



我が国インベントリにおける 藻場（海草・海藻）の算定方法について

令和6年2月
地球環境局 総務課
脱炭素社会移行推進室



- 2013年にIPCCで採択された湿地ガイドラインは、泥炭地・沿岸湿地・内陸の泥炭地以外の湿地の算定方法について、2006年IPCCガイドラインに追加的なガイダンスを提供している。UNFCCC下では湿地ガイドラインは、現行のインベントリ作成及びパリ協定下のインベントリ作成においても任意適用というルールとなっている（24/CP.19、18/CMA.1）。
- 第4章の沿岸湿地（Coastal Wetlands）の算定は、ブルーカーボン（Blue Carbon: BC）とも呼ばれる、マングローブ、潮汐湿地、海草藻場の3生態系における排出・吸収量を扱っている。わが国では、これらの排出・吸収についてGHGインベントリに反映するべく検討を進めてきており、2023年提出GHGインベントリでは、従来のGHGインベントリ算定において、森林の炭素蓄積変化に含まれていなかったマングローブを新たに算定に含めた。
- 藻場については、わが国では、海草藻場のみならず、海藻藻場も含めて両者を対象にした炭素貯留の算定に関する検討を進めてきた。これまで進められてきた検討の成果により、「算定方法」、「排出（吸収）係数」、「面積把握方法」がほぼまとまった状況となっている。
- 今般、令和5年度温室効果ガス排出量算定方法検討会において藻場（海草・海藻）の炭素貯留量の算定方法が確定し、2024年4月提出の温室効果ガスインベントリに反映することとなった。

海草藻場・海藻藻場の算定



- 令和5年度温室効果ガス排出量算定方法検討会（森林等の吸収源分科会）で検討・整理を行った内容は下記の通り。

項目	概要
①基本方針	海草藻場、海藻藻場の双方を対象。現存藻場で吸収固定された炭素貯留量の算定方法と、藻場が消失した場合の排出量計算の必要性について整理を実施。
②人為性の整理	我が国の法令や藻場管理対策の状況を踏まえ、全藻場を吸収源の算定対象とする人為的管理地と整理。
③浚渫・掘削時の排出	藻場消失時の炭素蓄積変化の算定は湿地ガイドラインのTier 1方法論を適用。同方法論と、浚渫・掘削等の実態を踏まえ、専門家判断により排出量の算定は不要と整理。
④炭素貯留推定の方法論	藻場の炭素循環を踏まえて国内の研究結果より構築され、農林水産技術会議プロジェクト*で整理が行われたTier 3モデルにより、長期貯留炭素を吸収量として計算する方法論を採用。
⑤算定対象	農林水産技術会議プロジェクト*の整理に従い、自然藻場16タイプ・9海区別の藻場区分を利用。
⑥係数の設定	農林水産技術会議プロジェクト*で整理された、⑤の藻場区分に対応する吸収係数を利用（各藻場タイプ、海区別のバイオマス量は、2024年提出では、全時系列一定値を用いて計算）。
⑦活動量（藻場面積）	1990～直近年について、⑤の藻場区分別の藻場面積を、過去の環境省調査と近年を対象に実施した藻場分布推計モデルによる面積データを用いて構築。

吸収量

④の方法論を適用し、⑤の藻場区分別に、⑥の吸収係数に⑦の活動量を乗じて計算した炭素貯留量を合計して、我が国全体の吸収量を計算。

*農林水産省 みどりの食料システム戦略実現技術開発・実証事業のうち農林水産研究の推進（委託プロジェクト研究）「ブルーカーボンの評価手法及び効率的藻場形成・拡大技術の開発（JPJ008722）」

海草藻場・海藻藻場の算定



①基本方針

- 「湿地ガイドライン」では、海草藻場（seagrass meadows）の除去による既存炭素蓄積の消失、再湛水・植生回復・造成による炭素の新規貯留に関する方法論が提示されている。
- 我が国では、海草・海藻藻場の炭素循環に関する知見を踏まえて構築した、海草・海藻藻場双方を対象としたモデルによる算定方法を適用する。

IPCC湿地ガイドラインの炭素増減に関する方法論

対象区分	炭素プール	IPCC湿地ガイドラインによる方法論			
		維持	造成・再生	消失	排水
海草藻場	バイオマス	ガイダンスなし(独自のTier3方法論を適用した場合のみ算定可)	Tier2以上でのみ考慮	土地利用変化の方法論（係数提示）	ガイダンスなし
	枯死有機物		方法論と吸収係数提示	泥炭採掘の方法論適用（実質無視）	
	土壌			掘削に伴うものについて方法論と係数提示	
海藻藻場		ガイダンスなし		ガイダンスなし	

我が国では、維持・造成・再生を含む現存する海草・海藻藻場生態系からの流送（堆積、深海輸送、RPOC貯留、RDOC貯留）に伴う炭素貯留を算定するTier 3の方法論を構築。
 現在、藻場による吸収（炭素貯留）については、湿地ガイドラインのTier 1、2の適用を含めて、諸外国では当該算定の実績はないため、世界初の取組となる。

左記のモデルでは、藻場生態系消失分は、消失分だけ年間吸収量が減少する効果として算定されることになるため、藻場が消失したからといって排出量が上昇するわけではない。ただし、IPCCガイドラインの方法論に従い、開発行為（土地利用変化、掘削）による藻場生態系の損失に由来する炭素損失は排出量として算定対象。現在、豪州が浚渫（Capital Dredging）によるバイオマス・土壌由来排出量を算定・報告。

※ 草体・藻体の本体は短期で生育・分解を繰り返すことから、土地の草本と同様に、長期貯留に回らない有機物中炭素の吸収・排出計算は行わない。 3

② 人為性の整理

- 我が国の海洋に関する諸施策は、総合的に推進することとされていることから、我が国では沿岸域全体を人為的管理対象地とみなすこととした。
 - ・ 海岸法における「海岸保全基本方針」に基づき、我が国のすべての海岸線を区分し、当該区分毎に、海岸環境の整備と保全を含む総合的な海岸の保全を実施することを目的とした「海岸保全基本計画」が策定されている。
 - ・ 海岸保全基本方針では、「自然と共生する海岸環境の保全と整備を図る」こと、海岸保全施設整備において、「干潟や藻場を含む自然環境の保全に配慮する」ことなどが述べられている。
 - ・ 第4期海洋基本計画（令和5年4月閣議決定）では、政府が総合的かつ計画的に講ずべき海洋に関する施策として、沿岸域の総合的管理が挙げられている。

（補足）

各国のGHGインベントリでは、比較的管理地は広めに把握することが主流となっている。原生状態の土地が多い米のアラスカ州、加、南米の熱帯雨林を多く有する国などでは、鉄道・道路からのアクセス距離（例：10km以内）で管理地を規定している様な場合もあり、人為的な影響を受けやすい環境下にあることも、管理地把握の説明として活用されている。

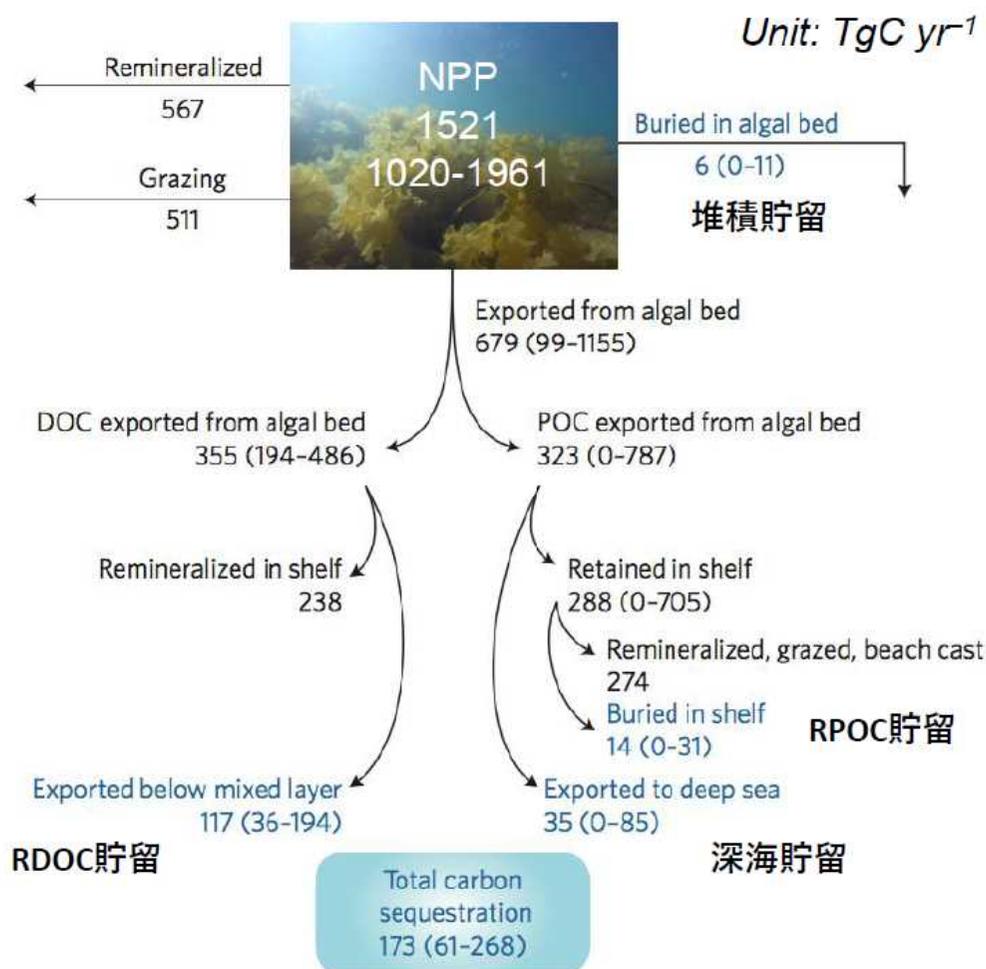
③ 浚渫・掘削時の排出

- 海草藻場の消失時の炭素蓄積変化算定については、湿地ガイドラインのTier 1に準じた算定方法を適用する。以下の理由により、炭素蓄積の損失の算定は実施しない。
 - ・ バイオマスについては、木本が存在しない生態系では短期で生育・分解を繰り返すことから、土地の草本と同様に、長期貯留に回らない有機物中炭素の吸収・排出は算定不要である。また枯死有機物はマングローブ林のみが算定対象となっているため藻場の消失時は損失算定は不要となる。
 - ・ 土壌については藻場の存在している場所において、浚渫・掘削に伴う陸揚げを行った場合は、深さ1mまでに含まれる炭素量が好気分解によるCO₂排出算定対象となるが、浚渫・掘削を最も行っていると考えられる港湾区域について、藻場消失の影響を整理した結果、浚渫・掘削に伴う藻場の消失が実態として軽微であると判断できたことから、CO₂排出の算定上無視できると「専門家判断」を実施した。

海草藻場・海藻藻場の算定

④炭素貯留推計の方法論

- 最新の知見では、海草・海藻藻場による炭素貯留 (carbon sequestration) として、以下の4プロセスを考慮している。わが国の算定もこの知見に基づき実施。



「何年間貯留されれば、炭素貯留とみなせる」という基準は、現状IPCCガイドラインで与えられていないが、「100年」が持続性基準として活用されることが多くなっている*1,*2ことから、100年以上の貯留期間をもつ場合に炭素貯留とみなすこととした。

*1 'Carbon Sequestration' is defined as 'the secure storage of carbon containing molecules for >100 years outside the atmosphere' (GESAMP, 2019, Hurd et al, 2022)
GESAMP: Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection

*2 バイオ炭の炭素貯留による残存率設定や、各種炭素クレジット制度の持続性基準など

(補足) CO₂貯留プロセスの概要

- 堆積貯留：枯れた海草・海藻が藻場内の海底に堆積し、長期間貯留されるプロセス。
- 難分解貯留：枯れた海草・海藻、その細分化された破片が流出し、長期間CO₂に戻らない難分解性の細片（粒子状）となり、藻場外の沿岸域に堆積して長期間貯留されるプロセス。
- 深海貯留：波浪などでちぎれた海草・海藻が流れ藻となって沖合に流出し、浮力を失って深海へ沈降し長期間貯留されるプロセス。
- RDOC貯留：海草・海藻が放出する難分解性の溶存態有機炭素が長期間にわたり海水中に貯留されるプロセス。難分解性溶存態有機炭素（Refractory Dissolved Organic Carbon）の頭文字からRDOCと呼ぶ。

引用) 海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック(国立研究開発法人 水産研究・教育機構)

<https://www.fra.go.jp/home/kenkyushokai/press/pr2023/20231101_kaisou.html>

海草藻場・海藻藻場の算定

④ 炭素貯留推計の方法論

■ 海草・海藻藻場のブルーカーボン貯留量評価モデルは、農林水産技術会議プロジェクトによりまとめられた以下の方法論を適用する。

$$\text{藻場による吸収量 (全国値)} = \text{各藻場タイプによるCO}_2\text{吸収量 (貯留量) の合計} = \text{吸収係数 (t-CO}_2\text{/ha/yr)} \times \text{活動量 (面積) (ha)}$$

藻場タイプ j の吸収係数 (gCO₂/m²/year) = $\frac{\text{CO}_2\text{隔離量} \times \text{残存率の総和}}{\text{現存量をCO}_2\text{量に換算する項}} \times C_{cont,j} \times (44/12) \times E_j$

$(P/B_{max})_j \times B_{max} \times r_{2j}$: 堆積貯留
+ $(P/B_{max})_j \times B_{max} \times r_{3j}$: 深海貯留
+ $(P/B_{max})_j \times B_{max} \times r_{1j} \times (1-r_{2j}-r_{3j})$: 難分解貯留
+ $B_{max} \times r_{4j}$: RDOC貯留

= $B_{max} \times \left[(P/B_{max})_j \times \{r_{1j} + (r_{2j} + r_{3j})(1-r_{1j})\} + r_{4j} \right]$

最大現存量 (乾燥重量) CO₂隔離量 × 残存率の総和のうち、現存量以外の項

生態系変換係数

吸収係数 = 吸収ポテンシャル × B_{max} × E_j

B_{max} : 最大現存量(gDW/m²)、
 P/B_{max} : 単位面積当たりの一次生産量・最大現存量の比の標準値(gDW y⁻¹ m⁻²/gDW m⁻²)、
 r_1 : 難分解貯留の残存率(無次元)、
 r_2 : 堆積貯留の残存率(無次元)、
 r_3 : 深海貯留の残存率(無次元)、
 r_4 : RDOC貯留の残存率(RDOC残存率を計算するための係数を含んだ値) (gDW y⁻¹ m⁻²/gDW m⁻²)、
 C_{cont} : 炭素含有率(gC/gDW)
 E : 生態系変換係数 (海藻の現存量を補正する係数)

海草藻場・海藻藻場の算定



⑤算定対象

■ 16の自然藻場タイプを対象に、排出係数の検討過程で設定された9海区別に実施する。

藻場タイプ別の算定対象貯留プロセス (r1,r2,r3,r4の係数が設定されているもの)

藻場タイプ		主要種	貯留プロセス			
			堆積貯留	深海貯留	RPOC貯留	RDOC貯留
海草藻場	アマモ型	アマモ, スゲアマモ, コアマモなど	○	○	○	○
	タチアマモ型	タチアマモ	○	○	○	○
	スガモ型	スガモ, エビアマモなど		○	○	○
	亜熱帯小型	ウミヒルモ類、マツバウミジグサ、コアマモ（亜熱帯型）など	○	○	○	○
	亜熱帯中型	リュウキュウスガモ、ベニアマモリュウキュウアマモなど	○	○	○	○
	亜熱帯大型	ウミショウブ	○	○	○	○
海藻藻場	コンブ類	マコンブ型		○	○	○
		ナガコンブ型		○	○	○
	アラメ・カジメ類	アラメ型			○	○
		カジメ型			○	○
		ワカメ型			○	○
	ガラモ類	温帯性ホンダワラ型		○	○	○
		亜熱帯性ホンダワラ型			○	○
	小型海藻類	小型緑藻型			○	○
		小型紅藻型			○	○
小型褐藻型				○	○	

⑥係数の設定（吸収ポテンシャル及び吸収係数）

- 前述の算定式で示した「吸収ポテンシャル」は、農林水産技術会議で取りまとめた藻場タイプ別・海区别の値を利用する。炭素含有率、生態系換算係数*は農林水産技術会議プロジェクトにおけるCO₂吸収量の全国推計で利用された値を用いる（炭素含有率 = 0.3、生態系換算係数 = 1）。
- 海草・海藻藻場のバイオマス量は、2024年インベントリ提出では前年度一律の数値を用いる。
- 将来のGHGインベントリ提出については、必要に応じて以下の改善を実施。
 - 過去の時系列におけるCO₂吸収係数の更新・再計算（環境省生物多様性基礎調査データの利用等）。CO₂吸収係数を計算する年次はデータ入手性や、政策的な必要性を踏まえて検討。
 - 学術論文公開後の引用先の改定。及び必要な場合は方法論・係数の修正。
 - アーカイブシステムに格納されたバイオマスデータを反映した年次CO₂吸収係数、及び生態系換算係数の利用。
 - 炭素含有率の更新（個別データが入手できた場合）。

*生態系換算係数：藻場によって付着藻類などタイプに含まれない他の藻類が多く含まれる場合、その藻類による吸収量を加味して補正するためのパラメータ。情報不足としてすべての藻場タイプにおいてE_{jk}=1としている。

海草藻場・海藻藻場の算定



⑥係数の設定（吸収ポテンシャル）

■「吸収ポテンシャル」は、乾燥重量で求めた各藻場の現存量Bmax 1gが年間に貯留するCO₂量 (gCO₂ /gDW/yr)。藻場タイプ別、海区別に設定。この吸収ポテンシャルにバイオマス量 (gDW/m²) を乗じると吸収係数となる。

藻場タイプ・海域区別の吸収ポテンシャル

藻場タイプ	北海道	東北太平洋	日本海北部	日本海南部	中部太平洋	瀬戸内海	四国太平洋	九州東シナ	南西諸島
アマモ	0.663	0.715	0.656	0.675	0.656	0.712	0.675	0.695	
タチアマモ	0.591	0.610	0.591	0.591	0.591				
スガモ	0.613	0.613	0.613	0.613	0.613				
亜熱帯小型									1.164
亜熱帯中型									0.758
亜熱帯大型									0.545
マコンブ	0.068	0.068	0.068						
ナガコンブ	0.078								
アラメ		0.098		0.098	0.129		0.129	0.098	
カジメ		0.124	0.124	0.124	0.100	0.124	0.100	0.112	
ワカメ	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	0.062	
温帯性ホンダワラ	0.098	0.101	0.109	0.099	0.125	0.101	0.131	0.103	
亜熱帯性ホンダワラ							0.093	0.093	0.093
小型緑藻	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126	0.126
小型褐藻	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063	0.063
小型紅藻	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069	0.069

出典) 海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック(国立研究開発法人 水産研究・教育機構)(表3から該当部分を抜粋)

海草藻場・海藻藻場の算定



⑥係数の設定（吸収係数）

- 藻場タイプ別、海區別に、現状のバイオマス量を反映して、各貯留プロセスを合計した面積当たりの吸収係数（gCO₂/m²/yr）は下表の通り。

藻場タイプ・海域区分別の吸収係数

藻場タイプ	北海道	東北太平洋	日本海北部	日本海南部	中部太平洋	瀬戸内海	四国太平洋	九州東シナ	南西諸島
アマモ	490.39	224.11	593.20	381.56	593.20	232.10	381.56	280.52	
タチアマモ	847.77	212.74	847.77	847.77	847.77				
スガモ	2039.74	1780.41	713.21	713.21	535.52				
亜熱帯小型									108.79
亜熱帯中型									305.91
亜熱帯大型									336.35
マコンブ	164.18	468.66	468.66						
ナガコンブ	110.70								
アラメ		274.72		127.16	423.02		162.69	127.16	
カジメ		61.55	15.54	151.57	49.39	126.08	25.24	20.28	
ワカメ	58.48	116.28	58.48	25.70	23.71	47.49	12.23	15.83	
温帯性ホンダワラ	312.03	158.86	60.50	219.24	31.56	155.21	27.33	105.50	
亜熱帯性ホンダワラ							128.51	21.31	41.97
小型緑藻	4.16	9.95	5.54	7.05	6.05	9.70	1.89	4.16	17.76
小型褐藻	112.69	7.91	11.68	63.91	1.19	19.90	30.51	14.88	9.35
小型紅藻	52.38	22.90	56.94	17.57	1.52	30.24	22.76	15.98	4.36

出典）海草・海藻藻場のCO₂貯留量算定ガイドブック(国立研究開発法人 水産研究・教育機構)(表4から該当部分を抜粋)

⑦活動量（藻場面積）

■ 前述の吸収係数の設定に用いた藻場タイプ別（16タイプ）・海區別（9タイプ）の面積を活動量として利用する。

■ 2024年4月提出GHGインベントリに関する方針

1990年～直近年までの時系列面積は、単一データ、モデルで作成できないことから、2024年提出インベントリでは、以下のデータ・方法論を適用する。

- 1990年・・・環境省 自然環境保全基礎調査^{注1,注2)} 第4回調査データ
- 1991～1998年・・・1990年と1999年で線形内挿
- 1999年・・・環境省自然環境保全基礎調査^{注2)} 第5回調査データ
- 2000～2017年・・・1999年と2018年で線形内挿
- 2018年～2021年・・・藻場分布推計モデル*から推計
- 2022年・・・2020年と2021年の変化から外挿

*藻場分布推計モデル

港湾空港技術研究所で作成した、地形・底質・クロロフィル濃度・水温などの環境データと藻場推定アルゴリズムを用いた藻場分布面積推計手法

- 計算条件：対象海域 日本全国の水深0～50m範囲、空間解像度 250m。
- 水温・クロロフィル濃度はGCOM-C (地球観測衛星「しきさい」JAXA)の情報を利用。

注1) 南西諸島が含まれていないため、南西諸島のみ2018年と2019年の変化から1990年まで外挿。

注2) 藻場区分が農林水産技術会議プロジェクトの藻場区分より大きいため、農林水産技術会議プロジェクトによる2018-2020年の藻場面積で比例配分して各藻場区分の面積を推計。

■ 将来のGHGインベントリ提出におけるデータ把握・改善予定

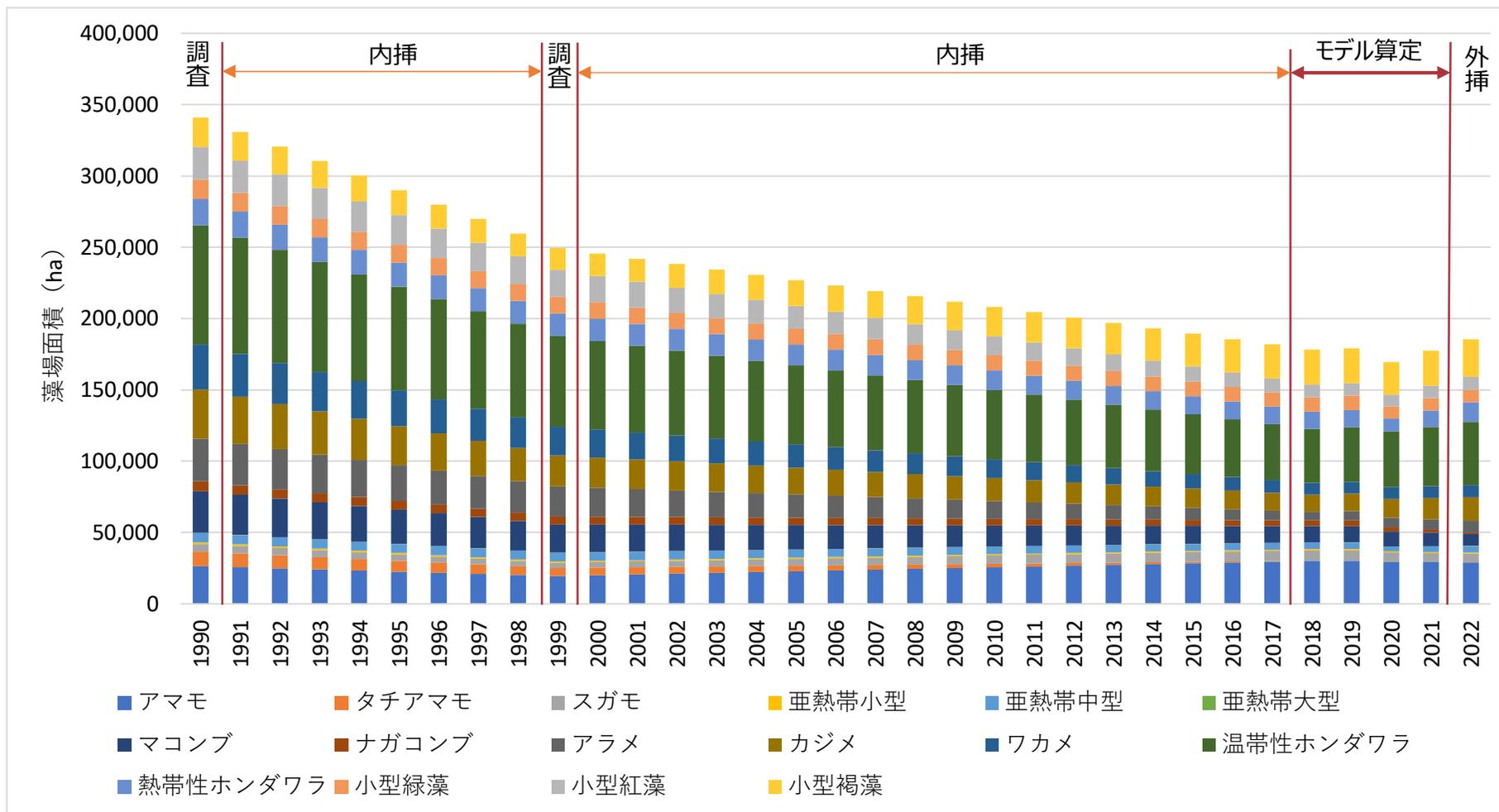
将来のGHGインベントリ提出では、国土交通省が国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所に委託して開発したアーカイブシステムに格納される衛星データ・ドローン計測データ等を踏まえた面積推計の実施予定。必要に応じて、過去の時系列における面積推計の更新・再計算（計算を実施する年次はデータ入手性、CO₂吸収係数の計算年、政策的な必要性等を踏まえて検討）。

海草藻場・海藻藻場の算定

面積推計結果（藻場タイプ別）

■ 藻場面積を藻場区分別に集計した場合の1990～2022年の面積推移（試算値※）は下図の通り。

藻場タイプ別の面積



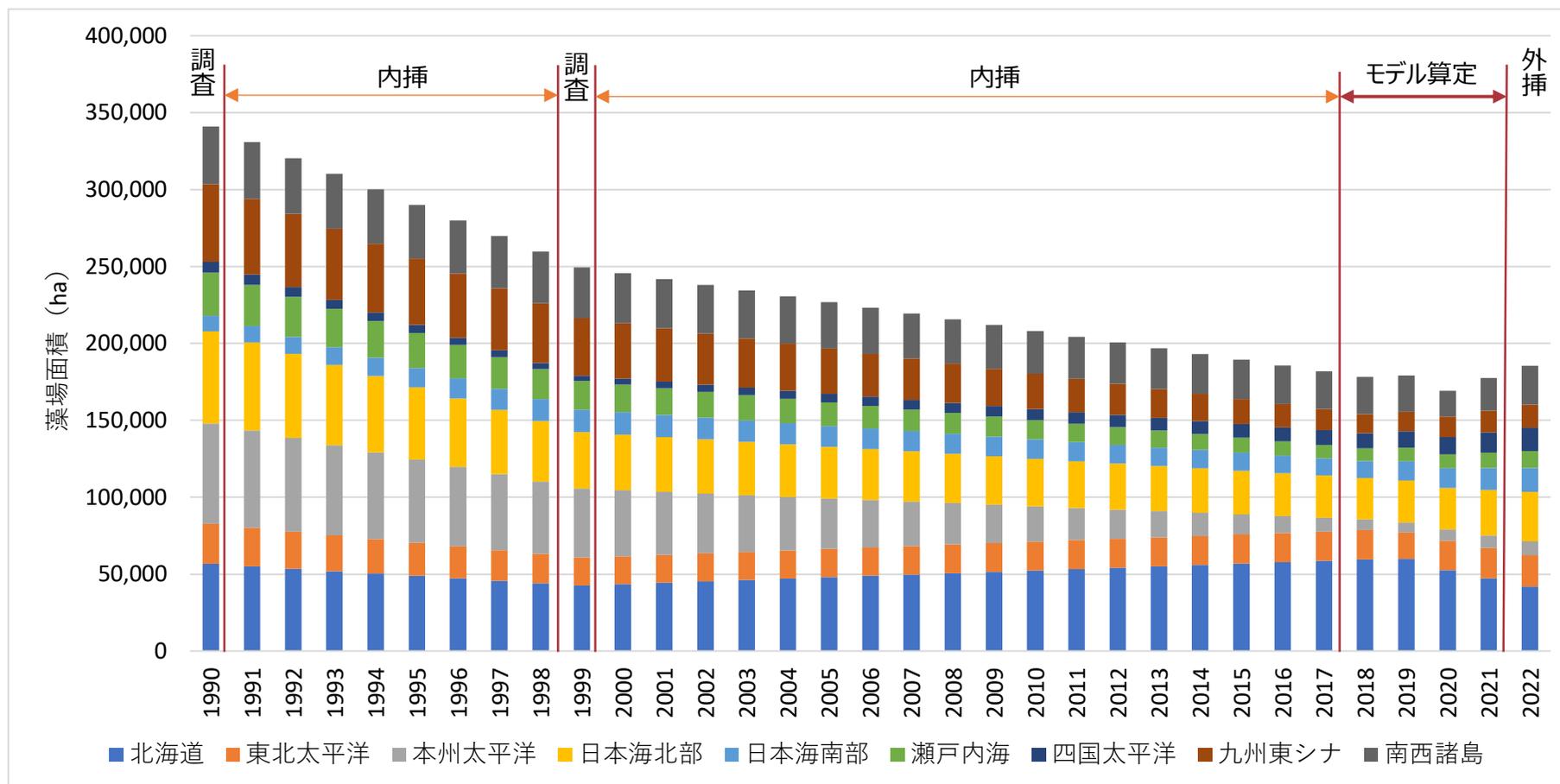
※2024年1月時点の試算値であり、2024年提出GHGインベントリとは値が異なる可能性がある。（2022年値は2020年と2021年の変化から外挿）

海草藻場・海藻藻場の算定

面積推計結果（海区別）

■ 藻場面積を海区別に集計した場合の1990～2022年の面積推移（試算値※）は下図の通り。

海区別の藻場面積



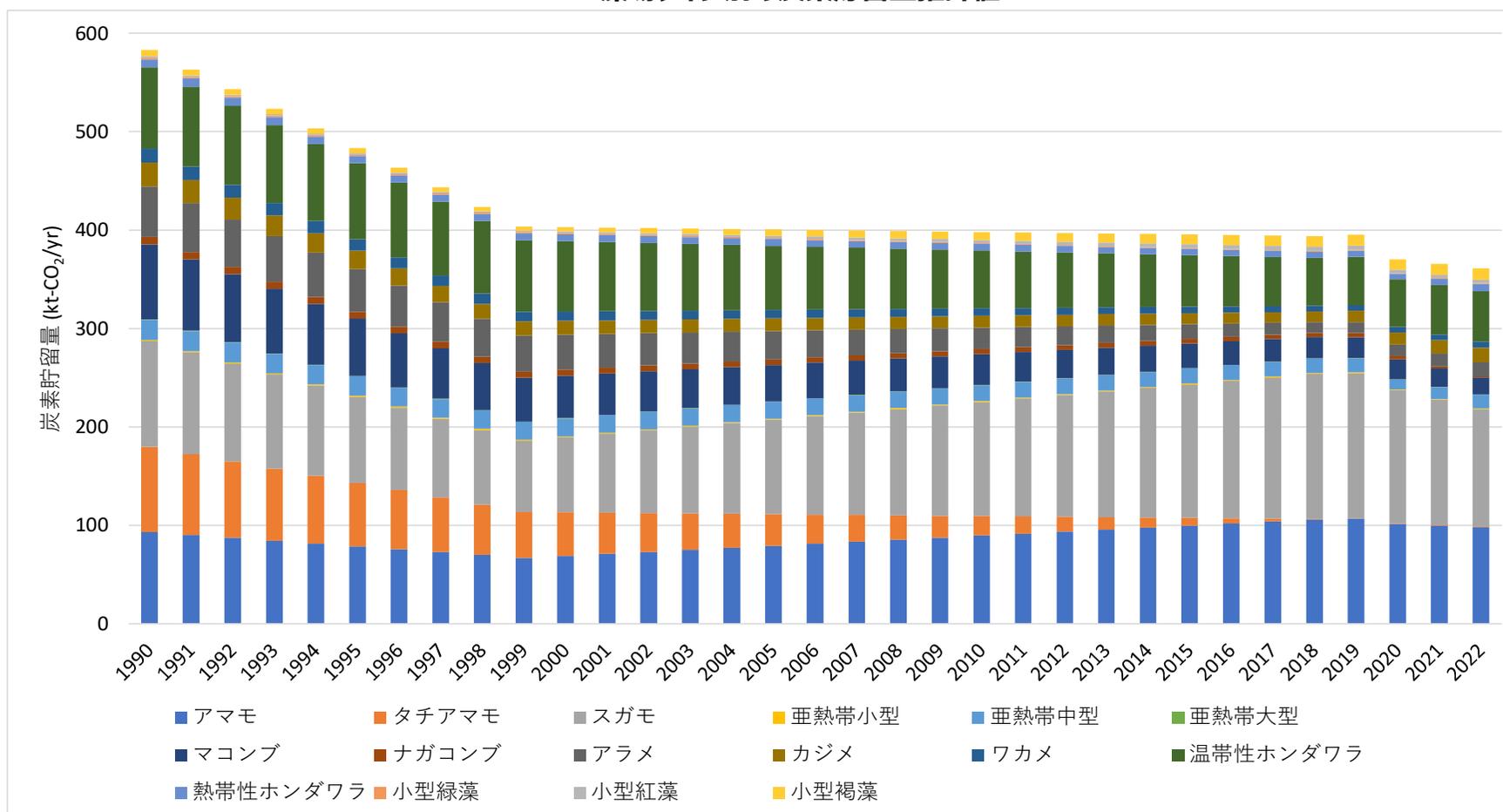
※2024年1月時点の試算値であり、2024年提出GHGインベントリとは値が異なる可能性がある。（2022年値は2020年と2021年の変化から外挿）

海草藻場・海藻藻場の算定

炭素貯留量推計結果（藻場タイプ別）

■ 今回の方法論、排出係数、活動量（面積データ）を踏まえた年間炭素貯留量の推計結果（試算値※）は下図の通り。年間炭素貯留量は減少傾向となっている。

藻場タイプ別の炭素貯留量推計値



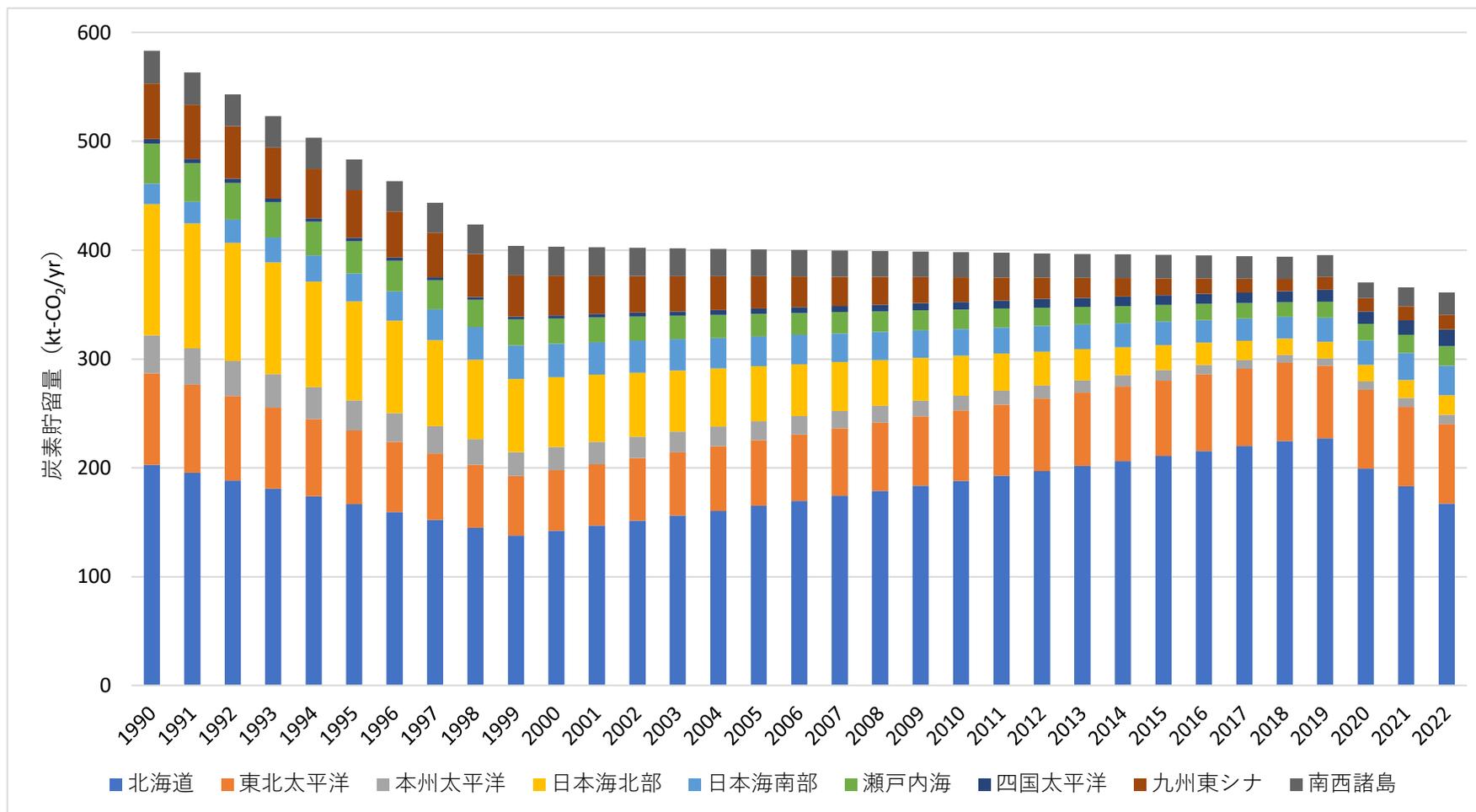
※2024年1月時点の試算値であり、2024年提出GHGインベントリとは値が異なる可能性がある。（2022年値は2020年と2021年の変化から外挿）

海草藻場・海藻藻場の算定

炭素貯留量推計結果（海区別）

■ 海区別の炭素貯留量集計値（試算値※）は下図の通り。

海区別の藻場の炭素貯留量推計値



※2024年1月時点の試算値であり、2024年提出GHGインベントリとは値が異なる可能性がある。（2022年値は2020年と2021年の変化から外挿）