

異常気象分析検討会の概要と活動内容について

竹村和人（気象庁 大気海洋部 気候情報課）

1. 異常気象分析検討会の概要

異常気象は、数か月も続くような干ばつや、極端な冷夏・暖冬などの、気候が平均的な状態から大きく偏った状態を意味する。気象庁では、気温や降水量などの異常を判断する場合、原則として「ある場所（地域）・ある時期（週、月、季節）において 30 年に 1 回以下で発生する現象」を異常気象としている。

気象庁では、異常気象がもたらす社会経済の損失を軽減するため、大学・研究機関の専門家の協力を得て、平成 19 年度より「異常気象分析検討会」（会長：東京大学先端科学技術研究センター 中村 尚 教授、以下、検討会）を運営しており、上記の定義による異常気象を主に分析の対象としている。

検討会では、猛暑や寒冬、継続する大雨や大雪など比較的長期（2 週間程度）にわたって持続した異常気象を分析検討の対象とし、異常気象の発生要因に関する情報を迅速に公表している（図 1）。検討会からの情報の提供は、見通しに基づく防災・減災対応、気候変動要因の理解に基づく防災・環境意識の強化の他、異常気象に対する社会的関心・科学的理解の深化にも繋がる。

が不可欠と言える。そこで、社会的に大きなインパクトを与えたと考えられる検討会からのこれまでの情報発信の例を 2 つ挙げる。

「平成 26 年（2014 年）8 月の不順な天候」を対象とする検討会（気象庁 2014）では、検討会後の記者会見において、当時の木本昌秀検討会会長より、天候の要因に関する見解だけではなく、地球温暖化に伴ってすでに大雨等の極端現象が増えてきていることを前面に出して強く言及された（木本 2016）。この記者会見での発言内容は、国土交通省での防災に関する有識者会合でも取り上げられ（木本 2016）、前節で述べた気候変動要因の理解に基づく防災・環境意識の強化にも寄与した。

もう 1 つの例は、「平成 30 年 7 月豪雨」とその後の記録的な高温を対象とする検討会（気象庁 2018）である。この検討会では、個別の事例に対する地球温暖化に伴う水蒸気量の増加や気温の上昇傾向による影響を、異常気象の背景要因の 1 つとして、検討会の見解として初めて示した。これは、気候モデルを用いて個々の現象の発生が温暖化によりどれだけ変わったかを推定するための「イベント・アトリビューション」（Christidis et al. 2013, Imada et al. 2019）と呼ばれる手法が確立されたことや、温暖化に関する社会的な関心を踏まえたものである。本情報発信も、気候変動要因の理解に基づく防災・環境意識の強化や、異常気象に対する社会的関心・科学的理解の深化に大きく寄与したと言える。



図 1 異常気象分析検討会の仕組み

2. 検討会からの情報発信

前節で述べた異常気象に対する社会的関心・科学的理解の深化には、検討会からの充実した情報発信

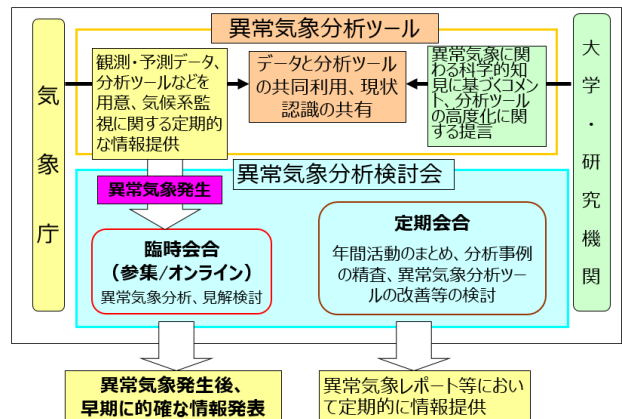


図 2 官学連携による異常気象分析体制

3. 異常気象分析作業部会と分析・診断の高度化

また気象庁は平成 19 年 10 月より、「異常気象分析作業部会」も運営している。本作業部会は、異常気象に関する気候学的要因分析に要する解析技術について調査・検討を行うとともに、検討会において用いる資料の作成を支援することが目的であり、大学や研究機関等の専門家で構成されている。作業部会委員からは、これまでに以下のような異常気象の要因分析に有効なツール等の提供を受け、これらを活用することで気象庁での気候系監視技術や異常気象分析が大幅に高度化した。

- ・熱帯の積雲対流の影響を評価するための大気モデル実験 (Watanabe and Kimoto 2000, 2001) を行う環境
- ・隣接閉領域トラッキング手法 (Inatsu 2009, Inatsu and Amada 2013, Satake et al. 2013) に基づく低気圧の活動度を診断するための環境
- ・温位面での質量重み付き帯状平均 (MIM ; Iwasaki et al. 1989) に基づく冬の寒気やその流出の強さを診断するための環境 (Iwasaki et al. 2014)
- ・対流圏中・上層の気圧 (高度) 分布の凹凸に基づいて客観的に抽出した寒冷渦を診断するための環境 (Kasuga et al. 2021)

一方で気象庁は、提供を受けたツールを用いて作成した図表等を検討会委員に共有しており、このことは異常気象の要因分析の効率化のみならず、気候に関する研究の促進にも繋がる。このような官学連携の体制によって、異常気象の要因分析に関する知見や情報の高度化が進んでいる。

4. 分析検討結果の論文投稿・公表

さらに近年では、検討会での異常気象の分析検討結果を報道発表や記者会見の形で公表するだけでなく、その成果を以下のような学術論文として投稿し、公表している。

- ・「平成 30 年 7 月豪雨」とその後の記録的高温の主な要因について (Shimpo et al. 2019)
- ・「平成 30 年 7 月豪雨」における西日本での顕著な水蒸気フラックスの収束 (Takemura et al. 2019)
- ・令和 5 年 7 月後半以降の記録的高温の主な要因について (Takemura et al. 2024)
- ・令和 5 年夏の北日本を中心とする高温と近海の高

い海面水温との関連性とそのメカニズム (Sato et al. 2024)

このような近年の取り組みもまた、研究のさらなる促進を通して、検討会における異常気象の要因分析の高度化に繋がり、さらには異常気象の要因のより詳細なメカニズムの理解の深化も期待される。

5. 異常気象分析検討会のホームページの運営と近年の高温に関する分析検討結果

気象庁ホームページ上において、検討会のウェブサイト¹を運営しており、検討会の体制の他、これまでの会議資料や関連する報道発表資料へのリンクを掲載している。また、これまでに分析の対象とした異常気象の要因に関する検討結果もすべて閲覧できる。本夏季大学では「高温・熱波」がテーマであることから、以下では近年の分析結果として、

- ・令和 4 年 6 月下旬～7 月初めの記録的な高温の特徴とその要因
 - ・令和 5 年 7 月後半以降の顕著な高温の特徴とその要因
- について簡単に紹介する。

5.1. 令和 4 年 6 月下旬～7 月初めの記録的な高温の特徴とその要因

令和 4 年 6 月下旬～7 月初めは東・西日本を中心に記録的な高温となり、6 月下旬の平均気温の平年差は東日本で+4.0℃、西日本で+3.2℃となり、1946 年の統計開始以降で最も高く、北日本でも歴代 2 番目に高い+2.9℃となった。全国 914 地点のうち 24 地点で観測史上最高の気温を記録した。群馬県伊勢崎市では、40℃以上の日最高気温を 3 日間観測した。日最高気温 35℃以上の猛暑日の地点数は、6 月下旬から 7 月初めにかけて大幅に増加した。

記録的な高温となった主な要因として、北大西洋～ヨーロッパ上空でのジェット気流の蛇行の影響が東方に及び、日本付近で亜熱帯ジェット気流が北に蛇行し、上層の高気圧と下層の太平洋高気圧が記録的に強まったことが考えられる。強まった高気圧による下降気流や安定した晴天の持続による強い日射に、局所的な山越え気流の影響も加わって、記録的な高温となった。また、ラニーニャ現象に関連した海面水温や、北太平洋西部の亜熱帯域に進入した上

¹ <https://www.data.jma.go.jp/gmd/extreme/index.html>

空の寒冷渦の影響で、フィリピン付近で積雲対流活動が活発となったことも、太平洋高気圧を強める要因となった。この他、地球温暖化による全球的な気温の上昇傾向や、北半球中緯度で対流圏の気温が全体的に著しく高かったことも、記録的な高温の背景として考えられる (図 3)。

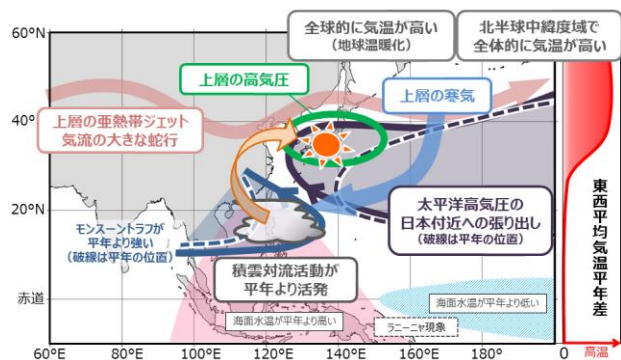


図 3 令和 4 年 6 月下旬～7 月初めの記録的な高温をもたらした大規模な大気の流れの模式図

で高く、インド洋で比較的低かったことも影響した可能性がある。これに加えて、地球温暖化による全球的な気温の上昇傾向 (図 5) や、北日本周辺での海面水温が記録的に高かったことも、高温の背景として考えられる。

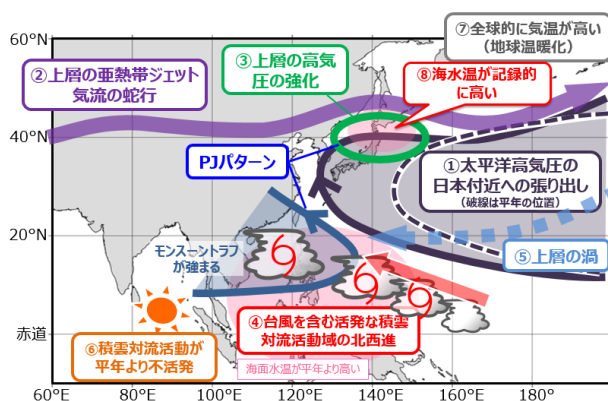


図 4 令和 5 年 7 月後半の記録的な高温をもたらした大規模な大気の流れの模式図

5.2. 令和 5 年 7 月後半以降の顕著な高温の特徴とその要因

令和 5 年 7 月下旬の平均気温の平年差は、北日本で +3.9°C (歴代 1 位)、東日本で +1.9°C (歴代 2 位) となった。8 月以降も気温が平年と比べて高い状態が続き、8 月上旬の平均気温の平年差は、東日本日本海側で +3.4°C、西日本日本海側で +2.1°C となり、統計開始以降で最も高い気温となった。全国のアメダス地点で積算した猛暑日の地点数は、7 月後半以降に急激に増加し、8 月の終わりには平成 30 年 (2018 年) 夏を超えて過去最多となった。また、令和 5 年夏の日本の平均気温は、1898 年の統計開始以降で最も高くなった。

記録的な高温となった主な要因として、フィリピン付近を北上した台風に伴う活発な積雲対流活動の影響で、対流圏上層の亜熱帯ジェット気流が北へ偏って流れ、太平洋高気圧の張り出しが顕著に強まり (太平洋・日本 (PJ) パターン; Nitta 1987, Kosaka and Nakamura 2006)、持続的な下降気流や晴天による強い日射によって気温が上昇したことが考えられる (図 4)。フィリピン付近での活発な積雲対流活動には、太平洋熱帯域の西部から北西方向に進む活発な積雲対流域や、北太平洋上空の深い気圧の谷から切離された上空の寒冷渦のほか、2023 年冬に終息したラニーニャ現象の影響で、海面水温が北西太平洋

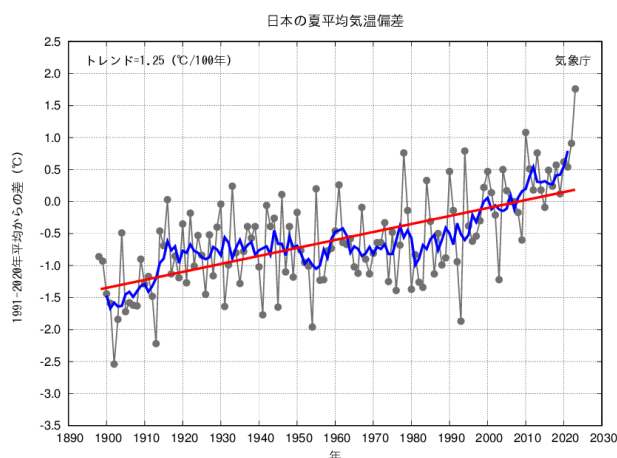


図 5 日本の夏平均気温平年差の経年変化 (1898～2023 年)

6. 日本付近に夏の高温をもたらす主な大気の流れの特徴

前節で述べた分析検討結果より、夏に日本付近に猛暑をもたらす主な要因 (図 6) は、以下のように複数存在することが分かる。

- ・ 亜熱帯ジェット気流の日本付近での北への蛇行
 - ・ フィリピン付近での活発な積雲対流活動
 - ・ 太平洋高気圧の日本付近への張り出し
- また、フィリピン付近での活発な積雲対流活動は亜熱帯ジェット気流の北偏や北への蛇行、太平洋高気

圧の日本付近への張り出しに寄与するため、上記に挙げた複数の要因は独立ではなく、複雑に相互作用しながら生じ得る。このため、異常気象の要因分析において、それぞれの要因の切り分けや寄与の大きさを定量的に評価することは容易ではない。また、インド洋～太平洋の海面水温の変動(エルニーニョ・ラニーニャ現象やインド洋ダイポールモード等)もこれらの大気の流れをもたらす背景要因として重要である他、地球温暖化に伴う全球的な気温の上昇傾向も、平均気温の底上げに寄与する要因として考慮する必要がある。

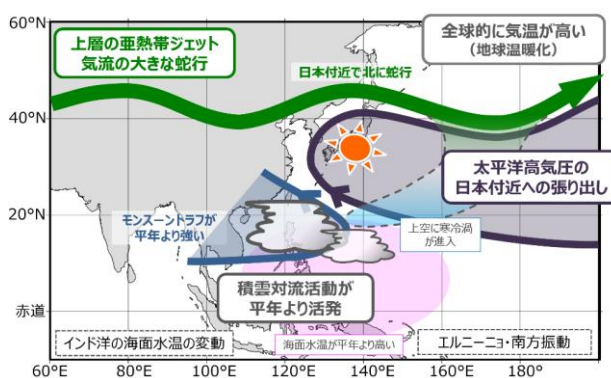


図6 日本付近に夏の猛暑をもたらす主な大気の流れの特徴

7. 夏の気温に対する日本近海の海面水温の影響 ～検討会活動を通して最新の科学的知見～

これまでの、日本付近の夏の異常気象をもたらす要因として、大気の流れの特徴に着目してきたが、令和5年夏の記録的高温の分析においては、日本近海の記録的に高い海面水温の影響も着目すべき点の1つとなった。5.2節で述べたとおり、令和5年夏は、北日本を中心に記録的な高温となったが、これに加え、黒潮続流の顕著な北上に伴って北日本近海の海水温も記録的に高い状態だった。この記録的に高い海面水温が北日本を中心とする記録的高温の一因であることを明らかにするために、気象庁と検討会ではさらに分析を進めた (Sato et al. 2024)。その結果、記録的に高い海水温による大気境界層の不安定化に伴って下層雲の形成が妨げられ日射が増大したこと、海洋が大気を直接加熱したことや、大気が多湿化によって温室効果が強化されたことが、北日本の記録的高温に大きな影響を与えた可能性が明らかとなった。

第4節で述べたとおり、本調査の結果は、大気・海洋の相互作用に関わる最新の科学的知見として、論文として出版しており (Sato et al. 2024)、今後の異常気象分析における重要な着目点の1つになると期待される。

8. まとめ

気象庁は、異常気象がもたらす社会経済の損失を軽減するため、大学・研究機関の専門家の協力を得て「異常気象分析検討会」を運営し、比較的長期にわたって持続した異常気象の発生要因に関する情報を迅速に公表している。検討会・作業部会委員からは、これまでに科学的知見に基づく多く気候診断用ツールの提供を受けており、気象庁での気候系監視技術や異常気象分析の高度化に繋がっている。また近年は、分析検討の成果を論文として投稿・出版しており、研究の促進や異常気象分析のさらなる高度化にも貢献している。気象庁ホームページ上の異常気象分析検討会のウェブサイトには、異常気象分析検討会の体制や、これまでの分析資料や関連する報道発表資料の情報が充実している。

今後も最新の学術的な知見(特に、日本近海の高い海面水温の影響等の、中高緯度における大気・海洋の相互作用など)を積極的に取り入れながら、官学連携のもとで、異常気象分析体制のさらなる高度化・効率化を図っていきたい。

参考文献

- Christidis, N., P. A. Stott, A. A. Scaife, A. Arribas, G. S. Jones, D. Copsey, J. R. Knight and W. J. Tennant, 2013: A new HadGEM3-A based system for attribution of weather and climate-related extreme events. *J. Climate*, doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JCLI-D-12-00169.1>.
- Imada, Y., M. Watanabe, H. Kawase, H. Shiogama, and M. Arai, 2019: The July 2018 high temperature event in Japan could not have happened without human-induced global warming. *SOLA*, 15A, 8-12, <https://doi.org/10.2151/sola.15A-002>.
- Inatsu, M., 2009: The neighbor enclosed area tracking algorithm for extratropical wintertime cyclones. *Atmos. Sci. Lett.*, 10,

- 267-272.
- Inatsu, M., and S. Amada, 2013: Dynamics and geometry of extratropical cyclones in the upper troposphere by a neighbor enclosed area tracking algorithm. *J. Climate*, **26**, 8641-8653.
- Iwasaki T., 1989: A diagnostic formulation for wave-mean flow interactions and Lagrangian-mean circulation with a hybrid vertical coordinate of pressure and isentropes. *J. Meteor. Soc. Japan.*, **67**, 293-312.
- Iwasaki T., T. Shoji, Y. Kanno, M. Sawada, M. Ujiie, and K. Takaya, 2014: Isentropic analysis of polar cold air mass streams in the northern hemispheric winter. *J. Atmos. Sci.*, **71**, 2230-2243.
- Kasuga, S., M. Honda, J. Ukita, S. Yamane, H. Kawase, and A. Yamazaki, 2021: Seamless Detection of Cutoff Lows and Preexisting Troughs. *Mon. Wea. Rev.*, **149**, 3119-3134, <https://doi.org/10.1175/MWR-D-20-0255.1>.
- Kosaka, Y., and H. Nakamura, 2006: Structure and dynamics of the summertime Pacific-Japan teleconnection pattern. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **132**, 2009-2030, doi:10.1256/qj.05.204.
- Nitta, T., 1987: Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **65**, 373-390.
- Satake, Y., M. Inatsu, M. Mori, and A. Hasegawa, 2013: Tropical cyclone tracking using a neighbor enclosed area tracking algorithm. *Mon. Wea. Rev.*, **141**, 3539-3555.
- Sato, H., and co-authors, 2024: Impact of an Unprecedented Marine Heatwave on Extremely Hot Summer over Northern Japan in 2023, *Sci. Rep.*, in press.
- Shimpo, A., and co-authors, 2019: Primary factors behind the Heavy Rain Event of July 2018 and the subsequent heat wave in Japan. *SOLA*, **15A**, 13-18.
- Takemura, K., S. Wakamatsu, H. Togawa, A. Shimpo, C. Kobayashi, S. Maeda, and H. Nakamura, 2019: Extreme moisture flux convergence over western Japan during the heavy rain event of July 2018. *SOLA*, **15A**, 49-54, <https://doi.org/10.2151/sola.15A-009>.
- Takemura, K., and co-authors, 2024: Preliminary diagnosis of primary factors for an unprecedented heatwave over Japan in 2023 summer. *SOLA*, **20**, 69-78.
- Watanabe, M., and M. Kimoto, 2000: Atmosphere-ocean thermal coupling in the North Atlantic: A positive feedback. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **126**, 3343-3369.
- Watanabe, M., and M. Kimoto, 2001: Corrigendum. *Quart. J. R. Met. Soc.*, **127**, 733-734.
- 気象庁, 2014: 平成 26 年 (2014 年) 8 月の不順な天候について～異常気象分析検討会の分析結果の概要～, <https://www.jma.go.jp/jma/press/1409/03b/ken-toukai140903.html> (令和 6 年 7 月 4 日閲覧) .
- 気象庁, 2018: 「平成 30 年 7 月豪雨」及び 7 月中旬以降の記録的な高温の特徴と要因について, <https://www.jma.go.jp/jma/press/1808/10c/h30-goukouon20180810.html> (令和 6 年 7 月 4 日閲覧) .
- 木本昌秀, 2016: 気候モデルの開発を通じた我が国の地球温暖化研究の推進と気候変動にかかわる社会への情報発信—2015 年度藤原賞受賞記念講演一. 日本気象学会誌「天気」, 63-10, 3-11.