



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	地球温暖化と私たちの生活
Author(s)	山中, 康裕
Description	平成20年度北海道大学公開講座 持続可能な社会と北海道発見—地球環境と私たちの暮らし—. 平成20年7月3日～平成20年7月31日. 札幌市
Relation	平成20年度北海道大学公開講座持続可能な社会と北海道発見 : 地球環境と私たちの暮らし. pp.3-7.
Issue Date	2008-07-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/34610
Type	other
File Information	47-A2.pdf



山中 康 裕

山中 康 裕（やまなか やすひろ）北海道大学准教授（地球環境科学研究院）
平成元年東京大学理学部卒業、同大学大学院理学系研究科修士課程修了を経て、平成3年より東京大学気候システム研究センター助手。平成10年より（組織改編・名称変更を経て）現職。平成9年米国プリンストン大学、平成19年英国イーストアングリア大学客員研究員。海洋や気候に関するあらゆるモデリングを行っている。著書は「北海道からみる地球温暖化」（岩波書店、共著）、「地球温暖化の科学」（北海道大学出版会、共著）。理学博士。

1. はじめに

産業革命頃から人類が出した放出した二酸化炭素の約半分が大気中に残り、地球の気温が徐々に上昇してきている。気候変動に関する政府間パネル（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）の第一作業部会は、昨年2月はじめに発表した第4次報告書の「政策担当者向け要約」（SPM）において、「過去100年に上昇した世界平均気温（ $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ ）のほとんどは、人為起源の温室効果ガスの増加によってもたらされた」と断定的に結論し、「今世紀末には $1.1 \sim 6.4^{\circ}\text{C}$ 気温上昇する。地球にもっとも優しい選択（B1シナリオ）では 1.8°C 程度、そのままの対策をとらないで社会経済活動を続ける選択（1A1シナリオ）では 4°C 程度の気温上昇が起こる」と予測している。また、4月はじめに発表されたIPCCの第二作業部会のSPMでは、気温上昇が $2 \sim 3^{\circ}\text{C}$ 以上になると、世界中の全ての地域で温暖化が悪影響を及ぼすと予測している。そのような科学的知見をまとめたIPCCの一連の報告書が出される状況のもとで、昨年6月7日にドイツで行われたG8では、「2050年までの地球規模でのCO₂放出量半減について真剣に検討する」と宣言された。

2. 人年活動に伴って放出された二酸化炭素の行方

まず、大気・陸上植生・海洋に存在する炭素量とその間のやりとりについて見てみる（図1）。2007年における二酸化炭素の年平均濃度は約380 ppm（1 ppmは空気量の100万分の1）であり、炭素量約730PgC（1 PgC=1015gC=1 GtC）に相当し、陸上の植生と土壌の炭素量がそれぞれ約500PgC、約1500PgC、海洋の炭素量は約38000PgCと見積もられている。また、大気－海洋－陸上植生間の人為起源のやりとりは、化石燃料の消費および土地利用の変化に伴う放出量が年間8.0PgC、大気－海洋間のやりとりが年間－2.2PgC、陸上植生の吸収量が年間－2.6PgC、それらの合計に相当する大気中二酸化炭素の増加量は年間3.2PgCと見積もられている。人間活動によって放出された二酸化炭素の行方を議論する際に、人間活動に伴うやりとりが元々自然あるものに比べて一桁・二桁小さいために、それらの量を観測によって誤差が伴う。

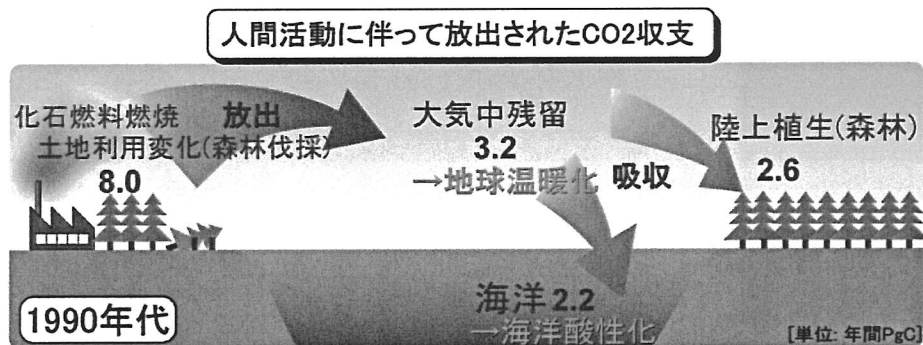


図1 1990年代における人間活動に伴って放出された二酸化炭素の収支（黒字以外）。流れの単位は炭素量に換算して年間ギガトン（年間1015g）、存在量の単位はギガトン。IPCC第4次報告書（2007）より作成。

3. 北海道における地球温暖化の影響

2004年に東京大学気候システム研究センターと国立環境研究所と海洋研究開発機構が、当時世界最高速だった地球シミュレータを用いて全球約百キロ格子で計算した予測によると、シナリオA1Bを用いた際、現在（1971－2000年の平均）に比べて、70年後から100年後（2071－2100年）の日本の夏は、日平均気温の平均が4.4度上昇、降水量は梅雨前線の北上が遅れるため、平均的に19%増加、豪雨の頻度も平均的に増加するという結果が出ている。

では、地球温暖化は北海道にどのような影響をもたらすのでしょうか。北海道を見てみると、まだまだこの計算でも、はっきりとしたことをいうのは難しいのですが、オホーツク海高気圧の張り出しによって、いわゆるエゾ梅雨と呼ばれるような、初夏の降雨は起こりやすくなるようである。最近の北海道では、6、7月は天気が悪くて米の作況指数も例年より悪くなるが、8月になると天候が回復し作況指数も例年並みかそれ以上となるという年が多く見られたが、70年後にはそれが一般的になるかもしれない。ただし、年々の気候変動は、もともとの自然に存在するもので、「特定の最近の現象が、イコール温暖化の影響」ということは断定できない。将来も、他の年に比べて冷夏の年もあるが、平均的な気温は上昇し、季節のパターンも変わってくるので、冷夏の年はじょじょに減少し、猛暑の年が増加するといったことは、現時点でも言える。

また、台風がどうなるかは、IPCC報告書でも注目されている。日本付近では、現在は北上するにつれて勢力が弱くなる台風が多いが、温暖化に伴って、それほど勢力が弱まらずに日本付近にやって来ることが多くなるが予測されている。これは、北海道大学のポプラ並木が倒れたような強風をもたらす台風（2004年9月台風18号）が、今後、北海道にも上陸しやすくなるということを意味する。もちろん、この最近の傾向が温暖化の影響とは言い切れない。

北海道の冬はどうなるかという、これもなかなか予測は難しいが、気温上昇とともに、降雪や積雪が少なくなってくることは確かである。例えば札幌では、雪が降り始める11月や降り終わる3月は、温暖化に伴って雪が雨に変わる。最も寒い時期である1月や2月前半は、現在は低温によって、いわゆるパウダー・スノーが少なめに降るが、将来は、少し温かい状況で発生しやすい湿った大雪に変わる可能性もある。概ね降雪や積雪が減るとしても、雪害を起こすのはパウダー・スノーではなく湿った大雪なので、温暖化によって雪害が減るかどうかは、まだ何とも言えない。また、釧路などの道東地域では、気圧配置が冬型の時には雪は降らないが、温暖化によって冬型の気圧配置が減り、かつ、気温上昇がそれほどでもないならば、道東地域でも大雪が降るようになる可能性がある。最近、札幌

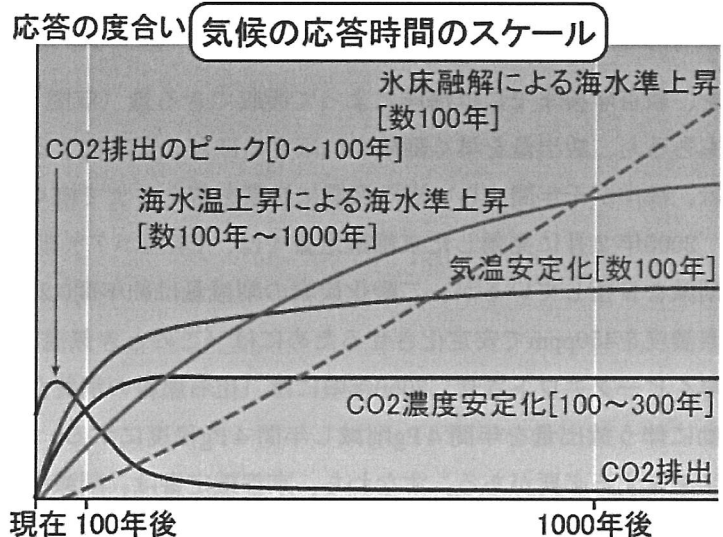
に住む私は、湿った大雪が降る回数が増えてきているような印象を持っているが、それが温暖化の影響かどうかは、慎重に調べたとしても統計的に断言することは、温暖化が始まったばかりなので、まだ無理である。温暖化によって雪の性質が変わるならば、パウダー・スノーで知られる北海道のスキー場の魅力が減るかもしれない。しかし、日本全国を見たときに、スキーができるのが北海道ぐらいとなれば、集客力は増えるかもしれないし、ひょっとすると、スキーそのものが珍しいスポーツになるかもしれない。

流水の妖精として知られるクリオネは、ミジンウキマイマイという炭酸カルシウムの骨格を持つ動物プランクトンのみを餌にしているので、海洋酸性化の進行とともに、ミジンウキマイマイとともに絶滅してしまう可能性がある。北海道周辺海域が豊かな海であるのは、海水が冬季十分に冷却され、重くなった海水が表層下に存在する海水と混ざること、表層下から供給された栄養塩を使って植物プランクトンが光合成をし、動物プランクトンや魚へとつながる食物連鎖があるためである。温暖化に伴って暖冬が増えると、十分に海水が混ざらなくなるために、光合成量も減少、プランクトンの量が減少すると予測されている。さらに、水産資源にも影響がおよぶと考えられるので、いま研究が行われている。

4. 大気中CO₂濃度の安定化とCO₂放出削減

地球温暖化問題の難しいところは温暖化の影響がゆっくりと現れる。もし、国際社会が協力して二酸化炭素放出を大幅に削減したとして、その後の変化を見てみたのが図2である。放出が年間1～2PgCまで削減されないと、大気中二酸化炭素濃度は、その増加が止まらず、数100年後にようやく一定になる。それに伴って、気温上昇も100年程度遅れて収まる。しかし、深海まで暖まるのに1000年程度かかるので、海水が膨張することにより海水準上昇が続く。さらに南極大陸やグリーンランドに存在する氷床が融けることによ

る海水準上昇は、緩やかな場合には1000年以上かかり融けるか、あるいは突然と大幅に融けるかすると考えられている。従って、20世紀後半から大気中二酸化炭素濃度が急速に上昇した現在は、まだまだ地球温暖化の影響が現れ始めたほんの入り口の段階である。



5. 大気中二酸化炭素濃度の安定化

どの程度、人間活動に伴う放出量を抑えれば、大気中二酸化炭素が一定濃度となり安定化するのだろうか？陸上植生による二酸化炭素吸収は、今世紀末ほぼゼロ（もしくは放出）となることが見積もられているので、数百年後は、人間活動に伴って放出できるのは海洋による吸収分だけである。最終的に安定化させる大気中二酸化炭素濃度の違いがあっても、現在年間8Pg程度の二酸化炭素放出量

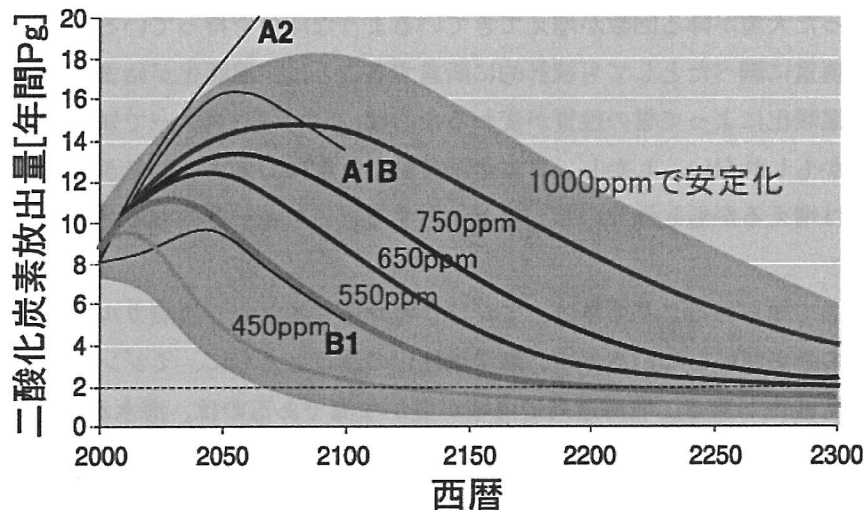


図3 IPCCの代表的なシナリオ（A1B、経済発展に伴いグローバル化されるが、化石燃料とその他のエネルギーがバランス良く利用されるようになる将来予測であり最もあり得るシナリオ；A2、地域ごとに経済発展を追求するシナリオ；B1、世界的に協調して環境重視に進むシナリオであり最も地球に易しいシナリオ）、および、各大気中CO₂濃度（1000、750、650、550、450ppm）での安定化シナリオに沿った二酸化炭素放出量。IPCC第3次報告書（2001）より。放出量のピークを迎えても、海洋吸収量の2Pg程度を超えるとその分、二酸化炭素濃度は上昇する。

を、数百年後までには海洋によって吸収できる量（年間2Pg程度）に近づける必要がある。（図3）。もちろん、放出量を早く削減すればするほど、安定化する濃度は低く抑えられるし、海洋による吸収は、海洋が千年間ぐらい海洋深層に炭素を蓄えるまで続く。

2005年2月に発効した京都議定書では、（米国が7%削減したとして）先進国で5%、全体で3%削減を目指しているが、二酸化炭素の削減量は約年間0.2Pgとなる。現在約380ppmの大気中二酸化炭素濃度を450ppmで安定化させるためには（このとき気温上昇は2100年までに2℃上昇）、出来るだけ早くピークアウトさせ、2050年頃には（化石燃料の消費だけでなく土地利用の変化も含めた）人間活動に伴う放出量を年間4Pg削減し年間4Pg程度にする。まさに、G8が昨年宣言した2050年放出量半減をする必要がある。すなわち、京都議定書は、削減に向けた画期的な前進ですが、まだまだ大幅な努力が必要である。この大幅な削減を達成するためには、省エネルギーの推進や再生可能エネルギーの導入は当然ながら、地中や海洋への二酸化炭素貯留や新エネルギーの工学的アプローチ、環境税や次期京都議定書などの国内外の政治的アプローチ、新しい価値観やライフスタイルの提案などの教育的アプローチなど数多くの対応を真剣に議論しなければいけない。

現在、日本は京都議定書を守るだけでも苦労しているのに、2050年の排出量半減をめざし、70-80%も削減することができるのだろうか？国立環境研究所によって行なわれている「脱温暖化2050研究プロジェクト」では、電力などのエネルギー供給・需要の効率改善や、それを促進や普及させるための政策、人々の生活スタイル変化など、多角的視点から総合的に検討した結果、エネルギー供給の効率化（低炭素化）とエネルギー需要の削減を組み合わせれば、70-80%の削減は可能であると結論している。画期的な新技術に頼るわけでもなく、単なるエネルギーの節約や我慢を強いるのでもなく、既存の技術を上手に発展させ、ゆとりある社会を構築することで、地球温暖化問題を解決できることを示している。しかし、私たちが、それに向かって変わっていく決断を、まさに今行う必要がある。

自動車を例に考えてみる。ハイブリットやバイオエネルギーなどの自動車が普及すれば排出削減になるが、それを普及させるには政策制度が必要である。しかし、自動車を買うしただけでは、自動車の生産でも二酸化炭素は排出されるわけですし、削減のための決め手にはならない。荒っぽい言い方をすれば、自動車に一名乗った場合に比べて、二名乗れば二分の一、三名乗れば三分の一の排出量に抑えることができるので、多くの人が自家用車から公共交通機関を利用するようになれば、大幅に削減されるというわけである。しかし、現状がそうっていないのは、一人ひとりにとっては自家用車のほうが便利だからであり、個人の努力だけで生活スタイルを変えるのには限界がある。そのためには公共交通機関を使いやすくする政策が必要となる。

イギリスの地方都市では、郊外の駐車場で自家用車からバスに乗り換えて、都市の中心部に向かうという、パーク＆ライドがさかんに行なわれている。例えば、バスは（物価の高いイギリスにしては）低料金かつ数多く運行され、気軽に利用できるようになっている。これは、中心部の交通渋滞対策にもなるし、渋滞解消による排出削減も期待できます。もちろん成功の鍵は、どれだけの人が利用するかである。

また、物流に貨物列車を利用すると、トラックの約八分の一の排出になるが、多く利用されるためには制度の整備も不可欠であり、ものを注文したら早く届いて当然というのではなく、多少時間がかかるのをよしとする生活スタイルも不可欠である。また、高断熱住宅にすれば冷暖房による排出は大幅削減できるが、導入の際に生じる排出量との差し引きを考えた上で、適切な時期に誘導する政策が必要である。

現在は地球温暖化のほんの入り口であり、21世紀を通じてこのまま二酸化炭素排出を続けていくと、その影響が深刻になっていくであろうことは、これまで述べたとおりである。地球温暖化とその他の環境問題は、グローバルとローカルがせめぎあいながら複雑に絡み合っており、万能薬的な処方箋はなく、つねに試行錯誤を重ねながらの実行となる。大気中の二酸化炭素濃度上昇を抑えるためには、排出量半減が必要である。同じ削減を行なうならば、早ければ早いほど安定化する大気中二酸化炭素濃度は抑えることができる。そのとき、日本を含む先進国は70—80%の削減をしなくてはならないが、今から2050年までの40年間という長いようで短い時間を使って、社会制度や生活スタイルを変えていけば、決して実現不可能なものではない。