

森林 と 気候変動

カーボンニュートラルと
森林・木材利用による気候変動の緩和へ向けて

基礎資料集

公益社団法人 国土緑化推進機構

2022



はじめに

これまで気候変動と言ってきた問題を、「気候危機」と呼ぼうという提案があります。また、気候非常事態宣言をする自治体も出てきました。それほど、気候変化が差し迫った問題として認識されるようになったのです。2015年のパリ協定で、今世紀末で平均気温の上昇を1.5°Cにおさめるべき行動が求められ、そのためには温室効果ガスの排出を2050年までにゼロにするという目標が、日本を含めさまざまな国や自治体で採択されるようになりました。そんな状況の中、森林の役割が改めて見直されています。

森林は、気候変化の進行を遅らせる対策〈緩和策〉と、気候変化が起きた時に処する対策〈適応策〉の両方において大きな期待が持たれています。樹木は温暖化の原因となる二酸化炭素を吸収して自分の体を作ります。さらに最近は、森林の土壌が、やはり温室効果の大きなメタンガスを吸収することもわかってきました。樹木をバイオマスエネルギーとして燃やすと、二酸化炭素が大気に放出されますが、その量はもともと大気から樹木が吸収したもので、差し引きはゼロに近くなります。さらに、すぐに燃やすのではなく、建物や建材として何十年間も使えば、その間、二酸化炭素は放出されません。したがって、最近技術開発された木造の大型建築物は温暖化を防ぐこととなります。一方、これまで石油などから作っていたプラスチックを、木材由来の新素材に変えることも二酸化炭素の排出量を減らすこととなります。

こうした〈緩和策〉は、国際協調の難しさなどもあり、必ずうまくいくとは言えず、現在からある程度の気候変化には備えておくという対策〈適応策〉も必要です。気候変化が起こると雨の降り方が極端になり、洪水や土砂崩れが起こりやすくなると予想されていますが、森林にはそうした災害を防ぐ機能があります。また、都会の森林はヒートアイランドを和らげる効果もあります。気候変動だけでなく、最近話題のSDGsのいくつかの目標にも森林が重要な役割を果たしています。

しかし、気候変化によって森林自体も影響を受けるため、正確な予想や対策は簡単ではありません。さらに日本の林業は長い間不振が続き、十分な管理費用を産みだせないという問題点もあります。気候変化に対する森林の重要性を考えると、こうした面からの対策も必要です。

この冊子は、国土緑化推進機構によって、これらの問題のAからZまでをわかりやすく解説した資料集であり、まさに時宜を得たものです。多くの人がこの本に触れ、森林の役割を再認識するとともに、気候変化の問題の解決に向けて、新たな行動をして下さることを願っています。

2022(令和4)年2月

国立研究開発法人 森林研究・整備機構 理事長
森林総合研究所 所長 中静(浅野) 透

もくじ

はじめに……2

section 1. 気候変動・地球温暖化の現状と将来予測

- 001 ■ 気候変動・地球温暖化とは？ ……6
- 002 ■ 人為によって増加し続ける温室効果ガス ……8
- 003 ■ 気候変動の原因と温暖化のメカニズム ……10
- 004 ■ 上昇し続ける世界の年平均気温 ……12
- 005 ■ 将来の気温変化の予測シナリオ ……14
- 006 ■ 世界で起きている異常気象 ……16
- 007 ■ 日本で増加する猛暑日と年平均気温の将来予測 ……18
- 008 ■ 降水量の地域差が広がり、大雨やスコールが増える ……20
- 009 ■ 温暖化が農林水産業におよぼす影響 ……22
- 010 ■ 炭素の循環と海の酸性化による温暖化の加速 ……24
- 011 ■ カーボンニュートラルという考え方 ……26
- 012 ■ 各国の温室効果ガスの排出量 ……28
- 013 ■ 国際的な温暖化防止のこれまでの取り組み ……30
- 014 ■ 日本の温暖化防止対策について ……32

section 2. 気候変動を緩和する森林のしくみ

- 015 ■ 森林と海洋による二酸化炭素の吸収 ……36
- 016 ■ 世界には、どんな森林がどれくらいあるのか？ ……38
- 017 ■ 森林のちがいによる二酸化炭素の吸収と排出 ……40
- 018 ■ 森林資源の減少・劣化による気候変動への影響 ……42
- 019 ■ 樹木は、どれくらい二酸化炭素を吸収するのか？ ……44
- 020 ■ 土壌は、どれくらい二酸化炭素を固定しているのか？ ……46

- 021 ■ パリ協定に基づく森林吸収源の枠組み ……48
- 022 ■ 森林による炭素吸収量算出法と算定の方式 ……50
- 023 ■ 日本の森林資源の現況と吸収量の目標 ……52
- 024 ■ その他の温室効果ガスと森林・樹木 ……54

section 3. 地球温暖化が森林におよぼす影響

- 025 ■ サクラの開花日とカエデの紅葉時期の変化 ……58
- 026 ■ シカの分布域の広がりや森林被害 ……60
- 027 ■ 増える土砂災害と森林の防災機能 ……62
- 028 ■ 森林植生の変化と将来予測 ……64
- 029 ■ 森林の多面的機能への気候変動の影響 ……66
- 030 ■ 病虫害の分布拡大と世界への広がり ……68
- 031 ■ 世界の森林火災の動向 ……70
- 032 ■ 凍土への温暖化の影響と北方林 ……72

section 4. 森林分野での地球温暖化への対策

- 033 ■ 伐って使って植える循環の流れが気候変動を緩和する ……76
- 034 ■ 林業の健全化と森林を更新させるための流れ ……78
- 035 ■ 魅力ある林業で循環をうながす再造林対策 ……80
- 036 ■ エリートツリーや早生樹を活用して気候変動を緩和する ……82
- 037 ■ IoTを活用した効率的な作業システムで林業を活性化 ……84
- 038 ■ 早期の再造林が洪水被害や山地災害を抑制する ……86
- 039 ■ 世界の森林面積の減少をどう抑えるか？ ……88
- 040 ■ 森林面積を増やすための国際協力REDD+ ……90
- 041 ■ 砂漠化を食い止めるための植林支援 ……92

section 5. 木材利用による地球温暖化対策への貢献

- 042 ■ 国産の木材を利用することで排出量を削減する ……96
- 043 ■ HWP(伐採木材製品)による炭素蓄積量を増やすために ……98
- 044 ■ CLTなど新しい木質材料を利用する ……100
- 045 ■ 木造高層ビルの実用化と、木質化で貢献する ……102
- 046 ■ 次世代素材CNFや改質リグニンの研究開発 ……104
- 047 ■ 森林バイオマスの利用で化石燃料を抑制する ……106
- 048 ■ 木材のカスケード利用でできるだけ長く炭素を固定する ……108
- 049 ■ マテリアル代替で温室効果ガスの排出を抑制する ……110

section 6. 森林づくりや木づかいなど身近にできる取り組み

- 050 ■ カーボンニュートラルに果たす森林の役割 ……114
- 051 ■ 木づかいのすすめ ……116
- 052 ■ 森林環境教育への取り組み ……118
- 053 ■ だれもが参加できる森林づくり活動のいろいろ ……120
- 054 ■ 市民による森づくり、学校林や福祉との連携 ……122
- 055 ■ わたしたちの暮らしとSDGs、そして自然資本 ……124
- 056 ■ 森林認証を通して持続可能な森林経営を支援する ……126
- 057 ■ 熱帯林の違法伐採を抑制するために ……128
- 058 ■ J-クレジットやESG投資で企業を評価する ……130
- 059 ■ 企業による森林づくりの広がり ……132
- 060 ■ 国民の森林「国有林」が果たす役割 ……134

★出典および参考について

表示したアドレスは、2023年2月10日現在のものです。各省庁、団体の都合によりリンク先のページが削除されることもありますので、ご了承ください。

section 1.

気候変動・地球温暖化の現状と将来予測

わたしたちの暮らしは、いま大きな岐路に立たされています。なかでも、もっとも切実な問題として「気候変動・地球温暖化」があります。世界の年平均気温や海水面の上昇、異常気象など、さまざまな問題を引き起こしている「気候変動・地球温暖化」とは、どのようなものなのでしょうか？

地球をめぐる 複雑な気候システム

地球の上に息づく大自然は、太陽から降り注ぐ1秒間におよそ42兆キロカロリーともいわれる莫大なエネルギーによって支えられ、成り立っています。太陽エネルギーは、大気圏を通過しながら空気や雲などによって吸収・散乱され、海洋や陸地などの地表面にぶつかることで熱エネルギーとなります。地球にふりそそぐ太陽エネルギーのおよそ70%が地表面へと到達し、水を蒸発させて雲をつくり、雨を降らせます。さらに、海面や地表面の温度差のちがいなどによって海流を起したり、風を吹かせたりしています。

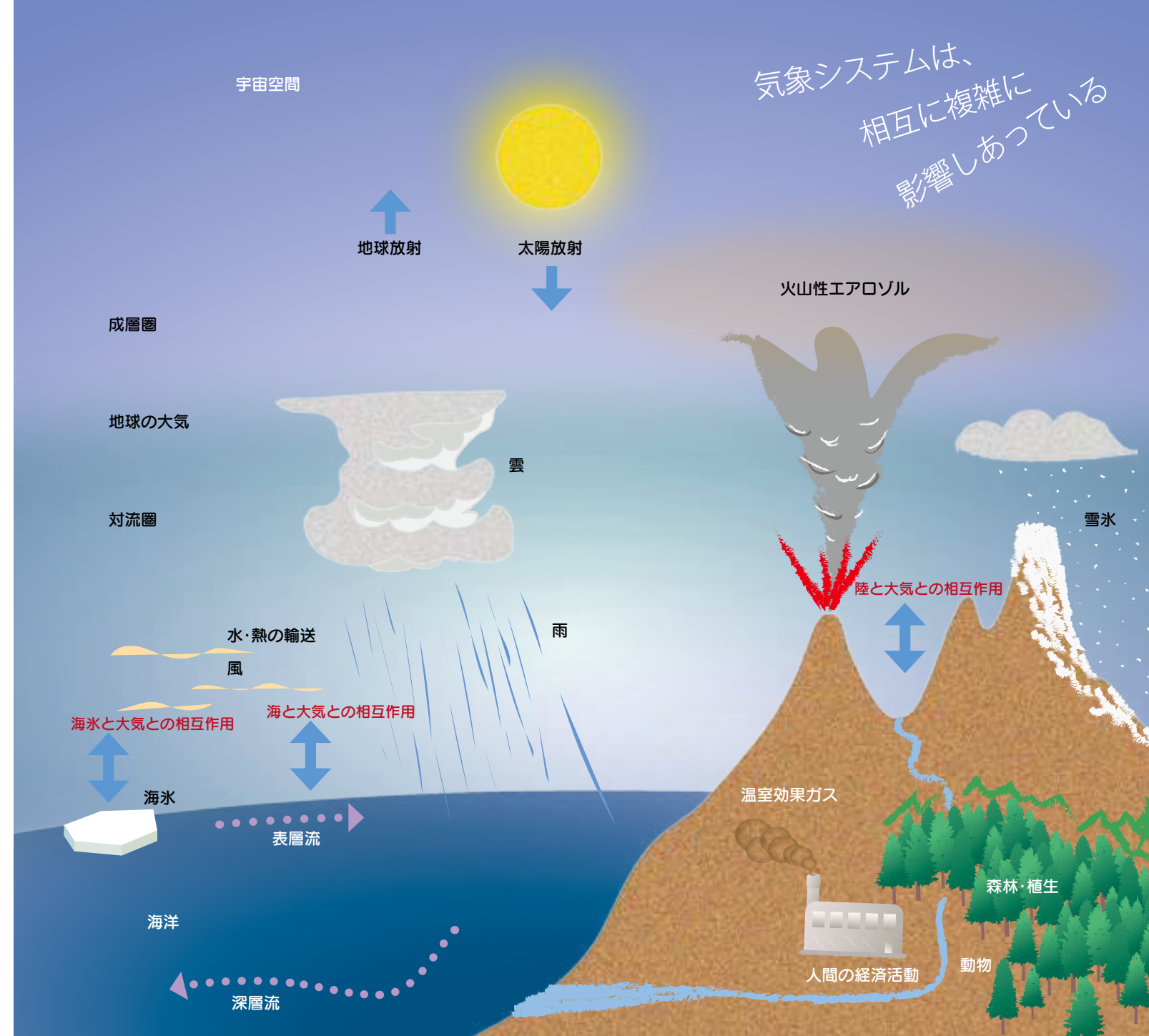
生命史において太陽エネルギーは、藍藻類などの光合成細菌や植物たちが光合成を行うための源となり、それらの生物が数十億年もの長きにわたって酸素を生みだし続けることで、現在の安定した大気組成をつくりあげてきました。大気圏と、海域・陸域の生物圏によってダイナミックに躍動する現在の地球の気候システムは、太陽エネルギーに支えられた38億年にわたる生物進化の歴史の中で、繊細なバランスをとりつつ生みだされてきたのです。

人間の経済活動によって 地球が温暖化している

こうした地球の気候システムに、いま大きな異変が起きています。それが「人為による地球温暖化」と、それに伴って引き起こされる「気候変動」です。現代の気候変動は、なぜ起きているのでしょうか？

気候の変動には、地球が惑星として本来持っている自然界の要因で起きるものと、人間の経済活動によるものがあります。自然界の要因による気候変動は、たとえば生物の大絶滅をもたらしたとされる大きな隕石の衝突によるものなど突発的なものもありますが、多くの場合は、現象のゆらぎによるゆるやかで大きなうねりとして起きています。

それに対して人為的な要因は、人々の経済活動に伴う温室効果ガスの排出が原因となっています。人為活動によって二酸化炭素やメタンガスが大量に排出され、短期間に大気中の濃度が高まったことにより、大気が温室のガラスのような役割を果たし、平均気温が高まっています。これが人類にとっての喫緊の問題である「人為による地球温暖化」とそれに伴う「気候変動」です。



気候システムは、
相互に複雑に
影響しあっている

太陽エネルギーと地球の気候

太陽からもたらされるエネルギーは、地球上に気象を生じさせる起源になるとともに生命活動を支える基盤となっている。

温室効果とは？

農業や植物園で利用されている温室では、ガラスやプラスチックフィルムが内側に太陽エネルギーを透過して温室内の空気や地表面をあたため、その熱を内側に保つ役割を果たしている。大気組成でもある二酸化炭素(CO₂)に代表される温室効果ガスは、いわばこの温室のガラスやフィルムの役割を果たして地球を保温している。

【参考原図】

太陽エネルギーと地球の気候 ▶ 「気候系監視管理関連情報の解説」気象庁：

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/diag/sokuho/note.html>

気候変動・地球温暖化

いま問題になっている気候変動は、長期的に安定した気候システムに対する気候の異変をいう。また地球温暖化は、人為的に排出された温室効果ガスによる急激な平均気温の上昇を意味する。

藍藻類

光合成を行うことができる光合成細菌を含む生物分類で、地球の大気組成中の酸素濃度を増加させ、生物進化に劇的な影響をあたえた。

わたしたちの日々の暮らしや経済活動によって大気中に排出され、濃度を増加させ続けている温室効果ガスの中でも、もっとも影響が大きいガスが二酸化炭素(CO₂)とメタンです。どのような要因で、いつごろから、どれくらい増え続けてきているのでしょうか？

温室効果ガス観測のはじまり

いまから半世紀以上前のこと、国際協力による地球の物理的な調査を目的に、1957～1958年を国際地球観測年として、大々的な調査が行われました。これを契機として、南極やハワイ島のマウナロア観測所で、大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度の測定がはじまりました。計測を続ける中で、顕著なCO₂濃度の増加が観測され、それを受けて気候変動・地球温暖化と温室効果の関係が注目されるようになりました。

人為活動とともに温室効果ガスが増加

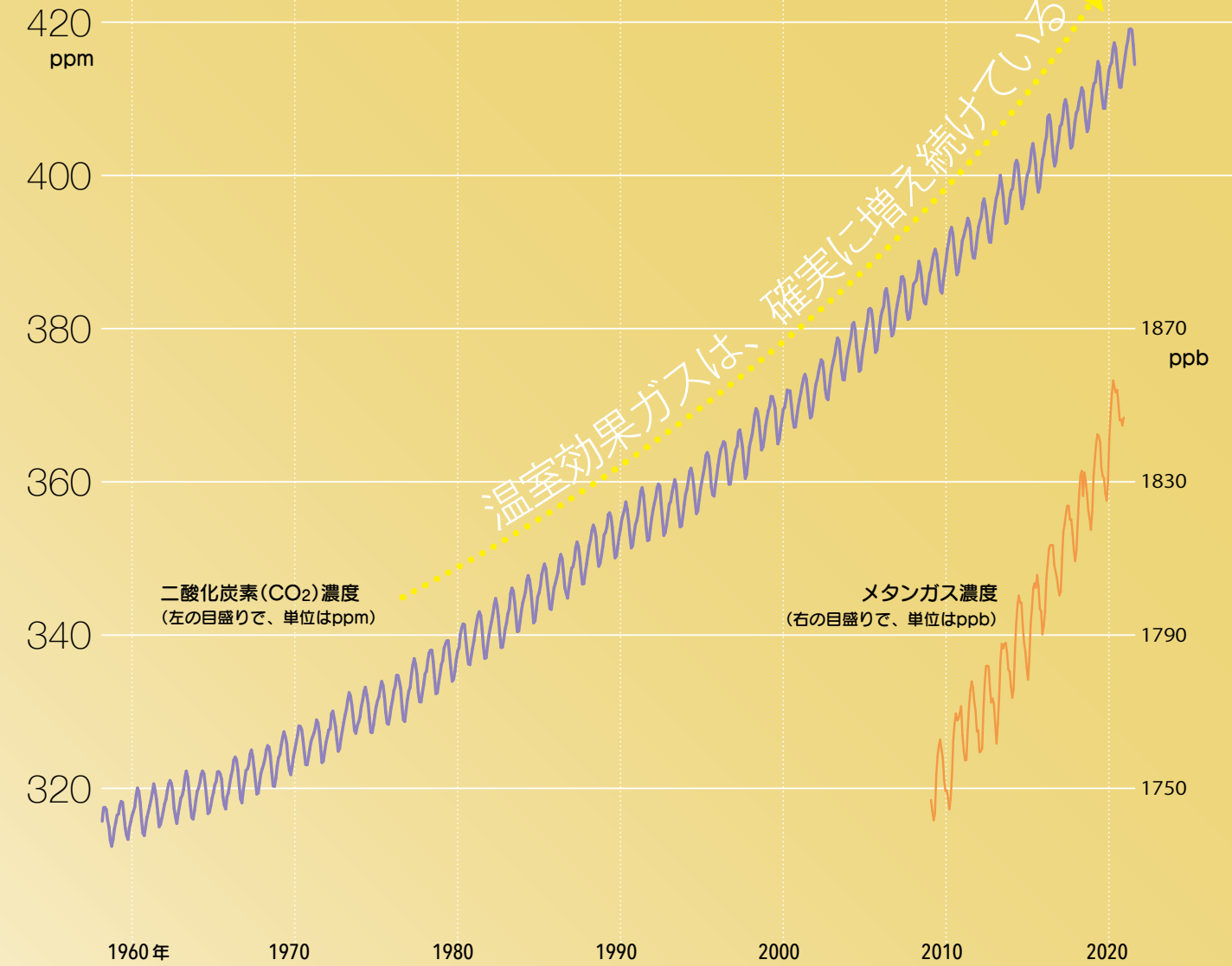
はじまりは、産業革命にあります。18世紀の半ばにはじまった産業革命によって、人びとの暮らしは格段に豊かで効率的なものとなりました。しかし、それを支えたエネルギーは地下から採掘した石炭や石油をはじめとする化石燃料でした。また、急速な都市化と農地化に伴う森林伐採と緑地の減少によって、大気中の温室効果ガスの濃度は確実に増加しはじめることとなります。

温室効果ガスの排出の要因

人為的に排出されるCO₂の65%は、化石燃料すなわち石油や石炭、天然ガスを起源とするもので、地下に眠っていた炭素資源を産業革命以来200年あまりの短期間に、大量に採掘して燃やしたことから大気中のCO₂濃度を劇的に増加させていると考えられます。CO₂濃度増加のもうひとつの起源は、開発に伴う森林の減少や山火事によるものです。

CO₂以外の温室効果ガス

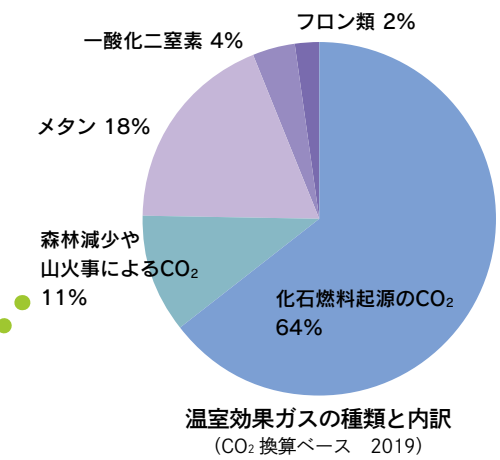
温室効果ガスには、ほかにメタンガス、一酸化二窒素、フロン類などがあります。メタンガス排出の主な要因は、湿地や水田、畜産における家畜ふん尿、天然ガス生産、バイオマスの燃焼などです。一酸化二窒素は、海洋や土壌から放出されるほか、窒素肥料の使用や工業活動によって放出されます。冷蔵庫やエアコンの冷媒として使われた特定フロンは、オゾン層破壊の原因物質として全廃されましたが、替わって登場した代替フロンも温室効果が高いことから、いま規制が進んでいます。



ハワイ島マウナロア観測所による大気中のCO₂濃度の変化

1958年の観測開始から現在にいたるまで、大気中のCO₂濃度は増加し続けている。グラフがジグザグになるのは1年の季節変化で、光合成が盛んになる春夏は植物が二酸化炭素を吸収・消費して濃度が下がり、光合成が弱まる秋冬に落葉などで二酸化炭素が排出されると濃度が上がる。2013年に観測史上はじめて400ppmを超え、2022年12月現在で418.95ppm。

森林減少や土地の改変は、温暖化に影響する



温室効果ガス
太陽の光であたためられた地球表面の熱を温室のように蓄積する役割をするガスのこと。温室効果ガスのおかげで、地球の平均気温は約14℃ほどに保たれてきたが、人為による増加で地球温暖化の原因となっている。

オゾン層
約10～50km上空の成層圏にあって、酸素原子3個からなるオゾンが多く含む。宇宙からの紫外線が酸素にぶつかることでオゾンが生成され、結果として紫外線を吸収し地上の生態系を紫外線から守っている。

【データ出典】

CO₂濃度 ▶ 「Monthly Average Mauna Loa CO₂」 Global Monitoring Laboratory : <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends/>

メタンガス濃度 ▶ 「いぶき観測データ」 gosat プロジェクト : <http://www.gosat.nies.go.jp/recent-global-ch4.html>

温室効果ガスの種類と内訳 ▶ IPCC 第6次評価報告書 WG3 Fig. SPM1 : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/figures/summary-for-policymakers/figure-spm-1/>

【参考】

「メタン濃度の経年変化」 気象庁 : https://ds.data.jma.go.jp/ghg/kanshi/ghgp/ch4_trend.html

温室効果ガスは、どのようにして地球を温暖化させているのでしょうか？ 太陽エネルギーと地球の大気の成り立ち、そして温室効果ガスがどのようにして太陽エネルギーの熱を大気中に保ち続けているのか、そのメカニズムについてみてみましょう。

地球の平均気温は どう変化してきたか

いまから2万年ほど前の最終氷河期には、地球の平均気温は、いまより7～8℃低く、1万年ほど前の縄文海進期には、2℃ほど高かったとされています。その後の有史以来、現代に至るまでは、およそ14～15℃に保たれてきました。氷河期や縄文海進期などにおける平均気温の変化は、地球の公転や自転の変動による日射量の変化が原因とされ、およそ10万年という長い周期で起きるゆるやかな変化です。

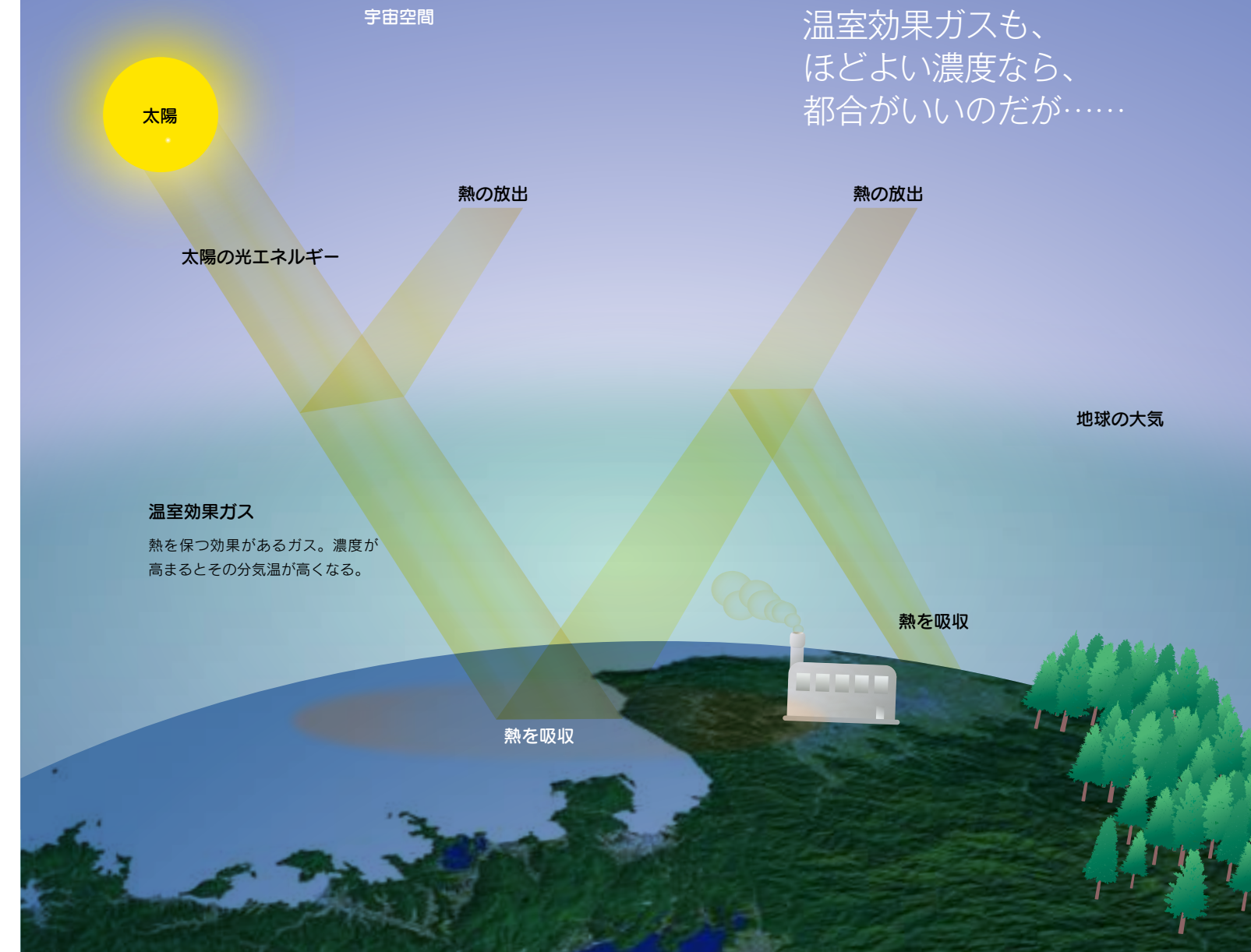
大気組成の変化と 温室効果ガス

地質学的な気候の変動に対して、大気組成の変化による気温の変化もあります。それが温室効果ガスのはたらきによる気温の変化です。大気の組成は、地球の歴史の中で、大きく変化してきました。およそ20億年前に光合成生物が誕生したことで酸素濃度が長い年月をかけて増加し、オゾン層も生成されます。また、かつては現代の十数倍も濃かった二酸化炭素の濃度も、海洋への吸収や緑色植物の繁栄といった生物による

環境の改変によって、生きものがほどよく暮らすことができるバランスのとれた環境、つまり生物にとってほどよい温室効果をもつ濃度へと変化してきたのです。

太陽エネルギーが 地球をあたためるしくみ

もし、地球に温室効果ガスがなかったとすると、地球の平均気温は-18～-19℃にまで寒冷化すると考えられています。温室効果ガスの役割は、つぎのようなものです。地球に照射された太陽光線のおよそ70%が地表面に到達します。30%は大気などによって宇宙空間へ反射されます。地表面に到達した太陽エネルギーの一部は熱に変化して地表や大気をあたためます。また一部は赤外線放射として大気へと射出されます。それら地表面から射出された赤外線は、一部は地球外へと逃げますが、多くは大気中の温室効果ガスによって吸収されて熱に変化し、ふたたび地上へ向けて放出され、下層大気や地表面をあたためます。こうして、温室効果ガスの濃度が濃くなるほど、地表面や大気に熱がこもることになります。これが、温暖化のメカニズムです。



温室効果ガスも、
ほどよい濃度なら、
都合がいいのだが……

地球温暖化を引き起こすメカニズム

地球の気温が現在の生物・生態系にとってほどよい気候を保っているのは、大気に含まれる二酸化炭素などの温室効果ガスのおかげといえる。太陽からの光エネルギーは、地表面で熱に変わり、海や大地と大気をあたためる。地球の大気組成は生命の誕生・進化とともに、変化をとげてきた。生命が生まれる酸素によってオゾン層が形成され、海が二酸化炭素

を吸収し、生命にとってほどよく安定した気候が維持されてきた。しかし、18世紀後半からはじまる急激な工業化によってバランスが崩れ、人為的な活動による温室効果ガスの放出と自然生態系の縮小によって急速に温室効果ガスの濃度が高まり続け、地球温暖化が進行している。

【図版出典】

地球温暖化を引き起こすメカニズム ▶ 「気候変動と世界の森林」(『季刊森林総研 46』森林総合研究所 2019) より改変：

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/documents/kikanffpri46-feature.pdf>

【参考】

「地球温暖化はどのように起きているの？」林野庁：https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/con_1.html

「環境・循環型社会・生物多様性白書」環境省：https://www.env.go.jp/policy/hakusyo/past_index.html

「ココが知りたい地球温暖化」国立環境研究所：https://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/24/24-2/qa_24-2-j.html

地球大気の組成

窒素が78%、酸素が21%、アルゴンが0.9%、二酸化炭素が0.04%、その他からなる。この0.04%の二酸化炭素が、気候に大きな影響を与えている。

1880年から2012年の間に、世界の陸域と海洋を合わせた平均気温は、0.85°C上昇しました。さらに、この30年間は、かつてない高温傾向にあります。自然界では過去にも平均気温の変動はありましたが、現代の温暖化は人為による短期間での劇的な変化によるものです。

気候変動の検証と気候変動に関する政府間パネル

地球規模での気候変動がどのような要因で起きているのか、その科学的な検証が求められたことから、1988年に国連環境計画(UNEP)と世界気象機関(WMO)によって、世界の研究機関・研究者が協力するための「気候変動に関する政府間パネル(IPCC)」が設立されました。気候変動に対する懐疑的な見解に対して、世界中の科学者が検証を行うことで、いま何が起きているのかを見きわめることができます。2021年8月に発表されたIPCCの「第6次評価報告書」では、「気候システムの温暖化には疑う余地がない」と記載されました。

温室効果ガスによる年平均気温の上昇

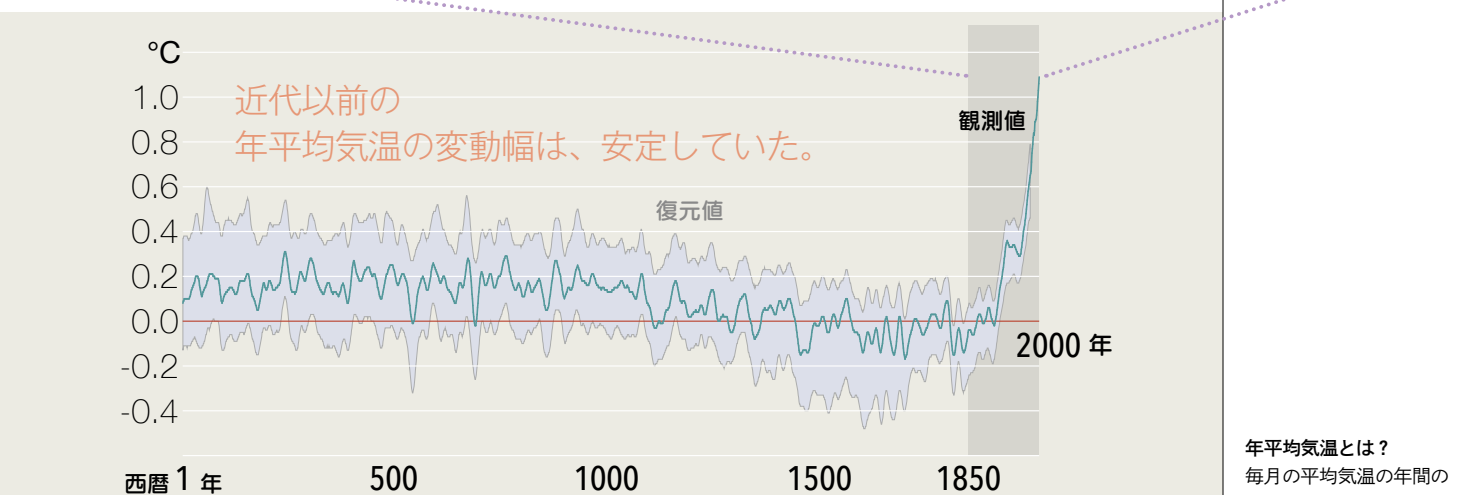
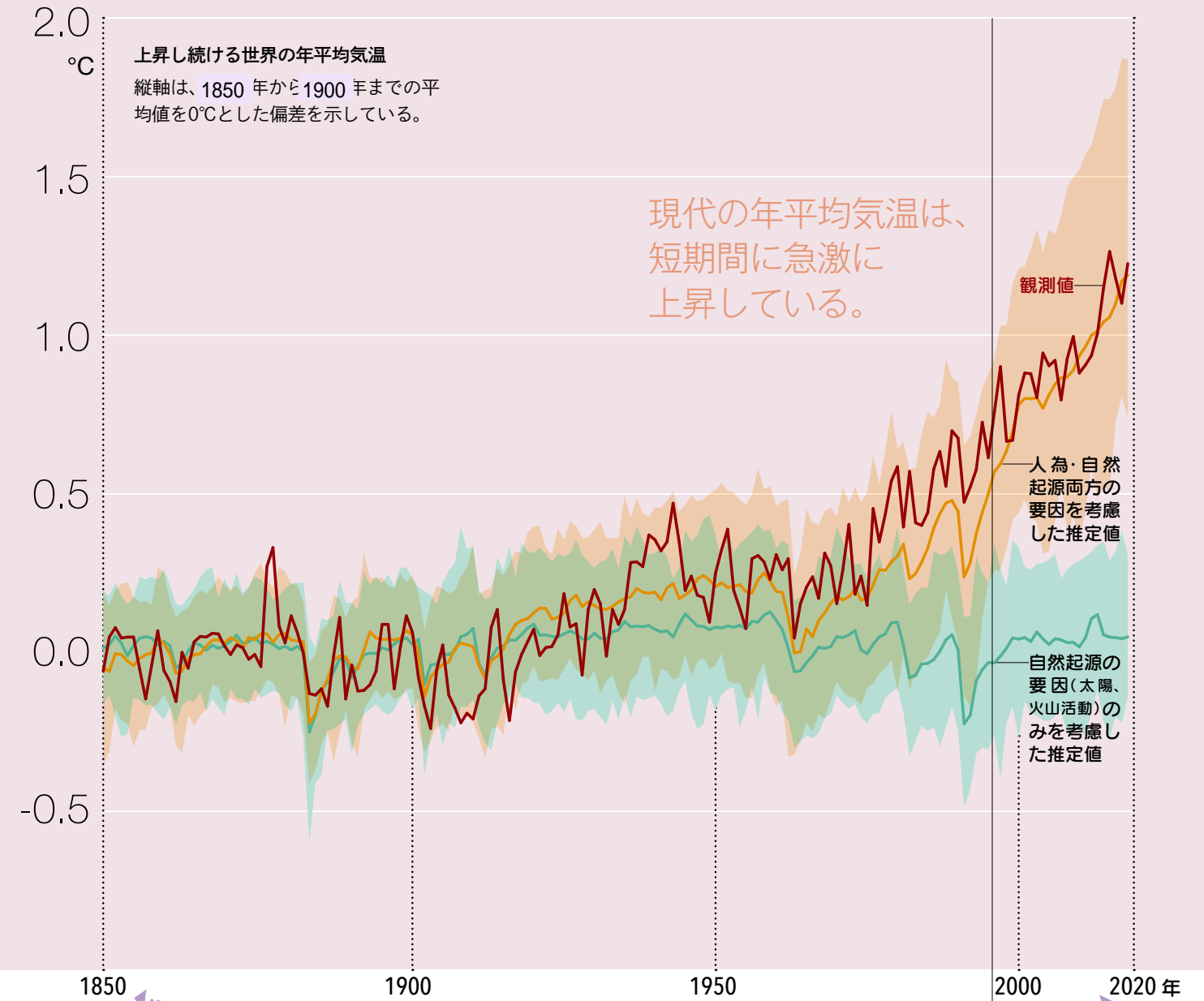
第6次評価報告書によると、最近40年間のどの10年間をとっても、それに先立つ1850年以降のどの10年間よりも高温が続いたと報告されています。21世紀の最初の20年間(2001~2020年)における世界の年平均気温は、近代の幕開けとなる19世紀後半(1850~1900年)よりも0.99°C高く、2011~2020年の10年間に限

ってみると、19世紀後半の年平均気温よりも1.09°Cも高くなっています。2016年、2020年には、観測史上最高気温を記録しました。これらの気温上昇は、おもに2003~2012年以降の温室効果ガス排出による温暖化によるものと考えられます。

自然界の気温変動と人為的な気温変動

地球の地質学的な年代による歴史をふり返ると、これまでに太陽の活動の低下などによって、氷河期や温暖期といった気温の大きな変動をくり返してきたことがわかります。しかし、それら自然界の変動はたとえば数万年から10万年周期といった長期的でゆるやかな変動でした。現代は間氷期にあり、今後数万年は氷河期を迎えることはないと考えられています。

また、自然界の変動には、中世の温暖期や小氷期と呼ばれる、より小さな変動もあります。しかし、これらの変動とくらべても、現代の年平均気温の上昇は、とびぬけて短期間に急激で大きな変動となっています。人為的な温室効果ガスの排出による気候変動・地球温暖化は、まさに「疑う余地がない」状況にあります。



【データ出典】
 上昇し続ける世界の年平均気温 ▶ 「AR6 Climate Change 2021:The Physical Science Basis」 IPCC :
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#DataAccess>

年平均気温とは？
 毎月の平均気温の年間の平均のこと。1日の毎正時に24回観測した気温の平均が日平均気温で、日平均気温の月間平均が月平均気温。

気候変動のおもな要因が、人為活動に伴う温室効果ガスの排出によるものであることは、世界中のほとんどの科学者によって検証されてきました。いま、求められているのは、気候変動を抑制するためには、どのような対策が有効なのかということです。

地球温暖化は、 どのように進むのか？

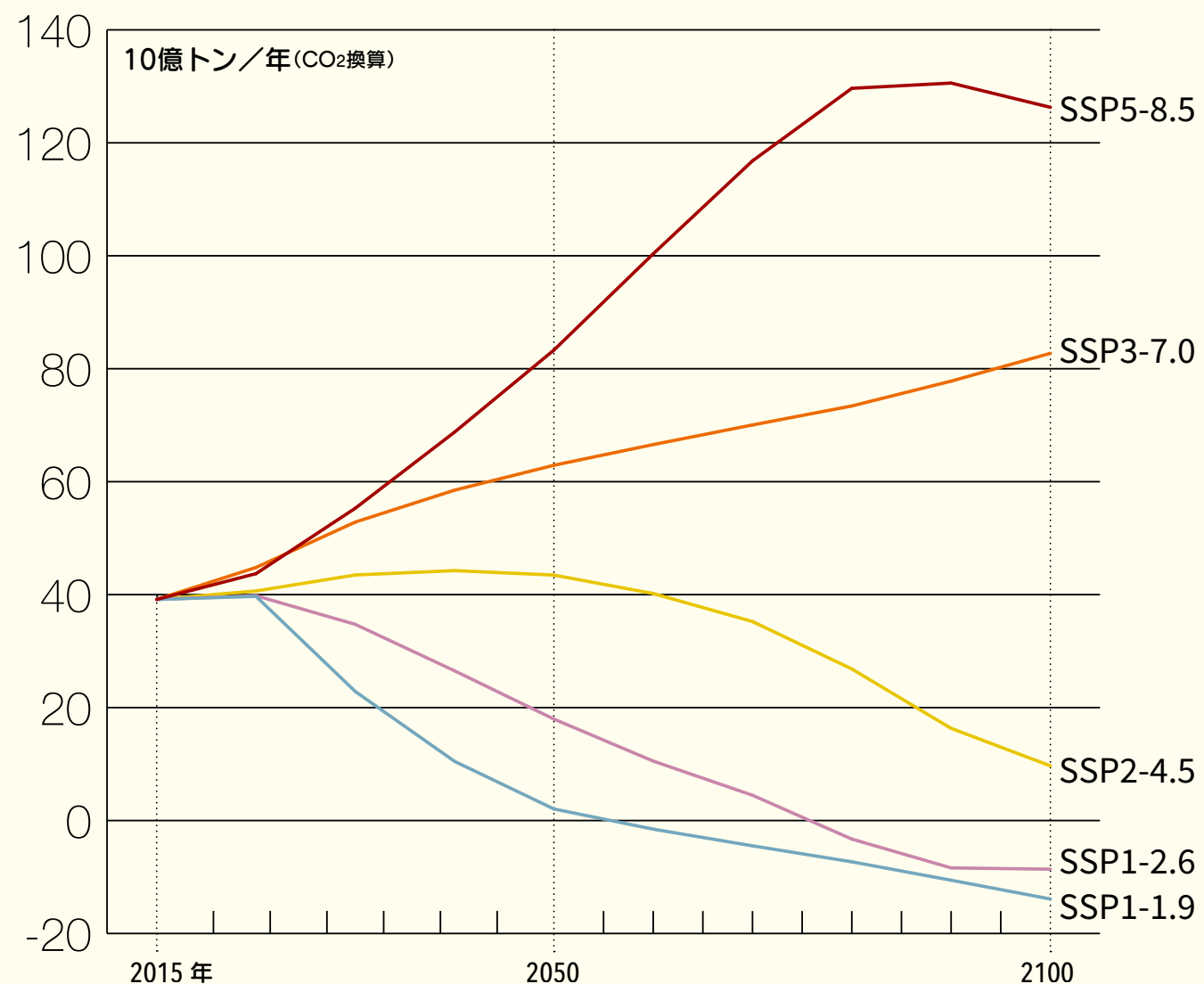
IPCCの第6次評価報告書では、将来、世界が温室効果ガスをどのように排出するかを予測しています。そのシナリオによると、少なくとも今世紀半ばまでは世界の平均気温は上昇を続けるとされています。この数十年の間に二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、地球の年平均気温の上昇は1.5°Cから2°Cを超えてしまいます。

地球温暖化の進行は、気候システムにさまざまな変化を起こします。そして気候システムの変化の拡大は悪循環を引き起こし、温室効果ガスの排出が抑制されないかぎり、温暖化が加速していくおそれもあります。局所的で極端な高温や短期間で海水温が上昇する海洋熱波、集中的な豪雨や、局所的な少雨、干ばつなどは農業と暮らしに甚大な影響をおよぼします。北極域では海水、積雪、永久凍土の縮小などが起き、これらの現象は、さらなる温暖化の加速を招くこととなります。地球温暖化がこのまま進めば、世界全体の水循環にも大きな影響を与えるでしょう。

予測シナリオが 意味していること

大雨による土砂災害や洪水が激化したり、海面上昇によって水没する地域や島嶼もでてくるにちがいはありません。熱波や干ばつによって、熱中症などの直接被害や、農林水産業への影響も広がるでしょう。この10年のうちに大胆な施策によって温室効果ガスを抑制しないと、世界規模で、大きな被害を受けることになるでしょう。

世界の年平均気温は、第6次評価報告書で検討されたすべての排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続けるとされています。これからの数十年の間に二酸化炭素とその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、世界の年平均気温の上昇は1.5°Cから2°Cを超えてしまうにちがいはありません。1850～1900年を基準とした世界の年平均気温が2.5°C以上高い水準で持続していた最後の時代は、300万年以上も前のことです。いまずぐにでも地球温暖化を抑制する行動をとらないと、未来世代に大きな禍根を残すこととなります。



温室効果ガスの排出量のちがいで5つのシナリオで、将来の温暖化を予測

2015年を基点として、温室効果ガス(CO₂換算)の排出が非常に多く2050年までに約2倍になるシナリオ【SSP5-8.5】、排出が多く2100年までに約2倍になるシナリオ【SSP3-7.0】、排出が今世紀半ばまでの水準で推移する中程度のシナリオ【SSP2-4.5】、排出が少ないシナリオ【SSP1-2.6】、排出が非常に少ないシナリオ【SSP1-1.9】の5つのシナリオで、今後の温暖化を予測検討している。

1850～1900年と比べた2081～2100年の世界の年平均気温は、温室効果ガスの排出が非常に少ないシナリオ【SSP1-1.9】では1.0～1.8°C、温室効果ガスの排出が中程度のシナリオ【SSP2-4.5】では2.1～3.5°C、温室効果ガスの排出が非常に多いシナリオ【SSP5-8.5】では3.3～5.7°C高くなる可能性が非常に高いと予測されている。

【データ出典】

温室効果ガスの排出量のちがいで5つのシナリオで、将来の温暖化を予測 ▶ 「AR6 Climate Change 2021:The Physical Science Basis」 IPCC : <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#DataAccess>

【参考】

「IPCC 第6次評価報告書 (AR6)」 気象庁

<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/index.html>

SSP

Shared Socioeconomic Pathwaysの略で、共通社会経済経路と訳されている。将来へ向けて社会経済のさまざまな可能性や条件を考慮し、気候変動がどのように進行するかを検討・予測するための代表的な筋書き(シナリオ)のこと。

「気候変動・地球温暖化」によって、年平均気温が上昇すると、どのようなことが起きるのでしょうか？ 激甚な多雨、大雨による洪水や土砂崩れ、高温や森林火災など、近年、世界中で起きている異常気象について、具体的にみてみましょう。

地球温暖化に伴う異常気象の増加

近年、世界各地で強い台風や暴風雨、集中豪雨、多雨などが起きるとともに、熱波や干ばつ、森林火災といった気象災害が頻発するようになってきています。異常気象とは、気象庁によると大雨や強風など激しく短時間に起きる現象のほか、数カ月間続く干ばつや、極端な冷夏、暖冬などが含まれ、人が一生のうちにまれにしか経験しない気象現象のことをいいます。こうした異常気象の増加は、地球温暖化の影響によるところが大きいと考えられます。

近年起きた世界のおもな異常気象と災害

最近、世界で起きた大災害をふりかえってみましょう。2020年1月には、インドネシアの首都・ジャカルタで、豪雨による大洪水が起きています。2021年の7月にはヨーロッパ各地で豪雨による洪水が起きました。日本でもスコールのような豪雨や夏に長雨が続いたことは記憶に新しいことでしょう。2021年8月には、イタリアのシチリア島シラクサで最高気温48.8℃を記録しました(シチリ

ア州地方当局による)。ヨーロッパでの観測史上最高気温の記録になる可能性があります。世界各地で高温や豪雨による災害が起きています。

反面、シベリアやサウジアラビアなどの中東、米国、ブラジルなどにおいては、少雨による影響もできています。温暖化に伴って雪や氷が減っていますが、ぎゃくに大雪が降ることもあります。アメリカのコロラド州では、猛暑を記録した3日後に大雪が降りました。こうした異常気象が世界各地で起きています。

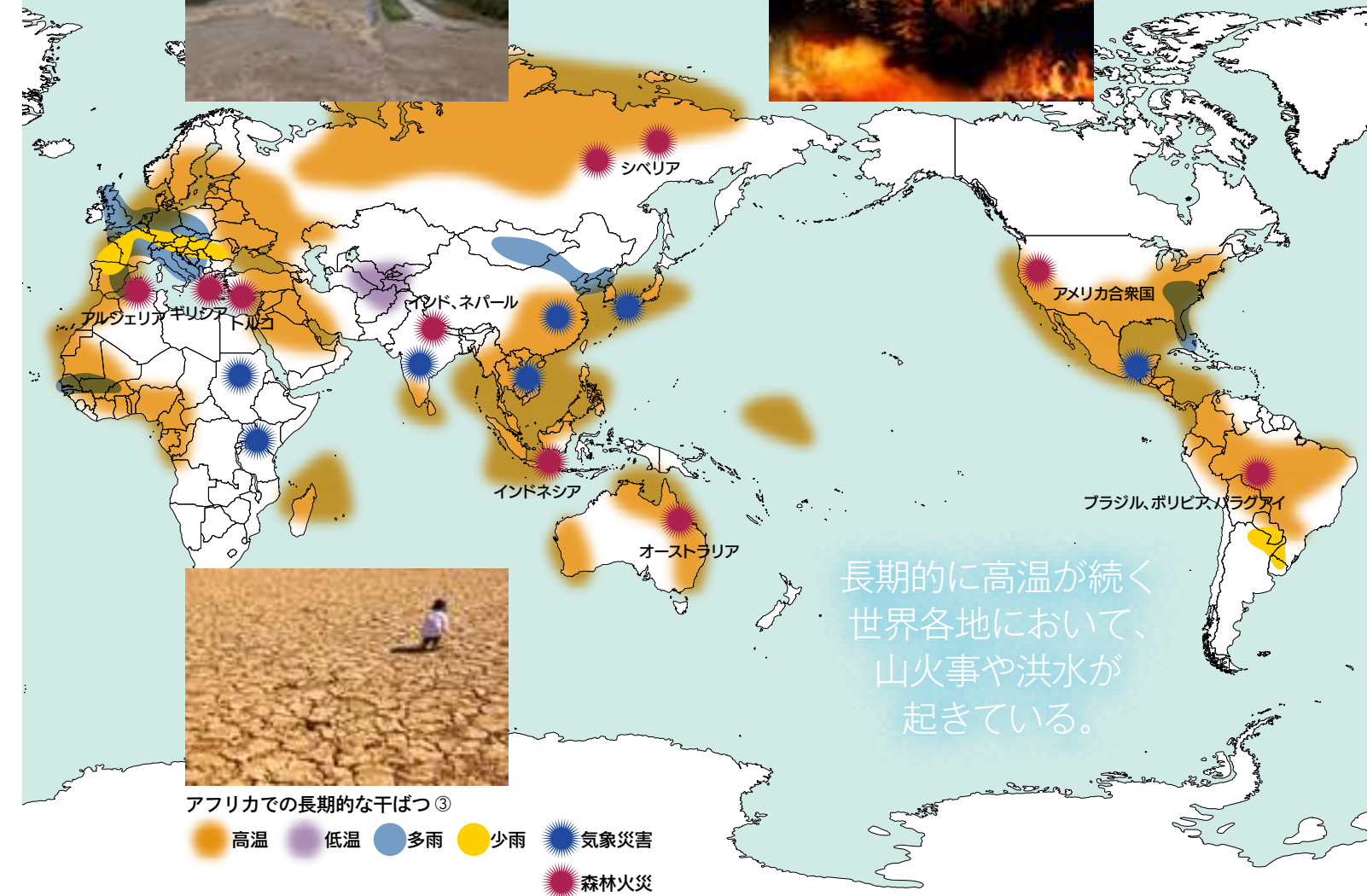
異常気象と森林火災

2019年末から2020年にかけてオーストラリアでは大規模な山火事が起きました。シベリアの北方林でも火災が起き、北米では高温が続いて山火事が起きました。2021年の夏にはギリシア、トルコで、数十年ぶりともされる45℃の熱波におそわれ、数カ所で山火事が発生、死者をだし、産業へも多大の被害をもたらしました。異常気象による気温の上昇や乾燥が続くことで、延焼しやすくなっていることが大きな原因と考えられます(▶031参照)。

2018年 京都の水害①



2021年 カリフォルニア州での森林火災②



アフリカでの長期的な干ばつ③



2020年の世界のおもな異常気象・気象災害

近年、異常気象が世界各地で多発している。上の図は、気象庁が1981～2010年の観測値による平年値に基づいて作成した原因(発表2021年1月19日)を参考にしつつ、近年のおもな森林火災を加えて新たに作図した。

長期的な異常気象と森林火災

世界各地の高温や熱波、少雨や干ばつが続く地域で乾燥による森林火災が多発し、なかなか鎮火しない状況となっている。右の写真は、ブラジルのパンタナルでの火災。数年にわたる乾燥と、熱帯林の破壊を助長するボルソナロ ブラジル大統領の開発政策の影響で火事が頻発している。



2020年 ブラジル、パンタナルの森林火災④

【参考原図】

2020年の世界のおもな異常気象・気象災害 ▶ 「世界の年ごとの異常気象」気象庁 2020 :

<https://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/monitor/annual/>

【写真クレジット】

iStock.com ① kumikomini ② Dimple Bhati ③ JurgaR ④ Leandro A Luciano

【参考】

「世界の異常気象」気象庁 : https://www.data.jma.go.jp/cpd/monitor/extreme_world/index.html

「気候変動の科学的知見 stop the 温暖化」環境省 2017 : <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/knowledge.html>

異常気象

まれにしか経験することのない特異な気象現象のこと。近年「観測史上初」となる高温などが観測されるが多くなった。

世界各地で猛暑に関する報道が伝えられていますが、日本でも暑い夏を実感することが多くなりました。地球規模での年平均気温の上昇に伴い日本でも年平均気温は上昇傾向にあります。このまま、いまの状況が続くと将来は、いったいどのようになってしまうのでしょうか？

上昇し続ける日本の年平均気温

世界の年平均気温が、19世紀の後半から1°C以上上昇しているという話をしました(▶004)。平均気温がたった1°C上昇することが、それほど大きな影響をおよぼすのでしょうか？ 答えはイエスです。世界の年平均気温が上がると、地球上における気候システム全体に大きな影響をおよぼします(▶001)。もちろん平均気温の上昇は海域でゆるやかであったり、陸域や北極圏で大きいといった地域差はあります。しかし、いま地球のどの地域においても、平均的に気温は上昇し続けているのです。

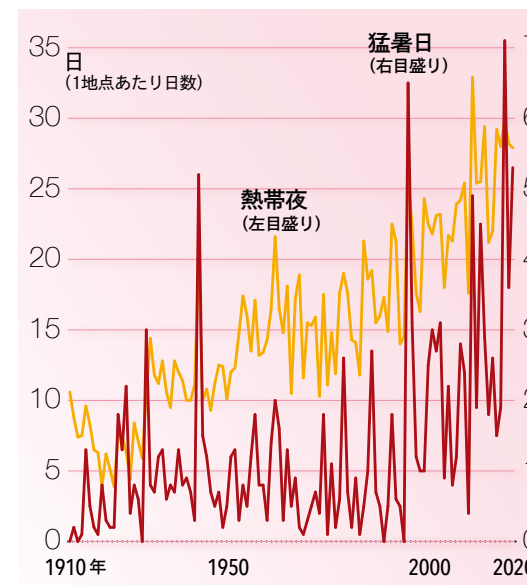
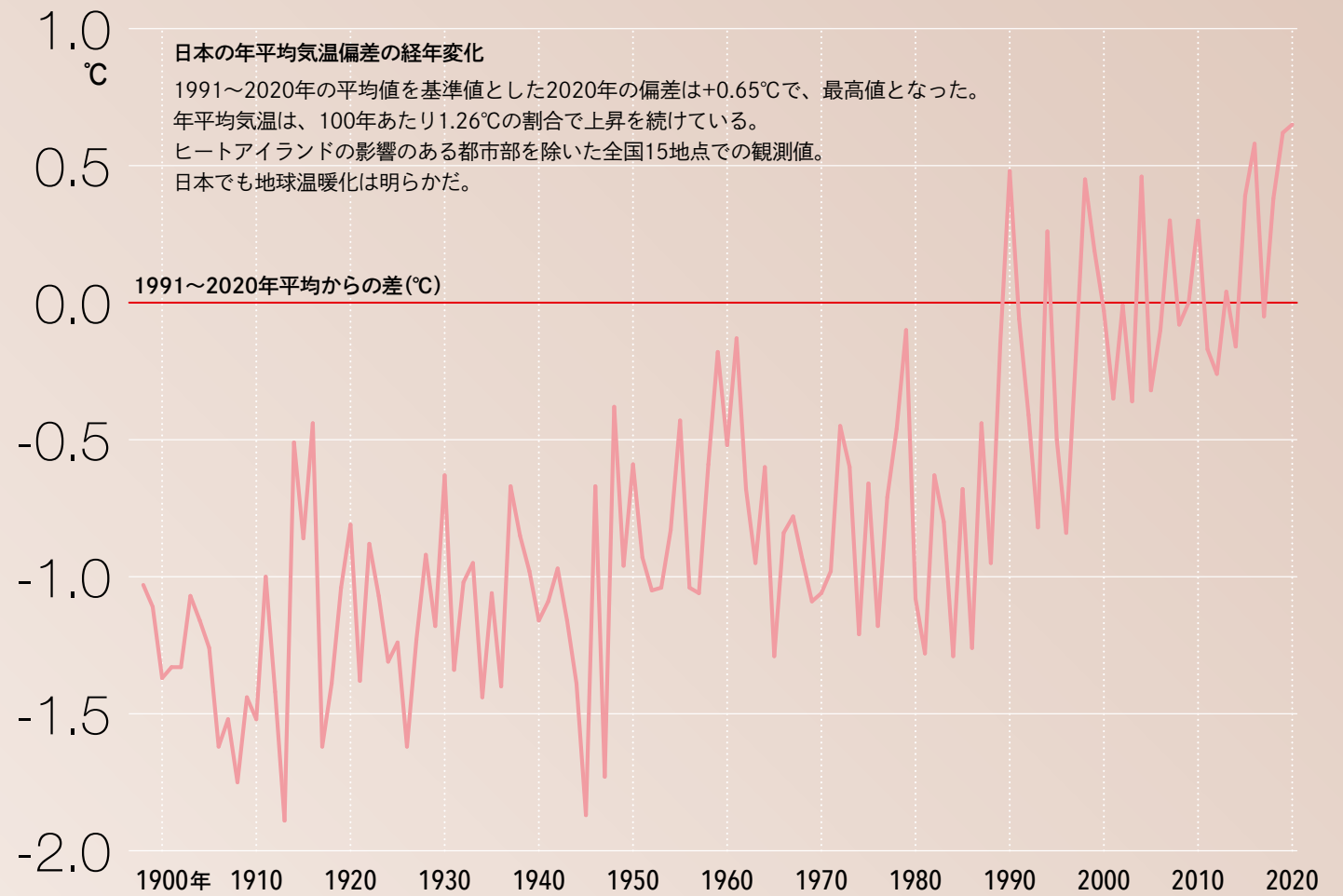
もちろん日本も例外ではありません。新しい平年値(1991~2020年の平均)と、ひとつ前の平年値(1981~2010年の平均)と比べると、つぎのような特徴がみられます。日本の平均気温は、以前よりも高くなる季節や地域が多く、「年平均気温では、北日本と西日本で+0.3°C、東日本で+0.4°C、沖縄・奄美で+0.2°C高くなり、地点によっては+0.5°C程度高くなる(気象庁)」ところもありました。日本では、全国的に0.1~0.5°C程度高くなっていて、1980年代後半から急速に気温が上昇しています。

熱帯夜と猛暑日の増加

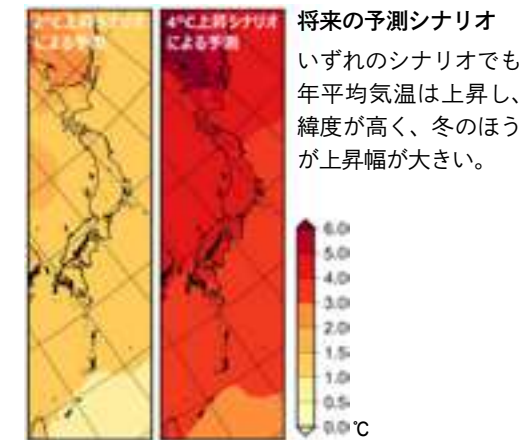
夏の暑さがきびしくなり、最高気温が高くなってきていることは、実感としても、また日々の報道からもうかがい知ることができます。夕方から翌朝までの最低気温が25°C以上になる熱帯夜や、最高気温が35°C以上になる猛暑日も、近年は増加傾向にあります(右ページグラフ参照)。現代では、猛暑日はあたりまえのように訪れるようになってきていますが、いまから50年ほど前の日本の夏では、猛暑日は1年に数日ほどしかありませんでした(気象庁)。

どこまで、どのように暑くなるのか

日本の気候変動を予測した気象庁のデータによると、21世紀末の日本の年平均気温は、20世紀末に対して全国的にあきらかに上昇し、多くの地域で猛暑日や熱帯夜の日数が増えると予測されています。その上昇量は、IPCCの最も気温上昇が高いシナリオ「RCP8.5」では4.5°Cの上昇となります。わたしたちはいま、まさにじわじわと温度が上がり続ける温室の中に暮らしているのです。



増加を続ける熱帯夜と猛暑日の年間日数
熱帯夜(日最低気温25°C以上)も、猛暑日(日最高気温35°C以上)もこの100年ほどのあいだに明らかに増え続けている。



予測シナリオ
RCPとは、産業革命前にくらべて2100年までに温室効果ガスの濃度がどのように上昇するかを予測したもの。2.6や8.5などの数値が高いほど、温室効果ガスの濃度が高く、温暖化を引き起こす。

平年値
気象庁が10年ごとに作成している喫緊30年間の平均値のこと。10年前の平年値と比較することで、気象の変化、気候変動などの傾向を知ることができる。最新の平年値は、1991~2020年の平均が、2021年5月から使われている。

【データ出典】
日本の年平均気温偏差の経年変化 ▶ 気象庁: https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn.html
増加を続ける熱帯夜と猛暑日の年間日数 ▶ 「全国(13地点平均)の熱帯夜の年間日数」「全国(13地点平均)の猛暑日の年間日数」気象庁: https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/index_extreme.html
【図版引用出典】
将来の予測シナリオ ▶ 「日本の気候変動 2020」文部科学省、気象庁より「21世紀末の日本の年平均気温」: https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/2020/pdf/cc2020_gaiyo.pdf

地球温暖化が進むとともに、雨の降り方にも影響が出始めています。もっとも大きな変化が、暴風雨の激甚化と、大雨の多発です。集中豪雨や降水量が増えると、洪水や土砂崩れなどの災害も頻発するようになります。反面、地域や年によって少雨となるなど極端化が進んでいるようです。

激しく降る雨が 多くなってきている

まるで熱帯で降るようなスコールが最近は多くなったと感じている人も多いことでしょう。スコールとは、急激な天候の変化や集中的な強雨・強風のことを指します。2021年の夏には、つぎつぎに列をなして雨雲が発生する線状降水帯が現れ、九州や中国、四国地方を中心に大雨を降らせました。10日間ほどのあいだの期間降水量が1000ミリを超える場所が各地でみられ、九州・中国地方に土砂災害をもたらしたことは、記憶に新しい出来事です。

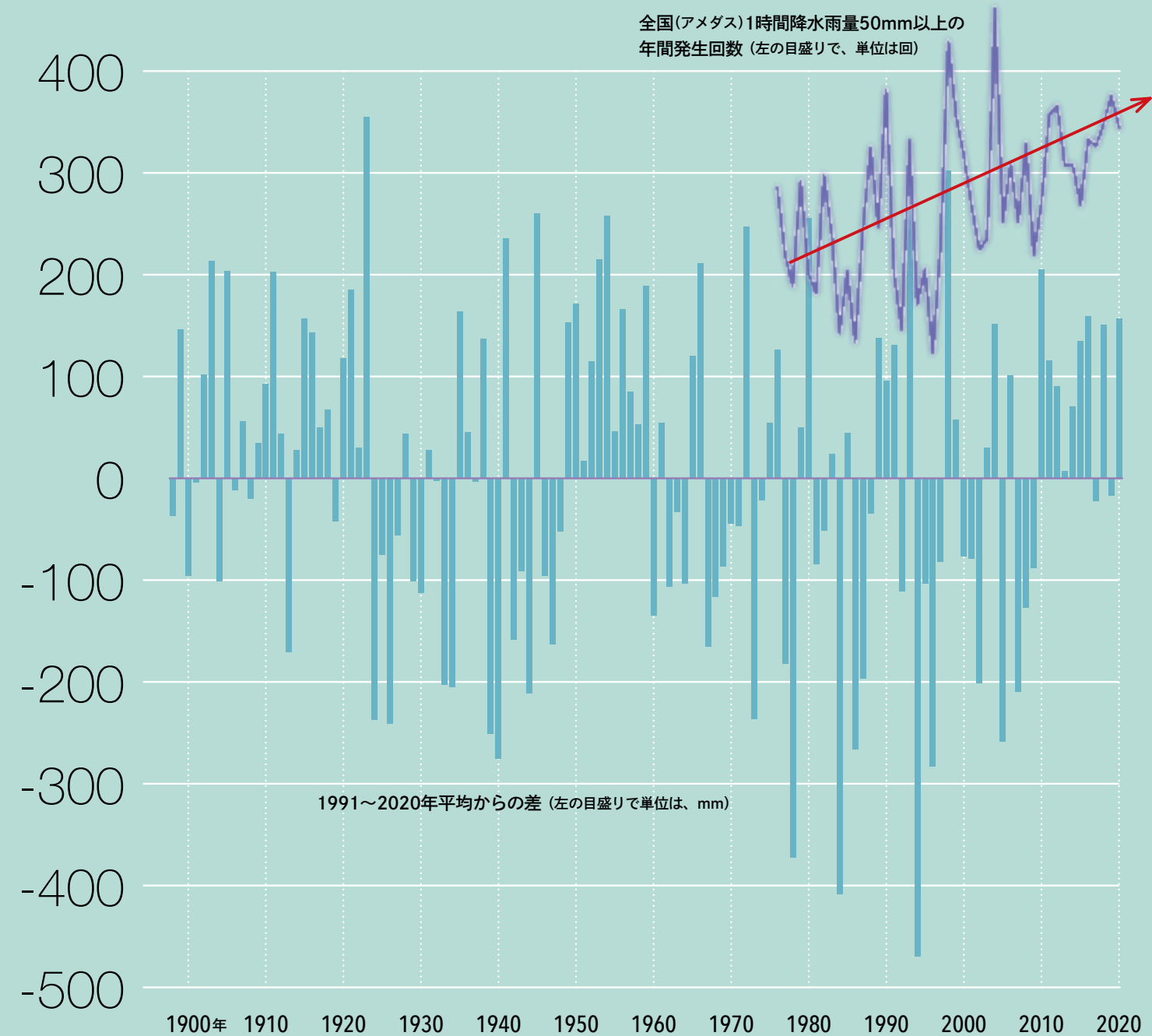
年間降水量の 変動差が広がっている

降水量には、地域差や年による変動があります。そこで、ある基準に対して、どのような偏差があるかを調べることで、統計的な傾向がわかります。日本の降水量を、1991～2020年の平均値を基準として調べてみると、偏差がみえてきます。傾向としては、最新の平年値からの偏差は+157.4mmで、日本の年降水量に長期的に顕著な変化傾向をみることはできません。とはいえ、1970年

代から2000年代にかけて、年ごとの変動がやや大きくなっています。平均的な降水量が増えたとはいえませんが、降水量が多い年と少ない年の差が激しくなっています。

1時間降水量は、 年を追って増えている

全体的な降水量の変化はあまりみられなくても、右ページのグラフにみるように、1時間あたりに降る雨の量は、年を追って増えています。また、大雨の発生回数も将来的に増えると予測されています。日降水量200ミリ以上となるような大雨の年間発生回数は、全国平均で2倍以上となっています。年間降水量に大きな変化がなくても、短時間に集中的に強く降る雨が増えることで、土砂災害や河川の氾濫などによる被害が増えてしまいます。猛暑日の3日後に雪が降ったアメリカのコロラド州の例のように、極端現象が起きる場所に、異常気象の特徴があります。これら現代における世界の多くの異常気象が、温室効果ガスに起因した地球温暖化によって引き起こされるようになったと考えられます。



日本の年降水量偏差

青い棒グラフは、ここ30年間の平均値を「0」としたときに、各年の降水量がどれくらい多かったか、少なかったかを示す偏差を表している。1900年から2020年までの120年間の降水量の偏差は、ここ30年間の平均値からそれほど大きな偏りはないが、振れ幅は1970年代以降大きくなっている。

全国の1時間降水量が50mm以上の年間発生回数

右上の折れ線グラフは、1時間に50mm以上の雨が年に何回降ったかを示したもの(アメダスによる)。明らかに、近年の回数が増えている。

【データ出典】

日本の年降水量偏差 ▶ 気象庁：https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/temp/an_jpn_r.html

全国の1時間降水量が50mm以上の年間発生回数 ▶ 気象庁：https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/index_extreme.html

極端現象

極端な高温/低温や強い雨など、特定の指標を越える現象のこと。具体的には、日最高気温が35℃以上の日(猛暑日)や1時間降水量が50mm以上の強い雨など(気象庁による)。

年平均気温の上昇や降水量の変化は、農林水産業にも大きな影響をおよぼします。農業では農作物の適地が北上し、水産業では魚種が変化すると予測されています。また収量や漁獲量にも影響がでるでしょう。林業についてはあとで解説しますが(▶028)、植生域が北上すると考えられます。

積算温度に影響を受ける植物

平均気温が1℃上がったくらい、たいしたことないと思うかもしれませんが、年間平均気温の1℃上昇と、昨日より今日の気温が1℃高いことでは、意味が異なることに気を留める必要があります。しかも、植物にとって、平均気温の1℃の上昇はとても大きな意味を持ちます。植物は、その生育に積算温度が影響をおよぼすからです。積算温度とは、毎日の平均気温を合計して積み重ねていった温度で、植物の生育を決める大きな要因となっています。年平均気温が高まると生育や成熟が早まったり、受精異常や着果不良などの高温障害を起こしてしまうこともあります。植物が、気候帯や微気象などに大きく生育を左右され、それぞれに分布域が限定されているのはそのためです。

作物の生育適地が北上していく

植物は、個体としての移動はできずとも、子孫を拡散する中で常に生育適地を求めて分布を移動させています。平均気温が高まれば、作

物の生育適地も当然、北へと変化していくと予想されます。右上の図で果樹の例をみてください。温暖化に伴い、21世紀末には栽培適地つまり産地が移動してしまう可能性が指摘されています。

海水温が上昇すれば海流や魚種が変化する

温暖化の影響は、水産資源(漁業や養殖業)にもおよびます。海水温の変化は、その海域に生息する魚類たちの行動に大きな影響を与えるからです。水産庁によると、温暖化による海水温の上昇に伴い、ブリやサワラの分布域が北上しています。また沿岸の資源である海藻類やアサリ、ホタテなどの貝類への影響も見逃せません。海水温の上昇によって、沿岸養殖では有明海でノリの生産量が減少、陸奥湾ではホタテ貝の養殖場、広島湾ではカキの養殖場で大量死滅の被害が起きています。海流など複雑な条件を持つ海洋においては、単純な因果関係を指摘することはできませんが、明らかに海水温は上昇しており、漁業資源に壊滅的な状況をもたらす前に、今後の変化をしっかりとみきわめ、対策をとっていく必要があります。

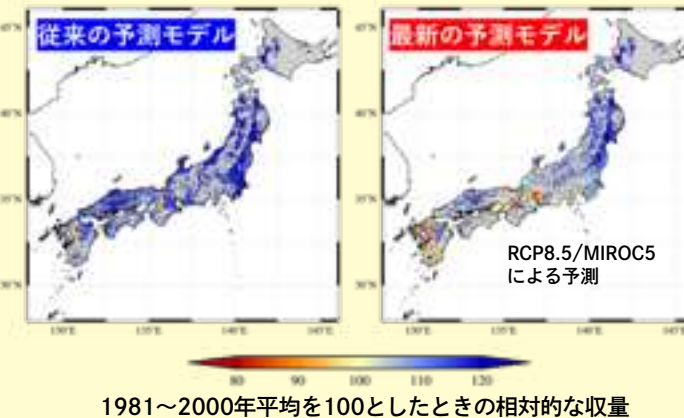
果樹への影響



リンゴの栽培適地が北上する
年平均気温の上昇に伴い、果樹の適地はしだいに北上すると予測される。新たな産地が生まれるとともに、かつての産地では壊滅的なダメージを受けることになる。

2046~2055年 RCP8.5/MIROC5 による予測

林業への影響は、028で解説します。



1981~2000年平均を100としたときの相対的な収量

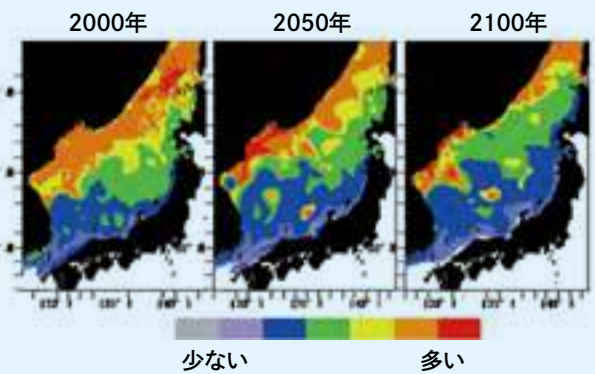
稲作への影響

切実さが増している新しい予測
農研機構の最新の予測モデルでは、お米の収量の減少や品質の低下がより早く深刻化することが指摘されている。図の橙色~赤色が収量が減ると予測される地域。なお、これを回避するために高温耐性品種の開発と導入、栽培管理的な対策などが進められている。

漁業への影響

スルメイカの分布密度の低い海域が拡大
水温の上昇に伴って2050年には本州北部沿岸域、2100年には北海道沿岸域で分布密度が低い海域が拡大すると予測されている。

温暖化による水温予測結果を用いた7月の日本海におけるスルメイカの分布密度予測図



【図版出典】

果樹への影響 ▶ 「農業生産における気候変動適応ガイド リンゴ編」農水省 2020「りんご栽培適地予測」図6より作成：
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/index-100.pdf>

稲作への影響 ▶ 「(研究成果) 気候変動による水稻(コメ)の収量や外観品質への影響は従来の予測以上に深刻である」農研機構 2021：
https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/niaes/143133.html

漁業への影響 ▶ 「水産白書」水産庁 2017「海洋環境の変化と水産資源との関連」、地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響評価と緩和及び適応技術の開発(プロジェクト研究成果シリーズ483)：
https://www.jfa.maff.go.jp/j/kikaku/wpaper/h29_h/trend/1/t1_1_2_3.html

予測モデル
RCPについては、P.19の解説を参照。MIROCは、東京大学/(国研)国立環境研究所/(国研)海洋研究開発機構の共同で開発された気候モデル。

主要な温室効果ガスである二酸化炭素は、わたしたちの生活や生存に欠かせない「炭素」の循環と大きく関わっています。炭素循環のしくみと、二酸化炭素が増加することによる炭素循環への影響について、みてみましょう。

炭素は生物や生態系に欠かせない物質

温室効果ガスの主役である二酸化炭素の削減が求められていることから、「脱炭素」ということが言われています。しかし、炭素自体は、生命にとって不可欠の物質です。わたしたち生物のからだは炭素を骨格とした分子で構成されています。そのため、炭素は、生物と環境を常に循環し、そのことで生態系というシステムが成り立っています。たとえば人体では、およそ18パーセントが炭素でできています。右ページの図にみるように自然界において炭素は、気象システムと生物を介した生態系の中で循環し続けています。

「脱炭素」ということの意味

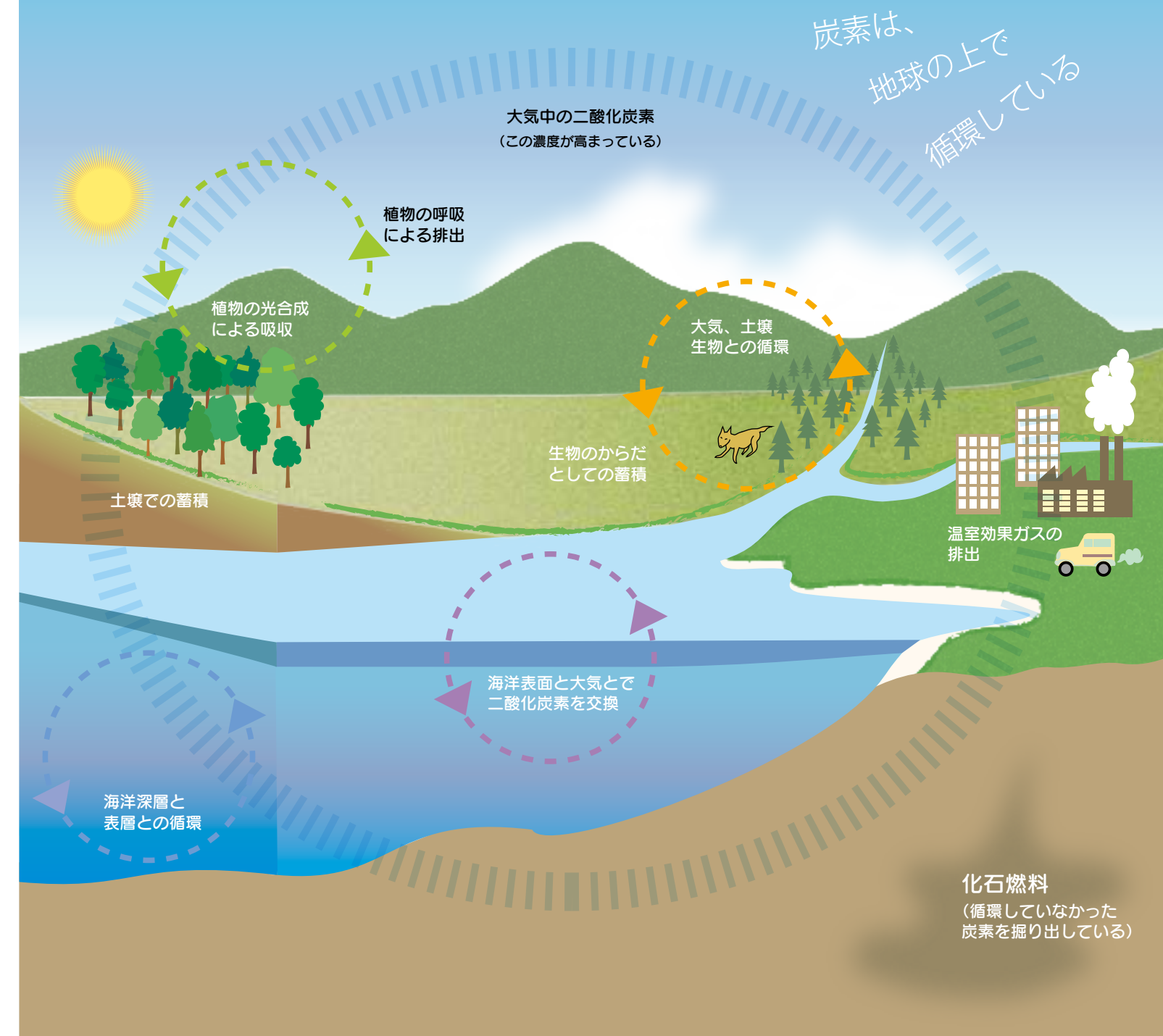
地球温暖化対策の一環として「脱炭素」というときの炭素とは、人間の経済活動において人為的に排出される余剰の「炭素」を排出しないような社会システムの構築という意味で使われています。この場合の「脱炭素」とは、すなわちエネルギーとして地下から掘り出している化石燃料への依存度を抑制し、同時に人為に

よって大気中に放出された「炭素」を固定することで、カーボンニュートラル(▶011)の状態を生み出すことを意味します。

酸性化する海 二酸化炭素のゆくえ

気候システムにおける炭素循環の最も大きな動きが、海洋と大気との間で行われる二酸化炭素の交換です(▶015)。海洋は、基本的には弱アルカリ性で、海表面で二酸化炭素を吸収したり放出したりしていますが、全体としては吸収量のほうが多いことが知られています。しかし、近年の温室効果ガスの濃度の高まりに伴い、海洋表面の水酸化イオン濃度つまり酸性度が高まってきていることがわかってきました。

すなわち、海が酸性化しつつあると考えられます。海が酸性化すると、吸収できる二酸化炭素の量も少なくなることがわかっています。海の二酸化炭素吸収能力が落ちれば、当然、大気中の二酸化炭素濃度が増加する勢いが加速することになります。海の酸性化は、さらなる温暖化の加速という「負のスパイラル」を生みかねない現象なのです。



炭素は、大気と海洋と生物圏で循環している

地球上に誕生した生命は、炭素原子を骨格とした分子構造でからだをつくりあげている。そのため、生態系の食べる食べられる関係の中で、炭素はつねに、環境から生物へ、生物から生物へ、生物から環境へと移動し続けている。また環境の中では、気候システムの循環に伴い、大気から海水へ海水から大気へと交換が行われている。海の温暖化や酸性化は、気候システムへの影響と共に、プランクトン、サンゴや海藻類など、海の生態系の変化にも影響をおよぼすと考えられる。

【参考原図】

炭素は、大気と海洋と生物圏で循環している ▶「Carbon cycle-cute diagram」 Wikimedia Commons :

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Carbon_cycle-cute_diagram.jpeg

「The Carbon Cycle」 NASA earth observatory :

<https://earthobservatory.nasa.gov/features/CarbonCycle>

【参考】

「海洋酸性化の知識」気象庁 : https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/mar_env/knowledge/oa/acidification.html

炭素

原子番号6番の元素。元素記号C。英語でcarbon(カーボン)という。人体をはじめとする有機物に欠かせない元素で、身近なところでは、木炭、石炭が炭素を主体とした物質で、鉛筆の芯の原料である黒鉛、ダイヤモンドは炭素の結晶。

気候変動・地球温暖化は、人間の経済活動に伴って人為的に排出された温室効果ガスの大気中濃度が高まることで起きています。これを止めるためには、温室効果ガスの排出を抑制して、常に一定の濃度が保たれるようにすることが必要です。どうしたらよいのでしょうか？

循環している炭素の バランスを一定にする

カーボンとは英語で炭素を、ニュートラルは中立の状態を意味します。つまりカーボンニュートラルとは、炭素の量が中立の状態にあることを意味しています。では、何をもちて中立としているのでしょうか？ 環境省によると「温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること」とあります。また、カーボンニュートラルであることの認証基準として、温室効果ガスの排出量を「削減する努力を行うとともに、削減が困難な部分の排出量について、他の場所で実現した温室効果ガスの排出削減・吸収量等を購入すること又は他の場所で排出削減・吸収を実現するプロジェクトや活動を実施すること等により、その排出量の全部を埋め合わせた状態」とされています。

目標として 差し引きゼロをめざす

2015年のパリ協定では、世界共通の長期的な目標として「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること

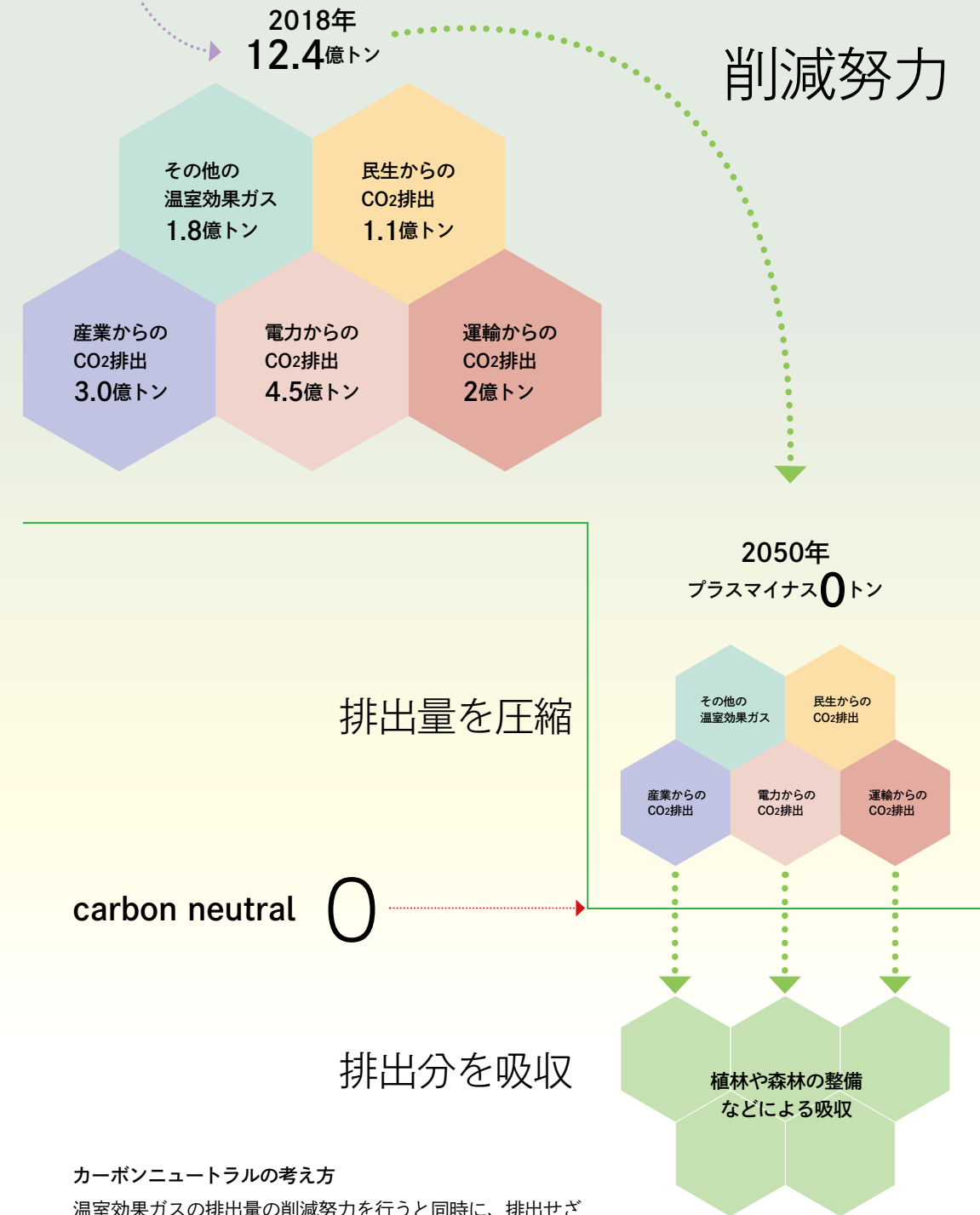
(2℃目標)」が掲げられました。さらに、「今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成すること」と続きます。

「均衡を達成する」とは、排出量から吸収量と除去量を差し引いた収支の合計をゼロにすることを意味します。人間の経済活動において、いまの段階で排出を完全にゼロに抑えることは至難の技です。そこで、削減努力をしたとしても、どうしても排出せざるを得ない分については、同じ量の炭素量を「吸収」または「除去」することで、差し引きゼロをめざそうという考え方を取り入れることになりました。これが、「カーボンニュートラル」の考え方です。

ゼロカーボンシティ への取り組み

カーボンニュートラルの状態から、さらに2050年に二酸化炭素の実質的な排出量をゼロにすることをめざす取り組みを表明した地方公共団体がいま増えつつあります。こうした「脱炭素社会」「ゼロカーボンシティ」へ向けての取り組みが、少しずつ動き始めています。

日本の温室効果ガスの総排出量(二酸化炭素換算)



カーボンニュートラルの考え方

温室効果ガスの排出量の削減努力を行うと同時に、排出せざるをえない温室効果ガスと同量のCO₂を森林を増やしたり、整備をすることで吸収し、プラスマイナス・ゼロにするという考え方が、カーボンニュートラル(資源エネ庁参考)。

【データ出典】

カーボンニュートラルの考え方 ▶ 『『カーボンニュートラル』って何ですか？(前編)～いつ、誰が実現するの？』資源エネルギー庁 2021 : https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/carbon_neutral_01.html

【参考】

「カーボンニュートラル認証基準」環境省 2011:

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/carbon_offset/mats/ca_cs.pdf

「脱炭素ポータル」環境省 2022 : https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/

「地方公共団体における2050年二酸化炭素排出実質ゼロ表明の状況」環境省 : <https://www.env.go.jp/policy/zerocarbon.html>

二酸化炭素(CO₂)換算
温室効果ガスにはいくつかの種類がある(P.8参照)。それぞれに温室効果の強さが異なる(P.28参照)ことから、それぞれのガスに二酸化炭素を基準とした係数を乗じて、二酸化炭素の量に換算して排出量を数値化している。

温室効果ガスは、世界全体では、どれくらいの量が排出されているのでしょうか？ また、排出量は、国によってどれくらいちがいがあのでしょうか？ エネルギー起源の二酸化炭素排出量の実情について、みておくことにしましょう。

世界では、どれくらいCO₂が排出されているのか

世界全体でのエネルギー起源による二酸化炭素の総排出量は、国際エネルギー機関(IEA)に基づく環境省の資料によると、2018年では、およそ335億トンが排出されました。排出量が多い国は、中国、アメリカ、インド、ロシアなどですが、それらに次いで日本は、第5番目に排出量の多い国となっています。

排出量をどのように計算しているのか

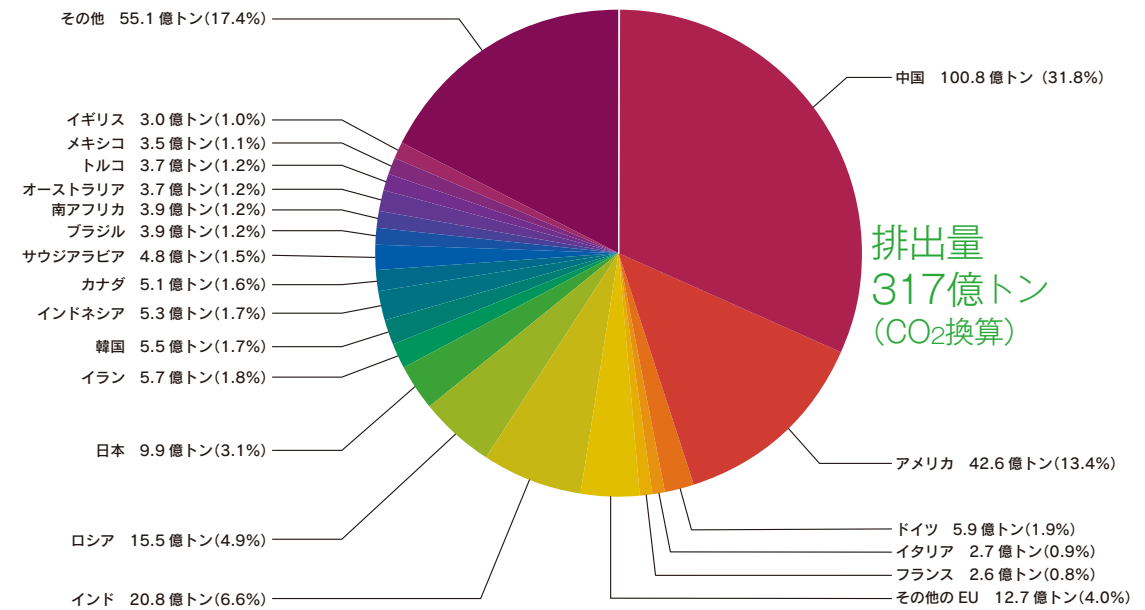
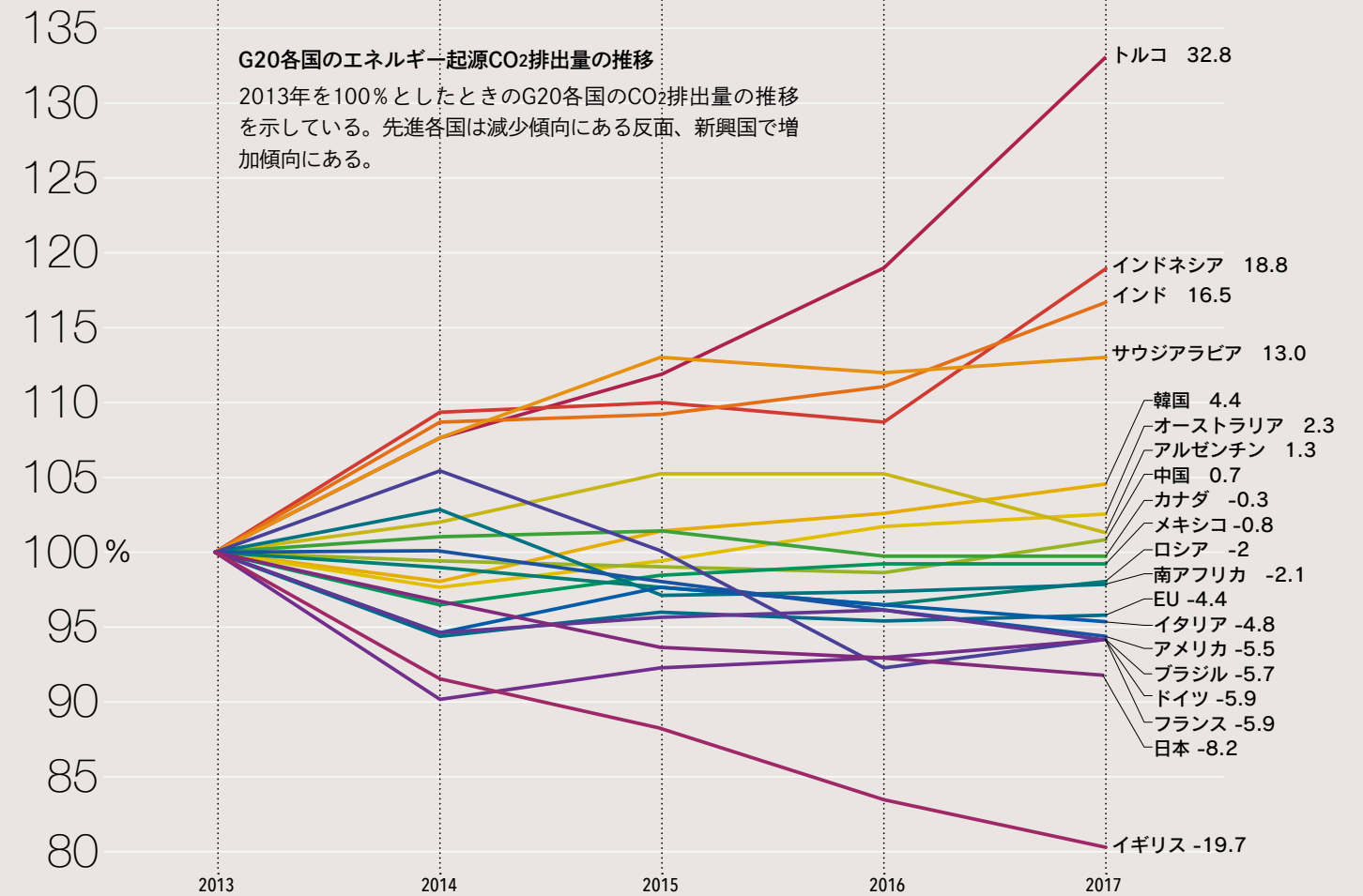
温室効果ガスの排出量の計算は、温けっして簡単なことではありません。エネルギー起源の排出と、非エネルギー起源の排出について、それぞれ各産業分野ごとに排出量をみきわめていかななくてはなりません。さらに、「温室効果ガス総排出量」は、温室効果ガスの物質ごとに、それぞれのガスが持つ温室効果の強さに応じた地球温暖化係数を乗じて、それらを合算して算定しています。地球温暖化係数とは、二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロン類では、温室効果をもたらす強さや、温室効果が持続する期間がそれぞれ異なるので、

二酸化炭素を基準として、それぞれのガスの温室効果の強さを数値化したものです。

政府は、日本全体での温室効果ガスの排出量を毎年算定して公表しています。これは、温室効果ガスの排出・吸収量の「目録」(インベントリ)という意味で、「日本国温室効果ガスインベントリ」と呼ばれています。

排出が増える国
排出が減っている国

各国の排出量の推移をみてみましょう。イギリス、日本、フランス、ドイツといった先進国においては、温室効果ガスの排出量は横ばいか、あるいは減少傾向にあることがわかります。それに対し、トルコ、インドネシア、インドといった新興国では増加傾向にあることがわかります。こうした傾向から、より効果的に温室効果ガスの排出を減らすためには、先進国においては、自国の排出量を強力に抑制すると同時に、新興国に対して、しっかりとした援助と支援を行うことの重要性を示唆しています。では、これまで国際社会において、どのような取り組みが行われてきたのでしょうか？ つぎにみてみることにしましょう。



2020年における世界のエネルギー起源CO₂排出量

【データ出典】

G20 各国のエネルギー起源 CO₂ 排出量の推移 ▶ IEA 「CO₂ EMISSIONS FROM FUEL COMBUSTION」 2019 EDITION に基づいて経済産業省が作成したグラフより作図。「CO₂の排出量、どうやって測る? ~ 先進国 vs 新興国」資源エネルギー庁 2020 : https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyoo/co2_sokutei.html
2020年における世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量 ▶ IEA 「Greenhouse Gas Emissions from Energy」 2022 EDITION を基に環境省が作成したグラフより作図。「世界のエネルギー起源 CO₂ 排出量 (2020年)」環境省 : <https://www.env.go.jp/content/000098246.pdf>

地球温暖化係数(GWP) Global Warming Potential。二酸化炭素を基準にして、ほかの温室効果ガスがどれだけ温暖化する能力があるかを示す係数。二酸化炭素に比べて、メタンは25倍、一酸化二窒素は310倍、フロン類は数千~1万倍の温暖化能力を持つ。1トンのメタン排出であれば、CO₂換算で25トンの排出と算定される。

温室効果ガスの排出 「人の活動に伴って発生する温室効果ガスを大気中に排出し、放出し若しくは漏れさせ、又は他人から供給された電気若しくは熱(燃料又は電気を熱源とするものに限る。)を使用すること」をいう(地球温暖化対策推進法第2条第4項)。

気候変動・地球温暖化への取り組みは、調査解析のための技術的な困難や懐疑的な意見もある中で押し進められてきました。そして2021年IPCCの第6次評価報告書の公開により、人為による地球温暖化は疑問の余地のないものとされました。これまでの経緯を振り返ってみましょう。

国際社会での
これまでの取り組み

1988年にIPCCが設立され、1990年の第1次評価報告書で平均気温と海面上昇の具体的な予測を発表し、「生態系や人類に重要な影響をおよぼす気候変動が生じるおそれがある」と予測してから、1992年のブラジル、リオデジャネイロでの「国連環境開発会議(地球サミット)」を皮切りに国際社会は紆余曲折を経つつも、1997年には京都議定書の採択へとこぎつきました。京都議定書は、2020年までの温室効果ガス排出削減目標を定めた枠組みで、第1約束期間(2008年～2012年)における数値目標を定めたことが特徴です。

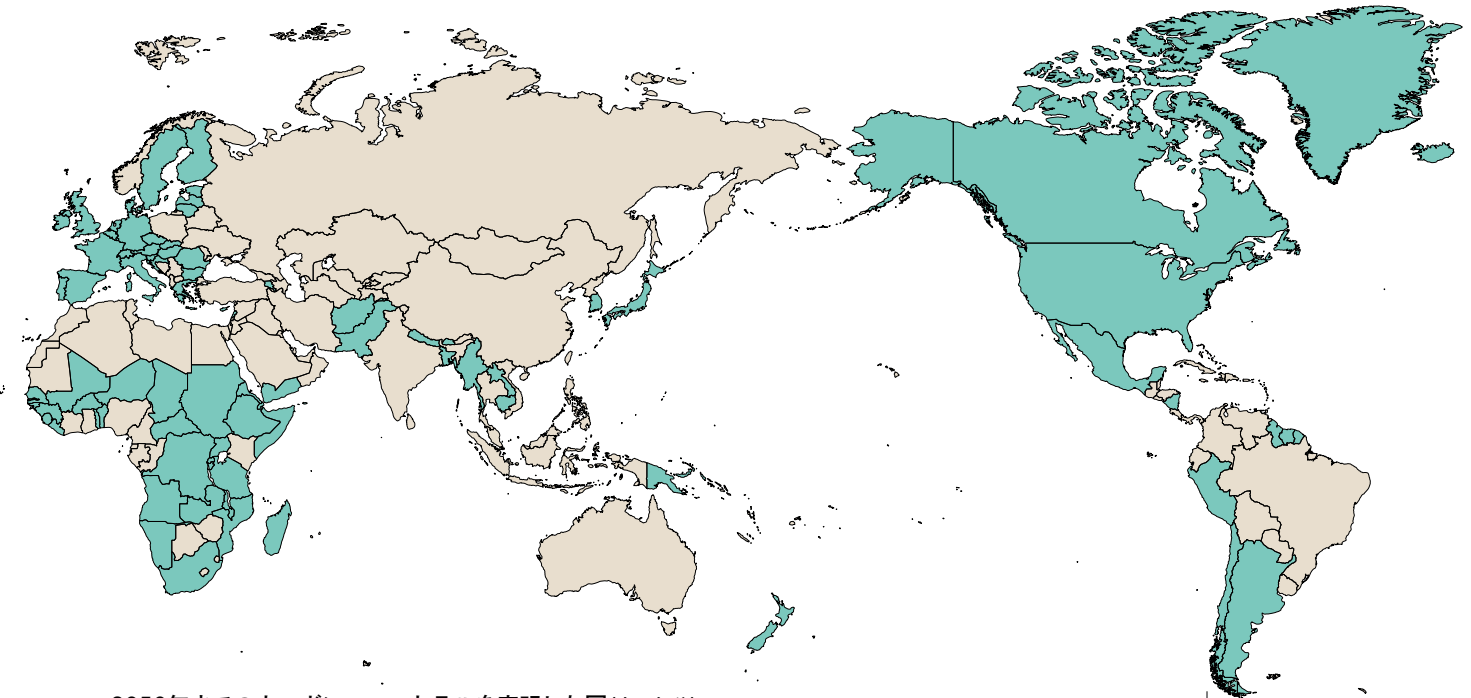
地球温暖化防止へ向けた
パリ協定

京都議定書をさらに押し進めるために、2015年のCOP21で、すべての国が参加する新たな国際的な枠組みとなる「パリ協定」が採択されました。「パリ協定」では、各国が気温上昇を1.5℃に抑えるために、二酸化炭素削減の独自目標を設定しています。しかし、気候変動・地球温暖化への評価は、各国経済界の懐疑的な姿

勢やアメリカ合衆国の「パリ協定」離脱(2021年2月に復帰)などもあり、国際社会が足並みを揃えて実効的な対策を打ち出せるまでに至っていないというのが現実でした。

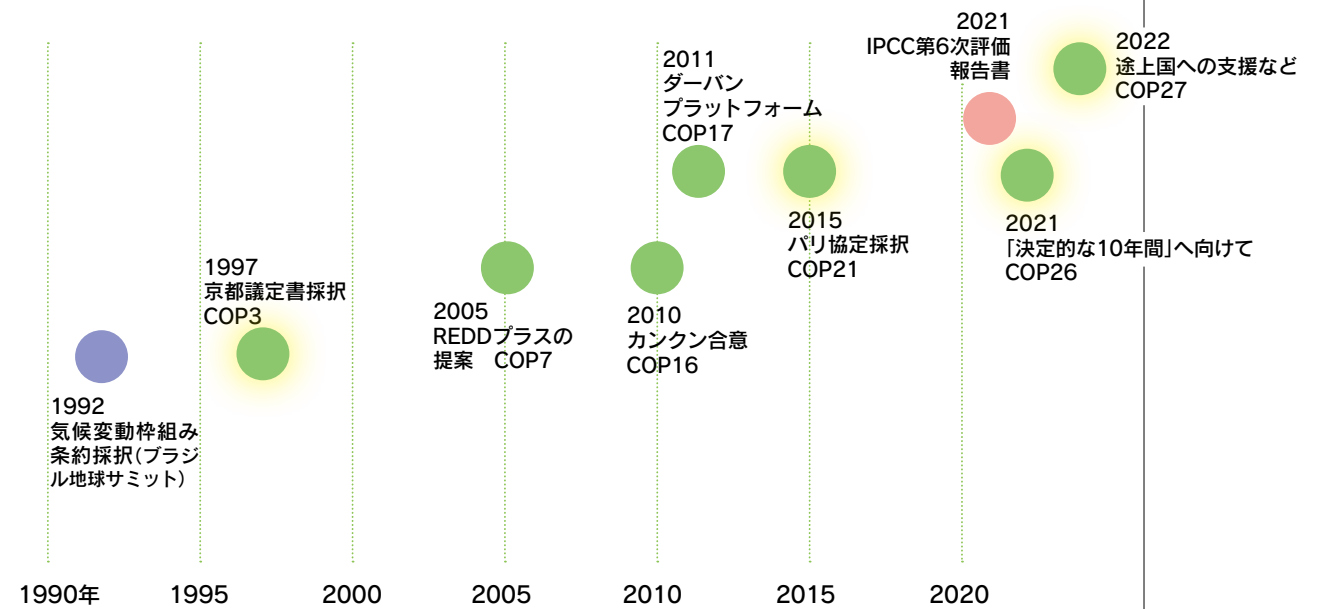
そして、
つぎの対策へ

第6次評価報告書では、「人間の影響が大気、海洋および陸域を温暖化させてきたことには疑う余地がない」と明記され、さらに「世界平均気温は、全ての排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間に二酸化炭素およびその他の温室効果ガスの排出が大幅に減少しない限り、21世紀中に、地球温暖化は1.5℃および2℃を超える(気象庁訳)」としています。これを受けていま、人類の未来へ向けてどのように実効的な対策を講じることができるのかが問われています。2021年にイギリスで開催されたCOP26では、今後10年間の国際社会の取り組みの重要性が強く指摘されました。2022年にエジプトで開催されたCOP27では、緩和への野心的な対策の実施や「損失と損害」への支援など締約国の気候変動対策の強化が求められました。



2050年までのカーボンニュートラルを表明した国(青い部分)

124カ国・1地域が表明している。全世界のCO₂排出量でこれらの国々が占める割合は、37.7% (2017年度実績)となる。



これまでの世界の取り組みの流れ

京都議定書は、先進国だけに排出削減目標を課したが、先進国、開発途上国を問わずすべての締約国が参加する2020年以降の新たな法的枠組みについて2011年のCOP17で協議され、2015年にフランスのパリで開催されたCOP21で「パリ協定」が採択された。2022年にエジプトで開催されたCOP27では、パリ協定の1.5℃目標に基づく取り組みの実施の重要性が確認され、気候変動の影響を受ける途上国を支援する基金の設立が合意された。また、目標達成に向けた森林等の役割の内容が盛り込まれた。

【データ典拠・参考原図】

2050年までのカーボンニュートラルを表明した国・COP25における Climate Ambition Alliance および国連への長期戦略提出状況等を受けて経済産業省作成の原図(2021年1月20日時点)より作図。「カーボンニュートラル 2050 実現に向けた取組の検討について」経済産業省 2021:

https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/seizo_sangyo/kagaku_bussuitsu/flon_taisaku/pdf/016_07_01.pdf

【参考】

「地球環境・国際環境協力」環境省: <https://www.env.go.jp/earth/index.html>

決定的な10年間

気候変動による後戻りのできない悪影響を回避するためには、今後10年間の世界各国の取り組みが決定的に重要であることから、COP26は「決定的な10年間」へ向けての最初の締約国会議と位置づけられた。

日本ではいま、気候変動・地球温暖化を止めるための法律を整備することで、企業がカーボンニュートラルを促進できるような社会的な枠組みを整備しています。2050年までのカーボンニュートラルを宣言することで、強い意志を持って地球温暖化の防止に取り組もうとしています。

京都議定書に基づく日本の取り組み

京都議定書では、その第1約束期間(2008～2012年度)に温室効果ガスの排出量を基準年(原則1990年)よりも6%削減する義務を負っていました。日本は、産業分野における排出削減努力を土台としつつ、参加国の話し合いによって割り当てられた排出量から、森林を吸収源として算定した分と海外への技術投資などで獲得した排出枠によって、6%削減目標の達成に必要な約63億9200万トン分(5カ年分)の償却を行い、国連の審査のもと、2016年3月に目標達成が正式に決定しました。

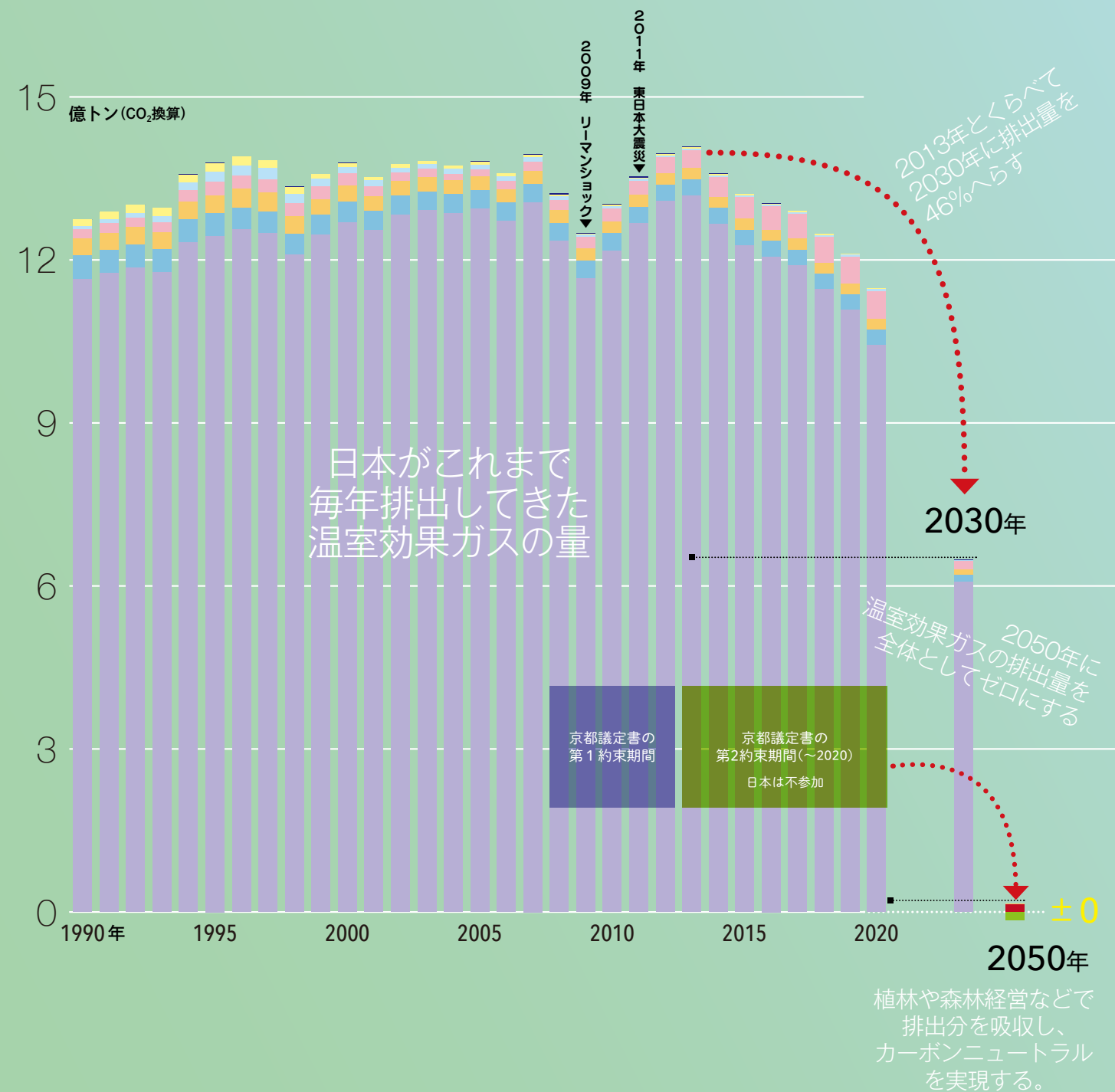
パリ協定での約束と中・長期戦略

2015年に採択されたパリ協定では、国毎に削減目標を設定し、さらに5年毎にその目標を更新することになっています。日本は、2016年に閣議決定した「地球温暖化対策計画」を2021年に改訂。2030年度の温室効果ガス削減目標を2013年度比で-46%とし、さらに50%の高みへ向けて挑戦を続けると表明しました。そのうちの約3800万CO₂トン(2013

年度総排出量比2.7%)を森林の吸収量で賄う目標が立てられています。この目標達成のために、健全な森林整備や保安林の適切な管理、効率的な林業経営、造林対策や木材の利用促進、木質バイオマス利用の推進などに取り組むことが求められています。

2050年のカーボンニュートラルへ向けて

日本政府は、2020年10月の臨時国会で「2050年にカーボンニュートラル」の実現をめざすことを宣言しました。この宣言を受けて、2021年には、「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案」を閣議決定。続く2022年にも同法の改正を閣議決定して、温暖化対策を強化してきました。これらの法律改正によって、宣言をより実効的なものとするために、継続的に脱炭素に向けた各自治体での取り組みや民間への投資を活性化させ、つぎの時代へ向けての「イノベーション」を起こそうとしています。法律を整備しつつ、少しずつですが、地域毎での再生可能エネルギーを活用した脱炭素化の取り組みや、企業の二酸化炭素を排出しないような経営を促がしているとしています。



日本の温室効果ガス排出量の推移と削減目標

日本は、京都議定書の第1約束期間に先進国に義務づけられた目標値を達成したが、京都議定書の第2約束期間には参加していない。理由は、同期間に設定された温室効果ガスの削減義務にアメリカや中国が参加していないことから、2011年のダーバン合意で採択された「すべての主要国が参加する」枠組みにマイナスになるとの考えからである。日本の温室効果ガス排出量は、2013年をピークに少しずつ削減努力の効果が現れてきている。現在における削減目標は、2013年度比で2030年に46%減、2050年に温室効果ガスの排出量を全体としてゼロにすることをめざしている。

【データ出典】

日本の温室効果ガス排出量の推移と削減目標 ▶ 「温室効果ガスインベントリ」 国立環境研究所 :

<https://www.nies.go.jp/gio/aboutghg/index.html>

【参考】

「地球温暖化対策推進法と地球温暖化対策計画」 環境省 : <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/domestic.html>

「京都議定書第一約束期間の削減目標達成の正式な決定について」 環境省 : <https://www.env.go.jp/press/102374.html>

「京都議定書第二約束期間の目標」 林野庁 : https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyoku/ondanka/con_4.html

「気候変動に関する国際枠組」 外務省 : https://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page22_003283.html

京都議定書

1997年に京都で開催された国連気候変動枠組条約第3回締約国会議(COP3)で採択された国際条約。

■ 執筆・監修者からひとこと……①

平田 泰雅 森林総合研究所 研究ディレクター

社会が脱炭素に向かう中、テレビや新聞、インターネットでは、毎日のように、太陽光や風力といった自然エネルギーを利用した発電や電気自動車の話題が報道されています。2050年のカーボンニュートラルの達成に向けては、当然のことながら、企業から個人に至るまで相当量の温室効果ガスの排出を削減する努力が必要です。これに足りない分については、イノベーションによる新たな削減技術の導入で補うことになります。一方で、排出量をゼロにすることは現実的には難しいことから、「パリ協定」にあるように、削減できなかった排出量を森林などによる吸収量で相殺する必要があります。

森林は林齢が老齢化するとともに炭素の吸収量が減っていきます。現在の日本の人工林の多くは、昭和に植えられ平成に育った森林で、伐採に適した林齢を過ぎて老齢化が始まっています。このため、森林による吸収量の確保に向けては、森林を適正に循環利用していく必要があります。

老齢化した林を伐採して新しく植え替えて吸収量を維持し、出来れば増加させる。さらに、伐り出した木は木材製品として利用し、できるだけ長い期間、地上に炭素を留めておく——そうした流れをつくるのが、いま切実に求められています。

気候変動における森林の役割をみんなが正しく理解することは、カーボンニュートラルを真に実現するための第一歩となります。

section 2.

気候変動を緩和する森林のしくみ

このセクションでは、森林が地球環境の中でどのような役割を果たしているのか、また気候変動を抑制・緩和するうえで、どのような役割を果たせるのかといったことについて、科学的な視点からみていきます。まずは、25ページの炭素循環の図を数量的に整理してみましょう。

自然界の炭素循環と化石燃料による人為的な排出

気象システムと生物・生態系において、炭素が循環しているという話をしました(▶010)。炭素は、生命体にとっても不可欠の物質で、その循環は地球の生態系を維持するために重要な役割を果たしています。自然界におけるそうした炭素循環に、近代になって人間の経済活動による炭素の排出が加わりました。地下に埋もれていた石炭や石油などの化石燃料を掘り出して利用することで、大気中の二酸化炭素濃度が急速に高まってしまったのです。とはいえ、自然界にはもともとの炭素の循環があります。自然界の循環における大気中の二酸化炭素の収支は、どのようになっているのでしょうか？

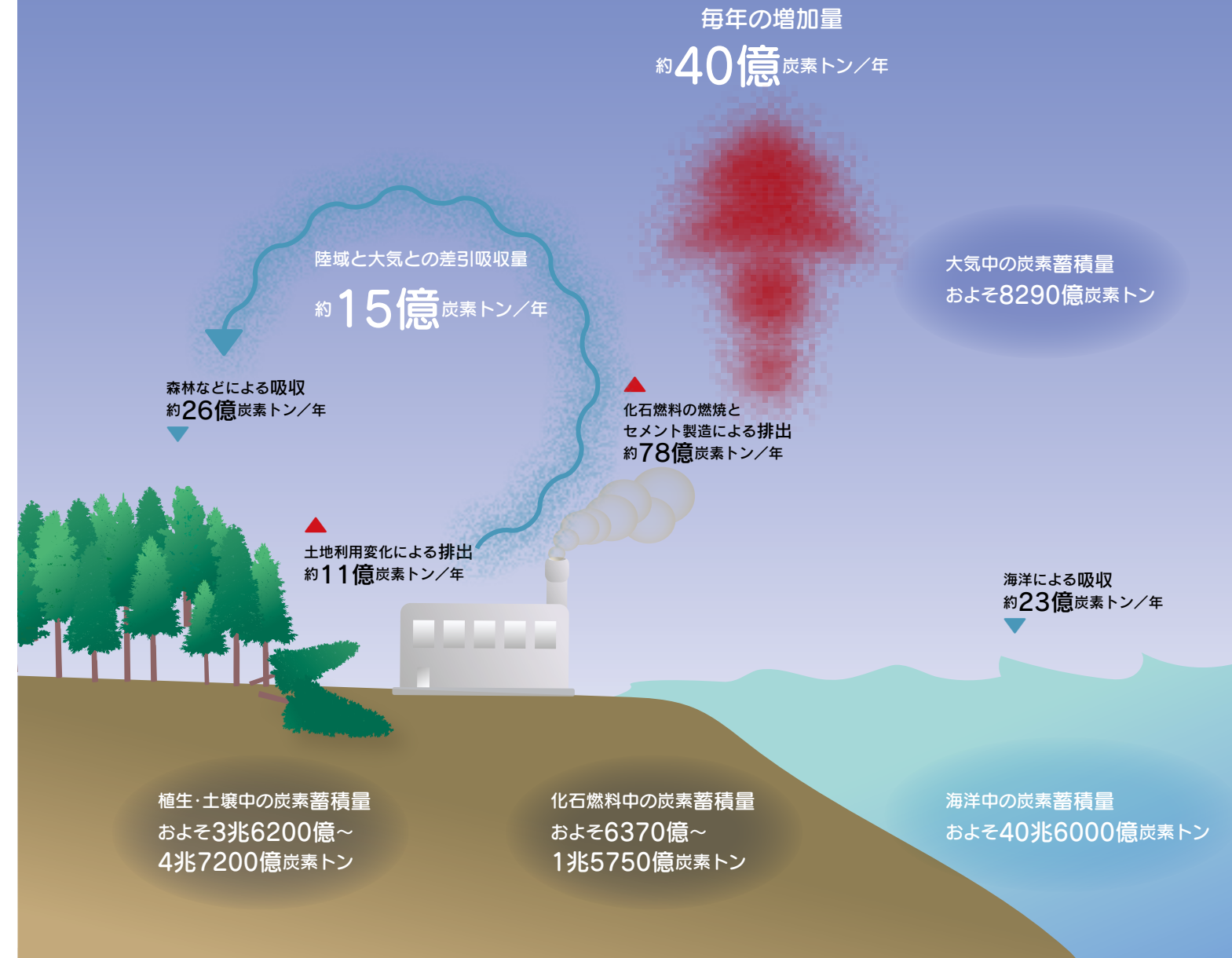
自然界の二酸化炭素の排出と吸収の収支関係

地球に生命が誕生する以前の原始の地球においては、大気にはいまのように多くの酸素は含まれていませんでした。二酸化炭素の濃度も現在よりもかなり高かったと考えられています。大気中の二酸化炭素は、雨や海洋によって吸収されます。海

洋は大気との間で二酸化炭素をやりとりしており、気温や、海水の上下の混合、生物活動などによって吸収するか放出するかが異なります。また風速によって、その量が変わります。一般に、海水温が高いと放出し、プランクトンが多く二酸化炭素を消費すると、大気から吸収します。その量は風速が強いほど多くなります。とはいえ、全体的には海洋は大気から二酸化炭素を吸収するほうが多くなっています。

森林は二酸化炭素を吸収も、排出もしている

森林についてみましょう。森林は、樹木をはじめとする植物で構成されています。植物は呼吸によって二酸化炭素を排出もしますが、おもに光合成によって二酸化炭素をたくさん吸収しています。その収支については、40ページ以降にくわしく見ていきますが、吸収量としては海洋よりも多いくらいです。ただし、呼吸によって排出する二酸化炭素量を差し引く必要があります。とはいえ、セクション5でみるように、木材として蓄積することで、より効果的に二酸化炭素を蓄積させることができます。



人為的な排出と自然界の炭素循環

人間の活動による化石燃料からの排出は、海洋や森林による吸収を大きく上回っている。このことが近年の大気中の二酸化炭素濃度上昇の原因となり、地球温暖化を推し進めている。

【データ出典】

人為的な排出と自然界の炭素循環▶IPCC第5次報告書(2013)をもとに気象庁が作成した図および環境省のデータより作図。

「海洋の炭素循環」気象庁：https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/mar_env/knowledge/global_co2_flux/carbon_cycle.html

「森林と生きる」環境省 2016：https://www.env.go.jp/nature/shinrin/download/forest_pamph_2016.pdf

【参考】

「海洋による二酸化炭素の吸収・放出の分布」気象庁：

https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/mar_env/knowledge/global_co2_flux/global_co2_flux_map.html

「海洋の温室効果ガス」気象庁：https://www.data.jma.go.jp/gmd/kaiyou/db/co2/knowledge/greenhouse_gases.html

自然界の炭素循環

自然界では、大気と海洋、光合成細菌や植物による光合成、生物の食物連鎖などを通して炭素は常に安定的に循環し続けている。

プランクトン

水中を漂う微細な生物たちの総称。植物性と動物性があり、大型プランクトンの珪藻類が増えると海中のCO₂濃度が低下することなどが、国立環境研究所などの調査でわかっている。

ひとくちに森林といっても、気候帯や地域環境によって地球上には、さまざまな樹種・植生による森林生態系が生育、分布しています。それぞれの気候帯には、どのような森林生態系があるのでしょうか？ また、世界にはどれくらいの面積の森林が存在しているのでしょうか？

森林にも いろいろな種類がある

森林による温室効果ガスの吸収についてみるまえに、世界の森林について、みておきましょう。ひとくちに森林といっても、世界にはそれぞれの気候帯や環境によって、さまざまな森林があります。気温と降水量などによって分けられるそれぞれの気候帯の環境に適した森林が分布しています。たとえば、熱帯には熱帯多雨林、乾燥地帯にはサバンナや砂漠、温帯には常緑広葉樹林や夏緑広葉樹林や温帯草原、寒帯には北方針葉樹林やツンドラ、高地には高山植生などです。日本にはおもに常緑広葉樹林と夏緑広葉樹林が分布しています。

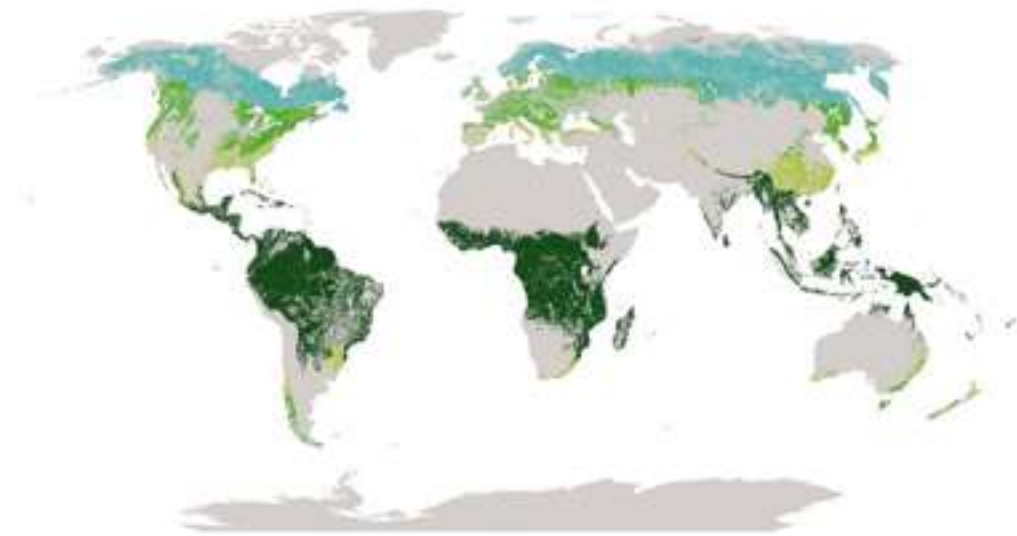
世界の陸地面積の 約3割を占める森林

世界各国の森林資源や林業に関する統計などをまとめたレポート「世界森林資源評価(FRA)」が2020年にFAO(国連食糧農業機関)から提出されました。そのレポートによると、世界の森林面積は約40億6000万ヘクタールで、世界の陸地面積のおよそ3割を占めています。森林のおよそ45

%は熱帯に分布し、次いで、亜寒帯、温帯、亜熱帯の順に森林が占める割合が多くなります。森林面積が多い上位5カ国は、ロシア連邦、ブラジル、カナダ、アメリカ合衆国、中国で、これらの国で世界の森林の半分以上を占めています。

国別あたりの 森林蓄積量

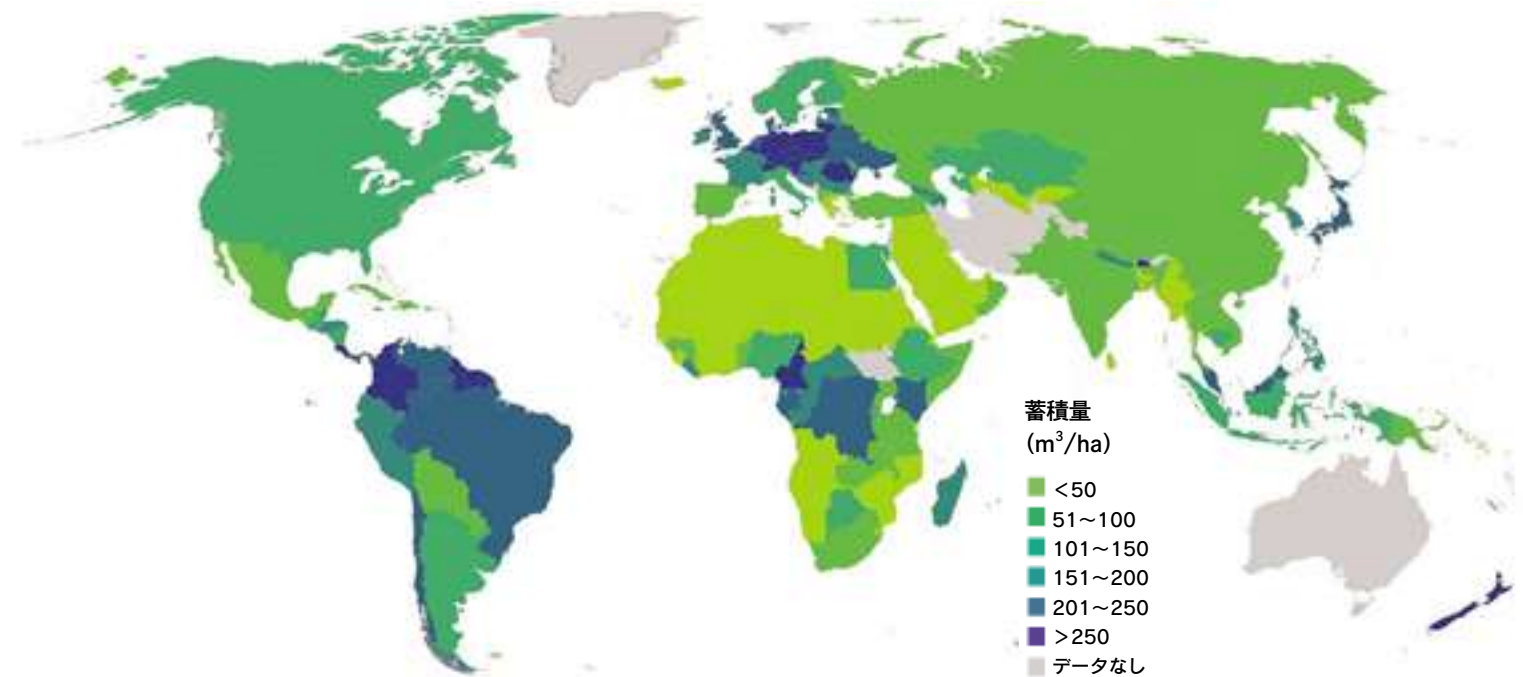
同レポート(FRA2020)によると、世界の森林の樹木の蓄積量は、「森林面積の純減に伴って、1990年の5600億 m^3 から2020年の5570億 m^3 に微減した」と報告されています。純減とは、森林が増えた分を差し引いて、減った分の面積を示したものです。また、単位面積あたりの蓄積は世界的に増加していて、「1990年の132 m^3/ha から2020年の137 m^3/ha に増えた」ことが報告されています。地域別にみると、南米・中米、アフリカの西部・中部の熱帯林で増えています。森林内のバイオマスの蓄積量は炭素換算で約606ギガトン(地上部および地下部の生体)と59ギガトン(枯死木)で、総バイオマス量は1990年以降やや減っていますが、単位面積当たりのバイオマス量は増えています(農林水産省の仮訳による)。



■ 亜寒帯 1億1099万ha(27%)
■ 温帯 6億6580万ha(16%)
■ 亜熱帯 4億4912万ha(27%)
■ 熱帯 18億3414万ha(45%)

気候帯による森林の分布

世界には、気候帯によって、北方林、温帯林、亜熱帯林、熱帯林が分布している。世界の森林面積は、およそ40億6000万ha(陸地の31%)で、その多くが熱帯に分布している。



蓄積量
(m^3/ha)

- <50
- 51~100
- 101~150
- 151~200
- 201~250
- >250
- データなし

国別の単位面積当たりの森林蓄積量(2020)

世界の森林の蓄積量は5570億 m^3 、1ヘクタール当たり137 m^3 で、南米、中米、西アフリカ・中央アフリカの蓄積量が多い。国別では、ブラジルの1200億 m^3 が最も高く、世界の蓄積量の約22%を占めている。

【原図出典】

気候帯による森林の分布、国別の単位面積当たりの森林蓄積量▶Global Forest Resources Assessment, main report FAO 2020:
<http://www.fao.org/forest-resources-assessment/fra-2020/maps/en/>

【参考】

Global Forest Resources Assessments FAO 2020 : <https://www.fao.org/forest-resources-assessment/en/>

「森林・林業分野の国際的取組」林野庁 : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/>

夏緑広葉樹林

冬に葉を落とす落葉広葉樹のこと。クリ、ケヤキ、ニレ、シデ、カエデ、ブナ、ミズナラなど。

森林の植生や土壌のちがいによって、炭素の蓄積量は異なります。世界の森林や土壌がどれくらい炭素を固定しているのか、熱帯林、温帯林、北方林のそれぞれの森林によるちがいについて、みてみましょう。

世界の森林が、 固定している炭素の量

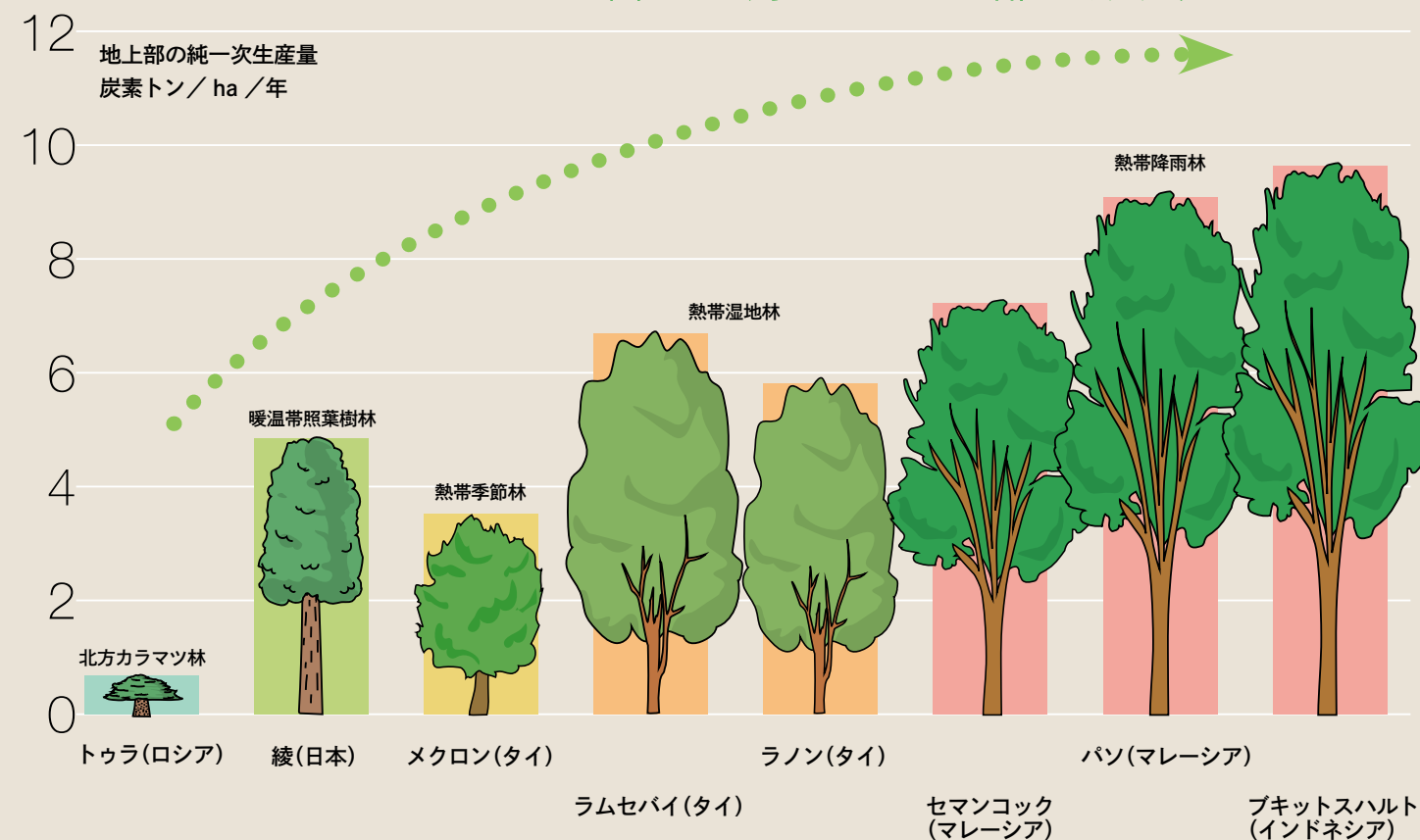
森林のタイプや樹種のちがい、その森林が作りだした土壌のちがいなどによって、森林が大気中の二酸化炭素を吸収し、樹体に固定する炭素の量は異なってきます。単純には比較できませんが、目安となる資料をみてみましょう。森林総合研究所の気候帯ごとに異なる森林タイプの地上部の純一次生産量を比較した調査によると、熱帯降雨林での生産量が高く(すなわち光合成が盛んで、植物体が大きく成長する)、北方カラマツ林での生産量が少ない(すなわち時間をかけてゆっくりと成長している)ことがわかります。純一次生産量とは、ある期間内に光合成によって成長した枝や葉などの有機物量と、おなじ期間内に枯死した有機物量とを足し合わせることで求めることができます。さらに、二酸化炭素と炭素の分子量の比(44/12)を乗算することで、二酸化炭素量に換算することができます。森林総合研究所の報告によると、1年間の1ヘクタール当たりの純一次生産量は炭素量で0.4~16トンとなり、これは、気温や水分条件、光などの環境要因で大きく異なってきます。これを二酸化炭素に換算すると、1年で

1.5~59トン/haとなりました。もちろんこの値は、年によって大きく変動します。毎年の気候や台風による被害、火災などの影響を受けるからです。とはいえ、右ページの上のグラフにみるように、森林の地上部に蓄積される炭素量は、熱帯林のほうが多くなる傾向にあるということわかります。

土壌によっても 炭素の蓄積量はちがう

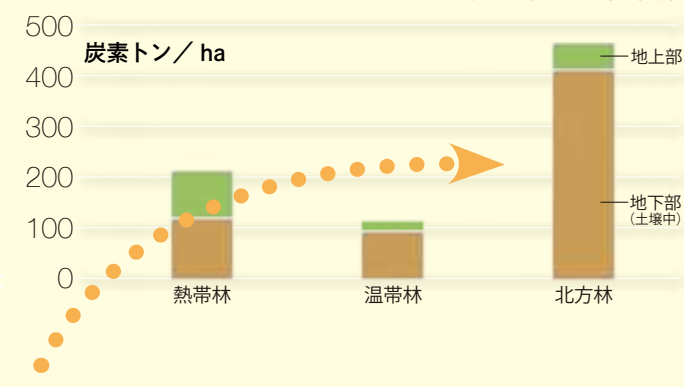
森林それぞれの森林土壌にもちがいがあります。また、それぞれの森林が分布する気候帯によって気温や降水量が異なるので、それらの条件によって蓄積されている炭素の量にもちがいが生じます。世界の森林土壌中の炭素蓄積量を調べたある調査によると(右ページ下のグラフ参照)、熱帯林にくらべて北方林では土壌中に炭素を多く貯蔵していることがわかりました。このことは、気温が高い熱帯では、樹木の成長や土壌中の有機物の分解が早く、北方林では樹木がゆっくりと成長し、土壌中の有機物がなかなか分解しにくいことに起因すると考えられます。

暑い地方ほど地上部の成長はいい!



森林タイプによって地上部の純一次生産量は異なる
試験地の緯度は右へいくほど低くなり、赤道に近くなる。

寒い地方ほど地下部に蓄積!



森林タイプによる地上部と
地下部の生産量のちがい

地下部の土壌での炭素の蓄積は、寒い地域へいくほど多くなる。また、気温が低いほど、全体としての炭素の蓄積が多い。気温が低ければ、それだけ分解の速度も遅くなるからだ。

【データ出典】

森林タイプによって地上部の純一次生産量は異なる▶「観測ネットワークによる東アジアの森林炭素量を把握する取り組み」佐藤保ほか 2014 森林総合研究所平成26年度版研究成果選集, 32-33 『季刊森林総研』28号 森林総合研究所 2015:

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/documents/kikanffpri28-feature6.pdf>

森林タイプによる地上部と地下部の生産量のちがい▶「世界の森林土壌中の炭素量」Kasischke (2000) のデータによる農林水産技術会議の原図より作図。「地球温暖化の防止に関わる森林の機能」農林水産研究開発レポート No.8 農林水産技術会議 2003:

<https://www.affrc.maff.go.jp/docs/report/pdf/no08.pdf>

炭素量と二酸化炭素換算
二酸化炭素の分子は、原子量12の炭素が1つと、原子量16の酸素が2つからできているので、その分子量は44となる。炭素の原子量が12なので、同化した炭素量が1トンであれば、二酸化炭素としての吸収は、3.67トンとなる

世界の森林は、開発によって減少や劣化を続けています。植林をすることによって、森林量が増えている国や地域もあります。木材の利用は生活に欠かせません。森林資源は、どのような状況にあるのか、またその利用は気候変動にどのような影響をおよぼしているのでしょうか。

世界の森林面積の現状

FAO(国連食糧農業機関)のレポート「世界森林資源評価(FRA 2020)」によると、世界では1990年以降森林減少によって推定4億2000万haの森林が失われました。年間の森林減少面積について、2010~2015年と2015~2020年の各5年間を比較すると、減少面積が200万ha/年ほど少なくなっています。森林が減る速度は、1990~2000年には年平均780万haだったものが、2000~2010年には520万ha、2010~2020年には470万haへと低下しました。

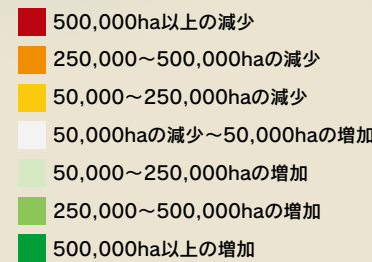
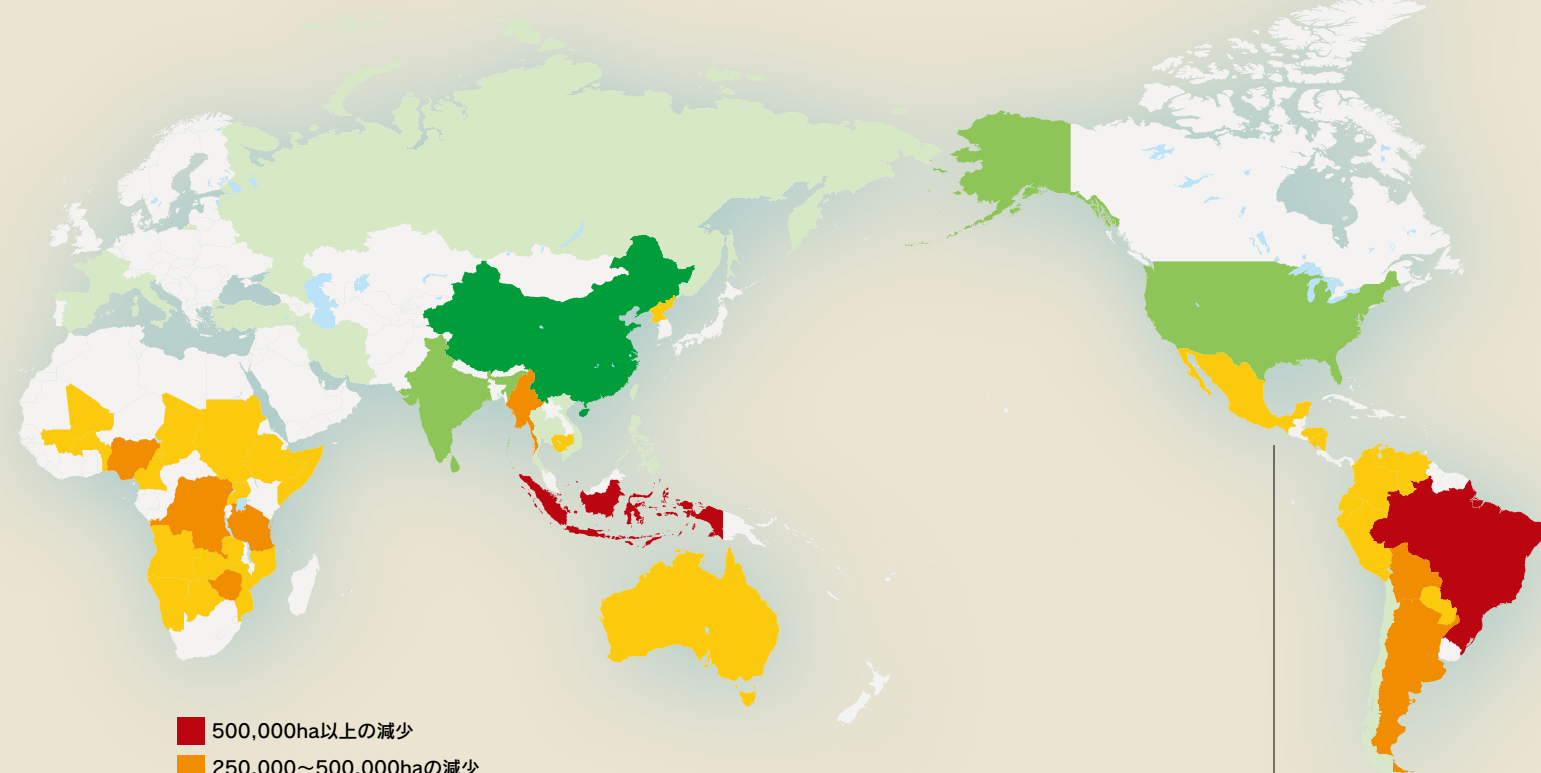
こうしたことから、森林が減る速度が鈍ってきていることがみてとれます。とはいえ、同時に森林面積の増加量も増えてはおらず、総体としてはいまなお減少が続いている状況にあります。右上の地図はFAOによる森林面積の変化図です。南半球の国々、とくに熱帯林での森林の減少が激しいことがみてとれます。かつては未踏の密林(ジャングル)として「地球の肺」ともいわれたブラジルのアマゾン地帯や、インドネシアをはじめとする熱帯アジアでの森林の減少が激しく、いまなお危惧すべき状況が続いているといえるでしょう。

森林面積の増加と減少のそれぞれの理由

地図からは、中国やインドなどで森林面積が増加していることがわかります。中国やインドでは、国の施策として強力に植林を推し進めていることから、人工林の増加が著しく、国土の緑化が進んでいます。中国では年平均114万ヘクタールの人工林が増加していて、人工林率は38.5パーセントとなり、世界でもっとも広い人工林面積を占めています。森林の減少の要因としては、農地への転換などが挙げられます。ブラジルではアマゾンの熱帯林の開発と農地化、インドネシアでは植物油を採るためのオイルパームのプランテーション化によって、森林が破壊されています。

森林減少による炭素排出量の増加

森林の面積が減少すれば、当然その森林が吸収するはずであった二酸化炭素は、大気中に残り続けることになります。右ページ下のグラフにあるように、世界の森林面積の減少とともに炭素排出量は増加を続けています。

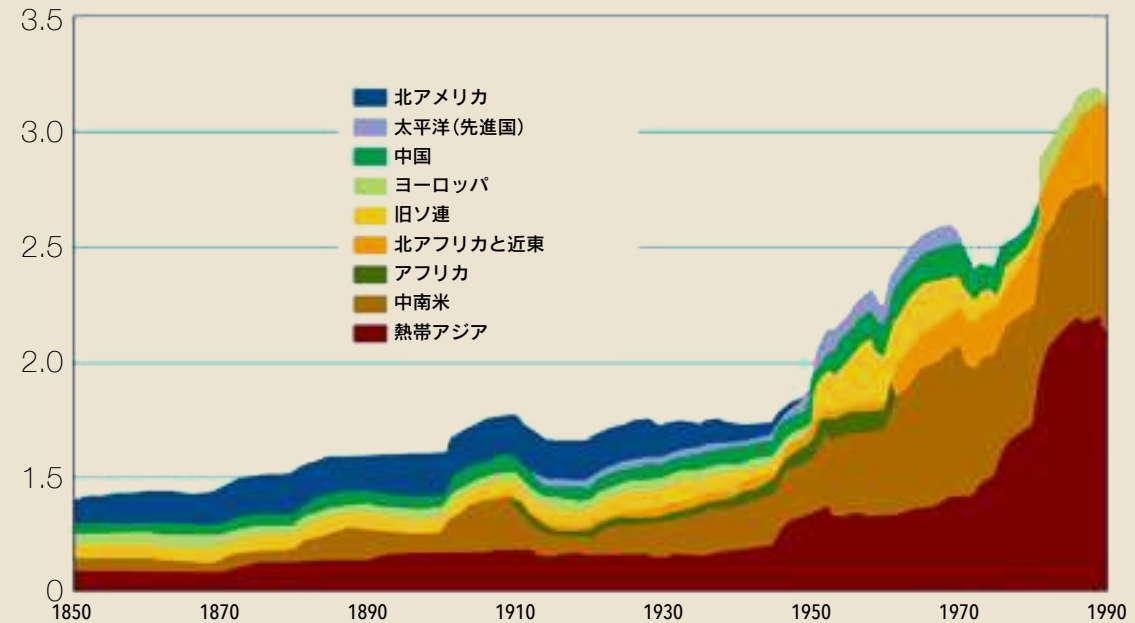


世界各国の森林面積の変化(ha/年 1990~2015の年平均)

ここ数年間、世界の森林面積は、毎年平均約330万ヘクタールずつ減り続けている。地図にみるように南アメリカ、アフリカ、東南アジア、オセアニアといった地域での減少が目立つ。赤~黄色が減少、白色が変化微小、黄緑~緑色が増加。

出典:FAO 2015

CO₂換算(ギガトン/年)



土地利用形態の変化による炭素排出量の推移

【原図出典】

世界各国の森林面積の変化 ▶Global Forest Resources Assessment 2015, FAO :

<https://www.fao.org/3/i4793e/i4793e.pdf>

土地利用形態の変化による炭素排出量の推移 ▶State of the World's Forests 2001, FAO :

<https://www.fao.org/3/y0900e/y0900e06.htm>

【参考】

「森林・林業分野の国際的取組」林野庁 : https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/index.html#sigen_w

オイルパーム
ヤシ科アブラヤシ属の植物。果実からパーム油が生産される。熱帯雨林を伐採してオイルパームのプランテーションがつけられていることから、森林破壊ひいては地球温暖化へとつながることが懸念されている。

プランテーション
熱帯・亜熱帯地域において国際的に需要の高い単一の作物を大規模に生産栽培する農園。歴史的には植民地主義に根ざし、現代ではおもに国際企業によって経営される。

森林面積の純減
森林面積が減った量から、増えた量を差し引いた値。

森林が炭素を固定する力とは、すなわち樹木が光合成を行うことで、枝葉を伸ばし、成長するとともに、木材を生産することにほかなりません。樹木がどのように大気中の二酸化炭素から、植物体に炭素を固定しているのか、そのメカニズムをみてみましょう。

樹木は、光合成で二酸化炭素を吸収する

植物は光合成をしています。光合成とは、大気中の二酸化炭素と水から、太陽エネルギーを使って炭水化物(デンプンなどの糖類)をつくりだすしくみです。光合成をするために植物は二酸化炭素を吸収し、不要となった酸素を排出します。そして生産した炭水化物を使って生命活動を営むと同時に、幹・根・枝・葉といった植物のからだを成長させていきます。つまり、植物体(バイオマス)の炭素量を測定することで、光合成によって吸収した二酸化炭素の量を換算することができますというわけです。およそ植物体の半分が炭素量であることから(炭素含有率≒0.5)、樹木がどれくらいの二酸化炭素を吸収したかを知ることができます。

樹木は呼吸によって二酸化炭素を排出する

樹木も生きものですから、細胞が活動するためのエネルギーを生み出すために呼吸をしています。呼吸では、酸素をとりこみ、二酸化炭素を吐き出します。光合成では、呼吸で吐き出す二酸化炭素よりも多く

の量の二酸化炭素を吸収するので、一般に樹木をはじめとする植物は、二酸化炭素を吸収し、酸素を放出するということになります。

おなじ樹種でも樹齢によって吸収量はちがう

樹木が吸収して蓄積する二酸化炭素の量は、1本1本の生育環境や成長の勢いなどによって異なります。ここでは、適切に手入れされている36~40年生のスギ人工林について、みてみることにしましょう。このスギの人工林は、1ヘクタール当たり全体でおよそ302トンの二酸化炭素(炭素量に換算して約82トン)を樹体(幹・年・枝・葉)として蓄えていると推定されます。また、このスギ人工林1ヘクタールは、1年間に二酸化炭素をおよそ8.8トン(炭素量に換算して約2.4トン)吸収していると考えられます(林野庁および森林総合研究所調べ)。

若い木か老齢木かによっても、吸収する二酸化炭素の量は異なります。20年生前後の若いスギやヒノキでは、1ヘクタールあたり1年間におよそ11~12トンほどの二酸化炭素を吸収しますが、60年生では4トン、80年生のスギでは3トン、ヒノキでは1トンほどしか吸収しません。

森林の炭素吸収量の算出法

1本の木が1年間に固定する炭素量の算出法

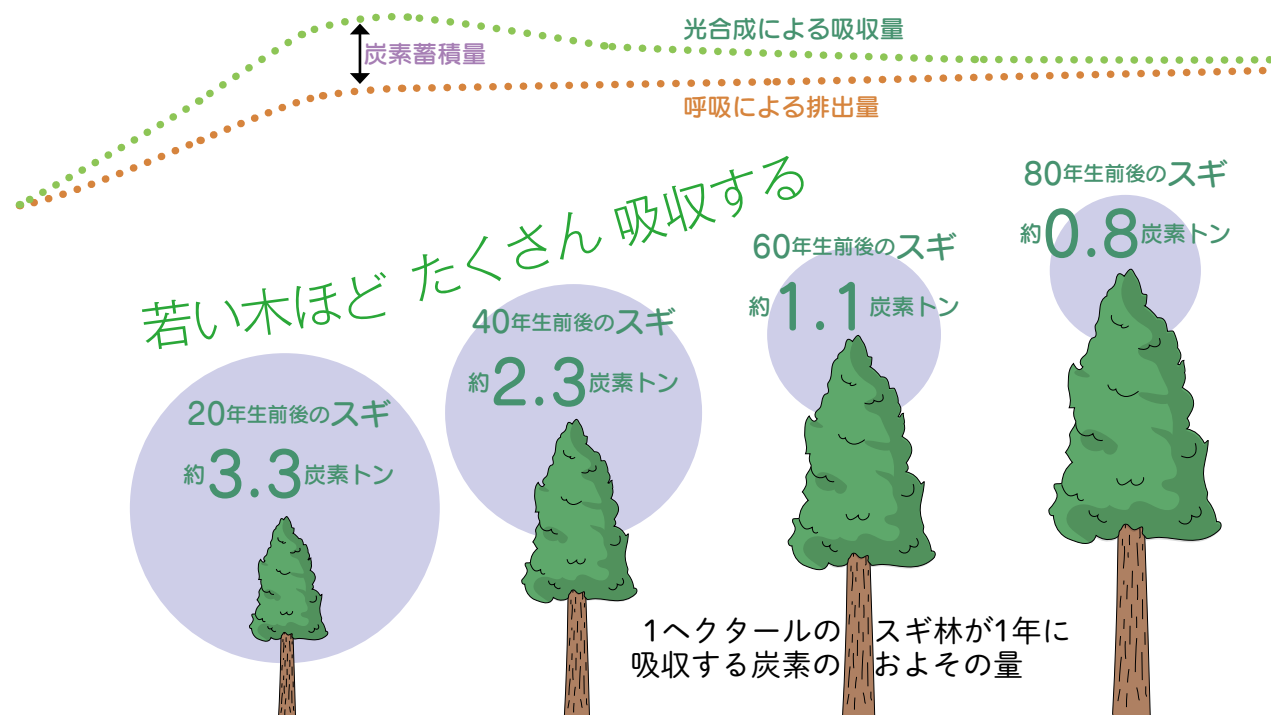
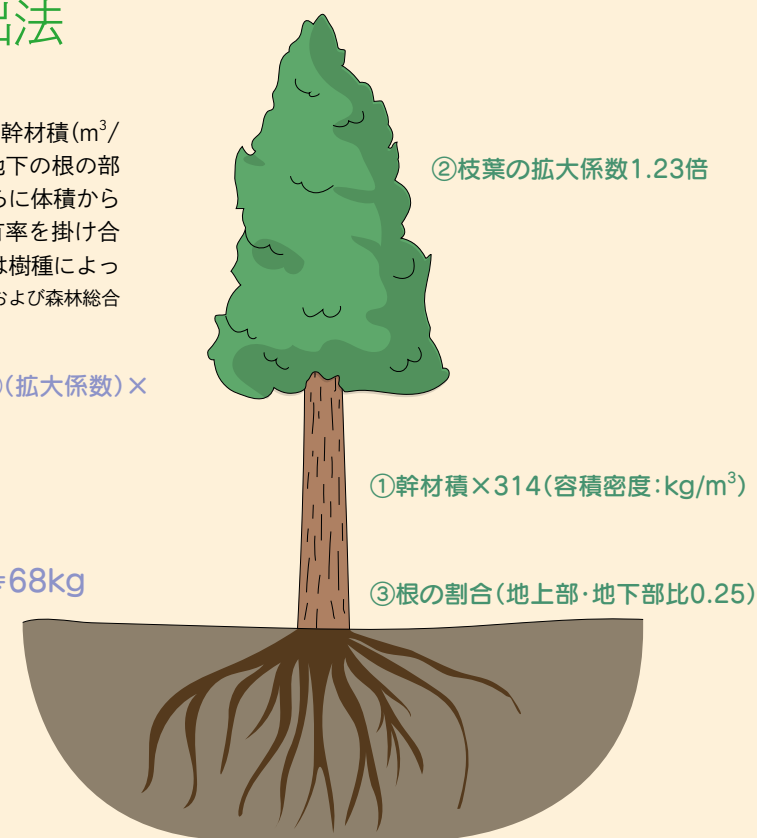
1年間に樹木の幹の体積がどれくらい増えたかを示す「幹材積(m³/年)」に、枝葉の部分の炭素を算定する拡大係数と、地下の根の部分を出すための「1+地上部・地下部比」を掛け、さらに体積から重量に変換するための容積密度(kg/m³)と、炭素含有率を掛け合わせる。拡大係数や地上部・地下部の比率、容積密度は樹種によって異なるので、それぞれに見合った数値を使う(下の表および森林総合研究所「森林による炭素吸収量をどのように捉えるか」を参照)。

$$\text{炭素吸収量} = \text{①(幹材積成長量} \times \text{容積密度)} \times \text{②(拡大係数)} \times \text{(1+③地上部・地下部比)} \times \text{炭素含有率} 0.5$$

35年生のスギ林で、胸高直径20センチ、平均樹高18m、幹材積成長量0.28m³の場合……
 $0.28\text{m}^3 \times 314\text{kg/m}^3 \times 1.23 \times (1+0.25) \times 0.5 \approx 68\text{kg}$

算出のための樹種のちがいによる係数の例

樹種	拡大係数 20年生以下	拡大係数 21年生以上	地下部・ 地上部比	容積密度
スギ	1.57	1.23	0.25	314
ヒノキ	1.55	1.24	0.26	407
アカマツ	1.63	1.23	0.26	451
クヌギ	1.36	1.32	0.26	668
ナラ	1.40	1.26	0.26	624



【データ出典】

1本の木が1年間に固定する炭素量の算出法 ▶ 「森林による炭素吸収量をどのようにとらえるか」森林総合研究所：
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/>
 算出のための樹種のちがいによる係数の例 ▶ 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」 国立環境研究所 2021：
<https://www.nies.go.jp/gio/aboutghg/index.html>

1ヘクタールのスギ林が1年に吸収する炭素のおよその量 ▶ 「森林はどのぐらいの量の二酸化炭素を吸収しているの？」林野庁：
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/20141113_topics2_2.html
 「よくある質問」林野庁：https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/con_5.html

二酸化炭素と炭素量
 二酸化炭素と炭素の分子量の比(44/12)から、二酸化炭素量に12/44を乗算すると、炭素量を導き出すことができる。

森林の炭素固定は、生きている樹木だけではありません。枯死木や落葉落枝、また森林の土壌も多大な炭素を蓄積しています。それらの炭素は、どのように固定され、循環しているのかをみてみましょう。

森林内で、生きた樹木以外に炭素を固定しているもの

森 林の中で樹木は枝葉を伸ばし、根を地中に広げて成長をします。自身のからだをつくるために光合成をし、二酸化炭素を大気からとりこんで、からだをつくるための素材として炭素を利用することで、からだに炭素を固定していきます。これが、生体バイオマスとなります。しかし、森林が蓄積する炭素は、生体バイオマスだけではありません。微生物などによって分解される前の落枝や落葉にも炭素は蓄積されています。枯死した立ち木や倒木もまた、分解するまでは、炭素を固定した状態にあります。もちろん、利用のために伐り出された木材も炭素として蓄積された状態にあります。そして、森林内にはもうひとつ、大きな炭素の蓄積があります。それが土壌です。

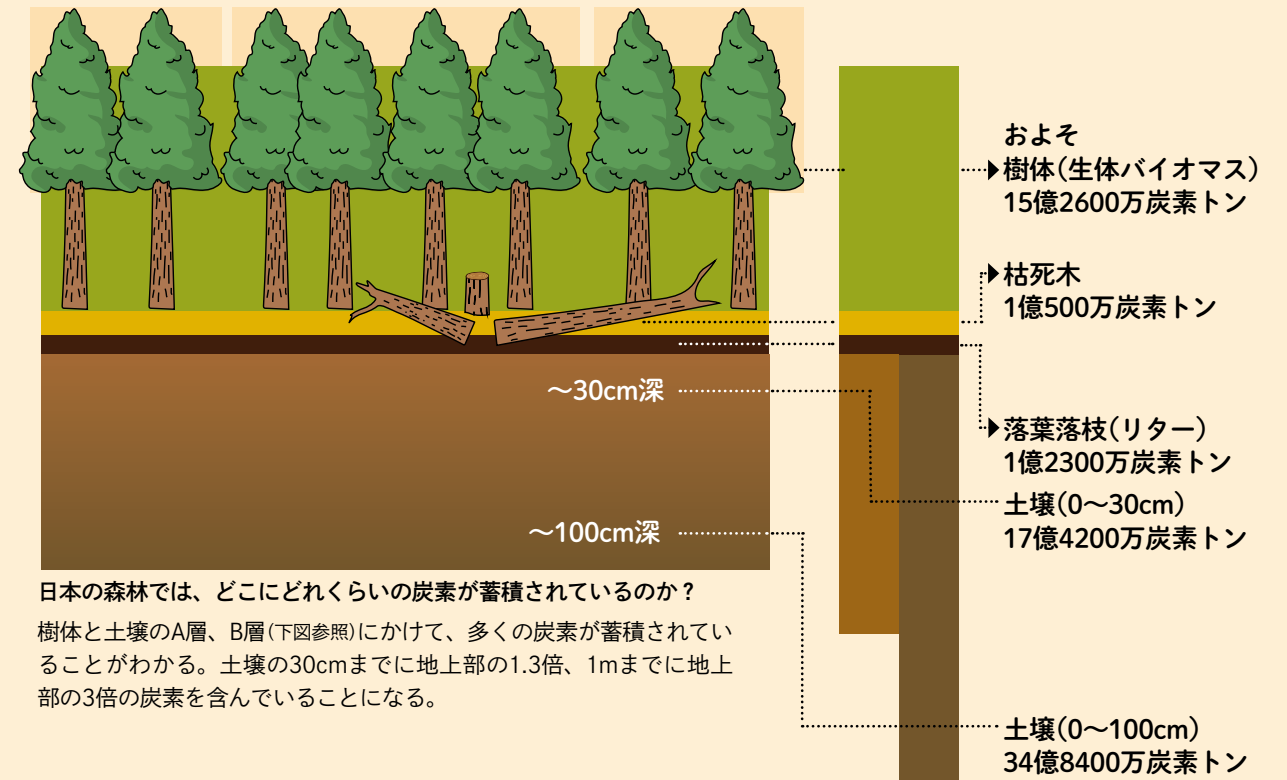
森林内での炭素の蓄積量の半分以上は土壌に

林 床の土壌表面には、落葉や落枝などが、積み重なって層になっています。これをO層といいます。林床の落葉をめくっていくと、落葉などがしだいに土壌生物に食べられた

り、微生物たちに分解されて腐葉土となった層が現れます。腐植と土とがまざったA層です。さらに、下層には、分解が進み化学的にも変化したB層、岩石層と続きます。森林内の炭素の半分以上は、この土壌表面のO層、腐植がまざったA層そしてB層に固定されています。すなわち、腐植を微生物たちが最終的に水と二酸化炭素に分解して大気中に放出するまでのあいだ、植物によって固定された炭素は、土壌の表層部に蓄積され続けているというわけです。

日本の森林土壌の炭素の蓄積量

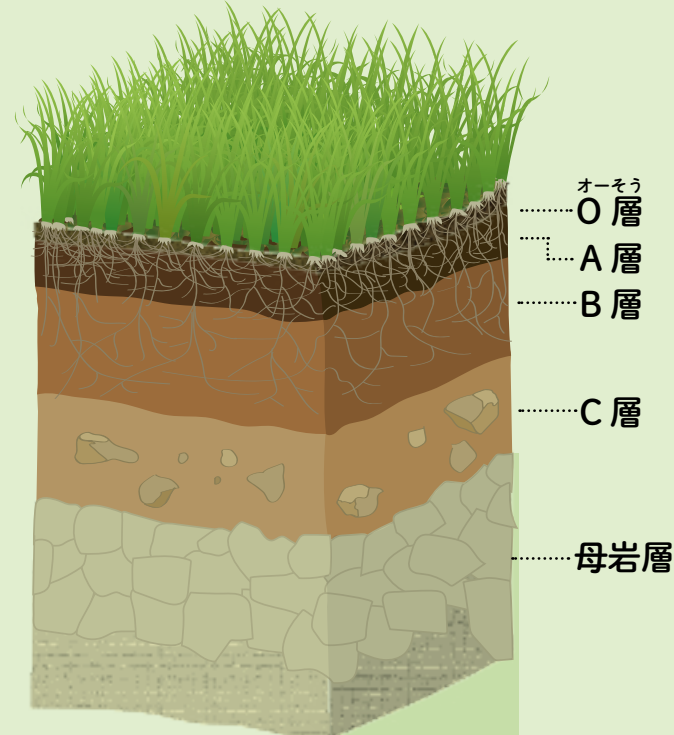
炭 素の蓄積量は、森林やその森林によって生みだされた土壌によってもちがいます。日本の森林の場合、その多く(7割ほど)は褐色森林土と呼ばれる土壌に覆われています。褐色森林土は、林地では有機物に富んだやや暗い色をしています。森林総合研究所の調査によると、日本の森林土壌の炭素蓄積量は、炭素換算でおよそ34億8400万トンにもものぼります。森林をしっかりと整備することは、この森林土壌による炭素の蓄積をしっかりと維持し続けることにもつながるのです。



日本の森林では、どこにどれくらいの炭素が蓄積されているのか？
樹体と土壌のA層、B層(下図参照)にかけて、多くの炭素が蓄積されていることがわかる。土壌の30cmまでに地上部の1.3倍、1mまでに地上部の3倍の炭素を含んでいることになる。

土壌の構造

もともとの気候風土と植生によって、土壌はつくられていく。基本的には、落葉落枝(リター層)と、それらが腐熟した腐植層(O層)、腐植と鉱物が混ざり合い、植物の根や土壌動物が活発に活動するA層、腐植が少なく鉱質が多いB層、A,B層の母材となるC層、そして母岩から成り立っている。



土壌に貯えられた炭素
土壌表層の黒い部分に多くの炭素が貯えられている。

【データ出典】

日本の森林では、どこにどれくらいの炭素が蓄積されているのか？▶「全国調査により枯死木・リター・土壌の炭素蓄積の状況を探る」金子真司ほか 平成25年版 研究成果選集 森林総合研究所 2013:

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2013/documents/p30-31.pdf>

【写真提供】

土壌に貯えられた炭素▶藤井一至(森林総合研究所)

腐植
動物や植物の遺体が微生物によって分解されることで生まれる有機物に富んだ物質。

京都議定書では排出削減量に「森林経営」などによる吸収量を算入することが認められ、パリ協定では炭素の吸収源と貯蔵庫である森林の保全と強化を行うことが、規定されました。ここでは森林を吸収源とした排出削減量の枠組みについて、確認しておきましょう。

パリ協定での削減目標

パリ協定は、産業革命前からの平均気温の上昇を2℃よりもできるだけ低く保って、1.5℃に抑える努力をすることをすべての参加締約国に求めています。各国はそれぞれが自国に見合った削減目標「自国が決定する貢献(NDC)」を設定し、それを5年毎に更新して提出することが義務付けられています。

日本は、2015年7月にNDCを決定して、気候変動枠組条約事務局へ提出しました。そこでは、地球温暖化対策計画に基づいて、2030年度に2013年度比で、-26%の温室効果ガスの削減目標を定めています。また5年後の2020年に提出されたNDCでも、同様の削減目標が掲げられ、その確実な達成とさらなる削減の努力がうたわれました。

森林吸収源とは 具体的にどのようなものか？

削減目標である-26%には、森林による吸収分としての2%（二酸化炭素に換算して、およそ2780万トン）を確保することが目標とされています。日本には、国土の約7割を占め

る2500万ヘクタールもの広大な森林が生育しています。それらの森林が吸収・蓄積している炭素量をより正確に把握することが重要です。

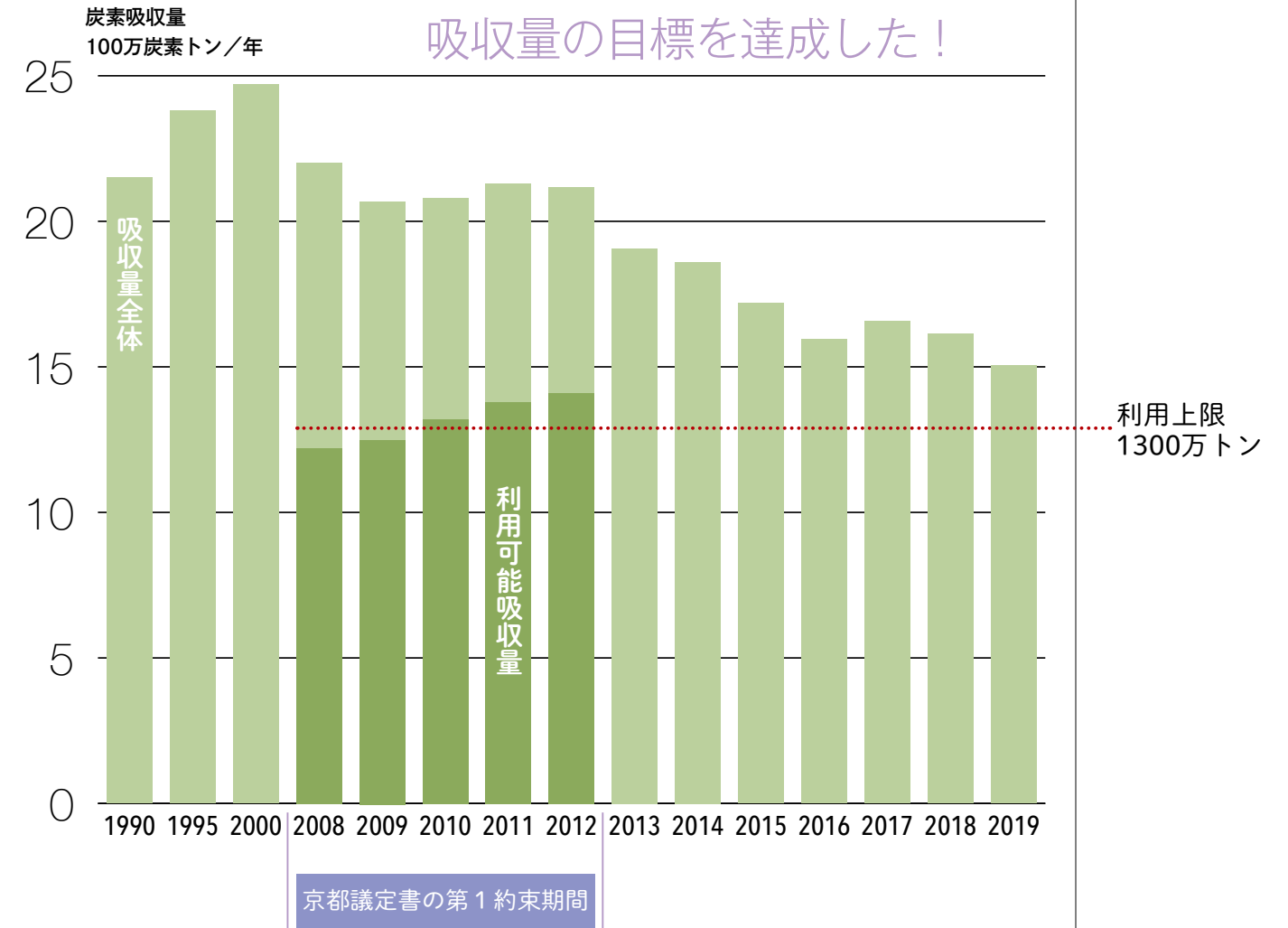
京都議定書では、植林や森林経営などによる吸収量を算入することが認められていますが、すべての森林の吸収量を算入できるわけではありません。1990年以降に新たに植林したり、再造林することで作られた森林や、1990年以降に森林経営活動が行われた森林の吸収量を算入することができます。また森林でなくなった土地の吸排出量も報告する義務があります。

森林経営の内容とさらなる取り組み

京都議定書の第1約束期間において、日本は森林吸収源対策によって3.8%の吸収量を獲得し、温室効果ガスの6%削減という目標の達成に貢献することができました。

パリ協定では、さらに炭素の吸収源・貯蔵庫としての森林の保全・強化を行うことを規定するとともに、「開発途上締約国における森林減少および森林劣化等による排出量を減少させる取組」の枠組みを実施・支援することを奨励しています。

吸収量の目標を達成した！



京都議定書の第1約束期間における森林の炭素吸収量

1990年以降の新規植林・再造林と森林経営活動により、第1約束期間の5年間平均で年に1316万炭素トンと、1300万炭素トンの利用上限を超えて吸収量の目標を達成するとともに、6%削減という日本の温室効果ガス削減目標の達成にも大きく貢献した。

【データ出典】

京都議定書の第1約束期間における森林の炭素吸収量 ▶ 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」 国立環境研究所 2021 : https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000000x4g42-att/NIR-JPN-2021-v3.0_J_GIOweb.pdf

【参考】

「パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略」 : https://www.env.go.jp/earth/earth/ondanka/post_41.html

「地球温暖化防止に向けて」 林野庁 : https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/

「今さら聞けない「パリ協定」～何が決まったのか？私たちが何をすべきか？～」 資源エネルギー庁 2017 :

<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/tokushu/ondankashoene/pariskyotei.html>

「パリ協定の概要 (仮訳)」 環境省 : http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop21_paris/paris_conv-a.pdf

NDC
Nationally Determined
Contribution
「自国が決定する貢献」

温室効果ガスを効果的に抑制し、またカーボンニュートラルを実現するためには、排出量や吸収量を正確に算出することが大切です。計算は、IPCCのガイドラインに沿った手法で行われ、国連に報告されています。どのような考えのもと、こういった計算法で算出しているのでしょうか？

森林による炭素吸収量の算定方法

森 林吸収量の具体的な算出法についてみてみましょう。吸収量は、1年間に吸収した炭素量すなわち「炭素トン/年」で表します。1本の木が1年間に固定する炭素量の算定方法は、45ページで解説しました。復習すると、「吸収量(炭素トン/年) = 幹の体積の増加量(m³/年) × 拡大係数 × (1 + 地上部・地下部比) × 容積密度(トン/m³) × 炭素含有率0.5」となります。

全 国の森林すべての幹の体積(幹材積)を直接調べることは現実的ではないので、実際には樹種と林齢から平均的な幹材積を調べることができる「収穫表」を利用して計算しています。また、「森林経営」については、毎年無作為に抽出した森林に対する調査から、「森林経営」の対象となる森林の割合を算定し、それを統計的に推計することで、森林吸収量の算定の根拠としています。

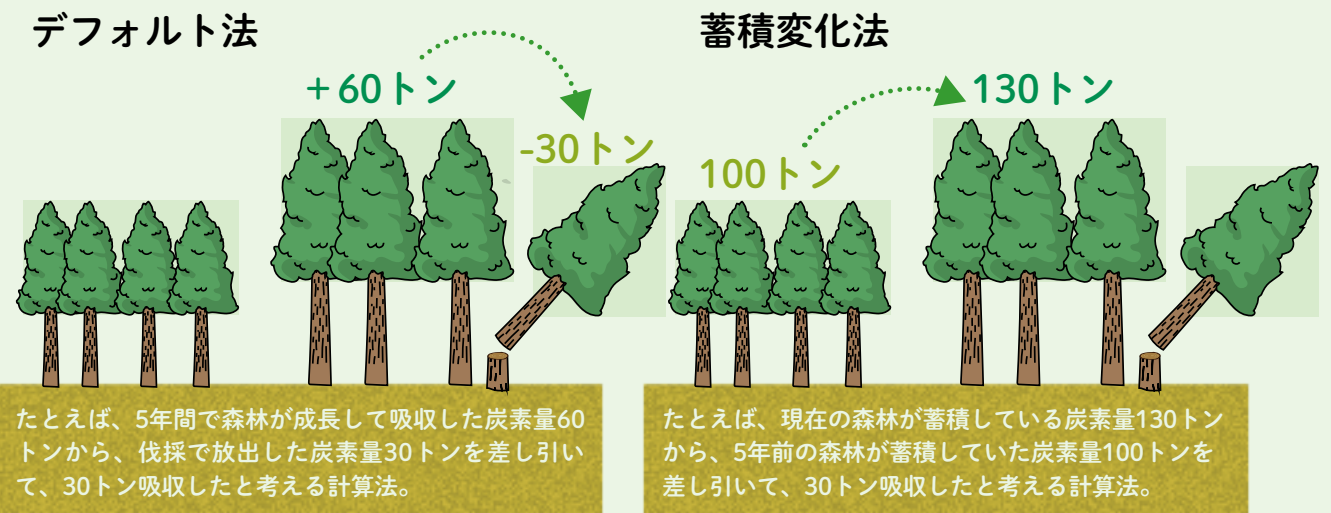
炭素吸収量の2つの計算方法

森 林の炭素吸収量を算出する方式としては、IPCCガイドラインで、つぎの2つの方法を示しています。

①**デフォルト法**:一定期間樹木が成長することで蓄積した炭素量から伐採などによって排出された炭素量を差し引く算出法。②**蓄積変化法**:一定期間の森林の材積を炭素量に変換して算出する方法。日本では、森林簿などの行政情報により森林の材積を知ることができることから、後者の蓄積変化法を用いて、森林による炭素吸収量の根拠としています。

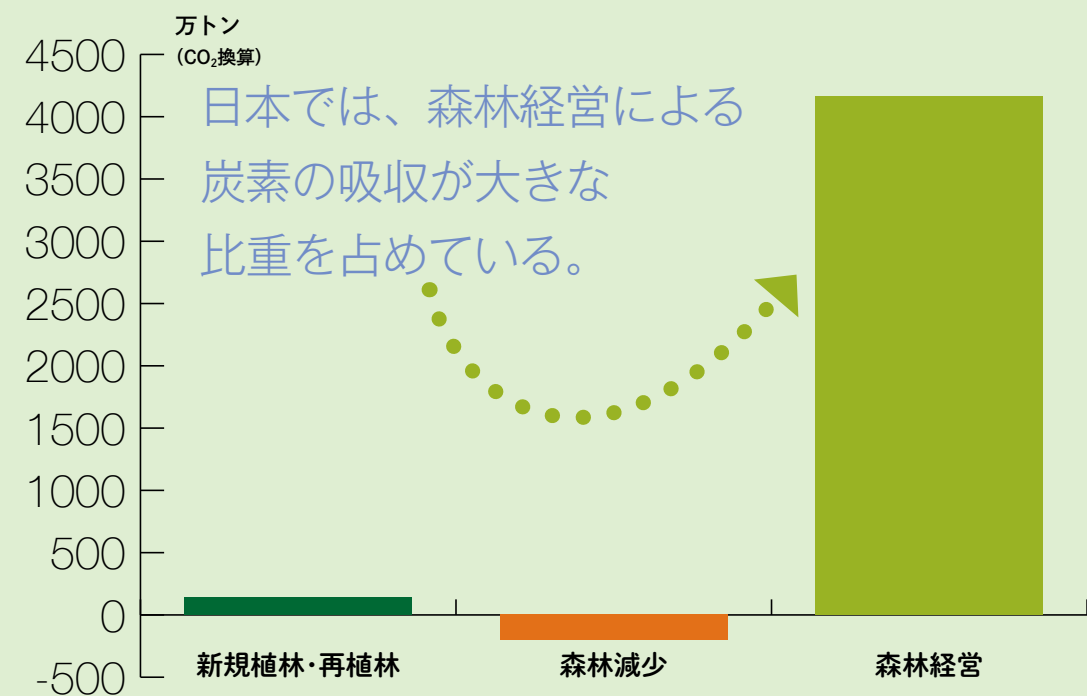
より正確な吸収量の算定をめざして

森 林が、どれだけの炭素を吸収しているかを算出することは、簡単ではありません。森林の樹種や林齢などによってもちがいますし、どこにどれだけの森林があるか把握できていないと計算できないからです。森林による炭素の吸収量をできるだけ正確に算定するために、森林生態系多様性基礎調査などの全国レベルの現地調査や精細衛星画像の分析などにより、より正確な数値がだせるよう日々検証を続けています。とはいえ、森林は多様な生きものの集団です。さらに気象の変化などによって生育にも変動があります。さまざまな情報を検討しつつ、誤差の少ない吸収量の算定をめざしています。



IPCCガイドラインが示す森林による炭素吸収量の2つの計算方法

デフォルト法では、たとえば5年間の成長で吸収した炭素量から同時期に伐採などで放出した炭素量を引く。蓄積変化法では、現在の森林の炭素蓄積量から5年前の森林の炭素蓄積量を引く。値は基本的に同じとなる。日本では、蓄積変化法を用いて森林による炭素吸収量を算定している。



京都議定書への報告対象となる日本の森林での炭素の吸収と排出(2019年度)

日本の森林での炭素の吸収と排出には、「新規植林・再植林」「森林減少」「森林経営」などがある。これらの吸排出量をみてみると、日本では森林経営による炭素の吸収が大きいことがわかる。

【データ出典】

IPCCガイドラインが示す森林による炭素吸収量の2つの計算方法 ▶ 「森林(林木)による炭素吸収量の2つの計算方法」森林総合研究所: <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/documents/page2-4-stock-change.pdf>
京都議定書への報告対象となる日本の森林での炭素の吸収と排出 ▶ 「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」国立環境研究所2021: https://www.nies.go.jp/gio/archive/nir/jqjm1000000x4g42-att/NIR-JPN-2021-v3.0_J_GIOweb.pdf

【参考】

「森林による炭素吸収量をどのように捉えるか」森林総合研究所2010:

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuryou/>

「森林吸収量はどのように算定するのですか」林野庁: https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyou/ondanka/con_5.html

収穫表
林分収穫表。樹種ごとに樹高、直径、本数、材積などを林齢ごとに土地の良し悪し(地位)別に記した表。

森林簿
NFI: National Forest Inventory。森林の所在地や所有者、森林の種類や面積、材積や成長量などを記した台帳のこと。

日本の森林は、いまだどのような状態にあるのでしょうか。また、それらの森林で、どの程度の温室効果ガスの吸収を見込むことができるのでしょうか？ 日本が世界に約束している温室効果ガス削減の目標値と、その内訳についてみてみることにしましょう。

日本の森林資源の現況

林 野庁がおよそ5年ごとに行っている「森林資源の現況」調査によると、2017年3月現在での日本の森林面積は2505万haで、ここ数十年間に大きな増減はなく、ほぼ横ばいで推移してきています。その内訳は人工林が1020万ha、天然林が1348万ha、その他136万haとなっています。

そ れに対して森林を構成する幹の体積(幹材積)を集計した森林蓄積量は、同年現在で52億4000万m³となり、人工林を中心に毎年増え続けています(右ページのグラフを参照)。

主伐期を迎え大径木が増えている

森 林蓄積量が増えているということとは、つまりそれだけ樹木が大きく育って体積を増やしているということを意味します。大気中の温室効果ガスである二酸化炭素を吸収して、樹体に固定し続けているという意味では、好ましいことといえるでしょう。反面、森林蓄積量の増加の多くは人工林が樹齢を重ねていることによるものです。戦後植林されたスギをはじめとする人工林の樹木は、

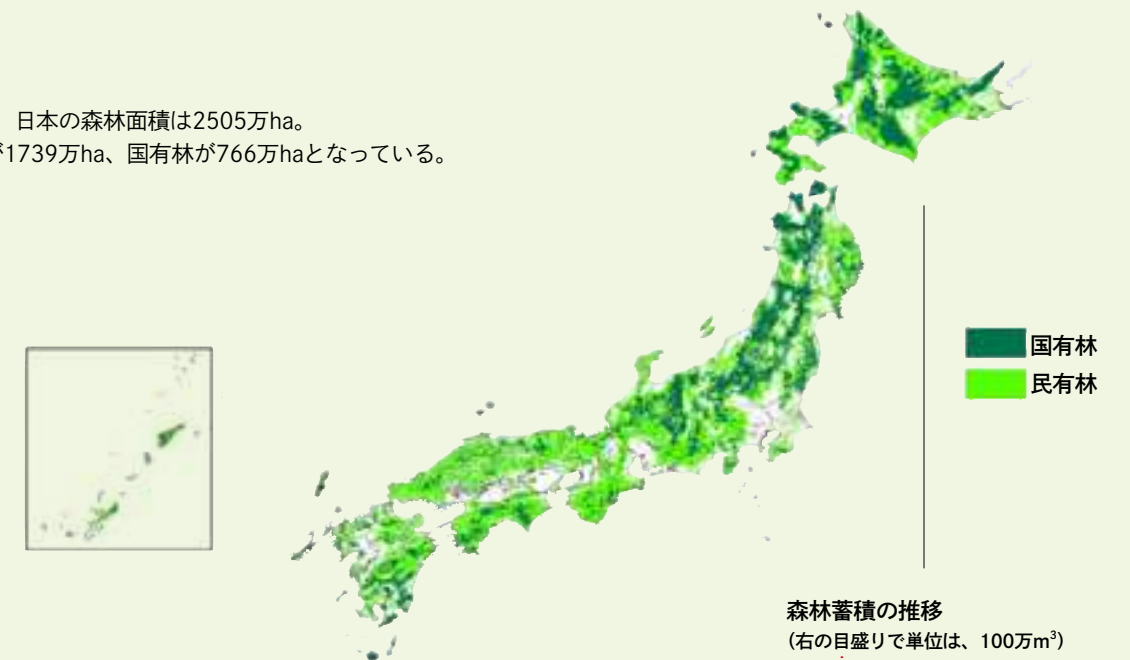
いま50年生以上の樹齢の木が半数を占めるようになって大径木化が進んでいます。019でみたように、二酸化炭素の吸収量は、若い木のほうが多く、高齢樹になるほど吸収能力が落ちてきます。伐期を迎えている森林は、木材として利用を促進することで、炭素の蓄積に貢献します。そして、伐採後すぐに再造林をすることで、吸収能力の高い森林を維持し続けることにもつながります。

2020年のNDCにおける吸収量の目標値

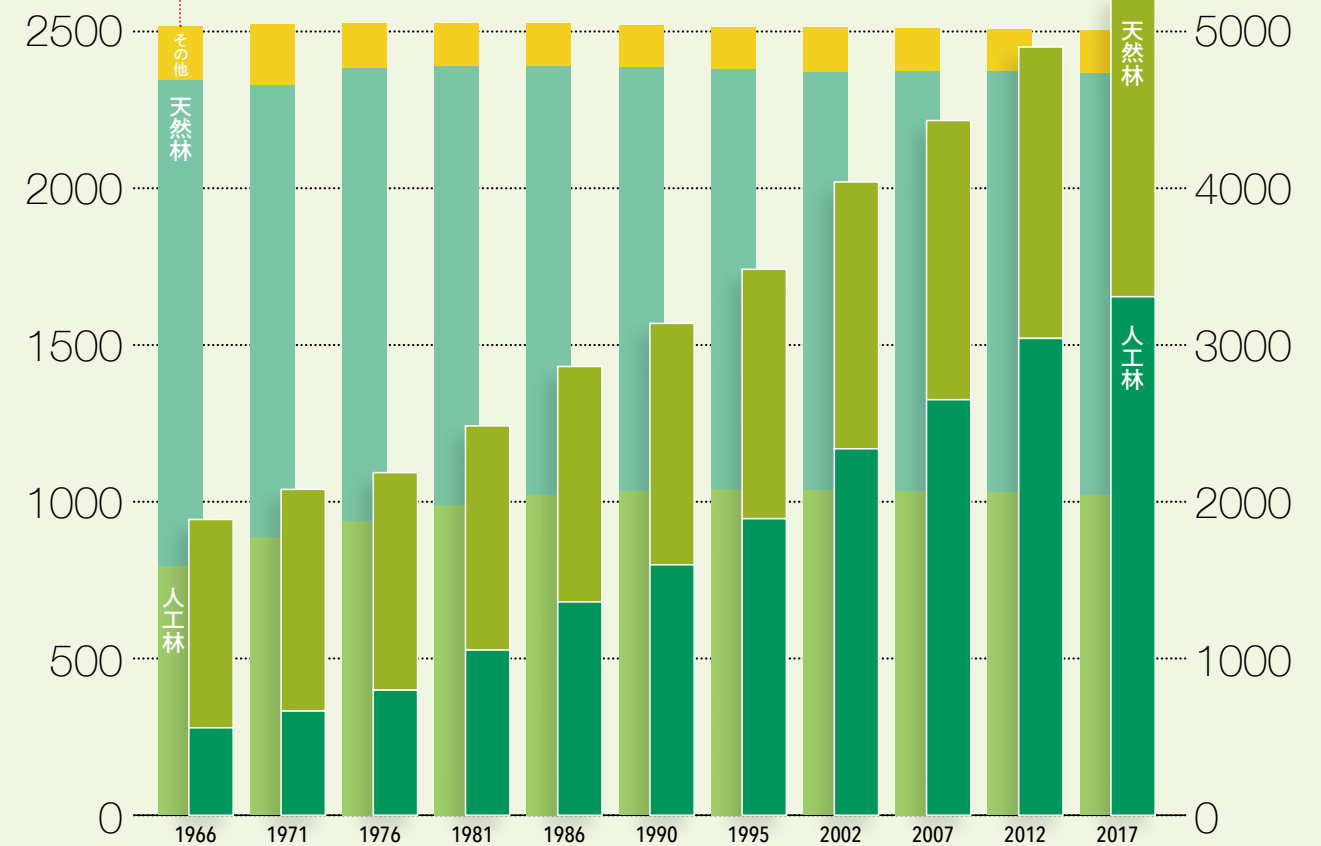
パ リ協定に基づく削減目標「自国が決定する貢献(NDC)」2020では、2030年度に2013年度比で26%の削減を確実なものとするために、吸収目標を二酸化炭素換算でおよそ3700万トン(2013年度総排出量の-2.6%相当)に設定しています。その内訳は、森林吸収源対策で約2780万トン(2013年度総排出量の-2%相当)、農地土壌炭素吸収源対策および都市緑化等の推進で約910万トン(2013年度総排出量の-0.6%相当)となっています。日本の温暖化対策において、森林や農地、緑地による温室効果ガスの吸収は、大きな貢献となります。

国有林と民有林

2017年度現在で、日本の森林面積は2505万ha。そのうち民有林が1739万ha、国有林が766万haとなっている。



森林面積の推移 (左の目盛りで単位は、万ha)



森林面積と森林蓄積の推移

森林面積は、この半世紀の間ほとんど変化がないが、戦後に植林した人工林で樹木が育ったことから蓄積量、つまり木材は着実に増えている。

【地図およびデータ出典】

国有林と民有林 ▶ 土地利用調整総合支援ネットワークシステム(国土交通省土地・水資源局)のデータより国土計画局が作成。ただし北海道の国有林は国土数値情報森林・国有地メッシュ(1995年)を用いて作成した図を引用。「エコロジカル・ネットワークの形成を通じた自然の保全・再生について」国土交通省 2006:

<https://www.mlit.go.jp/singikai/kokudosin/keikaku/jizoku/10/01.pdf>

森林面積と森林蓄積の推移 ▶ 「森林資源の現況」林野庁: <https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h29/3.html>

【参考】

「日本の約束草案(2020年以降の新たな温室効果ガス排出削減目標)」環境省: <https://www.env.go.jp/earth/ondanka/ghg/2020.html>

幹材積
樹木の幹の部分の体積。一般的には胸高直径(成人の胸の高さでの直径)と樹高とから求める。

温室効果ガスには、二酸化炭素以外にもメタンや一酸化二窒素などがあります。量的に少なくても、温室効果が高かったり、長期的に影響をおよぼすものもあります。それらの温室効果ガスと森林との関係についてみておきましょう。

メタンガスを吸収する森林の土壌

森林内では、樹木が生育し、光合成によって二酸化炭素を吸収するとともに、呼吸によって二酸化炭素を放出しています。また、森林の土壌は、枯れ枝や落葉に固定された炭素が蓄積することで、炭素の貯蔵庫となっています。もちろん、それらの有機物は、微生物によって分解されることによって、二酸化炭素(CO₂)や一酸化二窒素(N₂O)ガスをしだいに放出していきま。同時に、森林の土壌は、二酸化炭素について排出量が多く、温室効果の高いメタン(CH₄)ガスを吸収することがわかっています。メタンは湿地や沼地ではメタン生成菌によって放出されますが、ほどよく湿った森林の土壌では、生息する微生物がメタンを分解するために、土壌に吸収されると考えられています。

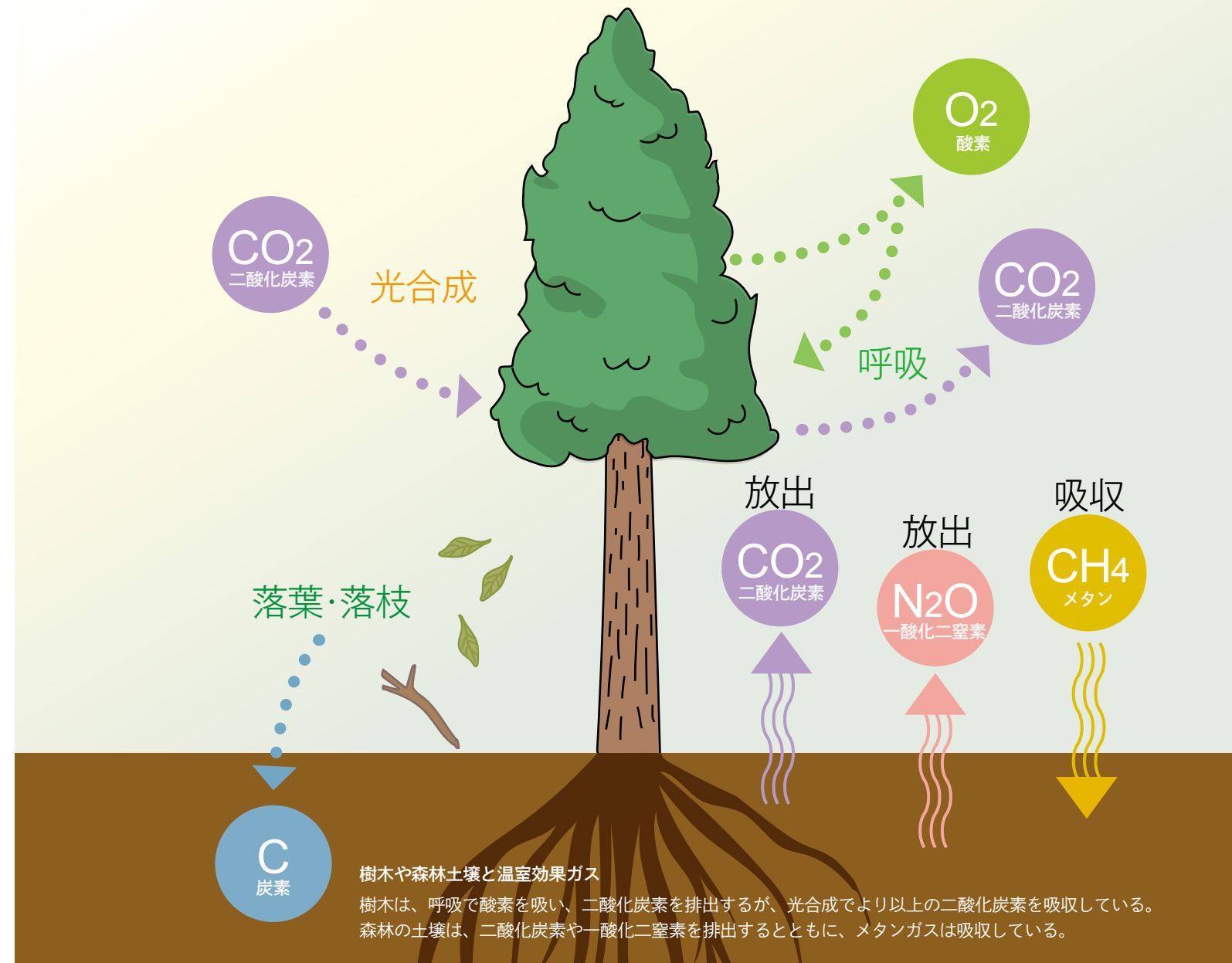
メタンガスの吸収量が増加

森林総合研究所が、1990年代後半から、全国各地の森林土壌の温室効果ガスの放出量と吸収量を調査してきた膨大なデータに基づき分

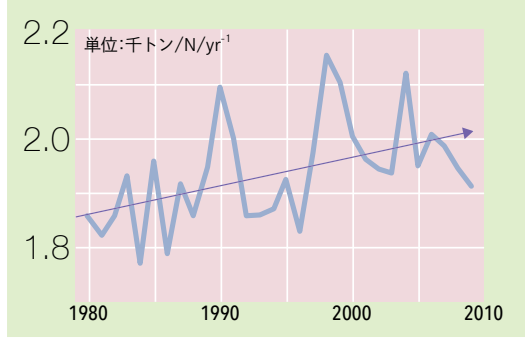
析したところ、過去30年間に二酸化炭素と一酸化二窒素の放出が増加し、メタンガスの吸収量も増加していることがわかりました。これは、平均気温の上昇と大気中メタン濃度の増加に起因するものと分析されています。

温室効果ガスと森林との関係を調査し続ける

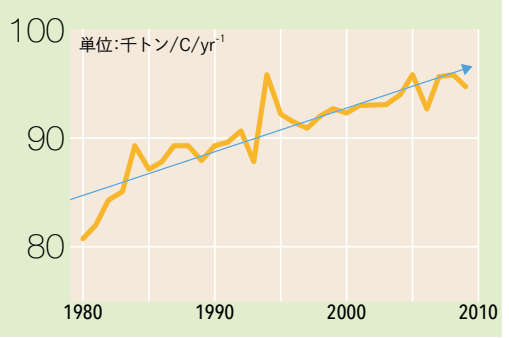
世界気象機関によると、大気中のメタン濃度は、2019年現在で産業革命前(1750年頃)の2.6倍に増えています。メタンはおなじ質量では、二酸化炭素よりも温室効果が25倍も高い物質で、二酸化炭素に次いで地球温暖化に影響しています。排出量が二酸化炭素より少なくても地球温暖化への寄与率は23%ほどになります。メタンをコントロールすることは、二酸化炭素の排出規制と同時に温暖化の抑制にはとても重要なことといえます。メタンの人為的な排出源は、おもに化石燃料の生産と消費、畜産業や水田稲作などの農業、廃棄物の管理などによるものです。森林土壌によるメタンの吸収量は、人為的に排出された量を賄うほどのものではありません。とはいえ、森林と温室効果ガスとの関係は、これからも調査し続けることが必要です。



一酸化二窒素は、土壌からの放出量が増加
1980~2009年の平均値に対して、年率0.27%放出量が増加。



メタンガスは、土壌への吸収量が増加
1980~2009年の平均値に対して、年率0.44%吸収量が増加。



【データ出典および参照原図】
「樹木や森林土壌と温室効果ガス」「一酸化二窒素は、土壌からの放出量が増加」「メタンガスは、土壌への吸収量が増加」▶「森林土壌の温室効果ガスの吸収・放出は、温暖化の影響で増大している」 橋本昌司ほか 平成24年版 研究成果選集 森林総合研究所 2012:<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2012/documents/p32-33.pdf>

【参考】
「世界のメタン放出量は過去20年間に10%近く増加」 国立環境研究所 2020 : <http://www.nies.go.jp/whatsnew/20200806/20200806.html>
「Greenhouse gas concentrations in atmosphere reach yet another high」 世界気象機関 2019 : <https://public.wmo.int/en/media/press-release/greenhouse-gas-concentrations-atmosphere-reach-yet-another-high>

メタン(化学式CH₄)
有機物の腐敗などで生じる。天然ガスの主成分。
一酸化二窒素(化学式N₂O)
亜酸化窒素、笑気ガスとして知られる。

■
執筆・監修者からひとこと……②

松本 光朗 近畿大学農学部教授

森林は地球上の炭素循環を通して気候変動と深く関わっています。また、森林は多面的機能を通じて私たちの社会や生活と強く関わっています。それらの関わりを正しく理解すれば、私たちは森林の適切な管理や利用を通じて気候変動への対策もできるはずですよ。

本書「森林と気候変動」は正しく知ることが対策の第一歩と考え、気候変動と森林や林業、木材利用の関わりを、科学と社会の両面から解説した資料です。

気候変動に対する対策には、これをすれば全て解決という特効薬はありません。国に任せるだけではなく、地域、社会、経済、そして個人というそれぞれの立場で取り組むことが求められます。森林・林業では森林を適切に管理し利用することが、木材産業では新たな木材利用が求められます。

けれども、一般の方々が森林・林業や木材産業に直接関わるわけにはいきません。まずは身近な選択から始めましょう。休日には森でリフレッシュしませんか。ウォーキングやキャンプは楽しいですね。最近ではマウンテンバイクやトレールランニングも人気です。家は木造が住みやすいですよ。木製の家具は味があります。マンションでは内装に木を使うと気持ちが落ち着きます。ビルも木造の時代です。

気持ちいいから森林に関わり木を選ぶ、こんなことから気候変動緩和への参加が始まっていいと思います。本書はそのお手伝いをします。

section 3.

地球温暖化が森林におよぼす影響

地球温暖化が進むことで、森林生態系にもさまざまな影響がでています。このセクションでは、どのような影響が現れているのかをみていきましょう。まずは、身近なサクラの開花日とカエデの紅葉時期の変化についてです。

温暖化による植物の分布域への影響

地球が温暖化し、平均気温が上昇することにより、生態系は大きな影響を受けます。とくに植物は気温や雨量に生育を依存しており、気候の変化による生育環境の変化は、そのまま植物の分布域の変化へと結びつきます。セクション1の「温暖化が農林水産業におよぼす影響」(▶009)で解説したように、温暖化が進むことで、植物の分布域は北上あるいは、標高が高いところへの移動が予測されています。

サクラの開花日が早まって、前線は北へ

気象庁では、1953年から統一した観測方法で、生物の季節観測を行ってきています。サクラ(ソメイヨシノ)の開花日(4月1日)の観測もそのひとつですが、その観測結果によると「4月1日までに開花するところは、1960年代(1961~1970年)では三浦半島から紀伊半島にかけての本州の太平洋沿岸と四国、九州でしたが、2000年代(2001~2010年)では関東、東海、近畿、中国地方まで北上するようになりました。」(右ページの開花前

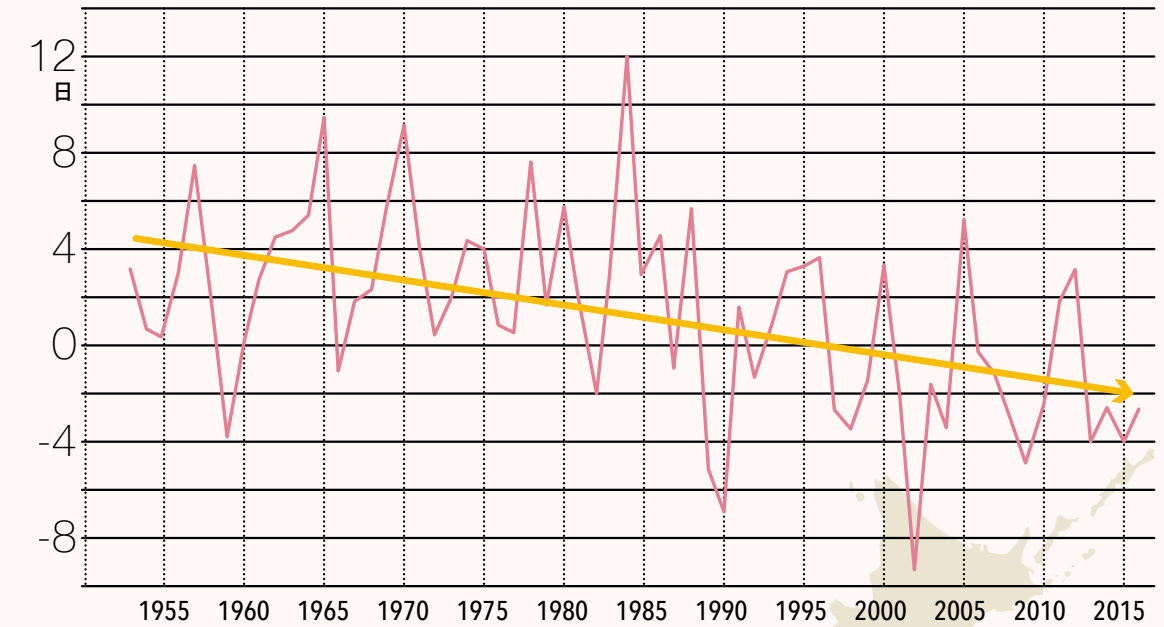
線ラインを参照。気象庁)サクラの開花日の平年差をみると、しだいに開花日が早まっていることがわかります(右ページ上のグラフを参照)。

カエデの紅葉はしだいに遅くなっている

カエデの紅葉の場合は、逆に紅葉する日が数日おそくなってきていることがわかりました。2020年の秋に観測したデータでは、51都市中平年値と変わらなかったのが3都市、早まったのが10都市、遅く紅葉したのが37都市でした(3都市は観測なし)。

生物の季節観測の種目・現象に影響

全国の気象台・測候所58地点で植物34種目、動物23種目を対象に、開花や初鳴きなどを観測し続けてきた気象庁の生物季節観測ですが、2021年の1月から、サクラ、カエデ、アジサイ、イチヨウ、ウメ、ススキの6種目9現象を対象を絞ることが決定しました。その理由は、環境などの変化により、観測所の近くに標本木を確保することが難しくなったためとされています。これも温暖化の影響といえるかもしれません。



サクラ(ソメイヨシノ)の開花日の平年差
開花日が早まってきていることが読みとれる。

サクラ(ソメイヨシノ)の4月1日の開花ラインの変化

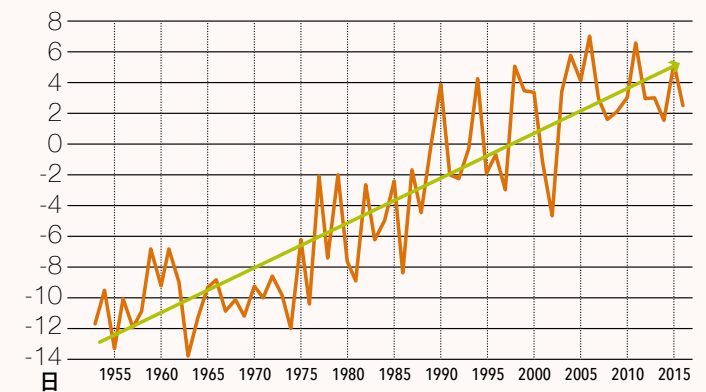
春の気温の変化によって、サクラの4月1日に開花する地域が北上している。平均気温の高まりに伴って、植物の生理に影響がでていることがわかる。

1961年~1970年の
平均的な4月1日開花ライン

2001年~2010年の
平均的な4月1日開花ライン

カエデの紅葉・黄葉の平年差

春の気温の変化によって、カエデの紅葉する日が遅くなってきている。平均気温の高まりの影響によるものと思われる。



平年差
観測地点で現象を観測した日の平年値(1981~2010年の平年値)からの差を全国平均した値。平年値より大きい(高い)場合は正、小さい(低い)場合は負とし、「+」あるいは「-」の記号を数値の前に付けて示す(気象庁)。

【データ出典】

サクラの開花日の平年差▶「さくらの開花日の変化」気象庁:https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/chishiki_ondanka/p09.html
カエデの紅葉・黄葉の平年差▶「日本の気候変動 2020/ さくらの開花とかえでの紅葉・黄葉日の変動」文部科学省・気象庁:<https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ccj/index.html>

【参考】

「生物季節観測の種目・現象の変更について」気象庁:<https://www.jma.go.jp/jma/press/2011/10a/20201110oshirase.pdf>

シカの分布域の広がり と 森林被害

生態系への影響は、野生動物たちへもおよびます。鳥類や哺乳類、は虫類や両生類たちの分布域も変化をみせはじめています。なかでも森林との関係が深いシカやイノシシといった動物たちが分布域を広げ、とくに樹木の新芽や樹皮を食害するシカによる森林被害が広がりをみせています。

個体数が増加し 植林地の食害が拡大

— ホンジカやイノシシは日本の森林になじみの動物ですが、戦後の雌ジカ保護政策に伴って急速に個体数を増やし、分布域を拡大してきました。その結果、農作物や植林地での被害が大問題となっています。1978年のニホンジカの分布は、国土の約27.7%でしたが、2003年には約47.9%と1.7倍に、2018年には2.7倍にまで拡大しました。原因としては、雌ジカ保護に加えて、人間からの圧力の減少や耕作放棄地の増加なども分布拡大を助長する要因であったと推察されていますが、温暖化による降雪量や積雪深の減少も採食場所の提供やシカの生存率の増加を通じて個体数増加にプラスに働いたであろうと考えられています。

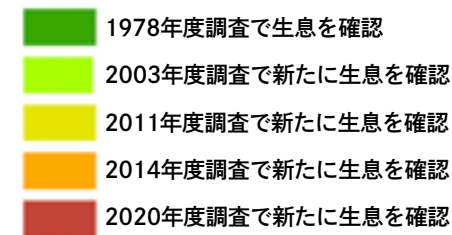
人口減少と温暖化の進行がさらなる分布拡大を招く

森林総合研究所の調査によると、積雪期間が短くなった地域はシカにとって棲みやすい環境となり、いとと同じ環境が維持された場合でも2100年頃には「シカの生息域が国土の8割以上にまで拡大する」と予測

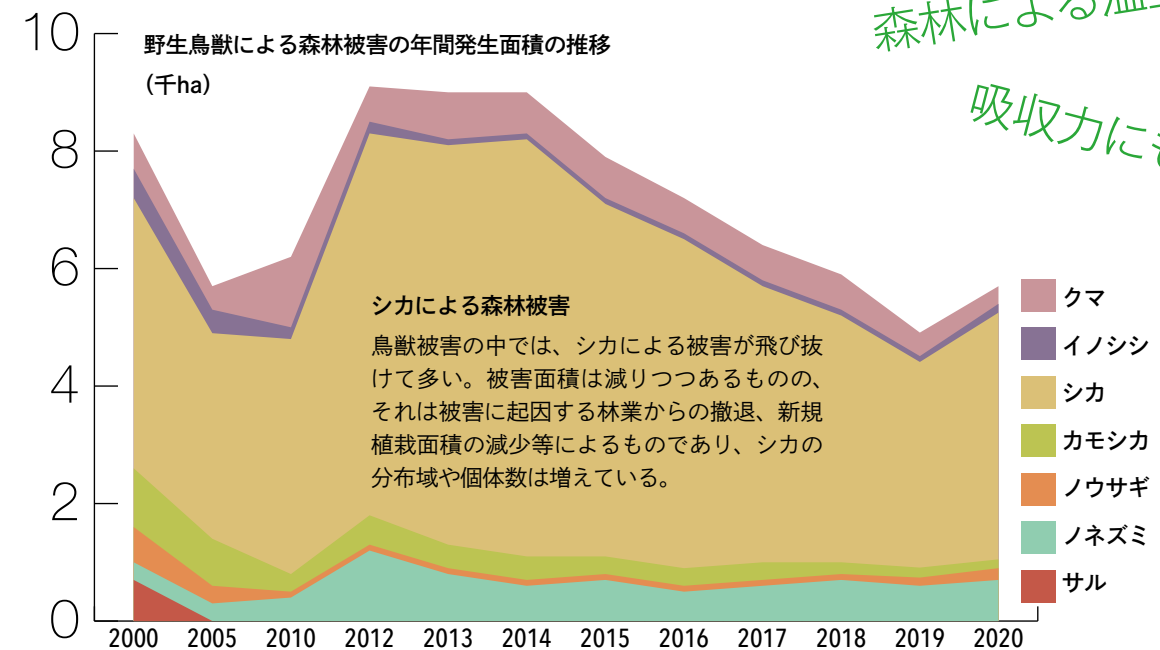
しています。さらに、人口の減少によって地方に人が住まなくなり、温暖化がさらに進んで降雪期間が短くなった場合、現在ではシカがほとんど生息していない「多雪地域や過疎地域でもシカが生息」するようになり、2100年頃にはシカの生息域が国土の9割以上にまで拡大すると予測されています。

シカによる食害で 多面的機能へも影響

シカによるもっとも大きな害が森林生態系、なかでも造林地・植林地での被害です。野生動物による森林被害のおよそ7割がシカによるものです。頭数の増加によって、近年では、植林して間もない若齢木のみならず、成木でもシカの口が届く高さの枝葉はもちろん、樹皮がはぎとられてしまったり、林床の植生が食べられてなくなってしまうなど、猛烈な被害をこうむっている地域もあります。そうした被害の激甚な地域では土壌の流出など森林の多面的機能への影響も心配されています。こうした状況に環境省では2014年に鳥獣保護法を改正し、ニホンジカとイノシシを「指定管理鳥獣」に指定して対策を進めています。



ニホンジカの分布域
1978年度から2018年度までの40年間で、ニホンジカの分布域は約2.7倍に拡大した。



【図版およびデータ出典】
ニホンジカの分布域 ▶ 報道発表資料「全国のニホンジカ及びイノシシの生息分布調査について」環境省 2021 : <https://www.env.go.jp/press/109239.html>
野生鳥獣による森林被害の年間発生面積の推移 ▶ 「野生鳥獣による森林被害」林野庁 2021 : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/tyouju.html>
【参考】
Robustness of adult female survival maintains a high-density sika deer (Cervus nippon) population following the initial irruption M. Ueno et al. CSIRO 2018
「過疎と温暖化の進行がシカの分布拡大を促進する」大橋 春香、小南 裕志ほか 森林総合研究所 2016 : <https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2016/20161013-01.html>

獣害の広がりは、
農林業への打撃となり、
森林による温室効果ガスの
吸収力にも影響する

ニホンジカ
日本、中国など東アジアに分布する偶蹄目で、日本では全土に分布する。学名 *Cervus nippon* subsp. 北海道のエゾシカや屋久島のヤクシカは、ニホンジカの亜種。

大雨や暴風雨が激甚になることで、日本全国に災害が起きています。森林が健全に生育していることで直接的に土砂災害を抑制することもですが、森林によって気候変動を抑えることも大切です。森林を保全することの意味がそこにあります。

気候変動による雨量の増加と、土砂災害の多発

大雨や集中豪雨が増えているという話をしました(▶008)。集中的な豪雨や、雨が長く降り続いて平年を超える降水量になると、地盤がゆるみ、土砂災害が起きやすくなります。2017年の夏には、九州北部の豪雨によって流木災害が起きました。複数の渓谷から流木が下流へと流れ市街地に被害をおよぼしました。また、2018年の夏には、西日本を中心に全国的に広い範囲で豪雨にみまわれ、各地で土石流災害を引き起こして多くの犠牲者を出す激甚な災害となりました。2019年には、東日本台風、2020年にはふたたび豪雨が襲い、山地での土砂災害に加え、広い範囲で河川の氾濫が発生し、洪水被害が人びとを苦しめました。

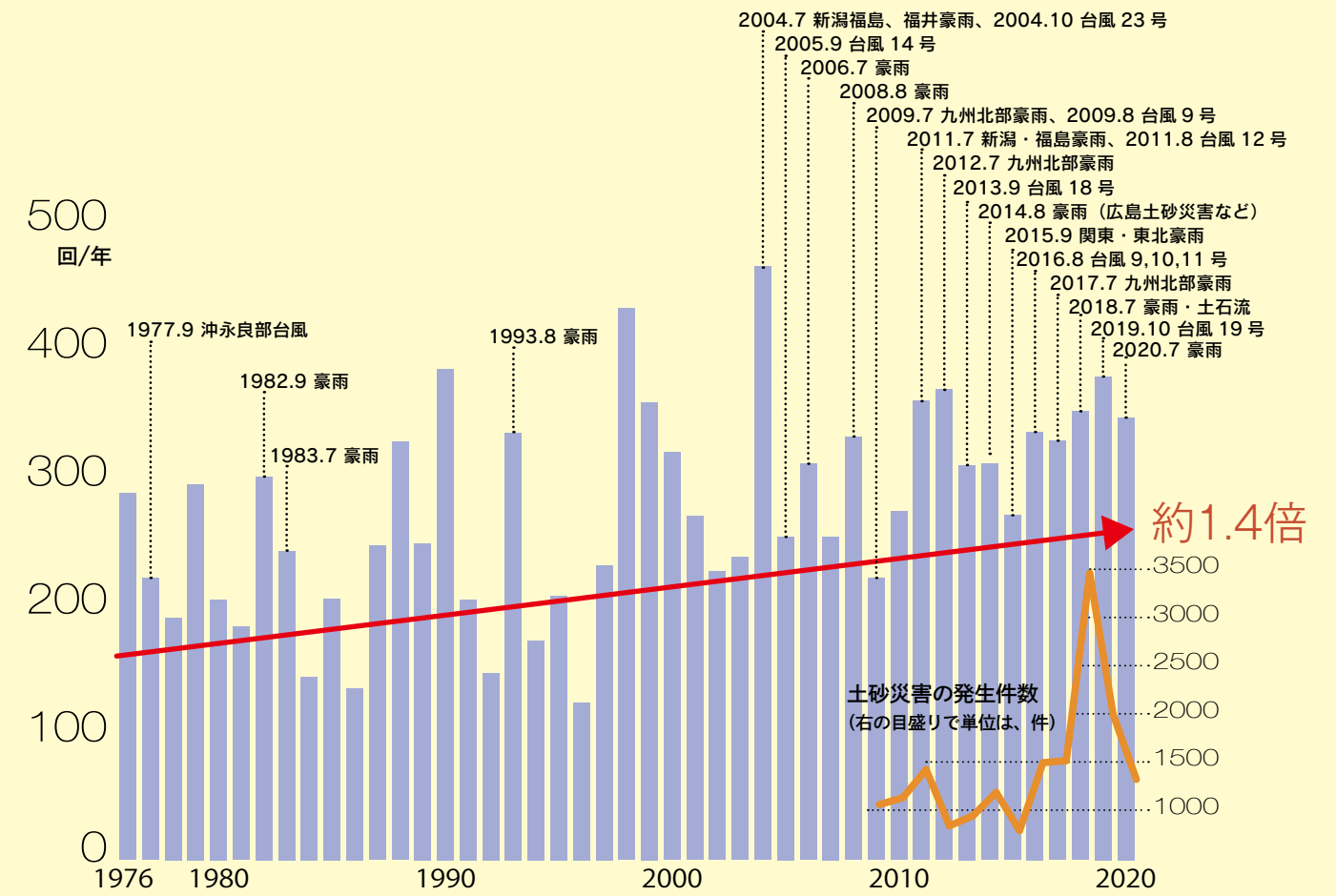
本来、森林がもっている機能

災害はいつの時代でも起こる可能性があります。その災害に備えて、水源かん養のための森林や土砂災害の起きにくい保安林、降雪による視程不良を抑制する防雪林や強風を弱める防風林、あるいは飛砂を抑

える海岸林などが整備されています。森林には本来災害を抑制する機能が備わっています。森林内では、樹木が根を張り巡らすことで土砂が崩壊しにくいような根系が育まれています。また、林床に生育している植生や、蓄積した落枝落葉は、雨による直接的な地表の浸食を防いでいます。しかし、集中的な豪雨や長期間続く大雨は、そうした森林の機能を超えて、災害をもたらしはじめています。

森林の機能不全がさらに災害を増加させる

気候変動によって、森林の機能を超えるほどの豪雨や大風、あるいは猛暑日や雪害などが増えることで、森林の機能が衰えたり、森林の機能を超える力で災害がもたらされることが続くと、しだいに日本列島の森林の防災機能が衰弱し、さらに被害を増大させるようなことも起きかねません。森林が衰弱すると、気候変動も加速し、さらなる災害を引き起こすこととなります。いまのまま温室効果ガスを排出し続け、平均気温が高まり続けると、より強い豪雨が増え、斜面崩壊の発生も増える可能性が高いと考えられます。



1時間降水量50ミリ以上の年間発生回数(左の目盛りで単位は、回/年)とおもな豪雨や台風発生回数がおよそ1.4倍に増えるとともに、土砂災害が増える可能性も高まっている。棒グラフは各年の年間発生回数を示す(全国のアメダスによる観測値を1,300地点あたりに換算した値))



強風によるスギ林の森林気象害 2018年台風21号で発生した風害(大阪府高槻市)

斜面崩壊の発生が増える可能性

いまのまま温室効果ガスを排出し続けると、2081~2100年に斜面崩壊の発生確率が増えると予測されている。温暖化による影響で、いまよりも強い豪雨が多くなると考えられるためだ。(全国 斜面発生確率 MIROC 2081-2100 環境省「ストップ温暖化2017」による)

【データ出典】

- 1時間降水量50ミリ以上の年間発生回数 ▶ 「大雨や猛暑日など(極端現象)のこれまでの変化」気象庁: https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/extreme/extreme_p.html
- おもな豪雨や台風 ▶ 「近年の水災害発生状況」カワナビ vol.11 国土交通省 2020: https://www.mlit.go.jp/river/kawanavi/prepare/vol11_1.html
- 土砂災害の発生件数 ▶ 『令和2年版 防災白書』附属資料 20 土砂災害の発生状況の推移 内閣府 2020: http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/r02/honbun/3b_6s_20_00.html
- 「2020(令和2)年の土砂災害の概要」国土交通省: <http://www.sabo.or.jp/saigai/2020saigai.htm>

【写真提供】

強風によるスギ林の森林気象害 ▶ 高橋正義・齋藤英樹(森林総合研究所)

斜面崩壊 斜面表層の土砂や岩石が地中のある面を境にして滑り落ちる現象。山崩れ、崖崩れ、土砂崩れなど(防災科学研究所より)。

地球温暖化が進むと生物相や生態系に大きな影響が現れてきます。生態系の基盤となる森林植生の適地にも変化がはじまっています。植生の分布域が北上したり、縮小や拡大をすることで、日本列島の植物相は、どのように変化することになるのでしょうか？

森林植生とは？ 森林植生の適地とは？

温暖化によって影響を受ける樹種は、サクラやカエデだけではありません。日本列島に分布するほとんどの植物たちが、温暖化の影響を受けることになります。もちろん、気温や積算温度に敏感な樹種から、そうではない樹種までさまざまあるでしょう。しかし、多かれ少なかれ、温暖化は植生に少なからず影響をおよぼすこととなります。また、平均気温が上昇することで、単純に分布域が北上すると考えて良いのかというと、かならずしも簡単ではありません。それは、分布域や植生域が移動することで、微気象や土質、土壌の水分条件といった生育環境が変化し、生育に適した温度帯の地域に分布域を広げたとしても、必ずしもその地域での生育が順調に進むかどうかはわからないからです。

ブナの生息適地が 大幅に減少

ブナ林とミズナラ林は、日本の冷温帯を代表する落葉広葉樹の森林植生です。森林総合研究所が、これらの分布を気候要因に基づいて解

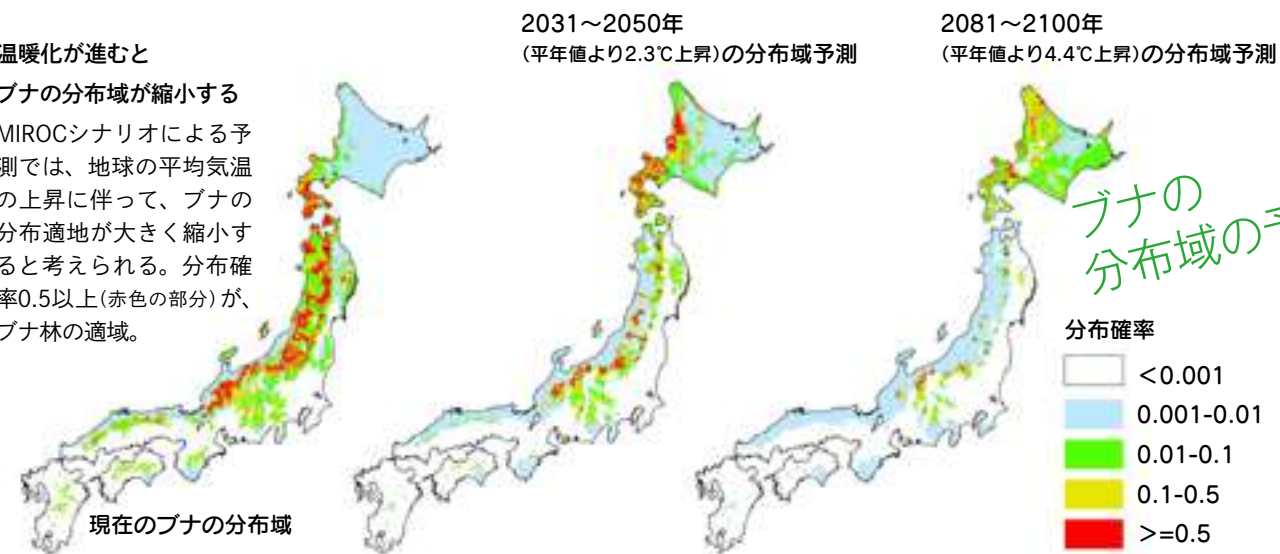
析したところ、冷涼で冬に降水量の多い多雪地域にはミズナラ林が少なく、温暖で夏に降水量の少ない乾燥地域にはブナ林が少ないことがわかりました。そこで、ブナ林が分布する気候要因の気温と降水量を、温暖化シナリオに基づいて変化させたところ、シナリオ通りに温暖化が進んだ場合、「九州、四国、中国地方、紀伊半島、関東地方のブナ林の適地は、わずかを残して消失」と予測されました。北海道では、現在の北限より東部や北部に分布可能域が広がる可能性があるものの、温度上昇によってブナ林に適さない地域や、林分の断片化が起こり、分布を妨げられると予測しています。

スギ林はどうでしょう？ 森林総合研究所が、スギ林の生産力の変化を平均気温の上昇シナリオに基づいて予測したところ、二酸化炭素が高濃度になるにつれ、全国平均でのスギの生産力は、RCP2.6でもRCP8.5でも、生育が活発になりました。とはいえ、温暖化による乾燥と高温が過度に進行すると、とくに西日本においては、それらのストレスに弱いスギの生産力が大きく低下する可能性もあります。今後の二酸化炭素濃度と温暖化の進行をしっかりとみきわめていくことが大切です。

温暖化が進むと

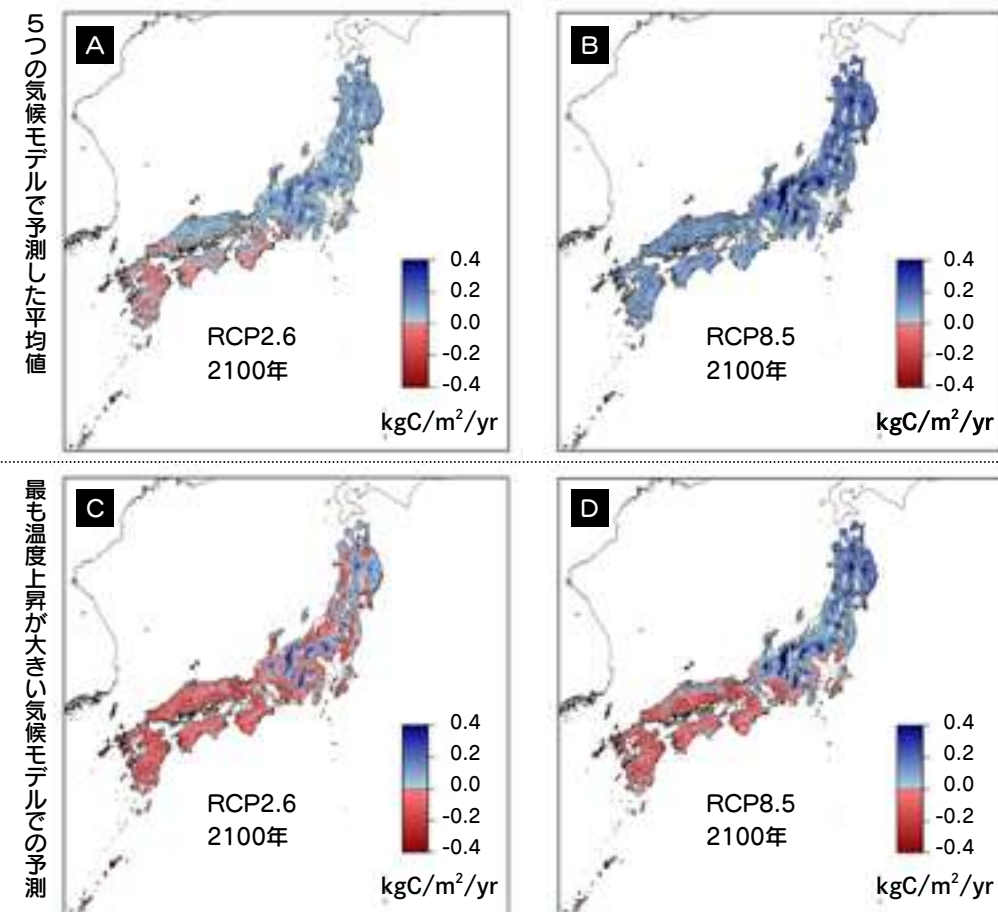
ブナの分布域が縮小する

MIROCシナリオによる予測では、地球の平均気温の上昇に伴って、ブナの分布適地が大きく縮小すると考えられる。分布確率0.5以上(赤色の部分)が、ブナ林の適域。



ブナの
分布域の予測

分布確率
 <0.001
 0.001-0.01
 0.01-0.1
 0.1-0.5
 >=0.5



スギの生育力の変化の予測

スギの生育力の変化の予測

RCP2.6と、RCP8.5の2つの年平均気温の上昇シナリオに沿って、スギの生産力の変化の量を予測した。青色部分は生産力が増大した地域、赤色部分は低下した地域。上のAとBは5つの気候モデルで予測した平均値、下のCとDは最も温度上昇が大きい気候モデルで予測した。気温上昇がより大きな気候モデルでは、生産力の低下の割合が大きくなった。地球温暖化の影響で、西日本でより大きく生産力が低下することがわかる。

【原図出典】

温暖化が進むとブナの分布域が縮小する ▶ 「温暖化にともなうブナ林の適域の変化予測と影響評価」松井哲哉、田中信行、八木橋勉ほか 『地球環境』 国際環境研究協会 2009

スギの生育力の変化の予測 ▶ 「気候変動が人工林に及ぼす影響を予測する」齋藤哲、橋本昌司ほか 『第4期中長期計画成果36』 森林総合研究所 2021 : <https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/4th-chuukiseika36.html>

MIROCシナリオ
 MIROCは、東京大学/
 国立研究開発法人国立環
 境研究所/国立研究開発
 法人海洋研究開発機構
 の共同で開発された気候
 予測モデル。

RCP
 Representative Conce
 ntration Pathways(代表
 的濃度経路)の略。産業革
 命前にくらべて2100年
 までに温室効果ガスの
 濃度がどのように上昇
 するかを予測したもの。数
 値が高いほど、温室効
 果ガスの濃度が高く、温
 暖化を引き起こす可能
 性の高いシナリオとな
 る。RCP2.6で平均1°C、
 RCP8.5で平均3.7°Cの上
 昇が予測されている。

森林は、林業や特産物の生産のほか、水源のかん養、生物多様性の確保、土砂災害の抑止、そして気候変動の緩和といったいくつもの機能を持っています。気候変動が進むと、それらの機能にどのような影響が現れるのでしょうか？

森林のもつ多面的機能とは

森林には、自然生態系として生物の多様性を保持するというはたらきのほかにも、わたしたち人間の暮らしと関わり、それを支えるさまざまな機能をもっています。水源のかん養、土砂災害の防止、木材やその他の資源の生産、レクリエーションや保健保養の場の提供などがそれで、それらを「森林の多面的機能」と呼んでいます。その中でも重要な役割のひとつが、気候システムの安定化、二酸化炭素の吸収による地球温暖化の緩和です。

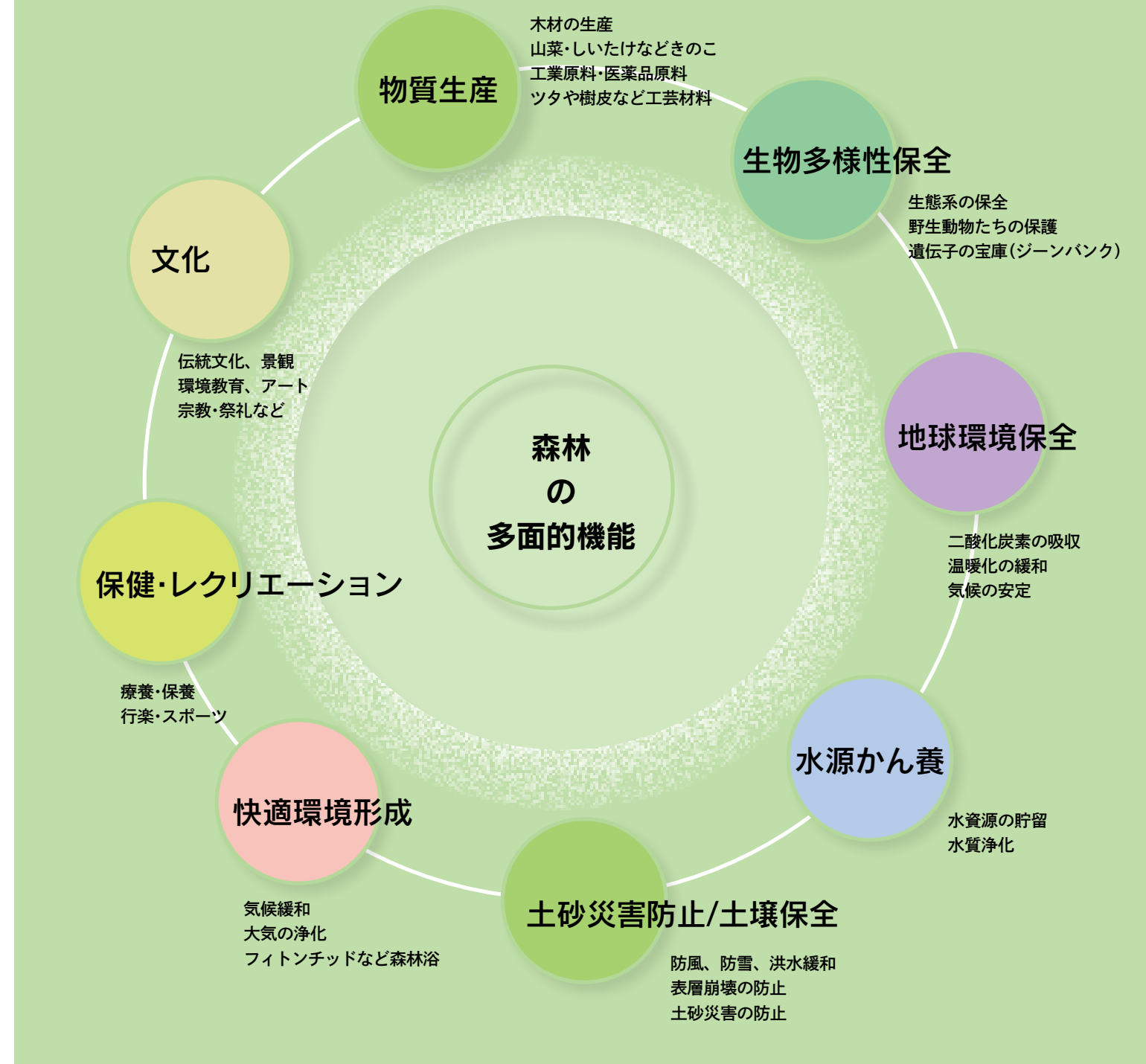
気候変動による多面的機能への影響

森林は、多くの生物に欠かせない酸素を生みだしてくれるとともに、二酸化炭素の重要な吸収源です(▶019、020)。また、樹木から炭を生産できることからわかるように、樹木は炭素の貯蔵庫でもあります。森林の活力が失われたり、荒廃や消失をしてしまうと、温室効果ガスの吸収源としての機能が失われ、場合によっては、二酸化炭素を排出する元凶ともなってしまうかねません。

森林機能の喪失と温暖化の負のスパイラル

気候変動が森林におよぼす影響は、多岐にわたっています。生育の不良、樹種の変化、多様性の喪失、病虫害や獣害の増加、大雨や集中豪雨による土砂災害などです。気候変動が日本列島のいくつもの森林に影響をおよぼし、ひいてはそれぞれの森林の持つ多面的機能が減衰したり、喪失したりすることで、森林の活力が失われてしまうおそれもあります。天然林では、急速な分布域の変化が、地域的な特定種の絶滅などをもたらすことも考えられます。

— うして、森林の活力が失われることによって、本来、森林が吸収するはずだった温室効果ガスを吸収することができなくなれば、さらなる地球温暖化を加速してしまうことにもなりかねません。そうした負のスパイラルへと陥らせないためにも、森林をそれぞれの目的に合わせて的確に保全することで、多面的機能を維持することが大切です。森林の利用・保全を進めるため、森林管理や林業の活力を高める対策が気候変動の緩和につながります。



森林のもつ多面的機能

歴史的に人類は、森林から計り知れない恩恵を受け続けてきた。それらの恩恵を合理的に整理したものが多面的機能といえるかもしれない。

フィトンチッド
ロシアの生物学者ボリス・P・トーキンが、植物の抗菌作用について命名した造語。現代では、防虫、殺虫、リラックス効果など生物に何らかの作用をおよぼす樹木から発散される揮発性有機化合物を広く指して、このように呼ぶ。

【参考】

「森林の有する多面的機能について」林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/tamenteki/>

温暖化による生態系への影響のなかでも、高温で活動が促進される菌類や細菌そして昆虫は、人間の生活にもさまざまな影響をおよぼすこととなります。これまで分布していなかった温度帯の地域にまで広がることで、森林の病虫害が活発化すると、林業への甚大な被害も招きかねません。

温暖化による被害の多発と広がり

昆虫や微生物の多くは、一般的に気温が高くなるとその活動が活発になっていきます。農作物における病虫害では、たとえば水稲では温暖化に伴って、籾枯れ細菌病が多発したり、籾から吸汁して質を落とすカメムシ類が増えたり、苗を食害するリンゴスクミガイ(ジャンボタニシ)の分布域が広がるなどの被害が予測されています。FAOによると、2015年には、「温帯および亜寒帯を中心に約4000万haの森林で病虫害や気象害が生じた」との報告があります。

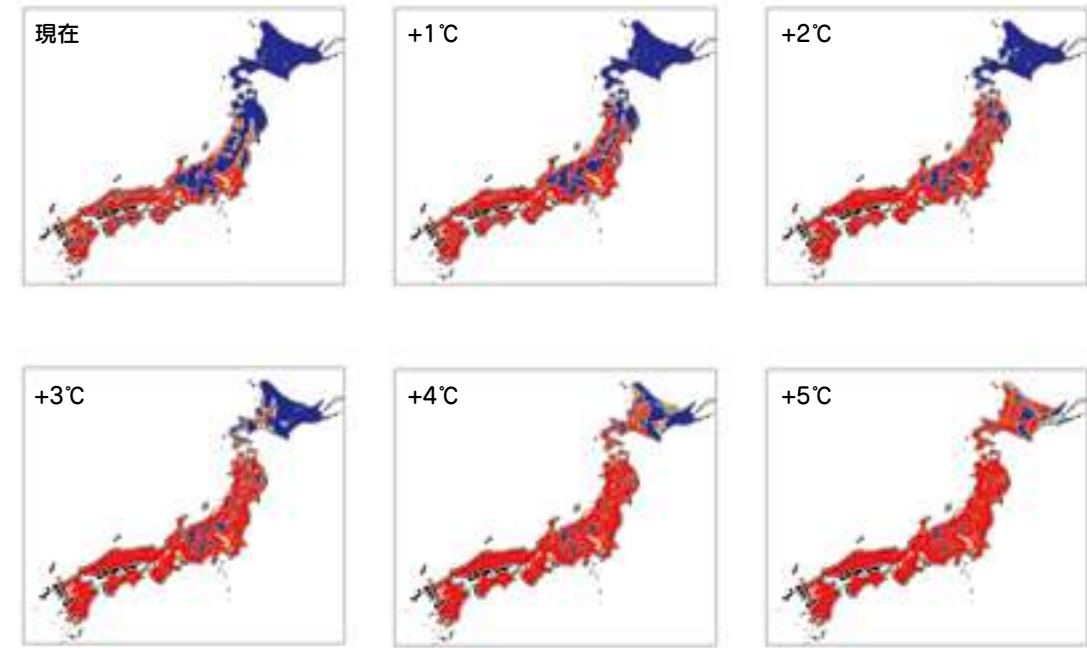
線虫と昆虫が引き起こすマツ枯れ

マツ材線虫病(マツ枯れ)は、マツ林に甚大な被害をおよぼす森林の病気です。もともと北米にいたマツノザイセンチュウという線虫が輸入される木材に紛れて、日本へ持ちこまれたようです。マツノザイセンチュウは、日本のアカマツやクロマツなどに感染し、木の組織に異常な反応を引き起こして、水を吸い上げる仮道管の閉塞や水切れを引き起こし、水を吸えなくなったマツを枯ら

してしまいます。この線虫は、マツノマダラカミキリという昆虫を媒介者として、つぎつぎにマツの木に感染を広げていくマツ林にとって、おそれるべき病気です。

温暖化でマツ枯れの分布が拡大

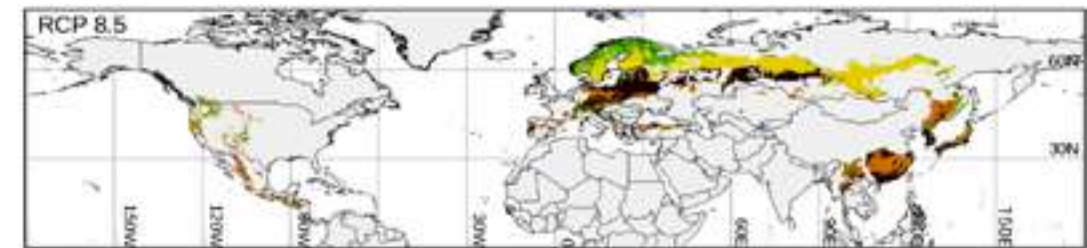
マツノマダラカミキリは、マツの木に産卵して食害をする害虫ですが、それ自体ではマツを枯らすことはありません。このカミキリムシが帰化種のマツノザイセンチュウと出会ったことで、マツ枯れが日本で拡大しました。それがいま温暖化によって、さらに拡大傾向にあります。もともとマツノマダラカミキリは低温下では、あまり活動が活発ではありません。マツ枯れ自体も、冷涼な気候では発生しにくいとされ、高山帯や東北以北では、現在はまだまだ分布が広がっていません。それが、温暖化によってしだいに分布域を拡大させるのではないかと危惧されています。マツノザイセンチュウによるマツ枯れは日本だけの問題ではありません。国際的な物流で運ばれた線虫が温暖化によってさらに分布を広げることで、世界中のマツの仲間が危険にさらされています。



■ マツ枯れ危険域 ■ 移行域 ■ マツ枯れ自然抑制域

温暖化シナリオに基づくマツ枯れの危険域の広がり

マツ枯れは、冷涼な地域では自然条件によって発生が抑えられている。温暖化が進むとマツ枯れによる森林被害の危険域が広がると予測される。



■ マツ枯れ危険域+マツの分布に不適な気候条件となる地域
■ マツ枯れ危険域
■ マツの分布に不適な気候条件となる地域
■ 変化なし
■ 感受性マツの天然分布域外

温暖化に伴って、世界でもマツ枯れ危険域が広がる

気候変動シナリオRCP8.5に沿って平均気温が3.7°C上昇すると、マツ枯れに冒される危険性の高くなる地域や、マツの分布に不適となる地域が大きく広がると予測される。

【原図出典】

温暖化シナリオに基づくマツ枯れの危険域の広がり ▶ 「森林への影響 マツ枯れ」大丸裕武・中村克典 「地球温暖化『日本への影響』」温暖化影響総合予測プロジェクトチーム 2008 : https://www.nies.go.jp/s4_impact/pdf/20080529report.pdf

温暖化に伴って、世界でもマツ枯れ危険域が広がる ▶ 「気候変動によりマツ材線虫病の危険域は世界的に拡大する」平田晶子、大橋春香、松井哲哉ほか 『研究成果選集 2018』 森林総合研究所 :

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2018/documents/p14-15.pdf>

温暖化に伴い、熱波や記録を更新するような高温、乾燥などが続くことで、世界各地で森林火災が起きています。森林火災はいちど起きると数週間ときには数カ月にもわたって燃え続け森林と生物を消失させてしまいます。森林火災の現状についてみてみましょう。

日本での森林火災の原因と発生数

ひとたび森林火災が起きると、とくに乾燥地においては、その被害は甚大なものとなります。日本でも平均して1234件の山火事が発生し、毎年661haほどを焼失しています(2015～2019年の平均 消防庁統計資料)。発生原因は、たき火の不始末が多く、ついで火入れや放火、タバコの不始末が続きます。日本は湿潤な気候なため、多くの場合人為的な原因による山火事になります。温暖化によって、その件数が増えているとはいえ、むしろ対策の強化によって減っている状況にあります。

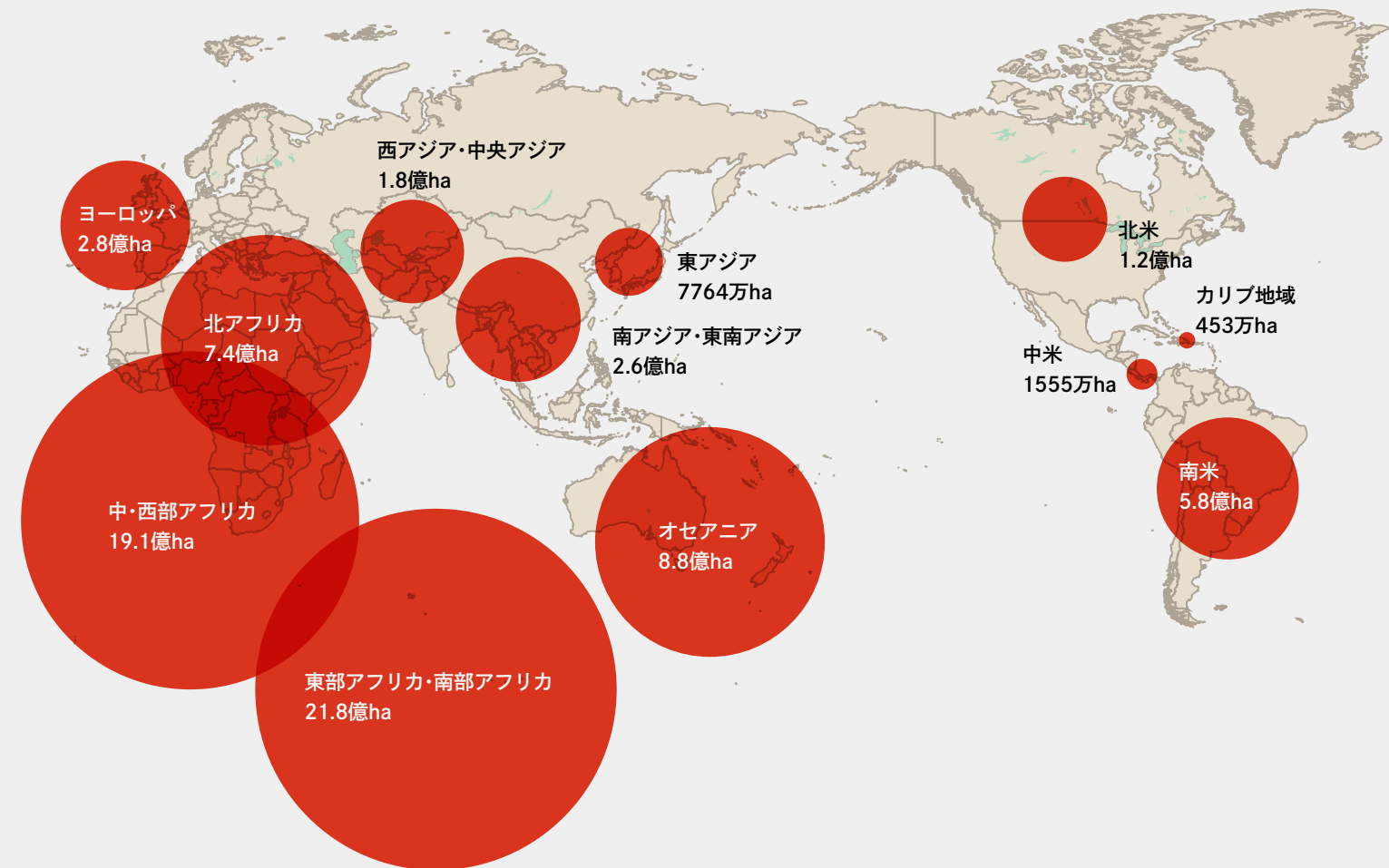
世界での近年の森林火災の状況

世界に目を向けると、近年は大規模な山火事が多く発生しています。1997～1998年にかけては、エル・ニーニョ現象による影響でブラジルやインドネシアで大規模な火災が発生し、それぞれ200～300万ヘクタールの熱帯林が焼失しました。FAOによると2015年には9800万haの森林が火災の影響を受け、とくに熱帯地域では全森林の4%が焼失するなど、

森林火災による被害は激甚なものがあります。火災によって影響を受けた森林の3分の2以上がアフリカと南米で起きていることから、乾燥地帯への被害の偏りと今後の被害の増加が懸念されています。

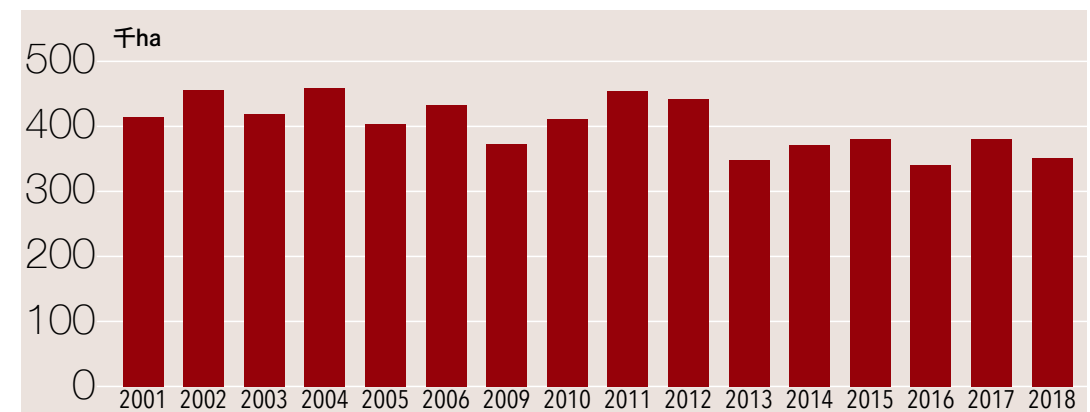
森林火災が地球温暖化へ与える影響

世界全体での森林火災の発生数が増え、ことさらに近年増えているとはいえません。しかし、猛暑が続いての北米での森林火災や、2019～2020年にかけてオーストラリアで半年近くも燃え続け多くの野生生物のいのちを失った森林火災、2021年カリフォルニア州での史上最大の森林火災など、少雨や日照りが続くことで乾燥地帯での森林火災が消火しにくくなったり、長期間続くことで、被害は深刻なものとなります。また、2020年には、冷温気候で湿気も多く、本来山火事が起きるはずのないシベリアのツンドラ地帯が熱波に襲われたことで、火災が起きたことは、研究者たちを驚かせました。森林が焼失すれば、それだけ温室効果ガスの吸収が少なくなります。負のスパイラルがさらなる森林火災を引き起こすことが懸念されます。



地域別の火災面積の総計 2001～2018

森林以外のサバンナ、草原などでの自然攪乱も含む。2001～2018年の間に起きた火災のうち3分の2はアフリカ地域で起きている。近年世界で起きている大規模な森林火災は、熱波や干ばつなどの気候変動に関連し、長期化したり、消火がむずかしいなどの特徴がある。



世界の年間火災面積の推移 2001～2018

森林以外のサバンナ、草原などでの自然攪乱も含む。火災面積のうち樹木に覆われた地域は約29%。

【データ出典】

地域別の火災面積の総計・世界の年間火災面積の推移 ▶ Global Forest Resources Assessment, main report FAO 2020 : <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca9825en/>

【参考】

「日本では山火事はどれくらい発生しているの？」 ▶ 林野庁 : https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/yamakaji/con_1.htm

地球が温暖化することで、いま極地の氷が融け、氷河が少しずつ消失してきています。また、凍土が融けだすことで、大地がゆがみ、また融けた水が太陽エネルギーを吸収してさらに氷を融かしてしまいます。気候や土壌が変化した北方林では、どのような影響がでているのでしょうか。

永久凍土とシベリアの針葉樹林帯

永久凍土とは、2年以上にわたり気温が0℃を上回ることはない大地のことをいいます。北半球の陸域のおよそ25パーセントにあたる範囲に永久凍土が広がっています。永久凍土には、コケや草からなるツンドラ地帯のほか、カラマツなどの樹種を主体とした針葉樹林帯が広がっています。これらの針葉樹林帯を含む亜寒帯の森林面積は世界の27パーセントを占めています。低温で分解速度の遅い永久凍土には、多くの有機物が凍ったまま保存されています。

地球温暖化の永久凍土や針葉樹林帯への影響

温暖化によって、気温が0℃を上回る年がでてくることで、永久凍土が融けるという影響がはじめています。永久凍土が融けると有機物、すなわち炭素が分解されて、放出されてしまいます。二酸化炭素やメタンの放出は、温室効果ガスの濃度を高めます。反面、温暖化によって北方の森林はこれまで以上に活性化し、光合成を活発に行うことで、大気中の二酸化炭素の吸収が増加す

るとの研究もあります。放出と吸収のバランスがどのように変化するかは、これからもしっかりと調査を続けていく必要があります。

吸収量が増えるのか？温暖化が促進されるのか？

凍土の融解が、どのような影響をおよぼすか、その全体像は、まだはっきりとはみえていません。とはいえ、凍土の融解は樹林植生に変化をもたらすだろうことは明らかです。東シベリアのカラマツ林について温暖化の影響を予測した海洋研究開発機構の報告によると、凍土が融けることで、シベリア全体が湿潤化し、カラマツ林の総体としての植物生産量は増加するだろうとしています。反面、カラマツの落枝落葉が凍土の雪面を覆うことで日射吸収率が高まり、温暖化が促進される可能性もあります。太陽のエネルギーは、氷の地表よりも水面のほうが吸収しやすいことから、水たまりが多くできると地表面の温度も上がりやすくなります。冷温な気候が凍らせていた大地が融けはじめることで、北方林にどのような影響が現れるか、今後も監視が必要です。



永久凍土の上に生育したクロトウヒ林

永久凍土地帯のクロトウヒ林は、木が斜めに傾いて生えていることから「酔っ払いの森」と呼ばれている。一時期は地球温暖化の影響で凍土が融けて地盤がゆるみ、木が傾いたのではないかという解釈もされたが、森林総合研究所の調査によって、夏に融けた水が冬に凍る地表面の活動層で、もともと季節変化によってデコボコしていたマウンド(土の盛り上がり)がさらに押し上げられ、木を傾けていることがわかった。とはいえ、近年の温暖化によってマウンドの発達と木の傾きは強まってきている。さらに温暖化が進むとマウンド自体が崩壊し、炭素貯留機能の低下が大気中の二酸化炭素濃度を高めて、温暖化を加速させないとも限らない。



永久凍土の露出面(上の写真)と、凍土地帯のマウンド(右の写真)

永久凍土地帯では、1年を通して地面から数十センチ下に永久凍土層がある。地表では、季節の温度変化で数十センチ幅の溝を挟んで、マウンド(土の盛り上がり)がいくつもならんでいる。

【写真と解説出典】

永久凍土の上に生育したクロトウヒ林、永久凍土の露出面と、凍土地帯のマウンド ▶「永久凍土の『酔っ払いの森』と温暖化の影響」藤井一至『季刊 森林総研』46号 森林総合研究所 2019 :

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/documents/kikanffpri46-research2.pdf>

【参考】

「温暖化による永久凍土の融解が世界最大の針葉樹林帯に与える影響を数値実験により解析—全球規模の気候変動予測の精緻化に貢献—」佐藤永ほか 海洋研究開発機構 2016 : http://www.jamstec.go.jp/j/about/press_release/20160722/

ツンドラ

地下に厚い永久凍土が広がる地域。地面がほぼ一年中凍っていることから樹木が生えることができない。夏に地表が融けて湿地化し、蘚苔類や地衣類、限られた草本類が生える。

section 4.

森林分野での地球温暖化への対策

このセクションからは、森林分野において、どのような対策を行うことで、カーボンニュートラルに貢献できるのかについてみていきます。林業の健全化は、日本の森林の健全化へとつながります。木材利用の循環の流れは、どのようにカーボンニュートラルと結びつくのでしょうか？

森づくりと林業は、炭素を循環させている産業

森林は、二酸化炭素を吸収してくれるだじな資源です。また生物の多様性を保持し、自然の豊かさの象徴でもあります。そのため木を伐ることに抵抗感をおぼえることもあります。しかし、木を伐って利用し、より多くの木材が暮らしの中で使われることで、樹木が大気から吸収した炭素を確実に人間社会の中で蓄積することができます。また、高齢の樹木がより若い樹木へ世代交代することで、効果的に温室効果ガスを削減することができます。木を伐ることは森林の減少につながり、温暖化を促進するという誤解もありますが、伐採後に森林へ戻すことで温暖化を緩和することができます。もちろん、守る森、使う森をしっかりと分けて考えることも重要です。木材を適正に利用することは、温室効果ガスの効率的な固定にもつながります。

伐って使って植える循環をつくりだす

木材を構成する元素の約50%は炭素です。樹木が吸収した二酸化炭素は、木材という形で固定され

ます。つまり木材を利用し続けることは、炭素を固定し続けている状態になります。もちろん、その木材が最終的に燃やされたり、腐ったりすると、木材に固定されていた炭素は、二酸化炭素の形で大気中へと放出されます。森の木を伐って木材として固定するとともに、新しく植林して森林を育てることで、大気中の二酸化炭素を吸収して炭素を固定することにつながります。この伐って使って植えるという流れの中で炭素は循環し、それぞれの段階で炭素が蓄積されていることになります。

木材の循環でカーボンニュートラル

カーボンニュートラルは、排出分と同量の炭素を固定することで、大気中の炭素量を増やさずに特定の濃度に保つことを意味します。いまの温室効果ガスの増加傾向は、もはや±0以上に、吸収や固定を強力に進めなくてはならない状態にあります。日本の森林率は7割で、森林量は微増を続けています。その活力を保ちつつ、さらに伐って使って植えることで、確実にカーボンニュートラルの状態へと近づけ、気候変動の緩和へとつなげることができます。



循環利用のイメージと木材の流通

森林資源を有効かつ持続的に利用することで、カーボンニュートラルを実現し、地球温暖化の緩和へとつながる。

木材を使うことで、わたしたちもカーボンニュートラルに参加することになる。

【図版出典】

「循環利用のイメージと木材の流通」▶「新たなビジネスモデルに向けた基本構図」(『森林・林業白書』2017「森林資源の循環利用イメージ」を参考に作図)『地域の木材流通の川上と川下をつなぐシステム・イノベーション』 森林総合研究所 2021:

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/4th-chukiseika37.html>

【参考】

「木材を使用して、元気な森林を取り戻そう!」政府広報 2021: <https://www.gov-online.go.jp/useful/article/201310/3.html>

林業の健全化と森林を更新させるための流れ

いま日本では、伐採期を迎えた樹齢の人工林が半分を占めてきている反面、林業がうまく機能していないという問題を抱えています。林業が健全になることで、森林の気候変動を緩和する機能も健全に発揮されます。問題はどこにあるのでしょうか？

日本の林業は、
どんな状況にあるのか

日 本の森林面積のうち、およそ4割に相当する1020万haが人工林で戦後の拡大造林によって整備されてきた森林といえます。木材の輸入自由化などの試練を経つつも、高度経済成長の中で1980年に木材価格がピークを迎え、林業産出額は1兆1588億円を産出していました。その後下降線を描き、近年では約4500億円前後を推移し、その半分は栽培きのこ類の生産額となります。反面、森林の蓄積は充実し、伐期を迎えた人工林が半分を占めるようになっています。林家の多くは10ha以下の小規模な森林所有者で、木材価格が低迷する中、手入れなどが行き届かない状況が続いています。

炭素吸収量の高い
若齢林を増やす

温 暖化の緩和という視点から考えると、国土の67%を森林が占めていることは好ましいことです。しかし、その4割を占める人工林の手入れが行き届かなかったり、高齢樹になっていくことは、必ずしもベストの状態とはいえずありません。

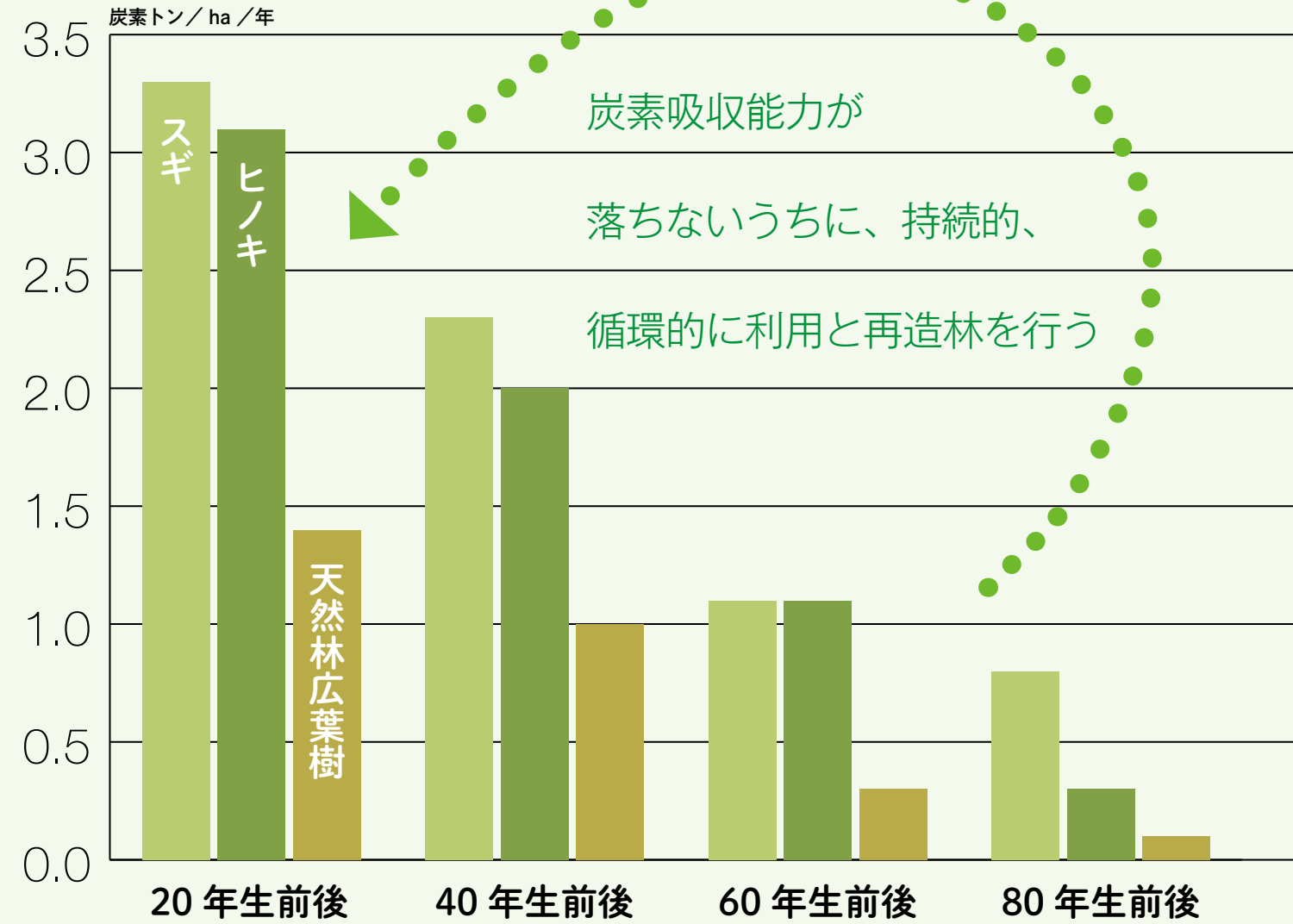
それは、019でみたように、高齢樹になるほど二酸化炭素の吸収能力は落ちるからです。

間伐をすることで
バイオマスを増やす

も うひとつ、手入れが行き届かない森林では、枝が混み合ったり、風倒木が放置されたり、林床が荒れてしまうことで、森林の持つ多面的機能が十分に発揮されなくなると同時に、木材の質も落ちてしまいます。森林総合研究所が間伐を行った森林と行わなかった森林とのバイオマス量を比較した調査によると、間伐を行わない森林では当然生きて育っている立木だけの量は多くなりますが、間伐材を木材として利用したことを考慮して間伐を行った森林のバイオマス量を比較すると、行った森林のほうがより多くの炭素を固定していることがわかっています。

伐って、使って、植える循環で
温暖化を緩和する

林 業が健全に機能して、伐って、使って、植えるという循環がまわっていくことで、林業は温暖化緩和への大きな力となります。



1年当たりの森林(幹・枝葉・根)による平均的な炭素吸収量

炭素の吸収量は、おなじ樹種でも、地域や立地環境などによってちがってくる。ここでは、おおよその平均値をだしている。炭素トン(二酸化炭素(CO₂トン))に換算するには、44/12(≒3.67)を乗じる。各林齢における炭素吸収量の求め方は以下のとおり。

- 20年生……(4齢級の炭素量-3齢級の炭素量)÷5年
- 40年生……(8齢級の炭素量-7齢級の炭素量)÷5年
- 60年生……(12齢級の炭素量-11齢級の炭素量)÷5年
- 80年生……(16齢級の炭素量-15齢級の炭素量)÷5年

【データ出典】

1年当たりの森林(幹・枝葉・根)による平均的な炭素吸収量 ▶ 「1年当たりのおおよその炭素吸収量」森林総合研究所：
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/dept/22climate/kyuushuuyou/documents/page1-4-per-year.pdf>
 「間伐は人工林のバイオマス成長を促すのか？」松本光朗ほか 『平成16年度研究成果選集』森林総合研究所 2004：
https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyuu/ondanka/pdf/p26-27.pdf

齢級
樹木の年齢を樹齢あるいは林齢という。それを5年ごとに区切って、1~5年生を1齢級とし、森林の年齢としたもの。

木材の流通を活性化し、森林が更新される流れをつくることは、気候変動を緩和するために大きな貢献となります。この流れをつくるためには、森林所有者や管理者が魅力を感じるような健全な林業が必要です。林業で利益がでるようになるためには、どうしたらよいのでしょうか？

森林所有者が魅力を感じる林業へ

「林業では、利益が出ない。むしろ手間とコストがかかるばかり」というのが、多くの林家の気持ちではないでしょうか。自分の山、自分の森林への想いがあっても、なかなか思うように管理できない、利益がでないのでは、林業への魅力が失せるのは当然のことです。では、魅力ある林業にするには、どうしたらよいのでしょうか。

省力・低コストによる経営の安定

林業で利益を得るには、新たな需要創出により木材価格を上げることとあわせ、できるだけ省力化を図り低コスト化して経営を安定させることが必要でしょう。そのためには、造林・育林をする林家から、製材、そして消費者までのあいだに無駄のないシステムチックな流通を構築することが求められています。同時に林業は、ひとつの世代だけでは完結しない産業です。1本の木を育てるには数十年もの時間が必要です。次世代のために木を植え、山を守るためにも魅力ある産業構造が必要です。

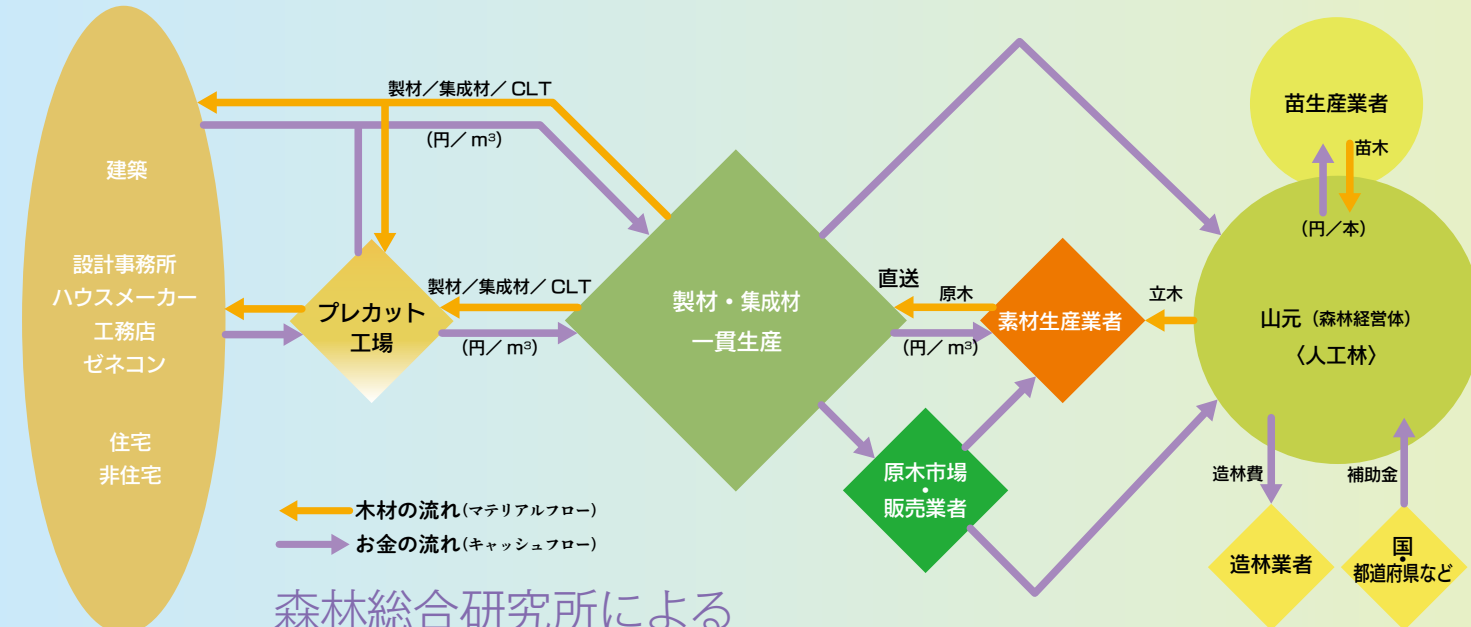
民間の活力を高めるための制度と税

森林の中には、所有者がわからなくなってしまうところもあります。遺産相続時に登記移転がなされなかったのでしょうか。地方の過疎化や高齢化が進んだことで、山の管理が行き届かず荒れてしまったり、そのため境界線が確認できなくなってしまったような場所もあります。こうした山では、管理をすることもできず、森林の多面的機能は発揮しづらくなります。また、温暖化の緩和にも貢献することができません。

そこで、所有者を探してもみつからない場合には、特例措置として、森林経営管理法に基づく「経営管理権集積計画」を半年間公告したあと、市町村が主体となって適切な経営管理を図ることができるようになりました。管理が行き届かない森林に対して、市町村が仲介役となって森林所有者と林業経営者をつなぐことで集約的に森林の整備を行おうというわけです。また、国民が全員で森林環境税を負担しつつ、自治体に「森林環境譲与税」を交付することで、間伐や路網整備といった森林整備を行えるようなくみづくりが、近年整えられるようになってきました。

どうすれば、林業を黒字にすることができるのだろうか？

集成材供給コスト 数万円/m³@一次接着 ▶ 原木流通コスト 2500円/m³(運材1+手数料) ▶ 素材生産コスト 4000円/m³ ▶ 立木価格5000円/m³以上に



森林総合研究所による低コストシミュレーションの例

〈地位上、大規模、中伐期〉〈製材生産・数十万m³、集成材生産・数万m³〉

流通でコストの低減を図ることで林業を黒字にするためのシミュレーション(森林総合研究所)

シミュレーションでは、現状の立木価格3000円/m³前後では赤字になってしまい、林業経営が成り立たない。「製材工場」と「集成材工場」の一体化や連携によって一貫生産を行うことでコスト削減を図り、将来的に立木価格を5000円/m³以上にすることで黒字になると試算された。コスト削減を徹底することで、再造林可能な林業経営の形が見えてくる。

【図版出典】

森林総合研究所による低コストシミュレーションの例 ▶ 「新たなビジネスモデルに向けた基本構図」『地域の木材流通の川上と川下をつなぐシステム・イノベーション』 森林総合研究所 2021 :

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/chukiseika/4th-chukiseika37.html>

【参考】

「再造林の推進」林野庁 2020 : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/attach/pdf/201012si-18.pdf>

「森林環境税及び森林環境譲与税」林野庁 : https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/kankyousei/kankyousei_jouyousei.html

「森林経営管理制度(森林経営管理法)について」林野庁 :

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/keieikanri/sinrinkeieikanriseido.html#4>

健全な林業を推進して気候変動を緩和するためには、長期的な視野に基づく効率的でシステマチックな作業が求められます。滞りなく植林が行えるような苗木の安定供給、成長がよいエリートツリーの導入、早く健全に育つ早生樹などを活用すれば、炭素の吸収量増加にも力を発揮します。

苗木の安定供給

林業がうまくまわるような循環をつくり出すためには、造林のための苗木が安定的に供給されることが欠かせません。その年の造林に使われる苗木を「山行苗木^{やまゆき}」といいます。山行苗木の2割は、いまコンテナ苗になりました。コンテナ苗というのは、根が丈夫に育つような容器に、あらかじめ苗木を1本ずつ育てておき、山に植え付けたあとの根づきがよくなるようにした苗です。コンテナ苗は機械で植えることができるので、手間やコストを削減するためには欠かせないものです。さらに、樹木の生育には数十年もの時間がかかります。いちど植林をしたら簡単に植え替えをすることはできません。よい成長を見込めるかどうかは苗の資質次第ということになります。成長のよさ、まっすぐ育つ資質、耐寒性や病害への耐性など遺伝的に資質をもつ苗木を確保することが重要です。

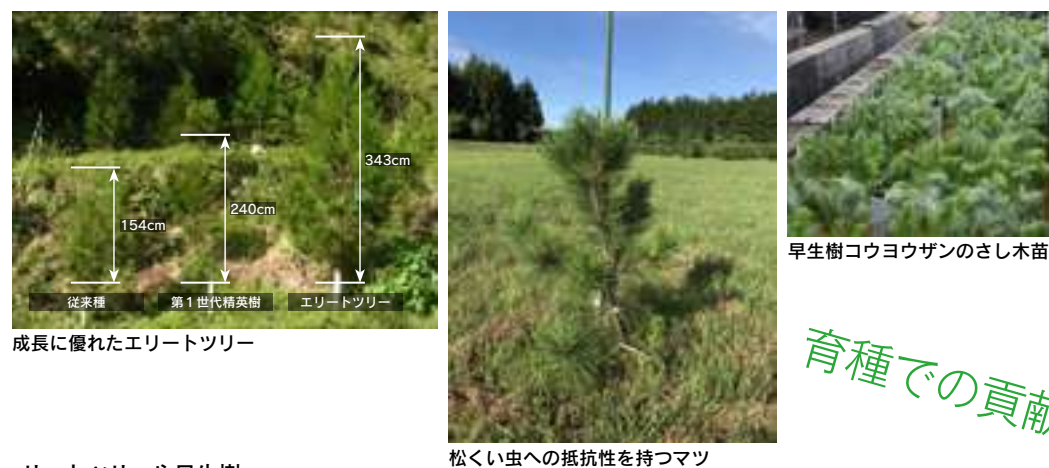
エリートツリーなどの利用の拡大

エリートツリーとは、とくに成長が優れたもの、材として質が高

く、また、その他のさまざまな点で優秀な資質をもつスギやヒノキを全国の人工林や天然林から探し出して母樹とし、それらを掛け合わせることで生み出した、まさにエリートの木です。二酸化炭素を吸収固定する量は、当然成長が早く優れた樹木のほうが多くなります。そこで、そうした木をとくに「特定母樹」として指定することで、温暖化対策への貢献に寄与できるようにしています。同時に、国民病ともいわれる花粉症対策として、花粉量が少ないこともひとつの資質として考慮されています。

早生樹を活用して期間コストを減らす

成長が良くて、早く大きく育つ樹種のことを早生樹といいます。たとえば、コウヨウザンやセンダンなどは、20～40年で収穫できて高い木材生産能力を持ちます。また、ヤナギやポプラなどは非常に早く育つことから、育林の手間をそれほどかけずに、短期間で効率的にカーボンニュートラルのバイオマスエネルギーに利用することができます。これらのものを活用し、適材適所で造林を図ることで、着実に排出量の削減を積み上げることができるのです。



成長に優れたエリートツリー

松くい虫への抵抗性を持つマツ

早生樹コウヨウザンのさし木苗

育種での貢献

エリートツリーや早生樹

優れた形質を持つエリートツリーや、早い時期の収穫を期待できる早生樹の苗木を育種することで、下刈りなど林業施業の労力やコストを減らすことができる。

伐採から再造林までのシステムの効率化



一貫作業システム

これまで、伐採～搬出、地拵え、植付けとそれぞれ個別に行われてきた作業を、伐採から造林まで連続して行えるようにすることで、労力やコストを減らすことができる。林業が活性化することで、木材利用も広がり、再造林によるカーボンニュートラルへの貢献が期待できる。

【写真提供】

エリートツリーや早生樹、写真3点 ▶ 「要覧 重点課題3」 森林総合研究所 2021

【参考】

「林業種苗生産」 林野庁： <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/syubyou/syubyou.html>

「森林・林業白書」 林野庁： <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/index.html>

「森林づくりの新たな技術」 林野庁： <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kanbatu/houkokusho/houkoku.html>

木を伐採して売ることができても、その後の地拵^{じごしら}えや植付けに手間とコストがかかったのでは健全な森林経営を行うことができません。伐採から植付けまでの作業を一貫して行うシステムを導入できればコスト削減となり、再造林によるカーボンニュートラルへとつなげることができます。

最先端技術を導入して森林を把握する

デジタル化、IoTが急速に進む現代において、林業の現場でもAIを活用した取り組みは急務の研究課題となっています。とくに、気候変動など地球規模での影響を把握するために、AIは欠かすことができません。いま林業の現場では、森林の材積量や状態、あるいは地積や境界を明確に知るために、さまざまなAIシステムが導入されています。

たとえば、ドローンを使って上空から森林をみることで、これまで知ることができなかった森林の実像に迫ることができます。また、さらに上空にある人工衛星からの情報を利用して、森林の密度、樹種、状態などを把握し、それぞれの森林が持っているポテンシャルを知るための情報を得ることもできるようになってきています。

これら最先端技術を森林調査・森林研究で活用し、林業の現場と結びつけることで、より効率的で、地球環境への負荷の少ない森林保全や森林利用のシステムを作り上げていくことができるでしょう。

スマート林業の推進

林業の現場は、かつては3Kともいわれ、育林のための下刈り、除伐、枝打ちにはじまり、人力のチェーンソーによる間伐、主伐、丸太の搬出、伐採後の地拵^{じごしら}え、そして植林とすべての作業を人の力で賅^{たも}ってきました。

機械の発展とデジタル化によって、いまでは、高度な機械化が進んでいます。高性能林業機械は、この30年ほどで飛躍的に保有台数が増え、導入が進んでいます。なかでも、IoTを活用した先進の機械では、伐採から枝払い、玉切りまでを1本数分で作業し、さらに地拵^{じごしら}えから植林までを一貫して行うことで、コストを削減するスマート林業が行われるようになってきています。

コストを削減することで、林業経営の健全化を図ることは、ひいては森林全体の持続的な整備・保全へとつながり、さらには、温室効果ガスの森林による吸収の活力も高まり、カーボンニュートラルの実現、そして気候変動の緩和へとつながることになります。



ドローンや無人で荷下ろしができるフォワーダなど最先端林業機械の活用

最先端のデジタル機器やIoTを活用することで、これまで人力に頼らざるを得なかった作業を無人で効率的に行うことができるようになってきた。



三次元モデルやオルソ写真など空からの調査や、地上型3次元レーザースキャナによる森林の計測

森林の状態を知るためには、これまでは森に入り1本1本を人力で計測するなどの地道な調査が行われてきたが、現代では人工衛星からの情報を利用することで、森林の全体像をデジタル的に把握することができるようになってきた。

【写真出典】

ドローンや無人で荷下ろしができるフォワーダなど最先端林業機械の活用 ▶ 『季刊 森林総研 51号』 森林総合研究所 2020 :

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/index.html>

三次元モデルやオルソ写真など空からの調査や、地上型3次元レーザースキャナによる森林の計測 ▶ 『季刊 森林総研 44号』 森

林総合研究所 2019 : <https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/index.html>

地球温暖化の影響によって、短時間豪雨や長時間降り続く長雨などが頻発しています。近年は全国で毎年2000カ所を超える山地災害が発生する状況になっています。防災林を整備することで、山地災害を抑制し、温暖化による被害の増大に備えることができます。

防災林の整備で 洪水や土砂災害は減ってきた

戦後の斜面の崩壊や洪水の氾濫面積と、水源涵養林などの保安林の面積を比べると、保安林面積は1960年代から80年代にかけて倍増し、斜面崩壊や洪水氾濫面積が減少していることがみてとれます。保安林の整備が、災害を抑えてきたといえるでしょう。洪水では「流域治水」という考え方があります。上流域の森林をしっかりと整備することで、洪水を緩和できるという考え方です。森林を整備することは、災害の抑制に欠かせません。

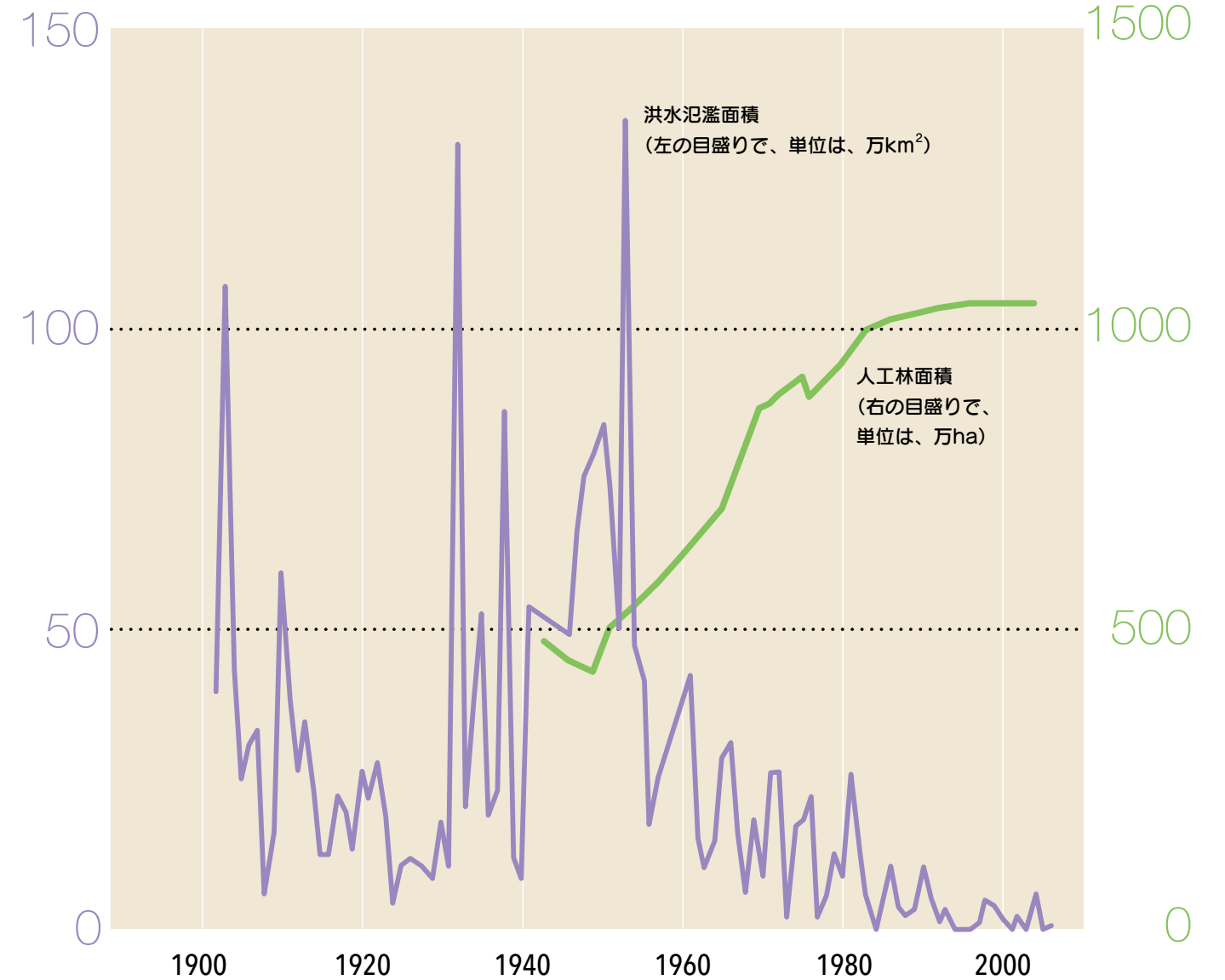
予想される 被害の甚大化

しかし、いま地球温暖化によって降水量や集中的な豪雨が増えてきています。それに伴い、土砂災害も多発しています。2018年7月の豪雨では、広島県で線状降水帯による土砂崩れの同時多発が起きました。2021年の夏も、線状降水帯の発生で、九州・中国・四国地方で、洪水や土砂災害が起きました。降雨の激甚化によって、土砂災害が多発すれば被害がさらに増大することになります。

吸収源としての森林整備と 防災林としての役割

森林を大面積で皆伐すると、斜面の崩壊が起きやすくなります。そのため国有林では、皆伐箇所を分散するよう定めています。皆伐直後は根系が土壌を支持していますが、温暖化による集中豪雨が、林床植生のなくなった表土を直接大量に流れると崩落を招く原因ともなるでしょう。伐採後の年数が経過するほどに根系の支持力も弱くなります。そこで、皆伐後はできるだけ早く再造林を行う必要があります。あるいは、よい材が育たない山であれば、針広混交の天然林に転換し、保安林としての役割を持たせる判断をすることがいいでしょう。

林業を健全化して持続性を担保しつつ、温室効果ガスを効果的に抑制する人工林と、水源をかん養し、災害を抑制するための保安林や防災林の整備、そして多様性を維持し、国土を強靱化するための保全林など、必要な場所に、必要なバランスで、それぞれの森林を整備していくことが、これからの時代は求められているといえるでしょう。



過去100年間の災害と降水量、森林の変化

戦後、人工林なかでも防災保安林の面積が増えるとともに、洪水氾濫面積が大きく減ってきた歴史がある。

【データ出典】

過去100年間の災害と降水量、森林の変化 ▶ 「過去100年間の森林と土砂災害の変化」 多田泰之ほか 第59回砂防学会研究発表会概要集 砂防学会 2010 :

<http://www.jsece.or.jp/event/conf/abstract/2010/pdf/T2-06.pdf>

【参考】

「豪雨災害に関する今後の治山対策の在り方検討会」 林野庁 2021 :

https://www.rinya.maff.go.jp/j/tisan/tisan/attach/pdf/con_3-67.pdf

線状降水帯

次々と発生する発達した雨雲(積乱雲)が列をなし、組織化した積乱雲群によって数時間にわたってほぼ同じ場所を通過または停滞することで作り出される線状に伸びる強い降水をとまなう雨域のこと(気象庁)。

皆伐

対象区画の樹木をすべて伐採する伐採法。

目を世界へと転じてみましょう。森林が果たす地球温暖化緩和への効果を最大限に活かすためには、いまある世界の森林を維持し続けることが不可欠です。世界の森林面積は減少を続けてきています。森林の減少を抑えるための取り組みについてみてみましょう。

世界の森林の90パーセントが天然林

世界の森林をみわたすと、その93パーセント(およそ37億5000万ha)が天然林で、のこりの7パーセント(およそ2億9000万ha)ほどが人工林となっています。全体の傾向としては、天然林が減少を続け、人工林が増えています。その速度はだいに鈍りつつあります。植林への取り組みは、世界中でその意義が認められ、中国やインドなどでは国家的に推進されていますが、植林可能な大地に限りがあるということが、人工林面積の増加速度が鈍っているひとつの要因なのでしょう。日本では、国土の7割がすでに森林に覆われ、伐採地に対しての造林が行われていることから、森林面積自体の変化に大きな変動はありません(▶023)。

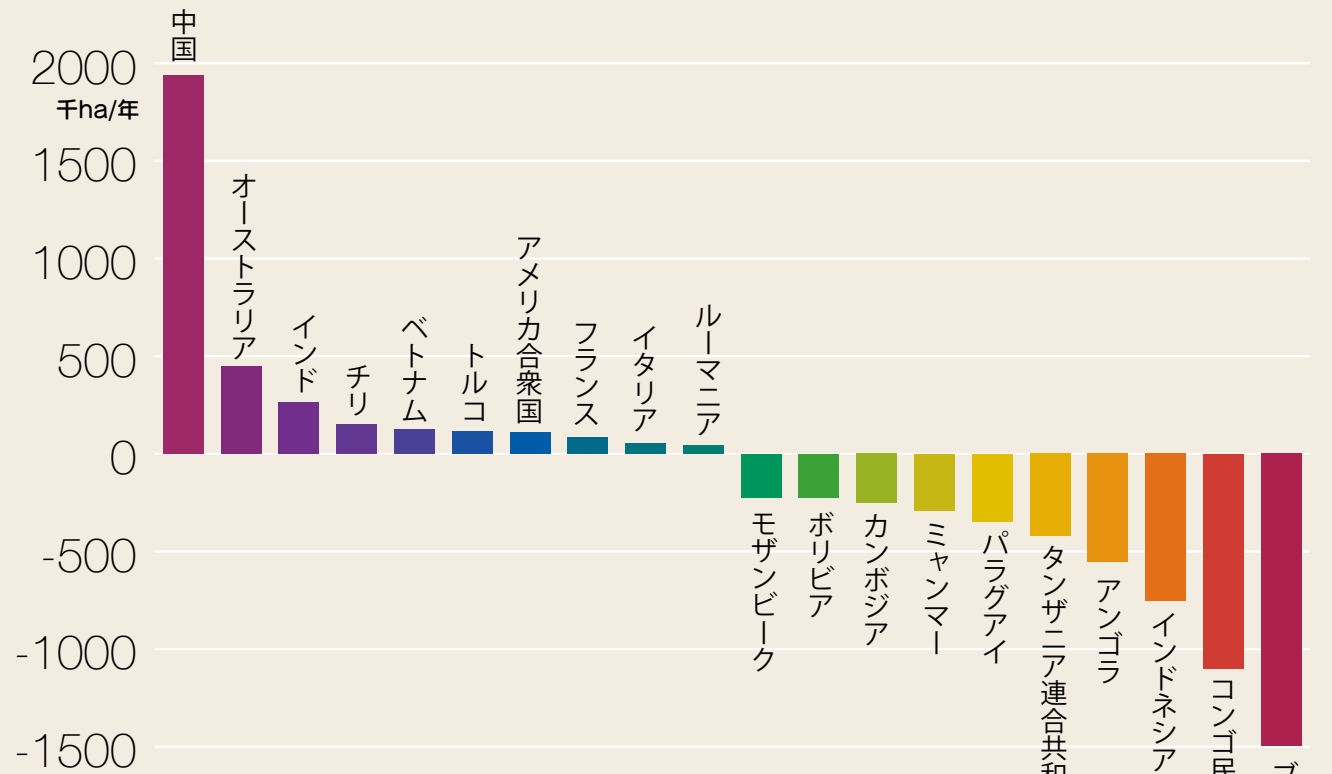
減少を続ける世界の天然林

反面、アマゾンの熱帯林や、インドネシアなどアジアの熱帯林では、地元住民の生活のための開墾や、あるいは国際企業によるプランテーションへの土地の改変などによって、いまなお天然林は減少を続けていま

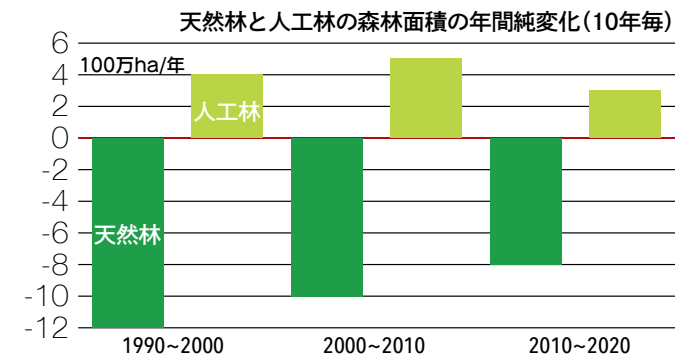
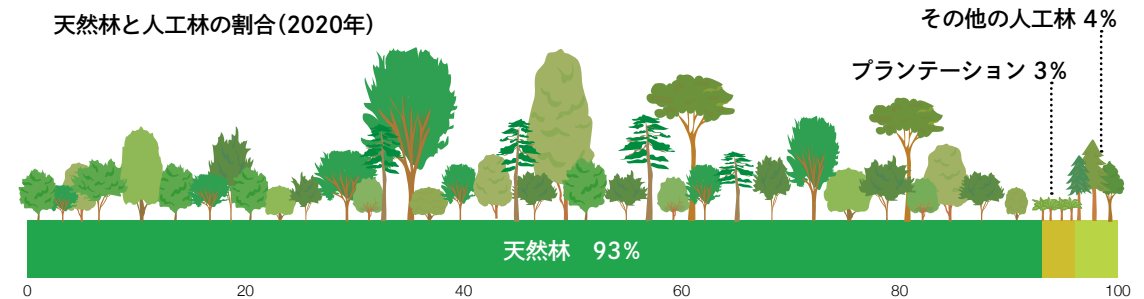
す。開発途上国においては、いわば農業開発と森林の保全は、トレードオフの関係となっています。地元の住民の人たちの暮らしを支援し、経済的な向上を図りつつ、森林保全が可能となるしくみづくりが重要です。

国際貢献による森林減少の抑制

こうした状況に対して、国際社会では森林を保全し、循環的に利用するための管理技術の移転や、REDD+^{プラス}といった取り組みによって、森林面積減少への歯止めをかけようとしています。REDD+^{プラス}とは、「森林減少・森林劣化からの排出の削減、および森林保全、持続可能な森林経営、森林炭素蓄積の強化の役割」という意味を持つ英語の略称です。気候変動枠組条約の第11回締約国会議(COP11)において、パプアニューギニアとコスタリカから温暖化緩和策のひとつとして提案されたことにはじまります。こうした取り組みの効果もあってか、世界の森林面積の減少は抑制されつつあるようにみえます。今後さらに自国のみならず途上国への支援が重要になるでしょう。REDD+^{プラス}の考え方と具体的な取り組みについては、つぎの040で解説します。



森林面積(年平均)の減少している国と増加している国それぞれ上位10カ国
南米、アフリカ、熱帯アジアでの減少が多く、植林を進めている中国、インドなどで増加している。



【データ出典】
森林面積の減少している国と増加している国、天然林と人工林の割合、天然林と人工林の森林面積の年間純変化 ▶Global Forest Resources Assessment, key findings FAO 2020 : <https://www.fao.org/3/CA8753EN/CA8753EN.pdf>
【参考】
森から世界を変える REDD+ プラットフォーム : <https://www.reddplus-platform.jp/about/>
REDD プラス海外森林防災研究開発センター : <http://redd.ffpri.affrc.go.jp/>

プランテーション
熱帯・亜熱帯地域において国際的に需要の高い単一の作物を大規模に生産栽培する農園。歴史的には植民地主義に根ざし、現代ではおもに国際企業によって経営される。

森林面積の減少の主な要因には、途上国での生活のための伐採と、国際企業によるプランテーション開発があります。20世紀に入って、急速に熱帯林の乱伐が進み、気候変動への大きな脅威となりました。こうした中、緩和の国際的な取り組みとしてREDD+が注目されています。

人口増加と経済優先が乱伐の後押しをした

熱帯林を主とする途上国の森林面積は、20世紀の後半から毎年平均でおよそ1200万haずつ減少を続けてきたと考えられます。近年は減少速度が落ちているとはいえ、いまでも毎年1000万haほどが失われています。そのいちばんの原因は、森林を伐開して農耕地や放牧地へ転換したり、商業的に伐採をして、アブラヤシ(パームツリー)やゴムなどのプランテーションに転換してきたことにあります。人びとの暮らしを支え、豊かさを求める中で人口が増加し、社会が拡大することでさらなる農地が必要とされてきました。

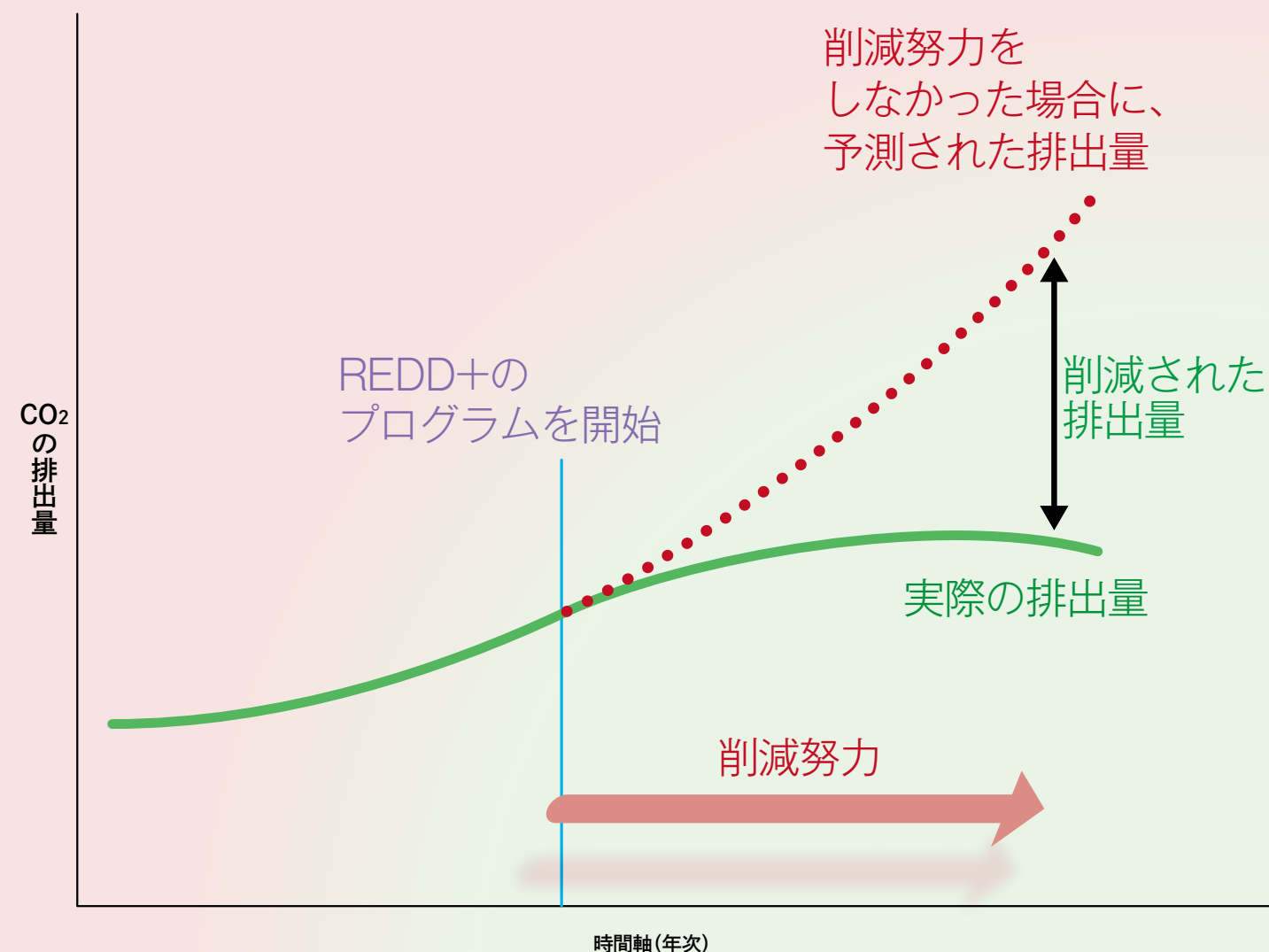
REDD+とは、削減努力へのインセンティブ

こうした中、実効的な対策として注目されているのがREDD+です。熱帯林を有する国や地域の人びとの生活・経済の向上と、温暖化防止のための森林減少抑制をリンクさせ、トレードオフの関係からシナジー(相乗効果)をもたらす関係に換えることが主眼の対策となっています。対象となる国や地域で、森林減少や劣化

による排出削減や炭素の吸収を積極的に増やす対策を行った場合、その温室効果ガス排出量の削減や炭素吸収量の増加に対してインセンティブ(報酬)が得られるしくみになっています。つまり、生活のために必要最小限の森を伐り開いたとしても、それ以上の緑化や植林を行えば報酬が得られるというわけです。生物多様性を維持し、地域住民の暮らしを支えるために有効な手段と考えられます。

REDD+の効果予測する

REDD+のプログラムが順当に機能することで、排出量を大きく削減できると予想されています(右ページグラフ参照)。たとえば、インドネシアやラオスにおける焼畑耕作の抑制や、ベトナムでの持続可能な森林管理、カンボジアでは保全林化の推進や違法伐採の取り締まりなどにREDD+が活用されています。こうした動きをさらに推し進めるためには、モニタリングの精度アップや検証システム構築がとても重要です。また、気候変動対策活動を排出削減量・吸収量として評価認証することでクレジットを発行し、民間企業が購入するしくみも進められています。



REDD+(プラス)で、排出量を削減する考え方

当事国や地域で、森林減少や森林劣化への取り組みを行い、排出量の削減や炭素の吸収につながるプロジェクトを推進することで、インセンティブ(報酬)を得られるしくみとなっている。生物多様性の維持や、地域住民の暮らしを支えるためにも有効なしくみと考えられている。

【データ出典】

『REDD-plus COOKBOOK』森林総合研究所 REDD プラス海外森林防災研究開発センター：<http://redd.ffpri.affrc.go.jp/>

【参考】

「熱帯林の減少」国立環境研究所：<http://www.nies.go.jp/gaiyo/archiv/netairin.html>

「熱帯林が失われるとどんな影響が？」気候変動適応情報プラットフォーム：https://adaptation-platform.nies.go.jp/climate_change_adapt/qa/06.html

「国際的な森林保全対策」環境省：https://www.env.go.jp/nature/shinrin/index_1_1.html

焼畑耕作

森林や原野を焼き払い、灰を肥料として作物を育てる農法。伝統的な焼畑においては、森林や原野の回復を待って循環的に農地を耕作してきた。植生の回復を待たずに焼畑を続けると森林破壊の拡大につながる。

世界には、乾燥・半乾燥地帯を中心に人間が利用していない荒廃地が陸地面積の30%以上あります。それらの土地の多くはもともとは森林でしたが、過剰な農耕や放牧などで土地が荒れ、砂漠化してきたと考えられます。これらの土地に植林することで、気候変動の緩和に貢献できます。

世界の3割を超える 砂漠化の現状

砂漠化とは、過放牧、無理な耕作、過度の薪炭採集といった人為的な活動の影響によって、乾燥・半乾燥地帯の大地が劣化・荒廃していく現象で、気候変動に伴ってその激化が懸念されています。砂漠化の影響を受けやすい地域は、地表面積の約41%にもなるとされ、それらの地域には20億人以上もの人びとが暮らしています。その9割はアフリカや中近東、中央アジアなどの開発途上国にあります。乾燥・半乾燥地帯で過剰な開墾・灌漑をして作物をつくり続けると塩類集積が起こることがあります。塩類集積は、灌漑水に含まれる塩類が表土に集積し、塩害によって農作物をつくるのが難しくなり、やがて大地の砂漠化へとつながる現象です。

アフリカでの 植林の取り組みと支援

砂漠化への対処は、世界的な課題となっています。とはいえ、アフリカなど極乾燥地への対策は、まずは、現地の人びとの生活を支援することからはじめられます。農作物の生産や水の確保といった最優先事項

を確保しながら、砂漠化の防止対策を行わなくてはなりません。同時に、サハラ砂漠の拡大を食い止めるために、南側に位置するサヘル地帯に植林をすることで、「巨大な緑の壁(The Great Green Wall)」をつくる計画もアフリカ連合(AU)などによって進められています。日本でも「サヘルの森」などのNGO団体が支援を行っており、国土緑化推進機構でも募金活動をするので支援しています。

円借款による植林事業や 植林技術の開発

中国の内モンゴル自治区では、国際協力機構(JICA)の円借款による植林事業が行われています。また、国際緑化推進センターなどでは、民間企業と協働したプロジェクトで、ウズベキスタンへの砂漠化防止の活動などを行っています。日本からは、このようにさまざまな形で、世界の砂漠化を食い止めるための植林支援を行っています。また、砂漠化した塩類が集積した土地には、ふつうに植林をしても樹木は育ちません。そこで、乾燥や塩害に強い樹種をみきわめ、乾燥や塩害を受けにくいような育苗パイプなどを使った植林技術の研究も欠かせません。



樹種の見直しと植栽の技術開発

塩類集積地や荒廃地を緑化・森林化することで、炭素の貯留庫としての機能に期待することができる。乾燥に強いユーカリなどの樹種を育苗パイプに植栽して植林することで、表土の塩類の影響を抑えることができる。

ユーカリの育苗パイプなど
技術開発

新しい植林技術の開発



土壌の改良と植栽法のくふう

土壌の物理性を改善して低密度で植栽することで、乾燥地を緑化する。

募金活動などの
取り組み



国土緑化推進機構での取り組み

募金の呼びかけでNGOの活動を支援することで、砂漠化の防止へ貢献している。

【写真提供】

ユーカリ育苗パイプなど、新しい植林技術の開発 ▶ 宇都木玄（森林総合研究所）
募金活動などの取り組み「緑の募金 アフリカグリーンベルト造成事業」国土緑化推進機構：
<https://www.green.or.jp/bokin/gallery/jirei07-tikyuu01>

【参考】

「熱帯乾燥地に炭素を蓄える」宇都木玄ほか『平成20年版 研究成果選集』森林総合研究所2008：
<http://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2008/documents/p10-11.pdf>
「国際的な砂漠化対策」環境省：https://www.env.go.jp/nature/shinrin/sabaku/index_1_2.html

塩類集積

土壌中の水分に含まれる塩類が毛細管現象で表土に集積すること。干拓地や乾燥地で起きる。塩類が集積すると濃度障害が起きて作物が育たなくなる。

■ 執筆・監修者からひとこと……③

伊神 裕司 森林総合研究所 木材加工・特性研究領域長

私の住んでいる茨城県の県北地域では、数年前から「北限のパパイヤ」が露地栽培されています。これには栽培時期の調整や品種改良などの工夫があったわけですが、国内ではどちらかと言えば寒いとされている地域でトロピカルフルーツが元気よく育っているのを目の当たりにし、地球が温かくなっていることの影響を想起したところです。一方で、地球温暖化については懐疑的な意見を耳にすることもあります。

木材利用促進に向けた技術開発など研究を進めるにあたっては、実験結果から正しい科学的知見を導き出すとともに、技術を普及させるための仕組み作りが非常に大切になってきます。すなわち、事実に基づいて具体的に行動を起こすということで、これは地球環境問題を考える上での私たちの取り組み姿勢にも通じるものと思っています。その意味で、本書では、「いま地球で起きていること」「地球環境の中で森林が果たす役割」「木材利用の意義」など森と気候変動に関わる内容が、さまざまな観点から具体的なデータも引用しつつわかりやすく解説されています。

世界終末時計は現在、昨年が続いて23時58分20秒(終末まで100秒)を指しており、気候変動への目標が十分に達成されていないことも時計の針が戻らない理由の1つになっているそうです。人類に残された時間はそれほど多くはないのかもしれませんが、いま、それぞれの立場でできるところから、地球環境を考えた取り組みをはじめることが大切だと思います。

section 5.

木材利用による地球温暖化対策への貢献

このセクションでは、木材利用による地球温暖化緩和への貢献についてみていきましょう。木材の利用を増やして、再造林の循環を進めることで、温室効果ガスを効果的に固定・貯留することができます。いま十分にストックされている国内の森林蓄積の利用の工夫が求められています。

戦後の輸入木材の増加と国産材消費の低迷

第2次世界大戦の敗戦により、国土は荒廃し、森林も多くが禿げ山となりました。戦後の復興は、住宅の再建をはじめとする都市復興のために、まず木材の供給量を増やすことが求められました。そこで始められたのが、国有林の整備と植林の拡大です。さらに、海外から木材を輸入することで、日本の経済成長を支えてきました。しかしその反面、国内の林業が低迷するという事態にも陥っています。いま、日本の人工林は、木材として充実した伐採期を迎えています。これらを利用することは、森林が吸収した炭素を木材として蓄積することにつながり、さらに新しい造林で、温室効果ガスの吸収量をふやすことにもつながります。

木材利用が温暖化防止に貢献するメカニズム

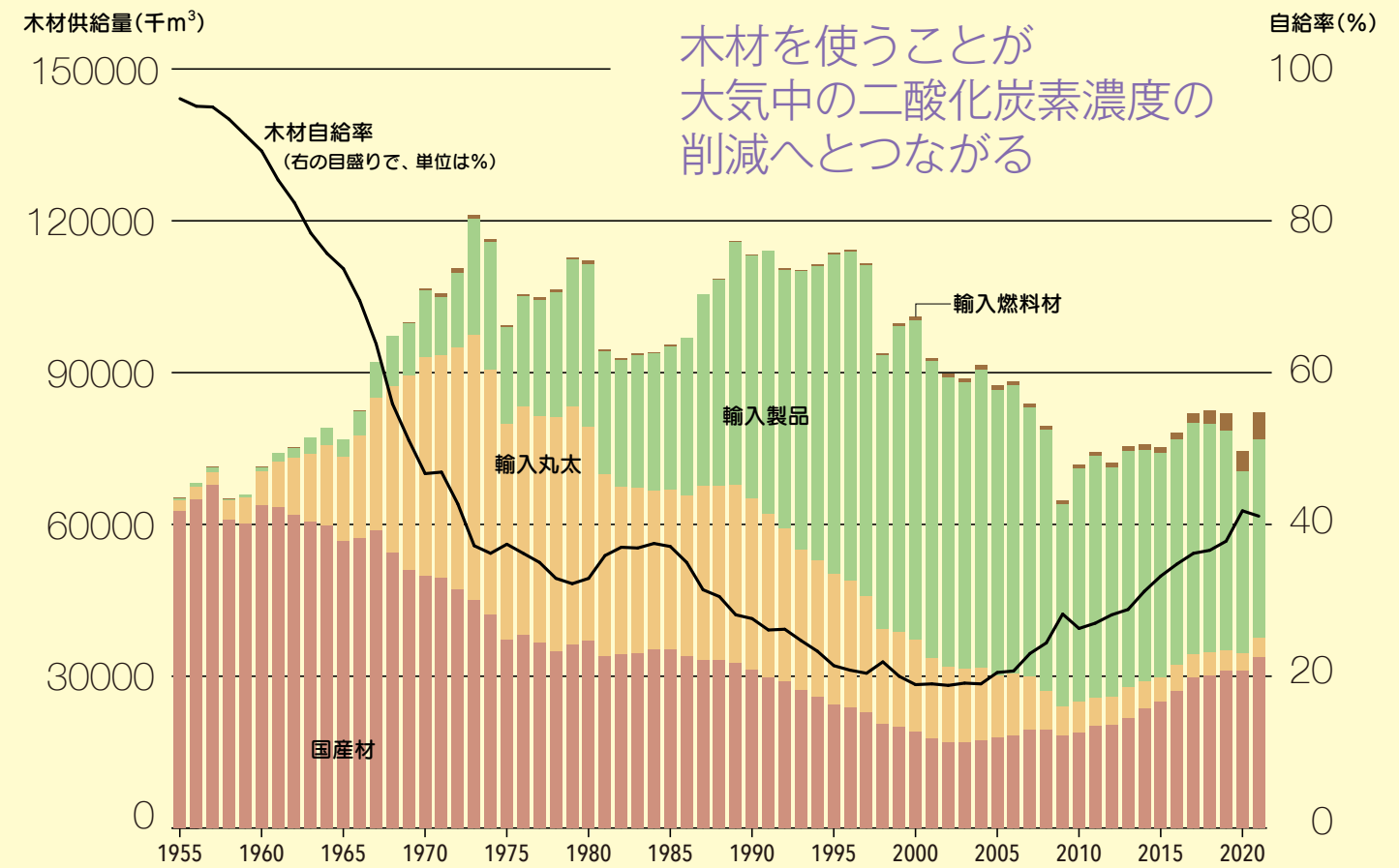
木を伐ることは、いわば森林の減少であり、自然破壊につながるという考え方もあります。しかし、ここで注意が必要なことは、多様性の保全や多面的機能を維持するための天然林や混交林、保全林と、木材

としての利用を目的とした人工林との役割のちがいです。木材利用を目的とした人工林の木材を適正に利用することは、温室効果ガスの効率的な蓄積につながります。木材の重量の約50%は炭素です。樹木が吸収した二酸化炭素は、木材という形で蓄積されています。すなわち木材製品を暮らしの中に増やし、それをできるだけ長く利用し続けることで、より多くの炭素を蓄積し続けることができます。

国産木材の利用でカーボンニュートラルへ

いま世界では、各国がそれぞれに排出削減目標をもって、地球温暖化防止に取り組んでいます。日本では、2050年へ向けての炭素排出量ゼロを目標として掲げています。この場合の「排出量ゼロ」とは、国内の森林による二酸化炭素の吸収と、経済活動によって排出される二酸化炭素の収支が0になるということを意味します。国産の木材を利用することは、炭素の蓄積量を増やすと同時に国内の森林の活力を高めることにもつながります。なお、国際ルールでは輸入材は炭素蓄積の算定対象となりません。

木材を使うことが大気中の二酸化炭素濃度の削減へとつながる



木材需給の推移

長らく国産材の自給率は減少してきたが、2000年代に入って国産材利用が増加し、自給率も増加してきた。このことは、木材による炭素蓄積の増加、気候変動緩和への木材利用による貢献を意味している。

法律の改正によって、木材利用を促進する範囲が建築物一般へと拡大した！

木材の利用の促進に関する法律の改正

公共建築物では2010年の法律に基づいて、これまでも木材の利用が促進されてきた。さらに2021年に「公共建築物等における木材の利用の促進に関する法律の一部を改正する法律」が成立したことで、法律の題名が「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」となり、対象が公共建築物から建築物一般へと拡大した。木材のますますの利用促進に弾みがかかると期待されている。

【データ出典】

木材需給の推移 ▶ 「木材需給表」農林水産省：https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/mokuzai_zyukyu/

【参考】

「気候変動緩和策には木材利用による排出削減も大切」松本光朗ほか 森林総合研究所 2016：

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/research/saizensen/2016/20160817-04.html>

『森林・林業白書』林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/>

「脱炭素社会の実現に資する等のための建築物等における木材の利用の促進に関する法律」林野庁：

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/koukyou/>

森林が二酸化炭素を吸収して炭素を蓄積する量と、森林を伐採して木材製品として蓄積される量、そして、それらが焼却されることで排出される二酸化炭素の量を正確に算定していくためには、算定方法のルールを決めなくてはなりません。どのような考え方で算定しているのでしょうか？

HWPの増減を炭素蓄積量として計上する

森林から伐採・搬出されて、木材製品となったものをHWP(Harvested Wood Products: 伐採木材製品)といいます。HWPには、国内で森林経営を行っている育成林から生産された「製材」「木質パネル」「紙」などが含まれます。京都議定書の第1約束期間では、森林から伐採・搬出された時点で、炭素が排出されたとされ、その炭素量を計上しなくてはなりません。そのため木材としての利用をいくら行っても、カーボンニュートラルへの貢献とは認められませんでした。

HWPによる炭素蓄積量を増やす

HWPが住宅資材や家具、紙などとして利用されている間は、炭素は木材中に固定されています。そして、一定期間が経つと廃棄されることとなりますが、最終的には焼却したり、腐朽などによって分解され、木材中の炭素は二酸化炭素などの温室効果ガスとして排出されることとなります。そこで、京都議定書の第2約束期間以降(2013年～)では、国内

で生産された木材を材料としたHWPは、森林吸収源として算定できるようになりました。国産材による住宅資材などの使用量を増やして、それらをより長期間利用し続けること、つまり、HWPによる炭素蓄積量が増加することは、地球温暖化の緩和への貢献とみなすことができるというわけです。木材は他の住宅資材と比べると、製造時の炭素の排出量も少なく、環境負荷も小さい資材です。木材や木質材料を利用した製品をより多く使うことは、地球温暖化対策の大事な一翼を担う行動といえます。

利用促進へ向けて新しい技術の開発の必要性

とはいえ、温暖化対策として実効的なものとするためには、カーボンニュートラルの実現までHWPによる炭素蓄積量を増やす必要があります。つまり、廃棄されるHWPの量よりも、新たに利用するHWPの量のほうが多くなくてはなりません。林業を健全化して、国産の木材の利用を促進するためには、新しい時代に適合した木質材料、すなわち大型木造建築物が建設できるような耐火性、堅牢性、強度などを持つ木質材料を開発していく必要があります。



第2約束期間以降(2013年～)では、HWP(伐採木材製品)が増加すれば「吸収」と同様な意味となる

京都議定書の第1約束期間では、森林を伐採した段階で温室効果ガスの「排出」と計上しなくてはならなかったが、第2約束期間では、HWPとして利用したのちに、焼却や埋立をした段階で「排出」となる。そのため、HWPが増加すれば吸収と同様な意味となる。

木材を使うことで、わたしたちもカーボンニュートラルに参加することになる。

【原図出典】

第2約束期間以降(2013年～)では、HWP(伐採木材製品)が増加すれば「吸収」と同様な意味となる ▶ 「第二約束期間(2013～2020年)のルールはどうなっているの? HWP(伐採木材製品)などの取り扱い」林野庁:

https://www.rinya.maff.go.jp/j/sin_riyuu/ondanka/20141117_topics5.html

HWP(伐採木材製品) 国内で伐採・加工された一般的な木材製品のこと。いわゆる木造住宅、家具、紙など。京都議定書では、国内で伐採された木材だけを計上できるため、「伐採」ということが強調されている。

HWP(伐採木材製品)の利用を促進するには、現代社会で建築材をはじめとする木材製品に求められているニーズにみあった製品の開発が求められます。木は生きものですから、木材は工業製品のように均質ではありません。そのデメリットを克服する技術がCLTなど新しい木質材料です。

新しい木質材料 CLT(直交集成板)

伝 伝統的な建築資材としての木材の利用では、伐採した木材を丸太のまま使ったり、丸太を板などに製材して利用してきました。しかし1本1本の木には個性や質的なばらつきがあります。そこで、木材を小さなあるいは薄い構成素材に調製して、それらを均質になるように貼りあわせることで板をつくる技術が開発されました。それが、単板(ベニヤ)を貼りあわせた合板や、ひき板(ラミナ)を貼りあわせた集成材などです。さらに、近年開発された木質材料が、ひき板(ラミナ)の繊維方向が直交するように貼りあわせたCLT(Cross Laminated Timber 直交集成板)と呼ばれる木質材料です。

CLTを使う メリット

CLTは、1995年頃にオーストリアで開発され、いまではヨーロッパ各地で利用がはじまっています。CLTの特長は、木材の長所を保ちつつ、その短所を軽減したことにあります。木材の長所は、重さに比して強度が高いことにあります。しかし

木材には、方向によって性能に差がある異方性という短所もあります。CLTはひき板を貼りあわせることで異方性を緩和し、自由な寸法の部材を得ることができるようになりました。そしてなによりも木材を利用することで、炭素を固定して温暖化の緩和に貢献することができます。カスケード利用(▶048)のしやすさや、廃棄物として自然に還ること、肌触りなどリラクゼーション効果があることなども、木材の持つ大きな長所です。

木造で ビルを建てることできる

ヨーロッパではすでに、CLTを使った中層建築物が建てられています。CLTは、厚みのある大きな板であることから、建築物の構造材として使うことができます。低層住宅はもちろん、7階、10階建てといった中層住宅の建築も木造で可能というわけです。日本でもすでに、2013年にJAS規格が制定され、2016年にはCLT建築の技術基準も制定されました。今後は、国産材を使ったCLTをどれだけ利用できるか、注目されています。

CLT

(Cross Laminated Timber)
直交集成板とは？

おなじ向きに並べたひき板(ラミナ)の層をその繊維方向を直交させながら積層接着した厚く大きな板で、木材を大量に活用することができる。層の貼りあわせ方によって、強度が変わる。ビルを建てることもできる新しい木質材料として注目を集めている。



林産試験場CLT性能評価実験棟「Hokkaido CLT Pavilion」
(上)と、その内部(右) 写真撮影:北海道総研・林産試験場

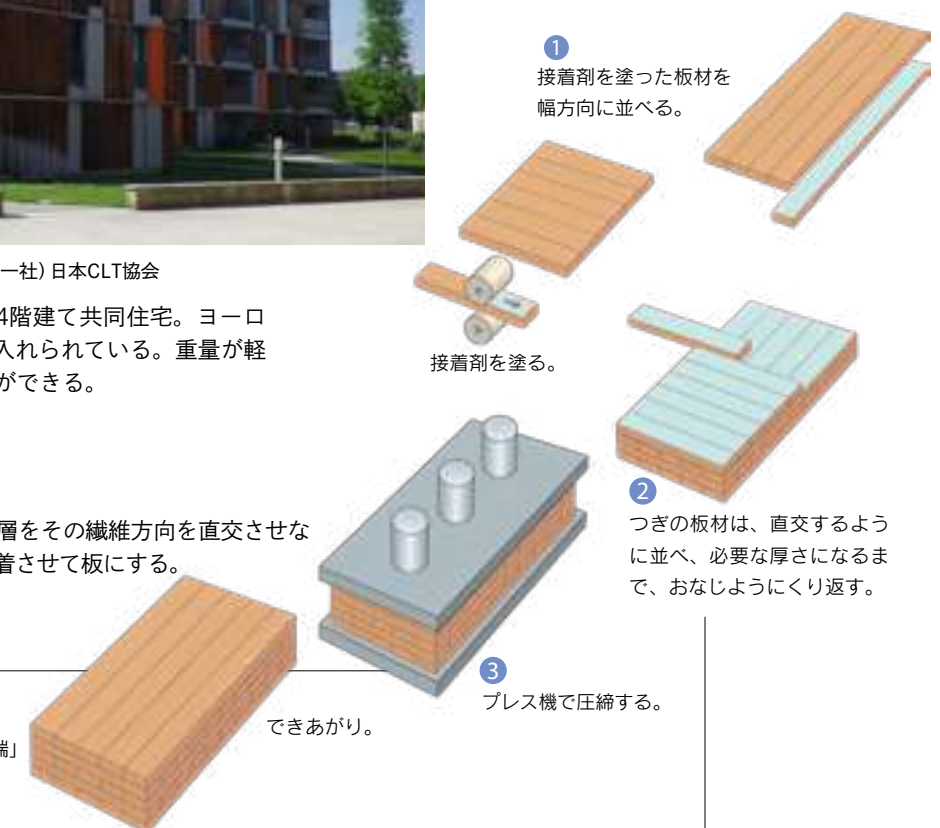


海外でのCLT建築物の事例 写真提供:(一社)日本CLT協会

オーストリア・ウィーンで建設された4階建て共同住宅。ヨーロッパでは、中層住宅にCLTが多く取り入れられている。重量が軽く、輸送や施工の経費をおさえることができる。

CLTの製造工程

おなじ向きに並べたひき板(ラミナ)の層をその繊維方向を直交させながら積み重ねて接着し、プレス機で圧着させて板にする。



【参考・引用】

CLT 直交集成板とは? ▶「木材利用の伝統と先端」
『季刊 森林総研 42号』森林総合研究所 2018

【図版出典】

CLTの製造工程 ▶イラスト・飯島満「木造でビルが建つ!」宮武敦『季刊 森林総研 42号』森林総合研究所 2018

日本は「木の国」ともいわれ、木造こそが建築の本流でした。現代では、鉄とコンクリート、内装にプラスチックも多用されるようになり、木はみえない場所へ追いやられているようです。しかし、環境への配慮なしには生きられないこれからの時代、木造・木質化は必須の課題ともいえます。

それぞれの素材ならではの利用

人類は、産業革命以降、エネルギーの多くを化石燃料に依存し、鉄とコンクリートとプラスチックによって、現代の繁栄を実現させてきました。しかし、人類が生き続けるために不可欠である地球環境が破壊されてしまうようなさまざまな問題を突きつけられていることも事実です。つぎの時代を生きる若い世代に快適な地球環境を受け継ぐためには、いまから、きちんとした対策をとらなくては間に合わなくなります。もちろん、鉄には鉄の、コンクリートにはコンクリートの、そしてプラスチックにはプラスチックの役割があります。それらの資材なしに現代文明は成り立たないでしょう。とはいえ、それらを安易に使うことなく、必要な場所に必要な分量で、適材適所に管理して使うことが大切なのではないでしょうか。

木造・木質化した暮らしが快適さを生む

森林総合研究所の研究によると、森林浴によって心がリラックスしたり、木材の香りをかいだり、手

足で木に触れることによって、生理的なリラックス効果を期待できることがわかっています。CLTが普及することで木造のビルが増え、また内装を木質化することで、都市が森ひとつ分に匹敵するくらいの炭素の固定能力を持つようになるでしょう。さらに、都市にビオトープのつながりを配置することで、自然と共生した都市をめざすことも不可能ではありません。未来世代へ向けて、カーボンニュートラルを実現し、快適な都市、快適な地球環境を残すことは、いまを生きる私たち現代世代の義務ともいえます。

都市に炭素を固定する

世界ではいま、木造高層ビルが建築界のひとつのブームになりつつあります。2019年にノルウェーに世界一高い18階建ての木造ビルが完成しました。アメリカやオーストラリアでも、木造高層ビルがつぎつぎに計画されています。木造ビルの建築構想は、日本でも数社の大手建設会社によって計画されています。さらにCLTを超えるマスティンバーなどの素材も開発され、つぎの木造ビルの時代の幕開けを迎えています。



W350計画(住友林業・日建設計)
2041年を目標に、木造高層建築物を含めた「環境木化都市」の実現をめざす研究技術開発構想。



木造高層ビル時代のあけぼの
地球温暖化の緩和へ向けて、イノベーションが求められる現代において、木造高層ビルの建設は、世界の潮流となりつつある。写真は、CLTを使って建てられた木造中層建築物のさきがけとなったオーストラリアの7階建て木造マンション。



木造高層ビルの建設計画(三井不動産・竹中工務店)
17階建ての木造オフィスビルを日本橋に建設予定。2023年に着工・2025年の竣工をめざす。三井不動産グループが所有する北海道の森林の木材を利用予定。画像提供:三井不動産・竹中工務店 ※当パースは現時点でのイメージであり、今後変更になる可能性があります。

【写真出典】
オーストラリアの7階建て木造マンション ▶ 「木造でビルが建つ！」宮武敦 『季刊 森林総研 42号』森林総合研究所 2018

【参考】
「木材の生理的リラックス効果」『季刊 森林総研 42号』森林総合研究所 2018：
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/kikan/documents/kikanffpri42-research2.pdf>

木質素材をさらに一歩進める形で研究されているのが、次世代素材として注目されるCNFや改質リグニンです。木材を加工成形するCLTなどとは異なり、木材の成分であるセルロースやリグニンといった成分を木材から取り出して利用することで新しい素材を生みだそうとしています。

木材から主成分をとりだして 新しい素材をつくる

木材をつくっている主要成分は、セルロース、ヘミセルロース、リグニンという3つの高分子です。セルロースは木材の成分のおよそ50パーセントを占め、骨格として細胞壁を構成しています。ヘミセルロースは、セルロースとともに細胞壁を構成する成分で20～30パーセントを占めています。リグニンは、いわば接着剤のような役割を果たす成分で、セルロースとヘミセルロースの分子をつなぎとめる役割を担っています。これらの成分は、樹種によってその量にちがいがあります。

セルロースを ナノサイズに分解したCNF

CNFは、セルロースナノファイバー(Cellulose nanofibers)の略です。木材の主成分であるセルロースをナノサイズ(100万分の1ミリの大きさ)にまで化学的、物理的に破碎・分解し、新しい木質新素材を生みだしました。ナノサイズの繊維を含んだ懸濁液を、用途によってさまざまに利用することができます。たとえば、塗料や繊維、地盤改良材などです。いうなれば、

パルプの繊維をマイクロサイズをさらに超えてナノサイズにまで小さくすることで、木質素材としての新たな地平を切り拓く新素材として期待されています。自然由来の素材ですから、合成樹脂とちがい、温室効果ガスの固定に寄与し、さらに環境汚染の心配もありません。

プラスチックの 代替となる改質リグニン

木材の主成分にはセルロースのほかにリグニンがあります。しかし、リグニンは樹種によって性質が不安定であったり、とりだすと変質しやすいことから、素材として利用しにくいものでした。改質リグニンは、おもに国産のスギに含まれているリグニンの質を均質で安定したものと改質してとりだすことで、新素材として使えるようにしたものです。たとえば、石油から作られることで温室効果ガスの増加につながるプラスチックの代替材料として、改質リグニンを使うことで、炭素の固定となり温暖化の抑制に貢献することができます。



自動車や飛行機の外装材、内装材としての利用

スギ材が原料の新素材である「改質リグニン」は、車のボンネット、内装材や飛行機用の部材(主翼、尾翼など)などとしての利用が試みられている。写真上は、改質リグニン実装車展示発表会で記念撮影する関係者。写真右は「新機能性材料展2020」に出展された改質リグニンを使った航空機。



撥水繊維素材



機能性塗料



プラスチック複合繊維



生分解性樹脂

CNFの下塗り塗料を塗布……………

無塗装……………

木材成分から新素材などを開発

木材成分からとりだした新素材を使って、撥水繊維素材や機能性塗料、プラスチック複合繊維、生分解性樹脂などが開発されている。

【写真提供】

自動車の写真 ▶ (株) 宮城化成、(株) 光岡自動車、産業技術総合研究所、森林総合研究所
飛行機の写真 ▶ (株) 天童木工、(株) 宮城化成、産業技術総合研究所、森林総合研究所
撥水繊維素材、プラスチック複合繊維、生分解性樹脂 ▶ 「要覧 重点課題2」森林総合研究所 2021
機能性塗料と塗装比較 ▶ 石川敦子 (森林総合研究所)

【参考】

「セルロースナノファイバーの製造コストを削減する」野尻昌信ほか『研究成果選集2020』森林総合研究所：
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2020/documents/p32-33.pdf>
「様々な製品展開が可能な新素材「改質リグニン」のデザインング」山田竜彦『研究成果選集2018』森林総合研究所：
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2018/documents/p34-35.pdf>

代替マテリアル
従来の環境負荷の高い材料から、より環境への負荷の少ない、持続可能性の高いエコロジカルなものへと代替するための材料。

森林バイオマスの利用で化石燃料を抑制する

バイオマスという言葉をよく耳にします。生態学では、特定空間での生物の総量のことを指しますが、資源としての定義は、化石資源をのぞく再生可能な生物由来の有機物資源を意味しています。木材を主とする森林資源は、バイオマスの大きな柱となる資源です。

隠れた資源としてのバイオマス

利用しきれていない隠れた資源としてのバイオマスは、2010年に閣議決定された「バイオマス活用推進基本計画」によると、つぎの3つに分類されています。①廃棄物系バイオマス(家畜ふん尿、下水汚泥、食品廃棄物など) ②未利用系バイオマス(農作物の非食用部、林地残材) ③資源作物(微細藻類など)。いうなれば、これまでは捨てられてきた廃棄物や未利用資源をどう活用するかということが求められています。廃棄物系のバイオマスは、焼却されたり、腐敗分解することで温室効果ガスの排出源となります。未利用系バイオマスは、堆肥などとして効果的に利用されたなら、カーボンニュートラルを担う重要な資源となります。また、微細藻類などは、バイオ燃料の生産において重要な役割を果たすものと注目されています。

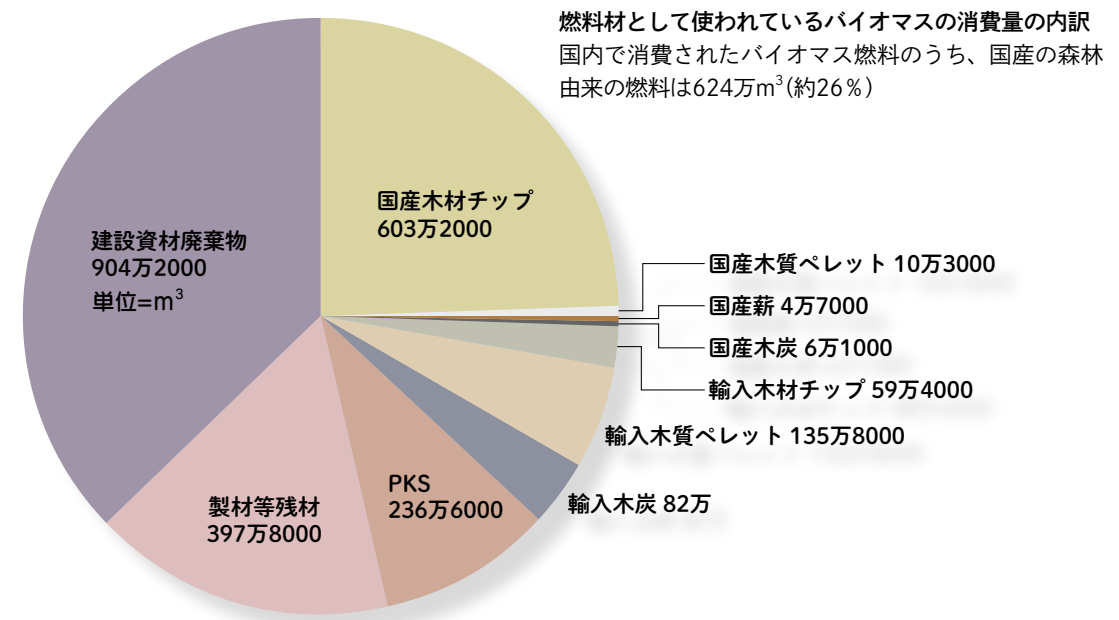
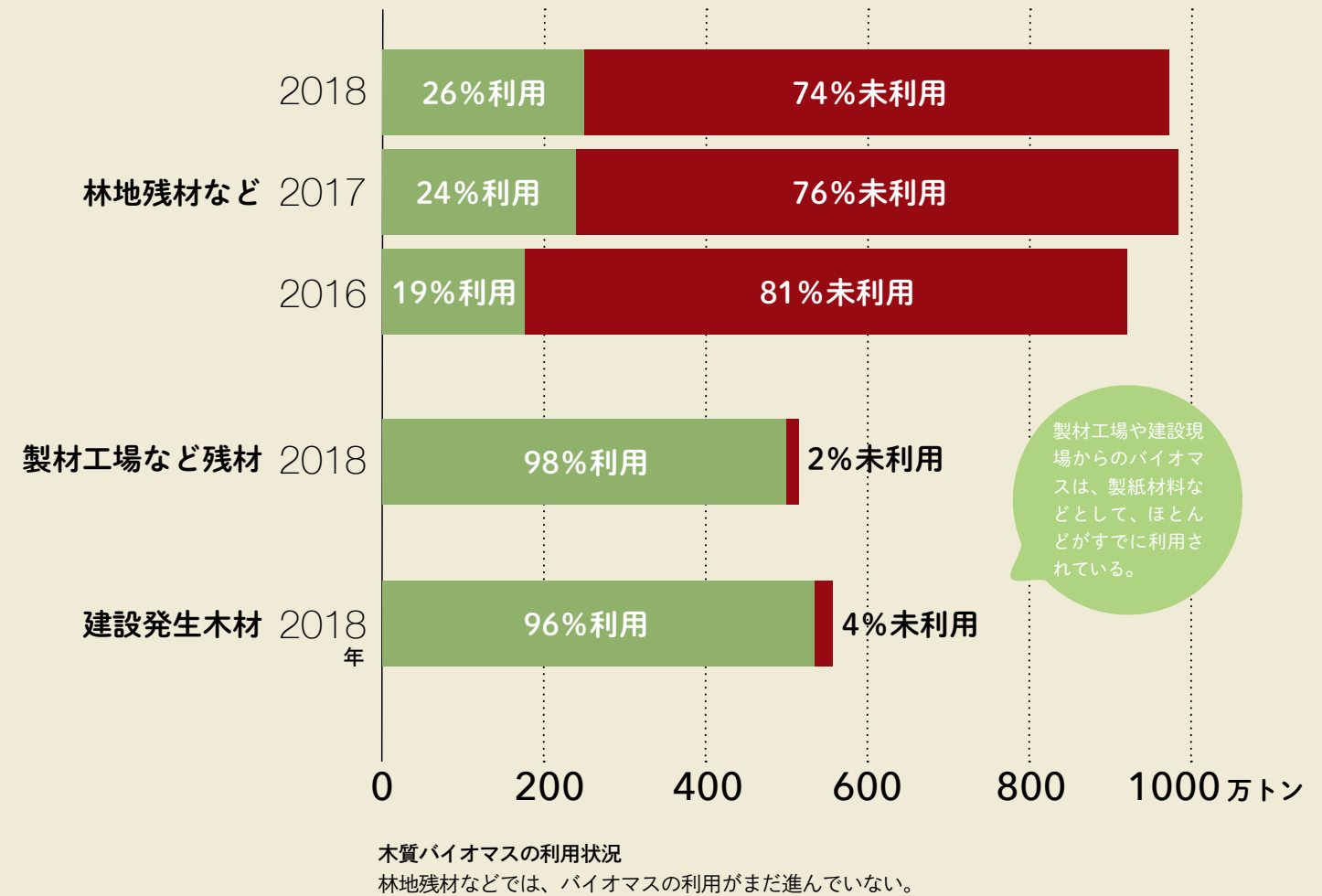
森林バイオマスにはどのようなものがあるか？

広い意味では、森林に生えている樹木や草木の総体をバイオマスと考えることができます。木材は当

然バイオマスのひとつですが、「バイオマス活用推進基本計画」では、森林資源の総体の中から木材などの有用資材をのぞいた林地残材などの未利用バイオマスを想定しています。これまでは、森林内に放置されたり、あるいは製材のときに廃棄されていた樹皮や枝葉といった残渣も、じょうずに活用することで、むだなく新しい資材や自然エネルギーとして利用することができるというのが、バイオマス資源活用のだじな視点となっています。

木質バイオマス利用の現状と課題

具体的にみてみましょう。林業関係での木質バイオマスの発生量は、林地残材などがおよそ1000万トン、製材工場などの残材が500万トン、建設発生木材が550万トンとなっています。これらのうち、製材工場や建設現場からでる残材・廃材は、多くが製紙原料やバイオマス燃料、家畜の敷料や木質ボード原料などとして再利用されていますが、林地残材はほとんどが未利用で林地に残されたままです。化石燃料の代わりにこれらを使うことでカーボンニュートラルに貢献することができます。



【データ出典】
木質バイオマスの利用状況 ▶ 「令和2年度 森林・林業白書」 林野庁
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/>
燃料材として使われているバイオマスの消費量の内訳 ▶ 「木質バイオマスのエネルギー利用の現状と今後の展開について」 林野庁
2020 : https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/biomass_hatsuden/pdf/001_03_00.pdf

PKS
パームカーネルシエル。
アブラヤシから油を搾ったあとの殻。

木材のカスケード利用でできるだけ長く炭素を固定する

木材の資源としての長所のひとつに、多段階的にさまざまな用途に有効活用できることがあります。こうした利用法をカスケード利用といいます。カスケードとは、いくつかの段が連なってつぎつぎと水が落ちていく滝のことをいいます。どのような利用法でしょうか。

大きな木材で利用後に小さな木材として利用する

木は生きものです。当然、伐採した木の材質は、どんな苗から育ったかや、産地での育て方、育った森のある山の条件や森林内での環境などによって、さまざまに変わります。伐採した丸太は製材用のA材、合板用のB材、製紙原料用のC材、燃料用のD材といった具合にランク付けされて造材され、利用されています。A材を造材したときの端材や建築用に利用したあとの廃材、合板をつくるときにでるB材の剥き芯(ベニヤ単板を剥きとったあとの芯)などは、木質ボード工場やチップ工場で使われます。最終的にバイオマス燃料としてエネルギーをとりだし、燃焼した材から二酸化炭素などが大気中へともどるようなカスケード利用をすることが木材は可能です。このように段階的に活用することで、長期間木材という材料の中に炭素を固定しておくことができるのです。

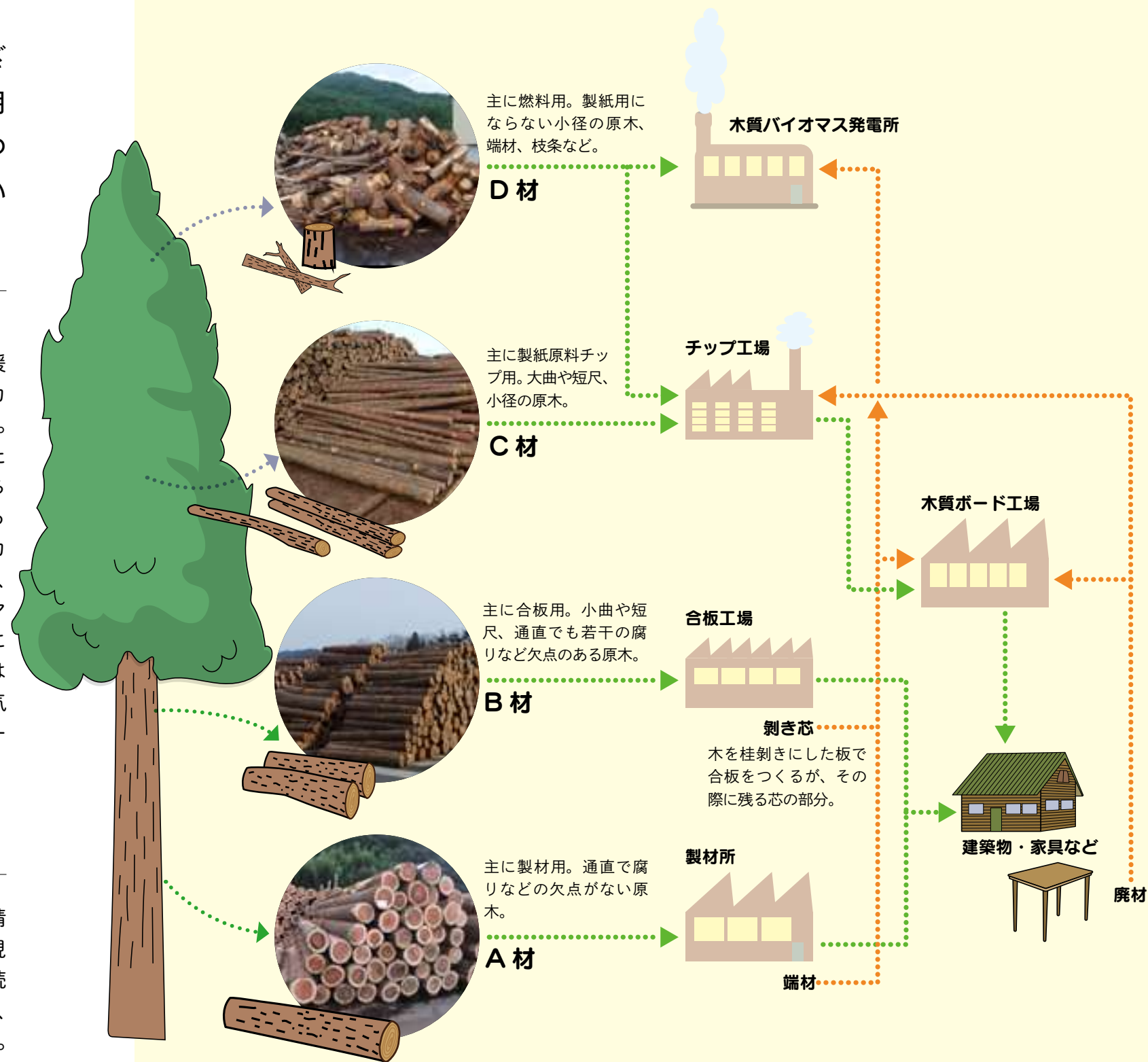
木材資源ならではの段階的利用法

＜ 繰り返し別の用途で利用することで長期間、炭素を木材として固

定しておくことができる点が、温暖化対策という面からみたとときに、カスケード利用の大きなメリットです。木材は、ほかの材料と比べた場合でも、金属やプラスチックとちがってリユース・リサイクルにかかるエネルギーが少なく済みます。カスケード利用において大事なことは、できるだけ長い年月を木材という材料のママで利用し続ける点にあります。最終的には燃焼あるいは腐敗分解などによって、炭素を大気中に排出しますが、カーボンニュートラルな循環として排出されます。

持続可能な循環社会に必要なコンセプト

あらゆる資材を「もったいない精神」で無駄なく使うことは、現代の大量生産大量消費を脱し、持続可能な循環社会を構築するためには、とても大切なコンセプトでしょう。カスケード利用は、木質バイオマスを無駄なく利用し、カーボンニュートラルにエネルギーをとりだすこともできます。木質バイオマスの利用で温暖化の緩和に貢献するためには、欠かせない視点といえるでしょう。



木材のカスケード利用

伐採した木材は、A材、B材、C材、D材へと分けられ、それぞれに適した用途に造材して利用される。製材として利用されたA材や、合板として利用されたB材からでた廃材もチップ化され、再利用でパーティクルボードなどの木質ボードや製紙原料、燃料などに順番に利用できる。ただし、現状では、カスケード利用の中心は廃材由来原料が多くを占める木質ボードで、建設廃材には輸入材が含まれることから、カスケード利用された製品をHWP(伐採木材製品)として算入することはできない。

【図版データ出典】

木材のカスケード利用 ▶ 渋谷龍也、伊神裕司 (森林総合研究所)

【写真提供】

A材～D材 ▶ 伊神裕司

パーティクルボード
木材チップを接着剤と混ぜて加熱圧縮した板。

マテリアル代替で温室効果ガスの排出を抑制する

金属やセメントなどは、製造時に多大なエネルギーを使い、温室効果ガスを多く排出します。また、プラスチックは地球規模での汚染が野生生物の脅威となっています。少ないエネルギーで生産利用できて生分解する木材は、温室効果ガスの抑制と共に環境汚染改善の切り札でもあります。

木の文化をとりもどす

持 続的な循環利用が可能な生物資源由来の資材を経済の軸とするバイオエコノミーや、その実現のためのバイオマテリアル利用の必要性が言われるようになりました。さまざまな産業やマテリアルの温室効果ガス排出量をくらべてみると、圧倒的に木材の優秀性がみえてきます。建材や道具類などの素材の主流がセメントや金属へと転換したのは、日本では明治維新の文化的変革期を経た近代以降のことで、たかだか150年ほどしか経っていません。プラスチックに至っては、広く生産がはじまるのは戦後のことです。それ以前の日本では、木や竹、植物繊維などの自然素材こそが、暮らしを支えていました。もちろん、昔の暮らしに戻ることを勧めているわけではありません。現代社会をつくるために必要だった素材が問題を孕んでいるのであれば、そのことの解決のために、かつて優秀な素材として日本列島に暮らす人びとの暮らしを数千年にわたって支え続けてきた木材というマテリアルの良さや「木の文化」にもういちど目を向けることも大切なのではないでしょうか。

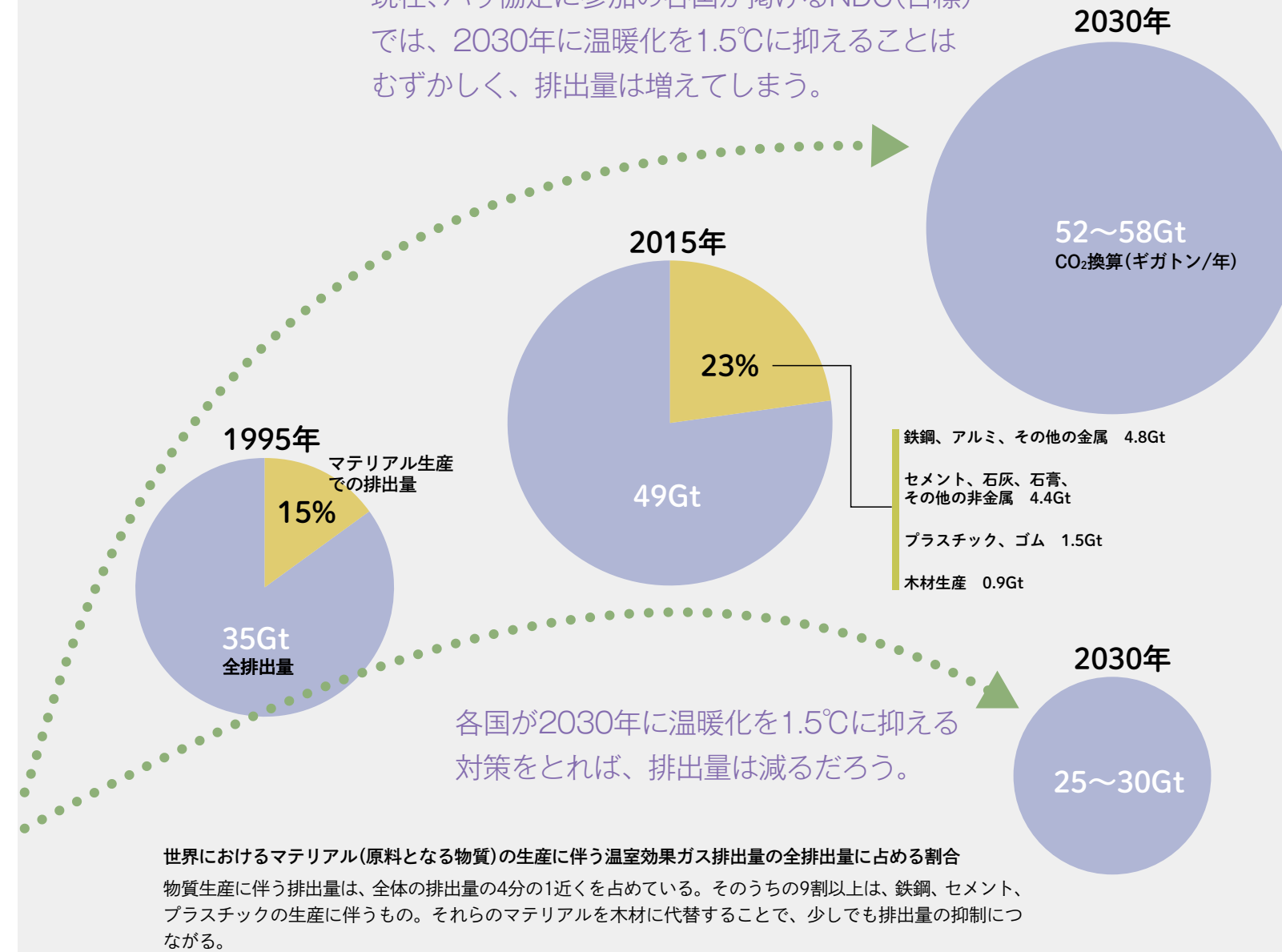
素材の長所と欠点

そ れぞれの素材には長所と欠点があります。木材は、燃えやすく、管理が悪いと腐朽してしまう欠点を持っています。鉄は、生産に多くのエネルギーが必要で、錆びる、重いといった欠点があります。プラスチックは分解しにくいという点も長所でもあり、欠点でもあるといえるかもしれません。マイクロプラスチックによる海洋や生物の汚染は、いま大きな問題となっています。そうした中で、生分解性プラスチックや樹皮などの木質素材を原料としたバイオプラスチックなどの技術開発は、これからの時代のニーズに欠かせないものではないでしょうか。石油由来原料に替わる代替マテリアルが主流となることで、温暖化の緩和に貢献できます。

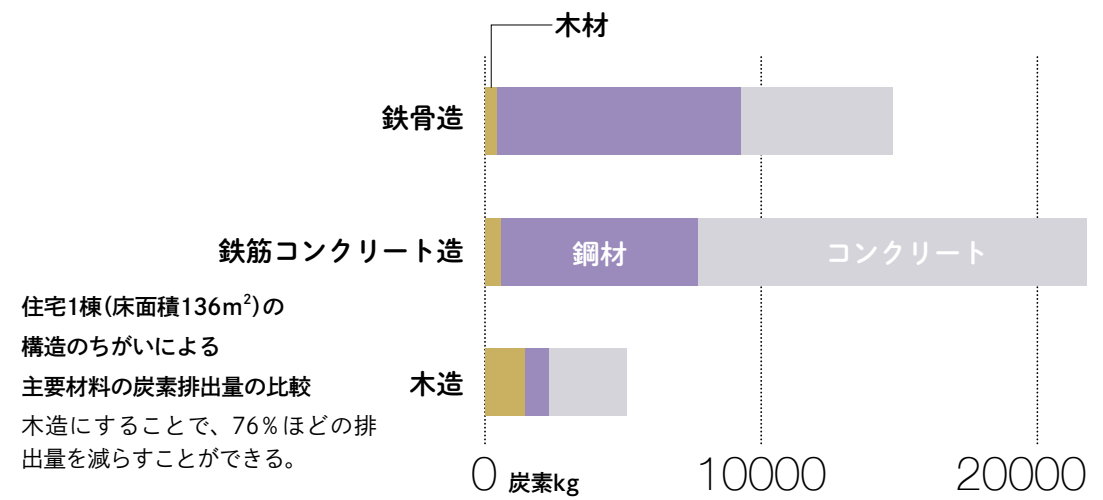
環境負荷はマイナス点と考える

次 世代に求められるマテリアルは、環境に負荷をかけることなく、地球の気候システムや生態系の循環を乱すことのない持続可能なものが求められます。そうしたものの代替が急務といえるでしょう。

現在、パリ協定に参加の各国が掲げるNDC(目標)では、2030年に温暖化を1.5℃に抑えることはむずかしく、排出量は増えてしまう。



各国が2030年に温暖化を1.5℃に抑える対策をとれば、排出量は減るだろう。



【データ出典】
世界におけるマテリアルの生産に伴う温室効果ガス排出量の全排出量に占める割合 ▶ 「廃棄物分野における地球温暖化対策について」環境省 : https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/sangyo_gijutsu/chikyuu_kankyo/ondanka_wg/pdf/004_04_04.pdf
住宅1棟の構造のちがいによる主要材料の炭素排出量の比較 ▶ 岡崎泰男、大熊幹章 木材工業 53-4

■ 執筆・監修者からひとこと……④

渋沢 龍也 森林総合研究所 研究ディレクター

わが国では、木材は古くから工業資源として使われてきました。身近に多量に存在したこと、加工が容易であることがその理由と考えられます。言い換えれば、木材が好まれたから使われた訳ではなく、合理的な判断の結果、利用に適した資源であると判断されて、用いられたものと考えられます。「もったいない」という発想も、新たな資源を採取して加工するより、既に加工されている材料をリユースやリサイクルする方が合理的であると判断する考え方だと解釈することができます。

歴史的にいろいろな道具の修理業や廃品回収業が盛んであったのも、修理や再利用が合理的であったためと考えられます。建物を解体して発生した古材を別の建物で使用した事例が多くみられる一方で、折り箱のように一度きりの利用を目的としたものもあります。それぞれの時代において、合理的な木材の利用方法が選択されてきたものと考えられます。

時代が変わって、木材は異種材料で代替されるようになりました。これもその当時の合理的判断によるものと思われませんが、現在においても同じ判断のままで良いのか、再び合理的に考える必要があります。木材について、環境に優しい、ぬくもりがある、など、観念的な表現が使われることが多いですが、合理的判断の基準としてはあまり有用ではありません。木材をなぜ使うべきか、木材をどのように使うべきか、本書の内容は、読者の合理的な判断に寄与するものと思います。

section 6.

森林づくりや木づかいなど身近にできる取り組み

このセクションでは、より暮らしに身近な視点で木材や森林について考えてみましょう。森林を整備して林業を健全化することは、カーボンニュートラルに大きく貢献することができます。まずは、カーボンニュートラルに果たす森林の役割についてもういちど整理しておきましょう。

身近な暮らしで カーボンニュートラルを考える

地球温暖化に代表される気候変動を抑制・緩和して、人類が暮らしやすい持続的で多様性にあふれた地球環境を次世代に受け継ぐためには、現代を生きるわたしたちの役割は、現在の状況をしっかりと理解して、行動することが必要です。では、いったいふだんの暮らしの中でどのようなことをすればよいのでしょうか？

自分の暮らしのひとつひとつが、どれくらいの温室効果ガスを排出し、あるいはぎやくに吸収しているか、あるいはその行動がカーボンニュートラルなものなのかどうかをときどき気にしてみるとということも大切なことかもしれません。石油や石炭などの化石燃料を使った発電所からの電気を使っていれば、それは炭素の排出が多いこととなります。石油からつくられているガソリンで走る車を使えばもちろん排出となります。もちろん、気にしすぎて気持ちが辛くなったのでは元も子もありません。みんなで少し心がけて、カーボンニュートラルな暮らしに変えようとする意識を持つことで、着実に世界は変わっていきます。

木材や 森林の存在を意識する

電気が自由化されたことで、わたしたちは、ふだんの暮らしに使う電気を選ぶようになりました。自然エネルギーで発電された電気を暮らしに使ったり、そうした電気で充電したEV車に乗るなら、少しカーボンニュートラルに近づけそうです。その車のボンネットや内装が改質リグニンでできているなら、そこには炭素が固定されていることになります。

公共機関を利用したり、製造に温室効果ガスの排出量が少ない製品を購入するようにすれば、社会全体で温室効果ガスの排出量を下げていくことができるでしょう。そして何よりも、できるだけたくさん木材を暮らしの中で使うことで確実に炭素を固定したことになります。木造の家なら、そこには、大気中の炭素が固定されています。庭で植物を育てたり、都市の中に緑が増えれば、それだけ二酸化炭素を吸収してくれます。自治体によっては、植林や森林の管理体験に参加できる場所もあります。木を植えて、下刈りなどを手伝うことは、温暖化防止のための大きな貢献になります。



森は水をかん養し、酸素をもたらし、温室効果ガスを固定している
森林の果たしてくれている多面的な機能や、木材を利用することの意義を改めて暮らしの中で見つめ直してみよう。

【写真クレジット】
iStock.com / Nikada

EV車
電気をエネルギー源とする自動車。化石燃料で発電した電気を使用すると温室効果ガスの排出となる。自然エネルギーを使用した電気であれば、カーボンニュートラルに貢献できる。

これまでみてきたように、木材を利用することは炭素を固定することにつながり、温室効果ガスである二酸化炭素の吸収へとつながります。林野庁では、2005年度から国産材を使用した製品などに「木づかいサイクルマーク」をつけることで、木を使うことを促進しています。

木の持つ 心地よさの科学的根拠

木材を使うことは、樹木が吸収した大気中の主要な温室効果ガスである二酸化炭素が、木材という形で固定されていることにほかなりません。木材をできるだけたくさん、できるだけ長いあいだ使い続けることで、よりたくさんの炭素を固定し続けることができます。国産の木材を使うことで、日本全体の二酸化炭素の排出量の削減につながります。木材を使うことには、気候変動の緩和という大切な目的はもちろんですが、暮らしに安らぎをもたらす効果もあります。

最近の研究で木材には人をリラックスさせる力があることがわかってきました。木材の持つ心地よさや安心感は、経験的には知られていましたが、科学的に証明することが難しい分野でもありました。近年、木材にふれることや木材の香りがかぐことが、人をリラックスさせ、血圧や心拍数を安定させて、ストレスの解消に役立つことが科学的にわかってきています。さらに免疫細胞の活性化や木材の多い部屋のほうが視覚的に安心感を与えるということも報告されています。

木づかいで 国産材の利用を促進

木の良さを伝え、木材利用を推進するために林野庁が進めているのが「木づかい」のすすめです。木を使うことと、木を育てることは、いわば車の両輪です。どちらが欠けても森と人間の関係はうまくまわらなくなります。さまざまな木材製品を紹介・奨励することで暮らしの中によりたくさんの木を使って気候変動の緩和につなげたいものです。

ウッドデザイン賞や木育で 木の良さや価値を再発見

ウッドデザイン賞は木の良さや価値を再発見できる製品や取り組みを顕彰する制度です。木を使って暮らしの質を高めたり、地域や社会を活性化するものなどを、消費者目線で評価し、林野庁の補助事業として表彰しています。また「木育」は、子どもから大人まで木材や木製品とのふれあいを通して木の文化への理解を深め、その良さや利用の意義を学んでもらう取り組みです。木育についてはNGOなどで広く行われていますので、ぜひ「木育」でネット検索してみてください。



千里リハビリテーション病院
(設計施工:住友林業株式会社)

医療法人社団和風会の脳卒中などのリハビリテーション専門病院・千里リハビリテーション病院(大阪府箕面市)の「アネックス棟」は木造2階建てで、外壁から室内まで木材を多く活用し、木の香りとぬくもりが患者さんを癒やしている。



木づかいサイクルマーク
2005年から林野庁が主導している環境保全促進運動。「植える、育てる、収穫する、上手に使う」という森のサイクルをイメージしている。



国産材のロゴマーク
国産材の利用促進のために、2013年に日本プロジェクト産業協議会(JAPIC)森林再生事業化委員会が事務局となって創設された。

※ロゴマークは、各団体の許可を得て掲載しています。複製不可。

【写真・ロゴマーク提供】

千里リハビリテーション病院 ▶ 住友林業株式会社
「木づかいニッポン」 ▶ (一財) 日本木材総合情報センター、「国産材」 ▶ (一社) 全国木材組合連合会

【参考】

「木づかい運動でウッド・チェンジ！」林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/kidukai/top.html>
「科学的データによる木材・木造建築物のQ&A」林野庁：
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/mokusan/attach/pdf/handbook-24.pdf>
「木育」林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/kidukai/mokuiku.html>
「森林・林業白書」林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/index.html>

子どもの頃に自然とふれあうことは、感性や情緒の豊かさを育みます。現代社会は都市化・デジタル化が進み、自然との距離が隔絶されてきています。森林環境教育を推進することで自然との関係を再認識し、人間にとっての自然・環境・持続性の重要性を学ぶことはとても大切です。

持続可能な社会のための 森林環境教育

環境問題について、ひとりひとりが主体的に考え、問題解決へつながる価値観や行動へとつなげることができるようになることを目的として、文部科学省が取り組んでいる方針が、「持続可能な開発のための教育(ESD: Education for Sustainable Development)」です。この文科省のESDを受けて、林野行政においても、より多くの人に持続可能な社会の構築へ向けての森林・林業の役割や、木材利用の意義を知ってもらえるような取り組みを行っています。

たとえば、小中学校の「総合的な学習の時間」などにおいて、学校林や、地域の身近な雑木林で、森林の生物や生態系について学んだり、地域でどのように利用されてきたのかを知ることが、とても貴重な環境教育となります。また、自分たちの暮らしている地域の林業について体験したり、学習したりする機会を持つことはとても大切です。そうした取り組みの中で樹木や木材にふれ、それらが持つ良さや、森林の存在の意義、樹木の利用の意義を学ぶことができるにちがいません。

インストラクターの養成や プログラムの導入

子どもたちに森林のことを伝えたいと考えても、森林を案内したり下刈りなどの森林管理を指導できる大人はそう多くはありません。そこで、森林環境教育の指導者の育成が大切です。林野庁や(一社)日本森林インストラクター協会では、森林インストラクターに対する研修や森林環境教育プログラム・手引き書の作成・配布をしています。

「緑の少年団」活動や 幼児教育

「緑の少年団」は、次代を担う子どもたちが、緑と親しみ、緑を愛し、緑を守り育てる活動を通じて、ふるさとを愛し、そして人を愛する心豊かな人間に育っていくことを目的とした団体で、各地で森づくり体験や環境学習活動などが行われています。また、乳幼児期の子どもにも自然体験の機会を提供する「森のようちえん」等の活動もみられ、森と自然を活用した保育、幼児教育を推進する自治体のネットワークも設立されています。



森林環境教育のための手引き書

小学校向けの手引き書(近畿中国森林管理局 美面森林ふれあい推進センター)や、研究レポート(森林総合研究所 多摩森林科学園)などの冊子も活用できる。

森林環境教育の普及以外の目的および営利目的での加工・複製等は不可。



聞き書き甲子園

「聞き書き甲子園」は、全国から選ばれた高校生が「森や海・川の名手・名人」の技や人となり「聞き書き」し、その成果を発信する取り組みで、次代を担う高校生と名人との世代を超えた交流を通して、伝統技術の発掘・伝承、森づくり等に対する理解の醸成、地域活性化を図っている。

【画像提供】

「森林環境教育関連冊子」▶ 近畿中国森林管理局 2022 :

https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/minoo_fc/shinrin_kankyo_kyoiku/kankyo_kyoiku_saxtushi.html

「日本の森林教育」▶ 森林総合研究所多摩森林科学園 2020 :

<http://www.ffpri.affrc.go.jp/tmk/introduction/documents/4th-chuukiseika32.pdf>

「聞き書き甲子園」: <https://www.kikigaki.net/>

【参考】

「森林環境教育の推進」林野庁: https://www.rinya.maff.go.jp/j/sanson/kan_kyouiku/

「森林環境教育・森林 ESD」国土緑化推進機構: <https://www.green.or.jp/educational/kan-kyouiku/>

温暖化防止のためにも森林づくりに関わりたい、植林に参加したいと思っても、きっかけを見つけるのはなかなか難しいものです。森林の管理や保全は専門的な知識を持つ指導者の元に行く必要があるからです。ボランティアとしてどのような取り組みを行えるのか、みてみましょう。

森林づくりに参加する

森林づくりは、林業関係者や山村地域の人たちだけでなく、都市部の住民や企業など色々な人々も参加できる方法があります。森林づくり活動を行っている団体は全国各地に3千を超え、植林や下刈り、間伐などの手入れや森林環境教育などの活動を行っています。これらの団体の多くは自分たちの活動フィールドがあり、こうした団体に加入して積極的に森林づくりに関わることができます。また、各地で主に自治体が主催する植樹祭や育樹祭が開催されており、これらの行事に参加することもできます。全国植樹祭は、国土緑化運動の中心的行事として、1950(昭和25)年から、毎年春に天皇皇后両陛下のご臨席を仰ぎ、全国各地から多数の参加者を得て開催しています。1977(昭和52)年からは、継続して森を守り育てることの大切さを普及啓発するため、毎年秋に全国育樹祭が行われています。

国有林を活用する

森林づくりに関心のある民間団体、企業、自治体、学校などが、森

林管理局・署と協定を結んで国有林で活動できる制度があります。森林づくりの計画をたてて植栽、下刈り、つる切りなどの森林作業や森林浴、自然観察会などのイベントを行う「ふれあいの森」、企業などが社会貢献活動の一環として森林の保全・整備に取り組む「社会貢献の森」、学校などが体験活動や学習活動を行う「遊々の森」など、目的に応じたメニューがあります。

森林づくりの取り組みに寄付をする

森林づくりに関わりたいけれど時間的な余裕がないなど、直接森林とふれあうことが難しい場合は、寄付により参加する方法があります。例えば「緑の募金」は国民参加の森林づくりの柱の一つとして、市民団体などの森林づくり活動の支援に活用され、募金者と森林づくりをつなぐ役割を果たします。ボランティア団体への加入、植樹祭や育樹祭への参加、緑の募金への寄付などを通して、より多くの人々が森林の持つ機能の意義への理解を深め、さらには、気候変動による地球環境の危機という未曾有の事態に、わたしたち人類がどのように対処していくことができるのかを考えるよい機会になるにちがいありません。



長野県で開催された第67回全国植樹祭で、子どもたちが参加して植林をしているようす。



「遊々の森」での森林環境教育（苗木の植樹体験 上川北部森林管理署）

森林環境教育の分野において、クラウドファンディングなどで森林づくりの活動を支援する動きもはじまっている。

【写真提供】

第67回全国植樹祭 ▶ 長野県 2016 :

<https://www.pref.nagano.lg.jp/shinrin/sangyo/ringyo/zenkokushokujusai/dai67-yousu.html>

「遊々の森」での森林環境教育 ▶ 「令和2年度国有林野の管理経営に関する基本計画の実施状況」農林水産省

【参考】

ボランティア団体の検索 : <https://www.green.or.jp/katsudou.php>

ボランティア団体のネットワーク : <https://moridukuri.jp/>

CDM 植林 : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/cdm/rule.html>

クリーン開発メカニズム (CDM) の基本ルール : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kaigai/cdm/pdf/roadmap2.pdf>

「分野別情報」林野庁 : <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kouhou/bunyabetsu/index.html#bunyabetu>

雑木林などの都市近郊林では、市民の会やNGOなどによる里山の管理が行われているところもあります。気軽に身近な森と関わりたいという方は、地元でそうした団体がないか探してみるのも手かもしれません。地域によっては、学校林や福祉団体と連携した取り組みもあります。

都市近郊林の管理への市民の参加

自 然環境とのふれあいの場として、あるいは地域住民の身近な自然として雑木林などの都市近郊林を利用したいという声もあります。雑木林の多くは、むかしは薪炭林や堆肥用の落葉、茅葺き^{かやぶ}のためのカヤを採集したり、きのこや山菜などの林産物を採取したりする場でしたが、時代の変化とともに管理がされなくなりました。そのため下草が生い茂ったり、倒木が放置されたりしてヤブ化している林もあります。そうした林を市民の手で管理する事例も増えています。地域の住民・市民が身近な森林に親しみを持つと同時に、里山の活力を高める活動に参加することで、温暖化防止への貢献となります。薪炭林と炭焼きを復活させ、炭として保管しておけば、それはまさしく、炭素の固定です！

若者たちとともに学校林を活用する

学 学校林は、小学校、中学校、高等学校などが、おもに児童・生徒への環境教育や体験活動を目的に保有している森林です。全国で約2500

校が学校林を保有しています(H28.7時点)。学校林では、生徒たちが植樹や下刈りなどの森林管理の作業を通じて自然についての科学知識を学習したり、森林を整備することで、地域社会への貢献となることを学ぶための活動の場として使われています。もちろん学校林の整備は、若い人たちが自身の未来の環境を左右する問題について学びながら森林とふれあうという点を含めて、気候変動・地球温暖化緩和に大きく貢献します。学校林は、地域のボランティアたちとも連携しながら活用されています。

社会福祉との連携で森林産業への関わりをつくる

地 域の福祉活動の一環として、森林の整備や活用と連携した動きもあります。乾しいたけの加工・販売を手がける宮崎県高千穂町の(株)杉本商店は、障がい者の就労支援を行う日之影町の社会福祉施設「フラワーパークのぞみ工房」と連携して、2018年から共同でしいたけ生産に取り組んでいます。大分県竹田市の堀木材では、平坦な場所のできる造林・育林作業を社会福祉法人やまなみ福祉会に依頼しているなどの事例があります(「林業白書」林野庁より)。



都市近郊林や学校林での市民、児童・生徒たちによる作業のようす

都市近郊林や学校林は、体験学習の場や地域住民の自然とのふれあいの場となると同時に、奥山と都市とのバッファゾーンの役割を果たす里山として、野生生物たちの多様性を守る機能も果たしている。国土緑化推進機構は、青少年の緑化活動および学校における緑化教育の一層の推進を図るため、毎年、全日本学校関係緑化コンクールを実施している。③④はコンクールで表彰された学校の活動。

- ①「親子参加による広葉樹の植樹」(秋田県北秋田市) 写真提供: トーブ・木こりっこ
- ②「間伐作業体験」(長野県)
- ③「苗木の植栽」(栃木県)平成28年度表彰
- ④「伐採作業の説明を聞く生徒たち」(山梨県)令和2年度表彰

【参考】

「学校林」▶ 国土緑化推進機構 HP

<https://www.green.or.jp/educational/school-forest/>

「都市近郊林管理の考え方 市民参加のための手引き」森林総合研究所 多摩森林科学園:

<https://www.ffpri.affrc.go.jp/tmk/introduction/documents/toshikinkorin.pdf>

「森林ボランティア支援室」林野庁: <https://www.rinya.maff.go.jp/j/ryokka/volunteer/index-a.html>

「森林・林業白書」林野庁: <https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/hakusyo/index.html>

SDGsという言葉をよく耳にするようになりました。SDGsは、2015年の国連の「持続可能な開発サミット」で採択された世界の行動計画としての「持続可能な開発目標」のことで、世界のあらゆる問題の解決をめざす目標ですが、目標13に、気候変動への対策が掲げられています。

ひとりひとりが 取り組めることがある

貧困や飢餓を終わらせることや、ジェンダーの問題、格差の問題など、世界には多くの問題が解決することなく横たわっています。先進国の日本に暮らすわたしたちにとっては、あるいは身近に感じにくい目標もあるかもしれませんが、これらの目標の解決なしに、世界に平和は訪れません。

世界にとってとりわけ切実なのが、この10年の行動が決定的な結果につながるとされる気候変動・地球温暖化の問題です。SDGsでは、目標13に緊急対策を講じることが掲げられ、目標14と目標15に海域と陸域の持続可能な保全・管理・経営・利用が掲げられています。これらは、わたしたちの暮らしと密接に関係しています。そして、じつはわたしたちひとりひとりの行動が、これらの目標の実現に大きな力となっていきます。

アフターコロナと グリーンリカバリー

2020年から世界を席卷した新型コロナウイルスによる感染症は、現代社会の文明の在り方やわたした

ちの暮らしのスタイルにまで大きな影響をおよぼしました。とくに、もともと環境意識が高く、新型コロナウイルス感染症による打撃の大きかったヨーロッパでは、落ち込んだ経済活動のアフターコロナの回復へ向けて、ただ経済活動を元に戻すのではなく、より環境に配慮した持続可能性の高いシステムへと文明を変えていこうとする「グリーンリカバリー」という考え方が生まれています。

「自然資本」という 考え方

グリーンリカバリーを支える考え方のひとつに「自然資本」があります。これは、自然環境がもたらしてくれる大気、水、森林、鉱物などといった資源や、それらからもたらされる生態系サービスの機能は、人間の暮らしや経済の基盤を支える「資本である」とする考え方です。資本であるからには、それらを具体的な数字で評価し、会計に計上する必要があります。こうして、企業においても自然資本を会計に導入する試みが行われるようになってきています。「自然はタダではない」という意識が、企業の地球環境問題へ取り組む新たな行動を生みだしつつあります。



SDGsの17の目標

「2030アジェンダ」の中核をなす測定可能な17の目標は、「人間と地球の(やるべきことのリスト)であり、持続可能な未来のための青写真」とされる。
目標1 あらゆる場所のあらゆる形態の貧困を終わらせる。
目標2 飢餓を終わらせ、食糧安全保障および栄養改善を実現し、持続可能な農業を促進する。
目標3 あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を促進する。
目標4 すべての人に包摂的かつ公正な質の高い教育を確保し生涯学習の機会を促進する。
目標5 ジェンダー平等を達成し、すべての女性および女児の能力強化を行う。
目標6 すべての人々の水と衛生の利用可能性と持続可能な管理を確保する。
目標7 すべての人々の、安価かつ信頼できる持続可能な近代的エネルギーへのアクセスを確保する。
目標8 包摂的かつ持続可能な経済成長およびすべての人々の完全かつ生産的雇用と働きがいのある人間らしい雇用(ディーセント・ワーク)を促進する。
目標9 強靱(レジリエント)なインフラ構築、包摂的かつ持続可能な産業化の促進およびイノベーションの推進を図る。

目標10 各国内および各国間の不平等を是正する。
目標11 包摂的で安全かつ強靱(レジリエント)で持続可能な都市および人間居住を実現する。
目標12 持続可能な生産消費形態を確保する。
目標13 気候変動およびその影響を軽減するための緊急対策を講じる。
目標14 持続可能な開発のために海洋・海洋資源を保全し、持続可能な形で利用する。
目標15 陸域生態系の保護、回復、持続可能な利用の推進、持続可能な森林の経営、砂漠化への対処、並びに土地の劣化の阻止・回復および生物多様性の損失を阻止する。
目標16 持続可能な開発のための平和で包摂的な社会を促進し、すべての人々に司法へのアクセスを提供し、あらゆるレベルにおいて効果的で説明責任のある包摂的な制度を構築する。
目標17 持続可能な開発のための実施手段を強化し、グローバル・パートナーシップを活性化させる。

SDGs(Sustainable Development Goals)とは？

2015年9月25～27日、ニューヨーク国連本部において「国連持続可能な開発サミット」が開催され、150を超える加盟国首脳が参加して「我々の世界を変革する:持続可能な開発のための2030アジェンダ」が採択された。アジェンダでは人間、地球および繁栄のための行動計画として宣言と目標が掲げられたが、その目標が、ミレニアム開発目標(MDGs)の後継であり、17の目標と169のターゲットからなる「持続可能な開発目標(SDGs)」である。

【図版データ出典】

SDGsの17の目標 ▶ 国際連合広報センター :

https://www.un.org/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/

森林の多面的機能を持続的に発揮させるような森林経営が世界的に求められています。木材の生産においては、気候変動への対策などに配慮した適切な経営が行われているかどうかを検証される必要があります。森林認証制度は、木材からそれらを確認することができるしくみです。

国際的に森林経営を評価し認証する制度

森林 認証制度は、適切な森林経営や持続可能な森林経営を行っている森林を認証し、伐採から流通・加工までの全工程において、ラベルを貼って分別・管理することで、消費者が認証材を選択できるようなしくみです。これによって、適切で持続可能な森林経営を支援し、不適切に伐採された木材が流通しないようにしています。

国 際的な森林認証制度としては、森林管理協議会(FSC®)が管理する「FSC認証」、PEFC森林認証プログラムが管理する「PEFC認証」の2つがあります。日本の独自の森林認証制度としては、(一社)緑の循環認証会議(SGEC/PEFC-J)が管理する「SGEC認証」があり、SGEC認証はPEFC認証と相互承認しています。

森林認証の審査と認証のしくみ

森林 認証制度は、独立した第三者機関によって管理されています。森林経営の持続性や環境への配慮について一定の基準に基づいて審査し、森林や経営体などを認証しま

す。認証された森林から算出される木材や木材製品にはラベルが貼られ、分別・管理して出荷されます。認証ラベルを貼られた木材や木材製品が流通するためには、それらが加工や流通に関わる各段階においても、常に認証木材以外の木材とは区別して取り扱われていることが検証(CoC認証: Chain of Custody 管理の連鎖)される必要があります。

消費者が適切な木材を選ぶ

森林 認証制度は、まだ広く一般に認知されているとはいえません。林業関係者に尋ねたアンケート調査によると、「すでに取得している」「取得したい」を合わせて11%ほどでした(農林水産省 2020年度)。認証を受けてもうまく活用できないのはいか、あるいは認証材が十分に評価されていないと感じていることが背景にあるようです。認証材が消費者に選ばれることで、健全な森林経営で伐採された木材が着実に流通するようになります。合法木材推進マークや認証マークによって、違法木材や杜撰な管理で生産された木材を排除することは、気候変動緩和への貢献へとつながります。



森林認証制度のしくみ
独立した第三者機関が適切な森林経営を行っている経営体を認証し、ラベルを付すことで、消費者が持続可能な木材製品を選ぶことができる。

消費者は、認証製品を選ぶことで持続可能な森林経営を支援する活動に参加することができる。

森林認証マークのいろいろ



※ロゴマークは、各団体の許可を得て掲載しています。複製不可。

【ロゴマーク提供】

「FSC」▶FSC ジャパン: <https://jp.fsc.org/jp-jp> 「SGEC/PEFG」▶SGEC/PEFG ジャパン: <https://sgec-pefcj.jp/>

【参考】

「主な森林認証の概要」林野庁: https://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/ninshou/con_3_1.html

「森林資源の循環に関する意識・意向調査結果」2021年公表の農林水産統計 農林水産省:

<https://www.maff.go.jp/j/finding/mind/attach/pdf/index-65.pdf>

木材を利用するうえで問題となるのが、熱帯林の違法伐採です。国内でできる対策として、現地での違法伐採を直接取り締まることは困難ですので、合法に伐採された木材の利用を推進するためのクリーンウッド法が制定されました。どのような法律でしょうか？

クリーンウッド法とは
どのような法律か？

2016年に制定されたクリーンウッド法は、正式には、「合法伐採木材等の流通および利用の促進に関する法律」といいます。違法に伐採された木材を特定することは難しいことから、ぎゃくに日本や原産国の法律に違反することなく合法的に伐採された樹木から得られた木材や製品の流通・利用を促進するための法律です。どのような木材が適合なのかを判断し、木材関連事業者の範囲や登録制度を定めています。

樹種と伐採地、
伐採者・輸出者を明確にする

具体的には、つぎのような情報で、適否を判断しています。①種類および原材料となっている樹木の樹種。②原材料となっている樹木が伐採された国または地域。③重量、面積、体積または数量。④所有者あるいは輸出者の氏名と住所。これらの情報に基づき、合法的に伐採されたことを証明する書類を提出することでクリーンウッド法に適合したとみなされます。合法性が確認できない木材や製品は取り扱いができません。

違法伐採を規制する
さらなるくふう

クリーンウッド法は、事業者が登録制で合法であることを証明するしくみになっています。しかし、登録が義務づけられてはならず、登録していない事業者でも木材を販売することはできます。また、クリーンウッド法は、合法伐採木材の流通を推進することが目的の法律で、違法伐採木材の取締を行うことができないことから、違法伐採木材の流通自体を規制することの必要性も指摘されています。違法伐採をより強力に取り締まり、地球温暖化を抑制するためには、さらなるくふうが必要かもしれません。

世界の森林資源を守りつつ
排出量削減には国産材を

もちろん木材を使うときは、できるだけ国産材を使うことで、日本全体としての二酸化炭素の排出削減目標に貢献することができます。海外からの輸入材は、運搬にどうしても石油を使わざるを得ないことから、地球全体としての排出量削減を考えたときに、効果的とはいえないからです。

合法木材の確認の流れ



運び出される前に発見された違法伐採木
(カンボジアにて)

合法木材推進マーク

違法伐採を抑制し、合法性が証明された木材、木材製品の証明システム普及啓発のためのシンボルとして一般社団法人全国木材組合連合会が定めたマーク。
※ロゴマークは、許可を得て掲載しています。複製不可。



【写真・ロゴマーク提供】

「運び出される前に発見された違法伐採木」▶REDD プラス研究開発センター熱帯林写真館 森林総合研究所：
http://redd.ffpri.affrc.go.jp/photo/index_ja.html

「合法木材推進マーク」▶(一社)全国木材組合連合会：<http://www.goho-wood.jp/cleanwood/>

【参考】

「クリーンウッド法の概要」林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/goho/summary/summary.html>

「違法伐採木材の流通防く クリーンウッド法、証明書など確認義務」毎日新聞 2017/6/21 東京朝刊

「クリーンウッド法ハンドブック」(公財)地球環境戦略研究機関 2020：https://www.iges.or.jp/jp/publication_documents/pub/issue/jp/10925/CWA%E3%83%8F%E3%83%B3%E3%83%89%E3%83%96%E3%83%83%E3%82%AF200802.pdf

「違法伐採問題」外務省：<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/bunya/bassai.html>

違法伐採

2015年6月のG8エルマウ・サミットでは、主要熱帯木材生産国で生産される木材の50~90%が違法伐採によるもので、世界全体でも、15~30%が違法伐採であるとの推計(2012年)を報告している(外務省)。

わたしたちにできる地球温暖化対策のひとつに、商品や企業を評価して選ぶということがあります。評価するためには、どのような対策が行われているか、しっかりとみきわめて評価しなくてはなりません。評価のために参考となるしくみには、どのようなものがあるのでしょうか？

温暖化対策を
見える化する「J-クレジット」

温室効果ガスの排出抑制にどれだけ
温け寄与したかを数値化するの
は、簡単ではありません。また、同
時に現代の化石燃料依存のしくみか
らの脱却も並大抵のことではありま
せん。そこで、社会全体でのプラス
マイナスをクレジットという形で「見
える化」して、経済のしくみの中で交
換流通させようとする制度が「J-ク
レジット」です。

森林の場合ですと、たとえば間伐
などの適切な森林管理を行うこと
で温室効果ガスの排出抑制に貢献
寄与したと認証された取り組みに対
して国が「クレジット」を与えるこ
とで、それを売買できるようなしく
みです。これにより、対策の効果が
「見える化」され、同時に対策への
インセンティブが生まれます。

環境対策への取り組みを
評価して投資するESG投資

環境や社会倫理への取り組みを
評価して、よりよい方向へ
と向かわせる動機のひとつに「ESG
投資」があります。ESGとは、環境
(Environment)、社会(Social)、企業統

治(Governance)、の略で、これまで投
資家は企業の業績(売上げ)だけを投資
のための価値基準として評価してい
たのに対し、これからは環境や社会
問題への取り組み、そして企業倫理
のガバナンスに誠実かどうかを評価
して、そこへ投資することで、ひい
ては社会全体の状況を改善しよう
という考え方です。

わたしたちの選択が
地球温暖化の緩和につながる

地球温暖化を緩和するために、わ
たしたちひとりひとりに何がで
きるでしょうか？ たとえば、家を
建てようとしたときに、木造住宅を
選ぶという選択があります。そして、
使う木材に国産材のなかでも、持続
可能な森林経営をしている認証材を
選ぶことができます。輸入材であれ
ば、違法伐採でない木材を選ぶこと
ができます。あるいは、何か家具や
商品を買おうとしたときに、HWP(伐
採木材製品)、すなわち国産材の木材
製品を選ぶことで、地球温暖化の緩
和に貢献することができます。さら
には、環境への対策を誠実に行って
いる企業に投資することも、大きな
貢献となるでしょう。わたしたちの
選択が企業の行動へとつながります。



ESG投資で、社会的責任を果たす企業を応援
これまでの投資は、企業の業績が主たる評価の対
象だったが、ESG投資では企業のSDGsなどへの取
り組みなど、社会的な責任が評価される。そのため、
よりよい未来へ向けて問題を解決していくための
原動力になると期待される。

【ロゴマーク提供】
「J-クレジット制度」▶ J-クレジット制度事務局：<https://japancredit.go.jp/>
SDGs▶ 国際連合広報センター：
https://www.un.org/ja/activities/economic_social_development/sustainable_development/2030agenda/
【参考】
「気候変動をめぐる投資・金融の動き」経済産業省：https://www.meti.go.jp/policy/energy_environment/global_warming/investment_and_finance.html

J-クレジット制度の誕生
先行する「国内クレジット
制度」と「オフセット・
クレジット(J-VER)制
度」を統合・発展させて生
まれた。

SDGs(持続可能な開発目標)やカーボンニュートラルの高まりを受け、多くの企業が森林への関心を高めています。その取り組みも、これまでのCSR(Corporate Social Responsibility)によるものに加えて、事業と関連した取り組みへと広がりをみせています。

共通価値の創造 という考え方

企業による森林づくりや木材利用の活動も広がりを見せており、全国のおよそ1800カ所ほどの森林で行われています(2020年度)。森林づくりへの関わり方も企業によりさまざま、対象とする森林の視点からは、大きく①自社で森林を所有するもの②国有林・都道府県有林などの公有林や森林所有者と契約・協定を結んで活動しているもの③森林づくりに取り組むNPOやボランティア団体を支援するもの、などがあります。また、活動の仕方も、社員や顧客が森林にでかけて活動したり、地元のボランティア団体と社員等と一緒に活動したり、植林したあとは地元の森林組合などに経費を支払って管理をしてもらう、また、企業が活動している森林に市民を招いて体験活動や森林環境教育をするなど、企業や地域の特色を生かして、さまざまなものがあります。

最近注目されているのは、「共通価値の創造」(CSV: Creating Shared Value)という考え方です。これは、企業の事業活動を通じて社会的な課題を解決していくことをめざするという概念です。事業活動と結びついた

森づくりをすることで、同時に地球環境といった国際的な課題の解決にも貢献することができ、企業としての価値も高まるという考え方です。たとえば、クレジット会社では、月々の支出明細を紙ベースから電子データに切り替えることにより資源やコストを削減するとともに、削減したコストの一部で森林づくりに取り組んでいます。また、エネルギー会社では、石油製品の製造という温室効果ガス排出量の多い同社の事業に対して里山の再生で吸収量を増やす取り組みを行っています。

企業の取り組みを 支援する

国有林では、企業が植林・保育をする経費を負担して伐採後に収益の一部を受け取る分収造林・育林という仕組みを利用した「法人の森林」という制度や、協定により一定の期間(5~10年程度)国有林を利用できる「ふれあいの森林」、「社会貢献の森林」という仕組みがあります。各都道府県でも同様の取り組みがあるほか、企業・森林所有者・ボランティア団体をマッチングをしたり、企業に対してCO₂の吸収量を算定するなどの支援をしています。

森の恵みに目にした事例①

サントリーホールディングス株式会社の取り組み

「天然水の森」プロジェクト

■きっかけ

サントリーホールディングス株式会社(以下、サントリー)は、水の会社です。いい水——いい地下水がなければ、ビールもウイスキーも清涼飲料も、何一つ作ることができません。つまり、安全でおいしい地下水=天然水は、サントリーの生命線だといえるでしょう。その生命線の特長を守るために始められたのが「天然水の森」と名づけられた水源を守る活

動です。当初の目標は「工場で汲み上げている地下水以上の水を森で育む」というものでしたが、その目標を十分に達成した今、新たにその2倍に当たる12,000haまで拡大するという2020年目標を掲げています。



企業による森林づくりへの取り組みの例

さまざまな分野の企業が、それぞれの業態を活かして、森づくりに取り組んでいる。

森の魅力に目にした事例②

飯山赤十字病院の取り組み

森林セラピーと組み合わせたメディカルツアー 「信州いいやまでリラックス人間ドックプラン」

■きっかけ

飯山赤十字病院は2006年、全国で初めて森林セラピー基地として認定を受けた飯山市からの依頼に応え、森林セラピーを利用した観光商品を開発しました。この取り組みに共感した森林セラピーのメイン基地を有する一般社団法人信州いいやま観光局(以下、いいやま観光局)は、飯山赤十字病院がJR飯山駅から100mの距離に位置し、2015年3月の北陸新幹線

の開通に伴ってその停車駅から徒歩数分という立地の優位性を活かせることに着目し、森林セラピーとメディカルチェックを組み合わせた新たな観光商品「信州いいやまでリラックス人間ドックプラン」を開発しました。観光と地域に存在する森林利用をセットにした画期的なツアーとして、現在注目を集めています。



「森林×脱炭素チャレンジ2022」と 「グリーンパートナー」

林野庁は、2022(令和4)年、企業等が支援して行った2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する森林整備の取組を顕彰する「森林×脱炭素チャレンジ2022」を創設しました。応募した企業等を「グリーンパートナー2022」として公表するとともに、特に優れた取り組みに農林水産大臣賞等を授与しました。



「森林(もり)づくり全国推進会議」

2022年10月、2030年SDGsの達成や2050年カーボンニュートラルの実現に貢献する森林づくりに取り組むため、経済、自治体、教育、消費者、観光等各界の企業・団体で構成する「森林づくり全国推進会議」が設立されました。企業・団体の輪を拡げ、具体的な森林づくりの展開を目指しています。

【画像出典】

企業による森林づくりへの取り組みの例 ▶ 「企業事例で見る森のCSV読本」林野庁

「森林×脱炭素チャレンジ2022」と「グリーンパートナー」林野庁:

https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/forest_co2_challenge.html

「森林(もり)づくり全国推進会議」:<https://mori-zukuri.jp/forest-mtg/>

【参考】

「企業による森林づくり・木材利用の二酸化炭素吸収・固定量の「見える化」ガイドライン」林野庁:

<https://www.rinya.maff.go.jp/j/kikaku/attach/pdf/kyushuryosantei-5.pdf>

社会資本としての環境資源
企業の森づくりへの取り組みは、社会貢献の位置づけから共通価値の創造という意識へ変化しつつある。大気や水、野生生物資源などの環境資源は社会を支える共有の資本であり、それらを守ることは、企業のみならずすべての人々に課されている責任でもある。

国有林は、日本の国土面積(3780万ha)のおよそ2割、森林面積(2505万ha)のおよそ3割を占め、国土保全や水源かん養といった公益的な機能と生態系ネットワークの根幹を担っています。国有林は、国民すべての人びとを支える大切な森林であり、まさにわたしたちの自然資本です。

公益的機能を重視した管理経営

国有林は、明治政府により、それまでの藩有林や寺社有林、地租改正で所有者が明かにならなかった奥地の森林などが母体となり成立しました。①国土の保全など森林の持つさまざまな公益的機能の維持増進 ②林産物の持続的な供給 ③地域の振興を目標として管理・経営されています。かつては第二次世界大戦後の復興等のための木材供給の役割が重視されていましたが、現在では公益的機能を重視した管理経営が期待されています。

それぞれの森林の機能にあった管理

森林には、国土の保全、水源のかん養、地球温暖化の防止、生物多様性の保全、保健・文化・教育的な利用などの多面的な機能がありますが、とくに国有林に対しては地球温暖化の防止、生物多様性の保全の面での期待が大きくなってきています。ひとくちに国有林といっても、脊梁山地の原生的な天然林やスギ・ヒノキなどの人工林、海岸林などさまざまな森林があります。個々の国有林は重視する機能に応じて「山地災害防

止」「自然維持」「森林空間利用」「快適環境形成」「水源かん養」といった5つのタイプに区分され、それぞれの森林が立地する自然的条件や社会的な条件を踏まえて、公益林として適切に施業することとされています。

国有林における地球温暖化対策

国有林では、CO₂の吸収量を確保するため、森林の適正な整備や木材利用等の推進に積極的に取り組むこととしています。特に、主伐(皆伐)後の再造林を確実にするため、低コストで効果的な再造林の方法の開発と民有林への普及に力をいれています。また、治山・林道工事での間伐材利用や庁舎等の建物での地域材利用も積極的に進められています。気候変動による大雨発生頻度の増加や天然林での樹種の分布適域の変化等が予測されることから、治山施設の整備や原生的な森林等を保護する「保護林」の管理も進められています。これからの森づくりの方向を決めるのは、わたしたち国民自身です。まずは、この10年が正念場とされる地球温暖化防止に貢献するためにも、木の文化を取り戻し、木材の利用を増やして、森林と関わる暮らしを意識したいものです。



1



2



3



4

国有林でのさまざまな取り組み

- ①ドローンによる苗木運搬(高知県安芸郡東洋町)
- ②間伐材を使用した校倉式の治山ダム(福島森林管理署)
- ③レブンアツモリソウの保護増殖活動(森林保護員によるロープ設置 宗谷森林管理署)
- ④復旧・再生が進む仙台湾沿岸地区の海岸防災林(東北森林管理局)

【写真出典】

①「令和2年度国有林野の管理経営に関する基本計画の実施状況」 ②「令和元年度国有林野の管理経営に関する基本計画の実施状況」 ③「令和2年度国有林野の管理経営に関する基本計画の実施状況」 ④「令和元年度国有林野の管理経営に関する基本計画の実施状況」/いずれも農林水産省

【参考】

『「国民の森林」国有林』林野庁：https://www.rinya.maff.go.jp/j/kokuyu_rinya/index.html
 「国有林野の管理経営に関する基本計画」：https://www.rinya.maff.go.jp/j/kokuyu_rinya/kanri_keiei/kihon_keikaku.html
 「国有林の歴史・現状と今後の課題」林野庁：<https://www.rinya.maff.go.jp/j/rinsei/singikai/pdf/110208k1.pdf>

執筆・監修

伊神 裕司 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 木材加工・特性研究領域長
渋沢 龍也 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター
平田 泰雅 国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所 研究ディレクター
松本 光朗 近畿大学農学部環境管理学科 教授

オブザーバー 竹中 篤史 林野庁 森林利用課 海外森林資源情報分析官

構成 栗山 淳 エディトリアルディレクター

編集協力

国立研究開発法人森林研究・整備機構 森林総合研究所

宇都木 玄 (研究ディレクター)	大平 辰朗 (研究ディレクター)
岡 輝樹 (四国支所長)	齋藤 哲 (関西支所)
佐藤 保 (森林植生研究領域長)	鈴木 覚 (森林災害・被害研究拠点長)
大丸 裕武 (多摩森林科学園園長)	玉井 幸治 (研究ディレクター)
中村 克典 (東北支所)	橋本 昌司 (立地環境研究領域 / 生物多様性・気候変動研究拠点)
藤井 一至 (立地環境研究領域)	松井 哲哉 (生物多様性・気候変動研究拠点)
宮武 敦 (複合材料研究領域)	山田 竜彦 (新素材研究拠点長)

(所属・肩書は初刷発行時)



2022(令和4)年2月 初刷発行
2023(令和5)年3月 改訂2刷

発行●公益社団法人 国土緑化推進機構
〒102-0093 東京都千代田区平河町2-7-4 砂防会館別館(B棟5階)
TEL 03-3262-8451 FAX 03-3264-3974

編集制作・デザイン●栗山淳編集室
印刷●株式会社 東京印書館
©掲載記事および写真・図版の無断転載を禁じます。

◆この冊子は、FSC認証紙を使用しています。



公益社団法人

国土緑化推進機構

National Land Afforestation Promotion Organization

