

呉における接地逆転の実際的予報法について*

山本 和三 杉田 秀史 京 格**

要 旨

呉市における冬季の SOx 高濃度は、早朝の接地逆転出現日にほとんど全部が現われていることが分かったので、高濃度出現予測のため接地逆転を前日に予想して排出源からの規制を行なう資料とする要望が強まってきた。そこで、民政協力の上から、4ヶ年間について前日9時の地上天気図型と9時の福岡-呉の気圧差から翌朝の接地逆転を17時に予想し、さらに測候所の風(21時)によって修正予報を出す予想法を作った。結果的にはすり鉢状の特異な地形(盆地にちかい)のためにかかなり簡単な統計手法によっても80%以上の精度で予想ができ、さらにその方法での1976年~1977年の冬季の追試の結果は適中率75%であったことを述べる。

1. はしがき

数年来、呉市においては冬季の SOx 高濃度出現と接地逆転とに深い関係のあることが調査されており、またその接地逆転の呉での特性も調査された。この接地逆転の出現を予測することにより、かなり高い精度で SOx 高濃度出現の可能性を事前に予知できることになるので、1973年から1975年までの1, 2, 3, 10, 11, 12月および1976年1, 2, 3月の冬期間の SOx 濃度観測値(市内)と測候所および呉市北側の150m高度の観測点の気温資料、地上天気図および気圧、風の実測値等を用いて、統計的手法により、前日17時に予報し、さらに21時30分に予報変更の必要を生じたデータが得られたら修正予報を出す方式でのワーク・シートを作成した。なお、150m地点は灰ヶ峯(702m)山腹の周囲に開けたある程度広い場所で観測しており、過去の検証で自由大気中の気温と大差がないことが立証されている。なお、接地逆転は150mの気温が測候所に比べて高いか同じ(±0.4°C以内)である場合とした。

2. 逆転の出現状況

呉市で観測した期間中の全接地逆転日に対する当日9時の天気図型は、だいたい4種類に分類できることがすでに調査されている。その4つの型を概説すると、第1



第1図 天気図型

型\月	1	2	3	10	11	12	計	逆転率%
A	40 ○19 ×21	18 ○15 ×3	19 ○9 ×10	15 ○8 ×7	30 ○18 ×12	22 ○14 ×8	144 ○83 ×61	58
B	33 ○26 ×7	26 ○18 ×8	39 ○32 ×7	13 ○10 ×3	23 ○16 ×7	23 ○13 ×10	157 ○115 ×42	73
C	8 ○6 ×2	10 ○8 ×2	12 ○9 ×3	15 ○11 ×4	8 ○6 ×2	7 ○5 ×2	60 ○45 ×15	75
D	1 ○1	9 ○7 ×2	11 ○7 ×4	5 ○4 ×1	9 ○4 ×5	44 ○5 ×4	44 ○28 ×16	64

第1表 天気図型別逆転出現状況

○：逆転あり
×：逆転なし

* On Practical Forecasting Tool of Grand Inversion at Kure.

** K. Yamamoto, H. Sugita, I. Kanadome, 呉測候所.

——1978年1月17日受領——

——1978年5月31日受理——

型	気圧差	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5 ^{mm}
A	O			0	2	10	23	20	19	7	2 ^{mm}
	X			1	5	6	3	3	12	24	7 ^{mm}
	%			0	29	63	88	87	61	23	22%
B	O	1	0	1	7	27	38	30	9	2	0
	X	1	1	1	1	4	4	6	18	5	1
	%	50	0	50	88	87	90	83	33	29	0
C	O			0	1	9	21	10	4		
	X			2	5	8	0	0	0		
	%			0	17	53	100	100	100		
D	O	0	3	2	7	10	2	2			
	X	1	0	1	2	6	6	0			
	%	0	100	67	78	63	25	100			

第2表 天気図型別気圧差別逆転出現状況

図にその代表例として示されているように、

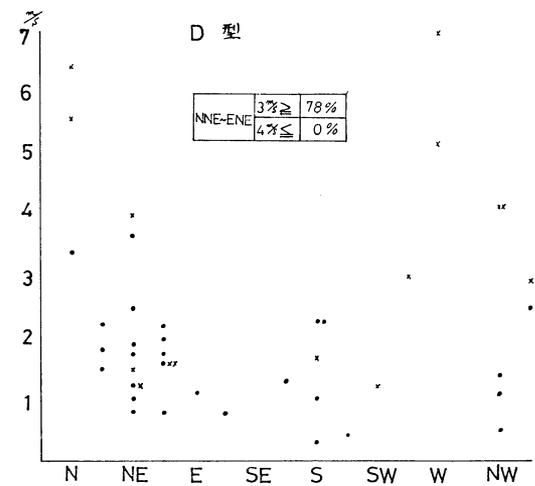
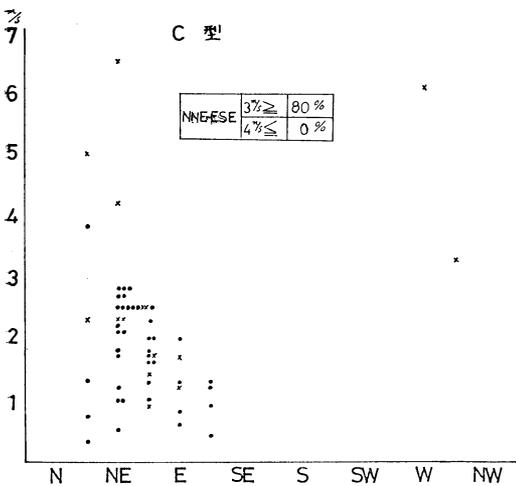
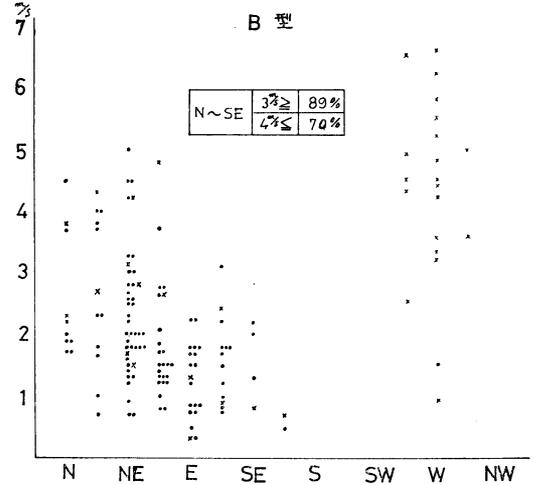
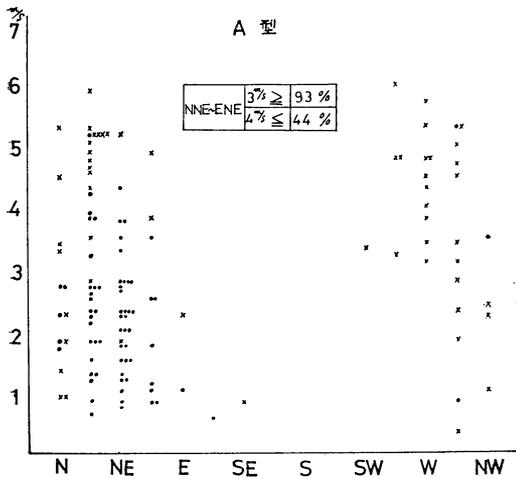
A型は冬型の気圧配置がゆるんだ場合

B型は西日本が移動性高気圧の前面に入った場合

C型は西日本が移動性高気圧におおわれた場合

D型は西日本が移動性高気圧の後面にあたった場合

である。前述の天気図型は接地逆転の出現に対してはほぼ同時現象的にみた場合に当たるので、予報に使うためには、予想天気図(FAX)の型を適用するかまたは前日9時の天気図とそれに補助資料としての実況値を使って翌朝の逆転との関係を求めて予想するか2つの方法が考えられるが、ここでは後者の方を用いることにした。調査の全期間内の前日9時の天気図型月別出現状況と、



第2図 天気図型別の風向・風速(測候所)と翌朝の逆転出現可否

●: 逆転あり ×: 逆転なし

その当日朝の呉市における接地逆転の出現の有無を対比させたのが第1表である。この表でみると、A型気圧配置が現われた日数144日の内で接地逆転が起きたのが83日あるから、出現率は58%である。B型は157日あり逆転した日は115日で、73%の出現率を示している。C型は60日ありその内45日逆転しているの、75%の出現率となる。また、D型は44日でその内28日逆転しており、出現率は64%となっている。このように、前日9時の天気図型でB、C型気圧配置が現われた場合には予想日朝70%以上接地逆転がおきているが、A、D型気圧配置の場合は60%前後で、B、C型に比較すれば出現率は多少低くなっている。さらに精度をあげるために次の要素を加味した。すなわち、天気図型別に福岡と呉の前日9時の気圧差(+)は福岡の方が気圧が高く、また気圧差1mbというのは0.5~1.4mbの間を示し(いずれも各数値を中心に四捨五入によって表わしている)と当日朝の接地逆転の出現との関連を表わしたのが、第2表である。この地上気圧差については、呉と上海、福岡と上海等とはほぼ東西方向にいろいろとしてみたが、これらの中で福岡と呉の気圧差をとった場合がもっとも妥当であることがわかったので、これを使用した。すなわち、A型の場合は、気圧差が1~2mbの間で80%以上の適中率になり0mb以下および3mb以上になると60%以下と著しく低下している。B型では、-1~2mbの間で80%以上、-2mb以下、では50%以下また3mb以上では40%以下となっている。C型では、1~2mbの間で圧倒的に出現率が高く100%となっている。ただし、3mbの場合は例数が少なかったので取り上げなかった。また、D型では、-1~0mbではほぼ70%であるが1mbでは30%程度、その他は例数が少ないので除外した。このように、天気図型を指定し、福岡と呉の気圧差を併用すると各型の80%以上の出現率(D型はやや低い)をもつ気圧差が決まってくるので、前日9時の天気図および実況値から高い精度で予報ができることになる。この9時については、予報時刻(17時前)に最も新しい資料として得られるFAXの地上天気図となるためにこれを用いた。気圧差は、東西方向にとったので西方からの高気圧のはり出しに対し、ある程度傾度風速の指標になるので、呉における翌朝の弱風予想にも替わるものとなるだろう。

次に、第2図は、天気図型別に前日21時の測候所の風向、風速に対する当日朝の逆転出現の状況を表わしたものである。A型についてみると、NNE~ENEの風向で風速が3m/s以下の場合には翌朝の逆転出現が93%で

かなり高いことを示している。また、4m/s以上の風速の場合でも上記風向の時には44%の出現はしており、なお他の風向でも数回位は逆転しているけれども、NNE~ENEで風速が3m/s以下であれば翌朝逆転を起こすひとつの目安と考えてよいようである。次に、B型では、A型より風向がやや東よりに広がりN~SEの場合で風速3m/s以下では出現率が89%となっている。また、同風向で4m/s以上の場合では、総体的に極めて例数が少ないので何とも言えない。そして、A型と同じく西よりではほとんど出現していない。C型では、NNE~ESEの風向で風速3m/s以下の場合は80%で4m/sを超すと出現していない。D型の場合は、天気図パターン・スケールの一般風が他の3つの型とは異なるため他の型とは違った風向でも逆転を起こしている。すなわち、SよりからNWよりの風の場合にも逆転していることであるが、NNE~ENEのところで集中して出現し3m/s以下ならば78%で4m/s以上では出現していない。

次に、第3表は、前日21時の各風向と9時の気圧差(福岡-呉)別の逆転出現頻度を型別に表わしたものである。A型では、9時の気圧差が1~2mbのとき21時の風向がNNE~ENEの場合80%から100%、0mb以下の時NEならば80%前後、3mb以上でもNE~ENEなら80%前後になっている。B型では、-1~2mbでN~SEの場合80~90%、3mb以上でもNなら75%、C型では1~2mbでNE~ESEでは80%以上逆転しNNEでも67%逆転している。また、D型では回数は少ないが-1~0mbでNE~ENEの場合80%以上の出現率となっている。結局、前日9時の気圧配置と気圧差に対応させて21時の風向毎に逆転出現頻度を求めたわけで

型	気圧差	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW	C	
A	0 ≥	/	29	83	67	/	/	/				/				/			
	1~2	/	71	80	96	100	/	/					/	/	/		25	/	
	≥ 3	/	30	83	75	/	/						/	/	22	/	67	/	
B	-2 ≥	/		/	/	/													
	-1~2	/	75	90	95	95	89	83	75	/				25	17	/		33	/
	≥ 3	/	75	/	50	67	/	/					/	/	/				
C	0 ≥	/			33	14	67											/	
	1~2	/	67	100	80	80	100											/	
		/																	
D	-1~0	/	/		100	86	/			/	/	/	/				60	/	
	1 ≤	/	/		33		/	/	/	/	/	/	/					/	

第3表 天気図型別の風向と気圧差に対する出現頻度 / : 5回以下
空欄 : なし

前日17時での予報指針		前日21時30分での予報修正指針		
09時の地上気圧差 (福岡-呉) hPa	出現率	呉の21時の風速 (3m/s以下)	平均出現率	
A	0 ≧	50%以下	NE	80%
	1 ~ 2	80~90%	NNE~ENE	90%
	3 ≧	50%以下	NE ~ ENE	80%
B	-2 ≧	50%以下		
	-1 ~ 2	80~90%	N ~ SE	85%
	3 ≧	40%以下	N	75%
C				
	0 ~ 2	90%以上	NNE~ESE	90%
D				
	-1 ~ 0	70%前後	NE ~ ENE	90%
	1 ≧	30%以下		

第4表 予報ワークシート

ある。風向についても前日9時のものを用いたいのであるが、海陸風の卓越による昼間と夜間との風向の変化、また、呉地区でも冬季高気圧におおわれた場合一般的には夜間になると風速が弱まる等のために、前日夕方の予報指針に9時の風を用いることが難かしかつたので、呉の風は安定した夜間に入つての実測値として21時のものを使い、さらに精度を上げるための修正予報用にせざるを得なかつた。また、接地逆転時の天気はだいたい晴れであることが要求されるが、それについては過去の調査等から呉の場合4種類の天気図型ではおおむね天気は快晴、晴、雲が出てもわずかのことが多いことが分かっている。

3. 予報ワーク・シート

前述の各要素を整理し、機械的に翌朝の接地逆転出現を予報するために第4表のようにまとめた。まず、FAXで流される9時の地上天気図によって何型に属するかを指定する。その場合の問題点は、たとえば、A型で西高東低の場合でも等圧線がほぼ南北に走っているようなときには容易に決められるが、一部が西日本に出張った形で張り出し日本海西部に低圧部らしきものがみられるようなときはB型ともとれる場合もあり、その時には過去のA型例を参考にしかつ FAX 図に等圧線を追加してできるだけ客観的に決める。次に、福岡の気圧実況値を入手して呉との気圧差を求める。その結果に基づいてワーク・シートの適用欄を決める。たとえば、B型で気圧差 1 mb ならばB型の中から右へ -1~2 mb ととり翌朝出現の可能性を80~90%として予報する。さらに、21時の呉の風がたとえば NNE 3 m/s 以下ならばそのまま予報は修正しないが、もし21時にたとえば NW となつたらその時点で修正予報としては出現しないと訂正す

ることになる。しかし、第3表からも分かるように、B型で呉で西よりの風の出現率は約17%であるからほとんどの場合21時の風向に対する修正はない。また、B型で4 mb の気圧差となつた場合17時では逆転なしと予報するが、21時に N 風で 3 m/s 以下になつたら21時30分には翌朝逆転ありと修正する。また、A型で気圧差 0 mb ≧ や 3 mb ≦ の場合には17時の時点では出現しないと予報するが、21時の時点で条件に該当すれば修正予報として出現有りとする。A型の冬型のゆるみという気圧配置は当日朝までの間に気圧差がかなり変わることが多いが、21時に NE 風になると出現する。呉ではA型では夜間NE 風が圧倒的に多いが、時には NW 風に変わることもあるので21時に修正する場合が他の型より多い。

4. あとがき

現地での局地的接地逆転の出現可否の予報に対する要望に答える実際の予想法を統計的に処理して、一応のワーク・シートを作つた。当然考えられることは、接地逆転の出現可否は前述の気象要素からだけで単純に決まるはずのものではないが、呉は、たまたま三方を山に囲まれ南方に開けたすり鉢型の特殊地形をしているために局地性の強い特殊な接地逆転が現われ易いため比較的単純な気象条件下でも出現しているので、このような方法でかなりよい精度で予報できることが分かつた。

以上の方法を使って1976年10月から1977年3月までの6ヶ月間追試した結果、この期間中実際に逆転がおきた日数は68日でこれを予想できたのが51日で適中率は75%となつた。残りの17日はワーク・シートの条件に合致しなかつたので出現可の予想をしなかつた日である。

謝辞

この調査研究は、昭和51年度 大阪管区気象台研究費の配分によりなされたことを深謝する。また、SOx 濃度資料と気温観測値をご提供いただいた 呉市公害対策課 にも厚くお礼申し上げる。最後に、終始ご指導いただいた呉測候所長 根山芳晴博士 に謝意を表する。

文 献

根山芳晴, 山本和三, 大奈 健, 1975: 呉における接地逆転の特性と山陽沿岸での普遍性について, 天気, 23, 569-573.
 根山芳晴, 丸本 毅, 池田 浩, 1976: 呉における大気汚染高濃度に果す地形効果について, 研究時報, 28 279-283.