

15 南大東島における霧発生の予測

浜比嘉美香（那覇航空測候所）

1 はじめに

南大東島は沖縄本島から約 360km 離れており、周囲に北大東島があるものの、観測データ数は少なく範囲も極めて狭い。このため、数値予報モデルでの表現が難しい現象もある。特に霧の発生予測は、航空機の運航に影響を与え、航空機が主要な交通手段である南大東島の住人にとっては重要な問題である。霧の発生予測が出来れば、航空機運航の改善につながり、島民生活の一助となる。実況監視の強化および濃霧注意報発表に利用するため、18時から翌日06時までの霧発生の予測式を求め、現業で利用し易い予測指数(FF-INDEX、以下「FFI」とする)算出プログラムの作成を行なった。

2 調査方法

視程と霧水量、水滴半径の関係は次式で表される。
視程[m] = 2.6 × 水滴半径[μm] / 霧水量[gm⁻³]
霧水量が大きく、水滴半径が小さいほど視程が悪い。
気温と湿度(露点温度)が高いほど霧水量は大きくなる。水滴半径については平衡蒸気圧の飽和比と気温が影響する。

今回の調査は2004年に発生した放射霧を対象に、資料は地上気象観測値より、前日(ただし霧が24時以前の夜間に発生している場合は当日)の日平均湿度、霧発生前24時間以内の「最高気温」と同時刻の「露点温度」、最高気温起時後霧発生までの「最低気温」、「風速3.0m/s未滿継続時間」を調べ、調査事例抽出の境界条件を次に示すとおりとした。ただし、台風通過に伴い発生した霧は除外する。風速3.0m/s未滿としたのは台風通過後に発生した霧1事例を除き、全て放射霧であったためである。

第1境界条件

- 平均湿度が80%以上
- 最高気温が20以上
- 最高気温起時以降翌日06時までの正時の気温のうち最低の気温(以下「正時の最低気温」という)が26以下
- 当日の最高気温 - 正時の最低気温 > 4

18時から06時までの正時の風速3m/s未滿が2マス以上継続(日原簿)

第2境界条件

当日最高気温起時の持ち上げ凝結温度(T_L) < 24.5

最低気温 < (最高気温起時の $T_L + 1$)

持ち上げ凝結温度 T_L [] = $1 / (1 / (T_d + 217.15) + \ln((T + 273.15) / (T_d + 273.15)) / 800) - 217.15$

第3境界条件

18時から06時までの風速3m/s(1分値)未滿継続時間1時間半以上

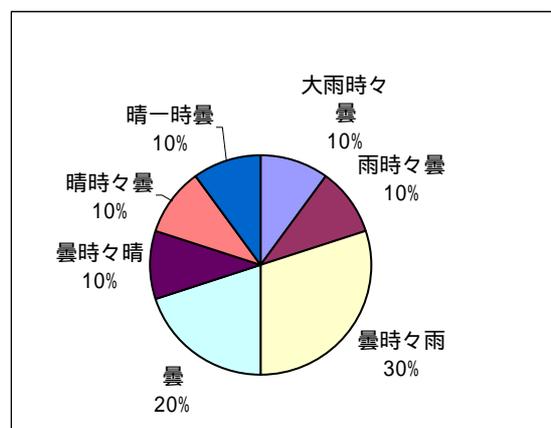
2004年1年間でこれらの境界条件を満たす事例を抽出し、条件内で霧が発生した割合を求めた。また、今回新たに調査した事例(放射霧)と、1999年から2003年の各年3月から6月に発生した移流霧とを比較し、共通の発生要因を調べた。さらに、要素別の特徴と相関から、霧発生の予測式を求めた。

3 調査結果

(1) 2004年に境界条件内で霧が発生した割合

第1境界条件における事例数は53個であった。この53事例中第2境界条件も満たすものは32個であった。

第2境界条件の に当てはまらなかった事例は10個、 に当てはまらなかった事例は11個で、どちらの条件も満たさない事例はなかった。 に当てはま



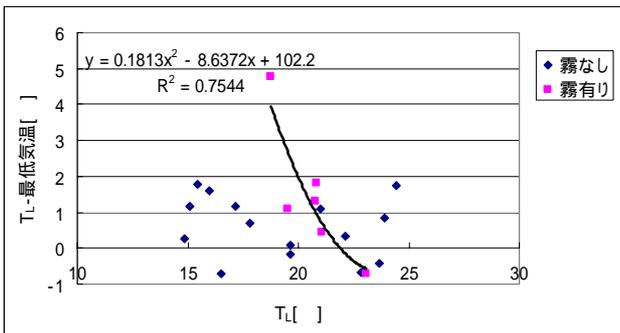
第1図 $T_L \geq 24.5$ 以上での天気概況

らなかった事例の18時から翌日06時の天気概況(第1図)を見てみると、2事例を除き曇か雨ベースなのに対し、に当てはまらなかった事例は10事例が晴れベース、残る1事例は薄曇であった。

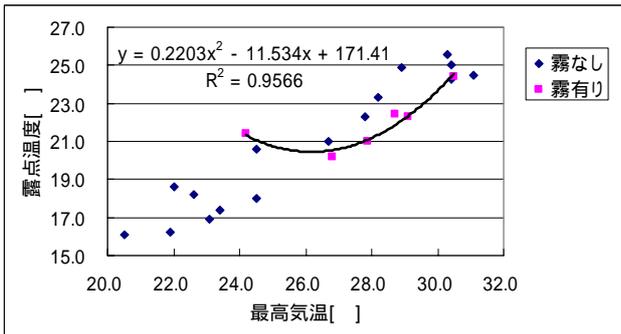
第3条件まで満たす事例は22個で、そのうち霧が発生したものは6事例(約27%)であった。

(2) 共通の発生要因

2004年の観測値より T_L は19 から23、露点温度は20 から24.5の範囲で霧が発生していることが分かった。(第2図、第3図)



第2図 T_L と最低気温差



第3図 最高気温と同時刻の露点温度

最高気温起時のLCL(持ち上げ凝結高度)については、放射霧の発生した日としなかった日とで顕著な差異は見られなかった。

1999年から2003年の各年3月から6月に霧が発生した時の気象要素と共通する項目として次の5点があげられる。

- 平均湿度が80%以上
- 最高気温が20以上
- 最低気温が26以下
- 最高気温起時の $T_L > 18$
- 最高気温起時の $T_d > 19$

最高気温と最低気温の気温差については、1999年から2003年の19事例中10事例が4未満であったが、いずれも霧発生前24時間の最小湿度は70%以

上と、日中も大気は湿潤な状態であった。また、平均風速は6m/s未満であった。

(3) 霧発生の予測式

予測因子として日原簿および95型地上気象観測装置から

- 前日の平均湿度
- 当日の最小湿度(16時まで)
- 当日の最高気温
- 最高気温起時の露点温度

を用いることとする。また、最低気温は17時予報における明日朝の最低気温を用い、風速については、18時から翌日06時までの予想風速が3m/s未満の継続時間を用いることとする。ただし、18時から翌朝06時の予想天気雨が雨の日は対象外とする。

今回の調査結果から求めた予測式を次に示す。

$$T_L = 1 / (1 / (T_d + 217.15) + \ln((T_{max} + 273.15) / (T_d + 273.15)) / 800) - 217.15$$

$$T_{dmin} = 0.2203T_{max}^2 - 11.534T_{max} + 168.41$$

$$SA = T_L - T_{min}$$

$$SA_{min} = 0.1813T_L^2 - 8.6372T_L + 100.2$$

$$FFI = 1.5(T_{max} - 22) + 8(T_d - T_{dmin}) + 10(SA - SA_{min}) + HD(HD - 75) / 25 + (T_{max} - T_{min} - 4) + (Time - 90) / 6$$

T_L : 持ち上げ凝結温度[]
 T_{max} : 当日の最高気温[]
 T_d : 最高気温起時の露点温度[]
 T_{min} : 明日朝の予想最低気温[]
 HD : 前日の平均湿度[%]
 $Time$: 予想風速3m/s未満継続時間[分]
 FFI : 霧発生予測指数

ただし、前日の平均湿度65%未満、当日の最小湿度50%未満、最高気温20未満、予想最低気温26超、最高気温起時の露点温度17未満、最高気温起時の持ち上げ凝結温度16未満の場合は予測対象外(霧は発生しない)とする。また、現業用プログラムでは、FFIが100を超える場合は結果を100、FFIが0未満の場合(マイナスとなる場合)は結果を0として表示することとする。

第1表 霧発生日のFFI

予測資料年月日

年	月	日	最高気温	露点温度	最低気温	平均湿度	最小湿度	継続時間	予測指数	TL	
2002	3	1	25.3	18.8	12.2	83	64	180分とする	65	17.3	
		4	19	24.2	19.6	20.7	87		74	24	18.5
		20	27.1	22.3	21.2	86	73		100	21.2	
		21	27.2	23	21.2	89	76		100	22	
		22	27.2	22.5	18.2	92	72		100	21.4	
		23	28.3	20.6	17.6	89	63		91	18.8	
	5	1	27.9	23.8	19	86	75		100	22.8	
	11	15	25.6	23.4	20.2	86	87		100	22.9	
	2003	4	1	24.9	21	21.2	66		76	11	20.1
			2	24	22.2	21.5	89		88	100	21.8
		11	22.9	19.3	20	69	79	0	18.4		
		12	22.7	22.4	19.8	88	97	100	22.3		
		13	25.2	23.5	21.7	99	89	100	23.1		
		14	25.9	23.5	21.6	97	86	100	22.9		
		20	28.7	20.2	22.8	90	59	15	18.2		
		6	14	30	27.8	25.9	95	85	100	27.3	
2005	4	24	24.3	21.6	20.7	82	87	540	100	21.0	
	6	4	27	24.6	24.5	90	88	420	100	24.0	
	9	14	30.4	23.5	24.2	81	63	720	100	21.8	

4 検証結果

今回の予測式を用いて2002年、2003年、2005年に発生した霧についてFFIの検証を行なった。結果は第1表のとおり。ただし、実際には最低気温と風速3m/s未滿継続時間は予想値を用いることになるが、第1表の計算における最低気温は予測資料日の最高気温起時から翌朝にかけての最低気温(実況値)、2002年と2003年の風速3m/s未滿継続時間は固定値(180分)とし、2005年の風速3m/s未滿継続時間は日原簿のマス数×60[分]より計算した。第1表での見逃し率(FFI180未滿)は約26%であった。

持ち上げ凝結温度(T_L)については24.5以上が1回(6%)あった。しかし、2004年に第1境界条件を満たした事例のうち持ち上げ凝結温度が24.5以上であったのは18.8%という結果と比較しても、持ち上げ凝結温度の上限を予測式に組み込むことは有効と思われる。

2005年に霧が発生した日と同様に、1998年の4月と2005年の4月(事例数:60)についても検証を行なった。霧が発生したのは3事例であったが、見逃し率は0%であったのに対し、空振り率(FFI180以上)は30%と高い値となった。今回の予測式におけるFFIの範囲は0から100に設定しているが、霧が発生していない日でもFFIが100となる事例が14事例あった。

5 まとめ

今回の調査により、最高気温起時の持ち上げ凝結温度(T_L)24.5を境に18時から翌日06時までの天気概況に偏りが見られることが分かった。霧は同時間帯に発生している場合が多い。これは夜間の放射冷却の影響によるもので、雲量も関係することから、今後は持ち上げ凝結温度と天気概況(雲量)の関係も更に事例数を増やして調査を行い、予測式の改善に繋げたい。

また、現段階での予測式ではFFIが高めに出る傾向があるので、この点を考慮しながら予測式を改善する必要がある。今後は見逃し、空振り、それぞれについて事例解析を行い原因を調査していきたい。

(参考文献)

八木美香, 浜比嘉宗功, 上原一也 他(2003): 南大東島における移流霧発生の予測, 沖縄管内気象研究会誌, 32.