

平成23年豪雪時の新庄市の雪捨場における堆雪量の推定

阿部 修*・望月重人*

Estimation of Volume of Snow at Snow Disposal Fields in Shinjo City in the Winter of 2010/11

Osamu ABE and Shigeto MOCHIZUKI

*Shinjo Branch, Snow and Ice Research Center,
National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention, Japan
oabe@bosai.go.jp*

Abstract

Heavy snowfalls were observed in the winter of 2010/11 over the Honshu Island, Japan. In Shinjo City, located at the center of Tohoku District, the maximum snow depth reached to 2.04 m while it did not exceed 2.0 m for the last 37 years. Then the city hall established temporarily a head office to take measures against the snow disasters. A huge amount of snow on roads and roofs were removed, and was partly conveyed to five snow disposal fields that were specified by the head office. In this report, the area of the snow disposal field and the volume of disposed snow are estimated for two fields. The maximum height of snow was 11.3 m, and mean snow density was 765 kg m^{-3} at No. 3 field. Areas of the two fields, No. 3 and No. 4, were 11,000 and 15,000 m^2 , and volumes were 94,000 and 92,000 m^3 , respectively.

Key words : Snow disposal field, Planning of snow removal, Shinjo City

1. はじめに

雪氷防災研究センター新庄支所の観測によれば、2010/11年冬期の最大積雪深は204 cmとなった。当地で最大積雪深が200 cmを超えたのは1973/74年冬期以来、実に37年ぶりのことである(望月ほか, 2011)。このため、道路管理者は幅員を確保する必要性が生じ、大量の排雪作業を行った。また、一般市民も屋根や住宅周りの雪処理のために排雪作業を行う必要があった。これに対して、新庄市は市内の河川敷等に5か所の雪捨場を設置するとともに、2011年1月21日に豪雪対策本部を設置して雪対策を強化した(新庄市, 2011)。また、雪捨場への搬入時刻は通常8:30~17:00であるが、その終了時刻を21:00まで延長した。その他、15か所に小規模の雪捨場を指定した。しかし、ピーク時には雪捨場に向かう除雪業者のダンプトラックや一般市民のトラックにより、交通渋滞が生じたほどであった。

過去に、雪捨場を調査した例としては、山形市で100年ぶりの豪雪といわれた56豪雪時に実施されたことがあ

る(中村ほか, 1983)。このときは、1981年3月2日に撮影された航空写真により山形市内にある5か所の雪捨場の面積や体積が求められ、前者は $0.36 \sim 2.13 \times 10^4 \text{ m}^2$ 、後者は $0.26 \sim 9.06 \times 10^4 \text{ m}^3$ であったと報告されている。

このように、豪雪時における雪捨場の面積や体積、さらには質量を測定しておくことは、今後の雪対策にとって参考となるはずである。そこで、2か所の雪捨場の簡易測量を実施した結果を報告する。

2. 雪捨場の概要

新庄市の豪雪対策本部が設置した雪捨場は表1の通りである。この中で面積は、No.1と2については豪雪対策本部が設定したものであり、No.3と4については、後述するように、今回の調査で実測したものである。図1にこれらの雪捨場の地図上の位置を示した。また、代表的な雪捨場の写真を図2に示す。

雪捨場には通常ブルドーザーが1台待機しており、運ばれた雪を敷地一杯に拡げながら填圧して行く(図3)。こ

* 独立行政法人 防災科学技術研究所 雪氷防災研究センター 新庄支所

れにより、雪を搬入するダンプトラック等が縁から転落するのを防止し、雪捨場自体を強固にすることができる。このため、雪の密度は当然高くなる。なお、その後の降雨や融雪により水が浸透するとさらに高密度になる。融雪期に入り、これ以上雪が運ばれなくなると、直ちに撤去にかかる。撤去はやはりブルドーザーにより、雪捨場の雪を上から少しずつ削りながら河川に流して行く。この際、雪捨場の地面を痛めることの無いように細心の注意を払って実施している。

表1 雪捨場の場所と面積(*付きは実測値)
Table 1 Location and area of snow disposal fields (* measured values).

雪捨場	場所	面積(m ²)
No. 1	新庄市農協仁間倉庫脇	2,000
2	浄化センター西側敷地	5,000
3	泉田河川公園上流	11,000*
4	下田地区升形川	15,000*
5	角沢地区(角沢橋西側敷地)	不明

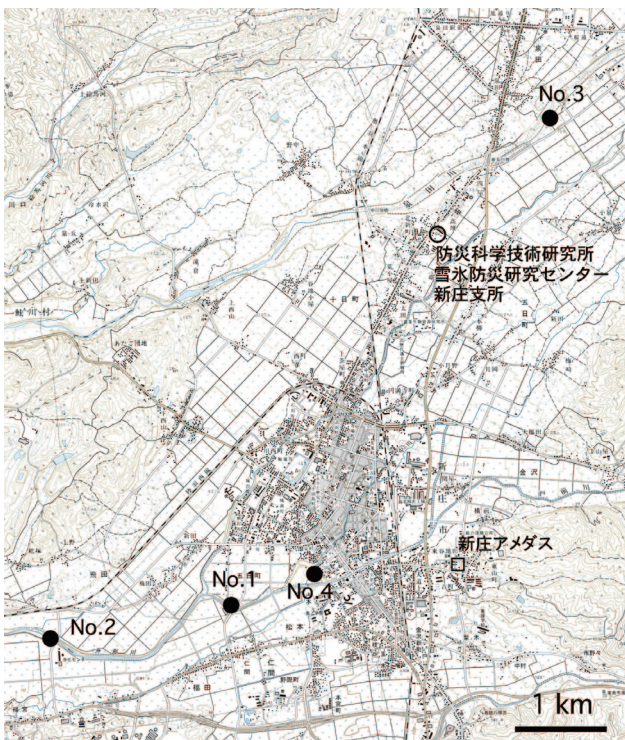


図1 雪捨場の位置(No.5は範囲外)
Fig. 1 Location of snow disposal fields (No.5 is located out of the map).

3. 雪捨場の測量

本来なら雪捨場の体積が最大になったときに測量すべきであるが、今回は測量の時期を逸し、すでに一部撤去を行った後であった。そこで、雪捨場No.3については、調査日における形状を把握するために簡易的な測量を行った。また、No.4については、撤去前に撮影した写真からおおよその堆雪量を算出した。



図2 泉田河川公園上流の雪捨場
Fig. 2 Snow disposal filed No. 3 at the upstream of the Izumita river park.



図3 ブルドーザーによる填圧作業
Fig. 3 Compression and arrangement of the snow disposal filed by a bulldozer.

3.1 雪捨場 No.3

この雪捨場の測量は以下の方法で行った。

- (1) 雪融け後も見失うことのない河川堤防のコンクリート面上に目印となる地上基点を定める。
- (2) 上の基点から、良く見渡せる雪捨場の1地点(以下、雪山基点)までの角度、距離をセオドライト(ニコン NT-1C)とレーザー距離計(ニコン 800S)で測定する。
- (3) 上の雪山基点から、セオドライトの俯角を0°(水平)にし、雪山の代表的な地点にスケールを鉛直に立てその方位とレベルを測定するとともに同地点までの距離をレーザー距離計で測定する。
- (4) 雪融け後、地形の測量を実施して、両者の差から雪山の体積を算出する。ただし、今回はこの測量は実施しなかったため、雪捨場の敷地内の全てが地上基点と同じレベルにあると仮定した。

セオドライトは角度の10" (1/360度)まで読み取った。

また、レーザー距離計の精度は 0.1 m である。図 4 は雪山基点での測定中の写真である。なお、測定点は雪捨場の外周を含むようにし、その両端の間を結ぶように複数選んだ。表 2 に 2011 年 3 月 29 日における雪捨場 No.3 の測定結果を、図 5 には測定点の平面図を示す。ここで、高さ方向 (z 軸) の原点は地上基点を、東西方向 (x 軸) および南北方向 (y 軸) の原点は雪山基点とした。なお、 y 軸は磁北を意味する。この雪捨場は図 5 からわかるように東西に細長い形状をしている。測定点は全部で 25 個で、高さの最大は No.16 の 7.38 m であった。

次にこの測定結果から雪捨場の体積を求めるために、上記の測定点を最短距離で結ぶ 3 角形のメッシュを切った (図 6)。このメッシュで構成される三角柱の体積、 V は次式で求められる。すなわち、

$$V = 1/3 S (z_1 + z_2 + z_3) \quad (1)$$



図 4 レーザー距離計による雪山基点から各点までの距離測定(左はセオドライト)
 Fig. 4 Measurement of length from the base point to each point using a laser rangefinder.

ここで S は三角形の底面積、 $z_1 \sim z_3$ は各測定点における雪捨場の地上高である。メッシュは 31 個あるので、それぞれの V を合計して雪捨場の全体の体積を求めた。なお、

表 2 雪捨場 No. 3 の測定点の座標 (x, y) と高さ (z)
 Table 2 Coordinate (x, y) and elevation (z) of measurement points at the snow disposal field No. 3.

測定点	x (m)	y (m)	z (m)
No. 0	-67.1	47.6	0.00
1	-66.0	42.1	0.74
2	-75.0	33.9	0.45
3	-81.9	18.3	1.81
4	-67.4	2.3	2.68
5	-54.3	13.5	3.28
6	-46.5	21.8	2.62
7	-41.1	30.6	0.83
8	-29.4	23.8	2.24
9	-38.1	10.1	4.15
10	-48.6	-11.9	5.34
11	-36.4	-20.9	5.48
12	-24.4	-5.3	5.34
13	-18.9	7.7	4.07
14	-0.5	9.7	6.05
15	-10.9	-16.2	5.88
16	-15.3	-29.8	7.38
17	-7.1	-47.0	6.22
18	14.3	-15.3	4.02
19	33.1	12.2	2.51
20	59.8	4.4	3.07
21	45.4	-26.4	5.30
22	32.1	-57.1	6.21
23	61.1	-81.1	6.21
24	79.8	-56.0	4.50
25	94.4	-28.2	4.47

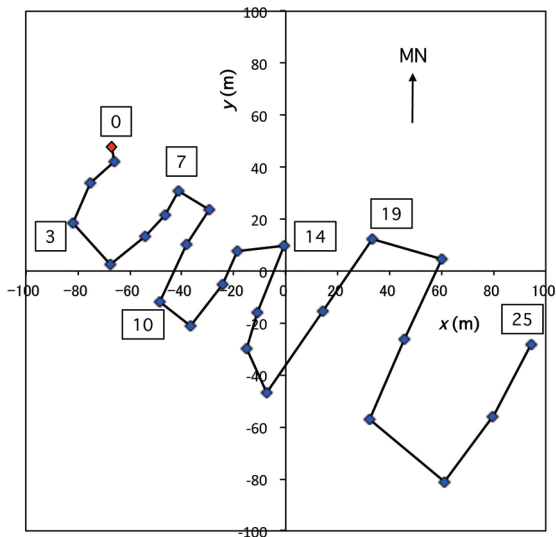


図 5 雪捨場 No. 3 測定点の平面図
 Fig. 5 Plan view of the measurement points at the snow disposal field No. 3.

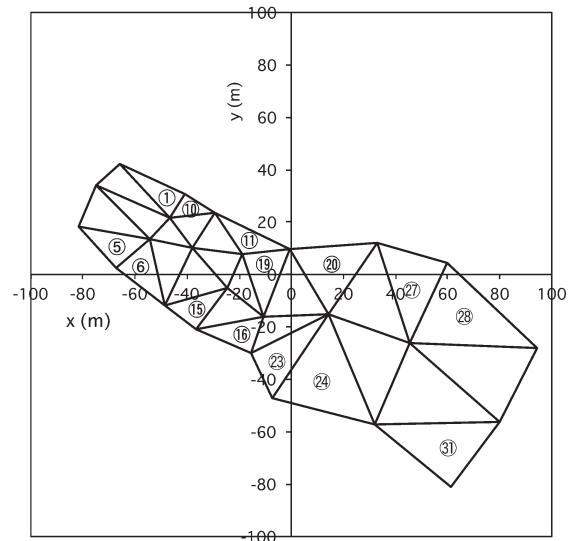


図 6 面積と体積を求めるためのメッシュ
 Fig. 6 Mesh coordinated to calculate the area and volume.

雪捨場の外周はほぼ一定の角度で地面まで達しているの
で、その体積も考慮する必要がある。そこで、ここでは
角度を45°と仮定し、斜面の雪の堆積を求めた(図3参照)。
この角度は粉粒体における安息角と呼ばれているもので、
雪捨場の値としては阿部(1994)の28~46°, 平均38°とい
う報告がある。また、小林(2009)は、ロータリ除雪車で
除雪された雪では30~55°と報告している。

以上の結果、この雪捨場の底面積は11,234 m²、体積は
47,016 m³と求められた。底面積は、新庄市が設定した値
11,000 m²とほぼ同様であった。ただし、前述したように、
測量日前にある程度片付けられていたので、体積は過小
に見積もっていることになる。そこで、2月3日に撮影した
同雪捨場の写真(図7)から、当時の程度の雪があった
のかを概算した。なお、新庄市で最大積雪深が記録され
たのはこの2日前の2月1日で、当支所では204 cm、新
庄アメダスでは200 cmであった。図1に示したように、
雪捨場No.3とは新庄アメダス観測点より当支所の方が近
い。この写真には雪捨場No.3の東側から見た全景とブル
ドーザーが同時に写っているので、ブルドーザーをスケ
ールの代わりにして雪捨場の高さを見積もるのである。ブル
ドーザーの寸法は小松製作所(2011)のホームページを
参照した。その結果、ブルドーザーの場所における雪捨
場の雪面からの高さは9.5 mであった。2月3日の当支所
における積雪深は1.79 mであったので、この場所の地上
からの高さは約11.3 mと推定できる。ところで、この場
所は表2における測定点No.25に相当するが、3月29日
現在の同地点の地上からの高さは4.47 mであった。した
がって、2月3日当時は3月29日の2.5倍もの高さの雪
があったことになる。ただし、高さがあるとそれだけ雪
捨場の上面の面積は減るので、大まかな体積としては上
記の2倍の約94,000 m³と見て大差ないであろう。

3.2 雪捨場No.4

この雪捨場の現地測量は実施しなかった。そこで、2011
年2月19日に撮影した写真から、雪捨場の地上からの代



図7 雪捨場No.3の高さを求めるための写真
(2011年2月3日撮影)

Fig. 7 Photograph to estimate the heights of the snow disposal
field No.3 (Feb. 3, 2011).

表的な高さを見積もり、雪捨場全体がそれとほぼ高さだ
と仮定して概略の体積を求めた。このとき、底面積は雪
捨場の範囲を住宅地図上(ゼンリン, 2005)に描き、3角形
と台形とからなる小区画に分割し、それぞれの面積を求
め、それらを合計して求めた(図8)。表1のNo.4の面積
はこのようにして求めたものである。

雪捨場の高さは次のようにして求めた。

まず、図9の写真を用いることとしたが、この写真は
金沢堺橋のほぼ中央から撮影したものである。このため、
撮影場所が明確で、写真の背後には市内の建物が写って

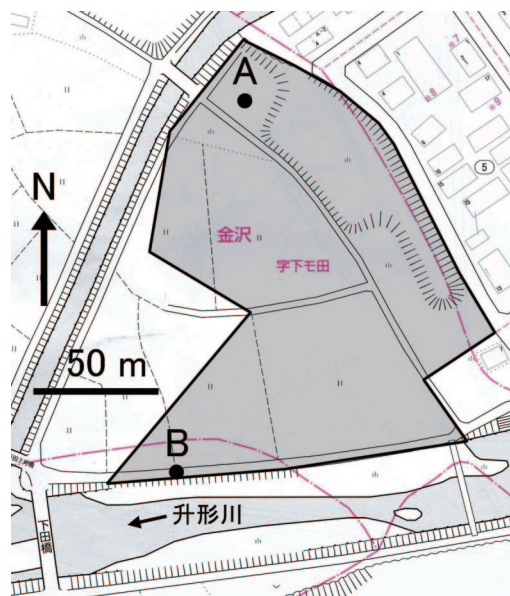


図8 雪捨場No.4の平面図(ハッチ部)。
A, Bは無雪期に高さを測定した箇所。図9の撮影地点
の金沢堺橋は図中の升形川の下流にある。

Fig. 8 Plan view of the snow disposal field No. 4 (the hatching
area). A and B are points where the height was measured
in the following summer. The Kanazawa-sakai bridge from
which Fig. 9 was taken, is at downstream of the Masugata
river in this figure.

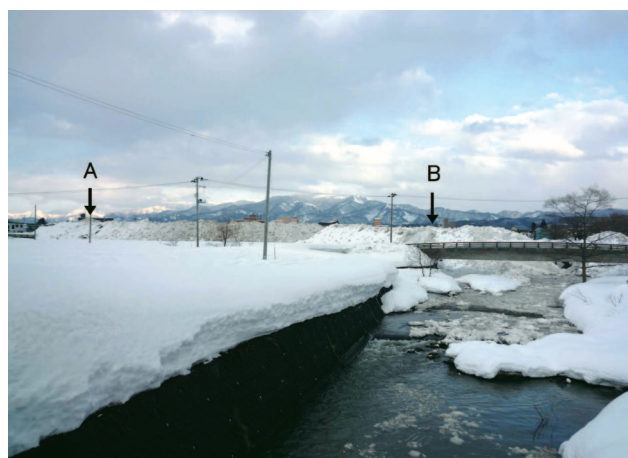


図9 金沢堺橋から撮影した雪捨場No.4の全体写真。A,
Bは測定点(2011年2月19日撮影)

Fig. 9 A whole view of the snow disposal field No. 4 taken
from the Kanazawa-sakai bridge. A and B are the points for
the height measurement (Feb. 19, 2011).

いるので、雪捨場の表面の高さを決定できる。そこで、無雪期に雪捨場の体表的な 2 地点 A, B を選び、そこにスケールを立て、撮影場所から見て、**図 9** の写真と比べることにより、それぞれの地点の雪捨場の地上高を読み取った。

その結果、A, B の高さはそれぞれ 6.05, 6.25 m と求められた。そこで、両者の平均をとり、6.15 m を上記の底面積にかけると体積は約 92,000 m³ となった。ただし、ここでは概算値であるので安息角は考慮しなかった。なお、新庄市豪雪対策本部によれば、その後、この雪捨場の敷地面積を拡大したので、ピーク時の体積はこれよりさらに多かったものと見られる。

4. 雪捨場の密度と質量

2011 年 3 月 29 日、雪捨場 No.3 において表面の雪の密度を測定した。高密度であったので、大きなブロックから、剪定用の鋸でほぼ立方体に整形し、その質量と体積から密度を求めた。測定結果は、サンプル No.1 : 730 kg m⁻³, サンプル No.2 : 800 kg m⁻³ であった。このうち、サンプル No.1 より No.2 の方が氷の割合が大きく、そのために密度が高かった。雪捨場の質量を求めるための密度としては両者の平均値である 765 kg m⁻³ を採用した。なお、56 豪雪時に山形の雪捨場で測定された密度は 760 kg m⁻³ であった(中村ほか, 1983)。次に雪捨場 No.3 と 4 の体積に、上記の平均密度を乗じて質量を求めた結果を**表 3**に示す。ただし、今回測定した密度は、融雪期の終わり頃に測定しており、前述した体積を求めた時期のものより高くなっていると考えられるので、**表 3**の質量は過大に算出されているはずである。

表 3 2つの雪捨場の底面積、体積および質量。ただし、No. 3 は 2011 年 2 月 3 日現在、No. 4 は 2011 年 2 月 19 日現在

Table 3 Area of base, volume and mass of disposed snow at two snow disposal fields; estimated on Feb. 3 for field No. 3 and on Feb. 19 for field No. 4.

雪捨場	底面積(m ²)	体積(m ³)	質量(ton)
No. 3	11,000	94,000	72,000
4	15,000	92,000	70,000

5. まとめ

平成 23 年の豪雪時における山形県新庄市にある 2 か所の雪捨場の簡易測量を行い、底面積と堆雪の体積を求

めた。その結果、雪捨場 No.3 と 4 については、底面積は 11,000, 15,000 m², 体積は 94,000, 92,000 m³ であった。ただし、No.3 は 2011 年 2 月 3 日現在、No.4 は 2011 年 2 月 29 日現在の値である。また、雪捨場 No.3 において測定された密度 765 kg m⁻³ をそれぞれの体積に乗じて求めた質量はそれぞれ 72,000, 70,000 ton であった。今回は地上簡易測量により底面積と体積を求めたが、レーザープロファイラで計測すれば、これらの値をより正確に求めることが可能である(岩男ほか, 2001)。いずれにしても、時期を見て雪捨場の測量を実施することは、将来の除雪計画を策定する上で有益と考えられる。

謝辞

新庄市都市整備課雪対策・道路管理室からは雪捨場についての資料をいただいた。雪捨場の測量には大川元造、鈴木克彦、新野孝健の 3 氏に協力していただいた。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 阿部 修(1994) : 雪捨場の安息角について. 東北の雪と生活, **9**, 43-46.
- 2) 岩男忠明・寺田秀樹・金子正則・松田宏・織茂 郁・本間信一(2001) : 積雪深計測への航空機搭載型レーザープロファイラの適用性検討. 日本雪氷学会講演予稿集, p.181.
- 3) 小林俊市(2009) : ロータリ除雪による堆雪の安息角. 寒地技術論文・報告集, Vol.**25**, 12-15.
- 4) 小松製作所(2011) : ホームページ. http://www.komatsu-kenki.co.jp/products/download/pdf/bulldozer/D65PX_EX-16.pdf
- 5) 望月重人・阿部 修・佐藤 威・根本征樹・小杉健二(2011) : 平成 23 年の豪雪における新庄の積雪について. 防災科学技術研究所主要災害調査, No.**47**, 53-56.
- 6) 中村 勉・中村秀臣・東浦将夫・沼野夏生・阿部 修(1983) : 都市雪害推定に関する研究. 昭和 55 年度特別研究促進調整費昭和 56 年の豪雪に関する特別研究報告書, 科学技術庁研究調整局, 53-118.
- 7) 新庄市(2011) : 広報しんじょう. No.**638**, p.12.
- 8) ゼンリン(2005) : 住宅地図 - 新庄市 -. 154pp.
(2011 年 9 月 26 日原稿受付,
2011 年 11 月 7 日改稿受付,
2011 年 11 月 15 日再改稿受付,
2011 年 11 月 15 日原稿受理)

要 旨

2010/11年冬期は日本各地で豪雪に見舞われた。局地的な大雪のため、国道が通行止めになった。市街地では行政機関が道路の除雪に追われ、一般市民は宅地周りの除雪に明け暮れた。本報告では新庄市内の雪捨場2か所について簡易測量を行い、それぞれの面積と堆雪の体積を推定した。雪捨場No.3の最大高さは11.3 m、密度は 765 kg m^{-3} であった。雪捨場No.3(2011年2月3日現在)とNo.4(同2月29日現在)の底面積はそれぞれ11,000, 15,000 m^2 、堆雪の体積は94,000, 92,000 m^3 であった。

キーワード：雪捨場，除雪計画，新庄市