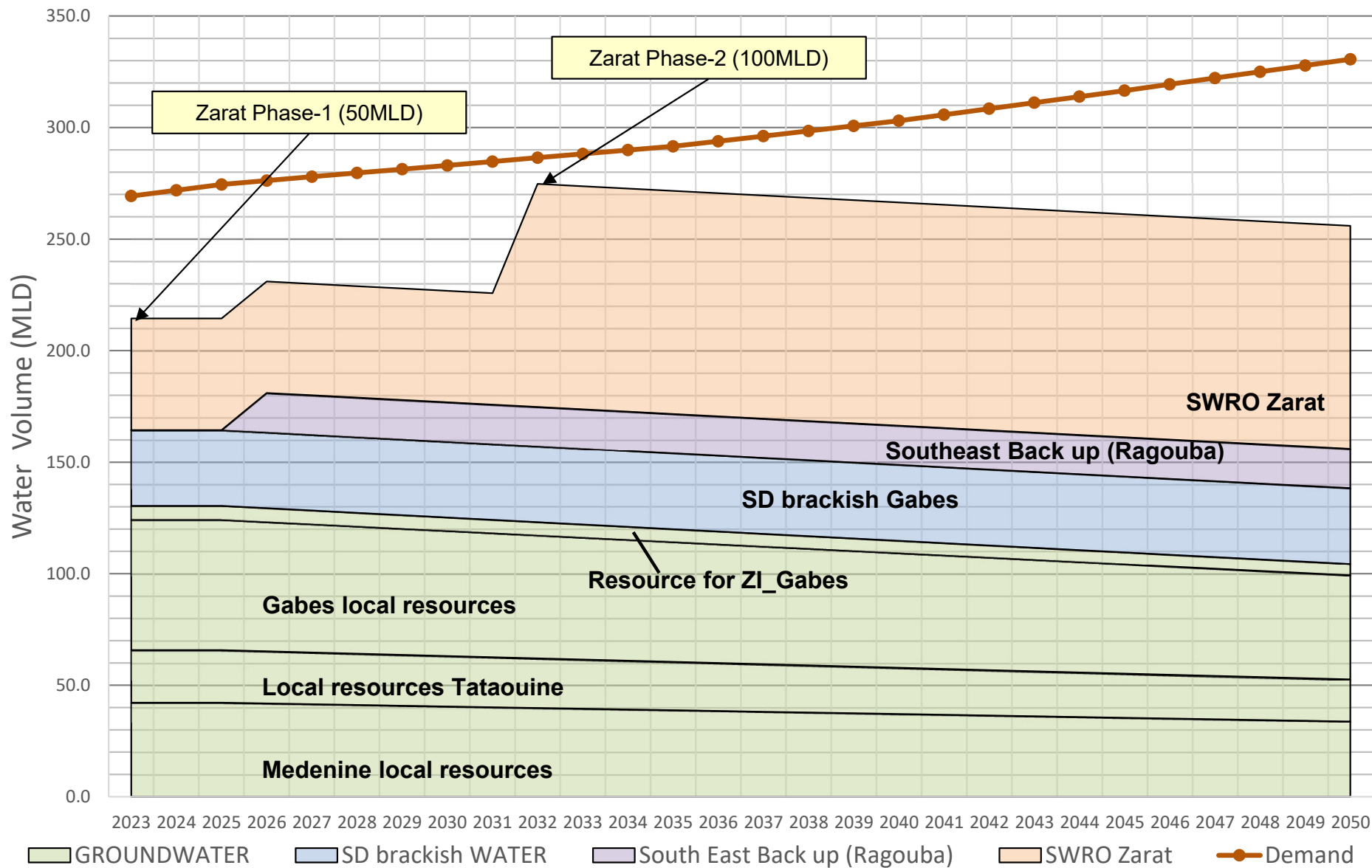
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.9 南部地域2における需給バランス(シナリオ1)



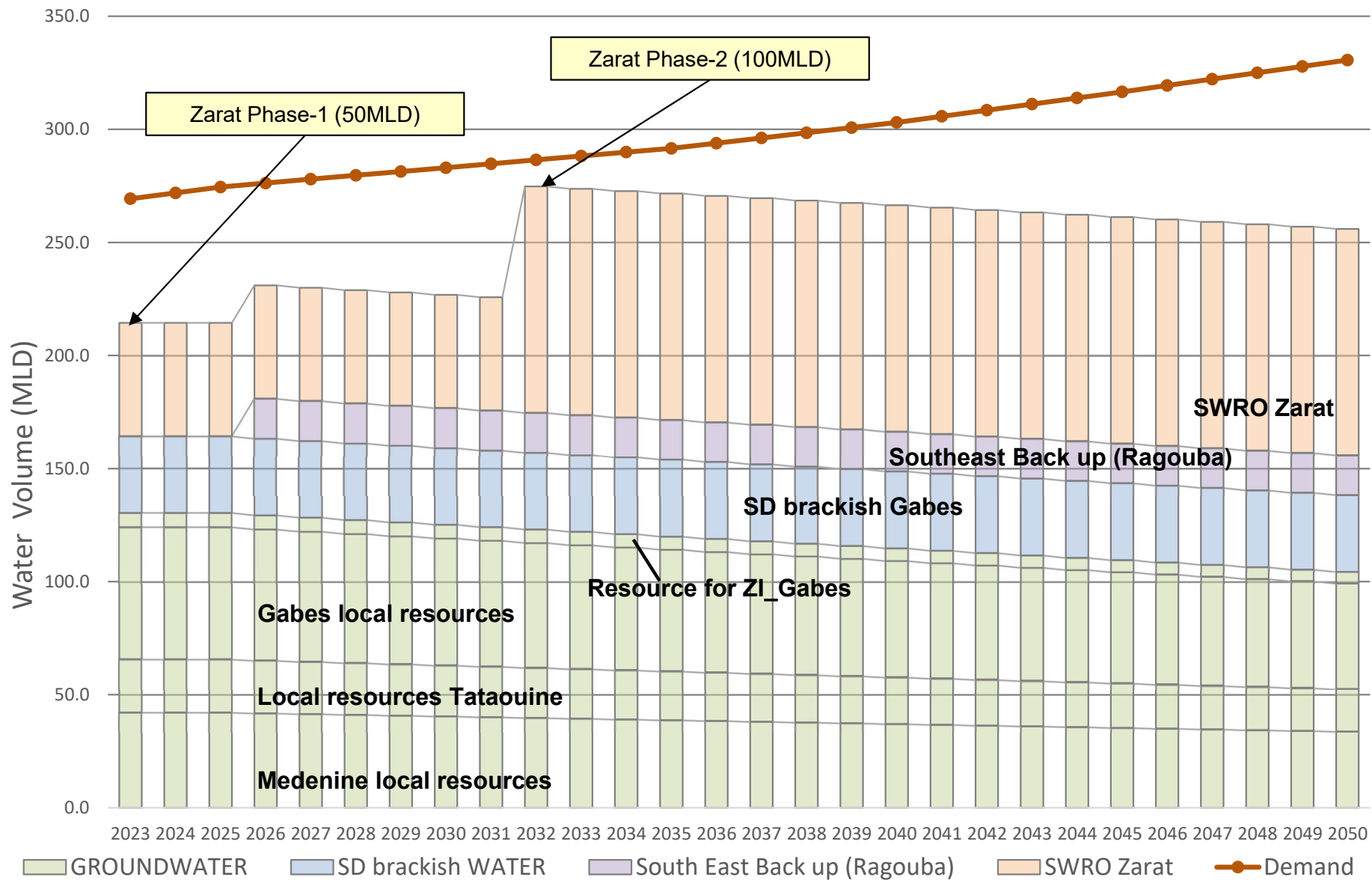
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.10 南部地域2における生産水量予測（シナリオ1）



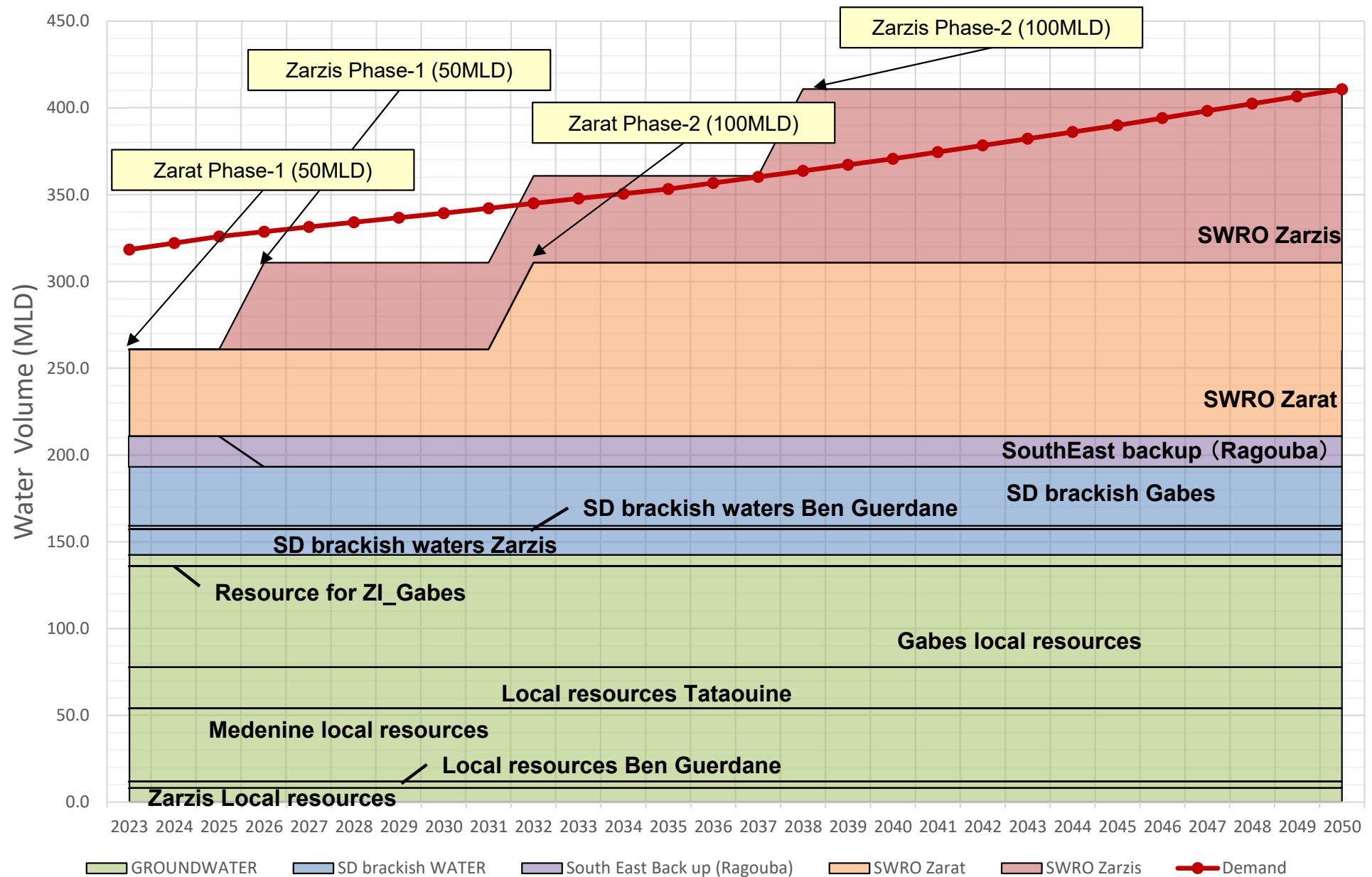
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.11 南部地域2における需給バランス(シナリオ2)



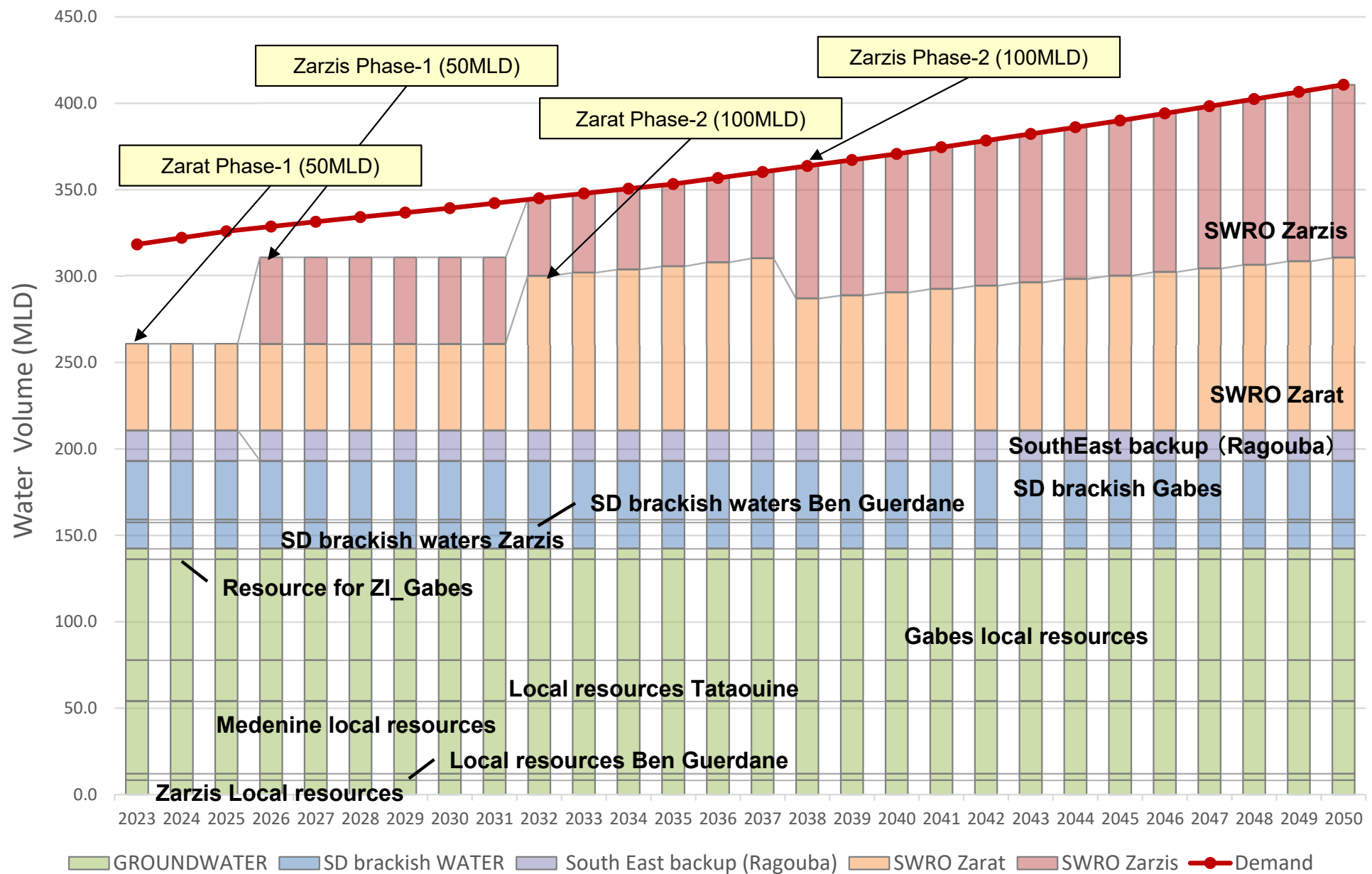
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.12 南部地域2における生産水量予測（シナリオ2）



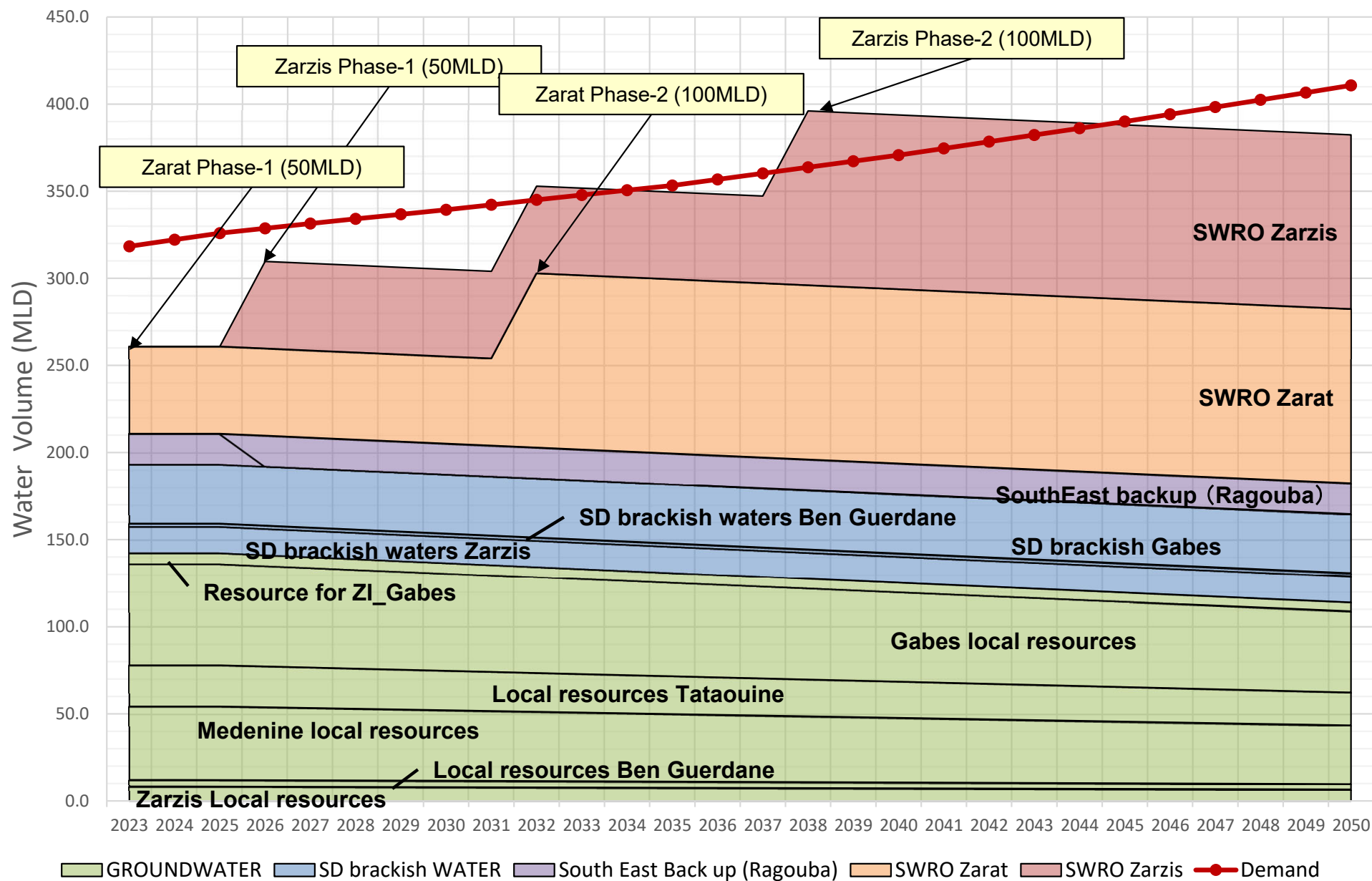
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.13 南部地域統合における需給バランス(シナリオ1)



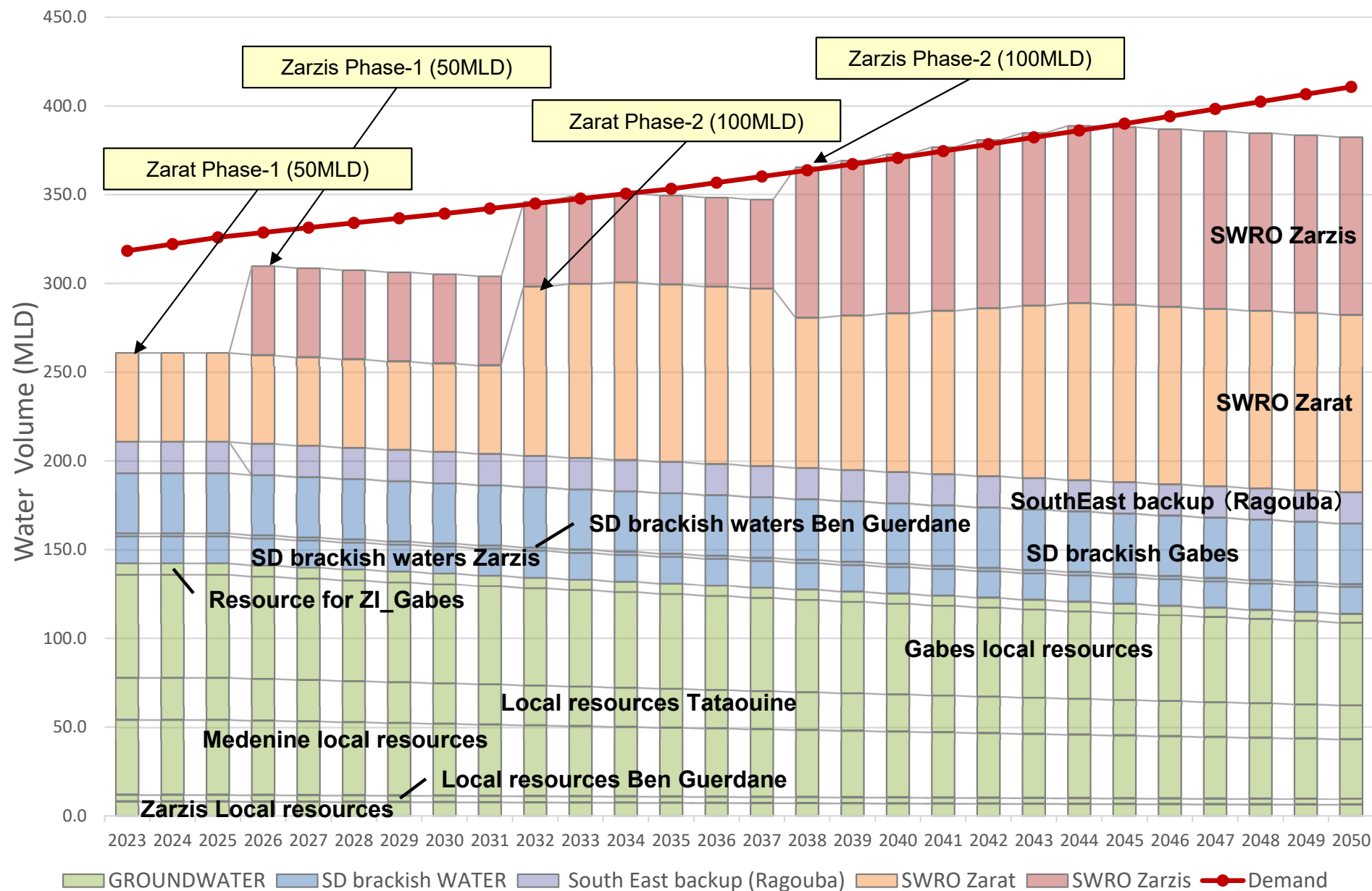
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.14 南部地域統合における生産水量予測 (シナリオ1)



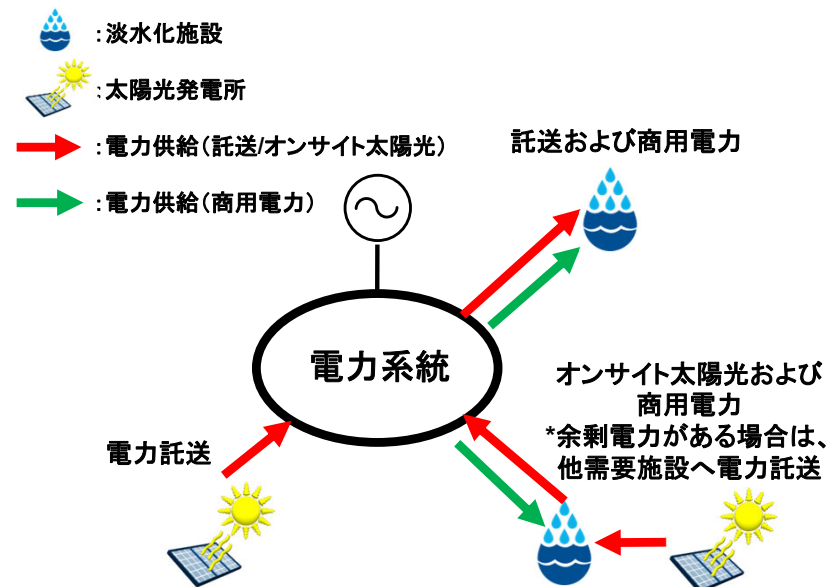
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.15 南部地域統合における需給バランス(シナリオ2)



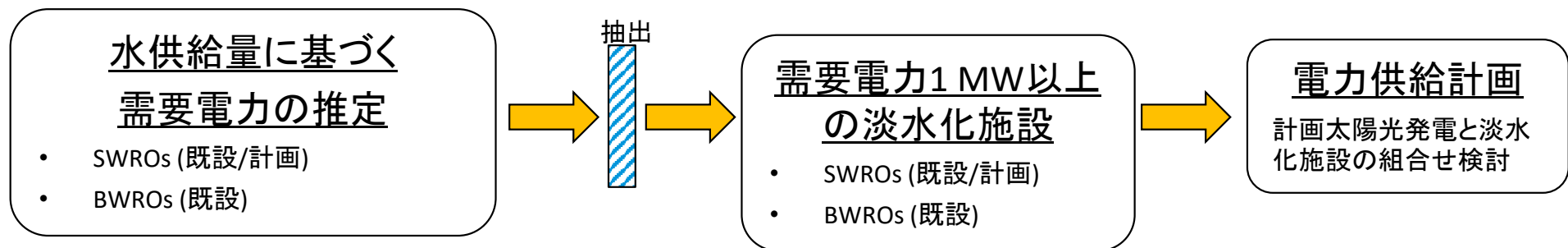
出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

図.3.16 南部地域統合における生産水量予測 (シナリオ2)



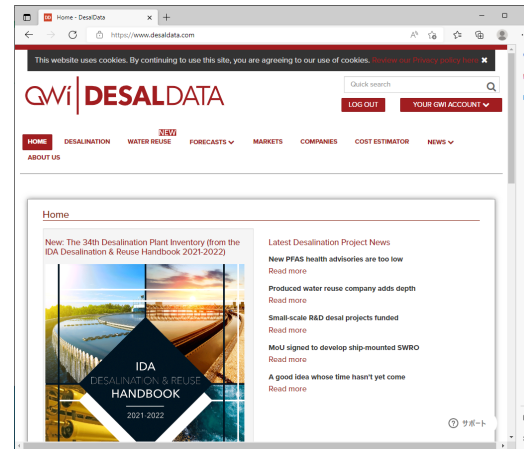
出典: 豊田通商

図.3.17 太陽光発電活用の概要



出典: 豊田通商

図.3.18 電力供給計画検討のための手順



出典: DESAL DATA

<https://www.desaldata.com>

図.3.19 DESAL DATA website

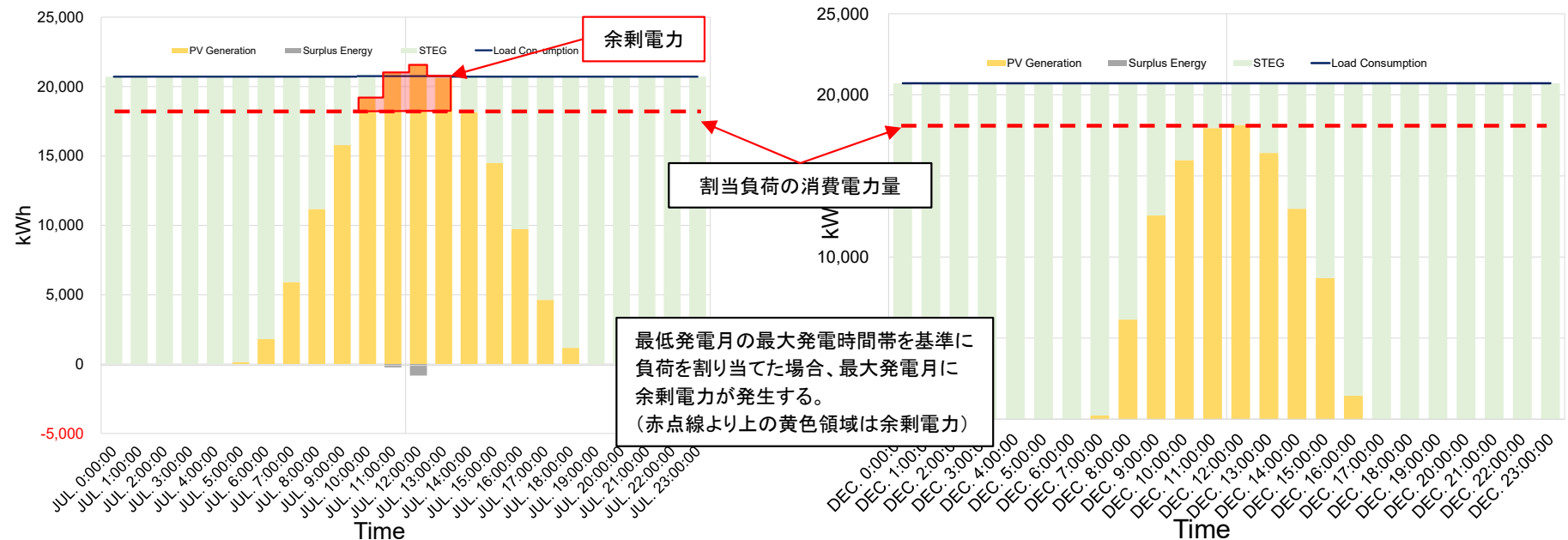


図.3.20 組合せ検討のコンセプト



出典: TMEIC Website

https://www.tmeic.co.jp/product/substation_generation/tmbcs/

図.3.21 蓄電池コンテナ

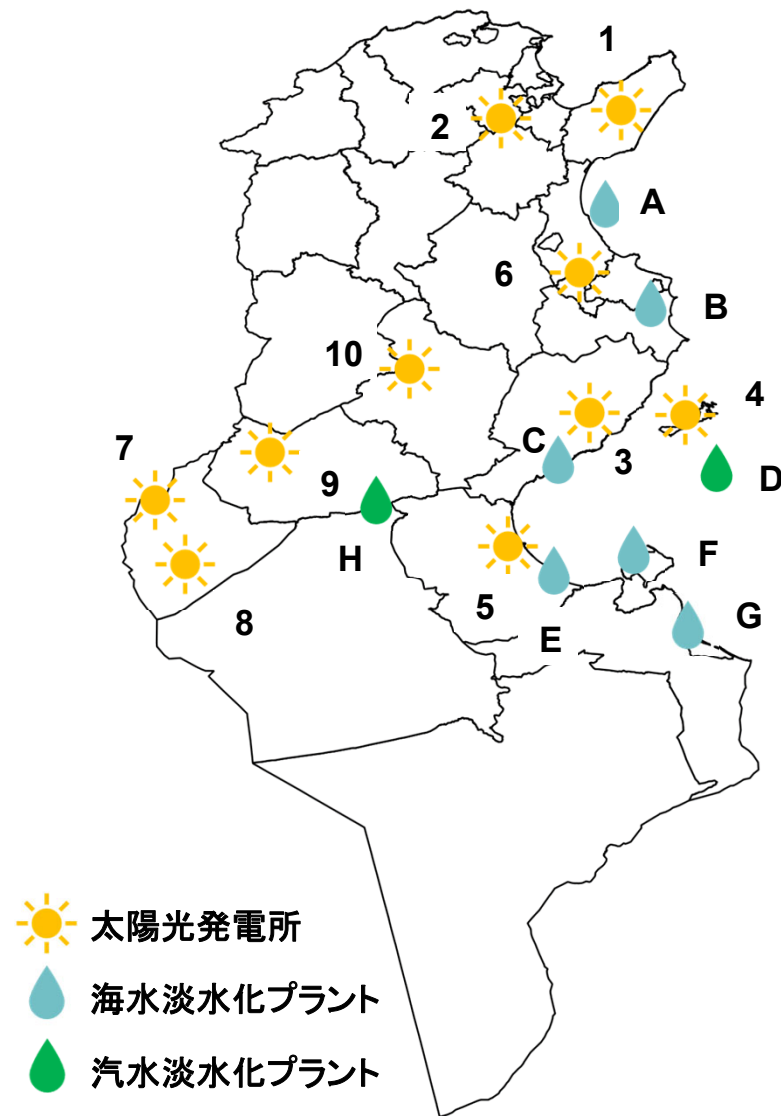


出典: 日本工営

図.3.22 EMS

非公開情報

図.3.23 淡水化及び再生エネルギー施設の中期開発計画



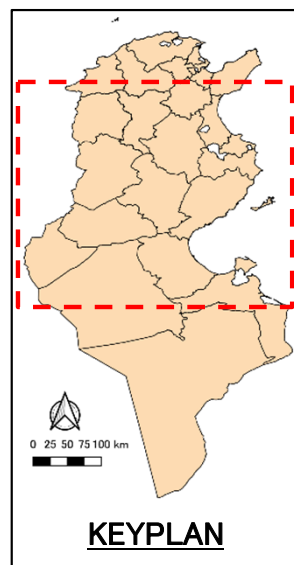
出典: 豊田通商

図.3.24 淡水化及び太陽光発電施設の位置

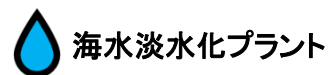
非公開情報

図.4.1 SFAX SWRO 150 kV機器

図.4.2 SFAX SWRO 単線結線図



凡例



出典: 豊田通商

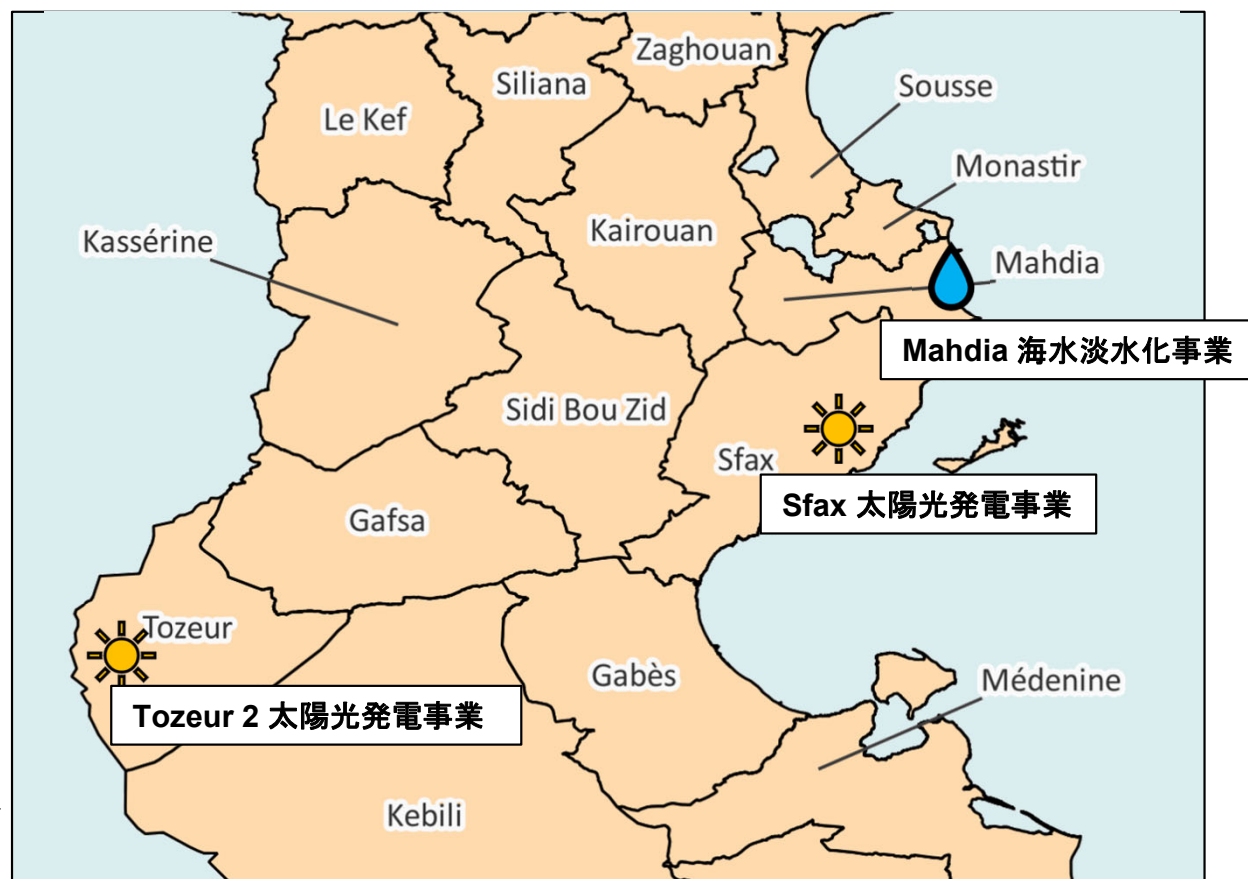


図.4.3 モデルケースの位置図

非公開情報

出典: 豊田通商

図.4.4 海水淡水化プラントの候補地

非公開情報

図.4.5 候補地周辺の海図(左)及び取水放水施設のイメージ(右)

非公開情報

図.4.6 送水管経路

非公開情報

図.4.7 計画プラントと既設受変電所の位置関係

非公開情報

図.4.8 海水淡水化施設の全体フロー

非公開情報

図.4.9 海水淡水化施設レイアウト

非公開情報

図.4.10 取水放水施設配置

非公開情報

図.4.11 Sfax SWRO 周辺マップ

図.4.12 Sfax太陽光発電設備候補地

非公開情報

図.4.13 Sfaxの水平照射量(GHI)及び気温

非公開情報

図.4.14 固定式と追尾式トラックー比較表

非公開情報

図.4.15 ソーラーパネルレイアウト図

図.4.16 Sfax太陽光発電設備配置図

非公開情報

図.4.17 Sfax太陽光発電設備単線接続図

図.4.18 Sfax太陽光発電設備及びSfax SWRO単線接続図

非公開情報

図.4.19 Sfax太陽光発電設備の年間発電電力量予測とシステム出力係数

非公開情報

図.4.20 MVPSの参考図

非公開情報

図4.21 SCADAシステム

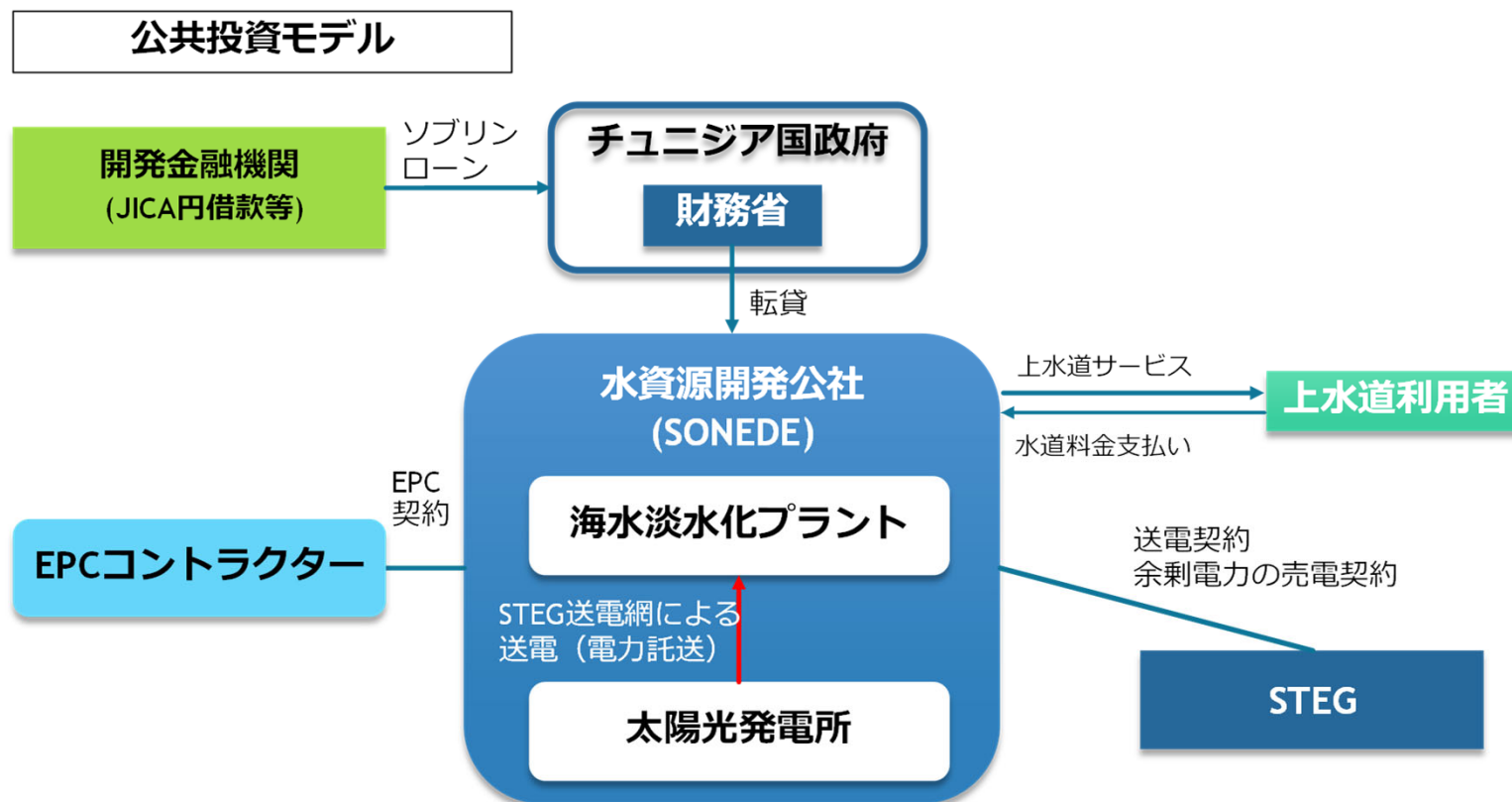
図.4.22 DESALDATAによるコスト算出例

非公開情報

図.4.23 海水淡水化プラント 事業実施工程(民間調達)

非公開情報

図.4.24 海水淡水化プラント 事業実施工程(公共調達)



出典: 豊田通商

図.4.25 公共投資モデル

民間投資モデル（単一SPC方式）

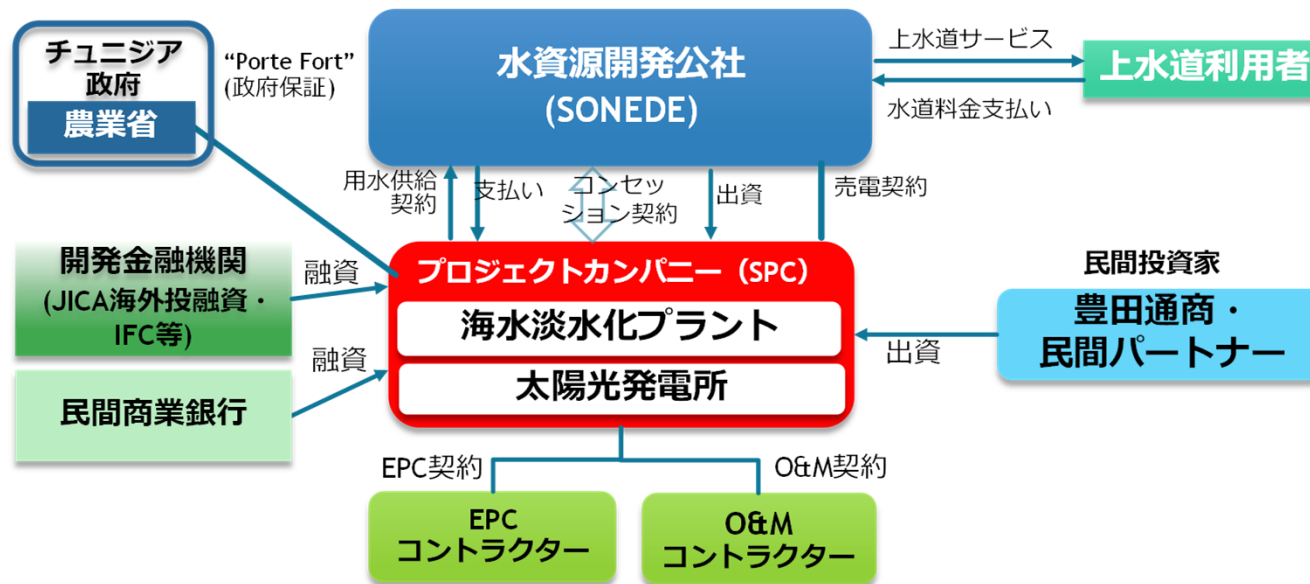
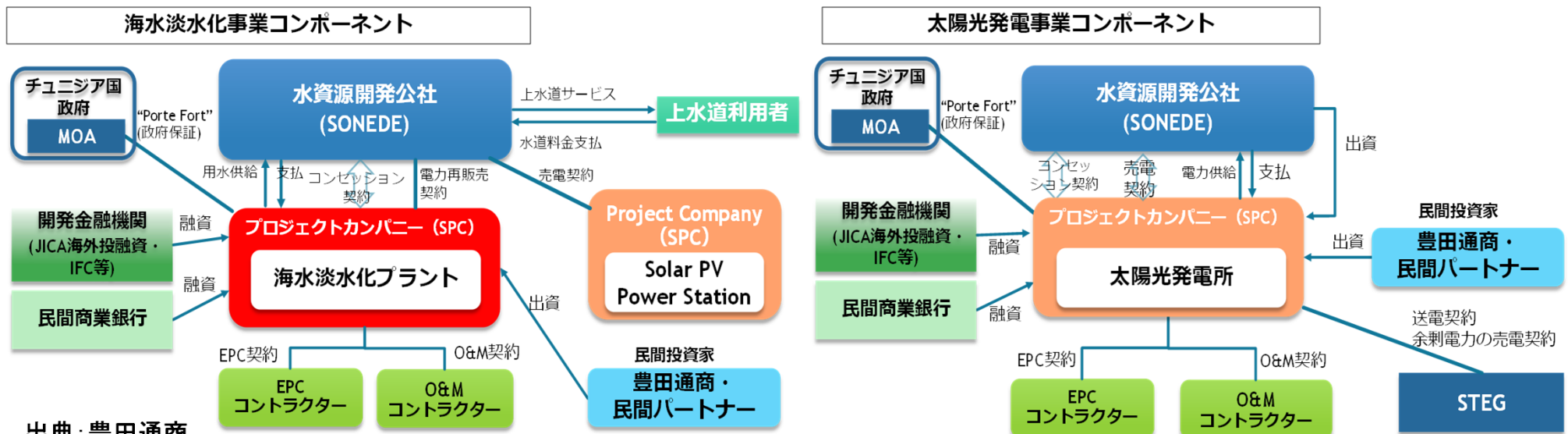


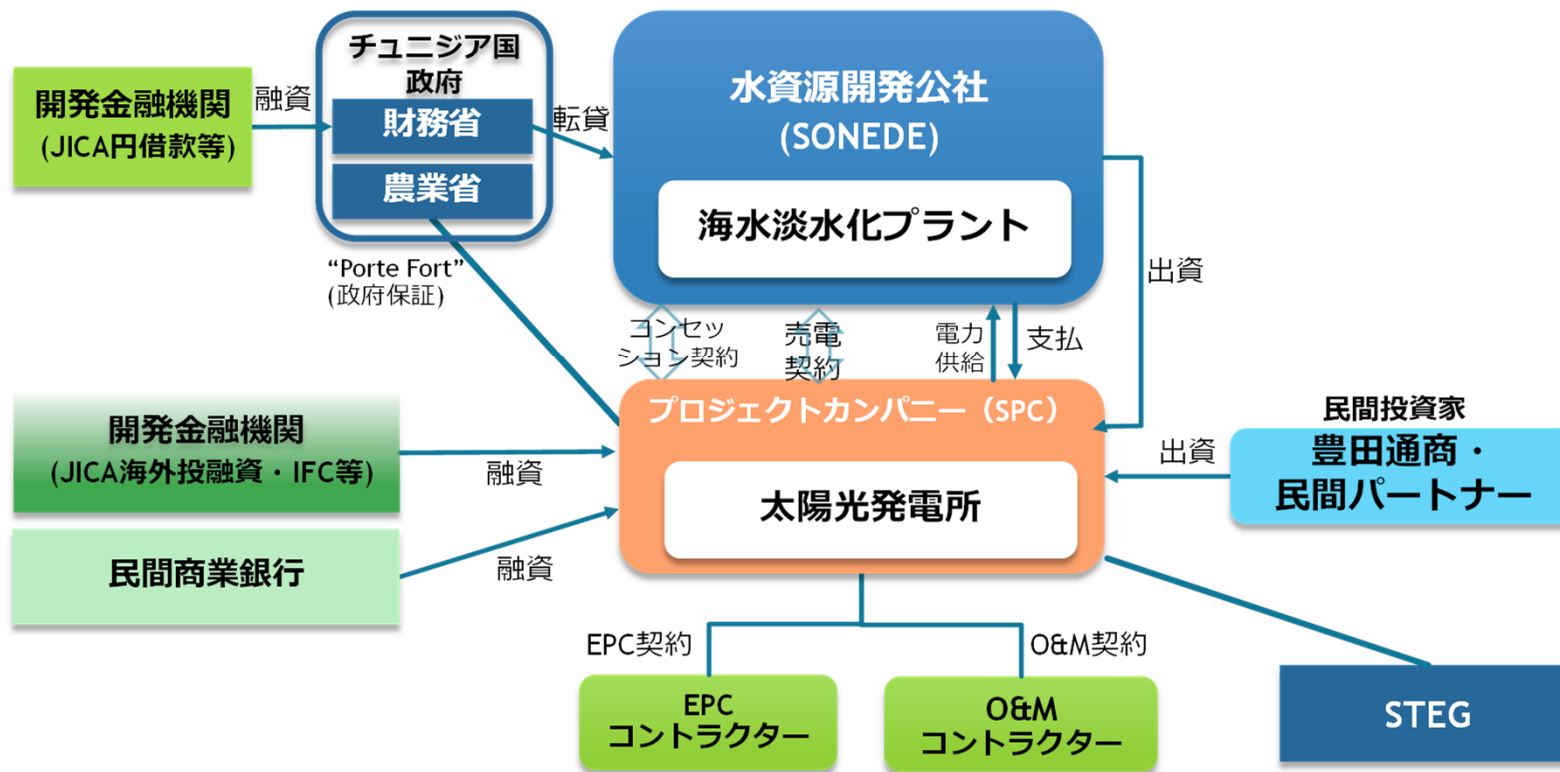
図4.26 民間投資モデル(単一SPC方式)



出典: 豊田通商

図4.27 民間投資モデル(分離SPC方式)

ハイブリッドモデル



出典: 豊田通商

図.4.28 ハイブリッドモデル



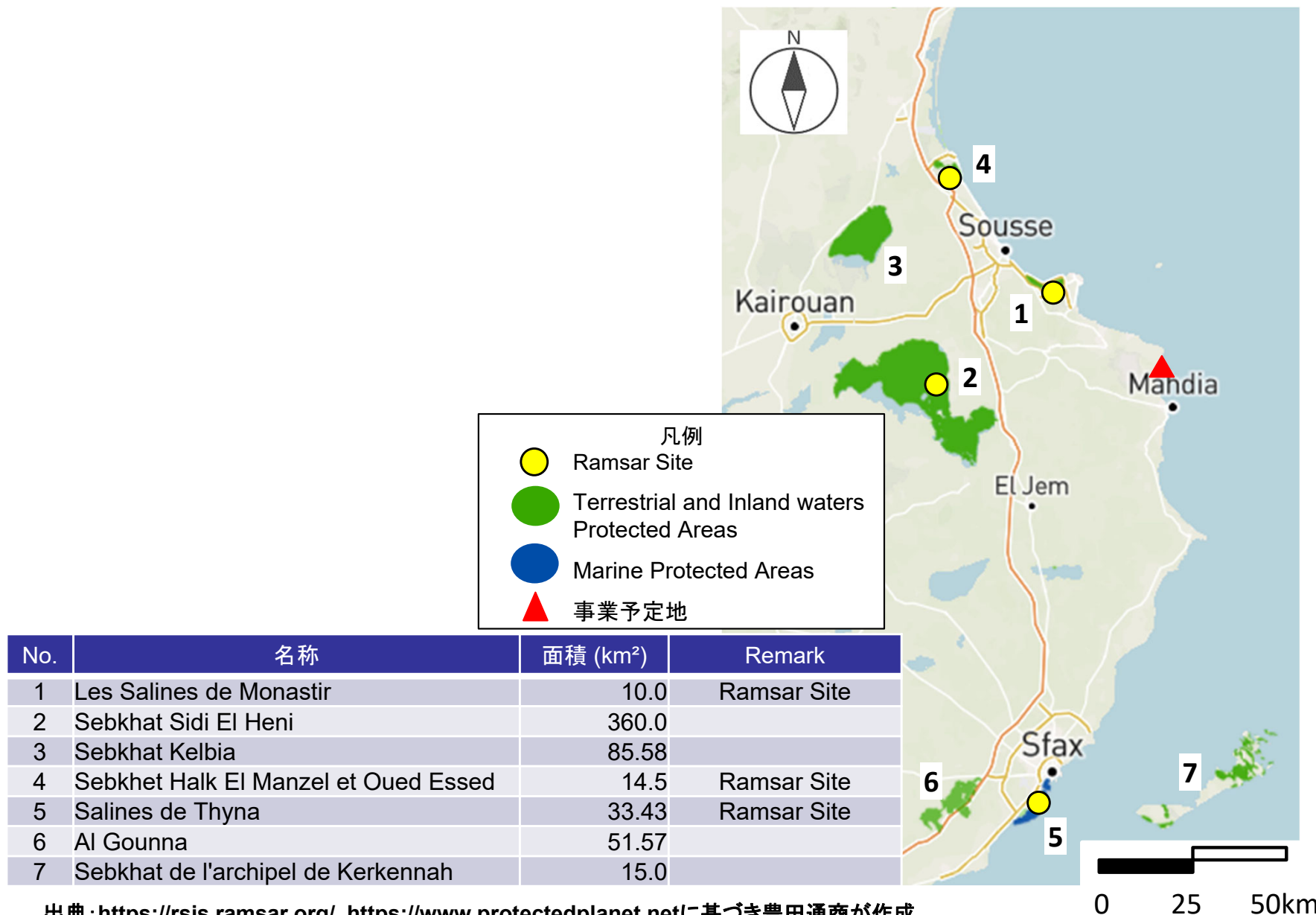
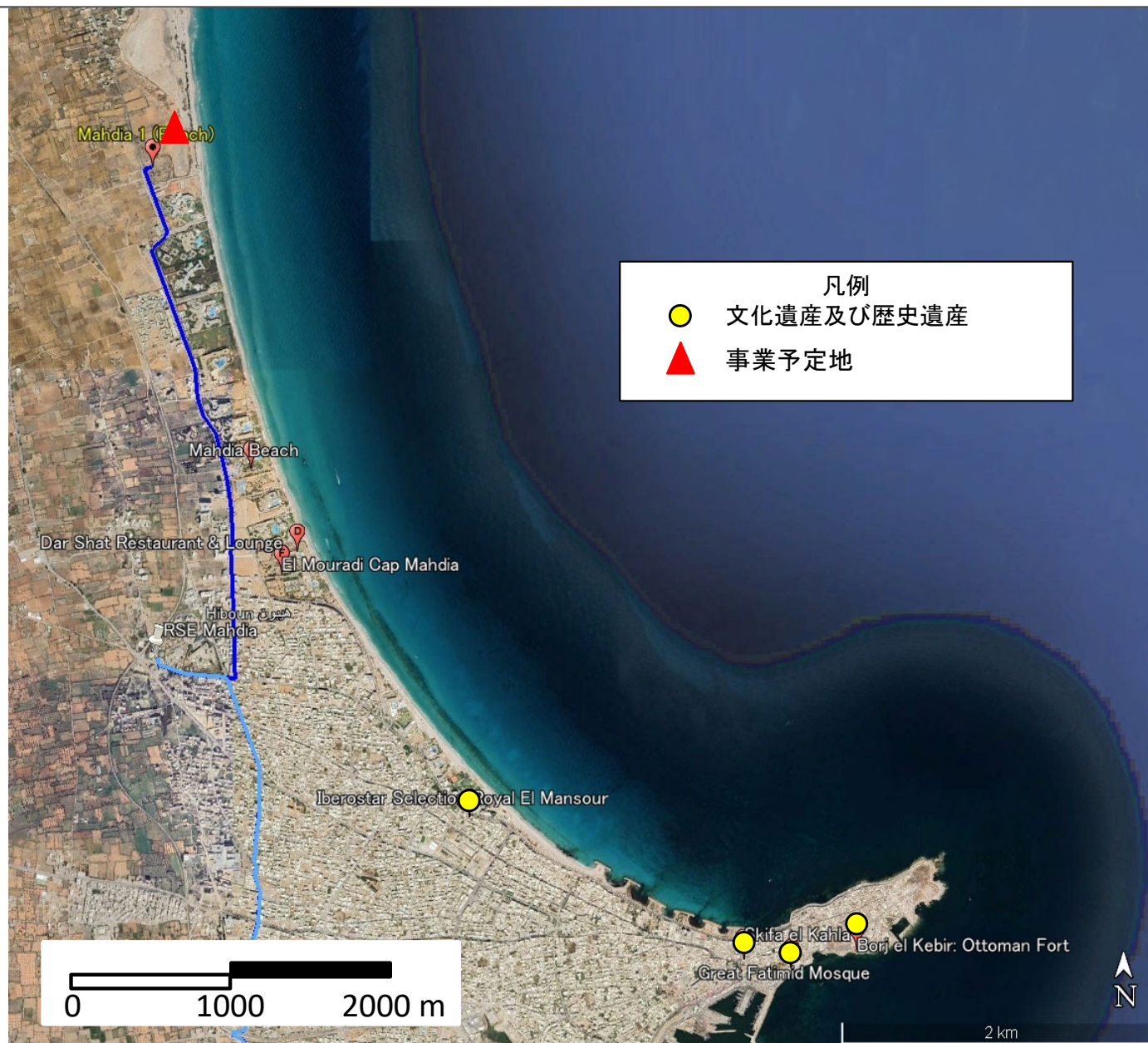


図.4.30 事業予定地周辺のラムサール条約指定地区及び保護区



出典: Archiqoo.com, Google Earth, に基づき豊田通商が作成

図.4.31 事業予定地付近に位置する文化財及び歴史遺産

表.1.1 Sfax港の潮汐データ

	平均潮位	最高潮位	最低潮位
海拔 (m)	+1.16	+2.15	+0.00

出典: RAPPORT DU CENTRE HYDROGRAPHIQUE ET OCEANOGRAPHIQUE DE LA MARINE NATIONALE DE LA TUNISIE

表.1.2 調査対象地域の都市における人口

中部		南部	
Nabeul	787,920	Gabes	374,300
Sousse	674,971	Medenine	479,520
Monastir	548,828	Tattouine	149,453
Mahdia	410,812		
Sfax	955,421		

出典: Census 2014

表.1.3 海水及び汽水淡水化プラント一覧

Name	Capacity (MLD)	Name	Capacity (MLD)	Name	Capacity (MLD)	Name	Capacity (MLD)
Ben Guerdane	1.8	Nefta	4	Zarzis 2	0.3	Djerba	75
Kebili-Jemna	6	Souk Lahad	4	Kerkennah 1	4	Zarat	50
Tozeur	6	Beni Khedache	0.8	Djerba	12	Sousse	50
Mareth	5	Hezoua	0.8	Djerba 2	3	Sfax	100
Douz	4	Djerba	5	Gabes	22.5		
Matmata	4	Zarzis	12	Phase 1 Southern Tunisia brackish water plants	36.2	BWRO	SWRO

Source: Global Water Intelligence社のデータを基に豊田通商株式会社が作成 (<https://www.desaldata.com/>)

表.2.1 中部地域の水資源一覧

水資源		量 (MLD)	状況	制約条件・予測
地下水	Cap-bon, Sahel, Sfax	168	既存	気候変動による影響の懸念
表流水	Belli WTP	415	既存	既に10%の過剰摂取の状況 気候変動による影響の懸念
表流水	Ghedir el Golla WTP	22	既存	本来はチュニスで消費される水源
表流水	Lebna WTP	8	2023年完成	中部地域の新たな水源
表流水	Mlaabi WTP	3	既存	SONEDEに緊急用解いて割り当てられる灌漑用水
表流水	Nebhana Dam (3 WTPs)	50	既存	SONEDEに緊急用解いて割り当てられる灌漑用水
表流水	Sahel WTP	346	2025年完成	中部地域の新たな水源
SWRO	Sousse	50	2023年完成	2031年に100MLDへ拡張
SWRO	Sfax	100	2024年完成	2033年に200MLDへ拡張

備考: WTP(Water Treatment Plant): 浄水場

SWRO (Seawater Desalination Plant by RO): 逆浸透法による海水淡水化施設

表.2.2 南部地域の水資源一覧

地域	水資源		容量 (MLD)	状況	制約条件・予測
South 1	地下水	Zarzis, Ben Guerdane	12.1	既存	気候変動による影響の懸念
	BWRO	Zarzis	15.0	既存	
	BWRO	Ben Guerdane	1.7	既存	
	地下水	Supplement South Tunisia (from Ragouba)	17.6	既存	南部地域1が十分な水源を確保した場合、南部地域2に割り当てられる
South 2	地下水	Medenine Tataouine Gabes ZI_Gabes	130.4	既存	気候変動による影響の懸念
	BWRO	Gabes	34.0	既存	
	SWRO	Zarat	50.0	2023年完成	2032年に100MLDへ拡張
	地下水	Southeast Back up (Ragouba)	0.0	既存	現在は南部地域1で消費されている

出典: 豊田通商

表.2.3 中部地域各県の水需要(MLD)

非公開情報

表.2.4 南部地域1各県の水需要(MLD)

非公開情報

表.2.5 南部地域2各県の水需要 (MLD)

非公開情報

表.2.6 中部地域の供給水量（シナリオ 1）

非公開情報

表.2.7 中部地域の供給水量（シナリオ 2）

非公開情報

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.2.8 南部地域1の供給水量（シナリオ 1）

非公開情報

表.2.9 南部地域1の供給水量（シナリオ 2）

非公開情報

表.2.10 南部地域2の供給水量（シナリオ 1）

非公開情報

表.2.11 南部地域2の供給水量（シナリオ 2）

非公開情報

表.2.12 中部地域の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1306	1410	1514
Supply	612	664	664	730	808	947	1069	1069	1069	1069	1069	1119	1119	1219	1219	1219	1219	1219	1219
Shortage	-340	-307	-326	-279	-219	-99	5	-13	-31	-48	-66	-34	-51	31	14	-3	-87	-191	-295

Scenario 2	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1306	1410	1514
Supply	612	664	664	708	808	947	1064	1060	1052	1045	1037	1079	1072	1164	1157	1149	1111	1073	1035
Shortage	-340	-307	-326	-300	-219	-99	1	-22	-47	-73	-98	-73	-98	-23	-48	-73	-195	-337	-479

表.2.13 南部地域統合の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	318.4	325.9	328.7	331.4	334.1	339.3	345.0	350.5	353.2	370.7	390.0	410.7
Supply	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	310.9	310.9	310.9	310.9	310.9	310.9
Shortage	-57.5	-65.0	-67.8	-70.5	-73.2	-78.4	-34.1	-39.6	-42.3	-59.8	-79.1	-99.8

Scenario 2	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	318.4	325.9	328.7	331.4	334.1	339.3	345.0	350.5	353.2	370.7	390.0	410.7
Supply	260.9	260.9	259.6	258.3	257.0	254.5	301.9	299.3	298.1	291.7	285.3	278.9
Shortage	-57.5	-65.0	-69.1	-73.1	-77.1	-84.8	-43.1	-51.2	-55.2	-79.0	-104.7	-131.8

表.2.14 南部地域1の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	49.1	51.4	52.4	53.4	54.4	56.3	58.5	60.6	61.7	67.6	73.4	80.1
Supply	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5	46.5
Shortage	-2.6	-5.0	-6.0	-7.0	-8.0	-9.9	-12.0	-14.2	-15.2	-21.2	-27.0	-33.6

Scenario 2	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	49.1	51.4	52.4	53.4	54.4	56.3	58.5	60.6	61.7	67.6	73.4	80.1
Supply	46.5	46.5	46.4	46.3	46.2	46.0	45.8	45.6	45.5	45.0	44.5	44.0
Shortage	-2.6	-5.0	-6.1	-7.2	-8.3	-10.4	-12.7	-15.0	-16.2	-22.6	-28.9	-36.1

表.2.15 南部地域2の需給バランス

単位: MLD

Scenario 1	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	269.3	274.5	276.2	278.0	279.7	283.0	286.5	289.9	291.6	303.1	316.6	330.6
Supply	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4	214.4
Shortage	-54.9	-60.0	-61.8	-63.6	-65.3	-68.6	-22.1	-25.5	-27.2	-38.6	-55.2	-66.2
Scenario 2	2023	2025	2026	2027	2028	2030	2032	2034	2035	2040	2045	2050
Demand	269.3	274.5	276.2	278.0	279.7	283.0	286.5	289.9	291.6	303.1	316.6	330.6
Supply	214.4	214.4	213.4	212.3	211.3	209.2	257.1	255.0	254.0	248.8	243.6	238.3
Shortage	-54.9	-60.0	-62.9	-65.6	-68.4	-73.8	-29.4	-34.9	-37.6	-54.3	-73.0	-92.3

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.2.16 電力需要のバランス

Source of energy	Actual Demand [Mwh] in 2019	Actual Demand [Mwh] in 2020
STEG	17,007	16,163
Cathage Power Company	3,071	3,415
Third party purchases	139	164
Total of National production	20,217	19,742
Exchange +Purchase SONELGAZ	135	49
National energy injected into the HV network	20,352	19,791

出典:STEG Annual report 2020

表.2.17 STEGへ提供が必要な運転データ

データ項目	頻度	備考
MW, Mvar, kV, A, Wind speed and direction, Temperature, atmospheric pressure, Irradiation.	常時	テレメータ
Circuit breaker for grid connection.	常時	遠隔信号
The available capacity of renewable energy plant.	日次	-
The forecast of the wind/irradiation. The forecast of the generation from the renewable energy to be injected to the grid.	日次	-
The update of the wind/irradiation forecasts. The forecast of the generation from the renewable energy to be injected to the grid. (*1)	毎時	-

*1: 設備容量10 MW以上の施設のみ。

出典: official gazette of the Republic of Tunisia in 2017

表.2.18 太陽光発電ポテンシャルリスト

No.	Name of plant	PV Output (MW)	Pre Application STEG	Response STEG	Grid Connection	Financer	Remarks
1	Lebna(Dam)	1 (Floating)	Not yet	Not yet	MV	*1	Dam is owned by Ministry of Agriculture.
2	Ghadir Elgoulla(Dam)	1 (Floating)	Not yet	Not yet	MV	No plan	Dam is owned by SONEDE.
3	Sfax	30	✓	Verbal	HV	No plan	
4	Kerkennah	1	Not yet	Not yet	MV	No plan	
5	Zarat	20	✓	Verbal	HV	*1	SONEDE Pre-FS done.
6	Sousse	4	✓	Not yet	MV	*1	SONEDE Pre-FS done.
7	Tozeur 1	3	✓	In writing	MV	*1	
8	Tozeur 2	35	✓	Verbal	HV	No plan	SONEDE Pre-FS done.
9	Gafsa	2	✓	In writing	MV	*1	SONEDE Pre-FS done.
10	Meknassy	4	Not yet	Not yet	MV	*1	SONEDE Pre-FS done.
11	Mahdia	To be studied	To be studied	To be studied	To be studied	To be studied	Maybe executed beside the desal.
12	Total	101 + α	-	-	-	-	
13	Matmata	2.2	✓	Not yet	MV	-	Under Construction (Financer has not been yet determined.)
14	Chottfejjij	0.5	✓	Verbal	MV	-	Under Construction (Financer has not been yet determined.)
15	Ben Gardane	0.2	Operational		MV	JICA	Existing
16	Ben Gardane	0.4	unknown	unknown	MV	-	Under expansion
17	Total	3.3	-	-	-	-	

*1:ドナーと資金協力について予備的協議進行中

出典: SONEDEの情報を基に豊田通商作成

表.2.19 各PV計画の発電電力量推定結果概要

No.	Site	Type	Location		PV Capacity[MW]	Optical tilt ^{*1} [°]	Capacity Factor ^{*2} [%]	Estimated PV generation per year [GWh]
			North	East				
1	Lebna(Dam)	Floating	36° 44'28"	010° 55'01"	1	31(11)	16.08	1.41
2	Ghadir Elgoulla(Dam)	Floating	36° 46'59"	010° 03'36"	1	32(11)	15.83	1.39
3	Sfax	Ground-mounted	34° 35'29"	010° 35'56"	30	32	19.63	51.58
4	Kerkennah	Ground-mounted	34° 43'14"	011° 12'01"	1	32	19.85	1.74
5	Zarat	Ground-mounted	33° 39'56"	010° 20'55"	20	33	20.24	35.455
6	Sousse	Ground-mounted	35° 33'20"	010° 30'58"	4	33	18.89	6.62
7	Tozeur	Ground-mounted	33° 56'50"	007° 49'58"	3	36	20.33	5.34
8	Tozeur	Ground-mounted	33° 36'21"	007° 56'22"	35	34	20.15	61.78
9	Gafsa	Ground-mounted	34° 13'08"	008° 19'30"	2	35	20.27	3.55
10	Meknassy	Ground-mounted	34° 38'30"	009° 36'36"a	4	34	19.95	6.99
Total estimated PV generation per year [GWh]								175.85

出典: GSAを用いて豊田通商作成

表.2.20 チュニジア国経済指標 (2018-2022)

経済指標	2018	2019	2020	2021	2022
インフレ率(消費者物価平均)	7.3%	6.7%	5.6%	5.7%	8.1%
実質GDP成長率	2.5%	1.4%	-8.7%	3.3%	2.2%
経常収支(対GDP比率)	-10.4%	-7.8%	-5.9%	-6.1%	-9.1%
一般政府総債務(対GDP比率)	74.8%	69.0%	82.8%	81.8%	88.8%

※ 出典: IMF Article IV Consultation Staff Report (2021年2月), IMF DataMapper (2022年10月), IMFプレスリリース (2022年10月15日)

表.2.21 自家消費制度に適用されるSTEG送電費用

非公開情報

表.2.22 コンセッション制度の概要

項目	概要	法的根拠
適用可能なセクター	コンセッション法(法律第2008-23号)は、海水淡水化、再生可能エネルギー発電を含むすべてのインフラ・セクターを対象としている。	法律第2008-23号 法律第2019-47号
プロジェクトの政府承認	- 専門機関であるInstance Générale de Partenariat Public Privé (IGPPP) がフィージビリティ・スタディ報告書等をレビューし、意見を報告する。 - MOF、IGPPP 等の参加を得て、ライン省庁にコンセッションプロジェクト常設委員会が設置され、プロジェクトとその調達プロセスの承認・監督を行う。	政令第2020-316号
調達	コンセッション契約の調達は、一般競争入札または事前資格審査(PQ)付き競争入札のいずれかで実施される。	政令第2020-316号
政府支援策	政府支援として、IGPPPによるプロジェクト調査への技術協力がある。	政令第2020-316号
民間発案案件 (Unsolicited bid)	民間による事業提案が民間発案(unsolicited bid)として承認された場合、提案者は入札評価で20%のボーナスを得る。直接交渉は、極めて限られた場合にのみ許可される。	政令第2020-316号

出典: IGPPPウェブサイトおよび関連法令

表.2.23 インフレ率の予測

2022	2023	2024	2025	2026	2027
8.079%	8.489%	7.856%	6.723%	5.456%	4.801%

出典: International Monetary Fund (IMF), World Economic Outlook Database, October 2022

表.2.24 水道料金

基本料金		従量料金	
口径 (mm)	TND/3か月	使用水量 (m ³ /3か月)	TND/3か月
15	9	0-20	0.2
20	16	21-40	0.665
30	29.8	41-70	0.81
40	54.5	71-100	1.12
60-80	138.7	101-150	1.29
100	223.7	151+	1.62
150	581.3		

出典: SONEDE

表.2.25 環境関連法令及び基準

法令・基準	内容と備考
環境配慮	
1975 年 3 月 31 日発令 法令第 75-76 号 2001 年 11 月 26 日発令 法令第 2001-116 号	チュニジアのすべての水に関連する事業の実施を規定する水法。人口の増加する水需要に対応し、希少資源を保全することを目的としている。
1995 年 7 月 17 日発令 法令第 95-70号	水と土壌の保全を目的とした法令。
1996 年 4 月 3 日発令 法令第96-29号	海洋汚染に対する国家緊急介入計画を制定する法令。
1996 年 6 月 10 日発令 法令第96-41号	固形廃棄物の排出及び管理に関する法令
1992 年 8 月 3 日発令 法令第92-72 号	植物の保護及び農薬使用に関する法令
2006 年 7 月 19 日発令 農業水資源省省令	希少生物及び絶滅の危機に瀕している野生動植物のリストを更新する省令
社会配慮関連(用地取得含む)	
2003 年 4 月 14 日発令 法令第2003-26 号	(法律第 76-85 号を修正、補足する法律を含む) 公共の利益のための用地および財産の収用について規定
1986 年 5 月 9 日発令 法令第86-35 号	考古学的遺産の保護を目的とする法令
排出基準	
NT106-002(1989)	工場等からの排水水質基準
NT 09.11 (1983)	欧州共同体の基準に基づいた水質基準

出典) SONEDE作成の EIA 調査報告書等を基に調査団作成

表.3.1 中部地域におけるMahdia SWROの有無を考慮した水需給バランスと生産水量予測

単位: MLD

Scenario 1	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1239	1255	1272	1289	1306	1327	1347	1368	1389	1410	1431	1451	1472	1493	1514
Supply	612	664	664	730	808	947	1064	1017	1027	1038	1049	1075	1087	1120	1133	1146	1159	1171	1184	1197	1151	1164	1176	1188	1201	1213	1219	1219	1219	1219	1219
Shortage without Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-279	-219	-99	0	-65	-72	-79	-86	-78	-83	-67	-71	-76	-80	-84	-88	-92	-155	-163	-171	-180	-188	-196	-212	-232	-253	-274	-295
Mahdia SWRO	0	0	0	0	0	0	0	65	72	79	86	78	84	67	71	76	80	84	88	92	155	163	171	180	188	196	200	200	200	200	200
Rate of SWRO Operation	-	-	-	100%	100%	100%	96%	65%	72%	79%	86%	78%	84%	67%	71%	76%	80%	84%	88%	92%	77%	82%	86%	90%	94%	98%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-279	-219	-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-12	-32	-53	-74	-95
Scenario 1	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	952	971	990	1009	1027	1045	1064	1082	1100	1118	1135	1153	1170	1188	1205	1222	1239	1255	1272	1289	1306	1327	1347	1368	1389	1410	1431	1451	1472	1493	1514
Supply	612	664	664	708	808	947	1064	1013	1021	1028	1036	1062	1071	1107	1118	1129	1139	1134	1126	1119	1108	1104	1096	1088	1081	1073	1066	1058	1050	1043	1035
Shortage without Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-300	-219	-99	0	-69	-79	-89	-99	-91	-99	-81	-87	-93	-99	-122	-146	-170	-198	-223	-251	-280	-308	-337	-365	-393	-422	-450	-479
Mahdia SWRO	0	0	0	0	0	0	0	69	79	89	99	91	99	81	87	93	99	100	100	100	198	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Rate of SWRO Operation	-	-	-	100%	100%	100%	99%	69%	79%	89%	99%	91%	100%	81%	87%	93%	99%	100%	100%	100%	99%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Mahdia SWRO	-340	-307	-326	-300	-219	-99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-22	-46	-70	0	-23	-51	-80	-108	-137	-165	-193	-222	-250	-279

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.3.2 南部地域1におけるZarzis SWROの有無による需給バランスと生産水量予測

単位: MLD

Scenario 1	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	49.1	50.2	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.3	57.4	58.5	59.6	60.6	61.7	62.9	64.0	65.2	66.4	67.6	68.8	69.9	71.1	72.2	73.4	74.7	76.1	77.4	78.7	80.1
Supply	46.5	46.5	46.5	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8	28.8
Shortage without Zarzis SWRO	-2.6	-3.8	-5.0	-23.6	-24.6	-25.6	-26.5	-27.5	-28.6	-29.7	-30.7	-31.8	-32.8	-34.0	-35.2	-36.4	-37.6	-38.8	-39.9	-41.1	-42.3	-43.4	-44.6	-45.9	-47.2	-48.6	-49.9	-51.3
Zarzis SWRO	0	0	0	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	38	39	40	41	42	43	45	46	47	49	50	50
Rate of SWRO Operation	-	-	-	47%	49%	51%	53%	55%	57%	59%	61%	64%	66%	68%	70%	73%	75%	78%	80%	82%	85%	87%	89%	92%	94%	97%	100%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-3	-4	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1

Scenario 2	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	49.1	50.2	51.4	52.4	53.4	54.4	55.4	56.3	57.4	58.5	59.6	60.6	61.7	62.9	64.0	65.2	66.4	67.6	68.8	69.9	71.1	72.2	73.4	74.7	76.1	77.4	78.7	80.1
Supply	46.5	46.5	46.5	28.7	28.6	28.5	28.4	28.3	28.2	28.2	28.1	28.0	27.9	27.8	27.7	27.6	27.5	27.4	27.3	27.2	27.1	27.0	26.9	26.8	26.7	26.6	26.5	26.4
Shortage without Zarzis SWRO	-2.6	-3.8	-5.0	-23.7	-24.8	-25.9	-26.9	-28.0	-29.2	-30.3	-31.5	-32.7	-33.8	-35.1	-36.4	-37.7	-39.0	-40.2	-41.5	-42.7	-44.0	-45.3	-46.5	-47.9	-49.4	-50.8	-52.2	-53.7
Zarzis SWRO	-	-	-	24	25	26	27	28	29	30	32	33	34	35	36	38	39	40	41	43	44	45	47	48	49	50	50	50
Rate of SWRO Operation	100 %	100 %	100 %	47%	50%	52%	54%	56%	58%	61%	63%	65%	68%	70%	73%	75%	78%	80%	83%	85%	88%	91%	93%	96%	99%	100%	100%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-3	-4	-5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	-2	-4

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.3.3 南部地域2におけるZarat SWROの有無による需給バランスと生産水量予測(シナリオ1)

単位: MLD

Scenario 1	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	269.3	271.9	274.5	276.2	278.0	279.7	281.3	283.0	284.8	286.5	288.2	289.9	291.6	293.9	296.2	298.5	300.8	303.1	305.8	308.5	311.2	313.9	316.6	319.4	322.2	325.0	327.8	330.6
Supply	164.4	164.4	164.4	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0	182.0
Shortage without Zarat SWRO	-104.9	-107.5	-110.0	-94.2	-95.9	-97.6	-99.3	-101.0	-102.7	-104.5	-106.2	-107.9	-109.5	-111.8	-114.1	-116.4	-118.7	-121.0	-123.7	-126.4	-129.1	-131.8	-134.5	-137.4	-140.2	-143.0	-145.8	-148.6
Zarat SWRO	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Zarat SWRO	-54.9	-57.5	-60.0	-44.2	-45.9	-47.6	-49.3	-51.0	-52.7	-4.5	-6.2	-7.9	-9.5	-11.8	-14.1	-16.4	-18.7	-21.0	-23.7	-26.4	-29.1	-31.8	-34.5	-37.4	-40.2	-43.0	-45.8	-48.6

Scenario 2	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	269.3	271.9	274.5	276.2	278.0	279.7	281.3	283.0	284.8	286.5	288.2	289.9	291.6	293.9	296.2	298.5	300.8	303.1	305.8	308.5	311.2	313.9	316.6	319.4	322.2	325.0	327.8	330.6
Supply	164.4	164.4	164.4	181.0	180.0	178.9	177.9	176.8	175.8	174.7	173.7	172.7	171.6	170.6	169.5	168.5	167.4	166.4	165.4	164.3	163.3	162.2	161.2	160.1	159.1	158.1	157.0	156.0
Shortage without Zarat SWRO	-104.9	-107.5	-110.0	-95.2	-98.0	-100.8	-103.5	-106.2	-109.0	-111.8	-114.5	-117.3	-120.0	-123.3	-126.6	-130.0	-133.3	-136.7	-140.4	-144.2	-147.9	-151.7	-155.4	-159.3	-163.1	-167.0	-170.8	-174.7
Zarat SWRO	50	50	50	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Zarat SWRO	-54.9	-57.5	-60.0	-45.2	-48.0	-50.8	-53.5	-56.2	-59.0	-11.8	-14.5	-17.3	-20.0	-23.3	-26.6	-30.0	-33.3	-36.7	-40.4	-44.2	-47.9	-51.7	-55.4	-59.3	-63.1	-67.0	-70.8	-74.7

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.3.4 南部地域統合におけるZarzis SWROの有無による需給バランスと生産水量予測

単位: MLD

Scenario 1	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	318.4	322.1	325.9	328.7	331.4	334.1	336.7	339.3	342.2	345.0	347.8	350.5	353.2	356.7	360.2	363.7	367.2	370.7	374.5	378.4	382.3	386.1	390.0	394.1	398.3	402.4	406.6	410.7
Supply	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	260.9	300.3	302.1	304.0	305.8	308.1	310.4	287.3	289.0	290.8	292.7	294.6	296.6	298.5	300.4	302.5	304.6	306.7	308.7	310.8
Shortage without Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-67.8	-70.5	-73.2	-75.8	-78.4	-81.3	-34.1	-36.9	-39.7	-42.4	-45.9	-49.3	-52.8	-56.3	-59.8	-63.7	-67.5	-71.4	-75.3	-79.1	-83.3	-87.4	-91.6	-95.7	-99.8
Zarzis SWRO	0	0	0	50	50	50	50	50	50	45	46	47	47	49	50	76	78	80	82	84	86	88	90	92	94	96	98	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	89%	91%	93%	95%	97%	100%	76%	78%	80%	82%	84%	86%	88%	90%	92%	94%	96%	98%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-17.8	-20.5	-23.2	-25.8	-28.4	-31.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Scenario 2	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
Demand	318.4	322.1	325.9	328.7	331.4	334.1	336.7	339.3	342.2	345.0	347.8	350.5	353.2	356.7	360.2	363.7	367.2	370.7	374.5	378.4	382.3	386.1	390.0	394.1	398.3	402.4	406.6	410.7
Supply	260.9	260.9	260.9	259.6	258.3	257.0	255.8	254.5	253.2	297.3	298.7	299.3	298.1	296.8	295.5	279.0	280.1	281.2	282.5	283.8	285.0	286.3	285.3	284.0	282.7	281.4	280.1	278.9
Shortage without Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-69.1	-73.1	-77.1	-81.0	-84.9	-89.0	-43.1	-47.1	-51.2	-55.2	-59.9	-64.7	-69.5	-74.2	-79.0	-84.2	-89.3	-94.4	-99.6	-104.7	-110.2	-115.6	-121.0	-126.4	-131.9
Zarzis SWRO	0	0	0	50	50	50	50	50	50	48	49	50	50	50	50	85	87	90	92	95	97	100	100	100	100	100	100	100
Rate of SWRO Operation	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	98%	100%	100%	100%	100%	85%	87%	90%	92%	95%	97%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Shortage with Zarzis SWRO	-57.5	-61.2	-65.0	-19.1	-23.1	-27.1	-31.0	-34.9	-39.0	0.0	0.0	-1.2	-5.2	-9.9	-14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-4.7	-10.2	-15.6	-21.0	-26.4	-31.9

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.3.5 開発計画を踏まえた海水淡水化施設一覧

施設名	容量(MLD)	完成年度	拡張年度
SOUSSE	50→100	2023	2031
SFAX	100→200	2024	2033
MAHDIA	100→200	2027	2040
ZARAT	50→100	2023	2032
ZARZIS	100→200	2026	2038
DJERBA	SONEDEにて別途計画		
KERKENNAH	SONEDEにて別途計画		

出典: SONEDEからの情報を基に豊田通商が作成

表.3.6 SWROの推定需用電力

Year	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Total demand of SWROs (kW)	26,457	26,981	32,149	34,463	36,793	39,141	41,512	43,783	49,791	52,340	54,867	57,014
Djerba (50MLD to be expanded to 75MLD)	4,795	5,058	5,337	5,630	5,940	6,266	6,611	6,975	7,358	7,763	8,125	8,125
Zarat (50MLD to be expanded to 100MLD)	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	9,687	9,887	10,087	10,282
Sfax (100MLD to be expanded to 200MLD)	10,830	10,830	10,441	7,048	7,826	8,598	9,365	8,441	9,097	14,550	15,483	16,410
Souse (50MLD to be expanded to 100MLD)	5,417	5,417	5,225	3,527	3,916	4,303	4,687	8,441	9,097	7,272	7,738	8,201
Kerkennah (6MLD)	0	260	312	374	449	539	647	650	650	650	650	650
Zarzis (50MLD to be expanded to 100MLD)	0	0	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	5,417	4,844	4,944	5,043	5,141
Mahdia (100MLD to be expanded to 200MLD)	0	0	0	7,050	7,829	8,601	9,369	8,444	9,057	7,274	7,741	8,204

2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	2046	2047	2048	2049	2050
59,208	61,402	63,596	65,790	67,984	70,654	73,324	75,995	78,665	81,335	82,791	83,240	83,690	84,139	84,588
8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125	8,125
10,534	10,786	8,278	8,467	8,656	8,865	9,074	9,284	9,493	9,702	9,927	10,151	10,376	10,601	10,825
17,318	18,226	19,134	20,043	16,761	17,662	18,562	19,463	20,364	21,265	21,667	21,667	21,667	21,667	21,667
8,655	9,109	9,563	10,017	8,377	8,827	9,277	9,727	10,178	10,628	10,830	10,830	10,830	10,830	10,830
650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650	650
5,267	5,393	8,278	8,467	8,656	8,865	9,074	9,284	9,493	9,702	9,927	10,151	10,376	10,601	10,825
8,658	9,112	9,566	10,021	16,759	17,660	18,561	19,462	20,363	21,263	21,667	21,667	21,667	21,667	21,667

出典: 豊田通商

表.3.7 BWROの推定需用電力

No.	Name of BWRO	SONEDE Data*1		DESAL Data (Web Reference)	
		Peak Demend (kW)	Average Demand (Calculated*2) (kW)	Water Supply m ³ /day	Average Demand (Calculated*3) (kW)
1	Ben Guerdane	303.00	81.39	1,800	75.00
2	Tozeur	167.00	74.87	6,000	250.00
3	Mareth	364.00	245.30	5,000	208.33
4	Douz	231.00	168.93	4,000	166.67
5	Matmata	200.00	97.69	4,000	166.67
6	Nefta	119.00	50.25	4,000	166.67
7	Souk Lahad	231.00	139.00	4,000	166.67
8	Beni Khedache	77.00	40.49	800	33.33
9	Hezoua	49.00	25.50	800	33.33
10	Zarzis	805.00	685.00	12,000	500.00
11	Kerkennah 1	412.00	250.32	4,000	166.67
12	Djerba	960.00	643.42	12,000	500.00
13	Gabes	1083.00	413.77	22,500	937.50
14	Belkhir	161.00	23.31		
15	Rahmat	309.00	150.15		
16	Kebili-Jemna			6,000	250.00
17	Djerba			5,000	208.33
18	Zarzis 2			3,000	125.00
19	Djerba 2			3,000	125.00
20	1 Southern Tunisia brackish water plants			36,200	1508.33

*1: Monthly consumed enectricity and Peak demand are stated for January 2017 to December 2022.

*2: Consumed electricity of each month were devided by 720 hour (30days x 24 hour). Then obtained values were averaged.

*3: Water supply volume were multuplied with 1.0 kWh/m3 then devided by 24 hour.

出典: SONEDEの情報およびDESAL DATAを基に豊田通商作成



表.3.8 Case 1太陽光発電と淡水化施設の組合せ概要

非公開情報



表.3.9 Case 1太陽光発電と淡水化施設の組合せ詳細

非公開情報

表.3.10 Case 2太陽光発電と淡水化施設の組合せ概要

非公開情報

表.3.11 Case 2太陽光発電と淡水化施設の組合せ詳細

非公開情報

表.3.12 電力消費のシミュレーション結果 (Sfax PV)

Unit : kWh

No.	Year	① PV Generation	② Consumption of ROs [③ + ⑦]	Supplied Electricity by PV			⑥ Surplus Energy [① - ③]	⑦ Grid Energy STEG	⑧ Rate of Utilization ③ / ① [%]
				③ To ROs in Total [④ + ⑤]	④ Wheeling*2	⑤ On-Site Consuming*1			
1	2026	51,578,507	185,665,479	51,561,536	16,783,690	34,777,846	16,971	134,103,944	99.97%
2	2027	51,320,615	158,509,924	49,572,490	24,495,483	25,077,007	1,748,124	108,937,434	96.59%
3	2028	51,064,011	168,036,135	50,313,585	22,891,610	27,421,975	750,426	117,722,550	98.53%
4	2029	50,808,691	177,664,080	50,668,218	20,989,886	29,678,333	140,473	126,995,862	99.72%
5	2030	50,554,648	187,402,441	50,554,648	18,765,975	31,788,673	-	136,847,793	100.00%
6	2031	50,301,875	182,489,485	50,296,357	21,120,384	29,175,974	5,518	132,193,127	99.99%
7	2032	50,050,366	186,577,638	50,050,366	19,055,821	30,994,545	-	136,527,272	100.00%
8	2033	49,800,114	238,765,709	49,800,114	6,211,733	43,588,381	-	188,965,595	100.00%
9	2034	49,551,113	250,985,084	49,551,113	4,407,692	45,143,422	-	201,433,971	100.00%
10	2035	49,303,358	143,747,312	46,428,445	- 0	46,428,445	2,874,912	97,318,867	94.17%
11	2036	49,056,841	151,704,093	47,406,654	0	47,406,654	1,650,186	104,297,439	96.64%
12	2037	48,811,556	159,660,875	48,020,789	- 0	48,020,789	790,767	111,640,086	98.38%
13	2038	48,567,499	167,617,656	48,340,515	0	48,340,515	226,983	119,277,141	99.53%
14	2039	48,324,661	175,574,438	48,320,274	-	48,320,274	4,388	127,254,164	99.99%
15	2040	48,083,038	146,823,566	46,235,595	- 0	46,235,595	1,847,443	100,587,971	96.16%
16	2041	47,842,623	154,715,195	46,923,607	0	46,923,607	919,016	107,791,588	98.08%
17	2042	47,603,410	162,606,825	47,298,582	0	47,298,582	304,828	115,308,243	99.36%
18	2043	47,365,393	170,498,455	47,349,795	-	47,349,795	15,598	123,148,660	99.97%
19	2044	47,128,566	178,390,084	47,128,566	-	47,128,566	-	131,261,519	100.00%
20	2045	46,892,923	186,281,714	46,892,923	-	46,892,923	-	139,388,791	100.00%

*1 : Sfax SWRO

*2 : 2026-2034:Djerba, Zarzis SWRO

出典: 豊田通商

表.3.13 淡水化及び太陽光発電施設一覧

No.	施設	容量 (MWp)	No.	施設	容量 (MLD)
1	Lebna	1	A	Sousse	50 (100)
2	Ghadir Elgoulla	1	B	Mahdia	100 (200)
3	Sfax	30	C	Sfax	100 (200)
4	Kerkennah	1	D	Kerkennah	6
5	Zarat	20	E	Zarat	50 (100)
6	Sousse	4	F	Djerba	50 (75)
7	Tozeur 1	3	G	Zarzis	50 (100)
8	Tozeur 2	35	H	ST BWRO	36
9	Gafsa	2			
10	Meknassy	4			

()内の数字は拡張後の容量を示す

表.3.14 淡水化及び太陽光発電施設の組合せ

太陽光発電	淡水化	供給期間
3. Sfax	C. Sfax F. Djerba	2026~2045
4. Kerkennah	D. Kerkennah	2026~2045
6. Sousse	A. Sousse	2026~2045
8. Tozeur 2	B. Mahdia E. Zarat G. Zarzis	2027~2046
9. Gafsa	H. ST BWRO	2026~2045

表.4.1 Mahdia SWRO の候補地概要

非公開情報

表.4.2 Mahdia SWRO の候補地概要

非公開情報

表.4.3 取水・放水施設の検討結果

非公開情報

表.4.4 送水管の検討結果

非公開情報

表.4.5 海水淡水化プラント候補地検討比較表 (1/2)

非公開情報

表.4.6 海水淡水化プラント候補地検討比較表 (2/2)

非公開情報

表.4.7 当該(Mahdia 1) 海水淡水化施設容量

非公開情報

表.4.8 海水淡水化Plantの設計ベースとなる海水水質

非公開情報

表.4.9 海水淡水化Plantの生産水要求水質

非公開情報

表.4.10 Sfax日照データ(HelioClim 3vs5とMeteoNorm 8)

非公開情報

表.4.11 バイフェイシャルPVモジュール比較

非公開情報

表.4.12 バイフェイシャルPVモジュールの仕様

非公開情報

表.4.13 インバーター比較表

非公開情報

表 4.14 Sfax太陽光発電設備生産予測

表.4.15 Sfax太陽光発電設備発電予測

非公開情報

表.4.16 25年間のSfax太陽光発電設備発電予測

非公開情報

表.4.17 Sfax太陽光発電設備の年間発電電力量予測とシステム出力係数

非公開情報

表.4.18 フランス国家規格 (AFNOR: Association française de normalisation)

非公開情報

表.4.19 国際電気標準会議 (International Electrotechnical Commission)

非公開情報

表.4.20 国際標準化機構(International Organization for Standardization)

非公開情報

表.4.21 PVモジュールおよび付属品の認証

非公開情報

表.4.22 PVモジュール仕様

非公開情報

表.4.23 PVモジュールに含まれる付属品の仕様

非公開情報

表.4.24 太陽光発電用インバーター仕様

非公開情報

表.4.25 1軸トラックの仕様

非公開情報

表.4.26 SCADAデータ取得に関する参考値

非公開情報

表.4.27 測候所の仕様

非公開情報

表.4.28 本プロジェクトで検討した海水淡水化プラント及び附帯施設の仕様

非公開情報

表.4.29 本プロジェクトで検討した太陽光発電設備及び附帯施設の仕様

非公開情報

表.4.30 適用可能な技術(再生可能エネルギー)

No.	技術内容	本事業への適否	理由
1	蓄電設備		- 本事業では、太陽光発電により発電された電力は、より経済性を求めて貯蔵はせずに消費し切る方針としている。その為、充電するための余剰電力は見込んでいない。 - 変動電源に対して系統安定化を目的とした蓄電設備の導入はチュニジアでは求められていない。
2	EMSおよび発電電力量予測	✓	下記参照
3	ドローンによる太陽光発電設備維持管理技術		チュニジアでは、一般にドローンを飛行させるには、複数の省庁から許可を受ける必要がある。維持管理サービスを提供している会社によると、これまで太陽光発電のメンテナンス用途でドローンが認められた事例は確認できなかった。そのため、適用は困難と考える。

出典: 豊田通商

表.4.31 事業概要(海水淡水化)

非公開情報

表.4.32 概算事業費(海水淡水化)

非公開情報

表.4.33 海水淡水化プラント 運転・維持管理費

非公開情報

表.4.34 30MW Sfax太陽光発電設備 CAPEXとOPEX

非公開情報

表.4.35 ビジネスモデルのオプション

ビジネスモデル オプション		資金調達	建設	運営・維持管理 (O&M)
1. 公共投資モデル		政府／SONEDE (ドナー借款の借入)	SONEDE	SONEDE
2. 民間投資モデル 2-1. 単一SPC方式 2-2. 分離SPC方式		民間	民間	民間
3. ハイブリッドモデル	海水淡水化コン ポーネント	政府／SONEDE (ドナー借款の借入)	SONEDE	SONEDE
	太陽光発電コン ポーネント	民間	民間	民間

出典: 豊田通商

表.4.36 ビジネスモデルオプションの予備的な比較

ビジネスモデル オプション	Pros	Cons
1. 公共投資モデル	[法制度面] 公共調達制度やドナーの調達ガイドラインなど、事業実施にかかる法制度が確立している。	[資金調達面] - 公的債務管理の観点から、政府は、借款借入に非常に慎重となる可能性が予想される。 [事業実施面] 【太陽光発電】 SONEDEは本事業のような大規模な太陽光発電事業を実施した経験がない。
2. 民間投資モデル 2-1 単一SPC方式 2-2 分離SPC方式	[資金調達面] - 資本投資コスト(CAPEX)の資金調達は、すべて民間デベロッパー(投資家)の責任により実施される。 [事業実施面] - 建設リスク・運営リスクなど、事業実施にかかる多くのリスクは民間側が負担する。	[法制度面] - チュニジア国では、海水淡水化と太陽光発電の複合コンセッション事業が実施された前例がない。 【太陽光発電】「プロジェクトカンパニー」を用いた自家消費方式再エネ発電にかかる法令整備が完了していない。 「2-1 単一SPC方式」については、現行の法律第2015-12号にプロジェクトカンパニーの目的を再エネ発電・売電に限定する条文があるところ、海水淡水化との複合事業を担う単一SPCが認められるか、MIMEの見解を確認をする必要がある。
3. ハイブリッドモデル	[資金調達面] 【太陽光発電】 CAPEXの資金調達は、民間デベロッパー(投資家)の責任により実施される。 [事業実施面] - SONEDEは海水淡水化事業に十分な経験を有する一方で、太陽光発電事業の実施にかかるリスクの多くは、民間側が負担する。	[法制度面] 【太陽光発電】 太陽光発電事業コンポーネントについては、オプション2と同様の法制度面の課題がある。 [資金調達面] 【海水淡水化】政府は、借款借入に非常に慎重となる可能性が予想される。

出典: 豊田通商

表.4.37 公共調達の海水淡水化施設の建設費用（単位:百万USD)

非公開情報

表.4.38 民間投資の海水淡水化施設の建設費用（単位:百万USD)

非公開情報

表.4.39 公共調達の水供給量（単位:m³)

非公開情報

表.4.40 民間投資の水供給量（単位:m³)

非公開情報

表.4.41 太陽光発電所の建設費用（単位：百万USD）

非公開情報

表.4.42 JICAガイドラインにおける評価項目

汚染対策	自然環境	社会環境
大気汚染、水質汚濁、廃棄物、土壌汚染、騒音・振動、地盤沈下、悪臭、底質	保護区、生態系、水象、地形・地質	非自発的住民移転、貧困層、少数民族・先住民族、雇用・生計手段等の地域経済、土地利用及び地域資源の利用、水利用、既存の社会インフラやサービス、地域の意思決定機関等の社会組織、被害と便益の偏在、地域内の利害対立、文化遺産、景観、ジェンダー、子供の権利、公衆衛生(HIV/AIDS等の感染症)、労働安全・衛生、事故、越境の影響及び気候変動

出典：豊田通商

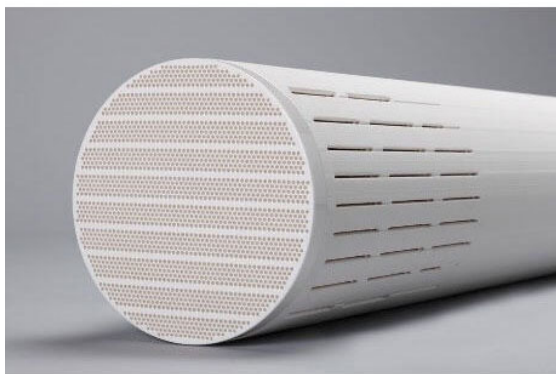


写真.3.1 Ceramic membrane



写真.3.2 DeROs
Energy Recovery Device
(DMW corp.)

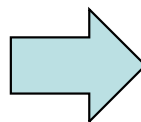


写真.3.3 Disposed RO membrane to Recovered RO
membrane (Japan)

非公開情報

写真.4.1 Travelling Screen (Zarat)

写真.4.2 Pretreatment (Zarat)

非公開情報

写真.4.3 Pretreatment (Djerba)

写真.4.4 RO unit (Djerba)

非公開情報

写真.4.5 Energy Recovery
Device (Djerba)

写真.4.6 High Pressure Pumpと
Cartridge Filter (Japan)

非公開情報

写真.4.7 CO2 storage tanks
(Singapore)

写真.4.8 Brine Discharge Pit
(UAE)

非公開情報

写真.4.9 Product water tanks (Djerba)

写真.4.10 Intake & Discharge
(Zarat)

非公開情報

写真.4.11 Sfax SWRO周辺候補地

写真.4.12 太陽光発電用インバーター



写真.4.13 Ceramic membrane



写真.4.14 DeROs
Energy Recovery Device
(DMW corp.)

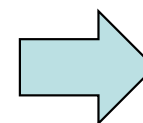


写真 4.15 Disposed RO membrane to Recovered RO
membrane (Japan)

二次利用未承諾リスト

報告書の題名 チュニジア国・再生可能電源による海水淡水化開発調査事業

委託事業名 令和4年度質の高いインフラの海外展開に向けた事業実施可能性調査事業

受注事業者名 豊田通商株式会社

[illegible]