

「平成30年台風第24号」に伴って関東地方に発生した 副低気圧の形成場

伊 藤 忠*

1. はじめに

2018年9月21日にマリアナ諸島近海で発生した「平成30年台風第24号」(以後、本文中では「台風1824」, 天気図中では「台24号」と表記する)は大型で強い勢力を保ったまま、9月30日20時ごろ(日本時間;以後、時刻は日本時間で示す)に和歌山県田辺市付近に上陸し、本州を縦断した(気象庁 2018a)。第1図に示したように、台風1824の移動に伴って、各地で暴風が観測されたが、台風の進路から比較的離れた関東地方でも多くの地点で最大瞬間風速30~40m/sの暴風となった(気象庁 2018b)。関東地方でこのような暴風となった理由について、株式会社ウェザーニューズは、①台風の進路の右側に入ったこと、②台風の移動が高速であったこと、③気圧傾度が10kmあたり1.3~1.7hPaと大きくなったことを挙げている(株式会社ウェザーニューズ 2018)。この資料の本文には、大きな気圧傾度場が形成された理由については書かれていないが、10月1日2時における局地地上天気図が記載されており、台風とは別の低気圧(副低気圧)が埼玉・群馬県境付近に解析されている。関東地方はこの副低気圧および台風の東から南東に当たったため、気圧傾度が大きくなったものと思われる。

台風や大規模な温帯低気圧に付随して発生する副低気圧はしばしばその周辺に強風をもたらすことが知られており、特に航海関係者には恐れられている(加藤ほか 1957; 落合 1968)。副低気圧は主に地形の影響を受けて形成される(和達 1974)。台風などの大規模低気圧が地形効果によって分裂・変形したり(竹永 1972; 広島地方気象台予報課 1968)、本体の低気圧と

は別の渦が生成したりする(穂積ほか 2004)ことがあり、そのことによって低気圧本体の追跡に混乱が生じ、防災上の問題が生ずることが指摘されている(竹永 1972)。

副低気圧の形成事例としては、落合(1968)の第2表に示されているように、海上に形成された事例が多い。陸上に形成された副低気圧の詳細な解析事例は、前述の広島地方気象台予報課(1968)や荒生・四谷(1993)があるが数は少ないように思われる。そこで、陸上で形成された副低気圧として、株式会社ウェザーニューズ(2018)の局地天気図に見られた副低気圧に注目し、気象官署およびアメダスのデータから地上天気図を作成して副低気圧の移動を追跡するとともに、気象庁のメソ数値予報モデル(Meso-scale model; MSM)解析データを用いてこの副低気圧が形成された気象場について調査した。

2. データの収集

地上の観測データは、気象官署およびアメダスで10分ごとに観測された値(気象庁 2019)を用いた。地上天気図について、毎正時の台風の中心位置は愛知県気象速報(名古屋地方気象台 2018)の速報値を用いた。この速報値における台風の中心位置は、後に公表された台風位置表の確定値(気象庁 2018c)における中心位置から数10km離れているものがある(例えば2018年10月1日3時の台風の中心位置は、速報値で37.3°N, 139.6°E, 確定値で37.2°N, 139.9°E)が、①確定値は3時間おきのデータであるのに対し、速報値は毎時のデータであること、および②本稿では台風の中心位置の定量的な正確性を問題とするわけではない、という2つの理由から、台風の中心位置として毎時のデータのある速報値を用いた。正時と正時の間の時刻における台風の中心位置は筆者の解析によるものである。台

* Tadashi ITO, 気象予報士会東海支部,
spf927z9@hm.aitai.ne.jp

© 2020 日本気象学会

風の中心気圧は、速報値では本稿の対象である2018年9月30日24時（10月1日0時）から10月1日3時の間で変化しておらず、10月1日0時と3時における確定値（いずれも970hPa）と一致しているので、本稿の対象時間中は970hPaで変化していないものと仮定した。等圧線は筆者が主観解析し描画した。

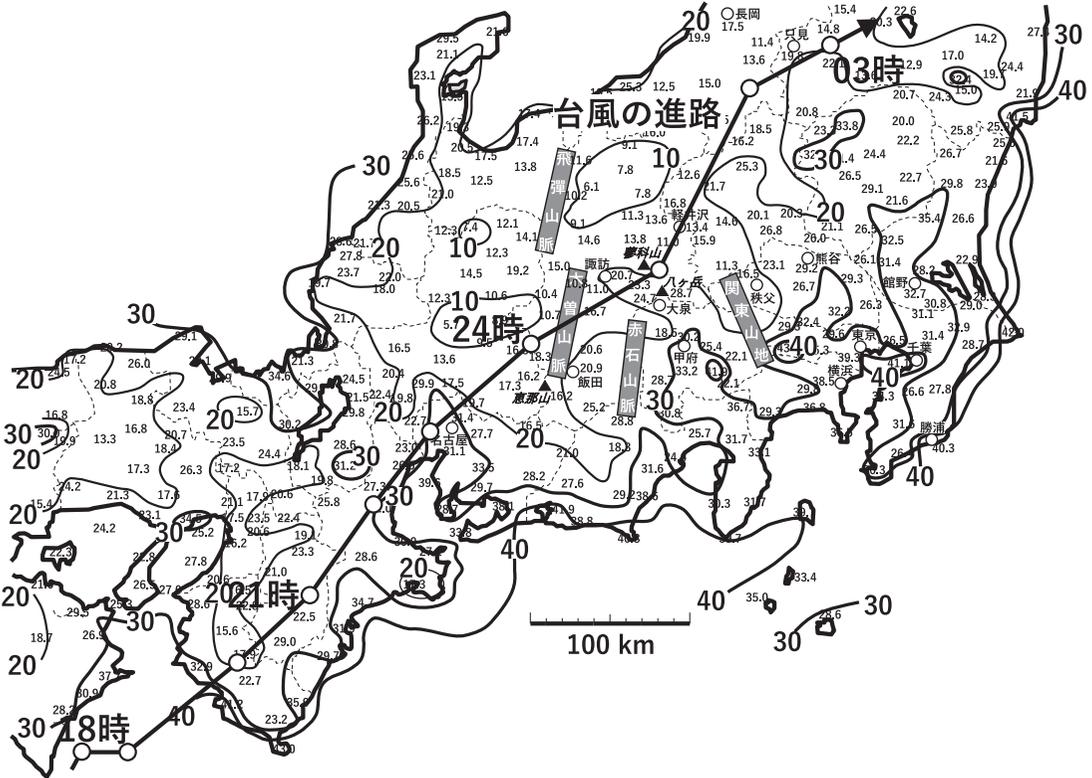
高層データは、株式会社ウェザーニューズのウェブサイト「MyWeather Solution」の「Labs Channel」に、エマグラムで表示（株式会社ウェザーニューズ 2019）されている気象官署およびアメダス地点における気象庁のMSM解析データを読み取って用いた。高層のMSM解析データは3時間毎のものであるので、10月1日1時および2時のデータはそれぞれ、9月30日24時のデータと10月1日3時のデータを時間で按分することにより推定した。等値線の描画は筆者の主観解析によるものである。9月30日24時と10月1日3時のデータのエマグラムからの読み取り誤差は±0.5℃程度である。また、その間の時刻のデータには、

時間按分処理によって特異的变化が平均化されている懸念があるが、第1図に示したように、9月30日24時から10月1日3時の間では、台風の中心は大きな速度の変化なくおおむね北東に進んでいたため、時間按分処理による誤差を含めても大略の気象状況を把握できないほど誤差は大きくないものと考えている。

3. 関東地方各地の最大風速観測時の気圧配置

第2図は2018年9月30日22時から10月1日6時にかけて、東京、横浜、千葉、および勝浦で観測された風および海面気圧の時系列変化を示したものである。図において、時刻は右から左に流れている。台風は各地に10月1日1時過ぎに最接近（台風の中心と各地点との距離が最小）したが、最大風速および最低気圧は10月1日2時ごろに観測された。

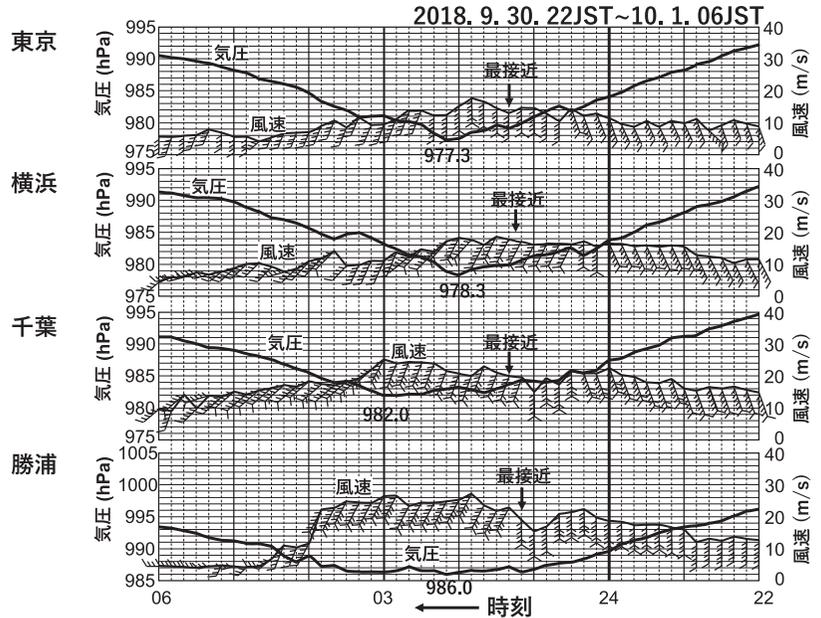
第3図は、第2図に示した各地で最大風速を観測した時刻に近い10月1日2時における筆者の解析による地上天気図である（基本的に株式会社ウェザーニュー



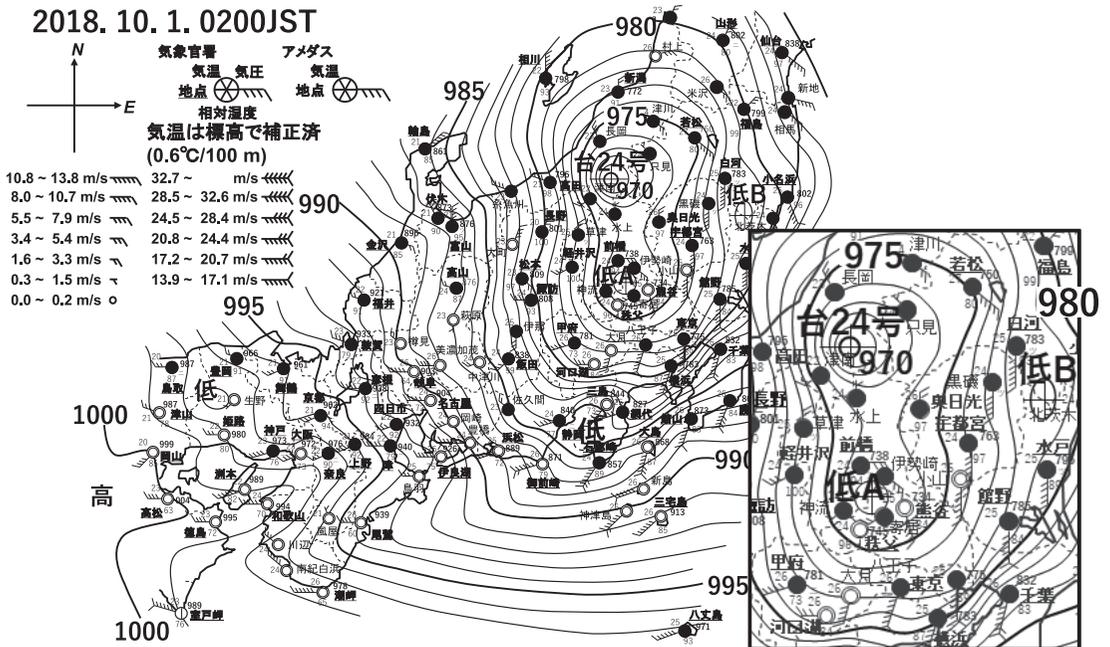
第1図 台風1824が北東進した2018年9月30日14時から10月1日9時の間に観測された最大瞬間風速の分布。気象庁10分毎地上観測値による。風速の単位はm/s。なお、本文中に現れる地名・山岳の位置も併せて表示した。

ズ(2018)に記載された天気図と同等のものである)。拡大図に示したように、埼玉・群馬県境に台風1824とは別の低気圧性循環が見られることから、この地点に副低気圧(副低気圧A)が存在することがわかる。また、風向と気圧の分布から、茨城・福島県境付近にも低気圧性循環Bが形成されたと考えられるが、この低気圧性循環はあまり顕著ではない。

最大瞬間風速30m/s以上を観測した地点は、第3図における副低気圧Aの東から南東部に多く分布している。このことから、以後は副低気圧Aの形成された気象場について議論する。



第2図 2018年9月30日22時から10月1日6時の東京、横浜、千葉、および勝浦における風および海面気圧の時系列変化。矢羽根の向きは北を上として風向を表し、羽根の数はビューフォート風力階級を表す。



第3図 2018年10月1日2時の近畿地方から関東地方にかけての地上天気図。右下の図は関東地方の気圧配置の拡大図。台風を中心位置および中心気圧は愛知県気象速報による。気象庁地上観測値(海面気圧が計算されている気象官署の地点名に下線)をプロットし、筆者の主観解析により等圧線を描画した。

4. 台風1824の進行と副低気圧の形成場

4.1 副低気圧 A の形成とその移動特性

第4図は、気象官署およびアメダスで10分ごとに観測された値（気象庁 2019）をプロットして作成した地上天気図のうち、副低気圧 A が生成され、不明瞭になるまでの間の主要なものを示した。

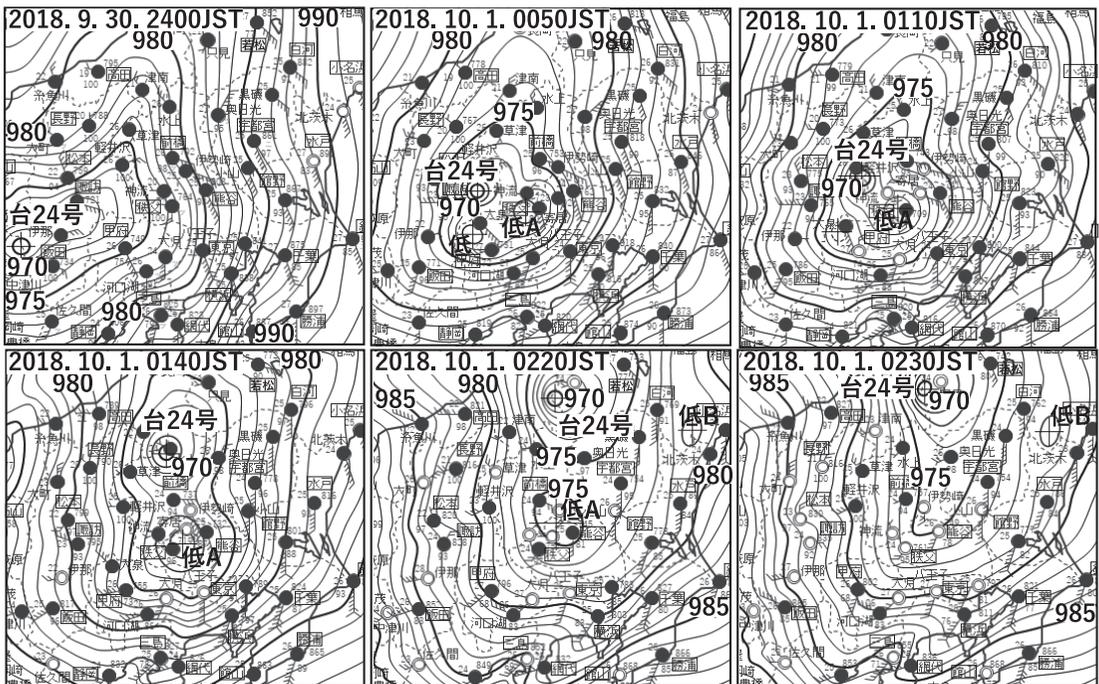
台風1824の中心は9月30日24時には飯田市の西北西にあって北東に進んでいた。台風1824の中心から東北東に等圧線の膨れた形状が見られる。台風1824の中心が諏訪市の東北東に進んだ10月1日0時50分には、関東山地の東山麓の埼玉県秩父市付近で低気圧性循環が明瞭になり、副低気圧 A を解析できる。また、山梨県の大泉と甲府の風向から、甲府盆地にも別の低気圧性循環が見られた。1時10分には台風1824の中心は軽井沢付近に移動した。このとき、台風1824の中心から離れた秩父で台風1824の中心気圧（970hPa）に匹敵する海面気圧970.9hPaを観測した。1時40分になると台風1824の中心は群馬・新潟県境付近に移動したが、秩父付近の低気圧性循環は依然として明瞭で、秩父の海面気圧も971.9hPaと低い値を保っていた。このとき、大泉の風

向が北西に変わり、甲府盆地に見られた低気圧性循環は不明瞭となった。台風1824の中心は10月1日2時には長岡市の南に移動し（第3図）、2時20分には福島県の只見の南西まで進んだが、副低気圧 A は依然として埼玉県北部にあった。これまで見てきたように、台風1824の中心は北東に速い速度で移動したが、副低気圧 A は解析され始めた10月1日0時50分から2時20分まではほぼ停滞して存在した。2時30分になると、副低気圧 A は台風1824の中心から南に延びる気圧の谷に取り込まれる形で不明瞭になった。

4.2 副低気圧 A が形成された気象場

第5図は、9月30日24時から10月1日3時までの毎正時における850hPa高度の気温分布を示したものである。9月30日24時と10月1日3時のデータは、株式会社ウェザーニューズのウェブサイト（株式会社ウェザーニューズ 2019）にエマグラムの形で表示されている気象庁MSM解析データを読み取ったものである。その間の時刻のデータは、9月30日24時と10月1日3時のデータを時間で按分して推定したものである。

台風1824の中心が飯田市の西北西にあった9月30日



第4図 副低気圧 A の生成から不明瞭になるまでの間の主要な地上天気図。気象庁10分毎地上観測値（海面気圧が計算されている気象官署の地点名に枠）をプロットし、主観解析により等圧線を描画した。9月30日24時の台風の中心位置は愛知県気象速報、他の時刻の中心位置は筆者の解析による。

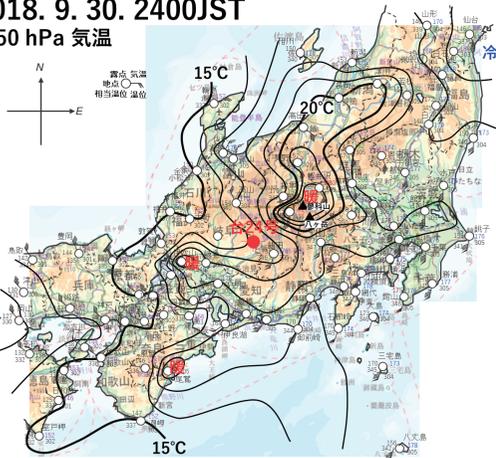
24時には蓼科・八ヶ岳付近に顕著な暖気塊が見られる。この暖気塊はすでにこの時点で秩父方面へ張り出している。10月1日1時には、台風1824の中心が諏訪市の東北東に進んだ。暖気塊の中心の位置は9月30日24時からほとんど変わっていないが、関東山地東山麓への張り出しは大きくなった。副低気圧Aが形成されたのはこの暖気塊の張り出しの強まりに対応している。その後、台風1824の中心はさらに北東に進んだが、暖気塊およびその張り出しはほぼ同じ位置に見られた。

一方、第5図の等温線の形状から、北陸方面から台風の後面に冷気が流れ込んでいることがわかる。中部山岳での等温線の集中度が時間とともに増しているこ

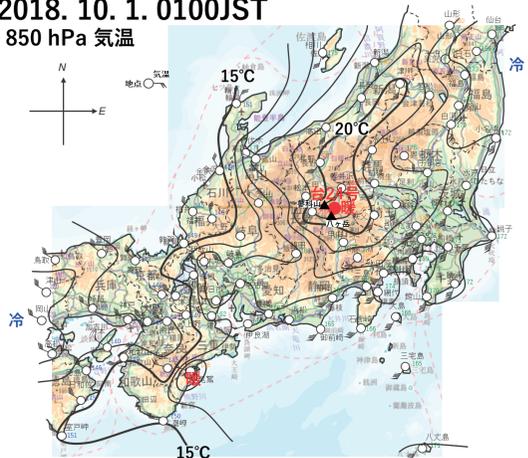
とから、この冷気は中部山岳によってせき止められていることが推察される。前線等の南下によって本州の北から冷気が流入する場合、中部山岳に一次的にせき止められ、関東地方の天気変化に影響を与えることはしばしば報告されている (Sakakibara 1983; 萬納寺・栗原 1993; 土屋 1998)。今回の事例は前線通過とは異なるが、冷気の侵入に関して同様の現象が起こったものと推察される。また、10月1日2時に伊豆半島付近から関東平野の東部への冷気の流れ込みが見られる。この時点でも関東山地の東山麓である関東西部は比較的气温の高い状態が持続していた。

第6図は、副低気圧Aが形成された秩父を中心に名

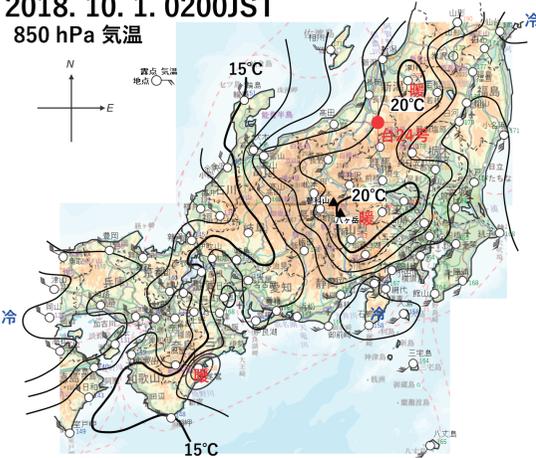
2018. 9. 30. 2400JST
850 hPa 気温



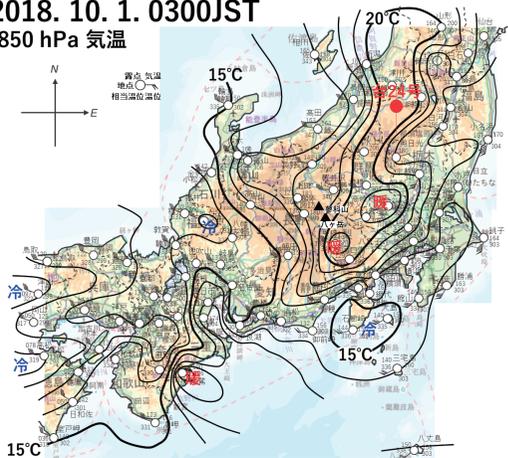
2018. 10. 1. 0100JST
850 hPa 気温



2018. 10. 1. 0200JST
850 hPa 気温



2018. 10. 1. 0300JST
850 hPa 気温



第5図 2018年9月30日24時から10月1日3時までの本州中部における850hPa高度の気温分布。9月30日24時と10月1日3時のデータは、(株)ウェザーニューズのウェブサイトにてエマグラムで提供されている気象庁MSM解析データの読み取りによる。それらの間の時刻のデータは、9月30日24時のデータと10月1日3時のデータを時間按分した推定値。等温線の描画は筆者の主観解析による。背景地図は国土地理院電子国土Webから引用し、濃淡変更をしたものである。

古屋から館野にかけての気温および湿数（気温と露点温度の差）の断面図を示したものである。データの出典は第5図と同様である。

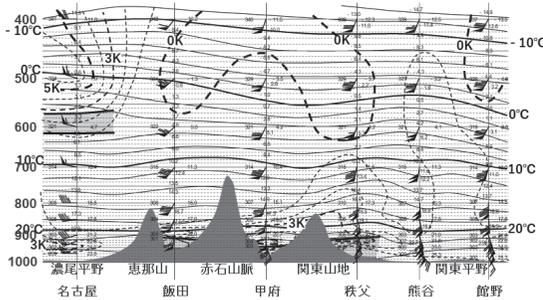
北陸から侵入した冷氣によって、9月30日24時から10月1日1時にかけて名古屋上空の600hPa高度付近に安定層が見られる。冷氣の侵入が顕著になるにつれて安定層は次第に東に延び、10月1日2時には赤石山脈に当たっている。すなわち、冷氣が赤石山脈まで侵入し、そこでせき止められていることがわかる。関東山地の東山麓の秩父付近は、すでに9月30日24時の時点で地上から700hPa高度にかけて周囲より気温が高くなっている。また、10月1日2時には、第5図でも見たように、関東平野の東部に冷氣が侵入したため、この地域に安定層が形成されたが、関東西部は依然として気温の高い状態が持続した。

第5図と第6図を総合して考えると、9月30日24時から10月1日2時にかけて秩父付近が水平面でみても鉛直断面でみても周囲に比べて気温が高かったことが推察される。気温の高い気層が蓄積している状態はその地域の気圧が低い状態になりやすいことに対応する。副低気圧はこのような場に形成された。

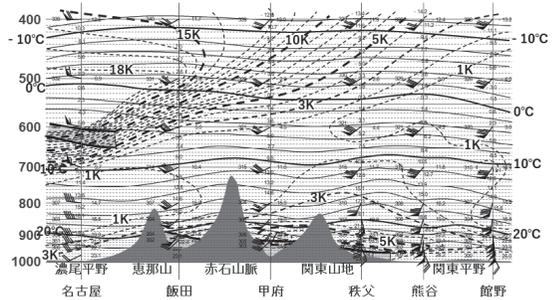
第6図の湿数断面図を見ると関東山地付近の上空の大気構造に特徴的な変化があったように思われる。9月30日24時の時点では、中部山岳から関東平野にかけての上空は全般に湿数3K以下の湿潤域となっている。特に、飯田と秩父のいずれも600hPa高度以上の上空では湿数が0K、すなわち相対湿度100%となっている。この時刻には台風1824は飯田市に近い位置にあったので、飯田上空の湿数0Kの領域は台風内の積乱雲が活発に形成されている領域に対応していると考えられる。秩父付近はこの後に副低気圧Aが形成される地点である。湿潤域の西側に目を向けると、名古屋上空の600hPa高度付近に形成された安定層より上空には湿数5K以上の比較的乾燥した領域が見られる。北陸方面から下層域に侵入した冷氣は中部山岳によってせき止められたことは前述のとおりであるが、台風が北東に進むにつれ、それより上空の乾燥域は中部山岳上空を北東進し、10月1日2時には関東山地付近の上空に達している。

この乾燥域はどのようにして形成されたものであろうか。副低気圧Aが関東山地の東山麓に停滞していた10月1日2時における断面図を例に考えてみる。おお

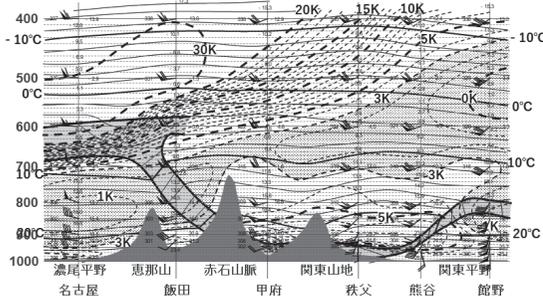
2018. 9. 30. 2400JST



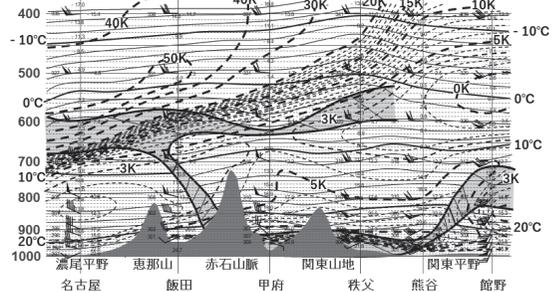
2018. 10. 1. 0100JST



2018. 10. 1. 0200JST



2018. 10. 1. 0300JST



第6図 副低気圧Aが形成された秩父を中心に名古屋から館野にかけての気温（実線）および湿数（破線）の断面図。太い実線に囲まれ薄灰色に塗られた領域は、気温分布から解析された安定層を示す。データの出典および処理は第5図と同じ。

むね600hPa 高度以下に見られる湿数 3 K 以下の湿潤域（点彩域）は雲域に対応していると考えてよい（下山・伊東 2007）。すなわち、おおむね600hPa 高度以下の領域は上昇流域であったと考えられる。一方、乾燥域は安定層の上空であり、比較的気温が高い。したがって、この乾燥域は下降流による断熱圧縮によって形成されたと考えられる。

以上の湿数断面図の変化から、名古屋のおおむね600hPa 高度以上の上空に侵入していた乾燥した下降流域が台風1824の進行に伴って北東に進んだことによって、初めは上空まで湿潤であった関東山地付近の大気が、10月1日2時ごろにはおおむね600hPa 高度を境に上層が乾燥域で下降流域、下層が湿潤域で上昇流域である2層分離構造に変化したことが推察される。

4.3 副低気圧 A の構造変化

第6図の2層分離大気構造の形成過程から、副低気圧 A は、形成当初とその後の停滞時とで、以下に述べるように、その構造に変化があった可能性があることが推察される。時間按分処理によって特異的変化が平均化されていることを勘案した定性的な表現の多い推察であることをお許し願いたい。

台風1824の接近により、関東地方に吹き込んだ暖湿流によって関東西部に気温が高く、気圧が低くなりやすい気象場が形成された。さらに、関東山地によって暖湿流が強制上昇することによって、始めのうちは関東山地東山麓が上層まで湿潤になっていたところに、副低気圧 A が形成された。この時点では、副低気圧 A は台風の構造によく似た背の高い渦であったかもしれない。この後、600hPa 高度以上の上空に西から乾燥域（下降流域）が侵入することによって、関東山地付近の大気構造が2層分離した構造に変化した。このとき副低気圧 A は背の低い構造に変化し、この状態で停滞した可能性がある。このような副低気圧 A の構造変化は、副低気圧 A が形成された直後において秩父の海面気圧が台風の中心気圧に匹敵していたこと、および秩父における降水強度が、副低気圧 A の形成直後までは10mm/h 以上（9月30日24時：22.0mm/h；10月1日1時：10.0mm/h）であったが、それ以降は1.5mm/h 以下に急激に弱まった（気象庁 2019）ことからもうかがえる。

5. まとめ

台風1824の進路から比較的離れた関東地方における暴風の原因となった副低気圧の移動特性とそれが形成

された気象場について調査した。

台風1824が中部山岳を移動するのに伴って、台風本体とは別の低気圧性循環がいくつか形成されたが、関東山地東山麓に形成された副低気圧 A が、関東地方の暴風に強い影響を与えたと思われる。

関東山地東山麓には、水平面でみても鉛直断面でも周囲より気温が高く、気圧が低くなりやすい気象場が形成された。副低気圧 A はこのような場に形成された。副低気圧 A が形成された直後までは上層まで湿潤になっていたが、この後、西から600hPa 高度以上の上空に乾燥域（下降流域）が上空に侵入することによって、関東西部の大気構造が、おおむね600hPa 高度を境に上層が乾燥した下降流域、下層が湿潤な上昇流域の2層分離した構造に変化した。大気構造の変化に伴って、副低気圧の構造が、その形成直後は台風本体の構造に似た渦であったが、その後は2層分離した大気構造を反映して背の低い渦に構造変化した可能性がある。

謝 辞

本稿は、令和元年度日本気象学会中部支部研究会（2019年11月29日）および第12回日本気象予報士会研究成果発表会（2020年2月23日）における発表後の質疑を参考に、両会での発表内容を再構築したものである。ご討論下さった関係者に感謝する。

また、株式会社ウェザーニューズにはそのウェブサイトコンテンツの高層データの利用を許可していただき感謝する。第5図の背景地図は、国土地理院の「電子国土 Web」<https://maps.gsi.go.jp/#8/35.132893/136.506170/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1>から引用し、天気図を見やすくするために濃淡を変更したものである。国土地理院コンテンツ利用規約に基づき上記のように出典を明記する。

参 考 文 献

- 荒生公雄，四谷雅代，1993：台風9119号で観測された長崎県地方の強風の実態。長崎大学教育学部自然科学研究報告，49，1-12。
- 広島地方気象台予報課，1967：台風6619号の中心の分裂。天気，15，19-22。
- 穂積 祐，植田洋匡，余 偉明，2004：大規模山岳における低気圧性渦の形成。京都大学防災研究所年報，47B，435-454。
- 株式会社ウェザーニューズ，2018：台風24号による 強風と大雨について。Wx Files，48。

- <https://jp.weathernews.com/wp-content/uploads/2018/10/20181005.pdf> (2020.3.15閲覧).
- 株式会社ウェザーニューズ, 2019: Labs Channel.
http://labs.weathernews.jp/EMAGRAM_fcst/index.cgi?DISP=LIST (2019.8.13閲覧).
- 加藤 弘, 佐藤正彦, 元良誠三, 1957: 青函連絡船洞爺丸等の転覆事件に関する実験的研究. 造船協会論文集, 1957 (101), 107-129.
- 気象庁, 2018a: 台風経路図 平成30年 (2018年).
https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/route_map/bstv2018.html (2020.3.14閲覧).
- 気象庁, 2018b: 災害をもたらした気象事例 台風第24号による暴風・高潮等.
https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/bosai/report/2018/20181011/jyun_sokuji20180928-1001.pdf (2020.3.14閲覧).
- 気象庁, 2018c: 台風位置表.
http://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/typhoon/position_table/index.html (2020.3.14閲覧).
- 気象庁, 2019: 過去の気象データ検索.
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2019.8.13閲覧).
- 萬納寺信崇, 栗原和夫, 1993: 本州中部を通過する寒冷前線の地形による変形. 天気, 40, 513-523.
- 名古屋地方気象台, 2018: 平成30年台風第24号に関する愛知県気象速報.
https://www.jma-net.go.jp/nagoya/hp/gaiyou/t1824_nagoya.pdf (2020.3.15閲覧).
- 落合弘明, 1968: 1967年34号台風に伴う副低気圧の発生と海難について. 航海, 28, 30-35.
- Sakakibara, H., 1983: Meso- and small-scale structures of a cold-frontal precipitation system affected by a small low and mesoscale orography. Pap. Meteor. Geophys., 34, 61-73.
- 下山紀夫, 伊東譲司, 2007: 天気予報のつくりかた. 東京堂出版, 275pp.
- 竹永一雄, 1972: 大きな低気圧の地形分裂について. 天気, 19, 121-124.
- 土屋照夫, 1998: 寒冷前線通過による関東地方の降水と雲城の特徴. 気象衛星センター技術報告, 35, 29-43.
- 和達清夫 監, 1974: 新版 気象の事典. 東京堂出版, 704pp.