

セネガル共和国
低炭素社会における
環境配慮/デジタル技術活用型
アンモニア/尿素肥料/メタノール
併産プラント事業実施可能性調査事業
調査報告書

令和5年2月

三菱商事株式会社
日本工営株式会社

目次

第 1 章	調査概要	1
1-1.	件名	1
1-2.	背景	1
1-3.	課題	1
1-4.	調査の目的	1
1-4-1.	プラント開発の候補地選定	1
1-4-2.	需要予測とプラントの概略構想の策定	1
1-4-3.	事業計画の提案	1
1-4-4.	先進技術の導入可能性検討	2
1-4-5.	事業に係るリスク分析とリスク緩和策の提案	2
1-5.	調査項目	2
1-5-1.	セネガル国内の社会経済情勢の整理	2
1-5-2.	尿素肥料・メタノールの市場性	2
1-5-3.	プラント建設の候補地選定	2
1-5-4.	プラントの基本構想	2
1-5-5.	環境社会配慮	2
1-5-6.	低炭素・その他先進技術の導入可能性	2
1-5-7.	事業計画	2
1-5-8.	今後の課題とアクションプラン	2
1-6.	調査期間・スケジュール	2
1-7.	調査体制	3
1-8.	納入物	3
1-9.	納入場所	3
第 2 章	セネガル国の基礎情報	4
2-1.	社会経済状況	4
2-1-1.	セネガル国の全般情報	4
2-1-2.	わが国の対セネガル国支援方針	5
2-1-3.	セネガル国における肥料プラントを取り巻く現況	5
2-2.	上位計画・将来計画	12
2-2-1.	2016 年都市計画マスタープラン	12
2-2-2.	工業団地・経済特区の計画	17
2-2-3.	天然ガスの開発・利活用の将来計画	18
2-3.	関係機関	20
2-3-1.	経済特区・工業団地・民間投資	21
2-3-2.	港湾	22
2-3-3.	天然ガス	23
2-3-4.	道路・交通	24
2-3-5.	電力	25
2-3-6.	上水・下水・排水	26
2-3-7.	建設・都市計画	28
第 3 章	尿素・メタノール・アンモニアの市場性検討	30
3-1.	世界全体の尿素肥料の市場動向	30
3-1-1.	価格	30
3-1-2.	生産量および消費量	30
3-1-3.	輸出入量	32
3-2.	主要消費国の尿素肥料の市場動向	32
3-2-1.	生産量、消費量および輸出入量	32
3-2-2.	尿素肥料生産にかかる政策の動向	33
3-3.	近隣諸国における尿素肥料の市場動向	34

3-3-1. 生産量、消費量および輸出入量	34
3-3-2. ナイジェリアにおける生産概況と輸出概況	35
3-4. セネガル国における尿素肥料の市場動向および流通概況	36
3-4-1. 生産量、消費量および輸出入量	36
3-4-2. 作物別の推奨尿素使用量と尿素使用状況	37
3-4-3. 輸入肥料の流通概況	37
3-5. 世界全体の尿素肥料の需要予測	38
3-6. セネガル国および近隣諸国における尿素肥料の需要予測	39
3-6-1. 需要予測の前提条件	39
3-6-2. 需要予測結果	42
3-7. 尿素肥料市場参入に向けた留意点	44
3-8. 周辺国家・地域でのメタノール市場の動向	45
3-8-1. 価格	45
3-8-2. 需要	46
3-9. 尿素肥料・メタノールの生産量とプラントの敷地面積の決定	47
第4章 プラント建設候補地の選定	51
4-1. アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの概要	51
4-1-1. 概略構成	51
4-1-2. 生成フロー・生成物	51
4-1-3. 原料	52
4-1-4. 排出物	52
4-2. 与条件の整理	52
4-2-1. 必須要件	52
4-2-2. 準必須要件	54
4-2-3. プラント規模と必要敷地面積	54
4-2-4. 必要となる材料・ユーティリティと調達方法	54
4-2-5. 排出物	56
4-2-6. 生成物の物流	56
4-3. 尿素肥料プラントの建設地選定	61
4-3-1. 候補地選定の流れ	61
4-3-2. 第1段階：初期選定地	62
4-3-3. 第2段階：港湾・海岸に近接した候補地の比較	63
4-3-4. 候補地の周辺状況：ラック・ローズ	63
4-3-5. 候補地の周辺状況：ンダヤン港	66
4-3-6. 候補地の周辺状況：バーニー・センドゥ港	71
4-3-7. 第3段階：最終候補地の比較	75
第5章 アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設計	77
5-1. アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設備構成	77
5-2. 採用テクノロジー及びテクノロジープロバイダー（ライセンサー）	80
5-2-1. アンモニア・メタノールプロセス	80
5-2-2. 尿素合成プロセス	80
5-2-3. 尿素造粒プロセス	80
5-3. プロセス設備構成	81
5-3-1. プロセスフローチャート・プロセス概要	82
5-3-2. 設計条件・製品仕様	87
5-3-3. 実績表	94
5-4. オンサイトユーティリティ設備	95
5-4-1. 海水受入れ設備	96
5-4-2. 冷却水設備	96
5-4-3. 海水淡水化装置	97

5-4-4. 純水製造装置	97
5-4-5. ボイラー給水設備	97
5-4-6. 蒸気発生設備	97
5-4-7. 燃料ガス設備	98
5-4-8. 燃料オイル設備	98
5-4-9. 計装用空気・雑用空気設備	98
5-4-10. イナートガス（窒素）発生装置	98
5-4-11. 発電設備	98
5-5. オンサイトオフサイト設備	99
5-5-1. 海水取水設備	99
5-5-2. 尿素貯蔵倉庫	99
5-5-3. 製品尿素袋詰め設備	99
5-5-4. アンモニア貯蔵と出荷	99
5-5-5. メタノール貯蔵と出荷	100
5-5-6. 薬品貯蔵	100
5-5-7. 排水処理設備	100
5-5-8. Fire Fighting 設備	100
5-5-9. 安全管理設備	101
5-5-10. ビルディング類	101
5-5-11. Shed 類	101
5-5-12. ノンプラントビル	101
第 6 章 ユーティリティ・物流経路の検討	104
6-1. ユーティリティ	104
6-2. 物流経路	106
6-2-1. 陸上輸送	106
6-2-2. 海上輸送	106
6-3. 積算	107
第 7 章 環境社会影響の検討	108
7-1. 環境社会配慮	108
7-1-1. 環境社会配慮に係わる政策及び法的枠組み	108
7-1-2. 許可手続き・立地制限	109
7-1-3. セネガル国における住民移転・用地取得	114
7-1-4. 保護区・文化財等	116
7-2. 環境社会影響の検討	118
7-2-1. 本事業の実施による環境負荷	118
7-2-2. セネガル国における環境排出基準	118
7-2-3. 国際的な環境排出基準値	120
7-2-4. 環境社会影響に関わる事業実施上のボトルネック	121
7-3. 先進技術の提案	122
7-3-1. 導入可能性のある技術	122
第 8 章 事業実現へ向けた具体の検討	126
8-1. 想定されるわが国企業の参画形態	126
8-1-1. 事業実施形態・JBIC 等による輸出金融スキームの活用	126
8-1-2. 第三国企業との連携	126
8-2. 本邦企業の優位性	127
8-2-1. 技術面の優位性	127
8-2-2. 経済面の優位性	128
8-3. 事業のリスクとその緩和策	129
8-3-1. 相手国実施機関の実施能力に係わるリスク	129
8-3-2. 環境社会への影響に関わるリスク	129

第 9 章 総括.....	131
---------------	-----

図リスト

図 1-1	調査スケジュール	3
図 1-2	調査の実施体制	3
図 2-1	セネガル国周辺の油田・ガス田の位置	6
図 2-2	随伴ガスの産出量の推移のイメージ	7
図 2-3	ギエール湖からの上水ルート	9
図 2-4	平均水道料金の推移	9
図 2-5	2010 年から 2020 年にかけてセネガル国内総生産（GDP）セクター別の動向	10
図 2-6	セネガル周辺の陸上交通	11
図 2-7	セネガル国周辺の主要な港湾とその規模	12
図 2-8	幹線道路の構想	13
図 2-9	公共交通路線網の構想	13
図 2-10	ダカール首都圏の污水处理場の位置（既存・計画）	15
図 2-11	ダカール首都圏の配電計画	16
図 2-12	ダカール首都圏における土地利用計画図	17
図 2-13	ダカール周辺の SEZ の立地状況	18
図 2-14	電気・通信に係わる機関の組織図	25
図 2-15	ジャッス太陽光発電所	26
図 2-16	上水・下水・排水に係わる機関の組織図	27
図 2-17	都市計画・建築等に係わる機関の組織図	29
図 3-1	全世界的な肥料販売価格の推移（2007 年～2022 年）	30
図 3-2	世界全体および地域別の尿素肥料の生産量の推移	31
図 3-3	世界全体および地域別の尿素肥料の消費量の推移	31
図 3-4	インドにおける尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国	33
図 3-5	アメリカにおける尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国	33
図 3-6	ブラジルにおける尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国	33
図 3-7	ナイジェリアにおける尿素肥料の生産量、消費量および輸出量	34
図 3-8	ナイジェリアおよびセネガル国を除く西アフリカ諸国における 2011 年から 2020 年における尿素肥料の輸入量および消費量	35
図 3-9	セネガル国における 2011 年から 2020 年における尿素肥料の輸入量および消費量	36
図 3-10	セネガル国における補助金付きの化学肥料の流通システム	38
図 3-11	2017 年～2019 年の 3 年間と比較した 2024 年の化学肥料の使用増加量	39
図 3-12	中国における人口と窒素成分消費量の関係	40
図 3-13	インドにおける人口と窒素成分消費量の関係	40
図 3-14	ブラジルにおける人口と窒素成分消費量の関係	40
図 3-15	中国における人口 1 人当たりの窒素成分消費量増加率の推移	41
図 3-16	インドにおける人口 1 人当たりの窒素成分消費量増加率の推移	41
図 3-17	ブラジルにおける人口 1 人当たりの窒素成分消費量増加率の推移	41
図 3-18	西アフリカ諸国、中国、インド、およびブラジルにおける 2016 年から 2020 年の人口 1 人当たりの窒素成分消費量の平均	42
図 3-19	シナリオ 1 における尿素肥料需要予測	43
図 3-20	シナリオ 2 における尿素肥料需要予測	43
図 3-21	シナリオ 3 における尿素肥料需要予測	43
図 3-22	シナリオ 4 における尿素肥料需要予測	43
図 3-23	シナリオ 5 における尿素肥料需要予測	43
図 3-24	メタノールの地域別需要の推移	46
図 3-25	メタノールの輸入額上位国	47
図 3-26	セネガル国周辺の陸上交通	49

図 3-27	セネガル国周辺の主要な港湾とその規模	49
図 4-1	本プラントの概略構成	51
図 4-2	アンモニア・尿素肥料・メタノールの生成フロー	52
図 4-3	ガスパイプライン開発計画図	55
図 4-4	トラックの種類	57
図 4-5	ばら積み船（ハンディマックスバルカー）	58
図 4-6	一般的なコンテナ港の設備とフロー	59
図 4-7	一般的なバルク港の設備とフロー	60
図 4-8	メタノールの運搬に使用される一般的なケミカルタンカー	61
図 4-9	候補地選定の流れ	62
図 4-10	初期選定地一覧	63
図 4-11	ラック・ローズの周辺現況	64
図 4-12	ラック・ローズの PETROSEN 保有地	65
図 4-13	ンダヤン港の開発計画図	66
図 4-14	ンダヤン港の周辺現況	67
図 4-15	ンダヤン港の建設予定地	68
図 4-16	ンダヤン港周辺の上水整備計画	69
図 4-17	DP World の M/P におけるンダヤン港の平面図	70
図 4-18	バーニー・センドゥ港の周辺現況	71
図 4-19	バーニー・センドゥ港の棧橋	72
図 4-20	バーニー・センドゥ港後背地の工業団地	72
図 4-21	バーニー・センドゥ港の開発計画図	73
図 4-22	バーニー・センドゥ港の棧橋の計画図	74
図 5-1	Overall Block Flow	79
図 5-2	従来のアンモニア合成プロセスブロックフロー	81
図 5-3	従来のメタノール合成・精製プロセス	81
図 5-4	アンモニア・メタノール併産プロセス	81
図 5-5	アンモニア・メタノール併産プロセスのフロー	82
図 5-6	尿素合成プロセスフロー	84
図 5-7	尿素粒状化プロセスフロー	86
図 5-8	海水受入れ設備フロー	96
図 5-9	プロジェクト経済性試算例示	103
図 5-10	輸出金融活用時の基本参考条件例示	103
図 6-1	ンダヤン港のインフラ計画	105
図 7-1	セネガル国における環境社会影響調査のフロー	112
図 7-2	事業実施区域周辺の自然保護区	117
図 7-3	La Petite Côte (IBA) の指定範囲	117
図 7-4	CCUS の概略図	122
図 7-5	三菱重工の CO ₂ 回収技術プロセスと CO ₂ 回収プラント商用納入実績	123
図 7-6	二酸化炭素固定化の概略図	123
図 8-1	想定される事業実施形態	126
図 8-2	チャルックとの連携の実績例	127
図 8-3	過去 10 年間のガス価・油価及び尿素肥料・メタノール市況価格推移	128
図 8-4	併産によるポートフォリオ効果イメージ	129
図 9-1	会議の様子	134

表リスト

表 2-1	セネガル国のガス開発の概要	6
表 2-2	2018 年の上下水道料金表	9
表 2-3	水需要予測と配水計画	14
表 2-4	セネガル国における工業団地・経済特区の概要	17
表 2-5	セネガル政府の天然ガス開発・利活用に係わる将来計画に含まれる施策一覧とその概要	19
表 2-6	本プラントの立地検討に係わる機関	20
表 2-7	経済特区・工業団地に係わる機関	21
表 2-8	港湾に係わる機関	22
表 2-9	天然ガスに係わる機関	23
表 2-10	道路・交通に係わる機関	24
表 2-11	電気・通信に係わる機関	25
表 2-12	上水・下水・排水に係わる機関	27
表 2-13	建設・都市開発に係わる機関	28
表 3-1	2019 年における各地域の尿素肥料の輸出入状況	32
表 3-2	2019 年における主要消費国の尿素肥料の生産量、消費量および輸出入量	32
表 3-3	インド、アメリカおよびブラジルの尿素肥料生産にかかる政策の動向	33
表 3-4	2019 年におけるセネガル近隣諸国の尿素肥料の主要な輸入相手国	35
表 3-5	ナイジェリアにおける尿素肥料プラントの概要	36
表 3-6	尿素肥料の使用が推奨される作物と推奨使用量	37
表 3-7	各シナリオにおける 2030 年、2040 年、2050 年の尿素肥料の需要量	44
表 3-8	尿素肥料の市場動向および将来の需要予測の分析結果	44
表 3-9	メタノール価格の推移と予測	45
表 3-10	尿素肥料・メタノールの産出量とプラントの敷地面積決定のプロセス概要	47
表 3-11	尿素肥料の輸出先のターゲット国	48
表 4-1	本プラントのスペック概要	54
表 4-2	各海上輸送手段のメリット・デメリット	57
表 4-3	初期選定地一覧	62
表 4-4	候補地比較表	76
表 5-1	Topsoe の併産技術の実績	94
表 5-2	三菱重工エンジニアリング社の肥料プラント実績	95
表 6-1	必要なユーティリティ設備と調達方針	105
表 6-2	オフサイトインフラの積算結果概要	107
表 7-1	環境社会配慮に関連する主な法令及び制度	108
表 7-2	環境社会配慮に関連する部局及び機関	109
表 7-3	詳細な環境影響評価(EIA)が求められる事業及びプログラム（環境法附属書 1）	110
表 7-4	簡易的な環境影響評価(IEE)が求められる事業及びプログラム（環境法附属書 2）	110
表 7-5	JICA ガイドライン及び世界銀行セーフガードの整合性・ギャップ分析	112
表 7-6	住民移転や用地取得に関連する主な法令及び制度	114
表 7-7	住民移転や用地取得に関連する組織	115
表 7-8	非自発的住民移転に関する法制度と JICA ガイドラインのギャップ分析	115
表 7-9	事業実施区域の自然保護区	116
表 7-10	セネガル国における大気質排出基準	118
表 7-11	セネガル国における排水基準値(保護区などを含まない一般的な環境への排出基準)	119
表 7-12	工場等からの騒音基準	120
表 7-13	WHO による大気質基準値	120
表 7-14	工場等からの排水基準値(参考値)	121

表 7-15 工場等からの騒音基準	121
表 9-1 セネガル国向け最終報告会概要	131

略語表

略語	英名	和名
AFD	French Development Agency	フランス開発庁
AfDB	African Development Bank	アフリカ開発銀行
AGEROUTE	Agency for Road Construction and Management	道路事業管理公団
AIBD	Blaise Diagne International Airport	ブレーズ・ジャーニュ国際空港
ANAM	National Agency of Maritime Affairs	国家海事局
ANER	National Agency for Renewable Energies	再生可能エネルギー公社
APIX	National Agency in charge of Investment Promotion and Major Works	投資・大規模事業促進公社
APROSI	Agency for Industrial Promotion and Land Development	産業用地整備促進公社
AU	African Union	アフリカ連合
C/P	Counter Part	カウンターパート
CAPEX	Capital Expenditure	資本的支出
CES	Electricity Company of Senegal	セネガル電気会社
CETUD	Executive Council of Urban Transport in Dakar	ダカール都市交通執行委員会
CRSE	Electricity Sector Regulatory Commission	環境影響評価
DEEC	Direction de l' Environnemnet et des Etablissements Classees	環境・特定施設局
DUA	Department of Urbanization and Architecture	都市計画・建築局
ECOWAS	Economic Community of West African States	西アフリカ諸国経済共同体
EIA	Environmental Impact Assessment	環境影響評価
ESIA	Environmental and Social Impact Assessment	環境社会影響評価
EU	European Union	欧州連合
FID	Final Investment Decision	最終投資意思決定
FONSIS	Sovereign Strategic Investment Fund	セネガル国営ファンド
GDP	Gross Domestic Product	国内総生産
GHG	Greenhouse Gas	温室効果ガス
IBA	Important Bird and Biodiversity Areas	重要野鳥生息地
ICPE	Installations Classees pour la Protection de l' Environnement	環境保全に資する施設分類
IEE	Initial Environmental Evaluation	簡易環境影響評価
IFA	International Fertilizer Association	国際肥料協会
IFC	International Finance Corporation	国際金融公社

略語	英名	和名
JCM	Joint Crediting Mechanism	二国間クレジット制度
JICA	Japan International Cooperation Agency	独立行政法人国際協力機構
M/P	Master Plan	マスタープラン
MAERSA	Ministry of Agriculture, Rural Equipment and Food Sovereignty	農業農村施設・食料安全省
MEDD	Ministry of Environment and Sustainable Development	環境・持続開発省
MHA	Ministry of Hydraulics and Sanitation	水・衛生省
MITTD	Ministry of Infrastructure, Land Transport and Improvement of Accessibility	インフラ・陸上運輸・交通整備省
MoEMI	Ministry of Energy, Mines and Industries	エネルギー鉱山産業省
MPE	Ministry of Petroleum and Energy of Senegal	石油エネルギー省
NGO	Non-governmental Organization	非政府組織
ONAS	National Office for Sanitation in Senegal	セネガル国営衛生公社
OPEX	Operating Expense	事業運営費
PAD	Dakar Port Authority	ダカール港湾公社
PPP	Public Private Partnership	官民連携
RGS	Gas Network of Senegal	セネガルガスネットワーク
SAR	African Refining Company	アフリカ石油精製会社
SDE	Senegalese Water Company	セネガル水道会社
SEA	Strategic Environmental Assessment	戦略的環境アセスメント
SENELEC	National Electricity Corporation of Senegal	セネガル国営電力公社
SEZ	Special Economic Zone	経済特区
SMP	Senegal Minergy Port	セネガルミネラル港会社
SONES	National Water Company of Senegal	セネガル国営水道公社
TER	Regional Express Train	地域高速鉄道
TEU	Twenty-foot Equivalent Unit	20 フィートコンテナ換算
TICAD	Tokyo International Conference on African Development	アフリカ開発会議
UEMOA	West African Economic and Monetary Union	西アフリカ経済通貨同盟
WHO	World Health Organization	世界保健機構

第 1 章 調査概要

1-1. 件名

セネガル共和国・低炭素社会における環境配慮/デジタル技術活用型アンモニア/尿素肥料/メタノール併産プラント事業実施可能性調査事業

1-2. 背景

セネガル国はアフリカ大陸の西端に位置する国である。セネガル国は民主主義的な政治体制のもとで政情も安定し、着実な経済成長も続けていることから、投資環境の観点から有望視されている。

一方で、自国産ガスなどを用いた産業の育成、肥料の自国生産による輸入代替、農業生産性の向上などが同国で課題となっている。その中で 2019 年に三菱商事、千代田化工はセネガル国におけるオイル及びガス M/P（以下、ガス M/P という）を提案し、それ以降も三菱商事はセネガル政府宛の提案・協議を行ってきた。

今般、2022 年 2 月 25 日付でセネガル政府・石油エネルギー大臣よりわが国・経済産業省宛に、アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラント実現の為の本事業の活用を前提とした調査の実施を要請する旨、正式書簡が発出され、2022 年 5 月に経済産業省によって調査事業が採択された。

1-3. 課題

以上の背景の下、日本の質の高いインフラ技術によるアンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラント（以下、「プラント」）の建設が期待されるが、今後プラント建設事業をセネガル政府に提案する上で以下の課題が存在する。

- (1) プラント建設を検討するにあたって初期に検討すべきプラントの基礎諸元（プラント規模、立地）が未定であるため、これらを適切に検討する必要がある。
- (2) その際、現地の法規制・環境社会面を適切に考慮し、事業に係る法的な手続きを適切に整理する必要がある。
- (3) 上記を元に見積もりをしたのち、資金調達方法を含めセネガル政府にとって魅力的な事業計画を構想・提案する必要がある。
- (4) セネガル政府による本邦企業グループへのプラント建設発注を促すべく、先進的な技術内容を含め日本の質の高いインフラの魅力をアピールすることが重要である。

1-4. 調査の目的

挙げられた課題を踏まえ、以下の 5 つを目的として調査を行う。

1-4-1. プラント開発の候補地選定

プラント建設にあたり、アンモニア・尿素肥料・メタノールの各製造プロセスの他に取排水、受変電等の一般ユーティリティ、及び車両・鉄道及び港湾等の物流施設の整備が見込まれる。これらの整備には周辺地域に一定の条件がそろっていることが必要であるため、周辺インフラと今後の開発計画を踏まえて適切な候補地を選定する。

1-4-2. 需要予測とプラントの概略構想の策定

セネガル国内外の尿素肥料・メタノールの需要を予測し、適正なプラント規模・基本構想を提案する。

1-4-3. 事業計画の提案

上記の基本構想を元に事業費を見積もる。また本邦制度金融の強みを活かし、輸出金融を軸に資金調達計画を策定し、セネガル政府戦略に即した事業計画を提案する。

1-4-4. 先進技術の導入可能性検討

本事業の受注に向けて日本企業グループの技術的優位・競争力をアピールすべく、低炭素やデジタルに係る技術動向を整理し、先進技術の導入可能性を検討する。

1-4-5. 事業に係るリスク分析とリスク緩和策の提案

上記の基本構想や現地の法規制に基づき、環境社会配慮のスクーピングを行う。事業計画などとも合わせて整理し、事業に係るリスク分析とその緩和策を策定する。

1-5. 調査項目

上述した調査の目的を達成すべく、以下内容を事業内で調査する。

1-5-1. セネガル国内の社会経済情勢の整理

セネガル社会経済状況、本調査に関連する上位計画・関係機関・許認可手続きを整理する。

1-5-2. 尿素肥料・メタノールの市場性

セネガル国内需要とセネガル国外需要を整理する。

1-5-3. プラント建設の候補地選定

候補地の初期選定を行った上で候補地の比較検討を行う。

1-5-4. プラントの基本構想

アンモニア・尿素肥料・メタノール生成フローの基本構想、物流施設の基本構想、ユーティリティ及びプラント操業・保守関連施設の基本構想を示す。

1-5-5. 環境社会配慮

環境社会面における現状分析、相手国の環境社会配慮関連法規・環境社会配慮関連手続きの概要の整理を行ったうえで、プロジェクトの実施に伴って想定される環境社会面のリスク要因を整理する。

1-5-6. 低炭素・その他先進技術の導入可能性

プラント建設フェーズの GHG 削減、再生可能エネルギーの導入、省エネルギー、CO₂回収・利用技術（CCUS）の活用等を検討する。

1-5-7. 事業計画

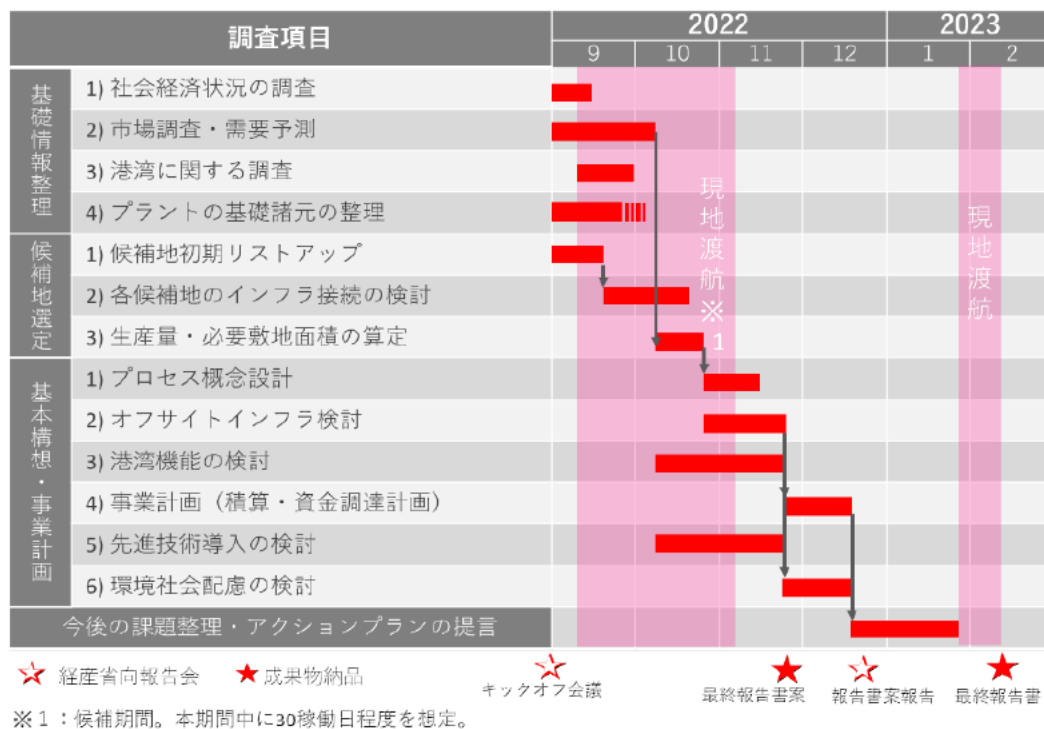
積算、資金調達計画、事業計画を策定する。

1-5-8. 今後の課題とアクションプラン

本邦企業の優位性、事業に係るリスク分析とリスク緩和策の検討を行う。

1-6. 調査期間・スケジュール

契約工期は 2022 年 9 月 9 日～2023 年 2 月 28 日である。調査スケジュールは以下の通り。

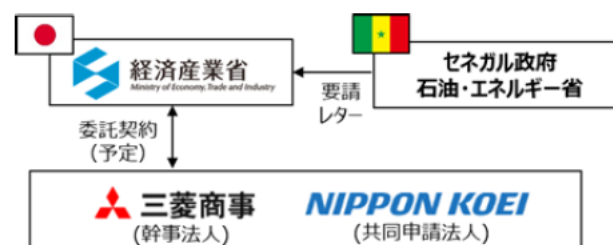


出典：共同企業体

図 1-1 調査スケジュール

1-7. 調査体制

調査体制は以下の通り。現地側のカウンターパート（以下、C/P という）は石油・エネルギー省傘下のセネガル国営石油公社（以下、PETROSEN という）である。



出典：共同企業体

図 1-2 調査の実施体制

1-8. 納入物

納入物は以下の通り。いずれも電子媒体（CD-R）とする。

- 1) 概略調査報告書（和文、英文）1 式
- 2) 調査報告書（和文）1 式
- 3) 調査報告書（和文）（公表用）2 式

1-9. 納入場所

納入場所は、経済産業省 通商政策局 中東アフリカ課アフリカ室 である。

第 2 章 セネガル国の基礎情報

2-1. 社会経済状況

2-1-1. セネガル国の全般情報

セネガル国はアフリカ大陸の西端に位置する国である。セネガル国について特筆すべき点として以下が挙げられる。

1) 西アフリカ地域で有数の政治的安定性

セネガルは、政情や治安が不安定な国が多い西アフリカ地域において、1960 年の独立以来一度もクーデターを経験しておらず、同地域において突出した安定を誇る。セネガル国では、2000 年に続き 2012 年の大統領選挙においても、選挙により平和裏な形で政権交代が実現しており、民主主義の定着が見られる。

セネガル国は地域の安定勢力として、アフリカ連合（以下、AU という）及び西アフリカ諸国経済共同体（以下、ECOWAS という）に積極的に関与しており、マッキー・サル大統領は、「アフリカ開発のための新パートナーシップ(NEPAD)」の議長を 2013 年から 2020 年まで務め、2022 年は AU 議長(セネガル国が AU 議長国)を務めた。

2) 各国との良好な関係・地域の牽引役

マルチラテラリズムの重視を掲げるセネガル国は、周辺国のみならず、旧宗主国のフランスを始めとする欧米諸国、アラブ諸国、日本・中国・韓国等のアジア諸国とも非常に良好な関係を構築している。AU 議長国を務めるセネガル国への国際社会の関心は非常に高く、首脳・閣僚級の要人往来も活発である。主要なものとして以下がある。

- 2021 年 11 月：米ブリンケン国務長官が訪問
- 2021 年 11 月：首都ダカールで中国・アフリカ協力フォーラム（FOCAC）閣僚会合
- 2021 年 12 月：アフリカの平和と安全に関するダカール・フォーラム（ミシェル EU 議長を含む 5 か国の首脳級出席）
- 2022 年 3 月：ダカール、世界水フォーラム（世界銀行総裁を含む 7 か国の首脳級が参加）
- 2022 年 8 月：TICAD8 で議長国を務める

3) 着実な経済成長

セネガル国は、安定した政治・治安を基に近年では着実な経済成長を続けており、2014 年から 2018 年まで実質 GDP 成長率は年率 6%(いずれも IMF 数値)を超え、新型コロナウイルスの影響を受けた 2020 年においても 1.5%、2021 年は 4.7%のプラス成長を持続して

いる。今後も安定的な経済成長が見込まれ、2022 年は 5.5%、2023 年は 10.8%の成長率が予想されている。

また、セネガル政府は、2035 年までの新興国入りを目指した国家開発計画「セネガル新興計画(PSE)」を策定・実行しており、成長分野の多角化、民間セクターの新興などを図っている。現状セネガル国では建設業、サービス業、鉱業が経済成長を牽引しているが、今後はそれら産業に加えて製造業を含む付加価値産業の育成が望まれる。

4) 物流拠点・地政学的要衝としての重要性

セネガル国は、地理的にも西アフリカ諸国への玄関口と位置付けられ、地域における人・モノ・情報流通の拠点として重要な機能を持つ。セネガル政府は、周辺国を含む広域での経済的ハブとなることを目指しており、2018 年に開業済のダカール新空港に加え、ダカール近郊のンダヤンでは UAE 資本を誘致した大規模コンテナ港の建設に着手し、完成すれば西アフリカ地域全体の連結性向上に資することが期待される。西アフリカ地域における安定した国家であるセネガル国の経済的ハブとしての発展は、西アフリカ地域全体の安定と発展に繋がると考えられる。

2-1-2. わが国の対セネガル国支援方針

わが国は、上述の通りセネガル国の安定した情勢と西アフリカ地域におけるセネガル国の地政学的重要性に鑑み、1976 年以降、政変や紛争などで中断されることなく支援を続けてきた。同国への支援は、基本方針（大目標）を「西アフリカ地域の安定と発展を支える均衡の取れた経済開発と社会開発の支援」と掲げ、重点分野（中目標）として、

①産業開発の基盤整備（産業開発に資する質の高いインフラ基盤の整備、産業人材の育成）

②格差是正・レジリエンス強化（農業を始めとする安定的食料生産・供給能力の強化等）

を中心に取り組みを行っており、特に質の高いインフラの推進、農業は重点セクターの 1 つである。2018 年までのわが国の累計支援額は 2,000 億円を超え、旧宗主国フランスや米国と並び、主要な援助国と位置付けられている。

2-1-3. セネガル国における肥料プラントを取り巻く現況

本プラントの立地を検討するにあたり、特に重要となる要素として、生産に必要となる原料、尿素肥料需要、尿素肥料やメタノールの将来的な輸出先・輸出方法が挙げられる。

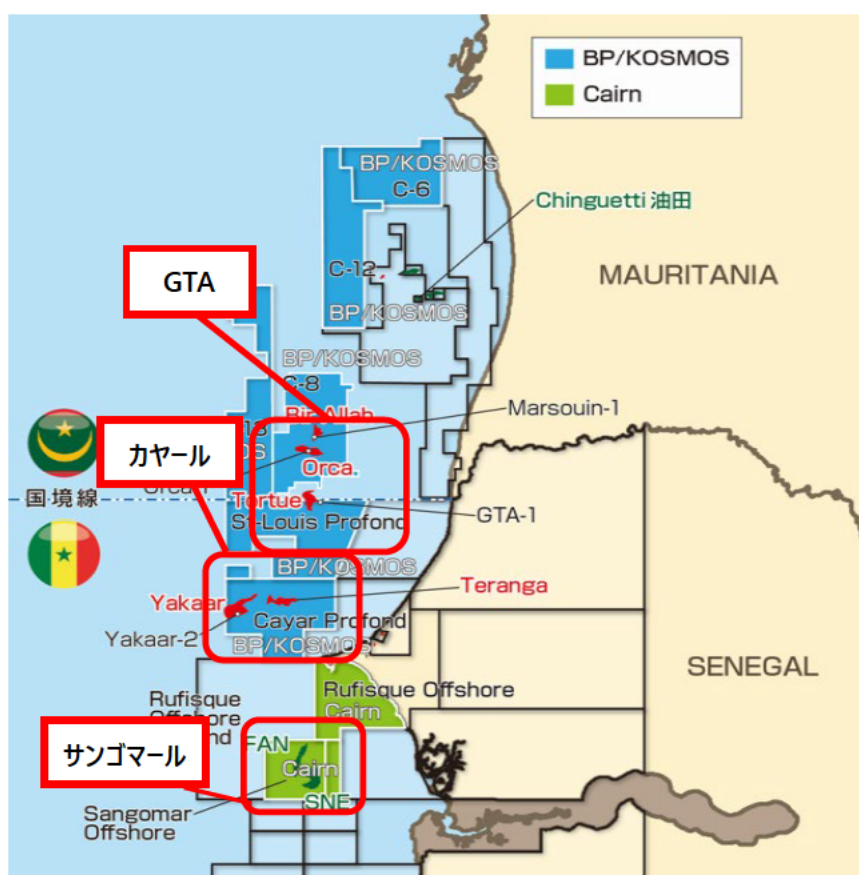
1) 原料

(1) 天然ガス

2000 年代にセネガル国・モーリタニア沖で相次いで油田・ガス田が発見され、2018 年にグレーター・トーチュ・アーメイム（以下、GTA という）のフェーズ 1、2020 年にサンゴマル油田（以下、サンゴマルという）、それぞれにおいて最終投資意思決定（以下、FID という）がなされた。両プロジェクト共に、2023 年の生産開始に向けて開発・建設が進行

している他、GTA のフェーズ 2 の FID も 2023 年に見込まれている。

サンゴマルは、石油産出が 2023 年から開始見込みである他、随伴ガスの利活用について、開発会社と石油・エネルギー省で交渉を行っている。セネガル国におけるガス開発の概要を図 2-1、表 2-1 に示す。



出典：JOGMEC レポート（2017）に共同企業体加筆

図 2-1 セネガル国周辺の油田・ガス田の位置

表 2-1 セネガル国のガス開発の概要

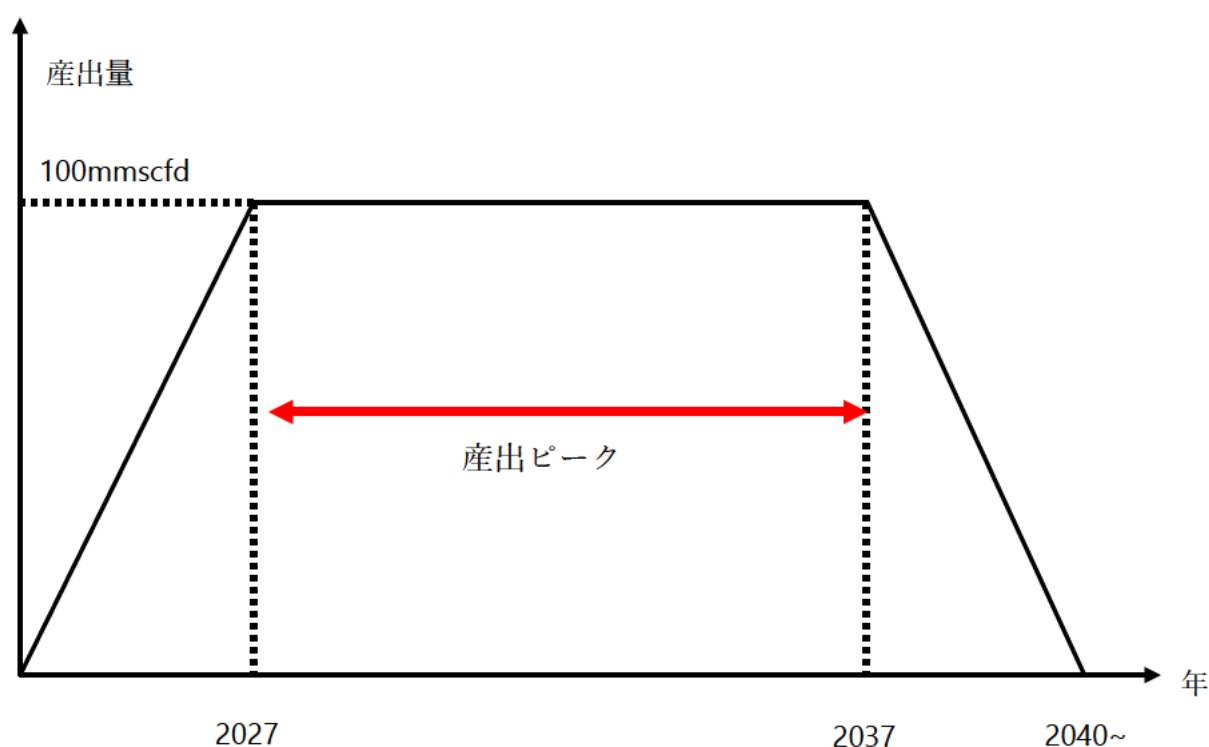
	ガス開発プロジェクト名				
	GTA			サンゴマール	カヤール
	フェーズ 1	フェーズ 2	フェーズ 3		
(空白)					
最終投資意思決定 (FID) 年	2018 年 12 月	2023 年	未定	2020 年 1 月	未定
生産開始年	2023 年	未定	未定	2023 年	未定
生産量	LNG : 2.5 百万トン/年	未定	未定	原油 : 10 万バレル/日 随伴ガス :	未定

	ガス(国内供給義務): 35mmscfd			約 100mmscfd	
使用用途	LNG: 輸出 ガス: 発電	未定	未定	LNG: 発電 随伴ガス: 発電・プラント	ガス: 発電・プラント

出典: 共同企業体

PETROSEN は、サンゴマールの随伴ガス乃至はカヤールのガスを本プラントの原料として使用する前提で、石油エネルギー省及び両プロジェクトの開発会社と議論を進めている。

サンゴマールの油田開発は、2020 年 1 月に FID を完了しており、2023 年より産油開始、2027 年～2037 年に産出ピークを迎え、その後は逡減する見込みである。サンゴマールの随伴ガスを本プラントの原料として使用する場合、他の天然ガス源と異なり、原料が随伴ガスとなるため、産油ピークと産ガスピークが一致する点に留意が必要である。すなわち、随伴ガスの産出ピークに合わせて、この期間中での本プラント操業を可能とする計画・建設スケジュールを考慮する必要がある。



出典: 共同企業体

図 2-2 随伴ガスの産出量の推移のイメージ

上述の通り、本プラントの原料となるガスは確定していないものの、第 5 章アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設計では、サンゴマールのガス産出量 100mmscfd、

実施利用可能な量を 75mmscfd と仮定して実施し、生産可能最大量は、尿素肥料 2,000 トン/日、アンモニア 2,000 トン/日、651 トン/日となった。また、本プラントの操業開始の目標年度はサンゴマルの随伴ガスの産出ピークを最大限享受すべく、2027 年以降と仮定した。

(2) 水

ダカル州の水源は、①ダカルから 250km 離れたギエール湖の表流水、および②同浄水場からダカル州に至る送水管沿線に建設された井戸からの揚水、以上の混合水で構成されている。

i) 水源

2014 年の時点において、北部のギエール湖を水源とする表流水と井戸水の比率は概ね約 1:1 である。ただし、両者ともに水量・水質面で次のような問題を抱えている。

表流水に関しては、ギエール湖が周辺地域から流入する生活排水により汚染されており、原水水質の悪化は浄水処理における薬品投入量を増加させ、それに伴って浄水コストの増加を招いている。

井戸水に関しては、ダカル州および周辺地域の帯水層が揚水過多の状況にあることより、複数の井戸において海水侵入が確認されており、セネガル国営水道公社（以下、SONES という）やセネガル水道会社（以下、SDE という）は既存の井戸からの取水を制限している状況である。



出典：JICA、「セネガル国マメル海水淡水化施設整備事業準備調査」

図 2-3 ギエール湖からの上水ルート

ii) 水道料金

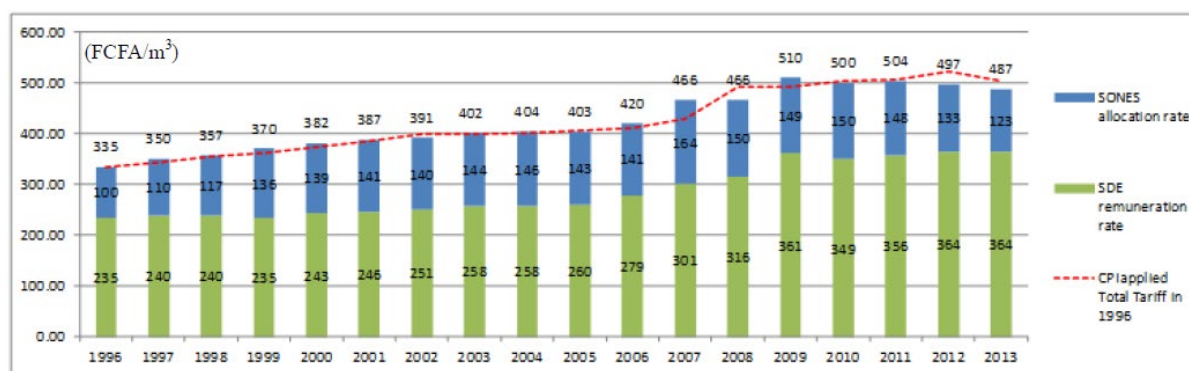
セネガル国における上水道の料金は、一般家庭向けとそれ以外で大きな差は見られず、工業・商業向けの料金区分は無い。また、平均水道料金自体は通増傾向にある。

表 2-2 2018 年の上下水道料金表

分類			水道料金	下水道料金	税抜き上下水道料金	税込上下水道料金
1.一般家庭	住宅(メーター口径15mm)	60日間の消費量:0 - 20m ³	186.55	13.50	200.05	202.00
		同上:21から40m ³	631.14	61.63	692.77	697.97
		同上:41から100m ³	655.65	84.31	739.96	878.35
	住宅(メーター口径15mm超)	-	655.65	84.31	739.96	878.35
2.一般家庭以外	セネガル公共機関	-	1868.88	295.00	2163.88	2558.58
	自治体	-	-	-	-	-
	公立学校	-	-	-	-	-
	商工会議所	-	655.65	84.31	739.96	878.35
	外国政府関連機関	-	-	-	-	-
	公的機関	-	-	-	-	-
3.公共水栓、公共	公共水栓	-	-	-	-	-
	公衆トイレ	-	-	-	-	-
	公共市場	-	239.05	66.73	305.78	366.02
	非営利団体	-	-	-	-	-
4.農家	小規模農家	60日間の消費量:0 - 3,000m ³	102.92	0.00	102.92	123.40
	大規模農家	同上:3,000から20,000m ³	467.31	0.00	467.31	553.58
	公園等	同上:20,000m ³ 以上	655.65	84.31	739.96	878.35

注：単位：F.CFA/m³

出典：JICA、「セネガル国マメル海水淡水化施設整備事業準備調査」



出典：JICA、「セネガル国マメル海水淡水化施設整備事業準備調査」

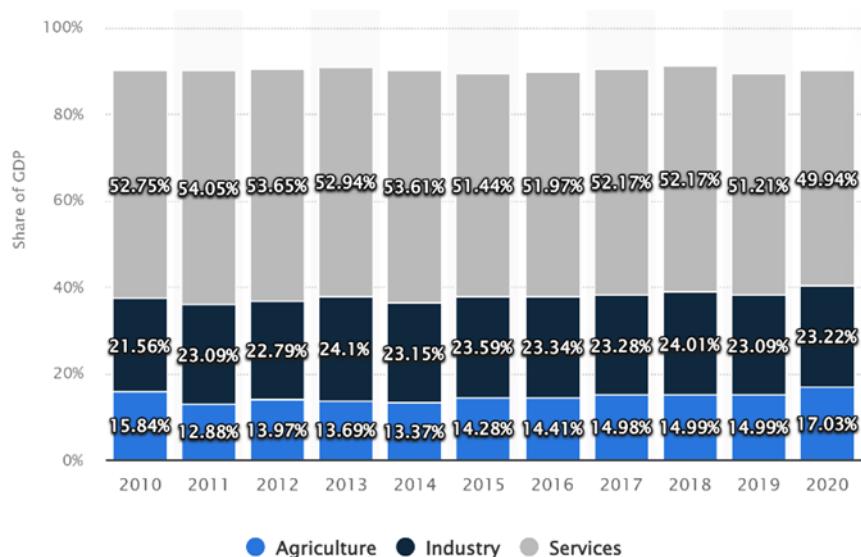
図 2-4 平均水道料金の推移

2) セネガル国内の農業の現況

セネガル国において農業は、全国民の半数以上が従事する主要産業である一方、農林水産セクターの GDP に占める割合は 17.0% (2020 年) に留まる。セネガル政府は食料安全保障を国家の重点課題と捉え、「農業開発加速化プログラム (PRACAS)」に基づき、主要農産物の自給達成、輸出拡大を目標に掲げ取り組んでいる。中でも主食であるコメは、近年生産量は増加しているものの、2019 年時点で自給率は 4 割弱に留まっており、依然海外からの輸入に依存する状況 (貿易赤字の要因の一つ) となっている。現在、セネガル国はコートジボ

ワール、ガーナに続いてアフリカ第 3 位の米の輸入国であるうえ、野菜全体の生産量も国内需要を満たすに至っておらず、不足分は海外からの輸入に依存する状況となっている。

そのためセネガル国では食料自給率の向上に向けた農業生産性の向上が求められているが、それに不可欠な農業用肥料については、自国産のリン鉱石によるリン酸肥料が一部生産されている以外は、尿素肥料は全量輸入に依存する状況となっており、さらには農地面積 1ha 当りの肥料使用料が世界平均 122kg/年に対して 22kg/年に留まっている（2019 年、国際連合食糧農業機関）。そのため、セネガル国の国内肥料需要を満たすことが可能な肥料プラント開発への強い要望が予てより寄せられている。



出典：Statista2022 統計調査データ

図 2-5 2010 年から 2020 年にかけてセネガル国内総生産（GDP）セクター別の動向

3) 西アフリカ地域の運輸交通の現況

肥料プラントは、先述した農業生産性の向上及び現状の肥料輸入代替に加え、将来的には近隣国への輸出によって国家財政改善へ貢献することが期待されている。そのため、まず、運輸交通の側面より肥料輸出の実現可能性を測ることが重要である。肥料運搬の主たる交通モードは自動車・電車等の陸上交通と船舶等の海上交通に大別できる。

(1) 陸上交通

ダカール港を有するセネガル国は西アフリカの玄関口として古くから機能しており、セネガル国と内陸国を結ぶ陸上交通（道路・鉄道）に関して、マリ、ギニア、モーリタニアの 3 か国に向けて整備が進んでいる。

マリでは、ダカールとバマコを結ぶ回廊の内、北回廊は欧州連合（以下、EU という）、南回廊は独立行政法人国際協力機構（以下、JICA という）の支援を受けて整備されてきた。ダカール港の年間貨物取扱量のうち内陸国向けトランジット貨物が約 15%を占めているが、そのうち約 98%がマリ向けである。また、ダカール港湾公社（以下、PAD という）が内陸国であるマリ国内への輸出入の円滑化を目的としたドライポートを建設している。鉄道はダカールーバマコ間で整備されているが、国境付近の安全性の担保や老朽化の改善が課題

である。

ギニア及びモーリタニアではそれぞれ、コナクリに向けた道路がアフリカ開発銀行（以下、AfDB という）の支援によって、ヌアクシュットに向けた道路が EU の支援によって整備されている。鉄道に関しては、両国において ECOWAS による建設案は計画されているが実現には至っていない。

以上より、陸上交通による肥料輸出先としてマリが有望である。



出典：JICA、「サブサハラアフリカにおける広域運輸交通インフラ（港湾/鉄道）に係るプロジェクト研究」を基に共同企業体作成

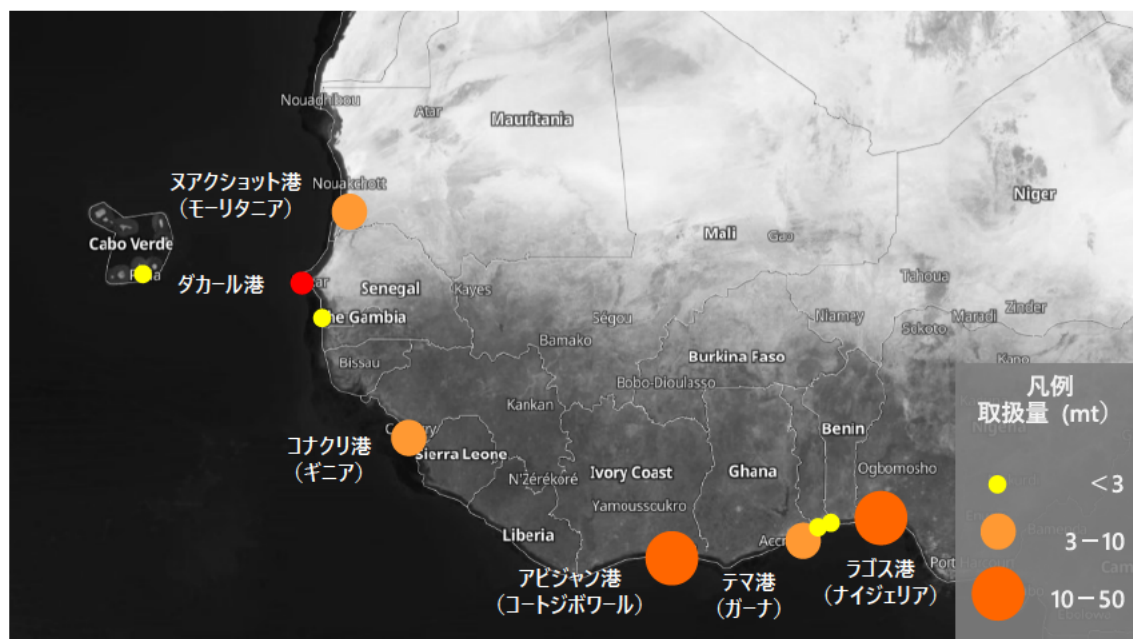
図 2-6 セネガル周辺の陸上交通

(2) 海上交通

ダカール港の貨物取扱量は 1,000-5,000 万トン/年程度で、アビジャン港（コートジボワール）、ラゴス港（ナイジェリア）に並ぶ中核港湾の 1 つに位置づけられる。次いで、テマ港（ガーナ）、コナクリ港（ギニア）があり、それぞれ 300-1,000 万トン/年程度の取扱貨物量を有する。

取扱貨物量も増加傾向にあるが、更なる拡張は困難な状況である。そのため、2022 年より PAD が JICA 支援のもと「ンダヤン多機能港開発 M/P 策定プロジェクト」を実施しており、更なる需要増加の対応に向けた取り組みが進んでいる。

以上より、年間貨物取扱量を基準とした場合の海上交通による肥料の輸出先は、ナイジェリア、コートジボワールで、次いでガーナ、ギニアが有望である。ただし、西アフリカ地域での海上貿易の規模は小さく、肥料輸出に際しては、海上交通より陸上交通の優先度が高いと考えられる。



出典：JICA、「セネガル国ダカール港第三埠頭改修計画準備調査報告書」を基に共同企業体作成

図 2-7 セネガル国周辺の主要な港湾とその規模

2-2. 上位計画・将来計画

本プラントの立地を検討するうえで、都市計画マスタープラン（以下 M/P という）や工業団地・経済特区等の工業用途地域の計画や、天然ガスの将来的な利活用方針等の上位計画・将来計画を整理することで、本プラントの開発とそれら計画との整合性を担保することが重要である。

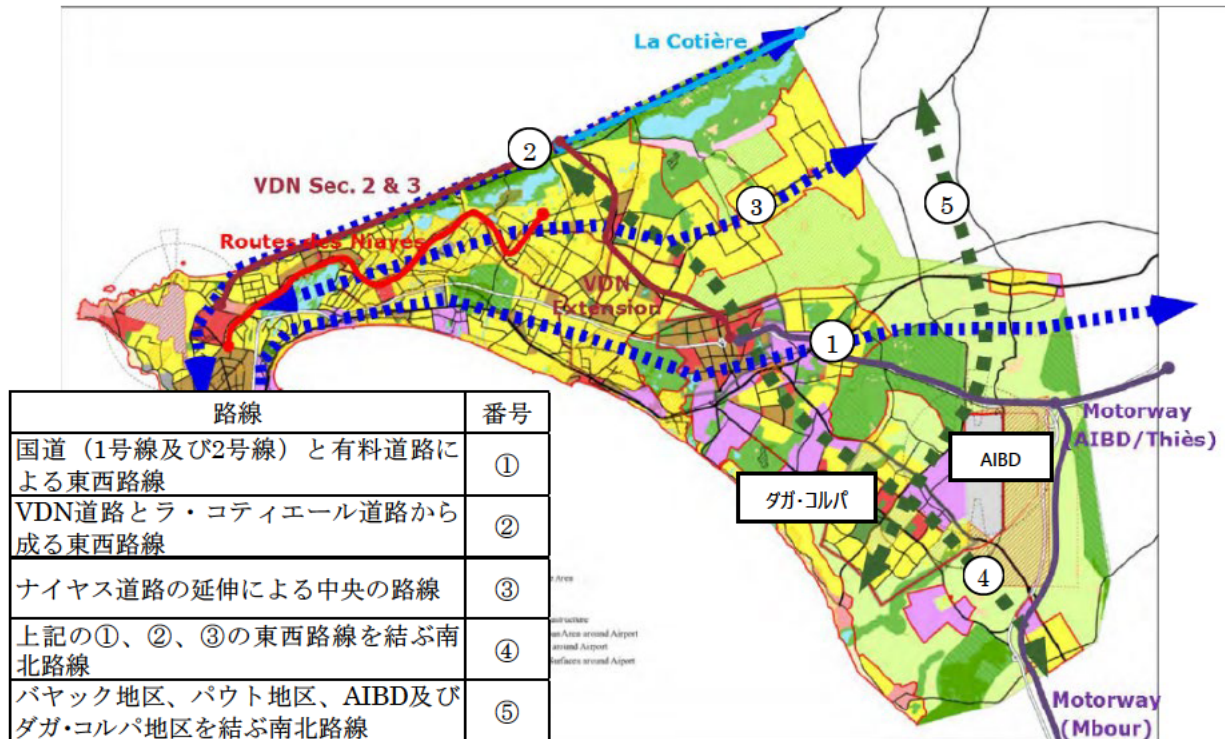
2-2-1. 2016 年都市計画マスタープラン

1) 交通計画

ダカール都市交通 M/P（Plan de déplacements urbains pour l'agglomération de Dakar Horizon 2025：PDUD 2025）を踏まえた 2016 年都市計画 M/P では都市交通に係る開発計画を以下のように策定している。

(1) 道路

土地利用計画案に即し、東西方向と南北方向から成る幹線道路が計画されており、具体的にはダカール市内と郊外を結ぶ東西路線 3 本、それらを縦断する南北路線 2 本の計 5 つの幹線道路計画が存在する。計画の内容を図 2-8 に示す。

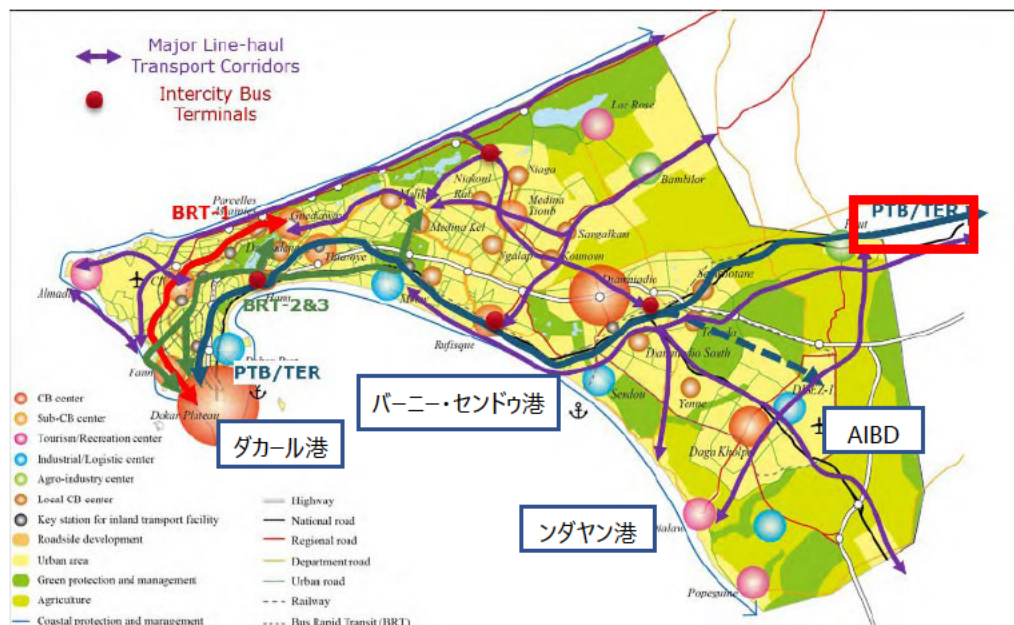


出典：JICA、「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」に共同企業体加筆

図 2-8 幹線道路の構想

(2) 鉄道

ダカール、ンバオ、リュフィスク、バーニー、ジャムニアージョ、ティエス、AIBD を含めた主要駅を結ぶ地域高速鉄道（以下、TER という）が計画されている。現時点（2022 年 12 月）では、TER がダカール-ジャムニアージョ間で運行を開始しているが、貨物鉄道の運行はない。



出典：JICA、「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」に共同企業体加筆

図 2-9 公共交通路線網の構想

2) 港湾計画・物流施設計画

物流インフラの競争力強化を目的として、ダカール港の拡張及びアクセス性の改善によるダカール港の機能向上、代替港あるいは地域港の整備によるダカール港への過度な集中の削減を掲げている。具体的開発計画は以下の通りである。

- ダカール港の新規 M/P の作成
- ダカール港の拡張
- ダカール港及び周辺アクセスの整備
- ンバオ及び AIBD 周辺部の物流施設の整備
- バーニー及びカオラックにおける代替港と地域港の開発

加えて、新港となるンダヤン多機能港に係る開発 M/P 策定も本邦支援により実施されているところであり、セネガル国における物流ハブ機能の強化に向けた取り組みが進んでいる。

3) 上水計画

水量・水質の両面で問題を抱えているダカールの上水に対して、2016 年都市計画 M/P では、下記を開発戦略として掲げている。

- 海水淡水化の促進
- 配水システムの効率性の改善
- 水需要の低減

需要予測に基づいた 2035 年までの配水計画は表 2-3 の通りである。今後の需要増に対応するためには、海水淡水化プラント等の新規施設整備が不可欠である。2022 年には本淡水化プラントの起工が行われており、2025 年の完成を目標としている。

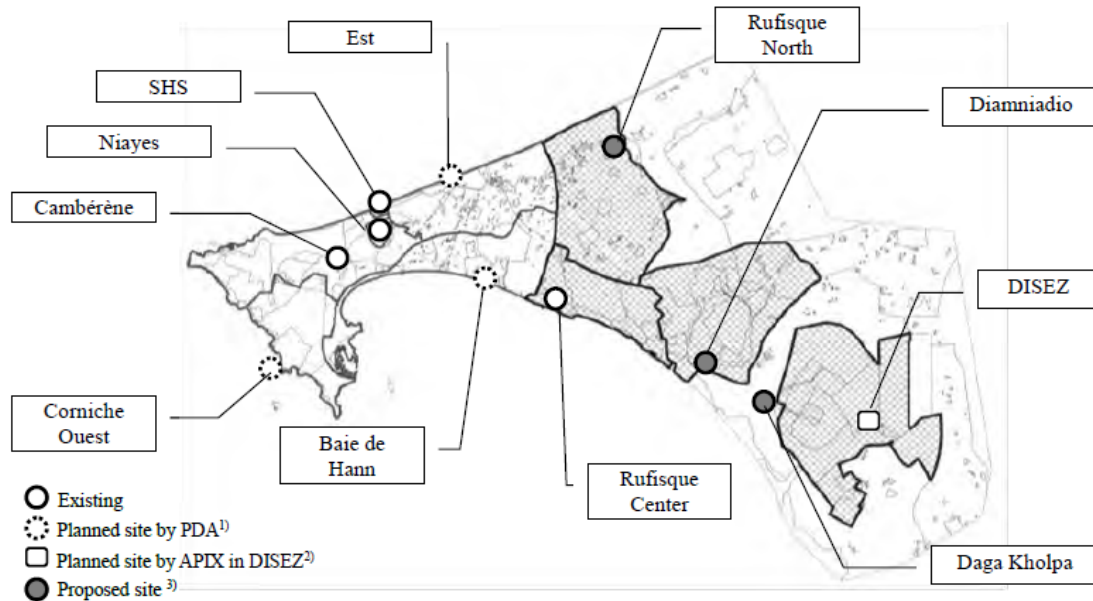
表 2-3 水需要予測と配水計画

コンポーネント (m ³ /日)		2013	2015	2020	2025	2030	2035
需要予測 (調査対象地域)	日平均	287,817	309,097	363,003	441,832	503,561	594,159
	日最大	316,599	340,007	399,304	486,016	553,917	653,575
既存の配水施設		349,000	349,000	306,605	306,605	306,605	306,605
緊急プログラム			61,160	26,180	26,180	26,180	26,180
補完的な緊急プログラム				20,000	20,000	0	0
Mamelles 海水淡水化処理場						100,000	100,000
Kayar 海水淡水化処理場				50,000	50,000	50,000	50,000
Ngnith 処理場の強化				10,000	10,000	10,000	10,000
KMS3 処理場				100,000	100,000	200,000	200,000
総配水容量	全給水対象地域 (Louga 州及び Thiès 州を含む)	349,000	410,160	512,785	512,785	692,785	692,785
	調査対象地域向け	335,000	394,000	492,000	492,000	665,000	665,000

出典：JICA、「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト（和文要約版）」

4) 下水計画

下水に関しては、都市部において下水道計画区域が設定されており、ダカル下水道 M/P (Plan Directeur d'Assainissement Liquide de Dakar : PDA) の投資プログラムに基づいた段階的な整備が計画されており、2035 年の目標普及率は 63% である。下水処理場の開発計画は図 2-10 に示す通りである。具体的には、副都心として開発が促進されるジャッス経済特区 (以下 DISEZ という)、ジャムニアージョ等において下水処理場が計画されている。



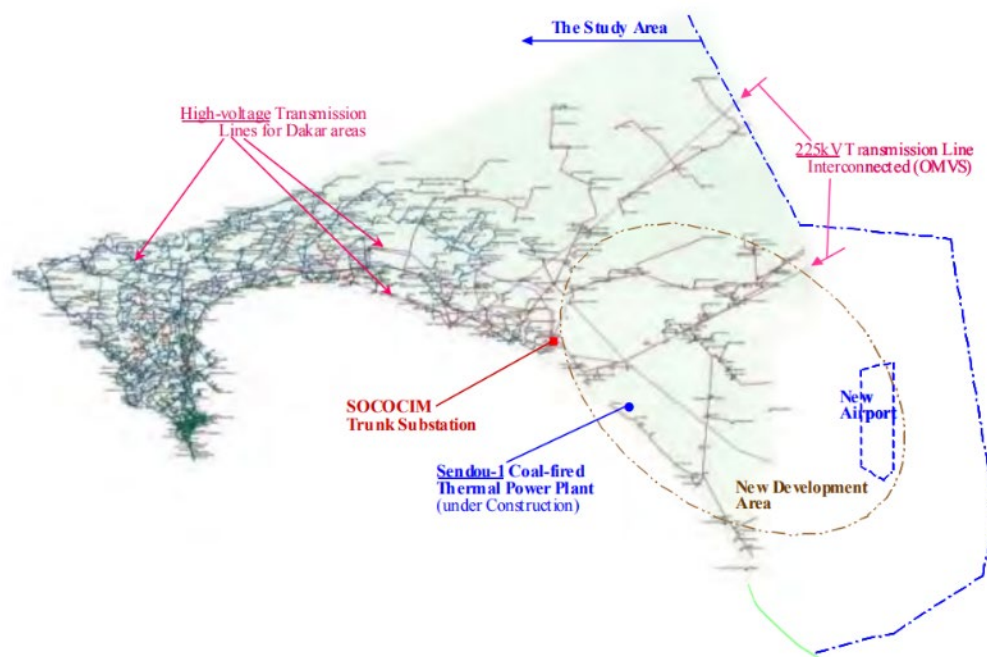
出典：JICA、「ダカル首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」

図 2-10 ダカル首都圏の汚水処理場の位置 (既存・計画)

5) 電気・通信

国内送電線の拡張、電気料金の低減、新開発地区における電力供給施設の整備を開発戦略として掲げている。特に、ジャムニアージョや DISEZ といった新都心の構想される地区については、高圧送電線の起点となっているソコシム変電所やセンドゥ石炭火力発電所の整備が重要な施設として位置づけられている。このうち、センドゥ石炭火力発電所は 2019 年に竣工した。

セネガル国では効率の悪い旧式のディーゼル発電への依存と高い電力料金が問題視されていることから、石炭や天然ガスによる原料の代替と施設の拡充を推進し、2035 年には旧来のディーゼル発電の分担率を全体の 5% にまで引き下げることが目標となっている。

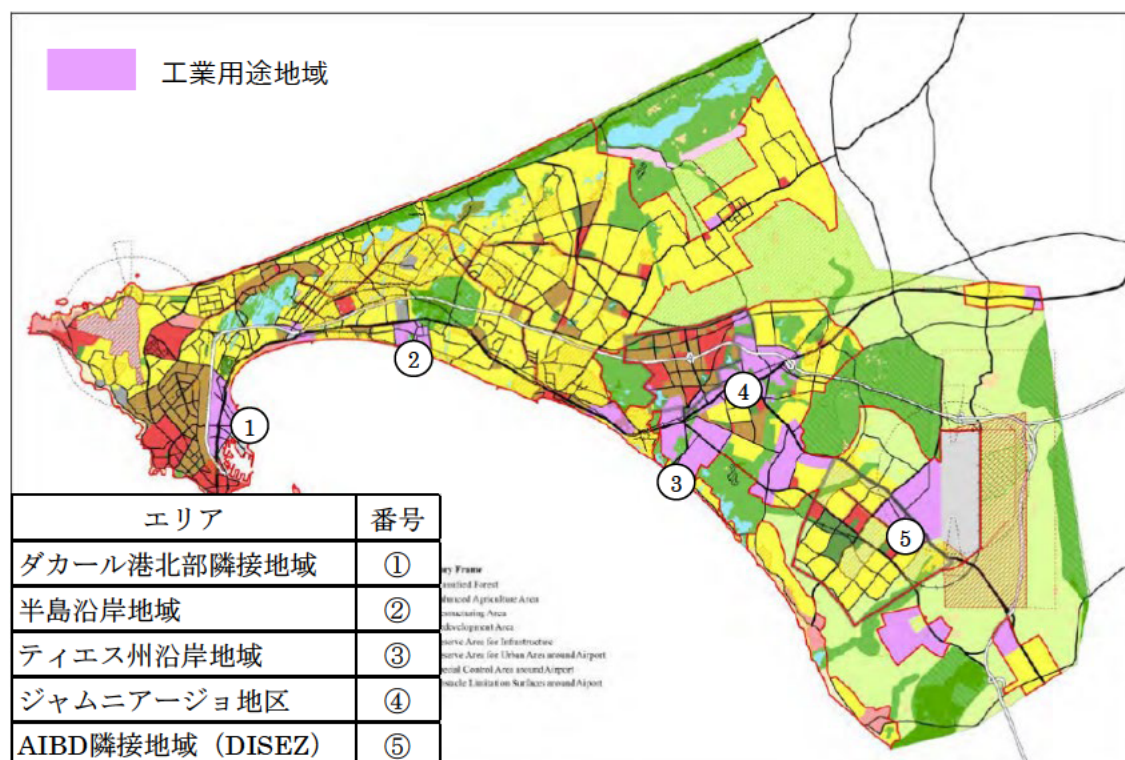


出典：JICA、「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」

図 2-11 ダカール首都圏の配電計画

6) 土地利用計画

セネガル政府は JICA の援助を受け、ダカール州及び周辺地域を対象範囲として、目標年次を 2035 年とする都市開発 M/P を策定している。ここでは、都市課題を反映したダカール州及び周辺地域全域の土地利用計画図が策定されている。工業用途地域の面積は約 5,600ha あり、全用途地域面積の 6.8%を占めており、大きく 5 つの工業用途地域が存在する。土地利用計画と工業用途地域の分布を図 2-12 に示す。



出典：JICA、「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」に共同企業体加筆

図 2-12 ダカール首都圏における土地利用計画図

2-2-2. 工業団地・経済特区の計画

セネガル国には、表 2-4 に示すような工業団地・経済特区（以下、SEZ という）が存在する。特に SEZ においては輸出志向型産業に対する投資手続きのワンストップサービス、経済的優遇措置等、多くのメリットが存在する。例えば、入居企業が所定の条件を満たしている場合、25 年間の免税、法人税軽減、売上高に対する課税免軽減等の優遇措置が享受可能である。工業団地・経済特区の立地状況を図 2-13 に示す。DISEZ とジャムニアージョ国際工業団地の敷地境界線は明らかとなっているが、その他の工業団地・経済団地に関しては公開情報からは確認できていない。

ダカール近郊では、経済特区及び工業団地の開発が進められている。主な開発主体は、投資促進・投資・大規模事業促進事業公社（以下、APIX という）、産業用地開発促進公社（以下、APROSI という）である。所掌の分担については、2-3 にて詳述する。

表 2-4 セネガル国における工業団地・経済特区の概要

工業団地・経済特区	運営者	操業状況	開発面積	コンセプト	立地可能産業
DISEZ	APIX (フェーズ 2 はンダヤン港と重複し、PAD の可能性有り)	・フェーズ 1: 操業中 ・フェーズ 2: 未定	・フェーズ 1: 718ha ・フェーズ 2: 14000ha	・売上高の 60% を輸出に充てること ・最低投資額 1 億 FCFA ・操業初年度に 150 人を直接雇用	・産業分野 ・アグリビジネス ・ICT・デジタルエコノミー ・観光 ・港湾事業

					・医療サービス ・サービス
ンダヤン港	PAD, DP World	・フェーズ1: 2022年建設 開始予定 ・フェーズ2 以降:未定	・SEZ (PAD 所有): 600ha ・SEZ (DP World 所有):1200ha	・「国家戦略計画 (PSE)」のメイ ンプロジェクトの 一つ ・ダカール港の代替 港	不明
バーニー・セン ドゥ港工業団 地	SMP	・操業中	・港湾部分: 484ha	・操業初年度に 2,500人の雇用創 出	・産業分野 ・港湾事業 ・物流 ・石油・ガス貯蔵
ジャムニアア ー ジョ 国際工業 団地	APIX	・フェーズ1: 操業中 ・フェーズ2: 中国企業が 建設中	・フェーズ 1:13ha ・フェーズ 2:40ha	・売上高の50%を輸 出に充てること ・最低投資額1億 FCFA ・操業初年度に、工 業用建物100m ² あ たり5人を直接雇 用	・組立・梱包 ・アグリフード ・製菓 ・建築材料 ・ICT・デジタルエ コノミー ・電気・電子 ・物流 ・関連サービス

出典：共同企業体



出典：共同事業体

図 2-13 ダカール周辺の SEZ の立地状況

2-2-3. 天然ガスの開発・利活用の将来計画

セネガル政府が 2019 年に策定したガス M/P では、以下のような天然ガスの開発・利活用の将来計画を提示している。

- 雇用の創出、生活環境の向上、環境への悪影響の軽減

- 輸出増・輸入減により国内財政基盤の強化
- 電力コストの削減、農業等の国内需要の充足

これらの方針に対して表 2-5 に示すような分野の施策が想定されている。その中では尿素肥料・メタノールに係わる施策

も含まれ、構想上は 2040 年頃の運用開始とされている。

表 2-5 セネガル政府の天然ガス開発・利活用に係わる将来計画に含まれる施策一覧とその概要

No	案件	目標年	戦略	強み・機会	弱み・脅威
1	製油所	2025 年	国内石油需要の増加に対応 コートジボワール以外は石油製品の輸出が可能	新製油所の品質・生産量が期待できる 長年の製油所運営経験 石油製品の販売価格上昇 豊富な国内石油・天然ガス埋蔵量 国内および近隣諸国の成長市場	国内のインフラ整備の遅れ 石油生産が低規模、高コストになる恐れ 国内の石油製品の将来的な需要を賄えない 西アフリカの産油国（コートジボワール）・精製国の存在
2	オンショア LNG	2032 年	中国・南アジア・中南米・ヨーロッパ等、有望市場への輸出が期待できる	ガス需要の高まり・供給不足により市場参入可能性が高い 輸出に有利な立地条件 2022 年の GTA フェーズ 1 操業で得た LNG 開発の経験値 豊富なガス埋蔵量（ヤカールーテランガ）	現在既存の LNG プロジェクトがない ガス生産が低規模、高コストになる恐れ 新規プロジェクトが同時に LNG 市場に参入するリスク 国内のインフラ整備の遅れ
3	メタノール	2038 年	大量消費地であるアジア太平洋地域や中国等、有望市場への輸出が期待できる メタノールを利用した国内の化学工業の発展に貢献	豊富なガス埋蔵量（ヤカールーテランガ） メタノールの世界市場拡大 他国のメタノール生産者の競争力低下	ガス生産が低規模、高コストになる恐れ 輸出市場においてメタノール需要・価格が変動する恐れ 国内および周辺国の化学産業の未発展
4	アンモニア・尿素肥料	2038 年	国内の農業開発に貢献 肥料消費量の増加が見込まれる近隣諸国への輸出が期待できる	国内および周辺国における尿素需要の増加 農業発展のための主要な窒素肥料・尿素の最適な生産規模を有している	国内および周辺国における尿素市場の規模が小さく、未成熟 尿素の需要が予想より少ない可能性 ガス生産が低規模、高コストになる恐れ
5	リン酸肥料	2044 年	国内の農業開発に貢献	国内および近隣諸国における DAP/MAP の需要増加 リン酸肥料の汎用性の高さ	国内における DAP/MAP 市場の規模が小さく、未成熟 DAP/MAP の需要が予想より少ない可能性

出典：共同企業体

2-3. 関係機関

本プラント立地検討に当たり関係する機関の一覧を下記に示す。

表 2-6 本プラントの立地検討に係わる機関

管轄	名称	役割	関与度
経済特区・工業団地・民間投資	APIX（投資・大規模事業促進公社）	国内外企業の民間投資促進 ビジネス環境の改善・支援 市場調査、関係機関調整 大規模開発事業の促進・調整 投資事業の運営監理	△
	APROSI（産業用地整備促進公社）	政府工業開発促進支援（移転、製造技術、改善等） 工業団地開発支援（用地確保、基盤整備等） 人材育成、団地販売促進	×
	FONSIS（セネガル国営ファンド）	単独または共同投資家として、民間と連携した投資の促進 投資家を惹きつけるプロジェクトの開発 セネガル国内民間セクターの支援	×
港湾	PAD（ダカール港湾局）	港湾の管理・運営 港湾関連施設の運営・維持・動産・不動産の管理	○
	ANAM（国家海事局）	ダカール港・ンダヤン港以外の港湾の管理・運営	×
	SMP（セネガルミネラル港会社）	バーニー・センドゥ港計画・運営	○
天然ガス	MPE（石油エネルギー省）	炭化水素セクターの戦略策定 炭化水素の採掘・生産活動の推進・指導・規制・調整及び管理	○
	PETROSEN（セネガル国営石油公社）	炭化水素セクターの開発、研究、貯蔵、販売、流通、輸送 炭化水素関連産業の促進	◎ (C/P)
	SAR（アフリカ石油精製会社）	セネガル唯一の石油精製所を運営	×
	RGS（セネガルガスネットワーク）	ガスパイプライン運用 輸送のための交通網の充実	△
道路・交通	AGEROUTE（道路事業管理公社）	道路・橋梁に係る建設・維持管理	×
	CETUD（ダカール都市交通執行委員会）	ダカールの交通計画・公共交通・交通安全に係る計画策定と実施 国や自治体の要請に応じた公共交通に係わる技術的支援	×
電力	MPE（石油エネルギー省）	電力セクターの戦略策定 再生可能エネルギーの導入方針策定	○
	SENELEC（セネガル国営電力公社）	地方電化を除く発電、送電、配電の運営・維持管理	○
	ANER（再生可能エネルギー	再生可能エネルギーに係わる事業推進	△

管轄	名称	役割	関与度
	公社)	とその普及活動	
上水・下水	SONES (セネガル国営水道公社)	セネガル国内の水道施設の運営維持管理、新規投資 SDE に水道施設をリース SDE のサービス管理	△
	SDE (セネガル水道会社)	都市部の水道施設の運営維持管理	△
	ONAS (セネガル国営衛生公社)	全国の市街地の下水、雨水排水に係わる調査、計画、実施、維持管理	×
建設・都市計画	DUA (都市計画・建築局)	セネガル国の自治体の都市計画や宅地開発等の策定・更新における技術的指導や監理	×

出典：共同企業体

2-3-1. 経済特区・工業団地・民間投資

表 2-7 経済特区・工業団地に係わる機関

名称	役割	管轄事業
APIX (投資・大規模事業促進事業公社)	国内外企業の民間投資促進 ビジネス環境の改善・支援 市場調査、関係機関調整 大規模開発事業の促進・調整 投資事業の運営監理	ジャムニアージョ国際工業団地 DISEZ フェーズ 1 DISEZ フェーズ 2 バーニー・センドゥ港整備事業 (港湾およびプラント開発) ラック・ローズ地区整備事業 (リゾート開発とサイバーシティ都市開発) 旧空港のビジネスセンター開発 有料高速道路 (A1) 整備
APROSI (産業用地整備促進公社)	政府工業開発促進支援 (移転、製造技術、改善等) 工業団地開発支援 (用地確保、基盤整備等) 人材育成、団地販売促進	ジャムニアージョ地区開発 (一般工業、中小企業向け) ソディア工業団地 APIX 管轄の開発以外での工業用地開発
FONSIS (セネガル国営ファンド)	単独または共同投資家として、民間と連携した投資の促進 投資家を惹きつけるプロジェクトの開発 セネガル国内民間セクターの支援	バーニー・センドゥ港開発 ジャムニアージョ、ジガンショールでの SEZ 開発 ラック・ローズやジャムニアージョでの都市開発 天然ガス開発 オンショアガスパイプライン整備 太陽光発電所建設

出典：共同企業体

セネガル国の経済特区、工業団地の開発や運営は、主に APIX と APROSI の 2 主体が中心となり推進されている。具体的な役割分担としては、APIX が投資促進・大規模開発事業、APROSI が工業セクター誘致と APIX 管轄の開発事業以外での工業用地開発事業を担当している。

1) APIX（投資・大規模事業促進事業公社）

APIX は国内外からの投資や大型プロジェクトの推進・誘致を行う機関であり、MPIP 管轄の機関である。投資手続のワンストップサービスを提供しており、具体的には国内外投資家への手続支援、起業コンサルティング等を実施している。

APIX の組織としての重点政策課題は農業・農工業、基盤整備事業（道路、エネルギー）である。近年の大型プロジェクトとしては、ジャムニアージョ国際工業団地、DISEZ 等の開発・運用を行っており、経済特区内において本プラントを開発する場合、具体の投資手続きについては本機関がワンストップセンターとなり対応を行う。

2) APROSI（産業用地整備促進公社）

APROSI はセネガル国の工業セクターに対する国内外の民間投資を促進する機関である。具体的には、用地確保、土地管理、リース・売却等のサービスを提供している。これまでに、ソディア（ダカール）、ソディス（ティエス）、ソディカ（カオラック）、ソディサ（サン・ルイ）、ソディジ（ジガンショール）等、国内各地の工業団地を複数開発している。

APIX 管轄以外の工業団地の開発・運用は本機関の管轄であることから、本プラントの立地を工業団地にて検討する場合、用地確保や立地手続きに際しては本機関より支援を受けることになると考えられる。

3) FONSI（セネガル国営ファンド）

FONSI はセネガル政府がほぼ全ての株式を所有する国営ファンドである。公共と民間の連携促進による投資促進、FONSI 自身による投資家としてのプロジェクト参画、投資家にとって魅力あるプロジェクトの開発を実施している。天然ガス開発をはじめ、SEZ 開発や発電所建設等、セネガル国内の多くの大規模事業のファンディングにおいて関与している。

2-3-2. 港湾

表 2-8 港湾に係わる機関

名称	役割	管轄事業
PAD（ダカール港湾局）	港湾の管理・運営 港湾関連施設の運営・維持・動産・不動産の管理	ダカール港コンテナターミナル拡張 ダカール港第3埠頭改修・拡張 ンダヤン港開発
ANAM（国家海事局）	ダカール港・ンダヤン港以外の港湾の管理・運営	カオラック港補修事業
SMP（セネガルミネラル港会社）	バーニー・センドゥ港計画・運営	バーニー・センドゥ港開発

出典：共同企業体

1) PAD（ダカール港湾局）

PAD はダカールとその周辺地域にて港湾の管理・運営を担う国営企業である。ダカール

港及びその付属施設の運営、維持、動産・不動産の管理、施設の改良・拡張工事の実施等を行っている。近年は、ダカール港の貨物需要量の増加、それに対応する同港のキャパシティ不足に対応するため、ティエス州のンダヤン港（ダカール新港）の開発を計画している。

特にンダヤン港の後背地には SEZ が計画されており、PAD もその開発・運用に深く関与する見込みである。本 SEZ は 2016 年都市計画 M/P においてダガ・コルパ地区として詳細都市計画の策定が行われているほか、APIX も DISEZ のフェーズ 2 としての開発を企図している状況である。そのため、本プラントの立地を本用地において検討するうえで、最新の土地利用計画、操業までのスケジュール、各機関の所掌範囲を把握する必要があると考えられる。

2) ANAM（国家海事局）

ANAM はダカール港、ンダヤン港以外のセネガル国内港湾の管理・運営を担う行政機関である。本機関の主な推進プロジェクトとして、バーニー・センドゥ港や内陸のカオラック港等の計画・開発が挙げられる。

3) SMP（セネガルミネラル港会社）

SMP はバーニー・センドゥ港開発プロジェクト実施のためにエネルギー鉱山産業省（MoEMI）ら設立した特別目的会社である。バーニー・センドゥ港では既に栈橋が完成しており、2022 年末の操業開始を予定している。具体的には、石炭や鉄鉱石、石油やガス等の炭化水素原料、尿素やカリウム等の肥料の取り扱いを見込み、ドライポートを併設する見込みである。

2-3-3. 天然ガス

表 2-9 天然ガスに係わる機関

名称	役割	管轄事業
MPE（石油エネルギー省）	炭化水素セクターの戦略策定 炭化水素の採掘・生産活動の推進・指導・規制・調整及び管理	SENELEC や PETROSEN 等の国営公社のプロジェクト全般
PETROSEN（セネガル国営石油公社）	炭化水素セクターの開発、研究、貯蔵、販売、流通、輸送 炭化水素関連産業の促進	サンゴマール石油開発（随伴ガス産出） GTA ガス開発 ヤカールーテランガス開発 ガスパイプライン開発・運用プロジェクト
SAR（アフリカ石油精製会社）	セネガル唯一の石油精製所を運営	公開情報からは確認できない
RGS（セネガルガスネットワーク）	ガスパイプライン運用 輸送のための交通網の充実	ガスパイプライン開発・運用プロジェクト

出典：共同企業体

1) MPE（石油エネルギー省）

セネガル国内の炭化水素セクター、電力セクターの上記計画の策定・発布を行う省庁である。実行機関として PETROSEN、SAR、SENELEC、ANER 等を持つ。

2) PETROSEN（セネガル国営石油公社）

セネガル国の国営石油会社で、国の石油・ガス政策の実施機関である。炭化水素資源の促進、研究、開発、精製、貯蔵、販売、流通、石油製品の輸送、および関連する産業活動を行っている。現在 PETROSEN は、PETROSEN E&P (Exploration and Production) と PETROSEN T&S (Trading and Services) の 2 つの子会社を持つ、持株会社である。これら 2 つの小会社で炭化水素資源サプライチェーンの上流から下流までを担当しており、具体的には、PETROSEN E&P は炭化水素の開発や精製等の上流と中流を、PETROSEN T&S は取引や関連サービス等の下流を担当している。

本プラントについては、天然ガスの利活用先として非常に高い関心を持っていることから、ガス田開発の最新スケジュール、供給量、供給方法、料金等について、詳細なヒアリングを実施するとともに候補地検討において考慮する必要がある。

3) SAR（アフリカ石油精製会社）

PETROSEN が主要株主となっている国営企業である。セネガル国唯一の石油精製所を運営しており、石油精製と国内流通の責務を担っている。

4) RGS（セネガルガスネットワーク）

セネガルにおけるガスパイプラインの整備・運用を行うために、PETROSEN、SENELEC、FONSIS の共同出資により設立された法人である。ガスパイプラインの最新の整備状況・将来計画については、本機関より情報提供を受けることが必要であると考えられる。

2-3-4. 道路・交通

表 2-10 道路・交通に係わる機関

名称	役割	管轄事業
AGERROUTE (道路事業管理公社)	道路・橋梁に係る建設・維持管理	VDN2、VDN3 等国道の整備 有料高速道路 (A1) 整備
CETUD (ダカール都市交通執行委員会)	ダカールの交通計画・公共交通・交通安全に係る計画策定と実施 国や自治体の要請に応じた公共交通に係わる技術的支援	BRT のパイロット事業計画・入札 バスと鉄道の連携強化事業

出典：共同企業体

1) AGERROUTE（道路事業管理公社）

インフラ・陸上運輸・交通整備省 (MITTD) 下に位置する道路・橋梁の建設・維持管理を実施する専門機関である。国道の整備の他、近年ではダカール市内とブレーズ・ジャーニ

ユ国際空港を結ぶ有料道路の建設・運用にも関わっている（実施機関はAPIX）。

国道・高速道路の建設状況、整備計画、新規道路の整備可否は本プラントへのアクセス導線を検討するうえで重要であることから、本機関による道路整備計画や建設の実態を踏まえた検討が必要である。

2) CETUD（ダカール都市交通執行委員会）

CETUD は世界銀行の支援によって設立された公共交通や交通安全に係わる計画策定・実施を行う専門機関である。具体的には、主にダカール州の交通路線の調査、計画、入札、運用等のほか、異なる交通モードの連携推進や公共交通のサービスレベル向上等も実施しており、国や自治体の要請に応じた公共交通に係わる技術的支援も実施している。

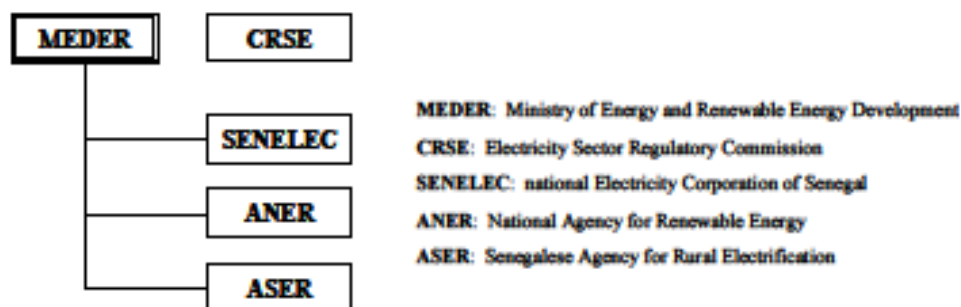
本プラントの立地に当たっては、交通の連結性の観点より本機関が助言を行う可能性が考えられるが、特段の要請を行わない限り、関与度は高くないと予測される。

2-3-5. 電力

表 2-11 電気・通信に係わる機関

名称	役割	管轄事業
MPE（石油エネルギー省）	電力セクターの戦略策定 再生可能エネルギーの導入方針策定	SENELEC や PETROSEN 等の国営公社のプロジェクト全般
SENELEC（国営電力公社）	地方電化を除く発電、送電、配電の運営・維持管理	ダカール市配電強化事業 225kV 送電線新設・拡張事業 センドゥ発電所 ジャッス太陽光発電所 ティアバージャイ風力発電所
ANER（再生可能エネルギー公社）	再生可能エネルギーに係わる事業推進とその普及活動	ジャッス太陽光発電所 ティアバージャイ風力発電所

出典：共同企業体



出典：SENELEC

図 2-14 電気・通信に係わる機関の組織図

1) MPE（石油エネルギー省）

セネガル国内の炭化水素セクター、電力セクターの上記計画の策定・発布を行う省庁であ

る。実行機関として PETROSEN、SAR、SENELEC、ANER 等を持つ。

2) SENELEC（国営電力公社）

SENELEC は、地方電化を除いた全国規模で発電・送電・配電事業及び維持管理を担当する国営公社である。APIX 運営の DISEZ や APROSI 運営の工業団地では、電力を SENELEC のメイングリッドから受電していることから、本プラントの電力供給についての実現性を供給可能量や供給電圧の面から検討する必要があると考えられる。

SENELEC は、将来的にセネガル国の電気需要の 40%を供給することを目的とし、AfDB を主とする機関の融資を受けて、本プラントの候補地の一つとなっているセンドゥに 125MW 級のセンドゥ石炭火力発電所を建設した。センドゥ火力発電所は 2019 年に竣工したが、周辺住民と NGO による抗議行動、またその他理由により稼働ができない状況にある。現在、より低環境負荷のガス火力発電所への転換が予定されている。

3) ANER（再生可能エネルギー公社）

ANER は、再生可能エネルギーの普及を目的に 2013 年に設立された機関である。具体的な再生可能エネルギー関連プロジェクトの推進や啓発活動などを行っている。近年、セネガル政府は脱炭素への活動を活発化させている。中でも太陽光発電を最重要視しており、本機関のプレゼンスは高い。具体の案件として、2022 年に DISEZ フェーズ 2 の敷地内に西アフリカ最大となる 23MW 級のジャッス太陽光発電所がドイツの支援を受け建設されているほか、2020 年には西アフリカ最大の 158MW 級の風力発電所がダカール北方に建設されている。これらより、本プラントの立地を考慮するうえで再生可能エネルギーの利活用方針について検討するうえで、本機関より助言を受ける可能性が考えられる。



発電所ソーラーパネル



変電所

出典：共同企業体

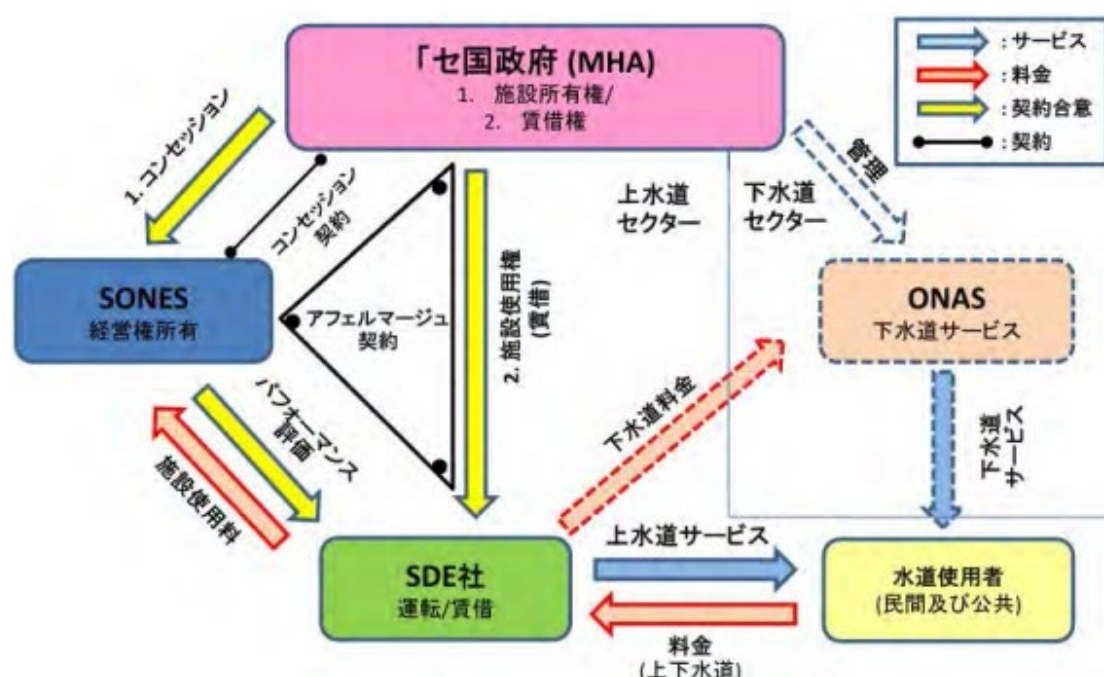
図 2-15 ジャッス太陽光発電所

2-3-6. 上水・下水・排水

表 2-12 上水・下水・排水に係わる機関

名称	役割	管轄事業
SONES（セネガル国営水道公社）	セネガル国内の水道施設の運営維持管理、新規投資 SDE に水道施設をリース SDE のサービス管理	運用には関与しない
SDE（セネガル水道会社）	都市部の水道施設の運営維持管理	公開情報からは確認できない
ONAS（セネガル国営衛生公社）	全国の市街地の下水、雨水排水に係わる調査、計画、実施、維持管理	下水・排水 M/P の策定（EU 支援）

出典：共同企業体



出典：JICA、「セネガル共和国ダカール都市給水情報収集・確認調査」

図 2-16 上水・下水・排水に係わる機関の組織図

ダカール州の都市水道の水源は表流水と地下水で構成されており 80%以上を占める表流水についてはダカールより北方に 250km 程度離れたギエール湖より取水している。また、これら都市水道は 1996 年以降、PPP 方式で運営されている。具体的には、SONES が MHA とのコンセッション契約を締結し、SONES はさらに水道施設を SDE にリースして水道の運営維持管理を委託している。

1) SONES（セネガル国営水道公社）

SONES はセネガル国内の上水供給を担う機関である。MHA とのコンセッション契約に基づき、民間事業者である SDE に水道施設をリースし、その維持管理を委託・監督している。ただし、SONES の主たる役割は 1996 年以降 SDE の監督であったため、都市水道施設の運営維持管理に関する技術は全く蓄積されていないことから、本プラント立地に際す

る検討の際の関与度は低いと考えられる。

2) SDE (セネガル水道会社)

SDE は SONES とのリース契約に基づき、実際の都市水道施設の運営維持管理を行う民間事業者である。本プラントの立地検討に当たっては、本機関から供給可能量や料金、上水水質基準等についての情報提供を受けたうえで、既存の上水を使用する場合と本プラント事業者自身による取水・浄水施設や淡水化施設の建設・運用を行う場合で、比較・検討を行う必要がある。

3) ONAS (セネガル国営衛生公社)

ONAS は、全国の汚水・雨水排水に係わる調査、計画、実施、維持管理を担う国営公社である。具体的には、管轄である水利・衛生省に代わって下水道、下水処理場、ポンプ場等の整備・運営維持管理を実施している。

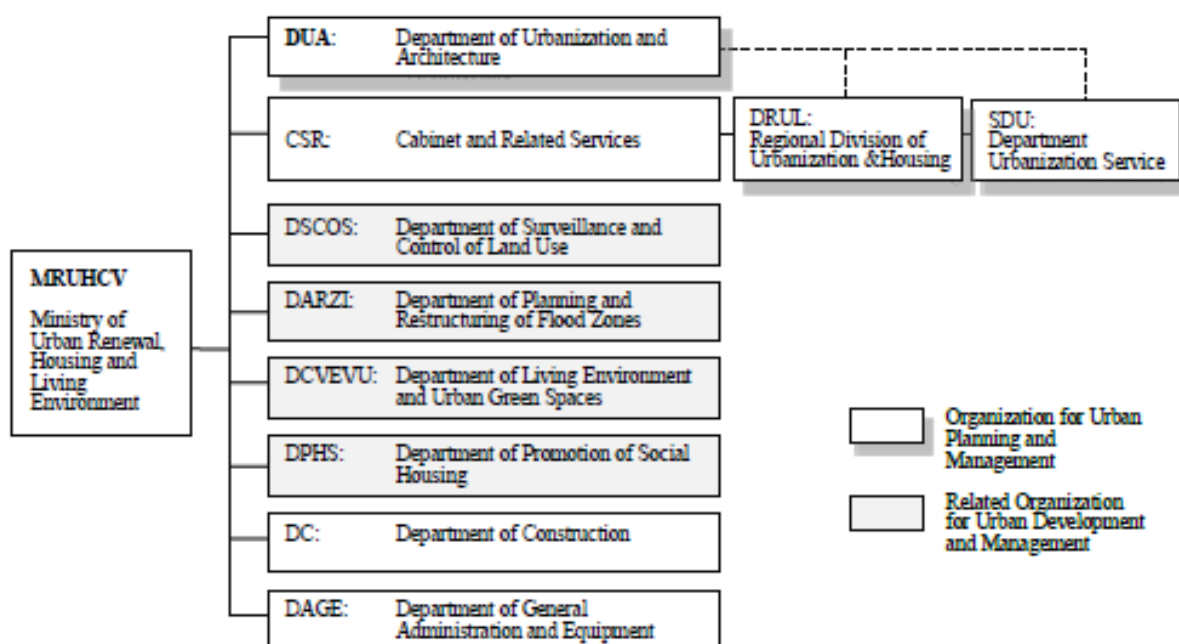
本プラントの立地検討に当たっては、本機関から外部排水基準や使用可能な既存下水処理場等について情報提供を受けたうえで、既存の下水処理施設を使用する場合と本プラント事業者自身による浄水施設の建設・運用を行う場合で、比較・検討を行う必要がある。

2-3-7. 建設・都市計画

表 2-13 建設・都市開発に係わる機関

名称	役割	管轄事業
DUA (都市計画・建築局)	自治体の都市計画・宅地開発計画等の策定・更新に係わる技術指導・監理 大型開発・高層建築を含む計画認可・建築許可	ダガ・ホルバ地区詳細都市計画 (別称: DISEZ フェーズ 2)、ンダヤン港 (JICA 支援) ジャムニアージョーラック・ローズ開発 旧空港開発計画

出典：共同企業体



出典：JICA、「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」

図 2-17 都市計画・建築等に係わる機関の組織図

1) DUA（都市計画・建築局）

DUA はセネガル国の自治体の都市計画や宅地開発等の策定・更新における技術的指導や監理を所掌する機関であり、都市再生・住環境省下に位置する。2014 年から 2016 年にかけて、JICA が「ダカール首都圏開発 M/P 策定プロジェクト」において DUA のキャンペーン・ビルディングを実施しており、その中では、DISEZ に当たるダガ・コルパ地区の詳細都市計画策定を実施している。

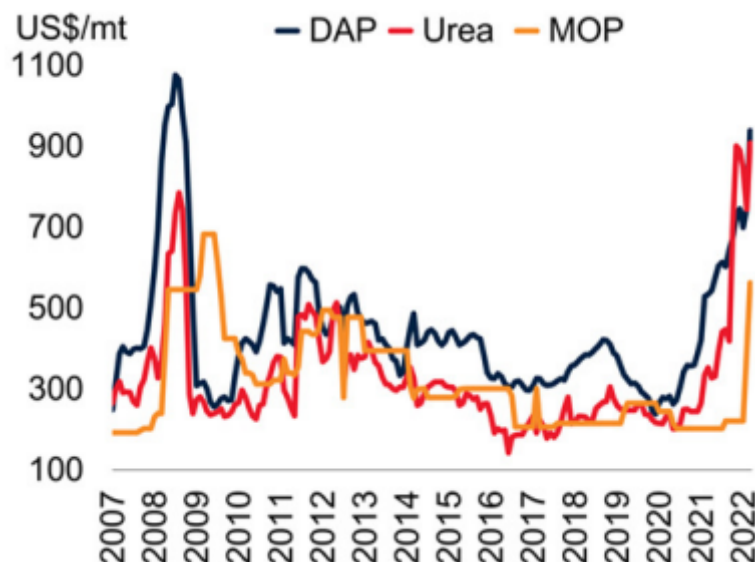
本プラントの立地検討においては、DISEZ フェーズ 2 を対象とする場合、詳細都市計画における土地利用計画、開発スケジュール、インフラ需要予測、実施体制等を参照しつつ、それらと本プラントの開発が整合性を担保できるような調整が必要となる。その際、計画において不明瞭な点がある場合等において、DUA に対し本プラントの立地可能性について詳細都市計画との整合性の観点より意見を求める必要があると考えられる。

第3章 尿素・メタノール・アンモニアの市場性検討

3-1. 世界全体の尿素肥料の市場動向

3-1-1. 価格

世界銀行の肥料価格指数は、2022年第1四半期に過去最高の水準に達し、2008年の世界食糧危機時のピークを上回る水準となった。尿素肥料の国際市場価格も2020年より上昇を続け、図3-1に示す通り、2022年に900US\$/トンに達した。世界銀行によると、2023年には尿素肥料の国際市場価格の上昇は緩和され、2024年には850US\$/トンにまで下落する見込みだが、今後も一定の高水準は保つと予想されている。



注：DAP：リン酸二アンモニウム、Urea：尿素、MOP：塩化カリウム

出典：World Bank, Commodity Markets Outlook April 2022

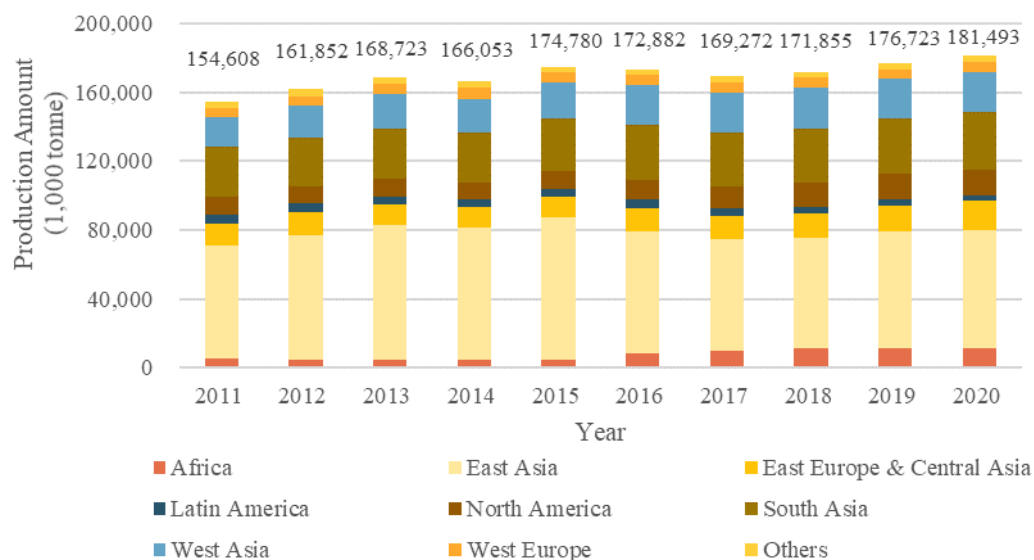
図 3-1 全世界的な肥料販売価格の推移（2007年－2022年）

3-1-2. 生産量および消費量

尿素肥料の生産量および消費量を図3-2および図3-3に示す。世界全体の生産量は、2011年以降、上昇傾向にあり、2015年に170,000千トンを超え、2020年には180,000千トンに達した。主要な生産地域は、東アジア地域、南アジア地域、西アジア地域であり、国際肥料協会（以下、IFAという）によると、主要生産国は、中国、ロシア、アメリカ、インドの4カ国である。2020年におけるアフリカ地域の生産量は、世界全体の6%程度であるが、2011年から2020年の10年間で121%増加している。

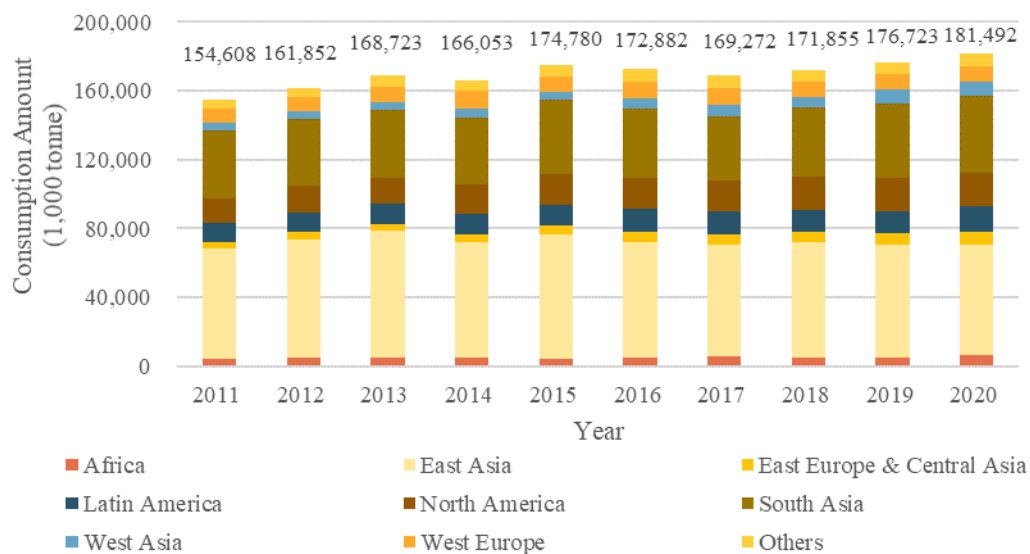
消費量についても、生産量同様、2011年以降、上昇傾向にあり、2020年には180,000千トンに達した。主要な消費地域としては、東アジア地域、南アジア地域、北米地域であり、IFAによると、主要消費国は、中国、インド、アメリカ、ブラジルとなっている。2020年

におけるアフリカ地域の消費量は、世界全体の3%程度であるが、2011年から2020年の10年間で59%増加しており、世界全体の消費量の増加率（17%）を上回っている。



出典：国際肥料協会（IFA）統計データを基に調査団作成

図 3-2 世界全体および地域別の尿素肥料の生産量の推移



出典：国際肥料協会（IFA）統計データを基に共同企業体作成

図 3-3 世界全体および地域別の尿素肥料の消費量の推移

3-1-3. 輸出入量

2019 年における各地域の尿素肥料の輸出入量およびその差異を表 3-1 に示す。

表 3-1 2019 年における各地域の尿素肥料の輸出入状況

地域	輸出量 (1,000 トン)	輸入量 (1,000 トン)	差異 (輸出量－輸入量) (1,000 トン)
アフリカ	8,402	2,724	5,678
東アジア	8,359	5,441	2,918
東ヨーロッパ・中央アジア	9,012	728	8,284
ラテンアメリカ	1,097	10,760	－9,663
北米	1,428	5,411	－3,983
南アジア	0	11,637	－11,637
西アジア	17,703	2,591	15,112
西ヨーロッパ	1,911	5,028	－3,117
その他地域	843	4,437	－3,594

出典：国際肥料協会（IFA）統計データを基に共同企業体作成

西アジア地域および東ヨーロッパ・中央アジア地域が、主要な尿素肥料の輸出地域である一方、南アジア地域およびラテンアメリカが、主要な輸入地域となっている。IFA によると、2019 年の主要な尿素肥料の輸出国は、ロシア、カタール、中国、エジプトの 4 か国であり、世界全体の尿素肥料の輸出量の 45%をこれらの国が占めている¹。アフリカ地域は、尿素肥料の輸出地域となっているが、2011 年と比べ、生産量および消費量の増加に加え、輸入量も 58%増加しており、域内で生産した尿素肥料は域内に十分に流通せず、一部のアフリカ諸国は、域外から輸入していることが分かる。

3-2. 主要消費国の尿素肥料の市場動向

3-2-1. 生産量、消費量および輸出入量

前述した尿素肥料の主要消費国である中国、インド、アメリカ、およびブラジルにおける尿素肥料の生産量、消費量、輸出入量を表 3-2 に示す。

表 3-2 2019 年における主要消費国の尿素肥料の生産量、消費量および輸出入量

国	生産量 (1,000 トン)	消費量 (1,000 トン)	輸出量 (1,000 トン)	輸入量 (1,000 トン)
中国	-*1	-*1	4,944	181
インド	24,455	33,695	0	11,196
アメリカ	6,132	6,288	534	4,833
ブラジル	434	6,007	13	5,586

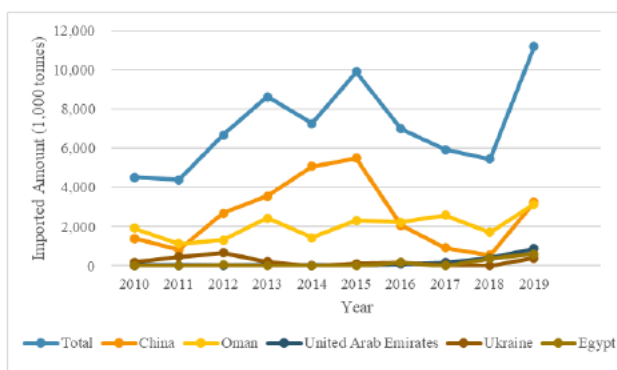
注*1：FAOSTAT にてデータ欠損

出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

中国は、他 3 カ国と比較し、輸入量が少ないため、自国で生産した尿素肥料でほぼ消費量を満たしていると推察される。一方、インド、アメリカ、およびブラジルは、自国で生産しつつも、不足分を輸入している。インド、アメリカ、およびブラジルの尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国を、それぞれ図 3-4、図 3-5、および図 3-6 に示す。インドでは、

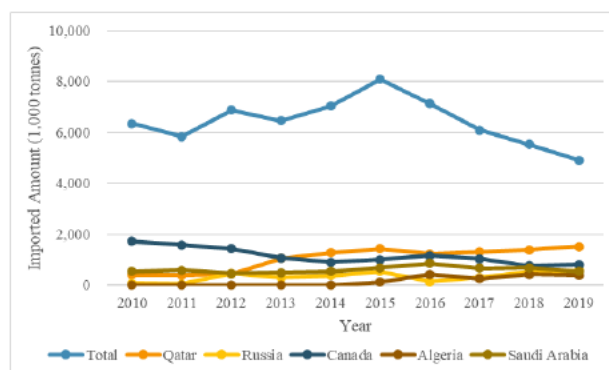
¹ An Introduction to Fertilizer Production and Trade (IFA, 2019)

2015 年以降、尿素肥料の輸入量は、減少傾向にあったが、2019 年に過去最高の 11,000 千トンに達した。輸入相手国は、中国およびオマーンが全体輸入量の 50%を占めており、この 2 ヶ国の占める割合が大きい。アメリカでは、2015 年以降、輸入量は減少傾向にある。輸入相手国は、カタールおよびカナダ等に分散している。ブラジルでは、2015 年以降、輸入量は増加傾向にあり、カタール、ロシア、アルジェリアから輸入を行っている。



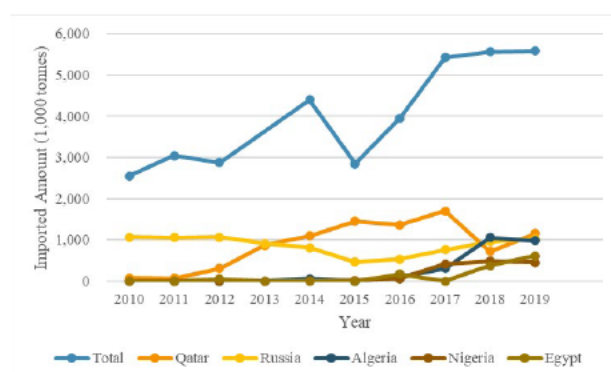
出典：Trade Map を基に共同企業体作成

図 3-4 インドにおける尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国



出典：Trade Map を基に共同企業体作成

図 3-5 アメリカにおける尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国



出典：Trade Map を基に共同企業体作成

図 3-6 ブラジルにおける尿素肥料の輸入量の推移と主要な輸入相手国

3-2-2. 尿素肥料生産にかかる政策の動向

上述した主要消費国の内、尿素肥料の輸入を行うインド、アメリカおよびブラジルは、新型コロナウイルス（COVID-19）感染拡大とウクライナ情勢によるサプライチェーンの混乱を受け、表 3-3 に示す通り、尿素肥料の自国生産強化を掲げている。

表 3-3 インド、アメリカおよびブラジルの尿素肥料生産にかかる政策の動向

国	政策動向
インド	インド政府は、尿素肥料の自国での生産を強化するため、閉鎖された尿素肥料工場の再生に向け、54 億米ドルを投資し、年間 6,300 千トンの増強を図る。
アメリカ	アメリカ政府は、尿素肥料を含む化学肥料の輸出依存を脱却するため、0.25 億米ドルを投資し、アメリカの国内企業による持続可能な肥料生産の促進を図る。
ブラジル	ブラジル政府は、2022 年に尿素肥料戦略を策定した。本戦略では、2050 年までに窒素肥料の生産容量を 2,800 千トンまで増強するとともに、輸入依存度を 45%までに減少

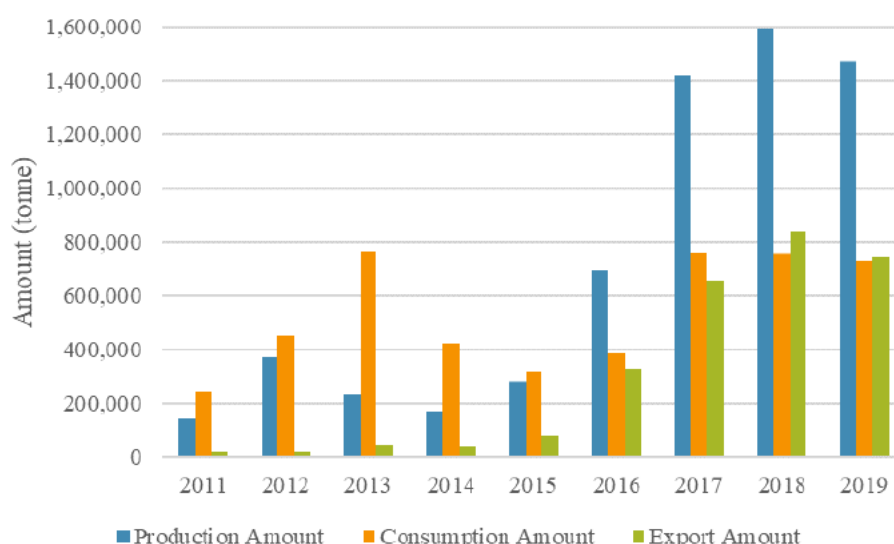
国	政策動向
	することを掲げている。

出典：共同企業体作成

3-3. 近隣諸国における尿素肥料の市場動向

3-3-1. 生産量、消費量および輸出入量

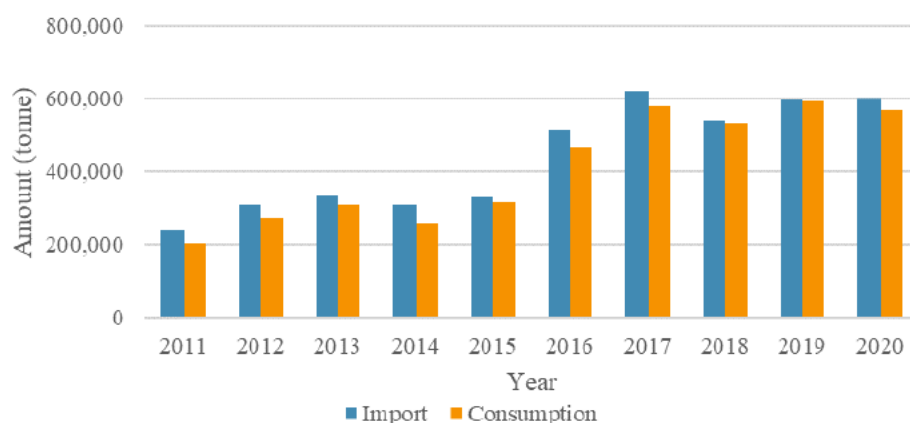
セネガル近隣の西アフリカ諸国（ナイジェリア、ベナン、ブルキナファソ、コートジボワール、ガーナ、マリ、ニジェール、トーゴ）（以下、西アフリカ諸国という）の内、ナイジェリアは自国で尿素肥料を生産し、輸出を行う。2017 年以降は、尿素肥料の輸入を行っていない。ナイジェリアにおける尿素肥料の生産量、消費量および輸出入量を図 3-7 に示す。2014 年以降、尿素肥料の生産量は増加傾向にあり、2017 年以降は、1,400 千トンから 1,600 千トンを生産している。同期間に消費量および輸出入量は、それぞれ 600 千トンから 800 千トンで推移している。このことから、自国で生産した尿素肥料で国内の消費量を満たすとともに、余剰分の輸出を行っていることが分かる。



出典：AfricaFertilizer.org (<https://africafertilizer.org/>) 統計データを基に共同企業体作成

図 3-7 ナイジェリアにおける尿素肥料の生産量、消費量および輸出入量

ナイジェリアおよびセネガル国を除く西アフリカ諸国は、自国で尿素肥料を生産していないため、輸入を行う。図 3-8 は、ナイジェリアおよびセネガル国を除く西アフリカ諸国（ベナン、ブルキナファソ、コートジボワール、ガーナ、マリ、ニジェール、トーゴ）における尿素肥料の輸入量および消費量を示す。輸入量および消費量ともに増加傾向にあり、2020 年には、輸入量および消費量は、600 千トンにせまっている。



注：2011 年～2014 年のベナン・ニジェール・トーゴの輸入量および消費量にかかるデータは欠損であったため、本期間には、これら国のデータを含んでいない。

出典：WEST AFRICA FERTILIZER BUSINESS INFORMATION guide 2022
Edition を基に共同企業体作成

図 3-8 ナイジェリアおよびセネガル国を除く西アフリカ諸国における 2011 年から 2020 年における尿素肥料の輸入量および消費量

上述したセネガル近隣諸国における 2019 年の尿素肥料の主要な輸入相手国を表 3-4 に示す。各国とも、ロシアまたはナイジェリアが、尿素肥料の主要な輸入相手国となっている。

表 3-4 2019 年におけるセネガル近隣諸国の尿素肥料の主要な輸入相手国

国	尿素肥料の主要な輸入相手国 ^{*1}
ベナン	ナイジェリア (95%)
ブルキナファソ	ロシア (68%)、モロッコ (25%)
コートジボワール	ロシア (73%)
ガーナ	ロシア (28%)、ラトビア (24%)、ナイジェリア (11%)、フィンランド (11%)
マリ	ロシア (46%)、ナイジェリア (21%)、アルジェリア (10%)、フィンランド (10%)
ニジェール	ナイジェリア (100%)
トーゴ	エスワティニ (59%)、ナイジェリア (27%)

注*1：全輸入量の 10%以上を占める国を主要輸入相手国とした。

出典：Trade Map を基に共同企業体作成

3-3-2. ナイジェリアにおける生産概況と輸出概況

上述の通り、セネガル近隣諸国の内、ナイジェリアが尿素肥料を生産する唯一の国である。ナイジェリアでは、表 3-5 に示す通り、計 3 基の尿素肥料プラントが整備されている。2021 年から新たに 1 基の大規模プラントが稼働を開始したため、今後、図 3-7 に示した生産量より更に増加することが予想される。

表 3-5 ナイジェリアにおける尿素肥料プラントの概要

No.	運営会社	所在地	操業開始年	尿素肥料生産容量 (トン/日)
1	Notore Chemical Industries Plc	オン	1988 年	1,500
2	Indorama Eleme Fertilizers & Chemicals Ltd	ポートハーコート	2016 年	4,000
3	Dangote Fertilizer Ltd	ラゴス	2021 年	9,000

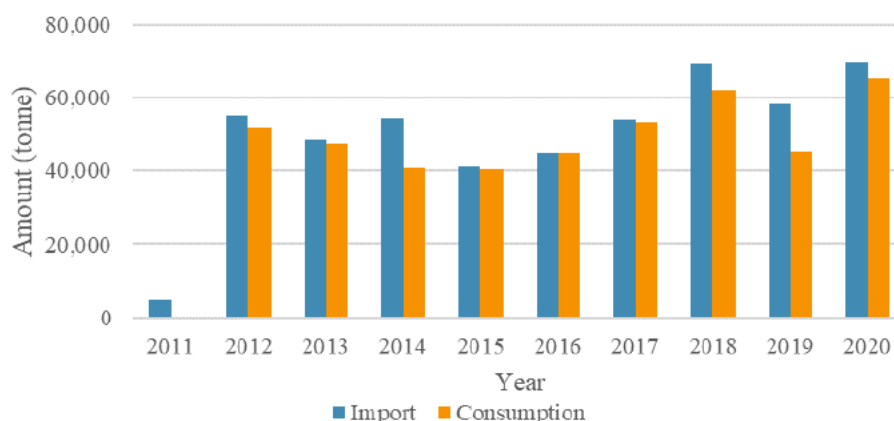
出典：各運営会社の Web ページを基に共同企業体作成

2019 年におけるナイジェリアの尿素肥料の主要な輸出先は、ブラジルおよびナイジェリア近隣の西アフリカ諸国（ベナン、コートジボワール、ガーナ、セネガル、トーゴ）であり、それぞれ全輸出量の 67%および 21%を占めている²。このことから、ナイジェリアにとって、ブラジルおよび近隣の西アフリカ諸国は、重要な市場であることが分かる。

3-4. セネガル国における尿素肥料の市場動向および流通概況

3-4-1. 生産量、消費量および輸出入量

セネガル国は、尿素肥料を自国で生産していないため、全量を輸入している。輸入した尿素肥料の一部をマリ等の内陸国へ輸出している事例がある。図 3-9 に 2011 年から 2020 年の尿素肥料の輸入量および消費量を示す。輸入量および消費量ともに増加傾向にあり、2020 年には輸入量および消費量が 65 千トンに達した。2019 年の主要な輸入相手国は、ナイジェリアおよびロシアであり、それぞれ全輸入量の 52%および 25%を占めている³。



注：出典元の資料では、2011 年の消費量が欠損していた。

出典：WEST AFRICA FERTILIZER BUSINESS INFORMATION guide 2022

Edition を基に共同企業体作成

図 3-9 セネガル国における 2011 年から 2020 年における尿素肥料の輸入量および消費量

² Trade Map

³ Trade Map

3-4-2. 作物別の推奨尿素使用量と尿素使用状況

セネガル国で栽培される主要作物の内、セネガル農業研究所や農業農村施設・食料安全省（以下、MAERSA という）が尿素肥料の使用を推奨する作物として、表 3-6 に示す通り、イネ（水稻、陸稲）、野菜、ミレット、メイズ、ソルガムが挙げられる。これら作物の内、天水地域で主に自家消費目的として栽培される陸稲、ミレット、メイズ、およびソルガムでは、尿素肥料の施与は限定的である一方、換金作物として栽培される水稻および野菜には、尿素肥料が施与されている。特に、水稻における追肥としての尿素肥料の施与は、収穫量を確保するためには、欠かせない。

表 3-6 尿素肥料の使用が推奨される作物と推奨使用量

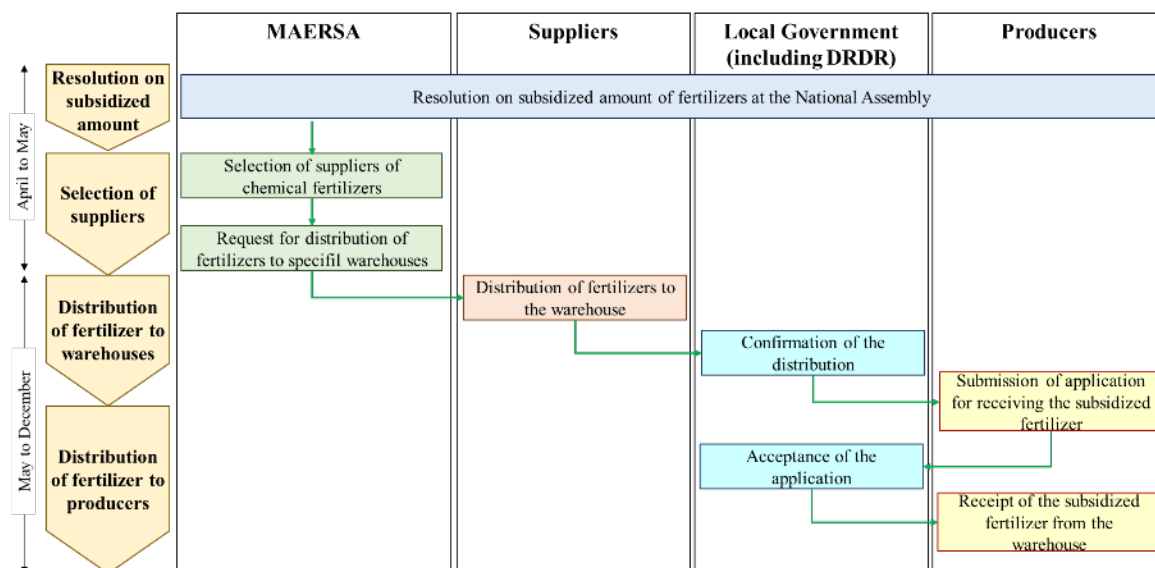
作物	尿素使用量 (kg/ha)
水稻	300
陸稲	200
野菜	100
ミレット	100
メイズ	200
ソルガム	100

出典：MAERSA 農業局への聞き取り結果を基に共同企業体作成

セネガル北部のセネガル川流域は、灌漑施設が整備されており、国内有数のコメ生産拠点である。乾季作（2月～8月）を中心に、一部の灌漑地区では乾季作と雨季作（8月～12月）の二期作も行われ、年間で約 70,000 ha の水稻が作付けされている。乾季作においては、分けつ初期である 3 月下旬頃に第 1 回追肥として、幼すい形成期である 4 月下旬頃に第 2 回追肥として、尿素肥料の施与が推奨されている。しかし、後述する尿素肥料の流通概況の通り、所定倉庫に尿素肥料が納入される時期が 5 月以降となるため、適期に補助金付きの尿素肥料を入手できず、イネの生育期間に沿った尿素肥料の施与が難しい状況となっている。

3-4-3. 輸入肥料の流通概況

尿素肥料を含む海外から輸入される化学肥料の補助金配賦から生産者へ配賦されるまでの流れを図 3-10 に示す。4 月に国会にて化学肥料の補助金額が決議され、その結果を基に、MAERSA が、サプライヤーを選定の上、各サプライヤーに輸入量を割り当てる。サプライヤーは、割り当てられた量を基に、5 月から調達を行い、MAERSA から指定された倉庫へ肥料を納入する。MAERSA の地方機関である州農村開発局（DRDR）および県事務所（SDDR）は、サプライヤーによる肥料納入状況のモニタリングと生産者による補助金付き化学肥料の受け取りにかかる承認手続きを行う。



出典：MAERSA 農業局への聞き取りを基に共同企業体作成

図 3-10 セネガル国における補助金付きの化学肥料の流通システム

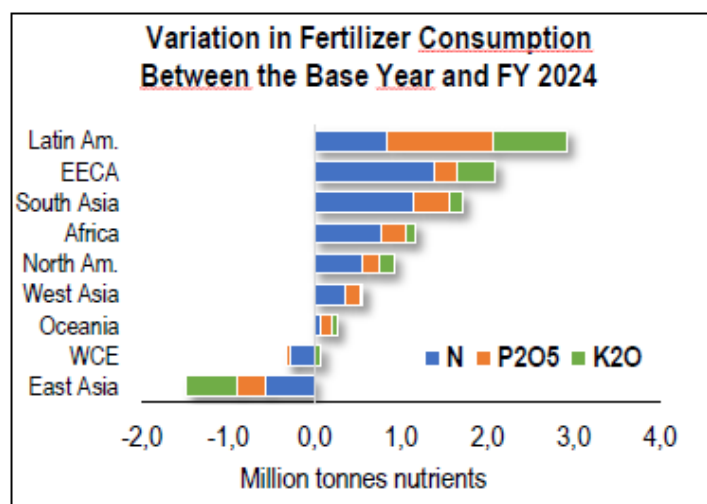
MAERSA 農業局によると、セネガル国における化学肥料の主要サプライヤーは、① Sahélienne d'Entreprise de Distribution en Agro Business、②GPEC、③Transfert Africa、④Fertagroupe の 4 社である。

2022 年 4 月に決議された化学肥料の補助割合は、サプライヤー調達価格の 50%となっており、生産者は、補助金付きの尿素肥料を 636 US\$/トン⁴ (375,000 FCFA/トン) で購入することができる。この価格は、2022 年 4 月時点の国際市場価格と比べ、約 70%となっている。

3-5. 世界全体の尿素肥料の需要予測

IFA によると、世界全体の化学肥料の使用量は、2024 年までに年平均 0.7%増加すると予想されている。2017 年～2019 年の 3 年間平均と比較し、増加率が高い地域は、ラテンアメリカ地域、東ヨーロッパ・中央アジア地域、南アジア地域、およびアフリカ地域である（図 3-11 参照）。

⁴ 国際協力機構 業務実施契約、業務委託契約における外貨換算レート 2022 年 4 月（1 US\$ = 588.952 FCFA）を基に算出した。



注*1: EECA: 東ヨーロッパおよび中央アジア地域、WCE:

西ヨーロッパおよび東ヨーロッパ

注*2: N: 窒素成分消費量、P2O5: リン成分消費量、K2O:

カリウム成分消費量

出典: Fertilizer Outlook 2020-2024 (IFA, 2020)

図 3-11 2017 年～2019 年の 3 年間と比較した 2024 年の化学肥料の使用増加量

Fertilizer Outlook 2020-2024 (IFA, 2020) によると、尿素肥料の需要量についても、東アジア地域を除き、ほぼすべての地域で増加すると予想されている。特に、ラテンアメリカ地域とアフリカ地域では、尿素肥料の需要量が大幅に増加するとされている。更に、ラテンアメリカ地域では、尿素肥料の生産容量の低下に伴い、輸入量も大幅に増加する。

3-6. セネガル国および近隣諸国における尿素肥料の需要予測

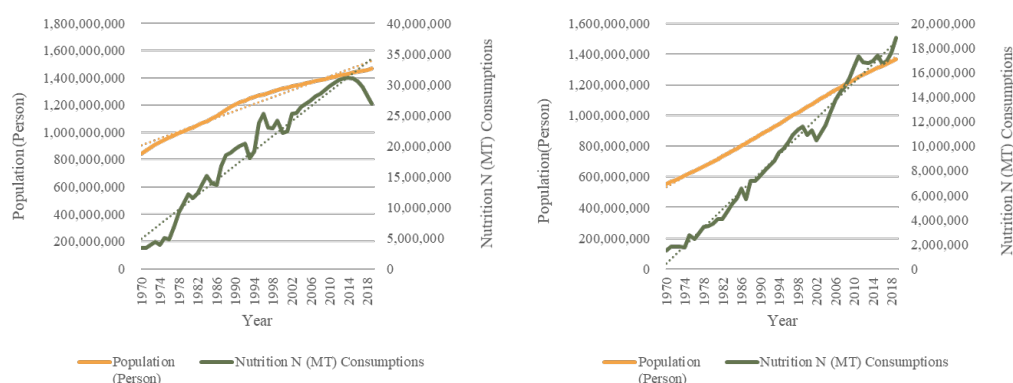
3-6-1. 需要予測の前提条件

セネガル国および上述した西アフリカ諸国（ベナン、ブルキナファソ、コートジボワール、ガーナ、マリ、ニジェール、トーゴ）（以下、対象国）における尿素肥料の需要予測を行うため、以下に述べる前提条件を設定した。

1) 前提条件 1: 将来人口および人口 1 人当たりの窒素成分消費量とその増加率を基に尿素肥料の需要予測を行う。

窒素肥料の主要消費国である中国、インド、およびブラジルでは、図 3-12 から図 3-14 に示す通り、人口増加率よりも高い増加率で窒素成分消費量が増加している。この点を踏まえ、将来人口予測⁵および人口 1 人当たりの窒素成分消費量に加え、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率を考慮し、尿素肥料の需要予測を行う。

⁵ Population estimates and projections (World bank, 2022)

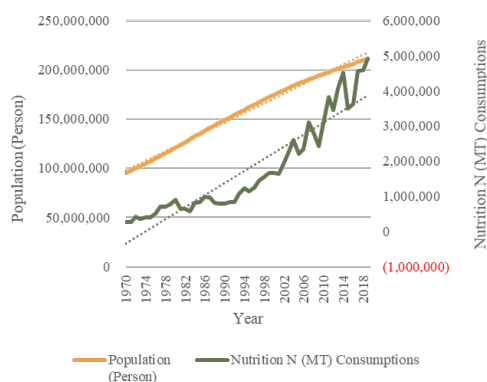


出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

図 3-12 中国における人口と窒素成分消費量の関係

図 3-13 インドにおける人口と窒素成分消費量の関係



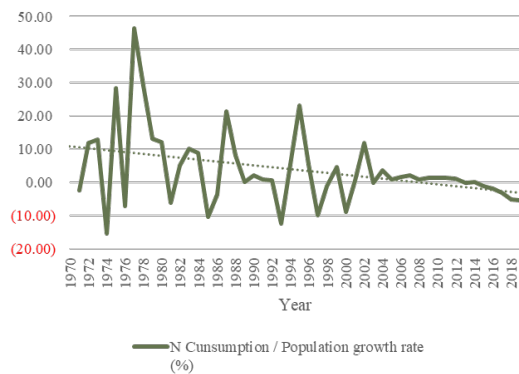
出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

図 3-14 ブラジルにおける人口と窒素成分消費量の関係

2) 前提条件 2：人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率を最大で 3%/年とする。

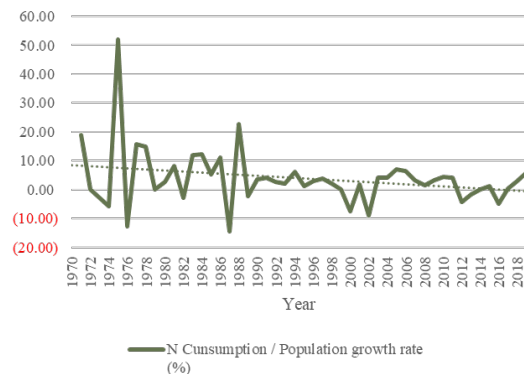
中国、インド、およびブラジルでは、図 3-15 から図 3-17 に示す通り、長期的には、窒素成分消費量の増加率は減少傾向にあるが、過去 50 年の平均を見ると、その増加率は、年平均で 3%を超えている。対象国は、今後経済成長により、中国、インド、およびブラジルと同様に窒素成分消費量が伸びていくものと想定される。

これらを考慮し、需要予測のモデルの単純化および保守的な需要予測とすることを目的とし、①予測期間を通じて、対象国の窒素成分消費量は一定、②その増加率は、年平均 3%を上限と仮定し、需要予測を行った。また、増加率を変化させた場合の影響についても確認するため、①高成長モデル（増加率の上限を 3%/年）、②中成長モデル（増加率の上限を 1.5%/年）、③低成長モデル（増加率の上限を 0%/年）の 3 つのモデルを設定し、尿素肥料の需要予測を行う。



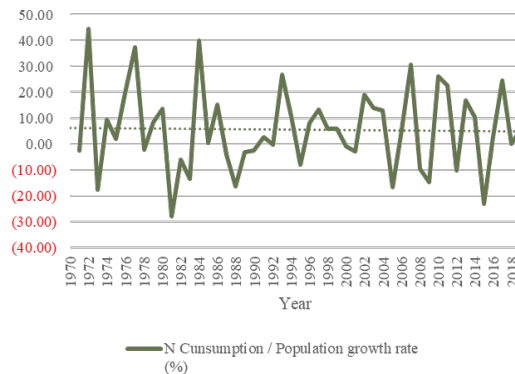
出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

図 3-15 中国における人口 1 人当たりの窒素成分消費量増加率の推移



出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

図 3-16 インドにおける人口 1 人当たりの窒素成分消費量増加率の推移

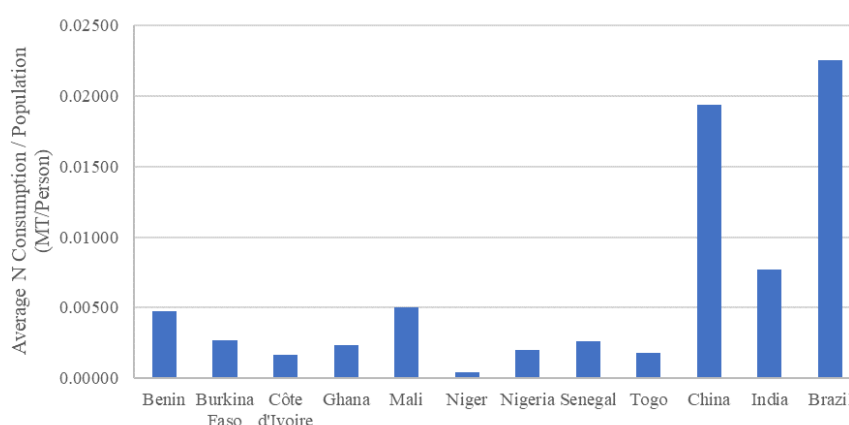


出典：FAOSTAT を基に共同企業体作成

図 3-17 ブラジルにおける人口 1 人当たりの窒素成分消費量増加率の推移

3) 前提条件 3：各モデルにおける人口 1 人当たり窒素成分消費量の上限値をインド水準およびその 50%と設定する。

中国、インド、およびブラジルと比較すると、対象国の人口 1 人当たりの窒素成分消費量は、図 3-18 に示す通り、現時点で 10 分の 1 程度の水準となっている。前提条件 2 で述べた通り、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加が期待されるが、長期的には、ある一定程度の水準に落ち着くと想定される。この点を踏まえ、各モデルにおいて、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の上限値を比較対象とした 3 カ国のうち、最も低いインド水準およびその 50%の水準の 2 つの場合を設け、需要予測を行う。



出典：FAOSTAT および WEST AFRICA FERTILIZER BUSINESS
INFORMATION guide 2022 Edition を基に共同企業体作成

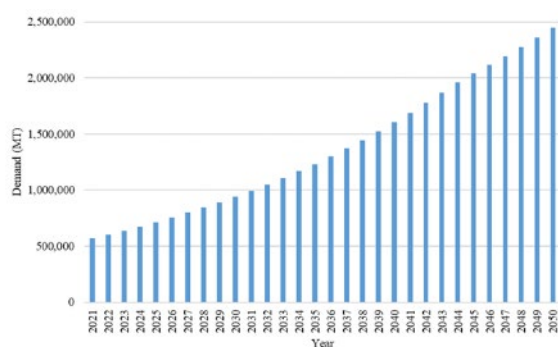
図 3-18 西アフリカ諸国、中国、インド、およびブラジルにおける
2016 年から 2020 年の人口 1 人当たりの窒素成分消費量の平均

3-6-2. 需要予測結果

上述した前提条件を踏まえ、以下の 5 つのシナリオを設定し、尿素肥料の需要予測を行った。

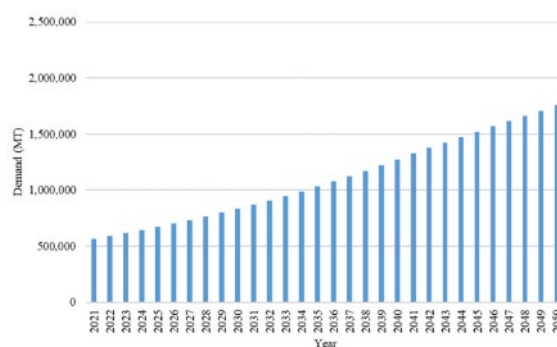
- シナリオ 1（高成長モデル）：人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率が 3%で推移するとともに、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の上限がインド水準となる。
- シナリオ 2（高成長モデル）：人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率が 3%で推移するとともに、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の上限がインドの 50%の水準となる。
- シナリオ 3（中成長モデル）：人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率が 1.5%で推移するとともに、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の上限がインド水準となる。
- シナリオ 4（中成長モデル）：人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率が 1.5%で推移するとともに、人口 1 人当たりの窒素成分消費量の上限がインドの 50%の水準となる。
- シナリオ 5（低成長モデル）：人口 1 人当たりの窒素成分消費量の増加率が 0%で推移する。

各シナリオにおける 2050 年までの尿素肥料の需要予測結果を図 3-19 から図 3-23 に示す。



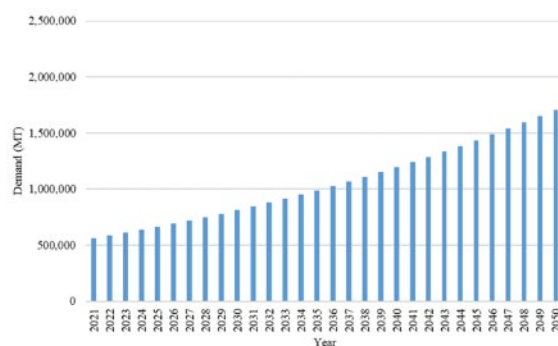
出典：共同企業体作成

図 3-19 シナリオ 1 における尿素肥料需要予測



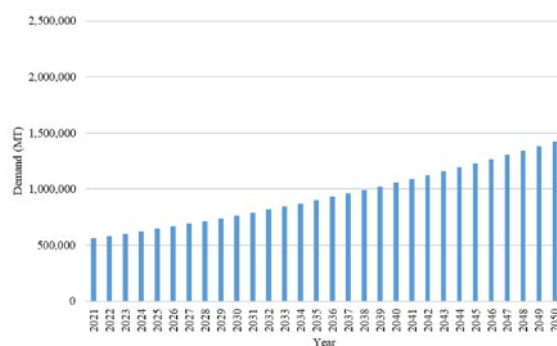
出典：共同企業体作成

図 3-20 シナリオ 2 における尿素肥料需要予測



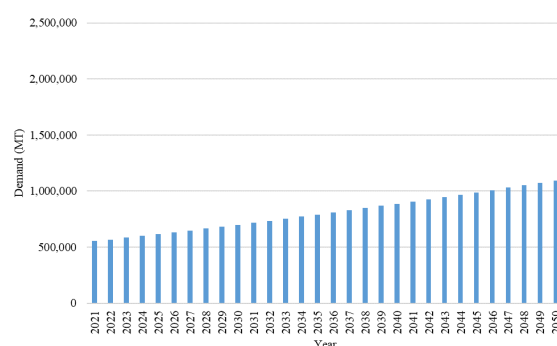
出典：共同企業体作成

図 3-21 シナリオ 3 における尿素肥料需要予測



出典：共同企業体作成

図 3-22 シナリオ 4 における尿素肥料需要予測



出典：共同企業体作成

図 3-23 シナリオ 5 における尿素肥料需要予測

シナリオ 1（高成長モデル）では、2032 年に需要量が 1,000 千トンを超え、2045 年には 2,000 千トンに達する。シナリオ 2（高成長モデル）およびシナリオ 3（中成長モデル）では、2035 年に需要量が約 1,000 千トンとなり、両シナリオとも 2047 年には 1,500 千トンを超える。シナリオ 4（中成長モデル）およびシナリオ 5（低成長モデル）では、それぞれ 2039 年および 2047 年に 1,000 千トンに達する。

各シナリオにおける 2030 年、2040 年、2050 年の需要量を取りまとめると、表 3-7 の通りである。

表 3-7 各シナリオにおける 2030 年、2040 年、2050 年の尿素肥料の需要量

シナリオ	尿素肥料需要量（千トン）		
	2030 年	2040 年	2050 年
シナリオ 1（高成長モデル）	940	1,602	2,444
シナリオ 2（高成長モデル）	833	1,272	1,755
シナリオ 3（中成長モデル）	811	1,195	1,707
シナリオ 4（中成長モデル）	764	1,056	1,423
シナリオ 5（低成長モデル）	699	887	1,092

出典：共同企業体作成

3-7. 尿素肥料市場参入に向けた留意点

以上を踏まえ、尿素肥料の市場動向および将来の需要予測の分析結果を整理すると、表 3-8 の通りとなる。

表 3-8 尿素肥料の市場動向および将来の需要予測の分析結果

項目		分析結果
市場動向	価格	尿素肥料の国際市場価格は、2022 年に 900US\$/トンに達した。2024 年には 850US\$/トンに下落する見込みだが、今後も一定の高水準は保つと予想されている。
	生産	- 尿素肥料の主要生産国は、中国、ロシア、アメリカ、インドである。 2020 年におけるアフリカ地域の尿素肥料の生産量は、世界全体の 6% 程度であるが、2011 年から 2020 年の 10 年間で 121%増加した。 - 主要消費国であるインド、アメリカおよびブラジルは、尿素肥料の自国生産強化を掲げている。 - ナイジェリアにおける尿素肥料の生産量は増加傾向にある。2021 年に新たな大規模プラントの稼働を開始したため、更なる生産量の増加が予想される。
	消費	- 尿素肥料の主要消費国は、中国、インド、アメリカ、ブラジルである。 2020 年におけるアフリカ地域の尿素肥料の消費量は、世界全体の 3% 程度であるが、2011 年から 2020 年の 10 年間で 59%増加した。 - セネガル国および近隣の 7 ヶ国（ベナン、ブルキナファソ、コートジボワール、ガーナ、マリ、ニジェール、トーゴ）では、尿素肥料の消費量が増加傾向にある。
	輸出入	- 西アジア地域および東ヨーロッパ・中央アジア地域が、主要な尿素肥料の輸出地域である一方、南アジア地域およびラテンアメリカ地域が、主要な輸入地域である。 - ナイジェリアの尿素肥料の輸出量は増加傾向にあり、ブラジルおよび近隣の西アフリカ諸国が重要な市場となっている。 - セネガル国および西アフリカ諸国（ベナン、ブルキナファソ、コートジボワール、ガーナ、マリ、ニジェール、トーゴ）における主要な尿素肥料の輸入相手国は、ロシアおよびナイジェリアとなっている。
需要予測	世界全体	尿素肥料の需要量については、東アジア地域を除き、ほぼすべての地域で増加すると予測されている。特に、ラテンアメリカ地域とアフリ

		カ地域では、尿素肥料の需要量の大幅な増加が予測されている。
	セネガル国および近隣諸国	- 人口 1 人当たりの窒素成分消費量の年間増加率が、1.5%以上で推移すると、2040 年には尿素肥料需要量が 1,000 千トンを超える。 - 人口 1 人当たりの窒素成分消費量の年間増加率が、3%で推移し、単位人口 1 人当たりの窒素成分消費量がインド水準まで達すると仮定すると、2045 年には需要量が 2,000 千トンに達する。

出典：共同企業体作成

上表を踏まえ、セネガル国として尿素肥料市場に新規参入するためには、以下の点に留意する必要がある。

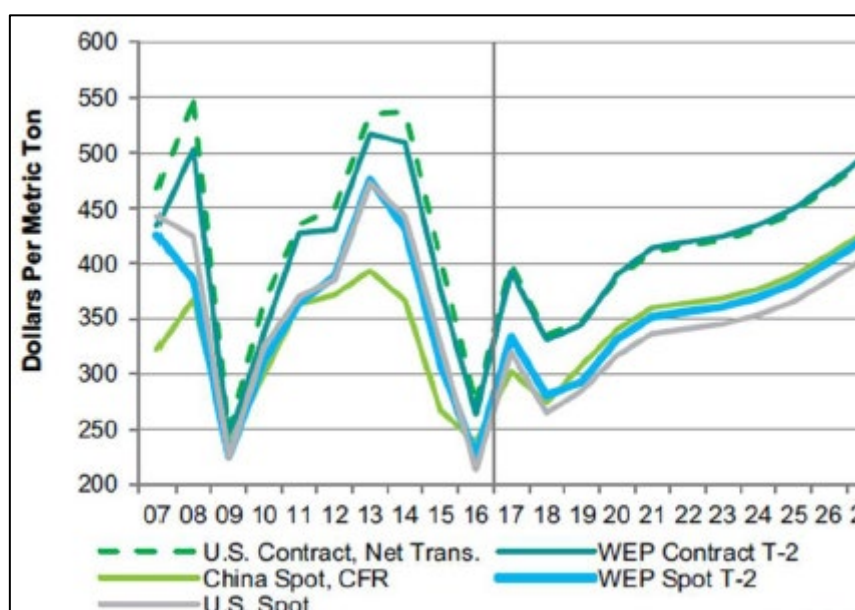
- 主要消費国における尿素肥料生産の動向：COVID-19 の感染拡大およびウクライナ情勢に起因したサプライチェーンの混乱を受け、主要消費国では、尿素生産体制の強化を掲げている。これら消費国の動向を踏まえ、セネガル国として新規に参入する市場を選定する必要がある。
- ナイジェリアの尿素肥料に対する優位性：ナイジェリアは、尿素肥料の生産を強化しており、今後、主要な輸出先であるブラジルや西アフリカ諸国への輸出量が増加すると想定され、セネガル国が新規に参入する市場と重複する可能性がある。ナイジェリアの尿素肥料に対し、セネガル国で生産される尿素肥料の優位性（品質面、価格面）を明確にし、新規の市場を開拓する必要がある。

3-8. 周辺国家・地域でのメタノール市場の動向

3-8-1. 価格

メタノールの販売価格は、表 3-9 に示す通り 2020 年代以降上昇を続けることが予測されている。本プラントの操業開始を見込む 2026 年～2027 年においては、約 380\$/トンの価格であることが認められる。

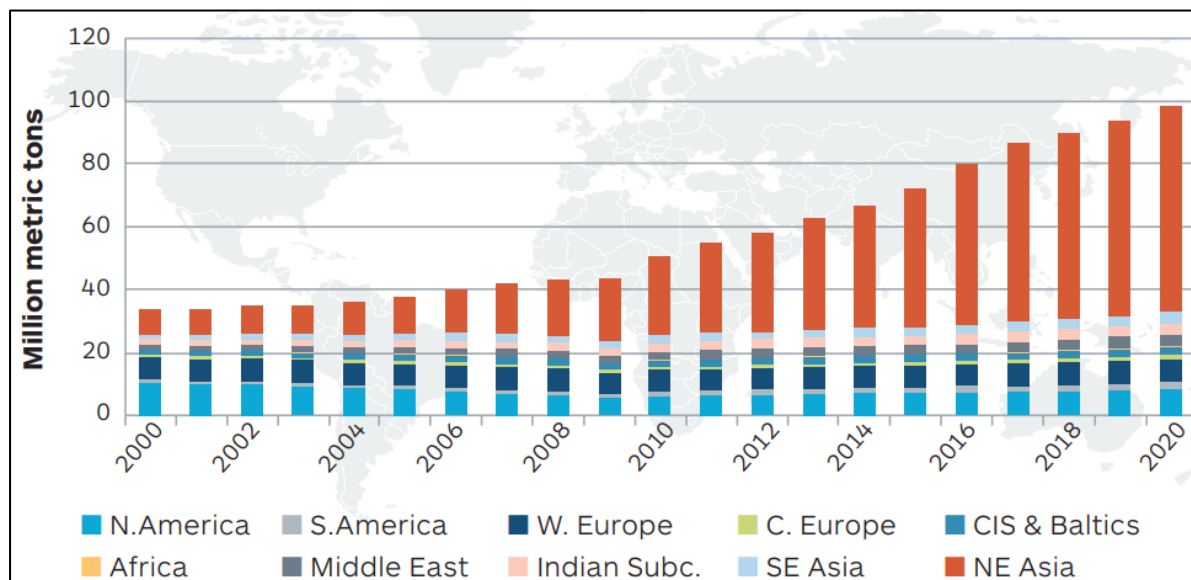
表 3-9 メタノール価格の推移と予測



出典：IHS Markit Ltd

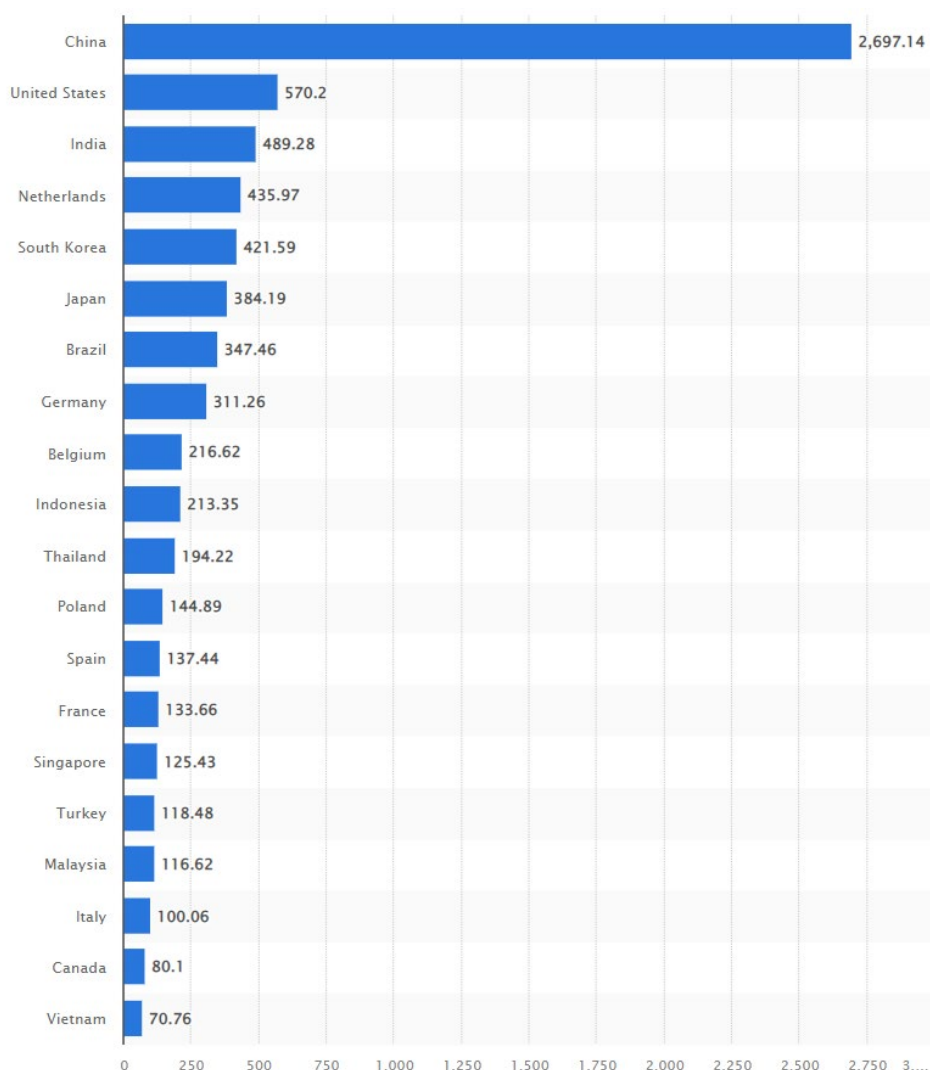
3-8-2. 需要

全世界的なメタノール需要は上昇し続けており、特に中国、日本をはじめとした東アジア地域での需要が大きく、一方アフリカ地域での需要は微小である。そのため、本プラントで生産されたメタノールは、アフリカ地域外の大消費地へと輸出されることが前提となる。



出典：IHS Markit Ltd

図 3-24 メタノールの地域別需要の推移



出典：Statistica

図 3-25 メタノールの輸入額上位国

突出した消費地は中国であり、その他の大消費地は米国、インド、オランダ等ヨーロッパ諸国、韓国、日本となっている。これら各国の需要と輸入実績、またセネガル国からの距離を鑑みると、アメリカやヨーロッパ等に輸出することがまず現実的と考えられるが、中国の旺盛な需要から中国への輸出も視野に入る。

3-9. 尿素肥料・メタノールの生産量とプラントの敷地面積の決定

本調査におけるプラントの生産量、敷地面積のスペックを決定する手順とその結果の概要は表 3-10 の通りである。

表 3-10 尿素肥料・メタノールの産出量とプラントの敷地面積決定のプロセス概要

プロセス	検討結果
①ガス源の特定	- 各ガス田の開発状況を踏まえサンゴマールと仮定 - サンゴマールの最大ガス産出量 100mmscfd。ただし産出効率

	や安定供給のリスクを考慮し、実際利用可能な量を上限 75mmscfd とした。
②尿素肥料生産量の決定	75mmscfd から産出可能な最大量 2,000 トン/日 - 上記産出量がセネガル国内需要と周辺国の目標シェアを充足している点確認 - 尿素肥料生産量 2,000 トン/日の時、CAPEX、OPEX の面より最適な産出量が 651 トン/日
③メタノール生産量の決定	マーケットトレンドより、上記産出量の全量を捌き切れる見込みがある点確認
④敷地面積の決定	上記生産量を踏まえ 45ha に決定（プラントのみの敷地面積）

出典：共同企業体

まず、下記の条件にて、尿素肥料について輸出戦略を立案した。輸出戦略の原則としては、下記の条件を適用している。

- セネガル国の国内尿素肥料需要を 100%満足【前提条件】
- セネガル国より安定した輸送網・ルートが存在している国家【前提条件】
- 西アフリカ諸国において、ナイジェリアの進出が進んでいない国家【評価項目①】
- 西アフリカ諸国において、尿素肥料の輸入先国家が大きく離隔している国家【評価項目②】

これらの条件の元、セネガル国の他、マリ、コートジボワール、ガーナ、ブルキナファソを尿素肥料の輸出先として選定した。

表 3-11 尿素肥料の輸出先のターゲット国

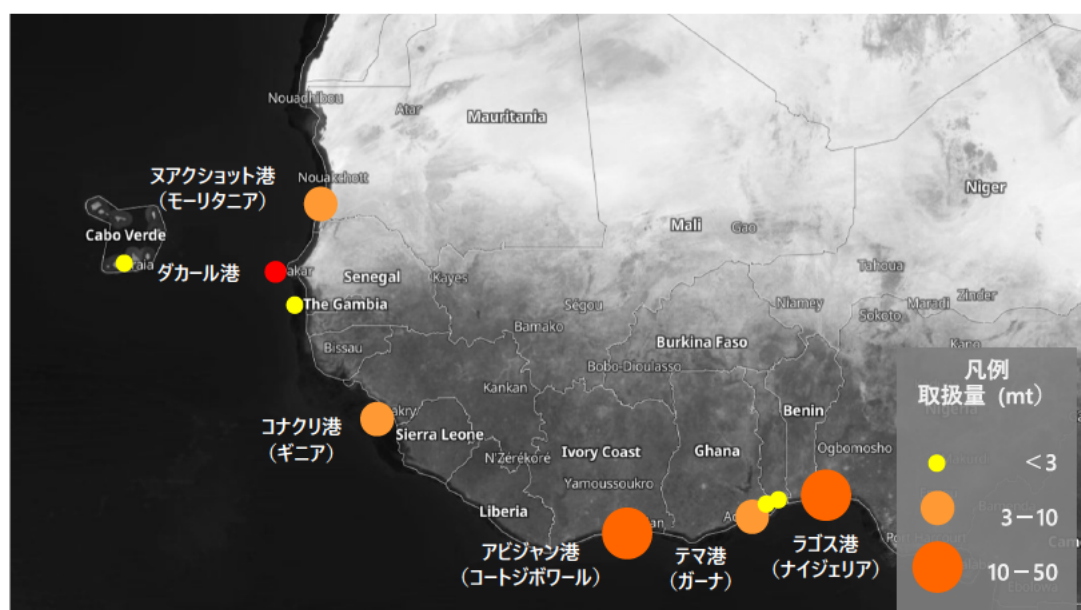
国	需要 (2040 年) (トン/年)	輸入先国家 (2019 年)	輸出量目標 (2040 年) (トン/年)	備考
セネガル国 (国内流通)	160,000	ロシア (28%)、ナイジェリア (13%)	160,000	国内需要 100%を賄う
マリ	546,000	ロシア (46%)、ナイジェリア (21%)、アルジェリア (10%)	290,000	隣国でアクセスが良く、輸入先乗換も含めたシェア約 50%を目標
コートジボワール	182,000	ロシア (73%)	95,000	肥料需要が高い一方輸入先が遠く、輸入先乗換も含めたシェア約 50%を目標
ガーナ	183,000	ロシア (28%)、ラトビア (24%)、ナイジェリア (11%)	55,000	肥料需要が高いがナイジェリアの進出進む。輸入先としてのシェア約 30%を目標
ブルキナファソ	193,000	ロシア (68%)、モロッコ (25%)	60,000	肥料需要が高い一方輸入先が遠く、輸入先乗換も含めたシェア約 30%を目標。
計			500,000	

出典：共同企業体



出典：JICA、「サブサハラアフリカにおける広域運輸交通インフラ（港湾/鉄道）に係るプロジェクト研究」を基に共同企業体作成

図 3-26 セネガル国周辺の陸上交通



出典：JICA、「セネガル国ダカール港第三埠頭改修計画準備調査報告書」を基に共同企業体作成

図 3-27 セネガル国周辺の主要な港湾とその規模

前提として、サンゴマールからのガス利用可能量 75mmscf/d で生産できるのは、2-2-3 天然ガスの開発・利活用の将来計画にて言及の通り、尿素肥料 2,000 トン/日、アンモニア 2,000 トン/日、651 トン/日である（詳細は第 5 章にて言及）。年間の最大稼働日数は 330 日であ

ることから、年産では尿素肥料とアンモニアが約 660,000 トン、メタノールが約 215,000 トンとなる。

まず、尿素肥料については、①セネガル国内需要のすべてと②周辺諸国におけるセネガル産尿素肥料の 2040 年時点での目標シェアを満たすことから、生産量を最大量の 2,000 トン/日 で決定した。

一方、メタノールについては、上記の尿素肥料生産量 2,000 トン/日に基づき、CAPEX、OPEX の観点から最も効率的に算出できる分量が 651 トン/日 である（詳細は第 5 章アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設計にて言及）。中国をはじめ、アメリカやヨーロッパ諸国、インド、韓国、日本といった先進国で需要・輸入量ともに安定的に増加してきていることから、本生産量の全量を輸出・販売することは容易であると考えられ、本生産量で決定した。具体的には、セネガル国からの輸送コストを鑑みると、現実的な輸出先としては、まずヨーロッパ諸国、次いでアメリカとなる。

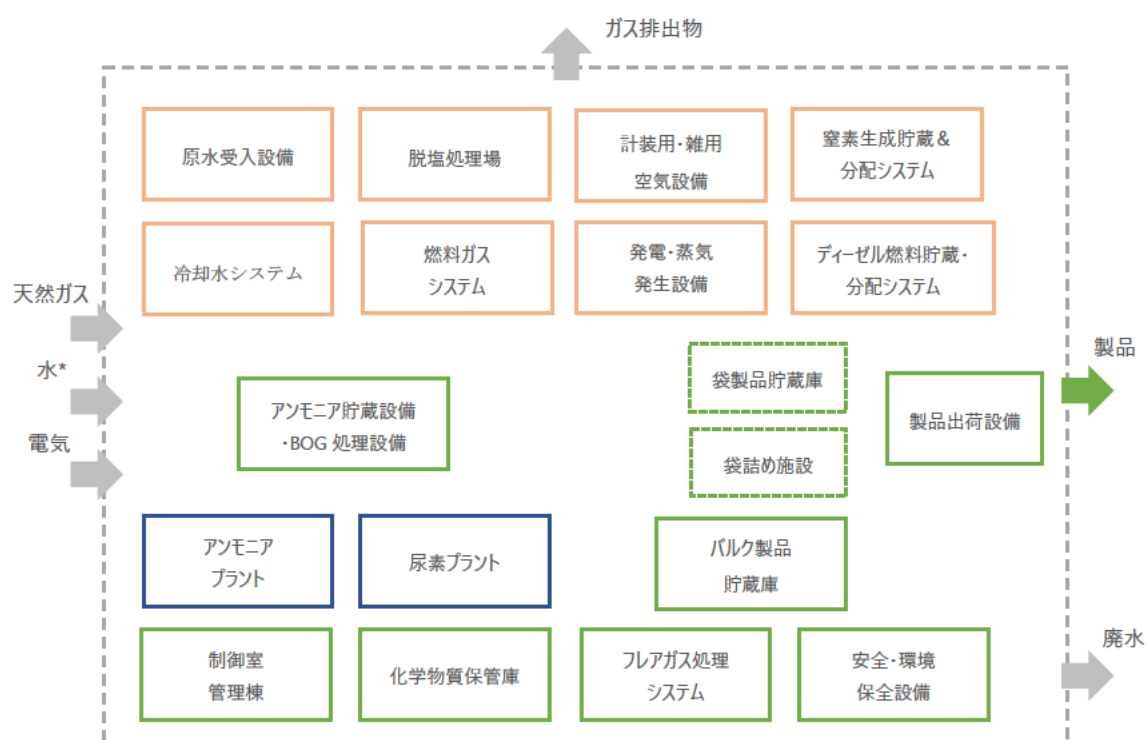
結論として、上記産出量を基にして設計を行ったところ、敷地面積は 45ha（プラントのみの敷地面積）となった。設計については第 5 章アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設計にて詳述する。

第 4 章 プラント建設候補地の選定

4-1. アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの概要

4-1-1. 概略構成

プラント建設候補地の選定に必要な諸条件の把握のため、プラントの概略構成を整理する。概略構成は図 4-1 の通りである。



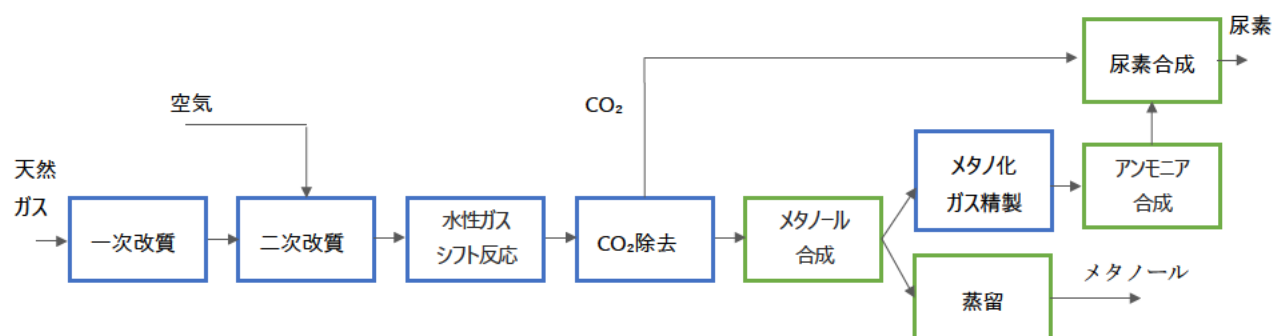
*海水の場合を想定して概略を作成

出典：企業共同体

図 4-1 本プラントの概略構成

4-1-2. 生成フロー・生成物

また、プラント内部におけるアンモニア・尿素肥料・メタノールの生成フローの概念図は以下の通りである。このフローを通して、尿素とメタノールが 3 : 1 の割合で生成される。



出典：共同企業体

図 4-2 アンモニア・尿素肥料・メタノールの生成フロー

4-1-3. 原料

プラントへの主要なインプットである原料は、水、天然ガス、電力であり、その利活用方針は以下の通りである。

- 水については、既存の上水ネットワークの9割以上がダカル州向けである点や地下水汚染・塩化の進行を考慮し、主たる水源は海水（淡水化装置をプラント敷地内に整備）を想定する。
- 天然ガスについては、利用可能なガス田、ガスパイプライン敷設計画、供給時期、供給量、販売価格、課金方式等について、現時点での最新の実態を確認することが必要である。
- 電力は、セ国内における電力供給の不安定性を考慮し、ガスタービンによる自家発電を主電源、メイングリッドからの受電を補助電源と想定する。

4-1-4. 排出物

プラントの排出物は、① NO_x、SO_x、CO₂を含む燃焼排ガス、②微量の窒素化合物、ミネラル、懸濁物質を含む廃水の二つである。

4-2. 与条件の整理

本項では、プラント立地に係わる与条件につき、必須要件（必ず満たすべき観点）、準必須要件（満たされることが望ましい観点）に分類し整理を行う。

4-2-1. 必須要件

1) 港湾施設からの距離

尿素肥料についてはセネガル国内需要を満たしたうえでの余剰を、メタノールについて

は一部の輸出を想定する。そのため、本プラントは既存あるいは計画されている港湾に近接することが必要となる。

2) インフラネットワークからの距離

尿素肥料・メタノールの生産に不可欠なインフラとして天然ガスが挙げられる。そのため、計画されているガス処理プラントあるいはガスパイプラインのネットワークから大きく離れたエリアは、インフラ整備に要する時間的・経済的コストや本プラントの操業スケジュールより本検討の対象外とされるべきである。

3) 敷地

第3章にて既述の通り、本プラントの敷地面積としては最大 45ha を想定している。一般的に、既存の住居やその他構造物等が多い土地においては土地収用に長期間を要することから、公用地や既存の構造物の存在しないエリア、あるいは土地収用が完了（見込み含む）しているエリアであることが必須である。さらに、海水淡水化施設を建設することを前提としているため、海岸に近接することも必須となる。

4) 法制度

セ国では国立公園、保護林、自然保護区等として開発が原則禁止される保護区が指定されている。また、環境法（2001 年 1 月 15 日法律第 2001-01 号）において、「環境に影響を与える影響のある開発プロジェクト」はカテゴリー別に環境影響評価（以下、EIA という）を行うことが義務付けられており、その中でプロジェクト周辺地域における保護区の有無が評価項目の一つとして挙げられている。

本プラント立地検討の中心となるティエス州においては、複数の自然保護区や鳥獣保護区が存在する。そのため、これらの区域に重複するエリアについては、検討の対象から除外しなければならない。

5) 既存住居からの離隔

本プラントは既存の住居から離隔することが望ましい。その理由として、プラントの操業においては悪臭、騒音、振動、大気汚染、排水といった周辺住民が被る公害を避ける必要がある点、またセキュリティの面からも外部者の侵入や接近は未然に防ぐべきである点が挙げられる。緩衝帯に関しては、環境法（2001 年 1 月 15 日法律第 2001-01 号）の第 13 条で、住居、3 分の 1 以上が住居として使用されている建物、公共施設、居住を目的とする区域、水路、湖、集水域から半径 500m 以上離れていることが義務付けられている。上記、緩衝帯を確保した上で、建設または使用開始前に、政令で定める条件の下、環境担当大臣による許可の交付を受ける必要がある。

その他、センドゥ石炭火力発電所の操業開始時に周辺住民との公害に係わる係争が発生しており、その操業が頓挫している。そのため、ケミカルプラント等の立地に際しては関係機関が非常にセンシティブな姿勢を取っている現状がある点にも留意すべきである。詳細

については 4-3-6 候補地概要、8-3-2 環境社会への影響に関わるリスクにて言及する。

4-2-2. 準必須要件

1) インフラネットワークからの距離

本プラントでは、必要なインフラのうち、水と電気については準必須要件とし、重要度を落としている。その理由は、電気については主電源を敷地内のガスタービンによる自家発電、補助電源をメイングリッドからの受電、水については海水淡水化をプラント敷地内で行うためである。ただし、海水を淡水化して使用する場合、水源となる海から近接することが望ましく、過去のプラント設計実績を参照すると 2～3km 程度に抑えるのが通例である。

2) 物流

尿素肥料・メタノールの国内外の流通を実現する場合、港湾の立地の考慮が必要である。理由として、プラントから港湾には大型車両による輸送を行うため遠方の場合は物流コストが嵩むこと、原料・生成物の輸出入の利便性が高いことが挙げられる。

港湾から離隔した立地となる場合、既存の道路ネットワークとの位置関係を考慮する必要がある。なぜならば、尿素肥料・メタノールの運搬には大型車両（トラック・トレーラー等）による港湾へのフィーダー輸送が必須となるためである。そのため、既存の道路ネットワークが存在しない、あるいは大型車両の通行が困難な生活道路（片側一車線規模）しか存在しないエリアについては除外されることが望ましい。

4-2-3. プラント規模と必要敷地面積

今回のプラント規模は、3-9 尿素肥料・メタノールの生産量とプラントの敷地面積の決定にて先述の通り、以下で決定した。

表 4-1 本プラントのスペック概要

項目	説明
面積	45ha
産出方式	尿素肥料・アンモニア・メタノール併産
最終生成物	尿素肥料 メタノール
産出量	尿素肥料：2,000 トン/日 メタノール：651 トン/日

出典：共同企業体

4-2-4. 必要となる材料・ユーティリティと調達方法

1) 天然ガス

本プラントの操業において最も重要な材料は天然ガスである。ガス田の概要については 2-2-3 天然ガスの開発・利活用の将来計画にて述べた通りである。

一方、カヤールからの天然ガスについては、下記のガスパイプライン敷設計画が進行しており、ラック・ローズで引き揚げたガスが通るルートは、北部ルート（最優先区間・紫区間）、南部を通るルート（黄区間）、ジャムニアージュの開発地区を迂回するルート（青区間）に大別されている。ただし、開発スケジュールは未定であるため、供給開始時期について留意する必要がある。



出典：RGS 提供資料（2022 年 10 月時点）を基に共同企業体作成

図 4-3 ガスパイプライン開発計画図

2) 水

天然ガスと共に重要な材料が水である。水の調達方法としては大きく表流水、井戸水、海水が挙げられるが、井戸水・表流水等の水資源に乏しいセネガル国においては、既存の水道ネットワークあるいは海水淡水化が候補となる。ただし、工業用水については大量消費が前提であることから、海水淡水化を前提とする。

(1) 海水

本プラントでは海水淡水化施設を建設することを前提とする。ただし、その場合候補地は海岸線より 2~3km 以内立地することが望ましい。

(2) 上水管

セネガル国では水源となるような河川が少なく、現在、上水の主たる取水源はギエール湖である。ただし、ギエール湖は周辺地域から流入する生活排水により汚染されており、これ

による原水水質の悪化が浄水処理における薬品投入量を増加させ、それに伴って水道料金の上昇を招いている。また、上水管からの共有のうち 90%以上はダカール市内の生活用水に使用されており、工業用途での大量消費に使用可能な可能性は極めて低い。

(3) 井戸水

ダカール州および周辺地域の帯水層が揚水過多の状況にあり、複数の井戸において海水侵入が確認されていることから、既存の井戸からの取水は制限されている状況である。そのため、工業用途で井戸水を水源とする可能性についても極めて低い。

3) 電気

本プラントでは主電源をガスタービンによる自家発電、補助電源をメイングリッドからの受電としているが、メイングリッドとの位置関係、供給可能な電力量については予備的に確認を行う必要がある。

4-2-5. 排出物

排出物は 4-1-4 で前述したとおり、① NO_x、SO_x、CO₂を含む燃焼排ガス、②微量の窒素化合物、ミネラル、懸濁物質を含む廃水がある。これらの排出方法は、プラント内の排水処理設備で世界銀行の基準に適合するレベルまで処理を行い、海に放流する。そのため、海へのアクセスは考慮する必要がある。

4-2-6. 生成物の物流

1) 尿素肥料

尿素肥料については、西アフリカ周辺諸国への輸出とその他地域への輸出において、それぞれ陸上交通、海上交通による輸出を想定することとする。

いずれの輸出形態においても、尿素肥料は粒状の固体で生成され、袋詰めあるいはバルクで輸送を行う。具体的には以下の方法が存在する。

- 袋詰めのまま積載。クレーンで積載を行う。
- バルクで積載。ベルトコンベアあるいはグラブを使用して積載を行う。

(1) 陸上交通

陸上輸送では、セネガル国内での貨物鉄道が不通状態のため、トラックのみを想定する。トラックでの輸送では、袋詰めの場合は平ボディ車やバンボディ車、バルクの場合はバルク車（肥料運搬車）等を使用することが一般的である。



出典：共同企業体（左上:鈴与自動車運送、右上:Alibaba.com、左下:HT Digital Streams Ltd.）

図 4-4 トラックの種類

(2) 海上輸送

コンテナ輸送、バルクコンテナ（貨物をコンテナにばら積みする形態）輸送、バルク輸送の3種類が想定できる。各輸送手段のメリット・デメリットは表 4-2 の通りである。運賃が安価であること、船舶を柔軟に変更可能なことから、西アフリカの沿岸国における海上輸送では約 80%がバルク輸送にて出荷されており、既存の港湾がバルクに対応可能な場合はバルク輸送を行うことが一般的である。一方で、バルク船はコンテナ船と異なり、寄港せずに最終目的地で航行するため、出荷量・出荷頻度が一定数を超える売り先が確保できない場合には、バルクコンテナ輸送及びコンテナ輸送が適している。

表 4-2 各海上輸送手段のメリット・デメリット

	コンテナ	バルクコンテナ	バルク
メリット	通関手続きが効率化されていれば費用削減 個別管理の容易さ 寄港・途中荷下ろしができる	個別管理の容易さ インバランス対応容易	運賃が安価 船舶を柔軟に変更可能 インバランス対応容易
デメリット	運賃が高い インバランス対応困難	運賃がバルクよりも高い	寄港・途中荷下ろしができない

出典：日本海事新聞（2019年2月掲載）

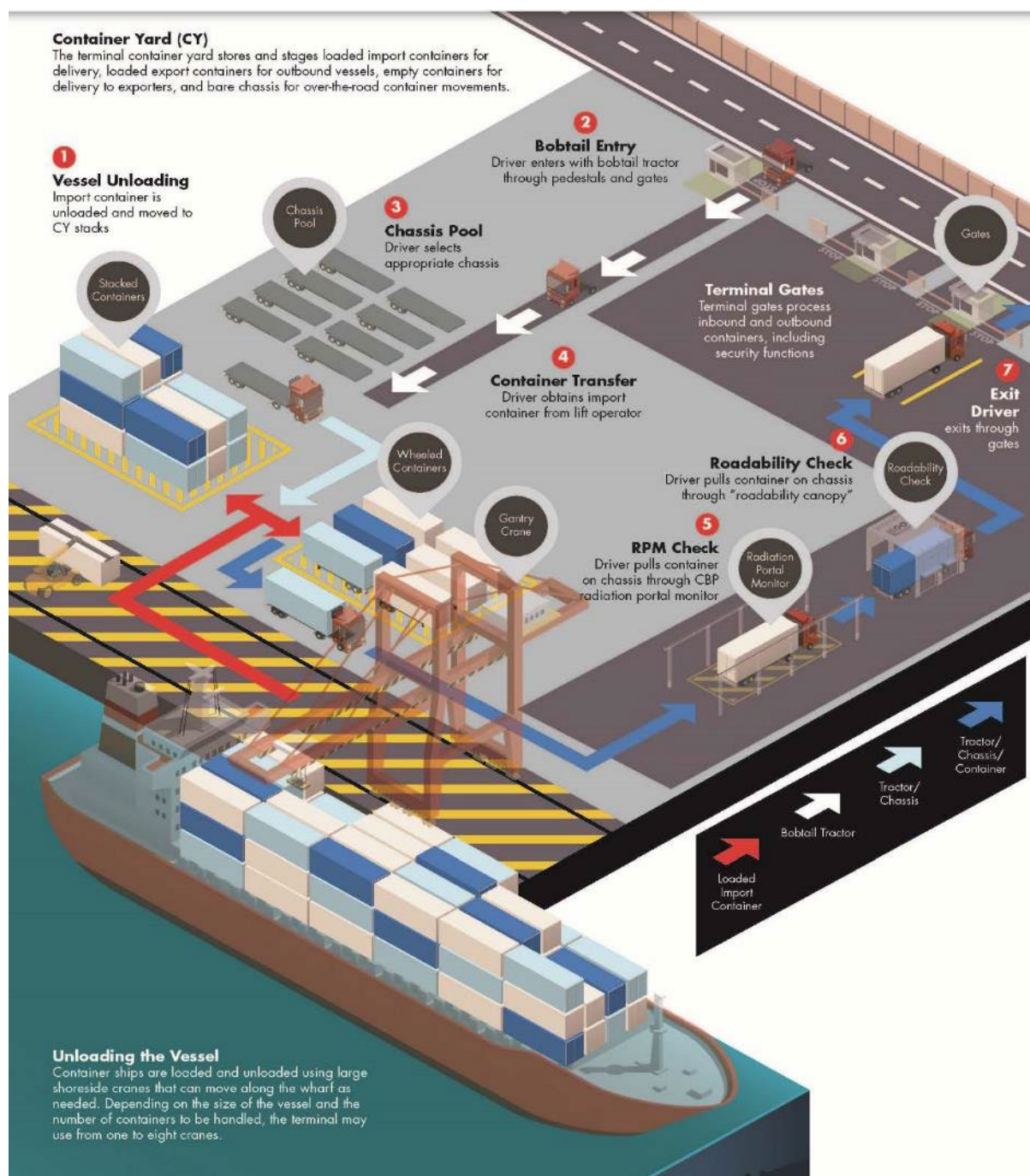


出典：商船三井

図 4-5 ばら積み船（ハンディマックスバルカー）

i) コンテナ輸送

コンテナ港で一般的に必要な設備は、図 4-6 の通りである。コンテナ船のコンテナ積卸を行うガントリークレーンやコンテナを蔵置・保管するコンテナヤード等の設備が必要となる。コンテナ港を新設する場合、設備コストはバルク港より高くなる。

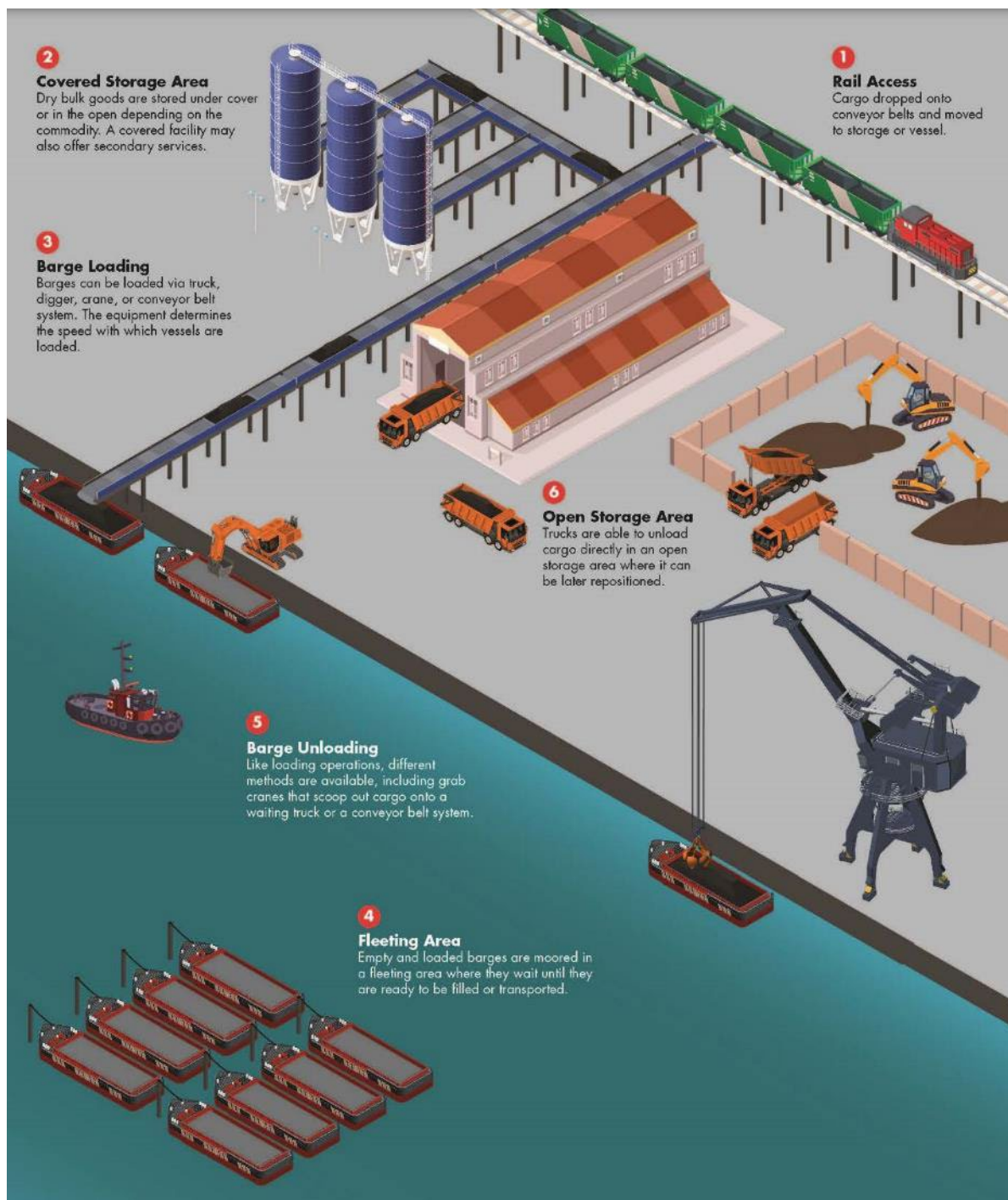


出典：U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics

図 4-6 一般的なコンテナ港の設備とフロー

ii) バルク輸送

バルク港で一般的に必要な設備は、図 4-7 の通りである。陸上のヤードから積揚荷設備まで輸送するベルトコンベア、直接船倉に出荷物を落とし込むジェットストリンガー、グラブ等の設備が必要となる。



出典：U.S. Department of Transportation, Bureau of Transportation Statistics

図 4-7 一般的なバルク港の設備とフロー

2) メタノール

本調査においては、メタノールはアフリカ地域での需要が非常に低いことから、同地域外への海上交通による輸出を想定することとする。

メタノールは液体で生成されプラント併設の貯蔵タンクにて貯留され、タンクローリーあるいはポンプで昇圧後パイプラインにて至近の港湾まで運搬される。あるいは、生成後ド

ックサイドの貯蔵タンクにて貯留される。

港湾施設ではメタノール専用の耐火ポンプを使用して船舶（ケミカルタンカー等）に積載される。運搬に使用される船舶には二重船体が使用されることが一般的である。その他、メタノールは引火性が高い気体のため、スプリンクラーや警報、消火栓といった消防システム一式を、メタノールの取扱エリア至近に設置することが不可欠となる。



出典：Methanol Institute

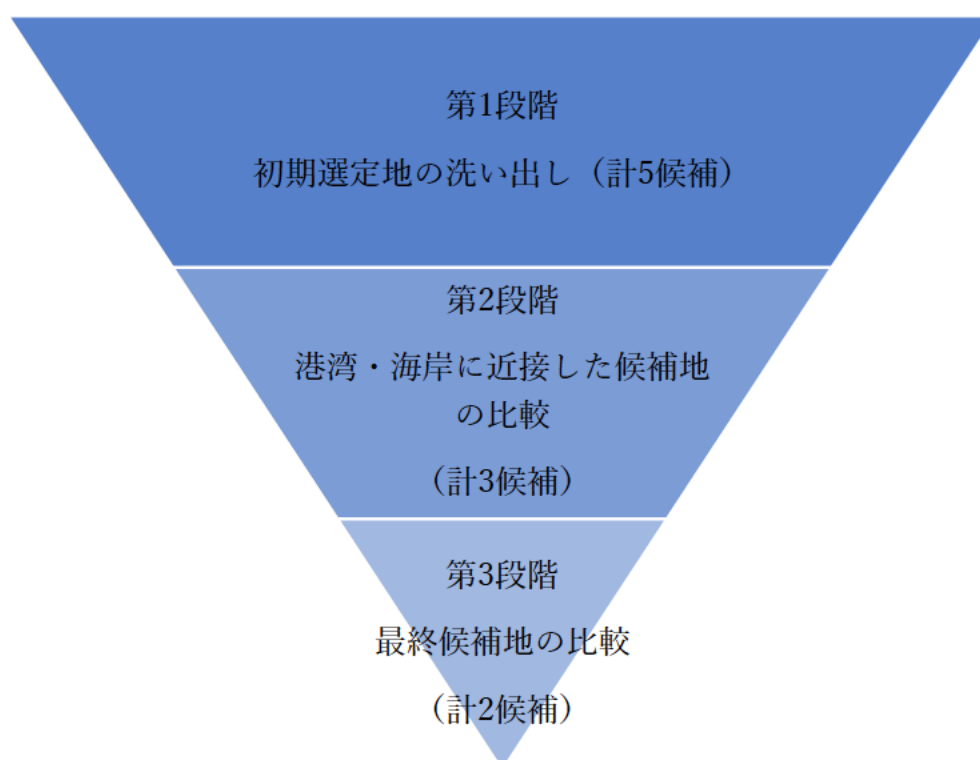
図 4-8 メタノールの運搬に使用される一般的なケミカルタンカー

4-3. 尿素肥料プラントの建設地選定

4-3-1. 候補地選定の流れ

本検討においては計 3 段階にて候補地の特定を行う。具体的には下記の通りである。

- (1) 第 1 段階：セネガル国内の工業団地や SEZ のうち、ダカール近郊にて稼働が確認されているものについて初期選定地としてリストアップする
- (2) 第 2 段階：初期選定地のうち、港湾・海岸に近接した候補地を抽出する。生産物の輸出や原料確保の観点で不可欠であるため。
- (3) 第 3 段階：最終候補地を 2 つ選定し、比較検討を行う。選定に当たっては、油田やガスパイプラインの整備計画等から、実現可能性の高いものを選出する。比較検討においては、コスト面、スケジュール面から定性的に点数化・重みづけを行い、具体検討を進めるプラント建設地を特定する。



出典：共同企業体

図 4-9 候補地選定の流れ

4-3-2. 第 1 段階：初期選定地

プラント操業に必要なインフラの整備状況や生産物の輸送可能性を考慮し、初期候補地を以下の通り選定した。まず、初期選定地として、SEZ や工業団地、PETROSEN 保有地より 5 地点を下記の通り選定した。

表 4-3 初期選定地一覧

No	初期選定地	備考
1	ラック・ローズ	ヤカールーテランガガス田からのガス揚陸地点 PETROSEN がガス揚陸地点の土地 100ha 保有 周辺は防砂林と砂地 住居、牧草地が点在
2	バーニー・センドゥ港	バルク港 栈橋・工業団地が建設中、2023 年操業開始予定 SMP が管轄 ガス・石油ストックヤードが存在 火力発電所が存在
3	ンダヤン港	深海港 コンテナ港 PAD が SEZ、DP World が SEZ とコンテナターミナルを計画中 用地収用交渉中 既存住居多数
4	ジャムニアージョ国際工業団	工業団地

	地	APIX が所轄 フェーズ 1 操業中 フェーズ 2 建設中
5	DISEZ	空港隣接型 SEZ APIX が所轄 用地収用完了 現時点の工場の入居は 1 社のみ

出典：共同企業体



出典：共同事業体

図 4-10 初期選定地一覧

4-3-3. 第 2 段階：港湾・海岸に近接した候補地の比較

本プラントは生産物である尿素肥料とメタノールの輸出を前提としており、また原料としても大量の取水が不可欠であり海水淡水化プラントの併設の考慮も必須である。そのため、候補地は海岸線や河川、あるいは既存の港湾より大きく離隔することは望ましくない。そのため、内陸部に位置する初期選定地であるジャムニアージョ国際工業団地、DISEZ は候補地からは除外することとする。

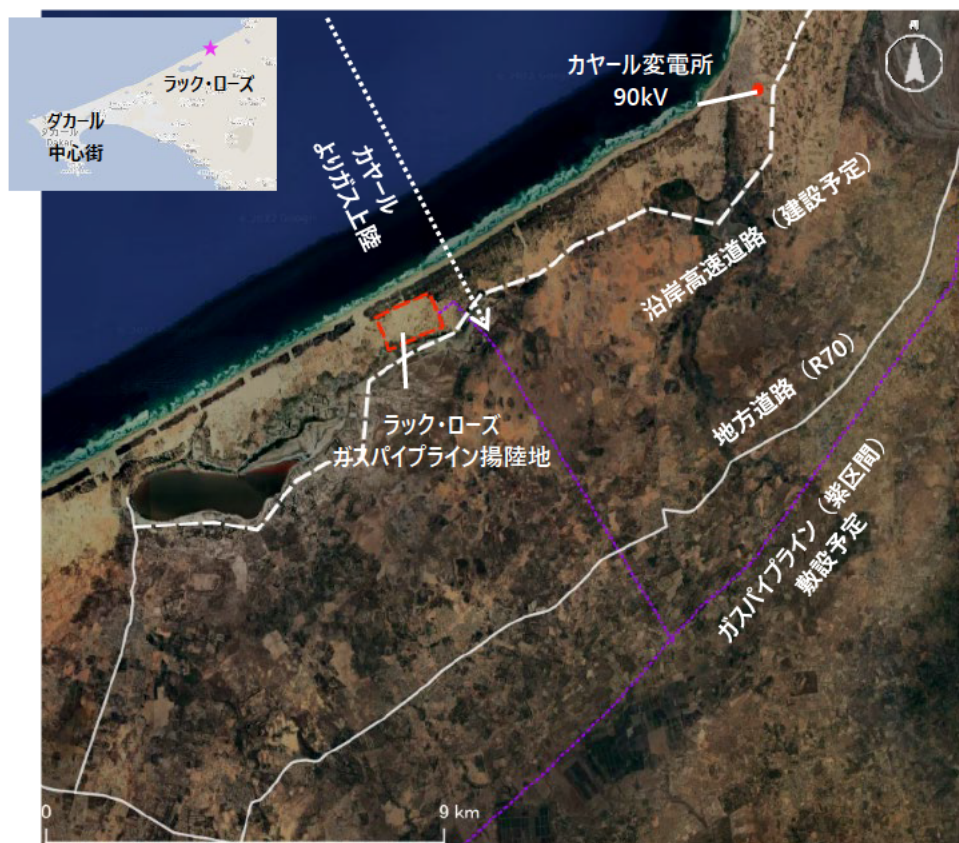
4-3-4. 候補地の周辺状況：ラック・ローズ

1) 候補地概要

ラック・ローズはカヤールからのオフショアガスパイプラインの揚陸地であり、PETROSEN E&P 社が 100ha の土地を確保している。本来はラック・ローズとはダカール州北東部に位置する湖を指すが、本稿では候補地名称を指すものとして定義する。

2) 敷地形状・面積

ラック・ローズ周辺は砂地と牧草地帯で構成されており、候補地周辺には農耕民の住居や倉庫、耕作地域、防砂林が点在している。



出典：共同企業体

図 4-11 ラック・ローズの周辺現況

3) 上水

周辺に上水管は通っておらず、付近の住民は井戸水を生活用水として利用している。ただし海岸には近接していることから、海水淡水化プラントの立地には適していると考えられる。

4) 電力

北東 8.7km に位置する 90kV ラインが通るカヤール変電所に接続可能である。

5) ガス

ラック・ローズは、ヤカールーテランガからのオフショアガスパイプラインの揚陸地点で

あり、PETROSEN 社が 100ha の土地を確保している。しかしながら、カヤールの FID については、主に下記要因にて今後の開発状況に留意を要する。

- ガスのオフテイカーである SENELEC とガス開発会社との間で協議が継続中
- RGS の管轄するオンショアガスパイプラインはカヤールの開発プロジェクトの 1 パッケージであり、同 FID の発出が無いと整備が開始できない

6) 陸上交通・港湾スペック

現時点において周辺に物流施設は一切存在しない。そのため、本候補地を選定する場合、港湾は本プラント建設と並行して整備を進めることとなり、港湾整備に莫大な費用が必要となる。道路はダカールーサン・ルイ間を結ぶ沿岸高速道路が 2025 年 6 月に完成予定とされているが見通しは不透明である。

7) 周辺環境



出典：共同企業体

図 4-12 ラック・ローズの PETROSEN 保有地

現状、ラック・ローズのほとんどはインフォーマル住居（ここでは登記無に建設された住宅で、政府より退去勧告の通告を受けている住宅を指す）と砂地で構成されている。そのため、住民移転の交渉において長期間を要すると考えられる。

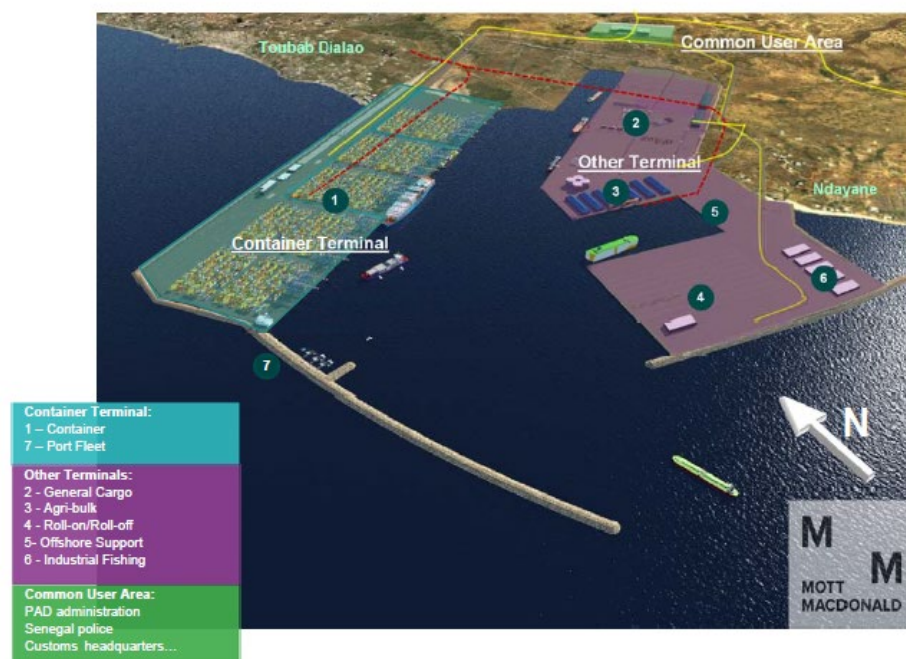
4-3-5. 候補地の周辺状況：ンダヤン港

1) 候補地概要

ンダヤン港はダカールより約 40km のティエス州沿岸において、PAD とドバイに本拠地を置く政府系の港湾管理会社の DP World が計画する深水港である。インフラ整備と経済活性化のために策定された「国家戦略計画（PSE）」のメインプロジェクトの一つとして、貨物取扱量の増加に対応できないダカール港の代替港として整備が決定された。最新の計画図は下記の通りである。

2) 敷地形状・面積

ンダヤン港の敷地形状は下記の通りであり、DP World によるコンテナターミナル、PAD による一般貨物やバルク用の港湾と、DP World が 600ha、PAD が 1200ha 、SEZ 開発等を目的として各管轄港湾エリアの後背地を確保している。本プラントの候補地は、先行して開発が進むと想定される DP World 社保有の区域内において、海水淡水化プラントの併設、生成物の輸出等の条件を考慮し想定した。



出典：DP World

図 4-13 ンダヤン港の開発計画図



出典：共同企業体

図 4-14 ンダヤン港の周辺現況



① 港湾エリア



②海岸に向かう既存道路



③内陸部の未利用地

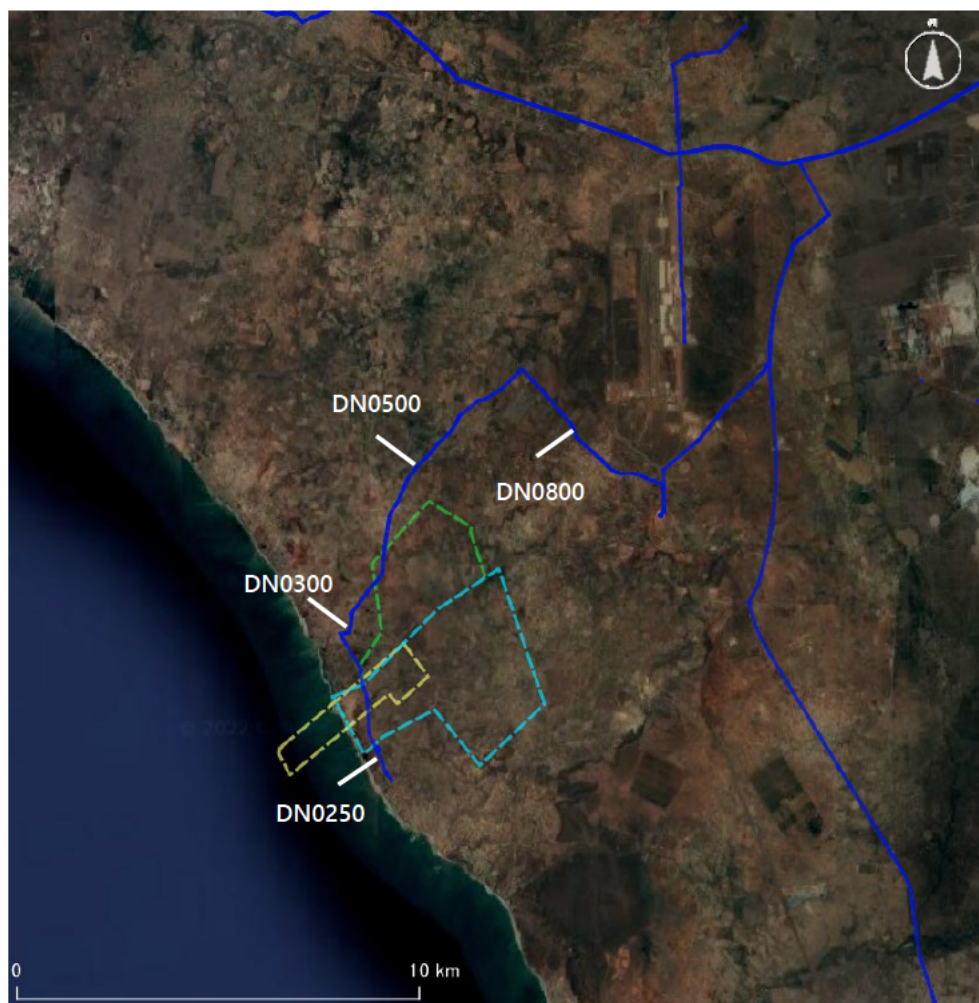
出典：共同企業体

図 4-15 インダヤン港の建設予定地

3) 上水

ギエール湖からダカール近郊を繋ぐ KMS3 (Keur Momar Sarr) プロジェクトのパイプラインの一部がインダヤン港周辺においても計画されている。2023 年 4 月に運用開始が予定されている国道沿いのパイプライン (DN0800) に接続可能であるが、水量・水質の問題を考慮すると、本プラントへの利用可能性は不透明である。また、DN0500、DN0300、DN0250 はインダヤン港の敷地に被っており、今後のインダヤン港整備計画に基づいてルートの変更が起こる可能性が高い。

井戸水に関しては、インダヤン港周辺には深井戸による既存の水供給は存在するが、十分な容量がなく、セネガル国としても井戸水の利用は推奨していない。PAD による既存のインダヤン港 M/P においても、これらの利用は想定されていない。



出典：SONES に共同企業体加筆

図 4-16 インダヤン港周辺の上水整備計画

4) 電気

北東 5km に位置する 225kV ラインが通るジャッス変電所に接続することが可能である。

5) ガス

サンゴマルからの天然ガスのガス処理プラントより約 6km に位置する。そのため、ガス処理プラントから直接事業者が本プラントまでのガスパイプラインを整備するという前提のもと、カヤールからのオンショアガスパイプラインの敷設スケジュールの遅延の影響を受けず、優位性が高いといえる。

6) 陸上交通

プラントの操業開始時点で SEZ の整備が完了している場合、主要幹線道である国道 N1 に接続するアクセス道路を活用できるが、現状は SEZ の整備計画に遅れが見込まれるため、事業者が国道 N1 までのアクセス道路を確保する必要がある。また、国道 N1 は一車線道路のため交通容量に限界があり、港湾開発に伴って予測される交通量の増加によって、更なる

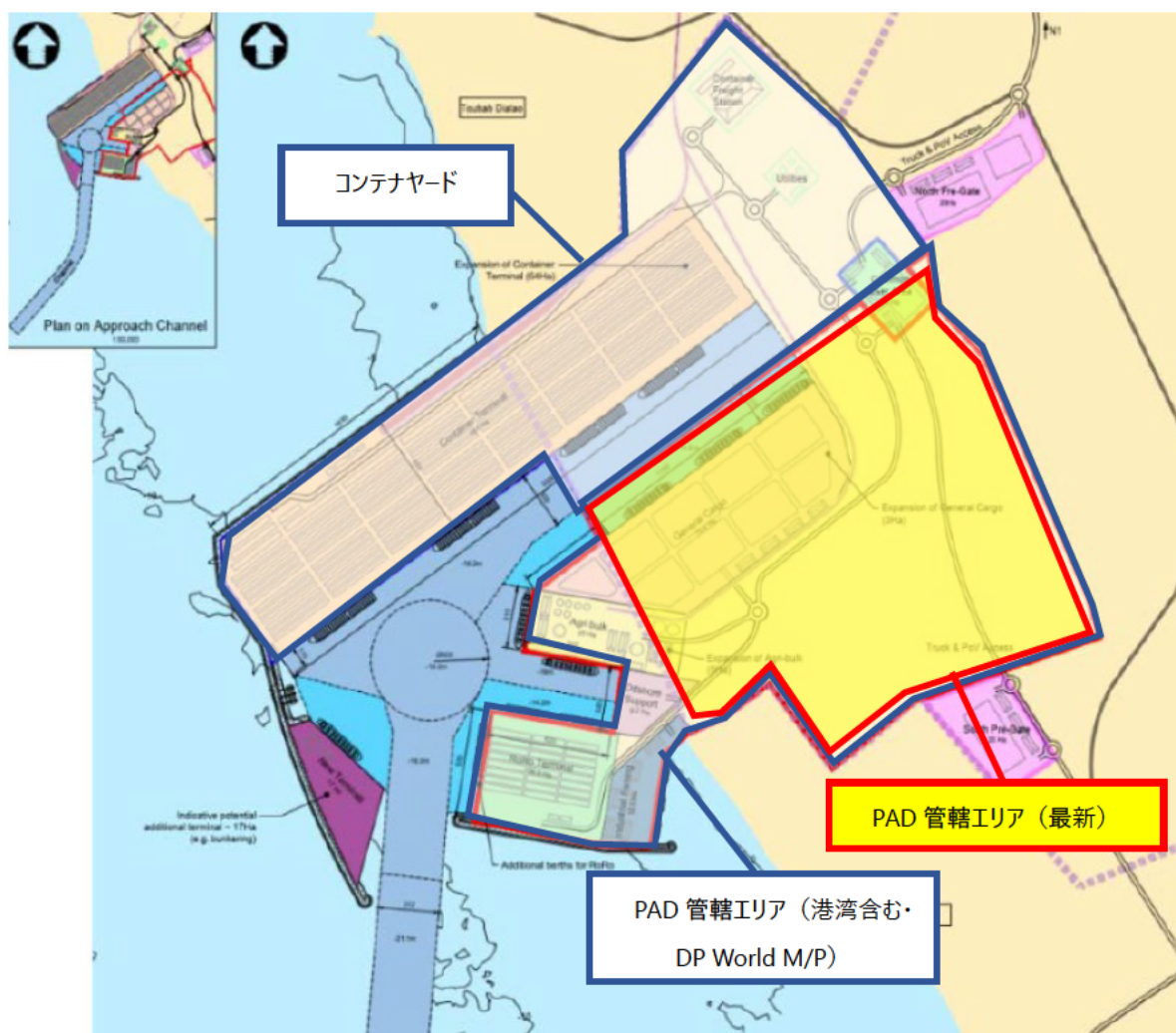
混雑が生じる懸念がある。

7) 港湾スペック

ンダヤン港は大きく企業体である DP World と PAD それぞれの管轄に分かれて計画が行われている。

DP World のンダヤン港 M/P によると、フェーズ 1（2027 年完成予定）にコンテナターミナルが含まれており、本プラントにおける尿素肥料輸出に活用できる可能性がある。入港するコンテナ船のサイズは複数のシナリオが作成されているが、ポスト・パナマックス船（収容コンテナ数：5,000TEU）から最大で ULCV 船（収容コンテナ数：20,000TEU）の入港が想定されている。

一方、PAD の管轄においては一般貨物、農業バルク、RORO 用の港湾が DP World の M/P 中に企図されているが、最新の計画図では PAD 管轄の当該港湾部分が見られず、具体の開発計画についての議論は進展していないものと推察される。



出典：DP World に共同企業体加筆

図 4-17 DP World の M/P におけるンダヤン港の平面図

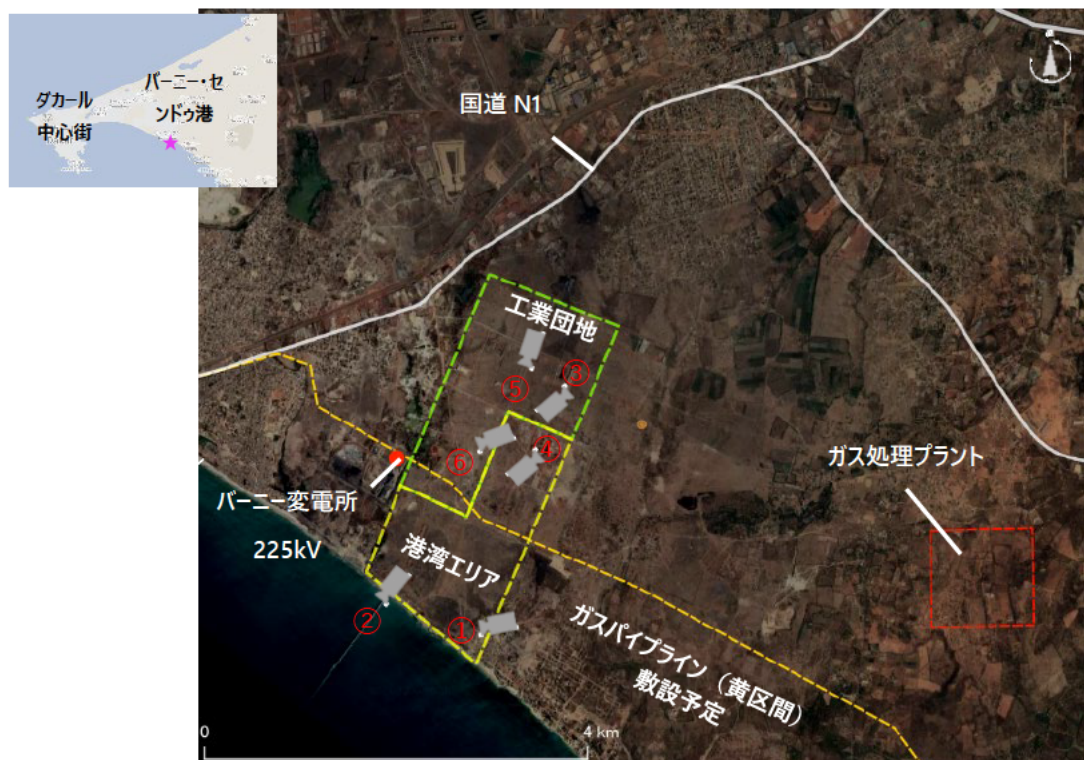
8) 周辺環境

現状計画敷地周辺には多くの住居が存在し、土地収用や住民移転に係わるプロセスが長期化する可能性が高い。

4-3-6. 候補地の周辺状況：バーニー・センドゥ港

1) 候補地概要

前述の通り、バーニー・センドゥ港は栈橋とその後背地の工業団地から構成される。



出典：共同企業体

図 4-18 バーニー・センドゥ港の周辺現況

2) 敷地形状・面積

工業団地の中は、大きく工場ロット、原料や生産物のストレージに大別され、うち工場ロットの広さは計 170ha 程度である。ただし、オペレーターの SMP によると、既に多くの入居予定があり、空きロットは 20ha 程度である。



① 栈橋全体



② 栈橋上

出典：共同企業体

図 4-19 バーニー・センドゥ港の栈橋



③ 穀物貯蔵庫



④ ガス・石油ストックヤード



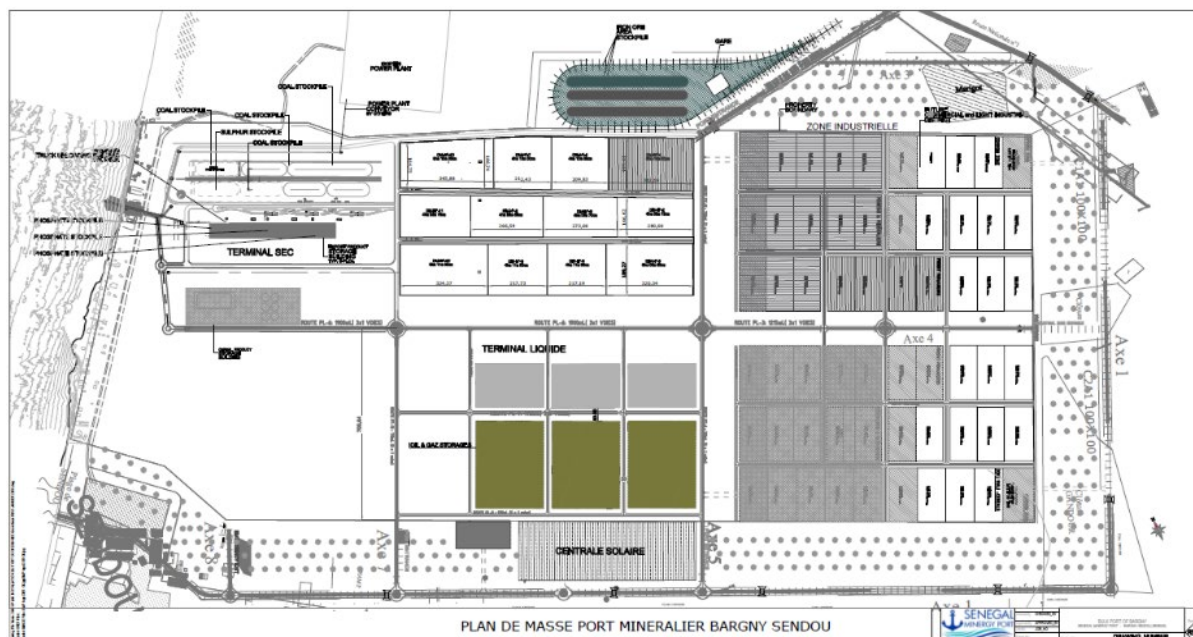
⑤ 工業団地内道路



⑥ 管理棟

出典：共同企業体

図 4-20 バーニー・センドゥ港後背地の工業団地



出典：SMP

図 4-21 バーニー・センドゥ港の開発計画図

3) 上水

バーニー・センドゥ港周辺には深井戸による既存の水供給は存在するが、十分な容量がなく、セネガル国としても井戸水の利用は推奨していない。

4) 電力

バーニー・センドゥ港に隣接するバーニー変電所に接続可能である。

5) ガス

サンゴマールからの天然ガスのガス処理プラントより約 7km に位置する。カヤールからのオンショアガスパイプラインの敷設スケジュールの遅延の影響を受けない点で、ンダヤン港と同等の条件である。

6) 陸上交通

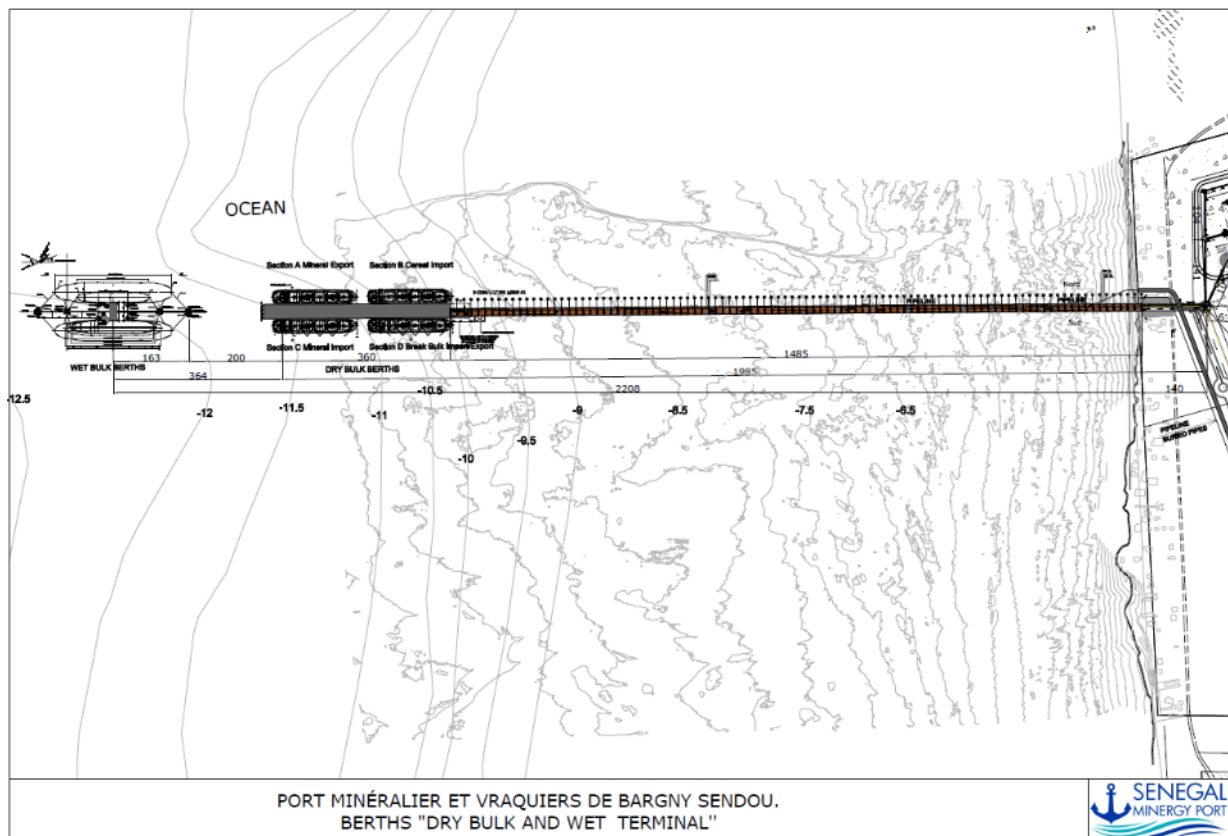
主要幹線道路である国道 N1 が近く、接続するためのアクセス道路が整備されている。ただし、国道 N1 は一車線道路のため交通容量に限界があり、港湾開発に伴って予測される交通量の増加によって、更なる混雑が生じる懸念がある。

7) 港湾スペック

栈橋は載貨重量が 170,000 トンを超えるバルク船に対応できるよう、喫水最大 18m、全長約 1,500m、幅約 30m で計画されている。また、バルク貨物の輸出入に使用する 3 レー

ンのベルトコンベアも計画されている。対応可能な貨物としては、ガスや石炭といった炭化水素原料、硫黄や鉄などの鉱物資源、穀物や肥料などの農業関連資源・製品など、幅広い。実際に、AFD が策定したダカール港整備 M/P では、バーニー・センドゥ港は石炭・セメント・肥料の固形バルクを取り扱うバルク港として想定されている。

上記の条件より、本プラントでの生成物の輸出にバーニー・センドゥ港を活用できる可能性がある。



出典：SMP

図 4-22 バーニー・センドゥ港の棧橋の計画図

8) 周辺環境

候補地の北西には人口密度の高い都市であるバーニーが存在している。その一角、バーニー・ミナムに SENELEC が AfDB を主とする機関⁶の融資を受け、125 MW のセンドゥ石炭火力発電所を建設した。この事業は Build-Operate-Own（BOO）の方法をとり、セネガル電気会社（Compagnie d'électricité du Sénégal）（以下、CES という）が主体となって実施し、スウェーデンの Nykomb Synergetics が出資した。しかし建設時から NGO の支援を受けた住民の反対運動が発生し、施設完成後も稼働ができない状況である。

⁶ AfDB が計 6,000 万ユーロ、西アフリカ開発銀行 BOAD が 3,930 万ユーロ、FMO（オランダ開発銀行）が 3,500 万ユーロ、西アフリカ銀行会社が 1,480 万ユーロ。融資総額は 1 億 4,900 万ユーロ。

- センドゥ石炭火力発電所に反対する住民と支援 NGO⁷は、発電所がセネガル国の環境法令および AfDB の環境指針に従っておらず、環境や社会への負の影響を過小評価していたと指摘している。
- 発電所は環境法（2001 年 1 月 15 日法律第 2001-01 号）の第 13 条に規定されている 500m 以上の緩衝帯の基準を守らず、発電所は魚加工場、居住地、小学校などに近接している（したがって、正式の許可を受けていない可能性がある）。
- 近隣コミュニティは、建設時から大気汚染、騒音、未処理水排水などの公害に悩まされている。
- 公害に対する生計回復策がない。発電所近くで魚を加工している女性グループは、汚染による収入減少の補償を受けていない。
- 環境社会影響評価に関する十分な対応が出来なかった。

抗議を受けた AfDB は現地調査及び行動計画を立てたが、十分な対応がなされず、さらなる抗議の原因となっている。

センドゥ火力発電所の環境汚染と反対運動は広く知られており、各地で新規ケミカルプラントを建設においても、環境と社会への影響に十分な配慮を行わなかった場合、同様の住民運動を引き起こす可能性が高い。国際 NGO の介入も懸念される。

4-3-7. 第 3 段階：最終候補地の比較

①港湾を全て事業者自身で整備する必要があり整備費用が膨大となる点、②カヤールの天然ガス産出に向けたステークホルダー間での調整の大幅な遅延が発生している点より、ラック・ローズは最終候補地から除外された。よって、最終候補地としては、バーニー・センドゥ港とンダヤン港を選定した。最終候補地から建設地を選定するうえでの評価指標とその評価結果は以下の通りである。

⁷ 女性魚加工業者たちのグループ GIE Khelcom 、および国際環境 NGO である Lumière Synergie Développement (LSE) 。

表 4-4 候補地比較表

カテゴリー	番号	評価指標	パーニー・センドゥ港	ンダヤン港	重みづけ	パーニー・センドゥ港(重み含)	ンダヤン港(重み含)
コスト	1	港湾への近接	5	5	3	15	15
	2	ガス処理プラントへの近接	4	4	2	8	8
	3	メイングリッドへの近接	5	3	1	5	3
	4	上水ネットワークへの近接	5	4	1	5	4
	5	周辺の道路ネットワーク	4	3	2	8	6
	6	土地代	2	4	2	4	8
	7	コンテナ輸出設備	1	5	1	1	5
	8	固形バルク輸出設備	5	2	3	15	6
	9	流体バルク輸出設備	5	5	2	10	10
	10	税等免除措置	1	5	3	3	15
スケジュール	11	利用可能な土地	2	5	3	6	15
	12	オペレーターの規模	3	5	2	6	10
	13	港湾整備の進捗	5	1	3	15	3
社会配慮	14	近傍都市との距離	2	4	3	6	12
	15	近傍都市の人口 注 1)	3	4	3	6	12
	16	近傍都市の人口 密度 注 1)	1	4	3	3	12
計						116	144

注 1) 低いほど高得点。

出典：共同企業体

最終候補地比較の結果、本プラントの建設地はンダヤン港として詳細な検討を進めることで、共同企業体、C/P の PETROSEN 間で合意をした。ンダヤン港のオペレーターである PAD と DP World の動向を注視し、2027 年以降の本プラント稼働開始に向け、港湾の建設スケジュールとその実際の進捗について最新の状況を把握することが不可欠である。

第 5 章 アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設計

5-1. アンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントの設備構成

併産プラント全体の設備構成を図 5-1 に示す。本プラントはアンモニア・メタノール・尿素の各プロセスとこれらのプロセス設備を運転するのに必要なユーティリティ設備や、（主&副）製品を保管する為の倉庫や出荷する為の設備、運転及びメンテナンスに必要なコントロールルーム、電気室、設備を雨風から守る建屋、メンテナンスショップ、防消火設備等々のオフサイト設備から構成される。

主要な設備は以下の通り。

プロセス設備

- アンモニア製造設備
- 尿素製造設備
- 尿素造粒設備
- メタノール製造設備
- UF-85 製造設備

ユーティリティ設備

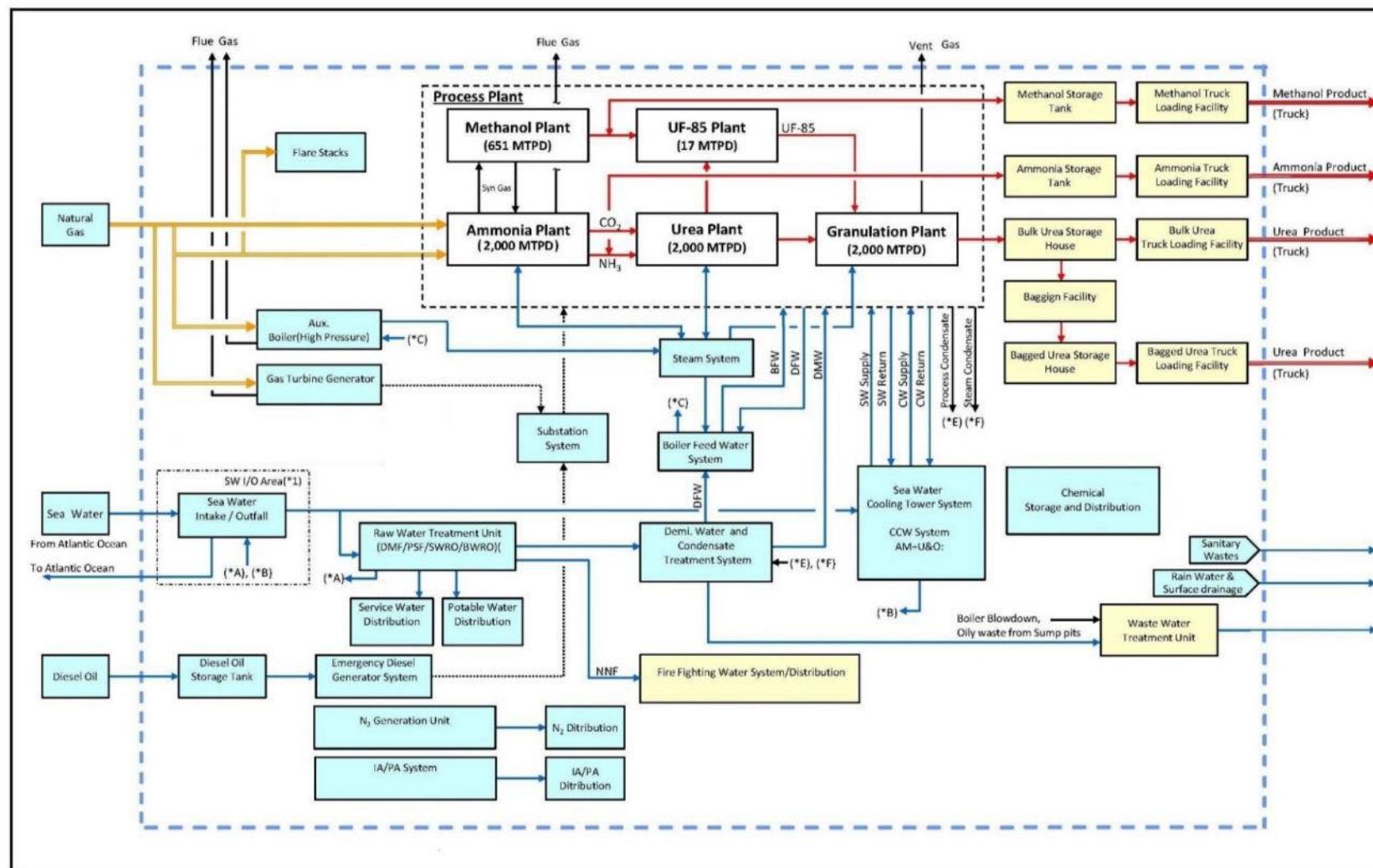
- ガスタービン発電設備
- 蒸気発生装置
- 海水淡水化設備
- ボイラー給水設備
- 純水製造装置
- 海水冷却水・海水冷却塔・循環設備
- 燃料ガス設備
- 計装用空気設備
- 窒素発生設備
-

オフサイト設備

- アンモニア貯蔵設備
- 製品尿素貯蔵設備（バルク・袋詰め）
- 尿素袋詰め設備
- メタノール貯蔵・出荷設備

- 防消火設備
- フレアースタック
- 排水処理設備

これらの各設備の仕様に関しては 5-4 及び 5-5 に記載する。



出典：共同企業体

図 5-1 Overall Block Flow

5-2. 採用テクノロジー及びテクノロジープロバイダー（ライセンサー）

5-2-1. アンモニア・メタノールプロセス

アンモニア・メタノール併産プロセスでは唯一商業実績のあるデンマーク Topsoe 社の技術を採用する。

Topsoe 社は 1940 年に Haldor Topsøe によって設立されたデンマークの企業であり、化学工業及び石油精製産業に留まらずあらゆる分野対して合成触媒ならびにソリューション技術やサービスを提供している世界的なテクノロジーリーダーである。

アンモニア合成技術においては性能だけでなく、Technology の操作性の高さはオフテーク市場での優位性に貢献しており、現在では Topsoe Technology がアンモニア生産で世界トップの約 43%を占めており、今回提案しているメタノール併産プロセスも Topsoe 社が保有する技術を融合させたユニークな技術であり、多様性ある市場の動きに顧客がフレキシブルに対応できるものと期待される。

また Topsoe 社は脱炭素社会に向けたいくつものソリューションを開発・提供し、環境にやさしい触媒や化学技術を通じて、脱炭素化への移行をシームレスに遂行できるソリューションを提供してくれるものと考えられる。

5-2-2. 尿素合成プロセス

尿素合成プロセスは、イタリア Saipem 社の技術 Snamprogetti Process を採用する。

Saipem 社はイタリアの大手石油会社 Eni 社のグループ会社で、化学プラント EPC、オフショアオイル/ガスプラント EPC を手掛けるエンジニアリング会社であり、2008 年に肥料プラントライセンサーであった Snamprogetti を吸収合併し、尿素合成プロセスライセンスを有する。

Snamprogetti Process では、高温高压下において CO_2 、アンモニアより尿素を得るが、未反応成分を分離回収のために過剰アンモニアによりストリップングするアンモニアストリップングを採用しており、 CO_2 ストリッピングに比べて腐食性が低いことが特徴である。

5-2-3. 尿素造粒プロセス

尿素造粒プロセスは、ドイツ thyssenkrupp Fertilizer Technology(tkFT)社の技術を採用する。

tkFT 社は造粒プロセス(Uhde Fluid Bed Urea Granulation Process)ライセンスを有する尿素造粒プロセスのライセンサーであり、Granulation Plant における約 75%のシェアを占めている。

近年 tkFT 社では造粒プロセスのキー技術である造粒装置におけるスプレーノズルの改良を行っており、造粒時のダスト生成量を抑制することにより、プラントの効率向上、造粒装置の洗浄期間の改善、環境負荷低減を実現している。

5-3. プロセス設備構成

従来のアンモニア・尿素製造プラントやメタノール製造プラントは、共に原料である天然ガスを水蒸気改質反応にて合成ガスを一旦製造し、その後アンモニアを合成・分離する工程、メタノールを合成・精製する工程から成るが、アンモニア・メタノール併産プラントは、天然ガスからの合成ガス製造工程を統合・一体化したプラントであり設備費用構成を単純化して競争力向上を図ったユニークなプラントである。

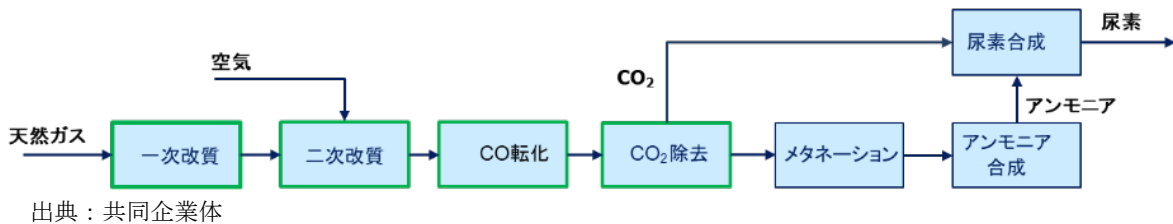


図 5-2 従来のアンモニア合成プロセスブロックフロー

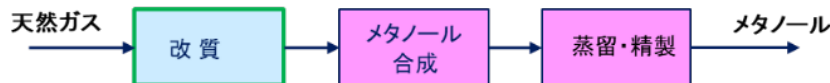


図 5-3 従来のメタノール合成・精製プロセス

上記の2つの合成プロセスのブロックフロー中で、緑色枠で囲まれた工程を合体・共通化させたものが以下の併産プロセスとなる。

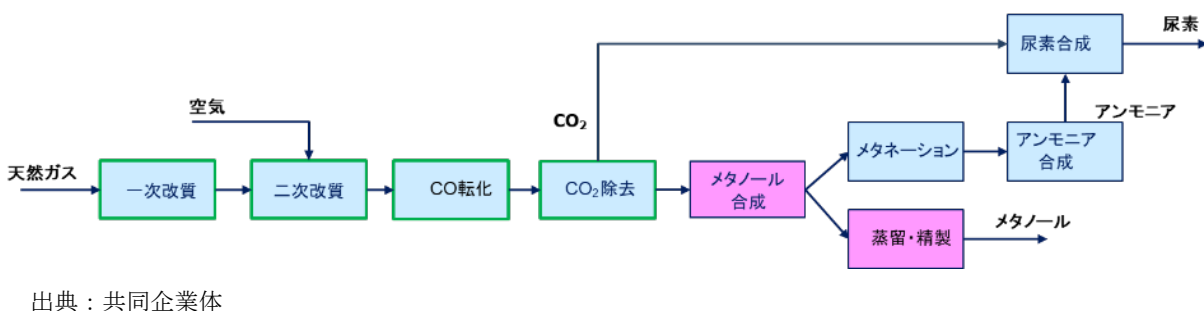


図 5-4 アンモニア・メタノール併産プロセス

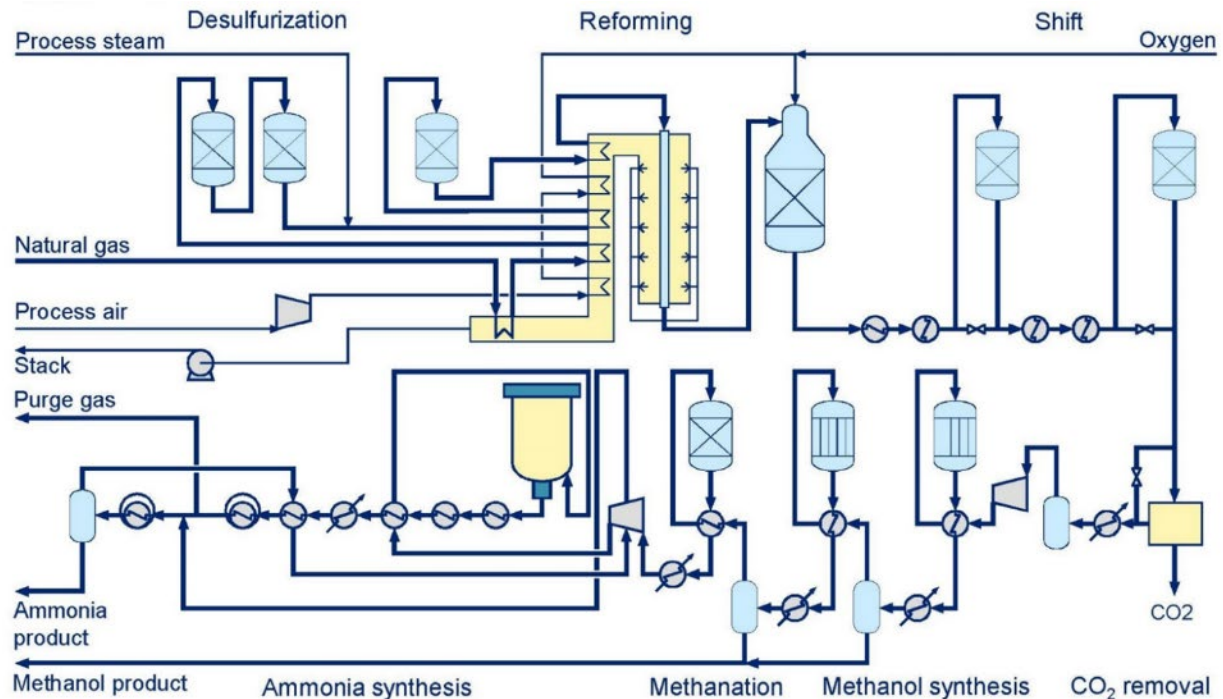
併産プロセスでは水蒸気改質法で製造された合成ガスから一部の二酸化炭素（CO₂）を除去した後まずはメタノールを製造し、合成直後の粗メタノールは分離され、さらに蒸留工程にかけて製品に仕上げられる。メタノールを分離された合成ガスは残留 CO+CO₂を処理した後にアンモニアに合成され、前流工程で除去された副生二酸化炭素と共に尿素合成工程にて尿素肥料が製造される。尿素肥料は造粒（Granulation）プロセスを経て最終的に輸出を視野に入れた粒状(Granule)仕様としている。

以降に、各々のプロセス設備でどのような反応・精製工程を経てそれぞれの製品が製造されるのかをプロセスフローチャートと共に説明する。

5-3-1. プロセスフローチャート・プロセス概要

1) アンモニア・メタノール併産プロセス

アンモニア・メタノール併産プロセスのフローを図 5-5 に示す。

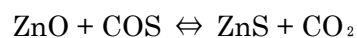


出典：共同企業体

図 5-5 アンモニア・メタノール併産プロセスのフロー

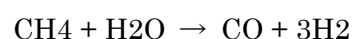
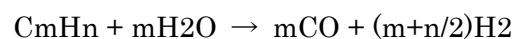
(1) 脱硫工程 (Desulfurization)

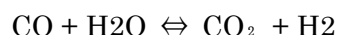
原料 NG に含まれる硫黄成分 (硫化水素 H_2S など) は触媒毒となるため、前もって脱硫工程で ZnO 触媒へ吸着させ脱硫を行う。有機硫黄化合物が含まれている場合には水添反応を行い、 H_2S へ転化させた後に吸着脱硫する。



(2) 改質工程 (Reforming)

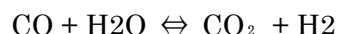
脱硫した NG は Steam と混合され、Primary Reformer(1ry Reformer)へと送られ、炉壁のバーナーからの輻射熱によって熱せられた反応管の中の触媒層を通過し、化学反応によって水素と一酸化炭素へと改質する。次に、ガスは Secondary Reformer(2ry reformer)へと送られる。2ry Reformer 内にてアンモニアの原料となる窒素が空気として加えられ、空気中の酸素による燃焼熱によって改質反応はさらに進み、原料中の炭化水素はほとんど改質される。





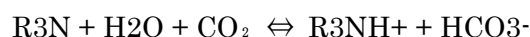
(3) CO 転化工程 (CO Shift)

改質されたガスの一酸化炭素を HT CO Converter および LT CO Converter で水蒸気と反応させ、水素と二酸化炭素へと転化させる。



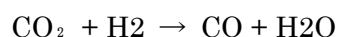
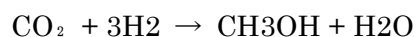
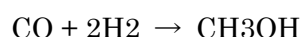
(4) 脱炭酸工程 (CO₂ Removal)

CO 転化ガス中の二酸化炭素を、吸収塔にて吸収液を用いて吸収、除去する。二酸化炭素を吸収した吸収液は脱炭酸塔で水蒸気により加熱され、二酸化炭素を排出し再び吸収塔へと送られる。



(5) メタノール合成工程 (Methanol Synthesis)

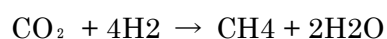
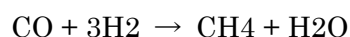
合成ガスはメタノールおよびアンモニア合成のために圧縮機にて昇圧される。圧縮機中間段にて抜き出された合成ガスは、反応器へと送られ、一酸化炭素および二酸化炭素と水素からメタノールを合成する。



合成した粗メタノールは、不純物が多く含まれているため、蒸留工程に送られ軽質ガスや水などを分離することで濃縮され、製品メタノールを得る。

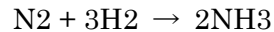
(6) メタネーション工程 (Methanation)

メタノールを分離した後に、合成ガスはメタネーション工程へと進む。原料ガス中の残留一酸化炭素と二酸化炭素を、Methanator でアンモニア合成触媒にとって無害なメタンへと転化させる。



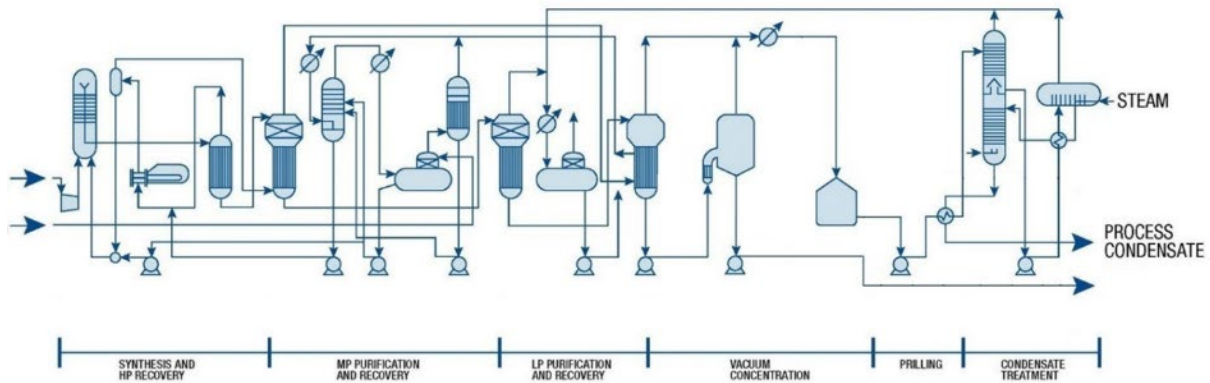
(7) アンモニア合成・冷却工程 (Ammonia Synthesis)

一酸化炭素と二酸化炭素を除去された原料ガスは圧縮され、アンモニア合成工程へと送られ、アンモニアを合成する。未反応ガスは、廃熱回収し、冷却・凝縮した液体アンモニアを製品として分離した後、反応器へとリサイクルされる。アンモニア合成工程へと送られたメタン等の成分はパージガスとして抜き出され、燃料として使用される。



2) 尿素合成(Urea Synthesis)プロセス

尿素合成プロセスのフローを図 5-6 に示す。



出典：Saipem Brochure “Snamprogetti™ Urea Technology (as of 2016)”

図 5-6 尿素合成プロセスフロー

(1) 尿素合成および高圧回収 (Urea Synthesis and HP Recovery)

アンモニアプラントで製造された NH_3 および CO_2 は昇温・昇圧され、合成塔へ送られる。合成塔では、下記に示すように中間生成物であるアンモニウムカーバメートの脱水反応を経て、尿素が合成される。



合成塔出口において濃度 33-34 wt% の尿素溶液は、Stripper で加熱されることで、アンモニウムカーバメートの分解およびアンモニアの蒸発が起こり、42-43 wt% の尿素溶液として MP decomposer へ送られる。Stripper から排出される未反応オフガスは、Carbamate condenser および Separator を経て凝縮され、合成塔へリサイクルされる。凝縮になったオフガスは、MP decomposer へ送られる。

(2) 中圧精製・回収 (MP Purification and Recovery)

Stripper で精製された尿素溶液は、MP decomposer で減圧および加熱され、60-63 wt% の尿素溶液となり次工程の LP decomposer へ送られる。

MP decomposer から排出されるオフガスは、Vacuum preconcentrator の熱源として使用された後、MP condenser で冷却水によって冷却され、MP absorber で Ammonia receiver からの Reflux NH_3 によってオフガス中の CO_2 及び H_2O が吸収除去される。MP absorber から排出される NH_3 /Inert ガスは凝縮器で凝縮され、Ammonia receiver にリサイクルされる。MP absorber で回収される液は Pump で HP recovery section の Carbamate condenser へリサイクルされる。

Ammonia receiver 内のオフガスは、Ammonia recovery tower で B.L.からのアンモニア

によって一部が凝縮され、未吸収のオフガスは MP inert washing tower で水に吸収され、Pump で MP absorber へリサイクルされる。回収できなかったオフガスは Flare Stack で処理される。

(3) 低圧精製・回収 (LP Purification and Recovery)

MP decomposer で精製された尿素溶液は、LP decomposer でさらに減圧および加熱され、69-71 wt%の尿素溶液となり次工程の濃縮工程へ送られる。

LP decomposer から排出されるオフガスは、Distillation tower から排出されるオフガスと共に Ammonia preheater の熱源として使用され、一部が凝縮し、凝縮しなかったオフガスは LP condenser で凝縮される。LP condenser で凝縮したカーボネートは、Carbonate solution accumulator に送られ、Accumulator 内の NH_3/CO_2 溶液は MP decomposer から排出されるオフガスと共に濃縮工程の Vacuum preconcentrator の熱源として使用される。

(4) 濃縮工程 (Vacuum Concentration)

LP decomposer で精製された尿素溶液は、Vacuum preconcentrator において平衡蒸留される。液は Accumulator 内の NH_3/CO_2 溶液および MP decomposer から排出されるオフガスによって加熱され、84-86 wt%の尿素溶液となり、オフガスは Vacuum system へ送られる。

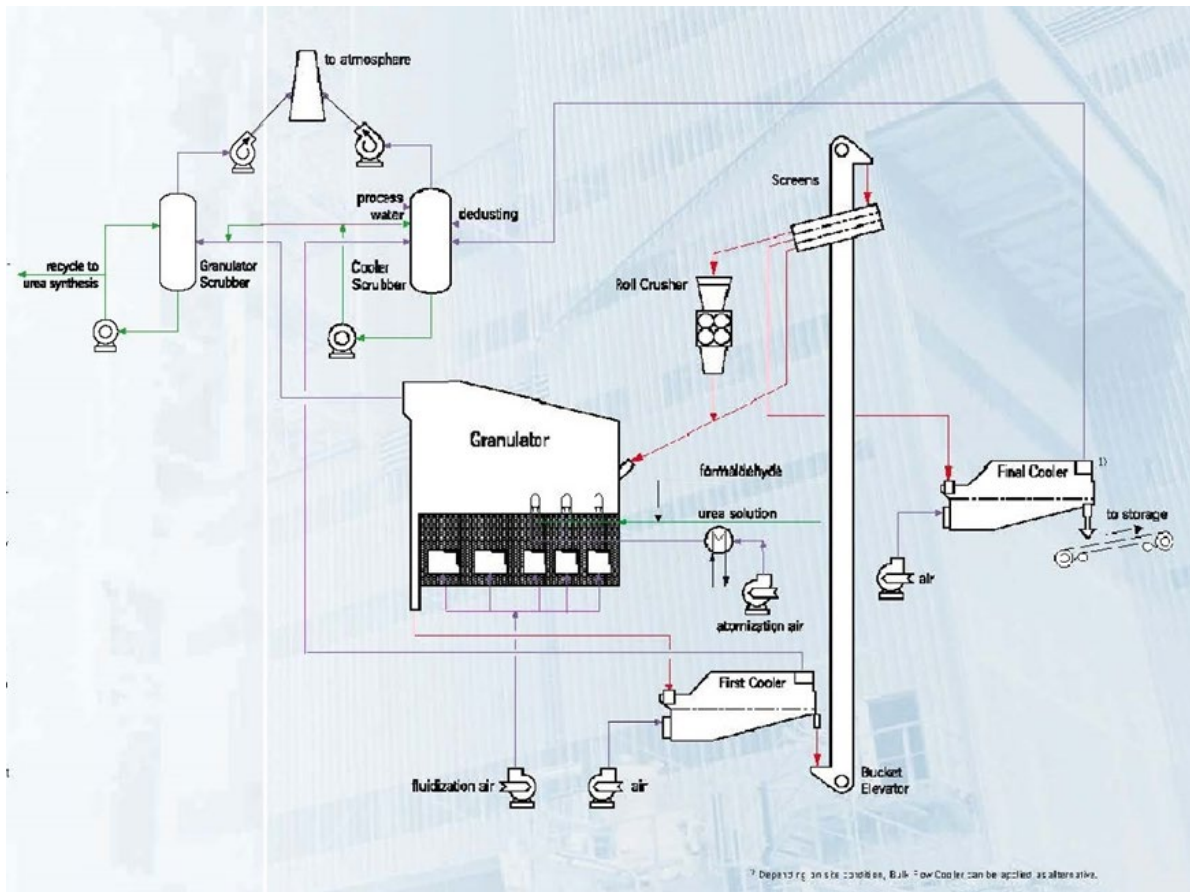
Vacuum preconcentrator で精製された尿素溶液は、Vacuum concentrator で 27 kPa(abs) まで減圧および加熱され、97 wt%の尿素溶液となる。Vacuum concentrator から排出されるオフガスは Vacuum system へ送られる。

(5) プロセスコンデンサート処理(Process Condensate Treatment)

Vacuum system で凝縮された NH_3 、 CO_2 および尿素を含む Process condensate は Process condensate tank に集められ、Distillation tower で蒸留される。Distillation tower の中段には chimney tray が設置してあり、Condensate 中に含まれる Urea を NH_3 と CO_2 に分解するため、chimney tray から condensate を抜き出し、Pump で Urea hydrolyzer へ送る。Urea hydrolyzer から排出される液は Chimney tray の下に戻される。Distillation tower の塔頂から排出される Process gas と Urea hydrolyzer から排出される NH_3 および CO_2 は、LP decomposer から排出されるオフガスと共に Ammonia preheater の熱源として使用された後、Carbonate solution accumulator にリサイクルされる。Distillation tower の塔底から回収される Treated process condensate は一部プロセス内で利用され、残りは Utility plant (WWT) に送られ再利用される。

(6) 尿素粒状化(Urea Granulation)プロセス

尿素粒状化プロセスのフローを図 5-7 に示す。



出典：：TyssenKrupp Uhde Fertilizer カタログ

図 5-7 尿素粒状化プロセスフロー

(7) 造粒工程(Granulation)

尿素合成プラントで合成された尿素溶液は、UF85(尿素 + ホルムアルデヒド溶液) が添加され、Granulator に送られる。Granulator では、種 Urea と呼ばれる小さな粒状尿素を元に、尿素溶液を吹き付けて成長させる。Granulator は Perforated Plate で上下に分割されており、Perforated Plate の上部で Granule を成長させる。先端が Spray Nozzle となっている二重管が Perforated Plate を貫通して通っており、内管に尿素溶液が流れ、外管に空気が流れる。尿素溶液と空気を同時に吹き付けることにより、均一に Granule が成長する。Granulator から出た 100 °C 以上ある高温の粒状尿素は、First Bed Cooler で約 70°C まで冷却される。

First Bed Cooler で冷却された粒状尿素は、Bucket Elevator で上部に運ばれ、Vibrating Screen でサイズ毎にふるい分けされる。On spec.より小さい粒は Granulator に戻され、再度成長過程に入る。On spec.より大きい粒は、Roll Crusher にて破碎され、種 Urea として Granulator に送られる。

On spec.サイズの粒状尿素は Final Bed Cooler で約 40 °C まで冷却後、製品としてコンベヤーにより製品倉庫へ送られる。

(8) オフガス処理(Scrubbing)

Granulator および Bed Cooler から排出されるオフガスには尿素由来のダストおよびアンモニアが含まれており、環境規制に適合するため、大気へ放出する前にスクラバーが設けられている。ダストを含むオフガスと Urea 水溶液を接触させることで、オフガス中のダストおよびアンモニアを回収する。スクラバーで生成された尿素溶液は、尿素合成プロセスに回収される。

5-3-2. 設計条件・製品仕様

1) 生産能力

- アンモニア Ammonia	:	2,000 MTPD of Liquid Ammonia (メタノール併産しない時)
	:	1,455 MTPD of Liquid Ammonia (メタノール 651 MTPD 併産時)
- メタノール Methanol	:	651 MTPD of Liquid Methanol
- 尿素 (粒状) Urea Granules	:	2,000 MTPD of Urea Granules
- UF-85, Urea Formaldehyde	:	17 MTPD of UF-85 solution

2) 製品仕様 Product Specification

- アンモニア		
	純度 Purity	: 99.7% wt.min.
	H ₂ O	: 0.3% wt.max.
	Oil	: 3 ppm wt. max.
- メタノール純度		
	Purity	: 99.85 % wt.min
	密度 Density	: 0.791 - 0.793 g/cm ³
	水分 Water	: 0.10%wt. max.
- 尿素 (粒状)		
	品質 Quality	
	N 分 Nitrogen	: 46.0% wt.min.
	水分 Moisture	: 0.3 wt.max.
	Biuret	: 0.9% wt.max.
	ホルマリン	: 0.55% wt.
	Iron & other metals	: < 1.0 ppm wt.
	Free ammonia	: < 50 ppm. Wt.
	Size Distribution	
	Between 2-4 mm	: 92% wt.min.
	Bulk Density	: 720 – 760 kg/m ³

Crushing Strength	:	3.0 kgf on 3.15 mm granule
Repose Angle	:	27 – 30 degree
- 二酸化炭素		
組成	CO ₂	: 97 mol% dry min
	イナート分	: 3 mol% dry max.
	水分:	: 642 ppm
	流量	: 101,012 kg/h as 100% CO ₂

3) 原料仕様

(1) 天然ガス供給仕様 Natural Gas Specifications

供給元のガス田がまだ開発中であることから、本 FS では下記組成を想定し、熱物質収支を計算している。

(a)	組成Composition	単位 Unit	Value
	Methane, CH ₄	mol%	92.05
	Ethane, C ₂ H ₆	mol%	2.99
	Propane, C ₃ H ₈	mol%	1.47
	i-Butane, iC ₄ H ₈	mol%	0.26
	n-Butane nC ₄ H ₁₀	mol%	0.49
	i-Pentane iC ₅ H ₁₀	mol%	0.17
	n-Pentane, nC ₅ H ₁₂	mol%	0.15
	C ₆ +	mol%	1.00
	CO ₂	mol%	1.18
	N ₂	mol%	0.23
	O ₂	mol%	0
	Total	mol%	100.00
	Molecular Weight	—	18.43
(b)	Impurities		
	H ₂ S, max.	ppm vol.	25
	Organic Sulfur (mercaptan, COS), max.	ppm vol.	0.1
	Total Sulfur, max.	ppm vol.	10
	Mercury, max	μg/Nm ³	NA
	Chlorides, max	ppm vol.	NA
(c)	Supply Condition @B.L.		

	Pressure	MPa	3.0
	Temperature	oC	26
(d)	Lower Heating Value	kJ/Nm ³	39,300
		Kcal/Nm ³	9,385

4) 設計基準・標準 Codes and Standards

本プラントの設計は肥料プラントで標準的に適用されている ASME, DIN, JIS, EN, BS 等の国際規格・標準を適用することとする。

詳細については、例えば圧力容器、回転機械、電気機器、土僕・建築設計、等々に対して個別に規定する。

5) 気象条件 METEOROLOGICAL CONDITIONS

・ 大気温度・湿度 Air temperature and humidity

Ambient temperature		
Yearly Average	℃	26
Minimum average	℃	10
Maximum average	℃	41
Wet bulb temperature		
Relative humidity		
Max.	%	98
Min.	%	32
Design	%	70

・ 降雨量 Rainfall

Maximum in 24 hours (daily maximum)	mm	
Maximum in 1 hour	mm	
Annual, total	mm	2,500
Annual maximum	mm	

・ 風向き・風速 Wind

Prevailing wind directions	North-West	
Average daily wind speed	km/h	16
Maximum wind speed Wind pressure	km/h	36

・ 大気圧 Atmospheric pressure

年間平均 Average	bar	1,011.5
Maximum	bar	1,013.7
Minimum	bar	1,008.0

6) ユーティリティ条件 Utilities Conditions

プラント内で製造・使用するユーティリティ条件は以下の通り。

i) 海水 Sea Water

取水設備から供給される海水は、冷却水として使用されるだけでなく、海水淡水化装置・脱塩水装置にてボイラー給水の原水として使用される。

本プラントに供給される海水は以下の仕様であると想定した。

海水面表層温度 Surface temperature	19.9 - 28.7 °C
表層さらの水深@ m にて	15 - 30 °C
供給温度、設計 Supply temperature	20 °C
戻り温度、Return tempereure	30 °C

成分 Composition は以下の通りである。

Parameter	Unit	Value
Calcium, Ca ²⁺	mg/ ℓ	
Magnesium, Mg ²⁺	mg/ ℓ	
Sodium, Na ⁺	mg/ ℓ	10,830
Potassium, K ⁺	mg/ ℓ	
Total Cations	mg/ ℓ	
Boron	mg/ ℓ	< 5.0
SO ₄ ²⁻	mg/ ℓ	3,010
Chloride, Cl ⁻	mg/ ℓ	19,107
Residual Chlorine	mg/ ℓ	0
HCO ₃ ⁻	mg/ ℓ	
CO ₃ ⁻	mg/ ℓ	
Total anions	mg/ ℓ	
Hardness, as CaCO ₃	mg/ ℓ	6.7
pH (Standard Units)		7.8 - 7.9
Turbidity	NTU	0
Total alkalinity	m-eq./ ℓ	
Chemical Oxygen Demand (COD)	mg/ ℓ	
Total Dissolved Solids (TDS)	mg/ ℓ	32,000 - 36,000
Conductivity @20°C	μS/cm	50,600 - 50,700
Density	kg/m ³	
Viscosity	cP	
Specific heat	kcal/kg°C	

ii) 市水 Municipal Water

現地状況から市水の受入れは困難であると想定した。

iii) 蒸気 Steam

アンモニアプロセスからの排熱回収と補助ボイラーで高圧蒸気を発生し、大型コンプレッサ駆動用蒸気タービン、水蒸気改質反応用、加熱用に使用。

アンモニア・尿素/メタノール併産プラントでは、3つの異なる圧力の蒸気を使い分けている。

圧力レベル	圧力 Pressure (MPaG)	温度 Temp (°C)	主たる用途
高圧 High Press.	11.3	505	蒸気タービン
中圧 Medium Press.	4.45	374	反応用・蒸気タービン
低圧 Low Press.	0.34	237	加熱用・脱気器

iv) デサリ水 Desalinated Water

海水を逆浸透膜 RO にかけてデサリ水を製造、ボイラー給水製造の為に脱塩水の原料とする。

目標性状 Typical Quality		
pH	--	5.5 – 6.5
Total Dissolved Solid (TDS)	mg/l	< 250
Ca ⁺	mg/l	< 2
Mg ²⁺	mg/l	< 5
Na ⁺	mg/l	< 90
K ⁺	mg/l	< 3
SO ₄ ²⁻	mg/l	< 9
Cl ⁻	mg/l	< 140
HCO ₃ ⁻	mg/l	< 7
CO ₃ ²⁻	mg/l	Nil

v) 脱塩水 Demineralized Water / ボイラー給水 Boiler Feed Water

目標性状		脱塩水	ボイラー給水
pH	--	5.5 – 8.0	9.2 – 9.8
電導度 Conductivity @25°C	µS/cm	< 0.2	--
全硬度 Total Hardness as CaCO ₃	mg/l	Not detectable	Not detectable
シリカ Silica as SiO ₂	mg/l	< 0.02	0.02
Na+K as Na	mg/l	< 0.05	0.05
Total iron as Fe	mg/l	< 0.02	< 0.02

Cu	mg/l	0.01	0.01
Cl	mg/l	0.1	0.1
SO42- + SO32-	mg/l	Nil.	Nil.
溶存酸素 Dissolved Oxygen	mg/l	—	0.007
Phosphate as P2O5	mg/l	Nil.	Nil.

vi) 燃料ガス Fuel Gas

原料天然ガスを燃料としても使用のため、組成は同一である。Battery Limit にて受け入れた天然ガスを減圧して使用する。

		Reformer 用, ボイラー用	ガスタービン燃 料
圧力 Pressure	MPaG	0.8	2.75
温度 Temperature	oC	50	50

vii) ディーゼル燃料 Diesel Oil

非常用発電機で使用する燃料で、ローリー車（トラック）で受入れる。

性状		
粘度 Viscosity	cSt	1.9 – 4.1
Cetane Number	—	40 min.
Distillation Range	oC	282 – 338
Pour Point		
Cloud Point		
引火点 Flash Point		72 min.
硫黄分 Sulfur	wt%	0.05 max.

viii) 計装用空気 / 雑用空気 Instrument Air / Service Air

常時はアンモニアプラント内の Process Air Compressor から一部を抽出し計装用空気等を製造し、ユーザーへ供給する。

		計装用空気	雑用空気
圧力 Pressure	MPaG	0.7	0.7
温度 Temperature	oC	45	45
露点 Dew Point @ 0.7 MPaG	oC	< - 40	< - 25
油分 Oil Content	—	Oil free	Oil free

ix) イナートガス（窒素）Inert Gas (Nitrogen)

Plant 内でガス窒素・液体窒素を製造しユーザーへ供給する。

		低圧 LP	高圧 HP
圧力 Pressure	MPaG	0.7	1.2
温度 Temperature	oC	外気温	外気温
性状 Specification			
純度 Purity	vol%	> 99.98	> 99.9
酸素 Oxygen	vol%	< 0.02	< 0.02
CO + CO ₂	ppmv	< 20	< 20

x) 電力 Electricity

Voltage		
High / Generation	V	11,000
Medium	V	6,600
Low	V	415
Frequency	Hz	50
Phase / Wires	—	3 phase / 3 wire
Grounding System		Low Resistance Grounding

xi) 環境基準 Environmental Requirement

a. 騒音 Noise Level

- Applicable Laws and Regulations OSHA 1910.95
- Design guide

Typical for each rotating equipment: used for normal operation.

Major compressor & steam turbines: 95 db(A) at one (1) m from source

Rotating machines other than the above: 90 at one (1) m from source

Reformer: 90 at one (1) m from source

b. 大気質 Atmospheric Emission

Air effluent emission control in principle shall be in accordance with Environmental, Health, and Safety Guidelines of IFC.

Air Emissions			
Parameter	Unit	Emission Source	Effluent Limitation as Design Basis (*1)
Ammonia	mg/Nm3	Ammonia process unit	50
NOx	mg/Nm3	Primary Reformer/Fired Heater Furnace (Dry basis)	300 (at 3 vol% O2)
		Auxiliary Boiler (Dry basis)	200 (at 3 vol% O2)

Notes: (*1) At normal operation excluding ab-normal operating condition such as start-up, shutdown or low load operation.

c. 水質 Liquid Effluent

Liquid effluent control in principle shall be in accordance with Environmental, Health, and Safety Guidelines of IFC.

Liquid Effluent limitations from process plant are as follows.

pH	6-9
Temperature increase	< 3 °C
NH ₃	10 mg/l
Total nitrogen	15 mg/l
TSS	30 mg/l

Liquid Effluent limitations from sanitary sewage are as follows.

pH	6-9
BOD	30 mg/l
COD	125 mg/l
Total nitrogen	10 mg/l
Total phosphorus	2 mg/l
Oil and grease	10 mg/l
Total suspended solids	50 mg/l
Total coliform bacteria	400 MPN/100ml (MPN: Most Probable Number)

5-3-3. 実績表

Topsoe 社の併産技術の実績を以下に示す。

表 5-1 Topsoe の併産技術の実績

客先	建設地	メタノール生産量	アンモニア生産量	完成時期
SEMADCO *)	エジプト	72 MTPD	286 MTPD	1993
Terra Industries, Inc. *)	米国	363 MTPD	600 MTPD	1994
Heilongjiang Chemical Plant *)	中国	120 MTPD	600 MTPD	1999
Petronas Fertiliser (Kedah) Sdn. Bhd.	マレーシア	200 MTPD	1,125 MTPD	1999
Sichuan Lutianhua Stock Co., Ltd. *)	中国	136 MTPD	314 MTPD	2003
Tatarstan	ロシア	670 MTPD	1,382 MTPD	2015
Lavan	イラン	3,000 MTPD	900 MTPD	TBD

SchekinoAzot	ロシア	1,350 MTPD	415 MTPD	2018
Acron	ロシア	300 MTPD	2,500 MTPD	2022 (exp.)

*) 既設プラントの改造工事

出典：共同企業体

三菱重工エンジニアリング社の肥料プラント実績を以下に示す。

表 5-2 三菱重工エンジニアリング社の肥料プラント実績

客先	建設地	生産量	完成時期
Bangladesh Chemical Industries Corporation	バングラデシュ	アンモニア 1,078 MTPD 尿素 1,700 MTPD	1992
Gulf Petrochemical Industries Co.	バーレーン	尿素 1,700 MTPD	1998
Petronas Fertilizer(Kedah) Sdn. Bhd.	マレーシア	アンモニア 1,350 MTPD 尿素 2,000 MTPD メタノール 200 MTPD	1999
P.T. Kaltim Pasifik Amoniak	インドネシア	アンモニア 2,000 MTPD	2000
P.T. Kaltim Parna Industri	インドネシア	アンモニア 1,500 MTPD	2002
P.T. Pupuk Kaltim Timur	インドネシア	アンモニア 1,180 MTPD 尿素 1,725 MTPD	2002
Sohar Industrial Urea & Chemicals Industries	オマーン	アンモニア 2,000 MTPD 尿素 1,750 MTPD x 2	2009
JOINT STOCK COMPANY AMMONI	ロシア	アンモニア 2,050 MTPD 尿素 2,050 MTPD メタノール 668 MTPD	2015
El-Djazairia El-Omania Lil Asmida SpA	アルジェリア	アンモニア 2,000 MTPD 尿素 3,500 MTPD x 2	2017
PETRONAS CHEMICALS FERTILISER SABAH SDN. BHD.	マレーシア	アンモニア 2,100 MTPD 尿素 3,500 MTPD	2017
OJSC PhosAgro	ロシア	NH ₃ 2,200 MTPD	2017
State Concern Turkmenhimiya	トルクメニスタン	アンモニア 2,000 MTPD 尿素 3,500 MTPD	2019
NAVOIYAZOT Joint-Stock Company	ウズベキスタン	アンモニア 2,000 MTPD 尿素 1,750 MTPD	2020
Bangladesh Chemical Industries Corporation	バングラデシュ	アンモニア 1,600 MTPD 尿素 2,800 MTPD	建設中

出典：共同企業体

5-4. オンサイトユーティリティ設備

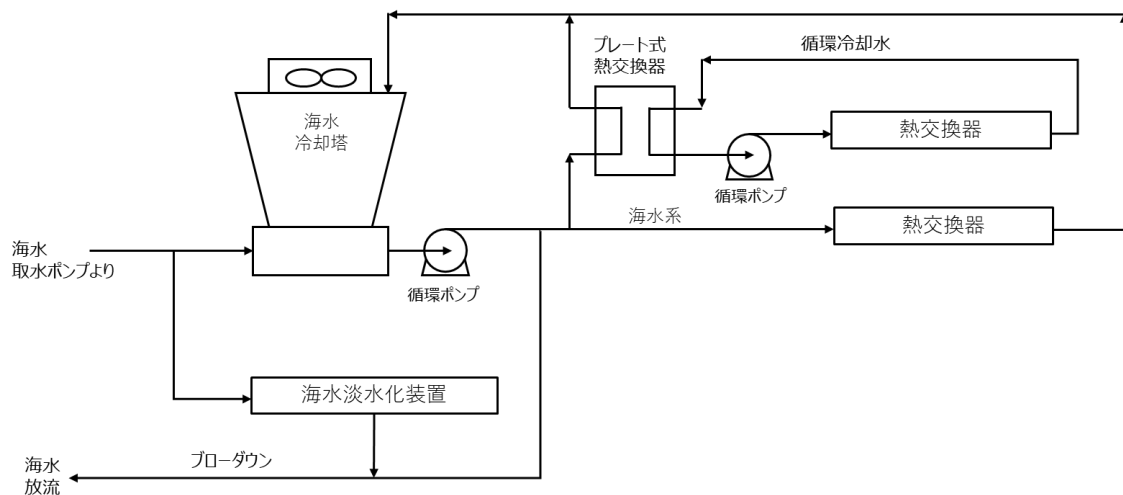
外部から本プラントへ供給されるユーティリティは原料もしくは燃料である天然ガス、ディーゼルオイルと海水だけである。

それ以外は全て本プラント内で製造して、それぞれのユーザーへ供給し、アンモニア・尿素・メタノールの製造をサポートする。

本プラント内に含まれるユーティリティ設備は以下の通り。

5-4-1. 海水受入れ設備

プラントへ配管にて供給される海水は、冷却用とボイラー給水を製造する原水となる。受け入れ量は概略 3,000 t/h となる。



出典：共同企業体

図 5-8 海水受入れ設備フロー

本プラントでは、海水冷却塔を採用し海水取水量を低減している。

5-4-2. 冷却水設備

本プラントには 2 種類の冷却系統がある。前述のフロー図参照。

1) 海水を使用する海水冷却系

セネガル国は地下水がないだけでなく降雨量も少ない為、真水による冷却系を構築できないので海水を冷却源として使用する。

前述の通り、海水で直接冷却しそのまま放流すると取水量が莫大となるので、海水受入れ設備（ポンプや送水配管）のコストも莫大となるので、中東地域やカスピ海沿岸で実績のある海水冷却塔を採用している。海水冷却塔を採用すると、海水の補給水の大幅な削減が可能である。

海水を冷却水として使用するの、主に蒸気タービンの排気を冷却するタービンコンデンサーとアンモニアプラント内の冷凍コンプレッサのアンモニアコンデンサーであり、プレート熱交換器用の海水と合わせて概略 53,200 t/h の海水を海水冷却塔で処理している。

これらの熱交換器以外は下記循環水で冷却される。

2) 循環水冷却系

本プラントでは尿素プラントのようにプロセス流体を扱う機器や配管でステンレスを使用する必要があり、ステンレスは海水中の塩素 (Cl) によって腐食されるので、pH 調整されたデサリ水を循環する Closed Loop 冷却水系がある。

循環水はプレート式熱交換器で海水と熱交換し冷却されて再使用（循環）する。

循環量で約 36,300 t/h の設備を装備している。

5-4-3. 海水淡水化装置

本プラントでは逆浸透（Reverse Osmosis）法を採用し海水から約 210 t/h の真水を製造する。製造された真水はタンクに貯められた後、純水製造装置へ送られる。

5-4-4. 純水製造装置

本設備は、回収された蒸気タービンの復水、アンモニア・尿素両プロセスから排出されるプロセスコンデンセートをイオン交換樹脂で再生し、また海水淡水化装置で製造された真水と共にボイラー給水に必要な純水品質に仕上げる装置で構成される。

純水装置は主にフィルター・活性炭・イオン交換樹脂で構成され、イオン交換樹脂の部分はナトリウムイオンやカルシウムイオンなどの陽イオンを除去する性質のある酸性基を持つ「陽イオン交換樹脂」と、塩化物イオンなどの陰イオンを除去する性質のある塩基性基を持つ「陰イオン交換樹脂」を組み合わせで使用される。またイオン交換樹脂はいつまでも使用し続けられるわけではなく、薬品を使ってイオン交換樹脂を再生(イオンの置換)することが必要で、必ず通水中の Train（系統）と再生中もしくはスタンバイ中の Train（系統）の最低 2 系統で構成される。

純水製造装置の処理量は 製品純水ベースで 600 t/h を装備している。再生用薬品としては苛性ソーダと硫酸を使用し、その貯蔵タンクもこの装置エリア近辺に設置されている。

5-4-5. ボイラー給水設備

純水製造装置からの水はまだ酸素を多く含んでいるので、この酸素を低圧蒸気で加温しながらストリッピングする脱気器とボイラーや排熱ボイラーへ給水する為のポンプで構成される。

5-4-6. 蒸気発生設備

本プラントは次の 3 種類の蒸気発生装置で構成される。

- ・ 排熱ボイラー（WHB: Waste Heat Boiler）：プロセスの排熱を高圧蒸気として回収
- ・ 補助ボイラー：スタートアップ時の供給や不足蒸気量を補う高圧。75 t/h x 2 基
- ・ HRSG（Heat Recovery Steam Generator）：ガスタービン排気からの排熱を中圧蒸気として回収。63 t/h x 2 基

5-4-7. 燃料ガス設備

水蒸気改質を行う Primary Reformer や補助ボイラーで使用する燃料は天然ガスをする。プラントの Battery Limit で受け入れた天然ガスは、原料用ガスを分岐した後 2 つの圧力系統の燃料ガス系統に分けられる。

- ・ ガスタービン燃料系統 (2.75 MPaG)
- ・ その他系統 (0.7 MPaG) : Primary Reformer、Start-Up Heater、補助ボイラー、HRSG (常時ゼロ)、フレアスタックパイロットバーナー

5-4-8. 燃料オイル設備

本プラントはガスタービンに必要な電力を供給しているが、万が一 2 台とも停止する異常時にはプラントを停止する必要がある。安全に停止する為にも電源が必要で、この目的の為にディーゼル駆動の非常用発電機を設置している。非常用発電機用の燃料はディーゼルオイルであり、これをローリー車で受入れ、貯蔵 (貯蔵タンクの容量は 210m³)、送油する為の設備で構成される。

5-4-9. 計装用空気・雑用空気設備

計装用空気はプラントの制御に必要な調節弁の駆動源として主に使用される乾燥された圧縮空気、またメンテ機器の駆動源や掃除などには計装空気以外の圧縮空気として雑用空気を使用する。これらの圧縮空気源は、プラントの稼働時はアンモニアプラント内の Process Air Compressor 中間段から一部を抜き出して供給されるが、スタートアップ時にも供給できるようスタンバイの空気圧縮機を設けている。また圧縮空気は窒素発生装置にも供給する必要があり、それを含めた設計流量・台数としている。

- ・ 空気圧縮機: 3,300 Nm³/h (1+1 基)
- ・ 雑用空気供給量: 500 Nm³/h
- ・ 空気貯槽: 2 基、ドライヤー 1 基

5-4-10. イナートガス (窒素) 発生装置

プラントの可燃性ガスのパージや、可燃性ガス導入前の空気置換用として、またプラント停止時の触媒反応器の安全保持用としてイナートガス (窒素) を使用する。プラント外からの液体窒素の購入が不可能もしくは安定供給が困難であると見込み、液体窒素とガス窒素の両方が製造出来る窒素発生装置を設けている。

- ・ ガス窒素製造能力 : 1,500 Nm³/h
- ・ 液体窒素製造能力 : 160 Nm³/h

5-4-11. 発電設備

セネガル国での商用電源の安定確保や 2 回線受電の可能性が本プラント用に確定していないことから、ガスタービンを設置し電源を確保する。プラントでの必要電力より、ガスタ

ービン 2 台（常時 50% Load）設置する。

- ・ ガスタービン容量: 39 MW/台

また万が一ガスタービンが 2 台とも停止する異常時*にはプラントを停止する必要がある、この目的の為にディーゼル駆動の非常用発電機（EDG）1 台を設置している。

- ・ EDG 容量: 5,500 kVA/台

* 例えば 1 台点検中にもう 1 台が振動 H でトリップを想定

5-5. オンサイトオフサイト設備

5-5-1. 海水取水設備

海水取水設備は海岸沿いに設置できるものと想定し、以下の設備を含めている。設置場所は現時点では特定できないがプラントから約 1km 程度に位置するものとし、また取水用の海水ポンプができる基礎までは用意されているものとした。

- ・ 海水ポンプやその他電源供給設備（電気室）、
- ・ 取水プラントからプラントまでの海水配管やその他電源ケーブル等々
- ・ 塩素注入装置

取水ポンプの基礎及びシェルターや配管を設置するパイプライン Corridor は港湾設備整備の一環で準備されているものとした。

5-5-2. 尿素貯蔵倉庫

尿素造粒設備からの製品尿素はコンベアで移送され一旦倉庫に粒状（Bulk）のまま保管される。

倉庫の貯蔵容量は尿素生産量の約 30 日分の 61,500 トンで、ここから袋詰め設備かトラックへの充填設備へコンベアで移送される。

5-5-3. 製品尿素袋詰め設備

製品尿素の出荷形態は、Bulk のままトラック輸送か、袋詰めの場合 50kg 袋か 1 トン袋に詰めてトラックで移送する。

- ・ Bulk 出荷能力：60 t/h x (1+1) 系列
- ・ 袋詰め能力
 - － 50 kg Bag 用 42 t/h x (1+1) 系列
 - － 1 トン Bag 22 t/h x 1 系列
- ・ 袋詰め尿素用倉庫：10,000 トン分

5-5-4. アンモニア貯蔵と出荷

製造されたアンモニアは基本的に全て尿素に転換されるため、経験的に約 7 日分（メタノール併産時）の貯蔵能力としている。また未確定ではあるが国内でのアンモニア需要、即

ち輸入アンモニア代替もしくは補完も考慮しトラック（ローリー車）での内陸輸送用に出荷できる設備も設けてある。

- ・ アンモニア貯蔵タンク容量：10,000 トン
- ・ アンモニアローリー車出荷設備： 52 t/h x 4 系列

5-5-5. メタノール貯蔵と出荷

製造されたメタノールはアンモニアと異なり化学品的要素が強いため、1 基に受け入れ、もう一方は出荷用としている。また、貯蔵能力は 1 基あたり約 3 日分としている。出荷能力はトラック（ローリー車）での内陸輸送用に出荷できる設備を設けてある。

- ・ メタノール貯蔵タンク容量： 2,000 トン x 2
- ・ メタノールローリー車出荷設備： 22 m3/h x 4 系列
- ・ メタノール輸出設備： 100 m3/h x 1 系列

5-5-6. 薬品貯蔵

基本的な思想として、プラント内で使用する薬品は 1 ヶ月の貯蔵で設備計画されている。入手形態にもよるが、液体薬品は消費量が多いものは貯蔵タンクにて貯蔵・保管、少ないものはドラムにて倉庫に保管、固体薬品は袋詰め形態なので倉庫に保管される。

5-5-7. 排水処理設備

プラントからの排水として次の 3 つの形態が考えられる。

- ・ プロセス排水

プロセス排水はセネガル法規にマッチすべくプラント内の排水処理設備で処理した後放流される。

- ・ 雨水排水

雨水排水は油分を取り除いた後放流される。

- ・ 生活用水の排水

生活排水は Septic Tank で処理後放流される。

上記 3 つの放流水は集合して最終的には海水の戻りラインに合流して排出される。

5-5-8. Fire Fighting 設備

セネガル国法規の要求事項に基づき NFPA 標準に準拠して Fire Fighting 設備を設ける。アンモニア・メタノールプラントではガス主体の消火設備となっているが、回転機械のオイルタンクや EDG 用 Diesel オイルタンク周りには散水設備を設けている。

- ・ 消火用水: Desali 水タンクに、最大消費量の 8 時間分を Dead ストックとして確保する。
- ・ 放水銃：1,200 m3/h x 2 か所
- ・ 散水設備

- ・ 粉末消火器
- ・ CO₂ 消火設備: 電気室内用

5-5-9. 安全管理設備

必要個所に可燃性ガス検知器、毒性ガス検知器、火災検知器を設ける。これらの検知器が作動した場合、中央制御室の防災盤で検知場所が確認できるように設計される。アンモニアや薬品を扱う場所には Eye シャワー設備を設置する。また、万一アンモニア臭が検知された場合を想定し、毒ガスマスク、防護服を整備しておく。

5-5-10. ビルディング類

プラント内にはプラントの安定操業を達成する為に以下のビルディングを配置する。

- ・ 中央制御室 Main Control Room
- ・ ラボ分析室 (含む分析機器) Laboratory (with laboratory equipment & utensils)
- ・ 電気室 Substations
 - 主受配電用 (Main)×1、
 - プロセス/ユーティリティ設備用 (Process & Utility)×1、
 - 尿素貯蔵・出荷設備用×(Urea Bulk Storage) ×1
 - Jetty 電気室 (事務室付き with office) ×1
- ・ 尿素造粒棟 Granulation House
- ・ 粒状尿素倉庫 Urea Bulk Storage
- ・ 尿素袋詰め・保管倉庫 Urea Bagging and Storage

5-5-11. Shed 類

機器を雨風や日射から保護する為に、以下の機器もしくは設備には Shed を設置する。

- ・ メイン圧縮機用 Main Compressor (NG, Process Air, Syngas, NH₃ Ref. CO₂)
- ・ SWRO 用
- ・ 純水製造装置用 Demineralization Unit
- ・ 計装用空気圧縮機用 IA Compressor & Dryer
- ・ SW/CCW 用薬注装置 Chemical Injection Unit

5-5-12. ノンプラントビル

操業管理や保守点検、事務員の為のビルは以下のものを設置。

- ・ 事務管理棟 Administration Building
- ・ 更衣室&食堂 Locker Room & Canteen
- ・ トレーニングセンター Training Center
- ・ 消防自動車用ガレージとクリニック Fire Car & First Aid Clinic

- ・ メンテナンスショップ Maintenance Shop
- ・ スペアパーツ保管庫 Ware House for Spare Parts
- ・ 触媒・薬品用倉庫 Catalyst & Chemical Storage
- ・ オペレーター用キャビン Operators Cabin×5
- ・ 守衛監視塔 Security Watch Tower ×6
- ・ 守衛室
- メインゲート Main Gate×1
- アドミ地区-プラント境界 Admi-Plant battery×1
- 出荷トラック用（計量器室付き）Shipping Truck (with Scale Room)×1

(空白)

(空白)

第 6 章 ユーティリティ・物流経路の検討

第 4 章プラント建設候補地の選定にて、ンダヤン港が本プラントの建設地として決定した。本章では、ンダヤン港を対象に、本プラントの立地からオフサイトインフラの接続と積算を実施する。尚、ンダヤン港敷地内における本プラントの立地場所については、共同企業体と PETROSEN にてンダヤン港計画敷地内の複数箇所にて現地踏査を実施したうえで、既存の構造物が最も少ない場所で仮決めして検討を進めることで合意を行った。

6-1. ユーティリティ

本プラントにおいては、プラント稼働開始時において経済特区整備が未完である点を前提としたうえで、インフラによって、①事業者自身での生産、②既存のネットワーク（将来的には経済特区の販売するインフラ）からのつなぎ込み・調達の 2 通りの調達方針が存在する。

また、これらのインフラ計画については、本プラントの事業者による土地収用を最小化するため、下記の条件においてルート設定を行った。

- 既存あるいは建設予定のインフラ施設の線形に沿う
- ンダヤン港・経済特区の敷地を横断しない



出典：共同企業体

図 6-1 ンダヤン港のインフラ計画

表 6-1 必要なユーティリティ設備と調達方針

インフラ	全長	調達方針	説明
道路	5.3km	事業者生産	国道 N1 までのアクセスロードを整備する必要がある
雨水排水	3.2km	事業者生産	海岸までの排水のための側溝の整備が必要である
上水（工業用水）	3.2km	事業者生産	水源は海水を想定。そのため、海岸からプラント敷地内の淡水化施設までの取水パイプラインと、淡水

			化処理後の濃縮塩水を放出する排水パイプラインが必要。
上水（生活用水）	-	事業者生産	同上
処理水	3.2km	事業者生産	プラント敷地内からの排水は、敷地内の下水処理場で浄化後、処理水として淡水化処理後の濃縮塩水と同じパイプラインで海へ排出される
電気（メイン）	-	事業者生産	本プラントではガスタービンによる自家発電を前提としている。
電気（バックアップ）	6.1km	つなぎ込み	非常時のバックアップ電源はメイングリッドからの受電とする
ガス	11.1km	事業者生産	ンダヤン港近くのラフ（Rafou）、ンブルク（Mbourouk）に、サンゴマールからのガス処理プラントが設置される見込み。そのため、ガス処理プラントから尿素肥料プラントまでの短距離パイプラインの敷設が必要である。ただし、現時点において、ガス処理プラントの具体的な立地の議論は開始していないため、ンブルクに仮置き。

出典：共同企業体

6-2. 物流経路

生成物の輸送に係わる物流経路としては、尿素肥料については陸上輸送と海上輸送の2パターンが存在する。一方、メタノールについては積載にあたり専用の設備が必要となること、全量がアフリカ外への輸出となることより、ンダヤン港からの海上輸送による輸出が前提となる。

6-2-1. 陸上輸送

陸上輸送の場合、本プラントよりアクセス道路を経由し、国道 N1 を使用して国内外へ輸送を行う。

6-2-2. 海上輸送

海上輸送の場合、ンダヤン港の開発状況や将来的に付加される港湾機能によって、2つのパターンがある。

1点目については、本プラントより、隣接のンダヤン港より生成物を輸出するパターンである。ただし、現状ンダヤン港はコンテナターミナルとしての開発が企図されており、また操業開始も当初想定 of 2027 年より大幅な遅延の可能性が高いことから、オペレーターの PAD や DP World には引き続き最新の開発構想について確認していく必要がある。本積算においてはンダヤン港からの輸出を想定したインフラ計画を行っている。

2点目は、尿素肥料をトラック輸送によりバルク港であるバーニー・センドゥ港まで輸送し、そこから輸出するパターンである。現状、バーニー・センドゥ港では 20ha 程度しか空

きロットがないことから本プラント自体の立地は困難であるが、生成物を輸出するだけであれば可能性があると考えられる。また、スケジュール面でも、2023年には操業開始の見込みであることから実現可能性の面からは問題が少ないと考えられる。

6-3. 積算

これらの条件を基に、概略的なオフサイトインフラの積算を実施した。

表 6-2 オフサイトインフラの積算結果概要

ユーティリティ	数量	総額(USD)
道路	5.3km	4,759,400
雨水排水	3.2km	2,000,700
上水	3.2km	1,121,100
処理水	3.2km	1,839,300
電気	6.1km	3,430,900
ガス	11.1km	4,167,800
計	-	12,559,800

出典：共同企業体

第 7 章 環境社会影響の検討

7-1. 環境社会配慮

7-1-1. 環境社会配慮に係わる政策及び法的枠組み

1) 政策

セネガル政府は国家成長戦略として五か年の開発計画である「国家戦略計画（PSE）」を策定しており、最新の計画は 2019 年から 2023 年を対象として SDGs の内容を反映している。その中で、経済成長と平等な社会の両立により気候変動に対する強靱性を高める事を目標としている。また、気候変動への対応として 2022 年 8 月に日本との二国間クレジット制度(Joint Crediting Mechanism)（以下、JCM という）の構築の締結に署名した他、砂漠化防止、農業振興等、多面的な取り組みが行われている。

2) 法的枠組み

セネガル国における環境社会配慮に係る法枠組みは、憲法により健全な環境で生活する権利が定められており、環境法及びその施行規則を定める大統領令、水法等によって定められている。具体的な環境影響評価にかかる規定は環境法の条項 L49、L50、L51、L52、L53、および L54 に示されている。それらの具体的な手続きについては以下の省令 No.9468-9472 に詳細が示されている。これらの概要を表 7-1 に整理する。

表 7-1 環境社会配慮に関連する主な法令及び制度

法令	概要
憲 法 Law No. 2016-10, Apr.5	全ての国民に対して健全な環境のもとに生活する権利を保障し、環境に影響を与え得る事業の実施の際には環境影響評価を実施する事を義務づけている
環境法 Law No. 2001-01	環境保全に資する制度、適用の対象となる事業の種類、水域、大気質、土壌、騒音等想定される汚染の対象、罰則等について定めている。Titre II, Chapter V に環境影響評価の項目、実施フロー、住民参加等に関して規定している。
大統領令 No. 2001-282	環境法の施行規則であり、環境影響評価の手法と影響評価結果の審査について定めている。付属書には詳細な環境影響評価の対象となる事業種が定められている。
水法 Law No.1981-13	海域を含まない水域の利用に関する法令
国家財産規定 Law No.64-46, Jun.17 1964	国有地の種類、範囲、国の権限等について定めている。その中で、国家財産に関する規定において、公共の福祉の為であれば国が民地を収用できる、としている。
Law No.76-66, Jul.2 1976	土地の所有区分について、国有地の種類と範囲、罰則、私有地に関する土地所有者の権利等について定めている。
Law No.76-67, Jul.2 197	公共施設のための土地収用に関する規定を取り決めている。
Law No.2011-07	土地の登記や登記簿に関する制度を取り決めている。
Law No. 1994-64, 22 Aug.	国有地の産業若しくは商用地としての売却について規定している。
環境社会配慮関連の省令	
省令 No.9468, 28 Nov.2001	環境影響調査への住民参加の機会の確保に関する省令
省令 No.9469, 28 Nov.2001	技術委員会の組織と機能に関する省令

法令	概要
省令 No.9470, 28 Nov.2001	環境影響調査の実務の承認交付条件に関する省令
省令 No.9471, 28 Nov.2001	環境影響調査の調査事項（TOR）に関する省令
省令 No.9472, 28 Nov.2001	環境影響調査報告書の記載内容に関する省令
省令 No. 64-573, 1967	「国家財産規定」の適用条件を規定
省令 No. 77-563, 1977	法律 No.1976-67 の施行規則
省令 No. 81-557, 1981	法律 No.1976-66 の施行規則で、私有財産の取り扱いについて規定している。

出典：各法令に基き共同企業体作成

3) 実施体制

本事業の環境影響評価及び、住民移転・用地取得が必要となった際の関連組織を以下に示す。環境許認可の取得には環境・持続開発省(以下、MEDD という)の環境特定施設局（以下、DEEC という）が主なコンタクト先となり、認可を得た環境社会影響評価業者を通じて手続きを進める。

表 7-2 環境社会配慮に関連する部局及び機関

組織	職責
環境許認可の取得に関連する機関	
環境・持続開発省（Ministère de l'Environnement et du Développement Durable: MEDD）	環境を管轄する省であり、省令 2012-652、4 July によってその役割が規定されている。国としての環境保全に資する政策の策定、生態系の保全、環境モニタリング、水域の保全等を管轄する。また、環境汚染につながる事業活動の環境影響を最小限とする役割を担っている。
環境・特定施設局（Direction de l'Environnement et des Etablissements Classés: DEEC）、環境影響評価部（Division des Évaluations d'Impact sur l'Environnement）	環境・持続開発省内の部局であり、実際の環境影響評価及び戦略的環境アセスメントの審査を担当する。
技術委員会（TC）	環境影響評価において DEEC を支援するために地域レベルで結成される。
DEEC の認可を得た環境社会影響評価業者	DEEC へ提出する調査 ToR の作成、環境影響評価調査の実施、報告書の作成、TC への説明等を実施する。
住民移転・用地取得に関連する組織	
経済財務省(Ministre de l'Économie et des Finances)	具体的な案件の用地取得に関する大統領令が発令された場合、用地取得の実施責任を有する。
内務省(Ministre de l'Intérieur)	補償評価委員会の設立と運営を担当する。
補償評価委員会 (Commission de Contrôle des Opérations Domaniales)	用地取得の手続きを主導する組織。案件毎に設立され、県知事、地区の税務署長、対象となる市長、環境省地方環境局の所長、都市計画省地域事務所長等によって構成される。
土地登記事務所(Cadastre)	土地登記の実務を担当する。

出典：共同企業体作成

7-1-2. 許認可手続き・立地制限

1) 環境関連の許認可

本事業は、環境法第 2 編第 5 章の環境影響評価にかかる規定における「開発行為もしくは

は環境に影響を及ぼす可能性がある政策、計画、プログラム」に該当し、事業の実施に際し環境許認可を取得する際には、同法に基づく環境影響評価が必要となる。

実施する必要がある調査の深度については環境法の施行規則である大統領令 No.2001-282 によって定められており、EIA が必要とされる事業及びプログラム、及び簡易的な環境影響評価(Initial Environmental Evaluation)(以下、IEE という)の種別が規定されている。また、同法の細則にあたる施設分類(以下、ICPE という)において、環境影響評価の対象となる事業の詳細が定められている。但し、ICPE の事業分類はあくまで参考であり、最終的には事業概要に基づいて DEEC が環境許認可を取得するために必要な調査の種類を決定する事となっている。

表 7-3 詳細な環境影響評価(EIA)が求められる事業及びプログラム(環境法附属書 1)

No.	事業の内容
1	再生可能な資源開発で重要な環境変化をもたらす恐れのあるプロジェクト/プログラム
2	農業・漁業資源の利用に大きな改変をもたらすプロジェクト/プログラム
3	水資源開発
4	インフラ施設の建設
5	工業開発
6	鉱業開発
7	水力及び火力発電の開発・増強
8	廃棄物の処理・処分施設の建設
9	農薬、有害・危険化学物質の製造、運搬、貯蔵
10	大規模な医療施設及び教育施設の建設
11	道路網または農村地域の新設あるいは大規模な修復事業
12	極めて脆弱な生態系が分布する地域及び保護指定地域での事業
13	生物多様性保全を脅かす可能性のある事業並びに絶滅危機に瀕する植物・動物の生息地での事業
14	住民移転(移転及び再定住)

出典：環境法を基に共同企業体作成

表 7-4 簡易的な環境影響評価(IEE)が求められる事業及びプログラム(環境法附属書 2)

No.	事業の内容
1	中小規模の農業事業
2	既存工業施設の小規模な修復事業
3	送電線の敷設
4	小規模な灌漑施設及び雨水排水路の建設
5	再生可能エネルギー開発(水力ダムは除く)
6	農村電化事業
7	住宅及び商業施設建設
8	道路網の修復・維持管理及び農村地域の道路建設
9	観光
10	農村・都市地域の水供給及び衛生施設整備
11	家庭ゴミの再利用及び除去施設
12	地表水(100-500 ha)及び地下水(200-1,000 ha)利用の灌漑施設
13	家畜(50 頭以上)及び家禽(500 羽以上)の飼育事業

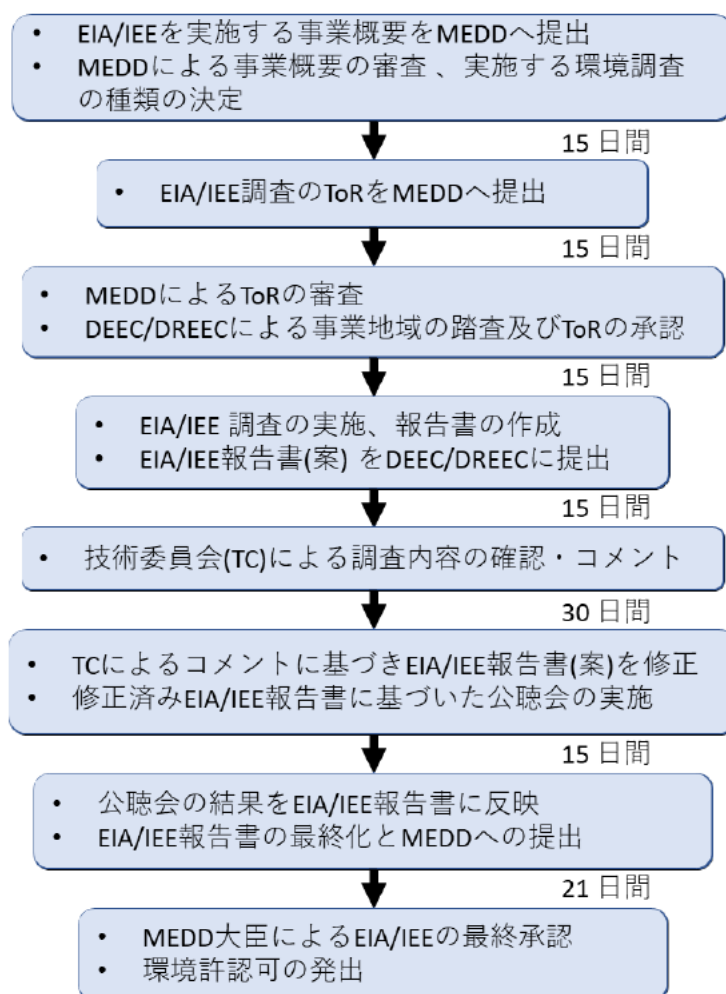
14	非金属、石材、土砂、塩、カリウム、リン鉱石等の採掘及び精錬
15	生物多様性保全・保護の事業
16	エネルギーの有効利用及び省エネルギー事業

出典：環境法を基に共同企業体作成

2) 環境影響評価の実施手順

事業の実施にあたっては上述した通り事業の種類、規模等によって環境影響評価の深度が定められる事となる。本事業は主体となる肥料精製コンポーネントの他に、自家用発電、給水施設等、複数の要素によって構成される事から、より詳細な EIA 調査の実施を求められる可能性が考えられる。よって、ここではより時間を要する EIA 調査の実施手順について整理する。

環境社会影響評価に際し、MEDD への書類の提出や協議は MEDD 認定の現地環境コンサルタント業者が行うため、事業者は自らの責任において業者を雇用し、調査の実施、説明、許認可の取得を委託する。実際の手順としては図 7-1 に示したとおり、まず、事業者は事業概要書(avis de projet)を作成し MEDD へ提出、MEDD は受領した事業内容に基づいて必要となる環境調査の種類を決定し事業者に通知する。これを受けて事業者は調査 ToR を提出し MEDD が審査、必要に応じて事業実施予定地を踏査した後に ToR 承認する。事業者は事業予定地において現地調査を実施、ToR の承認に際して MEDD よりコメントがあった場合は、調査内容に反映させる。なお、EIA となった場合は調査の実施に通常 3 ヶ月程度の期間を要する。調査実施後、報告書案を作成、MEDD の地方局(DEEC/DREEC)に提出する。環境省関連部局の他、事業者、環境コンサルタント業者が参加する技術委員会が開催され、委員会による指摘事項を報告書に反映、技術委員会の指摘事項を反映した報告書を用いて公聴会を実施する。公聴会の結果を反映して最終化した調査報告書を MEDD に提出、MEDD 大臣による最終承認が得られ、環境許認可が発出される。なお、図中に示した所要日数は目安であり、案件の種類や調査の内容によって前後する。



出典：関連省令と聞き取りに基づき共同企業体作成

図 7-1 セネガル国における環境社会影響調査のフロー

3) 環境社会配慮に関する国内法及び国際機関セーフガード方針のギャップ分析

本事業を実施する際の融資機関について検討中ではあるが、日本の開発援助機関として標準的な環境社会配慮ガイドラインである JICA ガイドライン、その参照先である世界銀行セーフガードポリシーと、セネガル国の環境社会配慮関連法制度との比較を行った。その結果判明した相違点と推奨される本事業での対応方針を下表に整理した。

表 7-5 JICA ガイドライン及び世界銀行セーフガードの整合性・ギャップ分析

JICA ガイドライン及び世界銀行セーフガード	相手国制度	ギャップの有無 及び 対応方針
< 基本的事項 >		

JICA ガイドライン及び世界銀行セーフガード	相手国制度	ギャップの有無 及び対処方針
プロジェクトを実施するにあたっては、その計画段階で、プロジェクトがもたらす環境や社会への影響について、できる限り早期から、調査・検討を行い、これを回避・最小化するような代替案や緩和策を検討し、その結果をプロジェクト計画に反映しなければならない。(JICA ガイドライン、別紙 1.1)	環境法 L48 条 全ての環境に影響を与える事が想定される事業の実施における自然環境・生活環境への影響を評価、影響の回避・最小化等の必要性について記載されている。	大きなギャップはない。 本事業においては融資機関の環境社会配慮ガイドライン及びセネガル国の制度に則り検討を進める。
<情報公開>		
環境アセスメント報告書(制度によっては異なる名称の場合もある)は、プロジェクトが実施される国で公用語または広く使用されている言語で書かれていなければならない。また、説明に際しては、地域の人々が理解できる言語と様式による書面が作成されねばならない。環境アセスメント報告書は、地域住民等も含め、プロジェクトが実施される国において公開されており、地域住民等のステークホルダーがいつでも閲覧可能であり、また、コピーの取得が認められていることが要求される。(JICA ガイドライン、別紙 2)	環境法の前文にて住民参加に際する情報公開の必要性が、L52-54 条には住民参加の文脈で情報公開について記載されているが、報告書の閲覧等については定められていない。	情報公開について明確な定義がされていない。 本事業実施の際には住民に適切な形で情報公開を行う事が推奨される。
<住民協議>		
特に、環境に与える影響が大きいと考えられるプロジェクトについては、プロジェクト計画の代替案を検討するような早期の段階から、情報が公開された上で、地域住民等のステークホルダーとの十分な協議を経て、その結果がプロジェクト内容に反映されていることが必要である。(JICA ガイドライン、別紙 1) 環境アセスメント報告書作成に当たり、事前に十分な情報が公開されたうえで、地域住民等のステークホルダーと協議が行われ、協議記録等が作成されていなければならない。地域住民等のステークホルダーとの協議は、プロジェクトの準備期間・実施期間を通じて必要に応じて行われるべきであるが、特に環境影響評価項目選定時とドラフト作成時には協議が行われていることが望ましい。(JICA ガイドライン、別紙 2. カテゴリー A に必要な環境アセスメント報告書)	環境法 L52、53 及び 54 条に環境影響評価の実施に際しては、パブリックヒアリングを行う旨、意思決定に住民参加の必要性が規定されている。また、住民協議によって出された意見は計画の内容に反映される必要がある事が定められている。	大きなギャップはない。 ステークホルダー協議の実施回数等については詳細に規定されていないが、融資機関のガイドライン等を参考に決定する。
<代替案の検討>		
プロジェクトによる望ましくない影響を回避し、最小限に抑え、環境社会配慮上よりよい案を選択するため、複数の代替案が検討されていなければならない。対策の検討にあたっては、まず、影響の回避を優先的に検討し、これが可能でない場合には影響の最小化・軽減措置を検討することとする。代償措置は、回避措置や最小化・軽減措置をとってもなお影響が避けられない場合に限り検討が行われるもの	環境影響調査報告書に関する省令 (No.9472) 第 9 条 セネガル国省令において、多様な代替案を検討する旨が示されている。	大きなギャップはない。 本事業においては JICA 環境社会配慮ガイドライン及びセネガル国の制度に則り検討を進める。

JICA ガイドライン及び世界銀行セーフガード	相手国制度	ギャップの有無 及び対処方針
とする。(別紙 1)		
モニタリング		
モニタリング結果を、当該プロジェクトに関わる現地ステークホルダーに公表するよう努めなければならない。(JICA ガイドライン、別紙 1、モニタリング.3) 第三者等から、環境社会配慮が十分でないなどの具体的な指摘があった場合には、当該プロジェクトに関わるステークホルダーが参加して対策を協議・検討するための場が十分な情報公開のもとに設けられ、問題解決に向けた手順が合意されるよう努めなければならない。(JICA ガイドライン、別紙 1、モニタリング.4)	環境影響調査報告書に関する省令 (No.9472) 9 条 セネガル国省令において、モニタリング計画・環境管理計画を検討する旨が示されている。	大きなギャップはない。 事業実施においては融資機関ガイドライン及びセネガル国の制度に則り検討を進める。
検討する影響のスコープ		
環境社会配慮に関して調査・検討すべき影響の範囲には、大気、水、土壌、廃棄物、事故、水利用、気候変動、生態系及び生物相等を通じた、人間の健康と安全への影響及び自然環境への影響（越境の又は地球規模の環境影響を含む）並びに以下に列举するような事項への社会配慮を含む。非自発的住民移転等人口移動、雇用や生計手段等の地域経済、土地利用や地域資源利用、社会関係資本や地域の意思決定機関等社会組織、既存の社会インフラ や社会サービス、貧困層や先住民族など社会的に脆弱なグループ、被害と便益の分配や開発プロセスにおける公平性、ジェンダー、子どもの権利、文化遺産、地域における利害の対立、HIV/AIDS 等の感染症、労働環境(労働安全含む)。(別紙 1)	環境法 L39 条 環境影響評価の範囲が規定されており、左記事項を網羅している。	大きなギャップはない。事業実施においては融資機関ガイドライン及びセネガル国の制度に則り検討を進める。

出典：各ガイドライン、法令等に基づき共同企業体作成

7-1-3. セネガル国における住民移転・用地取得

セネガル国における用地取得に関しては「国家財産規定」において、民間の土地であつても公共の福祉のためであれば政府が収用する権利があるとされている。国が民地を収用する際の手続きは、用地取得の対象となる土地を管轄下に置く県知事が組織する「補償評価委員会」が行う。収用の際の補償額は「国家財産規定」で定められてはいるものの、既に市場価格とはかけ離れた額となっているため、補償評価委員会と土地所有者の間の交渉で定められることになっている。その他の主要な法令については表 7-6 に整理した通り、また主な関連組織は表 7-7 に整理したとおりである。

表 7-6 住民移転や用地取得に関連する主な法令及び制度

法令	概要
国家財産規定 Law No.64-46, Jun.17 1964	国有地の種類、範囲、国の権限等について定めている。その中で、国家財産に関する規定において、公共の福祉の為であれば国が民地を収用できる、としている。

法令	概要
Law No.76-66, Jul.2 1976	土地の所有区分について、国有地の種類と範囲、罰則、私有地に関する土地所有者の権利等について定めている。
Law No.76-67, Jul.2 197	公共施設のための土地収用に関する規定を取り決めている。
Law No.2011-07	土地の登記や登記簿に関する制度を取り決めている。
Law No. 1994-64, 22 Aug.	国有地の産業若しくは商用地としての売却について規定している。
用地取得に関するの省令	
省令 No. 64-573. 1967	「国家財産規定」の適用条件を規定
省令 No. 77-563, 1977	法律 No.1976-67 の施行規則
省令 No. 81-557, 1981	法律 No.1976-66 の施行規則で、私有財産の取り扱いについて規定している。

出典：各法令等に基づき共同企業体作成

表 7-7 住民移転や用地取得に関連する組織

組織	職責
経 済 財 務 省 (Ministre de l'Economie et des Finances)	具体的な案件の用地取得に関する大統領令が発令された場合、用地取得の実施責任を有する。
内務省(Ministre de l'Intérieur)	補償評価委員会の設立と運営を担当する。
補償評価委員会 (Commission de Contrôle des Opérations Domaniales)	用地取得の手続きを主導する組織。案件毎に設立され、県知事、地区の税務署長、対象となる市長、環境省地方環境局の所長、都市計画省地域事務所長等によって構成される。
土地登記事務所(Cadastre)	土地登記の実務を担当する。

出典：共同企業体作成

これらの定める住民移転及び用地取得に関する法的枠組みと JICA ガイドラインについて主要な事項を比較した結果を表 7-8 に整理した。大きな乖離は無いものの、補償の支払時期、生計回復支援の実施時期と苦情処理メカニズムについて明確な規定が無い点が確認された。

表 7-8 非自発的住民移転に関する法制度と JICA ガイドラインのギャップ分析

JICA ガイドライン及び世界銀行ポリシー	相手国制度	ギャップの有無及び対処方針
社会的影響の回避		
非自発的移転と生計手段の喪失はあらゆる方法を検討して回避に努めねばならない。	「国家環境規定」の L48 条と L39 条において、左記とほぼ同様の内容を規定。	大きなギャップはない。
補償及び生計回復支援		
非自発的住民移転および生計手段の喪失の影響を受ける者に対しては、相手国等により、補償及び生計回復支援が適切な時期に与えられなければならない。	補償の支払時期については移転前という規定があるが、生計回復支援の実施及び時期について、セ国には明確な規定がない。	生計回復支援の内容、時期について定めがなく、適切に実施されないリスクがある。これらの実施について適切に行われるよう計画する必要がある。
補償内容		
補償は、可能な限り再取得価格に基づき行われなければならない。	省令 No.76-67 (1976 年 7 月 2 日) の 14 条に、被影響住民・資産への補償は、資産	大きなギャップはない。

JICA ガイドライン及び世界銀行ポリシー	相手国制度	ギャップの有無及び対処方針
	の時価と同程度の補償をすると規定している。	
苦情処理メカニズム		
影響を受ける人々やコミュニティからの苦情に対する処理メカニズムが整備されていないなければならない。	苦情に対する処理メカニズムについては、セ国の現行法令には、明確な規定がない。	詳細が定められておらず、適切な対応が行われない可能性がある。苦情に対応できる体制を構築する必要がある。

出典：各ガイドライン、法令等に基づき共同企業体作成

7-1-4. 保護区・文化財等

1) 保護区

事業対象予定地域内には保護区は位置していないが、事業予定地から南方約 5 km の距離にポペンギン自然保護区が位置している。また、近隣の海域はソモン海洋保護区資源保護地域に指定されている。また、ンダヤンを含む海岸沿いの広い範囲が「La Petite Côte (図 7-3)」として IBA に指定されている。ただし、事業予定地と保護区の距離が問題になる可能性は低い。

表 7-9 事業実施区域の自然保護区

No. ¹⁾	Original name	IUCN Category ²⁾	Area	English Designation
1	Réserve Naturelle de Popenguine	IV	10.09 km ²	Nature Reserve
2	Foret de Bandia	Not Reported		Forest Reserve
3	Réserve Naturelle d'Intérêt Communautaire de la Somone	V		Ramsar Site, Wetland of International Importance
4	Aire Marine Protégée de la Somone	VI		Marine Protected Area
5	Aire Marine Protégée de Gorée	VI		Marine Protected Area

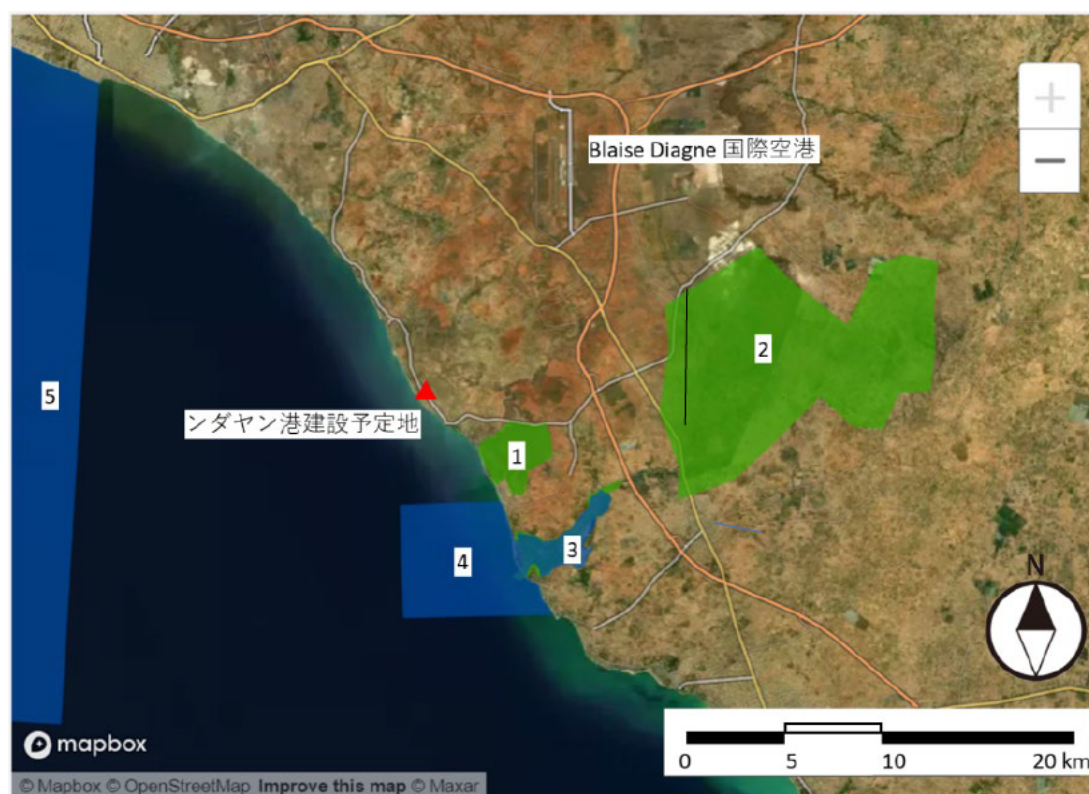
出典：： <https://www.protectedplanet.net>

注 1) 図 7-2 中の番号に対応

2) IUCN カテゴリー IV: 種と生息地管理地域(管理を加えることによる保全を主目的として管理される地域)

V: 景観保護地域(景観の保護とレクリエーションを主目的として管理される地域)

VI: 資源保護地域(自然の生態系の持続可能利用を主目的として管理される地域)



出典: <https://www.protectedplanet.net> に基づき共同企業体作成

図 7-2 事業実施区域周辺の自然保護区



出典: <http://datazone.birdlife.org/site/factsheet/la-petite-c%C3%B4te-iba-senegal>

図 7-3 La Petite Côte (IBA) の指定範囲

2) 文化遺産・文化財

セネガル国には 5 つの世界遺産サイトが登録されているが、事業実施予定地域及びその周辺地域には該当するサイトはない。一番近いサイトは凡そ 30 km 西側に位置するゴレ島⁸であり、15 世紀から 19 世紀にかけて、アフリカ沿岸で最大の奴隷貿易の中心地であった。また、世界遺産としての指定はされていないが、事業実施予定地の周辺にポペンギーネのカソリック教会への巡礼経路が含まれており、事業実施の際には交通ルートへの影響と共に巡礼に対する事業実施の影響を検討し、必要に応じて改善策や緩和策を実施する必要がある。

7-2. 環境社会影響の検討

7-2-1. 本事業の実施による環境負荷

本事業による環境負荷としては、主なものとしては窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)、金属類を含む粉塵等による大気質の汚染、アンモニア、尿素、懸濁物質を含む工場排水による水質の汚染があげられる。また、工場の操業による廃棄物、騒音の発生が考えられる。これらの影響を回避又は最小限にするため、排出規制等を確認し、それらを遵守するような施設設備の設計をする必要がある。

大気質、水質及び騒音の発生に対してはセネガル国内法及び国際的な参照値として世銀グループ (International Finance Corporation) (以下、IFC という) による環境、衛生及び安全のための基準値 (Environmental, Health, and Safety Guidelines : EHS guidelines) (以下、EHS guidelines という) による一般的な産業及びセクターに特化して定められている排出基準値を以下に整理する。

7-2-2. セネガル国における環境排出基準

1) 大気質

セネガル国における大気質に関する排出基準値は NS05-062 大気汚染に関する排出基準によって表 7-10 に示したとおり定められている。なお、本事業の実施に特化した大気質への影響に関しては、具体的な排出基準値は定められていない。事業の詳細が決定し環境影響評価を行う際に、環境省によって特定の排出基準が定められる事がある。

表 7-10 セネガル国における大気質排出基準

対象項目	基準値 (単位)	排出量測定 of 定義
二酸化硫黄(SO_2)	50 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 125 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	年間の平均値(算術平均値) 日平均値
二酸化窒素(NO_2)	200 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 40 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	1 時間平均値(算術平均値) 年間の平均値

⁸ [Island of Gorée - UNESCO World Heritage Centre](#) より

一酸化炭素(CO)	30 (mg/m ³)	24 時間平均値※
オゾン (O ₃)	120 (μg/m ³)	8 時間平均値(公衆衛生の観点より導入)
粒子状物質(PM ₁₀)	80 (μg/m ³) 260 (μg/m ³)	年間の平均値(算術平均値) 24 時間平均値※
PM 中の鉛(Pb)	2 (μg/m ³)	年間の平均値(算術平均値)
PM 中のカドミウム(Cd)	1.5 (ng/m ³)	年間の平均値(算術平均値)
降下粉塵総量	200 (mg/m ² /日)	年間の平均値(算術平均値)
降下粉塵中の鉛濃度	100 (μg/m ² /日)	年間の平均値(算術平均値)
降下粉塵中のカドミウム濃度	2 (μg /m ² /日)	年間の平均値(算術平均値)
降下粉塵中の亜鉛濃度	400 (μg /m ² /日)	年間の平均値(算術平均値)
降下粉塵中のタリウム(Tl)濃度	2 (μg /m ² /日)	年間の平均値(算術平均値)

※) 年間で 2 回以上基準値を超過してはいけない。

出典: Senegalese standard NS 05-062 Annex 1

2) 水質

セネガル国における工場等からの排水に対しては、表 7-11 に示した基準値が定められている。なお、同表に記載した基準値は保護区等の水質汚染に対して感受性が高い地域を含まない一般的な環境の地域に対する基準値である。また、尿素肥料産業に特化した排出基準は定められていない。

表 7-11 セネガル国における排水基準値(保護区などを含まない一般的な環境への排出基準)

水質項目	排出基準値	単位	注記
pH	5.5-9.5	-	-
Temperature	30	°C	排出先の水温が 30°C を上回る場合、排出先の水温より 5°C 以内とする
<環境中に排出する場合の基準値>			
全懸濁物質(TSS)	50	mg/L	-
BOD ₅	80 40	mg/L mg/L	排出量が 30 kg/日以下の場合 上記以上の場合
COD	200 100	mg/L mg/L	排出量が 100 kg/日以下の場合 上記以上の場合
全窒素(N)	30	mg/L	月平均値、排出量が 50 kg/日以上の場合
全リン(P)	10	mg/L	月平均値、排出量が 15 kg/日以上の場合
フェノール指数	0.5	mg/L	排出量が 5 g/日以上の場合
フェノール類	0.5	mg/L	排出量が 5 g/日以上の場合
六価クロム [Cr (VI)]	0.2	mg/L	排出量が 5 g/日以上の場合
シアン化合物	0.2	mg/L	排出量が 3 g/日以上の場合
ヒ素及び化合物 (As)	0.3	mg/L	排出量が 3 g/日以上の場合
クロミウム(Cr3)	1	mg/L	排出量が 10 g/日以上の場合
全炭化水素化合物	15	mg/L	排出量が 150 g/日以上の場合

水質項目	排出基準値	単位	注記
フッ素(F)及び化合物	25	mg/L	排出量が 250 g/日以上の場合
<下水処理ネットワークに排出する場合の基準値>			
全懸濁物質(TSS)	600	mg/L	これらの基準値は TSS の排出量が 15 kg/日、若しくは BOD が15 kg/日、若しくは COD が 45 kg/日の場合で下水処理場にて処理をする場合に適用される。
BOD5	800	mg/L	
COD	200	mg/L	
全窒素(N)	150	mg/L	
全リン(P)	50	mg/L	

出典: Senegalese standard NS 05-061 Annex 2

3) 騒音

セネガル国の環境法において騒音基準は表 7-15 に示したとおりに定められている。なお、作業員の健康保全のため別途工場等の作業時の騒音レベルが定められている。

表 7-12 工場等からの騒音基準

影響範囲の種類	騒音レベル LAeq (dB)	
	日中	夜間
一般住宅地等	55-60	40

出典: Environmental Code(2001),R84

7-2-3. 国際的な環境排出基準値

1) 大気質

大気質に関する環境基準値は世界保健機構(World Health Organization) (以下、WHO という) による大気質基準値に基づいて表 7-13 に示したとおり設定されている。なお、尿素肥料産業に特化した大気質への影響に関しては、アンモニア及び粉塵に関する言及があるが、具体的な排出基準値は定められていない。

表 7-13 WHO による大気質基準値

対象項目	基準値(µg/m3)	測定期間(平均値)
二酸化硫黄(SO ₂)	20	24-hour
	500	10 minutes
二酸化窒素(NO ₂)	40	1-year
	200	1-hour
粒子状物質(PM ₁₀)	20	1-year
	50	24-hour
粒子状物質(PM _{2.5})	10	1-year
	25	24-hour
オゾン	100	8-hour daily maximum

出典: WBG EHS General Guidelines, Table 1.1.1

2) 水質

一般的な工場排水に関する排出基準は参考値として表 7-14 に示した基準値が定められている。尿素肥料産業に特化した排出基準は定められていないが、尿素生産量 1,000 トンあたりおよそ 500 m³の排水が発生することを鑑み、排水への尿素的の混入の抑制、排出前にプロセス水からアンモニア、尿素を除去する設備の導入を推奨している。

表 7-14 工場等からの排水基準値(参考値)

項目	基準値	単位
pH	6-9	-
BOD	30	mg/L
COD	125	mg/L
全窒素(N)	10	mg/L
全リン(P)	2	mg/L
油及び油脂	10	mg/L
全懸濁物質(TSS)	50	mg/L
大腸菌群数	400 ^a	MPN ^b /100mL

a) EHS Guidelines for Water and Sanitation にて別途定めのある下水処理場からの排水は除く。

b) MPN = Most Probable Number

出典： WBG EHS Guidelines for Wastewater and ambient water quality, Table 1.3.1

3) 騒音

一般的な工場において発生する騒音基準は表 7-15 に示した基準値、若しくは周辺環境における騒音レベルから 3 dB 以内を上限值として定めている。なお、産業に特化した騒音基準は定められていない。

表 7-15 工場等からの騒音基準

影響範囲の種類	騒音レベル時間当たり LAeq (dB)	
	日中 (07:00 – 22:00)	夜間 (22:00 – 07:00)
住宅地、公共施設、教育機関	55	45
工業、商業用地	70	70

出典： WBG EHS Guidelines for Noise Management, Table 1.7.1

7-2-4. 環境社会影響に関わる事業実施上のボトルネック

本事業の建設予定地は PAD が港湾産業地区として開発を進めていく用地であり、立地する事業が従うべき環境社会影響配慮の方針を整理した戦略的環境アセスメント(Strategic Environmental Assessment) (以下、SEA) に従う必要がある。当該地区を対象とした SEA はまだ作成途中段階にあるが、本事業の実施スケジュールによっては調整が必要となる可能性もあるため、留意が必要である。その際、本事業の実施に際して影響が大きいと思われる用地取得のプロセスとその為の補償の支払いについて、対象となる住民に対して十分な情報が提供されておらず、通常の用地取得よりも時間を要することが想定される。事業の計

画策定に向けては既存のインフラとの接続等技術的な面に加えて、用地取得や住民との交渉の進捗を確認しながら進める事が推奨される。

7-3. 先進技術の提案

7-3-1. 導入可能性のある技術

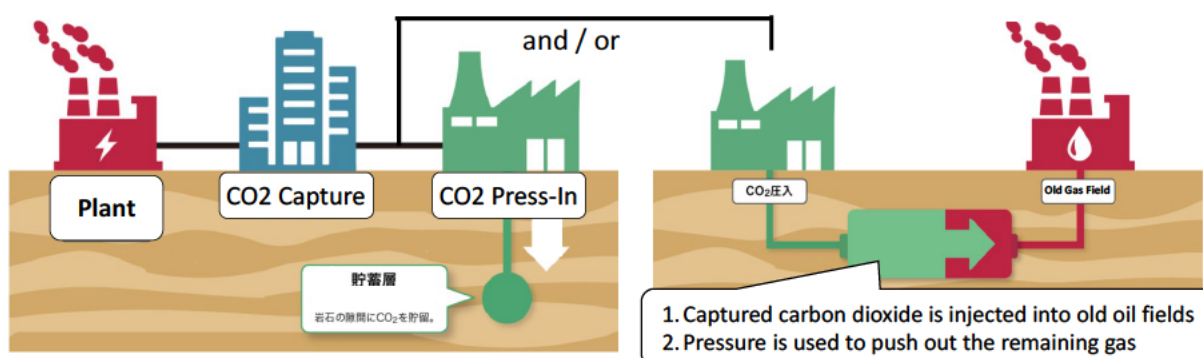
導入可能性のある技術は以下の通りである。

- 低炭素技術
 - ① CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)
 - ② セメントへの二酸化炭素固定化
 - ③ 再生可能エネルギー／省エネルギーソリューションの活用
 - ④ 低炭素水素・低炭素アンモニアの活用
- デジタル技術
 - ① DCS (Distributed Control System) / PHD (Process Historian Database)

1) 二酸化炭素の回収・貯留・有効利用

(1) CCUS (Carbon dioxide Capture, Utilization and Storage)

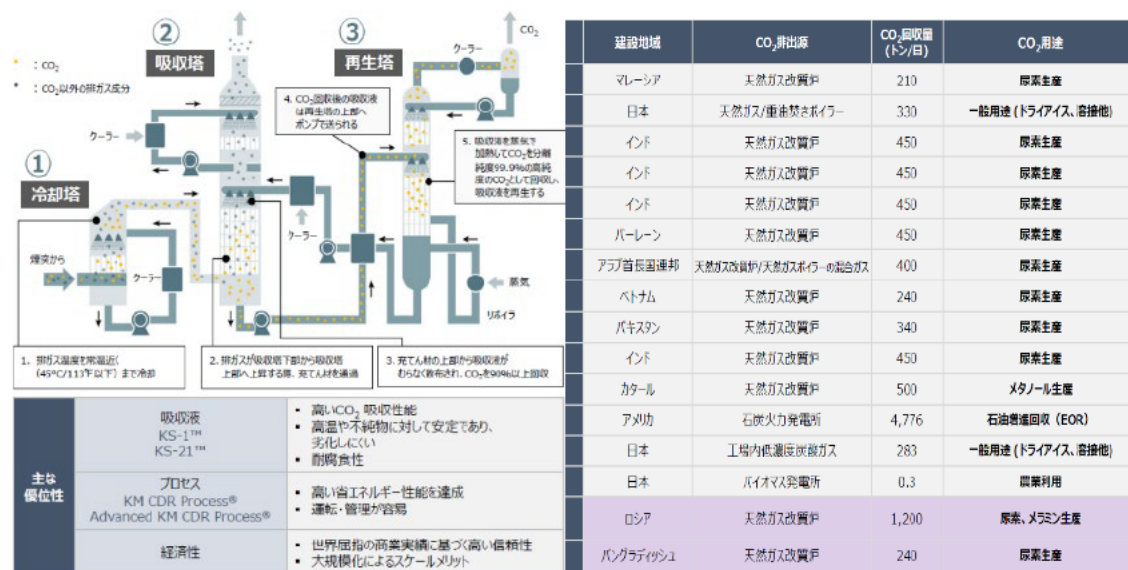
CCUS とは、二酸化炭素を分離・回収し、地中などに貯留、または貯留に加えて利用する概念である。具体的取組としては、石油採掘時において利活用が勧められている。具体的には、採掘時に地中からの圧力で石油が噴出するが、徐々に圧力は低下し石油噴出の勢いが弱まる。そこで油田内にガスなどを圧入して残留石油を採掘するが、圧入ガスとして二酸化炭素を利用するもの。



出典：脱炭素チャンネル (<https://datsutan-so-ch.com/hydro/ccus.html>) に共同企業体加筆

図 7-4 CCUS の概略図

カーボンニュートラル社会の実現に向けては、CO₂排出量そのものの低減に加えて、化石燃料転換が困難な分野に於いては燃焼排ガスからの CO₂回収の重要性が一層高まる中、多様な排ガス源からの CO₂を高効率で回収する関連技術の開発が進んでいる。本調査協力先である三菱重工は、高性能吸収液を特徴とする独自の CO₂回収技術プロセス（KM CDR ProcessTM）の優位性が評価され、排ガスからの CO₂回収において世界シェア 70%以上を有している。本プラントにおいても、将来用地として CO₂回収装置（CDR）を設置できるスペースを確保しておき、将来の脱炭素手段の一つとして本プラント内のリフォーマ等の燃焼装置排ガスからの CO₂回収が可能となるとなるよう計画されている。



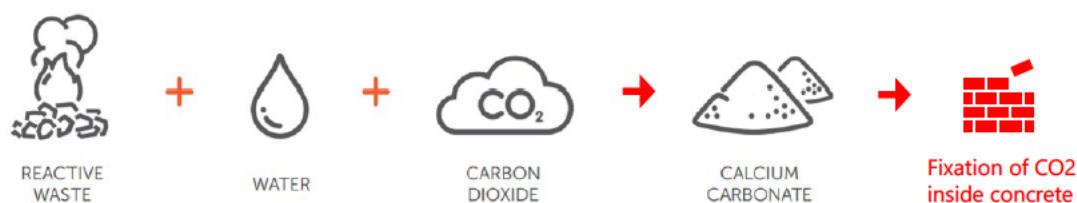
出典：共同企業体

図 7-5 三菱重工の CO₂回収技術プロセスと CO₂回収プラント商用納入実績

回収された CO₂は、将来貯留（CCS）できる地域が開発されればパイプラインを通じて貯留が可能となるが、EOR による原油生産が可能であれば、EOR 用に販売することも可能。また後述の通り、水電解装置による安価な水素製造が可能となればアンモニアを増産し、回収 CO₂と共に低炭素性格の尿素も製造可能である。

(2) セメントへの二酸化炭素固定化

本プラントの建設に際し、主要資材の 1 つであるコンクリートの内部に二酸化炭素を固定化する技術である。手順の概略をエラー！参照元が見つかりません。に示す。



出典：共同企業体

図 7-6 二酸化炭素固定化の概略図

本技術のメリットは以下 3 点である。

- コンクリートの製造工程における二酸化炭素排出量のマイナス収支が実現可能
- 通常の設定で製造でき、通常のコンクリートブロックと同等の強度、施工性を発揮
- コンクリート内部の鉄筋の腐食を防止し、構造物の耐久性を維持することが可能

(3) 再生可能エネルギー／省エネソリューションの活用

本プラントで活用する電力はガス由来の自家発電（39MW×2）をベースとしているが、将来的に再生可能エネルギー由来の安価な商用電力が利用可能となれば、本プラントの動力源として導入することを検討する。自家発の熱効率を高めるべく排熱回収で蒸気を発生させている為、自家発による発電量を減少させることは蒸気バランスの変更を伴う。よって導入においては蒸気バランスや再生可能エネルギーの変動幅や信頼性を考慮して行う必要があるが、導入の効果としては自家発で使用される天然ガスの消費量の削減のみならず、それに伴う CO₂ 排出をも低減し低炭素製品の製造することにある。

現状建設サイトが最終確定していないが、建設サイトにおける風力発電の調査を行って可能であれば導入し、プラントの運転に直結しない設備や管理事務所の電源として一部ではあるが利用することも可能である。

(4) 低炭素水素・低炭素アンモニアの活用

将来、安価な水電解装置が入手可能となれば、安価な再生可能エネルギーを活用して製造されたクリーンな水素から低炭素アンモニアを製造することが可能となる。また将来施行されうる炭素税に呼応して排ガスからの CO₂ 回収装置を導入・増設することによって増産された低炭素アンモニアと共に、尿素製造能力を拡大することも検討可能となる。

2) デジタル技術の活用

プラントの運転・制御を DCS（Distributed Control System：分散制御システム）で行い、プラント内のデータハイウェイから流量・圧力・温度・組成等のプロセスデータのみならず制御パラメータやラボ分析結果、回転機械の振動データを PHD（Process Historian Database）に収納し、プラントの運転管理状況が見える化できる DX インフラを整備する。これにより以下が可能となる。

- データの可視化によるリアルタイムでの作業の効率化
 - オペレーターのみならず技術スタッフやマネジメントが共通の理解の元にプラントの性能達成状況と製品製造の状況をリアルタイムで見える化
 - 現場計器のデータ収集や現場の機器状況についてモバイル端末を通じて収集し、またラボ分析結果も含めて DCS の運転データと共に保存・管理。併せて所定のフォームに落とし込んだレポートを作成・記録保管することによって、オペレーターや管理者の負荷を低減
 - 性能だけでなく製品の生産管理指標からの変位をリアルタイムで知ること、そのまま放置した場合の継続可否を予想することができ、状態改善につなげる対策を早急に打つことが可能

- 排ガスや排水の処理量のデータも保管されるため、環境基準への適合もリアルタイムで認知することができ、かつ長期に亘ってデータ管理が可能
- クラウドでのデータ管理による将来的なメンテナンスの実現
 - PHD をクラウドサーバーに接続できるインフラを整備することで、将来は工場外の本社管理部門に必要なデータを共有でき、工場ごとの運転状況・生産状況を把握
 - クラウド経由でデータをやり取りすることで、何か問題が発生した時のデータ収集・関係者へ送付する手間が大いに省力化できるだけでなく、原因究明を現場に居ずとも遠隔で行える環境を整備
 - クラウドサービスプロバイダーを活用することにより、プラントの機器や計器のメンテナンスやプログラムの更新を遠隔で可能となり、結果的にメンテナンスコストを削減
 - プラントの運転開始からデータを蓄積することにより、将来的に AI を導入することで主設備の寿命診断や故障時期の予測等の予防保全だけでなく、効率的なアセットマネジメントが可能

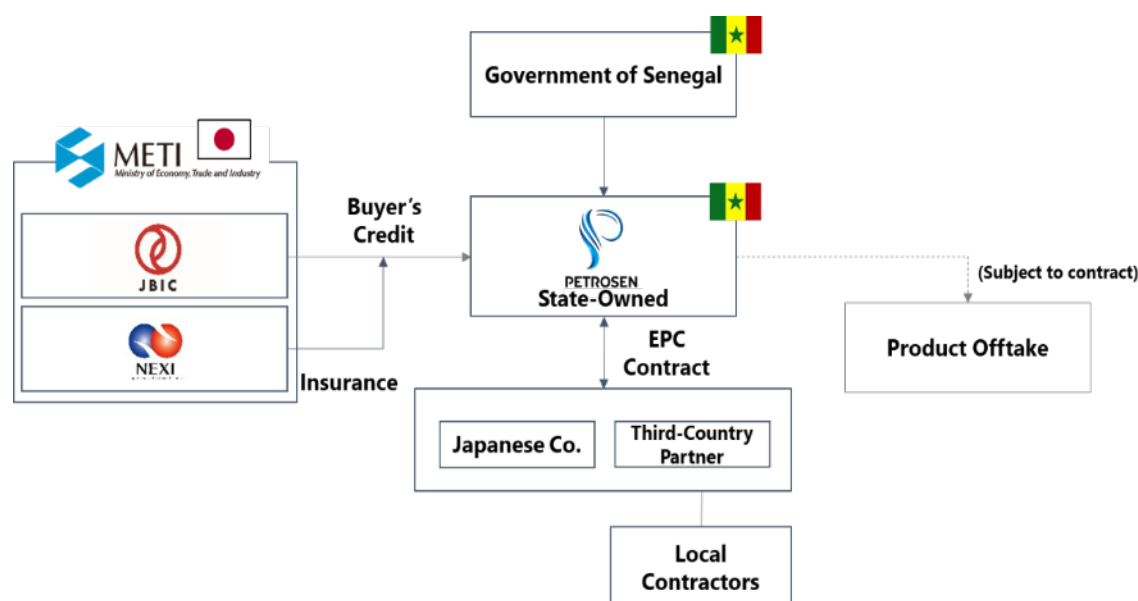
上記に加え、将来デジタルツインを導入することで、原料性状が変更になった時のインパクト抽出、改善策の立案が可能となるだけでなくトレーニングシミュレータとして使うことで、プラントの運転管理のオペレータートレーニングを行うことができる。

第 8 章 事業実現へ向けた具体の検討

8-1. 想定されるわが国企業の参画形態

8-1-1. 事業実施形態・JBIC 等による輸出金融スキームの活用

本プラントの建設・操業の主体は、セネガル政府の出資する公社（現状は現地側 C/P である PETROSEN）を想定する。プラントの設計・調達・建設（EPC）をわが国技術の活用を含む「質の高いインフラ」案件として取り組み、初期投資として必要な EPC に係る資金の一部は過去に類似のプラント建設に於いて融資の実績を持つ国際開発銀行（以下、JBIC という）によるバイヤーズ・クレジットや、その際に保険の引受を行った日本貿易保険（以下、NEXI という）等と連携し、支援を行うことを想定する。尚、JBIC、NEXI 共に、本事業において初期的な関心を示している状況にある（NEXI からは Non-binding の LoI を受領済）。



出典：共同企業体

図 8-1 想定される事業実施形態

8-1-2. 第三国企業との連携

本調査の現地サポートも担ったトルコ・チャルックグループとの連携が想定される。チャルックは三菱商事の資本・戦略パートナーであり、これまでも本邦企業との協業、及び本邦制度金融を活用した案件の実績が豊富（他国における類似の肥料プラント実績を含む）、又、すでにセネガル国において高効率ガス火力発電プラントの建設も手掛けているという実績も持ち合わせている。日本政府の「インフラシステム海外戦略 2025」でも掲げる第三国連携の文脈において、高いプロジェクト遂行能力や強固な人脈と現地知見を持ち合わせるチ

チャルックグループとの協力・連携により本事業を進めていくことで、本事業の実現確度を高めながら、本プラント建設に於ける競争力の向上にも資するものと考えられる。



出典：共同企業体

図 8-2 チャルックとの連携の実績例

8-2. 本邦企業の優位性

8-2-1. 技術面の優位性

1) 低炭素技術

エラー! 参照元が見つかりません。二酸化炭素の建材中への固定化や CCUS により、二酸化炭素の収支を 0 あるいはマイナスにすることが可能である。2022 年に本邦とセネガル国は 2 国間クレジットを締結していることから、低炭素技術の普及に関わる取組の推進が期待される。具体的な手法としては巻末付録を参照のこと。

2) デジタル技術

データの見える化とクラウドでの管理を通して、長期的かつ効率的なプラントのオペレーションが可能である。ただし、これら技術を現地側で安定的に運用可能なトレーニングやフォローアップを本邦より行うことが必要である。具体的な手法としては巻末付録を参照のこと。

3) アンモニア・尿素肥料・メタノールの併産技術

従来のアンモニア・尿素製造プラントやメタノール製造プラントは、共に原料である天然ガスを水蒸気改質反応にて合成ガスを一旦製造し、その後アンモニアを合成・分離する工程、メタノールを合成・精製する工程から成る。一方、本調査で提案したアンモニア・尿素肥料・メタノール併産プラントは、天然ガスからの合成ガス製造工程を統合・一体化した

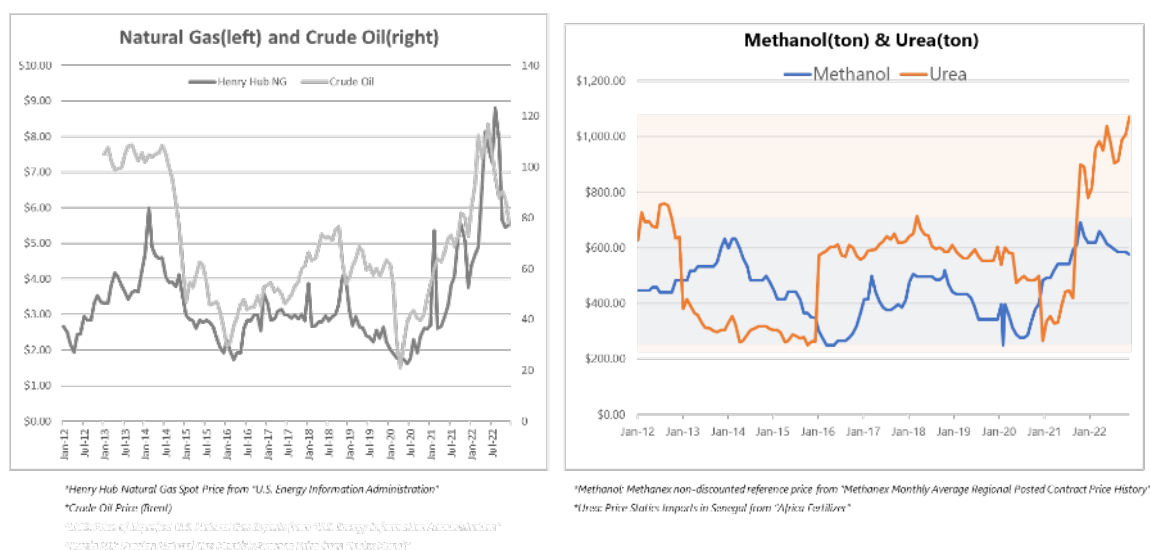
プラントで、設備費用構成を単純化して競争力向上を図った、本邦の独自技術である。

本技術はセネガル国にて発見されたガスの利活用施策として最適である。現状セネガル国の人口の半分は農業に従事しているにも関わらず、GDP 比では僅か 10%未満である。また、肥料の使用量も世界平均と比較し 9 分の 1 程度である。そのため、主要産業である農業の支援に直結する肥料生産、産業・輸出品多角化のためのメタノール生産を同時に行うことが可能な本技術の導入により、本課題を解決へ導くことが可能であると考えられる。

8-2-2. 経済面の優位性

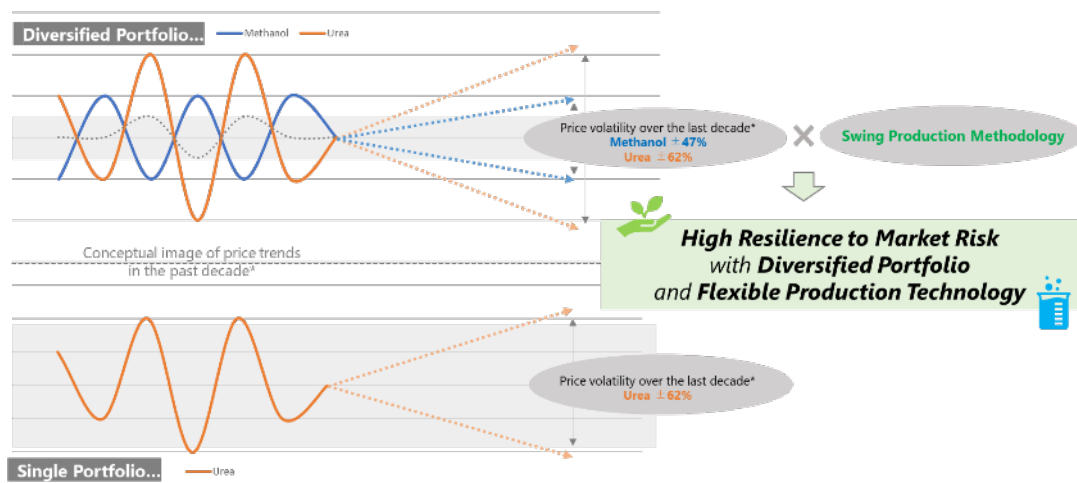
1) アンモニア・尿素肥料・メタノールの併産によるメリット

図 8-3 に示す通り、尿素肥料とメタノールの価格は独自に変動しており、単産の場合よりも併産の方がボラティリティを減らすことが可能である。さらに、提案を実施した併産技術はスイング方式を活用し、市況や需要に応じて柔軟に両者の生産量を調整することが可能である（図 8-4）。



出典：共同企業体

図 8-3 過去 10 年間のガス価・油価及び尿素肥料・メタノール市況価格推移



出典：共同企業体

図 8-4 併産によるポートフォリオ効果イメージ

8-3. 事業のリスクとその緩和策

8-3-1. 相手国実施機関の実施能力に係わるリスク

セネガル国においては、尿素肥料生産、メタノール生産の実績を持つ事業主体が存在しない。そのため、同事業を適切に運営できず、収益性の担保が困難となるリスクが存在する。そのため、事業実施ノウハウの共有や立ち上げ時のサポート等、本邦からの継続的なインプットが必要になると考えられる。

8-3-2. 環境社会への影響に関わるリスク

4-3-6 に記載した通り、候補地の一つであるセンドゥにおいては、AfDB 等のローン案件として石炭火力発電所が建設されたが、環境および社会への負の影響が大きく住民反対運動を引き起こした。現在も発電所竣工後も稼働できておらず、その結果、当初目標としていたセネガル国の電力需要の 40%を生産できず、当初見込んでいたキャッシュフローを生み出していない。このことから、2027 年から始まる AfDB 等への返済も滞ると予測される。

本プラントも火力発電所同様に環境および社会への負荷の大きい案件であり、セネガル国の制度においても環境社会影響評価（以下、ESIA という）を必要とする Class 1 に分類されると想定される。センドゥ火力発電所の問題は SNS が普及したこともあり、セネガル国で広く知られている。本プラントにおいても、環境社会配慮を一つ間違えばセンドゥ火力発電所と同様の反対運動を引き起こし、建設すら困難、あるいは竣工しても稼働できない可能性がゼロではない。その結果、肥料やメタノールの生産が滞り、出資機関にとっては資金回収が困難になるというリスクがある。

このような問題を引き起こさないためには、次のような策を講じる必要がある。

- ・ 事業主体は PETROSEN でありセネガル国の環境法が適用される。しかし JBIC や NEXI

および日本の銀行団からの融資が想定されているので、日本の環境社会配慮のガイドラインの遵守を融資条件とする。

- ・ PETROSEN は、近隣コミュニティ、地方政府、PETROSEN、出資機関、（及び NGO が介入している場合は NGO）といった関係者の間で、計画時から十分なコミュニケーションを取り、理解を高めていく。また彼らの意見を事業に反映させる。
- ・ PETROSEN は質の高い ESIA を実施すると共に、セネガル国環境法令及び出資機関が求める環境指針を遵守する。また、環境法に従った環境承認証を取得する。
- ・ セネガル国の法令や基準に従った施設設計を行って汚染排出を防ぐ。立地は、セネガル国環境法に規定された最低 500m の緩衝地帯を遵守する。
- ・ 近隣コミュニティへの社会経済、特に住民の生計手段への影響を十分調査して緩和策を講じる。
- ・ PETROSEN は、建設時・供用時とも環境管理とモニタリングを ESIA に従い実施する。そのために必要な予算を準備する。これらには補償並びに緩和策実施のための予算を含む。
- ・ 出資機関は、環境社会配慮に係る PETROSEN の能力を評価し、必要であれば能力向上を行う。

第 9 章 総括

(空白)

(空白)

(空白)

本調査を総括すると、セネガル国側からの、ガス利活用施策としての肥料プラント事業への非常に高い関心、日本への高い期待も確認された。また、将来の事業実施主体の一部である PETROSEN、その上位機関である MPE については、尿素肥料生産を通じた企業単体としての事業ポートフォリオ拡大による収益向上のみならず、セネガル国、さらには ECOWAS 諸国の農業・食料安全保障に関わる課題解決への強い姿勢があることが、調査を通して感じられた。

一方、メタノールについては、①安定かつ高い需要、②尿素肥料との組合せによるボラティリティ対応、③高い汎用性・可用性、④輸出品の多角化、⑤長期的な産業構造変革への寄与、をセネガル国側に継続的にインプットしていく必要性を認識した。そのため、本調査終了後も、本邦より継続的な働きかけを行うことが不可欠である。

さらに、本調査を通し、本プラントの建設地としてンダヤン港後背地の SEZ が特定・関係者間で共有された。今後、本邦支援に基づき同 SEZ のマスタープラン策定が開始する見込みであるため、本調査との整合性を担保しつつ、具体の計画を進めていく必要があろう。



出典：共同企業体

図 9-1 会議の様子