

（特定種を対象とした評価手法）

特定種を対象とした評価には、その種の生存情報や個体数による簡易な情報にもとづく評価から、どのような空間に選好して利用しているかといった詳細な情報にもとづく定量的評価まで段階的に手法がある。近年、HEP（生息地評価手続き：HABITAT EVALUATION PROCEDURE）等の実務レベルでの活用が進み、「生息地ヘクター法」のように特定種の生息地（ハビタット）の構造や機能、健全性を評価する手法に関する知見が大きく蓄積されてきている。

特定種もしくは種群の評価であっても、異なる環境タイプを跨って生息する特定種を選定し、また環境タイプの異なる特定種を複数選択して、それらの生息地（ハビタット）の評価結果を合わせることによって、生態系全体を相観する評価が可能になると考えられる。

（生物相全体を俯瞰する評価手法）

対象空間における全種の存在情報をもとに生物相全体を俯瞰的に評価する方法は、全種リストを調査するコストがかかるが、その多寡を比較することによって生物多様性という観点での定量的評価を行い易い。また、異なる環境タイプや土地利用の評価値を上位空間にまとめて統合することも容易であると考えられる。

確認された全生物相を環境タイプ別に類型化し、類型化された生物種群に対する環境タイプ別の収容力や依存度について空間レベル別にデータセットとして設定することによって、時間的消長や事業による損失・付加といった、環境タイプの面積規模の差分から、生態系全体への影響を類推することが可能と考えられるが、実務レベルでは、アフリカ南部地域のミレニアム生態系評価（SAFMA）において、「生物多様性完全度指数（BII）」を開発し生物多様性の定量的評価を試行しているものの、わが国において適用するには、わが国の特徴的な生態系において更なる検証が必要となる。

③ わが国の特性を踏まえた改良点等

これまで検討してきた先端的な知見に基づく評価手法をわが国に導入するにあたって、わが国の自然環境や国土利用等の特性を踏まえた上で、評価手法の改良点や留意点等を提示する。

(多様な地理・気象条件に対して)

評価対象の事業・取組の内容が同じであっても、わが国の生態系は地域ごとに特徴があることに留意し、特定種・種群の評価を行う場合においては、地域によって生態系に依存する生物群集が異なることから、これらの構成種の地域差に考慮して検討する必要がある。

環境省では、日本の多様な生態系を保全するため、日本列島の地史的成立経緯、生態系の基盤である植生に強く影響する気候要素といった特性に着目して「生物多様性保全のための国土区分（試案）」として、図3-3-1-4のとおり国土を10の地域に区分した（以下、「地域区分」という。）。

日本の生物多様性保全に際しては、全国を一律の基準、方法で扱うことは難しく、「生態系の健全性の評価」のみならず、「人間が受ける恩恵の評価」、「施策の実行に係わる評価」を検討する上でも、わが国の全国的な空間レベルの基本として、この「地域区分」が位置づけられる。

また特定種や種群の選定にあたっては、この「地域区分」を参考とすることで、膨大な保全対象種の中から評価に必要な特定種を選別する一助となると考えられる。

国土区分案は、日本の生物種からみた地相のばらつきを系統的に把握し、より正確な評価を行うための評価基準として、生物多様性の境界線、種分布、年間降水量を基として、10地域に区分されている。



地域区分	特徴を示す生態系
1. 北海道東部	北方針葉樹林
2. 北海道西部	北方針広混交林 等
3. 本州中北部太平洋側	夏緑樹林（太平洋側型）
4. 本州中北部日本海側	夏緑樹林（日本海側型）
5. 北陸・山陰	照葉樹林 等
6. 本州中部太平洋側	照葉樹林
7. 瀬戸内海周辺	照葉樹林
8. 紀伊半島・四国・九州	照葉樹林
9. 琉球列島	亜熱帯林
10. 小笠原諸島	亜熱帯林（海洋島型）

図3-3-1-4 生物多様性保全のための国土区分（試案）（環境省、平成9年）

(モザイク化している国土に対して)

○特定種・種群の選定について

わが国の生態系の健全性を評価する上では、特定種の選定において、一般的に取り上げられることが多い、移動性の大きい広域種や食物連鎖上の上位種(アンブレラ種)だけでなく、細分化された環境タイプに依存する種を選定することで、モザイク化している日本の環境に対応した評価が補完できるものと考えられる。

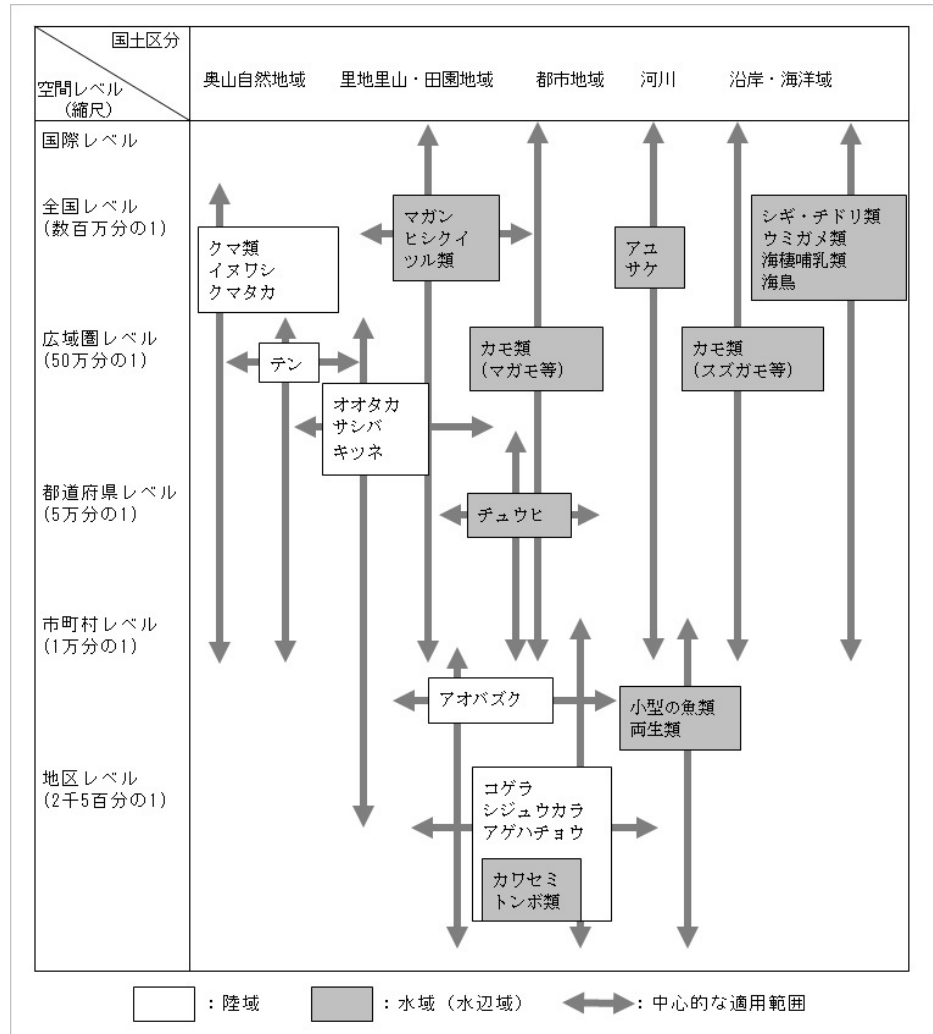


図 3-3-1-5 エコ・ネットの空間レベルの階層性と指標種の関係の模式図

参考: 生物多様性総合評価指標 (平成 20 年度生物多様性総合評価指標検討委員会、平成 21 年)

最近の研究では、表 3-3-1-13 に示すように里地・里山について、多様な分類群を対象として指標種群候補のリストアップの試行が行われている。リストアップにあたっては、それぞれの環境タイプにおいて特に高い質の物理的・生物的環境を必要とする種や複数タイプの環境を利用し、それらの環境タイプの連結性が生息・生育に影響をおよぼす種等が基準によって選定されている。

表3-3-1-13(1) 環境タイプ別の指標種（案）

生物種群		環境タイプ				
		河川	河原	池沼・ ため池	水路	低湿地・水田
両生類				アカハライモリ (a)		ダルマガエル類(a) ツチガエル(a)
爬虫類				ニホンイシガメ (a) スッポン (a) イシガメ (a)		ニホンマムシ(b)
魚類		ギギ類(c)、ウナギ(c)、ギンブナ(a)、トゲウオ類(a)、スナヤツメ(a)、ナマズ類(c)、ジュズカケハゼ(a)、ホトケドジョウ類(a)、メダカ(a)、タナゴ類(a)、シマヨシノボリ(c)				
貝類				ドブガイ (a) イシガイ (a)	マシジミ (a)	マルタニシ (a)
昆虫類	チョウ目		キイチモンジセセリ (b) ツマグロキチョウ (a)			ミドリシジミ(a) コムラサキ(a)
	トンボ目	アオハタトンボ (b)、アオサナエ (a)、オナガサナエ (c)		コバネアオイトトンボ (b)、ホソミオツネン トンボ(c)、オツネン トンボ(c)、ベニイト トンボ(b)、オオイト トンボ(a)、コサナエ (b)、トラフトンボ (b)、キトンボ(b)、 チョウトンボ(a)	ハグロトンボ (a)、カワトンボ 類(a)、オンサナ エ(a)、ヤマサナ エ(a)	モートンイトトンボ (b)、カトリヤンマ(a)、 ハッチョウトンボ(b)、 ヒメアカネ(b)
	コウチュウ目		オサムシモドキ(b)		ゲンジボタル(a)	オオルリハムシ(b)、ヘ イケボタル(a)
	水生昆虫類			ゲンゴロウ(a)、マル ガタゲンゴロウ(a)、 ミズスマシ(a)、ガム シ(a)、ミズミシ類 (a)、ハネナシアメン ボ(a)		シマゲンゴロウ(a)、タ ガメ(a)、コオイムシ類 (a)
	その他の昆虫		カワラバタ(b)、ウ スバカミキリ(b)		ホタルトビケラ (b)	タマコオロギ(d)
鳥類		ヤマセミ(b)		ササゴイ(c)、ヨシゴイ(a)、チュウヒ(c)、オオハクチョウ(c)、コ ハクチョウ(c)、ヒシクイ(a)、マガン(c)、オシドリ(c)、クイナ (c)、ヒクイナ(a)、タマシギ(a)		

※「森林環境 2009（森林環境研究会編、2009年）」に掲載された環境タイプ別の生物多様性指標種の中から、「特に指標として適している種」を抽出した。このうち「生態系の健全性の評価」に関連のない「(d)環境の質の劣化に比較的強く、現在でも里地・里山において比較的容易に観察することができるもののうち、大型であるなどの理由から認知度が高い種・一般によく親しまれている種」は除外した。

種名の次のアルファベットは以下の凡例に対応する。

- a) かつて広く生息・生育する普通種であったものの近年急速に減少している種
- b) それぞれの環境タイプにおいて特に高い質の物理的・生物的環境を必要とする種
- c) 複数タイプの環境を利用し、それらの環境タイプの連結性が生息・生育に影響をおよぼす種

表3-3-1-13(2) 環境タイプ別の指標種（案）

生物種群				
		草地 (含む河川域)	林縁 (含む河川域)	樹林
両生類				モリアオガエル(c)
爬虫類				シロマダラ(b)
魚類				
貝類				
昆虫類	チョウ目	ジャノメチョウ(a)、ウラギン スジヒョウモン(a)、ウラギン ヒョウモン(a)、シルビアシジ ミ(b)、オオウラギンヒョウモ ン(b)	メスグロヒョウモン(a)、 アサマイチモンジ(b)、オ オウラギンスジヒョウモ ン(a)、オオチャバネセセ リ(a)、オオミノガ(a)	クロシジミ(b)、ウラナミアカシジミ(b)、オオ ミドリシジミ(a)、イチモンジチョウ(d)、ゴイ シジミ(a)、オオムラサキ(b)、ウスタビガ (a)
	トンボ目			
	コウチュウ目			クロシデムシ(b)、マエモンシデムシ(b)、ルリ エンマムシ(b)、コカブトムシ(b)、ネプトクワ ガタ(b)、ヒラタクワガタ(b)、オオクワガタ (b)、シロスジカミキリ(a)、トラフカミキリ (a)、ヤマトタマムシ(a)、アオマダラタマムシ (b)、クロタマムシ(b)、オオクシヒエゲコミツ キ(a)、ウバタコメツキ(a)
	水生昆虫類			
	その他の昆虫	シヨウリョウバッタモドキ (b)、クツムシ(b)、キリギリ ス(b)、マツムシ(b)、キバネツ ノトンボ(b)		オオゴキブリ(b)、トゲナナフシ(b)
鳥類		ハヤブサ(a)、ウズラ(a)、オオジシギ(c)、アリスイ(c)、 コムミズク(a)、コヨシキリ(c)、ホオアカ(c)、		ミゾゴイ(b)、ツミ(a)、オオタカ(a)、サシバ (a)、ヤマドリ(a)、ヤマシギ(c)、アオバト (c)、コノハズク(b)、オオコノハズク(b)、ア オバズク(b)、フクロウ(a)、トラフズク(b)、 ヨタカ(c)、アカショウビン(b)、ブッポウソウ (b)、サンショウウオクイ(c)、レンジャク類 (c)、サンコウチョウ(a)、オオルリ(c)、キビ タギ(c)、クロジ(c)、ウソ(c)、

※「森林環境 2009（森林環境研究会編、2009年）」に掲載された環境タイプ別の生物多様性指標種の中から、「特に指標として適している種」を抽出した。このうち「生態系の健全性の評価」に関連のない「(d)環境の質の劣化に比較的強く、現在でも里地・里山において比較的容易に観察することができるもののうち、大型であるなどの理由から認知度が高い種・一般によく親しまれている種」は除外した。

種名の次のアルファベットは以下の凡例に対応する。

- a) かつて広く生息・生育する普通種であったものの近年急速に減少している種
- b) それぞれの環境タイプにおいて特に高い質の物理的・生物的環境を必要とする種
- c) 複数タイプの環境を利用し、それらの環境タイプの連結性が生息・生育に影響をおよぼす種

また、同一種がその生活史（ライフサイクル）の中で、異質の環境タイプの組み合わせを利用する種を指標種に選定することで、空間の連続性やモザイク性の検討に資することができる。例えば、比較的狭い空間において異質な環境タイプを必要とする生物種としては表 3-3-1-14 をはじめとした生物があげられる。

表 3-3-1-14 異質な環境タイプの組み合わせを必要とする特定種の例

生物種群		環境タイプ
両生類	アカガエル類 サンショウウオ類	水田（繁殖空間）＋樹林（非繁殖空間）
昆虫類	ホタル類 チョウ類	河川（繁殖空間）＋河畔林（非繁殖空間） 草地（繁殖空間）＋樹林（非繁殖空間）

※ 上記は、比較的狭い空間において異質な環境タイプの組み合わせであり、空間レベルによって様々な生物が考えられる。

これらの種の生息空間（ハビタット）の物理的環境を評価するにあたっては、既往研究によって表 3-3-1-15 に示すような生態系の質（構造や機能）に関する属性の把握が有意であるとされている。異質な環境タイプの組合せを表す指標としては、「繁殖空間（水辺）と非繁殖空間（樹林）の距離」や「繁殖空間（水辺）と非繁殖空間（樹林）の障害物の有無」などがあげられる。

表 3-3-1-15 異質な環境タイプの組み合わせを必要とする特定種のハビタットの属性例

生物種群		生態系の質の属性
両生類	アカガエル類	S 1 : 繁殖空間のカバー（植被）タイプ S 2 : 非繁殖期の生息空間のカバー（植被）タイプ S 3 : 繁殖空間と非繁殖空間の距離 S 4 : 繁殖空間と非繁殖空間の障害物の有無
	サンショウウオ類	S 1 : 繁殖空間の水深 S 2 : 繁殖空間面積の変化率 S 3 : 繁殖空間の鬱閉度（天空率） S 4 : 繁殖空間と非繁殖空間の距離

参考：環境アセスメントにおける日本初の HEP 適用事例（田中章ほか、2008）

一方、評価主体によっては、流域や市町村行政区域などより広域な空間単位を対象に、生態系の健全性の評価を実施する必要がある。このような場合は、対象となる流域を評価するにあたり、海から河川上流域までの流域全体の連続性が生存条件となるモクズガニのような生物種を特定種に選定することで、評価が可能となると考えられる。米国などでは河川環境に特化した I F I M (Instream Flow Incremental Methodology) 等の評価手法も開発が進んでいる。

この他、特定種・種群の選定にあたっては、生態系の健全性に加えて、社会に影響をもたらす社会性も検討に考慮することで、保全につなげやすくなると考えられる。これらの種は象徴種 (flag-ship species) に該当し、兵庫県但馬地域で地域住民が自然環境に優しい農業を展開して保全活動を行っているコウノトリなどが例としてあげられる。

○空間レベル（解像度）の設定について

異質な環境タイプを利用する種においては、図 3-3-1-6 に示すようにアカガエル類を例にすると、産卵環境と成体環境が両方とも良好なハビタットであっても、その距離により利用に影響が出るため、100メートル単位でその関係性をモデル化し HEP 解析を行っている事例がある。このように異質な環境の連結性や近接性を評価するためには、100メートル単位の大縮尺で空間レベル（解像度）を設定することが要求される場合がある。

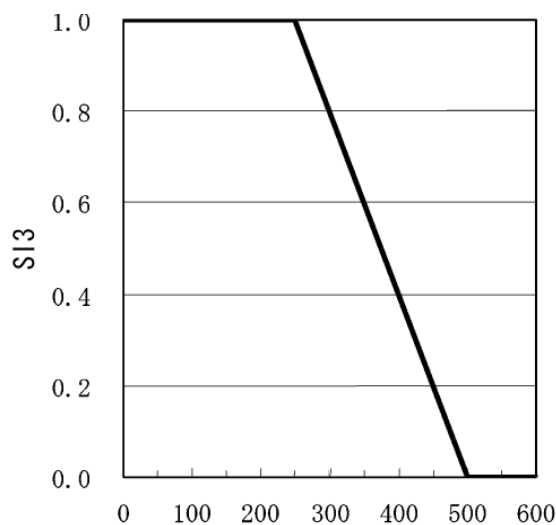


図 3-3-1-6 繁殖空間から非繁殖期の生息空間までの距離 (m)

参考：環境アセスメントにおける日本初の HEP 適用事例
(田中章ほか, 2008)

○総合評価について

海外事例の評価手法では、対象となる評価区域も全評価項目で同一の評価区域で判読するなど単純化していくプロセスをもとに総合評価を行う場合が多い。

事例として前述した生息地ヘクター法では、比較の基準となる原生的な生態系を「ベンチマーク」地とし、生態系の健全性に寄与する属性 (attribute) について基準レベル (スコア) を測定し、各属性 (attribute) が健全性に寄与する割合に応じて加重値 (重み付け) を設定することで、「生息地ヘクター」の変化量を合算して総合的な評価値を算定している。

表 3-3-1-16 生息地ヘクターの変化量の算出事例

影響を受ける土地面積の合計 (A)=10ヘクター	(B)		(C)	(D)	(E)	(F)	(G)	(H)	
	ベンチマーク 状態・レベル		属性 (attribute) の加重値	事業前	事業後	事業前の 生息地ヘクター (1ヘクター当たり)	事業後の 生息地ヘクター (1ヘクター当たり)	生息地ヘクター 総補填量 (1ヘクター当たり)	
属性 (Attribute)	#	単位等						(D/B) × C	(E/B) × C
属性1: 植生密度	10	植物/ha	0.4	5	2	0.08	0.2	0.12	1.2
属性2: 林冠被覆	100%	%	0.3	80%	40%	0.12	0.24	0.12	1.2
属性3: 倒木密度	2	倒木/ha	0.3	1	0	0	0.15	0.15	1.5
		合計:	1			補われた生息地ヘクターの合計:			2.7

比較の基準となる原生的なベンチマーク地における各要素のスコアを記入する。

生息地全体の「健全性」に寄与する割合(%)に応じて加重値を設定。合計は1にならなくてはならない。

参考：Biodiversity Offsets Design Handbook (BBOP, 2009)

この加重値 (重み付け) の設定は、本来即地的な多くの事例情報に基づく多変量解析等の統計処理によって定めると考えられるが、近年研究が蓄積される中で、属性値の合算 (結合) 方法の考え方について、その傾向が表 3-3-1-17 に示すように整理されている。

表 3-3-1-17 属性値の合算 (結合) の考え方

算術平均法	すべての属性が必ずしも同時に必要なく、どれか1つでもあればそれなりにハビタットとして機能する場合。	$HSI = \frac{SI_1 + SI_2 + SI_3}{3}$
幾何平均法	属性のいずれかが0であるとハビタットの価値が0となる場合	$HSI = (SI_1 \times SI_2 \times SI_3)^{\frac{1}{3}}$
限定要因法	最も低い属性の値がハビタット全体の価値を限定するような場合	$HSI = SI_1 \text{ or } SI_2 \text{ or } SI_3$
加重要因法	個々の属性がお互いの不足を補う場合	$HSI = SI_1 + SI_2 + SI_3$

参考：HEP入門ハビタット評価手続きマニュアル (田中章, 朝倉書店, 2006)

しかし、小規模でモザイク化したわが国の生態系を評価する場合においては各属性の評価値を総合的に合算してしまうと結果が曖昧になってしまうため、図 3-3-1-7 のように、属性別に評価区域を設定し、また評価項目別のそれらを重ね合わせた最少単位の区域を小評価区域として評価を行って対応している事例もみられる。

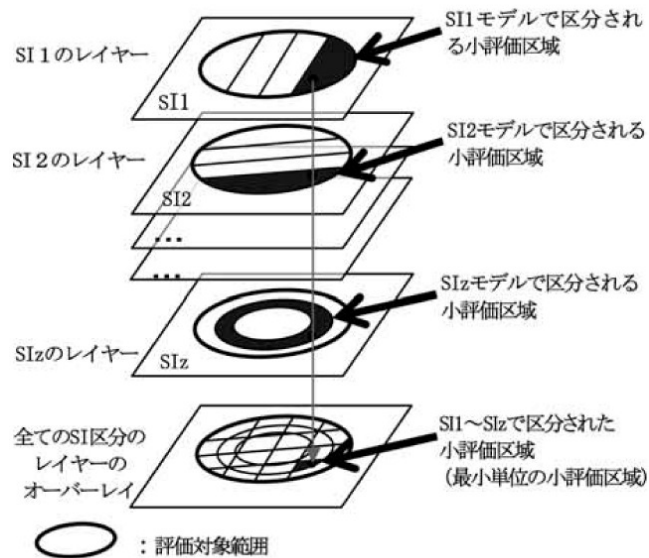


図 3-3-1-7 異なる小評価区域の概念

参考：環境アセスメントにおける日本初の HEP 適用事例 (田中章ほか, 2008)

(二次的自然の評価に対して)

わが国には里地里山地域が国土の約4割を占めるほど多く存在しており、人間と自然の営みが調和している状態が健全であるとする評価体系を形成していく必要がある。

これらのハビタットの評価にあたっては、本来の生態系評価の手法では、原生的な自然を参照にその属性の状態にどこまで達しているかを把握するが、例えば伝統的な水田と二次林が隣接しているエリアなど、自然性の視点からはそれほど評価が高くはないものの、固有性や希少性からみて豊かな空間があり、そのような生態系を基準にする評価方法もあり得る。

国土全体をみると、他の地域に比べ大規模な開発がなされ始めてから年月が短い北海道は基準生態系を比較的设置しやすいが、北陸や西南日本については古くから人間の活動の影響を受け、それにより二次的自然が形成されていることもあり、地域によって原生的な自然を参照すべきか、二次的な自然を参照すべきか対応が分かれるものと考えられる。

また、二次的自然を評価し保全する場合、侵略的な外来種やササ・タケ類が侵入・繁茂することで偏向遷移が生じ、保全対象である固有性や希少性の高い種の生息・生育地を被圧して個体群の衰退・消失が生じたり、シカやイノシシの増加が貴重な林床植物への食害を誘発するなど、自然環境に悪影響が生じないように負の要因を事後評価する観点も重要となる。

(2) 人間が受ける恩恵の評価

① 基本的事項

(人間が受ける恩恵)

ミレニアム生態系評価(2005)では、生態系から人間が受ける恩恵すなわち生態系サービスは、①供給サービス、②調整サービス、③文化的サービス、④基盤サービスの4つに大別し、さらに24分野に分類している。また、表3-3-2-1に示すとおり過去の50年間で、上記の24分野のうち15分野の生態系サービスが劣化してきている一方で、向上したサービスは4分野に過ぎず、そのうちの3分野は供給サービスの食糧生産(穀物生産、畜産、養殖漁業)であるとしている。なお、本検討においては、ミレニアム生態系評価の整理を踏まえ、人間が直接的に受ける恩恵(①供給サービス、②調整サービス、③文化的サービス)について生態系サービスと表現することとした。

表 3-3-2-1(1) 生態系サービスの分類と評価

生態系サービス		内 容	下位区分	状 態	
供給サービス	食糧	植物・動物・微生物に由来する非常に幅広い食料品を含む。	農作物	▲	生産量が大幅に増加
			家畜	▲	生産量が大幅に増加
			漁獲	▼	乱獲により生産量が減少
			水産養殖	▲	生産量が大幅に増加
			野生動物・植物産品	▼	生産量が減少
	繊維	木材・ジュート(黄麻)・綿・麻・絹・羊毛など。	木材	+/-	ある地域では森林が減少、他の地域では増加
			綿、麻、絹	+/-	ある地域では森林が減少、その他では増加
	木質燃料	木材・糞・その他の生物学的な物質は、エネルギー源となる。		▼	生産量が減少
	遺伝子資源	動物や植物の品種改良やバイオテクノロジーに用いられる遺伝子、遺伝子情報を含む。		▼	絶滅と作物の遺伝子資源の消失による減少
	生化学物質、自然薬品	多くの医薬品、殺生物剤、アルギン酸塩のような食品添加物や生物由来物質は、生態系に由来している。		▼	絶滅と過度採取による減少
淡水	人々は、生態系から淡水を得ている。したがって、淡水の供給は、供給サービスと考えることができる。河川水はエネルギー源でもある。しかし、水は、他の生命にとっても必要なので、基盤サービスと考えることもできる。		▼	飲用、工業用、灌漑用の非持続的な使用、水力エネルギーの量は変わらないが、それを使用するダム能力は向上	

表 3-3-2-1(2) 生態系サービスの分類と評価

生態系サービス		内 容	下位区分	状 態	
調整 サービス	大気質 の調節	生態系は、大気質のさまざまな影響を及ぼしながら、大気に化学物質を放出するとともに、大気から化学物質を吸収している。		▼	大気の自浄能力が低下
	気候の 調節	生態系は、局地的・世界的規模で気候に影響を及ぼす。局地的規模では、たとえば土地被覆の変化が気温と降水量の両方に影響を及ぼす。世界的規模では、温室効果ガスを吸収または排出することによって、気候に重要な役割を果たしている。	地球規模	▲	20 世紀の半ば以降は正味の炭素固定源となる
			地域、地方レベル	▼	負の影響のほうがまさる
	水の調節	流出水、洪水、帯水層の再補充のタイミングと強度は、土地被覆の変化によって強く影響される場合がある。特に、湿地帯の転換、森林から農地への転換、あるいは農地から都市への転換のような、システムの水貯蔵能力を変化させる改変によって、強く影響される場合がある。		+/-	生態系の変化と場所によって異なる
	土壌侵食の抑制	植物の被覆は、土壌の保持と地滑りの防止に重要な役割を果たす。		▼	土壌劣化が進む
	水の浄化と廃棄物の処理	生態系は、たとえば淡水にとって汚染源になることもあるが、陸水、沿岸、海洋の生態系に流入した有機性廃棄物のろ過や分解を助けることもできる。また、土壌や底質におけるプロセスを通して、化合物を同化し、解毒することができる。		▼	水質が低下
	疾病の予防	生態系における変化は、コレラのような人間に対する病原体の量を直接変化させたり、また、カなどの病原媒介者の個体数を変えることができる。		+/-	生態系の変化によって異なる
	病害虫の抑制	生態系の改変は、農作物や家畜の害虫と病気の流行に影響を及ぼす。		▼	殺虫剤の使用により自然による抑制能力が低下
	花粉媒介	生態系の改変は、花粉媒介者の分布、個体数、有効性に影響を及ぼす。		▼ ^a	花粉媒介者の数が世界的に明らかに減少
	自然災害の防護	マングローブやサンゴ礁のような沿岸生態系の存在は、ハリケーンや大波による被害を低減できる。		▼	自然緩衝地帯（湿地、マングローブ）が消失
文化 サービス	文化的多様性	生態系の多様性は、文化の多様性に影響を及ぼす一つの要因である。		—	—
	精神的・宗教的価値	多くの宗教は、生態系やその構成要素に精神的・宗教的価値を付与させている。		▼	神聖な林地と生物種が急激に減少

表 3-3-2-1(3) 生態系サービスの分類と評価

生態系サービス		内 容	状 態	
文化サービス	知識体系 (伝統的、慣習的)	生態系は、それぞれの文化で発達する知識体系のタイプに影響を及ぼしている。	—	—
	教育的価値	生態系及びその構成要素・過程は、多くの社会において、公式・非公式両方の教育基礎となる。	—	—
	インスピレーション	生態系は、芸術・民間伝承・国のシンボル・建築様式・宣伝広告に、豊富な着想の源を供給している。	—	—
	審美的価値	公園、景色を眺めながらのドライブ、居住地の選択へのサポートに示されるように、多くの人は、生態系のさまざまな側面に美しさあるいは審美的な価値を見出している。	▼	自然の土地が質的・量的に減少
	社会的関係	生態系は、ある文化において確立される社会的関係のタイプに影響を及ぼす。たとえば、漁業を生業とする社会は、遊牧民の牧畜社会あるいは農業社会と多くの点で異なっている。	—	—
	場所の感覚	多くの人は、生態系の側面を含む環境の特徴と関連した「場所の感覚」を大切に思っている。	—	—
	文化的遺産価値	多くの社会は、歴史的に重要な景観（「文化的景観」）、あるいは文化的に重要な生物種のいずれかの維持に高い価値を認めている。	—	—
	レクリエーションとエコツーリズム	人々は、多くの場合、特定の地域での自然のままのあるいは洗練された景観の特性に基づいて、どこで余暇を過ごすかを選択する。	+/-	利用可能な地域が多くなるが、多くのところで質が低下
基盤サービス	土壌形成	多くの供給サービスは、地力に依存しているので、土壌形成速度は、人間の福利にさまざまに影響を及ぼす。	—	—
	光合成	光合成は、ほとんどの生命体に必要な酸素を生産する。	—	—
	一次生産	生物によってエネルギーと栄養塩類が同化あるいは蓄積されている。	—	—
	栄養塩循環	窒素やリンを含む生命にとって必須な約 20 種の栄養塩類が生態系を循環し、生態系の異なる部分で異なる濃度を維持している。	—	—
	水循環	水は、生態系を循環し、生命体にとって不可欠となっている。	—	—

▲＝増加（人間の利用の例）あるいは向上（向上・劣化の列）

▼＝減少（人間の利用の例）あるいは劣化（向上・劣化の列）

+/-＝混合（傾向は、過去 50 年にわたって増加および減少している。あるいは、いくつかの項目/地域では増加していて、他では減少している）

※各生態系サービスの項目、内容、状態については、「生態系サービスの分類と評価（MA：Millennium Ecosystem Assessment 編，横浜国立大学 21 世紀 COE 翻訳委員会 翻訳，2007）」を参考に表を編纂した。

生物多様性の変化は、そこに存在する種に関連した一連の人間が受ける恩恵（生態系サービス）を変化させると考えられ、エコロジカル・ネットワークの形成によって生物多様性が増進すれば、基本的には、関連する人間に与える恩恵も増進するものと考えられる。

また、生態系の多面的機能や生態系サービスの関係性を明らかにできれば、自然環境のポテンシャルを十分活用した国土形成・利用が可能になると考えられる。

ただし、生態系から人間が受ける恩恵については、まだ明らかになっていないものがあること、また、全てを定量的に評価できないことを十分に認識し、さらに生態系そのものの状況を詳細に把握・評価しておくことが、人間が受ける恩恵の評価の前提となることに留意する必要がある。

（評価にあたっての重要な視点）

一連のエコロジカル・ネットワーク関連施策・事業・取組を推進するためには、様々な主体の参画が必要であり、生態系を保全することが個々の事業・取組目的に資する機能（生態系サービス）の強化につながることを広く周知していく必要がある。このため、まず個々の立地環境で成立している生態系からどのような恩恵を人間が受けているのか、もしくは受けることが可能なのか、整理・把握することが肝要である。

他方、生物多様性の保全等を進める手法としての経済原理の導入の議論が進んでおり、そのための一手法として経済的評価手法の研究が進展している。生態系とそこから受ける恩恵の関係性を明らかにし、かつ経済的評価手法の限界を踏まえたうえで、生態系からの恩恵を定量的に示す一つの手法として用いることも考えられる。

よって、まず第一に事業・取組の実施に伴って対象空間に成立する生態系から生じる各種の生態系サービスの関係性を明確にし、これによって各生態系サービス間や生物多様性と生態系サービス間のトレードオフや相乗効果を把握し、評価対象とすべき生態系サービスを特定することが重要である。表 3-3-2-2 に「ミレニアム生態系評価（2005）」で整理しているトレードオフの関係を示す。

これによると一つの生態系サービスを向上させるための活動は、しばしばほかのサービスを劣化させる原因となる。たとえば、食糧を増産するための活動は、通常、水と肥料の使用を増やすかあるいは耕作地の面積を拡大させる。これらの行動は、ほかの用途で使用可能な水量の減少、水質悪化、生物多様性の減少、森林被覆の減少、そしてこれによる林産物の損失と温室効果ガスの排出などにより、他の生態系サービスの劣化を引き起こす。同様に、森林の農地転換は、その生態系の特性および土地被覆の変化にもよるが、洪水の頻度と程度を大きく変えることがある。

逆に、生態系またはそれに付随する生態系サービスの特定の内容を保全・強化することで、他のサービス間の正の相乗効果も同様に実現が可能となる場合もある。

アグロフォレストリーは、食糧や燃料に対する人間の要求を満たすことができ、土壌を回復でき、生物多様性の保全に貢献できる。間作を行うことにより、収穫の増加、生態制御の強化、土壌侵食の抑制、田畑への雑草の侵入の削減が可能となる。

都市公園やその他の都市の緑地は、水の浄化、野生生物の生息地、廃棄物管理、炭素隔離のような当該サービスと同様に、精神的・審美的・教育的・娯楽的な便益を供給している。

表 3-3-2-2 生態系サービスのトレードオフ関係

管理の内容	供給サービス			調整サービス			文化的サービス	基盤サービス	注記
	食糧生産	水の利用可能性と水質	繊維生産	炭素固定	疾病の削減	洪水の制御	エコツアーリズムの可能性	窒素調節(富栄養化の回避)	
農業の集約化による食糧増産	管理対象	-	0	-	+/-	0	0	-	農業生態系は、特定の疾病への曝露を削減するが、他の疾病のリスクを増加させる。
農業拡大による食糧増産	管理対象	-	-	-	+/-	-	-	-	
天然魚捕獲の増加	管理対象	NA	NA	NA	NA	NA	+/-	+/-	漁獲量増加は、スポーツフィッシングの増加など、エコツアーリズムの機会を増やすことがある。あるいは、捕獲の増加が、持続不可能なレベルの場合や、シャチ、アザラシ、アシカなど、観光客を引きつける捕食者の個体群を減らす場合には、その機会を減らすこともある。
利用可能な水の増加のためのダムの建設	+	管理対象	-	+/-	-	+/-	+/-	-	河川改修は、洪水頻度を削減できるが、壊滅的な洪水のリスクと大きさを増加させる場合もある。貯水池は多少、レクリエーションの機会を供給するが、元の河川に関連したものは失われる。
樹木伐採の増加	-	+/-	管理対象	-	+/-	+/-	-	0	樹木伐採は、一般的に自然の食糧源の利用可能性を削減する。
マラリアのリスク削減のための湿地帯の排水/埋め立て	+	-	0	0	管理対象	-	-	-	埋め立てられた湿地帯は、しばしば農業に利用される。湿地帯の喪失は、水浄化能力の喪失や、洪水制御やエコツアーリズムの可能性の喪失に帰着する。
生物多様性維持とレクリエーションのための厳重な保護地域の設置	-	+	-	+	+/-	+	+	+	厳重な保護地域は、地方の食糧供給や繊維生産の喪失になるかもしれない。保護地域の存在は、水供給と水質を守り、生息環境の変化に起因しているかもしれない温室効果ガスの排出を防ぎ、観光の可能性を増加させている。

- : 管理が、サービスにマイナスの影響を及ぼす。
 + : 管理が、サービスにプラスの影響を及ぼす。
 0 : 管理が中立であるか、サービスに対して影響を及ぼさない。
 NA : この区分は適用できない。

参考：生態系サービスの分類と評価 (MA : Millennium Ecosystem Assessment 編, 横浜国立大学 21 世紀 COE 翻訳委員会 翻訳, 2007)

② 評価手法について

人間が受ける恩恵（生態系サービス）の評価は、まず第一に対象空間の生物多様性から享受される個々の生態系サービスにどのようなものがあるかを把握し、抽出された生態系サービス間のトレードオフや相乗効果の関係を把握する。次に、経済的評価が可能なサービスについては、以下の価値やサービスの種類によって最も適した手法を選択し、定量的評価を検討するものとする。

（評価手法の分類）

○生態系サービス間の関係性の把握について

生態系サービスの評価にあたっては、個々の生態系サービスの定性的・定量的評価に加えて、生態系サービス間のトレードオフや相乗効果の関係を把握することが重要である。生態系ミレニアム評価（MA）では、設定された空間レベルの違いによって、同じ対象空間であっても出現する生態系サービスの内容が変わることから、マルチスケール（多段階）解析による事例をとりあげている。

特に生態系から人間が受ける恩恵（生態系サービス）は、これまで市場的な価値が優先され、非市場的価値は見落とされやすい状況にあった。ほとんどの資源管理の意思決定は、市場に流通される生態系サービスに最も強く影響を受けるため、非市場的な利益は失われるか低減することが多かった。

しかし、これらの非市場的な利益は一般に大きく、時として市場的な利益よりも価値が高くなり、既往研究によれば、市場的価値が非市場的経済価値の3分の1にも満たないことが既往研究で報告されている。（収集事例-6参照）

収集事例-6

代替的管理施策の経済的利益 (Ecosystem Conditions and Human Well-being (MA : Millennium Ecosystem Assessment) ,2005) [参考資料 : 文献10・11]

通常、生態系を持続的に管理することは、農耕や森林の皆伐、あるいは他の集約的利用によって生態系を改変することよりも、もっと高い総経済価値が得られる。異なる二つの利用形態で生態系の総経済価値 (生態系サービスの市場的・非市場的価値の両方を含む) を比較した研究はわずかしかないが、生態系を持続的に管理することで生じる利益が、生態系を改変したときの利益より大きいことが分かっている。

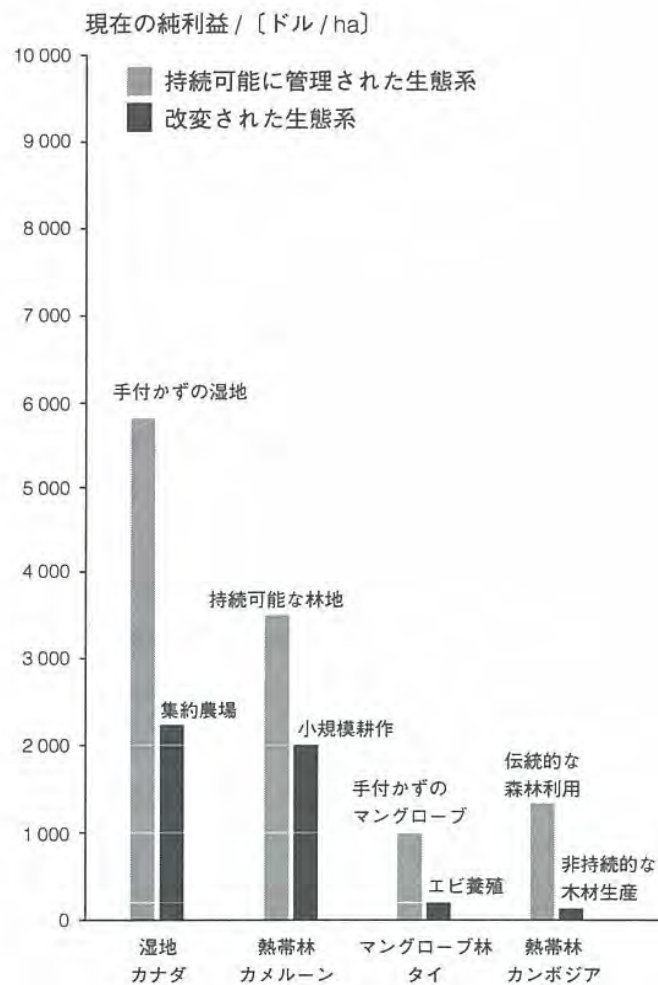


図 3-3-2-1 代替的管理施策の実施から得られる経済的利益

表 3-3-2-3 持続可能な手法に基づいて生態系を管理した場合と生態系の改変を伴う利用をした場合の経済的利益

生態系の種類	比較したオプション	総経済価値 (TEV) 計算に含まれるサービス	総経済価値 (TEV)	出展
カメルーン： 熱帯雨林	・低影響型林業 ・小規模農業 ・油ヤシ及びゴムの木の植林への転換	・農業または農園、土壌流出防止、洪水防止、炭素貯蔵。オプション価値、遺産価値、存在価値。 ・割引率 10% (32 年間)	持続可能な林業 = \$ 3,400/ha 小規模農業 = \$ 2,000/ha 油ヤシ植林 = \$ -1,000/ha	Yaron, 2001
タイ： マングローブ	・現在のマングローブの利用 (現状) ・エビ養殖への転換	・エビ養殖、木材、炭、非木材林産物、沖合漁業、防風防波。 ・割引率 10% (20 年間)	マングローブのまま = \$ 1,000~36,000/ha エビ養殖 = \$ 200/ha	Sathirathai and Barbier, 2001
カナダ： 湿地	・現状維持 (湿地) ・集約的農業への転換	・農業、狩猟、釣り、トラップによる動物の捕獲。 ・割引率 4% (50 年間)	湿地のまま = \$ 5,800/ha (最大) 農業への転換 = \$ 2,400/ha	Van Vuuren and Roy, 1993
カンボジア： 熱帯雨林	・伝統的森林利用 ・商業的林業	・焼畑農業、非木材林産物 (薪・籐・竹・野生動物・木の実・薬等)、生態的・環境的機能 (集水域・生物多様性・炭素貯蔵等) からの利益。 ・割引率 6% (90 年間)	伝統的利用 = \$ 1,300~4,500/ha (環境サービスが \$ 590/ha、非木材林産物が \$ 700~3,900/ha。) 木材生産による私的利益は \$ 400~1,700/ha だが、サービスの損失を計算すると \$ 150~1,100/ha となる。	Bann, 1997

●カメルーン：熱帯雨林

利益計算の対象期間：32 年間

調査対象地：A~E の 5 つのエリア

1. 直接的利用

・小規模農業の生産価値

手法：アンケート型農業調査 (questionnaire-based rural agricultural survey (RAS)) 及び個別の農家訪問調査

利益：エリアごとに、各農作物の面積当たりの平均収穫量を算出し、その合計を農作物の総収穫量とする。

費用：各作業に掛かる労働費用 (労働日数)、機会費用、輸送費用 (アンケートで求められなかったため、主要な情報提供者からの情報を元に平均輸送費用を算出)

持続可能な農法による 32 年間の総利益

以前は 10~16 年の休耕期間を設けるのが一般的であったが、最近では約 3 年 (中央値) になっている。よって、3 年耕作し 9 年休耕させる農法を持続可能な農法とし、割引率 10% で 32 年間の総利益 (£/ha) をエリアごとに算出。

- ・油ヤシ及びゴムの木の植林地の生産価値
 ※税金・補助金は計算に含まない（植林地拡大による社会的費用を測定するため）。
 利益：ヤシ油の価格＝国内価格と輸出価格の中間値
 （現段階では国内販売のみが想定されているが、植林地拡大に伴い輸出する可能性もあるため）
 ゴム価格＝輸出価格（FOB）
 費用：主にカメルーン開発公社（Cameroon Development Corporation - CamDev）の植林費用データを使用。
 未熟練労働者費用＝市場相場の50%（Wyrley-Birch et al., 1982）（Ruitenbeek, 1989）
- ・低影響型林業からの木材生産価値（森林を維持し持続可能に利用）
 複数のインベントリー調査データを使用。
 利益：Acworth（1997）の木材価格を使用。
 熱帯樹木の商業用木材の供給が減り続けているため、年間1%の価格上昇が予測される。
 費用：植林費用と同じ割合の労働費用を適用。

- ・非木材林産物の価値
 既にベースラインとなる社会経済データ及びローカル市場データがあるエリアBとCに関しては、各土地利用から生まれる非木材林産物の価値を既存データから算出。（Ambrose-Oji, 1997；Ambrose-Oji & Pouakouyou, 1997）
 他のエリアについては、既存データがあるエリアBとCと比較し、各土地利用における非木材林産物の価値を予測。
- ・アフリカンチェリー（*Prunus africana*）の価値*（エリアEのみ持続可能な収穫を大規模に行うのはエリアEでのみ可能）
 アフリカンチェリー（*Prunus africana*）の樹皮は病気治療に用いられており、この植物は、アフリカのわずかな森林にしか生息していないため、危機に瀕している。この植物の貴重さ・高価さゆえ、他の非木材林産物とは別に考慮された。
 エリアEの年間樹皮生産量は、Acworth et al.（1997）の持続可能な樹皮生産量予測（64kg/tree/5 year）を用いて算出。
 利益：樹皮の輸出価格（FOB）
 費用：樹皮収穫・乾燥（加工）に係る労働費用
 輸出総利益＝樹皮の輸出価格（FOB）－乾燥樹皮購入価格（加工済み）
 この輸出純利益を当該樹木の経済価値とし、エリアEにおける面積当たりの経済価値を算出。

2. 間接的利用

- ・炭素貯蔵価値
 Brown & Pearce（1994）の炭素固定量（general carbon sequestration figures - tC/ha）を使用し各土地利用の炭素貯蔵値を算出。（油ヤシ・ゴム植林＝「熱帯開放林」（tropical open forest）として計算）
 徐々に温暖化が悪化し社会的意識が高まっていることを受けて、カーボンオフセット価値は32年間で£6 /トンから£12 /トンへ増加すると想定。
- ・森林の葉開発価値*
 Mendlesohn & Balik（1997）が定めた平均的な植物固有率を持つ熱帯林の価値US \$ 3/ha（£2/ha）を用い、エリアごとの固有率に合わせて調節して使用。
- ・森林の洪水防止価値*
 Ruitenbeek（1989）の見積もり（US \$ 2/ha）及びWhiteman & Fraser（1997）の見積もり（US \$ 915/ha）を基に、洪水による影響を受ける農民・農作物の割合、洪水発生頻度を考慮しエリアごとに決定。
- ・森林の土壌流出防止価値*（利益計算の対象期間：30年間）
 森林が伐採されると土壌流出が発生し生活用水（飲み水・洗濯用）の水源が汚れてしまうと、新たな水源を探すのに付加的な労働費用が発生する。（エリアごとに、影響を受ける世帯数及び労働費用（時間×賃金）から森林面積当たりの土壌流出防止価値を算出）

3. 非利用価値

・森林のオプション・遺産・存在価値*

類似した生態系を持つカメルーン山地域へ実際に提供されている資金（約£150万/年）を基に森林面積当たりの価値を算出。

*これらの価値は、森林が維持された場合（低影響型林業が継続された場合）にのみ発生し、森林が失われると無くなるとされる価値。

●タイ：マングローブ（BBOP費用便益ハンドブックの資料でも同じ事例が紹介されている）

利益計算の対象期間：20年間

・現在のマングローブの利用（現状）

1. 直接的利用

・マングローブ資源の価値

利益：森林資源の価値＝木材及び非木材林産物からの総収入

手法：市場価格法（市場出されず村人の生活に使われている物の価値は、最も類似した物の市場価格を用いた。）

評価対象資源：魚、エビ、カニ、軟体動物、ハチ蜜、釣り具を作るための木材

費用：機会費用（主に暇な時間を資源収集にあてているため、機会費用はタイの農村地域の給与の1/3とする。（UNEP, 1994））

データ収集方法：アンケート調査

2. 間接的利用

・沖合漁業の稚魚生育所としての価値

手法：統計モデル（漁獲量は、漁獲努力（effort）と沿岸マングローブ面積の関数としてモデリング）

評価対象種：底魚・甲殻類（マングローブに依存している重要な種）

データ収集方法：タイランド湾の全漁業地区の歴史的（二次的）データを使用（漁獲率、漁獲手法、各漁獲手法に費やされた時間、マングローブ面積）

・防風防波価値

手法：代替法（replacement cost approach）

マングローブ林が失われた沿岸では、侵食防止用の防波堤設置が必要。

→マングローブの防風防波価値（幅75m）＝代替防波堤建設費用（幅1m）

※防波堤（幅1mとする）と同じレベルの侵食防止作用を提供するためには、沿岸に幅75mのマングローブ林が必要とされている（1987年、閣議決定）。

マングローブの侵食防止の推定年率換算価値＝US \$ 12,263 / ha（割引率：10%）

過大評価という指摘が出たため、沿岸部のうち30%で深刻な侵食が見られ対策が求められていることから、推定価値の30%（US \$ 3,678.96）を年次価値とした。

マングローブの価値は、①直接的利用のみの場合と、①直接的利用に②間接的利用も含めた場合が算出された。

・エビ養殖の価値

利益：5年間の総収入

※タイ南部における商業用のエビ養殖地の寿命は通常5年間。

費用：○不特定（variable）費用－労働費用、生産費用等

○固定費用－税金、賃金、土地の機会費用等

○汚染費用－汚水浄化費用、エビ養殖場から出る塩水による米生産の損失額（Rawat, 1994）

○マングローブ林再生費用－植林・維持・苗木保護に係る費用（タイ林野省）

5年間のエビ養殖後にマングローブ林を再生させない場合は総経済利益が発生するが（\$ 200/ha）、再生させる場合はマイナスになる（約\$ -5000/ha）。

○経済的評価手法について

生態系サービスの経済的評価手法は、①市場的価値の評価手法と、②非市場的価値の評価手法に大別される。人間が受ける恩恵の評価にあたって、海外を中心とした先進事例から、使用可能と考えられる評価手法を提示する。表 3-3-2-4 のとおり、自然環境の価値には、市場的価値と非市場的価値があり、非市場的価値の経済的評価手法については、表 3-3-2-5 の方法等が考えられ、それぞれ適用しうる範囲が限られている。

表 3-3-2-4 環境価値の分類

利用価値	直接的利用価値	木材生産	市場的価値 ↑ ↓ 非市場的価値
	間接的利用価値	レクリエーション、水源涵養、国土保全	
	オプション価値	将来のレクリエーション利用、遺伝子資源	
非利用価値	遺産価値	将来自然のための原生自然	
	存在価値	原生自然、野生動物	

参考：生物多様性・生態系と経済の基礎知識（林希一郎編，栗山浩一ほか，中央法規出版，2010）

表 3-3-2-5 非市場的価値の経済的評価手法

評価手法	顕示選好法			表明選好法	
	代替法	トラベルコスト法	ヘドニック法	CVM	コンジョイント分析
内容	環境材を市場材で置換するときの費用をもとに環境価値を評価	対象地までの旅行費用をもとに環境価値を評価	環境価値の存在が地代や賃金に与える影響をもとに環境価値を評価	環境の変化に対する支払意思額や受入意思額を尋ねることで環境価値を評価	複数の代替案を回答者に示して、その好ましさを訪ねることで環境価値を評価
適用範囲	利用価値 水源保全・国土保全・水質などの限定（主に調整サービス）	利用価値 レクリエーション、景観などに限定（主に文化的サービス）	利用価値 地域アメニティ、大気汚染、騒音などに限定（主に調整サービスと文化的サービス）	利用価値および非利用価値 レクリエーション、景観、野生生物、生物多様性、生態系など非常に幅広い。（主に文化的サービス）	
利点	必要な情報が少ない。 置換する市場材の価格のみ。	必要な情報が少ない。 旅行費用と訪問率などのみ。	情報入手コストが少ない。 地代、賃金などの市場データから得られる。	適用範囲が広い。 存在価値やオプション価値などの非利用価値も評価可能	
問題点	環境材に相当する市場材が存在しない場合は評価できない。	適用範囲がレクリエーションに関係するものに限定される。	適用範囲が地域的なものに限られる。 推定時に多重共線性の影響を受けやすい。	アンケート調査の必要があるので情報入手のコストが大きい。バイアスの影響を受けやすい。	
				最新の手法のため研究蓄積が少なく、信頼性が不明。	

参考：生物多様性・生態系と経済の基礎知識（林希一郎編，栗山浩一ほか，中央法規出版，2010）