

瀬戸内海の暖域強風について*

西 田 宗 隆**

要旨：瀬戸内海は特殊な地形をしているため、寒気塊や暖気塊が残留しているという事実は天気図解析でしばしば認められている。これが西日本の気象にどのような影響を及ぼすかということは興味あることで、すでに笠村¹⁶⁾や筆者⁷⁾は瀬戸内海の霧について調査している。今回は西日本上空(900mb～800mb)に現われる南よりの強風の発生機構とそれが瀬戸内海に下降する原因について調べ、その予報測を求めた。

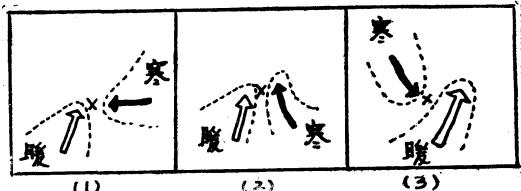
1. はしがき

瀬戸内海は四方を山脈に囲まれ、三つの水道によって外海に通じる特殊な地形をなしているため、寒気塊や暖気塊が残留しやすく太平洋岸や日本海側とは異なった気象現象を示すことは周知のことである。したがって予報者はこの特殊な地形が気象現象にどのように影響しているかを知っていなければならない。この調査では西日本上空の強い南よりの風の発生機構と不安定解消により瀬戸内海で南よりの強風になる条件を解析し、その予報則を見出した。

2. 緒 言

我々は下層が温暖化し、上層が寒冷化すれば熱力学的に不安定となり、この不安定が転層によって解消されると、位置のエネルギーと内部エネルギーが減少し、運動のエネルギーが生ずることを知っている。もし上層の風が強く、気層が不安定であれば、不安定解消により地上では風速が増大するだろう。大谷¹⁾は集風線という概念を提出し、Means²⁾は暖気が海面から水蒸気の供給を受けて侵入し暖舌を形成すると、その東側に southerly low level jet stream (今後これを簡単に s. jet と記すが下層の南よりのジェット気流のことである) が生じ、熱力学的に不安定になることを示した。山本^{3),15)}は

大谷の示した集風線(湿舌)と Means の示した s. jet とは同一のもので、中国地方の豪雨に関係していることを示している。M. E. Crawford⁴⁾は地上寒冷前線に平行でその前方を移動する不安定線の予報に、寒暖舌の温度差が有効であることを示した。また、J. M. Porter⁵⁾や L. C. Robert, C. Miller⁶⁾などは不安定線の発生を総観的なパターンに結びつけている。これ等の調査によると、900mb～800mb での風速の増大は第1図(1)(2)(3)に寒気移流と暖気移流をモデル的に示した3つの機構によるものと考えられる。



第1図 下層で強い南よりの風が生ずるための寒暖両移流を表わす3つのモデル
×印 強風域 …印 等温線

しかし、暖気移流について考えるならば 900mb～800mb での風速の増大は (i) 暖舌の東側 (s. jet) で第1図(1)及び第1図(2)のモデルにあたるものと (ii) 暖舌の西側 (pre-frontal shear line) で第1図(3)のモデルにあたるもの、に分けて考えることができる。

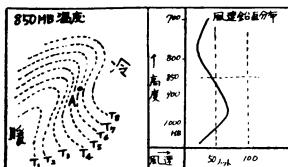
この900mb～800mb の強い暖気移流の近傍では突風、たつ巻、豪雨などの異常現象が発生することがありその時は不安定線と呼ばれている。

* Analysis of Strong Wind in Warm Tongue over Seto Naikai

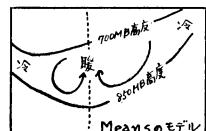
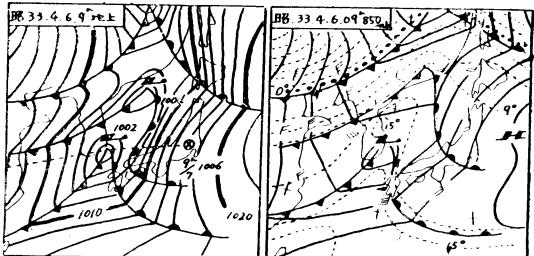
** Munetaka Nishida, 広島地方気象台, -1960年3月25日受理

3. 暖舌の東側に現われる s. jet

対流圈下部 (900mb~800mb) で暖気移流* が生じ第

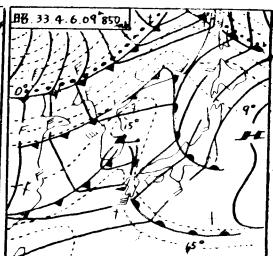
第2図-1
s. jet の
モデル

第2図-2

第3図 循環加速によ
るソレノイド場が下層
で収束することを示す

第4図-1

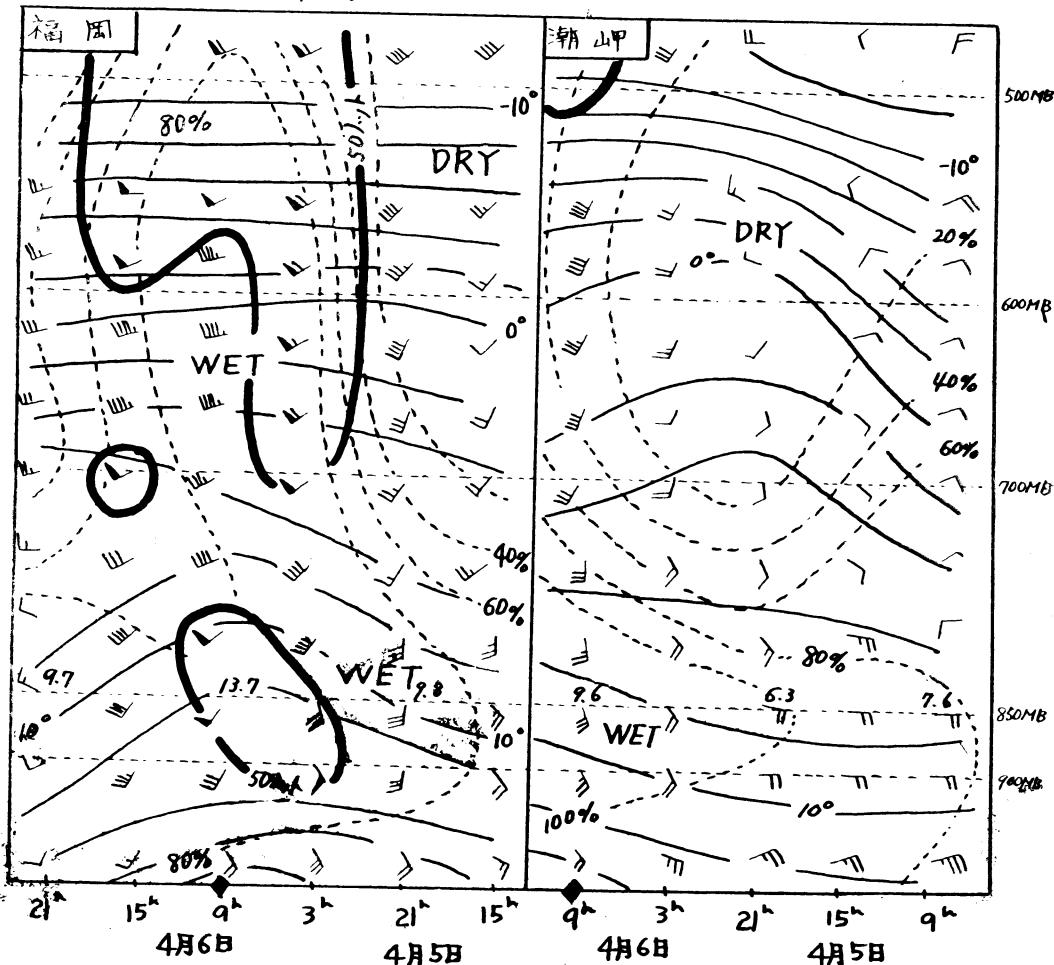
1959年4月6日の天気図



第4図-2

2図-1に示すような温度場が 850mb 面で形成される

1959年4月



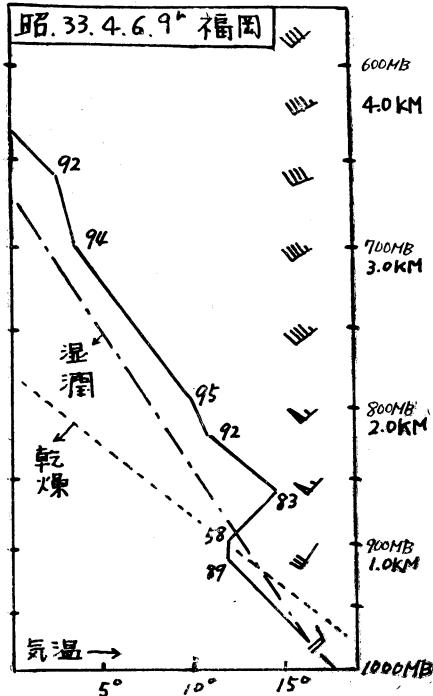
第5図 福岡と潮岬のイソプレット

* この暖気移流はトラフ、低気圧、不連続線、梅雨期の cold low、および台風などの種々の原因があるが、これが低気圧の発達や集中豪雨をもたらしていることもある。

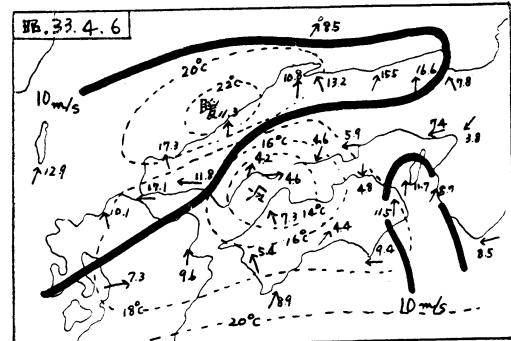
ならば、点Aにおいては気温の高い方を左に見て吹いでいるので、温度風により風速は下方に向って増大し上方に向って減少する。したがって第2図-2に示すような鉛直分布になるだろう。この850mb面の温度傾度が大きければ大きいほど下方への風速の増大は大きくなり、s. jetは顕著になるはずである。このs. jetの近傍では暖気移流のため気柱が伸長し、熱力学的に不安定となり不安定解消により地上までs. jetが下降するだろう。

(1)暖舌の東側の下層で東風の寒気移流があり、s. jetの下に安定層があり地上で強風にならない(第1図-1のモデル)。

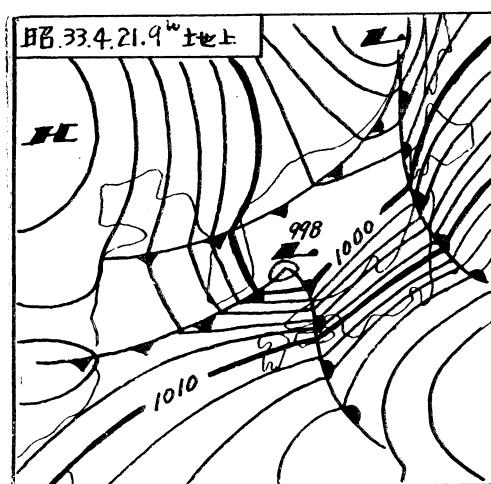
解析例……1959年4月6日……第4図から第7図まで6日3時から福岡の900mb～800mbで50ノット以上になった南よりの強風(第5図参照)は850mb面の温度分布(第4図-2参照)が第2図-1に示すように、ま



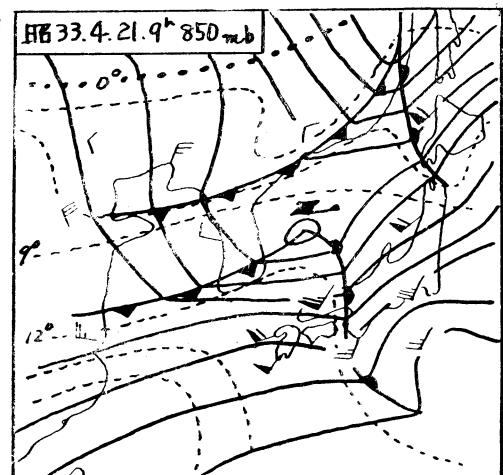
第6図 福岡の状態曲線と風速の垂直分布
数字は湿度を示す



第7図 西日本の日最大風速とその風向および4月6日12時の等温線
……：等温線
—：10m/s以上の風速を観測した所



第8図-1



第8図-2

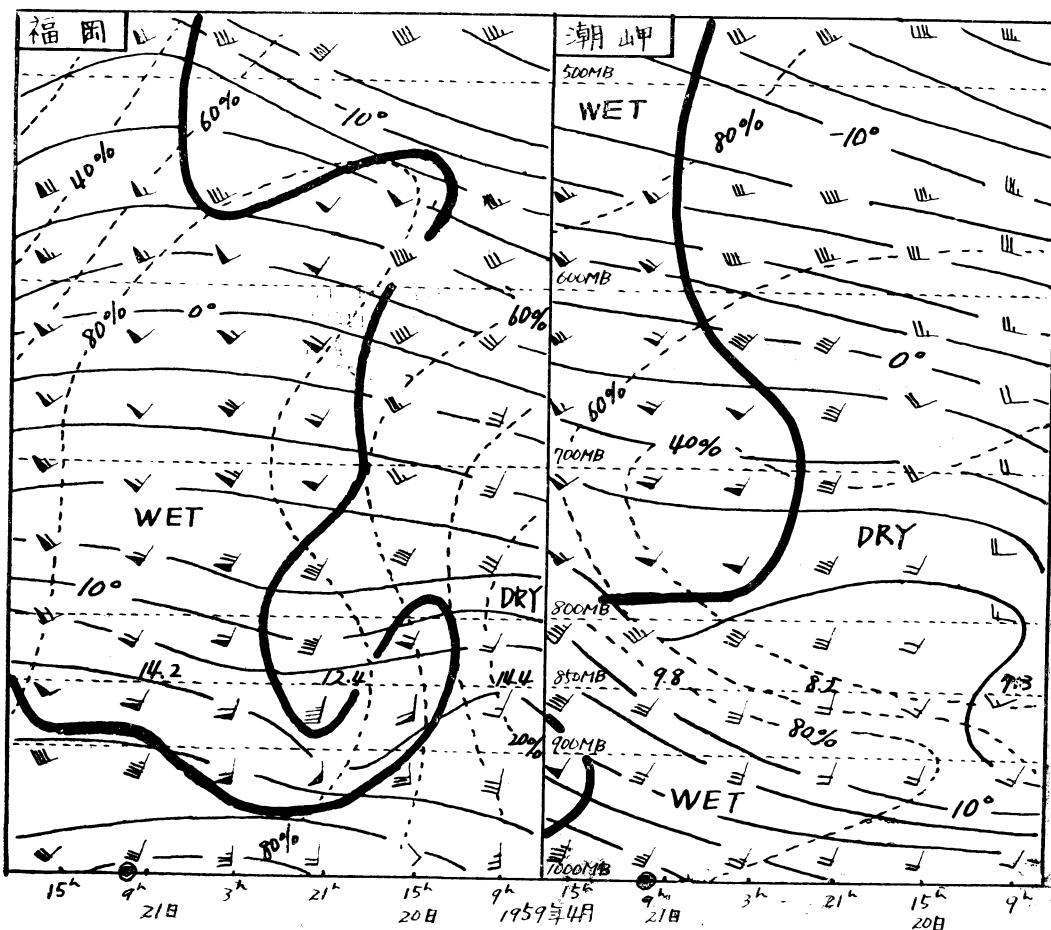
1959年4月21日の天気図

た風速の鉛直分布（第5図と第6図参照）は第2図-2に示すようになっていて、暖舌の東側に発生した、低い南よりのジェット気流（s. jet）であることがわかる。しかし、第6図と第7図からこのs. jetの下に安定層があり、瀬戸内海は寒気におおわれ、南よりの強風は下降していない。このように地上気温の低い所は強風とならず、この低温域は安定層によってs. jetと分けられていると考えられる。したがって、地上寒気と安定層が維持されるため、地上では強風にならなかったといえる。第5図潮岬のイソプレットを見ると、6日3時まで850mb面以下の層で東風となっている寒気移流（第1図(1)のモデル）のため、地上寒気と安定層が維持され、s. jetは瀬戸内海には下降しなかったと思われる。しかし、山陰側では気温が高く強風となっている。第6図に示す福岡上空の安定層の上方のs. jetの発生

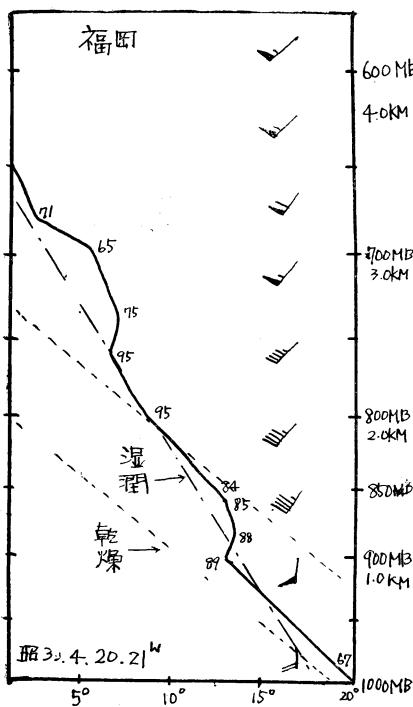
している層は温度が高く不安定になっているが、この層に高温多湿な空気が流入すれば、当然集中豪雨の可能性があるわけである^{3),15)}。また下層の寒気の上に上昇する暖気があり暖い雨滴が落下すれば蒸発により濃霧が発生する（前線霧発生機構）⁷⁾。

(2)暖舌の東側の下層でも南よりの風でs. jetが下降する。しかし瀬戸内海にうすく寒気が残るところがあり、そのところは強風とならない（第1図(2)のモデル）。

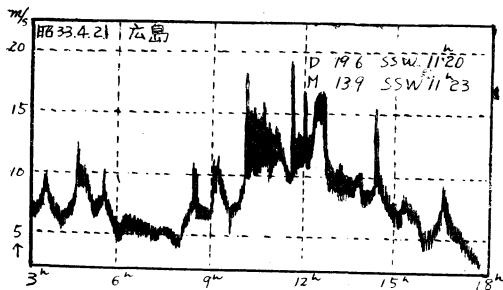
解析例……1959年4月21日……第8図から第12図まで20日15時から福岡の900mb～800mbで50ノット以上になった南よりの強風（第9図参照）は、850mb面の温度分布や風速の鉛直分布が第2図のモデルのようになっていて、暖舌の東側に発生したs. jetであることがわかる。しかし、第9図の潮岬のイソプレットと850mb天気図（第8図-2）を見ると、第5図で見られた東風



第9図 静岡と潮岬のイソプレット



第10図 福岡の状態曲線と風速の垂直分布
数字は湿度を示す

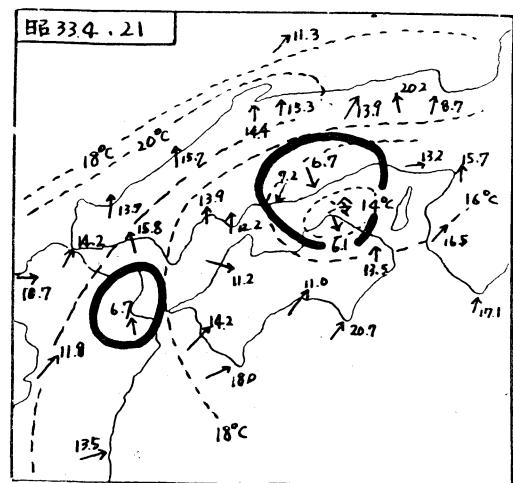


第11図 ダインス風圧計の自記紙

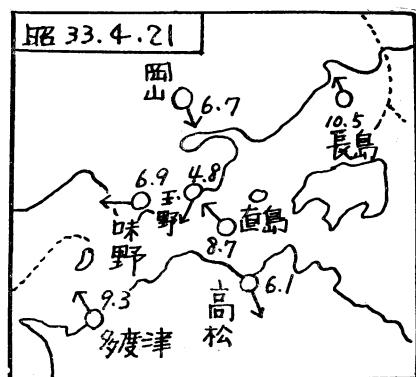
ではなく、南風となって第1図(2)のモデルに示すような移流で s. jet は第10図を見ると安定層の下に発生し、その下方の900mb～1,000mb 層は不安定となっている。したがって4月6日の解析例に示すような安定層が s. jet の下になく、このために広島では第11図に示すよう に10時過ぎから強風が始まったものと思われる。しかし第12図、第13図を見ると、岡山、高松付近では気温が低く強風となっていない。

* 第14図-1を参照し気象学ハンドブック^⑨を見られたし。

1960年4月



第12図 西日本の最大風速と風向及び
3時の等温線
----: 等温線
—: 10m/sec 以下の風速を観測した所



第13図 岡山、高松付近の日最大風速と風向

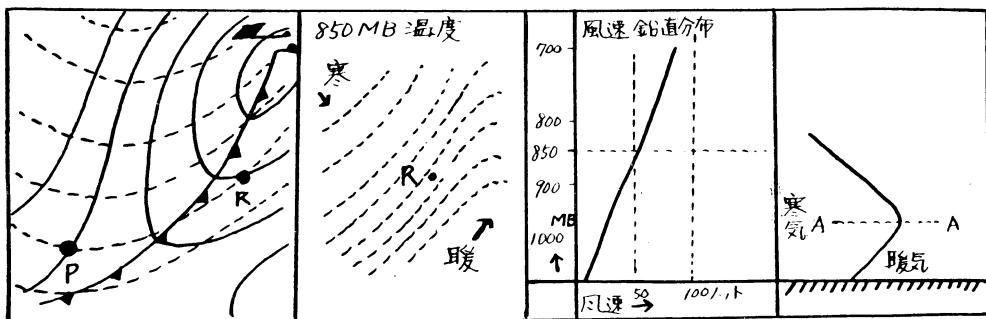
4. 暖舌の西側に発生する南よりの強風

(第1図(3)参照)

偏西風帯のジェット気流(対流圈上部)が蛇行し、華北方面で強い北よりの風となって寒気が南下すれば、沈降により風速が増大する*. 沈降により増大した強風は南下するにしたがって低気圧性曲率を持つようになり、下層でその前方に暖気移流を誘発し、前線付近では温度傾度が急になる。

したがって 850mb 面でも第14図-2に示すような温度場で、点 Rにおいては気温の低い方を左に見て吹いているので、風速は上方に向って増大し第14図-3に示すような鉛直分布となるだろう。

華北方面で強い北よりの風で寒気移流が続くならば、



実線 1000MB 等高線
点線 700MB 等高線

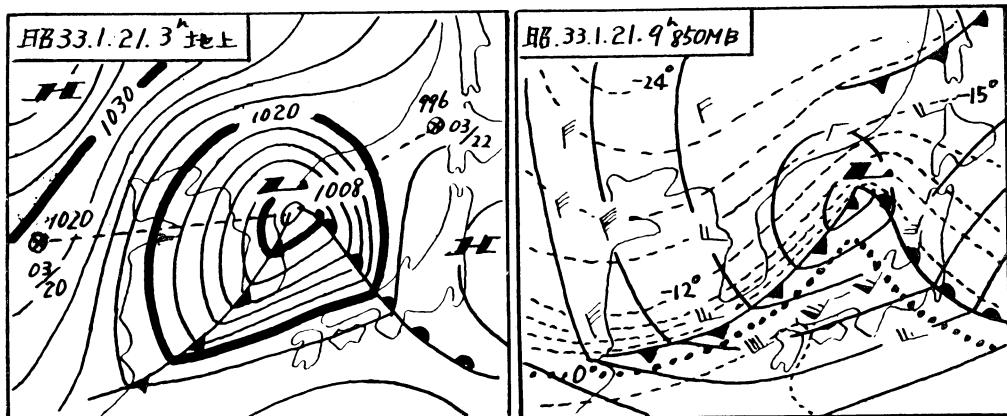
第14図-1

第14図-2

寒冷前線近傍のモデル

第14図-3

第14図-4



第15図-1

1959年1月21日の天気図

第15図-2

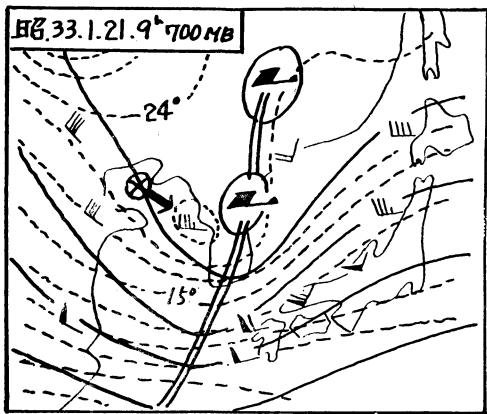
西日本では温度傾度が大きくなり、鉛直シヤーは大きく、上層から下層へと風速が増大する。このように沈降しながら気圧によって加速した空気塊は摩擦力によって減速され、寒冷前線面の傾斜は非常に急になって、摩擦層内で寒気の上に暖気が重なるようになる。その場合の鉛直断面図を第14図-4に示したが、寒気が最も突き出た A-A 線以下では気温減率は乾燥断熱線以上となって大きな不安定が起る。下層に誘発される暖気移流が高湿多湿であれば突風、たつ巻、豪雨などの異常現象を伴う不安定線が発生するだろう。

解析例……昭和33年1月21日……第15図から第19図まで

福岡の 850mb 以上で 50 ノット以上の南よりの強風になったのは第17図に示すように21日3時で広島で強風の

始まった6時間前、長崎では強風の始まった時と同時である（第18図参照）。そして長崎では気温が徐々に昇り、寒冷前線の前方で暖気移流が強まりつつあることを示しているが、広島では強風と同時に 7°C 以上の昇温を示している。これは瀬戸内海に残っていた寒気が寒冷前線の前方に誘発された下層の強い暖気移流によって急に吹きはらわれたものと思われる。そして寒冷前線の前方で不安定が生じ瞬間風速が 21m/s をこえる突風を観測している。

この強風は低気圧の発達とともに顕著になりながら南下する寒冷前線に注意しなければならない。また寒冷前線の通過後季節風が強くなり、いわゆる、寒気突風を伴うことがある。



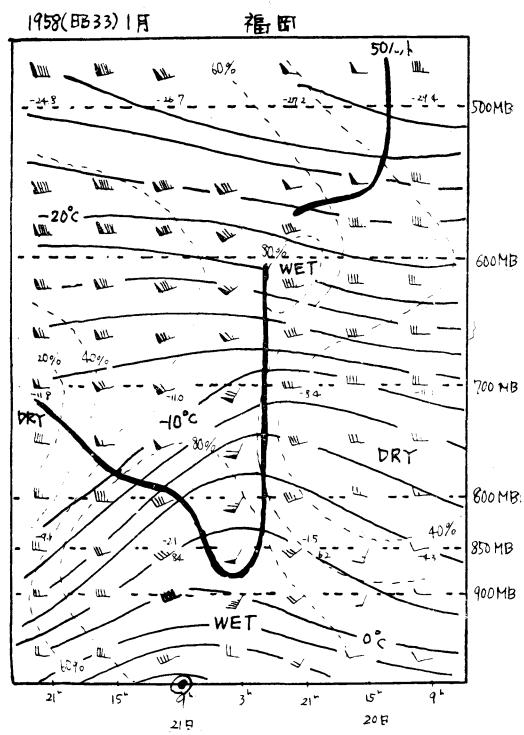
第16図 cut off された寒気の移動経路

第16図 cut off された寒気の移動経路

5. 瀬戸内海の暖域強風の予報測

(1) 暖域強風日数と瀬戸内海の地形

第20図の年間風向別強風日数で南よりの風向について比較してみると山陰側では特に多く山陽側では少なくなっている。さらに広島では 10m/s 以上の日が 9 日あるが岡山では約 1 日である。これは第21図の南北断面図で示すように東西に走る中国山脈、四国山脈が重要な役割をしている。すなわち四国山脈は広島の南では低く南風をさえぎる作用をせず豊後水道もあり南風は流入しやすいが岡山付近では南北に高い山があり空気のたまり場に

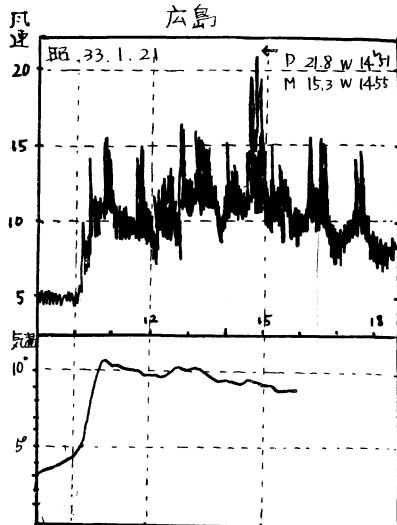


第17図 福岡のイソプレット

適した地形となっている。

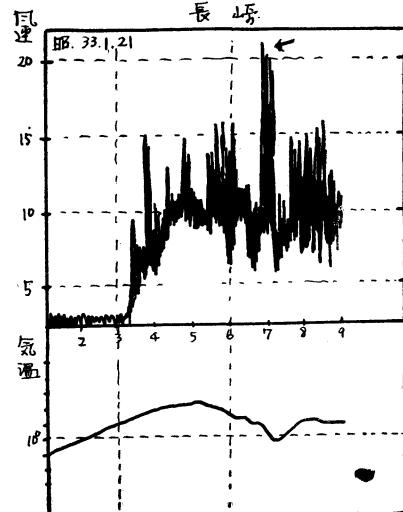
(2) s. jet の発生と下降する条件

s. jet は暖舌の東側に発生し s. jet によって高温多



第18図-1

ダインス風圧計と気温の自記紙



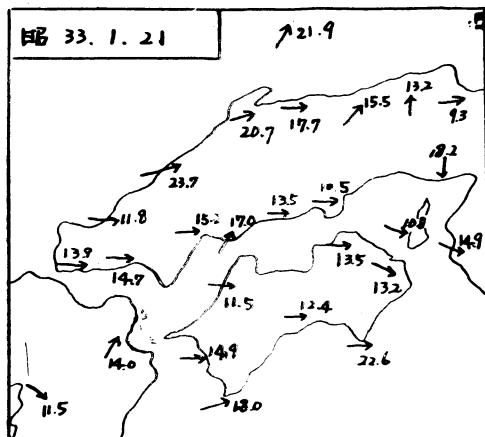
第18図-2

湿な空気が侵入すれば異常現象を伴う不安定線が発生するが第1図(1)と第1図(2)に示すような2種類の移流場が考えられ、前者は s. jet の下方に安定層があり、それが地上の寒気域(暖舌の東側の下層で東風となっている)と s. jet を分けていて、風下の急斜面で下降する(山陰側の強風ややまじ風)ところをのぞいては強風とならない。後者は下層でも南よりの風となっていて

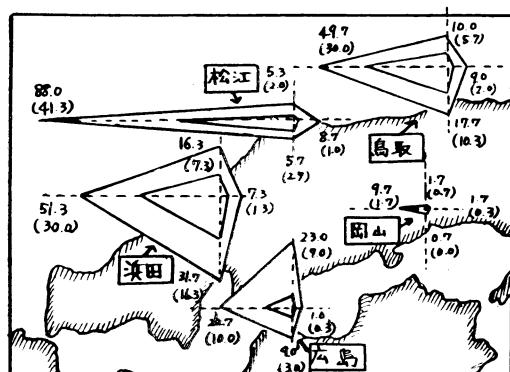
瀬戸内海の年間霧発生日数が多いのであろう^{10,11}。

山陰側では第7図、第12図に示すように s. jet が発生すると成層状態には無関係に強風が地上に下降している。

これは対島海峡から侵入する暖気や海流が大きな原因となっていると思われ四国山脈の北側で発生するやまじ



第19図 西日本の日最大風速とその風向

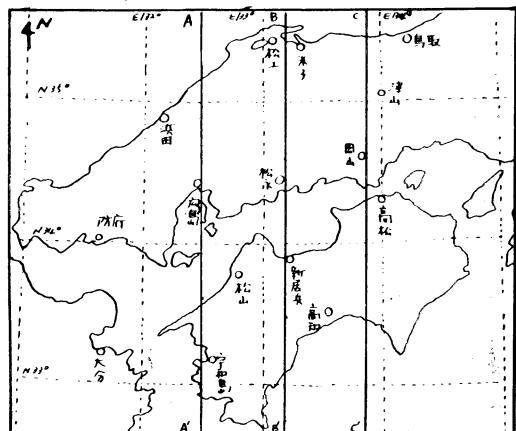
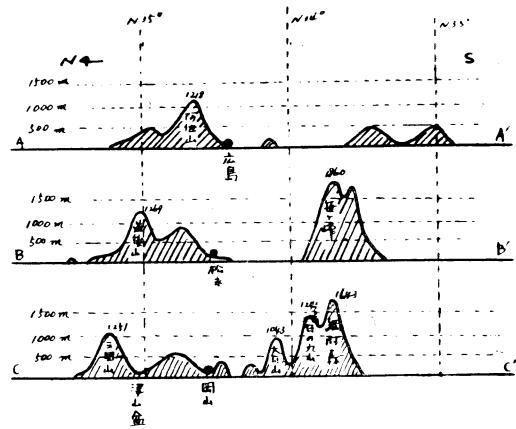


第20図 年間風向別強風日数(昭31～昭33)
NNW～NNE, NE～ESE, SE～SW, WSW～NW
の4象限にわけた年間日数(10m/sec 以上)
括弧内は 12m/sec 以上の日数

s. jet の下方に安定層はなくむしろ安定層の下方で s. jet が発生することが多く地上温暖前線も顕著でなく強風は下降するのであるが地形の影響で岡山高松付近の地上は強風が下降しない。したがって第20図で示すように岡山付近では南よりの強風日数が非常に少なくなっている。またこのように瀬戸内海では寒気や暖気が残りやすいの

前北西面図 横500万分の1 縦150万分の1

2.2



第21図 瀬戸内海の地形

風にも類似しているのだろう。難波⁹は春期低気圧が124°Eより東にある時は大体4～7時間後に s. jet が下降することを述べている。

以上のべた2種類の s. jet が発生するためのシノプティックなパターンを予報するためには今後調査をしなければならないが今までの調査でわかっていることを挙げると

(i) 500mb 面で 150°E 線に ridge があり cold

trough が満州付近にあるが 90° E 付近の ridge は弱く寒気があまり南下しないパターンである。

(ii) 500mb 面で前に顕著な cold low または cold trough が南下し、衰弱しつつあるが本邦付近または本邦南海上に寒気軸として認められる。このような場で下層に暖気移流があると寒気軸のある位置の違いによって 2 種類の s. jet が発生する。しかし、瀬戸内海で 12 m/s 以上の強風となるためには 40 ノット以上の s. jet でなければならない。

(3) 暖舌の西側で南よりの強風が発生する条件

これは第 1 図 (3) に示すような寒気移流と暖気移流がある時発生し、この時の暖気移流は寒気の南下によって下層だけに誘発されたもので 500mb 以上の層では北分を持った寒気移流の場であることが多い。そして地上寒冷前線が南下すると共に顕著になりその前方で強風が下降し突風、たつ巻、豪雨などの異常現象を伴うこともある。この場合は SW～WSW の風で s. jet が下降する場合より西分が強く瀬戸内海の山地により収束して特に強まる所もあり顕著な寒冷前線の通過により風向も急変するだろう。この型は寒気の南下による寒冷前線の移動発達を予想しなければならない。これについては暖気突風^{10), 11)}、低気圧の発達^{12), 13)}、季節風の吹き出しなどについて多くの調査がなされているので簡単に示す。

(i) 500mb 天気図で本邦付近は W よりの風で polar jet があり、沿海州付近で S よりの風となり満州付近の cold low が南下しようとしている。また 90° E 付近の ridge が顕著でバイカル湖付近で N～NE となり寒気を補給している。西日本付近でも S よりの暖気流となっている時は不安定になりにくく ridge が強まり寒気の南下はおくれることがある。

(ii) 700mb 面では黄海付近に明瞭なシャー線があり、その北西部で北風の強い寒気移流があり西日本付近との温度差が大きくなっている。850mb 面では黄海付近に寒冷前線がありその温度傾度は $6^{\circ}\text{C}/200\text{km}$ 、または金浦と福岡の温度差は 8°C 以上を基準としたらよいようである。

(iii) これらに伴って地上低気圧は発達しながら日本海にはいるように進んでいる。この型は西日本上空 (900 mb ~ 800mb) で 50 ノット以上の強風が現われると同時に地上でも強風となるので寒気の南下、前線付近の温度差に注意しなければならない。

6. むすび

西日本上空 (900mb ~ 800mb) にあらわれる南よりの強風を解析しそれが地上に下降する条件と瀬戸内海の地的影響も吟味し予報則を求めた。

最後にあたり、多くの助言を下さった藤本予報課長、山本予報官に深く感謝します。

参考文献

- 1) 大谷東平 (1946): 大雨に随伴する湿舌の機構について、研究速報 8, 1~6.
- 2) L. L. Means (1952): On the thunder Storm forecasting in the Central United States. Month. W. Rev., 80.
- 3) 山本常男 (1957): 前線の研究 (Frontogenesisについて), 昭和33年日本気象学会.
- 4) M. E Crawford (1950): A synoptic of instability line. Bull. Amer. Met. Soc., 31 No. 10. 地物文献 4, 2.
- 5) J. M. Poter, L. L. Means, L. E. Hovde and W. B. Chappell (1955): A synoptic study on the formation of squall line in the North Central United States. Bull. Amer. Soc., 36.
- 6) Lt. Col. Robert C. Miller (1959): トルネード発生の総観的気象状態、気象学文献抄第 2 号.
- 7) 西田宗隆 (1959): 航路予報指針 (瀬戸内海西部について), 昭和34年度、中国地区研究会誌.
- 8) 気象学ハンドブック (1959), p. 606. 技報堂
- 9) 難波林造 (1959): 米子の下層における強風域について、昭和34年度島根県気象研究会誌.
- 10) 山田三郎 (1958): 不安定線と暖気突風の機構およびその予報について、研時 Vol. 10, No. 6.
- 11) 木下正時 (1959): 1958年1月21日の東支那海および北九州における突風について、研時 Vol. 11, No. 2.
- 12) 山本主夫、古都正雄 (1956): 低気圧の急速な発達について、昭31. 日本気象学会関西支部研究会誌.
- 13) S. Petterssen (1955): A general Survey of factors influencing development at sea level. J. Met. 12, 地方文献, 8卷1号.
- 14) 広島地方気象台 (1959): 局地豪雨の予報、昭和33年度中国地区研究会誌.
- 15) 広島地方気象台 (1958): 大雨の総観的予報について、研時 Vol. 10, No. 12.
- 16) 笠村幸男 (1960): 周防灘気塊について、天気 Vol. 7, No. 2.