

公益信託エスペック地球環境研究・技術基金

平成 21 年度 助成金研究報告書

地球温暖化によって台風水蒸気の起源海域は
どう変わったか？

How the origin of typhoon water vapor has been changed
affected by a global warming?

熊本大学大学院自然科学研究科

一柳 錦平

Graduate School of Science and Technology,

Kumamoto University

Kimpei Ichiyanagi

I. はじめに

近年では地球温暖化や都市化の影響で、局地的な豪雨によりゲリラ豪雨や地すべりなどの被害が多発している。その中には、台風の影響により南からの湿った水蒸気が多量に日本列島に流入する場合もある。また、2004年には大型で強い台風が日本に多く上陸し、多大な被害を与えている。温暖化が台風に与える影響についての数値実験は多く行われており（例えば、Sugi et al., 2002）、台風の発生数は少なくなるが、強い台風は多くなるという研究もある（Oouchi et al., 2006）。

台風は日本に多量の降水をもたらすが、熱帯で発生した台風が日本まで到達する間に潜熱エネルギーは次々と交換され得るので、その起源となる水蒸気はどの海域で蒸発したのか区別することは難しい。つまり、台風は発生域で取り込んだ水蒸気を高緯度まで輸送すると考えられるが、どの海域で蒸発した水蒸気が混合しているのか、何割が日本まで到達するのかなど、それを推定できる手法は確立していない。

そこで本研究では、鉛直1層の起源解析モデルを利用して、過去30年間における台風の水蒸気の起源を推定し、その経年変化および季節変化を明らかにすることを目的とする。将来的には、台風や集中豪雨など気象災害の予報精度の向上や、それに伴う被害の軽減が期待できる。その他、過去の台風の水蒸気フラックスとその起源海域を一般化することで、温暖化時における日本へのインパクト評価や、豊水年と渇水年の比較など、将来の水資源管理の基礎資料として役立つことが期待できる。

II. 解析方法

台風の経路・最低気圧・寿命（日数）の情報は、気象庁が公開しているベストトラックデータ（<http://www.jma.go.jp/jma/jma-eng/jma-center/rsmc-hp-pub-eg/besttrack.html>）を利用した。気象庁では「日本に接近した台風」と「日本に上陸した台風」の数に関する資料を公開しており、台風が上陸したかどうかにかかわらず、台風が中心がそれぞれの地域のいずれかの気象官署から300km以内に入った場合を「その地域に接近した台風」、台風が中心が本州、北海道、九州、四国の海岸線に達した場合を「日本に上陸した台風」として定義しているが、これでは範囲が広すぎて個々の台風の比較が難しい。

そこで本研究では、九州に影響を与えた台風として、北緯30°-35°、東経130°-135°の間を通過した台風をすべて対象とし、1979年から2009年までの89個の台風を選定した（図1）。台風がもたらした水蒸気量として、台風が中心が上記の領域に入った日の可降水量の領域平均値を用いた。台風の規模や到達するまでの日数によっても、台風がもたらす水蒸気量は異なると推定されるが、本研究では九州地方を対象として、比較的狭い範囲を通過する台風だけを対象として、その領域平均値を使用することにした。そのため、個々の台風がもたらす水蒸気量の違いは小さいと考えることができる。

水蒸気起源の推定にはColored Moisture Analysis (Yoshimura et al., 2004)を使用した。このモデルは鉛直1次元の全球輸送モデルであり、隣のグリッドに水蒸気が移流する際、起源ごとの水蒸気の比率を保存するように計算している。入力する外部気象データは気象庁と電力中央研究所の長期再解析データ（Japanese 25-year Reanalysis: JRA25）および、気象庁気候データ同化システム（JMA Climate Data Assimilation System: JCDAS）を利用した。水蒸気の起源とは、ある水蒸気が蒸発した地域（海域）を示しており、今回は日本付近を10地域に区分した（図2）。

III. 台風の経年変化

九州付近を通過した台風の経路図を図3に示す。1979-89年が24個、1990-99年が38個、2000-2009年が27個であり、1990年代が多い。経路の違いを見ると、1980年代には南シナ海で発生する台風は無いが、他の年代には発生している。また、2000年代は北緯10度未満の赤道地域では発生していないのが分かる。

次に、最低気圧と寿命を図4に示す。最低気圧は90年までは、900hPaより低い非常に強力な台風が多かった。長期的な傾向は認められないが、近年（2002年以降）は950hPaより低い強い台風が多い傾向が認められる。寿命についても、長期的な傾向は認められないが、近年は5日未満で消滅する短い台風は無いことが分かる。台風の通過数および、台風によってもたらされた可降水量を、図4に合わせて示す。通過数については、期間全体の平均は年間2.6個である。1984年、1988年、2000年は0個であり、1993年は7個、

2004 年は 8 個と多い。2000 年以降は多い年と少ない年の差が大きく、とくに 2 個以下と少ない年が多い。台風によってもたらされる可降水量は、僅かであるが増加傾向が認められる。

また、6 月から 10 月まで各月ごとに台風平均した可降水量の経年変化を図 5 に示す。台風の通過数の多い 7-9 月は増加傾向にあるが、通過数の少ない 6 月と 10 月は減少傾向を示している。それに対して、単純に月平均した可降水量の経年変化を図 6 に示す。その結果、どの月も顕著な傾向は認められない。台風平均と月平均を比較すると、可降水量の月平均値は顕著な増加傾向は認められないことから、台風によってもたらされた水蒸気量だけが增加している。この結果は、地球温暖化の影響によって強い台風が多くなるという従来の研究とも一致している。

さらに、台風によってもたらされる水蒸気の起源を推定するため、10 区分した地域から蒸発した水蒸気量の経年変化について考察する。各地域から蒸発した水蒸気が九州付近に到達した量の経年変化を図 7 に示す。その結果、東シナ海起源（図中の黄緑色）は顕著な増加傾向が認められる。また、太平洋中西部（オレンジ色）と南西部（赤色）起源では、90 年代以降に多い傾向が認められる。しかし、その他の起源については、顕著な増加傾向は認められない。このように、すべての水蒸気起源が増加しているのではなく、起源地域によって傾向が異なることが明らかとなった。

IV. 台風の季節変化

台風は季節によっても経路が異なるため、単純に比較はできない。そこで、6 月から 10 月までの台風経路を図 8 に示す。台風の通過数は、7 月が 16 個、8 月と 9 月が 23 個と多い。7 月と 8 月は個々の台風の経路が大きく異なるが、9 月と 10 月は北緯 10° から 20° 、東経 130° から 150° の海域で発生し、日本列島に沿って転向し、北太平洋に抜ける経路が多い。そこで、月ごとに台風平均と月平均の可降水量を比較した結果を図 9 に示す。7 月と 8 月は台風平均で 53-54 mm、月平均で 47 mm と可降水量が多い。6 月と 9 月は台風平均で 45 mm、月平均で 38-39 mm である。10 月は台風平均で 28 mm、月平均で 25 mm と可降水量が少ない。すべての月で台風平均の方が月平均よりも大きく、6 月から 9 月までは 6-7 mm の差がある。

次に、水蒸気の起源ごとに各月の台風平均と月平均の可降水量を比較した結果を図 10 に示す。その結果、東シナ海（黄緑色）と日本海（灰色）では、ほとんどの月で台風平均の方が月平均値よりも多い。また、太平洋北西部（黄色）と太平洋北東部（青色）では、6 月から 8 月までは台風平均が多いが、9 月と 10 月は月平均が多い。それに対して、南シナ海（紫色）では、すべての月で台風平均は月平均値よりも少ない。また、太平洋中西部（オレンジ色）と南西部（赤色）では 7 月と 8 月は台風平均が顕著に少なく、太平洋南東部（水色）でも 8 月と 9 月が顕著に少ない。このように、可降水量は月平均よりも台風平均値の方が多く、水蒸気の起源地域によっては月平均値の方が多く、地域もあることが明らかとなった。

V. まとめ

九州付近を通過した台風について、過去 30 年間の最低気圧、寿命、通過数、台風によってもたらされた水蒸気の可降水量の経年変化を明らかにした。また、鉛直 1 層の起源解析モデルを利用して水蒸気の起源を推定し、その経年変化および季節変化を明らかにした。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 台風時の可降水量は月平均値よりも多い。つまり、台風によって多くの水蒸気をもたらされている。しかし、時間空間的にバラツキがある。
- ・ 台風平均の可降水量は、熱帯・亜熱帯地域では月平均値より少ないが、逆にそれより北の地域では月平均値よりも多い。
- ・ 月平均の可降水量はこの 30 年間であまり変化していないが、7 月から 9 月までの台風平均の可降水量は増加傾向を示している。
- ・ 増加傾向を示すのは、東シナ海起源、熱帯・亜熱帯太平洋起源のみで、他は顕著な傾向は認められない。

謝辞：本研究で使用した台風の経路情報は、気象庁台風センターより公開されているベストトラックデータを利用しました。また、数値モデルに入力する外部気象データは気象庁と電力中央研究所の長期再解析データ（JRA25）と気象庁気候データ同化システム（JCDAS）を利用しました。本研究を進めるにあたり、公益信託エスベック地球環境研究・技術基金（エスベック環境研究奨励賞）からの助成をいただきました。ここに感謝いたします。

参考文献

- Nakazawa, T., 2001: Suppressed tropical cyclone formation over the western north Pacific in 1998. *J. Met. Soc. Jpn*, 79(1), 173-183.
- Oouchi, K., J. Yoshimura, H. Yoshimura, R. Muzyta, S. Kusunoki, and A. Noda, 2006: Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric model: Frequency and wind intensity analyses. *J. Met. Soc. Jpn*, 84(2), 259-276.
- Sugi, M., A. Noda, N. Sato, 2002: Influence of the global warming on tropical cyclone climatology: An experiment with the JMA Global Model. *J. Met. Soc. Jpn*, 80(2), 249-272.
- Kei Yoshimura, Taikan Oki, and Kimpei Ichiyanagi (2004): Evaluation of two-dimensional atmospheric water circulation fields in reanalyses by using precipitation isotopes databases. *Journal of Geophysical Research*, 109, doi:10.1029/2004JD 004764.

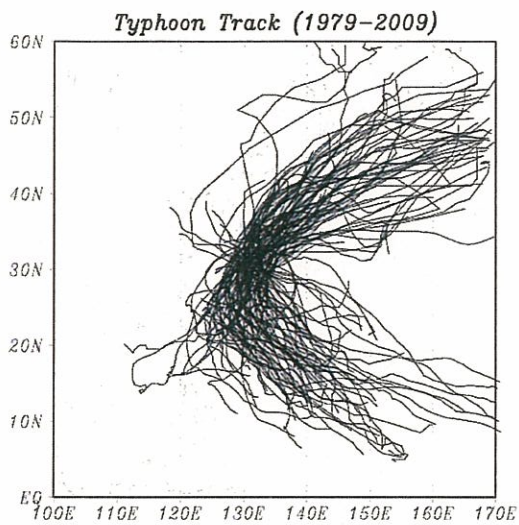


図 1 : 九州付近を通過した台風の経路.

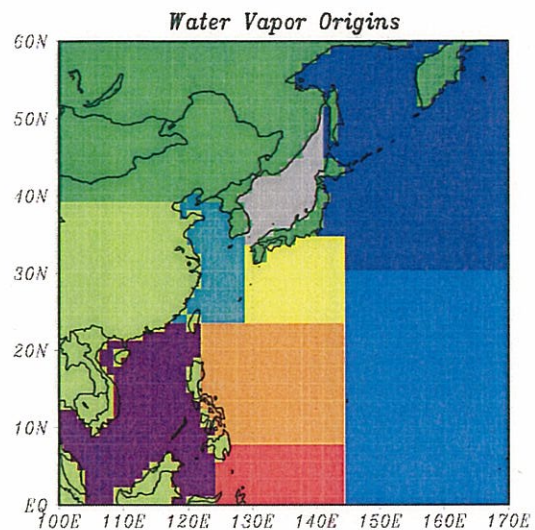


図 2 : 水蒸気の起源区分.

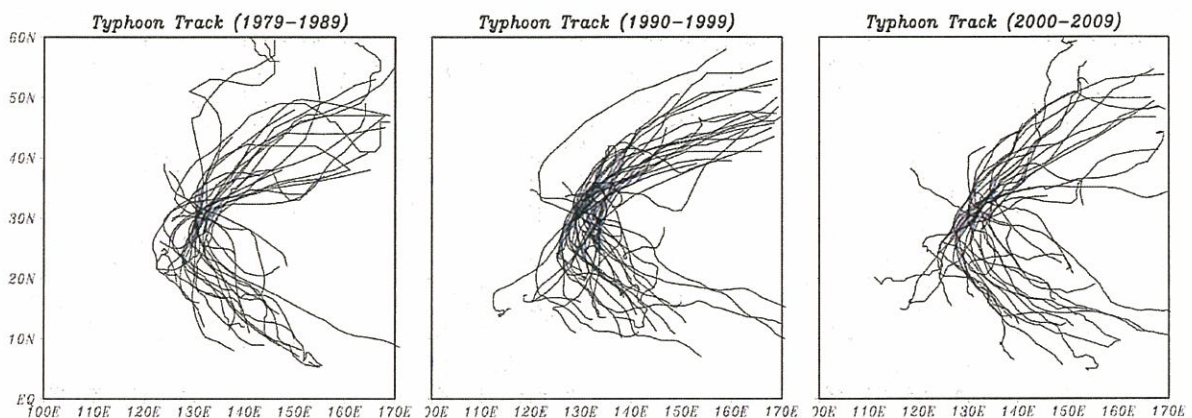


図 3 : 九州付近を通過した台風経路の 10 年ごとの変化.

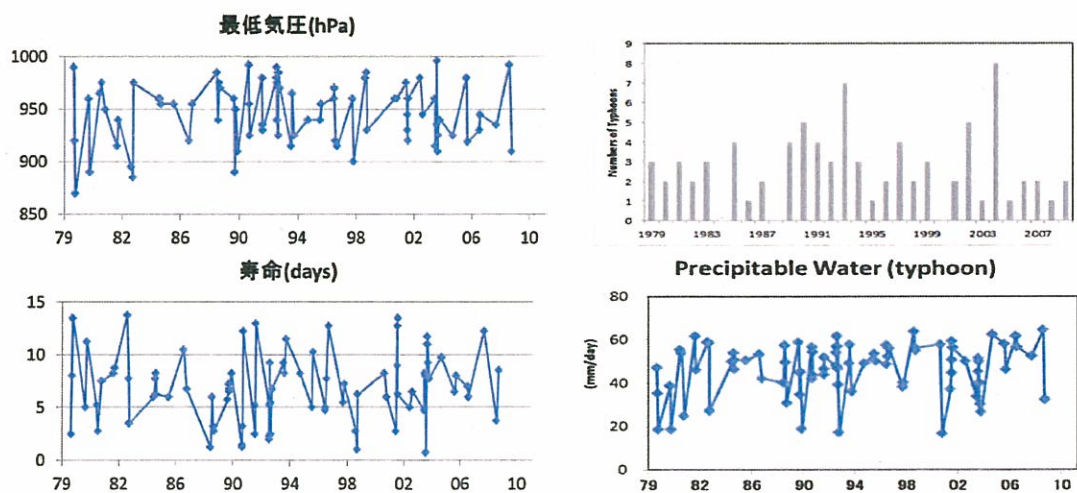


図 4 : 台風の最低気圧, 寿命, 通過数, 可降水量の経年変化.

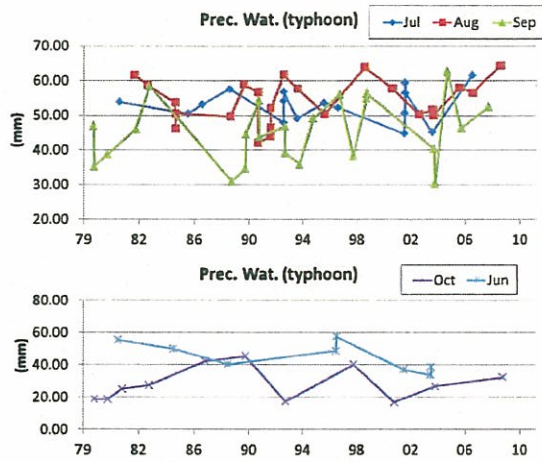


図 5：台風平均した可降水量の経年変化.

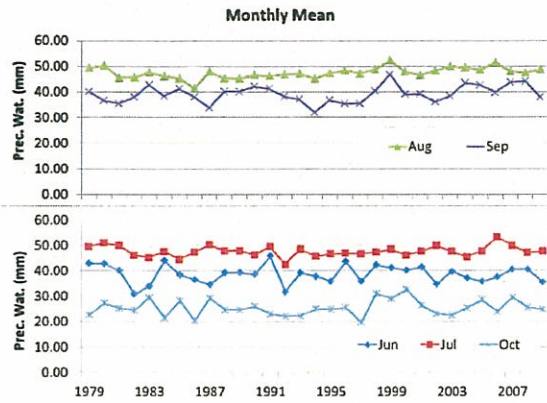


図 6：月平均した可降水量の経年変化.

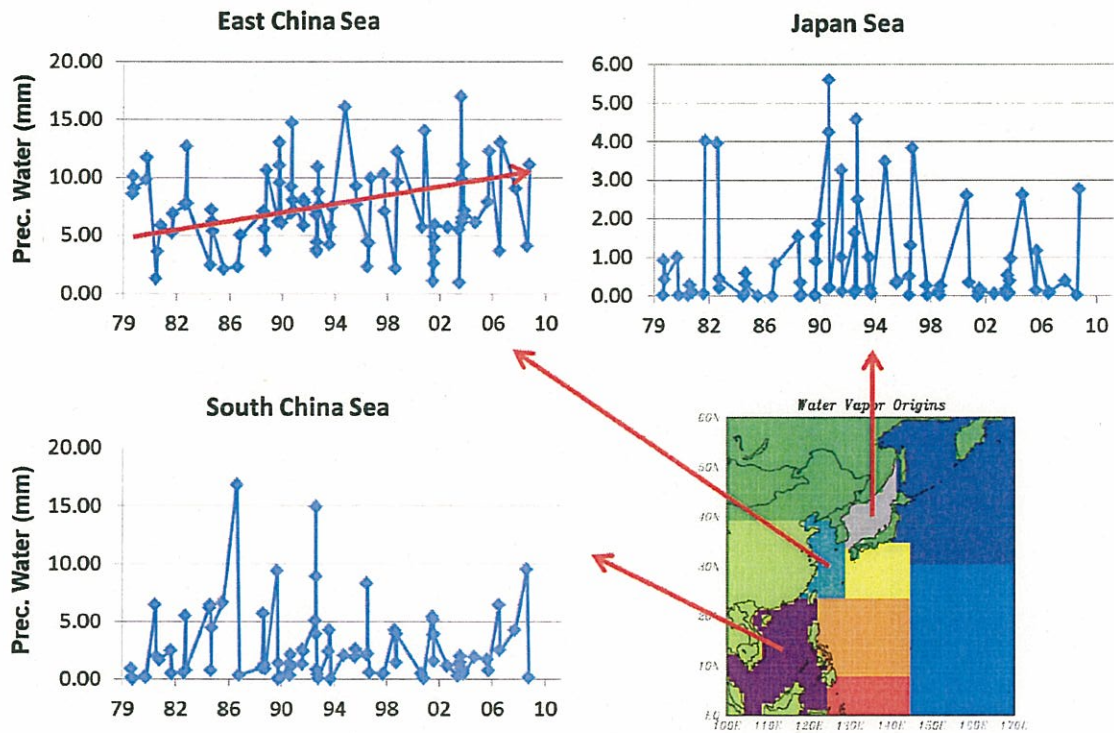


図 7：各地域から蒸発した水蒸気の経年変化.

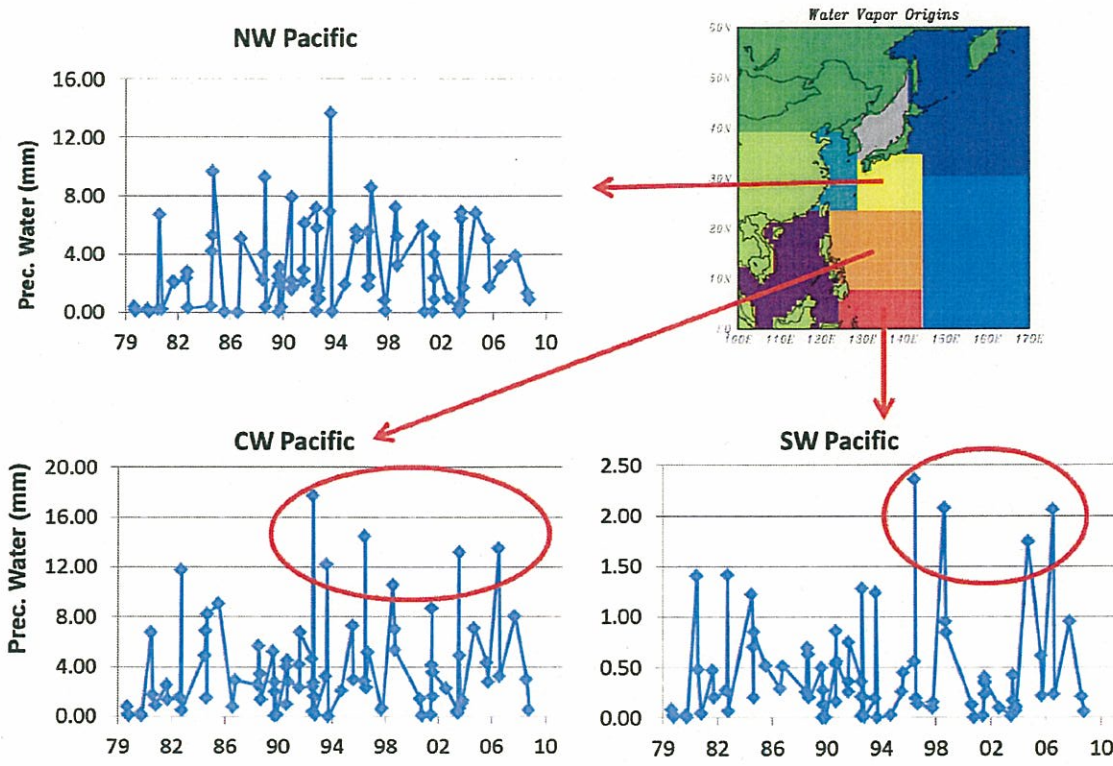


図 7：各地域から蒸発した水蒸気の経年変化（続き）.

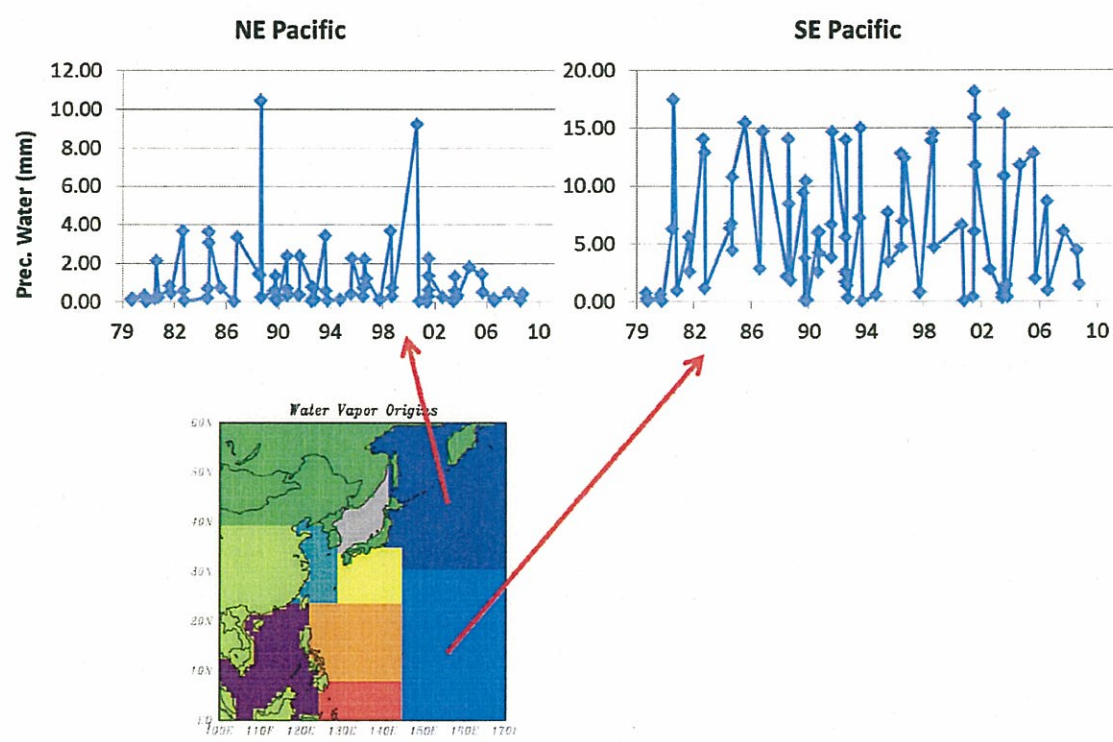


図 7：各地域から蒸発した水蒸気の経年変化（続き）.

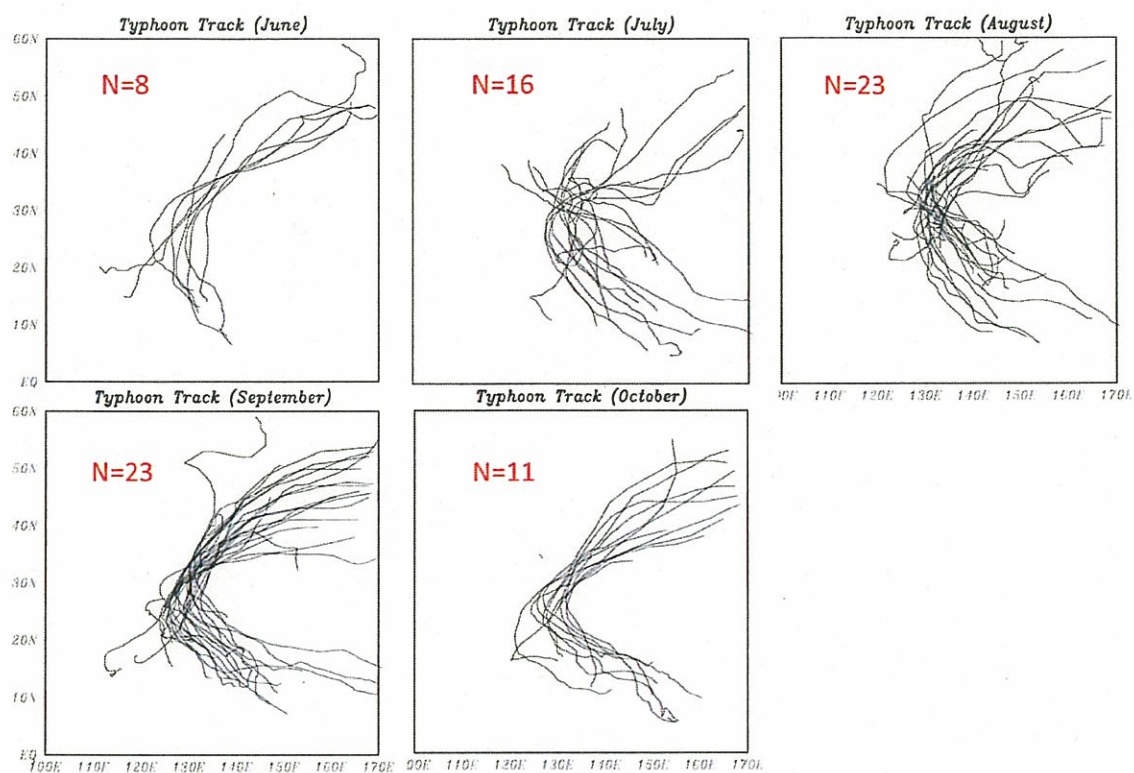
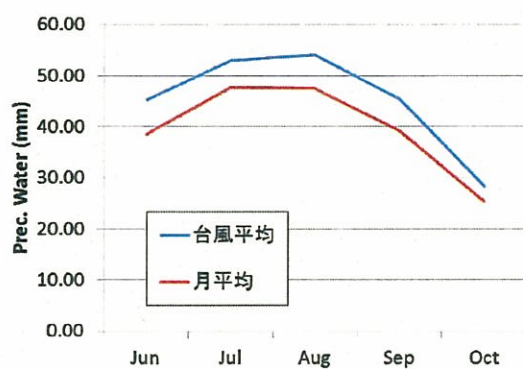


図 8 : 6 月から 10 月までの台風経路.



Typhoon	Prec. Wat. (mm)
Jun	45.23
Jul	53.00
Aug	54.07
Sep	45.37
Oct	28.25

Monthly Mean	Prec. Wat. (mm)
Jun	38.61
Jul	47.66
Aug	47.48
Sep	39.18
Oct	25.41

図 9 : 各月ごとに台風平均と月平均した可降水量の比較.

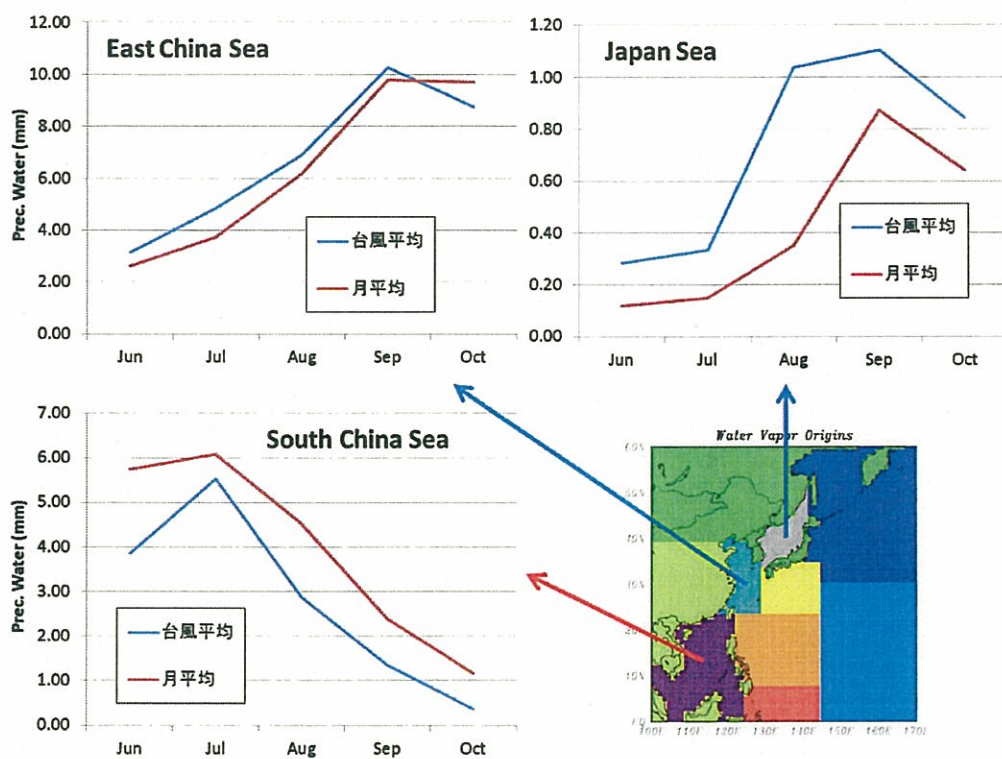


図 10：各地域から蒸発した可降水量の台風平均値と月平均値の比較。

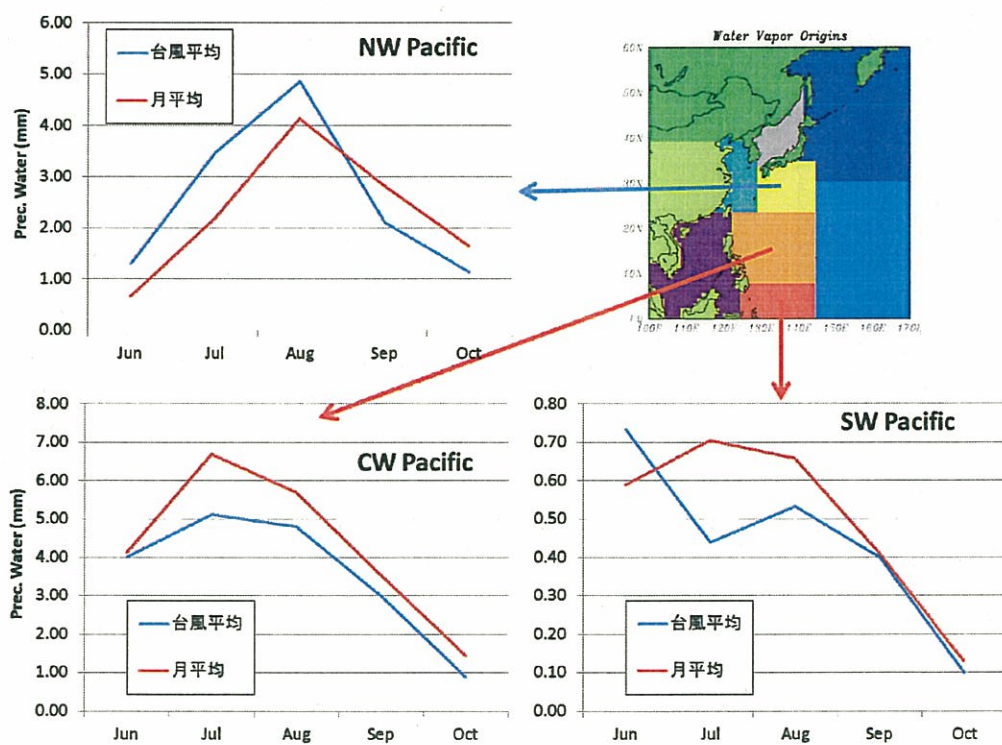


図 10：各地域から蒸発した可降水量の台風平均値と月平均値の比較（続き）。

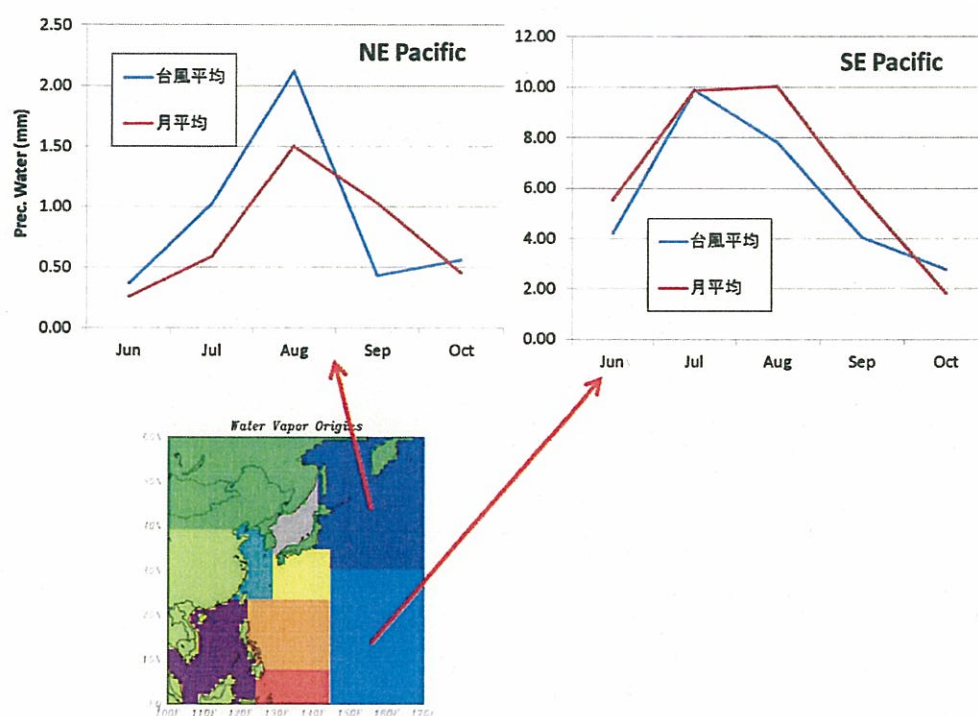


図 10：各地域から蒸発した可降水量の台風平均値と月平均値の比較（続き）。