

環境問題、大気環境、地球の大気環境

1.1.1 地球の温暖化

地球は約 10 万年の周期で温暖化と寒冷化を繰り返していますが、過去 2000 年で見ると 1850 年以降の温暖化が顕著です。現在の温暖化は二酸化炭素を中心とする温室効果ガスの増加によるもので、温暖化に起因する海水面の上昇、異常気象による災害の増加、氷河や凍土の融解が観察されています。温暖化の抑制には、国際的な協力が必要不可欠です。

で繰り返されています(参考:“European Project for Ice Coring in Antarctica (EPICA)”. European Science Founation)。原因は地球が受ける太陽エネルギーの量(日射量)の変動に起因すると考えられています。10 万年というのは、あまりに長い周期なので、過去 2000 年の変化を示すのが図 2 です。複数の推定方法があるので数値に幅がありますが、中世の温暖期(約 900 年から約 1400 年)や、小氷期(約 1400 年から約 1900 年)

1. 地球温暖化の現状

地球の温度は、現在よりも高い時もあれば低い時もありました。図 1 は過去 80 万年の南極の気温の変化で、南極氷床で過去につくられた氷(氷床コア)を分析して推定したデータです。図 1 に見られるように、温暖化と寒冷化が約 10 万年の周期

と呼ばれる気候変動があったことがわかります。原因は数百年スケールの日射量の変動によるものと推測されており、中世は太陽活動が比較的活発で温暖だったと推測されています。ところが 15～19 世紀頃には太陽活動が低下し、小氷期の原因になったものと考えられています。一方、20 世紀の後半には太陽活動の活発化が観測されていません。また図 3 に見られるように、1850 年以降の世界の

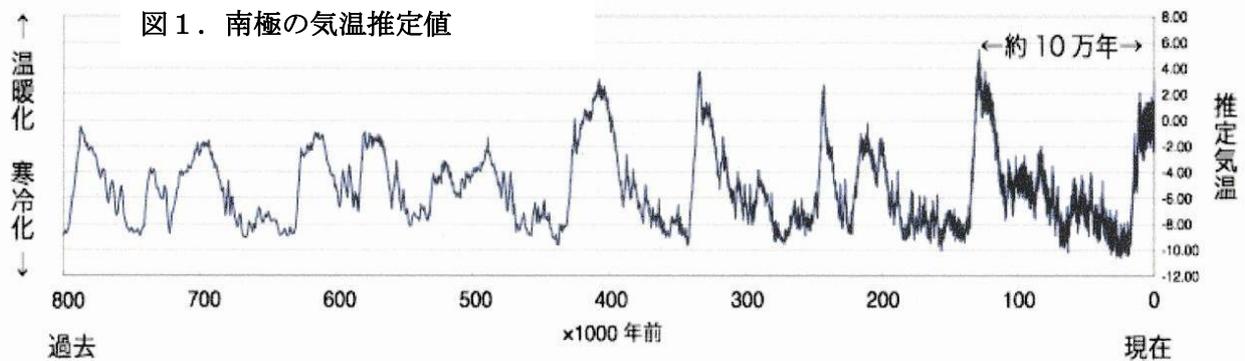
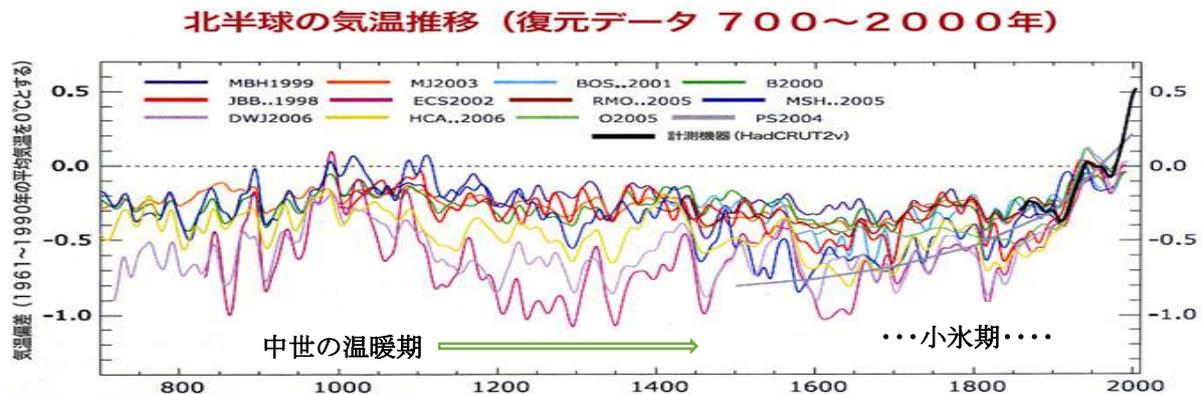


図 2. 北半球の気温偏差値 (出典: IPCC 第 4 次評価報告書 2007)



平均気温の上昇が顕著なことから、急激な温暖化は産業革命以降の化石燃料の大量消費に起因するものと推察されています。

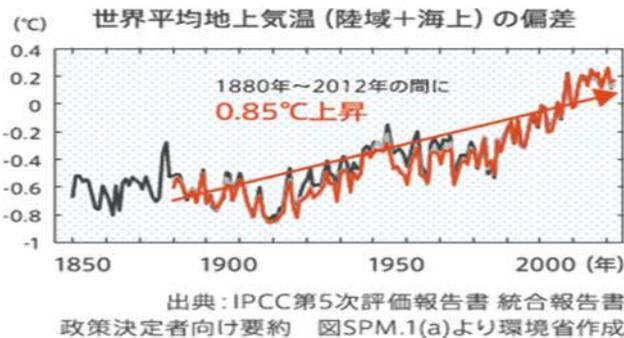


図 3. 世界平均の地上気温

## 2. 地球温暖化のメカニズム

地球の大気中には、大量の水蒸気と数種類の温室効果ガスが含まれています。地球物理学によると、大気に水蒸気とこれらのガスが存在しなければ、地球表面の温度は平均で $-19^{\circ}\text{C}$ になるそうです。一方、現在の地球表面温度は平均で約 $15^{\circ}\text{C}$ ですから、 $34^{\circ}\text{C}$ が現在の温室効果です。もし温室効果がなければ、地表の大部分に氷はあっても水は存在しませんから、現在の生命体はほとんど発生しなかったでしょう。われわれの存在自体が温室効果のおかげなのです。



図 4. 地球温暖化のメカニズム (気象庁資料)

温室効果は水蒸気と温室効果ガスが、地球で発

生した熱の大気圏外への放出を妨げることによって生じます。図 4 に示すように、地球には太陽から大量の日射エネルギーが到達しますが、そのうちの約 3 割は宇宙空間に反射され、約 7 割が大気圏に届きます。大気圏には水蒸気と温室効果ガスがありますが、太陽光のエネルギーは大部分が波長の短い可視光線なので、地表への入射は妨げられません。地表に降り注いだ太陽エネルギーは、すべての物を温めて熱に変わり、赤外線になって大気中に放散されます。水蒸気と温室効果ガスは、この赤外線を吸収して宇宙空間への放散を妨げているのです。温室効果ガスには、水蒸気のほかに二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロンを含むフロン類があり、温室効果はガスの種類によって異なります。水蒸気は大気中で最も活性に富んでおり、自然の温室効果の 75%を受け持っています。しかし大気中の含有量は気象条件で決まってくるので、人為的に制御することができません。このため、水蒸気は温室効果ガスとしての削減対象に含まれていません。しかし、温度が上がると水の蒸発量が増えて温室効果が大きくなり、さらに温度が上がるので好ましくありません。

## 3. 温室効果ガスの温暖化係数と排出量

水蒸気を除く温室効果ガスの強さは地球温暖化係数と呼ばれますが、表 1 に示すように二酸化炭素 1 に対してメタンは 23、一酸化二窒素は 296、フロン類は 1,000 倍の桁、六フッ化硫黄は 22,200 です。ちなみに温暖化係数は、二酸化炭素を基準にその気体の 100 年間にわたる温室効果を評価したものです。100 年というのは、その気体が自然に分解するのに長期間を要するからです。図 5 は二酸化炭素に換算した温室効果ガスの排出量ですが、アメリカと中国がそれぞれ約 20%で、日本は 4.7%です。

表 1. 温室効果ガスと地球温暖化係数

温室効果ガス		地球温暖化係数	性質
二酸化炭素 (CO <sub>2</sub> )		1	代表的な温室効果ガス
メタン (CH <sub>4</sub> )		23	天然ガスの主成分で、常温で気体。よく燃える。
一酸化二窒素 (N <sub>2</sub> O)		296	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)のような害はない。
オゾン層を破壊するフロン類	CFC、HCFC類	数千から1万程度	塩素を含むオゾン層破壊物質。強力な温室効果ガス。モントリオール議定書で生産や消費を規制。
オゾン層を破壊しないフロン類	HFC(ハイドロフルオロカーボン類)	数百から1万程度	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。
	PFC(パーフルオロカーボン類)	数千から1万程度	炭素とフッ素だけからなるフロン。強力な温室効果ガス。
	SF <sub>6</sub> (六フッ化硫黄)	22200	硫黄とフッ素だけからなるフロンの仲間。強力な温室効果ガス。

が低い都市や、オセアニアなどの小さな島国で、深刻な問題になっています。仮に海面が1m上昇すると、マーシャル諸島は国土の80%が沈没すると予測されています。東京やオランダ、バングラデシュの一部のように、海岸沿いに海拔以下の地域(いわゆる海拔ゼロメートル地帯)が広がっている国は、近未来の重要な課題になるものと推察されています。

世界の温室効果ガス排出量 (Co<sub>2</sub>換算 266億9300万トン)

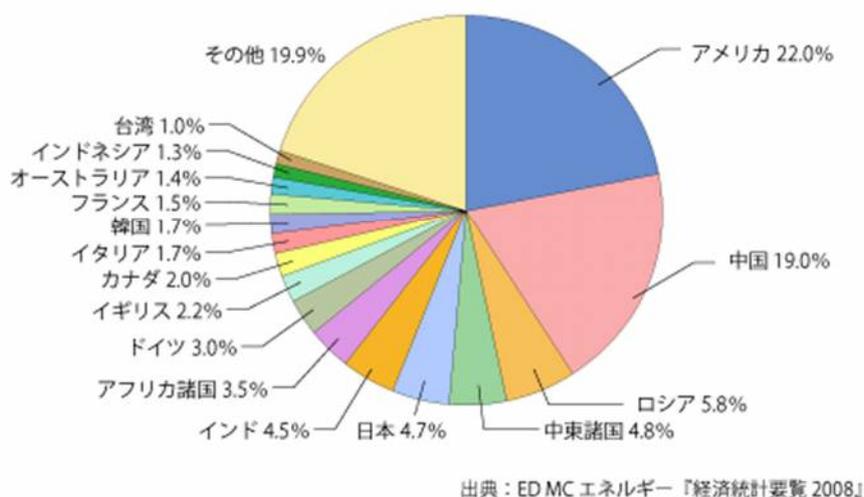


図 5. 温室効果ガスの排出量

#### 4. 地球温暖化の環境影響

温暖化の兆候として、1980年頃からさまざまな異常気象が観察されるようになりました。表2に主な環境影響を示しますが、気温の上昇が海水の膨張をもたらしているだけでなく、南極とグリーンランドの氷床が溶けて海水面が上昇しています。海面上昇の影響は、特にヴェネツィアなどの海抜

気象現象としては夏季の気温が高くなっており、猛暑や熱帯夜が増えています。大雨が増えて、洪水や土砂崩れが多発するようになりました。シベリア地方では永久凍土が融解し、閉じ込められていたメタンガスが大気中に放散されています。世界的に氷河の融解が進み、徐々に後退しています。北極の氷山が溶け、氷上のアザラシを餌にしていた白熊が餓死しています。地上だけでなく海水の温度も高くなっているため、サンゴ礁ではサンゴの白化が頻発するようになりました。サンゴが白くなるのは、共生する褐虫藻が海水温の上昇でサンゴから抜け出すからで、そのまま褐虫藻が戻らないサンゴは死滅します。カリブ海・インド洋・沖縄近海など世界中の海で発生しています。

表 2 .地球温暖化の環境影響

気温上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>世界平均の上昇は、過去 100 年（1906～2005）で約 0.47℃</li> <li>北極の上昇速度は、過去 100 年の平均上昇速度の 2 倍</li> </ul>
海面上昇	<ul style="list-style-type: none"> <li>20 世紀を通じた上昇は 0.17m。</li> <li>過去 10 年（1993～2003）の上昇は年に 0.31m</li> <li>高潮の多発。・海岸の浸食</li> </ul>
酷暑・熱波	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生頻度増大</li> </ul>
大雨	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生頻度増大</li> </ul>
竜巻	<ul style="list-style-type: none"> <li>発生頻度増大</li> </ul>
干ばつ	<ul style="list-style-type: none"> <li>1970 以降、熱帯と亜熱帯地域で発生頻度増大</li> </ul>
凍土融解	<ul style="list-style-type: none"> <li>永久凍土の氷解が進行</li> </ul>
氷河減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>山岳地域で後退</li> </ul>
雪面減少	<ul style="list-style-type: none"> <li>北半球山岳地域で減少</li> </ul>
氷山の融解	<ul style="list-style-type: none"> <li>北極海の氷山が融解</li> </ul>
サンゴ白化	<ul style="list-style-type: none"> <li>サンゴ礁の白化が進行</li> </ul>
砂漠化	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部地域で砂漠化が進行</li> </ul>
収穫低下	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部の穀物収量が低下</li> </ul>

出典：環境・循環型社会白書（H19 年）など

## 5. 地球温暖化を抑制する政策

地球温暖化は世界的な問題なので、国際機関が現象や原因を科学的に調査し、必要な政策を提案しています。主要国は、この提案に沿って自国の政策を立案し、関係機関の協力を得ながら具体化を進めています。しかし、経済にも影響が大きいので積極性や実効性に差異があります。

熱心なのは EU で、2020 年までに 90 年比で温室効果ガスの排出を 20%削減し、再生可能エネルギーの比率を 20%に高め、エネルギー効率を 20%改善するとしていました。EU の総発電量の約 3 分の 1 をまかなう石炭火力は、環境に配慮しつつ今後も導入する方針です。原子力は各国で選択を判

断するとし、フランスは引き続き原子力発電を維持しますが、2025 年までに発電比率を 75%から 50%に軽減する予定になっています。

アメリカは、2020 年までに風力、太陽光、地熱発電を、2012 年比で倍増させる方針でした。原子力発電は、安全な活用でクリーンエネルギーの普及をサポートするとしています。エネルギー効率の点では、2030 年までに 2010 年比で 2 倍の向上を目指すとしています。大型車両については燃費基準を設定し、機器と連邦建物に対する省エネ基準を強化する方針です。

中国は 2015 年までに、単位 GDP あたりのエネルギー消費量を対 2010 年比で 16%削減し、原子力発電は安全対策を強化した上で、沿岸地域で新規のプロジェクトを推進する計画でした。天然ガスは、非在来型も含めた国内の開発を強化し、パイプラインなどのインフラを拡充する予定です。再生可能エネルギーは、2020 年までに設備容量を 160GW（風力 70GW、従来型水力 60GW、太陽光 20GW など）追加し、一次エネルギー需要に占める割合を 9.5%以上にする計画でした。

日本は 2030 年度の温室効果ガス排出量を、2013 年度より 26%減の約 10 億 4 千万トンにする目標を発表しました。内容はエネルギー起源の二酸化炭素が約 9 億 3000 万トンで、残りは非エネルギー起源の二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、フロン類の 4 ガスです。この目標値は産業部門、業務部門（主にサービス業）、運輸部門、家庭部門が多様な省エネルギー対策を実施する前提で積み上げられています。したがって実現性はありますが、多くの努力が必要です。（おわり）

参考資料：「人類が経験した最大の気候変動、10 万年周期の氷期-間氷期サイクルのメカニズムを解明（京大学 大気海洋研究所）」他