

北海道大津海岸における ジュエリーアイスの輸送・堆積現象に関する現地調査

Field survey on transportation and deposition of jewelry ice on Otsu coast, Hokkaido

北見工業大学	○学生員	秋田智広 (Tomohiro Akita)
北見工業大学	正員	吉川泰弘 (Yasuhiro Yoshikawa)
北開水工コンサルタント	正員	井上和哉 (Kazuya Inoue)
北開水工コンサルタント	正員	松川優一 (Yuuichi Matukawa)
北開水工コンサルタント	非会員	菊地正彦 (Masahiko Kikuchi)
福田水文センター	非会員	芳賀聖一 (Seiiti Haga)
福田水文センター	正員	甲斐達也 (Tatuya Kai)

1. はじめに

近年、冬期に北海道豊頃町の十勝川河口大津海岸に打ち上げられる「ジュエリーアイス」が新しい観光資源として注目されている。ジュエリーアイスとは、十勝川を覆いつくす氷が太平洋に流れ出て、波にもまれながら氷の角が取れて、クリスタルのような透明な氷となり、十勝川河口の大津海岸に打ち上げられる氷のことである。ジュエリーアイスは太陽光の入射により様々な色に輝く。

岸本ら¹⁾の既往研究では、ジュエリーアイスの出現現象について、形成・破壊・輸送・堆積・融解の5つに区分して、出現時期推定手法を検討している。一方で、ジュエリーアイスの輸送現象が単純化されているため、輸送現象に関する計算モデルの精度向上が求められている。ジュエリーアイスの堆積現象については、大津海岸における平面的な堆積位置やジュエリーアイスの氷サイズについて、十分には解明されていない。ジュエリーアイスの堆積位置や氷サイズを直接計測することで現状を把握することが出来る。

本研究の目的は、ジュエリーアイスの輸送現象とジュエリーアイスの堆積現象の現状を現地調査によって明らかにすることである。

2. 輸送現象に関する現地調査

ジュエリーアイスの輸送現象を解明するために、2022年1月から2月にかけて、GPSを用いたジュエリーアイスの追跡調査を実施した。1号機は1月18日15時23分、2号機は1月19日15時25分、3号機と4号機は2月17日15時57分に投入した。

2.1 GPS 輸送経路追跡調査

GPS機器を長さ24cm、半径6.3cm、体積2550cm³の円柱状のポリ瓶内に収納し、氷と同じ密度となるように重さ2.35kgに調整してGPS浮子を製作した。十勝川河口右岸から4回に分けてGPS浮子を投入し、十勝川河口から大津海岸へ打ち上がる軌跡を座標データとして記録した。図-1, 2, 3, 4, 5は、1秒間隔で記録したGPSの軌跡を示す。図-6は、全ての座標データを10分起きに

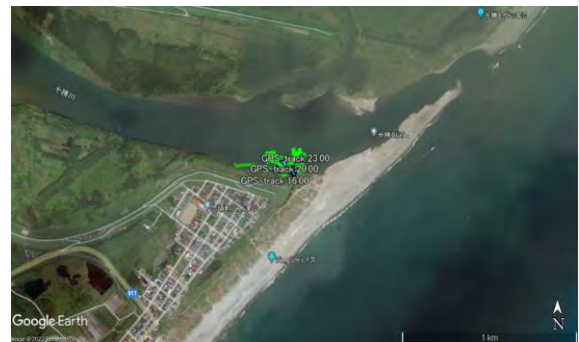


図-1 1号機の軌跡 (2022年1月18日15:23投入)

整理して示したものである。縦軸は緯度で横軸は経度を表す。

2.1 1号機の追跡調査結果 (1月18日15:23投入)

1号機は十勝川河道内で投入した。図-1よりGPS記録より、1号機は回収される19日の朝まで河道内で滞留していたことが分かった。また、GPS機器を発見した時、機器は右岸側に形成された氷によって動くことのできない状況であった。このことから、1号機が実際は投入してから河道内を動いていなかったものと考えられる。風速は最大で5.8m/sと2, 3, 4号機を投入した日よりも強かった。風向は1号機が回収されるまで北寄りの風であった。1号機の結果より、河道内に投入すると海域まで流下しにくいと考えられる。そこで、以後のGPSの投入位置は、海域に出やすいように十勝川の河口に変更した。

2.2 2号機の追跡調査結果 (1月19日15:25投入)

河口から投入した2号機の軌跡を図-2に示す。15時から16時にかけて海域に出て行くとき、右岸砂州の海域側で数回時計回りに回った後に海域へ出た。風速は0.5~0.9m/sと弱い。また、風向は東寄りの風であった。その後16時から17時にかけて海岸から少しづつ離れて行きながら流下した。この時の風速は0.1~1.0m/s程度で弱い。風向は東寄りの風から北寄りの風に変わった。17時から18時にかけて海岸からさらに離れて行きながら



図-2 2号機の軌跡 (2022年1月19日15:25投入)

流下した。この時の風速は1.5m/sで風が吹いていた。風向は北西と北北西であった。18時から19時にかけて2号機は海岸から離れて沖に流れて行った。この時の風速は1.6~2.3m/sで風が吹いており、風向は西北西と北北西であった。19時以降はさらに沖へ流されて行き20時以降通信が途絶えた。風速は1.5~2.7m/sで19日の中で最も強かった。風向は北北西から北に変わった。

2.3 3号機の追跡調査結果 (2月17日15:57投入)

図-3,4より、3号機は15時から23時まで河口付近を回る軌跡を示し停滞していた。3号機が留まっていた箇所は、図-4より十勝川の河口砂州先端部であった。23時から海域へ出て行き5時に海岸付近に戻ってきた。5時から6時にかけて大津海岸線上を南下して行き、6時に海岸に打ち上がった。風速は投入した15時57分から3号機が打ち上がる6時まで、平均2.0m/sで大きく変わることなく安定していた。風向は15時から18時まで東や東北東などの東寄りであった。18時から19時は東南東に変わり東北東に戻った後、北西に変わった。19時から3号機を回収する6時まで北西と北北西であった。

2.4 4号機の追跡調査結果 (2月17日15:57投入)

4号機の軌跡を図-5に示す。16時から30分程、3号機と同じように河口砂州先端部で停滞した後、17時にかけて海域に出た。17時から18時にかけて海岸に戻り、18時に一度海岸に打ち上がった。18時から19日の3時まで4号機は打ち上がった海岸線上で波にもまれながら少しずつ南方向へ移動した。3時に再び海域に出て再出発し、4時に再び海岸に打ち上がった。風速や風向は3号機と同じ日時に投入したので上記の3号機の追跡調査結果と同様である。

2.5 追跡結果の考察

図-7と表-1は、1号機、2号機、3、4号機を投入した日の風速と風向である。データは気象庁の十勝地方大津の過去データから取得した。岸本からの既往研究より、ジュエリーアイスが大津海岸右岸に接近する条件は、風速が強く風向は大津海岸右岸へ吹く北北西であると推察されている。

a) 1号機の考察

1号機は他の機器を投入した日と比べて東寄りの風が



図-3 3号機の軌跡 (2022年2月17日15:57投入)



図-4 3号機の軌跡における河口部の拡大図



図-5 4号機の軌跡 (2022年2月17日15:57投入)

吹かなかった。また風速は強く北寄りの風のため、十勝川河口右岸に留まったと考えられる。また機器を河道内で投入すると、海域に出にくい場合があることが推察される。

b) 2号機の考察

2号機の投入後の15時から17時は満潮から干潮へ向かう潮汐であり、海域へと流下した。この期間の風速は弱い。風向は沖から岸に向かう東寄りの風だが、風速が弱いため、海岸から離れて沖に流されたと考えられる。沖に流された要因の一つに、北から南へ流れる千島海流の影響が考えられる。

c) 3号機の考察

3号機が23時まで十勝川の河口砂州先端で留まった要因は、川の流れと潮汐で砂州の左側に渦が生じて海域に出にくかったことが推察出来る。23時の干潮時に海域に出たが、翌日5時の満潮に向かうに従い海岸に近づい

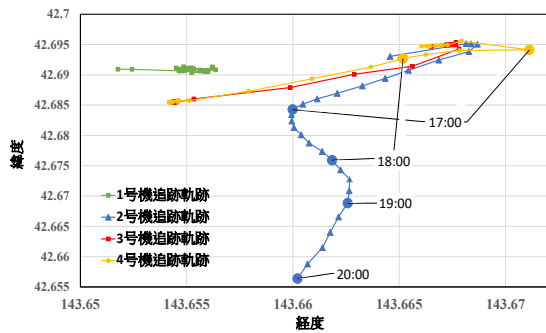


図-6 1~4号機 GPS 追跡調査の座標データ

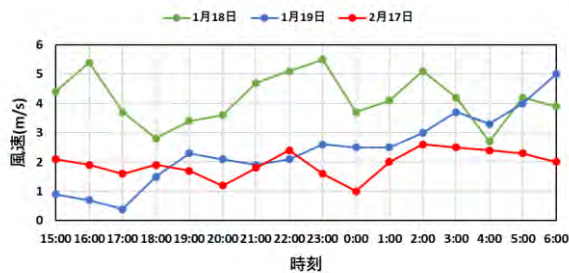


図-7 GPS 追跡調査日の風速

表-1 GPS 追跡調査日の風向

	1月18日	1月19日	2月17日
15:00	北北西	東北東	東
16:00	北北西	東	東
17:00	北北西	北西	東北東
18:00	北北西	西北西	東南東
19:00	北北西	北北西	北西
20:00	北西	北	北西
21:00	北西	北北西	北北西
22:00	北西	北北西	北北西
23:00	北西	北北西	北西
0:00	北北西	北北西	北西
1:00	北北西	北北西	北西
2:00	北北西	北北西	北西
3:00	北西	北北西	北西
4:00	北	北北西	北西
5:00	北北西	北北西	北北西
6:00	北北西	北北西	北北西

た. 満潮時の5時から6時の時間帯で海岸線上を南下した. なお, この時間帯の風向は北北西である. 打ち上がる条件として, 風向の他に満潮時の沖から岸へ向かう波の力の影響が推察される.

d) 4号機の考察

4号機を投入してから30分程停滞して, その後, 満潮から干潮へ向かう潮汐の影響で海域へ流下した. 停滞した要因は, 3号機と同様に渦の影響が考えられる. 一方で, 同じ流れの状態にある機器でも, そのまま留まるものと海域へと流下するものに分かれる. 4号機が18時に一度海岸に打ち上がった要因として, 風向が東寄りで海岸に向かって風が吹いたことで, 機器が沖へと流下せずに打ち上がったと推察できる. また再出発して3時から4時で再び打ち上がった要因は, この時間帯は干潮から満潮へ向かう潮汐であり, 沖から岸へ向かう波の影響が推察される.

3. 氷サイズの現地調査

大津海岸における平面的な堆積位置やジュエリーアイスの氷サイズについて現状を把握するために, 2019年から2022年の冬期に, ジュエリーアイスの氷サイズの直接計測を実施した. 十勝川河口を0mとして, 右岸側へ50m毎に調査を実施した. 50m地点において目視で氷サイズを大, 中, 小に判別して, それぞれの大きさで2つの氷を抽出して, 長径, 短径, 厚さを計測した. なお2021年は, 現地調査を実施した日に, ジュエリーアイスが大津海岸に打ち上がっていないため, 計測することができなかった. 2020年は2月5日と2月19日の2回の調査を実施した.

図-8は氷サイズ大の長径と短径の平均径を示す. 2019年2月8日は河口付近で平均径84cmの氷を確認した. 2020年2月5日は河口から50m地点で平均径181cm, 1000m地点で平均径212cmを確認した. 2020年2月19日は河口付近で平均径150cm, 河口から250m地点で平均径175cm, 河口から1100m地点で平均径142cmを確認した. 2022年2月25日は河口から100m地点で平均径108cmを確認した.

図-9, 10, 11はジュエリーアイスのそれぞれの大, 中, 小サイズの体積を示す. 体積の算出は, ジュエリーアスを楕円体として計算した.

3.1 氷サイズ大の計測結果

図-9において, 2019年2月8日は, 河口付近で体積が大きい氷が多く存在し, 河口から離れるほど体積が大きい氷は少ない. 2020年2月5日は, 河口から0m地点には氷が無いが, この地点以外は河口からの距離に関わらず体積が大きい氷が存在している. この日より14日後の2020年2月19日は, 河口から250m地点で体積0.63m³の氷を確認した. この地点から800m付近まで氷の体積が小さくなり, 800m地点から1000m地点で再び体積が大きい氷を確認した. 2022年2月25日は, 河口から250m地点でこの日の内で一番体積が大きい氷を確認した. 堆積状況は2019年2月8日と同様に, 河口付

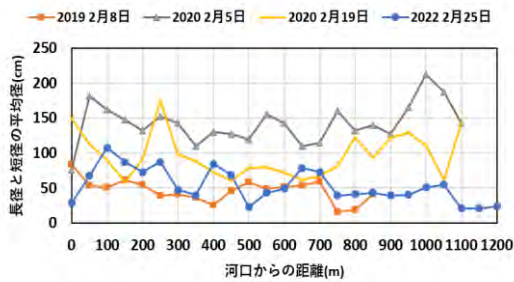


図-8 氷サイズ大の長径と短径の平均径

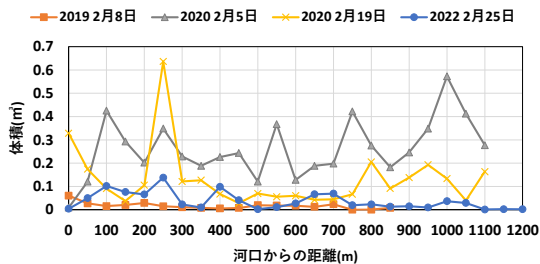


図-9 氷サイズ大の体積

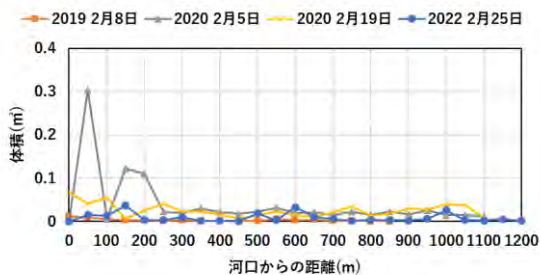


図-10 氷サイズ中の体積

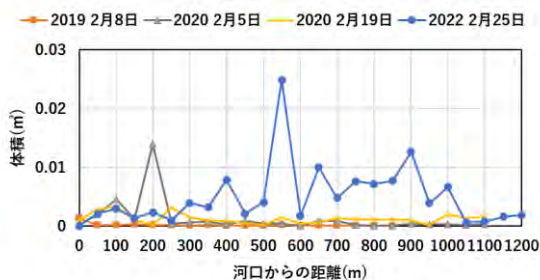


図-11 氷サイズ小の体積

近で体積が大きい氷が多く存在し、河口から離れるほど体積が大きい氷は少ない。

3.2 氷サイズ中の計測結果

図-10において、2019年2月8日と2022年2月25日は、本調査区間において全体的に体積が小さい氷を確認した。2020年2月5日は、河口から50m地点でこの日の内で一番体積が大きい氷を確認した。この地点から250m地点までに氷の体積が小さくなり、250m以降は2019年2月8日と2022年2月25日と同等に体積が小さ

い氷を確認した。2020年2月19日は、河口0m地点で体積が大きい氷を確認した。その後、河口から離れるほど氷の体積が小さくなる。

3.3 氷サイズ小の計測結果

図-11において、2019年2月8日と2020年2月19日は、河口から200m地点の区間内において体積が大きい氷を確認した。200m地点以降は、この区間よりも体積が小さい氷を確認した。2020年2月5日は、200m地点で体積の大きい氷を確認した。200m地点以降は、2019年2月8日と2020年2月19日と同等の氷の体積であった。2022年2月25日は、河口から550m地点において体積が大きい氷を確認した。650~900m地点で体積の大きい氷を確認した。900m以降は氷の体積は小さい。

3.4 堆積現象の現状と考察

本調査結果により、河口から約300m地点までの区間でジュエリーアイスが多く堆積している現状であった。河口から離れるほど小さなジュエリーアイスが堆積していた。GPS輸送経路追跡調査より、河口近傍で堆積したジュエリーアイスが、海岸線を南下する過程で波および日射により溶けて小さくなっていることが推察される。ジュエリーアイスの堆積現象は、河口付近で堆積したものが大きく、河口から離れた地点で堆積したものは小さくなる現状であった。

4. まとめ

ジュエリーアイスの輸送現象とジュエリーアイスの堆積現象の現状を明らかにするために、現地調査を実施し以下の事が分かった。

- ジュエリーアイスの輸送現象について、海域では風速と風向の影響が大きい。一方で、潮汐に伴い発生する沖から岸に向かう波の力や海流の影響を考慮する必要がある。十勝川河口の砂州周辺では、川の流れと潮汐により渦が発生している可能性がある。
- ジュエリーアイスの堆積現象について、河口付近では多く堆積しているが、河口から離れるほど少ない。この要因として、河口付近に一度打ち上がったジュエリーアイスが、海岸線を南下する過程で小さくなることが挙げられる。

謝辞：本研究ではJSPS科学研究費JP21K04267の助成を受けたものである

参考文献

- 1) 岸本真志, 吉川泰弘, 芳賀聖一, 甲斐達也: 北海道大津海岸におけるジュエリーアイス出現時期推定手法の一検討, 土木学会論文集B1(水工学), Vol.78, No.2, pp.I_1063-I_1068, 2022.