



IPCC第5次評価報告書

第3回 第3作業部会報告書について

早川 光俊 (CASA専務理事)

第5次評価報告書第3作業部会報告書 (AR5/WG3、以下「WG3」と表記します) は、気候変動緩和 (温室効果ガスの削減) に関するデータや研究などについて、科学的・技術的・環境的・経済的・社会的観点から分析を行ったものです。この報告書では、16章からなり、頁数は2000頁を越え、引用文献は1万件を超えると考えられます。

この特集では、WG3の「政策決定者向け要約」について、経産省の作成したWG3の「政策決定者向け要約のポイント」^{*1}及び環境省の作成した「IPCC第5次評価報告書の概要—第3作業部会 (気候変動緩和)—」 (2014年8月版) に基づいて報告します。

増加する温室効果ガス

WG3は、私たち人間の活動による温室効果ガス排出量が1970～2010年の間増加を続けており、特に最近の10年間に於いて大幅に増加し、主に増加しているのは化石燃料の燃焼や生産過程から排出される二酸化炭素 (CO₂) であるとしています (図1)。1750～2010年

の260年間における人間活動による累積CO₂排出量のうち、約半分は最近40年間 (1970～2010年) に排出されたとし、燃料、セメント、フレア起源 (油田やガス田の採掘の際に発生する付随ガスを燃焼させること) のCO₂に限れば、最近40年間で、それまでの累積排出量の約3倍を排出しているとして

います。

人間活動による温室効果ガス排出量は、2000～2010年の10年間で、CO₂換算にして10ギガトン (100億トン) 増加し、この増加量の内訳は、エネルギー供給 (主として発電) 47%、産業30%、運輸11%、建築3%となっています。間接排出量^{*2}で換算すれば、建築・

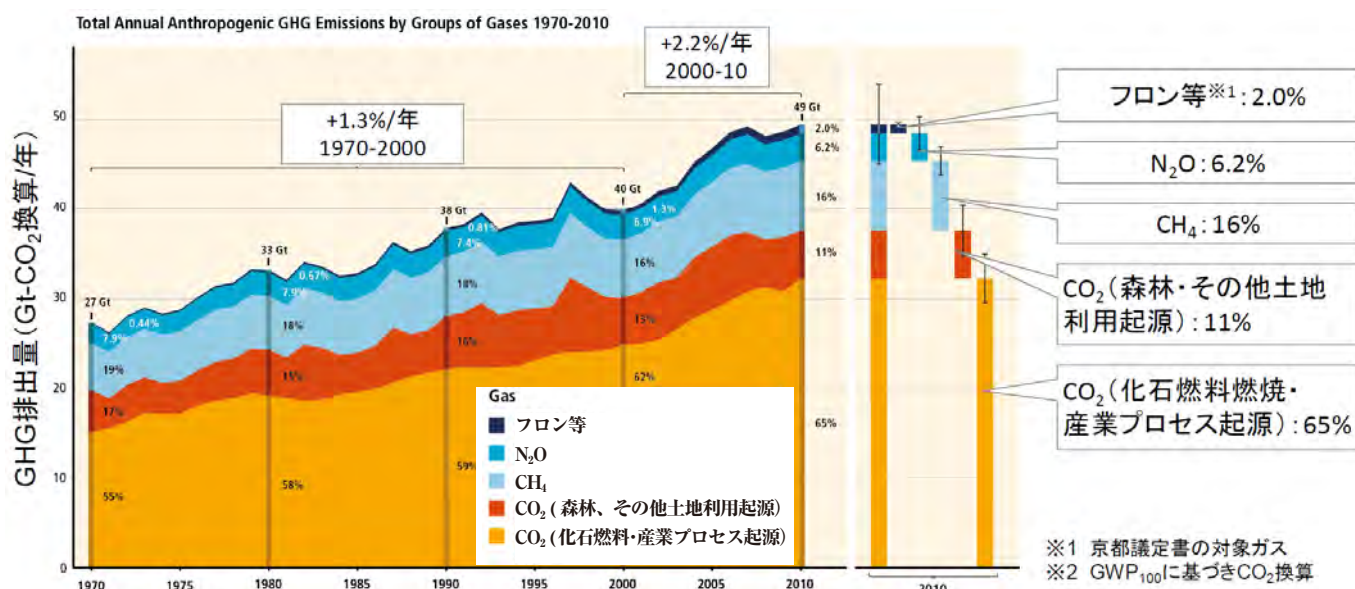


図1 人為的な温室効果ガス排出量の推移^{*2} (1970年～2010年)

出典: 図 IPCC AR5 WG3 SPM Fig. SPM.1

*1 速報版で、今後、「政策決定者向け要約」の確定訳により修正の可能性があるとされています。

*2 電力・熱の生産にともなう排出を、消費する先の需要部門に配分した排出量。

産業部門による増加が大きくなっており、2000年以降、農林業・土地利用部門を除くすべての部門で温室効果ガス排出量は増加しているとされています(図2)。

こうした温室効果ガスの増加の原因は、経済成長と人口増加で、また他のエネルギー源と比べて石炭の使用量が増加したことにより、世界のエネルギー供給が徐々に低炭素化するという長期的傾向を逆転させてしまったとしています。そして、今以上の削減努力がなされないと、今世紀末の世界平均地上気温は産業革命前の水準と比べて3.7～4.8℃上昇する可能性が高いとしています。

長期的な削減

WG3は、追加的な緩和策のないベースラインシナリオでは、2100年における世界平均地上気温が、産業革命前の水準と比べ3.7～4.8度上昇するとしています。

長期的な温室効果ガスの削減については様々な削減シナリオが考えられるが、気温上昇を産業革命前に比べて2℃未満に抑えられる可能性が高い削減シナリオは、2100年に大気中の温室効果ガス濃度がCO₂換算で約450ppmとなるものとされています。

450ppmに抑制するには、エネ

Greenhouse Gas Emissions by Economic Sectors

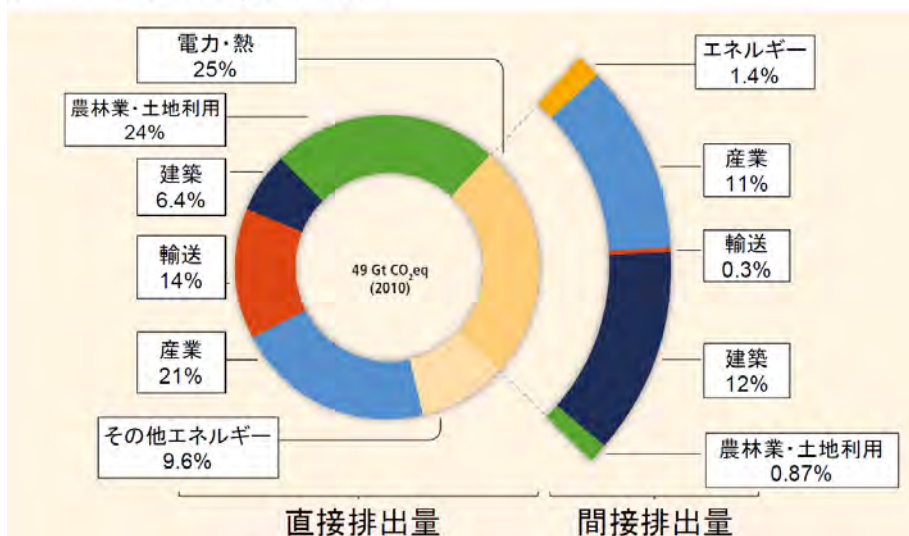


図2 2010年の部門別温室効果ガス排出割合

出所：WG3のSPM

ルギーシステムと潜在的な土地利用を大規模に変化させる^{*3}ことを通して、今世紀半ばまでに温室効果ガスの排出を大幅に削減することが必要で、その削減量は2010年と比べて2050年には40～70%、2100年にはほぼゼロ又はマイナスにしなければならないとされています。

そのためには、エネルギー効率を急速に改善するとともに、再生可能エネルギー、原発、CO₂回収・貯留(CCS)^{*4}、またはCCS付きバイオマス発電(BECCS)^{*5}などの低炭素エネルギーの供給比率が、2050年までに2010年の3倍から4倍近くになっていることが必要とされています。

450ppmより高い濃度に至るシナリオであれば、こうした変化は

より緩やかな時間枠で進めればよくなりますが、450ppmより低い濃度に至るシナリオであれば、より速い時間での変化を必要とするとされています。

そして、2030年まで温室効果ガスの削減の取り組みを遅延させると、長期的な低排出レベルへの移行が相当困難になり、気温上昇を2℃未満に抑え続けるための選択肢の幅が狭まるとされています。

小規模島しょ国連合などは、2℃未満では島しょ国などへの地球温暖化の影響は避けられないとして、1.5℃未満を主張しています。WG3は1.5℃未満に抑えられる可能性を検討した研究成果は限られているが、これらの研究では2100年の濃度は430ppm未満としなければならない、このようなシナ

*3 バイオエネルギーの生産や植林、さらに森林破壊を減少させることで、土地利用を大幅に変化させる。

*4 二酸化炭素を大気中に放出される前に回収して、海底や地下などに貯留すること。主に火力発電所や工場での回収が考えられている。

*5 バイオマス発電はもともと大気中の二酸化炭素を固定している木材などを利用していることから、それを燃焼したとしてもCO₂排出量はゼロと考えられるので、排出されるCO₂を回収・貯留した場合は、排出量をマイナスにすることができる。

リオは、①早急な緩和行動、②全ての技術を早急に普及拡大、③エネルギー需要を低く抑えた発展が必要とされ、温室効果ガス排出量は2010年比で2050年70～95%削減、2100年110～120%削減が必要になるとしています。

削減コスト

削減に係る総経済コストの推定値には、検討するモデルによって大きな幅があり、モデルの構造と前提、及び導入される技術の性質や削減のタイミングといったシナリオの想定に大きく依拠することになります。2100年までに温室効果ガス濃度をCO₂換算450ppm程度にする削減シナリオでは、削減対策を行わないベースラインシナリオ*⁶（今世紀中に300～900%以上に消費が拡大することを前提）と比べ、2030年で1.7%（1～4%）、2050年で3.4%（2～6%）、2100年で4.8%（3～11%）の損失が世界の消費に生じることになるとされています。これらの数値は、年間1.6～3%の消費の拡大が想定されているベースラインシナリオに比べて、今世紀中に0.04～0.14%ポイントが減少することに相当するとしています。このことは、2℃未満の削減対策を実施しても、経済にはほとんど影響が無いことを意味していま

す。但し、必要な技術が利用できなかったり、利用に制限があったり、想定する技術次第では緩和コストが大幅に増加するとされています。この「必要な技術が利用できなかったり、利用に制限があったり」というのは、CCS、原発、再生可能エネルギーなどの技術が利用できなかったり、利用を制限されたりすることですが、WG3は技術ごとにそれが利用できなかったり、順次減らしたりする場合のコストの上昇率についても検討しています。表1は2100年に温室効果ガスが450ppmとなるシナリオで、こうした技術が利用できなかったり、利用に制限があったりする場合のコストの増加率を示したのですが、原子力発電を順次減らした場合でも、それほど対策コストは増大しないことを示しています。

削減に伴う便益

WG3は、大気中の温室効果ガス濃度が450～500ppmに達するシナリオでは、大気汚染とエネルギーセキュリティの目的を達成するための費用を減らすとともに、

健康、生態系、資源確保、エネルギーシステムが強靱になるなどの明確な便益（コベネフィット）が存在するとしています。

図3は、2005年と比較した2050年の、現在実施されている以上に温室効果ガスの排出削減を行わないベースラインシナリオと、2100年までに450～500ppmを達成するように厳格な削減対策を実施した場合で、黒色炭素（BC）*⁷と二酸化硫黄（SO₂）の排出レベルを比較したものです。ゼロは2005年レベルです。ベースラインシナリオと比較して、厳格な削減対策を実施した場合には、大気汚染物質である黒色炭素（BC）と二酸化硫黄（SO₂）の排出量が大きく減少することがわかります。世界保健機構（WHO）は、2012年の1年間で世界で大気汚染の死者が700万人を越えたと報告しています。温室効果ガスの削減は明らかに大気汚染を改善させ、大気汚染による健康被害や死亡者を大幅に減少させます。この700万人の大気汚染による死者のうち、大半は中国とインドであると推定されますが、WG3は、大気汚染物質の大幅減

表1 さまざまな想定下における緩和コスト

出所：WG3のSPM

	CCSなし	原発通減	太陽光発電・風力発電の制限	バイオマスエネルギーの制限
対策コストの上昇率（%）	138 (29～297)	7 (4～18)	6 (2～29)	64 (44～78)

* 6 排出抑制に向けた追加的な努力がなされないシナリオ

* 7 ディーゼルエンジンの排気ガス、石炭の燃焼、森林火災、薪等の燃料やバイオマス燃料の燃焼など、炭素を主成分とする燃料が燃焼した際に主に発生する大気汚染物質。

に伴う健康影響の減少は、大気汚染規制が弱い地域において特に大きいとし、このことは温室効果ガスの大排出国である中国やインドにとって、温室効果ガス削減は大気汚染改善のメリットが大きいことを意味しています。その外の便益の主な例として、生態系保護、水資源利用、食料確保、所得分配、税制の効率性、労働供給・雇用、都市のスプロール化、途上国の持続可能な成長などがあげられています。

一方で、削減政策は、定量化が十分でないものを含め、様々な負の副次的効果に伴う可能性もあると指摘しています。WG3は、負の副次的効果が考えられる分野として、エネルギー供給、農林業・土地利用部門をあげています。

部門別の温室効果ガス削減

WG3は、ベースラインシナリオにおける温室効果ガス排出量は、農林業・土地利用部門 (AFOLU) のCO₂排出量を除き、全ての部門で増加するとし、とりわけエネルギー供給部門は温室効果ガスの主要な排出源であり続け、最終的には建物と産業部門の電力使用による間接排出の大幅な増大が予想されるとしています。

WG3は、各部門別の排出予測とその削減対策、削減可能性についても、以下のように記述しています。

エネルギー供給部門

ベースラインシナリオでは、エネルギー供給部門は温室効果ガスの主要な排出源であり続け、エネルギー供給部門からのCO₂直接排

出量は、2050年に2010年の水準 (14.4Gt/年の排出) の約2倍から3倍になると予測しています。

一方で、低位安定化 (430～530ppm) を達成するには電力の低炭素化が、費用対効果が高い重要な削減策で、行動、ライフスタイル、文化は、エネルギー消費・排出量に大きく影響を与え、交通需要・交通手段、家庭のエネルギー消費、寿命の長い製品の選択、食生活の変化や食品廃棄物の削減により大幅な削減が可能としています。

ここで電力の低炭素化としてあげられているのは、再生可能エネルギー、原子力、CCSです。

再生可能エネルギーについては、2012年の世界全体の新設発電容量の半数以上を占め、第4次評価報告書 (AR4) 以降、技術、性能向上及びコスト低減の面で大いに進展し、大規模な普及が可能な水準にある技術が増加しているとする一方、まだ多くの技術が依然として直接・間接的支援を必要としており、エネルギーシステムへの統合 (系統連携) についても技術的、コスト的な課題があるとしています。

原発については、原発は成熟した低炭素エネルギー源だが、世界における発電シェアは1993年以降低下している。温室効果ガスの削減に貢献をなし得るが、各種の障壁とリスクが存在

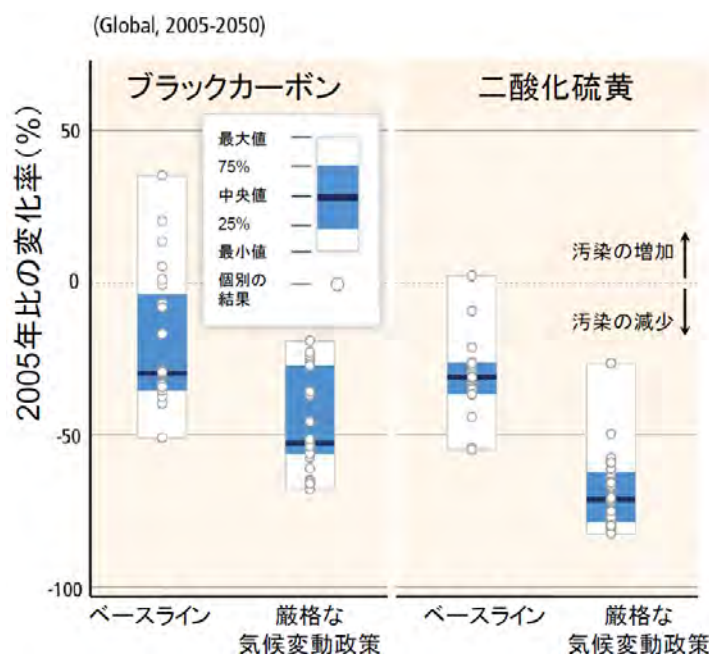


図3 気候変動緩和政策が大気汚染に与えるコベネフィット
出所：WG3のSPM

するとしています。各種の障壁とリスクとしては、事故の危険性、ウラン採掘・金融・規制に関するリスク、未解決の放射性廃棄物管理問題、核兵器拡散の懸念、世論の逆風などがあげられています。

CCSについては、基本的技術は確立しており、火力発電所からのCO₂排出削減が可能だが、まだ商業規模で稼働する火力発電への適用には至っていません。特にコスト面で課題があり、CCSの普及にはCO₂の排出規制が強化され、高い炭素価格（又は直接的な支援）によって、CCSが導入されていない外の電源に対する競争力の確保が必要とされています。また、大規模の導入には、輸送時のリスクや長期的な貯留の安定性などの課題があり、短・長期の貯留の責任についての明確な規則が必要とされています。

エネルギー供給によるCO₂排出削減には、天然ガスが利用可能で、掘削と供給に伴う温室効果ガスの漏出を小さくできれば、既存の標準的な石炭火力発電を最新の高効率天然ガス複合発電や熱電併給発電（コジェネレーション）に置き換えることによって、CO₂排出を大幅に減らすことができるとされています。

輸送部門

輸送部門では、世界的に増え続けている旅客輸送と貨物輸送によってCO₂排出量が急速に増え続

けており、燃料の低炭素化や燃費改善などの削減効果を、一部打ち消してしまう可能性があると考えられています。一方で、全ての交通様式を対象とする技術的及び行動的な削減策と、新たなインフラと都市再開発への投資をすれば、2050年の交通部門の最終エネルギー消費はベースライン比で約40%減る可能性があると考えられています。また、輸送部門における削減対策は、ブラックカーボン等の粒子状物質、対流圏オゾンやエアロゾル前駆物質（NO_xなど）の排出を減らし、短期的に人間健康や緩和に関する便益（コベネフィット）をもたらすとされています。

建築部門

建築部門の2010年の最終エネルギー消費は全体の32%で、CO₂排出量は8.8Gt（間接排出含む）に達し、ベースラインシナリオでは、今世紀中頃までにエネルギー需要は約2倍、CO₂排出量は50～150%増加する見込みだとされています。

しかし、近年における技術、ノウハウ、政策の進展により、今世紀中頃までに世界の建築部門におけるエネルギー利用を安定化又は削減する機会を提供することができるとされ、建築基準と電気製品の省エネ基準が、正しく設計・実施されるならば、排出削減の最も効果的な手段であることが実証されているとしています。また、ラ

イフスタイル・文化・行動は、建築部門のエネルギー消費に大きく影響すると指摘されています。

産業部門

産業部門の2010年の最終エネルギー消費は全体の28%、CO₂排出量は13Gt（間接排出含む）とされ、ベースラインシナリオでは、エネルギー効率の改善が大幅に加速されない限り、2050年の排出量は50～150%増加すると予想されています。

削減対策については、産業部門のエネルギー原単位は、特に利用可能な最高の技術を使用していない国々やエネルギー集約型ではない産業における広範な改修・更新・利用可能な最高の技術の導入により、現行水準と比べておよそ25%低減しうるとされ、エネルギー効率向上を促進する代表的な施策としては、情報プログラム、経済的な支援策、規制措置、そして自主行動などがあるとされています。

企業間・部門間の体系的な取組や協調行動は、エネルギーと原材料の両方を削減することを通して温室効果ガスも削減しうるとされ、大規模なエネルギー集約産業と中小企業の両方で、部門横断的技術（例：効率的なモーター）や手段（例：空気や蒸気の漏れを減らす）により、生産過程や工場の効率をコスト効率的に改善させうるとされています。

農林業・土地利用 (AFOLU)

農林業・土地利用部門は世界の正味の人間活動の温室効果ガス排出量の約4分の1(10Gt未満～12Gt)を占めており、森林破壊、土壌・養分の管理からの農業由来排出、家畜が主な排出源だとされています。

農林業・土地利用部門は、食料安全保障と持続可能な発展において中心的な役割を負っている。最もコスト効率の高い削減策は、林業では新規植林、持続可能な森林経営、及び森林減少の抑制であり、農業では農地・牧草地管理等があるとされています。

バイオエネルギーは、緩和において重要な役割を果たしうるが、取り組みの持続可能性やバイオエネルギーシステムの効率性等を考慮する必要があるとしています。

人間居住、インフラ、空間計画

都市化は世界的な傾向であり、都市における高水準の所得は高水準のエネルギー消費・温室効果ガス排出量と相関があるとされ、2006年時点で都市部はエネルギー消費の67～76%、エネルギー起源CO₂の71～76%を占めているとされています。

人間居住における最大の削減可能性は、都市形態及びインフラが未整備で急速に都市化が進行している地域に存在するが、そのような地域では統治(ガバナンス)、技

術、財政、制度面での能力が限定されていることが多いことが課題だと指摘されています。

国際協力・国際交渉

WG3は、国際協力・国際交渉の必要性について、「各主体が各々の関心事を個々に進めていては、効果的な緩和は達成されない。温室効果ガスのほとんどは長期にわたって蓄積し、世界的に広がり、またあらゆる主体からの排出が他の主体に影響を及ぼすことから、気候変動は世界的な集団行為問題という性質を有している。このため、温室効果ガスの排出を効果的に緩和し、その他の気候変動問題に対処するため、国際協力が必要である。」としています。

国連気候変動枠組条約(UNFCCC)は、ほぼすべての国が参加する地球温暖化問題についての主要な多国間フォーラムであると評価していますが、京都議定書については、参加、実施、柔軟性メカニズム、環境に対する効果という点で課題があるとしています。

WG3の主なポイント

WG3の主なポイントは以下のとおりです。

- ① 追加的な緩和策のないベースラインシナリオでは、2100年における世界平均地上気温が、産業革命前の水準と比べ3.7～4.8度上昇する。
- ② 2℃未満に抑える可能性が「高

い」シナリオは、2100年の濃度が約450ppmとなるシナリオであり、2050年の温室効果ガス排出量は2010年比40～70%減、2100年にはほぼゼロ～それ以下とする必要がある。

- ③ 地球温暖化は急速に進んでおり、このままでは人類の健全な生存を脅かしかねないレベルに達する。産業革命前からの平均気温の上昇を2℃未満に抑制するためには、できるだけ早く温室効果ガス排出量を大幅に削減することが必要で、2030年までの削減努力が決定的に重要であり、それを怠ると2℃未満達成は困難さを増し、2℃未満へ選択肢も狭まる。
- ④ 2℃未満への道は困難ではあるが、望みが無いわけではない。

来年のCOP21では、すべての国が参加する2020年以降の新たな枠組みの合意がなされることになっています。残念ながら、国際交渉の現状はこうした科学の危機感に見合ったものになっていません。日本を含めて、すべての締約国はIPCC AR5の警告を真摯に受け止め、2℃未満に抑制する野心的な削減目標に合意する必要があります。