

Ⅲ. 北海道における海洋再生可能エネルギーのポテンシャル

1. 日本周辺及び北海道周辺の経済水域

我が国は、四方を海に囲まれた海洋国家であり、北海道も、四方を海に囲まれている。その経済水域からみると、北海道は、我が国では、東京都、沖縄県に次ぐ規模である。

図表 3-1 国別陸地面積と 200 海里面積

A : No.	B: 国名	C:200 海里 面積 (万 km ²)	D: 陸地面積 (万 km ²)	E: = (C+D) (万 km ²)	F: 人口 (万人)	G: = (C/F) (千m ² /人)	H: = (D/F) (千m ² /人)
1	アメリカ	762	962	1724	29821	26	32
2	オーストラリア	701	774	1475	2016	350	380
3	インドネシア	541	191	732	22278	24	9
4	ニューゼaland	483	27	510	403	1200	67
5	カナダ	470	997	1467	3223	150	310
6	日本	447	38	485	12807	35	3
7	ロシア	441	1708	2149	14320	31	120
8	ブラジル	317	851	1168	18641	17	46
9	メキシコ	285	197	482	10703	26	18

図表 3-2 日本の領海等概念図



出典：海上保安庁ホームページ

2. 洋上風力エネルギー

(1) 既存調査結果のレビュー

ここでは、既存調査として、環境省が実施している「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（環境省、平成 22 年 3 月）」、「再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書（環境省、平成 23 年 3 月）」、「再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書（環境省、平成 24 年 6 月）」から、洋上風力発電のポテンシャルを整理する。

本調査では、以下のフローに従い、洋上風力発電の導入ポテンシャル等の推計を行っている。

1) 賦存量の推計

- 風況マップをもとに賦存量（kW）を算定。
- 海面上 80m における年間平均風速 6.5m/s 以上を対象としている。

2) 導入ポテンシャルの推計

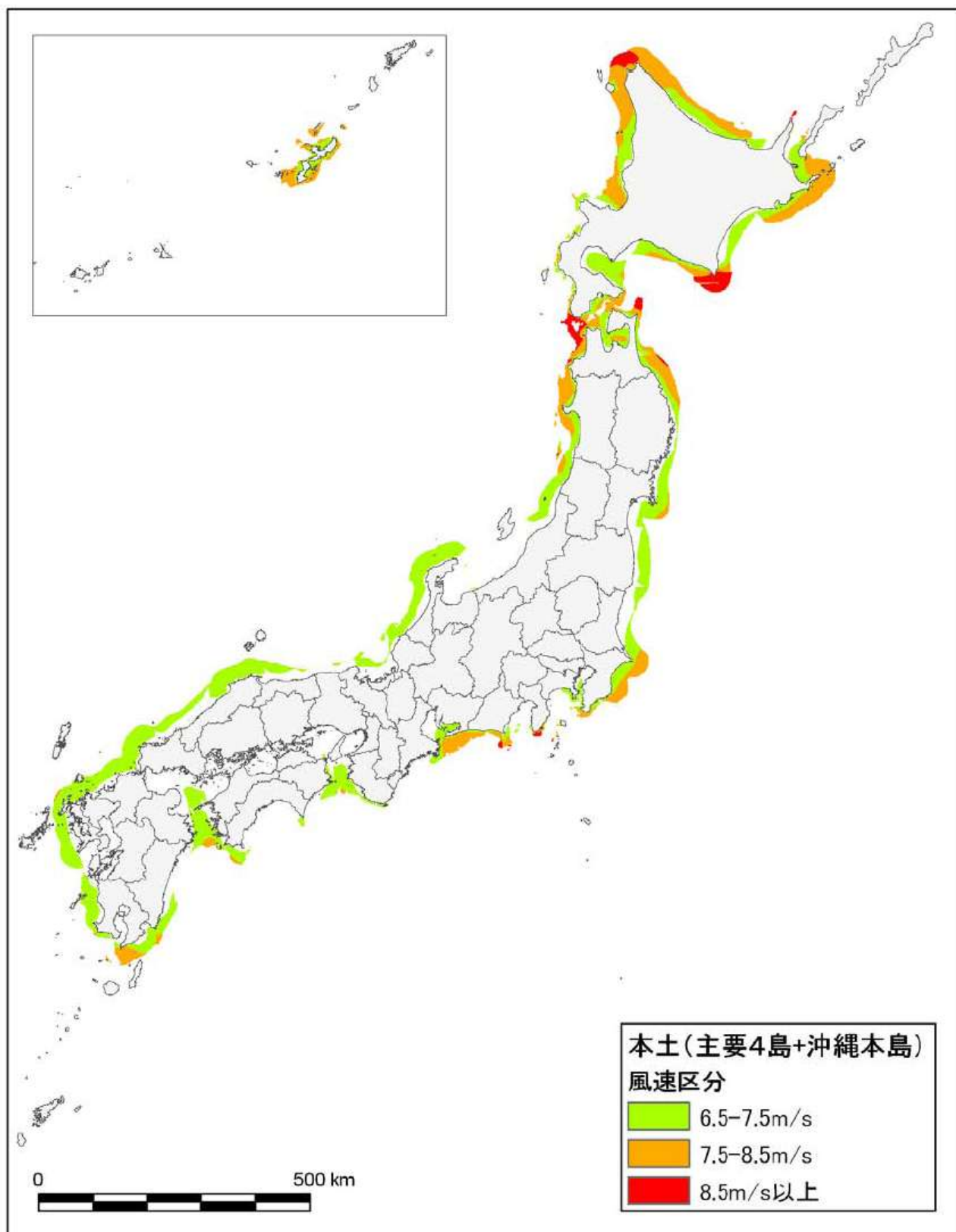
- 風況マップに各種社会条件を重ね合わせて、設備利用率を考慮した導入ポテンシャル（kW）を算定
- 離岸距離として陸地から 30km 以上、水深として 200m 以上、法規制区分として国立・国定公園（海域公園）を除外している。

3) シナリオ別導入可能量の推計

- 「再生可能エネルギーの全量固定価格買取制度」の売電価格や期間、技術開発の動向等を想定し、売電条件等の異なる複数のシナリオを設定。
- 標準的な風力発電所の事業収支に関わるパラメータを設定し、上記のシナリオに対して各々の地域における事業可能性を算定。
- 以上を踏まえて、シナリオ別導入可能量（kW）を推計。
- シナリオは、評価期間として 15 年間、20 年間、買取価格として 20～35 円/kW を設定するとともに、追加シナリオとして風速区分別開発可能条件（税引前 PIRR $\geq$ 8%を満たす水深）を設定している。
- 着床式と浮体式の区分については、水深により、着床式の場合は水深 30m 以下を、浮体式の場合は、水深 200m 以下を対象として推計している。
- ポテンシャルは設備容量として推計されており、面積 $\times$ 1.0 万 kW/km²で計算されている。

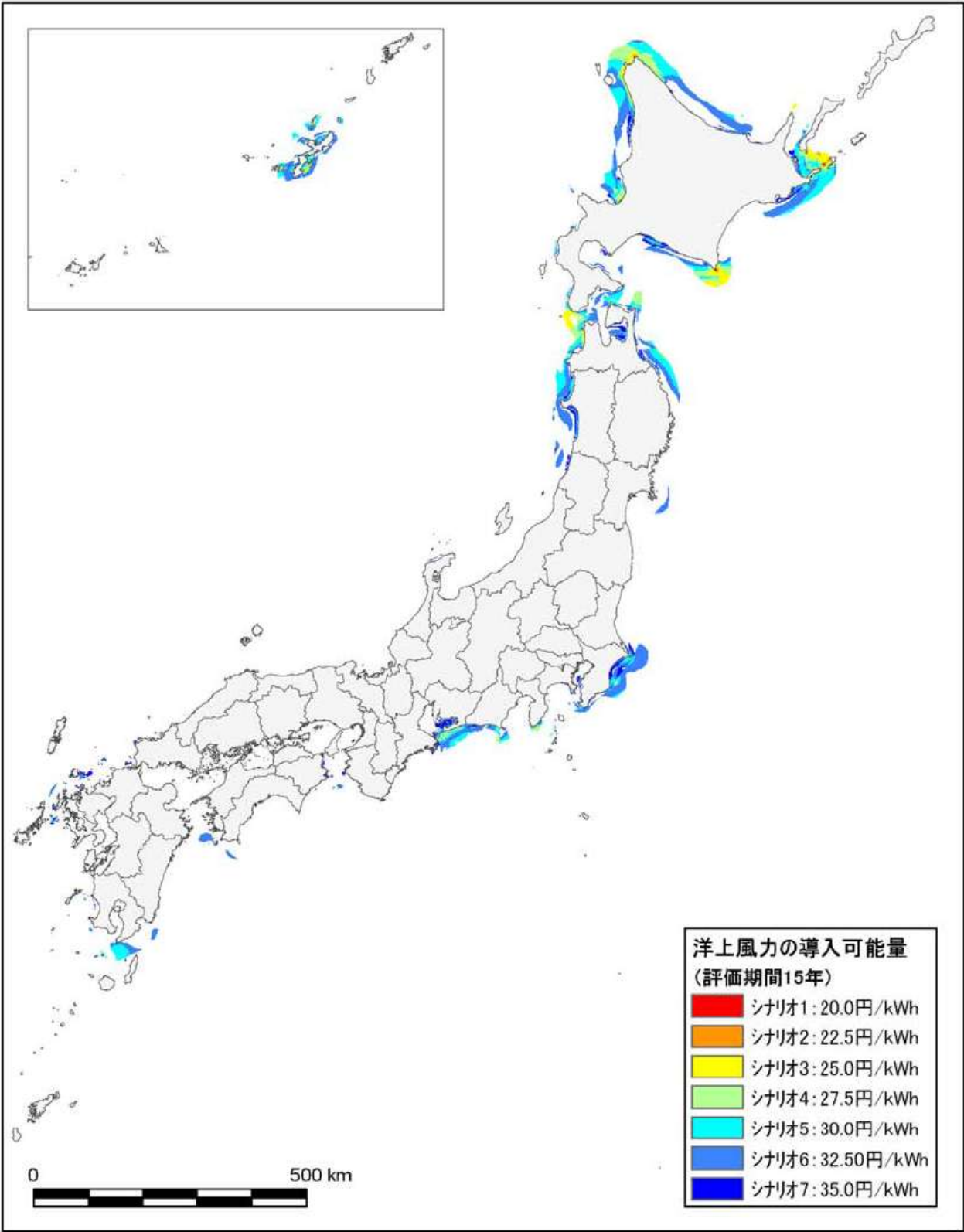
以上のシナリオ及び推計結果を以下に示す。

図表 3-3 島嶼部周辺を控除した洋上風力の導入ポテンシャル分布図（主要4島+沖縄本島）



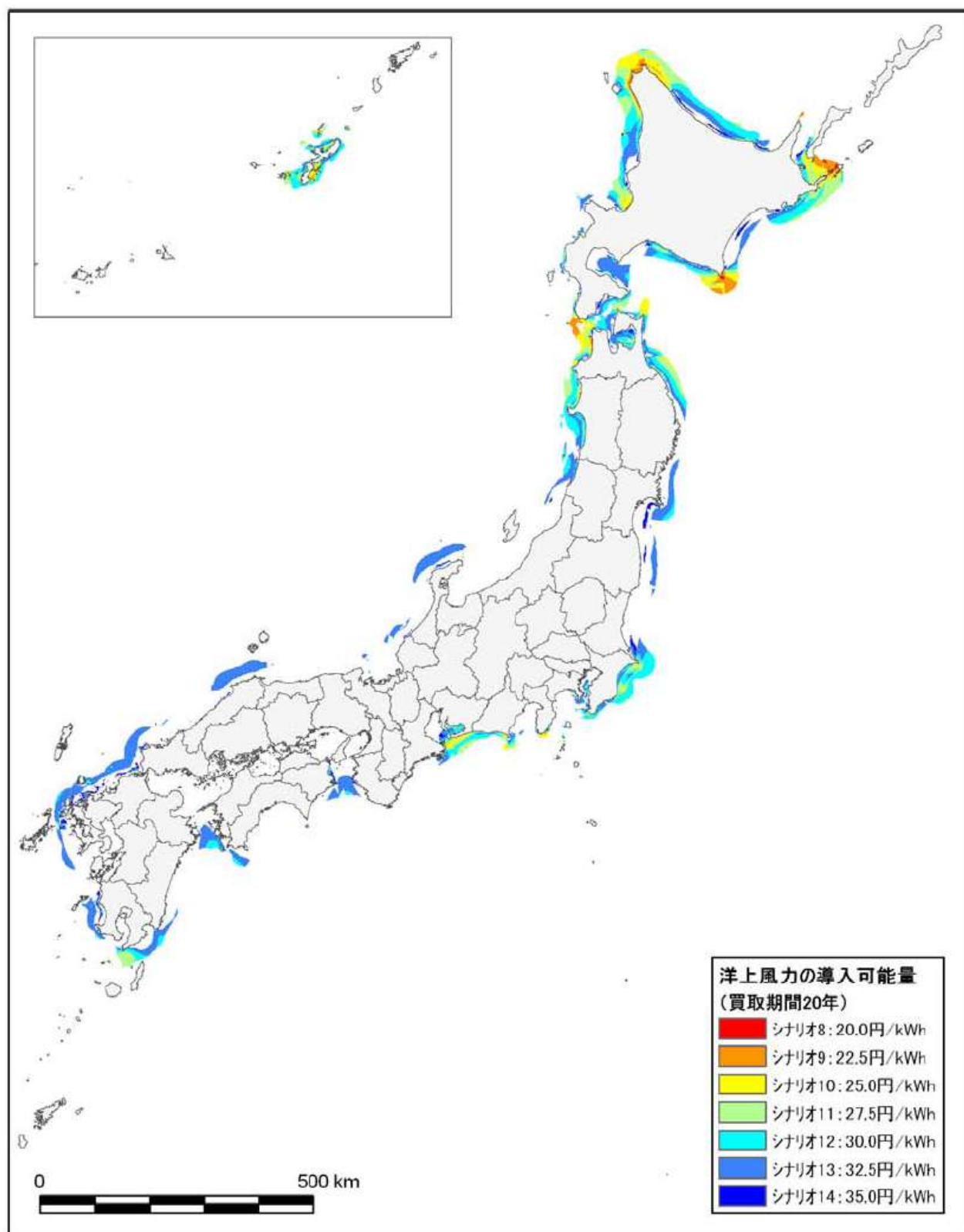
出典)「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成 24 年 6 月)

図表 3-4 洋上風力に関するシナリオ別導入可能量分布図（評価期間：15 年間）（主要 4 島＋沖縄本島）



出典)「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成 24 年 6 月)

図表 3-5 洋上風力に関するシナリオ別導入可能量分布図（評価期間：20 年間）（主要 4 島＋沖縄本島）



出典)「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成 24 年 6 月)

図表 3-6 洋上風力の風速区分別開発可能条件（税引前 PIRR $\geq$ 8%を満たす水深）

追 加 シ ナ リオ	買取価 格	評 価 期 間	風速区分						
			9.5m/s 以 上	9.0m/s	8.5m/s	8.0m/s	7.5m/s	7.0m/s	6.5m/s
1	20.0 円/kWh	15 年	水深 29.7m 以浅	水深 19.8m 以浅	水深 9.4m 以浅	該当なし	該当なし	該当なし	該当なし
2	22.5 円/kWh		水深 48.7m 以浅	水深 37.6m 以浅	水深 25.9m 以浅	水深 12.8m 以浅	該当なし	該当なし	該当なし
3	25.0 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	水深 42.4m 以浅	水深 27.9m 以浅	水深 12.6m 以浅	該当なし	該当なし
4	27.5 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 42.9m 以浅	水深 26.1m 以浅	水深 8.1m 以浅	該当なし
5	30.0 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 39.7m 以浅	水深 20.0m 以浅	水深 0.3m 以浅
6	32.5 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 31.9m 以浅	水深 10.6m 以浅
7	35.0 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 43.8m 以浅	水深 20.8m 以浅
8	20.0 円/kWh	20 年	水深 49.2m 以浅	水深 37.9m 以浅	水深 25.9m 以浅	水深 12.5m 以浅	該当なし	該当なし	該当なし
9	22.5 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	水深 44.9m 以浅	水深 29.8m 以浅	水深 14.0m 以浅	該当なし	該当なし
10	25.0 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 47.2m 以浅	水深 29.6m 以浅	水深 10.7m 以浅	該当なし
11	27.5 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 45.1m 以浅	水深 24.4m 以浅	水深 3.6m 以浅
12	30.0 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 38.0m 以浅	水深 15.4m 以浅
13	32.5 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 27.2m 以浅
14	35.0 円/kWh		すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	すべて 満たす	水深 39.0m 以浅

出典)「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成 24 年 6 月)

シナリオ別導入可能量の推計結果を以下に示す。

図表 3-7 洋上風力に関するシナリオ別導入可能量

(単位：設備容量 (万 kW))

形式	評価 期間	シナ リオ No.	買取価格	全国	北海道	東北	東京	北陸	中部	関西	中国	四国	九州	沖縄
着床	15 年間	1	20.0円	13	13	100.0%	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	22.5円	263	238	90.5%	16	1	0	0	0	0	2	5
		3	25.0円	1,902	1,637	86.1%	100	20	0	12	0	0	8	125
		4	27.5円	4,934	3,756	76.1%	304	119	0	310	0	0	22	423
		5	30.0円	9,221	6,168	66.9%	719	616	1	768	2	0	5	95
		6	32.5円	13,756	7,950	57.8%	1,800	1,446	17	1,252	7	16	35	247
		7	35.0円	17,862	9,281	52.0%	2,577	2,095	58	1,640	30	43	125	719
浮体	15 年間	1	20.0円	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		2	22.5円	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		3	25.0円	1,245	1,044	83.9%	201	0	0	0	0	0	0	0
		4	27.5円	4,250	3,036	71.4%	999	109	0	106	0	0	0	0
		5	30.0円	13,577	8,231	60.6%	3,317	273	0	656	0	0	720	380
		6	32.5円	30,046	15,189	50.6%	7,273	2,362	0	1,472	70	0	357	1,564
		7	35.0円	30,046	15,189	50.6%	7,273	2,362	0	1,472	70	0	357	1,564
着床	20 年間	8	20.0円	263	239	90.9%	16	1	0	0	0	0	2	5
		9	22.5円	2,150	1,838	85.5%	113	25	0	22	0	0	9	143
		10	25.0円	6,152	4,497	73.1%	393	183	0	409	0	0	34	635
		11	27.5円	10,790	6,862	63.6%	999	893	2	934	3	2	9	127
		12	30.0円	15,897	8,676	54.6%	2,128	1,824	32	1,470	15	26	72	404
		13	32.5円	20,284	10,133	50.0%	3,045	2,350	121	1,782	64	72	197	1,181
		14	35.0円	23,000	10,998	47.8%	3,659	2,537	205	1,876	104	156	285	1,830
浮体	20 年間	8	20.0円	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
		9	22.5円	1,245	1,044	83.9%	201	0	0	0	0	0	0	0
		10	25.0円	4,250	3,036	71.4%	999	109	0	106	0	0	0	0
		11	27.5円	13,577	8,231	60.6%	3,317	273	0	656	0	0	720	380
		12	30.0円	30,046	15,189	50.6%	7,273	2,362	0	1,472	70	0	357	1,564
		13	32.5円	55,711	21,845	39.2%	12,193	3,076	1,891	1,787	882	3,265	1,871	6,777
		14	35.0円	55,711	21,845	39.2%	12,193	3,076	1,891	1,787	882	3,265	1,871	6,777

出典)「平成 23 年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成 24 年 6 月)

(2) 北海道のポテンシャル

ここでは、全国ベースの検討をもとに、北海道の洋上風力発電のポテンシャルを整理・分析する。

シナリオ別導入可能量で見ると、北海道は、期間が20年間で買取価格が高い一部のケースを除き、全国の50%以上の導入可能量が存在することがわかる。

図表 3-8 北海道の洋上風力の導入ポテンシャル

風速区分	設備容量(万kW)				北海道の 対全国シェア	
	全国		北海道			
	着床式	浮体式	着床式	浮体式	着床式	浮体式
6.5～7.0m/s	11,666	27,862	3,114	2,687	26.7%	9.6%
7.0～7.5m/s	9,114	40,939	3,149	6,697	34.6%	16.4%
7.5～8.0m/s	5,502	24,079	3,086	7,305	56.1%	30.3%
8.0～8.5m/s	2,576	11,893	2,184	6,660	84.8%	56.0%
8.5m/s以上	408	4,303	394	3,067	96.6%	71.3%
合 計	29,266	109,705	11,928	26,416	40.8%	24.1%

出典)「平成23年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成24年6月)

図表 3-9 シナリオ別導入可能量(設備容量:万kW)

形式	評価 期間	シナリ オ No.	買取価格	全国	北海道	
着床	15 年間	1	20.0円	13	13	100.0%
		2	22.5円	263	238	90.5%
		3	25.0円	1,902	1,637	86.1%
		4	27.5円	4,934	3,756	76.1%
		5	30.0円	9,221	6,168	66.9%
		6	32.5円	13,756	7,950	57.8%
		7	35.0円	17,862	9,281	52.0%
浮体	15 年間	1	20.0円	0	0	—
		2	22.5円	0	0	—
		3	25.0円	1,245	1,044	83.9%
		4	27.5円	4,250	3,036	71.4%
		5	30.0円	13,577	8,231	60.6%
		6	32.5円	30,046	15,189	50.6%
		7	35.0円	30,046	15,189	50.6%
着床	20 年間	8	20.0円	263	239	90.9%
		9	22.5円	2,150	1,838	85.5%
		10	25.0円	6,152	4,497	73.1%
		11	27.5円	10,790	6,862	63.6%
		12	30.0円	15,897	8,676	54.6%
		13	32.5円	20,284	10,133	50.0%
		14	35.0円	23,000	10,998	47.8%
浮体	20 年間	8	20.0円	0	0	—
		9	22.5円	1,245	1,044	83.9%
		10	25.0円	4,250	3,036	71.4%
		11	27.5円	13,577	8,231	60.6%
		12	30.0円	30,046	15,189	50.6%
		13	32.5円	55,711	21,845	39.2%
		14	35.0円	55,711	21,845	39.2%

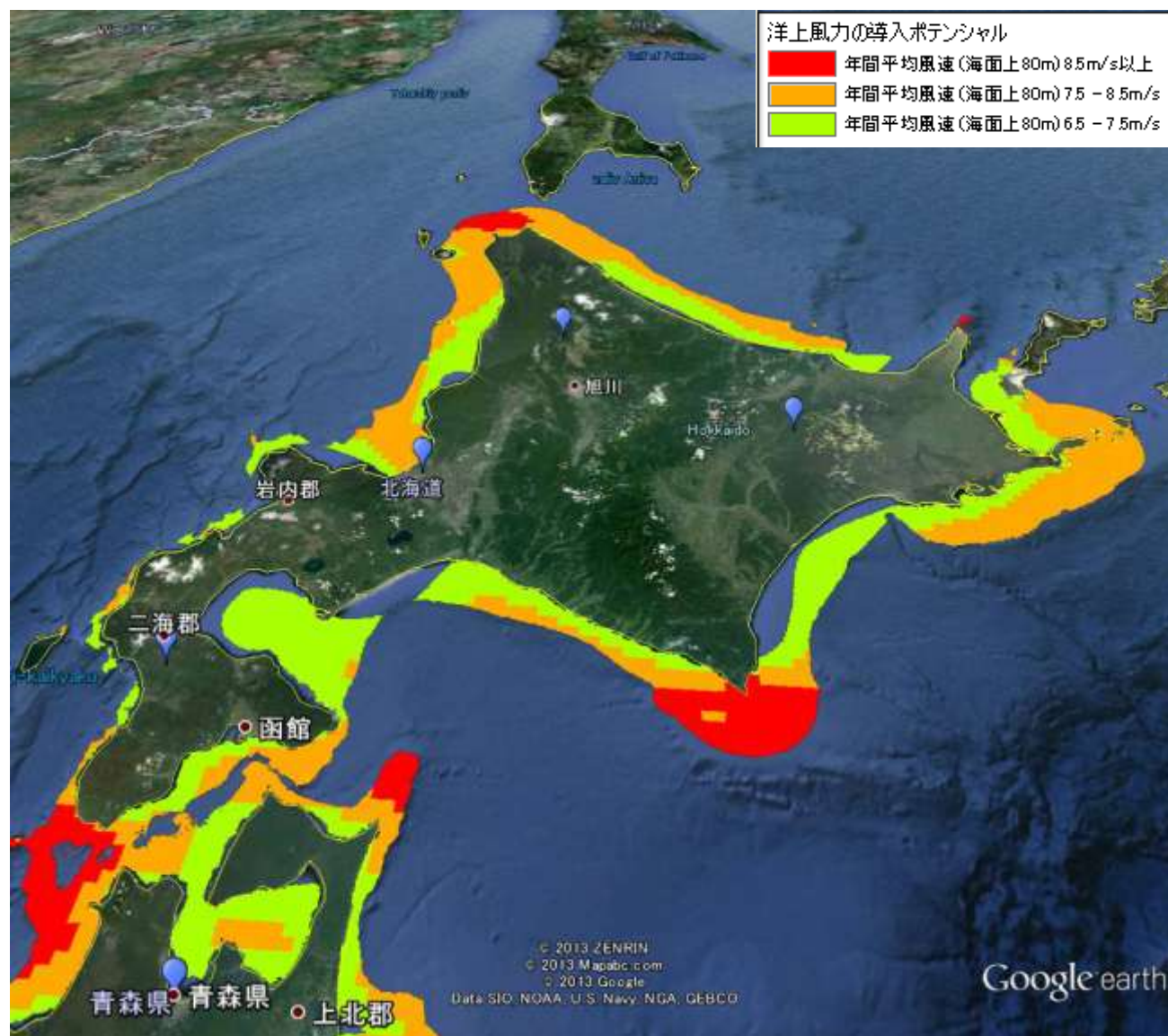
出典)「平成23年度再生可能エネルギーに関するゾーニング基礎情報整備報告書」(環境省、平成24年6月)

次に、道内の地域別の発電可能性を整理・分析する。

平均風速で見ると、全道的に年間平均風速（海面上 80m）6.5m/s 以上の海域が存在する。

特に、稚内及び襟裳岬周辺で、年間平均風速（海面上 80m）8.5m/s 以上の海域が存在するなど、ポテンシャルの高さがうかがえる。

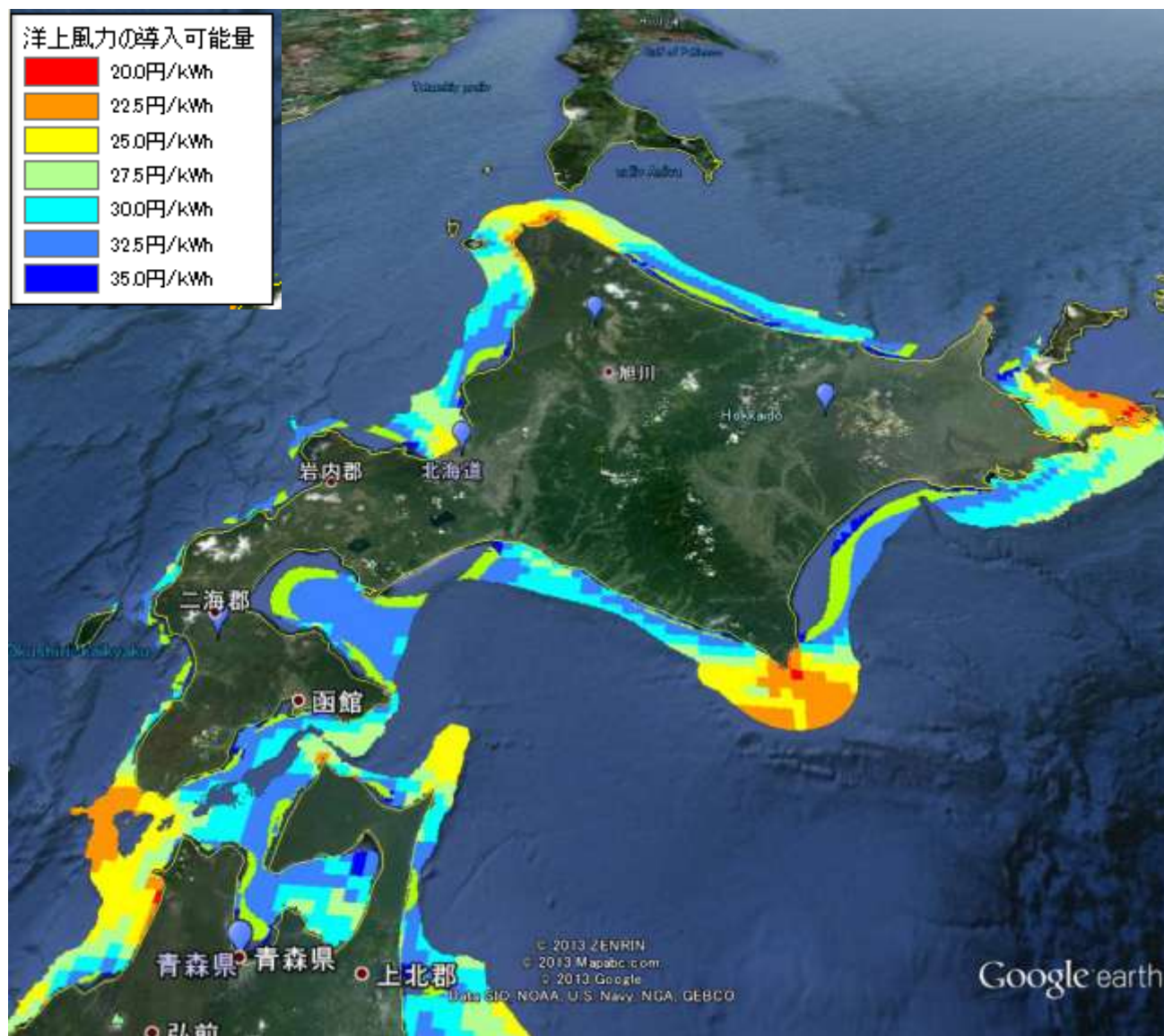
図表 3-10 北海道の洋上風力導入ポテンシャル



出典：環境省ホームページ「再生可能エネルギーポテンシャルマップ」

以上の風況データをもとに、買取価格との関係で、道内のポテンシャルを評価すると、稚内及び襟裳岬周辺では、現状の買取価格（風力発電の場合、20kW 以上で、20 年間 23.1 円/kWh）と比較しても採算確保可能な海域が存在する。

図表 3-11 北海道のシナリオ別洋上風力導入可能量（設定期間 20 年）



出典：環境省ホームページ「再生可能エネルギーポテンシャルマップ」

3. 波エネルギー

(1) 既存調査結果のレビュー

ここでは、「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」から、波エネルギーのポテンシャルを整理する。

上記調査では、気象庁沿岸波浪実況 GPV データを使用し、有義波高 $1/3 H$ と卓越周期 T から、エネルギー密度 $\bar{p}$ [W/m] を下記換算式から算出し、エネルギー密度の年間平均値をポテンシャルマップとして作図している。

$$\bar{p} = \frac{\bar{P}}{L} = \frac{1}{n} \sum_{ij} \frac{\rho \cdot g^2}{64\pi} H_{1/3ij}^2 \cdot T_{ij}$$

$H_{1/3ij}$	i 日目 j 時における有義波高	(m/s)
T_{ij}	i 日目 j 時における卓越周期	(s)
ρ	海水密度 (1024.78)	(kg/m ³)
g	重力加速度 (9.8)	(m/s ²)

我が国の波力のエネルギーポテンシャルは、離岸距離 100km の外周ラインで、エネルギー密度を線積分して算出している。

次に、導入・発電ポテンシャルとして、以下の3つのシナリオを設定し、

①シナリオ1：沿岸固定方式

- ・沿岸部で、護岸に隙間なく設置する方式とする。

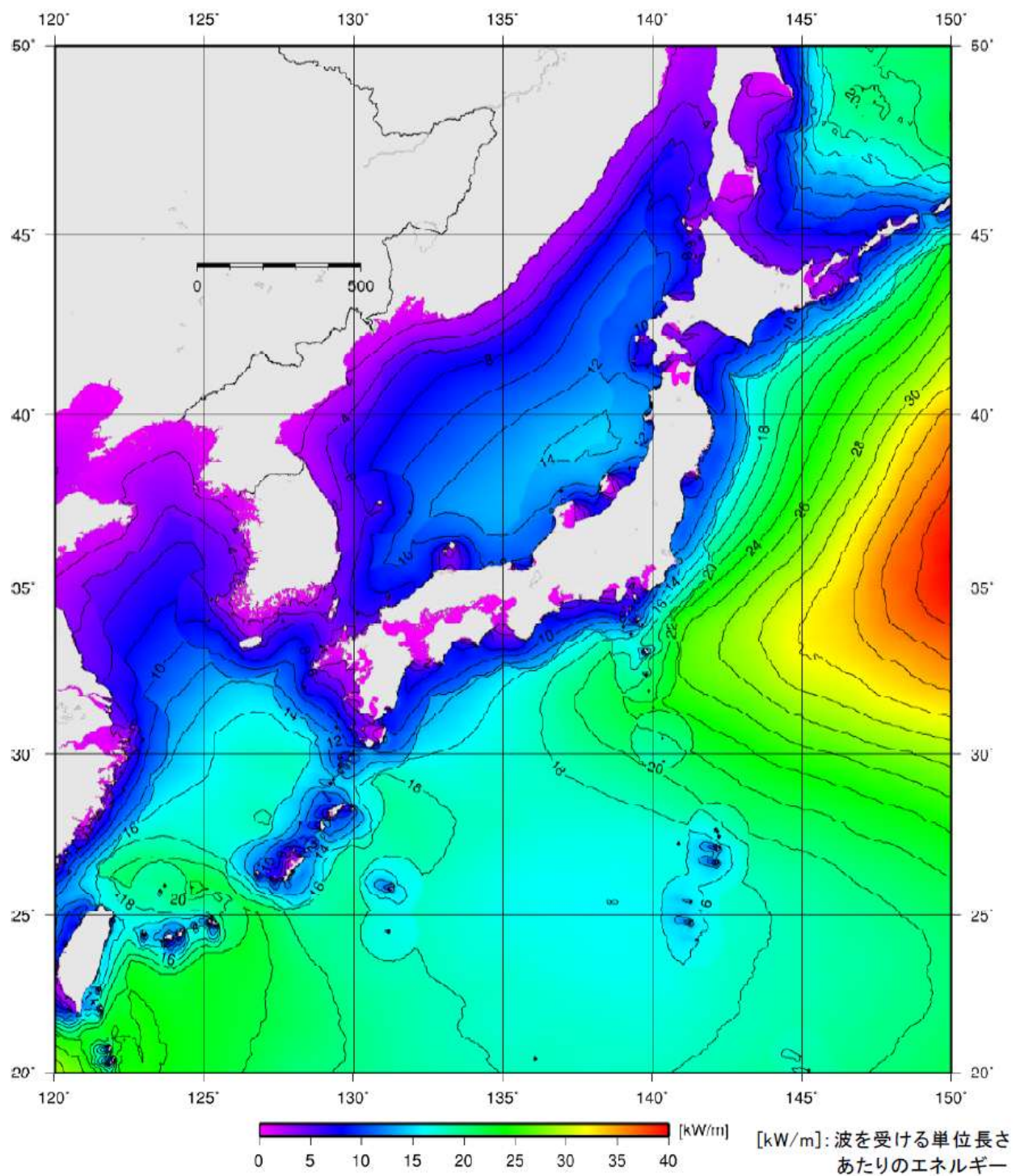
②シナリオ2 a：沖合係留方式

- ・沖合部で、デバイスを係留し、陸地へ送電する方式とする。ここで想定するデバイスは単体ではなく、波に対して垂直方向に複数設置し、さらにそれらを波の進行方向に他段に設置するようなウェーブファームとする。

③シナリオ2 b：沖合浮体方式

- ・シナリオ2 aの沖合係留方式よりもさらに沖合に浮体式のウェーブファームを展開することを想定する。発電後、送電するのではなく、その場で利用もしくは蓄電するような方式を想定する。

図表 3-12 波力エネルギー密度[kW/m]（沿岸波浪実況：1 年平均）



出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上の波力エネルギー密度に基づき、波力のエネルギーポテンシャル、導入ポテンシャル、発電ポテンシャルは、以下の通り推計されている。

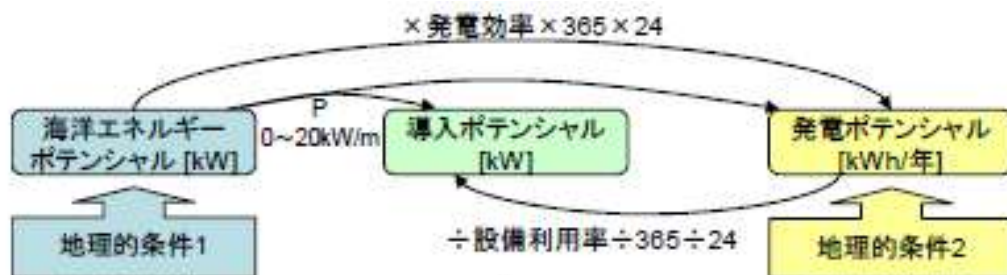
図表 3-13 電力管区別波力のポテンシャル

電力管区	エネルギーポテンシャル (MW)	導入ポテンシャル (MW)		発電ポテンシャル (MWh/年)	
		現状技術 (15kW/m以上)	将来技術 (10kW/m以上)	現状技術 (15kW/m以上)	将来技術 (10kW/m以上)
北海道電力	25,250	0	2,065	0	7,236,461
東北電力	13,044	0	4,467	0	15,651,842
東京電力	62,683	3,053	7,391	10,696,748	25,897,889
北陸電力	3,205	0	1,921	0	6,731,359
中部電力	2,671	0	0	0	0
関西電力	3,418	0	545	0	1,910,293
中国電力	7,409	0	38	0	133,240
四国電力	2,706	0	0	0	0
九州電力	19,368	0	2,653	0	9,295,762
沖縄電力	55,347	2,333	5,794	8,175,971	20,302,351
合計	195,101	5,386	24,874	18,872,719	87,159,197

出典)「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務 (NEDO、平成 23 年 3 月)」

なお、各ポテンシャルの推計方法は、以下の通りである。また、上記値はこのうちのシナリオ 2 a に基づくものである。

図表 3-14 波力発電の導入シナリオ



	シナリオ 1 沿岸固定方式	シナリオ 2a 沖合係留方式	シナリオ 2b 沖合浮体方式
地理的条件 1	①離岸距離 30km の外周ライン ②離岸距離 100km の外周ライン ③離岸距離 200km の外周ライン の距離を算出。エネルギー密度[W/m]を掛けて積分する。		
地理的条件 2	海岸線の外周ラインの距離を算出。エネルギー密度[W/m]を外周ラインで積分し、発電効率と年間時間(365 × 24)を掛ける。	離岸距離 30km 以内かつ 100m 以浅の外周ラインの距離を算出。エネルギー密度[W/m]を外周ラインで積分し、発電効率と年間時間(365 × 24)を掛ける。	離岸距離 100km の外周ラインの距離を算出。エネルギー密度[W/m]を外周ラインで積分し、発電効率と年間時間(365 × 24)を掛ける。
発電効率	0.3	0.3	0.3
設備利用率	0.4	0.4	0.4
技術条件 P[kW/m]	エネルギー密度 P として、0[kW/m]以上、5[kW/m]以上、10[kW/m]以上、15[kW/m]以上、20[kW/m]以上を利用した場合のポテンシャルをまとめる。		

出典:「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務 (NEDO、平成 23 年 3 月)」

以上の推計結果からは、東京電力管内と沖縄電力管内のポテンシャルが高い。これは、房総半島沖、東京・沖縄の離島部などで、ポテンシャルが高いためである。一方、北海道は、現状技術（15MW/m 以上）レベルでは、導入ポテンシャルはないとされており、将来技術（10MW/m 以上）でポテンシャルが顕在化するとされている。

図表 3-15 波力シナリオ 2a による導入ポテンシャル（MW）

電力管区	0kW/m以上	5kW/m以上	10kW/m以上	15kW/m以上	20kW/m以上
北海道電力	11,848	9,017	2,065	0	0
東北電力	7,839	7,462	4,467	0	0
東京電力	8,783	8,375	7,391	3,053	689
北陸電力	2,652	2,536	1,921	0	0
中部電力	1,364	1,255	0	0	0
関西電力	1,338	1,177	545	0	0
中国電力	3,039	2,834	38	0	0
四国電力	1,308	984	0	0	0
九州電力	9,272	7,359	2,653	0	0
沖縄電力	7,836	7,485	5,794	2,333	347
合計	55,279	48,483	24,874	5,386	1,036

出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上の結果は、港湾技術研究所における調査結果等、他の調査結果と比較しても、全国ベースの傾向としては、同様の結果となっている。

図表 3-16 日本沿岸の波力エネルギー（kW/m）



出典：高橋重雄「日本周辺における波パワーの特性と波力発電」（1989，港湾技術研究資料 No.654）

(2) 北海道のポテンシャル

以上整理した既存調査では、北海道のポテンシャルは必ずしも高いとは言えない結果となっている。これは、推計に用いたデータが沿岸波浪実況 GPV データ（1 年平均）を優先データとして取り扱っており、周囲にあまり陸地がないような広い海上では良い推算となっているが、沿岸近傍においては、詳細な地形や水深の影響を精度よく反映できていない可能性があることが指摘されている。

そこで、ここでは、国土交通省「全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）」データを用いて、道内の波力のポテンシャルを整理・分析する。

①エネルギーポテンシャルの算出方法

波力のエネルギーポテンシャルは「全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）」データを基に過去 10 年間（2001 年～2010 年）の有義波高・有義周期データから平均値を求め、これにエネルギーポテンシャル（波の峰方向幅 1m 当たりのエネルギー）計算式を乗じて算出した。

データ元	国土交通省 「全国港湾海洋波浪情報網（ナウファス）」	道内 7 港湾
エネルギー密度式	$p = \rho * g^2 / (64 * \pi) * (H_{1/3})^2 * (T_{1/3})$ $= 0.49 * (H_{1/3})^2 * (T_{1/3})$	

※エネルギー密度式の各係数

$H_{1/3}$	有義波高	m
$T_{1/3}$	有義周期	s
p	波の単位幅当たり(波の峰方向幅1m当たり)のエネルギー	W/m
ρ	海水密度(1.02478)	g/cm^3
g	重力加速度(9.8)	m/m^2

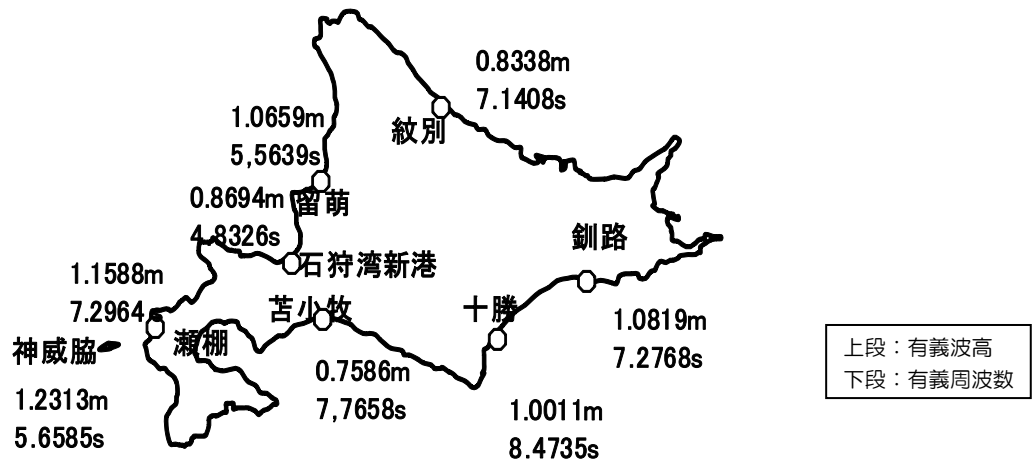
式出典) NEDO 平成 22 年度「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」

②推計結果

■各港湾の有義波高・有義周波数（2001 年～2010 年の 10 年間の平均）

- ・道内各港の有義波高・有義周期の平均値は以下の通りであり、日本海側は波高は高いが周期が短く、太平洋・オホーツク側で周期が長い傾向が示される。

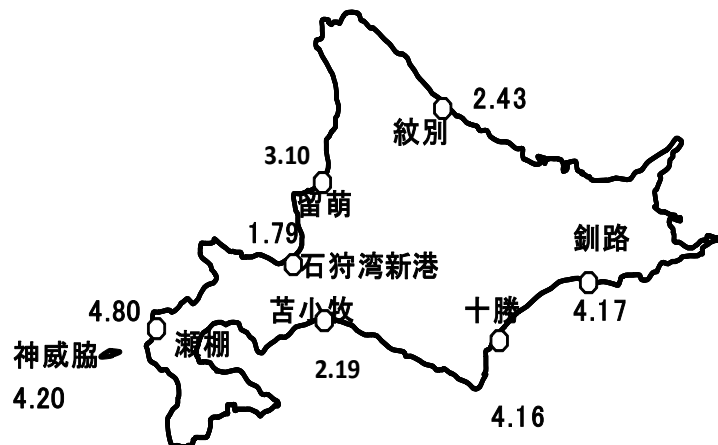
図表 3-17 各港湾の有義波高・有義周波数（2001～2010 年の 10 年間の平均）



■波力のパワーポテンシャル (kW/m)

- 波力のパワーポテンシャル（波の峰方向幅 1 m 当たりのエネルギー）は下図の通りであり、太平洋岸で高い値が得られる

図表 3-18 波力のパワーポテンシャル (kW/m)



■エネルギー利用可能量の推計結果

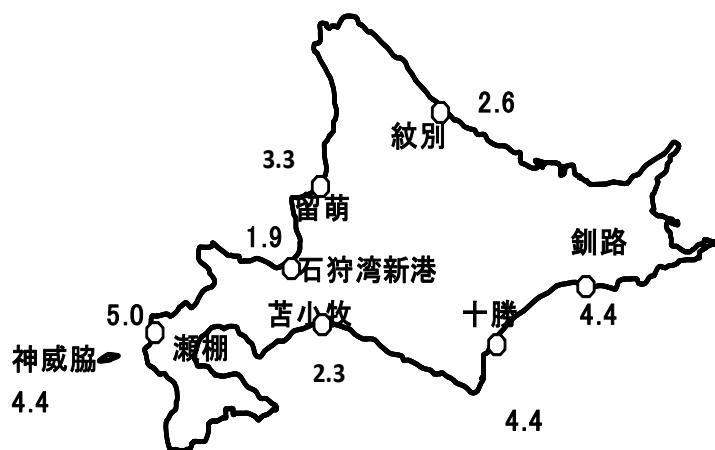
- 波力エネルギーの利用可能量は、パワーポテンシャルの値を基に、次の発電効率と設備稼働率を設定して計算した幅 1 m 当たりの年間発電量で示す。

発電効率	0.3
設備利用率	0.4
運転条件	周年運転

出典：NEDO 平成 22 年度「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」

- 幅 1m 当たりの年間発電量は、太平洋岸及び檜山地先で $4.4 \sim 5.0 \text{ kWh/m} \cdot \text{y}$ と高い値を示す。

図表 3-19 波力エネルギーの利用可能量（幅年間 1m 当たり年間発電量、 $\text{kWh/m} \cdot \text{y}$ ）



③考察

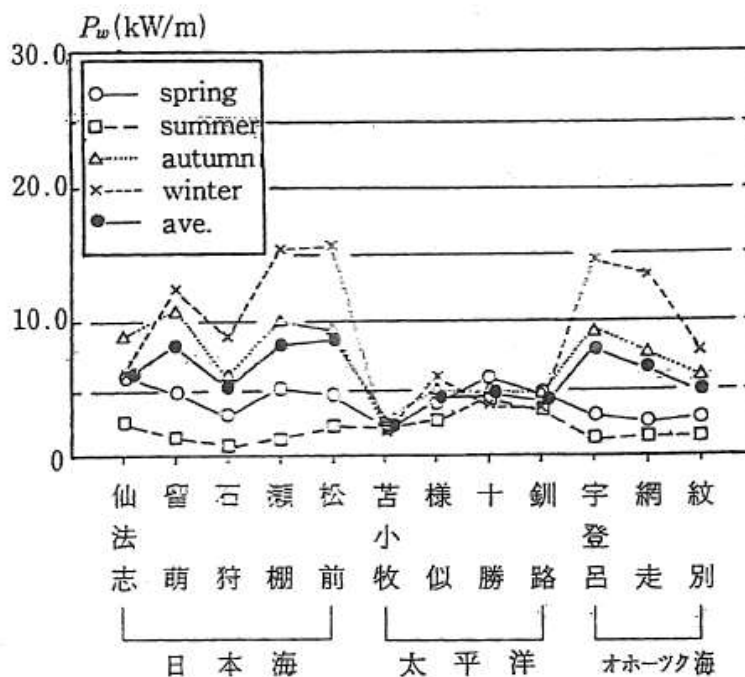
「北海道の波エネルギー賦存量」（開発土木研究所報告 1992 年 11 月）では、海域別に波エネルギーの分析を行っている。波パワーは以下の式から算出している。

$$\text{波パワー} = 0.441 \times \text{有義波高} \times \text{有義波周期}$$

海域別にみると、日本海側とオホーツク海側はほぼ類似の傾向を示しており、季節による波パワーの変動が大きく、冬季には 6.1～15.6kW/m であるのに対し（特に松前、瀬棚、宇登呂で高い数値を示す）、夏期は 0.8～2.5kW/m と極端に小さい。一方、太平洋側はほとんど季節的な変動は見られず、全年を通して 1.8～6.0kW/m の範囲でほぼ安定している。また、12 港の平均から算定した北海道沿岸の平均波パワーは 6.0kW/m と算出された。北海道沿岸は全国レベルでほぼ平均的な波パワーを有しているものと考えられる。

波力発電に関しては、NEDO の調査では、現状の技術レベルでは、15kW/m のポテンシャルが、また将来技術レベルにおいても 10kW/m のポテンシャルが必要とされているが、今後は、より低いレベルのポテンシャルでも発電可能な、また事業化可能なデバイスの開発とともに、年間を通じて安定したエネルギーが必要なもの、あるいは冬期間に大量のエネルギーが必要なものというようにその利用目的に合わせた適地の選定を行うことが重要であると考えられる。

図表 3-20 北海道沿岸の季節別平均波パワー（1983～1987 年の 5 年間のデータ）



出典：「北海道の波エネルギー賦存量」（開発土木研究所報告 1992 年 11 月）

次に、函館海洋気象台では、松前沿岸波浪観測を実施しており、その結果は、「松前沿岸波浪観測 30 年報」（平成 22 年 11 月）として、とりまとめられている（データは 1979～2008 年の 30 年間）。本観測結果をもとに、月別の波パワーを整理すると、以下の通りである。なお、波パワーの計算式は、以下の通りとした。

$$\text{波パワー} = 0.49 \times (\text{有義波高})^2 \times \text{周期}$$

図表 3-21 松前沿岸波浪観測に基づく月別の波パワー

	有義波(平均値)		波パワー (kW/m)
	波高(m)	周期(s)	
1 月	1.55	6.6	7.77
2 月	1.39	6.3	5.96
3 月	1.22	5.9	4.30
4 月	0.98	5.5	2.59
5 月	0.76	5.2	1.47
6 月	0.51	4.9	0.62
7 月	0.55	5.1	0.76
8 月	0.55	5.1	0.76
9 月	0.67	5.2	1.14
10 月	0.97	5.7	2.63
11 月	1.35	6.3	5.63
12 月	1.50	6.6	7.28
累年	1.00	5.70	2.79

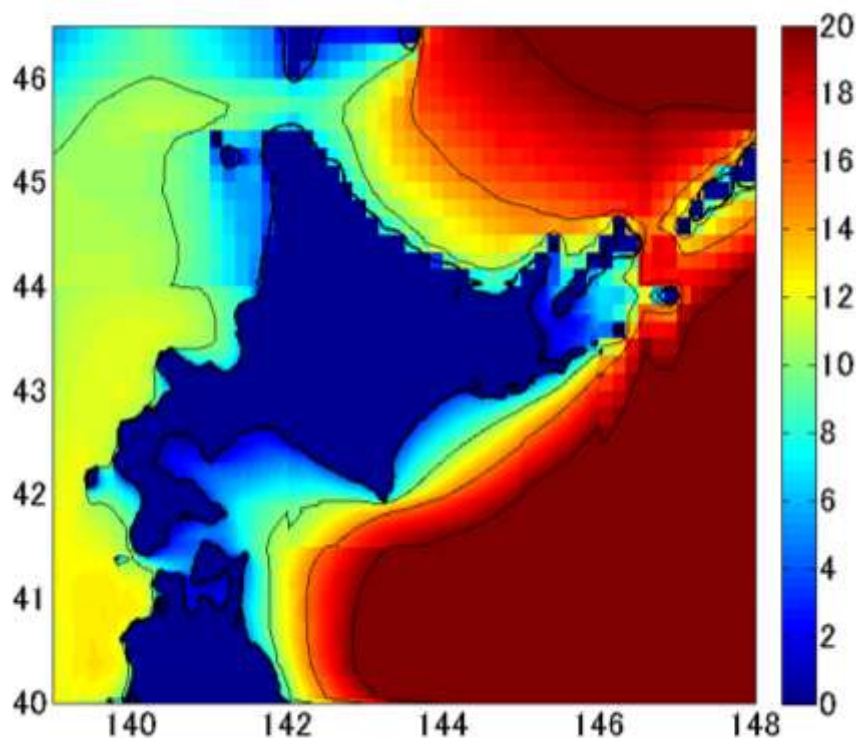
注) 有義波の波高及び周期は、1979～2008 年の平均値

データは、「松前沿岸波浪観測 30 年報」（函館海洋気象台、2010 年 11 月）

この結果からも、12～1 月にかけては、波パワーは比較的高い数値を示すが、6～8 月にかけては、極端に小さい数値となっていることがわかる。

また、猿渡北海道大学助教は、冬季の北海道における総波浪エネルギーポテンシャルを検討しており、それによると、北海道周辺、水深 100m 等深線上の積分値で 18GW と推計されている。

図表 3-22 1-2 月の平均波浪エネルギー [kW/m]. ラインは 10, 15, 20 kW/m コンター



資料提供：猿渡北海道大学工学部助教

本資料によると、太平洋側のうち、襟裳岬周辺では、実測データからの推計では確認できなかったが、冬季データではあるが、エネルギー密度 15kW/m のラインが海岸線近くまで迫っており、太平洋側は季節変動が見られないことを考え合わせると、波力発電のポテンシャルの高い地域と考えられる。

また、奥尻島等の離島においては、波浪エネルギー密度の高い海域が島近くに存在しており、有望であると考えられる。

これらの地域については、実測データがないことから、今後波浪エネルギーの活用に向けては、実測データを蓄積していくことが求められる。

4. 潮流・海流エネルギー

(1) 既存調査のレビュー

ここでは、既存調査として、「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務(NEDO、平成 23 年 3 月)」から、潮流及び海流のエネルギーポテンシャルについて、整理・分析する。

①海流

海流を空間的に高解像度で長期間観測した事例は乏しいため、海流データとして、独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターの JCOPE2 データを使用している。水深 5m における流速を用いて、エネルギー密度 p [W/m²] の 5 年平均値を算出し、ポテンシャルマップとして作図している。

$$\bar{P} = \frac{\overline{P}}{A} = \frac{1}{n} \sum_i \frac{1}{2} \rho \cdot U_i^3$$

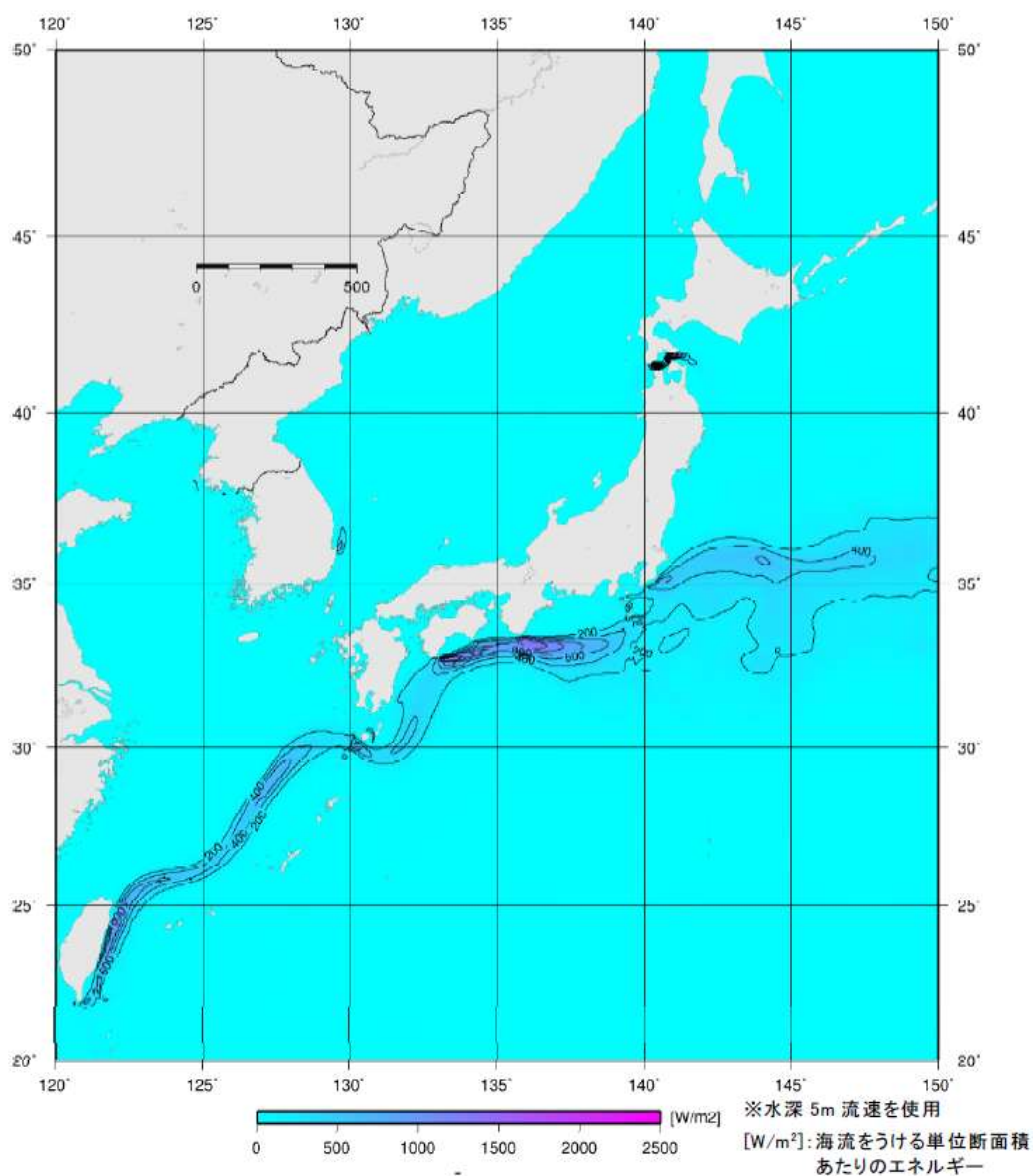
U_1	1 日目における流速（水深 5m）	(m/s)
n	5 年間の日数	—
ρ	海水密度（1024.78）	(kg/m ³)

以上の計算式により推計されたエネルギーポテンシャルを次頁に示す。

図表 3-23 海流のエネルギーポテンシャル (MW)

ライン	海流	エネルギーポテンシャル
①津軽	津軽暖流	4,810
②伊豆	黒潮	23,911
③紀伊	黒潮	200,333
④室戸	黒潮	89,010
⑤足摺	黒潮	47,869
⑥トカラ	黒潮	9,898
⑦奄美	黒潮	35,089
⑧沖縄	黒潮	31,927
合計 (①+③)		205,143

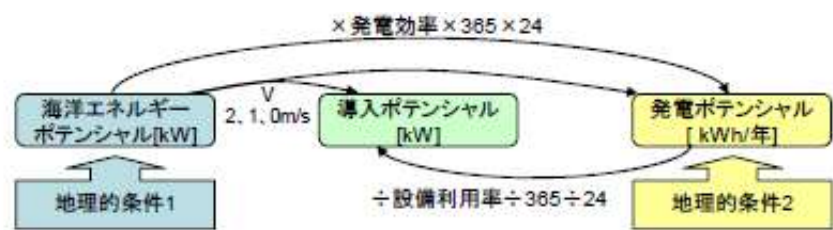
図表 3-24 海流エネルギー密度



出典：以上 2 図表とも「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上のエネルギーポテンシャルをもとに、以下のシナリオ条件で、導入ポテンシャル、発電ポテンシャルを推計している。

図表 3-25 海流発電の導入シナリオ



	シナリオ1 沖合固定方式	シナリオ2 沖合係留方式
地理的条件 1	特定の断面積（津軽海峡、伊豆諸島、紀伊半島沖、室戸岬沖、足摺岬沖、トカラ海峡、奄美大島沖、沖縄本島沖）における以下の離岸距離までの断面積を算出。エネルギー密度[W/m2]を掛ける。 ①30km 以内 ②100km 以内 ③200km 以内	
地理的条件 2	30km 以内の特定の断面積の 10%を算出。エネルギー密度[W/m2]と発電効率と年間時間(365 × 24) を掛ける。	100km 以内の特定の断面積の 10%を算出。エネルギー密度[W/m2]と発電効率と年間時間(365×24) を掛ける。
発電効率	0.3	0.3
設備利用率	0.9	0.9
技術条件 V [m/s]	水深 5m の流速を V として、0[m/s]以上、1[m/s]以上、2[m/s]以上を利用した場合の導入・発電ポテンシャルをまとめる。	

出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上のシナリオに基づく推計結果を次頁に示す。

図表 3-26 海流発電の導入ポテンシャル、発電ポテンシャル

			導入ポテンシャル(MW)		発電ポテンシャル(MWh/年)	
			シナリオ1	シナリオ2	シナリオ1	シナリオ2
①津軽	津軽暖流	0m/s以上	160	160	1,264,042	1,264,042
		1m/s以上	157	157	1,234,083	1,234,083
		2m/s以上	0	0	0	0
②伊豆	黒潮	0m/s以上	637	797	5,021,241	6,283,916
		1m/s以上	0	0	0	0
		2m/s以上	0	0	0	0
③紀伊	黒潮	0m/s以上	1,140	5,676	8,987,655	44,749,794
		1m/s以上	1,119	3,823	8,822,879	30,143,344
		2m/s以上	0	0	0	0
④室戸	黒潮	0m/s以上	322	2,168	2,537,387	17,094,536
		1m/s以上	189	953	1,489,997	7,511,823
		2m/s以上	0	0	0	0
⑤足摺	黒潮	0m/s以上	163	955	1,283,778	7,528,905
		1m/s以上	154	350	1,213,164	2,758,480
		2m/s以上	0	0	0	0
⑥トカラ	黒潮	0m/s以上	132	330	1,043,736	2,601,247
		1m/s以上	0	49	0	388,497
		2m/s以上	0	0	0	0
⑦奄美	黒潮	0m/s以上	0	57	37,314	448,968
		1m/s以上	0	0	0	0
		2m/s以上	0	0	0	0
⑧沖縄	黒潮	0m/s以上	0	371	41,417	2,924,649
		1m/s以上	0	0	0	0
		2m/s以上	0	0	0	0
合計(①+③)		0m/s以上	1,300	5,836	10,251,697	46,013,836
		1m/s以上	1,276	3,980	10,056,962	31,377,427
		2m/s以上	0	0	0	0

出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

②潮流

海上保安庁の海図を使用して、日本沿岸の海峡・瀬戸・水道等 281 地点のうち、流速表示のある 150 地点における流速を用いて、エネルギー密度 P (W/m^2) の月齢周期平均値を算出している。あわせて、ポテンシャルマップとして、150 地点におけるエネルギー密度の空間分布図を作成している。

$$\bar{P} = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{2} \rho \cdot K_i \cdot K_n \cdot U_{max}^3$$

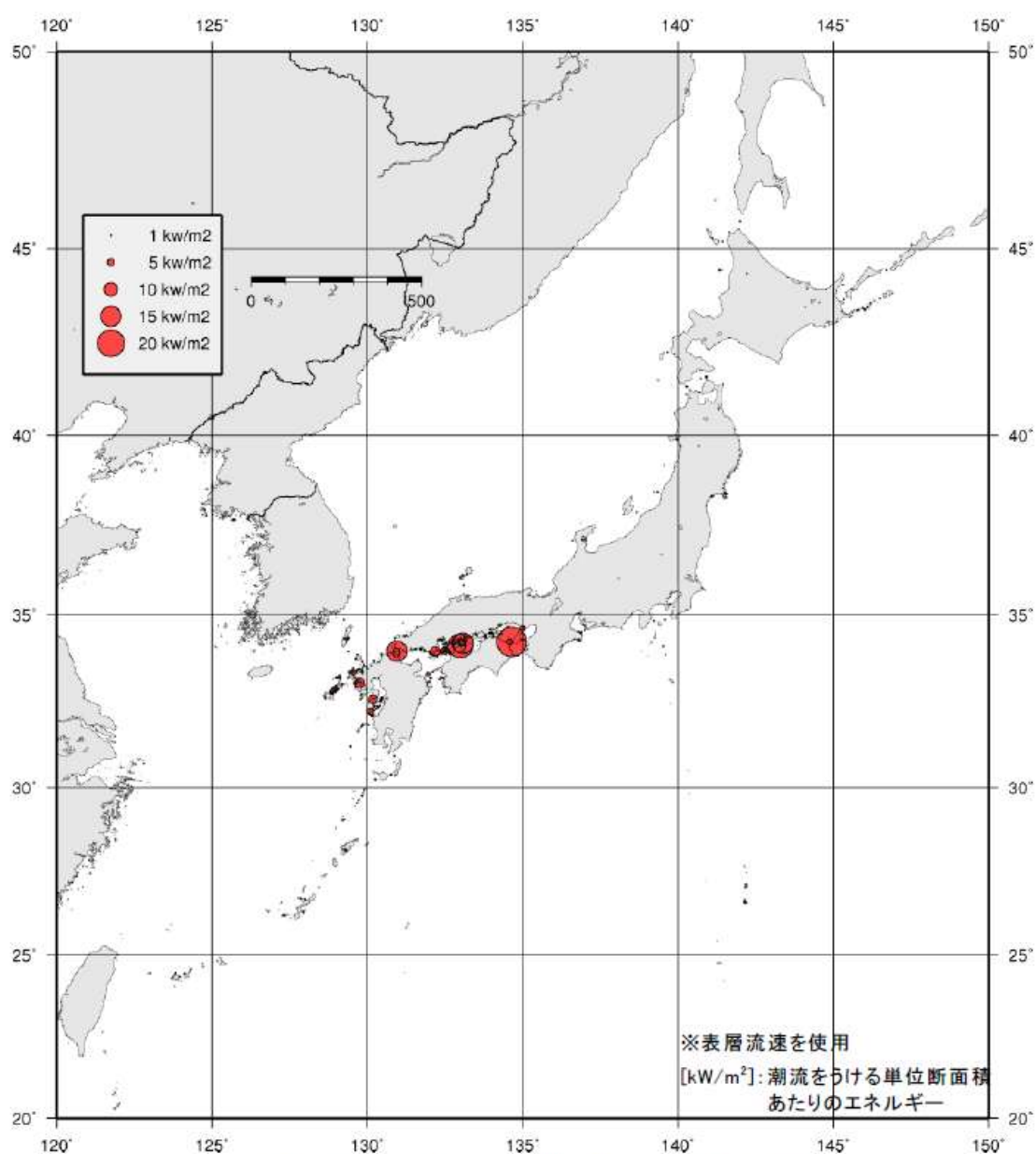
U_{max}	大潮時における最大流速	(m/s)
ρ	海水密度 (1024.78)	(kg/m ³)
K_i	1 周期平均する際に出てくる係数 (0.424)	—
K_n	大潮・小潮を考慮した際に出てくる係数 (0.57)	—

以上の計算式により推計されたエネルギーポテンシャルを次頁に示す。

図表 3-27 潮流のエネルギーポテンシャル（上位 10 位）（MW）

順位	海峡	エネルギーポテンシャル(MW)
1	津軽海峡(大間崎沖)	3,361
2	速吸瀬戸(佐田岬)	3,294
3	トカラ海峡(屋久島南西)	2,162
4	由良瀬戸(友ヶ島水道)	1,842
5	豊後水道	1,441
6	津軽海峡(龍飛崎沖)	1,263
7	明石海峡(播磨灘)	911
8	早崎瀬戸(有明海湾口)	680
9	西水道(対馬海峡)	574
10	中之島水道(薩南諸島)	537
1位から150位までの合計		22,137

図表 3-28 潮流エネルギー密度



出典：以上 2 図表とも「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上のエネルギーポテンシャルをもとに、以下のシナリオ条件で、導入ポテンシャル、発電ポテンシャルを推計している。

図表 3-29 潮流発電の導入シナリオ



	シナリオ 1：沿岸固定方式
地理的条件 1	発電ポテンシャルを設備利用率と年間時間(365×24)で割る。
地理的条件 2	海図に流速表示のある海峡 150 地点のそれぞれの断面積を算出。D=16m のロータを 1/2 D(=8m)ごとに海峡幅分だけ並べたときのロータ断面積の合計を算出。エネルギー密度[W/m2]をロータ断面積で積分し、発電効率と年間時間(365×24)を掛ける。
配置道度	1/2D (=8m) の間隔を開けて配置
発電効率	0.3
設備利用率	0.36
技術条件	大潮最強流速 V が、1[m/s]以上の海峡のみ利用した場合のポテンシャルをまとめる。海峡は 150 地点中 88 地点に限定される。

出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

推計結果を以下に示す。

図表 3-30 潮流発電の導入ポテンシャル、発電ポテンシャル

順位	海峡	最大流速 (m/S)	海峡幅 (km)	導入ポテンシャル (MW)	発電ポテンシャル (MWh/年)
1	豊後水道	1.67	40.00	162	509,796
2	津軽海峡(大間崎沖)	2.26	15.60	156	493,267
3	速吸瀬戸(佐田岬)	2.70	9.00	153	483,415
4	由良瀬戸(友ヶ島水道)	1.75	32.80	152	478,648
5	早崎瀬戸(有明海湾口)	3.40	3.40	115	363,690
6	明石海峡(播磨灘)	3.01	3.60	85	267,528
7	鳴門海峡	5.25	0.60	75	236,348
8	針尾瀬戸(大村湾湾口)	3.55	1.70	66	207,786
9	津軽海峡(龍飛崎沖)	1.54	18.50	59	185,451
10	早鞆ノ瀬戸(関門海峡)	4.63	0.60	51	162,360
1位から88位までの合計				1,870	5,895,203

出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

(2) 北海道のポテンシャル

前述の既存調査のレビューから、津軽海峡における海流・潮流のポテンシャルが高いことが判明した。

ここでは、日本海洋データセンター（JODC）のデータから、津軽海峡の海流・潮流のポテンシャルを分析する。

①エネルギーポテンシャルの算定方法

日本海洋データセンター（JODC）の海流統計データを基に、断面積 1 m²当たりのエネルギー密度計算式を乗じて算出する。

データ元	日本海洋データセンター(JODC) 海流統計データ ・表面海流データの統計値（1 か月毎、経緯度 1 度単位） ・1953 年～1994 年の間のデータの平均値	全道 33 メッシ ュ
エネルギー密度式	$P=0.5 \rho QV^2=0.5 \rho *1* V^3$	

※エネルギー密度式の各係数

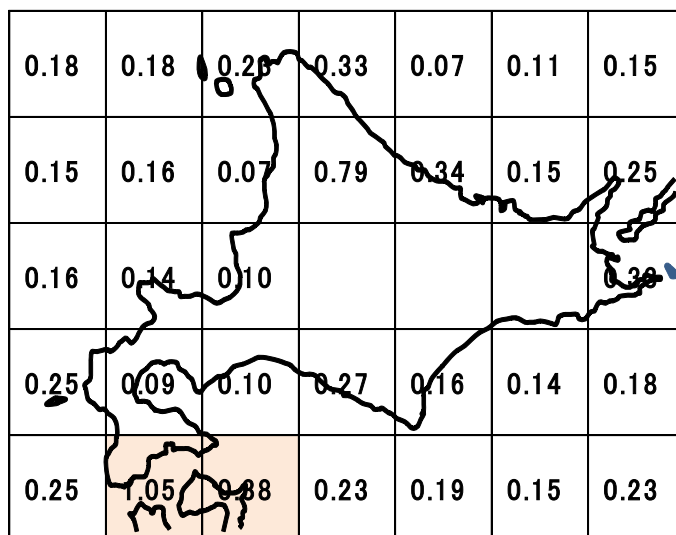
ρ	断面積 1 m ² 当たりのエネルギー	W/m ²
Q	流量=断面積*流速=1 m ² *V	m ³ /s
V	流速	m/s
ρ	海水密度（1.02478）	g / c m ³

②推計結果

■各メッシュ別流速（年間平均、m/s）

- 各メッシュ別の平均流速は、津軽海峡とオホーツク（紋別地先）で高い値を示す。

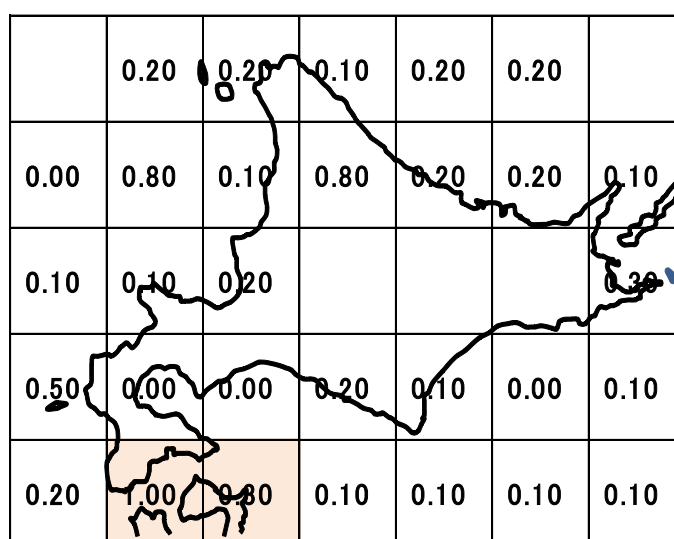
図表 3-31 年間平均流速（単位：m/s）



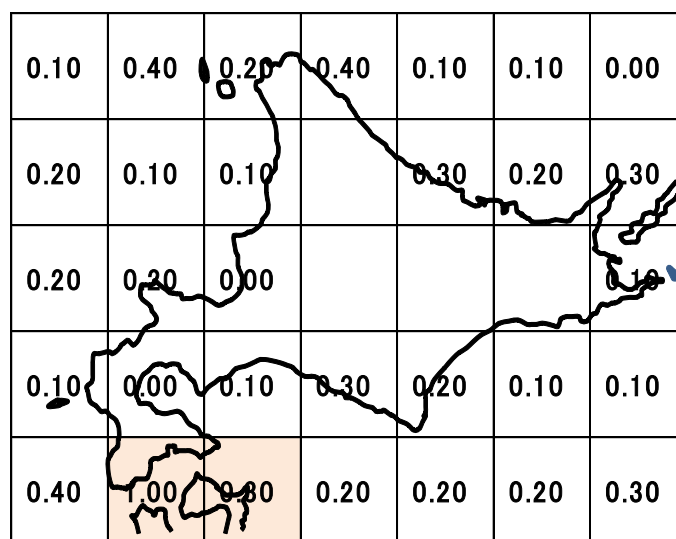
注）データは1度メッシュ毎の平均流速を示す。メッシュによって観測ポイント数は異なる。

- なお、春期（4月）夏期（7月）、周期（10月）、冬期（1月）の各メッシュ別平均流速は数の通りであり、地区によって多少の差異はあるが、概ね秋季～冬季の方が流速が速くなる傾向が示される。

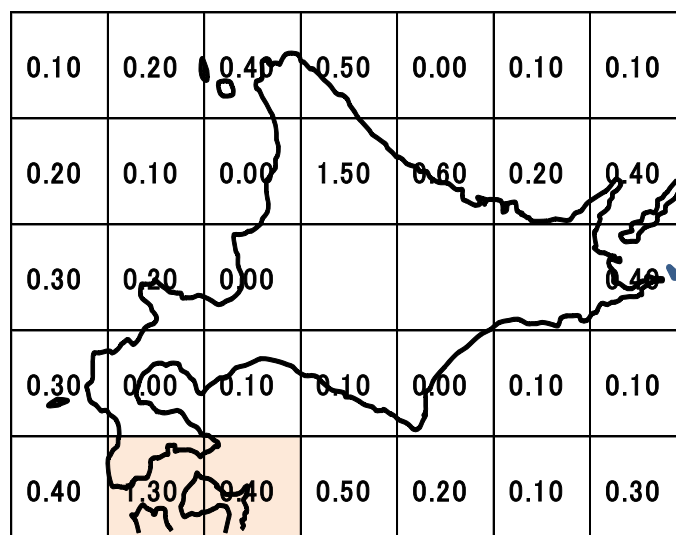
図表 3-32 春期（4月）の平均流速（単位：m/s）



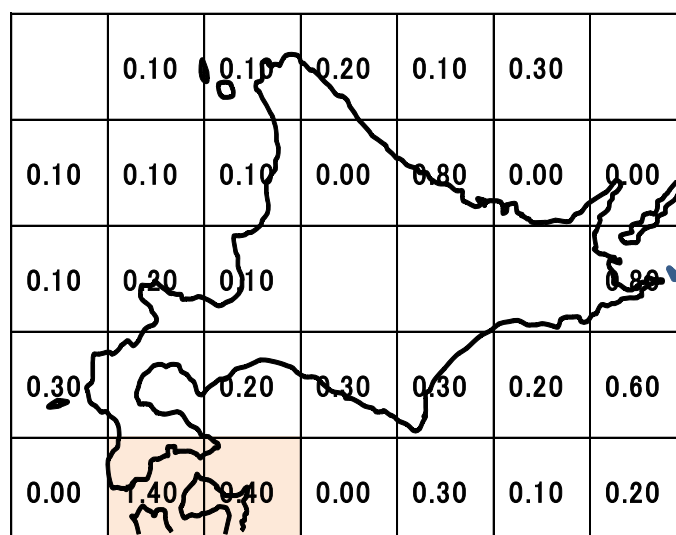
図表 3-33 夏期（7月）の平均流速（単位：m/s）



図表 3-34 秋期（10月）の平均流速（単位：m/s）



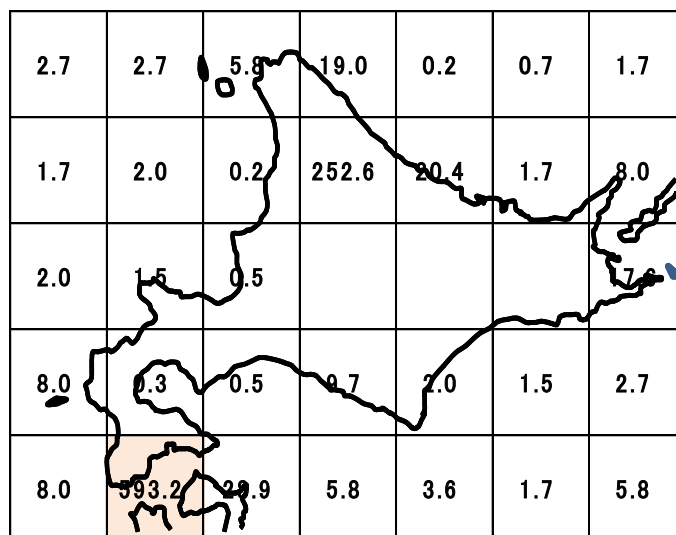
図表 3-35 冬期（1月）の平均流速（単位：m/s）



■エネルギーポテンシャル (W/m²)

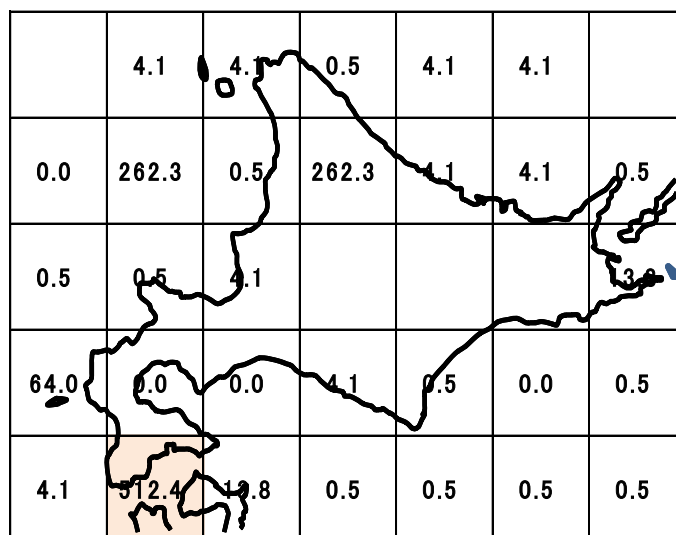
- 各メッシュ別のエネルギーポテンシャルとして、年間平均の断面積 1m 当たりのエネルギー密度 (W/m²) を推計すると下図の通りであり、津軽海峡で約 600W/m²、オホーツク紋別地先で約 250W/m² のポテンシャルが示される。

図表 3-36 メッシュ別年間平均パワーポテンシャル (W/m²)

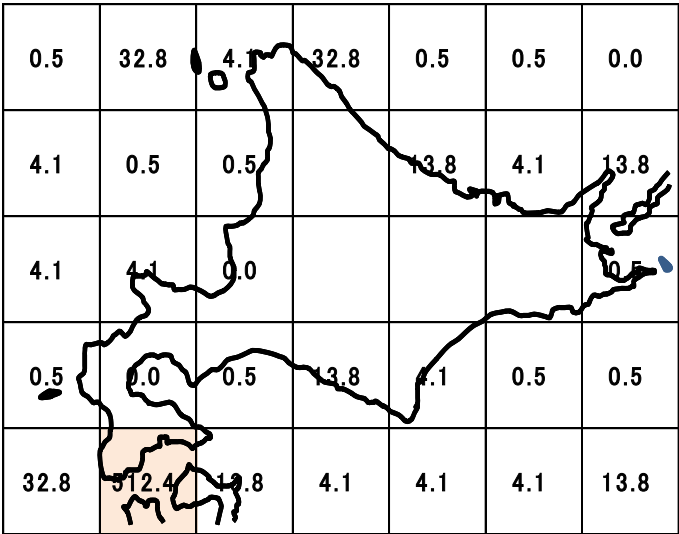


- なお、春期（4月）夏期（7月）、周期（10月）、冬期（1月）の各メッシュ別パワーポテンシャル (W/m²) を以下に示す。

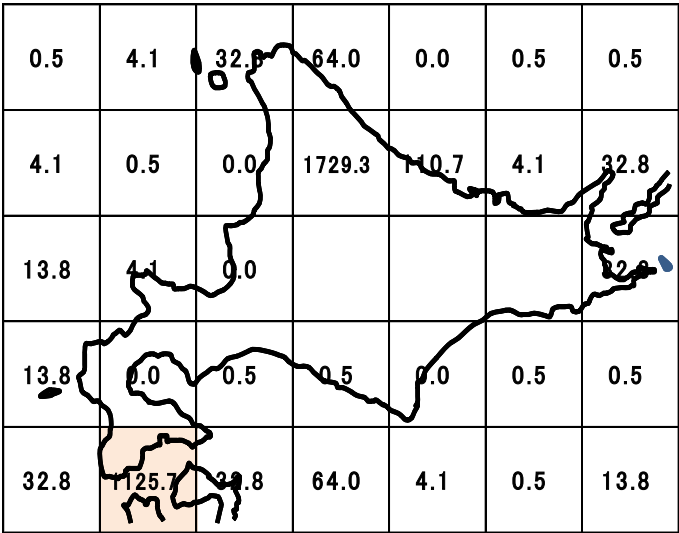
図表 3-37 春期（4月）のメッシュ別平均パワーポテンシャル (W/m²)



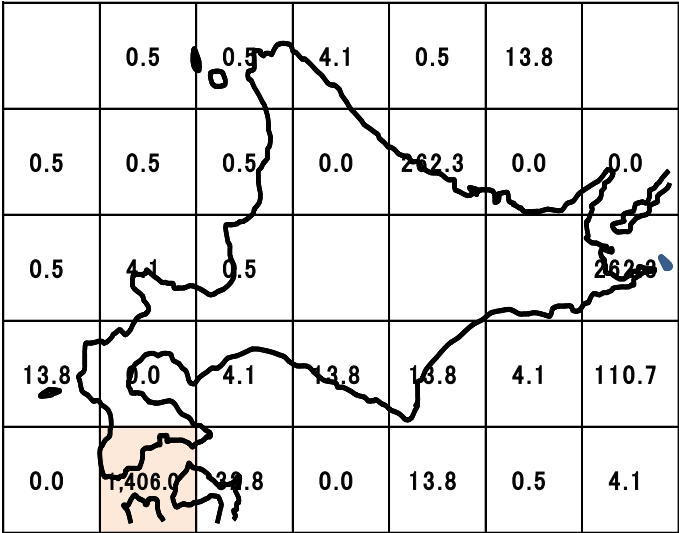
図表 3-38 夏期（7月）のメッシュ別平均パワーポテンシャル（W/m²）



図表 3-39 秋期（10月）のメッシュ別平均パワーポテンシャル（W/m²）



図表 3-40 冬期（1月）のメッシュ別平均パワーポテンシャル（W/m²）



■エネルギー利用可能量の推計結果

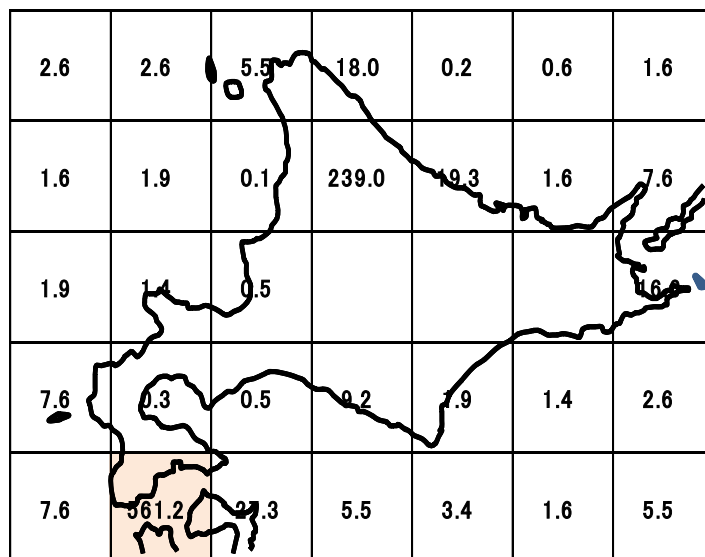
- 波力エネルギーの利用可能量は、パワーポテンシャルの値を基に、次の発電効率と設備稼働率を設定して計算した断面積 1 m^2 当たりの年間発電量 ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$) で示す。

発電効率	0.3
設備利用率	0.36
運転条件	周年運転

出典：NEDO 平成 22 年度「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」

- 単位断面積 1 m^2 当たりの年間発電量は、津軽海峡で約 $560 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ と高い値を示す。また、オホーツク紋別地先についても冬期のパワーポテンシャルの高さを反映して約 $240 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ の値を示す。

図表 3-41 メッシュ別断面積当たり年間発電量（単位： $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{y}$ ）



③考察

津軽海峡は本州と北海道とを分離し、日本海と太平洋をつなぐ通路になっている。尻屋崎（津軽海峡南浜）と恵山岬との間を東口とし、竜飛崎（津軽海峡南浜）と白神岬との間を西口とする、東西の長さ約 50km、その幅は西口及び大間岬（津軽海峡南浜）～汐首岬間が最も狭くて、ともに約 10km であるが、その他は広くて約 30km に達している。

この海峡は、海底の形状も変化が多く、東部から中央部にかけては水深 200～500m の海底谷があり、また西口付近には水深 300m 前後の海盆が分布している。

津軽海峡の両端に当たる日本海側と太平洋側との潮汐は非常に異なっているため、この海峡では相当に顕著な潮流を生じる。また、本州北西岸に沿って北上する対馬海流の大部分が、津軽暖流となって海峡を東進し、太平洋に出ることから、この海峡における流れは潮流と海流とが合成したものとなる。

しかし、一般には海流が潮流に卓越することから、流れの大勢は海流に支配されて、常に東流することになり、ただ潮時によってその流速に強弱を生じるだけである。本流は海峡のほぼ中央に沿って流れ、沿岸付近に反流域を生じる。

汐首岬と大間崎間は、最も流れの強い場所で、2 ノット以上の強流はやや汐首岬寄りになり、3 ノット以上の強流も存在する。2 ノット以上の流れも方向は一方向となっていない。汐首岬寄りでは南向きの成分も有する。ただし、流れの最強部では流速が 6km/時を超えることがある。

以上の結果から、汐首岬～大間崎間は、海流エネルギーの利用適地海域であると考えられる。

図表 3-42 津軽海峡の西口及び東口のエネルギー賦存量

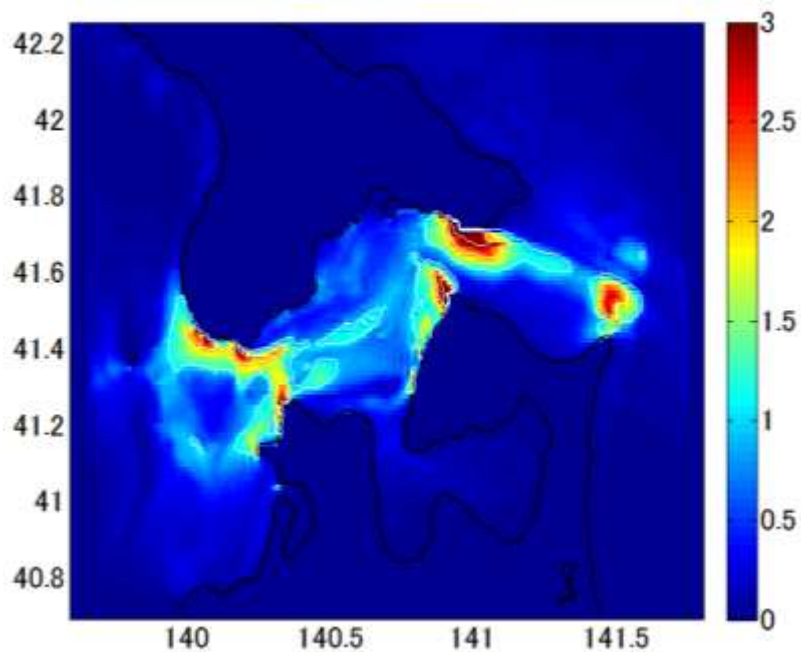
地点		表面流速(m/s)										合計	
		0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0		5.0～
東口	流速別理論発電力(万kW)	0.2	1.8	6.1	13.7	27.4	46.6	72.2	109.9	150.3	213.1	293.3	
	年間出現率(%)	5	5	6	10	13	17	12	8	7	6	4	93
	年間理論発電力(万kW)	0.01	0.09	0.37	1.37	3.56	7.92	8.66	8.79	10.52	12.79	11.73	65.81
西口	流速別理論発電力(万kW)	0.2	1.9	5.7	13.6	30.5	46.2	73.0	106.3	152.9			
	年間出現率(%)	3	8	8	13	18	17	12	12	7			98
	年間理論発電力(万kW)	0.01	0.15	0.46	1.77	5.49	7.85	8.76	12.76	10.70			47.95

注) 上記賦存量は、潮流と海流の賦存量を合わせたものである。

出典：海洋エネルギー利用技術（北海道港湾・海岸研究会、1993）

また、猿渡北海道大学工学部助教の研究によると、東経 141.02° 海峡縦断面における最大流れエネルギー（潮流＋海流）で、最大 6.7GW と推計されている。NEDO の調査によると海流 4.8GW，潮流 3.4GW と報告されており、海流と潮流の和を取っていると考えると 同じくらいの見積もりと言える。

図表 3-43 津軽海峡内の最大流速分布 [m/s]（2011/11 月，12 月の再現計算より）



注）ラインは 1, 2, 3 m/s コンター

資料提供）猿渡北海道大学工学部助教

5. 海洋温度差エネルギー

(1) 既存調査のレビュー

ここでは、既存調査として、「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務(NEDO、平成 23 年 3 月)」から、海洋温度差のエネルギーポテンシャルについて、整理・分析する。

本調査では、独立行政法人海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センターの JCOPE2 データを使用し、表層と深層の温度差の 5 年間平均値を求め、エネルギー密度 $p[W/m^2]$ を算出し、あわせてポテンシャルマップとして作図している。

$$\overline{P} = \frac{\overline{P}}{S} = \frac{C_p \cdot \rho \cdot h \cdot \Delta T}{\Delta s}$$

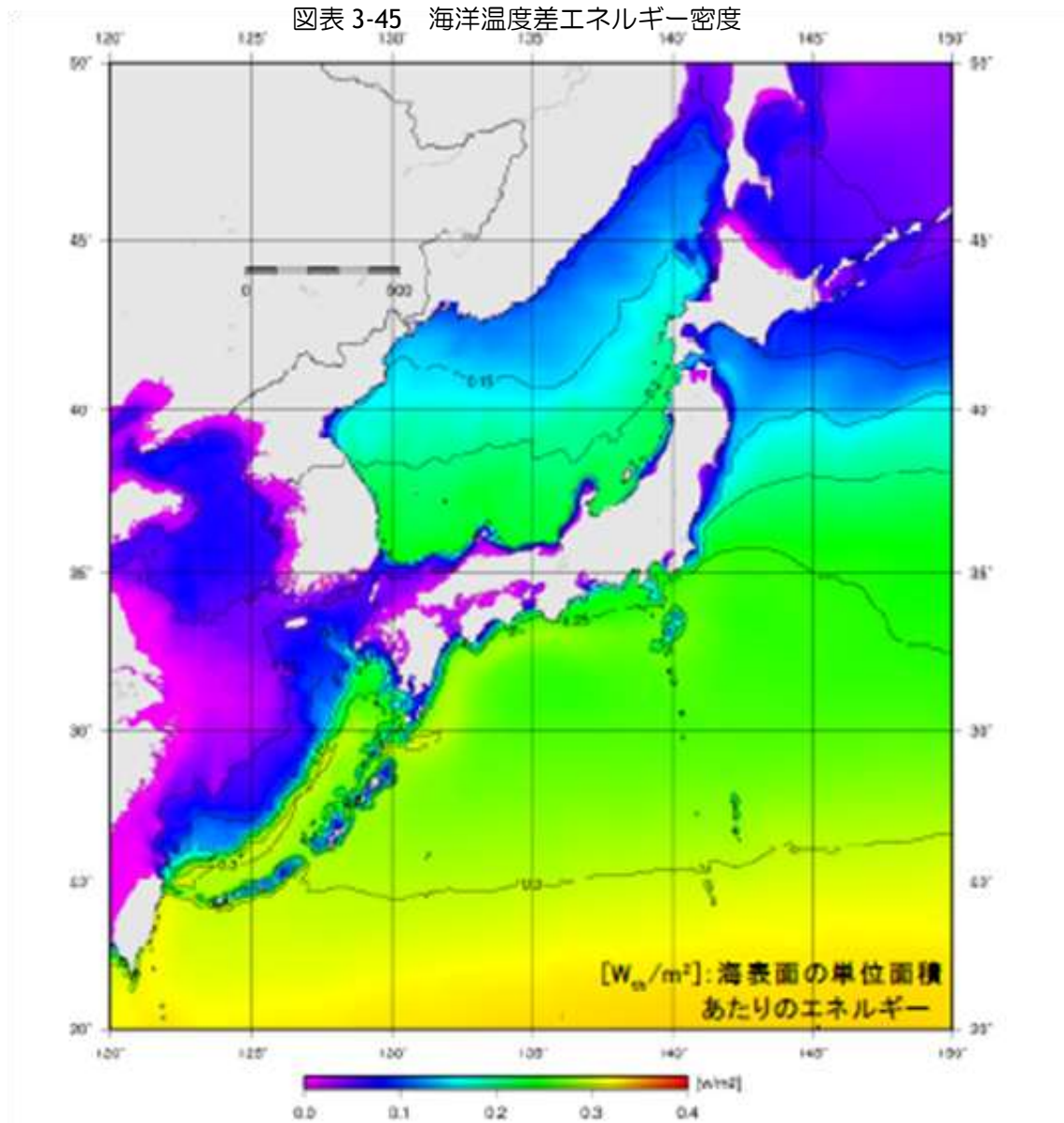
ΔT	温度差 (5 年平均)	
C_p	海水定比比熱 (4.186×10^3)	(J/kg/k)
ρ	海水密度 (1024.78)	(kg/m ³)
h	利用可能な推進幅 (100)	m
Δs	海水循環期間 (1000 年)	Sec

以上の計算式により推計されたエネルギーポテンシャルを次頁に示す。

図表 3-44 海洋温度差のエネルギーポテンシャル (MW_{th})

電力管区	エネルギーポテンシャル(MW _{th})
北海道電力	43,855
東北電力	55,086
東京電力	398,680
北陸電力	17,148
中部電力	11,365
関西電力	21,234
中国電力	21,068
四国電力	17,534
九州電力	83,606
沖縄電力	234,656
合計	904,232

図表 3-45 海洋温度差エネルギー密度



出典：以上 2 図表とも「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上のポテンシャルをもとに、以下のシナリオを設定し、導入ポテンシャル、発電ポテンシャルを推計している。

①シナリオ 1：沿岸固定方式

- ・発電施設を沿岸に設置し、離岸距離 30km 以内の海域から取水する。発電施設の設置密度として、5km 四方の海域を利用する形で 1MW 基を 1 基設置することを想定する。

②シナリオ 2a：沖合浮体方式（離岸距離制限あり）

- ・沖合部の浮体施設で発電し、陸地へ送電する方式とする。発電施設の設置密度として、30km 四方の海域に 100MW 基を 1 基設置することを想定する。電源ケーブルによる送電を想定し、離岸距離は 30km 以内とする。

③シナリオ 2b：沖合浮体方式（離岸距離制限なし）

- ・シナリオ 2a よりも更に沖合にて、浮体式発電施設で発電をすることを想定する。発電後、送電するのではなく、その場で利用もしくは水素やメタノール等への変換するような方式を想定する。離岸距離の制限は設けない。

以上のうちシナリオ 2a の推計結果を以下に示す。

図表 3-46 海洋温度差発電の導入ポテンシャル、発電ポテンシャル

電力管区	導入ポテンシャル(MW)		発電ポテンシャル(MWh/年)	
	現状技術 (20℃以上)	将来技術 (15℃以上)	現状技術 (20℃以上)	将来技術 (15℃以上)
北海道電力	0	31	0	244,404
東北電力	0	1,692	0	1,339,728
東京電力	2,444	6,806	19,268,496	53,658,504
北陸電力	0	644	0	5,077,296
中部電力	0	664	0	5,234,976
関西電力	83	494	654,372	3,894,696
中国電力	0	564	0	4,446,576
四国電力	64	597	594,576	4,706,748
九州電力	564	3,753	4,446,576	29,588,652
沖縄電力	2,797	4,522	22,051,548	35,651,448
合計	5,962	19,767	46,925,568	155,843,028

出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

（２）北海道のポテンシャル

①エネルギーポテンシャルの算出方法

海洋温度差エネルギーについては道内の代表的４海域について、日本海洋データセンター（JODC）の水深別水温データ（統計処理値）を基に、面積１㎡当たりのエネルギー密度計算式を乗じて算出する。

データ元	日本海洋データセンター(JODC) 水深別水温データ	全道 33 メッシュ
エネルギー密度式	$P = (C_p \cdot \rho \cdot h \cdot \Delta T) / \Delta s$	

※エネルギー密度式の各係数

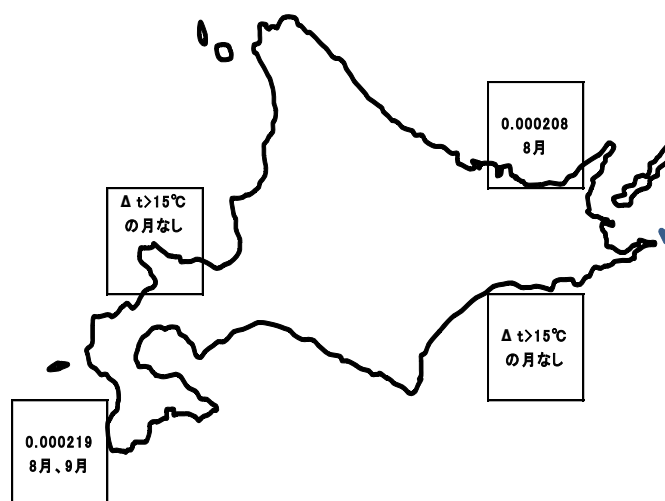
ΔT	温度差（表層—水深 100m）	℃
C_p	海水常圧比熱（ 4.186×10^3 ）	J/kg/K
ρ	海水密度（1.02478）	g / cm ³
h	水深（100）	m
Δs	海水循環期間（100 年= 3.1536×10^{10} ）	s

②推計結果

■海区別年平均温度差及び $\Delta T \geq 15^\circ\text{C}$ 以上の月

- 各海区について水深 100m と表層との年間平均温度差で温度差発電の目途とされる $\Delta T \geq 15^\circ\text{C}$ 以上の月の有無を検証すると、オホーツクは 8 月、道南は 8～9 月に越えるが、太平洋及び日本海については越える月が見られなかった。
- $\Delta T \geq 15^\circ\text{C}$ 以上の月がある海域についてこの期間のパワーポテンシャルを推計すると、オホーツクが $0.000208\text{W}/\text{m}^2$ 、道南が $0.000219\text{W}/\text{m}^2$ となる。

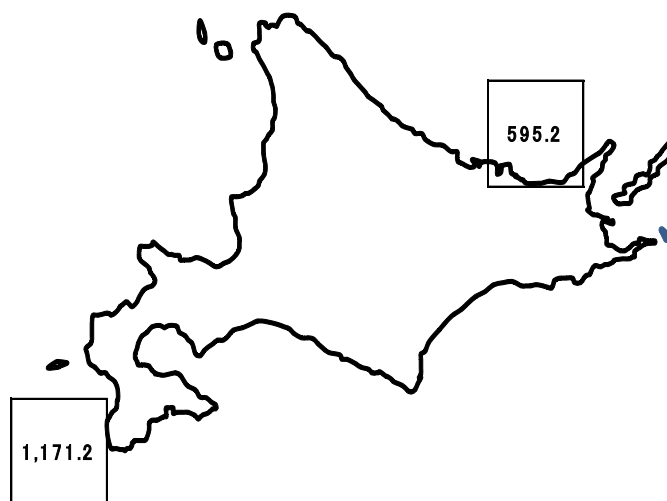
図表 3-47 各海域の $\Delta T \geq 15^\circ\text{C}$ 以上の月の有無とパワーポテンシャル（単位： W/m^2 ）



■エネルギー利用可能量の推計結果

- 海洋温度差エネルギーの利用可能量として、前ページで検証した $\Delta T \geq 15^{\circ}\text{C}$ 以上の月について、出力1MWの温度差発電装置1基を置いた場合の発電量(Mwh/基・y)を示す。
- なお、この場合、稼働は $\Delta T \geq 15^{\circ}\text{C}$ 以上の月のみの運転、設備利用率は沿岸固定方式を想定して0.8とする(出典：NEDO 平成22年度「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」)。
- 推計の結果、オホーツク海域は1ヶ月の稼働で596Mwh/基・y、道南海域は1,171 Mwh/基・yの利用可能量となる。

図表 3-48 $\Delta T \geq 15^{\circ}\text{C}$ 以上の月が出現する海域のエネルギー利用可能量(単位：Mwh/基・y)



③考察

既存調査及び本調査における検討からも、北海道は海洋温度差発電のポテンシャルが低いことが判明した。特に、現状の技術レベルである 20℃以上の温度差を確保できる海域は存在せず、将来の技術レベルである 15℃以上の温度差を確保できる海域も限定的である。これは、北海道は特に冬季において表層部の海水温が低いことに起因している。

海洋温度差発電は、単独による発電コストは現状ではまだ割高である。発電コストの低減化に関する海洋温度差発電システムの研究開発の他に、深層水を発電利用した後、淡水生産や水産養殖などに 2 次利用し、付加価値を高めて相対的に発電コストを低減化することも想定される。

北海道においても、今後、海洋深層水の開発・利用と一体的に、海洋温度差発電の導入を検討していく余地はあるものと考えられる。

6. 潮汐エネルギー

(1) 既存調査のレビュー

ここでは、既存調査として、「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務(NEDO、平成 23 年 3 月)」から、潮汐エネルギーポテンシャルについて、整理・分析する。

本調査では、気象庁潮汐観測資料および日本海洋データセンター潮汐推算データ使用し、日本沿岸検潮所 828 地点の 2009 年 1 月 1 日から 2010 年 1 月 1 日における干満の潮差を利用して、エネルギー密度 p [W/m^2] の年間平均値を算出している。あわせて、ポテンシャルマップとして作図している。

$$\bar{P} = \frac{\bar{P}}{A} = \frac{1}{n} \sum_i \frac{\rho \cdot g \cdot \Delta H_i^2}{2 T_i}$$

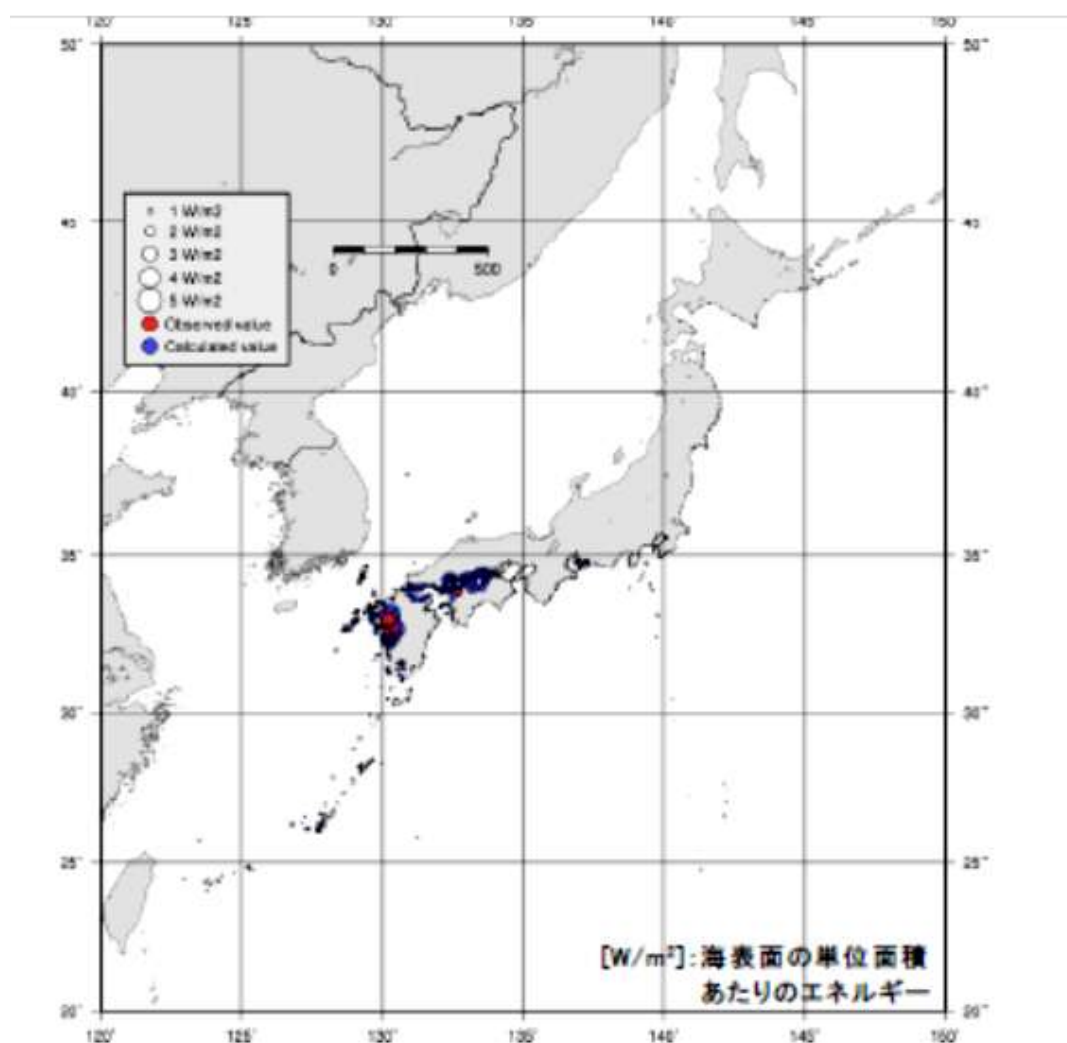
ρ	海水密度 (1024.78)	(kg/m^3)
g	重力加速度 (9.8)	(m/s^2)
ΔH_i	1 年間の i 番目の潮位差	(m)
T_i	1 年間の i 番目の満潮から干潮までの時間	(s)
n	1 年間における満潮から干潮の回数	

以上の計算式により推計されたエネルギーポテンシャルを次頁に示す。

図表 3-49 潮汐のエネルギーポテンシャル（上位 10 位まで）

順位	都道府県（海域）	地名	エネルギーポテンシャル (W/m ²)
1	佐賀県（有明海）	住之江	2.52
2	佐賀県（有明海）	若津	2.42
3	佐賀県（有明海）	鹿島	2.42
4	佐賀県（有明海）	有明海北	2.41
5	佐賀県（有明海）	大浦	2.21
6	福岡県（有明海）	三池	2.16
7	熊本県（有明海）	長洲	2.05
8	長崎県（有明海）	多比良	2.03
9	長崎県（有明海）	島原新港	1.90
10	熊本県（有明海）	熊本	1.77
1位～828位までの合計			286.33

図表 3-50 潮汐エネルギー密度



出典：以上 2 図表とも「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

以上のポテンシャルをもとに、以下のシナリオを設定し、導入ポテンシャル、発電ポテンシャルを推計している。

①シナリオ 1：ダム湖 1000000m²

- 潮汐発電で発電量を求めるためには、堰き止められた海面(ダム湖)の面積が必要となる。我が国で大きな潮差を持つ有明海や瀬戸内海燧灘等の代表的な閉鎖性海域の面積が 1000km² から 2000km² のオーダーであることから、その 1000 分の 1 の 1 km² 程度であれば周辺海域の潮差に与える影響は軽微であると想定する。
- 潮汐発電では、採算性を考慮すると平均潮差が 5m 以上あることが望ましいと言われているが、我が国沿岸では、そのような大きな潮差を持つ海域がないことから、特段の算定条件を設けないこととする。

以上のシナリオに基づく推計結果を以下に示す。

図表 3-51 潮汐発電の導入ポテンシャル、発電ポテンシャル

順位	都道府県(海域)	地名	導入ポテンシャル (kW)	発電ポテンシャル (MWh/年)
1	佐賀県(有明海)	住之江	1,513	3,314
2	佐賀県(有明海)	若津	1,455	3,186
3	佐賀県(有明海)	鹿島	1,452	3,180
4	佐賀県(有明海)	有明海北	1,444	3,163
5	佐賀県(有明海)	大浦	1,325	2,901
6	福岡県(有明海)	三池	1,297	2,840
7	熊本県(有明海)	長洲	1,232	2,699
8	長崎県(有明海)	多比良	1,215	2,661
9	長崎県(有明海)	島原新港	1,141	2,499
10	熊本県(有明海)	熊本	1,061	2,324
1位から828位までの合計			171,803	376,250

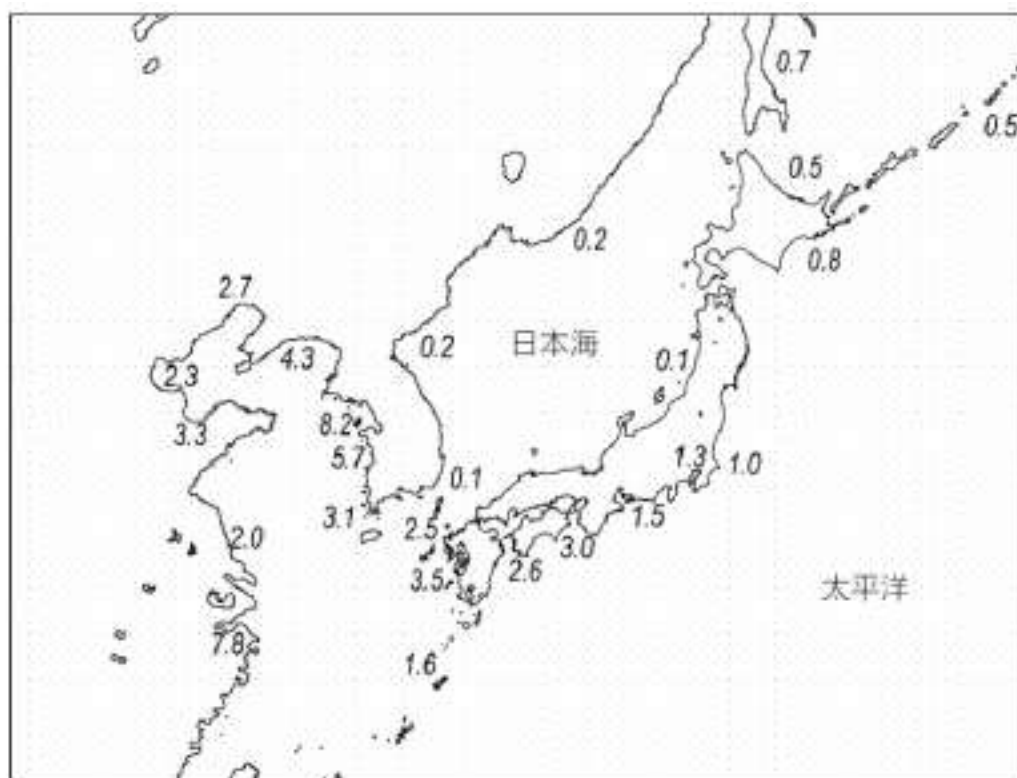
出典：「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務（NEDO、平成 23 年 3 月）」

(2) 北海道のポテンシャル

我が国は海外と比較して、地形的条件から大きな潮位差が得られないことから、これまで本エネルギーの開発はほとんど行われていない。

図表 3-52 我が国及び世界における潮位差

海洋	場所	国名	平均潮差(m)	大潮差(m)
北大西洋	セヴァン河口	イギリス	9.8	14.5
	ニューポート	イギリス	8.7	11.5
	ランス河口	フランス	7.6	11.0
	グランヴィユ	フランス	9.1	11.8
	カンフル	フランス	8.1	11.2
	モンクロン	カナダ	10.9	15.4
	ノエル湖	カナダ	13.4	15.4
	バサマクオッチ	アメリカ	5.5	7.5
南大西洋	ベルトガレゴス	アルゼンチン	7.7	9.5
インド洋	ブハヴナガル	インド	6.9	9.0
	ファイフロイ	オーストラリア	-	11.5
	ユーリヤ溝	オーストラリア	8.4	10.5
北太平洋	アンカレッヂ	アメリカ	7.3	10.0
	カメンスコエ	ソ連	5.8	9.3
西太平洋	仁川	韓国	7.9	10.3
	山門峡	中国	5.1	7.5
	杭州溝	中国	5.9	7.8
東太平洋	カリフォルニア溝	メキシコ	6.7	9.6
北極海	ジコルタン	カナダ	9.1	13.0
	セムビア	ロシア	6.6	7.7



①算出方法

潮汐エネルギーについては気象庁の統計データを基に、朔望平均潮位の満潮と干潮の差を潮差とし、それに以下のエネルギー密度式を乗じた値をパワーポテンシャルとして算出する。

データ元	気象庁 潮汐統計データ（朔望平均潮位の満潮と干潮） 2007～2011 年平均 潮差は満潮－干潮	全道 5 測定地点
エネルギー密度式	$P = (\rho * g * \Delta H) / 2T$	

※エネルギー密度式各係数

ΔH	潮差	m
ρ	海水密度（1.02478）	kg / m^3
g	重力加速度（9.8）	m / s^2
T	満潮～干潮までの周期 平均周期（満潮～満潮）6h25 'の 1/2=22,350 S を用いた	s

②エネルギーポテンシャルの推計結果

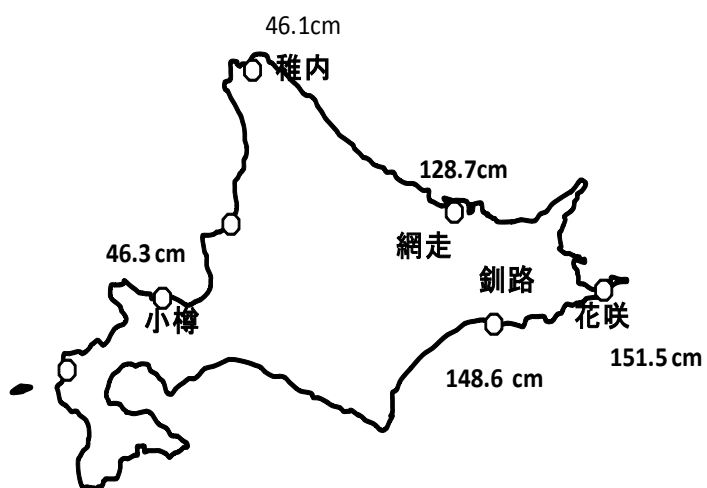
■潮差

気象庁の統計データを基に、朔望平均潮位の満潮と干潮の差を潮差とした。

各潮差は以下の通りである。

図表 3-53 道内の潮差

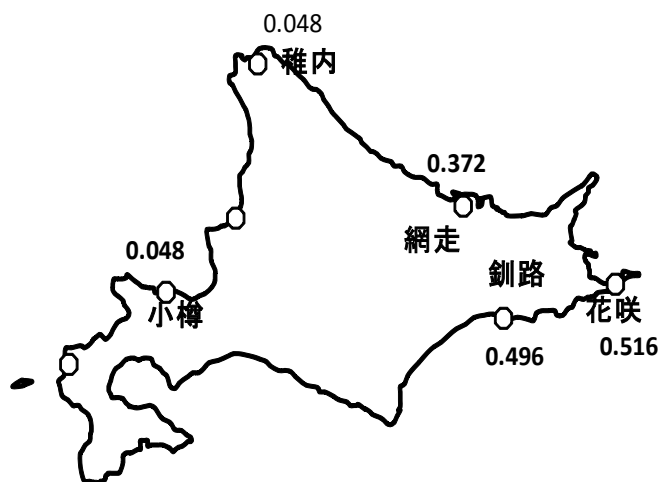
地点	満潮	干潮	潮差(cm)
稚内	203.5	157.4	46.1
網走	216.1	87.4	128.7
花咲	275.3	123.8	151.5
釧路	250.9	102.3	148.6
小樽	246.7	200.4	46.3



■エネルギーポテンシャルの推計結果

各地点のエネルギーポテンシャルとして単位面積当たりのエネルギー密度 (W/m^2) を推計すると以下の通りである。

図表 3-54 道内の潮汐エネルギーポテンシャル (単位: W/m^2)



■エネルギー利用可能量

潮汐エネルギーの利用は、ダム機能を果たす閉鎖性内湾・湖沼等の面積・状況に規定されるため、一概に示すことは難しいが、ここではその目途として単位面積 1,000 m²あたりの年間発電量を示すこととする。

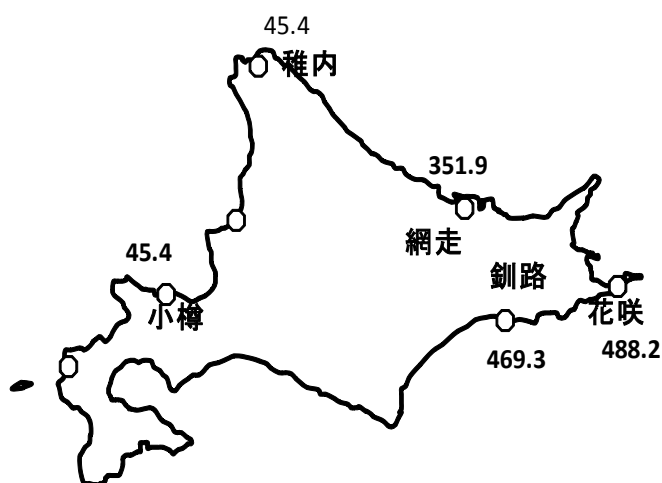
エネルギーの利用可能量は、パワーポテンシャルの値を基に、次の発電効率と設備稼働率を設定して計算し、ダム面積 1,000 m²あたりの年間発電量 (kWh/m²・y) で示す。

発電効率	0.3
設備利用率	0.36
運転条件	周年運転

出典：NEDO 平成 22 年度「海洋エネルギーポテンシャルの把握に係る業務」

推計結果は下図の通りであり、年間発電量 (kWh/1000 m²) はさほど大きくはない。

図表 3-55 道内の潮汐発電の利用可能エネルギー量 (単位：kWh/1000 m²)



③考察

- ・潮汐エネルギーの利用は潮差が小さい日本では不利であり、また北海道はさらに小さいことから、通常の潮汐発電の実現は難しい。ただし、以下に示すように懐が広い海岸湖沼が多いので、数百～数千kW級の低落差発電ではあるが、取得エネルギーの利用（海水交換、水産加工、レクリエーション等）の場所が発電所に近くなるので有利と言える。

図表 3-56 北海道海岸湖沼の潮汐エネルギー

湖沼名	表面積：S (10 ⁶ m ²)	湖内朔望平均潮差 ：H _b (m)	支配潮汐	最小湖口断面積 ：A (m ²)	最大発電ポテンシ ヤル：P _{max} (kW)
サロマ湖	150	0.9	日週潮汐 T=24h50m	1 湖口 2,500 2 湖口 250	7,200
ノトロ湖	59	1.0	日週潮汐	1,500	2,000
風連湖	56	0.4	半日週潮	1,000	2,000
厚岸湖	32	1.0	半日週潮	2,500	1,000
コムケ湖	6	0.8	日週潮	100	400
濤沸湖	10	0.2	日週潮	30	200
					計 12,800

注）最大発電ポテンシャルは以下の式から求めている（Tは周期（s））。

$$P_{max} = \frac{\pi^3 \cdot \rho \cdot H_b^3 \cdot S^3}{2 \cdot T^3 \cdot A^2} \quad (W)$$

出典：近藤室蘭工業大学名誉教授提供資料