

ノーベル賞受賞の真鍋淑郎さんが明らかにした

地球温暖化の原理と激増する2種類の異常気象

増田 善信

ノーベル賞受賞の真鍋淑郎さんが明らかにした 地球温暖化の原理と激増する2種類の異常気象

増田 善信

一 なぜ二酸化炭素が増えると地球は温暖化するのか

2021年12月、真鍋淑郎さん(写真)がノーベル物理学賞を受賞した。約50年も前に地球温暖化の危機を警告した研究者だ。気候危機が叫ばれるようになって久しい。ノーベル賞受賞は遅きに失した感さえある。私ごとだが、真鍋さんとは1950年後半以来の学友で、毎年クリスマス・カードを交換している。

真鍋さんがまだ東京大学の大学院生で、数値予報の草分け時代に「数値予報グループ」が結成された時だ



真鍋淑郎さん (Wikipediaより)

緒に、数値予報の議論を闘わせたものである。

真鍋さんは、1958年にプリンストン大学のスマ

った。正野重方東大教授が、当時の金で100万円の「朝日賞」を受け、その金を使って、私も記憶容量わずか255ワードの超小型の電子計算機FJICを使って、日本で初めて台風の進路予報を研究していた時代だった。真鍋さんたちと一

ゴリンスキー教授の招聘を受けて渡米した。いつも研究を楽しんでおり、口癖のように「アイディアが大事。基礎研究をきちっと」と言っていた。真鍋さんは先ず、スウェーデンの物理化学者アレニウス(1859~1

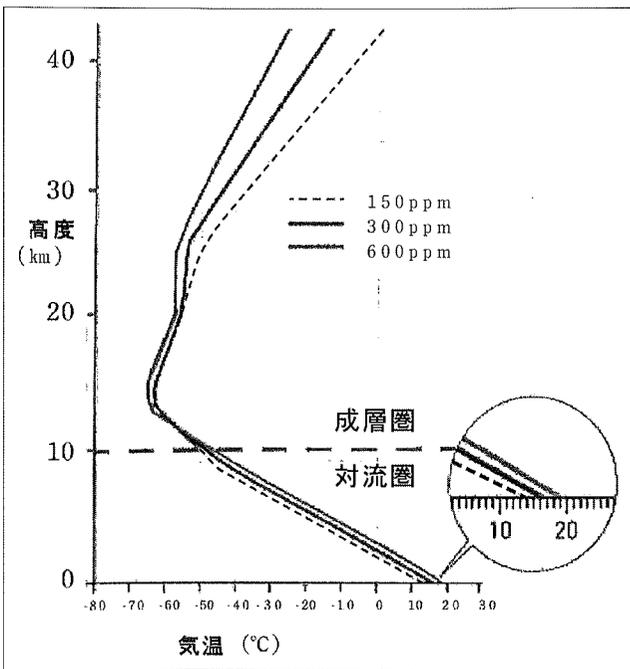


図1 CO₂濃度が1500ppm、3000ppm、6000ppmの時の気温分布

しかし、大気大循環のシミュレーションには2つの障害があった。1つは運動方程式の長期積分に耐えられる計算方式がなかったことであり、今1つは、積乱雲のような格子間隔より小さい局所的な現象の水蒸気量や凝結熱の影響を、モデルに組み込む問題—パラメタリゼーションという—が解決されていなかったことであつた。

これを解決したのも日本人研究者の荒川昭夫さん(1927~2021年)である。荒川さんは1950年に東京大学物理学科を卒業して、気象庁・気象研究所・気象庁電子計算室に勤務されたのち、1961年にカリフォルニア州立大学ロサンゼルス校(UCCLA)のMintz教授の招聘を受けて渡米し、終生UCCLAで研究され、2021年3月21日に逝去された。享年94歳であつた。

これも私ごとであるが、私と荒川さんとは浅からぬ縁があつた。荒川さんが、気象庁から気象研究所の私の研究室に転動してきたのは1952年だつた。1959年に気象庁電子計算室と一緒に転動し、数値予報の現業化に、それこそ心血を注いだ同志である。最初に予定していた予報モデルの成績が悪く、そのままではルーチン化ができず、最初の1年半はアメリカのモデルを使わざるを得なかつた。

927年)の「CO₂(二酸化炭素)が2~3倍になると地球の表面温度は氷期と間氷期の差くらい暖まる」という先駆的な予言を取り上げ、CO₂が増えたときの地上気温だけでなく、大気全層の気温分布を求めたのである。

図1は真鍋さんの「放射対流平衡モデル」に、水蒸気の効果も入れたモデルで、CO₂の濃度が1500ppm、3000ppm、6000ppmの時の大気の気温分布を求めたもので、3000ppmの時、地上気温は15°Cになり、CO₂が半分の1500ppmになると、1・3°C冷え、倍の6000ppmになると、2・4°C暖まることを明らかにしたもので(1967年)、まさに、アレニウスの予言を証明したのである。

※ppm=100万分のいくらであるかの割合を示す比率量

しかし、真鍋さんはこれで満足せず、大気大循環のモデルを使って実際の地球大気に挑んだ。このシミュレーションには高速・大容量の電子計算機が必須で、真鍋さんの研究は計算機の発展とともに発展したといつても過言ではない。恐らく計算機の容量の関係だと思ふが、最初は陸地と海洋が約60対40の割合でまともに分布している仮想的な北半球の数値シミュレーションに挑んだ(1975年)。

急遽、アジア地域の4層の予報モデルが計画され、その初期値になる5層の天気図を自動的に作るプログラム、いわゆるADP(Automatic Data Processing)プログラムを荒川さんと2人でつくつたのである。

この完成によって、日本人の手作りの予報モデルが、しかも5層の天気図を使った4層の予報モデルが世界で初めてルーチンに使われたのである。1960年11月に東京で開かれた数値予報国際シンポジウムで、私はその報告をしたが、大きな反響があつた。

さて、大気大循環のシミュレーションを実行する際の障害の1つは、60日ほど積分すると計算誤差が大きくなって、それ以上積分を進められなくなることであつた。荒川さんは「荒川スキーム」を開発し、この難問を見事に解決した。この「荒川スキーム」は、今でも気象分野だけでなく、他の流体力学・天体力学の計算などにも使われている。

もう1つの問題である積雲対流などの効果を取り入れるパラメタリゼーション問題でも、荒川さんが「Arakawa-Schubert」スキームを開発し、今でもその色々の改良型が広範に使われている。荒川さんはこの傑出した2つの研究で、アメリカ気象学会の最高の栄誉であるロスビー賞をはじめ多くの賞を得ている。

真鍋さんは、この2つの荒川スキームを使って、前

述の仮想的な北半球で2つの大気大循環のシミュレーションを行なった(1975年)。1つは、CO₂を2倍にした場合で、今1つは、太陽の輝度が2%増減する場合である。太陽の輝度の変化で地球の大気の流れがどう変化するかという問題も興味深い。紙数の関係でここでは割愛する。

CO₂を2倍にしたシミュレーションの結果は、真鍋さんの仮想的な北半球であっても極めて興味深い結果を示した。北半球の平均気温が、産業革命当時と比べ2010年には約0.7℃上昇するが、極地方では約1.7℃も上昇したのである。温暖化によって、雪や水が解け、極地方では温暖化が早まることが予測されたのである。

真鍋さんは、最終モデル「大気・海洋結合モデル」を完成させ、CO₂倍化などいろいろのシミュレーションを行い、毎年のように論文を発表した。その集大成が、最近の著書『BEYOND GLOBAL WARMING』である。そこには、カラー印刷で、1961～1990年と1991～2015年の地上気温差の実測図を示したうえで、降水量の年変化量のシミュレーション結果と実測の分布図、CO₂を2倍にした場合と、4倍にした場合の産業革命後と21世紀半ばの気温変化量の分布図、CO₂1倍、CO₂2倍、CO₂4倍の場合の雨水の流

2021年8月9日、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)は第6次評価報告書(AR6)の第1作業部会報告書を発表した。

そこでは「人間の活動が温暖化させてきたことは疑う余地がない」と断定し、この10年で温室効果ガスを思い切って削減し、2050年までに「実質ゼロ」にし、その後も削減し続けなければ気候危機は防げないと警告した。さらにIPCC第2作業部会は、2022年2月28日、「2041～2100年の中期では、気温の上昇が大きいほど生物の絶滅の危険が高まると予測し、陸上生態系では、産業革命前から1.5℃の上昇で、最大14%の種が非常に高い絶滅の危険に直面し、2℃の上昇で18%、3℃で29%、5℃で48%に増える」という報告書を発表した。

さらにこの報告書は、「人間が引き起こす気候変動により、異常気象の頻度と強度が増え、自然と人々に広範な悪影響を及ぼしている」ことを強調し、「世界の33億～36億人が異常気象や海面上昇などに対処できない状況に追い込まれている」と訴えており、食料不足や、デング熱など感染症にも警鐘を鳴らしている。

IPCCは、今までは「異常気象」という言葉は使わず、「極端現象」という言葉を使っていた。気象庁では、異常気象とは30年に1回以下しか出現しない現

出量の年平均分布図と土壌水分の年平均量の分布図、CO₂4倍の場合の3カ月平均、すなわち北半球の夏・秋・冬・春の土壌水分の分布図が示されている。もちろん、真鍋さんは産業革命以後の実際のCO₂の排出量を入れて、大気大循環のシミュレーションを行って気候危機を予測している。まさに、CO₂をはじめ温室効果ガスの増加による気候変化を「総まくり」したのが真鍋さんである。

真鍋さんは、温暖化による気温上昇が危機的になることを強調しているが、特に土壌水分や降水量の変化に注目し、中南米、ヨーロッパ、アジア大陸の東部、オーストラリア、アフリカ全域は雨が降らなくなり、現在のサハラ砂漠と同じくらい乾燥してしまい、特に北半球の夏には、アフリカの一部を除いて全世界が砂漠化するという驚くべき結果を示している。

真鍋さんは、ノーベル賞受賞後のインタビューで、「今地球はコロナ危機と気候危機という2つの危機に直面している。世界は一致してこれを克服し、次世代に美しい地球を譲り渡す責務がある」という趣旨の発言をしている。

二 地球温暖化が進むと、なぜ異常気象が増えるのか

象と定義しているが、最近はこの基準に限らず、社会的影響が大きいと見られる「極端な現象」も含めて異常気象としている(気象庁ホームページ)。

ここでは、異常気象には竜巻、集中豪雨、低気圧や台風の異常発達のように比較的狭い範囲の激しい異常気象と熱波、寒波、干ばつや長雨、豪雪のように10日以上も続く異常天候の2種類があり、いずれも地球温暖化が進むと必然的に増加し、強まることを説明する。

1. 竜巻、集中豪雨、低気圧や台風の異常発達のように比較的狭い範囲の激しい異常気象が増える。

よく「寒気が来るので大雪になる」と言われるが、何故か。上空に寒気が来ると上空のほうが重くなる。ちょうど「起き上がりこぼし」を逆にしたような状況

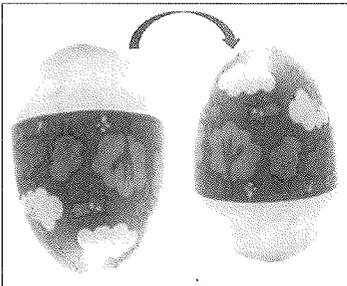


図2 起き上がりこぼしの模式図

(図2左)になる。こういう状態を鉛直安定度が悪くなるといふ。すると上空が重いので上空の空気が下に降り、下の空気が上に昇り、強い上昇気流が生まれる(図2右)。図2左のような鉛直安定度が悪い状態を、次に述

べる湿潤不安定と区別して、静的不安定ともいう。

実際に、温暖化で静的安定度が悪くなっているであろうか。図1の真鍋さんの「放射対流平衡モデル」で示したように、CO₂が増えれば増えるほど、対流現象のある対流圏、しかも地面に近いところほど気温が上がり、逆に成層圏は気温が下がる。成層圏とは約10 km以上の高さの安定な成層をいう。まさに、起きあがりこぼしを逆にした状態（静的不安定な状態）ができるのである。

では、この約70年間の温暖化で地球大気の静的安定度は悪くなっていたであろうか。図3は、1958～2017年の標準等圧面1000～50 hPa（ヘクトパスカル）毎の30°緯度帯毎の気温の変化量を示したものである。緯度帯ごとに圈界面の高さは変っているが、どの緯度帯でも、真鍋さんが示したように対流圏は温暖化し、成層圏は寒冷化している。さらに、対流圏の中でも、温暖化の結果下層ほど気温が高く、上空に向かうほど気温は低くなっている。すなわち、地球上のどこでも、対流圏を含めて平均的に静的安定度が悪くなっているのである。

しかし、鉛直安定度を悪くするのは静的安定度だけではない。温暖化で海水温も上昇し、水蒸気量も増えるので、湿潤安定度も悪くなるのである。事実、地球

が温暖化すると海水温も温暖化し、日本付近では地球温暖化による気温の上昇量より、海水温の上昇量の方が大きいほどである。その結果、地面から250 hPaまでの気層の水蒸気量が年々増加しているのである。図4は、日本のすべての高層観測点の資料を用いて地上から250 hPaまでの気層の水蒸気量の経年変化を調べた結果で、年々水蒸気量が増えている。もし何らかのきっかけで上昇気流が起こり、湿潤空気が上昇して、雲粒や雨粒がつくられると気化熱が放出され、その気化熱でその周辺の気層が暖められ、鉛直安定度が悪くなるのである。この場合は、湿潤空気の凝結によって安定度が悪くなるので、大気は湿潤不安定になるという。

このように、地球温暖化が進むと静的不安定が大きくなり、湿潤不安定も大きくなるため、竜巻、集中豪雨、低気圧や台風の異常発達など比較的狭い範囲の激しい異常気象が起こりやすくなるのである。ここではこれを第1種の異常気象という。

2. 熱波、寒波、干ばつや長雨、豪雪のように10日以上も続き、しかも比較的広い地域で発生する異常天候が増える。

地球は平均的に赤道付近が暖められるので、低緯度

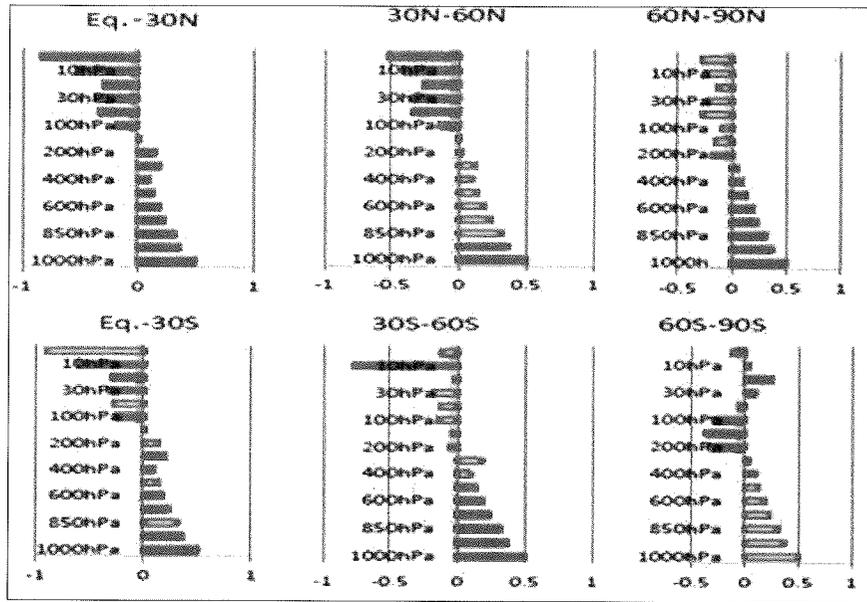


図3 標準等圧面1000～50 hPa毎の30°緯度帯毎の気温の変化量 (1958～2017年)

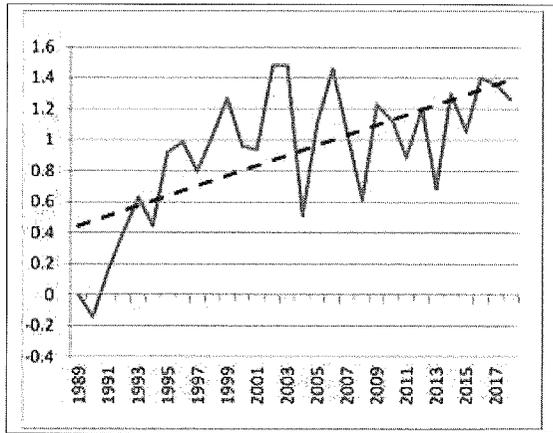


図4 日本のすべての高層観測点の資料を用いて作成した地上から250 hPaまでの気層の水蒸気量の経年変化 (1989～2017年)

ているのが中緯度地方の上空を流れている偏西風の波動で、中心付近の風は非常に強いので偏西風ジェット、簡単にジェット気流とも呼ばれている。

この偏西風の波動は、図5 (A) に示すように、通常は順調に西から東に流れ、波動の谷の前面の地上には低気圧、波動の山の前面には高気圧を伴っていて、北半球では低気圧の前面の南風で赤道付近の暖気を北に運び、高気圧の前面の北風で北の冷気を南に運んで、

では熱過剰が、高緯度では熱不足が生まれる。この熱のアンバランスを解消するための大気の運動を、大気循環とい、この役割を果たし

低緯度での熱過剰、高緯度での熱不足を平均化しているのである。この時の波数は8〜10で、1週間に1回くらいの割合で高・低気圧が通過する。

ところが、時々図5(B)のように、この偏西風の波動の振幅が大きくなって南北に延びると同時に波数が6〜4まで少なくなる。そして、短時間のうちに偏西風が枝分かれし、南に延びた波動の先端に寒冷渦が、北に延びた波動の先端に暖気の渦が閉じ込められるようになり(図5(C))、偏西風は停滞する。偏西風がブロック(阻止)されたようになるので、ブロック

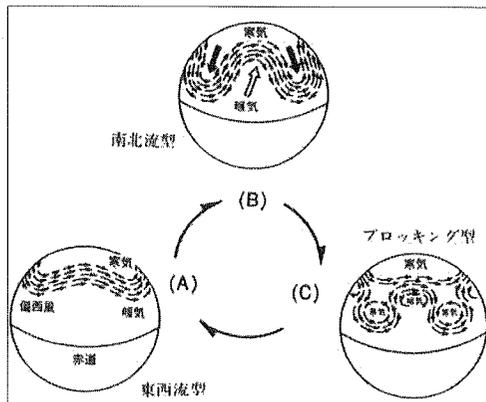


図5 大気大循環の3つの基本形 (気象の事典より)

キングという名前が付けた。ブロックが起きると、同じような気圧配置が長く続き、熱波や寒波、干ばつや長雨、豪雪など10日以上も続く異常天候が生まれるのである。ここではこれを第2種の異

って、雪や氷が解け、極地方の方が一層速く温暖化する。その結果、温暖化していなかった時代に比べて、赤道付近の過剰な熱を極地方に運ぶ大気大循環が弱まったのもよくなり、ブロッキングが増えるのではないかと考えた。

2018年7月中旬から8月下旬にかけての約1カ月半、日本列島は異常な猛暑に襲われた。図6は、全国のアメダス地点で観測された猛暑日地点数の日ごとの合計の日々変化のグラフで、2013〜2018年と、それ以前に猛暑日が多かった2010年を比較したものである。この図から如何に2018年が異常な猛暑の年であったかがわかるであろう。

では、この猛暑は日本付近だけであったのであろうか。図7は、この期間に地上気温の最高値と最低値が観測された地点と温暖域、寒冷域、500 hPaの1カ月平均の高度分布を重ねたものである。この図から日本付近だけが猛暑になっていたのでない。モスクワ付近からヨーロッパにかけて、アメリカ大陸の東、アメリカ大陸の西の4カ所である。

一方、寒冷な地域はカスピ海の東からシベリア中部にかけて、カムチャツカ半島から北海道東海岸、アメリカ大陸中部、グリーンランド西の4カ所である。そして、アメリカの東海岸を除いて、偏西風が枝分かれ

常気象という。

では、なぜブロッキングが起きるのか。残念ながらまだ定説がない。私は、真鍋さんの「北半球の平均気温が産業革命当時と比べ2010年には約0.7℃上昇するが、極地方では約1.7℃も上昇し、温暖化によつて雪や氷が解け、極地方では温暖化が早まること

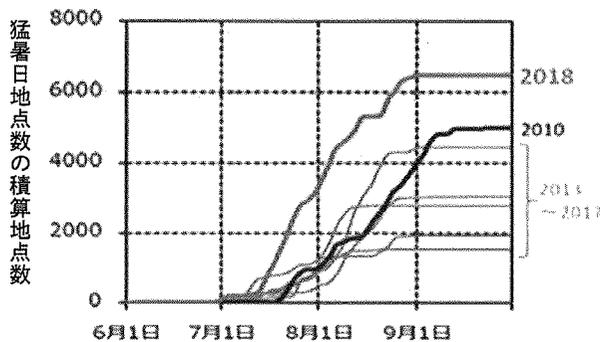


図6 全国のアメダス地点で観測された猛暑日地点数の積算地点数のグラフ。猛暑日が多かった2010年と2013〜2018年の比較 (気象庁「気候変動監視レポート2018」より)

があると考えた。すなわち、極地方は雪や氷におおわれている間は、太陽光は反射され、太陽熱は宇宙空間に放出されるが、温暖化が進んで雪や氷が解けると地面が現れて、宇宙空間へ逃げた太陽熱を地面が吸収するようになり、さらに温度が上が

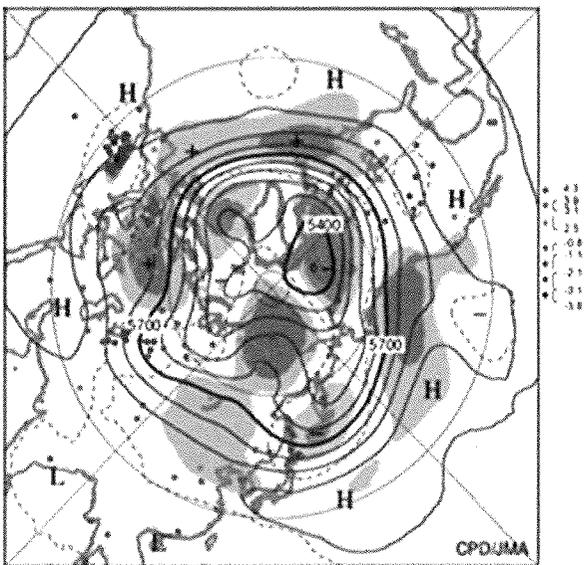


図7 2018年8月の500 hPaの月平均の高度分布と、温暖域と寒冷域、及びその付近で観測された地上気温の日最高値と日最低値 (気象庁ホームページの資料から作成)

して顕著なブロッキングが出現していたのである。ブロッキングには大きく分けると、双極型とオメガ1型の2つがある。図7で、モスクワ付近からヨーロッパにかけて偏西風が枝分かれし、北に高気圧が、南にやや西にずれて低気圧がある。このように北に高気圧、南に低気圧が並んでいるのを双極型ブロッキングという。一方、バイカル湖付近から北に高気圧が伸び、

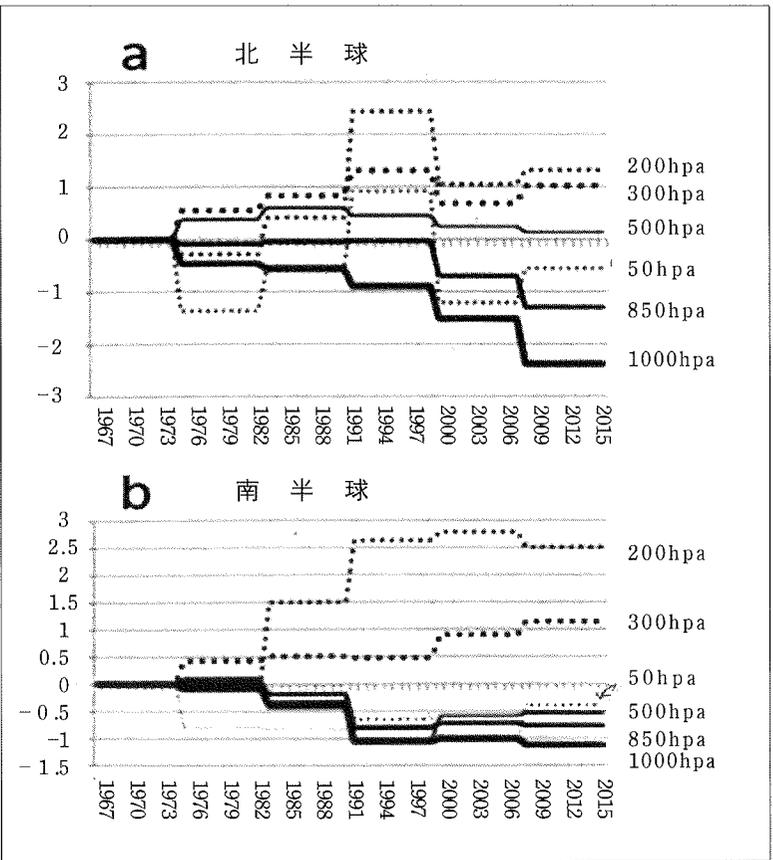


図8 南北両半球の10000～500hPaの高度毎の赤道と極の間の気温差の1956～2015年の10年毎の経年変化のグラフ(見やすくするために、1956～1965年を基準にした)

北極の方が早く温暖化するため、赤道と北極の間の気温差は年々小さくなり、この60年の間に2・3℃も小さくなってきている。しかし、高度が850hPa、500hPaと上がるにつれて、その差はだんだん小さくなり、大気の中層の500hPaでは赤道と極の気温差はなくなり、その上の300hPa、200hPaでは、逆に極の方の気温が低くなっている。

一方、南半球では南極大陸は水におおわれていて、赤道と南極の気温差は、南極海の昇温によるので北半球ほど顕著ではないが、それでもこの60年間に1000hPaで1℃小さくなってきている。しかし、下層では赤道と極の気温差は小さくなり、大気の中層500hPa以上では逆に南極の方が冷えてきている点は、北半球と変わらない。

恐らく、この変化は大気大循環の変化によって生じたものであろうが、温暖化によって、ブロッキングが増えることは、まだ確かめられていない。私の試算である。

3. 線状降水帯の豪雨とブロッキングが重なって、被害が大きくなった例

2014年8月19～20日にかけて、広島市北部で集中豪雨が発生し、アメダス地点三入では1時間最大1

その東と西に強い低圧部が食い込んで、ちようどギリシヤ文字のΩの形をしているものがある。これがオメガ型ブロッキングで、アメリカ大陸の西の海上にあるブロッキングもオメガ型とみなしていいであろう。

では何故、温暖化が進むと、このようなブロッキングが増えるのであろう。真鍋さんが指摘しているように、赤道に比べて極地方が早く温暖化し、赤道と極の間の気温差が年々小さくなり、大気大循環が変化した結果ではないかと考えた。

では赤道と極の間の気温差は、この60年の間にどう変化したのであろうか。それを見やすくするためにつくったのが図8である。この図は、南北両半球の1956～2015年の赤道と極の間の気温差を1000～500hPaまでの高度別に示したものである。見やすくするために、1956～1965年を基準にして、この60年間の10年ごとの平均値で示してある。

例えば、北半球の1000hPaでは、

01mm、総降水量224mmもの豪雨が降り、各地で土石流が発生、死者74人、負傷者69人、全・半壊や床上浸水で4749棟など大被害が発生した。

この豪雨は、非常に湿った湿潤不安定な空気が次々と流れ込んで積乱雲をつくり、上空の風で流されながら強い雨を降らす。その積乱雲が流れたあとも、次々と積乱雲ができ、直線上に同じ場所に豪雨を降らせる現象で、線状降水帯と呼ばれている。まさに、線状降水帯は、温暖化で湿潤不安定がさらに悪くなった結果、出現した豪雨の新種と言っているであろう。

図9は、この時の3時のレーダー合成図とアメダス地点三入の時間雨量のグラフを示したもので、線状降水帯が南南西から北北東にほぼ直線上に連なり、その下ではわずか3時間で200mmを超える豪雨が降ったことがわかる。

では、もしこの線状降水帯がブロッキングと重なったらどうなるであろうか。その典型的な例が、気象庁が「平成30年7月豪雨」、あるいは「西日本豪雨」と命名した2018年7月の豪雨である。この年の猛暑の問題は、図6・図7でブロッキングが原因であったことを示したが、2018年6月下旬から8月中旬までの長時間ブロッキングが続いていて、その間の6月28日から7月8日にかけて、西日本を中心に北海道や

均の平年値を比較してみた。豪雨地帯に近い福岡では約50%、松江では約20%、平年値より弱い風しか吹いていなかったのである。一方、短時間の線状降水帯だけの豪雨で大きな被害をもたらした2014年8月の広島豪雨の時の福岡の上層風を調べると平年値の2倍以上もの強風が吹いており、集中豪雨の時には必ず現れるといわれる下層ジェットまで吹いていたのである。ではなぜ、線状降水帯とブロッキングとが重なると、間欠的な豪雨が降るのか。その時の状況を詳述してみよう。

①ブロッキングによって、湿潤不安定な空気の収斂場が継続して存在しているので、次々と強い上昇気流が生まれ、積乱雲をつくって線状降水帯ができる。

②通常の線状降水帯は風に流され、風下に線状に雨を降らせるが、この例ではブロッキングによって上層風が弱い状態が10日近くも続いていた。

③その結果、線状降水帯はほぼその場所に留まったままであるので、積乱雲をつくった上昇気流は、その近傍で下降する。

④下降する空気は断熱下降するので、100層につき1℃ずつ暖まって乾燥し、地面付近に達した時は、周囲の空気より高温で乾燥している。

⑤この高温・乾燥空気が地面付近に拡がると、線状

降水帯をつくっていた湿潤不安定な空気の収斂を遮断する。

⑥その結果、線状降水帯ができなくなり、降水は一時的に止むか、弱くなる。

⑦しかし、ブロッキングは続いているので、収斂場は変化していない。一方、豪雨も弱くなっているので、温かく乾燥した空気も弱くなり、再び湿潤不安定な空気の収斂が始まる。その結果、また線状降水帯ができ、豪雨が降り始める。

⑧これを繰り返すので、豪雨が間欠的に降るのである。

以上が間欠的に豪雨が降る仕組みであるが、この事実から「平成30年7月豪雨」は湿潤不安定な大気の状態と、ブロッキングが重なったものであると結論していいであろう。

おわりに

本稿では、真鍋さんのノーベル物理学賞受賞と関連させて、地球温暖化の原理的な話を述べ、真鍋さんの業績を比較的詳しく説明した。次いで、IPCC第6次評価報告(AR6)の第1作業部会、第2作業部会報告の概略を述べ、現在の地球温暖化の現状が危機的

のバイアス(かたより)が影響して、統一的な統計結果が得られないからである。

(追記) 2022年3月24日、ロシアが国連憲章を冒してウクライナに侵攻した。まったく許すことができないが、地球温暖化を防ぐ上でも許せないと思う。温暖化防止の国際的取り決めの京都議定書にも、パリ協定にも、軍事関係のCO₂は入っていない。

しかし、湾岸戦争では、たった8カ月で温室効果ガス5億トン―これは世界の年間排出量の2.5%―排出されたと言われており、アメリカの研究者の調査によると、アメリカ国防省だけで2001〜2017年に温室効果ガス12億1200万トンを出し、2017年だけでスエーデン1国に匹敵する量を出しているから言われている(増田善信「気候変動と気候危機、その解決の道」中、「平和運動」2022年8月号)。

この事実を、軍事演習も含めて、軍事関係のCO₂排出量を「パリ協定」に入れて規制しないと、完全な温暖化防止ができないことを示している。ウクライナ戦争の1日も早い停戦は、温暖化防止の上からも望まれるのである。

(まずだ よしのぶ/元・気象庁気象研究所研究室長・日本学術会議12期・13期会員)

な段階に達しており、2030年までに温室効果ガスを2010年比で45%削減し、2050年までに実質ゼロにしないと、世界の平均気温の上昇を産業革命前の1.5℃に抑えることができないことを強調した。次いで、地球が温暖化すると、必然的に第一種、第二種の2種類の異常気象が増えることを明らかにし、最後に湿潤不安定とブロッキングが重なるとさらに被害が大きくなることを明らかにした。

しかし、この「地球温暖化すると2種類の異常気象が増える」以下の所論は、現段階では増田個人の見解であることを注記しておく。何故なら、これとほとんど同じ趣旨の論文を2019年10月、日本気象学会の機関紙『気象集誌』に投稿したが、採用されなかったからである。不採用の主な理由は、ブロッキングの経年変化の統計がないことであった。

ウーリングらのブロッキングの総合報告(T.Woolliings, D.Bartolopetro, J.Methven, S-W.Son, O.Martius, B.Harvey, J.Sillmann, A.R.Lupo and S.Seneviratne: BIoKing and its Response to Climate Change. Current Climate Change Reports (2018) 4:287-300)によると、現在のブロッキングの統計には、それぞれの予報センターの予報モデルを使ってつくった再解析天気図が使われているが、それぞれの予報センターの予報モデル