

異なる。【p397】

熱帯地域における泥炭地の回復に関する経験はほとんどないが、北半球の高緯度地域での経験は、水文学的な条件における広範囲の被害や変化からの回復の困難さを示唆している。持続可能なパーム油のための円卓会議（RSPO）による、認証を伴う市場インセンティブも、重大な環境悪化が発生した後にはのみ多くの土地が認証を申請するため、特に成功していない（Carlson et al., 2017）。認証制度は、インドネシアの泥炭地における森林の喪失や森林火災の検出に、識別できるほどの影響を及ぼさなかったといえる。【p398】

4.10 知識のギャップと主要な不確実性

新規植林や再植林、バイオエネルギー作物、土地管理の強化等、大気中の炭素を吸収することを目的とした土地ベースの緩和策を通じて気候変動を減らす努力は、土地の状態に悪影響を及ぼし、劣化につながる可能性がある。しかし、劣化の回避・削減・逆転できる可能性もある。気候変動に確実に対処するためには、地域別、そして社会的及び生態学的に適切な SLM 戦略を特定・実施・監視し、結果を広く伝えていく必要がある。【p403】

5 食料安全保障

要約

温室効果ガス（GHG）総排出量の約 21～37%は、フードシステムに起因している。これらは、農業及び土地利用、保管、輸送、包装、加工、小売、消費によるものである（中程度の信頼性）。この推定値には、農場のゲート内での作物や家畜からの 9～14%の排出量と、森林減少や泥炭地の劣化を含む、土地利用や土地利用変化からの 5～14%の排出量が含まれる（高い信頼性）。5～10%は、サプライチェーンに起因するものであり（中程度の信頼性）、この推定値には、食品ロスと廃棄物からの GHG 排出量が含まれている。【p439】

本章では、土地のフットプリントが小さい食品を生産し持続可能性を強化することによって、潜在的な土地の競合をどのように緩和できるかを評価する。これを達成するためには、農民は技術、技能、財政、及び市場に依存する、より低い土地要件で今までと同量の食料を生産する必要がある。また、消費者側の変化（例、食料生産のための土地のフットプリントの削減を可能にする食事の選択）にも依存する。【p440】

5.1 枠組みと内容

5.1.4 AR5、SR15、及びパリ協定の背景におけるフードシステム

5.1.4.2 フードシステムとパリ協定

二酸化炭素除去（CDR）技術

パリ協定の目標を達成するための措置の実施に関する重要な側面には、バイオエネルギーによる CDR に関連する措置が含まれる。パリ協定における 2°C 目標を達成し、さらに 1.5°C 目標を実現するには、バイオエネルギーと炭素回収・貯蔵（BECCS）や、新規植林及び植林、バイオ炭技術を展開させるための大規模な投資と、土地利用の急激な変化が必要である。【p449】

ほとんどのシナリオは、2030～2050 年の間の非常に迅速な展開を想定しており、1.5°C シナリオでは、1961 年から FAO データベースで報告されてきた農業・林業では前例のない、20Mha/年を超える土地利用の拡大を必要とする。したがって、1.5°C 目標の達成は、気候変動の緩和と食糧生産の間において、土地の競合をもたらす、食糧安全保障に連鎖的な影響を及ぼす。【p449】

5.3 適応の選択肢と課題、機会

5.3.2 適応の枠組みと重要な概念

5.3.2.3 農業生態学と多様化の役割

生態系を活用した適応策（EbA）

EbA は自然をベースとした適応策であり、人々に利益をもたらす自然の機能や商品、サービスを強化及び保護することで、気候変動と食料安全保障に対処する。食料安全保障への EbA のアプローチは、健康と食事の改善への貢献、持続可能な土地管理、経済的収入、及び水の安全保障等のコベネフィットを提供する。EbA は GHG 排出量を削減し、炭素貯留を増やすことが可能である（USAID, 2017）。【p468】

例えば、アグロフォレストリーは変化する気候条件の下で、生物多様性の保全や生態学的バランス・回復を強化しながら、食料生産性の向上に貢献できる（Mbow et al., 2014a; Paudela et al., 2017; Newaj et al., 2016; Altieri et al., 2015）。アグロフォレストリーは、林冠被覆を介して土壌侵食を減らし、微気候と砂防に貢献することが示されている（Sida et al., 2018）。【p470】

EbA 等の適応策には森林や河川の生態系も含まれ、土壌保全や水循環、農業における生物多様性等、改善された資源管理を通して深刻な気候変動の影響を受ける食料生産の機能をサポートする（Muthee et al., 2017）。【p470】

5.3.4 フードシステムがもたらす気候変動への影響

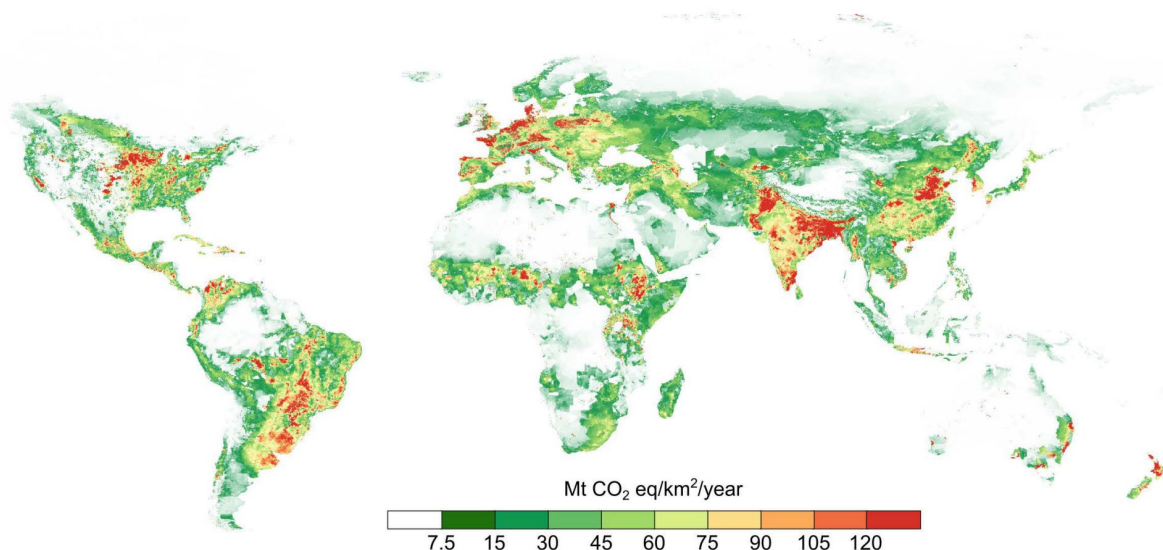


Figure 5.10 世界の畜産部門による 1995～2005 年の GHG 排出量（Herrero et al., 2016a を改編）【p478】

5.5 緩和策の選択肢と課題、及び機会

IPCC AR5 のワーキンググループ III は、土地ベースの炭素固定、及び主に AFOLU で排出される非 CO₂ の温室効果ガス緩和の観点から、AFOLU での緩和が 21 世紀の気候変動を抑制する鍵であると結論付けた。【p480】

AR5 では、作物と家畜の管理の改善等の単純なメカニズム（Smith et al., 2014）から、植林や土壌炭素貯留、BECCS 等のより複雑な二酸化炭素削減介入までの緩和策についてランク付けがなされた。【p480】

Box 5.4 南アメリカでの持続可能性の強化に向けて

限られた土地資源と低い環境負荷での増加する世界レベルでの食料需要の調整は、世界的に主要な課題である(FAO, 2018a; Godfray and Garnett, 2014; Yao et al. 2017)。南アメリカでは、大豆や食肉（家禽、牛、豚）といった特定の食品が増加する輸出の機会に応じて、過去 30 年の世界の農業生産増加に多大な貢献をしている（OECD and FAO, 2015）。【p481】

しかし農地面積の増加は、特に 1970 年代から 2000 年代初期にかけて、その地域で大規模な景観レベルにおける土地利用変化をもたらし、森林減少率やそれに関連した GHG 排出の増加に大きな影響をもたらした。アルゼンチン、ボリビア、ブラジル、コロンビア、エクアドル、パラグアイ、及びペルーにおいて、速い速度での原生植生の転用が見られ（FAO, 2016b; Graesser et al., 2015）、アマゾンやサバンナ(Cerrado, Chacos and Lannos)、アトランティックフォレスト、カーティंगा、ユンガスといった生態系に重要な生物群系を危機にさらしている。アマゾンの生物群系は、生物多様性や、蒸発散や雲の形成や降雨を通した水文学的

プロセス、及び炭素を含む生物地球化学的なサイクルを含む重要な生態系機能を提供する特に繊細な生物群系である（Bogaerts et al., 2017; Fearnside, 2015; Beuchle et al., 2015; Grecchi et al., 2014; Celentano et al., 2017; Soares-Filho et al., 2014; Nogueira et al., 2018）。さらに、食料輸出とも関連している森林減少は、包括的な社会経済的な発展をもたらすのではなく、むしろ社会的な不均一性を悪化させ、低所得者の生活環境をさらに厳しいものになっている（Celentano et al., 2017）。過去数年間で地域人口の飢餓の増加に繋がっている（FAO, 2018b）。【p481】

2000 年代中旬には、政府、食品産業、NGO、そして国際的なプログラムが加わり、農地面積の増加による環境付加の増加に関わる問題に対応するための重要なイニシアティブが取られた(Negra et al., 2014; Finer et al., 2018)。ブラジルは、アマゾンの法的な森林減少の予防と管理に関する大臣間の実行計画⁴（PPCDAm2）を始動することにより地域のアクションを起こした。これは、リアルタイムでの森林減少の警告システムの発達とも関連している。さらに、ブラジルは大臣、連邦警察、そして軍隊と検察官の連携した努力による警告に対応するための能力を整えた（Negra et al., 2014; Finer et al., 2018）。【p481】

その他の国でも同様に 2004 年のパラグアイでの森林減少ゼロ計画（Gasparri and de Waroux, 2015）、2007 年のアルゼンチンでの森林減少ゼロゾーン（Garcia Collazo et al., 2013）を含む同様の政策が取られた。ペルーでも同様に国立森林サービス・野生動物権限（SERFOR）による国内のモニタリング・コントロールシステムの構築を行い、森林減少が起きた際に対応できるような連携と情報を供給できるようにし、コロンビアでは森林減少活動に関する季刊警告レポートの発行を開始した(Finer et al., 2018)。【p481】

特に、2006 年からの大豆モトリアムと 2009 年からの牛肉モトリアムを通じた、食品産業と NGO の従事者は、それらが生産されている地域での森林減少を低い割合に留めることに効果的に貢献してきた（Nepstad et al., 2014 and Gibbs et al., 2015）。2012 年には、ブラジルが国立土地登録システム（SICAR）と呼ばれる地理情報に基づいたデータベースを作成することで、地方金融にアクセスできる了承を得られるようにし、農家の環境への責任管理を監視できるようになった。加えて、政府の計画、資金提供機関、そしてアマゾンファンドが、小規模農家が環境制約に応じるための手助けをする財政的な手段を供給している（Jung et al., 2017）。【p481】

それにもかかわらず、Azevedo et al.（2017）は、弱い強制力と限られた公共政策の支援によりこれらの財政的なインセンティブはフルポテンシャルでは達成されていないと主張している。農地面積の拡大と強度増加は、森林減少と複雑な相互作用を持っている。メカニズムが原生林と生態系を保護するために実行されている一方で、森林減少速度の抑制には、土地利用政策の結果の全面的な評価をするための監視プログラムを含む、より強度な天然資源の支配を要する（Ceddia et al., 2013 and Oliveira and Hecht, 2016）。公的・民間部門の行動は、ブラジルの法的なアマゾンの森林減少速度を 2004 年の 2.78Mha/年から 2009 年には約 0.75Mha/年まで減少させ（INPE, 2015）、それからは 0.46Mha から 0.79Mha

⁴ 法的にアマゾンはブラジルの地域の 501.6Mha（約 59%がブラジルの領域）であり、全てのアマゾンと 40%のセラドと 40%のパンタナル生物群系を含み、2547 万人が居住している。

(2016年)の間で変動した (INPE, 2018; Boucher and Chi, 2018)。また、政府の森林保護計画はその他の生物群系にも広がった結果、ブラジルのセラドにおける森林減少は効果的に減少し、2004年の2.9Mha/年から2016～2017年には平均して0.71Mha/年まで減少した (INPE, 2018)。【p482】

概して、南アメリカでの森林減少速度は大きく減少し、現在の森林減少速度は2000年代初期の約半分ほどである (FAOSTAT 2018)。しかし、一貫性のない森林保護政策 (Gibbs et al. 2015) と近年の一時的な中断 (Curtis et al., 2018) は、森林減少の管理のために、より一層強化されたメカニズムが必要であることを示唆している (Tollefson, 2018)。Curtis et al. (2018) と Dou et al. (2018) は、ブラジルでのアマゾンの森林減少速度は減少しているが、ほかの地域、特に東南アジアやその他の南アメリカの国での森林速度は増加しており、その結果、世界規模でほとんど一定の森林減少速度であると指摘している。【p482】

(森林地の) 農地転用への拡大速度の減少にもかかわらず、増加する生産性と広大な牧草地を農地の代替とすることで、農業生産は南アメリカで恒常的に増加し続けている。その地域での平均的な大豆とトウモロコシ生産は1990年の1.8と2.0 ton/haから2015年にはそれぞれ3.0と5.0t/haまで増加している (FAOSTAT, 2018)。しかし、作物生産は、穀物や種子油の増加する需要に応えるには不十分であり、耕作は特に草地で広がり続けている (Richards, 2015)。高い食肉と乳製品需要は、家畜システムの強度の増加により賄われている (Martha et al., 2012)。それにもかかわらず、直接的・間接的な森林減少は依然として発生しており、最近では、森林減少速度は増加しているが (INPE, 2018)、2000～2010年に比べると格段に少ない。【p482】

持続可能性増強に向けた努力は、農業政策にも組み込まれている。例えばブラジルでは、森林減少の減少や劣化した牧草地の回復、統合的なアグロフォレストリーシステムの適用⁵、及び非耕作農業技術は開発途上国における適切な緩和行動 (NAMAs) (Mozzer, 2011) と国別削減目標 (NDCs) (Silva Oliveira et al., 2017; Rochedo et al., 2018) におけるGHG削減に重要な役割を果たしている。このようなUNFCCC下での委任は、持続可能な農業技術への投資の低い利率を基にした低炭素農業プラン (ABC)⁶を通して運用化されている (Mozzer, 2011)。直接的な牧草地の回復や統合システムは必要な面積を減少 (Strassburg et al., 2014)、有機物を増加 (Gil et al. 2015; Bungenstab 2012; Maia et al., 2009) させ、ライフサイクル全体における排出削減に貢献している (Cardoso et al., 2016; de Oliveira Silva et al., 2016)。また、農産物の副産物や農業作物の残渣を基にした補充や飼育場の適応の増加は、生産性向上と家畜システムの気候レジリエンス増加の中心である (Mottet et al., 2017a; van Zanten et al., 2018)。【p482】

明確な環境的・社会経済的な副産物 (改善された資源生産性や社会環境の持続可能性、高い経済

⁵ 統合化されたアグロフォレストリーシステムは農業システムが戦略的に2又はより多くの要素を作物、家畜、そして林業から取り入れているものである。その活動は、全体的なシナジーを達成するために共同体や継続、ローテーションの枠組み内にある。

⁶ ABC- Agricultura de Baixo Carbono (ポルトガル語で低炭素農業)

競争性)を供給するにも関わらず、ブラジルの低炭素農業計画の実行は予定より遅れている (Köberle et al., 2016)。資源分配に関連する構造的な効率の悪さは、排出量削減目標を達成するための計画を予定通り行うために対処すべきである。監視と検証は計画を遂行するための基盤となる手法である。【p482】

概して、南アメリカが世界の中でも、過去のデータと予測は今後数 10 年間に於いて持続可能な方法の枠組みで、作物生産と家畜生産増加に高いポテンシャルを有していることを示しており (Cohn et al., 2014)、より人口密度の高いアジアや中東、ヨーロッパへの食料の供給増加につながるとしている。しかし、農業システムの持続可能性強化を保障するための計画、監視、革新、GHG 緩和貢献、及び周辺環境の保全の改善に、政府、産業、貿易商、科学者、そして国際委員会のさらなる協力が必要とされている (Negra et al., 2014; Curtis et al., 2018 and Lambin et al., 2018)。【p482】

5.5.1 供給側の緩和オプション

5.5.1.3 アグロフォレストリーにおける温室効果ガスの緩和

アグロフォレストリーは、先進国と発展途上国の両方の農業システムにおける CO₂ や CH₄、N₂O の GHG 排出を抑制することができる。また、アグロフォレストリーが種や生産品の多様化を通じて、経済的、生態学的、社会的安定をもたらす一方で、緩和戦略として農地から生産物が持ち出される時点でトレードオフを発生させる可能性もある。【p485】

コーヒーやカカオ等の多年性作物を用いるアグロフォレストリーシステムは、樹木と一年生作物を組み合わせるシステムよりも、重要な炭素吸収源である可能性がある。Brandt et al. (2018) は、半乾燥地域 (降水量 300~600 mm) の農場において、天然更新により林冠被覆が増加し、アグロフォレストリーシステムが生産のサポートと GHG の排出削減していることを示した。【p485】

Table 5.5 アグロフォレストリーによる炭素固定の可能性 (Mbow et al., 2014b)

吸収源	炭素固定 (tCO ₂ /km ² ・年)	炭素蓄積 (tCO ₂ /km ²) (幅)	最大ローテーション 期間 (年)
公園	183 (73~293)	12,257 (2,091~25,983)	50
輪作用灌木地 ^a	1,431 (807~2,128)	6,789 (4,257~9,358)	5
防風用・ホームガーデン	220.2 (146~293)	6,973 (-)	25
長期休閑地、耕作放棄地の森林再生 ^b	822 (80~2,128)	5,761 (-)	25
統合的土地利用	822 (80~2,128)	28,589 (4,404~83,676)	50
土壌炭素	330 (91~587)	33,286 (4,771~110,100)	-

a これらの活動の空間的及び時間的特性に応じて、森林地帯の林業として分類される場合がある。

b これは潜在的にアグロフォレストリーではなく、農地の放棄後の林業である。

5.5.1.5 水産養殖における温室効果ガスの緩和

水産養殖で提案されている緩和策には、森林減少の回避が含まれている。インドネシアにおけるマングローブの森林減少を停止することにより、土地利用部門からの年間推定排出量の 10～31%が削減されるであろう（Murdiyarso et al., 2015）。世界的に、25%のマングローブ林の再生により、年間 54～65 万トンの炭素を固定できる（Ahmed et al., 2017）。【p487】

5.6 緩和及び適応、食料安全保障、土地利用（相乗効果・トレードオフ・コベネフィット）

5.6.1 土地ベースの二酸化炭素除去(CDR)とバイオエネルギー

許容できない程度の気候変動を回避するために、排出シナリオにおける負の排出技術（NETs）の大規模な展開が必要であることが確認されている（IPCC 2018b）。利用可能な NETs の中で、CDR 技術がますます注目を集めている。陸上の CDR には、新規植林と再植林、持続可能な森林管理、BECCS、及びバイオ炭（BC）の生産が含まれる（Minx et al., 2018）。世界的な土地ベースの緩和の可能性に関する文献のほとんどが、主要な緩和策として CDR、特に BECCS に依存している（Kraxner et al., 2014; Larkin et al., 2018 and Rogelj et al., 2018, 2015, 2011）。しかし、BECCS は化石燃料の CO₂ 回収・貯留（CCS）と同様の課題に直面しているため、まだ大規模に展開することはできない（Fuss et al., 2016; Vaughan and Gough, 2016; Nemet et al., 2018）。【p492】

経済的に実現可能な CDR 投資は、バイオマス生産の可能性が高く、追加のエネルギー生産の需要があり、森林減少の可能性が低く、食料生産の競争が少ない地域に向けられると予測されている（Vaughan et al., 2018）。【p494】

また、BECCS の展開には、森林の保護を確保し、食料安全保障を維持し、気候変動対策上の利益を高めるために、バイオエネルギー生産の強力な規制とガバナンスを伴う野心的な投資と政策的介入（Peters and Geden 2017）が必要である（高い信頼性）。そして、そのような条件は発展途上国にとって課題となるであろう。バイオエネルギーの価値が高まることは、土地や生態系サービス、食料を含む農産物の価格に圧力をかける恐れがある（高い信頼性）（Burns and Nicholson, 2017; Vaughan et al., 2018; Muratori et al., 2016）。【p494】

5.6.4 持続可能な統合農業システム

5.6.4.3 環境保全型農業

環境保全型農業（CA）は、適切な輪作と組み合わせた、最小限の土壌攪乱と永続的な土壌被覆の原則に基づいている（Jat et al., 2014; FAO 2011e）。【p494】

同様に、単作をより多様な作付体系とアグロフォレストリー、さらには新規植林又は再植林に置き換えることで気温を緩和し、炭素貯留を増やすことができるうえ（Mbow et al., 2014a; Bioversity International, 2016）、多様で健康的な食事を提供できる。【p501】

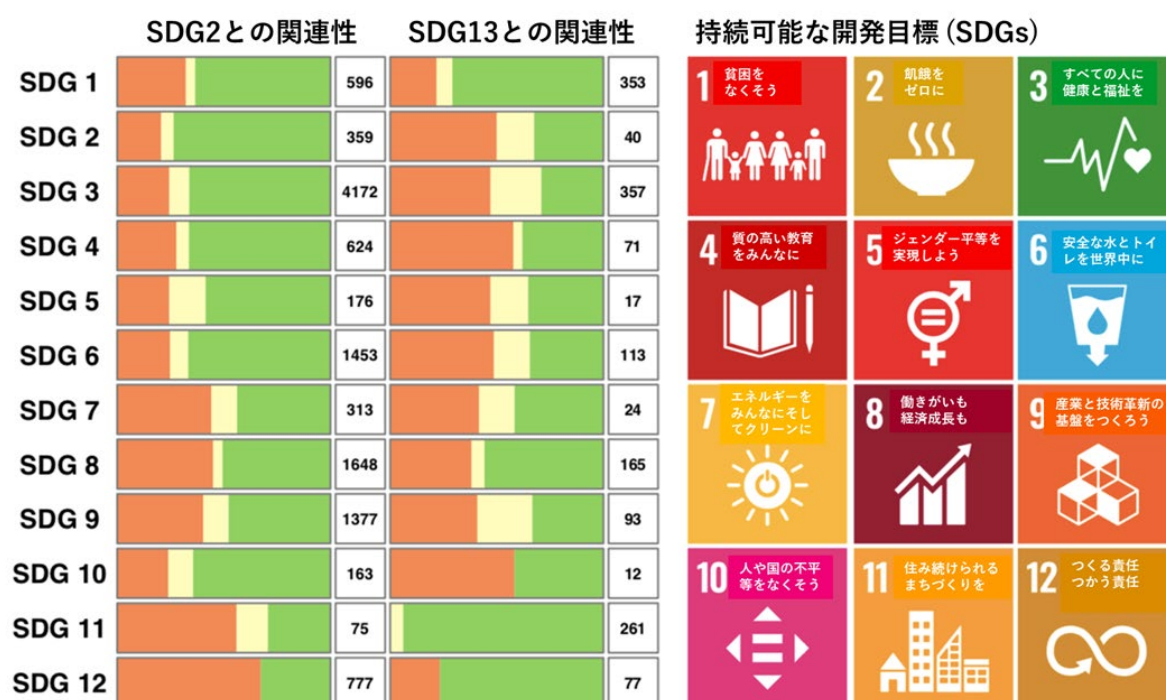
5.6.4.4 持続可能な強化

持続可能な強化は、生産性の向上には他の生態系サービスの維持とレジリエンスの向上を伴う必要があるとしている（Vanlauwe et al., 2014）。集中的に耕作された地域における持続可能な強化は、広義の持続可能性を高めるために、生産量の削減を必要とする可能性もある（Buckwell et al., 2014）。【p501】

コンゴ盆地の原生林等、貴重な生態系を含む地域では、農業の強化が森林保全戦略の柱の1つである（Vanlauwe et al., 2014）。農業の強化は、食料安全保障と気候変動への適応及び緩和策の目標を満たすための経路の一つとして認識されている（Sapkota et al., 2017c）。【p501】

Palm et al. (2010) によると、サハラ以南のアフリカでは、人口密度が低く、土地利用の有用性が高い場合、食料安全保障と気候変動緩和策の目標は、強化シナリオで達成でき、再植林のための余剰作物面積をもたらすと報告されている。それとは対照的に、人口密度が高く、農場の規模が小さい場合、食料安全保障を達成し GHG 排出量を削減するには、より多くのミネラル肥料を使用し再植林に利用できる土地を増やす必要がある。また、乾燥地における持続可能な強化は、環境劣化や社会的不平等の増加等の悪影響により、かえって脆弱性を高める可能性もある（Robinson et al., 2015）。【p501】

5.6.5 都市農業の役割



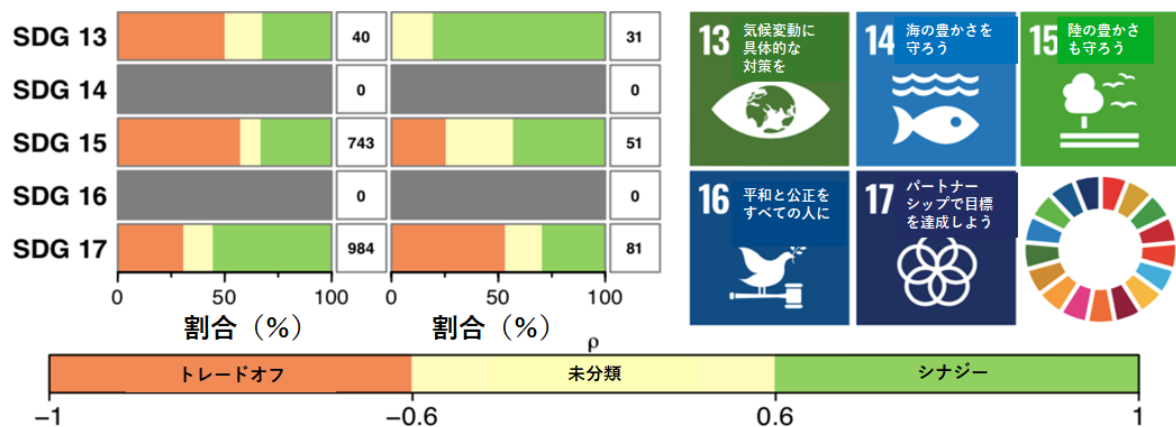


Figure5.16 世界レベルでの、1983 年から 2016 年の間の 122 の指標と 227 の国から成る持続可能な開発目標の公式な指標を用いた、SDG2（飢餓をゼロに）と SDG13(気候変動に具体的な対策を)の内部・外部の関連性（United Nations Statistics Division 2016）。【p506】

シナジーとトレードオフは持続可能な開発目標の指標間でのスピアマンの相関を基にそれぞれ有意に高い ($p > 0.6$; トレードオフ: オレンジ色) と有意に低い ($p < 0.6$; シナジー: 緑色) に分類分けされ、 p 値が -0.6 と 0.6 の間の物を未分類とした (黄色) (Pradhan et al. 2017)。灰色のバーは、解析に十分な量のデータがないことを示している。白箱は解析に用いられたデータペアの数を表している。独特の時変動指標ペア間での相関は、国のデータを基に行われた。例えば、栄養不足蔓延率（SDG2.1 の指標）と妊産婦死亡率（SDG3.1 の指標）の間。データのペアは、同じ目標か異なる目標に属する。世界レベルでは、持続可能な開発目標の内部関連性はすべての国の同じ目標に属する指標のペアのシナジー、トレードオフ、及び未分類によって定量化される。同様に、持続可能な開発目標の外部関連性はすべての国の異なる二つの目標に属する指標のペアのシナジー、トレードオフ、及び未分類によって定量化される。

5.7 可能な条件と知識のギャップ

5.7.3 持続性への移行

様々なシステムにおいて、家畜生産から移行するために可能な土地利用の選択肢としては、次のものがある。(a) 土地を保持するが、より広範な生産システムを実行するためのさらなる投資は削減する、(b) 異なる生産活動を採用することによって土地利用方法を変更する、(c) 二次植生を再成長させるために、土地（又は農場の一部）を放棄する (Carvalho et al., 2019; Laueand and Arima, 2016)、(d) 新規植林又は再植林に投資する (Baynes et al., 2017)。大規模な土地の放棄又は新規植林・再植林は、その土地環境においてより良い結果をもたらす可能性があるが、一部の地域において、経済的及び社会的な問題をもたらす可能性もある（例、衰退と移住を回避するための政府からの補助金が必要となる可能性） (Henderson et al., 2018)。【p511】