

磯焼けの話⑮ 二酸化炭素の排出と吸収について（I）

～温室効果ガスの排出とCO₂削減目標について～

技術士（衛生工学・建設・環境） 鍵谷 司

はじめに

「磯焼けの話」は沿岸部の藻場消失に始まり、赤潮問題、豊饒の海、鉄散布による藻場回復及び植物プランクトン増殖など広大な海洋の役割にまで発展させてきた。地球は、その3割の陸地と7割の海洋から成り、自然由来及び人為的に排出された気体（ガス）で覆われている。この大気存在が温暖な地球環境を維持しているのである。しかし、固定されていた炭素が燃料として使われて二酸化炭素（以下、CO₂と記す）が大気へ放出され続けた。その結果、大気濃度が上昇し、地球温暖化問題を引き起こし、自然環境の急速な変化をもたらし、ついには人類の生存さえ危機に陥れようとしている。

地球規模での環境変化に気づいた20世紀後半から国際的な取り組みが始まり、温室効果ガスの排出削減による温暖化の抑制に取り組んできた。とくに、化石燃料の燃焼に伴って排出されるCO₂が主であるため、CO₂削減はエネルギー節約を意味するので、経済への影響が大きく、削減は極めて困難な状態が続いている。

最近では、化石燃料に代わるエネルギー源として自然エネルギーによる発電が普及し、太陽光発電や風力発電が大きな期待を担っている。地球温暖化防止の切り札として「再エネの主電源化」や「2050年温室効果ガスゼロ」などの取り組みが大きなニュースとなっている。地球温暖化防止策として、温室効果ガスゼロ、CO₂排出ゼロ、カーボンニュートラルなど様々な表現が報道の見出しを飾る。「排出量ゼロ」はあり得ないので、「実質排出量ゼロ」と表現すべきである。あくまでも「排

出量から吸収量を差し引いて増量がゼロ」という意味であり、誤った表現なのである。

「海も海藻類等もCO₂を吸収する」にもかかわらず、気候変動枠組条約に基づいて申告しているCO₂吸収量にカウントされない。今回は、温室効果ガスに関する知見とCO₂削減目標について解説する。

1. 温室効果ガスとその排出量について

地球温暖化の要因である温室効果ガスについては、CO₂排出量、炭素量、カーボンニュートラルなど様々な表現が用いられており、理解を難しくしている。以下に温暖化の原理や温室効果ガスについて簡単に「おさらい」しておきます。

1. 1 温室効果ガスについて

（1）地球温暖化のメカニズム（図1）¹⁾

温室効果ガスとは、赤外線（熱）を吸収する性質をもつ気体（ガス）のことを言い、地球大気を覆っている空気や水蒸気なども含む。地球には、常に太陽からエネルギー（電磁波；光、熱など）

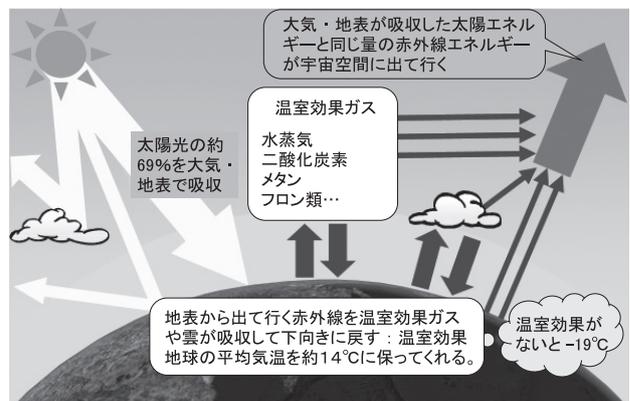


図1 地球温暖化のメカニズム¹⁾

が入って大気や地表に吸収されて温められる。しかし、太陽が沈むとこれらの熱（赤外線）が宇宙空間に放出され、バランスを保っている。

ところが、大気中に温暖化ガスが増えると、大気に溜まった熱を地表に戻したり、宇宙への放出を抑制するので、地球の温度は次第に上昇する。このような作用を「温室効果」と呼び、この効果をもつ気体を「温室効果ガス」と呼ぶ。地球は、このようなメカニズムにより、本来太陽からの距離から算定された温度（ -19°C ）よりも暖かいおおよそ 14°C 程度に維持されている。

(2) 温室効果ガスの種類について (図2)²⁾

温室効果の最も大きなガスは水蒸気であり、温室効果の5割、雲と CO_2 がそれぞれ約20%を占めると言われている。当然、温暖化が進むとさらに水蒸気や雲が増え、温度は上昇するが、地球温暖化の予測計算には当然考慮されている。

しかし、水蒸気や雲は、自然由来の温室効果物質であり、地球規模で制御することはできない。このため、次に大きな温室効果をもつ人為起源である CO_2 等の温室効果ガスが削減対象となっている。人間の活動によって排出される温室効果ガスには、 CO_2 、メタン、一酸化二窒素、フロンガス等があり、このうち、 CO_2 とメタンガスの排出量が8割以上を占める。

(3) 人為起源の温室効果ガス (図3)¹⁾

温室効果ガスのうち、 CO_2 の排出量が最も多く、

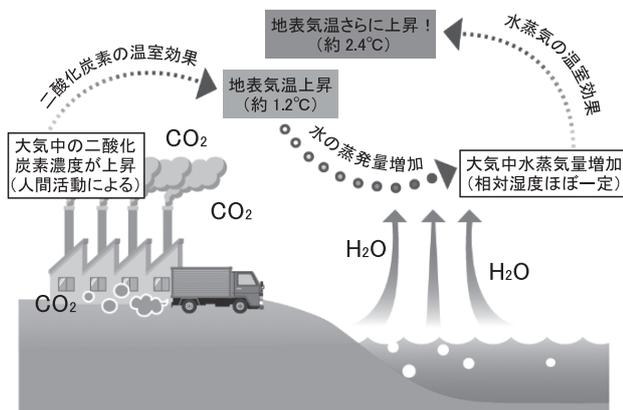


図2 CO_2 増加と水蒸気増加の効果²⁾

地球温暖化に最も大きな影響を及ぼす。石炭や石油などの化石燃料の燃焼、セメントの生産等の過程で大気中に放出される。一方、大気中の CO_2 の吸収源である森林が減少している。その結果、大気中の CO_2 は年々増加している。

メタンは CO_2 に次いで地球温暖化に及ぼす影響が大きな温室効果ガスである。メタンは、湿地や池、水田で枯れた植物が分解する際に発生し、家畜のげっぷからもメタンが排出されるほか、天然ガスを採掘する時にも発生する。

1. 2 温室効果ガスの種類と温室効果

人為的な温室効果ガスは7種類が対象となっており、その約9割強を CO_2 が占める。温室効果は、ガスの種類ごとに大きく異なるのであり、単なる濃度ではなく、実際の効果が分かるように工夫しなければならない。このために、温室効果ガスを CO_2 や炭素量に換算して表記している。

(1) 地球温暖化係数とは！ (表1)

地球温暖化係数とは、 CO_2 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表した数値である。排出量が少なくても、温室効果が大きいので、 CO_2 の效果に換算して温暖化の影響を表示する。つまり、一般的に表1の数値を用い、種類ごとの重量（濃度）にこの地球温暖化係数を乗じて CO_2 に換算する。表より、メタンは CO_2 の20倍、一酸化二窒素は310倍、ハイドロフルオロカーボン $150\sim 6,300$ 倍、パーフルオ

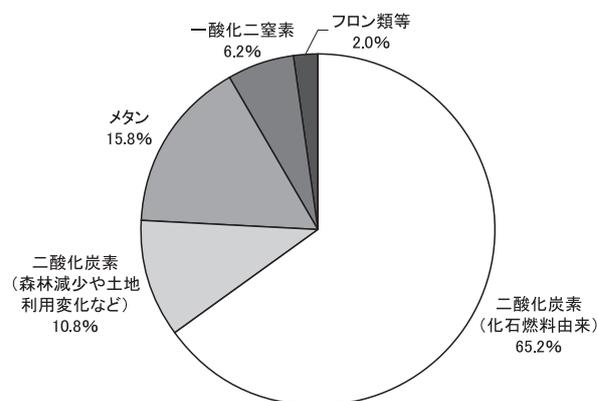


図3 総排出量に占める温室効果ガスの割合¹⁾

表1 温室効果ガスの地球温暖化係数
 国連気候変動枠組条約と京都議定書で取り扱われる温室効果ガス

温室効果ガス	地球温暖化係数*	性質	用途・排出源
CO ₂ 二酸化炭素	1	代表的な温室効果ガス。	化石燃料の燃焼など。
CH ₄ メタン	25	天然ガスの主成分で、常温で気体。よく燃える。	稲作、家畜の腸内発酵、廃棄物の埋め立てなど。
N ₂ O 一酸化二窒素	298	数ある窒素酸化物の中で最も安定した物質。他の窒素酸化物（例えば二酸化窒素）などのような害はない。	燃料の燃焼、工業プロセスなど。
HFCs ハイドロフルオロカーボン類	1,430 など	塩素がなく、オゾン層を破壊しないフロン。強力な温室効果ガス。	スプレー、エアコンや冷蔵庫などの冷媒、化学物質の製造プロセス、建物の断熱材など。
PFCs パーフルオロカーボン類	7,390 など	炭素とフッ素だけからなるフロン。強力な温室効果ガス。	半導体の製造プロセスなど。
SF ₆ 六フッ化硫黄	22,800	硫黄の六フッ化物。強力な温室効果ガス。	電気の絶縁体など。
NF ₃ 三フッ化窒素	17,200	窒素とフッ素からなる無機化合物。強力な温室効果ガス。	半導体の製造プロセスなど。

※京都議定書第二約束期間における値

参考文献：3R・低炭素社会検定公式テキスト第2版、温室効果ガスインベントリオフィス

ロカーボンは6,500～9,200倍、六フッ化硫黄は23,900倍も大きい。

(2) 二酸化炭素 (CO₂) と炭素 (C) の換算方法

将来のCO₂濃度を予測する場合、固定された炭素量の算定が必要である。地球上の炭素は、大気中のCO₂、陸上の生物体や土壤中、海水や河川・湖沼に溶けているCO₂、あるいは石灰質の岩石や堆積物、化石燃料など、様々な形態で存在する。これらの存在形態を交換・移動する流れを「炭素循環」と呼ぶ。様々な形態で固定された炭素が燃焼等によりCO₂を発生し、これが森林等に固定化されると炭素として貯蔵される。以下に炭素とCO₂の換算方法を示す。

《炭素のCO₂の換算方法》

- C (炭素) + O₂ (酸素) ⇒ 二酸化炭素 (CO₂)
- ※炭素 (C ; 12) ⇒二酸化炭素 (CO₂ ; 44)
- ※炭素がCO₂に変化した場合は、炭素重量の3.67倍に増加する
- CO₂ = 44/12 = 3.67 × C (炭素)

- ※CO₂を炭素に換算する場合は、0.273倍する
- C (炭素) = 12/44 = 0.273 × 二酸化炭素 (CO₂)

(3) カーボンニュートラル、カーボンオフセットとは！

通常、植物などの生物 (バイオ) 由来の物質 (マス) をバイオマスと呼ぶ。これらを燃焼するとCO₂を排出するが、これはもともと植物など成長の過程で大気中から吸収したものである。つまり、

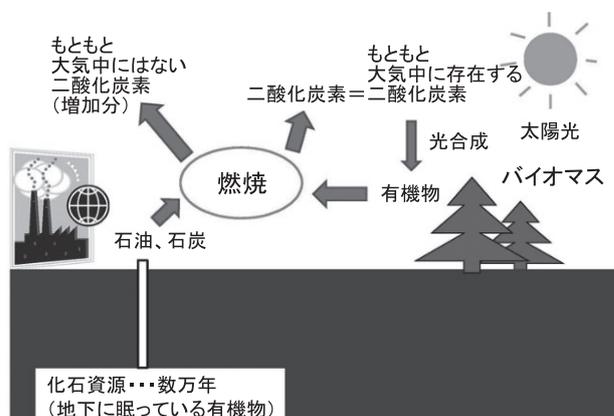


図3 カーボンニュートラル⁴⁾

大気→植物→大気を循環するだけであり、排出量と吸収量が等しく、実質的に増加しない。これを『カーボンニュートラル』と言う。

化石燃料も同じようにCO₂を排出するが、これは数億年も前に地下に固定された炭素源であり、現代の大気に放出することはCO₂を増やすことになるので、規制対象としてカウントされる。

また、カーボンオフセットとは、排出したCO₂量に対して実施した削減対策だけではカーボンニュートラル（炭素の増減なし）の状態を維持できない場合、その分に見合う環境活動に投資するという考え方を言う。

（４）低炭素社会&脱炭素社会とは！

低炭素社会とは、CO₂の排出が少ない社会のことを指すが、日本では、2007（平成19）年度の環境白書・循環型社会白書において提唱されたことを契機に使われ始めた。近年では、CO₂の排出量を減らしていくことを目標とする低炭素社会からCO₂の排出量を実質ゼロにすることを目標とした脱炭素社会を目指す方向に向かい始めている。現在では、CO₂を排出しない太陽発電や風力発電も含むと解釈されており、脱炭素社会へのシフトを目指して自然エネルギー発電を主電源とする取り組みが始まっている。

1. 3 二酸化炭素排出量について

地球温暖化を抑制するために国際的に温暖化ガスの排出量削減に取り組まれている。CO₂の主たる排出源は、化石燃料を燃焼してエネルギー（熱や電気など）利用することであり、社会・経済活動と密接に関わっている。このため、厳しい排出規制に取り組むことは非常に難しく、経済への大きな影響を避ける様々な仕組みが導入されてきた。

（１）国連気候変動枠組条約締結国会議（COP； Conference of Parties）

1992（平成3）年6月にブラジルのリオ・デ・ジャネイロ市において開催された環境と開発に関する国連会議において大気中の温室効果ガスの濃

度の安定化を究極の目標とする「国連気候変動枠組条約」が採択され、地球温暖化対策に国際的に取り組むことが合意された。1994年3月に発効し、締結国会議（COP）が毎年開催されている。温室効果ガスの排出・吸収の目録、温暖化対策の国別計画の策定等を締約国の義務としているが、具体性に欠けていたためすべての国が参加しやすいように様々な改善が行われている。具体的なルールを以下に示す。

①第3回締結国会議（COP3）；1997（平成9）年、「京都議定書」において2020年までの温暖化対策の目標を定め、先進国の温室効果ガス排出量について法的拘束力のある各国ごとの数値約束を定めた。約束は当時の先進国だけに課し、途上国には適用されなかった。なお、目標を達成するために、排出権取引、クリーン開発メカニズムや共同実施の仕組みが導入された。

②第21回締結国会議（COP21）；2015（平成27）年12月に「パリ協定」で京都議定書を引き継ぐ形で2020年以降の目標「21世紀末までに温室効果ガスの排出をゼロにする」ことを世界が約束した。京都議定書には強制力があつたが、パリ協定では申告制に、また、世界中の参加国が温暖化対策を実行することを約束した。いわば、この協定では、各国が削減計画を策定し、温室効果ガスの減量目標を提出するだけで拘束力はない。なお、2018年11月現在で197カ国・地域的な経済統合のための機関が参加している。

（２）日本の温室効果ガス削減目標と排出の推移

①日本の温室効果ガス削減目標⁵⁾

2020年3月にパリ協定に基づき国連に温室効果ガス削減目標を2015年に示した「2030年度に基準年2013年度比26%減」を据え置くことを決定した。エネルギー基本計画で定めたエネルギーミックスとの整合性、技術的制約、コスト面の課題などを考慮し、対策・施策や技術の積み上げによる実現可能な削減目標として、国内の排出削減・吸収量の確保により、2030年度に2013年度比26.0%減の水準（約10億4,200万t-CO₂）を申告した。

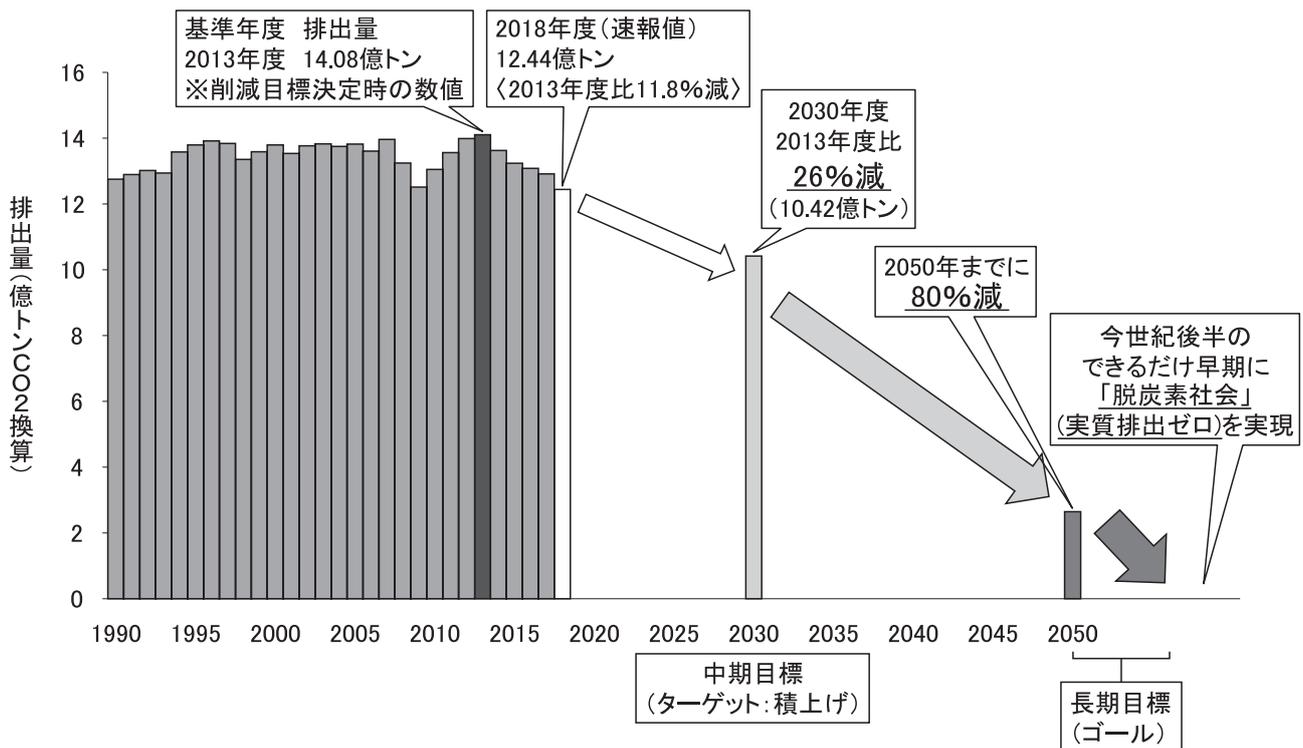


図4 我が国の温室効果ガス削減の中長期目標
 (「2018年度の温室効果ガス排出量(速報値)」及び「地球温暖化対策計画」から作成)

申告は5年ごとに行われるが、中長期的な削減目標は図4に示したように2050年80%削減が掲げられており、さらに、100%削減に相当する「実質排出量をゼロ」が政策目標として宣言されている。

②日本の温室効果ガス排出量

2018年度の我が国の温室効果ガス排出量の推移を図5に示した。2018年度の温室効果ガスの総排出量は12億4,000万トン(CO₂換算)で、基準年の2013年度比で12.0%減であった。減少要因としては、低炭素化に伴う電力由来のCO₂排出量の減少や、エネルギー消費量の減少(省エネ、暖冬等)により、エネルギー起源のCO₂排出量が減少したこと等が挙げられている。

この数字は、2011年3月の東日本大震災での福島原発事故後の原発をほとんど稼働できていない状況の中での排出量である。この間、FIT制度(再生可能エネルギー固定価格買取制度)が整備され、CO₂を排出しない自然エネルギーによる発電量が急増したが、発電総量に占める割合は十数%であった。実態は、従来通りほとんど火力発電に依存し

ているが、CO₂排出量の少ないLNG発電を主力に電力供給を賄ったと推測される。今後も排出量の多い石炭火力を縮小、あるいは撤退し、自然エネルギー発電へとシフトすれば余裕をもって目標を達成できることを示唆する。

すなわち、過去5年間のCO₂排出量の推移から2030年度の排出量をトレンドすると次のようになる。

- 2013年度の排出量実績：14億1,000万トン
- 2018年度の排出量実績：12億4,000万トンで

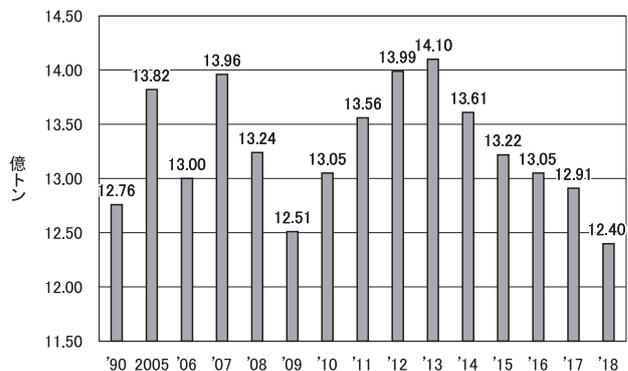


図5 CO₂排出量の推移

約12%の削減

○2030年度の排出量予測；約8億8,300万トンである。これは2013年度の63%削減に相当する。

すなわち、国連に申告した26%削減は、11年後の2024年度には、現在の対応を継続することで達成できそうである。つまり、2030年度には約60%削減も容易であることを示唆する。申告数値は5年ごとに目標数値を更新するので、予測以上の削減目標を掲げても大きな負担にならないのではないかと考えられる。政府の公表している「再エネの主力電源化」や「2050年度温室効果ガス排出実質ゼロ」を目標に向かって対応すれば更なる削減が達成できることを実績数字は示唆する。

まとめ

海のCO₂吸収量を取り上げるにあたり、わが国の排出量と削減目標を簡略に整理した。CO₂の大気濃度の上昇は、異常気象を引き起こし、大災害が地球規模で頻発している。各国が全力で削減に取り組む中、わが国が国連に報告した削減目標は2030年度に26%削減（1990年度比）と低く、達成は容易である。が、2050年に実質排出量ゼロなど積極的な取り組みが宣言されている。

一方、CO₂の実質排出量を削減するためには、その吸収量を増やすことも大きな手段である。森林や海も大きな吸収源であるが、「排出量」のみが大きく取り上げられ、吸収量に関する議論は少ない。次回は、森林のCO₂吸収量について紹介したい。

〈引用・参考文献〉

- 1) 地球温暖化に関する知識；気象庁（2019.12）
- 2) 「温室効果ガスの種類」国交省気象庁公式サイト
- 3) ここが知りたい地球温暖化 Q9：水蒸気の温室効果；国立環境研究所 地球環境研究センター
- 4) バイオマス利活用で北海道を元気に；NPO法人 バイオマス北海道
- 5) 日本の約束草案；平成27年7月17日 地球温暖化対策推進本部決定
- 6) 2018年度（平成30年度）温室効果ガス排出量（確定値）について；環境省（令和2年4月）