

近年の気候変動サイクルにおける 日本の豪雨回数の変化*

須田滝雄** 朝倉 正*** 松下 眞****

要 旨

北半球高緯度の気温の変化には約80年のサイクルが見られる。日本各地において80年以上の雨量観測値が得られるもので、上記気温の80年サイクル変化に伴って、豪雨回数の変化が現われているかどうか解析してみた。

年間豪雨回数（各地点でその平年降水量の5%以上の日降水量が観測された回数）の経年変化は、地点により異なる型を示し、寒冷時代に多発する型、温暖時代に多発する型、および不規則な型に分けられる。そして、各型の分布は地域的にまとまっていることが分かった。

温暖時代型の典型は関東地方南部に見られ、寒冷時代型を示す地域をあげれば次のとおり広い地域に亘っている。

紀伊半島、能登半島および津軽海峡を結ぶ線の両側、約200kmないし300km幅の地域。

以上の結果に基づき、今後の豪雨回数増減の大勢を予測することができる。

1. はしがき

豪雨回数が経年的に増加傾向にあるか否かは防災上重要であり、それを予測できれば有益である。わが国の豪雨についてはすでにいくつかの研究がある。福井(1972)は、ある地点の日雨量がその地点のその年の年雨量の10%以上あった場合を豪雨として、各地点の豪雨回数の経年変化の長期傾向を地方別に求めた。それによると、対象期間内では、北日本と山陰地方では減少傾向を示したが、他の地方ではいずれも増加傾向にあったという。水越(1958, 1965)は、各地の1950年までの資料により、年間を3つの季に分けて各季における経年変化の傾向を調べ、6月～7月は全国的に増大型が多いが12月～5月には主に太平洋側で減少型が多いことを指摘した。著者ら(朝倉・松下, 1973)は、各地点の日雨量について、その地点の年雨量の平年値の5%を超えるものを豪雨と定義して、観測開始以来1970年までの年々の豪雨回数を

67地点に亘って調べ、長期傾向を地点別および地方別に求めた。

従来の研究は日本の豪雨の経年変化について貴重な情報を提供してくれるが、これら研究は概してある地点あるいは地域の豪雨回数が近年増加しているか減少しているかの傾向を見ることに重点が置かれ、増加地域あるいは減少地域の分布について、気候変動と結びつけた研究は少なかった。

著者らは、今回豪雨回数の経年変化は気候変動に伴うものであるとする立場から、主として前回の資料を用いて解析を行なった。すなわち、気候変動は気温や降水量の変化だけでなく豪雨回数の変化にも現われるはずであるから、その実体を明らかにして、その回数の将来の予測などに役立てようとするものである。

2. 解析の考え方

数十年程度のサイクルの気候変動について、最近約100年間の状況を見ると、北半球高緯度では1880, 90年代は低温でその後上昇に転じ1940年頃高温のピークに達した後下降に向かい、1960年代にはそれまでの平均値を下廻るようになった(ブディコ, 1974; 朝倉, 1975)。高緯度の寒冷化あるいは温暖化は、日本付近では北海道で約20年、中部日本で約25年遅れて現われることが、過去約400年に亘って確かめられている(須田, 1974,

* Variation of Frequency of Heavy Rainfall in Japan relating to the Recent Cycle of Climatic Change.

** T. Suda, 岐阜大農学部

*** T. Asakura, 気象庁長期予報課

**** M. Matsushita, 気象庁図書資料管理室

—1977年11月4日受領—

—1978年5月18日受理—

1976). 事実, 1940年頃の高緯度の気温のピークは日本では1960年頃現われている. このように, 位相の相違はあるが北半球高緯度したがって日本の気候にも約180年および80年の周期変化が見られる. 近年の北半球寒冷化はこのサイクルの太陽活動(地磁気活動度および黒点数の変化)に基づくもので, 今後当分続くと予測される(須田, 1975). 今後の予測は別として, 北半球の気温は前世紀の終わり頃から近年にかけて約80年のサイクルで変化したことは確かである. 高緯度の寒冷化あるいは温暖化は気温の南北差にひびき, 大気大循環が変わるから雨の降り方も変わり, その変わり方は地域によって異なるはずである. したがって, 上記の80年サイクルの気温の変化に伴って日本における豪雨回数も約80年サイクルを描くものと推定される. その模様を明らかにしようというわけである.

各地の豪雨回数の経年変化に大小さまざまなサイクルの変化が重なっていても, その中に約80年のサイクルが認められた場合, それは前記の気候変動に伴うものと見なして解析を進める.

3. 解析方法

豪雨は, 梅雨末期によく現われる前線性のもの, 雷あるいは台風によるものなどで, その機構が異なるから, 原因別の回数の経年変化を調べることが本稿の目的に沿うためにはもっとも適切な方法である. 少なくとも暖候期と寒候期に分けて解析することが望ましいが, 日本全体について見ると, 6月~10月にほぼ90%の豪雨が起きているので(朝倉・松下, 1973), 第1段階として年間豪雨回数の経年変化を取り上げた. したがって, この調査は暖候期の豪雨回数を対象としたものと考えてよからう.

(1) まず, 各地点の豪雨回数の5年移動平均を求め, その経年変化グラフを描いた. その特性を記すと,

(a) 各地点のグラフは近接地でも大きくパターンを異にしていることが多い. すなわち, 豪雨回数の経年変化は地域性がきわめて大きい.

(b) しかし, 約80年のサイクルに着目すると多くの地点にそれが現われている.

(c) そのほかに, 22年, 11年, 18年の周期変化が著しい地点も多く, また各地点にかなり振幅の大きい非周期変化も見られるが, 本稿では約80年周期の気候変化に対応するものを対象としているので, 今回はこれ以外の変化はすべてノイズと見なして解析を進める.

(2) 次に, 次式による N_r の値を各地点ごとに求め

て, 寒冷時代と温暖時代における豪雨回数の相違を示す指標とした.

$$N_r = \frac{N_c}{N_w} \times 100$$

ここに, N_c : 寒冷時代における平均の年間豪雨回数,
 N_w : 温暖時代における同様な値である.

N_r が100%以上であれば, その地点の豪雨は寒冷時代に出現しやすく, 100%以下であれば温暖時代に出現しやすいことを意味する.

ここにおいて, 寒冷時代および温暖時代を決めるのは高緯度における気温変化によるか, 日本付近のそれによるか, いずれが適当であるかが問題であるが, 高緯度における寒冷化あるいは温暖化が大気大循環のパターンに影響し, それが日本の豪雨の出現にもひびくと考えられるので, プディコ, 朝倉によって求められた高緯度における気温変化に基づき寒冷時代と温暖時代を決めることにする. こうして決めた N_c と N_w から N_r を求めるためには, 80年サイクルの2~3倍の期間の資料が得られれば理想的であるが観測値がない. 観測値が得られそうなものとして次のように仮定することができる.

寒冷時代 1885年~1915年, 予測される次のサイクルにおけるものとして1965~1995年.

温暖時代 1925年~1955年.

上記の期間内でも豪雨回数の得られない時期がある. よって本稿では, 上記期間内で観測値の得られる時代, 寒暖両ピークに着目して次のように定めた.

寒冷時代: 1896年~1904年の9年間および1964年~1970年の7年間 計16年間.

温暖時代: 1936年~1944年の9年間.

なお, N_c , N_w とともに2~3か年の欠測がある地点については近接地点の値を準用するか, 上記より短期間の平均をとって代用した.

4. 解析結果

前式によって求めた各地点の N_r より, まず, 次のようにその地点の豪雨の経年変化の型を決めた.

寒冷時代型 (寒冷時代に豪雨が多発する型):

$$N_r > 145\%$$

温暖時代型 (温暖時代に豪雨が多発する型):

$$N_r < 65\%$$

不規則型: $145\% \geq N_r \geq 65\%$

次に, 不規則型の中で N_r が145%よりもやや小さい地点については豪雨回数の経年変化を調べて, 明らかに80年サイクルで寒冷期に回数が多いものは寒冷時代型と

第1表 地点別豪雨出現回数の変化の型および位相。

- (I) 寒冷時代型 ($N_r > 145$ および経年変化グラフより決めたもの, ●印)
- (II) 温暖時代型 ($N < 65$ および, // " " " ○印)
- () は不正確な値

(I)			(II)		
地点	位相 (谷の現われた年)		地点	位相 (山の現われた年)	
旭川	(1930)		根室	○	1940
札幌	1945		釧路		1935
函館	1943		寿都	○	(1950)
青森	1947		水戸		1933
秋田	(1933)		銚子	?	
宮古	1945		東京		1933
新潟	(1929)		横浜		1935
金沢	?		下関		1945
福井	1936		福岡		(1949)
松本	(1945)		長崎		1940
前橋	● (1940)		宮崎	○	(1946)
熊谷	● (1943)		浜田	○	1948
岐阜	1935		平均		1941.3
名古屋	1939				
津	1936				
京都	?				
彦根	1933				
和歌山	1943				
高知	● 1939				
徳島	1936				
平均	1938.7				

し、また N_r が 65% よりやや大きい地点については同様の方法で温暖型を捨い出した (第1表)。

次に、各地点における変化の位相 (寒冷時代型については谷の現われた年、温暖時代型については山の現われた年) を経年変化グラフより求めた (同表)。各地点の位相にバラつきがあり、これが何に基づくかは明らかにすることはできないが、平均をとってみると、寒冷時代型では谷は1938.7年で、温暖時代型では山は1941.3年になっている。このことは、寒冷時代あるいは温暖時代を高緯度の気温変化より決めたことが適当であったことを示すものと考えられる。すなわち、日本の豪雨の出現は、高緯度気温のピーク (1940年頃) の頃、出現が少なくな

る寒冷時代型と、多くなる温暖時代型に分かれていることを知る。

こうして求めた2つの型の各2例を第1図に掲げた。みに、宮古と和歌山における回数の相関係数を求めると、 $+0.47$ ($N=84, \alpha \ll 0.005$) となる。

不規則型には種々のタイプがあり、年々の変化がきわめて小さいもの、60年以下のサイクルが卓越するもの、あるいは一方的に減少 (甲府) または増加 (境、岡山、熊本) するものなどがある (その例を示せば第2図)。

寒冷および温暖時代型の地点の中間においては、寒冷時代、温暖時代ともに豪雨が多発するようなことも起こり得るわけで、ここでは回数変化のサイクルは約40年になる。また、一方的に増加あるいは減少している地点では、80年より長いサイクル (たとえば180年) の気候変動に伴う豪雨回数の変化が顕著に現われており、それを部分的に見ているのかも知れない。これらの検討も興味あるが、後の機会に譲る。

以上によって定めた各型の地理的分布を見ると、各型は次のとおり地域的にまとまっている (第3図)。

寒冷時代型域：紀伊半島、能登半島および津軽海峡を結ぶ線をはさむ約200kmないし300kmの帯状地域。この内、経年変化曲線で見ると、紀伊半島付近および東北部においてこの型の変化が顕著である。

温暖時代型域：関東南部、玄海灘沿岸、日向灘沿岸および北海道東部。この内の、関東南部でこの型の変化が顕著である。

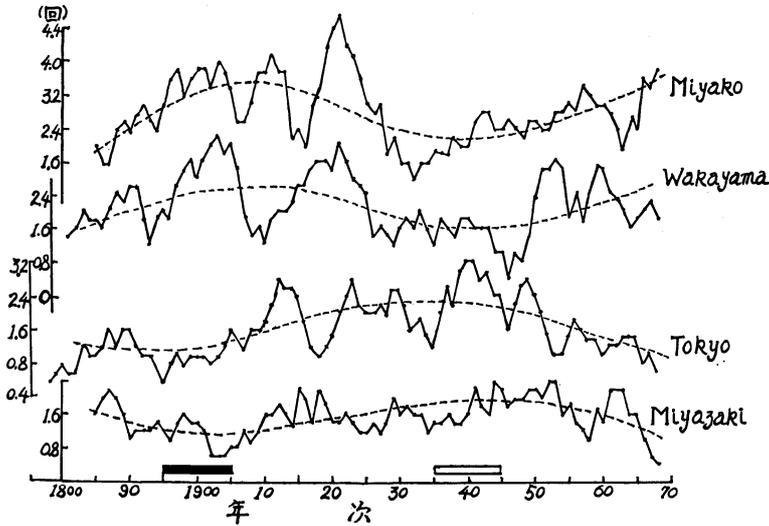
5. 解析結果の検討と将来の予測

豪雨回数の経年変化の型 (寒冷時代型あるいは温暖時代型) の地理的分布が第3図のようになるメカニズムを解明するには、さらに次の解析を行なう必要がある。

(1) 前述のように、本稿の豪雨の定義は、基準値として「年降水量の平均値」を採用したが、日本海沿岸では冬季の降雪量が多いためこの定義によると暖候期の豪雨がかなりの程度隠れてしまう。よって、この地方の豪雨回数の経年変化を精確に知るためには基準値として「暖候期の降水量の平年値」を採用して調べる必要がある。

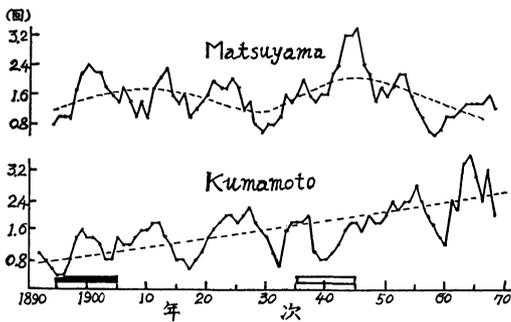
(2) 季節別に本稿と同様な調べを行ない、豪雨の原因別に、それらが気候変動によりどのような経年変化をするかを調べる必要がある。

以上のように不十分な点があるので、第3図に掲げた豪雨回数の経年変化の型の分布について、いまの段階では十分な動気候学的解釈はできないが、二、三気付い



第1図 豪雨出現回数の変化の型の例, 5年移動平均.

■ : 北半球高緯度寒冷ピーク (80年サイクルの)
 □ : 同 温暖ピーク (")
 上2例は寒冷時代型 (寒冷時代に多発する型)
 下2例は温暖時代型 (温暖時代に多発する型)
 破線はフリーハンドで大勢を示したもの.



第2図 第1図と同様, ただし不規型の例.

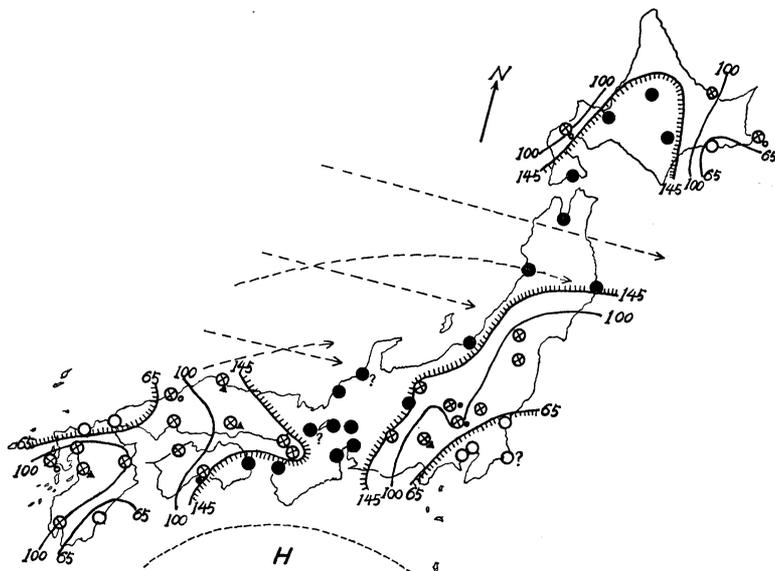
た点を記してみる.

夏期の上層風の例として8月の300mb模様を見ると, 潮岬沖に中心を持つ高気圧があり, 日本海沿岸や東北地方北部はこの高気圧からの西南西風 (暖気) と高緯度に根源を持つと考えられる西北西風 (寒気) が交錯する地域に当たっている (須田, 1972). 第3図の分布が生ずるのは, この高気圧が関係しているように考えられる. この高気圧はヒマラヤ山系の上層偏西風に対する影響によって形成されるものと推測される (須田, 1972). 寒

冷時代と温暖時代では大気大循環のパターンが相違するから, 上層風の強さやそのヒマラヤ山系に対する相対的な方向が異なる. したがって, 同山系の地形効果の現われ方も異なる. いま, 寒冷時代にはこの高気圧が発達しやすく温暖時代には発達しにくいと仮定すれば, 第3図の分布を説明できる. しかし, これには推定部分が多いので, 前述のような豪雨回数の定義についての不備の点を改めて解析を行ない, また, 潮岬沖の上層高気圧についても種々な状況の場合の動向を調べた上で結論しなくてはならない.

前述のように, 北半球高緯度は, 1960年代に寒冷時代に入り日本付近にも寒冷化が次第に及んできていると考えられるが, 事実1976年の日本の夏は冷涼であった. この年の台風17号の動きは誠に珍しいものであったが, それに伴う豪雨の範囲は第3図の寒冷時代型の分布と酷似している.

このような動き方をする台風は寒冷時代に現われやすいのかも知れない. この考え方を助けるものとして, 1976年からちょうど80年前の寒冷時代にもこの台風ときわめてよく似た動きをした台風があった. すなわち, 1896年 (明治29年) の9月5日から12日に亘るもので,



第3図 80年サイクルの気候変動に伴う豪雨発現回数の変化の型の分布, 1896~1970.

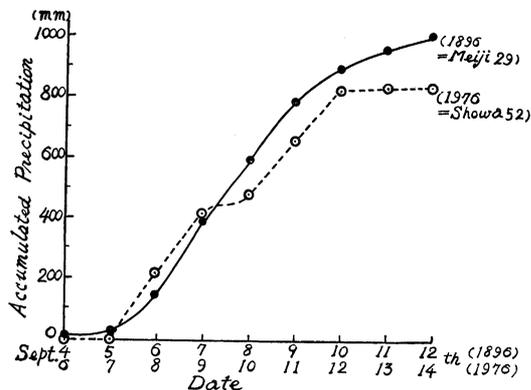
北半球高緯度における約80年サイクルの気温変化の寒冷時代に多発する型(寒冷時代型)と温暖時代に多発する型(温暖時代型)および不規則型の分布.

- : 寒冷時代型 (本文中 $N_r > 145$ の型)
- ? : $N_r > 145$ だが経年変化グラフよりは不明瞭のもの
- ⊗ : 寒冷時代型 ($N_r < 145$ だが経年変化グラフは明瞭なもの)
- : 温暖時代型 (本文中 $N_r < 65$ の型)
- ⊗ : " (豪雨回数の経年変化グラフより決めたもの)
- ⊗ : 不規則型 ($145 \leq N_r \leq 65$)
- ⊗▲ : " (豪雨回数の経年変化が直線的に増または減を示しているもの)

破線矢印は暖候季における平均的な高層風, H は高層の高気圧を示すもので, 第5節の説明のためのもの.

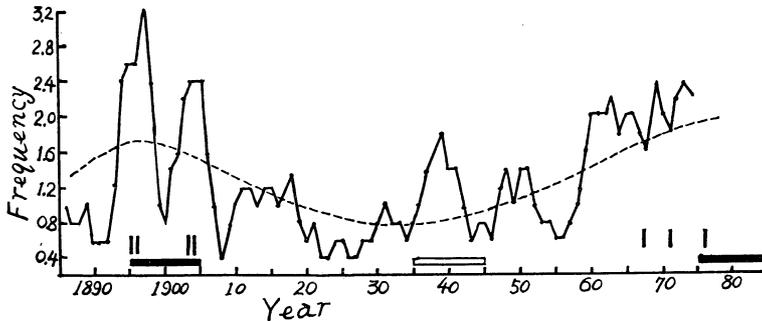
豪雨の分布も17号の場合によく似ている。この台風の経路が17号台風より約500km東に偏っていたので、豪雨の範囲も東に偏っていたが(近畿地方から北関東)、滋賀や岐阜県の総雨量は17号の場合を凌ぐものであった。詳細は別の論文(須田, 1939, 1977)に記したが、岐阜における日雨量の積算曲線についての比較図を同論文より転載すると、雨量の時間配分まで両者が似ていることが分かる(第4図)。

このような珍しい台風は、約100年間に2回しか起こらなかった。そして2回とも寒冷時代に起こったことは偶然ではないように思われる。もとよりサンプルが少なく断定することはできないが、寒冷時代および温暖時代における大気環流の相違と結びつけて解析するに値する興味ある現象として指摘したい。



第4図 80年目の超大雨(豪雨の連続), 岐阜における例(須田, 1977).

日雨量の積算値曲線.



第5図 第1図上段の例と同じ、ただし、岐阜における1976年までのもの。
|印は年間4回以上豪雨が出現した年を示す。

本稿では、1970年までのデータを扱ったが、その後60年のデータが集積されているから、これによって、その後各地点の豪雨の回数が第3図に示す型から期待されるとおりのものとなったかどうか知りたいところである。これについては、本節の(1)(2)に記した調べを行なう機会があれば、1971年以降に延長して解析し確かめたい。ただ、ここに岐阜における例を掲げる(第5図)。1971年には5回、1976年には4回も豪雨が出現しており、曲線は、1975年～1985年の北半球高緯度の寒冷化ピークと予想される時代に向かって増大しつつある模様を示している。

今後の予測

以上により、今後の日本の各地域における暖候期の豪雨回数の増減の傾向を予測してみる。

80年および180年サイクルによる寒冷時代が今後20年～30年続くという予想を前提として、

(1) 増加傾向の地域

北海道中部および南部、東北地方北部、北陸地方、中部地方、近畿地方、紀伊半島、四国東部。

(2) 減少傾向の地域

北海道東部および北部、関東地方南部、九州東部および北部、中国地方西部。

(3) その他の地域は区々。

6. 結論

約80年サイクルの北半球高緯度の気温変化(気候変動)に伴って日本における豪雨回数も変化するという推定のもとに解析を行ない、次の結果を得た。

(1) 日本各地における豪雨回数の経年変化は寒冷時代型(北半球高緯度の寒冷時代に多発する型)、温暖時代型(同温暖時代に多発する型)、ならびに不規則型に分けられる。

(2) 上記の型の分布は地域的にまとまっていることが分かった。

(3) このような分布を示す機構について、動気候学的解釈を試みた。

(4) 以上により各地域の今後の豪雨回数の増減の大勢を予測した。

謝辞

終わりに、資料についてお世話になった岐阜地方気象台の沢田防災業務課長および同村瀬防災気象官に深謝する。また関根勇八博士をはじめ本誌編集委員の有益なご教示に対し深甚の謝意を表したい。

文献

- 朝倉 正, 1975: Understanding of Climatic Change, A Program for Action, National Academy of Science, U.S.A.
- 朝倉 正, 松下 眞, 1973: 日本における豪雨回数の長期傾向, 災害科学研究所気象部会刊, 1~157.
- ブディコ, 1976: 地球の温暖化, Метеорология И Гидрология, No. 7, 16~26.
- 福井英一郎, 1972: 日本における豪雨型と最近70年(1901~70)の豪雨出現回数の経年変化, 地理評, 43, 1~2.
- 水越允治, 1958: 日本における降水量極値の分布—とくに最大日降水量について, 地理評, 31, 86~94.
- , 1965: 日本における降水量の極値について, 地理評, 38, 447~460.
- 須田滝雄, 1974: 太陽面低緯度黒点数の気象への影響とその気候変動予測への応用, 近年における世界の異常気象の実態調査とその長期見通しについて, 気象庁刊, 248~262.
- , 1976: 太陽黒点の予言, 地人書館, 143~148.
- , 1975: 1966年に激変した太陽活動の体制とその気候に及ぼす影響について, 天気, 8, 427~

431.

—1972: 台風および温帯低気圧の発生に及ぼすヒマラヤの地形的影響, 研究時報, 24, 505~506および505~508.

—1977: 異常気象の頻発と気候変動, 水利科学, 113, 2~5.

須田滝雄, 沢田照光, 1939: 大雨の量とその継続日数, 天気と気候, 6, 157~161.

気象集誌論文 への アドバイス

気象集誌論文へのアドバイスを始めるにあたって

「気象集誌」は、日本気象学会の公式学術誌として、かなりよく国の内外にゆきわたるようになってきました。今後いっそう「気象集誌」の内容を充実させ、日本の気象学界の水準を正しく伝え、研究活動の現状を忠実に反映させるべく、「集誌」編集委員会では努力しています。

そうした目標を達成するためにも、掲載論文の英語または日本語の文章が正しく書かれ、研究成果が正確に伝

達される事が必要です。

「天気」編集委員会では、内外の会員の方約20名にお願いして、「集誌」の文章改善のために卒直できたんのない意見を求めました。同時に、具体的な文章改良のポイント、頻度の高い誤まり、論文執筆上の注意などの教示も依頼しております。

到着次第、コメントを掲載していく方針です。

In response to your letter of May 20, I have noticed a distinct improvement in the editorial quality of articles published in English in the Journal of the Meteorological Society of Japan over the past decade. Many recent articles are indistinguishable, in terms of editorial style, from those appearing in American journals. The few remaining stylistic deficiencies are so minor and subtle, that in order to eliminate them you would probably need to have some help from a person who grew up speaking English, and who has had considerable experience in technical writing. Frankly, I am not sure that such a major effort and expense would be justified.

Sincerely,

John M. Wallace / in
John M. Wallace

(米・ワシントン大学)