

4.D.1.c 転用のない湿地（沿岸湿地） (Wetlands remaining Wetlands—Coastal wetland) (CO₂, CH₄, N₂O)

1. 排出・吸収源の概要

1.1 排出・吸収源の対象及び温室効果ガス排出・吸収メカニズム

2006 年 IPCC ガイドラインの方法論に基づく、湿地の温室効果ガス（GHG）排出源は「泥炭採掘」及び「湛水地」に大別されるが、2013 年に作成された湿地ガイドライン¹において、沿岸湿地生態系における排出・吸収の算定方法が示されたことを受け、上記の区分に加えた「その他の湿地」という報告区分が設定されている。

湿地ガイドラインで示されている「沿岸湿地」の対象は、マングローブ、塩性湿地、海草藻場の 3 種類である。我が国では、マングローブと海草・海藻藻場における炭素蓄積変化量を算定した。

マングローブは、我が国では沖縄県と鹿児島県に合計で 900ha 弱存在しており、この一部は「4.A 森林」の対象となる森林計画対象森林に含まれていないマングローブ林となっている。この、森林の報告に含まれないマングローブ（森林計画対象森林外のマングローブ植生）における炭素蓄積変化に伴う CO₂ 排出量、吸収量を本区分の下で報告している。このマングローブ林は、国土面積の定義上、国土外土地面積となり当該カテゴリーの面積には含んでいない。

2013 年湿地ガイドラインでは、マングローブの排出・吸収量の計算は、LULUCF 分野の一般的な算定方法にのっとり、5 つの炭素プール（生体バイオマス（地上バイオマス、地下バイオマス）、枯死有機物（枯死木、リター）、土壌）が算定対象となる。マングローブ林の生体バイオマスは、生育面積増加に伴う新規のマングローブ生育・成長に伴う炭素蓄積増加量と、面積減少時の全生体バイオマスの損失に伴う炭素蓄積減少量を計算した。マングローブ林の枯死有機物は、観測上は飽和せずに蓄積が進んでいると考えられるが、蓄積速度のデータが得られないことから、生育面積増加時の炭素蓄積増加量と、面積減少時の炭素蓄積減少量を計算した。マングローブ林の土壌は、嫌気性条件下にあり、マングローブ林の全体において土壌炭素蓄積が継続的に増加しているとみなした炭素蓄積増加量を計算した。

海草・海藻藻場は、我が国では沿岸域に約 16～17 万 ha（直近の評価値）存在しており、2013 年湿地ガイドラインでは、このうち海草藻場において人為的活動に伴い発生する炭素ストック変化に関する方法論を提供している。一方、海草・海藻藻場生態系については、藻場で一次生産された有機炭素の一部が、堆積物、深海、あるいは海水中に長期間貯留されることが明らかにされており（Krause-Jensen and Duarte, 2016）、我が国でも同知見に基づく Tier 3 の生態系モデル算定手法を開発し、100 年以上²の長期間に貯留されると評価される藻場由来炭素貯蔵量の推計を行った。湿地ガイドラインの Tier 1 で算定対象にしている、藻場の新規植栽・造成は同モデルの算定範囲に含まれるが、それに限らず、現状として管理がなされているとみなせる海域に存在する藻場全体からの炭素貯留が算定対象となる。貯留プロセスを通じた炭素貯留は各炭素プールにおける炭素

¹ IPCC「2006 年 IPCC ガイドラインに対する 2013 年追補：湿地」（2014）

² 「何年間貯留されれば、炭素貯留とみなせる」という基準は IPCC ガイドラインで明確に与えられていないが、Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environment Protection（GESAMP）2019 の提言も踏まえて 100 年を永続性基準として用いた

蓄積変化の算定とは異なる推計となるが、他の算定の報告方法と合わせるために、全炭素貯留量を「転用のないその他の湿地土地」の鉱質土壌炭素プールで報告をした。これは、一部の炭素貯留が堆積や埋没といった土壌関係で生じていることを加味したことによる。生体バイオマスと枯死有機物炭素プールについては、算定においてこれらの炭素プールの炭素蓄積変化を算定しているわけではなく、炭素長期貯留には寄与しないと判断していることから「NA」を用いた。一方 2013 年湿地ガイドラインにおける除去、掘削、浚渫による既存炭素蓄積の消失に関しては、上記の算定範囲に含まれないが、関連する排出活動がほぼ生じていないことから「NO」を用いた。

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

「4.D.1.c 転用のないその他の湿地」の CO₂ 排出・吸収量は、マングローブ林における生体バイオマス、枯死有機物、土壌の炭素蓄積変化と、海草藻場・海藻藻場における炭素貯留の合計値より計算される。

マングローブ林の排出・吸収量は、マングローブ林の面積増加に伴い 2006 年頃まではほぼ一定の CO₂ 吸収量の増加傾向となっているが、2007 年以降は台風による自然かく乱が生じており、面積減少に伴う CO₂ 排出が影響し、経年的な排出量の変動が生じている。海草藻場・海藻藻場の炭素貯留に伴う吸収量は 1990 年度以降、藻場面積の減少に伴い減少傾向である。

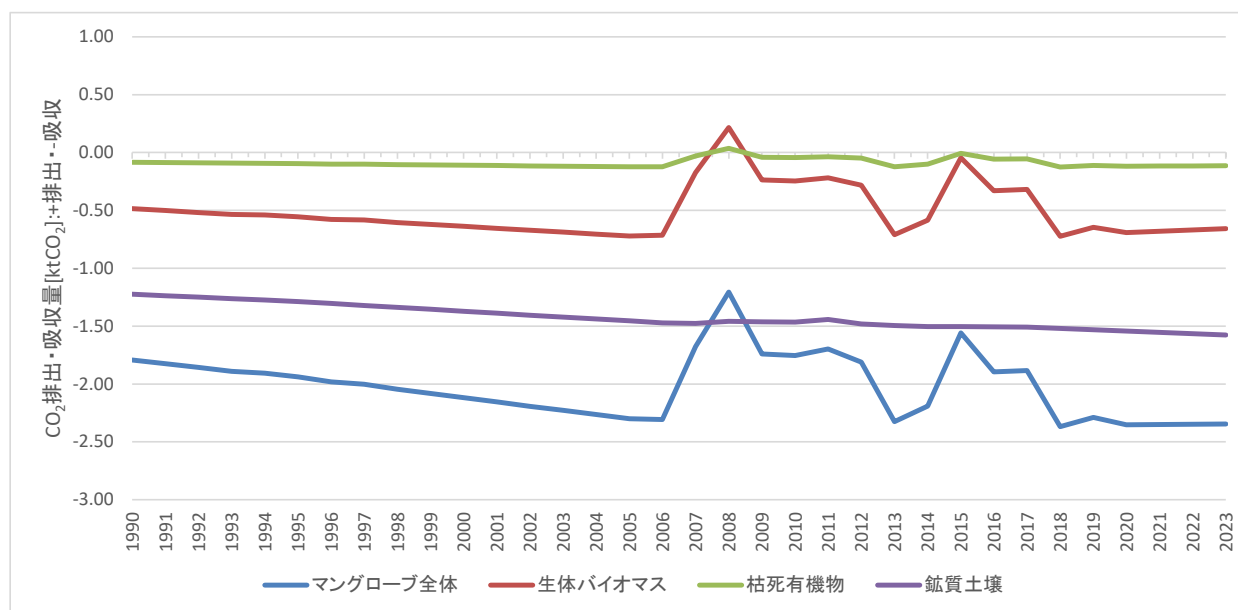


図 1 マングローブ林における CO₂ 排出・吸収量の推移

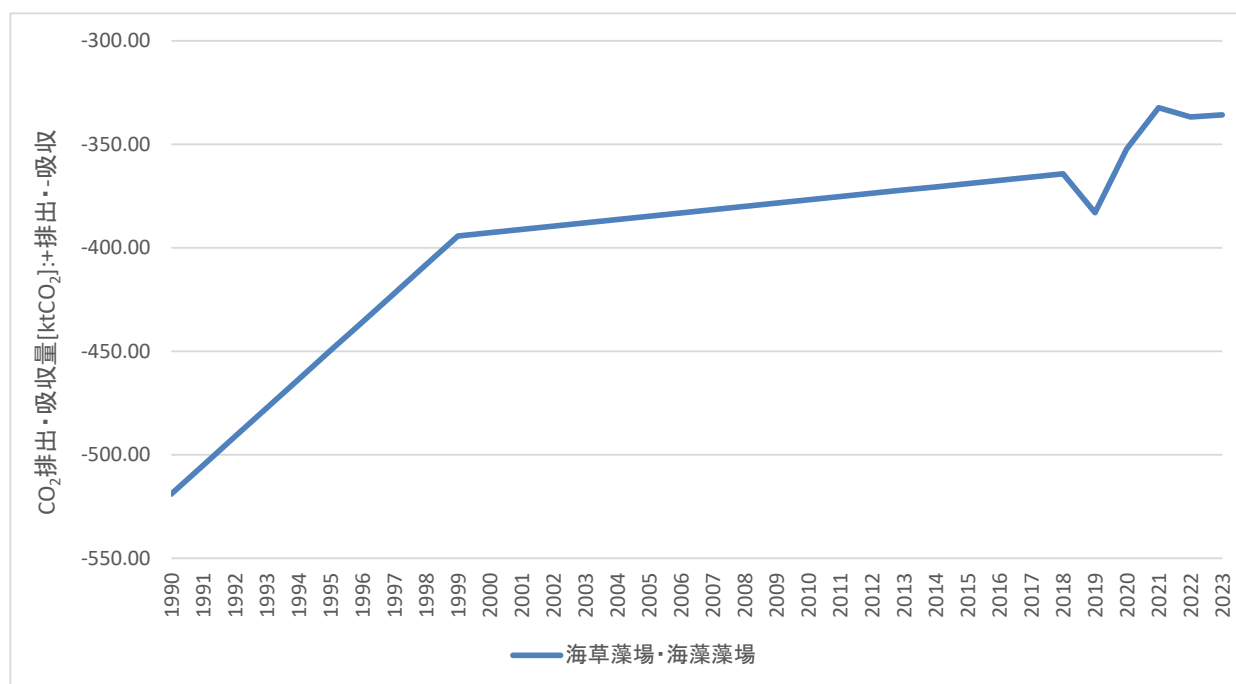


図 2 海草藻場・海藻藻場における CO₂ 排出・吸収量の推移

2. 排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

2.1.1 マングローブ林

転用のないその他の湿地における排出・吸収量は、森林定義を満たさないマングローブ林における 5 つの炭素プールにおける炭素蓄積変化に由来する排出・吸収量の合計値である。

(転用のないその他の湿地における排出・吸収量)

= 森林定義を満たさないマングローブの排出・吸収量

= 全マングローブの排出・吸収量 × 森林計画対象森林外マングローブの面積割合

(森林定義を満たさないマングローブの排出・吸収量)

= 生体バイオマス（地上、地下バイオマス）炭素蓄積変化

+ 枯死有機物（枯死木、リター）炭素蓄積変化

+ 鉱質土壌炭素蓄積変化

(1) 生体バイオマス

マングローブ林に特化した材積量、伐採量のデータは得られないことから、各マングローブの群落レベルの面積増減に連動した形で Tier 1 のゲイン・ロス法を適用し、(a)マングローブの面積増加に伴う生体バイオマスの炭素蓄積増加量と、(b)面積減少に伴う全生体バイオマス蓄積の炭素損失量を計算した。面積増減が生じていない転用のないマングローブ林の炭素蓄積量は一定状態にあると想定した。

マングローブの面積増加に伴う生体バイオマス炭素蓄積増加量については、湿地ガイドラインにマングローブの成長量に関するデフォルト値が与えられているものの、その値を利用すると新

規植栽後 4 年程度で定常状態のバイオマス量に到達してしまう計算となり、明らかに実態に即していないと考えられる。そのため、IPCC ガイドラインで一般的に用いられる土地転用期間の 20 年間で定常状態の生体バイオマス蓄積量に到達すると想定して、生体バイオマスの年間炭素蓄積変化量を設定し、過去 20 年間の累計面積増加量に乗じて算定した。

マングローブの面積減少に伴う生体バイオマス蓄積減少量は、マングローブの面積減少が生じた年次に、すべてのバイオマス量が損失する方法論を適用し、面積当たり平均生体バイオマス蓄積量と、各年次のマングローブ減少面積を乗じて算定した。

算定は、全マングローブを対象に実施した上で、後述する森林計画対象森林に入らないマングローブの割合を乗じて、湿地区分で報告する値を推計した。

(2) 枯死有機物

蓄積速度のデータが十分に得られないことから転用のないマングローブ林の枯死有機物量は一定状態にあると想定し、マングローブ林の平均枯死有機物量を設定した。その上で、(a) マングローブの面積増加時の枯死有機物の増加（※一般的な転用された森林の算定と同様に 20 年間で平均蓄積量まで増加すると想定）、(b) 面積減少時の枯死有機物の炭素損失（マングローブ林がなくなる際は、減少年に元々存在していた枯死有機物が全量損失すると想定）を計算した。算定式は、生体バイオマスと同様となる。また、全マングローブを対象に算定を実施した上で、森林計画対象森林に入らないマングローブの割合を乗じて、湿地区分で報告する値を推計した。

(3) 土壌

湿地ガイドラインでは、土壌吸収量の算定は、マングローブの植林時の土壌炭素蓄積増加量を示す年間吸収係数がデフォルト値として与えられており、新規の植栽地において、マングローブの土壌炭素の蓄積が、自然状態、または排水していない状態と同等に達するまで続くものとして、算定する方法論が与えられている。この方法論に従う場合、算定年数 300 年間近くとなるが、過去 300 年間のマングローブ増加面積を推計することは実態として不可能である。通常、マングローブ林では土壌部への炭素インプットがアウトプットより卓越していると考えられるため、新規増加面積のみならず、全マングローブ面積を対象として、土壌炭素蓄積増加が継続的に生じているとみなし、マングローブ全面積に、新規植栽時のデフォルト吸収係数を乗じて土壌炭素増加量を計算する方法論とした。

土壌炭素量の減少については、湿地ガイドラインに従うと、掘削や排水が生じた場合に土壌炭素損失に伴う排出量の計算を行う必要がある。我が国においては、我が国ではマングローブは基本的に保護区に設定されており 1990 年以降宅地化や畑地化といった土地利用変化は基本的に発生していないものの、直接もしくは間接的な人為的要因により必要以上に増えすぎたマングローブを伐採する場合と、土砂堆積等の環境悪化、自然かく乱と言った要因で面積が減少する場合があることから、当該マングローブ群落造成時から蓄積された土壌中の炭素損失量を計算する。面積減少がバイオマス部分の伐採、土砂堆積等の環境変化、自然かく乱による倒木裸地化などでは、土壌炭素損失量の計算は行わない。

湿地区分で報告する森林計画対象森林外のマングローブの値は、生体バイオマス・枯死有機物と同様に、全マングローブを対象に計算した土壌排出・吸収量の値に、森林計画対象森林に入らないマングローブの割合を乗じて求めた。

2.1.2 海草藻場・海藻藻場

(1) 炭素貯留

海草藻場・海藻藻場における炭素貯留の算定では、農林水産技術会議プロジェクト³の成果（以下、農水プロ研）より取りまとめられた方法論を利用する。考慮する貯留プロセスは 1) 藻場内堆積貯留、2) 深海貯留、3) 藻場外堆積貯留、4) RDOC（難分解性溶存態有機炭素）貯留、の 4 プロセスを対象とし、大気から海中の海草・海藻に取り込まれた有機炭素量（年間純一次生産量）に対し、それぞれのプロセスにおいて、海底・海中に長期間貯留される割合を示す残存率を設定して、炭素貯留量を評価するモデルである。

表 1 考慮する貯留プロセス

CO ₂ 貯留プロセス	プロセスの概要
藻場内堆積貯留	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
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
藻場外堆積貯留	枯れた海草・海藻、その細分化された破片が流出し、長期間 CO ₂ 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
RDOC（難分解性溶存態有機炭素）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

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)

藻場の CO₂ 貯留量は、単位面積当たりに藻場が貯留する CO₂ 量（吸収係数）に、藻場面積（活動量）を乗じて算定する。吸収係数は、藻場の単位面積当たりの年間純一次生産量（gCO₂/m²/年）に対し、それぞれの貯留プロセスにおける残存率（r1～r4）を乗じて設定する。この際、年間純一次生産量は、実態としてモニタリングが容易な藻場の最大現存量（B_{max}）に対して純一次生産量への変換係数（P/B_{max}）を乗じて計算する。更に、炭素含有率と、炭素-CO₂比、生態系変換係数（海藻の現存量を調整する係数を乗じた値を吸収係数としている。

$$\begin{aligned}
 CO_{2s,q} &= \sum_{i,j} (RF_{i,j} \times Area_{i,j} / 100) \\
 RF_{i,j} &= RF'_{i,j} \times CF \times E \times 44 / 12 \\
 RF'_{i,j} &= \left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times B_{max_{i,j}} \times r_{2_{i,j}} \\
 &+ \left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times B_{max_{i,j}} \times r_{3_{i,j}} \\
 &+ \left(\frac{P}{B_{max}} \right)_{i,j} \times B_{max_{i,j}} \times r_{1_{i,j}} \times (1 - r_{2_{i,j}} - r_{3_{i,j}}) + B_{max_{i,j}} \times r_{4_{i,j}}
 \end{aligned}$$

³ 8 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 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」

$$= Bmax_{i,j} \times \left[\left(\frac{P}{Bmax} \right)_{i,j} \times \{ r1_{i,j} \times (r2_{i,j} + r3_{i,j})(1 - r1_{i,j}) \} + r4_{i,j} \right]$$

$CO_{2s,q}$	: 藻場による年間 CO ₂ 貯留量 (t-CO ₂ yr ⁻¹)
$Area_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の面積 (ha)
$RF_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の吸収係数
$RF'_{i,j}$	: 単位面積当たり年間 CO ₂ 貯留量 (g-CO ₂ m ⁻² yr ⁻¹)
$\left(\frac{P}{Bmax} \right)_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の生産量/現存量比 (g m ⁻² yr ⁻¹ / g m ⁻²)
$Bmax_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の最大現存量 (g m ⁻²)
$r1_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の難分解貯留に関する残存率。堆積貯留、深海貯留に関する残存率も包含する値のため、難分解貯留計算時には堆積貯留分、深海貯留分の残存率は控除する
$r2_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の堆積貯留における残存率
$r3_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の深海貯留における残存率
$r4_{i,j}$	: 海域区分 i に生育する藻場タイプ j の RDOC 貯留における残存率。RDOC 残存量を計算するための係数を含んだ値
CF	: 炭素含有率
E	: 生態系変換係数 (国の算定では E=1)
i	: 藻場の生育する海域区分
j	: 藻場タイプ

○藻場区分

我が国では、海草類が約 15～20 種類、海藻類が約 1,000 種分布しており、各種 CO₂ 吸収プロセスの類似性から、我が国の藻場タイプを分類した。このうち、天然藻場に関する 16 タイプを用いて算定を実施した。また、吸収係数の設定においては、藻場タイプと、各藻場タイプにおける貯留プロセスの対応関係は下表のとおり。また、吸収係数の設定においては同じ藻場タイプであっても、藻場を構成する種は海域によって異なるため、9 つの海域区分を設定した。これらはいずれも農水プロ研における成果を活用している。

表 2 算定対象の藻場タイプと算定する貯留プロセス

藻場タイプ		主要種	貯留プロセス			
			堆積貯留	深海貯留	難分解貯留	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	ウミシルモ類、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		○	○	○



図 3 藻場の炭素貯留量算定に用いる 9 つの海域区分

(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 (2023)

(2) 掘削に伴う炭素ストック損失量

海草・海藻藻場の消失が掘削により生じた場合の炭素ストック変化を湿地ガイドラインの Tier 1 に基づき整理した。バイオマスについては、木本が存在しない生態系では算定不要、枯死有機物はマングローブ林のみが算定対象となることから、藻場の消失時は算定不要であり「NO」として報告した。

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、我が国では対象となる活動実態がほとんどなく、専門家判断に基づき過去の時系列の推計においては「NO」として報告した。

2.2 排出・吸収係数

2.2.1 マングローブ林

(1) 生体バイオマス

湿地ガイドラインのデフォルト値の地上バイオマス蓄積量、地上部地下部比率 (R)、炭素含有率 (CF) を使用する (表 3)。マングローブ林の新規増加時の成長に伴う地上バイオマス成長量は、地上バイオマス蓄積量を、IPCC ガイドラインで一般的に用いられる土地転用期間の 20 年間で除

して設定した。

表 3 マングローブ林生体バイオマスの算定パラメータ

パラメータ	数値	参考文献
地上バイオマス蓄積量	75 t-d.m./ha	湿地ガイドライン、Table 4.3, subtropical
地上バイオマス成長量	3.75 t-d.m./ha/yr	上記の地上バイオマス量に 20 年間で到達すると想定した年間変化量
地上部地下部比率 (R)	0.96	湿地ガイドライン、Table 4.5, subtropical
炭素含有率 (CF)	0.451t-C/t-d.m.	湿地ガイドライン、Table 4.2

(2) 枯死有機物

湿地ガイドライン (Table 4.7) の枯死木量 (10.7 t-C/ha)、リター量 (0.7 t-C/ha) を使用する。

(3) 土壌

土壌吸収係数は、我が国ではマングローブの生育地としては北方に位置し、世界的なマングローブ生育地の中では比較的寒い地域に入るため、吸収係数は世界的な平均値よりは比較的小さいとすることが考えられることから、湿地ガイドラインデフォルト吸収係数の下限値にあたる 1.3 t-C/ha/yr (Table 4.12) を使用する。

土壌損失算定に用いる土壌炭素蓄積量は、1990 年以降に土壌浚渫が実施され、面積推計が可能な群落において、それぞれにおける植林開始年から浚渫実行年までの期間の土壌炭素蓄積量を、上記の年間土壌吸収係数に生育年数を乗じて推計した。

2.2.2 海草藻場・海藻藻場

(1) 炭素貯留

藻場の最大現存量 ($B_{\max}$) は、我が国で実施された研究プロジェクト内で評価した現存量の値を時系列で一括して適用した。

バイオマス量を一次生産量に変換する係数 ($P/B_{\max}$) は農水プロ研で集約した結果を用いた。

堆積貯留に関する残存率 (r_2) は、堆積土壌コアの炭素貯留割合についての分析により得られた値 (Miyajima et al.2022⁴) より設定した。この分析では湿地ガイドラインの沿岸湿地デフォルト土壌深度 1m を使用し、我が国周辺海域の堆積速度では大体 2000 年スケールに相当する堆積速度に相当する。

深海貯留に関する残存率 (r_3) は、Abo et al. 2019⁵、Taniguchi et al. 2022⁶を踏まえて、藻場から枯死流出した草体量のうち深海に到達した草体量を設定し、日本近海の枯死流出した草体生産量に対する深海へ到達した割合から残存率を求めた。

難分解貯留に関する残存率 (r_1) は、既存文献では長期貯留を想定したものがないため、農水プロ研において、各藻場タイプの分解実験を実施し、分解モデルに実測値を当てはめて 100 年後有機炭素残存率を求めた。なお、この値は堆積貯留、深海貯留に関する残存率も含んだ数値となるた

⁴ Miyajima, T., Hamaguchi, M., and Hori, M., Evaluation of the baseline carbon sequestration rates of Indo-Pacific temperate and tropical seagrass meadow sediments. Ecological Research, 37(1), 9–20,(2022). <https://doi.org/10.1111/1440-1703.12263>

⁵ Abo, K. et al., Quantifying the Fate of Captured Carbon: From Seagrass Meadows to the Deep Sea. In: Kuwae, T., Hori, M. (eds) Blue Carbon in Shallow Coastal Ecosystems. Springer, Singapore, (2019). https://doi.org/10.1007/978-981-13-1295-3_9

⁶ Taniguchi N, Sakuno Y, Sun H, Song S, Shimabukuro H, Hori M., Analysis of Floating Macroalgae Distribution around Japan Using Global Change Observation Mission-Climate/Second-Generation Global Imager Data. Water. 14(20):3236, (2022). <https://doi.org/10.3390/w14203236>

め、難分解貯留のみを推計する場合には堆積貯留、深海貯留分は控除する。

RDOC 貯留については、「藻場の現存量」に「DOC 放出速度」と「RDOC%」を乗ずる方法論（Watanabe et al. 2020⁷）を採用した。RDOC%は、DOC 分解実験を実施し、分解モデルに実測値を当てはめて 100 年後有機炭素残存率を計算した。この貯留プロセスのみ、純一次生産量比ではなく、現存量比での算定となる（DOC 放出速度と RDOC%を乗じた値が r4 となる）。

炭素含有率（CF）は藻場の乾燥重量を有機炭素量に換算するためのパラメータで、我が国で実施された研究プロジェクトにおいて、専門家が設定した 30%を利用した。

以上を踏まえて、17 の藻場タイプ別・9 海域区分別にまとめた吸収係数は下表のとおり。

表 4 藻場タイプ別・海域区分別吸収係数 [g-CO₂/m²/yr]

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
小型紅葉	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 貯留量算定に向けたガイドブック」（国立研究開発法人 水産研究・教育機構）

（２）掘削に伴う炭素ストック損失量

「NO」の報告のため、適用した係数はない。

2.3 活動量

2.3.1 マングローブ林

（１）生体バイオマス

生体バイオマス増加量の算定は過去 20 年間のマングローブ増加面積、生体バイオマス損失量の算定は当該年のマングローブ減少面積を用いた。これらの面積は、それぞれマングローブ群落別でデータによるグロスの面積増減から把握した。マングローブ林の増減面積は、表 5 下記に示すような、包括的なマングローブ面積調査を含めた国内各種調査のデータを組み合わせ、群落レベルで面積及び時系列の変化量を推計した。調査結果の中間年は群落レベルで線形に増減しているものとした。

⁷ Watanabe, K., Yoshida, G., Hori, M., Umezawa, Y., Moki, H., and Kuwae, T., Macroalgal metabolism and lateral carbon flows can create significant carbon sinks, Biogeosciences, 17, 2425–2440, (2020).<https://doi.org/10.5194/bg-17-2425-2020>

表 5 マングローブ林の面積把握に用いた包括な調査データ

年度	出典
1961 年、2007 年	「マングローブ林の変遷」(沖縄県)
1973 年	「マングローブに関する研究 I. 日本におけるマングローブの分布」(中須賀ほか、日本生態学会誌 24(4),1974)
1977 年、1993-1995 年、2001 年	「沿岸生態系と海面上昇モニタリングを目的とした沖縄県内のマングローブ分布状況調査」(国際マングローブ生態系協会, 2003)
2019 年	「鹿児島&沖縄マングローブ探検」(マングローバル)

(2) 枯死有機物

マングローブ林における生体バイオマスの炭素蓄積変化量と同様の面積を使用した。

(3) 土壌

吸収量の計算に用いる全マングローブ面積は、生体バイオマスの炭素蓄積変化量に示した総面積のデータを用いた。

排出量の計算に用いる浚渫対象となったマングローブは、国内資料から石川川、比屋根湿地の 2 群落における浚渫が行われた面積を推計し、計算に用いた。

表 6 マングローブ林の面積

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
総面積	ha	701.08	707.17	713.24	720.75	728.26	735.77	742.02	750.16	759.96	769.75
減少面積	ha	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.56	-0.60	-0.60	-0.61	-0.61
増加面積	ha	6.65	6.65	6.64	8.07	8.07	8.07	6.89	8.74	10.42	10.41
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
総面積	ha	779.55	789.34	799.14	808.94	818.62	828.30	837.98	847.66	857.34	860.12
減少面積	ha	-0.61	-0.61	-0.61	-0.61	-0.60	-0.60	-0.60	-0.60	-0.89	-7.60
増加面積	ha	10.41	10.41	10.41	10.41	10.26	10.28	10.28	10.28	10.86	17.10
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
総面積	ha	856.50	858.22	859.94	861.29	863.37	870.92	876.87	876.31	877.95	879.58
減少面積	ha	-12.39	-7.04	-7.04	-7.42	-6.69	-1.60	-3.21	-9.72	-6.16	-6.16
増加面積	ha	13.55	3.42	8.76	9.14	8.03	4.08	10.77	15.67	4.23	7.80
		2020	2021	2022	2023						
総面積	ha	886.22	892.08	898.60	905.11						
減少面積	ha	-1.16	-1.94	-1.28	-1.28						
増加面積	ha	2.80	8.59	7.13	7.80						

2.3.2 海草藻場・海藻藻場

(1) 炭素貯留

吸収係数の分類に合わせた海域区分、藻場タイプ面積を活動量とした。2018 年以降の面積は港湾空港技術研究所において作成した藻場分布推定モデルより推計した。同モデルは、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であり、対象海域 日本全国の水深 0～50m 範囲、空間解像度 250m を計算条件として、水温・クロロフィル a 濃度は GCOM-C (地球観測衛星「しきさい」JAXA) の情報を利用した。

2018 年以前に関しては表 7 に示すデータ・方法論を適用して構築した。この際、1990 年、1999 年の環境省データは、算定に用いる海域区分、藻場タイプ面積別とデータ区分が完全に一致している訳ではないため、港湾空港技術研究所の藻場専門家においてデータ整合性の検討を行い、妥当性あると考えられる時系列推計値をとりまとめた。

表 7 藻場の面積把握に用いた調査データ

年度	出典
1990 年	「自然環境保全基礎調査 第 4 回調査データ」(環境省)
1991～1998 年	1990 年と 1999 年のデータから、海域区分別、藻場タイプ別に線形内挿
1999 年	「自然環境保全基礎調査 第 5 回調査データ」(環境省)
2000～2017 年	1999 年と 2018 年のデータから、海域区分別、藻場タイプ別に線形内挿
2018～2023 年	藻場分布推計モデルから推計 使用した環境データ： 水温・クロロフィル a 濃度：地球観測衛星「しきさい」(JAXA) の情報 地形：日本海における大規模地震に関する調査検討会（国交省水管理・国土保全）、Global tsunami Terrain Model、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会（内閣府）、南海トラフ巨大地震モデル検討会（内閣府）の情報 底質データ：dbSEABED (INSTAAR)、北西太平洋底質メッシュデジタルデータ第二版（日本水路協会）

なお藻場分布推計モデルで利用している環境データ（GCOM-C 等）の藻場区分は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 から 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している。また第 4 回の環境省調査では、藻場面積が海区ごとに整理されていないことから、都道府県別の値を海区別に集計して推計を実施している。ただし南西諸島のデータが含まれていないため、2018 年と 2019 年の変化から 1990 年まで外挿している。

表 8 藻場タイプ別藻場面積

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
アマモ	ha	26,379	25,622	24,865	24,108	23,351	22,595	21,838	21,081	20,324	19,567
タチアマモ	ha	10,194	9,675	9,156	8,637	8,118	7,599	7,080	6,561	6,042	5,523
スガモ	ha	5,400	5,205	5,009	4,814	4,619	4,423	4,228	4,032	3,837	3,642
亜熱帯小型	ha	900	881	862	843	825	806	787	768	749	730
亜熱帯中型	ha	4,690	4,641	4,591	4,542	4,492	4,442	4,393	4,343	4,293	4,244
亜熱帯大型	ha	69	68	67	67	66	65	64	64	63	62
マコンブ	ha	5,250	6,866	8,482	10,098	11,714	13,329	14,945	16,561	18,177	19,793
ナガコンブ	ha	1,105	1,606	2,107	2,608	3,110	3,611	4,112	4,614	5,115	5,616
アラメ	ha	61,593	57,090	52,587	48,084	43,580	39,077	34,574	30,071	25,568	21,065
カジメ	ha	34,548	33,131	31,714	30,297	28,879	27,462	26,045	24,627	23,210	21,793
ワカメ	ha	27,477	26,657	25,838	25,018	24,199	23,379	22,559	21,740	20,920	20,100
温帯性ホンダワラ	ha	85,602	83,142	80,682	78,223	75,763	73,303	70,843	68,383	65,924	63,464
熱帯性ホンダワラ	ha	12,572	12,373	12,173	11,973	11,773	11,574	11,374	11,174	10,974	10,774
小型緑藻	ha	10,374	10,355	10,335	10,316	10,297	10,277	10,258	10,239	10,219	10,200
小型紅藻	ha	23,150	22,565	21,981	21,396	20,811	20,226	19,642	19,057	18,472	17,887
小型褐藻	ha	18,825	18,251	17,676	17,101	16,526	15,951	15,376	14,801	14,227	13,652
合計	ha	328,129	318,127	308,125	298,124	288,122	278,120	268,118	258,116	248,114	238,112

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
アマモ	ha	20,083	20,600	21,116	21,632	22,148	22,664	23,181	23,697	24,213	24,729
タチアマモ	ha	5,236	4,949	4,662	4,375	4,088	3,802	3,515	3,228	2,941	2,654
スガモ	ha	3,811	3,980	4,149	4,318	4,487	4,656	4,825	4,994	5,163	5,333
亜熱帯小型	ha	729	728	727	725	724	723	722	721	719	718
亜熱帯中型	ha	4,217	4,191	4,164	4,138	4,111	4,084	4,058	4,031	4,005	3,978
亜熱帯大型	ha	62	61	61	61	60	60	60	59	59	58
マコンブ	ha	19,246	18,699	18,152	17,604	17,057	16,510	15,963	15,416	14,869	14,321
ナガコンブ	ha	5,483	5,349	5,215	5,082	4,948	4,815	4,681	4,548	4,414	4,280
アラメ	ha	20,228	19,391	18,555	17,718	16,881	16,045	15,208	14,371	13,535	12,698
カジメ	ha	21,228	20,664	20,100	19,536	18,972	18,407	17,843	17,279	16,715	16,151
ワカメ	ha	19,405	18,709	18,013	17,317	16,621	15,925	15,230	14,534	13,838	13,142
温帯性ホンダワラ	ha	61,962	60,460	58,958	57,456	55,954	54,452	52,950	51,448	49,946	48,444
熱帯性ホンダワラ	ha	10,673	10,571	10,469	10,367	10,266	10,164	10,062	9,960	9,859	9,757
小型緑藻	ha	10,088	9,976	9,864	9,752	9,640	9,528	9,415	9,303	9,191	9,079
小型紅藻	ha	17,380	16,872	16,365	15,857	15,350	14,843	14,335	13,828	13,320	12,813
小型褐藻	ha	14,052	14,453	14,854	15,254	15,655	16,056	16,456	16,857	17,258	17,659
合計	ha	233,882	229,652	225,423	221,193	216,963	212,733	208,504	204,274	200,044	195,814

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
アマモ	ha	25,246	25,762	26,278	26,794	27,310	27,827	28,343	28,859	29,375	30,746
タチアマモ	ha	2,367	2,080	1,794	1,507	1,220	933	646	359	72	72
スガモ	ha	5,502	5,671	5,840	6,009	6,178	6,347	6,516	6,685	6,854	7,129
亜熱帯小型	ha	717	716	714	713	712	711	710	708	707	754
亜熱帯中型	ha	3,952	3,925	3,899	3,872	3,846	3,819	3,792	3,766	3,739	3,968
亜熱帯大型	ha	58	58	57	57	56	56	56	55	55	58
マコンブ	ha	13,774	13,227	12,680	12,133	11,586	11,038	10,491	9,944	9,397	10,237
ナガコンブ	ha	4,147	4,013	3,880	3,746	3,612	3,479	3,345	3,212	3,078	3,510
アラメ	ha	11,861	11,025	10,188	9,351	8,515	7,678	6,841	6,004	5,168	5,336
カジメ	ha	15,586	15,022	14,458	13,894	13,330	12,765	12,201	11,637	11,073	11,868
ワカメ	ha	12,446	11,750	11,055	10,359	9,663	8,967	8,271	7,575	6,880	7,094
温帯性ホンダワラ	ha	46,942	45,440	43,938	42,436	40,934	39,432	37,930	36,428	34,926	36,552
熱帯性ホンダワラ	ha	9,655	9,553	9,452	9,350	9,248	9,147	9,045	8,943	8,841	9,346
小型緑藻	ha	8,967	8,855	8,743	8,631	8,519	8,407	8,295	8,183	8,071	8,717
小型紅藻	ha	12,305	11,798	11,290	10,783	10,275	9,768	9,261	8,753	8,246	8,702
小型褐藻	ha	18,059	18,460	18,861	19,261	19,662	20,063	20,463	20,864	21,265	22,668
合計	ha	191,585	187,355	183,125	178,896	174,666	170,436	166,206	161,977	157,747	166,756

		2020	2021	2022	2023
アマモ	ha	29,003	27,713	27,555	27,618
タチアマモ	ha	71	74	69	62
スガモ	ha	6,555	5,985	6,146	6,069
亜熱帯小型	ha	569	607	598	613
亜熱帯中型	ha	2,506	3,218	2,934	2,925
亜熱帯大型	ha	37	47	43	43
マコンブ	ha	9,828	8,800	9,347	9,429
ナガコンブ	ha	3,154	2,232	2,766	2,104
アラメ	ha	5,268	5,450	5,325	5,000
カジメ	ha	11,527	11,575	11,464	11,128
ワカメ	ha	6,801	6,829	6,785	6,742
温帯性ホンダワラ	ha	34,426	35,423	33,716	32,663
熱帯性ホンダワラ	ha	6,582	8,172	7,709	7,432
小型緑藻	ha	7,573	7,395	7,632	7,768
小型紅藻	ha	7,709	7,873	7,631	8,095
小型褐藻	ha	19,872	20,763	20,112	20,839
合計	ha	151,481	152,156	149,833	148,530

(2) 掘削に伴う炭素ストック損失量

我が国では、港湾区域において航路浚渫等が定期的に行われているが、航路は一般的に水深が深く高濁度であるため、植生の生息に必要な光量が海底に到達しない場であるケースがほとんどである。また、航路浚渫において藻場の消失が確認された主だった事例でも、ごく一部の藻場の消失が単発で生じたのみであり、港湾区域における航路浚渫等に伴う藻場消失量は、十分無視できるほど軽微であり、その他の管理対象の水域についても、同様に考えられることから、浚渫・掘削による影響は軽微であると判断できる。これに基づき、専門家判断（令和 5 年度算定方法検討会）において、本活動における CO₂ 排出量に繋がる活動量は無視できると整理した。

2.4 土地利用区分

2.4.1 マングローブ林

マングローブは、一部が森林計画対象森林となっており、これは既存の「4.A 森林」区分の算定対象となっている。二重計上を避けるべく、マングローブの群落別に森林・非森林を判別し、面積集計を行った結果、森林区分に入っていると推計されるマングローブの割合は、1990～2019 年の期間中およそ 64%程度でほぼ一定の値となった。

従って、全マングローブ面積の 36%を、森林区分に入らないマングローブの報告対象とし、「4.D.1

転用のないその他の湿地」区分で報告する面積及び排出・吸収量とした。この面積値については、水涯線の外側に位置するものがほとんどであることから、国土面積外と整理し、国の総面積には含めていない。

2.4.2 海草藻場・海藻藻場

我が国では海洋に対して「海洋基本計画」を作成しており、領海内の全ての海岸に政府の管轄権が及んでいること、沿岸域は人為的な影響を受けやすい環境下あること、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（干潟や藻場を含む自然環境の保全に配慮することを含む）総合的な海岸の保全の実施を目的とした「海岸保全基本計画」が策定されていることを踏まえ、藻場を含む沿岸域全体を人為的管理対象地とみなし、天然藻場全体を対象として排出・吸収量の推計に含めることとした。

従って、全海草・海藻藻場面積を「4.D.1 転用のないその他の湿地」区分で報告する面積及び排出・吸収量とした。この面積値については、水涯線の外側に位置するものがほとんどであることから、国土面積外と整理し、国の総面積には含めていない。

3. 算定方法の時系列変更・改善経緯

表 9 初期割当量報告書（2006 年提出）以降の算定方法等の改訂経緯概要

	2023 年提出	2024 年提出	2025 年提出
排出・吸収量 算定式	マングローブ林の炭素蓄積変化量を新規に算定した。	海草藻場・海藻藻場由来の炭素貯留量を新規に算定した。	—
排出係数	新規算定に伴い排出係数を新たに設定した。	新規算定に伴い排出係数を新たに設定した。	一部の海草・海藻タイプにおける算定ファイル上の吸収係数の誤りを修正した。
活動量	国内文献より新たに面積を算定した。	国内調査データを用いて推計を行った。	藻場の面積推計に用いている環境データの更新に伴い藻場面積値を修正した。

（1）2023 年提出インベントリにおける算定方法

1) 排出・吸収量算定式

○マングローブ

現行インベントリと同様。

○マングローブ以外

未推計。

2) 排出・吸収係数

○マングローブ

現行インベントリと同様。

○マングローブ以外

未推計。

3) 活動量

○マングローブ

現行インベントリと同様。

○マングローブ以外

4) 未推計。土地利用区分

○マングローブ

現行インベントリと同様。

○マングローブ以外

未推計。

(2) 2024 年提出インベントリにおける算定方法

1) 排出・吸収量算定式

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

海草藻場・海藻藻場（天然藻場）の炭素貯留量を Tier 3 モデルを用いて新規に算定した（現行インベントリと同様。）。

2) 排出・吸収係数

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

海草藻場・海藻藻場（天然藻場）の新規算定に伴い排出係数を新たに設定した。

3) 活動量

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

海草藻場・海藻藻場の新規算定に伴い国内調査データを用いて、天然藻場の藻場タイプ別、海
区別生育面積の推計を行った（現行インベントリと同様。）。

4) 土地利用区分

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

海草藻場・海藻藻場（天然藻場）をその他の湿地の対象に新規に追加した。

(3) 2025 年提出インベントリにおける算定方法

1) 排出・吸収量算定式

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

2024 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

2) 排出・吸収係数

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

一部の海草・海藻タイプにおける算定ファイルにおける吸収係数を修正した（現行インベントリと同様。）。

3) 活動量

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

2024 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

4) 土地利用区分

○マングローブ

2023 年提出インベントリと同様（現行インベントリと同様。）。

○海草藻場・海藻藻場

藻場の面積推計に用いている環境データ（GCOM-C）の更新により、2000 年以降の藻場面積値を修正した。（現行インベントリと同様。）。