

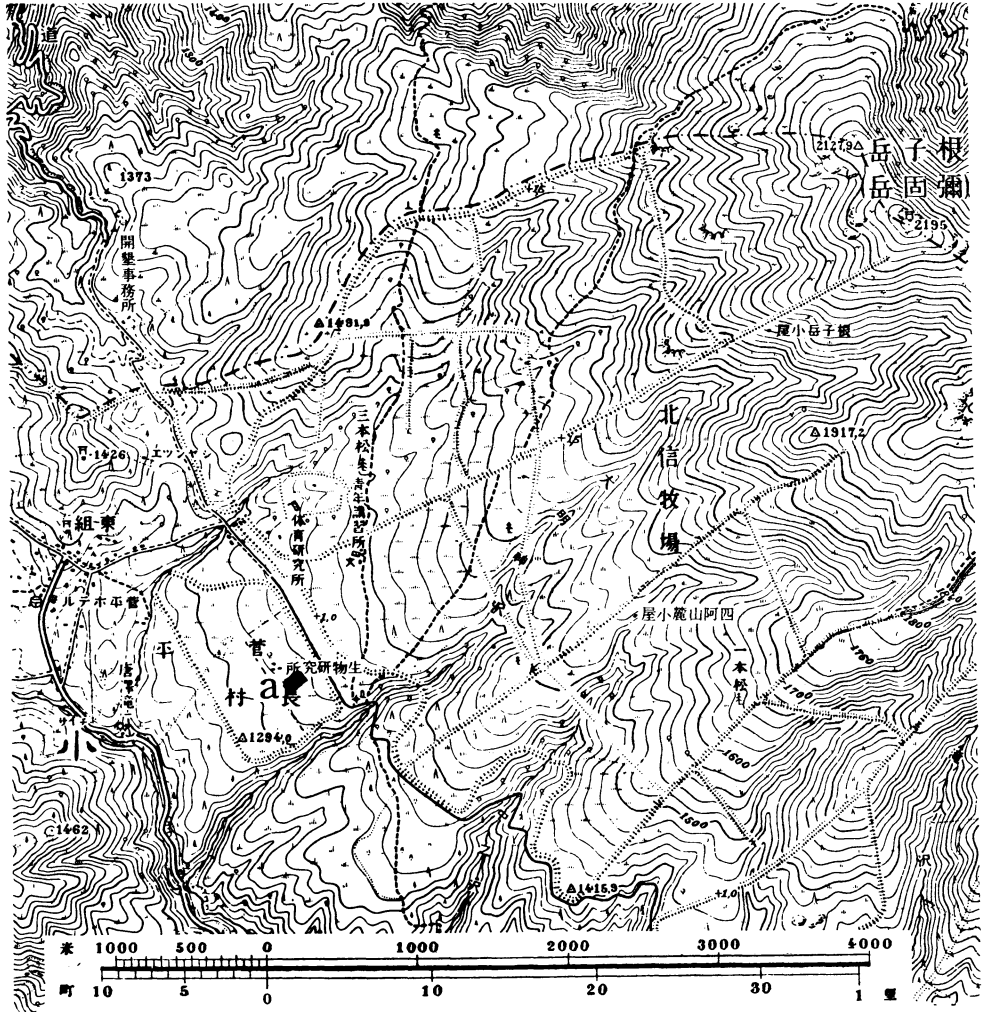
菅平における冷気の流出*

立石由己**

1. まえがき

晴れた風の静かな夜に、冷気が傾斜地を流れ、盆地状の地形の地域に冷気が滞留して冷気湖が形成されることは、かなり古くから研究されている³⁾。最近では、凍霜害

対策の必要もあって、このような冷気の構造が改めて注目され²⁾¹²⁾¹⁴⁾、京都府をはじめ、2, 3の地域についての研究が発表されている¹⁾⁴⁾⁷⁾¹⁰⁾¹⁵⁾。これらの研究は、それぞれ固有の地形において行われているので、得られた



第1図 菅平盆地付近の地形 (aは観測地域)

* Cold Air Drainage in Sugadaira, Nagano Pref. 東京教育大学菅平高原生物研究所業績, 第4号

** Yoshimi Tateishi, 東京教育大学—1961年5月19日受理—

結果は一般化が困難で、結論を他地域へすぐに適用することがむでかしい。

筆者は冷気流を解明する一手段として、比較的単純な地形において冷気流を観測する必要があると考え、長野

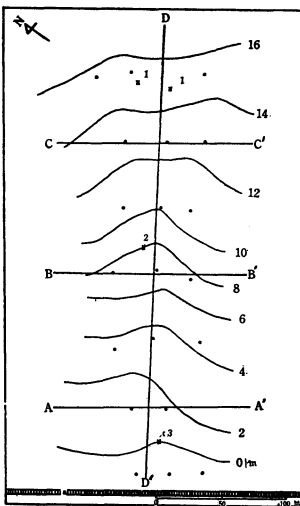
県菅平、根子岳南西斜面の浅い単純な谷を選んで観測を行った。また高原生物研究所の百葉箱で記録された、日巻自記温度計の記録(1938年)を使い、冷気流の季節変化についても若干の調査を試みた。

2. 観測地域

観測を行った地域は長野県小県郡真田町長菅平で、根子岳(海拔2195m)の南西斜面に位置する東京教育大学高原生物研究所構内(海拔1320m)(第1図、第2図)



第2図 観測地付近の地形
a: 生物研究所 b: 観測地域
c: 百葉箱 d: 大明神沢



第3図 観測を行った谷の地形
x: 自記録設置点
.: 最低温度計設置点
a: 土手

である。観測を行った谷の地形は第3図の通りで、観測地域の面積は 350m×150m で、谷の深さは浅い。

この観測地域全体の傾斜はゆるく約10分の1で、凹凸ほとんどなく平面とみなされる。このゆるい斜面は海拔1260m以上に拡がり、耕地は現在1400m付近にまで達しており、それ以上は牧場である、1400以下でも南東部はまだ牧場が残されている地域も多く、樹木の少ない牧草地となっている¹³⁾。

観測地域は冬季には積雪のため土地の微細な起伏などがなくなり、なめらかな地表面となる。したがって、地面の状態は一様と考えられる。春秋は枯草(ススキ、ワラビ)で高さは30cm以下である。夏はススキ、ワラビ、その他で覆われ、高さは150cmに達する地域もあり、これらの草が不規則に分布している。谷の両側は赤松と白樺の粗林となっている。

なお百葉箱は上記の観測地域から約100m離れた位置にある(第2図)

3. 観測日時

- 第1回 1959年11月21日~24日
- 第2回 1960年1月9日~14日
- 第3回 1960年5月15日~19日
- 第4回 1960年7月19日~21日
- 第5回 1960年7月30日~8月8日
- 第6回 1960年8月22日~26日

以上6回通算34日について観測を行った。観測に用いた器具は関口武考案の野外用自記温度計、ルサフォード型最低温度計、アスマン通風乾湿計である。

野外用自記温度計は、冷気の通り路と推定される谷の最低部に沿って4地点に置いた。最低温度計は第3図に示したように谷の中および周囲に配置した。

また冷気流出の強弱・回数などの状態の季節変化の調査に使用したのは、上記百葉箱内の1日巻温度計の自記記録で、1938年1年分を整理した、自記記録上で、気温が急に降下し、150分以内に、ふたたびもとの気温近くまで昇温しているのを冷気の流出によるものとした。

4. 結果

a) 冷気流出回数の変化

冷気の流出時刻を月別に集計すると第1表のようである。概略すれば、24時以前と以後にそれぞれ1~2回極大がある。総回数は夏に少く冬に多い。冬は夜間の時間が長いばかりでなく地表面が積雪に覆われるため、冷気が流出する回数が一般に多くなると考えられる。この他、冷気流の発生には晴れた風の弱い天気が必要条件で

第1表 冷気流出時刻の月別頻度

	12	1	2月	冬	3	4	5月	春	6	7	8月	夏	9	10	11月	秋	総計
h h																	
19~20	1	1	3	5	2	0	2	4	2	1	0	3	1	1	0	2	14
20~21	2	3	3	8	1	1	1	3	4	3	0	7	2	2	1	5	23
21~22	1	5	2	8	2	5	1	8	1	2	3	6	3	2	2	7	29
22~23	0	2	3	5	7	4	3	14	2	0	4	6	0	0	4	4	29
23~24	2	4	5	11	2	4	3	9	0	2	1	3	1	2	4	7	30
24~1	2	1	2	5	3	4	1	8	0	1	2	3	1	2	2	5	21
1~2	3	3	4	10	3	1	3	7	2	1	1	4	2	4	2	8	29
2~3	2	2	4	8	2	3	2	7	1	3	1	5	3	4	1	8	28
3~4	2	5	3	10	1	2	1	4	1	1	3	5	6	0	4	10	29
4~5	0	2	1	3	1	3	1	5	4	3	3	10	1	1	1	3	21
計	15	28	30	73	24	27	18	69	17	17	18	52	20	18	21	59	253

あるから、この地域にそのようなシノプティックな条件をもたらす気団の出現頻度の季節変化も関係すると思われる⁹⁾。第1表において1月、2月、3月に頻度が多く、夏に少いこと、また移動性高気圧の出現頻度の多い春秋の4月、9月、11月にも極大がでるのも上記のような理由によると考えられる。

b) 冷気流出状態の季節変化

自記紙に表われた気温降下の型態については大分での研究があるが⁹⁾、大別して2種に分けられる。すなわち(i) 気温が次第に下り気温の谷になるとその後直ちに昇温をはじめる型と、(ii) 気温の谷を示しても直ちに昇進せず何分か横道状態を示した後昇温する型である、ここでは前者をV型、後者をU型と呼んで区別する。

第2表 冷気流出による気温降下の型の季節別頻度

	冬	春	夏	秋	総計
V型	28	37	36	36	137
U型	38	23	13	18	92
その他	7	9	3	5	24
計	73	69	52	59	253

このV型とU型の出現頻度を季節別に示すと第2表の通りである。V型は春夏秋に、U型は冬に卓越する。年間を通じてはV型がU型より約5割多く現われている。気温降下の量は、U型は平均0.44°C、V型は0.33°CとなりU型の方が大きい。すなわちU型の方が冷却度合が強いと云える。これはU型が冬に卓越することと相通じ

ている(第3表)。

第3表 降下気温の季節別頻度

	冬		春		夏		秋		総計	
気温°C	V型	U型	V型	U型	V型	U型	V型	U型	V型	U型
0.2 ≥	4	6	12	3	19	4	12	5	47	18
0.5 ≥	14	14	16	12	14	6	16	5	60	37
1.0 ≥	10	17	9	7	3	3	6	7	28	34
1.0 >	0	1	0	1	0	0	2	1	2	3

c) 1回の冷気の流出時間の季節変化

次に冷気塊を押える一手段として気温が降下をはじめてから再びもとの気温近くまで上昇する時間を調べてみると、第4表となる。これをみてみるとU型、V型ともに年間を通じて20~30分である。

第4表 夜間気温降下、時間別季節別頻度

	冬		春		夏		秋		総計	
	V型	U型	V型	U型	V型	U型	V型	U型	V型	U型
10 ≥	6	3	4	0	0	0	0	0	10	3
20 ≥	7	16	9	7	17	2	10	3	43	28
30 ≥	8	11	12	7	13	6	13	8	46	32
45 ≥	7	4	11	8	4	3	12	5	34	20
60 ≥	0	1	1	1	1	1	1	1	3	4
60 <	0	3	0	0	1	1	0	1	1	5

d) 冷気流の流速

冷気塊が斜面に沿って下降してくるものであるならば、下流点は上流点よりも冷気塊の到達が遅れることと

第5表 冷気流出による低温の出現

	地点	気温降下時刻	気温	気温の谷の起時	気温	気温回復時	気温差	時刻差	地点間距離
		h m	°C	h m	°C	h m	°C		
1960年1月10日~11日	1	23.35	-1.3	0.30	-1.6	1.06	0.3	—	—
	2	23.57	-1.9	0.34	-2.3	1.07	0.4	3分	150m
1960年5月18日	1	2.22	8.9	2.26	8.7	3.03	0.2	—	—
	2	2.24	9.2	2.29	8.7	3.04	0.5	2分	150m
	3	2.30	10.2	2.36	9.7	3.03	0.5	4分	125m
1960年8月7日	1	20.47	15.8	21.00	15.3	21.36	0.5	—	—
	2	20.48	16.4	21.05	16.0	21.39	0.4	2分	125m

なり、傾斜面にある各観測点における気温曲線は、上流点より下流点にその位相はずれるはずである⁹⁾。したがって2点間の到達時刻差と、その距離とから冷気塊の流下速度 v を求めることができる。

野外用自記温度計の記録から読みとった値は第5表の通りである、この表の値から計算すると

$$1\text{月の場合} \quad v = 150\text{m} \div 3\text{分} = 0.8\text{m/s}$$

$$5\text{月の場合} \quad v = 150\text{m} \div 2\text{分} = 1.3\text{m/s}$$

$$8\text{月の場合} \quad v = 125\text{m} \div 2\text{分} = 1.0\text{m/s}$$

となる。

e) 冷気の発源地の推定

Reiher によって示されたように冷気流の流速 v m/s は

$$v = \sqrt{2g'h}$$

g' : 気塊の下向きに働く加速度

h : 落下距離 (m)

によって与えられる、冷気の絶対温度 T 、周囲の空気の絶対温度 T' 、重力の加速度を g とすれば

$$g' = \frac{T - T'}{T'} g$$

で与えられる、観測結果をこれに代入して発源地を求めてみる。

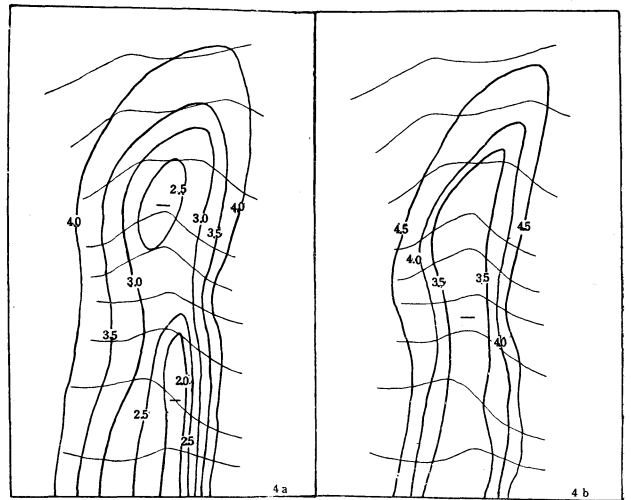
1月を上記の結果から $v = 0.8\text{m/s}$ 、 T' は気温降下直前の気温をとることすると 272.7°C 、 T は最低気温をとるものとすれば 272.4°C 、 g は $9.8\text{m}\cdot\text{sec}^{-2}$ をとるならば $h = 110\text{m}$ となる。同様に、計算すると5月は $h = 180\text{m}$ 、8月は $h = 60\text{m}$ となる。観測地点は海拔 1320m であるから、発源地は海拔 $1400\sim 1500\text{m}$ 付近と推定される。その付近は牧草地帯で、山の急斜面から緩斜面に移り変わった広い平坦な面であり、ここを冷気塊の発源地と推定することは不当ではないと思われる。

f) 冷気の水平構造

最低気温の分布をみると、5月、8月ともに似た分布を示す。地上50cmの分布(第4図(b)(d))をみると、5月、8月ともに谷の下流部と中流部に低温が現われている。5月の方が等温線が混んでいて温度差が大きい。気温の最低部は、谷の最低部より南側にかたより、地形の谷と一致してはいない。地上100cm地上の分布(第4図(a)(c))になると一致している。このことは50cm位だと、観測した谷が浅く、谷底の流路に沿う傾斜もゆるいために局地的な地表面の影響を受けやすいが、地上100cmになると、局地的な地表面の影響より谷の微地形の影響の方が強くなることを意味している。

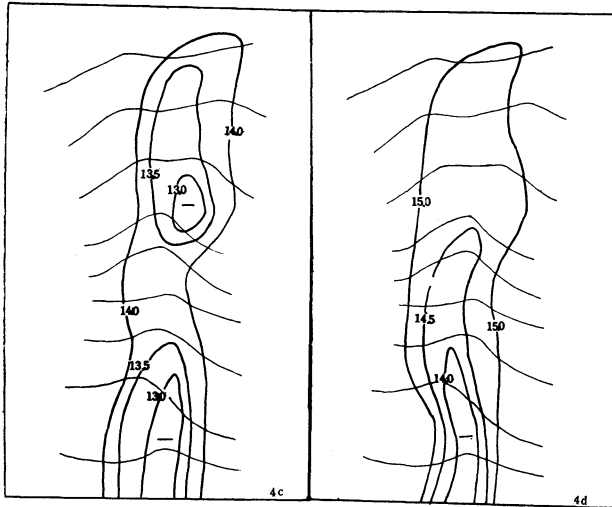
g) 冷気の垂直構造

まず縦断面(第5図)をみると冷気がたまって、いわ



第4図

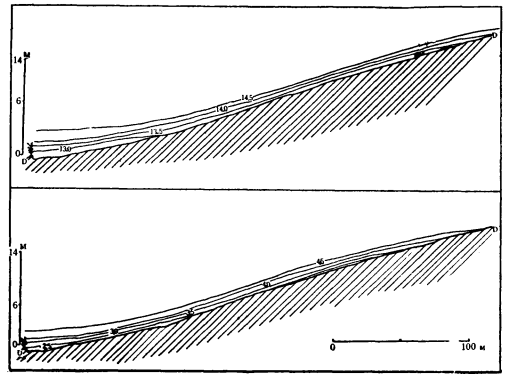
- (a) 最低気温分布 (°C) (1960年5月18日) 地上 50cm
- (b) 最低気温分布 (°C) (1960年5月18日) 地上100cm



第4図

(c) 最低気温分布 1960年8月2日 地上50cm
 (d) 最低気温分布 1960年8月2日 地上100cm

ゆる冷気湖の形成されている模様ははっきり認められる。これで見ると観測した谷の最下流部にある土手(高さ1m, それに沿って樹高1~2mの落葉松が植えてある)でせき止められて冷気湖が形成される。谷の中流部に小さい冷気湖が形成されるのは、その付近に比高30~50cmの地形的なたかまりがあり、また30cm位の赤松が

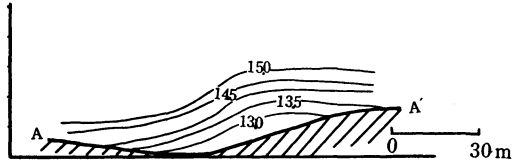
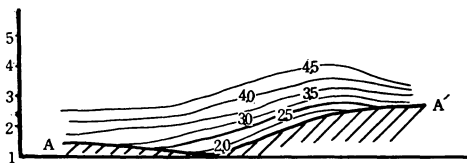
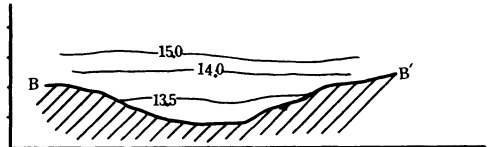
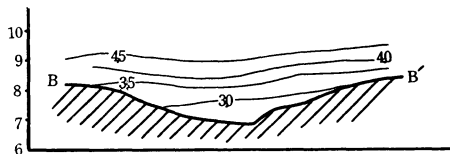
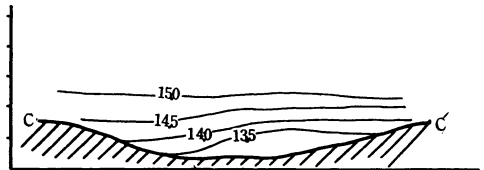
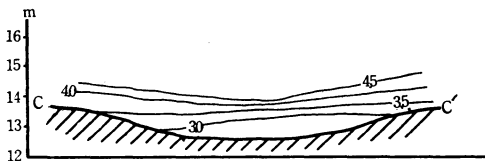


第5図 谷の縦断面に沿う最低気温
 垂直断面図(°C)

上 8月2日 下 5月18日

点存するためと思われる。横断面図(第6図)をみると上流部(C-C')では谷の最低部が最も低温で、冷気が谷を流れたことがわかるが、中流部(B-B')ではやや右側(南側)に冷気が片寄っていることが認められ、下流部(A-A')にいたっては完全に右側中腹を流れていることがわかる。

この理由は、ある程度の速さをもっている流れは、浅い谷では谷筋に沿って流れず、斜面にのし上って真直ぐに流れる傾向があるためと考えられる。曲流している谷



第6図 谷の横断面に沿う最低気温垂直断面図

左 5月18日

右 8月2日

間を流れる冷気流は、水の流れのように攻撃斜面が低温となることは、大きな谷では報告があるが、今回観測したのはスケールの小さい浅い谷の場合である。

5. 要約とあとがき

以上のことをまとめてみると

- 1) 冷気の流出は、24時以前と以後に、それぞれ2回認められる。
 - 2) 気温降下の型態は最低気温が持続しないV型と、持続するU型の2種に分けられる。前者は春・夏・秋に後者は冬に卓越する、全年ではV型がU型よりも約5割多く出現する。
 - 3) 気温降下量はU型の方がV型より大きい。
 - 4) 気温降下の持続時間はU型の方がV型よりやや長い。
 - 5) 冷気の発源地は今回観測した菅平の根子岳斜面においては、比高にして60~180m、海拔高度にして1400~1500m付近で、この付近はゆるやかな傾斜の平坦地で、広い牧草地である。
 - 6) 浅い谷が曲流している場合、地上50cm位を流れる気流は、その攻撃斜面では這い上って真直ぐ流れようとする傾向がある。
 - 7) 地上50cmでは地表面の影響を受けるが、地上100cm位になると地形影響が認められる。
 - 8) 比高1~2mの障害物でも冷気の流れをせき止め、冷気湖を形成する。
- 本調査に終始ご助言、ご指導を賜った福井英一郎、関口武両博士、吉野正敏、河村武、水越允治諸先生方をはじめ気候談話会の方々、また観測にあたっては、佐藤泰

二郎氏はじめ生物研究所の方々に大変お世話になったことを深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) Aichele, H. 1953 "Localklimatische Froststudien am westlichen Bodensee" Met. Rdsh. Vol. 6, pp. 126-130.
- 2) Fleagle, R.C. 1959 "A theory of air drainage" J. Met. Vol. 7. pp. 227-232.
- 3) Geiger, R. 1959 "Climate near the ground"
- 4) 京都大学理学部気候特別研究所、凍霜害防止対策試験報告書、第2報~第4報
- 5) 笠村幸雄 1955 大分に表われる南寄りの冷気流について、研時 Vol. 7. pp. 188-190.
- 6) 間野 浩 1953 "盆地形における夜間気温の急昇について" 研時 Vol. 5, pp. 525-554.
- 7) 滑川忠夫 1960 "凍霜害防止の基礎研究"
- 8) 関口 武 1950 "携帯用自記温度計の試作とそれによる小気候観測" 地評 Vol. 23, pp. 136.
- 9) Schnelle, F 1950 "Kleinklimatische Geländeaufnahme am Beispiel der Frostshäden in Obstlau B.D.W. US Zone Nr 12. 99-194.
- 10) 梅田三郎 1958 "霜夜における細域の温度分布について" 産気調 Vol. 22, pp. 15-21.
- 11) 吉野正敏 1952 "伊豆西浦の気温に関する2, 3の報告(1), (2)" 農気 Vol. 7, pp. 91-94.
- 12) 吉野正敏 1957 "ドイツにおける霜害分布の小気候学的研究" 農気 Vol. 12, pp. 115-120.
- 13) 吉野正敏 1957 "菅平高原の気候と小気候" 東京教育大学地理学研究報告(1) pp. 159-188.
- 14) 吉野正敏 1960 "冷気流と冷気湖に関する最近の研究" 農気 Vol. 15, pp. 161-165.
- 15) 吉野正敏 1960 "冷気流の流出と霜道の形成" 農気 Vol. 15, pp. 133-138.

(387頁より続き)

道路の幅6mとして254kmであるというのが新聞の計算です。最近6年間の被害は今年の半分くらいしかなかったそうです。

この霜害の原因を、气象台に行ったときにききましたが、詳しい研究はしてないようで、昨秋は雨が多くて、道路の下の土地が湿っていたところに、今年の1月、2月には雪がとけたり、積ったりして、道路の下の土が凍ったり、とけたりしたからだとのことでした。そこでどの位昨秋雨が多くて、今月1月、2月の気温がどう変化したかと聞きましたが、確たる返答はありませんでした。

微気象については、農業気象観測所に行けとのことでありました。農業気象観測所で土壌水分その他の観測をやっているとのことです。

今年の夏は、この付近は少々気象異変のようで、15年ぶりとかの多雨だそうです。8月中に2回ストーブをいれるほどの寒さで、8月17日には、アルプスの2,000m以上には雪が積ったとのことです。新聞には、1月から今月までに600l/m²降ったとでていました。これはほぼ年雨量に相当します。

(9月5日、ブラウボイレンにて)