

横須賀火力発電所における海洋深層水冷却利用について

株式会社デザインウォーター

横須賀火力発電所では東京海底谷が近くまで入り込み、年間を通して低温な海洋深層水を容易に取水できます。地域資源・海洋深層水冷却熱の活用により、設備費/運用費の縮減が期待でき、更に冷却水使用後の温排水のカスケード利用（原水を販売）で地域振興に寄与できます。

しかし民間企業の建設段階では工期等の見直しは難しく、事前に実証し計画に反映する必要がありました。これはNEDOの既往報告書^{*5}でも指定されており、折角の知見を活かし、民間の弱点を補完すべく、公的機関で更なる最適化の詳細研究や効果の実証が望まれます。

(1) 取水ポイント（東京海底谷）

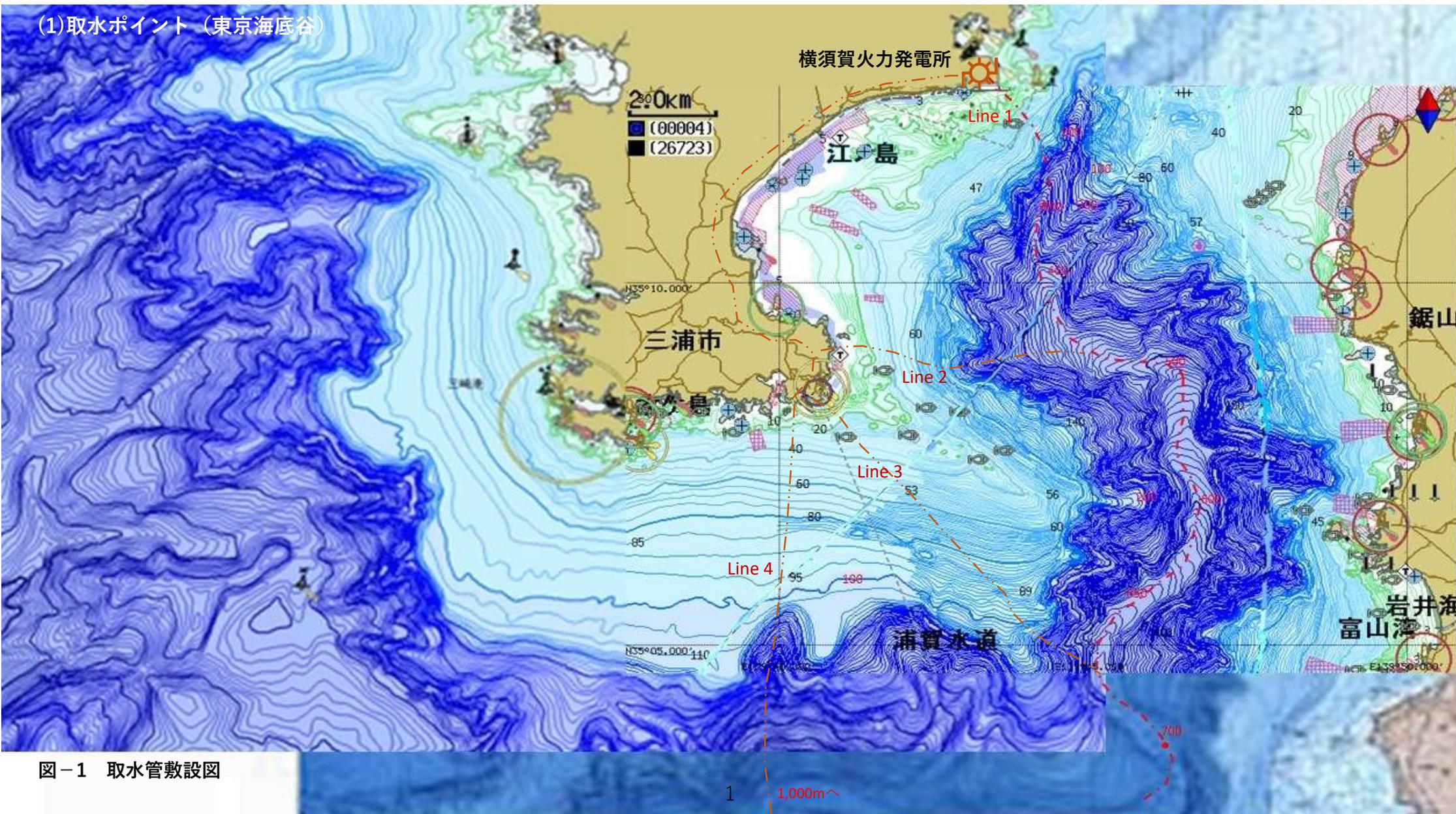


図-1 取水管敷設図

(2) 海洋深層水冷熱利用の優位性

1) 試算ケース

冷却水に海洋深層水を用いる場合、低温であることを利用し、以下の①～③の方法が考えられます。

①発電効率を上げる方法^{*1~4, 6} (参考文献は別添資料)

② $\Delta T=7^{\circ}\text{C}$ (排水温度-取水温度) で、深層水-表層水温度差分を 7°C に加算し、取水量を減らす方法 (取水施設工事費、復水器工事費、所内率などが低減)^{*5}

③前述①、②を踏まえ最適化する方法

などが考えられます。

ここでは、熱源温度が高い場合、冷却水温度を下げても発電効率の改善は相対的に小さいので、②における効果を試算 (概数を把握) しました。

2) 経済性の比較

横須賀火力発電所の場合、古い取水施設が未だ使えることから、発電施設のみ更新する場合、水温/水量は表層の条件でコンデンサーを整備することになり、冷却水に海洋深層水冷熱を用いる場合は、海洋深層水取水施設工事費は追加されますが、復水器投資額が減少し、ランニングコストを含めた経済性では古い取水施設を使う場合に比べ、2,000万円/年程度 (発電総原価の3.1%) のコスト縮減になることが分かります。

取水深度の比較では、東京海底谷の地形等を踏まえた案3 (水深400m, 水温 6°C) が最も優れることが分かります。ROAへの貢献は0.6%程度となります。

表には現れませんが、深層水水温は年間を通じ一定であり、夏の電力最需要期に出力低下が小さいことは特記すべきことです。(表層水は季節変動で出力低下)

3) 冷却水使用後のカスケード利用を含めた経済性

冷却水として使った後の温排水は、冷熱以外の海洋深層水の性質をそのまま残し、カスケード利用が可能で、活用法の普及 (啓蒙) には数年間を要すると考えられますが、その販売益は大きく (1.6億円/年、発電原価の25%に相当)、地域振興への貢献 (別添資料 図-6 海洋深層水のカスケード利用) を踏まえると、案3が推奨されます。

4) 古い取水施設を使うことで発電装置 (復水器など) を更新した後、取水施設更新時に海洋深層水取水施設を整備した場合

海洋深層水水温が低いため取水量、所内率の低減、清浄性により維持管理費を低減できますが、既に復水器の償却費は発生しており、コスト縮減効果は2/3程度になります。それでも十分に有意と考えられます。

また、前項と同様に、温排水のカスケード利用により、取水コストのアロケーションとともに、市域振興に貢献することができます。

5) 結論

復水器の縮小をはじめ一括更新が冷却水の効果を最大限享受できますが、表層水用に復水器を更新した後も深層水冷熱の効果は明らかです。

しかしながら、民間企業の建設段階では工期等の見直しは難しく、事前の実証し、計画に反映する必要があります。先のNEDOの報告書^{*5}でもその効果を指摘し実証を推奨されていますが、折角の知見を活かし、民間の弱点を補完すべく、NEDOなどの公的機関で効果を実証や更なる最適化の詳細研究が望まれます。

表-1 現状および海洋深層水冷熱利用案の比較

項目	単位	取水 更新なし	取水 従来工法	DW 工法	案1	案2	案3	案4	案5	案6	備考	
水深	m	10	10	10	200	300	400	500	600	700	図-1, 3	
水温	°C	17.6	17.6	17.6	11.5	8.5	7.0	5.5	4.5	4.0	館山の調査値を代用	
取水能力	万m ³ /日	-	700	700	373	304	278	256	243	238	表-4, 5, DW工法 (図-4)	
延長	km	-	0.4	0.36	2.43	3.14	4.93	9.36	13.86	21.00	ペーロケ	
管径 (2条)	m	-	3.0	3.0	3.0	3.0	2.8	2.7	2.7	2.6	φ3,000を上限	
取水工事費A	百万円	-	10,000	3,100	3,400	4,100	5,200	8,800	13,100	18,100	表-5, 付帯工含む	
復水器工事費B	〃	10,100	10,100	10,100	7,600	7,000	6,800	6,600	6,500	6,500	表-7, ポンプ含む	
A+B	〃	10,100	20,100	13,200	11,000	11,100	12,000	15,400	19,600	24,600	これ以外の工事費は約3,000億円	
A+Bの増減 (取水なし差) 〃		±0	10,000	3,100	900	1,000	1,900	5,300	9,500	14,500		
復水器整備後に深層水利用 〃					3,400	4,100	5,200	8,800	13,100	18,100		
取水 経 費	取水償却費	百万円/年	0	333	103	113	137	173	293	437	603	耐用年数30年
	運転費	〃	169	169	169	165	126	162	238	287	451	電力費, ほぼ全自動
	補修費	〃	50	50	15	17	20	26	44	66	90	工事費比0.5%
	計	〃	219	552	287	296	282	361	575	790	1,144	注)相対的比較
関 連 経 費	取水管維持費	〃	0	0	±0	-60	-68	-75	-75	-75	-75	生物付着 (補足-2)
	復水器償却費	〃	2,029	2,029	2,029	1,511	1,401	1,360	1,325	1,305	1,295	復水器縮小, 耐用年数5年 (表-7)
	(復水器先行)	〃	2,029	2,029	2,029	2,029	2,029	2,029	2,029	2,029	2,029	
所 内 率	所内率	〃	2,278	2,278	2,278	1,215	989	904	834	792	773	冷却水動力分 1.2%と仮定し、線形補間
	計	〃	4,307	4,307	4,307	2,665	2,322	2,189	2,083	2,022	1,993	注)相対的比較、-は経費、+は利益
(復水器先行)	計	〃	4,307	4,307	4,307	3,183	2,950	2,858	2,787	2,746	2,727	
	経費合計	〃	4,525	4,858	4,594	2,961	2,604	2,550	2,658	2,811	3,138	注)関連する項目の相対的比較
(復水器先行)	〃	4,525	4,858	4,594	3,479	3,232	3,219	3,362	3,536	3,871		
経費の増減 (取水なし差) 〃		±0	333	69	-1,564	-1,921	-1,975	-1,867	-1,714	-1,387	約0.22円/kWhのコスト減 (原価の3.1%)	
復水器整備後に深層水利用 〃					-1,046	-1,293	-1,306	-1,163	-989	-654	約0.14円/kWhのコスト減 (原価の2.0%)	
ROAへの貢献 (取水なし差) %		±0%	-0.1%	0.0%	0.5%	0.6%	0.6%	0.6%	0.5%	0.4%	利益/(追加費用+3,000億円), 利益/(追加費用)	
ROAへの貢献 (復水器整備後) 〃					0.3%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%	0.2%		
別途温排水販売	百万円/年	0	0	0	カスケード 利用の評価は落ちる		16,200	16,800	16,900	17,300	40%, 50円/m ³ (原価率0.5~1.0%, ただし漸増)	
推奨順位		現状	参考	工法のみ		③	①	②			海洋深層水温排水の販売が重要になる	

横須賀火力発電所における海洋深層水冷熱利用のご提案 参考資料（算出根拠/仮定）

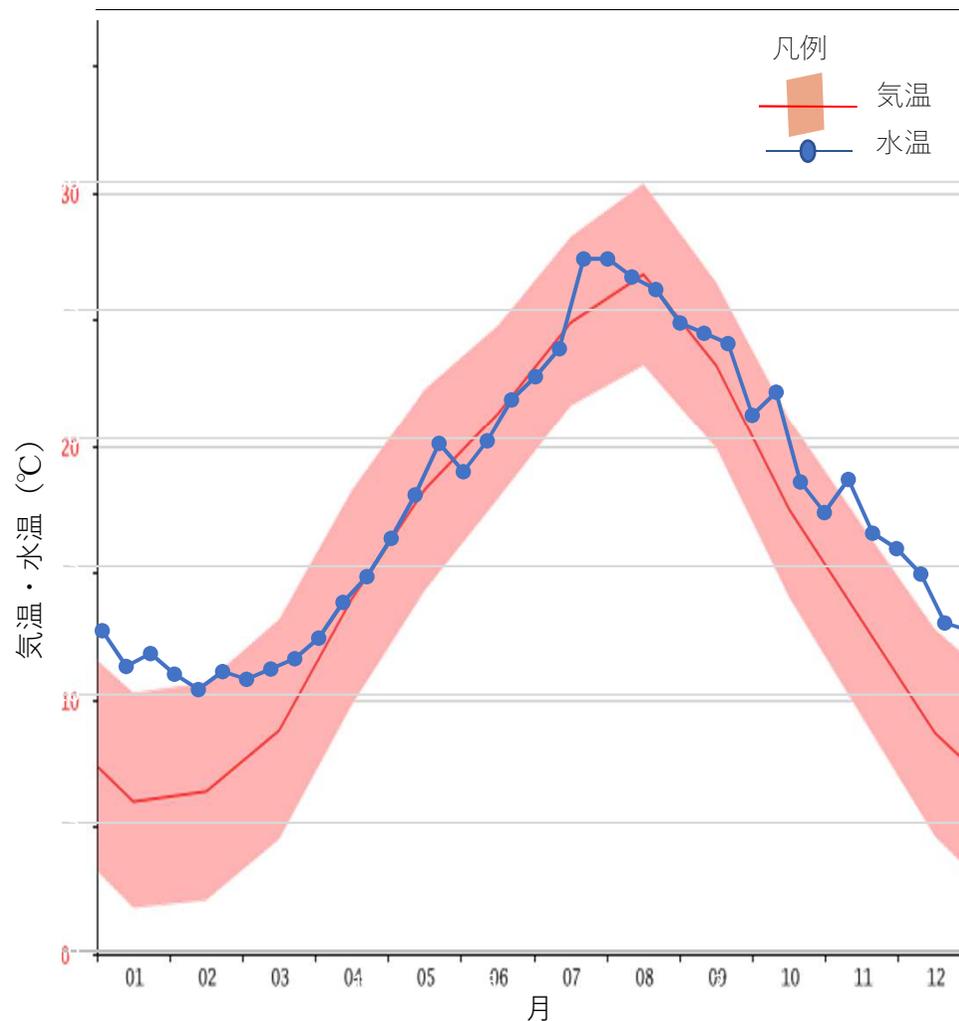
【目次】

図-1	取水管敷設図	… 1
表-1	現状および海洋深層水冷熱利用案の比較	… 2
図-2	横須賀の気温、海水温	… 3
表-2	平均気温・水温（収支比較），最高気温・水温（ピーク時出力）	… 3
図-3	水深～水温～取水管延長（図-1 取水管敷設図 参照）	… 4
表-3	設定条件	… 4
表-4	取水施設設定条件	… 4
図-4	取水施設	… 4
表-5	水深～取水施設諸元、工事費、取水コスト	… 4
表-6	蒸気タービンの現状、海洋深層水冷熱を用いた時の発電量比較	… 5
図-6	水温と蒸気タービン出力	… 5
表-7	冷却水減少による復水器費用の低減	… 6
補足-1	冷却水減少による所内率の低減	… 6
補足-2	生物付着の減少、管理費の低減	… 6
補足-3	メンテナンスフリー化	… 6
図-6	海洋深層水のカスケード利用	… 7

【参考文献】

- *1 火力・原子力発電所での海洋深層水の冷却水としての利用の可能性，角湯正剛，月刊海洋 号外 No.22，2000.8
- *2 平成12年度エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発事業 NEDO，日本海洋開発産業協会，日本海洋開発産業協会，2001.3
- *3 深層水利用の調査および発電所への適用研究，竹田 浩文；江口 譲，電力中央研究所報告. 研究報告. U. (通号 00048) [2001.4]，2001.4
- *4 A PARAMETRIC STUDY ON POWER PLANT PERFORMANCE USING DEEP-SEA WATER FOR STEAM CONDENSATION，角湯正剛ほか，Pacon International(2002),547-556，2002
- *5 「エネルギー使用合理化海洋資源活用システム開発」事後評価報告書，N E D O，2005.3
- *6 高効率発電のための発電設備利用技術及び諸制約の調査報告書，日本機械工業連合会，海洋生物環境研究所，2009.3

図-2 横須賀の気温、海水温



climate-data.org ; <https://ja.climate-data.org/location/764647/>
<http://akifisher.la.coocan.jp/home1/menu11.html> 神奈川県水産技術センター

表-2 平均気温・水温（収支比較），最高気温・水温（ピーク時出力）

	平均	最高
水温 °C	17.6	27.0
気温 //	15.2	30.4
	収支計算用 ↑	↑ 電力ピーク時