

コジイ、スギ、ヒノキ林における酸性雨モニタリング

— 1992. 6 ~ 1993. 7 —

森林総合研究所九州支所 酒井 正治・大貫 靖浩
藤本 潔

1. はじめに

熊本市内の都市近郊林である支所内のコジイ林で、1990年度、1991年度に酸性雨のモニタリング試験を開始し、林外雨、林内雨および樹幹流の酸性雨の実態を報告してきたが^{1,2)}、両年度とも梅雨を中心とした4カ月前後の短期間であった。そこで、1992年度から年間の酸性雨の実態を把握するために雨水の採水試験を1降雨毎に継続して行った。なお、コジイ林と同様に支所内のスギ、ヒノキ林において、雨水を採水し、それらの成分、特にpH、ECについて1993年7月末までの測定結果をもとに比較検討したので報告する。

2. 調査地および方法

試験地は森林総合研究所九州支所の立田山実験林内の40年生コジイ、34年生スギ、35年生ヒノキ林である。林内雨、樹幹流の採水は図-1のような採取装置を使って原則的に1降雨毎に行った。林内雨(樹冠通過水)は受水口径300mmのロート(PE:ポリエチレン製)を地上高約1.2mに設置し、ホースを通して101容量タンク(PE製)に採水した。樹幹流は地上高約1.5mの幹に巻き付けた厚さ3cm、長さ25cmのウレタンラバー(上部を幹側に斜めにカットし雨水を集めやすくした)に集めホースを通して201容量タンク(PE製)に導いた。この方式を森林総研本所方式と呼ぶ。林内雨および樹幹流の採水装置は各林分でそれぞれ2個づつ設置した。なお、林外雨は支所内の苗畑で自動雨水採水装置(小笠原計器US-300型)で採水した。また、転倒ます型雨量計(池田計器製、RT-5型)で降水量を測定した。pHはガラス電極法によるpHメーター(東亜電波HM-50V)、EC(電気電導度)は25℃の温度補正機能付き電導度計(東亜電波CM-40S)で採水直後に測定した。測定は林外雨およびコジイ林では1992年6月、スギ林およびヒノキ林は1992年8月に開始し、現在も継続中である。

3. 結果と考察

林外雨のpH、ECおよび降水量の季節変化(1992.6~1993.7)を図-2に示した。1年2カ月間に67回の採水を行い、全降水量は3137mmで1降雨の平均降水量は46.8mmであった。1992.9から1993.3まで降水量が少なかったが、1993.6及び1993.7はそれぞれ764mm、892mmの記録的な降水量が観測された。全期間のpH平均値は4.5、最低値、最高値はそれぞれ3.5、5.4で、年間を通して酸性雨(一般にpH5.6以下の雨水をいう)が降っていた(表-1)。環境庁第1次酸性雨対策調査(1983.9~1988.3)のうち、玉置らが1985.4から1988.3までの3年間の測定値を解析した結果によれば³⁾、濾過式採水装置による全国29地点の全国平均値(平均値の範囲)は4.7(4.5~5.2)であった。なお、上記調査で採用された濾過式採水装置は湿性、乾性降水物の両方を採取するバルク採取法であるため、今回使用した自動雨水採水装置(湿性降水物のみを採取する)とは直接比較できないが、濾過式による雨水のpHは自動式より0.1~0.2程度高めになることが認められていることから⁴⁾、支所内の降雨のpHは全国平均値に近い値といえる。図-3にpHの頻度分布を示した。pHは4.2~4.4の範囲に最も多く出現し、その変動幅は狭く、全体の94%が4以上5以下の範囲に集中した。pH4未満は3.5(1992/11/05)、3.7(1992/10/15)の2回観測され、いずれも降水量が少なくかつ極めて高いEC値を示す時に現れた。pHの季節的变化は降水量の少ない1982.9から1993.3まで低い傾向にあった。平均値(1992.6~1993.7)は26.7 μ S/cmであった。

図-4に林外雨のpHとECとの関係を示した。ECが大きくなるにつれpHが下がる傾向が認められた。ECは雨水中のイオン濃度に比例すると考えられるから、pHの低下はSO₄、NO₃イオン濃度が増加したためと推察された。また、降水量とpHおよびECとの関係を図-5、-6に示した。降水量が増加するにつれpHは一定値に収束する傾向があり、約30mm以上の降水量ではpHは4.5~5.0に収束することが認められた。一方、ECは降水量と反比例する傾向があった。

1年間(1992.8~1993.7)の測定結果から、林内雨の平均pH(範囲)はコジイ林, スギ林, ヒノキ林でそれぞれ4.9(4.0~6.2), 5.2(3.9~6.0), 4.9(4.1~6.4)であった(表-1)。図-7に林外雨のpHと各林分の林内雨のpHとの関係について示した。ほとんどの林内雨は年間を通して傾き1の直線から上に位置し、林内雨のpHの大部分は林外雨のそれより高い値を示した。このことは各林分とも樹冠は雨水の酸性度を弱める機能があることを示唆していた。林内雨のECはコジイ林, スギ林, ヒノキ林でそれぞれ70.2, 66.3, 83.6と林外雨に比べて約2.4~3倍大きい値を示し(表-2), イオンの負荷が起っていた。また、樹幹流の平均pH(範囲)はコジイ林, スギ林, ヒノキ林でそれぞれ4.5(3.7~5.5), 3.8(3.0~4.7), 3.9(3.2~6.5)であった(表-1)。図-8にpHにおける林外雨と樹幹流との関係を示した。コジイ林の樹幹流のpHは傾き1の直線を中心にばらつき年平均pHは林外雨と同じであった。一方、スギ林, ヒノキ林では、1点を除きすべての樹幹流が林外雨より低い値であった。このように、スギ林, ヒノキ林において樹幹を流化する過程で雨水の酸性化が起っていた。また、樹幹流のECはコジイ林, スギ林, ヒノキ林でそれぞれ116.3, 202.1, 233.9と林外雨に比べて約4.2~8.5倍大きい値を示した(表-2)。特にスギ林, ヒノキ林で大きかった。

まとめ

熊本市内の都市近郊林で雨水を1降雨後に採取し、直後にpH, ECを測定した。調査林分は照葉樹林の主要な構成樹種であるコジイ林および人工造林の代表的樹種であるスギ林, ヒノキ林の3林分とした。なお、林外雨として苗畑で自動雨水採水装置を使って乾性降下物を含まない雨水を採取した。林外雨のpHは採取法を考慮すると全国平均に近い値であった。ECが大きくなるにつれpHが下がり、降水量が増加するにつれpHは一定値に収束する傾向があった。ECは降水量と反比例する傾向が認められた。林内雨のpHの大部分は林外雨のそれより高い値を示し、各林分とも樹冠は雨水の酸性度を弱める機能があることを示唆した。一方、樹幹流のpHはスギ林, ヒノキ林で低く、コジイ林で高い値を示した。スギ林, ヒノキ林において樹幹を流下する過程で雨水の酸性化が起っていた。このことは、スギ林の根元周囲の表層土壌の酸性化が報告^{3,6)}されているが、樹幹流における高い酸性度がこの主な原因であることを示唆していた。

引用文献

- (1) 河室公康ほか：熊本市立立田山における林外雨, 林内雨, 樹幹流および土壌水の成分濃度, 日林九支研論集 44, 165 - 166, 1991

- (2) 河室公康ほか：樹幹流の酸性度における樹種間比較, H3年度森林総研九州支所年報4, 24 - 25, 1992
- (3) 松浦陽次郎ほか：関東地方におけるスギ林表層土壌のpH低下, 森林立地 32(2), 65 - 69, 1991
- (4) 酸性雨対策検討会大気分科会, 酸性雨測定法に関する資料集, 1990
- (5) 玉置元則ほか：日本の酸性雨の化学, 日本化学会誌 5, 667 - 674, 1991

表-1 降水量および雨水のpH

回収番号	回収日	降水量	林外雨	コジイ林		スギ林		ヒノキ林			
				林内雨	樹幹流	林内雨	樹幹流	林内雨	樹幹流		
1	92/06/05	10.5	4.2	4.2	4.1						
2	92/06/08	42.0	4.5	4.4	4.5						
3	92/06/15	21.5	4.6	4.7	4.4						
4	92/06/23	108.0	4.7	4.7	4.8						
5	92/06/29	28.5	4.5	5.5	4.4						
6	92/06/30	19.5	4.2	5.1	4.5						
7	92/07/03	10.0	4.5	5.7	4.4						
8	92/07/06	36.5	4.5	4.6	4.6						
9	92/07/14	56.5	4.9	5.2	4.7						
10	92/07/15	22.5	4.6	4.8	4.6						
11	92/07/17	17.5	4.3	4.3	4.5						
12	92/07/20	3.5	4.8	6.3	6.9						
13	92/08/03	25.8	4.0	4.3	4.3	3.6	4.1	3.7			
14	92/08/06	22.0	4.8	4.8	4.4	5.0	3.8	4.7	3.7		
15	92/08/09	65.3	4.9	5.4	4.5	5.5	4.3	5.5	4.4		
16	92/08/12	22.5	5.0	5.0	4.4	5.0	3.7	5.0	3.6		
17	92/08/19	77.5	4.9	5.2	4.8	5.4	4.3	5.1	4.2		
18	92/08/24	104.0	4.3	4.4	4.6	4.6	4.1	4.4	4.0		
19	92/09/10	17.0	4.3	4.6	4.2	4.7	3.5	4.6	3.5		
20	92/09/26	6.0	4.4	5.0	4.0	4.8	3.5	6.0	6.5		
21	92/09/29	34.5	4.5	4.8	4.5	4.7	3.7	4.7	3.8		
22	92/10/15	5.0	3.7	4.0	4.1	4.2		4.2			
23	92/10/24	4.5	4.2	4.7	3.8	4.2	3.0	4.4	3.2		
24	92/11/05	3.0	3.5	4.0	3.7	3.9		4.7			
25	92/11/10	15.0	4.0	4.4	4.1	4.3	3.3	4.5	3.3		
26	92/11/21	32.5	4.4	4.8	4.4	4.7	3.5	4.9	3.7		
27	92/12/07	6.0	4.7	5.3	4.3	5.2	3.5	5.3	3.5		
28	92/12/08	7.0	5.4	5.3	4.5	5.4	3.6	5.4	3.6		
29	92/12/14	6.0	4.2	4.5	4.0	5.4	3.3	5.2			
30	92/12/22	9.5	4.3	5.3	4.1	4.8	3.4	4.8	3.4		
31	92/12/29	16.0	4.2	4.8	4.1	4.7	3.4	4.5	3.4		
32	93/01/11	16.5	4.2	4.6	4.0	4.8	3.3	4.6	3.3		
33	93/01/19	35.0	4.5	5.0	4.5	5.3	3.8	4.9	3.9		
34	93/02/09	10.0	4.3	4.8	4.0	5.8	3.3	5.0	3.3		
35	93/02/17	18.5	4.6	5.0	4.2	5.4	3.4	5.1	3.4		
36	93/02/22	22.5	5.1	5.2	4.6	5.5	3.9	5.2	4.0		
37	93/03/28	18.5	4.5	4.9	4.3	5.2	3.7	4.8	3.6		
38	93/03/07	14.0	4.5	5.0	4.3	5.2	3.7	4.9	3.7		
39	93/03/16	31.5	4.5	4.8	4.6	5.0	3.8	4.8	3.9		
40	93/03/25	49.0	4.4	4.7	4.7	5.0	4.0	4.6	4.1		
41	93/04/27	11.5	4.2	4.5	4.2	4.8	3.6	4.3	3.6		
42	93/04/13	23.0	4.2	4.5	4.3	4.7	3.7	4.1	3.7		
43	93/04/22	7.0	4.2	5.1	3.8	4.8	3.1	5.1	3.2		
44	93/04/25	4.0	4.3	5.2	3.9	5.0	3.3	4.7			
45	93/05/30	228.0	4.6	5.0	4.7	5.1	4.4	4.7	4.6		
46	93/05/08	88.5	4.9	5.6	4.8	5.5	4.3	5.0	4.5		
47	93/05/11	8.0	4.5	5.7	4.3	5.3	3.6	4.8	3.5		
48	93/05/15	10.0	4.5	5.8	4.5	5.4	3.5	4.7	3.6		
49	93/05/23	16.0	4.6	6.2	4.3	5.3	3.5	5.3	3.6		
50	93/06/30	14.0	4.9	5.5	4.3	5.3	3.4	5.6	3.5		
51	93/06/03	25.5	5.4	5.0	4.4	5.2	3.6	4.7	3.7		
52	93/06/09	16.0	5.4	5.7	4.3	5.5	3.5	6.4	3.5		
53	93/06/14	98.0	4.5	4.8	4.4	5.4	4.0	4.7	4.1		
54	93/06/16	122.5	4.6	4.7	4.6	5.6	4.1	4.7	4.1		
55	93/06/18	220.5	4.9	5.1	5.2	5.8	4.6	5.0	4.5		
56	93/06/20	109.0	5.1	5.2	5.2	6.0	4.7	5.3	4.8		
57	93/06/23	158.5	5.0	5.0	5.2	5.6	4.7	5.0	4.8		
58	93/06/25	14.0	4.8	4.7	4.7	5.5	3.7	4.9	3.7		
59	93/07/01	190.5	4.9	4.7	4.9	5.7	4.3	4.8	4.1		
60	93/07/03	122.0	4.9	4.8	5.5	5.9	4.7	5.0	4.4		
61	93/07/05	238.0	5.0	5.0	5.4	5.7	4.4	5.0	4.6		
62	93/07/08	79.0	4.4	4.5	5.1	5.4	4.2	4.5	4.2		
63	93/07/15	20.5	4.3	4.7	4.7	5.6	3.8	4.5	3.8		
64	93/07/19	150.0	4.3	4.4	4.8	5.1	4.0	4.3	4.2		
65	93/07/26	5.0	4.1	5.0	4.5	5.0	3.4	4.4	4.4		
66	93/07/28	72.5	4.9	4.8	4.9	5.8	3.9	4.9	3.9		
67	93/07/30	14.0	4.9	5.2	4.7	5.8	3.9	5.1	3.8		
				平均値 1	4.5	4.9	4.5	5.2	3.8	4.9	3.9
				最高値 1	5.4	6.2	5.5	6.0	4.7	6.4	6.5
				最低値 1	3.5	4.0	3.7	3.9	3.0	4.1	3.2
				平均値 2	4.5						
				最高値 2	5.4						
				最低値 2	3.5						

注1：1992.8~1993.7
2：1992.6~1993.7

(6) 鳥居厚志・清野嘉之：近畿地方の平地におけるスギ根元周囲の表層土壌の低下, 大気汚染学会誌27(6), 325 - 328, 1992

表-2 雨水のpHおよびECの年平均値 (1992. 8~1993. 7)

	林外雨	林内雨		
		コジイ林	スギ林	ヒノキ林
pH	4.5	4.9	5.2	4.9
EC μ/cm	27.5	70.2	66.3	83.6

	林外雨	樹幹流		
		コジイ林	スギ林	ヒノキ林
pH	4.5	4.5	3.8	3.9
EC $\mu S/cm$	27.5	116.3	202.1	233.9

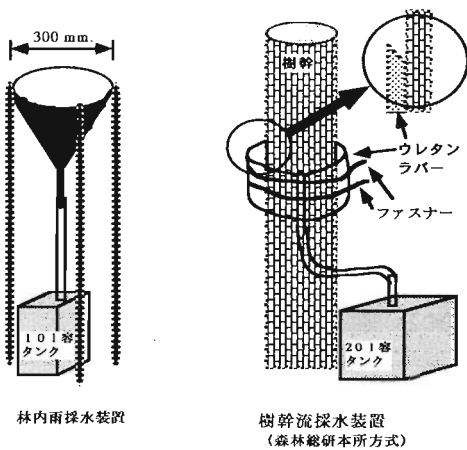


図-1 採水装置の概要

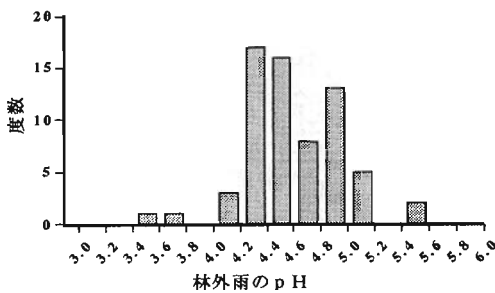


図-3 林外雨のpHの頻度分布

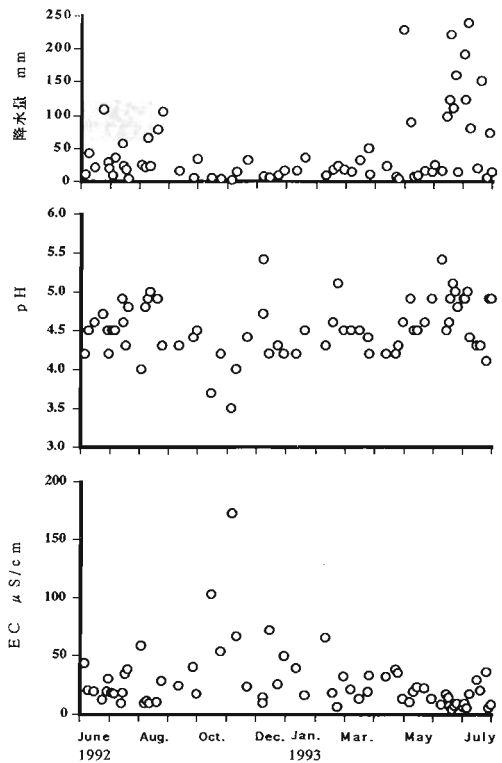


図-2 林外雨のpH, ECおよび降水量の季節変化 (1992. 6~1993. 7)

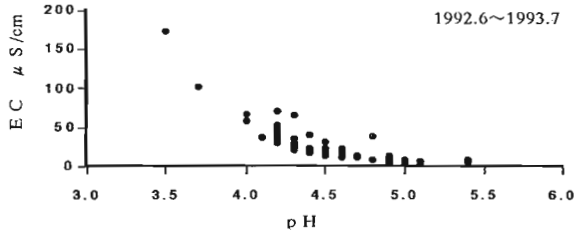


図-4 林外雨におけるpHとECとの関係

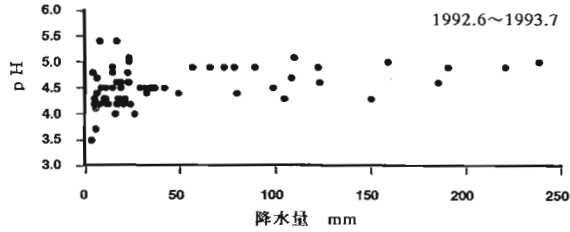


図-5 林外雨における降水量とpHとの関係

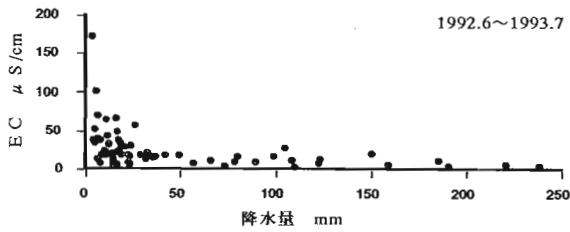


図-6 林外雨における降水量とECとの関係

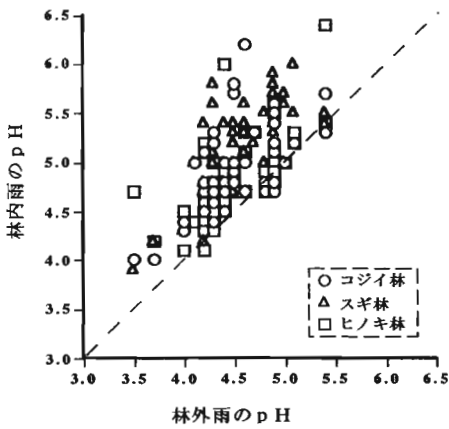


図-7 pHにおける林外雨と林内雨との関係 (1992. 8 - 1993. 7)

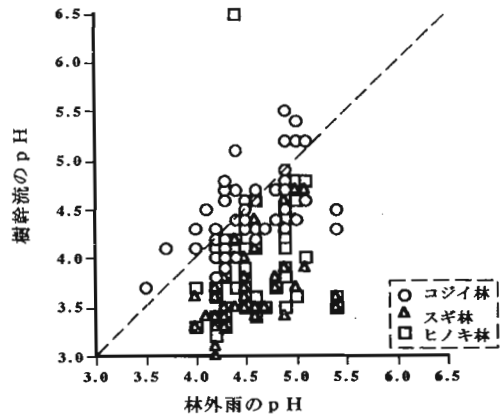


図-8 pHにおける林外雨と樹幹流との関係 (1992. 8 - 1993. 7)