

第5章 発電所の建設費（100 万 kW）

本章では、前章までの基本条件を踏まえたうえで、発電所配置が可能と判断された 3 検討対象地（中央防波堤外側埋立地、砂町水再生センター用地①、葛西水再生センター用地）を対象に、発電事業の事業性評価を行うために必要となる発電所建設費用の試算を行う。

事業性評価業務は、別途、天然ガス発電所設置に関する事業スキーム・採算性検討調査業務委託事業者（以下、事業性調査受託事業者と記載）が実施することとなっており、技術検討調査から提出する費用データは、建設費用、維持管理費用を合わせて以下の通りである。

このうち、本章では、「1. 発電設備性能」、「2. 発電設備建設費」及び「3. 周辺設備建設費」の試算を行うための技術検討を詳述する

「4. 維持管理費」は、次章にて取り扱う。

表 5-1 事業性調査受託事業者への提出データ

項目	単位
1. 発電設備に関する諸元	
1-1 出力(発電機)	kW
1-2 所内電力	kW
1-3 出力(送電端)	kW
1-4 発電端効率	%
1-5 所内率	%
1-6 送電端効率	%
1-7 年間運転時間	時間
2. 発電設備の建設費	
2-1 発電設備本体	百万円
2-2 基盤整備費用	百万円
2-3 建屋	百万円
2-4 送電設備	百万円
2-6 開業費	百万円
2-7 施設面積	m ²
2-8 土地単価	円/m ² ・年
3. 周辺設備建設費	
3-1 ガス導管敷設費	百万円
3-2 その他	百万円
4. 維持管理費	
4-1 人件費単価	百万円/人・年
4-2 人数	人
4-3 燃料消費量	m ³ /kW
4-4 燃料単価	円/m ³
4-5 修繕保守費	百万円/年
4-6 ユーティリティ費	円/kWh
4-7 その他経費	百万円/年

「１．発電設備性能」は、主に発電出力や燃料消費量を規定する発電所の性能である。既に第２章「ガスタービンコンバインドサイクル発電の概要」にて整理した内容が主であるが、改めて本節でその内容を整理する。

「２．発電所の建設費用」、「３．周辺設備建設費」は、設備の内容や減価償却期間の違いから、大きく分けて、発電設備本体、建屋、基盤整備費用（地盤改良費用、基礎工事費用等）、送電設備、その他周辺設備費用（ガス管、上下水道、冷却用水取水・排水管など）に分けられる。

また、発電所の建設費用とは意味合いが異なるものの、初期費用という面では、開業費（運転開始前の試運転に伴う燃料費用）の負担も必要となる。

その他、施設面積の試算も、土地賃借料の算出に必要となる。

5-1 発電設備性能

発電設備の性能は、第2章「ガスタービンコンバインドサイクル発電の概要」にて整理したとおりであるが、改めてその内容を示す。

本技術検討調査では、前提として発電機からの出力を 100 万 kW とした。また発電方式は天然ガスを燃料とするガスタービンコンバインドサイクル発電方式であり、発電出力のうち、所内の補機等の動力に使用する電力の割合を示す所内率は 2.5% とした。

発電端効率、つまり燃料ガスの低位発熱量 (LHV) のうち、実際に電力に変換される熱量の効率は、数年後の発電所建設を見据え、最新鋭であるタービン入口温度 1,600℃ 級 MACC II を設定し、61.0% とした。

送電端効率とは、上述した発電端効率から所内率を差し引いた数値であり、実際に売電可能な発電量をベースにして、発電効率を表した数値である。

年間運転時間は、発電所の運用形態によって規定されるが、その運用形態は発電方式毎によって定まる発電原価と負荷追従性によって定まる。

一般に、負荷追従性に優れた揚水式水力発電や石油火力発電は、稼働率が低いために発電原価は高いものの、負荷追従性が高いために、日中の急激な需要量の上昇に合わせて過不足なく電力を供給する「ピーク電源」として運用されることが多い。

一方、石炭火力発電や原子力発電、流込式水力発電などは、プラントを起動したあとの負荷を柔軟に調整することが難しいため、最も電力需要が落ち込む夜間時も運転を続ける「ベース電源」として運用されることが多い。

本技術検討調査で検討している LNG 火力発電は、負荷追従性が高い一方で、発電効率が高いために発電原価も石油火力発電などに比べれば低く抑えることが出来るため、ベースとピークの間を埋める「ミドル電源」として運用されることが多い。

特にオール電化料金が適用される 22 時～8 時を除く日中の時間帯は、電力料金を高く売れる時間帯でもあるため、PPS の多くはこの時間帯のみ運転を行う DSS (Daily Startup & Shutdown) とすることが一般的である。また休日は工場などの大口需要家が負荷を低減するため、平日のみに運転を行う WSS (Weekly Startup & Shutdown) を併用する例も多い。

表 5・2 各発電方式の一般的な運用形態⁴³

発電方式	発電原価	負荷追従性	一般的な運用形態
揚水式水力発電	高	高	ピーク
石油火力発電	高	高	ピーク
LNG 火力発電	中～高	高	ミドル
石炭火力発電	低	中	ベース
原子力発電	低	低	ベース
流込式水力発電	低	低	ベース

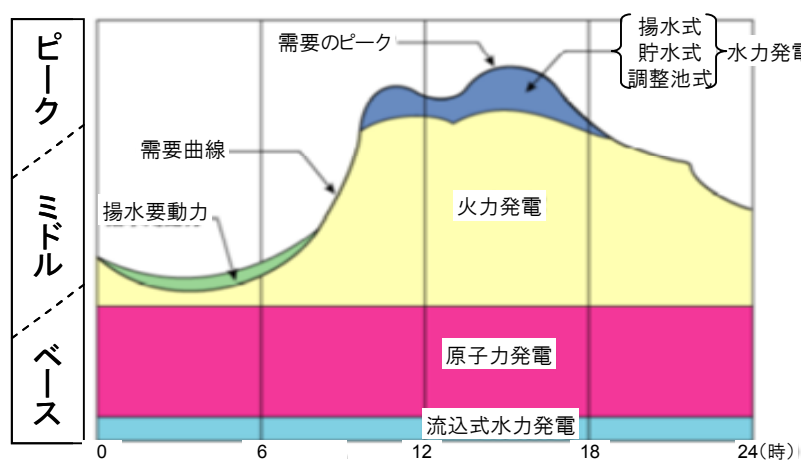


図 5-1 時間帯別の電力需要の変化イメージ⁴⁴

以上のことから、天然ガスを燃料とする発電プラントの運転としては、DSS/WSS を基本とすることが望ましいとした。ただし、夏季等の需給逼迫期には、終日運転とする PPS 等も存在することから、以下の考え方に従い、ベース運転とミドル運転を組み合わせた年間 4,000 時間と運転時間として設定する。

- 年間平日日数は 250 日。このうち 15 日間はメンテナンスのため停止するため、運転可能な平日日数は年間 235 日。
- 夏季（7 月～9 月）及び冬季（12 月～2 月）のうち、需給が逼迫する期間（平日：35 日＋土休日：15 日程度）においてベースロードとして 24 時間の終日運転を行い、1,200 時間
- 年間平日 235 日のうち、ベースロード運転とする 35 日を除いた 200 日は、1 日 14 時間運転の DSS とすると、2,800 時間。
- このような運用を想定した場合、年間運転時間＝4,000 時間となる。

⁴³ 国家戦略室「コスト等検証委員会報告書」より日本総研作成

⁴⁴ 資源エネルギー庁「総合部会第 2 回政策小委員会・PPS ヒアリング資料（エネット）」

表 5-3 年間運転時間の設定

運転方式	日数	時間	小計	単位
DSS/WSS運用	200	14	2,800	時間
ベースロード/終日運転	50	24	1,200	時間
			合計	4,000 時間

以上の発電設備性能を整理すると、以下のようになる。

表 5-4 技術検討にて前提とした発電設備性能

項目	諸元	単位	備考
1. 発電設備性能			
1-1 出力(発電機)	1,000,000	kW	
1-2 所内電力	25,000	kW	
1-3 出力(送電端)	975,000	kW	
1-4 発電端効率	61.0	%	
1-5 所内率	2.5	%	
1-6 送電端効率	58.5	%	
1-7 年間運転時間	4,000	時間	DSS+需給逼迫期終日運転

5-2 発電設備本体及び建屋建設費

4 社へのメーカーヒアリングによると、100 万 kW 級の発電設備建設費用は、ガスタービンコンバインドサイクルの主機（ガスタービン、蒸気タービン、発電機、排熱回収ボイラ）、周辺補機類（変圧機等）、建屋を全て含み、発電機出力 1kW 当たり 10 万円（材工込⁴⁵）である。費用の概算内訳は、主機（ガスタービン、蒸気タービン、発電機、排熱回収ボイラ）が 7 万円/kW、補機類の製品価格ならびに据付費用、タービン建屋の建設費用などで 3 万円/kW 程度であるとの回答を得た。

本技術検討では、100 万 kW 発電所を対象としているため、発電設備本体の費用はタービン建屋等を含み、1,000 億円となる試算である。このうち、発電所の建屋の一般的な費用負担は、タービン建屋：20 億円、管理棟：10 億円の合計 30 億円程度とされている。

従って、建屋を除く発電設備本体費用は 970 億円、建屋は 30 億円となる。

表 5-5 発電設備本体及び建屋の建設費用

項目	諸元	単位	備考
2. 発電設備建設費			
2-1 発電設備本体	97,000	百万円	
2-2 建屋	3,000	百万円	

なお、大物製品については海上輸送、その他の製品については陸上輸送とされる方式が一般的であるが、上記の費用にはこれらの輸送費用についても包含している。

大物製品とは、メーカーの工場から完成製品として運び込まれる製品であり、分割して敷地内に搬入することが出来ない高重量機器を指す。発電プラントの構成部材では、発電機、変圧器、復水器、ガスタービンが該当するが、中でもガスタービンと発電機の重量が最も大きく、概ね 300t 程度である。（排熱回収ボイラ、煙突などの他設備は完成重量こそガスタービン等と同程度以上になるが、鉄骨を敷地へ搬入しての現場組み施工となるため、輸送上は問題とならない）。

大物製品はメーカー工場より海上輸送し、クレーン付き台船で陸揚げする。クレーン付き台船の費用は 1 週間で約 2,500 万円⁴⁶程度となるが、この費用については発電設備費に含まれている。

⁴⁵ 材料費及び工賃込み

⁴⁶ 専門工事会社へのヒアリング結果

海上輸送が困難な場合は、重量品特殊車輛により運び込むことも可能である。

表 5-6 大物製品内訳

大物製品	重量 (t)	輸送寸法 (m)
ガスタービン	290	10×5×5
発電機	290	10×7×7
変圧器	260	20×6×6
復水器	120	12×5×5



図 5-2 クレーン付き台船⁴⁷



図 5-3 重量品特殊車輛⁴⁸

⁴⁷ 深田サルベージ建設株式会社ウェブサイト

⁴⁸ 日本通運株式会社ウェブサイト

5-3 基盤整備費用

第4章までで整理した各立地の地盤条件を踏まえ、本節では基盤整備費用を試算する。発電所の基盤整備に当たり必要となる費用の内訳は次の通りである。

- (1) 土壌汚染調査費用
- (2) 地盤改良費用
- (3) RC コンクリート基礎打設費用
- (4) 基礎杭工事費用

まず施工着手前については、土壌汚染の有無を把握するために土壌汚染調査を行う必要がある。土壌汚染調査については、土壌汚染対策法において最終処分場跡地や特定の工場跡地などが調査義務を課せられているが、その他の土地についても、継続的な事業運営を担保するために、法令に準じた自主調査が行われることが一般的である（近年、実施された土壌汚染調査のうち、90%弱が自主調査である⁴⁹⁾。

土壌汚染調査後、土壌汚染対策が不要であれば、設備施工に着手することになるが、今回対象とする4検討対象地は地盤が軟弱なため、地盤改良工の施工が必要となる。

設備については、不同沈下等が生じないように、強固な基礎台の上に設置することが必要となるため、基礎底部にはRCコンクリート基礎を設けることが必要になる。

その後、設備荷重に加えて、RCコンクリート基礎の荷重を見込み、合計した上載荷重を支持するに足る基礎杭を打設することになる。

なお、個別の立地条件に応じて上記費用のほか、既設構造物の移設費用等、費用負担が考えられる項目についても別途試算する。

⁴⁹⁾ (社) 土壌環境センター調べ

（１）土壤汚染調査費用

土壤汚染調査費用とは、発電所設備の施工に当たり、土壤汚染の有無を調べる調査のために発生する費用である。土壤汚染調査は、調査義務の有無に関わらず、土壤汚染対策において規定された調査項目に準じることとされており、下記の 5 調査で汚染の有無を確認する。

- ① 資料等調査（地歴調査）
- ② 表層土壤ガス調査
- ③ 表層土壤調査
- ④ ボーリング調査（第一種特定有害物質）
- ⑤ ボーリング調査（第二種特定有害物質と第三種特定有害物質）

土壤汚染調査は、100m² 当たり 1 地点の間隔で実施することとし、上記①～⑤の調査項目について、調査を行う費用は、資材費用、施工費用を合わせて、1 地点当たり 175 万円として試算した。

各立地における敷地全体に対して調査を実施するため、必要な調査費用の試算結果は次の式で求められ、試算結果は下表のようになる。

$$\begin{aligned}
 \text{土壤汚染調査費用} &= \text{発電所敷地面積 (m}^2\text{)} \\
 &\times \text{必要調査地点数係数 (=1 地点/100m}^2\text{)} ※ \text{小数点以下は切上げ} \\
 &\times \text{単位調査費用 (175 万円/地点)}
 \end{aligned}$$

表 5-7 各検討対象地の敷地面積と調査点数

	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
敷地面積 (m ²)	78,600	148,500	57,600
調査点数 (点)	786	1,485	576

表 5-8 各検討対象地における土壤汚染調査費用

	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
調査費用 (百万円)	1,376	2,599	1,008

(2) 地盤改良費用

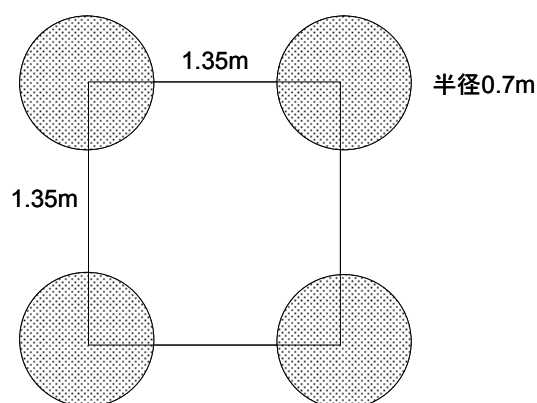
検討対象地においては、表層の埋土層は N 値が低く、地盤が十分に締まっていない状況にあると考えられるため、地震時には過剰間隙水圧の発生による液状化が懸念される。

そのため、各検討対象地においても液状化対策工の施工が必要となる。液状化対策工のうち、軟弱地盤帯における発電所施工に実績があるサンドコンパクションパイル工法（SCP 工法）により液状化対策を実施することとして、地盤改良費を試算した。

本工法は、碧南火力発電所など多数の発電所にて採用されていることに加え、新江東清掃工場の基礎工事においても、液状化対策工法として打設した砂杭孔が地中のメタンガス放出孔も兼ねており、本工事においてもメタンガス対策工法としても機能することが期待される。

中央防波堤外側埋立地においては通常のサンドコンパクションパイル工法を採用するが、その他の検討対象地（砂町②、葛西）においては、近隣施設への振動や騒音の影響を考慮し、低振動・低騒音の SAVE コンポーザー工法を採用することとした。

なお、発電所の基礎杭としては、後述するように $\phi=1,000$ （中央防波堤においては三重管杭工法により $\phi=1,200$ ）が必要となるため、口径 $= 700\phi$ の砂杭を打設ピッチ 1.35m にて施工する（改良率 $\approx 20\%$ ）。基礎杭は、砂杭と砂杭の間に打設する形になる。このとき、杭配置から必要となる砂杭本数を逆算すると、 $0.55 \text{ 本} / \text{m}^2$ （ $= 1.35\text{m}$ 四方に 1 本）となる。



$$(A) \text{ 総面積} = 1.35\text{m} \times 1.35\text{m} = 1.82\text{m}^2$$

$$(B) \text{ 砂杭面積} = 3.14 \times 0.35\text{m}^2 = 0.385\text{m}^2$$

$$\Rightarrow \text{改良率} \approx 20\% (= B/A)$$

図 5・4 改良率 $\approx 20\%$ 時の砂杭配置図

$\phi=700$ の砂杭打設費用は、通常の SCP 工法において 3,500 円/本・m、SAVE コンポー

ザー工法の場合は 8,500 円/本・m である（資材費用、施工費用の合計）。

地盤改良対象面積については、特に単位重量の大きなタービンエリア、水処理設備エリア、冷却塔エリア、原水タンクエリア付近に限定することとして、配置計画図より対象面積を試算した。中央防波堤外側埋立地は、水中放熱方式のため冷却塔が存在せず、改良面積が他敷地と比べて小さくなる。

地盤改良を行う深度方向の範囲は、各立地における埋土層深さまでとする。

以上を踏まえると、地盤改良費用は次の式で算出される。

$$\begin{aligned} \text{地盤改良費用} &= \text{地盤改良対象面積 (m}^2\text{)} \\ &\times \text{砂杭打設面積比率 (0.55 本/m}^2\text{)} \\ &\times \text{改良深さ (m)} \\ &\times \text{SCP 単位施工費用 (円/本・m)} \end{aligned}$$

試算結果は次の通りである。

表 5-9 各検討対象地における地盤改良対象面積、改良深さ

	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
地盤改良対象面積 (m ²)	41,300	51,200	51,200
改良深さ (m)	24	14	10

表 5-10 各検討対象地における地盤改良費用

	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
地盤改良費用 (百万円)	1,908	3,351	2,394
備考	SCP 工法	SAVE コンポーザー工法	

(3) RC 基礎コンクリート費用

RC (Reinforced-Concrete) 基礎とは、基礎の不同沈下抑制のために、上載構造物の直下に設ける鉄筋コンクリート基礎のことである。

施工費用は、配置計画図において検討した設備サイズの縦幅、横幅にそれぞれ 2m の余裕を加えた寸法から乗算で求められる面積（面積 A2）を基礎スラブ面積とし、さらに設備重量を勘案して設定したスラブ厚を乗じて基礎スラブ体積を求め、RC コンクリート費用の単価として 45,000 円/m³ を乗じて費用を試算した。

$$\begin{aligned}\text{RC 基礎費用} &= \text{RC 基礎面積 (m}^2\text{)} \\ &\times \text{RC 基礎厚さ (m)} \\ &\times \text{RC 基礎の単位施工費用 (45,000 円/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

各スラブ厚は、RC 基礎部におけるひずみ等の発生を抑えるために、上載荷重に応じた基礎厚さを設定した。上載荷重が大きい煙突、排熱回収ボイラ、タービン建屋は 4m 厚、その次に上載荷重が大きい各種用水タンク（原水タンク、原水受水槽、ろ過水タンク、純水タンク、予備水タンク）については 1.5m、燃料ガス受け入れ設備、主変圧器、ろ過設備、純水設備、冷却塔、排水処理設備、アンモニア供給設備、事務本館・中央操作室、倉庫については 1.0m、その他の設備（受電所、非常用発電機、取水・排水導管、駐車場）については 0.5m 厚を設定した。

なお、設備構成の違いは、復水器冷却方式を、水中放熱方式とするか冷却塔による循環冷却方式とするかによって、大きく 2 つに大別される。それぞれのスラブ体積は次の通り。

表 5-11 水中放熱方式における設備重量（中央防波堤外側埋立地）

設備	外形寸法	長期荷重								
		①機械		②基礎スラブ					③設計荷重 (①×1.2+②)	
				スラブ厚t	面積A1	面積A2※	体積t×A2	荷重V2		
		ton	ton/m2	(m)	(㎡)	(㎡)	(㎡)	(ton)	ΣV(ton)	(ton/㎡)
燃料ガス受入設備	12m×18m	216	1.0	1.0	216	280	280	700	959	3.4
煙突A	直径6m	3,000	-	4.0	-	125	500	1,250	4,850	38.8
煙突B	直径6m	3,000	-	4.0	-	125	500	1,250	4,850	38.8
排熱回収ボイラーA	48m×12m	3,500	5.5	4.0	-	3,000	12,000	30,000	34,200	11.4
排熱回収ボイラーB	48m×12m	3,500	5.5	4.0	-	3,000	12,000	30,000	34,200	11.4
受電所(開閉所)	25m×17m	50	0.1	0.5	425	513	257	641	701	1.4
主変圧器(防油堤エリア)A	20m×16m	300	0.9	1.0	320	396	396	990	1,350	3.4
主変圧器(防油堤エリア)B	20m×16m	300	0.9	1.0	320	396	396	990	1,350	3.4
非常用発電機A	8m×3m	5	0.2	0.5	24	50	25	63	69	1.4
非常用発電機B	8m×3m	5	0.2	0.5	24	50	25	63	69	1.4
上水タンク	直径15m	3,600	20.4	1.5	177	227	340	851	5,171	22.8
受水槽	無し									
ろ過設備	無し									
ろ過水タンク	無し									
純水装置	25m×15m	400	1.1	1.0	375	459	459	1,148	1,628	3.5
純水タンク	直径10m	1,300	16.6	1.5	79	113	170	424	1,984	17.6
冷却塔	無し									
排水処理設備	30m×25m	400	0.5	1.0	750	864	864	2,160	2,640	3.1
アンモニア供給設備	20m×20m	400	1.0	1.0	400	484	484	1,210	1,690	3.5
タービン建屋	65m×80m	78,000	15.0	4.0	5,200	5,494	21,976	-	82,410	15.0
ガスタービン	16m×6m	900	タービン 建屋内に 含む							
蒸気タービン	15m×9m	500								
発電機	12m×5m	500								
事務本館・中央操作室	40m×15m	1,600	2.7	1.0	600	714	714	1,785	3,705	5.2
倉庫	20m×15m	400	4.3	1.0	300	374	374	935	1,415	3.8
取水/排水導管	直径2m×6本×50m	1,242	2.1	0.5	600	728	364	910	2,400	3.3
駐車場	48m×18m	64	0.2	0.5	864	1,000	500	1,250	1,327	1.3
小計		101,282				18,392	52,623		186,967	

※A1は設備の底面積、A2は基礎打設面積を表している

表 5-1 2 冷却塔による循環冷却方式における設備重量（中央防波堤外側埋立地以外）

設備	外形寸法	長期荷重								
		①機械		②基礎スラブ					③設計荷重 (①×1.2+②)	
				スラブ厚t	面積A1	面積A2	体積t×A2	荷重V2		
		ton	ton/m2	(m)	(㎡)	(㎡)	(㎡)	(ton)	ΣV(ton)	(ton/㎡)
燃料ガス受入設備	12m×18m	216	1.0	1.0	216	280	280	700	959	3.4
煙突A	直径6m	3,000	-	4.0	-	125	500	1,250	4,850	38.8
煙突B	直径6m	3,000	-	4.0	-	125	500	1,250	4,850	38.8
排熱回収ボイラーA	48m×12m	3,500	5.5	4.0	-	3,000	12,000	30,000	34,200	11.4
排熱回収ボイラーB	48m×12m	3,500	5.5	4.0	-	3,000	12,000	30,000	34,200	11.4
受電所(開閉所)	25m×17m	50	0.1	0.5	425	513	257	641	701	1.4
主変圧器(防油堤エリア)A	20 m×16m	300	0.9	1.0	320	396	396	990	1,350	3.4
主変圧器(防油堤エリア)B	20 m×16m	300	0.9	1.0	320	396	396	990	1,350	3.4
非常用発電機A	8m×3m	5	0.2	0.5	24	50	25	63	69	1.4
非常用発電機B	8m×3m	5	0.2	0.5	24	50	25	63	69	1.4
下水処理水タンク	直径40m	30,000	23.9	1.5	1,256	1,385	2,077	5,193	41,193	29.7
下水処理水受水槽	35m×30m	30,000	28.6	1.5	1,050	1,184	1,776	4,440	40,440	34.2
ろ過設備	15m×15m	400	5.3	1.0	225	289	289	723	1,203	4.2
上水タンク	直径15m	3,000	17.0	1.5	177	227	340	851	4,451	19.6
純水装置	25m×15m	400	1.1	1.0	375	459	459	1,148	1,628	3.5
純水タンク	直径10m	1,300	16.6	1.5	79	113	170	424	1,984	17.6
冷却塔	120m×16m×2	4,000	1.0	1.0	3,840	4,392	4,392	10,980	15,780	3.6
排水処理設備	30m×25m	400	0.5	1.0	750	864	864	2,160	2,640	3.1
アンモニア供給設備	20m×20m	400	1.0	1.0	400	484	484	1,210	1,690	3.5
タービン建屋	65m×80m	78,000	15.0	4.0	5,200	5,494	21,976	-	82,410	15.0
ガスタービン	16m×6m	900	タービン 建屋内に 含む							
蒸気タービン	15m×9m	500								
発電機	12m×5m	500								
事務本館・中央操作室	40m×15m	1,600	2.7	1.0	600	714	714	1,785	3,705	5.2
倉庫	20m×15m	400	4.3	1.0	300	374	374	935	1,415	3.8
駐車場	48m×18m	64	0.2	0.5	864	1,000	500	1,250	1,327	1.3
小計		163,840					60,793		282,462	

以上の検討を踏まえ、各検討対象地における杭基礎のスラブ体積及び施工費用を試算したところ、次のように整理された。

表 5-1 3 RC 基礎スラブ体積 (m³)

中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
52,623	60,793	60,793

表 5-1 4 RC 基礎施工費用 (百万円)

中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
2,368	2,736	2,736

(4) 基礎杭費用

基礎杭の建設費用は、1本当たり杭打設単価×杭本数にて試算される。

杭の種類、杭径及び杭本数については、以下の3つの要素から定まる。

- ・ 上載構造物の鉛直荷重を長期的に安定して支持できること
- ・ 地震時等において水平荷重が生じた際に、杭頭変位を一定変位以下に抑えること
- ・ 一定変位まで杭が変形した際に、杭断面に発生する応力度が杭部材の許容応力度を超えないこと

以上のプロセスを図示すると、次のようになる。

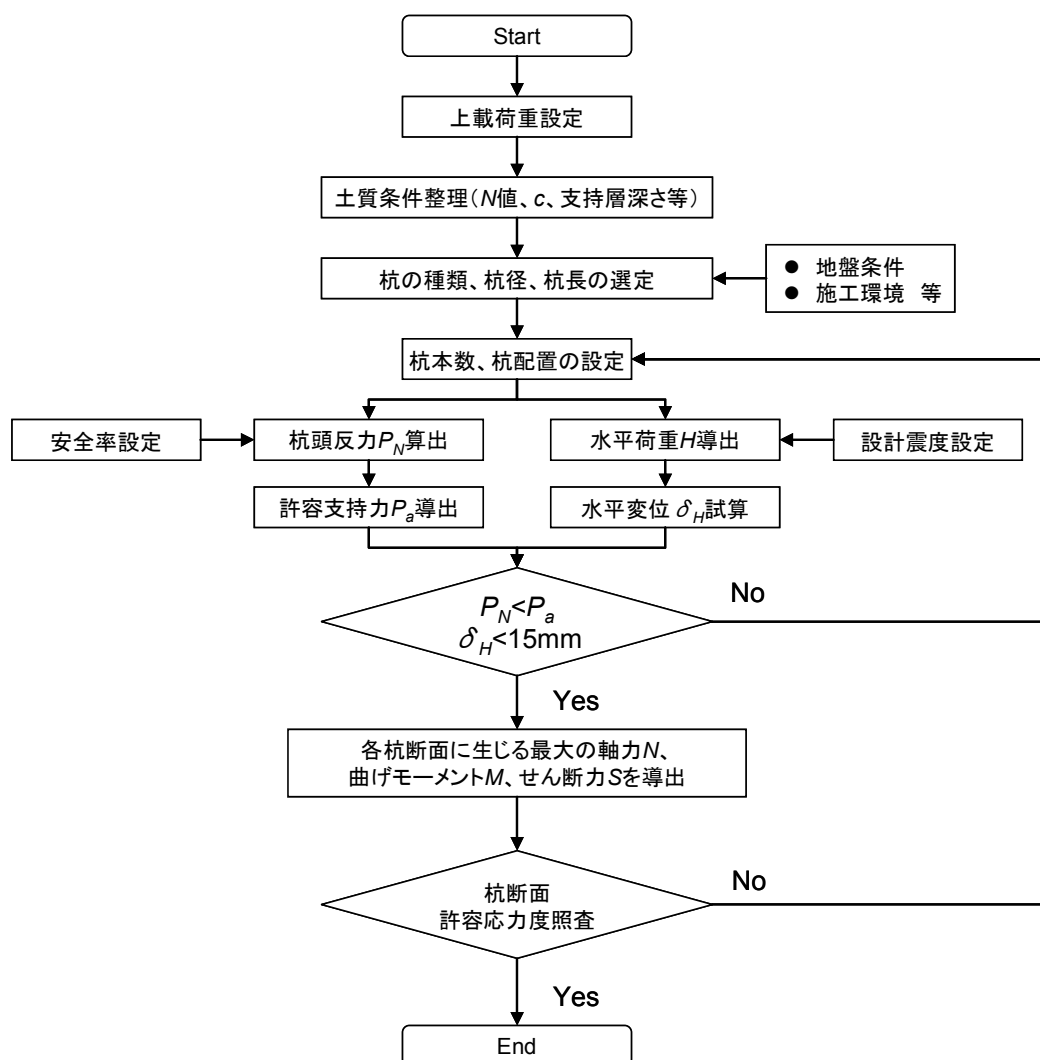


図 5-5 杭基礎の設計フロー⁵⁰

①上載荷重設定

⁵⁰ 社団法人電力土木技術協会編「火力・原子力発電所土木構造物の設計」p.497 を基に日本総研作成

上載荷重は、発電設備本体の荷重と、基礎として打設する RC コンクリート基礎の荷重の合計値として設定される（前項参照）。

②土質条件整理

杭基礎の設計に当たり必要となる N 値、粘着力 c (kN/m^2)、支持層深さについては、第 2 章 「ガスタービンコンバインドサイクル発電の概要」にて整理したとおりである。いずれの地盤も、地表面近傍の表層地盤が軟弱であるため、地盤を乱さない工法が望ましい。

③杭の種類、杭径、杭長の設定

（ア）杭の工法

杭基礎の種類としては、主に既成杭と場所打ち杭が考えられる。

表 5・1 5 杭基礎の種類⁵¹

種類	既成杭		場所打ち杭
	打撃工法	中掘工法	
概要	鋼管杭など工場で製造された既成杭を用いて、杭頭部をハンマーで打撃しながら杭を所定深さまで打ち込む工法。	鋼管杭などの杭中空部を通して、杭先端部の地層を掘削しながら杭を貫入させる工法。	現地にて杭孔を掘削した後、鉄筋を吊り込み、コンクリートを打設する工法。
特徴	高い支持力が期待できるが、騒音が大きく、近年では使用実績が少ない。	孔壁の崩壊を杭体で防護しながら杭を貫入させるため、地盤を乱さずに施工できる。	都市部などでは施工場所が狭小である場合が多いので、施工機械が少なく済む本工法の実績が多い。

今回、検討対象としている検討対象地では、②で整理したように軟弱な表層地盤を有しており、地盤を極力乱さずに杭を打設することが望ましいため、アースドリル（オーガ）にて杭孔を建設し、杭孔を鋼管杭にて保護しつつ杭を挿入する既成杭工法の中掘鋼管杭工法を採用することとした。

本工法では、アースドリル（オーガ）による杭孔掘削時において、既存の埋土を掘削除去することも容易である。検討対象地近傍における過去の建設事例においても、砂町水再

⁵¹ 社団法人電力土木技術協会編「火力・原子力発電所土木構造物の設計」pp.494-496 を基に日本総研作成

生センター砂系ポンプ棟雨水放流渠や新江東清掃工場の基礎として用いられた実績があるため、基礎工法としては妥当であると考えられる。

中掘工法

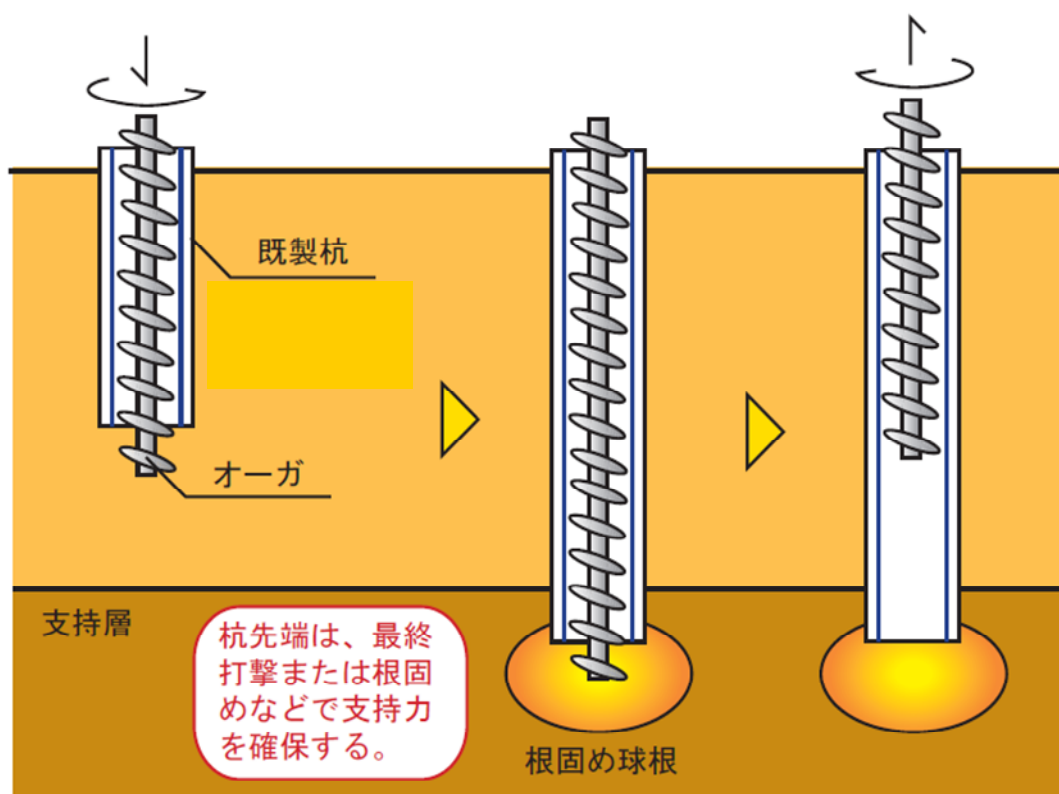


図 5 - 6 中掘鋼管杭工法の概要

(イ) 杭の種類、杭径及び杭長

技術検討で対象としている発電設備は、タービン建屋を始めとして上載荷重が大きな設備が多いため、使用する鋼管杭も高耐力な部材が求められる。そこで、本検討では、高耐力部材として SKK490 鋼管杭を採用することとした。また断面についても、高荷重に耐えられるよう、 $\phi=1,000\text{mm}$ 及び $\phi=800\text{mm}$ の大口径鋼管杭を使用することとした。

外径、厚さなどの断面寸法から求まる断面性能は下表の通りとなる。

表 5-16 鋼管杭の寸法および断面性能⁵²

	寸法		断面性能		
	外径	厚さ	断面積	断面係数	断面2次モーメント
	(mm)	(mm)	(m^2)	(m^3)	(m^4)
本杭($\phi=1,000\text{mm}$)	1,000	0.22	0.0676	0.0162	0.0081
本杭($\phi=800\text{mm}$)	800	0.19	0.0466	0.0089	0.0036

また、杭の材質 (SKK490) の材料特性から求まる単位面積当たりの許容応力度は下表の通りである。

表 5-17 鋼管杭の許容応力度⁵³

材質	弾性係数	許容応力度			
		許容圧縮 応力度	許容曲げ 引張応力度	許容曲げ 圧縮応力度	許容せん断 応力度
	(kN/m^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)	(N/mm^2)
SKK490	206,000,000	185	185	105	80

各立地とも、杭は支持層まで根入れさせることとして、杭長は次のようになる。

表 5-18 各立地における杭長

中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
80m	70m	60m

⁵² 新日本製鐵株式会社「建設用資材ハンドブック 1-16 鋼管杭」

⁵³ 新日本製鐵株式会社「建設用資材ハンドブック 1-16 鋼管杭」

④杭本数、杭配置の仮定

上載荷重が大きい煙突、排熱回収ボイラ、タービン建屋（ガスタービン、蒸気タービン、発電機含む）、冷却水の受水槽および貯水タンクの基礎には $\phi=1,000$ の本杭を採用し、その他の設備には $\phi=800$ の本杭を採用する。

最適な基礎杭本数を割り出すためには、基礎杭本数を設定し、長期許容支持力、地震時水平変位ならびに断面力の照査を行い、改めて基礎杭の配置や本数を見直すというプロセスを繰り返すことが必要となる。

そのため、初期条件として、上載荷重が大きな煙突、タービン建屋ならびに排熱回収ボイラ、冷却水の受水槽および貯水タンクの基礎には十分な杭本数を、その他の設備については、基礎直下において杭を適正な間隔（杭間隔 5～6m 程度）で配置する場合に必要な杭配置間隔⁵⁴を設定した。

そして、2 本×2 本の基礎杭配置を基礎杭の下限值として設定し、許容鉛直支持力、水平変位の安定性照査、ならびに杭の許容断面応力度に関する照査を行い、上部構造物を安定的に支持することが出来る最も合理的な杭本数を試算した。

なお、単位面積当たりの上載荷重が 3 ton /m²を下回る設備（受電所、非常用発電機、駐車場）については、スラブ基礎のみで支持することとして、基礎杭は打設しないこととする。ただし中央防波堤のみ、地盤条件を考慮して、受電所と非常用発電機も杭基礎にて支持することとする。

⁵⁴ 適切なピッチ（杭間隔が 5～6m 以内に収まる範囲）で杭を打設しなければ、基礎底面にひずみ等が生じる恐れがある。

⑤長期許容支持力照査

中掘杭の許容支持力 P_a は、下記で求められる⁵⁵。

$$P_a = \frac{1}{3} \{ 150 N A_p + (2 N_s L_s + 0.8 c L_c) \phi \}$$

- P_a : 長期鉛直許容支持力 (kN)
 N : 杭先端層の N 値
 A_p : 杭先端の全断面積 (m²)
 N_s : 杭周辺地盤中の砂質部分の実測 N 値
 L_s : 杭周辺地盤中の砂質部分にある杭長 (m)
 c : 杭周辺地盤中の粘性土部分の粘着力 (kN/m²)
 L_c : 杭周辺地盤中の粘性土部分にある杭長 (m)
 ϕ : 杭の周長 (m)

既存の文献から整理した土質データ (N 値及び c 値) を基に、 $\phi=1,000$ および $\phi=800$ の基礎杭の長期許容支持力を算出したところ、次のような結果となった。

なお、いずれの試算においても、安全側の試算とするために、地盤表層に近い軟弱地盤層による周面摩擦力は、支持力計算から除外することとしている。

表 5-19 各立地における長期許容支持力 : P_a

	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
P_a ($\phi=1,000$ mm)	4,722 kN (482 tonf)	4,692 kN (479 tonf)	3,198 kN (326 tonf)
P_a ($\phi=800$ mm)	3,212 kN (328 tonf)	3,189 kN (325 tonf)	1,993 kN (203 tonf)

(注) 試算方法の詳細については巻末資料を参照のこと。

⁵⁵ 社団法人電力土木技術協会編「火力・原子力発電所土木構造物の設計」pp.498-500 を基に日本総研作成

一方、杭頭反力 P_N は、基礎杭の上載荷重、すなわち設備重量とスラブ基礎重量の和を、基礎杭本数で除したものとして表すことが出来る。

$$P_N = \frac{W_F + W_S}{N}$$

P_N : 杭頭反力 (ton/本)

W_F : 設備重量 (ton)

W_S : スラブ基礎重量 (ton)

N : 杭本数 (本)

発電所基礎が長期的に鉛直荷重であるためには、以下の式を満足させる杭本数が存在すればよい。

$$P_N \leq P_a$$

P_N : 杭頭反力 (ton/本)

P_a : 長期許容支持力 (ton/本)

⑥許容水平変位照査

地震時に上載構造物に加速度が生じると、杭頭に慣性力が働き、杭基礎に水平変位が生じる。一般に、発電所に対する許容水平変位の規定は存在しないものの、道路橋示方書によれば、杭頭の変位量を杭径の 1%以内（杭径が 1.5m 以下の場合は 15mm）としており、本技術検討においても、構造検討の一次設計として杭頭変位を 15mm 以下に抑えることが出来る杭配置を検討する。

まず、水平方向地盤反力係数は以下の式で求まる⁵⁶。

$$k = \alpha E D^{\frac{3}{4}}$$

k : 水平方向地盤反力係数 (kgf/cm³)

E : 地盤の弾性係数 (E=28N) (kgf/cm²)

α : N 値より地盤の弾性係数を推定する場合の補正係数 (0.3)

D : 杭径 (cm)

表 5-20 各検討対象地表層地盤の地盤改良後 N 値

検討対象地	原地盤の N 値	地盤改良後の N 値	備考
中央防波堤外側埋立地	- (ごみ層)	3	SCP 打設 地表面 2m 覆土
砂町水再生センター①	10	12	SCP 打設
葛西水再生センター	5	7	SCP 打設

このとき、杭の特性値 β は次のように求まる。

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{kD}{4EI}}$$

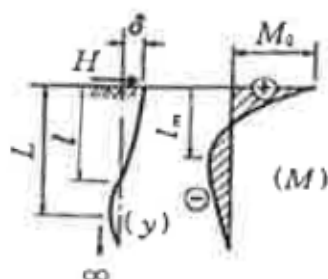
β : 杭の特性値 (cm⁻¹)

I : 杭の断面二次モーメント (cm⁴)

⁵⁶ 土質工学会「杭基礎の設計法とその解説」

このとき、杭の応力釣り合いに関する微分方程式は次の式で与えられる⁵⁷。

■杭のたわみ曲線図・曲げモーメント図



■杭のたわみ曲線

$$y_1 = \frac{H}{12EI\beta^3} [2\beta^3 x^3 - 3(1 - \beta h) \cdot \beta^2 x^2 - 6\beta^2 hx + 3(1 + \beta h)]$$

$$y_2 = \frac{H}{4EI\beta^3} e^{-\beta x} [(1 + \beta h) \cos \beta x + (1 - \beta h) \sin \beta x]$$

図 5-7 杭の応力釣り合いに関する微分方程式

今回の技術検討では、発電所設備の重量を考慮し、各設備ともスラブ基礎を設けて、杭頭と接合することとしているため、杭頭回転が固定された条件となる。このとき、上記の微分方程式を解くと、杭頭変位は次の式で与えられることとなる。

$$\delta = \frac{H}{4EI\beta^3}$$

δ : 杭頭変位 (cm)

H : 設計水平荷重 (kgf)

本技術検討においては、震度 6 弱の地震動に対して、杭基礎を無損傷に留めることを想定し、設計水平震度を 0.3 (=約 300 Gal) とした⁵⁸。

設計水平震度を 0.3 と設定すると、設計水平荷重は次のように設定される。

$$H = 0.3 \times V$$

V = 杭 1 本当たりの上載荷重 (kgf)

以上の条件下で、杭頭変位 15mm を満足する杭本数を求める。

$$\delta \leq 15mm$$

⁵⁷ 社団法人電力土木技術協会編「火力・原子力発電所土木構造物の設計」 pp.512-513

⁵⁸ レベル 2 地震動（想定される最大級の地震）に対する耐震性能照査は、詳細設計において地震応答解析（動的解析）により実施する検討項目となる。

⑦杭の許容応力度照査

続いて、前述の水平荷重が作用した際に、杭に働く断面力が、部材から定まる許容応力度を満足することを照査する。

杭の許容応力は以下のとおり。

表 5-2 1 杭の許容応力

(1) 杭径=100cm

項目	数値	単位
曲げ		
断面係数Z	0.0162	m ³
許容曲げ応力度	185,000	kN/m ²
許容曲げモーメント	2,997	kN・m
→	306	tonf・m
せん断		
断面積Ap	0.0676	m ²
許容せん断応力度	105,000	kN/m ²
許容せん断応力	7,097	kN
→	724	tonf
圧縮		
断面積Ap	0.0676	m ²
圧縮強度	80,000	kN/m ²
許容圧縮応力	5,407	kN
→	552	tonf

(2) 杭径=80cm

項目	数値	単位
曲げ		
断面係数Z	0.0089	m ³
許容曲げ応力度	185,000	kN/m ²
許容曲げモーメント	1,645	kN・m
→	168	tonf・m
せん断		
断面積Ap	0.0466	m ²
許容せん断応力度	105,000	kN/m ²
許容せん断応力	4,895	kN
→	500	tonf
圧縮		
断面積Ap	0.0466	m ²
圧縮強度	80,000	kN/m ²
許容圧縮応力	3,730	kN
→	381	tonf

杭頭に水平荷重 H が作用する際、杭頭回転拘束条件下では、杭頭部にて最大の応力が生じ、その断面力はそれぞれ次のように試算される。

①曲げモーメント：M（杭頭）

$$M = \frac{H}{2\beta} \quad (\text{kgf}\cdot\text{cm})$$

②せん断力：S（杭頭）

$$S = H \quad (\text{kgf})$$

このとき、最大断面応力度は、圧縮側の部材に生じ、その値は「杭軸方向の圧縮応力度」に「圧縮側曲げ応力度」を加えたものとなる。部材が安定であるためには、杭頭における「杭軸方向の圧縮度＋圧縮側曲げ応力度」が「許容曲げ圧縮応力度」以内に収まる必要がある。

$$\frac{M}{Z} + \frac{V}{A_p} < \sigma_b = 18,878 \quad (\text{tonf/m}^2)$$

Z：断面係数

A_p：断面積

以上の結果を基に、設計水平荷重作用時に杭に働く応力が許容応力度内に収まることを確認した。

照査結果は巻末資料とする。

なお、中央防波堤外側埋立地については、埋立廃棄物層の下に軟弱な沖積粘土層（荒川沖積層）が堆積しているが、これらの地層は処分場の重要な機能である遮水層の役割を果たしており、これにより処分場内の浸出水が区域外に拡散することを防いでいる。

基礎杭を当該粘土層の下部に存在する支持層まで根入する際、基礎杭が当該粘土層を貫くことで「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」で定められている遮水層としての機能を損なう可能性があるため、遮水層を貫く際の浸出水拡散防止が可能となる基礎杭工法が必要である。

その 1 つが、東京臨海道路にて用いられた三重管杭工法である。三重管基礎杭工法は、オールケーシング工法により廃棄物層を掘削・除去し、その中に外周管および本杭の 2 本の杭を打設し一体化する工法で、杭打設時の廃棄物の巻き込みを防止することができる工法である。将来、長期にわたって杭周面からの浸出水がないことは、解析・実験により確かめられている。

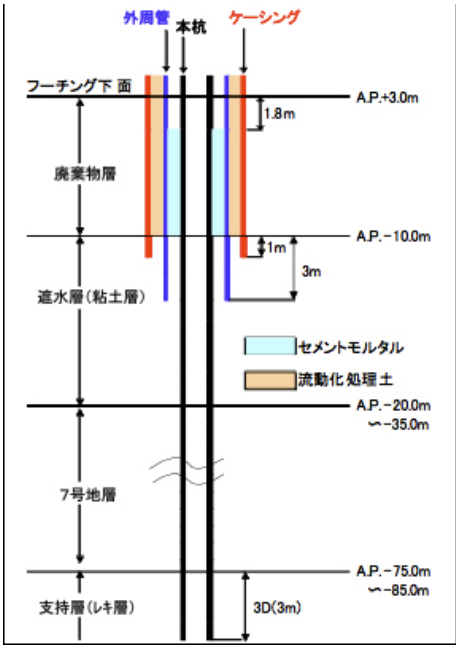


図 5-8 三重管基礎杭工法概念図⁵⁹

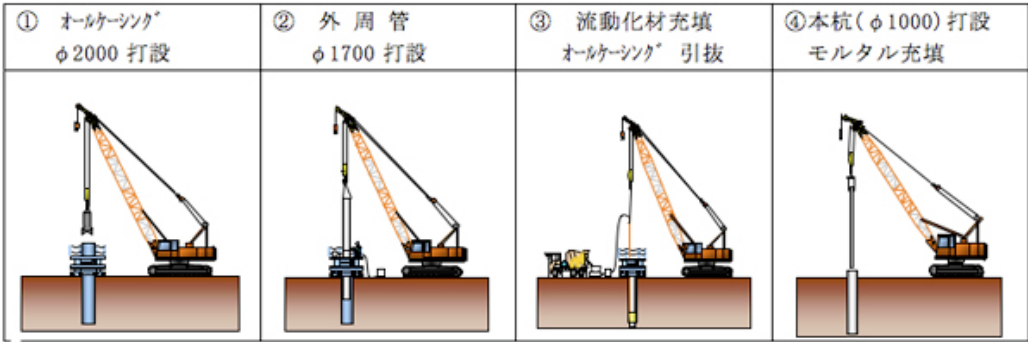


図 5-9 三重管基礎杭工法の施工手順⁶⁰

⁵⁹ 財団法人 国土技術研究センターウェブサイト

⁶⁰ 財団法人 国土技術研究センターウェブサイト

以上を踏まえ、本技術検討調査においても、三重管杭工法に準じた遮水工保護工法を採用することとして、基礎本数と同等の本数の二重の外周管施工費用を積算に加えた。

以上の基礎杭本数を基に、それぞれの検討対象地における基礎杭 1 本当たりの施工単価（材工込み）を乗じて、基礎杭費用を試算すると以下ようになる。

表 5・2 2 各検討対象地における基礎杭打設費用

	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地 ①	葛西水再生 センター用地
基礎杭費用 （百万円）	18,885	7,577	7,794
備考	三重管杭工法		

以上をまとめると、各検討対象地に共通する基盤整備費用は、次のようになる。

表 5・2 3 基盤整備用（共通項目部分）

天然ガス発電所(100万KW)/土木工事概算コスト

(単位:百万円)

候補地 内訳		中央防波堤外側埋立地				砂町水再生センター用地①				葛西水再生センター用地				備考		
土壌汚染調査費用		①資料等調査(地歴調査) ②表層土壌ガス調査 ③表層土壌調査 ④ボーリング調査(第一種特定有害物質) ⑤ボーリング調査(第二種特定有害物質と第三種特定有害物質)				1,376		①資料等調査(地歴調査) ②表層土壌ガス調査 ③表層土壌調査 ④ボーリング調査(第一種特定有害物質) ⑤ボーリング調査(第二種特定有害物質と第三種特定有害物質)		2,599		①資料等調査(地歴調査) ②表層土壌ガス調査 ③表層土壌調査 ④ボーリング調査(第一種特定有害物質) ⑤ボーリング調査(第二種特定有害物質と第三種特定有害物質)		1,008 ・調査点数を100㎡あたり1地点として試算した。		
地盤改良費用 (メタンガス対策を兼ねる)		SCP(サンドコンパクションパイル) 改良率20% 24 m				1,908		SAVEコンポーザー 改良率20% 14 m		3,351		SAVEコンポーザー 改良率20% 10 m		2,394 ・中央防波堤外側埋立地では発電所で広く実績のあるSCPを、候補地(2)(3)(4)(5)では既存施設への影響を考慮し、低振動・低騒音のSAVEコンポーザー工法を想定した。 ・砂杭孔は地中のメタンガス放出孔も兼ねる。		
RC基礎コンクリート費用						2,368				2,736				2,736 各設備の概略基礎スラブ体積(基礎面積×スラブ厚)×コンクリート単価による。		
基礎杭費用	対象設備	仕様		本数	単価 (百万/本)	18,885	仕様		本数	単価 (百万/本)	7,577	仕様		本数	単価 (百万/本)	7,794 ・当該地盤の特性を考慮し「鋼管中掘杭」を選定した。 ・荷重の大きい「ボイラー、タービン建屋、原水タンク、原水受水槽」は杭径1,000mm、その他設備は杭径800mmとして試算した。 ・中央防波堤外側埋立地では汚染防止対策として三重管杭とする。
	煙突、ボイラー、タービン建屋、原水タンク、原水受水槽	Φ1,000【本杭】	L=80m	1,040	10.8		Φ1,000【本杭】	L=70m	710	9.1		Φ1,000【本杭】	L=60m	856	7.7	
		Φ1,100【外周管】	L=24m	1,040	2.5											
		Φ1,200【外周管】														
	その他設備	Φ 800【本杭】	L=80m	223	7.2		Φ 800【本杭】	L=70m	180	6.2		Φ 800【本杭】	L=60m	227	5.3	
		Φ1,000【外周管】 Φ1,100【外周管】	L=24m	223	1.9											

（５）個別立地対策費用

前項までで計上した費用は、いずれの立地においても必要となる項目であるが、中央防波堤外側埋立地はごみ層の存在により、個別に対策が必要となる。

以下では、個別立地対策費用として計上すべき項目について試算を行う。

①盛土費用（中央防波堤外側埋立地）

中央防波堤外側埋立地では、地表面近傍のゴミ層が自然圧密を起こし、沈下が生じている状態にある。発電所建設に当たっても、相応の地盤沈下が生じると予想されるため、地盤沈下対策としてあらかじめ 1.9m 分の盛土を行うことと仮定する。

盛土費用は 1m³ 当たり 10,000 円であることから、中央防波堤外側埋立地における地盤嵩上費用は 1,506 百万円⁶¹となる。

⁶¹ 敷地面積（79,250m²）×盛土高さ（2m）×単位盛土費用（10,000 円/m³）

②ごみ層の掘削除去費用（中央防波堤外側埋立）

中央防波堤外側埋立地においては、表層にごみ層が存在するため、基礎杭施工時にごみ地盤に配慮した特別な施工（ごみ層内の杭孔を崩壊させないためのケーシングなど）が必要であり、かつ掘削したごみ層の運搬・廃棄にも費用が必要となる。

新江東清掃工場建設（平成 10 年施工）の実績では、表層ごみ層部分をパワージャッキにてケーシングを先行圧入し、ハンマーグラブでゴミ層を一旦除去し、それ以深をアースドリル杭で造成しており、通常のアースドリル杭重機とは別にパワージャッキなどが必要となったため、通常の杭施工と比べて約 2 倍の施工費が発生したとされる。

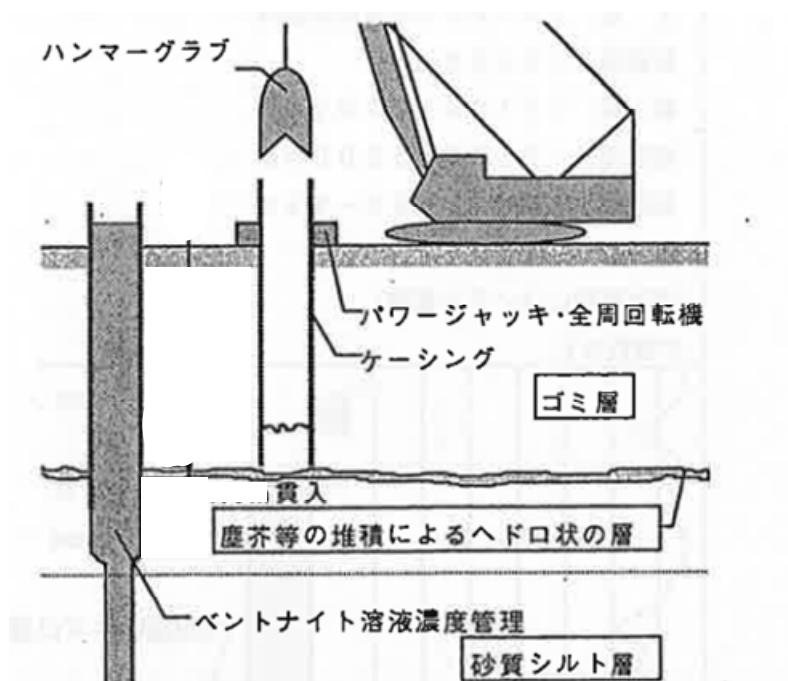


図 5-10 ゴミ層での掘削方法⁶²

新江東清掃工場の基礎工事では、杭を 467 本、打設しており、16m までのゴミ層を掘削除去し、約 2 倍の施工費用を要したことを考慮すると、杭 1 本・1m 当たりの単位掘削除去費用は 0.3125 百万円となる。

⁶²東京都江東清掃工場建設工事 計画・実施記録（1998 年 11 月）より

表 5-24 ごみ層掘削除去に掛かる単位費用（新江東清掃工場施工実績より）

項目	数値	単位	備考
ごみ層深さ	16	m	
杭本数	467	本	
掘削除去に要する費用	2,335	百万円	新江東基礎工事における杭本数×杭打設費用5百万/本より費用試算
単位掘削除去費用	0.3125	百万円/本・m	杭1本・1m当たりのごみ層掘削除去に伴う費用(上記より試算)

中央防波堤では、杭本数 1,263 本、ごみ層掘削除去深さ 24m を見込むため、新江東清掃工場基礎工事の実績から試算された単位除去費用を乗じると、中央防波堤で必要になるごみ層掘削除去費用は 9,473 百万円となる。

表 5-25 中央防波堤外側埋立地におけるごみ層掘削除去費用

項目	数値	単位	備考
ごみ層深さ	24	m	
杭本数	1,263	本	
掘削除去に伴う費用	9,473	百万円	単位掘削除去費用(新江東清掃工場実績値)より試算

③雨水集水管の切り回し費用（中央防波堤外側埋立地）

中央防波堤外側埋立地においては、下図に示すように雨水集水管が既存構造物として存在している。発電所敷地内の基礎直下に集水ルートの一部が重複しているため、集水管の機能保全のために、切り回しを行う必要がある。

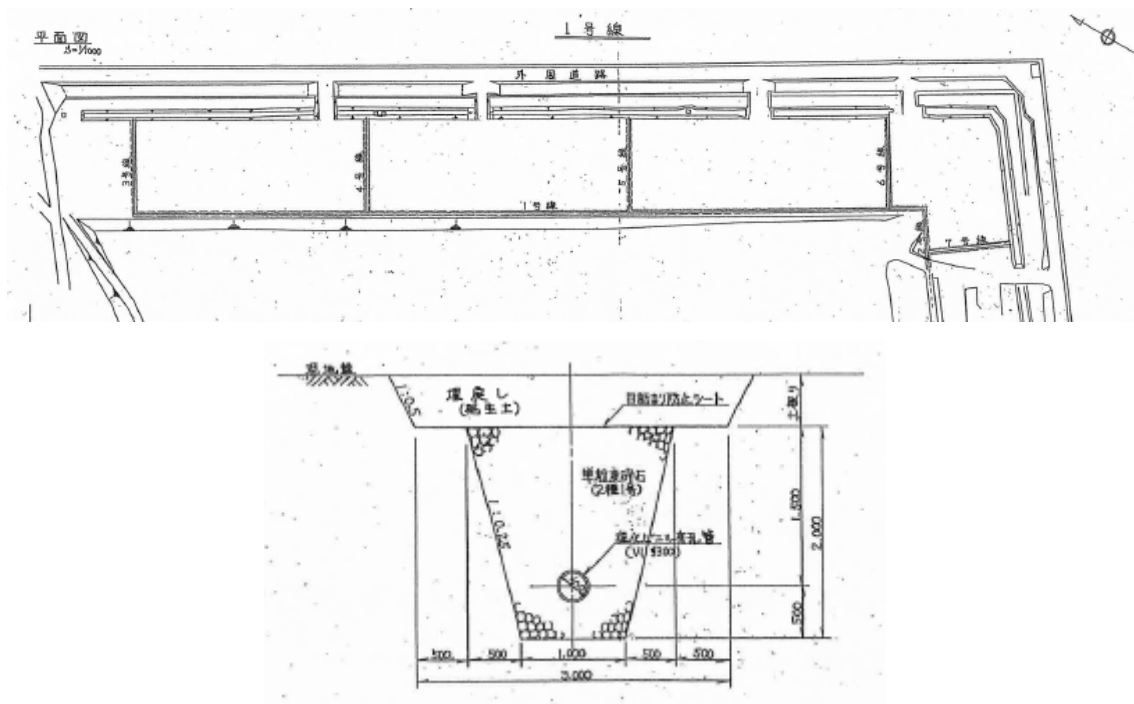
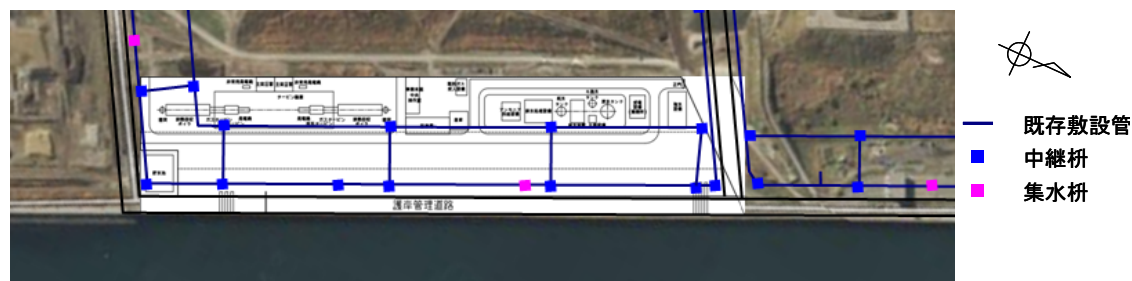


図 5-1-1 発電所敷地周辺の集水管ルート及び標準断面

従って、下図に示すルート（案）⁶³にて既存集水管の切り回しを行うこととする。なお、以前の集水管については埋設したままとする。

■現状



■切り回しルート

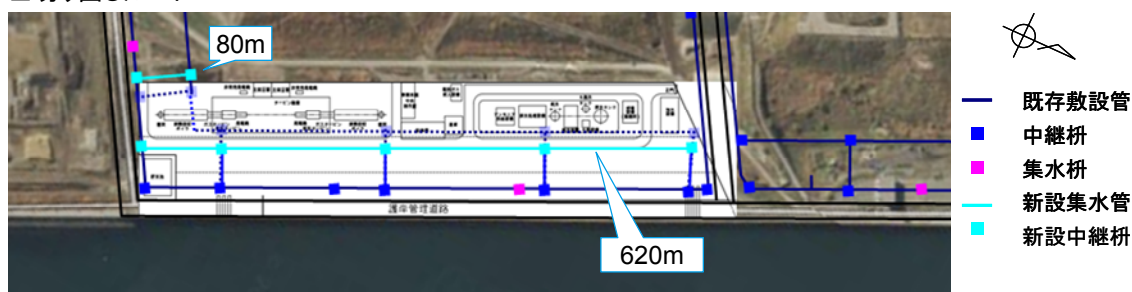


図 5-1 2 集水管切り回しルート（案）

整備費用は、集水管整備距離×施工単価にて試算する。整備距離は 700m、切り回し距離は 1m 当たり 12 万円であり、ごみ層地盤における施工歩留を考慮した調整費用を 50%とすると、126 百万円の施工費用が生じる。

⁶³ 切回しルートについては、別途、詳細設計時に関係者と協議の上、ルートを設定する必要がある。

④ガス抜き管整備費用（中央防波堤外側埋立地）

中央防波堤外側埋立地では、土中から発生するメタンガスを敷地外へと放出するためのガス抜き管施工も必要となる。

ガス抜き管は有孔高密度ポリエチレン管であり、施工単価は 1m 当たり 600 円（材工込）である。

平成 21 年度東京湾臨海道路工事の道路建設時において、ガス抜き工の施工が行われているが、その際の施工ピッチは 20m であった。過去の事例を踏まえ、発電所敷地西側から東側にかけて、ガス抜き用の PE 管を 20m 間隔で敷設するとして、総敷設距離 4,160m を見込む。

なお、各ルートの終点では、発電所敷地境界における立ち入り防止フェンス近傍にて排気口を立ち上げ、ガスを敷地外へと排出する。排気口施工費用は、1 箇所当たり 1 万円（材工込）であり、排気口は合計 32 箇所の設置が必要となる。

以上を合計すると、ガス抜き工費用としては 2.8 百万円を見込む。

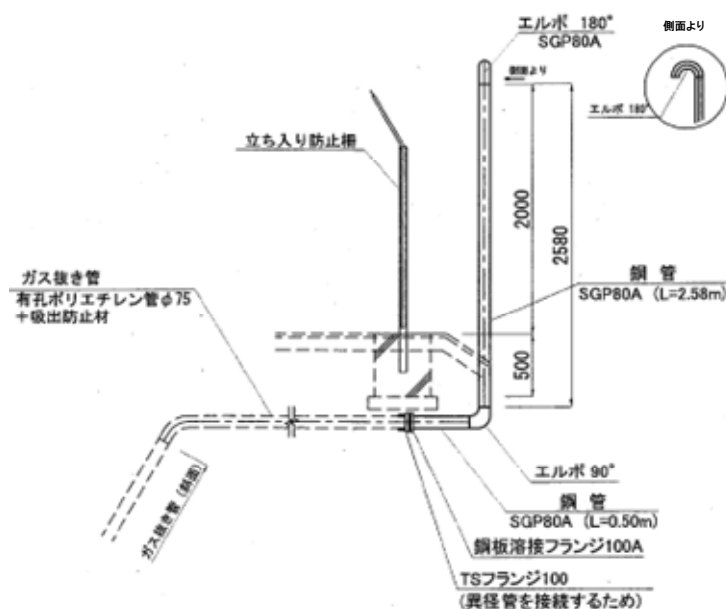


図 5-13 排気口の整備イメージ



図 5-1 4 ガス抜き管の整備ルート

(6) 基盤整備費用：総括

以上の費用をまとめると、次のようになる。

基盤整備費用の面からは、(他検討対象地と比べ) 相対的に支持層が浅い位置にあること、表層地盤も締まっており、地盤反力が期待できることから、葛西水再生センターの条件が最も良い。

一方、中央防波堤外側埋立地では、ごみ層掘削除去費用を始めとする個別立地対策費用があるため、他の敷地に比べて倍以上の費用がかかる結果となった。

表 5-26 基盤整備費用一覧

費目(百万円)	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
発電設備費	100,000	100,000	100,000
基盤整備費	35,711	16,223	13,932
土壌汚染調査費	1,376	2,559	1,008
地盤改良費(兼 メタンガス対策)	1,908	3,351	2,394
RC基礎	2,368	2,736	2,736
基礎杭	18,885	7,577	7,794
個別立地対策	11,174	—	—
小計	<u>135,711</u>	<u>116,223</u>	<u>113,932</u>

5-4 接続費用

第3章で整理したように、天然ガスを燃料源とするガスタービンコンバインドサイクル発電所の運営においては、次に示すインフラの整備が必要になる。

表 5-27 必要となるインフラ整備

インフラ	各インフラの整備目的
ガス	燃料となる天然ガスの供給インフラとして高圧ガス管が必要になる
電気	ガスタービンコンバインドサイクルにて発電した電力を系統に売電するために、送電線（275kV）との接続が必要になる。
冷却用水	復水器冷却用水の供給のために、各検討対象地近隣の水源から冷却用水を取水する導水管が必要になる。
上水	事務本館における生活用水ならびに純水製造用に上水の供給を受ける必要がある
下水	純水のブロー水、排熱回収ボイラからの排水、事務館からの生活排水に加え、循環冷却の場合は冷却用水のブロー水を下水道に排水する必要がある、

以下では、各検討対象地における、ガス管、送電線、水道管、下水道管、冷却用水導水管の敷設費用を検討する。

(1) ガス（ガス管）

ガス管については、東京ガスからの供給を前提として、東京ガスに供給ルートの提示を依頼した。結果として、3 検討対象地とも、陸揚ガバナステーションから口径 300A の高圧ガス管（鋼管）にて取り合うことが可能なことを確認した。

各検討対象地におけるガス管敷設費用は次の通りである。

表 5-28 ガス管敷設費用

費目（百万円）	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
ガス管費用	10,000	6,000	4,500

なお、本費用には材料費及び工賃が含まれており、東京ガスが施工し、民間事業者は負担金を支払う。

以下に各検討対象地におけるガス管敷設ルートを示す。

■中央防波堤外側埋立地

中央防波堤外側埋立地は廃棄物処理施設であるため、廃掃法上、海への汚水の流出を防止する必要があり、外側埋立地へシールドを敷設する際には、廃掃法に則った技術検討が必要になる。現状、海への汚水の流出を防ぎながらシールドを施工する方法が確立されていないため、本検討では外側埋立地へのガス管の引き込みは、シールド施工が可能な内側埋立地から架橋によって行うこととした。

東京ガスの陸揚ガバナステーションから中央防波堤内側埋立地までをシールド工法にて推進（5,300m）、その後、中央防波堤内側埋立地内で立坑を立ち上げ、中央防波堤内側から外側へ新たに専用橋（270m）に添架、その後、埋設工法にて 680mを敷設するルートである。

今後、送電線、上下水道などの各種インフラにおいても、中央防波堤外側埋立地から中央防波堤内側埋立地に架橋することで検討を行う。なお、ガス管費用に橋梁建設費用は含まれているとして取り扱う。

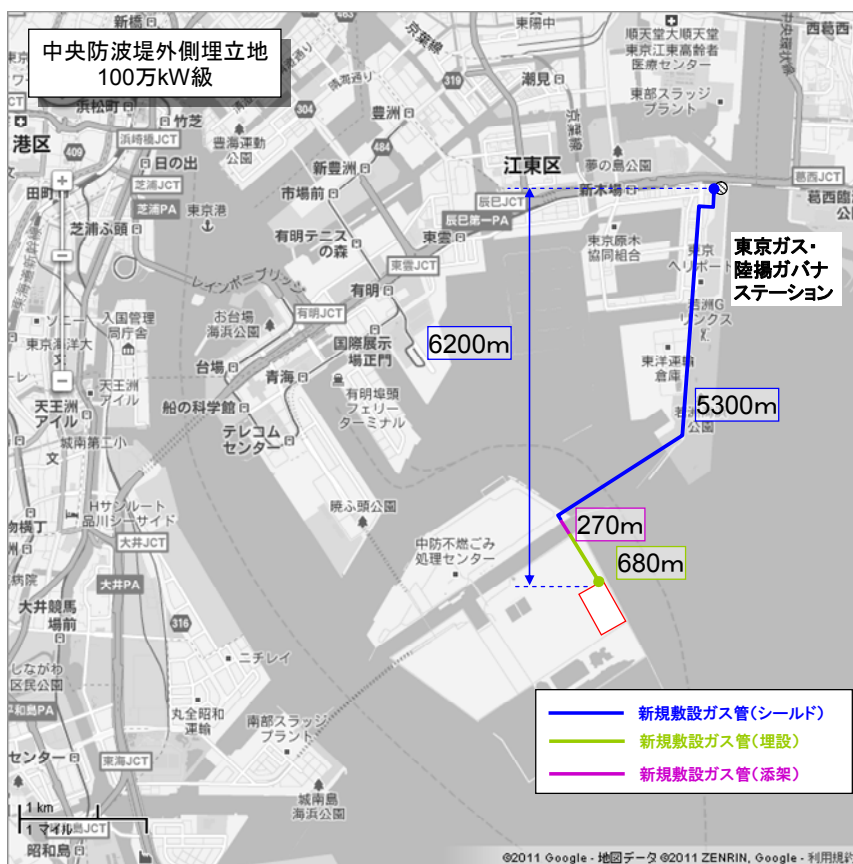


図 5-15 ガス管敷設ルート（中央防波堤外側埋立地）

■砂町水再生センター（1）

東京ガスの陸揚ガバナステーションから、国道下を通り、砂町運河下を通過して、発電所敷地に接続するルートである（2,840m）。



図 5-16 ガス管敷設ルート（砂町水再生センター用地①）

■葛西水再生センター用地

東京ガスの陸揚ガバナステーションから、荒川を横断し、発電所敷地に接続するルートである（1,050m）。



図 5-17 ガス管敷設ルート（葛西水再生センター）

(2) 電気 (送電線)

第3章3-1節で検討したように、送電線は 275kV 送電線・2 回線にて、東京電力の江東変電所もしくは新豊洲変電所に接続することとする。

敷設方法は、小口径推進工法により 6 条分の埋設溝を掘削するより、外径 2m のシールドにて敷設溝を構築し、その中に 2 回線 (6 条分) を格納することが経済的であるため、シールド工法での敷設とする。

送電線の単価は、1 回線・1m 当たり 35 万円であり、2 回線敷設の場合は 1m 当たり 70 万円となる。

従って、275kV 送電線を 2 回線、シールド工法にて敷設する場合は、m 当たり 135 万円の費用が発生する。

表 5-29 施工単価及び送電線単価

項目	単価	備考
シールド単価	650,000	円/m (外径 2m) (材工込み)
送電線単価	700,000	円/m (2 回線) (材工込み)
合計	1,350,000	円/m

各敷地から最寄の変電所までの送電線敷設距離を乗じて試算した送電線敷設費用は次のようになる。

表 5-30 検討対象地から最寄の変電所までの送電線敷設費用

(百万円)

費目	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
送電線敷設費用	12,892	2,505	6,150

※いずれも単位延長敷設コスト×接続距離にて試算。ただし、中央防波堤外側敷地には P.132 の手法による費用を含む。

中央防波堤外側敷地は豊洲変電所及び江東変電所への距離が遠く、送電距離が他の検討敷地と比べて長くなるため接続費用が他の敷地の倍以上かかる結果となった。

また、変電所への接続に当たっては変電所内の母線の保護のため、受電設備が必要になる。受電設備費用は事業者負担となるため、2回線分の受電設備として GIS ガス遮断器を 6 個（1 回線当たり 3 個×2 回線）の新設が必要となる。

275kV 用ガス遮断器は 1 個 350 百万円であるから、受電設備新設費用は 2,100 百万円となる。

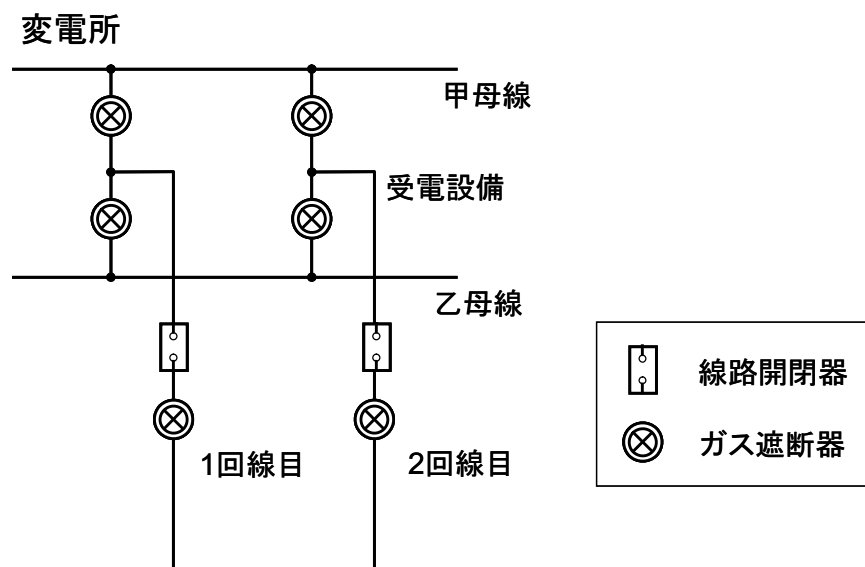


図 5-18 受電設備（遮断器）設置イメージ

以下に各敷地の内訳詳細を示す。

■中央防波堤外側埋立地

送電線の接続については、江東変電所へのルート A と新豊洲変電所へのルート B の 2 つのルートが想定されたが、接続距離は江東変電所の方が有利であったため、ルート A を設定した。

中央防波堤外側敷地及び内側敷地は埋設により計 680m、外側から内側には橋梁に添架で計 270m、内側敷地から江東変電所まではシールド工法により計 7300m、合計 8,250m の送電線の敷設が必要となる。

表 5-3 1 送電線敷設費用（中央防波堤外側埋立地）

費目(百万円)	中央防波堤 外側埋立地	備考
送電線敷設費用	12,892,000,000	円(合計)
シールド費用	4,745,000,000	円
シールド距離	7,300	m(江東変電所までの接続を想定)
シールド単価	650,000	円/m(外径2m)(ゼネコンヒアリングより)
添架費用	0	円
添架距離	270	
添架単価	0	送電線単価に含む
埋設費用	272,000,000	円
埋設距離	680	m
埋設単価	400,000	円/m(径2m)
送電線費用	5,775,000,000	円
送電線延長	8,250	m(江東変電所までの新規敷設を想定)
送電線単価	350,000	円/m・回線(275kV)(ビスキヤスより)
送電線本数	2	回線(6条-2回線を想定)
受電設備新設	2,100,000,000	275kV用GIS:3.5億円/個×6個



図 5-19 送電線敷設ルート (中央防波堤外側埋立地)

なお、本検討では臨海副都心共同溝の利用により、新豊洲変電所までのルート B での接続可能性も検討したが、想定した 3 つのルートのいずれも、共同溝に現状では敷設するための空きスペースがないため、利用が不可能であることが明らかになった。



※ 図面の — 線部分は共同溝の利用を想定している。
 ※ また図面の — 線部分は小口径管推進工法もしくはシールド工事を想定している。
 図 5-20 臨海副都心共同溝における送電線敷設ルート①

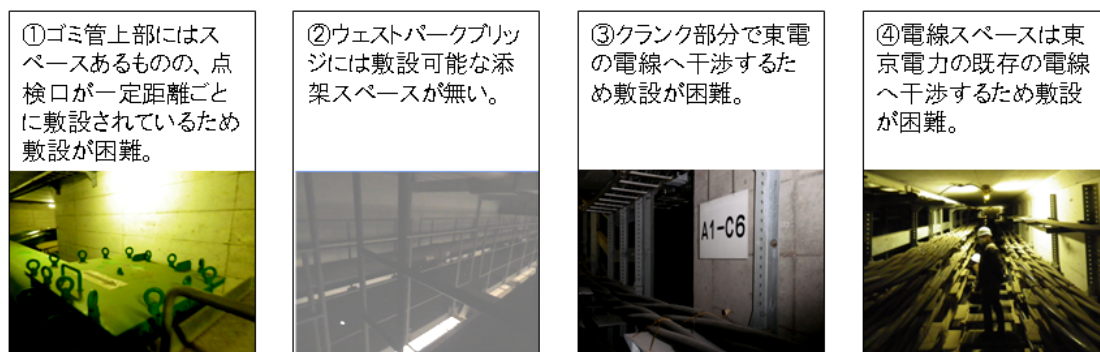


図 5-21 臨海副都心共同溝における送電線敷設ルート①

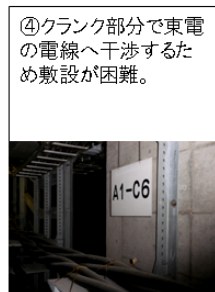
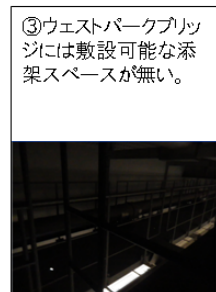
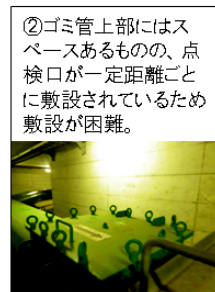
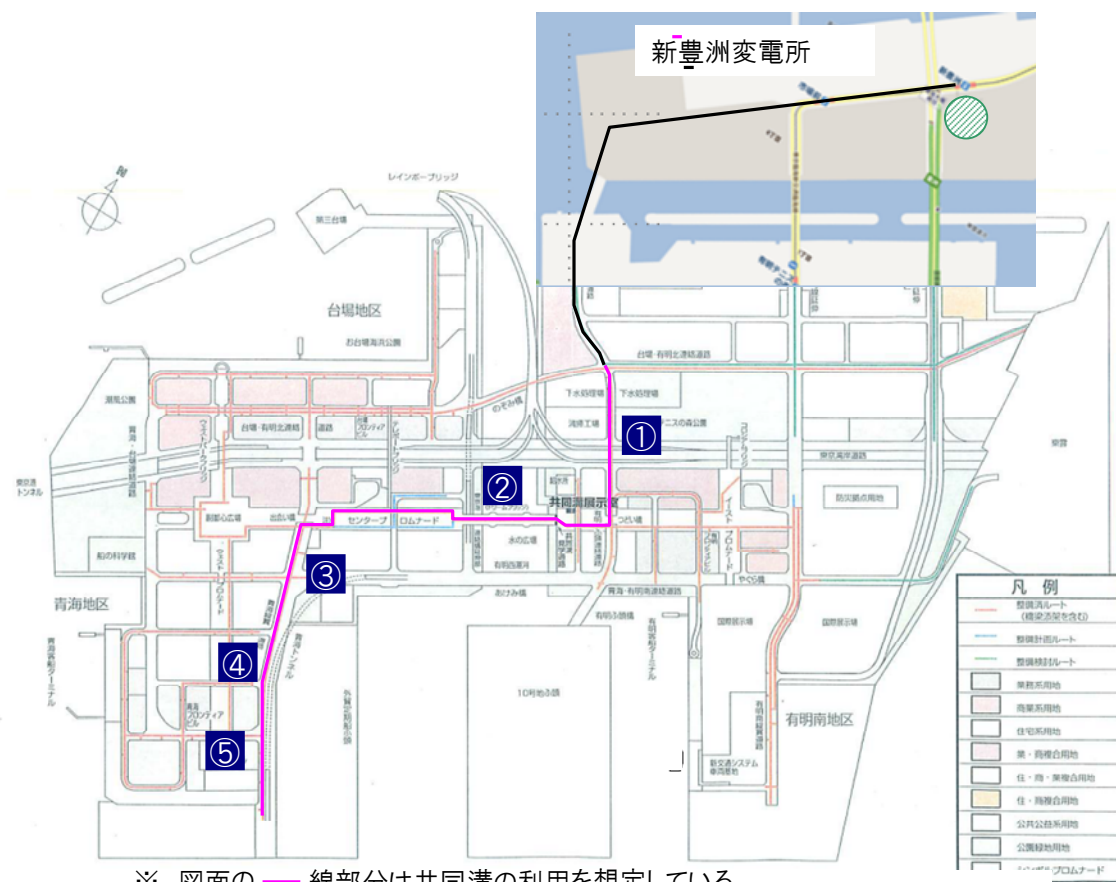


図 5-2 2 臨海副都心共同溝における送電線敷設ルート②



※ 図面の — 線部分は共同溝の利用を想定している。

※ また図面の — 線部分は小口径管推進工法もしくはシールド工事を想定している。

①東京電力の既存送電線に干渉し敷設が困難



②夢の大橋には電線管PFPφ150が設置してあるが275KVの送電線の収容は困難。



③「敷設可能な箇所は、通信線から距離が近く影響を与えることが懸念されるため敷設は困難



④東京電力の既存送電線へ干渉するため敷設が困難



⑤上水管のメンテナンスやバルブ操作などに影響するため設置不可



図5-2-3 臨海副都心共同溝における送電線敷設ルート③

■砂町水再生センター用地①

当該敷地では、近傍に江東変電所が存在するため、江東変電所への接続が最も経済的となった。当該敷地から江東変電所まで、シールド工法で合計 300mの送電線の敷設が必要となる。

表 5-3 2 送電線敷設費用 (砂町水再生センター用地①)

費目(百万円)	砂町水再生 センター用地①	備考
送電線敷設費用	2,505,000,000	円(合計)
シールド費用	195,000,000	円
シールド距離	300	m(江東変電所までの接続を想定)
シールド単価	650,000	円/m(外径2m)(ゼネコンヒアリングより)
添架費用	0	円
添架距離	0	
添架単価	0	送電線単価に含む
埋設費用	0	円
埋設距離	0	m
埋設単価	400,000	円/m(径2m)
送電線費用	210,000,000	円
送電線延長	300	m(江東変電所までの新規敷設を想定)
送電線単価	350,000	円/m・回線(275kV)(ビスキャスより)
送電線本数	2	回線(6条-2回線を想定)
受電設備新設	2,100,000,000	275kV用GIS:3.5億円/個×6個



図 5-2 4 送電線敷設ルート（砂町水再生センター用地①）

■葛西水再生センター用地

当該敷地からの最寄の変電所は江東変電所であり、シールド工法にて荒川を横断して江東変電所に接続するルートを設定した。本ルートでは 3,000m の送電線の敷設が必要となる。

表 5-33 送電線敷設費用（葛西水再生センター用地）

費目(百万円)	葛西水再生 センター用地	備考
送電線敷設費用	6,150,000,000	円(合計)
シールド費用	1,950,000,000	円
シールド距離	3,000	m(江東変電所までの接続を想定)
シールド単価	650,000	円/m(外径2m)(ゼネコンヒアリングより)
添架費用	0	円
添架距離	0	
添架単価	0	送電線単価に含む
埋設費用	0	円
埋設距離	0	m
埋設単価	400,000	円/m(径2m)
送電線費用	2,100,000,000	円
送電線延長	3,000	m(江東変電所までの新規敷設を想定)
送電線単価	350,000	円/m・回線(275kV)(ビスキヤスより)
送電線本数	2	回線(6条-2回線を想定)
受電設備新設	2,100,000,000	275kV用GIS:3.5億円/個×6個



図 5 - 2 5 送電線敷設ルート（葛西水再生センター）

(3) 上水（水道管）

水道については、時間当たり使用量 54m³を水道局に提示し、各検討対象地における必要口径ならびに敷設ルート、敷設費用の回答を得た。

水道管径は月間使用量や1日当たり使用量などによって定まる。本検討では、1ヶ月当たり 17,857m³の水道を使用するため、メーター口径選定基準表より、口径は 150mm となった。

表 5-3 4 水道メーター口径選定基準表

メーター口径選定基準表 (JIS対応メータ)

型 式		口 径 (mm)	給 水 方 式			適 正 使 用 流 量 範 圍 (㎥/時)	1 日 当 た り の 使 用 量 (㎥/日)			一時的 使用 許 容 流 量 (㎥/時)		月 間 使 用 量 (㎥/月)
名 称	メー タ 記 号		直 結 式		受 水 タンク式		1 日 使 用 時 間 の 合 計 が 5 時 間 の と き	1 日 使 用 時 間 の 合 計 が 10 時 間 の と き	1 日 24 時 間 使 用 の と き	1 時 間 / 日 以 内 使 用 の 場 合	10 分 / 日 以 内 の 場 合	
			直 圧 式	増 圧 式								
接線流 羽根車式	DA	13	○		○	0.1 ～ <u>1.0</u>	<u>4.5</u>	<u>7</u>	<u>12</u>	<u>1.5</u>	<u>2.5</u>	<u>100</u>
	DA	20	○	○	○	0.2 ～ 1.6	7	12	20	2.5	4.0	170
	DA	25	○	○	○	0.23 ～ <u>2.5</u>	<u>11</u>	<u>18</u>	<u>30</u>	<u>4.0</u>	<u>6.3</u>	<u>260</u>
	DA	30	○	○	○	0.4 ～ <u>4.0</u>	<u>18</u>	<u>30</u>	<u>50</u>	<u>6.0</u>	<u>10.0</u>	<u>420</u>
たて型 軸流羽根車式	DTV	40	○	○	○	0.4 ～ 6.5	<u>28</u>	<u>44</u>	<u>80</u>	<u>9.0</u>	<u>16.0</u>	700
	<u>EVA</u>	50	○	○	○	<u>1.25</u> ～ <u>17.0</u>	<u>87</u>	<u>140</u>	<u>250</u>	<u>30.0</u>	<u>50.0</u>	<u>2,600</u>
	<u>EVA</u>	75	○	○	○	<u>2.5</u> ～ <u>27.5</u>	<u>138</u>	<u>218</u>	<u>390</u>	<u>47.0</u>	<u>78.0</u>	<u>4,100</u>
	<u>EVA</u>	100	○		○	<u>4.0</u> ～ <u>44.0</u>	<u>218</u>	<u>345</u>	<u>620</u>	<u>74.5</u>	<u>125.0</u>	<u>6,600</u>
100万kW												
	EM	150	○		○	0.63 ～ 312.5	<u>1,250</u>	<u>2,000</u>	<u>2,500</u>	<u>250</u>	<u>312.5</u>	<u>75,000</u>
電磁式	EM	200	○		○	<u>3.94</u> ～ <u>787.5</u>	<u>3,150</u>	<u>6,300</u>	<u>13,680</u>	<u>630</u>	<u>787.5</u>	<u>410,000</u>
	EM	250	○		○	<u>3.94</u> ～ <u>787.5</u>	<u>3,150</u>	<u>6,300</u>	<u>13,680</u>	<u>630</u>	<u>787.5</u>	<u>410,000</u>
	EM	300	○		○	<u>6.25</u> ～ <u>1,250</u>	5,000	10,000	<u>14,400</u>	1,000	<u>1,250</u>	<u>432,000</u>

100kw

また、中央防波堤外側埋立地などでは、圧力欠損が見込まれるため、配水管の増径が必要となるが、本検討では水道管径 150mmの費用で敷設できるものとして、試算することとした。

表 5-3 5 各立地における水道管整備費用⁶⁴

名前	工種 (水道管)	延長 (m)	単価 (万円/m)	金額 (百万円)	備考
中央防波堤 外側埋立地	φ 150	2,300	13	299	最短距離案 別途、配水管の増径が必要
砂町水再生 センター用地①	φ 150	750	13	97.5	別途、配水管の増径が必要
葛西水再生 センター用地	φ 150	150	13	19.5	

以下に各立地における水道管整備ルートを示す。

⁶⁴ 水道局受領資料より日本総合研究所が作成

■中央防波堤外側埋立地

中央防波堤外側敷地から内側敷地の上水道接続点までは、北側の架橋を通るルートであり、中央防波堤外側敷地及び内側敷地における埋設部分が計 2030m、橋梁への添架部分が計 270mであり、合計 2,300mの水道管の敷設が必要となる。

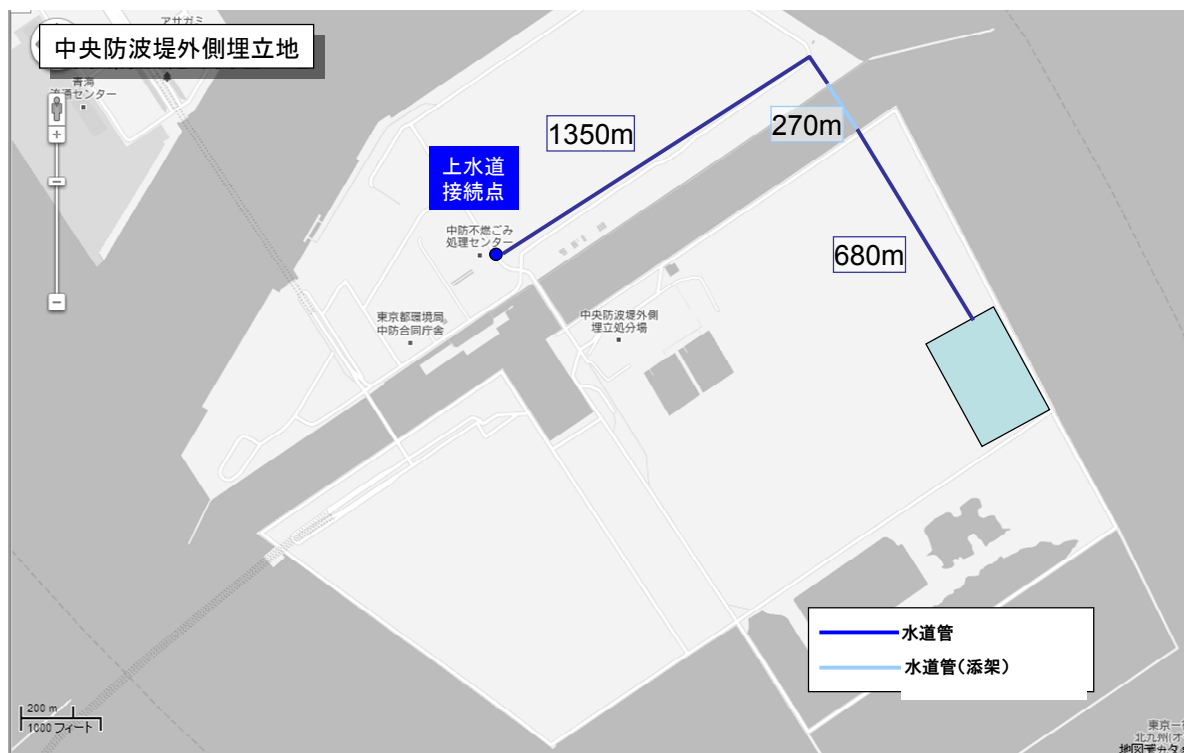


図 5-26 水道管敷設ルート（中央防波堤外側埋立地）

■砂町水再生センター用地①

既存の最寄の上水道接続点までは、荒川護岸沿いの道路下を通るルートであり、750mの水道管敷設が必要となる。



図 5-27 水道管敷設ルート（砂町水再生センター用地①）

■葛西水再生センター用地

既存の最寄の上水道接続点までは、近隣の道路下を通るルートであり、150mの水道管敷設が必要となる。



図 5・2 8 水道管敷設ルート（葛西水再生センター用地）

(4) 下水（下水道管）

発電所から排水される下水は、冷却塔による循環冷却方式（砂町水再生センター用地①、葛西水再生センター用地）では日量 $5,650\text{m}^3$ 、海水取水による水中放熱方式（中央防波堤外側埋立地）では日量 650m^3 の下水排水が生じる。（図 2-9、図 2-10 参照）

自然流下にて上記の下水の量を公共下水道に排水することを想定した場合、運転時間を平均すると、必要な流量断面は循環冷却方式の場合 0.11m^2 、海水放熱方式の場合 0.1m^2 となる。ただし、循環冷却方式の場合、ブロー水は断続的に排出されるため、必要流量断面を 2 倍の 0.22m^2 として、敷設管の選定を行った。

結果、接続点までに必要な下水道管の口径は、冷却塔による循環冷却方式において口径 600mm、海水取水による水中放熱方式では口径 200mm が必要となる。

表 5-36 下水道管の口径試算

(1) 冷却塔による循環冷却方式

日量	5,650	m^3
運転時間	14	時間
毎時排水量	404	m^3
排水流速	1.00	m/sec
流量断面	0.11	m^2

<

導管外径	0.60	m
断面積	0.28	m^2
導管本数	1	本
流量断面	0.28	m^2

(2) 海水取水による水中放熱方式

日量	650	m^3
運転時間	14	時間
毎時排水量	46	m^3
排水流速	1.00	m/sec
断面積	0.01	m^2

<

導管外径	0.20	m
断面積	0.03	m^2
導管本数	1	本
流量断面	0.03	m^2

上記前提を基に、下水道局に確認をしたところ、敷設費用として以下の回答を得た。
各検討対象地における下水道接続ルートを以下に示す。

表 5-37 下水道敷設費用

費目	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
口径 (mm)	200	600	600
敷設費用 (円/m)	200,000	300,000	300,000
敷設距離 (m)	2,300	450	50
敷設費用 (百万円)	460	135	15

■中央防波堤外側埋立地

既存の最寄の下水道管がある中央防波堤内側埋立地までは、水道管と同様の北側の架橋を通るルートであり、中央防波堤外側及び内側における埋設部分が計 2,030m、橋梁への添架部分が計 270m であり、合計 2,300m の下水道管の敷設が必要となる。

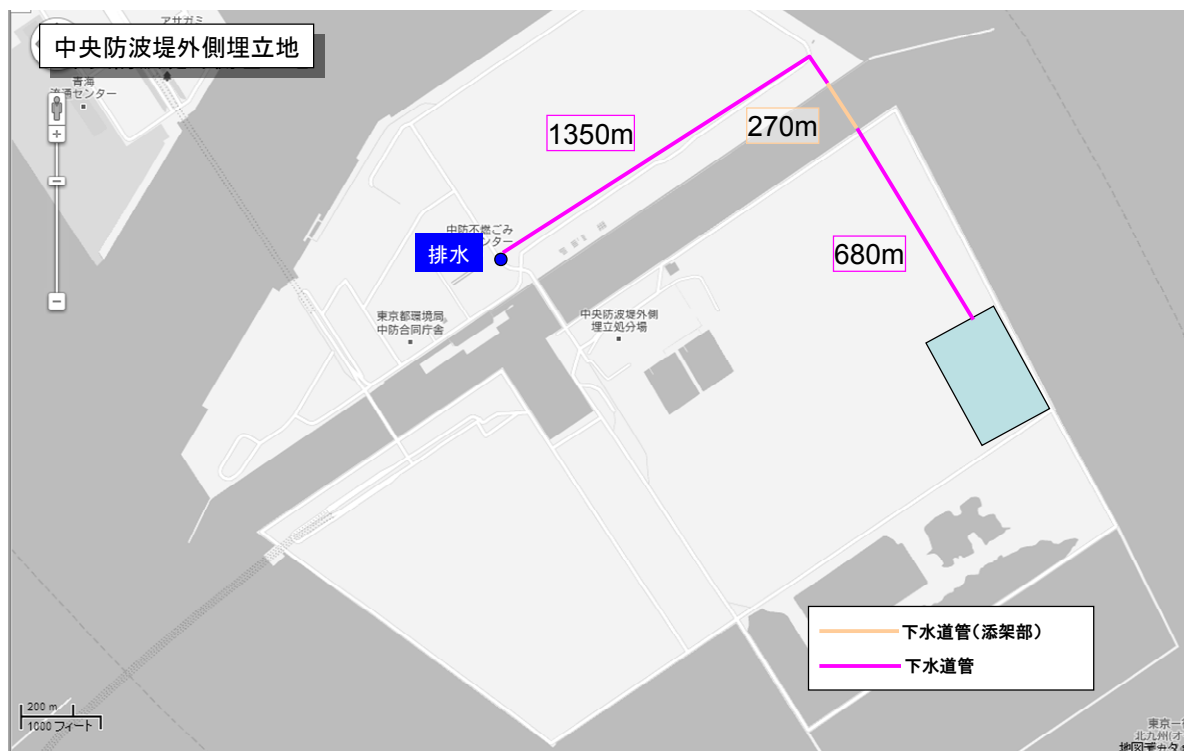


図 5-2 9 下水道管敷設ルート（中央防波堤外側埋立地）

■砂町水再生センター①

既存の最寄の下水道管まで約 450mの敷設を行うルートが妥当とされた。

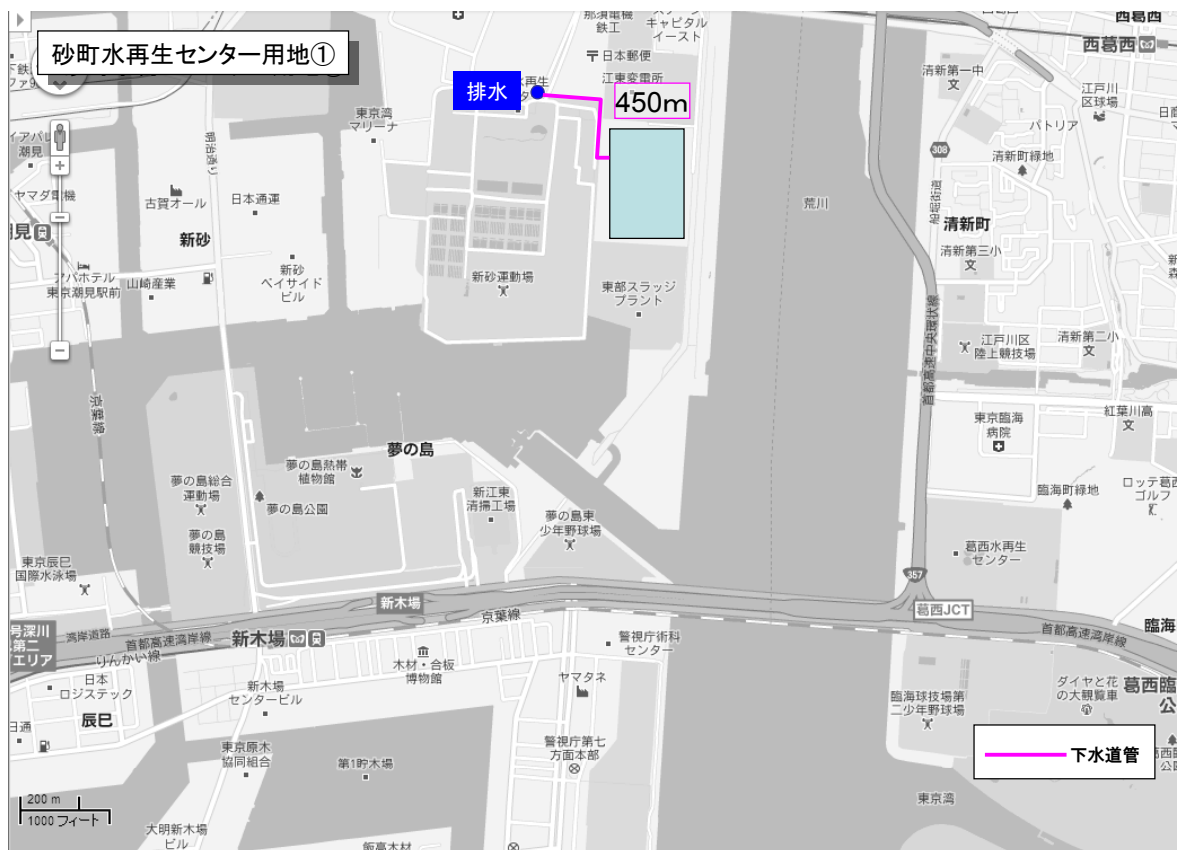


図 5・3 0 下水道管敷設ルート（砂町水再生センター①）

■葛西水再生センター用地

既存の最寄の下水道管まで、約 50mの敷設で接続が可能である。

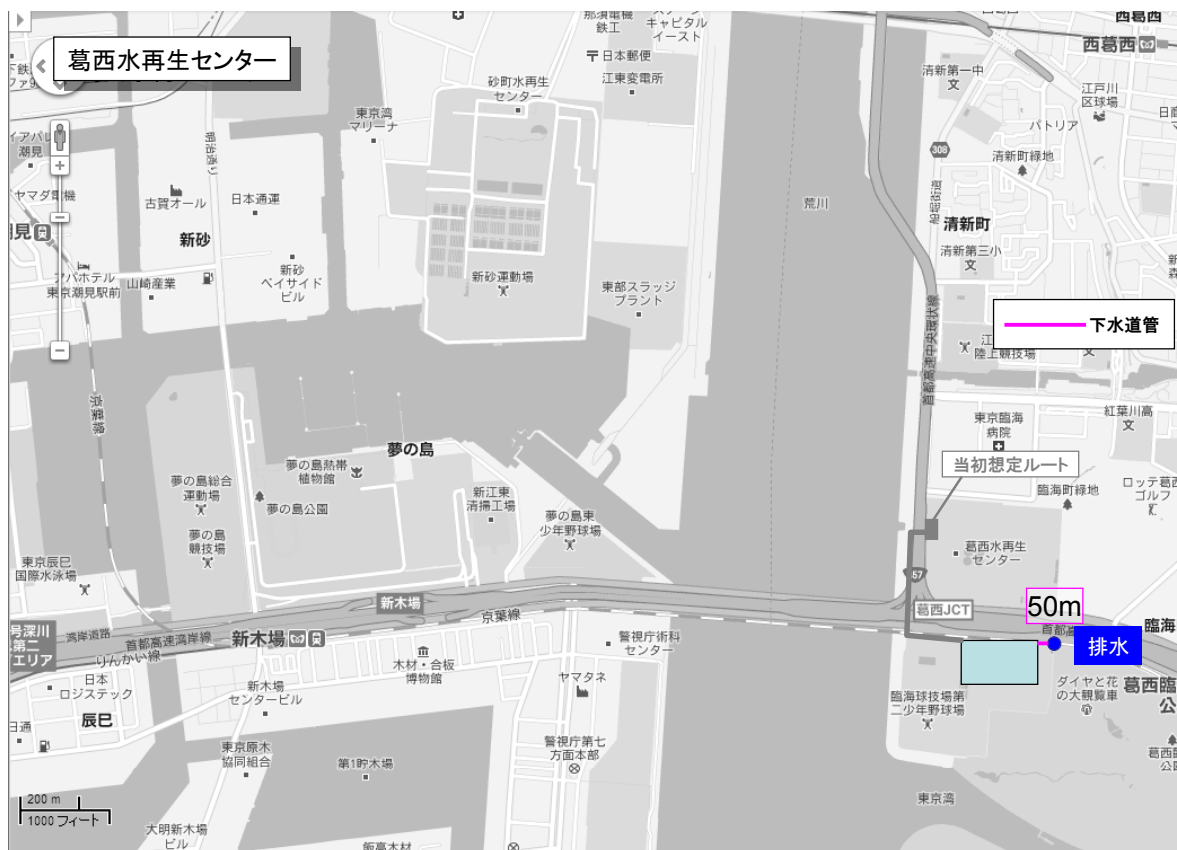


図 5-3 1 下水道管敷設ルート（葛西水再生センター用地）

(5) 冷却用水（冷却用水取水・排水管）

中央防波堤外側埋立地では海水を冷却水として使用するため、海水を護岸越しに取水・排水するための設備が必要である。

想定する 100 万 kW 級発電所では、毎時 90,000m³ の取水が必要となるため、口径 2,000mm の冷却用水取水管が 3 本必要である。また同量の海水を放水するため、排水冷却用水排水管としても同様の設備が必要となり、合計で φ2000 の冷却用水取水・排水管を合計 6 本敷設することとなる。

表 5-38 海水取水に必要な冷却用水取水管口径

日量	1,260,000	m ³		導管外径	2.00	m
運転時間	14	時間		断面積	3.14	m ²
毎時取水量	90,000	m ³		導管本数	3	本
取水流速	3.00	m/sec		流量断面	9.42	m ²
断面積	8.33	m ²	<			

その他の発電所検討対象地においては、下水処理水を冷却水として利用するため、近隣の水再生センターからの導水を行うための冷却用水取水管が必要となる。

冷却塔による循環冷却方式では、日量 24,000m³ の冷却用水の取水が必要であるため、

表 5-39 下水処理水取水に必要な冷却用水取水管口径

日量	24,000	m ³		導管外径	0.80	m
運転時間	14	時間		断面積	0.50	m ²
毎時取水量	1,714	m ³		導管本数	1	本
取水流速	1.00	m/sec		流量断面	0.50	m ²
流量断面	0.48	m ²	<			

以下では、各検討対象地における冷却用水取水・排水管の敷設費用を検討する。

■中央防波堤外側埋立地

中央防波堤外側埋立地では水中放熱方式を採用するため、東京湾より海水を取水するための冷却用水取水・排水管が必要となる。

通常は地下ピットなどを護岸に設け、ポンプアップにより取水を行うが、当該敷地の護岸は最終処分場護岸としての機能を期待されているため、護岸に変更を加えることは出来ない。そのため東京湾から取水するには、護岸越しに冷却用水取水管を敷設する必要がある。

取水に当たっては、海水表面への流速影響、水温影響を抑えるために、出来る限り深い水深での取水・排水が望ましいとされる。当該敷地では、護岸近傍の水深は 2m 前後であるため、約 50m 沖合いまで冷却用水取水管を延伸し、水深 8m 前後で取水・排水を行うこととする。

なお、取水口では周辺の流況に影響を与えないよう、取り込み断面での流速を 0.2m/sec 以下に抑えることが必要であり、冷却用水取水管 1 つに対して、取水口断面 45m²（高さ 2.5m×幅 18m）の取水口を設け、段階的に流速を高め、冷却用水取水管内部流速 3.0m/sec にて敷地内に引き込む。

排水口も同様に、周辺の流況に配慮した流速での排水が求められるが、排水の流速制限は 0.3m/sec であるため、排水口断面は 30m²（高さ 2.5m×12m）となる。

なお、排水温度は取水時と比べて7℃程度上昇するが、上記水深にて排水することにより、海水表面温度の上昇は1℃程度に抑えることが可能である。

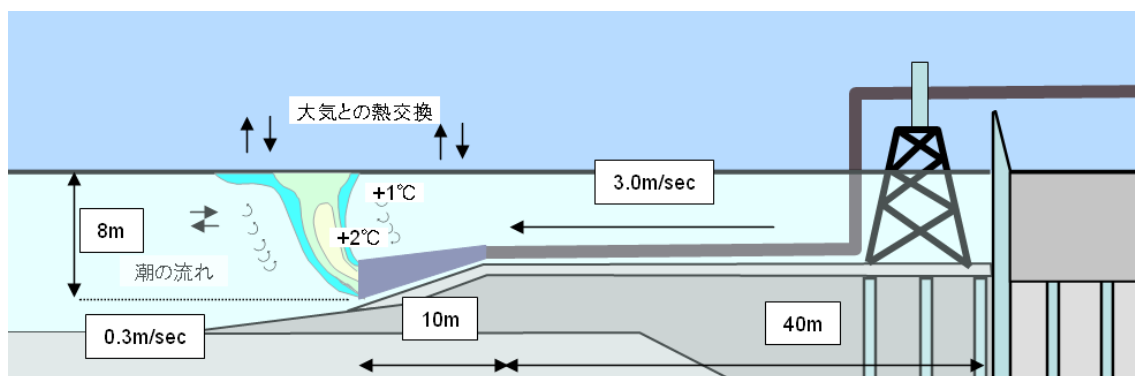


図5-32 深層排水による温度拡散イメージ

なお、護岸より内側については、護岸管理用通路（20m 幅）ならびに護岸保全用スペース（30m 幅）が存在するため、構内側の取水設備までは、さらに 50m 引き込む必要がある。

従って、冷却用水取水・排水管の敷設距離は、それぞれ 100m となり、冷却用水取水・排水管敷設費用は 600 百万円である。

施工時の留意点として、当該敷地東側に存在するゴミ飛散防止用の護岸フェンスが挙げられる。護岸フェンスは高さが 6m 程度あるため、フェンス上越しでの取水は現実的ではない。そのため、実際の施工時にはフェンスを貫通させて取水することが必要となる⁶⁵。

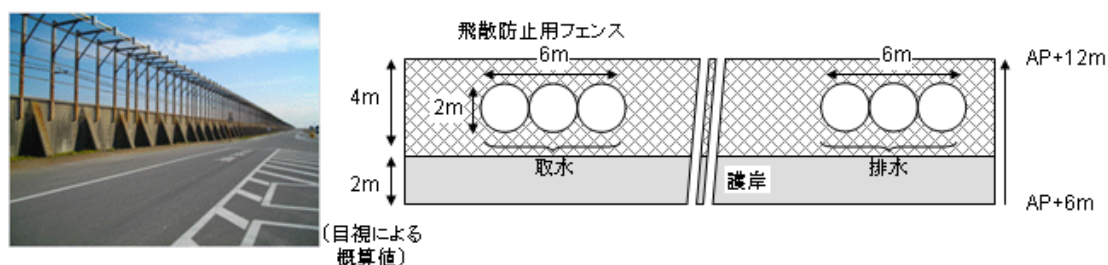


図 5・3・3 取排水管の敷設

⁶⁵ 廃掃法上も「軽微な変更」で対応可能（東京都環境局回答）。ただしフェンスは 2m ピッチで金網を支える主塔が設置されているため、施工時にはフェンスそのものの耐力にも留意が必要である。

■砂町水再生センター①

砂町水再生センターの下水処理水の取水箇所は、現在、砂町②用地にて建設中の暗渠の排水口となる。そのため、当該敷地からは 1,000m の新規敷設が必要である。

φ 800 の冷却用水取水管が必要となり、敷設単価は 50 万円/m である。



図 5-3 4 冷却用水導管接続経路（砂町水再生センター）

■葛西水再生センター用地

葛西水再生センターの排水口から取水する場合、550m の新規敷設が必要となる。



図 5・3 5 冷却用水道管接続経路（葛西水再生センター用地）

5-5 発電所の建設費用：総括

以上の費用を整理すると、建設費用は以下のようになる。

表 5-40 発電所建設費用

費目(百万円)	中央防波堤 外側埋立地	砂町水再生 センター用地①	葛西水再生 センター用地
発電設備費	100,000	100,000	100,000
基盤整備費	35,711	16,223	13,932
土壌汚染調査費	1,376	2,559	1,008
地盤改良費(兼メタンガス 対策)	1,908	3,351	2,394
RC基礎	2,368	2,736	2,736
基礎杭	18,885	7,577	7,794
個別立地対策	11,174	—	—
小計	<u>135,711</u>	<u>116,223</u>	<u>113,932</u>
接続費用	<u>24,251</u>	<u>9,438</u>	<u>11,160</u>
電気(送電線)	12,892	2,505	6,150
ガス(ガス管)	10,000	6,000	4,500
上水道(上水道管)	299	98	20
下水道(下水道管)	460	135	15
冷却用水(取水管)	—	700	475
冷却用水(取水・排水管)	600	—	—
合計	<u>159,962</u>	<u>125,661</u>	<u>125,092</u>