

富山湾の曇気楼 —冷気はどこから来るか—

市瀬和義（富山大学）、木下正博（滑川高等学校）

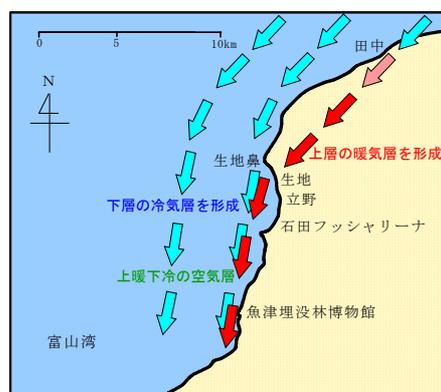
1 はじめに

(1) これまでの研究経過

我々が富山湾の曇気楼の発生理由として「冷たい雪解け水」ではなく「暖気移流」¹⁾を唱えてからすでに4年が経過した。この間、この説を確かめるために様々な方法で観測や計算を行い、多方面からの検討を重ねてきた。その結果、日本海から吹く海風の一部が田中から生地の陸地を通過することで暖気となり黒部の海上に移流すること、海上の暖気は富山方面に向かって吹き次第に冷気と混合されていくこと²⁾、さらには、田中から陸地を通過してきた風は、曇気楼が発生する日の方が出ない日に比べ午後の気温の上昇が大きいこと、曇気楼発生日の前日は天気がよく地面への蓄熱があること、陸地で暖まった空気は海上の上層に流れ込むことなどが分かってきた³⁾。このことをふまえ、我々は「暖気移流説」に、新しく次のような「持続モデル」を追加提案した。

(2) 曇気楼の持続モデル

海上における下層の冷気層の気温は、田中で観測される気温に近い。つまり、海上にある空気が、そのまま冷気層を形成していると考えられる。またこの冷気層は、数値計算から暖気が海面水温によって冷却されたものとは考えにくい。そこで我々は、連続して上層へ暖気が移流するとともに、下層には上層とは異なる風向で、田中に吹く海風の気温にきわめて近い空気が流れ込み、このことによって曇気楼が持続されると考えた。図1にそのモデル図を示す。



【図1】上暖下冷の空気層が形成されるモデル

(3) 2003年の研究視点

このモデルを確認するため、2003年は以下の2点に絞って観測、研究を行った。

- ① 生地鼻周辺（海風が富山湾に入る地点）での海風の回り込み。
- ② 富山湾の東部沿岸における暖気（上層）と冷気（下層）の風向・風速の相違。

2 研究方法

2003年は観測地点を図2に示すように2箇所増設し、生地周辺での気温と風の観測を詳細に行った。とりわけ五十里と生地鼻の監視カメラにウエザーステーションを設置（ともに海拔約14m）し海岸縁の風の回り込みを詳細に観測した。

3 観測結果

(1) 上位曇気楼の回数：表1に石須による埋没林博物館での観測結果を示す⁴⁾。



【図2】観測地点 ○昨年同様 ●継続

【表1】2003年の魚津埋没林博物館における曇気楼観測記録

回	月日	時 間	ランク
	3/24	別地点で観測報告あり	
1	3/28	14:15~16:20	C
2	4/28	12:20~14:00	D
3	4/29	14:00~14:40	D
4	5/2	9:40~18:15以後	B~A ⁻
5	5/3	14:00~15:00頃	E
6	5/12	17:00~18:00以降	C
7	5/13	9:00~12:30頃	B
8	5/14	11:00~12:30	C
9	6/4	11:45~15:00頃	C
	11/2	12:20~13:20頃（新聞）	C

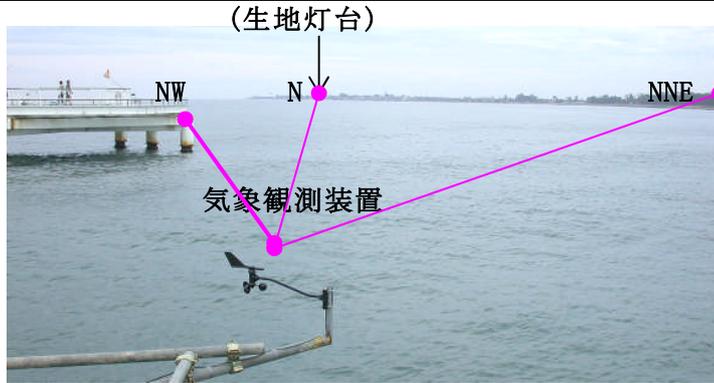
2003年の特徴をまとめると以下のようになる。

- ① 回数は2002年の7回に比べれば増えたが、例年に比べそれほど多くはない。
- ② 5/2及び5/13にはっきりとした曇気楼が観測された。
- ③ 4/28~29、5/2~3、5/12~14など2~3日連続して曇気楼が出た。
- ④ 魚津曇気楼研究会によって対岸（生地）から魚津方面の観測がされた。
- ⑤ 11/2に秋には珍しい上位曇気楼の観測がされた。

(2) 風向 表1のうち5月の発生日でCランク以上の風向は以下の通りである。

【表2】2003年5月における蟹気楼発生日の風向

日	五十里	生地鼻	生地	石田フィ(上)	石田フィ(下)
5/2	NE	N	欠測	NNE	N-NNW
5/12	NE-E NE	NNE	N	欠測	N-NNE
5/13	NE-E NE	N	NW-N	NNE	NNW
5/14	E NE	N	N	NNE	NNW

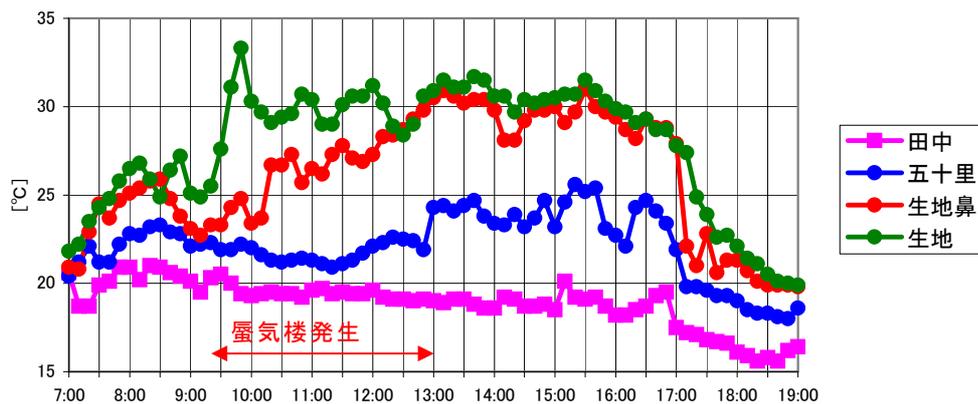


石田フィッシャリーナからの方角を図3に示す。

【図3】石田フィッシャリーナよりの方角

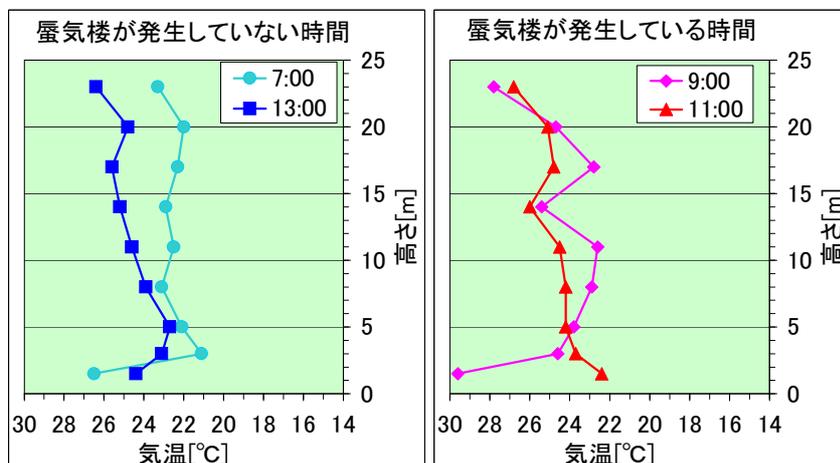
石田フィッシャリーナの上下で風向が異なっているのが特徴的である。

(3) 気温：5/13の各地の気温を図4に示す。特徴として、日中は田中の気温が20℃前後で推移し、この温度は水温に近い。また、風向からこの空気は陸地を通り、五十里、生地鼻、生地と流れてくると推測され、この間に気温は約10℃も上昇している。



【図4】2003.5.13の各地の気温

(4) 石田フィッシャリーナ上下の気温：5/13の石田フィッシャリーナでの気温の鉛直分布を図5に示す。



【図5】2003.5.13石田フィッシャリーナでの気温の鉛直分布

特徴として、蜃気楼の発生時には海拔 14m 以上に強い暖気の移流が見られる。

(5) まとめ

以上をまとめ、蜃気楼の発生時の風の流れを図 6 に示す。特徴として海拔 15m 付近の風は日中、田中や五十里方向から陸上を通過し、海岸縁にそって生地鼻から回り込むように吹いている。また、陸上を通過する間に気温が大きく上昇している。一方海拔 3m 付近の風は 15m の風とは方向を異にし、大きな気温の上昇は見られない。

4 考察

(1) 陸地の温度上昇がきわだっていないと蜃気楼は出ない。

蜃気楼は北東より安定した風が継続的に吹いていなければならない。まず、富山湾東部沿岸では安定した風が吹く。この風は田中・五十里から入り込み、陸地を通ってくることで地熱により大気が暖められ、気温は大きく上昇する。このことは、観測と熱収支(2002年6月13日、昨年報告済)の計算からも確認できている。

(2) 冷氣層は陸地を通過しない

石田フィッシャリーナの観測からは、暖気は石田において海拔 10 数 m 以上で吹きさらに下(3m)の冷氣層では上(14m)とは異なる風向であった。このことから冷氣層は陸上を通過しない空気であることが推測された。この冷氣層の気温は田中、五十里で観測される気温に近く、海上にある空気そのまま冷氣層を形成していると考えられる。蜃気楼が長時間持続するには、陸上を通過した空気と、陸上を通過しない空気が同時に連続して吹き、生地鼻の沖で混合せずに上に暖気、下に冷氣となる必要がある。そのことを考えると、観測事実は、暖気、冷氣が共に供給されていることになり、その結果、蜃気楼が 9:00~12:30 という長い間持続したことを説明できる。

5 まとめ(上位蜃気楼の発生モデル~暖気移流と蜃気楼の持続~の提案)

これまでの研究・蓄積してきたデータをふまえ、我々は、富山湾における上位蜃気楼の発生理由について、以下のモデルを提案したい。

<蜃気楼が発生する過程>

(1) 蜃気楼の発生日は、気圧傾度が緩やかで風が弱く海風が卓越している。また、風向は田中では北東よりであるが、富山湾東部沿岸ではその地形的な特徴から風は陸地側に力を受け、北よりに進行方向を変える。

(2) 海風はその特徴から沖合の日本海より吹く。そのため、海面水温の影響を受け、陸地に比べ日中の温度変化は小さく、海水温に近い状態で緩やかに推移する。また拡散により、海拔数 10m までは鉛直方向にはほぼ等温状態となっている。

(3) 田中では、安定した北東よりの海風が早い時間から吹いており、その空気は生地方向にかけて陸上を通過するため、日射による地熱の影響を受け、気温が大きく上昇する。

(4) 暖気となった空気は生地から再び海上へと移流する。その際、暖気を形成している空気層の高さ、海面の摩擦抵抗による上下部の風向・風速の違い、空気密度の相異等により、暖気は陸地を通過しない海上の空気上部へと移流する。

(5) 上暖下冷の構造を持った空気層が形成され、海岸を沿うように吹く。

(6) 富山湾東部沿岸地域の海上に上暖下冷の空気層が維持され、その境界層の密度変化により光が屈折し蜃気楼が発生する。

6 今後の課題

(1) さらなるデータの蓄積

2004年には、全体にわたって観測データをさらに増やしたい。暖気と冷氣の持続時の様子について石田フィッシャリーナでは、今年と同じようにポールを立てて観測をしたい。



【図 6】蜃気楼発生時の風の流れ

(2) 蜃気楼発生モデルの検証

これまでの観測データから、暖気と冷気の持続モデルを提案できた。今後は生地付近の海上において上暖下冷の空気層が形成、維持されることを、観測や数値計算からさらに詳細に検証したい。

(3) 富山方面のデータ収集

これまでは上暖下冷の空気層の形成過程を解明するために、観測は主に魚津から生地方向にかけて行ってきた。今後は上暖下冷の空気層がいかに富山方向へと持続されていくかを解明しなければならない。

参考文献

- 1) 木下正博、市瀬和義、富山湾における上位蜃気楼の発生理由—気温の鉛直分布が示す新たな事実—、日本気象学会誌「天気」、Vol. 49, No. 1(2002)57-66.
- 2) 市瀬和義、富山湾の蜃気楼における発生理由の解明、平成 13 年度魚津市委託研究報告書、(2001) 1-18.
- 3) 市瀬和義、富山湾の蜃気楼における発生理由の解明、平成 14 年度魚津市委託研究報告書、(2002) 1-13.
- 4) 魚津埋没林博物館ホームページ <http://www.city.uzu.toyama.jp/nekkolnd/>

2004 年の観測

更なるデータを収集するため、昨年同様に機器を設置したが、一部欠測があり、全部のデータがそろったのは 5/6 以後となった。そのため 5/16 の連絡協議会にはまだ解析ができていない。来年の報告を楽しみにしていただければ幸いである。

<メモ>