

6 砂漠化、土地劣化、食料安全保障及び温室効果ガスフラックスの間でのインターリンク（シナジー、トレードオフ及び統合的な対応策）

要約

本報告書における土地の課題は、気候変動の緩和、適応、砂漠化、土地劣化、そして食料安全保障である。本章では、持続可能な開発目標（SDGs）との関係性を評価することにより、生物多様性と水、持続可能な開発等、自然がもたらすもの（NCP）についても言及する。これらの対応策は前の章から導き出され、土地管理、バリューチェーン、リスク管理の3つの大きなカテゴリーに分類される。【p553】

6.2 土地の課題全体にわたる対応策、コベネフィット、及び有害な副作用

本節では、気候変動の緩和、気候変動への適応、砂漠化、土地劣化、食料安全保障といった土地の課題に対処するために有効な統合された対応策について説明する。これらは、(i) 土地管理、(ii) バリューチェーン管理、及び (iii) リスク管理に依存するオプションに分類される（Figure 6.5）。土地管理をベースとした対応策は、農業、森林、土壌、その他/すべての生態系に適用されるもの、及び CDR を目的とした対応策の5グループにわかれる。【p565】

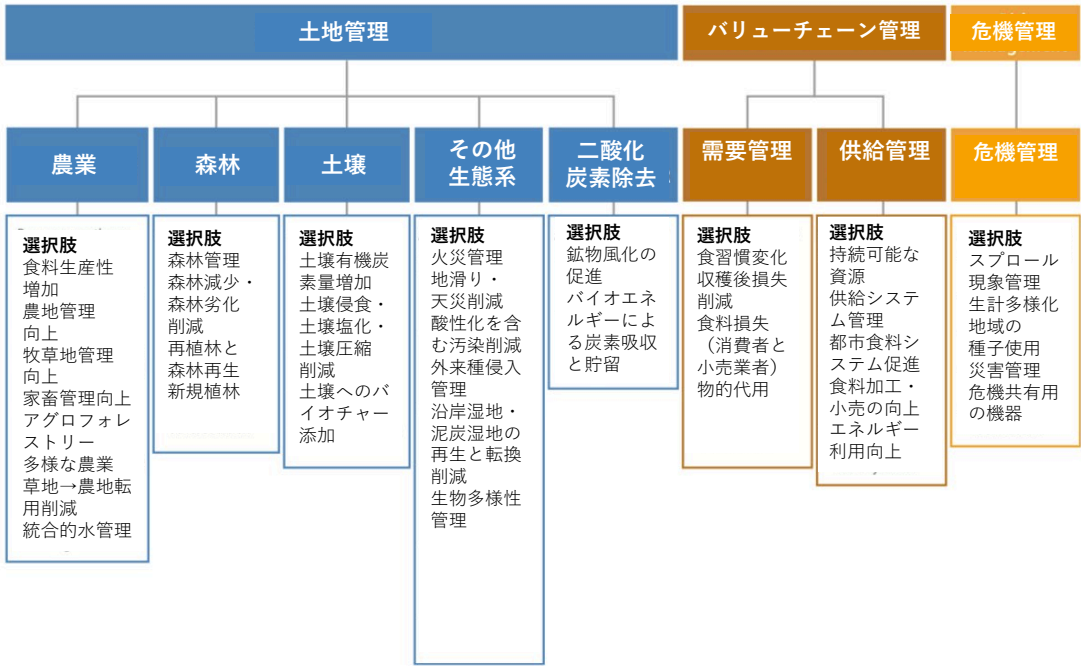


Figure 6.5 三つの主要な分類と八つの副分類に分けられた対応策のカテゴリー【p566】

Table 6.6 森林に関連した土地管理ベースの対応策【p571】

統合対応策	説明	背景及び注意事項
森林管理	森林管理は気候変動緩和を目的とし	持続的な森林管理は、バイオマス、枯死有機物、そして土

	た森林での管理活動を表す。更新の向上（天然又は人工）、より良いスケジュール、オペレーションの強度と実行（間引き、択伐、ファイナルカット、低インパクト伐採等）を含む樹木の成長やバイオマス除去に影響する幅広い多様な実行を含む。持続的な森林管理は、その多様性と生産性、更新能力、生命維持機能、そして現在、またこれからの地域・国家・世界レベルでの関連する生態学的、経済的、そして社会的な機能を達成し、その他の生態系にダメージを与えないように維持する森林と森林地の管理と使用である。	壤内の炭素貯留を促進する。一方で、木材原料製品の供給は、素材やエネルギーの大体の役割を果たし、そのほかのセクターでの放出量を削減する。異なる森林管理戦略にはトレードオフが存在する：大規模伐採は、短期間で見ると森林バイオマス内の炭素減少を引き起こすが、木材製品内の炭素量増加と代替効果のポテンシャルを引き上げる。持続的な森林管理は、自然に近い造林手法を通して、気候変動緩和や適応、生物多様性保全、微小環境制御、土壌浸出防御、沿岸地防御、水・洪水制御の観点から潜在的に多くの相互利益を創出し得る。バイオマス貯留量レベルの増加を目的とした森林管理戦略は、林分レベルでの構造的複雑性、多様性、そして天然災害に対するレジリエンスの減少等の負の副作用を持つ可能性がある。森林管理はアルベドと蒸発散にも影響する。
森林減少・劣化の削減	森林減少・劣化の削減は、森林減少（商業的な大規模農業、鉱業、都市開発）と森林劣化（薪炭採集、低収率伐採、過放牧、病原菌の蔓延、大規模火災を含む過剰耕作）に起因されるものの制御と保護地域の設立、法律の強化、森林ガバナンス、土地保有、コミュニティベースでの森林管理の支援、そして森林認証の導入を通して、既存の森林植生と土壌の炭素プールの保護につながる。	森林減少と劣化の減少は、世界レベルでの温室効果ガス削減の主要な戦略である。温室効果ガスと生物物理的效果の削減の組み合わせは、地域レベルでの利益も合わせた、大規模な気候変動緩和効果につながる。森林減少の削減は、生物多様性と生態系機能をより効率よく保護し、新規植林や再植林と比べて安い。森林減少と劣化への対応は、農業用地の減少や現地の人々の森林由来の産物（薪炭等）への権利とアクセスの制限、不安定な外部資金への現地の人々の依存性の増加等の負の副作用を持つ可能性がある。
再植林と森林再生	再植林は、もともと森林であったが、その他の土地利用をされていた土地を森林に転換することである。森林再生は、森林減少地や劣化した森林における生態的な統合化した回復を目的とした行為である。そのため、もともと樹木があった場所に新たに樹木を設置する場合は再植林になり、樹木がある程度残っている場所での森林再生は森林管理ともなりうる。実践的な理由で、ここでは森林再生は再植林と一緒に扱う。	再植林は気候変動緩和、適応、砂漠化、土地劣化、そして食糧安全保障間での相互利益と負の副作用の観点から似ている（下記の新規植林欄参照）。再植林は森林減少地又は劣化地における陸域炭素貯留を増加させ、気候変動に対する森林のレジリエンスの増加や森林間のつながり、そして生物多様性のホットスポットの保護の観点から多くの相互利益を提供しうる。森林再生は、自給自足農業地で行われる場合、家畜や土地へのアクセスを脅かしうる。
新規植林	新規植林は、もともと歴史的にも森林ではなかった場所を森林に転換することである(再植林を参照)。	新規植林は、陸域の炭素貯留量を増加させるが、地域レベル、世界レベルでの気候に影響する地表面アルベドや、蒸発散等の地表面における物理的な要素を変えうる。熱帯地域では、増加した蒸発散が地表面温度を低下させ、樹木の二酸化炭素吸収の気候への利益を増強する。高標高地や季節的な雪の影響を受けるような地域では、新規植林後の表面アルベドの低下が起こり、それは炭素面での利益とは反対に年平均気温を引き上げる。新規植林に

		よる地域レベルでの純生物物理的な効果は、季節的で、熱波のような極端な気候の頻度の減少や気候変動への適応の向上や人々と生態系の脆弱性の低下を引き起こす。森林は水の流出を減少させ、堆積物や栄養素を貯蔵し、地下水涵養を向上させることで、水質を維持する傾向にあるため、新規植林は土地劣化や砂漠化に対して有効である。しかし、世界の森林面積の増加は、土地競争を通して食料価格の高騰を引き起こしうするため、食料安全保障は妨げられうる。その他の負の副作用は、新規植林が特に成長の早く繁殖能力の高い外来種を用いて行われた時に起こる。例えば、外来種は、蒸散散の体制のバランスを、特に乾燥地域において水可給性への負の影響から壊す恐れがある。
--	--	--

6.3 土地の課題に取り組むための可能性

6.3.1 緩和策を提供するための統合対応策の可能性

6.3.1.1 土地管理に基づく統合対応策

森林管理は、最大約 2GtCO₂e/年、世界的に中程度の緩和効果に寄与する可能性がある。管理された森林の場合、最も効果的な森林炭素による緩和戦略は、バイオマスの生産性の向上を通じて、炭素蓄積量（森林及び長寿命製品）と特定の時間枠での木材代替効果を最適化する戦略である（Smyth et al., 2014; Grassi et al., 2018; Nabuurs et al., 2007; Lewis et al., 2019; Kurz et al., 2016; Erb et al., 2017）。気候変動は、火災、昆虫、病原体等の極端な事象の増加により、森林管理による緩和の可能性に影響を与える（Seidl et al., 2017）。たとえば、Nabuurs et al. (2017) によると、欧州連合でのクライメート・スマート・フォレストリー（森林管理、森林面積の拡大、エネルギーの代替、森林保護区の確立等の組み合わせ）の実施は、2050 年までにさらに 0.4GtCO₂/年の緩和に貢献する可能性がある。持続可能な森林管理は、適応や生態系サービス、生物多様性保全、微気候の調整、土壌侵食の防止、沿岸地域の保護、水と洪水の制御のための多くのコベネフィットと関連していることがよくある（Locatelli, 2011）。たとえば、森林管理の緩和策を、景観管理を通じて地元住民のコミュニティや生態系の適応策に統合させた場合、持続する可能性が高くなる（Locatelli et al., 2011）。経済的インセンティブとともに、環境負荷の少ない伐採及び木材加工技術を採用することで、森林火災及び森林劣化を減らし、木材生産と炭素蓄積を維持することができる（Sasaki et al., 2016）。森林認証は持続可能な森林管理をサポートし、森林劣化と過剰伐採の防止に役立つ可能性がある（Rametsteiner and Simula, 2003）。住民参加型の森林管理は、炭素固定を含んだ持続可能な林業の実行可能なモデルであることが証明されている（Chhatre and Agrawal, 2009）。【p585】

森林減少と森林劣化率を削減することは、気候変動を緩和するための最も効果的で強力な対応策の一つであり、世界的に大きな緩和効果がある。特に熱帯地域の森林減少を減らすことは、地域レベルにおいても利益をもたらす、主要な緩和策である（Alkama and Cescatti, 2016）。また、森林減少と森林劣化の削減は、通常他の生態系サービスに対しても、大きなコベネフィットをもたらす。【p585】

再植林と森林回復による緩和の可能性に関する科学文献には、広範囲の推定値が存在し、それらは植林の推定値と重複することがある。グローバルレベルでは、これらの対応策による可能性は全体的に高く（約 10GtCO₂/年）、熱帯及び亜熱帯気候における対応策には最大の可能性がある（Houghton and Nassikas, 2018）。さらに、新規植林や再植林、森林再生による気候変動の緩和効果は、地表のアルベドフィードバックにより高緯度地域で減少する。【p585】

Table 6.14 森林の土地管理に基づく対応策の緩和効果

統合対応策	ポテンシャル	信頼性	参考文献
森林管理	0.4～2.1 GtCO ₂ e/年	中程度の信頼性	Chapter 2 Griscom et al., 2017; Sasaki et al., 2016
森林減少・劣化の削減	0.4～5.8 GtCO ₂ e/年	高い信頼性	Chapter 2 Baccini et al., 2017; Griscom et al., 2017; Hawken, 2017; Houghton et al., 2015; Houghton and Nassikas, 2018; Smith et al., 2014
再植林・森林再生	1.5～10.1 GtCO ₂ e/年	中程度の信頼性	Chapter 2 Dooley and Kartha, 2018; Griscom et al., 2017; Hawken, 2017; Houghton and Nassikas, 2017 推定値の一部は新規植林と重複している。
新規植林	0.5～8.9 GtCO ₂ e/年	中程度の信頼性	Chapter 2 Fuss et al., 2018; Hawken, 2017; Kreidenweis et al., 2016; Lenton, 2010. 推定値の一部は再植林と重複している。

6.3.2 適応を実現するための統合対応策の可能性

6.3.2.1 土地管理に基づく統合対応策

林業における土地管理に基づく統合対応策

森林管理は、（大気や淡水の）汚染、感染症やその他の病気、異常気象や自然災害への曝露、貧困に起因する悪影響を抑制することで、適応に正の影響を与える（例、Smith et al., 2014）。森林減少と森林劣化の低減が、人間と自然間のシステムにおける適応とレジリエンスに正の影響を与えるという事実については、高い合意がある。【p590】

Karjalainen et al. (2009) によると、森林減少と生息地の変化を減らすことは、アフリカ、アジア、ラテンアメリカにおけるマラリア等の感染症を抑制することに貢献し、医療に関連する費用を削減する。Bhattacharjee and Behera (2017) は、洪水によって失われた人命は、インドの森林被覆の減少と森林減少率の増加に伴って増加することを発見した。さらに、都市部において森林被覆を維持すると、大気汚染が減少するため、米国では一都市あたり年間約 1 人、ニューヨーク市では年間最大 7.6 人の死亡が回避される（Nowak et al., 2014）。また、マングローブ植林地における森林減少と森林劣化を減らすことは、土壌の安定性を改善する可能性があり、南アジアと東南アジアの沿岸地域に沿った、熱帯低気圧と台風の影響を弱めるという証拠もある（Chow, 2018）。地域レベルでは、REDD+と地域コミュニティの適応策の間のコベネフィットは、定量化が困難で明確に認められていない場合においても（McElwee et al., 2017b）、潜在的にかなりのものになる可能性がある（Long, 2013; Morita and

Matsumoto, 2018) 。【p590】

森林回復は、森林間の接続性を高め、生物多様性のホットスポットを保護することにより、気候変動への森林の適応とレジリエンスを促進する可能性がある（Locatelli et al., 2011、2015b; Ellison et al., 2017; Dooley and Kartha, 2018）。さらに森林回復は、生態系の機能とサービスを改善し、微気候の改善（主に人と作物への影響）や、セーフティネットとしての木材と飼料の提供、農地回復のための土壌侵食保護と肥沃度の向上、沿岸地域の保護、水と洪水の制御に寄与する可能性がある（Locatelli et al., 2015b） 。【p590】

新規植林及び再植林は、気候変動への重要な適応策であり（Reyer et al., 2009; Ellison et al., 2017; Locatelli et al., 2015b）、世界人口の大部分が気候変動とそれに関連する自然災害に適応するために役立つ可能性がある） 。【p590】

Table 6.22 森林の土地管理に基づく対応策の適応効果

統合対応策	ポテンシャル	信頼性	参考文献
森林管理	25 百万人以上	低い信頼性	CRED, 2015; World Bank et al., 2009
森林減少・劣化の削減	1～25 百万人	低い信頼性	CRED 2015; Keenan et al. 2015; World Bank et al. 2009. この推定では、世紀末までの累積効果を考慮している。
再植林・森林再生	25 百万人以上	中程度の信頼性	CRED, 2015; Reyser et al., 2009; Smith et al., 2014; Sonntag et al., 2016; World Bank et al., 2009
新規植林			

6.3.3 砂漠化への統合対応策の可能性

6.3.3.1 土地管理に基づく統合対応策

森林は土地の安定、水と微気候の調整に役立つ重要なものである（Locatelli et al., 2015b）。砂漠化のリスクがある乾燥林の範囲に基づいた推定では（Núñez et al., 2010; Bastin et al., 2017）、砂漠化を回避することの潜在的効果は、森林管理と森林減少及び森林劣化の低減の両方において大きい。【p595】

Table 6.30 森林における対応策の砂漠化への影響

統合対応策	ポテンシャル	信頼性	参考文献
森林管理	3Mkm ² 以上	低い信頼性	Bastin et al. 2017; Núñez et al. 2010
森林減少・劣化の削減	3Mkm ² 以上（最低 20 年の累積効果）	低い信頼性	Bastin et al. 2017; Keenan et al. 2015; Núñez et al. 2010
再植林・森林再生	今世紀末までに 2～25.8Mkm ²	中程度の信頼性	Griscom et al. 2017; Kreidenweis et al. 2016; Popp et al. 2017
新規植林			

6.3.4 土地劣化への統合対応策の可能性

6.3.4.1 土地管理に基づく統合対応策

林業における土地管理に基づく対応策

森林回復は、たとえばゼロネット土地劣化（ZNLD）（UNCCD，2012）や土地劣化中立性（LDN）等、地球規模で土地劣化を減らすための包括的な枠組みを実現するための重要なオプションである（Safriel, 2017）。実際、20Mkm²以上が森林と景観の回復に適していると推定されており、そのうち15Mkm²は雑多な植物（モザイク）による回復に充てられる可能性がある（UNCCD, 2012）。さらにボン・チャレンジは、2020年までに1.5Mkm²、2030年までに3.5Mkm²の森林減少及び劣化した土地を回復することを目指している。【p600】

Table 6.38 林業における対応策の土地劣化への影響

統合対応策	ポテンシャル	信頼性	参考文献
森林管理	3Mkm ² 以上	低い信頼性	Gibbs and Salmon, 2015
森林減少・劣化の削減	3Mkm ² 以上（最低20年の累積効果）	低い信頼性	Gibbs and Salmon, 2015; Keenan et al., 2015
再植林・森林再生	再植林適地20Mkm ² 以上 2050年までに3Mkm ² 以上（森林再生による樹木被覆の純増加）	中程度の信頼性	UNCCD, 2012; Wolff et al., 2018
新規植林	今世紀末までに2～25.8 Mkm ²	低い信頼性	Griscom et al., 2017; Kreidenweis et al., 2016; Popp et al., 2017

6.3.4.1 バリューチェーン管理に基づく対応策

持続可能な認証プログラムにおける明確な目標は、森林減少やその他の持続不可能な土地利用を減らすことであることが多いため、持続可能な調達で土地劣化を低減することができるといえる。すでに4Mkm²を超える森林が持続可能な収穫のために認証されているが（PEFC and FSC, 2018）、これらすべての土地が認証を取得していない場合に、土地劣化のリスクがあるかどうかは明らかではない。【p602】

Table 6.46 林業における対応策の食糧安全保障への影響

統合対応策	ポテンシャル	信頼性	参考文献
森林管理	100 百万人以下の人々へ正の影響	低い信頼性	FAO et al., 2013; Rowland et al., 2017
森林減少・劣化の削減	1 百万人以下の人々へ正の影響	低い信頼性	FAO et al., 2013; Keenan et al., 2015; Rowland et al., 2017
再植林・森林再生	100 百万人以上の人々へ負の影響	中程度の信頼性	Boysen et al., 2017a; Frank et al., 2017; Kreidenweis et al., 2016
新規植林			

6.3.5 食料安全保障への統合対応策の可能性

6.3.5.1 土地管理に基づく統合対応策

林業における土地管理に基づく対応策

森林は、地域社会に食糧を提供する上で主要な役割を果たし（非木材林産物、飼料、果物、果実等）、生産性の向上や狩猟、放牧、樹木－農地－家畜間システムの多様化を通じて、直接的又は間接的に毎日の食事を多様化する。比較的確実性の高い地域レベルでの推定においては、たとえば、管理された天然林や焼畑耕作、アグロフォレストリーシステムが、世界中の農村部に住む何億人もの人々の食料安全保障と栄養にとって重要であることが実証されている（Sunderland et al., 2013; Vira et al., 2015）。Erb et al.（2016）によると、食料の量と質の観点から、2050 年までに世界の人口を養うために森林減少は必要ないとしているほか、Doelman et al.（2018）は、人口と食料需要が大幅に増加し続けると予測されるサハラ以南のアフリカでは、森林減少の低減が食料安全保障に強い正の影響を与える可能性があるとしている。【p604】

しかし、新規植林と再植林が食料安全保障に悪影響を及ぼすことも報告されている（Boysen et al., 2017a; Frank et al., 2017; Kreidenweis et al., 2016）。大規模な植林計画によって、2050 年までに食料価格が 80%上昇する可能性があると推定されており（Kreidenweis et al., 2016）、8000 万～3 億人の栄養不足の増加が懸念されている（Frank et al., 2017）。【p605】

再植林については、近来、森林減少された地域で森林が再成長するため、食料安全保障による潜在的な悪影響は植林よりも小さい。また、小規模ではあるが、森林は特に荒廃した土地やマングローブ、農業に使用できないその他の土地に森林が確立されている場合、食料供給の面でもメリットがある。たとえば、森林で収穫できる食物は、作物と収入が不安定な時期のセーフティネットとなり（Wunder et al., 2014）、収穫された肉と淡水魚は、多くの農村コミュニティにタンパク質摂取量の 30～80%を提供する（McIntyre et al., 2016; Nasi et al., 2011）。【p605】

Table 6.55 緩和、適応、砂漠化、土地劣化、及び食料安全保障に対する森林の土地管理オプションの影響の方向と大きさの要約【p612】

統合対応策	緩和	適応	砂漠化	土地劣化	食糧安全保障	効果の大きさの背景と証拠
森林管理	M P	L P	L P	L P	M P	緩和策：たとえば、択伐（Smith et al., 2014）を通じて、森林や長寿命の木材製品の炭素貯蔵量を節約及び強化することによる中程度のベネフィット。適応：生態系の機能とサービスの改善を含む大きなメリット。主に世界規模での定性的証拠と、地域レベル及び地域規模でのより確実な推定（Locatelli et al., 2015b）。砂漠化と土地劣化：土地を安定させ、水と微気候を調整するのを助け

						ることによる大きなベネフィット (Locatelli et al., 2015b)。食料安全保障：地域社会に食料を提供し、毎日の食事を多様化することにより、世界レベルでほぼ定性的な見積もりを伴う中程度のベネフィット。
森林減少・森林劣化の削減	L P	M P	L P	L P	S P	緩和：森林生態系の炭素貯蔵を維持することによる大きなベネフィット。適応：世紀末まで効果が累積された場合、世界規模で中程度のベネフィット。地域規模、REDD+と地域コミュニティの適応との間のコベネフィットは、定量化が困難で明確に認められていない場合でも (Long, 2013; Morita and Matsumoto, 2018)、より大きくなる可能性がある (McElwee et al., 2017a)。砂漠化と土地劣化：たとえば、土壌侵食の減少を通じて、影響が少なくとも 20 年間累積される場合、地球規模で大きなベネフィットが得られる (Borrelli et al., 2017)。これらの世界的な推定値の不確実性は高いが、より堅牢な定性的及びいくつかの定量的推定値が地域レベルで利用可能である。食料安全保障：小さなメリット。グローバルレベルで定量化することは困難。
再植林及び森林再生	L P	L P	L P	L P	M N	緩和：森林生態系の炭素貯蔵を再構築することによる大きなベネフィット。ただし、表面アルベドの減少は、特に季節的な積雪の影響を受ける地域で、正味の気候ベネフィットを減らす可能性がある (Sonntag et al., 2016; Mahmood et al., 2014)。適応：生態系の機能とサービスの改善、人と作物の微気候規制の提供、セーフティネットとしての木材と飼料、農業の回復力、沿岸地域の保護、水のための土壌侵食保護と土壌肥沃度の向上など、人々への自然の貢献の提供による大きなメリット及び洪水規制 (Locatelli et al., 2015b)。砂漠化：乾燥地地域の森林生態系を回復することによる大きなベネフィット (Medugu et al., 2010; Salvati et al., 2014)。土地の劣化：多年生植物の再建による大きなベネフィット (Ellison et al., 2017)。食料安全保障：食料生産のための土地をめぐる潜在的な競争による中程度の悪影響 (Frank et al., 2017)。
新規植林	L P	L P	L P	L P	L N	緩和：特に熱帯や季節的な積雪の影響をあまり受けない地域で発生する場合は、緩和に大きなメリットがある。適応：適応に対する大きなメリット (Kongsager et al., 2016; Reyer et al., 2009)。砂漠化：乾燥地域に多年生植物を提供して砂漠化を制御することによる大きなメリット (Medugu et al., 2010; Salvati et al., 2014)。土地の劣化：多年生植物による土壌の安定化による大きなメリット (Lal, 2001)。食料安全保障：食料生産のための土地をめぐる競争による大きな悪影響 (Kreidenweis et al., 2016; Smith et al., 2013)。

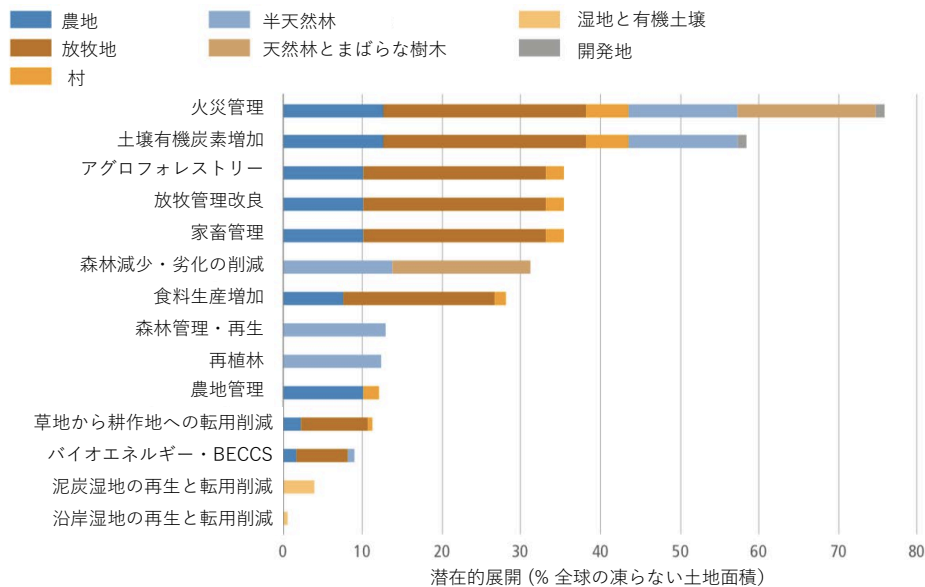


Figure 6.6 異なる土地利用間（又はアンソローム、セクション 6.3 参照）の土地管理応答の潜在的展開【p633】

応答は、地域レベルでの課題や気候変動緩和のみにコベネフィットがあり、世界レベルでの食料安全保障に大きな負の効果がない場合のみ選ばれている。考慮される課題の地 Figure 化（砂漠化、土地劣化、気候変動適応、慢性的な栄養不足、生物多様性、地下水圧、そして水質）に使用されている基準は Figure6.2 を参照。不毛の地に関しては対応策は特定されていない。

Cross-Chapter Box 9 気候と土地の経路

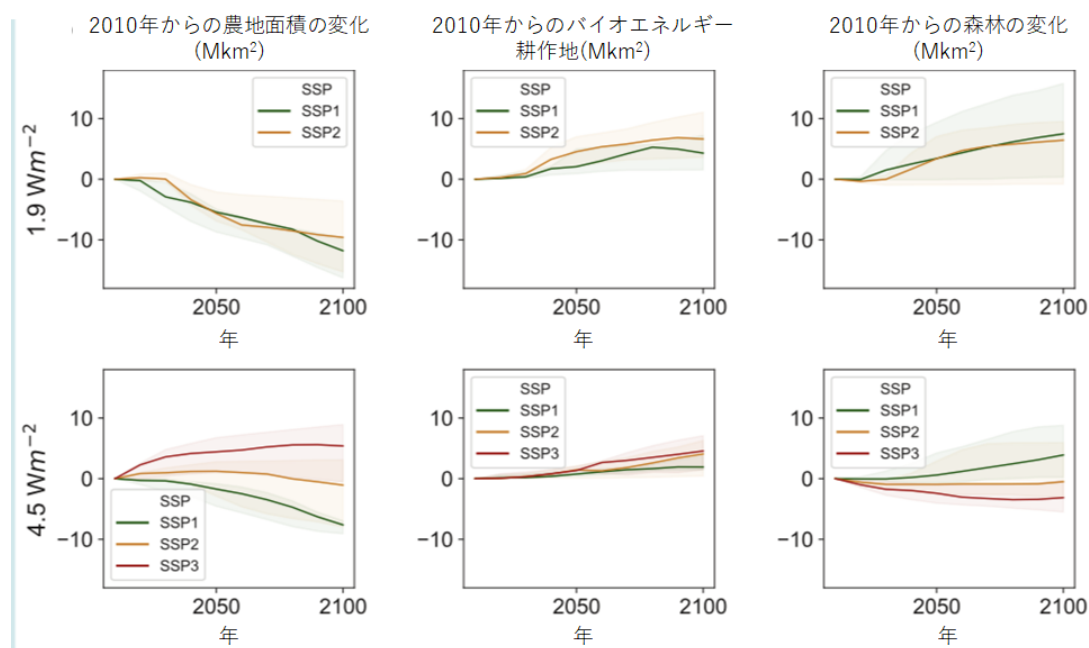
社会経済的要因と政策の将来的な展開は、農林業に使用される土地の観点から、土地－気候間システムの展開に影響を及ぼす。特にパリ協定の目標と一致する気候緩和政策のシナリオでは、土地利用にも大きな影響を与える可能性がある。これには CO₂ 回収・貯留付き、又は植林を伴うバイオマスエネルギー等、CDR やバイオエネルギーの使用が含まれる。土地ベースの緩和策は、GHG フラックス、砂漠化、土地劣化、食糧安全保障、生態系サービス、及びその他の持続可能な開発に影響を及ぼす。【p641】

共有された社会経済経路（SSPs）における政策

政策の実行には様々な障壁があり、一般的にこれらの障壁は SSP1 よりも SSP3 の方が高くなる。【p641】

土地利用と土地被覆変化

SSP1では、土地管理や農業の強化、生産及び消費パターンの持続可能性により、一人当たりの食料の消費量が増加しているにもかかわらず、農地の必要性が減少している。この土地は、新規植林や再植林、バイオエネルギーの生産に使用できる。対照的に、SSP3 は人口が多く、時間の経過とともに収穫量の伸び率が大幅に低下するため、農地面積が増加する。SSP2 はその中間に位置し、社会的及び技術的發展は歴史的なパターンに従っている。バイオエネルギーや森林減少の減少、植林等の土地関連の緩和策に対する需要の増加は、食料、飼料、繊維のための農地の利用可能性を低下させる。パリ協定と一貫性のある気候政策シナリオでは、バイオエネルギー/BECCS と再植林/植林が、SSP1 と SSP2 において重要な役割を果たす。SSP3 では、農業生産のための土地の拡大により、土地関連の緩和策が非常に限られている。また SSP3 は継続的な森林減少を特徴としているシナリオである。【p642】



Cross-Chapter Box 9, Figure1 三つの SSPs (色分け) と二つの温暖化レベル (段分け) における農地 (左)、バイオエネルギー耕作地 (中央)、及び森林 (右) の面積変化。【p642】

農地面積は放牧地と耕作地を含む。SSP1 は緑色、SSP2 は黄色、SSP3 は赤色で示されている。それぞれの経路で、影部分はすべての IAMs 間の範囲を示している：線はモデル間の中央値を表している。SSP3 が上段で示されていないのは、1.9W/m² はこの世界で実現不可能であるからである。データは、SR15 のために構築された IAMC (統合評価モデル団体) シナリオエクスプローラのアップデートからである (Huppmann et al. 2018; Rogelj et al. 2018a)。

A. 社会経済の発展、緩和応答、そして土地に関連した経路

社会経済の発展と土地管理は、耕作地、放牧地、バイオエネルギー用の耕作地、森林そして自然地帯への土地の割り当ての相対的な量を含む土地システムの進化に影響する。線は三つの代替的な共有された社会経済経路（RCP 1.9におけるSSP1, SSP2そしてSSP5）のためのIAMs (Integrated assessment models)の中央値を表している。塗りつぶされた場所は、モデルの範囲を示している。注釈：経路は気候変動緩和の効果を図示したものであり、気候変動の影響や適応を図示したものではない。

A. SSP1 (持続可能性重視型経路)

土地管理の持続可能性、農地利用の強度増加、そして生産と消費パターンは一人当たりの食料消費量の増加にも関わらず、必要な農地の減少をもたらした。この土地は、代わりに再植林、新規植林、そしてバイオエネルギーに使用できる。

B. SSP2 (中庸型経路)

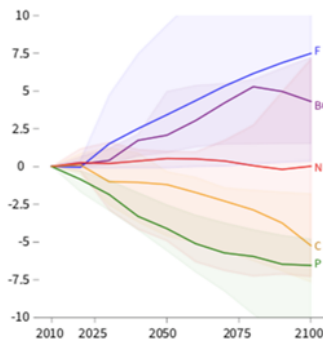
社会の、そして同様にテクノロジーの発展は歴史のパターンをたどる。バイオエネルギーや減少した森林伐採や新規植林といった土地緩和の選択肢の増加する需要は食料や、飼料、遷移に使用される農地の減少につながる。

C. SSP5 (資源集約型経路)

資源をより利用する製品や消費パターンは、高いベースラインでの放出につながる。緩和は多量のばいーエネルギーとBECCSを含む技術による解決に注目している。強度の増加と土地利用争いは農地の減少につながる。

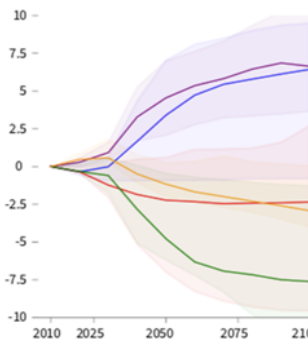
A. SSP1 (持続可能性重視型経路)

2010年からの土地変化 (Mkm²)



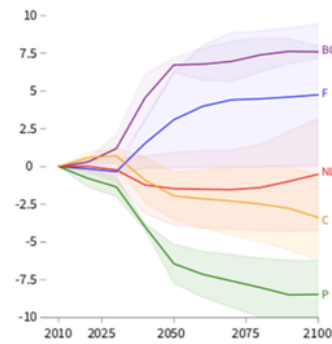
SSP2 (中庸型経路)

2010年からの土地変化 (Mkm²)



SSP5 (資源集約型経路)

2010年からの土地変化 (Mkm²)



■ 耕作地 ■ 放牧地 ■ バイオマスエネルギー耕作地 ■ 森林 ■ 自然

Figure TS.15 社会経済の発展、緩和応答、及び土地に関連した経路 (パネル A) 【p72】

7 リスク管理と持続可能な開発に関する意思決定

7.1 他の章との関係

土地は人間の居住と生計に不可欠であり、食料と資源を提供し、アイデンティティと文化の源としても機能する。しかし、気候変動や砂漠化、土地劣化、食料危機の複合的な影響は、レジリエンスのある開発と持続可能な開発目標（SDGs）の達成に障害をもたらす。本章では、土地と気候変動を取り巻くリスクと不確実性や、これらの問題への政策手段と意思決定、気候変動の社会経済的影響とトレードオフの削減、そして持続可能な土地管理の進捗状況等を評価する。【p677】

7.2 陸上の生態系に対する気候関連のリスク

7.2.2 気候変動から生じる土地システムのリスク

7.2.2.5 植生の劣化

気候変動が、植生の被覆変化や枯死率、樹木の病気、昆虫の発生、森林火災、森林生産性、生態系バイオームの正味生産量に関連していることは明確である（Allen et al., 2010; Bentz et al., 2010; Anderegg et al., 2013; Hember et al., 2017; Song et al., 2018; Sturrock et al., 2011）。

多くの場合、干ばつや気温の変化が原因である立ち枯れは、森林の生態系だけでなく、森林に依存する生計を立てている人々にもリスクをもたらす。森林分類体系 や成長予測、収量、木材供給のモデル等に関する政策とその実行は、すでに気候変動の影響を受けているといえる（Sturrock et al., 2011）。【p683】

7.2.2.6 火災の被害

火災からどの程度早く回復できるか、そもそも回復できるかどうかは明らかではない。受ける影響の期間、森林被覆の増加率と土壌条件によって異なり、1～2シーズン又は10以上の成長シーズンで回復するとされる（Pierson et al., 2011）。ロシアでは、火災の影響を受けた森林面積の3分の1が非生産的な土地となり、主要な森林構成種の2～3ライフサイクル（300～600年）内における森林の自然回復が不可能となった（Shvidenko et al., 2012）。【p683】

7.2.4 ハザード、暴露と脆弱性から生じるリスク

リスクには、立ち枯れ、経済及び農業における複数の極端な事象、河川システムの崩壊、気候変動緩和策の影響、土地の競争（例、プラスチック セルローズによる代替、木炭生産）、土地劣化と砂漠化、炭素吸収源の喪失、永久凍土の不安定化、座礁資産、炭素貯留の失敗、再生可能エネルギーによる土地利用への影響、森林火事、都市の大気汚染等が含まれる。【p688】

7.3 人類にとっての気候－土地変化の影響と持続可能な開発

7.3.3 破壊された生態系と種による人間へのリスク

生物多様性と生態系サービス（ES）の損失のリスク

気候変動は、種の生存、及び生物多様性とESの維持に大きな脅威をもたらし、生態系の機能性、安定性、適応性を低下させる（Pecl et al., 2017）。さらに、降水量の極端な変化は、地下水の安定性を提供する森林の能力を低下させる可能性もある。長期間の高温は、熱帯の山々、北方林、ツンドラ林の樹木を広範囲に枯死させ、文化的サービスを含む多様なESに影響を与える可能性がある（Verbyla, 2011; Chapin et al., 2010; Krishnaswamy et al., 2014）。ミレニアム生態系評価（2005）によると、気候変動は今世紀末までに生物多様性損失の最も重要な原因の一つになる可能性があるとされている。また、森林減少は主要なマラリア媒介生物の発生及び生存率を高めることが示唆されているほか（Wang et al., 2016）、中央アフリカ諸国におけるブッシュミート取引のための動物の生息地への人間による侵入は、エボラウイルスの流行を含む、人獣共通感染症の発生率の増加につながっている（Alexander et al., 2015a; Nkengasong and Onyebujoh, 2018）。【p691】

7.4 土地と気候に関する政策手段

7.4.4 GHG フラックスに対応する政策

7.4.4.4 土地利用セクターにおける技術移転

技術移転は、UNFCCC プロセスの一部であり、パリ協定に基づく国際的な気候緩和と適応の取り組み

みの重要な要素である。技術移転は排出削減に貢献しており（中程度の信頼性）、4000 近くのグリーン開発メカニズム（CDM）プロジェクトの調査によると、プロジェクトの 39%には、排出削減の 59%を占める技術移転があった。しかし、より土地集約的なプロジェクト（例、植林、バイオエネルギー）においては、より低い割合を示した（Murphy et al., 2015）。【p704】

CDM やその他の既存の炭素取引メカニズムと同様に、パリ協定の第 6.2 条と第 6.4 条に基づき効果的に利益を得るには、土地セクターにおける特定の制度及びデータ管理能力が必要とされる（Totin et al., 2018）。新しいメカニズムの実施に関する規則はまだ策定中であるが、REDD+の教訓が役立つ可能性があり、CDM よりも民衆的で参加型であると認識されている（Maraseni and Cadman, 2015）。REDD+の教訓として、準備フェーズ（各国が戦略策定に従事し、REDD+に参加する能力を開発するための管理及びデータ収集システムを構築する段階）に投資する必要性を強調している（Minang et al., 2014）。圧倒的多数の国（93%）は、REDD+準備資金の申請において、森林セクターのガバナンスと制度が弱いと述べている（Kissinger et al., 2012）。森林モニタリングの不確実性を低減するのに役立つ、高度なリモートセンシング技術の技術移転は、REDD+の準備フェーズに役立つとされる（Goetz et al., 2015）。【p704】

7.4.6 土地劣化に関する政策

7.4.6.2 生物多様性と生態系サービス（ES）の保全

多様な生態系サービスのコベネフィットを伴う生態系の回復は、受動的回復（passive restoration）、保護を伴う受動的回復、及び植林を伴う能動的回復（active restoration）によって達成できる（Birch et al., 2010; Cantarello et al., 2010）。【p707】

受動的修復は一般的に費用効果が高いが、その土地の安全かつ長い保有期間がない場合、放棄された土地と混同される危険がある（Zahawi et al., 2014）。能動的回復への投資は、過去の土地利用や生態系の回復力、各プロジェクトの目的分析をすることで、利益を得られる可能性がある（Meli et al., 2017）。【p707】

7.4.6.3 バイオマス及び土地利用セクターの持続可能性に関する基準と認証

過去 20 年間で、持続可能性に関する基準と認証は、農林業やバイオエネルギー、土地利用管理、バイオベースの製品等の、持続可能性と保全において重要な手段となってきた（Lambin et al., 2014; Englund and Berndes, 2015; Milder et al., 2015; Giessen et al., 2016a; Endres et al., 2015; Byerlee et al., 2015; van Dam et al., 2010）。【p707】

現在の基準と認証は、主に土地や気候、バイオマスの影響が発生する場所に焦点を当てているが、最近の分析により、生産者から消費者までのサプライチェーン全体の影響を追跡し、貿易関連の土地利用変化が把握されることで「輸入された森林減少（imported deforestation）」という概念が導かれた。持続不可能な森林及び農産物の需要と貿易の増加が背景にあり、これは全体の熱帯林伐採の 26%を占めると推定されている（Pendrill et al., 2019）。これらに関する研究等は、サプライチェーンの透明性を改善し、「森林減少ゼロ」への取り組みを促進することを目的としている（Gardner et al., 2018a;

Garrett et al., 2019; Newton et al., 2018; Godar and Gardner, 2019; Godar et al., 2015, 2016) 。フランスはすでに「輸入された森林減少」に関する特定の政策を策定し、最終的に「森林減少ゼロ」のラベルも含まれると予想されている (Government of France, 2019) 。【p707】

7.4.9 政策実施の障壁

7.4.9.2 陸上における気候緩和策の障壁

変更を実施及び管理するための明確な土地所有権がない場合、所有権は障壁となる可能性がある (Smith et al., 2007) 。林業においては、所有権の取り決めは公的な管理機関と資格を持つ民間機関との間で、炭素固定の義務とインセンティブを効果的に分配できない可能性がある。所有権に炭素を含め、また期間を伸ばすことで、土地所有者への炭素と木材を管理するインセンティブが高まる可能性がある (Williamson and Nelson, 2017) 。効果的な政策には、GHG 排出量に関する農業の現状や排出量の変化、目標の達成経路等を把握する能力が必要である (Smith et al., 2007) 。また、従来のトップダウン型の森林ガバナンスには、気候変動の複雑かつ動的・空間的に多様で、不確実な特徴に対処するための柔軟性や応答性はない (Timberlake and Schultz, 2017; Williamson and Nelson, 2017) 。【p715】

7.7 主な不確実性と知識のギャップ

土地や気候、水、社会、ES、及び食料生産の複雑な相互関係を理解するには、次の研究がさらに必要である。【p754】

- BECCS、及び炭素中心の植林/ REDD+等の気候緩和策による土地利用の増加の影響、及びそれらが紛争及び人々の生計と移動に与える影響

第2章「気候変動と土地」の図表（日本語訳）一覧

図

Figure TS.15	社会経済の発展、緩和応答、及び土地に関連した経路（パネル A）
Figure 1.1	土地利用と観測された気候変動：代表的な評価報告で扱われている主要な土地問題と土地－気候システムのプロセス
Figure 2.24	2020～2050 年における対応策の緩和可能性（GtCO ₂ e/年、Roe et al. (2017) を適用）
Figure 3.1	乾燥指数（AI）に基づく乾燥地の地理的分布
Figure 3.2	大陸や太平洋地域の乾燥地のカテゴリー
Figure 3.3	乾燥地の土地利用と土地被覆、及び世界の土地における乾燥地カテゴリーの割合
Figure 4.1	気候変動の影響が土地管理と相互作用して、持続可能なまたは悪化した結果を決定することを示す概念図

Figure 4.2	政策決定と生態系機能の重要な要素間の連結部
Figure 4.4	土地被覆/土地利用分類ごとの世界の地上生産性の傾向の割合
Figure 5.10	世界の畜産部門による 1995～2005 年の GHG 排出量
Figure 5.16	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
Figure 6.5	三つの主要な分類と八つの副分類に分けられた対応策のカテゴリー
Figure 6.6	異なる土地利用間における土地管理応答の潜在的展開
Box 2.1, Figure 1	局所、地域及び世界の気候に影響を与える管理された、及び管理されていない生態系の構造と機能
Cross-Chapter Box 9, Figure 1	三つの SSPs と二つの温暖化レベルにおける農地、バイオエネルギー耕作地、及び森林面積の変化

表

Table SPM.1	AFOLU 及び非 AFOLU (パネル 1) 及び世界の食料システム (2007～2016 年の平均) (パネル 2) による正味の人為的排出量
Table 4.2	人間と気候の相互関係
Table 4.3	気候変動及び幅広いコベネフィットとの相互作用についてのケーススタディが統合
Table 5.5	アグロフォレストリーによる炭素固定の可能性
Table 6.6	森林の土地管理に基づく対応策
Table 6.14	森林の土地管理に基づく対応策の緩和効果
Table 6.22	森林の土地管理に基づく対応策の適応効果
Table 6.30	森林における対応策の砂漠化への影響
Table 6.38	林業における対応策の土地劣化への影響
Table 6.46	林業における対応策の食糧安全保障への影響
Table 6.55	緩和、適応、砂漠化、土地劣化、及び食料安全保障に対する森林の土地管理オプションの影響の方向と大きさの要約