

## 第 25 回獣疫学会学術集会

## シンポジウム “地球の温暖化と感染症の発生”

## 気候変動と異常気象

山形俊男\*

東京大学 大学院理学系研究科

## Climate Variations and Abnormal Weather

Toshio YAMAGATA\*

Graduate School of Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-0033, Japan

## Summary

We have experienced many abnormal weather conditions in recent years in Japan. For example, we had abnormally cool summer in 2003, abnormally hot summer in 2004 and 2007, and heavy snowfall in winter of 2005/6. Disasters caused by those abnormal weather conditions are increasing. Such a situation is not only the case in Japan but rather ubiquitous in the world. People are apt to think that it is due to global warming of the anthropogenic origin. However, it is a too simplistic view ; the abnormal weather conditions are consequences of natural climate variations under the global warming trend. Typical examples of those climate variations are El Niño in the Pacific Ocean and the Indian Ocean Dipole Mode. Because of the progress in prediction science, the climate variations can now be predicted to some extent by use of a state-of-the-art ocean-atmosphere coupled model several seasons prior to their occurrences. To achieve this, we need to have ocean-atmosphere data as initial conditions and a high-performance supercomputer. Because of the warming of world oceans, climate variations are modulated in recent years. El Niño is becoming more frequent and stronger. The Indian Ocean Dipole Mode is also becoming more frequent. Global impacts of such climate variations are either canceling or augmenting each other ; they are different from place to place. We are promoting efficient delivery of prediction results for preventing disasters as well as science for predicting climate variations.

## 1. 異常気象の母胎となる気候変動

2003 年の冷夏, 2004 年の猛暑と 10 個もの上陸台風, 2005/6 年の豪雪, 2007 年の記録破りの猛暑など, このところ異常気象が著しく増えている。特に 2005/6 年の豪雪時には, 除雪作業等で高齢者の痛ましい事故が多発した。2007 年の猛暑時には極めて多くの熱中症患者を出したが, 畜産業界においても乳牛の死亡や夏バテによる牛乳生産量の低下, 豚肉価格の上昇などが見られた。異常気象が社会に与える様々な影響に人々の関心が高まって来たといえる。これは日本に限らず, 世界的な傾向であり, 地

球温暖化との関係が危惧されている。しかし, 異常気象と地球温暖化を結びつけるのは科学的にはあまりにも短絡的である。異常気象の直接の母胎は人為起源とされる地球温暖化にあるのではなく, 自然変動である気候変動 (climate variations) にあるからである。

二酸化炭素など温室効果を持つ気体の大気中の濃度が産業革命後から一貫して増大し, それと 1976 年以降に著しくなった地表温度の上昇との関係が地球温暖化問題として社会的にも, 政治的にも大きな話題になっている。地球温暖化のように気候を構成する要素 (ここでは大気組成) そのものの長期的変化に根ざすようなものは気候変化 (climate change) と呼ばれる。その意味では IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) を「気候変動に関する政府間パネル」, UNFCCC (United Nation Framework Convention on Climate Change) を「国連気候変動枠組み

連絡先: 山形俊男\*

〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1

Tel : 03-5841-4297 Fax : 03-5841-8791

E-mail : yamagata@eps.s.u-tokyo.ac.jp

条約」と訳したのは問題があると言わねばならない。また、地球温暖化の未来を考える **Global Warming Projection** を地球温暖化予測と訳すことが多いが、予測という用語は初期値問題を解くかのような印象を与えやすい。「予測」は **Prediction** であり、**Projection** は「予想」である。社会経済体制の変化など人間社会の将来のシナリオに依存する未来の地球環境の議論は不確定性が大きいので、予想、見積もり、あるいは推定とすべきであろう。一方で、頻発する異常気象に適切に対応するにはその母胎となる気候変動現象を科学的に解明し、地球観測データを初期値として、数理モデルで予測することが大切である。これは純粋に科学の世界の問題であるといえる。

漢字文化圏に住む我々は、「変化」と「変動」や「予想」と「予測」などの違いを明確に区別せず、知らず知らずのうちに異なる概念を縮退させてしまう傾向がある。産業革命以降の人為的な大気組成の変化は気候変化を起し、これが数年から10年スケールの気候変動現象を経て、季節の異常をもたらし、そして最終的には日々の異常気象として現れるのである。様々な現象や事象の違いや階層構造を正しく理解することは対応策、適応策を考える上で極めて重要である。

## 2. 気候変動現象とは

それでは気候変動現象とは一体どのようなものか。典型的なものとしては、太平洋熱帯域に4、5年くらいの間隔で発生し、世界各地に異常気象を引き起こすエルニーニョ現象やインド洋熱帯域の類似の現象であるダイポールモード現象がある。これらは明確な空間構造を持つので気候変動モードとも呼ばれる。この現象を理解するには、まず地球の大気や海洋の循環場がどのように形成されているかを理解する必要がある。

低緯度地方の大気は太陽から正味の熱エネルギーを供給されるので暖まり上昇する。これを補う形で中緯度から海面上を風が低緯度地方に吹き込む。もともと中緯度地方にあった大気の角運動量は低緯度地方にある大気の角運動量よりも小さいので、低緯度地方に移動すると地球自転に遅れるようになる。このため地球に乗った系で眺めると低緯度地方では東風が卓越するようになる。この東風（貿易風）は表層の海水を引きずり、赤道に沿って西向きの海流を引き起こす。しかし太平洋では西側にインドネシアなどがあるため、この海流はブロックされて表層の暖かい海水が西太平洋に貯まるようになる。暖かい海水が多く貯まっているところでは深海からの冷却効果があまり有効で無いので海水温は太陽による加熱でより高温になる。従って、それに接する大気もより暖められ上昇流が活発になる。そうすると吹き込む東風がますます

強まり、暖かい海水がより貯まるようになる。実際の大気や海洋には運動を減衰させる小さなスケールの乱れがあるので、上で述べた正のフィードバックは際限なく続くことは無く、ある段階で定常状態に落ち着く。大気と海洋のこのような状態が平均状態（気候値）である。ここでもし何らかの原因で東風が少し弱まるようなことになると、西太平洋に貯まっていた暖かい海水の一部はつかい棒を失う形になるので中央部から東太平洋に向かって移動を開始する。こうして東太平洋に暖かい海水が貯まるとその大気は上昇するので、それを補うように西風成分が生じるようになる。西風は表層の海水を引きずり東方に運ぶので、今度は東太平洋に暖かい海水がどんどん貯まるようになる。これがエルニーニョ現象である。

## 3. 気候変動現象の予測

このような気候変動モードの発生、成長、減衰過程を予測するには、衛星観測や現場観測から大気海洋データを取得し、これを初期値として大気・海洋結合大循環モデルに入力して、スーパーコンピューターで解き、数ヶ月から数年先までの未来を実際に計算する。現在、エルニーニョ現象については2年くらい前から、ダイポールモード現象では1、2季節前からその発生、成長、減衰過程を予測することができるようになった。講演者が兼務する海洋研究開発機構の地球環境フロンティア研究センターでは **SINTEX-F1** というモデルを用いたアンサンブル予測実験により2006年に発生したインド洋のダイポールモード現象を2005年11月の時点で予測することに成功した。2007年のダイポールモード現象も的確に予測し、最近行われた予測モデルの国際比較では世界最高水準を達成している。オーストラリア、インドネシアの旱魃や秋の赤道域東アフリカの豪雨も的確に予測できたので、より細かな地域気候変動予測への道を拓いたといえる。

## 4. 気候変動現象の変調と海の温暖化

世界の海洋の水温は過去50年間で約0.04度上昇したといわれている。これは大気では40度もの温度上昇に匹敵する。1976年頃から熱帯太平洋は全体としてエルニーニョ的になり、貿易風も弱まっている。エルニーニョ現象は海洋に貯まった熱を大気に放出する機構でもあるので、1976年以降に著しくなった地球温暖化はこの熱帯太平洋の状況である程度は説明することができる。中央部太平洋の水位上昇もこの結果である。インド洋の熱帯域も急速に温暖化しており、このためダイポールモード現象が発生しやすくなっている。エルニーニョ現象は大気側の南方振動現象に伴う下降気流のためにインドの降雨量を減少させるが、ダイポールモード現象はインドの降水量



を増大させる。20世紀初頭にはインドの降水量の変動と南方振動との相関は極めて高かったが、最近ではほとんど相関が無い状態になっている。これはダイポールモード現象が頻発するようになったためである。ダイポールモード現象はオーストラリアやインドネシアには干ばつを、地中海沿岸諸国や極東アジアには猛暑をもたらすことが明らかになっているが、海の温暖化が気候変動モー

ドの現れ方に変調を与え、それが世界各地にさまざまな異常気象を引き起こしているのである。

私たちは異常気象の母胎となる気候変動モードの発生、発達、減衰過程を正確に予測する科学を推進し、予測情報をわかりやすい形で社会に伝達して防災や減災に役立てるとともに、気候変動の影響を受ける産業界にも貢献したいと考えている。