

福井県における酸性雨と生態系の実態について（第4報）

— 林内雨調査結果 —

前川勉・荒井彦左エ門*・坪内彰・落井勅・植山洋一・日吉三郎・稲津悦朗*

Studies on the States of Acid Rain and Ecosystem in Fukui Prefecture (IV) - Research on the Rains in the Forests -

Tsutomu MAEKAWA, Hikozaemon ARAI, Akira TSUBOUCHI, Tadasu OCHII
Youichi UEYAMA, Saburou HIYOSHI, Etsurou INAZU

Abstract

Rain falls in the forests, stemflow, throughfall and outer rain fall, and forest soils at Mt. Asuwayama in Fukui city and Kagioka shrine in Shimizu town were studied.

The kinds of trees were three coniferous trees, a Momi fir, a Cryptomeria and a Japanese cypress or a Japanese red pine, and two broadleaved trees, a Zelkova and a Cherry or a Red oak.

Coniferous trees increased the acidity of their rain falls. Especially Cryptomeria acidified it's rain fall to pH 3.3 from pH 4.6 on the average, and to pH 2.8 from pH 4.4 at minimum.

Zerkova decreased the acidity of it's rain fall to pH 5.9 from pH 4.6 on the average, and to pH 6.5 from pH 4.8 at maximum. But other broadleaved trees necessarily didn't decreased the acidity of their rain falls.

Concentrations of cations and anions in the stemflow and the throughfall were increased and coniferous trees' were higher than broadleaved trees'.

Precipitated amounts of hydrogen ion (H^+) on the soils around Crypromeria and Momi fir were two or four times as much as with each rain fall only.

1 緒 言

福井県における酸性雨の実態調査として、平成元年度から雨水通年調査と陸水調査、バックグランド大気調査、ならびに植生調査として樹木の成分調査、活力度調査および土壌調査を実施してきた。^{1) 2)}

この結果、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、水素イオンの降下量は福井市で5.0～8.5mg/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、福井市の足羽山には数10本のモミの木が自生しているが、その一部に活力の低下が指摘され

ている。³⁾ 樹木の林内雨（樹幹流と樹冠雨）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おり^{4) 5) 6)}、また、丹沢山系の大山や福岡県の宝満山のモミの枯損が酸性雨や酸性霧によっているとする報告もあるので⁷⁾、足羽山および対照地点として清水町鍵岡神社においてモミとスギを中心とした5樹種の樹木（針葉樹3樹種、広葉樹2樹種）の林内雨とその樹木周辺の土壌調査をおこなった。

2 調査方法

2.1 調査地点

1. 足羽山	福井市足羽1丁目	足羽神社境内
樹種	針葉樹	モミ
		胸高直径 61.0cm
		スギ
		" 21.5cm
		ヒノキ
		" 33.3cm
	広葉樹	ケヤキ
		" 51.0cm

*現 県民生活部環境保全課

2. 鍵岡神社	清水町上天下	鍵岡神社境内周辺
樹種	針葉樹	モミ
	スギ	胸高直径 77.0cm
	アカマツ	胸高直径 54.0cm
	広葉樹	ケヤキ
	クヌギ	胸高直径 36.0cm
		91.0cm

2.2 調査日

第1回調査 平成4年6月24日

第2回調査 7月15日（足羽山）

7月18日（鍵岡神社）

第3回調査 11月10日

第4回調査 11月22日

2.3 採取装置

採取装置の概略を図1に示した。

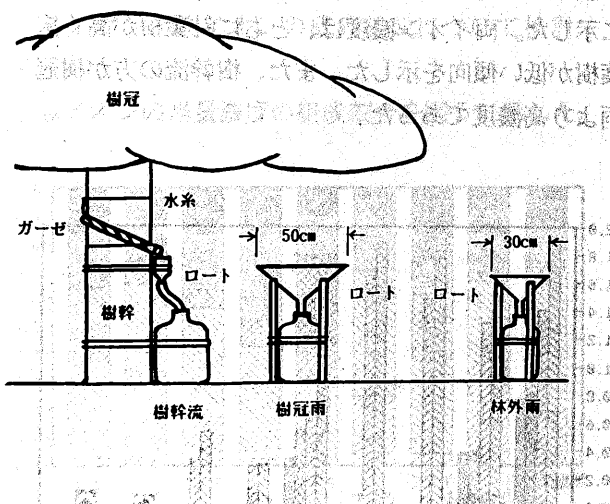


図1 林内雨調査の採取装置

樹幹流は、洗浄したガーゼを2重～4重にして撚り合わせて樹幹の胸高付近に斜めに巻き、両端を結んで、この端を特製ローンの中にいれる。ローンから塩ビパイプで25ℓポリエチレンびんに導入する。ガーゼは、その上下をナイロン製水糸ですれないようにとめる。特製ローンは、500mlポリエチレン製pH標準液びんの上半分を切り取ってつくり、逆さにして使用する。

樹冠雨は、樹幹流調査と同じ樹木の樹幹と樹冠の端との中間付近に50cmポリエチレン製ローンを木杭

で固定し、10ℓポリエチレンびんに採取する。

林外雨は、調査林付近の樹木のない場所に30cmローンを木杭で固定し、5ℓポリエチレンびんに採取する。

調査は、降雨の予測される前日に装置をセットし、降雨の終了後回収した。調査毎に、ガーゼを取り替えて繰り返しした。ガーゼは洗剤で洗浄し、すすぎ後水道水とイオン交換水で各3回ずつ浸せき、洗浄して繰り返し使用した。

3 調査結果

林内雨の調査結果について、別表1、2に示した。

3.1 林内雨のpH

林内雨（樹幹流と樹冠雨）と林外雨のpHの測定結果を表1に示した。

表1 林内雨および林外雨のpH

樹種	足羽山			鍵岡神社		
	平均	最大	最小	平均	最大	最小
樹幹流						
モミ	3.88	4.39	3.80	4.52	4.63	4.44
スギ	3.50	4.02	3.35	3.14	3.22	2.81
ヒノキ	3.51	4.87	3.21	—	—	—
マツ	—	—	—	4.35	5.19	4.16
ケヤキ	5.87	6.26	5.72	5.92	6.48	5.13
サクラ	4.14	4.53	4.01	—	—	—
クヌギ	—	—	—	4.65	4.82	4.54
樹冠雨						
モミ	3.90	4.11	3.56	4.57	4.84	4.28
スギ	4.26	4.41	4.02	4.35	4.56	4.15
ケヤキ	5.22	6.25	4.78	6.20	6.57	5.98
林外雨						
林外雨	4.56	5.20	4.24	4.70	4.83	4.40

3.1.1 樹幹流のpH

樹幹流のpH平均値について、図2に樹種間の比較を示した。樹幹流のpHは樹種によって異なり、調査した針葉樹モミ、スギ、ヒノキおよびマツならびに広葉樹のサクラは林外雨より低くなり、スギとヒノキはpHで1以上の低下が見られた。特にスギのpH低下が著しく平均値でpH4.6の林外雨がpH3.3に低下し、最低値は、鍵岡神社のスギで見

られ、pH 4.4 の林外雨が pH 2.8 に低下した。

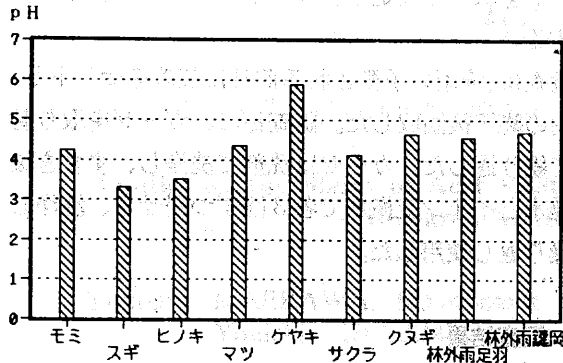


図2 樹幹流と林外雨のpHの比較

逆に、ケヤキはpHで1以上高くなり、平均値でpH 4.6 の林外雨がpH 5.9 に上昇し、最大値は、pH 4.8 の林外雨がpH 6.5 に上昇した。クヌギについては、林外雨とほぼ同程度で安定していた。

モミは、足羽山ではpHが低下したが、鍵岡神社ではわずかな低下しか見られず、また、スギのpHの低下は鍵岡神社では足羽山より大きくなり、pHの変化に地域による差がみられた。

また、サクラとマツは調査日によってpHがわずかに上昇した時もあった。

佐々らは⁴⁾、樹幹流のpHは樹種に固有なものであり、スギでpH 3.5～4.1であることを報告しているが、本調査では鍵岡神社のスギでみられた樹幹流のpHはこの値よりもかなり低い値であった。

3.1.2 樹冠雨のpH

樹冠雨のpH測定結果について、樹幹流のpHとの違いを比較して図3に示した。

樹幹流と樹冠雨との関係は、スギでは明らかに樹幹流の方が低く、ケヤキでは逆に樹幹流の方が高かった。モミについては大きな差がみられなかった。

樹冠雨は、林外雨が樹冠の枝葉と接触したものであり、樹幹流はさらに樹幹と接触するので、樹冠雨は林外雨と樹幹流との中間的な性状を示すと考えられる。したがって、スギの樹幹はpHを低下し、ケヤキはpHを上昇させることから、各々の樹冠雨のpHは林外雨とその樹幹流の間にあり、モミは樹幹流のpHに大きな変化がないために樹冠雨のpHと類似したと思われる。

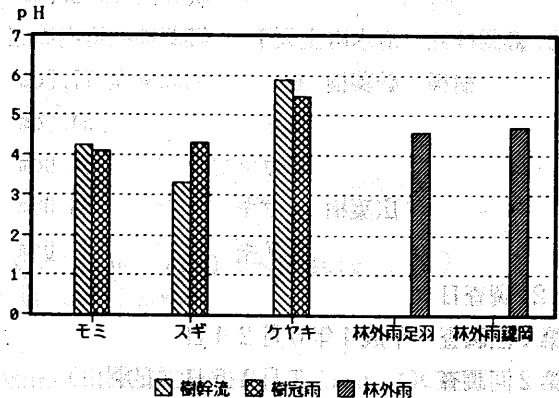


図3 樹幹流と樹冠雨のpHの比較

3.2 林内雨のイオン成分

林内雨および林外雨のイオン成分濃度の平均値を表2に示した。

3.2.1 陽イオンと陰イオンの濃度とそのバランス

陽イオンと陰イオンの濃度とそのバランスを図4に示した。両イオン濃度は、ともに針葉樹が高く広葉樹が低い傾向を示した。また、樹幹流の方が樹冠雨より高濃度であった。

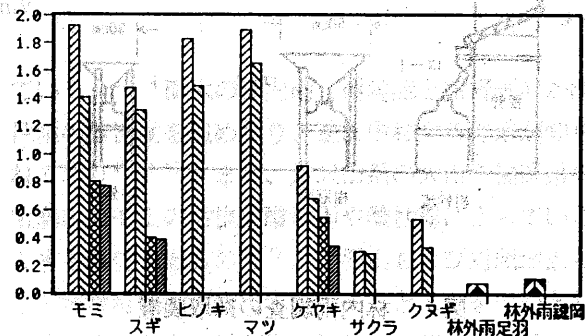


図4 林内雨のイオン濃度とイオンバランス (単位は meq/l)

図4 林内雨のイオン濃度とイオンバランス

(単位は meq/l)

陽イオンと陰イオンのイオンバランスは、林外雨ではよくとれているが、モミ、ヒノキ、マツ、ケヤキおよびクヌギで樹幹流の陽イオンが陰イオンより20～50%大きかった。

林外雨と林内雨のpHに変化が少なかったクヌギでも陽イオンが陰イオンより約50%多く、樹木とのイオン種の交換があることが認められる。

表2 各種樹木の樹幹流のイオン成分濃度

	樹 幹 流							樹 冠 雨			林 外 雨	
	モミ	スギ	ヒノキ	マツ	ケヤキ	サクラ	クヌギ	モミ	スギ	ケヤキ	足羽山	鍵岡
ナトリウムイオン	15.1	10.8	16.4	17.6	6.2	3.1	4.0	6.9	3.0	2.8	0.51	1.28
カリウムイオン	20.0	5.0	5.0	6.7	16.1	0.7	5.0	3.1	1.6	6.6	0.09	0.10
アンモニウムイオン	0.2	0.2	0.7	2.8	0.2	0.1	0.1	1.6	0.9	0.5	0.20	0.14
カルシウムイオン	7.8	4.3	6.8	9.0	2.6	0.8	1.1	2.5	1.5	2.9	0.12	0.12
マグネシウムイオン	3.6	2.0	3.6	3.8	1.1	0.3	1.8	1.5	0.6	0.9	0.07	0.18
硫酸イオン	26.2	25.9	19.5	20.0	8.2	5.9	4.7	12.4	5.7	4.2	1.41	1.34
硝酸イオン	2.3	1.8	7.9	7.6	4.1	0.7	0.04	6.6	4.4	1.3	0.99	0.60
塩素イオン	29.3	26.5	33.9	39.5	15.6	5.3	8.3	14.2	6.9	8.3	1.07	2.53
水素イオン	59.8	490	308	44.4	1.3	72.7	22.2	79.6	49.9	3.3	27.3	20.1

単位は mg/l、ただし水素イオンは $\mu\text{g/l}$

不足している陰イオンについては有機酸やリン酸の存在が推測されるが本調査では測定しなかった。

3. 2. 2 イオン成分の組成割合

陽イオンと陰イオンの成分組成について検討する。

陽イオンの当量濃度の組成割合を図5に示した。

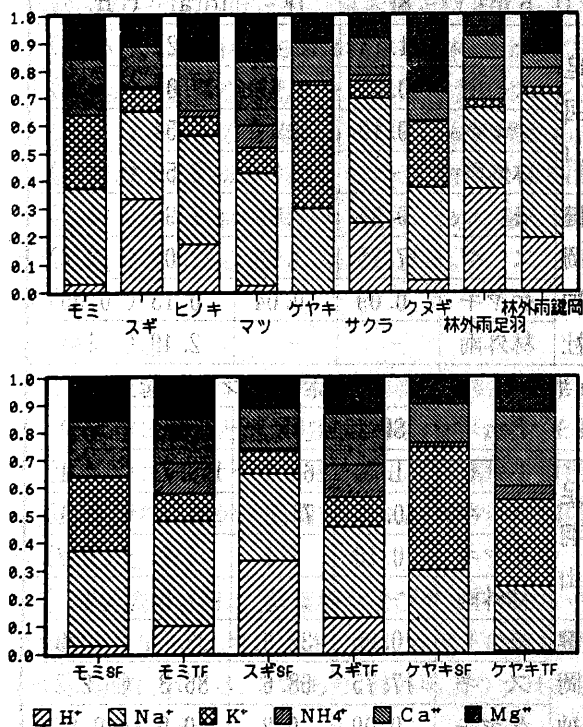


図5 林内雨の陽イオン組成の比較
上図は樹幹流、下図の樹幹流はSF、樹冠雨はTF

樹幹流の陽イオン組成の割合は、水素イオンについては、モミ、マツ、ケヤキおよびクヌギで林外雨より少なく、カリウムイオンはいずれの樹種も林外雨より多くなり、特にモミ、ケヤキおよびクヌギが多い。アンモニウムイオンはマツを除いて林外雨より小さい傾向がみられた。

カルシウムイオンは、カリウムイオンと同様にいずれも林外雨よりも多く、特にマツ、モミおよびヒノキで多かった。マグネシウムイオンはクヌギが他の樹種および林外雨より多かった。

次に、樹幹流と樹冠雨の陽イオンの組成割合については、水素イオンはスギでは樹幹流の方が多く、モミでは逆に樹冠雨の方が多い。カリウムイオンはモミとケヤキでは樹幹流の方が多いが、スギでは類似していた。アンモニウムイオンは、いずれの樹種も樹冠雨の方が多かった。その他の陽イオンについては大きな差はみられなかった。

次に、陰イオンの当量濃度の組成割合を図6に示した。

樹幹流の陰イオン組成の割合は、硝酸イオンについてはモミ、スギ、クヌギおよびサクラでは他の樹種および林外雨より少なく、特にクヌギでは少なかった。硫酸イオンはヒノキ、マツ、ケヤキおよびクヌギで他の樹種よりやや少ない傾向がみられたが、林外雨とはほぼ同じ割合であった。

樹幹流と樹冠雨の陰イオン組成をみると、硝酸イオンはモミとスギで樹冠雨の方が多く、ケヤキでは

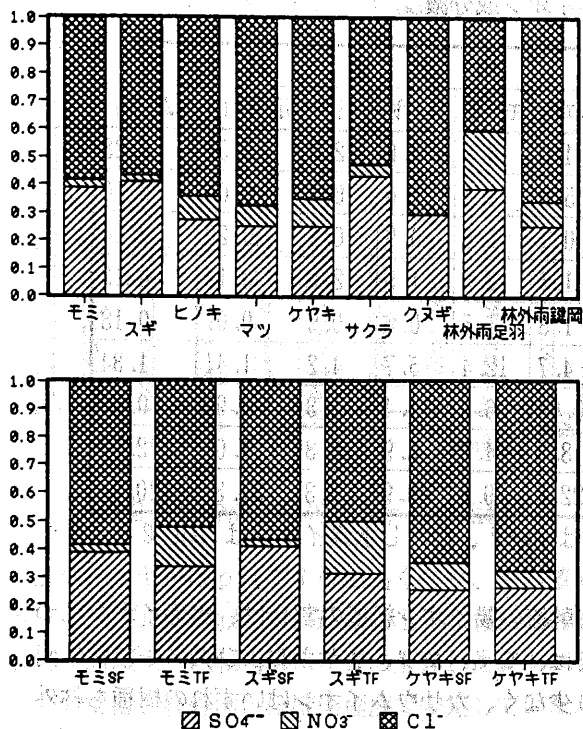


図6 林内雨の陰イオンの組成

上図は樹幹流、下図の樹幹流はSF、樹冠雨はTF

逆にやや少ない。硫酸イオンは、モミとスギでは樹冠雨の方が少なく、ケヤキはほぼ同じ割合であった。

3.3 樹木周辺土壌のpH

林内雨調査に加えて樹木周辺の土壌を調査した。実施した樹木のほとんどにおいて有意な差を認めなかったが、鍵岡神社のスギの周辺土壌においては、

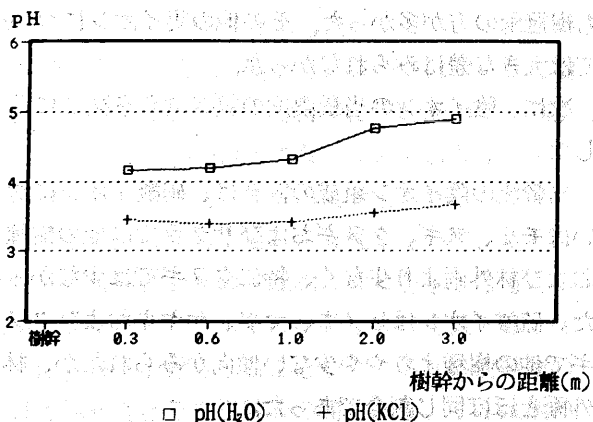


図7 樹木周辺土壌のpHの変化

試料土壌 鍵岡神社 スギ

図7に示す通り樹幹の近くが最もpHが低く、樹幹から離れるにしたがってpHが高くなる傾向が明瞭にみられた。

土壌のpH(H₂O)とpH(KCl)のいずれも樹幹から離れると高くなるが、特にpH(H₂O)が大きく変化している。樹冠の外(3mの位置)では、それほど大きな差はみられなかった。このスギの樹幹流はpH平均値が3.1(最小値2.8)と本調査での最も強い酸性を示したものであった。

本調査において、土壌試料は、樹幹から林地の傾斜の方向に合わせて採取したので、樹幹流や樹冠雨はこの方向に流下し、樹幹に近い土壌のpHをより強く低下させたと考えられる。

pHの変化が大きい樹木では同様の変化が考えられるが、その他の地点で有意な傾向が見られなかったのは、樹木周辺の土壌が均一でなかったり、人為的な変化が無視できなかったこともその要因であると考えられる。

表3 水素イオンの負荷量の林内外雨の比較

半径	0.5 m	水素イオンの負荷量		
		SF	TF	Total (比)
足羽山	モミ	1.73	10.48	12.21 (4.8)
	スギ	10.37	4.68	15.05 (5.9)
	ケヤキ	0.10	0.44	0.54 (0.2)
	林外雨	—	—	2.56 (1)
鍵岡神社	モミ	0.96	2.00	2.96 (1.2)
	スギ	17.75	4.28	22.03 (9.2)
	ケヤキ	0.09	0.04	0.13 (0.05)
	林外雨	—	—	2.40 (1)
半径	2 m	水素イオンの負荷量		
		SF	TF	Total (比)
足羽山	モミ	1.73	168.0	169.7 (4.1)
	スギ	10.37	74.8	85.2 (2.1)
	ケヤキ	0.10	7.1	7.2 (0.2)
	林外雨	—	—	41.0 (1)
鍵岡神社	モミ	0.96	32.3	33.2 (0.9)
	スギ	17.75	68.6	86.3 (2.2)
	ケヤキ	0.09	0.8	0.9 (0.02)
	林外雨	—	—	38.4 (1)

SFは樹幹流、TFは樹冠雨、負荷量の単位はmg

3.4 林内土壌への水素イオンの負荷量

林内雨による水素イオンの負荷量の土壌に対する寄与について検討した。樹木の樹幹を中心とした半径 0.5 m および 2 m の円形の林地土壌を想定し、この土壌に降下した樹幹流と樹冠雨の水素イオンの負荷量を試算した。ここで、半径 0.5 m の円は樹幹近傍の林地土壌を、半径 2 m の円は樹木の樹冠投影面全体の林地土壌を想定したものである。計算は、樹幹流と樹冠雨の両方の調査を行ったモミ、スギおよびケヤキについて行い、同面積の林外雨のみの負荷量と比較し、表3に示した。

林内雨の水素イオンの負荷量は、半径 0.5 m 以内ではスギでは林外雨の6~1.0倍と大きく、モミは1~5倍である。

半径 2 m 以内では、スギではほぼ2倍であり、足羽山のモミでは4倍であった。

樹木の根系の広がり、ほぼ樹冠投影面の範囲に類似し、特に生理的活性の強い細根の分布は樹幹の外側に多いと考えられるが、この範囲の樹木自らの林内雨からの水素イオンの負荷は、林外雨の2~4倍であり、これは、土壌の酸性化を急激に進行して被害を顕在化するほど多い負荷量とは考えられない。しかし、スギ林やモミ林における林地土壌に対する慢性的な影響を考えるとときには、水素イオンの負荷量として雨水の負荷のみでなく、林内雨からの負荷を考慮する必要がある。また、生物によっては、スギやモミからの林内雨を直接被るために厳しい生育条件となっていることも考えられる。

4 結 語

森林の土壌に対する林内雨の影響を検討するために、福井市足羽山と清水町鍵岡神社において、それぞれモミ、スギ、ケヤキを中心として針葉樹3樹種、広葉樹2樹種の樹幹流と樹冠雨および林外雨の実態を調査した。

1. 樹幹流のpHは、針葉樹およびサクラにおいて林外雨より低下し、特にスギにおける低下は著しく、その平均値はpH 3.3であり、林外雨よりpHとして1.3低下した。

逆に、ケヤキの樹幹流はpHが大きく上昇し、その平均値はpH 5.9であり、林外雨よりpHとして

1.3上昇した。クヌギではほぼ同等であり、樹幹流のpHの変化は針葉樹か広葉樹かによって変化するものではなく、樹種や時期によって異なっていた。

2. 樹幹流のイオン成分は、針葉樹の方が広葉樹より濃度が高く、また樹幹流の方が樹冠雨より高濃度であった。

イオンの組成は樹種により大きく異なるが、モミ、ケヤキおよびクヌギではカリウムイオンの割合が林外雨より特に多くなり、マツとモミではカルシウムイオンが多くなった。陰イオンは、硝酸イオンがモミ、スギ、サクラおよびクヌギで少なくなった。

しかし、イオン成分の調査結果によって、スギ樹幹流のpHの低下またはケヤキ樹幹流のpH上昇を惹起するイオンを特定することはできなかった。

3. 土壌のpHは、鍵岡神社のスギ周辺の土壌において樹幹に近いほど明瞭に低下したが、その他の地点では有意な差は認められなかった。

4. スギとモミの林内雨による水素イオンの負荷量は、樹幹を中心とした半径 2 m の樹冠投影面を仮想した円形林地内土壌において、林外雨のみの2~4倍であった。この林内雨の負荷量の増加は、根系の分布を考慮すると酸性化を進行して急性被害を惹起するほど多くはないが、土壌に対する慢性的な影響を考えるとときには充分な考慮が必要である。

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：同上，21, 41, 1991.
- 3) 松田正宏：第41回日本林学会中部支部大会論文集，105, 1993.
- 4) 佐々朋幸他：森林立地，32(2)43, 1991.
- 5) 松浦陽次郎他：同上，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) 日本土壌肥料学会：「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.

別表1 林内雨調査結果(福井市足羽山)

調査の種類		採取量	採取量2	pH	H+	EC	SO ₄ ⁻	NO ₃	Cl	NH ₄	Na	K	Ca	Mg	CAT	ANI	CA/AN	ECcal	EC比	dSO ₄	
単位	採取日	l	l		ng/l	μS/cm	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	
モ	樹幹流	6.24	4.80	4.80	3.84	0.1445	422.0	72.23	6.35	36.14	0.48	22.66	39.20	16.84	6.45	3.531	2.626	1.34	459.24	0.92	66.54
		7.15	1.24	1.24	4.39	0.0407	222.0	41.62	5.20	14.97	0.89	12.26	22.05	9.00	2.07	1.807	1.373	1.32	229.38	0.97	38.54
		11.10	1.47	1.47	4.17	0.0676	341.0	37.35	0.59	63.00	0.15	25.77	21.11	12.87	5.11	2.800	2.564	1.09	379.22	0.90	30.88
		11.22	5.59	5.59	3.80	0.1585	497.0	73.67	9.76	74.81	0.39	30.94	34.18	18.45	7.14	3.908	3.802	1.03	569.77	0.87	65.90
	平均濃度		13.10	3.88	0.1320	426.0	68.02	7.05	53.65	0.44	25.56	33.40	16.34	6.18	3.446	3.002	1.15	475.63	0.90	59.61	
ミ	林内雨	6.24	7.29	7.29	3.87	0.1349	176.1	23.42	14.06	7.95	5.64	3.92	3.36	3.91	1.23	1.000	0.939	1.07	174.36	1.01	22.44
		7.15	6.25	6.25	4.11	0.0776	68.5	8.14	5.05	1.67	1.84	0.68	0.72	0.75	0.23	0.284	0.298	0.95	63.70	1.08	7.97
		11.10	1.43	1.43	3.56	0.2754	492.0	39.75	10.83	85.10	1.00	42.50	8.85	9.44	6.55	3.416	3.403	1.00	528.29	0.93	29.08
		11.22	5.66	5.66	3.87	0.1349	210.0	19.86	12.48	27.62	0.61	13.67	5.26	4.00	2.72	1.321	1.394	0.95	220.06	0.95	16.43
	平均濃度		20.63	3.90	0.1273	174.6	18.94	10.67	16.78	2.79	8.28	3.46	3.36	1.70	1.038	1.040	1.00	177.84	0.98	16.86	
ス	土壌	土壌の採取位置			西	南	東	0.3m	0.6m	1m	2m	3m									
	土壌	土壌pH(H ₂ O)			4.56	4.37	4.32	4.61	4.85	4.66	4.92	4.96									
	土壌	土壌pH(KCl)			3.68	3.59	3.42	3.59	3.69	3.56	3.76	3.75									
	樹幹流	6.24	9.84	9.84	3.37	0.4266	287.0	37.26	0.94	10.08	0.10	6.23	7.56	5.18	2.29	1.343	1.075	1.25	287.67	1.00	35.70
		7.15	6.29	6.29	4.02	0.0955	64.2	6.65	2.20	1.40	0.00	0.87	2.50	0.88	0.23	0.260	0.213	1.22	60.25	1.07	6.43
ギ	樹幹流	11.10	6.10	6.10	3.35	0.4467	310.0	21.68	0.91	28.48	0.05	12.48	3.85	3.16	1.34	1.359	1.269	1.07	304.63	1.02	18.55
		11.22	10.59	10.59	3.57	0.2692	205.0	19.94	4.55	17.68	0.20	9.06	2.75	3.11	1.06	0.987	0.987	1.00	210.29	0.97	17.67
	平均濃度		32.82	3.50	0.3161	222.1	22.91	2.34	14.29	0.10	7.28	4.35	3.31	1.32	1.024	0.918	1.12	222.27	1.00	21.08	
	林内雨	6.24	7.65	7.65	4.41	0.0389	51.9	6.62	4.51	1.98	1.83	0.87	1.33	1.27	0.30	0.261	0.266	0.98	37.44	1.39	6.40
		7.15	5.67	5.67	4.15	0.0708	48.1	4.86	3.49	0.92	0.80	0.18	0.27	0.59	0.13	0.099	0.183	0.54	20.61	2.33	4.81
ヒ	林内雨	11.10	2.25	2.25	4.02	0.0955	173.0	11.78	4.56	27.28	0.64	11.74	4.47	3.68	2.01	1.105	1.088	1.02	173.34	1.00	8.83
		11.22	5.58	5.58	4.34	0.0457	85.4	8.47	7.13	10.29	0.94	4.92	2.01	2.34	1.00	0.562	0.582	0.97	90.13	0.95	7.24
	平均濃度		21.15	4.26	0.0553	72.6	7.19	4.93	6.58	1.19	2.91	1.56	1.63	0.62	0.420	0.415	1.01	72.84	1.00	6.45	
	土壌	土壌の採取位置			西	南	東	0.3m	0.6m	1m	2m	3m									
	土壌	土壌pH(H ₂ O)			5.47	5.04	4.88	5.16	5.07	4.91	5.21										
ノ	土壌	土壌pH(KCl)			4.01	3.83	3.77	3.84	3.78	3.75	3.77										
	樹幹流	6.24	10.91	10.91	3.60	0.2512	242.0	19.52	8.41	29.09	0.40	18.00	8.50	10.34	4.71	2.177	1.363	1.60	300.83	0.80	15.00
		7.15	3.16	3.16	4.87	0.0135	40.3	5.82	3.55	1.40	1.14	1.14	0.91	1.78	0.30	0.263	0.218	1.21	36.98	1.09	5.53
		11.10	5.16	5.16	3.21	0.6166	538.0	28.59	7.97	77.16	1.06	29.30	3.73	7.28	5.93	2.897	2.900	1.00	561.38	0.96	21.24
		11.22	6.55	6.55	3.52	0.3020	240.0	19.05	9.20	23.40	0.75	11.02	1.98	3.02	1.72	1.166	1.205	0.97	245.65	0.98	16.28
キ	平均濃度		25.78	3.51	0.3081	276.0	19.54	7.93	33.87	0.71	16.42	4.96	6.82	3.65	1.830	1.490	1.23	306.62	0.90	15.41	
	土壌	土壌の採取位置			北	西	南	0.3m	0.6m	1m	2m	3m									
	土壌	土壌pH(H ₂ O)			5.59	7.53	4.71	4.89	5.50	5.01	4.99	5.13									
	土壌	土壌pH(KCl)			4.21	6.98	3.69	3.76	4.31	3.79	3.79	3.85									
	樹幹流	6.24	24.47	24.47	5.78	0.0017	96.0	10.72	5.44	3.33	0.52	1.37	23.35	2.64	0.80	0.885	0.405	2.19	92.21	1.04	10.38
ケ	樹幹流	7.15	8.57	8.57	6.26	0.0005	71.1	4.44	11.44	1.09	0.69	0.69	18.62	1.35	0.30	0.637	0.308	2.07	67.76	1.05	4.27
		11.10	14.51	14.51	5.72	0.0019	232.0	18.04	13.01	34.38	0.01	13.73	38.34	5.66	2.16	2.040	1.555	1.31	248.03	0.94	14.59
		11.22	24.78	24.78	6.00	0.0010	135.0	13.12	6.80	22.00	0.05	8.37	19.58	4.66	1.61	1.234	1.003	1.23	153.54	0.88	11.02
	平均濃度		72.33	5.87	0.0014	133.7	12.27	8.14	15.69	0.28	6.17	24.51	3.79	1.29	1.207	0.829	1.46	141.58	0.94	10.72	
	林内雨	6.24	4.82	4.82	5.85	0.0014	41.9	5.47	2.12	1.72	1.12	0.56	4.26	2.78	0.71	0.006	0.004		0.68		0.05
ヤ	林内雨	7.15	4.87	4.87	4.78	0.0166	32.5	5.39	3.13	0.89	0.56	0.21	1.36	1.56	0.30	0.178	0.188	0.95	25.75	1.26	5.34
		11.10	3.45	3.45	5.22	0.0060	92.0	9.99	2.16	14.78	0.26	7.78	2.91	4.13	1.11	0.731	0.660	1.11	93.67	0.98	8.04
		11.22	5.57	5.57	6.25	0.0006	111.3	4.96	1.56	17.85	0.16	5.76	8.79	8.40	1.37	1.017	0.632	1.61	109.35	1.02	3.51
	平均濃度		18.71	5.22	0.0060	69.4	6.13	2.22	8.71	0.53	3.35	4.60	4.38	0.87	0.589	0.409	1.44	68.57	1.01	5.29	
	土壌	土壌の採取位置			南東	北		0.3m	0.6m	1m	2m	3m									
サ	土壌	土壌pH(H ₂ O)			5.54	4.70		5.53	5.43	5.44	5.51	5.45									
	土壌	土壌pH(KCl)			4.05	3.60		4.21	4.00	3.94	4.07	3.96									
	樹幹流	6.24	10.96	10.96	4.10	0.0794	57.8	6.84	1.48	1.77	0.37	0.66	1.56	1.10	0.34	0.251	0.216	1.16	55.33	1.04	6.67
		7.15	3.58	3.58	4.53	0.0295	27.1	3.64	1.62	0.79	0.13	0.33	1.18	0.91	0.17	0.141	0.124	1.13	26.87	1.01	3.56
		11.10	23.04	23.04	4.01	0.0977	84.3	7.15	0.28	8.69	0.05	5.35	0.67	0.88	0.36	0.424	0.399	1.06	82.44	1.02	5.81
ク	樹幹流	11.22	23.13	23.13	4.29	0.0513	45.3	4.58	0.68	4.31	0.08	2.48	0.36	0.62	0.22	0.222	0.228	0.97	44.85	1.01	3.96
	平均濃度		60.70	4.14	0.0727	61.3	5.91	0.73	5.31	0.12	3.11	0.74	0.82	0.29	0.299	0.284	1.05	59.94	1.02	5.13	
	土壌	土壌の採取位置			上	左	右	下													
	土壌	土壌pH(H ₂ O)			4.25	4.44	4.60	4.30													
	土壌	土壌pH(KCl)			3.38	3.59	3.40	3.67													
ラ	林外雨	6.24	2.94	2.94	4.73	0.0186	9.9	0.68	0.57	0.16	0.15	0.02	0.00	0.02	0.01						
		7.15	1.65	1.65	4.24	0.0575	30.9	2.58	2.42	0.21	0.53	0.05	0.00	0.07	0.01						
		11.10	1.33	1.33	4.31	0.0490	31.2	2.25	1.31	1.67	0.10	0.90	0.04	0.18	0.11	0.113	0.115	0.98	29.45	1.06	2.02
		11.22	2.55	2.55	5.20	0.0063	14.1	1.06	0.39	2.36	0.11	1.16	0.28	0.24	0.15	0.088	0.095		12.17		0.77
	平均濃度		8.48	4.56	0.0273	18.6	1.41	0.99	1.07	0.20	0.51	0.09	0.12	0.07	0.047	0.076	0.63	8.57	2.17	1.28	

別表2 林内雨調査結果(清水町鍵岡神社)

調査の種類		採取量	採取量2	pH	H+	EC	SO4	NO3	Cl-	NH4	Na	K	Ca	Mg	CAT	ANI	CA/AN	ECcal	EC比	dSO4
単位	採取日	l	l		ng/l	μS/cm	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	μS/cm		ng/l
モ	6.24	9.66	9.66	4.44	0.0363	179.4	13.51	0.50	14.72	0.16	11.91	19.10	5.36	2.88	1.556	0.705	2.21	158.5	1.13	10.52
	7.18	10.22	10.22	4.55	0.0282	69.8	3.30	0.24	3.77	0.06	5.31	7.66	2.25	0.74	0.632	0.179	3.53	59.9	1.17	1.97
	11.10	3.42	3.42	4.45	0.0355	259.0	15.41	0.04	51.11	0.02	18.67	19.60	7.08	5.88	2.187	1.763	1.24	272.5	0.95	10.72
	11.22	8.61	8.61	4.63	0.0234	165.0	11.57	0.27	30.45	0.03	12.89	16.46	4.36	2.80	1.455	1.104	1.32	177.7	0.93	8.33
	平均濃度		31.92	4.52	0.0301	148.9	9.92	0.31	19.36	0.08	10.79	14.78	4.28	2.49	1.300	0.758	1.72	144.3	1.03	7.21
ミ	6.24	4.63	4.63	4.28	0.0525	96.7	6.67	6.40	6.55	1.15	3.36	4.12	2.70	1.46	0.623	0.427	1.46	85.1	1.14	5.83
	7.18	6.72	6.72	4.69	0.0204	24.7	2.22	0.94	1.52	0.21	0.56	1.44	0.58	0.33	0.149	0.104	1.43	23.1	1.07	2.08
	11.10	2.60	2.60	4.67	0.0214	146.0	8.94	0.00	31.70	0.02	15.17	3.58	2.52	2.91	1.139	1.080	1.05	150.7	0.97	5.13
	11.22	4.74	4.74	4.84	0.0145	91.2	5.45	0.59	18.91	0.05	9.03	2.55	1.56	1.81	0.702	0.656	1.07	92.8	0.98	3.18
	平均濃度		18.69	4.57	0.0270	76.3	5.08	2.07	11.37	0.38	5.43	2.68	1.62	1.34	0.544	0.460	1.18	73.9	1.03	3.71
ス	6.24	9.59	9.59	3.19	0.6457	394.0	27.82	1.97	27.18	0.50	13.15	5.33	3.68	2.04	1.733	1.378	1.26	393.6	1.00	24.52
	7.18	6.80	6.80	3.22	0.6026	399.0	31.75	0.40	29.16	0.19	15.02	4.62	5.77	2.61	1.887	1.490	1.27	397.7	1.00	27.98
	11.10	0.97	0.97	2.81	1.5488	106.5	41.08	0.19	144.10	0.08	31.64	14.27	16.38	9.66	4.907	4.923	1.00	1107.7	0.10	33.14
	11.22	7.16	7.16	3.08	0.8318	554.0	29.49	0.48	63.24	0.13	16.89	6.53	6.95	3.52	2.377	2.406	0.99	562.5	0.98	25.25
	平均濃度		24.52	3.14	0.7237	430.8	29.92	1.03	42.88	0.29	15.49	5.84	5.72	2.93	2.089	1.849	1.13	472.2	0.91	26.03
ギ	6.24	5.42	5.42	4.15	0.0708	89.7	7.86	10.02	5.19	2.03	1.95	2.63	2.48	0.92	0.464	0.472		64.7		7.37
	7.18	8.89	8.89	4.56	0.0275	21.4	1.77	0.94	1.07	0.10	0.21	0.83	0.46	0.16	0.072	0.082	0.88	10.8	1.97	1.72
	11.10	3.78	3.78	4.26	0.0550	104.4	5.57	1.75	18.65	0.10	8.01	2.78	1.94	1.32	0.685	0.670	1.02	105.3	0.99	3.56
	11.22	5.84	5.84	4.38	0.0417	70.2	4.54	4.21	10.83	0.21	5.30	1.53	1.22	0.85	0.454	0.468	0.97	72.9	0.96	3.21
	平均濃度		23.74	4.35	0.0451	61.8	4.42	3.92	7.13	0.57	3.06	1.72	1.34	0.68	0.376	0.356	1.06	62.2	0.99	3.66
マ	6.24	4.08	4.08	4.16	0.0692	229.0	23.46	15.93	8.81	6.98	5.48	4.99	3.10	1.73	1.119	0.994	1.13	167.2	1.37	22.08
	7.18	2.30	2.30	5.00	0.0100	63.7	3.47	0.70	5.35	0.31	5.74	3.07	3.78	0.81	0.611	0.234	2.60	55.9	1.14	2.03
	11.10	0.18	0.18	5.19	0.0065	785.0	50.48	1.21	194.90	0.04	63.52	19.83	48.03	20.02	7.323	6.568	1.11	913.4	0.86	34.54
	11.22	4.12	4.12	4.39	0.0407	360.0	24.44	3.51	82.22	0.06	34.24	9.96	15.93	6.92	3.153	2.885	1.09	407.2	0.88	15.85
	平均濃度		10.68	4.35	0.0444	253.4	19.99	7.61	39.53	2.76	17.61	6.74	8.96	3.84	1.899	1.654	1.15	248.4	1.02	15.57
ツ	6.24	5.68	5.68	5.13	0.0074	91.7	5.10	3.91	7.87	1.28	1.23	19.64	2.16	0.97	0.822	0.391	2.10	88.0	1.04	4.79
	7.18	24.80	24.80	6.48	0.0003	26.3	1.46	0.19	1.56	0.19	0.27	7.85	0.10	0.03	0.231	0.077	2.98	22.7	1.16	1.39
	11.10	22.34	22.34	6.28	0.0005	65.5	4.07	0.02	12.14	0.11	5.74	7.19	0.97	0.49	0.529	0.428	1.24	64.6	1.01	2.63
	11.22	24.80	24.80	5.90	0.0013	137.0	7.56	0.09	34.44	0.08	13.93	7.28	3.20	2.00	1.122	1.130	0.99	149.9	0.91	4.06
	平均濃度		77.62	5.92	0.0012	77.7	4.43	0.38	15.57	0.21	6.28	8.34	1.49	0.86	0.645	0.538	1.20	80.2	0.97	2.85
ケ	6.24	4.59	4.59	6.57	0.0003	86.6	2.10	0.18	3.90	1.84	0.50	21.52	1.54	0.98	0.003	0.002		0.4		0.01
	7.18	5.98	5.98	6.10	0.0008	17.0	1.48	0.37	1.60	0.09	0.09	2.97	0.56	0.25	0.133	0.082	1.63	15.2	1.11	1.46
	11.10	3.06	3.06	5.98	0.0010	83.1	3.91	0.43	16.97	0.04	6.07	7.29	2.21	1.41	0.680	0.567	1.20	83.7	0.99	2.39
	11.22	4.78	4.78	6.28	0.0005	62.3	2.56	0.61	13.43	0.05	4.46	4.43	1.94	1.28	0.513	0.442	1.16	63.7	0.98	1.44
	平均濃度		18.41	6.20	0.0006	57.1	2.32	0.39	7.80	0.51	2.32	8.69	1.44	0.89	0.497	0.275	1.81	53.0	1.08	1.74
キ	6.24	4.98	4.98	4.86	4.93	4.76	4.12	5.29												
	7.18	4.77	4.77	4.86	4.93	4.76	4.12	5.29												
	11.10	3.68	3.68	3.70	3.65	3.69	3.65	3.63	3.51	3.83										
	11.22	3.84	3.84	3.74	3.74	3.80														
	平均濃度		4.67	4.63	4.65	4.75														
ク	6.24	5.72	5.72	4.54	0.0288	94.6	8.04	0.19	7.10	0.10	3.35	9.17	2.68	3.91	0.870	0.371	2.35	89.0	1.06	7.20
	7.18	9.19	9.19	4.82	0.0151	30.8	1.87	0.06	0.93	0.06	0.90	3.84	0.86	0.81	0.265	0.066	4.01	26.0	1.18	1.64
	11.10	20.49	20.49	4.60	0.0251	63.4	4.80	0.00	7.97	0.06	4.71	4.47	0.64	1.34	0.490	0.325	1.51	60.6	1.05	3.62
	11.22	10.81	10.81	4.72	0.0191	82.1	5.29	0.01	15.87	0.06	5.74	4.67	1.33	2.40	0.655	0.558	1.17	85.6	0.96	3.85
	平均濃度		46.21	4.65	0.0222	65.2	4.73	0.04	8.31	0.06	4.03	4.97	1.10	1.80	0.531	0.334	1.59	63.1	1.03	3.72
コ	6.24	3.14	3.14	4.83	0.0148	8.6	0.53	0.58	0.39	0.11	0.13	0.00	0.03	0.02	0.030	0.031	0.95	8.5	1.02	0.50
	7.18	3.19	3.19	4.77	0.0170	10.5	1.09	0.43	0.19	0.24	0.05	0.01	0.02	0.01	0.035	0.035	0.99	9.9	1.06	1.08
	11.10	1.64	1.64	4.40	0.0398	35.9	2.26	1.19	3.77	0.12	2.06	0.04	0.28	0.26	0.172	0.173	1.00	34.2	1.05	1.74
	11.22	2.75	2.75	4.74	0.0182	36.7	1.99	0.45	6.95	0.06	3.57	0.37	0.25	0.52	0.242	0.245	0.99	36.9	0.99	1.09
	平均濃度		10.72	4.70	0.0201	20.5	1.34	0.60	2.53	0.14	1.28	0.10	0.12	0.18	0.087	0.109	0.80	13.1	1.57	1.01