

### その2 気候変動

はじめに

気候変動が起きていることは、夏の過酷な高温、激しい台風の襲来などで実感があることだろう。気候変動は、食糧危機、健康危機へとつながるお恐れもあり、今世代に課せられた最大の課題といえる。

SDGs目標13は、「気候変動に具体的な対策を」求めている。ここでは、まずは気候変動の原因と現状、課題解決の全体的方向性などを学ぶ。



### 気候変動から気候危機へ

気候変動が起っているといわれてから久しい。パリ協定から早くも5年の歳月が流れるが、大きな前進はない。その前進のなさへの抗議として、グレタさんの行動をきっかけに起きた「気候変動マーチ」などの社会的ムーブメントがある。

気候変動は、現世代を含む将来世代の存続に「赤信号」を出している。まさに危機的状況にある。この危機の道を進む私たちの間に、分かれ道がある。右には「破滅」、左には「持続可能」の標識がある。国連やIPCCなどが標識を立ててくれている今、私たちは左の道へ進むべくハンドルを切らなくてはならない。

図 分かれ道



気候危機回避へ、若者が起こす「社会的ムーブメント」だけでなく、大人の責務としてビジネスのけじ取りも行わなくてはならない。今起きている気候危機の責任は若者ではなく大人たちにあるという反省とこれからの社会に対する責任感が必要。

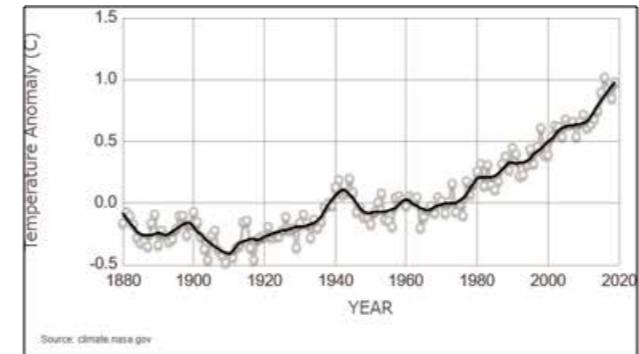


気候変動マーチ（2019年9月 渋谷）

### 地球温暖化はCO<sub>2</sub>などの温室効果ガス(GHG)による

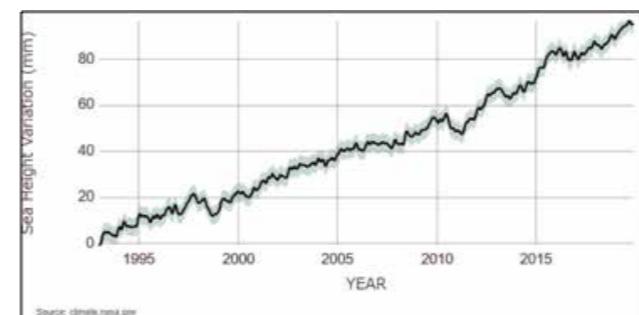
地球温暖化(気候変動)は、私たち人類が長年にわたって自制することなくCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)などの温室効果ガス(GHG:Green House Gases)を気中に放出してきたことによる。平均気温は産業革命以前に比べ、現在約1°C上昇している。

図1 地球温暖化（実測推移グラフ）(NASA)



地球温暖化は、北極、グリーンランド、南極、ヒマラヤなどの氷を溶かし、海面の上昇をもたらしている。

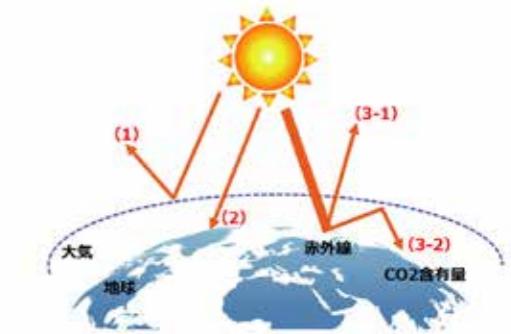
図 海面上昇（現時点までの推移グラフ）(NASA)



### 地球温暖化のメカニズム

地球温暖化のメカニズムを図示する。太陽光で暖められた地球は、地表から赤外線を出す。GHGは大気中にあって、この赤外線を吸収し、結果として大気を温めることになる。太陽光が直接的にCO<sub>2</sub>を温めて温暖化が起きているわけではない。地表での吸収と放射(光の種類の転換)があつての温暖が起きている。したがって原理的には、例えば地表に氷などの白色面が多いければ、太陽光は反射され温暖化は緩やかになる。

図 地球温暖化のメカニズム



### 温室効果ガス(GHG)の種類、排出量、濃度

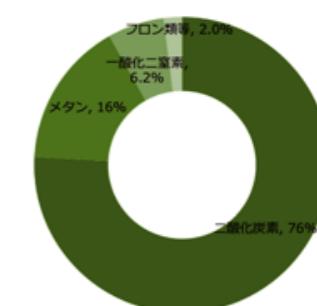
地球温暖化をもたらすいわゆる温室効果ガス(GHG)は、CO<sub>2</sub>だけではない。メタン(CH<sub>4</sub>)や亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)、冷媒などに使われるフロン系のガスなどがある。そしてその強さ(温暖化する力)にも違いがある。この強さは、地球温暖化係数(GWP:Global Warming Potential)で表す。GWPはガスが1kg放出されたとして、期間を定めて(例えば100年)の温暖化効果をCO<sub>2</sub>を1としての相対係数で表す。

図 GHGの種類とGWP

温室効果ガスと地球温暖化係数		GWP
温室効果ガス		
CO <sub>2</sub>	二酸化炭素	1
CH <sub>4</sub>	メタン	25
N <sub>2</sub> O	一酸化二窒素	298
HFCs	ハイドロフルオロカーボン類	1430
JCCCA資料より作成		

GHGの種類別の排出量とその推移は次の通り。

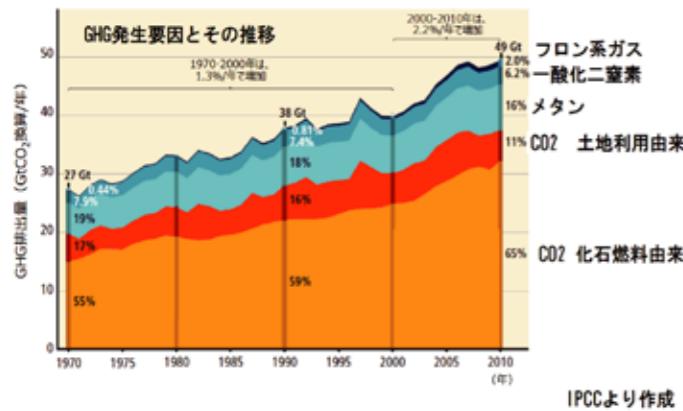
世界の温室効果ガスの種類と割合



温室効果ガスの排出割合

IPCC第5次評価報告書より作成

## 温室効果ガス排出割合の年次推移



1750年から2011年までに地球に蓄積されているCO<sub>2</sub>の量は、2000Gt(ギガトン)をこえている。

BOX1 CO<sub>2</sub>換算

GHGの総量を考えるとき、それぞれのGHGの温室効果の強弱を考慮に入れ、CO<sub>2</sub>換算で何トンという言い方をする。この場合の表示はCO<sub>2</sub>eと小さくeがつく。あるいは、CO<sub>2</sub>-eqと表示される。

## BOX2 Gt(ギガトン)と億トン

世界のGHG排出量は、30,000,000,000トンを超える。これを30Gt(30ギガトン)、あるいは300億トンと読む。ここでは、IPCCの論文表記に倣いGtを使って表現する。

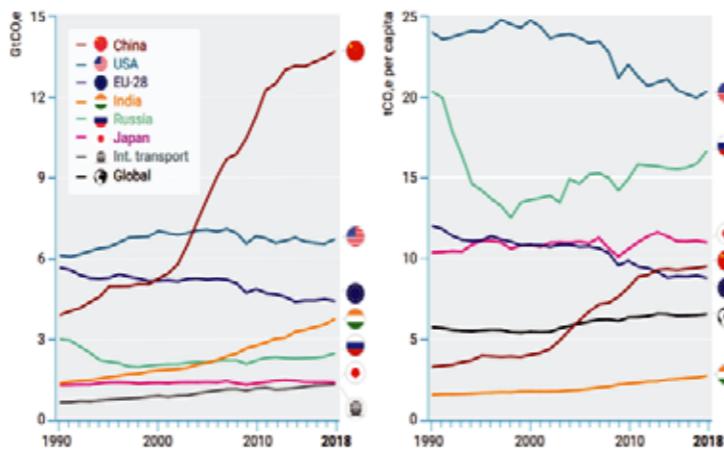
30Gt=300億トン

年単位でのCO<sub>2</sub>換算の排出量表記は、CO<sub>2</sub>-eq/yrという表記になる。ここでyrはyear(年)の省略表記。

## GHG国別排出量

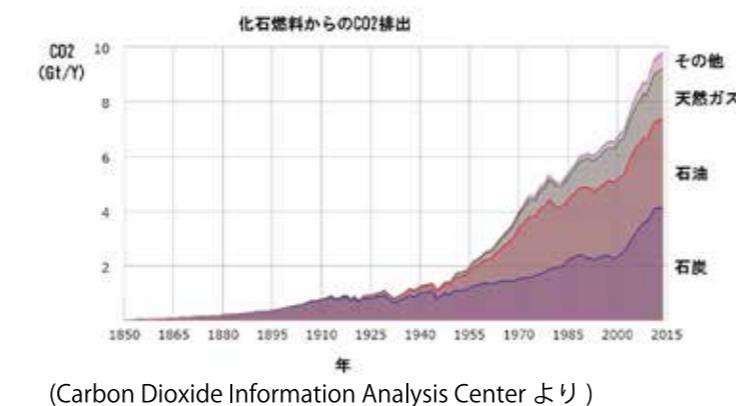
国別の排出量では、圧倒的に中国が多いが、国民一人当たりに直すと、日本も大きな排出量になる。日本の排出量は1.2Gt。世界の3%弱に相当する。また、一人当たりの年間排出量は9トン前後であり、世界では第4位にあたる。

## 図 国別排出量

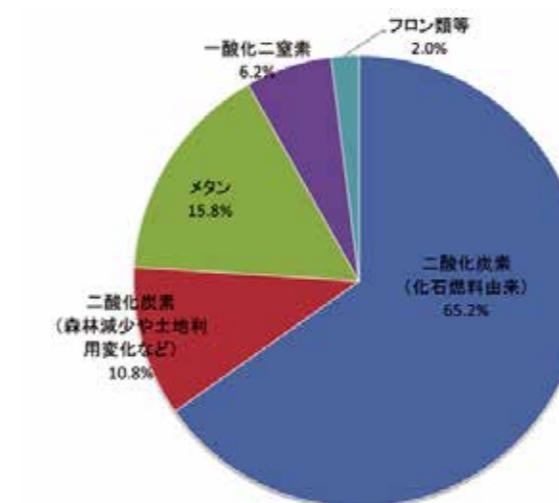


## GHGの発生要因

GHGの発生要因として、最も大きいものは、石油などの化石燃料を燃やすことにより生じるCO<sub>2</sub>であり、その最たるものは石炭火力発電といえる。

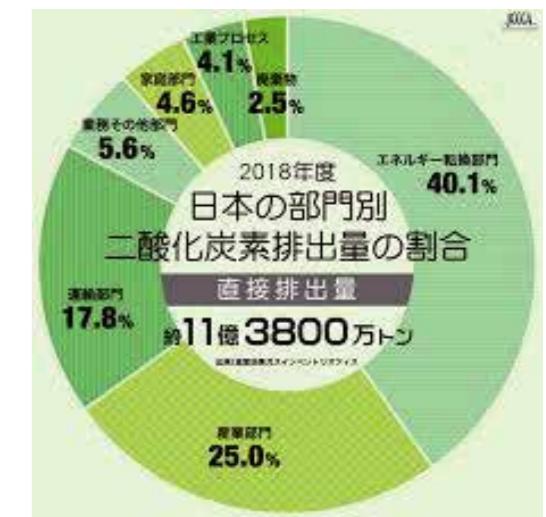
図 化石燃料からのCO<sub>2</sub>の排出年次推移

## 図 GHGの発生要因



## GHG発生の用途要因

GHGの発生用途を考えると、例えば発電用に石炭を燃やすなどが浮かぶ。日本における産業用途別にGHGの発生を見てみる。

図 部門別CO<sub>2</sub>排出

CH<sub>4</sub>やN<sub>2</sub>Oは、化石燃料の燃焼ではなく、土地利用から生じる。CO<sub>2</sub>の一部は、化石燃料の燃焼以外の土地利用から生じる。

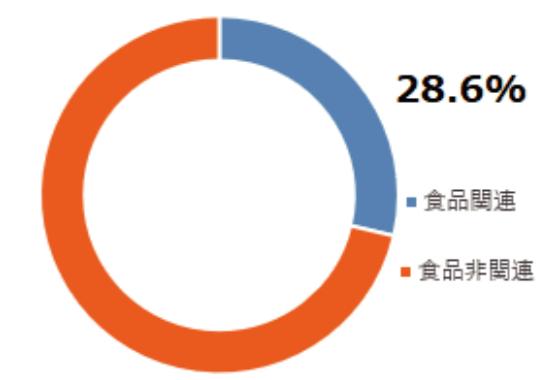
土地利用については、別に項目を設けて学ぶが、例えば放牧地や農地にするために森林を切り開いてその木材を燃やす、朽ちらせること、あるいは放牧中の牛のゲップ、牛の糞、農地への過剰な窒素肥料の施用、あるいは温暖化による永久凍土の解凍によるCH<sub>4</sub>の放出などをあげることができる。

繰り返しになるが、CO<sub>2</sub>は化石燃料の燃焼から、他のGHGは化石燃料の燃焼以外から、と明確に分けることはできない。例えばメタン天然ガス採取現場から漏れる天然ガスはメタンそのもの、セメント製造工程はCO<sub>2</sub>を排出するなどである。

一方、生活に密着したデータとして、食料品にまつわる(生産から輸送、販売、廃棄まで含めて)GHG排出の割合を示したデータがある。

## 図 食糧関連の割合

## GHG発生要因



ビジネス、産業だけが気候変動の要因であり、解決もそこにゆだねるというのは行き過ぎた誤解だ。ライフスタイルの転換が気候変動課題に有効とする動きもある。

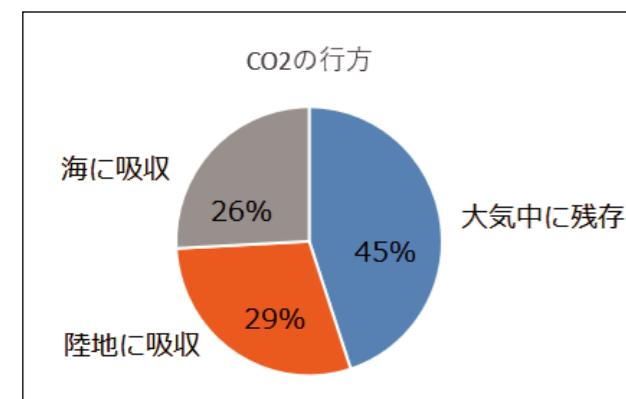
図 ライフスタイルの論文の表紙写真



## GHGの吸収

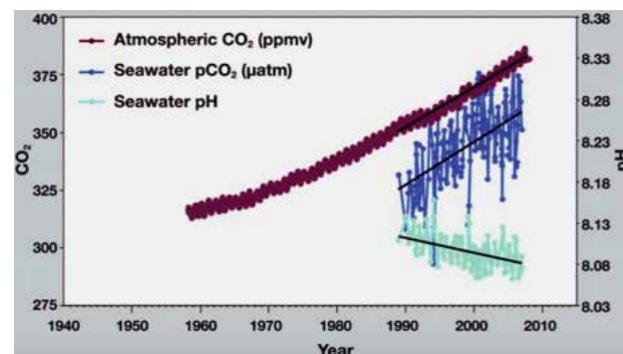
人為的に放出されたCO<sub>2</sub>などのGHGは、そのすべてが大気中に残るのではなく、海や陸地に吸収される。発生したCO<sub>2</sub>の約26%が海に、29%が陸地（植物と土壌）に吸収される。

図 自然界の吸収力



海に吸収されたCO<sub>2</sub>は、海水を酸性化し、海洋生物の生息に大きな影響を与える。

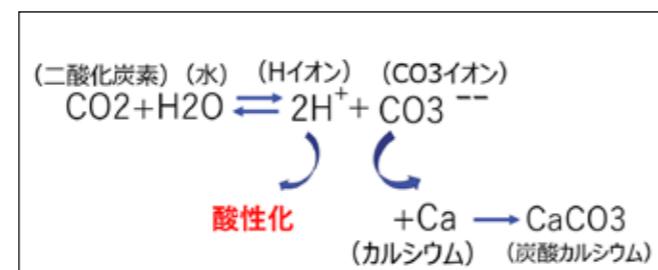
図 海の酸性化の推移グラフ



(スミソニアン資料より)

海水に吸収されたCO<sub>2</sub>は、HイオンとCO<sub>3</sub>イオンに電離し、前者が酸性化を起こしサンゴなどの生態系にダメージを与え、後者はCa（カルシウム）イオンと結合するために貝類などカルシウムを必要とする生態系に悪影響を与える。

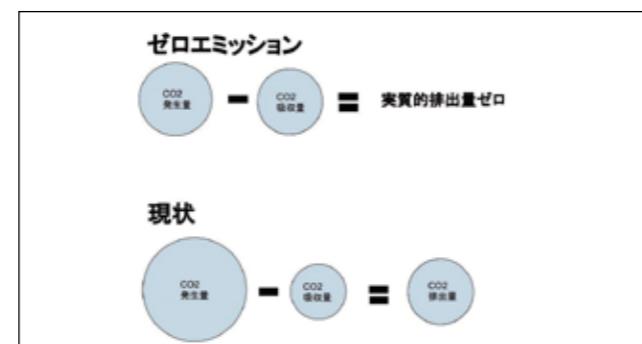
図 海水の酸性化のメカニズム



## ゼロエミッション

GHGの排出と吸収がバランスした状態をゼロエミッションという。パリ協定では、今世紀末（2100年）までの早い時期のゼロエミッションの実現がいわれている。

図 ゼロエミッション



## 地球温暖化だけでなく GHG

過多にあるCO<sub>2</sub>は地球を温暖化するだけではない。海水を酸性化する。海水の酸性化（温暖化、生活排水の流れ込みなども併せて）によるサンゴの死滅が起きている。

図 サンゴの死滅



フロンもまた、温室効果にとどまらない。よく知られているようにオゾン層を破壊する。

図 フロンによるオゾン層の破壊 (NASA)

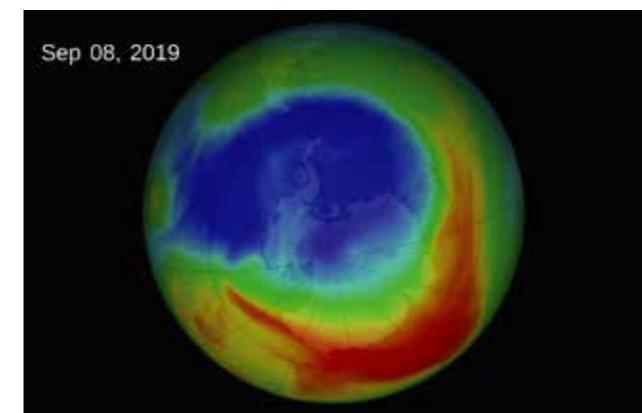
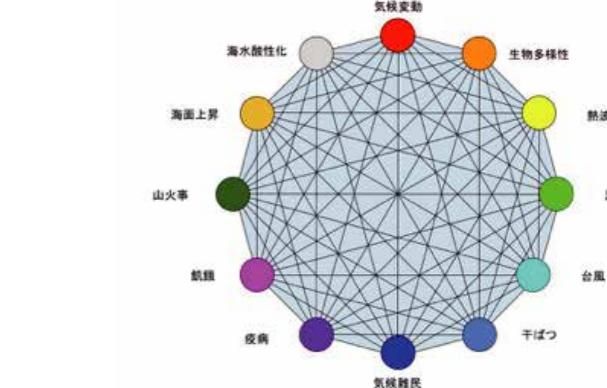


図 地球温暖化 望ましくない現実



## 国土浸水、難民問題

地球温暖化により北極、グリーンランド、南極、ヒマラヤなど奥地氷河が解ける。大陸で氷が溶けて流れ出す水は海面を上昇させる。

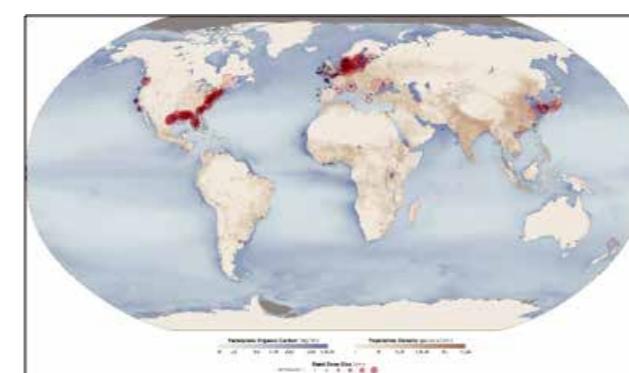
この海面上昇により、島国が沈む、臨海都市が浸水する、難民が増える、争いがおこると……と悪循環が続く。

気温上昇により海水温も上がり、膨張により海面が上がるともいわれている。

図 国土浸水



図 無酸素の海（デッドゾーン） (NASA)



## 温暖化がもたらす「望ましくない現実」

地球が温暖化することで、海面の上昇や台風の激化などが現実になってきている。気候変動問題は、地球環境問題、社会問題、経済問題の根源にあり、何をおいてもまず先に解決、対応しなくてはならない問題といえる。そして言葉は好ましくないが、ビジネスチャンスがあるともいえる。

気候が上昇することにより食糧の生産高は、地域により減少し、地域により増大する。すでに高温な地域（赤道周囲）では減少し、両極（北極と南極）に向かって、増大する傾向にある。

さらに干ばつにより農地が少なくなることも、食糧危機に拍車をかける。

温暖化によりかつての厳寒の地が食糧生産に適した気温になることがあるが、その地の土壌が食糧生産に適したいわゆる肥えた土地とは限らず、全体的には温暖化により

食糧は減産になり飢餓が広がり食糧難民が発生するともいわれている。

食糧危機は地上の穀類だけない。食物連鎖の底辺に位置するプランクトンは、サンゴの世界に生息するが、サンゴは海水温の上昇、海水の酸性化によりすでにその50%が死滅したといわれる。

この食糧危機により、幼児死亡率が高まるだけでなく栄養がいきわたらずにつながる発達障害の発生が憂慮される。

図 食糧危機



## 水不足

内陸部氷河の急速な溶融により、真水が利用されないまま海への流出する。また、雪が降らないことにより、氷河は減少の一途である。

水の一時的な保持を担う森林が、過度な伐採や大気汚染による酸性雨などによる立ち枯れでその面積を減少させていることも、水不足をもたらす要因といわれている。

図 水不足



(UNICEF)

気温が高ければ、期中に包含できる水分量が上がり地表からの水分吸い上げが起こり、地表はより乾燥した状態になる。乾燥地帯も両極に向かって移動するといわれている。

図 世界の乾燥地帯

# SDGs

食糧は減産になり飢餓が広がり食糧難民が発生するともいわれている。

食糧危機は地上の穀類だけない。食物連鎖の底辺に位置するプランクトンは、サンゴの世界に生息するが、サンゴは海水温の上昇、海水の酸性化によりすでにその50%が死滅したといわれる。

この食糧危機により、幼児死亡率が高まるだけでなく栄養がいきわたらずにつながる発達障害の発生が憂慮される。

図 食糧危機



## 水不足

内陸部氷河の急速な溶融により、真水が利用されないまま海への流出する。また、雪が降らないことにより、氷河は減少の一途である。

水の一時的な保持を担う森林が、過度な伐採や大気汚染による酸性雨などによる立ち枯れでその面積を減少させていることも、水不足をもたらす要因といわれている。

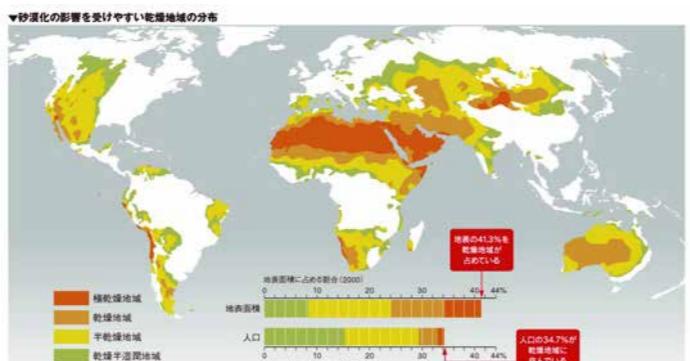
図 水不足



(UNICEF)

気温が高ければ、期中に包含できる水分量が上がり地表からの水分吸い上げが起こり、地表はより乾燥した状態になる。乾燥地帯も両極に向かって移動するといわれている。

図 世界の乾燥地帯

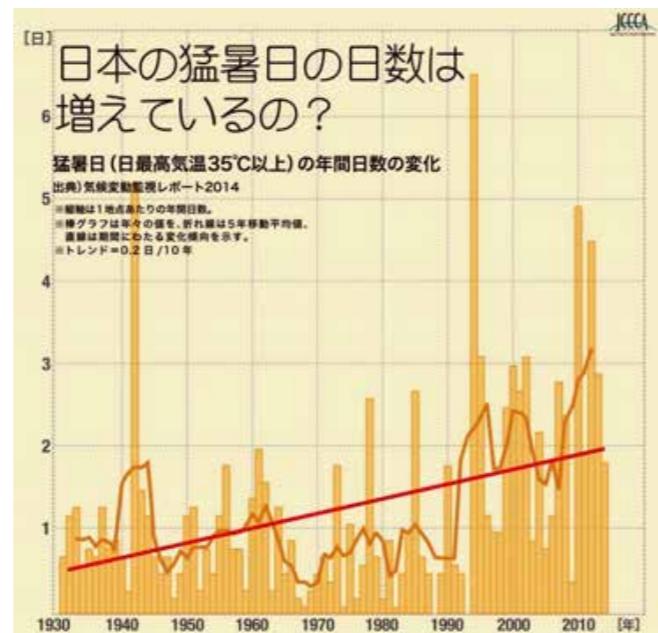


(環境省)

## 熱波、山火事

温暖化により、毎年のように最高気温、平均気温の記録更新が行われる。この熱波到来により都市部においてはクーラーなしで過ごすことはできない。クーラーの使用が都市部のヒートアイランド現象を加速させる。

図 热波襲来



(JCCCOより)

山火事が頻繁に起こる。山火事による煙で落雷が起り、山火事がさらに増えるともいわれている。山火事が遠い場所に集中豪雨をもたらすこともある。

気温が高ければ、期中に包含できる水分量が上がり地表からの水分吸い上げが起こり、地表はより乾燥した状態になる。乾燥地帯も両極に向かって移動するといわれている。

図 世界の乾燥地帯

図 山火事



## 台風、豪雨

海水温が上がることにより、南の海洋で発生した台風は勢力を保ったまま北上し、アジア各地を台風として、北米をハリケーンとして襲う。

日本においても、いくつかの強大な台風により甚大な被害が発生したことは記憶に新しい。これからは、今までに経験したことのない経験が毎年起こる。そしてこれからは何百年に一回の豪雨が、毎年のように起こるといわれている。この豪雨により、地滑り災害も起こりうる。

図 台風



## 疫病

温暖化により疫病が蔓延する懸念がある。一つには、凍土の中に眠っていた病原菌が復活する恐れ。体験のない、したがって免疫のない病原菌に人類は即座には対応できない。

もう一つの恐れは、気温上昇により、今まで波及していなかった地域へのマラリアやデング熱などの熱帯地方の伝

染病が北上する恐れである。さらに、海面上昇による難民、熱波からの難民、食糧危機からの難民などを受け入れている難民キャンプ地の多くは衛生的に不備であるだけでなく、密集状態にあり、コレラや新型コロナウイルスによるパンデミックの発生が懸念される。洪水や高潮による浸水の跡では、カビが生えやすく、やはり疫病が懸念される。

図 気候変動と疫病

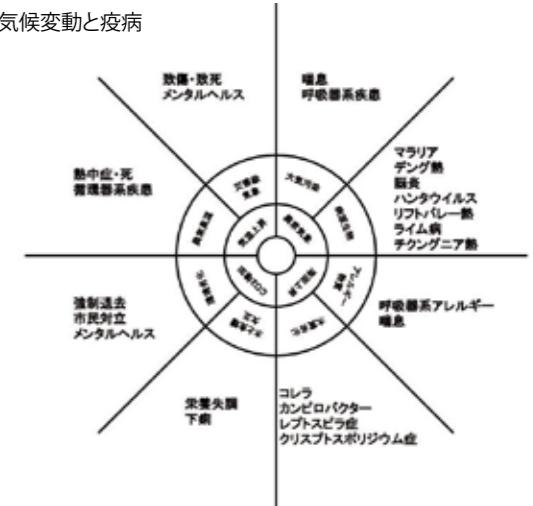


図 感染予防



## 社会的不公正 気候正義と格差

気候変動による住み難さ、健康への影響、社会生活への影響は、地域的な偏りと貧困格差的な偏りを見せる。

開発途上国は、気象的な諸イベント(干ばつ、熱波来襲など)が起りやすい地域であるだけでなく、その貧困のために災害への対応力に欠けるところがあり、貧困の負の連鎖から抜け出せない地域がある。

この社会的な不公正を気候正義と回復力の問題としてとらえ、解決が呼ばれている。グレタさんの起こした社会的ムーブメントはこの流れにある。

また、難民に対する自衛や、水不足を考えての先走った水(あるいは水源)の買い占めなど、先進国内での貧富による環境不公平が生じている。

図 難民キャンプ



### 吸收源としての自然

ゼロエミッションを実現するためには、排出量の削減と同時に蓄積されているCO<sub>2</sub>を吸収することを考える必要がある。

CO<sub>2</sub>の吸収には、工学的に行う方法と自然の力を再生、増強する方法がある。工学的に行う、すなわちCO<sub>2</sub>吸収装置(CC<sub>2</sub>S:Carbon dioxide Capture and Storage)で能力的にもまた価格的にもグローバルで採用できるものは、今後の開発にかかっているといえる。ここでは、自然の力でCO<sub>2</sub>を吸収することを考える。

人の営みが、地球の姿形だけでなく、その上に住もう動植物の運命を握っている。こうした人間の手により破壊された地球そのものは人間が活動を停止することにより、もとに戻ることは知られている。

先般の新型コロナ騒ぎでロックダウンされた地に動物たちが戻ってきた、空気がきれいになった、CO<sub>2</sub>濃度が低下したなどが現実的に明らかになった。山火事のあとに植生が自然と戻る現象も確認されている。自然は再生する力を持っている。しかし、ある点を超えてひどく痛めつけられた動植物、生息数を減少を見た動植物は自力で回復できない事態が発生している。この場合には、人手による自然回復の必要性がある。これを再野生化(Rewilding)という。

再野生化として次の2つが考えられる

- (1) 植林の実施
- (2) 有機農業の実践

### 植林の実施

森林は、木材需要、特定品種の栽培、放牧地への転換、農地への転換などにより伐採される。アマゾン(地球の肺ともよばれる)の大規模伐採は大きな問題を投げかけている。

伐採された木材が燃やさるなどでCO<sub>2</sub>を出すだけでなく、伐採によりCO<sub>2</sub>吸収力が低減する。

木を広範に植えること、植林することは、CO<sub>2</sub>吸収のアップだけでなく、空気の清浄化、降雨に対するバッファリング、精神の安定化(森林浴)など、「百利あって一害なし」とおもわれる。英国、エチオピア、中国、インド、アフリカなどで大量の一斉かつ短期集中的な植林にその成果を見ることができる。

図 グローバルワイドな植林



(National Geographics)

食糧増産のための農地確保で森林を伐採することは、CO<sub>2</sub>吸収のための森林保全とコンフリクトする。それぞれの地域、そこで行われる農法とのバランスの上で考えなくてはならない問題だ。

さらに、森林を伐採し開墾された農地で栽培されるものがバイオ燃料用の植物である場合には、問題が複雑化する。森林保全、食糧増産、化石燃料代替などからみて総合的な判断が要求される。

海岸線の植生に関しては、開発によるマングローブの減少が高波などへの脆弱性を生み、問題視されている。マングローブの保護や植林を行う必要がある。

図 マングローブ



### 有機農業

有機農業に切り替えることは、窒素系肥料の大気、海洋への流出を減らすだけでなく、土壤を活性化させ、土壤としてのCO<sub>2</sub>の吸収量がアップすると考えられる。

生ごみなどのコンポストから堆肥を得て、土壤を改善する動きも見逃せない。廃棄物の有効利用であり、循環型社会への第一歩として重要な位置にある。

図 堆肥による農業への



農産物をはじめとする日常的消費を地産地消に切り替えることも重要なテーマといえる。なぜなら、遠隔地の農産物を消費地に輸送する際のCO<sub>2</sub>排出も大きな割合を占めている。

### BOX 生物多様性

人類は、自然林の半分までをすでに伐採してきた。

森林伐採は気候変動の一つの要因であるとともに、生物多様性喪失の大きな要因でもある。直接的に生息地を奪う例としていくつかを以下に挙げる。

■プランテーション(パームオイルのためのヤシの木の一斉植林)→オランウータン生息地の奪奪

■気候変動→山火事→コアラ、カンガルー焼死

■海水温上昇によるサンゴの死滅→プランクトン減少

気候変動により、確実に生物多様性は喪失されつつある。

### BOX 再生文化

自然力による再生と人の力を加えた再野生化(Rewilding)、そして自然と人の協調な中に未来を見出すことができる。こうした自然に対するスチュワードシップを人ととのつながりの中で(Collectiveに)行うとき、個を脱した一つの文化が育成される。この文化を再生文化(Regenerative Culture)とよべば、まさにSDGsが必要とするものだろう。

SDGsに社会、環境、経済に加えて文化の切り口が必要と考えられる。

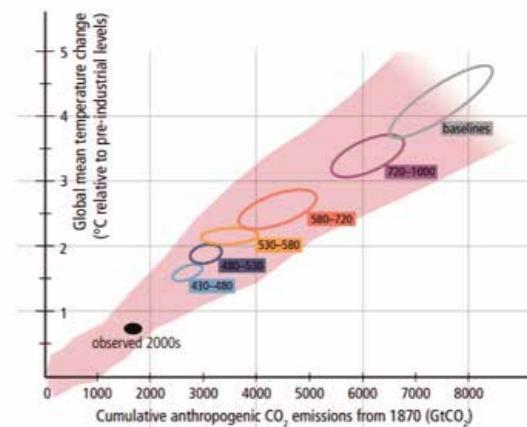
### 2100年に向けて

将来的展望を見ておこう。

パリ協定では、2100年の気温上昇を1850-1900年の平均に比べて2°C以内(できるだけ1.5°C)に抑えるためのシナリオを提示している(RCP2.6)。

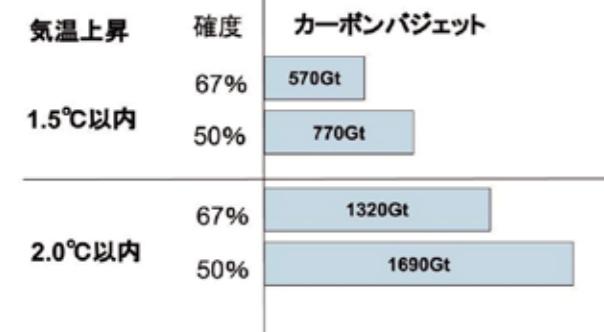
そのシナリオRCP2.6が示す数値目標は、CO<sub>2</sub>-eq濃度として430PPMから480PPM(代表地とし450PPM)

図 目標温度と濃度、蓄積量(AR5 Synthesis Report 1 8ページ)

(b) ...depend on cumulative CO<sub>2</sub> emissions...

この濃度は、CO<sub>2</sub>換算で総量にして約3000Gtに相当する。現在の推定蓄積量は2000Gtであり、許されるCO<sub>2</sub>増量限界(最大値)は、約1000Gtになる。このCO<sub>2</sub>の余裕(あと何Gt排出してもよい)をカーボンバジエットという。

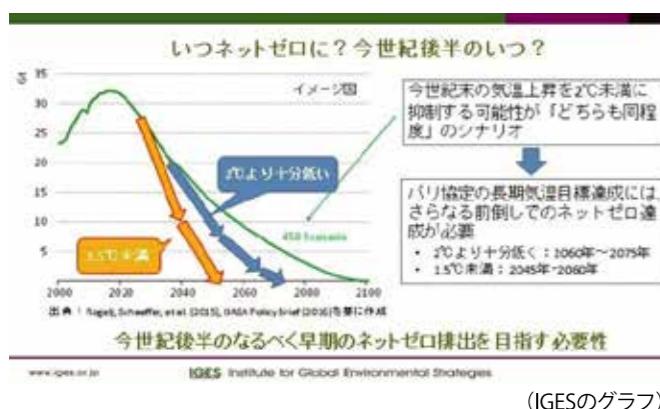
図 カーボンバジェット



温度上昇目標を2100年に1.5°Cとしたときに、気温上昇の時間的な遅れも考えると、2050年にはゼロエミッションにする必要がある。2°C目標でもゼロエミッション実現の時期は2100年と計算される。

2050年にゼロエミッション、を目標にすると、2020年から2050年までの30年間を「10年ごとに排出量半減」を繰り返し、2050年時点で10Gt以下にすることにより、実質的なゼロエミッションが実現できる計算になる。

図 2050年ゼロエミッションシナリオ



## 2050年に向けて

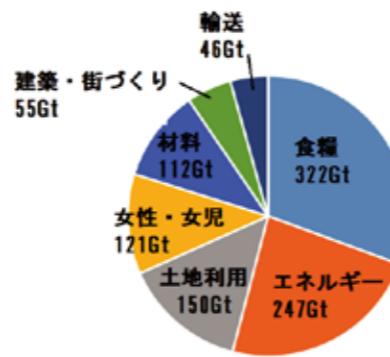
2050年に向けて、私達は大きくCO2を削減しなくてはならない。Drawdown.orgでは、CO2削減に効果的な80の方法をランク付けして発表している。

図 Drawdown.orgの書籍



その詳細はwebサイトあるいは上記書籍を見ていただくとして、ここでは分野別にその削減効果(可能性)を示すに留める。

分野別  
2050年までのCO2-eq削減の可能性



書籍:Drawdownより作成

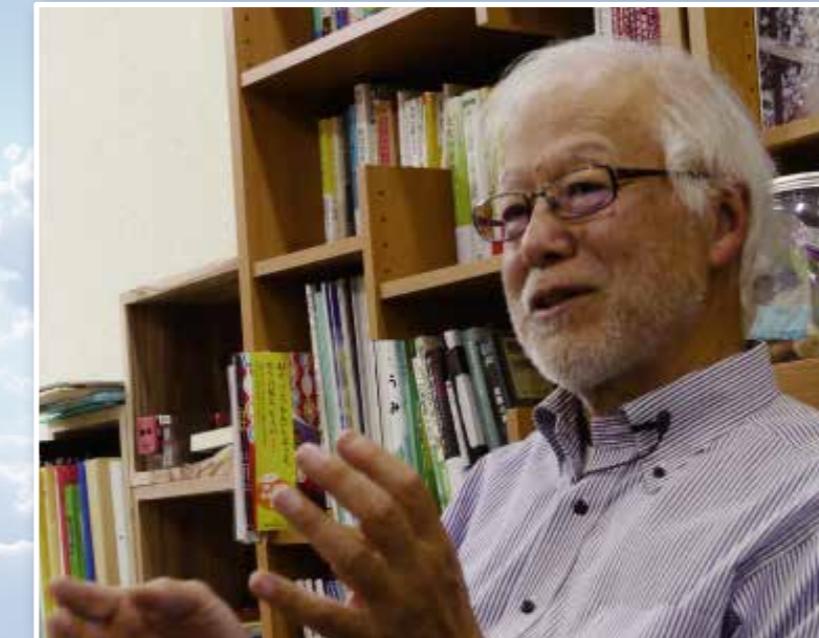
## 終わりに

気候変動課題は大きく、複雑であり、また時間がかかる。産業、工業的にGHGの排出を抑えると同時に、生活(ライフスタイル)上も常にCO2の排出を考える必要がある。

機会を改めて、どういった政策要求が必要か、行動規範が望まれるかを解説、学びのチャンスとしたい。目指すは循環型社会。

SDGsビジネスでは、社会と環境の良好な関係作り、経済を引っ張るソーシャル企業のイメージがますます肝要となってきている。

2100年に向けて企業が目指すべきものは、Profit(短期収益)ではなく、Benefit(公共便益)ではないだろうか。



特定非営利活動法人プラスチックフリージャパン代表理事  
一般社団法人 SDGs 活動支援センター代表理事

## 小島 政行氏 (こじままさゆき)

1949年、神奈川県生まれ。慶應義塾大学卒。大学で応用物理を学び、卒業後、第二精工舎（現セイコーインスツル）でクオーツ時計の開発を手がける。退社後、米国のソフトウェアを日本の企業に販売するビジネスを開拓。一線を離れた2013年から社会貢献活動に目を向けるようになり、2017年、NPO法人プラスチックフリージャパンを設立し、代表となる。ペットボトル、レジ袋、ティクアウト用カップ、ストローの使い捨てビッグ4"をなくすことを目標に、ビーチクリーニング、市民活動への参加、講演などを通じて啓蒙に努めている。