

ひこうき雲の生成と消滅に関する実験

気象予報士 10028 号 伊藤優香

共同実験者 城戸研仁

1. はじめに

飛行機が通った後に稀に出来る雲のことをひこうき雲という。ひこうき雲は人類の産業技術発展の象徴でもあり、子どもから大人まで人気が高い。どうやって雲ができるのか？など、ひこうき雲に興味を持つことから気象や科学への入り口となる。一人でも多くの人に「面白い」と思ってもらえるよう、普及活動を行っていきたいと考え、その一環として本研究に取り組むこととする。



図1 幅広く残るひこうき雲

1.1 ひこうき雲とは

ひこうき雲とは、航空機が飛行の際に燃料を燃やし、機体から排出する水蒸気が空気中のチリを核として凝結し可視化したものと言われている。

その消え方については複数のパターンが観測され、すぐに消えるものから幅広く残るものなど様々である。空気中の水蒸気が多いとすぐに消え、多いと長い時間残りやすいとも言われている。



図2 粒状に連なるひこうき雲(中)

梳くように広がるひこうき雲(下から 2 本)

波状に消えていくひこうき雲(下)

1.2 ひこうき雲を研究する意義

ひこうき雲に関してのみ書かれた書物は現在確認されていない。知名度が高い一方で、ケムトレイルや地震雲とも言われ、誤解を招きやすい雲とも言える。ひこうき雲について、きちんと説明し、普及していくことには大きな意義があると考えます。

2. アクリルパイプを使った真空実験

2.0 目的

ひこうき雲を地上で可視化できる装置を作成する。ひこうき雲の発生と消え方を再現し、気象を学べる装置としての普及を目指す。

2.1.1 方法 1

1. 30センチ長のアクリルパイプの中にエタノールを少量流し入れた。アクリルパイプ内に膨らませた風船を置いた。
2. 塩ビキャップに接着剤をつけアクリルパイプを密封した。
3. 真空ポンプで中の気圧を下げた。

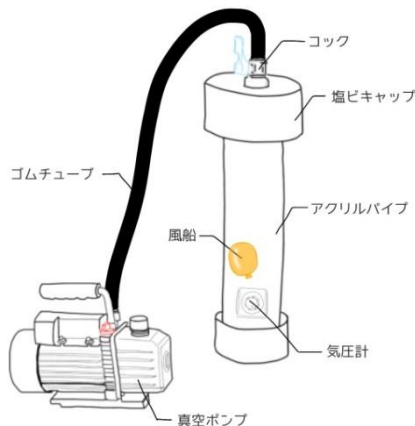


図3 アクリルパイプを用いた真空装置

2.1.2 結果 1

1. アクリルパイプ内に白くエタノールが気化したものが可視化した。風船が膨らんだ。どちらも数秒しか見られなかった。
2. 気圧が 850hPa まで低下した。850hPa 以降は下がらず、数秒で元の気圧に戻った。

2.1.3 考察 1

1. アクリルパイプ内の空気を抜いたことにより、気温が一時的に低下してエタノールの白

化が可視化されたと考える。

2. 真空ポンプの稼働により接着剤が揮発し、アクリルパイプと塩ビキャップを接着していた面に隙間が生じて気圧低下が継続出来なかった。

2.2.1 方法 2

1. 塩ビキャップの大きさに合わせて円形のゴムを用意した。ゴムを塩ビキャップとアクリルパイプの間に挟んで密封した。真空ポンプを稼働した。

2.1 のゴムの真ん中をくり抜いてゴムを塩ビキャップとアクリルパイプの間に挟んで密封した。アクリルパイプの中に膨らませた風船、マシュマロ、気圧計を入れて真空ポンプを稼働した。

2.2.2 結果 2

1. 真空ポンプを稼働すると気圧は 15hPa まで低下した。数分すると外の空気がゴムの隙間から強い力で中に吸引された。
2. 風船は膨らんだ後に破裂した。マシュマロは膨らんだが、気圧を元に戻すとしぼみ、元の状態より小さく縮んだ。

2.2.3 考察 2

1. アクリルパイプの中心にゴムがあると、ゴムの中心部に圧力が集中してゴムが中に引っ張られてしまう。ゴムをアクリルパイプの縁に合わせることで気圧低下が安定し、極限まで低圧にすることができる。

2. 気圧が下がるとマシュマロ内の空気が外に流れるため、マシュマロの体積は一時的に増加する。しかし気圧を戻してもマシュマロの気泡のポケットが破裂してしまったため、体積は小さくなる。

2.3.1 方法3

アクリルパイプ内にエタノールを吹き付け、さらに少量を流し入れた。アクリルパイプを方法2.2の方法で真空ポンプを稼働した。

2.3.2 結果3

アクリルパイプ一面にひび割れが生じた。



図4 アクリルパイプに生じたヒビ

2.3.3 考察3

1. アルコールを入れたことにより、アクリルパイプ内の表面の強度が低下し、ヒビが生じた。

2.5.1 方法5

1. アクリルパイプ内に銅パイプをU字になるように通し、穴を一方にし、中にエタノールとドライアイスの溶液を手動式のポンプで溶媒を循環させた。

2. 真空ポンプを稼働して気温低下を確認した。

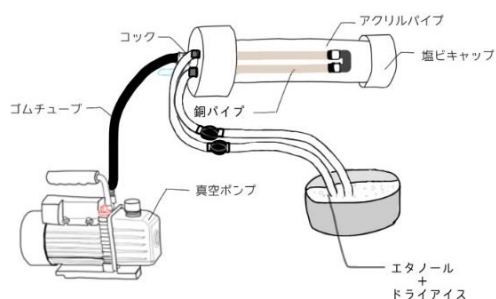


図5 アクリルパイプを用いた真空冷却装置

2.5.2 結果5

気温は 2°C程度しか下がらなかった。



図6 アクリルパイプを用いた真空冷却装置の稼働

2.5.3 考察5

アクリルパイプ内の気体を冷やすには十分でなかったため、もっと気温が大きく下がる方法を探る必要がある。

2.6.1 方法6

1. アクリルパイプ内に氷を敷き詰めた。氷の上に塩をまいた。

2. 真空ポンプを用いてアクリルパイプ内の気圧を下げ、気温低下を観察した。

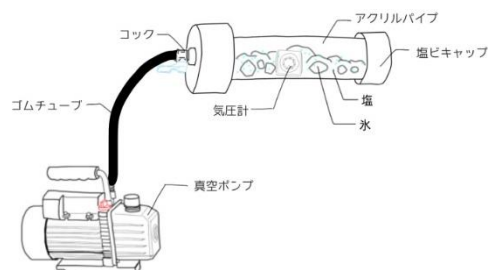


図7 アクリルパイプを用いた真空冷却装置2

2.6.2 結果6

気温は 4°Cしか下がらなかった。

2.6.3 考察6

身近なものを使い、短時間で気温を下げることは限界がある。更に気温が下がる方法を探

る。

3. ひこうき雲の観測

3.1.1 方法

1. 目視により観察できたひこうき雲の写真と同時刻に上空を飛行していた飛行機のデータ（スマートフォンアプリ：フライトレーダー24を使用）を用いて観測記録した。ひこうき雲の長さについて、上空に掌を伸ばした状態で指1本分（約1cm）をランク1、指2本分（約3cm）をランク2、指3本分（約4cm）をランク3、指4本分（約5cm）をランク4、掌一つ分（約10cm）をランク5、掌2つ分（約20cm）をランクS、それ以上をランクSSとした。
2. 気象庁の高層気象観測データを参照し、観測時刻に最も近い時刻、場所、高度の高層気象観測値を参照した。

3.2.1 結果1

1. 2019～2021年の観測数

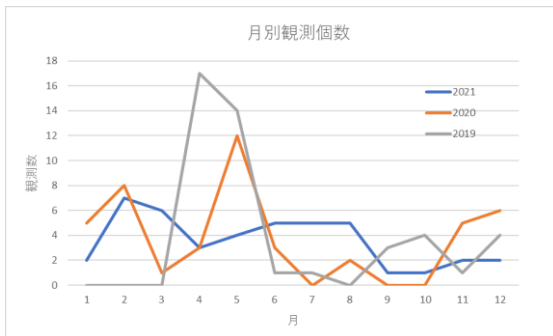


図8 ひこうき雲の観測数の比較

2019年は4月より観測を開始したため1～3月はデータなしとした。2019年は3～5月が多く、6～8月は1本以下、9～12月で再び観測された。2020年は1～2月に多いが3月に減り、再び4～5月で多く観測され6～10月で減少し11～12月で再び観測された。2021年は2～8月で3～7本、9月以降は1～2本の観測となった。2019年と2020年のデータ

より、4～5月に一番多く見られ、12～2月に次に多く見られることがわかった。

3.2.2 考察1

1. 春に一番多く見られたのは高気圧により逆転層が発生し、微細な水滴が大気中に舞うことや黄砂の飛来などにより高層の微粒子が多くなっていたためと考えられる。

なお、年度、月ごとにより観測実施時間の違いが生じており、今後はさらなる精度向上のため固定カメラによる自動観測を行っていくこととする。

3.3.1 結果2

1. 長さとの関係

観測したひこうき雲の長さについてランクごとに高度と比較した。2019年は対流圏下層、中層でも見られたが、2020年と2021年に観測したものは対流圏中層が1本のみ、他は全て対流圏高層の雲だった。

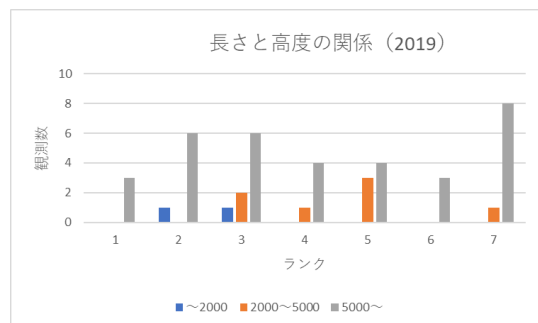


図9 長さとの関係 (2019年)

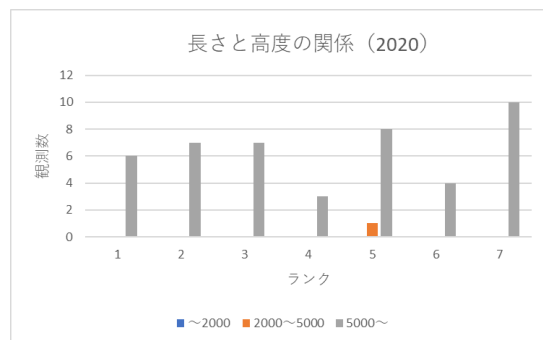


図10 長さとの関係 (2020年)

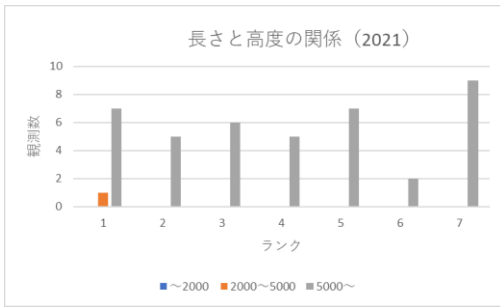


図 11 長さとの関係 (2021 年)

3.3.2 考察 2

1. ほとんどの雲が高層で見られた結果となったのは、飛行機の航空高度が高層であるため。高層ほどより気温が低く、気圧が低いため飛行機の排気ガスが凝結しやすい環境であると考えられる。

3.4.1 結果 3

ひこうき雲の消え方にはいくつか種類があることがわかっている。飛行と共に広がることなく大気に消滅していくものを即時消滅型、飛行機の通過後に残って幅広く広がっていくものを残存膨張型 (図 1)、残ったものが波型など変わった形を形つくるものを残存変形型 (図 2) とした。

	日付	時刻	Lv
1 即時消滅型	2021/7/15	8:35	S
2 残存変形型	2021/12/16	8:37	S
3 残存膨張型	2021/12/24	9:42	5

(表 1)

フライトレーダー24データ					
	出発地	目的地	ft	m	kts
1	ANCHORAGE	HONGKONG	38000	11582	472
2	TOKYO	SAPPORO	29811	9086	469
3	TOKYO	BEIJING	22925	6988	328

高層気象観測データ					
	観測高度	観測気温	観測相対湿度	風速	風向
1	10946	-43.8	///	11	175
2	9201	-49	///	51	272
3	7194	-31.6	74	51	278

(表 2)

今回は、ランクが 5 以上で朝の 9 時に近い時刻に観測された 3 件について比較を行った。

気象庁の高層気象観測データは朝の 9 時の館野のデータを使用した。

相対湿度は即時消滅型と残存変形型は-40 度以下のため通報されなかった。気温は即時消滅型と残存変形型が-40 度以下に対し、残存膨張型は-31 度と相対的に高かった。また、高度も即時消滅型と残存変形型は 9000m 以上に対し、残存膨張型は約 7200m と低かった。風速は残存変形型と残存膨張型は 50m/s に対し、即時消滅型は 11m/s と小さかった。

3.4.2 考察 3

風速が小さい方が消えやすく、大きい方が変形し上層雲として残るとということが考えられる。気温が高いと広がって残る残存膨張型になりやすいと考えられる。今後も多くの事例で検証を行っていく必要がある。

3.5.1 結果 4

ひこうき雲の伸びた後は雨天になりやすいと言われている。今回は 2019~2021 年でランクが 5 以上の観測の翌日の天気を雨、曇り、晴れに分類した。結果は (表) となった。一方、ランクが 2 以下のものを分類すると (表) の結果となった。

翌日天気	本数
雨	14
曇り	14
晴れ	24

(表 3)

翌日天気	本数
雨	8
曇り	14
晴れ	14

(表 4)

3.5.2 考察 4

ひこうき雲が伸びると雨天になりやすい、すぐに消えると晴れになりやすい、という訳では無いことがわかった。また、天気図で分類すると、移動性低気圧の前面の他、高気圧に覆われた日の朝夕においてもひこうき雲が発生していることがわかった。今後は気圧配置による分類も踏まえて行っていくこととする。

4. 参考画像

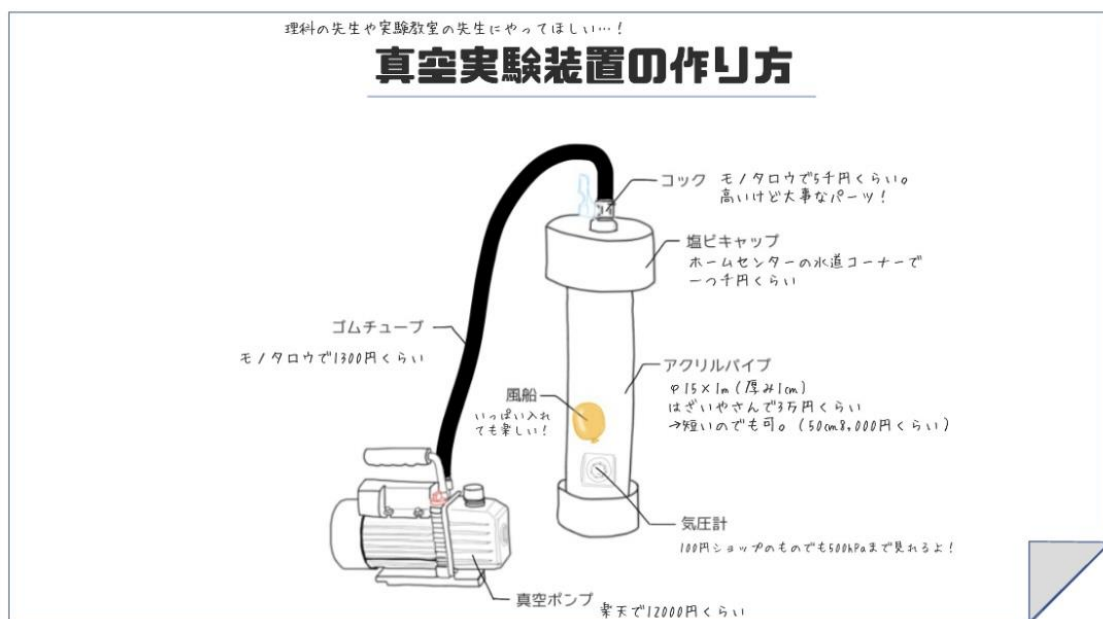


図 12 真空実験装置の作り方

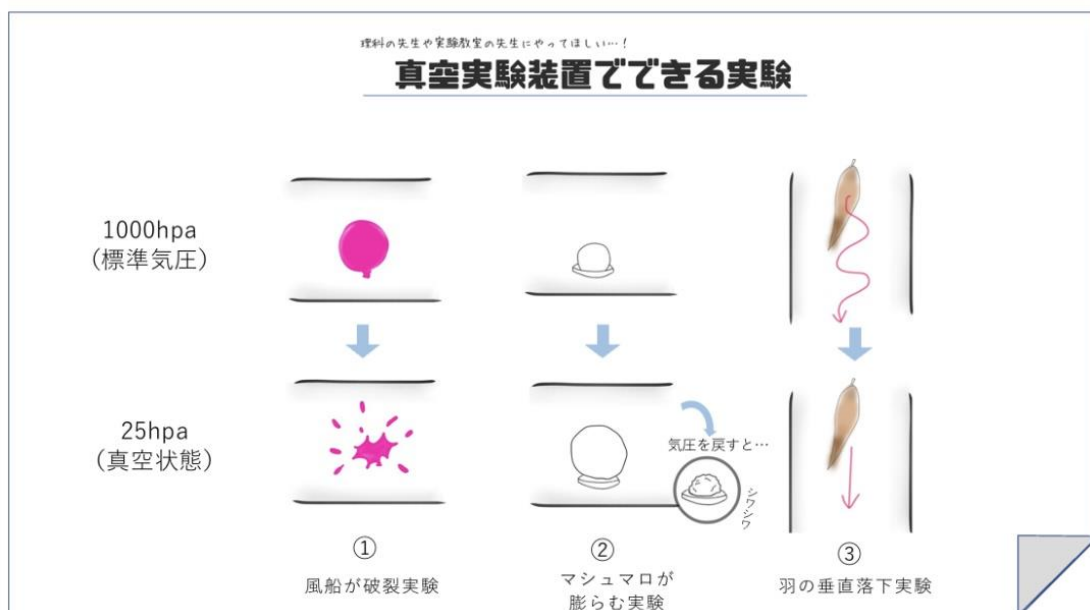


図 13 真空実験装置でできる実験

5. 発表やイベント登壇

・2021年12月

日本天文教育普及委員会

(オンライン：約50名)

・2022年3月

奈良県橿原市イオンモール

(小学生の親子対象：約50名)



図14 イベントの様子

実験を通して気圧について楽しく学び、空の上の大気の状態を思考できるイベントとなった。子どもだけでなく、親御さんも一緒にとても楽しんでいただけた。

今後は、装置内でひこうき雲の形成を目指し、さらなるイベントでの集客を目指す。

6. 今後の予定

・真空装置

冷却機能を追加した上で加湿器を移動させる。

・実験教材開発

大掛かりな装置ではなく、身近でできるような実験教材を検討する。

・自動観測ツール

目視観測を行ってきたが、今後は自動観測も行い、さらに観測データを収集して分析を行っていく。

・実験過程の公開

1年間で行った実験や過程を動画投稿サイト

に掲載したところ50万回以上再生された。

多くの人に関心を持っていただけたということで今後もさらなる実験や観測について記録し、動画公開を行っていく。

・イベント

今回製作した装置で子どもたちから「楽しい」という声をいただいた。今後も各地でイベントを行い、啓蒙活動を継続していく。

7. おわりに

本活動は一般財団法人 WNI 気象文化創造センターからの助成金により実施致しました。第11回気象文化大賞を受賞して、活動の可能性が広がった他、2022年6月より、総合科学研究機構の CROSS 研究員となりました。つくばの研究機関に所属することで、企業や公的機関への問い合わせや共同研究のご依頼などが円滑にできるようになることと思います。今後も他機関へご協力いただき、実験装置ならびに観測や解析が実りある成果を出せるよう努めて参ります。

1年間の多大なるご支援に心より感謝致します。

8. 参考文献

[1] プロが教える気象・天気図のすべてがわかる本

[2]

<https://www.eneos.co.jp/binran/part02/chapter01/section03.html>

[3] 気象庁過去の気象観測データ (高層)

<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/upper/index.php>

[4] 日本気象協会 過去の天気

<https://tenki.jp/past/>