

第 2 段階調査

第6章 現地調査の概要

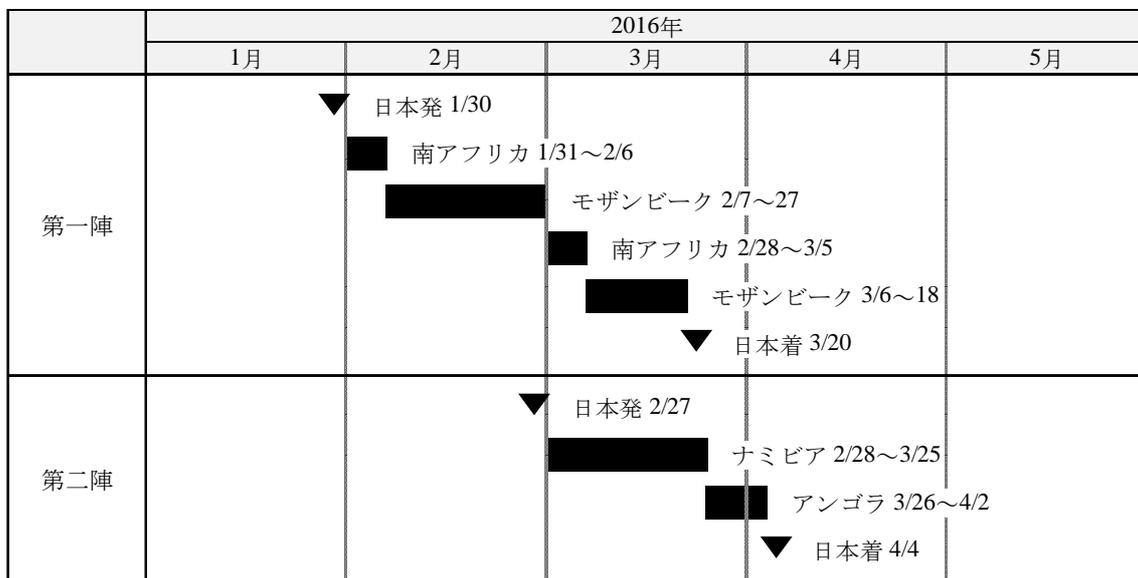
6.1 現地調査対象地点及び全体行程

第1段階調査の結果、第2段階調査で現地調査を実施する対象国及び地点を表6.1のとおり選定した。また、現地調査の全体行程を図6.1に示す。

表6.1 現地調査対象地点

	国	地点
将来的な円借款案件形成の可能性を検証する地点（2地点）	ナミビア	ウォルビスベイ
	モザンビーク	ナカラ
上記に付随して短期間の現地調査を実施する地点（潜在地点）	南アフリカ	サルダニヤ、ケープタウン、ダーバン
	アンゴラ	ナミベ

出典：調査団



出典：調査団

図6.1 現地調査の全体行程

6.2 各国での調査概要

6.2.1 南アフリカ

第1段階調査（国内作業）での文献情報によれば、ケープタウン、ダーバンといった沿岸主要都市では、中長期的に大規模な海水淡水化プラントを公共上水道に導入することが必要とされており、計画が立案されている。また、ケープタウン近郊のサルダニヤでは、既に海水淡水化プラントのF/Sを実施済みであり、予算措置・調達の準備段階にある。これらの動向についての現地情報収集を行った。

現地調査は2016年1月30日から2月6日、2月28日～3月5日の日程で行った。現地調査の行程を表6.2に示す。現地調査結果は第7章に記述する。

表 6.2 南アフリカ現地調査行程

日付	行程及び訪問先	滞在地
1月30日 (土)	成田～ドバイ	
1月31日 (日)	ドバイ～ヨハネスブルグ	プレトリア
2月1日 (月)	JICA 事務所、大使館	プレトリア
2月2日 (火)	ヨハネスブルグ～ケープタウン	ケープタウン
2月3日 (水)	ケープタウン～サルダニャ/サルダニャベイ市	サルダニャ
2月4日 (木)	ウエストコースト郡/サルダニャ～ケープタウン	ケープタウン
2月5日 (金)	ケープタウン市	ケープタウン
2月6日 (土)	Faure 浄水場視察	ケープタウン

日付	行程及び訪問先	滞在地
2月28日 (日)	ナンブラ～ヨハネスブルグ	プレトリア
2月29日 (月)	南部アフリカ開発銀行、JICA 事務所	プレトリア
3月1日 (火)	ヨハネスブルグ～ダーバン	ダーバン
3月2日 (水)	エテクウニニ市、Tongaat 浄水場視察	ダーバン
3月3日 (木)	Umgeni Water	ダーバン
3月4日 (金)	Hazelmere Water Works 視察	ダーバン
3月5日 (土)	ダーバン～ヨハネスブルグ	ヨハネスブルグ

出典：調査団

6.2.2 モザンビーク

モザンビークのナカラは経済回廊開発の主要拠点であり、円借款による港湾整備事業等、我が国の ODA が活発に展開されている。また、各国ドナーによる支援や民間企業による投資活動が活発化している。第 1 段階調査（国内作業）での文献情報によれば、上水道整備水準は高いとはいえないが、FIPAG はナカラの水不足を解消するため、近郊の河川におけるダム建設及び海水淡水化の両案を検討していることがうかがえる。将来の海水淡水化の可能性を検討するうえで、これらの動向について現地情報収集を行った。

現地調査は 2016 年 2 月 7 日から 2 月 28 日、3 月 6 日～3 月 20 日の日程で行った。現地調査の行程を表 6.3 に示す。現地調査結果は第 8 章及び第 11 章に記述する。

表 6.3 モザンビーク現地調査行程

日付	行程及び訪問先	滞在地
2月7日 (日)	ケープタウン～ヨハネスブルグ～マプト	マプト
2月8日 (月)	FIPAG、GAZEDA、DNA、JICA 事務所	マプト
2月9日 (火)	マプト～ナンブラ/ARA Centro-Norte/ナンブラ～ナカラ	ナカラ
2月10日 (水)	GAZEDA Nacala、ナカラポルト市、EDM Nacala	ナカラ
2月11日 (木)	FIPAG Nacala	ナカラ
2月12日 (金)	海水淡水化プラント候補地踏査（ナカラ内湾入口、ナカラ港北）	ナカラ
2月13日 (土)	海水淡水化プラント候補地踏査（ナカラ港南、ナカラ外湾、外洋）	ナカラ
2月14日 (日)	収集情報・資料分析	ナカラ
2月15日 (月)	ナカラヴェーリャ郡	ナカラ
2月16日 (火)	ナカラポルト市	ナカラ
2月17日 (水)	収集情報・資料分析、訪問スケジュール調整・確認	ナカラ
2月18日 (木)	収集情報・資料分析、訪問スケジュール調整・確認	ナカラ
2月19日 (金)	海運局	ナカラ
2月20日 (土)	海水淡水化プラント候補地踏査（ナカラヴェーリャ）	ナカラ
2月21日 (日)	収集情報・資料分析	ナカラ
2月22日 (月)	ナカラポルト市	ナカラ
2月23日 (火)	FIPAG Nacala、海水淡水化プラント候補地踏査（ナカラ内湾）	ナカラ
2月24日 (水)	収集資料分析、作業打ち合わせ	ナカラ

日付	行程及び訪問先	滞在地
2月25日 (木)	収集資料分析、作業打ち合わせ	ナカラ
2月26日 (金)	海水淡水化プラント候補地踏査 (ナカラ内湾)	ナカラ
2月27日 (土)	収集情報・資料分析	ナカラ
2月28日 (日)	ナカラ～ナンブラ	ナンブラ

日付	行程及び訪問先	滞在地
3月6日 (日)	ヨハネスブルグ～ナンブラ	ナンブラ
3月7日 (月)	FIPAG Regional North、ARA Centro-Norte	ナンブラ
3月8日 (火)	ナンブラ～ナカラ	ナカラ
3月9日 (水)	ナカラポルト市	ナカラ
3月10日 (木)	海水淡水化プラント候補地踏査 (ナカラ内湾)	ナカラ
3月11日 (金)	FIPAG Nacala	ナカラ
3月12日 (土)	収集情報・資料分析	ナカラ
3月13日 (日)	ナカラ～ナンブラ	ナンブラ
3月14日 (月)	収集情報・資料分析	ナンブラ
3月15日 (火)	収集情報・資料分析	ナンブラ
3月16日 (水)	ナンブラ～マプト	マプト
3月17日 (木)	現地調査報告資料の作成	マプト
3月18日 (金)	FIPAG、DNA、JICA 事務所	マプト
3月19日 (土)	マプト～ヨハネスブルグ	
3月20日 (日)	ヨハネスブルグ～ドバイ～成田	

出典：調査団

6.2.3 ナミビア

ナミビアでは、大西洋沿岸のエロンゴ州の中央部、すなわち州都であるスワコプムント、主要港湾都市であるウォルビスベイ及びこれらと水源を共有している周辺自治体を対象に現地調査を行った。

対象地域では、既に海水淡水化プラントが存在しており、第1段階調査（国内作業）での文献情報によれば、次期プラントの計画も策定されている。したがって、現地調査では次期海水淡水化プラント建設事業の必要性・規模について明確なシナリオを構築し、具体的な事業スコープの提案と実行可能性に係る課題を明確化することに努めた。

現地調査は2016年2月27日から3月25日までの日程で行った。現地調査の行程を表6.3に示す。現地調査結果は第9章及び第12章に記述する。

表 6.4 ナミビア現地調査行程

日付	行程及び訪問先	滞在地
2月27日 (土)	成田～香港～ヨハネスブルグ	
2月28日 (日)	ヨハネスブルグ～ウイントフック	ウイントフック
2月29日 (月)	大使館、JICA 事務所、農業・水・森林省 水資源管理局	ウイントフック
3月1日 (火)	ナミビア水道公社本部 (NamWater)	ウイントフック
3月2日 (水)	ウイントフック～スワコプムント	スワコプムント
3月3日 (木)	Areva 社、NamWater ナミブ事務所、ウォルビスベイ回廊協会、ウォルビスベイ市	スワコプムント
3月4日 (金)	スワコプムント市	スワコプムント
3月5日 (土)	収集情報・資料分析	スワコプムント
3月6日 (日)	収集情報・資料分析	スワコプムント
3月7日 (月)	ウォルビスベイ市	スワコプムント
3月8日 (火)	ナミビア港湾管理局	スワコプムント
3月9日 (水)	収集情報・資料分析、訪問スケジュール調整・確認	スワコプムント
3月10日 (木)	NamWater ナミブ事務所	スワコプムント

日付	行程及び訪問先	滞在地
3月11日 (金)	Hangana 社	スワコプムント
3月12日 (土)	収集情報・資料分析	スワコプムント
3月13日 (日)	収集情報・資料分析	スワコプムント
3月14日 (月)	Wlotzkasbaken 海水淡水化プラント (Areva 社) 視察	スワコプムント
3月15日 (火)	収集情報・資料分析、訪問スケジュール調整・確認	スワコプムント
3月16日 (水)	ウォルビスベイ市	スワコプムント
3月17日 (木)	収集情報・資料分析、訪問スケジュール調整・確認	スワコプムント
3月18日 (金)	ナミビア鉱業協会	スワコプムント
3月19日 (土)	収集情報・資料分析	スワコプムント
3月20日 (日)	収集情報・資料分析	スワコプムント
3月21日 (月)	スワコプムント～ウイントフック	ウイントフック
3月22日 (火)	ナミビア電力公社 (NamPower)、NamWater 本部	ウイントフック
3月23日 (水)	財務省	ウイントフック
3月24日 (木)	ナミビア電力公社 (NamPower)	ウイントフック
3月25日 (金)	収集情報・資料分析	ウイントフック

出典：調査団

6.2.4 アンゴラ

アンゴラでは、大西洋沿岸南部の乾燥地域に位置するナミベを対象に現地調査を行った。

第1段階調査（国内作業）での文献情報より、対象地域は水資源に乏しい地域であることは把握できたものの、水資源・上水道セクターの具体的な情報が極めて少ない。このため、現地調査では、国及び州レベルの水道事業実施体制等、セクター全般の基本情報を収集すると共に、水需要・海水淡水化を含む利用可能な水源オプション等、水需給バランスに係る情報収集・分析に主眼を置いた。

現地調査は2016年3月26日から4月4日までの日程で行った。現地調査の行程を以下に示す。現地調査結果は第10章に記述する。

表 6.5 アンゴラ現地調査行程

日付	行程及び訪問先	滞在地
3月26日 (土)	ウイントフック～ルアンダ	ルアンダ
3月27日 (日)	調査打ち合わせ	ルアンダ
3月28日 (月)	JICA フィールドオフィス、大使館／ルアンダ～ナミベ	ナミベ
3月29日 (火)	ナミベ州エネルギー・水局	ナミベ
3月30日 (水)	ナミベ州都市開発・環境局／ナミベ～ルアンダ	ルアンダ
3月31日 (木)	エネルギー・水省	ルアンダ
4月1日 (金)	JICA フィールドオフィス	ルアンダ
4月2日 (土)	ウイントフック～ヨハネスブルグ	ヨハネスブルグ
4月3日 (日)	ヨハネスブルグ～香港	
4月4日 (月)	香港～東京	

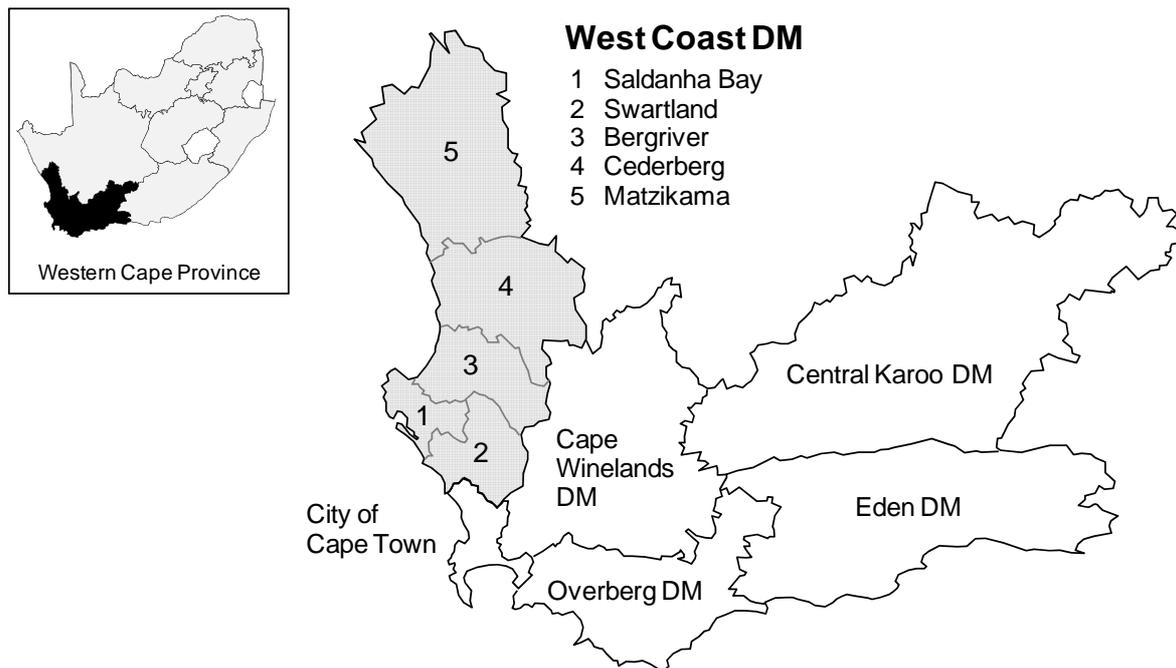
出典：調査団

第7章 南アフリカ

7.1 サルダニヤ

7.1.1 現地調査対象地域

南アフリカ共和国の西ケープ州はケープタウンと5つの郡からなり、ウエストコースト郡はそのひとつである。ウエストコースト郡は以下の5つの地方自治体を含み、総面積は31,100 km²である（図7.1参照）。



出典：調査団

図7.1 ウェストコースト郡の位置

2011年センサスによるウェストコースト郡の総人口は391,766人である。また、最近の人口推計による2015年の総人口は416,025人である。また、2020年の人口は444,503人と予測されている¹。各地方自治体の人口は次のとおりである。ケープタウンに隣接するスワートランド及びサルダニヤベイの人口増加率が高い（表7.1参照）。

表7.1 ウェストコースト郡の人口

	Local Municipality	2001	2011	Annual Growth Rate (2001-2011)
1	Saldanha Bay	70,261	99,193	3.5%
2	Swartland	72,115	113,762	4.7%
3	Bergriver	46,538	61,897	2.9%
4	Cederberg	39,559	49,768	2.3%
5	Matzikama	54,199	67,147	2.2%
	West Coast DM	282,672	391,767	3.3%

出典：West Coast District Municipality, Integrated Development Plan, 2012/2016, Review 3 Final (2015)

¹ Socio-economic Profile, West Coast District Municipality, 2015, Working Paper

サルダニャベイにおいては、サルダニャ港の北側に位置するフレデンバーグ地区の人口が最も多く 38,382 人、次いでサルダニャ地区で 28,135 人である（2011 年）。すなわち、サルダニャ港の周辺にサルダニャベイの総人口の約 2/3 が集中している（表 7.2 参照）。

サルダニャ港は鉄鉱石及び石炭の積み出し港であり、加えて石油・ガスのプラント立地が予定されている（図 7.2 及び図 7.3 参照）。さらに、港湾の後背地では産業開発特区（Industrial Development Zone: IDZ）の開発計画がある。IDZ の計画は中央政府の主導で推進されており、2013 年 10 月 31 日、大統領により正式に計画実施が表明された²。

サルダニャベイ IDZ は、石油・ガス運搬船用の港湾施設（船舶修繕ドック、荷役施設）、外販用還元鉄プラント、チタン・シリコン製品生産施設、風力発電ブレード製造施設、再生可能エネルギー産業施設、税関施設及び軽工業地区を 25 年間で開発する計画となっている（表 7.3 参照）。開発面積は 650 ha、IDZ 開発及び周辺インフラ整備（道路、上下水道、電力、住宅、教育等）の総事業費は 840 億ランド（約 6,450 億円）と算定されている。既に開発地区内の一部ではインフラ整備が進められている（図 7.4 参照）。

表 7.2 サルダニャベイ市の人口

Town/Area	Population (2011)
St Helena Bay	11,527
Saldanha Bay NU	2,962
Paternoster	1,971
Vredenburg	38,382
Swartriet	82
Jacobs Bay	416
Langebaanweg	952
Saldanha	28,135
Hopefield	6,449
Langebaan	8,294
Total	99,170

出典：サルダニャベイ市

表 7.3 サルダニャベイ IDZ の開発計画概要

Project	Description
Marine Repair	Port infrastructure development of a new quay & dry-docking facilities for the repair of Oil & Gas vessels.
Offshore Supply Base	Port infrastructure development of a supply quay & laydown area for supply of goods to offshore Oil & Gas sector
Hot Briquetted Iron manufacturing	50,000 tons per annum via a Finesmelt-type plant
Titanium and Zircon Complex	15,000 tons per annum of titanium metal, 2,000 tons per annum of zirconium metals, 3,000 tons per annum of solar grade silicon, and 5,000 tons per annum high grade silicon.
Wind Blade manufacturing	100 sets of wind turbine blades per annum
Renewable Energy Industry	2,000 Solar Water Heater units per month
IDZ Customs Controlled Areas (CCAs)	To anticipate the importation and exportation of goods to and from the IDZ
IDZ Light Industrial Areas	To house complementary downstream business enterprises, as per the Industries and Services Areas definition

出典：Saldanha Bay IDZ: Feasibility Study (2011)

² Saldanha Bay Industrial Development, <http://sbid.co.za/>



出典：調査団

図 7.2 サルダニヤ港及び IDZ(遠景)



出典：Google Earth

図 7.3 サルダニヤ港及び IDZ(衛星画像)



出典：調査団

図 7.4 サルダニヤ IDZ 内のインフラ整備

7.1.2 水資源管理及び上水道整備状況

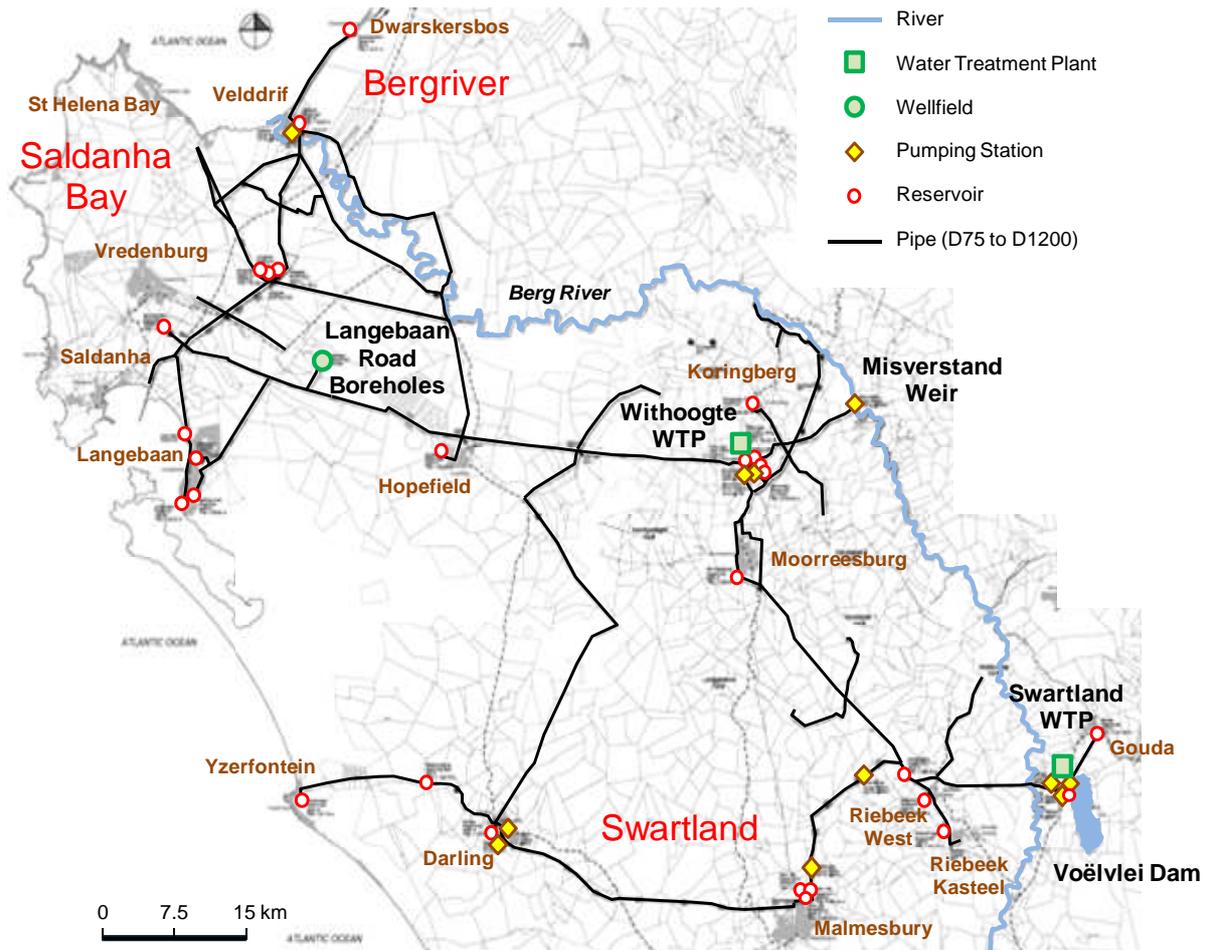
比較的人口が集中しているサルダニヤベイ、スワートランド及びベルグリバーでは、以下 2 つの上水道システムにより水供給が行われている（表 7.4 及び図 7.5 参照）。これらは、ウエストコースト郡によるバルク給水システムであり、取水／導水／浄水／送水施設及び配水池が含まれる。各地方自治体は、配水池から下流側の配水管網によるサービス提供を行っている。

表 7.4 ウエストコースト郡によるバルク給水地区

Bulk System	Local Municipality	Towns
Withoogte	Bergrivier	Velddrif, Dwarskersbos
	Saldanha Bay	Hopefield, Langebaan, Vredenburg, Saldanha, St Helena Bay
	Swartland	Koringberg, Moorreesburg
Swartland	Swartland	Malmesbury (Abbotsdale, Kalbaskraal, Chatsworth, Riverlands), Darling, PPC, Riebeek West, Riebeek Kasteel, Yzerfontein
	Drakenstein	Gouda

注：Drakenstein Municipality は隣接するケープワインランド郡に属する。

出典：WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014



出典：West Coast District Municipality, Water Master Plan, June 2013

図 7.5 ウエストコースト郡のバルク給水システム

ウエストコースト郡の上水道水源のほとんどは Berg River の表流水である。登録されている取水許可量は合計 22.99 百万 m³/年であるが、取水許可量実績は既にこれを超過している（表 7.5 及び表 7.6 参照）。2013 年にウエストコースト郡は、政府（Department of Water and Sanitation: DWS）に対して、取水許可量を 2033 年までに Withoogte システムで 30.3 百万 m³/年、Swartland システムで 11.1 百万 m³/年に増加することを申請した³。

表 7.5 ウエストコースト郡の取水許可量（登録、百万 m³/年）

Name	Resource Name	Permit Reg. Certificate	Current Allocation (million m ³ /year)
Withoogte from Misverstand Weir	Berg River	No. 22062820	17.440
Swartland from Voëlvlei Dam	Berg River (Voëlvlei Dam)	No. 22062777	4.200
Langebaan Road boreholes	Saldanha Underground	No. 22062688	1.500
Minus 10% of Langebaan Road (as recommended by Monitoring Committee)			-0.150
Total Allocation for West Coast DM			22.990

出典：WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

³ WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

表 7.6 ウェストコースト郡の取水許可量(実績、百万 m³/年)

Source	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Withoogte from Misverstand Weir	17.488	16.932	16.706	17.525	18.692	20.363
Swartland from Voëlvelei Dam	6.661	6.762	6.636	6.592	6.595	6.497
Langebaan Road boreholes	0.436	0.621	0.972	1.088	0.931	0.000
Total	24.585	24.315	24.314	25.205	26.218	26.860

出典：WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

ウェストコースト郡の浄水ロス率は 7.31%、送水ロス率は 4.96%である（2013/2014）（表 7.7 参照）。また、バルク給水を受けている地方自治体の無収水率は、サルダニャベイで 15.80%、スワートランドで 12.39%、ベルグリバーで 9.05%である（表 7.8 参照）。

表 7.7 ウェストコースト郡の浄水ロス及び送水ロス(%)

	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Treatment Loss	6.11	6.36	6.32	6.01	6.37	7.31
Bulk Distribution Loss	5.60	3.04	5.63	5.07	4.98	4.96

出典：WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

表 7.8 地方自治体の無収水率(%)

	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12	2012/13	2013/14
Saldanha Bay	16.5	13.89	11.57	12.61	9.40	15.80
Swartland	15.08	13.44	16.26	15.27	17.73	12.39
Berg River	(N/A)	16.30	15.60	6.90	8.30	9.05

出典：WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

サルダニャベイ市のウェブサイトに掲載されている 2011 年センサスデータによれば、総人口 99,193 人のうち、上水道システムによる給水人口は 95,458 人（総人口の 96%）となっている。

7.1.3 海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性

ウェストコースト郡は、持続可能な経済発展を確保するため、2007 年より長期的に持続可能な水資源について総合的な検討を開始した。様々な代替案及びそれらの組み合わせを評価したうえで、最終的にサルダニャ地区に 25,500 m³/日の海水淡水化プラントを建設する案がコスト面で最も有益と判断された。

Withoogte システムでは 2028 年に水需要が 30.3 百万 m³/年に達すると予測されている。さらに、Withoogte システムの取水可能量は 31.025 百万 m³/年が上限であり、これを上回る取水のためには、海水淡水化が必要とされている（表 7.9 参照）。

西ケープ州上水道システム（Western Cape Water Supply System: WC WSS）の Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014 によれば、サルダニャ IDZ の水需要は通常ケースで 28,000 m³/日、リサイクルや需要管理による効率化ケースで 13,500 m³/日と予測されている。

表 7.9 ウェストコースト郡によるバルク給水システムの水需要予測(m³/年)

Year	Swartland	Withoogte
2013	6,390,000	18,807,000
2018	7,335,000	21,482,000
2023	8,422,000	25,514,000
2028	9,668,000	30,302,000
2033	11,100,000	35,989,000

出典：West Coast District Municipality, Water Master Plan, June 2013

海水淡水化プラントの建設予定地を図 7.6 に示す。



出典：画像－Google Earth、位置－ウエストコースト郡



出典：調査団

図 7.6 サルダニヤ海水淡水化プラント建設予定地

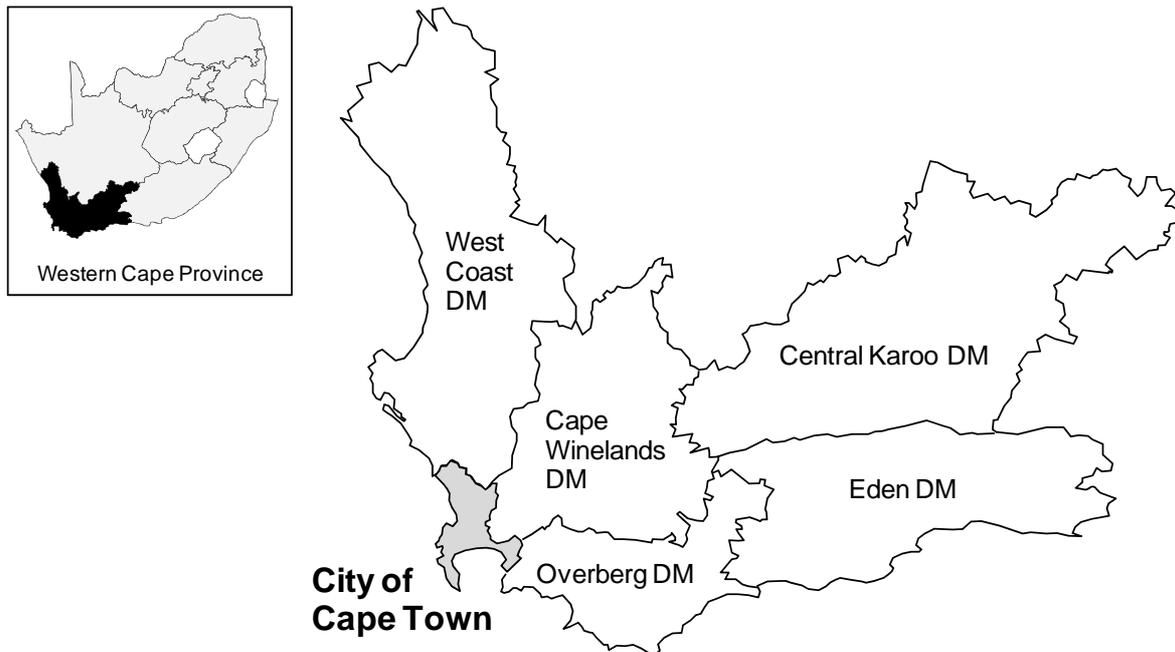
サルダニヤ海水淡水化プラント事業について、ウエストコースト郡及びサルダニヤベイ市からの聞き取り調査結果の概要は以下のとおりである。

- 取水地点の海岸から数 km 陸上側にプラントを建設、東に向かって延長約 25 キロの送水管を設置して、ウエストコースト郡が管理する配水池まで送水する計画である。
- 海水淡水化プラント建設予定地 (Danger Bay) は国有地であるが、プラント建設にあたり、ウエストコースト郡は土地の使用について、政府の承認を取り付ける必要がある。
- 海水淡水化プラントの Civil Design は終了、EIA は進行中、Plant Design は膜処理技術などが日進月歩なので引き続き検討中である。また、事業実施方式 (DBO 等) 及び資金スキーム (PPP 等) についても引き続き検討中である。
- IDZ の長期計画がまだ確定していないので、水需要予測も今後引き続き検討が必要であるが、現時点では海水淡水化プラントの開発を 3 段階に分け、8,500 m³/日ずつ増やしていく予定である。
- 海水淡水化プラントの建設費は約 5 億ランド (約 38.5 億円) と算定されている。初期投資は、政府からの補助金、受益者負担 (地方自治体・IDZ による拠出)、水道料金収入からの拠出と想定している。また、プラント建設後の O&M 費用はすべて水道料金収入から拠出する。その場合、水道料金は現在の約 2 倍になると想定している。
- 海水淡水化プラントからの水供給は、既存上水道による水供給とブレンドすることになる。ただし、ミネラル添加をしていない水質が必要な企業・工場があることから、そのようなユーザー向けの水道料金を高めに設定することで、一般消費者向けの水道料金の値上がりはある程度抑制できると考えている。しかし、料金値上げは確実なので、最終的に計画が確定した際には一般消費者に説明しなければならない。
- 事業実施・O&M 方式については検討中である。DBO で将来的にはサルダニヤベイ市に所有が移ることも考えられる。サルダニヤベイ市は、これまで小規模の汽水淡水化設備の運転経験があり、プラント運転は可能である。また、南ア国内のいくつかの民間企業からは、委託契約による長期運転業務が可能との申し入れがある。

7.2 ケープタウン

7.2.1 現地調査対象地域

ケープタウン（City of Cape Town: CCT）は西ケープ州の州都である。行政区分上は都市圏（Metropolitan Municipality）とされており、その面積は 2,455 km² である（図 7.7 参照）。2011 年センサスによるケープタウンの人口は 3,740,026 人（南アフリカ総人口の 7.2%）、ヨハネスブルグ（4,434,827 人）に次いで南アフリカ第二の都市である。



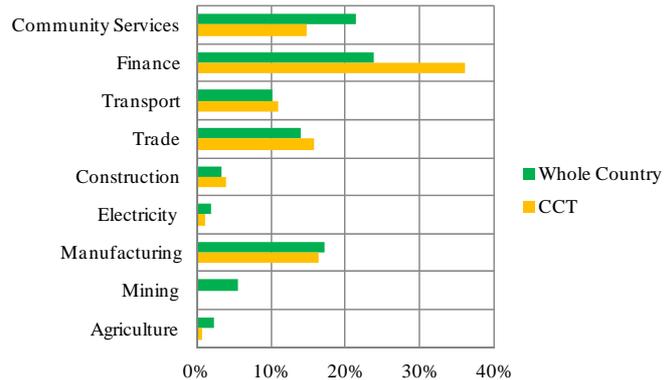
出典：調査団

図 7.7 ケープタウンの位置

ケープタウンの GDP が南アフリカ全体に占める割合は 11.3% であり、ヨハネスブルグの 16.7% に次ぐ割合である（2012 年）。人口一人あたり GDP は 58,844 ランドであり、南アフリカ全体の 37,404 ランドよりも高い（2012 年）。GVA のセクター別構成比は、金融 36.1%、製造 16.4%、貿易 15.8% となっている。鉱業及び農業の比率はごくわずかであり、南アフリカ全体の数値に比べて非常に小さい（図 7.8 参照）⁴。

⁴ State of Cape Town 2014

Sector	Whole Country	CCT
Community Services	21.5%	14.9%
Finance	23.9%	36.1%
Transport	10.1%	11.0%
Trade	14.0%	15.8%
Construction	3.4%	4.0%
Electricity	2.0%	1.1%
Manufacturing	17.2%	16.4%
Mining	5.5%	0.1%
Agriculture	2.4%	0.7%



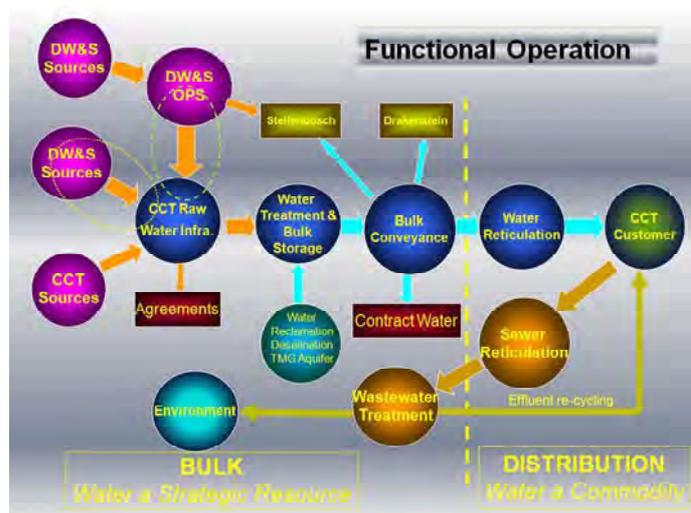
出典：State of Cape Town 2014

図 7.8 ケープタウンの GVA セクター別構成比 (2012 年)

7.2.2 水資源管理及び上水道整備状況

ケープタウン市は、上下水道システム（水資源、導水、浄水、送配水、給水、汚水処理、水環境）を一元的に包括管理している（図 7.9 参照）。

WC WSS Reconciliation Strategy に基づくケープタウン市への水配分は 398.7 百万 m³/年であり、その内訳は、表流水 98%、地下水 2%である。表流水源は 14 か所のダム貯水池である。このうち 4 か所の大規模なダム貯水池は政府（Department of Water and Sanitation: DWS）が保有、その他はケープタウン市が保有している。表流水源の比率は、政府保有が 73%、CCT 保有が 27%である（表 7.10 及び図 7.10 参照）。



出典：Water and Sanitation Department, Business Overview, Peter Flower, Director: Water & Sanitation, February 2016

図 7.9 ケープタウン市による上下水道システムの包括管理

既存上水道システムの全体概要は次のとおりである。

- ダム貯水池 14 か所、貯水容量合計 898,300,000 m³
- 浄水場 12 か所、施設能力合計 1,655,000 m³/日
- 配水池（バルク給水） 26 か所、配水池容量合計 2,740,000 m³
- 送水管（バルク給水） 総延長 700 km
- 配水管網 総延長 10,700 km

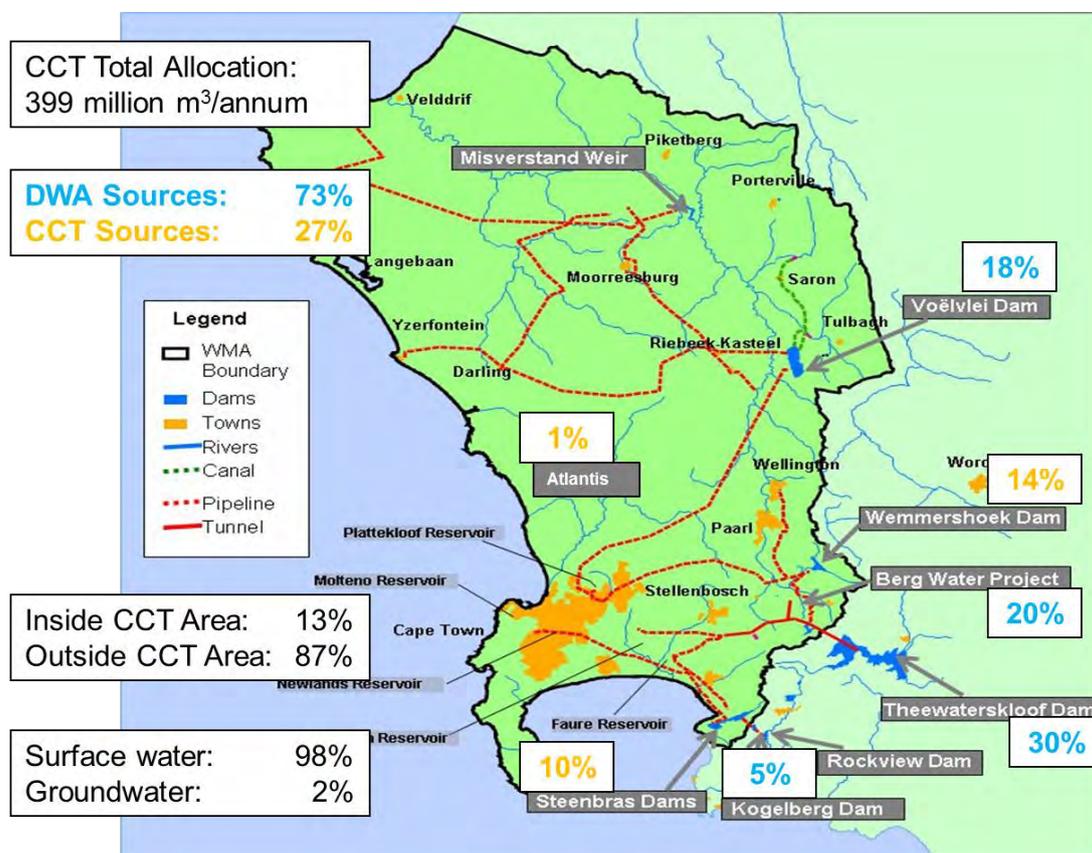
2014/15 年の給水量は 340 百万 m³、日平均給水量は 930,000 m³/日、給水人口は 3.8 百万人であった。また、無収水率は 22.3%（76 百万 m³）⁵であった。

⁵ City of Cape Town, Draft Annual Water Services Development Plan Performance and Water Services Audit Report, FY 2015

表 7.10 ケープタウン市への水配分 (m³/年)

Resource Name	Ownership	Current Allocation
Berg River Dam	DWS	81,000,000
Berg River (Voëlvlei Dam)	DWS	70,400,000
Theewaterskloof Dam, fixed volume	DWS	90,000,000
Theewaterskloof Dam, variable volume		28,000,000
Palmiet River (Rockview & Kogelberg dams)	DWS	22,500,000
Upper and Lower Steenbras Dam	CCT	40,000,000
Wemmershoek Dam	CCT	54,000,000
Total allocation for CCT from WCWSS		385,900,000
Small dams	CCT	6,300,000
Albion Spring	CCT	1,500,000
Atlantis Aquifer	CCT	5,000,000
Total allocation for CCT from own sources outside the WCWSS		12,800,000
Total allocation for CCT		398,700,000

出典 : WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

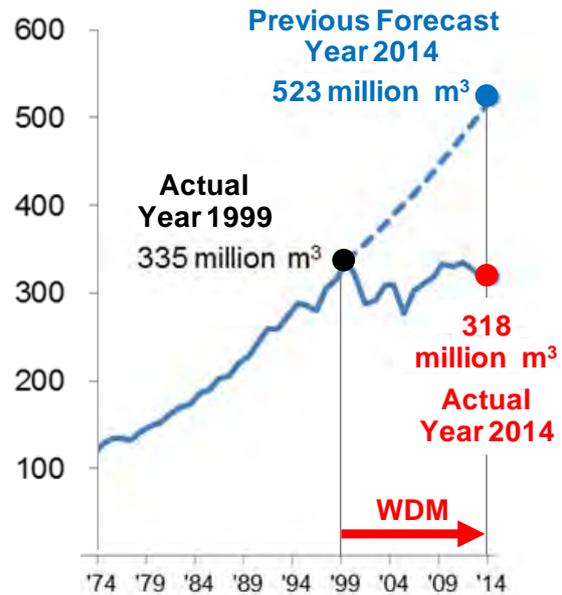


出典 : Water and Sanitation Department, Business Overview, Peter Flower, Director: Water & Sanitation, February 2016

図 7.10 ケープタウン市の上水道水源

ケープタウン市は、2000 年から水需要管理 (Water Demand Management: WDM) の取り組みを実施している。WDM の内容は、水圧管理設備の設置、再生水利用、老朽管の更新、漏水検知、給水管理装置の設置、水道メーターの付け替え、配水区域メーターの設置、ビル配管装置の改造、貧困住宅の配管修理、湧水調査、配水管修理対応の時間短縮である。併せて住民教育及び啓蒙キャンペーンを実施している。

過去 1999 年まで水需要増加率は 4%/年であり、2014 年の水需要は 523 百万 m³/年と予測されていたが、2000 年以降の WDM 実施により、2014 年の水供給量は 318 百万 m³/年となった(図 7.11 参照)。南アフリカでは WDM の構想は国内で共有されているが、ケープタウン市による実際の取り組み及び成果は国内で最も進んでいる。WDM により優れた成果を達成したことから、ケープタウン市は COP21 で表彰を受賞した。



出典： Water and Sanitation Department, Business Overview, Peter Flower, Director: Water & Sanitation, February 2016
 図 7.11 ケープタウン市による WDM の成果

7.2.3 海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性

ケープタウンでは WDM の実施により 2000 年以降、水需要は増加しておらず、人口一人あたり水消費量も減少している。また、ケープタウンには大規模な商業港はあるものの、水を大量に消費する産業（繊維、水産加工等）がない（表 7.11 参照）。一方、Informal Settlement の居住環境改善に伴う水需要の増加が想定されることから、ケープタウン市は、今後の水需要予測で増加率を 2%/年と設定している（図 7.12 参照）。

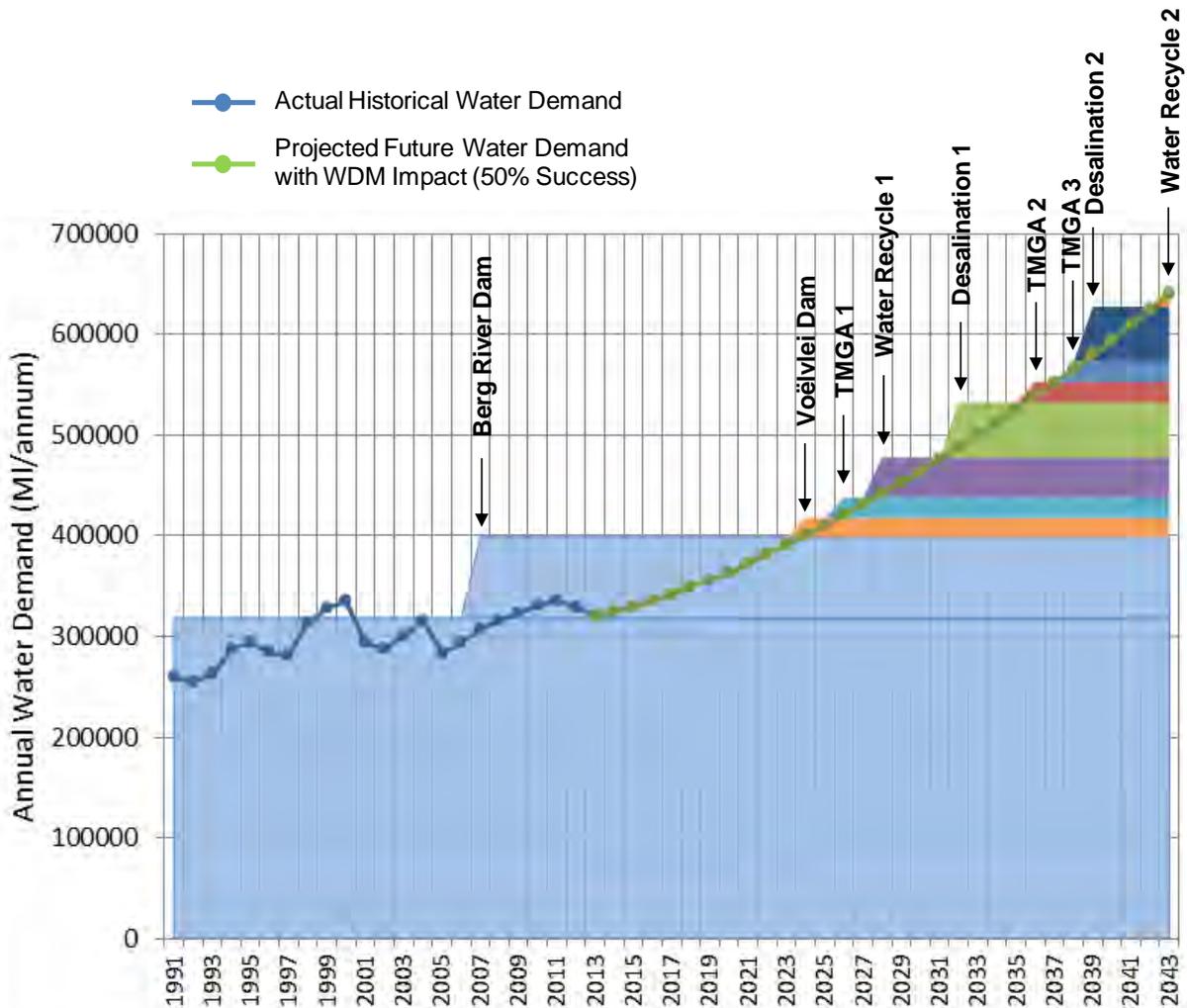
表 7.11 ケープタウンの用途別水消費量 (2013/14)

Usage	m ³	%
Domestic	165,713,389	73%
Commercial	24,482,281	11%
Municipal	12,245,285	5%
Industrial	8,717,188	4%
Government	5,176,392	2%
Other	10,805,954	5%
Total	227,140,489	100%

出典： WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014

ケープタウン市のバルク給水強化計画 (Bulk Water Augmentation Scheme: BWAS) には、2023 年までの事業実施スケジュールが提示されている。主要な事業として挙げられるのは、Berg River ダム貯水池の建設 (2007 年完成) により可能となった水供給システムの整備 (導水、浄水、送配水) である。この事業は施設能力の増強と共に、現在の主要水源である Theewaterskloof ダム貯水池からの導水トンネルに不測の事態が発生するケースを想定したリスク回避策 (バイパス系統) でもある。

2024 年以降の事業として想定されるのは、(i) Voëlvlei ダム貯水池による水供給システム、(ii) Table Mountain Group Aquifer (TMGA) の地下水開発、(iii) 再生水利用、(iv) 海水淡水化である。ケープタウン市では、今後 10~15 年でこれらを実施するための検討を行うが、その優先度は (i), (ii), (iii), (iv) の順と考えている。



出典：Water and Sanitation Department, Business Overview, Peter Flower, Director: Water & Sanitation, February 2016

図 7.12 ケープタウンの水需給バランス想定

海水淡水化はケープタウンの北部沿岸地区で検討されている。WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014 によれば、ケープタウン市は 2012 年 7 月から 2014 年 12 月にかけて、海水淡水化のフェジビリティ調査を実施した。2 つのサイトが代替案として選定され、そのひとつは ESKOM のクバーク (Koeberg) 原発の隣接地であった。海水淡水化プラントの計画規模は 150,000 m³/日であるが、その後さらに二段階で 450,000 m³/日まで拡張する可能性がある。設計、EIA、建設、既存配水網との接続に要するリードタイムは、少なくとも 8 年と想定される。

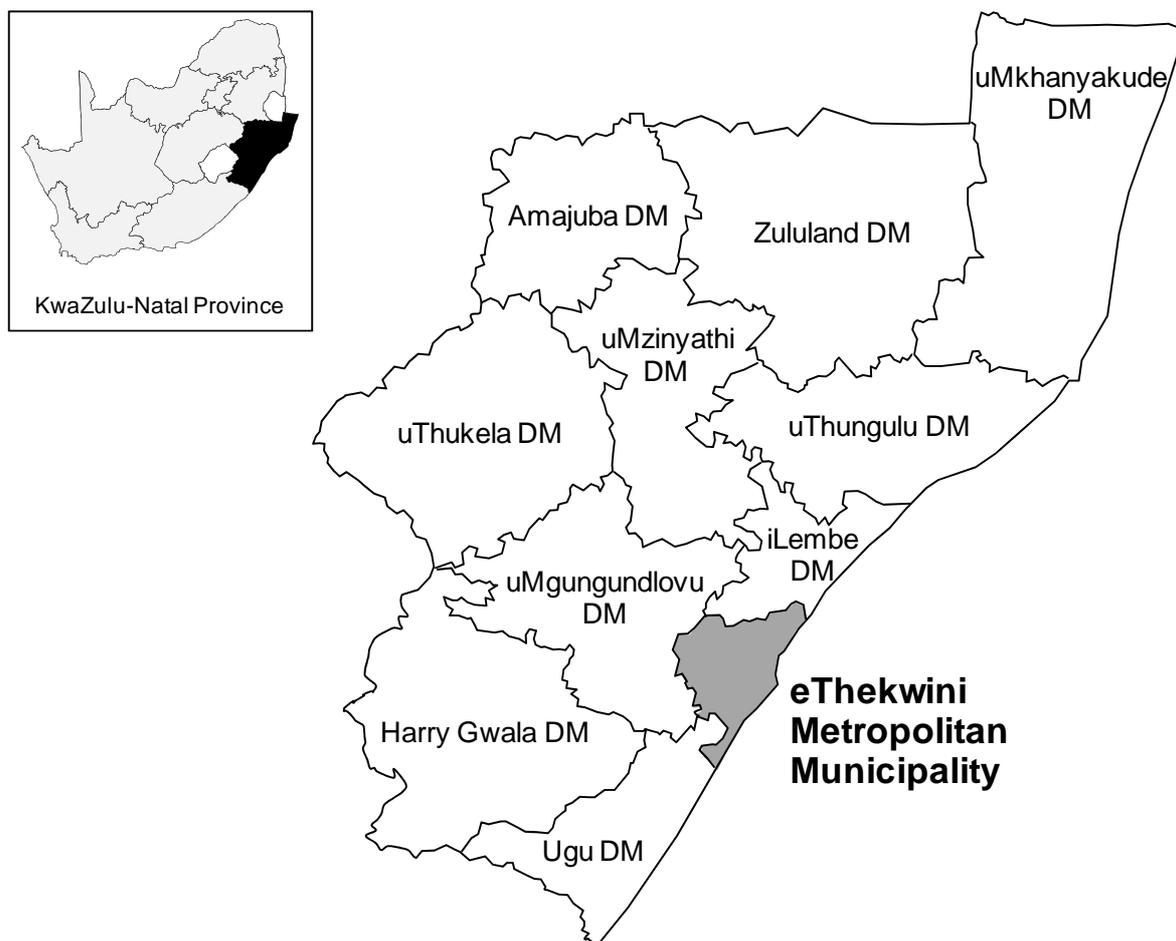
ケープタウン周辺の海域では海藻が多く、海水に有機成分が多く含まれていることから、ケープタウン市は、実証試験プラントを建設して、前処理及び水質データ収集を 18~24 か月間にわたって実施することを計画している。

7.3 ダーバン

7.3.1 現地調査対象地域

エテクウニ都市圏は、以前のダーバン都市圏及び隣接する自治体を取り込んで 2000 年に形成され、その面積は 2,297 km² である (図 7.13 参照)。2011 年センサス人口は 3,442,361 人 (南アフリ

カ総人口の 6.6%) であり、ヨハネスブルグ (4,434,827 人)、ケープタウン (3,740,026 人) に次いで南アフリカ第三の都市である。エテクウニ都市圏の GDP が南アフリカ全体に占める割合は 10.9% であり、ヨハネスブルグの 16.7%、ケープタウンの 11.3% に次ぐ割合である (2012 年)。



出典：調査団

図 7.13 エテクウニ都市圏の位置

7.3.2 水資源管理及び上水道整備状況

(1) Umgeni Water⁶

Umgeni Water は南アフリカ国内の 12 地域にそれぞれ設立されている Water Board のひとつであり、クワズールナタール州南部地域において、以下の自治体に対して広域バルク給水を行っている (図 7.14 及び図 7.15 参照)。広域バルク給水対象地域の面積は 21,155 km²、人口は約 6 百万人、バルク給水量は 447 百万 m³/年 (1,224,000 m³/日) である。

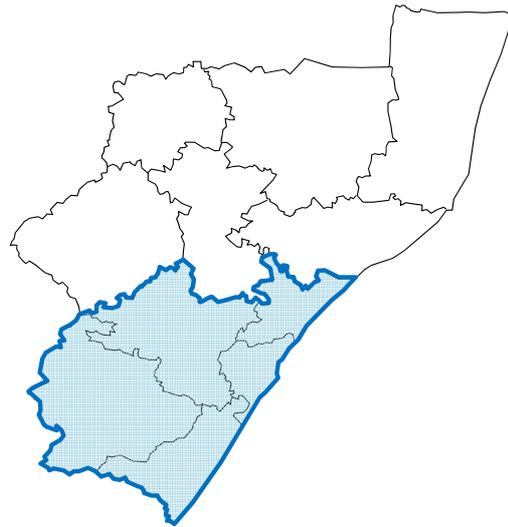
- eThekweni Metropolitan Municipality
- iLembe District Municipality
- Ugu District Municipality
- Harry Gwala District Municipality
- uMgungundlovu District Municipality
- Msunduzi Local Municipality

⁶ Umgeni Water, Annual Report 2014/15

ダム貯水池及び取水施設は政府が保有するものであり、Umgeni Water はその O&M を政府から委託されている。また、Umgeni Water は、原水導水管、浄水場、(自治体の配水管網に至る) 送水管を保有すると共に、その O&M を実施している。その概要は以下のとおりである。

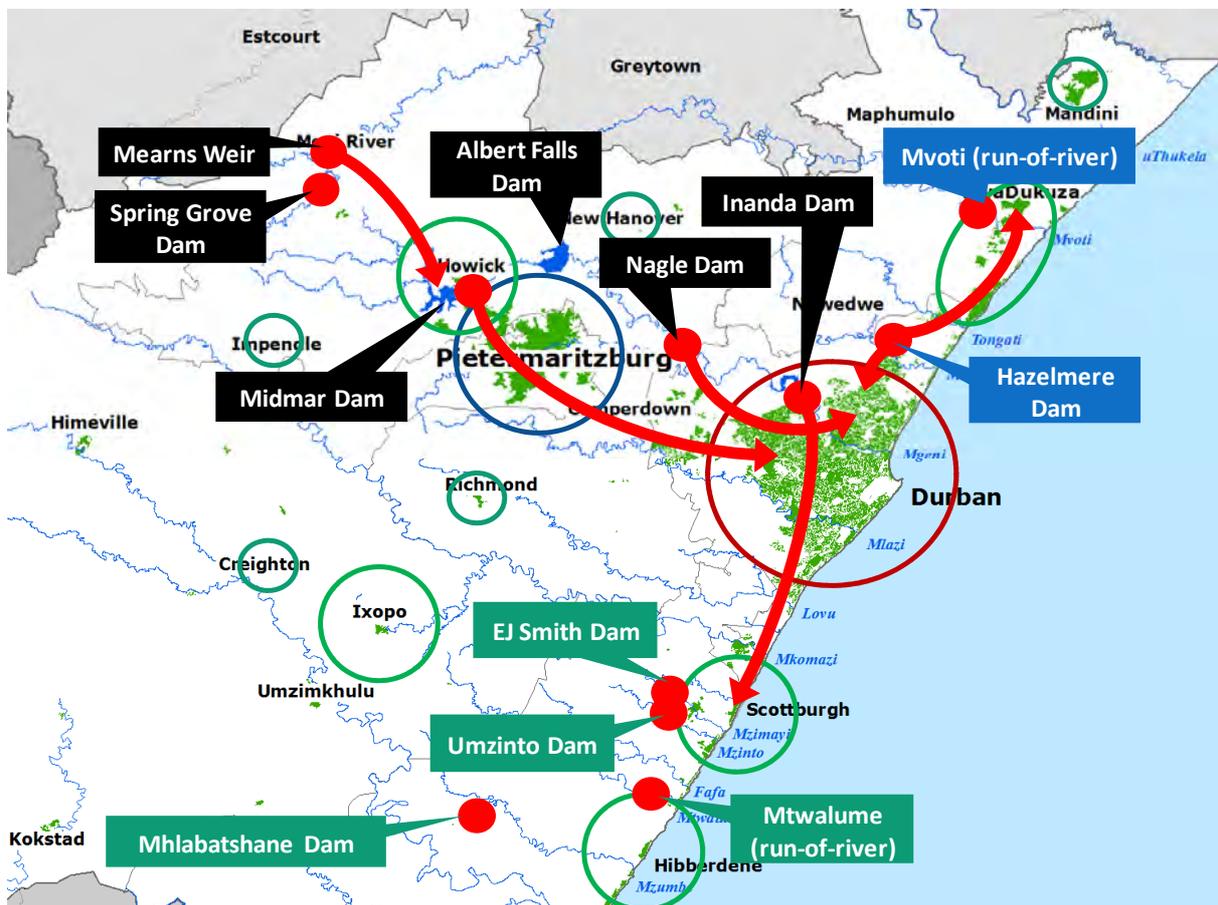
- パイプライン 746 km 及びトンネル 66 km
- ダム貯水池 14 か所
- 浄水場 14 か所
- 小規模浄水場 14 か所及び井戸施設 10 か所

また、4 か所の下水処理場で 28 百万 m^3 /年 (77,000 m^3 /日) をバルクで受け入れている。



出典：調査団

図 7.14 Umgeni Water のバルク給水地域



出典：Umgeni Water

図 7.15 Umgeni Water によるバルク給水

(2) エテクウニ市

エテクウニ市は、Umgeni Water からのバルク給水及び小規模浄水場 5 か所による 920,000 m^3 /日の上水供給 (配水)、27 か所の下水処理場による合計 460,000 m^3 /日の下水処理を行っている。ま

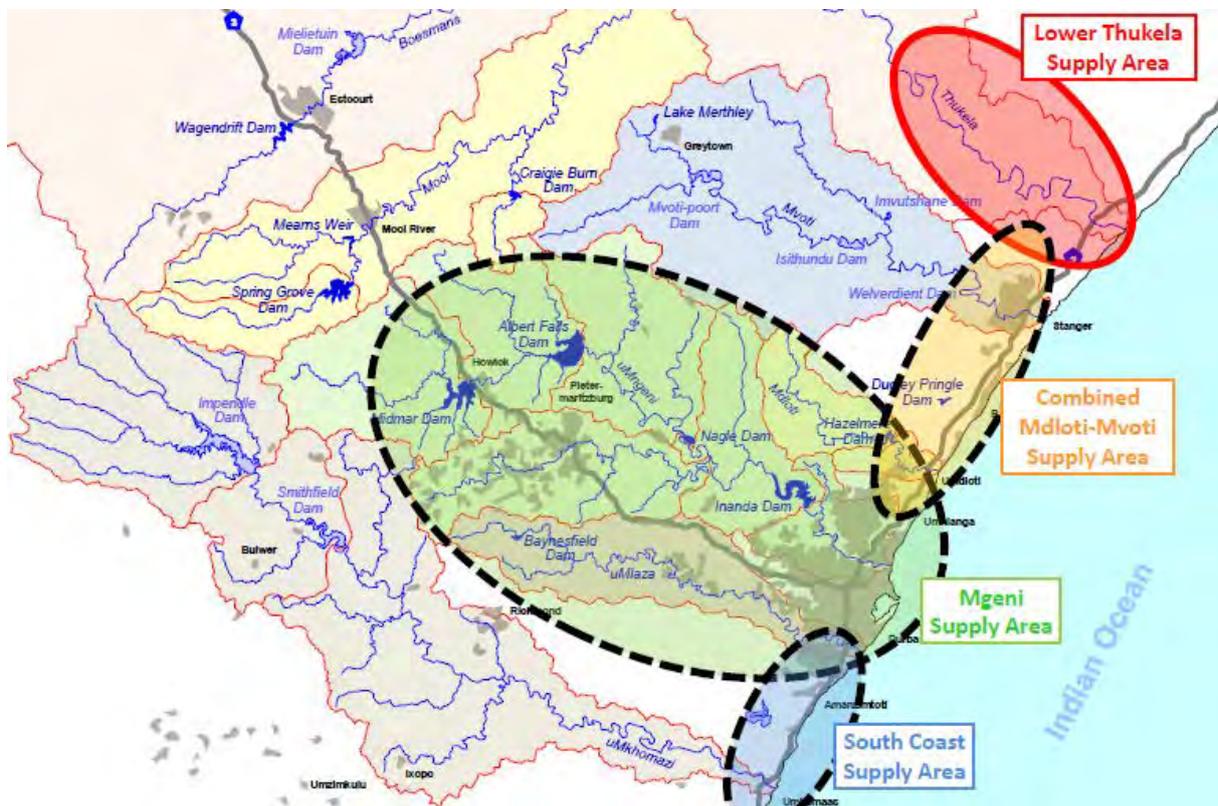
た、Water Utility Database, 2016 によれば、2012 年の給水人口は 3,409,564 人（ほぼ総人口に相当）、そのうち各戸給水人口は 2,561,568 人（給水人口の 75%）であった。

エテクウニ市は、膜処理設備による再生水利用の実施に向けての取り組みを進めている。再生水利用の方式は間接利用である。すなわち、下水処理場による処理水をいったん上流まで導水・放流し、河川水と混合したうえで取水して浄水場へと導水する。このような再生水利用の PPP 事業が Tongaat, Umdloti, Sappi Saiccor の 3 地域で計画されている。下水処理場からの河川・海への放流は厳しく制限されており、工業用水基準をクリアする再生水利用の導入が不可欠であることから、パートナー事業者には、そのような水処理技術の導入が求められている。

エテクウニ市は、日立製作所による海水淡水化・水再利用統合システム（下水 50%・海水 50% をミックスして処理する施設）の実証試験プラント（6,250 m³/日）の建設に向けて、3 月に新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) との会議を開催、5 月中旬からスタートする予定である。本格事業によるプラントは 100,000 m³/日、PPP 事業で実施、2022 年の運用開始が想定されている。

7.3.3 海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性

Umgeni Water によるバルク給水区域は大きく 4 つに区分されている（図 7.16 参照）。それぞれの区域について、水需要予測と水資源開発代替案に基づく水需給バランスの検討により、将来のバルク給水計画が提案されている。水資源開発代替案には、表流水、再生水、海水淡水化が含まれる（表 7.12 及び図 7.17 参照）。海水淡水化については、エテクウニ都市圏の北部 (North: Tongaat) と南部 (South: Lovu) の 2 カ所について、それぞれ海水淡水化プラント（150,000 m³/日）の F/S が 2015 年までに実施された。



出典：Umgeni Water

図 7.16 Umgeni Water による主なバルク給水区域

North Coast (Lower Thukela Supply Area 及び Combined Mdloti-Mvoti Supply Area) では、Hazelmere Dam の嵩上げ、Lower Thukela BWSS (Phase 1&2)が有力案となっている。これらの表流水開発案との比較検討の結果、Tongaat 海水淡水化プラントの優先度は低いとの結果となった。

最大のバルク給水区域である Mgeni Supply Area では、uMkhomazi Water Project (Smithfield Dam)が有力案となっている。

South Coast では、表流水開発案である Lower uMkhomazi BWSS (Phase 1&2)と Love 海水淡水化プラントとの比較検討が継続されている。

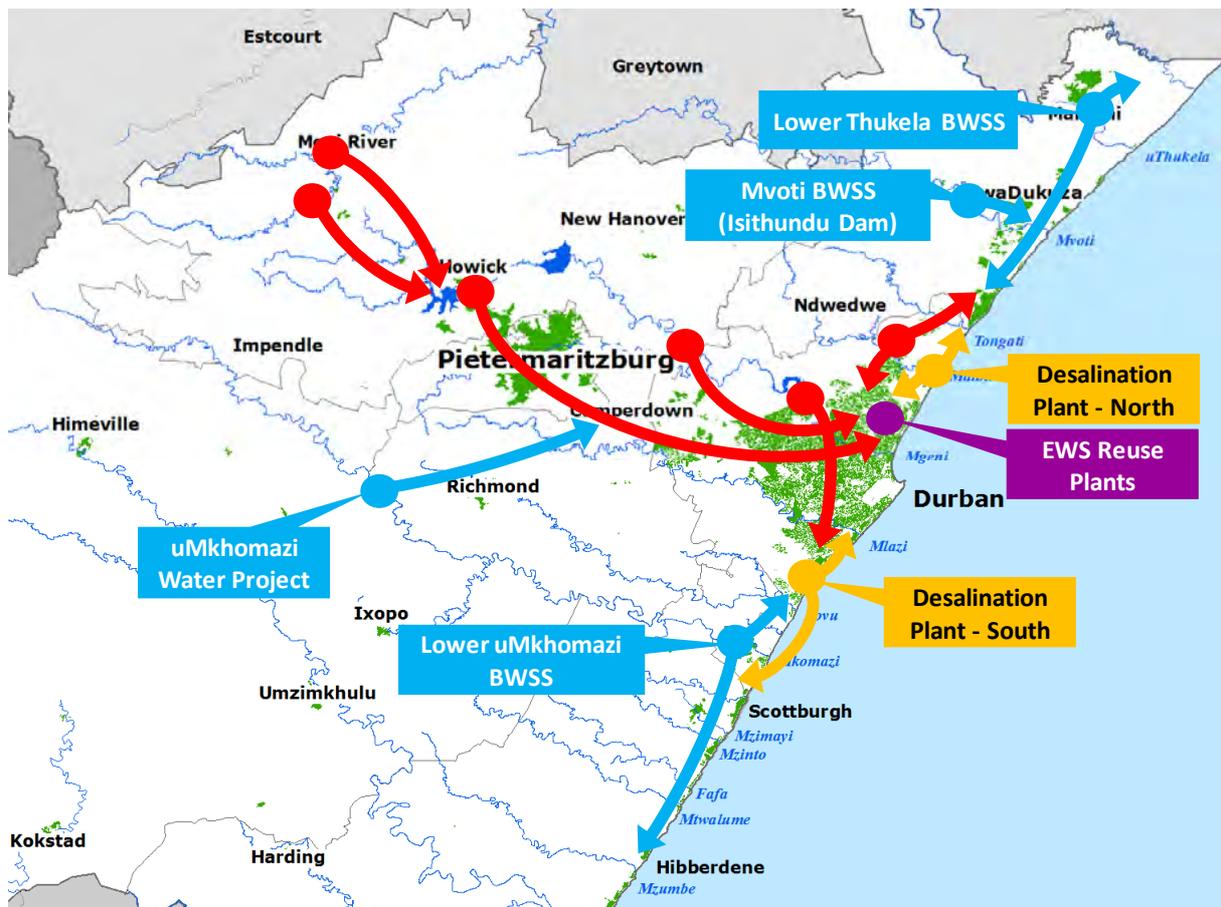
表 7.12 Umgeni Water によるバルク給水代替案

North Coast Alternative	Capacity (m ³ /day)	Capital Cost (Million ZAR)
Raising of Hazelmere Dam	20	550
Lower Thukela BWSS Phase 1	55	1,400
Lower Thukela BWSS Phase 2	55	250
East Coast Desalination Plant – North	150	3,500

Mengi Alternative	Capacity (m ³ /day)	Capital Cost (Million ZAR)
uMkhomazi Water Project Phase 1	602	17,000
East Coast Desalination Plant – North	150	3,500
Reuse Plants (Northern & KwaMashu)	110	2,500

South Coast Alternative	Capacity (m ³ /day)	Capital Cost (Million ZAR)
Lower uMkhomazi BWSS Phase 1	55	2,000
Lower uMkhomazi BWSS Phase 2	55	600
East Coast Desalination Plant – South	150	3,500

出典：Umgeni Water



出典：Umgeni Water

図 7.17 Umgeni Water によるバルク給水代替案

南部 (South: Lovu) プラントの総事業費は 42 億ランド (約 323 億円)、O&M コストは 436 百万ランド/年 (約 33.6 億円/年、予備費 10%を含む) と算定されている。O&M コスト (予備費を除く)

の 74%は電気代である。初期投資+O&M コストをリカバリーする場合の造水コストは 13.78 ランド/m³ (106 円/m³) である。事業実施方式は DBO alliance として設計、建設、試運転、O&M において民間参入 (投資を含む) を想定している。DBO alliance では、完成後の民間参入による O&M 期間は 7 年として、その後は Umgeni Water が O&M を担う。

また、ケープタウンと同様、エテクウニ都市圏の周辺海域では藻類が非常に多いことから、Umgeni Water は、様々な前処理方式を検討のうえ、藻類の除去に最適な前処理方式を選定することを目的としたパイロットプラントの建設を検討している。加えて、渇水対策として小規模プラントの建設を検討している。プラントの規模は 2,500~10,000 m³/日と想定されており、プラントの位置は Ballito (north) と Elysium (south) である。このうち Elysium については、その設計業務について入札を行った。2015 年末に入札締め切り、その後入札評価を継続中である。

第 8 章 モザンビーク

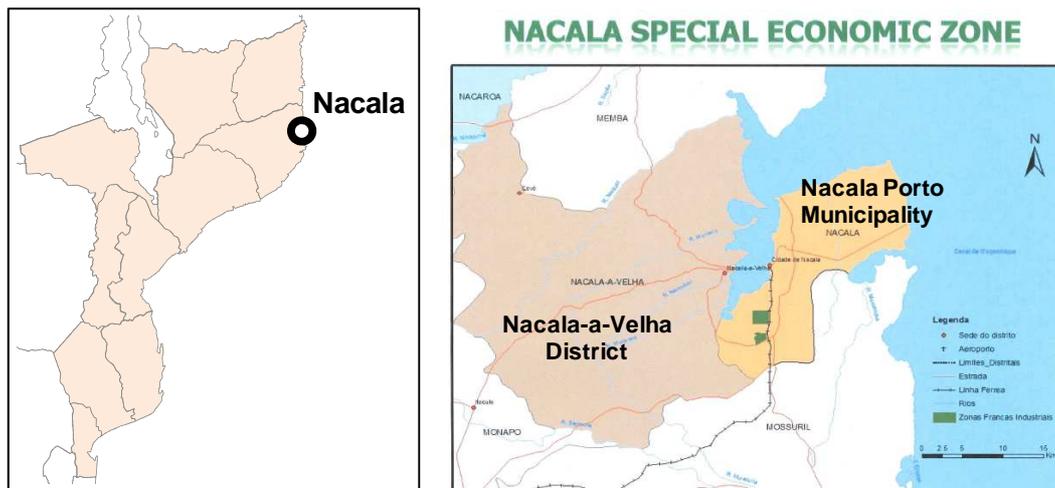
8.1 現地調査対象地域

8.1.1 概要

モザンビーク北部に位置するナカラ経済回廊地域は、天然の良港であるナカラ港のポテンシャルを基軸として、内陸部のテテ州の石炭等の天然資源開発、ナンプラ州、ニアサ州及びザンベジア州における広大な土地と豊富な水資源を活用した農業開発等、開発・産業振興が期待されている。

8.1.2 ナカラ経済特区

モザンビークには4つの経済特区（Special Economic Zone: SEZ）がある。ナカラ経済特区（Nacala SEZ）はそのひとつであり、2007年12月18日決定の法令76号（Decree No. 76/2007）により、ナカラポルト市とナカラヴェーリャ郡を含む範囲と規定された（図8.1参照）。その面積は約1,500 km²である。また、2007年12月24日決定の法令75号（Decree No. 75/2007）により、経済特区の管理を行う組織として経済特区開発庁（Gabinete das Zonas Económicas de Desenvolvimento Acelerado: GAZEDA）が設立された¹。Nacala SEZでは、これまでに150のプロジェクトが実施され、その総事業費は30億米ドルにのぼる。主なプロジェクトは空港、観光、サービス等である。



出典：GAZEDA

図 8.1 Nacala SEZ の位置及び範囲

8.1.3 PEDEC-Nacala

JICA は 2012 年から 2015 年にかけて PEDEC-Nacala（ナカラ回廊経済開発戦略プロジェクト）を実施した。ナカラ経済回廊地域は、各国ドナーによる支援や民間企業による投資活動が活発化している。しかし、モザンビーク政府は北部地域の開発計画を有しておらず、開発の全体像や規範がないまま虫食い状態の開発が進行している。PEDEC-Nacala は、ナカラ経済回廊地域における開発の制約・促進要因の分析及び開発戦略策定のための調査を行うことで、資源の適切な管理、民間投資の適切な促進を目指すものである。

¹ ナカラ経済特別区にかかる開発計画策定支援調査 ファイナル・レポート（2008）

8.1.4 開発の動向

(1) 港湾

ナカラ港は国内第3の国際港湾であり、ヨーロッパやアジアとの本線航路を有するほか、マラウイのトランジット貨物の窓口、ペンバ港、ケリマネ港など国内港湾とのトランスシップ（積み替え）港の役割も果たしている。同港は水深が14mと深く、アフリカ南東部随一の天然良港といわれ、環インド洋貿易面でも好立地にあるとして注目を集めている。また、同港から内陸に延び、マラウイ、ザンビアを結ぶナカラ回廊及びその周辺地域は、地下資源や農業等の高いポテンシャルを有している。

今後、ナカラ回廊地域の開発に伴い、ナカラ港の貨物取扱量は大幅に増加することが見込まれている。この貨物量の大幅な増加に対応するためには、老朽化した現行の港湾施設の改修と、港湾荷役の効率性の向上が急務となっている。このような背景から、JICAはナカラ港整備に対する支援に注力している。これまでの協力、実施中及び実施予定の協力は表8.1に示すとおりである。

表 8.1 JICAによるナカラ港整備に対する支援

協力	期間	概要
ナカラ港開発事業準備調査	2010年6月～2011年5月	
ナカラ港緊急改修計画準備調査	2012年4月～2012年11月	
ナカラ港緊急改修事業 (無償資金協力、32億円)	2012年12月～2015年11月	北埠頭の改修、コンテナヤードの整備、荷役機械・消火設備等の整備
ナカラ港運営改善プロジェクト (技術協力)	2012年4月～2015年2月	港湾施設の運営・維持管理能力、荷役技術向上
ナカラ港開発事業(I) (円借款、78億8,900万円)	2013年3月～2017年7月	土木工事：①泊地浚渫、埋立及び埋立地整地、環境配慮関連工事、②アクセス道路建設、③港湾入場道路拡幅、④コンテナターミナルゲート工事、⑤コンテナヤード舗装工事、⑥北側埠頭改修
ナカラ港開発事業(II) (円借款、292億3,500万円)	2013年3月～2018年1月	機材調達：①タイヤ式トランスファークレーン、②ガントリークレーン、③ヤードシヤージ

出典：JICA

円借款事業の実施により、ナカラ港の貨物取扱量は2012年実績の1,351,000トンから2020年には5,071,000トンに増加、年間コンテナ貨物取扱量は2012年実績の65,153TEUから2020年には251,000TEUに増加することが見込まれる。

(2) 鉄道

北部鉄道（ナカラ鉄道）は、ナカラ港からナンプラ、クアンバを經由してマラウイ国境のエントレラゴスに至る本線、クアンバからリシングに至る支線、モナゴからモザンビーク島に至る支線からなる。

Vale社は、石炭の産地であるテテ州モアティゼとナカラ港を結ぶナカラ回廊鉄道事業を実施している。この事業は、ナカラヴェーリャに石炭専用のターミナル（新港）を建設すると共に、モザンビーク北部の既存鉄道を改修、さらに鉄道路線を新設することにより、年間18百万トンの石炭輸送を行うものである。鉄道輸送ルートは総延長912kmである。計画では2014年12月から輸送開始の予定であったが、洪水被害等により輸送開始は遅延した。現地調査の時点（2016年2月）には、ナカラヴェーリャ新港に石炭輸送船が入港、鉄道に石炭を積載した貨物列車が走行しているのが見られた。

(3) 道路

ナンブラからナカラに至る国道 12 号線は、2008 年に道路改修が完了した。現在、JICA は「ナカラ回廊道路網改善事業」を円借款で実施することを検討中である。同事業の対象は次のとおりと想定されている。

- ナカラアクセス道路（延長 13.5 km、片側 2 車線）
- ナンプラ南部バイパス道路（延長 32.5 km、片側 2 車線）
- クアンババイパス道路（延長 11.1 km、片側 1 車線）

上記のうち、ナカラアクセス道路は、前述のナカラ港整備による輸送量の増加を見据えて、国道 12 号線からナカラ港へのアクセス道路を整備するものである。

(4) 空港

過去、ナカラには軍用の小規模な空港があるのみであったが、この空港を拡張して新たな国際空港を整備する事業がブラジルの支援により実施された。新空港は 2014 年 12 月に開港した。現在はマプトとの間で定期便が就航している。新空港は、ボーイング 747-400 が乗り入れ可能であり、年間旅客数 500,000 人、年間貨物取扱量 5,000 トンに対応している。将来的には、ヨーロッパやアジアへの国際便の乗り入れや、マラウイ、タンザニア、ザンビア、ジンバブエのリージョナル・ハブとしての機能が期待されている。

(5) 電力

モザンビークにおける総発電電力量の 88%は、ザンベジ川に位置するカオラバッサ水力発電所(出力 2,075 MW) によるものである。モザンビークの電力系統は、南部系統と中・北部系統の 2 系統に区分される。北部・中部系統はカオラバッサ水力発電所から長距離の送電線により電力供給されている。

電力系統の問題点は、電源容量の不足及び送電系統の信頼度が低いことである。ナカラ回廊地域は北部系統により電力供給されているが、その 110 kV 送電系統は脆弱であり、送電線事故は 2013 年実績で年 6 回、停電時間は 80 時間 34 分に達している²。このように送電系統に起因する停電が頻発する状況にあることから、モザンビーク電力公社 (Electricidade de Moçambique: EDM) は、2016 年 2 月下旬、ナカラ港に発電設備を搭載した船舶を導入するに至っている。発電船 (出力 100 MW) の導入目的は、北部地域への電力供給及びカオラバッサ水力発電所からザンビアへの売電、カオラバッサ発電所から北部地域への送電が停止するリスクへの対処と報道されている。

ナカラ回廊地域を含む北部地域では、今後、急速に電力需要が伸びると予測されることから、北部系統においては、400 kV 送電線の新設計画、220 kV 送電線の増強計画及びこれらの送電線が通過する地域の変電所の整備が計画されている。これらの整備は、諸外国からの支援による実施が検討されている。

JICA は 2014 年 4 月～2015 年 3 月に「ナカラ回廊送電系統強化計画準備調査」を実施した。その後、無償資金協力によるナミアロ変電所 (110/33 kV) の建設プロジェクトが 2015 年 6 月より開始された。また、JICA は 2015 年 3 月より「ナカラ回廊送配電系統強化事業準備調査」を実施中である。この事業内容は、ナンブラ、ナカラ及びモナポを含む地域において、既存変電所の増強、220 kV 送電線の敷設、110 kV 送電線の敷設、配電線の敷設、30～40 MW 級発電機の設置であり、円借款による支援が検討されている。

² ナカラ回廊送電系統強化計画 準備調査報告書 (簡易製本版) 2015 年 3 月

8.2 水資源管理及び上水道整備状況

8.2.1 水資源管理

公共事業住宅省は、2015年より公共事業住宅水資源省（Ministério das Obras Públicas, Habitação e Recursos Hídricos）となった。国家水利局（Direcção Nacional de Águas: DNA）が政府レベルで水資源管理及び上下水道整備を監督する機関であるが、2016年2月上旬に現地調査でDNAと面談した際、最近DNAは以下2つの組織に再編されたとの情報が得られた。

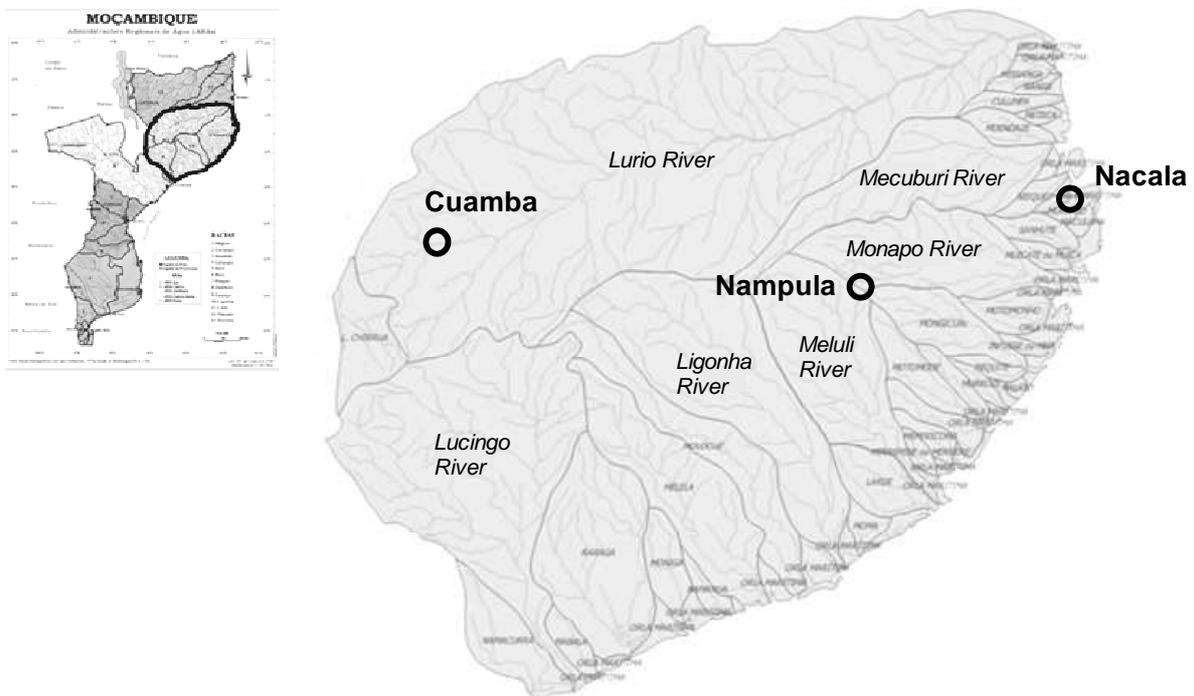
- National Directorate for Water Resources
- National Directorate for Water Supply and Sanitation

ナカラは中北部地域水管理事務所（ARA Centro-Norte）の管轄地域のインド洋岸に位置する（図8.2参照）。ARA Centro-Norteの管轄地域には主要3河川流域と指定されているLurio River流域（60,800 km²）、Ligonha River流域（16,299 km²）、Licungo River流域（27,726 km²）がある。一方、ナカラ近郊の河川はMecuburi River流域（8,925 km²）とMonapo River流域（7,724 km²）との間に位置する中小河川である。これらは季節河川であり、年間のうち約6か月は流量がゼロとなる（図8.3参照）。また、Monapo Riverでも渇水の場合には乾季に流量がゼロとなることがある³。現在、ナカラ近郊にあるダム貯水池はNacala Dam（流域面積136.8 km²）のみであり、ナカラポルト市の上水道水源となっている。表8.2にLurio RiverとMonapo Riverの月別平均流量を示す。

表 8.2 Lurio River と Monapo River の月別平均流量

River	Station	CA (km ²)	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP
Lurio	E128		13.3	18.0	289.1	1282	2493	2242	1156	356.2	130.4	78.4	45.6	23.5
Monapo	E140	6000	1.9	9.6	55.7	156.7	165.3	172.9	100.0	53.6	15.7	11.3	7.0	3.5

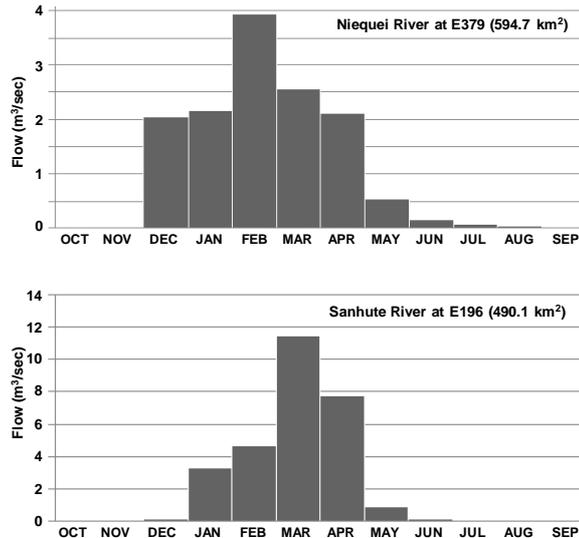
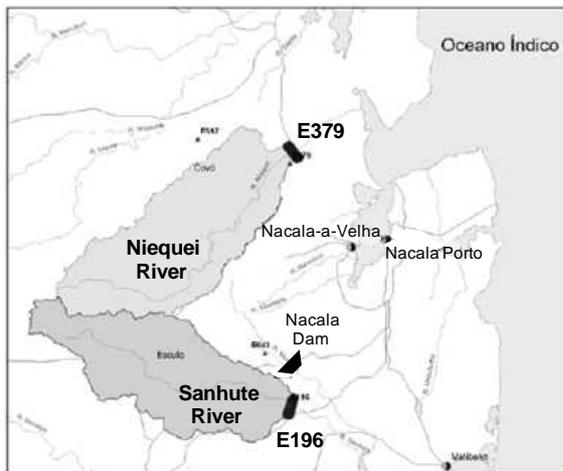
出典：ARA Centro-Norte



出典：ARA Centro-Norte

図 8.2 ARA Centro-Norte の管轄地域

³ MCA-Mozambique, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)



出典：MCA-Mozambique, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)

図 8.3 ナカラ近郊河川の月別平均流量

8.2.2 上水道整備

(1) FIPAG

現在、水道投資促進基金（Fundo de Investimento e Património de Abastecimento de Água: FIPAG）は国内 21 市において 15 の上水道システムを保有している。上水道施設は政府が整備して FIPAG に引き渡す。上水道整備の計画、設計、実施、予算措置についての意思決定はすべて FIPAG 本部が行う。FIPAG には全国に 4 つの地域拠点 (Regional North, Regional Central, Regional South, and Maputo) があり、FIPAG Regional North (Nampula) が管轄する水道事業体は「6+1」である。「6」とは、Nampula, Pemba, Nacala, Angoche, Lichinga, Cuamba であり、これらの都市上水道施設は FIPAG が保有している。「1」とは Mozambique Island であり、ここの上水道施設は水・衛生インフラ局 (Administração de Infraestruturas de Abastecimento de Água e Saneamento: AIAS) が保有している。FIPAG Regional North は、「6+1」における上水道整備のニーズ及びコンセプトをとりまとめ・調整のうえ、FIPAG 本部に報告することである。ナカラポルト市では、FIPAG Nacala が上水道施設を運用して住民へのサービス提供、上水道施設の維持管理を行う。

(2) ナカラポルト市

1) 既存上水道施設及び実施中のプロジェクト

ナカラポルト市の人口は 241,066 人（2015 年）である。ナカラポルト市では、FIPAG による給水率は約 50% である。FIPAG によりカバーされていない地区の住民は、井戸及び給水車に依存しており、これらの給水はナカラポルト市当局が行っているが、その施設能力について情報は得られなかった。

既存上水道施設は、Nacala Dam を水源とする浄水／送配水施設、2 か所の井戸群 (M'Paco 及び Mutuzi、井戸数合計 6 本)／送配水施設からなる。これまで、世銀支援による Water Services and Institutional Support (WASIS) Project で既存井戸施設のリハビリが実施されたことにより、現在の FIPAG による施設能力は 18,000 m³/日である（表 8.3 及び図 8.4 参照）。世銀支援は Integrated Growth Poles Project (IGPP)でも継続され、新規井戸施設の建設により、施設能力は 30,200 m³/日に増加する予定である（表 8.4 参照）。

表 8.3 ナカラポルト市の既存上水道施設

Component	Description
Water Treatment Plant	7,200 m ³ /day
Water Transmission Main	30 km
M'Paco Wellfield	6,500 m ³ /day
Mutuzi Wellfield	4,320 m ³ /day
Reservoir (7 nos.)	Total 5,000 m ³
Water Distribution Mains	143 km

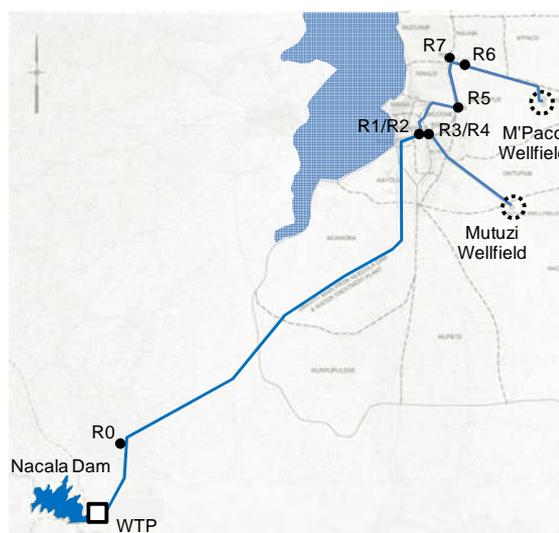
出典：FIPAG

表 8.4 ナカラポルト市の上水道整備計画

(Unit: m³/day)

Water Source	Present	2019 (IGPP)	2023 (WASIS II)
Boreholes	10,820	23,000	23,000
Nacala Dam	7,200	7,200	12,000
Total	18,020	30,200	35,000

出典：FIPAG



出典：MCA-Mozambique, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)

図 8.4 ナカラポルト市の既存上水道施設

これまでに新規井戸（10本）は建設済みであり、送配水施設及び配水網拡張（延長110km）の建設は2019年に完了予定である。また、隣接するナカラヴェーリャ郡では、従来の水源であった井戸が全て塩水化して使えなくなる事態が発生したことから、IGPPには井戸の塩水化を防ぐ方策の検討が含まれることとなった。世銀ウェブサイトには、The Consultancy Services Contract for the Study for Saline Intrusion and Ground Water Management Plan for Nacala の Request for EOI が掲載されている（EOI 提出期限は2015年11月30日）。

2) MCAによる上水道整備計画

Millennium Challenge Account (MCA)による Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)（以下、MCA レポート）に記載される新規浄水場の建設、ナカラポルト市に至る送水管敷設の計画概要は次のとおりである。

- 水需要予測は、2019年に43,557 m³/日、2029年に61,133 m³/日である（表 8.5 参照）。

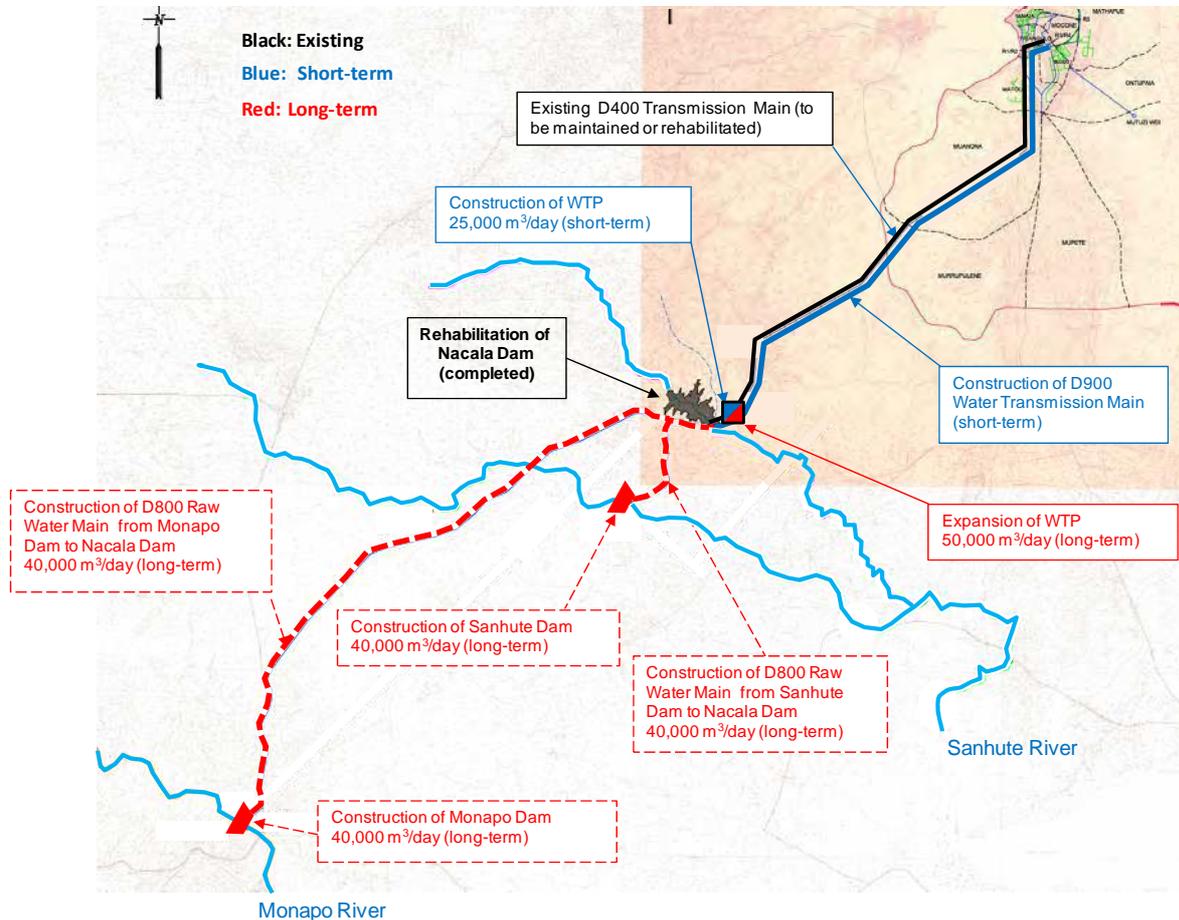
表 8.5 ナカラポルト市の水需要予測 (by MCA, 2010)

Year	2009	2019	2029
Total Population (person)	220,757	309,160	434,314
Population Served (person)	174,398 79%	273,607 89%	402,175 93%
Domestic Water Demand (m ³ /day)	9,603	18,744	28,982
Non-domestic Water Demand (m ³ /day)	1,921 20%	5,623 30%	10,144 35%
Total Water Demand (m ³ /day)	11,524	24,367	39,126
UFW (m ³ /day)	7,721 40%	10,478 30%	9,781 20%
Average Daily Demand (m ³ /day)	19,244	34,846	48,907
Peak Factor	1.25	1.25	1.25
Maximum Daily Demand (m ³ /day)	24,055	43,557	61,133

出典：MCA-Mozambique, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)

- 長期計画（Long-term）では、2029年の水需要予測への対応として、既存井戸施設による施設能力10,000 m³/日に加え、表流水による施設能力を50,000 m³/日まで拡張する。表流水源の代替案として Monapo Dam と Sanhute Dam の二案が併記されている（表 8.6 及び図 8.5 参照）。

- 短期計画（Short-term）では、新規浄水場を長期計画の半分の 25,000 m³/日まで整備すると共に、新規送水管を敷設することにより、新規浄水場からナカラポルト市に最大 25,000 m³/日の水供給を可能とする。なお、25,000 m³/日は暫定計画値であり、持続可能な水供給量ではない⁴。



出典： MCA-Mozambique, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)

図 8.5 ナカラポルト市の上水道整備計画 (short-term 及び long-term)

MCA による Nacala Dam のリハビリ（洪水吐き天端嵩上げによる貯水容量増加）は既に完成している。しかし、併せて実施される予定であった新規浄水場の建設、ナカラポルト市に至る新規送水管の敷設については、2013 年 9 月に政府がコントラクターとの契約を解除、MCA は撤退する事態となった。その後、政府は今後実施予定の WASIS II にこれら未実施の事業を含めるよう世銀と折衝したが、結局 WASIS II には含まれないこととなった。よって、現時点で新規浄水場建設、送水管敷設を実施する目途はたっていない。

MCA レポートによれば、短期計画により Nacala Dam からの水供給は現在の 7,200 m³/日から 10,000 m³/日に増加する⁵。しかし、持続可能な水供給の増分が 2,800 m³/日であるのに対し、長期計画による新規浄水場の施設能力の半分（25,000 m³/日）及び長期計画による送水量 50,000 m³/日をあらかじめ見込んだ新規送水管約 30 km の建設を含む計画となっている。すな

⁴ MCA レポートでは reduced reliability とされている。

⁵ MCA レポートでは Nacala Dam による持続可能な水供給を 10,000～12,000 m³/日と記述しており、計画値として 10,000 m³/日を採用している（98% reliability）。一方、FIPAG 資料には 12,000 m³/日と記載されている（表 8.4 参照）。

わち、引き続き長期計画を実施することが前提となっており、短期計画のみではフィージビリティが低いと考えられる。

表 8.6 ナカラポルト市の上水道整備計画 (by MCA, 2010)

Component	Short-term (by 2019)	Long-term (by 2029)	
		Alternative: Monapo River	Alternative: Sanhute River
Surface Water Source	Nacala Dam 10,000 m ³ /day	Nacala Dam 10,000 m ³ /day Monapo Dam 40,000 m ³ /day	Nacala Dam 10,000 m ³ /day Sanhute Dam 40,000 m ³ /day
Water Intake and Water Conveyance Main	One Pumping Station at Nacala Dam Raising Main, ND900, 250 m	One Pumping Station at Monapo Dam Two Booster Pumping Stations ND800, 35.5 km Two Pumping Stations at Nacala Dam Raising Main, ND900, 250 m	One Pumping Station at Sanhute Dam ND800, 8.0 km Two Pumping Stations at Nacala Dam Raising Main, ND900, 250 m
Water Treatment Plant (WTP)	Slow Sand Filter 25,000 m ³ /day	Slow Sand Filter 50,000 m ³ /day	Slow Sand Filter 50,000 m ³ /day
Water Transmission Main	ND900 27.35 km from WTP to R1/R2	ND900 27.35 km from WTP to R1/R2	ND900 27.35 km from WTP to R1/R2
Water Distribution Mains and Reservoirs	Primary Water Distribution Network, 84.8 km 3,000 m ³ Grade, One Reservoir at R0 1,500 m ³ Grade, One Reservoir at R1/R2	Primary Water Distribution Network, 195.9 km 3,000 m ³ Grade, One Reservoir at R0 1,500 m ³ Grade, Two Reservoirs at R1/R2 5,000 m ³ Grade, One Reservoir at R3/R4 1,500 m ³ Grade, Two Reservoirs at R6	Primary Water Distribution Network, 195.9 km 3,000 m ³ Grade, One Reservoir at R0 1,500 m ³ Grade, Two Reservoirs at R1/R2 5,000 m ³ Grade, One Reservoir at R3/R4 1,500 m ³ Grade, Two Reservoirs at R6

出典： MCA-Mozambique, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water (2010)

(3) ナカラヴェーリャ郡

ナカラヴェーリャ郡の総人口は 118,911 人（2015 年）である。そのうち市街地の人口は 19,553 人であり、上水道サービスを提供されている人口は 5,600 人である。その他、郡には 188 か所の井戸があり、これらによる給水サービスを提供されている人口は 38,176 人（総人口の 37%）である。市街地には、FIPAG の要請により Vale 社が建設した Nacala Dam からの送水管により水供給が行われている。ナカラヴェーリャ郡当局は、新規の送配水管（15 km）、配水池（100 m³）、高架タンクへ揚水するポンプ等を含む計画を提案のうえ、FIPAG と協議している。FIPAG は、2016 年 6 月までに、ナカラポルト市とナカラヴェーリャ郡の上水道システムを統合して一元管理する予定である⁶。なお、ナカラヴェーリャ郡の水需要について情報は得られなかった。

8.3 海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性

8.3.1 水需要予測

PEDEC-Nacala によれば、将来の開発地域である「Nacala Bay Area」は、ナカラポルト市及びその南に隣接する Mossuril District の Matibane 地区、ナカラヴェーリャ郡及びその北に隣接する Memba

⁶ 世銀支援による IGPP の Project Appraisal Document に借款供与条件の一つとして記載されている。

District の Memba-sede 地区を含む地域と想定されている。Nacala Bay Area における 2035 年の人口は 927,100 人、工業地区の面積は 1,000 ha と予測されている。また、2035 年の水需要は、一般世帯・事業所等が 158,827 m³/日、工業地区が 185,000 m³/日、合計 343,827 m³/日と予測されている（表 8.7 参照）。

表 8.7 PEDEC-Nacala による Nacala Bay Area の人口・工業地区面積予測及び水需要予測(案)

人口及び工業開発面積の予測

	2017	2025	2035
Population (person)	387,600	579,000	927,100
Industrial Area (ha)	300		1,000

水需要予測 (m³/日)

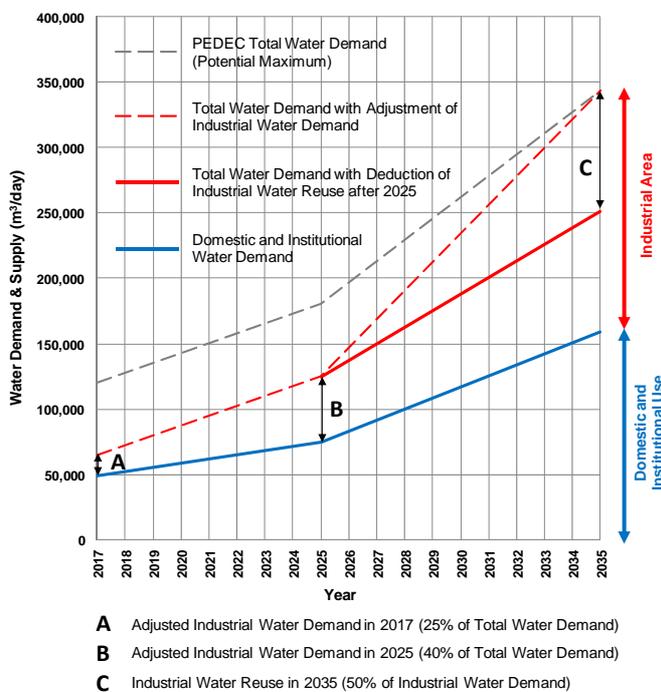
	2017	2025	2035
Domestic and Institutional Use	48,685	74,983	158,827
Industrial Area	71,500	105,500	185,000
Total	120,185	180,483	343,827

注：Limited Supply Areas, 80% for Urban Population のケースを参照している。

出典：PEDEC-Nacala

PEDEC-Nacala の水需要予測において、工業地区の面積はポテンシャル最大を想定したものと考えられる。一方、FIPAG Nacala による現状の工業用水供給量は水供給量全体の 22% (2015 年) であることから、この値を参考として 2017 年、2025 年の工業用水需要をそれぞれ水需要全体の 25%、40% として水需要予測を修正する。

また、基幹インフラ（港湾、道路、電力）の整備により工業開発が本格化する時期を 2025 年、それ以降は工業用水のリサイクルが行われ、2035 年にリサイクル率が 50% に達する想定とする（図 8.6 参照）。



出典：調査団

図 8.6 Nacala Bay Area の水需要予測

8.3.2 水資源開発

今後の Nacala Bay Area における水需要予測に対応するための水資源開発についての考察は次のとおりである。

1) Nacala Dam (expansion) + Sanhute River

MCA で計画された以下の計画を統合して実施することにより、現在の Nacala Dam による施設能力を 7,200 m³/日から 52,000 m³/日⁷に増加することが考えられる。すなわち、MCA プロジェクトの未実施部分を含めた長期計画をひとつのプロジェクトとして実施するものである。

- Nacala Dam のリハビリ (洪水吐き天端嵩上げによる貯水容量増加：実施済み)
- Sanhute Dam 建設及び Sanhute Dam から Nacala Dam に至る導水施設の整備
- Nacala Dam 取水施設、浄水場、Nacala Bay Area に至る送配水施設の整備

第 1 段階調査 (国内作業) での文献情報として得られた、ナカラ近郊の河川におけるダム建設とは、Sanhute Dam 建設を指すものと考えられる。Sanhute Dam 建設はナンプラ州の優先プロジェクトリストに掲載され、PPP 事業として実施が検討されている。その内容は概ね上記と同様と推測される⁸。ARA Centro-Norte によれば、2014 年に DNA は Jeffares & Green 社 (南ア) と PPP 事業のコンセッション合意を締結したが、その後の進捗状況について情報はないとのことであった。

Sanhute Dam については、計画水供給量 40,000 m³/日を確保できるかどうか焦点である。前節 8.2.1 に記述したとおり、Sanhute River は年間のうち 6 か月以上は流量のない季節河川である。したがって、ダム貯水池に雨季の河川流量を貯留することで、乾季にも 40,000 m³/日 (0.46 m³/s) の水供給を持続的に行うことができるよう、ダム貯水池の容量を確保しなければならない。

MCA レポートでは Sanhute Dam について詳細な検討は行っていない。近傍の Nacala Dam についての記述を参照すると、Nacala Dam 上流側の流域面積は 136.8 km²、ダム嵩上げ後、乾季にも持続可能な取水量は概ね 12,000 m³/日となっている。これは MCA レポートとは別途、Nacala Dam のリハビリに係るフィージビリティ調査により、詳細検討が行われた結果であることがうかがえる⁹。Sanhute Dam についても同様の詳細検討が必須である。

Sanhute Dam 候補地点 (流量観測地点 E196) 上流側の流域面積は 490.1 km²である。これは、Nacala Dam 上流側の流域面積の 3.6 倍に相当する。すなわち、概略的には年間流量も 3.6 倍と推定される。ダム貯水池が必要なため乾季にも持続可能な取水量が単純に 3.6 倍になる訳ではないが、地形的に相応の貯水容量が確保できるサイトが近傍に存在すれば、40,000 m³/日の水供給を行うことができる可能性がある。

2) Niequei River

Niequei River の流量観測地点 (E379) 上流側の流域面積は 594.7 km²である。MCA レポートによれば、この地点では塩水遡上があること、地形が平坦でダム貯水池の適地ではないことから、上水道水源の代替案から除外された。一方、ARA Centro-Norte によれば、Sanhute Dam 建設の PPP 事業に付随して Niequei Dam が再検討されているとのことであった¹⁰。

⁷ MCA レポートの長期計画による施設能力は 50,000 m³/日であるが、ここでは FIPAG の情報に基づき、Nacala Dam リハビリによる施設能力を 12,000 m³/日、Sanhute Dam による増分を 40,000 m³/日、合計 52,000 m³/日とした。

⁸ 2016 年 3 月 JETRO ヨハネスブルク事務所作成「モザンビーク北部の都市給水システム及び投資計画」にも関連する記述がある。

⁹ Nacala Dam Feasibility Study, Environmental and Social Impact, Assessment, Design and Supervision, Volume 5 Environmental Impact Assessment Report, July 2010

¹⁰ 2015 年 12 月 JETRO ヨハネスブルク事務所作成「下水・排水セクター及び水資源開発の開発状況」にも関連する記述がある。

3) Monapo River

MCA レポートの長期計画では、上水道水源の代替案として Monapo Dam と Sanhute Dam の二案が併記されている。一方、Nacala Bay Area の中長期的な水需要増加に対応するためには、Sanhute Dam が実現される場合でも、さらに Monapo River を上水道水源として利用することが考えられる。MCA レポートでは、Monapo Dam による計画水供給量を 40,000 m³/日としているが、河川流域のスケールを考慮すると、さらに規模の大きい上水道水源として開発できる可能性がある。

Monapo River は流域面積 7,724 km² を有する。流量観測地点 E140 (6,000 km²) における 12 月～5 月の月別平均流量は 50～170 m³/s と豊富であるが、乾季には極端に流量が少なくなる (前掲の表 8.2 参照)。また、MCA レポートでは、乾季の 2 か月に流量がほぼゼロとなることが示唆されている¹¹。したがって、Monapo River を上水道水源として利用するためには、乾季にも持続的に水供給が行えるだけの貯水容量を有するダム貯水池が必要である。

MCA レポートでは、Monapo Dam について詳細な検討は行っていないが、その主な難点として、ダム候補地点の地形が平坦であるため、ダム堤頂長が 1.6 km と非常に長くなることを指摘している。

一方、Monapo River では他の用途による利水が進んでいると見られる。主なものとして以下が挙げられる。

- ナンプラ市上水道： 既存 Monapo Dam¹² はナンプラ市の約 10 km 北に位置している。MCA により取水・浄水施設が整備され、施設能力は 20,000 m³/日となった。また、既存 Monapo Dam の約 8 km 下流に新たなダム (Saua Saua Dam) を建設することで、施設能力を 60,000 m³/日まで増加する事業が検討されている。この事業はナンプラ州の PPP 投資計画 2015-2020 に掲載されている¹³。
- かんがい： ナミアロ付近で民間のバナナ農園が独自にダムを築造して取水している¹⁴。
- 鉱山： Vale 社は、モナポでリン鉱石を採掘し、ナカラでリン酸 (肥料の原料) を生産するプロジェクトを計画中である。モナポはナカラから南西に約 70 km 離れており、既存の鉄道によりリン鉱石をナカラまで輸送することが計画されている。また、モナポのリン鉱石採掘サイトの近くにはモナポ川が流れていることから、ここにダムを造って取水し、ナカラのリン酸化学工場まで水を鉄道輸送もしくはパイプラインで送水することが併せて計画されている¹⁵。

したがって、Monapo River を上水道水源として利用するためには、流域全体の水資源評価、現在及び将来の水利用・水需給バランスの分析に基づく総合的な水資源管理計画策定を通じて、その可能性をより具体的に検討すべきである。

¹¹ Google Earth の衛星写真より、2005 年 12 月上旬に Monapo River の河川流量が枯渇していたことがうかがえる。

¹² MCA レポートに記載される Nacala 上水道水源の代替案としての Monapo Dam とは異なり、Monapo River の最上流域に位置する。

¹³ 2016 年 3 月 JETRO ヨハネスブルク事務所作成「モザンビーク北部の都市給水システム及び投資計画」

¹⁴ ナカラ回廊経済開発戦略策定プロジェクト 詳細計画策定調査報告書 2012 年 1 月

¹⁵ その後、プロジェクトは中断となっている。

4) Mecuburi River

ARA Centro-Norte は Mecuburi River (流域面積 8,925 km²) を将来の Nacala Bay Area の上水道水源のひとつと想定している。また、2014 年 11 月の FIPAG によるプレゼンテーション資料「ダムによる都市上水道整備の強化 (BARRAGENS NO REFORÇO DOS ABASTECIMENTOS URBANOS)」には、Sanhute Dam と並んで Mecuburi Dam が示されている。ARA Centro-Norte によれば、Mecuburi River から Nacala Bay Area への導水距離は約 80 km とのことであるが、ダム貯水池・取水地点及び導水ルートについての情報は確認できなかった。

Google Earth で Mecuburi River の衛星画像を見ると、下流区間は網状河川であり取水地点の選定が難しい。また、取水地点の適地が中流域に存在する場合でも、河川と流域界との標高差が大きく、導水ルートの選定が極めて難しくなると考えられる。また、Monapo River と同様、総合的な水資源管理計画策定が必要である。

5) Lurio River

Lurio River は流域面積 60,800 km² を有する ARA Centro-Norte 管轄区域で最大の河川である。ナンプラ州の優先プロジェクトリストには、Lurio River からの導水が長期計画として掲載されている。この計画は、Nacala Bay Area から約 170 km 北西の Lurio River 取水地点から、延長 56 km のトンネルで Mecuburi River へと導水し、その約 110 km 下流の取水地点から延長 60 km の開水路で Nacala Bay Area まで導水するという計画である。これによる水供給は 518,000 m³/日である。

一方、これだけ大規模な事業を 19 年後の 2035 年までに実施・供用開始するのは、技術面・資金面において多大な困難が予想される。

また、DNA は、世銀支援による Mozambique National Water Resources Development Project において、Strategic Basin Plan for the Utilization and Development of the Lurio River Basin の策定に係るコンサルタント調達を実施した (EOI 提出期限は 2013 年 2 月 26 日)。Lurio River 導水計画については、Strategic Basin Plan の中でその位置づけを明確化したうえで、具体的な検討に進むべきである。

6) 地下水

ナカラヴェーリャ郡では、従来の水源であった井戸が全て塩水化して使えなくなる事態が発生したことから、世銀支援による IGPP では井戸の塩水化を防ぐ方策の検討が行われることとなった。したが、Nacala Bay Area では IGPP 完成後の 23,000 m³/日から、さらに地下水揚水量を増加することについては慎重を期すべきである。すなわち、地下水は中長期的な水需要の大幅な増加に対応できる上水道水源としては期待できない。

7) 海水淡水化

第 1 段階調査 (国内作業) において、ナカラにおける海水淡水化に関する文献情報が得られた。ナンプラ州の優先プロジェクトリストには、ナカラポルト市への水供給を目的とした海水淡水化が長期計画として掲載されている。一方、現地調査での DNA 及び FIPAG との面談では、海水淡水化について未だ具体的な検討には至っていないとのことであった。

8.3.3 水需給バランス

上述の Nacala Bay Area における水需要予測に対応するための水資源開発についての考察より、現時点で最も確度の高い将来計画は、MCA レポートで提案された Nacala Dam (expansion) + Sanhute Dam であり、次いで Monapo Dam である。ただし、Monapo Dam については、流域全体の水資源評価、現在及び将来の水利用・水需給バランスの分析に基づく総合的な水資源管理計画策定を通じて、MCA レポートで提案されたサイト及び計画水供給量の再検討が必要である。

Niequei River については、その可能性は否定できないが、現時点では確度が不明であり、かつ流域のスケールが小さく、将来の大幅な水需要増加に対応可能な施設能力とはならないことから、ここでは水需給バランスの検討には含めない。

Lurio River 及び Mecuburi River からの流域間導水は大規模プロジェクトである。その実現のための条件は、Strategic Basin Plan for the Utilization and Development of the Lurio River Basin の策定、それを踏まえた計画具体化に基づき、国の政策としてその実施の妥当性が明確化され、かつ北部地域の様々なステークホルダー間での合意形成が図られることである。したがって、プロジェクト開始までのリードタイムとして、その議論に相応の年数を要することを考慮しなければならない。さらに、プロジェクト開始後、取水施設、延長 56 km のトンネル、延長 60 km の開水路の建設にも相応の年数を要する。これらの事項を考慮すれば、現在から 19 年後の 2035 年までにプロジェクトを実施・供用開始できるとは考えにくい。

以上の考察に基づき、2035 年までの Nacala Bay Area に対する施設能力の増加を次のとおり想定する（表 8.8 参照）。

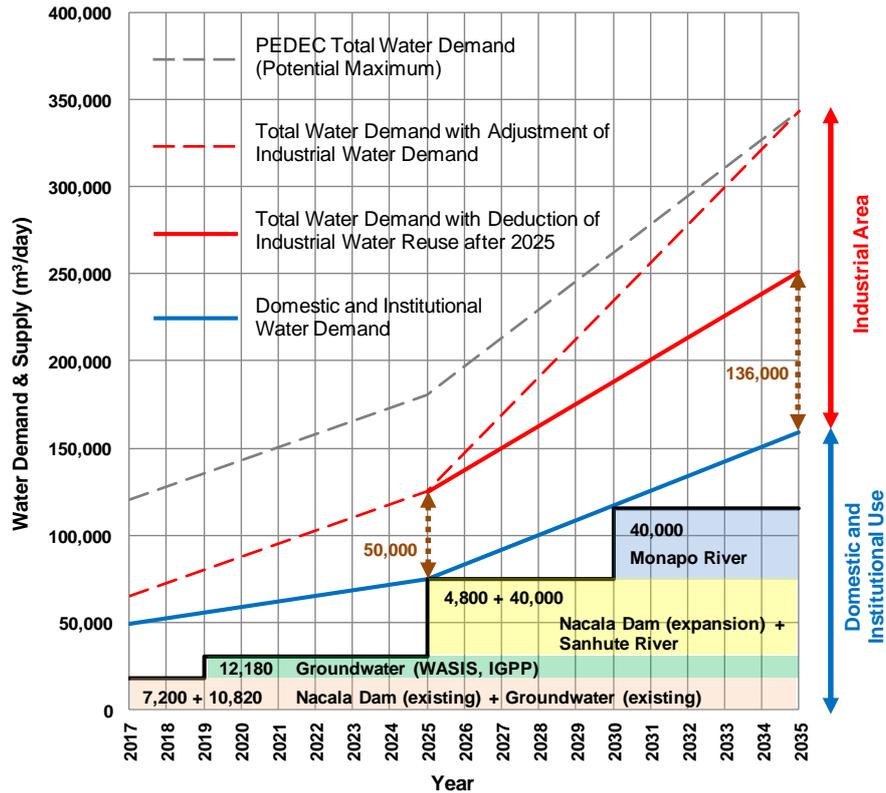
- Nacala Dam (expansion) + Sanhute Dam は、MCA レポートで長期計画として立案されており、整備の対象が概ね明確である。また、PPP 事業として実施の可能性があることから、2025 年までに完成・供用開始と想定する。
- Monapo Dam は、MCA レポートで長期計画として立案されており、整備の対象が概ね明確化されているものの、その妥当性については流域全体の水資源管理計画策定を通じて確認する必要がある。その結果に応じて計画の見直し・変更の可能性はあるものの、現時点では MCA レポートによる計画を採用する。計画の妥当性確認もしくは見直し・変更、その後の実施に要する期間を考慮のうえ、完成・供用開始を 2030 年と想定する。

表 8.8 Nacala Bay Area に対する施設能力増加の想定

Year	Water Source	Volume (m ³ /day)	Accumulated (m ³ /day)
2017	Nacala Dam (existing) + Groundwater (existing)	7,200 + 10,820 = 18,020	18,020
2019	Groundwater (WASIS/IGPP)	12,180	30,200
2025	Nacala Dam (expansion) + Sanhute River	4,800 + 40,000 = 44,800	75,000
2030	Monapo River	40,000	115,000

出典：調査団

水需要予測と施設能力増加の想定を比較すると、図 8.7 に示すとおり、2025 年には 50,000 m³/日、2035 年には 136,000 m³/日の水供給不足となる。



出典：調査団

図 8.7 Nacala Bay Area の水需給バランス

8.3.4 配水網整備及び配水管理・サービス提供

FIPAG Nacala の既存配水網整備及び配水管理・サービス提供には多くの問題点が存在する。FIPAG Nacala より提供されたデータに基づく試算結果を表 8.9 に示す。総人口及び給水人口は FIPAG Nacala による推定値であるが、これらに基づき上水道普及率を試算すると 40%を下回る。世銀支援による WASIS/IGPP により 2014 年には配水量が増加したものの、同時に無収水率が高くなっており、水供給施設の整備に配水網整備が追いついていないことがうかがえる¹⁶。

用途別配水量では、一般家庭用水（Domestic + Standpipe）が 6 割以上を占めている。工業用水は 2015 年に大幅な増加となっており、WASIS/IGPP による配水量の増加が工業用水の増加に寄与したことが示唆されている（表 8.10 参照）。

表 8.9 FIPAG Nacala の上水道事業運営指標

			2013	2014	2015
(1)	Total Population	person	241,912	248,928	256,147
(2)	Population Served	person	94,116	93,281	
(3) = (2)/(1)	Service Coverage	%	39%	37%	
(4)	Total Water Distribution	m ³	2,353,430	3,832,940	3,548,952
(5)	Revenue Water	m ³	1,433,987	1,617,145	1,886,105
(6) = (4)-(5)	Non-revenue Water	m ³	919,443	2,215,795	1,662,847
(7) = (6)/(4)	NRW Ratio	%	39%	58%	47%
(8)	Total Domestic Water Distribution	m ³	1,169,582	1,529,290	1,546,622
(9) = (8)/(2)	Per Capita Consumption	liter/day	34	45	

出典：FIPAG Nacala より提供されたデータに基づき調査団が作成

¹⁶ 2015 年については、FIPAG Nacala のデータで給水人口の推定値が乖離しているため記載していない。

表 8.10 FIPAG Nacala の用途別配水量

	2013		2014		2015	
	m ³	%	m ³	%	m ³	%
Total Water Distribution	1,734,211	100%	2,196,384	100%	2,367,234	100%
Commercial/Service	181,764	10%	197,777	9%	176,116	7%
Domestic	1,112,161	64%	1,469,098	67%	1,482,107	63%
Standpipe	57,421	3%	60,192	3%	64,515	3%
Industrial	247,645	14%	299,986	14%	511,628	22%
Municipal	1,625	0%	1,724	0%	15,477	1%
Public	81,594	5%	101,765	5%	90,476	4%
Bulk Supply	52,001	3%	65,842	3%	26,915	1%

出典：FIPAG Nacala

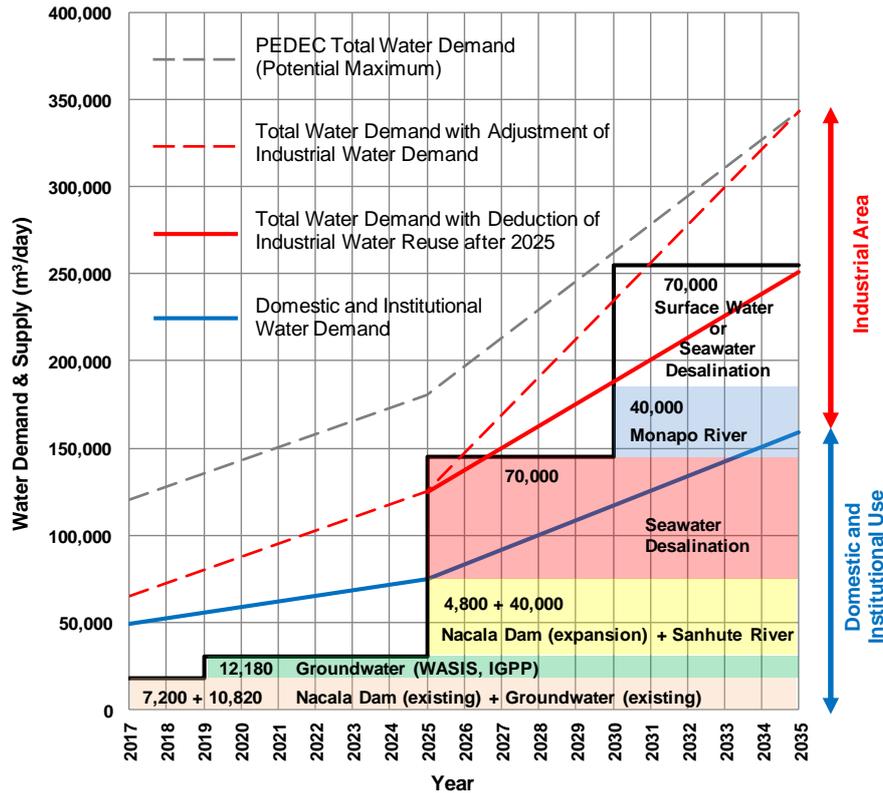
8.3.5 海水淡水化事業の実現可能性

(1) 海水淡水化プラント規模の想定

Nacala Bay Area における中長期的な水需要の大幅な増加を満たすためには、大規模な流域間導水による水供給の増加が必要であるが、その実現には困難が予想される。すなわち、地理的条件により水供給増加の難易度が高いことは、Nacala Bay Area 開発において重大なボトルネックとなる可能性が高い。他の基幹インフラ（港湾、道路、電力）の整備が具体的に進行しつつあることから、Nacala Bay Area 開発の促進に向けて、上水道整備についてのボトルネック解決の具体的な方策を見出さねばならない。

本章でこれまでに考察した事項より、Nacala Bay Area 開発を促進するうえで、その時間軸のいずれかのタイミングで海水淡水化が必要となる可能性は高い。そのタイミングは、現在において具体的に進行しつつある港湾、道路、電力の整備が完成することにより、開発が本格化する時期と予測される。その時期を最速で 2025 年と想定する場合、2035 年までの水需要を満たすためには、一例として以下のような海水淡水化を導入する可能性が考えられる（図 8.8 参照）。

- Sanhute Dam 建設による上水道整備を 2025 年までに完成・供用開始する。
- Nacala Bay Area 域外からの大規模な流域間導水を 2025 年までに完成・供用開始できる可能性は低い。よって、Nacala Bay Area 開発の本格化を促進するうえで、2025 年までに 70,000 m³/日の海水淡水化プラントを導入する。
- Monapo Dam (40,000 m³/日) は 2030 年までに完成・供用開始することが可能と考えられるが、河川流域のスケールを考慮すると、さらに規模の大きい上水道水源として開発できる可能性がある。よって、Monapo Dam については、2035 年までの水需要を満たす開発規模 (110,000 m³/日) として検討する。一方、その代替案として、Monapo Dam (40,000 m³/日) + 海水淡水化プラント (70,000 m³/日) を併せて検討する。両案を比較検討のうえ、最適案を採用する。



出典：調査団

図 8.8 Nacala Bay Area に海水淡水化を導入するシナリオ(例)

(2) 今後の方向性

PEDEC-Nacala による水需要予測は、2035 年までの Nacala Bay Area 開発のゴールを目指した構想に基づくものである。本章では、これに水需給バランスについての時間軸を加味した考察を行った。しかしながら、本章の考察は水資源開発・上水道整備の具体的な提案には至らず、現時点で考えられるその時間軸を提示することで、今後の方向性についての議論の展開に資することを意図したものである。今後、Nacala Bay Area 開発の進行に伴い、具体的な水資源・上水道インフラの整備計画策定を進めるにあたり、水需要予測及び水需給バランスは逐次見直すべきである。

本章の考察のまとめとして、今後の方向性について以下の事項を提言する。

- FIPAG Nacala の上水道整備及び事業運営の改善は喫緊の課題である。現時点では、海水淡水化プロジェクトの実現可能性が高まる条件のひとつである「上水道整備水準が高いこと」を満たしていない。配水網の拡張については、世銀 IGPP（延長 110 km）による整備が予定されているが、これに加え、配水管理・サービス提供の水準向上により、上水道普及率及び人口一人あたりの給水量の増加、無収水率の低減等のため、実効性のある取り組み強化を早急に実施しなければならない。
- FIPAG Nacala では、世銀 IGPP により 2019 年までに地下水源による水供給が 23,000 m³/日となり、既存浄水場による 7,200 m³/日と合わせて、施設能力は 30,200 m³/日となる見通しである。しかし、その後続くべき MCA レポートによる計画については実施の見通しが立っていない。当初提案されていた短期計画のみではフィージビリティが低いことは否めないが、長期計画の Nacala Dam (expansion) + Sanhute River（または Monapo River）により、52,000 m³/

日の施設能力を増加することは、Nacala Bay Area 開発のための基幹インフラ整備に寄与するものである。

- Nacala Bay Area において中長期的に水供給を大幅に増加させるにあたり、Lurio River 及び Mecuburi River からの導水、Monapo River からの導水が代替案として考えられる。これらの代替案については、流域全体の水資源評価、現在及び将来の水利用・水需給バランスの分析に基づく総合的な水資源管理計画策定を通じて、その可能性を具体的に検討すべきである。海水淡水化の必要性については、これら表流水開発との比較検討を経たうえで、結論を出すべきである。
- 上述の表流水開発及び海水淡水化については、これまでに DNA あるいはナンプラ州の PPP 事業リストに掲載されているが、それぞれを単独案件として民間事業者によるプロポーザルに委ねて事業形成することには慎重を期すべきである。大規模な流域間導水を伴う表流水開発は、広域的な自然環境・社会環境への影響が予測されることから、北部地域の様々なステークホルダー間での合意形成が図られなければならない。また、Nacala Bay Area の地理的な制約要因により、海水淡水化は大規模な流域間導水を伴う表流水開発の代替案となりうるが、受益者（特に Nacala SEZ に投資する事業者）の負担増加を伴うことは不可避であり、その説明責任が果たされなければならない。したがって、表流水開発・海水淡水化とも、事業形成及び実施については、政府の責任による判断のもとで進めるべきである。
- 海水淡水化プラントについては、最速 2025 年までに必要となる可能性を考慮して、そのための調査及び施設計画の検討を早急に開始すべきである。その最初の取り組みとして、第 11 章に現地調査及び本章の考察を踏まえた海水淡水化プラントの概略計画について記述する。この概略計画は、提案という位置づけではないが、将来的な計画具体化の可能性を見据えて、主要諸元及びコストについて起案すると共に、現時点で想定される主な課題を整理するものである。

第9章 ナミビア

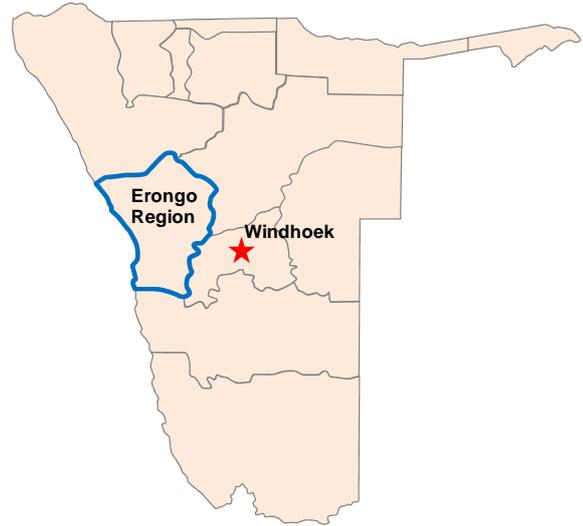
9.1 現地調査対象地域

9.1.1 概要

現地調査対象地域は、ナミビア共和国（以下、「ナ」国）の首都ウィントフックから西に 350 km 離れた沿岸地域（以下「中部沿岸地域」と呼ぶ）である。

中部沿岸地域はエロンゴ州（Erongo Region、図 9.1 参照）に位置する。同地域には「ナ」国第二の人口を有するウォルビスベイ（Walvis Bay）、エロンゴ州の州都であるスワコプムント（Swakopmund）があり、流通、水産加工、鉱物資源、観光などの産業で発展を続けている経済圏である。

中部沿岸地域は、ナミビア水道公社（Namibia Water Corporation: NamWater）のナミブ事務所（Namib Office）が給水業務を担当する範囲と定義する（図 9.2 参照）。



出典：調査団

図 9.1 エロンゴ州の位置



出典：調査団

図 9.2 現地調査対象地域(中部沿岸地域)

9.1.2 社会経済状況

(1) 人口

「ナ」国の人口は、首都ウィントフックのあるコマス（Khomas）州を含む中央高原地帯と北部に集中している。現地調査の対象地域であるエロンゴ州には、全人口の7.14%が居住しており、7番目に人口の多い州である（表9.1参照）。州都であるスワコプムント及びその南に近接するウォルビスベイは、古くから南アフリカ植民地への航海の拠点とされたことで発展を遂げてきた。州内の人口は、州都スワコプムントと港湾都市であるウォルビスベイに、その約70%が集中している。

エロンゴ州の人口は、2001年から2011年までの10年間に年率4.01%で増加し、150,400人（2011年）に達した（表9.2参照）。この人口増加率は他州と比較して高い伸び率であり、その要因はウォルビスベイの港湾開発に伴う「ナ」国人労働力の流入、ウラン鉱山を中心とする鉱山産業での雇用機会、保養地であるスワコプムントでの居住者増加等である。

表 9.1 ナミビア各州の人口

Region	Population		Growth Rate	Share
	2001	2011		
Khomas	250,262	342,141	3.67%	16.19%
Ohangwena	228,384	245,446	0.75%	11.62%
Omusati	228,842	243,166	0.63%	11.51%
Kavango	202,694	223,352	1.02%	10.57%
Oshikoto	161,007	181,973	1.30%	8.61%
Oshana	161,916	176,674	0.91%	8.36%
Erongo	107,663	150,809	4.01%	7.14%
Otjozondjupa	135,384	143,903	0.63%	6.81%
Caprivi	79,826	90,596	1.35%	4.29%
Kunene	68,735	86,856	2.64%	4.11%
Hardap	68,249	79,507	1.65%	3.76%
Karas	69,329	77,421	1.17%	3.66%
Omaheke	68,039	71,223	0.47%	3.37%
Total	1,830,330	2,113,067	0.15%	100.00%

出典：The Namibia Labour Force Survey 2013 他

表 9.2 エロンゴ州の人口

Municipality	Population	Area (km ²)	Density (pop/km ²)
Arandis	10,200	13,490	0.8
Daures	11,300	17,752	0.6
Karibib	13,300	14,521	0.9
Omaruru	8,500	8,425	1.0
Swakopmund	44,700	196	228.0
Walvis Bay Rural	26,900	9,134	2.9
Walvis Bay Urban	35,500	19	1886.2
Total	150,400	63,539	2.4

出典：エロンゴ州ホームページ

さらに2011年から2012年にかけては、ウォルビスベイ港のコンテナヤード開発が着手されたことで、10,000人余りの人口増加が見られた。

(2) 産業

エロンゴ州は、天然資源と観光資源に恵まれており、こうした資源を活用した産業振興が企図されている。特に、天然港を有するウォルビスベイでは、JICAによる物流ハブ構築に向けての支援が実施されていると共に、中国によるコンテナターミナル開発が進んでおり、トランスカプリビ回廊及びトランスカラハリ回廊を通じて、ボツワナ、ザンビア、ジンバブエ等の内陸国の物流・輸出入の玄関口としての位置づけを強化することに重点が置かれている。

1) 物流拠点開発

ウォルビスベイとスワコプムントは、350 km 離れた首都ウィントフックとトランスカラハリハイウェイ及び鉄道で結ばれており、ウォルビスベイ港に揚げられた貨物・コンテナが陸送される。ウォルビスベイ港からの陸送ルートは「ナ」国内に留まらず、ボツワナ、ジンバブエ、ザンビア、コンゴ民主共和国、南アフリカ北部に向かうハイウェイで結ばれている。

ウォルビスベイでは、港の後背地及び市域郊外に統合型物流施設を建設する計画がある。市当局では、統合都市空間開発フレームワーク（Integrated Urban Spatial Development Framework: IUSDF）の中核事業としてこの計画を推進している。市当局は、エロンゴ州で資源、労働力などを廉価に提供できる半面、水、電力などのインフラを安定供給することが難しいことから、電力消費が比較的少ない産業誘致策として、物流ハブ構築を前面に出している。

2) 漁業・水産業

「ナ」国沖合からアンゴラとの国境付近の海域は、寒流と暖流が流れ込んでいることから、豊かな漁場となっており、ウォルビスベイには水揚げされた魚を加工する工場群が立ち並んでいる。輸出産業としての水産業が行われるようになったのは 1990 年代の前半からであり、FAO による Fishery and Aquaculture Country Profile では、水産業に従事する労働者数は 15,000 人、国全体で保有する漁船の数は大小合わせて 20,000 隻弱となっている。また、輸出加工ができる施設はウォルビスベイとリュエデリッツ（Ludelitiz）にあるが、そのほとんどがウォルビスベイに集中している。

主な企業として Pescanova 社、Hangana 社等が操業しており、その多くに欧州資本（スペイン、ポルトガル等）が加わっている。Hangana 社は、自社で 8 隻のトロール船を所有しているほか、地元漁師から買い入れを行い、水揚げされるタラ、ヒラメなどを加工のうえ、冷凍魚や缶詰として欧州、南アフリカに輸出している。地元での消費割合は非常に低く、90%が輸出されている。Hangana 社を含め、「ナ」国全体で漁獲割り当てがあり、その枠内で操業しているため、今後、工場操業規模が拡大することは考えにくい。

3) 鉱山

中部沿岸地域では、1970 年代後半からウラン採掘を中心とした鉱山開発が行われている。スワコプムント周辺には、現在、Rossing、Langer-Heinrich、Husab、Trekkojpe の 4 つのウラン鉱山に加え、計画中のものとして Valencia など複数の鉱山がある（表 9.3 参照）。ウラン鉱山では一般にそれぞれ 10,000 人を超える従業員がおり、山元に住宅が建設されているケース（Rossing）を除いて、スワコプムントまたはウォルビスベイからバスで送迎されている。

表 9.3 代表的なウラン鉱山とその操業状況

鉱山	開発事業者	概要
Rossing	Rio Tinto	Rio-Tinto により開発され、1976 年に生産を開始した。この地域のウラン鉱山として最も古い。年間 4,000 トン前後の U3O8 を生産している。
Langer-Heinrich	Paladin	豪州の Paladin Energy Ltd. による開発が進められており、埋蔵量など将来性が高いウラン鉱山と考えられている。生産量は 2012 年以降、年産 2,000 トン前後で推移している。
Husab	Swakop Uranium	当初、豪州、カナダなどの企業により探鉱が進められてきたが、2012 年に中国の広核集団が投資、オーナーとなったことで、中国向けウラン鉱山として開発が進められている。2016 年後半から生産を本格化すると見られている。年産 6,800 トンが可能な埋蔵量があると見込まれており、2016 年末の操業開始に向けた建設が大詰めを迎えている。
Trekkojpe	Areva	フランス Areva 社により探鉱が進められ、2011 年にパイロットフェーズでの生産（435 トン）を行い、技術的にウラン精鉱が可能であることを確認した。しかし、ウラン市況の悪化に伴って設備を全て保全する Care & Maintenance という状態に置かれたまま、現在に至っている。

出典：各社ホームページ等

この地域の業界団体である Uranium Institute より、ウラン鉱山の動向について次のとおり説明があった。

2008年の資源価格下落、2011年の福島原発事故以降の原子力発電の稼働停止などを受けて、ウラン市況は下落している。一方で最近の需給バランスはタイトになってきており、2017年から2020年頃の市況回復を見込んでいる。Husab 鉱山については、中国が自国原子力発電の燃料確保のために、国際価格の動向と関係なく開発を継続している。Rossing と Langer-Heinrich の二つの鉱山は、既に一定の操業実績及び収益があるため、新規操業予定の鉱山に比してウラン生産の損益分岐点が低く、市況が回復しなくとも操業できる状態にある。

9.1.3 開発の動向

(1) 港湾開発

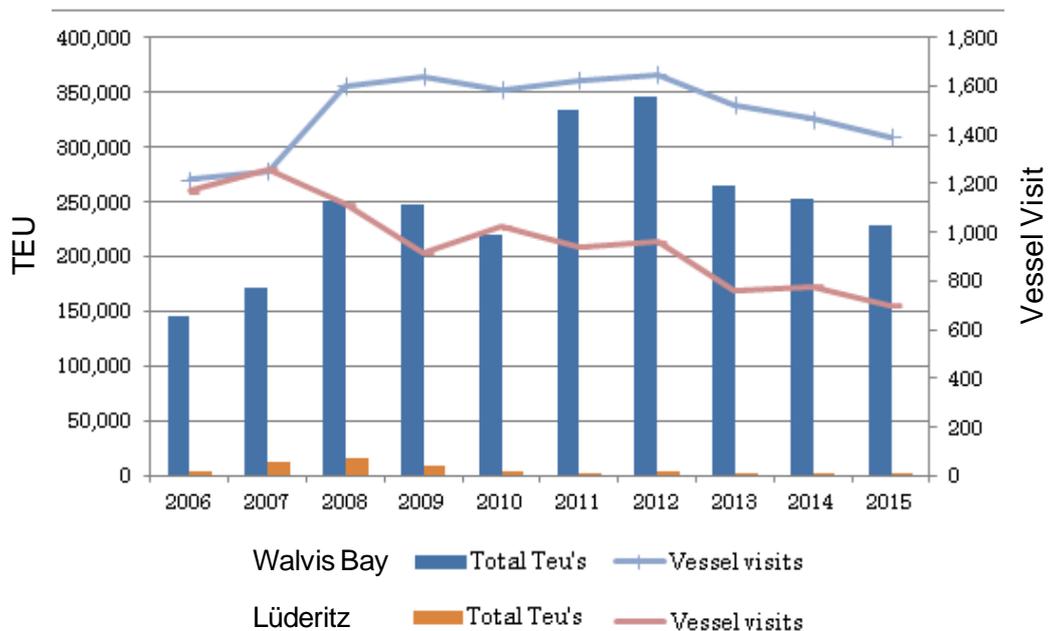
ウォルビスベイ港は、南岸からの海流と Kuiseb 川からの堆積物による砂洲で形成された天然港湾である。エロンゴ州の州都であるスワコプメントと共に、ケープ植民地などへの中継拠点として、主にドイツによって港の整備が行われた。この地域の内陸側はナミブ砂漠に囲まれているが、首都ウィントフックへの幹線道路が整備されており、更に内陸のボツワナ、ザンビア、ジンバブエに向かって延伸している(図9.3参照)。

ウォルビスベイ港は、南部のリューデリッツ港と共に、ナミビア港湾管理局 (Namibia Port Authority: NamPort) によって管理されているが、荷役のほとんどはウォルビスベイ港で取り扱われている (図 9.4 参照)。



出典：Walvis Bay Corridor Group

図 9.3 ウォルビスベイとサブサハラ地域の交通



出典：NamPort 提供資料を基に調査団が作成

図 9.4 港湾取り扱いコンテナ数と入船隻数

NamPort 当局者によれば、リューデリッツ港は、国境が近いため、南アフリカ方面への貨物はむしろ南アフリカに揚げられてしまう傾向があり、取り扱い量が増えないとのことである。一方で、ウォルビスベイ港は、幹線道路を経てウィントフックへの至近港であることに加え、内陸国まで幹線道路が通じていることを優位点に挙げている。

現在、NamPort が現在所有・管理するウォルビスベイ港湾地区の面積は 110 ha、岸壁長はコンテナ船が横付けする 1～3 号埠頭の岸壁長が 505 m、4～8 号埠頭の岸壁長が全長 910 m で、いずれも喫水は 14.5 m を確保している。最大 9,000 TEU クラスのコンテナ船も毎日入港する。

ウォルビスベイ港については、2009 年に JICA によってコンテナターミナルの準備調査が実施されたが、その後、中国港湾工程有限責任公司（China Harbor Engineering Co., Ltd.）によって開発が進められている。また、NamPort は、北部新港として 1,350 ha の埠頭整備によりバルク船の着船を可能とすると共に、ウォルビスベイ港と結ばれる各内陸国を意識し、それぞれの出荷港施設という位置づけで開発を検討している。北部新港の開発は IUSDF にも反映されており、重工業の誘致につながる港湾建設を企図している。ただし、北部新港の建設及びそれに伴う重工業の誘致とも、明確な時間軸は定められていない。

(2) 「貧困・経済格差削減促進計画」におけるウォルビスベイ港の位置付け

2016年4月にガインゴブ大統領が発表した「貧困・経済格差削減促進計画(Harambee Prosperity Plan: HPP)」では、同計画が提示した 15 の具体的目標の一つとして「輸送インフラの向上」を掲げている。この中で、2030年までに国際物流ハブになるため、ウォルビスベイからツメブまでの鉄道整備の完了、ウォルビスベイからの主要幹線道路のアップグレード、ウォルビスベイ港拡張工事の完了などが具体的な戦略として提示されており、ウォルビスベイ港及び周辺インフラの開発が国家的重要戦略として位置付けられていることが分かる。

(3) 都市開発

1) ウォルビスベイ

統合都市空間開発フレームワーク（IUSDF）は、ウォルビスベイ全般の都市開発計画について優先順位を付け、産業開発と人口増加を調和のとれた形で達成するための基本計画として策定されたものである。ウォルビスベイ市は EU からの支援を受けて、2011年11月より都市計画担当部局が計画策定を開始し、2013年に報告書を完成した。報告書は、本体である第一部、その主張根拠となるデータ図面等から構成される第二部で構成されており、2014年末に承認された。

産業の育成に向けた取り組みは、以下のとおりである。

- 健全な事業環境の創造と育成
- 市場ニーズに応じた事業・産業の経営資源の提供
- 事業者にとって信頼できるユーティリティ提供を実現するための改善
- エネルギー効率に優れ、製造プロセスが環境負荷の低い産業・製造業の誘致と事業機会の創造
- 非合法に事業が行われている地区を円滑に市域として取り込み行政下に置く
- 小規模事業者にとっての事業機会創出

IUSDF では、既存のインフラ開発の方向性を想起しつつ、市内を大きく四象限に分け、港湾開発と同期を図りつつ、居住地の確保と整備に取り組んでいる。具体的な産業の誘致・育成

については、物流拠点を設けるほか、Dune 7 と呼ばれる街区に製造業・重工業を誘致し、北部新港開発と連携を図り、産業誘致を進めることが見据えられている。

2) スワコプメント

スワコプメントでは、住宅整備、住環境整備に軸足を置いた開発計画が立案されている。最近公表されている開発計画は、「5 YEAR PLAN 2011-2015」である。この計画は、Strategic Plan 2011-2015 の実施結果のフィードバックと題されており、地域開発計画と言えるウォルビスベイの IUSDF とはやや位置づけを異にしている。開発計画には、人口増加、産業誘致に関する検討は少なく、低所得者向け住宅の整備等の記述に限られる。

(4) 産業誘致に関する組織と役割

1) Namibia Export Processing Zone (EPZ) Corporation

この組織は、ウォルビスベイに限らず、輸出指向産業のナミビア国内での新規投資を促すために設立された組織であり、登録企業に対して輸出指向産業としてのインセンティブを提供してきた。一方、物理的な区画に輸出指向産業を集約した開発は行っていない。また、EPZ は今年中に解散する見込みであり、この制度を通じた投資誘致は今後行われたい方針となっている。

2) Walvis Bay Corridor Group

ウォルビスベイ回廊協会 (Walvis Bay Corridor Group: WBCG) は、ウォルビスベイ市当局を中心に商工会議所、物流関連企業などを会員として組織された団体である。WBCG はウォルビスベイ港を中心に輸出産品の開発を指向するとともに、同港を出口とする回廊開発に取り組むことで、内陸国の輸出機会を拡大することをミッションに掲げている。構成会員は表 9.4 のとおりで、ザンビア、ボツワナ、南アフリカなどからの輸出貨物の獲得を狙って、それぞれの国に事務所を構えている。WBCG は、SDI (Strategic Direct Investment) Programme と称する投資家向けの窓口サービス、回廊沿いの税関施設で使用される書式共通化などの作業合理化、Wellness Service と称する長距離トラック運転手の福利厚生事業などを実施しており、その活動は、会員企業からの出資金及び投資を検討する企業からの調査受託による収入で維持されている。

表 9.4 Walvis Bay Corridor Group のメンバー

Category	Organization
Business Association	Namibia Logistics Association
	Walvis Bay Port Users' Association
	Container Liners Operation Forum
	Namibia Transporters Association
	TransNamib Holdings Ltd.
Local Authority	Walvis Bay Municipality
	Namibian Ports Authority
	Roads Authority
Central Government	Ministry of Home Affairs and Immigrations, Dept of Immigrations
	Ministry of Works and Transport, Dept of Transport
	Ministry of Finance, Dept of Customs and Excise
	Ministry of Trade and Industry, Namibia Investment Centre

出典：Walvis Bay Corridor Group ホームページ

9.2 水資源管理及び上水道整備状況

9.2.1 水資源管理及び上水道セクターの実施体制

(1) 法制度

「ナ」国の水資源管理法（Water Resources Management Act, 2013）では、水資源の管理・保全・開発・利用・維持、水サービスの規制・監視及び付帯事項を規定している。また、水資源管理体制の大枠として、農業・水・森林大臣（Minister of Agriculture, Water and Forestry）が統合水資源管理計画を作成すること、同大臣の水資源管理に関する水諮問会議（Water Advisory Council）を設立すること、全国の水道事業実施者を監督する水規制委員会（Water Regulator）を設立することなどが謳われている。

統合水資源管理計画（Integrated Water Resource Management Plan, August 2010）は、水資源管理法に基づいて作成されたもので、National Water Policy White Paper 2000、Water Supply and Sanitation Policy 2008 を原型としている。同計画では、国全体の水資源管理に係る現状の問題点の分析に始まり、水需要を満足するための水資源開発、水資源保全のためのデータ管理、制度、人材育成、住民参加など必要な施策についての方針が述べられている。

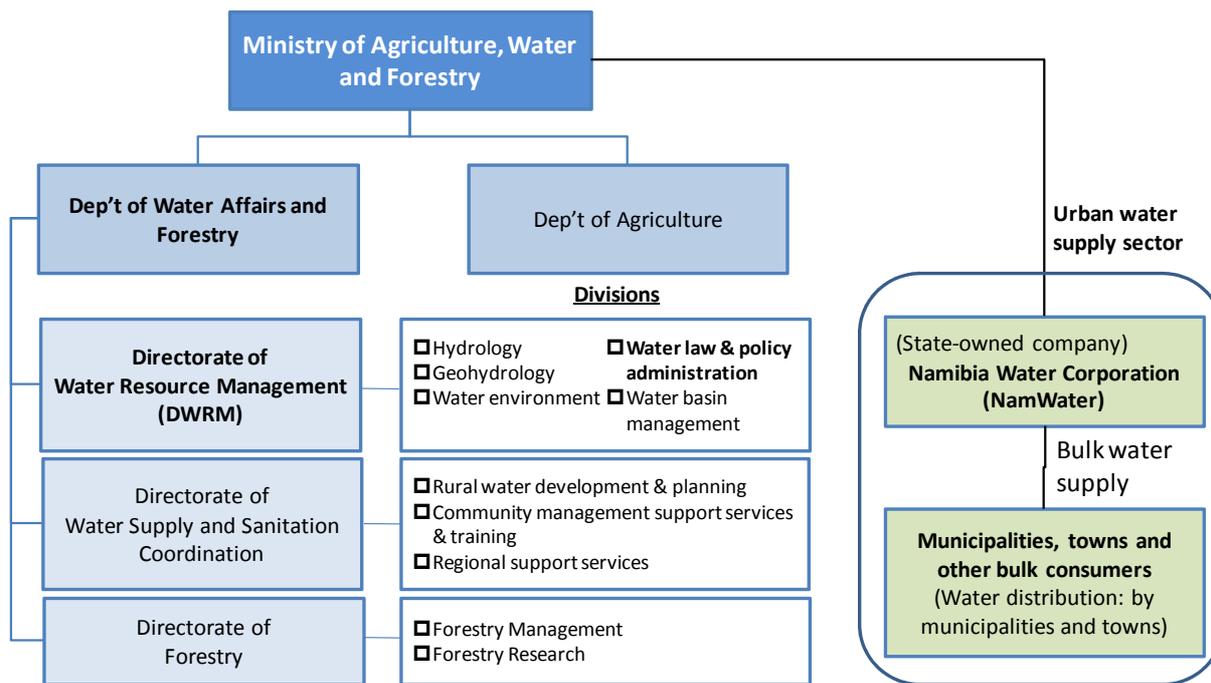
「ナ」国では地下水の生活用水としての利用に制限はないが、1956年のWater Actにより、井戸の登録が義務付けられている。工業用水としての利用も制限されていないが、同じくWater Actにより農業・水・森林省（Ministry of Agriculture, Water and Forestry: MAWF）による許可制となっている。

(2) 組織

上水道セクターはMAWFの管轄下にある。MAWFには、農業・地域開発局（Department of Agriculture and Rural Development）及び水・森林局（Department of Water Affairs and Forestry）の2局がある。水・森林局には、水資源管理部（Directorate of Water Resource Management: DWRM）、給水・衛生部（Directorate of Water Supply and Sanitation Coordination）、森林部（Directorate of Forestry）がある（図9.5参照）。これらのうち、農業用、生活用、工業用などあらゆる用途の水利用を管理しているのがDWRMであり、給水・衛生局は地方部の給水を担っている。

都市部への水供給は、政府が100%の株式を保有するナミビア水道公社（Namibia Water Corporation: NamWater）と各自治体が担っている。NamWaterは水源の確保及び自治体に対するバルク給水を行い、自治体は自らが整備・運営を行う配水施設を通じて、一般市民や事業所等への給水を行っている。また、NamWaterは、港湾や鉱山を含む大口産業需要者へのバルク給水も行っており、その場合はユーザーへの配水において自治体の介在はない。水源の確保はNamWaterの所管ではあるが、表流水や地下水の取水許可・制限はDWRMの権限である。また、海水淡水化を行うための海水取水についてもDWRMからの許可が必要である。

MAWFのNamWaterに対する監督機能は曖昧であり、省内にNamWaterの事業成果や活動を監督・評価する組織は今のところ特別に設けられていない。MAWFは2013年の水資源管理法で提案されている水規制委員会（Water Regulator）の設立を進めており、同委員会がNamWaterを含めた全国の水道事業者の監督機関として、活動の監督・評価や必要な指導を行うほか、水道料金の承認機能も担うことになる。



出典：調査団

図 9.5 「ナ」国における水資源管理及び水道分野の組織体制

(3) NamWater

NamWater は 1997 年の水道公社法（Namibia Water Corporation Act）により設立され、同法によって「ナ」国の都市部に対してバルク給水を行う役割を担っている。NamWater は、総裁（Chief Executive Officer: CEO）以下、4 つの部門からなり、約 600 人の職員を有する（図 9.6 参照）。このうち、給水業務を直接行っている給水部（Water Supply）は、南部（South）、中部（Central）、クベライ地域（Cuvelai）の 3 つの支部に分かれ、それぞれ二つの地方事務所が現場を管理している。また、給水部には各支部とは独立した維持管理部（Maintenance）があり、各支部・事務所の維持管理をサポートしている。



出典：NamWater

図 9.6 NamWater の組織図

各支部・事務所は日常の給水業務に専念しており、施設の計画・設計には直接関与していない。全国の計画・設計業務は本部の計画設計・研究部 (Engineering & Scientific Services) が担っている。

9.2.2 既存水源と送水施設(バルク給水施設)

(1) 概要

NamWater ナミブ事務所が利用している主な水源は、Omaruru 川及び Kuiseb 川の伏流水を井戸から取水しているものである。伏流水の水質は良好で、塩素消毒のみを施して飲用水として供給されている。また、3 か所のウラン鉱山に対しては、原子力産業大手の Areva 社 (仏) が保有する海水淡水化プラントより NamWater が水を購入、各鉱山に送水・転売している (図 9.7 参照)。

NamWater からバルクユーザーへの販売単価は、各ユーザーへの浄水・送水に係る実コストをもとに算定されている。したがって、単価の高い海水淡水化プラントからの水は鉱山にのみ送水され、ウォルビスベイ市やスワコプムント市などの一般ユーザーに対しては原則として伏流水により給水されている (表 9.5 参照)。

表 9.5 中部沿岸地域のバルク給水ユーザー

Bulk User	Water Use (2015)		Water Source	Remarks
	(m ³ /year)	(m ³ /day)		
Municipality & Industry				
Walvis Bay ^{*1}	6,198,034	16,981	Kuiseb River	
Namport ^{*1}	203,182	557	Kuiseb River	
Small Consumers (Kuiseb) ^{*2}	279,555	766	Kuiseb River	
Swakopmund ^{*3}	4,601,684	12,607	Omaruru River	
Henties ^{*2}	577,084	1,581	Omaruru River	
Arandis ^{*2}	480,000	1,315	Omaruru River	
Small Consumers (Omdel) ^{*4}	201,706	553	OmaruruRiver	
Mines				
Rossing ^{*2}	2,715,634	7,440	Wlotskasbaken Seawater Desalination	
Langer-Heinrich ^{*2}	1,438,964	3,942	Wlotskasbaken Seawater Desalination	
Husab ^{*2}	1,661,000	4,551	Wlotskasbaken Seawater Desalination	Individual ground water use permitted before commencement of mining operation in earth 2016
合計	18,284,102	50,094		

注： 2015 年の消費水量については、NamWater より提示された値と各ユーザーより提示された数値に差異があったが、料金を支払ったユーザー側のデータを上位にとることとした。

*1: ウォルビスベイ市の購入水量データより

*2: NamWater の調査団に対するプレゼンテーション資料より

*3: スワコプムント市の購入水量データより

*4: スワコプムント市の購入水量データと NamWater プレゼンテーション資料内のスワコプムント市に対する販売水量データの差異として調査団が算定

出典：上記の*1 から*4 のとおり

しかし、近年の少雨により Omaruru 川からの取水量が MAWF より制限されたことから、NamWater は緊急対応として、2015 年 11 月から 2016 年 2 月の間、スワコプムント市に海水淡水化プラントからの給水を行った。この 4 カ月の間、Areva 社は 300,000 m³/月を伏流水と同等の単価で NamWater に販売し、NamWater はスワコプムント市に対して従来と変わらない単価でバルク給水を行った。しかし、12 月から 2 月は海水淡水化プラントからの市民向け送水量が 300,000 m³/月を超えたため、その超過分については NamWater のバルク給水に逆ザヤが生じることとなった。



出典：NamWater

図 9.7 中部沿岸地域の水源及びバルク給水システム

(2) 水源

水源の利用可能量は MAWF からの許可によって定められている。この許可は降雨量すなわち地下水涵養量をもとに MAWF が検討しているため、NamWater は毎年同じ水量を取水できるとは限ら

ない。許可は毎年更新されており、NamWater ナミブ事務所によると、不定期ではあるものの、11月に翌年の利用可能量が定められるのが通常とのことである。

海水淡水化プラントからの水供給量は NamWater と Areva 社との合意によるものであるが、売買単価を決めるための便宜的なものである。すなわち、現在の 5 百万 m³/年（プラント稼働率 25%）は水需給の見直しに応じて見直すことが可能であり、NamWater 及び Areva 社の両者より、2016 年末には 50% または 60% の稼働率まで合意水量を引き上げる可能性が調査団に示唆された。

水源の水質は Omaruru 川の地下水が「ナ」国の飲用水質基準で「多少の健康被害リスクがある」とされる C ランクに該当することがある。しかし、硬度が B ランクの基準である 650 mg/L を時折超える程度であるため、健康被害に直接結び付くような問題ではない。Wlotskasbaken 海水淡水化プラントの水質は不明であるが、通常の運転管理を行ってれば B ランクを下回る水質となることは考えにくく、調査団が現場を視察した限り、運転管理に特段の問題があるようには見えないことから、飲用水として適正な水質が保たれているものと推察される（表 9.6 参照）。

表 9.6 NamWater ナミブ事務所が利用している水源

Water Source	Usable Volume (2015) ^{*1}		Location	Water Quality ^{*2}	Remarks
	(m ³ /year)	(m ³ /day)			
Omaruru River	4.6 million	12,600	60km north of Swakopmund	B (or C, due to hardness)	
Kuiseb River	7.0 million	19,180	20 to 70 km south /southeast of Walvis Bay	B	
Wlotskasbaken Seawater Desalination	5.0 million	13,700	30 km north of Swakopmun	- ^{*3}	Capacity 20 million m ³ /year (54,800 m ³ /day)

*1: 地下水の利用可能量は農業・水・森林省より与えられている取水許可水量、海水淡水化プラントの水利用可能量は NamWater/Areva 間の淡水化水売買契約における合意水量である。

*2: 農業・水・森林省が定める「ナ」国水質基準による飲用水の水質分類。「A: Water with an excellent quality」、「B: Water with acceptable quality」、「C: Water with low health quality」、「D: Water with a high health risk, or water unsuitable for human consumption」。飲用水は A または B であることが望ましいとされるが、C の場合でも「Attention should be given to this problem although the situation is not critical as yet.」とされ飲用水として提供は許されている。

*3: 生産水の水質が調査団に提供されず情報なし。

出典：NamWater

(3) 送水施設

NamWater が管轄する送水施設は、ウォルビスベイ市、NamPort、スワコプムント市に送水するための配水池までである。すなわち、配水池の出口にバルクメーターが設置されており、それ以降の管路はそれぞれのバルクユーザーが管理している。

既存送水システムは、Omaruru 川を水源とする北部と Kuiseb 川を水源とする南部に大別される。鉱山に送水している管路を除き、送水管路の多くは 1975 年に建設されたものであり、老朽化の著しいものは徐々に更新されている。当面予定されている更新は、鉄筋コンクリート製で老朽化が著しい北部と南部との融通管路（口径 700 mm）である。

現在、NamWater が管理する送水施設の漏水率は 9% である。ナミブ事務所は、これを 5% まで低減することを目標として、管路の更新と水圧管理の改善を進めていくとのことである。

9.2.3 バルクユーザー

(1) スワコプムント市及びウォルビスベイ市

スワコプムント市及びウォルビスベイ市は、NamWater よりバルク給水を受け、自ら整備して運営・維持管理を行う配水施設を通じて、一般市民や事業所等への給水を行っている。両市の水道担当部署より得られた情報をもとに、各水道事業の概要を表 9.7 に示す。

表 9.7 スワコプムント市及びウォルビスベイ市の水道事業概要

Item	Swakopmund	Walvis Bay	Remarks
Population	44,720 (2011)	79,500 (2011)	Including non-residential population estimated (for Walvis Bay)
No. of Household	14,400 (2011)	25,247 (2011)	
Population Served	100%	100%	
No. of Connection	Approx. 18,000 (As of March 2016)	14,807 Domestic: 13,727 Commercial & Industrial: 1,074 (As of December 2015)	
Water Consumption	3.99 million m ³ *1 (2015)	5.49 million m ³ (2014/2015)	NRW not included
Per Capita Consumption	244 lpcd *2	167 lpcd (90 lpcd for domestic only)	Estimated from water consumption in 2015 and population in 2011 (for Swakopmund)
Daily Duration of Service	24 hours/day	97%/day (3% supply failure due to power outage and pipe break)	
NRW (%)	17%	14.1% (2015)	
Metered Ratio	(Data not made available)	99%	
Water Quality	No problem	No problem	
Total Length of Water Distribution Main	(Data not made available)	430 km	
No. of Staff for Water Supply Service	24	37	
Water Tariff	NAD 7.95/m ³ (2014/2015)	NAD 11.00/m ³ (2014/2015)	Tariff for lowest range of water consumption
Revenue Collection Rate	(Data not made available)	77.50% (2014/2015)	
Revenue	(Data not made available)	NAD 112,501,649 (2014/2015)	

*1: NamWater から得たスワコプムント市へのバルク給水量及び同市の無収水率より調査団が算定

*2: 工業・商業用水も含めた全消費水量を人口で除して求めており、市民が日常生活で使用している水量よりも多い。

出典：上記*1 を除き、スワコプムント市及びウォルビスベイ市

上表に示すとおり、スワコプムント市、ウォルビスベイ市ともに 100% の水道普及率と 24 時間給水を達成しており、サービスレベルは総じて高い。また、無収水率も 20% を下回る水準となっており、配水管理や水道料金の請求業務も高いレベルで運営されていることがわかる。

両市の社会経済的特徴は、大きな差が生じている一人あたり消費水量から推し量ることができる。スワコプムントでは、観光客が宿泊する施設が多く、欧州より移住してきた白人など裕福な人々

が生活していることから、一人あたりの消費水量が 244 L/人/日と多く、我が国の一般世帯とほぼ同等である。ただし、この数字は商業・工業用水も含めた一人あたり消費水量であるため、生活用水のみの消費水量は 3 割程度少ないと推測される。

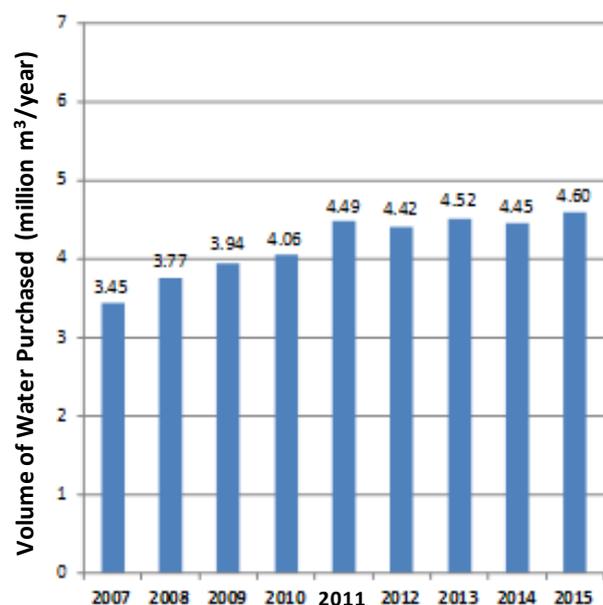
一方、ウォルビスベイでは、港湾、工場、建設現場で働く労働者層が多く居住していることから、一人あたり消費水量は 167 L/人/日とやや少ない。ウォルビスベイでは消費水量の 55%が生活用水、45%が商業・工業用水であることから、生活用水に限った場合の消費水量は 90 L/人/日となる。この数字は、他のアフリカ諸国の都市に比べると多いが特筆するほどでもない。さらに、ウォルビスベイでは地方から出稼ぎにきた労働者の非登録家屋が多く、そのような家屋に居住している人々は、一般世帯から水を分けてもらって生活している。したがって、一人あたりの実質的な消費水量は 90 L/人/日より数十%は少ないものと推測される。

両市を比較すると、スワコプムントの方が人口は少ないものの、水道接続数及び一人あたりの消費水量が多い。これは、ウォルビスベイでは子供が複数の家族構成の世帯が多いのに対し、スワコプムントでは全体的に裕福で子供の人数が少ない世帯、欧州より移住した老夫婦による世帯、さらには宿泊施設・別荘のように人口が張り付いていない施設が多くあるためと考えられる。

1) スワコプムント市

スワコプムント市の水道事業は Engineering Services 部が実施している。同部の General Manager より得た情報より、同市の水道事業について以下のことがわかった。

- 現在の接続数は約 18,000 である。
- 消費水量は最近 5 年間横ばいである (図 9.8 参照)。2011 以降、NamWater からの購入水量は年間 4.42 百万 m³ から 4.60 百万 m³ で推移している。これは、水道料金の値上げにより節水意識が強く働いてきたことによると市当局では考えている。
- 月別の消費水量を見ると、観光のピークシーズンである 12 月に大きな消費水量が発生している。ピーク水量は平均水量の 1.3 倍から 1.4 倍である。観光のピークシーズン以外では 3 月にも平均水量に対して 1.1 倍程度のピーク水量が生じている (図 9.9 参照)。

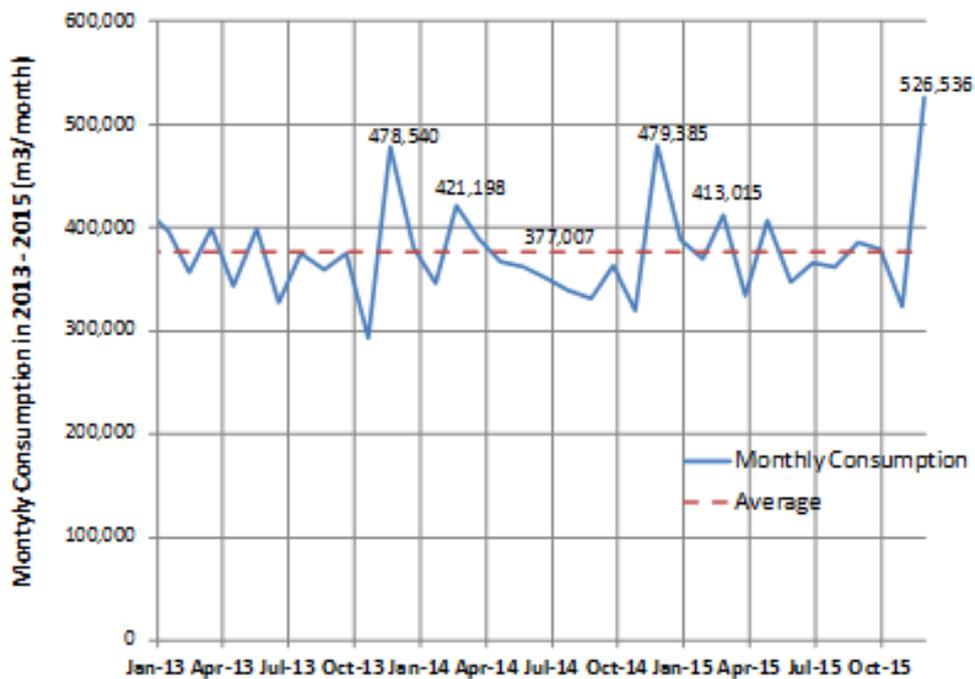


出典：スワコプムント市

図 9.8 NamWater からの年間購入水量(スワコプムント)

- スワコプムント市は下水処理水の 80%を散水などに再利用している。現在、下水処理量は 6,500 m³/日であり、そのうち 5,500 m³/日を再利用し、残る 1,000 m³/日が直接海へ放流されている。再利用のために特別な高度処理を行っているわけではなく、標準活性汚泥法+塩素滅菌を施した後、再生水は専用の管路で市内に供給されている。

- 市内の無収水率は17%である。漏水率は15%程度と推定している。スワコプムント市の自己資金で老朽化した配水管や水道メーターの更新に取り組んでいる。また、遠方監視システムによる水圧監視を行い、水圧管理に役立っている（水圧制御はマニュアル）。



出典：スワコプムント市

図 9.9 月別消費水量(スワコプムント)

以上のように、スワコプムント市は水道普及率、給水継続時間で高い水準に達している。また、漏水削減や再生水の利用による節水にも取り組んでおり、一定の成果が発現している。さらに、断水が頻発しておらず、近年は水需要も増加していないことから、既存水道施設の能力・健全度ともに問題のない状況である。

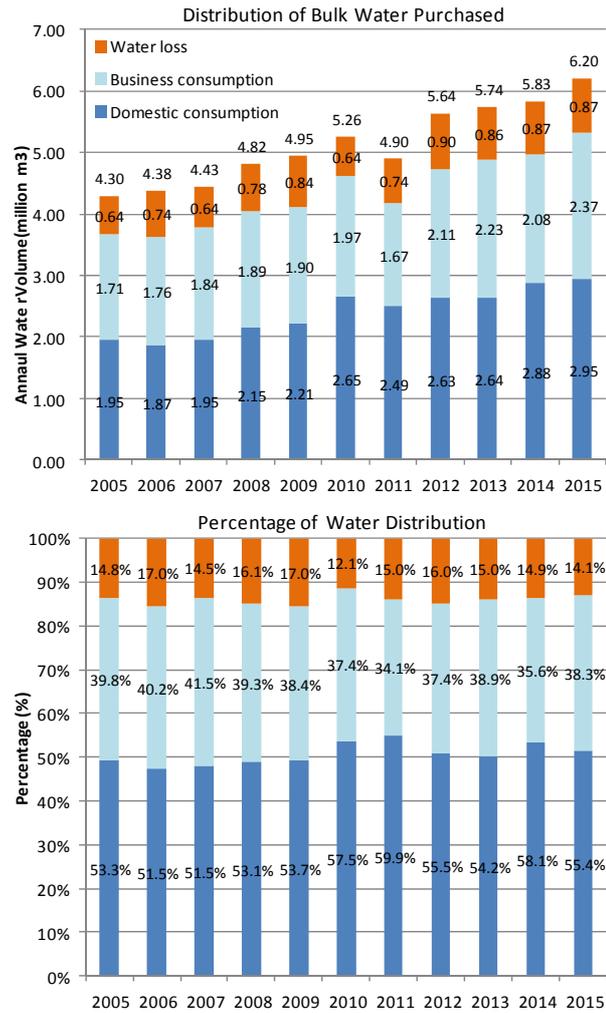
水道料金の値上げが消費水量を抑制しているとの指摘はあるが、漏水率を15%から10%程度まで削減できる余地があるものの、それ以上は節水の余地がないと想像される。したがって、さらなる人口増加や観光業の伸びが生じた場合、消費水量が再度上昇に転じる可能性はあると考えられる。

2) ウォルビスベイ市

ウォルビスベイ市の水道事業は Water & Environmental Management 部が実施している。同部の General Manager より得た情報より、同市の水道事業について以下のことがわかった。

- 現在の接続数は14,807であり、そのうち93%は一般世帯である。
- 2015年のNamWaterからの購入水量は6.20百万m³/年である。購入水量から市内の無収水量を差し引いた実際の消費水量を計算すると5.32百万m³/年である(図9.10参照)。過去10年間、NamWaterからの購入水量の増加率は平均3.73%/年であり、今後も4~5%/年程度で継続すると当局は考えている。

- 近年 15%程度で推移している無収水を除き、生活用水と商業・工業用水の消費水量は、2005 年以降、55:45 の割合でほぼ一定である。商業・工業用水カテゴリで最も多く水を使用しているセクターは水産加工業である。2015 年の水産加工業の消費水量は 1.02 百万 m³/年であり、過去 3 年間はそれぞれ 6.0%、2.3%、4.3%増加している。
- 2011 年、Kuisseb 川が氾濫し NamWater が管理する取水施設が破損した。そのため同年は取水制限が行われたため、NamWater からの購入水量が前年より 9.85%減となった。
- ウォルビスベイでは地方からの出稼ぎ者が多く、そのような出稼ぎ者は正規に登録されている世帯の庭先に小さな家屋を建てて住んでいることが多い。そのような出稼ぎ者は、市の給水を正規登録された世帯を通じて使用している。
- 世帯あたり消費水量については、約 15%の漏水を含めて、表 9.8 の数値を標準と考えている。一人あたりの消費水量実績（生活用水）と比べるとやや多い印象だが、低所得者層の数値を正規登録世帯あたりの消費水量と考えれば、現実から遠くない数値と言える。



出典：ウォルビスベイ市

図 9.10 NamWater からの年間購入水量及び消費水量内訳 (ウォルビスベイ)

表 9.8 ウォルビスベイにおける世帯あたり消費水量の目安

Income Level	Monthly Consumption per Household (m ³)	Per Capita Consumption, assuming 4 persons per household (liter)	Remarks
High	20 to 25	167 to 208	Based on the records in 2015, domestic water consumption per capita is computed to be approx. 90 lpcd and 105 lpcd with 15% water loss.
Middle	20	167	
Low	15	125	

出典：ウォルビスベイ市

- 現在、ウォルビスベイ市は、NamWater からのバルク給水点である Mile 7 に 10,000 m³ の配水池を有しているが、水需要の増加に対応するため、新規に配水池 (20,000 m³) を建設中であり、2017年に完成予定となっている。なお、Mile 7にあるもう一つの配水池 (4,500 m³) は NamPort の所有である。

- 総延長 430 km の配水管のうち、約 40%は石綿セメント管であるが、近年、徐々に更新を進めている。
- 「ナ」国では人口 50,000 以上の市町では、14 日に一度供給水の水質をチェックする義務がある。ウォルビスベイ市はそれを上回る頻度で水質試験を行っており、何らかの事故が生じた場合を除くと水質の問題は発生していない。
- 2014 年、ナミビア科学技術大学（NUST）の Harold Pupkewitz Graduate School of Business が全国の水道事業に対する満足度調査（National Customer Service Survey）を実施した。これによると、水道サービスに対して「満足」と回答した人々は全国で 62%であったのに対し、ウォルビスベイでは 74%が「満足」と回答した。これは調査対象となった市の中では最上位であり、次点のウィントフック（66%）を大きく引き離す評価であった。
- 水道事業における現状の技術的課題として、水需要の増加に対して配水池容量が不足しつつあることが挙げられる。しかし、建設中の配水池が完成すれば問題は解消されると考えている。

以上のように、ウォルビスベイ市は水道普及率、給水継続時間で高い水準に達している。その高いサービス水準は、2014 年に実施されたユーザーの満足度調査で最上位にランクされたことで客観的に裏付けられている。

また、石綿セメント管の割合が比較的高いものの、無収水率は既に 14%であり、漏水削減の成果が十分に発現されている。今後、配水管の更新を継続することで無収水率は更に低下するが、一般的に 10%程度までが限界と考えられる。

近年の傾向から考えて、水需要は今後も堅調に増加すると考えるのが自然である。水需要の増加に対応するため、ウォルビスベイ市は配水池の増設を行っているが、今後も順調に水需要が増加する場合、中期的には配水管網の増強が必要となる。

(2) ナミビア港湾管理局 (Namibia Port Authority: NamPort)

NamPort は NamWater よりバルク給水を受けている。NamPort へのヒアリング及び NamWater から入手したバルク給水量データより、NamPort の消費水量について以下のことがわかった。

- NamPort は Mile 7 に NamWater とのバルク給水点があり、同地点にある既存配水池 (4,500 m³) は NamPort の所有である。
- 2015 年の NamPort の消費水量は 203,182 m³/年 (557 m³/日) である。年ごとの変動が大きく、増加あるいは減少の傾向は特に見られない。
- ウォルビスベイ港内では水を大量に使用する施設は無く、旅客船の入港時に大量の水を供給する機会があることが特筆される程度である。
- 港湾施設の拡張工事が実施中であり、今後もさらに大規模な拡張が予定されている。しかし、それがどれほど消費水量に影響するかは不明である。例えば、海水から製氷する技術など、水道水消費量を節約する技術の導入が進められているためである。

以上のように、NamPort は港湾施設を拡張しつつあるものの、スワコプムント市やウォルビスベイ市に比べて消費水量が少なく、節水型の技術の普及もあり、今後の大きな水需要増加は見込まれないと考えられる。

(3) 水産加工業

水産加工業は、ウォルビスベイの産業の中で最も多くの水を消費している産業である。その消費水量は前述のとおり市全体の約 20%を占めており、近年も増加傾向にある。現地調査では、ウォルビスベイで操業している水産加工業者の中で最大手の一つである Hangana 社と面談を行った。Hangana 社は、Pescanova 社に次ぐ国内第二位の生産量を有する水産加工業者である。面談を通じて、現在の水利用状況と今後の見通しについて以下のことがわかった。

- ウォルビスベイの工場では、冷凍加工のほか、三枚おろし等の加工後、主として欧州市場に輸出している。
- 工場では水道水を 700 m³/日使用している。また、工場には 400 m³/日の海水淡水化プラントが設けられている。市内の水産加工会社で海水淡水化プラントを所有しているのは、同社だけである。
- 海水淡水化プラントを導入したきっかけは 2011 年の利水制限である。この年、操業に必要な水をスワコプムントまで車両で取りに行くことを余儀なくされ、今後も同じような事態が生じるリスクに鑑み、海水淡水化プラントを導入した。
- 海水淡水化プラントの処理能力は 400 m³/日であるが、48 時間ごとに目詰まりを洗浄し 4 時間乾燥しなければならないため稼働率が低く、実際の処理量は 350 m³/日に留まっている。海水は岸壁で取水し、処理後の濃縮塩水も岸壁より放水している。南部コンテナターミナルが建設されたことによって、湾内の潮流が変化する可能性があり、その影響による水質悪化を懸念している。
- ウォルビスベイ市に支払っている水道料金は 40.0 NAD/m³ である。一方、海水淡水化プラントの水処理コストはそれよりも安く概ね 25.0~28.0 NAD/m³ である。近年の最安値は月平均 24.7 NAD/m³ であった。
- 同社では、淡水化水のほか、取水後に紫外線消毒した海水も利用しており、そのコストは 4.0 NAD/m³ である。水道水と淡水化水を含めた淡水と海水を、用途・目的に応じて使い分けている。
- 工場の水道使用量の過半は製氷施設（毎日 80 m³ を製造）と冷凍機施設で用いるものである。その他に洗浄、殺菌等の目的の場合には、高価格であるがやむを得ず淡水化水を用いるケースがある。
- 政府により漁獲量割り当てが定められているため、今後、工場の生産量が増加する見通しはない。

以上のように、Hangana 社では水道、海水淡水化、海水簡易処理の 3 つの水源を経済性の最適化を図りながら使用している。海水淡水化導入のきっかけは 2011 年の利水制限であったが、近年の水道料金の値上げにより、水道水よりも自前の淡水化水の方が安価となっている。それゆえ、他の水産加工業者も独自に海水淡水化を導入する可能性がある。一方、プラントの煩雑なメンテナンスが業者の負担となることや、工場の生産量増加は漁獲量割り当てにより制限されることから、多額の初期投資を要する海水淡水化導入に踏み切る業者が多く出るとは考えにくい。

過去 3 年間、水産加工業の消費水量の増加率は 6.0%、2.3%、4.3% であった。しかし、漁獲量割り当てが増加する見込みがないため、水産加工業の消費水量は頭打ちになると考えられる。

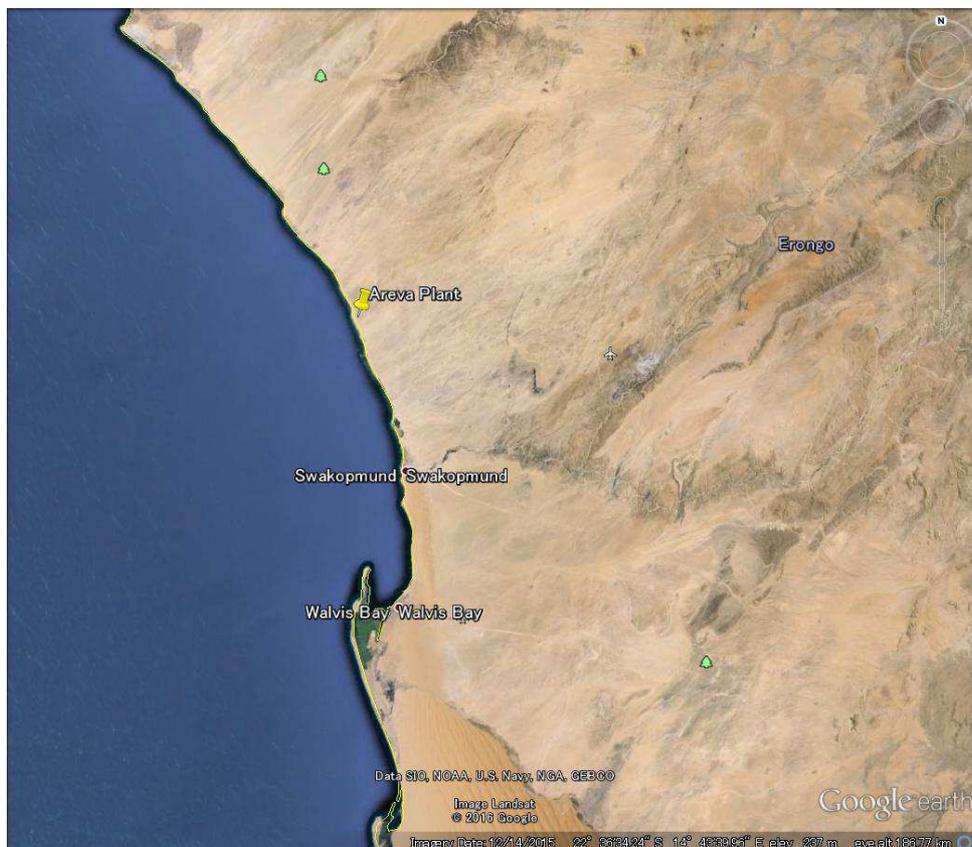
9.2.4 既存海水淡水化プラント

(1) 建設の経緯

既存の Wlotzkasbaken 海水淡水化プラントは、Areva 社が開発した Trekkopje ウラン鉱山への水供給を目的として、同社により建設された（図 9.11 参照）。ウラン鉱山では、ウラン鉱石を処理してイエローケーキとして出荷するが、その際に大量の水を使用する。水資源が乏しい地域であるために、安価な地下水は市民へ優先的に割り当てるのが適切との考え方から、海水淡水化プラントが建設された。

建設は 2009 年から開始され、2013 年 8 月から運転が開始された。建設開始時には、Areva 社が 20 百万 m^3 /年 (55,000 m^3 /日)、NamWater が 25 百万 m^3 /年 (68,000 m^3 /日) のプラントを建設することで合意形成されていた。しかし、工期途中で合意が破棄され、Areva 社の 20 百万 m^3 /年のみが建設され現在に至っている。プラントの建屋内には、6 百万 m^3 /年 (16,000 m^3 /日) の設備増設スペースがあり、建屋の増設なしで 26 百万 m^3 /年 (71,000 m^3 /日) の容量まで拡張可能である。なお、取水・放流設備と電力設備は、当初合意されていた 20 百万 m^3 /年 (55,000 m^3 /日) + 25 百万 m^3 /年 (68,000 m^3 /日) のプラント規模に対応できるように整備されている。

当初は、2012 年に操業開始した Trekkopje 鉱山への水供給を行う予定であったが、440 トンのイエローケーキを生産した時点で、ウラン市況が軟化したことにより、Trekkopje 鉱山は操業を停止した。現在、プラントの稼働率を 25% として、操業を続ける Rossing 鉱山、Langer-Heinrich 鉱山、コミッショニング中で 2016 年内には本格操業を開始する予定の Husab 鉱山に水供給を行っている。



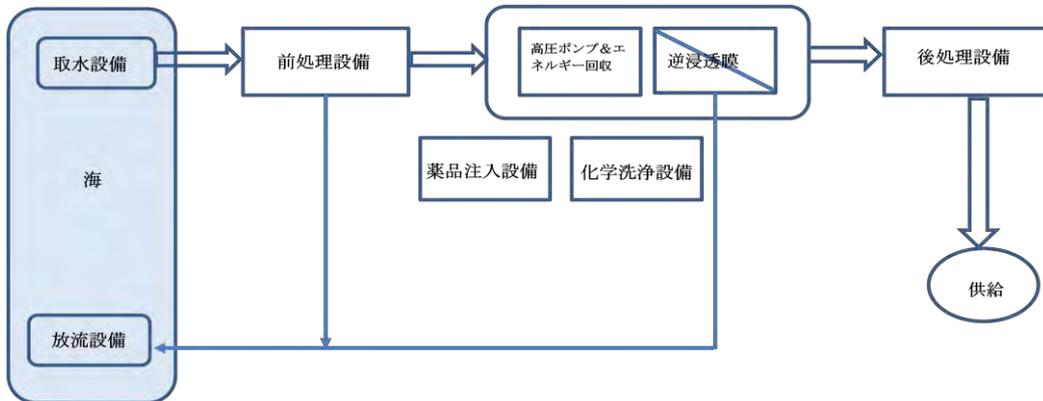
出典：調査団

図 9.11 既存海水淡水化プラントの位置

(2) 施設能力・処理プロセス及び使用機器

海水淡水化プラントの建設は、南アフリカのプラントメーカーである Aveng Water (Pty) Ltd.が実施した。また、Areva 社と同社の契約には、建設後 10 年間（2023 年まで）の O&M が含まれており、延長も可能となっている。施設の概要を以下に示す。

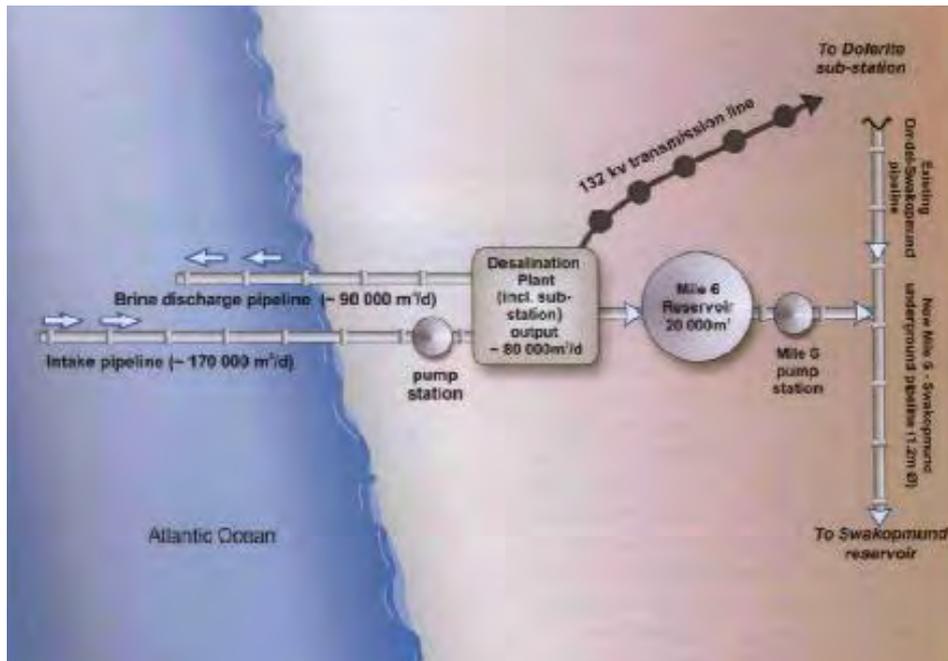
既存海水淡水化プラントの施設能力は 20 百 m³/年（55,000 m³/日）である。処理プロセスを図 9.12 に示す。また、施設レイアウトのイメージを図 9.13 に示す。



出典：調査団

図 9.12 既存海水淡水化プラントの処理プロセス

- 取水設備：取水口の位置は海岸から 1,000 m の沖合である。取水口で塩素殺菌を行う。海岸から取水ポンプ場までの距離は 100 m である。取水ポンプ場には夾雑物除去のために 40 mm のスクリーンが設置されている。取水量 45 百万 m³/年の規模まで対応できる。
取水位置を決めた理由は、①取水ポンプ場付近まで道路が整備されていたこと、②取水ポンプ場からの距離が最短であるためパイプラインの敷設が容易なこと、③Swakop 川河口から十分に北に離れており、河口堆積物が取水に影響せず、海水の水質が良好なことである。
- 前処理設備：塩化鉄を加えて凝集処理→ロータリースクリーンによる懸濁物質の除去→UF 膜による微細粒子の除去
- UF 膜：Norit 製、口径 0.1 μm、8 インチの中空糸膜
- RO 膜処理設備：RO 膜 Lanxess 製、8 インチのスパイラル膜（当初は東レ製であったが高価格のため変更）
- 膜数：8 element/vessel×64 vessels×9 skids
- エネルギー回収装置：Energy Recovery Inc.製
- 後処理：炭酸カルシウムによる pH 調整と塩素殺菌
- 放流設備：取水設備と並行に配管し、海岸から 500 m の位置で放流する。
- 建設コスト：2 億米ドル（送配電施設、送水施設を含む。内訳不明）



出典：「ナ」国水資源管理計画

図 9.13 既存海水淡水化プラントのレイアウト

(3) 運転実績

プラントの施設能力は 20 百万 m^3 /年であるが、現状はその 25%で運転している。UF 膜のエネルギー回収率は 75%、RO 膜のエネルギー回収率は 47%、全体の回収率は 35%である。電力消費量は $4 \text{ kWh}/m^3$ であり、この規模の海水淡水化プラントとしては標準的なエネルギー効率である。

冬期の嵐（6月、7月）の時期には2~3日（長くて1週間）、湧昇流により海底の汚泥が巻き上げられて硫化水素が発生することがある。その場合、通常より塩素の注入量を多くして、硫化水素を酸化、生成する多硫化イオンをスクリーンで除去することにより対処している。

プラントの管理は、Aveng Water 社のエンジニアにより行われているが、運転保守要員は全員ナミビア人であり、その教育・訓練は Aveng Water 社が OJT で行った。運転保守要員は 28 人×3 シフトである。

(4) 受電設備

既存海水淡水化プラントのある中部沿岸地域では、ウィントフック地域と一体的に整備されたリング状の系統により電力が供給されている。電力は NamPower により Trekkopje 変電所から 33 kV の送電線で隣接する受電設備まで供給されており、停電・スパイクなどの事故を経験したことは無い。受電設備には 40 MW の変圧器を備えており、この変圧器で当初計画の全容量である 45 百万 m^3 /年の処理能力分の電力をまかなえる。

(5) プラント全体の健全度の評価

原水・処理水水質データ等、運転に関するデータが提供されなかったため、必ずしも正確にプラントの健全度を評価することはできないが、プラント内を視察した結果から、全体として運転は安定していると思われる（図 9.14 参照）。生産水の電気伝導度が $782 \mu \text{ S}/\text{cm}$ を示していたことから、TDS は約 $470 \text{ mg}/\text{L}$ と推定される。これは通常の RO 膜による生産水と同等の値であり、飲料水として問題のないレベルである。

ロータリースクリーン装置



UF 膜逆洗水排出の様子



RO 膜処理装置



出典：調査団

図 9.14 既存海水淡水化プラント視察(2016年3月14日)

9.2.5 NamWater の財務状況

途上国の水道事業体としては稀であるが、NamWater の財務諸表は国際財務報告基準 (International Financial Reporting Standards: IFRS) に基づき作成されている。IFRS に則って財務諸表が作成されているため、水道事業を営むうえで必要とされる費用が網羅的かつ発生ベースで計上されている。入手した NamWater の Annual Report を参照すると、2014 年より本格的に IFRS が採用されたと読み、適用された会計基準の変更に伴って 2013 年の数値も遡及して修正されている。一方、2012 年までの数字は IFRS に準拠していないと思われる。

NamWater の 2014 年の財務諸表は、国際的な会計事務所である Ernst & Young による監査を受け、財務諸表の数値は適正とする監査報告書が付与されている。大手会計事務所から監査を受けている途上国の水道事業体は珍しく、報告されている数値の信頼性は高いと考える。

1) 包括利益計算書 (表 9.9 参照)

売上：2014 年の売上については、2013 年と比較して 178 百万 NAD (ナミビアドル) 増加しているが、販売数量は 134 百万 m³ から 135 百万 m³ とほぼ変化はない。2014 年より、ウラン鉱山向けに海水淡水化プラントからの給水を受け入れ、一般世帯向けとは別に造水コストに近い高額な単価で販売していることから、その影響が売上の増加に反映されている。なお、売上原価 89 百万 NAD は、海水淡水化プラントからの購入価額を示していると考えられる。

表 9.9 NamWater の包括利益計算書

	単位:百万N\$	2014	2013	2012	2011
売上		832	654	544	448
売上原価		▲ 89	0	0	0
売上利益		743	654	544	448
その他営業収益		43	33	26	21
営業費用		▲ 735	▲ 669	▲ 551	▲ 460
営業利益/損失		50	18	18	9
投資収益		35	34	28	29
金融費用		▲ 7	▲ 8	▲ 9	▲ 11
税引き前利益		78	43	38	27
法人税等		▲ 27	▲ 21	8	▲ 35
当期利益		51	23	45	▲ 7
確定給付型従業員年金制度における 保険数理差益		2	▲ 34	0	0
再評価積立金		1,007	1,773	0	0
その他包括利益に関する税金		▲ 314	▲ 592	0	0
税引き後当期包括利益		745	1,169	45	▲ 7

出典：NamWater Annual Reports, 2011 to 2014

営業費用： 2014年の営業費用735百万NADの内訳は表9.10に示すとおりである。近年、営業費用として減価償却費の占める割合が増加している。なお、その他修繕費等の中には退職給与引当金計上に伴う費用や料金回収不能による損失も計上されており、必要な営業費用項目はほぼ計上されている。

表 9.10 NamWater の営業費用内訳

項目	年額 (百万 NAD)	シェア
人件費	210	29%
減価償却費	190	26%
電気代等	190	26%
その他修繕費等	145	19%
合計	735	100%

出典：NamWater Annual Reports, 2011 to 2014

法人税： 法人税27百万NADが計上されているが、2014年時点で、当該税金の一部もしくは全部を免税とすることの可否について、政府と交渉していることがうかがえる。

再評価積立金： 保有水道施設等の固定資産を時価評価することにより未実現利益分を計上している。

当期利益： 以上の状況から、税引き後当期包括利益は745百万NADとなっているが、これは未実現利益分を含んだものであるため、実勢値としては当期利益の51百万NADを参照するべきである。いずれにしてもNamWaterは安定した利益を確保していると言える。

2) バランスシート(表 9.11 参照)

固定資産： 数値上、固定資産は2013年から増加しているように見えるが、これは会計基準変更に伴い固定資産再評価を行った結果であり、固定資産自体に大きな増減はないと考える。

現金及び短期性預金： 2014年時点で206百万NADと現預金は潤沢である。なお、NamWaterは配当も行えるが、今後の設備投資等を見据え、あえて配当を行わず内部留保していく方針であり、この点は将来を見据えた健全な経営と言える。

資本： 総資産に占める自己資本の比率は66%と非常に高く、財務的な安定を示している。

借入： 長期・短期借入金の合計は74百万NADであり、借入余力はあると言える。

繰延税金負債： 2014年で853百万NADと大きな数値となっているが、これは保有施設を売却する際に生じる費用であり、特に近い将来発生する費用ではないと言える。

表 9.11 NamWater のバランスシート

資産	単位: 百万N\$	2014	2013	2012	2011
固定資産					
有形固定資産		3,934	3,046	1,172	954
無形固定資産		3	4	6	8
繰延資産		0	0	0	11
計		3,937	3,050	1,178	973
流動資産					
棚卸資産		5	3	5	3
その他の金融資産		666	622	524	420
営業債権およびその他の債権		80	44	39	41
前払金		0	0	0	0
現金および短期性預金		206	72	131	75
計		956	741	699	538
資産合計		4,894	3,792	1,878	1,511
資本および負債					
資本					
資本金		1,055	1,055	1,018	959
資本準備金		1,763	1,191	74	10
利益準備金		390	217	205	159
計		3,208	2,463	1,297	1,128
負債					
固定負債					
長期借入金		63	74	84	95
退職年金引当金		147	129	54	42
繰延収益		381	303	320	175
繰延税金負債		853	585	12	0
退職手当引当金		30	28	11	6
計		1,474	1,119	482	318
流動負債					
短期借入金		11	11	11	11
当期末払税金		73	40	2	7
営業負債およびその他の負債		122	152	86	47
繰延収益		6	7	0	0
その他引当金		0	0	0	0
計		212	209	99	64
負債合計		1,686	1,328	581	383
資本および負債合計		4,894	3,792	1,878	1,511

出典：NamWater Annual Reports, 2011 to 2014

3) 企業の外部評価

上記の結果から、フィッチ社は2015年2月にNamWaterの格付けを公表し、BBB - (マイナス) (安定的) との評点を与えている。格付けの背景として、同社が引き続きナミビア国内で唯一のバルク給水事業者であること、コスト転嫁が容易な料金体系が維持されていることに加え、財務状況が良好であることが理由と述べられている。なおAnnual Reportの中でも企業継続性について特に問題点は指摘されていない。

9.2.6 ウォルビスベイ市及びスワコプムント市の財務状況

ウォルビスベイ市及びスワコプムント市の基礎財政収支を表9.12に示す。

表 9.12 ウォルビスベイ市、スワコプムント市の財政状況

(単位：NAD)

		2014 年	2015 年
ウォルビスベイ市 (人口 62,744 人)			
Expenditure			
Capital		307,065,971	336,942,941
Operational		317,523,441	353,985,690
Revenue		314,658,946	351,320,261
Deficit		▲ 2,864,495	▲ 2,665,429
スワコプムント市 (人口 44,725 人)			
Expenditure			
Capital			208,000,000
Direct Funding			63,000,000
Excluding Loans			40,000,000
Government Project			105,000,000
Operational			244,000,000
Revenue			240,000,000
Deficit			▲ 4,000,000

出典：両市からの提供データより調査団が作成

両市とも赤字財政の状況である。一方、水道事業については利益を確保しているとうかがえる（後述）。ウォルビスベイ市の水道事業の歳入（112,501,649 NAD）は、市全体の歳入（314,658,946 NAD）の三分の一以上に相当するが、市の財政は赤字（▲2,864,495 NAD）である。すなわち、市全体の非効率・赤字事業が水道事業の収益によって埋め合わせられている事情が垣間見られる。

自治体は、NamWater に対して水供給義務を課す一方、利用者に対し水供給責任を NamWater に転嫁して説明する結果、NamWater の水供給が滞った際、本来、利用者への販売・配賦責任等、自治体が担うべき責任（例えば、海水淡水化プラントからの水供給切り替えの判断とその責任）を NamWater に帰している。

NamWater は、適切な販売価格をコストから算出し、その販売価格に基づいて水源開発が可能な内部留保を生み出すべきであるが、自治体が歳入不足を高い水道料金によって補っているため、NamWater は販売価格を適正水準に引き上げにくい状況となっている。

9.2.7 水道料金

(1) NamWater による販売タリフ

NamWater のバルク給水料金は、実際の浄水コストや送水コストに基づいてユーザーごとに決められている（表 9.13 参照）。中部沿岸地域では、Arandis への水供給がポンプ揚水となるため、送水コストがやや高価である。また、海水淡水化プラントから水供給されている鉱山への料金は「実費に基づく」として NamWater から開示されなかったが、これは NamWater が Areva 社より購入している海水淡水化水の価格に基づいている。なお、非公式な情報として、Areva 社から NamWater への販売価格は 30 NAD/m³ 前後とのことである。

NamPort は、河川伏流水の取水許可量が引き下げられたことから、NamWater より「水供給に海水淡水化プラントからの水を加えること」、及びこれにより「バルク給水料金が上昇すること」を傳達されている（NamPort へのインタビューによる）。

表 9.13 水道販売タリフと販売実績(2015 年)

地域	単価 (NAD/m ³)	年間販売量 (m ³)
一般世帯・公共向け		
ウォルビスベイ	8.25	6,056,760
NamPort	8.25	271,715
Kuisebmond	8.05	279,555
スワコプメント	8.75	4,803,390
Henties Bay	8.45	577,084
Arandis	10.10	480,000
産業向け		
Rossing 鉦山	コストベース (30.00 程度)	2,715,634
Langer-Heinrich 鉦山		1,438,964
Husab 鉦山		1,661,000

出典：NamWater 資料

(2) 自治体による水道料金

スワコプメント市やウォルビスベイ市などの自治体は、NamWater から購入した水を独自の水道料金体系により、一般市民や事業所等に給水している。表 9.14 にスワコプメント、ウォルビスベイ両市の水道料金体系を示す。

表 9.14 スワコプメント市及びウォルビスベイ市の水道料金体系

ウォルビスベイ市	単位: NAD/m ³	スワコプメント市	単位: NAD/m ³
NamWater からの購入料金	8.25	NamWater からの購入料金	8.75
Domestic (kl/month)		Domestic	
0~15	11.10	Basic Tariff	
16~30	18.50	For water supplied, for the first 8 m ³	7.95
31~85	30.80	Plus meter rent: 20 mm/diameter	6.50
85~	46.20		
Business (kl/month)		For Senior Citizens	
0~500	31.90	For the first 8 m ³	2.75
500~1,500	35.10	Plus meter rent: 20 mm/diameter	3.00
1,500~3,000	36.95		
3,000~	40.05	Staged Tariff	
		9~30	12.30
		31~60	17.30
		60~	25.90
		Small Holdings	
		Basic Tariff: ~8 m ³	9.20
		Plus meter rent: 20 mm/diameter	6.50
		Staged Tariff	
		9~30	11.10
		31~60	12.30
		60~	25.90

出典：スワコプメント市及びウォルビスベイ市

ウォルビスベイ市では、8.25 NAD/m³ の購入料金に対して、世帯向けでは 11.10 NAD/m³、事業所向けでは 31.90 NAD/m³ と料金設定しており、かなりの利益を生んでいる。表 9.15 は、2011 年から 2014 年までのウォルビスベイ市の水道事業による収益を簡易に示したものである。売上利益率だけで見ても 28.9% (2014 年) となり、公共事業としては高い水準である。

表 9.15 ウォルビスベイ市の水道事業の収支

単位：NAD

項目	2011年	2012年	2013年	2014年
水道水販売量	71,801,089	81,368,062	94,736,777	112,501,649
水道水購入代金	31,705,373	39,887,961	38,466,419	44,331,453
その他支出	16,609,534	16,186,182	28,262,703	35,548,769
収支	23,486,182	25,293,919	28,007,655	32,621,427

出典：ウォルビスベイ市

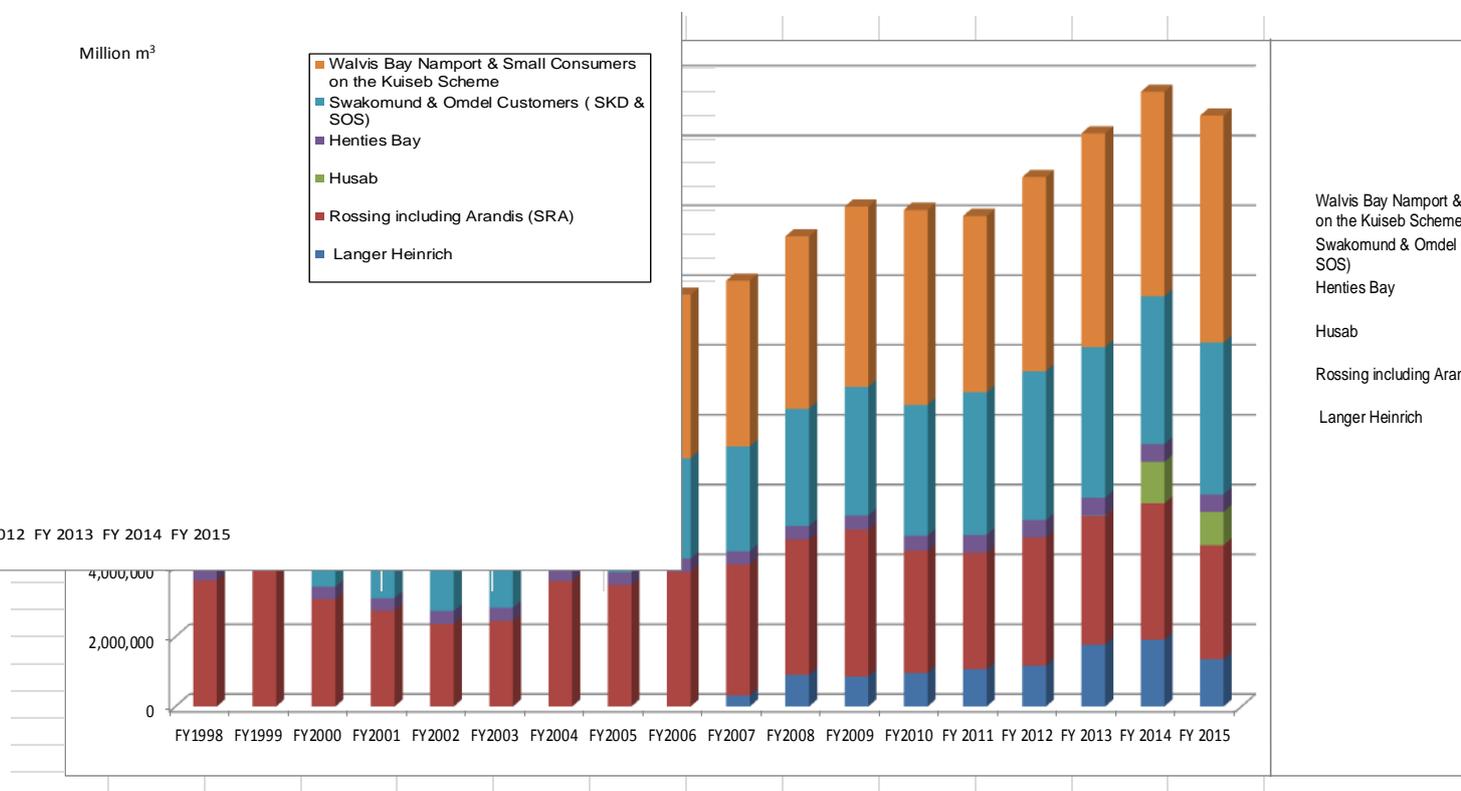
一方、スワコプムント市では NamWater からの水の購入料金が 8.75 NAD/m³ であるのに対して、世帯向けの料金は 8 m³ まで 7.95 NAD/m³ で固定されており、▲0.80 NAD/m³ の状態で世帯向けに給水している。さらに高齢者向け（総世帯数の約 5% 相当）には、8 m³ までが 2.75 NAD/m³ とさらに低く料金設定されている。

9.3 海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性

9.3.1 過去の消費水量の推移

(1) 概況 (NamWater より入手した資料より)

NamWater ナミブ事務所より入手した管内のバルク給水量実績を以下に示す。この値は、暦年ではなく年度（「ナ」国では 7 月から 6 月まで）ごとの給水量である。また、後述の暦年／年度との違いを差し引いても齟齬が認められることから、本章では長期的な水消費動向を確認するための用途に留め、消費水量を扱う際は、実際にバルク給水を購入した各ユーザーから得られたデータを用いることとする。



出典：NamWater

図 9.15 NamWater ナミブ事務所のバルク売水実績

(2) 自治体向けのバルク給水

NamWater、スワコプムント市、ウォルビスベイ市より収集したデータをもとに集計した過去の消費水量を表 9.16 及び図 9.16 に示す。消費水量は、Kuisseb 川伏流水に取水制限が生じた 2011 年を除き全体として右肩上がりである。

表 9.16 中部沿岸地域における NamWater による自治体向けバルク給水量の推移

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2007-2015
Swakopmund Municipality ^{*1}	9,444	10,317	10,800	11,128	12,292	12,101	12,383	12,194	12,607	-
	-	9.2%	4.7%	3.0%	10.5%	-1.5%	2.3%	-1.5%	3.4%	3.7%
Walvis Bay Municipality ^{*2}	12,147	13,194	13,560	14,320	13,426	15,452	15,714	15,979	16,981	-
	-	8.6%	2.8%	5.6%	-6.2%	15.1%	1.7%	1.7%	6.3%	4.3%
NamPort ^{*2}	368	424	580	408	395	434	848	425	557	-
	-	15.2%	36.9%	-29.7%	-3.1%	9.9%	95.3%	-49.9%	31.1%	5.3%
Henties Bay Municipality ^{*3}	1,075	1,091	1,167	1,258	1,301	1,403	1,428	(1,504)	1,581	-
	-	1.5%	6.9%	7.8%	3.4%	7.8%	1.8%	(5.4%)	5.1%	(4.9%)
Arandis Town Council ^{*3}	992	941	935	874	958	975	1,030	(1,172)	1,315	-
	-	-5.1%	-0.7%	-6.6%	9.6%	1.8%	5.6%	(13.8%)	12.2%	(3.6%)
Smaller consumers fed from Kuisseb ^{*3}	870	829	627	669	708	(722)	(737)	(751)	766	-
	-	-4.7%	-24.3%	6.6%	5.8%	(2.1%)	(2.0%)	(2.0%)	1.9%	(-1.6%)
Smaller consumers fed from Omdel ^{*3}	219	366	586	1,091	185	(277)	(369)	(461)	553	-
	-	66.9%	60.1%	86.2%	-83.0%	(49.6%)	(33.1%)	(24.9%)	19.9%	(12.2%)
Sold Water Total	25,115	27,162	28,255	29,748	29,265	(31,364)	(32,509)	(32,486)	(34,360)	-
	-	8.2%	4.0%	5.3%	-1.6%	(7.2%)	(3.7%)	(-0.1%)	(5.8%)	(4.0%)

上段：日平均水量 (m³/日)

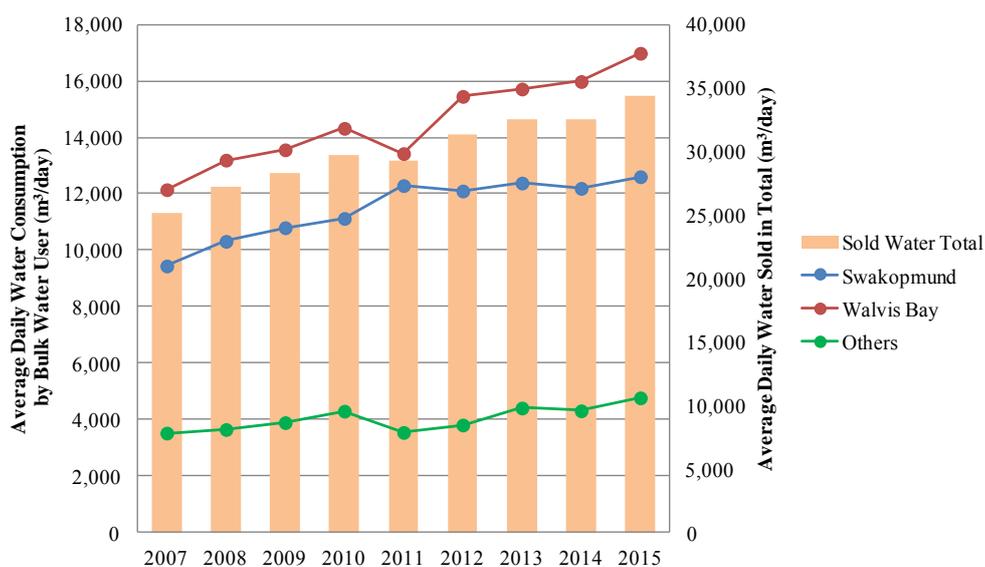
下段：前年からの増加率 (%)

*1: スワコプムント市より提供されたデータに基づく

*2: ウォルビスベイ市より提供されたデータに基づく

*3: NamWater 社より提供されたデータに基づくが、一部は実績データが提供されなかったため、()内の値は実績値の傾向から調査団が推定した参考値

出典：上記*1 から*3 参照



出典：調査団

図 9.16 中部沿岸地域における NamWater による自治体向けバルク給水量の推移

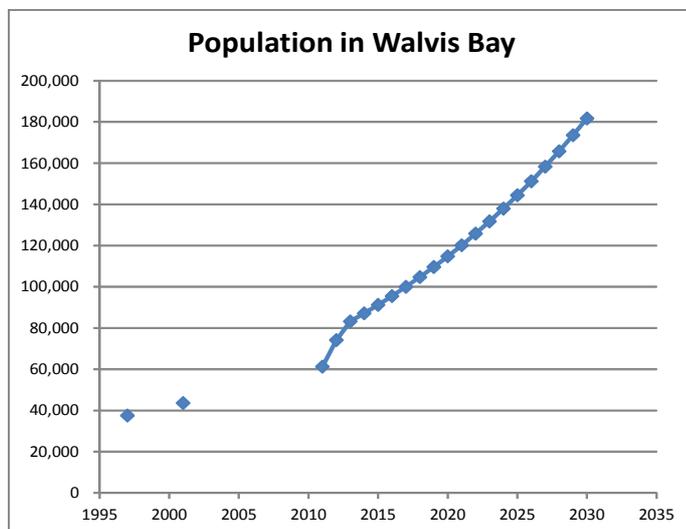
個別のユーザーごとに見ると、スワコプムント市は 2011 年まで消費水量増を記録しているが、それ以降は横ばいとなっている。これは、再生水の利用と水道料金の値上げが原因であると同市は認識している。一方、ウォルビスベイ市は 2012 年に急激な消費水量増を記録している。これは、2011 年の取水制限の反動もあるが、人口が急増したことに起因する。ウォルビスベイ市及び NamWater によると、この人口増加は港湾施設の拡張工事で多くの労働者が流入した結果である（図 9.17 参照）。

NamWater ナミブ事務所のバルク給水は、スワコプムント市とウォルビスベイ市が全体の約 85% を占めている。その他のユーザーでは Henties Bay 市及び Arandis 町がそれぞれ全体の約 4% ずつを占めており、両者の消費水量は大きな増減を示しているが、2007 年から 2015 年までの年平均では、それぞれ 4.9%、3.6% の増加率である。ただし、Arandis 町は過去 3 年の人口増加が顕著である。これは、Husab 鉱山の開業に向けて労働者人口が増加している可能性を示唆している。

その他の小規模集落については、実績値が 2011 年までと 2015 年しか入手できず、かつ 2011 年までの実績値がかなり大きな増減を示しているため、近年の推移を分析することは困難である。Kuiseb 川周辺の集落ではあまり消費水量が伸びていないのに対し、Omaruru 川周辺の集落が顕著な増加を示しているのは、Arandis 町と同様に鉱山労働者の流入による人口増加に起因している可能性がある。

NamPort も消費水量の増減が大きいが、これは、NamPort が NamWater からのバルク給水のみでなく、ウォルビスベイ市からも水を購入しているためとの指摘が NamWater からあった。そのように考えれば不規則な変動を示す消費水量も説明が可能であるが、全体として徐々に消費水量が増加していることは事実と考えられる。

Year	Population	Growth Rate	Remarks
1997	37,565		
		4.0%	
2001	43,611		Census
		3.5%	
2011	61,300		Census
2012	74,173	21.0%	
2013	83,236	12.2%	Forecast
2014	87,149	4.7%	Forecast
2015	91,245	4.7%	Forecast
2016	95,533	4.7%	Forecast
2017	100,023	4.7%	Forecast
2018	104,724	4.7%	Forecast
2019	109,646	4.7%	Forecast
2020	114,800	4.7%	Forecast
2021	120,195	4.7%	Forecast
2022	125,844	4.7%	Forecast
2023	131,759	4.7%	Forecast
2024	137,952	4.7%	Forecast
2025	144,435	4.7%	Forecast
2026	151,224	4.7%	Forecast
2027	158,331	4.7%	Forecast
2028	165,773	4.7%	Forecast
2029	173,564	4.7%	Forecast
2030	181,722	4.7%	Forecast



出典：Integrated Urban Spatial Development Framework for Walvis Bay (Approved in June 2014)

図 9.17 ウォルビスベイの人口の推移と予測

(2) 鉱山向けのバルク給水

現在、NamWater ナミブ事務所管内では Rossing 鉱山、Langer-Heinrich 鉱山が操業しており、Husab 鉱山も操業開始が間近の状態である。各鉱山は淡水化された水を NamWater より購入して使用しており、その他の水源は、鉱山の操業開始前に限って使用を許可されている Husab 鉱山の地下水のみである（独自に井戸を建設しており、NamWater のバルク売水には含まれない）。

各鉱山は、将来の消費水量見込みを NamWater に伝えている。過去の消費水量では、Rossing 鉱山が最も多くの水量を比較的安定的に使用しているのに対し、Langer-Heinrich 鉱山は 2015 年を除き徐々に消費水量を増加させている。Husab 鉱山は現在のところ操業開始前のため消費水量は最も少ないが、操業開始が予定されている 2016 年からは消費水量が大きく増加する可能性が高い。

9.3.2 水需要の見通し

(1) 水需要増加率の設定

前節で示した近年の水需要の推移及び 9.2.7 節で述べた各バルクユーザーの水消費状況等から、調査団は、NamWater ナミブ事務所管内の今後の水需要増加について、表 9.17 のとおり予測する。

表 9.17 中部沿岸地域における水需要増加率の設定

	年増加率	理由
Swakopmund Municipality	2%	2011 年以降は人口増加が見られないが、Husab 鉱山の操業開始やウラン市況全体の改善に伴い、多少の水需要増加に再び転じる可能性が高い。
Walvis Bay Municipality	4%	ウォルビスベイ市は 4.7%/年の人口増加を期待している。低所得者層が人口増加の中心となることが予想されるため、人口増加率と同様の水需要増加率は期待できないが、物流業の発展や港湾施設の拡張に伴って堅調に増加すると考えられる。
NamPort	5%	水を多く消費する産業ではないが、将来的にも港湾施設の拡張が予定されており、これまでと同様の水需要増加率を維持するものと考えられる。
Henties Bay Municipality	3%	近年は約 5%/年の水需要増加率を示している。発展の余地がある地域であるため、今後も同様の傾向を示すと考えられるが、多少の鈍化を考慮する。
Arandis Town Council	5%	鉱山に近い立地から、Husab 鉱山の操業開始やウラン市況改善の影響を強く受けると考えられる。Husab 鉱山の完成後は近年の人口増加をけん引した建設労働者人口の増加は止まるが、鉱山業の活性化により高い人口増加率が期待される。
Smaller consumers fed from Kuiseb	2%	近年の傾向から 2%/年の水需要増加率を想定する。
Smaller consumers fed from Omdel or Omaruru River	4%	近年は 10%/年を超える水需要増加率を示している。いずれは鈍化すると考えられるが、継続して高い増加率を示すものと考えられる。

出典：調査団

(2) ピーク需要の設定

日平均水需要と日水最大需要の比率を日最大係数という。スワコプムント市の月別消費水量の変動（図 9.9 参照）より、中部沿岸地域の日最大係数は観光需要を除き 1.1 と設定する。さらに、12 月の観光シーズンのピーク需要として、2015 年におけるスワコプムント市の 3 月と 12 月の月別消費水量の差（約 113,000 m³/月）より、4,000 m³/日を日最大水需要に上乗せする。

(3) 送水システムにおける漏水

NamWater によると、送水システムにおける漏水率は現在のところ 9%であるが、これを 5%まで削減する計画である。したがって、現在の 9%から 2020 年までに 5%まで削減することを想定して必要水量を算定する。

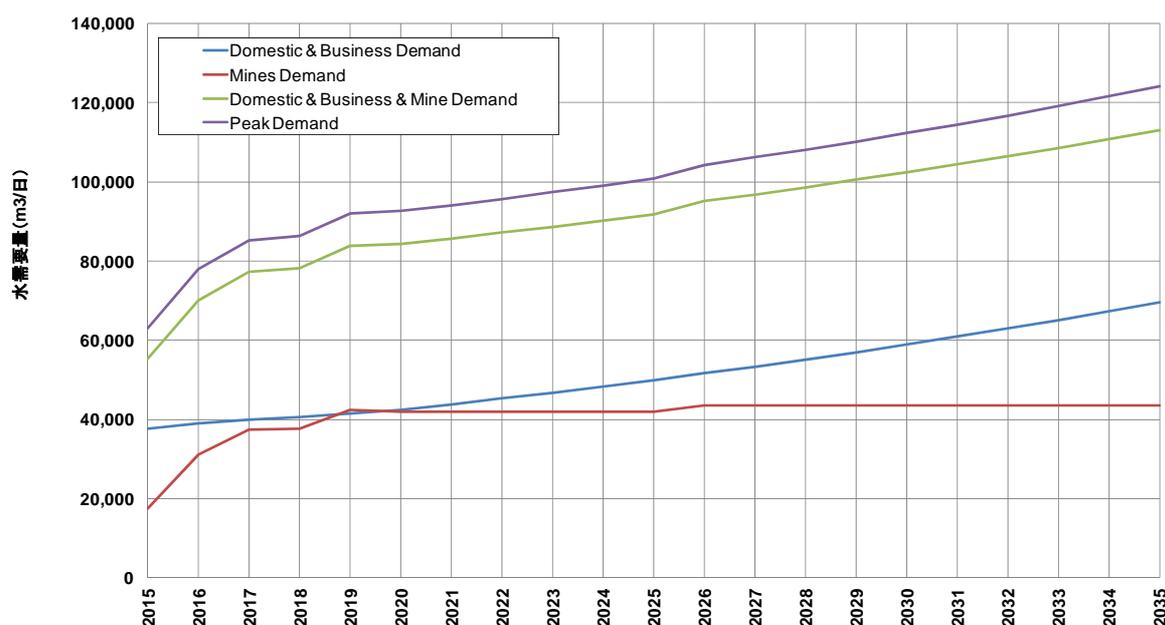
(4) 水需要予測

上記(1), (2), (3)に基づく、中部沿岸地域における水需要予測は表 9.18 及び図 9.18 のとおりである。

表 9.18 中部沿岸地域の水需要予測

ユーザー		項目	2015年	2020年	2025年	2030年	2035年
生活用水・一般商工業用水	スワコプメント市	水需要 (m ³ /日)	12,607	13,920	15,368	16,968	18,734
		増加率 (%)	3.4%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
	ウォルビスベイ市	水需要 (m ³ /日)	16,981	20,660	25,136	30,582	37,207
		増加率 (%)	6.3%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
	NamPort	水需要 (m ³ /日)	557	710	907	1,157	1,477
		増加率 (%)	31.1%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
	Henties Bay 市	水需要 (m ³ /日)	1,581	1,833	2,125	2,463	2,856
		増加率 (%)	5.1%	3.0%	3.0%	3.0%	3.0%
	Arandis 町	水需要 (m ³ /日)	1,315	1,678	2,142	2,734	3,489
		増加率 (%)	12.2%	5.0%	5.0%	5.0%	5.0%
	小規模集落 (Kuisseb 川より給水)	水需要 (m ³ /日)	766	846	934	1,031	1,138
		増加率 (%)	1.9%	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
	小規模集落 (Omaruru 川より給水)	水需要 (m ³ /日)	553	672	818	995	1,211
		増加率 (%)	19.9%	4.0%	4.0%	4.0%	4.0%
小計	水需要 (m ³ /日)	34,360	40,319	47,429	55,930	66,112	
	増加率 (%)	5.8%	3.3%	3.3%	3.4%	3.4%	
漏水	漏水率 (%)	9%	5%	5%	5%	5%	
	漏水量 (m ³ /日)	3,398	2,122	2,496	2,944	3,480	
生活・一般商工業	水需要 (m ³ /日)	37,758	42,441	49,926	58,874	69,591	
	増加率 (%)	5.8%	2.2%	3.3%	3.4%	3.4%	
鉱山用水	Rössing 鉱山	水需要 (m ³ /日)	7,440	9,863	9,863	9,863	9,863
	Langer-Heinrich 鉱山	水需要 (m ³ /日)	3,942	3,960	3,949	5,479	5,479
	Husab 鉱山	水需要 (m ³ /日)	4,551	25,986	25,986	25,986	25,986
	小計	水需要 (m ³ /日)	15,933	39,809	39,798	41,329	41,329
	漏水	漏水率 (%)	9%	5%	5%	5%	5%
		漏水量 (m ³ /日)	1,576	2,095	2,095	2,175	2,175
	鉱山	水需要 (m ³ /日)	17,509	41,904	41,893	43,504	43,504
水需要合計		水需要 (m ³ /日)	55,267	84,345	91,818	102,378	113,095

出典：調査団



出典：調査団

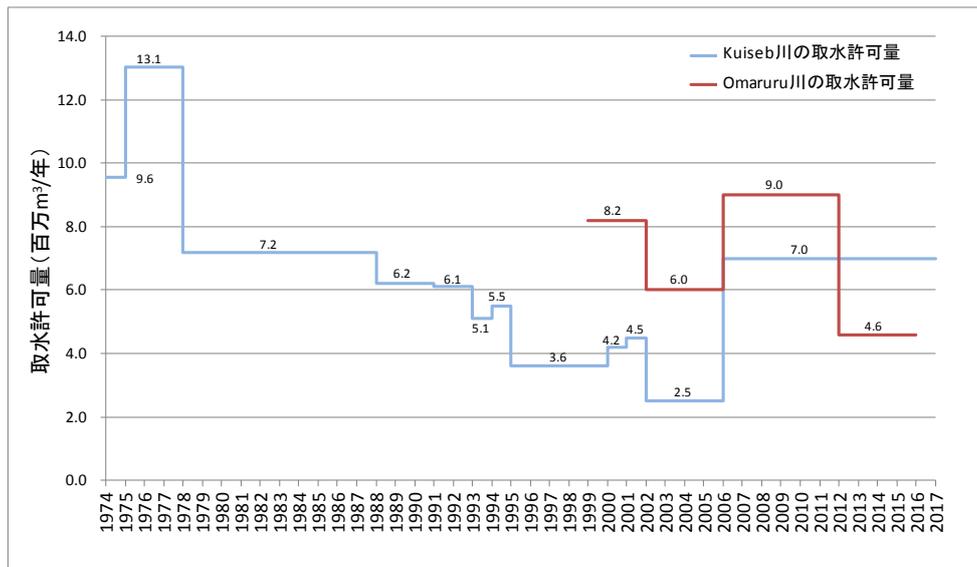
図 9.18 中部沿岸地域の水需要予測

9.3.3 既存水源のポテンシャルと代替水源

(1) 既存水源

1) Kuiseb 川及び Omaruru 川の伏流水

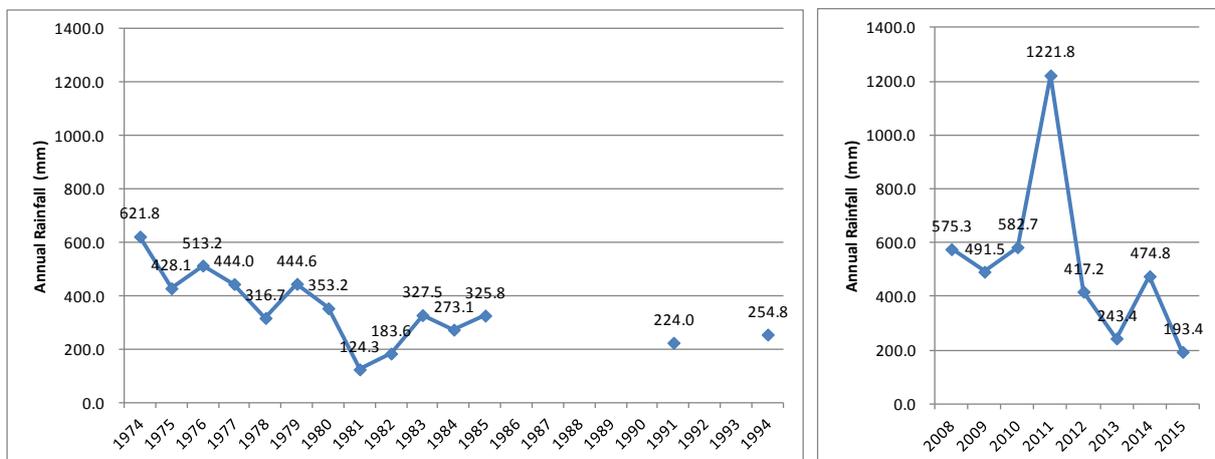
前述のように、NamWater は MAWF より付与された取水許可量の範囲で伏流水の取水を行っている。NamWater に付与された取水許可量の推移は図 9.19 に示すとおりである。現在の許可水量は、Kuiseb 川が 7.0 百万 m³/年（有効期限：2017 年 3 月 3 日）、Omaruru 川が 4.6 百万 m³/年（有効期限：2016 年 10 月 14 日）である。



注： Kuiseb 川の取水量が 7.0 百万 m³/年に増加した年は不明。2006 年に豪雨があったこと、及び Omaruru 川の取水量も同年に増加したことから Kuiseb 川の取水量増加も 2006 年であったと推定した。

図 9.19 MAWF から NamWater に付与された Kuiseb 川及び Omaruru 川伏流水からの取水許可量

Swakop 流域と Kuiseb 流域の上流側に位置するウイントフックにおける過去の降雨量を図 9.20 に示す。降雨量データには欠測が多く、年間を通じたデータが揃っている年のみを図示している。図示されている年の平均降雨量は 451.7 mm、異常に降雨量の多かった 2011 年を除いた平均では 411.2 mm である。



出典：Namibia Weather Network (<http://www.namibiaweather.info/>)

図 9.20 ウイントフックの年間降雨量

取水許可量は、Kuseb 川、Omaruru 川ともに不定期に増減しているが、Kuseb 川の現在の取水許可量は 1988 年 2006 年までの 18 年間と比べると多い水準である。これは、2006 年¹及び 2011 年に観測された豪雨により、大量の地下水涵養があったことに起因する。

現在の Omaruru 川の取水許可量はデータを入手できた 1999 年以降で最も低い水準にある。2006 年の降雨によりいったんは取水許可量が引き上げられたものの、その後は降雨量が少なく、2012 年に現在の水準に引き下げられた。ウイントフックは、Swakop 川上流域の Kuseb 川との流域界付近に位置しており、2011 年の降雨量は著しく大きい。同年の豪雨による洪水で Kuseb 川の取水施設に被害が生じたことが報告されている。一方、Omaruru 川上流域はウイントフックから北西に約 200 km 離れており、雨量観測所がないため、2011 年に同様の豪雨があったかどうかは確認できない。同年に Omaruru 川の取水施設には洪水被害はなかったことから、Omaruru 川流域には Kuseb 川流域のような豪雨はなかったと推測される。

降雨量が著しく大きかった 2011 年以降、ウイントフックの降雨量は平年程度あるいは平年を大きく下回る水準が続いている。NamWater ナミブ事務所の担当者によると、Kuseb 川の取水許可量もいずれ 2006 年以前の水準まで引き下げられることが懸念されている。

Kuseb 川及び Omaruru 川からの取水許可量は降雨量によって大きく変化することから、現在の取水許可量の有効期限以降の取水可能量を予測することは困難である。しかしながら、過去の取水許可量の推移や近年の降雨量より、両河川からの取水可能量を豊水年、平水年、渇水年に区分して表 9.19 のように評価する。

表 9.19 Kuseb 川及び Omaruru 川の取水可能量評価

水文条件	Kuseb 川	Omaruru 川	合計
豊水年	7.0 m ³ /年 (19,178 m ³ /日)	8.0 m ³ /年 (21,917 m ³ /日)	15.0 m ³ /年 (41,095 m ³ /日)
平水年	4.5 m ³ /年 (12,328 m ³ /日)	6.0 m ³ /年 (16,438 m ³ /日)	10.5 m ³ /年 (28,767 m ³ /日)
渇水年	2.5 m ³ /年 (6,849 m ³ /日)	3.0 m ³ /年 (8,219 m ³ /日)	5.5 m ³ /年 (15,068 m ³ /日)

出典：調査団

2) Wlotzkasbaken 海水淡水化プラント

Areva 社が保有する Wlotzkasbaken 海水淡水化プラントは、現在のところ 5 百万 m³/年の生産水量で稼働しているが、20 百万 m³/年 (55,000 m³/日) の施設能力を有している。本来、同プラントは Areva 社が運営するウラン鉱山への水供給のために建設されたものであるが、同社の鉱山はまだ稼働開始の予定がなく、現在は NamWater が生産水を買って既存鉱山に送水している。2016 年以内に NamWater と Areva 社は、生産水量を施設能力の 50% から 60% まで引き上げる合意を結ぶ予定がある。今後、水需要の増加に合わせて、プラントの施設能力まで生産水量を増加できると考えられる。

(2) 新規水源

NamWater はナミブ事務所管内で利用可能な新規水源開発を模索しているが、今のところ開発の可能性があると期待されている水源は Southern Palaeo Channel である。これは Omaruru 川南岸域にある帯水層で、現在、NamWater はこの水源のポテンシャルに係る調査を行っている。調査結果はまだ出ていないが、NamWater 本部でのヒアリングによると最大でも 1 百万 m³/年 (2,740 m³/日) とのことである。また、この水源は塩分を含んでいるため淡水化処理が必要となる可能性が高い。

¹ 2006 年の降雨量は 11 月と 12 月のデータが欠測であるが、1 月から 10 月の降雨で 688 mm を記録している。

9.3.4 新規海水淡水化プラントの必要性及び規模

(1) 新規海水淡水化プラントの必要性及び規模の検討方法

中部沿岸地域では、既存海水淡水化プラントにまだ余力があるものの、海水淡水化以外で期待されている新規水源開発は小規模な地下水開発（最大1百万 m^3 /年）のみであり、既存の地下水源も降雨次第の状況である。本節では、まず「Without Project ケース」として、前節で予測した将来の水需要予測をもとに、既存水源及び期待されている小規模地下水開発のみで給水を行う場合の将来の水需給バランスを算定する。次に「With Project ケース」として、新規の海水淡水化事業を実施する場合を想定し、将来の水需要を満足するために必要なプラントの規模を算定する。

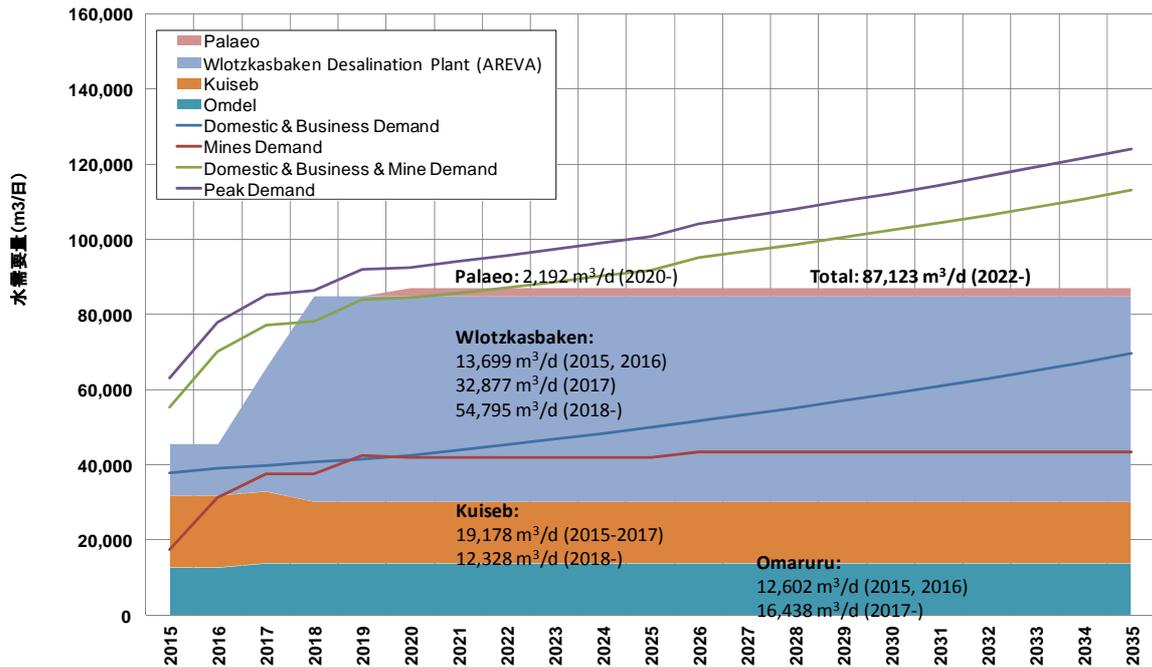
検討で考慮する条件を以下に列記する。

- Without Project ケース、With Project ケースともに、Kuisseb 川伏流水及び Omaruru 川伏流水からの取水量は平水年の条件を基本とする。平水年の水量となるのは、それぞれ現在の許可取水量の期限が切れる 2018 年及び 2017 年からとする。
- With Project ケースでは日平均水需要を満足することを目標に新規海水淡水化プラントの規模を算定する。これは、原則として水需要の変動を地下水取水ポンプの運転調整により吸収することを想定することによる。
- 渇水年を想定し、かつ日最大水需要を満足する条件に基づく新規海水淡水化プラントの規模を参考として算定する。
- 開発が期待されている Southern Paleo Channel からの取水量は最大値と推定されている 1 百万 m^3 /年の 8 割とする。
- 既存海水淡水化プラント建屋内の空きスペースを利用した設備増強（6 百万 m^3 /年）は考慮しない。既存施設内の空きスペースはプラント更新時の作業用スペースとして位置付ける。
- With Project ケースで考慮する新規海水淡水化プラントの稼働開始は、事業に必要な期間（フィージビリティ調査及び資金調達に 2 年、コンサルタント調達に半年、入札準備・入札・設計・施工に 3 年半）を考慮し 2022 年以降とする。

(2) Without Project ケース(新規海水淡水化プラントの必要性の検証)

既存水源のみでは、期待されている新規地下水の開発と既存海水淡水化プラントのフル稼働を前提としても、2022 年以降、日平均水需要を満足できない（図 9.21 参照）。他に期待できる水源はないことから、新規海水淡水化プラントの建設は必要である。また、日最大水需要を満足することを考えると、既存海水淡水化プラントをフル稼働させたとしても、2017 年の水需要すら満足することはできない。したがって、水需要の満足という観点では、海水淡水化プラントの建設は早急に実施しなくてはならない。

既存水源は現時点においても水需要を満足していないことになるが、図に示される 2015 年の水需要は同年のバルク給水実績と同値であるため、既存水源が水需要を満足していないのは不合理である。しかし、バルク給水実績が既存水源からの取水可能量及び海水淡水化プラントの合意生産水量（5 百万 m^3 /年）を超過していたのは事実である。水需要ピーク時期に海水淡水化プラントを合意生産水量以上に稼働させた実績があるが、他に考えられる理由としては、致し方なく取水可能量を上回って取水していたことが推測される。

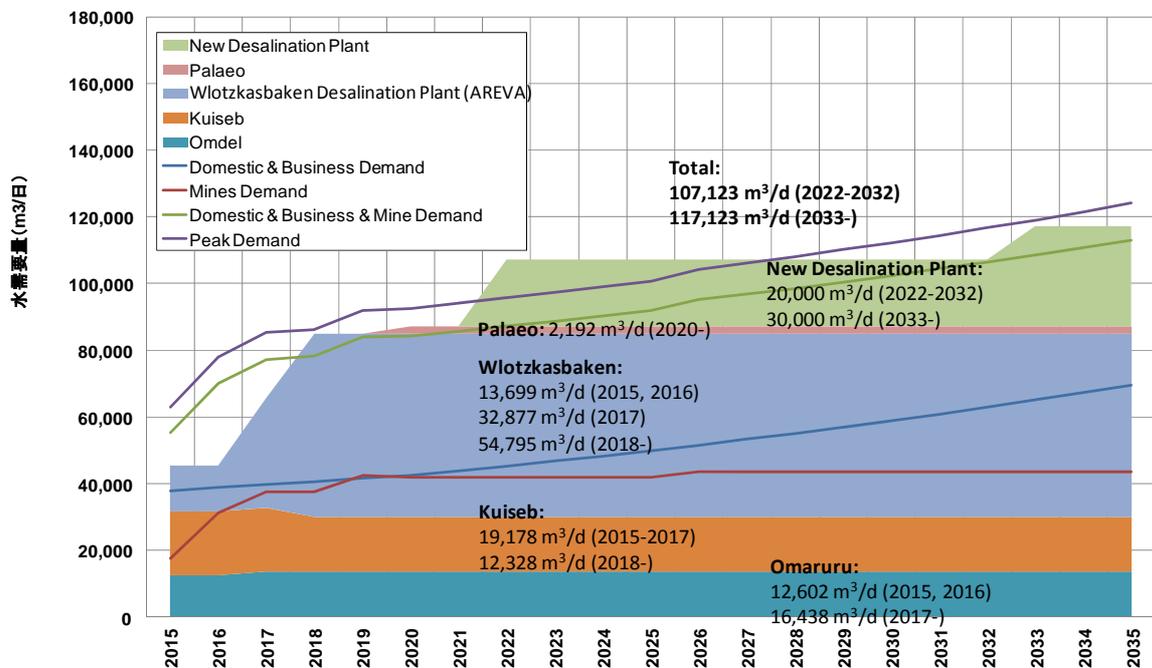


出典：調査団

図 9.21 中部沿岸地域の水需要予測(Without Project ケース)：新規海水淡水化プラントの必要性

(3) With Project ケース(新規海水淡水化プラントの規模の検討)

新規海水淡水化プラントの規模を 20,000 m³/日とすれば、2033 年に 10,000 m³/日の増強が必要となる (図 9.22 参照)。

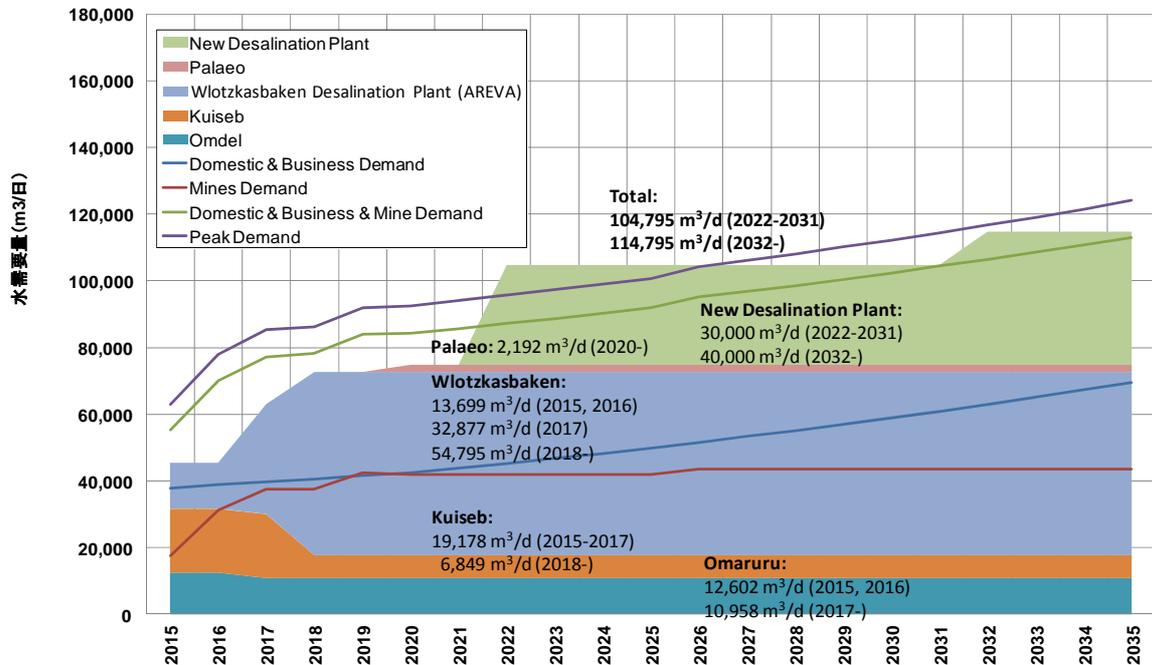


出典：調査団

図 9.22 中部沿岸地域の水需要予測(With Project ケース)：新規海水淡水化プラントの規模

(4) 渇水条件の場合の With Project ケース: 渇水年を想定した場合の新規海水淡水化プラントの規模

With Project ケースで既存地下水からの取水可能量として、渇水年を想定した場合の水需給バランスを図 9.23 に示す。この場合、新規海水淡水化プラントは 30,000 m³/日として、2032 年に 10,000 m³/日の増強が必要となる。水需要は 2021 年まで満足されないが、新規プラントの建設が間に合わないため、中部沿岸地域は数年間、水不足に悩むことになる。



出典：調査団

図 9.23 中部沿岸地域の水需要予測 (Without Project の参考ケース): 渇水条件における新規海水淡水化プラントの規模

(5) 日最大水需要を満足させる場合の新規海水淡水化プラントの規模の検討

新規海水淡水化プラントの規模を最小化するためには、地下水取水ポンプの容量を日最大水需要に対応できるようにし、水需要の変動を地下水取水量で吸収することが考えられる。しかし、ピーク需要に対して短期的であれ地下水取水量を増加させることは、実際の地下水涵養量によっては塩水遡上や地盤沈下を生じさせるリスクもある。

そのような環境リスクを完全に回避するためには、地下水取水量を一定に保ち、海水淡水化プラント稼働率によって水需要の変動を吸収する必要がある。その場合、2035 年において日平均水需要と日最大水需要の差は約 10,000 m³/日であることから、新規海水淡水化プラントの規模は、日平均水需要を想定して規模を決定する場合よりも 10,000 m³/日大きくなる。

(6) 新規海水淡水化プラントの必要性及び規模に関する考察結果

以上の検討の結果、増加する水需要を満足するため、2022 年までに海水淡水化プラントの建設が必要である。その必要規模は表 9.20 に示すとおりである。

表 9.20 新規海水淡水化プラントの提案規模

ケース名	ケースの概要	フェーズ	施設規模	稼働開始年
1. 基本ケース	既存地下水源からの取水可能量が平水年レベルの場合	1	20,000 m ³ /日	2022 年
		2	10,000 m ³ /日	2033 年
2. 渇水ケース	既存地下水源からの取水可能量が渇水年レベルの場合	1	30,000 m ³ /日	2022 年
		2	10,000 m ³ /日	2032 年
3. 地下水保全ケース	地下水取水量を一定に保つ必要がある場合	1	30,000 m ³ /日	2022 年
		2	10,000 m ³ /日	2033 年

出典：調査団

9.3.5 海水淡水化事業の実現可能性

スワコプメント及びウォルビスベイを中心とする中部沿岸地域において、海水淡水化事業の実現可能性は高い。第 12 章において海水淡水化事業の概略計画を行い、「技術」「組織」「財務」「環境社会」の側面から事業実施可能性を評価することとする。

中部沿岸地域では既存水源からの取水可能量が降雨状況によって大きく変動する状況にあり、その他にはごく小規模の地下水開発を除き海水淡水化以外に信頼できる水源はない。それゆえ、既存水源と新規の小規模地下水開発のみでは水需要を満足することができず、2022 年までに海水淡水化プラントを増設しなければ日平均水需要を満足することはできない。また、海水淡水化が沿岸部の水不足解消に最も有効な手段であることは、国家統合水資源管理計画や貧困・経済格差削減促進計画の方針として位置づけられている。

中部沿岸地域では、長きにわたって全国の水道事業を実施してきた NamWater が大規模な事業を実施するだけの組織力を有している。また、既に「ナ」国人要員により既存海水淡水化プラントが運転されていることから、そのような人材を活用することで NamWater は新規海水淡水化プラントを適切に運転することが可能である。あるいは、プラントを建設した業者が引き続き運転管理を行う契約形態を採用することも考えられる。

さらに、第 12 章で詳述するが、現時点で既に海水淡水化コストに近いレベルの水道料金となっていることから、海水淡水化事業を実施する場合でも、バルクユーザーが受け入れ可能な料金値上げによってコストリカバリーを維持することが期待できる。また、環境社会配慮面においても、住民移転を伴う用地取得の問題はなく、「ナ」国の法制度に従って所定の手続きを踏めば、事業実施を妨げる深刻な問題が生じるとは考えにくい。

第 10 章 アンゴラ

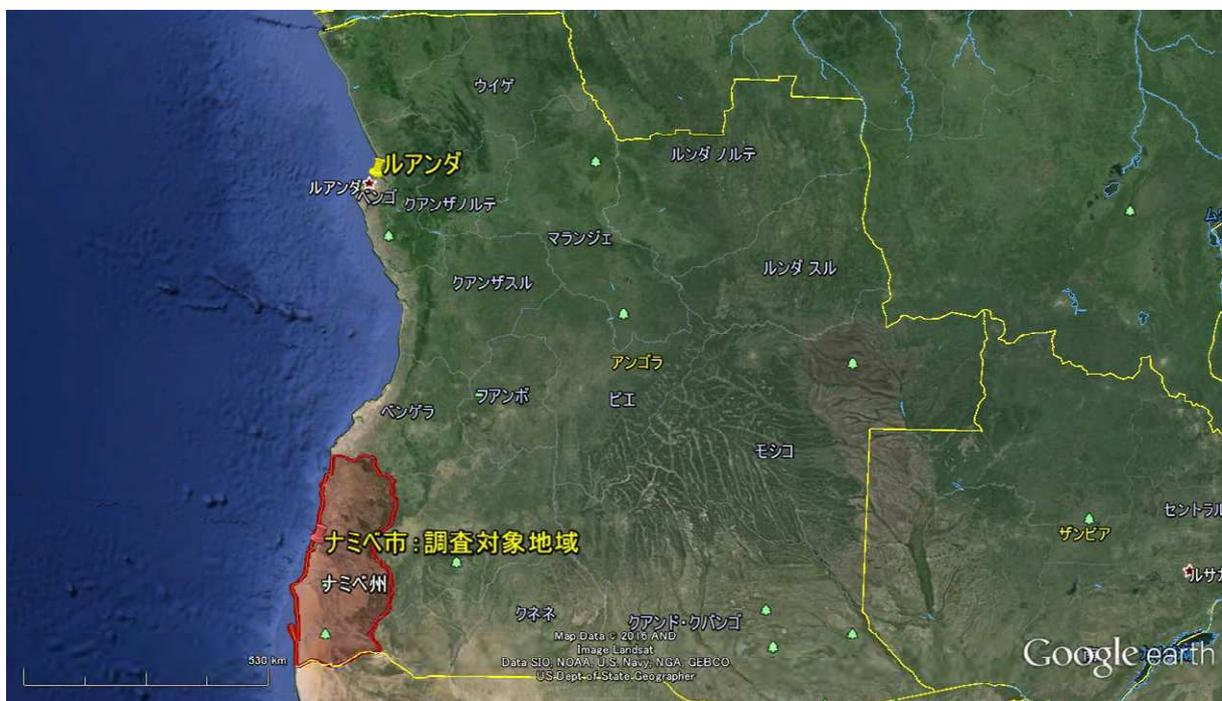
10.1 現地調査対象地域

10.1.1 概要

現地調査対象地域は、アンゴラ共和国（以下、「ア」国）の首都ルアンダ市から南に約 750 km 離れたナミベ（Namibe）市である。ナミベ市は大西洋岸に位置するナミベ州の州都である。ナミビア共和国との国境でもある南側の州境からは 230 km の距離にあり、国際河川であるクネネ（Cunene）川が州境・国境になっている（図 10.1 参照）。ナミベ州は、ナミビア共和国からの海岸線に沿って続くナミブ砂漠がその名称の由来であり、過去はモサメデシュ（Moçâmedes）と呼ばれていた。

ナミベ市は、大西洋に面した海岸線が内陸に入り込んだ地形になっていることを利用した海港を中心に発達した都市で、首都ルアンダ（Luanda）、ロビト（Lobito）と並んで、大西洋岸を南北に航行する船舶の中継地点である。

ナミベ港では、東側に隣接するウイラ（Huila）州で産出される天然資源の輸出や、大西洋で捕獲された魚等の水揚げが行われている。ナミベ港は、旅客・貨物、天然資源等、輸送の結節点となっていることから、ここを海側の起点として内陸部とを結ぶ輸送ルートが「ナミベ回廊」と呼ばれている。このようなナミベ港の地勢的な位置付けから、我が国は無償資金協力事業「緊急港湾改修計画」を 2005 年から 2010 年にかけて実施した。また、JICA は 2010 年から 2011 年に「ナミベ港改修計画準備調査」を実施した。また、2016 年 1 月より「ナミベ港改修計画準備調査（見直し）」を実施中である。



出典：Google Earth

図 10.1 ナミベ市の位置

10.1.2 人口

「ア」国の人口は、首都ルアンダ市を擁するルアンダ (Luanda) 州に全人口の約 27% が集中しており、これにナミベ州の東に隣接するウイラ (Huila) 州、主要な海港都市であるベンゲラ市、ロビト市を抱えるベンゲラ (Benguela) 州が続く。ナミベ州の人口は 471,613 人であり、18 州のうち 16 番目である (表 10.1 参照)。

ナミベ州の人口は、2006 年の州政府統計データによれば 313,667 人であり、これと 2014 年の人口を比べると、年平均人口増加率は約 5% となる。ナミベ州の都市開発・環境局は、今後も年率 5% 程度の人口増加が継続すると予測している。ナミベ市の人口は 282,056 人であり、州の約 60% を占めている (表 10.2 参照)。

表 10.1 「ア」国各州の人口

Province	Population	Percentage
Luanda	6,542,944	26.83%
Huila	2,354,398	9.66%
Benguela	2,036,662	8.35%
Huambo	1,896,147	7.78%
Cuanza Sul	1,793,787	7.36%
Uige	1,426,354	5.85%
Bie	1,338,923	5.49%
Malanje	968,135	3.97%
Cunene	965,288	3.96%
Lunda Norte	799,950	3.28%
Moxico	727,594	2.98%
Cabinda	688,285	2.82%
Zaire	567,225	2.33%
Lunda Sul	516,077	2.12%
Quando Cubango	510,369	2.09%
Namibe	471,613	1.93%
Cuanza Norte	427,971	1.76%
Bengo	351,579	1.44%
Total	24,383,301	

出典：「ア」国 2014 年統計 (国家統計局)

表 10.2 ナミベ州の人口

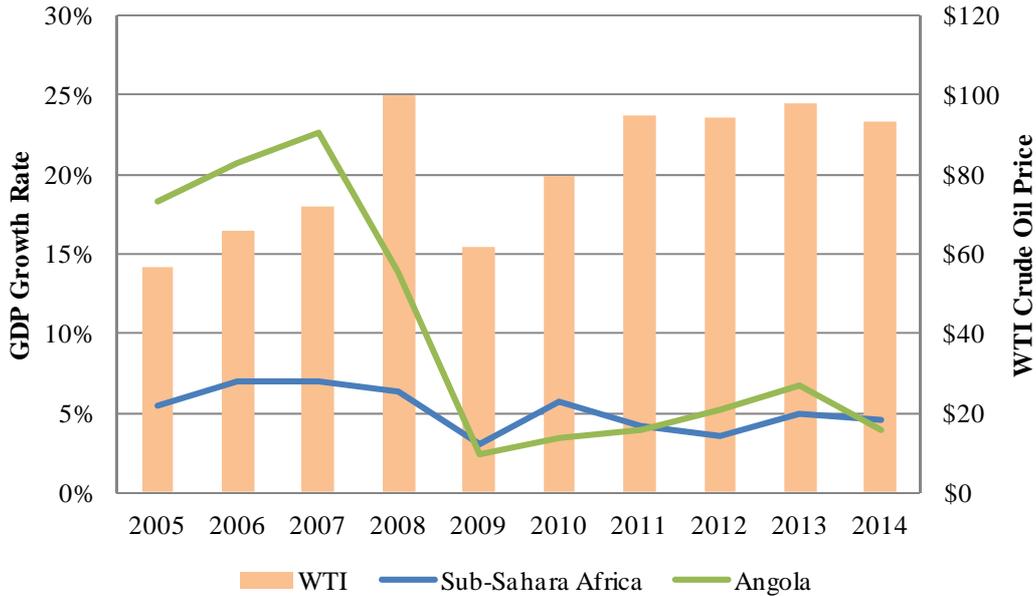
Municipality	Population	Percentage
Namibe	282,056	59.8%
Tombwa	54,873	11.6%
Virei	29,975	6.4%
Bibala	55,399	11.7%
Camucuio	49,310	10.5%
Total	471,613	100.0%

出典：「ア」国 2014 年統計 (国家統計局)

10.1.3 経済指標・動向

(1) 「ア」国経済の動向

「ア」国の経済成長は原油価格とほぼ同期しており、2006 年及び 2007 年の GDP 成長率は 20% を上回った。しかし、2009 年に原油価格が大幅に下落したことを契機に「ア」国の経済は停滞局面に入り、GDP 成長率は 2% 台に低下している。他のサブサハラ各国の成長率と比較した場合、「ア」国の経済成長が石油市場の動向にさらされている状況であることが理解できる (図 10.2 参照)。



出典：World Bank

図 10.2 「ア」国とサブサハラ地域全体の経済成長及び原油価格の推移

「ア」国経済は、石油産業への過度の依存に加え、その他の国内産業が育たず、失業率が上昇、高いインフレも生じたことから、いわゆる「オランダ病 (Dutch Disease)」の様相を呈している。表 10.3 は「ア」国の産業別 GDP 構成比を示したものであるが、約 40%が石油関連産業となっており、単一の産業への依存度としては極めて高い。例えば、同じ産油国であるナイジェリアの石油産業が GDP に占める割合は 12.9%である。また、「ア」国では石油資源の存在にもかかわらず、その収益の還流がルアンダ州・市に偏りがちであったことから、地方整備への投資が今後の課題である。

ただし、ここまで示した国際機関の統計を除き、「ア」国政府の統計データの整備は遅れており、こうした現状把握手段の未整備が、適切な予算執行、財政運営能力の欠如に帰結していることを指摘する意見もある。

表 10.3 「ア」国の産業別 GDP 構成比

セクター	2009	2013
農業・林業・水産業	6.4%	5.4%
鉱業	39.7%	39.4%
(石油関連)	(39.1%)	(38.5%)
製造業	3.7%	4.1%
電力・ガス・水	1.1%	0.7%
建設	8.2%	10.4%
卸売・小売・サービス	9.9%	7.1%
交通・流通	4.8%	4.4%
金融・不動産	5.4%	3.6%
官公庁	13.5%	17.5%
その他サービス	7.3%	7.4%

出典：African Economic Outlook, Angola 2015

(2) 石油資源セクター

「ア」国には、90 億バレル（世界 17 位）の石油確認埋蔵量（米国エネルギー情報局統計）があり、これはメキシコとほぼ同じ水準である。石油生産量は、2008 年には 2,000,000 バレル／日であったが、その後の生産量は頭打ちであり、2014 年は 1,742,000 バレル／日であった。これは原油価格の低下と市況の軟化も影響していると考えられる。

他方で、「ア」国は石油産業への一方的な傾斜がもたらすリスクを認識しつつあり、外資導入に当たっては、非石油産業への投資誘致、インセンティブ供与が積極的に行われている。また「ア」国政府は、2012 年に石油製品輸出から得られた収益を政府の管理口座に納めて運用する Sovereign Wealth Fund (SWF) を立ち上げ、石油以外の産業への資金還流に取り組んでいる。

(3) 外資導入の成果と課題

「ア」国経済の特徴の一つに、中国をはじめとする外国資本の経済での位置取りが挙げられる。中国は「ア」国産原油の最大の輸出先であるが、その石油収入の多くは「ア」国経済に還流することなく、「ア」国内のインフラ建設を受注した中国企業に支払われており、地元経済が潤う機会が少ないとされる。

ナミベ市郊外には 400 ha に及ぶ中所得者用住宅が中国系企業により建設されているが、高い塀で囲まれた敷地に中国人労働者が居住しつつ建設が進められており、地元州政府関係者によればアンゴラ人の直接雇用は少ないとのことである。また、ルアンダ北郊のキランバの住宅団地建設が事例として挙げられるように、類似のインフラ建設は少なくないことから、そのような状況を問題視する指摘もある。

10.1.4 産業の特色と開発動向

(1) ナミベ州の産業

ナミベ州は、市場としての人口が少ないことから、主に地産地消型の農業と水産業から経済・産業が成り立っている。ナミベ市郊外には、オリーブ・果樹などを栽培する小規模農園が点在している。また、河川によって形成された谷合にも集落があり、牛・ヤギなどの放牧や野菜栽培が行われている。

ナミベ州が砂漠やステップ地帯で大規模な耕作が行われてないのに対して、ナミベ市から 185 km 東に位置するウイラ州のルバンゴ市は農産物の集積地点であり、ここから鉄道や道路を介してナミベ州に農産物が流通している。

ナミベ港を海港出口と位置付けるナミベ回廊は、「ア」国内陸部の天然資源をナミベ港から輸出することを想定しており、ナミベ港はこのための輸出機能を伴った施設となることが期待されている。JICA が 2009 年から 2010 年にかけて実施した「南部アフリカ成長ベルト広域協力プログラム準備調査」では、ナミベ回廊の意義をウイラ州の Cassinga 鉱山からの鉄鉱石を輸出するための鉄道輸送回復に見ているが、これ以上の記述観察はない。

(2) 産業・港湾開発

州当局は、ナミベ港の開発計画として、先に我が国の無償資金協力事業が実施された既存埠頭（南部埠頭）に加えて、市街地からペロ川河口に向かう地区に新たな埠頭開発（北部埠頭）を進める意向である。北部埠頭は、バルク貨物、コンテナ貨物の両方に対応できるよう開発するものであり、既に湾に面する用地取得が進められている。また、南部埠頭に向かう鉄道がこの用地を通過

することから、鉄道の引込も可能な立地であるとうかがえた。しかし、調査団が現場を視察したところ、2011年に座礁した砂糖ばら積み船が撤去されず湾内に留め置かれており、実際に港湾施設を整備するのがいつになるのか判然としない。

地域開発は州政府の産業・鉱工業局が担っている。産業立地の一環として、ナミベ港南側に水産技術学校が建設され、「ア」国全土から学生を募っている。この水産技術学校では、漁獲技法に留まらず、水産業を営むための経営知識を習得することが念頭に置かれ、毎年400～500名の学生を募集する予定である。卒業した生徒は、ナミベ市あるいは州南部のトンブア（Tombwa）市の水産業に従事することが期待されている。

10.2 水資源管理及び上水道整備状況

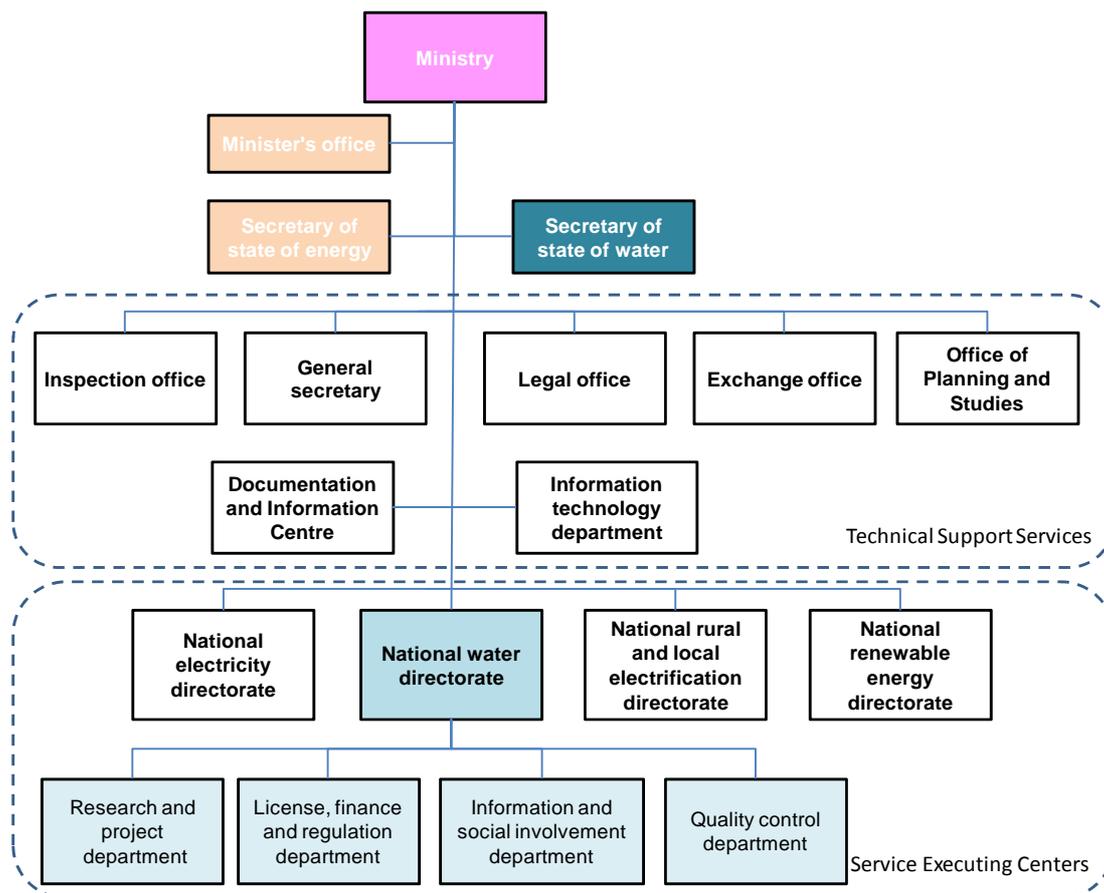
10.2.1 水資源管理及び上水道セクターの実施体制

(1) 組織体制

「ア」国では、エネルギー・水省（Ministério da Energia e Águas: MINEA）の国家水利局（Direção Nacional de Águas: DNA）が全国の水道事業を管轄している。全国レベルの水資源管理は、MINEA傘下の国家水資源管理協会（Instituto Nacional de Recursos Hídricos: INRH）が担っている。水道事業の実務は各州のエネルギー・水局（Direção Provinciais de Energia e Águas: DPEA）が実施している（図10.3参照）。

DNAの機能を以下に列記する。

- 上下水道に係る国レベルの政策立案と政策の遂行・モニタリング
- 水資源管理・上下水道に係る情報収集・管理
- 河川流域ごとの水資源利用に係る利害調整
- 持続可能な水資源利用のための汚染管理計画作成の促進
- 持続可能な水資源利用に係る市民への啓蒙と市民参加の促進
- 上下水道事業、水資源利用に係る申請・登録などのライセンス業務
- 水資源管理・開発、上下水道事業に関する科学的・技術的研究
- 上下水道料金に係る調査・研究
- 上水道の配水管網・下水道の排水管网に係る国レベルの目録作成、各事業体の管路施設台帳の整備促進
- 複数の水道事業体に関与する大規模上下水道事業における計画・調整、事業実施のモニタリング・評価
- 水源利用、上下水道の水質、水処理方法、施設計画・設計、工事、運転管理等に係る法令や基準の作成と運用
- 上下水道事業体の経営・運転管理状況のモニタリング、必要な指導
- 各事業体による上下水道マスタープランの作成促進と計画実施のモニタリング・評価



出典：DNA

図 10.3 「ア」国で水道事業を管轄する MINEA の組織体制

(2) 水道事業体の公社化

DNA は、世界銀行及びアフリカ開発銀行の支援を受けて水道事業体の公社化を進めている。例えば、首都ルアンダ市が位置するルアンダ州では、ルアンダ水道公社（Empresa Pública de Águas de Luanda: EPAL）が設立されているなど、18州のうち9州で既に公社化が実現している（Provincial Water Supply and Sanitation Utilities: PWSUs）。現地調査対象であるナミベ州では未だ公社化が行われていない。

DNA によると、公社化は水道事業体の財務的独立と人的資源の有効活用を目的としている。公社化後、2年間はDNAが財政支援を行うが、それ以降は料金収入による独立採算が求められている。したがって、公社は2年の間にコストリカバリーが可能なレベルの料金体系を導入しなければならない。

(3) 「ア」国水道セクターへの他ドナーの支援

「ア」国の水道セクターには、世界銀行やアフリカ開発銀行が資金協力や技術協力を行っている。表 10.4 に近年の主な協力案件を示す。ナミベ州の水道事業体の公社化は「組織・制度及び持続可能な都市給水・衛生サービス支援事業」において、アフリカ開発銀行の資金協力と技術協力により進められている。

表 10.4 「ア」国への他ドナーからの主な支援事業

No.	事業名	事業概要	事業費（百万米ドル）、資金原	実施期間
1	Sumbe 市上下水道整備及び組織・制度支援事業 (Projecto de Abastecimento de Água, Saneamento e Apoio Institucional ao Sumbe)	Cuanza Sul 州の州都 Sumbe 市における上下水道整備事業で、以下の 6 つのコンポーネントからなる。 1. 水道施設整備 2. 衛生施設整備 3. 衛生・環境に係る市民への啓蒙 4. 州上下水道公社設立のための支援 5. 国家地方給水・衛生プログラムの作成 6. 事業実施状況のモニタリング	- 事業費：36.6 - 「ア」国政府（50%） - AfDB ^{*1} の AfDF ^{*2} （50%）	- 2010年2月から2016年9月末の予定 - 借款契約は2008年1月7日に締結
2	組織・制度及び持続可能な都市給水・衛生サービス支援事業 (Projecto de Apoio Institucional e de Sustentabilidade ao Abastecimento de Água Urbano e ao Serviço de Saneamento)	7 州（Cabinda、Bengo、Cuanza Sul、Lunda Norte、Lunda Sul、Namibe、Cunene）を対象に、a)水道セクターのガバナンス改善、b)水道及び衛生セクターにおける中央政府及び州レベルの人材強化、組織効率改善、c)持続可能な水道及び衛生サービスへのアクセス改善を目的とし、以下の 4 つのコンポーネントからなる。 1. 州上下水道公社の設立 2. 衛生施設、水道施設の改善 3. キャパシティ・ディベロップメント、組織改善 4. 事業実施状況のモニタリング	- 事業費：154.71 - 「ア」国政府（20%） - AfDB ^{*1} （80%）	- 2015年8月に開始され6年間の予定 - 借款契約は2016年6月24日に締結
3	水道セクター組織・制度開発事業 (Projecto de Desenvolvimento Institucional do Sector de Águas : PDISA)	水道事業の信頼性とアクセスの改善、及び効率化のため、水道行政のキャパシティ・ディベロップメントを行うもので、対象は9つの州都（Menongue、M'banza Congo、Lubango、Luena、Malange、Cuito、N'Dalatambo、Huambo、Uige）である。主なコンポーネントは以下のとおり。 1. 水道事業の組織改善：資金管理・調達ユニットの設立、公社設立、監督機関の設立 2. 水道管理：水源管理組織の設立 3. 水道施設の改善：配水管網 240 km 及び各戸接続 72,000 の建設、施設台帳の整備 4. 組織・制度の改善：中央政府及び州レベルのマネージャークラスへの研修、公社への組織変更のための支援	- 事業費：当初費用 113 及び追加費用 120 - 「ア」国政府（当初費用の 50%） - 世界銀行（当初費用の 50% 及び追加費用の全額）	- 2019年6月末までの9年間の予定 - 当初費用の借款契約は2010年2月25日に締結 - 追加費用の借款契約は2012年10月31日に締結

*1: African Development Bank（アフリカ開発銀行）

*2: African Development Fund（アフリカ開発基金）

出典：DNA（調査団からの質問書に対する回答書）

10.2.2 水道事業に係る法制度

(1) 水道行政に係る法制度

「ア」国の水セクターにおける主な法令として表 10.5 に示すものが挙げられる。

表 10.5 「ア」国の水セクターに係る主な法令

No.	文書番号	概要
1	Law No. 06/02, 21 June 2002	上下水道、水資源に係る基本法 (Water Act)
2	Presidential Decree 261/11, 6 October 2011	水質基準
3	Presidential Decree 141/12, 21 June 2012	水環境・水源保全に係る規則
4	Executive Decree 246/12, 11 December 2012	MINEA の位置付け・機能
5	Presidential Decree 83/14, 22 April 2014	上下水道に係る規則
6	Presidential Decree 253/10, 16 November 2010	INRH の設立
7	Presidential Decree 205/14, 15 August 2014	INRH の位置付け・機能
8	Executive Decree 359/14, 12 November 2014	DNA に係る規則
9	Presidential Decree No. 82/14, 21 April 2014	水資源利用に係る規則

出典：DNA

(2) 環境社会配慮に係る制度

「ア」国では、Decree 51/04 of 23 July 2004 により、環境影響評価 (EIA) の枠組みが規定されている。これによると、EIA の必要性は、対象となる活動・事業に起因して発生しうる環境社会影響の程度によって決定される。州レベルで EIA に関わる手続きを直接的に監督するのは、都市開発・環境局である。同局は、事業者に対して EIA に係る手続きにつき指導を行う。また、EIA を実施するライセンス登録を有するコンサルタントの紹介も行っている。

現地調査では都市開発・環境局の担当者と面談を行い、海水淡水化プラントの建設において必要となる環境社会配慮について聞き取りを行った。その結果、建設用地内及び周辺での動植物への影響、プラントより放流される濃縮塩水や薬品による海洋環境への影響、さらにはプラントによる大量のエネルギー消費による環境影響を評価する必要があるとのことであった。

10.2.3 ナミベ市における水道事業の実施体制

ナミベ州では、水道事業体の公社化がまだ行われておらず、エネルギー・水局 (Direção Provinciais de Energia e Águas) が水道事業を担っている。エネルギー・水局は、電力部、水部、総務部の三部からなり、局員数は 45 名である。また、65 名の外部スタッフが工事やメンテナンス作業に従事している。水道事業体の公社化については、州政府が主導して組織改編の取り組みを進めている。

現地調査ではエネルギー・水局長との面談により、水道事業の現状や将来計画等について情報収集を行った。しかし、局長は電力を専門とするエンジニアで、水道事業についての説明には曖昧な部分や不正確と考えられる点が複数あった。また、水道に係る数値データが提示されなかった一方で、電力についてはデータがすぐに手元から出てくる状況であり、水道セクターの実施体制が電力セクターよりも遅れていることがうかがわれた。

10.2.4 ナミベ市の水資源及び水道事業

(1) ナミベ市の既存水源と水供給システム

ナミベ市では、中心市街地の北にベロ川 (Bero River) が東西に横断している。ベロ川は 2 月から 4 月の間を除いて枯れ川であるが、河道及びその周辺には伏流水を湛えた帯水層がある。ナミベ市は水道水源の 98% をベロ川の伏流水より得ている。

ナミベ市は、ベロ川の伏流水を 2 か所の井戸群で汲み上げている。このうち、中心市街地を含むベロ川南部向けの井戸群は河口から約 2 km 上流に位置するベンフィカ (Benfica) にあり、3 本 (215

m³/時×3 本) の井戸が稼働している (図 10.4 参照)。一方、ベロ川北部向けの井戸は 1 本 (180 m³/時) のみである (表 10.6 参照)。汲み上げている地下水は飲料水として問題ない水質である。しかし、鉄分が多いため水回りや機器類を錆びさせるとの苦情があり、現在、除鉄のための浄水施設の建設が進められている。

表 10.6 ナミベ市の既存水源

No.	名称	既存揚水能力	送水先	備考
1	Benfica 井戸群	215 m ³ /時×3 本 (15,480 m ³ /日)	ナミベ市南部	新規井戸建設中
2	不明	180 m ³ /時×1 本 (4,320 m ³ /日)	ナミベ市北部	—

出典：ナミベ州エネルギー・水局からの聞き取り情報



出典：Google Earth

図 10.4 ベンフィカ(Benfica)井戸群の位置図

表 10.7 にナミベ市の水道事業概要を示す。ベンフィカ井戸群で汲み上げられた水は 2 本の送水管で市内に送水され、3 つの主要配水池 (貯水容量はそれぞれ 2,000 m³、1,000 m³、1,000 m³) を通じて市民へ供給されている。既存配水網は中心市街地に総延長約 40 km 存在する。その他の地区では、市民は個人所有の浅井戸やタンクローリーで水を販売する民間事業者に依存している。また、既存配水管の大半は耐久性が低い鉄筋コンクリート管であり、布設後 70 年を経過した老朽管が存在する。エネルギー・水局によると漏水率は 50% 程度とのことであった。

市内で多く水を使用しているユーザーは、ガソリンスタンドを経営している Sonagol 社、次いでナミベ港である。その他、比較的大きなユーザーはトマト加工工場である。

表 10.7 ナミベ市の水道事業概要

項目	概要	備考
給水接続数	16,000	DNA へのヒアリングでは「21,000」。
水道普及率	40%	給水人口は約 11.3 万人と算定される。
給水量	19,800 m ³ /日	
一人あたり使用水量*	87.6 L/人/日	給水量、給水人口及びエネルギー・水局より聞き取った「漏水率 50%」に基づく。
配水管延長	40 km	大半が鉄筋コンクリート管。布設後 70 年を経過した老朽管が存在する。
配水池	3 か所、合計 4,000 m ³	ベロ川南部の中心市街地のみ。
水道メーター設置状況	設置されているが更新が必要	
水道料金	一般世帯向け：1.7 クワンザ/m ³ 産業向け：2.0 クワンザ/m ³	1 クワンザ≒1.49 円（2016 年 5 月） DNA へのヒアリングでは「1.7 クワンザや 2.0 クワンザは（低すぎるので）誤りではないか」との指摘あり。

*：DNA によると、「ア」国における一人あたり使用水量の目標値は以下のとおり。

- ・ 住居への各戸接続による場合：90 から 120 L/人/日
- ・ 庭先までの各戸接続（複数世帯で共有しているものと調査団は理解）による場合：50 から 70 L/人/日
- ・ 公共水栓（150 人が共有）による場合：30 L/人/日

出典：ナミベ州エネルギー・水局からの聞き取り情報

(2) ナミベ市の水道料金

前述のように、エネルギー・水局によると、ナミベ市の水道料金は一般世帯向けが 1.7 クワンザ/m³、産業向けが 2.0 クワンザ/m³である。ナミベ市は 2008 年に料金改定を試みたが中央政府に承認されず、長期間据え置きとなっている（直近の改定時期は不明）。

DNA は、水道事業体の公社化促進にあたり、コストリカバリーが可能な料金レベルの調査を行っている。DNA への聞き取り調査結果によると、料金レベルは 150 から 200 クワンザ/m³と考えられており、ルアンダ州では既に 70 クワンザ/m³、ベンゲラ州では既に 280 クワンザ/m³まで値上げされている。

エネルギー・水局より聞き取った数字が正しいとすると、ナミベ州の水道料金は水道事業の持続性を確保できるレベルから程遠い。水道事業体の独立採算を推進する中央政府が 2008 年のように料金改定を承認しないことは考えにくい、現在の料金を独立採算が可能なレベルまで引き上げるには長い道のりとなることが想像される。水需給バランスの観点から海水淡水化のニーズが生起するとしても、海水淡水化のコストを賄うだけの料金体系を定着させるには、中長期的な取り組みが必要である。

(3) 水源開発及びその他の水道施設建設事業

ナミベ市では、上水道普及率をはじめとするサービス改善のために、給水量の増加や配水管網拡張・改善事業を実施中である（表 10.8 参照）。この事業は、ベンフィカ井戸群での新規井戸の建設、除鉄のための浄水施設の建設、水道未普及地区での配水管網の新設、中心市街地の既存配水管の更新を含むもので、エネルギー・水局は 2016 年内、または 2017 年の早期に完成することを期待している。事業の完成時期は、DNA でも 2016 年内と把握しており、エネルギー・水局が期待しているように、2017 年までに完成する可能性は高いと考えられる。配水管網にはダクタイル鋳鉄管または高密度ポリエチレン管が使用され、配水管の更新に伴って各家庭への給水管も更新される。したがって、事業が完成すれば、市内の広い範囲（目標は給水率 80%）で信頼性の高い配水管網が整備される。

表 10.8 に、現在実施中の水道施設建設事業の概要を示す。エネルギー・水局からの聞き取り情報と DNA から質問書への回答として得た情報に相違があったが、本章では書面にて回答した DNA の情報を「正」とした。

表 10.8 ナミベ市で実施中の水道施設建設事業の概要

項目	概要	備考
新規井戸*	210 m ³ /時×4 = 840 m ³ /時 (20,160 m ³ /日)	DNA からの情報では言及なし。
浄水施設	1,200 m ³ /時 (28,800 m ³ /日) 除鉄処理	エネルギー・水局からの聞き取り情報では 20,000 m ³ /日。
配水池容量	25,000 m ³	-
配水管網の拡張 (延長)	約 150 km	エネルギー・水局からの聞き取りでは既存配水管の更新 96 km、新規配水管 76 km、計 172 km。
住居への戸別接続数	15,000	更新も含む。
庭先への戸別接続数	3,790	更新も含む。
公共水栓の新設	40 か所	-
目標給水率	80%	エネルギー・水局によると現在は 40%。

*: ナミベ州エネルギー・水局からの聞き取り情報

出典: 新規井戸の概要を除き DNA (調査団からの質問書に対する回答書)

DNA は、現在実施中の事業が完成以降、ナミベ市において 2035 年までに必要な水道インフラ需要を表 10.9 に示すとおり見積もっている。この水道インフラ需要の根拠は明らかでないが、DNA は全国を網羅した上下水道事業のマスタープランを作成中 (完成間近とのことであったが、未公開のため調査団には開示されなかった) であることから、このマスタープランでの検討結果であろうと推測される。

DNA が提示した給水人口と浄水場の施設能力から 2035 年の一人あたり使用水量を算出すると、漏水率を 20% と想定して約 150 L/人/日である。

表 10.9 ナミベ市における 2035 年までの水道インフラ需要

項目	2035 年の需要	実施中事業後の整備規模	2035 年までの整備需要
浄水場	4,088 m ³ /時 (98,112 m ³ /日)	1,200 m ³ /時 (28,800 m ³ /日)	2,888 m ³ /時 (69,132 m ³ /日)
配水管延長	250 km	150 km	100 km
戸別接続数	36,710	15,000	21,710
(給水人口) *	513,941 人	155,530 人	382,411 人

* 目標給水率を 100% とすると、2014 年から 2035 年まで年率 2.9% の人口増加が見込まれている。

出典: DNA (調査団からの質問書に対する回答書)

(4) 将来の水源

ナミベ市が利用しているペロ川伏流水の取水可能量について、DNA 及びエネルギー・水局ともに具体的な調査結果・データは有していないとのことであった。しかし、調査団からの質問書に対する回答書で、DNA は「ペロ川の伏流水を取水しているベンフィカ井戸群で 2035 年までの水需要を満足できる。」としている。

(5) ナミベ州における小規模海水淡水化事業の実績

ナミベ州政府は、州北部のタイガー島と呼ばれる陸繋砂州に 8 m³/時 (24 時間稼働の場合 192 m³/日) の海水淡水化設備を Basico 社 (スペイン) より購入・設置した実績がある。エネルギー・水局によると、2003 年から 2005 年まで設備を稼働させたものの、故障が頻発したため住民への給水に支障が生じた結果、住民全員が本土に戻り、設備は放棄されたとのことであった。

小型の海水淡水化設備は、メーカーが納入・設置することで、(土木工事を伴う水道施設に比べて)容易かつ早期に水を得ることができる。しかし、このタイガー島の事例は、運転管理の技術や十分な財源を伴わない者が高度な設備を導入した場合の典型的な失敗事例と言える。

10.3 海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性

現地調査にて収集した情報や関係機関との協議の結果を考察すると、ナミベ市において海水淡水化事業の実現可能性は低い。現時点から約 20 年後の 2035 年までを考える場合、水需要予測と既存水源のポテンシャルに基づく水需給バランスにおいて海水淡水化事業のニーズは高くない。また、既存上水道事業運営の組織面及び財務面において解決すべき大きな課題が存在することから、海水淡水化事業の実施及び運営維持管理を行うだけの環境が整う見通しは未だ立っていないと判断する。

表 10.10 に、ナミベ市における海水淡水化事業のニーズ及び事業実現可能性に係る考察を、「技術」「組織」、「財務」、「環境社会」の側面から整理する。

表 10.10 ナミベ市における海水淡水化事業のニーズ及び実現可能性に係る考察

評価側面	考察
技術面	<p>水需要予測： DNA の水需要予測では 2035 年までに 98,112 m³/日の水供給が必要である。これは人口増加率 2.9%/年と一人あたり使用水量 150 L/人/日を見込んだものである。</p> <p>近年の人口増加率は約 5%/年であるが、これが 2035 年まで持続することは考えにくく、3%~4%/年になると考えられる。</p> <p>「ア」国の経済状況を鑑みると産業セクターの使用水量が急増する見込みは定かではない。ナミベ港に新埠頭建設の計画があるが、現場を見る限り、今後 5~10 年で大規模な開発が実施される可能性は考えにくい。</p> <p>一人あたり使用水量 150 L/人/日はアフリカ諸国の中ではかなり高い水準であるが、「ア」国の基準(90 から 120 L/人/日)に 25%の産業需要を加えると考えれば、非現実的とまでは言えない。</p> <p>一人あたり使用水量を 150 L/人/日、給水率 100%、人口増加率を 2.9%~4.0%/年、漏水率を 20%とすれば、2035 年の水需要は 96,000 m³/日~121,000 m³/日(中間値は 108,500 m³/日)である。</p> <p>水源： 既存及び建設中の井戸の取水量は 39,960 m³/日(19,800 + 21,600)である。したがって、2035 年までに 56,000 m³/日~81,000 m³/日(中間値では 68,500 m³/日)の新規開発が必要である。</p> <p>既存水源のペロ川伏流水のポテンシャルは不明だが、DNA は少なくとも既存も含めた合計で 98,000 m³/日は賄えるとしている。</p> <p>ペロ川伏流水以外に有効な水源はない。エネルギー・水局はクネネ川からの取水を示唆した。しかし、DNA は、クネネ川には余剰水量がなく、施工環境も厳しいことから、非現実的との見解であった。</p> <p>結論： ナミベ市の水需要がペロ川伏流水のポテンシャルを超える場合、海水淡水化が必要となる可能性がある。しかし、2035 年までは水需要をペロ川伏流水で賄えると考えられており、水需給バランスにおいて海水淡水化が必要となる見通しには至っていない。</p>
組織面	<p>ナミベ州では本格的な浄水施設が未整備であり、海水淡水化プラントの運転管理を行える組織体制の素地が形成されていない。</p> <p>ナミベ州は水道事業体の公社化を進めているが、2015 年に 8 月に開始された AfDB による支援事業で体制移行に着手したばかりである。当面は組織再編・強化、人材育成に注力すると考えられ、海水淡水化のような新たな技術を大規模に取り入れる余力はない。</p>
財務面	<p>ナミベ州の水道料金は、水道事業の運営維持管理費を賄うレベルに至っていない。</p> <p>公社化後、水道事業は 2 年以内にコストリカバリーが可能な料金体系を導入することが中央政府より求められている。海水淡水化導入の前に、ペロ川伏流水を水源とする水道事業のコストリカバリーを達成することが課題である。</p>

評価側面	考察
環境社会面	<p>ナミベ市には未だ空地が多い。したがって、海水淡水化プラント建設に必要な用地を住民移転や補償を伴わずに取得することは可能と考えられる。</p> <p>海水淡水化プラントが与え得る環境影響として、濃縮塩水の放流による海洋環境や漁業への影響が挙げられる。しかし、適切な建設用地選定と放流設備設計により、そのような影響は最小化することができる。</p> <p>「ア」国では EIA に係る枠組みが整備されており、事業実施のための手続きに問題が生ずることは考えにくい。</p>
総合評価	<p>現時点では海水淡水化のニーズが高いとは評価できない。ナミベ市では、既存上水道システムの改善・拡張が課題であると共に、水道事業体の公社化、組織強化、コストリカバリーの実現など組織面・財務面でクリアすべき課題がある。これらの課題の解決を優先する必要がある。</p>

出典：調査団

第 11 章 海水淡水化プラントの概略計画：モザンビーク

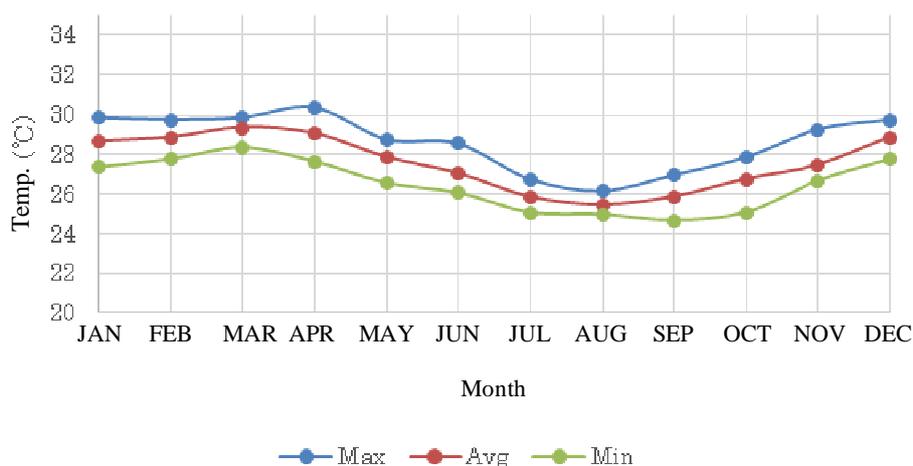
11.1 概略施設計画

11.1.1 計画の基本条件

水需要予測から不足分を補完する水量として、2025 年までに 70,000 m³/日、2035 年までに 140,000 m³/日とする。

海洋条件は次のとおり設定する。

- 水質：World Ocean Atlas Climatology（アメリカ海洋大気庁：NOAA）に示される水深 10 m 付近の Salinity 値を参考とする。インド洋海域の標準塩分濃度は 35 g/kg（約 35,000 mg/L）である。
- 水温：World Sea Temperature 2016 に示されるナカラ湾での海水温データを参考とする。海水温の範囲は 24.7～30.4℃である（図 11.1 参照）。
- 潮位：海運局（Maritime Administration）から入手したナカラ湾の海図より、潮位基準面（Chart Datum Level: CDL）からの潮位は、最高+4.32 m、最低+0.26 m である。



出典：World Sea Temperature 2016

図 11.1 ナカラ湾の海水温データ

11.1.2 用地

現地調査では、海水淡水化プラント建設の候補地となりうる地点の現地踏査を行った（図 11.2 参照）。海洋条件（遠浅でないこと）、現状土地利用状況（私有地、観光開発等）、主な受益地（ナカラポルト市街地）までの距離から考察して候補地を絞ることとした。なお、他の下記以外の候補地として、ナカラ南東部外洋、ナカラ外湾ナカラヴェーリャ北側が考えられるが、いずれもナカラポルト市街地から遠く、雨季は道路アクセスが良好ではないことから、現地踏査は行わなかった。

No.	現地踏査位置
1	ナカラ内湾入り口付近
2	
3	
4	ナカラ外湾空港北側
5	ナカラ北東部外洋
6	ナカラ北東部外湾
7	ナカラ港北側
8	
9	
10	ナカラ港南側
11	ナカラヴェーリャ市街地付近
12	
13	

出典：地図-GAZEDA、位置-調査団

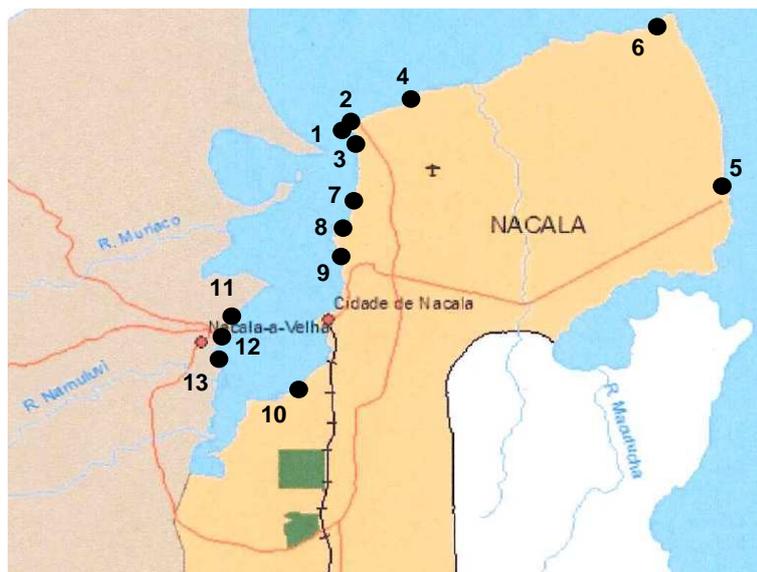


図 11.2 現地踏査位置

現地踏査で海側と陸側の状況を目視調査した結果は次のとおりである（表 11.1 参照）。

- ナカラ内湾入り口付近から北部外湾沿い（No. 1, 2, 3, 4）：現状で既に観光施設に占有されており、用地確保が難しい。
- ナカラ北東部外洋（No.5）：遠浅の海が沖合まで広がっており、海水取水施設の建設が難しい。
- ナカラ北東部外湾（No.6）：海岸は岩場であり比較的水深がある。陸側は未利用地であることから用地としての可能性はある。一方、受益地（ナカラポルト市街地）まで約 20 km の送水管が必要となる。
- ナカラ港北側（No.7, 8, 9）：海は比較的水深がある。傾斜地であり大部分が未利用地であるが、近傍に研修施設（Ajuda de Desenvolvimento de Povo para Povo: ADPP）の敷地があり、No. 8, 9 付近には観光施設が点在している。
- ナカラ港南側（No.10）：将来想定される受益地（ナカラポルト工業地区）に最も近く、海岸は未利用地であるが、海は遠浅であり用地としては不利である。
- ナカラヴェーリャ市街地付近（No.11, 12, 13）：海は遠浅であり用地としては不利。陸側には民家・観光施設が点在しており、用地確保が困難となる可能性が高い。

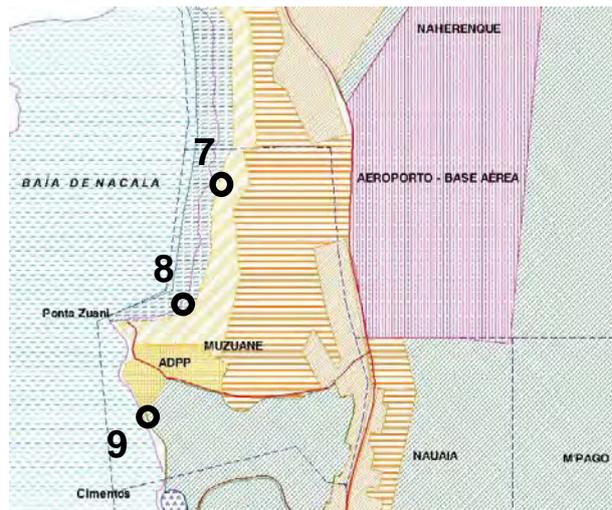
表 11.1 現地踏査位置の概要

No	海側	陸側
1, 2, 3	砂浜、遠浅	観光施設に占有されている。
4	砂浜、遠浅	観光施設に占有されている。
5	砂浜、遠浅、	未利用地である。
6	岩場、比較的水深あり	未利用地である。
7, 8, 9	傾斜地、比較的水深あり	近傍に研修施設があり、周辺に観光施設が点在する。
10	砂浜、遠浅	未利用地である。
11, 12, 13	砂浜、遠浅	民家、観光施設が点在する。

出典：調査団

以上より、候補地を No. 7, 8, 9 から選定することとした。現地踏査に加え、ナカラポルト市当局から将来土地利用計画図を入手のうえ、研修施設の敷地範囲、将来の観光地区範囲について、ナカラポルト市当局との面談で確認を行い、候補地選定を検討した。

その結果、No.7, 8 は観光地区の範囲内であることから、研修施設（ADPP）の南側隣接地の No.9 を候補地として選定した。この付近は傾斜地であることから、将来土地利用図で Protection Area とされている。No.9 地点は沢地形の場所から十分離れており、比較的緩勾配の地形であることから、海水淡水化プラント建設には支障はないと判断した。

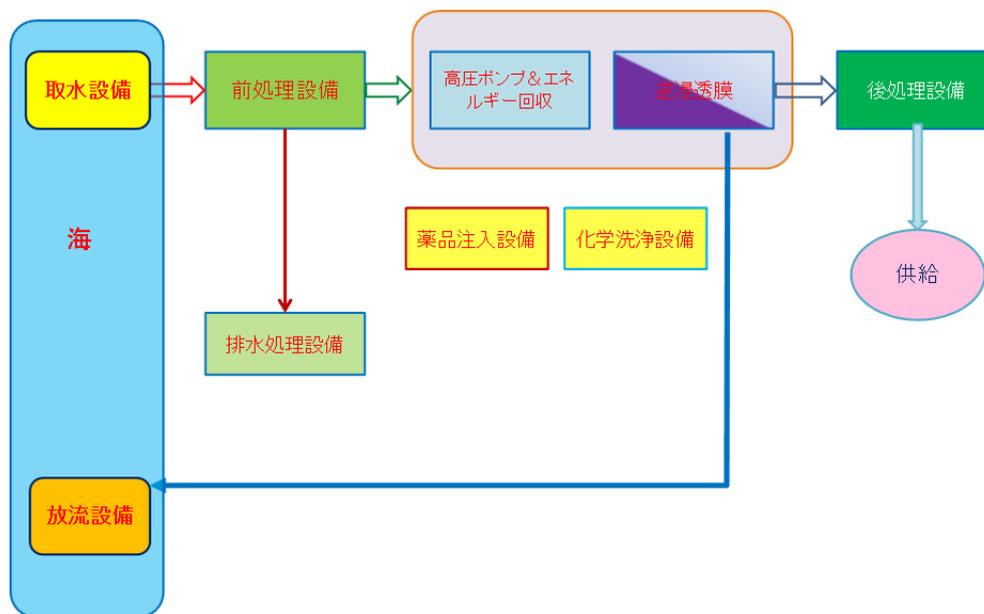


出典：地図－ナカラポルト市、位置－調査団

図 11.3 海水淡水化プラント候補地

11.1.3 水処理プロセス

海水淡水化プラントは、①海水を取水する取水設備、②取水した海水中の濁度成分を除去する前処理設備、③前処理された海水を高圧下で逆浸透膜を通して淡水化する逆浸透膜設備、④生産した淡水を使用目的に合った水質に調整する後処理設備、⑤逆浸透膜設備で生ずる濃縮塩水を放流する放流設備等の主要設備からなる。逆浸透膜設備にはエネルギー回収装置を備えるのが通常である。また、海水淡水化プロセスの付帯設備として、前処理に必要な薬品の注入設備、膜の洗浄に必要な化学洗浄設備、前処理設備から排出される濁水等処理する排水処理設備も処理プロセスの一部である。海水淡水化プラントの水処理プロセスフローを図 11.4 に示す。



出典：調査団

図 11.4 海水淡水化プラントの水処理プロセス

想定される海水淡水化プラントの水処理プロセスについて以下に述べる。

- 取水設備：海岸近くに取水槽及びポンプ場を設置する。取水槽から海に向かって取水管を伸ばし、水深 10 m 程度の地点に取水口を設置する。取水槽には、自動スクリーンを設置し夾雑物を除去する。
- 前処理設備：海水中に含まれる濁質、スケール成分、有機物、生物等を処理することで、逆浸透膜の目詰まり及び膜の劣化を防止するための設備である。一般には生物等の殺菌処理、濁質成分除去の凝集ろ過及びスケール生成抑制の pH 調整が行われ、前処理水を膜モジュールの許容水質（Silt Density Index: SDI 値）以下にする。前処理設備の方式は、原水水質に応じて、凝集加圧浮上処理＋ろ過、凝集二層ろ過＋砂ろ過、または UF 膜処理ろ過が採用される。
- 逆浸透膜設備：海水から真水を分離するために逆浸透膜を用いる。海水は約 25 気圧の浸透圧を持っているため、これ以上の圧力を加えることで、海水から逆浸透膜を透過して真水を分離する。このため、逆浸透膜設備には海水を加圧する高圧ポンプが用いられる。
- エネルギー回収装置：逆浸透膜設備で高圧ポンプにより加圧され、逆浸透膜に供給された高圧の海水は、真水の分離後に濃縮塩水（ブライン）として排出される。その際、濃縮塩水の圧力はほとんど低下しないため、その圧力エネルギーを回収することでエネルギーコストの低減が可能となる。エネルギー回収装置は逆浸透膜設備に組み込まれる。
- 後処理設備：逆浸透膜を透過した水は、そのままでは飲料水基準等を満足しないため、炭酸カルシウムによる pH 調整、塩素類による殺菌を行う。
- 排水処理設備：海水淡水化プラントからは、濃縮塩水のみでなく、前処理設備で捕捉された濁質を含んだ排水、前処理用ろ過層やろ過膜の洗浄排水等が発生する。これらを適切に処理したうえで、放流設備より海域に放流する。
- 放流設備：真水を分離した後の海水は濃縮塩水として放流設備より海域に排出される。また、排水処理設備からの処理水も濃縮塩水と共に排出される。放流口地点は取水口地点の近傍となるが、取水及び海洋環境への影響を最小化するよう、拡散解析等による検討に基づいて放流口地点を選定する。

11.1.4 電力

モザンビーク国の電力マスタープランでは、モザンビーク電力公社（Electricidade de Moçambique: EDM）のナカラサービス地域（Area de Servico ao Cliente: ASC）の 2026 年における電力需要は 369 MW と予測されている。ナカラ回廊地域を含む北部地域では、今後、急速に電力需要が伸びると予測されることから、北部系統においては、400 kV 送電線の新設計画、220 kV 送電線の増強計画及び送電線が通過する地域の変電所の整備が計画されている。これらの計画については、我が国を含め諸外国からの支援による実施が検討されている。また、ナカラヴェーリャ北部沿岸に 200 MW の石炭火力発電所を建設する計画があり、ここからナカラ港の近傍に位置するナカラポルト変電所まで、110 kV 送電線を敷設することが想定されている¹。

¹ モザンビークにおける高効率石炭焚火力発電プラントに係る事業実施可能性調査 調査報告書 2015 年 3 月

国際脱塩協会の資料では、海水淡水化プラントの電力消費量の目安として、海水濃度 35,000 mg/L で RO 脱塩装置の電力消費量は 3 kWh/m³、前処理等を含めたプラント全体の電力消費量は 4 kWh/m³ と示されている。また、海水の塩分濃度が比較的高い地域での既存プラントの事例では、イスラエル (Ashkelon) で 3.4~3.9 kWh/m³、豪州 (Perth) で 3.6 kWh/m³ となっている。これらを参考として、海水淡水化プラントの電力消費量を 4.0 kWh/m³ と設定する。

70,000 m³/日の海水淡水化プラントの場合、電力消費量 4 kWh/m³ を電力設備容量に換算すると約 12 MW となる。Nacala SEZ における都市開発・工業開発については未だ具体的な計画の全体像が不明であり、これらによる総電力消費量の見極めは難しいが、電力マスタープランに基づく整備が実施されれば、海水淡水化プラントの必要電力は確保できると考えられる。

11.2 建設費及び運営維持管理費の概算

11.2.1 建設費

DesalData (Global Water Intelligence: GWI) から提供されているコスト試算プログラム (Cost Estimator) を用いて海水淡水化プラントのコスト概算を行った。

Cost Estimator では、表 11.2 に示すプロジェクトサイトに特有の条件を入力することで、海水淡水化プラントの EPC 建設費及びその項目別費用内訳を計算することができる。

海水濃度はインド洋のデータ、海水温はナカラ湾のデータを採用した。また、前処理設備、取水設備及び放流設備については厳しい条件 (Difficult) とした。

以上に基づく海水淡水化プラントの EPC 建設費を表 11.3 に示す。

表 11.2 EPC 建設費計算の条件

Item	Condition
Seawater	35,000 mg/L
Seawater Min Temp	24°C
Seawater Max Temp	30°C
Pretreatment	Difficult
Second Pass	0%
Remineralization	Yes
Intake / Outfall	Difficult
Permitting	Typical
Country	Mozambique
Capacity (m ³ /day)	70,000 140,000

出典：調査団

表 11.3 海水淡水化プラントの EPC 建設費の項目別費用内訳

Factors	Construction Cost (USD)	
	70,000 m ³ /day	140,000 m ³ /day
Pretreatment	10,016,623	17,974,333
Civil costs	13,944,710	25,023,091
Pumps	8,497,607	15,077,600
Equipment and materials	22,942,485	41,169,152
Design costs	7,905,276	14,185,625
Legal and professional	1,718,538	3,083,832
Installation services	6,284,940	11,278,013
Membranes	5,155,615	9,251,495
Pressure vessels	1,473,033	2,643,284
Piping, High-grade alloy	12,766,284	22,908,463
Intake / Outfall	10,311,229	18,502,990
Energy recovery devices	831,600	1,663,200
Capex Total	101,847,940	182,761,078
Capex / Capacity (USD/m ³ /day)	1,455	1,305

出典：調査団

11.2.2 運営維持管理費

Cost Estimator では、表 11.4 に示す海水淡水化プラントの設備利用率、電力消費量、電気料金²及び労務費指標を入力することで、年間の運転費用を計算することができる。

運転費用の計算結果を表 11.5 に示す。

表 11.4 運転費用計算の条件

Items	Condition
Utilization Rate (%)	95
Energy Consumption (kwh/m ³)	4.0
Electricity Price (USD/kWh)	0.084
Labor Factor	Determined by Country

出典：調査団

表 11.5 海水淡水化プラントの運転費用

Factors	O&M Cost (USD/year)	
	70,000 m ³ /day	140,000 m ³ /day
Parts	728,175	1,456,350
Chemicals	1,699,075	3,398,150
Labor	2,608,556	3,391,540
Membranes	728,175	1,456,350
Electrical energy	8,155,560	16,311,120
Total (USD/year)	13,919,541	26,013,510

出典：調査団

11.2.3 造水コスト

造水コストは、年間の起債償還費、変動費、労務費及び間接費の合計を年間造水量で除算することで求められる。起債償還費は、金利 6%、返済期間 20 年として計算した。変動費は、表 11.5 の部品費、薬品費、労務費、膜交換費及び電気代の合計である。造水コストの計算結果を表 11.6 に示す。

表 11.6 造水コスト

Factors	Water Production Cost (USD/m ³)		Remarks
	70,000 m ³ /day	140,000 m ³ /day	
Total capital cost and amortization	0.37	0.33	
Total variable costs	0.47	0.47	
(Energy costs)	(0.34)	(0.34)	Inclusive of Total variable costs
Labor	0.11	0.07	
Overheads	0.06	0.04	
Water Price	1.01	0.91	

出典：調査団

11.3 環境社会配慮

11.3.1 法制度

国家環境政策 (National Environment Policy) は 1995 年に立案された。「国家の再建と発展のために、環境に適切な政策や法律を制定し、持続可能な開発の振興と自然資源の合理的な活用を推進する」としている。

環境法 (Law No. 20/97 of 01 October) は、環境保全に関する全ての法律の根拠である。環境法の目的は、国家の持続可能な開発の達成のため、環境及びその構成要素の適切な利用と管理のため

² 「モザンビークにおける高効率石炭焚火力発電プラントに係る事業実施可能性調査 調査報告書 2015 年 3 月」の財務分析で採用された電気料金を参照した。

の法的根拠を定義することである。環境法は、直接的または間接的に環境に影響を与える可能性のある公共部門及び民間分門のすべての活動に適用される。

環境影響評価 (EIA) プロセスは、環境法に基づく環境影響評価条例 (EIA 条例: Decree No. 45/2004 で制定、Decree No. 42/2008 で改正) によって規定されている。EIA 条例の第 3 条と第 5 条は、環境影響評価を必要とするプロジェクトの種類及び環境への影響程度を定義し、これらに基づくプロジェクトの環境スクリーニングのプロセスを規定している。また、同条例では、予測される環境影響の程度に基づいて、プロジェクトの環境カテゴリーを A、B、C の 3 つに区分しており、環境カテゴリー別の EIA 調査の要求事項は表 11.7 に示すとおりである。

表 11.7 環境カテゴリー別の EIA 調査の要求事項

	影響の程度	要求事項
カテゴリーA	事業実施に伴い、重大かつ不可逆的な影響が予測される。	環境影響評価 (EIA) 及びパブリックコンサルテーション (住民協議) を少なくとも 1 回実施する必要がある。
カテゴリーB	負の影響が予測されるが、その影響の程度はカテゴリーA と比較すると重大ではない。	簡易環境影響評価報告書 (SER) が必要とされる。住民移転を伴う場合、パブリックコンサルテーション (住民協議) を少なくとも 1 回実施する必要がある。
カテゴリーC	予測される負の影響は小さい或いは全くない。	要求事項なし。ただし、環境モニタリングの実施を含む適切な環境管理を必要とする。

出典：ナカラ回廊送電系統強化計画 準備調査報告書 (簡易製本版) (2015)

EIA に係る許認可は、土地・環境・農村開発省 (Ministério da Terra, Ambiente e Desenvolvimento Rural: MITADER) が所管し、中央レベルに環境局 (Direcção Nacional do Ambiente)、州レベルに州環境問題調整局 (Direcção Provincial para a Coordenação da Acção Ambiental: DPCA) を置いて EIA プロセス全般を担当している。カテゴリーA と判定された案件については中央レベルの管轄となるが、それ以外はプロジェクトサイトの位置する州の DPCA が管轄し、最初の手続きとなる事前スクリーニングの申請から許可証明書の発行までを担当する。なお、モザンビークでは EIA 条例に基づいて登録された企業及び専門家のみが EIA 調査を実施する資格を有する。

11.3.2 環境規制

海岸及び海洋での建設行為に対する規制について、現地関係者からのヒアリングにより以下の情報が得られた。

- Nacala SEZ において EIA 手続きについての優遇措置はない。政府による手続きに従う。
- ナカラポルト市の将来土地利用計画図では、ナカラ港の北側・南側の沿岸は港湾施設地区に指定されている。海水淡水化プラントの候補地は、その地区外に位置するので、土地利用計画上の問題はない。
- ナカラ湾における航路確保のために沿岸水域での開発行為等を規制する法規はなく、必要な場合、海運局 (Maritime Administration) がナカラポルト市当局と協議のうえ勧告を行い、開発の規模に応じてナンプラ州知事もしくはナカラポルト市長が最終判断を行う。
- 陸上部については、高潮位の水際線から 100 m の位置を境界線として、海側は海運局、陸地側はナカラポルト市当局の管轄となる。それぞれ何らかの開発行為については検討・勧告を行い、開発の規模に応じてナンプラ州知事もしくはナカラポルト市長が最終判断を行う。

- 上記の海側に建物を設置することは原則不可。陸側では建物の高さは 45 m までと制限される。
- ナカラ湾沿岸地区は傾斜地でかつ砂地盤であることから、施設を建設する場合は地盤条件に対して安定な基礎構造物とすることが要求される。

11.3.3 環境社会配慮手続き

環境法第 15 条では、環境に重大な影響を引き起こす可能性がある活動については EIA 条例に従ってライセンス登録を行うこと、環境ライセンス発行は提案される活動の EIA 承認に基づくことが義務付けられている。また、環境ライセンスは、法的に必要となる他のライセンスや許可証が発行される前提条件である。

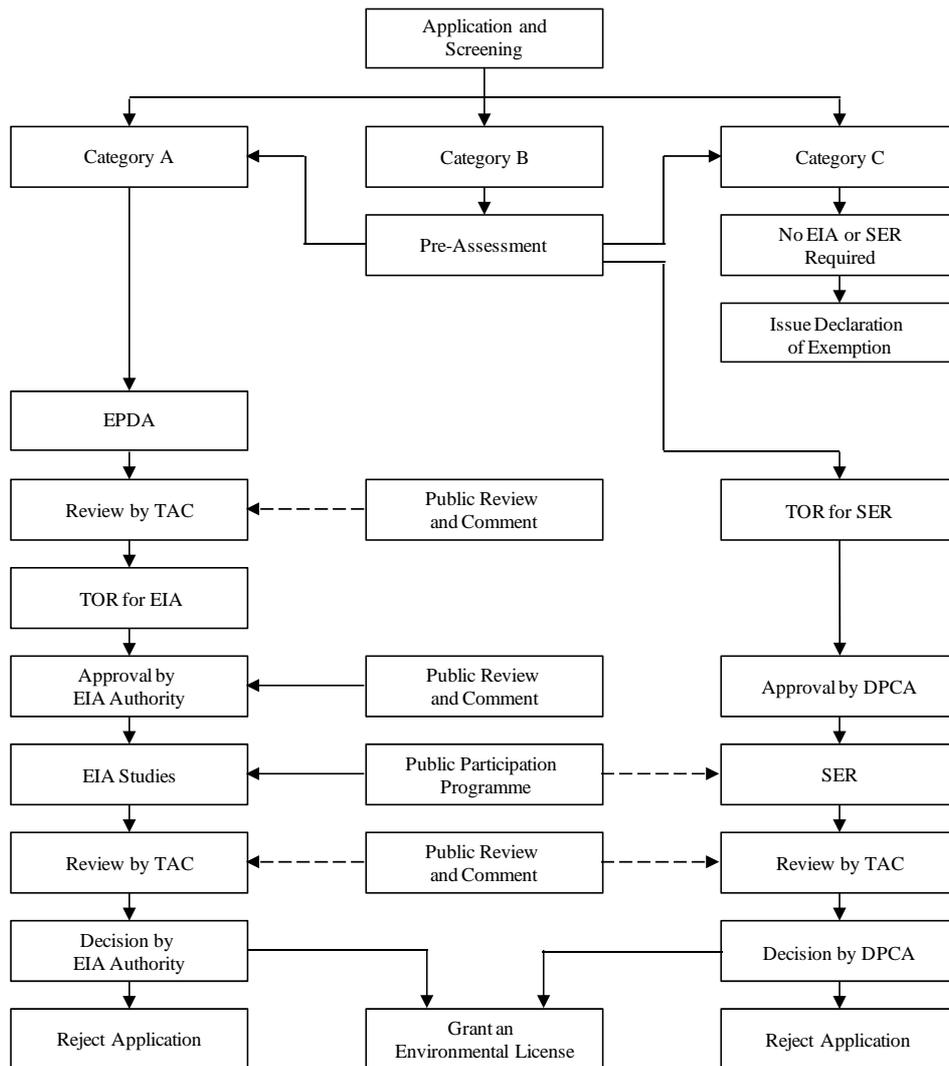
EIA プロセスは、①申請・スクリーニング、②事前評価、③予備評価報告書・スコープ定義 (Environmental Pre-viability Report and Scope Definition: EPDA)、④実施要領 (Terms of Reference: TOR)、⑤環境影響評価 (EIA)、⑥簡易環境報告書 (Simplified Environmental Report: SER)、⑦住民参加プログラム、⑧技術委員会 (Technical Assessment Commission: TAC) によるレビューから成る。環境カテゴリーごとに必要となる手続きを表 11.8 に示す。また、EIA プロセスのフローを図 11.5 に示す。

海水淡水化プラントについては、EIA 条例に例示されるカテゴリー A のプロジェクトの種類に直接該当する項目はなく、本章の 11.1.2 に記載した用地での住民移転は想定されない。しかし、スクリーニングにおいて、濃縮塩水の海への放流による海洋への影響がカテゴリー A に該当と評価される可能性がある。

表 11.8 環境カテゴリー別の EIA プロセス

Component of EIA Process	Category A Projects (EIA required)	Category B Projects (EIA or SER required)	Category C Projects (no EIA or SER required)
1 Application and Screening	YES	YES	YES
2 Pre-Assessment	NO	YES	NO
3 Environmental Pre-Viability Report and Scope Definition (EPDA)	YES	NO	NO
4 Terms of Reference	YES	YES	NO
5 Environmental Impact Assessment (EIA)	YES	NO	NO
6 Simplified Environmental Report (SER)	NO	YES	NO
7 Public Participation Programme	YES	MAY BE	NO
8 Review by Technical Assessment Commission (TAC)	YES	YES	NO

出典：Handbook on Environmental Assessment Legislation in the SADC Region



出典：Handbook on Environmental Assessment Legislation in the SADC Region

図 11.5 EIA プロセスのフロー

11.3.4 想定される環境社会影響

(1) 海水淡水化プラントによる影響

海水淡水化プラントの運転により、海水が取水されること、海水淡水化後に濃度の高まった塩水が放流されることから、海洋生物の生育や漁場環境に変化をもたらす可能性がある。また、近くの海岸が観光資源としての利用度が高い場合は、取水・放流設備の型式や設置位置にも留意しなければならない。なお、ナカラ港には漁業施設はなく、他にも漁港はない。沿岸住民が小舟で魚を獲っているのみであるが、そのような住民に対する配慮は考察すべき事項である。

ナカラ内湾は外湾からの出入口が狭く、船舶の航行には問題はないものの、半閉鎖性水域と云われている。ナカラ港における潮位は表 11.9 に示すとおりであり、内湾と外湾の間に海水の出入りは常時生じていると推測される。海水の移動量に比して濃縮塩水の放流量は極めて小さいが、潮流による拡散の挙動を解析することにより、海洋環境への影響を評価する必要がある。

表 11.9 ナカラ港における潮位

さく望平均満潮面 (HWL)	+ 4.40 m
平均水面 (MSL)	+ 2.25 m
さく望平均干潮面 (LWL)	+ 0.30 m
潮位基準面 (CDL)	± 0.00 m

出典：ナカラ港緊急改修計画 準備調査報告書 2012 年 11 月

また、海水淡水化プラントへの電力供給のため、ナカラ港近傍の変電所から配電線の設置が必要である。その架線ルートの一部はナカラポルト市街地を通過する可能性が高いことから、その工事中を含め、周辺環境への影響が想定される。

(2) 工事中の影響

海水淡水化プラント建設の工事中に想定される環境影響及び緩和策は表 11.10 のとおりである。

表 11.10 工事中に想定される環境影響

分類	影響項目	想定される影響	緩和策
汚染対策	大気汚染	海水淡水化プラント建設のための工事車両走行に伴う粉塵が、特に乾季に懸念される。	<ul style="list-style-type: none"> ● 工事用車両の速度制限を行う。 ● 工事用道路に散水して粉塵発生を軽減する。
	水質汚濁	海水淡水化プラント建設地からの排水、海水取水・放流設備建設にあたり大規模な掘削・浚渫が必要となる場合、一時的な水質汚濁の可能性はある。	<ul style="list-style-type: none"> ● 工事現場における土砂流出対策を講じる。 ● 排水設備、シルトトラップ、沈殿タンクを設置する。 ● 沿岸での掘削・浚渫工事は、環境に配慮した工法で行う（汚濁拡散防止のための囲いを設置して止水、開削した土砂を埋め戻す）。
	廃棄物	建設廃棄物の発生が一時的に想定される。	<ul style="list-style-type: none"> ● 一時的な建設廃棄物置場を指定、廃棄物保管・管理を徹底する。 ● 廃棄物は所定の処分場に運搬のうえ処理する。
	騒音・振動	海水淡水化プラント建設地の基礎工事の際、建設重機からの一時的な騒音・振動が懸念される。	<ul style="list-style-type: none"> ● 工事作業時間のルールを設定して、夜間には車両の走行や工事を行わない。 ● 建設重機メーカーの推奨する騒音・振動の定期的な予防保全を実施する。
	底質	海水取水・放流設備建設にあたり大規模な掘削・浚渫が必要となる場合、海での建設工事が底質への悪影響を引き起こす可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ● 沿岸での掘削・浚渫工事は、環境に配慮した工法で行う（汚濁拡散防止のための囲いを設置して止水、掘削・浚渫した土砂を埋め戻す）。
自然環境	生態系	海水取水・放流設備建設にあたり大規模な掘削・浚渫が必要な場合は、海での建設工事が生態系への悪影響を引き起こす可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ● 沿岸での掘削・浚渫工事は、環境に配慮した工法で行う（汚濁拡散防止のための囲いを設置して止水、掘削・浚渫した土砂を埋め戻す）。
社会環境	景観	工事によって発生する廃棄物により、既存の景観が損なわれる可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ● 一時的な建設廃棄物置場を指定、廃棄物保管・管理を徹底する。 ● 廃棄物は所定の処分場に運搬のうえ処理する。

分類	影響項目	想定される影響	緩和策
	既存の社会インフラや社会サービス	海水淡水化プラント建設地に隣接する研修施設（ADPP）への影響（粉塵、騒音・振動、用地境界に係るトラブル）が懸念される。	<ul style="list-style-type: none"> ● 研修施設との用地境界にバッファゾーンを設ける。 ● 研修施設の管理者と施工業者との間で定期的な会合を行うことで、工事に起因するトラブルを防止する。
	事故	海水淡水化プラント、送配水施設ともに、工事車両による交通事故や掘削現場での転落事故が発生する可能性がある。	<ul style="list-style-type: none"> ● アクセス道路沿いなどの重要な交差点に標識を設置し、安全な走行速度が守られるようにする。 ● すべての建設従事者を対象に安全管理の教育・訓練を行う。

出典：調査団

11.4 事業実施の可能性に係る考察

11.4.1 事業実施体制及び運営維持管理体制

将来、海水淡水化事業が公的資金（借款を含む）で実施されることを想定する場合、現在の上下水道事業に係る行政の枠組みが大きく変わらないとすれば、事業実施機関は FIPAG 本部となる。FIPAG 本部は、世銀支援による借款事業の実施経験があり、現在も Water Services Institutional Support Project (WASIS)及び Greater Maputo Water Supply Expansion Project を実施中である。

運営維持管理体制については今後の動向を注視する必要がある。世銀は、2016年3月29日に Water Services Institutional Support Project II (WASIS II)への支援を承認した。公開されている Appraisal Report によれば、現在、マプト首都圏において、FIPAG は Águas da Região de Maputo (以前の Águas de Moçambique: AdM) とリース契約を締結して上下水道事業運営を委託しているが、WASIS II では同様の方式を他の3地域（Águas do Sul、Águas do Centro、Águas do Norte）でも実施する取り組みへの支援が予定されている。すなわち、上下水道事業体がカバーする範囲は個々の都市ではなく、地域内の複数の都市となる（以下、地域上下水道事業体）。Águas do Norte がカバーする地域は、現在の FIPAG Regional North と同じであり、その対象都市は Nampula, Nacala, Angoche, Pemba, Cuamba, Lichinga である。

FIPAG は上下水道インフラ（資産）を保有しており、これを地域上下水道事業体にリースする。地域上下水道事業体はインフラを運用することによりサービス提供を行い、料金収入によって営業費（FIPAG へのリース料を含む）、財務費、減価償却費をカバーすることになる。すなわち、現状のような FIPAG の下部組織ではなく、企業としての上下水道事業運営を行うことが求められる。なお、WASIS II の Appraisal Report には民営化（Privatization）という文言なく、当面、地域上下水道事業体のオーナーシップは FIPAG が 100%保有するが、長期的には民間参入（Financing を含む）を目指すとしている。

したが、FIPAG が施主として建設する海水淡水化プラントは地域上下水道事業体にリースされる。事業実施・O&M 方式として設計・施工・運営（DBO）方式を想定する場合、地域上下水道事業体は海水淡水化プラントの O&M の経験がないことから、プラント完成後の O&M について以下の代替案が考えられる。

- 将来、地域上下水道事業体に海水淡水化プラントの O&M を移管する。プラント完成後、EPC コントラクターが DBO 契約に規定される期間において、プラントの O&M 及び地域上下水道事業体に対する技術指導を行う。地域上下水道事業体はその期間内に O&M 体制を確立する。

- EPC コントラクターが DBO 契約に規定される期間において、海水淡水化プラントの O&M を行う（長期契約と想定）。契約の延長も可能とする。プラント完成・O&M 開始までに、地域上水道事業体はプラントの O&M についてのモニタリング及び監督・指導体制を確立する。
- 地域上水道事業体は、海水淡水化プラントの O&M を別途選定する事業者へ委託する。EPC コントラクターは、プラント完成後に数年間 O&M を行なううえで、事業者へ O&M を引き継ぐことを DBO 契約に規定する。プラント完成・O&M 開始までに、地域上水道事業体はプラントの O&M についてのモニタリング及び監督・指導体制を確立する。

海水淡水化事業が PPP で実施されることを想定する場合、事業実施・O&M に投資する民間事業者の契約相手先は FIPAG 本部であり、民間事業者が地域上水道事業体にバルク給水契約で売水する方式となると考えられる。

11.4.2 財務的妥当性

財務的妥当性のひとつの目安として、本章で試算した海水淡水化プラントによる水生産コストと現在の水道料金を比較する。2015 年 10 月からの FIPAG Nacala の水道料金を表 11.11 に示す。

表 11.11 FIPAG Nacala の水道料金(2015 年 10 月)

Consumer Category	Tariff
Standpipe	10.00 MZN/m ³
Domestic	
Flat Rate	55.00 MZN/month
Minimum Consumption up to 5 m ³ /month	50.00 MZN/month
5 m ³ to 10 m ³ /month	16.68 MZN/m ³
Consumption above 10 m ³ /month	22.50 MZN/m ³
Municipal	10.00 MZN/m ³
General	
Commercial/Public - Minimum Consumption up to 25 m ³ /month	666.25 MZN/month
Industrial - Minimum Consumption up to 50 m ³ /month	1,332.00 MZN/month
Consumption above Minimum	26.65 MZN/m ³

出典：FIPAG Nacala

現地調査で FIPAG Regional North、FIPAG Nacala との面談において、表流水・地下水による水供給は一般用途向け、海水淡水化は産業用途向けとするのがよいとの意見があった。これを踏まえて、水生産コストの比較対象は工業用水とする。工業用水の最も消費水量の多いカテゴリーに対する水道料金は 26.65 MZN/m³ (0.50 USD/m³) である。これに対して海水淡水化プラントによる水生産コストは 1.01 USD /m³ と試算されている。

現時点で海水淡水化プラント導入による上水道システム全体へのコストインパクト予測には至らない。第 8 章に記述したとおり、海水淡水化プラントの供用開始時期を最速 2025 年とすると、その時点の施設能力は 145,000 m³/日となる。これは、IGPP 完成後の施設能力 30,200 m³/日の 4.8 倍である。したがって、その施設能力の増加に見合うだけの配水網拡張が必要である。そのような配水網拡張は、ナカラポルト市だけでなく、ナカラヴェーリャ郡もカバーすると想定されるが、そのような配水網拡張計画は策定されていない。

上水道システム全体へのコストインパクトの予測のためには、IGPP 完成後の上水道システム全体の全体像に加え、その後の Nacala Dam (expansion) + Sanhute River (または Monapo River)、海水淡水化プラント、配水網拡張についての初期投資・O&M コスト等を把握したうえでの財務分析によらねばならない。

11.4.3 JICA 関与の可能性、他ドナーとの協調・資金スキームの可能性

JICA あるいは他ドナーが関与するにあたり留意すべき事項は、第 8 章に記述したとおり、Nacala Bay Area 開発の促進に向けて、上水道整備についてのボトルネック解決の具体的な方策である。すなわち、Nacala Bay Area における中長期的な水需要の大幅な増加に対応できる水資源開発・上水道整備の基本方針を明確化することである。

まず、FIPAG Nacala の既存配水網及び事業運営の改善は喫緊の課題である。配水網の拡張については、世銀支援による整備が予定されているが、これに加え、配水管理・サービス提供の水準向上により、上水道普及率及び人口一人あたりの給水量の増加、無収水率の低減等のため、実効性のある取り組み強化を早急に実施しなければならない。

さらに、Nacala Bay Area では、地理的な制約条件により水供給を大幅に増加させるための水資源開発・上水道整備が難しい。Nacala Dam (expansion) + Sanhute River を水源とする上水道整備 (52,000 m³/日) が実現されたとしても、その後続く表流水開発は大規模な流域間導水を伴う計画となることから、その実現性について具体的な検討が必要である。また、海水淡水化は、大規模な流域間導水の代替案として位置付けられることから、表流水開発との比較検討を経たうえで、その必要性について結論を出すべきである。

以上については、Nacala Bay Area のみならず周辺の河川流域を含む広域をカバーする事項であることから、その支援についてはドナー間での情報交換・調整が必要である。

海水淡水化事業については、Nacala Bay Area 開発促進を前提とすれば、その時間軸のいずれかのタイミングで必要となる可能性が高い。したがって、今後の Nacala Bay Area の開発動向とそれを支える基幹インフラ整備及び様々な施策の展開を注視しつつ、海水淡水化事業の可能性について、情報収集を継続すべきと考える。

11.4.4 事業化におけるリスク及び緩和策

今回の現地調査では、取水・放流設備の建設に有利な条件として近傍沖合に水深があること、水供給の受益地に近いことを、プラント候補地の選定にあたって重視した。

海水淡水化プラントをナカラ内湾に建設するうえで、想定される主なリスクは次のとおりである。

- 半閉鎖性水域であることから、プラントから放流される濃縮塩水の希釈効果が、外湾あるいは外洋に比して低い可能性がある。
- 都市開発・工業開発に伴い、沿岸地域で発生する汚水・工場排水が増加し、ナカラ内湾の水質汚濁が顕著となる可能性がある。
- ナカラ内湾のナカラポルト市側は、ナカラ港や研修施設 (ADPP) のような地盤が安定している地点を除き、沿岸は傾斜地であり土壌侵食が起きやすい。プラント用地での土木工事にあたり、地盤の基礎処理や斜面对策が必要となることで、建設費が増大する可能性がある。

外湾あるいは外洋沿岸にプラント用地を選定する場合、上記のリスクは軽減される。一方で、外湾及び外洋では、海洋生物に対する影響が議論の対象となると共に、受益地までの送水距離が大きく、送水管敷設に必要な初期投資の増大、中継ポンプ場の運転による O&M コストの増大が予想される。よって、海水淡水化事業の可能性について情報収集を継続すると共に、実際に事業化に向かう場合、プラント用地の選定には慎重かつ詳細な検討が必要である。

11.5 概略計画のまとめ

海水淡水化プラントの候補地は、現地踏査による目視により、取水・放流設備の建設に有利な条件として近傍沖合に水深があること、水供給の受益地に近いことを重視して選定した。しかし、現地踏査を行ったナカラ内湾・外湾・外洋のそれぞれの地点は、いずれも候補地としての諸条件において有利・不利がある。このため、プラント用地については、各地点の状況をさらに精査のうえ、総合的な判断に基づいて選定すべきである。

海水淡水化プラントのコスト試算の結果、施設能力 70,000 m³/日の建設費は 101.8 百万 USD、運転費は 13.9 百万 USD/年、造水コストは 1.01 USD/m³ となった。一方、現時点では、上水道システム全体へのコストインパクト予測には至らない。海水淡水化プラントの供用開始時点の施設能力は 145,000 m³/日であり、IGPP 完成後の施設能力 30,200 m³/日の 4.8 倍である。したがって、その施設能力の増加に見合うだけの配水網拡張が必要であるが、そのような計画は未だ策定されていない。上水道システム全体へのコストインパクトの予測のためには、海水淡水化プラントを含む新規水供給施設・配水網拡張についての初期投資・O&M コスト等を把握したうえでの財務分析によらねばならない。

世銀支援による WASIS II では、地域上水道事業体が複数の都市をカバーするよう運営維持管理体制を再編することが予定されている。事業実施・O&M 方式は、FIPAG が施主として海水淡水化プラントを建設し、完成後、地域上水道事業体にリースする方式が想定される。地域上水道事業体は海水淡水化プラントの O&M の経験が無いことから、DBO 契約により EPC コントラクターから技術指導を受けて自ら O&M を行う体制を確立するか、もしくは O&M を外部委託してモニタリング及び監督・指導する体制を確立すべきである。

Nacala Bay Area は、地理的条件により水供給を増加させるための水資源開発・上水道整備が難しい。したがって、Nacala Bay Area の開発促進を前提とすれば、その時間軸のいずれかのタイミングで海水淡水化事業が必要となる可能性が高い。今後の Nacala Bay Area の開発動向とそれを支える基幹インフラ整備及び様々な施策の展開を注視しつつ、海水淡水化事業の可能性について、情報収集を継続すべきと考える。

第 12 章 海水淡水化プラントの概略計画：ナミビア

12.1 概略施設計画

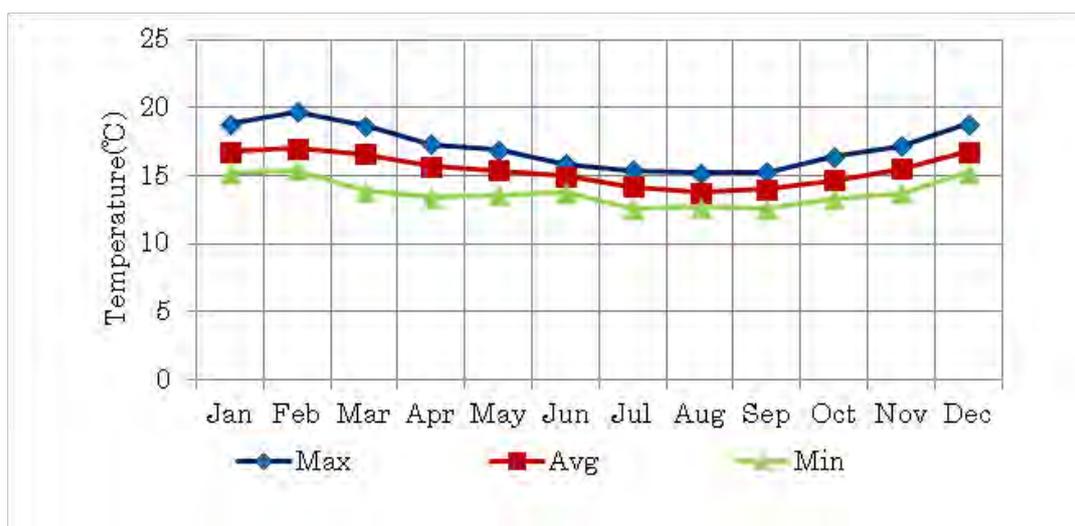
12.1.1 計画の基本条件

計画の基本条件は以下のとおりである。

処理水量：生産淡水 20,000 m³/日

沿岸部の自然条件：

- 気象（風向、風速）：風向；南～南南西、風速；10 m/s
- 海象（潮流、潮位、波高）：潮流 0.25～0.35 m/s、潮位（大潮 0.25～1.69 m、小潮 0.67～1.29 m）、波高 1 m
- 水質：冬期の嵐（6月、7月）の時期には2～3日（長くて1週間）、湧昇流により海底の汚泥が巻き上げられて硫化水素が発生することがある。南から流れるベンゲラ海流は栄養分が豊富なためプランクトンが多く含まれる。
- 海水温：既存 Wlotzkasbaken 海水淡水化プラントでの聞き取り情報より、12月から3月までは17～22℃程度、寒い季節には15℃程度まで下がるとのことであり、30℃まで上がる中東地域に比べ海水温は低い。米国海洋大気庁（NOAA）は世界中の海水温データを衛星観測し公表している。そのデータベースにエロンゴ州のデータはなく、スワコプムントから約500 km 南に離れたリュエデリッツ（Luderitz）の海水温データ（図 12.1、平均で14～17℃）が最も近傍のデータである。大西洋沿岸を北上するに伴い海水温が徐々に上がることを考えると、既存プラントで聞き取った海水温の情報には信憑性がある。

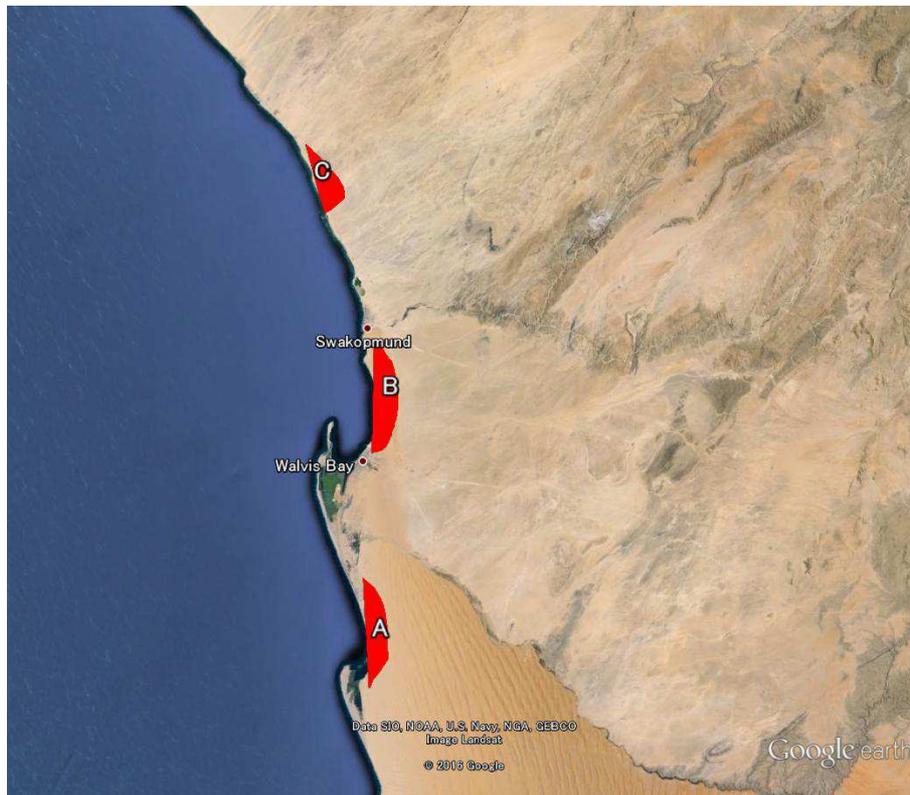


出典：米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration：NOAA）

図 12.1 ナミビアの海水温(Luderitz)

12.1.2 用地

20,000 m³/日の海水淡水化プラントを建設するためには、10,000 m²から 20,000 m²の用地が必要である。その候補地として、スワコプムント市、ウォルビスベイ市、ナミビア水道公社 (Nam Water) ナミブ事務所等のアドバイスを受けて、ウォルビスベイの南 (Sandwich Harbor)、ウォルビスベイ とスワコプムントの間、スワコプムント北側にある既存 Wlotzkasbaken 海水淡水化プラント (現在 Areva 社が所有) 所在地の 3 地点について検討した (図 12.2 参照)。



出典 : Google Earth

図 12.2 新規海水淡水化プラント建設候補地

以下の理由から、既存プラントの位置が最適と考えられる。

- ウォルビスベイの南 (A) : 国立公園で保護地域となっており、建設許可を得るのが極めて困難である。
- ウォルビスベイとスワコプムントの間 (B) : 海岸沿いには住宅地が広がっており、10,000 m²以上の空き地が殆どない。唯一残っている広い空き地にはコンベンションセンターの建設が計画されている。海岸からやや離れると広大な砂漠となるが、レクリエーションに使用されていることから、海水淡水化プラント建設を行う場合、社会的影響が予想される。また、ウォルビスベイに近づくとき海水水質が良好でない。
- 既存 Wlotzkasbaken 海水淡水化プラントの位置 (C) : 周辺は広大な空き地である。Swakop川河口から十分に北に離れており、河口堆積物が取水に影響せず、海水の水質は良好である。Areva 社は既存プラントに隣接して増設用地 (230 m × 80 m = 18,400 m²) を確保しているため、新たな用地取得は不要である。また、既存プラントの取水・放流設備や受電設備は 20,000 m³/日の増設分にも対応できる能力がある、これらの設備を利用すること

で建設が容易かつ経済的である。既存プラントの数 km 南側には多少の空き地があり、スワンプメントなど大きな受益地に近い利点はあるが、既存の取水・放流設備や受電設備を活用できることを考慮すれば、既存プラント隣接地が有利である。

既存プラントのレイアウトと増設用に確保されている用地を図 12.3 に示す。新規プラントは増設用地内に建設することを想定する。

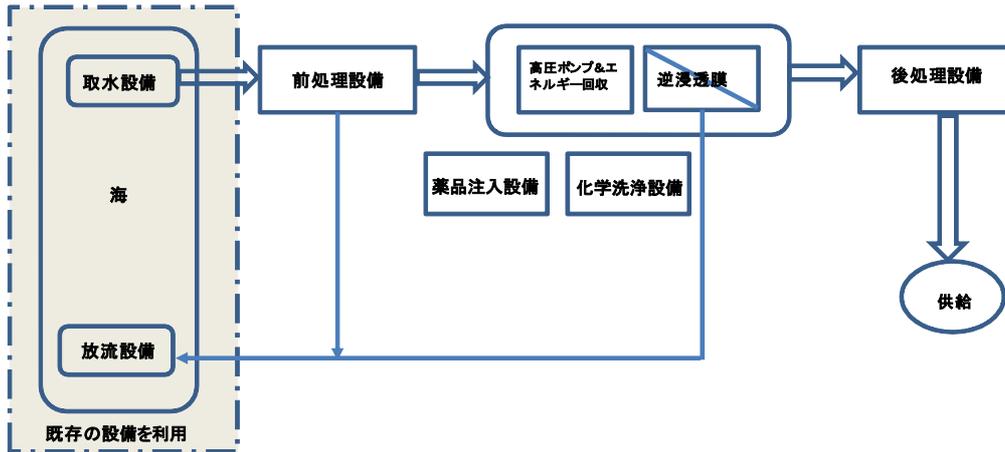


出典：Google Earth

図 12.3 既存海水淡水化プラントのレイアウト及び新設プラント用地

12.1.3 水処理プロセス

海水淡水化プラントは、①海水を取水する取水設備、②取水した海水中の濁度成分を除去する前処理設備、③前処理された海水を高圧下で逆浸透膜を通して淡水化する逆浸透膜設備、④生産した淡水を使用目的に合った水質に調整する後処理設備、⑤逆浸透膜設備で生ずる濃縮塩水を放流する放流設備等の主要設備からなる。逆浸透膜設備にはエネルギー回収装置を備えるのが通常である。また、海水淡水化プロセスの付帯設備として、前処理に必要な薬品の注入設備、膜の洗浄に必要な化学洗浄設備、前処理設備から排出される濁水等を処理する排水処理設備も処理プロセスの一部である。海水淡水化プラントの水処理プロセスフローを図 12.4 に示す。



出典：調査団

図 12.4 海水淡水化プラントの水処理プロセス

新規海水淡水化プラントの水処理プロセスについて以下に述べる。

- 取水設備：既存の取水口（海中施設）、取水管、取水槽及びポンプ場は将来の増設分に対応できる施設能力で建設されている。取水ポンプ場に増設分のポンプを設置する。既存設備との接続以外の土木工事は不要である。
- 前処理設備：海水中に含まれる濁質、スケール成分、有機物、生物等処理することで、逆浸透膜の目詰まり及び膜の劣化を防止するための設備である。一般には生物等の殺菌処理、濁質成分除去の凝集ろ過及びスケール生成抑制の pH 調整が行われ、前処理水を膜モジュールの許容水質（Silt Density Index: SDI 値）以下にする。既存プラントの前処理は、塩化鉄を加えて凝集処理→ロータリースクリーンによる懸濁物質の除去→UF 膜による微細粒子の除去となっている。新規プラントについても同じ前処理を想定する。
- 逆浸透膜設備：海水から真水を分離するために逆浸透膜を用いる。海水は約 25 気圧の浸透圧を持っているため、これ以上の圧力を加えて海水から逆浸透膜を透過して真水を分離する。このため、逆浸透膜設備には海水を加圧する高圧ポンプが用いられる。
- エネルギー回収装置：逆浸透膜設備で高圧ポンプにより加圧され、逆浸透膜に供給された高圧の海水は、真水の分離後に濃縮塩水（ブライン）として排出される。その際、濃縮塩水の圧力はほとんど低下しないため、その圧力エネルギーを回収することでエネルギーコストの低減が可能となる。エネルギー回収装置は逆浸透膜設備に組み込まれる。
- 後処理設備：逆浸透膜を透過した水は、そのままでは飲料水基準等を満足しないため、炭酸カルシウムによる pH 調整、塩素類による殺菌を行う。
- 排水処理設備：海水淡水化プラントからは、濃縮塩水のみでなく、前処理設備で捕捉された濁質を含んだ排水、前処理用ろ過層やろ過膜の洗浄排水等が発生する。これらを適切に処理したうえで、放流設備より海域に放流する。
- 放流設備：真水を分離した後の海水は濃縮塩水として放流設備より海域に排出される。また、排水処理設備からの処理水も濃縮塩水と共に排出される。既存の放流設備は将来の増設分に対応できる施設能力で建設されている。既存設備との接続以外の土木工事は不要である。

12.1.4 電力

ナミビア電力公社 (NamPower) によると、新規海水淡水化プラントには問題なく必要電力 (20,000 m³/日の場合 3.75 MW) を安定的に供給できるとのことであった。一方、現状において「ナ」国は電力の 60% を輸入に頼っており、安全保障の観点から、そのような状況の脱却を目指しているとのことであった。このような電力事情を考えると、年間の 300 日以上が晴天である対象地域では、太陽光発電により海水淡水化のための電力の一部また全部を供給することが考えられる。

また、2016 年 4 月にガインゴブ大統領が発表した「貧困・経済格差削減促進計画」(Harambee Prosperity Plan: HPP) では、向こう三年間で再生可能エネルギーを利用した 25 百万 m³/年の海水淡水化プラントを建設することが謳われており、電力を多く消費する海水淡水化プラントの電源として、太陽光のような再生可能エネルギーの利用が期待されている。

1) ナミビアの電力供給の現状

電力供給の現状は以下のとおりである。

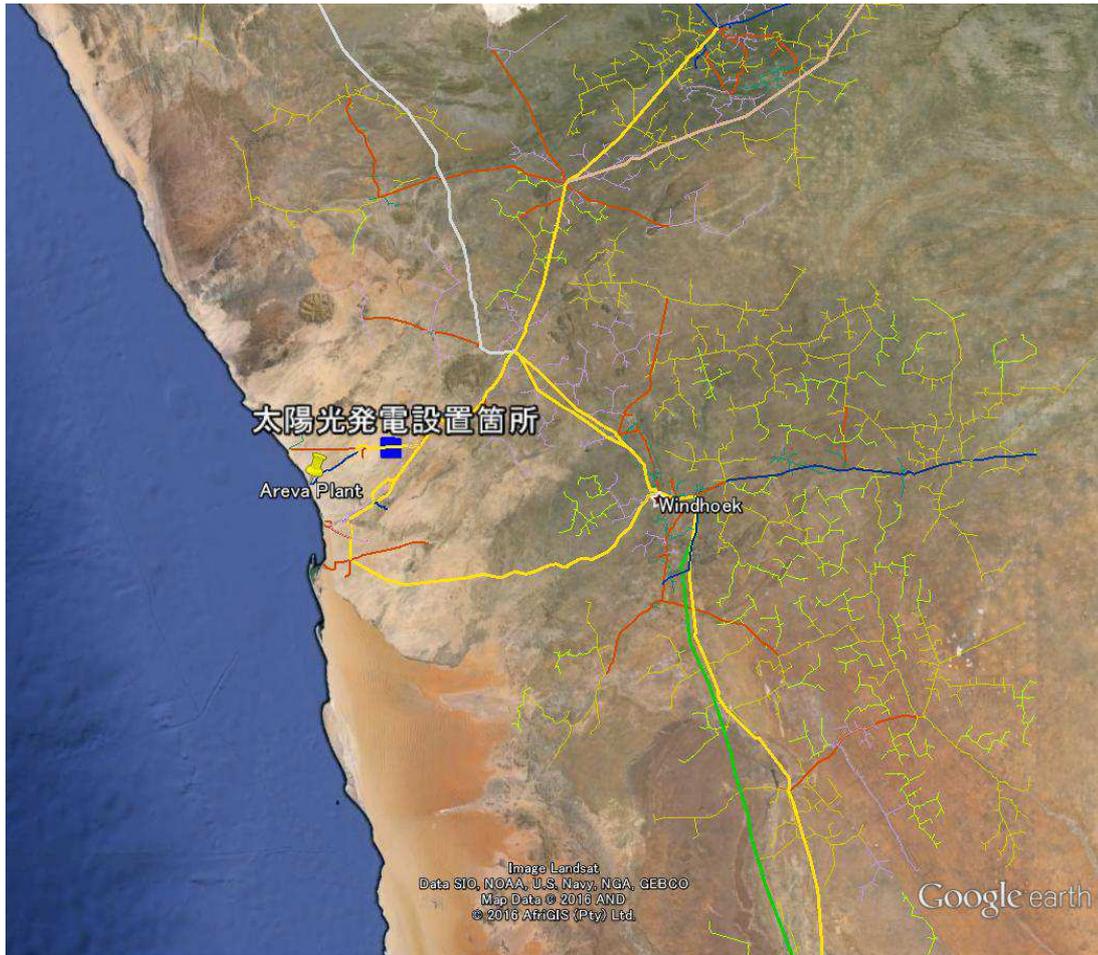
- Cunene 川に設けられた Ruacana 水力発電所 (1975 年に運転開始、330 MW : 80 MW×3 基、90 MW×1 基、90 MW 設備は 2012 年増設) が主な電力供給源である。また、首都ウィントフック郊外には Van Eck 石炭火力発電所 (1972 年に運転開始、30 MW×4 基、3 号機は 1973 年、4 号機は 1979 年に運転開始)、ウォルビスベイには Anixas ディーゼル発電所 (2011 年に運転開始、7.45 MW×3 基) がある。このほか、非常用としてウォルビスベイには Paratus ディーゼル発電所 (1976 年に運転開始、6 MW×4 基) が設けられている。
- 水力発電所とディーゼル発電所はピーク対応として稼働している。その他の電力は南アフリカ、ザンビア等 (南部アフリカパワープール) からの輸入に依存している。
- 「ナ」国の電力需要ピークは冬の 6 月から 8 月である。一日の時間帯では、朝と夕方にピークが発生する。この時間帯の電気料金を高く設定することで、ピークシフトを促している。

2) 海水淡水化プラントを含む中部沿岸地域の電力供給の現状

中部沿岸地域に対して、北部地域及び南アフリカ、ザンビアからの電力供給を安定的に導く送電系統の整備を行うことが、NamPower の当面の目標である。中部沿岸地域への電力供給は、ウィントフック地域と一体的に系統をリング状に整備することで送電能力を強化する計画となっている (図 12.5 参照)。ウラン鉱山等の産業用に電力供給を行っている Trekkopje 変電所は、海水淡水化プラントが増設される場合、必要な電力を供給できるだけの設備容量を有している。既存 Wlotzkasbaken 海水淡水化プラントの受電設備には 40 MW の変圧器が備えられており、この変圧器で当初計画の 45 百万 m³/年の処理能力分の電力を受けることができる。

3) 太陽光発電案

海水淡水化プラントへの電力供給のため太陽光発電を実施する場合、沿岸部では塩害による施設劣化や濃霧発生による日照不足があることから、設置場所は沿岸から 50~100 km 離れた、日照エネルギーの多い内陸部かつ既存グリッドの近傍となる (図 12.5 参照)。その一帯の土地はエロンゴ州が所有しており、住民も居ないことから、用地取得に問題はない。



出典：NamPower

図 12.5 太陽光発電設備の設置箇所案

「ナ」国では、再生可能エネルギーについて REFIT (Renewable Energy Feed In Tariff) が導入されており、NamPower はピーク・オフピークの区別なく、年間を通じて定額での買取りを行っている。すなわち、太陽光発電を実施する場合、いったん発電電力を NamPower に売却したうえで、海水淡水化プラントに供給することになる。

太陽光発電で電力供給を行う場合、(a) 20,000 m³/日の海水淡水化プラントを昼間は太陽光発電、夜間は商用電源により運転する案、(b) 太陽光発電により昼間 12 時間運転のみで 20,000 m³/日を確認する案（すなわち海水淡水化プラントとしては 40,000 m³/日が必要となる）が考えられる。この 2 案について太陽光発電に必要な面積と概算コストの試算を行った結果を表 12.1 に示す。

表 12.1 太陽光発電の必要面積と概算コスト

項目	単位量	海水淡水化プラント	
		(a) 20,000 m ³ /日	(b) 40,000 m ³ /日
電力		3.75 MW	7.5 MW
必要面積	10~15 m ² /kW*	3.8~5.6 ha	15~23 ha
概算コスト	73 万円/kW*	27.4 億円	54.8 億円

*：大規模太陽光発電システム導入の手引書 NEDO（平成 23 年 3 月）より

出典：調査団

12.2 建設費及び運営維持管理費の概算

12.2.1 建設費

DesalData (Global Water Intelligence: GWI) から提供されているコスト試算プログラム (Cost Estimator) を用いて海水淡水化プラントのコスト概算を行った。

Cost Estimator では、表 12.2 に示すプロジェクトサイトに特有の条件を入力することで、海水淡水化プラントの EPC 建設費及びその項目別費用内訳を計算することができる。その結果を表 12.3 に示す。

海水濃度は南大西洋のデータ、海水温は既存プラントでの聞き取り及びリュエリッツ (Luderitz) のデータを参照して設定した。前処理設備については厳しい条件 (Difficult) とした。取水・放流設備は不要であることから、容易な条件 (Minimum) を仮入力して計算のうえ、その項目別費用を EPC 建設費合計から差し引くこととした。

以上に基づく海水淡水化プラントの EPC 建設費を表 12.3 に示す。

表 12.2 EPC 建設費計算の条件

Item	Condition	
Seawater	35,000 mg/L	
Seawater Min Temp	15°C	
Seawater Max Temp	24°C	
Pretreatment	Difficult	
Second Pass	0%	
Remineralization	Yes	
Intake / Outfall	Minimum	
Permitting	Typical	
Country	Namibia	
Capacity (m ³ /day)	20,000	40,000

出典：調査団

表 12.3 海水淡水化プラントの EPC 建設費の項目別費用内訳

Factors	Construction Cost (USD)	
	20,000 m ³ /day	40,000 m ³ /day
Pretreatment	3,084,991	5,635,200
Civil costs	4,687,977	8,563,294
Pumps	2,398,051	4,324,235
Equipment and materials	7,145,384	13,052,117
Design costs	1,947,779	3,557,910
Legal and professional	278,254	508,273
Installation services	2,419,601	4,419,764
Membranes	1,814,701	3,314,823
Pressure vessels	453,675	828,706
Piping, High-grade alloy	4,234,301	7,734,588
Intake / Outfall	1,947,779	3,557,910
Energy Recovery Devices	324,000	648,000
Capex Total	30,736,493	56,144,820
Capex / Capacity (USD/m ³ /day)	1,537	1,404
Capex Total, excluding Intake / Outfall*	28,788,714	52,586,910

* 取水・放流設備は、既存設備を利用できるのでコストは不要となる。

* 受電設備は上記項目に示されないが、既存設備を利用できるのでコストは不要となる。

出典：調査団

太陽光発電施設を含めた総建設費を表 12.4 に示す。

表 12.4 太陽光発電を入れる場合と入れない場合の建設費比較

(単位：百万 USD)

項目	太陽光発電を入れない場合	太陽光発電を入れる場合	
	20,000 m ³ /日	(a) 20,000 m ³ /日	(b) 40,000 m ³ /日
海水淡水化プラント (取水・放流設備を除く)	28.8	28.8	52.9
太陽光発電施設	0.0	24.7	49.3
合計	28.8	53.5	102.2

出典：調査団

12.2.2 運営維持管理費

Cost Estimator では、表 12.5 に示す海水淡水化プラントの設備利用率、電力消費量、電気料金及び労務費指標を入力することで、年間の運転費用を計算することができる。

表 12.5 運転費用の計算条件

項目	20,000 m ³ /日	40,000 m ³ /日
Utilization rate (%)	95	95×0.5
Energy consumption (kWh/m ³)	4.5	4.5
Electricity price (USD/kWh)	0.066	0.066
Labor Factor	Determined by Country	Determined by Country

出典：調査団

電力消費量は、11 章で述べたモザンビークの場合よりもやや大きい 4.5 kWh/m³ を採用した。ナミビアではモザンビークに比して海水温が低い。逆浸透膜の特性から、透過水量（生産水量）は海水温の変化に比例することから、逆浸透膜・運転圧力が同一条件であれば、海水温が低下すると透過水量は減少する。このため、海水温が低い条件下では運転圧力を高くして透過水量を得るのが一般的である。よって、ここでは電力消費量をやや大きめに設定することとした。

太陽光発電については、NamPower が発電電力をいったん買い取り、送電系統を通じて海水淡水化プラントに供給すると想定する。太陽光発電に対する REFIT (NamPower による買い取り価格) は、通常の電気料金よりも高く設定されている。一方、既存太陽光発電施設の年間設備稼働率は 25～28% であるが¹、海水淡水化プラントの電気料金は年間を通じて発生する。例えば、設備容量 5 MW の太陽光発電施設の場合、REFIT は 0.226 USD/kWh であるが²、これに対する電気料金の比率は 29% (= 0.066/0.226) となり、太陽光発電施設の年間設備稼働率とほぼ同等である。よって、ここでは太陽光発電に対する REFIT と海水淡水化プラントの電気料金が相殺されると仮定して試算を行った。すなわち、(a) 20,000 m³/日の場合は夜間運転にのみ電気料金を計上する、(b) 40,000 m³/日の場合は昼間運転のみのため電気料金を計上しない。

また、太陽光発電施設については、年間の維持管理費として建設費の 1% を計上した³。

以上に基づく運転費用の計算結果を表 12.6 に示す。

¹ NamPower からの聞き取りによる (Omburu 太陽光発電プロジェクト：4.5 MW)。

² NamPower ホームページより。

³ 大規模太陽光発電システム導入の手引書 NEDO (平成 23 年 3 月) より。

表 12.6 海水淡水化プラントの運転費用

(単位：USD/年)

Factors	太陽光発電を入れない場合	太陽光発電を入れる場合	
	20,000 m ³ /日	(a) 20,000 m ³ /日	(b) 40,000 m ³ /日
Parts	208,050	208,050	416,100
Chemicals	485,450	485,450	970,900
Labor	787,661	787,661	1,304,430
Membranes	208,050	208,050	416,100
Electrical energy	2,059,695	1,029,848	0
Maintenance for solar power plant	0	246,627	493,254
Total	3,748,906	2,965,686	3,600,784

出典：調査団

12.2.3 造水コスト

造水コストは、年間の起債償還費、変動費、労務費、間接費及び太陽光発電施設の維持管理費の合計を年間造水量で除算することで求められる。起債償還費は、金利 6%、返済期間 20 年として計算した。変動費は、表 12.6 の部品費、薬品費、労務費、膜交換費及び電気代の合計である。造水コストの計算結果を表 12.7 に示す。

表 12.7 造水コスト

(単位：USD/m³)

項目	太陽光発電を入れない場合	太陽光発電を入れる場合		備考
		(a) 20,000 m ³ /日	(b) 40,000 m ³ /日	
Total capital cost and amortization	0.36	0.67	1.28	Inclusive of amortization for solar power plant
Total variable costs	0.43	0.28	0.13	
(Energy costs)	(0.30)	(0.15)	(0.00)	Inclusive of Total variable costs
Labor	0.11	0.11	0.09	
Overheads	0.07	0.07	0.06	
Maintenance for solar power plant	0.00	0.04	0.07	
Water Price	0.97	1.17	1.63	

出典：調査団

太陽光発電を入れない場合の造水コストは 0.97 USD/m³ となった。一方、太陽光発電を入れる場合、その初期投資の償還が電気料金の節減を上回り、造水コストが高くなる結果となった。また、(b) 40,000 m³/日の案は、昼間運転のみであり、半日ごとに電力供給の ON/OFF を繰り返すことになる。このような負荷変動は、海水淡水化プラントの膜や機器にダメージを生じさせる可能性があることから、電力供給を太陽光発電のみとする案はプラントの健全性維持の観点からも推奨されない。

太陽光発電を導入するか否かについては、フィージビリティ調査など将来の検討対象とすべきである。本節での造水コスト試算では、海水淡水化及び太陽光発電の初期投資は、水道料金に転嫁されると想定した。一方、前節 12.1.4 で述べた「ナ」国における政策に関連して、太陽光発電の初期投資を政府が負担することが可能な場合、その導入により水道料金の値上げを抑制する効果が期待できる。例えば、(a) 20,000 m³/日の案で、政府が太陽光発電の初期投資の償還を全て負担する場合、造水コストは 0.86 USD/m³ となる。

12.3 環境社会配慮

12.3.1 法制度

「ナ」国の環境影響評価プロセスは以下の二つの法律によって規定されている。

- Environmental Management Act, 2007
- Environmental Impact Assessment Regulations: Environmental Management Act, 2007

これらの法令及び実務としての環境影響評価を所管する組織は環境・観光省（Ministry of Environment and Tourism）である。環境影響評価の対象となる活動は、上記 Environmental Impact Assessment Regulations のガイドラインに「Annexure: List of activities that may not be undertaken without Environmental Clearance Certificate」として示されている。大項目のリストを表 12.8 に示す。リストに含まれる活動は、環境影響評価調査を実施し、その結果を報告した後に、「ナ」国政府から環境適合証明書（Environmental Clearance certificate）を取得することが義務付けられている。

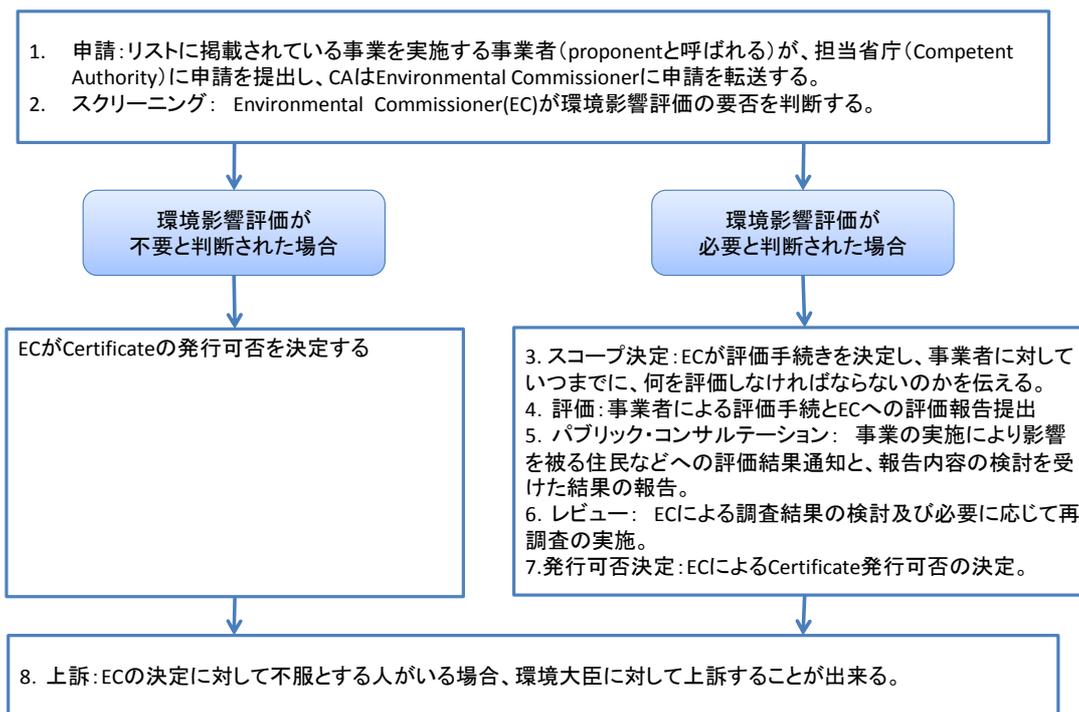
海水淡水化事業は、「8.12 The release of brine back into the ocean by desalination plants」の活動を含むことから、環境影響評価の対象となる。太陽光発電は、「1. The construction of facilities for (a) the generation of electricity」に該当することから、環境影響評価の対象となる。

表 12.8 環境影響評価を要する事業種類

1. Energy Generation, Transmission and Storage Activities	発送電・蓄電事業
2. Water Management, Treatment, Handling and Disposal Activities	水管理・水処理・排水事業
3. Mining and Quarrying Activities	鉱山・採石事業
4. Forestry Activities	林業
5. Land Use Development Activities	土地利用・開発事業
6. Tourism Development Activities	観光開発事業
7. Agriculture and Aquaculture Activities	農業・水産業
8. Water Resource Development	水源開発事業
9. Hazardous Substance Treatment, Handling and Storage	有害物質管理・処理・蔵置事業
10. Infrastructure	インフラストラクチャー
11. Other Activities	その他活動

出典：Environmental Management Act 2007

環境適合証明書を取得するための具体的なプロセスを図 12.6 に示す。



出典：Guide to Environmental Management Act No 7 of 2007 を基に調査団が作成

図 12.6 環境適合証明書取得フロー

12.3.2 環境規制

Wlotzkasbaken の海水淡水化プラント建設用地は、国立公園に関する規制の問題はないが、表 12.9 に示すような環境規制の適用が考えられることから、緩和策（案）を併せて示す。

表 12.9 想定される環境規制の内容

環境規制内容	緩和策又は対処策
海岸線から 200 m 以内は、国有地として開発制限の対象となる。	既存海水淡水化プラントの敷地内に設備を追加設置することにより、新たな制限対象となる建設を行わない。
エロンゴ州のうち、スワコプムント市及びウォルビスベイ市の所有土地以外の砂漠は Naukluft 国立公園であり開発制限の対象となる。新たな構造物建設の際には留意が必要である。	既存海水淡水化プラントに電力供給する送配電施設を使用することで、新たな制限対象となる建設を行わない。

出典：環境・観光省及び水産・海洋資源省等ヒアリング結果に基づく。

上記のほか、海水淡水化プラントの検討にあたり、海水の取水、プラントからの海域への放流水に対する何らかの規制があることが懸念された。この点、水産・海洋資源省（Ministry of Fisheries and Marine Resources）に対する聞き取りでは、既存の Areva 社プラントの建設時に、漁業あるいは海洋生物等への影響は限定的と結論付けられたとのことであった。ただし、Areva 社の海水淡水化プラント建設時の環境影響評価結果は入手できなかった。

既に確保されているプラント用地を超えて事業を行う必要が生じる場合、用地拡大に伴う周辺の動植物への影響を検討する必要がある。これは建物・構造物の建設が周辺の植生（主に苔類）に影響することが懸念されるためである。

12.3.3 環境社会配慮手続き

環境適合証明を取得するための手続きは、担当省庁（Competent Authority）に対して申請書を提出することから手続きが開始される。

海水淡水化プラントの建設候補地は、環境適合証明の取得が済んでいると理解されている。したがって、当該事業が当初計画の45百万m³/年の範囲内での増設であれば、新たな手続きは不要である。なお、施設の増強の結果、当初 Areva 社に与えられた環境適合証明を上回る処理能力となる場合には、新たな環境影響評価の実施が必要となる。

また、仮に Areva 社の環境影響評価結果及びその結果を基にした環境適合証明を引き継ぐ場合、名義変更により対処することも可能であると示唆された。なお、一般に環境適合証明の取得のために検討を要する項目は表 12.10 に示すとおりである。

表 12.10 環境適合証明取得のために検討を要する項目

項目	内容
A	事業内容
B	事業の実施環境
C	懸念される環境影響
D	文化社会的側面への影響
E	緩和策の内容
F	調査中で用いた影響予測の手法
G	環境影響の不確定要素
H	事業により影響を被る者との協議結果
I	事業の環境影響モニタリング、評価及び事業終了後の影響評価手法
J	(適用される場合) 事業終了後の原状回復の手法
K	事業概要要約

出典：Guide to the Environmental management Act No 7 of 2007, Ministry of Environment and Tourism

12.3.4 想定される環境社会影響

海水淡水化事業により想定される環境社会影響は表 12.11 のように整理される。

表 12.11 事業から想定される環境社会影響項目

項目	海水淡水化	太陽光発電
環境影響	<ul style="list-style-type: none"> ● 海水取水、濃縮塩水放流 ● 受電設備強化等による新たな建設工事の実施 ● 地下水取水の低減による環境回復 	<ul style="list-style-type: none"> ● 建設工事の実施による動植物への影響（特に苔類） ● 事業操業（パネルの設置等）による生態系への影響
社会影響	—	<ul style="list-style-type: none"> ● 地域住民の生活への影響（放牧環境、交通等） ● 景観への影響 ● 事業の実施による雇用機会の創出等の影響

出典：調査団

1) 海水淡水化

海水淡水化プラントの建設と運転により生じ得る環境影響として以下が挙げられる。

- 海水取水及び塩水放流：海水淡水化プラントの操業により、海水を取水すること、海水淡水化後に濃度の高まった塩水を放流することから、海洋生物の生育や漁場環境に変化をもたらす可能性がある。

- 受電設備の増設の影響：海水淡水化プラントへの電力受入を現有設備で賄えるとされているが、仮に増設が必要な場合、もしくは配電されている架線の強化等が必要な場合、その工事過程を含め、周辺環境への影響が生ずる。
- 地下水取水の低減による環境回復：環境改善が期待されるものとして、海水淡水化プラントの操業により水供給が増加することで、現在、二つの水系で継続的に行われている地下水の汲み上げを抑制することが期待され、水系の環境回復を促すことができる。

2) 太陽光発電

太陽光発電施設については、日照条件に優れる内陸に設置することが想定される。その場合に検討を要する環境社会影響は、以下のとおりである。

- 植生への影響：太陽光パネル等設備の建設及び長期的な設置の結果、特に砂漠地域に生息する苔類の生育に関する影響が予測される。環境・観光省によると、ナミビアの砂漠地帯に生息する苔類は、環境変化に非常に繊細であるため、設置場所によっては影響を回避する措置が非常に執りづらい、もしくは不可能であるとの指摘があった。
- 居住者・原住民への配慮：内陸の日照に恵まれた地域は、多くの場合、居住地域ではないと想定されるが、既存送電系統との間の距離により、送電ルートと居住者の生活圏との重複を避けられない可能性がある。また、過疎地域で生活する住民の多くは家畜を放牧しており、太陽光発電パネルが設置される結果、放牧地域が減少するなどの問題が生ずる。

12.4 事業実施の可能性に係る考察

12.4.1 事業実施体制及び運営維持管理体制

(1) 実施体制

事業実施機関は NamWater である。また、NamWater の事業実施を監督するのは農業・水・森林省 (MAWF) である。事業の実施方法・資金調達には以下のオプションがある。

- (a) NamWater の自己資金：NamWater の事業規模を考えると、新規海水淡水化プラントに要する資金を全て NamWater が借り入れるのは容易でない。
- (b) 全部または一部を政府資金：一部が政府資金の場合、残りは NamPower の資金とする。
- (c) ドナーからの借り入れ：財務省が窓口となりドナーとの調整、借款契約の締結を行う。この場合、財務省が政府を代表してドナーとの借款契約を締結し、返済も財務省が行う。返済の原資を国庫補助から捻出するか水道料金で賄うかは「ナ」国側が判断する。
- (d) 民間資金：民間企業が自らの資金で施設を建設し、NamWater とのバルク売水契約により収益を確保する。

上記のいずれの場合でも、NamWater は事業を実施するだけの組織力があると判断できる。民間資金の活用は、「ナ」国では既にウイントフック市の再生水事業 (Veolia 社) の事例がある。民間資金を活用するか、政府・NamWater の資金で事業を実施するかには優劣はなく、ドナーの貸付意欲や「ナ」国の方針等により最終的に決定される。

(2) 運営維持管理体制

海水淡水化プラントの運営維持管理体制には以下のオプションがある。

- NamWater（直営）：上述の(a)から(c)に適用できる形式であるが、NamWaterは自ら海水淡水化プラントを運営維持管理した経験がないため、プラントの供用開始後、少なくとも3年間はプラントを建設したコントラクターからの技術移転が必要である。
- NamWater（監督）／民間オペレーター：O&M契約により、DBO（Design-Build-Operate）でプラントを建設したコントラクターまたはノウハウを有する別のオペレーターが運営維持管理を行う方式で、上述の(a)から(c)に適用できる。DBO契約の実例より、民間オペレーターの契約期間としては3年から25年までの幅が考えられる。NamWaterが将来的に直営への移行を希望する場合、NamWaterは技術力が総じて高く、また、Areva社が所有しているWlotzkabaken海水淡水化プラントで運営維持管理を行っているナミビア人オペレーターを活用できる可能性があるため、3年から10年のDBOまたはO&M契約で十分と考えられる。
- 民間事業者：上述の(d)の場合、NamWaterは契約（DBOO, DBOOT等）に基づき所定の報告を民間事業者より受ける権利を持つが、プラントの運営維持管理は原則として民間事業者の裁量に委ねられる。

上記のいずれの場合でも、新規海水淡水化プラントの運営維持管理は問題なく行うことができると考えられるが、NamWaterが直営で行う場合は、NamWaterへの技術移転を確実に行わなければならない。

12.4.2 財務的妥当性

海水淡水化プラントを建設した場合の水道料金への影響と市民の支払い能力について検討する。また、海水淡水化プラント建設を円借款により実施することを想定した場合に「ナ」国政府及びNamWaterによる借款の返済が可能であるかを考察する。

1) 水道料金へのインパクトと市民の支払い能力

海水淡水化事業の実施による水道料金へのインパクト試算にあたっては、計画した20,000 m³/日のプラントの稼働率がほぼ100%に達する2030年時点を想定する。

前述9.3.2節より2030年時点での水需要は102,378 m³/日であり、そのうち一般向け（世帯及び事業所等）は58,874 m³/日である。残りは鉱山向けで、これは既存海水淡水化プラントによる水供給と想定する。この一般向けには、安価な地下水を優先的に用いることを前提とすると、地下水33,972 m³/日、海水淡水化水24,902 m³/日の内訳で水需要は満足される。

現在、NamWaterから自治体（ウォルビスベイ市）への水販売価格は8.25 NAD/m³であり、このうち送水・管理費は5.00 NAD/m³程度と推計する。海水淡水化プラントの水生産コストは14.00 NAD/m³（=0.97 USD/m³）なので、送水・管理費との合計で海水淡水化による水供給コストは19.00 NAD/m³となる。この場合、自治体向け水販売価格を地下水と海水淡水化プラントそれぞれの水供給量で加重平均すると12.80 NAD/m³となり、水販売価格の上昇は4.55 NAD/m³となる（表12.12参照）。なお、この計算は海水淡水化プラントからの水販売価格が自治体とその他の大口バルクユーザーで同じと仮定している。実際には、大口バルクユーザーに対する水販売価格のほうが高く設定される可能性が高いことから、ここで計算した自治体向け水販売価格は理論上の最大値と考えられる。

表 12.12 新規海水淡水化プラントの導入による自治体向け水販売価格への影響

		Subsoil Water	Seawater Desalination
Water Production Volume	m ³	33,972	24,902
Water Production Cost	NAD/m ³	3.25	14.00
Water Transmission and Administration Cost	NAD/m ³	5.00	5.00
Water Supply Cost	NAD/m ³	8.25	19.00
Water Supply Cost (Weighted Average)	NAD/m ³	12.80	

出典：調査団

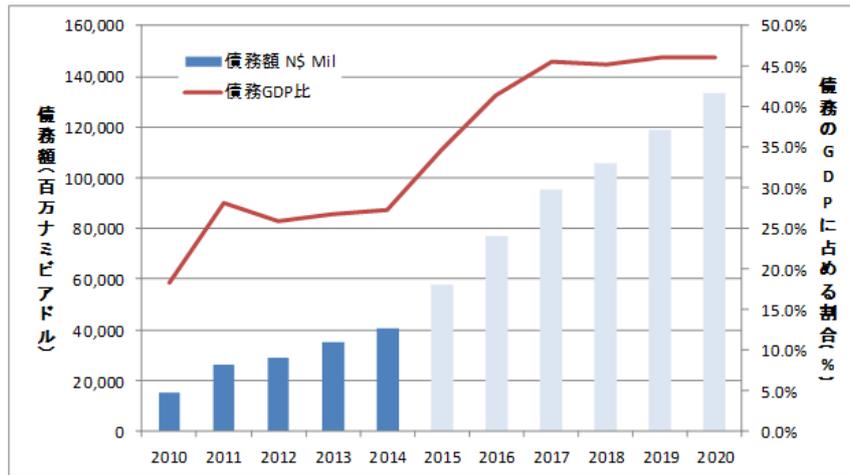
対象地域の一人あたり水使用量を約 150 リットル、一世帯あたり平均人数 3.5 人（2011 年統計データより）とすれば、月間の水道使用量は 15.75 m³/月となる。この水道使用量を現行の料金設定に当てはめると、一世帯あたり 180.38 NAD/月を負担していることになる。海水淡水化プラント増設後の加重平均された自治体向け水販売価格 12.80 NAD/m³ は、現行の 8.25 NAD/m³ に対して 55% 増となる。一世帯あたりの水道料金負担が同率で増加すると 279.79 NAD/月となる。

既存統計データでは、2009 年においてエロンゴ州の世帯収入は、84,989 NAD/年、7,082.42 NAD/月である。このデータを用いると海水淡水化プラント増設後の水道料金負担の 279.79 NAD/月は世帯収入の 3.95% となる。この数値は、OECD の基準による ATP (Affordable to Pay) の水準（世帯収入の 5%）以内に収まることから、海水淡水化プラントからの水供給が受け容れられると考える。

2) 「ナ」国側の返済能力

NamWater の財務状況は 9 章に述べたが、同社は BBB - の格付けを有しており、固定資産は 3,937 百万 NAD（303 億円）に達している。建設費が 416 百万 NAD（32.0 億円）となる新規海水淡水化プラントを 15 年間で償却する場合、年間 27.7 百万 NAD（2.1 億円）程度の償却となる。固定資産に対する年間の負担増額は 0.7% に収まることから、許容しうる規模である。

他方、「ナ」国政府の財務的健全性に関する統計は、借款金額の増額と対 GDP 比の上昇から考察する（図 12.7 参照）。財務省は、調査団に対して、必須インフラである水供給に関しては対 GDP 比 35% という債務シーリングを適用しないという意図を説明した。一方、「ナ」国の基礎財政収支は赤字額増加を示しており、この点には注意が必要である。ただし、本章で示した建設費 416 百万 NAD は、2014/2015 年の借款額の 1.02% であり、「ナ」国のニーズに照らしても、借入の影響は吸収しうるレベルである。



出典：Staff Report for the 2015 Article IV Consultation, IMF に基づき調査団が作成

図 12.7 「ナ」国の債務額及び債務額 GDP 比の推移

12.4.3 JICA 関与及び他ドナーとの協調・資金スキームの可能性

(1) JICA の関与スキーム

新規海水淡水化プラント建設への JICA の関与スキームとして以下が考えられる。

- 円借款の供与：事業費のうち、円借款適格項目の全てまたは一部に円借款を供与する。この場合、「ナ」国の財務省に直接円借款を供与する方式のほか、南部アフリカ開発銀行（Development Bank of South Africa: DBSA）などの金融機関を通じたツーステップローンが考えられる。
- 海外投融資：当該事業を民間事業者が資金を調達して実施する場合、その事業者に対して融資する。または民間事業者が設立する特別目的会社に対して出資する。

円借款を「ナ」国に直接供与する場合、収入が現地貨のみである水道事業にとって為替変動リスクをどのようにヘッジするかが「ナ」国側にとって大きな問題となり得る。ツーステップローンは、そのようなリスクヘッジのための方法として考えられる方式である。

海外投融資の場合、本邦企業が当該事業に参画することが事実上の前提条件である。しかし、公社である NamWater は競争入札の実施を義務付けられており⁴、欧米諸国等が高い競争力を有している海水淡水化分野において、海外投融資が先方にとって魅力的な資金であっても、本邦企業の受注を前提とした資金協力協議を進めるのは難しい。

したがって、JICA の関与スキームとしては円借款の供与が最も現実的である。

(2) 「ナ」国財務省の円借款借りに係る意向

財務省より次の見解が得られた。

- 現在、政府は Areva 社プラントの買収交渉を継続しており、更に海水淡水化プラントを建設する場合には、買収の支出に加えて、借款の負担が生じる。また、財務省は、主管官庁である農業・水・森林省（MAWF）からの意向表明によってのみ、借款を含む資金スキームを検討できる立場である。

⁴ 調査団との面談において、NamWater の Chief Executive Officer によれば、NamWater は必ず競争入札を行うよう政府より指導されているとのことであった。

- 現地調査対象地域以外でも、水道事業の歳入が自治体の赤字補てんに用いられていることを認識している。近く設立される水規制委員会（Water Regulator）により、一元的に水料金が設定されることで、透明性が担保されるかどうか、その推移を見守りたい。
- 円借款については、「北部道路整備事業」等の経験があるので、その利用の可能性はある。また水供給という高い公共性を伴う案件である性質に鑑みて、対 GDP 比 35% という借入シーリングについては弾力的に検討する。他方で、通貨リスクを低減する観点から、ドルまたはランド建ての借款であれば、政府内で好意的に捉えることが出来る。

結論として、ナミビア国内でのコンセンサスを得ることが出来れば、海水淡水化プラント建設を円借款事業として実施することは不可ではないとの感触を得た。

(3) 他ドナーとの協調・資金スキームの可能性

新規海水淡水化プラントの建設費は約 30 億円であり、適格項目を全て円借款対象とする場合、供与額は 40 億円程度である。したがって、貸付額の規模から鑑みると他ドナーとの協調融資を考える必要はないと考えられる。ただし、太陽光発電施設も併せて建設する場合の建設費は約 60 億円、供与額では 80 億円程度となる可能性がある。その場合、太陽光発電のコンポーネントの資金原をアフリカ開発銀行（African Development Bank: AfDB）や「ナ」国のエネルギーセクターで支援実績のあるドイツ復興金融公庫（KfW）とする協調融資スキームを検討することも考えられる。

12.4.4 事業化におけるリスク及び緩和策

新規海水淡水化プラント建設におけるリスク及び緩和策を表 12.13 に挙げる。

表 12.13 新規海水淡水化プラント建設におけるリスク及び緩和策

タイトル	リスク概要	緩和策
経済の停滞による事業ニーズ低下のリスク	ウラン市況が再び深刻な悪化を呈した場合、あるいは自然災害などで観光業が打撃を受けた場合、水需要が伸び悩み、事業の必要性が低下する可能性がある。そのような事態が新規海水淡水化プラント建設後に生じた場合、プラントの稼働率が著しく低い状況となる。	ウラン市況や自然災害は予測不能であるため、新規海水淡水化プラントの規模を安全側に（小さめに）設定する。 プラント規模は、日最大水需要ではなく日平均水需要をターゲットとする。また、既存水源の取水可能量として、渇水時ではなく平常時の取水可能量を前提とする（すなわち渇水に陥った場合は多少の水不足を受容する）。
電力供給の不足による事業効果低減のリスク	NamPower は新規海水淡水化プラントに電力供給できるとの自信を調査団に示したが、国内の電力消費量の約 60% を外国からの輸入に依存しているのが現状である。今後、計画している独自電源の開発が遅れた場合、外部要因である他国の状況によって電力供給が滞り、海水淡水化プラントが満足に運転できない可能性がある。	太陽光発電の導入により外部電源への依存を回避または削減する。
運転管理技術の不足による事業効果低減のリスク	NamWater が直営で運転管理を行う場合、同社が必要な技術を習得しなければ、プラントが期待された性能を安定的に発揮できない可能性がある。	建設業者との契約で、NamWater に対する運転管理の技術移転を 3 年間行うことを規定する。もしくは、DBO 契約や O&M 契約により運転管理業務を外部委託する。

出典：調査団

12.5 概略計画のまとめ

技術及び環境社会配慮の観点より、新規海水淡水化プラントの用地は、既存 Wlotzkasbaken 海水淡水化プラントの隣接地が最適案である。既存プラントの建設開始時までには用地は確保済みであることから新たな用地取得は不要である。取水・放流設備及び受電設備は当初計画による拡張分を見込んで既に整備済みである。また、将来の拡張分を見込んだうえで、環境適合証明を取得している。

既存送配電網から新規海水淡水化プラントへの電力供給に問題はないと考えられる。一方、本章での概略検討では、施設能力 20,000 m³/日のプラントの場合、太陽光発電を併用することで造水コスト低減の可能性があるとの結果となった。「ナ」国が国内の電力消費量の約 60%を輸入に依存していることから、外部要因によるリスクを最小化するうえで、新規海水淡水化プラントへの電力供給に太陽光発電を導入することにつき、詳細に検討すべきである。

NamWater は、新規海水淡水化プラントの建設事業を実施する組織力を有している。また、運営維持管理については、NamWater が技術移転を受けて直営で実施する方式、もしくは NamWater が運営維持管理を外部委託する方式となるが、いずれの場合も運営維持管理は問題なく行うことができる。

新規海水淡水化プラントのコスト試算の結果、施設能力 20,000 m³/日の建設費は 28.8 百万 USD、運転費は 3.7 百万 USD/年、造水コストは 0.97 USD/m³ (太陽光発電を導入しない場合) となった。これにより想定される自治体向け水販売価格へのインパクトは、現在の 8.25 NAD/m³ から最大で 12.80 NAD /m³ まで値上げとなる試算結果となった。これにより、一世帯あたりの水道料金負担は、世帯収入の 3.95%となるが、この数値は OECD の基準による ATP (Affordable to Pay) の水準 (世帯収入の 5%) 以内に収まる。

「ナ」国政府の借款金額の増額と対 GDP 比の上昇から考察すると、新規海水淡水化プラントの建設費 28.8 百万 USD (416 百万 NAD) を借入する場合でも、その影響は吸収しうるレベルである。

「ナ」国財務省からは、国内でのコンセンサスを得ることが出来れば、海水淡水化プラント建設を円借款事業として実施することは不可ではないとの感触が得られた。

第 13 章 サブサハラ・アフリカにおける海水淡水化プロジェクト形成の可能性

13.1 現地調査対象地点選定時のシナリオ(仮説)の検証

第 1 段階調査において、現地調査対象地点を選定するにあたり、公共上水道における海水淡水化のニーズについて、以下 3 つのシナリオを仮説として想定した。

- シナリオ 1 – 開発可能な水資源の不足
- シナリオ 2 – 渇水に備えた施設能力の確保
- シナリオ 3 – 早期に施設能力を拡張する必要性

これらのシナリオを、現地調査を通じて得られた知見に基づいて検証する。

1) シナリオ 1 – 開発可能な水資源の不足

中東・北アフリカ諸国に類似する条件、すなわち、国全体あるいは広域的に開発可能な水資源（表流水・地下水）が水需要予測に対して不足することが明らかな場合、海水淡水化のニーズが高まると想定した。

現地調査の結果、南アフリカ及びナミビアの現地調査地点はシナリオ 1 に該当することが確認できた。いずれの地点とも、開発可能な表流水・地下水が近い将来、上限に達すること及び必要となる海水淡水化の規模が定量的に検討されている。

南アフリカの沿岸地域は中東・北アフリカ諸国のような乾燥帯（砂漠気候）ではない。しかし、水資源を沿岸内陸に連なる山岳帯から海へと流下する河川群に依存しており、ケープタウン（人口 3.74 百万人）やダーバン（人口 3.44 百万人）といった大都市では、水需要を支えるために、現在もダム貯水池及び大規模な導水施設の建設が進められている。

両都市では、将来的なダム貯水池及び大規模な導水施設による水供給の限界が見えてきており、海水淡水化による公共上水道への水供給が具体的に検討されている。このような検討は、開発可能な水資源評価と水需要予測、水需給バランスの分析、実現可能な水資源開発代替案の比較といった一般的な手法に基づくものである。よって、公共上水道への海水淡水化導入の方向性がわかりやすく説明されている。将来的に想定されている海水淡水化による水供給の規模は、ケープタウンで 150,000~450,000 m³/日、ダーバンで 300,000 m³/日である。

南アフリカのサルダニャ（人口 9.9 万人）、ナミビアのスワコプムント／ウォルビスベイ（人口合計 10.7 万人）は乾燥帯であり、開発可能な水資源はほぼ上限に達している。このため、サルダニャでは、今後、海水淡水化事業（25,500 m³/日）の実施に向かう基本方針が明確に打ち出されている。また、スワコプムントには既に 55,000 m³/日の海水淡水化プラントがあり、次期プラントの建設も検討されている。

サルダニャでは、海水淡水化事業の計画規模がほぼ IDZ 開発の水需要予測に匹敵する。スワコプムント／ウォルビスベイでは、港湾後背地開発や観光開発による水需要増加が予測されているものの、産業用途で最も水消費量が多いのはウラン鉱山である。このため、前者は IDZ 開発の進捗、後者は港湾後背地開発・観光開発の進捗及びウラン鉱山の稼働状況が、海水淡水化事業を実施するタイミングを左右する主要因となることから、その見極めが課題となる。

アンゴラ南部のナミベ（人口 28.2 万人）は大西洋岸の乾燥帯に位置しているが、現地調査の結果、現在の主要水源であるペロ川の伏流水により、2035 年までの水需要は満たされると予測されており、海水淡水化の必要性について具体的な検討は行われていない。すなわち、未だシナリオ 1 の状況には至っていない。

2) シナリオ 2－渇水に備えた施設能力の確保

サブサハラ・アフリカにおける海水淡水化の可能性を考えるうえで、乾燥帯ではないものの、乾季と雨季とで降雨量の差異が著しく、渇水が公共上水道に及ぼす影響が深刻化する場合、海水淡水化のニーズが高まると想定した。

現地調査の結果、渇水に対する公共上水道の脆弱性を抜本的に解決するような形として、海水淡水化に特化したニーズが高まる可能性は見出せなかった。

南アフリカのケープタウンやダーバンで行われている上水道計画・整備は、上述のシナリオ 1 のとおり一般的な計画手法に基づくものである。渇水に対する公共上水道の脆弱性への取り組みも同様であり、海水淡水化も様々な対策の中のひとつと位置づけられている。

ケープタウンではシナリオ 2 のような方策は考えられておらず、水需要管理による節水対策に注力している。ダーバンでは渇水に対する危機意識が高く、既存ダムの高上げによる貯水容量増加（Hazelmere Dam）を現在実施中であり、他にも緊急的に既存貯水池へのポンプ導水施設を設置して、貯水池水位の回復を試みた事例がある。また、再生水利用及び小規模海水淡水化プラント（2,500～10,000 m³/日）の建設が具体化しつつある。

また、Umgeni Water からの聴き取りでは、南アフリカで地方都市の公共上水道に導入されている既存の小規模海水淡水化プラント（前掲の表 5.1 参照）は、過去の渇水を機に建設されたものであるが、現在はほとんど稼働しておらず、一部のプラントが水需要ピーク時に稼働しているのみとの情報が得られた。この情報の裏付けは確認できていないが、必要に迫られて海水淡水化プラントを導入したものの、地方都市にとってその O&M コスト負担が大きく、通常時は O&M コストが安価な既存水源（表流水・地下水）による水供給が優先されるため、海水淡水化プラントがフル稼働していないものと推測される。

モザンビークのナカラ（人口 24.1 万人¹）は、乾季と雨季とで降雨量の差異が著しい地域に位置するが、現時点では、海水淡水化プロジェクトの実現可能性が高まる条件のひとつである「上水道整備水準が高いこと」を満たしておらず、シナリオ 2 には該当しない。

ナミビアのスワコプムント／ウォルビスベイは、既存水源である伏流水の取水可能量が年間降雨量によって大きく変動する。2015 年 11 月から 2016 年 2 月には、通常はウラン鉱山への水供給のみを行っている既存海水淡水化プラントから、スワコプムントへの水供給が行われた。この点ではシナリオ 2 に該当する形となっている。一方、現時点では既存海水淡水化プラントの水供給には余力があるものの、今後、水需要の増加に伴い、既存海水淡水化プラントの稼働率は徐々に引き上げられる見通しであり、2022 年にはフル稼働しても水需要に対して不足が生じると予測された。他に有望な水源は存在しないことから、スワコプムント／ウォルビスベイにおける中長期的な海水淡水化の必要性は、前述シナリオ 1 に該当すると考えられる。

¹ Nacala Porto Municipality の人口（2015 年）

3) シナリオ3－早期に施設能力を拡張する必要性

例えば、沿岸地域において具体的な開発事業があり、水需要の急増が生じる要因となることが明らかな場合、ダム貯水池・長距離導水を必要とする上水道システムの整備を待たずに、水供給増加を早期に実現するため、海水淡水化のニーズが高まると想定した。

現地調査の結果、モザンビークのナカラではシナリオ3の可能性は存在するものの、現時点ではその見極めが難しく、海水淡水化の実現には未だ多くの課題があることが判明した。

ナカラは、地理的条件により水供給を増加させるための水資源開発・上水道整備が難しい。しかし、現時点で実現可能と考えられる Nacala Dam (expansion) + Sanhute River (または Monapo River) による計画の実施の目途はたっていない。また、中長期的に水供給をさらに増加するためには、大規模な流域間導水が必要となるが、現時点でその実現可能性についての具体的な取り組み（技術、資金、合意形成等）の状況は不明である。

また、水需要予測の精度についても留意すべきである。PEDEC-Nacala による Nacala Bay Area の水需要予測（案）は、2035年の都市人口が927,100人（2017年推定値の2.4倍）、工業開発面積が1,000 ha（2017年推定値の3.3倍）となる社会経済フレームワークに基づいている。すなわち、既存の大都市に比して、相対的に非常に大きな成長のポテンシャルがあることが前提となっている。その成長の実現に向けて、今後基幹インフラ整備及び様々な施策の展開が期待されるが、その進捗状況に応じて水需要予測を逐次見直す必要がある。

ナカラの地理的制約と水需要予測からはシナリオ3の可能性が示唆されるが、その可能性が高まるかどうかは、今後の開発動向及びそれを支える基幹インフラ整備及び様々な施策の展開次第であり、現時点ではその見極めが難しい。一方、ナカラにおける中長期的な水供給増加のための検討については、早急に取り組みを進めるべきである。

13.2 公共上水道への海水淡水化導入の可能性が高まる条件

前節、現地調査対象地点選定時のシナリオ（仮説）の検証より、サブサハラ・アフリカにおいて、公共上水道への海水淡水化導入の可能性が高まる条件について、その概観を把握することができた。さらに、プロジェクト形成の視点からは、次のような条件が必要となる。

1) 経済成長拠点において開発計画が明確かつ具体化されている。

サブサハラ・アフリカ諸国では、経済開発回廊の出入口となる沿岸都市が経済成長拠点として将来に向かって開発進行が加速することが期待されている。このような沿岸都市では開発進行に伴い水需要の増加が予測されることから、本業務ではこの点に注目して現地調査対象地点を選定した。

現地調査対象地点として、既に海水淡水化が検討されている南アフリカ、ナミビアに加えて、経済回廊の出入口であるモザンビーク北部のナカラ、アンゴラ南部のナミベを選定した。これら2地点の現地調査結果より次の知見が得られた。

- ナカラ： PEDEC-Nacala により長期的な開発構想・戦略が構築されると共に、港湾・道路・電力（前述 8.1.4 参照）の整備事業が実施または検討されている。一方、ナカラ経済特区（Nacala SEZ）とは、開発投資を誘致するため経済特区開発庁（GAZEDA）が制度上の優遇措置を提供する「地域（範囲）」と定義されているが、その中の都市開発・工業開発については未だ具体的な計画の全体像が不明である。このため、現時点の水需要予

測は PEDEC-Nacala の開発構想に基づくものであり、多くの不確定要素を含むことは否めない。

- ナミベ： ナミベ回廊はアンゴラ内陸部の地下天然資源をナミベ港から輸出することを想定しており、港湾と内陸部を結ぶ鉄道輸送ルートが修復されている。しかし、水需要の急速な増加の主要因となる、港湾後背地の都市開発・工業開発については注目すべき計画が存在しない。

以上から類推されることは、サブサハラ・アフリカ諸国で経済開発回廊の出入口となる沿岸都市は、経済成長拠点として大きなポテンシャルを有しているが、開発可能性についての様々な情報（前述 5.3.2 参照）については、注意深く確認する必要がある。海水淡水化を含む水インフラ整備の必要性を議論するうえで、水需要予測を精度よく行うためには、開発計画の内容・スケジュールが明確かつ具体化されていることが条件となる。

2) 水資源評価、水需要予測及び水需給分析により海水淡水化の必要性が定量的に明示される。

サブサハラ・アフリカ諸国の沿岸地域は、ギニア湾岸からアンゴラ北部・中部を除くと、水資源が地域的に偏在していると共に季節による変化が大きい。このため、次のような状況において海水淡水化導入の可能性がある。

- 水需要に対して広域的に利用可能な水資源の限界が明らかであり、将来、海水淡水化が必要となる。
- ダム貯水池及び長距離導水等の上水道水源の開発が必要な場合、コスト競争力（Capex, Opex）、建設期間、渇水リスクなどの観点から、海水淡水化が代替案となりうる。また、財務的コストのみならず、時間的コストにも留意する必要がある。

さらに、以上について水資源評価、水需要予測及び水需給分析が行われ、海水淡水化の必要性が定量的に明示されることにより、その計画規模と導入時期の見通しが把握できることで、プロジェクト形成が可能となる。

3) 上水道整備・事業運営が海水淡水化を導入できる水準に達している。

南アフリカ、ナミビアの水資源管理・上水道事業運営では、政府による監督指導のもとで広域的なインフラ整備（水源、取水、導水、浄水、送水）及びその O&M を行う機関が存在する（南アフリカ：Water Board²、ナミビア：NamWater）。このような機関が各自治体にバルク給水を行い、自治体はそれぞれの区域で配水インフラ整備・O&M 及びサービス提供を行っている。このような水資源管理・上水道事業運営のフレームワークが確立されている国・地域では、水源から水消費者に至るまでのバリューチェーンがよく機能している。

海水淡水化の導入にあたっては、その初期投資及び O&M コストにより、上水道システム全体にコストインパクトの影響が及ぶ可能性が高い。したがって、コスト負担（政府、地元自治体、受益者）に対する説明責任を果たすうえで、上水道整備・事業運営が相応の水準に達していることが望ましい。また、海水淡水化プラントが上水道システムの主要水源として機能するかどうか、既存水源との競争力の比較が必要である。南アフリカ及びナミビアの現地調査対象地点は、これらの条件を満たしている。以下のとおり、大都市のほうが有利であり、地方都市の場合はコスト負担に耐え得る環境が必要である。

² ケープタウン及びウエストコースト郡は自治体であるが、Water Board の役割も兼ね備えている。

- ケープタウン、ダーバン：上水道システムの規模が大きく、施設能力全体に対する海水淡水化の占める割合が小さいことから、海水淡水化導入によるコストインパクトが緩和できる。
- サルダニャ、スワコプムント／ウォルビスベイ：上水道システムの規模は比較的小さく、海水淡水化導入によるコストインパクトは大きいですが、用途別水供給量で工業、商業、観光等の占める割合が大きく、長期的には料金収入によるコストリカバリーが可能である。

13.3 その他の条件について

本業務の開始時点で、ガーナ共和国の首都アクラにおいて、サブサハラ・アフリカで初めて大規模な海水淡水化プラントを公共上水道に導入した事例が注目されていた。この事業は、サブサハラ・アフリカにおける海水淡水化の可能性に対する関心が高まる契機となった。よって、本業務では先行事例として第1段階調査において情報収集を行った。

この海水淡水化プラント事業は、Abengoa Water 社（スペイン）／双日株式会社（日本）／Hydrocol 社（ガーナ）の企業グループが事業運営権を獲得して、2011年1月に特別目的会社の Befesa Desalination Developments Ghana Ltd. を設立、2015年2月から設備容量 60,000 m³/日の海水淡水化プラントの商業運転を開始したものである。総事業費は 126 百万米ドルであった。事業方式は BOOT であり、オフテイクであるガーナ水公社と 25 年間の長期売水契約を締結した³。

ガーナ水公社が海水淡水化の導入に踏み切った背景を示唆する事項として、Assessing Existing Water Demand and Supply Patterns and Reuse Options as Additional Sources of Water in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), June 2013 に次の記述がある。

- Weija Dam の水質悪化により浄水処理に多量の薬品を必要とするので、水生産コストが高くなっている。
- Kpong Dam からアクラまではポンプ圧送を含む長距離送水となるため、Kpong Dam からの取水による水生産コストは Weija Dam の 2 倍になる。

これらの記述は、既存水源の水質（つまり浄水コスト）や消費地までの導水距離（つまり導水コスト）が、オプションとしての海水淡水化の競争力に影響することを示している。

以下、この事業について「公共上水道への海水淡水化導入の可能性が高まる条件」の視点から考察する。

1) 経済成長と水需要・水需給バランス

ガーナの GDP 成長率は 2010～2014 年の平均値で 8.5% であり、2011 年には 14.0%、2012 年には 9.3% と高い経済成長を達成していた⁴。Greater Accra Metropolitan Area (GAMA) と呼ばれる首都圏の人口は約 4 百万人であった (2010 年)⁵。2012 年において、GAMA の水需要は 636,900 m³/日であり、これに対して水供給は 402,500 m³/日であった⁶。また、2015 年の水需要は 158

³ 双日株式会社ニュースリリース 2015 年 4 月 24 日

⁴ World Bank, <http://data.worldbank.org/>

⁵ ガーナ政府ウェブサイト <http://www.ghana.gov.gh/index.php/about-ghana/regions/greater-accra>

⁶ Assessing Existing Water Demand and Supply Patterns and Reuse Options as Additional Sources of Water in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), June 2013

百万ガロン/日 (711,000 m³/日)⁷と予測されていた。すなわち、高い経済成長を背景とした大都市圏の水需要増加に対して、水供給が追いついていない状況であったと考えられる。

2) 水資源及び水供給

ガーナの気候区分は熱帯サバナ気候であり、年平均雨量は 1,187 mm である。さらに国内には水面の面積では世界最大のダム貯水池であるボルタ湖があることから、表流水は豊富である。GAMA の主要水源は、アクラ中心部から約 20 km 西に位置する Weija Dam (Densu River) 及び約 70 km 北東に位置する Kpong Dam (Volta River) である。2015 年時点で浄水場の施設能力は、Weija WTP が 245,484 m³/日、Kpong WTP が 413,589 m³/日、合計 659,073 m³/日である。これに、海水淡水化プラントの 60,000 m³/日を加えると約 720,000 m³/日⁸となり、前述の 2015 年の水需要予測にほぼ匹敵する。Weija Dam からの取水量を増加できる余力はないとみられるが⁹、上流にボルタ湖がある Kpong Dam からの取水量をさらに増加できる可能性はある。しかし、前述のとおり Kpong WTP からアクラ中心部までは約 70 km の長距離送水となり、水生産コストが増加している。

3) 上水道事業運営

ガーナ水公社の無収水率 (NRW) は 2014 年で約 50% と推定されている¹⁰。現在実施中の世銀支援による Greater Accra Metropolitan Area Water and Sanitation Project では、低所得者居住地区への配水網拡張と共に、水道メーター等の機器調達・設置及びサービス提供 (水需要管理、NRW 低減) について、ガーナ水公社に対する支援が実施予定となっている。また、ガーナ水公社の料金収入は、2006 年の 57 百万ガーナセディ (GHS) から 2010 年には 146 百万 GHS に増加した。料金徴収率も 2006 年以前は 75% 前後であったのに対し、2006~2010 年は 90% 前後で推移している。すなわち、収益改善の取り組みが行われ¹¹、海水淡水化による水供給への長期的な対価支払いの見通しがついたことが想像される。

13.4 海水淡水化プロジェクト形成にあたっての視点、条件及び課題

本章のまとめとして、サブサハラ・アフリカにおける海水淡水化プロジェクト形成にあたっての視点、条件及び課題を表 13.1 に示すとおり整理した。

視点: 本章での考察より、海水淡水化プロジェクト形成にあたっての主な視点として、「人口増加・経済成長に伴う水需要増加」、「開発可能な水資源」、「上水道整備・事業運営の水準」が挙げられる。

条件: 南アフリカ及びナミビアの現地調査対象地点では、海水淡水化プロジェクト形成の条件が満たされている状況と判断した。その主な条件を列記した。

課題: モザンビーク及びアンゴラの現地調査対象地点では、現時点において、海水淡水化プロジェクト形成の条件が十分に満たされていない状況と判断した。また、第 5 章での考察から類推すると、その他の調査対象国の海岸主要都市においても同様の状況があると推測する。今後、これらの国・地点で海水淡水化の必要性についての議論が生起する場合、主な課題となる事項を列記した。

⁷ Gov't To Address Water Deficit, 9th July 2014, <http://www.accra.io/blogs/p/88492/govt-to-address-water-deficit>

⁸ GAMA Technical Group Webinar June 2015, <http://www.slideshare.net/AndreHead/gtg-webinar-june>

⁹ Runoff Estimates into the Weija Reservoir and Its Implications for Water Supply to Accra, Ghana, December 2008

¹⁰ GAMA Technical Group Webinar June 2015, <http://www.slideshare.net/AndreHead/gtg-webinar-june>

¹¹ 2015 年 12 月に一般向けの水道料金が 67.2% 値上げされた。

表 13.1 海水淡水化プロジェクト形成にあたっての視点、条件及び課題

視点	条件	課題
人口増加・経済成長に伴う水需要増加	<ul style="list-style-type: none"> ● 水需要予測が具体的な根拠に基づいて作成されている。 ● 中長期的な水需給バランスが定量的に分析されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 人口増加・経済成長のポテンシャルに基づく水需要予測は、具体的な開発の進捗・見直しに応じて逐次見直す。 ● 将来の水需要増加の主要因が産業用（工業開発等）の場合、その確度を見極める。
開発可能な水資源	<ul style="list-style-type: none"> ● 広域的に開発可能な水資源の上限が定量的に評価されている。 ● 水源地から水消費地への大規模な導水の実現可能性が検討されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 河川流域全体の水資源評価、現在及び将来の水利用・水需給バランスの分析に基づく総合的な水資源管理計画を策定する。 ● 海水淡水化の必要性については、大規模な導水との比較検討を経たうえで、結論を出す。
上水道整備・事業運営の水準	<ul style="list-style-type: none"> ● 上水道インフラがよく整備されている。 ● 配水管理・サービス提供がよく機能している。 ● 事業運営が財務的に健全である。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 上水道整備・事業運営の水準が十分でない場合、その改善に向けた取り組みの実施状況・見直しを確認する。 ● 必要が認められる場合、海水淡水化と共に上水道整備・事業運営の改善に向けた取り組みに対する支援を検討する。

出典：調査団

第 14 章 円借款による海水淡水化プロジェクト形成について

14.1 円借款による事業実施・O&M 方式

14.1.1 海水淡水化プラントの事業実施・O&M 方式の実績データ

海水淡水化プラントは、計画・設計・施工だけでなく、O&M に至るまで技術的ノウハウを要することから、プラント建設の受注者が何らかの形で O&M に関与するケースが多い。例えば、設計・施工・O&M を一体的に委ねる Design-Build-Operate (DBO)方式により、コントラクターがプラント完成後の O&M を実施したうえで施主に引き渡す形から、民間事業者が事業運営権を獲得して投資を含む長期契約を行う形 (BOO, BOT 等) まで、様々な事業実施・O&M 方式がある。

DesalData による 2016 年 4 月 12 日付けのデータを整理すると、1996 年以降に契約され、施設能力が 5,000 m³/日以上、用途が公共上水道 (Municipalities as drinking water) と分類されている海水淡水化プラントは世界に 474 あり、その施設能力合計は 27.5 百万 m³/日である。これらの調達方式及びコンセッション期間 (Concession Period) は表 14.1 に示すとおりである。

コンセッション期間に着目すると、プラント総数 474 の 20% に相当する 97 プラントでコンセッション期間が 10 年以上となっている。これら 97 プラントの施設能力合計は 15.7 百万 m³/日であり、474 プラントの施設能力合計の 57% に相当する。すなわち、コンセッション期間の長いプラントの多くは大規模である。97 プラントのうち、57 (59%) は 100,000 m³/日以上、20 (21%) は 250,000 m³/日以上である。一方、コンセッション期間 10 年未満のプラントの多くは中小規模である。377 プラントのうち、320 (85%) は 50,000 m³/日未満、133 (35%) は 10,000 m³/日未満である。

ここからは、大規模な海水淡水化プラントの事業実施・O&M 方式は長期契約 (DBO, BOT, BOO 等) が主流となっていることがわかる。その多くは、民間事業者が事業運営権を獲得して投資を行い、プラントの建設・O&M を実施することで収益を得るという方式である。

表 14.1 海水淡水化プラントの調達方式及びのコンセッション期間

Procurement	30 years or more	21-25 years	16-20 years	11-15 years	6-10 years	5 years or less	No Data	Total
EPC			2		2	1	335	340
DB		1			1		9	11
DBO		4	4	11	4	2	2	27
BOT	1	13	10	2	1		4	31
BOO	1	4	3				6	14
BOOT		3	2		1	1		7
DBOOT		1		1				2
IWP		1	2	1	1		3	8
IWPP	1	7	13	4				25
No Data							21	9
Total	3	34	36	19	10	4	380	474

出典：DesalData (GWI)に基づき調査団が作成

表 14.2 にコンセッション期間 10 年以上の海水淡水化プラント数を地域別に示す。地域別では中東のプラント数が 40 と最も多い。北アフリカではプラント数 12 のうち 11 がアルジェリア、1 がモロッコのプラントである。欧州では、コンセッション期間が 20 年を下回るものが多いが、その多くはスペインのプラントである。

表 14.2 コンセッション期間 10 年以上の地域別の海水淡水化プラント数

Region	30 years or more	21-25 years	16-20 years	11-15 years	10 years	Total
Middle East	1	16	18	4	1	40
North Africa		11	1			12
Sub-Saharan Africa		1				1
Europe		1	2	12	3	18
North/Central/South America	1	1	9	2		13
Asia		1	4			5
Australia	1	3	2	1	1	8
Total	3	34	36	19	5	97

出典：DesalData (GWI) に基づき調査団が作成

一方、DBO 方式でコンセッション期間が 10 年未満、施設能力が 100,000 m³/日を超える淡水化プラントの実績がいくつか見られる（表 14.3 参照）。このようなプラントの場合は、収益を確保するにはコンセッション期間が短いことから、民間事業者による投資事業とは考えにくく、初期投資は公的資金であるものと推測される。

表 14.3 DBO でコンセッション期間が 10 年未満の淡水化プラント(施設能力 100,000 m³/日以上)

Country	Project	Capacity (m ³ /day)	Online Date (year)	Plant Supplier	Procurement	Concession Period (years)	Owner-Client
UAE	Al Fujairah 1 SWRO expansion	136,000	2015	Acciona S.A.	DBO	7	Abu Dhabi Water and Electricity Authority / Emirates Sembcorp Water and Power Company (ESWPC)
India	Chennai Nemmeli	100,000	2013	IDE Technologies Ltd.	DBO	7	Chennai Metropolitan Water Supply and Sewerage Board (CMWSSB) / Government of Tamil Nadu
Iraq	Basra river water plant	199,000	2016	Veolia	DBO	5	Ministry of Municipalities and Public Works
Kuwait	Az Zour South hybridisation	136,000	2014	Veolia	DBO	5	Ministry of Electricity and Water
Jordan	Wadi Ma'in	135,500	2006	GdF Suez	DBO	2	(No data)

出典：DesalData (GWI) に基づき調査団が作成

14.1.2 円借款による支援を想定する場合の事業実施・O&M 方式

サブサハラ・アフリカでは、初めてガーナにおいて民間投資事業（長期契約）による海水淡水化プラントが公共上水道に導入されている。一方、海水淡水化プロジェクトでは、このような事業実施・O&M 方式が増加する傾向にあるものの、サブサハラ・アフリカにおいてガーナに引き続き同様の手法による展開の可能性については見極めが難しい。一方、現地調査の結果から考察すると、対象国において海水淡水化プロジェクトが必要となる場合、政府機関が事業実施・O&M を主導する可能性が高いと考えられる。すなわち、上述表 14.4 のような DBO 方式が想定される。

現時点で公共上水道への海水淡水化導入の条件が整っているのは南アフリカであるが、同国では行政による水資源管理・上水道事業運営のフレームワークが確立されており、水源から水消費者に至るまでのバリューチェーンの一部に民間事業者が参入する状況にはなっていない¹。また、ダーバンでは海水淡水化プロジェクトの F/S により、民間参入の可能性が検討されているものの、その事業実施・O&M 方式の基本形は DBO である²。

ナミビアでは、既存海水淡水化プラントが民間事業者により運用されているものの、現在、プラントを政府が買収する交渉が進められている。すなわち、今後、既存水源と同様に海水淡水化プ

¹ 再生水利用については PPP による事業実施が検討されている。

² 設計・建設・O&M の過程で実施機関と民間事業者が責任分担する方式（資金調達を含む）が検討されている（第 7 章に記載）。

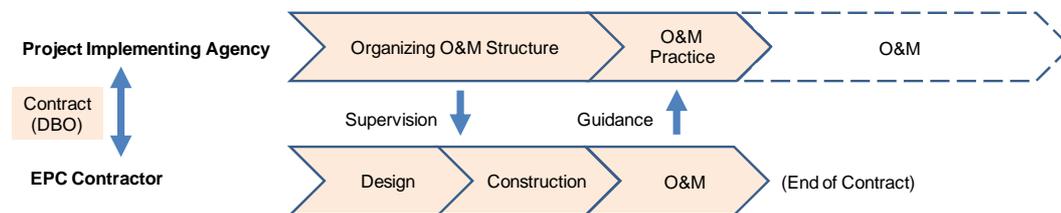
ラントについても政府の管理下で運用することが考えられる。その場合、将来、海水淡水化プラントを増設する際、初期投資は公的資金となり、政府機関（NamWater）が事業実施・O&Mを担う可能性が高い。その場合の事業実施・O&M方式はDBOと想定される。

モザンビークの都市上水道セクターでは、政府機関であるFIPAGがインフラ整備を行い、FIPAGの下部組織がオペレーターとしてインフラを運用して、各都市でサービス提供を実施している。しかし、各都市におけるオペレーターとしての機能には技術面・財務面で未だ多くの課題が存在しており、現状、民間投資による事業で収益を確保できる状況に至っていない。それゆえ、海水淡水化プロジェクトが必要となる場合、同時に都市上水道のオペレーターに対する技術面・財務面の支援が不可欠と考えられる。すなわち、これらを組み合わせた形で事業形成を行い、それぞれについてODAで支援することが想定される。

14.1.3 想定されるDBO方式のオプション

円借款による実施を想定する場合、事業主体である政府／上水道事業体は海水淡水化プラントの建設・O&Mの実績がない、もしくは極めて少ないことを考慮してDBO方式のO&M契約期間を設定する必要がある。また、対象国の事業実施・O&M機関の枠組みに応じて、以下のようなオプションが想定される。

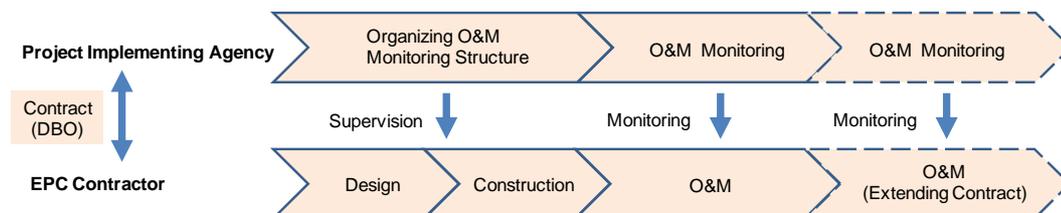
- (a) 将来、事業実施・O&M機関に海水淡水化プラントのO&Mを移管する。プラント完成後、EPCコントラクターがDBO契約に規定される期間において、プラントのO&M及び事業実施・O&M機関に対する技術指導を行う。事業実施・O&M機関はその期間内にO&M体制を確立する（図14.1参照）。



出典：調査団

図 14.1 海水淡水化プラントの事業実施・O&M方式(案 a)

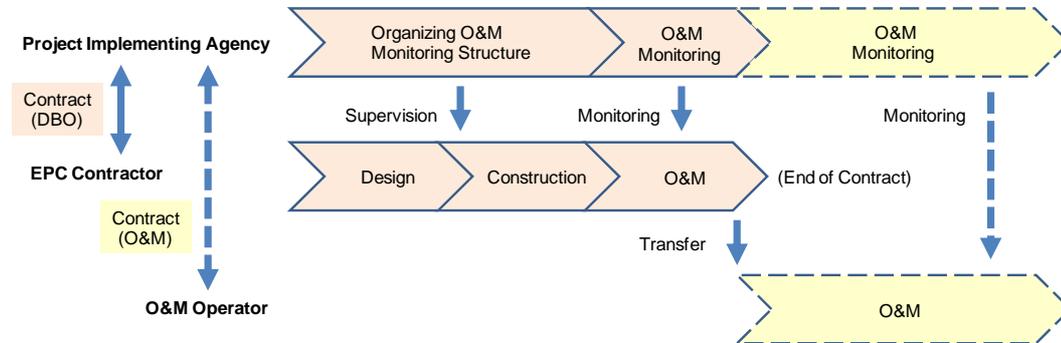
- (b) EPCコントラクターがDBO契約に規定される期間において、海水淡水化プラントのO&Mを行う（長期契約と想定）。契約の延長も可能とする。プラント完成・O&M開始までに、事業実施・O&M機関はプラントのO&Mについてのモニタリング及び監督・指導体制を確立する（図14.2参照）。



出典：調査団

図 14.2 海水淡水化プラントの事業実施・O&M方式(案 b)

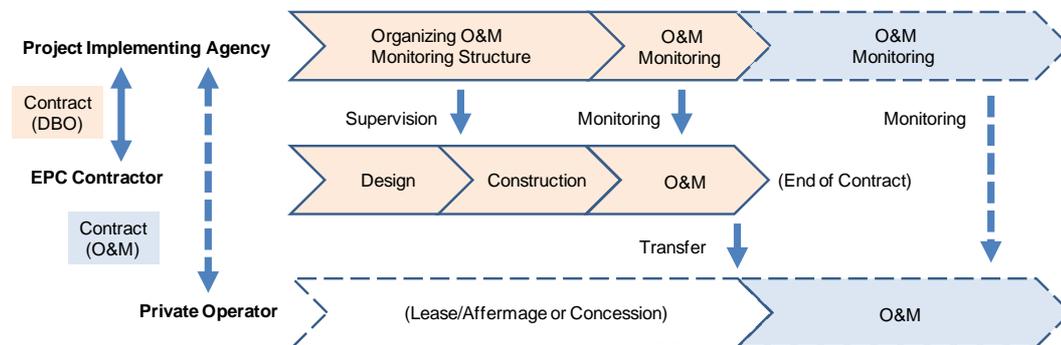
- (c) 事業実施・O&M 機関は、海水淡水化プラントの O&M を別途選定する事業者へ委託する。EPC コントラクターは、プラント完成後の数年間 O&M を行なう一方で、事業者へ O&M を引き継ぐことを DBO 契約に規定する。プラント完成・O&M 開始までに、事業実施・O&M 機関はプラントの O&M についてのモニタリング及び監督・指導体制を確立する(図 14.3 参照)。



出典：調査団

図 14.3 海水淡水化プラントの事業実施・O&M 方式(案 c)

- (d) 既に上水道事業運営が民営化(リース/アフェルマージュまたはコンセッション)されている場合、事業実施機関は海水淡水化プラントの O&M に直接携わることはなく、EPC コントラクターの DBO 契約に基づくプラントの O&M、その後の上水道事業運営を担う民間事業者によるプラントの O&M に対するモニタリング及び監督・指導を行う。事業実施機関は、そのための体制をプラント完成・O&M 開始までに確立する(図 14.4 参照)。



出典：調査団

図 14.4 海水淡水化プラントの事業実施・O&M 方式(案 d)

14.1.4 送配水施設

送配水施設の整備自体は、当該国・近隣国あるいはその他第三国からの調達により実施可能である。一方、海水淡水化プラントによる水供給の増加がエンドユーザーに対する給水サービスの向上に寄与するためには、送配水施設のインフラ整備の各段階(計画、設計、調達、施工)及び運営維持管理段階において、ODA による支援が必要と考えられる。

送水施設： 海水淡水化プラントと併せて、少なくともプラントから既存配水網との接続のための送水施設(送水管、ポンプ場等)を事業に含める必要がある。送水管の延長やポンプ場の必要性は、海水淡水化プラントと既存配水網との接続ポイントとの位置関係次第となる。送水管延長が長く、施設規模が大きくなる場合は、海水淡水化プラントとは別パッケージによる調達、または別事業で実施することが考えられる。

配水施設： サブサハラ・アフリカ諸国の都市上水道の多くは、既存配水網において、主に配水管からの漏水や盗水に起因する無収水率が高く、供給側（取水・浄水・送水）の施設整備の効果が需要側（配水）で発現しにくい状況にある。このため、海水淡水化プラントによる水供給の増加をエンドユーザーレベルでの事業効果の発現、すなわち、給水人口の増加、人口一人あたりの給水量の増加、その他の水需要（商工業、サービス、観光等）を満たすことに繋げるためには、配水網の改善・拡張が必要である。配水網インフラ整備については、海水淡水化プラントとは別パッケージによる調達、または別事業で実施することが考えられる。なお、配水網の改善・拡張にはインフラ整備のみならず、都市上水道事業体の組織・能力強化（配水管理・サービス提供の水準向上）に対する支援が必要である。

円借款による海水淡水化プロジェクトは、送配水施設を含めたインフラ整備を一体的に実施すると共に、対象となる都市上水道事業体の組織・能力強化支援を含めた形になることが想定される。その場合、表 14.4 に例示するような、他ドナーと連携したプロジェクト形成となることも考えられる。

表 14.4 円借款による海水淡水化プロジェクトで想定される本邦 ODA と他ドナーとの連携(例)

インフラ整備			組織・能力強化支援
海水淡水化プラント	送水施設	配水施設	
円借款	円借款	円借款	本邦 ODA による技術協力
円借款	円借款	他ドナー	他ドナーによる技術協力
円借款	他ドナー	他ドナー	他ドナーによる技術協力

注：送水施設は規模が大きく、海水淡水化プラントとは別パッケージの調達または別事業での実施を想定している。

出典：調査団

14.1.5 技術協力との連携

(1) 海水淡水化プラントの O&M に対する支援

前述 14.1.3 (a) に該当する場合の支援内容は、事業実施機関が直接プラントの O&M に従事できる体制の構築となる。また、それ以外の場合の支援内容は、事業実施機関が O&M を外部委託するにあたり、そのモニタリング及び監督・指導ができる体制の構築となる。いずれも、プロジェクト開始からプラント建設完了までに事業実施機関が体制を構築し、その後、実際に数年間運用するまでが支援の期間と想定される。本邦 ODA による技術協力は、表 14.5 に例示する内容が考えられる。

表 14.5 円借款による海水淡水化プロジェクトで想定される本邦 ODA による技術協力との連携(例)

O&M 方式	技術協力	支援対象となる事項
海水淡水化プラントの完成後、DBO 契約に基づき、EPC コントラクターが数年間 O&M 及び技術指導を行い、その後 O&M を事業実施機関に移管する。	専門家派遣	事業実施機関により、海水淡水化プラントの完成までに、O&M の実施を担当する部署が設立される。
海水淡水化プラントの完成後、事業実施機関は以下のいずれかにより海水淡水化プラントの O&M を外部委託する。 ● DBO 契約（長期契約または延長） ● DBO 契約終了後、別途外部委託先と契約 ● 民営化された上水道事業体に委託	専門家派遣 本邦研修または 第三国研修	事業実施機関により、海水淡水化プラントの完成までに、外部委託先による O&M に対するモニタリング及び監督・指導を担当する部署が設立される。 事業実施機関の担当部署職員が、海水淡水化プラントの O&M を実際に外部委託している事例から、契約管理・技術管理についての知見を習得する。

出典：調査団

(2) 組織・能力強化(配水管理・サービス提供の水準向上)に対する支援

海水淡水化プラント建設を円借款事業で実施する場合、海水淡水化プラントによる水供給対象地区の配水管網において漏水／無収水が多く、配水管理・サービス提供の水準が低いことが想定される。したがって、円借款による本体事業には海水淡水化プラント建設に加え、海水淡水化プラントによる水供給対象地区における配水管網の改善・拡張を含める必要性は高い。また、本体事業の効果を十分に発現させるため、上水道事業体の組織・能力強化のための技術協力を併せて実施することが望まれる。本邦 ODA による技術協力は、表 14.6 に例示する内容が考えられる。

表 14.6 本邦 ODA による上水道事業体の組織・能力強化のための技術協力(例)

支援メニュー	概要
ガバナンス	法制度・会計等の諸制度に基づく経営、専門知識のある人材の確保・育成、計数管理（水量、投入した資機材、人員、費用等の記録）
技術面からの経営改善	水道施設の課題改善、不法接続（盗水）対策、料金回収率の向上、料金支払いへの理解向上、漏水対策
財政基盤の構築	財務諸表の整備、運営維持管理費の適正化、コスト改革意識の醸成、経営計画の策定、フルコストリカバリーを目指す料金設定・改定
高度な諸施策	公平公正な負担を実現する料金体系、自律的・継続的な経営改善のための監査機能、水道事業の信頼性向上、社会福祉の向上（低所得者層への配慮）、民間資金の活用

出典：平成 26 年度水道分野の国際協力検討事業 報告書（2015 年 3 月）

(3) 円借款＋技術協力による支援

円借款＋技術協力による支援にあたり、対象国の上水道行政及び事業実施・O&M 機関の枠組みに応じて事業形成の方法が異なる。例として現地調査対象 2 国の場合、事業実施・O&M の体制は表 14.7 のとおりと想定する。

表 14.7 円借款＋技術協力による支援で想定される事業実施・O&M の体制(現地調査対象 2 国の場合)

対象国の機関	モザンビーク	ナミビア
円借款の借入機関	Government	Government
事業監督機関（円借款＋技術協力）	MPH/DNA	MAWF/ DWRM
事業実施機関	海水淡水化プラント	FIPAG at Central Level
	配水管網改善・拡張	NamWater Municipality
O&M 支援の対象となる機関	海水淡水化プラント	FIPAG at Regional /
	能力強化	Municipal Level
		NamWater Municipality

出典：調査団

14.2 PPP による事業実施・O&M 方式

前述のとおり、海水淡水化プラントの建設・O&M は民間投資による長期契約が増加する傾向にあることから、PPP による事業実施・O&M 方式について考察する。

海水淡水化プラント建設を PPP 事業として実施する場合に想定される事業実施・O&M 方式は、民間事業者が政府・オフテイカー（上水道事業体等）との契約により、海水淡水化プラントの建設・O&M を実施、プラントからオフテイカーに対してバルク給水（売水）を行う方式となる（DBOO, DBOOT 等）。この方式の場合、民間事業者は初期投資・O&M コストのリカバリー及び利益確保が必要であることから、一般に契約期間は長期（20 年以上）となる。海水淡水化プラント建設・O&M を直接担うのは、民間事業者の企業グループが出資する特別目的会社（Special Purpose Company: SPC）となる。

この方式の場合、民間事業者の SPC によるプロジェクト実施範囲は、海水淡水化プラント及び既存送配水施設との接続部分までとなる。すなわち、民間事業者は接続部分から先の既存送配水施

設には関与しない。既存送配水施設の運用によるエンドユーザーへの給水サービスはオフテイカーが実施する。

前述の PPP による事業実施・O&M 方式において、SPC が収益を確保するには、オフテイカーが SPC との契約に基づくバルク給水の受け入れ及びその対価支払いを確実に行わなければならない。一方、サブサハラ・アフリカ諸国の都市上水道事業者の多くは、料金設定が低い、料金回収率が低い、無収水率が高いといった問題を抱えており、これらが上水道事業への民間参入の大きな障壁となっている。

この問題に対する具体的対策の一つが、Viability Gap Funding (VGF) である。近年、「PPP インフラ整備促進に向けた円借款による包括的支援」として、政府・オフテイカーに内在するリスク管理を目的として円借款を活用する制度として創設されたものの一つである。

VGF は、途上国政府の実施する電力・水・交通等のインフラ事業で、原則として本邦企業が出資するものについて、商業資金ではファイナンスが困難な場合に、途上国政府が主に事業期間を通じたキャッシュフロー平準化のために助成を行う場合に円借款を供与する制度である³。

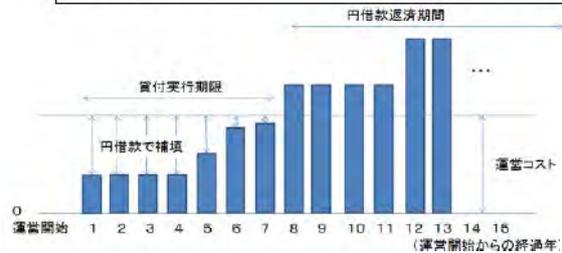
VGF は、海水淡水化プラント建設を PPP 事業として実施するにあたり、資金計画を構築するうえで、ひとつの可能性となりうる。海水淡水化プラントの事業計画は中長期的に水供給及び料金収入が増加するとの見とおしに基づいている。海水淡水化は水生産コストが一般に既存の上水道水源よりも割高である。このため、実際の水需要次第では、プラント供用開始後の初期段階において、実際の料金水準が事業計画に追いつかない可能性がある。その場合、オフテイカーは SPC への対価支払いにあたり、料金収入による原資の不足を政府からの補助金でカバーする状況がありうる。VGF は、このような状況への対応策として有効と考えられる。

一方、VGF の適用に際しては、事業期間内にオフテイカーのキャッシュフローが改善（黒字化）されることで、VGF の返済原資が生み出されることが望ましい。これを実現するためには、料金収入が事業計画に示されるレベルを達成する必要がある。そのためには、オフテイカーによる配水量、料金請求対象水量、料金徴収率を増加させると共に、水生産コストに見合う料金設定をするうえで、顧客に対するサービス提供の水準を向上させなければならない。この点を考慮すると、VGF を適用する場合でも、本邦または他ドナーとの協調によるオフテイカーに対する ODA での直接支援が必要となる可能性が高いと思われる。



＜事業のイメージ（一例）＞

- 対象インフラ事業については、運営開始初期は事業収入が低く十分でないものの、一定期間後に収益が増加し十分な黒字が見込まれるものを想定。
- 初期の運営資金ギャップを円借款を原資として一時的に補填し、一定期間後に収益が発生した後に事業会社が補填分を返済。



出典：経済協力の改革について（2014年6月改訂）、外務省、財務省、経済産業省

図 14.5 VGF のイメージ

³ 経済協力の改革について（2014年6月改訂）、外務省、財務省、経済産業省

14.3 本邦企業の参入機会

14.3.1 本邦企業の参入促進の課題

世界的な海水淡水化事業の市場動向を考察すると、円借款による海水淡水化事業への本邦企業の参入は容易ではない。海水淡水化事業を公共投資による事業として、事業実施・O&M方式をDBOと想定する場合でも、競争相手は海外の主要企業（水メジャー）であると考えられる。彼らの強みは、「部材・部品・機器製造」、「装置設計・組立・施工（運転）」、「事業運営・保守・管理（売水）」の3領域のいずれも手掛けることが可能であり、そのノウハウを背景として技術・コスト競争力を有している。さらに、他にも新たに参入するプレイヤーが多数となり、価格競争に拍車がかかっている。

一方、海外の水ビジネスへの本邦企業による取り組みの形は、総合商社が「事業運営・保守・管理（売水）」、プラントメーカーが「装置設計・組立・施工（運転）」、水処理機器メーカーが「部材・部品・機器製造」と、それぞれの事業領域に分かれている。

総合商社は、海外のインフラ整備事業でEPCコントラクターとしての経験を有しており、かつ中東IWPPで海水淡水化事業の実績があることから、円借款の海水淡水化事業に参入する可能性はある。しかし、技術分野についてはパートナー企業が必要となるが、海外勢との競争入札を勝ち抜くうえで、パートナー企業は本邦プラントメーカー／水処理機器メーカーになるとは限らない。

プラントメーカーは、中東のIWPP等でEPCコントラクターとして参入した実績があり、高い技術力を要するが、海水淡水化事業の海外展開では実績で欧州勢に対して後れをとっていることは否めず、また新興国勢との価格競争に晒されており、受注環境は厳しい状況にある。また、海水淡水化で多く採用されている事業運営権による実施では、「事業運営・保守・管理」の実績が極めて少ないため、事業運営権入札の事前資格審査を通過できないことが指摘されている⁴。

水処理機器メーカーは、逆浸透膜、ろ過膜、高圧ポンプ等では高い世界シェアを誇り、技術・コスト競争力もある。一方で、製品の納入先である新興国勢の事業者あるいはEPCコントラクターによる価格競争（安値受注）の影響を受けることも少なくない。また、新興国企業の技術面でのキャッチアップや価格競争力の面から、本邦企業が優位性を発揮し続けることが困難になりつつある局面が見られる⁵。

また、本邦企業は各事業領域での「部分最適」の技術力は高いが、海外の主要企業（水メジャー）によるシステム全体を統合した「全体最適」の提案に対して、優位性を発揮できないことが指摘されている⁶。

ここから言えることは、「本邦企業への裨益」に対する方策は、そもそもの事業領域を本邦企業と想定するかによって全く異なるということである。この定義を明確にしない限り、いかなる支援も具体性・実効性に乏しいものになる可能性が高い。したがって、海外主要企業・新興国企業に対して、いかにして本邦企業の優位性を確保するかについては、表14.8に示す本邦企業の海水淡水化事業への参入の現状を踏まえたうえで考察しなければならない。

⁴ 水ビジネスの国際展開に向けた課題と具体方策（2010）

⁵ 同上

⁶ 水ビジネスの現状と課題－ヴェオリア社のビジネスモデルを中心に－ 早稲田大学WBS研究センター（2014）

表 14.8 本邦企業の海水淡水化事業への参入の現状

本邦企業	事業領域	機会	現状
総合商社	事業運営・保守・管理	事業運営権 (資本参加)	事業運営権の実績を有するが、技術分野のパートナー企業が必要（本邦企業とは限らない）。
プラントメーカー	装置設計・組立・施工	EPC 契約	事業運営権を獲得した企業のパートナーもしくは EPC コントラクターとして参入している。
水処理機器メーカー	部材・部品・機器製造	納入契約	事業運営権を獲得した企業あるいは EPC コントラクターに製品を納入している。また、製品の交換需要に対応している。

出典：調査団

14.3.2 本邦企業の参入促進の方策

(1) 円借款事業

「インフラシステム輸出戦略（平成 28 年度改定版）」⁷は、アフリカ地域における現在の取り組み状況として「欧州、中国、韓国といった競合国と比べて、我が国の企業進出は大きく出遅れている状況であることから、企業の関心喚起と進出機会の創出・支援を図りつつ、一つでも多くの成功事例を創出することが重要。」と述べている。

円借款による海水淡水化事業を形成し、かつ本邦企業の参入を図るためには、その事業の構想段階から海外勢に対して優位となる立場を確保する必要がある。すなわち、本邦 ODA による事業実施がより有効であるとの理解を促さねばならない。そのためには、本邦技術による製品及びサービス（計画、設計、施工、O&M 及びこれらのマネジメント）の品質が総合的に優れており、ひいては相手国の利益となることを強調する取り組みが必要である。

1) 対象国における水分野での本邦 ODA のプレゼンス確立

海水淡水化は地点のみの議論ではなく、広域レベルでの持続可能な水資源と水需要とのバランスにおいて、表流水・地下水のみでは水需要を満たすことができない、あるいはダム貯水池・長距離導水が必要となり、経済的に妥当ではないとの結論をもって、その位置付けが明確化される。したがって、対象国の水資源管理・上水道事業運営のフレームワークにアプローチすることにより、広域レベルで水分野の課題を把握することで海水淡水化案件を発掘する。また、海外勢に対して本邦企業の弱点となっている、水源から水消費者に至るまでのバリューチェーン（「川上から川下まで」）を見据えたうえで、「全体最適」の考え方に基づく案件形成に取り組む。これらを継続することにより、対象国における水分野での本邦 ODA のプレゼンスを高める。

- 中長期的に海水淡水化事業が必要となる地点または地域において、本邦 ODA による上水道事業に対する技術協力を実施する。その内容は、広域的な水資源評価に基づく長期的な上水道水源の開発計画策定、上下水道整備マスタープランの策定（海水淡水化、再生水利用を含む）等の可能性がある。また、これら計画のフォローアップを継続的に実施する長期専門家をアドバイザーとして派遣することで、政策決定に関与する。さらに、上水道事業運営の組織・能力強化の技術協力を実施することにより、対象地点の上水道事業運営に対する関与を深める。

⁷ 第 24 回 経協インフラ戦略会議（2016 年 5 月 23 日）

- 円借款による海水淡水化事業の準備調査において、上水道システム全体の整備を技術、財務、環境等の側面から総合的に検討のうえ、システムとして全体最適となる事業実施計画を策定する。これを通じて、本邦技術による製品及びサービスが上水道システム全体の機能向上に寄与することにつき、相手国側関係者の理解を促進する。

2) 円借款による事業形成に向けた本邦技術の優位性の実証

中長期的な円借款による事業形成（DBO方式）及び本邦技術（プラント・水処理機器）の活用を目指すうえで、次のような展開の可能性を模索する。

- 将来、海水淡水化を本格的に導入することを見据えて、本邦ODAの活用により事前にパイロットプラントを建設して実証試験を行う。これにより、対象地点に海水淡水化を導入するにあたっての詳細な技術的知見を蓄積する。また、本邦の海水淡水化技術のパフォーマンスを実証することで、将来の本格導入に向けた本邦技術の優位性の確保を図る。
- 対象地点の水需給状況において緊急的な必要性が認められる場合、小規模海水淡水化プラントを無償資金協力事業として案件形成・実施する⁸。そのうえで、次のステージにおいて、本格的な海水淡水化プラント建設を円借款により事業形成する。

3) 本邦技術導入による事業の品質確保

円借款による海水淡水化事業のエンジニアリング・サービスに本邦コンサルタントの参入を促進する。これにより、本邦技術による製品及びサービスが総合的に優れているとについて、相手国政府に対して十分な説明を行う。そのうえで、本邦技術導入による事業の品質確保を図るために、以下のような取り組みを行うことが考えられる。

- 事前資格審査（PQ）を的確に行うことで、低価格応札に起因する事業の品質低下を回避する。
- ライフサイクルコストによる入札評価を導入する。
- 製品の効率・適合性、工程管理、品質管理、安全管理、環境負荷の低減、アフターサービスといった非価格要素の入札条件に相応の水準を要求する。

(2) PPP事業

既に円借款で海水淡水化事業を実施または実施予定の事例はあるが、世界的な水ビジネスの動向を考えると、海水淡水化の本体事業は民間投資によるものが増加しており、将来的にもその市場規模の拡大が見込まれている。よって、公共上水道への海水淡水化プラント導入はPPP事業が主流となる可能性が高いと思われる。したがって、PPP事業の形成及びこれに本邦企業が参入できるような方策に取り組む必要がある。

PPP事業で最も一般的に考えられる形は、民間事業者が事業運営権を獲得、自らの投資により特別目的会社（SPC）を設立して海水淡水化プラント建設及びO&M実施、オフテイカー（上水道事業体等）との契約により、プラントからオフテイカーへのバルク給水（売水）を行うものである。事業運営権の獲得は競争入札を経る必要がある。海外の主要企業は、事業運営権方式によるプロジェクト実施経験が多く、ノウハウの蓄積があり、伝統的に高い競争力を有している。さらに、近年は、新興国企業が急速にシェアを拡大させており、その中には価格競争に持ち込んで受注を

⁸ 南アフリカ国ダーバンの例では、これまでの概略検討により、設備容量2,500 m³/日のプラントの建設費は約90百万ランド（約690百万円）と算定されている。

獲得する企業もある。本邦企業が事業運営権を獲得するためには、これらの実績・ノウハウで先行する海外主要企業、低価格で応札する新興国企業の両者との競争に打ち勝たなければならない。

このような事業運営権の獲得につき、「水ビジネスの国際展開に向けた課題と具体方策（2010年4月）」には、本邦企業による「事業運営・保守・管理」の実績づくりに向けてのアプローチとして、①海外企業との共同出資、②海外企業の買収、③国内での包括的な民営化事業を受託、が挙げられている。これらについては、総合商社、プラントメーカー、水処理機器メーカーとも、それぞれの事業領域で取り組みを行っている。しかしながら、中東のIWPPを除くと、本邦企業が海外の海水淡水化導入で事業運営権の獲得に至った事例は未だ少ない。

また、現状において海水淡水化の事業運営権入札に応札しているのは、IWPPの実績を有する総合商社であり、技術分野（プラント・水処理機器）のパートナーは本邦企業とは限らない。むしろ、受注競争を勝ち抜くうえで、実績・コスト競争力のある海外勢とのJVとなることが考えられる。このため、海水淡水化のPPP事業に本邦技術（プラント・水処理機器）をいかにして活用するかについては、現時点では有力な方策を見出すのは困難である。一方、本邦ODAによる関与が可能な方策として、前述(1)円借款事業に記述した事項に加え、次のような展開を模索することが考えられる。

- 本邦ODAによる協力準備調査（PPPインフラ事業）を活用して、民間企業が提案する海水淡水化事業形成を支援する。円借款による支援（例：VGF、配水施設整備）を含めた事業化に至るプロセスにおいて、本邦ODAによる関与を継続することで、海外勢に対して優位な状況を確認する。
- 事業運営権対応型無償資金協力（または円借款⁹）を活用する。本体事業は海水淡水化プラントと送配水施設であり、事業運営権を獲得した本邦企業が海水淡水化プラント建設への投資を行い、送配水施設を無償資金協力により建設する。本邦企業は海水淡水化プラントのO&M実施する。海水淡水化プラント事業の採算性については事業形成時に慎重な検討が必要であるが、この方式が実現することにより、総合商社、プラントメーカー、水処理機器メーカーのみならず、日本で上水道事業運営にノウハウを有する自治体の参入が可能となることが期待できる。また、海外での事業運営の実績を蓄積することで、中長期的に海外勢に対する競争力の強化を図る。

一方、PPP事業への参入を考える場合、本邦プラント及び水処理機器メーカーは、これまでの事業展開を再考する必要性が生じるかもしれない。本邦プラント及び水処理メーカーは、これまで技術的な差別化により海外勢に対する競争力の確保に注力してきた。しかし、世界的に参入するプレイヤーが多数となる状況において、さらなる技術的な差別化に進むのみでは「高品質・高価格」の問題に直面する可能性がある。すなわち、一定レベルの品質をクリアする製品が市場に数多く提供される状況になれば、顧客にとっては価格が製品を選択するうえでの主要因となることから、「高品質・高価格」では市場での優位性確保が困難となることが起こり得る。それゆえ、高品質を追求した技術的な差別化だけでなく、顧客の必要性に応じた要求水準のサービスを提供することで、市場での競争力を確保することが考えられる。そのためには、事業展開する国・地域をねらいとした海外拠点の設置、海外企業・現地企業との協働・連携が必要となる。

⁹ 「質の高いインフラパートナーシップ」のフォローアップ（平成27年11月）で、事業運営権対応型円借款の創設が提示されている。

(3) 調達ルールについて

「円借款事業のための調達ガイドライン（2012年4月）」の「第5.06条 入札内容の評価と比較」についての解説（173ページ）には、以下の記述がある。

5. 円借款事業においては、価格要素と技術要素に（相対的）配点が与えられ、最も高い合計点を取得した応札者が選ばれるという総合評価方式は原則として受け入れられない。価格要素と技術要素との間での配点割当てにつき客観的または中立的な方法が確立されていないため、主観的な評価となることが避けられないからである。本ガイドラインでは、借入人に対し明確な技術仕様を定め、技術スペックに合致した応札につき評価価格で比較することを求めており、総合評価方式はこの要求に合致しないものである。

すなわち、円借款事業においては、公共工事の品質確保を目的として、国土交通省が導入しているような総合評価落札方式¹⁰は、現行の調達ガイドラインにおいて原則受け入れられていない。

円借款事業の実施においては、先方実施機関、JICA、本邦コンサルタントにより、事業の品質確保、工期の遵守等のため、本体事業の入札条件について様々な工夫の議論を経たうえで調達を実施されている。しかしながら、入札においては、本邦企業は競合国外企業に価格で競り負けるケースが多いのが実情である。その一方で、競合国外企業が安値受注した案件では、施工及び完成後の品質に問題が生じる事例がある。この点、現行の調達ガイドラインにおいて、ほぼ価格要素のみで落札が決定することは、本邦企業による技術の有効活用及びODAによるインフラ整備の品質確保において、課題が残る状況となっている。

土木学会は「一般円借款案件においては、他国との過度な価格競争になり、我が国の建設技術が有効に活かされないことが多い結果となっている。日本の政府開発援助でありながら、被供与国と日本国政府が計画したインフラ投資を計画通りのコストで、時間内に、品質を確保して整備できない事態は憂慮すべき」と述べている¹¹。また、この課題に対する取り組みとして、土木学会は、新しい事業方式として、①事業の初期段階から施工業者が参画し、発注者と施工業者が共同してリスクマネジメントを行うことで、事業費縮減と工程短縮を図る契約方式¹²、②事前に発注時期や発注量が明確でない工事の調達において、複数の業者とあらかじめ包括的に合意することで、継続したインフラ整備を可能にする契約方式¹³を検討している。

¹⁰ 国土交通省直轄工事における総合評価落札方式の運用ガイドライン（2013年3月）

¹¹ 土木学会建設マネジメント委員会「ODA活用小委員会 中間報告書 ～長期的に質の高いインフラ投資の実現に向けて～ 【最終版】 平成27年6月」

¹² 包括的建設サービス方式（Wrap-up Construction Service: WCS）。インフラシステム輸出戦略（平成28年度改定版）でも新規取り組みのひとつとして言及されている。

¹³ 包括的地域協定方式（Wrap-up Regional Agreement: WRA）

付属資料

現地調査対象国関係機関の主要面談者リスト

South Africa

West Coast District Municipality

Nic Faasen Senior Manager, Water
Ben van der Merwe

Saldahna Bay Local Municipality

Smith Gerrit Director, Engineering and Planning Services
Gavin Williams Engineering and Planning Services, Water & Sanitation Department
Junius N. Minnaar Engineering and Planning Services, Manager: Bulk Distribution (Water & Sewerage)

City of Cape Town

Peter Flower Director, Water and Sanitation

Development Bank of Southern Africa

Godfrey Mwiinga Program / Fund Manager, SADC Water Fund Program
Manuel Chidziva Water Infrastructure Planner, Infrastructure Delivery Division
Boitumelo Helen Moatshe Project Manager
Tomomi Tokuori TICAD Advisor

eThekweni Municipality

Speedy Moodliar Senior Manager, Strategic Planning
Dhevan Govender Senior Manager, Commercial & Business

Umgeni Water

Kevin Meier Planning Services Manager
Boodhoo Pravesh Area Manager - North

Mozambique

DINAAS (National Directorate for Water Supply and Sanitation)

Julieta Felicidade Paulo Ex-Head of Department of water and Sanitation

GAZEDA

Gil de Conceição Bires Deputy General Director

FIPAG

Fernanda Quintano Director of Projects and Investment
Yazald Tayobe Head of Department of Projects and Investment

ARA Centro-Norte

Inocência Armado Escova Director General

GAZADA Nacala	
José Joaquim Gonçalves Ferreira	Regional Delegation
FIPAG Nacala	
Agostinho A. Dava	Director of Operational Area of Nacala
Nacala Porto Municipality	
Evaristo Simoco	Councilor for Area of Institutional Development
Adelino Cobre	Director of Urban Service
Nacala-a-Velha District	
Francisco Selemane Viagem	Director of Infrastructure
Celestino Linha	Director of District Service for Economic Activity
EdM Nacala	
António Marunganhe	Director
Maritime Administration	
Martinho F. Mafumo	Administrator
FIPAG Regional North	
Elídio Biquel Kohossa	Director, Regional North
Roberto Maria	Coordinator, Department of Water Supply Zone
Namibia	
MAWF	
Maria Amakali	Director
Victor Slinger	Deputy Director, Rural Water Supply Infrastructure Planning
Henry Beukes	Geohydrologist
NamWater	
Vaino Shivute	Chief, Executive Officer
Cliff Olivier	Chief, Water Supply Central
John Sirunda	Head, Research & Development
Hinasha Mbudje	Corporate Legal Advisor
Willem Venter	Senior Manager, Fixed Asset Management
Areva	
Tommie Gouws	Manager, Finance, Mining Business Group
Antony Kostopoulos	Plant Manager, Aveng Water
NamWater, Namib Office	
Erwin Shiluama	Area Manager
Koenie Koegelenberg	

Walvis Bay Corridor Group Thigipo Victor	Board Member / General Manager, Community & Economic Development, Municipality of Walvis Bay
Walvis Bay Municipality Frans Gonteb Andrei Burger Johannes Heita	General Manager, Finance Acting Manager, Water Supply and Wastewater General Manager, City Planning Division
Swakopmund Municipality Eckart Demasius Dewald Duvenhage Marco Swarts	Chief Executive Officer General Manager, Engineering Services General Manager, Corporate Services & Human Resources
NamPort Elzevir Gelderbloem	Port Authority Department, Executive, Port Authority
Hangana Seafood Ltd. Michael Viljoen	Project Manager
Namibian Uranium Institute Gabriele Schneider	Executive Director
NamPower Johannes K. Mukusuka Gert Fourie Paulina Kandari Iyambo	Senior Engineer, System Security and Planning Engineer, Transmission System Planning Trading Unit, Acting Senior Manager
Ministry of Finance Angelina N. Sinvula Marten Ashikoto	Director, Asset Cash and Debt Management Deputy Director, Cash and Debt Management
Angola	
MINEA Alexandrina Pires Elsa Ramos Sisas	Senior Consultant, Environment
Provincial Government of Namibe Antonio Correia Arlindo Tavares	Vice Governor Director, Provincial Energy & Water Directorate

参考文献

- 1 国連によるアフリカ地域の分類
<http://unstats.un.org/unsd/methods/m49/m49regin.htm#africa>
- 2 外務省ウェブサイト：国・地域
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/index.html>
- 3 Global Water Intelligence (GWI), DesalData.com
<https://www.desaldata.com/>
- 4 Desalination Market 2016, Global Water Intelligence
- 5 水資源問題の原因、国土交通省
http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/mizsei/mizukokudo_mizsei_tk2_000021.html
- 6 World Bank Open Data
<http://data.worldbank.org/>
- 7 United Nations, World Population Prospects, Key Findings & Advance Tables, 2015 Revision
- 8 World Bank, Population Estimates and Projections
<http://datatopics.worldbank.org/hnp/popestimates>
- 9 Thomas Brinkhoff: City Population
<http://www.citypopulation.de>
- 10 気象庁ウェブサイト：世界の地点別平年値
<http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/normal/index.html>
- 11 World Map of the Koppen-Geiger Climate Classification, Department for Farm Animals and Veterinary Public Health, University of Veterinary Medicine Vienna
- 12 AQUASTAT, FAO
<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=en>
- 13 Public-Private Partnership in Information Resource Center
<http://ppp.worldbank.org/public-private-partnership/legislation-regulation/laws/ppp-and-concession-laws>
- 14 クロスボーダー交通インフラ対応可能性研究フェーズ3（プロジェクト研究）ファイナルレポート、2009年3月、独立行政法人国際協力機構、株式会社パデコ、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社
- 15 第3回 GRIPS アフリカ産業戦略勉強会 「アフリカでの開発回廊の取り組み：東南部アフリカの事例」、2009年4月、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社
- 16 南部アフリカ成長ベルト広域協力プログラム準備調査、2010年3月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、株式会社パデコ、三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社
- 17 アフリカ地域 南部アフリカ地域経済回廊インフラ開発支援に係る情報収集・確認調査 ファイナルレポート、2013年5月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、株式会社パデコ、日本工営株式会社
- 18 「南部アフリカ成長ベルトフェーズ2」～経済発展のための回廊開発～、2013年5月、独立行政法人国際協力機構
- 19 JPEC レポート 2015年度第5回 西アフリカ主要国の石油と天然ガス動向、2015年5月、一般財団法人石油エネルギー技術センター
- 20 JPEC レポート 2015年度第11回 赤道以南アフリカ主要国の石油と天然ガス動向、2015年7月、一般財団法人石油エネルギー技術センター
- 21 Analysis 東アフリカ新興産油国：国営石油公社の研究 ー行政学的視点からの考察ー、2015年5月、水谷健亮、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 石油開発技術本部 探査部 海外探査課
- 22 東アフリカ深海探鉱開発の現状（モザンビーク、タンザニア、ケニア）、2013年5月、竹原美佳、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 調査部
- 23 Analysis 東・南部アフリカの石油・天然ガス新興輸出国の展望、2015年3月、竹原美佳、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 調査部

- 24 カーボヴェルデ国 上水道システム整備事業準備調査報告書、2011年1月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、東洋エンジニアリング株式会社、株式会社アンジェロセック、ユニコインターナショナル株式会社
- 25 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 最終報告書（先行公表版）、2015年8月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、株式会社 NJS コンサルタンツ、株式会社アンジェロセック、日本テクノ株式会社
- 26 セネガル国 マメル海水淡水化施設整備事業準備調査 ファイナルレポート（先行公表版）、2015年10月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、日本工営株式会社、株式会社建設技研インターナショナル
- 27 The Future of Water in African Cities: Why Waste Water? - Michael Jacobsen, Michael Webster, Kalanithy Vairavamoorthy (eds.), World Bank, 2012
- 28 World Ocean Atlas Climatology, アメリカ海洋大気庁(NOAA)
- 29 双日株式会社ニュースリリース 2015年4月24日
- 30 ガーナ政府ウェブサイト
<http://www.ghana.gov.gh/index.php/about-ghana/regions/greater-accra>
- 31 Assessing Existing Water Demand and Supply Patterns and Reuse Options as Additional Sources of Water in the Greater Accra Metropolitan Area (GAMA), June 2013, Abbey Fenella Marilyn, University of Ghana
- 32 GAMA Technical Group Webinar June 2015
<http://www.slideshare.net/AndreHead/gtg-webinar-june>
- 33 Gov't To Address Water Deficit, 9th July 2014
<http://www.accra.io/blogs/p/88492/govt-to-address-water-deficit>
- 34 Public Utilities Regulatory Commission, Ghana, Press Release, Approved Electricity and Water Tariffs Effective 14th December 2015
- 35 Journal of Urban and Environmental Engineering, Journal of Urban and Environmental Engineering, v.2, n.2, p.33-40, Runoff Estimates into the Weija Reservoir and Its Implications for Water Supply to Accra, Ghana, December 2008, Jerry S. Kuma and Donald N. Ashley, Department of Geological Engineering, University of Mines and Technology, Tarkwa, Ghana
- 36 Ghana, Greater Accra Metropolitan Area Sanitation and Water Project, May, 10, 2013, World Bank
- 37 経済協力の改革について（JICAの円借款・海外投融資）、2014年6月改訂、外務省、財務省、経済産業省
- 38 水ビジネスの国際展開に向けた課題と具体方策、2010年4月、水ビジネス国際展開研究会
- 39 平成26年度インフラシステム輸出促進調査等事業（水ビジネス市場に関する動向調査）報告書、2015年3月、経済産業省、株式会社富士経済
- 40 水ビジネスの現状と課題ーヴェオリア社のビジネスモデルを中心にー 長沢伸也、今村彰啓、早稲田大学WBS研究センター、早稲田国際経営研究 No.45（2014）pp.139-148
- 41 平成26年度水道分野の国際協力検討事業 報告書、2015年3月、公益社団法人 国際厚生事業団
- 42 「質の高いインフラパートナーシップ」のフォローアップ（平成27年11月）、外務省
- 43 国土交通省直轄工事における総合評価落札方式の運用ガイドライン（2013年3月）
- 44 土木学会建設マネジメント委員会「ODA活用小委員会 中間報告書 ～長期的に質の高いインフラ投資の実現に向けて～ 【最終版】 平成27年6月」

コートジボワール

- 1 農林水産省委託事業 平成25年度 日本食・食産業の海外市場の新規開拓支援検討調査事業 成果報告書、2014年3月、三菱総合研究所
- 2 コートジボワール・インフラマップ、2014年3月、ジェトロ・アビジャン事務所
- 3 コートジボワール 本格援助再開へ向けた基礎情報収集・確認調査報告書、2010年4月、独立行政法人国際協力機構 アフリカ部

- 4 コートジボワール国 大アビジャン圏都市整備計画策定プロジェクト ファイナルレポート、2015年3月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、株式会社オリエンタルコンサルタンツグローバル、株式会社日本開発政策研究所、株式会社国際開発センター、アジア航測株式会社
- 5 象牙海岸共和国 全国総合水資源管理計画調査 ファイナルレポート、2001年1月、国際協力事業団、株式会社三祐コンサルタンツ、株式会社片平エンジニアリング
- 6 象牙海岸共和国 アニェビ川総合開発管理計画 事前調査報告書、2002年10月、国際協力事業団 社会開発調査部
- 7 コートジボワール国 ササンドラ市水揚場整備計画 情報収集・確認調査 報告書、2014年3月、独立行政法人国際協力機構、インテムコンサルティング株式会社
- 8 Reviewing of climate in West and Central Africa to inform farming systems research and development in the sub-humid and semi-arid agroecologies of the region, West and Central African Council for Agricultural Research and Development (CORAF/WECARD), 2011
- 9 The OPEC Fund for International Development (OFID), Côte d'Ivoire, Water Supply Project for Eastern Region in Côte d'Ivoire (Aboisso), Report of OFID Management to the Government Board, September 2014
- 10 USAID Country Profile, Property Rights and Resource Governance, Côte d'Ivoire, May 2013
- 11 Rapport de Gestion 2014, Société de Distribution d'Eau de Côte d'Ivoire (SODECI)
- 12 国家 PPP 推進委員会(Comité National de Pilotage des Partenariats Public-Privé: CNP-PPP)
<http://www.ppp.gouv.ci/home.html>
- 13 Mécanismes de Financement du Secteur de l'eau Potable en Côte d'Ivoire, Office National de l'Eau Potable (ONEP), Ministère des Infrastructures Economique (MIE)

アンゴラ

- 1 新興国マクロ経済 WATCH、アンゴラ共和国最新事情、2014年7月、麦田啓、国際協力銀行西日本オフィス副調査役
- 2 アンゴラの投資環境調査、2012年3月、日本貿易振興機構（ジェトロ）ヨハネスブルク事務所 海外調査部中東アフリカ課
- 3 アンゴラ共和国 地方電力開発事業準備調査 最終報告書、2011年12月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、株式会社ニュージェック
- 4 アンゴラ共和国の投資環境調査、2012年10月、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 5 世界の鉱業の趨勢 2014 アンゴラ、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 6 アンゴラ共和国 ルアンダ近郊諸州緊急地方給水計画 基本設計調査報告書、2006年5月、独立行政法人国際協力機構 無償資金協力部
- 7 Angola, National Adaptation Program of Action under the United Nations Framework Convention of Climate Change (UNFCCC), 2011
- 8 USAID, Angola Water and Sanitation Profile, 2010
- 9 An AMCOW Country Status Overview, Water Supply and Sanitation in Angola, Turning Finance into Services for 2015 and Beyond
- 10 Final Report, National Water Sector Management Project, Activity C, A Rapid Water Resources and Water Use Assessment for Angola, SWECO Grøner AS, March 2005
- 11 National strategy plan for rehabilitation of the hydrometric network in Angola, Norwegian Water Resources and Energy Directorate, 2004
- 12 Resultados Preliminares do Censo 2014, Instituto Nacional de Estatística
- 13 Empresa Pública de Águas de Luanda (EPAL)
<http://www.epal.gv.ao/>
- 14 Public-Private Partnerships in Angola, Clifford Chance LLP, April 2011
- 15 Public-Private Partnerships in Angola, Gabinete Legal Angola, PLMJ International Legal Network, March 2011

ナミビア

- 1 ナミビアにおける物流の現状、2012年9月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、有限会社 アイエムジー、森 真一、渡部 美久
- 2 African Economic Outlook, Namibia, AfDB, OEDC, UNDP, 2015
- 3 ナミビア共和国 国際物流ハブ構築マスタープラン ファイナルレポート、2015年3月、独立行政法人国際協力機構（JICA）
- 4 Infrastructure Financing in Namibia, Bank of Namibia, September 2014
- 5 JOGMEC News Release、2015年7月31日、ナミビア共和国海上におけるシエコナミビアオイルアンドガス株式会社の事業終結について
- 6 世界の鉱業の趨勢 2015 ナミビア、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 7 ナミビア共和国 国際物流ハブ構築マスタープラン プロジェクト詳細計画策定調査報告書、2013年12月、独立行政法人国際協力機構 南アフリカ共和国事務所
- 8 Water Supply to 2 Million, The Namwater Perspective, Luther Rurika, 01 February 2013
- 9 Water Management in Namibia, Presented at Zaragoza Water Turbine, Sept 2008, by Abraham Nehemia (MSc, MBA), Under Secretary: Department of Water Affairs and Forestry, Namibia
- 10 Integrated Water Resource Management Plan for Namibia, Ministry of Agriculture and Forestry, August 2010
- 11 ナミビア国 経済開発支援にかかる基礎情報収集・確認調査 ファイナルレポート、2011年10月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、株式会社国際開発センター（IDCJ）
- 12 Ministry of Trade and Industry, Namibia Public Private Partnership Policy
- 13 PPP Country Paper, Submitted to SADC-DFRC 3P, NETWORK Public-Private-Partnership Working Group, Axis Consulting, 2013
- 14 Proceedings of the Resilient Cities 2013 Congress, Session: B4 Adapting Urban Water Management, 4th Global Form on Urban Resilience Adaptation, Bonn, Germany, 31 May - 2 June 2013, Presentation: Improving the bulk water supply to the town of Walvis Bay, Namibia, Burger, P.A.
- 15 Village-scale and Solar Desalination, Technology Experience in Namibia, Detlof von Oertzen and Robert Schultz, CuveWaters Papers, No. 4, July 2008
- 16 Global Water Partnership Alliance (GWPA), Case Study on Utilities' Good Practices, Municipality of Walvis Bay, Namibia, May 2012
- 17 大規模太陽光発電システム導入の手引書 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）、平成23年3月
- 18 Water Resources Management Act, 2013
- 19 Integrated Water Resources Management Plan for Namibia, August 2010
- 20 Environmental Management Act 2007, Ministry of Environment and Tourism
- 21 Guide to Environmental Management Act, No 7 of 2007, Ministry of Environment and Tourism, Republic of Namibia, 2008
- 22 Namibia, Staff Report for the 2015 Article IV Consultation, September 2015, International Monetary Fund

南アフリカ

- 1 外務省 南アフリカ共和国基礎データ
http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/s_africa/data.html#section4
- 2 African Economic Outlook, South Africa, AfDB, OEDC, UNDP, 2015
- 3 平成23年度民活インフラ案件形成等調査 南アフリカ共和国・ヨハネスブルク～ダーバン間高速鉄道調査報告書、2012年2月、経済産業省、社団法人海外鉄道技術協力協会、株式会社三菱総合研究所

- 4 金属資源レポート 南アフリカ共和国の電力不足・労働争議によるクロム・マンガン等生産への影響、2013年9月、独立行政法人石油天然ガス鉱物資源機構
- 5 世界の鉱業の趨勢 2015 南アフリカ、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 6 南アフリカ共和国 鉄道セクター情報収集・確認調査 最終報告書、2013年3月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、日本コンサルタンツ株式会社、株式会社三菱総合研究所
- 7 National Water Resources Management Strategy, June 2013, Second Edition, Department of Water Affairs
- 8 2015 National Water Week Event, Launch of the WR2012 Website, Water Resource Planning in South Africa: An Overview, Protea Hotel, Centurion, 19 March 2015, Presented by: Dr. Ronnie McKenzie, WRP (Pty) Ltd.
- 9 Strategic Overview of the Water Sector in South Africa 2013, Department of Water Affairs
- 10 財務省（National Treasury）PPP ユニット
<http://www.ppp.gov.za/Pages/defaultold.aspx>
- 11 平成 25 年度新興国での新中間層獲得による日本再生事業（南アフリカ共和国の水分野における事業機会整理のための情報収集・分析調査）調査報告書（英文）、経済産業省、プライスウォーターハウスクーパース株式会社（経済産業省ウェブサイト、2014年8月15日掲載）
- 12 West Coast District Municipality, Integrated Development Plan, 2012/2016, Review 3 Final, March 2015
- 13 Socio-economic Profile, West Coast District Municipality, 2015, Working Paper
- 14 Saldanha Bay IDZ Feasibility Study, Revision 1, October 2011
- 15 Saldanha Bay Industrial Development
<http://sbid.co.za/>
- 16 WC WSS Reconciliation Strategy, Status Report, October 2014
- 17 West Coast District Municipality, Water Master Plan, June 2013
- 18 State of Cape Town 2014
- 19 City of Cape Town, Draft Annual Water Services Development Plan Performance and Water Services Audit Report, FY 2015
- 20 Water and Sanitation Department, Business Overview, Peter Flower, Director: Water & Sanitation, February 2016
- 21 Umgeni Water, Annual Report 2014/15
- 22 Mitigation measures to ensure the short and long term sustainability of supply in Umgeni Water's operational area, October 2015, Kevin Meier - Manager of Planning Services at Umgeni Water
- 23 East Coast Desalination Plants, Desalination Community of Practice, Kevin Meier
- 24 ETHEKWINI MUNICIPALITY Water and Sanitation, Private Public Partnership
- 25 Public Private Partnership Manual, PPP Unit, National Treasury

マダガスカル

- 1 e-NEXI、2014年5月号、独立行政法人日本貿易保険（NEXI）
- 2 世界の鉱業の趨勢 2014 マダガスカル、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 3 マダガスカル共和国 トアマシナ港拡張計画準備調査 最終報告書（要約編和文）、2009年12月、独立行政法人国際協力機構（JICA）、財団法人国際臨海開発研究センター、株式会社エコー、株式会社 Ides
- 4 マダガスカル共和国 マナンドナ水力発電所増強プロジェクト予備調査、和文要約、2009年3月、海外コンサルティング企業協会、株式会社ニュージェック
- 5 マダガスカル共和国 トアマシナ港拡張事業実施支援【有償勘定技術支援】業務指示書、2014年9月、独立行政法人国際協力機構
- 6 マダガスカル共和国 農業セクター基礎情報収集・確認調査 調査報告書、2014年6月、独立行政法人国際協力機構 農村開発部

- 7 Data on Major Inland Waters in Africa, FAO
<http://www.fao.org/docrep/005/d0780b/D0780B04.htm>
- 8 Rivers and Streams on Madagascar by M. Aldegheri, 1972
- 9 Global Water Partnership South Africa, IWRM Survey and Status Report: Madagascar, Mrs Perlive RAHAGA RABENITANY, CABINET L'ACTION, April 2009
- 10 JIRAMA ウェブサイト
<http://www.jirama.mg/>
- 11 ANNUAIRE DU SECTEUR EAU POTABLE ET ASSAINISSEMENT 2013, Ministere de l'Eau
- 12 6th Rural Water Supply Network Forum 2011 Uganda, Rural Water Supply in the 21st Century: Myths of the Past, Visions for the Future, Long Paper, Title: Public-Private Partnerships in Madagascar: a promising approach to increase sustainability of piped water supply systems in rural towns, Jonathan Annis (CARE Madagascar), Gerald Razafinjato (Enterprise Sandandranano)

モザンビーク

- 1 モザンビーク投資ガイド、2015年1月、投資促進センター (Centro de Promoção de Investimentos)、独立行政法人国際協力機構 (JICA)
- 2 平成 25 年度 エネルギー需給緩和型インフラ・システム普及等促進事業 モザンビーク共和国における先進型高効率ガス発電設備に係る事業実施可能性調査、2014年10月、三菱日立パワーシステムズ
- 3 世界の鉱業の趨勢 2014 モザンビーク、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 4 モザンビーク共和国 気象観測及び予警報能力向上プロジェクト詳細計画策定調査報告書、2014年11月、独立行政法人国際協力機構 地球環境部
- 5 モザンビーク共和国 ナカラ回廊送電系統強化計画準備調査報告書 (簡易製本版)、2015年3月、独立行政法人国際協力機構 (JICA)、株式会社 オリエンタルコンサルタンツグローバル、東電設計株式会社
- 6 モザンビーク共和国 防災セクターに係る情報収集・確認調査、2013年8月、独立行政法人国際協力機構 地球環境部
- 7 Mozambique, Country Water Resources Profile, NEPAD Water Centers of Excellence
- 8 モザンビーク共和国 緊急給水計画準備調査報告書 2009年8月、独立行政法人国際協力機構 (JICA)、国際航業株式会社
- 9 Mozambique Country Water Resources Assistance Strategy: Making Water Work for Sustainable Growth and Poverty Reduction, Preliminary Publication, AFTWR, Africa Region, The World Bank, August 2007
- 10 USAID Country Profile, Property Rights and Resource Governance, Mozambique, February 2011
- 11 RELATÓRIO AO GOVERNO 2012, Conselho de Regulação do Abastecimento de Água (CRA)
- 12 International Growth Center, Working paper, Assessment of Public-Private Partnership in Mozambique, Ronald Fischer, Vasco Nhabinde, September 2012
- 13 ナカラ回廊給水・衛生分野に係る基礎情報収集・確認調査 報告書、2012年1月、独立行政法人国際協力機構 地球環境部
- 14 Administração Regional de Águas do Norte
<http://www.ara-norte.co.mz/index.php>
- 15 JETRO ヨハネスブルク事務所作成 モザンビーク時事情報 (2015年8月)
- 16 Beira Urban Water Master Plan 2035 by Adam Morón, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Civil Engineering at the Delft University of Technology, to be defined publicly on Thursday May 8, 2014 at 4:00 PM
- 17 National Water Resources Management Project, Project Appraisal Document, World Bank, August 2011
- 18 モザンビーク・ナカラ経済特別区にかかる開発計画策定支援調査 ファイナル・レポート、2008年11月、独立行政法人国際協力機構、三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社

- 19 MCA-Mozambique, Feasibility Study, Environmental & Social Impact Assessment, Design and Supervision of Water Supply, Sanitation and Drainage Improvements in Nacala, Mocuba and Gurùè and Water Supply Improvements in Monapo and Montepuez, Final Feasibility Study Report, City of Nacala, Volume I - Water, R.J. Burnside International Limited in association with Austral-COWI and Consultec, December 2010
- 20 モザンビーク共和国 ナカラ回廊経済開発戦略策定プロジェクト 詳細計画策定調査報告書、2012年1月、独立行政法人国際協力機構 経済基盤開発部
- 21 モザンビーク国 ナカラ港緊急改修計画 準備調査報告書、2012年11月、独立行政法人国際協力機構 (JICA)、株式会社エコー、株式会社オリエンタルコンサルタンツ
- 22 The Project for Nacala Corridor Economic Development Strategies in the Republic of Mozambique, Final Study Report, April 2015, Japan International Cooperation Agency (JICA), Oriental Consultants Global Co., Ltd., RECS International Inc., International Development Center of Japan, Kokusai Kogyo Co., Ltd., Eight-Japan Engineering Consultants Inc.
- 23 2015年12月 JETRO ヨハネスブルク事務所作成「下水・排水セクター及び水資源開発の開発状況」
- 24 2016年3月 JETRO ヨハネスブルク事務所作成「モザンビーク北部の都市給水システム及び投資計画」
- 25 MCA-Mozambique, DNA, Nacala Dam Feasibility Study, Environmental and Social Impact, Assessment, Design and Supervision, Volume 5 Environmental Impact Assessment Report, July 2010, submitted by Jeffares & Green, Inc. in association with CONSENG and LAMONT
- 26 Investment Projects Taking into Account Priority Sequence, Sistema de Informação de Nampula (SINA) www.sina.gov.mz
- 27 平成26年度エネルギー需給緩和型インフラ・システム普及等促進事業 モザンビークにおける高効率石炭火力発電プラントに係る事業実施可能性調査 調査報告書、2015年3月、経済産業省、東電設計株式会社
- 28 モザンビーク共和国 ナカラ医療従事者養成学校建設計画 準備調査報告書 (簡易製本版)、2015年11月、独立行政法人国際協力機構 (JICA)、株式会社マツダコンサルタンツ、インテムコンサルティング株式会社
- 29 Walmsley, B and Tshipala, K (2009): Handbook on Environmental Assessment Legislation in the SADC Region. Published on the web by the Southern African Institute for Environmental Assessment with funding from the Development Bank of Southern Africa. Windhoek, Namibia.
- 30 Mozambique, Water Services and Institutional Support Project II, Project Appraisal Document, March 8, 2016, World Bank

タンザニア

- 1 新興国マクロ経済 WATCH、タンザニア：そのポテンシャルの先に、2015年1月、吉田悠輝、国際協力銀行 外国審査部 第4ユニット (タンザニア担当)
- 2 第10次貧困削減支援借款 事業事前評価表
- 3 事業事前評価表 (開発計画調査型技術協力) ダルエスサラーム電力システムマスタープラン策定及び全国電力システムマスタープラン (2012) 更新
- 4 世界の鉱業の趨勢 2015 タンザニア、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構
- 5 タンザニア国 内部収束地域における地下水開発・管理計画調査 ファイナルレポート、2008年2月、独立行政法人国際協力機構 (JICA)、OYO インターナショナル株式会社、国際航業株式会社
- 6 Water Utilities Performance Review Report 2013/2014, Energy and Water Utilities Regulatory Authority, December 2014
- 7 Final Report, Assessment of Groundwater Availability and Its Current and Potential Use and Impacts, Report Prepared for the International Water Management Institute (IWMI), by Dr. Japhet J. Kashaigili, Sokoine University of Agriculture, P.O. Box 3003, MOROGORO, TANZANIA, December 2010
- 8 タンザニア連合共和国 ワミ・ルブ流域水資源管理・開発計画策定支援調査 詳細計画策定調査報告書、2010年12月、独立行政法人国際協力機構 地球環境部
- 9 Tanzania Water Supply and Sanitation Act (2009)

- 10 An AMCOW Country Status Overview, Water Supply and Sanitation in Tanzania, Turning Finance into Services for 2015 and Beyond
- 11 タンザニア投資センター (Tanzania Investment Centre: TIC)
<http://www.tic.co.tz/menu/314>
- 12 Water Papers, No 69032, April 2012, A Case Study of Public-Private and Public-Public Partnerships in Water Supply and Sewerage Services in Dar Es Salaam, Researched and written by Thelma Triche, Managed and supervised by Mukami Kariuki and Midori Makino, AFTUW, Africa Region, The World Bank
- 13 ザンジバル水公社経営基盤整備プロジェクトフェーズ2 詳細計画策定調査報告書、2011年4月、独立行政法人国際協力機構
- 14 ザンジバル都市水道配水施設改善計画 案件概要書 (円借款)、外務省、2015年10月
- 15 Development Partnership with the Private Sector, Potable Water for Zanzibar's Poor, Small-scale Seawater Desalination is a Feasible Option for Clean Water Supply, GIZ

モーリシャス

- 1 モーリシャス共和国基礎データ 外務省ウェブサイト
<http://www.mofa.go.jp/mofaj/area/mauritius/data.html#section4>
- 2 Digest of Road Transport and Road Accident Statistics 2014, Statistics of Mauritius, Ministry of Finance and Economic Development
- 3 Digest of Road Energy and Water Statistics 2014, Statistics of Mauritius, Ministry of Finance and Economic Development
- 4 モーリシャス共和国 気象サービス計画準備調査報告書 (簡易製本版)、2012年11月、独立行政法人国際協力機構、一般財団法人日本気象協会、株式会社国際気象コンサルタント
- 5 Republic of Mauritius, Location
<http://www.govmu.org/English/ExploreMauritius/Geography-People/Pages/GeographyPeople/Location.aspx>
- 6 Mauritius Meteorological Services
<http://metservice.intnet.mu/climate-services/climate-of-mauritius.php#>
- 7 Water Sector of Mauritius - Opportunities, Challenges and Constraints, L. Juggoo, Director, Water Resources Unit, Ministry of Energy & Public Utilities
- 8 Water Account, Mauritius 2013, Statistics Mauritius, Ministry of Finance and Economic Development
- 9 Central Water Authority, Annual Report 2013
- 10 PPPユニット (Public-Private Partnership Unit) ウェブサイト
<http://ppp.mof.govmu.org/English/Pages/default.aspx>
- 11 Public-Private Partnerships in Mauritius (PPP Unit, 2011), The Commonwealth iLibrary, OECD
http://www.oecd-ilibrary.org/commonwealth/economics/small-states/public-private-partnerships-in-mauritius_smalst-2011-5-en
- 12 National Water Research Group (NWRG), Final Consultative Meeting of the National Water Research Group, February 2nd, 2012, Research Perspectives and Recommendation on Water Resources in Mauritius, Mauritius Research Council