

福井県における酸性雨と生態系の実態について (第5報) — 酸性雨のスギ林への影響調査結果 —

前川 勉・坪内 彰・植山洋一・日吉三郎・久嶋鉄郎

Studies on the States of Acid Rain and Ecosystem in Fukui Prefecture (5) — Research on The Effects of Acid Rain to Cryptomeria Trees —

Tsutomu MAEKAWA, Akira TSUBOUCHI, Youichi UYEYAMA
Saburou HIYOSHI, Tetsuo HISAJIMA

1 はじめに

福井県では、平成元年度から酸性雨の実態調査として雨水、陸水および大気調査ならびに植生調査として樹木の成分調査と活力度調査および土壌調査を実施した結果、¹⁾²⁾福井県の酸性雨はpH平均値 4.5から 4.7で、西日本の平均的レベルであり、水素イオン降下量は福井市で50~85 mg/m²・年と著しく大きい、現在まで陸水は中性に保たれ、樹木の枯損などの被害は顕在化していない。

しかし、森林等の土壌は酸性化しており、その耐久性が小さい土壌も多く、森林土壌の酸性化の進行が将来の樹木の慢性的な被害をもたらすことが危惧されている。

一方、県内上志比地区の一部で、数年前に平地の屋敷林のスギ枯れが問題になっている。また、酸性雨や酸性霧による樹木被害も報告され³⁾、森林では樹木の林内雨(樹幹流や樹冠雨)が酸性雨の酸性度を強めたり、逆に中和する作用が知られている。⁴⁾⁵⁾⁶⁾そこで、スギ枯れのみられる上志比地区と対照地区として勝山市北谷地区において、スギ林の林内雨とその樹木周辺の土壌調査をおこなった結果について報告する。

2 調査方法

2.1 調査地点と調査の種類および対象木

2.1.1 上志比地区

鍛川神社境内 林内雨、林外雨および土壌調査
スギ 健全木 4本

胸高直径23cm (樹幹流、樹冠雨)
58cm (樹幹流)
25cm (樹幹流)
40cm (樹幹流)

衰退木* 1本

胸高直径31cm (樹幹流、樹冠雨)

薬師神社境内 林内雨、林外雨および土壌調査
スギ 梢端枯損木 1本

胸高直径61cm (樹幹流、樹冠雨)

清水区 林内雨および土壌調査

スギ 梢端枯損木 1本

胸高直径45cm (樹幹流、樹冠雨)

2.1.2 勝山市北谷地区

五所ヶ原 林内雨、林外雨および土壌調査
スギ 健全木 2本
胸高直径40cm (樹幹流、樹冠雨)
36cm (樹幹流)

なお、衰退木*とは、周辺の林内の樹木より樹勢が明らかに悪い木であったが、枯損はみられなかった。

2.2 調査方法

2.1 調査地点のスギの林内雨(樹幹流、樹冠雨)と樹幹周辺土壌を採取し、風乾して試験に供した。

また、樹林周辺において、樹木から直接影響のない地点で林外雨を採取した。

採取の方法、採取装置および分析方法については前報に示したので省略する。⁷⁾

3 調査結果

林内雨および林外雨の調査結果について、別表に示した。

3.1 林外雨のpH

林外雨のpH測定結果は、勝山ではpH平均値4.74、上志比で4.92であり、同時期の福井市(環境センターにおける一雨調査)の雨水pH4.66よりやや高いが、いずれも雨水は酸性化していた。

スギの梢端枯れがみられた上志比地区のpH(平均値4.92、範囲4.64から5.24)は、県下の平均的な値の範囲にあり、特異な値は示さなかったが、特に大きな発生源がないにもかかわらず福井市と同等の酸性雨であった。これは、勝山における酸性雨のモニタリング結果(平成5年度平均pH4.80(月平均4.47から6.72))からも推測される。

3.2 樹幹流

樹幹流のpHおよび成分調査の平均値を表1に示した。

樹幹流のpHは、平均値4.07であり、林外雨よりも平均値として0.8低下した。これは、前報⁷⁾の林内雨調査結果より著しく小さいpHの低下であった。

また、その成分濃度も、前報の林内雨調査結果より低い傾向にあった。

つぎに、梢端枯れのみられるスギと健全なスギのpHおよび成分濃度に統計的に有意な差があるかどうかをt検定によって検討し、その結果を表2に示した。表中のS.D.は、

標準偏差を、t検定の有意差5%の*印は、有意水準5%における差が認められた測定項目を示す(以下の表中も同じ)。

有意差のみられた項目は、樹幹流の採取量および硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンの5種のイオンであった。

採取量については、梢端枯れのみられるスギで少なく、梢端の葉部の欠損や減少によって集水量が減少したことが

推測できる。一方、イオン濃度については、いずれも梢端枯れのみられるスギの方が高濃度であった。

したがって、イオン濃度が高いことは、植物的な影響によるものか、樹幹流の量が少ないために樹幹からの溶出成分が濃縮されたことによる濃度の上昇との区別はできない。

すなわち、樹幹流の成分濃度に対する梢端枯れによる影響があったとしてもその判別は困難である。

表1 スギの樹幹流のpHおよび成分濃度

	採水量 l	pH	H ⁺ mg/l	EC μS/cm	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	NH ₄ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l
加重平均	—	3.78	0.1603	112.5	6.72	1.90	7.33	0.43	4.76	2.62	1.94	0.60
単純平均	3.88	4.07	0.1340	118.8	9.15	5.00	8.92	1.45	4.55	3.21	3.55	0.87
標準偏差	4.14	0.44	0.0746	56.7	3.81	3.65	4.98	1.29	2.25	1.74	1.43	0.39
最大値	11.85	4.90	0.3020	217.0	23.98	19.36	22.93	6.90	14.60	10.04	16.77	3.78
最小値	0.08	3.52	0.0126	40.4	1.56	0.03	0.48	0.03	1.52	0.37	0.51	0.08

表2 スギの健全木と衰退木の樹幹流のpHおよび成分濃度の平均値の差の検定結果

		採水量 l	pH	H ⁺ mg/l	EC μS/cm	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	NH ₄ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l
健全木	加重平均	—	3.79	0.1639	109.34	6.05	0.82	6.90	0.17	4.74	2.44	1.63	0.53
	単純平均	5.67	3.86	0.1624	110.10	6.10	0.77	7.35	0.20	4.25	2.62	2.01	0.56
	標準偏差	4.28	0.28	0.0772	51.16	3.58	0.75	5.14	0.12	2.50	1.78	1.01	0.40
梢端枯れ	加重平均	—	3.90	0.1256	150.65	14.26	13.80	12.29	3.32	5.12	4.70	5.35	1.42
	単純平均	1.30	4.27	0.0866	133.33	14.23	12.06	11.54	3.54	5.05	4.21	6.12	1.39
	標準偏差	0.90	0.46	0.0702	64.90	4.16	5.87	4.70	2.10	1.75	1.66	1.94	0.39
t検定	差	4.37	0.41	-0.076	23.22	8.13	11.29	4.19	3.34	0.80	1.59	4.11	0.84
	差のS.D.	1.89	0.20	0.041	31.30	2.10	2.01	2.75	0.71	1.24	0.96	0.79	0.22
	t	-2.31	2.11	-1.84	0.74	3.87	5.61	1.52	4.68	0.64	1.66	5.20	3.85
有意差5%	>2.1311	*				*	*		*		*	*	

表3 スギの樹冠雨のpHおよび成分濃度

	降水量 mm	pH	H ⁺ mg/l	EC μS/cm	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	NH ₄ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l
加重平均	—	4.86	0.0140	54.5	4.62	4.19	4.96	1.99	1.71	3.51	2.26	0.66
単純平均	22.73	4.98	0.0171	51.1	4.45	3.97	4.48	1.72	1.43	2.85	2.15	0.59
標準偏差	10.04	0.02	0.0164	17.0	1.31	2.08	2.18	1.34	0.90	1.79	0.73	0.24
最大値	41.23	5.72	0.0501	80.5	6.53	5.85	9.48	5.17	2.98	6.14	3.94	1.11
最小値	9.12	4.30	0.0019	26.2	2.46	0.02	1.58	0.56	0.56	1.10	1.33	0.33

表4 スギの健全木と衰退木の樹冠雨のpHおよび成分濃度の平均値の差の検定結果

		降水量 mm	pH	H ⁺ mg/l	EC μS/cm	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	NH ₄ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l
健全木	加重平均	49.8	5.08	0.0083	35.97	3.19	3.74	3.05	1.42	0.67	1.60	2.25	0.43
	単純平均	16.6	5.08	0.0083	33.60	3.23	3.12	2.76	1.21	0.64	1.47	2.17	0.41
	標準偏差	6.47	0.00	0.0004	7.69	0.56	1.97	1.08	0.68	0.09	0.33	0.24	0.08
梢端枯れ	加重平均	154.8	4.92	0.0119	45.71	3.85	3.28	4.21	1.65	1.54	3.12	1.71	0.56
	単純平均	25.8	4.67	0.0214	59.78	5.06	4.40	5.34	1.98	1.83	3.54	2.15	0.68
	標準偏差	10.1	0.54	0.0185	13.22	1.14	2.00	2.09	1.50	0.85	1.83	0.88	0.24
t検定	差	9.2	-0.41	0.0131	26.18	1.83	1.28	2.58	0.78	1.19	2.07	-0.02	0.28
	差のS.D.	7.26	0.35	0.0121	9.36	0.79	1.60	1.45	1.03	0.56	1.21	0.59	0.16
	t	1.27	-1.16	1.0801	2.80	2.32	0.80	1.77	0.75	2.13	1.72	-0.03	1.72
有意差5%	>2.306				*	*							

pHは梢端枯れのみられるスギの方がやや高い傾向があったが有為な差はみられなかった。

3.3 樹冠雨

樹冠雨のpHおよび成分調査の平均値を表3に示した。

樹冠雨のpHは、平均値4.98であり、林外雨と比較してpH平均に差が見られず、林外雨よりも高い試料もあった。

また、その成分濃度も、前報の林内雨調査結果より低い傾向にあった。これらは、樹幹流の場合と同様に、前報の林内雨調査結果よりpH低下が小さく、成分濃度も低かった。

つぎに、梢端枯れのみられるスギと健全なスギのpHおよび成分濃度の差に統計的な有為差がみられるかどうかをt検定によって検討し、その結果を表4に示した。

有意差のみられた項目は、電気電導度および硫酸イオンの2項目であった。

pHは梢端枯れのみられるスギの方がやや低い傾向がみられ、樹幹流の場合と異なるが有為な差はみられなかった。

3.4 土壌調査結果

スギの樹幹周辺土壌のpHおよび置換酸度 y_1 の測定結果とそのt検定の結果を表5に示した。

土壌のpHはpH(H_2O)、pH(KCl)のいずれも、梢端枯れのスギの周辺土壌と健全なスギの周辺土壌の有意差は見られなかった。

また、置換酸度 y_1 も有意な差は認められなかったが、健全なスギの地点の方がやや大きい傾向にあった。

表5 土壌のpHと置換酸度 y_1

区 域	試料名	pH(H_2O)	pH(KCl)	y_1
健 全 木	H 1	4.87	3.87	15.2
	H 4	4.78	3.74	23.7
	K	4.75	3.83	55.8
		4.80	3.81	31.6
梢端枯れ	H 5	4.71	3.70	25.3
	S	4.74	3.99	9.3
	Y	5.03	3.94	10.5
		4.83	3.88	15.0
t 検 定	差	0.03	0.07	-16.6
	S.D.	0.097	0.087	9.39
	t	0.274	0.731	-1.76

試料名のHは鏡川神社、Kは勝山、Sは清水、Yは薬師神社の頭文字を示す。

4 ま と め

福井県上志比地区の一部で、数年前に平地の屋敷林のスギ枯れが問題になり、このスギ枯れのみられる上志比地区と対照地区として勝山市北谷地区において、スギ林の林内雨とその樹木周辺の土壌調査をおこなった。

1. 林外雨は、上志比地区において酸性化していたが、勝山市北谷地区を含め、福井県内の酸性化の状況と同じレベルにあった。

2. 樹幹流のpHは、林外雨よりもpH平均値として0.8低くなったが、これは福井市および清水町における林内雨調査結果よりpH低下が著しく小さく、また、その成分濃度も、低い傾向にあった。

梢端枯れのみられるスギと健全なスギにおいて、樹幹流の採取量および硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオン、カルシウムイオン、マグネシウムイオンの5種のイオン成分濃度の差に統計的な有意差がみられ、イオン濃度については、いずれも梢端枯れのみられるスギの方が高濃度であった。しかし、樹幹流の量の少ないことによる樹幹からの溶出成分の濃縮による濃度の上昇も考えられ、梢端枯れによる影響との区別は出来なかった。

3. 樹冠雨のpHは、林外雨と比較してpH平均に差が見られず、その成分濃度も、前報の林内雨調査結果より低い傾向にあった。これらは、樹幹流の場合と同様に、前報の林内雨調査結果とやや異なり、pHの低下が小さく成分濃度も低かった。梢端枯れのみられるスギと健全なスギのpHおよび成分濃度の差に統計的な有意差のみられた項目は、電気電導度および硫酸イオンの2項目であった。

4. 土壌のpHおよび置換酸度は、梢端枯れのみられるスギと健全なスギの林地の間に有意な差は認められなかった。

参考文献

- 1) 前川勉他：福井県環境センター年報，21, 33, 1991; 20, 90, 1990; 19, 109, 1989.
- 2) 坪内彰他：福井県環境センター年報，21, 41, 1991.
- 3) 日本土壌肥科学会：「平成3年度環境庁委託業務報告書、平成3年度酸性降下物等による土壌植生影響機構等検討調査」，p. 49, 1991.
- 4) 佐々朋幸他：森林立地，32(2)43, 1991.
- 5) 松浦陽次郎他：森林立地，32(2)65, 1991; 34(1)20, 1992.
- 6) 高橋啓二，梨本真：資源環境対策，29(2), 1993.
- 7) 前川勉他：福井県環境センター年報，22, 48, 1992.

別表 スギ林の林内雨調査結果

	試料名	降水量mm or 採水量l	pH	H ⁺ mg/l	EC μS/cm	SO ₄ mg/l	NO ₃ mg/l	Cl mg/l	NH ₄ mg/l	Na mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	dSO ₄ mg/l
樹冠雨	H1T1	9.1	5.10	0.0079	30.40	3.78	2.22	2.50	0.91	0.56	1.10	2.00	0.38	3.64
	H1T2	24.9	5.09	0.0081	44.20	3.44	5.85	4.19	2.15	0.76	1.90	2.51	0.51	3.25
	H5T1	12.6	4.53	0.0295	46.00	4.25	4.63	4.37	1.23	1.32	1.60	1.33	0.45	3.92
	H5T2	33.4	5.44	0.0036	42.60	3.20	5.62	3.86	2.32	1.26	2.98	1.75	0.60	2.88
	Y1T1	16.5	4.43	0.0372	58.70	6.12	5.65	5.72	0.82	1.73	2.36	2.35	0.68	5.69
	Y1T2	30.8	5.72	0.0019	80.50	6.53	0.02	9.48	5.17	2.95	6.14	3.94	1.11	5.79
	S1T1	20.2	4.30	0.0501	71.30	4.69	4.79	2.97	1.24	0.74	2.18	1.40	0.41	4.50
	S1T2	41.2	5.20	0.0063	59.60	5.56	5.69	5.62	1.11	2.98	5.99	2.11	0.84	4.81
	K1T1	15.8	5.05	0.0089	26.20	2.46	1.28	1.58	0.56	0.59	1.41	1.99	0.33	2.31
林外雨	H6R1	27.6	4.64	0.0229	15.00	1.41	1.62	0.23	0.28	0.13	0.14	0.09	0.03	1.38
	H6R2	50.9	5.24	0.0058	5.76	0.52	0.65	0.20	0.16	0.06	0.27	0.08	0.08	0.50
	Y2R1	27.6	4.98	0.0105	13.03	1.67	1.67	0.30	0.83	0.12	0.54	0.07	0.04	1.64
	Y2R2	49.5	4.84	0.0145	10.35	0.78	1.24	0.25	0.19	0.08	0.13	0.07	0.03	0.76
	K3R1	56.8	4.74	0.0182	11.14	1.00	1.10	0.08	0.23	0.05	0.04	0.03	0.02	0.99
樹幹流	H1S1	2.39	3.88	0.1318	82.20	3.79	0.10	5.68	0.06	1.52	2.27	1.99	0.32	3.41
	H1S2	3.02	3.52	0.3020	193.80	8.69	1.53	15.62	0.32	2.73	6.90	3.30	0.73	8.00
	H2S1	11.42	3.96	0.1096	82.70	5.22	0.31	5.20	0.03	5.36	2.12	1.05	0.32	3.87
	H2S2	11.77	3.82	0.1514	120.60	7.17	1.50	9.25	0.20	7.22	3.63	1.52	0.62	5.36
	H3S1	0.65	4.58	0.0263	42.20	3.01	0.13	3.39	0.14	1.86	1.22	3.22	0.52	2.54
	H3S2	1.22	3.76	0.1738	124.00	6.50	1.15	8.83	0.48	6.47	3.14	1.28	0.48	4.88
	H4S1	2.75	3.77	0.1698	116.10	8.47	0.37	7.29	0.17	5.56	1.76	2.27	0.71	7.07
	H4S2	7.12	3.54	0.2884	205.00	14.16	2.30	16.46	0.28	8.41	3.78	3.63	1.58	12.05
	H5S1	0.09	4.51	0.0309	49.00	4.54	2.24	5.68	0.17	2.05	2.31	1.96	0.60	4.03
	H5S2	0.08	4.90	0.0126	217.00	23.98	13.35	22.93	4.78	14.60	10.04	16.77	3.78	20.32
	Y1S1	0.51	4.79	0.0162	107.30	14.35	7.86	9.16	3.26	5.07	3.02	8.10	1.42	13.08
	Y1S2	0.96	3.90	0.1259	208.00	19.96	19.36	18.23	6.90	7.38	6.26	8.01	1.88	18.11
	S1S1	0.97	4.65	0.0224	40.40	8.20	4.93	5.60	1.12	2.44	2.19	3.96	0.80	7.59
	S1S2	2.76	3.74	0.1820	177.60	14.41	16.09	13.16	2.87	5.29	5.35	4.42	1.47	13.08
	K1S1	4.49	3.90	0.1259	67.80	2.41	0.24	1.31	0.18	1.83	0.97	1.36	0.19	1.95
	K2S1	11.85	3.84	0.1445	66.60	1.56	0.03	0.48	0.15	1.54	0.37	0.51	0.08	1.17

試料名の頭文字は、Hは鍬川神社、Yは薬師神社、Sは清水、Kは勝山を示す。