

ベトナム社会主義共和国
ベトナム商工省

ベトナム社会主義共和国
輸入石炭中継基地事業準備調査
(PPP インフラ事業) 報告書

平成 27 年 3 月
(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

住友商事株式会社
日本工営株式会社

民連
CR(10)
15-016

ベトナム社会主義共和国
ベトナム商工省

ベトナム社会主義共和国
輸入石炭中継基地事業準備調査
(PPP インフラ事業) 報告書

平成 27 年 3 月
(2015 年)

独立行政法人
国際協力機構 (JICA)

住友商事株式会社
日本工営株式会社

目次

PART 0. 共通項目	1
第 1 章 業務の背景	2
1.1. 業務の背景	2
1.2. 業務の目的	3
第 2 章 石炭中継基地候補地周辺の現状	5
2.1. 候補地の自然環境	5
2.2. 候補地の社会経済環境	7
2.3. 候補地周辺の輸送インフラ施設	8
2.4. 候補地周辺の土地利用の現況	10
第 3 章 自然条件および環境調査	12
3.1. 深浅測量	12
3.2. 土質調査	13
3.3. 海象条件調査	20
第 4 章 航路埋没シミュレーション	27
4.1. 一般条件	27
4.2. 波浪外力の検討	29
4.3. 流況の検討	35
4.4. 埋没量の予測	40
4.5. 底質データ	44
4.6. 各代表波浪の埋没予測計算	45
4.7. 年間埋没量の算定	58
Part 1. シナリオ 1	59
第 5 章 CTT 石炭中継基地の概略設計と最適案	60
5.1. 石炭物流計画の検討	60
5.2. 港湾計画及びターミナル計画の策定	68
5.3. 施設概略設計	102
5.4. 概略施工計画	146
第 6 章 ターミナル運営	155
6.1. ターミナル運営体制	155
6.2. ターミナル運営費用	159
第 7 章 概略事業費および維持管理費	164
7.1. 概要	164
第 8 章 経済・財務分析	173
8.1. 事業実施スキームオプションの検討	173
8.2. 分析・評価指標	174
8.3. 財務分析前提	174
8.4. 事業収入／ターミナル利用料金	176

8.5.	調達資金、料金フロー	178
8.6.	経済分析の目的・手法	178
8.7.	経済分析前提	179
8.8.	比較ケースの設定	179
8.9.	プロジェクトの費用	179
8.10.	プロジェクトの便益	180
8.11.	EIRR の試算結果	180
8.12.	感度分析	181
8.13.	段階整備に応じた EIRR	182
Part2.	シナリオ 2	183
第 9 章	CTT 石炭中継基地の概略設計と最適案 (シナリオ 2)	184
9.1.	石炭物流計画の検討	184
9.2.	港湾計画及びターミナル計画の策定	186
9.3.	施設概略設計	200
9.4.	概略施工計画	202
第 10 章	ターミナル運営 (シナリオ 2)	207
10.1.	ターミナル運営体制	207
10.2.	ターミナル運営費用	207
第 11 章	概略事業費および維持管理費 (シナリオ 2)	209
11.1.	概要	209
第 12 章	経済・財務分析 (シナリオ 2)	216
12.1.	事業実施スキームオプションの検討	216
12.2.	分析・評価指標	216
12.3.	財務分析前提	216
12.4.	事業収入／ターミナル利用料金	217
12.5.	調達資金、料金フロー	218
12.6.	経済分析前提、分析方法及び EIRR 試算結果	218
12.1.	感度分析	219
12.2.	段階整備に応じた EIRR	219
Part3.	共通項目	220
第 13 章	現地法制度	221
13.1.	関連法規	221
13.2.	PPP	222
13.3.	BOT	224
13.4.	PPP 法、BOT 法、JV 形態の比較	225
13.5.	港湾	230
13.6.	土地	234

13.7.	法人税.....	235
13.8.	石炭等.....	236
第 14 章	リスク分析・セキュリティパッケージの検討.....	237
14.1.	リスク分析	237
14.2.	リスク低減のための対応策	243
第 15 章	PPP 事業計画	267
15.1.	CTT 事業の投資形態	267
15.2.	事業実施計画.....	269
15.3.	運用・効果指標の設定	270
15.4.	海外投融資の実行可能性.....	271
第 16 章	関係諸機関の財務分析	275
第 17 章	事業評価	276
17.1.	事業実施前の本事業の評価	276
第 18 章	環境社会配慮	281
18.1.	背景及び現在の状況	281
18.2.	環境社会影響を与える事業概要.....	283
18.3.	ベースとなる自然環境及び社会状況	284
18.4.	「ベ」国の環境社会配慮制度	288
18.5.	代替案の比較検討	291
18.6.	スコーピング及び環境社会配慮の調査の TOR	292
18.7.	環境社会配慮調査結果	296
18.8.	影響評価	299
18.9.	緩和策及び緩和策実施のための費用	303
18.10.	モニタリング計画	305
18.11.	用地取得、住民移転の必要性	307
18.12.	用地取得・住民移転に関わる法的枠組.....	308
18.13.	用地取得・住民移転の規模.....	312
18.14.	JICA ガイドラインと「ベ」国法制度の比較.....	312
18.15.	ステークホルダー協議.....	315
18.16.	提案事項	316
Appendix		
A	事業計画地現況.....	1
B	自然条件調査.....	6
C	波浪推算.....	26
D	貯炭場 AE 案検討.....	32
E	環境チェックリスト.....	43

図目次

図 1.2.1	本事業計画地	4
図 2.1.1	1999～2008 年の沖合の風向・速度頻度図	7
図 2.3.1	ズーエンハイ石炭火力発電所位置と建設中の運河計画	9
図 2.3.2	南部ベトナム交通インフラ	10
図 3.1.1	測定位置図	12
図 3.1.2	計画地域（連絡橋予定地）における深浅測量結果	13
図 3.2.1	ボーリング位置平面図	13
図 3.2.2	柱状図（地点 BH1、0～33m depth）	15
図 3.2.3	柱状図（地点 BH1、33～50m depth）	16
図 3.2.4	柱状図（地点 BH2、0～33m depth）	17
図 3.2.5	柱状図（地点 BH2、33～50m depth）	18
図 3.2.6	ボーリング柱状図	19
図 3.3.1	測定位置図	20
図 3.3.2	風向・波高頻度図	25
図 3.3.3	波向・周期頻度図	25
図 3.3.4	潮位の経時変化	26
図 4.1.1	1 st Phase における航路・泊地の水深	27
図 4.1.2	3 rd Phase における航路・泊地の水深	27
図 4.1.3	港湾構造物条件（防砂堤の延長 6 ケース）	28
図 4.2.1	波高と周期の出現状況	30
図 4.2.2	波高と波向の出現状況	30
図 4.2.3	波浪変形計算の計算範囲・水深図(基準面:D.L.)	32
図 4.2.4	代表波浪の設定地点における波高と風速の関係	33
図 4.2.5	波浪変形計算結果例（波高・波向分布図、3 rd Phase-C）	34
図 4.3.1	流況の計算範囲・水深図(基準面:D.L.)	37
図 4.3.2	流況計算結果例（流向・流速分布図、3 rd Phase-C、第 1 層）	39
図 4.4.1	泥の濃度と沈降速度の関係	41
図 4.5.1	水深と含泥率の関係	44
図 4.5.2	含泥率と含水比	45
図 4.6.1(1)	埋没計算結果（1 st Phase-A：防砂堤なし）	46
図 4.6.2(1)	埋没計算結果（1 st Phase-B：防砂堤 1,500m）	48
図 4.6.3(1)	埋没計算結果（1 st Phase-C：防砂堤 3,000m）	50
図 4.6.4(1)	埋没計算結果（1 st Phase-D：防砂堤 4,500m）	52
図 4.6.5(1)	埋没計算結果（1 st Phase-E：防砂堤 6,000m）	54
図 4.6.6(1)	埋没計算結果（1 st Phase-F：防砂堤 7,500m）	56
図 5.1.1	オーストラリア・インドネシアからの海上輸送航路	60
図 5.2.1	既存防波堤撤去計画図	77
図 5.2.2	防砂堤配置計画図	78
図 5.2.3	港湾施設レイアウト（港内案）	79
図 5.2.4	港湾施設レイアウト（港外案、防波堤あり）	80
図 5.2.5	港湾施設レイアウト（港外案、防波堤なし）	81
図 5.2.6	貯炭場候補地	82
図 5.2.7	ターミナル貯炭量（港外案（防波堤なし））	87
図 5.2.8	ストックパイル形状	87
図 5.2.9	ターミナルレイアウト（港内案）	88
図 5.2.10	ターミナルレイアウト（港外案（防波堤あり））	89
図 5.2.11	ターミナルレイアウト（港外案（防波堤なし））	89
図 5.2.12	港湾・ターミナル形式の比較検討案	90
図 5.2.13	港湾・ターミナル短期整備計画平面図	97
図 5.2.14	港湾・ターミナル中期整備計画平面図	99
図 5.2.15	港湾・ターミナル長期整備計画平面図	101
図 5.3.1	CDL とベトナム基準高（NDL）の（NDL）関係	102
図 5.3.2	波向・波高頻度図	103
図 5.3.3	波向・周期頻度図	104
図 5.3.4	ボーリング位置図	105
図 5.3.5	BH1 地点（水深-5m）におけるボーリング柱状図	106
図 5.3.6	BH2 地点（水深-10m）におけるボーリング柱状図	107
図 5.3.7	土質断面図	108

図 5.3.8	計画地点での風観測記録 (1999 年～20008 年)	112
図 5.3.9	降雨量観測測定 ST	113
図 5.3.10	ベトナムの地震地域区分図	114
図 5.3.11	船級と接岸速度の関係	120
図 5.3.12	100,000DWT 栈橋平面図、側面図、正面図	124
図 5.3.13	100,000DWT 栈橋標準断面図	125
図 5.3.14	160,000DWT 栈橋平面図、側面図、正面図	126
図 5.3.15	160,000DWT 栈橋標準断面図	126
図 5.3.16	10,000DWT 栈橋平面図	129
図 5.3.17	10,000DWT 栈橋側面図	130
図 5.3.18	10,000DWT 栈橋標準断面図	130
図 5.3.19	ケーソン式防波堤標準断面図	133
図 5.3.20	護岸標準断面図 出典：調査団作成	135
図 5.3.21	トレッセル設計図 (平面、側面、断面)	137
図 5.3.22	防砂堤配置図	138
図 5.3.23	防砂堤標準断面図 (上：水深-5m 地点、下：水深-10m 地点)	139
図 5.3.24	貯炭場計画平面図	140
図 5.3.25	ストックパイル形状	141
図 5.3.26	陸上部造成斜面部断面図	142
図 5.3.27	スタッカーリクレーマー基礎平面・標準断面図	143
図 5.3.28	貯炭場地盤改良標準断面図	143
図 5.3.29	舗装断面図	144
図 5.3.30	防塵フェンス参考図	144
図 5.3.31	航路配置図	145
図 5.3.32	航行援助施設配置図	146
図 5.4.1	施工場所の位置	148
図 5.4.2	概略施工手順	150
図 5.4.3	1 st Phase の概略工程表	153
図 5.4.4	2 nd Phase の概略施工工程表	153
図 5.4.5	3 rd Phase の概略施工工程表	153
図 5.4.6	概略プロジェクト工程	154
図 6.1.1	特別目的会社 (SPC) の関係図	155
図 6.1.2	SPC 組織及び関係会社	156
図 7.1.1	事業費用内訳	164
図 8.5.1	調達資金・料金フロー	178
図 9.2.1	貯炭場候補地	192
図 9.2.2	ストックパイル形状	193
図 9.2.3	ターミナルレイアウト	193
図 9.2.4	港湾・ターミナル短期整備計画平面図	195
図 9.2.5	港湾・ターミナル中期整備計画平面図	197
図 9.2.6	港湾・ターミナル長期整備計画平面図	199
図 9.3.1	貯炭場計画平面図	202
図 9.4.1	第 1 st Phase の概略工程表	204
図 9.4.2	2 nd Phase の概略施工工程表	205
図 9.4.3	3 rd Phase の概略施工工程表	205
図 9.4.4	概略プロジェクト工程	206
図 15.2.1	CTT 上部インフラ事業実施体制	269
図 15.2.2	CTT 下部インフラ事業実施体制	270
図 15.4.1	JICA 海外投融資	272
図 15.4.2	海外投融資の主な条件	273
図 18.1.1	チャビン省の位置図	282
図 18.1.2	貯炭場予定地の位置図	282
図 18.2.1	港湾施設配置図 短期計画	284
図 18.2.2	港湾施設配置図 中期計画	284
図 18.2.3	港湾施設配置図 長期計画	284
図 18.3.1	沿岸域の漁場の位置図	286
図 18.3.2	貯炭場予定地の既存土地利用	287
図 18.4.1	EIA 報告書承認のフロー	290
図 18.11.1	港湾・ターミナルレイアウト (案)	307

表目次

表 2.2.1	チャビン省の人口動向	7
表 2.2.2	チャビン省の主要都市・地域の人口分布 (2009).....	7
表 3.1.1	測定位置座標	12
表 3.2.1	ボーリング位置座標	14
表 3.2.2	ボーリング深さおよび採取サンプル数.....	14
表 3.3.1(a)	海底試料特性分析結果.....	21
表 3.3.2(a)	採取時水温、pH、塩分濃度分析結果 (海水試料).....	23
表 3.3.3	波高計測結果	25
表 3.3.4	平均流速	26
表 3.3.5	潮位観測結果	26
表 4.1.1	検討ケース一覧	29
表 4.1.2	水深データ作成のために収集したデータ	29
表 4.2.1	収集データ一覧	29
表 4.2.2	年最大波高一覧 (8.05N, 107.91E).....	31
表 4.2.3	代表波浪の諸元	32
表 4.2.4	波浪変形計算の計算領域と計算格子の設定.....	32
表 4.2.5	主な計算条件 (波浪変形計算)	33
表 4.3.1	流況の計算領域と計算格子の設定	36
表 4.3.2	潮流計算の境界条件	37
表 4.3.3	河川の境界条件	38
表 4.3.4	流況計算の主な計算条件.....	38
表 4.4.1	代表波浪の諸元	43
表 4.4.2	作用日数	43
表 4.4.3	埋没計算の主な計算条件.....	43
表 4.7.1	1 st Phase における年間埋没量の算定結果 (上段：埋没量、下段：平均堆積厚) ...	58
表 4.7.2	3 rd Phase における年間埋没量の算定結果 (上段：埋没量、下段：平均堆積厚) ..	58
表 4.7.3	防砂堤設置の評価.....	58
表 5.1.1	船型毎の海上運賃.....	61
表 5.1.2	パナマックス使用時の海上運賃のメリット.....	62
表 5.1.3	2013 年末時点船型別の船舶数及び輸送能力.....	63
表 5.1.4	輸入石炭中継ターミナルが考慮すべき石炭火力発電所と必要石炭量	63
表 5.1.5	10,000DWT 級の想定諸元.....	65
表 5.2.1	石炭輸入量及び移送量	69
表 5.2.2	100,000DWT 級(ポストパナマックス)の船舶諸元.....	69
表 5.2.3	160,000DWT 級(ケープサイズ)の船舶諸元.....	70
表 5.2.4	岸壁占有率.....	72
表 5.2.5	バルク船の船型別隻数	72
表 5.2.6	波浪推算による波高と波向頻度表	77
表 5.2.7	比較検討結果.....	83
表 5.2.8	各案における必要ターミナルエリア.....	88
表 5.2.9	比較検討条件.....	90
表 5.2.10	1 st Phase (2020 年) における港湾・ターミナル形式比較	91
表 5.2.11	1 st Phase (2020 年) における港湾・ターミナル初期建設コストポイント	91
表 5.2.12	3 rd Phase (2030 年) に必要な施設およびその条件.....	92
表 5.2.13	追加施設・建設コストポイント.....	93
表 5.2.14	運用・維持管理コストポイント (2050 年時)	93
表 5.2.15	総合費用点.....	94
表 5.2.16	総コストポイント.....	95
表 5.2.17	短期整備計画.....	96
表 5.2.18	中期整備計画.....	98
表 5.2.19	長期整備計画.....	100
表 5.3.1	現地潮位観測結果.....	102
表 5.3.2	現地潮流観測結果.....	103
表 5.3.3	1977 年～2012 年の全データによる確率沖波波高と周期.....	104
表 5.3.4	設計波浪 (50 年確率波、H0=6.38m, T0=10.6s)	104
表 5.3.5	土質試験結果表	109

表 5.3.6	土質試験結果表	110
表 5.3.7	海岸部設計用想定地盤	111
表 5.3.8	沖合部設計用想定地盤	111
表 5.3.9	計画地点風記録	111
表 5.3.10	確率最大風速	112
表 5.3.11	メコンデルタ地域の月降雨量	113
表 5.3.12	石炭荷揚船舶と諸元	115
表 5.3.13	石炭積込船舶と諸元	115
表 5.3.14	アンローダー想定輪荷重	116
表 5.3.15	シップローダー想定輪荷重	116
表 5.3.16	ベルトコンベヤ想定諸元	116
表 5.3.17	接岸施設形式比較表	118
表 5.3.18	潮位差と船級による天端高さの目安	119
表 5.3.19	100,000DWT の接岸エネルギー計算	121
表 5.3.20	160,000DWT の接岸エネルギー計算	122
表 5.3.21	船級と係船柱（直柱、曲柱）の標準	123
表 5.3.22	10,000DWT の接岸エネルギー計算表	128
表 5.3.23	構造比較表	132
表 5.4.1	主要工種	146
表 5.4.2	石炭荷役機械	147
表 5.4.3	石炭中継基地運営のための建屋他施設	147
表 5.4.4	計画地域主要自然条件	148
表 5.4.5	主要港湾施設の材料調達検討	149
表 5.4.6	主要港湾設備の調達検討	149
表 6.2.1	直接人員計算前提	159
表 6.2.2	間接人員計算前提	160
表 6.2.3	人件費単価前提	160
表 6.2.4	電力使用料金単価前提	161
表 6.2.5	水道使用料金	162
表 6.2.6	各設備の減価償却一覧	162
表 7.1.1	主要工種	165
表 7.1.2	石炭荷役機械の概要	165
表 7.1.3	建屋・他施設	165
表 7.1.4	主要材料の単価	166
表 7.1.5	主要機材費用	167
表 7.1.6	人件費	167
表 7.1.7	石炭荷役機械	167
表 7.1.8	直接工事費	168
表 7.1.9	プロジェクト建設コスト	169
表 7.1.10	円借款を想定した下部インフラ建設コスト（※土地取得費用は除く）	170
表 7.1.11	民間資金を想定した上部インフラ建設コスト	170
表 7.1.12	年間維持浚渫量とその費用	170
表 7.1.13	土木施設の年間維持管理費用	171
表 7.1.14	石炭荷役・運搬施設の年間維持管理費用	171
表 7.1.15	運営費用	171
表 7.1.16	維持管理表のまとめ	171
表 7.1.17	プロジェクト費用	172
表 8.1.1	想定される官民分担	173
表 8.3.1	資金調達必要額	176
表 8.4.1	収入構成要素	177
表 8.4.2	ターミナル利用料金	178
表 8.11.1	EIRR の試算結果	181
表 8.12.1	感度分析の結果	182
表 9.1.1	必要石炭量の試算前提	184
表 9.1.2	調査団試算による必要石炭量	184
表 9.1.3	本船大型化による海上運賃メリット(シナリオ 2)	185
表 9.2.1	石炭輸入量及び移送量	186
表 9.2.2	岸壁レイアウト（港内案）	191

表 9.2.3	各案における必要ターミナルエリア	193
表 9.2.4	短期整備計画	194
表 9.4.1	主要工種	203
表 9.4.2	石炭荷役機械	203
表 9.4.3	石炭中継基地運営のための建屋他施設	203
表 11.1.1	主要工種とその数量	209
表 11.1.2	石炭荷役機械の概要	209
表 11.1.3	建屋・他施設	209
表 11.1.4	直接工事費	211
表 11.1.5	プロジェクト建設コスト	212
表 11.1.6	円借款を想定した下部インフラ建設コスト (※土地取得費用は除く)	212
表 11.1.7	民間資金を想定した上部インフラ建設コスト	213
表 11.1.8	年間維持浚渫量とその費用	213
表 11.1.9	土木施設の年間維持管理費用	213
表 11.1.10	石炭荷役・運搬施設の年間維持管理費用	214
表 11.1.11	年間事業運営費用	214
表 11.1.12	維持管理費用のまとめ	214
表 11.1.13	プロジェクト費用	215
表 12.3.1	資金調達必要額	217
表 12.4.1	ターミナル利用料金	217
表 12.6.1	EIRR の試算結果	218
表 12.1.1	感度分析の結果	219
表 12.2.1	段階整備に応じた EIRR 試算結果	219
表 15.3.1	運用・効果指標	271
表 16.1.1	PVN 財務情報サマリー	275
表 17.1.1	現行の積地毎・船型毎の海上運賃概算	276
表 17.1.2	フレートメリットと年間ターミナル利用料金の比較 (シナリオ 1)	277
表 17.1.3	フレートメリットと年間ターミナル利用料金の比較 (シナリオ 2)	277
表 17.1.4	F/S 後のプロジェクト工程 (1)	280
表 17.1.5	F/S 後のプロジェクト工程 (2)	280
表 18.2.1	計画されている事業の概要	283
表 18.3.1	事業予定地区の人口及び家族	286
表 18.3.2	ズーエンハイ地区の土地利用	286
表 18.6.2	環境社会配慮調査の TOR	295
表 18.7.1	土地の利用状況	297
表 18.7.2	「ベ」国の大気汚染環境基準	298
表 18.9.1	環境緩和策	303
表 18.10.1	建設段階におけるモニタリング項目	305
表 18.10.2	モニタリング項目と場所	306
表 18.11.1	貯炭場候補地の現況及び影響 (最終 72ha の場合)	307
表 18.12.1	新土地法における補償・支援・移転に関わる手続き手順	311
表 18.13.1	各候補地の影響範囲	312
表 18.14.1	JICA ガイドラインとベトナム国法令の比較	313

略語表

ASB	Authorized State Body
BOT	Build Operate and Transfer
CFPP	Coal Fired Power Plant
CIT	Corporate Income Tax
CTT Project	Coal Transshipment Terminal Project
DONRE	Department of Natural Resources and Environment
DWT	Dead Weight Ton
EIA	Environmental Impact Assessment
EIRR	Economic Internal Rate of Return
EVN	Electricity of Vietnam
FIRR	Financial Internal Rate of Return
F/S	Feasibility Study
GDP	Gross Domestic Product
GGU	Government Guarantees and Undertakings Agreement
HHWL	Highest High Water Level
HWL	High Water Level
IFI	International Financial Institutions
JICA	Japan International Cooperation Agency
LLWL	Lowest Low Water Level
LOA	Length of All
LWL	Low Water Level
MOIT	Ministry of Industry and Trade
MOJ	Ministry of Justice
MONRE	Ministry of Natural Resources and Environment
MPI	Ministry of Planning and Investment
MOT	Ministry of Transport
MOU	Minutes of Understanding
MT	Metric ton
MWL	Mean Water Level
PPP	Public Private Partnership
RAP	Resettlement Action Plan
SPC	Special Purpose Company
VCM	Vinacomin (Vietnam National Coal Mineral Industries)

概要

(背景および目的)

「ベ」国の高い経済成長を背景として、急増する電力需要の伸びに対応するために 2011 年に承認された「第 7 次国家電力マスタープラン」の中で電源開発計画が策定されている。そのうちの半分近くを石炭火力発電に依存する計画であるが、メコンデルタ地域において計画された、若しくは既に建設が始められている複数の石炭火力発電所は、遠浅な海岸やメコン川支流沿線に面して計画されており、発電のために必要となる輸入石炭を大型の石炭運搬船で発電所まで直接輸送することは航路の問題から困難な状況にある。一方で、輸入石炭をメコン川の航行が可能な小型船舶により輸送することは効率が悪く、経済性の面で劣るだけでなく、石炭の安定供給の面からも課題が多い。そのため、大型の石炭輸送船が入港可能な場所に輸入石炭中継基地を建設し、ここから小型船舶に積み替えて各発電所に輸送することが必要とされている。本調査では、「ベ」国において石炭中継基地の候補地点として選定されたチャビン省のズーエンハイ石炭火力発電所に隣接する地域を対象に、石炭中継基地の概念設計を実施し、本邦事業者が石炭中継基地事業に参画することを前提とした円借款、海外投融資の活用を含めた事業実施可能性について検討を行った。

(現地調査)

輸入石炭中継基地を構成する主要な土木施設は、海外から大型船で輸送される石炭の荷揚岸壁施設、一定規模の石炭備蓄を行う貯炭場施設、最終需要家となる各発電所への払出施設及びそれらの間で石炭輸送を行うための輸送施設（ベルトコンベア等）である。特に、荷揚岸壁施設の建設場所は、大水深の航路増深・拡幅を前提としたズーエンハイ発電所用港湾内に設ける案や航路増深・拡幅を必要としない沖合に設置する案などが想定される。このような土木施設の建設及び港湾運営の検討にあたり必要となる深淺測量、土質調査、潮位・波浪・流況調査、採水・底質調査などの自然条件および環境調査を実施し、それらの調査結果を事業可能性調査の基礎資料とした。

(航路埋没シミュレーション)

現地の海岸は遠浅な海岸であり、航路増深・拡幅を前提とした計画の場合には航路埋没土砂の定期的な維持浚渫が必要と想定されることから、現地の地形条件及び海象条件を考慮した航路埋没シミュレーションを行い、航路の両側に導流堤を設置する航路埋没対策を実施する場合も含めて予想される航路埋没土砂量を推定した。その結果、導流堤建設費用と想定年間維持浚渫費用の観点から、埋没防止対策工を設けず維持浚渫のみを実施する場合が最も経済性が高い結果となった。

(石炭需要)

2012 年 10 月 9 日に出されたベトナム商工省の Decision では、現時点で輸入石炭中継ターミナルが考慮すべき石炭火力発電所と 2030 年までの必要石炭量が示されている。本調査においてもこの数値を基本として検討を行った（シナリオ 1）。

表 1 輸入石炭中継ターミナルが考慮すべき石炭火力発電所と必要石炭量 (シナリオ 1)

		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Long Phu Power Center																		
Long Phu Power Plant I	Capacity (MW)					600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)					0.074	1.414	1.786	1.786	1.786	1.786	1.786	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Long Phu Power Plant II	Capacity (MW)												1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)												2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Long Phu Power Plant III	Capacity (MW)												1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Coal (mil tons)												0.118	2.381	2.381	2.381	2.381	3.779
Song Hau Power Center																		
Song Hau Power Plant I	Capacity (MW)				600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)				0.074	1.414	1.885	1.984	1.984	1.984	1.984	1.984	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Song Hau Power Plant II	Capacity (MW)																	2,000
	Coal (mil tons)																	3.779
Song Hau Power Plant III	Capacity (MW)																	2,000
	Coal (mil tons)																	2.835
Duyen Hai Power Center																		
Duyen Hai Power Plant II	Capacity (MW)					600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)					0.223	1.563	1.885	1.885	1.885	1.885	1.885	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Duyen Hai Power Plant III	Capacity (MW)				600	600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)				1.786	1.984	2.058	2.877	2.877	2.877	2.877	2.877	3.571	3.571	3.571	3.571	3.571	3.571
Long An Power Center																		
	Capacity (MW)												1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)												1.786	2.381	2.381	2.381	2.381	2.381
Bac Lieu Power Center																		
	Capacity (MW)																	1,200
	Coal (mil tons)																	2.381
An Giang Power Center																		
	Capacity (MW)																	2,000
	Coal (mil tons)																	2.835
TOTAL																		
	Capacity (MW)	0	0	0	1,200	3,000	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	8,200	9,200	9,200	9,200	9,200	16,400
	Coal (mil tons)	0.00	0.00	0.00	1.86	3.70	6.92	8.53	8.53	8.53	8.53	8.53	15.00	17.86	17.86	17.86	17.86	31.09

出典：Decision No.5964/QD-BCT (9Oct2012)

一方、石炭需要量の予測にあたっては、石炭火力発電所の発電容量に対して、使用する石炭の発熱量、ボイラーの発電効率、発電所の稼働率等を考慮する必要がある。調査団が妥当と考える水準の前提条件のもと、上記の発電容量に対して必要となる石炭量を試算すると、表 1 に記載される必要石炭量よりも多くなることが見込まれた。この調査団の試算結果は「ベ」国側の関係機関の予測結果とも大差ない結果であったことから、「ベ」国側の関係機関の依頼によりこの調査団試算による石炭需要量 (シナリオ 2) に対しても、同様に事業可能性調査を行った。

表 2 調査団試算による必要石炭量 (シナリオ 2)

Project Power Plant		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Long Phu Power Centre												
Long Phu I	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Long Phu II	Capacity (MW)						1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)						3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Long Phu III	Capacity (MW)						1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Coal (Mil tons)						2.8	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Song Hau Power Centre												
Song Hau I	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Song Hau II	Capacity (MW)											2,000
	Coal (Mil tons)											5.6
Song Hau III	Capacity (MW)											2,000
	Coal (Mil tons)											5.6
Duyen Hai Power Centre												
Duyen Hai II	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Duyen Hai III	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Duyen Hai III Expansion	Capacity (MW)											
	Coal (Mil tons)											
Long An Power Centre												
	Capacity (MW)						1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)						3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Bac Lieu Power Centre												
	Capacity (MW)											1,200
	Coal (Mil tons)											3.3
An Giang Power Centre												
	Capacity (MW)											2,000
	Coal (Mil tons)											5.6
Capacity/year	(MW)	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	8,200	9,200	9,200	9,200	9,200	16,400
Coal demand/year	(Mil tons)	13.38	13.38	13.38	13.38	13.38	22.85	25.64	25.64	25.64	25.64	45.71

出典：調査団作成

(段階整備)

石炭需要量は年々増加しているが石炭中継基地の運営当初から最終的に必要となる需要量を賄う施設規模とすることは現実的で無い。そこで、石炭中継基地の建設は段階的な整備を行うこととし、石炭需要の伸びを勘案して、目標年次を 1st Phase 2020 年、2nd Phase を 2025 年、3rd Phase を 2030 年とした段階整備を行うこととした。各発電所への移送量については、ズーエンハイ第 2、第 3 発電所用石炭は陸送が想定されるため、その分を差し引いた量を払出施設の需要量とした。

(石炭物流計画)

CTT 事業の対象となり得る「ベ」国南部の石炭火力発電所の石炭調達計画が定まっていないため、輸入石炭の積出港は現時点では特定されていないが、一般炭の代表的な産出国であり、海上輸送距離から適当と考えられるオーストラリア、インドネシアを産地と仮定した。オーストラリア積出港からズーエンハイまでの航海日数はおよそ 11～12 日、インドネシア積出し港からはおよそ 4～5 日程度の航海日数を要する。

積荷役、配船の効率性および船舶の調達可能性の観点から、輸入用の石炭運搬船の船型は当初はパナマックスとし、最終的にケープサイズが就航することとした。具体的には、1st Phase ではパナマックス (概ね 55,000～85,000DWT)、2nd Phase ではポストパナマックス (100,000DWT 級)、3rd Phase ではケープサイズ (160,000DWT 級) を前提として検討を行った。発電所への移送用石炭運搬船は、内航貨物船船型や運搬効率、ハウ川河口の航行可能性を考慮して 5,000 DWT～10,000DWT 級を対象船舶として検討を行った。

(港湾計画)

港湾計画では前述の輸入用石炭運搬船および 2 次輸送船の船型を想定し検討した。岸壁に設置されるアンローダーの能力は、既存施設の調査や輸入用石炭の対象船舶の規模等を考慮し、2,500 トン/時間の能力、岸壁当り設置数 2 基、作業効率 75%の連続式アンローダーで検討した。一方、払出用は、同様の観点から、能力 1,500 トン/時間、岸壁当り設置数 1 基、作業効率 90%のローダーを前提とした。石炭積出港等の年間稼働日数を 350 日、日当り稼働時間を 18 時間とした。

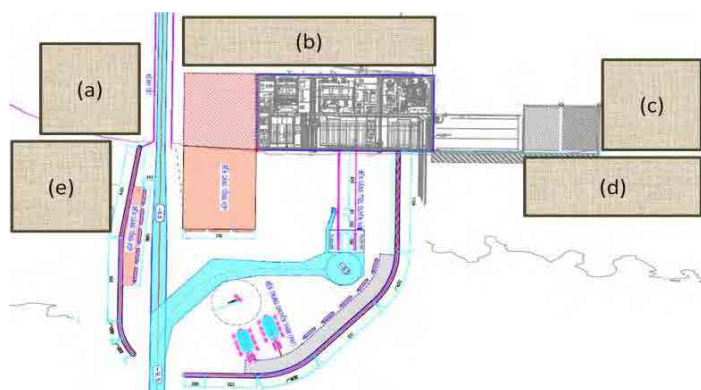
上記を前提条件として所要岸壁数を検討したが、UNCTAD の報告書 (Port Development – A handbook for planners in developing countries 一) に示された通常の雑貨岸壁の占有率を超えないように設定することとし、参考として待ち行列理論より算出される船舶の平均待ち時間、及びその他の要因も考慮して総合的に必要な岸壁数を決定した。

航路については、入出港船舶が限定的であること及び事業の経済性等の観点から入出港航路は一方方向航行とし、航路幅は日本の基準や先述の UNCTAD の検討例を参考に船舶船幅の 5 倍以上を確保することとした。また、水深については、世界の多くのバルク港湾で潮位差を利用した船舶の入出港が行われていることから、ここでも潮位差 (約 3.13 m) を利用した航路とした。

(貯炭場候補地の適地選定)

貯炭場は石炭の荷揚・払出施設とできる限り近い場所にあることが望ましいことから、図2に示すズーエンハイ石炭火力発電所敷地を取り巻く5カ所を候補地として、荷揚・払出施設からの距離、将来的な拡張可能性、周辺の社会環境への影響度合い、建設コストおよび建設への影響など種々の要因に対して、シナリオ1およびシナリオ2の2ケースについて総合的に評価を行った。その結果、候補地(c)および(d)案を貯炭場用地として選定した。

候補地(a)および(e)案については、運河を跨いで石炭を輸送する必要があり建設コストが大幅に増加すること、それを避けるために運河西側に荷揚・払出施設を設ける場合には需要家となるズー



エンハイ石炭火力発電所への石炭移送にあたり二次輸送が発生することなどの得失があることから、前述の候補地(c)および(d)案を貯炭場候補地として報告書のとりまとめを行うものであるが、Tra Vinh 省 PC の意向である候補地(a)および(e)案についても、経済性評価の検討を行うこととし、その結果については付属資料 A に示すこととした。

図2 貯炭場候補地

(貯炭場)

石炭火力発電所において必要な貯炭場の容量は1～2ヶ月分の石炭使用量を設定することから、本調査においては CTT における貯炭容量並びに各発電所内での貯炭容量の合計を1.5ヶ月分の石炭使用量とする前提とした。この合計1.5ヶ月分の貯炭量の内、CTT における貯炭量については各発電所と協議の上で決定する必要があるが、ここでは石炭火力発電所の運転を止めない為の各発電所内での貯炭量を0.5ヶ月分と想定し、CTT における貯炭量を1ヶ月分と想定した。なお、岸壁配置計画で考慮した沖合に防波堤を設けずに荷揚岸壁を設ける場合ケースでは、11月～2月は波浪の影響を受け荷役稼働率が下がるため、3月～10月に石炭を貯炭場に蓄えておく必要がある。そのため、2000年1月～2010年12月までの11年間の波浪データを使って必要貯炭量を算定した。

(港湾・ターミナル形式の選定)

石炭荷揚岸壁の配置案に対して以下に示す3形式(a)、(b)、(c)を候補とした。(a)案では既存港湾内に荷揚岸壁を設けることから安定的荷役が期待できるが、港内に大型の石炭運搬船を入れるための航路増深・増幅が必要であり大量の初期浚渫および航路維持のための維持浚渫が必要となる。

一方、(b)および(c)案では航路増深・増幅は必要ではないが、沖合で荷揚げした石炭を貯炭場まで輸送するための長大な連絡橋が必要となる。これらの得失を、本調査で収集した資料や実施した調査結果等に基づいて実施した概略施設設計から地盤条件、施工性および経済性の観点から得られた最適構造形式に対する建設コストおよび石炭中継基地運営コストを含めた事業コストから経済性比較を行い、最も経済性の高い(a)港内案を最適案として選定した。

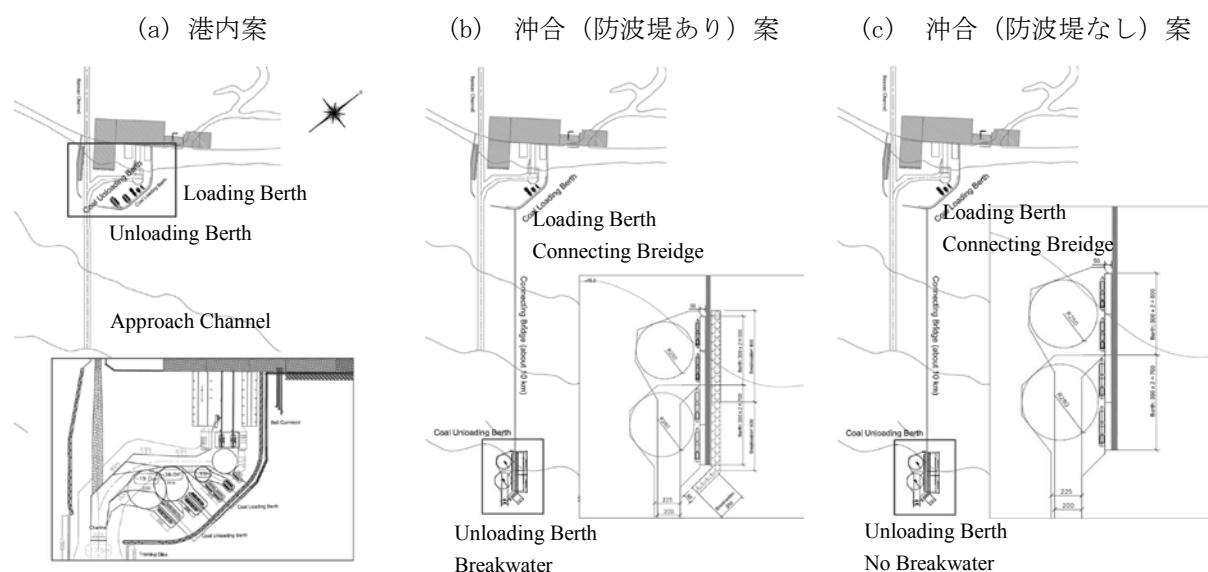
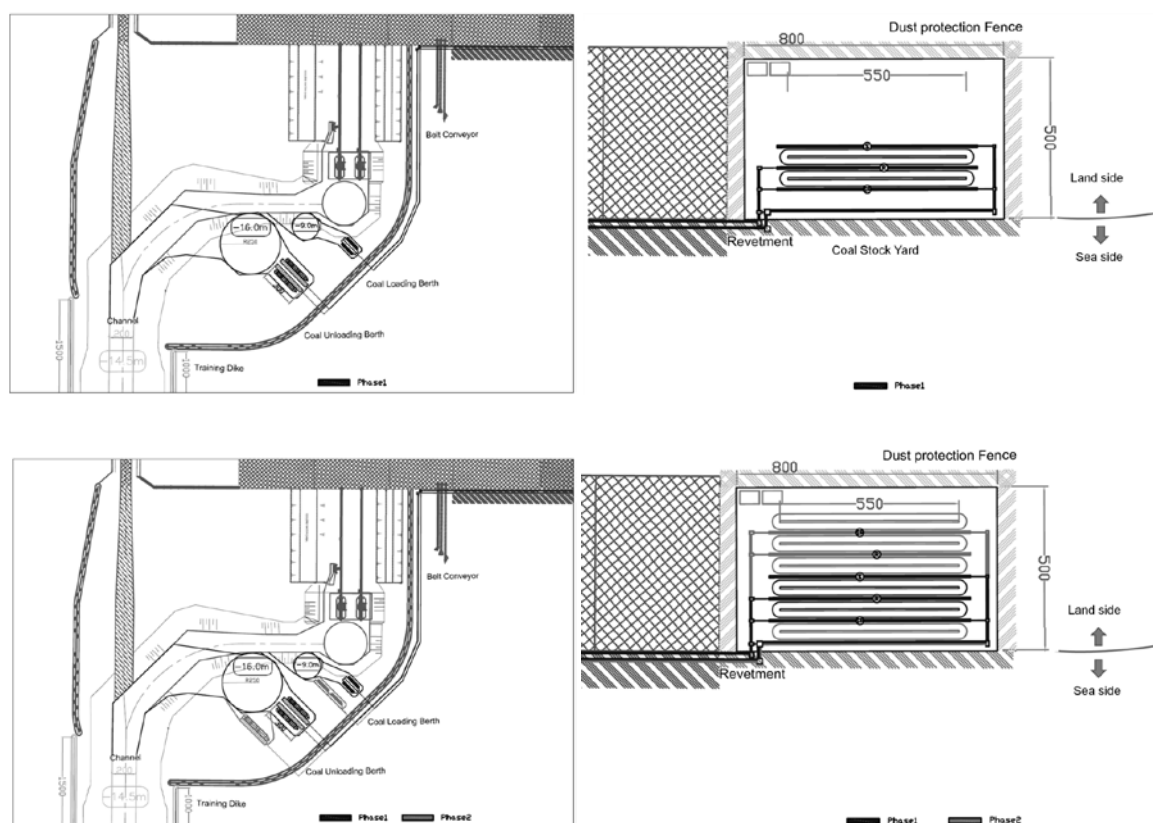


図3 港湾・ターミナル形式の比較検討案

なお「ベ」国側の要望としてフローティングクレーンを使用した輸入石炭の沖合積み替え案（瀬取り案）についても同様の検討を行い、上記3案と比較を行い、上記提案が最も経済性が高いことを確認した。

（港湾及びターミナル施設の段階的な整備計画案の概要）

3つの整備段階毎の港湾およびターミナル施設のシナリオ1およびシナリオ2に値する整備計画は以下の通りとなった。（3つを簡潔に図示）



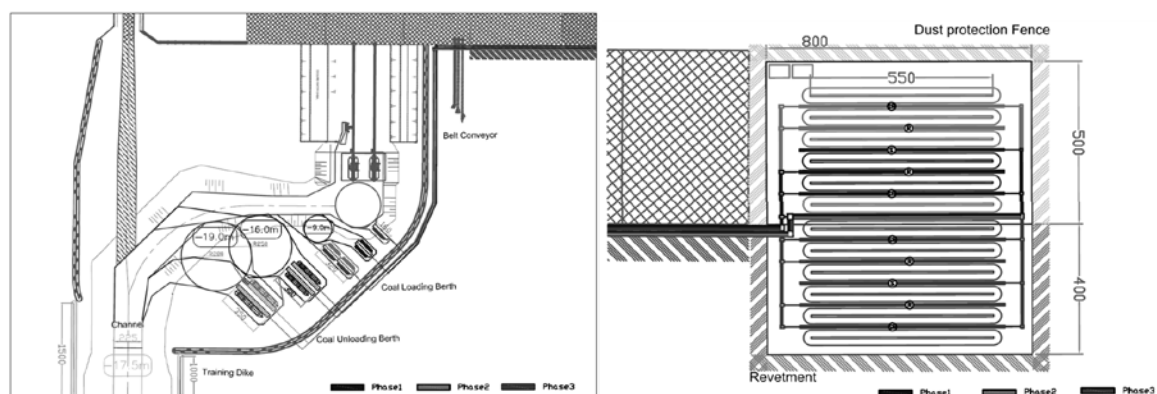
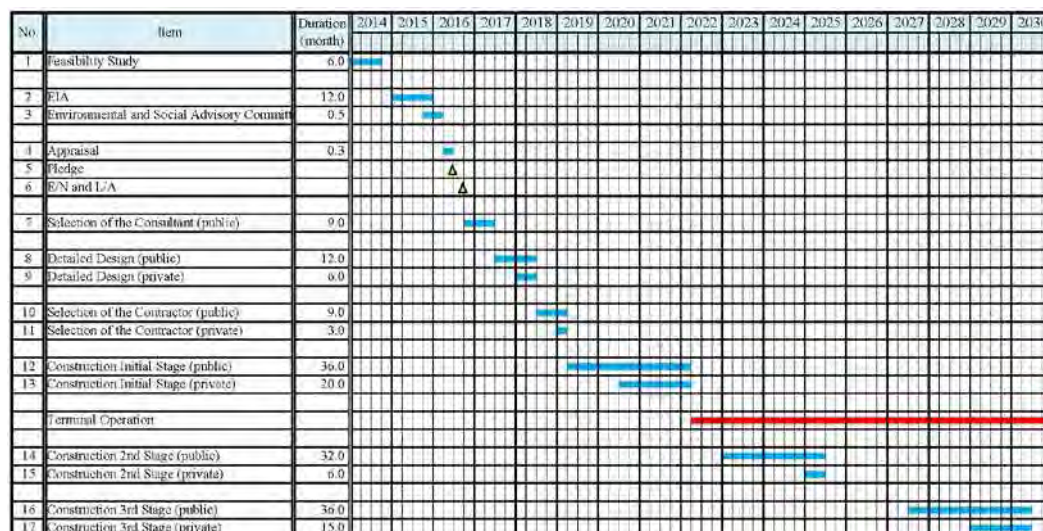


図4 港湾・ターミナル施設における段階整備計画

（概略施工計画と概略工程）

本プロジェクトで想定されている段階施工計画を前提とした港湾計画およびターミナル計画に基づいて概略施工計画を作成した。また、各施工段階の概略設計および概略施工計画に基づいて概略工程についても検討をおこなった。石炭中継基地の段階施工計画およびその概略施工工程を踏まえて本プロジェクト全体の概略工程についても作成した。

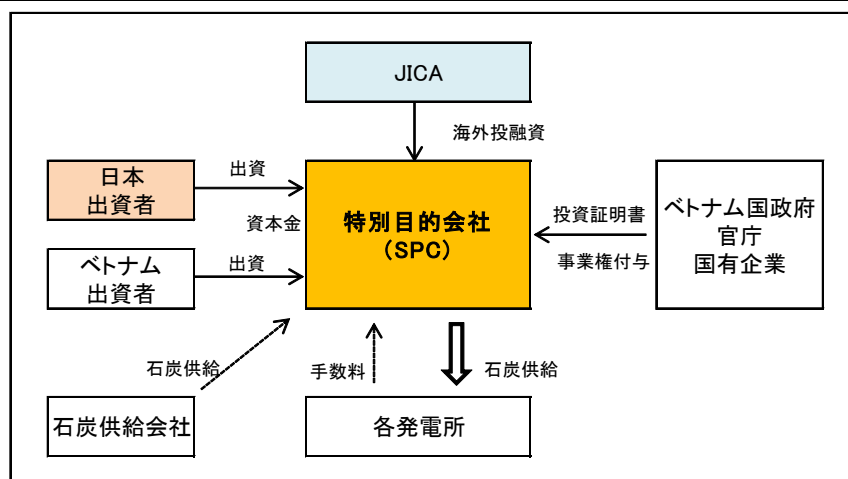


出典：調査団作成

図5 概略プロジェクト工程

（ターミナル運営）

本事業を成功させる為には、官民で事業リスクを確実に分担していくことが肝要である。そのため、石炭荷揚栈橋・積込栈橋・貯炭場整備等の下部インフラは、日本国の ODA 供与を受ける「ベ」国政府がこれを整備運営し、上部インフラ投資を含む輸入石炭中継ターミナル（CTT：Coal Transshipment Terminal）事業は日本企業と「ベ」国企業が出資する SPC がその建設及び運営・維持管理業務を行うことを想定した。各業務の実務は、それぞれの業務について請負可能な会社を選定し、委託契約を行うことを想定している。SPC の組織としては、下図のスキームを想定する。



出典：調査団作成

図6 特別目的会社(SPC)の関係図

ターミナル運営費用は、想定した事業スキームとその組織規模、港湾及びターミナル施設規模を勘案して、人件費、光熱費、水道費、各設備の減価償却費、設備メンテナンス費用、保険費用、土地使用費、下部インフラのメンテナンス費用等を考慮して算出した。なお、前述の通り下部インフラは「ベ」国政府が円借款によって整備し「ベ」国資産となることを想定するが、SPCは「ベ」国政府に対して土地使用費として円借款の元利返済金額の50%相当を支払うことを前提としている。また、下部インフラについては「ベ」国資産となるものであるが、SPC事業期間においてはそのメンテナンス費用（維持浚渫を含む）についてはSPCが負担する前提としている。

（財務分析）

各整備段階での建設事業費、維持管理費およびターミナル運営事業費を求め、その結果に基づき経済・財務分析を行った。建設事業費算定にあたっては、単価設定は現地近傍での市場単価を用いること、インフレおよび借入金の金利は考慮しないこと、詳細設計・施工監理のためのコンサルタント費用を考慮すること等を前提とした。ターミナル運営費用については前項の通りである。

本事業はPPPとして民間事業者の参画を前提とすることから、SPCの内部収益率が民間事業者が求めるリターンを満たすために必要となる ton 当たりターミナル利用料金を求めることで、本事業の事業性を分析・評価することとした。なお、海外事業投資については、「投資資金調達コスト+内外金利差」を必要リターン(=Hurdle Rate)とすることが一般的であり、ここでは加重平均資本コスト(WACC)と日本円と VND の過去5年間の平均金利の差を加えた17.2%を Hurdle Rate の参考値とした。また、実際に民間事業者が事業性を判断する際においては、後述する各種リスクを限定できるか否かによって、求める Hurdle Rate も異なる為、本 Hurdle Rate は各種リスクを限定的に出来ることを前提としている。

財務分析の事業期間は1st Phase の工事着手年である2017年から1st Phase の供用開始(2020年)後30年に相当する2049年までとした。また、本事業において、民間負担分(SPC負担分)のCTT建設に必要な資金の内、70%をプロジェクトファイナンスによる調達を想定し、残りの30%を日

本側及びベトナム側投資家による出資から調達することを想定した。借入金は JICA「海外投融資制度」による資金調達を想定した。

ターミナル使用量の設定では、Capacity Payment 部分と Variable Payment 部分により構成されるテイクオアペイ方式の支払いメカニズムを想定した。また、本事業が将来的な石炭需要の伸びを想定した段階整備計画であることを踏まえて、各 Phase において必要な投資に関する費用と、それに応じて増加する固定費によって Capacity Payment の金額は変動することを想定した。すなわち、各 Phase のターミナル利用料金は仮に各 Phase における需要が、事業期間を通じてそれ以上伸びることが無かった場合を想定した利用料金となっている。

(経済分析)

経済分析では、「With ケース」としてズーエンハイ石炭火力発電所の防波堤内に大型船に対応した輸入石炭の荷揚岸壁・払出岸壁等の施設が、また、同発電所に隣接して CTT が建設・運営されるものとし、「Without ケース」としてズーエンハイ石炭火力発電所へは同発電所の揚炭岸壁を利用して 30,000DWT の船舶で輸入石炭の海上輸送を行うこととし、その他の発電所では運河の航路制限があることを考慮して 10,000DWT の船舶により海上輸送されることを前提とする。本プロジェクトの便益は、CTT 建設・運営により輸入石炭の海上輸送が大型船によりなされることで、その石炭輸送コストの削減額を見込んだ。

シナリオ 1 およびシナリオ 2 のいずれのケースにおいても、本事業にかかる EIRR は JICA 等の同種調査において「ベ」国の社会的割引率として採用されている 12%を上回る結果となっており、本事業は「ベ」国経済において有効な事業となると判断される。

(PPP 事業計画)

現地法制度の調査・検討結果から、現時点にてにおいて BOT 法および PPP 形態での投資を推進することは、それらの法制度への信頼性が乏しいことから、本 CTT 事業は「ベ」国内での適用事案がある投資法に準拠した形態、つまり JV 形態での推進が現実的な選択肢であると考えられる。

BOT/PPP 案件では SPC が管理できない主要リスクについては政府支援が得られるが、JV 形態の場合には政府支援については個別協議が必要となる。必要となる主要な政府支援としては、国および政治的リスク、自然災害リスク、法的リスク、営業上のリスク等がある。

(事業評価)

南部ベトナムでは既に先行して各所に石炭火力発電所の建設が進められ、また多数の石炭火力発電所の建設が計画されているが、各所発電所が無秩序に巨大な CTT を建設すること及びそれに伴う浚渫事業を実施することは、経済的に見て非効率であり、本事業による Economic IRR は社会的割引率を超えることから、「ベ」国経済において有効な事業になり得ると判断出来る。また、本調査において試算した、民間事業者の求める採算水準を満たすターミナル使用料金を前提としても、本 CTT が存在しない場合と比してより安価に輸入石炭を調達出来る試算結果となっていることから、「ベ」国経済への貢献が見込めると言える。

但し、土地・貯炭場・払出栈橋等巨大な下部インフラ投資が必要となる為、民間側の事業性確保の点から下部インフラに円借款、上部インフラに民間資金を活用という上下分離の形態が必須となる。また、本事業への民間事業者からの出資及びその採算性は、「ベ」国政府によるリスク負担や、関係各社との調整といった政府支援、「ベ」国政府支援のもとでの正確な石炭需要予測、長期・低利のローンである JICA 海外投融資の活用を前提に成り立つものであり、これらの政府支援等による CTT の安定収益の確保無しには実現は困難と考える。

本検討での事業性評価のために用いた価格設定等は F/S 段階であることから保守的に設定しており、事業化後の継続的見直しで運営コストを下げる努力に加えて、今後の詳細検討の段階でさらなるコスト競争力の改善を図る余地が残されている。また、本事業は港湾インフラとして公共性が高く、「ベ」国側事業者には「ベ」国政府、関係政府諸機関、また発電所等の顧客との円滑なコミュニケーションを含む事業運営能力が求められる。また、収益の安定性確保という点については、発電事業者の本事業における直接参画もオプションの一つである。

民間事業者には、事業体の出資者として資金の提供を行うと共に、本邦における石炭中継基地の経営、維持管理の経験を活用することによりノウハウを提供すること、また、設計、施工、設備調達、維持管理において、高い技術力に裏付けられた、長期的視点で競争力のある本邦企業を活用することで、本事業の収益性やサービス品質の向上を行うことが求められる。

(環境社会配慮)

かつて農業や漁業が営まれていた事業予定地は、現在では建設中の火力発電所を含めた近年実施されている大型プロジェクトにより、大規模な湖沼の埋立工事が行われ工場等の建設用地に変貌している。この地域は漁民、農民が居住する集落があり、最終段階では約 20 戸の住民移転が必要と予測される。また、国際条約や国の法律で定められた生物多様性の保護区、保全地域は存在せず、貯炭場の建設用地内に生息する保護すべき絶滅危惧種 (IUCN) も生息しない。ズーエンハイ地区の沿岸域には多くのマングローブ林があるがこれらは侵食防止のため植林されたものである。

貯炭場予定地には湖沼及び中小河川が数多く存在し、湖沼を利用し養殖が行われている。このため予定地では埋立工事が必要となるが、沿岸域において大規模な埋立が行われると沿岸域の地形変化が生じる可能性がある。事業予定地の沿岸域（浅瀬）は濁度が高く海洋の生態系は見受けられない。ここでは漁民が生活し、小型船舶により沿岸域で小規模な漁業活動を行っているが水利権はない。既存河川を利用し生簀で養殖を営む漁民もいるが彼らには適切な補償が必要である。

建設工事では泊地及び航路の浚渫工事により海底土砂の攪拌が予想される。しかし、沿岸域は濁り透視度が低い状況にあり、また浚渫工法の検討及びモニタリングにより汚染の軽減ができるので浚渫の影響は少ないと予測される。浚渫土砂の投棄場所は事前に政府承認を得る必要がある。

一連の操業（荷揚げ及び払出、貯炭場での保管等）において、強風時の石炭粉塵による大気汚染が予測され、粉塵対策が計画されている。また雨期の水質対策として、表流水と共に微粉炭が海域に流れ出さないよう沈殿池を含む微粉炭の回収システムが計画されている、また施設から排出される生活排水は浄化した後海洋に放流される計画であり水質への影響は少ないと予測される。

ベトナム国

輸入石炭中継基地事業準備調査 (PPP インフラ事業)

PART 0. 共通項目

第1章 業務の背景

1.1. 業務の背景

「ベ」国は年平均 5%前後の高い GDP 成長率を記録し、これに伴い、2006 年から 2012 年までの電力需要は年平均約 10%で伸長している。急増する電力需要の伸びに対応すべく、2011 年に承認された「第 7 次国家電力マスタープラン」においては、2011 年から 2020 年にかけて全国で計 50,000MW 近くの電源開発が計画されており、そのうち石炭による火力発電については、2020 年までに約 36,000MW (電力生産総量の 47%) まで発電設備容量を増設することが計画されている。しかしながら、これらの電源開発の進捗は、資金不足等の要因により計画から遅延しているのが実情である。この結果、電力需給が逼迫し、特に少雨の影響で水力発電所の出力が低下した 2009～2010 年には、ハノイ (Hanoi) やホーチミン (Ho Chi Minh) においても夏場にかけて計画停電が実施される等、同国の経済・社会活動に負の影響を与えている。

南ベトナム地域においても、増大する電力需要に対応するため、ソンハウ (Song Hau)、ズーエンハイ (Duyen Hai)、ロンフー (Long Phu) 等の複数の石炭火力発電所の建設計画が進んでおり、一部の発電所ではすでに建設工事が進んでいる。一方、発電に必要な石炭は、現状では国内産地 (ホンゲイ (Hon Gai) 等) から供給されている国内炭により賄われているが、同国の今後の石炭需要は、2010 年の 26 百万トンから、2015 年には約 67 百万トンに増加することが見込まれているのに対し、国内炭の供給量は 58 百万トンに留まる見込みであり、国内炭だけでは今後の「ベ」国における需要を賄いきれないために、「第 7 次国家電力マスタープラン」においても 2015 年以降は増加する電力需要に対応するため、石炭などの燃料の輸入を行うとの方針も掲げられている。効率的な発電を行うには、国内炭に比べ、より石炭火力発電に適した石炭を輸入する必要がある、このような事情からも輸入炭の需要が急増することが見込まれる。

南ベトナムの石炭火力発電所はその殆どが海岸や河川に面して計画されており、燃料である石炭は海上輸送で搬入される。しかし、南ベトナムはメコン河口に位置する為水深が浅く、大型の石炭運搬船を石炭火力発電所の石炭荷揚棧橋に入港する事が出来ない。また、メコン河口付近では現状の航路を維持する為に毎年膨大な量の維持浚渫を行っており、全ての石炭火力発電所の為に航路を増深する事は経済的に非効率である。加えて、小型石炭運搬船による石炭輸入も、経済性や安全面において適しているとは言えない。この自然条件は、輸入石炭を使用する石炭火力発電所にとって大きな課題である。輸入石炭運搬船を直接発電所に入港させる事は非常に非効率である事等から、今後の南ベトナムにおける石炭火力発電所の運営には、輸入石炭中継ターミナルが必須と考えられる。

比較的廉価な輸入一般炭の導入を加速する一方、付加価値の高い無煙炭の輸出市場へのシフトを促すことにも繋がり、結果「ベ」国の貿易収支の改善にも寄与する。また、国内発電用の無煙炭依存率を低減させ、輸入一般炭ソースを更に多様化させることで、調達リスクの分散・低減も図ることができる。

我が国の対ベトナム国別援助方針（2012 年）においては、支援の重要分野の一つである「成長と競争力強化」の中で、資源・エネルギー安定供給は重点分野の一つとして取上げられており、本事業は同計画に則ったものである。また、同計画を受け、事業展開計画に掲げる 4 つの援助重点分野のうち、「電力供給能力強化」の一環として、電源供給能力強化に取り組むこととしている。従い、本事業は電力セクターに対する我が国及び貴機構のベトナムに対する援助方針に合致している。

1.2. 業務の目的

上記課題を受け、本事業では以下の 2 点をもって同地域の経済成長促進及び国際力強化に寄与するものとする。

- (1) 計画中の石炭火力発電所に必要な輸入一般炭を供給できる石炭物流システムの構築
- (2) 輸入石炭中継基地の運営が収益性を確保し、当該輸入石炭中継基地への投資を有意義なものにするような輸入石炭中継基地計画の構築

具体的には、大型の石炭運搬船が入港できる港湾施設（輸入石炭中継ターミナル）を建設し、大型の石炭運搬船で輸入した輸入炭を小型石炭運搬船で南ベトナム地域の各石炭火力発電所に運搬する事で、上記課題を解決する。また、輸入石炭中継ターミナルの事業計画については、本邦事業者の事業参画を前提とし、円借款、海外投融資の活用を含めた具体的な事業計画を策定する。

本調査では、石炭需要をもとに施設規模を決定し、それに応じた必要な CTT 施設及び想定される関連費用をもとに事業評価を行うものである。石炭需要及び石炭消費者である石炭火力発電所は政府決定 Decision No.5964/ QD-BCT(9Oct2012)をもとに決定する。石炭需要は 2 シナリオを設定し、シナリオ 1 として Decision No.5964 による石炭需要、シナリオ 2 として MOIT の要求に基づき調査団で推定した石炭需要を用いる。それぞれの結果は Part 1 および Part 2 として示す。また、事業費用の算定においては、CTT 施設の概略設計に基づいた費用を用いる。概略設計では限定された条件において検討を行うため、詳細設計の段階においてさらなる詳細な調査を実施するべきである。

CTT の役割として石炭荷役施設や貯炭場の提供、及び消費者への石炭安定供給などが挙げられるが、石炭の調達先ならびに輸入石炭の輸送方法は消費者である石炭火力発電所において決定される。本調査の検討では総事業費を推定する都合上、CTT 施設規模確定のために最適な石炭供給先及び輸送手段を仮定する。また、CTT 事業の成立のための事業計画を検討する為、ターミナル利用料金（THC）は事業成立の目安である最低経済的内部収益率 17.2%に基づき仮定し、その他政府保証などの必要な契約条件を検討する。

「ベトナム国ソンハウ 1 石炭火力発電所及びその周辺インフラ事業準備調査」の中でソンハウ 1 火力発電所及びその他石炭火力発電所の新設が予定されているベトナム南部において、石炭中継ターミナルに係る適地選定作業を実施する業務を本調査に先行する“Phase 1”調査として実施しており、その結果を受けてベトナム政府では 2013 年 5 月にベトナム政府の決定（Government

Decision No.3491/VPCP-KTN) により輸入石炭中継ターミナルの建設予定地をチャビン省ズーエンハイ地区以下のように決定した。図 1.2.1 に本調査の対象地域を示す。



出典：調査団作成

図 1.2.1 本事業計画地

第2章 石炭中継基地候補地周辺の現状

2.1. 候補地の自然環境

（候補地周辺の地形的な特徴）

チャビン（Tra Vinh）省はメコン河下流の派川であるハウ（Hau）川とコチエン（Co Chien）川の間に形成された平坦なデルタ地帯に位置しており、東は南シナ海に面している。現地の海岸線は主として砂浜海岸で形成されているが、対象地域の北側の砂浜海岸では海岸浸食（写真 2.1.1、2.1.2 が進んでいる。前面は水深 20m 程度までが 1/1000 程度の勾配を持つ、非常に遠浅な海底地形となっている。



写真 2.1.1 ズーエンハイ石炭火力発電所の北方約 1km の海岸（住居前面の海浜侵食防止と覚しき木杭と周辺海岸の状況）調査団撮影



写真 2.1.2 ズーエンハイ石炭火力発電所の北方約 3km のリゾートの海岸の状況（海浜侵食防止のための採石が投入されている）調査団撮影

(候補地周辺の気象条件)

対象地域の南ベトナムでは熱帯モンスーン気候であり、11月から4月までの乾季には北東よりの季節風が、5月から11月までの雨季には南西よりの季節風が卓越する。主要な気象条件は以下の通りである。

(1) 気温

年間平均： 26.5℃
最高気温： 35.8℃
最低気温： 18.5℃

(2) 降水量

5月～10月が年間降雨量の約90%を占める。年間降雨日は137～178日である。

年間平均降雨量： 2,106mm
年間最多降雨量： 2,391mm
年間最少降雨量： 1,821mm

(3) 湿度

年間平均湿度は83%であり、最大は95%である。

(4) 霧

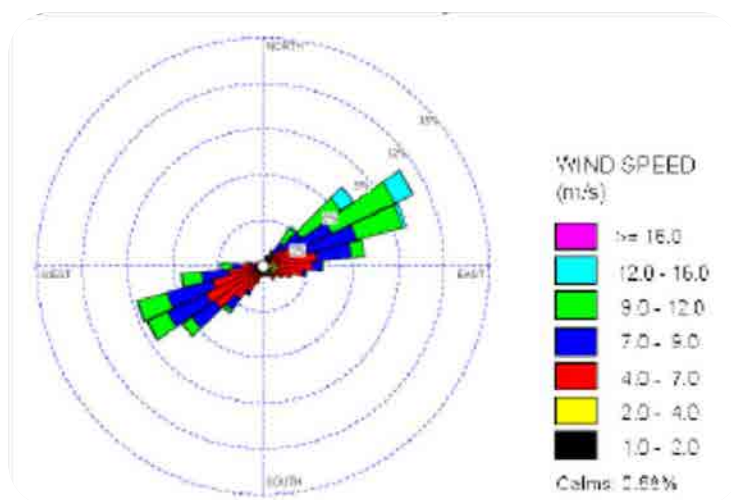
年間を通して、霧の発生はほとんどない。

(5) 風

2007年5月から2008年4月までの1年間の実測によると、主な観測データは以下の通り。

卓越風向： 南東 12.1%、北東 11%、南西 10.6%
年間平均風速： 6.79m/s
最大風速： 25.7m/s

1999年から2008年までの沖合の風データによると、強風が吹く日数は、9～12m/s以上が年間85日(23.4%)である。



出典：報告書” Preparatory Survey for Song Hau 1 Coal Fired Power Plant Project and Its Related Common Infrastructures (PPP Infrastructure Project)”

図 2.1.1 1999～2008 年の沖合の風向・速度頻度図

2.2. 候補地の社会経済環境

候補地周辺の主要な社会経済環境指標は以下の通りである。

(1) 人口

2012 年の自然人口増は 1.1% である。市および地区の人口は下表 2.2.1 および表 2.2.2 に示す。

表 2.2.1 チャビン省の人口動向

年	2009	2010	2011	2012	2013
人口	1,003,000	1,006,000	1,012,000	1,015,000	1,027,000

出典: General Statistics Bureau of Vietnam

表 2.2.2 チャビン省の主要都市・地域の人口分布 (2009)

No.	City/District	Population	Percentage (%)
1	Trà Vinh	98,699	9.8
2	Càng Long	143,389	14.3
3	Cầu Kè	109,592	10.9
4	Tiểu Cần	109,122	10.9
5	Châu Thành	136,786	13.6
6	Cầu Ngang	130,608	13.0
7	Trà Cú	176,121	17.6
8	Duyên Hải	98,695	9.8
	Total	1,003,012	100

出典: The 2009 Vietnam Population and Housing census: Completed results

(2) 工業

手工業においては、テキスタイル、絨毯、ココナッツ殻の木炭画、機械織り等今後発展が見込める産業が多数ある。省内には 8,520 の手工業の工場があり、GDP における工業の割合は 2005 年の 14.52% から 2010 年の 18.35% へと増加した。省内には 1,037 の会社が存在し、80,500 億 VND の資本を有している。2010 年には工業製品売り上げは 35,800 億 VND に達し、2005 年値の 2 倍増となっている。

(3) 経済

チャビン省の経済状況は成長傾向にあり、全てのセクターにおいて内外の投資が 2001 年～2005 年の期間よりも活発になっている。しかし、チャビンは省内の他の地区よりも成長速度が緩やかで、経済の変革及び投資が遅れている。農業生産の不良、事業投資の不均衡、技術開発の不足、費用効率の高いモデルの拡大の限界等により漁業開発はその可能性と利益がうまく釣り合っていない。

2030 年までにチャク (Tra Cu) とズーエンハイ地区に約 39,000ha の広さのディンアン (Dinh An) 経済地域を開発する計画がある。チャビン省ではこの経済地域を開発することで、産業、物流、貿易、観光などの分野への省外からの投資促進を図ることが期待されている。

(4) 観光

チャビン省はコチエン川及び ハウ川に囲まれた長い海岸線を有し、経済活動は農業、魚やエビの養殖に頼っている。省内の川岸沿いは緑豊かな植物におおわれている。バードン (Ba Dong) 海岸、バオム (Ba Om) 湖、キン (Kinh)、ホア (Hoa) 及びクメール (Khmer) の寺院等興味深い観光地がある。バードン海岸には白砂が何キロにもわたって続いている。チャビン観光事務所はバードン海岸リゾートを開発、改善によりクーロン (Cuu Long) 川のデルタ地帯を魅力的な観光地とすることを計画している。

チャビン政府によって作成された開発計画によると、チャビン省を訪れる観光客数は 2010 年で 300,000 人超となっている。観光による収入は 27 百万 USD に達すると見込まれている。

(5) 漁業

2010 年の水産物の推定漁獲高は 157,000 トンで、2005 年より 2.44% 増となっている。3 つの水域(海域、汽水域、河川域)においてエビ、カニ、二枚貝、魚等の経済性の高い水産物の養殖が試みられている。チャビンの内陸における漁獲資源量は 3,000～4,000 トンで、通常 2,000～2,500 トンの漁獲高がある。チャビンの海岸域の漁業資源は河口、マングローブ、及び 30～40m から海岸までにある。省では水産業のさらなる発展を図るため、その可能性を検討している。

2.3. 候補地周辺の輸送インフラ施設

(港湾・内陸水運インフラ)

チャビン省を含むメコンデルタ地域はベトナム港湾海事局 (VINAMARINE) によるベトナム港湾マスタープラン (Development Plan of Vietnam's Seaport System till 2020 and orientation to 2030 (01/09/2011)) の中では Group5 に指定されている。Group6 の港湾としては、一般貨物を扱う主要港湾はメコン川やハウ川などの河川港として整備を進めるとされており、その他にロンフー、ソクチャン (Soc Trang) などの石炭火力発電所の専用港湾を整備するとされている。

コチエン川の河口部では 3m 程度、ハウ川河口部では 5m 程度の水深となっており、大型船の航行の支障となっている。そのため、これらの港湾への航路整備計画として、10,000DWT と軽荷 20,000DWT の船舶の航行のためのハウ川バイパス運河を利用する航路と、3,000DWT～5,000DWT の船舶の航行のためのディンアン河口を通る航路の 2 つを、2015 年を目処に優先的に整備することとしている。



図 2.3.1 ズーエンハイ石炭火力発電所位置と建設中の運河計画

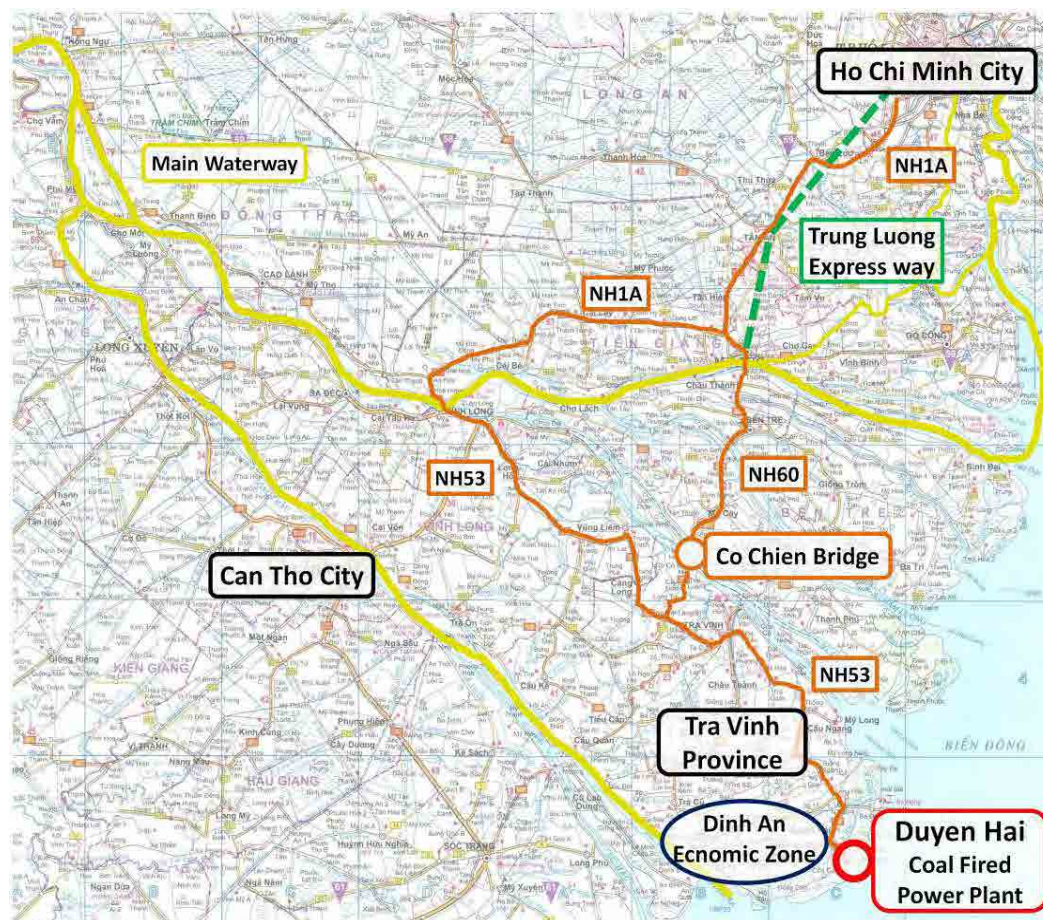
このようにカントー港などのグループ 6 の港湾群は地理的にはハウ川やメコン川 (Tien River) に建設され、これらの河川を航路として利用する河川港といえるものであるが、ベトナム港湾マスタープランでは港湾 (Sea Port) として位置づけられている。このような港湾の管理運営の実情に合わせて、ハウ川河口からオーモン (O Mon) までとメコン川 (Mekong River または Tien River) 河口からミトー (My Tho) まではベトナム港湾海事局が河川航路の維持管理を行っている。

(道路インフラ)

チャビン省とホーチミンおよびメコンデルタ地帯のその他の地域を結ぶ国道として 53 号線、54 号線および 60 号線がある。省都のチャビン市とホーチミンまでは国道 60 号線とチュンルオン (Trung Luong) 高速道路を経由して約 130km の距離である。また、国道 53 号線を利用するとチャビン市とホーチミン市までは約 200km、カントー (Can Tho) までは約 100km の距離である。

国道 60 号線の改良工事として、ベンチェ (Ben tre) 省とチャビン省を結ぶコチエン (Co Chien) 橋の建設が進められている。この橋梁の完成により、国道 60 号線とチュンルオン高速道路を経由してホーチミンまでのアクセス時間の短縮が期待されている。この道路はメコンデルタ地帯の南部を結ぶ主要な幹線道路である国道 1A の交通量軽減を図るとともに、前述のディンアン経済地域の開発促進に繋げることが期待されている。橋の建設は BOT 事業として 2011 年に建設が始まっている。全長 2.6km、幅 16m の往復 4 レーンの道路として 2016 年に完成予定である。

長期マスタープランの中でメコンデルタ地帯を縦横に連携接続する複数の高速道路が計画されているが、チャビン省を直接通過する高速道路の計画は無い。



出典：調査団作成

図 2.3.2 南部ベトナム交通インフラ

2.4. 候補地周辺の土地利用の現況

(対象地域の土地利用)

現地の海岸線近傍ではエビ等の養殖池が作られており、それより内陸川では稲作地として利用されている。以下に示すズーエンハイ石炭火力発電所の敷地は、これらの養殖池を埋め立てて造成されている。

(ズーエンハイ火力発電所)

現地では、以下に示すズーエンハイ石炭火力発電所の建設が EVN により計画されており、中国系企業の EPC 契約により Duyen Hai I および III の建設工事はすでに始まっている (写真 2.4.1)。

Duyen Hai I.1 (2014) : 600MW (国内炭使用予定)

Duyen Hai I.2 (2015) : 600MW (国内炭使用予定)

Duyen Hai II.1 (2018) :	600MW (輸入炭使用予定)
Duyen Hai II.2 (2019) :	600MW (輸入炭使用予定)
Duyen Hai III.1 (2015) :	600MW (輸入炭使用予定)
Duyen Hai III.2 (2016) :	600MW (輸入炭使用予定)
Duyen Hai III.3 (2019) :	600MW (輸入炭使用予定)

発電所の前面では、石炭運搬船の接岸棧橋および MOIT の管轄となる北側の防波堤の建設工事が進められている (写真 2.4.2)。南側の防波堤は MOT 管轄で建設が予定されているが、2015 年 1 月現在で工事は始まっていない。現在の計画では、30,000DWT 石炭運搬船が入港できる港を計画しており、北側防波堤が 3.9km、南側防波堤が 2.5km で、航路水深は -9.5m とされている。年間石炭取扱量は 12 百万トンの計画である。

チャビン省では、この発電所南側の用地を活用した多目的バースの建設を目指しているとのことであるが、現時点では具体的な港湾計画は存在しない。



写真 2.4.1 建設中のズーエンハイ石炭火力発電所 (2014 年 3 月 : 調査団撮影)

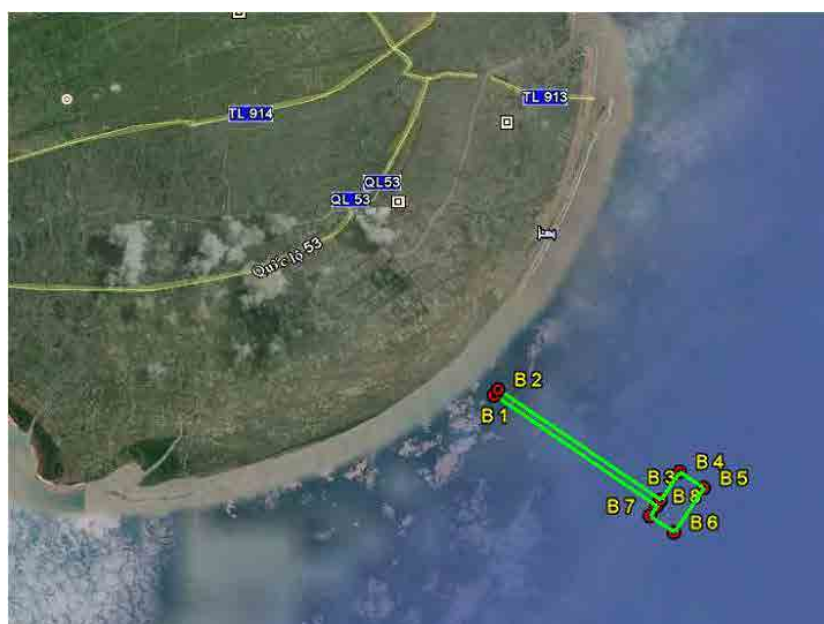


写真 2.4.2 建設中の防波堤と石炭荷揚棧橋 (2014 年 3 月 : 調査団撮影)

第3章 自然条件および環境調査

3.1. 深浅測量

輸入石炭中継ターミナルのプロジェクト候補地において深浅測量を行った。作業範囲は下記の図 3.1.1 網掛部に示す。作業範囲は沖合石炭荷揚栈橋および陸へ繋がるベルトコンベヤで計 504ha となる。測定位置は図 3.1.1 に示す B1~B8 の 8 か所となる。これらの座標を表 3.1.1 に示す。深浅測量に用いた基準、及び深浅測量手法は AppendixB に示す。



出典：調査団作成

図 3.1.1 測定位置図

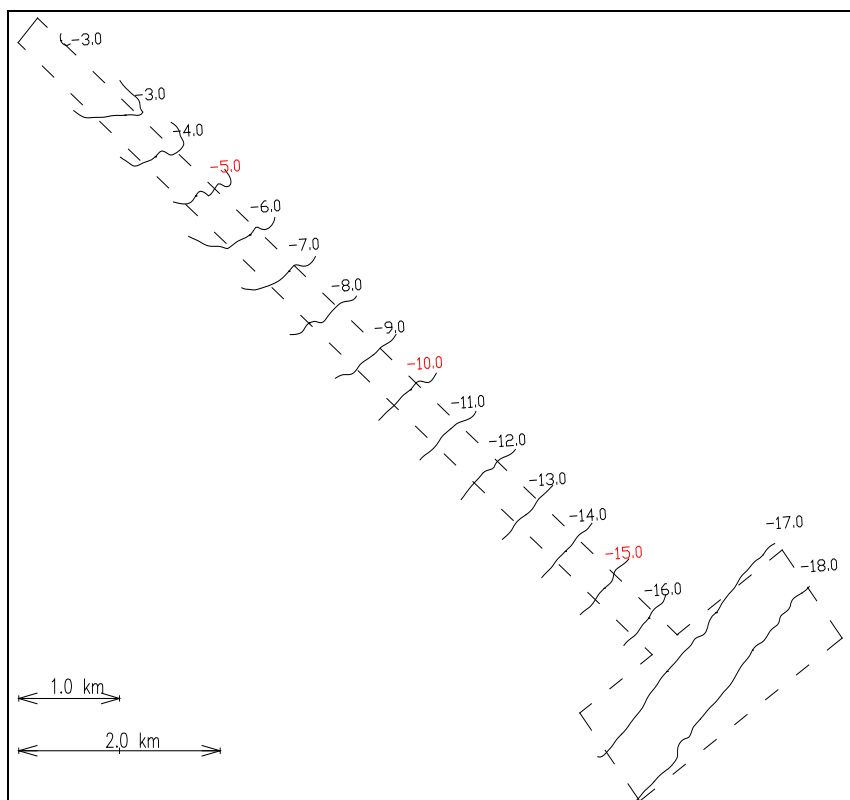
表 3.1.1 測定位置座標

Stt	Point	VN2000 Coordinate		WGS84 Coordinate	
		N	E	N	E
1	B 1	1057841.227	614201.970	1057617.574	669246.820
2	B 2	1058091.289	614367.707	1057867.849	669412.179
3	B 3	1053618.377	621116.407	1053405.168	676166.658
4	B 4	1054789.504	621892.608	1054577.301	676941.091
5	B 5	1054126.557	622892.858	1053915.863	677942.203
6	B 6	1052292.764	621677.455	1052080.493	676729.567
7	B 7	1052955.712	620677.204	1052741.933	675728.457
8	B 8	1053368.315	620950.670	1053154.891	676001.300

出典：調査団作成

※VN2000 座標系（ベトナム国家標準座標系）

深浅測量結果を図 3.1.2 に示す。図中より、対象海域での海底勾配が非常に緩く、波浪の影響は限定的であることが分かる。

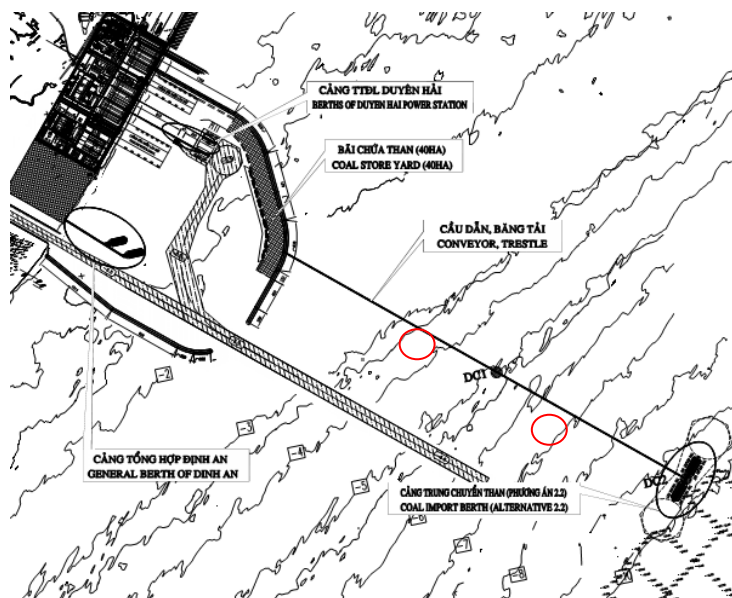


出典：調査団作成

図 3.1.2 計画地域（連絡橋予定地）における深浅測量結果

3.2. 土質調査

石炭運搬ベルトコンベヤを設計するにあたり、法線上における地層縦断面を調べる必要がある。本調査において、ボーリング調査を2か所実施した。ボーリング位置は図 3.2.1 に示す。



出典：調査団作成

図 3.2.1 ボーリング位置平面図

測点座標および標高をを表 3.2.1 に示す。

表 3.2.1 ボーリング位置座標

No	Borehole No.	Actual coordinate		Ground elevation (m)
		N (m)	E (m)	
1	BH1	1055594	616846	-6.0
2	BH2	1053862	618805	-11.0

出典：調査団作成

※VN2000 座標系

表 3.2.2 はボーリング深さおよび採取したサンプル数を示すものである。

表 3.2.2 ボーリング深さおよび採取サンプル数

No	Borehole .No	Depth (m)		Sample		SPT test	Remark
		Soil (m)	Total (m)	U	D		
1	BH1	50.0	50.0	23	2	25	Offshore
2	BH2	50.0	50.0	25	0	25	Offshore
Total		100.0	100.0	48	2	50	

出典：調査団作成

ボーリング位置の柱状図を次のページに示す。また、ボーリング調査においてサンプリングした試料を用いて行われた室内土質試験の調査結果を AppendixB に示す。

Co-ord (m): N = 1055594.0

Sheet: 1 / 2

E = 616846.0

Location: Offshore

Ground elevation (m): -6.00

Date commenced: 17/4/2014

Depth (m): 50.0m

Date completed: 18/4/2014

Layer	Elevation (m):	Depth (m)	Thickness (m)	Lithological symbol	SOIL AND ROCK DESCRIPTION	SPT test				SPT chart							Sample No.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
						Depth (m)	Blows/15cm			N	N: Blows/30 cm	10	20	30	40	50	>50	Depth of the sample (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
							N ₀	N ₁	N ₂																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
1	-6.30	0.30	0.30		Medium dense, grey, poorly graded sand (SP)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

出典：調査団作成

図 3.2.2 柱状図（地点 BH1、0~33m depth）

Co-ord (m): N = 1055594.0

Sheet: 2 / 2

E = 616846.0

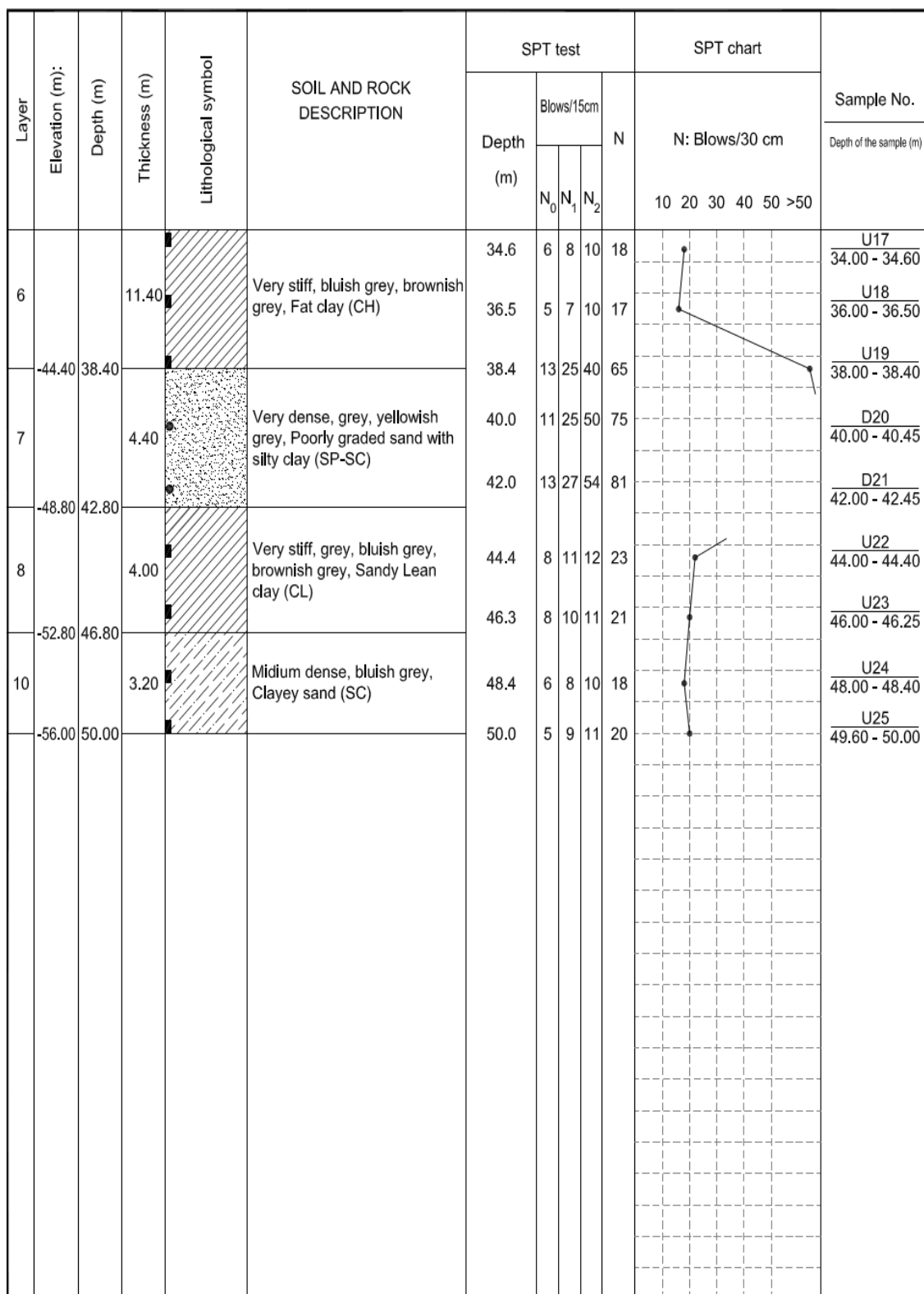
Location: Offshore

Ground elevation (m): -6.00

Date commenced: 17/4/2014

Depth (m): 50.0m

Date completed: 18/4/2014



出典：調査団作成

図 3.2.3 柱状図 (地点 BH1、33~50m depth)

Co-ord (m): N = 1053862.0

Sheet: 1 / 2

E = 618805.0

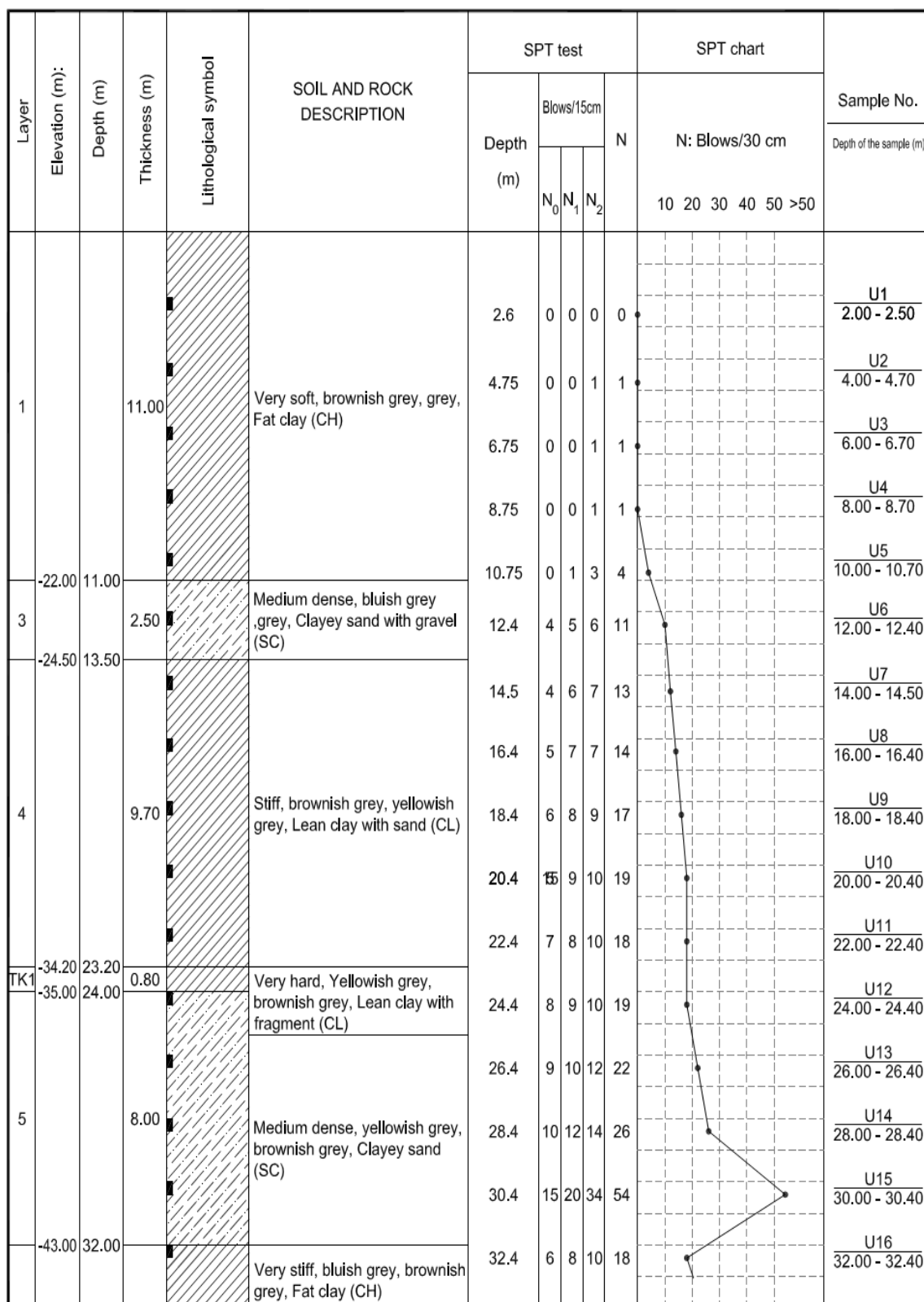
Location: Offshore

Ground elevation (m): -11.00

Date commenced: 19/4/2014

Depth (m): 50.0m

Date completed: 20/4/2014



出典：調査団作成

図 3.2.4 柱状図（地点 BH2、0~33m depth）

Co-ord (m): N = 1053862.0

Sheet: 2 / 2

E = 618805.0

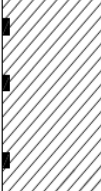
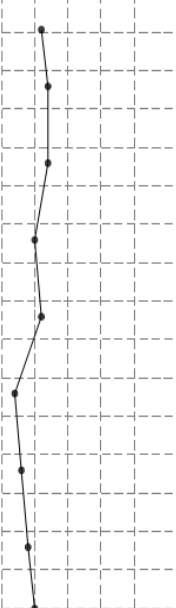
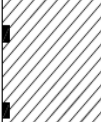
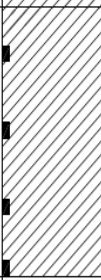
Location: Offshore

Ground elevation (m): -11.00

Date commenced: 19/4/2014

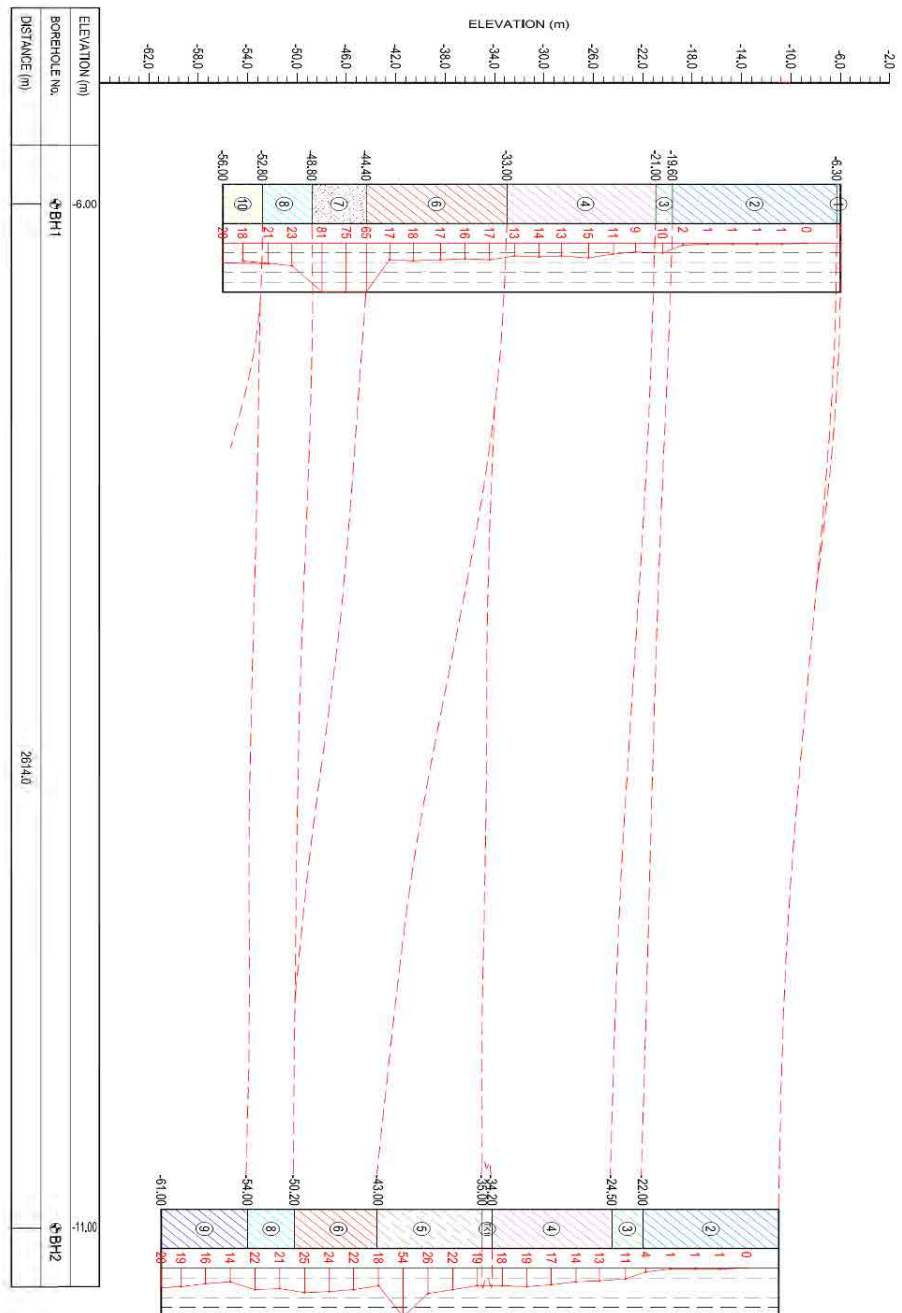
Depth (m): 50.0m

Date completed: 20/4/2014

Layer	Elevation (m):	Depth (m)	Thickness (m)	Lithological symbol	SOIL AND ROCK DESCRIPTION	SPT test				SPT chart							Sample No.	
						Depth (m)	Blows/15cm			N	N: Blows/30 cm 10 20 30 40 50 >50							Depth of the sample (m)
							N ₀	N ₁	N ₂									
6	-50.20	39.20	7.20		Very stiff, bluish grey, brownish grey, Fat clay (CH)	34.4	8	10	12	22								U17 34.00 - 34.40
						36.4	9	11	13	24								U18 36.00 - 36.40
						38.4	8	12	13	25								U19 38.00 - 38.40
8	-54.00	43.00	3.80		Very stiff, brownish grey, Silty clay with sand (CL-ML)	40.4	7	10	11	21								U20 40.00 - 40.40
						42.4	8	10	12	22								U21 42.00 - 42.40
9	-61.00	50.00	7.00		Very stiff, brownish grey, bluish grey, Fat clay (CH)	44.4	4	6	8	14								U22 44.00 - 44.40
						46.4	5	8	8	16								U23 46.00 - 46.40
						48.4	7	9	10	19								U24 48.00 - 48.40
						50.0	9	10	10	20								U25 49.60 - 50.00

出典：調査団作成

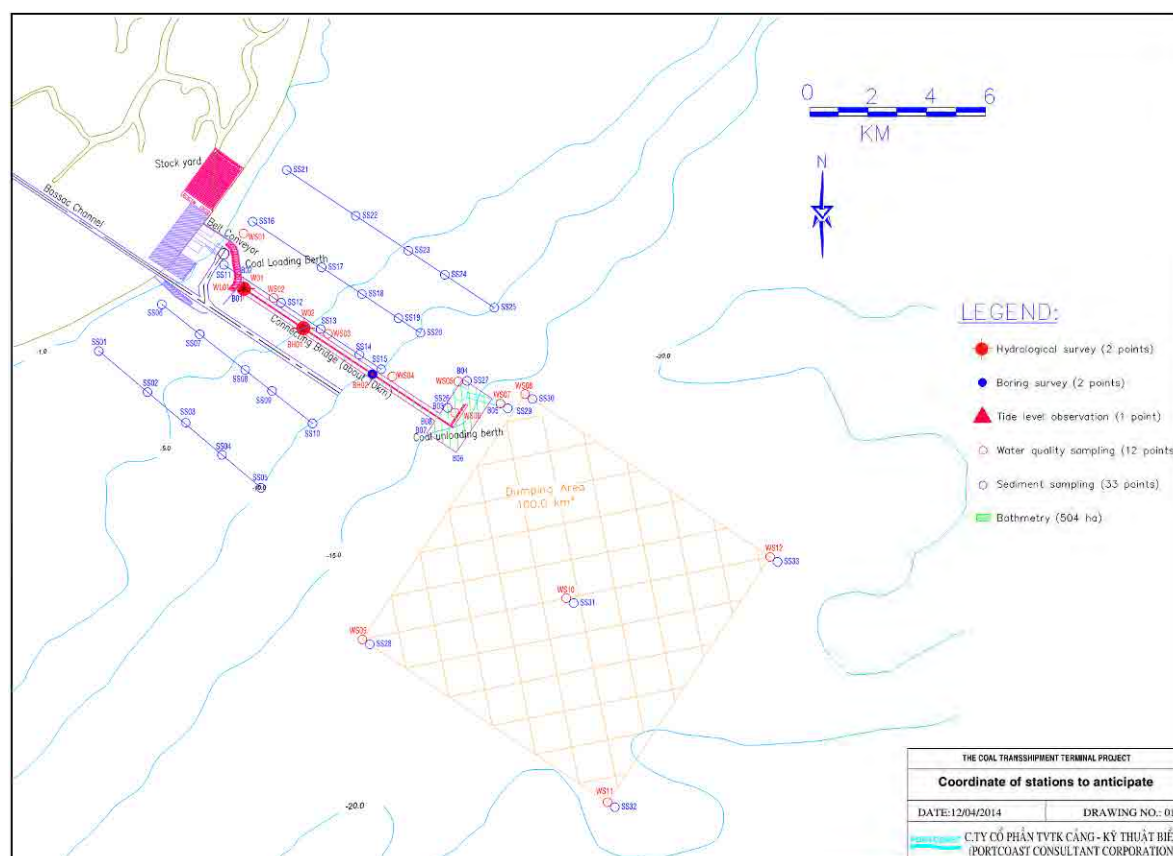
図 3.2.5 柱状図 (地点 BH2、33~50m depth)



出典：調査団作成

図 3.2.6 ボーリング柱状図

3.3. 海象条件調査



出典：調査団作成

図 3.3.1 測定位置図

図 3.3.1 は海象条件測定位置を示したものである。これらの測定位置において、2014/4/15~2014/5/15 の 1 か月間に渡り、計測を実施した。海象条件計測は潮位観測、波浪観測、流況観測のほかに、ベルトコンベヤルート上、沖合石炭荷揚棧橋、土捨て場の計画区域において、12 の海水資料、塩分濃度、濁度等の水質調査を行った。

(1) 海底試料分析

33 の海底資料を採取し、粒度分布、密度等といった物理・化学的な特徴を調べた結果を以下に示す。

表 3.3.1(a) 海底試料特性分析結果

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM CÁC CHỈ TIÊU HÓA LÝ CỦA MẪU ĐẤT (PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES TEST RESULTS)																	
Số thứ tự - No.	Số hiệu mẫu Sample No.	Thành phần hạt - Grain Size Distribution, %								Tính chất vật lý Physical Properties		Kết quả hóa nước Result of Chemical Testing					
		Sạn - Gravel		Cát - Sand		Bụi-Silt		Sét - Clay		Độ ẩm - Moisture Cont., %	Tỷ trọng - Specific Gravity	CO ₃ ²⁻ %	pH	Cl ⁻		SO ₃	
		19.0 - 75	4.75 - 19	2.0 - 4.75	0.425 - 2.0	0.075 - 0.425	0.005 - 0.075	0.002 - 0.005	<0.002					(mg/l)	%	(g/l)	%
1	SS01					88.7	7.7	1.2	2.4	34.0	2.681	2.38	7.540	0.012	0.249	0.274	0.055
2	SS02					67.5	26.2	1.3	5.1	29.2	2.680	2.02	7.540	0.012	0.234	0.206	0.041
3	SS03					33.9	50.8	3.4	11.9	71.4	2.682	3.17	7.650	0.016	0.327	0.521	0.104
4	SS04					8.5	49.9	14.4	27.2	71.4	2.691	3.17	7.130	0.023	0.458	1.358	0.272
5	SS05					5.1	49.8	10.8	34.3	84.1	2.691	3.87	7.620	0.034	0.685	0.960	0.192
6	SS06					74.9	19.4	0.0	5.7	34.0	2.682	2.38	7.870	0.010	0.206	0.741	0.148
7	SS07					88.4	6.7	1.2	3.7	35.7	2.680	2.55	7.760	0.007	0.142	0.247	0.049
8	SS08					81.2	13.2	1.2	4.4	34.2	2.681	2.55	7.360	0.012	0.238	0.672	0.134
9	SS09					39.1	35.0	5.9	19.9	47.6	2.691	3.08	7.850	0.020	0.408	0.480	0.096
10	SS10					14.7	41.5	10.9	32.8	76.2	2.692	3.34	7.770	0.028	0.568	1.482	0.296
11	SS11					81.1	13.2	1.9	3.8	28.1	2.680	2.55	7.530	0.011	0.213	0.700	0.140
12	SS12					91.9	5.1	0.6	2.4	41.3	2.683	2.64	7.950	0.014	0.280	0.343	0.069
13	SS13					67.9	24.4	1.3	6.4	41.6	2.688	2.82	7.410	0.016	0.316	1.070	0.214
14	SS14					32.9	42.3	3.2	21.6	48.5	2.697	2.73	8.020	0.016	0.316	0.741	0.148
15	SS15					46.0	33.2	2.8	17.9	52.3	2.698	2.99	8.020	0.023	0.458	0.988	0.198
16	SS16					79.3	16.3	1.3	3.1	35.4	2.684	2.38	8.110	0.012	0.238	1.043	0.209
17	SS17					90.9	5.4	0.6	3.1	36.4	2.685	2.38	7.990	0.009	0.178	1.317	0.263
18	SS18					8.8	46.8	11.3	33.1	53.7	2.685	3.52	7.950	0.025	0.493	0.466	0.093
19	SS19					75.1	18.5	1.3	5.1	30.7	2.682	2.46	8.040	0.012	0.249	0.329	0.066
20	SS20					77.7	16.6	0.6	5.1	35.9	2.684	2.46	7.970	0.014	0.277	0.288	0.058
21	SS21					88.9	7.4	0.6	3.1	31.5	2.683	2.20	7.930	0.010	0.206	0.302	0.060

出典：調査団作成

表 3.3.1 (b) 海底試料特性分析結果

KẾT QUẢ THÍ NGHIỆM CÁC CHỈ TIÊU HÓA LÝ CỦA MẪU ĐẤT (PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES TEST RESULTS)																	
Số thứ tự - No.	Số hiệu mẫu Sample No.	Thành phần hạt - Grain Size Distribution, %								Tính chất vật lý Physical Properties		Kết quả hóa nước Result of Chemical Testing					
		Sạn - Gravel		Cát - Sand		Bụi-Silt		Sét - Clay		Độ ẩm - Moisture Cont., %	Tỷ trọng - Specific Gravity	CO ₃ ⁻² %	pH	Cl ⁻		SO ₃	
		19.0 - 75	4.75 - 19	2.0 - 4.75	0.425 - 2.0 0.075 - 0.425	0.005 - 0.075	0.002 - 0.005	<0.002	(mg/l)					%	(g/l)	%	
22	SS22					94.9	2.1	0.6	2.4	30.8	2.681	2.46	7.870	0.011	0.224	1.262	0.252
23	SS23					92.8	4.0	0.6	2.6	35.3	2.682	2.20	7.910	0.010	0.209	0.906	0.181
24	SS24					84.8	9.1	0.6	5.4	31.0	2.680	2.55	7.910	0.013	0.256	0.823	0.165
25	SS25					34.1	32.5	5.4	28.1	51.2	2.690	3.78	7.930	0.027	0.540	0.906	0.181
26	SS26					2.2	43.2	11.4	43.2	86.1	2.695	4.31	7.840	0.039	0.774	2.127	0.425
27	SS27					3.7	42.7	11.3	42.3	81.5	2.696	4.49	8.020	0.040	0.809	1.468	0.294
28	SS28					16.5	32.8	11.7	38.9	78.1	2.694	6.07	8.070	0.042	0.848	2.785	0.557
29	SS29				0.4	3.6	41.2	13.4	41.3	89.9	2.694	4.49	7.970	0.049	0.983	2.346	0.469
30	SS30					7.3	42.0	10.5	40.3	103.5	2.693	5.54	7.980	0.057	1.136	2.181	0.436
31	SS31					83.6	6.5	2.0	7.9	33.2	2.682	4.40	8.190	0.013	0.263	1.729	0.346
32	SS32					89.5	4.0	1.3	5.2	30.6	2.681	4.40	8.000	0.014	0.284	0.631	0.126
33	SS33				5.8	79.9	6.5	1.3	6.6	27.2	2.687	4.22	8.290	0.011	0.217	1.468	0.294

出典：調査団作成

表 3.3.2 (a) 採取時水温、pH、塩分濃度分析結果 (海水試料)

BẢNG KẾT QUẢ ĐO pH - NHIỆT ĐỘ - ĐỘ MẶN MẪU NƯỚC (TABLE OF pH - TEMPERATURE - SALINITY TEST RESULT)							
STT (No.)	Ngày (Date)	Giờ (h)	Tầng (Layer)	Giá trị			Ghi chú (Notes)
				pH	Độ mặn (Salinity) (‰)	Nhiệt độ (Temperature) (°C)	
1	19/4/2014	15	0.2H	7.5	24.5	33.0	WS01-1
			0.5H	7.5	24.9	32.4	WS01-2
			0.8H	7.5	25.4	32.0	WS01-3
2	18/4/2014	9	0.2H	7.5	24.5	32.0	WS02-1
3	18/4/2014	11	0.2H	7.5	25.0	32.0	WS03-1
4	18/4/2014	11	0.2H	7.5	24.4	31.8	WS04-1
			0.5H	7.5	26.3	31.0	WS04-2
			0.8H	7.5	29.4	31.0	WS04-3
5	18/4/2014	12	0.2H	7.5	26.0	32.0	WS05-1
6	18/4/2014	12	0.2H	7.5	26.0	32.0	WS06-1
			0.5H	7.5	29.8	30.3	WS06-2
			0.8H	7.5	29.8	30.0	WS06-3
7	18/4/2014	13	0.2H	7.5	25.5	31.9	WS07-1
8	18/4/2014	13	0.2H	7.5	25.6	31.7	WS08-1
9	19/4/2014	13	0.2H	7.6	27.1	32.5	WS09-1
10	19/4/2014	9	0.2H	7.6	26.1	31.0	WS010-1
			0.5H	7.6	29.6	30.0	WS010-2
			0.8H	7.6	29.9	30.0	WS010-3
11	11/4/2014	12	0.2H	7.6	26.7	32.0	WS11-1
12	19/4/2014	10	0.2H	7.6	26.1	31.0	WS12-1

出典：調査団作成

表 3.3.2 (b) 濁度分析結果 (海水試料)

BẢNG KẾT QUẢ PHÂN TÍCH MẪU BÙN CÁT LƠ LŨNG TABLE OF SUSPENDED SEDIMENT TEST RESULT									
Ngày/Tháng/ Năm [Date/month/ year]	Giờ- HOUR	Tầng- LAYER	Ký Hiệu Mẫu- SAMPLE	Weight			Dung tích- Water sample volume (ml)	Hàm Lượng Bùn Cát- Suspended sediment concentration (g/l)	Ghi Chú- Notes
				Giấy Lọc Sấy Khô- Dry filter- paper (mg)	Mẫu Lọc Sấy Khô- Dry sample (mg)	Bùn Cát- Dry suspended sediment (mg)			
19/4/2014	15	0.2H	WS01-1	1969	2290	321	850	0.378	
		0.5H	WS01-2	1973	2320	347	820	0.423	
		0.8H	WS01-3	1988	2380	392	820	0.478	
18/4/2014	9	0.2H	WS02-1	1980	2310	330	820	0.402	
18/4/2014	11	0.2H	WS03-1	1962	2271	309	840	0.368	
18/4/2014	11	0.2H	WS04-1	1962	2340	378	820	0.461	
		0.5H	WS04-2	1968	2430	462	800	0.578	
		0.8H	WS04-3	1992	2410	418	820	0.510	
18/4/2014	12	0.2H	WS05-1	1975	2360	385	840	0.458	
18/4/2014	12	0.2H	WS06-1	2015	2270	255	840	0.304	
		0.5H	WS06-2	1991	2270	279	820	0.340	
		0.8H	WS06-3	1992	2350	358	820	0.437	
18/4/2014	13	0.2H	WS07-1	1979	2290	311	820	0.379	
18/4/2014	13	0.2H	WS08-1	1999	2270	271	820	0.330	
19/4/2014	13	0.2H	WS09-1	2038	2340	302	820	0.368	
19/4/2014	9	0.2H	WS010-1	1979	2243	264	840	0.314	
		0.5H	WS010-2	2003	2350	347	820	0.423	
		0.8H	WS010-3	2000	2310	310	840	0.369	
11/4/2014	12	0.2H	WS11-1	2047	2350	303	840	0.361	
19/4/2014	10	0.2H	WS12-1	1949	2230	281	840	0.335	

出典：調査団作成

(2) 波浪観測

対象海域に波浪観測機械を 2 か所 (図 3.3.1 参照) に設置し、1 か月 (2014/4/15~2014/5/15) に渡って、計測を行った。なお、貝殻の付着により精度に影響を与えないよう 4 日のスパンで計測機の清掃・再設置を実施した。

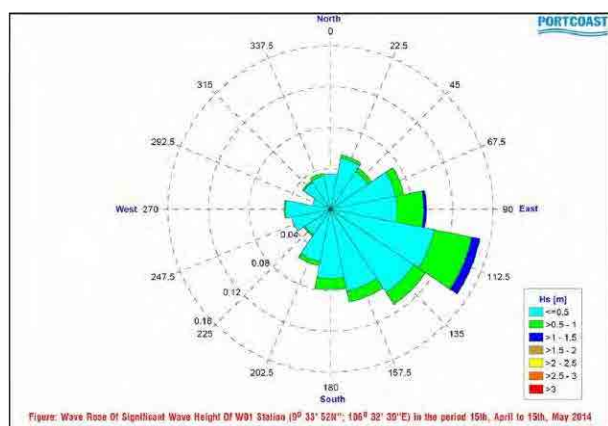
表 3.3.3 は計測した波高、濁度・海水温度・塩分濃度の平均値、最大・最小値を示したものである。図 3.3.2~3.3.3 は観測データを集計したものであり、それぞれ観測位置における濁度、海水温度、塩分濃度の経時変化は Appendix B に示す。

表 3.3.3 波高計測結果

Items	Station	Average	Max	Min
Wave Height (Hs)	W01	31.04cm	129.70cm	11.50cm
	W02	29.0cm	144.0cm	6.90cm
Suspended sediment concentration	W01	0.221g/l	0.787g/l	0.160g/l
	W02	0.214g/l	0.492g/l	0.080g/l
Water Temperature	W01	30.74℃	32.85℃	27.26℃
	W02	30.33℃	31.30℃	29.04℃
Sadinity	W01	30.14psu	33.54psu	21.10psu
	W02	30.63psu	34.16psu	21.32psu

出典：調査団作成

a) 測定位置 W01



b) 測定位置 W02

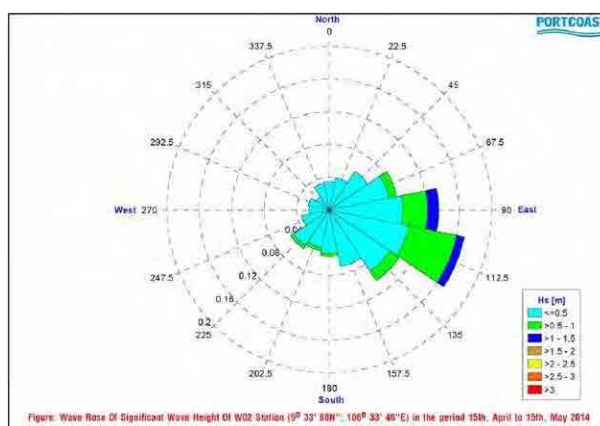
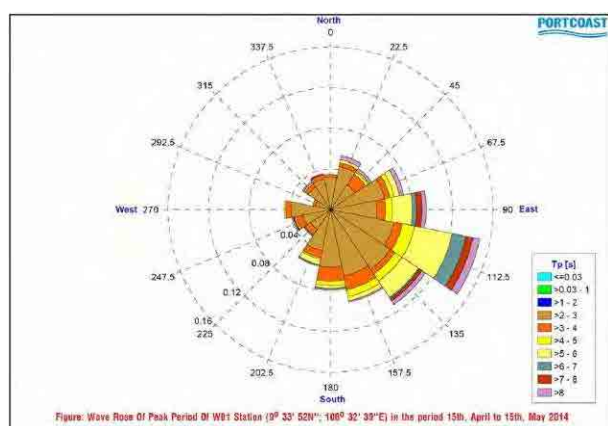


図 3.3.2 風向・波高頻度図

出典：調査団作成

a) 測定位置 W01



b) 測定位置 W02

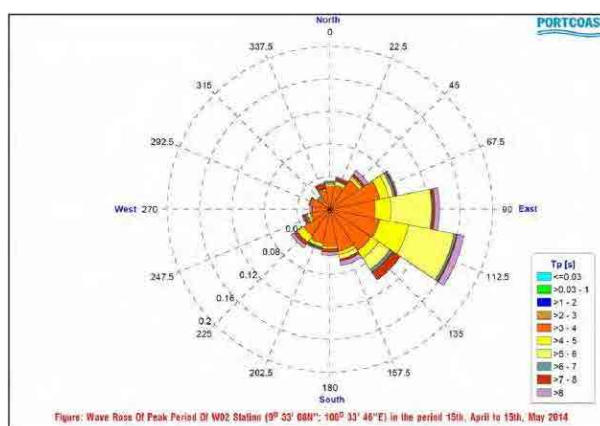


図 3.3.3 波向・周期頻度図

出典：調査団作成

(3) 流況観測

観測位置にて、20 分毎に流速を 2 分間計測し、定常流の平均流速とした。表 3.3.4 に各観測位置における平均流速、最大流速、最小流速を示したものである。いずれにおいても平均流速が約

流速、流向、水圧の経時変化及び平均流速、上層（ $T=0.2H$ ）・中層（ $T=0.6H$ ）・下層（海底面）における流速および流向の経時変化は Appendix B に示す。

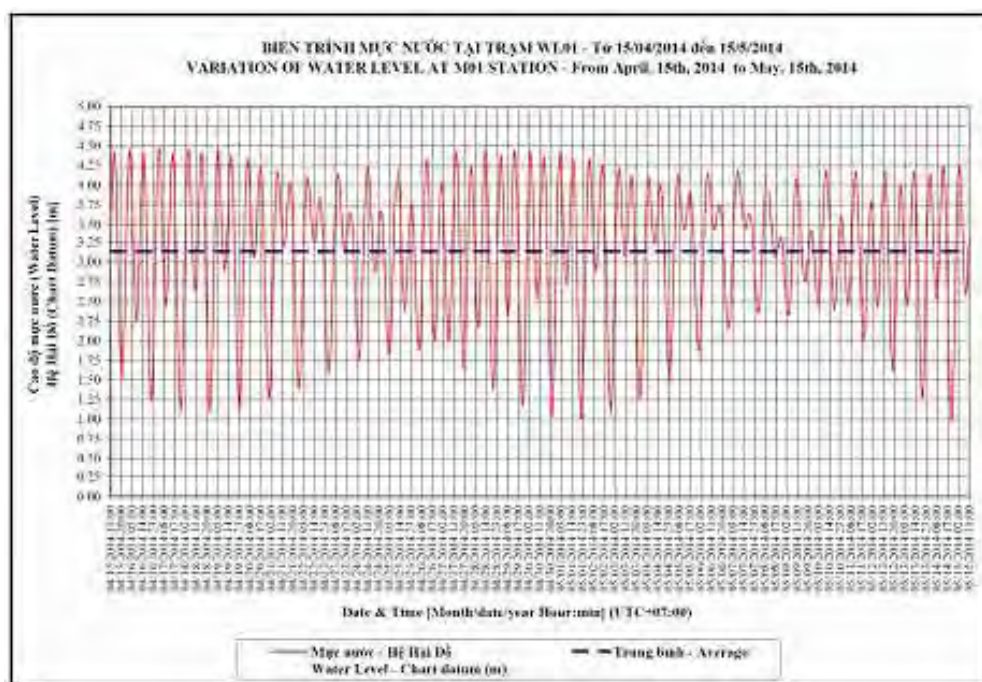
Station	Location	Average current velocity [m/s]		
		Average	Max	Min
W01	Sea	0.266	0.830	0.088
W02	Sea	0.318	0.866	0.037

(4) 潮位計測

表 3.3.5 潮位觀測結果

Station	Location	Water level [m] – Chart Datum		
		Average	Max	Min
WL01	Sea	3.136	4.479	0.978

出典：調査団作成



出典：調査団作成

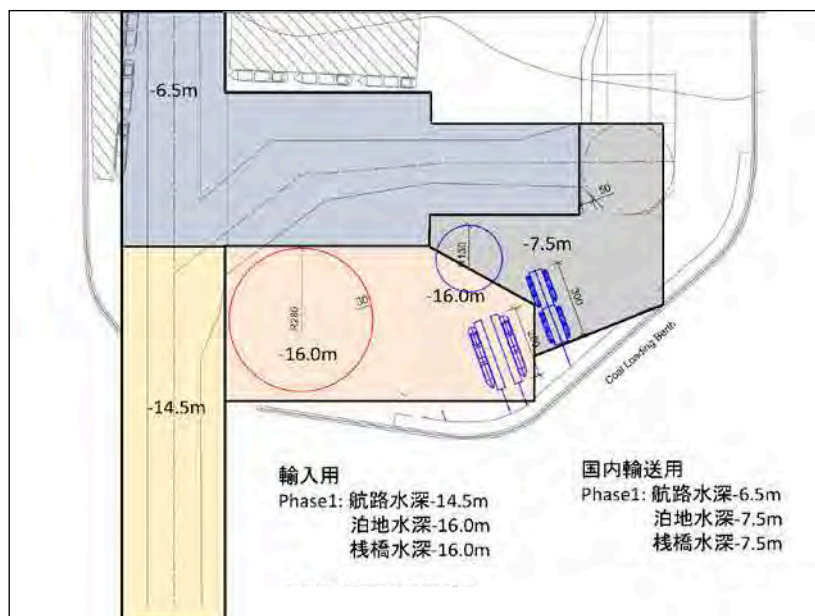
図 3.3.4 潮位の経時変化

第4章 航路埋没シミュレーション

4.1. 一般条件

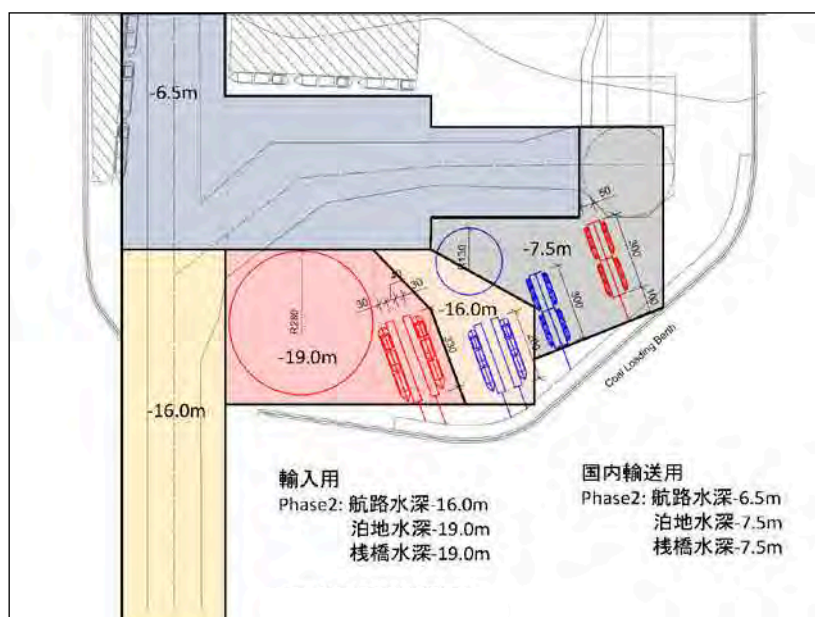
4.1.1. 航路・泊地の水深条件

航路・泊地の水深条件は、後述する段階整備における 1st Phase および 3rd Phase の 2 ケースである。1st Phase の水深条件を図 4.1.1 に、3rd Phase の水深条件を図 4.1.2 に示す。



出典：調査団作成

図 4.1.1 1st Phase における航路・泊地の水深

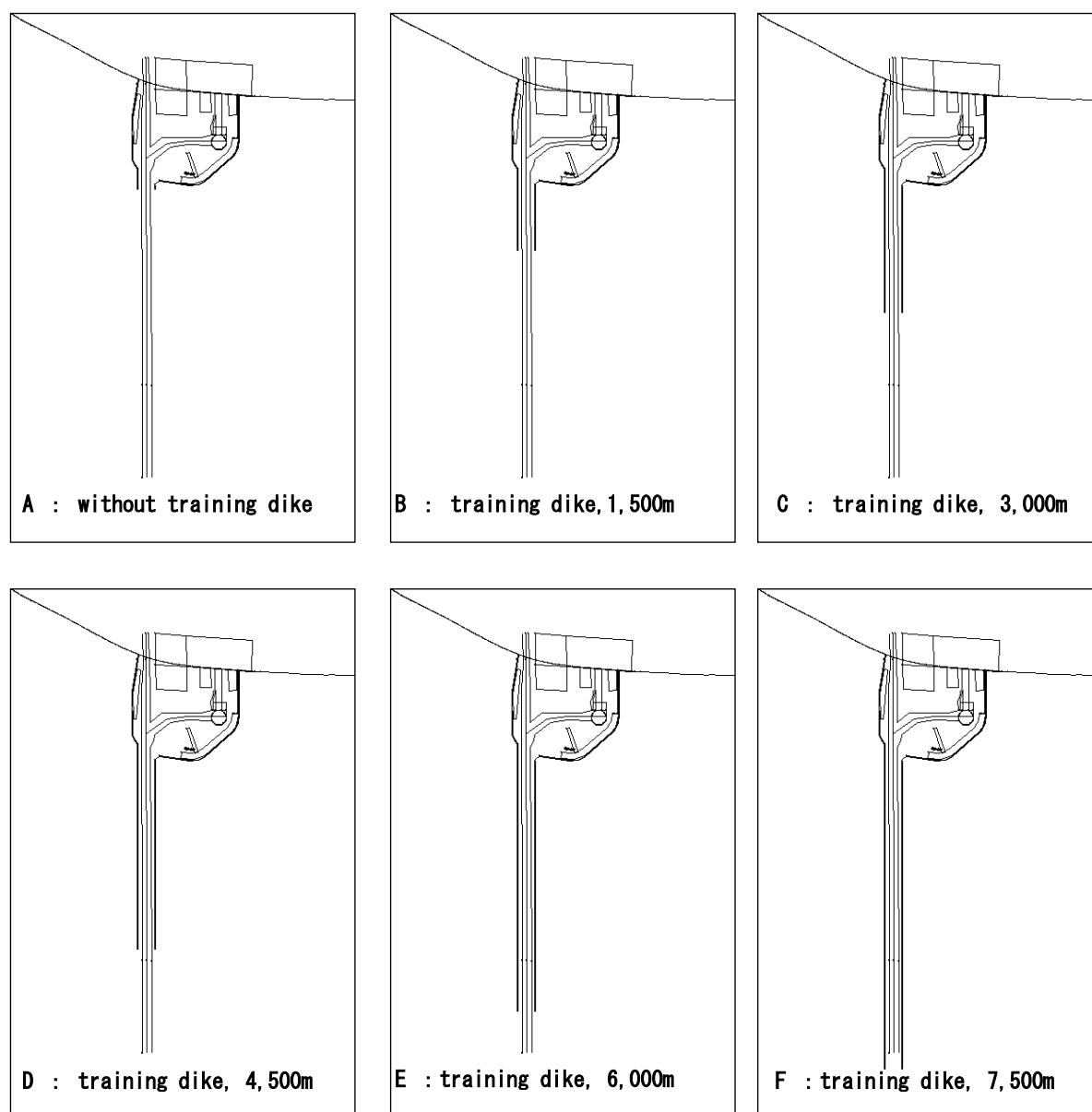


出典：調査団作成

図 4.1.2 3rd Phase における航路・泊地の水深

4.1.2. 調査概要

港湾構造物条件を図 4.1.3 に示す。検討ケースは、防砂堤延長 5 ケースである。



出典：調査団作成

図 4.1.3 港湾構造物条件（防砂堤の延長 6 ケース）

4.1.3. 検討ケースのまとめ

検討ケース一覧を表 4.1.1 に示す。航路・泊地水深および港湾構造物条件は、水深ケース 2 ケース×防砂堤延長 6 ケース＝12 ケースである。埋没計算は、波浪条件 3 ケースを実施することから、合計の計算ケースは 36 ケースとなる。

表 4.1.1 検討ケース一覧

検討ケース		防砂堤延長					
		A(なし)	B(1,500m)	C(3,000m)	D(4,500m)	E(6,000m)	F(7,500m)
航路/泊	1 st Phase	1 st Phase-A	1 st Phase-B	1 st Phase-C	1 st Phase-D	1 st Phase-E	1 st Phase-F
地水深	3 rd Phase	3 rd Phase-A	3 rd Phase-B	3 rd Phase-C	3 rd Phase-D	3 rd Phase-E	3 rd Phase-F

出典：調査団作成

水深データ作成のために収集したデータを表 4.1.2 に示す。海図については、スキャナでデジタル化して利用した。水深データは、次章以降の表 4.2.4、図 4.2.3 及び表 4.3.1、図 4.3.1 に示すように、航路法線に平行な座標系で事業区域に近いほど計算格子が小さくなるように細分化して作成した。

表 4.1.2 水深データ作成のために収集したデータ

範囲	資料名	出典
広域	ETOPO1 (1'メッシュデータ)	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html
事業区域周辺	海図(HON KHOAI to MUI KE GA)	British Admiralty Nautical Chart 3986

出典：調査団作成

4.2. 波浪外力の検討

4.2.1. 代表波浪の設定

(1) 波浪データの収集・整理

波浪データは、イギリス気象庁 (Met Office) から Hindcast (数値モデル) による長期の計算データを収集して整理した。収集データの一覧を表 4.2.1 に示す (収集地点は、図 4.2.3 を参照)。

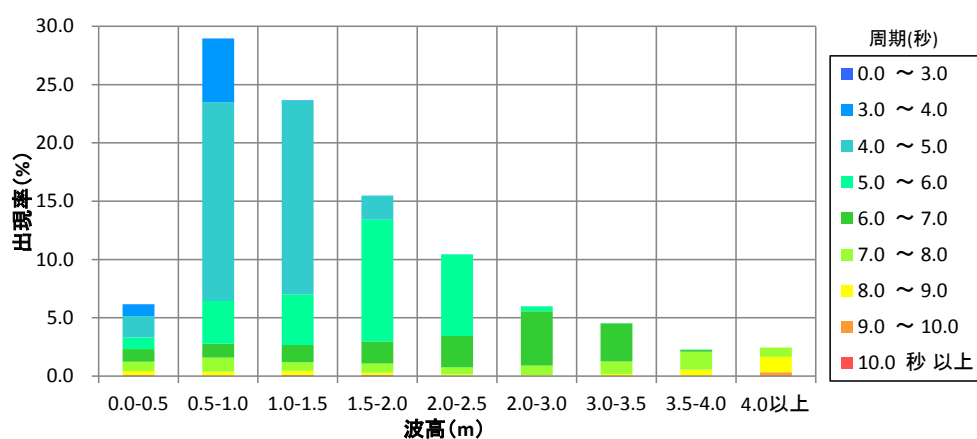
表 4.2.1 収集データ一覧

Model	Start	End	dt	Latitude	Longitude	Depth
Hindcast 2nd generation	1999/05/28	2002/09/13	6hour	8.05N	107.91E	78m
Hindcast 2nd generation	2002/09/01	2008/11/24	3hour	8.05N	107.91E	78m
Hindcast 3rd generation	2008/11/24	2010/12/31	3hour	8.05N	107.91E	68m

出典：調査団作成

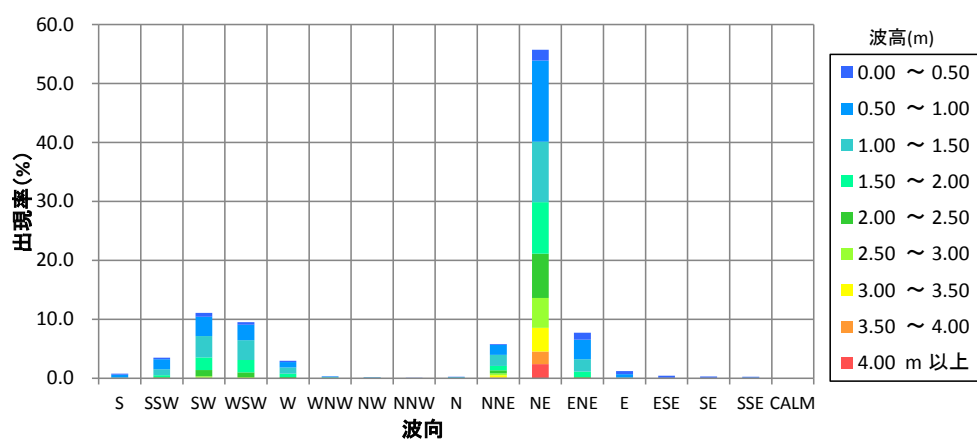
(2) 波浪状況の確認

3 時間毎のデータがある 2003 年～2008 年を対象として、データ収集地点における波浪の出現状況を確認する。波高と周期の出現状況を図 4.2.1 に、波高と波向の出現状況を図 4.2.2 に示す。最多出現波向は NE であり、波高 3.0m 以上の高波浪も出現している。



出典：調査団作成

図 4.2.1 波高と周期の出現状況



出典：調査団作成

図 4.2.2 波高と波向の出現状況

(3) 代表波浪の設定

代表波浪は、次の3パターンについて設定する。

- 平常時：波高 3.0m 未満の代表波浪（エネルギー平均波）
- 高波浪時：波高 3.0m 以上の代表波浪
- 異常時：10 年に 1 回程度発生する波浪（異常時における短時間埋没量の確認）

1) 平常時波浪

平常時の波浪（波高 3.0m 未満の代表波浪）はエネルギー平均波とし、3 時間毎のデータがある 2003 年～2010 年の 8 年間を対象として、次の式で算定した。

$$H_e = \sqrt{\frac{H^2 T}{T_e}}, \quad T_e = \bar{T}$$

エネルギー平均波高 H_e は 1.97m、エネルギー平均波周期 T_e は 5.36sec である。また、波向は最多頻度波向である NE とした。

2) 高波浪

高波浪（波高 3.0m 以上の代表波浪）は、1 年に 1 回以上確実に発生する程度の波浪とし、2001 年～2010 年における年最大波浪（表 4.2.2）のうち最小のものである、波高 3.90m、周期 7.20 秒、波向 NE を採用した。

3) 異常時波浪

異常時の波浪は、10 年に 1 回程度発生する高波浪とし、2001 年～2010 年における年最大波浪（表 4.2.2）のうち最大のものである波高 5.91m、周期 9.00 秒、波向 NE を採用した。

表 4.2.2 年最大波高一覧 (8.05N, 107.91E)

Year	date	time	Hs	Tm	dir	備考
2001	02/10	18:00	5.40	8.40	NE	
2002	01/22	12:00	3.90	7.20	NE	最小波高
2003	12/20	00:00	5.19	8.25	NE	
2004	12/31	21:00	5.09	8.25	NE	
2005	12/22	09:00	5.91	9.00	NE	最大波高
2006	12/21	12:00	5.47	8.50	NE	
2007	01/28	15:00	4.69	8.00	NE	
2008	01/01	09:00	5.09	8.25	NE	
2009	01/10	12:00	5.41	9.55	NE	
2010	12/17	15:00	5.02	9.16	NE	

出典：調査団作成

4.2.2. 波浪変形計算

代表波浪について、波浪変形計算を実施する。波浪変形計算モデルは、SWAN^{*}を用いる。

^{*}<http://www.swan.tudelft.nl/>

(1) 計算範囲

代表波浪の諸元をまとめて表 4.2.3 に示す。

表 4.2.3 代表波浪の諸元

	Hs	Tm	Dir	Smax	備考
平常時	1.97m	5.36sec	NE	10	エネルギー平均波
高波浪時	3.90m	7.20sec	NE	10	1年に1回以上発生する高波浪
異常時	5.91m	9.00sec	NE	10	10年に1回程度発生する高波浪

出典：調査団作成

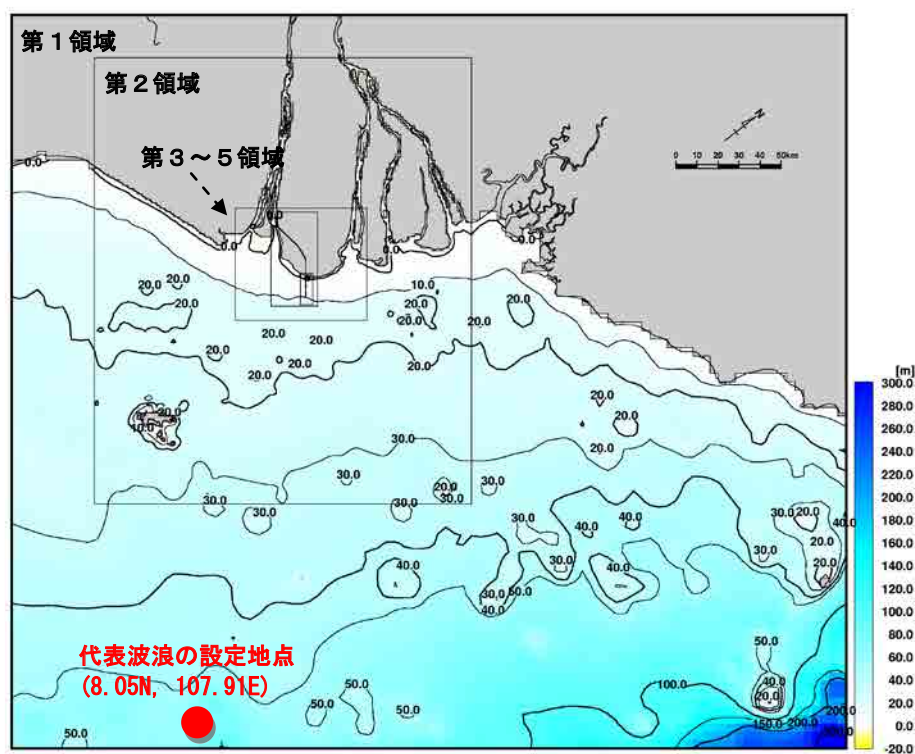
(2) 計算範囲

波浪変形計算の計算範囲、計算格子間隔等の設定を表 4.2.4 および図 4.2.3 に示す。

表 4.2.4 波浪変形計算の計算領域と計算格子の設定

	格子数	格子間隔	計算範囲
第1領域	100 mesh×88 mesh	4,050m	405.00km×356.50km
第2領域	136 mesh×160 mesh	1,350m	183.60km×216.00km
第3領域	142 mesh×121 mesh	450m	63.90km×54.45km
第4領域	151 mesh×301 mesh	150m	22.65km×45.15km
第5領域	121 mesh×301 mesh	50m	6.05km×15.05km

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 4.2.3 波浪変形計算の計算範囲・水深図(基準面:D.L.)

(3) 主な計算条件

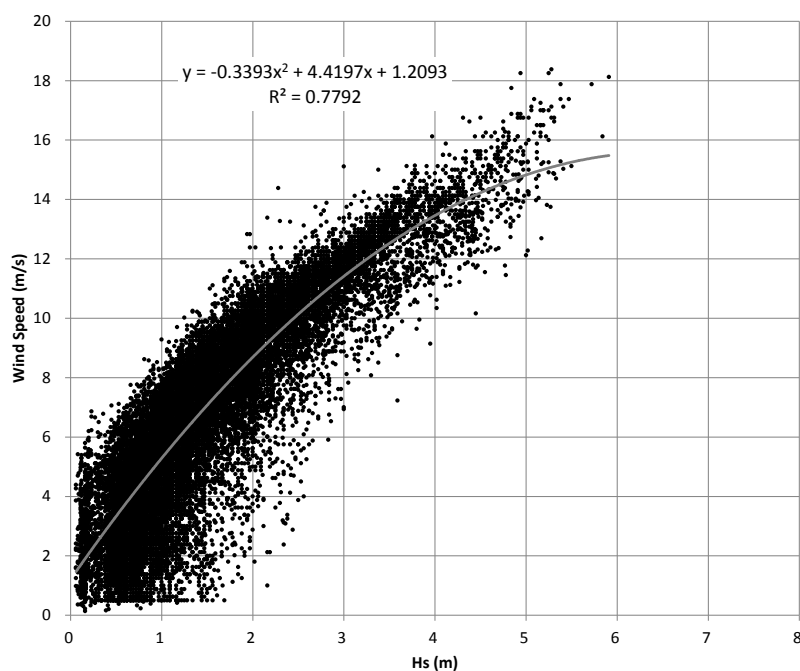
波浪変形計算の主な計算条件を表 4.2.5 に示す。波浪変形計算においては、代表波浪設定地点における計算結果が代表波浪の波浪諸元と一致するように入射波浪を設定した。

また、現地観測による波高の再現性を踏まえて、計算領域内における風による波の発達を考慮した。風速は一様であると仮定し、前述の Met Office の推算値を図 4.2.4 に示すように整理し、図中の回帰曲線から各レベルの波高に対応する風速を設定した。

表 4.2.5 主な計算条件（波浪変形計算）

項目	設定	備考
水深データ	広域：ETOPO1 より 狭域：海図より (HON KHOAI to MUI KE GA)	1 分格子データ
潮位	M.S.L.=D.L.+3.13m	平均潮位
防砂堤	線境界	不透過
風	図 4.2.4 に示した回帰式より 風速を設定	計算領域内における風による波の発達を考慮

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 4.2.4 代表波浪の設定地点における波高と風速の関係

(4) 波浪変形計算結果

SWAN による波浪変形計算結果例として、3rd Phase-C の平常時、高波浪時、異常時の波浪計算結果を図 4.2.5 に示す。

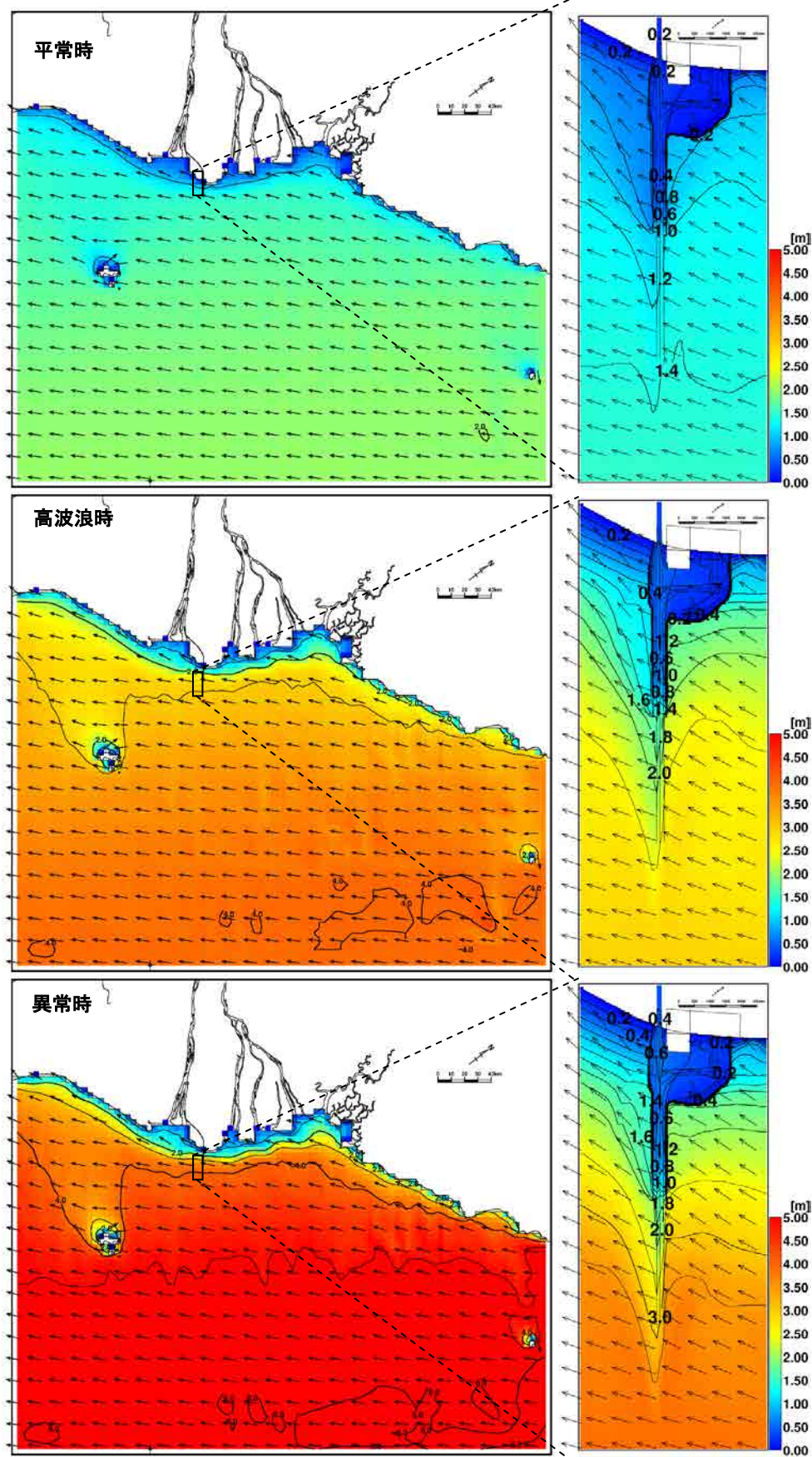


図 4.2.5 波浪変形計算結果例 (波高・波向分布図、3rd Phase-C)

4.3. 流況の検討

4.3.1. 計算方法

流れの場のシミュレーションモデルは、流体の連続方程式および運動方程式を差分法により解くプログラムである。基礎式を以下に示す。

<連続の式>

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

<運動方程式>

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} - fv = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial u}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial u}{\partial y} \right] \quad (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + fu = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_M \frac{\partial v}{\partial z} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial x} \left[A_M \frac{\partial v}{\partial x} \right] \quad (3)$$

$$\rho g = -\frac{\partial p}{\partial z} \quad (4)$$

ここに、

- x, y, z : 右手系の直交座標系、上向きを正
- u, v, w : x, y, z 方向の流速成分
- p : 圧力
- f : コリオリ係数
- ρ : 密度
- K_M : 鉛直渦動粘性係数
- A_M : 水平渦動粘性係数
- g : 重力加速度
- t : 時間

海表面における境界条件は、次式で定義される。

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad (5)$$

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{sx}, \tau_{sy}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \bar{\tau}_s &= (\tau_{sx}, \tau_{sy}) = \rho_a C_a \bar{\mathbf{W}} |\bar{\mathbf{W}}| \\ \bar{\mathbf{W}} &= (W_x, W_y), |\bar{\mathbf{W}}| = \sqrt{W_x^2 + W_y^2} \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、

- η : 水位
- C_a : 海面摩擦係数
- ρ_a : 大気密度
- W_x, W_y : x, y 方向の風速

また、海底面における境界条件は、次式で定義される。

$$w_b = -u_b \frac{\partial h}{\partial x} - v_b \frac{\partial h}{\partial y} \quad (8)$$

$$\rho K_M \left(\frac{\partial u}{\partial z}, \frac{\partial v}{\partial z} \right) = (\tau_{bx}, \tau_{by}) \quad (9)$$

$$\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by}) = \rho C_D |\vec{V}_b| \vec{V}_b \quad (10)$$

$$\vec{V}_b = (u_b, v_b), |\vec{V}_b| = \sqrt{u_b^2 + v_b^2} \quad (11)$$

$$C_D = \left[\frac{1}{\kappa} \ln \frac{h + z_b}{z_0} \right]^{-2} \quad (12)$$

ここで、

- u_b, v_b : x, y 方向の底面流速
- h : 水深
- z_b : 底面に接する格子点（流速定義点）の鉛直座標値
(海面を 0 とし、鉛直下向きに負の値)
- z_0 : 粗度高さ (=1.0cm)
- κ : カルマン定数 (=0.4)

4.3.2. 計算条件

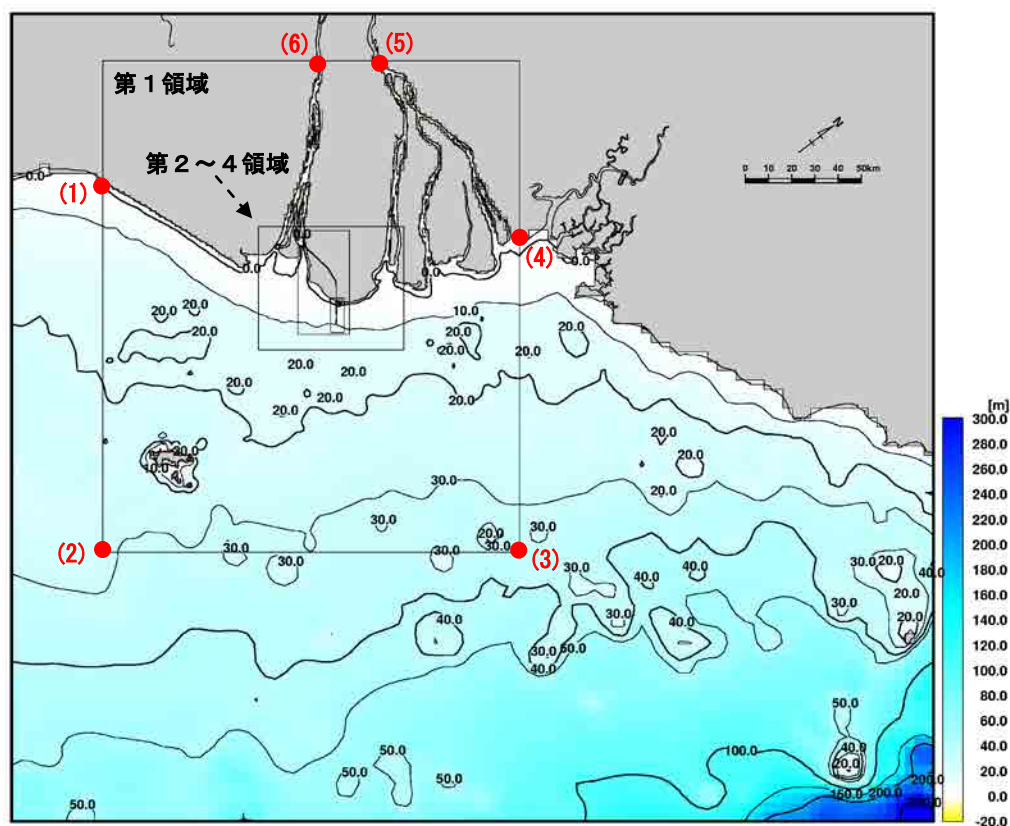
(1) 計算範囲

流況の計算は表 4.3.1 および図 4.3.1 に示す 4 領域（波浪変形計算の計算領域の 2 ～ 5 領域と同一）で実施する。

表 4.3.1 流況の計算領域と計算格子の設定

	格子数	格子間隔	計算範囲
第 1 領域	136 mesh×160 mesh	1,350m	183.60km×216.00km
第 2 領域	142 mesh×121 mesh	450m	63.90km× 54.45km
第 3 領域	151 mesh×301 mesh	150m	22.65km× 45.15km
第 4 領域	121 mesh×301 mesh	50m	6.05km× 15.05km

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 4.3.1 流況の計算範囲・水深図(基準面:D.L.)

(2) 潮汐条件

潮汐の境界条件は、図 4.3.1 に示す(1)～(4)について設定し、(1)-(2)、(2)-(3)および(3)-(4)の境界について補間して使用した。潮汐の振幅は、平均大潮を想定して K1 分潮+M2 分潮の振幅とし、K1 分潮（日月合成日周潮：周期 23.93 時間）を 24 時間周期、M2 分潮（主太陰半日周潮：周期 12.42 時間）を 12 時間周期として位相を揃えて与え、10 日間の定常場を計算した。

潮汐パラメータは、Masumoto et al.(2000)による潮汐モデル（空間解像度 0.5 度）の値を基本とし、振幅は直近の値を採用した。また、遅角については、直近の値から各地点間の位相差を求め、K1 分潮に M2 分潮の位相が揃うように調整した。潮汐の境界条件を表 4.3.2 に示す。

表 4.3.2 潮流計算の境界条件

境界	K1 分潮（24 時間周期）		M2 分潮（12 時間周期）	
	振幅	遅角	振幅	遅角
(1)	62.2 cm	228.49 deg	86.3 cm	233.91 deg
(2)	54.9 cm	218.20 deg	54.4 cm	220.30 deg
(3)	50.5 cm	201.71 deg	48.2 cm	194.41 deg
(4)	57.0 cm	202.55 deg	74.8 cm	202.35 deg

出典：調査団作成

(3) 河川条件

河川の境界条件は、Global Runoff Data Centre による MEKONG と BASSAC の平均河川流量を用いて、図 4.3.1 に示す(5)～(6)について設定する。河川の境界条件を表 4.3.3 に示す。

表 4.3.3 河川の境界条件

境界	河川	地点	流量
(5)	MEKONG	MY THUAN	8,433 m ³ /sec
(6)	BASSAC	CHAU DOC	2,766 m ³ /sec

出典：調査団作成

(4) 主な計算条件

流況計算の主な計算条件を表 4.3.4 に示す。鉛直層分割は、航路・泊地計画水深 (D.L.-16m～19m 程度) を参考に 8 層に分割した。

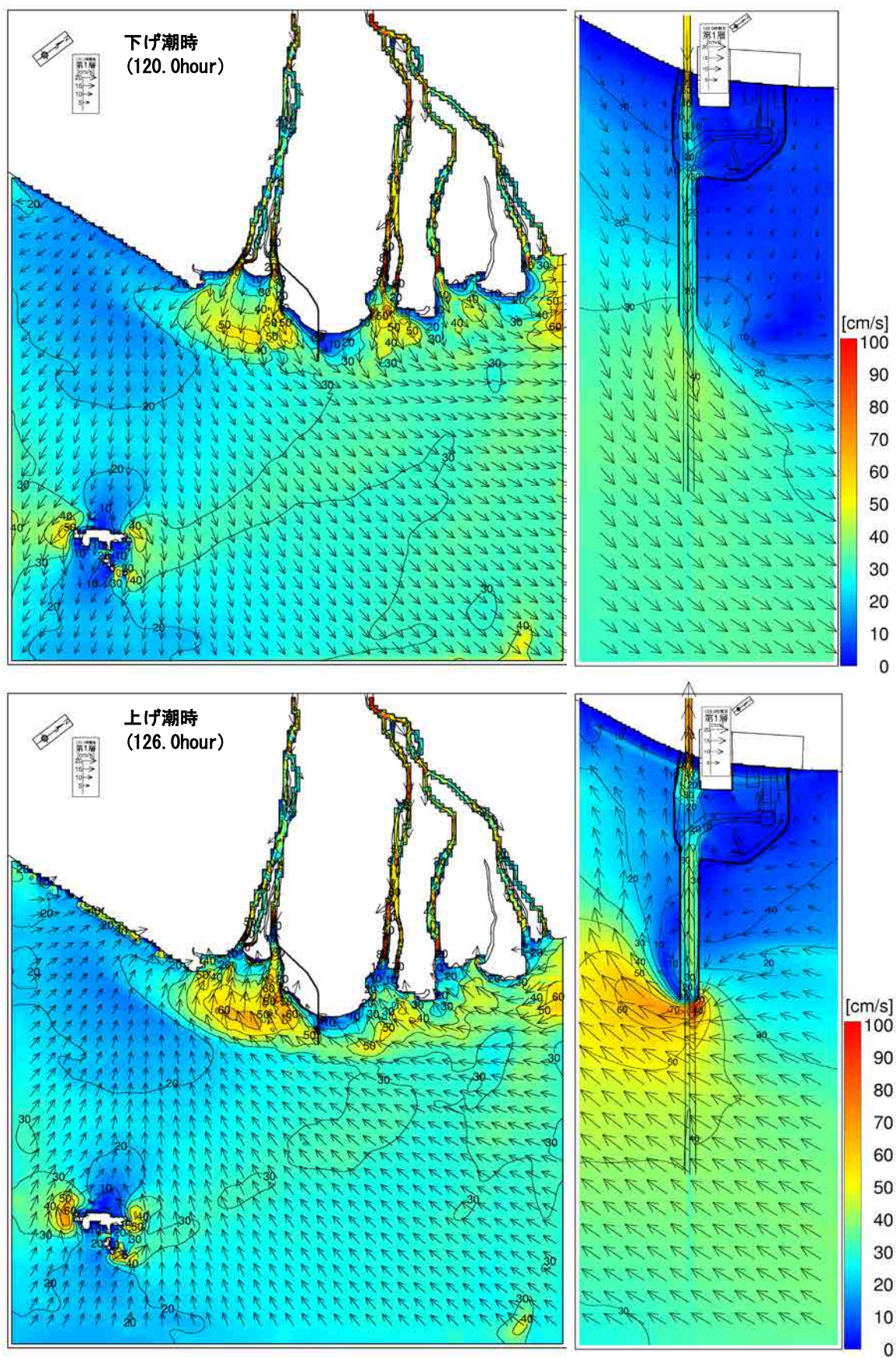
表 4.3.4 流況計算の主な計算条件

項目	設定	備考
タイムステップ	第 1 領域：24.0sec 第 2 領域：12.0sec 第 3 領域：6.0sec 第 4 領域：2.0sec	
鉛直層分割境界	0.0m, 3.0m, 6.0m, 9.0m 12.0m, 15.0m, 18.0m	海表面～海底を 8 層に分割 基準面：D.L.
計算期間	240 時間	10 日間
粗度係数	0.0026	マンニングの粗度係数
防砂堤	線境界	不透過

出典：調査団作成

4.3.3. 流況計算結果

流況計算結果例として、3rd Phase-C の下げ潮時(120hour)と上げ潮時(126hour)の流況計算結果を図 4.3.2 に示す。



出典：調査団作成

図 4.3.2 流況計算結果例（流向・流速分布図、3rd Phase-C、第 1 層）

4.4. 埋没量の予測

4.4.1. 計算モデル

(1) 基本式

埋没予測モデルは、以下の移流・拡散方程式を基本式とし、保存系の拡散物質の巻上・沈降過程を考慮したモデルとした。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + (w - W_s) \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + q \quad (13)$$

ここで、

S	: SS 濃度 (mg/L)
x, y, z	: 右手系の直交座標系、上向きを正
u, v, w	: x, y, z 方向の流速 (cm/s)
t	: 時間 (s)
K_x, K_y	: 水平渦拡散係数 (cm ² /s)
K_z	: 鉛直渦拡散係数 (cm ² /s)
q	: 負荷量 (mg/L/s)
W_s	: 沈降速度 (cm/s)

である。

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} + (w - W_s) \frac{\partial S}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial S}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_y \frac{\partial S}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_z \frac{\partial S}{\partial z} \right) + q \quad (13)$$

ここで、

S	: SS 濃度 (mg/L)
x, y, z	: 右手系の直交座標系、上向きを正
u, v, w	: x, y, z 方向の流速 (cm/s)
t	: 時間 (s)
K_x, K_y	: 水平渦拡散係数 (cm ² /s)
K_z	: 鉛直渦拡散係数 (cm ² /s)
q	: 負荷量 (mg/L/s)
W_s	: 沈降速度 (cm/s)

である。

(2) 巻上および沈降

底質の巻上量 E および沈降量 D は、次式により算定する。

$$\begin{cases} E = P_m M \left(\frac{\tau_b}{\tau_{ec}} - 1 \right)^n, \tau_b \geq \tau_{ec} \\ E = 0, \tau_b < \tau_{ec} \end{cases} \quad (14)$$

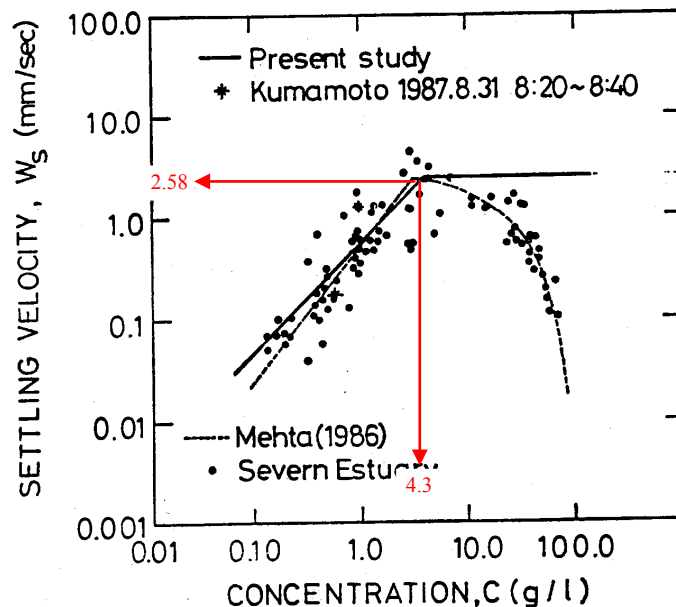
$$\begin{cases} D = W_s (1 - \tau_b / \tau_{dc}) C_{bed}, \tau_b \leq \tau_{dc} \\ D = 0, \tau_b > \tau_{dc} \end{cases} \quad (15)$$

ここに、 P_m は底質における泥の割合（含泥率）、 M および n は巻上係数、 τ_b は底質にかかる剪断応力、 τ_{ec} は巻上限界剪断応力、 τ_{dc} は沈降限界剪断応力、 W_s は底質の沈降速度、 C_{bed} は底層の SS 濃度である。

(3) 沈降速度

鶴谷らにならい、フロキュレーション（細粒分の凝集効果）の影響を間接的に考慮した濃度の関数として、次式（図 4.4.1 の実線）を用いた。ただし、最低沈降速度として、Stokes の式から求める単粒子の沈降速度（中央粒径 0.01mm の場合 0.009mm/sec）を設定した。

$$\begin{aligned} w_s &= A_1 C^{B_1} \dots (C < C_H) \\ w_s &= \text{const.} \dots (C \geq C_H) \\ A_1 &= 0.6 \times 10^{-3} m^4 / kg / s \\ B_1 &= 1 \\ C_H &= 4.3 kg / m^3 \end{aligned} \quad (16)$$



出典：鶴谷ら（1989）に加筆

図 4.4.1 泥の濃度と沈降速度の関係

(4) 堆積厚と侵食厚

計算モデルで直接的に出力される堆積・侵食土量は、堆積・侵食重量である。堆積・侵食厚 D は、堆積・侵食重量 G をもとに以下の方法により換算される。

$$\text{堆積・侵食重量（乾燥重量） } G \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$$

$$\text{乾燥密度 } \rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] = \frac{\rho_s V_s}{V_w + V_s}$$

$$\text{堆積・侵食厚 } D = G / \rho \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right] \left[\frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \right] = [m]$$

ここに、 ρ_w ：海水の密度、 ρ_s ：土粒子密度、 V_w ：海水の体積、 V_s ：泥の体積である。

$$\text{含水比 } W = \frac{W_w}{W_s} = \frac{\rho_w V_w}{\rho_s V_s} \text{ より、 } \frac{V_w}{V_s} = W \frac{\rho_s}{\rho_w}$$

したがって、

$$\frac{1}{\rho} = \frac{1}{\rho_s} + \frac{V_w}{\rho_s V_s} = \frac{1}{\rho_s} + \frac{W}{\rho_w}$$

$$D = G \left(\frac{1}{\rho_s} + \frac{W}{\rho_w} \right) \quad (17)$$

4.4.2. 計算条件

(1) 波浪条件

埋没予測に用いる波浪は、次の3ケースとする・

- 平常時：エネルギー平均波（波高 3.0m 未満の代表波浪）
- 高波浪時：波高 3.0m 以上の代表波浪
- 異常時：10 年に 1 回程度発生する波浪（異常時における短時間埋没量の確認）

埋没計算においては、平常時を波高 3.0m 未満の代表波浪、高波浪時を波高 3.0m 以上の代表波浪として年間埋没量を算定する。異常時波浪は、短期間埋没量の確認に用いる。検討に用いる代表波浪を表 4.4.1 に示す。外力は、60 時間目を中心として 48 時間の sin 関数分布の時系列波高を与える。

表 4.4.1 代表波浪の諸元

	有義波高	有義波周期	波向	備考
平常時	1.97m	5.36sec	NE	エネルギー平均波
高波浪時	3.90m	7.20sec	NE	1年に1回程度発生する高波浪
異常時	5.91m	9.00sec	NE	10年に1回程度発生する高波浪

出典：調査団作成

本検討では、代表波浪2種類（平常時、高波浪時）を用いて2日間の埋没量を算定し、これに作用回数を乗じて年間埋没量を算定する。

平常時は波高 3.0m 未満を代表する波浪であり、波浪統計より年間作用日数は 196.2 日である。本検討における平常時の計算の作用日数は 1.0 日（代表波高 1.97m をピークとする 48 時間の sin 関数分布で波高時系列を設定した）であることから、作用回数は 196.2 回とする。

高波浪時は波高 3.0m 以上を代表する波浪であり、波浪統計より作用日数は 31.7 日である。本検討における高波浪時の計算の作用日数は 1.0 日であることから、作用回数は 31.7 回とする。

表 4.4.2 作用日数

	計算作用日数	年間作用日数	年間作用回数
平常時	1.0	196.2	196.2
高波浪時	1.0	31.7	31.7

出典：調査団作成

(2) 主な計算条件

埋没計算の主な計算条件は、表 4.4.3 に示すとおりである。

表 4.4.3 埋没計算の主な計算条件

項目		設定	備考
基礎条件	計算領域 計算格子 タイムステップ 鉛直層分割境界	流況計算と同一	
積分期間	計算期間	120 時間	潮流計算の後半 5 日間を利用
	波浪外力期間	36 時間目～84 時間目	波浪のピークは 60 時間目
	埋没の積分期間	36 時間目～120 時間目	
SS	SS の初期濃度	200mg/L	

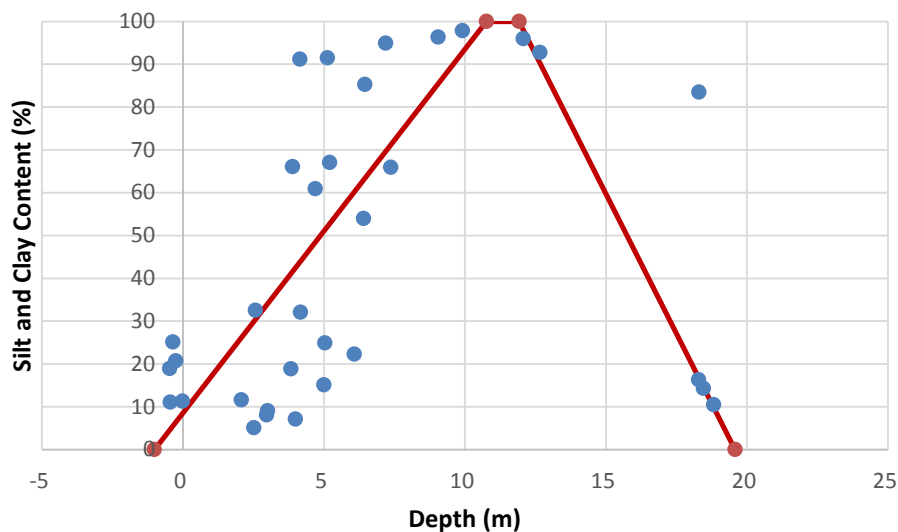
	SS の河川負荷	200mg/L	
拡散係数	水平拡散係数	$5.0 \times 10^4 \text{cm}^2/\text{sec}$	
	鉛直拡散係数	$50 \text{cm}^2/\text{sec}$	
底質性状	含泥率	水深に応じた空間分布を与える	図 4.4.1 参照
	含水比	89%	含泥率 100%の底質の含水比を推定 (図 4.4.2)
	粒径	0.01mm	
巻上沈降係数	巻上係数	$0.0002 \text{kg/m}^2/\text{min}$	
	巻上限界剪断応力	0.1Pa	
	沈降限界剪断応力	0.3Pa	

出典：調査団作成

4.5. 底質データ

4.5.1. 含泥率

底質調査結果 1による水深と含泥率の関係を図 4.5.1 に示す。泥分は、水深 5～10m の帯域で高い含有率となっている。数値シミュレーションでは、図中の近似直線で水深に応じた含有率 P_m の空間分布を設定した (式(14)参照)。

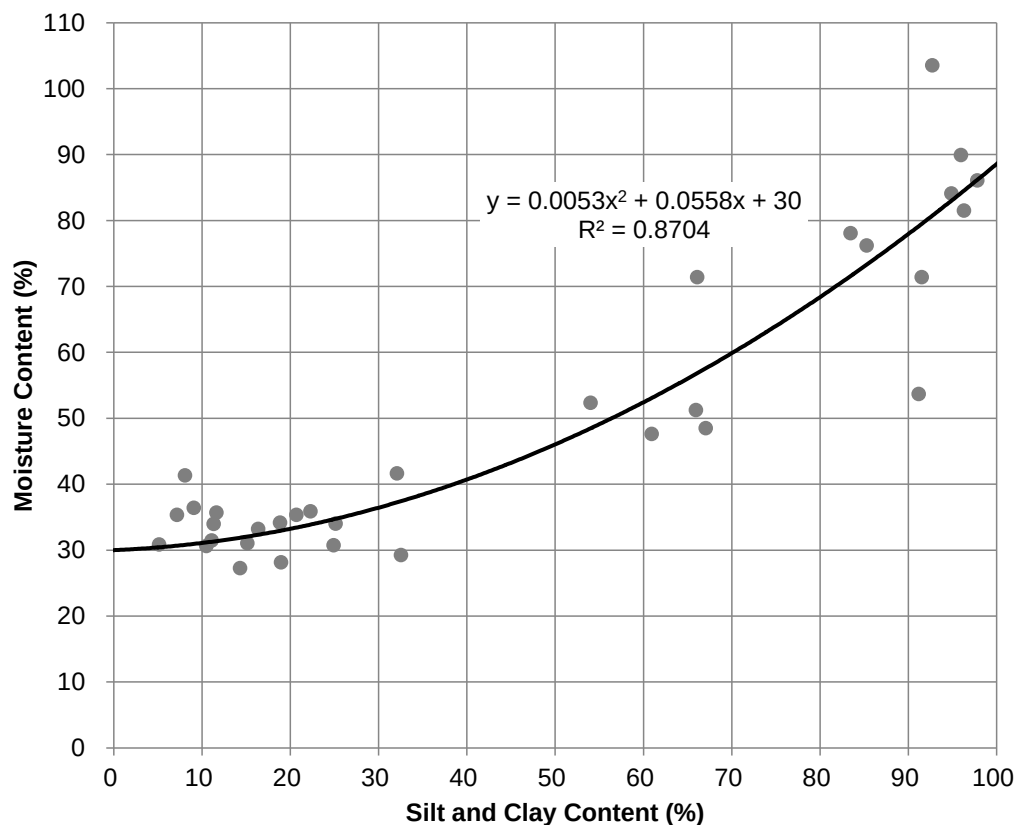


出典：調査団作成

図 4.5.1 水深と含泥率の関係

4.5.2. 含水比

上記と同じ 33 地点の底質調査結果¹による含泥率と含水比の関係を図 4.5.2 に示す。図から純粋な泥分の含水比を 89%と推定し、堆積厚を推定する際の設定値とした (式(17)参照)。

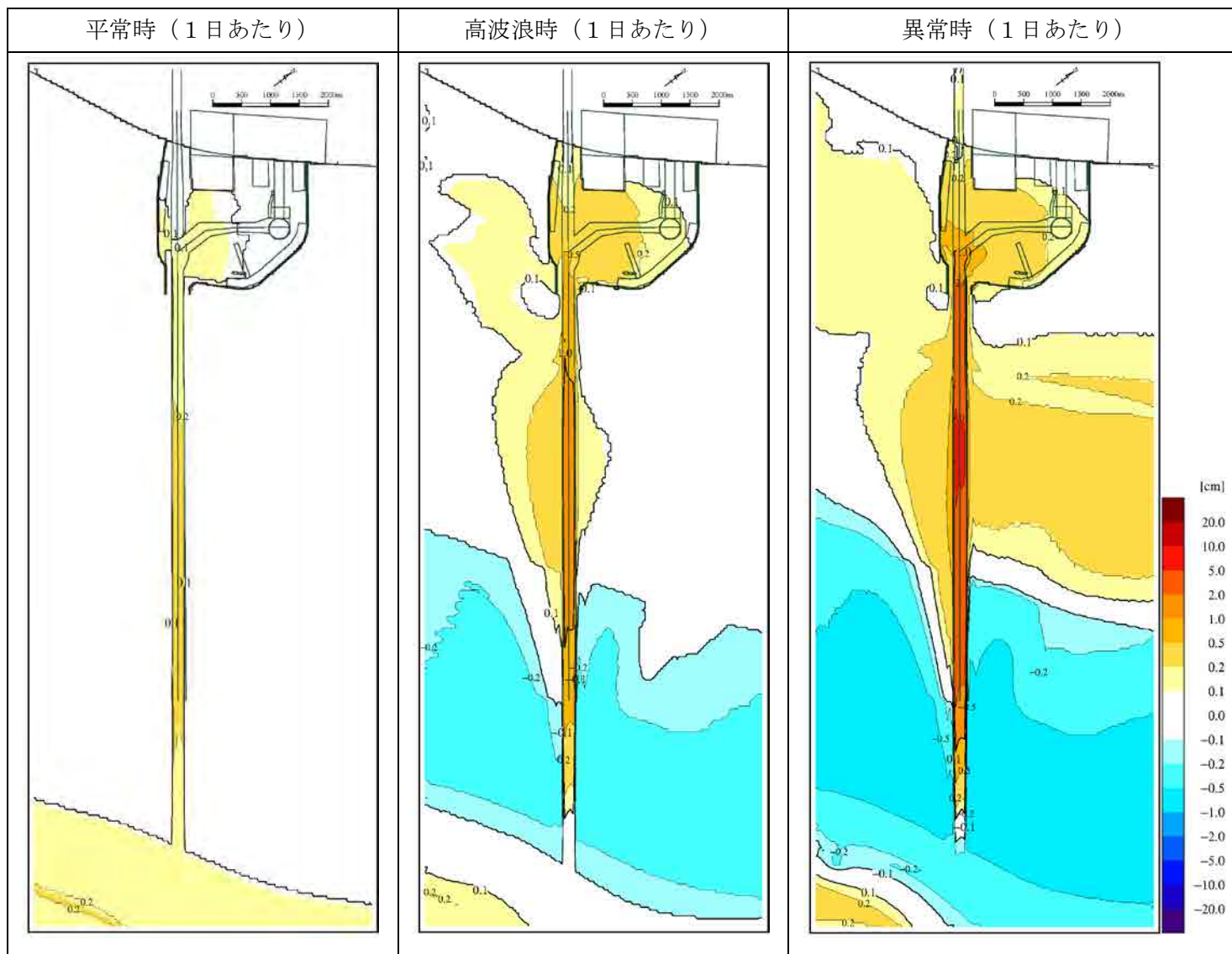


出典：調査団作成

図 4.5.2 含泥率と含水比

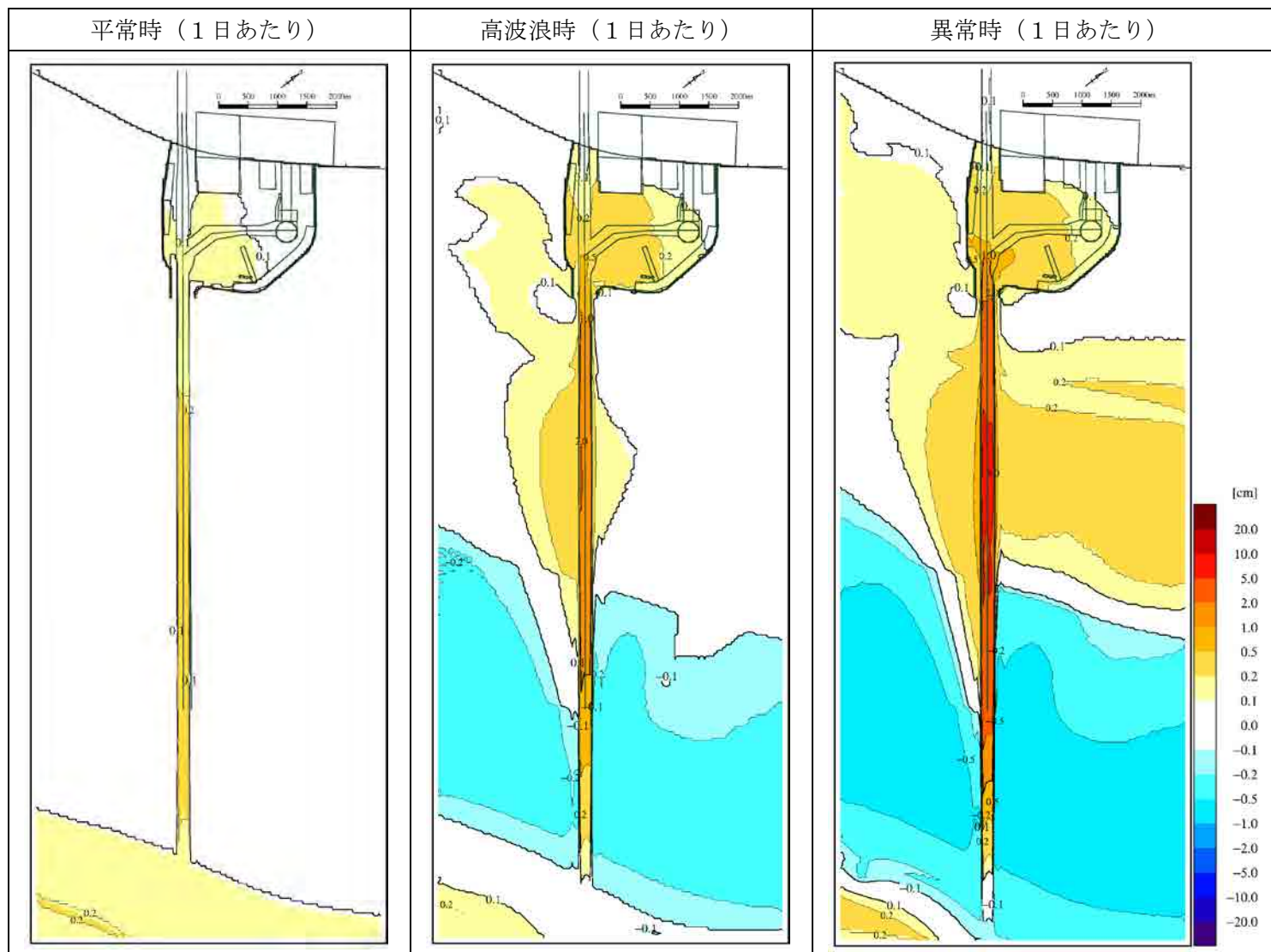
4.6. 各代表波浪の埋没予測計算

代表波浪（平常時、高波浪時、異常時）における埋没計算結果を図 4.6.1～図 4.6.6 に示す。泊地内に着目すると、防波堤延長が長いほど埋没量が減少していることが分かる。航路内についても総量としては同様であるが、異常波浪時の最大埋没厚さは、防砂堤延長が 6000m までは、延長が長いほうが大きくなる傾向にある（詳細については次節に示す）。



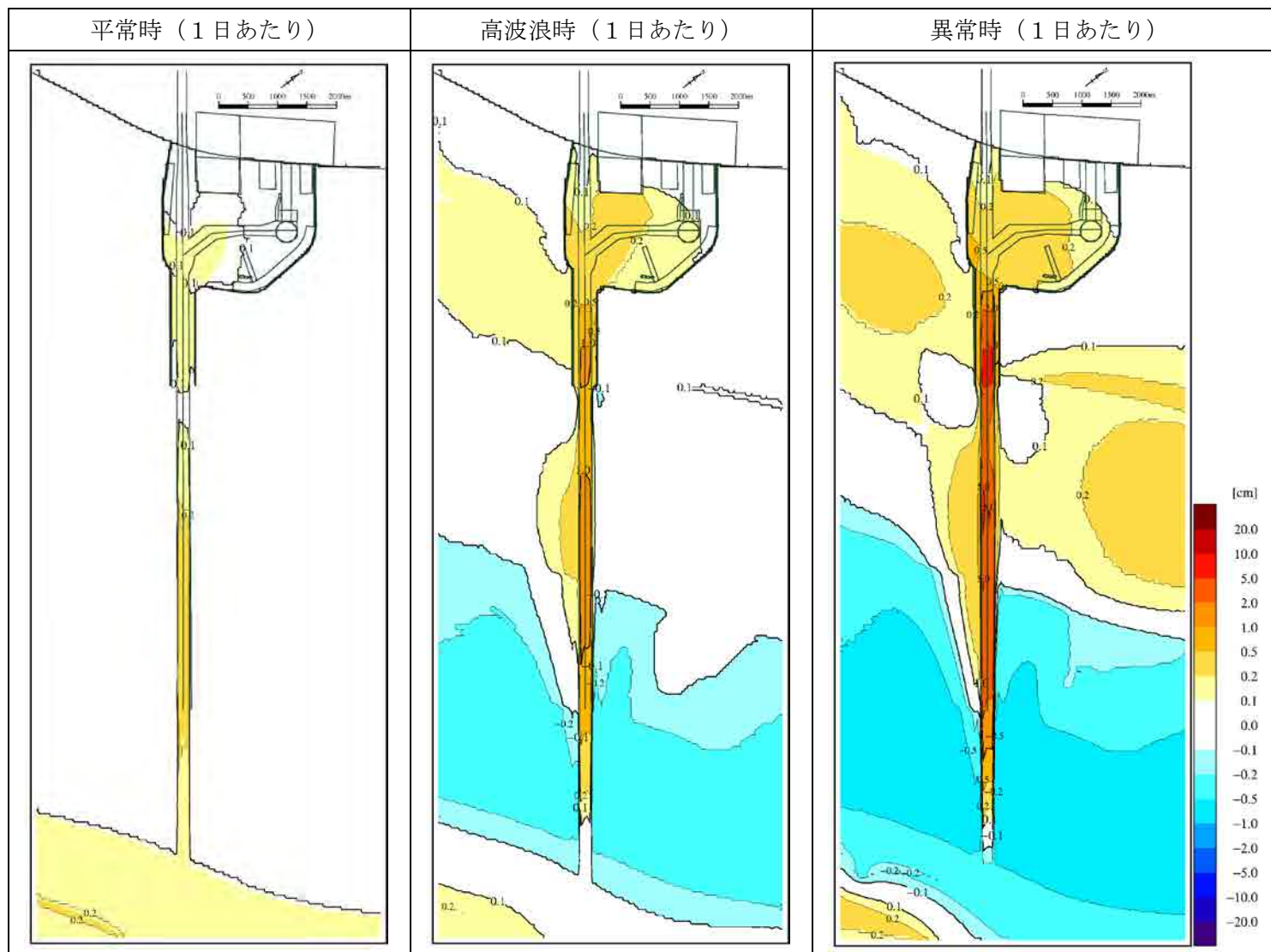
出典：調査団作成

図 4.6.1(1) 埋没計算結果 (1st Phase-A : 防砂堤なし)



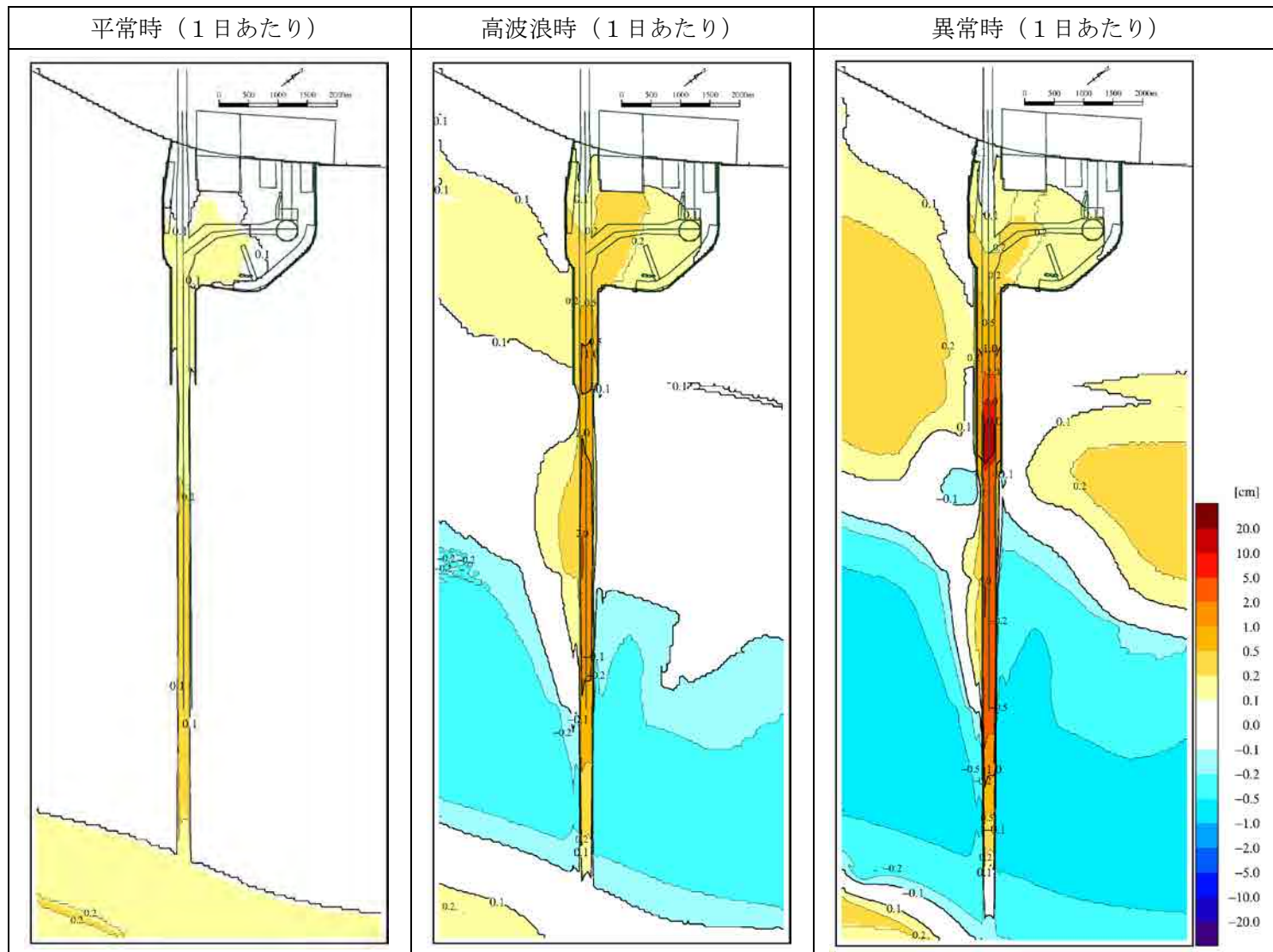
出典：調査団作成

図 4.6.1(2) 埋没計算結果 (3rd Phase-A : 防砂堤なし)



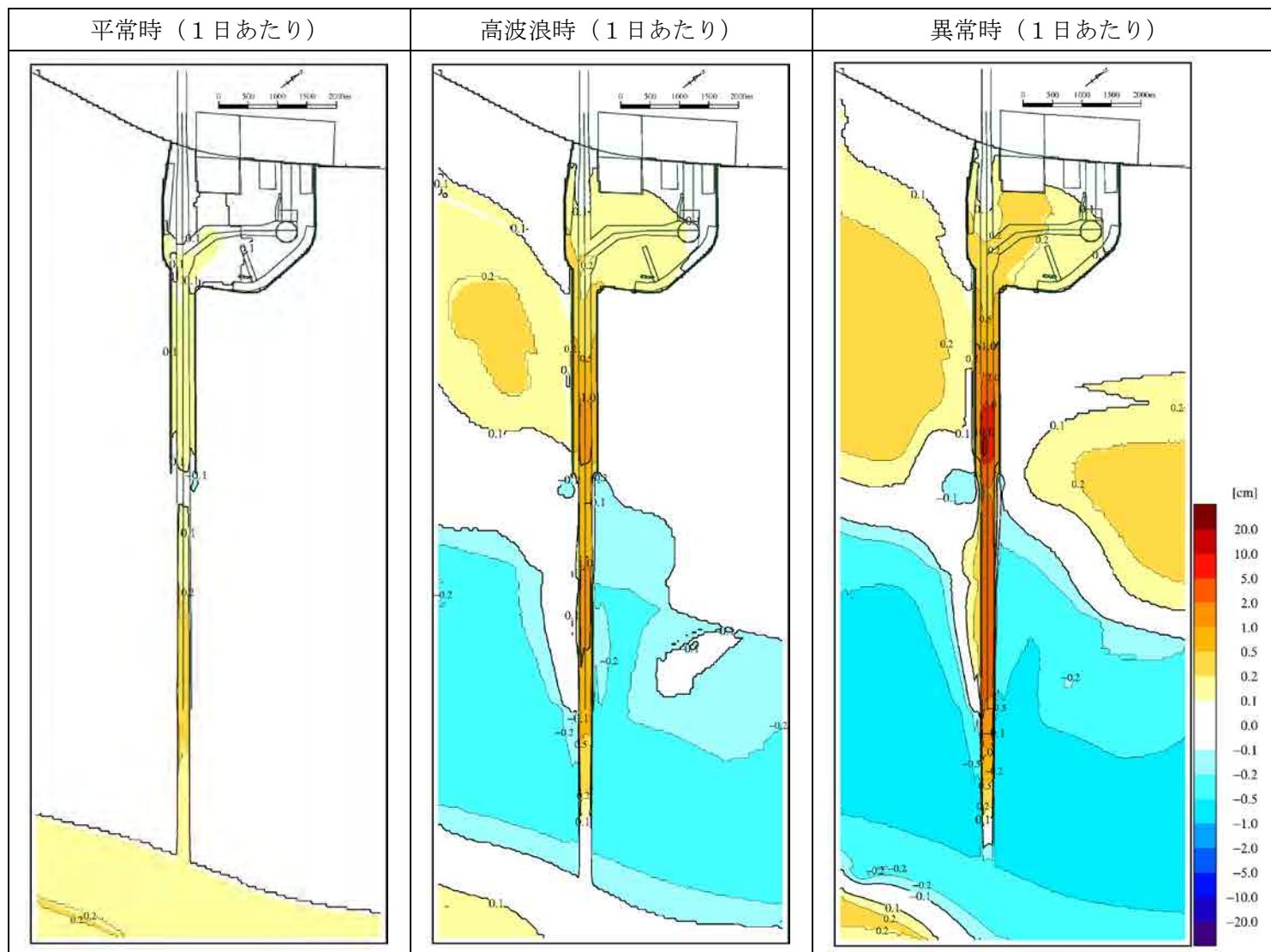
出典：調査団作成

図 4.6.2 (1) 埋没計算結果 (1st Phase-B : 防砂堤 1,500m)



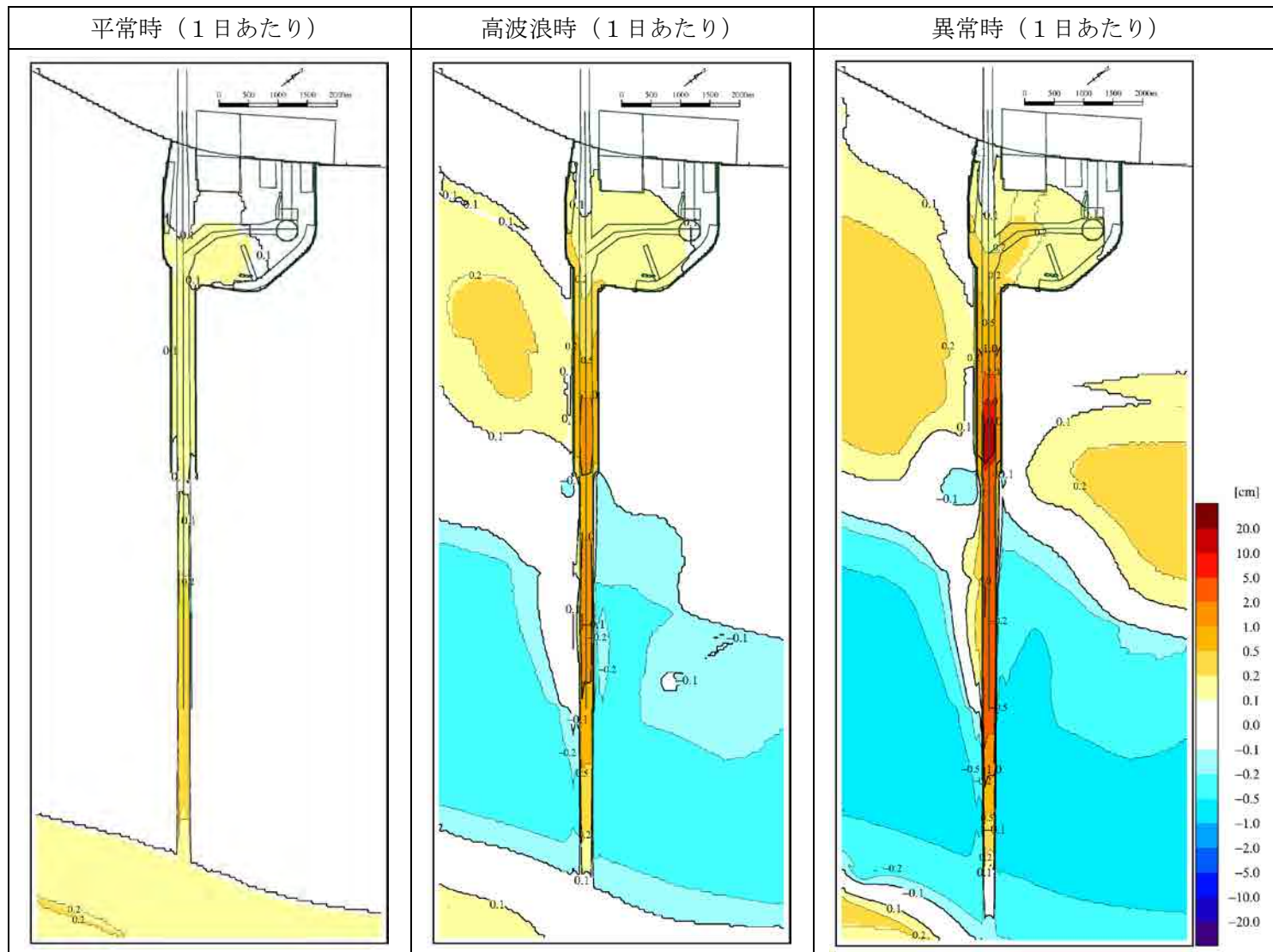
出典：調査団作成

図 4.6.2(2) 埋没計算結果 (3rd Phase-B : 防砂堤 1,500m)



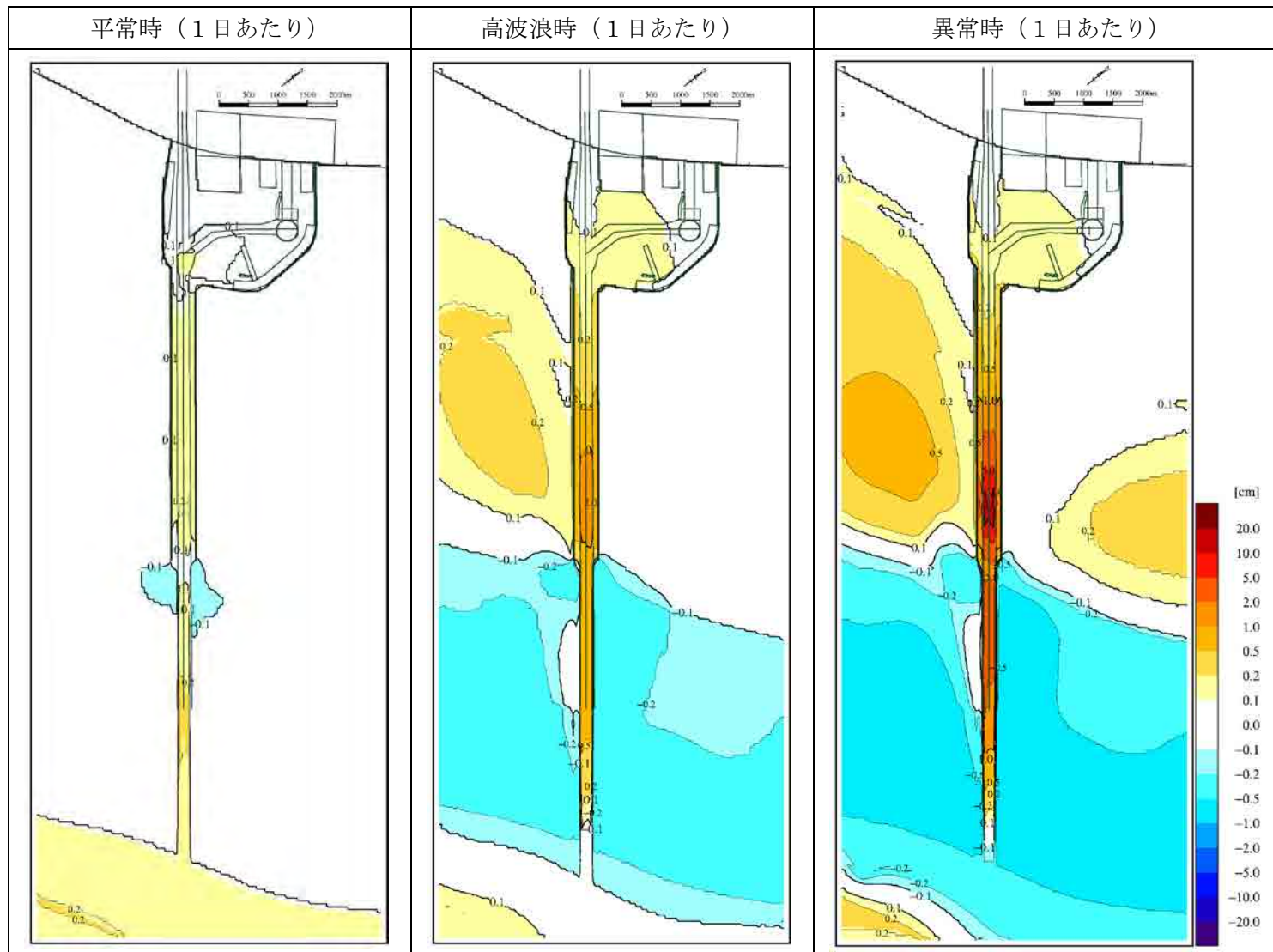
出典：調査団作成

図 4.6.3 (1) 埋没計算結果 (1st Phase-C : 防砂堤 3,000m)



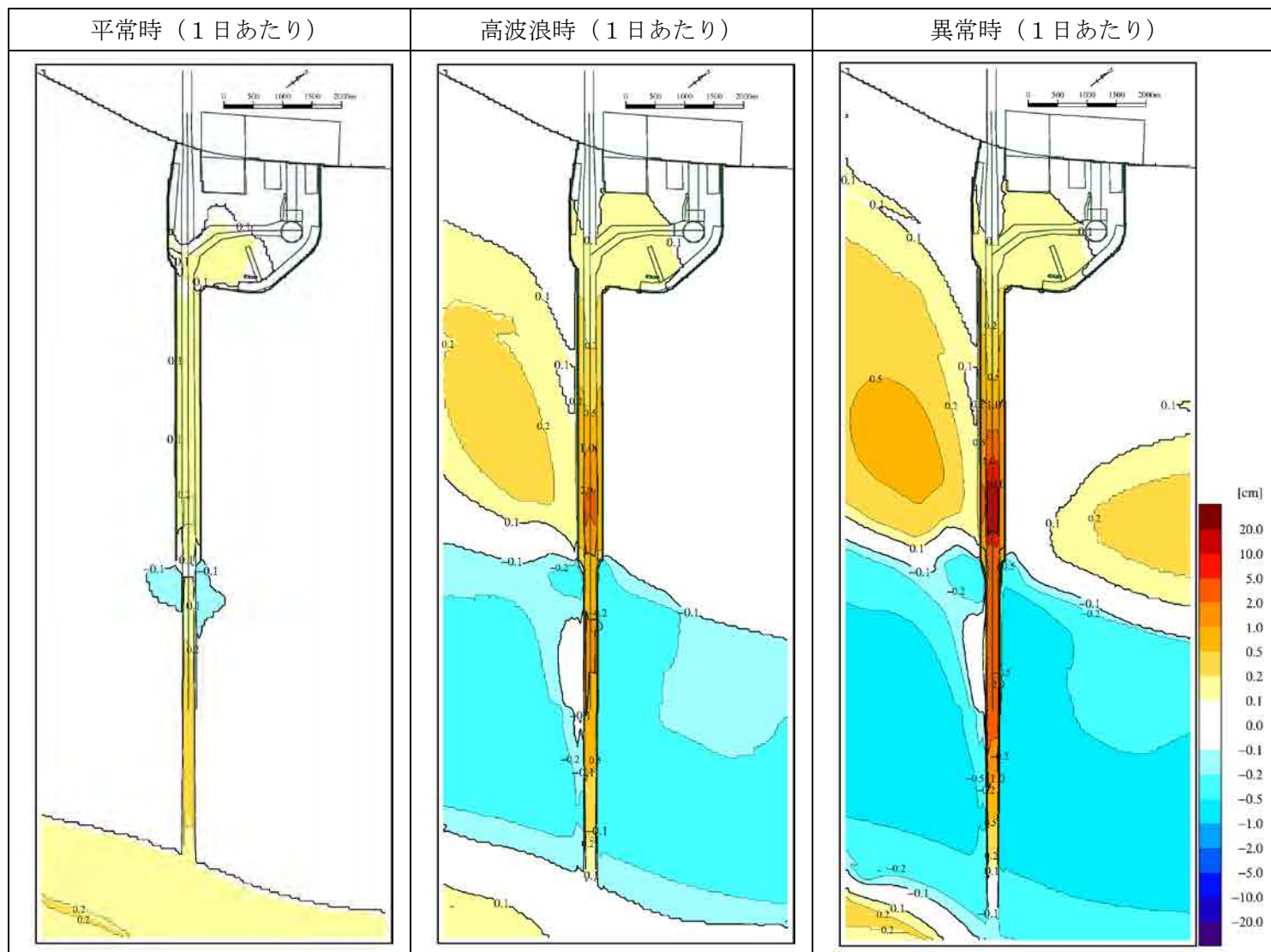
出典：調査団作成

図 4.6.3(2) 埋没計算結果 (3rd Phase-C : 防砂堤 3,000m)



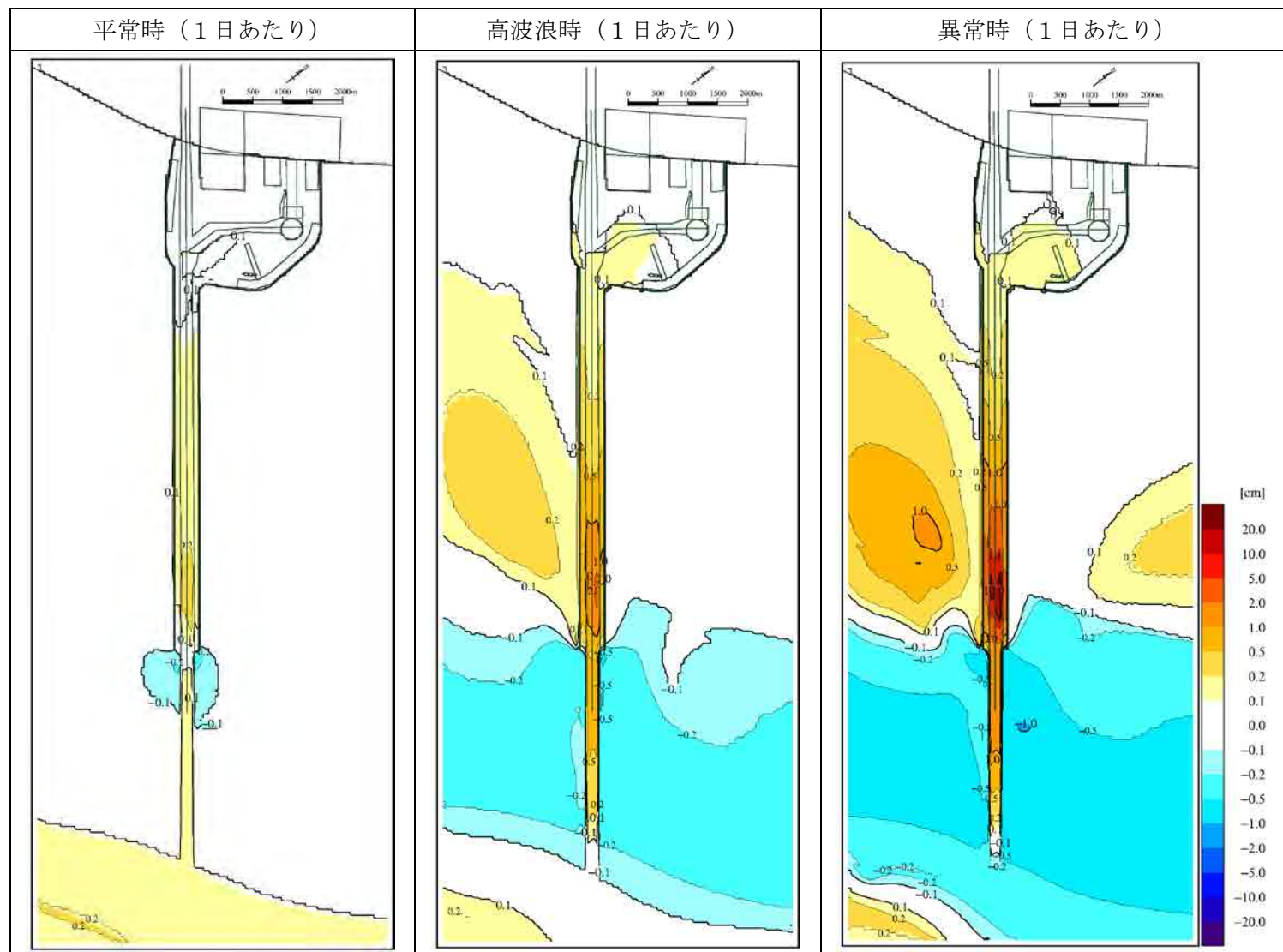
出典：調査団作成

図 4.6.4(1) 埋没計算結果 (1st Phase-D : 防砂堤 4,500m)



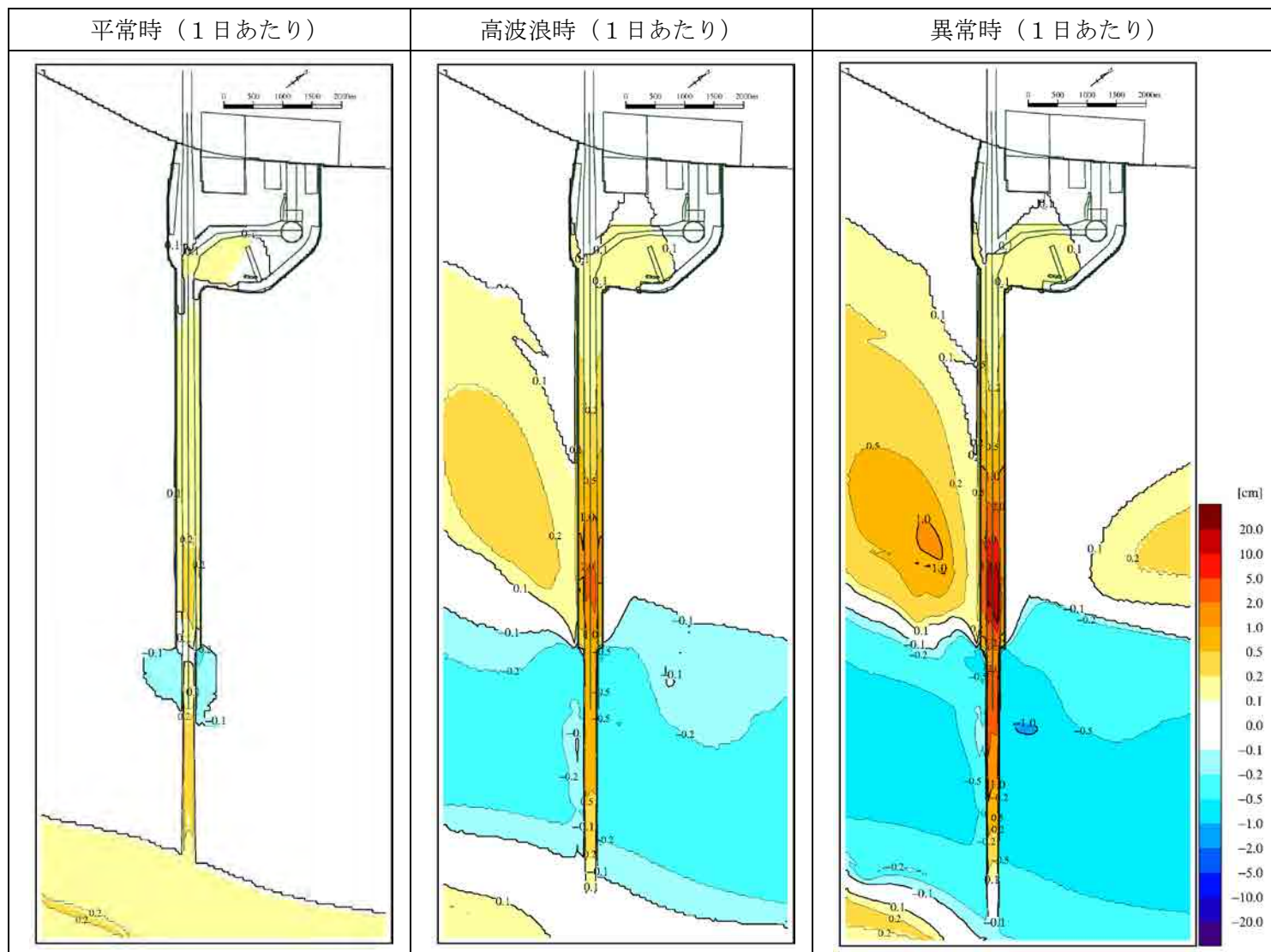
出典：調査団作成

図 4.6.4 (2) 埋没計算結果 (3rd Phase-D : 防砂堤 4,500m)



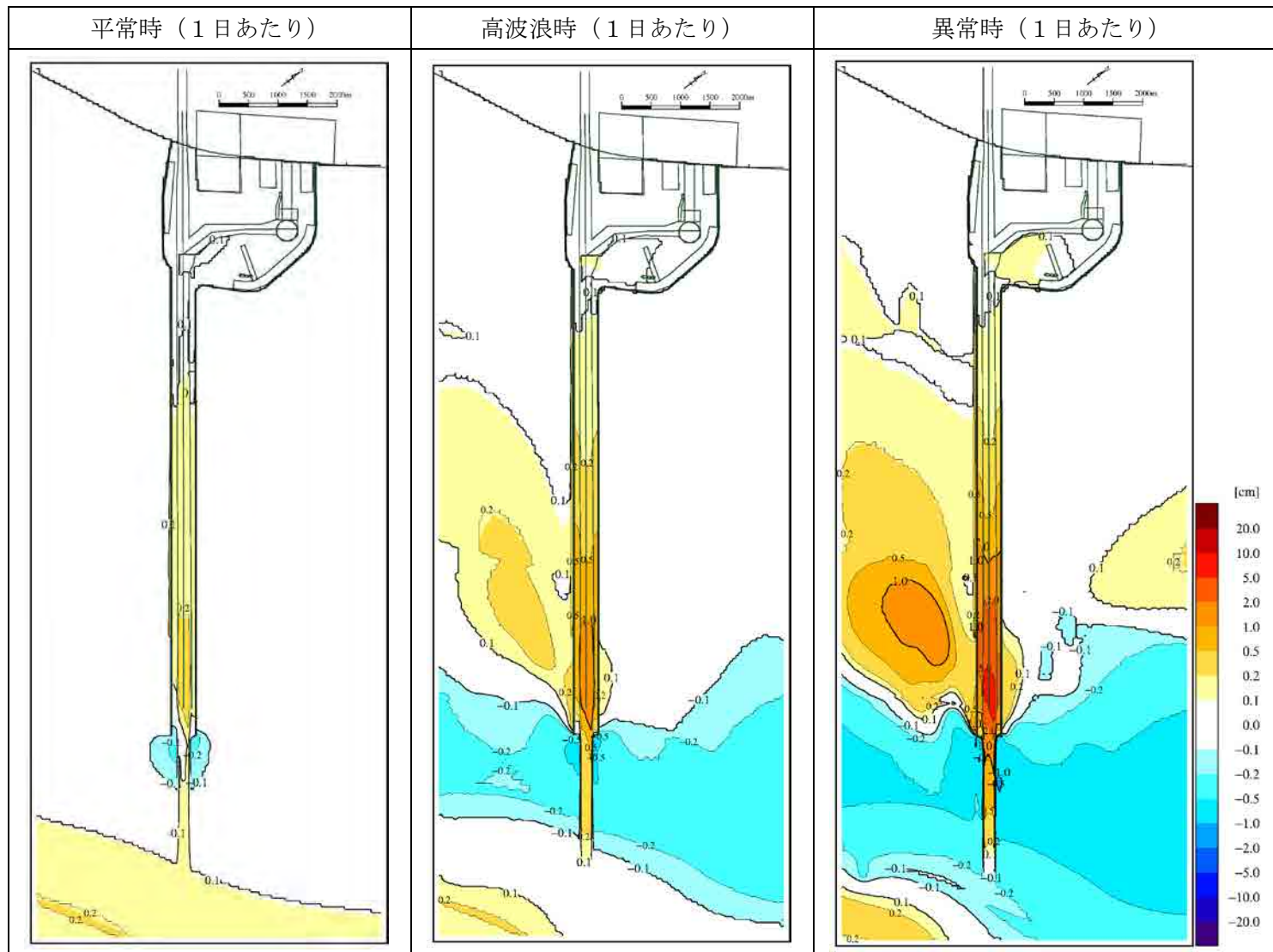
出典：調査団作成

図 4.6.5(1) 埋没計算結果 (1st Phase-E : 防砂堤 6,000m)



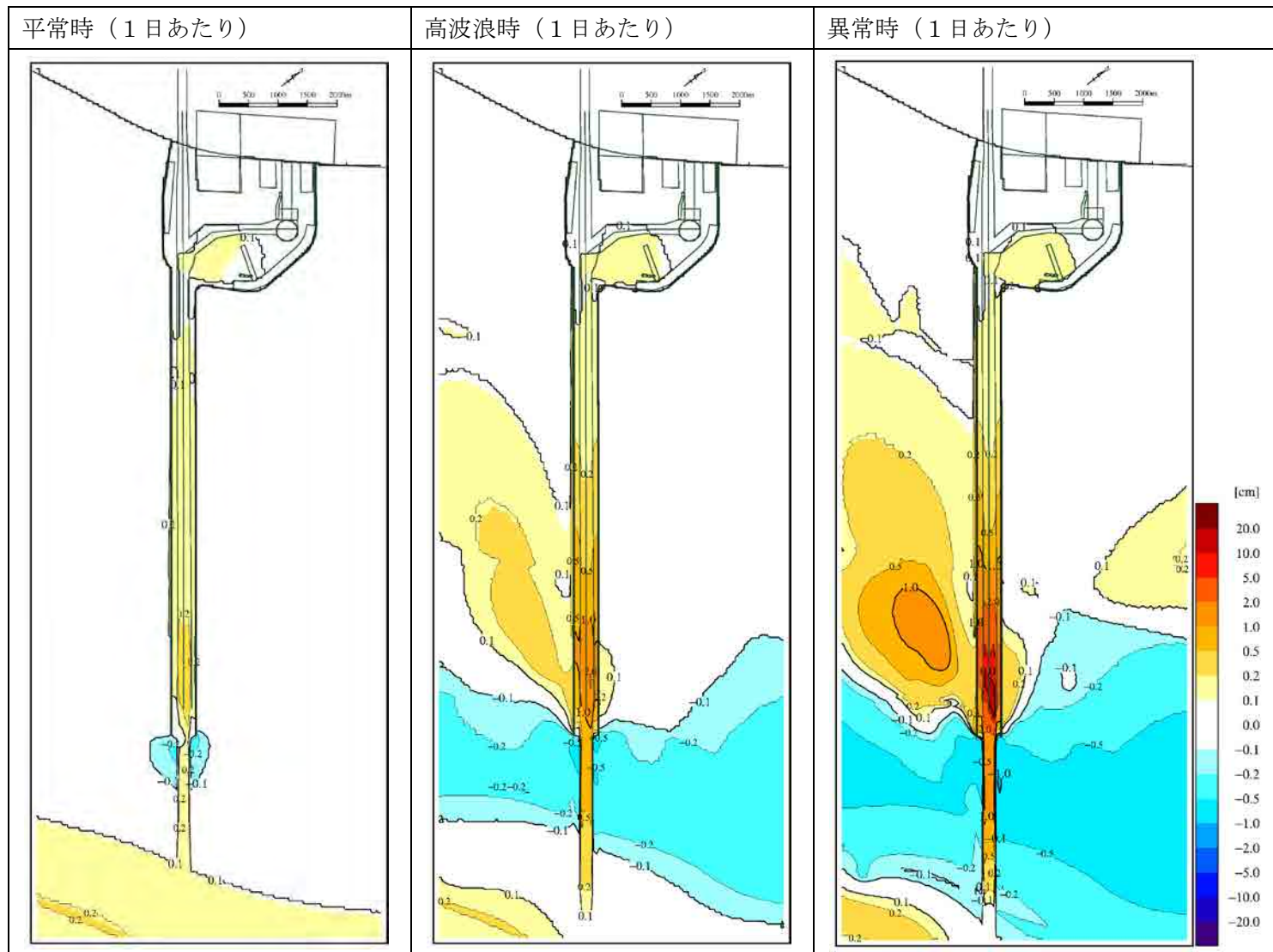
出典：調査団作成

図 4.6.5 (2) 埋没計算結果 (3rd Phase-E：防砂堤 6,000m)



出典：調査団作成

図 4.6.6(1) 埋没計算結果 (1st Phase-F : 防砂堤 7,500m)



出典：調査団作成

図 4.6.6 (2) 埋没計算結果 (3rd Phase-F：防砂堤 7,500m)

4.7. 年間埋没量の算定

埋没計算結果および作用回数から、2つのブロックの年間埋没量を算定する。埋没量の算定結果を表 4.7.1、表 4.7.2 および図 4.7.1、図 4.7.2 に示す。

1st Phase における年間埋没量は、Inner basin block (港内泊地) で 18～25cm、Navigational channel block (航路部) で 42～65cm であり、総埋没量は 130～190 万 m³ である。埋没量は、防砂堤を長くすることにより、減少させることができる。

3rd Phase における年間埋没量は、Inner basin block (港内泊地) で 20～26cm、Navigational channel block (航路部) で 47～73cm であり、総埋没量は 150～220 万 m³ である。したがって、航路・泊地を増深することにより、年間埋没量は 20～30 万 m³ 増加することになる。

表 4.7.1 1st Phase における年間埋没量の算定結果 (上段：埋没量、下段：平均堆積厚)

ケース	1 st Phase-A	1 st Phase-B	1 st Phase-C	1 st Phase-D	1 st Phase-E	1 st Phase-F
防砂堤	なし	1,500m	3,000m	4,500m	6,000m	7,500m ^{*1}
Inner basin block	507,570 m ³ (25.3cm)	467,480 m ³ (23.3cm)	436,500 m ³ (21.7cm)	404,010 m ³ (20.1cm)	380,250 m ³ (18.9cm)	372,110 m ³ (18.5cm)
Navigational channel block	1,412,120 m ³ (65.4cm)	1,268,660 m ³ (58.7cm)	1,135,500 m ³ (52.6cm)	1,068,230 m ³ (49.5cm)	1,007,500 m ³ (46.6cm)	908,050 m ³ (42.0cm)
合計	1,919,690 m ³	1,736,140 m ³	1,572,000 m ³	1,472,240 m ³	1,387,740 m ³	1,280,150 m ³

出典：調査団作成

表 4.7.2 3rd Phase における年間埋没量の算定結果 (上段：埋没量、下段：平均堆積厚)

ケース	3 rd Phase-A	3 rd Phase-B	3 rd Phase-C	3 rd Phase-D	3 rd Phase-E	3 rd Phase-F
防砂堤	なし	1,500m	3,000m	4,500m	6,000m	7,500m ^{*1}
Inner basin block	528,980 m ³ (26.4cm)	488,010 m ³ (24.3cm)	463,840 m ³ (23.1cm)	435,430 m ³ (21.7cm)	418,300 m ³ (20.8cm)	411,140 m ³ (20.5cm)
Navigational channel block	1,703,760 m ³ (72.8cm)	1,535,290 m ³ (65.6cm)	1,380,860 m ³ (59.0cm)	1,290,820 m ³ (55.2cm)	1,214,990 m ³ (51.9cm)	1,088,410 m ³ (46.5cm)
合計	2,232,740 m ³	2,023,300 m ³	1,844,700 m ³	1,726,240 m ³	1,633,290 m ³	1,499,550 m ³

出典：調査団作成

航路・泊地の埋没の対策工としての防砂堤の効果を、後述の防砂堤の建設コストと年間埋没量から算定される年間維持浚渫費用を 30 年の事業期間を通して合計した金額で評価する。2020 年を事業開始年とし、防砂堤は初年度に建設費用が発生するとし、維持浚渫費用は想定される年間埋没量を維持浚渫する費用 (5 ドル/m³) で 2020 年の現在価値で評価する。社会的割引率を 12% とする。表 4.7.3 がその結果であり、この結果から防砂堤を設けない案が最も経済的となった。

表 4.7.3 防砂堤設置の評価

ケース	3 rd Phase-A	3 rd Phase-B	3 rd Phase-C	3 rd Phase-D	3 rd Phase-E	3 rd Phase-F
防砂堤	なし	1,500m	3,000m	4,500m	6,000m	7,500m ^{*1}
防砂堤建設費	0M\$	37.77M\$	99.83M\$	165.0M\$	278.4M\$	374.0M\$
維持浚渫費用	91.18M\$	86.27 M\$	82.39M\$	81.37 M\$	81.18 M\$	79.70 M\$
合計	91.18 M\$	124.04 M\$	182.22 M\$	246.37 M\$	359.58 M\$	453.7 M\$

出典：調査団作成

Part 1. シナリオ 1

石炭需要 : Decision No.5964/QD-BCT (9Oct2012)

石炭需要及び石炭消費者である石炭火力発電所は政府決定 Decision No.5964/ QD-BCT(9Oct2012) をもとに決定したが、石炭需要については 2 つのシナリオを設定し、シナリオ 1 として Decision No.5964/QD-BCT(9Oct2012)による石炭需要を、シナリオ 2 として MOIT の要求に基づき調査団で推定した石炭需要を用いた。それぞれの結果は Part 1. (第 5 章から第 8 章) および Part 2 (第 9 章から第 12 章) .として示す。

第5章 CTT 石炭中継基地の概略設計と最適案

5.1. 石炭物流計画の検討

5.1.1. 海上輸送計画の検討

海上輸送計画の検討においては、CTT 事業の対象となる調達先の状況、調達先からの輸送計画、対象船舶と海上運賃の整理を行う。

(1) 海上輸送計画の概要

1) 石炭積出港

CTT 事業の対象となり得る「ベ」国南部の石炭火力発電所の石炭調達計画が定まっていないため、輸入石炭の積出港は現時点では特定されていないが、一般炭の代表的な産出国であり、海上輸送距離から適当と考えられるオーストラリア、インドネシアを産地と仮定する。

オーストラリア積出港からズーエンハイまでの航海日数はおおよそ 11～12 日、インドネシア積出し港からはおおよそ 4～5 日程度の航海日数を要する。



出典 : Google Map

図 5.1.1 オーストラリア・インドネシアからの海上輸送航路

他の石炭産出国である中国、米国は輸出余力に限界有り、ロシア、南アフリカ、コロンビアは「ベ」国までの海上輸送の距離が長く、今後の「ベ」国の石炭需要を鑑みた際の安定的な供給源としては現実的でない。

2) 対象船舶

積荷役、配船の効率性の観点から、本船毎の積込量を一定量以上にすることが適当と考えられるため、30,000DWT以上の外航本船を使用する前提で検証を行う。対象船舶の概要は下記の通り。船型の定義は異なることが有り、大よその目安とする。

ケープサイズ	:	130,000-180,000DWT
パナマックス	:	63,000-80,000DWT (ポストパナマックス: 100,000DWT)
ハンディ	:	30,000-55,000DWT (30,000DWTの船舶は一般的にハンディと呼ばれる船型よりも小さいが、海上運賃に大きな差が認められないため、本項では30,000DWTから55,000DWTをハンディと呼ぶ)

石炭積出港の多くが、大型船（パナマックス）以上を対象に設計されており、ケープサイズ、パナマックスの様に本船クレーンを持たない船舶への積み込みを前提に荷役機器が設計されている。殆どのハンディが有する本船クレーンは、荷役中に積み込みホールドを変える際の障害物となるため、オーストラリアの積出港では入港を受け入れられないケースが多い。また、ハンディより小さい船舶、例えば20,000DWTの船舶を使用した場合、3百万トン／年の輸送には150回、30百万トン／年の輸送には1,500回／年の海上輸送が必要となることから、CTT事業における石炭海上輸送への20,000DWT船舶の使用は実現性に乏しい。

(2) 海上運賃

現行の積地毎・船型毎の海上運賃概算は以下の通り。

表 5.1.1 船型毎の海上運賃

		船型		
		ケープサイズ	パナマックス	ハンディ
積地	オーストラリア	USD 15/MT	USD 18/MT	USD29/MT
	インドネシア	USD 8/MT	USD 10/MT	USD15/MT

出典：調査団作成

上記運賃は、本船航行に関わる費用を元に算出したものであり、海運市況如何では実際の運賃は異なるが、長期的な見方をする際には、この算出方法が適当と考えられる。原油価格に大きな変動があった場合、運賃は大きく変わるが、それぞれの船型の運賃の差が大きく異なることはない。

上記運賃には、積地での積み込み費用、CTTでの荷揚げ費用は含まれない。

本船の大型化による海上運賃のメリットを表 5.1.2 に示す。ケース 1 では、ズエンハイ発電所向けの石炭海上輸送に用いる船舶をハンディマックスからパナマックスに変更し、ズエンハイ以外の発電所向けの石炭海上輸送に使用する船舶を 10,000DWT 船からパナパックスに変更した場合の海上運賃の削減メリットを示す。

ケース 2 では全ての発電所向けの石炭海上輸送の船舶をハンディマックスからパナマックスに変更した場合の海上運賃削減メリットを例として示す。実際には、ソンハウ、ロンフー向けにハンディマックスがハウ川を航行することは出来ず、このケースは成立しない。加えて、現在のズエンハイの荷扱い能力の観点から、ズエンハイ発電所以外の他の発電所がズエンハイ用の石炭ターミナルを使用することは出来ない。

表 5.1.2 パナマックス使用時の海上運賃のメリット

大型船による一次輸送を加えた海上運賃一覧					
	パナマックス	ハンディマックス	大型船		
	70,000 - 100,000DWT	30,000 - 55,000DWT	10,000DWT		
インドネシアからの海上運賃	US\$10 /MT	US\$15 /MT	US\$28 /MT		
オーストラリアからの海上運賃	US\$18 /MT	US\$29 /MT			
<ケース1>					
ズエンハイ向けをハンディからパナマックスに、ズエンハイ向け以外を大型船からパナマックスに切り替えた場合の運賃メリット (インドネシア積100%)					
	ズエンハイ向け 石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット	ズエンハイ以外向け 石炭年間海上輸送量	大型船からの 切替によるメリット	メリット合計
1st Phase	4.76 mil. MT	US\$24 mil./年	3.77 mil. MT	US\$68 mil./年	US\$92 mil./年
2nd Phase	5.95 mil. MT	US\$30 mil./年	11.91 mil. MT	US\$214 mil./年	US\$244 mil./年
3rd Phase	5.95 mil. MT	US\$30 mil./年	25.14 mil. MT	US\$453 mil./年	US\$482 mil./年
<ケース2>					
パナマックス使用時の運賃メリット(インドネシア積100%)					
	石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット			
1st Phase	8.53 mil. MT	US\$43 mil./年			
2nd Phase	17.86 mil. MT	US\$89 mil./年			
3rd Phase	31.09 mil. MT	US\$155 mil./年			
パナマックス使用時の運賃メリット(インドネシア積：オーストラリア積=50%：50%)					
	石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット			
1st Phase	8.53 mil. MT	US\$68 mil./年			
2nd Phase	17.86 mil. MT	US\$143 mil./年			
3rd Phase	31.09 mil. MT	US\$249 mil./年			
パナマックス使用時の運賃メリット(オーストラリア積100%)					
	石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット			
1st Phase	8.53 mil. MT	US\$94 mil./年			
2nd Phase	17.86 mil. MT	US\$196 mil./年			
3rd Phase	31.09 mil. MT	US\$342 mil./年			

出典：調査団作成

太宗貨物の荷動きによって運賃は大きく変動する可能性があるが、本船を大型化することで相応に海上運賃を低減することが出来ると言える。

また、極端な例として、大型船を利用しインドネシア積地から各発電所に直接輸送すれば、CTTは不要となるが、海上運賃で著しく大きな不利益が有る。インドネシア積出地からロンフー乃至はソンハウへの輸送を現在のハウ川を航行可能な 10,000DWT サイズの船で行った場合の運賃は

US\$28/MT 程度と見込まれる。パナマックスと比べた場合の海上運賃の増加額は、第三フェーズで US\$482 百万／年となる。

極端な例として、経済性を先ず確認したが、この輸送手段は実現性に極めて乏しい。理由としては、次の四点。

- i) 航海時の安全性(転覆・沈没のリスク、船員の健康・安全)
- ii) モンスーン期間に航行が中断される可能性があるため、発電所側により大きな貯炭場が必要になること。
- iii) CTT からの輸送に比べ、インドネシアからの航海時間は 10 倍以上あるため、輸送期間のブレが生じ易く、混雑が増える。伴って、荷揚げ設備の増強が必要となる。
- iv) 仮に、インドネシアからロンブー乃至はソンハウに年間 3.77 百万トンの石炭を 10,000DWT の艀で輸送する場合、約 30 隻の艀を確保する必要があり、フェーズ 1 で一斉にこの数の船隊を集めることは極めて困難であり、安定的な運航に支障が出ること。

ここまでは、本船大型化による経済性のメリットと、10,000DWT 艀による海上輸送が非現実的であることを確認したが、20,000DWT-30,000DWT の本船で年間 30 百万トンから 40 百万トンの石炭を、インドネシア或いはオーストラリアからベトナムに輸入することとした場合、本船の手配そのものが困難となることが予想される。

表 5.1.3 2013 年末時点船型別の船舶数及び輸送能力

DWT	10,000 - 40,000		40,000 - 65,000		65,000 - 100,000		100,000 +	
	隻数	000DWT	隻数	000DWT	隻数	000DWT	隻数	000DWT
Total	2,415	69,476	2,793	149,069	2,240	177,639	1,545	288,805

出典：調査団作成

表 5.1.3 の 10,000-40,000DWT 船型のうち、20,000DWT-30,000DWT クラスで東南アジアを航海する船舶数は 200-300 隻程度と見込まれる。一方、年間 30 百万トンの石炭をインドネシアから「ベ」国に輸入する場合、平均 25,000DWT の本船を年間 30 回転（1 ラウンドあたりの必要日数を 12 日と仮定）させても約 40 隻を占有する必要がある。仮に手配が可能となっても、占有率が高くなり、マーケットへの大きな影響が予測される。また、5.2 で触れるターミナルの数にも影響がでること、滞船の大量発生が予想されることから、現実的な船型にはならない。

5.1.2. 石炭ロジスティクス計画の検討

(1) 石炭需要

2012 年 10 月 9 日に出されたベトナム商工省の Decision によると、現時点で輸入石炭中継ターミナルが考慮すべき石炭火力発電所と 2030 年までの必要石炭量は以下の通り。

表 5.1.4 輸入石炭中継ターミナルが考慮すべき石炭火力発電所と必要石炭量

		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Long Phu Power Center																		
Long Phu Power Plant I	Capacity (MW)					600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)					0.074	1,414	1,786	1,786	1,786	1,786	1,786	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381
Long Phu Power Plant II	Capacity (MW)												1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)												2,381	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381
Long Phu Power Plant III	Capacity (MW)												1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Coal (mil tons)												0.118	2,381	2,381	2,381	2,381	3,779
Song Hau Power Center																		
Song Hau Power Plant I	Capacity (MW)					600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)					0.074	1,414	1,885	1,984	1,984	1,984	1,984	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381
Song Hau Power Plant II	Capacity (MW)																	2,000
	Coal (mil tons)																	3,779
Song Hau Power Plant III	Capacity (MW)																	2,000
	Coal (mil tons)																	2,835
Duyen Hai Power Center																		
Duyen Hai Power Plant II	Capacity (MW)					600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)					0.223	1,563	1,885	1,885	1,885	1,885	1,885	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381
Duyen Hai Power Plant III	Capacity (MW)					600	600	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)					1,786	1,984	2,058	2,877	2,877	2,877	2,877	3,571	3,571	3,571	3,571	3,571	3,571
Long An Power Center																		
	Capacity (MW)												1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (mil tons)												1,786	2,381	2,381	2,381	2,381	2,381
Bac Lieu Power Center																		
	Capacity (MW)																	1,200
	Coal (mil tons)																	2,381
An Giang Power Center																		
	Capacity (MW)																	2,000
	Coal (mil tons)																	2,835
TOTAL																		
	Capacity (MW)	0	0	0	1,200	3,000	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	8,200	9,200	9,200	9,200	9,200	16,400
	Coal (mil tons)	0.00	0.00	0.00	1.86	3.70	6.92	8.53	8.53	8.53	8.53	8.53	15.00	17.86	17.86	17.86	17.86	31.09

出典：Decision No.5964/QD-BCT (9Oct2012)

(2) 各発電所での貯炭量も踏まえた CTT での貯炭量の設定

通常、石炭火力発電所において必要な貯炭場の容量としては、1～2 ヶ月分の石炭使用量を設定することから、本調査においては、CTT における貯炭容量並びに各発電所内での貯炭容量の合計を 1.5 ヶ月分の石炭使用量とする前提とした。この合計 1.5 カ月分の貯炭容量の内、CTT における在庫量については各発電所と協議の上で決定する必要があるが、ここでは、石炭火力発電所の運転を止めない為の各発電所内での貯炭量を 0.5 ヶ月分と想定し、CTT における貯炭量は 1 カ月分と想定した。

尚、上記の貯炭量の設定は、後述の第 5 章 5.2.4 にて記載する、石炭荷揚棧橋の配置(と防波堤の有無)についての検討の結果、発電所港湾内に揚炭棧橋を配置する案を採用することを前提としている。石炭荷揚棧橋の計画が異なれば、気象条件等によって揚炭能力が減少し貯炭容量を増加させる必要性が生じる可能性がある。

5.1.3. 二次輸送計画の検討

(1) 二次輸送計画の概要

CTT 事業においては、輸入石炭は貯炭場にて一定期間保管された後、発電所の需要に応じて小型船若しくは舢艫によって転送する必要がある。この CTT から発電所までの転送を二次輸送と称する。

作業の効率性から、二次輸送についても大型輸送手段によって行われることが望ましいが、調査団にて「ベ」国内航船社に聞き取り調査を行った結果、「ベ」国の河川輸送では小型の船舶が使用されており、「ベ」国に現存する舢艫のサイズは 2,000DWT 程度までが一般的であるため、CTT 事業で想定する作業の類似事例参照が困難であることが判明した。

ハウ川バイパス運河が開通すると、10,000DWT 程度の艀の通航が可能と見込まれる。10,000DWT の諸元として、全長・満載喫水・型幅の想定は多様に可能であるが、現時点で調査団にて想定する艀の諸元一例は下記表の通り。

表 5.1.5 10,000DWT 艀の想定諸元

船舶の全長	95.40m
満載喫水	4.75m
型幅	28.80m

出典：調査団作成

石炭の河川輸送には、艀とタグボートを用いることが、経済性と喫水の関係からより適切である。自走式の船舶は、その喫水の深さと船型からモンスーンの影響をより受け難く、海上輸送に向いている。

本項では、先ず開始時期が早く、消費石炭量が多いロンフーとソンハウ発電所に焦点を当てる。CTT からロンフーとソンハウへのルートはカンチャンボ運河を通り、ハウ川を航行することになるが、艀を使用することでハウ川の河口からハウ川に入ることも可能となる。ハウ川河口を通る場合は、航行時間がより長くなる。外洋を通る必要が有るバクリウ向けは、自走式の船舶を使用することがより適切である。

表 5.1.6 二次輸送の概要

発電所名	CTT からの概算距離(km)	想定輸送モード
Duyen Hai	10	艀／ベルトコンベア
Long Phu	70	艀
Song Hau	90	艀
Long An	110	艀
Bac Lieu	160	自走船／艀
An Giang	210	艀

出典：調査団作成

ハウ川での輸送に 10,000DWT 艀が使用された実績を確認した。2008 年に、カンボジア産土砂がハウ川河口から約 100km に位置するカントー市からシンガポール向けに大量に輸出されたもので、概要は次の通り。

- 貨物／輸送概要：カンボジア産土砂／カンボジアにて産出された土砂を小型艇でカントー市まで輸送、フローティングクレーンにて 10,000DWT に積替え、ハウ川を下り、外洋を経てシンガポールまで海上輸送
- 時期：2008 年から 2010 年
- 数量：5 百万トン程度
- 使用艇一例：10,000DWT 艇(全長：90m、満載喫水：4.5m、型幅：27m) 同型の艇はシンガポール及びインドネシアから持ち込まれた。
- 輸送日数（ラウンドトリップ）：10－14 日程度
- 運賃：US\$10-15/MT 程度
- その他：モンスーン時期は走行速度が落ちるため、輸送日数が伸長。9-11 月には運航を中止することが有った。

ハウ川での 10,000DWT 艇の使用実績が有り、ハウ川バイパス運河が開通すればより大型の船舶のハウ川の航行が可能となるが、ハウ川河口の浅瀬を通過する場合、潮位の制約を受けることと、現時点でハウ川バイパス運河における型幅の制限は 24.80m（最狭川幅：85m に対し）となっていることから、10,000DWT より小さいサイズの艇による二次輸送も検討する必要がある。

次項の二次輸送費用は、5,000DWT 艇による二次輸送について検討する。5,000DWT 艇の諸元一例は下記の通り。

表 5.1.7 5,000DWT 艇の想定諸元

船舶の全長	89.00m
満載喫水	3.50m
型幅	23.00m

出典：調査団作成

各発電所の 1 日辺り石炭所要量について正確なデータは得られていないが、平均すると 1st Phase でおよそ 10,000MT/日程度、3rd Phase では 70,000DWT/日程度が二次輸送の対象となる発電所で消費されると見込まれ、同量を CTT から払い出す必要がある。年間及び日当りの輸送回数は次表の通り。

表 5.1.8 CTT からの払出量

	1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
年間払出数量	3,770,000MT	11,910,000MT	25,140,000MT
10,000DWT 艇使用時	377 隻／年	1,191 隻／年	2,514 隻／年
	1.1 隻／日	3.4 隻／日	7.2 隻／日
5,000DWT 艇使用時	754 隻／年	2,382 隻／年	5,028 隻／年
	2.2 隻／日	6.8 隻／日	14.4 隻／日

出典：調査団作成

(2) 二次輸送費用

5.1.3(1)で記載した通り、5,000DWT 船のマーケットが「ベ」国には無いため、二次輸送にかかる費用をマーケットから取得することが出来ないため、推定投資費用及び操業費用から、二次輸送の費用を算出する。

費用算出に当たっての前提条件；

- i) 5,000DWT 船を使用する場合の船及びタグボートの数を算出するにあたり、積込みに要する時間は 1,500MT/時間の積載能力で 4 時間程度、前後の作業・着岸離岸を含めまた待機時間等を含め 6.5 時間を岸壁占有時間とし、8 時間を 1 サイクルとする。
- ii) CTT から発電所までの航行に要する時間は、その距離 70-90km に対し時速 7km で航行するとし、十分な余裕を持って片道 16 時間とする。また、発電所での荷降ろしに関しては 1 サイクルを 8 時間とする。
- iii) i、ii の前提で無理無く船を運行させるには、1st Phase(年間の払出量：3.77 百万トン)で 5 隻の 5,000DWT 船が必要となる。ロンフー及びソンハウ間の距離を考えた場合、船への積み込み、船からの荷降ろしの間にタグボートを走らせることで、タグボートの数は船の数に対し三分の二で運航が可能となる。

表 5.1.9 船航行シミュレーション (1st Phase)

						10 days volume			120,000			Occupancy			39%																							
						Loading & handling hours			140			Annually volume			4,200,000																							
						D1			D2			D3			D4			D5			D6			D7			D8			D9			D10					
				M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N	M	D	N					
CTT	Berth 1		<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>			<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>			<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>			<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>		
	Berth 2			<u>2</u>			<u>4</u>					<u>2</u>			<u>4</u>					<u>2</u>			<u>4</u>					<u>2</u>			<u>4</u>							
Transit				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>				<u>1</u>		
						<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>			<u>3</u>		
							<u>5</u>			<u>5</u>				<u>5</u>			<u>5</u>				<u>5</u>			<u>5</u>			<u>5</u>			<u>5</u>				<u>5</u>			<u>5</u>	
Long Phu 1						<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>			<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>			<u>1</u>			<u>3</u>			<u>5</u>			<u>1</u>			<u>3</u>		
Transit					<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>			<u>2</u>
						<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>			<u>4</u>		
Song Hau 1						<u>2</u>			<u>4</u>			<u>2</u>			<u>4</u>					<u>2</u>			<u>4</u>				<u>2</u>			<u>4</u>					<u>2</u>			

出典：調査団作成

- iv) 同様の手法で、2nd Phase、3rd Phase で必要となる船及びタグボートの数を算出。
- v) 金利は、CTT 事業と同等の 3%と仮定。償却期間と返済期間を共に 20 年と仮定して、年間返済金額を算出。
- vi) その他費用に関しては、次の前提と根拠に基づく。＜＞内に根拠を記載。

- 5,000DWT 船新造費 : US\$2,500,000-／船 <「ベ」国及び本邦の造船会社からのヒアリングに基づく平均値>
- タグボート(2,500 馬力クラス)新造費 : US\$3,00,000-／タグ <「ベ」国及び本邦の造船会社からのヒアリングに基づく平均値>
- CTT から Long Phu、Song Hau 近郊の発電所間の往復に要する燃費 : US\$6,600 <「ベ」国内航船事業者より聴取>
- 人件費、メンテナンス費用等 : US\$15,000／船／月 <「ベ」国内航船事業者より聴取>

上記前提に基づき、試算を行った結果、費用の積み上げで、US2/MT 程度が二次輸送に要する費用となる。ここに、二次輸送を行う事業者の固定費及び利益を加えた実際の二次輸送費用は US\$2.20-2.40／MT になるものと見込まれる。

仮に 10,000DWT 船を使用した場合は 5-10%程度の費用低減が見込まれる。

表 5.1.10 二次輸送費用試算表 (事業者の固定費及び利益を除く)

	1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
年間取扱量(MT)	3,770,000	11,910,000	25,140,000
日当り取扱量(MT)	12,567	39,700	83,800
船数	5	14	32
船建造コスト	US\$2,500,000	US\$2,500,000	US\$2,500,000
タグ数	4	10	22
タグ建造コスト	US\$3,000,000	US\$3,000,000	US\$3,000,000
年間返済額	US\$1,646,785	US\$4,369,021	US\$9,813,493
年間二次輸送回数	754	2382	5028
航海あたりの燃費	US\$6,600	US\$6,600	US\$6,600
年間燃費	US\$4,976,400	US\$15,721,200	US\$33,184,800
その他費用(/ 月 / 船)	US\$15,000	US\$15,000	US\$15,000
その他年間費用	US\$900,000	US\$2,520,000	US\$5,760,000
年間費用合計	US\$7,523,185	US\$22,610,221	US\$48,758,293
Freight (per MT)	US\$2.00	US\$1.90	US\$1.94

出典：調査団作成

5.2. 港湾計画及びターミナル計画の策定

5.2.1. 港湾計画検討条件

(1) 石炭取扱量と目標年次

最新のベトナム政府決定に基づいた石炭輸入量を港湾施設の計画にあたっての需要量とする。一方発電所への移送量については、ズーエンハイ第 2、第 3 発電所用石炭は陸送が想定されるため、その分を差し引いた量を払出施設の需要量とする。それらの数値は以下の通りである。

表 5.2.1 石炭輸入量及び移送量

年次	輸入量	移送量
2020 年	8.53 百万トン	3.77 百万トン
2025 年	17.86 百万トン	11.91 百万トン
2030 年	31.09 百万トン	25.14 百万トン

出典：Decision No.5964/QD-BCT(9 Oct 2012)

輸入石炭中継基地は段階的な整備が検討されていることから、計画の目標年次は 1st Phase 2020 年、2nd Phase を 2025 年、3rd Phase を 2030 年とする。

(2) 対象船舶（輸入用、移送用）

1) 輸入用船舶

輸入用の石炭運搬船の船型は、当初はパナマックスとし、最終的にケープサイズが就航することで検討する。具体的には、1st Phase ではパナマックス（概ね 55,000～85,000DWT）、2nd Phase ではポストパナマックス（100,000DWT 級）、3rd Phase ではケープサイズ（160,000DWT 級）を検討の対象とする。

ただし、ベトナム政府の 100,000DWT 級対応施設の整備要望が強いことから、1st Phase においてポストパナマックスが係留可能となるように検討する。表 5.2.2 は Fair Play2013 年版より 100,000DWT 級のバルク運搬船の諸元を整理したものである。

表 5.2.2 100,000DWT 級(ポストパナマックス)の船舶諸元

積載重量 (DWT)	隻数	平均船長(m)	平均喫水(m)	平均船幅(m)
95,000～96,999	54	235.44	14.37	38.36
97,000～98,999	27	240.26	14.15	39.49
99,000～100,999	5	247.14	13.84	42.35
101,000～102,999	1	253.93	14.62	40.01
103,000～104,999	6	244.54	13.95	43.00
合計或いは平均	93	244.26	14.19	40.64

出典：Fair Play 2013 年版

これらのことから、1st Phase、2nd Phase の対象船舶の諸元及び必要岸壁諸元を以下の通りとする。

船舶諸元		必要岸壁諸元	
積載重量 (DWT)	100,000 DWT	延長	300 m
船長 (LOA: m)	250.0 m	水深	16.0 m
喫水 (Draft: m)	14.5 m		
船幅 (Beam: m)	40.0 m		

次に、3rd Phase で検討対象となるケープサイズ（160,000DWT 級）の諸元は以下の通りである。

表 5.2.3 160,000DWT 級(ケーブサイズ)の船舶諸元

積載重量 (DWT)	隻数	平均船長(m)	平均喫水(m)	平均船幅(m)
155,000～156,999	3	269.67	17.31	46.40
157,000～158,999	5	280.00	17.64	43.01
159,000～160,999	3	280.28	17.52	45.00
161,000～162,999	18	280.08	17.50	45.05
163,000～164,999	7	287.75	17.85	44.01
合計或いは平均	36	279.56	17.56	44.69

出典：Fair Play 2013 年版

これらのことから、3rd Phase での対象船舶の諸元及び必要岸壁諸元は以下の通りとする。

船舶諸元

積載重量 (DWT)	160,000 DWT
船長 (LOA: m)	280.0 m
喫水 (Draft: m)	17.5 m
船幅 (Beam: m)	45.0 m

必要岸壁諸元

延長	350 m
水深	19.0 m

2) 移送用船舶

発電所への移送用石炭運搬船は、内航貨物船船型や運搬効率、ハウ川河口の航行可能性を考慮して 5,000 DWT～10,000DWT 級を対象船舶とする。その諸元は以下の通りである。

払出用船舶諸元

積載重量 (DWT)	5,000 DWT
船長 (LOA: m)	109 m
喫水 (Draft: m)	6.4 m
船幅 (Beam: m)	17.0 m

必要岸壁諸元

延長	130 m
水深	7.5 m

払出用船舶諸元

積載重量 (DWT)	10,000 DWT
船長 (LOA: m)	137 m
喫水 (Draft: m)	8.2 m
船幅 (Beam: m)	19.9 m

必要岸壁諸元

延長	160 m
水深	9.0 m

※舳を使用する場合、船幅は 23m

(3) 石炭荷役

1) アンローダー及びローダーの能力

岸壁に設置されるアンローダーの能力は取扱量や貯炭規模、経済性等から決定されるが、一般的には1,000～2,500 トン/時間の能力を有するアンローダーが設置されている場合が多い。ここでは、既存調査や輸入用石炭の対象船舶の規模等を考慮し、2,500 トン/時間の能力、岸壁当り設置数2基、作業効率75%の連続式アンローダーで検討する。

一方、払出用は、同様に既存調査や対象船舶の規模等を参考に、能力1,500 トン/時間のローダーを岸壁当り1基設置、作業効率90%を前提に検討する。

2) 年間稼働日数及び日当り稼働時間

石炭積出港等においては、概ね年間を通して24時間体制で積出等が行われる場合が多い。石炭ターミナルの運用については法令等にも照らしつつ別途検討されるべきであるが、ここでは以下を前提に検討する。

i) 年間稼働日数

他のバルクターミナル検討事例では、荒天時、特別な休日、施設・設備のメンテに要する日などを除いて年間稼働日数が決定されている。

ここでは年間稼働日数を350日とする。

i) 日当り稼働時間

他のバルクターミナル検討事例では、3交代24時間体制を基本とするが、このうち食事、休憩、引継ぎ時間或いは点検等に要する時間を考慮して決定されている。

ここでは日当り稼働時間を18時間とする。

(4) 静穏度

静穏度は荷役稼働率と安全停泊限界を考慮し、97.5%確保する。対象地域の既設防波堤内は、囲まれた地区であり十分な静穏度が確保されている。別途検討された波の推算調査結果では、既存防波堤内静穏度は荷役限界波高(1.5m)に対し99%以上の静穏度が確保されているとの報告がある。沖合に栈橋を計画する場合、防波堤を設置して静穏度を確保する。

5.2.2. 港湾施設計画

(1) 必要岸壁数算出方法

計画貨物量(需要)に対する岸壁数は、荷役効率及び岸壁占有率を用いて以下の式で求められる。(ただし、これは平均的な値を用いたものであるためピーク集中や船舶滞船への考察が十分でない場合がある)。

$$\text{岸壁数} = \text{総接岸日数} / (\text{年間稼働日数} \times \text{岸壁占有率})$$

ここに、

$$\text{総接岸日数} = \text{年間入港隻数} \times \text{一隻当たり平均接岸日数}$$

$$\text{年間入港隻数} = \text{年間取扱貨物量} / \text{一隻当たり平均積載貨物量}$$

$$\text{平均接岸日数} = (\text{平均積載量} / \text{一日当り平均荷役能力}) + \text{荷役以外の所要日数}$$

ここで、岸壁占有率については、UNCTAD の報告書 (Port Development – A handbook for planners in developing countries –) によれば、通常の雑貨岸壁の占有率は表 5.2.4 に示す値を超えないように設定すべきとされている。

表 5.2.4 岸壁占有率

岸壁数	岸壁占有率
1	40 %
2	50 %
3	55 %
4	60 %
5	65 %
6－10	70 %

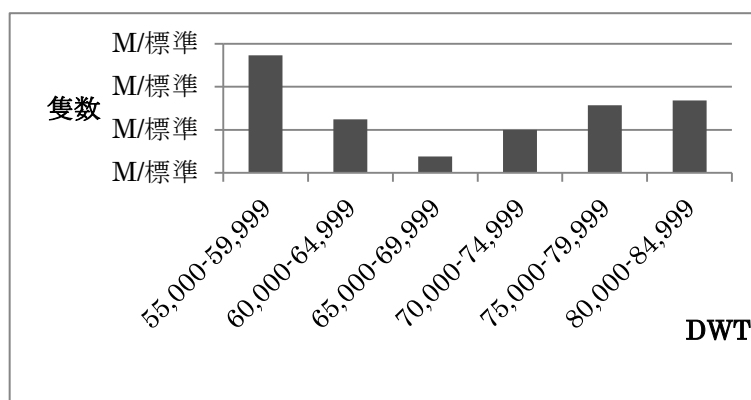
ここではこの数値や待ち行列理論より算出される船舶の平均待ち時間、及びその他の要因も考慮して総合的に必要な岸壁数を決定する。

(2) 石炭荷揚用岸壁（栈橋）数

1) 1st Phase：石炭荷揚量が 8.53 百万トン/年

パナマックスの船型別隻数は、表 5.2.5 の通りである。1st Phase でのパナマックスの平均積載量を 70,000 トンとして検討する。

表 5.2.5 バルク船の船型別隻数



出典：Fair Play 2014 年 4 月

この規模の船舶の石炭荷揚に必要となる日数は、荷役以外の所要日数（入出港手続き、潮待ち時間、着離岸に要する時間等）を 0.5 日として、以下の通りとなる。

平均接岸日数 1.54 日 $((70,000 / (2,500 \times 2 \times 0.75 \times 18)) + 0.5 = 1.54)$

また、年間入港隻数は以下の通りである。

年間入港隻数 122 隻 $(8,530,000 / 70,000 = 121.9)$

岸壁占有率を 50 %とすると、岸壁数は以下の通り算出される。

$$\text{岸壁数 } 2 \text{ (} 122 \times 1.54 / (350 \times 0.5) = 1.07 \text{)}$$

岸壁数は 2 となり、この場合の岸壁占有率は 26.8 % $(= (122 \times 1.54) / (350 \times 2))$ となる。これは、UNCTAD の目標数値を満足する。また、船舶の平均待ち時間は 0.06～0.12 の間の数値となる。岸壁数を 1 とした場合の岸壁占有率及び船舶の平均待ち時間を検証しておく。岸壁占有率は 53.7 % $(= (122 \times 1.54) / (350 \times 1))$ となり、UNCTAD の目標数値を上回る。また、船舶の平均待ち時間は 0.9～1.8 日の間の数値となり、これは船舶の平均サービス時間(1.54 日)に比べて許容し難い待ち時間(年間需要を処理できない可能性を含む)と考えられる。

従って、1st Phase の必要岸壁数は 2 とする。

2) 2nd Phase : 石炭荷揚量が 1,786 万トン/年

対象船舶を 100,000DWT として 1st Phase と同様の方法で岸壁数を算出する。

$$\text{平均接岸日数 } 1.98 \text{ 日 } (100,000 / (2,500 \times 2 \times 0.75 \times 18) + 0.5 = 1.981)$$

$$\text{年間入港隻数 } 179 \text{ 隻 } (17,860,000 / 100,000 \div 179)$$

$$\text{岸壁数 } 3 \text{ (} 179 \times 1.98 / (350 \times 0.5) = 2.02 \text{)}$$

この場合、岸壁数は 2 となり、岸壁占有率は 33.7 %となる。

岸壁数を 1st Phase と同数の 2 とした場合、岸壁占有率は 50.5 %となり UNCTAD の目標数値を僅かに上回ると共に、船舶の平均待ち時間は 0.34～0.68 日の間の数値になる。3rd Phase に向けて需要増に対応する必要があること、及び後述するように潮位を利用した入出港や航路の一方向航行等港湾施設利用上の制約があること等を考慮して、2025 年での必要岸壁数を 3 とする。このため、3rd Phase でケーブサイズ用となる岸壁を 1 つ先行整備する（但し、施設規模はオーバーパナマックス用で対応可能である）。

3) 3rd Phase : 石炭荷揚量が 31.09 百万トン/年

3rd Phase はポストパナマックスとケーブサイズの船舶を併用して貨物量に対応することとする。輸送量の分担を以下の通り仮定する。

ポストパナマックス	1,500 万トン（入港隻数 150 隻）
-----------	-----------------------

ケーブサイズ	1,609 万トン（入港隻数 101 隻）
--------	-----------------------

ポストパナマックスが扱う 1,500 万トンは既設のポストパナマックス用の 2 岸壁で扱うこととなる。その岸壁占有率は 42.4 %であり、UNCTAD の目標数値を満たす。また船舶の平均待ち時間は 0.22～0.44 日の間の時間となる。ケーブサイズ用施設との計画的な運用を前提にポストパナマックス用の必要岸壁数は 2 とする。

新規に整備するケーブサイズ用の岸壁数は、岸壁占有率を 50 %とすると、

$$\text{平均接岸日数 } 2.87 \text{ 日 } (160,000 / (2,500 \times 2 \times 0.75 \times 18) + 0.5 = 2.870)$$

岸壁数 $2 \ (101 \times 2.87 / (350 \times 0.5) = 1.66)$

となり、岸壁数は2となる。この場合の岸壁占有率は41.4%であり、UNCTADの目標数値を満足する。また、船舶の平均待ち時間は0.29～0.59日の間の数値となり、これは船舶のサービス時間2.87日に対し許容し得る待ち時間であると考えられる。

従って、ケーブサイズ用の必要岸壁数を2とし、うち1つは第2段階で整備した岸壁をケーブサイズ用に改良するものとする。実際の運用に際しては、大きな滞船を生じさせることなく必要な石炭量を取扱えるよう両タイプの岸壁をバランスよく利用できるような配船計画に十分留意する必要がある。

(3) 積込用岸壁（栈橋）数

石炭積込岸壁についても、石炭荷揚用岸壁と同様の考え方で、必要数を決定する。

1) 1st Phase：石炭積込量が3.77百万トン/年

二次輸送に用いられる積込用船舶は、内航船であることから荷役以外に必要な時間が荷揚用船舶の場合より大幅に短縮される。その時間を約2時間と設定する。岸壁数は、岸壁占有率を50%と仮定すると、以下の通り算出される。

平均接岸日数 0.32 日 $((5,000 / (1,500 \times 0.90 \times 18)) + 0.11 = 0.316)$

年間入港隻数 754 隻 $(3,770,000 / 5,000 = 754)$

岸壁数 $2 \ (754 \times 0.32 / (350 \times 0.5) = 1.38)$

岸壁数は2となり、岸壁占有率は34.5% $(= (754 \times 0.32) / (350 \times 2))$ となる。これはUNCTADの目標数値を満たす。また、船舶の平均待ち時間は0.02～0.04日の間の数値であり、船舶の平均サービス時間（0.32日）に対し短い時間であると考えられる。

岸壁数が1の場合、岸壁占有率は68.1%となり、UNCTAの目標数値を大きく上回る。また、船舶の平均待ち時間は0.34～0.67日の間の値となり、これは船舶の平均サービス時間(0.32日)より大きな値となり、年間需要を処理できないと考えられる。これらの検討から、1st Phaseの払出用の必要岸壁数は2とする。

2) 2nd Phase：積込量が11.91百万トン/年

岸壁数は、岸壁占有率を60%と仮定すると、以下の通り算出される。

年間入港隻数 2,382 隻 $(11,910,000 / 5,000 = 2,382)$

岸壁数 $4 \ (2,382 \times 0.32 / (350 \times 0.60) = 3.63)$

岸壁数は4となる。この場合の岸壁占有率は54.4%となり、UNCTADの目標数値を満足する。また船舶の平均待ち時間は0.02～0.04日の間の数値となり、平均サービス時間に対し十分小さな値と考えられる。

岸壁数が 3 の場合、岸壁占有率は 72.6 %であり、UNCTAD の目標数値を大きく上回る。船舶の平均待ち時間は 0.10～0.20 日の間の数値となり、比較的大きな数値となる。これらの検討から、2nd Phase での払出用の必要岸壁数は 4 とする。

3) 3rd Phase : 積込量が 2,514 万トン/年

岸壁数は、岸壁占有率を 70%とすると、以下の通り算出される。

年間入港隻数 5,028 隻 ($25,140,000 / 5,000 = 5,028$)

岸壁数 $7 (5,028 \times 0.32 / (350 \times 0.7) = 6.57)$

岸壁数は 7 となり、この場合の岸壁占有率は 65.6%となる。これは UNCTAD の目標数値を満足すると共に、船舶の平均待ち時間は 0.01～0.03 日の間の時間となり、これは平均サービス時間に対し十分小さい値であると考えられる。

岸壁数が 6 の場合は、岸壁占有率が 76.6%となり、UNCTAD の目標数値を上回る。一方、船舶の平均待ち時間は 0.05～0.09 日の間の数値となる。これらの検討及び 2,000～3,000DWT 級船舶の利用も考えられることから、3rd Phase の必要岸壁数は 7 とする。

注：文中の「船舶の平均待ち時間」は WEB (<http://queueingtoolpal.org/>) の計算機能を用いて算出したものである。待ち行列理論（船舶の到着はポアソン分布、サービス(荷役)は一定分布と指数分布と仮定）により解析的に求めたものである、幅の数字は前者が一定サービスの場合、後者は指数分布サービスの場合である。新規港湾であるため実際のサービス時間等の分布データは得られていないが、幅のある数値の間に現実に近い待ち時間があるものと考えられる。

(4) 航路及び泊地

1) 2nd Phase まで航路及び泊地

1st Phase および 2nd Phase の対象船舶は、ポストパナマックスである。これに対応して航路及び泊地は以下の通り計画する。

i) 航路

入出港船舶が限定的であること及び事業の経済性等の観点から入出港航路は一方向航行とする。航路幅は、日本の基準や先述の UNCTAD の検討例を参考に船舶船幅の 5 倍以上を確保することとする。従って、航路幅は 200 m (= 40m x 5、40m はポストパナマックスの船腹である) 以上を確保する。また、航路には航行援助施設を適切に配置する。

水深については、世界の多くのバルク港湾で潮位差を利用した船舶の入出港が行われていることから、ここでも潮位差(約 3.13 m)を利用した航路とする。航路水深は、通常必要な満載喫水 14.5m の 1.1 倍である 16m に潮位差の半分を差し引いた数値として 14.5m を確保する。払出用船舶の航路は入出港航路及びハウ川バイパス運河を活用できるため、特段の問題はない。

ii) 泊地

泊地の水深については、ポストパナマックスの満載喫水の 1.1 倍である 16.0m を確保する。また、回頭水域の広さは、十分な静穏度が確保されていること及び石炭船専用港湾であることから、施設前面に対象船舶船長の 2 倍 (2LOA) を直径とする円の水域確保に努める。払出用船舶の回頭水域については、一部ゾーエンハイ発電所が整備する水域を活用する。しかしながら、払出用船舶の入出港隻数が増えていくことから、第 2 段階においては施設前面に回頭水域を確保する。

2) 第 3 段階の航路及び泊地の計画

第 3 段階ではケーブサイズが対象船舶として加わることから、航路及び泊地の規模は以下の通りとする。

i) 航路

入出港航路の幅は、ケーブサイズ船舶の船幅 45m の 5 倍である 225m 以上を確保する。また、水深は上記 i) の場合と同様の考え方を採用し 17.5m を確保する。

ii) 泊地

泊地についても、1st Phase および 2nd Phase と同様の考え方で計画する。水深については、ケーブサイズの満載喫水 (17.5m) の 1.1 倍である 19.0m を確保する。回頭水域は、施設前面に対象船舶船長の 2 倍 (2LOA) を直径とする円の水域確保に努める。

(5) 沖合防波堤

沖合荷揚げ及び航路・泊地の静穏度を確保するために、防波堤を設置する。防波堤は、荷役稼働率と安全停泊限界を考慮して静穏度を 97.5%確保し、荷役作業限界の目安である波高 1.5m 以上の波を遮蔽することを目的とする。

3.3 に示した波浪観測の結果は短期間であるが、計画地域は ENE の波浪が卓越していることがわかる。また、波浪推算によって波浪変形計算を行った結果によると、2000～2010 年までの通年の波高と波向は同じく ENE と SSW の 2 方向が卓越していることがわかる。荷役限界である 1.5m 以上の波高は ENE 方向で特に顕著であり、これを遮蔽するように防波堤を配置する。また、波の回折を考慮し、防波堤の延長を 1.75km とする。

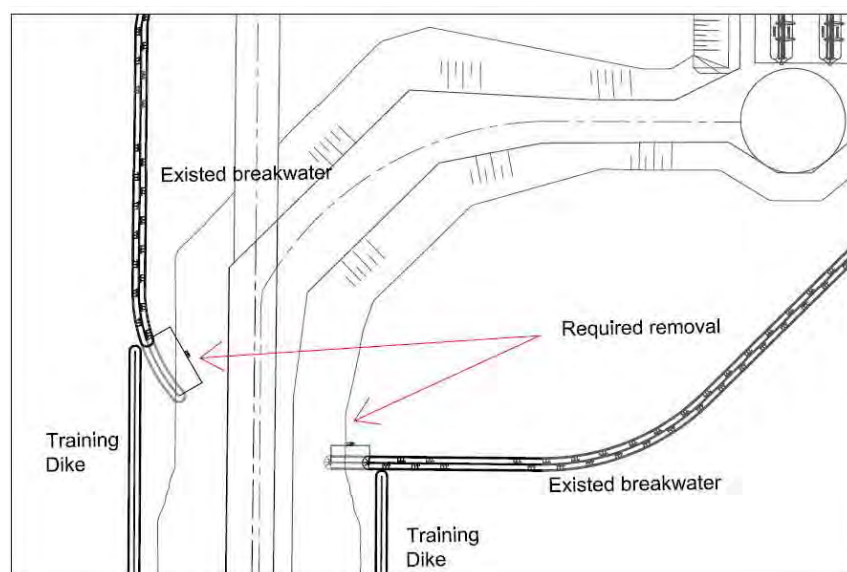
表 5.2.6 波浪推算による波高と波向頻度表

Mecon																		ERR				0h	
H(m)	Deg	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	N	CALM	出現頻度		超過出現頻度		
																			(回)	(%)	(回)	(%)	
CALM																			1201	1201	3.8	1201	3.8
~ 0.1		0	0	24	52	23	23	2	12	36	1	0	0	0	0	0	0			173	0.6	1374	4.4
~ 0.2		0	0	122	91	37	21	17	56	90	4	0	0	0	0	0	0			458	1.5	1832	5.8
~ 0.3		0	24	322	18	13	11	6	61	264	23	0	0	0	0	0	0			744	2.4	2576	8.2
~ 0.4		0	66	806	96	23	9	17	187	504	41	0	0	0	0	0	0			1749	5.6	4325	13.8
~ 0.5		0	170	1853	205	35	12	21	298	847	46	0	0	0	0	0	0			3487	11.1	7812	24.9
~ 0.6		0	173	1422	144	34	11	27	322	949	71	0	0	0	0	0	0			3153	10.0	10965	34.9
~ 0.7		0	201	1580	122	26	4	11	213	790	57	0	0	0	0	0	0			3004	9.6	13969	44.5
~ 0.8		0	184	1184	143	22	3	3	155	544	40	0	0	0	0	0	0			2278	7.3	16247	51.7
~ 0.9		0	160	1107	101	9	6	5	144	534	34	0	0	0	0	0	0			2100	6.7	18347	58.4
~ 1.0		0	87	918	92	2	2	0	62	380	32	0	0	0	0	0	0			1575	5.0	19922	63.4
~ 1.1		0	66	843	71	0	0	0	84	327	13	0	0	0	0	0	0			1384	4.4	21306	67.8
~ 1.2		0	79	920	42	0	0	0	61	267	13	0	0	0	0	0	0			1382	4.4	22688	72.2
~ 1.3		0	58	715	21	0	0	0	47	147	10	0	0	0	0	0	0			998	3.2	23686	75.4
~ 1.4		0	74	889	10	0	0	0	31	116	6	0	0	0	0	0	0			1126	3.6	24812	79.0
~ 1.5		0	46	688	8	0	0	0	19	45	3	0	0	0	0	0	0			809	2.6	25621	81.6
~ 1.6		0	47	735	7	0	0	0	7	42	1	0	0	0	0	0	0			839	2.7	26480	84.3
~ 1.8		0	103	1062	4	0	0	0	11	40	0	0	0	0	0	0	0			1220	3.9	27680	88.1
~ 2.0		0	86	819	3	1	1	2	5	18	0	0	0	0	0	0	0			935	3.0	28615	91.1
~ 2.2		0	119	669	4	0	0	0	2	5	0	0	0	0	0	0	0			799	2.5	29414	93.7
~ 2.4		0	98	593	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			694	2.2	30108	95.9
~ 2.5		0	40	186	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			227	0.7	30335	96.6
~ 3.0		0	41	663	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			708	2.3	31045	98.8
~ 3.5		0	25	275	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			301	1.0	31344	99.8
~ 4.0		0	12	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			60	0.2	31404	100.0
~ 5.0		0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			2	0.0	31406	100.0
5.0 ~		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0	0.0	31406	100.0
出現頻度	(回)	0	1919	####	1223	247	103	111	1777	5945	395	0	0	0	0	0	0	1201	31406	100.0			
	(%)	0.0	6.2	58.7	3.9	0.8	0.3	0.4	5.7	18.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	100.0				

出典：調査団作成

(6) 既存防波堤の考慮

上記の航路幅の拡幅および増進に伴い、ズーエンハイ火力発電所用港湾の既存防波堤を撤去する。撤去により港内の静穏が確保されない恐れがあるが、防波堤先端より航路両側に防砂堤を配置する事で、静穏度は十分確保される。撤去延長は防波堤の斜面安定性を考慮して決定する（後述 5.3.8 章参照）。同様に、荷揚栈橋、積込栈橋に関しても既存防波堤の斜面安定性を考慮し、十分な距離を取るよう配置する。

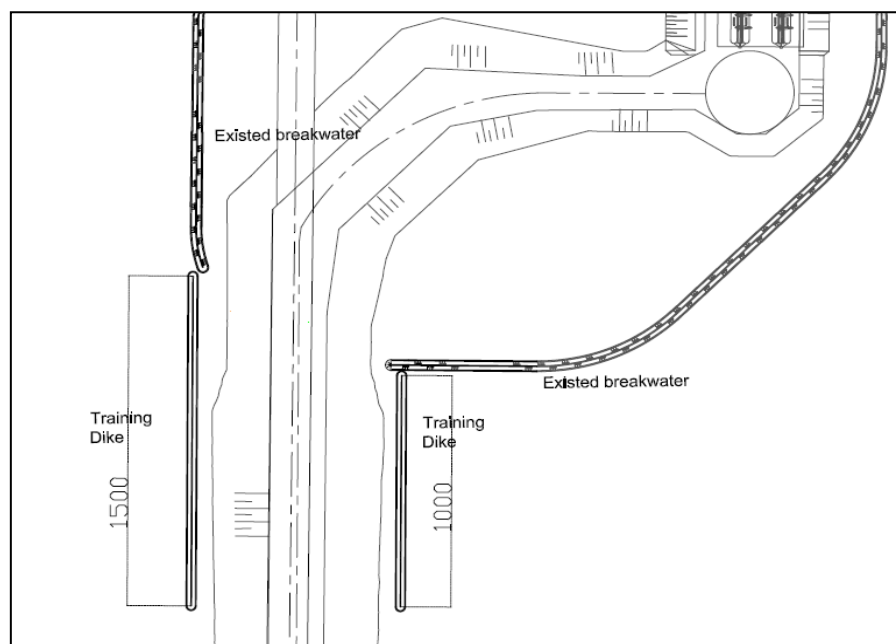


出典：調査団作成

図 5.2.1 既存防波堤撤去計画図

(7) 防砂堤

航路埋没シミュレーション (4.7 章) の結果より、埋没対策の観点では防砂堤を設けないケースが経済的である。しかしながら、既存防波堤の撤去にともない港内の静穏度を確保するため、防砂堤を既存防波堤の先端に設置する。防砂堤の延長は、大型船舶の”stopping distance”を考慮し、航路北側を 1000m、航路南側を 1500m とする。



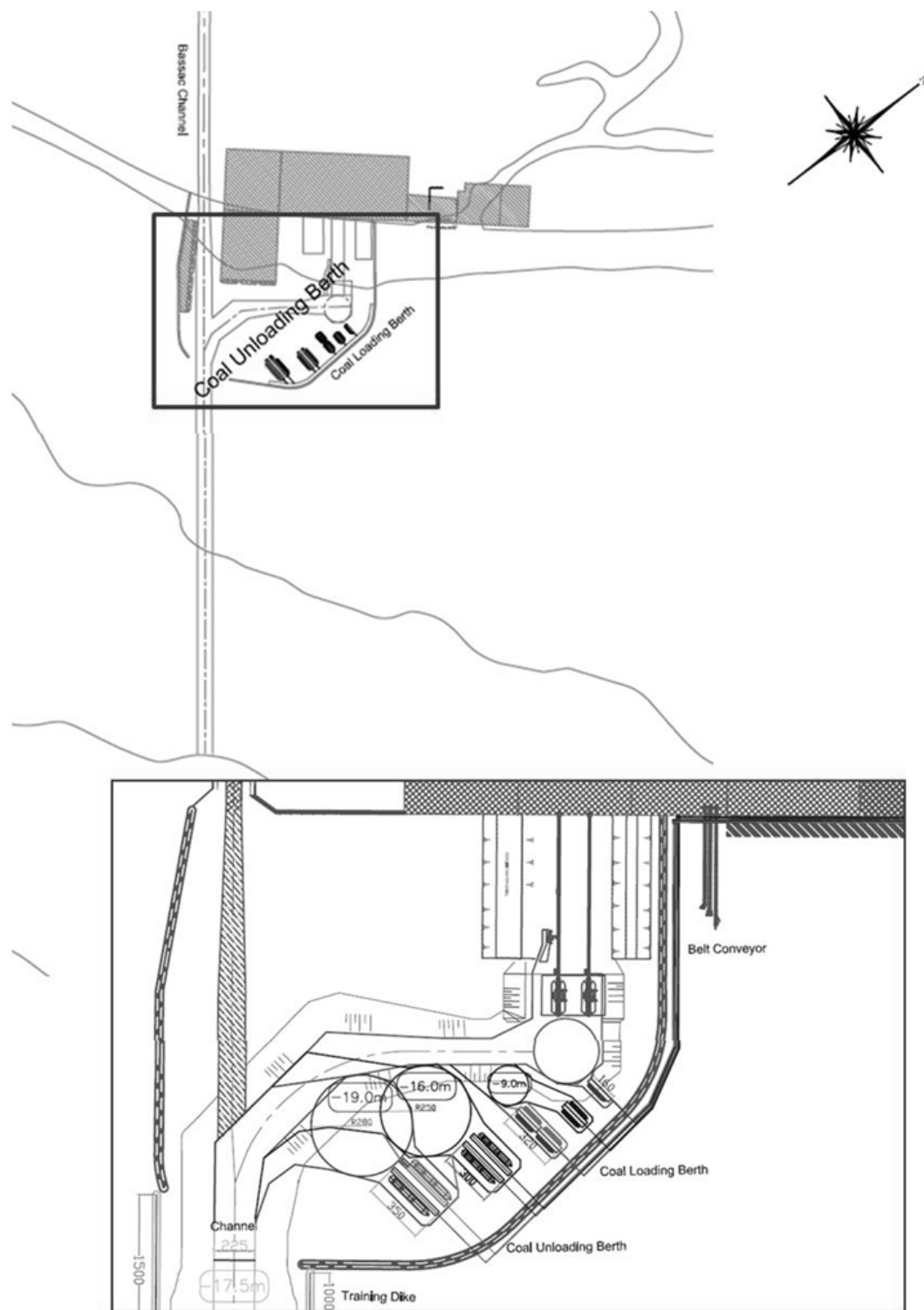
出典：調査団作成

図 5.2.2 防砂堤配置計画図

(8) 岸壁レイアウト

上記の条件に基づき港湾施設レイアウト 3 案を以下に示す。

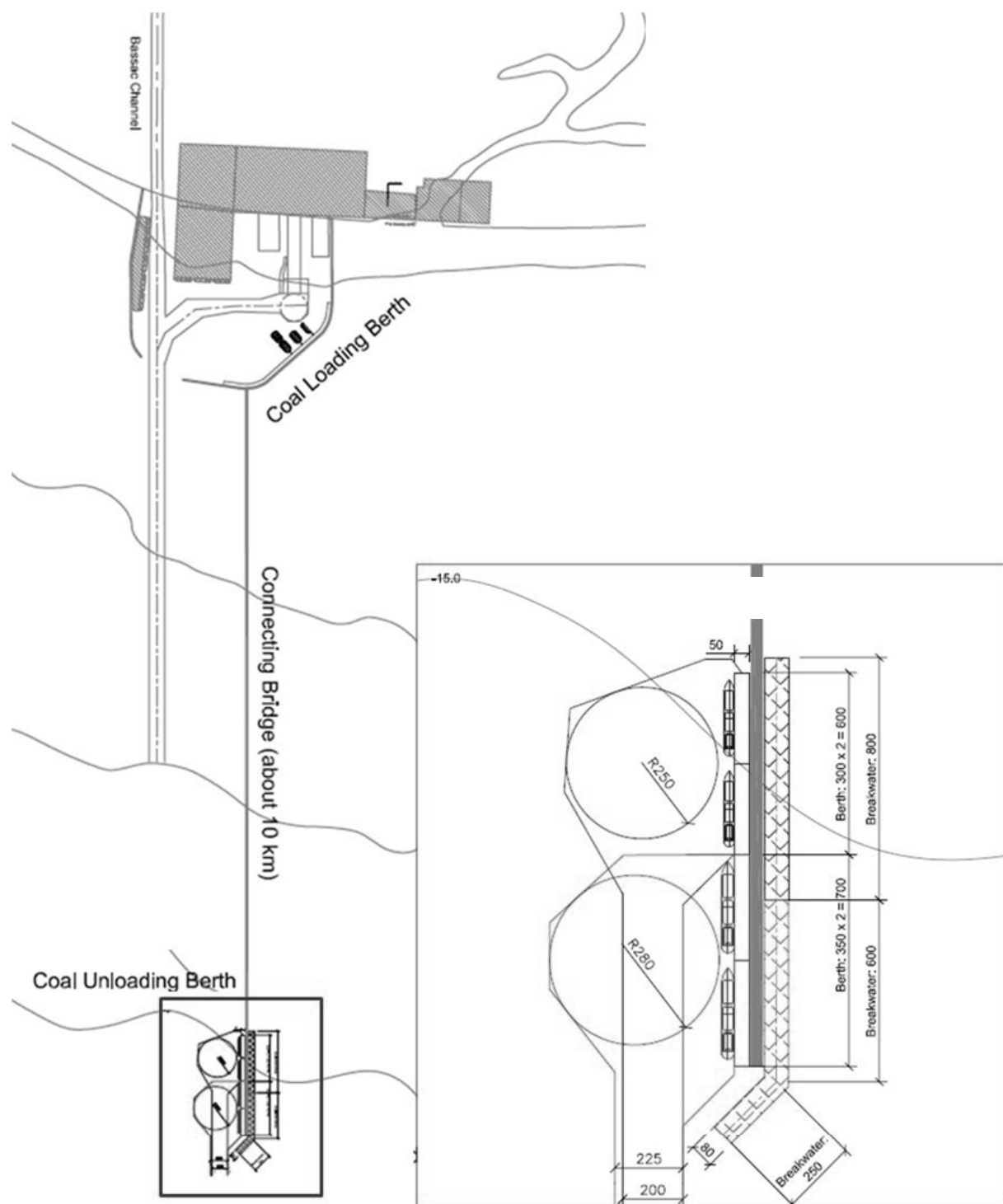
1) 港内案



出典：調査団作成

図 5.2.3 港湾施設レイアウト（港内案）

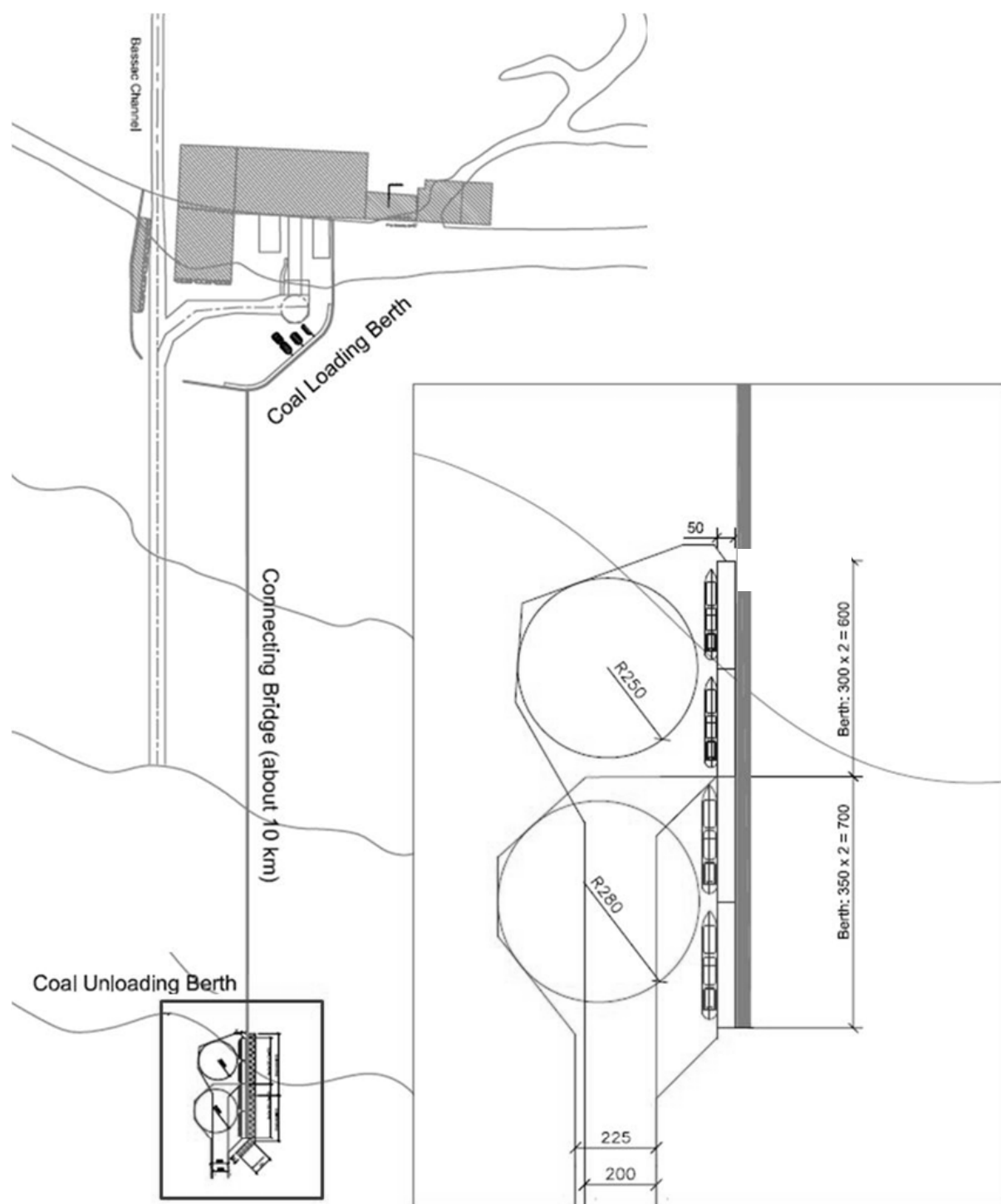
2) 港外案 (防波堤あり)



出典：調査団作成

図 5.2.4 港湾施設レイアウト (港外案、防波堤あり)

3) 港外案 (防波堤なし)



出典：調査団作成

図 5.2.5 港湾施設レイアウト (港外案、防波堤なし)

5.2.3. 貯炭場候補地の適地選定

(1) 貯炭場候補地

貯炭場の候補地 (a) ～(e)を以下に示す。

- (a) ハウ川バイパス運河東側
- (b) 発電所後背地
- (c) 発電所東側 (陸上)
- (d) 発電所東側 (海上)
- (e) 発電所西側 (海上)

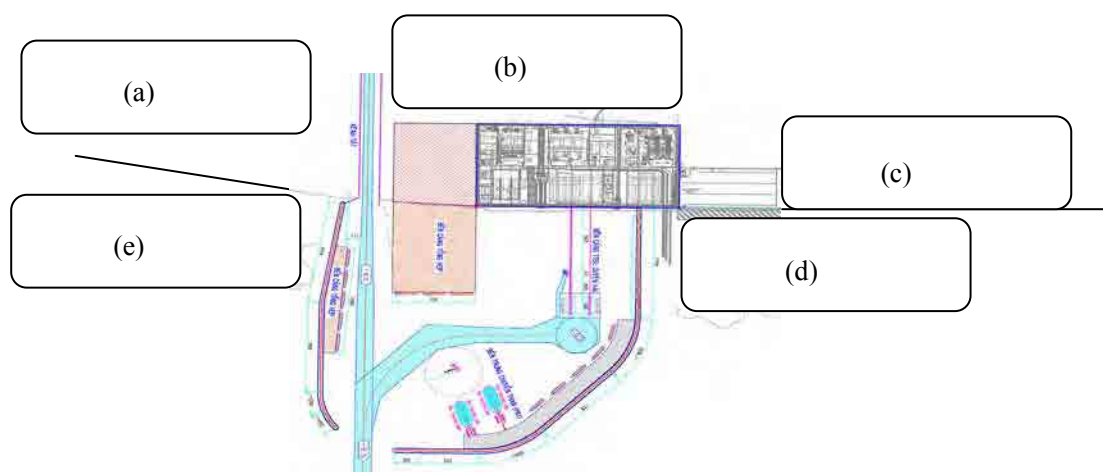


図 5.2.6 貯炭場候補地

(2) 前提条件

比較検討に用いる前提条件を以下に示す。

- 面積: 最大約 200 ha (幅 1,000m x 全長 2,000m)
- 段階的整備による拡張の可能性を考慮
- 積込栈橋は防波堤内に建設される
- ブーエンハイ火力発電所はこの貯炭場の石炭を使用する

(3) 貯炭場選定比較項目

以下の 7 つの項目により、貯炭場の適地選定を行う。

- ① 積込栈橋からの距離
- ② ブーエンハイ石炭火力発電所からのアクセスの良さ
- ③ 拡張可能性
- ④ 居住区域への影響
- ⑤ 建設費用
- ⑥ 周辺環境への影響
- ⑦ CTT 建設作業による影響

⑧ CTT 供用開始後の影響

⑨ CTT 関係経費

(4) 評点

上記で定めた比較項目において、以下に定める評点をもってそれぞれの候補地を評価する。

- 5: かなり良い
- 4: 良い
- 3: 普通
- 2: 要改善
- 1: 不適切

(5) 比較検討結果

比各候補地における比較検討結果を表 5.2.7 に示す。

表 5.2.7 比較検討結果

No.	項目	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1	積込棧橋からの距離	1	3	3	3	1
2	ズーエンハイ石炭火力発電所からのアクセスの良さ	1	5	4	4	1
3	拡張可能性	5	1	3	3	3
4	居住区域への影響	3	1	3	5	5
5	建設費用	3	4	4	2	2
6	周辺環境への影響	3	1	3	2	2
7	CTT 建設作業による影響	3	3	3	3	3
8	CTT 供用開始後の影響	3	3	3	3	3
9	CTT 事業に関する経費	3	3	3	3	3
	総合評価	25	24	29	28	23

(6) 比較評価根拠

評価根拠および説明を以下に示す。

1) 積込棧橋からの距離

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
積込棧橋からの距離	積込棧橋から 5km 以上、および石炭二次輸送用の航路を横切る必要がある (serious demerit)	積込棧橋から 約 3km~5km (standard)	積込棧橋から 約 3km (standard)	積込棧橋から 約 3km (standard)	積込棧橋から 5km 以上、および石炭二次輸送用の航路を横切る必要がある (serious demerit)

2) ズーエンハイ石炭火力発電所からのアクセス

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
発電所からのアクセス	発電所から約2km、航路を横切る必要がある (serious demerit)	発電所の後背地 (standard)	発電所から約1km (standard)	発電所から約1km (standard)	発電所から約2km、航路を横切る必要がある (serious demerit)

3) 拡張可能性

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
拡張可能性	海側、北側、西側へ容易に拡張可能	発電所周辺に居住区、道路がある(拡張は困難 serious demerit)	海側、東側へ容易に拡張可能	海側、東側へ容易に拡張可能	海側、北側、西側へ容易に拡張可能

4) 居住区域への影響

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
住民移転の影響	集落があり約80 家族が堰堤の内陸側に居住している	住宅、小売店、食堂、工場が存在し(約80 戸)多くの人が住みついているので住民移転が困難	集落に漁民、農民が居住しており、最終段階(3 期工事: 72ha)では約20 家族の住民移転が必要	海岸沿いであり居住する住民はいない、用地買収及び住民移転不要	海岸沿いであり定住する住民はいないので住民移転はない、しかし養殖池の監視小屋が10 か所程ある。
漁業、養殖への影響	土地利用は殆どが養殖池であり養殖池を利用した漁業が行われている	少数であるが養殖池により養殖が行われている。	河川を利用した生簀で小規模な養殖が行われている、沿岸域で漁を行っている漁民もいる	遠浅の沿岸域の海岸であり、ここでは漁業活動は行われていない	湖沼を利用した生簀で養殖が行われている

5) 建設費用

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
建設費用	建設工事用アクセス道路が必要になる。	(a)と同様の建設作業が必要。既存の建設工事用アクセス道路は存在する。	(b)と同様の条件を持つ	(b)と比較し、護岸・埋立費用が追加で必要	(a)と比較し、護岸・埋立費用が追加で必要

6) 周辺環境への影響

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
生態系、マングロープへの影響	地域内に若干のマングロープ林が残るが貴重種ではない	地域内にマングロープ林は殆どない	対象地域に少しマングロープ林があるが IUCN のレッドブックの貴重種はいない。	マングロープの植生なし、(沿岸域にはかつて植生があったが現在は土壌流出で消滅)	沿岸域に侵食防止のためマングロープの人工林が形成されているので工事に際しては多量の伐採を伴う (世銀案件で整備)
農地への影響	若干の農地がある	若干の農地がある	沿岸沿いの農地では耕作が行われている	農地なし	農地なし
地形・地質への影響	この区域は殆どが養殖池であるので、大規模な埋立が必要	既に埋立が完了した区域とまだ湖沼がある区域が存在する	隣地の発電所部分の埋立は既に完了、既存湖沼、養殖池の埋立が必要	この区域は遠浅の海岸であるので、工事に際しては大規模な埋立が必要	この区域は海岸であるので、工事に際しては大規模な埋立が必要
湖沼・河川	湖沼あり	湖沼あり	湖沼及び中小河川あり	海域につながる河川あり	多くの湖沼あり

7) CTT 建設作業による影響

候補地の違いによる影響の差はほとんどない

8) CTT 運営による影響

候補地の違いによる影響の差はほとんどない

9) CTT 事業に関する経費

候補地の違いによる影響の差はほとんどない

(7) 貯炭場位置の選定

上記比較検討の結果より、貯炭場として候補地(c)が選定される。将来的に、より広い土地が必要となった場合、拡張候補地として候補地(d)が使用可能である。

(8) 候補地(a)および(e)案について

貯炭場の候補地選定にあたり Tra Vinh 省 PC の意向は付属資料 E に示されているように、候補地(a)および(e)案を希望するものであった。

候補地(a)および(e)案については、前項までの検討のように、ズーエンハイ石炭火力発電所の港湾内に荷揚・払出岸壁を設ける案を基本とする場合に、ハウ川バイパス運河を跨いで貯炭場を整

備することから、環境・社会面の評価は高いものの石炭運搬のための施設費が高くなることからその経済性の面で評価が低くなった。

候補地(a)および(e)案を貯炭場として成立させるひとつの考え方として、ハウ川バイパス運河の西側に新たに防波堤を建設して荷揚・払出岸壁を設けることで、石炭運搬のための施設費を抑制することが可能となる。この場合には以下のような得失がある。

- 新たに防波堤の建設や泊地の浚渫土量が増加することもあり、候補地(c)および(d)を貯炭場として設ける案に比した場合に建設コストとしては大きく増加する。
- 石炭輸送のためのベルトコンベア施設の総延長は抑制することができることから、機械設備関係の年間維持管理費用を低減することができる。
- ズーエンハイ石炭火力発電所への石炭供給にあたり、ハウ川バイパス運河を越えてベルトコンベアで輸送するとすると、石炭中継基地としての経済性が大幅に低下することから、他の需要家と同様にバージ等による 2 次輸送を想定する必要がある、ズーエンハイ石炭火力発電所にとっては 2 次輸送コストを負担する必要がある。

候補地(a)および(e)案については以上の得失があることから、JICA 調査団としては前述の候補地(c)および(d)案を貯炭場候補地として報告書のとりまとめを行うものであるが、Tra Vinh 省 PC の意向である候補地(a)および(e)案についても、経済性評価の検討を行うこととし、その結果については付属資料 A に示すこととする。

5.2.4. ターミナル計画

(1) 計画条件

ターミナル計画を行う上での前提条件を以下に示す。

- ターミナル取扱量 (貯炭) : 2,514 万トン/年
- 石炭の比重 : 0.9
- 貯炭場の貯炭効率 : 0.75
- アンローダー : 連続式 2,500t/h
- シップローダー : 1,500t/h
- スタッカー・リクレーマの能力 : 5,500t/h、3,000t/h
- ベルトコンベヤ (搬入) : 5,500t/h
- ベルトコンベヤ (搬出) : 3,300t/h
- 発電所の貯炭量 : 15 日～30 日分

(2) 石炭荷揚棧橋配置比較案に対応する貯炭量

1) 港内案

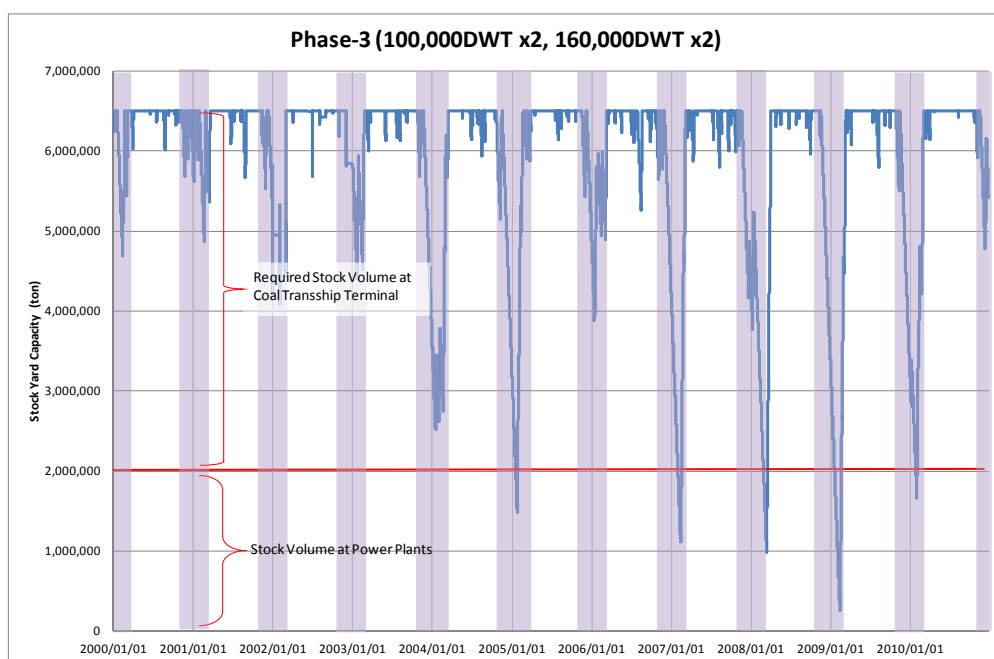
波浪条件に対して安定した石炭荷役が可能なので、ターミナルの貯炭量は取扱量の 30 日分 (1 ヶ月) とする。従って、ターミナルの貯炭量は $2,514 \text{ 万トン/年} \div 12 \text{ カ月} = 209.5 \text{ 万トン/月}$ と算定される。

2) 港外案（防波堤あり）

港内案と同様に、波浪条件に対して安定した石炭荷役が可能なので、ターミナルの貯炭量は取扱量の 30 日分とする。

3) 港外案（防波堤なし）

防波堤がないため石炭荷揚棧橋は波浪の影響を受け、荷役稼働率が下がる。また、11 月～2 月は殆ど石炭荷揚棧橋で荷役が出来ないため、3 月～10 月に石炭を貯炭場に蓄えておく必要がある。2000 年 1 月～2010 年 12 月までの 11 年間の波浪を使ってターミナルの必要貯炭量を計算した結果、450 万トン/年となった。ただし、発電所側で 15 日～30 日分の石炭を貯炭しているとする。図 5.2.7 にターミナル貯炭量を示す。



出典：調査団作成

図 5.2.7 ターミナル貯炭量（港外案（防波堤なし））

(3) 石炭荷揚棧橋比較案に対応するターミナルレイアウト

1) ストックパイル

ストックパイル形状を以下のように設定する。

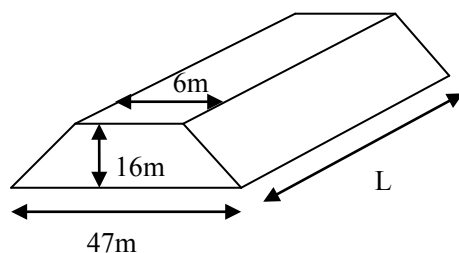


図 5.2.8 ストックパイル形状

断面積 A は、 $A = (6+47) \times 16 \div 2 = 424 \text{ m}^2$ となる。

各案の貯炭量とストックパイル延長・数量、及び必要ターミナルエリアは以下のように算定される。また、各案のターミナルレイアウト図を図 5.2.9～図 5.2.11 に示す。

表 5.2.8 各案における必要ターミナルエリア

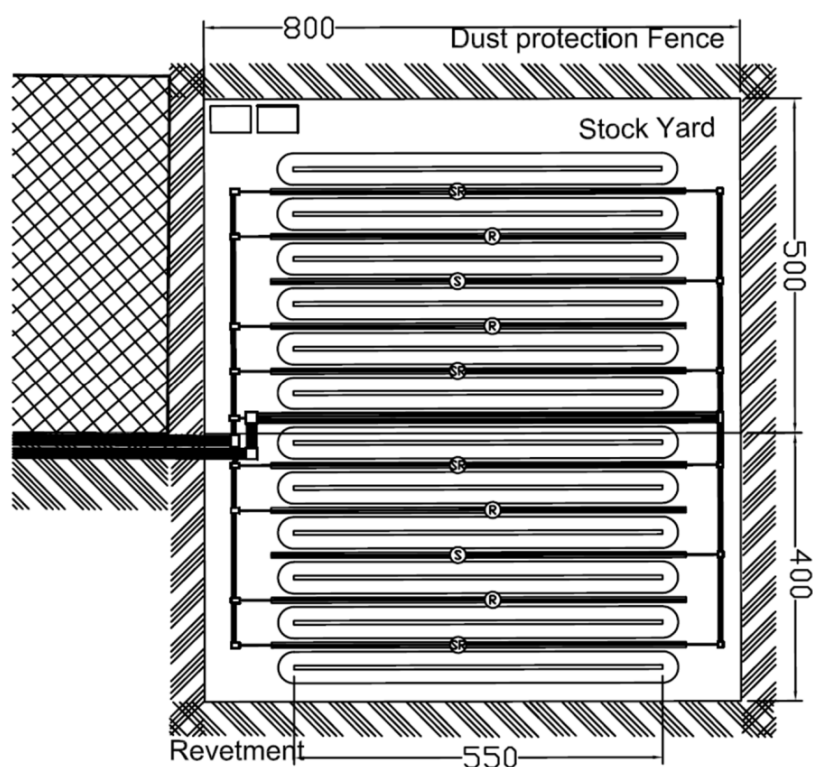
	貯炭量 (万トン)	貯炭効率	ストックパイル延長 (m)	ストックパイル 本数	必要ターミナルエリア (ha)
港内案	209.5	0.75	550	12	72
港外案（防波堤あり）	209.5	0.75	550	12	72
港外案（防波堤なし）	450.0	0.75	1,200	12	135

出典：調査団作成

石炭貯炭中に自然発火するのを防ぐため、各ストックパイルで温度計測を行い、必要に応じて散水、ブルドーザーによる転圧、石炭の積み換えを行う。

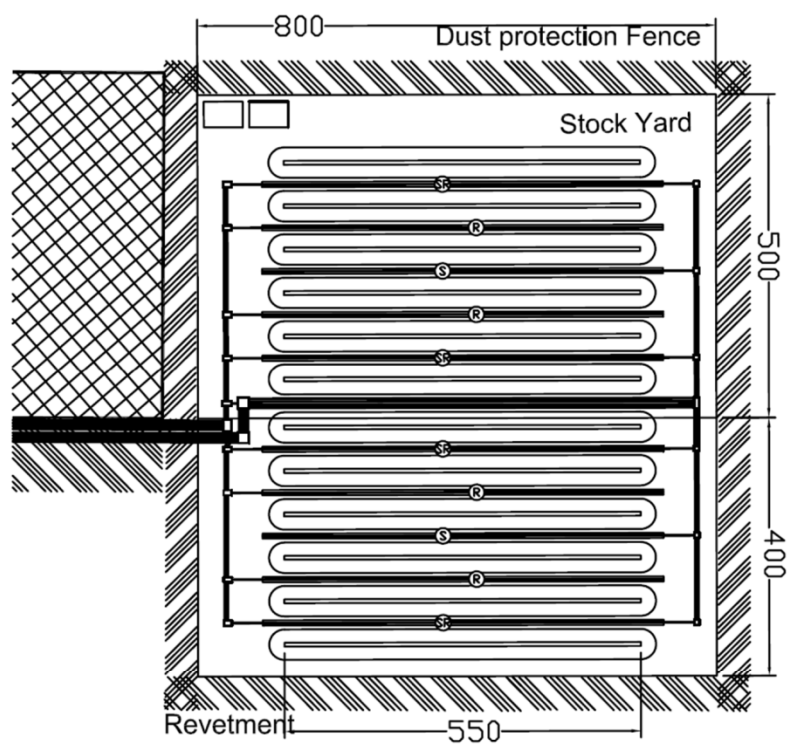
2) その他施設

管理棟、整備場、消化施設、変電・受電施設、防風フェンス、セキュリティフェンス等を設置する。



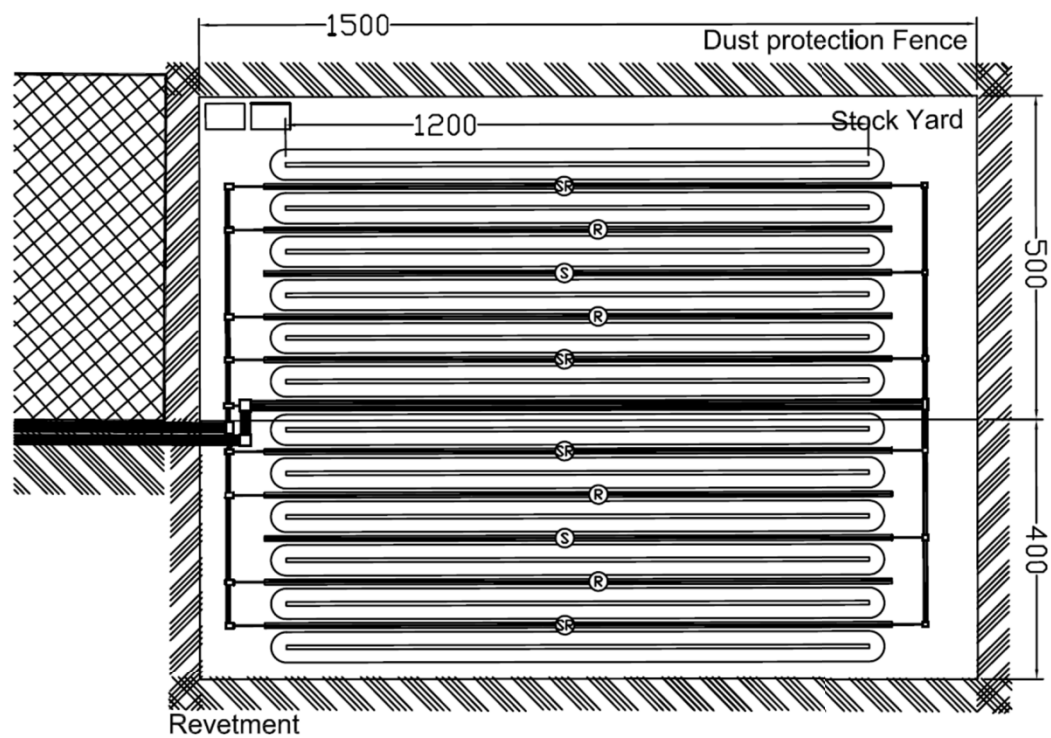
出典：調査団作成

図 5.2.9 ターミナルレイアウト（港内案）



出典：調査団作成

図 5.2.10 ターミナルレイアウト (港外案 (防波堤あり))



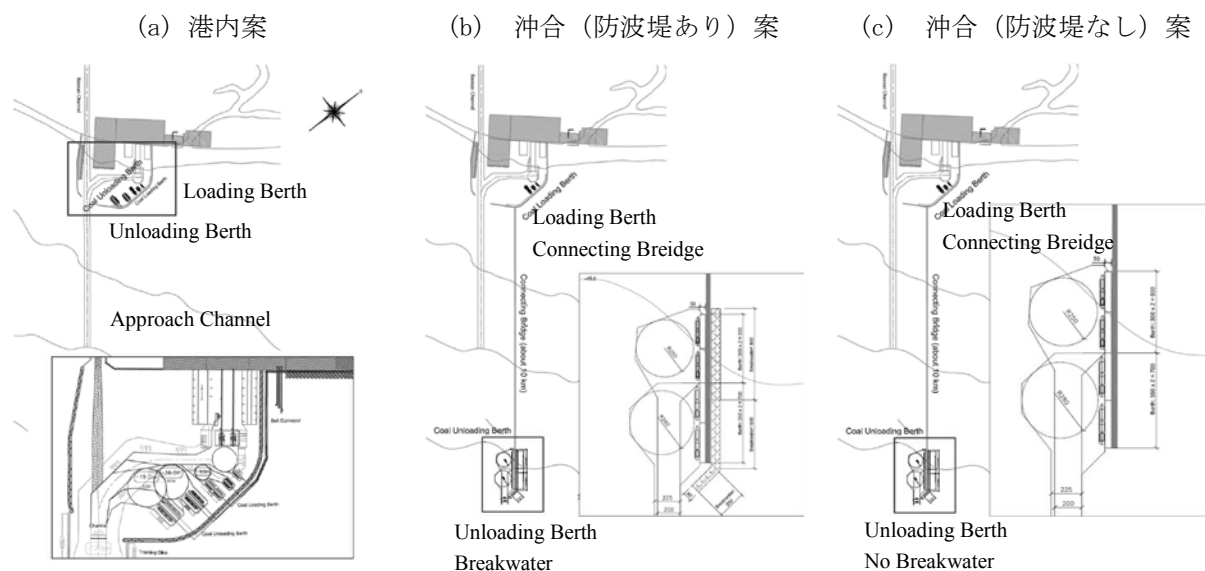
出典：調査団作成

図 5.2.11 ターミナルレイアウト (港外案 (防波堤なし))

5.2.5. 港湾・ターミナル形式の選定

(1) 設定

港湾・ターミナル形式を選定するにあたり、以下の 3 形式 (a)、(b)、(c)を候補とし検討を進める。比較検討案を図 5.2.12 に示す。



出典：調査団作成

図 5.2.12 港湾・ターミナル形式の比較検討案

(2) 比較検討の前提条件

比較検討のため、仮定として以下の条件を用いる。

表 5.2.9 比較検討条件

No.	項目	条件
1	石炭需要	“DecisionNo.5964/QD-BCT(9Oct2012)”
2	石炭消費量	3.1 K ton/Mw
3	1 st Phase 対象船舶	70,000 DWT
4	2 nd Phase 対象船舶	100,000 DWT
5	3 rd Phase 対象船舶	160,000 DWT
6	発電所貯炭量	0.5 か月
7	港外（防波堤なし）案における低稼働率期間	4 か月(11 月～2 月)
8	積込栈橋位置	港内
9	貯炭場位置	発電所北東側
10	防波堤タイプ	ケーソン
11	導流堤	捨石タイプ
12	貯炭場貯炭能力	0.02ha/K ton
13	年稼働日数	350 days/year
14	日稼働時間	18 hours/day
15	荷揚用荷役能力	2,500 ton/h

16	荷揚用荷役効率	75 %
17	積込用荷役能力	1,500 ton/h
18	対象積込用船舶	5,000~10,000 DWT
19	積込用荷役効率	90 %

出典：調査団作成

(3) 1st Phase 港湾タイプ比較検討

上記の条件に基づき、各タイプの必要施設を検討する。表 5.2.10 に各タイプの必要施設および、2020 年（1st Phase 時）における条件を示す。

表 5.2.10 1st Phase（2020 年）における港湾・ターミナル形式比較

No.	項目	単位	(a) 港内	(b) 沖合 (防波堤あり)	(c) 沖合 (防波堤なし)
1	石炭需要	K ton/year	8,530	8,530	8,530
2	貯炭場面積	ha	22	22	45
3	スタッカー・リクレーマ	Unit	3	3	3
4	荷揚栈橋数	Berth	2	2	2
5	アンローダー数	Unit	4	4	4
6	積込栈橋数	Berth	2	2	2
7	ローダー数	Unit	2	2	2
8	荷揚用ベルトコンベヤ	km	13	33	33
9	積込用ベルトコンベヤ	km	10	10	10
10	連絡橋	km	N/A	12	12
11	防波堤	km	N/A	2	2
12	初期浚渫・埋立	m3	20,000,000	N/A	N/A
13	維持浚渫	m3/year	2,000,000	N/A	N/A
14	防砂堤	km	2.5	N/A	N/A
15	建築・フェンス	L.S	1.0	1.0	2.0

出典：調査団作成

(4) 1st Phase における初期費用検討

上記設定条件により、1st Phase における初期建設費用及び荷役設備費用を推定する。表 5.2.11 の数値はコストポイントを現わしており、推定費用により重みづけされた値である。

表 5.2.11 1st Phase（2020 年）における港湾・ターミナル初期建設コストポイント

No.	Cost Factor	(a) 港内	(b) 沖合 (防波堤あり)	(c) 沖合 (防波堤なし)
1	貯炭場地盤改良・埋立	255	255	478
2	スタッカー・リクレーマ	97	97	97

3	荷揚栈橋	309	309	309
4	荷揚用積込設備	264	264	264
5	積込栈橋	44	44	44
6	積込用荷役設備	66	66	66
7	荷揚用ベルトコンベヤ	517	1,294	1,294
8	積込用ベルトコンベヤ	230	230	230
9	貯炭場内機械	10	10	10
10	連絡橋	0	1,500	1,500
11	防波堤	0	1,230	0
12	初期浚渫・埋立	972	0	0
13	防砂堤	236	0	0
14	建築・フェンス	261	261	489
	初期コストポイント総計	3,261	5,559	4,780

Note：単位：コストポイント

出典：調査団作成

(5) 追加施設および建設費用

3rd Phase（2030 年）までに必要となる港湾施設および建設作業を表 5.2.12 に示す。

表 5.2.12 3rd Phase（2030 年）に必要な施設およびその条件

No.	項目	Unit	(a) 港内	(b) 港外 (防波堤あり)	(c) 港外 (防波堤なし)
1	石炭需要	K ton/year	31,090 (8,530)	31,090 (8,530)	31,090 (8,530)
2	貯炭量	K ton	2,591 (314)	2,591 (314)	10,363 (1,257)
3	貯炭場面積	ha	72(22)	72 (22)	135(45)
4	スッターカー・リクレーマ	Unit	10(3)	10 (3)	10(3)
5	荷揚栈橋数	Berth	4 (2)	4 (2)	4 (2)
6	荷揚用荷役設備数	Unit	8 (4)	8 (4)	8 (4)
7	積込栈橋数	Berth	7(2)	7(2)	7 (2)
8	積込用荷役設備数	Unit	7 (2)	7 (2)	7 (2)
9	荷揚用ベルトコンベヤ	km	31 (13)	71 (31)	71(31)
10	積込用ベルトコンベヤ	km	21 (10)	21 (10)	21 (10)
12	連絡橋	km	(N/A)	12 (12)	12 (12)
13	防波堤	km	(N/A)	2 (2)	2 (2)
14	初期浚渫・埋立	m3	17,500,000 (20,000,000)	(N/A)	(N/A)
15	維持浚渫	m3/year	2,300,000	(N/A)	(N/A)
16	防砂堤	km	2.5(2.5)	(N/A)	(N/A)

17	建築・フェンス	L.S	2.0 (1.0)	2.0 (1.0)	4.0 (2.0)
----	---------	-----	-----------	-----------	-----------

Note : 2030 年に必要とされる量, ()内は 2020 年に必要とされる量

出典 : 調査団作成

(6) 追加施設および建設費用比較検討

3rd Phase (2030 年) 時までに追加される施設および必要とされる建設作業費用の比較結果を表 5.2.13.に示す。

表 5.2.13 追加施設・建設コストポイント

No.	Cost Factor	(d) 港内	(e) 沖合 (防波堤あり)	(f) 沖合 (防波堤なし)
1	貯炭場地盤改良・埋立	579	579	1,086
2	スタッカー・リクレーマ	225	225	225
3	荷揚栈橋	309	309	309
4	荷揚用積込設備	305	305	305
5	積込栈橋	110	110	110
6	積込用荷役設備	166	166	166
7	荷揚用ベルトコンベヤ	686	1,490	1,490
8	積込用ベルトコンベヤ	276	276	276
9	貯炭場内機械	10	10	10
10	追加浚渫・埋立	868	0	0
11	防砂堤	0	0	0
12	建築・フェンス	236	236	442
	追加コストポイント	3,261	5,559	4,780

※単位 : コストポイント

出典 : 調査団作成

(7) 運用および維持管理費用 (2050 年まで)

2050 年まで 30 年間に必要な運用および維持管理費用に関しての比較検討を表 5.2.14 に示す。

表 5.2.14 運用・維持管理コストポイント (2050 年時)

No.	Cost Factor	(a) 港内	(b) 沖合 (防波堤あり)	(c) 沖合 (防波堤なし)
1	維持費用 (土木施設)	419	795	819
2	維持費用 (設備)	2,055	3,236	3,236
3	維持費用 (浚渫)	2,395	0	0
4	ターミナル運営費用	750	750	750
	運用・維持管理費用総計	5,654	5,414	5,661

※単位 : コストポイント

出典：調査団作成

(8) 総費用検討および候補選定

2050 年までの 30 年間で必要とされる初期建設費用、追加建設費用、維持運営費用に関して検討を行った。その結果を表 4.2.14 に示す。

表 5.2.15 総合費用点

No.	Cost Factor	(a) 港内	(b) 沖合 (防波堤あり)	(c) 沖合 (防波堤なし)
1	1 st Phase 初期費用	3,261	5,559	4,780
2	2 nd Phase, 3 rd Phase 追加費用	3,769	3,705	4,417
3	2050 年時まで 維持運営費用	5,619	4,781	4,805
	総計	12,649	14,045	14,003

※単位：コストポイント

出典：調査団作成

上記の比較検討より、石炭中継基地の最適案として(a)港内案を選定した。以後、計画、設計、およびその他検討において、港内案をもとに検討していく。

(9) 追加検討案 (瀬取り案)

フローティングクレーンを使用した輸入石炭の沖合積み替え案 (瀬取り案) を追加検討として先の 3 案と比較する。本案は CP である VINACOMIN より 2014 年 6 月 25 日の協議において提案を受けたものである。本案の詳細条件を以下に示す。

- 輸入船から舁に積み替えるため、フローティングクレーンが使用される
- 輸入船から貯炭場までの輸送には舁が使用される
- 国内二次輸送用の石炭は貯炭場から積込栈橋へとベルトコンベヤによって輸送される

石炭輸入船から貯炭場へと舁で輸送する際に、海象条件による影響を考慮する必要がある。特に海象条件の厳しいモンスーンの時期は、たとえ石炭荷揚栈橋に防波堤を設置したとしても輸送が困難となり運用上問題が想定される。

必要とされる施設は先の 3 案と同規模の荷役能力を有したフローティングクレーン、舁、タグボート、貯炭場に設置する石炭荷揚栈橋、積込栈橋および荷役機器である。積込栈橋および貯炭場は(c)案沖合案 (防波堤なし) と同様の規模が必要となる。

一方、防波堤、長距離の連絡橋、ベルトコンベヤ、初期浚渫および維持浚渫を考慮する必要がなくなる。

運用費用ではフローティングクレーンから石炭荷揚栈橋へと輸送するための関係費用を見込む必要がある。

以上の条件を考慮して、追加案に関して検討を行った結果を表に示す。

表 5.2.16 総コストポイント

No.	項目	(a) 港内	(b) 沖合 (防波堤あり)	(c) 沖合 (防波堤なし)	(d) 瀬取り
1	1 st Phase 初期費用	3,261	5,559	4,780	2,649
2	2 nd Phase, 3 rd Phase 追加費用	3,769	3,705	4,417	4,660
3	2050 年時まで維持運営費用	5,619	4,781	4,805	6,058
	総コストポイント	12,649	14,045	14,003	13,367

※単位：コストポイント

出典：調査団作成

上記比較検討の結果、(a)港内案が最適案として選択された。以降の章では港内案に関する検討を行っていく。

5.2.6. 段階的整備計

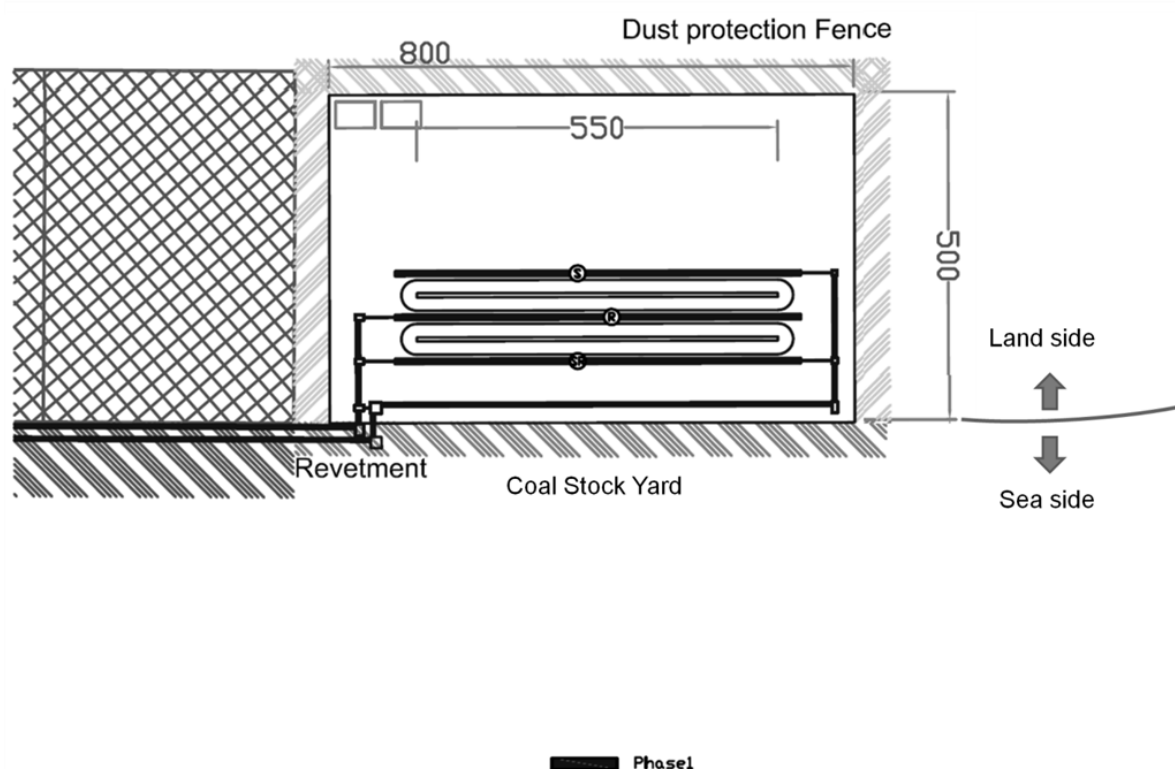
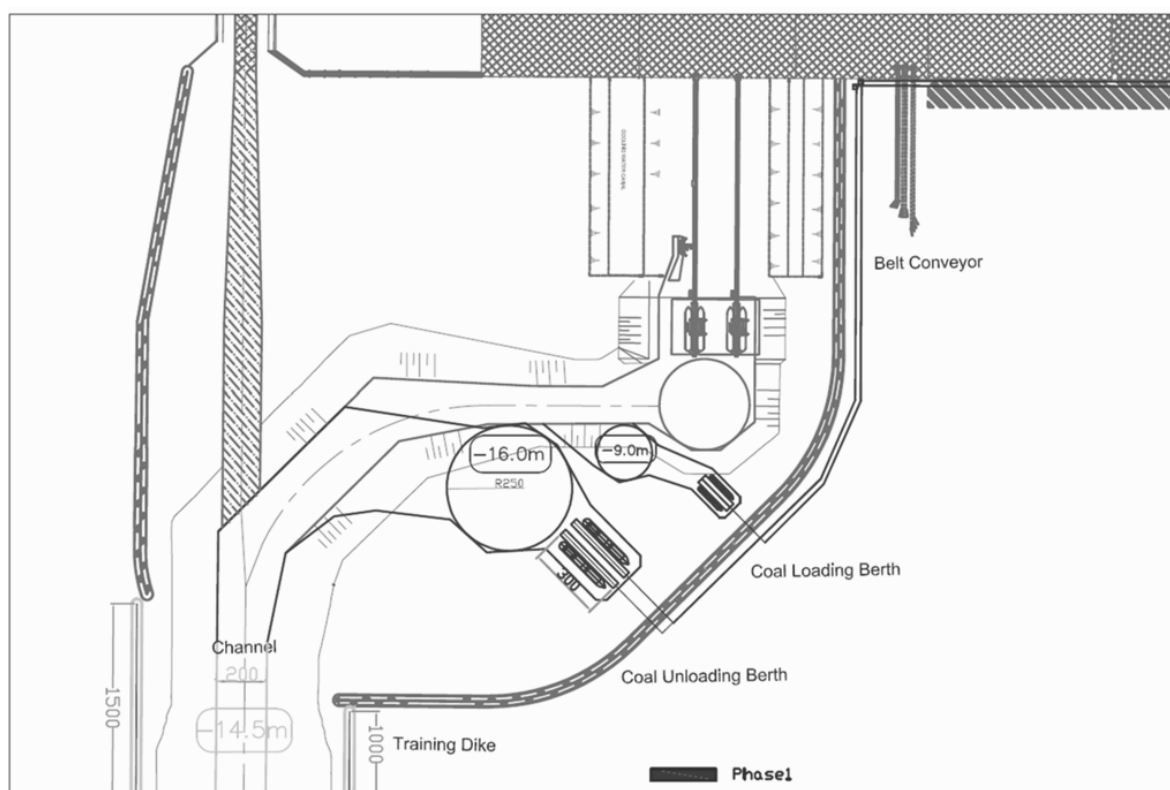
港湾及びターミナル施設の段階的な整備計画を以下の通り整理する。

(1) 短期整備計画

2020 年を目標年次とした 1st Phase を短期整備計画とし、その内容は以下の通りとする。

表 5.2.17 短期整備計画

石炭需要	8.53 百万トン			
港湾施設計画	荷揚栈橋		積込栈橋	
対象船舶	パナマックス (55,000～85,000DWT)		小型バージ (5,000DWT～10,000DWT)	
岸壁	バース数	2 バース	バース数	2 バース
	延長	300m/バース	延長	160m/バース
	水深	-16.0m	水深	-9.0m
入港航路	延長	8,200m	既存航路を使用	
	幅	200m		
	水深	14.5m		
泊地	水深	16.0m	水深 9.0m	
荷役機械	アンローダー	4 基	シップローダー 2 基	
	荷役能力	2,500t/h	荷役能力 1,500t/h	
防砂堤	必要延長 2.5 km（航路両側総計）			
ターミナル施設計画	貯炭場取扱量 377 万トン/年、必要ターミナル面積 22ha			
ヤード荷役機械	スタッカー	1 基	荷役能力	5,500t/h
	スタッカーリクレーマー	1 基	荷役能力	5,500t/h / 3000t/h
	リクレーマー	1 基	荷役能力	3,000t/h
ベルトコンベヤ	アンローディング用	延長 13.2 km	能力	5,500t/h
	ローディング用	延長 9.5 km	能力	3,300t/h
貯炭パイル	貯炭容量	314 千トン	パイル数	2 本
	パイル高さ	16m	パイル延長	550m
護岸	必要延長 800m			
防塵フェンス	高さ 8m			
	延長 1,800m			
必要土木工事				
浚渫	航路浚渫量	10.6 mil m ³		
	泊地浚渫量	8.84 mil m ³		
土地造成	必要土砂量	1.27 mil m ³ （陸上）		
港湾ターミナル計画図	図 5.2.13			



出典：調査団作成

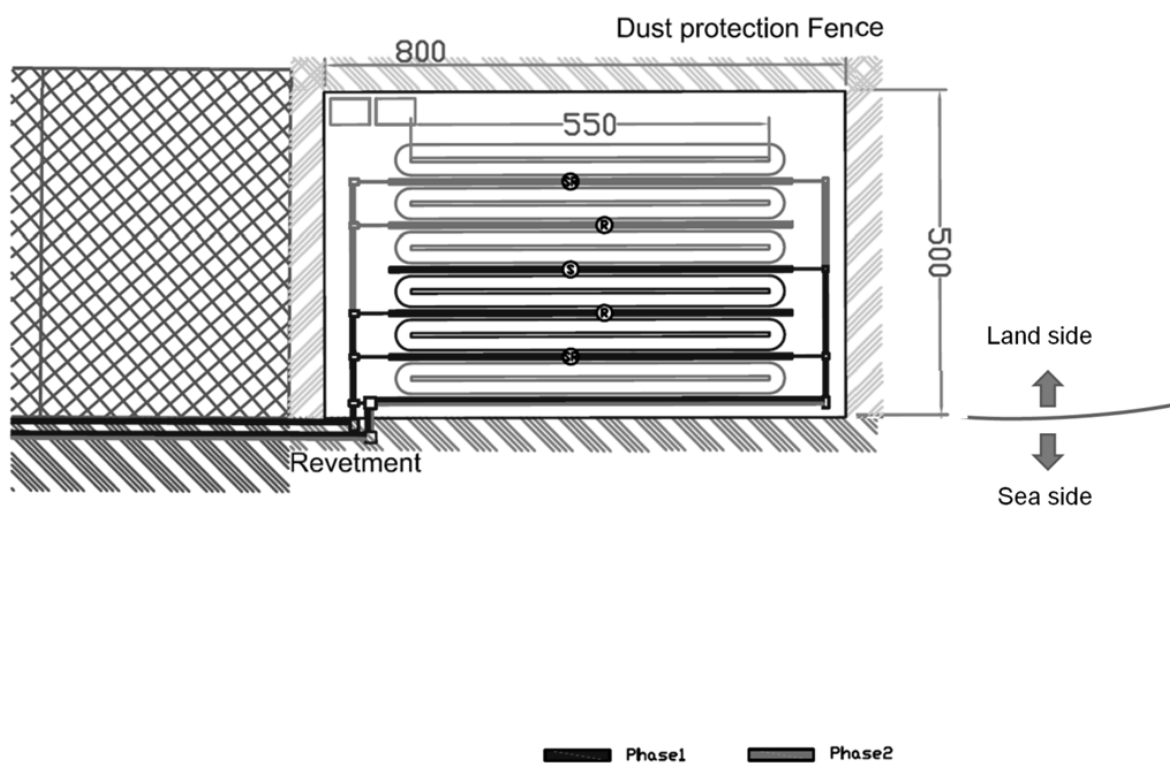
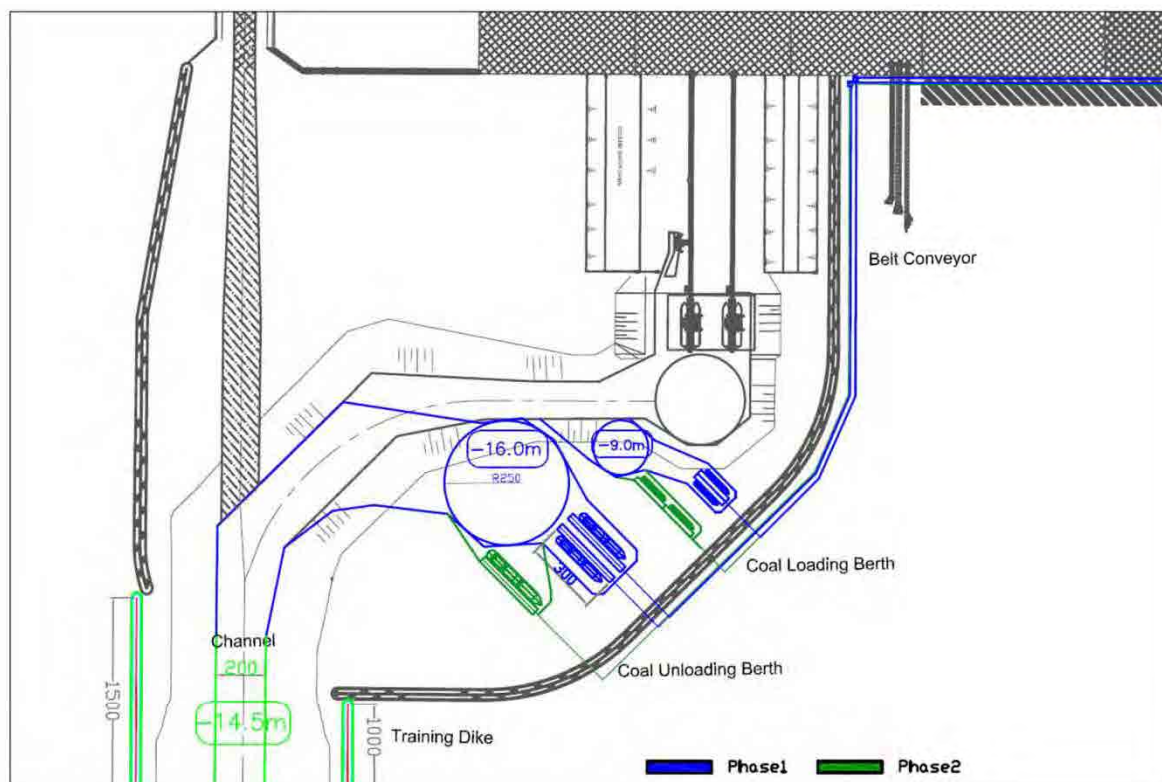
図 5.2.13 港湾・ターミナル短期整備計画平面図

(2) 中期整備計画

2025 年を目標年次とした 2nd Phase を中期整備計画とし、その内容は以下の通りとする。

表 5.2.18 中期整備計画

石炭需要	17.86 百万トン	
港湾施設計画	荷揚げ栈橋	積込栈橋
	対象船舶 (100,000DWT)	小型バージ (5,000DWT~10,000DWT)
	岸壁 バース数 3 バース 延長 300m/バース 水深 -16.0m ※1 バースは 3 rd Phase 時にケーブサイズ対応に拡張予定	バース数 4 バース 延長 160m/バース 水深 -9.0m
	入港航路 延長 8,200m 幅 200m 水深 14.5m	既存航路を使用
	泊地 水深 16.0m	水深 9.0m
	荷役機械 アンローダー 6 基 荷役能力 2,500t/h	シップローダー 4 基 荷役能力 1,500t/h
	防砂堤	必要延長 2.5 km (航路両側総計)
ターミナル施設計画	貯炭場取扱量 11.91 百万トン/年、ターミナル面積 40ha	
	ヤード荷役機械	スタッカー 1 基 荷役能力 5,500t/h スタッカーリクレーマー 2 基 荷役能力 5,500t/h / 3000t/h リクレーマー 2 基 荷役能力 3,000t/h
		アンローディング用 延長 21.0 km 能力 5,500t/h ローディング用 延長 10.5 km 能力 3,300t/h
		貯炭容量 992 千トン パイル数 6 本 パイル高さ 16m パイル延長 550m
	護岸	必要延長 800m
	防塵フェンス	高さ 8m 延長 1,800m
必要土木工事		
	浚渫	航路浚渫量 0 mil m ³ 泊地浚渫量 1.11 mil m ³
		土地造成 必要土砂量 1.53 mil m ³ (陸上)
港湾ターミナル計画図	図 5.2.14	



出典：調査団作成

図 5.2.14 港湾・ターミナル中期整備計画平面図

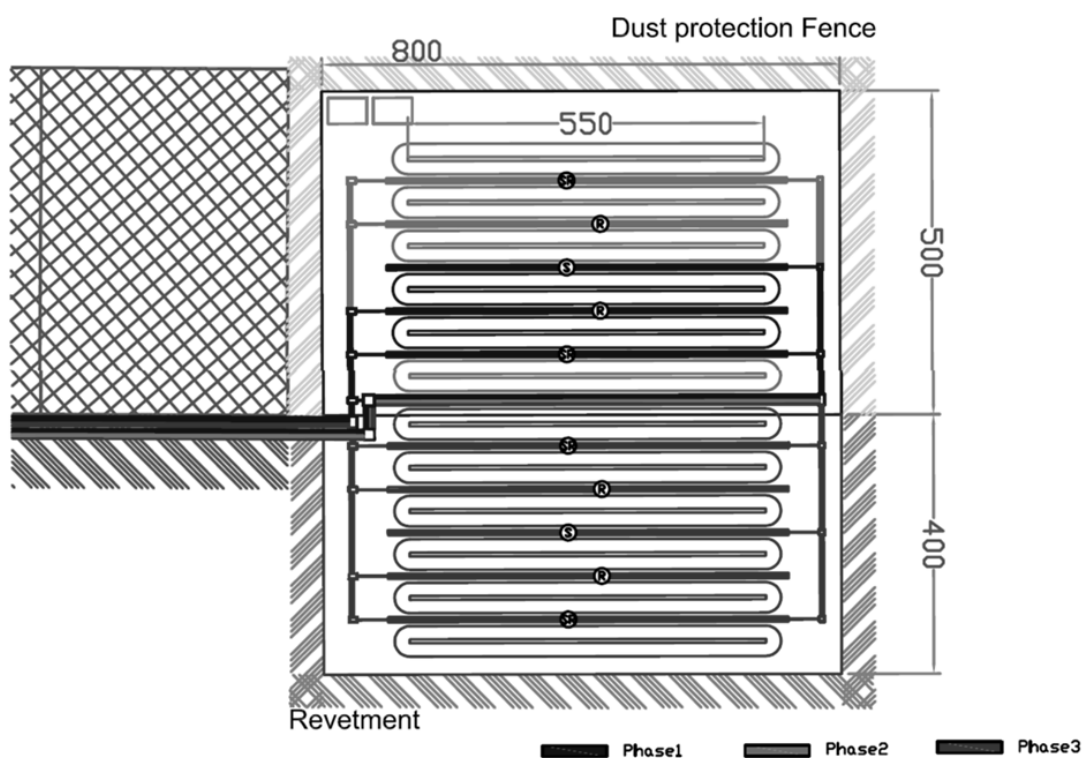
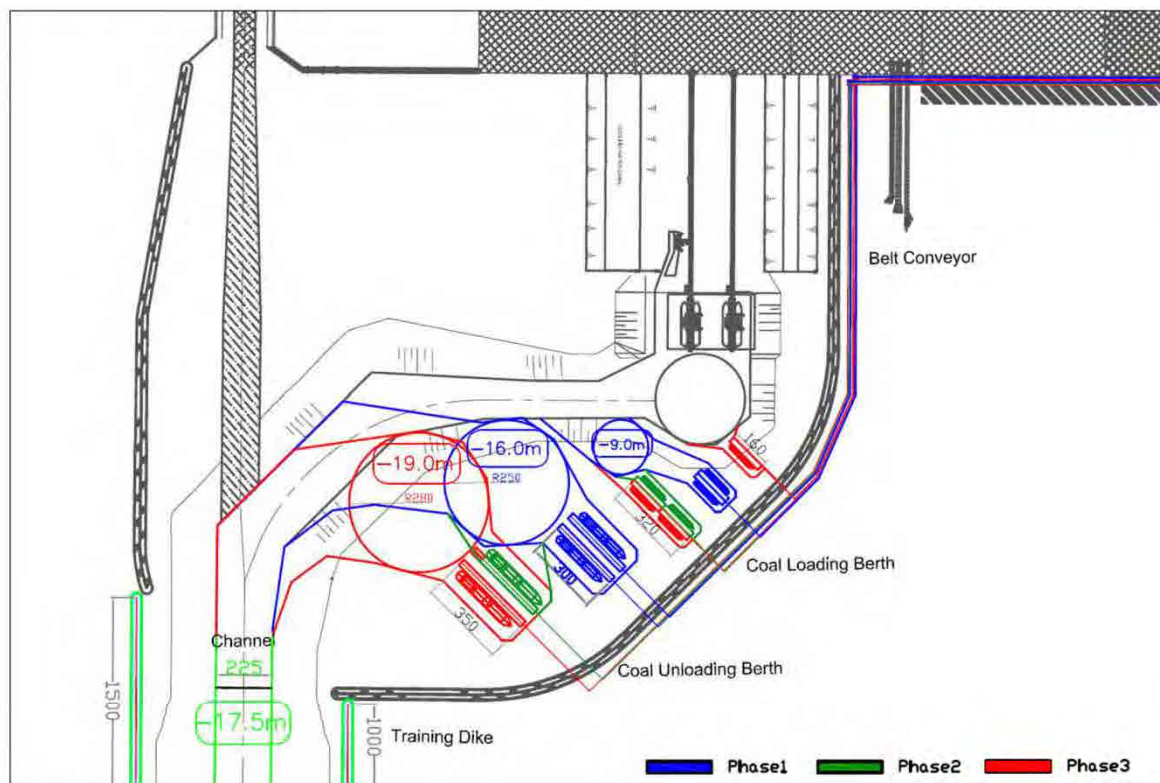
(3) 長期整備計画

2030 年を目標年次とした 3rd Phase を長期整備計画とし、その内容は以下の通りとする。

表 5.2.19 長期整備計画

石炭需要	31.09 百万トン		
港湾施設計画	荷揚げ栈橋		積込栈橋
	対象船舶	ポストパナマックス 100,000 DWT ケーブサイズ 160,000 DWT	小型バージ (5,000DWT~10,000DWT)
	岸壁	ポストパナマックス バース数 2 バース 延長 300m/バース 水深 -16.0m ケーブサイズ バース数 2 バース 延長 350m/バース 水深 -19.0m	バース数 7 バース 延長 160m/バース 水深 -9.0m
	入港航路	延長 9,800m 幅 225m 水深 17.5m	既存航路を使用
	泊地	ポストパナマックス 水深 16.0m ケーブサイズ 水深 19.0m	水深 9.0m
	荷役機械	アンローダー 8 基 荷役能力 2,500t/h	シップローダー 7 基 荷役能力 1,500t/h
	防砂堤	必要延長 2.5 km (航路両側総計)	
ターミナル施設計画		貯炭場取扱量 25.14 百万トン/年、ターミナル面積 72ha	
ヤード荷役機械	スタッカー	2 基	荷役能力 5,500t/h
	スタッカーリクレーマー	4 基	荷役能力 5,500t/h / 3000t/h
	リクレーマー	4 基	荷役能力 3,000t/h
ベルトコンベヤ	アンローディング用	延長 30.7 km	能力 5,500t/h
	ローディング用	延長 20.9 km	能力 3,300t/h
貯炭パイル	貯炭容量	2,100 千トン	パイル数 6 本
	パイル高さ	16m	パイル延長 550m
護岸	必要延長 1600m		
防塵フェンス	高さ 8m		
	延長 1,800m		
必要土木工事			
浚渫	航路浚渫量	10.3 mil m ³	
	泊地浚渫量	5.94 mil m ³	

土地造成	必要土砂量 2.24 mil m ³ (海上)
港湾ターミナル計画図	図 5.2.15



出典：調査団作成

図 5.2.15 港湾・ターミナル長期整備計画平面図

5.3. 施設概略設計

本概略設計は、本調査で収集した資料や実施した調査結果、施設計画を基に、事業費算出のため、主な施設の概略設計を実施したものである。従って、今後、事業を進めるにあたって、基本設計や実施設計を行う場合には、さらなる詳細な現地調査を実施して、設計条件、実施計画等の見直しをする必要がある。

設計に当たっては、日本の港湾施設設計基準を基本に、B S、ロックマニュアル、及びベトナム関連基準を参考とした。

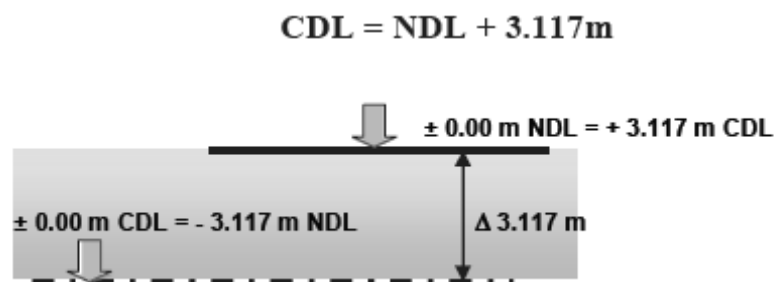
5.3.1. 設計条件

設計条件には、その地域共通の条件と、対象施設に固有の条件とがある。ここでは、地域共通の自然条件と本計画に係る施設条件を示す。

(1) 自然条件

1) 潮位

チャートデータム (CDL) とベトナム国家水準 (NDL) との関係は以下に示す通りである。本報告書の高さは全て CDL 表示とする。



出典：調査団作成

図 5.3.1 CDL とベトナム基準高 (NDL) の (NDL) 関係

潮位は、本調査で計画海域 2 か所において 2014 年 4 月 15 日から 5 月 15 日まで、1 ヶ月間現地観測を行った。表 5.3.1 は潮位の平均値、最大、最小値を示したものであり、この値は、計画地点荷近接するハウ川バイパス運河の既存報告書の値にほぼ一致することが確認できた。

表 5.3.1 現地潮位観測結果

Station	Location	Water level [m] – Chart Datum		
		Average	Max	Min
WL01	Sea	3.136	4.479	0.978

出典：調査団作成

本調査の現地観測では長期間の調査を実施していないので、長期観測によるハウ川バイパス運河報告書の潮位を今回の設計潮位とする。

HHWL : +5.17m
HWL : +4.71m
MWL : +3.13m
LWL : +1.22m
LLWL : +0.92m

2) 潮流

表 5.3.2 は、計画海域 2 か所で 2009 年 9 月 4 日～12 月 4 日までの潮流観測位置における平均流速、最大流速、最小流速を示したものである。観測結果によれば、平均流速が約 0.3m/s、最大流速が約 0.85m/s、最小流速が約 0.05m/s となり、比較的に穏やかな流れであることが確認できた。

表 5.3.2 現地潮流観測結果

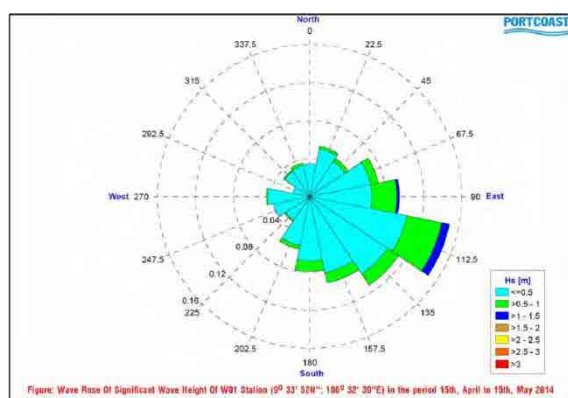
Station	Location	Average current velocity [m/s]		
		Average	Max	Min
W01	Sea	0.266	0.830	0.088
W02	Sea	0.318	0.866	0.037

出典：調査団作成

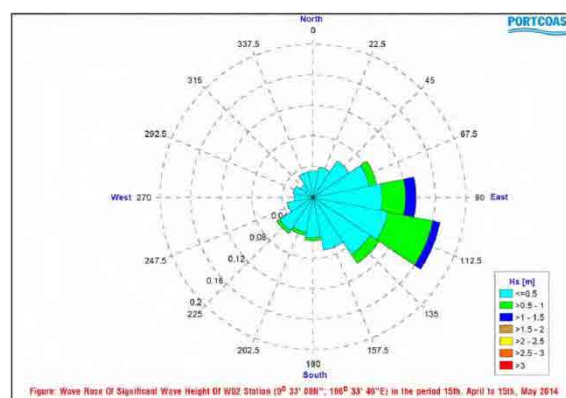
3) 波浪

調査海域での観測地点 2 か所で（図 5.3.4 参照）、2014 年 1 か月間（4/15～5/15）の波浪観測を実施した。波向と波高、波向と周期の関係は以下の図 5.3.2 および図 5.3.3 の様である。この時期は、東南東の波浪が卓越している。

a) 測定位置 W01



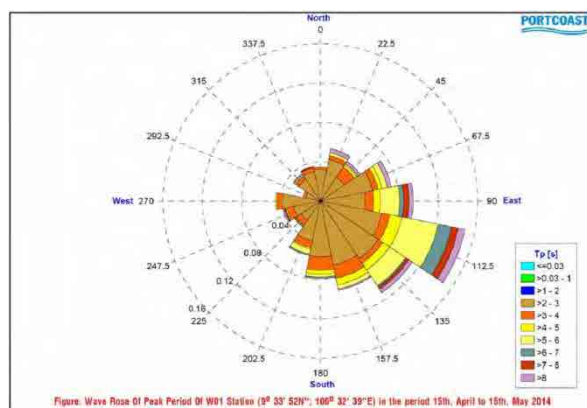
b) 測定位置 W02



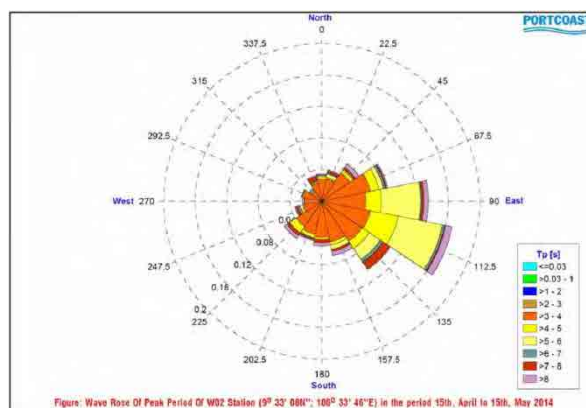
出典：調査団作成

図 5.3.2 波向・波高頻度図

a) 測定位置 W01



b) 測定位置 W02



出典：調査団作成

図 5.3.3 波向・周期頻度図

現地観測は、短期間なので、設計波浪は、波浪推算によって推定した。設計波浪は、1977 年～2012 年まで 36 年間の台風による対象地域付近の高波浪の全データによる極値統計によって、50 年確率の設計沖波を推計した。結果は、以下のようである。

表 5.3.3 1977 年～2012 年の全データによる確率沖波波高と周期

確率年	波高 (m)	周期 (s)
1	3.67	7.5
3	4.43	8.4
5	4.79	8.9
10	5.27	9.4
25	5.90	10.1
50	6.38	10.6
100	6.86	11.1

出典：調査団作成

表 5.3.4 より、設計沖波（50 年確率波）は、 $H_0=6.38\text{m}$ $T_0=10.6\text{s}$ とする。この設計沖波による、計画位置での設計波浪は、エネルギー平衡方程式によって波浪変形を考慮すると以下の様になる。波浪変形計算の詳細は添付資料 C に示す。

表 5.3.4 設計波浪（50 年確率波、 $H_0=6.38\text{m}$, $T_0=10.6\text{s}$ ）

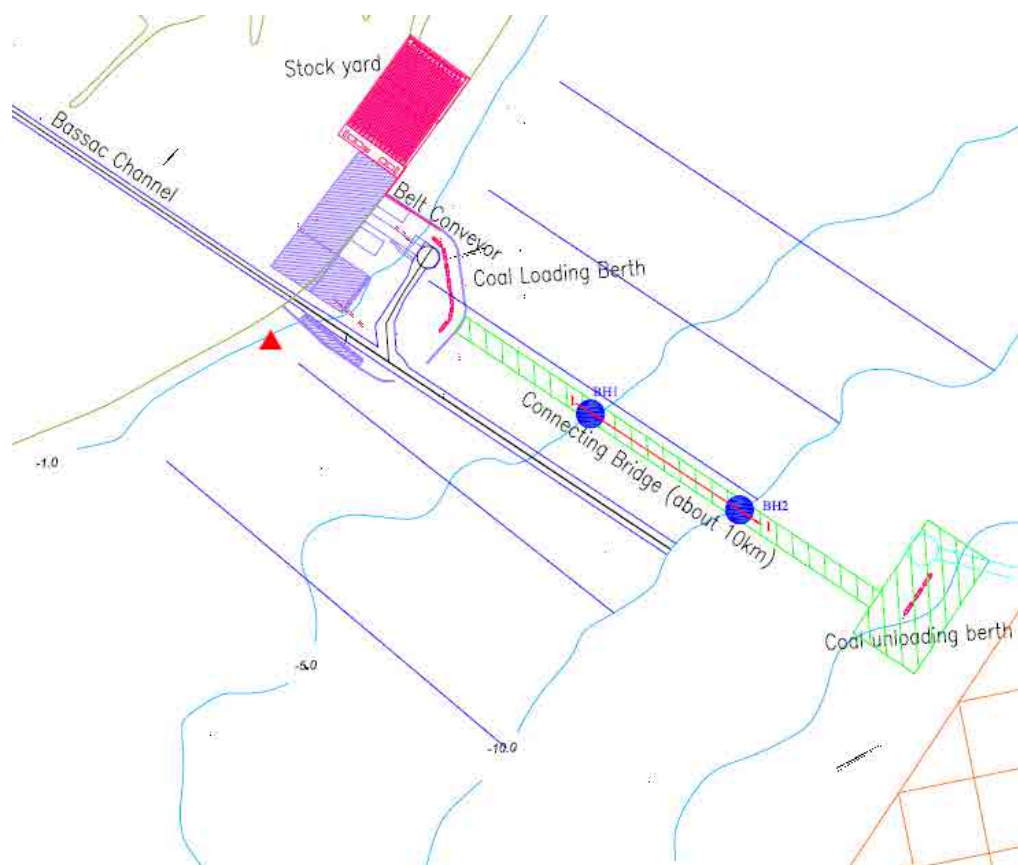
水深	沖波波向	E	E S E	S E
-2.0m (護岸位置)	$H_{1/3}$ (m)	3.68	3.71	3.72
	H'_0 (m)	5.51	5.90	6.06
	波向 ($^{\circ}$ N より)	115	122	129

-5.0m (防砂堤 6km 位置)	H _{1/3} (m)	5.05	5.40	5.57
	H' ₀ (m)	5.56	5.96	6.11
	波向 (° N より)	112	121	130
-10.0m (防砂堤 10km 位 置)	H _{1/3} (m)	5.45	5.72	5.80
	H' ₀ (m)	5.76	6.04	6.12
	波向 (° N より)	106	117	128
-16.0m (100,000DWT バース位置)	H _{1/3} (m)	5.48	5.71	5.77
	H' ₀ (m)	5.82	6.08	6.14
	波向 (° N より)	103	114	127
-19.0m (160,000DWT バース位置)	H _{1/3} (m)	5.53	5.77	5.18
	H' ₀ (m)	5.90	6.15	6.19
	波向 (° N より)	102	115	126

出典：調査団作成

4) 地質

本調査では、計画海域で 2 か所のボーリングによる地質調査を行った。今回実施した地質調査結果を以下に示す。



出典：調査団作成

図 5.3.4 ボーリング位置図

BOREHOLE LOG

THE FEASIBILITY STUDY ON THE COAL TRASSHIPMENT TERMINAL PROJECT FOR THERMAL
POWER CENTER IN MEKONG DELTA IN THE SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM
BOREHOLE: BH1

Co-ord (m): N = 1056507

E = 616407

Ground elevation (m): - 4.24

Depth (m): 50.0m

Sheet: 1 / 2

Location: Offshore

Date commenced: 17/4/2014

Date completed: 18/4/2014

Layer	Elevation (m):	Depth (m)	Thickness (m)	Lithological symbol	SOIL AND ROCK DESCRIPTION	SPT test				SPT chart							Sample No.		
						Depth (m)	Blows/15cm			N	N: Blows/30 cm							Depth of the sample (m)	
							N ₀	N ₁	N ₂		10	20	30	40	50	>50			
1	-4.54	0.30	0.30		Medium dense, grey, poorly graded sand (SP)														
2			13.30		Very soft, brownish grey, grey, Fat clay (CH)	2.75	0	0	0	0									U1 2.00 - 2.60
						4.75	0	0	1	1									U2 4.00 - 4.60
						6.75	0	0	1	1									U3 6.00 - 6.60
						8.75	0	0	1	1									U4 8.00 - 8.50
						10.75	0	0	1	1									U5 10.00 - 10.60
						12.75	0	1	1	2									U6 12.00 - 12.60
3	-17.84	13.60	1.40		Medium dense, Brownish grey, grey, poorly graded sand (SP)	14.4	3	4	6	10									U7 14.00 - 14.40
4	-19.24	15.00			Stiff, brownish grey, yellowish grey, lean clay with sand (CL)	16.6	3	4	5	9									U8 16.00 - 16.50
						18.4	3	5	6	11									U9 18.00 - 18.40
						20.4	5	7	8	15									U10 20.00 - 20.40
						22.6	5	6	7	13									U11 22.00 - 22.40
						24.4	4	7	7	14									U12 24.00 - 24.40
						26.4	5	7	6	13									U13 26.00 - 26.40
						28.4	5	7	10	17									U14 28.00 - 28.40
6	-31.24	27.00	11.40		Very stiff, bluish grey, brownish grey, Fat clay (CH)	30.4	6	6	10	16									U15 30.00 - 30.40
6			11.40		Very stiff, bluish grey, brownish grey, Fat clay (CH)	32.4	5	8	9	17									U16 32.00 - 32.40
						34.6	6	8	10	18									U17 34.00 - 34.60
						36.5	5	7	10	17									U18 36.00 - 36.50
7	-42.64	38.40			Very dense, grey, yellowish grey, Poorly graded sand with silty clay (SP-SC)	38.4	13	25	40	65									U19 38.00 - 38.40
			4.40			40.0	11	25	50	75									D20 40.00 - 40.45
8	-47.04	42.80			Very stiff, grey, bluish grey, brownish grey, Sandy Lean clay (CL)	42.0	13	27	54	81									D21 42.00 - 42.45
			4.00			44.4	8	11	12	23									U22 44.00 - 44.40
10	-51.04	46.80			Midium dense, bluish grey, Clayey sand (SC)	46.3	8	10	11	21									U23 46.00 - 46.25
			3.20			48.4	6	8	10	18									U24 48.00 - 48.40
	-54.24	50.00				50.0	5	9	11	20									U25 49.60 - 50.00

出典：調査団作成

図 5.3.5 BH1 地点（水深-5m）におけるボーリング柱状図

BOREHOLE LOG

THE FEASIBILITY STUDY ON THE COAL TRASSHIPMENT TERMINAL PROJECT FOR THERMAL
POWER CENTER IN MEKONG DELTA IN THE SOCIALIST REPUBLIC OF VIETNAM

BOREHOLE: BH2

Co-ord (m): N = 1054952

Sheet: 1 / 2

E = 618630

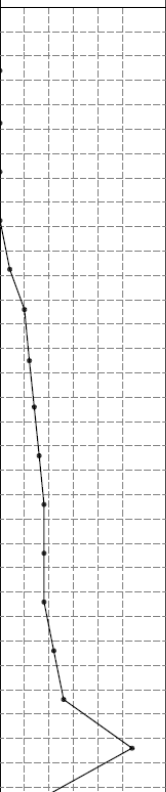
Location: Offshore

Ground elevation (m): - 8.77

Date commenced: 19/4/2014

Depth (m): 50.0m

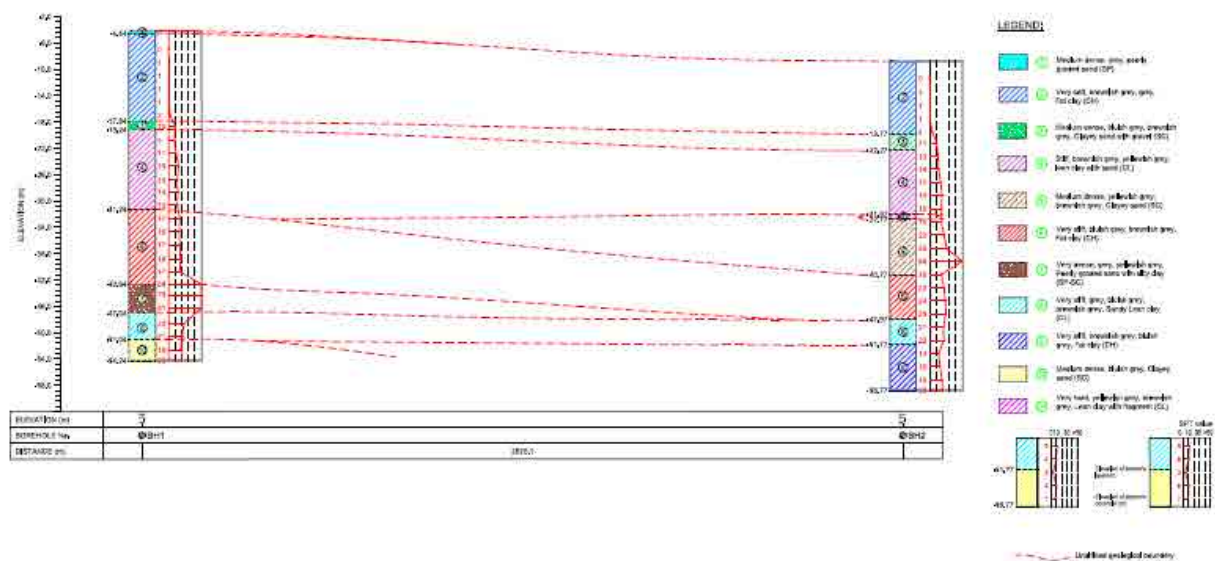
Date completed: 20/4/2014

Layer	Elevation (m):	Depth (m)	Thickness (m)	Lithological symbol	SOIL AND ROCK DESCRIPTION	SPT test				SPT chart							Sample No. Depth of the sample (m)		
						Depth (m)	Blows/15cm			N	N: Blows/30 cm								
							N ₀	N ₁	N ₂		10	20	30	40	50	>50			
2			11.00		Very soft, brownish grey, grey, Fat clay (CH)	2.6	0	0	0	0								U1 2.00 - 2.50	
						4.75	0	0	1	1								U2 4.00 - 4.70	
						6.75	0	0	1	1								U3 6.00 - 6.70	
						8.75	0	0	1	1								U4 8.00 - 8.70	
						10.75	0	1	3	4								U5 10.00 - 10.70	
3	-19.77	11.00	2.50		Medium dense, bluish grey, Clayey sand with gravel (SC)	12.4	4	5	6	11							U6 12.00 - 12.40		
4			9.70		Stiff, brownish grey, yellowish grey, Lean clay with sand (CL)	14.5	4	6	7	13							U7 14.00 - 14.50		
						16.4	5	7	7	14								U8 16.00 - 16.40	
						18.4	6	8	9	17								U9 18.00 - 18.40	
						20.4	6	9	10	19								U10 20.00 - 20.40	
						22.4	7	8	10	18								U11 22.00 - 22.40	
TK1	-31.97	23.20	0.80		Very hard, Yellowish grey, brownish grey, Lean clay with fragment (CL)	24.4	8	9	10	19							U12 24.00 - 24.40		
5			9.80		Medium dense, yellowish grey, brownish grey, Clayey sand (SC)	26.4	9	10	12	22								U13 26.00 - 26.40	
						28.4	10	12	14	26								U14 28.00 - 28.40	
						30.4	15	20	34	54								U15 30.00 - 30.40	
						32.4	6	8	10	18								U16 32.00 - 32.40	
							40.77	32.00			Very stiff, bluish grey, brownish grey, Fat clay (CH)								
6			7.20		Very stiff, bluish grey, brownish grey, Fat clay (CH)	34.4	8	10	12	22								U17 34.00 - 34.40	
						36.4	9	11	13	24									U18 36.00 - 36.40
						38.4	8	12	13	25									U19 38.00 - 38.40
8			3.80		Very stiff, brownish grey, Silty clay with sand (CL-ML)	40.4	7	10	11	21								U20 40.00 - 40.40	
						42.4	8	10	12	22									U21 42.00 - 42.40
9			7.00		Very stiff, brownish grey, bluish grey, Fat clay (CH)	44.4	4	6	8	14								U22 44.00 - 44.40	
						46.4	5	8	8	16									U23 46.00 - 46.40
						48.4	7	9	10	19									U24 48.00 - 48.40
	-58.77	50.00				50.0	9	10	10	20								U25 49.60 - 50.00	

出典：調査団作成

図 5.3.6 BH2 地点（水深-10m）におけるボーリング柱状図

GEOTECHNICAL SECTION 1-1



出典：調査団作成

図 5.3.7 土質断面図

表 5.3.5 土質試験結果表

No.	TT No	Borehole	Sample No.	Depth (m)		Percent passed sieve size (mm)											Natural moisture content w (%)	Atterberg Limits				Bulk density (g/cm³)		Particle density & (g/cm³)	Void ratio e _v	Porosity n (%)	Degree of saturation S _r (%)	Soil group	Description				
				From	To	25	47.5	75	105	150	200	250	300	375	475	600		Liquid Limit W _L (%)	Plastic Limit W _P (%)	Plasticity index I _p (%)	Consistency (h)	Natural	Dry										
1	2	BH1	U1	2.00	-	2.60							100.00	99.92	99.72	98.46	37.17	56.58	45.37	24.02	21.05	1.53	1.60	1.02	2.69	1.637	62.08	82.98	CL	Brownish grey, grey, Lean clay			
2	2	BH1	U2	4.00	-	4.60							100.00	99.96	99.96	99.68	29.02	74.52	60.50	28.53	31.87	1.44	1.56	0.89	2.70	2.034	67.04	86.92	CH	Brownish grey, grey, Fat clay			
3	2	BH1	U3	6.00	-	6.60							100.00	99.96	99.94	99.86	99.62	51.14	57.01	64.60	32.42	32.16	0.76	1.60	1.02	2.72	1.667	62.50	93.02	MI	Brownish grey, grey, Elastic silt		
4	2	BH1	U4	8.00	-	8.50							100.00	99.98	99.94	99.46	38.67	52.50	56.42	28.70	29.72	0.80	1.63	1.07	2.68	1.514	60.22	93.28	CL	Brownish grey, grey, Fat clay			
5	2	BH1	U5	10.00	-	10.60							100.00	99.96	99.84	98.94	41.32	80.12	71.35	34.85	36.70	1.24	1.50	0.83	2.70	2.253	69.26	96.02	MI	Brownish grey, grey, Elastic silt			
6	2	BH1	U6	12.00	-	12.60							100.00	99.98	99.94	99.70	37.43	38.92	60.51	62.63	30.50	32.13	0.93	1.64	1.02	2.69	1.637	62.08	89.43	CH	Brownish grey, grey, Fat clay		
7	2	BH2	U1	2.00	-	2.50							100.00	99.98	99.92	99.74	35.27	56.75	48.32	23.84	24.48	1.34	1.59	1.01	2.69	1.663	62.45	91.80	CL	Brownish grey, grey, Lean clay			
8	2	BH2	U2	4.00	-	4.70							100.00	99.98	99.96	99.74	96.22	38.96	65.33	60.07	25.71	34.36	1.15	1.58	0.90	2.70	1.813	64.45	97.29	CH	Brownish grey, grey, Fat clay		
9	2	BH2	U3	6.00	-	6.70							100.00	99.98	99.90	99.34	38.74	70.42	56.56	26.78	29.78	1.47	1.57	0.92	2.69	1.824	65.80	98.47	CH	Brownish grey, grey, Fat clay			
10	2	BH2	U4	8.00	-	8.70							100.00	99.98	99.84	98.18	43.85	58.63	63.78	26.48	37.28	0.89	1.63	1.02	2.71	1.657	62.36	97.52	CH	Brownish grey, grey, Fat clay			
11	2	BH2	U5	10.00	-	10.70							100.00	99.98	99.52	31.20	67.95	52.22	24.20	26.02	1.56	1.55	0.92	2.69	1.928	65.80	95.00	CH	Brownish grey, grey, Fat clay				
Average value of layer 2													100.00	99.99	99.97	99.84	98.13	39.48	63.76	58.53	27.81	36.71	1.17	1.69	0.97	2.70	1.778	64.89	96.72	CH	Brownish grey, grey, Fat clay		
12	3	BH1	U7	14.00	-	14.40							100.00	99.85	99.53	99.08	3.34													SC	Brownish grey, grey, Poorly graded sand		
13	3	BH2	U6	12.00	-	12.40	100.00	88.97	82.67	74.50	70.89	67.27	60.77	27.67	3.32	23.24	28.60	18.38	10.24	0.48	2.02	1.64	2.65	0.616	38.12	99.98	SC	Bluish grey, grey, Clayey sand with gravel					
Average value of layer 3							100.00	88.97	82.67	77.25	75.27	67.48	64.93	15.51	5.32	23.24	28.60	18.38	10.24	0.48	2.02	1.64	2.66	0.619	38.23	99.76	SC	Bluish grey, brownish grey, Clayey sand with gravel					
14	4	BH1	U8	16.00	-	16.50							100.00	99.73	99.33	98.63	94.05	63.52	46.93	32.36	49.59	24.90	24.69	0.30	1.88	1.42	2.73	0.923	47.9979	95.71	CL	Brownish grey, yellowish grey, Lean clay with sand	
15	4	BH1	U9	18.00	-	18.40							100.00	99.70	99.22	95.89	83.94	30.23	33.01	49.23	19.89	29.34	0.45	1.87	1.41	2.71	0.922	47.9709	97.03	CL	Brownish grey, yellowish grey, Lean clay with sand		
16	4	BH1	U10	20.00	-	20.40							100.00	99.74	98.81	90.06	27.30	47.90	42.57	25.33	0.19	1.97	1.55	2.74	0.768	43.4389	97.40	CL	Brownish grey, yellowish grey, Lean clay				
17	4	BH1	U11	22.00	-	22.60							100.00	99.94	99.64	96.07	79.22	30.30	27.48	41.49	19.78	21.71	0.35	1.95	1.53	2.70	0.765	43.3429	96.92	CL	Brownish grey, yellowish grey, Lean clay with sand		
18	4	BH1	U12	24.00	-	24.40							100.00	99.92	99.88	99.70	98.10	37.43	28.68	54.00	25.61	28.39	0.11	1.90	1.48	2.72	0.838	45.593	93.03	CH	Brownish grey, yellowish grey, Fat clay		
19	4	BH1	U13	26.00	-	26.40							100.00	99.39	98.81	85.95	83.49	78.38	50.12	17.15	25.53	33.93	17.32	16.61	0.49	1.87	1.57	2.67	0.701	41.2111	97.24	CL	Yellowish grey, Sandy Lean clay
20	4	BH2	U7	14.00	-	14.50							100.00	99.98	99.94	99.30	58.13	50.89	31.15	60.75	25.55	35.20	0.16	1.90	1.48	2.74	0.890	47.0899	95.90	CH	Yellowish brown, yellowish grey, Fat clay		
21	4	BH2	U8	16.00	-	16.40							100.00	99.86	99.59	99.03	84.39	52.95	19.34	27.23	35.15	21.39	13.76	0.42	1.89	1.48	2.68	0.799	44.4136	91.33	CL	Yellowish grey, Sandy Lean clay	
22	4	BH2	U9	18.00	-	18.40							100.00	99.84	99.80	99.52	86.74	9.87	27.21	36.38	21.19	15.79	0.40	1.92	1.51	2.67	0.768	43.4389	94.60	CL	Yellowish grey, Sandy Lean clay		
23	4	BH2	U10	20.00	-	20.40							100.00	99.94	99.90	99.42	80.27	14.53	23.71	27.59	21.46	6.13	0.37	1.91	1.54	2.69	0.721	41.8942	87.14	CL-MI	Yellowish grey, Silty clay with sand		
24	4	BH2	U11	22.00	-	22.40							100.00	99.98	99.90	99.14	73.96	13.70	24.07	27.06	21.84	6.14	0.36	1.89	1.52	2.65	0.743	42.6277	85.85	CL-MI	Yellowish grey, Silty clay with sand		
Average value of layer 4													100.00	99.89	98.85	98.42	98.15	93.85	78.35	29.22	27.97	42.18	21.95	20.23	0.30	1.91	1.58	2.70	0.881	44.471	94.18	CL	Brownish grey, yellowish grey, Lean clay with sand
25	5	BH2	U12	24.00	-	24.40							100.00	99.92	99.76	98.78	37.32	8.15	24.48	27.77	20.15	7.62	0.57	1.95	1.60	2.66	0.663	39.8677	96.14	SC	Yellowish grey, Clayey sand		
26	5	BH2	U13	26.00	-	26.40							100.00	99.98	97.47	3.09	21.59	26.34	17.79	8.56	0.44	1.99	1.64	2.65	0.616	38.12	92.88	SC	Brownish grey, Clayey sand				
27	5	BH2	U14	28.00	-	28.40							100.00	94.90	35.76	8.88	21.09	25.27	17.17	8.10	0.43	2.00	1.85	2.65	0.806	37.73	92.23	SC	Brownish grey, Clayey sand				
28	5	BH2	U15	30.00	-	30.40							100.00	99.98	99.96	98.42	33.97	7.31	20.95	24.80	17.57	7.03	0.48	2.06	1.7	2.67	0.571	38.35	97.96	SC	Brownish grey, Clayey sand		
Average value of layer 5													100.00	99.95	99.91	98.82	36.13	7.36	22.82	26.89	18.17	7.83	0.49	2.01	1.65	2.66	0.613	38.91	95.46	SC	Yellowish grey, brownish grey, Clayey sand		
29	6	BH1	U14	28.00	-	28.40							100.00	99.78	99.06	98.78	97.52	96.63	26.92	53.27	23.58	29.69	0.68	2.00	1.59	2.75	0.730	42.1968	97.64	CH	Blue, yellowish grey, reddish brown, Fat clay		

出典：調査団作成

表 5.3.6 土質試験結果表

No.	TT No	Borehole	Sample No.	Depth (m)		Percent passed sieve size (mm)										Natural moisture content w (%)	Atterberg Limits				Bulk density (g/cm ³)		Particle density d _s (g/cm ³)	Yield ratio R ₀	Porosity n (%)	Degree of saturation S _r (%)	Soil group	Description				
				From	To	75	10	5.0	2.0	0.85	0.425	0.25	0.075	<0.0075	Liquid limit W _L (%)		Plastic limit W _P (%)	Plasticity index I _p (%)	Casagheny (N)	Natural	Dry											
30	6	BH1	U15	30.00	30.40							100.00	99.76	99.36	98.64	97.04	36.89	24.60	47.03	20.33	26.72	0.16	2.00	1.81	2.71	0.653	40.5823	97.61	CL	Blue, brownish grey, Lean clay		
31	6	BH1	U16	32.00	32.40							100.00	99.70	99.50	98.88	95.33	40.54	23.54	46.19	20.85	25.34	0.11	2.03	1.64	2.72	0.659	39.7227	97.16	CL	Blue, brownish grey, Lean clay		
32	6	BH1	U17	34.00	34.80							100.00	99.98	99.99	94.74	25.97	62.30	27.70	34.54	0.04	1.96	1.52	0.74	0.803	44.5369	98.85	CH	Blue, brownish grey, yellowish grey, Fat clay				
33	8	BH1	U18	36.00	36.50							100.00	99.94	99.68	45.81	29.69	60.85	26.72	33.92	0.09	1.95	1.50	2.73	0.820	45.0549	98.55	CH	Blue, brownish grey, Fat clay				
34	6	BH1	U19	38.00	38.40							100.00	99.96	99.92	96.52	85.85	30.40	29.27	51.86	24.59	27.27	0.17	1.93	1.49	2.70	0.812	44.8124	97.33	CH	Blue, brownish grey, Fat clay		
35	8	BH2	U16	32.00	32.40							100.00	99.90	99.82	95.80	71.38	23.18	26.44	34.65	19.23	15.42	0.47	1.87	1.56	2.68	0.718	41.79	98.69	CL	Grey, brownish grey, Lean clay with sand		
36	6	BH2	U17	34.00	34.40							100.00	99.96	99.96	47.05	31.25	63.12	28.89	34.23	0.07	1.92	1.46	2.72	0.863	46.32	98.49	CH	Grey, brownish grey, Fat clay				
37	6	BH2	U18	36.00	36.40							100.00	99.90	99.82	97.22	63.12	24.55	21.22	40.15	19.89	20.26	0.07	2.06	1.7	2.69	0.582	36.79	98.08	CL	Blue, Sandy lean clay		
38	6	BH2	U19	38.00	38.40							100.00	99.98	99.89	97.14	66.43	21.44	22.92	40.84	23.01	17.63	< 0	2.03	1.88	2.88	0.624	36.42	98.44	CL	Blue, Sandy lean clay		
Average value of layer 6												100.00	99.78	99.74	98.36	87.87	39.12	26.37	50.81	23.49	26.52	0.11	1.99	1.57	2.71	0.725	42.64	98.63	CH	Bluish grey, brownish grey, Fat clay		
39	7	BH1	D20	40.00	40.45							100.00	99.87	99.54	34.19	8.81									2.65				SP-SL	Grey, yellowish grey, Poorly graded sand with silty clay		
40	7	BH1	D21	42.00	42.45							100.00	99.79	99.32	36.61	8.78									2.66				SP-SL	Grey, bluish grey, Poorly graded sand with silty clay		
Average value of layer 7												100.00	99.83	99.43	35.40	8.80									2.66				SP-SL	Grey, bluish grey, yellowish grey, Poorly graded sand with silty clay		
41	8	BH1	U22	44.00	44.40							100.00	99.98	99.88	97.14	66.43	5.90	22.05	28.65	19.55	8.10	0.27	1.96	1.60	2.65	0.656	39.6135	89.07	CL	Grey, brownish grey, Sandy Lean clay		
42	8	BH1	U23	46.00	46.25	100.00	83.17	76.73	73.92	72.62	71.41	70.52	69.81	66.06	17.81	21.98	44.27	21.29	23.07	0.03	2.02	1.66	2.69	0.820	58.2718	95.41	CL	Bluish grey, Sandy Lean clay				
43	8	BH2	U26	49.00	49.40							100.00	99.99	99.96	99.68	82.32	9.72	23.83	27.91	22.39	9.53	0.79	1.90	1.53	2.65	0.732	42.26	86.63	CL-MI	Brownish grey, Silty clay with sand		
44	8	BH2	U21	42.00	42.40							100.00	99.96	99.72	93.98	8.11	24.84	29.57	32.64	6.93	0.29	1.95	1.48	2.65	0.791	44.17	82.55	CL-MI	Brownish grey, Silty clay			
Average value of layer 8						100.00	83.17	76.73	73.92	72.62	71.41	70.52	69.81	66.06	17.81	21.98	44.27	21.29	23.07	0.03	2.02	1.66	2.69	0.820	58.2718	95.41	CL	Grey, bluish grey, brownish grey, Sandy Lean clay				
45	9	BH2	U22	44.00	44.40							100.00	99.98	99.92	99.64	37.44	32.79	52.07	23.14	29.93	0.32	1.89	1.42	2.71	0.908	47.59	97.66	CL	Brownish grey, Fat clay			
46	6	BH2	U23	46.00	46.40							100.00	99.92	99.94	31.22	29.84	46.45	21.99	26.46	0.32	1.94	1.40	2.70	0.812	44.81	99.22	CL	Brownish grey, Lean clay				
47	8	BH2	U24	48.00	48.40							100.00	99.98	99.90	99.84	59.41	25.82	58.46	23.55	33.11	0.01	2.06	1.59	2.72	0.717	41.76	97.55	CH	Blue, Fat clay			
48	9	BH2	U25	49.60	50.00							100.00	99.88	97.82	48.31	23.70	42.15	30.83	21.32	0.13	2.03	1.64	2.72	0.659	59.72	97.82	CL	Brownish grey, Lean clay				
Average value of layer 9												100.00	99.90	99.96	99.21	44.19	27.99	58.84	22.81	27.21	8.19	1.87	1.54	2.72	0.748	43.442	98.85	CH	Brownish grey, bluish grey, Fat clay			
49	10	BH1	U24	48.00	48.40							100.00	99.30	98.82	91.03	86.81	73.02	45.07	5.55	25.02	30.12	20.60	0.52	0.46	1.99	1.59	2.65	0.607	40.612	99.40	SL	Bluish grey, Clayey sand
50	10	BH1	U25	49.60	50.00							100.00	99.87	97.91	95.17	82.72	83.82	42.79	8.82	23.38	28.83	18.74	0.28	0.43	2.02	1.64	2.65	0.623	38.382	99.44	SL	Bluish grey, Clayey sand
Average value of layer 10												100.00	99.87	97.91	95.17	82.72	83.82	42.79	8.82	23.38	28.83	18.74	0.28	0.43	2.02	1.64	2.65	0.623	38.382	99.44	SL	Bluish grey, Clayey sand

出典：調査団作成

今回実施した地質調査では、調査地点が少ないので設計用地盤条件は、今回の地質調査のほか、ハウ川バイパス運河調査、ズーエンハイ発電所での地質調査結果等を参考に、以下のように想定する。

表 5.3.7 海岸部設計用想定地盤

Elevation	Layer	N-value	unit weight	cohesion C	Ø	C _c	C _v
m			kN/m ³	kPa	Degree		cm ² /day
Sea Bed	1 Sand	5	18.5	-	25	-	-
- 3.0m	2 Clay	0	16.5	4+0.12Z	-	0.43	50
- 19m	3 Clay	14	15	36	-	-	-
- 27m	4 Sand	24	19	-	35	-	-
- 30m	5 Clay	19	19	50	-	-	-

出典：調査団作成

表 5.3.8 沖合部設計用想定地盤

Elevation	Layer	N-value	unit weight	cohesion C	Ø
m			kN/m ³	kPa	Degree
Sea Bed	2 Clay	0	16.5	4+0.12Z	-
- 17m	3 Clay	14	15	36	-
- 23m	4 Sand	24	19	-	35
- 30m	5 Clay	19	19	50	-
- 40m	6 Sand	25	19	-	35

出典：調査団作成

5) 気象（風、雨）

1) 風

計画地点付近での風の観測記録を以下に示す。計画地点での風観測記録（1999 年～20008 年）は以下に示す通りである。

表 5.3.9 計画地点風記録

風速 (m/s)	1 - 2	2 - 4	4 - 7	7 - 9	9 - 12	12 - 16	> 16
出現確率 %	99.3	96.3	82.4	48.1	23.4	3.3	0.04

出典：調査団作成

これによると、モンスーンによる西南西の風と東北東の風が卓越しており、そのほかの方向からの風はほとんどない。風速は、16m/sec 以上の風の出現頻度は非常に低く、構造物に対する影響はあまり大きくないと予想される。

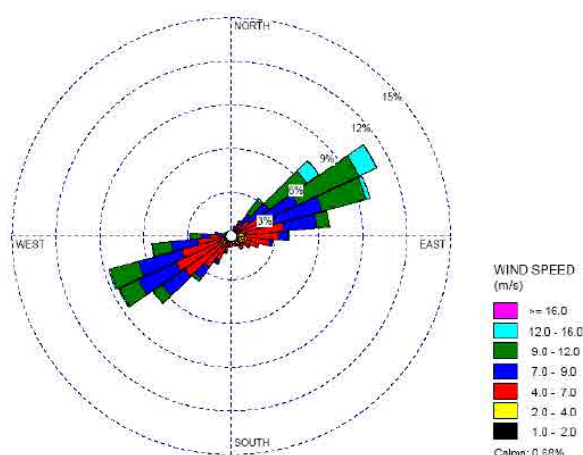


Illustration of offshore wind rose in the South from 1999 to 2008 (UKMO)

出典：調査団作成

図 5.3.8 計画地点での風観測記録 (1999 年～20008 年)

10 年間の海上風の統計解析によると、10 年確率でも確率最大風速が 18.7m/s であるが、10 年確率風速でも 17.0m/s となっており、17m/s 程度の風は比較的頻繁に吹くものと推察される。

表 5.3.10 確率最大風速

Occurrence cycle (year)	1	5	10	20	25	50	100
Vmax (m/s)	12.7	16.3	17.0	17.6	17.7	18.3	18.7

出典：調査団作成

2) 降雨

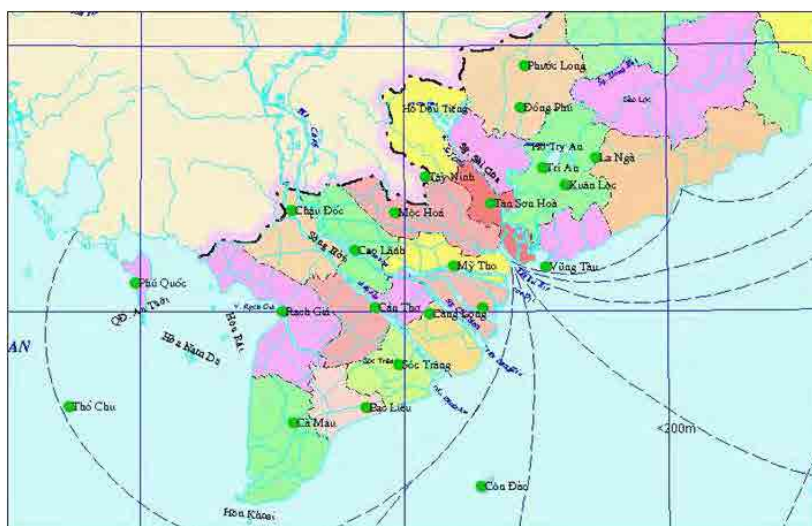
年平均降雨量は、1,300mm～2,300mm である。そのうち 90%以上は雨季に集中する。雨季の平均雨量は 100mm 以上で 8 月から 9 月の降雨量は、250mm～350mm である。ベトナム南部の降雨記録は、観測ステーション毎に以下の様な記録がある。

表 5.3.11 メコンデルタ地域の月降雨量

Table 8 - Monthly rainfall at Mekong Delta

Station/month	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yearly
Hà Tiên	9.7	9.6	36.3	133.6	224.1	237.5	271.6	289.9	259.6	274.8	133.5	45.5	1946
Rạch Giá	8.9	6.8	33.4	88.8	240.2	259.1	291.9	334.1	304.8	277.4	171.4	37.7	2054
Châu Đốc	6.5	4.5	25.0	80.2	157.7	114.2	134.2	146.8	160.3	252.1	135.3	46.9	1264
Long Xuyên	8.3	2.6	11.7	66.5	147.2	151.6	209.4	174.4	213.8	260.3	130.7	41.8	1401
Vị Thanh	1.3	6.6	7.8	76.0	195.9	246.8	218.1	320.4	282.5	244.5	146.9	16.8	1764
Cận Thơ	8.9	2.3	9.7	42.8	170.1	195.2	211.7	209.1	250.5	271.4	146.0	32.3	1550
Vĩnh Long	9.1	0.1	9.2	30.4	139.2	171.0	180.6	175.9	214.1	273.2	131.0	30.5	1364
Cao Lãnh	9.5	4.7	9.8	44.7	168.3	139.1	157.0	166.0	247.1	258.0	129.4	22.0	1356
Tân Châu	11.3	7.2	7.8	65.9	110.4	96.0	140.2	112.8	160.3	253.1	202.8	20.0	1188
Mộc Hóa	13.0	4.2	14.1	48.2	187.7	181.6	184.4	168.1	268.7	312.1	150.3	39.9	1572
Tân An	6.9	2.3	7.2	35.6	187.1	22.2	203.9	187.2	245.5	260.8	136.5	40.3	1536
Mỹ Tho	5.0	2.5	4.5	38.5	148.6	187.8	185.7	170.8	233.0	267.0	103.6	35.1	1382

出典：調査団作成

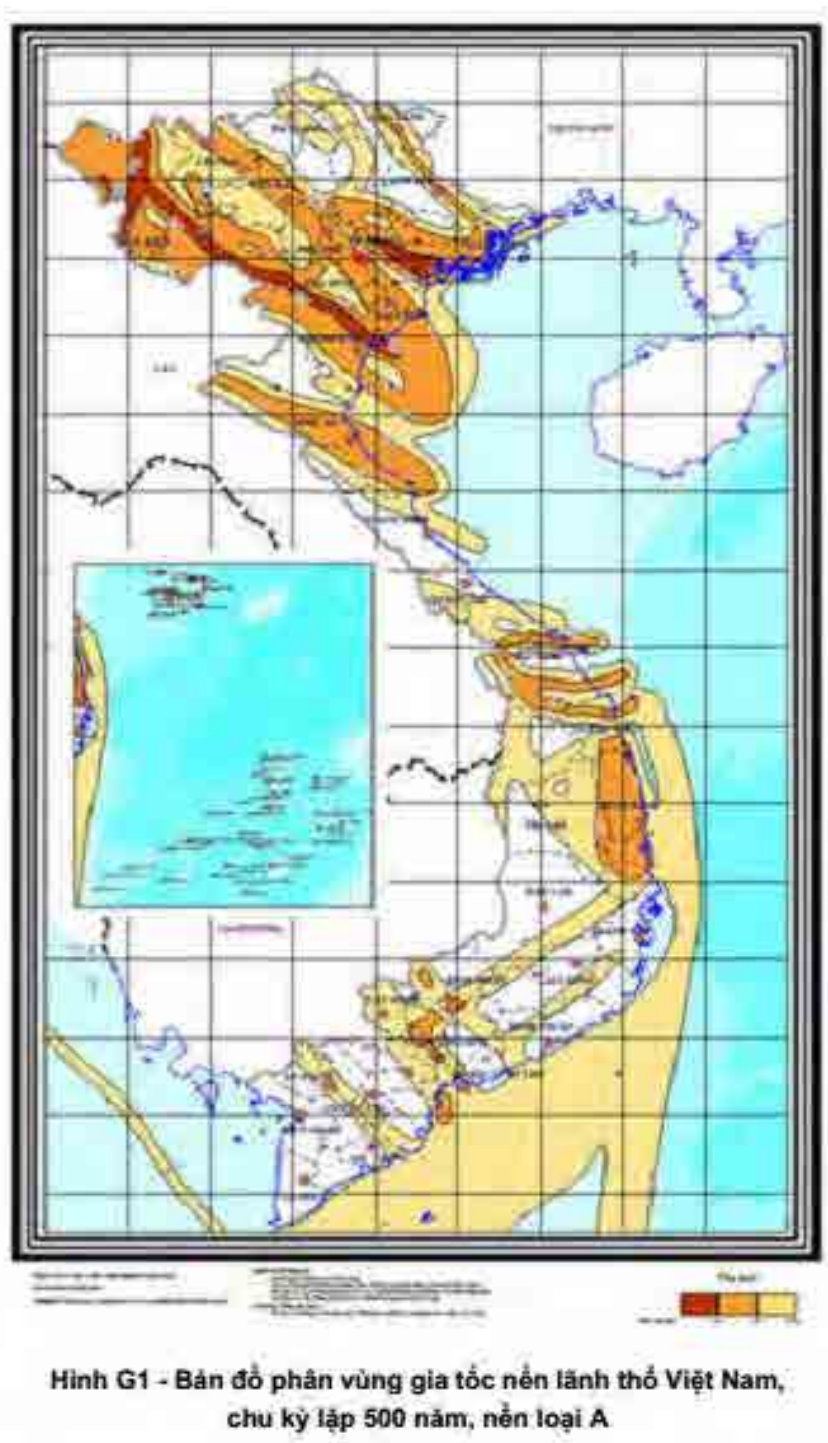


出典：ベトナム HydroMeteorological Data Center

図 5.3.9 降雨量観測測定 ST

6) 地震

地震係数は、ベトナムの基準で次ページの図のように設定されており、対象地域は 0.05 以下の地域に当たる。「ベ」国、技術基準では、0.05 以下の地域については、地震を考慮しなくて良いことになっており、本設計では、設計に地震を考慮しない。



出典 : TCVN 9386-2012

図 5.3.10 ベトナムの地震地域区分図

(2) 利用条件

1) 対象船舶

i) 石炭荷揚船舶と諸元

1st Phase, 2nd Phase では 100,000DWT を設計対象船舶とする。

3rd Phase、では 160,000DWT を設計対象船舶とする。

表 5.3.12 石炭荷揚船舶と諸元

Phase	Vessels (DWT)	L _{oa} (m)	Draft (m)	Beam (m)	L _{pp} (m)
1	70,000	230	14.5	32.3	218
	100,000	255	15.5	39.5	242
2	160,000	280	17.5	45	267

出典：調査団作成

ii) 石炭積込船舶と諸元

1st, 2nd, 3rd Phase とともに共通であるが 10,000DWT を設計対象船舶とする。

表 5.3.13 石炭積込船舶と諸元

Vessels (DWT)	L _{oa} (m)	Draft (m)	Beam (m)	L _{pp} (m)
5,000	107	6.4	17	99
10,000	132	7.7	19.3	123

出典：調査団作成

2) 荷役機械

荷役機械は、メーカーの機材諸元を基に設計条件を設定するが、メーカーによる違いを考慮して、荷重は 20% の割増を考慮する。

i) アンローダー

能力	2,500t/h
総重量	16,640kN
レールゲージ	25.0m
ホイールベース	22m
車輪数	前側 12 輪 後側 8 輪
車輪間隔	900mm
輪荷重	表 5.3.13

表 5.3.14 アンローダー想定輪荷重

		輪荷重(kN/輪) (前側)	輪荷重(kN/輪) (後側)
鉛直荷重	作業時 (風速 16m/s)	500	550
	休止時	670	700
水平荷重	作業時 (風速 16m/s)	50	55
	休止時	67	70

出典：調査団作成

ii) シップローダー

能力	1,500t/h
総重量	4600 kN
レールゲージ	14.0m
ホイールベース	8m
車輪数	6 輪 x2 脚
車輪間隔	710mm
輪荷重	表 5.314

表 5.3.15 シップローダー想定輪荷重

		最大輪荷重(kN/輪)
鉛直荷重	作業時 (風速 16m/s)	260
	休止時	280
水平荷重	作業時 (風速 16m/s)	26
	休止時	28

出典：調査団作成

iii) ベルトコンベヤ

表 5.3.16 ベルトコンベヤ想定諸元

	荷揚 (海上)	積出(陸上)
能力	5,500 t/h (2 条)	3,300 t/h (2 条)
ベルト幅	2,200mm	1,600mm
ベルト速度	240m/min	240m/min
単位重量	21kN/m	21kN/m

出典：調査団作成

iv) スタッカー/リクレーマー

能力	5,500/3,000 t/h
パイル積み高さ	16m
パイル積幅	47m

レールスパン	8m
ホイールベース	10.1m
車輪構成	8 輪/コーナー
車輪荷重	250kN/輪 (鉛直)
総重量	8,820kN (本体 6,370kN+トリ ッパー2,450kN)

3) 荷重

i) 死荷重

上部工コンクリートの単位荷重は以下の重量を仮定する。

鉄筋コンクリート	: 24kN/m ³
無筋コンクリート	: 23kN/m ³

ii) 載荷重

エプロン

栈橋上: 一般栈橋の上載荷重 2.0t/m² (荷役機械荷重は別途考慮)

トレッセル

管理用通路: 道路橋のA活荷重とする。

iii) その他荷重

石炭比重

石炭塊比重	: 7.8kN/m ³
石炭粉体	: 9.8kN/m ³

4) その他制約条件

i) 航行漁船

トレッセルアンダークリアランス考慮対象漁船は、地元の小型漁船とし、水面より 4mのクリアランスを想定する。

ii) 埋設管、ケーブル等

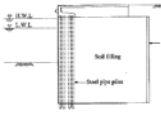
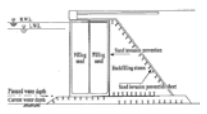
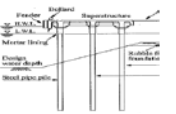
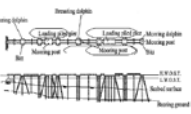
現状では考慮しない。

5.3.2. 石炭荷揚栈橋

(1) 構造形式選定

対象船舶が大きくバースの水深が、-16m~-19m と大水深となり、岸壁背後を埋め立てる構造は、コストが大きくなることが予想されるため、接岸施設は、セル式、ケーソン式、栈橋式、ドルフィン式等が挙げられる。これらの構造形式について地盤条件や施工性、経済性から比較すると栈橋形式が最適と考えられる。以下に接岸施設形式の比較表を示す。

表 5.3.17 接岸施設形式比較表

	セル式	ケーソン式	栈橋式	ドルフィン式
概要図				
軟弱地盤対応	地盤改良無しでも可能 A	地盤改良が必要 C	地盤改良無しでも可能 A	地盤改良無しでも可能 A
連続式荷揚げ機械の設置	上部工に可能 A	上部工に可能 A	上部工に可能 A	別途基礎を設置 B
施工性	施工基地、施工機械など大規模 B	施工基地、施工機械などやや大規模 B	大きな施工基地は不要 A	大きな施工基地は不要 A
経済性	鋼セルとなる可能性が大きく不経済 C	コンクリート石材等使用でそれほど高くない B	鋼管杭とコンクリートで比較的経済的 A	鋼管杭とコンクリートであるが栈橋より経済的 A
総合判断	不適 C	不適 C	適 A	適 B

出典：調査団作成

(2) 施設設計条件

石炭荷揚栈橋の設計条件は以下に示す通りである。

1) 自然条件

自然条件は、設計条件の章の条件とする。設計用地盤条件は表 5.3.7 で示した海岸部設計用想定地盤を用いる。

2) 利用条件（詳細は設計条件の章を参照）

i) 対象船舶

1st, 2nd Phase：対象船舶 100,000DWT

3rd Phase：対象船舶 160,000DWT

ii) 荷役機械荷重

1 バースあたり 2 基のアンローダーを配置する。

iii) 上載荷重

20kN/m² を栈橋全面に考慮する。

(3) 施設諸元

1) 栈橋天端高

現地の潮位差と 対象船舶より、HWL と天端との標準的高さは、以下の表より、0.5m～1.5m が
適当とされる。

$$+4.71\text{m} + 0.5\text{m} \sim +4.71\text{m} + 1.5\text{m} = +5.21\text{m} \sim +6.21\text{m}$$

従って、栈橋の天端高さを+6.0m (CDL)とする。

表 5.3.18 潮位差と船級による天端高さの目安

	Tidal range 3.0m or more	Tidal range less than 3.0m
Wharf for large vessels (water depth of 4.5m or more)	+0.5-1.5m	+1.0-2.0m
Wharf for small vessels (water depth of less than 4.5m)	+0.3-1.0m	+0.5-1.5m

出典：日本港湾基準

2) 栈橋延長

1 バースの延長は、港湾計画より、以下の様に計画されている。

1 st , 2 nd Phase	100,000DWT :	300m
3 rd Phase	160,000DWT :	350m

3) 栈橋配置

栈橋は、アンローダーの形状から、片側接岸形式とする。

4) 栈橋幅員

栈橋は、アンローダーのレールスパン25mを確保して、法線と海側のレールとの間隔を3.0m、
山側レールと栈橋背後の間隔を2.0m考慮して、全幅30.0mを想定する。

栈橋上の通路及び、ベルトコンベヤの設置空間は、アンローダーのレールスパン内にとる。

5) 栈橋前面水深

栈橋の前面水深は、対象船舶より以下の様に計画されている。

1 st , 2 nd Phase	100,000DWT :	水深	16.0m
---	--------------	----	-------

3rd Phase 160,000DWT : 水深 19.0m

(4) 設計外力

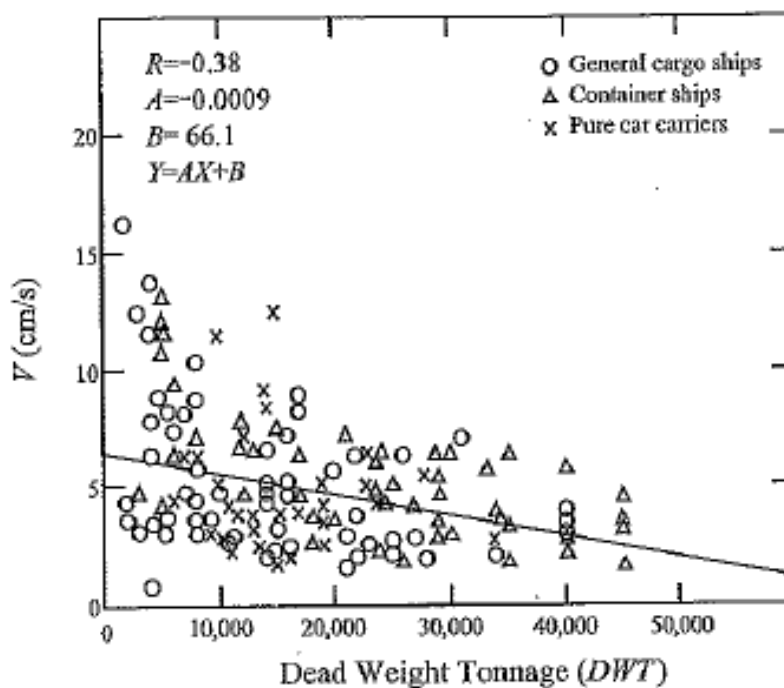
1) 波力、潮流力、地震力

自然条件の各値は小さく、これらの作用外力は、構造に対して支配的にならないので、概略設計の設計外力としては考慮しない。

2) 接岸力

i) 接岸速度

接岸速度は、以下の表より、100,000DWT 以上の船の接岸速度は、5cm/sec 以下がほとんどであるので最大の 5cm/sec と仮定する。防舷材の設置間隔は約 10m を想定する。



出典：日本港湾設計基準

図 5.3.11 船級と接岸速度の関係

ii) 接岸力

接岸力の算定は日本港湾基準の方法により表 5.3.18 および表 5.3.19 の様に算定される。

算定結果

1st, 2nd Phase : 対象船舶 100,000DWT, 接岸速度 5.0cm/sec の場合、接岸力は、約 158kN/箇所

3rd Phase : 対象船舶 160,000DWT, 接岸速度 5.0cm/sec の場合、接岸力は、約 251kN/箇所

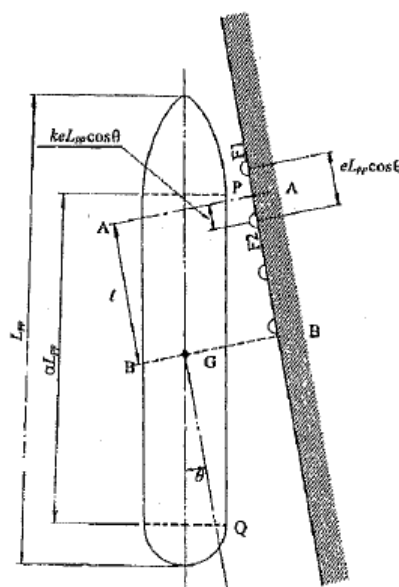
表 5.3.19 100,000DWT の接岸エネルギー計算

Calculation of Berthing Energy

Key-in Data

Type of Vessel	Bulk Carrier		
	Vessel		
Deadweight Ton	DWT	100,000	ton
Length (over all)	Loa	250.0	m
Length (between perpendiculars)	Lpp	243.0	m
Breadth	B	40.0	m
Depth	D	20.0	m
Draft (full)	d	14.5	m
Displacement	Ws	117777	ton
(Assumed)			
Berthing Angle	TH	5	degree
(Assumed)			
Hydrodynamic coefficient	Cm	1.702	
Block coefficient	Cb	0.811	
Eccentricity coefficient	Ce	0.572	
Radius of gyration	r	64.19	m
Distance alongside the water line from the center of gravity of vessel to the berthing point	l	55.52	m
min(l1, l2)			
Fender Spacing	Lf	10.00	m
Coefficient of parallel side	a	0.50	
Coefficient of Fender interval	e	0.041	
Coefficient of berthing point	k	0.50	
Block coefficient	Cb	0.811	
Softness coefficient	Cs	1.0	
Berth configuration coefficient	Cc	1.0	
(Assumed)			
Berthing Velocity	V	0.05	m/sec
Berthing Energy	E	143.3	kN-m
Safety factor	Sf	1.10	
Abnormal Berthing Energy	Ea	157.7	kN-m
(Assumed)			

$C_m = 1 + (\pi/2 C_b)(d/B)$
 $C_b = W_s / (L_{pp} B X d X 1.03)$
 $C_e = 1 / (1 + (l/r)^2)$
 $r = (0.19 C_b + 0.11) L_{pp}$
 $l_1 = (0.5a + e(1-k)) L_{pp} \cos(TH)$
 $l_2 = (0.5a - ek) L_{pp} \cos(TH)$
 $e = L_f / (L_{pp} \cos TH)$
 $C_b = W_s / (L_{pp} B X d X 1.03)$
 $E = 0.5 X W_s X V^2 X C_m X C_e X C_s X C_c$
 $E_a = E \times S_f$



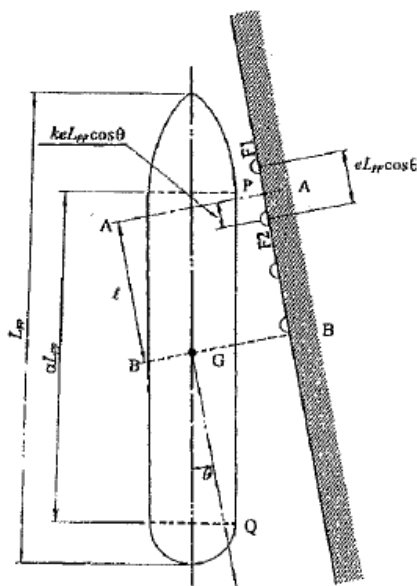
出典：調査団作成

表 5.3.20 160,000DWT の接岸エネルギー計算

Calculation of Berthing Energy

Key-in Data

Type of Vessel	Bulk Carrier Vessel		
Deadweight Ton	DWT	160,000	ton
Length (over all)	Loa	280.0	m
Length (between perpendiculars)	Lpp	270.0	m (Assumed)
Breadth	B	45.0	m
Depth	D	24.0	m
Draft (full)	d	17.5	m
Displacement	Ws	183000	ton (Assumed)
Berthing Angle	TH	5	degree (Assumed)
Hydrodynamic coefficient	Cm	1.731	$Cm=1+(\pi/2)Cb(d/B)$
Block coefficient	Cb	0.836	$Cb=Ws/(Lpp \times B \times d \times 1.03)$
Eccentricity coefficient	Ce	0.576	$Ce=1/(1+(l/r)^2)$
Radius of gyration	r	72.57	m $r=(0.19Cb+0.11)Lpp$
Distance alongside the water line from the center of gravity of vessel to the berthing point	l	62.24	m $l1=(0.5a+e(1-k))Lpp \times \cos(TH)$ $l2=(0.5a-ek)Lpp \times \cos(TH)$ $\min(l1, l2)$
Fender Spacing	Lf	10.00	m (Assumed)
Coefficient of parallel side	a	0.50	
Coefficient of Fender interval	e	0.037	$e=Lf/(Lpp \times \cos TH)$
Coefficient of berthing point	k	0.50	
Block coefficient	Cb	0.836	$Cb=Ws/(Lpp \times B \times d \times 1.03)$
Softness coefficient	Cs	1.0	
Berth configuration coefficient	Cc	1.0	
Berthing Velocity	V	0.05	m/sec (Assumed)
Berthing Energy	E	228.1	kN-m $E=0.5 \times Ws \times V^2 \times Cm \times Ce \times Cs \times Cc$
Safety factor	Sf	1.10	(Assumed)
Abnormal Berthing Energy	Ea	250.9	kN-m $Ea = E \times Sf$



出典：調査団作成

3) 係留力

係船柱は、以下の表 5.3.20 より、100,000DWT（約 54,000GT）以上の船舶対象の 1,000kN の曲柱を配置する。

表 5.3.21 船級と係船柱（直柱、曲柱）の標準

Table 2.4.1 Standard Values of Tractive Forces by Ships

Gross tonnage of ship (t)	Tractive force acting on mooring post (kN)	Tractive force acting on bollard (kN)
Over 200 and not more than 500	150	150
Over 500 and not more than 1,000	250	250
Over 1,000 and not more than 2,000	350	250
Over 2,000 and not more than 3,000	350	350
Over 3,000 and not more than 5,000	500	350
Over 5,000 and not more than 10,000	700	500
Over 10,000 and not more than 20,000	1,000	700
Over 20,000 and not more than 50,000	1,500	1,000
Over 50,000 and not more than 100,000	2,000	1,000

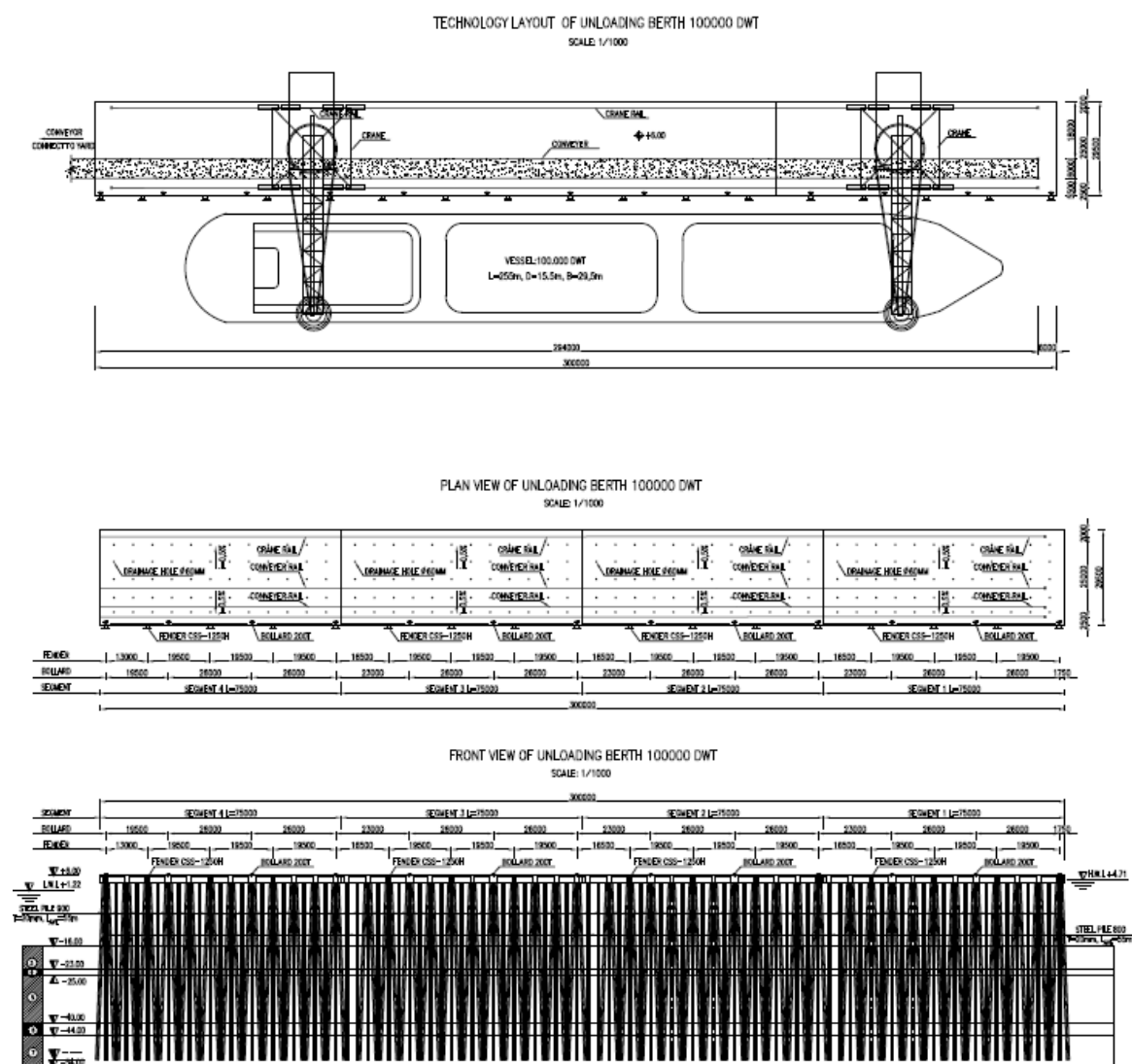
出典：日本港湾設計基準

(5) 設計断面概要

- 構造案：石炭荷揚栈橋は、沖合と港内に建設する計画案があるが、両案とも対象船舶、荷役機械、設計水深、自然条件もほとんど同一であるため、概略設計では栈橋標準断面は同じ構造案とする。
- 杭配置：栈橋構造は、大型船の接岸力による水平力に対応するため、断面方向に 2 組の組杭を設置する。アンローダー鉛直荷重に対応するため、レール直下位置に杭を配置する。杭間隔は、RC 梁の断面を考慮して 6.25m~6.5m 間隔とする。アンローダーのレール梁部は、鉛直荷重が大きいため、中間に杭を設け、3.25m 間隔とする。
- 杭種：地盤条件から、支持力確保のため長杭となることが予想されるので、鋼管杭を想定する。鋼管杭のため腐食対策を実施する。
- 上部工：上部工構造は RC 構造を想定する。

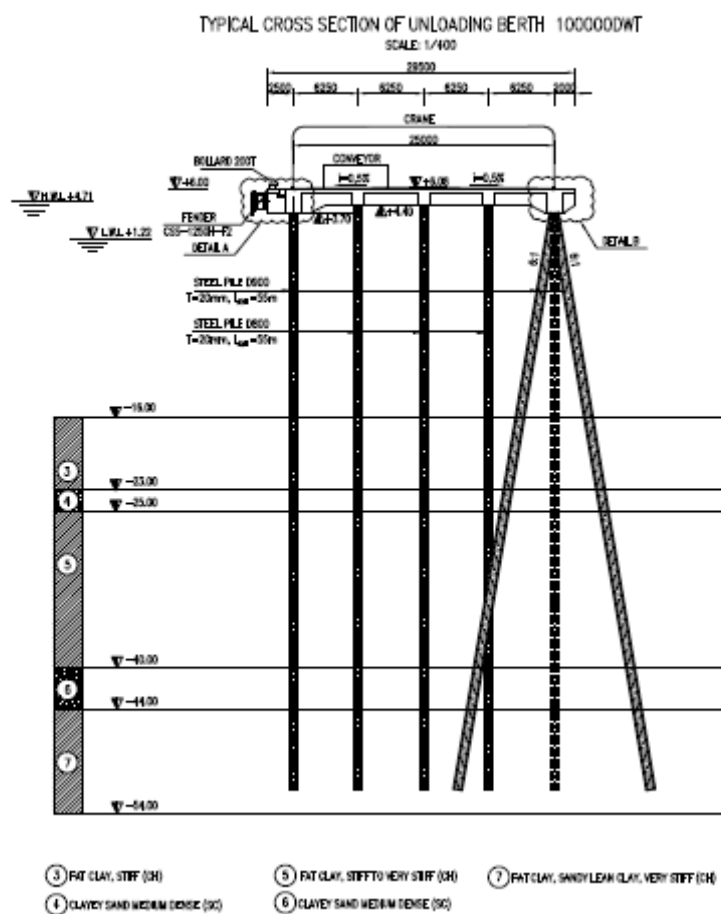
(6) 設計図面

1) 100,000DWT 栈橋の図面



出典：調査団作成

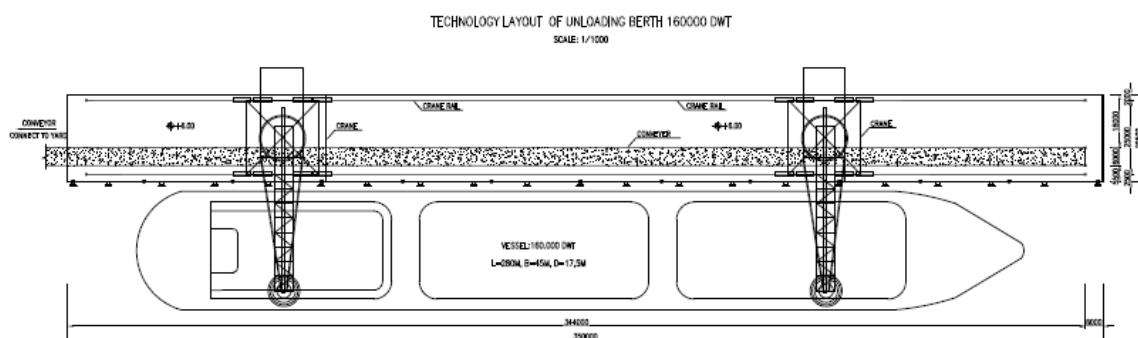
図 5.3.12 100,000DWT 棧橋平面図、側面図、正面図

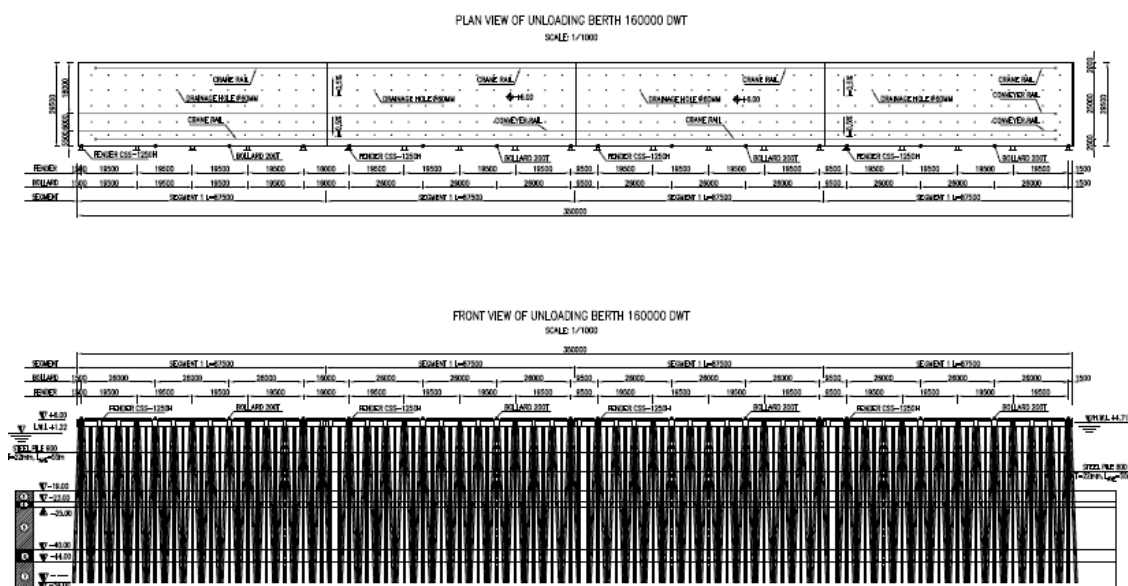


出典：調査団作成

図 5.3.13 100,000DWT 棧橋標準断面図

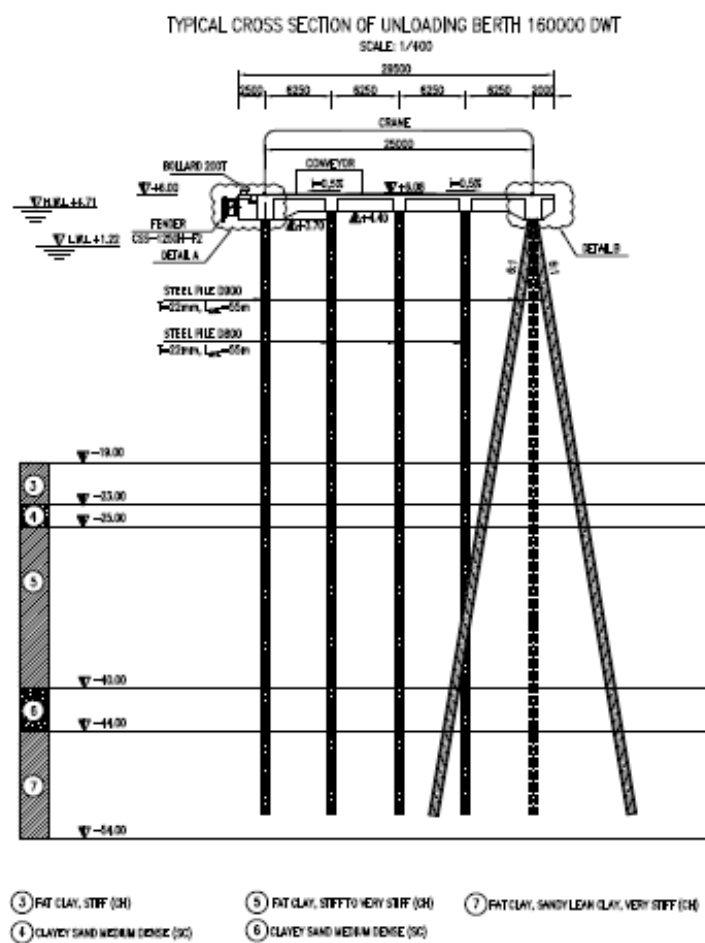
2) 160,000DWT 棧橋の図面





出典：調査団作成

図 5.3.14 160,000DWT 棧橋平面図、側面図、正面図



出典：調査団作成

図 5.3.15 160,000DWT 棧橋標準断面図

5.3.3. 石炭積込栈橋

(1) 構造形式選定

石炭積込栈橋の構造も石炭荷揚栈橋と同様に杭構造の栈橋とする。

(2) 施設設計条件

1) 自然条件

前章の自然条件と同様である。設計用地盤条件は表 5.3.7 で示した海岸部設計用想定地盤を用いる。

2) 利用条件

利用条件は以下に示す通りである。

上載荷重： 一般の栈橋と同様に 20kN/m² を考慮する。

対象船舶： 対象船舶は、5,000DWT,及び 10,000DWT のバージを計画しているが、新たに建造することを計画しているため、栈橋構造設計には 5,000DWT,10,000DWT の貨物船諸元を考慮する。基本設計、実施設計においてはこれらの諸元を確定する必要がある。

(3) 施設諸元

1) 栈橋天端高

石炭荷揚栈橋と同様に、 現地の潮位差と 対象船舶より、+6.0m (CDL)とする。

2) 栈橋延長

石炭荷揚栈橋と同様に、港湾施設計画規模より 10,000DWT の船舶を対象として、1 バース 160m とする。

3) 栈橋配置

栈橋は、港湾施設計画より、両側接岸配置とし、シップローダーが各側に配置されるものとする。

4) 栈橋幅員

2 基のシップローダーのレールスパン 14.0mとし、センターの離隔距離 7.0m を考慮する。 また、接岸側 2.5mの幅を両海側に確保する。従って、栈橋の全幅員は、 $(14.0\text{m} \times 2 + 7.0\text{m} + 2.5\text{m} \times 2) = 40\text{m}$ とする。ベルトコンベヤ及び車両の通行路は、シップローダーのレール離隔スパン内に設置するものとする。

5) 栈橋計画水深

栈橋前面水深は、対象船舶より水深 9.0m を確保する。

(4) 設計外力

1) 接岸力

i) 接岸速度

図 5.3.12 より、対象船舶 10,000DWT の接岸速度は、5cm/sec 程度と想定されるが、速度のばらつきを考慮して最大接岸速度 8.0cm/sec とする。

防舷材の設置ピッチは約 10m と仮定する。

ii) 接岸力

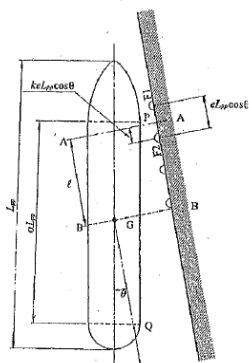
接岸力は、日本港湾基準の方法により表 5.3.21 の様に計算され、約 52kN/箇所となる。

2) 牽引力

曲柱は、表 5.3.20 より、10,000DWT (約 5,400GT) のバルク船を対象として、500kN/基とする。
設置間隔は、約 10m とする。

表 5.3.22 10,000DWT の接岸エネルギー計算表

		Key-in Data	
Type of Vessel		Bulk Carrier Vessel	
Deadweight Ton	DWT	10,000	ton
Length (over all)	Loa	132.0	m
Length (between perpendiculars)	Lpp	123.7	m (Assumed)
Breadth	B	19.3	m
Depth	D	10.6	m
Draft (full)	d	7.7	m
Displacement	Ws	13337	ton (Assumed)
Berthing Angle	TH	5	degree (Assumed)
Hydrodynamic coefficient	Cm	1.890	
Block coefficient	Cb	0.704	$Cm = 1 + (ga/2Cb)(d/B)$
Eccentricity coefficient	Ce	0.577	$Cb = Ws / (Lpp \times B \times d \times 1.03)$
Radius of gyration	r	30.16	m $Ce = 1 / (1 + (l/r)^2)$
Distance alongside the water line from the center of gravity of vessel to the berthing point	I	25.81	m $r = (0.19Cb + 0.11)Lpp$
Fender Spacing	Lf	10.00	m $I1 = (0.5a + e)(1 - k)Lpp \times \cos(TH)$
Coefficient of parallel side	a	0.50	$I2 = (0.5a - ek)Lpp \times \cos(TH)$
Coefficient of fender interval	e	0.081	$e = Lf / (Lpp \times \cos(TH))$
Coefficient of berthing point	k	0.50	
Block coefficient	Cb	0.704	$Cb = Ws / (Lpp \times B \times d \times 1.03)$
Softness coefficient	Cs	1.0	
Berth configuration coefficient	Cc	1.0	
Berthing Velocity	V	0.08	m/sec (Assumed)
Berthing Energy	E	46.6	kN-m $E = 0.5 \times Ws \times V^2 \times Cm \times Ce \times Cs \times Cc$
Safety factor	Sf	1.10	(Assumed)
Abnormal Berthing Energy	Ea	51.2	kN-m $Ea = E \times Sf$



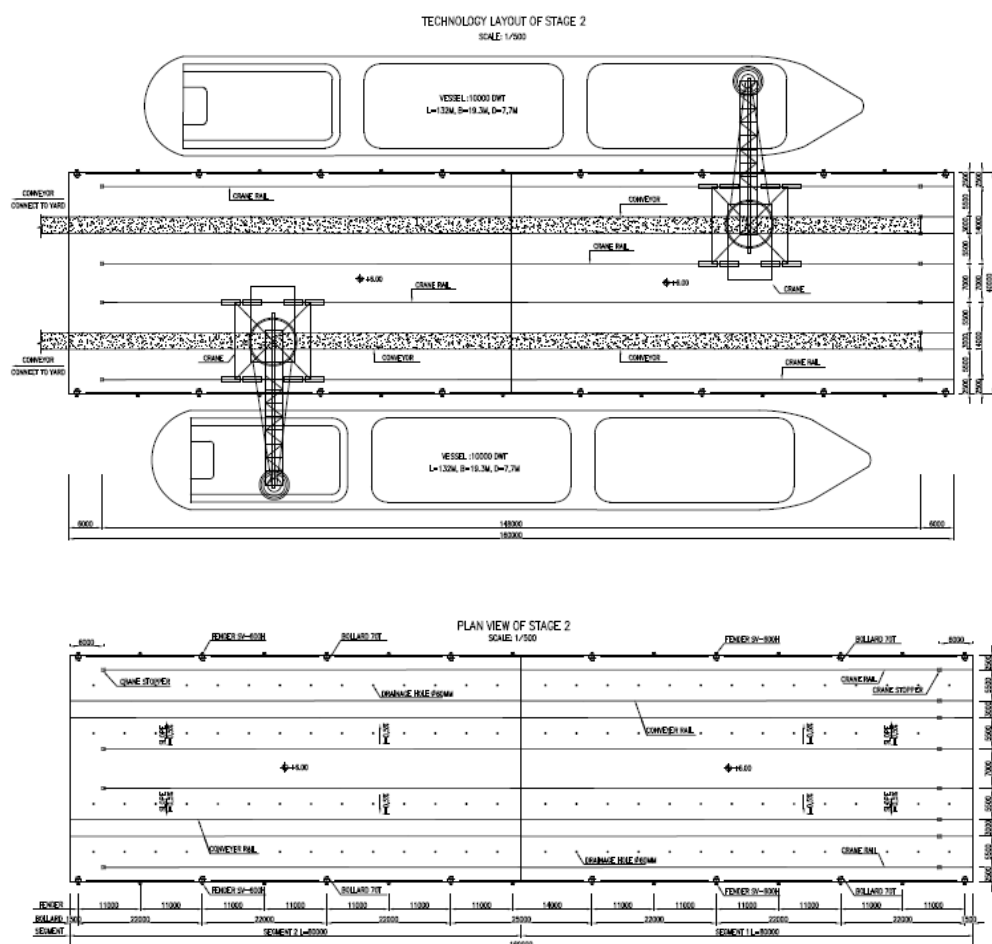
出典：調査団作成

(5) 設計断面概要

- 構造案： 石炭積込栈橋は、沖合案も港内案も港内に建設する計画である。
- 杭配置： 栈橋構造は、接岸力による水平力に対応するため、断面方向に 2 組の組杭を設置する。ローダーの鉛直荷重に対応するため、レール直下位置に杭を配置する。杭間隔は、RC 梁の断面を考慮して一般に 5.0～6.0m 間隔を標準とするが、ローダーのレールスパンの関係から横断方向の杭間隔は 7.0m とする。
- 杭種： 支持力確保のため長杭となることが予想されるので、鋼管杭を想定する。鋼管杭のため腐食対策を実施する。
- 杭先端深さ： 地盤条件より、杭先端深さは、-50.5m とする。
- 上部工： 上部工構造は RC 構造を想定する。

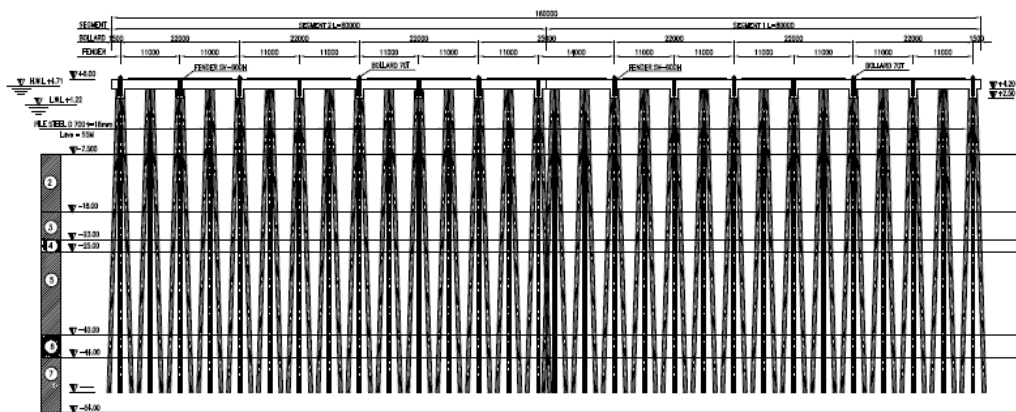
(6) 設計図面

1) 10,000DWT 栈橋図面



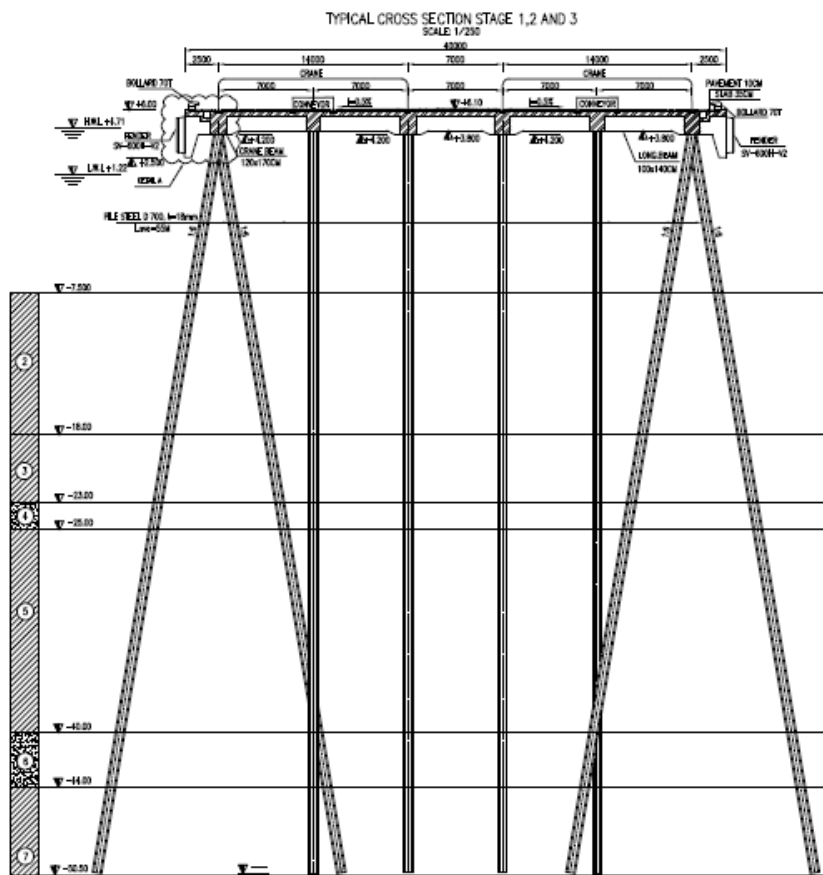
出典：調査団作成

図 5.3.16 10,000DWT 栈橋平面図



出典：調査団作成

図 5.3.17 10,000DWT 棧橋側面図



出典：調査団作成

図 5.3.18 10,000DWT 栈橋標準断面図

5.3.4. 防波堤・護岸

(1) 防波堤

防波堤は、沖合案の防波堤を必要とする案においての概略断面として検討する。

1) 構造形式の選定

構造形式選定では、防波堤として一般的な、重力式構造（ケーソン式、捨て石傾斜式）、杭式構造、セル式構造、を比較する。

2) 施設設計条件

i) 自然条件

自然条件は、設計条件の章と同じとする。設計用地盤条件は表 5.3.8 で示した沿岸部設計用想定地盤を用いる。

ii) 利用条件

防波堤は、特に防波機能以外の利用はないものとする。

3) 施設諸元

i) 機能

防波堤は、荷役時の静穏確保のため常時の高波高（ $H1/3=2.0\text{m}$ ）を遮蔽することを目的とする。

ii) 構造耐力

防波堤構造は、50 年確率の設計波（異常時）に耐える構造とする

iii) 天端高

異常時には越波を許し、常時波浪を遮蔽するものとし、以下の様に設定する。

$$\text{HWL}+0.6H(\text{遮蔽対象波})=+4.71\text{m}+0.6\times 2.0\text{m}=+5.91\text{m}=+6.0\text{m}$$

4) 設計外力

設計外力としては、異常時（HWL）の波力を考慮する。

設計波力は、合田式を用いて算定する。

波力の作用方向は、最も危険な波向きとして $\beta=0^\circ$ する。

波力考慮範囲：重力式防波堤では、基礎マウンドから天端までの波力を考慮する。

杭式カーテン防波堤では、カーテンの下端-6.0m から天端までの波圧を考慮する。円形セル式防波堤では、同規模の透過式セル式防波堤を参考として、水理実験で算定された以下の表の波圧低減係数を用いて、波圧を低減させる。

5) 比較構造概要

設計条件による防波堤比較検討断面の構造概要は以下に示す通りである。

i) 重力式防波堤（ケーソン堤）

躯体： RC ケーソン (14mx18mx20m)。
 上部工： +2.0m~+6.0m まで全幅コンクリート。
 基礎マウンド： 厚さ 3.0m (-15m~-12m を捨て石基礎)
 地盤改良： 捨て石基礎下面の支持力確保と円弧滑りの安定のため-30m~-15m を SCP よる砂置換
 摩擦増大マット： 捨て石基礎とケーソンとの摩擦係数は $\mu = 0.7$ 。

ii) 捨て石 (消波ブロック) 傾斜堤

消波ブロック： 波浪が大きいので消波ブロック被覆堤とする。
 上部工： 天端上部工は現場打ちコンクリート
 地盤改良： 沈下防止と円弧滑りの安定を考慮して-30m~-15m を SCP よる砂置換。
 被覆消波ブロック下層：被覆ブロックが大型となるため、吸い出し防止のため、下に小さめのコンクリートブロックを考慮する。
 法勾配： 消波ブロックの指定法勾配 1:3/4 とする。

iii) 杭式カーテン防波堤

カーテン部： カーテン部は、-6.0m~+6.0m とする。
 洗堀防止： 防波堤下部は洗堀防止のため厚さ 1.0m の捨て石基礎。
 地盤改良： 杭式であるので地盤改良は行わない。
 杭： 杭は杭径、杭長、15° の斜杭を考慮して、鋼管杭とする。

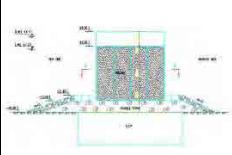
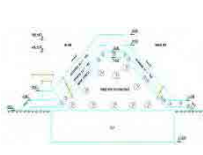
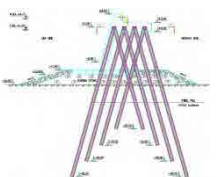
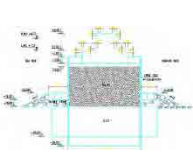
iv) 根入れセル式透過堤

セル配置： セル径 20m、セル間隔 1.5m とする。
 根入れ鋼版セル： 直径 20m で高さ 26.5m (-3.5m~-30m)。
 上部工： 蓋コン 1.0m、-4.5m~+6.0m までコンクリート詰め。
 地盤改良： -15m~-28m まで SCP で地盤改良。
 洗堀防止： セル周辺を厚さ 3.0m(-15.0m~-12.0m)の捨て石。

6) 断面比較

防波堤構造は、以下の比較表の如く、施工性、信頼性、経済性で有利な、ケーソン式防波堤を想定する。

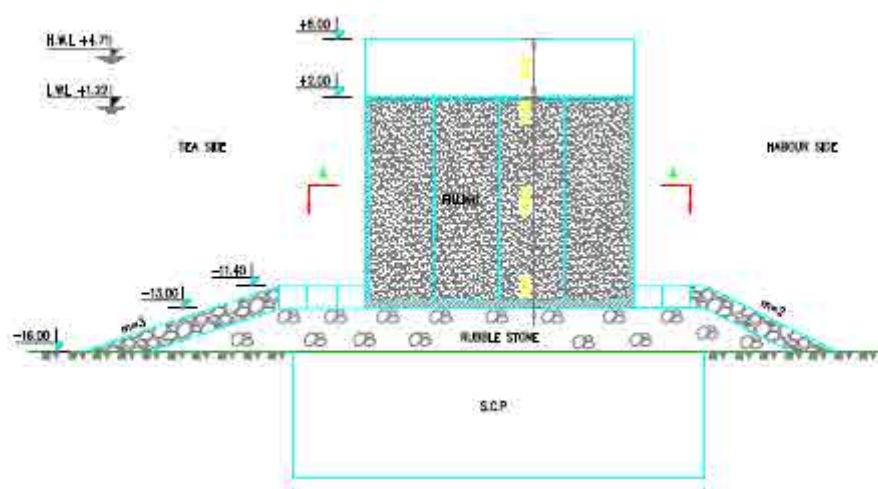
表 5.3.23 構造比較表

	重力式防波堤 (ケーソン堤)	捨て石 (消波ブロック) 傾斜堤	杭式カーテン防波堤	根入れセル式透過堤
断面図				

軟弱地盤対応	地盤改良が必要 B	地盤改良が必要 B	地盤改良不要 A	地盤改良が必要 B
海域環境への影響	断面それほど大きくないが影響ある B	断面が大きく影響は大きい C	杭式なので海域環境への影響は比較的少ない A	断面それほど大きくないが影響ある B
施工性	ケーソン製作ヤードが必要 A	ブロック製作ヤードが必要。 A	ヤードは不要。現場作業が多い。 B	セルの組み立てヤードが必要。特殊な施工機材が必要。 C
経済性 {安い順}	1 A	2 B	3 C	4 C
耐久性 {実績}	コンクリートで耐久性は高い。実績は多い。 A	コンクリート渡石材で耐久性は高い。実績は多い。 A	鋼管杭となるため腐食対策が必要。大規模なものの実績は無い。 C	セルが鋼製となるため腐食対策が必要。実績は少ない。 B
総合判断	適 A	適 B	不適 C	不適 C

出典：調査団作成

7) 防波堤標準断面図



出典：調査団作成

図 5.3.19 ケーソン式防波堤標準断面図

(2) 護岸

護岸は、沖合案、港内案ともに 3rd Phase において海上埋め立て貯炭場の建設に必要な護岸断面を検討した。

1) 構造形式選定

構造形式は、貯炭場の上載荷重が非常に大きいため、護岸部の円弧滑りの安全率を十分確保できる構造とする。

2) 施設設計条件

i) 自然条件

自然条件は設計条件の章と同じ。設計用地盤条件は表 5.3.7 で示した海岸部設計用想定地盤を用いる。

ii) 利用条件

iii) 上載荷重

護岸背後(護岸法線から 20m 区間)道路用地 : 20kN/m²

貯炭場用地 : 120kN/m²

3) 施設諸元

天端高 : +6.0m と仮定

前面水深 : -2.0m

配置形状 : 貯炭場の配置計画より、護岸法線は、海岸線より沖側に約 400m 前出しする。

延長 : 延長は、約 1,600m である。

4) 設計断面概要

現地盤では、円弧滑りの安定が確保できないため、矢板構造とし、護岸下部も地盤改良を実施する。これによって、円弧滑りの安全率は、常時 SF=2.13 で十分確保できる。

鋼矢板の断面は、IV型として、控版形式を想定した。

5) 設計図面

護岸設計図

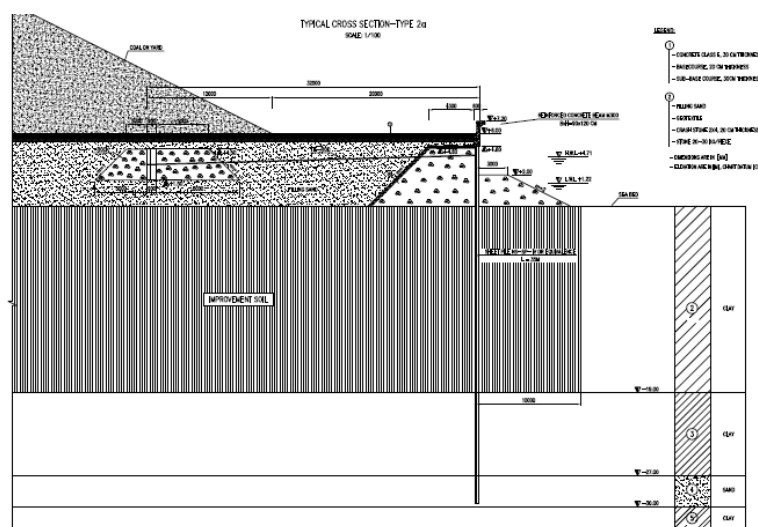


図 5.3.20 護岸標準断面図

出典：調査団作成

5.3.5. トレッセル

トレッセルは、沖合案では海上約 10km まで設置される計画であるので、代表的な中間位置での概略断面を検討した。

(1) トレッセル

1) 施設設計条件

i) 自然条件

自然条件は、地域自然条件と同じである。設計用地盤条件は表 5.3.8 で示した沿岸部設計用想定地盤を用いる。

ii) 利用条件

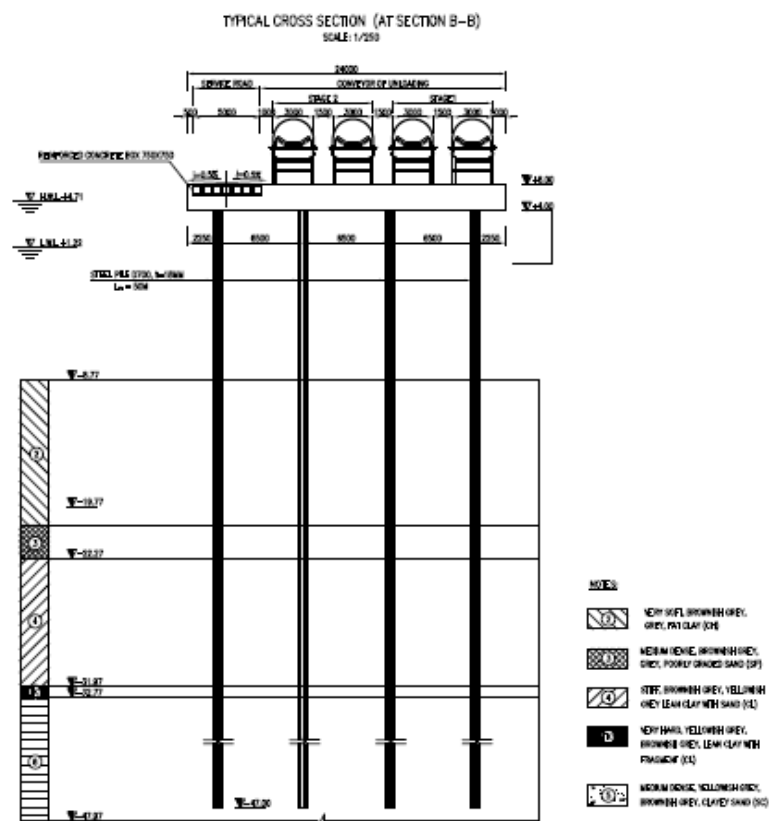
ベルコン：トレッセルには、石炭荷揚栈橋で揚炭された石炭を陸域に運搬するベルトコンベヤ（幅 2200mm）1st Phase,で 2 レーン、2nd Phase,で 3 レーン、3rd Phase で 4 レーンを計画する。

連絡通路：栈橋への連絡及びベルトコンベヤの管理用に 1 車線（幅 4.0m）の道路を考慮する。道路の荷重は小型車両の活荷重を考慮する。

2) 構造形式選定

トレッセルは、延長、水深、波浪、海洋環境への影響を考慮すると、橋梁形式が選定される。

橋梁の構造は、荷重条件を考慮して、道路部については、PC ホロースラブ桁を想定し、ベルトコンベヤ部は、鋼製トラス橋形式とする。



出典：調査団作成

図 5.3.21 トレッセル設計図（平面、側面、断面）

5.3.6. 航路埋没対策工(防砂堤)

防砂堤は、航路内没対策として既存計画防波堤の先端に設置する。防砂堤の延長は、航路埋没シミュレーションによって決定されるので、ここでは代表的な位置（-5m,-10m）での概略防砂堤断面を検討する。

(1) 構造形式選定

航路埋没対策としての防砂堤は、航路埋没量の減少を目的として想定する。従って、構造は安定性を確保できて安価な捨て石傾斜堤とし、コンクリートブロックで被覆する。防砂堤の若干の沈下は、許容するものとする。

(2) 施設設計条件

波浪：水深-5.0m と、-10.0m での波浪を考慮する。

潮流：考慮しない

地盤：計画地の地盤表層は軟弱地盤であり、円弧滑りの安定を確保するため地盤改良を行う。

設計用地盤条件は表 5.3.8 で示した沿岸部設計用想定地盤を用いる。

(3) 施設諸元

天端高： シミュレーション検討は、完全遮蔽の断面としているので、海面上を天端高さとし、HHWL に若干の余裕を考慮した+5.0m とする。

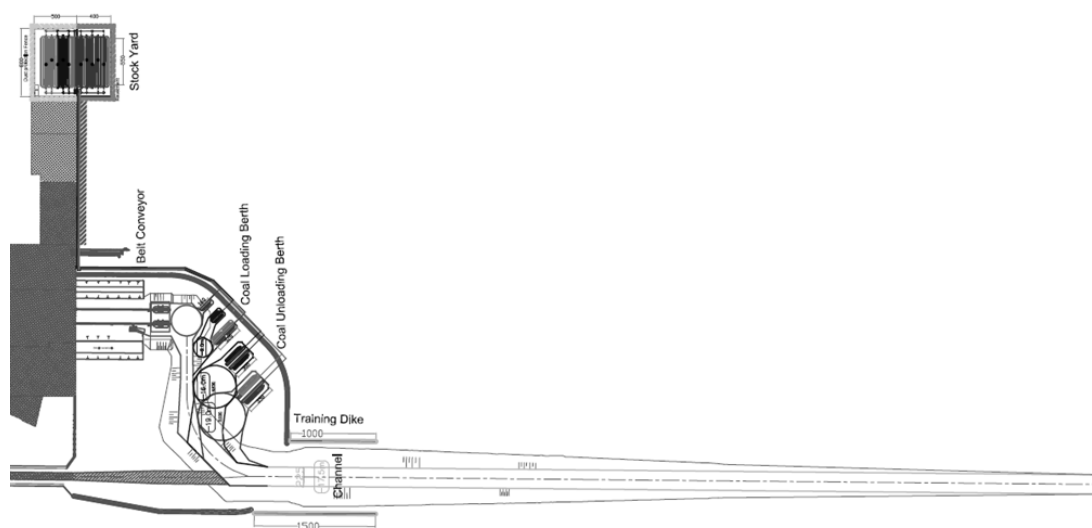
法勾配： 堤体の安定を考慮して 1 : 4/3 の勾配とする。

(4) 設計断面概要

ブロック重量 : 12t/個
被覆石重量 : 1.2 t/個
捨て石重量 : 200～300kg/個
地盤改良 : 砂置換 厚さ=5m

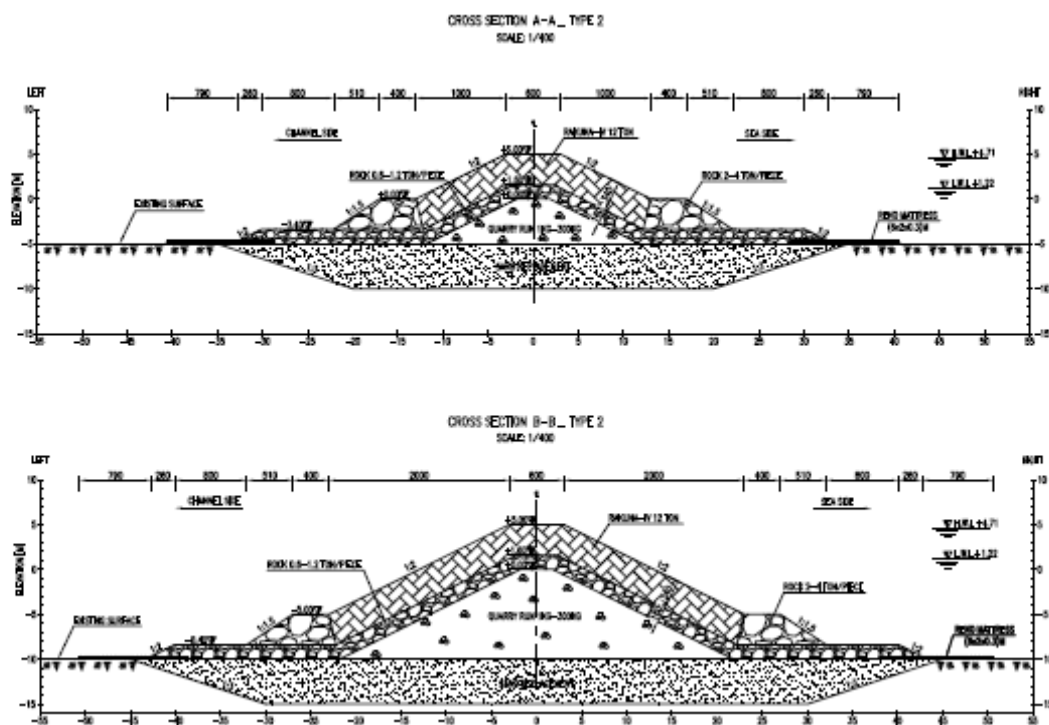
(5) 設計図面

平面図



出典：調査団作成

図 5.3.22 防砂堤配置図



出典：調査団作成

図 5.3.23 防砂堤標準断面図（上：水深-5m 地点、下：水深-10m 地点）

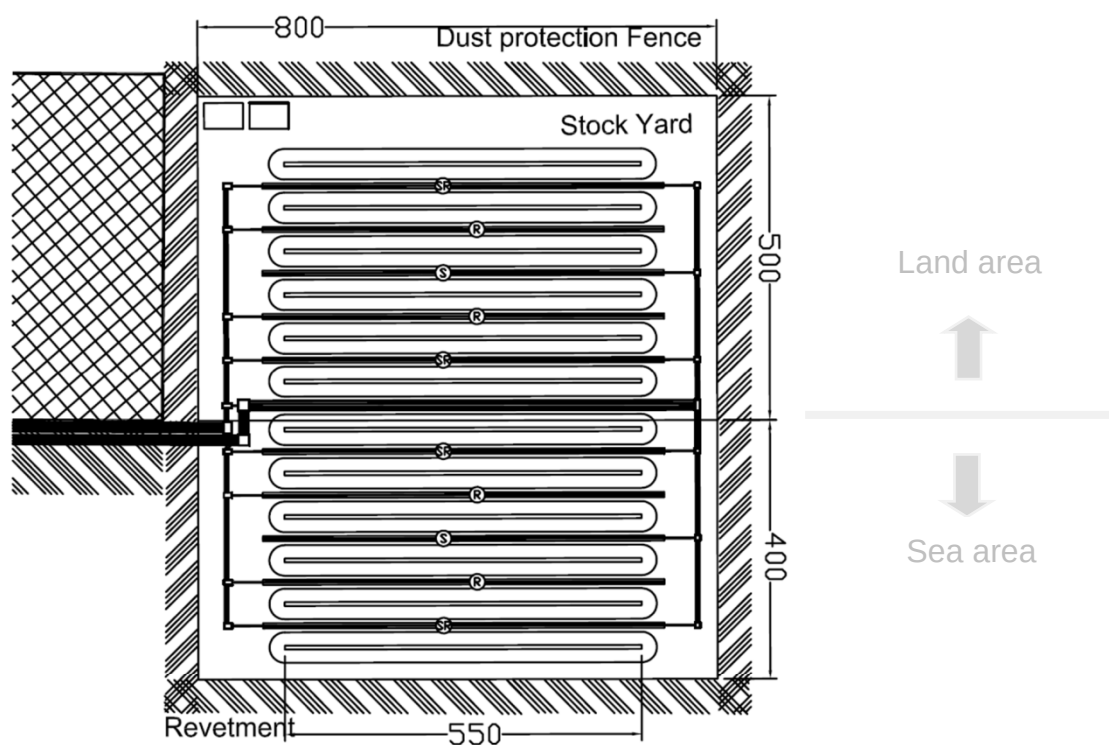
5.3.7. 貯炭場

(1) 貯炭場施設

貯炭場は、1st Phase ~ 3rd Phase と 3 段階で整備する。それぞれの段階での必要面積は以下に示す通りである。

1 st Phase	:	22	ha
2 nd Phase	:	18	ha
3 rd Phase	:	32	ha

配置は、図のようで、3rd Phase において貯炭場を海上を埋め立てて拡張する計画となっている。



出典：調査団作成

図 5.3.24 貯炭場計画平面図

貯炭場の設計対象施設は、以下の施設とする。

- ①用地造成
- ②スタッカー・リクレーマ基礎
- ③地盤改良
- ④舗装
- ⑤防塵フェンス

このほか、周囲の排水施設や水処理施設などを考慮する。

(2) 設計条件

1) 自然条件

地形（造成高さ）

現状地盤高（平均地盤高+3.0m）

造成地盤高 +6.0m

土質条件

貯炭場の土質条件は、設計条件の海岸部の条件とする。

2) 利用条件

貯炭場計画

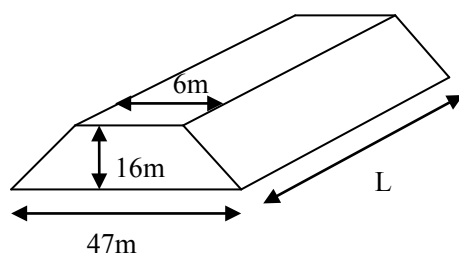
造成高さ

計画地の陸上に原地盤高さは、2～3m である、施設からの排水や海上埋め立ての場合の波浪による越波等を考慮して、造成高さを 6m とした。

ストックパイル形状、配置：

ストックパイルの形状は、スタッカー・リクレーマーの能力等を勘案して、実績のある以下の様な断面を想定した。

貯炭断面形状	台形
貯炭勾配	約 40°
貯炭高さ	16.0m
天端幅	6.0m
下端幅	47.0m



出典：調査団作成

図 5.3.25 ストックパイル形状

3) 施設設計概要

i) 造成

貯炭場の用地高さは、波浪、排水等を考慮して、原地盤よりも若干高い+6.0m を想定し平均で 3m 程度の造成盛り土を考慮する。

ii) スタッカーリクレーマー基礎

スタッカーリクレーマーのレール基礎は、鋼管杭支持による地中梁とし、レール間隔の確保のため、10m ピッチで両側梁を結ぶ梯子形状とする。

荷役機械のレールが、石炭により埋没するのを防ぐためレール基礎高さは貯炭場面より 1.2m 高くする。

iii) 地盤改良

貯炭場は、石炭積み上げ計画高さ 16m の荷重を受けるため約 120kN/m² の荷重が地盤に作用する。

計画地の地盤には、約 20m 程度軟弱なシルト層が存在するため沈下を防ぐため、地盤改良を行う。

石炭を約 16m の高さに積み上げた場合、ヤードの地盤下部の粘性土部が、最終沈下量約 1.75m の圧密沈下を起こすと想定される。

従って、貯炭場は地盤改良を実施する。地盤改良は、最も経済的な PVD によるプレロード工法を想定する。

PVD は、正方形配置で 1.3m ピッチとする。

サーチャージの盛り土高さは 14m とし、約 8 ヶ月で最終圧密沈下量の 90% 以上の沈下を目標とする。

iv) 舗装

貯炭場は、リクレーマー、ホイールローダー、ブルドーザー等の荷役機械が走行するので貯炭場地表面は、舗装をする。

2m³ のホイールローダーの輪荷重を想定して、コンクリートスラブ厚 30cm、上層路盤厚 20cm、下層路盤厚 30cm を想定する。

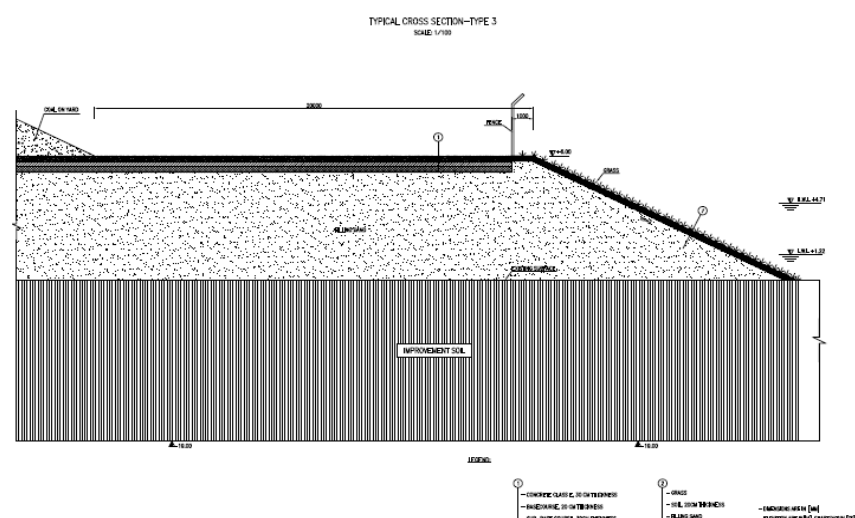
また貯炭場は、防塵対策、防火対策等の散水や雨水排水のため、貯炭場内は 2% 程度の排水勾配を設ける。

v) 防塵フェンス

防塵フェンスは、中部中継基地と同等のフェンス高さ 8m、基礎高さ 2.0m を想定して、基礎は PC 杭 (L=20m, $\phi=300\text{mm}$, $t=60\text{mm}$) 基礎とする。防塵フェンスは、2nd Phase までの陸側境界に設置する計画とする。

4) 設計図面

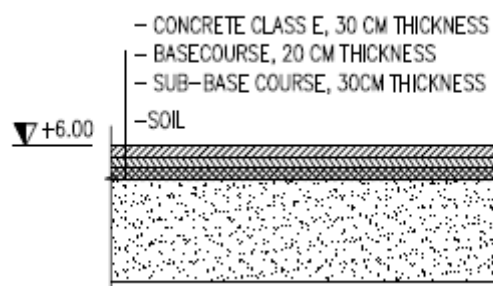
i) 陸上部造成斜面



出典：調査団作成

図 5.3.26 陸上部造成斜面部断面図

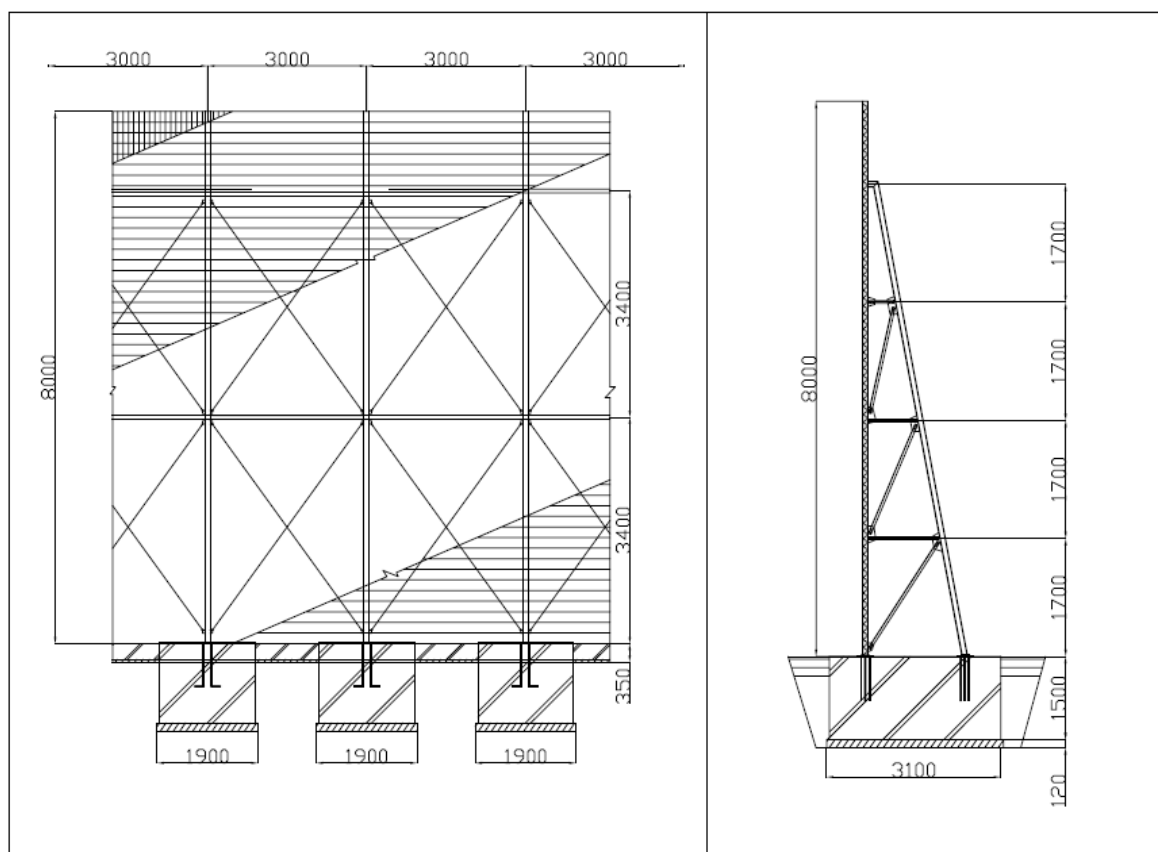
iv) 舗装構成



出典：調査団作成

図 5.3.29 舗装断面図

v) 防塵フェンス



出典：調査団作成

図 5.3.30 防塵フェンス参考図

5.3.8. 航路及び航路航行援助施設

(1) 航路

1) 航路諸元

航路諸元は、港湾計画より以下の様に設定された。

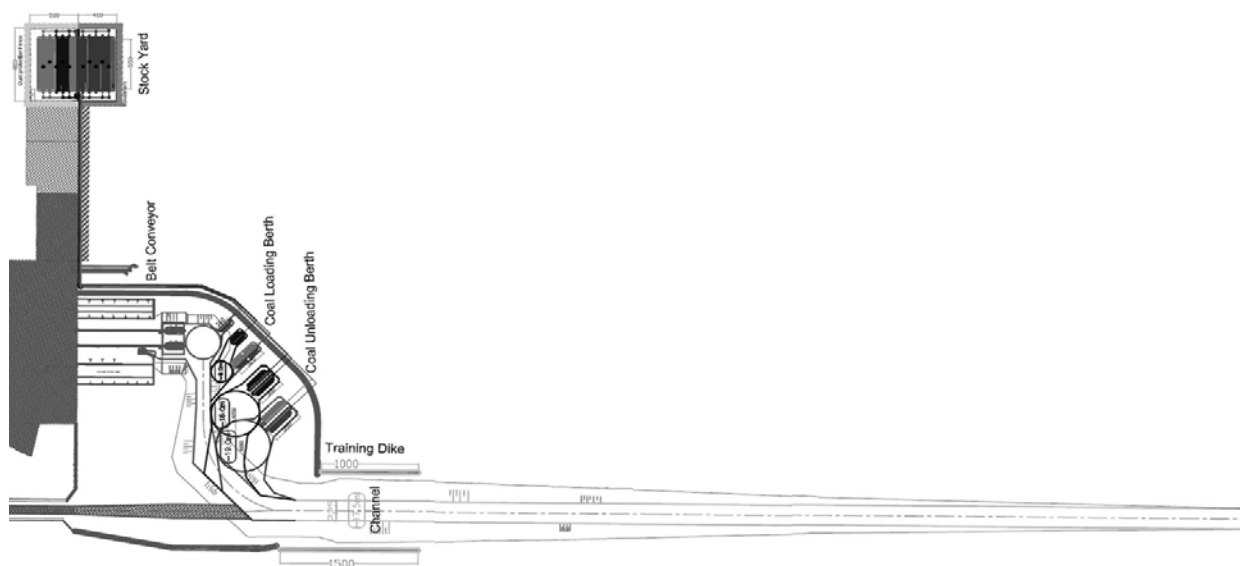
航路幅員：	1 st , 2 nd Phase	100,000DWT 対応で幅 200m
	3 rd Phase	160,000DWT 対応で幅 225m
航路水深：	1 st , 2 nd Phase	100,000DWT 対応で水深-14.5m
	3 rd Phase	160,000DWT 対応で水深-17.5m

航路方向： 航路の中心線は、ハウ川バイパス運河航路の南側防波堤の安定を維持するため、ハウ川バイパス運河進入航路法線に平行とし、65m 北側にシフトする。また、この航路シフトと拡幅に伴い、ズーエンハイ港の北側防波堤を約 130m、南側防波堤を約 220m 撤去する。撤去により港内の静穏が確保されない恐れがあるが、防波堤先端より航路両側に配置される防砂堤によって静穏度は、十分確保される。

港内の静穏は、航路両側に配置される防砂堤によって十分確保される。

2) 航路浚渫勾配

航路浚渫法勾配は、海底地質条件より、航路浚渫法勾配を 1:10 と仮定する。



出典：調査団作成

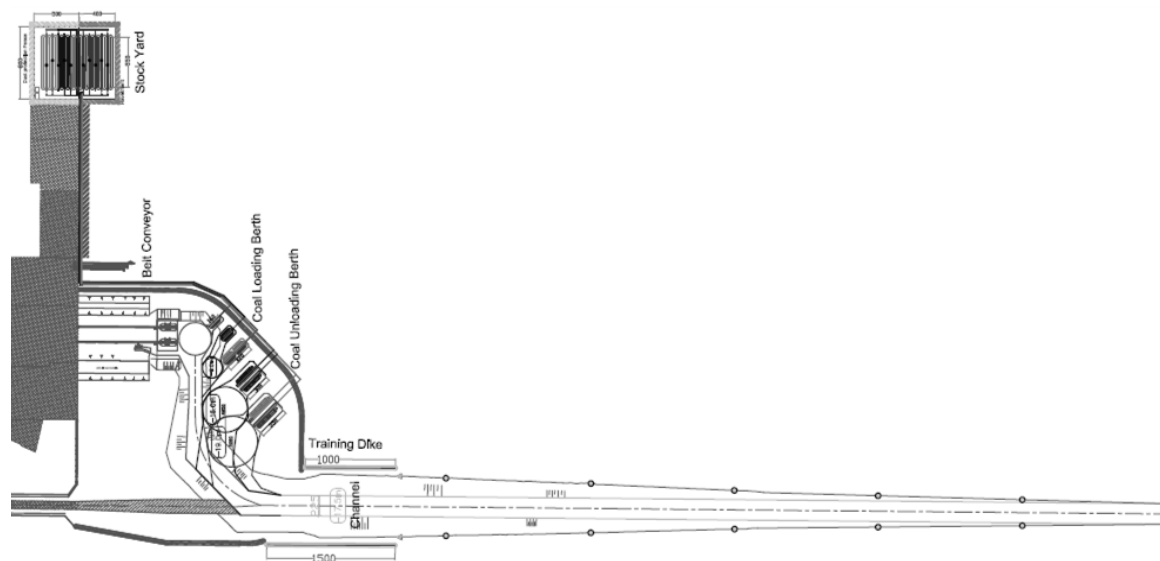
図 5.3.31 航路配置図

1) 航行援助施設

航路に航路標識ブイを設置する。防砂堤と固定式バースについてはそれぞれ固定式の標識灯を設置する。

2) 施設配置。

航路入口より、路航に沿って左右約 1 マイル毎に航路標識ブイを設置する。施設標識灯は施設の端部に設置する。航行援助施設配置図及び航路断面図、



出典：調査団作成

図 5.3.32 航行援助施設配置図

5.3.9. 陸上施設の基礎

(1) 陸上部施設基礎

ベルコン基礎、建屋基礎等の陸上部施設基礎は、PC コンクリートパイル基礎を想定する。

5.4. 概略施工計画

5.4.1. 主要施設および工種の概要

前出の通り、本事業は 3 段階の段階整備計画に基づくことを想定している。そのため、施設建設も 1st Phase、2nd Phase、3rd Phase の各段階に必要となる施設整備を行う。

主要工種、石炭荷役機械と石炭中継基地の施設運営のための建屋などの名称および各整備段階に必要となる数量を表 5.4.1、表 5.4.2 および表 5.4.3 に示す。

表 5.4.1 主要工種

No.	施設名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	石炭荷揚栈橋	Berth	2	3	4
2	石炭積出栈橋	Berth	2	4	7
3	貯炭場土工事	ha	22	40	72
4	舗装	m	2,054	3,400	5,000

5	浚渫・埋立	mil.m3	19	21	37
6	防砂堤	km	2.5	2.5	2.5

出典：調査団作成

表 5.4.2 石炭荷役機械

No.	名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	荷揚用荷役機械	Set	4	6	8
2	払出用荷役機械	Set	2	4	7
3	スタッカー・レクレーマ	Set	3	5	10
4	ベルトコンベア	Km	22.7	31.5	51.6

出典：調査団作成

表 5.4.3 石炭中継基地運営のための建屋他施設

No.	名称	Unit	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	管理棟	L.S	1	1	2
2	整備工場	L.S	1	1	2
3	変電・受電施設	L.S	1	1	2
4	防風フェンス	km	1.8	1.8	1.8
5	セキュリティフェンス	Km	2.6	2.6	4.2

出典：調査団作成

5.4.2. 現地の一般的な条件

現地へのアクセス、自然条件および社会条件について本節にて記載する。これらの諸条件をもとに施工方法、施工機械および各作業工種の稼働率等を評価する。

(1) 施工場所およびそのアクセス

施工場所はメコン川の河口デルタに位置しており、ズーエンハイ発電所に隣接した北東部の敷地と同発電所用の港湾およびそれを結ぶベルトコンベアで構成される。貯炭場と石炭中継基地運営のための建屋・他施設はズーエンハイ発電所に隣接した北東部の陸上部に建設することを想定している。石炭の荷揚げおよび払出用の岸壁等の施設はズーエンハイ発電所用の港湾内に建設する計画である。

施工場所は陸上からも海上からもアクセスが可能である。しかしながら、現地の前面海域は遠浅であり、現在建設が進められているハウ川バイパス運河が開通するまでは海上からのアクセスは制限される。

図 5.4.1 に施工場所を示す。



出典：調査団作成

図 5.4.1 施工場所の位置

(2) 施工場所の自然条件および社会条件

施工場所はメコン川河口デルタに位置している。主要な自然条件をまとめると以下のようである。

表 5.4.4 計画地域主要自然条件

No.	項目	概要
1	気候区分	モンスーン気候
2	降雨	年間降雨量は 2,106mm (2010 年)
3	風速	年間平均風速は 6.79m/s (2010 年)
4	波浪	有義波高 1.5m 以下の出現頻度は 68%
5	地盤条件	表層 12m 程度は軟弱地盤

出典：調査団作成

5.4.3. 材料および施工機械の調達

施工計画および施工工程を考える上で、材料および施工機械の調達は重要である。また、これらの条件はコストにも影響する。本検討では、可能な限り現地にて調達可能な材料を用いるものとし、海外からの資機材の調達は、現地での調達が困難または品質確保が難しいと判断される場合に限ることとする。

(1) 材料の調達可能性

施設の事前設計検討から主要な材料を選び出し、それらの材料の調達先の可能性について検討した結果を以下に示す。

表 5.4.5 主要港湾施設の材料調達検討

No.	主要材料	必要とする施設	調達先
1	コンクリート	岸壁・貯炭場	施工場所近傍・施工場所
2	石材	護岸・防砂堤	南ベトナム
3	埋立用の砂	貯炭場	メコン河
4	鉄筋	岸壁・貯炭場	南ベトナム
5	規則委	岸壁	南ベトナム
6	鋼材	岸壁	南ベトナム
7	PVD	貯炭場地盤改良	ベトナムもしくは輸入

出典：調査団作成

(2) 施工機械の調達

施設の事前設計検討から主要な施工機械を選び出し、それらの調達先の可能性について検討した結果を以下に示す。

表 5.4.6 主要港湾設備の調達検討

No.	施工機械	工種	調達先
1	杭打ち用台船	杭打ち	ベトナム
2	クレーン台船 (50ton クラス)	岸壁上部工	ベトナム
3	材料用台船 (1,000ton)	岸壁上部工	ベトナム
4	サンドポンプ台船 (200m ³ /h)	埋立	ベトナム
5	掘削機 (0.7m ³ class)	土工事	ベトナム
6	PVD 打設機 (30m)	地盤改良	ベトナムもしくは輸入
7	ダンプトラック (20ton)	土工事	ベトナム
8	移動式クレーン (50ton)	建築工事	ベトナム
9	浚渫船 (5,000-30,000m ³ /day)	浚渫	ベトナムもしくは輸入

出典：調査団作成

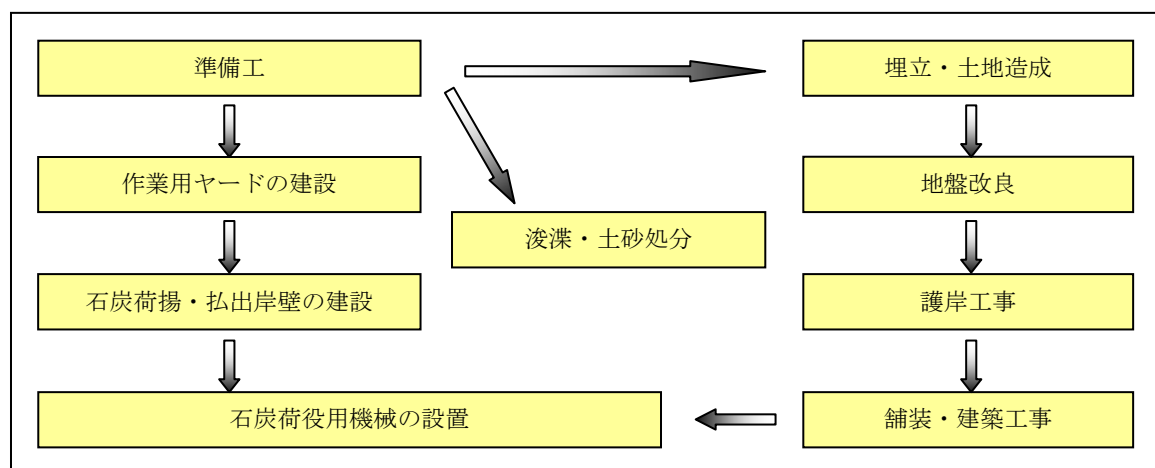
5.4.4. 施工計画の予備検討

施工計画の予備検討は以下の条件を設定して行った。本検討は施工工程の作成および施工コストの算出のために行うものである。

- 実績のある施工業者が工事を実施すること
- ベトナムにおいて一般的で妥当性のある工法を適用すること
- 一般的で妥当性のある施工歩掛かりを想定すること

(1) 概略の施工手順

図 5.4.2 に想定した施工手順の概要を示す。



出典：調査団作成

図 5.4.2 概略施工手順

(2) 準備工および仮設工の施工計画

建設工事の着手にあたり、事前調査、フェンスおよびゲートの設置、工事事務所の設置、許認可申請、施工計画および施工図面の作成などを準備工として実施する。コンクリートブロックの建設用ヤードおよび継ぎ杭用の溶接ヤードも準備が必要である。

(3) 石炭荷揚および払出岸壁の施工計画

石炭荷揚および払出岸壁はズーエンハイ石炭火力発電所に設けられた港湾内に設置する計画である。岸壁用の杭打ちは杭打ち船のハンマーを用いて打設する。打設用の杭は材料運搬用の台船により継ぎ杭施工ヤードから打設サイトに運搬する。

杭打ちに引き続いて、コンクリート製の上部工を施工する。コンクリート打設用の受け架台設置工、型枠工および鉄筋工はクレーン台船を用いて人力により施工する。コンクリート打設用ポンプ車を防波堤の上部に配置して現場でのコンクリート打設を行う。生コンは作業用ヤードに設けられる製造プラントにて製造し、アジテータ車により打設サイトまで運搬する。本工事のために既存防波堤上部をこれらの作業用車両が通行可能となるようにする。

(4) 浚渫および土砂処分の施工計画

新設の航路、岸壁前面泊地および回頭水域は所要水深を満たすための浚渫を行う。トレーラーサクショポッパー浚渫船 (TSD)、カッターサクション浚渫船 (CSD) およびグラブ浚渫船 (GD) が使用可能である。これらの浚渫船の中では、トレーラーサクショポッパー浚渫船 (TSD)、カッターサクション浚渫船 (CSD) が新設航路の浚渫に、またグラブ浚渫船 (GD) が岸壁前面は口の浚渫に向いている。

浚渫土砂は土運船もしくはパイプラインによって所定の土砂処分場まで運搬・土砂投入する。本検討では浚渫土砂量が多いことから海洋投棄場所が確保されることを前提として検討を行う。

(5) 埋立・土地造成工事の施工計画

現在の貯炭場用地の敷地高は低くてそのままでは貯炭場として利用できない。そのため、土砂の埋立が必要である。埋め立てよう土砂投入に先立ち、植生やゴミ等と合わせて表土をバックホーとダンプトラックにより撤去する。

埋め立て用の砂はバージによる水上運搬ののち、サンドポンプ台船により陸上に揚土する。L型の擁壁を埋立部の境界に設けて投入土砂が場外に流出するのを防止する。サンドポンプによる揚土では水と砂が混じった形で投入されるために、土砂投入後に発生する余水の排出にあたっては、このことによる環境への悪影響を避けるための排水計画および汚濁防止膜の設置等が必要である。

(6) 地盤改良の施工計画

貯炭場の地盤改良は PVD 法を想定する。PVD 法による地盤改良で必要となる工種は以下のようである。

- (a) 揚水井戸、観測用井戸および沈下版の設置.
- (b) ブルドーザとダンプトラックによるサンドマットの敷設（表面排水のため）
- (c) PVD 打設機による PVD の打設
- (d) 载荷盛土用の土砂投入
- (e) 荷重载荷期間中の動態観測
- (f) 载荷盛土用の土砂撤去

(7) 護岸の施工計画

貯炭場は海岸線に沿って建設することが計画されている。水際に接する部分の波浪防御および侵食防止のため護岸を設置する。捨石堤の上部を消波用コンクリートブロックで被覆する形式の護岸構造を想定する。

護岸工事で必要となる工種は以下の通りである。;

- (a) 人力により陸上埋立の海側境界へのジオテキスタイルの設置.
- (b) バックホーによるジオテキスタイルの防護用のフィルター石材の設置.
- (c) バックホーによる捨て石の投入
- (d) バックホーによるコンクリートブロックによる捨て石の被覆.
- (e) コンクリートブロックは作業用ヤードで製作の上、ダンプトラックにより運搬

(8) 舗装工および建築工事の施工計画

地盤改良工事および石炭の貯蔵・搬出用の荷役機械用の基礎工事が完了した後に、ユーティリティ施設および舗装工を実施する。建築工事では主として移動用クレーンを使用する。生コンクリートは作業ヤードにて製造しアジテータ車で現場まで運搬する。

石炭の貯蔵・搬出用の荷役機械および建屋の基礎杭はディーゼルハンマーにより打設する。電気・水道・排水施設などのユーティリティ施設は舗装工事の前に完了させる。

5.4.5. 仮設工事

工事期間および工事費用の算出にあたって、仮設工事は重要である。

(1) 必要な仮設工事

本プロジェクトにおいて必要となる仮設工事は以下の通りである。

- (a) 仮設セキュリティゲートとフェンスの設置
- (b) 製作ヤードの設置
- (c) 土砂処分場における仮設堤防の設置.

上記の工事は関連する本工事の着手前に実施する。そのため、本建設プロジェクトの円滑な遂行のためにも事前の適切な工程計画の検討が必要である。

(2) 製作ヤード

以下の工種は製作ヤードで実施する。；

- ① 基礎コンクリート杭の継ぎ杭製作
- ② コンクリート被覆ブロックの製作.
- ③ 生コンクリートの製造.
- ④ 鉄筋の加工作業
- ⑤ 石材、杭および施工機械の保管

製作ヤードは砂による覆土を行い、表面を砕石で整地する。作業用車両の移動・作業の支障とないように覆土用の砂および砕石はローラーにより十分に締め固める。第三者災害を防止するために、製作ヤードには侵入防止のためのセキュリティフェンスとゲートを設ける。

5.4.6. 概略工程

本節では、本プロジェクトで想定されている各施工段階の概略工程を、概略設計および概略施工計画に基づいて検討した結果を示す。

(1) 各施設の概略施工数量

概略設計検討結果を基に、各施設で想定される施工数量を求めた。

(2) 各作業の稼働率

現場の条件を勘案して、以下の作業稼働率を設定した。.

No.	工種	適用した作業稼働率
1	海上工事	0.7
2	陸上工事	0.8
3	製作作業	0.9
4	その他の作業	0.8

図 5.4.3～図 5.4.5 に各工種の施工数量、作業稼働率および各作業の歩掛かりに基づいた各整備段階の概略施工工程を示す。

[illegible]

図 5.4.31st Phase の概略工程表

[illegible]

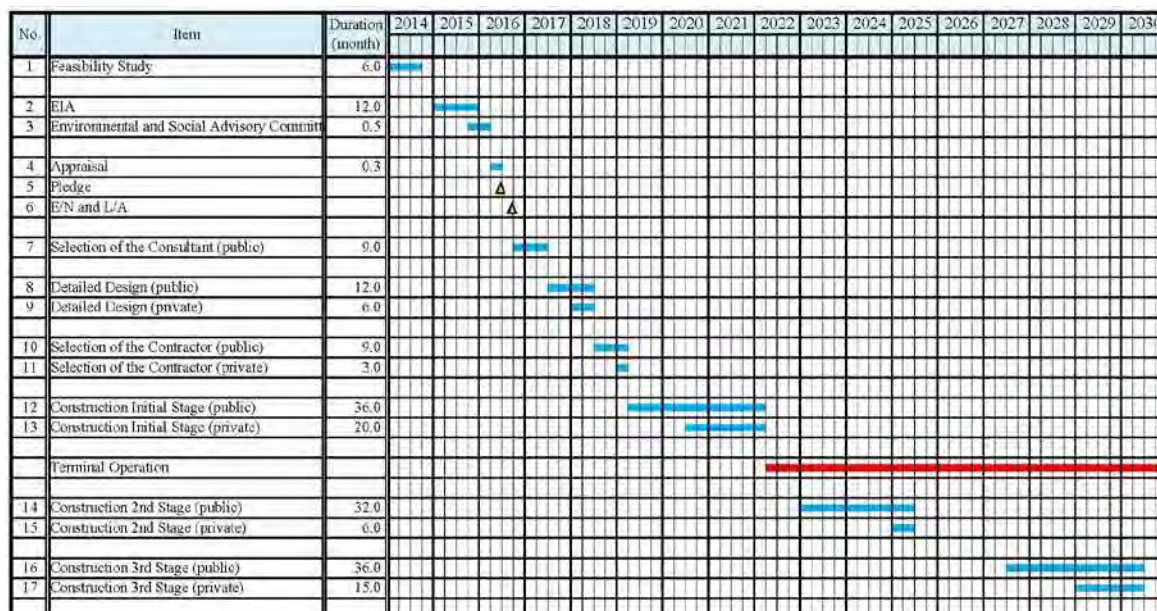
図 5.4.4 2nd Phase の概略施工工程表

No.	WORKING ITEM	Unit	Qty	Productivity (/day)	Act Ratio	Year / Month	1st Year												2nd Year												3rd Year														
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35				
3-1	Coal Unloading Berth	berth	1																																										
	Foundation Pile	nos	440	2.0	0.7	10																																							
	Superstructure Concrete	m3	8,340	40.0	0.7	10																																							
	Utility	L.S.	1			3																																							
3-2	Coal Loading Berth	berth	3																																										
	Foundation Pile	nos	360	2.0	0.7	9																																							
	Superstructure Concrete	m3	13,268	40.0	0.7	16																																							
	Utility	L.S.	1			3																																							
3-3	Coal Storage Yard and Revetment	ha	32																																										
	Reclamation	m3	2,240,000	8,000.0	0.8	12																																							
	Soil Improvement	ha	32		0.8	20																																							
	Revetment	m	1,600	10.0	0.8	7																																							
	Underground Utilities	L.S.	1			6																																							
	Pavement	ha	32	0.3	0.8	4																																							
	Buildings	L.S.	1																																										
	Administrative Building	L.S.	1			12																																							
	Gate and Fence	m	1,600	10.0	0.8	7																																							
	Other Buildings	L.S.	1			12																																							
	3-5	Coal Handling Equipment	L.S.	1																																									
	Installation of Equipments	L.S.	1			4																																							
3-6	Dredging and Disposal	m3	16,247,599																																										
	Predefine and Disposal	m3	16,247,599	30,000.0	0.7	26																																							

図 5.4.5 3rd Phase の概略施工工程表

(4) 概略プロジェクト工程

石炭中継基地の段階施工計画およびその概略施工工程を踏まえて作成した、本プロジェクト全体の概略工程を図に示す。



出典：調査団作成

図 5.4.6 概略プロジェクト工程

5.4.7. 工事の安全管理

工事の安全は、本プロジェクトに関わるすべての機関にとって重要な関心事項である。本節では、工事の安全確保のためのリスク評価と安全確保のための対策を示す。

(1) 工事安全確保のためのリスク評価

- ”事故の起こる確率”に”災害が起こった場合の被害の程度”をかけることにより安全リスクを数値的に評価する。
- 安全リスクの高い項目を”重要な安全リスク”と評価して、適宜監視を継続する。
- リスク発現の要因を明確にし、適切な対策によりリスク要因の排除を検討する。

(2) 安全対策の提案

実際の建設時における安全対策を以下に示す。

- 専任の安全監視員を配置する。(安全を監督する組織)
- 安全のためのフェンス、安全通路・作業台等の設置 (安全を確保する施設設置)
- ヘルメット、安全靴、安全手袋等の使用 (防護器具の使用)。
- 安全・注意事項の関係者への周知 (安全会議・ミーティングの開催)。
- 第三者による安全監視 (安全パトロールの実施)。
- ヒヤリハット、事故のケーススタディの実施 (安全会議・ミーティングの開催)。

第6章 ターミナル運営

6.1. ターミナル運営体制

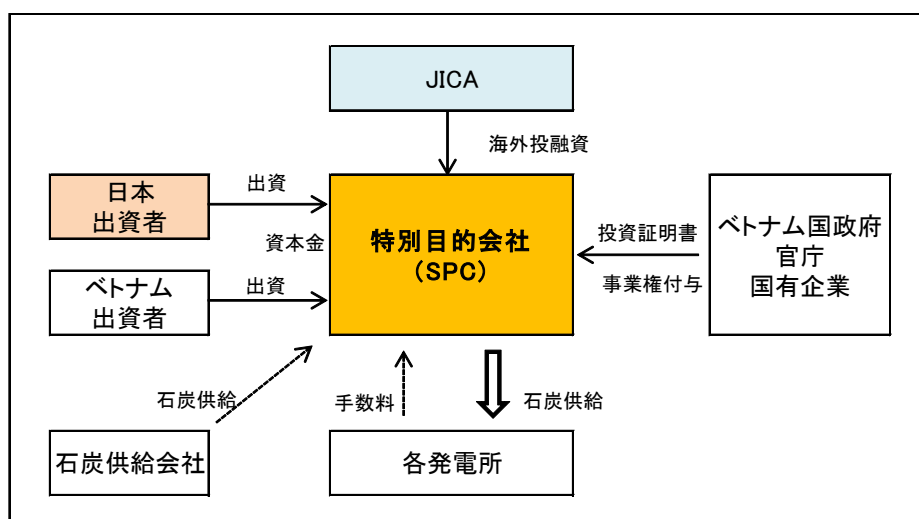
本事業を成功させる為には、官民で事業リスクを確実に分担していくことが肝要である。そのため、石炭荷揚げ栈橋・積込栈橋・貯炭場整備等の下部インフラは、日本国の ODA 供与を受ける「ベ」国政府がこれを整備運営し、上部インフラ投資を含む輸入石炭中継ターミナル（CTT：Coal Transshipment Terminal）事業は民間企業が投資運営していくことを想定している。尚、事業推進にあたっては民間出資者の採算が十分に確保される見込みがあることが前提となる。

CTT 事業の運営は、運搬船の入港、石炭の荷揚げ、貯炭場所への搬送、貯炭場での保管・管理、貯炭場から搬送、発電所への二次輸送用バージへの船積みを利用者の需要に合わせてタイムリーに行うことから、事業全体を包括的に管理運営する組織とする必要がある。

CTT 事業には、石炭ターミナルの運営に関与している会社と「ベ」国にて石炭の販売、輸送の経験がある会社及び発電事業に関与する会社等が出資者として参画し、各社の Know-How を結集して会社運営に当たることが望ましい。

日本企業と「ベ」国企業が出資する SPC が CTT の建設及び運営・維持管理業務を行うことになる。各業務の実務は、それぞれの業務について請負可能な会社を選定し、委託契約を行うことを想定している。

SPC の組織としては、下図のスキームを想定している。SPC の人員計画及び各業務に必要な人員予想については、次項にて記載する。



出典：調査団作成

図 6.1.1 特別目的会社(SPC)の関係図

- 1) SPC の運営体制としては、社長兼 CEO、副社長兼 CFO の下に、総務経理、業務、施設の 3 部門を置くことを想定している。CTT の運営・維持管理の Know-How を一元的に蓄積、共有

する為、業務部門と各施設の運営、維持管理担当者との緊密な連絡体制が重要である。
荷揚、ヤード内及び船積みオペレーションは委託会社を起用することを想定している。SPC
の人員は事業全体を把握し主導的に業務を管理運営し、必要に応じて業務を改善していく
ことが期待される。このため既存の CTT 事業の Know-How 習得が「ベ」国における本事業推進
において不可欠となる。輸入炭の取り扱い及び CTT 事業に長年の経験を有する日本国の CTT
事業者からのコンサルタント受入れ、また場合によっては SPC の「ベ」国人員を日本の CTT
事業者への派遣等を通じた育成により、「ベ」国における CTT 事業運営の専門家を養成して
いくことが極めて重要となる。

i) 総務経理部門

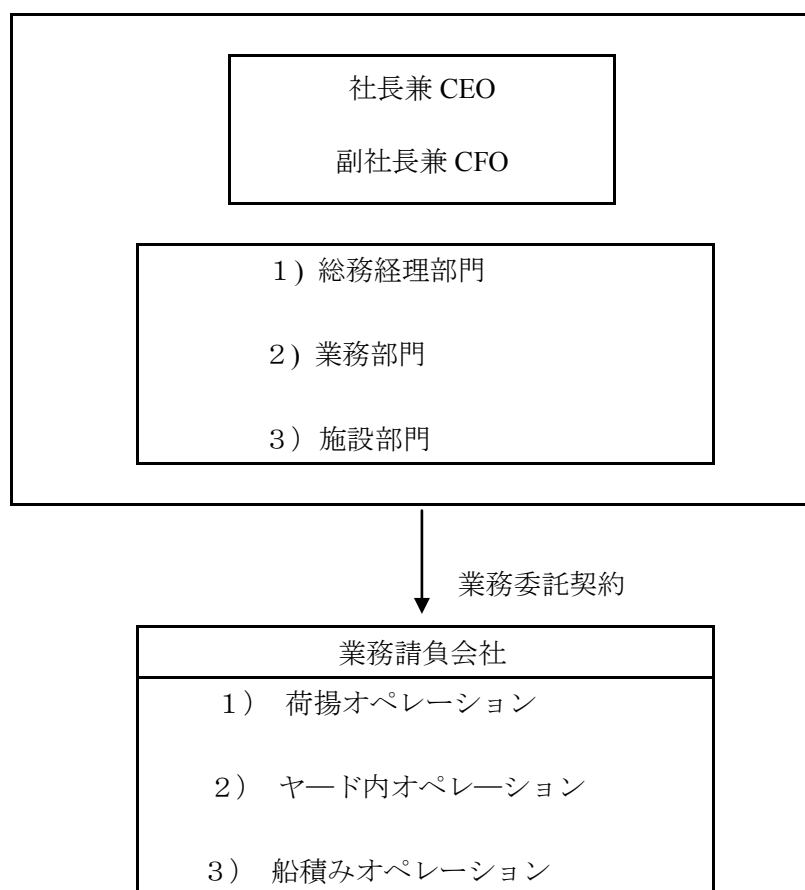
総務、人事、経理業務他

ii) 業務部門

入出庫・航行計画管理、在庫管理、業務請負会社管理、新規事業開発

iii) 施設部門

施設建設、設備運転、メンテナンス、IT 関連業務



出典：調査団作成

図 6.1.2 SPC 組織及び関係会社

2) 総務経理部門は、SPC の総務経理業務及び業務請負会社との契約管理業務を行う。

- 3) 業務部門は、各顧客向けの入出庫・在庫管理業務、1次輸送、2次輸送に関する航行計画管理、荷揚・ヤード内・船積みの各オペレーションを委託する会社の管理業務、顧客との契約履行管理、新規事業開拓業務を行う。各顧客の在庫状況、入出荷予定をタイムリーに把握・共有する為に適切な運用システムを構築することが重要である。
- i) 受入・払出
受入・払出荷役においては航行計画の管理運営、また、実際の荷役効率を考慮した適切な設備の選定及び操作が重要であり、後述する通り操作員への教育を充実させる必要がある。
- ii) ヤード内
在庫においては、作業効率性、安全性、及び環境面に配慮した運用が重要となる。
本事業における顧客は複数社あり、また、1顧客あたりの炭種も複数種類に及ぶことが想定される為、各炭種を混在させることなく、且つ効率的な入出庫ができるような在庫計画が必要となる。
また、本事業において輸入する亜瀝青炭は、ベ国にて従来使用している無煙炭と異なり、長期間在庫する内に自然発火する性質を持っていることから、十分な管理ノウハウをもって自然発火を防止することは在庫管理において極めて重要な要素となる。その為に、気候や炭種等を考慮した適切な頻度、場所を選定した上での温度管理、散水装置による散水による発熱防止策を実施し、また、発熱時においては、散水、注水、転圧作業、配置換え等を行うことで発火を未然に防止する。また、パイル形状を適切に管理することで風雨による山崩れを防止し、安全性に加え荷役効率を高めること、また、限られた在庫スペースを有効に活用することが求められる。
また、炭塵の飛散防止の為に防塵フェンスの設置、敷地内雨水の回収・リサイクル処理を行い環境に配慮する必要がある。
- 4) 施設部門は、建設段階では、顧客からの受注予想と需要を満足する設備の選定、発注、設置の業務、運営開始後はメンテナンス計画の策定、管理を行う。
- i) 建設段階では、設備の運転員や作業員のトレーニングを操業開始までに十分行う。トレーニングは、既存の日本のCTT事業者の協力も得ながら行うことも検討する。
- ii) 施設の運転は、3シフト、24時間運転を基本とする。主要機器には、管理職を配置し、作業管理を行う。石炭の受入用及び払出用の船等の予定を考慮して事前に作業計画を立てて、作業を実施する。
- iii) CTT設備は、石炭の荷揚装置、港から貯炭場までのベルトコンベヤ、貯炭場内のコンベヤ、スタッカー（石炭を積上装置）・リクレーマー（運び出す装置）、並びに積込栈橋への払い出しコンベア、シップローダー（船積装置）等が必要となる。ユーザーの需要に合わせた貯炭場の広さ、装置数を選定の上、設置を行うことになる。効率の高い維持管理体制を構築するには、設備設置計画の立案時に、利用者や関係者企業の意見をヒアリングの上、その結果を反映させることが重要である。

- iv) これらの施設はユーザーに安定して揚炭、貯炭、払い出しが、安定して行えることが求められる。この機能を満足する為には、設備運用を常に良好な状態に維持する必要がある。装置の故障に備え、他装置で補完できる装置の台数を選択することが重要である。メンテナンス年間保守と中期保守計画を立てて実施する。交換部品が必要なものは、必要時期までに購入し、顧客へのサービスに影響が出ない様、メンテナンスを実施する。IT 機器関連の設置、運用、保守を適切に実施する。顧客及び自社の情報管理、設備データ管理は適切に行う。
- 始業前点検及び作業中の装置の稼働具合を見ながら、適宜補修を実施する。予防保全、定期点検も実施し、機能を確保することが非常に重要である。点検・補修は石炭取扱の実作業に影響が出ないように計画的に実施する。
 - 故障の可能性のある部品は、交換部品を備えておき、故障時に速やかに交換出来るようにする。納期が掛るものがあるので、交換部品の事前購入、保管を適切に実施する。24 時間体制で故障対応が出来る体制を、メーカー側からの協力を仰ぎながら整えておく必要がある。更に、こうしたユーザー側の要望を受け入れてくれる対応が出来るメーカーを選定することも重要である。
 - 効率的な保守を実施し、過度な補修作業は避け、保守コストの節約も考慮すべきである。例えば、故障による運用や他の施設への影響が少ないものは、点検・整備の頻度を下げる等、簡素化することが考えられる。設置から経過時間によって、初期、中期、後期の期間を設定して、その時期に見合った維持管理方法を採用することも重要である。
 - 障害が発生した箇所は、その原因を分析し、障害を早期に発見する点検や事前に防ぐ整備方法を採用する。同様の設備にも水平展開して故障率を下げることも大切である。
- v) 装置に故障が発生し、石炭の搬入が遅れても復旧までの期間をカバー出来る、最低限の石炭を貯炭されることが望ましい。通常の修理は、交換部品があれば1週間程度で修理を行い復旧出来ると考えられることから、「ベ」国での実態に合わせた適切な在庫量を提案する。
- vi) 施設の維持管理には、専門的な知識・スキルを習得して行うことが必要である。この為、メーカーとターミナル運営者との間に緊密かつ確実な連絡体制を構築し、障害発生時には24時間体制で専門家の派遣を受けるオンコール契約、障害対応に必要な在庫の確保の協定締結といった方法も組み合わせることが大切である。
- vii) 障害発生時には、ターミナル運営者は、設備の障害や停止発生時に事実を迅速かつ正確に把握し、運用への影響を最小化する判断を行うことになる。また、作業実施者、メーカースタッフに役割を与え、何の機能を停止し、それを何によって代替し、何時までにどの様に復旧させられるかを、ユーザーの要求への影響を勘案して判断することが必要である。ターミナルの操業開始前にはトラブル発生を仮定した補完体制の訓練を行い、

問題点を顕在化させておくことも実際の運営時にトラブルの影響を最小限に抑える効果が期待できる。

- 5) 全ての業務に共通して、作業員の教育がオペレーション運営において重要な要素となるが、教育については、メーカーによる運転操作・維持管理研修や工事中の現場視察、運転・維持管理マニュアルを通じて設備に精通する等の方法がある。

また、実際に他のコールセンターや発電所の揚炭施設の運用視察や研修も活用する。設備の試運転から運用開始時期は、コールセンターの運営経験が豊富なコンサルタントのサポートを得てスムーズな運営をスタートさせることが考えられる。

また、IT を活用して運転情報、保守計画や履歴等の情報を一元的に管理し、合理的に分析することにより、より効率的な運営・維持管理を行うことに活用することも重要である。

6.2. ターミナル運営費用

(1) 人件費

1) 数量算出

CTT における必要人員数については、5.1.2 章石炭ロジスティクス計画にて記載の需要計画に基づき直接人員と、間接人員という業務職種別に算出した。

直接人員については、既存の石炭中継基地からのヒアリングに基づく各設備あたり必要な人員数を、各 Phase において必要となる設備数量に乗じることで算出する。

間接人員については、各 Phase における事業規模を勘案した階層別の必要人員数を、既存の石炭中継基地からのヒアリングに基づき算出した。

表 6.2.1 直接人員計算前提

Description	2020	2025	2030
	Phase 1	Phase 2	Phase3
Unloading	68	101	140
Stockyard Operation (Receiving)	16	26	40
Stockyard Operation (Supplying)	11	16	21
Loading Operation	10	18	26
Others	1	2	3
Grand Total / Shift	106	163	230
Grand Total / 3 Shifts	318	489	690

出典：調査団作成

表 6.2.2 間接人員計算前提

Description		2020	2025	2030
		Phase 1	Phase 2	Phase 3
Director		1	1	1
Dputy Director		1	1	1
Admin Dept and Finance Dept	Manager	1	1	1
	Dputy Manager	1	1	1
	Staff	2	4	6
Marketing and Trading Dept	Manager	1	1	1
	Dputy Manager	1	1	1
	Staff	4	6	8
	Staff at scale station	1	1	1
Construction and Technical Dept	Manager	1	1	1
	Dputy Manager	1	1	1
	Staff	3	5	7
Technology Dept	IT staff	1	2	3
Total		19	26	33

出典：調査団作成

2) 単価設定

人件費単価は、2013 年 11 月 14 日付政府令 182 号(182/2013/ND-CP)により定められる地域別最低賃金(月額)、「投資コスト比較」(JETRO ホームページ)、及び現地ヒアリング情報を基に、各業種、各階層別の 2014 年における基本給単価を下表の通り算出した。また、社会保険料等の福利厚生費用については、Decision No. 1111/QD-BHXX dated Oct 20, 2011 にて規定されている料率を使用する。

表 6.2.3 人件費単価前提

Description	Basic salary/month (Unit: VND K)	Social Insurance - Health Insurance (Unit: VND K)							Bonus (Unit: VND K)	Total Labor Cost per Year (Unit: VND K)	Total Labor Cost per Year (Unit: USD K)
		Paid by Company				Paid by Staff					
		Social Insurance	Unemployment Insurance	Medical Treatment Fund (Health Insurance)	Labor Union	Social Insurance	Unemployment Insurance Fund	Medical Treatment Fund (Health Insurance)	(Month)		
		18%	1%	3%	2%	8%	1%	1.50%	1.5		
Indirect workforce											
Director	17,231	3,102	172	517	345	1379	172	258	25,847	282,248	13.4
Dputy Director	11,488	2068	115	345	230	919	115	172	17,231	188,165	9.0
Admin Dept and Finance Dept											
Manager	8,616	1551	86	258	172	689	86	129	12,923	141,124	6.7
Dputy Manager	5,744	1034	57	172	115	460	57	86	8,616	94,083	4.5
Staff	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	75,266	3.6
Marketing and Trading Dept											
Manager	8,616	1551	86	258	172	689	86	129	12,923	141,124	6.7
Dputy Manager	5,744	1034	57	172	115	460	57	86	8,616	94,083	4.5
Staff	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	75,266	3.6
Staff at scale station	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	75,266	3.6
Construction and Technical Dept											
Manager	8,616	1551	86	258	172	689	86	129	12,923	141,124	6.7
Dputy Manager	5,744	1034	57	172	115	460	57	86	8,616	94,083	4.5
Staff	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	75,266	3.6
Technology Dept											
Technology for load and unload facilities	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	74,163	3.5
IT staff	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	74,163	3.5
Direct workforce											
Equipment/Facility Operator	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	75,266	3.6
Staff works at coal storage and coal yard	4,595	827	46	138	92	368	46	69	6,893	75,266	3.6

出典：調査団作成

(2) 光熱費

1) 電力使用量

CTT における電力使用量については、各 Phase において必要となる設備設置計画から、各設備の稼働に必要な総消費電力量を概算する。

2) 電力使用料金単価

電力使用料金単価については、2014 年 5 月 30 日付、decision no. 4887 dated 30 May 2014 によって定められている、Production Sectors に該当する電力使用料金を使用する。

表 6.2.4 電力使用料金単価前提

No.	Price applicable to subjects	Electricity selling price
		(dong/kWh)
1	Voltage of 110kV or higher	
	a) Off-peak hours	1,267
	b) Low-load hours	785
	c) Peak hours	2,263
2	Voltage level from 22 kV to less than 110 kV	
	a) Off-peak hours	1,283
	b) Low-load hours	815
	c) Peak hours	2,354
3	Voltage level from 6 kV to less than 22 kV	
	a) Off-peak hours	1,328
	b) Low-load hours	845
	c) Peak hours	2,429
4	Voltage level of less than 6 kV	
	a) Off-peak hours	1,388
	b) Low-load hours	890
	c) Peak hours	2,520

出典： Decision no. 4887/QD-BCT dated 30 May 2014

(3) 水道費

水道料金については、下表の通り 2012 年 5 月 28 日付、Circular No. 88/2012/TT-BTC にて水道料金の上限、下限が定められているが、適用水道利用料金は各州によって異なる。事業採算性に影響を与えるものではないと見込まれる為、本調査では水道費を特定して算出しない。

表 6.2.5 水道使用料金

Kind	Minimum price (VND/m3)	Maximum price (VND/m3)
Special urban areas, urban areas in Class I	3,500	18,000
Urban areas in Class 2, class 3, class 4, class 5	3,000	15,000
Clean water in rural areas	2,000	11,000

出典：Ministry of Finance's Circular No. 88/2012/TT-BTC on May 28, 2012

(4) 減価償却費

Circular No.: 45/2013/TT-BTC dated April 25, 2013 に基づく下表年数にて各設備を償却。定額法による償却、残存価格はゼロとした。

表 6.2.6 各設備の減価償却一覧

Main Equipments:	Item	Depreciation period
Unloader	B-22	20 years
Belt Conveyor	B-18	12 years
Stacker-Reclaimer	B-18	12 years
Ship-Loader	B-22	20 years
Handling Machinery:		
Wheel Loader	D-7	10 years
Bulldozer	D-7	10 years
Truck	D-7	10 years
Power Supply & Control System		
Electricity Supply System for unloader	A-3	15 years
Central Control System for unloader	A-3	15 years
Environmental Facilities:		
Dustproof Fence	I	25 years
Drain Water Treatment Facility:	B-18	12 years

出典: Circular No.: 45/2013/TT-BTC dated April 25, 2013 of the Ministry of Finance

(5) 設備メンテナンス費用

設備のメンテナンス費用については、設備会社及び既存の石炭中継基地からのヒアリングに基づき、設備金額の3%を年平均必要な設備メンテナンス費用として想定する。

(6) 保険費用

設備の物的損害、及び物的損害に起因して操業停止になった際の CTT の逸失利益を補償する為の Property Insurance/ Business Interruption Insurance for Terminal Asset を付保するものとし、料率は保険会社からの概算見積もりにより資産金額の0.6%を想定する。

(7) 土地使用費

- 第8章にて後述する通り、石炭荷揚栈橋・積込栈橋・貯炭場整備等の下部インフラはすべて円借款で行わないと民間側の事業性が確保されないと考えられる。この為、下部インフラは、

「ベ」国政府が円借款によって整備し、また、整備された下部インフラは SPC ではなく、「ベ」国資産となることを想定する。

- 2) 下部インフラは、仮に SPC が本事業を終了又は譲渡した後においても「ベ」国の保有資産としてその経済的価値を有するという性格上、下部インフラ整備に必要な資金の負担は「ベ」国によって賄われるべきものであるが、SPC から「ベ」国政府に対して土地使用費として、円借款の元利返済金額の 50%相当を支払うことを前提とした。土地使用費については、「ベ」国側と協議の上、決定される必要がある。

尚、土地取得及び住民移転費用は、ベトナム政府が 100%負担することを前提としている。

3) 想定する円借款条件

- i) 円借款適用条件 : 「低所得国」、「一般条件」、「固定金利」、「オプション 1」
- ii) 適用金利 : 0.8%/年
- iii) 返済期間 : 20 年（内、措置期間 6 年。但し金利は借入初年度から返済する前提
- iv) 円借款金額 : 下部インフラ投資に必要な金額（7.1.2 章参照）に必要な円貨を段階的に調達。

Initial Debt	(2020) :	US\$	574	Mil
Additional Debt 1	(2025) :	US\$	160	Mil
Additional Debt 2	(2030) :	US\$	457	Mil
Total		US\$	1,198	Mil

(8) 下部インフラメンテナンス費用

下部インフラについてはベトナム政府資産となるものであるが、SPC 事業期間におけるメンテナンス費用(維持浚渫費用等)については、SPC が負担する前提としている。

(9) その他費用

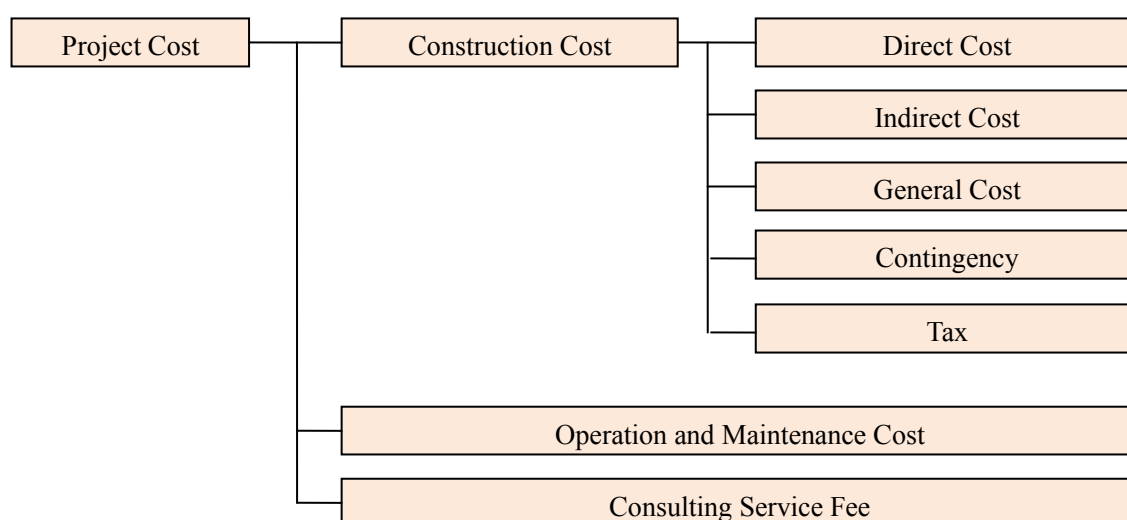
上記費用の他、SPC 設立費用、既存の石炭中継基地(在日本を想定)における Operator の教育費用、操業前及び操業後の既存 CTT からの人員派遣によるコンサルタント費用、警備費用、廃液処理費用、消耗品費、その他管理費等につき、既存の石炭中継基地からのヒアリング等に基づき算出した。

第7章 概略事業費および維持管理費

7.1. 概要

本節では 1st Phase、2nd Phase 及び 3rd Phase の各整備段階の事業費と維持管理費、運営事業費について検討を行い、その結果を示す。

一般的に事業コストは図 7.1.1 に示すように、建設費、運営・維持管理費とコンサルティングサービス費用により構成される。建設費は直接工事費、間接費、一般管理費により構成される。直接工事費は材料費、機材費用と人経費が含まれる。一般的に間接費、一般管理費は直接工事費に対する比率で計上される。



出典：調査団作成

図 7.1.1 事業費用内訳

7.1.1. 一般条件

事業費算定にあたっては以下に示す一般条件を考慮する。

- 単価設定では建設現場近傍における一般的な市場価格を用いる。
- 価格変動は考慮しない。
- 借入金の金利は考慮しない。
- 詳細設計および施工監理のためのコンサルタント費用を考慮
- コンサルタントサービスおよび建設工事は経験を有する一定の技術力を持つ機関・会社に依頼する。
- 第5章において示した一般的で妥当な施工法により妥当な工事工程で施工されること
- 為替レート：102 円=1USD=2,1000VND (2014 年 6 月)

7.1.2. 建設コスト

建設コストは施工数量とその単価に基づいて算定する。本節では、各整備段階の建設コストを算定する。

(1) 各施設数量

主要工種、石炭荷役機械と石炭中継基地の施設運営のための建屋などの名称および各整備段階に必要な数量を表 7.1.1、表 7.1.2 および表 7.1.3 に示す。

表 7.1.1 主要工種

No.	施設名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	石炭荷揚棧橋	Berth	2	3	4
2	石炭積出棧橋	Berth	2	4	7
3	貯炭場土工事	ha	22	40	72
4	舗装	m	2,000	3,400	5,000
5	浚渫・埋立	mil.m3	19	21	37
6	防砂堤	km	2.5	2.5	2.5

出典：調査団作成

表 7.1.2 石炭荷役機械の概要

No.	施設名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	荷揚用荷役機械	Set	4	6	8
2	払出用荷役機械	Set	2	4	7
3	スタッカー・レクレーマ	Set	3	5	10
4	ベルトコンベア	Km	23	32	52

出典：調査団作成

表 7.1.3 建屋・他施設

No.	施設名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	管理棟	L.S	1	1	2
2	整備場	L.S	1	1	2
3	変電・受電施設	L.S	1	1	2
4	防風フェンス	km	2.6	2.6	4.2
5	セキュリティフェンス	Km	2.6	2.6	4.2

出典：調査団作成

(2) 各施設の施工数量 Work Quantity of each facility

概略設計に基づいた第 1 段階において整備すべき施設の工事数量を以下に示す。

<荷揚岸壁 (1 バース当たり)>

No.	工種	仕様	単位	数量
1	基礎杭	鋼管杭	nos	375
2	上部工	RC 構造	m3	8,300
3	ユーティリティ	フェンダー等	L.S.	1.0

出典：調査団作成

<払出岸壁 (1 バース当たり)>

No.	工種	仕様	単位	数量
1	基礎杭	鋼管杭	nos	240
2	上部工	RC 構造	m3	4,400
3	ユーティリティ	フェンダー等	L.S.	1.0

出典：調査団作成

<貯炭場 (1ha 当たり)>

No.	工種	仕様	単位	数量
1	埋立・造成	By sand	m3	5,800
2	地盤改良	PVD method	ha	1.0
3	埋設ユーティリティ	Drainage, etc.	L.S.	1.0
4	舗装	Concrete	ha	1.0

出典：調査団作成

<防砂堤 (1km 当たり)>

No.	工種	仕様	単位	数量
1	地盤改良	置き換え砂	m3	316,000
2	コンクリートブロック投入	12ton	nos	16,600
3	捨石投入	傾斜堤	m3	259,000

出典：調査団作成

(3) 各工種の単価

ここでは主要な材料、施工機械、人件費および石炭荷役・運搬機械の市場価格について述べる。
ここで示した単価を元に、事業費の算定を行う。

1) 材料費

表 7.1.4 に設定した主要材料の単価を示す。ここで示した単価には施工場所までの運搬費が含まれている。

表 7.1.4 主要材料の単価

No.	材料	仕様	単位	単価 (USD)
1	埋立砂	Black sand	m3	10
2	生コンクリート	30N/mm2	m3	80

3	鉄筋	D13	ton	800
4	鋼管杭	D700-D900	ton	2,000
5	石材	捨石	m3	25

出典：調査団作成

2) 施工機械費用

表 7.1.5 に適用した主要施工機械費用を示す。これらの費用には燃料費、運転手、機械搬入・搬出・維持管理のコストを含んだものである。

表 7.1.5 主要機材費用

No.	機械	仕様	単位	単価 (USD)
1	バックホー	0.7m3 class	日	250
2	クローラークレーン	50 ton	日	500
3	杭打ち船	40m leader	日	2,000

出典：調査団作成

3) 人件費

表 7.1.6 に適用した人件費を示す。これらの費用には社会保障費、手当、下請け業者の管理費を含んだものである。

表 7.1.6 人件費

No.	人件費	単位	単価 (USD)
1	一般労働者	月	150
2	技能労働者	月	250
3	現場管理人	月	500

出典：調査団作成

4) 石炭荷役機械

石炭荷役機械はその品質と価格を元に、ベトナム業者もしくは海外の業者から購入するものとする。本検討では、以下の暫定価格を元に事業コストを算定する。

表 7.1.7 に適用した石炭荷役機械のコストを示す。これらのコストには、現地までの運搬費、据え付け費および間接費・一般管理費を含んでいる。

表 7.1.7 石炭荷役機械

No.	荷役機械	仕様	単位	単価 (USD)
1	アンローダー	2,500 t/h	set	15,440,000
		2,700 t/h		16,300,000
2	シップローダー	1,500 t/h	set	4,200,000
		2,500 t/h		6,400,000

3	スタッカー・リクレーマー	5,500/3,000 t/h	set	6,440,000
		6,000/2,700 t/h		7,900,000

出典：調査団作成

(4) 建設費用

建設費用は上記の各工種の数量および単価に基づいて算出する。

1) 直接工事費

表 7.1.8 に各工種の数量および単価に基づいて設定した直接工事費を示す。

表 7.1.8 直接工事費

Facility Name	Work Item	Unit	Quantity				Unit Price	Price			
			Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total		USD	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Coal Unloading Berth											
	Berth No.	berth	2	1	1	4		52,878,700	30,502,000	30,502,000	113,882,700
	Foundation Pile SPP D900	nos	462	272	272	1,006	62,500	28,875,000	17,000,000	17,000,000	62,875,000
	Foundation Pile SPP D800	nos	288	168	168	624	62,500	18,000,000	10,500,000	10,500,000	39,000,000
	Superstructure Concrete	m3	16,679	8,340	8,340	33,359	300	5,003,700	2,502,000	2,502,000	10,007,700
	Utility	L.S.	2	1	1	4	500,000	1,000,000	500,000	500,000	2,000,000
Coal Loading Berth											
	Berth No.	berth	2	2	3	7		13,253,500	13,253,500	19,880,400	46,387,400
	Foundation Pile SPP D700	nos	240	240	360	840	42,500	10,200,000	10,200,000	15,300,000	35,700,000
	Superstructure Concrete	m3	8,845	8,845	13,268	30,958	300	2,653,500	2,653,500	3,980,400	9,287,400
	Utility	L.S.	2	2	3	7	200,000	400,000	400,000	600,000	1,400,000
Coal Storage Yard and Revetment											
	Area	ha	22	18	32	72		49,531,400	45,152,850	72,084,250	166,768,500
	Land Acquisition Cost	m2	260,000	180,000	320,000	760,000	4	1,040,000	720,000	1,280,000	3,040,000
	Reclamation	m3	1,271,200	1,528,800	2,240,000	5,040,000	12	15,254,400	18,345,600	26,880,000	60,480,000
	Soil Improvement	ha	22	18	32	72	500,000	11,000,000	9,000,000	16,000,000	36,000,000
	Revetment	m	2,054	1,346	1,600	5,000	3,000	6,162,000	4,038,000	4,800,000	15,000,000
	Underground Utilities	L.S.	1	1	1	3	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000
	Foundation Pile PC D600	nos	748	498	1,246	2,492	1,000	748,000	498,000	1,246,000	2,492,000
	Superstructure Concrete	m3	9,308	6,205	15,513	31,026	250	2,327,000	1,551,250	3,878,250	7,756,500
	Pavement	ha	22	18	32	72	500,000	11,000,000	9,000,000	16,000,000	36,000,000
Dredging and Disposal											
	Dredging and Disposal	m3	19,447,830	1,105,656	16,247,599	36,801,085	10	194,478,300	11,056,560	162,475,990	368,010,850
Channel Protection											
	Total length	km	2.5	0	0	3		47,212,500	0	0	47,212,500
	Stone work	m3	417,500	0	0	417,500	30	12,525,000	0	0	12,525,000
	Concrete Block	nos	33,000	0	0	33,000	750	24,750,000	0	0	24,750,000
	Sand Replacement	m3	662,500	0	0	662,500	15	9,937,500	0	0	9,937,500
	Sub total							357,354,400	99,964,910	284,942,640	742,261,950
Coal Handling Equipment											
	Unloader	set	4	2	2	8	15,440,000	61,760,000	30,880,000	30,880,000	123,520,000
	Ship Loader	set	2	2	3	7	4,400,000	8,800,000	8,800,000	13,200,000	30,800,000
	Stacker Reclaimer	set	3	2	5	10	6,440,000	19,320,000	12,880,000	32,200,000	64,400,000
	Belt conveyor for unloading line	km	13.2	7.8	9.7	31	7,840,000	103,488,000	61,152,000	76,048,000	240,688,000
	Belt conveyor for loading line	km	9.5	1.0	10.4	21	4,834,000	45,923,000	4,834,000	50,273,600	101,030,600
	Other equipments	L.S.	1	0	1	2	2,000,000	2,000,000	0	2,000,000	4,000,000
	Sub total							241,291,000	118,546,000	204,601,600	564,438,600
Building and Fence											
	Office Building	L.S.	1	0	1	2	5,000,000	5,000,000	0	5,000,000	10,000,000
	Maintenance house	L.S.	1	0	1	2	2,000,000	2,000,000	0	2,000,000	4,000,000
	Warehouse	L.S.	1	0	1	2	1,000,000	1,000,000	0	1,000,000	2,000,000
	Sub-station	L.S.	0.32	0.55	0.14	1	41,500,000	13,114,000	22,700,500	5,685,500	41,500,000
	Security house	L.S.	3	1	2	6	100,000	300,000	100,000	200,000	600,000
	Rest house	L.S.	2	1	2	5	500,000	1,000,000	500,000	1,000,000	2,500,000
	Security fence and gate	m	2,600	0	1,600	4,200	200	520,000	0	320,000	840,000
	Dust protection wall	m	2,600	0	1,600	4,200	1,500	3,900,000	0	2,400,000	6,300,000
	Power supply system	L.S.	1	0	0	1	22,100,000	22,100,000	0	0	22,100,000
	Water supply system	L.S.	0.5	0.5	1	2	2,940,000	1,470,000	1,470,000	2,940,000	5,880,000
	Other utilities	L.S.	1	0	1	2	1,800,000	1,800,000	0	1,800,000	3,600,000
	Sub total							52,204,000	24,770,500	22,345,500	99,320,000
	Total							650,849,400	243,281,410	511,889,740	1,406,020,550

※青色部：下部インフラ直接工事費、灰色部：上部インフラ直接工事費を示す。

出典：調査団作成

2) 間接費

間接費は共通仮設費と現場管理費で構成される。共通仮設費は仮設工事費、フェンスおよびゲート、共通機材等のコストで構成される。現場管理費は管理要員費、事務所運営費、宿泊、移動費用等によって構成される。

調査団の東南アジア諸国でのこれまでの経験から、直接工事費の 4.3%が共通仮設費として、また直接工事費の 13.7%が現場管理費として計上した。

3) 一般管理費

一般管理費は請負業者の本社および支店経費として計上するものである。調査団の東南アジア諸国でのこれまでの経験から、直接工事費の 9.4%を一般管理費として計上する。

4) コンティンジェンシー

直接工事費、間接費及び一般管理費の合計金額の 15%をコンティンジェンシーとして計上する。

5) 税金

直接工事費、間接費、一般管理費及びコンティンジェンシー総額の 10% の税金を計上する。

6) 建設コストの算定

表 7.1.9 にプロジェクト全体の建設コストの算定額を内訳とともに示す。また、後述する官民分担スキームの検討において、下部インフラに円借款、上部インフラに民間資金とした場合の建設コストをそれぞれ表 7.1.10、表 7.1.11 に示す。

表 7.1.9 プロジェクト建設コスト

Work Item		Price (USD)			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
1	Civil Works	357,354,400	99,964,910	284,942,640	742,261,950
2	Building Works	52,204,000	24,770,500	22,345,500	99,320,000
3	Coal Handling Equipments	241,291,000	118,546,000	204,601,600	564,438,600
4	Sub total (Direct Cost 1+2+3)	650,849,400	243,281,410	511,889,740	1,406,020,550
5	Indirect Cost (18% of 1+2)	73,720,512	22,452,374	55,311,865	151,484,751
6	General Cost (9.4% of 1+2)	38,498,490	11,725,129	28,885,085	79,108,703
7	Sub total (4+5+6)	763,068,402	277,458,912	596,086,690	1,636,614,004
8	Contingency (15% of 7)	114,460,260	41,618,837	89,413,004	245,492,101
9	Tax (10% of 7+8)	87,752,866	31,907,775	68,549,969	188,210,610
TOTAL CONSTRUCTION COST (7+8+9)		965,281,528	350,985,524	754,049,663	2,070,316,715

出典：調査団作成

表 7.1.10 円借款を想定した下部インフラ建設コスト（※土地取得費用は除く）

Work Item		Price (USD)			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
1	Civil Works (excluding Land Acquisition Cost)	356,314,400	99,244,910	283,662,640	739,221,950
2	Building Works	0	0	0	0
3	Coal Handling Equipments	0	0	0	0
4	Sub total (Direct Cost 1+2+3)	356,314,400	99,244,910	283,662,640	739,221,950
5	Indirect Cost (18% of 1+2)	64,136,592	17,864,084	51,059,275	133,059,951
6	General Cost (9.4% of 1+2)	33,493,554	9,329,022	26,664,288	69,486,863
7	Sub total (4+5+6)	453,944,546	126,438,015	361,386,203	941,768,764
8	Contingency (15% of 7)	68,091,682	18,965,702	54,207,931	141,265,315
9	Tax (10% of 7+8)	52,203,623	14,540,372	41,559,413	108,303,408
TOTAL CONSTRUCTION COST (7+8+9)		574,239,850	159,944,089	457,153,547	1,191,337,487

出典：調査団作成

表 7.1.11 民間資金を想定した上部インフラ建設コスト

Work Item		Price (USD)			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
1	Civil Works	0	0	0	0
2	Building Works	52,204,000	24,770,500	22,345,500	99,320,000
3	Coal Handling Equipments	241,291,000	118,546,000	204,601,600	564,438,600
4	Sub total (Direct Cost 1+2+3)	293,495,000	143,316,500	226,947,100	663,758,600
5	Indirect Cost (18% of 1+2)	9,396,720	4,458,690	4,022,190	17,877,600
6	General Cost (9.4% of 1+2)	4,907,176	2,328,427	2,100,477	9,336,080
7	Sub total (4+5+6)	307,798,896	150,103,617	233,069,767	690,972,280
8	Contingency (15% of 7)	46,169,834	22,515,543	34,960,465	103,645,842
9	Tax (10% of 7+8)	35,396,873	17,261,916	26,803,023	79,461,812
TOTAL CONSTRUCTION COST (7+8+9)		389,365,603	189,881,076	294,833,255	874,079,934

出典：調査団作成

7.1.3. 維持管理・運営費用

維持管理・運営コストは建設工事が終了して石炭中継基地の運営が始まってから発生するものであるが、本節にて検討する。これらの費用は、各整備段階での年間費用として算出する。

(1) 費用項目とその数量

本プロジェクトの維持管理・運営費用は以下のような5つの項目に分類できる。以下において、その概要と数量およびその単価について項目ごとに示す。

1) 維持浚渫

航路埋没予測計算結果から各年度で必要となる維持浚渫量が算定されている。表 7.1.12 に年間維持浚渫土量とその費用をまとめて示す。

表 7.1.12 年間維持浚渫量とその費用

Cost Factor	Quantity (m ³ /year)			Unit Price (USD/m ³)	Maintenance Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage		Initial	2nd Stage	3rd Stage
Maintenance Dredging - scenario1 Yard CD	1,797,323	1,797,323	2,093,113	5	8,986,617	8,986,617	10,465,567

2) 各施設の維持管理

浚渫を除く土木構造物の年間維持管理費用として、建設費用の 0.5% を年間維持管理費用とした。
表 7.1.13 に各整備段階の各施設の年間維持管理費用をまとめて示す。

表 7.1.13 土木施設の年間維持管理費用

Cost Factor	Construction Cost (USD) except Dredging			Ratio (%)	Maintenance Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Civil and Building Works - scenario1 Yard CD	215,080,100	328,758,950	473,571,100	0.5	1,075,401	1,643,795	2,367,856

出典：調査団作成

3) 石炭荷役・運搬施設の維持管理費

石炭荷役・運搬施設の年間維持管理費は購入価格の 3.0% を形状した。表 7.1.14 に各整備段階の年間維持管理費用をまとめて示す。

表 7.1.14 石炭荷役・運搬施設の年間維持管理費用

Cost Factor	Construction Cost (USD)			Ratio (%)	Maintenance Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Coal Handling Equipments - scenario1 Yard CD	241,291,000	359,837,000	564,438,600	3	7,238,730	10,795,110	16,933,158

出典：調査団作成

4) 事業運営費用

表 7.1.15 に各整備段階の年間事業運営費用を示す。

表 7.1.15 運営費用

Cost Factor	Operation Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Operation Cost	5,186,589	9,080,691	16,550,591

出典：調査団作成

(2) 維持管理費用のまとめ

表 7.1.16 に各整備段階の維持管理費用をまとめて示す。これらの費用には税金を含んでいる。

表 7.1.16 維持管理表のまとめ

Cost Factor	Operation and Maintenance Cost		
	2020-2024	2025-2030	2030-2050
Maintenance Dredging	8,986,617	8,986,617	10,465,567
Maintenance for Civil and Building Works	1,075,401	1,643,795	2,367,856
Maintenance for Coal Handling Equipments	7,238,730	10,795,110	16,933,158
Total	17,300,747	21,425,521	29,766,580

出典：調査団作成

7.1.4. コンサルタントサービス費

コンサルタントサービスは詳細設計費用および施工管理費用で構成される。ベトナム北部および南部での最近の同種プロジェクトを参考として、第 1 段階では詳細設計と施工監理のそれぞれに 15 million USD を、第 2 段階では詳細設計と施工監理のそれぞれに、5 million USD を、第 3 段階では 10 million USD を詳細設計と施工監理にそれぞれ適用した。

7.1.5. プロジェクト費用

表 7.1.17 に上記の検討をまとめてプロジェクト費用として示す。

表 7.1.17 プロジェクト費用

Cost Item	Unit	Price			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
Construction Cost	USD	965,281,528	350,985,524	754,049,663	2,070,316,715
Upper Infrastructure	USD	389,365,603	189,881,076	294,833,255	874,079,934
Lower Infrastructure	USD	574,239,850	159,944,089	457,153,547	1,191,337,487
Land Acquisition cost	USD	1,676,074	1,160,359	2,062,861	4,899,294
Maintenance Cost	USD/year	17,300,747	21,425,521	29,766,580	-
Operation Cost	USD/year	5,186,589	9,080,691	16,550,591	-
Consulting Service Fee	USD	30,000,000	10,000,000	20,000,000	60,000,000

出典：調査団作成

第8章 経済・財務分析

8.1. 事業実施スキームオプションの検討

(1) SPC 企業形態

1) Investment Law (Law on Investment No. 59/2005/QH11 of the National Assembly dated 29 November 2005) に基づく JV 方式の SPC を想定する。通常、「ベ」国において長期間にわたるインフラ事業においては、BOT 法、または PPP 法に基づく BOT/PPP 方式による SPC の設立が一般的であったが、同法は現在改訂中であり新 BOT/PPP 法に基づく本事業の推進が適切か否かの判断がつかない為、Investment Law に基づく JV 形態での SPC 設立を前提とするもの。

2) 出資比率は、「ベ」国側事業投資家 51%、日本側民間事業投資家 49%を想定。

(2) 官民分担スキームの考え方

本事業は、下部インフラに円借款、上部インフラに民間資金を PPP 案件として活用させることが期待されている。このため、円借款と民間資金の区分について事業性の観点から検討を行い、最適案を提案する。「ベ」国政府の政策で電気料金は低く抑えられていること等から、揚炭栈橋・積込み栈橋・ヤード整備等の下部インフラはすべて円借款で行わないと民間側の事業性が確保されないと考えられる。PPP の実施方法については、以下のケース 1 から 3 について検討を行ったが、本調査ではケース 2 をベースケースとする。

ケース 1 については、民間側の事業性を確保する為に、上部インフラの一部も円借款で行うことを想定したものだが、上部インフラの一部のみ円借款対象とするのはその理由付けが難しいことから詳細財務分析の対象外とした。また、ケース 3 については、現時点で港外に揚炭バースを設置する案はコスト高となる見込みから同じく詳細財務分析の対象外とした。

表 8.1.1 想定される官民分担

港湾/ターミナル施設	ケース1	ケース2	ケース3
石炭荷揚栈橋	円借款	円借款	民間資金
石炭積込栈橋	円借款	円借款	民間資金
ローダー・アンローダー	円借款	民間資金	民間資金
防波堤/防砂堤	円借款	円借款	円借款
貯炭場	円借款	円借款	円借款
ベルトコンベヤ・スタッカー・リクレーマ	民間資金	民間資金	民間資金
陸上施設(管理棟、石炭混合設備、変電所、ワークショップ等)	民間資金	民間資金	民間資金
航路浚渫	円借款	円借款	円借款

航行援助施設	円借款	円借款	円借款
アクセス道路	円借款	円借款	円借款

出典：調査団作成

8.2. 分析・評価指標

日本企業と現地企業が出資し、資金調達、建設、運営及び維持管理等を行う特別目的会社(SPC)の財務モデルについて事業開始時から終了時までのシミュレーションを行う。本事業は PPP として民間事業者の参画を前提とすることから、SPC の内部収益率(Equity IRR)が、民間事業者が求めるリターンを満たす為に必要となるトンあたりターミナル利用料金を求めることで本事業の事業性を分析・評価する。

尚、海外事業投資については、「投資資金調達コスト+内外金利差」を必要なリターン(=Hurdle Rate)とすることが一般的であり、ここでは加重平均資本コスト(WACC)と日本円と VND の過去 5 年間の平均金利の差を加えた 17.2%を Hurdle Rate の参考値とした。また、実際に民間事業者が事業性を判断する際においては、後述する各種リスクを限定できるか否かによって、求める Hurdle Rate も異なる為、本 Hurdle Rate は各種リスクを限定的に出来ることを前提としている。

8.3. 財務分析前提

(1) 事業内容

本財務分析における SPC の事業内容は、輸入用石炭運搬船からの石炭荷揚げから、貯炭場での在庫・管理、各 CFPP への移送用石炭運搬船への石炭積出までを対象とする。尚、CTT から各発電所までの二次輸送費用は財務分析には含めていない。二次輸送費用については、前述の第 5 章 5.1.3 にて記載の通り。

(2) 事業期間

1st Phase の工事着手年である 2017 年から、1st Phase の供用開始 (2020 年) 後 30 年に相当する 2049 年までの、33 年間とする。

(3) 為替

以下の為替レートを前提に財務分析を実施した。(2015 年 1 月参考レート)

1USD = 21,350VND

1JPY = 180.7VND

1USD = 118.1JPY

(4) 石炭需要量

第 5 章に記載の CFPP が輸入する石炭需要を全て CTT が取り扱う前提とする。また、2031 年以降は 2030 年と同数とする。

(5) Operation and Maintenance 費用

第 6 章及び第 7 章に記載の通り。

(6) 土地使用費

第 6 章及び第 7 章に記載の通り。

(7) 税コスト

1) 法人税 (優遇税制)人税

(2016 年以降 20%) が適用されるが、以下優遇税制が適用される前提とした。事業開始後 15 年間 10%に減税されることに加え、最初に利益を計上した年から 4 年間の免税とその後 9 年間の減税 50%が適用される。

2) VAT(付加価値税)

VAT の標準税率 10%を織り込んでいる。

(8) 設備投資計画

各 Phase における設備投資計画概算は第 7 章に記載の通り。需要の増加に伴い段階的に設備を拡張していく。アンローダー、ローダー、ベルトコンベヤ、スタッカー・リクレーマー、防塵フェンスについては、30 年間使用するものとし、その他設備については、償却年数にて更新投資する想定とした。

(9) 資金調達計画

1) 本事業において、民間負担分(SPC 負担分)の CTT 建設に必要な資金の内、70%をプロジェクトファイナンスによる調達を想定し、残りの 30%を日本側及びベトナム側投資家による出資から調達することを想定した。

2) 借入金 は JICA「海外投融資制度」による資金調達を想定した。

金利他 : 3.0%/年

通貨 : 円貨

償還期間 : 20 年

DSCR : 1.2 程度を最低値とする

3) 調達金額

表 8.3.1 資金調達必要額

(単位：USD Mil)

	Equity	Debt	Total
Initial (2017～19)	122	285	407
2 nd (2 nd Phase Expansion : 2022～24)		139	139
3 rd (3 rd Phase Expansion : 2027～29)		216	216
Total	122	640	762

出典：調査団作成

8.4. 事業収入／ターミナル利用料金

(1) ターミナル利用料金に関する基本的な考え方

本事業の収入は、CTT 利用者となる近隣発電所からのターミナル利用料金収入を想定している。ターミナル利用料金は、前述の通り、民間事業者が求める内部収益率を満たす為の料金体系が設定される必要がある。また、現時点で「ベ」国において石炭中継事業を営む事業者は存在しない為、「ベ」国における既存の料金水準を参考とすることは困難であるが、利用者が CTT の代替手段として選択し得る石炭輸入方法に比して経済的便益を得る事ができる現実的な料金体系とすることが求められる。

(2) ターミナル利用料金構成

日本における既存石炭中継基地事業における一般的料金構成は、受入荷役料金、在庫保管料金、払出在庫料金に大別される。その他、在庫期間の長期化に関する追加保管料、CTT から供給する CFPP までの距離に応じた 2 次輸送費用等が実際のターミナル利用料金の算出に必要となるが、本調査期間においては CTT 利用客と在庫期間等に関する詳細を決定することは困難であることから追加保管料に関しては考慮せず、各 CFPP が一定の条件で CTT を利用することを前提とする。また、2 次輸送費用については、財務分析には含めていない。

(3) 料金前提

- 1) ターミナル利用料は、Capacity Payment(設備容量あたりの固定支払い)部分と、Variable Payment(変動料金)部分により構成される、テイクオアペイ方式という支払いメカニズムを想定する。テイクオアペイ方式とは、プロジェクトファイナンスを用いるインフラプロジェクト向けファイナンスにおいて一般的な支払い方法であり、適切なリスク分担に基づき、プロジェクトの収入を保証するものである。民間企業が本事業への投資を実行する為には、CTT は各 CFPP との間でテイクオアペイ契約を締結し、且つ電力需要の変動に伴うリスクに対して、「ベ」国政府の支払い保証（テイクオアペイ保証）がなされる事が不可欠である。
 - i) Capacity Charge (設備容量あたりの固定支払い)は、設備投資に必要な出資金及び融資金、これらにかかる金利・配当、税金、SPC の適切な利益といった資本回収部分と、CTT 運営(O&M)

における、従業員給与や定期補修代金等の固定費回収部分から構成される。CTT が、自らの過失により供給不能な状態とはならず、契約上求められる石炭容量の供給を維持できる限りにおいて、合意された支払い金額を受け取るものであり、SPC の収入を保証するものである。

- ii) Variable Charge (変動料金)は、CTT 運営(O&M)における変動費回収部分から構成される。電力・光熱費、備用品等、CTT の稼働に応じて変動するものであり、各 CFPP の石炭需要量の増減に応じて変動するものである。

表 8.4.1 収入構成要素

	収入項目	対応する費用項目
Capacity	投下資本回収料金	投資に関する費用、金利、税金等
Charge	O&M 固定料金(インフレあり)	従業員給与等
	O&M 固定料金(インフレなし)	外貨建保険費用、定期補修費用等
Variable Charge	O&M 変動料金(インフレあり)	電気代、備用品等
	O&M 変動料金(インフレなし)	その他稼働により変動する外貨建費用

出典：調査団作成

2) 価格調整要素

CTT 利用者である発電所と締結する契約において、上記の構成費用それぞれについて、インフレや為替変動といった影響が加味される。インフレについては、SPC 費用項目の内、VND 建てでインフレの影響がある費用についてはターミナル利用料金価格をインフレ率に応じて調整することを想定する。為替については、SPC 事業者の投下資本回収料金並びに、外貨建て費用に対応し調整されることを想定する。本事業におけるインフレ、為替変動はターミナル利用料金の価格調整によって、「ベ」国側オフテイカー若しくは「ベ」国政府により負担されることを想定しており、本件の民間事業者としての事業性分析には影響を及ぼさない前提としている為、財務分析上にはインフレ、為替による変動を加味していない。

3) フェーズ毎利用料金

本事業はCTT を利用する CFPP の増設に合わせて 1st Phase~3rd Phase と段階的に拡張することを想定しており、各 Phase において必要な投資に関する費用と、それに応じて増加する固定費によって Capacity Payment の金額は変動する。

(4) ターミナル利用料金

上記を前提とした、Phase 毎のターミナル料金は下表の通り。各 Phase の価格は、仮に各 Phase における需要が、事業期間を通じてそれ以上伸びる事がなかった場合の利用料金となる。

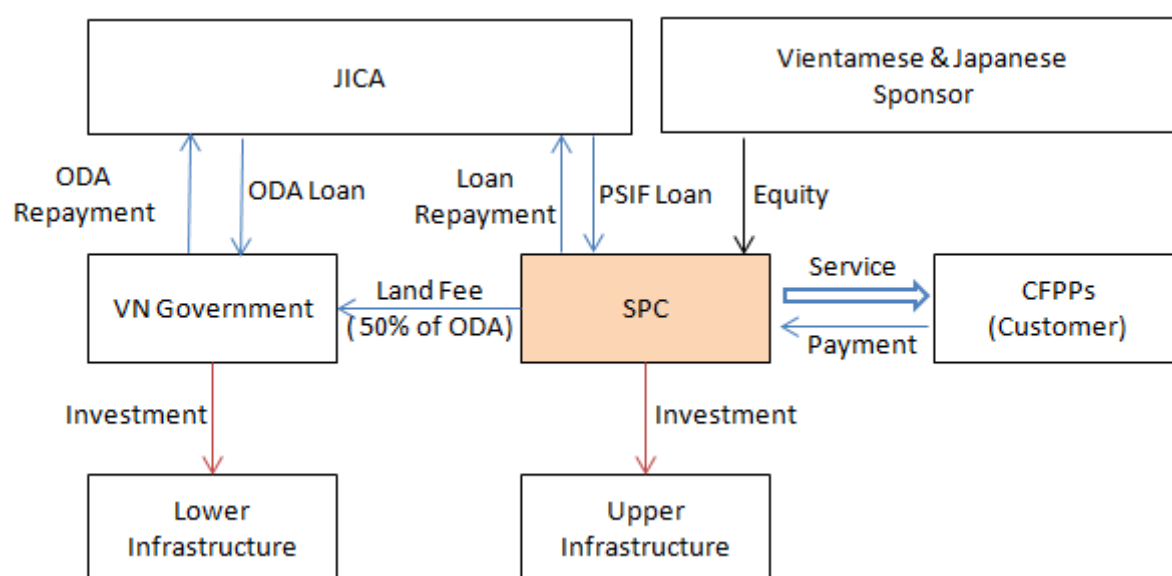
表 8.4.2 ターミナル利用料金

(Unit : USD)

	1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
Capacity Charge per ton	8.8	6.2	5.1
Variable Charge per ton	0.2	0.2	0.3
Total Charge per ton	9.0	6.4	5.4
Handling Volume / year	8.5 Mil ton	17.9Mil ton	31.1 Mil ton

出典：調査団作成

8.5. 調達資金、料金フロー



出典：調査団作成

図 8.5.1 調達資金・料金フロー

8.6. 経済分析の目的・手法

経済分析は、公共投資プロジェクトの効果を国民経済の観点から分析し、プロジェクト実施の妥当性を評価するものであり、分析においては、将来プロジェクトが実施される場合（With ケース）と実施しなかった場合（Without ケース）を想定し、その費用と便益により評価する。

本経済分析では、本事業のフィージビリティを確認するため、経済的内部収益率 (EIRR)を計算することにより評価を行うとともに、感度分析等を実施することにより初期投資額の変動や需要の減少等による影響の程度も評価する。

8.7. 経済分析前提

本経済分析における前提については、経済分析の前提に準拠する。

すなわち、SPC の事業内容は、輸入用石炭運搬船からの石炭荷揚げから、貯炭場での在庫・管理、各 CFPP への移送用石炭運搬船への石炭積み出までを対象とし、事業期間は、2017 年から、Phase1 の供用開始 (2020 年) 後 30 年に相当する 2049 年までの、33 年間とするとともに、石炭需要量は、CFPP が輸入する石炭需要を全て CTT が取り扱うものとする。

なお、輸入石炭については、インドネシア炭とオーストラリア炭では前者の方がコスト面で有利であることから、全ての石炭をインドネシアから輸入することと仮定した。

8.8. 比較ケースの設定

「With ケース」においては、ズーエンハイ発電所前面の防波堤内に、大型船に対応した輸入石炭の荷揚げ岸壁・払出用岸壁・アンローダー・シップローダ等の施設が整備されるとともに、ズーエンハイ発電所の隣接地に貯炭場が建設され CTT として運営されるものとする。

一方、「Without ケース」においては、大型船による運搬を想定した輸入石炭の受入施設並びに CTT が整備されない。このため、インドネシア産の石炭については、ズーエンハイ発電所へは、同発電所に敷設される港湾施設の利用を想定し輸入石炭の海上輸送は 30,000DWT の船舶で、その他の発電所へは、喫水等が制限されるハウ川バイパス運河の利用を余儀なくされることから 10,000DWT の船舶によりなされるものとする。

8.9. プロジェクトの費用

本事業の費用は、(1) 施設整備費、(2) 電気機械等設備整備費、(3) 維持管理費、及び(4) 供用後の CTT の運営費等の 4 つに大別できる。各費用を構成する主な費目を以下に示す。

(1) 施設整備費

浚渫、港湾施設（荷揚げ栈橋、積込栈橋等）、貯炭場（地盤改良等）、その他建築等

(2) 設備整備費

港湾施設（アンローダー、シップローダー）、ベルトコンベア、スタッカーリクレイマー、
その他電気機械設備

(3) 維持管理費

浚渫、土木構造物、電気機械等

(4) CTT 運営費

人件費（直接人員、間接人員）、光熱費（電力使用料金）、保険費用、その他費用

8.10. プロジェクトの便益

本事業における便益は、大型船による石炭輸送コストの削減額を便益と見込む。すなわち、8.8で述べたように、ズーエンハイ発電所については、30,000DWT の船舶とポストパナマックス・ケープサイズの輸送費の差で、その他の発電所については、10,000DWT の船舶とポストパナマックス・ケープサイズとの差を便益とする。

8.11. EIRR の試算結果

8.9 及び 8.10 を踏まえて、本事業に係る EIRR を算定した。

算出されたプロジェクトの EIRR が、当該国の資本の機会費用である割引率と比較し、前者が後者を上回る場合には、当該プロジェクトが国民経済の観点から有効な事業であると評価される。ここで、「ベ」国の社会的割引率は、貴機構による調査を含め一般的に 12%とされており、本調査においてもこれを準用する。

上述の便益及び費用を基に算出した EIRR は 17.4%となり（表 8.11.1）、12%を上回っていることから、本事業は国民経済の観点から有効であるといえる。

表 8.11.1 EIRR の試算結果

Year	(1,000tons)			Cost				Total Cost	Total Benefit	Benefit -Cost
	Coal Imported	Duyen Hai	Others	Construction	Equipment	Maintenance	Operation etc.			
2017				78.2	38.9	0.0	20.0	137.2		-137.2
2018				78.2	311.5	0.0	5.0	394.7		-394.7
2019				104.3	38.9	0.0	10.0	153.3		-153.3
2020	8,530	4,760	3,770	0.0	0.0	17.3	5.2	22.5	91.7	69.2
2021	8,530	4,760	3,770	0.0	0.0	17.3	9.2	26.5	91.7	65.2
2022	8,530	4,760	3,770	42.6	19.0	17.3	7.2	86.1	91.7	5.5
2023	8,530	4,760	3,770	42.6	151.9	17.3	7.2	219.0	91.7	-127.4
2024	8,530	4,760	3,770	56.9	19.0	17.3	7.2	100.3	91.7	-8.7
2025	15,000	5,950	9,050	0.0	0.0	21.4	9.1	30.5	222.7	192.1
2026	17,860	5,950	11,910	0.0	0.0	21.4	19.8	41.2	279.9	238.6
2027	17,860	5,950	11,910	58.6	29.5	21.4	12.8	122.3	279.9	157.5
2028	17,860	5,950	11,910	58.6	235.9	21.4	12.8	328.7	279.9	-48.8
2029	17,860	5,950	11,910	78.1	29.5	21.4	13.8	142.8	279.9	137.0
2030	31,090	5,950	25,140	0.0	2.5	29.8	16.6	48.8	544.5	495.6
2031	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2032	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2033	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2034	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2035	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2036	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2037	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2038	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2039	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2040	31,090	5,950	25,140	0.0	2.5	29.8	16.6	48.8	544.5	495.6
2041	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2042	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2043	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2044	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2045	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2046	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2047	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2048	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
2049	31,090	5,950	25,140	0.0	0.0	29.8	16.6	46.3	544.5	498.1
									EIRR=	17.4%

出典：調査団作成

8.12. 感度分析

本プロジェクトのフィージビリティの安定性を確認するため、費用や便益の変動が EIRR に与える影響について、感度分析を行った。

前者について、施設整備費が±10%、±20%増減する場合について試算した。後者については、大型船による石炭輸送コストの削減額が±10%、±20%増減する場合について試算した。

本プロジェクトでは、表 8.12.1 に示すように、いずれのケースでも 12%以上の EIRR を確保でき、国民経済の観点から妥当性があると判断される。

表 8.12.1 感度分析の結果

		施設整備費				
		+20%	+10%	±0%	-10%	-20%
石炭海上輸送費の削減額	-20%	12.7%	13.5%	14.5%	15.5%	16.8%
	-10%	14.1%	15.0%	16.0%	17.1%	18.4%
	±0%	15.4%	16.3%	17.4%	18.5%	19.9%
	+10%	16.6%	17.6%	18.7%	19.9%	21.4%
	+20%	17.7%	18.8%	19.9%	21.2%	22.7%

出典：調査団作成

8.13. 段階整備に応じた EIRR

石炭需要が当初想定より伸びない場合、ケーブサイズ型石炭運搬船に対応できる施設の整備を行わず、1st Phase（パナマックスまで対応）もしくは2nd Phase（ポストパナマックスまで対応）までの整備となることが想定される。こうした場合においても、本プロジェクトが国民経済の観点から有効であるか確認しておくことはリスク評価の観点からも有益であることから、各々のケースについて、EIRR の試算を行った。

(1) 1st Phase のみ

本試算では、2025 年以降、石炭需要が 853 万トンで高止まりし、2nd Phase・3rd Phase の整備を実施しないことを想定し、EIRR を試算した。

その他の条件は、前述の便益及び費用と同様の方法で算出した EIRR は 9.1%となり、目安である 12%を下回る結果となった。

(2) 2nd Phase まで

本試算では、2030 年以降、石炭需要が 1,786 万トンで高止まりし、3rd Phase の整備を実施しないことを想定し、EIRR を試算した。

その他の条件は、前述の便益及び費用と同様の方法で算出した EIRR は 16.4%となり、目安である 12%を上回る結果となった。

上記を踏まえると、仮に石炭需要がマスタープラン通りに伸びなくても、2026 年の需要予測値である 1,786 万トン程度に達し、2nd Phase の整備を実施することができれば、国民経済の観点からみると本プロジェクトは有効であるといえる。

Part2. シナリオ 2

(石炭需要：調査団作成)

石炭需要及び石炭消費者である石炭火力発電所は政府決定 Decision No.5964/ QD-BCT(9Oct2012) をもとに決定したが、石炭需要については 2 つのシナリオを設定し、シナリオ 1 として Decision No.5964/QD-BCT(9Oct2012)による石炭需要を、シナリオ 2 として MOIT の要求に基づき調査団で推定した石炭需要を用いた。それぞれの結果は Part 1. (第 5 章から第 8 章) および Part 2 (第 9 章から第 12 章) .として示す。

第9章 CTT 石炭中継基地の概略設計と最適案（シナリオ 2）

9.1. 石炭物流計画の検討

9.1.1. 石炭ロジスティクス計画の検討

5 章では、Decision No.5964/ QD -BCT(9Oct2012)に基づく石炭需要について検証を行ったが、石炭火力発電所の発電容量に対して必要な石炭の量(トン数)を計算する為には、使用する石炭の発熱量(kcal)、ボイラーの発電効率、発電所の稼働率を考慮する必要がある。

本調査において、今後増設する発電所のこれらの前提を確認することは出来ないが、調査団が妥当と考える水準の各前提を置いて、Decision No.5964/ QD -BCT(9Oct2012)に記載の発電容量に対して必要な石炭の量を試算すると、シナリオ 1 の表 9.1.1 に記載される石炭必要量よりも多くなると見込まれる。調査団試算による石炭必要量及びその前提は下表の通り。

表 9.1.1 必要石炭量の試算前提

	前提	備考
Coal Calories(Kcal)	5,000Kcal	NAR base
Energy Conversion Efficiency (%)	40%	超臨界発電(Super Critical)ボイラー
Operating Rate (%)	75%	-

出典：調査団作成

上記前提に基づき、試算される必要石炭量を次表にて示す。

表 9.1.2 調査団試算による必要石炭量

Project Power Plant		2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Long Phu Power Centre												
Long Phu I	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Long Phu II	Capacity (MW)						1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)						3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Long Phu III	Capacity (MW)						1,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
	Coal (Mil tons)						2.8	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6
Song Hau Power Centre												
Song Hau I	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Song Hau II	Capacity (MW)											2,000
	Coal (Mil tons)											5.6
Song Hau III	Capacity (MW)											2,000
	Coal (Mil tons)											5.6
Duyen Hai Power Centre												
Duyen Hai II	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Duyen Hai III	Capacity (MW)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Duyen Hai III Expansion	Capacity (MW)											
	Coal (Mil tons)											
Long An Power Centre												
	Capacity (MW)						1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
	Coal (Mil tons)						3.3	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
Bac Lieu Power Centre												
	Capacity (MW)											1,200
	Coal (Mil tons)											3.3
An Giang Power Centre												
	Capacity (MW)											2,000
	Coal (Mil tons)											5.6
Capacity/year	(MW)	4,800	4,800	4,800	4,800	4,800	8,200	9,200	9,200	9,200	9,200	16,400
Coal demand/year	(Mil tons)	13.38	13.38	13.38	13.38	13.38	22.85	25.64	25.64	25.64	25.64	45.71

出典：調査団作成

9.1.2. 海上輸送計画の検討

(1) 海上輸送計画の検討

5.1.1 海上輸送計画（シナリオ 1）と同容とする。

(2) 海上運賃

シナリオ 1 と比べ、海上輸送計画自体に変わり無く、海上運賃単価の低減にはつながらないが、取扱量が増えることによって、本船の大型化によるメリットが大きくなる。

海上運賃の削減メリットを表 9.1.3 に示す。ケース 1 とケース 2 の条件は、第 5 章と同様で、海上輸送される石炭の量が第 5 章と異なる。

表 9.1.3 本船大型化による海上運賃メリット(シナリオ 2)

大型船による一次輸送を加えた海上運賃一覧					
	パナマックス	ハンディマックス	大型船		
	70,000 - 100,000DWT	30,000 - 55,000DWT	10,000DWT		
インドネシアからの海上運賃	US\$10 /MT	US\$15 /MT	US\$28 /MT		
オーストラリアからの海上運賃	US\$18 /MT	US\$29 /MT			
<ケース1>					
ズエンハイ向けをハンディからパナマックスに、ズエンハイ向け以外を大型船からパナマックスに切り替えた場合の運賃メリット (インドネシア積100%)					
	ズエンハイ向け 石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット	ズエンハイ以外向け 石炭年間海上輸送量	大型船からの 切替によるメリット	メリット合計
1st Phase	6.69 mil. MT	US\$33 mil./年	6.69 mil. MT	US\$120 mil./年	US\$154 mil./年
2nd Phase	6.69 mil. MT	US\$33 mil./年	18.95 mil. MT	US\$341 mil./年	US\$375 mil./年
3rd Phase	6.69 mil. MT	US\$33 mil./年	39.02 mil. MT	US\$702 mil./年	US\$736 mil./年
<ケース2>					
パナマックス使用時の運賃メリット(インドネシア：オーストラリア＝100%)					
	石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット			
1st Phase	13.38 mil. MT	US\$67 mil./年			
2nd Phase	25.64 mil. MT	US\$128 mil./年			
3rd Phase	45.71 mil. MT	US\$229 mil./年			
パナマックス使用時の運賃メリット(インドネシア：オーストラリア＝50%：50%)					
	石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット			
1st Phase	13.38 mil. MT	US\$107 mil./年			
2nd Phase	25.64 mil. MT	US\$205 mil./年			
3rd Phase	45.71 mil. MT	US\$366 mil./年			
パナマックス使用時の運賃メリット(オーストラリア積100%)					
	石炭年間海上輸送量	ハンディからの 切替によるメリット			
1st Phase	13.38 mil. MT	US\$147 mil./年			
2nd Phase	25.64 mil. MT	US\$282 mil./年			
3rd Phase	45.71 mil. MT	US\$503 mil./年			

出典：調査団作成

一方で、第 5 章(シナリオ 1)と比べ、必要本船数は増え、第 5 章の 3rd Phase で 40 隻必要とした本船の数は 50 隻となり、20,000-30,000DWT の本船手配の難度は高まる。

9.1.3. 二次輸送計画の検討

(1) 二次輸送計画

海上輸送計画と同様二次輸送計画そのものに大きな変更は無いが、輸送量が増えることによって、輸送回数も増えることから、より船サイズの大型化の必要性が増す。

(2) 二次輸送費用

第 5 章と比べ取扱量が増えることによって、事業者の固定費が割合的に少なくなり、US\$2.20-2.40/MT から 2-3%の低減が見込まれる。

9.2. 港湾計画及びターミナル計画の策定

9.2.1. 港湾計画検討条件

(1) 石炭取扱量と目標年次

最新のベトナム政府決定に基づいた石炭輸入量を港湾施設の計画にあたっての需要量とする。一方発電所への移送量については、ズーエンハイ第 2、第 3 発電所用石炭は陸送が想定されるため、その分を差し引いた量を払出施設の需要量とする。それらの数値は以下の通りである。

表 9.2.1 石炭輸入量及び移送量

Stage	年次	輸入量	移送量
1 st Phase	2020 年	13.38 百万トン	6.69 百万トン
2 nd Phase	2025 年	25.64 百万トン	18.95 百万トン
3 rd Phase	2030 年	45.71 百万トン	39.02 百万トン

出典：調査団作成

(2) 対象船舶（輸入用、移送用）

1) 石炭荷揚用船舶

輸入用の石炭荷揚船の船型はシナリオ 1（5.2.1 章参照）と同様のものとする。

- 1st Phase: 70,000DWT
- 2nd Phase: 100,000 DWT
- 3rd Phase: 160,000 DWT

2) 石炭積込用船舶

国内二次輸送用の石炭積込船の船型はシナリオ 1（5.2.1 章参照）と同様のものとする。

- 1st Phase: 5,000 DWT ~10,000DWT
- 2nd Phase: 5,000 DWT ~10,000DWT
- 3rd Phase: 5,000 DWT ~10,000DWT

(3) 石炭荷役

1) アンローダー及びローダーの能力

アンローダー及びローダーの条件に関し、シナリオ 1（5.2.1 章参照）と同様の検討を行い、石炭荷役機器の荷役能力を以下のように定める。

- アンローダー荷役能力: 2,700 t/h
- アンローダー形式: 連続式
- アンローダー荷役効率: 75 %
- アンローダー基数: 2 基/バース

- シップローダー荷役能力: 2,500t/h
- シップローダー荷役効率: 90 %
- シップローダー基数: 1 基/バース

2) 年間稼働日数及び日当り稼働時間

年間稼働日数及び日当り稼働時間に関し、シナリオ 1（5.2.1 章参照）と同様の検討を行い、以下のように定める。

- 年間稼働日数: 350 days
- 日当り稼働時間: 22 hours.

(4) 静穏度

静穏度に関してはシナリオ 1（5.2.1 章参照）の検討と同様に、97.5%とする。

9.2.2. 港湾施設計画

(1) 必要岸壁数算出方法

計画貨物量（需要）に対する岸壁数は、シナリオ 1（5.2.1 章参照）と同様の検討を行い、岸壁占有率および船舶平均待ち時間の観点から決定する。

1) 1st Phase: 荷揚量が 13.38 百万トン/年

1st Phase でのパナマックスの平均積載量を 70,000DWT として検討する。この規模の船舶の石炭荷揚に必要となる日数は、荷役以外の所要日数（入出港手続き、潮待ち時間、着離岸に要する時間等）を 0.5 日として、以下の通りとなる。

$$\text{平均接岸日数 } 1.29 \text{ 日 } ((70,000 / (2,700 \times 2 \times 0.75 \times 22)) + 0.5 = 1.29)$$

また、年間入港隻数は以下の通りである。

$$\text{年間入港隻数 } 192 \text{ 隻 } (13,380,000 / 70,000 = 191.1)$$

岸壁占有率を 50 % とすると、岸壁数は以下の通り算出される。

$$\text{岸壁数} = 2 \ (192 \times 1.29 / (350 \times 0.5) = 1.41)$$

岸壁数は 2 となり、この場合の岸壁占有率は 35.3 % $(= (192 \times 1.29) / (350 \times 2))$ となる。これは、UNCTAD の目標数値を満足する。また、船舶の平均待ち時間は 0.09～0.18 の間の数値となる。岸壁数を 1 とした場合の岸壁占有率及び船舶の平均待ち時間を検証しておく。岸壁占有率は 70.5 % $(= (192 \times 1.29) / (350 \times 1))$ となり、UNCTAD の目標数値を上回る。また、船舶の平均待ち時間は船舶の平均サービス時間(1.19 日)を超える数値 (1.51～3.03 日の間の数値) に比べて大きくなり、年間需要を処理できないと考えられる。

従って、1st Phase の必要岸壁数は 2 とする。

2) 2nd Phase : 荷揚量が 25.64 百万トン/年

対象船舶を 100,000DWT として 1st Phase と同様の方法で岸壁数を算出する。

$$\text{平均接岸日数} = 1.62 \text{ 日} \ (100,000 / (2,700 \times 2 \times 0.75 \times 22) + 0.5 = 1.622)$$

$$\text{年間入港隻数} = 257 \text{ 隻} \ (25,640,000 / 100,000 \approx 256.4)$$

$$\text{岸壁数} = 3 \ (179 \times 1.62 / (350 \times 0.5) = 2.38)$$

この場合、岸壁数は 2 となり、岸壁占有率は 39.7 % となる。

岸壁数を 1st Phase と同数の 2 とした場合、岸壁占有率は 59.6 % となり UNCTAD の目標数値を僅かに上回ると共に、船舶の平均待ち時間は 0.44～0.88 日の間の数値になる。3rd Phase に向けて需要増に対応する必要があること、及び後述するように潮位を利用した入出港や航路の一方航行等港湾施設利用上の制約があること等を考慮して、2025 年での必要岸壁数を 3 とする。このため、3rd Phase でケープサイズ用となる岸壁を 1 つ先行整備する (但し、施設規模はオーバーパナマックス用で対応可能である)。

3) 3rd Phase : 荷揚量が 45.71 百万トン/年

3rd Phase はポストパナマックスとケープサイズの船舶を併用して貨物量に対応することとする。輸送量の分担を以下の通り仮定する。

ポストパナマックス	2,140 万トン (入港隻数 214 隻)
-----------	------------------------

ケープサイズ	2,432 万トン (入港隻数 152 隻)
--------	------------------------

ポストパナマックスが扱う 2,140 万トンは既設のポストパナマックス用の 2 岸壁で扱うこととなる。その岸壁占有率は 49.6 % であり、UNCTAD の目標数値を満たす。また船舶の平均待ち時間は 0.26～0.53 日の間の時間となる。ケープサイズ用施設との計画的な運用を前提にポストパナマックス用の必要岸壁数は 2 とする。

新規に整備するケープサイズ用の岸壁数は、岸壁占有率を 50 % とすると、

$$\text{平均接岸日数} = 2.30 \text{ 日} \ (160,000 / (2,700 \times 2 \times 0.75 \times 22) + 0.5 = 2.296)$$

岸壁数 $2 \ (152 \times 2.30 / (350 \times 0.5) = 1.99)$

となり、岸壁数は2となる。この場合の岸壁占有率は49.9%であり、UNCTADの目標数値を満足する。また、船舶の平均待ち時間は0.38～0.76日の間の数値となる。

従って、ポストパナマックス用施設との計画的な運用を前提に、ケーブサイズ用の必要岸壁数を2とし、うち1つは2nd Phaseで整備した岸壁をケーブサイズ用に改良するものとする。実際の運用に際しては、大きな滞船を生じさせることがないように、両タイプの岸壁をバランスよく利用できる配船計画及びに船舶寄港が集中しない配船計画に十分留意する必要がある。

積込用岸壁（栈橋）数

石炭積込岸壁についても、荷揚用岸壁と同様の考え方で、必要数を決定する。

1) 1st Phase：積込量が6.69百万トン/年

積込用船舶は、内航船であることから荷役以外に必要な時間が荷揚用船舶の場合より大幅に短縮される。その時間を約2時間と設定する。岸壁数は、岸壁占有率を50%と仮定すると、以下の通り算出される。

平均接岸日数 0.23 日 $((5,000 / (2,500 \times 0.90 \times 18)) + 0.11 = 0.233)$

年間入港隻数 1338 隻 $(6,690,000 / 5,000 = 1338)$

岸壁数 $2 \ (1338 \times 0.23 / (350 \times 0.5) = 1.76)$

岸壁数は2となり、岸壁占有率は44.0% $(= (1338 \times 0.23) / (350 \times 2))$ となる。これはUNCTADの目標数値を満たす。また、船舶の平均待ち時間は0.03～0.06日の間の数値であり、船舶の平均サービス時間（0.23日）に対し短い時間であると考えられる。

岸壁数が1の場合、岸壁占有率は87.9%となり、UNCTAの目標数値を大きく上回る。これらの検討から、第1段階の払出用の必要岸壁数は2とする。

2) 2nd Phase：積込量が18.95百万トン/年

岸壁数は、岸壁占有率を60%と仮定すると、以下の通り算出される。

年間入港隻数 3,790 隻 $(18,950,000 / 5,000 = 3790)$

岸壁数 $5 \ (3790 \times 0.23 / (350 \times 0.60) = 4.15)$

岸壁数は5となる。この場合の岸壁占有率は49.8%となり、UNCTADの目標数値を満足する。また船舶の平均待ち時間は0.01日程度の数値となり、平均サービス時間に対し十分小さな値と考えられる。

岸壁数が4の場合、岸壁占有率は62.3%であり、UNCTADの目標数値を大きく上回る。船舶の平均待ち時間は0.03～0.05日の間の数値となる。これらの検討から、2nd Phaseでの積込用の必要岸壁数は5とする。

3) 3rd Phase : 積込量が 39.02 百万トン/年

岸壁数は、岸壁占有率を 70% とすると、以下の通り算出される。

年間入港隻数 7,804 隻 ($39,020,000 / 5,000 = 7804$)

岸壁数 $8 (7804 \times 0.23 / (350 \times 0.7) = 7.33)$

岸壁数は 8 となり、この場合の岸壁占有率は 64.1% となる。これは UNCTAD の目標数値を満足すると共に、船舶の平均待ち時間は 0.01~0.02 日の間の時間となり、これは平均サービス時間に対し十分小さい値であると考えられる。

岸壁数が 7 の場合は、岸壁占有率が 73.3% となり、UNCTAD の目標数値を上回る。一方、船舶の平均待ち時間は 0.02~0.05 日の間の数値となる。これらの検討及び 2,000~3,000DWT 級船舶の利用も考えられることから、3rd Phase の必要岸壁数は 8 とする。

注：文中の「船舶の平均待ち時間」は WEB (<http://queueingtoolpal.org/>) の計算機能を用いて算出したものである。待ち行列理論（船舶の到着はポアソン分布、サービス(荷役)は一定分布と指数分布と仮定）により解析的に求めたものである、幅の数字は前者が一定サービスの場合、後者は指数分布サービスの場合である。新規港湾であるため実際のサービス時間等の分布データは得られていないが、幅のある数値の間に現実に近い待ち時間があるものと考えられる。

(2) 航路及び泊地

航路および泊地の規模は、シナリオ 1（参照 5.2.2）と同様のものとする。以下に詳細を示す。

1) 2nd Phase まで航路及び泊地

1st および 2nd Phase の対象船舶は、ポストパナマックスである。これに対応して航路及び泊地は以下の通り計画する。

石炭荷揚船舶用航路

- 航路幅：200m、航路水深-14.5m、泊地水深: -16.0m,

石炭積込船舶用航路

- 航路：既存の航路を利用する、泊地水深: -9.0m

2) 3rd Phase の航路及び泊地の計画

石炭荷揚船舶用航路

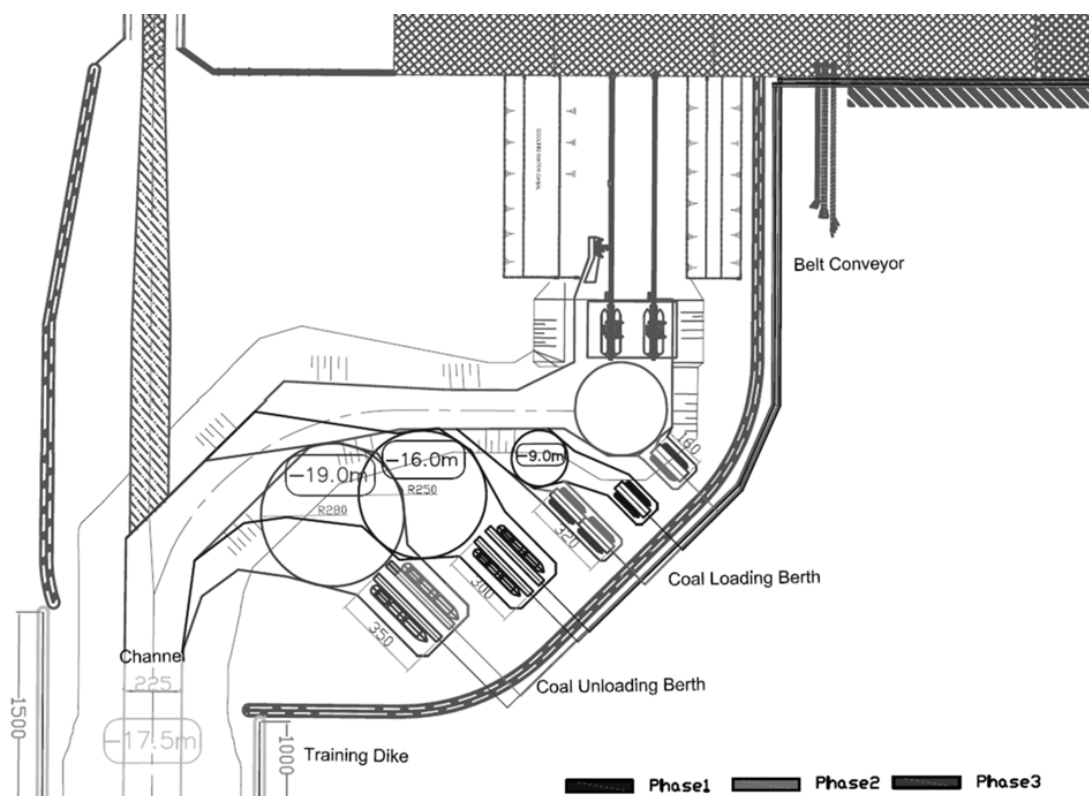
- 航路幅：225m、航路水深-17.5m、泊地水深: -19.0m,

石炭積込船舶用航路

- 航路：既存の航路を利用する、泊地水深: -9.0m

(3) 岸壁レイアウト

上記、条件に基づき、港内案の岸壁レイアウトを以下に示す。



出典：調査団作成

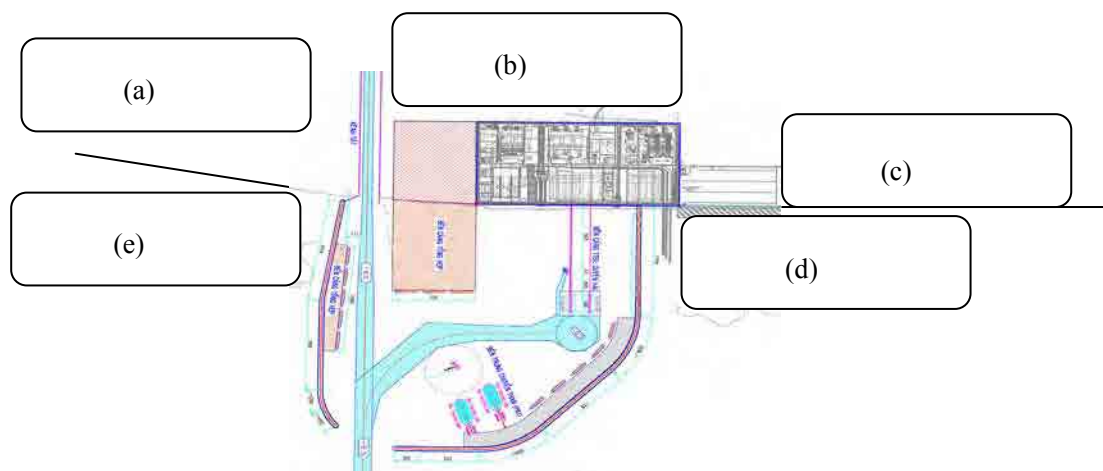
表 9.2.2 岸壁レイアウト（港内案）

9.2.3. 貯炭場候補地の適地選定

(1) 貯炭場候補地

貯炭場候補地は 5.2.3 章（シナリオ 1）と同様とする。

- (a) ハウ川バイパス運河東側
- (b) 発電所後背地
- (c) 発電所東側（陸上）
- (d) 発電所東側（海上）
- (e) 発電所西側（海上）



出典：調査団作成

図 9.2.1 貯炭場候補地

シナリオ 1 と同様の手法を用い貯炭場の比較検討を行った結果、貯炭場候補地(c)が最適案として選定された。また、将来的により広い土地が必要となった場合、拡張候補地として候補地(d)が使用可能である。

9.2.4. ターミナル計画

(1) 計画条件

ターミナル計画を行う上での前提条件を以下に示す。

- ターミナル取扱量（貯炭）：39.02 百万トン/年
- 石炭の比重：0.9
- 貯炭場の貯炭効率：0.75
- アンローダー：連続式 2,700t/h
- シップローダー：2,500t/h
- スタッカー・リクレーマーの能力：6,000t/h、2,700t/h
- ベルトコンベヤ（搬入）：6,000t/h
- ベルトコンベヤ（搬出）：5,500t/h
- 発電所の貯炭量：15 日～30 日分

(2) 石炭荷揚栈橋に対応する貯炭量

波浪条件に対して安定した石炭荷役が可能なので、ターミナルの貯炭量は取扱量の 30 日分（1 ヶ月）とする。従って、ターミナルの貯炭量は $3,902 \text{ 万トン/年} \div 12 \text{ カ月} = 325.2 \text{ 万トン/月}$ と算定される。

(3) 石炭荷揚栈橋に対応するターミナルレイアウト

ストックパイルの形状を以下のように設定する。

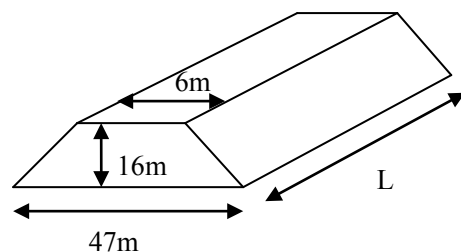


図 9.2.2 ストックパイル形状

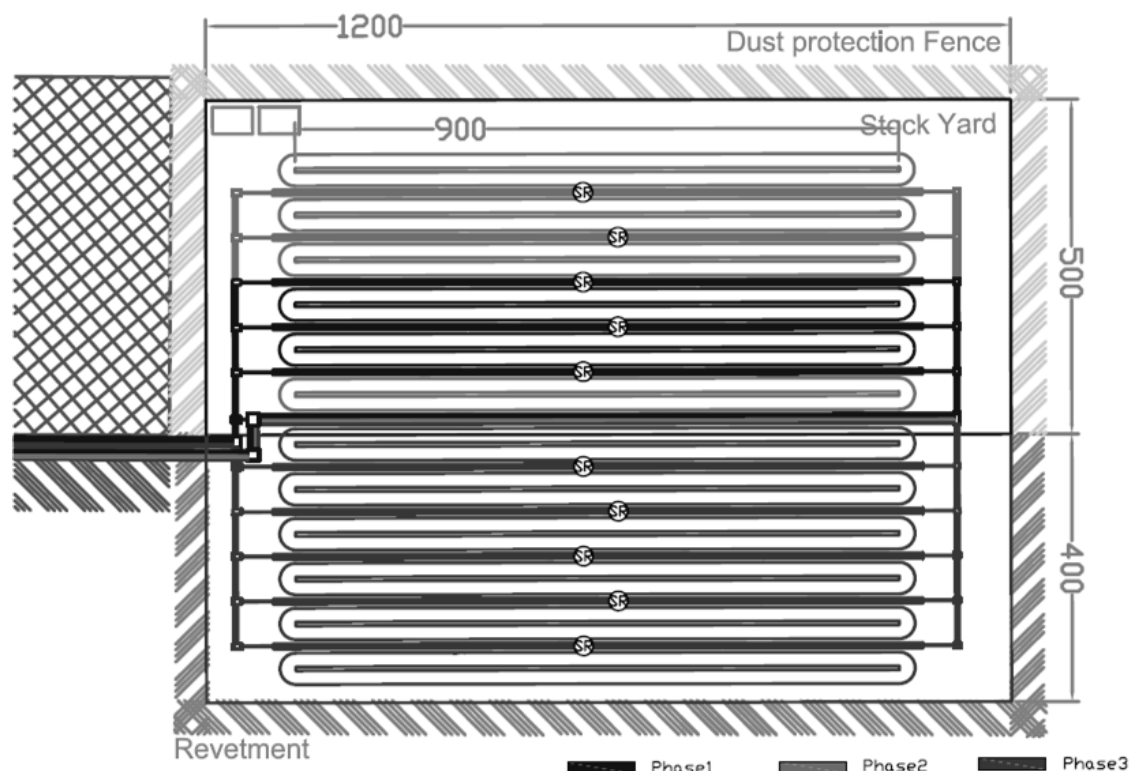
断面積 A は、 $A = (6+47) \times 16 \div 2 = 424 \text{ m}^2$ となる。

各案の貯炭量とストックパイル延長・数量、及び必要ターミナルエリアは以下のように算定される。また、各案のターミナルレイアウト図を図 9.2.3 に示す。

表 9.2.3 各案における必要ターミナルエリア

	貯炭量 (万トン)	貯炭効率	ストックパイル延長 (m)	ストックパイル 本数	必要ターミナルエリア (ha)
港内案	325.2	0.75	900	12	108

出典：調査団作成



出典：調査団作成

図 9.2.3 ターミナルレイアウト

9.2.5. 段階的整備計

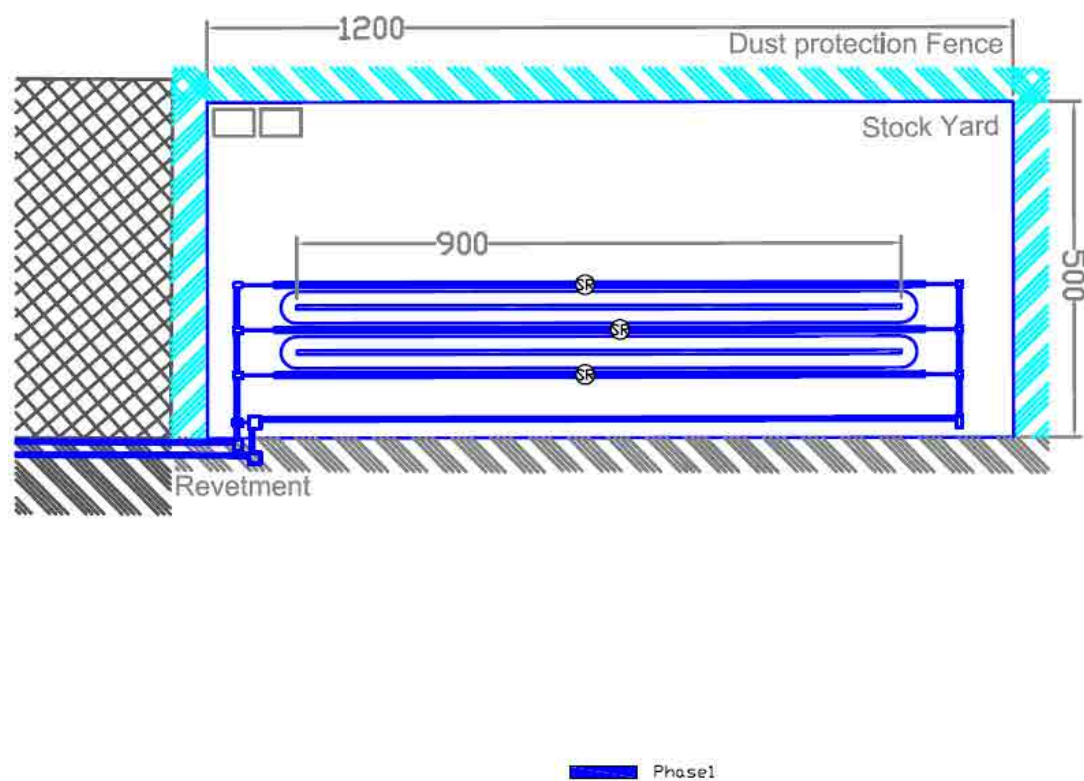
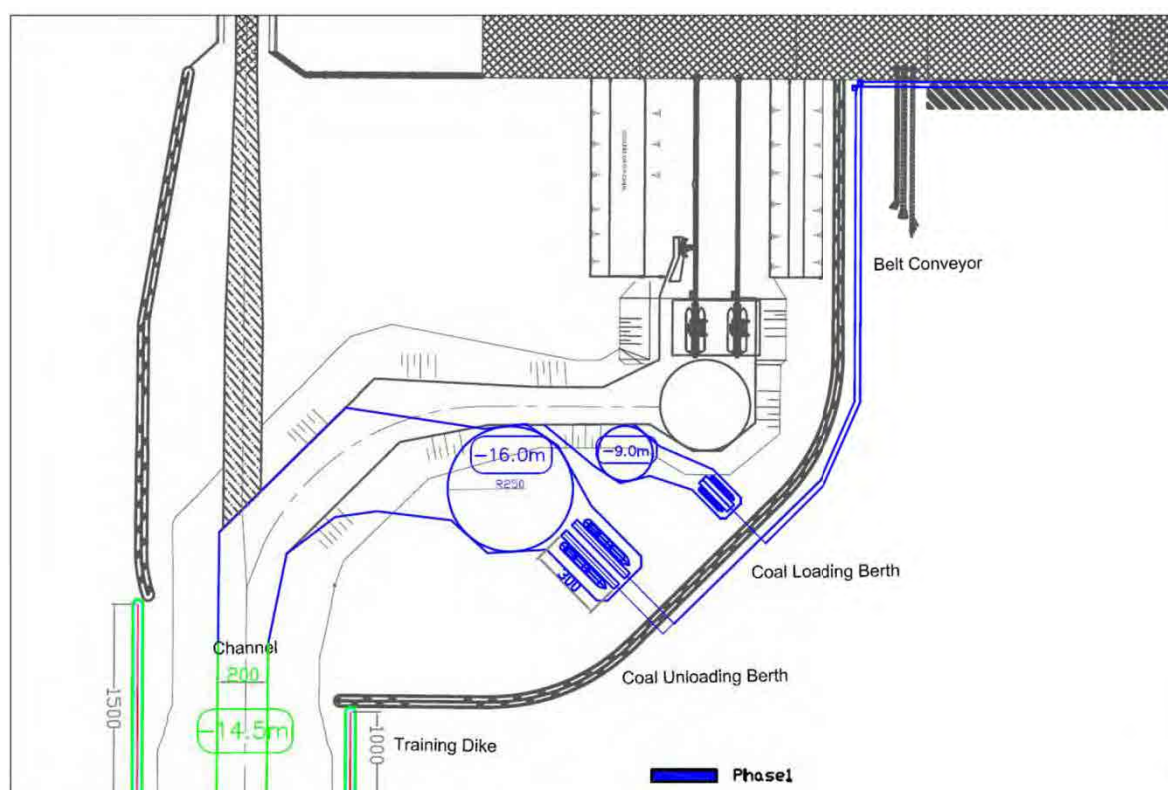
港湾及びターミナル施設の段階的な整備計画を以下の通り整理する。

(1) 短期整備計画

2020 年を目標年次とした 1st Phase を短期整備計画とし、その内容は以下の通りとする。

表 9.2.4 短期整備計画

石炭需要	13.38 百万トン	
港湾施設計画	荷揚栈橋	積込栈橋
対象船舶	パナマックス (55,000～85,000DWT)	小型バージ (5,000DWT～10,000DWT)
岸壁	バース数 2 バース 延長 300m/バース 水深 -16.0m	バース数 2 バース 延長 160m/バース 水深 -9.0m
入港航路	延長 8,275m 幅 200m 水深 14.5m	既存航路を使用
泊地	水深 16.0m	水深 9.0m
荷役機械	アンローダー 4 基 荷役能力 2,700t/h	シップローダー 2 基 荷役能力 2,500t/h
防砂堤	必要延長 6.5 km (航路両側総計)	
ターミナル施設計画	貯炭場取扱量 6.69 百万トン/年、必要ターミナル面積 35ha	
ヤード荷役機械	スタッカーリクレーマー 3 基	荷役能力 6,000t/h / 2,700t/h
ベルトコンベヤ	アンローディング用 延長 14.7 km ローディング用 延長 9.9 km	能力 6,000t/h 能力 5,500t/h
貯炭パイル	貯炭容量 558 千トン パイル高さ 16m	パイル数 2 本 パイル延長 900m
護岸	必要延長 1200m	
防塵フェンス	高さ 8m 延長 2,200m	
必要土木工事		
浚渫	航路浚渫量 10.6 mil m ³ 泊地浚渫量 8.84 mil m ³	
土地造成	必要土砂量 2.02 mil m ³	(陸上)
港湾ターミナル計画図	図 9.2.4	



出典：調査団作成

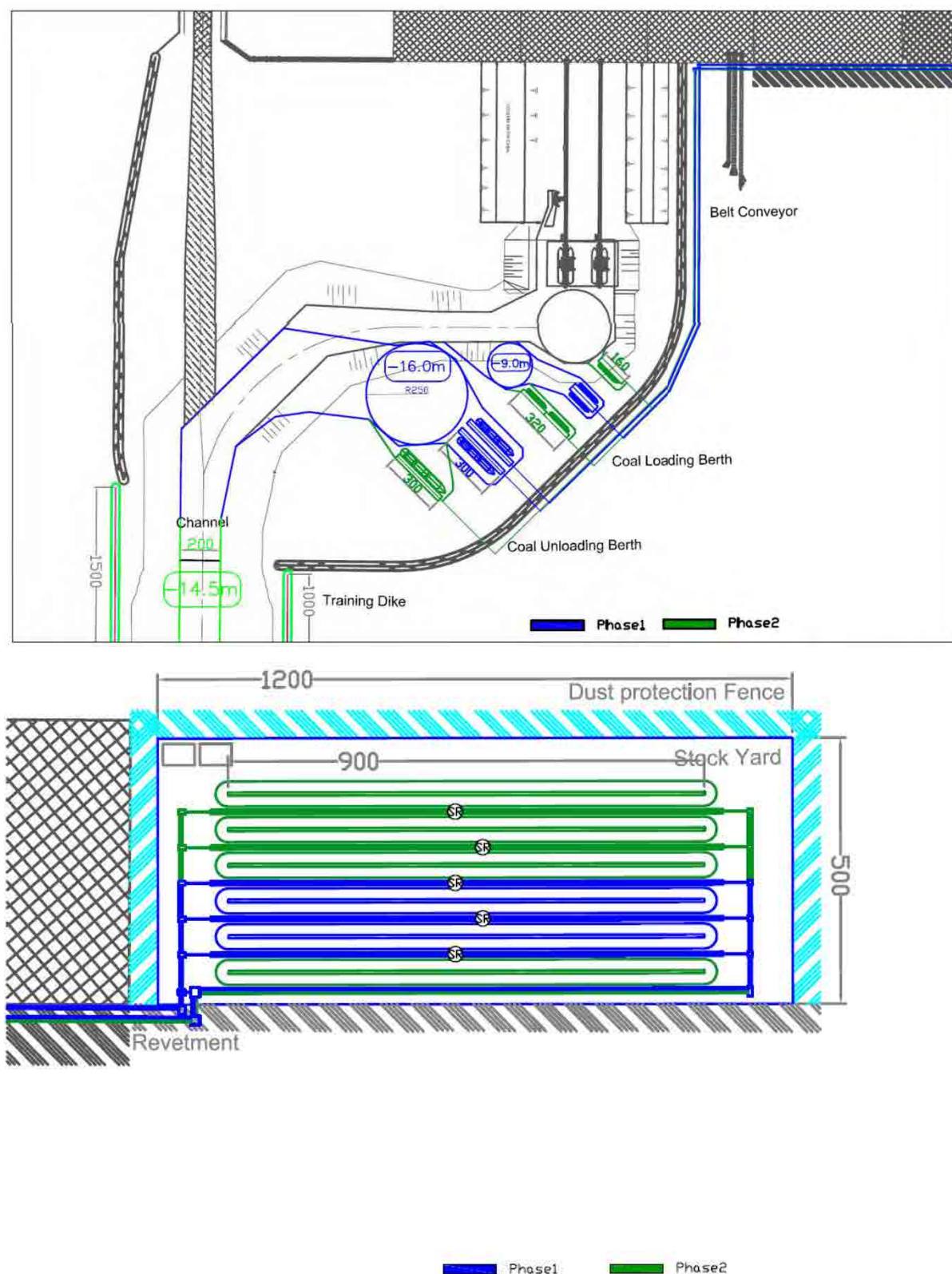
図 9.2.4 港湾・ターミナル短期整備計画平面図

(2) 中期整備計画

2025 年を目標年次とした 2nd Phase を中期整備計画とし、その内容は以下の通りとする。

表 9.2.4 中期整備計画

石炭需要	25.64 百万トン	
港湾施設計画	荷揚栈橋	積込栈橋
対象船舶	ポストパナマックス (100,000DWT)	小型バージ (5,000DWT~10,000DWT)
岸壁	バース数 3 バース 延長 300m/バース 水深 -16.0m ※1 バースは 3 rd Phase 時にケーブサイズ対応に拡張予定	バース数 2 バース 延長 160m/バース 水深 -9.0m
入港航路	延長 8,275m 幅 200m 水深 14.5m	既存航路を使用
泊地	水深 16.0m	水深 9.0m
荷役機械	アンローダー 6 基 荷役能力 2,700t/h	シップローダー 5 基 荷役能力 2,500t/h
防砂堤	必要延長 6.5 km (航路両側総計)	
ターミナル施設計画	貯炭場取扱量 6.69 百万トン/年、必要ターミナル面積 60ha	
ヤード荷役機械	スタッカーリクレーマー 3 基 荷役能力 6,000t/h / 2,700t/h	
ベルトコンベヤ	アンローディング用 延長 23.6 km 能力 6,000t/h ローディング用 延長 15.4 km 能力 5,500t/h	
貯炭パイル	貯炭容量 1,580 千トン パイル数 6 本 パイル高さ 16m パイル延長 900m	
護岸	必要延長 1,200m	
防塵フェンス	高さ 8m 延長 2,200m	
必要土木工事		
浚渫	航路浚渫量 0 mil m ³ 泊地浚渫量 1.36 mil m ³	
土地造成	必要土砂量 2.12 mil m ³ (陸上)	
港湾ターミナル計画図	図 9.2.5	



出典：調査団作成

図 9.2.5 港湾・ターミナル中期整備計画平面図

(3) 長期整備計画

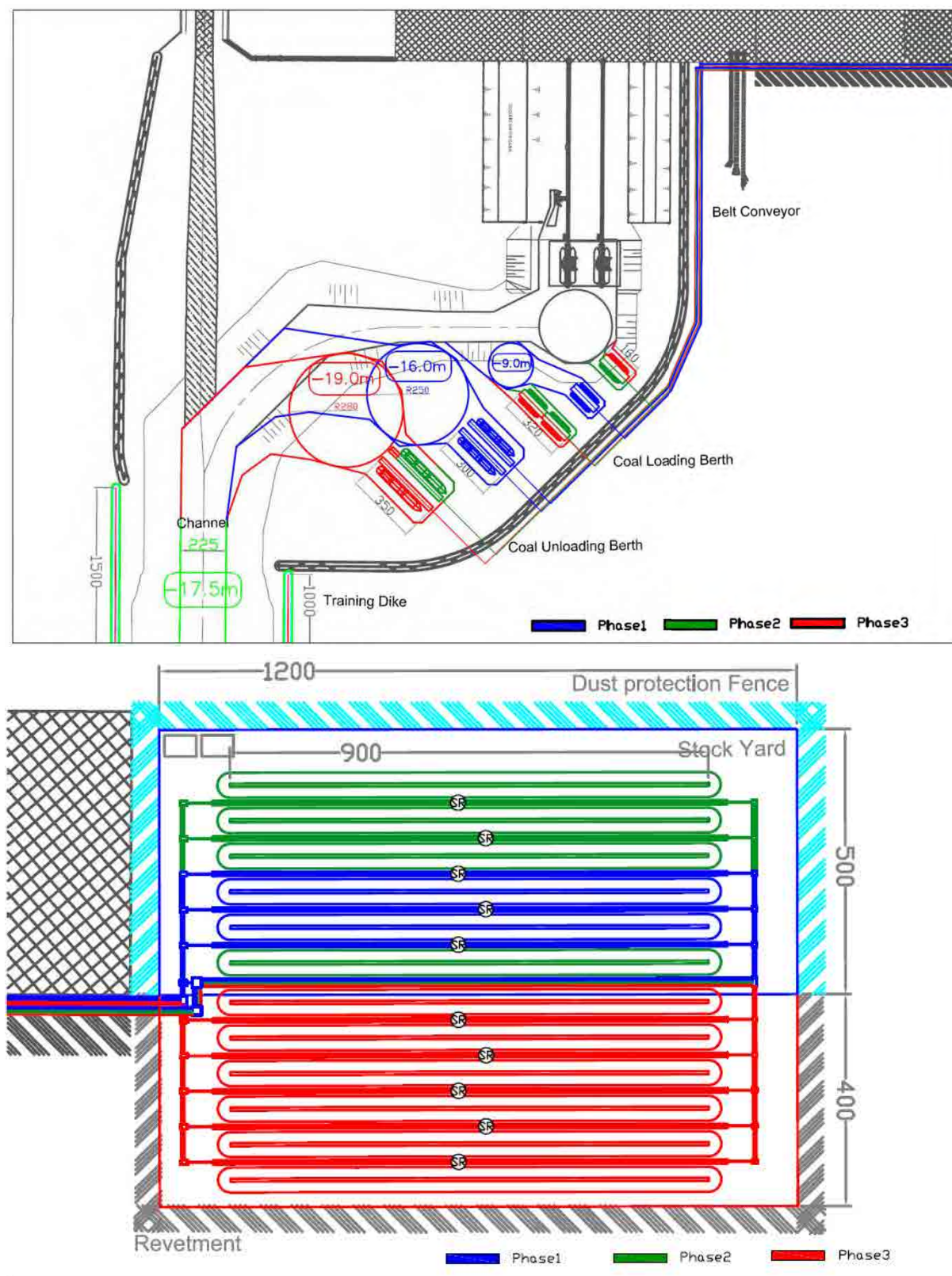
2030 年を目標年次とした 3rd Phase を長期整備計画とし、その内容は以下の通りとする。

表 9.2.4 長期整備計画

石炭需要	45.71 百万トン		
港湾施設計画	荷揚げ栈橋		積込栈橋
	対象船舶	ポストパナマックス 100,000 DWT ケーブサイズ 160,000 DWT	小型バージ (5,000DWT~10,000DWT)
	岸壁	ポストパナマックス バース数 2 バース 延長 300m/バース 水深 -16.0m ケーブサイズ バース数 2 バース 延長 350m/バース 水深 -19.0m	バース数 8 バース 延長 160m/バース 水深 -9.0m
	入港航路	延長 9,810m 幅 225m 水深 17.5m	既存航路を使用
	泊地	ポストパナマックス 水深 16.0m ケーブサイズ 水深 19.0m	水深 9.0m
	荷役機械	アンローダー 8 基 荷役能力 2,700t/h	シップローダー 8 基 荷役能力 2,500t/h
	防砂堤	必要延長 6.5 km (航路両側総計)	
ターミナル施設計画		貯炭場取扱量 39.02 百万トン/年、ターミナル面積 108ha	
	ヤード荷役機械	スタッカーリクレーマー 10 基 荷役能力 6,000t/h / 2,700t/h	
	ベルトコンベヤ	アンローディング用 延長 30.7 km 能力 6,000t/h	
		ローディング用 延長 20.9 km 能力 5,500t/h	
	貯炭パイル	貯炭容量 3,252 千トン パイル高さ 16m	パイル数 12 本 パイル延長 990m
	護岸	必要延長 2000m	
必要土木工事	防塵フェンス	高さ 8m 延長 2,200m	
	浚渫	航路浚渫量 10.3 mil m ³	
		泊地浚渫量 5.78 mil m ³	
	土地造成	必要土砂量 3.36 mil m ³	(海上)

港湾ターミナル計画図

図 9.2.6



出典：調査団作成

図 9.2.6 港湾・ターミナル長期整備計画平面図

9.3. 施設概略設計

シナリオ2は、石炭計画取扱量がシナリオ1と異なっており、施設計画における相違は、ストックヤード面積とアンローダー、シップローダー、ベルトコンベヤの取扱能力である。ただし、ストックヤード内の荷役機材能力は、シナリオ1と同様である。これらの変更によって、構造断面がシナリオ1と異なる可能性のある施設は以下の施設である。

1. 石炭荷揚栈橋
2. 石炭払出栈橋
3. トレッセル

これらの施設の設備荷重が能力向上に伴い若干大きくなる可能性があるが、シナリオ1では、設備荷重を、メーカーや仕様等の相違によるバラツキを考慮して約 20%上乗せしている。

従って、シナリオ2の機械設備能力向上による設備荷重の増加は、この上乗せ分でカバーされ、概略施設断面はシナリオ1の断面と同様とする。このほかの施設は、設計条件等がシナリオ1と変更が無いので概略設計断面もシナリオ1と同様である。

9.3.1. 設計条件

(1) 自然条件

計画位置はシナリオ1と違いが無いので、自然条件は、シナリオ1と同様である。

(2) 利用条件

1) 対象船舶

シナリオ1と変更無し。

2) 荷役機械

シナリオ2の運搬設備等の諸元は以下に示す通りである。

①. アンローダー

能力	2,700/h
総重量	約 18,200kN
レールゲージ	25.0m
ホイールベース	22m
車輪数	前側 12 輪 後側 8 輪
車輪間隔	900m

② シップローダー

能力	2,500t/h
----	----------

総重量	約 5,100 kN
レールゲージ	14.0m
ホイールベース	8m
車輪数	6 輪 x2 脚
車輪間隔	710mm

③ ベルトコンベヤ

ベルトコンベヤ諸元

	荷揚 (海上)	積出(陸上)
能力	6,000 t/h (2 条)	5,500 t/h (2 条)
ベルト幅	2,200mm	2,000mm
ベルト速度	240m/min	260m/min

出典：調査団作成

④ スタッカー/リクレーマー

能力	6,000/2,700 t/h
パイル積み高さ	16m
パイル積幅	47m
レールスパン	8m
ホイールベース	10.1m
車輪構成	8 輪/コーナ
総重量	8800kN (本体 6400kN+トリ ッパー2400kN)

(3) その他

シナリオ 1 と同じとする

9.3.2. 海上構造物

設計条件に変更が無いので、荷揚栈橋、積出栈橋、トレッセル、防波堤、護岸等の施設は、全てシナリオ 1 と同じ概略構造断面とする。

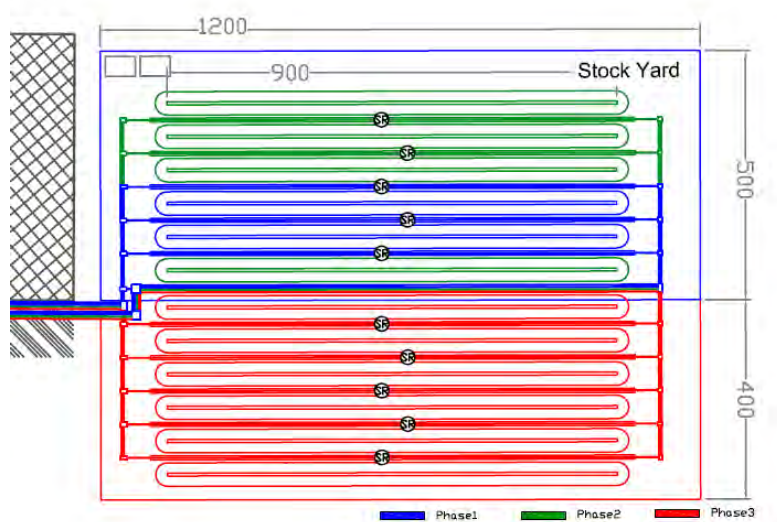
9.3.3. 貯炭場

(1) 貯炭場施設

貯炭場は、1st Phase ~ 3rd Phase と 3 段階で整備する。貯炭場の面積はシナリオ 1 と異なり、それぞれのフェーズでの必要面積は以下に示す通りである。

- 1st Phase : 35ha
- 2nd Phase : 25ha
- 3rd Phase : 48ha

配置は、下図のようであり、シナリオ 1 と同様に、3rd Phase の貯炭場は海上を埋め立により拡張する計画となっている。



出典：調査団作成

図 9.3.1 貯炭場計画平面図

ストックヤードでの設計対象施設は、以下の施設である。

- ①用地造成
- ②スタッカーリクレーマー基礎
- ③地盤改良
- ④舗装
- ⑤防塵フェンス

このほか、周囲の排水施設や水処理施設などを考慮する。

これらの施設構造は、設計条件に変更が無いので、シナリオ 1 と同じである。

9.3.4. 航路及び航路航行援助施設

航路及び航行援助施設も設計条件、配置等の変更が無いので、シナリオ 1 と同じである。

9.4. 概略施工計画

9.4.1. 主要施設および工種の概要

前出の通り、本事業は 3 段階の段階整備計画に基づくことを想定している。そのため、施設建設も 1st Phase、2nd Phase、3rd Phase の各段階に必要な施設整備を行う。

主要工種、石炭荷役機械と石炭中継基地の施設運営のための建屋などの名称および各整備段階に必要な数量を表 9.4.1、表 9.4.2 および表 9.4.3 に示す。

表 9.4.1 主要工種

No.	施設名称	単位	数量		
			Initial stage	2 nd stage	3 rd stage
1	石炭荷揚棧橋	Berth	2	3	4
2	石炭積出棧橋	Berth	2	5	8
3	貯炭場土工事	ha	35	60	108
4	舗装	m	2,856	4,600	6,600
5	浚渫・埋立	mil.m3	19	21	37
6	防砂堤	km	2.5	2.5	2.5

出典：調査団作成

表 9.4.2 石炭荷役機械

No.	名称	単位	数量		
			Initial stage	2 nd stage	3 rd stage
1	荷揚用荷役機械	Set	4	6	8
2	払出用荷役機械	Set	2	5	8
3	スタッカー・レクレーマ	Set	3	5	10
4	ベルトコンベア	Km	24.6	39.0	57.0

出典：調査団作成

表 9.4.3 石炭中継基地運営のための建屋他施設

No.	名称	Unit	数量		
			Initial stage	2 nd stage	3 rd stage
1	管理棟	L.S	1	1	2
2	整備工場	L.S	1	1	2
3	変電・受電施設	L.S	1	1	2
4	防風フェンス	km	2.2	2.2	2.2
5	セキュリティフェンス	Km	3.4	3.4	5.0

出典：調査団作成

9.4.2. 現地の一般的な条件

現地へのアクセス、自然条件および社会条件について本節にて記載する。これらの諸条件をもとに施工方法、施工機械および各作業工種の稼働率等を評価する。

現地の一般条件については 5.4.2 節に記載されたものと同じである。

9.4.3. 材料および施工機械の調達

材料および施工機械の調達に関しては 5.4.3 節に記載のものと同じである。

9.4.4. 施工計画の予備検討

5.4.3 節に記載のものと同一である。

9.4.5. 仮設工事

5.4.3 節に記載のものと同一である。

9.4.6. 概略工程

本節では、本プロジェクトで想定されている各施工段階の概略工程を、概略設計および概略施工計画に基づいて検討した結果を示す。概略工程は施工数量、稼働率、施工歩掛かりを元に作成した。

(1) 各施設の概略施工数量

概略設計検討結果を基に、各施設で想定される施工数量を求めた。

(2) 各作業の稼働率

現場の条件を勘案して、以下の作業稼働率を設定した。

No.	工種	適用した作業稼働率
1	海上工事	0.7
2	陸上工事	0.8
3	製作作業	0.9
4	その他の作業	0.8

(3) 概略施工工程

図 9.4.1～図 9.4.3 に各工種の施工数量、作業稼働率および各作業の歩掛かりに基づいた各整備段階の概略施工工程を示す。

No.	WORKING ITEM	Unit	Qty	Productivity (day)	Act Ratio	Duration (month)	1st Year	2nd Year	3rd Year
1-1	Coal Unloading Berth	berth	2						
	Foundation Pile	nos	750	4	0.7	9			
	Superstructure Concrete	m ³	16,679	40	0.7	20			
	Utility	L.S.	1			3			
1-2	Coal Loading Berth	berth	2						
	Foundation Pile	nos	240	4	0.7	3			
	Superstructure Concrete	m ³	8,845	40	0.7	11			
	Utility	L.S.	1			3			
1-3	Coal Storage Yard and Revetment	ha	35						
	Reclamation	m ³	2,622,400	8,000	0.8	11			
	Soil Improvement	ha	35		0.8	18			
	Revetment	m	2,856	10	0.8	12			
	Underground Utilities	L.S.	1			6			
	Pavement	ha	35	0.8	0.8	5			
1-4	Buildings	L.S.	1						
	Administrative Building	L.S.	1			18			
	Gate and Fence	m	3,400	10	0.8	14			
	Wind Protection Wall	m	2,200	2	0.8	18			
	Other Buildings	L.S.	1			18			
1-5	Coal Handling Equipment	L.S.	1						
	Installation of Equipments	L.S.	1			6			
1-6	Dredging and Disposal	m ³	19,447,830	30,000	0.7	21			
1-7	Channel Protection	km	3						
	Sand Replacement	m ³	662,500	5,000	0.7	6			
	Stone work	m ³	417,500	3,000	0.7	7			
	Concrete Block	nos	32,000	80	0.7	20			

出典：調査団作成

図 9.4.1 第 1st Phase の概略工程表

No.	WORKING ITEM	Unit	Qty	Productivity (/day)	Act Ratio	Year / Month	1st Year												2nd Year												3rd Year													
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
2-1	Coal Unloading Berth	berth	1																																									
	Foundation Pile	nos	440	2.0	0.7	10																																						
	Superstructure Concrete	m3	8,340	40.0	0.7	10																																						
	Utility	L.S.	1			3																																						
2-2	Coal Loading Berth	berth	3																																									
	Foundation Pile	nos	360	2.0	0.7	9																																						
	Superstructure Concrete	m3	13,268	40.0	0.7	16																																						
	Utility	L.S.	1			3																																						
2-3	Coal Storage Yard and Revetment	ha	25																																									
	Reclamation	m3	2,123,300	8,000.0	0.8	11																																						
	Soil Improvement	ha	25		0.8	18																																						
	Revetment	m	1,744	10.0	0.8	7																																						
	Underground Utilities	L.S.	1			3																																						
	Pavement	ha	25	0.3	0.8	3																																						
2-5	Coal Handling Equipment	L.S.	1																																									
	Installation of Equipments	L.S.	1			3																																						
2-6	Dredging and Disposal	m3	1,361,619																																									
	Dredging and Disposal	m3	1,361,619	5,000.0	0.7	13																																						

出典：調査団作成

図 9.4.2 2nd Phase の概略施工工程表

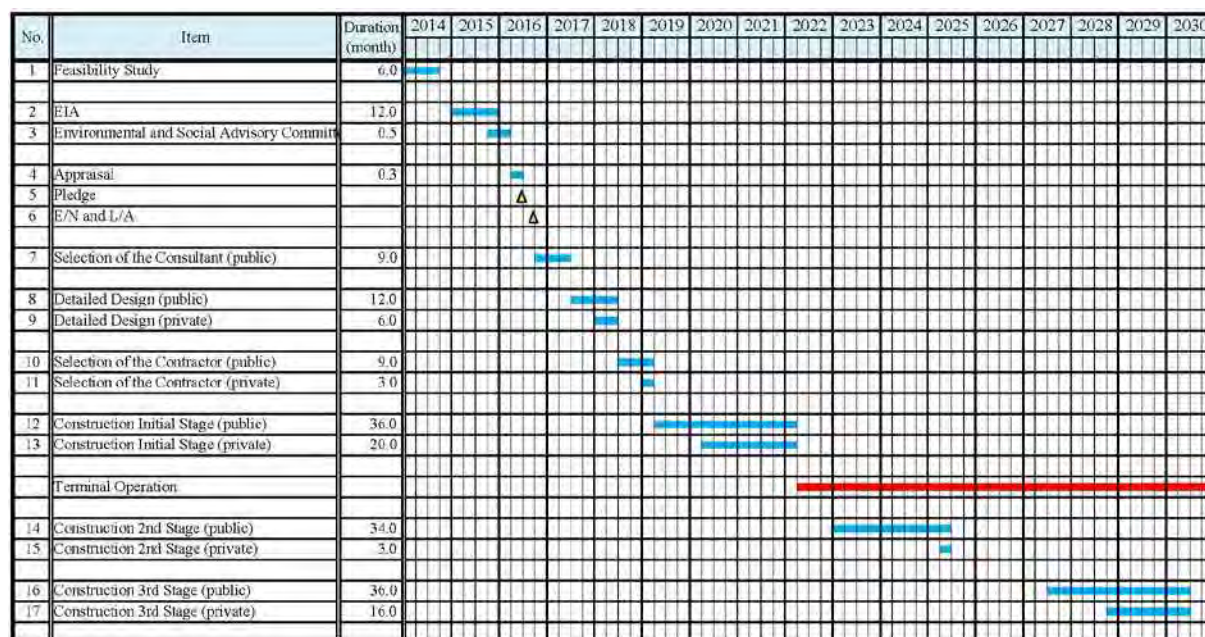
No.	WORKING ITEM	Unit	Qty	Productivity (/day)	Act Ratio	Year / Month	1st Year												2nd Year												3rd Year													
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
3-1	Coal Unloading Berth	berth	1																																									
	Foundation Pile	nos	440	2.0	0.7	10																																						
	Superstructure Concrete	m3	8,340	40.0	0.7	10																																						
	Utility	L.S.	1			3																																						
3-2	Coal Loading Berth	berth	3																																									
	Foundation Pile	nos	360	2.0	0.7	9																																						
	Superstructure Concrete	m3	13,268	40.0	0.7	16																																						
	Utility	L.S.	1			3																																						
3-3	Coal Storage Yard and Revetment	ha	48																																									
	Reclamation	m3	3,360,000	8,000.0	0.8	18																																						
	Soil Improvement	ha	48		0.8	20																																						
	Revetment	m	2,000	10.0	0.8	8																																						
	Underground Utilities	L.S.	1			6																																						
	Pavement	ha	48	0.3	0.8	7																																						
3-4	Buildings	L.S.	1																																									
	Administrative Building	L.S.	1			12																																						
	Gate and Fence	m	1,600	10.0	0.8	7																																						
	Other Buildings	L.S.	1			12																																						
3-5	Coal Handling Equipment	L.S.	1																																									
	Installation of Equipments	L.S.	1			4																																						
3-6	Dredging and Disposal	m3	16,088,104																																									
	Dredging and Disposal	m3	16,088,104	30,000.0	0.7	26																																						

出典：調査団作成

図 9.4.3 3rd Phase の概略施工工程表

(4) 概略プロジェクト工程

石炭中継基地の段階施工計画およびその概略施工工程を踏まえて作成した、本プロジェクト全体の概略工程を図 9.4.4 に示す。



出典：調査団作成

図 9.4.4 概略プロジェクト工程

9.4.7. 工事の安全管理

5.4.7 節に記載されたものと同じである。

第10章 ターミナル運営（シナリオ2）

10.1. ターミナル運営体制

6.1 と同内容とする。

10.2. ターミナル運営費用

(1) 人件費

6.2 と同内容とする。

(2) 光熱費

6.2 と同内容とする。

(3) 水道費

6.2 と同内容とする。

(4) 減価償却費

6.2 と同内容とする。

(5) 設備メンテナンス費用

6.2 と同内容とする。

(6) 保険費用

6.2 と同内容とする。

(7) 土地使用費

1) 想定する円借款条件は以下の通りとする。その他条件に関しては 6.2 と同内容とする。

i) 円借款適用条件：第 6 章と同内容の為、省略。

ii) 適用金利：第 6 章と同内容の為、省略。

iii) 返済期間：第 6 章と同内容の為、省略。

iv) 円借款金額：以下、下部インフラ投資に必要な金額（11.2 章参照）に必要な円貨を段階的に調達。

Initial Debt	(2020) :	US\$	606	Mil
Additional Debt 1	(2025) :	US\$	196	Mil
Additional Debt 2	(2030) :	US\$	496	Mil
Total		US\$	1,298	Mil

(8) 下部インフラメンテナンス費用

6.2 と同内容とする。

(9) その他費用

6.2 と同内容とする。

第11章 概略事業費および維持管理費（シナリオ2）

11.1. 概要

11.1.1. 一般条件

事業費算定にあたっての一般条件は7.1.1節に示したものと同一とする。

11.1.2. 建設コスト

建設コスト算定の手順は7.1.2に示したものと同一とする。

(1) 施設の数量

石炭取扱量が変更となっているために、各施設数量が変更となる。主要工種、石炭荷役機械と石炭中継基地の施設運営のための建屋などの名称および各整備段階に必要な数量を表11.1.1、表11.1.2および表11.1.3に示す。

表 11.1.1 主要工種とその数量

No.	施設名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	石炭荷揚棧橋	Berth	2	3	4
2	石炭積出棧橋	Berth	2	5	8
3	貯炭場土工事	ha	35	60	108
4	舗装	m	2,900	4,600	6,600
5	浚渫・埋立	mil.m3	19	21	37
6	防砂堤	km	2.5	2.5	2.5

出典：調査団作成

表 11.1.2 石炭荷役機械の概要

No.	施設名称	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	荷揚用荷役機械	Set	4	6	8
2	払出用荷役機械	Set	2	5	8
3	スタッカー・レクレーマ	Set	3	5	10
4	ベルトコンベア	Km	23	37	57

出典：調査団作成

表 11.1.3 建屋・他施設

No.	施設名	単位	数量		
			1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
1	管理棟	L.S	1	1	2

2	整備場	L.S	1	1	2
3	変電・受電施設	L.S	1	1	2
4	防風フェンス	km	3.4	3.4	5.4
5	セキュリティフェンス	Km	3.4	3.4	5.0

出典：調査団作成

(2) 各施設の施工数量

各施設の必要な施工数量については 7.1.2 節に示したものと同一とする。

(3) 各工種の単価

建設費用算定のための各工種の単価も 7.1.2 節に示したものと同一とする。

(4) 建設費用

建設費用は上記の各工種の数量および単価に基づいて算出する。

1) 直接工事費

表 11.1.4 に各工種の数量および単価に基づいて設定した直接工事費を示す。

表 11.1.4 直接工事費

Facility Name	Work Item	Unit	Quantity				Unit Price	Price			
			Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total		USD	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Coal Unloading Berth											
	Berth No.	berth	2	1	1	4		52,878,700	30,502,000	30,502,000	113,882,700
	Foundation Pile SPP D900	nos	462	272	272	1,006	62,500	28,875,000	17,000,000	17,000,000	62,875,000
	Foundation Pile SPP D800	nos	288	168	168	624	62,500	18,000,000	10,500,000	10,500,000	39,000,000
	Superstructure Concrete	m3	16,679	8,340	8,340	33,359	300	5,003,700	2,502,000	2,502,000	10,007,700
	Utility	L.S.	2	1	1	4	500,000	1,000,000	500,000	500,000	2,000,000
Coal Loading Berth											
	Berth No.	berth	2	3	3	8		13,253,500	19,880,400	19,880,400	53,014,300
	Foundation Pile SPP D700	nos	240	360	360	960	42,500	10,200,000	15,300,000	15,300,000	40,800,000
	Superstructure Concrete	m3	8,845	13,268	13,268	35,381	300	2,653,500	3,980,400	3,980,400	10,614,300
	Utility	L.S.	2	3	3	8	200,000	400,000	600,000	600,000	1,600,000
Coal Storage Yard and Revetment											
	Area	ha	35	25	48	108		69,425,800	58,296,850	98,014,250	225,736,900
	Land Acquisition Cost	m2	260,000	180,000	320,000	760,000	4	1,040,000	720,000	1,280,000	3,040,000
	Reclamation	m3	2,022,400	2,123,300	3,360,000	7,505,700	12	24,268,800	25,479,600	40,320,000	90,068,400
	Soil Improvement	ha	22	18	32	72	500,000	11,000,000	9,000,000	16,000,000	36,000,000
	Revetment	m	2,856	1,744	2,000	6,600	3,000	8,568,000	5,232,000	6,000,000	19,800,000
	Underground Utilities	L.S.	1	1	1	3	2,000,000	2,000,000	2,000,000	2,000,000	6,000,000
	Foundation Pile PC D600	nos	1,228	818	2,046	4,092	1,000	1,228,000	818,000	2,046,000	4,092,000
	Superstructure Concrete	m3	15,284	10,189	25,473	50,946	250	3,821,000	2,547,250	6,368,250	12,736,500
	Pavement	ha	35	25	48	108	500,000	17,500,000	12,500,000	24,000,000	54,000,000
Dredging and Disposal											
	Dredging and Disposal	m3	19,447,830	1,361,619	16,088,104	36,897,553	10	194,478,300	13,616,190	160,881,040	368,975,530
Channel Protection											
	Total length	km	2.5	0	0	3		47,212,500	0	0	47,212,500
	Stone work	m3	417,500	0	0	417,500	30	12,525,000	0	0	12,525,000
	Concrete Block	nos	33,000	0	0	33,000	750	24,750,000	0	0	24,750,000
	Sand Replacement	m3	662,500	0	0	662,500	15	9,937,500	0	0	9,937,500
	Sub total							377,248,800	122,295,440	309,277,690	808,821,930
Coal Handling Equipment											
	Unloader	set	4	2	2	8	16,300,000	65,200,000	32,600,000	32,600,000	130,400,000
	Ship Loader	set	2	3	3	8	6,200,000	12,400,000	18,600,000	18,600,000	49,600,000
	Stacker Reclaimer	set	3	2	5	10	7,900,000	23,700,000	15,800,000	39,500,000	79,000,000
	Belt conveyer for unloading line	km	14.7	8.9	11.5	35	8,000,000	117,600,000	71,200,000	92,000,000	280,800,000
	Belt conveyer for loading line	km	9.9	5.5	6.5	22	6,300,000	62,370,000	34,650,000	40,950,000	137,970,000
	Other equipments	L.S.	1	0	1	2	2,000,000	2,000,000	0	2,000,000	4,000,000
	Sub total							283,270,000	172,850,000	225,650,000	681,770,000
Building and Fence											
	Office Building	L.S.	1	0	1	2	5,000,000	5,000,000	0	5,000,000	10,000,000
	Maintenance house	L.S.	1	0	1	2	2,000,000	2,000,000	0	2,000,000	4,000,000
	Warehouse	L.S.	1	0	1	2	1,000,000	1,000,000	0	1,000,000	2,000,000
	Sub-station	L.S.	0.32	0.55	0.14	1	41,500,000	13,114,000	22,700,500	5,685,500	41,500,000
	Security house	L.S.	3	1	2	6	100,000	300,000	100,000	200,000	600,000
	Rest house	L.S.	2	1	2	5	500,000	1,000,000	500,000	1,000,000	2,500,000
	Security fence and gate	m	3,400	0	1,600	5,000	200	680,000	0	320,000	1,000,000
	Dust protection wall	m	3,400	0	2,000	5,400	1,500	5,100,000	0	3,000,000	8,100,000
	Power supply system	L.S.	1	0	0	1	22,100,000	22,100,000	0	0	22,100,000
	Water supply system	L.S.	0.5	0.5	1	2	2,900,000	1,450,000	1,450,000	2,900,000	5,800,000
	Other utilities	L.S.	1	0	1	2	1,800,000	1,800,000	0	1,800,000	3,600,000
	Sub total							53,544,000	24,750,500	22,905,500	101,200,000
	Total							714,062,800	319,895,940	557,833,190	1,591,791,930

※青色部：下部インフラ直接工事費、灰色部：上部インフラ直接工事費を示す。

出典：調査団作成

2) 間接費

間接費は共通仮設費と現場管理費で構成される。共通仮設費は仮設工事費、フェンスおよびゲート、共通機材等のコストで構成される。現場管理費は管理要員費、事務所運営費、宿泊、移動費用等によって構成される。

調査団の東南アジア諸国でのこれまでの経験から、直接工事費の4.3%が共通仮設費として、また直接工事費の13.7%が現場管理費として計上した。

3) 一般管理費

一般管理費は請負業者の本社および支店経費として計上するものである。調査団の東南アジア諸国でのこれまでの経験から、直接工事費の9.4%を一般管理費として計上する。

4) コンティンジェンシー

直接工事費、間接費及び一般管理費の合計金額の 15%をコンティンジェンシーとして計上する

5) 税金

直接工事費、間接費、一般管理費及びコンティンジェンシー総額の 10% の税金を計上する。

6) 建設コストの算定

表 11.1.5 にプロジェクト全体の建設コストの算定額を内訳とともに示す。また、後述する官民分担スキームの検討において、下部インフラに円借款、上部インフラに民間資金とした場合の建設コストをそれぞれ表 11.1.6、表 11.1.7 に示す。

表 11.1.5 プロジェクト建設コスト

Work Item		Price (USD)			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
1	Civil Works	377,248,800	122,295,440	309,277,690	808,821,930
2	Building Works	53,544,000	24,750,500	22,905,500	101,200,000
3	Coal Handling Equipments	283,270,000	172,850,000	225,650,000	681,770,000
4	Sub total (Direct Cost 1+2+3)	714,062,800	319,895,940	557,833,190	1,591,791,930
5	Indirect Cost (18% of 1+2)	77,542,704	26,468,269	59,792,974	163,803,947
6	General Cost (9.4% of 1+2)	40,494,523	13,822,318	31,225,220	85,542,061
7	Sub total (4+5+6)	832,100,027	360,186,528	648,851,384	1,841,137,939
8	Contingency (15% of 7)	124,815,004	54,027,979	97,327,708	276,170,691
9	Tax (10% of 7+8)	95,691,503	41,421,451	74,617,909	211,730,863
TOTAL CONSTRUCTION COST (7+8+9)		1,052,606,534	455,635,957	820,797,001	2,329,039,493

出典：調査団作成

表 11.1.6 円借款を想定した下部インフラ建設コスト（※土地取得費用は除く）

Work Item		Price (USD)			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
1	Civil Works(excluding Land Acquisition Cost)	376,208,800	121,575,440	307,997,690	805,781,930
2	Building Works	0	0	0	0
3	Coal Handling Equipments	0	0	0	0
4	Sub total (Direct Cost 1+2+3)	376,208,800	121,575,440	307,997,690	805,781,930
5	Indirect Cost (18% of 1+2)	67,717,584	21,883,579	55,439,584	145,040,747
6	General Cost (9.4% of 1+2)	35,363,627	11,428,091	28,951,783	75,743,501
7	Sub total (4+5+6)	479,290,011	154,887,111	392,389,057	1,026,566,179
8	Contingency (15% of 7)	71,893,502	23,233,067	58,858,359	153,984,927
9	Tax (10% of 7+8)	55,118,351	17,812,018	45,124,742	118,055,111
TOTAL CONSTRUCTION COST (7+8+9)		606,301,864	195,932,195	496,372,157	1,298,606,216

出典：調査団作成

表 11.1.7 民間資金を想定した上部インフラ建設コスト

Work Item		Price (USD)			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
1		0	0	0	0
2	Building Works	53,544,000	24,750,500	22,905,500	101,200,000
3	Coal Handling Equipments	283,270,000	172,850,000	225,650,000	681,770,000
4	Sub total (Direct Cost 1+2+3)	336,814,000	197,600,500	248,555,500	782,970,000
5	Indirect Cost (18% of 1+2)	9,637,920	4,455,090	4,122,990	18,216,000
6	General Cost (9.4% of 1+2)	5,033,136	2,326,547	2,153,117	9,512,800
7	Sub total (4+5+6)	351,485,056	204,382,137	254,831,607	810,698,800
8	Contingency (15% of 7)	52,722,758	30,657,321	38,224,741	121,604,820
9	Tax (10% of 7+8)	40,420,781	23,503,946	29,305,635	93,230,362
TOTAL CONSTRUCTION COST (7+8+9)		444,628,596	258,543,403	322,361,983	1,025,533,982

出典：調査団作成

11.1.3. 維持管理・運営費用

維持管理・運営コストは建設工事が終了して石炭中継基地の運営が始まってから発生するものであるが、本節にて検討する。これらの費用は、各整備段階での年間費用として算出する。

(1) 費用項目とその数量

本プロジェクトの維持管理・運営費用は以下のような5つの項目に分類できる。以下において、その概要と数量およびその単価について項目ごとに示す。

1) 維持浚渫

航路埋没予測計算結果から各年度で必要となる維持浚渫量が算定されている。表 11.1.8 に年間維持浚渫土量とその費用をまとめて示す。

表 11.1.8 年間維持浚渫量とその費用

Cost Factor	Quantity (m3/year)			Unit Price (USD/m3)	Maintenance Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage		Initial	2nd Stage	3rd Stage
Maintenance Dredging - scenario2 Yard CD	1,797,323	1,797,323	2,093,113	5	8,986,617	8,986,617	10,465,567

出典：調査団作成

2) 各施設の維持管理

浚渫を除く土木構造物の年間維持管理費用として、建設費用の0.5%を年間維持管理費用とした。表 11.1.9 に各整備段階の各施設の年間維持管理費用をまとめて示す。

表 11.1.9 土木施設の年間維持管理費用

Cost Factor	Construction Cost (USD) except Dredging			Ratio (%)	Maintenance Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Civil and Building Works - scenario2 Yard CD	236,314,500	369,744,250	541,046,400	0.5	1,181,573	1,848,721	2,705,232

出典：調査団作成

3) 石炭荷役・運搬施設の維持管理費

石炭荷役・運搬施設の年間維持管理費は購入価格の 3.0%を計上した。表 11.1.10 に各整備段階の年間維持管理費用をまとめて示す。

表 11.1.10 石炭荷役・運搬施設の年間維持管理費用

Cost Factor	Construction Cost (USD)			Ratio (%)	Maintenance Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Coal Handling Equipments - scenario2 Yard CD	283,270,000	456,120,000	681,770,000	3	8,498,100	13,683,600	20,453,100

出典：調査団作成

4) 事業運営費用

表 11.1.11 に各整備段階の年間事業運営費用を示す。

表 11.1.11 年間事業運営費用

Cost Factor	Operation Cost (USD/year)		
	Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage
Operation Cost	5,186,589	9,080,691	16,550,591

出典：調査団作成

(2) 維持管理用のまとめ

表 11.1.12 に各整備段階の維持管理用をまとめて示す。これらの費用には税金を含んでいる。

表 11.1.12 維持管理費用のまとめ

Cost Factor	Operation and Maintenance Cost		
	2020-2024	2025-2030	2030-2050
Maintenance Dredging	8,986,617	8,986,617	10,465,567
Maintenance for Civil and Building Works	1,181,573	1,848,721	2,705,232
Maintenance for Coal Handling Equipments	8,498,100	13,683,600	20,453,100
Total	18,666,289	24,518,938	33,623,899

出典：調査団作成

11.1.4. コンサルタントサービス費

コンサルタントサービスは詳細設計費用および施工管理費用で構成される。ベトナム北部および南部での最近の同種プロジェクトを参考として、第 1 段階では詳細設計と施工監理のそれぞれに 15million USD を、第 2 段階では詳細設計と施工監理のそれぞれに、5million USD を、第 3 段階では 10million USD を詳細設計と施工監理にそれぞれ適用した。

11.1.5. プロジェクト費用

表 11.1.13 に上記の検討をまとめてプロジェクト費用として示す。

表 11.1.13 プロジェクト費用

Cost Item	Unit	Price			
		Initial Stage	2nd Stage	3rd Stage	Total
Construction Cost	USD	1,052,606,534	455,635,957	820,797,001	2,329,039,493
Upper Infrastructure	USD	444,628,596	258,543,403	322,361,983	1,025,533,982
Lower Infrastructure	USD	606,301,864	195,932,195	496,372,157	1,298,606,216
Land Acquisition cost	USD	1,676,074	1,160,359	2,062,861	4,899,294
Maintenance Cost	USD/year	18,666,289	24,518,938	33,623,899	-
Operation Cost	USD/year	5,186,589	9,080,691	16,550,591	-
Consulting Service Fee	USD	30,000,000	10,000,000	20,000,000	60,000,000

出典：調査団作成

第12章 経済・財務分析（シナリオ2）

12.1. 事業実施スキームオプションの検討

8.1 と同内容とする。

12.2. 分析・評価指標

8.2 と同内容とする。

12.3. 財務分析前提

(1) 事業内容

8.3 と同内容とする。

(2) 事業期間

8.3 と同内容とする。

(3) 為替

8.3 と同内容とする。

(4) 石炭需要量

第9章 9.1.1 に記載の CFPP が輸入する石炭需要を全て CTT が取り扱う前提とする。また、2031 年以降は 2030 年と同数とする。

(5) Operation and Maintenance 費用

第10章及び第11章に記載の通り。

(6) 土地使用費

第10章及び第11章に記載の通り。

(7) 税コスト

8.3 と同内容とする。

(8) 設備投資計画

各 Phase における設備投資計画概算は第11章に記載の通り。需要の増加に伴い段階的に設備を拡張していく。アンローダー、ローダー、ベルトコンベヤ、スタッカー・リクレーマー、防塵フ

ェンスについては、30 年間使用するものとし、その他設備については、償却年数にて更新投資する想定とした。

(9) 資金調達計画

1) 調達金額

表 12.3.1 資金調達必要額

(単位 : Mil USD)

	Equity	Debt	Total
Initial (2017～19 年)	139	325	464
2 nd (Phase2 Expansion : 2022～24)	0	189	189
3 rd (Phase3 Expansion : 2027～29)	0	236	236
Total	139	750	889

出典 : 調査団作成

12.4. 事業収入／ターミナル利用料金

(1) ターミナル利用料金に関する基本的な考え方

8.4 と同内容とする。

(2) ターミナル利用料金構成

8.4 と同内容とする。

(3) 料金前提

8.4 と同内容とする。

(4) ターミナル利用料金

上記を前提とした、Phase 毎のターミナル料金は下表の通り。各 Phase の価格は、仮に各 Phase における需要が、事業期間を通じてそれ以上伸びる事がなかった場合の利用料金となる。

表 12.4.1 ターミナル利用料金

	1 st Phase	2 nd Phase	3 rd Phase
Capacity Charge per ton	6.3	5.1	3.8
Variable Charge per ton	0.2	0.2	0.3
Total Charge per ton	6.5	5.3	4.1
Handling Volume / year	13.4 Mil ton	25.6 Mil ton	45.7 Mil ton

出典 : 調査団作成

12.5. 調達資金、料金フロー

8.5 と同内容とする。

12.6. 経済分析前提、分析方法及び EIRR 試算結果

財務分析と同様に、CFPP が輸入する石炭需要を全て CTT が取り扱い、その全量をインドネシアから輸入する前提とする。また、2031 年以降は 2030 年と同数とする。さらに、比較ケースの設定や費用・便益の算定の考え方は第 8 章に準拠することとする。

これらを基に算定した EIRR は、21.9%となり（表 12.6.1）、12%を大きく上回っており、本事業は国民経済の観点から極めて有効であるといえる。

表 12.6.1 EIRR の試算結果

Year	Coal Imported	Duyen Hai		Cost				Total Cost	Total Benefit	Benefit -Cost
				Construction	Equipment	Maintenance	Operation etc.			
2017				87.9	44.5	0.0	20.0	152.3		-152.3
2018				87.9	355.7	0.0	5.0	448.6		-448.6
2019				117.2	44.5	0.0	10.0	171.6		-171.6
2020	13.4	6.7	6.7	0.0	0.0	20.3	5.5	25.9	153.8	128.0
2021	13.4	6.7	6.7	0.0	0.0	20.3	9.5	29.9	153.8	124.0
2022	13.4	6.7	6.7	52.2	25.9	20.3	7.5	105.9	153.8	47.9
2023	13.4	6.7	6.7	52.2	206.8	20.3	7.5	286.9	153.8	-133.0
2024	13.4	6.7	6.7	69.6	25.9	20.3	7.5	123.3	153.8	30.5
2025	22.9	6.7	16.2	0.0	0.0	24.5	9.8	34.3	370.1	335.8
2026	25.6	6.7	19.0	0.0	0.0	24.5	20.6	45.1	425.9	380.8
2027	25.6	6.7	19.0	71.1	32.2	24.5	13.6	141.4	425.9	284.4
2028	25.6	6.7	19.0	71.1	257.9	24.5	13.6	367.1	425.9	58.8
2029	25.6	6.7	19.0	94.8	32.2	24.5	14.6	166.2	425.9	259.7
2030	45.7	6.7	39.0	0.0	2.5	33.6	17.5	53.6	827.2	773.6
2031	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2032	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2033	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2034	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2035	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2036	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2037	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2038	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2039	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2040	45.7	6.7	39.0	0.0	2.5	33.6	17.5	53.6	827.2	773.6
2041	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2042	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2043	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2044	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2045	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2046	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2047	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2048	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
2049	45.7	6.7	39.0	0.0	0.0	33.6	17.5	51.1	827.2	776.1
									EIRR=	21.9%

出典：調査団作成

12.7. 感度分析

第 8 章と同様に、本プロジェクトのフィージビリティの安定性を確認するための感度分析を行った。

表 12.7.1 に示すように、いずれのケースでも 12%以上の EIRR を確保でき、国民経済の観点から妥当性があると判断される。

表 12.7.1 感度分析の結果

		施設整備費				
		+20%	+10%	±0%	-10%	-20%
石炭海上輸送費の削減額	-20%	16.4%	17.4%	18.5%	19.8%	21.4%
	-10%	18.0%	19.1%	20.3%	21.7%	23.3%
	±0%	19.5%	20.6%	21.9%	23.4%	25.1%
	+10%	20.9%	22.1%	23.5%	25.0%	26.8%
	+20%	22.3%	23.6%	25.0%	26.6%	28.5%

出典：調査団作成

12.8. 段階整備に応じた EIRR

第 8 章と同様に、リスク評価の観点から、需要が伸び悩む場合を想定し、EIRR の試算を行った。

表 12.8.1 に示すように、第一フェーズのみ実施する場合と第二フェーズまで実施する場合のいずれにおいても、12%以上の EIRR を確保できる。

表 12.8.1 段階整備に応じた EIRR 試算結果

1 st Phase のみ	14.2%
2 nd Phase まで	20.0%
3 rd Phase まで (表 12.6.1 参照)	21.9%

出典：調査団作成