

# LPWA を活用した北海道紋別市における上位曇気楼の発生予測の検討

石原宙・今泉賢斗（北海道立オホーツク流氷科学センター）

## 1.はじめに

紋別市は北海道の東側、オホーツク海沿岸のほぼ中央に位置した人口 20,226 人（令和 6 年 1 月末現在）の港街<sup>1</sup>（図 1）である。オホーツク海沿岸域においても上位曇気楼が発生することが知られ、小清水町や斜里町周辺の鉄塔に設置した温度計から上位曇気楼の発生予測が行われている<sup>2</sup>。

筆者は紋別市にてこれまで鉄塔に温度計を設置し、上位曇気楼の目視観測から上位曇気楼の発生事例を元に考察を行った<sup>3</sup>。また得られた結果から曇気楼の予報を実施する際の「しきい値」を設定したところ適中率が 9.6%となり、紋別における上位曇気楼の発生予測には課題が残った。

以上から、本研究では現在までの上位曇気楼の発生記録と鉄塔に設置した温度計による記録から、時期を限定し上位曇気楼の発生予測の検討を行う。以降、上位曇気楼を「曇気楼」と略称する。



図 1 紋別市の流氷科学センターと沼の上の位置（国土地理院）

## 2.使用データ

### 2-1.目視観測データ

2019 年 5 月より現在まで流氷科学センター 1 階受付を観察地点とし、休館日を除く毎日 9 時から 17 時まで曇気楼の目視観測を行っている。観測地点から約 1.9km 離れた紋別港第 2 防波堤灯台を目印とし、規模 1~3 を設定した。

### 2-2.LPWA 式気象センサ

曇気楼の観測において館山ら<sup>4</sup>が LPWA（省電力広域無線通信技術：Low Power Wide Area）式の気象センサを活用している。紋別での観測においても上記センサを 2021 年 4 月 6 日より沼の上地区内鉄塔の 10m、23m の高さ 2 ヲ所に設置している。10 分に 1 回の頻度で気温の鉛直分布を測定する。

上部のセンサで得られた気温と下部のセンサの気温の差を求める。正の気温差であった場合は上暖下冷の空気層、負の気温差であった場合は上冷下暖の空気層が存在したと判断した。そして正の気温差は逆転層として検討を行った。

## 3.結果

本報告では 3 月に見られた幻氷の観測時期やこれまでの曇気楼の発生記録から、春から夏にかけての以下の期間に限定して検討した。

- ・2021 年 4 月 7 日～7 月 31 日
- ・2022 年 3 月 1 日～7 月 31 日
- ・2023 年 3 月 1 日～7 月 31 日
- ・2024 年 3 月 1 日～4 月 31 日

### 3-1.しきい値の設定

紋別における曇気楼の発生状況<sup>3</sup>を元に曇気楼が発生した日の未明から明け方まで（0 時から 6 時まで）の気温差の最大値を算出し、2-2 の通り逆転層の有無を判断した。検討期間中の曇気楼発生日数は 89 日（うち 1 日は気象計の欠測のため 88 日として検証）で気温差は -0.1℃から 5.8℃までとなり、気温差の平均値と中央値は共に 2.4℃、標準偏差は 1.1℃であった。館山らの算出方法に則ると、上記期間の曇気楼の 8 割以上に該当する気温差は 1.1℃であった。この値をしきい値として予測精度を検証する。

表 1 2021 年の予測精度検証

2021年		予測		
		あり	なし	合計
実況	あり	20日	4日	24日
	なし	37日	55日	92日
	合計	57日	59日	116日

表 2 2022 年の予測精度検証

2022年		予測		
		あり	なし	合計
実況	あり	18日	4日	22日
	なし	61日	70日	131日
	合計	79日	74日	153日

表 3 2023 年の予測精度検証

2023年		予測		
		あり	なし	合計
実況	あり	23日	7日	30日
	なし	62日	61日	123日
	合計	85日	68日	153日

表 4 2024 年の予測精度検証

2024年		予測		
		あり	なし	合計
実況	あり	11日	1日	12日
	なし	24日	25日	49日
	合計	35日	26日	61日

表 5 2021 年から 2024 年の予測精度検証

2021~2024年		予測		
		あり	なし	合計
実況	あり	72日	16日	88日
	なし	184日	211日	395日
	合計	256日	227日	483日

### 3-2.解析結果

検討期間すべての日の未明から明け方までの気温差の最大値を抽出し、上記のしきい値と比較した。しきい値よりも大きい値をとった日を、蜃気楼が発生すると予測した日とし「予測あり」と表記した。併せて蜃気楼が発生した日を「実況あり」とし、予測と実況を比較した。佐藤らによる予測精度検証の方法<sup>5</sup>に則り、年ごとと全年合計で算出した。それぞれ2021年から2024年までの結果を表1から表4で示し、全年の合計値を表5に示す。また、それぞれの年の適中率と見逃し率、空振り率を表6に示す。適中率は予報と実況共に「あり」もしくは「なし」となった日数の和を全日数で割ったものである。また、見逃し率は「実況あり」と判断したものの、「予測なし」であった日の割合、空振り率は「実況なし」にもかかわらず「予測あり」となった日の割合を表す。

表6 2021年から2024年の予測適中率、見逃し率、空振り率

	2021年	2022年	2023年	2024年	2021年～2024年
適中率	65%	58%	55%	59%	59%
見逃し率	3%	3%	5%	2%	3%
空振り率	32%	40%	41%	39%	38%

### 4.考察

本報告では蜃気楼の発生予測を沼の上地区のLPWA式気象計による気温差のみで検討した。この気温差のみでの蜃気楼予測の検討をする場合、適中率は検討期間中だと59%となった。しかし蜃気楼の発生事例には、沼の上地区では逆転層が観測されなかったが蜃気楼が見られた例や逆転層が存在しても蜃気楼が見られなかった場合が存在した<sup>3</sup>。逆転層の有無だけではなく、風向や風速を加味した場合の予測が精度向上につながると考える。また幻氷報告があったため検討期間を3月始まりとしたが、4月からの検討としている2021年の的中率が他の年と比べて僅かだが高かった。これまでの蜃気楼発生時期をより精査し、検討範囲をさらに限定することで適中率の向上が考えられる。

そして観測地点についても考察する。現在、紋別から近い地点で大気移流が考えられた沼の上地区にて気象計を設置したが、紋別市から見られる蜃気楼は沼の上地区からさらに東方向の湧別町や能取岬、知床半島まで該当する。対象まで最大約150km離れており、沼の上地区からの大気移流の有無のみで紋別市の蜃気楼予測をするのではなく、地形による移流（河川や山岳の影響）を加味し湧別川河口やサロマ湖周辺、能取岬周辺等に気象計を複数設置することで、さらに正確な蜃気楼予測につながれると考える。

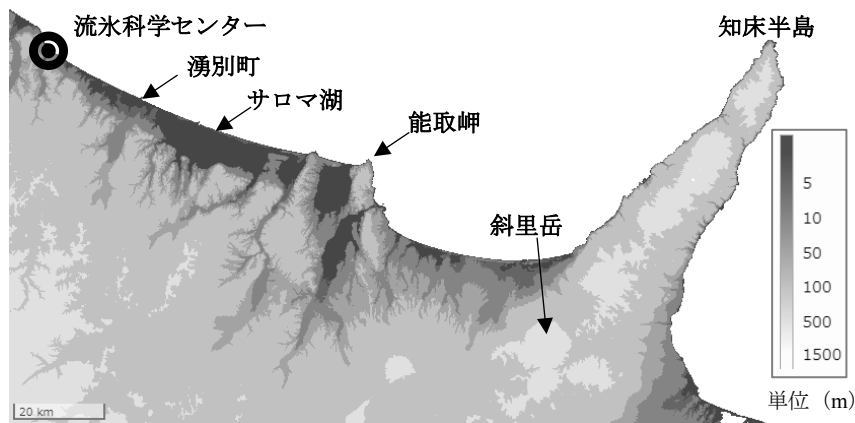


図2 紋別市から知床半島までの周辺地形（国土地理院）

### 参考文献

- 1) 紋別市 HP (<https://mombetsu.jp/administration/?content=500> 2024年5月15日閲覧)
- 2) 館山一孝, 佐藤トモ子, 佐藤和敏, 道木泰成, 小林一人, 鈴木一志, 2020: データ駆動型観光を目指したオホーツク地域の上位蜃気楼発生予測・公開システムの開発, 北海道の雪氷, 39, 27-30.
- 3) 石原宙, 2022: 北海道紋別市における上位蜃気楼の観測と観光化に向けた取り組み, 日本蜃気楼協議会令和4年度研究発表会
- 4) 館山一孝, 佐藤和敏, 佐藤トモ子, 小林一人, 鈴木一志, 2019: LPWA を利用したオホーツク地域の蜃気楼発生予測・公開システムの開発, 北海道の雪氷, 38, 11-14.
- 5) 佐藤トモ子, 金子和真, 館山一孝, 2021: オホーツクエリア蜃気楼予報の精度検証と周知の試みについて, 日本蜃気楼協議会令和3年度研究発表会