富山市科学博物館
TOYAMA SCIENCE MUSEUM

富山市における降下物量と主要溶存成分の月別変化?(1988年4月～1989年3月)

著者	朴木 英治
雑誌名	富山市科学文化センター研究報告
号	13
ページ	157-164
発行年	1990-03-05
URL	http://repo.tsm.toyama.toyama.jp/?action=repository_uri&item_id=561

資　　料

富山市における降下物量と主要溶存成分の月別変化II(1988年4月～1989年3月)*

朴木　英治
富山市科学文化センター

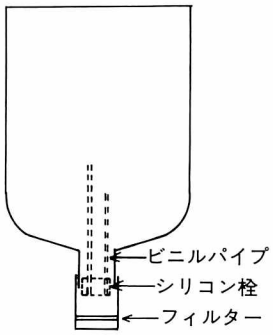
降水や自然落下によつて大気中から地上に輸送される物質量と、季節変化を明らかにするために、朴木(1987)に引き続き降下物観測を科学文化センター屋上で行なった。

今年度は、ダストジャー方式による月毎の観測の他に、さらに、観測データを補強する目的で、ろ過式採水器を6月より設置した。

観測方法・試料の処理

ダストジャーは、5月まで前年度作成した容器(断面積188.6cm²)を継続して使用した(試料中にはかなりの藻類の発生が見られた)。

6月は20リットル容のポリエチレン製容器(断面積653.4cm²)に変え、7月より新方式の容器を使用した。これは、ろ過式採水器の口の部分にオーバーフロー用のパイプを付けた中栓をつけたもので、パイプの高さ以上に水位が上がると、降水がパイプを通って下のフィルター部に入り、ろ液がポリタンクにたまるようにしたものである(図－1)。



図－1　ダストジャー容器

試料の回収は、なるべく月始めの降水のない日に行い、実験室で捕集水をろ過した後、導電率・pHを測定し、各成分分析用の検体を分取した。

また、ダストジャーには4～10月まで、昨年と同様、目の大きさが1.5mmの防虫ネットを張っておいた。

一方、ろ過式採水器は、6月は3リットル容の細口ポリエチレン瓶を利用して製作したが、断面積が小さく採水量が少ないため、7月より10リットル容の細口ポリエチレン瓶を利用したものに変更した。

ろ過式採水器による試料の回収は、一週間に一回程度を一応の目安としたが、降水量や勤務の都合によって2～14日まで幅がある。

また、ろ過式採水器とダストジャーのデータの比較を容易にするため、ダストジャー試料を回収する日には必ずろ過式採取器による試料も回収した。

このため、7、9、3月の最後のろ過式採水器による試料がわずかしか回収できず、一部の成分しか分析できなかった(7月は全く分析できなかった)。この試料の分析値については、各月の集計には加えなかった。

試料の分析方法

採取した試料は以下の方法で分析した。

pH：電極法
導電率：導電率計
固形降下物：観測後のフィルターの増量
水溶性降下物：溶解性蒸発残留物
総降下量：固形降下物＋水溶性降下物
ナトリウムイオン：炎光光度法
カリウムイオン：同上
カルシウムイオン：ＥＤＴＡ滴定法
マグネシウムイオン：同上
アンモニウムイオン：インドフェノール法

＊富山市科学文化センター研究業績第95号

塩化物イオン：チオシアン酸第二水銀法
硫酸イオン：クロム酸バリウムージフェニルカルバジット法
硝酸イオン：亜鉛還元－ＧＲ法
亜硝酸イオン：ＧＲ法
イオン状シリカ：モリブデン青法
リン酸イオン：モリブデン青法

表－1　ろ過式採水器による降下物観測結果

（降下量の単位は　mg/m²/観測日数）

試料	月	観測期間	観測日数	採水量 降水量 換算(mm)	pH	導電率 (25°C) μs/cm	固形降下物	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	$D\text{-}SiO_2$	NO_2^-	PO_4^{3-}	$ex.SO_4^{2-}$	$ex.Ca^{2+}$
酸-1	6	2-4	2	125.3	5.61	3.73		4.1	4.4	10.0	1.0	16.3	12.5	75.2	30.1	0.3	3.4	0.00	74.2	9.9
酸-2	6	4-13	9	12.3	5.27	23.5		3.2	1.9	11.8	4.6	7.8	6.2	47.7	13.8	1.1	0.4	0.09	46.9	11.7
酸-3	6	13-18	5	11.2	4.64	28.8		2.9	1.7	10.7	4.1	7.0	5.6	43.3	12.5	1.0	0.4	0.08	42.5	10.6
酸-4	6	18-28	10	31.4	4.76	21.8		3.5	1.9	36.4	0.3	31.2	11.9	140	29.0	5.0	1.4	0.03	139	36.3
酸-5	6-7	28-4	6	35.1	5.12	18.2		6.3	0.7	18.6	4.2	45.3	22.8	179	69.5	2.5	0.5	0.00	178	18.4
酸-6	7	4-9	5	24.4	5.44	16.4		3.4	4.1	12.9	3.2	36.4	5.6	104	43.3	0.0	1.0	0.04	104	12.8
酸-7	7	9-14	5	38.7	5.24	12.0		2.4	2.1	13.6	0.2	37.6	5.8	112	31.0	0.0	0.8	0.3	111	13.5
酸-8	7	14-22	8	55.0	5.00	11.9		2.9	2.2	27.0	0.0	31.4	8.3	215	48.1	0.05	1.2	0.5	214	26.8
酸-9	7	22-28	6	66.6	4.86	11.2	970	8.9	5.3	31.3	0.7	24.3	8.7	223	49.1	0.0	1.0	1.0	221	31.0
酸-10	8	4-11	7	24.5	4.93	10.6		2.0	1.5	14.0	1.7	5.8	2.2	74.1	21.5	0.0	0.6	0.09	73.6	13.9
酸-11	8	11-23	12	15.6	5.61	12.8		1.4	1.3	18.6	1.7	8.2	3.6	73.4	31.2	3.6	0.7	0.0	73.1	18.5
酸-12	8-9	23-3	11	102.1	4.75	22.7	733	50.0	19.4	48.0	9.2	107.2	120	531	212.4	4.6	1.0	11.7	519	46.1
酸-13	9	3-11	8	119.6	5.13	6.4		6.0	4.8	41.9	9.6	19.7	21.5	317	81.3	3.0	1.7	1.3	315	41.6
酸-14	9	11-21	10	74.8	5.54	9.6		41.1	3.0	40.4	1.5	23.3	74.8	142	48.6	1.7	1.3	0.1	132	38.8
酸-15	9	21-26	5	77.8	4.93	10.0		14.8	1.6	29.6	1.6	14.8	35.0	214	54.5	0.0	1.7	0.08	210	29.0
酸-16	9-10	26-4	8	0.9	4.83	56.2	801	-	-	-	-	-	6.0	8.2	-	-	-	-	-	-
酸-17	10	4-13	9	88.7	4.98	14.8		94.1	7.1	34.6	8.9	24.6	191	151	68.8	0.0	1.2	0.3	127	31.0
酸-18	10	13-25	12	28.6	4.77	62.7		185	8.6	30.0	24.6	19.4	340	156	47.4	3.0	0.7	0.2	109	23.0
酸-19	10-11	25-4	10	55.8	5.03	48.2	1328	269	10.0	44.6	44.1	52.7	475	265	89.8	3.6	1.6	8.4	198	34.4
酸-20	11	4-12	8	52.1	4.80	67.3		396	19.8	63.6	57.3	50.0	662	326	128	3.8	1.2	6.0	226	48.5
酸-21	11	2-16	4	23.5	5.70	108.1	1791	281	15.3	92.8	47.9	29.4	484	263	131	4.4	1.5	1.1	193	82.1
酸-22	11	6-20	4	69.7	5.22	17.3		118	10.5	41.8	13.9	32.1	216	145	62.7	2.8	1.5	0.6	115	37.3
酸-23	11	20-25	5	37.5	5.25	28.8	135	97	5.3	23.7	37.9	29.7	178	128	22.9	1.7	1.2	0.4	103	20.0
酸-24	11-12	25-6	11	121.6	4.74	42.6	438	508	20.7	65.7	69.3	49.9	949	408	122	6.7	2.3	3.0	280	46.4
酸-25	12	6-13	7	34.8	4.91	58.2		240	9.7	38.3	32.7	16.0	431	153	39.3	1.8	1.0	0.3	92.8	29.1
酸-26	12	13-19	6	42.4	4.94	76.1	841	388	11.5	50.5	60.3	25.5	721	251	56.4	2.0	1.6	0.3	154	35.7
酸-27	12	19-23	4	25.5	4.84	49.4		86	5.6	26.5	12.2	44.9	171	156	64.9	1.1	1.9	0.4	135	23.2
酸-28	12	23-27	4	26.7	4.66	49.8	836	99	5.9	44.9	13.1	27.3	201	172	64.4	1.6	1.0	0.7	148	41.1
酸-29	12-1	27-5	9	37.9	4.88	40.9	670	120	5.3	49.7	16.7	35.1	239	186	71.7	0.5	0.8	0.6	156	45.2
酸-30	1	5-11	6	29.4	6.32	9.5	655	2.4	0.6	29.4	0.6	12.9	10.9	51.1	23.5	0.4	1.4	0.2	50.5	29.3
酸-31	1	11-18	7	38.1	4.79	43.6	529	139	6.5	39.2	20.2	28.9	265	175	61.3	3.6	1.7	0.05	140	33.9
酸-32	1	18-21	3	68.5	5.22	10.1	372	24.7	3.4	29.5	8.2	27.7	58.9	140	43.8	9.0	2.1	0.6	134	28.5
酸-33	1	21-30	9	36.7	6.05	40.1	950	141	6.2	48.5	20.9	36.5	263	185	51.0	1.7	2.4	0.4	150	43.1
酸-34	1-2	30-6	6	29.0	6.51	45.7	1316	127	7.0	64.1	15.7	32.2	222	176	65.5	1.3	2.1	0.4	144	59.2
酸-35	2	6-13	7	49.2	5.27	14.1	718	26.6	2.0	28.6	14.3	22.7	49.2	231	60.6	1.1	1.8	0.4	224	27.6
酸-36	2	13-23	10	78.2	4.92	22.5	1127	98.5	8.6	74.3	9.4	35.6	193	223	136	0.6	2.7	0.6	198	70.5
酸-37	2	23-27	4	57.1	4.66	15.7	218	27.4	3.4	35.9	0.01	24.1	68.5	112	86.2	0.2	1.6	0.4	105	34.9
酸-38	2-3	27-7	7	74.6	5.71	15.4	1027	79.1	6.0	58.2	20.2	39.9	152	196	85.1	0.4	1.9	0.5	176	55.2
酸-39	3	7-20	13	32.0	6.56	52.2	1788	116	8.0	97.0	17.3	48.2	194	248	96.4	2.8	2.5	0.2	219	92.6
酸-40	3	20-26	6	24.6	5.57	27.2	220	36.9	2.2	26.1	5.9	25.6	77.5	99	38.4	1.7	1.4	0.1	89.4	24.7
酸-41	3	26-30	4	34.1	4.34	39.2	166	28.6	5.1	17.7	5.8	46.2	67.5	153	118	0.3	1.1	0.5	146	16.6
酸-42	3-4	30-5	6	1.0	5.0	194.9	578	10.9	1.3	-	-	-	23.5	-	-	-	-	-	-	-

表－2　ろ過式採水器による降下物観測結果（月別集計）　（降下量の単位は mg/m²/month）

月	採水量 降水量換算 (mm)	pH	導電率 (25°C) μs/cm	固形 降下物	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	NH_4^+	Cl^-	SO_4^{2-}	NO_3^-	D-SiO_2	NO_2^-	PO_4^{3-}	ex.SO_4^{2-}	ex.Ca^{2+}
6	90.0	4.90	21.5	欠	15.9	6.2	77.5	13.2	91.3	46.5	410	124.8	9.6	2.7	0.2	406.9	77.0
7	84.7	5.02	12.3	970	17.6	13.7	84.8	4.1	129.7	28.4	654	171.5	0.05	4.0	1.84	650	84.1
8	142.3	4.82	19.5	730	53.4	22.2	80.6	12.6	121.2	125.8	678.5	265.1	8.2	2.3	11.79	665.7	78.5
9	272.2	5.13	8.5	800	61.9	9.4	111.9	12.7	57.8	131.3	673	184.4	4.7	4.7	1.48	657	109.4
10	173.1	5.00	33.5	1330	548.1	45.5	109.2	77.6	96.7	1006	572	206	6.6	3.5	8.9	434	88.4
11	304.4	4.91	44.4	2360	1400	71.6	287.6	226.3	191.1	2489	1270	466.6	19.4	7.7	11.1	917	234.3
12	167.4	4.85	56.1	2350	933	38	209.9	135	148.8	1763	918	296.7	7.0	6.3	2.3	685.3	174.3
1	201.6	5.27	26.9	3820	434.1	23.7	210.7	65.6	138.2	819.8	727.1	245.1	16.0	9.7	1.65	618.5	194.0
2	259.1	5.00	17.4	3090	231.6	20	197	43.9	122.3	462.7	762	367.9	2.3	8.0	1.9	703	188.2
3	91.7	4.75	42.2	2750	181.5	15.3	140.8	29	120	339	500	252.8	4.8	5.0	0.8	454.4	133.9

表－3　ダストジャー法による降下物観測結果　　(降下量の単位は (mg/m²/month)

採集年月	開始日	観測日数	平均気温 (°C)	降水量 (mm)	容器面積 (cm²)	採水量 (ml)	pH	COND.25 (μs/cm)	固形降降下物量	水溶性降下物量	総降下物量
1988- 4	5	31	12.4	167.5	188.6	2260	4.90	29.2	4140	1980	6120
1988- 5	6	29	15.8	258.5	188.6	4685	4.85	14.4	1460	2040	3500
1988- 6	4	30	20.5	112.0	653.4	4322	4.62	38.4	1240	600	1840
1988- 7	4	31	22.9	213.0	349.5	6357	5.09	13.4	450	840	1290
1988- 8	4	30	25.9	177.5	349.5	4250	4.56	29.0	950	1260	2210
1988- 9	3	31	21.3	287.5	349.5	9159	4.98	10.9	790	2000	2790
1988-10	4	31	14.0	177.5	349.5	5308	4.68	42.4	1460	3310	4770
1988-11	4	32	7.6	361.5	349.5	10149	4.72	49.8	2660	6250	8910
1988-12	6	30	4.4	184.5	349.5	5433	4.69	61.9	3190	4580	7770
1989- 1	5	32	4.6	212.5	349.5	6978	5.62	30.7	4780	3030	7810
1989- 2	6	29	4.7	213.0	349.5	7873	5.09	22.0	6080	2760	8840
1989- 3	7	29	6.4	149.0	349.5	1877	5.13	77.5	4270	1730	6000
4月～9月合計		182		1216.0		31033	4.83	19.6	9030	8710	17740
10月～3月合計		183		1290.0		37618	4.87	42.5	22450	21660	44110
年間合計		365		2514.0		68651	4.85	32.2	31480	30370	61850
10-3比率		0.501		0.513		0.548			0.713	0.713	0.713

採集年月	Na	K	Ca	Mg	NH_4	Cl	SO_4	NO_3	D-SiO_2	NO_2	PO_4	ex.SO_4	ex.Ca
1988- 4	101	13	297	42	23.4	318	743	63.5	32.35	0.84	0.72	718	293
1988- 5	93	17	281	20	36.0	360	820	86.9	17.39	0.00	0.00	796	277
1988- 6	33	10	67	17	133.0	62	451	177.3	11.24	1.39	0.17	443	66
1988- 7	20	14	78	7	207.4	40	637	191.0	5.46	3.46	1.09	632	77
1988- 8	51	12	72	22	134.4	122	570	301.6	49.25	1.02	1.74	557	70
1988- 9	81	15	139	31	62.9	170	881	220.1	20.70	4.72	0.00	860	136
1988-10	568	15	123	99	112.4	980	718	246.8	18.53	2.20	0.94	576	101
1988-11	1380	64	325	195	209.1	2450	1408	496.6	26.13	6.68	1.28	1062	273
1988-12	933	40	239	162	153.1	1740	1068	314.8	31.09	5.10	0.68	834	204
1989- 1	439	18	256	54	182.1	829	936	261.6	16.17	12.44	2.00	826	239
1989- 2	239	16	264	50	151.6	462	872	362.7	21.85	7.66	0.90	812	254
1989- 3	207	13	174	56	179.8	395	795	316.9	20.41	3.28	0.25	743	166
4月～9月合計	378	81	934	140	597.0	1070	4101	1040.4	136.40	11.42	3.715	4006	920
10月～3月合計	3765	166	1381	615	988.1	6860	5798	1999.4	134.18	37.35	6.053	4853	1237
年間合計	4143	247	2315	755	1585.1	7930	9899	3039.8	270.58	48.78	9.768	8859	2156
10-3比率	0.91	0.67	0.60	0.81	0.62	0.86	0.59	0.66	0.50	0.77	0.62	0.55	0.57

なお、降水量・平均気温は富山県気象月報(富山地方気象台，1988，1989)によった。

結　果

ろ過式採水器による観測結果を表－1に、また、その月毎の集計を表－2に示す。

表2のpH、導電率は加重平均の値である(pHの平均は、水素イオン濃度を算出し、これを採水量で加重平均したのち再びpH値にもどした)。

ダストジャーによる観測結果を表－3に示す。

両者のデータを比較すると、ダストジャーに防虫ネットを張っていた期間では、一部の項目で、ろ過式採水器によるデータの積算値よりも低くなった項目もあった。

これは、防虫ネットによって降下物の捕集が妨げられた結果ではないかと考えられる。

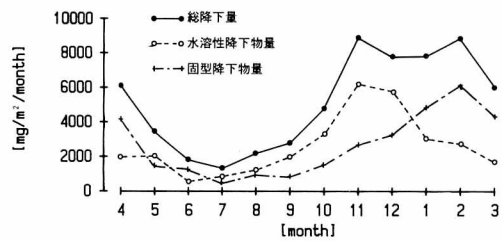
また、亜硝酸イオン、リン酸イオンについては、常にダストジャーによる方の値が小さくなっているが、容器中で化学変化を起こしているものと考えられる。

1．降水量

今年度分の観測期間中の年間の降水量は2514㎜で、このうち、全体の48.4パーセントにあたる1216㎜の降水が4月から9月(夏期とする)に、51.6パーセントにあたる1298㎜が10月から翌年の3月(冬期とする)の間に降った(表－3)。最も降水量が多かった月は11月(361.5㎜)であり、最も少なかった月は6月(112㎜)であった。

2．降下物量

ダストジャー法による水溶性降下物、固形降下物、およびこれらの合計である総降下物量の月別変化を、図－2に示す。



図－2　降下物の月別変化（ダストジャー）

総降下量は、4～7月にかけて減少し、8月以降増加する。とくに10月以降に降下が多く、11月と2月にピークが見られた。

11月のピークは水溶性降下物の降下量のピークに対応し、2月のピークは固形降下物の降下量のピークに対応している。

また、今年度の年間の総降下量の28.7パーセントが夏期に、71.3パーセントが冬期に降下している。その内訳について見てみると、水溶性降下物、固形降下物ともに夏期に28.7パーセント、冬期に71.3パーセント降下していた。

3．pH

ろ過式採水器による6月から翌年の3月までの降水中のpHの出現頻度を夏期と冬期に分けて示す(表－4)。

表－4　ろ過式採水器による降水中のpH出現頻度

pH	6～9月	10～3月
4.20～4.39		1
4.40～4.59		
4.60～4.79	3	5
4.80～4.99	4	7
5.00～5.19	3	2
5.20～5.39	2	4
5.40～5.59	2	1
5.60～5.79	2	2
5.80～5.99		
6.00～6.19＊		1
6.20～6.39		1
6.40～6.59		2

＊pH 6.00以上の降水はいずれも1月以降に観測された。

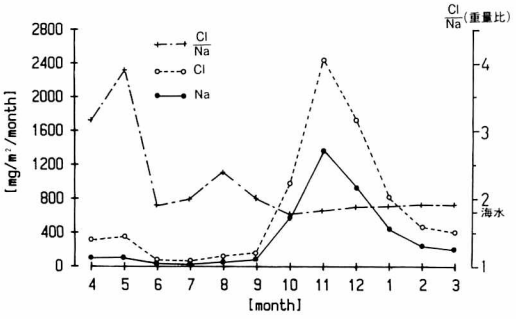
全体の平均値は4.97、最小のpHは4.34、最高のpHは6.56であった。最低、最高とも1989年3月に観測された。また、pH 6.00以上の降水が1月以降4回観測された。

4．ナトリウムイオン・塩化物イオン

両者とも主な起源は海水であると考えられている。その降下量は夏期に少なく、冬期は非常に多い。今年度の観測によると、ナトリウムイオンでは年間の降下量の91パーセントが、塩化物イオンでは86パーセントが冬期に降下していた。夏期の1カ月分の降下量に相当する量が冬期の一雨で降下することも珍しくなかった。

降下量のピークは11月であった。

また、10月以降のダストジャーとろ過式採水器による試料のナトリウムイオンに対する塩化物イオンの濃度比は、海水の比に近い値となっていた(図－3)。



図－3　ナトリウムイオン、塩化物イオンの月別降下量（ダストジャー）

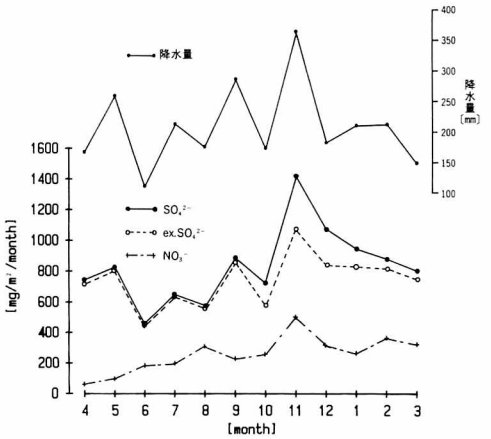
5．ex. 硫酸イオン、硝酸イオン

ex. 硫酸イオンの算出の基準としてナトリウムイオンを使った。しかし、土壌由来のナトリウムイオン量の見積はできていないため、全量が海水由来であると仮定した。

夏期には、降水中のナトリウムイオン量が少ないため、硫酸イオン降下量のほとんどが、ex. 硫酸イオンであった。

また、ex. 硫酸イオンは年間降下量の55パーセントが、硝酸イオンは66パーセントが冬期に降下していた。これらの成分は、ナトリウムイオンや塩化物イオンなどの海水由来の成分に比べて、冬期にやや多いが、季節変化は少なかった。

降下量のピークは両イオンとも11月であった(図－4)。



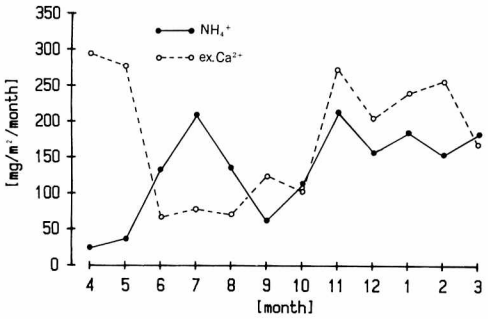
図－4　硫酸イオン、硝酸イオンの月別降下量（ダストジャー）

6．アンモニウムイオン・ex. カルシウムイオン

両者とも大気中に生成した硫酸や硝酸を中和する主要な成分と考えられる。

ex. カルシウムイオンは4・5月および、11月以降に降下量が多かった。また、アンモニウムイオンは7月および、11以降に降下量が多かった。

また、ex. カルシウムイオンは年間降下量の58パーセントが、アンモニウムイオンは62パーセントが冬期に降下していた(図－5)。



図－5　アンモニウムイオン、ex. カルシウムイオンの月別降下量(ダストジャー)

参考文献

角階静男，1976，雨水の分析，講談社.

富山地方気象台編，1988，富山県気象月報4月号～12月号.

富山地方気象台編，1989，富山県気象月報1月号～3月号.

日本規格協会，1980，ＪＩＳハンドブック公害関係，Ｋ０１０１　工業用水試験法.

日本分析化学会北海道支部編，1979，水の分析，化学同人.

朴木英治，1988，富山市における降下物量と主要容存成分の月別変化，富山市科学文化センター研究報告（12）：139-140.

三宅康雄・北野康，1976，新水質化学分析法.

謝　辞

この研究の継続にあたり、富山県立技術短期大学衛生工学科の高倉盛安教授に炎光光度計を使用させていただいたほか、さまざまなアドバイスをいただいた。また、炎光光度計の使用に際して、茶木淑子教務主任に操作法の指導をしていただいた。

一方、北海道大学工学部衛生工学科の太田幸雄助教授には、降下物の観測法や、分析法で貴重なアドバイスをいただいた。ここに厚くお礼申し上げます。