

論文

2019年台風19号接近時に観測された天気管の変化

Change of the Storm Glasses Observed When the Typhoon HAGIBIS (1919) Downed on Central Japan

中野 英之*・近藤 優奈¹

*¹ 桐蔭横浜大学スポーツ健康政策学部

(2022年9月12日 受理)

I. はじめに

天気管（ストームグラス）は、アルコールに樟脳・硝酸カリウム・塩化アンモニウムなどを溶かした溶液をガラス容器に密封したものである¹⁾。気温や気圧の変化によってストームグラス内の結晶が成長したり、沈殿物が生じたりするとされ、19世紀には嵐の接近を予知する道具としてヨーロッパの船乗りに使用されていた一種の天気予報装置である。

チャールズ・ダーウィンが乗船したビーグル号の艦長であったフィッツロイ（1863）が著した“The Weather Book”は、ストームグラスが著された文献として古くから知られている。1870年に発表されたジュール・ベルヌの小説『海底二万里』に登場する潜水艦ノーチラス号にもストームグラスが設置されていることも良く知られている。ストームグラスの発明者ははっきりしないが、イギリスでは18世紀中頃には造られ販売されていたという²⁾。わが国でも、文具店などでストームグラスが販売されている。

気象衛星等のデータを入手することができなかった当時、航海において悪天候を察知するためにストームグラスに寄せられた期待の大きさは想像に難くない。

ストームグラス内に見られる結晶や沈殿物の状態と気象の間にはどのような関係が見られるのだろうか。Dennis³⁾によると、以下のような変化が見られることが記されている（原文を著者の中野が訳す）。

- I. 天気が晴れるなら、固形物はストームグラスの底に完全に沈み、液体は澄む。
- II. 雨が降る前は、固形物の量が徐々に増え、液体が澄むとともに星のような形のものが液体中を浮遊する。
- III. 嵐やひどい嵐の前には、固形物の一部が液体の表面まで達し、大きな葉のような形になる。液体は濁り発酵しているように見える。これは天気の変わる24時間前に見られる。
- IV. 冬、特に雪や霜のときにはストームグラスの高い位置まで沈殿物が積もる。内容物はとても白く、浮遊する白い点状のものが見られる。

* NAKANO Hideyuki: Professor, Faculty of Culture and Sport Policy, Toin University of Yokohama

¹ KONDO Yuna: Graduate, Faculty of Sports and Policy, Toin University of Yokohama

V. 夏、とても天気がよく暑くなるときは、固形物はストームグラスの非常に低い位置までしか積もらない。

VI. 風や嵐が接近してくるときは、接近してくる方向の反対側のガラス壁に沈殿ができる。

ストームグラスの結晶生成は何の影響を受けているのであろうか。

Fitzroy⁴⁾は、ストームグラスの結晶生成は大気の電場の影響を受けると考えていたが、Sutton⁵⁾はファラデーが結晶成長に影響するのは温度以外にあり得ないと考えていたことを紹介している。ストームグラス内の結晶生成は何の影響を受けているのであろうか。

ストームグラスと気象との関係についての実験的な研究は1990年頃から行われるようになった⁶⁾。中本・廣井⁷⁾は人工気象下と自然天候下におけるストームグラス内の結晶生成について調べた。人工の気象要因下では気圧、湿度、電場、磁場には単独では反応を示さず、温度のみに反応を示すこと、自然天候下では様々に変化を見せることを報告した。Bolton⁸⁾は、ストームグラスの結晶の高さと日中の気温変化の様子を測定し、それがほぼ温度変化に従うことを示した。Mills⁹⁾はストームグラスの結晶析出は光や磁場や電場の影響を受けず、温度変化の割合に応じて析出状態が異なることを明らかにした。田中ら¹⁰⁾は、ストームグラス内で析出した結晶のX線回折を行い、結晶の析出に影響するのは温度変化であることを報告した。ドクターオギノ・くられ¹¹⁾は、台風の前には溶液の半分ほどの大きな羽毛を思わせる美しい結晶で覆われたことを報告している。Jong¹²⁾や小野¹³⁾も温度依存による結晶変化しか認められないことを報告している。塚本⁶⁾は、ストームグラスを持って筑波山に登山した際のストームグラス内の変化を観察した。その結果、天候や気温、気圧は大きく変化したはずなのにストームグラスに変化はほとんどみられないことを報告している。これまでの研究のほとんどは、ストームグラスの結晶生成は温度

変化のみに依存することを示し、気象予報と結晶形状の関係性を否定するものである。

ストームグラス内で起きている現象が溶液内での溶解-析出現象であることを考えると、その現象が温度変化に依存するのは至極当然のここのように思われる。しかし、台風接近時、気温の変化が見られないにも関わらずストームグラス内の結晶の沈殿量の増加を報告した中本・廣井⁷⁾の例にも見られるように、巨視的な気温観測データとストームグラスとの間には必ずしも一義的な関係が見られない場合もある。

ストームグラスによる天気予報の優位性は、現在認められていない状況にある¹⁾ものの、まだまだ分からないことも多く、現在でも謎に包まれた器具であるといえる。

ストームグラスに関する議論で最も注目されるのはその名の通り、嵐を予知できるような変化を捉えることができるのかどうかということであろう。中本・廣井⁷⁾とドクターオギノ・くられ¹¹⁾は台風接近時におけるストームグラス変化を報告しているが、台風接近時の変化に着目した報告は少ない。中本・廣井⁷⁾は気温と気圧と沈殿量の関係を示したものの、ストームグラス内の様子を画像で提示していない。ドクターオギノ・くられ¹¹⁾は気象データや画像を提示していないため結晶成長の様子の詳細は不明である。

本研究では、東日本に甚大な被害をもたらした2019年台風19号接近時のストームグラス内での変化を捉えることを目的に実験を行った。本稿はその詳細について報告するものである。

II. ストームグラスの作成

ストームグラスは比較的入手しやすい試薬等で作成することができ、多くの作成事例が紹介されている^{1,7,9,13)}。本研究ではドクターオギノ・くられ¹¹⁾を参考にストームグラスを作成することにした。

作成の手順は以下の通りである。

- ①樟脳 6.7 g、硝酸カリウム 1.4 g、塩化アンモニウム 1.4 g、エタノール 26.7 mL、精製水 22 mL を用意する。
- ②ビーカーに①の試薬と精製水を入れ、湯煎をしながら試薬が溶けるまでガラス棒で攪拌する。
- ③ 60 mL のスクリーバイアルに移し替え、室温まで冷却する。

以上のように作成したストームグラスをストームグラス A とする。作成したストームグラス A は密閉されており内容物が気圧の変化を受けることはないが、内容物が気圧の変化を受けるようにしたストームグラス B も作成した。ストームグラス B はバイアル瓶のキャップにラー油を1滴入れたストローを挿入したものである。作成した2つのストームグラスは、1×4 (ワンバイフォー) と 12 mm 厚の合板を加工して作製した格納庫内に設置した (図1)。格納庫は図1のように隙間を開けており、風通しを確保している。格納庫は桐蔭横浜大学 (横浜市青葉区) 屋上 (標高約 100 m) の直射日光の当たらない場所に設置した。天気管の観察は1分間に1枚撮影を行うことのできる定点カメラ (reco-

lo) で撮影した画像をもとに行った。定点カメラは格納庫の正面側 (北側) に設置しており、北側から撮影している。格納庫内には1分ごとに気温や湿度を測定・記録できるデジタル温度・気圧・湿度計 (MHB-3825D) を設置した。格納庫内部の上部には LED ライトを設置・点灯させ、夜間でもストームグラス内部の様子を捉えやすくした。格納庫の全面には台風接近時に雨滴が入らないようにクリアファイルで蓋をした (図1)。

作成したストームグラスとその観測システムを用いて、2019年10月12日に関東地方に上陸した台風19号 (HAGIBIS (1919)) の接近前後におけるストームグラス内部の変化を観測した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 観測結果

1) 観測期間中の気温と気圧の変化

図2に台風19号 (HAGIBIS (1919)) の経路を示す。図2は気象庁の台風位置表 (<https://www.data.jma.go.jp/yoho/data/typhoon/T1919.pdf>) をもとに作成した。台風

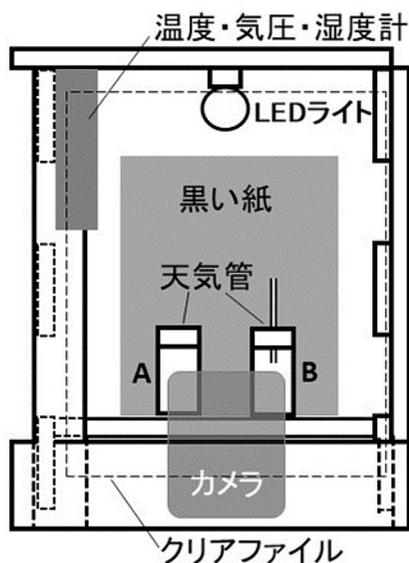


図1 ストームグラスの設置方法

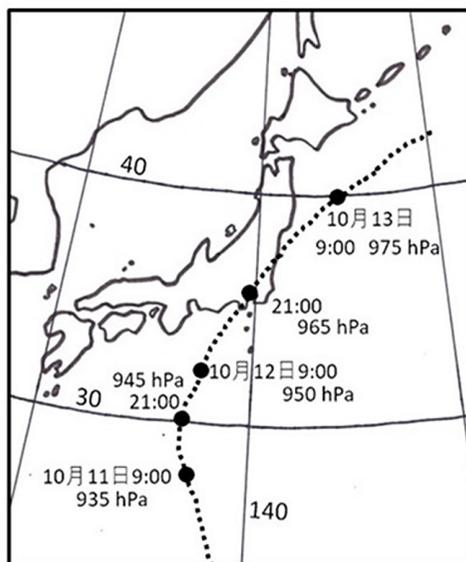


図2 台風19号の経路

19号は、2019年10月12日に横浜市付近を通過し、通過時の気圧は965 hPaであった。図3には測定した気温と気圧の他に、3時間ごとの横浜の天気も示した。天気は気象情報を参照できる気象庁の過去のデータ検索 (https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=&block_no=&year=2019&month=10&day=&view=) から引用した。

台風19号が最接近した2019年10月12日21時付近で急激に気圧が低下し、956 hPaを記録し、台風19号通過後に気圧が急激に上昇したことが読み取れる。気象庁発表値の965 hPaよりも気圧が低いのは、観測地点の桐蔭横浜大学中央棟5階の標高が100 mほどあるためである。台風接近時の気温の変化はあまり見られなかったが、台風通過後の2019年10月13日午前6時以降は天気が回復し、晴れもしくは曇りの天気となり、昼と夜の気温差が大きくなった。午後2時頃の気温は34℃に達し、地上の気温に比べかなり

の高温となったが、これはストームグラスを設置した中央棟5階屋上の構造やストームグラスの格納箱を直接屋上床に設置していることなどが原因であると思われる。

2) ストームグラス内部の変化

ストームグラスの変化を示す前に、ストームグラス内で観察された結晶の形状のパターン (図4) について記す。中本・廣井⁷⁾で観察された以下の type a~d の種類の形状の固形物ないし結晶が観察された。

a 溶けた砂糖状を呈する固形物 (図4a)

常にストームグラスの底に沈殿している固形物は、Dennis²⁾が記した substance (固形分) に対応すると考えられる。

b 羽毛状結晶 (図4b)

溶けた砂糖状を呈する固形物に接して連続的に高く成長するものである。これは、Dennisが記した large leaf (大きな葉) に対応すると考えられる。最上部から下部に向かって成長する場合もある。

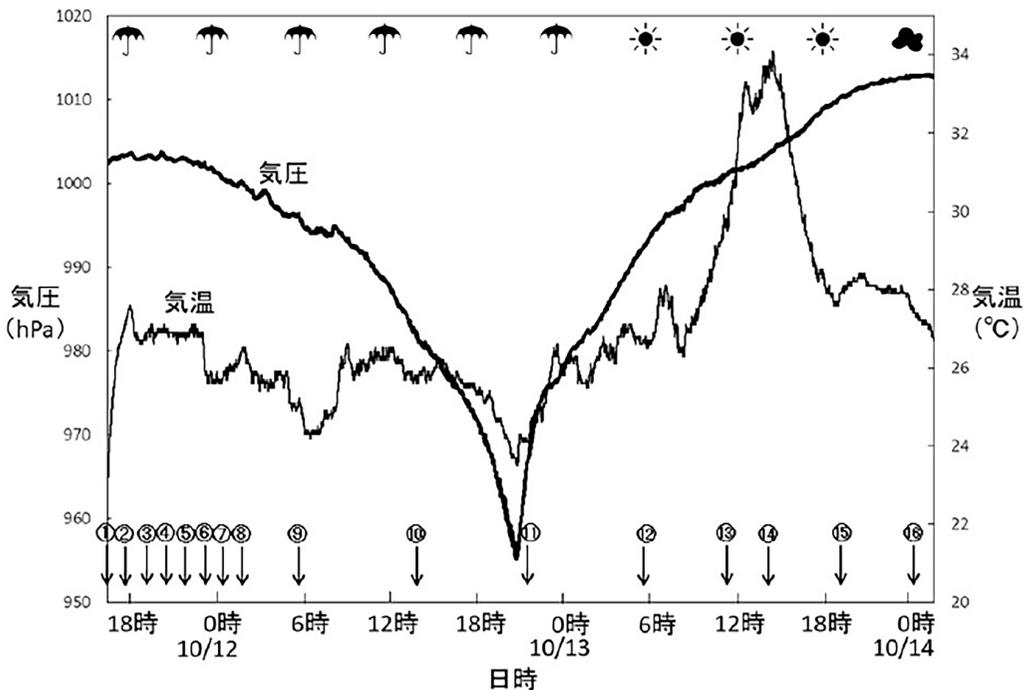


図3 台風19号通過前後の気温・気圧の変化

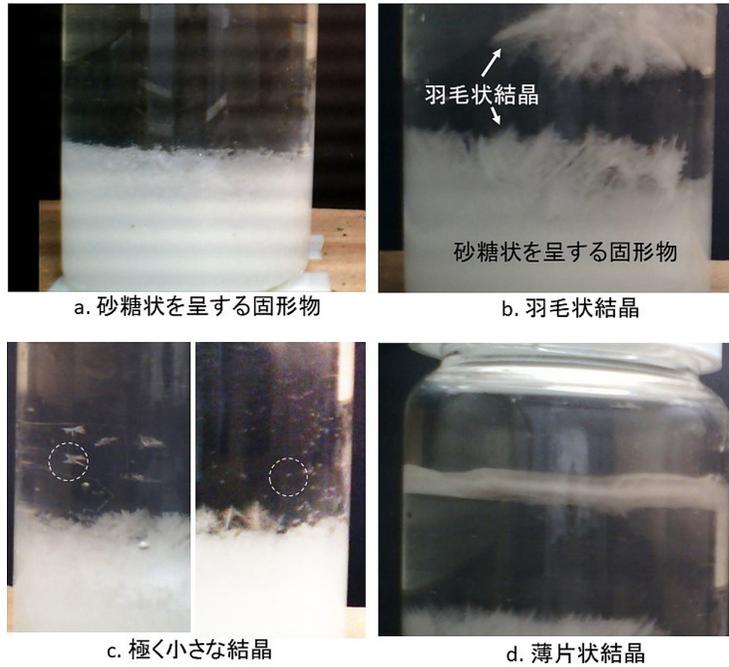


図4 ストームグラス内で観察された結晶

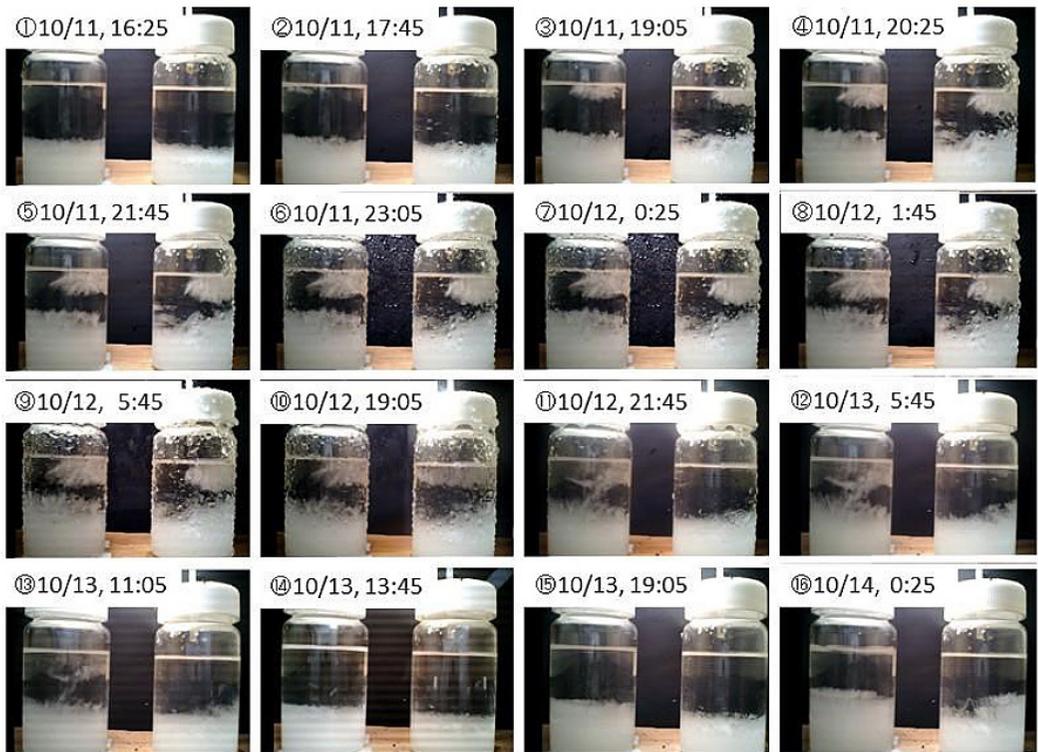


図5 台風19号通過前後におけるストームグラス内の変化

c 星の瞬く様に似て中心部から腕をのぼした極く小さな結晶 (図4c)

ストームグラスの至る所に現れ成長して米粒大になるにつれて沈下し底に沈殿するものである。ごく小さいスポット状の結晶もcに分類したこれは、Dennisが記したstar (星) に対応すると考えられる。

d 薄片状結晶 (図4d)

最上部の液面に薄く円盤状に現れるものである。

図5に台風接近前後のストームグラス内の変化を示す。台風最接近 (10月12日21時) の26時間前頃から、AとBともにストームグラスの表層部分からtype bの結晶が急激に成長した (図5①→⑤)。特徴的なことは、AとBどちらの場合もカメラ側から向かって表層部右側 (西側) から結晶が成長していることである。この間、気温・気圧の変化はほとんど見られない。同時にABのストームグラスともに、type aの結晶の表面から羽毛状結晶が上に向かって成長し始めた直後にtype cの結晶が現れ出現・沈殿を繰り返した。その後、type cの結晶の出現は見られなくなったが、type bの結晶は成長を続けた。AとBどちらの場合も、液面付近から成長したtype bの結晶は、台風最接近の12時間前くらい前から縮小し始める傾向が見られた。

台風通過後、天気が回復し、最も気温が高くなる13日14時頃にむけてAとBどちらの場合も、type bの結晶は徐々に消失し、type aの沈殿量も減少していく傾向が見られた。気温が最も高くなる頃に沈殿量は最小となった (図5⑫→⑭)。この間、AとBどちらの場合もtype cの結晶の出現は観測されなかった。

その後、気温の低下とともにAとBどちらの場合もtype aの結晶の表面から羽毛状結晶が上に向かって成長し始めた直後にtype cの結晶が現れ出現・沈殿を繰り返しながらtype bの結晶が成長する様子を観察することができた。ただし、AとBどちら

の場合も液面から下方に成長するtype bの結晶は全く確認できなかった。type dの結晶はAのストームグラスで僅かに存在を確認できたが、この結晶が沈殿したりする様子は確認できなかった。中本・廣井⁷⁾は、ストームグラス内の結晶の成長-溶解の上下動は人工の気象要因下では温度のみに反応を示すが、自然天候下ではさまざまに変化することを示している。本研究においても、台風通過後のようにストームグラス内の沈殿量が明らかに気温の変化に対応している場合もあれば、台風接近前に気温があまり変化していないにもかかわらず顕著な結晶生成が見られる場合もあることが明らかになった。

3) ストームグラスAとBの違い

ストームグラスAとBを比較すると、観測期間の終わりにAの方でtype dの結晶を僅かに確認できたという違いが見られたが、総じて結晶の出現パターンに殆ど違いがみられないことが分かった。ストームグラスBは気圧の変化が内容物に伝わる構造になっているが、気圧の変化は結晶の出現パターンには影響を与えないようである。

2. ストームグラスは嵐の襲来を捉えることができるのか

再掲するが、Dennis³⁾は嵐の前にストームグラス内部に以下のような変化が見られることを記している。

Ⅲ. 嵐やひどい嵐の前には、固形物の一部が液体の表面まで達し、大きな葉のような形になる。液体は濁り発酵しているように見える。これは天気の変わる24時間前に見られる。

Ⅵ. 嵐や嵐が接近してくるときは、接近してくる方向の反対側のガラス壁に沈殿ができる。

嵐を台風置き換えるとすれば、台風接近前に上記ⅢとⅣの変化がストームグラス内で観察されることが期待される。本研究では台風接近の26時間前に (図5③) 液面から下方に向かって、また、沈殿物から上方に向か

った大きな葉のような結晶 (type b) が形成されたことを確認した。上部と下部の間では結晶が連続していないという違いはあるが、台風接近の1日前に液面に達する type b の結晶の形成を確認できたことは、Dennis の主張Ⅲと一致しており興味深い。また、主張Ⅳが正しいとすれば、本研究ではストームグラス内部の様子を北側から撮影しているので、南西方向から接近してくる台風19号の場合は、向かって左側 (東側面測) に沈殿物が生じることになる (図6a)。ただし、沈殿物が南東側と北東側のどちらに形成されたのかについては北面測側からの観察では判断できない (図6b)。Aについては、図5の③から⑦で、Bについては図5の④と⑤で左側 (東側面測) に沈殿物が多く生じているように見えるが、今一つははっきりしない。液面の右側 (西側面測) 液面から形成された type b の結晶についても南西側あるいは北西側のどちら側に形成されたのかは図からは判断できないが、台風が接近する南西側に形成されたとすると、台風接近時には接近してくる方向の液

面付近に type b の結晶が生成されるという仮説も立てることができるだろう。

中本・廣井⁷⁾も1989年台風17号や22号接近時に気温の変化が見られない状況下での沈殿物の増加を報告している。ストームグラスが本当に悪天候を予知しているのか、長時間気温が一定の条件下では結晶が成長しやすくなる条件が揃うのか。その点は非常に気になるところではあるが、現在著者が持ち合わせている情報の範囲ではこれ以上考察を深めることはできない。

IV. おわりに

本研究では、2本のストームグラスを作成し、2019年10月12日に関東地方に上陸した台風19号 (HAGIBIS (1919)) の接近前後におけるストームグラス内部の変化を調べた。

その結果、2本のストームグラスともに、台風接近の26時間前に液面上部から下方部に、また沈殿物から上方に向かって急激に羽毛状結晶が成長したことを確認した。気温の変化があまり見られない中で台風接近時における結晶生成量が増加はこれまでも報告はあったが⁷⁾、台風接近前の気温の変化がほとんどみられない状況下において液面からの急激な羽毛状結晶成長の様子をリアルタイムで捉えた点は本研究の成果である。

今回捉えた現象が再現性のあるものであるならば、台風接近時の約26時間前に台風が向かってくる側の液面から羽毛状の結晶成長が観察されることが期待される。しかし、ストームグラスが悪天候を予知できるのか明らかにするためには、今後更なる研究を継続していく必要がある。台風接近時のような長時間気温が一定になる条件下で、今回のような現象がみられるのか、その点を深く追求していくことが非常に重要になってくるように思われる。

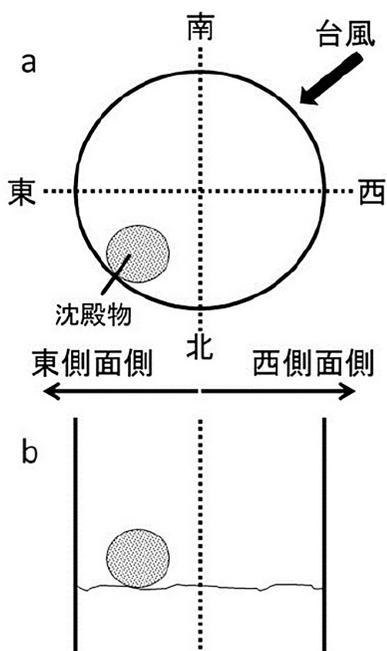


図6 ストームグラス内の結晶生成と台風19号の位置関係

【参考文献】

市立科学館研究報告, 28, 147-150.

- 1) 廣瀬里佳 (2018) 不思議なストームグラス, 化学と教育, 66(9), 436-437.
- 2) 中本泰任 (1991) 「ストームグラス」と「どんどるがらす」, 海事資料館年報, 19, 10-17.
- 3) Jeffery Dennis (1825) Ample instructions for the barometer and thermometer, London.
- 4) Fitzroy, R (1863) The weather book: A manual of practical meteorology, Longman.
- 5) Sutton G. (1965) Admiral Fitzroy and the storm glass, weather, 20, 270-271.
- 6) 塚本浩司 (2018) フィッツロイと気管, 楽しい授業, 478, 10-20.
- 7) 中本泰任・廣井正男 (1991) 気管に関する資料と試作気管による実験観測報告 (I), 神戸商船大学紀要 第二類, 38, 143-155.
- 8) Bolton H.C., Rae I.D. (1992) The Admiral's storm glass: Coffee-table renaissance of an old weather instrument, weather, 47, 89-97.
- 9) Mills, A (2008) The chemical weather glass: composition and operation, weather, 63(6), 161-163.
- 10) Y. Tanaka, K. Hagano, T. Kuno, K. Nagashima (2008) Pattern formation of crystals in storm glass, Crystal Growth, 310, 2668-2672.
- 11) ドクターオギノ&くられ (2013) 砂時計と樟脳を使ってストームグラスをつくる!!—結晶の変化で天気わかる?—, 化学, 68(12), 52-55.
- 12) Jong, J, Hsieh, P, Pan, J (2014) Investigating the relationship between temperature and crystal growth of storm glass, The chemical education journal, 15(2), <http://www.edu.utsunomiya-u.ac.jp/chem/v15n2/indexE.html>
- 13) 小野昌弘 (2018) 大人の化学クラブ 2017 ストームグラスの状態変化について, 大阪