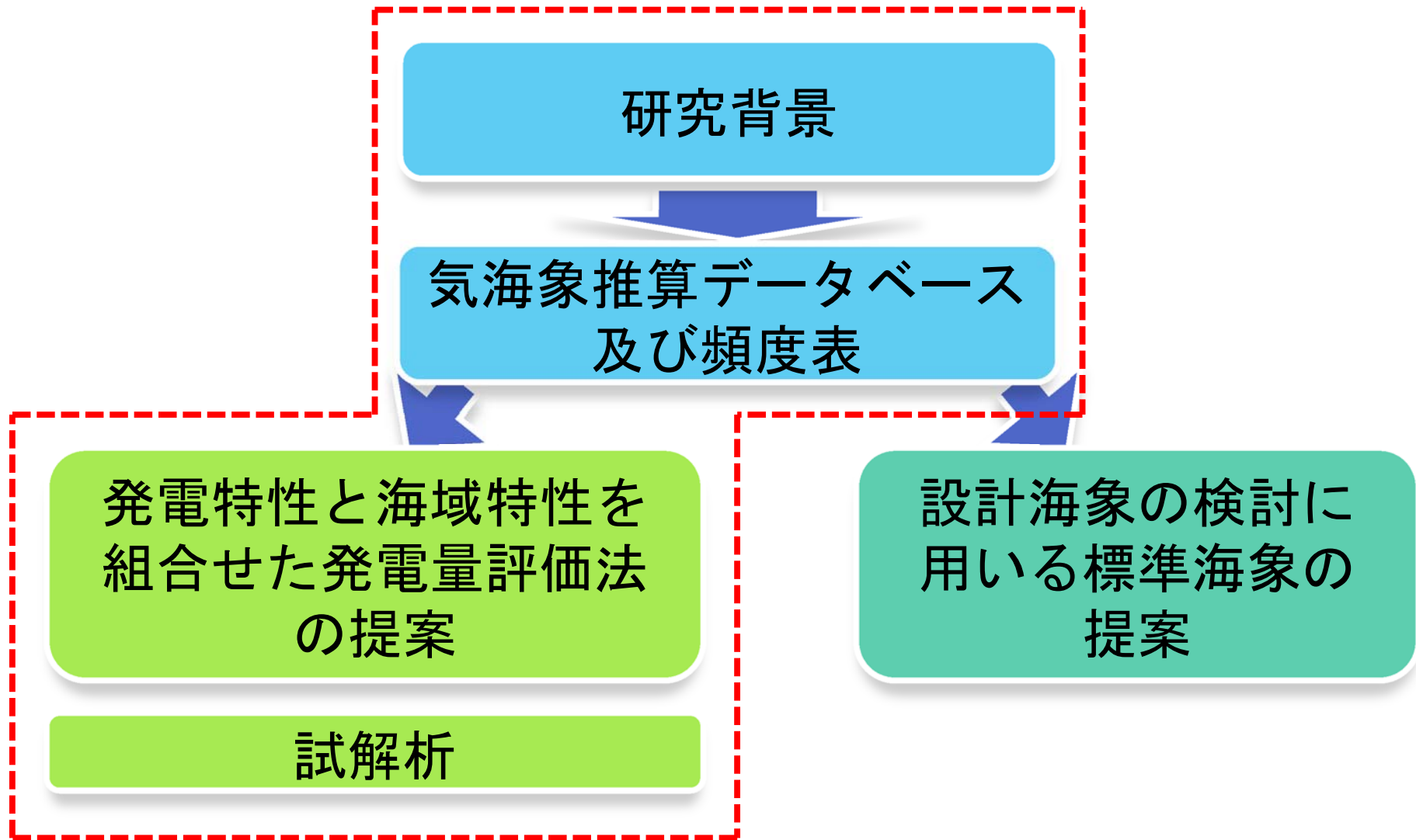


気海象推算データベースを用いた 風力・波力エネルギー ポテンシャル評価

洋上再生エネルギー開発系
谷口友基、石田茂資、藤原敏文、井上俊司



- 風力・波力エネルギーのポテンシャル評価
 - 風力エネルギーポテンシャル：JWPA、環境省、経産省
 - 波力および海流エネルギーポテンシャル：NEDO

エネルギー密度に基づく手法

エネルギー密度

$$P_{wind} = \frac{1}{2} \rho_a V_{w80}^3$$

$$P_{wave} = 0.458 H_s^2 T$$

平均的
発電効率

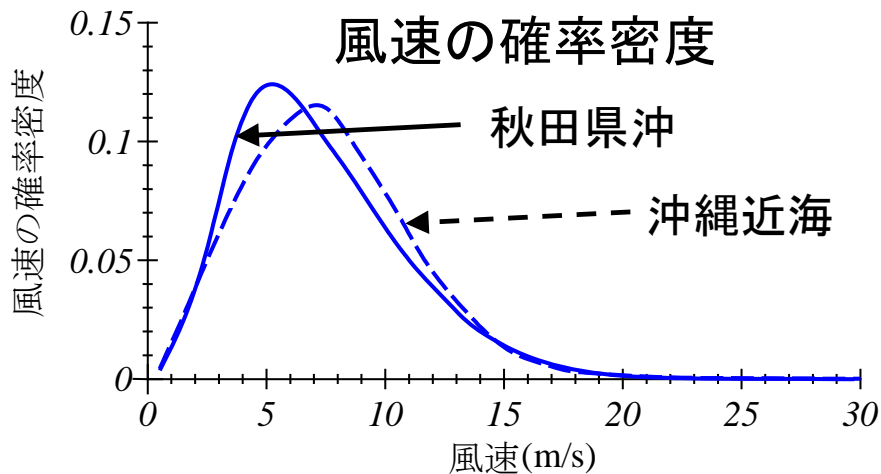
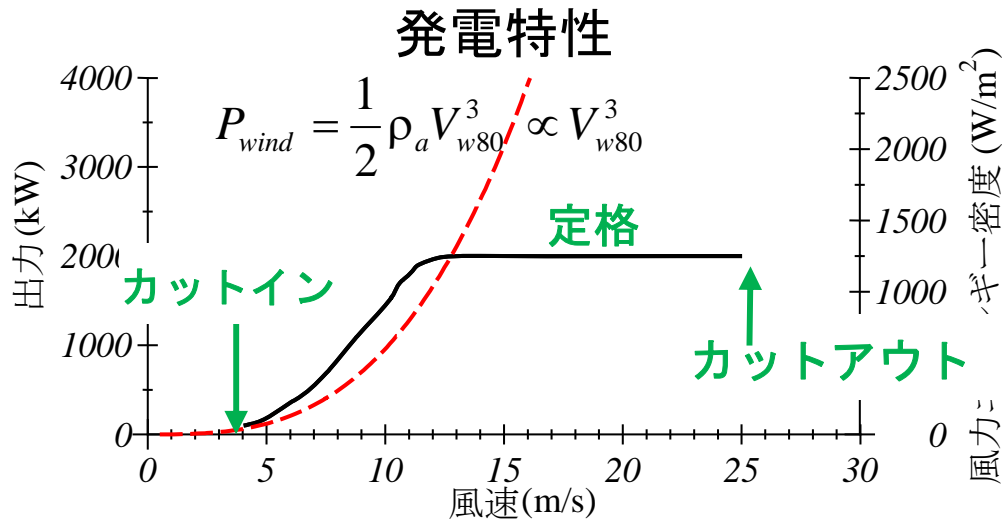
利用海域
周長[m]
断面積[m²]

エネルギー
ポテンシャル

問題点：実際の発電特性を反映できない（平均的発電効率を仮定）
海域差（発電特性とのマッチング）が厳密に評価できない

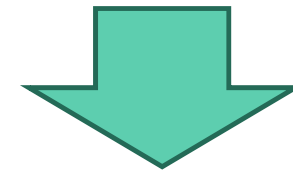
➡ 発電特性（パワーカーブ等）を取り込んだ評価法の提案

例) 風力発電装置



○提案手法のポイント

- 現実の発電特性を考慮
- 現実の気海象発現確率分布を考慮



新たなポテンシャル
評価指標の提案へ

新たなポテンシャル評価指標の提案

エネルギー密度に基づく手法

エネルギー
密度

平均的
発電効率

利用海域
周長[m]
断面積[m²]

エネルギー
ポテンシャル

理論設備利用率に基づく手法

気海象
発現確率

発電特性

利用海域
面積[m²]

設置
密度

エネルギー
ポテンシャル

理論設備利用率

個々のプロジェクト毎に異なる仮定

- [利用海域]、[設置密度]の仮定を置けば現実的なエネルギーポテンシャルを推定できる。⇒但し、今回の報告では取り扱わない
- 理論設備利用率を用いた海域差や年変化の検討を事例として、評価法の概念や試解析結果を説明

理論設備利用率 (CAft) の考え方

- 発電特性と気海象発現確率を組み合わせる算出するエネルギー取得率
- 想定する定格出力に対する比で表示

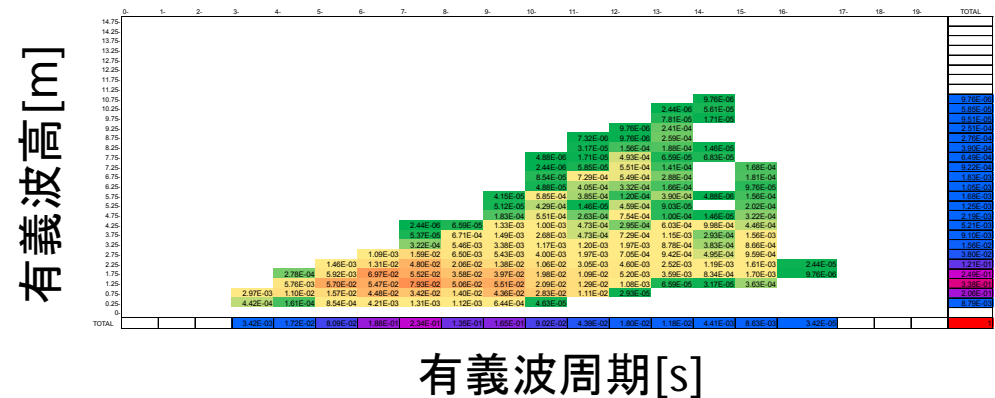
$$CAF_t = \left(\sum \left\{ \frac{P \cdot f \cdot (8760 - T_D)}{P_R \cdot 8760} \right\} \right) \times 100 = \left(\sum \left\{ \frac{P \cdot f}{P_R} \right\} \right) \times 100$$

(例) 波浪発電装置の場合

$P(H_S, T_S)$: 発電特性 (パワーマトリックス)

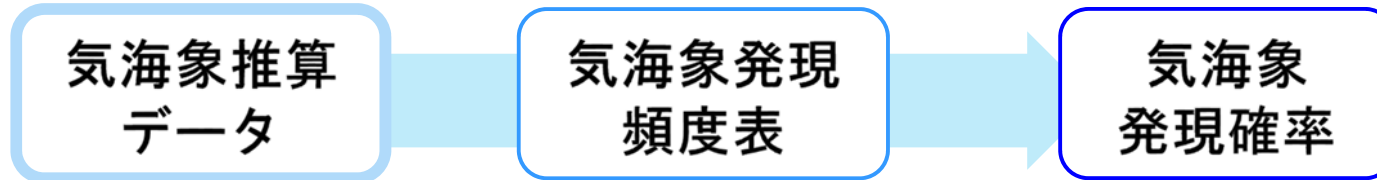
		有義波周期 [s]							
		5	6	7	8	9	10	11	12
有義波高 [m]	5	50	89	100	100	100	100	100	100
	4.5	55	89.6	100	100	100	100	100	100
	4	58.8	90.3	100	100	100	100	100	100
	3.5	67.8	95.1	100	100	100	100	100	100
	3	66.2	90.5	99.4	99.7	100	100	100	100
	2.5	50	66.6	79	87	90	88.8	83.4	76.4
	2	35	45	52	58.5	61	61	58	54
	1.5	19	25	30	35	37	37	35	32
1	8	9.5	12	16	16.5	16.5	16.5	15	
0.5	1.5	2.5	3.5	4	4	4.5	4	4	

$f(H_S, T_S)$: 波高一周期結合発現確率



- 文献等を引用した発電特性
- ユーザーが定義した発電特性

- 波浪・海流推算データベースを活用



● 気象海象推算データベースの出典

- 波、風 : 推算データ (日本気象協会)
- 海流 : 再解析データ (JCOPE2 : JAMSTEC, FOP)

気海象データの諸元			
	空間解像度	データ利用期間	要素
波	lon./lat.: 2分	Feb. 1, 1994 - Jan. 31, 2014 (6時間間隔)	有義波高 : H_S
風			有義波周期 : $T_S (T_{01})$
			卓越波向 : χ
			10分間平均風速 : V_A (水面上10m)
			平均風向 : χ_A
海流	lon./lat.: 5分	Feb. 1, 1994 - Jan. 31, 2014 (24時間間隔)	流速 : V_c (水深: 0m, 10m, 50m)
			流向 : χ_c

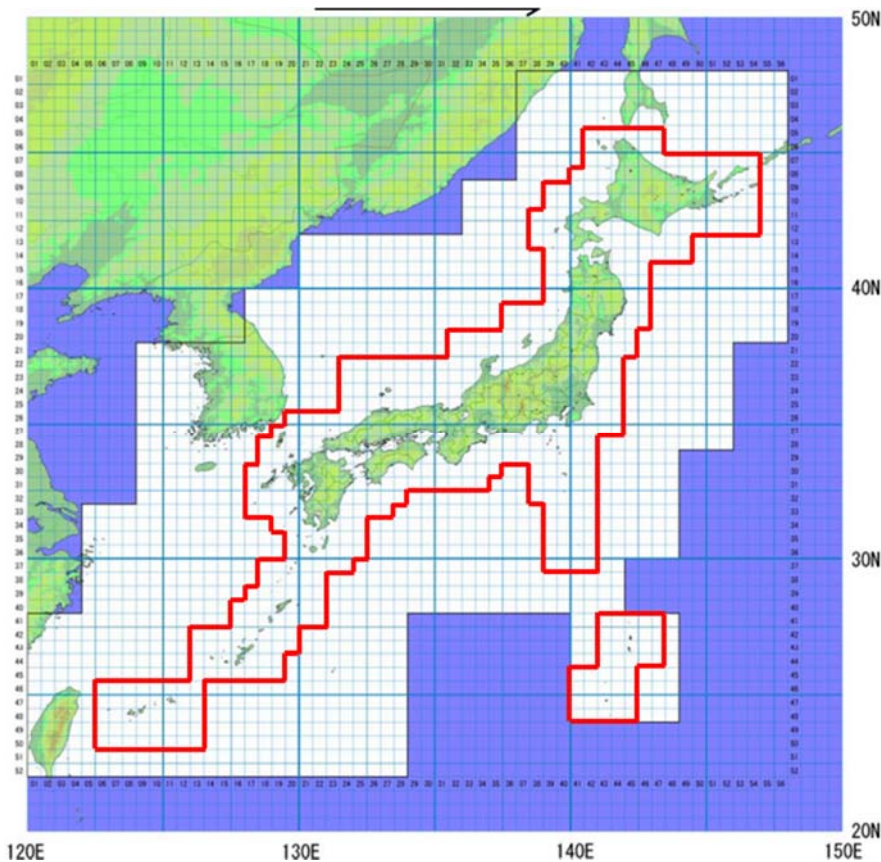
✓ JCOPE2データの補間

- 空間解像度 : 2分に線形補間
- データ間隔 : 6時間間隔 (24時間内の変動分は考慮しない)

気海象推算
データ

気海象発現
頻度表

気海象
発現確率



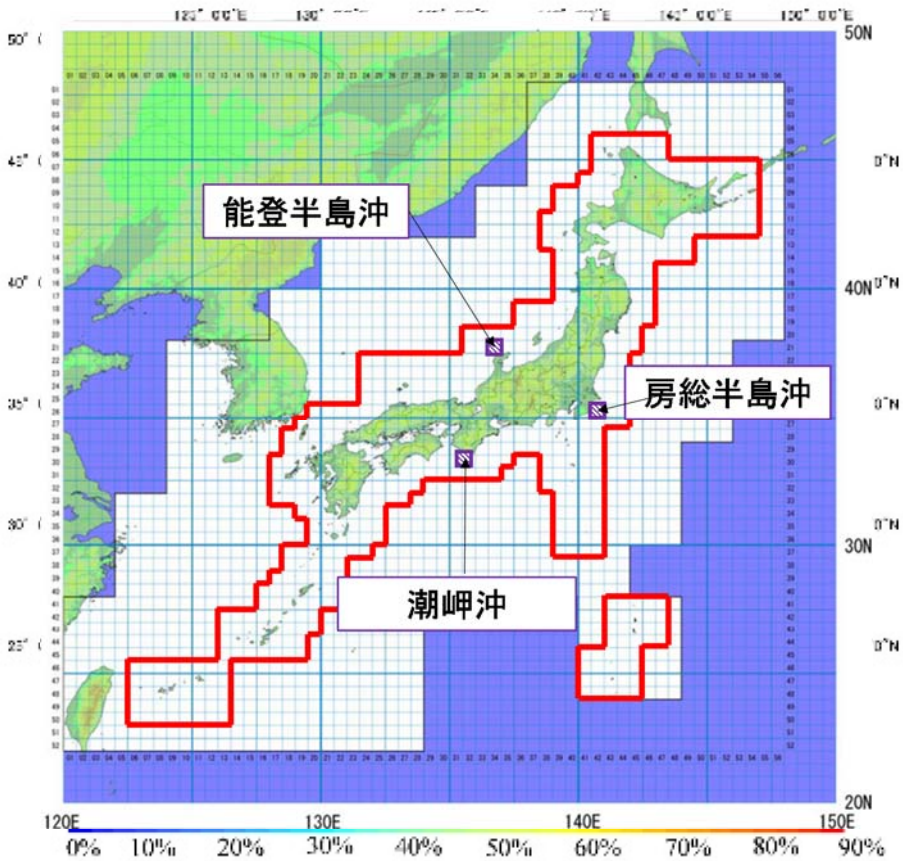
頻度表構築範囲(赤枠内)

2 要素頻度表 $(H_S, T_S), (H_S, V_A), (V_A, \chi_A),$
 $(V_A, V_C), (V_C, \chi_C)$

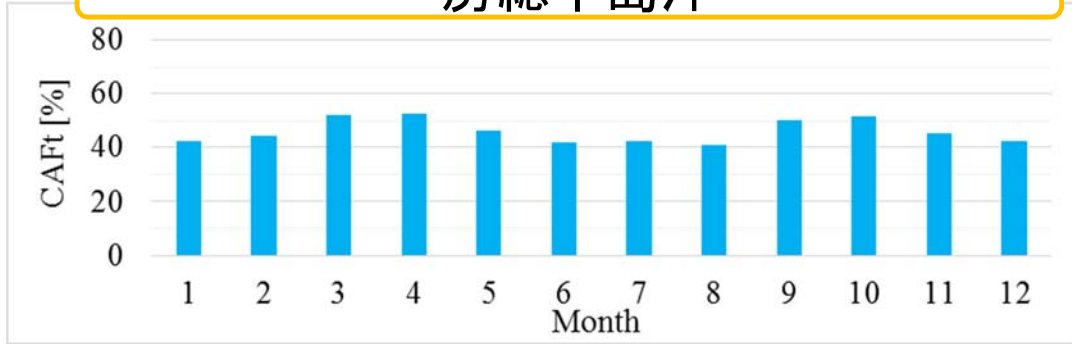
3 要素頻度表 $(H_S, T_S, V_A), (H_S, T_S, V_C),$
 (H_S, T_S, χ)

- 8 種類の頻度表
(2要素 : 5種類、3要素 : 3種類)
- 空間解像度は0.5度格子
- 通年、月別の2種類の頻度表を構築
 - 通年: 6,400,000 データ (1海域20年)
 - 月別: 550,000 データ (1海域20年)

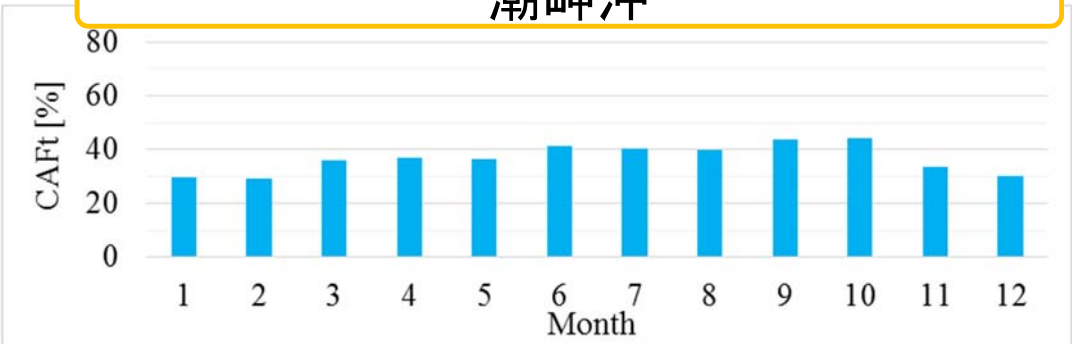
波力発電施設の理論設備利用率



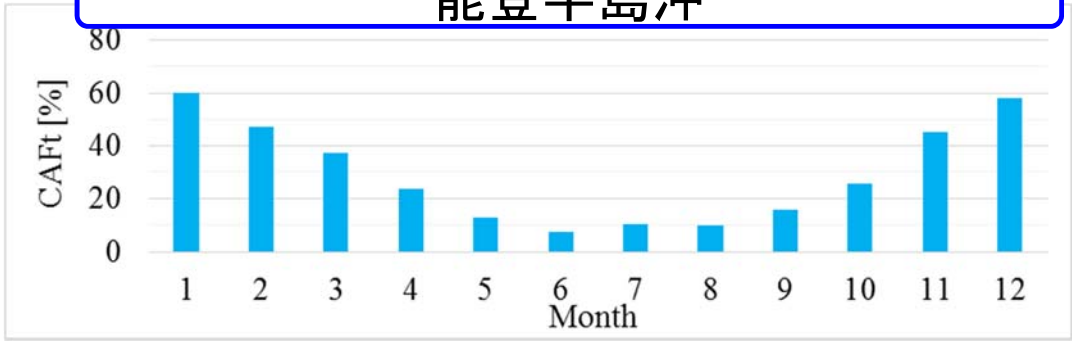
房総半島沖



潮岬沖



能登半島沖



洋上再生可能エネルギー（含 洋上風力）のポテンシャル評価

□ 風力エネルギーポテンシャル：JWPA, 環境省（1年）, 経産省（5年）

□ 波力エネルギーポテンシャル：NEDO（2010）（1年 or 3年）

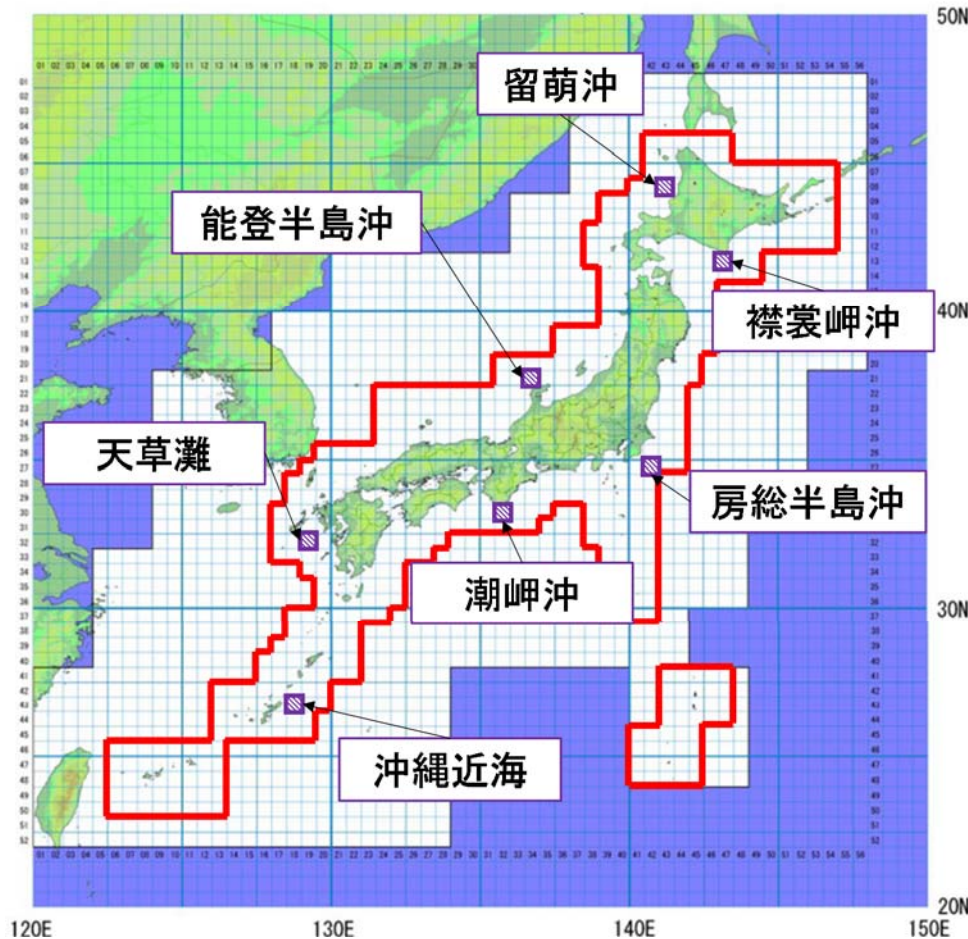
※当時の最大利用可能期間

□ 海流エネルギーポテンシャル：NEDO（2010）（5年）

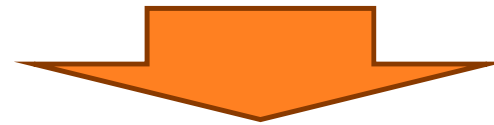
エネルギーポテンシャルの年変化

- 発電事業の採算性評価のため事前把握が望ましい
- 発電装置の供用期間をカバーする年数での評価

20年間の気象海象推算データベースを用いて
エネルギーポテンシャルの年変化の試解析



- 沿岸7海域を対象に試解析
- 風速、有義波高、有義波周期の年平均値を算出（検証）
- 1年毎に頻度表を作成及び理論設備利用率を算出



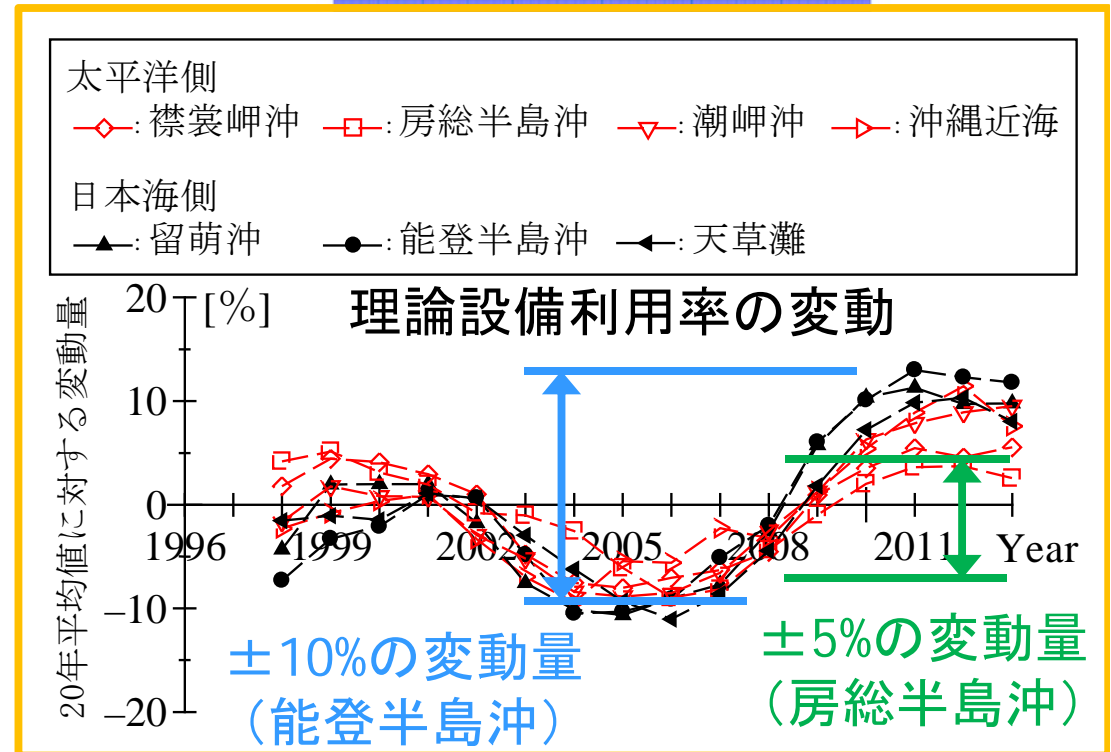
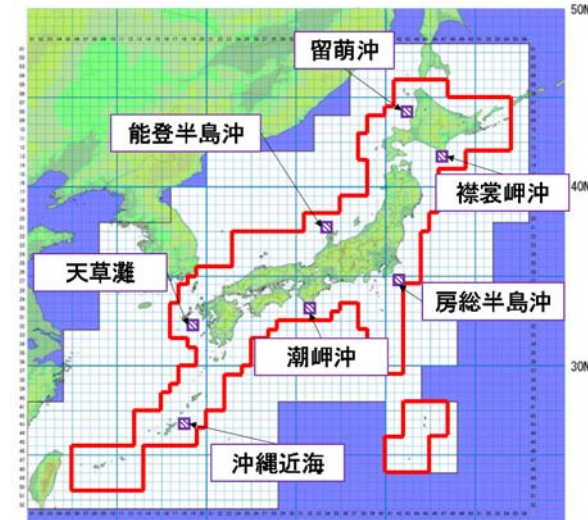
理論設備利用率（風力・波力エネルギーポテンシャル）の年変化を試算

理論設備利用率の年変化（風力）

- 理論設備利用率の変動量
3年間移動平均結果の20年平均値に対する変動量を比較

（結果）

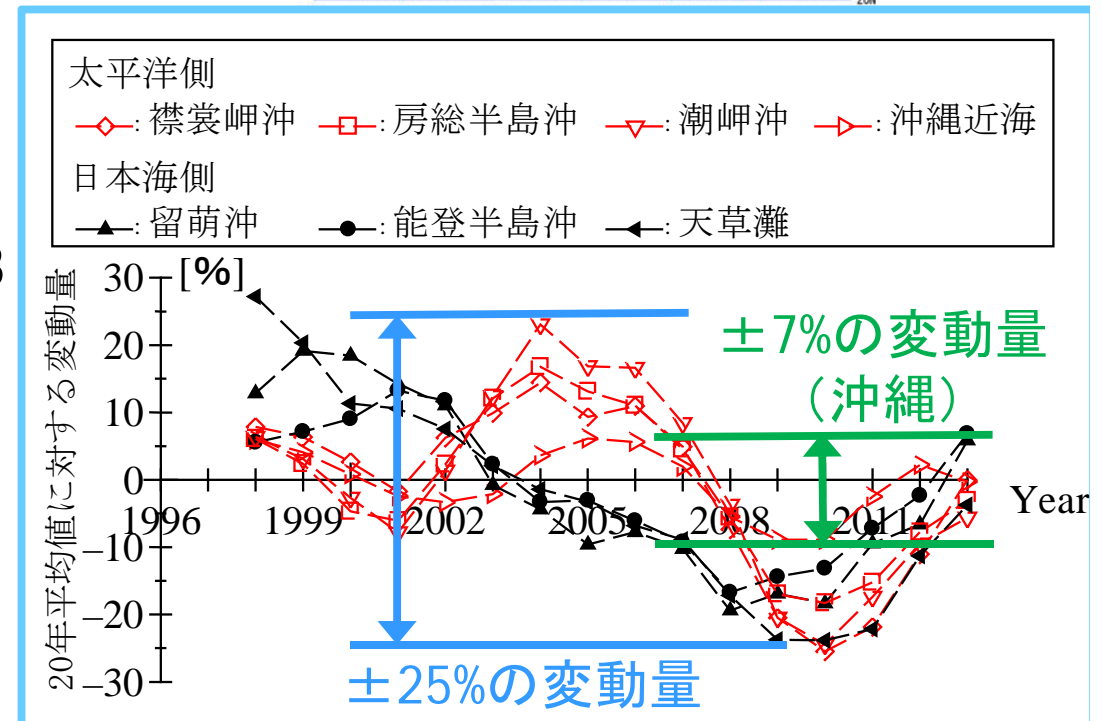
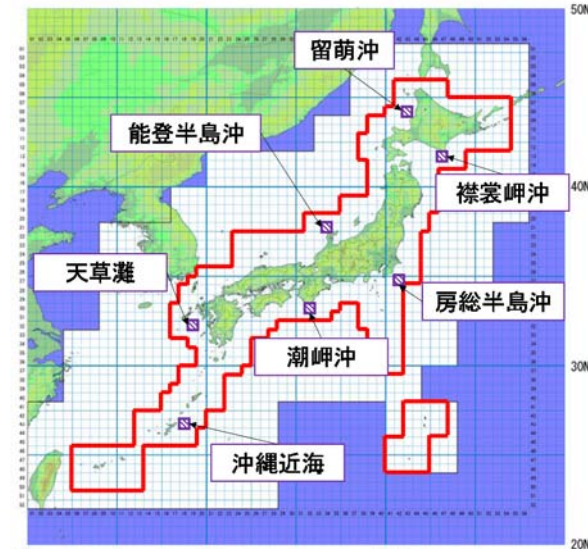
- 太平洋側、日本海側とも周期的な変化を示し、変化の傾向は一致
- 2008年以降は太平洋側、日本海側とも平均値より高い理論設備利用率
- 海域によって変動量は異なる
例 房総半島 $\pm 5\%$ 程度
能登半島沖 $\pm 10\%$ 程度



- 理論設備利用率の変動量
3年間移動平均結果の20年平均値に対する変動量を比較

（結果）

- ・ 太平洋、日本海側とも周期的な変化
- ・ 日本海側は太平洋側よりも長周期で変動
- ・ 2010年以降は太平洋側、日本海側とも理論設備利用率は増加に転じ、2013年は平均値に近い値
- ・ 変動量は日本海、太平洋側とも地域による差がある
例) 沖縄 ±7%程度
潮岬 ±25%程度





● 海洋エネルギー発電装置

特定海域に設置、運用

⇒ 安全性評価・性能評価に用いる気海象の設計条件：Site specific

海域特定に至らない（開発・型式認証段階）

← 安全性照査、性能照査のため気海象の標準的設計条件を設定する必要

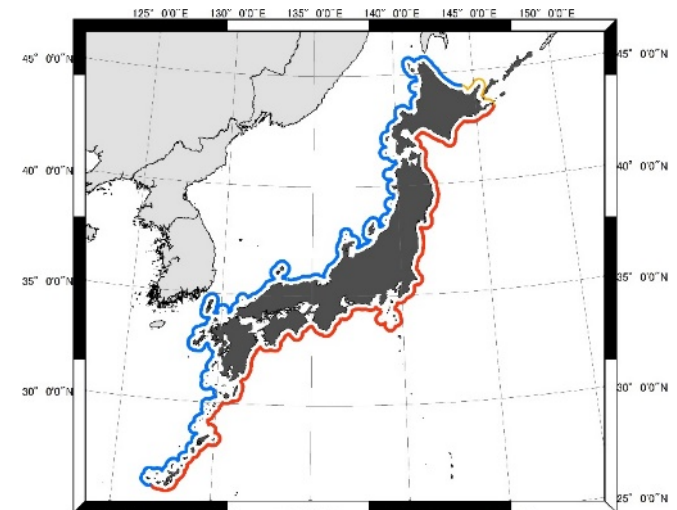
日本沿岸域を代表する気象海象条件（標準海象）

- ・ 安全サイドで安全性、性能照査
- ・ 発電装置の開発における目標海象（例えば）設計基準風速

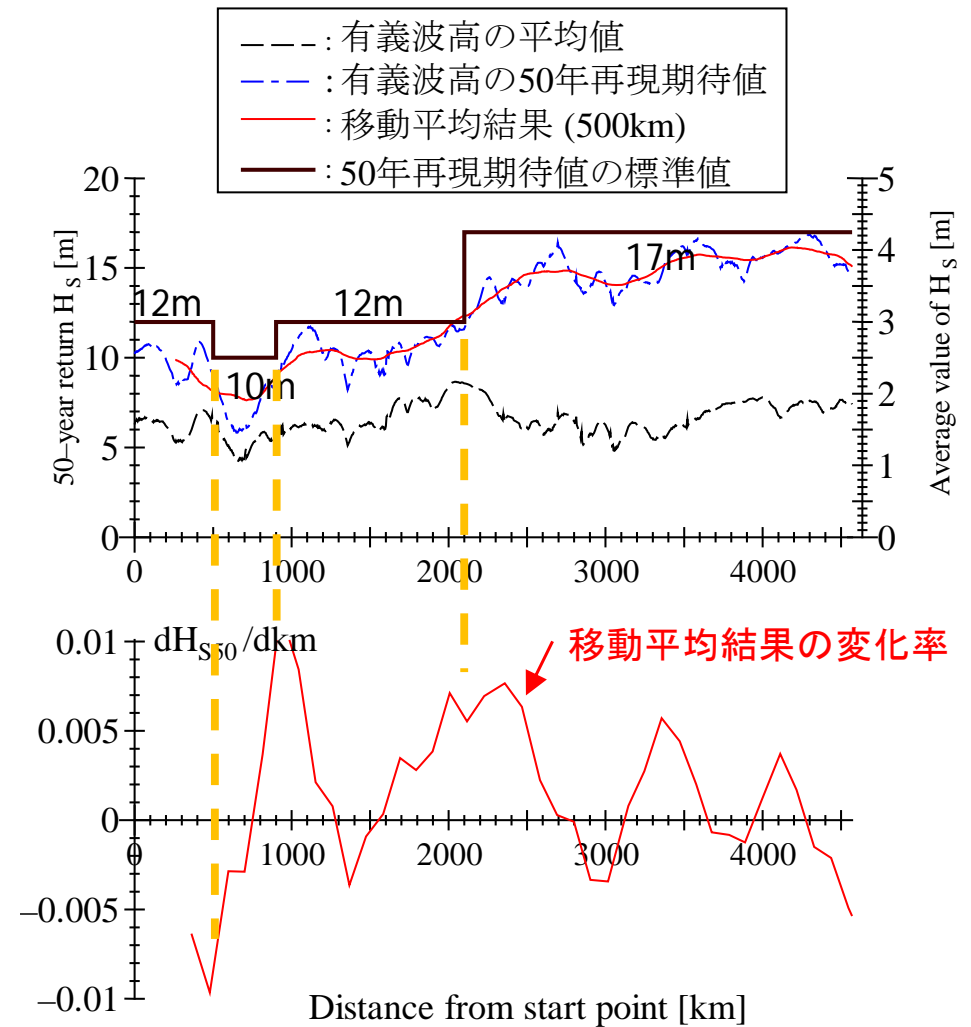
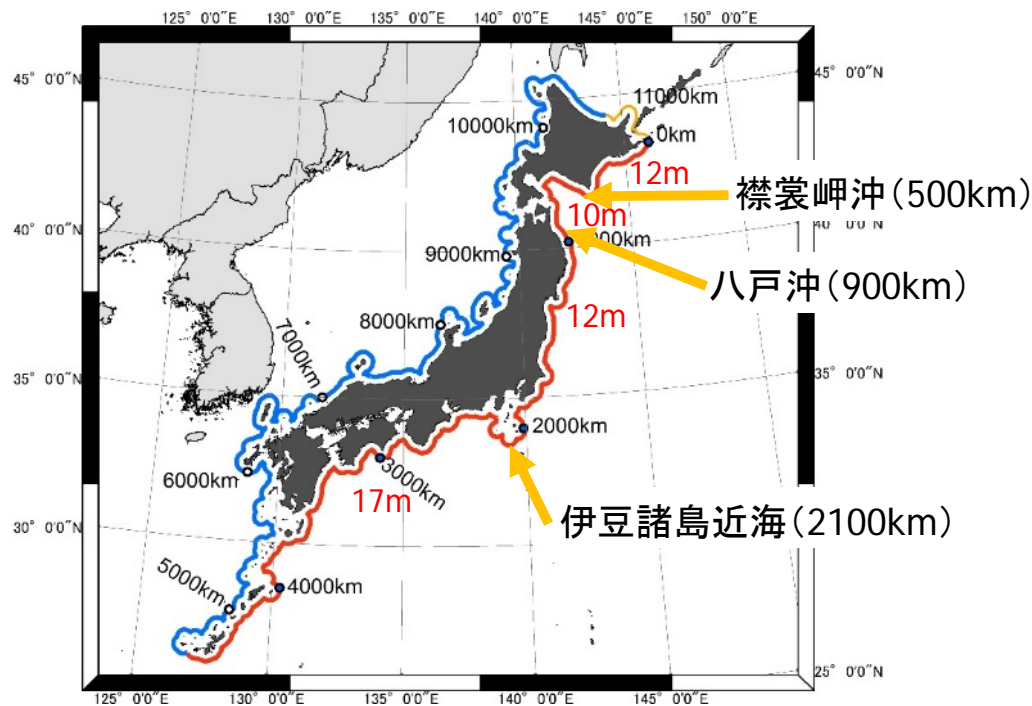
○ 考え方

※ 設置海域は沿岸域と仮定

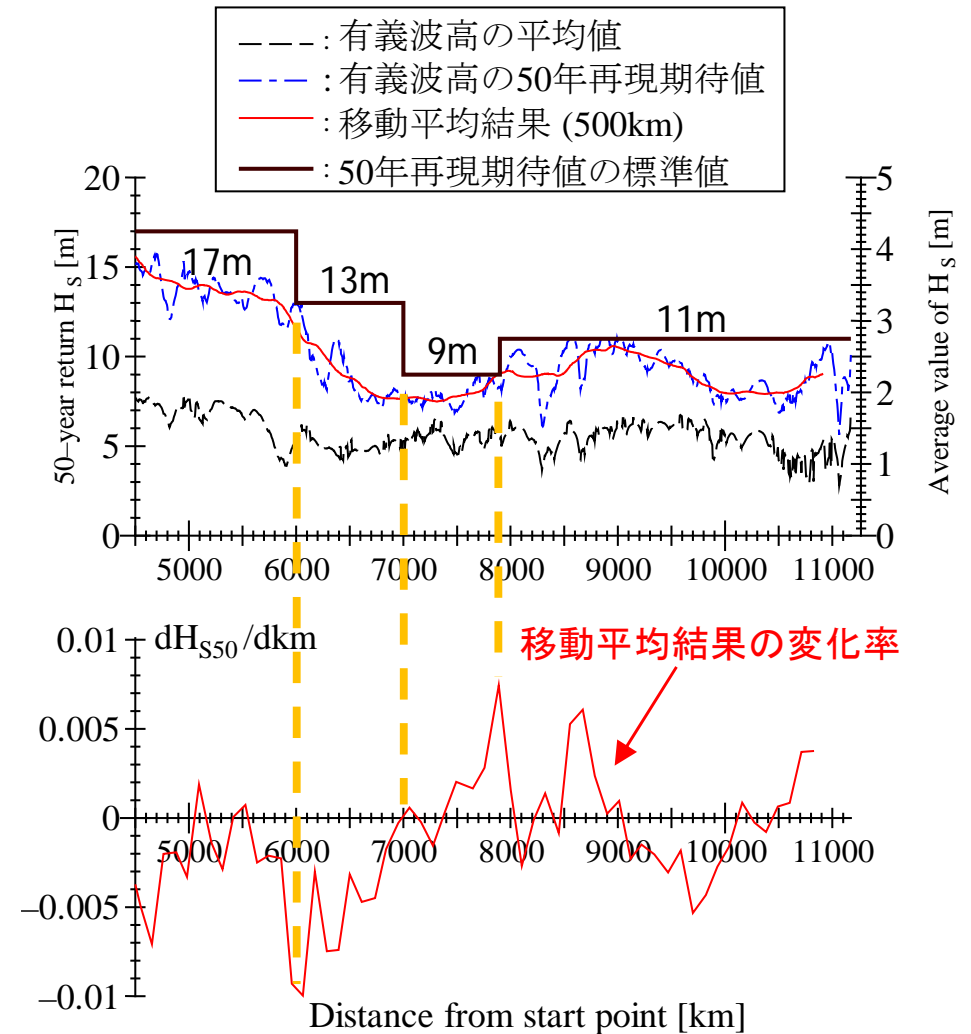
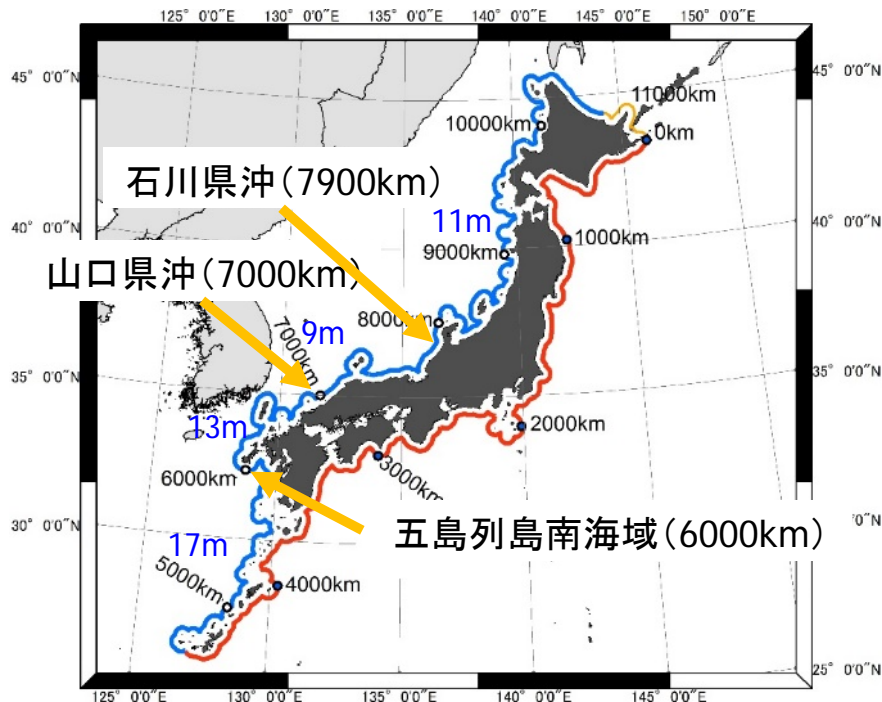
- ・ 極値海象条件（50年再現期待値）：終局強度評価
 - 離岸距離約30kmの外周ライン上で、有義波高、平均風速の50年再現期待値の分布を把握
 - ⇒ 標準的な極値を設定



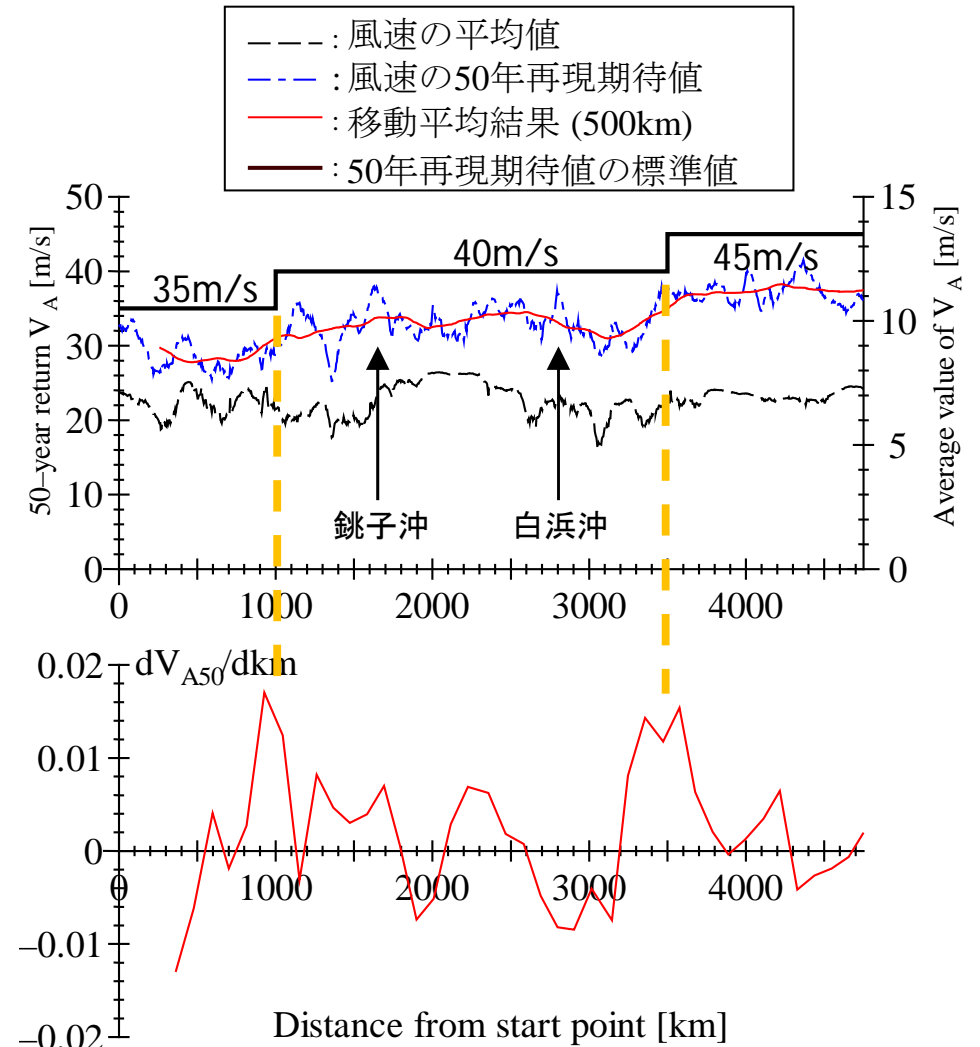
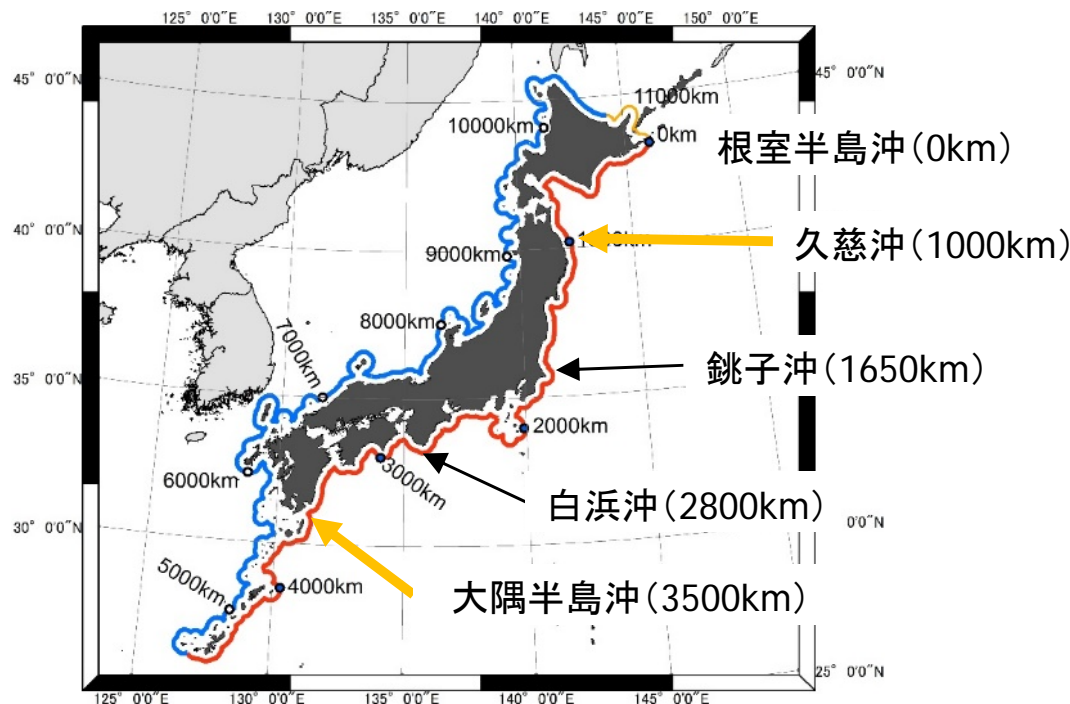
- 標準的な極値の設定（太平洋側）
 - 50年再現期待値に対して移動平均処理（500km）
 - 変化率の大きい地点（ ± 0.005 以上）、極値が一定となる地点、地形影響を考慮
 - 伊豆諸島以西は台風の影響が強いと予想し、一律の17mと設定



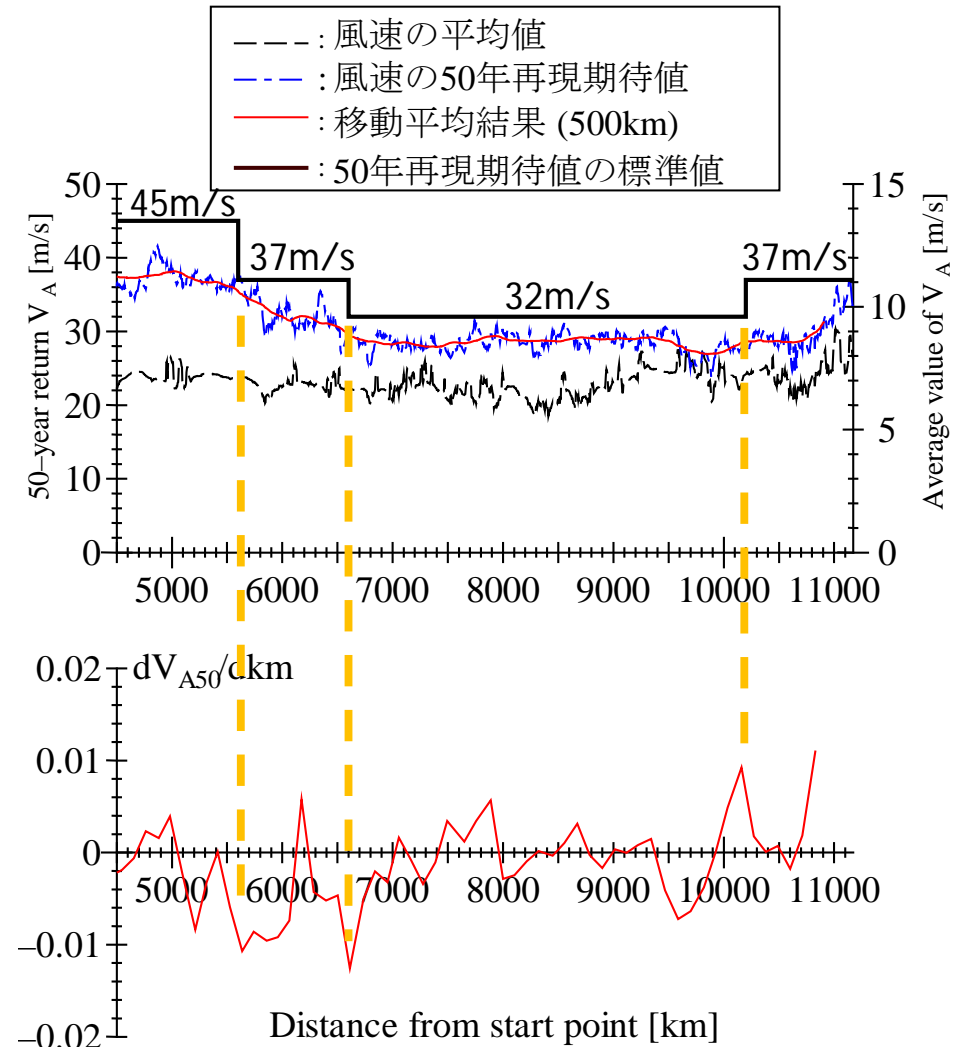
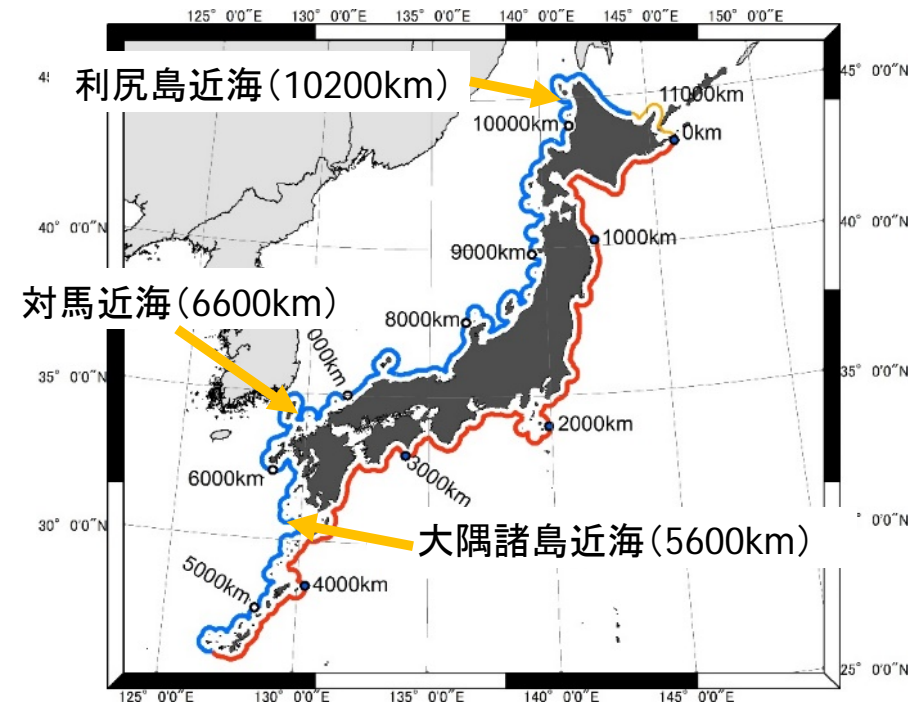
- 標準的な極値の設定（日本海側）
 - 50年再現期待値に対して移動平均処理（500km）
 - 変化率の大きい地点（±0.005以上）、極値が一定となる地点、地形影響を考慮



- 標準的な極値の設定（太平洋側）
 - 50年再現期待値に対して移動平均処理（500km）
 - 変化率の大きい地点（ ± 0.01 以上）、極値が一定となる地点、地形影響を考慮
 - 波高に比べて極値の変動は小さい
 - 銚子沖、白浜沖等など局所的に値が増加
該当区間は一律40m/sと設定
 - 大隅半島以南は45m/sに設定



- 標準的な極値の設定（日本海側）
 - 50年再現期待値に対して移動平均処理（500km）
 - 変化率の大きい地点（±0.01以上）、極値が一定となる地点、地形影響を考慮
 - ・ 極値の変化は太平洋側よりも緩やか
 - ・ 沖縄本島～大隅諸島近海は45m/s
 - ・ 対馬近海～利尻島近海は極値は一律32m/s



- 気海象推算データベース（20年分）を活用し、気海象の発現頻度表等を再整備
 - 発電特性に基づく理論設備利用率を用いたエネルギーポテンシャル評価を提案
 - 上記エネルギーポテンシャルの年変動を評価
 - 沿岸域における気海象の50年再現期待値を求め、型式認証等での標準的設計で利用可能な設計条件を整備
- 発電特性及び対象海域は、ユーザー指定が可能