

修正箇所について

当初公開された PDF では、p.18 第 7 図の左右の図が入れ替わっていました。

この PDF は、2015 年 10 月に該当箇所を修正し再公開したものです。

2004年10月後半の台風23号に伴う 日本列島での広域の降水（台風18号と比較して）

A case study on the rainfall distribution over the Japan Islands associated with the approach of Ty0423 in late October (Comparison with that for Ty0418)

佐竹愛 (Ai SATAKE) *, 加藤内藏進 (Kuranoshin KATO) **,
盛宣誠 (Yoshinori MORI) ***, 合田泰弘 (Yasuhiro GODA) ***,
池田祥一郎 (Shoichiro IKEDA) ****, 塚本修 (Osamu TSUKAMOTO) *****

Rainfall distribution in the Japan Islands associated with the approach of Typhoon No.23 around 20 October 2004 (referred to Ty0423, hereafter) showed considerably different features from those in late summer of this year. The present study examined the detailed rainfall features around the Japan Islands brought by Ty0423 and the atmospheric processes based on the operational observation data by the Japan Meteorological Agency (JMA), comparing with those in association with Ty0418 around 7 September 2004.

During the stage when Ty0423 was approaching or landing on the western part of the Japan Islands, the areal mean precipitation from Kyushu to Kanto District attained much larger than that for Ty0418, with wider extension of the area with the large amount of precipitation. It is interesting that, although the intense rainfall was observed only at the upstream side of the mountain range from Kyushu to Honshu District for Ty0418 except for the area near its center, strong rainfall with 10~30 mm/h persisted in wider regions from the western to the eastern part of the Japan Islands, resulting in the considerably large total rainfall for Ty0423.

As for the case for Ty0423, the surface front with stable frontal surface was located just to the east of the Ty0423 center just before its landing at the Japan Islands. Thus, the huge moisture inflow mainly in the eastern region from the typhoon center seems to be redistributed widely over the Japan Islands area associated with the large-scale convergence around the stable frontal surface. In late October, the colder air associated with the high pressure system in the eastern Siberia can cover the northern part of the Japan Sea area as the seasonal march. Such basic field might be favorable for sustaining the synoptic-scale front just around the southern coast of the Japan Islands, even when the strong southerly wind invades associated with the typhoon approach there.

Keywords: Ty0423, Ty0418, rainfall in Japan associated with a typhoon in mid-autumn, effects of a typhoon on the synoptic climatology in Japan in October

I. はじめに

日本列島付近の秋の降水に及ぼす台風の影響は大きい。しかも、台風の規模だけでなく周りの場との関係も降水分布に大きな違いをもたらす要因となる。

例えば、台風本体やその周辺のレインバンドによる降水はもちろんであるが、日本列島が台風と太平洋高気圧とに挟まれた状況において、その東西の気圧傾度に伴う地衡風の南寄りの風に対応して、九州東部や四国、紀伊半島等の太平洋側に面した斜面で地形性の降水も見られる（片岡 2007；関口 1965）（本稿でも後

述するように、台風 18 号に関しては、そのような特徴が見られた。また、日本の地形性降雨に関連した降水の気候学的特徴に関しては、二宮(1977)等も参照)。加藤(2007)も、そのような状況を、瀬戸内と四国の太平洋側との気候学的な降水差を生み出す日々の顕著なイベントの一つのタイプとして注目している。

一方、日本列島に秋雨前線が停滞し、かつ南西諸島付近に台風が存在する際には、台風の東側の太平洋高気圧との間で地衡風の強い南風が秋雨前線に吹き込み、それに伴う多量の降水が秋雨前線付近で見られ

* 岡山大学理学部地球科学科卒業生 (Faculty of Sciences, Okayama University)

** 岡山大学大学院教育学研究科理科教育講座, 〒700-8530 岡山市北区津島中 3-1-1

*** 同上, 修了生

**** 岡山大学大学院自然科学研究科 (現在, 岡山通運株式会社)

***** 岡山大学大学院自然科学研究科

** Corresponding author. Graduate School of Education, Okayama University, Okayama, 700-8530, Japan

る場合も少なくない (Yoshikane and Kimura 2005 ; 加藤 1997 ; 加藤・中山 2006 ; 盛・加藤 2009)。

ところで、2004 年には、日本列島に台風が 10 個も上陸した (気象庁 2006)。そのうち、台風 23 号 (Ty0423) は、かなり秋が深まった 10 月 20 日に上陸した。その台風 23 号に関連した降水の特徴は、前述のようなタイプの降水分布とはかなり特徴が異なっていた。8 月～10 月にかけては、東アジアにおける大規模大気場の季節遷移も大きい。従って、このような大規模場の季節遷移は、季節が 1 ヶ月程度違うだけで、日本列島に接近・上陸する台風に関連した降水分布に大きな差異を与え得るであろう。

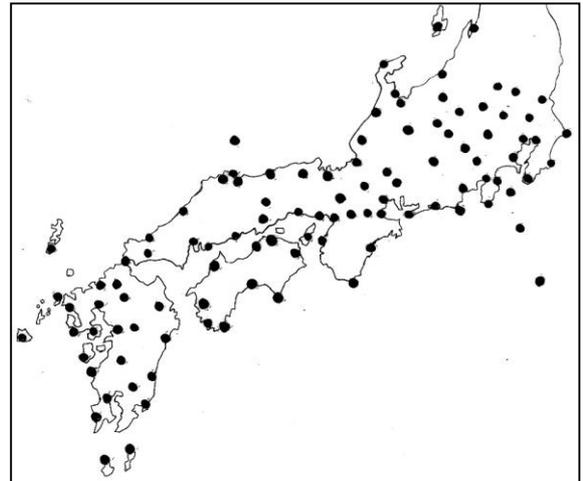
台風 23 号接近時には、後述のように、かなり広域でまとまった降水が見られた。台風 23 号に関連した降水について、気象庁(2006)も、その被害状況との関連で詳細に報告したが、季節の進行の位置づけの中での広域での降水の特徴に関する記述は、必ずしも十分ではない。また、Kitabatake (2010, 2011), Kitabatake and Bessho (2008)は、日本列島に上陸する台風の温帯低気圧化へのステージの位置づけから、2004 年の台風 18 号と 23 号の違いについても議論した。しかし、東アジアの季節進行の中での位置づけも意識しながら、台風だけでなくその周辺場のシステムとの関連の中での降水の特徴に関する記述も興味深い。

そこで本研究では、台風 23 号接近時の日本列島での降水について、2004 年の 9 月初めに上陸し、同様な中心気圧や規模を持ちながらも、かなり異なった降水分布をもたらした台風 18 号と比較しながら解析を行った。なお、本稿では、時刻は特に断らない限り、日本標準時 (JST) で表示した (これから 9 時間引いたものが UTC 表示に対応)。

II. データ

本研究で使用したデータは次の通りである。

- (1) 第 1 図に示す気象官署 104 地点における 1 時間降水量
気象庁年報 CD-ROM に収録された SDP (日時別編集データ) ファイルより抽出して利用した。
- (2) 気象庁 HP に掲載されたアメダス観測点の 1 時間降水量
- (3) 気象庁天気図 CD-ROM。地上・高層の各天気図が収録
- (4) 台風ベストトラックデータ (気象庁)
各台風について、日付、緯度経度、中心気圧、最大風速、暴風域や強風域の半径、階級などが基本的に 6 時間ごとに収録されている。台風の中心気圧、最大風速等の変化等の概況の把握のために利用した。
- (5) 高層観測生データ (ワイオミング大学 HP より)



第 1 図 前 1 時間降水量の解析に用いた地上気象官署 (黒丸)。但し、富士山は除いた。

III. 2004 年の台風 18 号と 23 号の経路や日本列島での降水に関する概況

第 2 図に示されるように (気象庁 2006)、台風 18 号は 9 月 5 日に大型で非常に強い勢力で沖縄本島北部を通過した。その後、東シナ海を北上し、進路を北東に変え 7 日 09 時 30 分 (JST) ごろ長崎市付近に上陸して九州北部を横断した。7 日午後には山陰沖に達し、日本海を加速しながら北東に進んだ。暴風域を伴ったまま 8 日朝には北海道西海上を北上し、8 日 09JST に温帯低気圧化した。

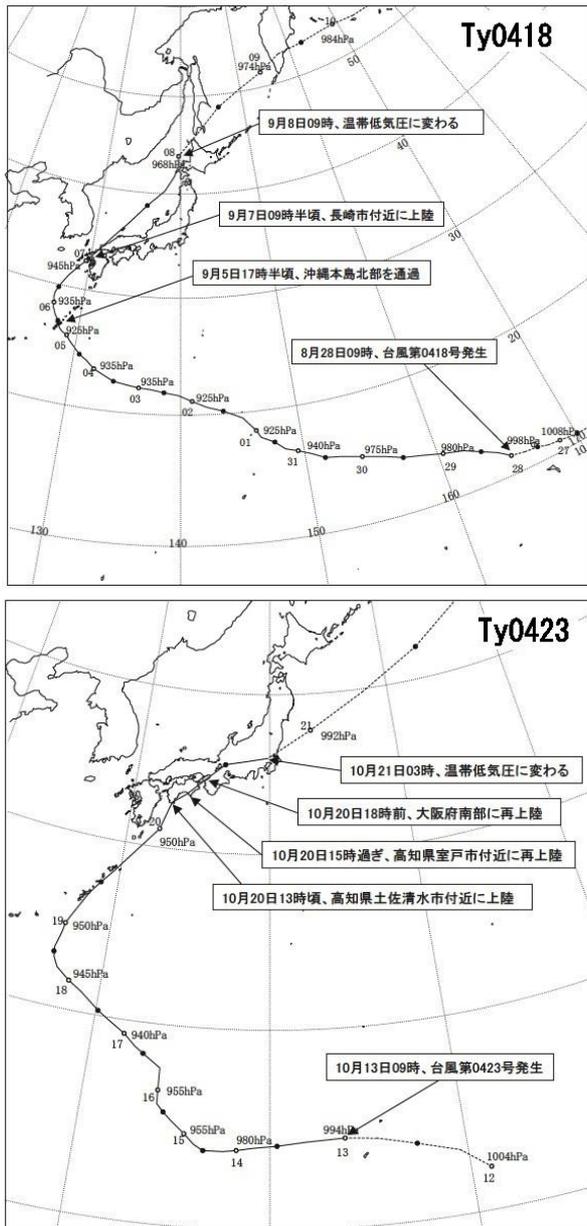
第 1 表 2004 年台風 18 号と 23 号の進路に基づくステージ区分。なお、各ステージの期間については、「前 1 時間降水量」を参照した時刻を示す (従って、例えば台風 18 号のステージ③に関する降水量の、実際の集計期間は、9 月 7 日 05JST～19JST に対応する)。

台風	ステージ	期間 (月日と時刻)
18 号	①	9 月 5 日 21JST～6 日 19JST (5 日 12UTC～6 日 10UTC)
	②	9 月 6 日 20JST～7 日 05JST (6 日 11UTC～6 日 20UTC)
	③	9 月 7 日 06JST～7 日 19JST (6 日 21UTC～7 日 10UTC)
23 号	①	10 月 19 日 00JST～19 日 22JST (18 日 15UTC～19 日 13UTC)
	②	10 月 19 日 23JST～20 日 05JST (19 日 14UTC～19 日 20UTC)
	③	10 月 20 日 06JST～20 日 16JST (19 日 21UTC～19 日 07UTC)

一方、台風 23 号は、10 月 13 日 09JST にマリアナ諸島近海で発生し、18 日 18JST 頃には大型で強い勢力となって沖縄の南海上を北上した。19 日には沖縄本島から奄美大島沿いに進み、20 日 13JST 頃、大型の強い勢力で高知県土佐清水市付近に上陸した。その

後、20日15JSTすぎに室戸市付近に再上陸し、更に18JST前に、大阪府南部に再上陸して近畿地方・東海地方に進み、21日03JSTに温帯低気圧化した。

そこで本研究では、それぞれの台風が南西諸島付近に位置していた時期をステージ①、西日本に向かっていった時期をステージ②、中国・四国地方に接近・上陸する前後の時期をステージ③とし（第1表）、それぞれの台風におけるステージ③での日本列島での降水の特徴について詳しく議論した。

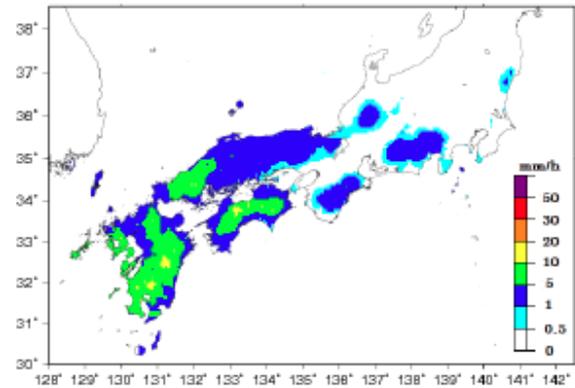


第2図 台風経路図。気象庁(2006)より引用。(上段)2004年台風第18号。(下段)2004年台風第23号。○印は傍に記した日の09JST、●印は21JSTの位置を示す。熱帯低気圧から台風へ変わった日時、及び、台風から温帯低気圧へ変わった日時も記してある。

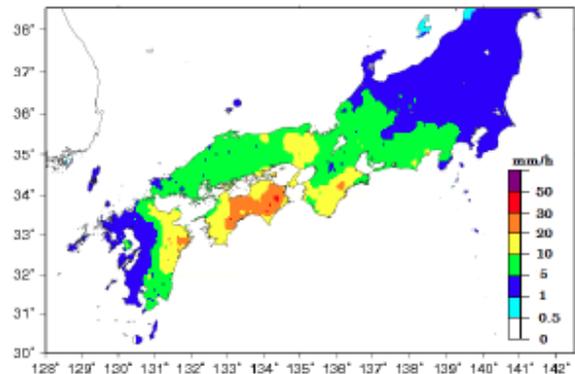
また、気象庁HPの「災害をもたらした気象事例」に掲載された解説によれば、台風18号時には、最大瞬間風速が広島で60.2 ms⁻¹、札幌で50.2 ms⁻¹を記録する等、これまでの記録を更新するような猛烈な風が各地で観測された。期間降水量については、台風18号に関して9月4日～8日の、23号に関して18日～21日の総降水量分布図も、そのHPに掲載されていた。それらの図によれば（本稿では掲載略）、台風18号時には、九州や四国等の一部で極端に降水量が多かったものの、総降水量100mm未満の地域も広く分布していた。一方、台風23号時には、四国地方や大分県で総降水量が500mmを超えただけでなく、近畿北部や東海、甲信地方で300mmを超える等、広範囲で大雨となり、九州～関東にかけてほぼ全域で総降水量が100mmを超えていた。

(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2004/20040904/20040904.html> , 及び , 同/[20041018/20041018.html](http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2004/20041018/20041018.html)。2013年12月11日に再参照)

PR (mm/h) Ty0418 Stage ③ (07 Sep. 06~19JST)



PR (mm/h) Ty0423 Stage ③ (20 Oct. 06~16JST)



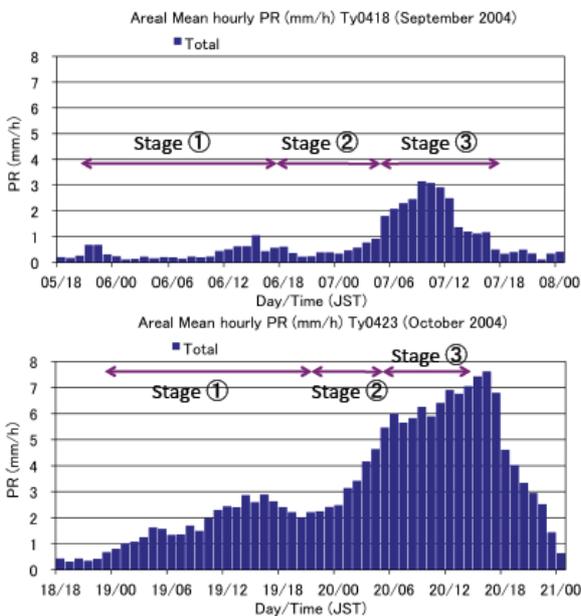
第3図 ステージ③における全アメダス観測地点に基づく平均降水量分布 (mm/h)。上段が台風18号、下段が台風23号。凡例は図中を参照。なお、表示した時刻の期間は、前1時間降水量データの集計に用いたマップタイムを示す（つまり、実際の降水量は、例えば上段は05～19JSTの平均になる）。

このような特徴は、アメダス観測点（気象官署の10倍前後の観測点数あり）に基づくステージ③で平均した降水量分布からも分かる（第3図）。

IV. 時空間集中性でみた降水の特徴

(1) ステージ①～③における関東以西の日本列島で平均した時間降水量の時系列

第4図は、第1図の黒丸で示す関東以西の気象官署で平均した時間降水量の時系列(mm/h)を示す。また、第2表は、第1図の黒丸で示す気象官署について、前1時間降水量の各ステージ・領域での平均値と標準偏差、及び、この標準偏差を平均値で割った比を示す。



第4図 第1図の黒丸で示す全気象官署で平均した1時間降水量の時系列(mm/h)。グラフの棒は、該当する時間帯の範囲に示す。横軸の時刻は、日/時(JST)で示した。上段：台風18号，下段：台風23号で、各台風におけるステージ①～③の期間も図中に示した。

第2表 第1図の黒丸で示す全気象官署における前1時間降水量について、領域・ステージ平均値(平均PR, mm/h), 標準偏差(σ , mm/h), 標準偏差/平均の比(σ/PR)を示す。

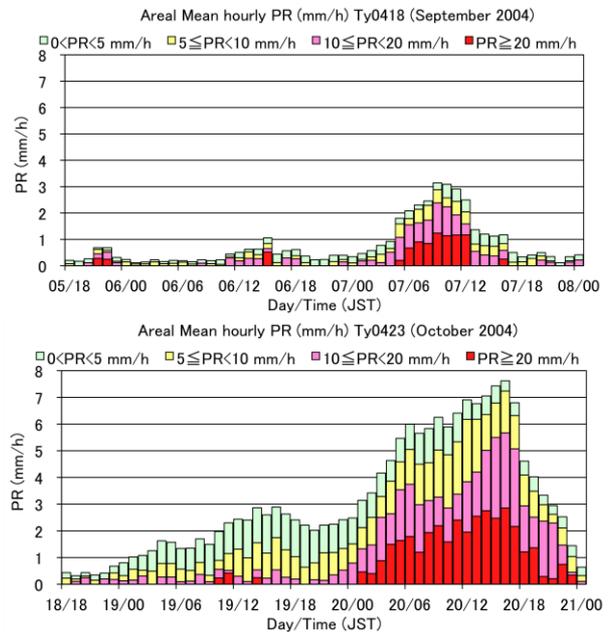
台風	ステージ	平均 PR (mm/h)	σ (mm/h)	σ/PR (無次元)
18号	①	0.39	2.07	5.37
	②	0.47	1.67	3.56
	③	1.86	5.24	2.83
23号	①	1.86	2.64	1.42
	②	3.21	4.74	1.47
	③	6.33	8.17	1.29

いずれの台風においても、台風が日本列島付近に接近・上陸していたステージ③において降水量が多かったが、その値は台風23号の方が3倍ぐらい大きかった。

た。しかも、台風18号の場合には、ステージ①、②、③を通して平均降水量に対する標準偏差の比も、台風23号に比べて大きかった。つまり、台風18号時には広域平均の降水量は少ないものの、特定の地域にのみ集中して多量の降水があったことを示している。

それに対して台風23号では、その比は、どのステージにおいても1.4程度の値であった。つまり、広域平均の降水量が台風18号の時よりもかなり多かっただけでなく、地点間の降水量のばらつきは小さく、どの地域でもまんべんなく比較的大きな降水があったことになる。

(2) ステージ③における降水の時空間的な集中性と総降水量(階級別時間降水量の寄与)



第5図 第4図と同じ領域で平均した階級別1時間降水量が領域平均降水量に占める寄与の時系列(mm/h)。横軸の時刻は、日/時(JST)で示した。上段：台風18号，下段：台風23号。凡例は各図の上端を参照。

第3表 ステージ③で集計した総降水量(時間降水量 mm/h の単位で表示)と、10 mm/h 未満、10 mm/h 以上のそれぞれの降水の寄与(mm/h), 及び、各時刻において該当する前1時間降水量が観測された地点数のステージ③での平均。第4図と同じ地点のデータに基づく。

台風	階級	降水量(mm/h)	地点数 (104地点中)
18号	総降水量	1.86	32.2
	10 mm/h 未満	0.71	25.6
	10 mm/h 以上	1.14	6.6
23号	総降水量	6.33	88.1
	10 mm/h 未満	2.56	67.8
	10 mm/h 以上	3.77	20.3

第5図は、第4図と同じ領域で平均した階級別前1時間降水量が領域平均降水量に占める寄与の時系列を、それぞれの台風について示したものである。台風18号、台風23号ともに、ステージ③における降水量の増加は、10 mm/h以上の強い降水の寄与の増加を反映していた。また、ステージ③における台風23号時の総降水量が台風18号時よりも大きかったのも、10 mm/h以上の強い降水による寄与の大きさのためだと分かる。

ところで、第3表に示されるように、台風23号でのステージ③の場合、関東以西の日本列島上で降水が観測された地点は、平均すると毎時88.1地点ある。これは、全104地点のうち約84.7%になる。しかも、10 mm/h以上の降水も、平均すると毎時20地点で観測されており、全104地点のうち19.5%にも達する。これらの地点数は、台風18号が日本列島付近を北上していた時期（ステージ③）に比べて、それぞれ3倍程度も多い。

つまり、ステージ③での領域・時間平均した総降水量や10 mm/h以上の降水の寄与が、台風23号時に18号時よりもかなり大きかったのは、10 mm/hを超えるような強雨域、及び、10 mm/h未満のいわば『普通の雨』の持続する領域とともに、台風18号時の3倍ほども広がったためであることが分かる。

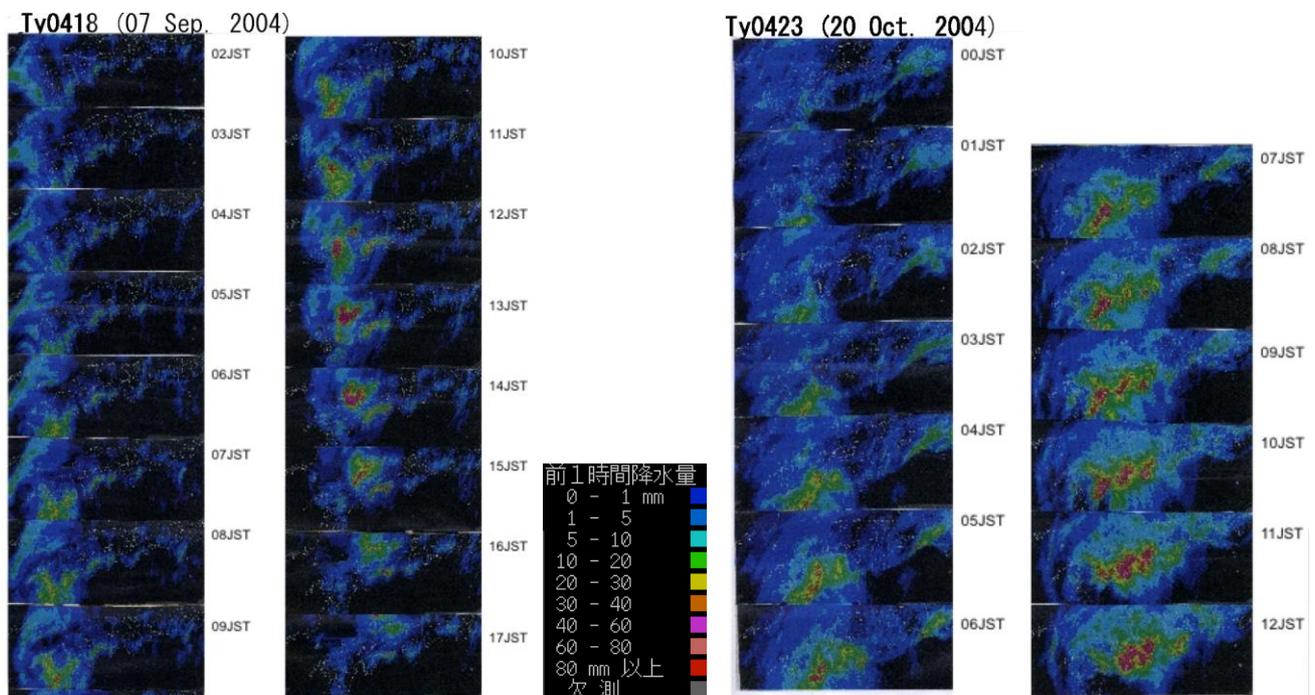
(3) ステージ③における降水の時空間的な集中性と総降水量（強雨域の時空間分布の特徴）

次に、(2)で述べた降雨域の時空間的広がりや具体的特徴について、レーダーアメダス合成図や前1時間降水量の時系列等を参照しながら吟味する。

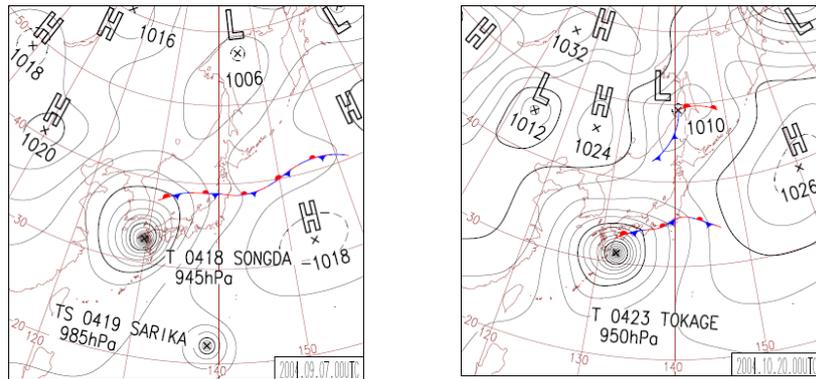
第6図は、両台風におけるステージ③前後のレーダーアメダス合成図（前1時間降水量）を短冊状に切って並べたものである（国際気象海洋（株）のHPに掲載された画像をもとに作成）。また、ステージ③に対応する天気図例も第7図に示す（台風18号：9月7日09JST、台風23号：10月20日09JST。気象庁天気図CD-ROMに基づく）。

台風18号時における5～10 mm/hあるいは10 mm/h以上の降水域は、台風中心よりも東方で南寄りの風が吹いていたと考えられる太平洋に面した斜面や（台風が九州に接近する以前から見られる九州山地東側、四国や紀伊半島などでの降水域）、台風本体の通過に伴って見られるが、その空間的広がりには限定されている。

更に詳しく見れば、10月20日04JST～08JST頃までは、数10 mm/h以上の領域がメソβスケール程度の比較的狭い範囲に集中していたのに対し（これでも、台風18号の同等な強雨域に比べると狭くない）、09JST以降は四国全域、中国地方・九州・近畿地方くらいの広がりを示すようになった。特に11JST、12JSTには前1時間降水量30 mm/h以上の領域がほぼ一様な強度分布で東西に300 km、南北に200 km程度も広がっている点は興味深い。



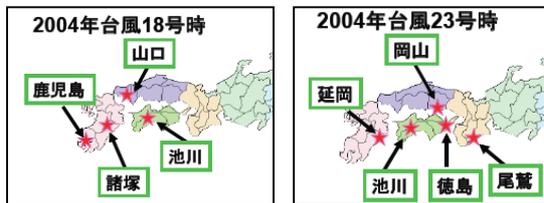
第6図 台風18号（左）、23号（右）のステージ③前後の時間帯について、1時間ごとのレーダーアメダス合成データを短冊状に切って並べたもの（気象庁による。前1時間降水量分布（mm/h））。国際気象海洋（株）のHPにリアルタイムで掲載された画像より図を作成。凡例は図中を参照。



第7図 ステージ③における地上天気図例。左：台風18号（2004年9月7日09JST(00UTC)）、右：台風23号（2004年10月20日09JST(00UTC)）。気象庁天気図CD-ROMに基づく。

一方、台風23号の場合には、ステージ③になると（特に20日07JST頃以降）、近畿～九州東部にかけての殆どの地域で、5 mm/h以上の降水が見られた。従って、これらの地域では、ステージ③に対応する約10時間程度の中に、最低でも全域で5 mm/h × 10 = 50 mm程度の降水となり得る。またその中に、10 mm/h以上の降水域も、東西500 km以上、南北にも200 km程度の広がりを持って持続していた。そのような領域での平均降水量が20 mm/h程度であるとすれば、ステージ③の10時間程度の中に、合計で約200 mm程度の降水が広範囲で生じ得たわけである。

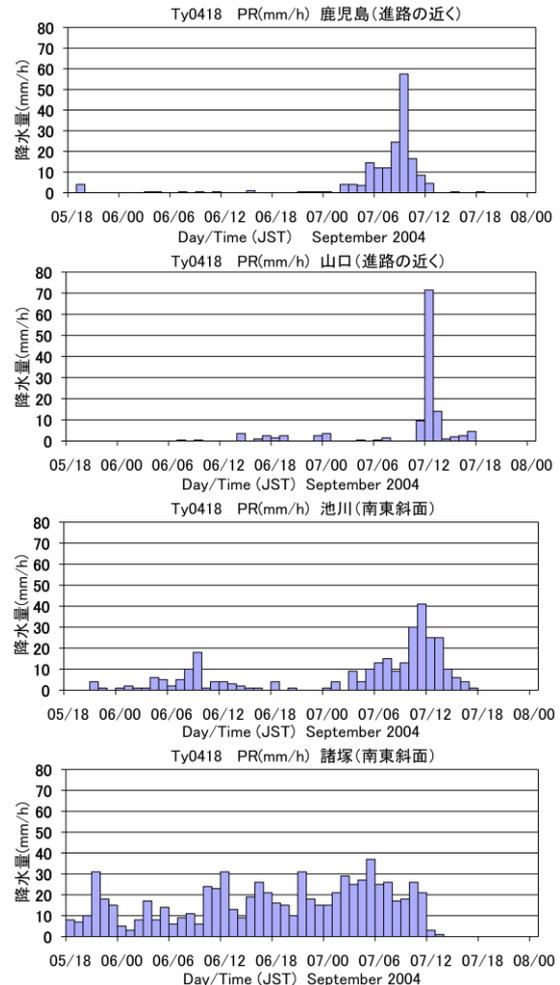
降水は、時間的・空間的に限定された集中性のものであったことが分かる。



第8図 第9図、第10図に示す地点の位置。左が台風18号、右が台風23号時の時系列として例示。

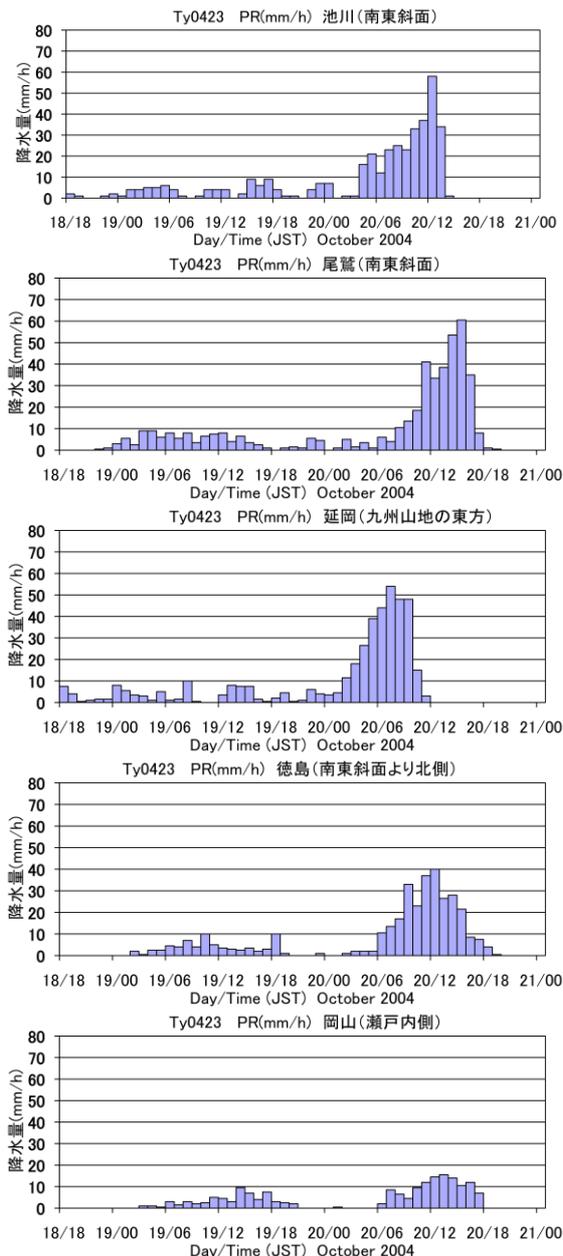
次に、第8図に示す各地点における前1時間降水量の時系列を、台風18号、台風23号について、第9図、第10図にそれぞれ示す。台風18号時に特に降水が多い地点は、台風の進路近く（鹿兒島・山口など）及び南東斜面（池川・諸塚など）に限られていた。しかも、台風の進路に近い地域で降水量が特に大きな値をとるのは台風接近時に限られていた。つまり、ごく短時間に降水が集中していたことになる。

一方、台風本体の東側での南風成分の吹いてくる方向に向いた斜面に対応する地域では、20～30 mm/h程度の強い降水が、台風接近時のみでなくステージを通して持続していた。例えばその中でも、諸塚のように、9月4日00JST～7日24JSTの4日間の総降水量も905 mmと飛び抜けて多くなった地域もあった。しかし、岡山のような台風接近時の卓越風の風下側の平地での降水量は小さかった。つまり、台風18号時の強い



第9図 台風18号時の第8図に示す地点における時間降水量の時系列例 (mm/h)。前1時間降水量データに基づくが、グラフの棒は、第4図、第5図と同様に、該当する時間帯の範囲に示した。

台風23号時には、多少の地域差はあるものの、例示したどの地点においても、ステージ③を中心に10mm/hを超える強い降水が持続していた。興味深いことに、ステージ③での降水は、台風の通過前後に限定されているわけではなく、また、南東斜面にあたる地域のみで限定されているわけではなかった。しかも、10mm/h～数10mm/hに達する強い降水が、台風18号時に比べて広範囲の地域で持続した点が注目される（第6図も併せて参照）。



第10図 第9図と同様。但し、台風23号時。

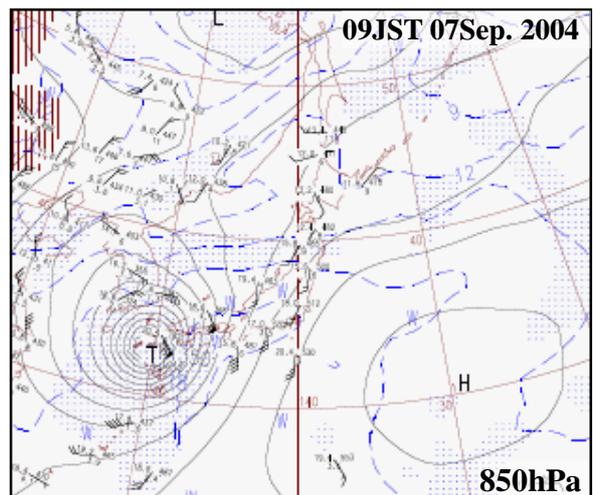
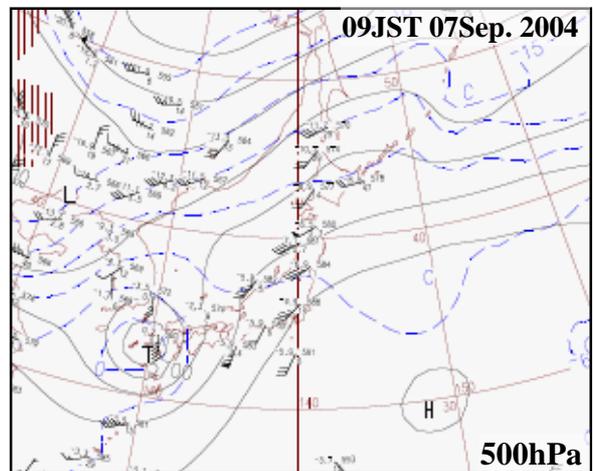
以上のように、台風23号時のステージ③では、台風の進路付近とか南東斜面というような特殊な地理

的要因によらず広い範囲でかなりの強雨が持続し、ステージ③の10時間ほどに限定しても総降水量100mmを超えた地域が広がった、という特徴に注目する必要がある（第5図下段、第3表の10mm/h以上の地域の広がりに対応）。

V. 台風接近時の日本列島付近での大気場

ステージ③の第7図に対応する時刻における850hPaと500hPa面での天気図を、台風18号について第11図に、23号について第12図に、それぞれ示す。

台風18号時には、地上の秋雨前線は九州・中国四国よりかなり北方の38～39N付近に位置し、西日本は前線へ向かう強い南寄りの地衡風となる気圧配置であった（第7図左。また、第11図の850hPa、500hPa面でも、南寄りの風が卓越）。

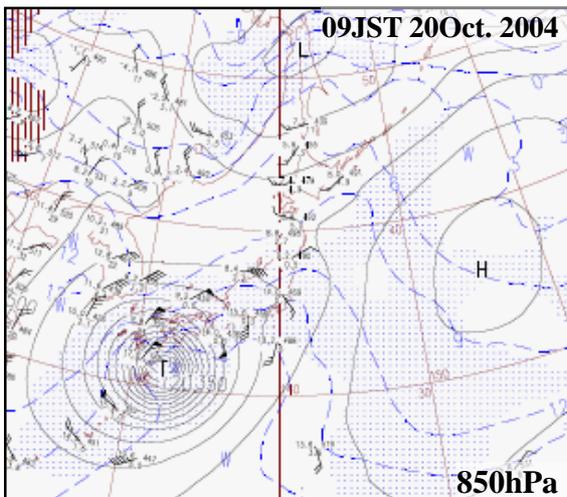
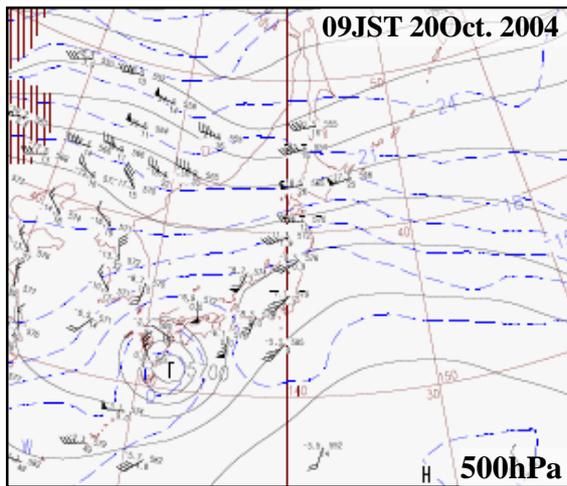


第11図 台風18号のステージ③に対応する850hPaと500hPa天気図。気象庁天気図CD-ROMより切り出した。上段が500hPa、下段が850hPa。2004年9月7日09JST。

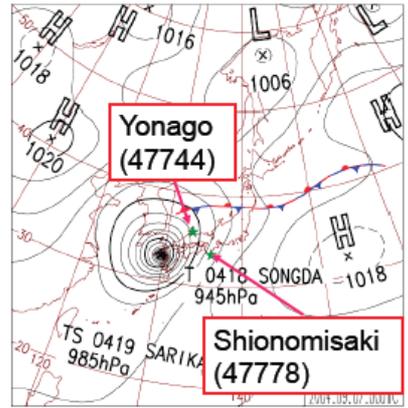
一方、台風23号時には（第7図右、及び、第12図）、台風が本州南岸の31N付近まで北上したこのステー

ジにおいても、地上の前線（秋雨前線のな停滯前線に対応）は 34N 付近で東西に伸び、しかも、関東南岸から台風中心に近い四国西方沖まで伸びていた。また、中国東北区付近の 45N/125E 付近に中心を持つ高気圧が、北に偏って日本海方面へ張り出していた。地上では、それを反映して、北方の寒気域から東ないし北東寄りの風が瀬戸内や山陰付近へ吹き込むような気圧配置となっていた。

850 hPa 面での前線は（第 12 図）、日本付近では地上より 100 km ほど北方の、35N 付近に位置していた（表示はされてないが）。これは、南北温度傾度の集中帯であり、それより南方の南寄りの風と北方の北東東の風とが収束・合流する、「フロントゲネシスの場」としても認識出来た（等温線と風を主観的に見た判断であるが）。また、500 hPa 面での対応する水平温度傾度集中帯は 38N 付近に位置しており、地上から 500 hPa まで、前線面が上空ほど北に傾く構造となっていた。

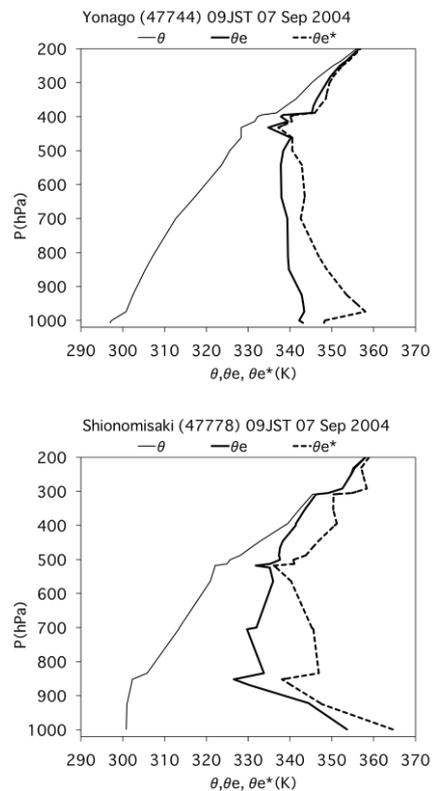


第 12 図 第 11 図と同様。但し、台風 23 号（2004 年 10 月 20 日 09JST）。



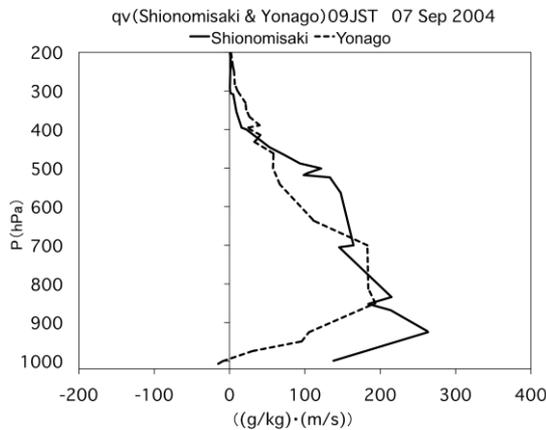
第 13 図 用いた高層観測点、潮岬（Shionomisaki, 47778）、米子（Yonago, 47744）の位置。第 7 図(左)の地上天気図（2004 年 9 月 07 日 09JST）に加筆した。

台風 18 号時におけるステージ③の潮岬、米子におけるルーチン高層気象観測に基づき計算した温位 θ 、相当温位 θ_e 、飽和相当温位 θ_e^* の鉛直分布、及び、水蒸気フラックスの北向き成分 q_v の鉛直分布をそれぞれ第 14 図、第 15 図に示す。台風 23 号時について第 16 図、第 17 図に示す（潮岬、米子の位置は第 13 図を参照）。



第 14 図 ステージ③における米子（上段）と潮岬（下段）における成層（温位、相当温位、飽和相当温位の鉛直分布。線種は凡例を参照）。台風 18 号時（2004 年 9 月 7 日 09JST）。

台風18号の日本列島接近時においては、日本列島南側の潮岬で下層の水蒸気量が多いことを反映して自由対流高度も950 hPa付近とかなり低く、明瞭な潜在不安定な成層だった。一方、日本列島を挟んで北側に位置する米子では、相当温位で見ると中立か対流不安定な状態であったが、最下層付近では相当温位に比べて飽和相当温位がかなり高くなっており、フェーン現象を反映したものと考えられる（気温が相対的に高い割には水蒸気量が十分大きい訳ではない）。なお図は略すが、前日から第14図のような状況が継続していた。



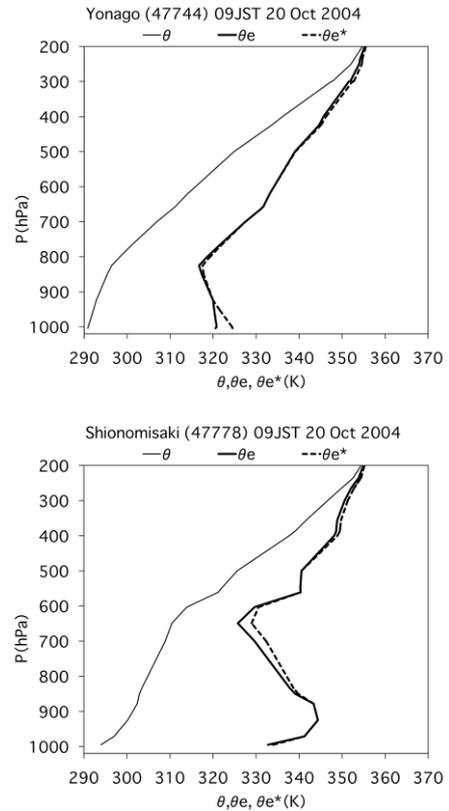
第15図 ステージ③における米子（破線）と潮岬（実線）における水蒸気フラックスの北向き成分の鉛直分布（ $\text{g kg}^{-1} \text{m s}^{-1}$ ）。台風18号時（2004年9月7日09JST）。

また、同時刻における北向き水蒸気フラックスの鉛直分布によれば（第15図）、南側の潮岬でも北側の米子でもその値や鉛直分布の形状の差異は小さかった。つまり、フラックスの南北成分で見ると、水蒸気は西日本付近に多量に流入してくるものの、あまり消費されることなく北へ抜けていったことが分かる。

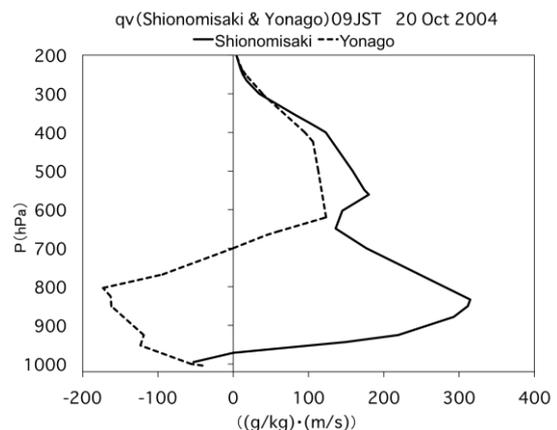
一方、第16図に示されるように、台風23号時でも、ステージ③における台風の東側にあたる潮岬では、最下層を除き潜在不安定な成層であった（但し、台風18号時と違い、地上近くの高相当温位の気塊が上昇した場合に正味の浮力が失われる高度は450 hPa程度とあまり高くない）。しかし北側の米子では、800 hPa付近からその上方にかけて、前述の前線面に対応する安定層が明瞭に観測された（相当温位と飽和相当温位がほぼ等しく（飽和に近い）、かつ、上方ほどそれらの値が増加）。

この時刻における水蒸気フラックスの鉛直分布によれば（第17図）、潮岬では（最下層を除いて）下層で多量の北向きフラックスが流入する。しかし、米子では、前線面よりも下層の北寄りの風に伴う南向き水蒸気フラックスが見られる。つまり、水蒸気フラックスは、日本列島を挟んで南北方向に収束している。但

し米子では、前線面より上方の南風成分に伴う比較的大きな北向きフラックスも見られた。つまり、台風23号時には、台風中心から数100 km程度北方でも、前線面よりも上方で更に北方へ向かう水蒸気フラックスは小さくなかった点に注意が必要である。



第16図 第14図と同様。但し、台風23号時（2004年10月20日09JST）。



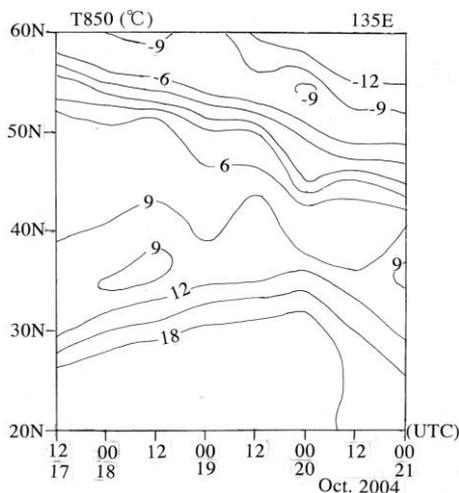
第17図 第15図と同様。但し、台風23号時（2004年10月20日09JST）。

以上のように、台風23号接近時に広範囲で見られた多量の降水に対して、南から流入する多量の水蒸気とともに安定な前線面の存在も、下層の水蒸気の南北

方向の収束と更なる北方での水蒸気消費を通じた、何らかの重要な役割を果たしていた可能性が示唆され興味深い。しかも、この時の大規模場が、台風 18 号時のような「暖気団の中での南風通過に伴う日本列島の地形の影響」とも、Yoshikane and Kimura (2005)や加藤(1997)らが注目したような「南西諸島付近に位置する台風と本州南岸付近の秋雨前線との遠隔的な相互作用」とも、いずれとも異なる大規模場の背景で生じた現象と考えられる。つまり、本事例は、日本付近に前線が停滞を続ける中、まさにそのような場所に台風が侵入することによって生じた独特な総観場での現象である点に、特に注目する必要があると考える。但し、どのような過程に伴う収束の寄与がどの程度あったのかに関する定量的な評価は、今後に残された興味深い問題である。

VI. 季節進行の中でみた台風 23 号時の大気場の位置づけ

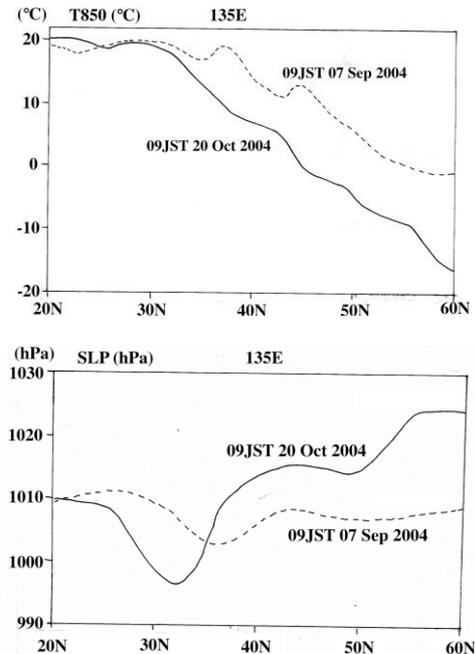
本章では、台風 23 号時の降水の特徴に関わる季節的背景について検討する。第 18 図は、台風 23 号接近時における 135E に沿う 850 hPa 面での気温の時間緯度断面図である。台風接近に伴い本州南方の暖気域が北上しているが、寒気域はあまり北へ後退することなく日本列島付近に留まり、前に述べた日本列島付近の前線付近で相対的に強い南北の温度傾度が保たれている。



第 18 図 台風 23 号接近時における 135E に沿う 850 hPa 面での気温の時間緯度断面 (°C)。気象庁天気図 CD-ROM に収録された 1 日 2 回の 850 hPa 天気図から値を読み取って作成。四国南岸は～33N、山陰沿岸が～35N に対応する。横軸の 2 段の数字は、上側が時刻 (UTC)、下側が日付を示す。なお、00UTC は 09JST に対応する。

第 19 図は、台風最接近時のステージ③頃の時刻における 135E に沿う 850 hPa での気温 (T850)、及び、海面気圧 (SLP) の南北分布である。30N 付近以北で

は、台風 23 号時の方の温度がかなり低く、60N では 10°C 以上の差がある。一方、シベリアから高気圧が北に偏って張り出すことによる高圧帯に対応して、台風 23 号時の方が、日本列島北方での海面気圧が高かった。このため日本列島付近の地上近くでは、南北の温度傾度の比較的大きいゾーンで、南北の気圧傾度も大きかった。



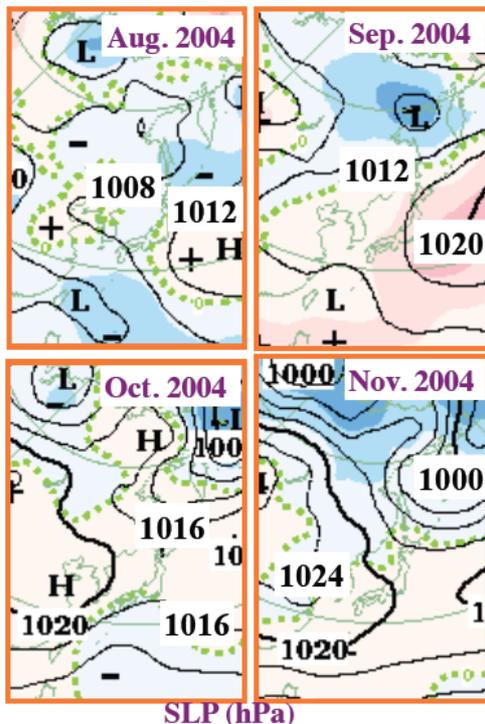
第 19 図 ステージ③に対応する時刻の 135E に沿う 850hPa 気温 (上段、°C)、及び、海面気圧 (下段、hPa) の南北分布。データソースは第 18 図と同様。台風 18 号は 9 月 7 日 09JST (破線)、23 号は 10 月 20 日 09JST (実線) における値を示す。

つまり、台風 23 号すぐ北方の傾圧帯を挟んだ、台風南東方の南風と北方の東～北東風との収束・合流、フロントゲネシスの場合は、このような大規模場に関連したものであった。また、台風北側の東～北東風による寒気移流は、台風の東側の南風に伴う暖湿気団の一方的な北進を抑制し、日本付近での傾圧性の維持にも重要な役割を果たした可能性がある (なお、V. で述べたように、北側の寒気流入は、下層ほど南側まで及んでいた)。

第 20 図は、気象庁の気候系監視年報 CD-ROM に収録された 2004 年における北半球の月平均海面気圧 (SLP) 分布図を、日本列島周辺域について切り取って、8 月～11 月について並べたものである。

加藤他(2009, 2011) らが、気象庁(1991)の気候図を利用して述べたように、大陸では、いわゆるシベリア高気圧が、月平均場で見ると 10 月頃から明瞭になってくる。但し、11 月頃には日本列島付近での冬型の気圧配置も頻繁に現れるようになるのに対して、10

月頃の日本列島付近では、まだ、温帯低気圧と移動性高気圧が交互に通過しやすい（大和田 1994, 吉野・甲斐 1977 等も参照）。しかし、Matsumoto (1988)が秋雨前線に関する季節経過過程の研究で指摘したように、10月頃（Matsumoto (1988)による Stage 3）でも、9月（Stage 2）に比べると日本付近の前線帯での平均場の南北の温度傾度は大きくなっており、特に10月終わり頃以降には、チベット高原の南側を分流する対流圏中層の偏西風ジェットも明瞭になる（Stage 4）。これは、Murakami (1981)らが指摘したように、冬の東アジアを特徴づける要素の一つである。2004年の台風23号が日本列島に接近・上陸した時期が、このような広域場の位置づけで Matsumoto (1988)のいう Stage 3 に対応するのか Stage 4 に対応するのかは明確には言えないが、少なくとも9月とはかなり異なっており、季節進行として、大陸側の高気圧が明瞭になって来た時期であることを、第20図は示している。つまり、第18図、第19図で述べたような台風周辺域での大気場の特徴は、このような基本場の季節進行の中で位置づけることが出来るのかも知れない。今後は、10月後半以降に日本列島に接近あるいは上陸した台風に関する降水分布などについて、同様な事例解析を蓄積していく必要があるだろう。



第20図 2004年における月平均海面気圧 (hPa) の8月～11月への季節経過。気象庁の気候系監視年報 CD-ROM に収録された図より切り取った。なお、1971～2000年平均値（平年）からのアノマリーも色で表示されているが（暖色系が正、寒色系が負のアノマリー）、本稿では議論しないのでアノマリーの凡例は省略した。

VII. まとめ

2004年には計10個の台風が日本列島に上陸した。その中で、秋が深まる10月後半に上陸した台風23号に伴う日本列島での降水分布と大気過程について、9月上旬に上陸した台風18号と比較しながら、ルーチン気象観測データに基づき解析を行った。それぞれの台風が日本列島に接近・上陸した時期をステージ③とした。主な結果は以下の通りである。

- (1) 台風が南西諸島域にあった時からステージ③までを通して、関東以西の日本列島域での平均降水量が、台風23号時に台風18号時の約3倍と多かっただけでなく、地点間の降水量のばらつきは逆に台風23号時に相対的に小さかった。
- (2) ステージ③では、台風18号、23号ともに、10 mm/h以上の強い降水による寄与が増加することで総降水量が増加した。但し、台風18号時におけるこのような強雨は、台風の進路近くか太平洋に面した側の斜面に限られていた。一方、台風23号時には、そのような地域だけでなく広範囲で強雨が持続したことを反映して、総降水量が多い地域の広がりも顕著になったことが分かった。
- (3) 台風18号接近時には、日本海北部の秋雨前線へ向かう水蒸気フラックスの通過域になっていたため、台風東方の南風が斜面にぶつかる太平洋に面した斜面側に限定されていたものと考えられる。一方、台風23号接近時には、地上前線が東方から台風の中心付近まで東西に伸びていた。従って南方から流入する空気こそ安定度は悪いものの、中国～近畿地方付近でも安定な成層を持つ前線面が見られた。このため、台風最接近時においてすら、南から多量に流入した水蒸気が前線面に沿う大規模場での強制上昇によって運び上げられ、単に集中豪雨的な降り方にとどまらず、広範囲に多量の雨を持続させ得た可能性が否定出来ない。
- (4) 台風23号が接近した10月後半頃には、台風18号が接近した9月前半頃比べて、寒気がより南方まで侵入した基本場となっていた。このため、台風接近に伴う南側の暖気域の北上にも関わらず、北側の寒気域は日本列島付近に留った。このことにより、そこでの強い南北の温度傾度と安定な前線面が維持され得た可能性が示唆され、それが台風23号に伴う降水分布を特徴づける季節的背景の一つとして注目される。

ところで、I.でも問題提起したように、日本列島付近での台風絡みの大雨として、(ア)台風本体やその周辺部のレインバンドに伴う降水、(イ)台風やその周辺の太平洋高気圧に伴う風が、日本列島の南～南東向き斜面を上昇する際の降水、(ウ)台風がまだ南西諸島付

近にあるときに、その東側での強い南風が秋雨前線へ吹き込むことに伴う降水、がよく知られている。台風18号に伴う降水は、この(ア)に加えて(イ)に該当する因子も強く働いたことが示唆されたが、台風23号に関しては、(イ)とも(ウ)とも異なる大気過程の役割として、北方の寒気域の相対的発達に寄与もリマークされた点が、本研究結果として興味深い点である。

これは、季節進行として秋が深まった時期に日本列島へ台風が接近・上陸すれば、起こりうる現象の一つであろう。例えば、地球温暖化等に伴って、もし、更に季節が冬に向かって進行した時期にも台風が日本列島に接近・上陸するようになったとしたら、本研究で例示した台風23号時のようなタイプの広域での大雨も起こり得よう。

従って、地球温暖化等に伴う日本列島付近の気候変化の応答について季節サイクルを通して予測・理解するためには、今後、より遅い時期での台風の接近・上陸の頻度の将来変化の可能性を検討するとともに、10月後半以降に日本列島に接近あるいは上陸した過去の台風の事例に関して、本研究で提示したような特徴の一般性を更に吟味する必要性も高いと考える。

謝辞

本論文は、第1著者の佐竹愛による卒論(2007年2月提出、岡山大学理学部地球科学科)をベースに、共著者らが再検討して纏めたものである。

なお、本研究の一部は、基盤研究(C)「東アジア前線帯付近の気候・水循環系にみる季節進行の歪みと異常気象に関する研究」(課題番号:16540399、代表:加藤内蔵進)の補助を受けて実施された。また、再検討の際には、兵庫教育大学大学院連合研究科共同研究プロジェクト(O)「持続可能な社会を構築する学校安全、防災教育・防災管理の実践的研究」(H24~26年度、代表者:藤岡達也)、及び、科研費(挑戦的萌芽研究)「東アジア気候環境の成り立ちと多彩な季節感を軸とするESD学習プラン開発の学際研究」(課題番号:23650510)の補助も受けた。

引用文献

- 片岡久美, 2007: 台風通過時における日本列島の降水分布と大雨発生頻度に関する月別の特徴。地理学評論, 80, 9-120。
 加藤内蔵進, 1997: 日本の降水環境—モンスーンアジアの中の日本—。環境制御, 19, 5-20。
 加藤内蔵進, 2007: 岡山と高知の日降水量差の季節進行の気候学的特性—瀬戸内型気候と降水に関連して—。地域地理研究, 12, 1-16。
 加藤内蔵進・加藤晴子・別役昭夫, 2009: 東アジア気

候環境とその変調を捉える視点の育成へ向けた学際的授業開発の取り組み(多彩な季節感を接点に)。環境制御, 31, 9-20。

- 加藤内蔵進・中山祐貴, 2006: 秋雨期における東アジア前線帯への南風進入過程について(変動の特徴)。日本気象学会2006年度春季大会講演予稿集, 講演番号A109。
 加藤内蔵進・佐藤紗里・加藤晴子・赤木里香子・末石範子・森泰三・入江泉, 2011: 多彩な季節感を育む日本の気候環境に関する学際的授業の取り組み(秋から冬への遷移期に注目して)。環境制御, 33, 20-34。
 気象庁, 1991: 熱帯域(60N~60S)の循環場の新平年値。気象庁長期予報テクニカルノートNo.35, 気候系監視報告(A Special Volume), 42-93。
 気象庁, 2006: 平成16年(2004年)梅雨期豪雨と顕著台風の調査報告。気象庁技術報告第129号, 全278頁。
 Kitabatake, N., 2010: Impact of synthetic wind retrieval on tropical cyclone structures at the extratropical transition stage in the JRA-25 reanalysis. SOLA, 6, 77-80。
 Kitabatake, N., 2011: Climatology of extratropical transition of tropical cyclones in the western North Pacific defined by using cyclone phase space. J. Meteor. Soc. Japan, 89, 309-325。
 Kitabatake, N. and K. Bessho, 2008: Coclone phase of tropical cyclones landfalling in Japan during 2004-2006. SOLA, 4, 21-24。
 盛宣誠・加藤内蔵進, 2009: 盛夏から秋雨への移行期における九州北西部の降水の季節的極大に関わる台風やモンスーンの位置づけ。2009年度日本気象学会関西支部年会講演予稿集, 12-15。
 Murakami, T., 1981: Orographic influence of the Tibetan Plateau on the Asiatic winter Monsoon circulation. Part I: Large-scale aspects. J. Meteor. Soc. Japan, 59, 40-65。
 二宮洗三, 1977: 大きなスケールでみた地形と豪雨。天気, 24, 27-37。
 大和田道雄, 1994: 『伊勢湾岸の大気環境』。名古屋大学出版会, pp. 219。
 関口武, 1965: 台風時の日本の雨量分布。地理学評論, 38, 501-518。
 Yoshikane, T. and F. Kimura, 2005: Climatic features of the water vapor transport around east Asia and rainfall over Japan in June and September. Geophysical Research Letters, 32, L18712, doi: 10.1029/2005GL023665。
 吉野正敏・甲斐啓子, 1977: 日本の季節区分と各季節の特徴。地理学評論, 50, 635-651。