

## 下陸別に設置した海氷タンクにおけるフロストフラワー生成実験 Frost flower formation experiment in a sea ice tank installed in Shimo Rikubetsu

中山 雅茂<sup>1</sup>, 的場澄人<sup>2</sup>, 飯塚芳徳<sup>2</sup>, 西野沙織<sup>3</sup>  
Masashige Nakayama<sup>1</sup>, Sumito Matoba<sup>2</sup>, Yoshinori Iizuka<sup>2</sup>, Saori Nishino<sup>3</sup>  
Corresponding author: nakayama.masashige@k.hokkyodai.ac.jp (M. Nakayama)

<sup>1</sup>北海道教育大学釧路校, <sup>2</sup>北海道大学低温科学研究所, <sup>3</sup>北海道大学大学院環境科学院

<sup>1</sup>Hokkaido University of Education, Kushiro Campus, <sup>2</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University,

<sup>3</sup>Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University

冬季夜間の冷え込みが期待できる北海道足寄郡陸別町内の陸別町しばれ技術開発研究所下陸別観測所にて、2025年1~2月に海氷上フロストフラワーの生成実験を行った。貯水タンクに蓄えた海水の表面を自然冷却によって結氷させ、氷表面にフロストフラワーが成長する様子をとらえることに成功した。氷表面を移動するように成長と衰退を繰り返す状況や、特徴的な形状に成長するフロストフラワーが確認された。

### 1. はじめに

海氷上のフロストフラワーは、人工衛星データを用いた海氷のリモートセンシングに影響を及ぼすことや、大気への化学物質放出との関わりが指摘されている<sup>2)</sup>。一方で、実際に海氷上でフロストフラワーを観測する機会は限られる。そこで本研究では、海氷のマイクロ波放射計観測用に開発された海氷タンク<sup>3)</sup>を利用し、屋外・陸上でフロストフラワー生成実験を行った。

### 2. 実験

#### 2. 1 実験地

実験地は、北海道足寄郡陸別町内の陸別町しばれ技術開発研究所下陸別観測所である。この下陸別観測所は、気象庁が設置する地域気象観測所(アメダス観測所)の観測所名:陸別(リクベツ)から1.3 kmほど離れた地点にあり気象観測タワーが設置され、これまでに様々な実験や観測が行われている。これまでの観測結果から1~2月の夜間には、 $-20^{\circ}\text{C}$ 以下になることが期待できる場所である<sup>4,5)</sup>。

#### 2. 2 実験装置の設置

直径135 cm×深さ70 cmの円形タンクに海水を入れ、外周は建築用断熱材およびコンパネで囲い、夜間の冷え込みによる自然冷却によって、水面のみが冷却されるようにした。使用したタンクは、ターポリン(補強布入り塩ビシート)で作られており、海水が結氷した後もタンクの壁面に固着することが無く、海水のフリーボードが維持される。

また周囲からの風の影響をできるだけ軽減する目的で、上部外周を図1に示すようにビニールシートまたは防風ネットで囲った。天井部は覆っていない。また、氷表面の様子や温度変化をとらえるために小型カメラと携帯型気象計、温度計を設置した。

#### 2. 3 実験期間

2024年12月25日に、釧路市の東部にある桂恋漁港より採水した海水(31.1psu)を同日に陸別に運搬し、貯水タンクへ移し替えた。その後、2025年1~2月の2ヶ月間を実験期間とした。期間中、夜間の気温の冷え込みが期待された表1に示す夜間に、小型カメラでコマ撮り撮影を行うとともに、氷表面の状態を目視でも確認し記録した。

### 3. 結果

表1に、観測日ごとにおける日没後の実験開始時から翌日実験終了時までにおけるフロストフ



図1 設置した貯水タンクの外観。

ラワの有無を確認した結果と、最低気温の値、貯水タンク直上に設置した携帯型気象計が記録した気温と相対湿度をまとめた。観測日ごとの最低気温の値は、図1の実験装置に隣接する陸別町しばれ技術開発研究所の気象観測タワーで観測された地上高1.5mでの値である。

7回の実験において、3回フロストフラワーが確認された。図2に確認されたフロストフラワーの撮影画像を示す。なお、1月11~12日の実験の際は、実験中にわずかな降雪があった。

#### 4. 考察

7回の実験の中でも、1月11~12日の実験でフロストフラワーが多数確認されたのは、気温が低い中、わずかな降雪があったことで、氷表面に落ちた雪の結晶が起点となり、霜の成長が始まりやすかったと考えられる。2月23~24日の実験で確認されたフロストフラワーは図2(b)に示す1つだけである。1月11~12日と2月23~24日の気温や湿度の値に大きな違いはなく、確認されたフロストフラワーの形状も似ている。これらを踏まえると、氷表面に落ちる雪結晶や氷表面の凹凸の状況が、フロストフラワーの出現のしやすさに大きく影響を与えているものと考えられる。

次に、2月24~25日の実験で確認されたフロストフラワーの形状は、霜が針状に成長した様子になかった。今回の実験で撮影された画像を詳しく確認したが、残念ながら詳細な成長過程を確認することはできなかった。2月23~24日の実験と比べて、最低気温が3度ほど高いことや、氷上2cmにおける気温も-20℃に達していないなどの違いはあるが、この形状の違いの要因を明らかにするには、さらに実験が必要である。

#### 5. おわりに

今回、海水のマイクロ波放射計観測用に開発された海氷タンクを利用し、屋外・陸上でのフロストフラワー生成実験を行った。その結果、-22~-23℃以下に冷え込む環境を整えば、フロストフラワーの実験を行うことが可能であることが確認できた。今後は、フロストフラワーを繰り返し成長させる環境を整え、フロストフラワーに取り込まれる化学物質の分析にも着手したいと考えている。

#### 【参考文献】

- 1) Kwok, R. et al. (1998): Laboratory measurements of sea ice: connections to microwave remote sensing. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, **36**(5), 1716-1730, doi: 10.1109/36.718640
- 2) Hara, K. et al. (2017): Frost flowers and sea-salt aerosols over seasonal sea-ice areas in northwestern Greenland during winter-spring. *Atmos. Chem. Phys.*, **17**, 8577-8598, doi: 10.5194/acp-17-8577-2017
- 3) Nakayama, M. et al. (2024): Development of a sea-ice tank system for measuring microwave properties of sea ice. *J. Glaciol.*, **70**, doi: 10.1017/jog.2024.6
- 4) 空井猛寿, 浜田始, 亀田貴雄, 高橋修平 (2016) 日本一寒い町, 北海道陸別 一気象庁による2007年から2016年までの10年間の観測データに基づく一, *天気*, **63**(11), 27-35.
- 5) 亀田貴雄, 高橋修平, 渡邊興亜, 平沢尚彦, 佐藤秀昭, 浜田始 (2018) 北海道陸別町での雪氷分野の実験・観測の経緯および主要な成果 (1991年~2017年), *雪氷*, **80**(6), 541-554.

表1 各実験日におけるフロストフラワーの有無の確認結果と最低気温および氷上の気温と湿度

実験日 (夜間~日の出前後)	フロストフラワー 有無	隣接する気象観測タワー		貯水タンク直上に設置した小型気象観測装置			
		最低気温が記録 された時刻(JST)	最低気温 (°C)	氷上105cmにおける		氷上2cmにおける	
				気温(°C)	湿度(%)	気温(°C)	湿度(%)
1月7-8日	—	1/8 7:55	-17.8	—	—	-16.3	85.8
1月8-9日	—	1/9 3:54	-12.5	—	—	-12.6 (1分後 -13.6)	84.9 (1分後 92.8)
1月9-10日	—	1/10 4:23	-15.3	—	—	-12.9	82.8
1月10-11日	—	1/11 5:59	-9.7	—	—	-9.8	88.3
1月11-12日	多数	1/12 5:14	-23.7	—	—	-22.9 (1分後 -23.3)	89.0 (1分後 91.8)
2月23-24日	樹枝状1つ	2/24 5:31	-22.3	-23.2	79.0	-19.3 (7分後 -20.1)	86.3 (7分後 94.2)
2月24-25日	糸状1つ	2/25 6:27	-18.8	-19.2	80.9	-17.0 (2分前 -17.7)	88.1 (2分前 92.7)



図2 確認されたフロストフラワーの撮影画像  
(a) 撮影日時：2025年1月12日 5時43分  
(b) 撮影日時：2025年2月24日 5時58分  
(c) 撮影日時：2025年2月25日 6時04分