

岐阜県南部における降水と森林の実態調査 (I)

茂木 靖和、中川 一、川尻 秀樹

目 次

はじめに	53	2.1 美濃市における降水調査	56
1 試験方法	53	2.1.1 1,990年度におけるpHと	
1.1 美濃市における降水調査	53	ECの変化	56
1.1.1 調査場所と調査期間	53	2.1.2 1,991年度におけるpHと	
1.1.2 降水の採取	54	ECの変化	57
1.1.3 降水の測定	55	2.1.3 1,992年度におけるpHと	
1.2 岐阜県南部における降水調査	55	ECの変化	58
1.2.1 調査場所と調査期間	55	2.1.4 各降水の降水量とpH、	
1.2.2 降水の採取	55	ECの関係	58
1.2.3 降水の測定	55	2.1.5 林外雨のpH、降水量、	
1.3 岐阜県南部における森林調査	55	日平均採取量の関係	60
1.3.1 調査場所	55	2.1.6 1,990~1,992年度における	
1.3.2 試験地の設定	55	pHとECの比較	60
1.3.3 概況調査	55	2.2 岐阜県南部における降水調査	61
1.3.4 毎木調査	55	2.3 岐阜県南部における森林調査	63
1.3.5 土壌調査	56	2.3.1 試験地の林分状況	63
1.3.6 土壌の採取と試料調整	56	2.3.2 表層土壌の化学性	66
1.3.7 土壌の測定	56	まとめ	66
2 結果と考察	56	引用文献	68

は じ め に

ヨーロッパや北米の森林被害において、酸性雨の影響が問題になっている。酸性雨の森林への影響は、森林土壌の酸性化に伴うK、Ca等栄養塩の流出とAl等有害金属の溶出、窒素の過剰供給による樹木の生長促進とその反面栄養塩類の欠乏、耐凍性や土壌病原菌への抵抗性の低下が報告されている。(6,7,14) また、最近、森林土壌の酸性化には、直接降ってくる林外雨の他、葉や枝と接触してきた林内雨、樹幹を伝ってきた樹幹流との関連が検討されている。(3,6,15,16)

岐阜県でも、公害研究所の行った調査で都市部において酸性度の高い降雨(年平均値4.6~4.9)が観測されている。(1) しかし、森林地域における降水の実態、酸性雨等による森林の被害、衰退状況は把握されていない。そこで、当林業センターでは、1,990年度から美濃市で降水の実態調査を開始すると共に、林野庁の委託を受けて、「酸性雨等森林被害モニタリング事業」を行っている。

今回は、美濃市の降水調査と1,990~1,992年の「酸性雨等森林被害モニタリング事業」の結果を使い、岐阜県南部の森林地域における降水と森林の状況について報告する。

1 試 験 方 法

1.1 美濃市における降水調査

1.1.1 調査場所と調査期間

図-1に降水の調査場所を示した。

美濃市の古城山（標高437m）の麓にある林業センター本館前（標高125m）の庭で、林外雨を調査した。また、そこから南南東へ直線距離で約350m離れた林業センター実験林のヒノキ林（標高140m、林齢28年、平均樹高15.9m、平均胸高直径20.8cm、立木密度1,250本/ha）で林内雨（以下ヒノキ林内雨）と樹幹流（以下ヒノキ樹幹流、樹高15m、胸高直径17cm）、隣接するスギ林で樹幹流（以下スギ樹幹流、樹高16m、胸高直径18cm）を調査した。

調査期間は、1990年度が7月17日～3月9日、1991年度が6月26日～4月2日、1992年度が4月2日～4月8日とした。また、一回の降水採取期間は、1990年7月17日～1990年12月25日が1降雨または2降雨ごとに、それ以外が5日～40日（大部分は15日前後）である。

1.1.2 降水の採取

林外雨は、開空度45°以上の場所に、直径30cmのルートと20lのポリタンクを組み合わせた写真-1の装置を設置し、降水を採取した。なお、詳しい要領は「酸性雨等森林被害モニタリング事業実施マニュアル」に示されたとおりである。（8）

林内雨は、林外雨と同様の採取装置を対象林分に設置し降水を採取した。

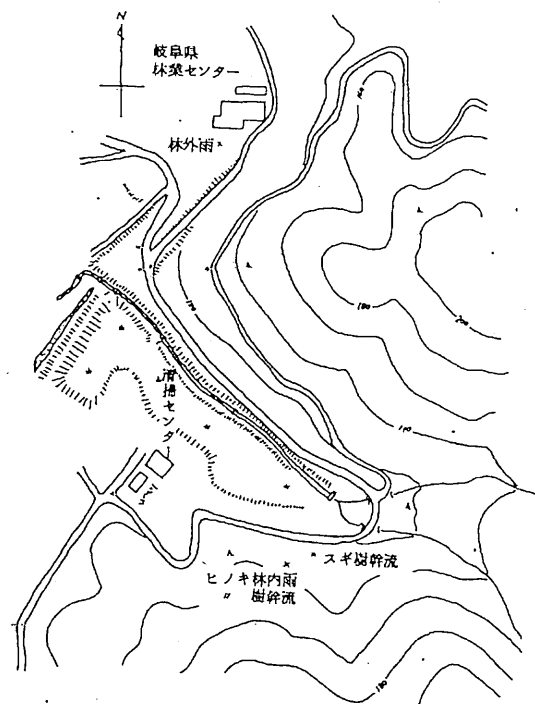


図-1 美濃市における各降水の調査場所

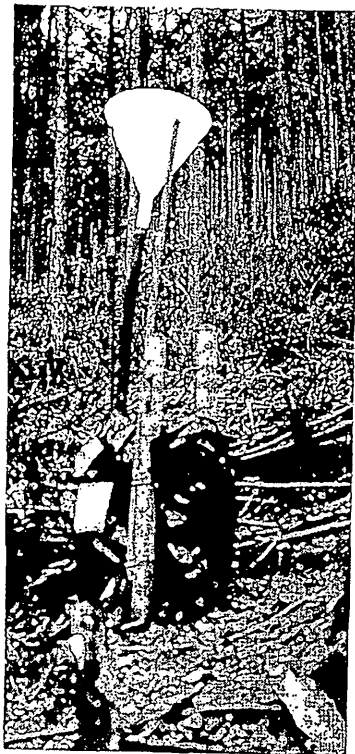


写真-1 林外雨、林内雨 採取装置

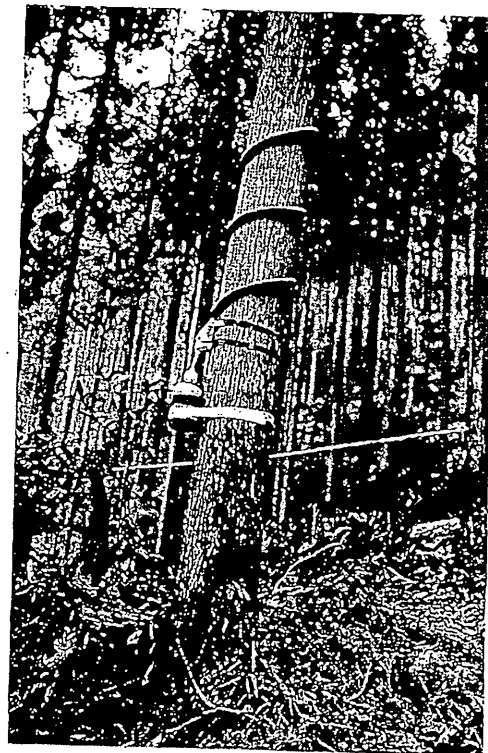


写真-2 樹幹流 採取装置

樹幹流は、写真-2の様に対象樹木にビニールホースを2〜3回巻き付け、瞬間接着剤で固定した後、シリコンシーリング材で隙間を充填して、ビニールホースと樹幹の隙間を流れてくる降水を採取した。

1.1.3 降水の測定

採取した試料は、実験室に持ち帰り採取量、pH、ECを測定した。なお、樹幹流は、採取容器が外れていたり、容器の容量が500mlと小さかったため、全量が採取できていない場合が多くあった。

pHはDKKのPHL-10型pHメーター、ECはホリバのコンパクト導電率計C-172で測定した。

1.2 岐阜県南部における降水調査

1.2.1 調査場所と調査期間

図-2に各調査場所の位置を示した。

1990年度は、美濃市曾代（標高125m）、郡上郡美並村高砂（標高270m）、揖斐郡揖斐川町瑞岩寺（標高100m）、加茂郡東白川村神土（標高470m）、1991年度は、郡上郡和良村鹿倉（標高700m）、揖斐郡藤橋村東横山（標高240m）、関市小屋名（標高40m）、1992年度は、本巣郡根尾村大河原国有林（標高1,490m）、山県郡伊自良村長滝（標高150m）、瑞浪市日吉（標高470m）地内の計10箇所で調査した。美濃市は、1991年度及び1992年度も調査した。

調査期間は、1990年度が6/18〜6/28、1991年度が6/17〜6/27、1992年度が根尾村6/8〜6/19、他の3箇所6/15〜6/25である。

1.2.2 降水の採取

1.1.2の林外雨と同様に採取した。

1.2.3 降水の測定

1.1.3と同様に採取量、pH、ECを測定した。また、試料の一部をろ過して、林業科学技術振興所に送付した。林業科学技術振興所では、イオンクロマト法でNH₄、NO₃、SO₄、Cl、原子吸光法でK、Na、Ca、Mgを測定した。1991年度及び1992年度の美濃市は、採取量、pH、ECのみ測定した。

1.3 岐阜県南部における森林調査

1.3.1 調査場所

1.2.1の調査場所近くの森林で行った。

1.3.2 試験地の設定

「酸性雨等森林被害モニタリング事業実施マニュアル」の要領に従い、0.1haの円形の試験地を設定した。（8）

1.3.3 概況調査

標高、傾斜方位、傾斜角度、地質、地位指数、林齢、林型を調査した。林齢は、伐採して年輪を数えることにより求めた。

1.3.4 毎木調査



図-2 岐阜県南部における降水と森林の調査場所

主要構成樹種の樹高、胸高直径を調査した。

1.3.5 土壌調査

土壌断面調査を行った。

1.3.6 土壌の採取と試料調製

試験地内の16箇所から採取した表層土壌を混合し、風乾後2mmの円孔ふるいにかけて細土を保存し、測定に供した。

1.3.7 土壌の測定

土壌の測定は、pH (H_2O 、 KCl)、 Y_1 、 C (全炭素)、 N (全窒素)、置換性 K 、置換性 Ca 、置換性 Mg 、置換性 Al を行った。pHはガラス電極法、 C 、 N は CN コーダー法、置換性 K 、置換性 Ca 、置換性 Mg は、風乾土5gを1N酢酸アンモニウム25mlでピーチ法に準拠して抽出を行った後、原子吸光法で定量した。置換性 Al は、土壌と1N KCl 溶液の比率を1:2.5で抽出した後、原子吸光法で測定を行った。詳しくは、「酸性雨等森林被害モニタリング事業実施マニュアル」に従った。(8) なお、土壌の測定は林業科学技術振興所で行った。

2 結果と考察

2.1 美濃市における降水調査

2.1.1 1,990年度におけるpHとECの変化

林内雨、樹幹流は、林外雨に樹木からの溶出成分、樹木に付着した降下物等の降水への溶け込みが加わって、pHが変化するといわれている。(6) 今までに、スギ、ヒノキ、ブナ、コナラ、ユリノキ等で調査されており、林内雨のpHは樹種や地域によって多少上下するが林外雨と大差なく、樹幹流のpHは林外雨のpHと関係なくスギで低く4以下、ブナ、ユリノキで高く6以上と、樹種の違いによる影響が大きいといわれている。(3,6,15) また、樹幹流は土壌にも影響を及ぼし、幹近くの表層土壌のpHはスギで低く、ユリノキで高いと報告されている。(11,16)

ECは導電率を表し、温度、イオンの種類が一定であれば濃度に比例する。(4) 降水に含まれるイオンは複数あるので、一概にはいえないが、ECが高くなると降水に含まれるイオンの量が増加する可能性が高い。従って、ECは汚染度の指標として用いられている。一般には、大気汚染等の影響から都市部およびその周辺地域で高く、森林地域で低いといわれている。(5,9,17,18)

1,990年度の美濃市における各降水のpHを図-3に、ECを図-4に示した。なお、今後、1回の降水採取期間は、すべて回収月日で示すことにする。

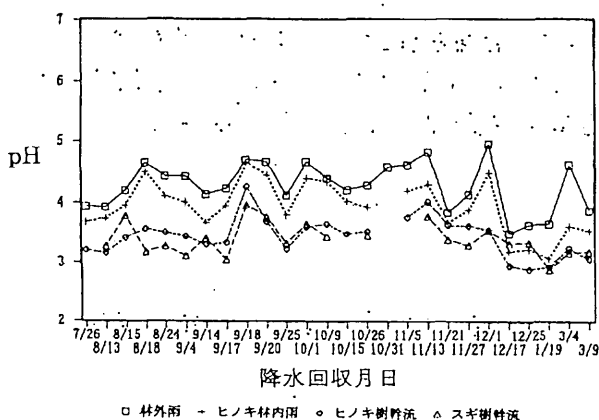


図-3 1990年度の美濃市における
各降水のpH

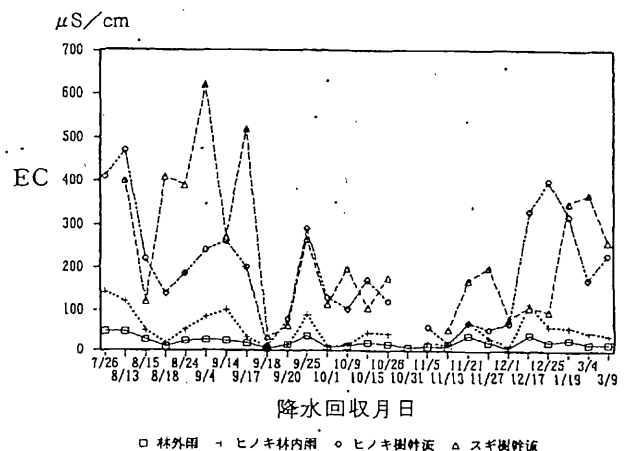


図-4 1990年度の美濃市における
各降水のEC

毎回の各降水が、pH5.6以下の酸性雨であった。また、各降水のpH、ECとも、これまでの報告どおり、回収期間により大きく変化することがわかる。(17,18)

林外雨のpHは、最低が12月17日の3.5、最高が12月1日の5.0であった。

ヒノキ林内雨のpHは、最低が1月19日の3.1、最高が9月18日の4.7であった。

ヒノキ樹幹流のpHは、最低が12月25日の2.9、最高が9月18日の4.3であった。

スギ樹幹流のpHは、最低が1月19日の2.9、最高が9月18日の4.0であった。

林外雨のECは、最低が9月18日の3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が7月26日の49 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

ヒノキ林内雨のECは、最低が9月18日の4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が7月26日の140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

ヒノキ樹幹流のECは、最低が9月18日の11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が8月13日の470 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

スギ樹幹流のECは、最低が9月18日の34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が9月4日の620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

pHは12月17日、12月25日の2回を除き、林外雨、林内雨、樹幹流の順番に低くなった。特に、林外雨、ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流は、毎回この順番で低くなり、ほぼ連動していた。スギ樹幹流も9月18日、9月20日、9月25日、10月1日等、他の降水と連動する時があった。スギ樹幹流のpHの値は、4.0以下でこれまでの報告と同様低かった。また、ヒノキ樹幹流のpHの値は4.3以下で、採取期間によって、スギ樹幹流より低い時があった。これまでのヒノキにおける林外雨、林内雨、樹幹流のpHは、つくば市観音台で、林内雨、林外雨、樹幹流の順番で、岩手県の3箇所において美濃市と同様に林外雨、林内雨、樹幹流の順番で、岩手県の1箇所において樹幹流、林内雨、林外雨の順番で低かったと報告されている。(6,15) このようにヒノキは、地域、個体により林外雨、林内雨、樹幹流のpHの順番が異なるが、今回の美濃市の結果から、同一地域、個体では、毎回各降水のpHが同様の順番になると考えられる。ECは、pHとは逆に11月21日、12月17日の2回を除き、林外雨、ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流の順番で高くなった。また、pHと同様に林外雨、ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流は連動していた。しかし、変動幅は、pHが林外雨1.5、ヒノキ林内雨1.6、ヒノキ樹幹流1.4と大差無いのに対し、ECが林外雨46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、ヒノキ林内雨136 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、ヒノキ樹幹流459 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と大きく異なった。pHとECを照らし合わせてみると、すべての降水において9月18日にはpHが高くECが低い、9月25日にはpHが低くECが高かった。pHとECは反対に動く傾向にあった。

2.1.2 1991年度におけるpHとECの変化

1991年度の各降水のpHを図-5に、ECを図-6に示した。

林外雨のpHは、最低が3月4日の3.8、最高が1月31日の5.9であった。

ヒノキ林内雨のpHは、最低が3月4日の3.6、最高が8月12日の6.5であった。

ヒノキ樹幹流のpHは、最低が3月4日の2.9、最高が11月7日の4.1であった。

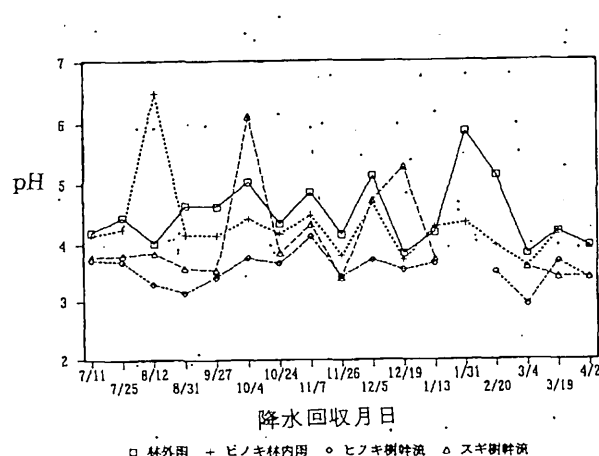


図-5 1991年度の美濃市における
各降水のpH

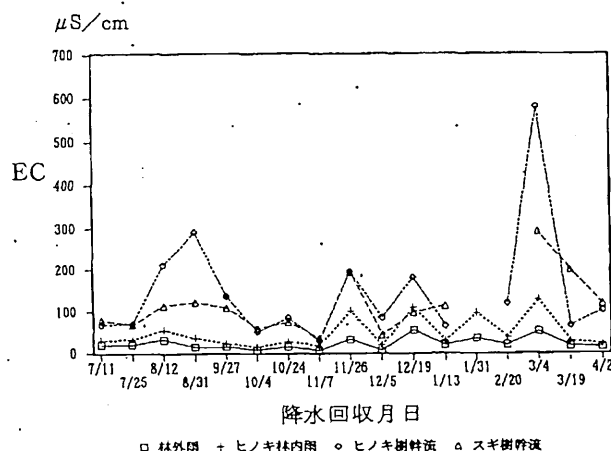


図-6 1991年度の美濃市における
各降水のEC

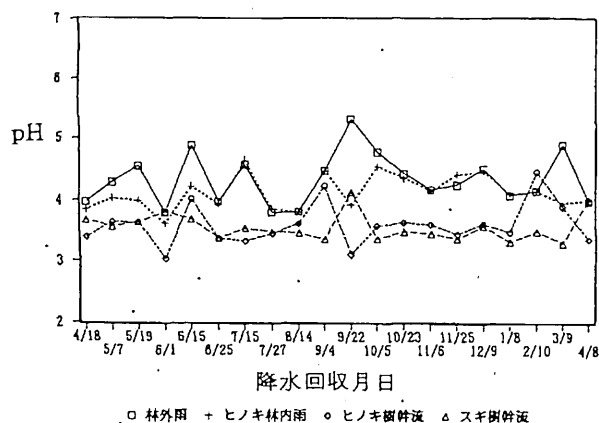


図-7 1992年度の美濃市における
各降水のpH

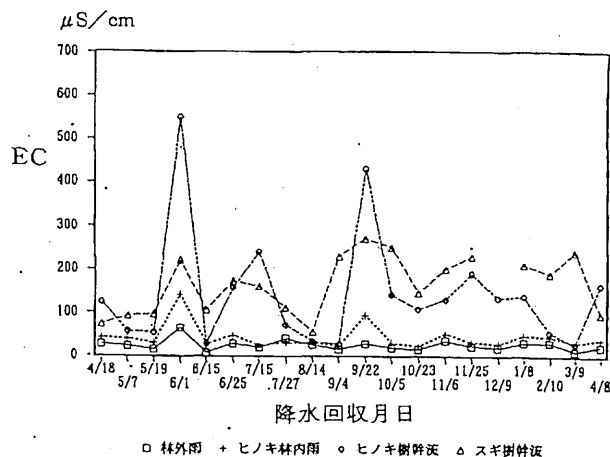


図-8 1992年度の美濃市における
各降水のEC

スギ樹幹流のpHは、最低が11月26日と4月2日の3.4、最高が10月4日の6.1であった。
林外雨のECは、最低が11月7日と12月5日の5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が12月19日の54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。
ヒノキ林内雨のECは、最低が10月4日の15 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が3月4日の125 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。
ヒノキ樹幹流のECは、最低が11月7日の29 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が3月4日の580 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。
スギ樹幹流のECは、最低が11月7日の36 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が3月4日の290 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。
pH、ECとも、ほぼ1,990年度と同様の傾向にあった。しかし、8月12日のヒノキ林内雨のpH 6.5、10月4日のスギ樹幹流のpH 6.1、12月19日のスギ樹幹流のpH 5.3等、これまでの測定値より極端に高い場合があった。これらのpH測定値は、他の降水と連動せず、ECも高い場合が多いので、異物の混入が推察される。また、降水採取期間が、1,990年度の大部分は1降雨か2降雨の短期間であったのが、1,991年度は平均約15日間と伸びたため、採取した降水が変質した可能性もある。

2.1.3 1992年度におけるpHとECの変化

1,992年度の各降水のpHを図-7に、ECを図-8に示した。

林外雨のpHは、最低が6月1日の3.8、最高が9月22日の5.3であった。

ヒノキ林内雨のpHは、最低が6月1日の3.6、最高が7月15日の4.6であった。

ヒノキ樹幹流のpHは、最低が6月1日の3.0、最高が2月10日の4.5であった。

スギ樹幹流のpHは、最低が3月9日の3.3、最高が9月22日の4.1であった。

林外雨のECは、最低が6月15日の7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が6月1日の64 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

ヒノキ林内雨のECは、最低が9月4日の21 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が6月1日の140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

ヒノキ樹幹流のECは、最低が6月15日の26 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が6月1日の550 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

スギ樹幹流のECは、最低が8月14日の55 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、最高が9月22日の270 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。

pH、ECとも、過去2年間と同様の傾向にあった。しかし、9月22日の林外雨のpH 5.3、同じく9月22日のスギ樹幹流のpH 4.1等は、前後の各降水よりECが高いにもかかわらずpHが高かった。1,991年度と同様の理由が考えられる。

2.1.4 各降水の降水量とpH、ECの関係

1,990～1,992年度の各降水における降水量とpHを図-9～12に、降水量とECを図-13～16に示した。

各降水とも降水量が多くなると、極端に高いpH及び低いpHが少なくなり、これまでの報告どおり一定の値に収束される傾向にあった。(15,17) 美濃市の場合、林外雨でpH 4.6、ヒノキ林内雨でpH 4.1、ヒノキ樹幹流でpH 3.6、スギ樹幹流でpH 3.6付近に収束される傾向にあった。ECは各降水とも降水量の増加に伴って、低くなる傾向にあった。一般的にいわれているように各降水に含まれ

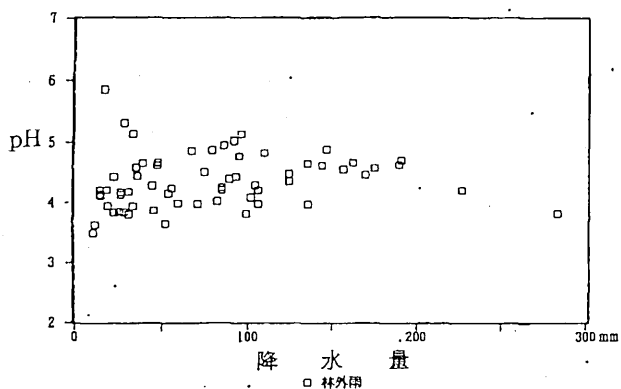


図-9 林外雨における降水量とpHの関係

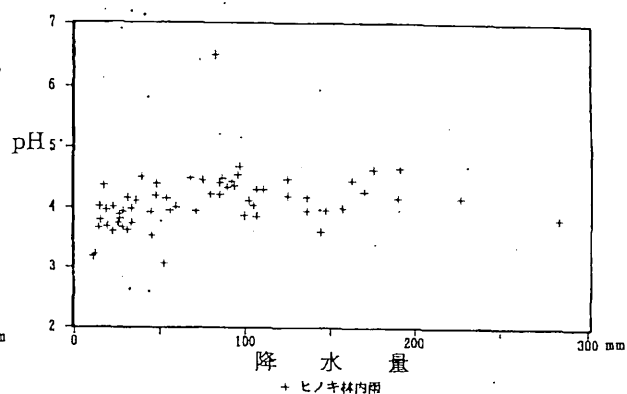


図-10 ヒノキ林内雨における降水量とpHの関係

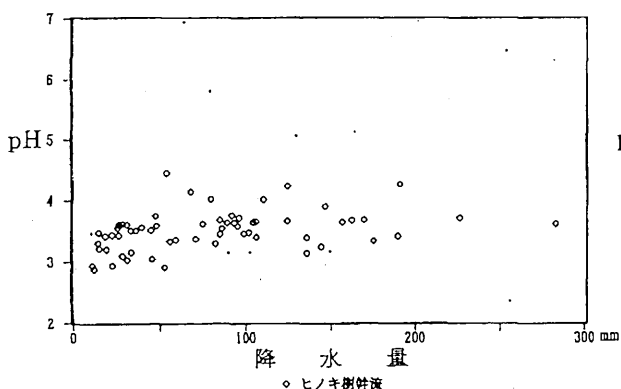


図-11 ヒノキ樹幹流における降水量とpHの関係

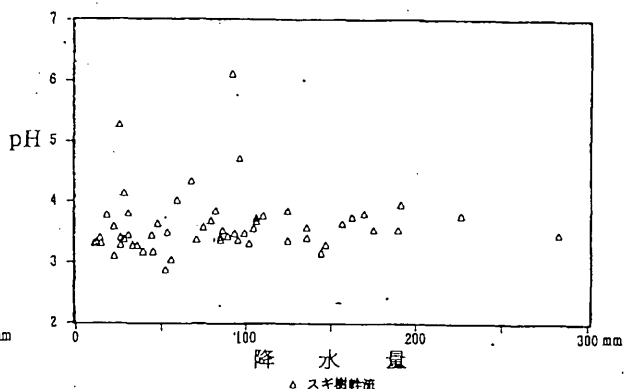


図-12 スギ樹幹流における降水量とpHの関係

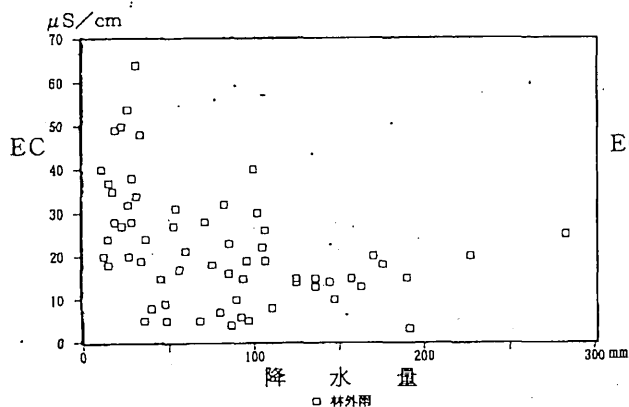


図-13 林外雨における降水量とECの関係

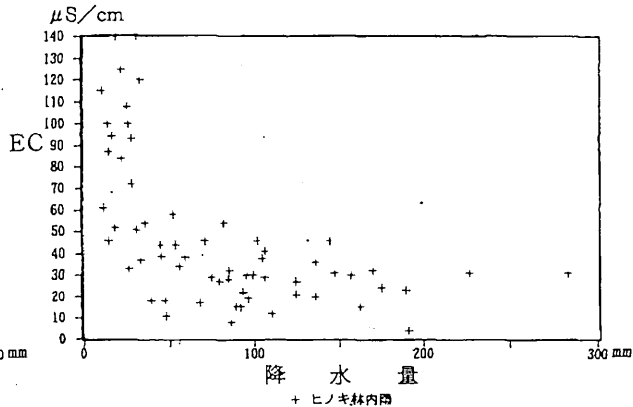


図-14 ヒノキ林内雨における降水量とECの関係

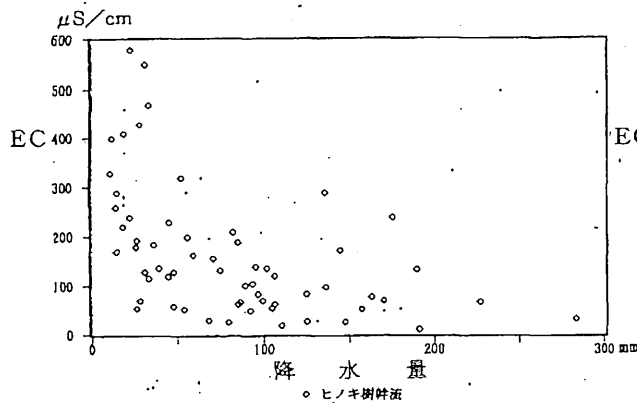


図-15 ヒノキ樹幹流における降水量とECの関係

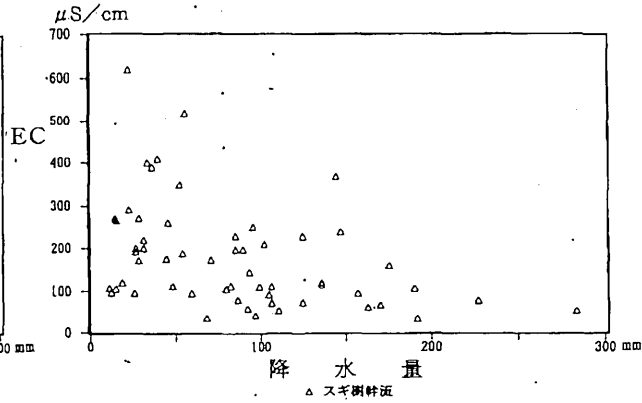


図-16 スギ樹幹流における降水量とECの関係

る成分が希釈されたためと考えられる。(17)

2.1.5 林外雨のpH、降水量、日平均採取量の関係

さらに詳しく降水量と降水のpHを検討するために、1,990～1,992年度の林外雨のpHと降水量、日平均採取量を図-17～19に示した。なお、降水量と日平均採取量は以下のように求めた。採取量をロータの面積で割って採取期間の降水量とした。最寄りの美濃観測所の降水データ(2)より1mm以上の降水があった日を降水日として、降水採取期間前の無降水日数と降水採取期間の最終降水日までの合計日数を求めた。降水量を合計日数で割り日平均採取量とした。

1,990年度は、降水量、日平均採取量とも林外雨のpHとほぼ連動した。晴天が続いたため採取期間が18日と長かった8月13日、すぐに降水があったため採取期間が2日と短かった8月15日は、降水量より日平均採取量の方が林外雨のpHとよく連動した。降水のpHには、降水間隔も影響を及ぼしていると考えられる。

1,991年度は、1月13日以降、降水量、日平均採取量とも林外雨のpHとほとんど連動しなかった。1月13日までは、降水量よりも日平均採取量の方がよく連動した。1,991年度は、1,990年度より降水採取期間が長く、1回の降水に含まれる降水回数も異なるため、降水間隔を加味した日平均採取量の方が降水量よりよく連動したと考えられる。

1,992年度は、7月15日～10月5日が降水量、日平均採取量とも林外雨のpHと全く連動しなかった。逆に7月27日の日平均採取量、9月4日の降水量、9月22日の降水量と日平均採取量のように林外雨のpHと反対に大きく動く時があった。7月19日～8月7日の20日間は全く降水がなかったこと、9月22日は2.1.3でも記したようにECが高いにもかかわらずpHが高いこと等が影響していると考えられる。

2.1.6 1,990～1,992年度におけるpHとECの比較

表-1に1,990～1,992年度におけるpHとECの平均、最低、最高を示した。

降水の全量が採取できた林外雨とヒノキ林内雨の平均は、採取量の荷重平均で求めた。降水の全量が採取できなかったヒノキ樹幹流とスギ樹幹流の平均は、単純平均で求めた。

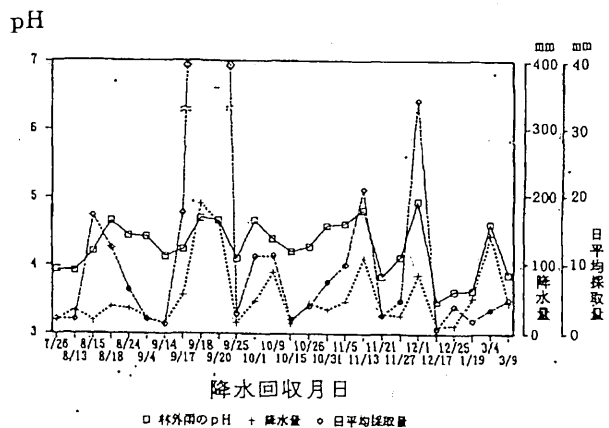


図-17 1990年度の林外雨のpHと降水量
日平均採取量の関係

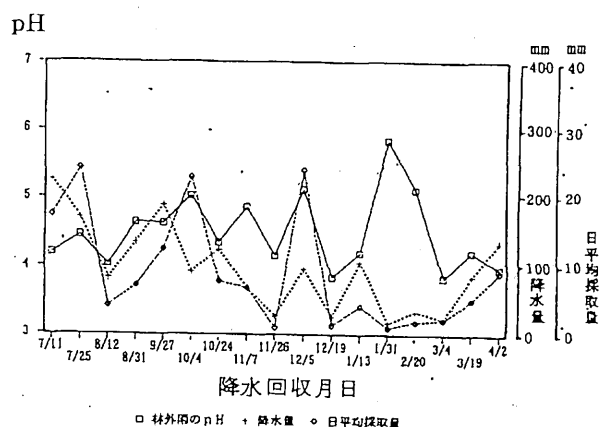


図-18 1991年度の林外雨のpHと降水量
日平均採取量の関係

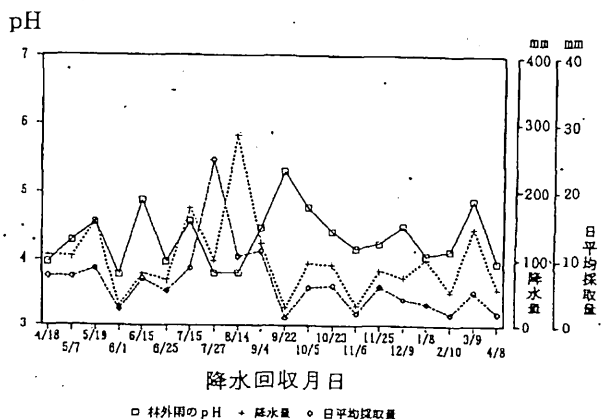


図-19 1992年度の林外雨のpHと降水量
日平均採取量の関係

表-1 1990～1992年度の美濃市における降水のpHとEC

	年 度	単 位	林 外 雨	ヒノキ林内雨	ヒノキ樹幹流	スギ樹幹流
pH	1990年度		4.3 (3.5～5.0)	3.9 (3.1～4.7)	3.4 (2.9～4.3)	3.4 (2.9～4.0)
	1991年度		4.3 (3.8～5.9)	4.2 (3.6～6.5)	3.5 (2.9～4.1)	4.0 (3.4～6.1)
	1992年度		4.2 (3.8～5.3)	4.0 (3.6～4.6)	3.6 (3.0～4.5)	3.6 (3.3～4.1)
EC	1990年度		14 (3～49)	31 (4～140)	190 (11～470)	239 (34～620)
	1991年度	$\mu\text{S}/\text{cm}$	17 (5～54)	32 (15～125)	145 (29～580)	113 (36～290)
	1992年度		22 (7～64)	34 (21～140)	142 (26～550)	165 (55～270)

注) 標書きは平均、() 内は最低～最高を示した。

pHの平均は、林外雨が1,990年度4.3、1,991年度4.3、1,992年度4.2、ヒノキ林内雨が1,990年度3.9、1,991年度4.2、1,992年度4.0、ヒノキ樹幹流が1,990年度3.4、1,991年度3.5、1,992年度3.6、スギ樹幹流が1,990年度3.4、1,991年度4.0、1,992年度3.6であった。1,991年度のスギ樹幹流を除くと大きな変化は認められなかった。また、県南部の都市部（岐阜市、大垣市）で調査された林外雨の年間平均値が、1,990年度4.9、1,991年度4.6～4.8、1,992年度4.6と報告されていることから（1）、各年度とも森林地域で調査した美濃市の方が低かった。

ECの平均は、林外雨が1,990年度14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,991年度17 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,992年度22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、ヒノキ林内雨が1,990年度31 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,991年度32 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,992年度34 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、ヒノキ樹幹流が1,990年度190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,991年度145 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,992年度142 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、スギ樹幹流が1,990年度239 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,991年度113 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,992年度165 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。林外雨は、年々増加傾向にあったが、1,991年度と1,992年度は1,990年度よりも降水採取期間が長かったため、異物の混入や降水の変質による可能性もある。ヒノキ林内雨は大きな変化が認められなかった。ヒノキ樹幹流とスギ樹幹流は、1,990年度が高く、1,991年度と1,992年度が低かった。荷重平均でないで、降水採取期間の長短による影響が考えられる。また、県南部の都市部（岐阜市、大垣市）で調査された林外雨の年間平均値は、1,990年度21.7～22.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,991年度28.4～29.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,992年度25.9～28.1 $\mu\text{S}/\text{cm}$ と報告されていることから（1）、各年度とも森林地域で調査した美濃市の方が低かった。

2.2 岐阜県南部における降水調査

全国では、北海道、関東一円、中京以西の西日本にECの上昇に伴ってpHが低下する傾向を示す降水が多く、関東や関西等の地域の中にはpH、EC共に高く、大気汚染の影響と考えられる溶存成分の多い汚染した降水が確認されたと報告されている。また、降水の溶存成分は一般にイオン当量比で陽イオンでは NH_4 イオン、陰イオンでは SO_4 イオンの割合が高く、ECの高い降水では高濃度の NH_4 イオン、 SO_4 イオン、場合によっては NO_3 が検出されたと報告されている。（9）

表-2 岐阜県南部の各調査地と全国平均における降水の実態

年 度	調査場所	pH	EC	Na	K	Mg	Ca	NH ₄	陽イオン計	NO ₃	SO ₄	Cl	陰イオン計
1990年度	美濃市	3.7	$\mu S/cm$ 32.5	meq/l 0.0070	meq/l 0.0010	meq/l 0.0025	meq/l 0.0085	meq/l 0.0328	meq/l 0.0517	meq/l 0.0082	meq/l 0.0549	meq/l 0.0183	meq/l 0.0815
	美並村	3.8	20.0	0.0043	0.0020	0.0016	0.0040	0.0267	0.0387	0.0052	0.0391	0.0096	0.0539
	揖斐川町	3.7	34.5	0.0113	0.0043	0.0041	0.0140	0.0511	0.0848	0.0087	0.0701	0.0239	0.1028
	東白川村	3.7	21.7	0.0052	0.0018	0.0016	0.0045	0.0056	0.0187	0.0069	0.0535	0.0082	0.0686
	全国平均	4.9	18.0										
1991年度	和良村	4.4	11.0	0.0009	0.0018	0.0008	0.0020	0.0033	0.0088	0.0037	0.0302	0.0110	0.0449
	藤橋村	4.1	19.8	0.0013	0.0015	0.0008	0.0050	0.0028	0.0114	0.0026	0.0402	0.0239	0.0667
	関市	4.0	38.0	0.0030	0.0033	0.0033	0.0055	0.0372	0.0524	0.0023	0.0250	0.0175	0.0447
	美濃市	4.0	31.0										
	全国平均	5.0	20.0										
1992年度	根尾村	4.4	27.1	0.0174	0.0243	0.0082	0.0414	0.0689	0.1602	0.0081	0.0895	0.0270	0.1246
	伊自良村	4.2	15.4	0.0026	0.0049	0.0033	0.0254	0.0117	0.0479	0.0040	0.0214	0.0070	0.0325
	瑞浪市	4.2	16.9	0.0026	0.0064	0.0033	0.0219	0.0117	0.0459	0.0047	0.0212	0.0073	0.0332
	美濃市	4.0	28.0										
	全国平均	5.1	20.0	0.0265	0.0238	0.0091	0.0234	0.0244	0.1072	0.0044	0.0398	0.0361	0.0802

岐阜県南部の各調査地と全国平均における降水の実態を表-2に示した。(9) 全国平均は単純平均である。また、陰イオンの合計は NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 Cl^- イオンの当量換算による合計、陽イオンの合計は Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 NH_4^+ イオンの当量換算による合計である。

pHは、1,990年度が3.7~3.8、1,991年度が4.0~4.4、1,992年度が4.0~4.4であった。すべての調査場所で酸性雨の基準であるpH5.6、全国平均の4.9~5.1を大きく下回った。岐阜県南部は、全国の中でも、降水のpHが最も低い地域の一つであった。

ECは、1,990年度が20.0~34.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,991年度が11.0~38.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、1,992年度が15.4~28.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、各年度の全国平均が18~20 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。降水量が多かった和良村は全国平均を大きく下回った。pHとECの関係は、一部を除けば、ECが上昇するとpHが低下する傾向にあった。

降水の成分は、すべての調査場所で SO_4^{2-} イオンの濃度が高く、 Mg^{2+} イオンの濃度が低かった。また、ECが高い調査場所では NH_4^+ イオンの濃度が高かった。根尾村は、すべての成分濃度が高かった。1,992年度の全国平均との比較では、ほとんどの調査場所で Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} といった金属イオンの濃度が低かった。陽イオンと陰イオンのバランスをみるために求めた当量換算による陰イオンの合計は、ECが25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ より高い調査場所を除けば全国平均以下なので、岐阜県南部の各調査場所における降水のpHが低いのは、金属成分の少なさが影響していると考えられる。また、当量換算の陰イオンが低かったのは、 Cl^- イオンが低かったからである。調査場所が海から離れていることから、海塩由来の Cl^- が少なかったと考えられる。

この調査は、1年間のうち10日間の降水を調査したにすぎない。美濃市における降水の実態調査では、1年間でpHが1.5以上変動していた。従って、各調査場所の降水実態を評価するには、各測定値が変動を持った値の中の一点として考える必要がある。

2.3 岐阜県南部における森林調査

2.3.1 試験地の林分状況

表-3に各調査地における林分の概況を、表-4に毎木調査結果を、表-5に土壌調査結果を示した。

美濃市の試験地は、A層が5cmと薄いにもかかわらずヒノキの地位指数が17と高かった。ha当たりの本数が、1,250本と林齢のわりに低く、除伐・間伐効果が大きいと思われる。林分の衰退は認められなかった。

美並村の試験地は、A層が22cmと厚く団粒状構造が発達していたため地位指数もヒノキ17と高かった。10年前には間伐を行っているが、現在下層植生はほとんどみられず、林内は長期間にわたり閉鎖していると考えられる。林分の衰退は認められなかった。

揖斐川町の試験地は、土壌のA層が7cmと薄く、B層の堅密度が堅であるため、地位指数がスギ17、ヒノキ15と、美濃市や美並村より悪い生長であった。林分の衰退は認められなかった。

東白川村の試験地は、複層林のためha当たりの本数が1,950本と高かった。樹高10m未満の20年生下木は、陽光不足のため樹勢が衰えていた。また、上木は林齢が86年と高い影響か、20本中5本にわずかな樹形の乱れがあった。

和良村の試験地は、地位指数がスギ23と高かった。崩積土で、土壌のA層が35~40cmと厚く上部に団粒状構造が発達しているためと考えられる。また、1,987年に間伐が行われ立木密度もha当たり700本と低いので、上層木30本の平均胸高直径も32.5cmと良い生長であった。林分の衰退は認められなかった。

藤橋村の試験地は、1,990年度の雪により幹の折れた木が多くあった。生存木の立木密度は、ha当たり1,325本であるが、枯損木を加えると2,500本以上あると思われる。間伐がほとんど行われていなかったため、形状比の高い木が被害をうけたと考えられる。土壌は、A層が12~30cmの厚さで団粒状構造が発達していた。地位指数はスギ20であった。林分の衰退は雪害木を除くと認められなかった。

関市の試験地は、地位指数がヒノキ14であった。土壌は、A層が5cmの厚さで粒状構造が認められた。乾性土壌としては地位指数が高いが、これは表層地質が砂岩でB層の堅密度が軟らかく理学的が良いためと考えられる。林分の衰退は認められなかった。

表-3 試験地の概況

調査場所	標高	傾斜方位	傾斜角度	地質	地位指数	林齢	林型
	m					年	
美濃市	150	N24°E	28°	チャート	ヒノキ17	28	ヒノキ人工林
美並村	260	N60°E	19°	チャート	ヒノキ17	86	ヒノキ人工林
揖斐川町	150	N20°E	35°	泥岩	スギ 17 ヒノキ15	37	スギ ヒノキ人工林
東白川村	650	N 5°W	44°	溶結凝灰岩	ヒノキ15	42	ヒノキ人工林
和良村	710	N70°W	13°	溶結凝灰岩	スギ 23	38	スギ人工林
藤橋村	260	S 0°	45°	チャート	スギ 20	32	スギ人工林
関市	70	N20°E	40°	砂岩	ヒノキ14	43	ヒノキ人工林
根尾村	1,480	N20°E	23°	花崗岩		150	ブナ天然林
伊自良村	180	N10°E	44°	チャート		93	針広混交林
瑞浪市	470	N50°E	9°	土岐砂礫層	ヒノキ13	53	ヒノキ人工林

表-4 毎木調査結果

調査場所	樹種	上層木30本の平均樹高	上層木30本の平均胸高直径	胸高断面積合計	ha当たり材積	ha当たり本数
		m	cm	m ² /ha	m ³ /ha	本/ha
美濃市	ヒノキ	15.9	20.8	29.5	225	1,250
美並村	ヒノキ	18.3	22.8	36.9	310	1,250
揖斐川町	スギ	16.9	26.2	15.6	140	375
	ヒノキ	15.3	22.5	16.9	120	725
東白川村	ヒノキ	17.5	28.8	40.0	320	1,950
和良村	スギ	22.0	32.5	38.1	372	700
藤橋村	スギ	17.4	26.5	43.8	339	1,325
関市	ヒノキ	14.5	21.6	24.3	161	1,450
根尾村	ブナ	14.3	34.3	12.7	77	175
伊自良村	スギ	16.1	30.8	11.0	74	325
瑞浪市	ヒノキ	13.9	21.8	36.0	232	1,700

表-5 土 壌 調 査 結 果

調査場所	局所地形	堆積型	土壌型	A層厚さ	B層堅密度	土 性	
						A層	B層
美濃市	下部平衡斜面 ～山脚堆積面	匍行～ 崩積土	B _D (d)	cm 5	軟	壤土	壤土
美並村	山脚堆積面	崩積土	B _D	22	軟	壤土	壤土
揖斐川町	下部平衡斜面	匍行土	B _D (d)	7	堅	壤土	壤土
東白川村	中部平衡斜面	匍行土	B _D (d)	15	軟	砂質壤土	砂質壤土
和良村	山脚堆積面	崩積土	B _E	35～40	堅	壤土	壤土
藤橋村	下部平衡斜面	匍行土	B _D	12～30	軟～堅	壤土	壤土
関市	中部平衡斜面	匍行土	B _B	5	軟	壤土	壤土
根尾村	丸い尾根	残積土	dB _D	42	軟	壤土	埴壤土
伊自良村	上部平衡斜面	匍行土	B _B ～I _m	3～4	堅	壤土	砂土
瑞浪市	丸い尾根	残積土	rB _D (d)	8～17	軟～堅	埴壤土	埴土

根尾村の試験地は、高木層にブナが散生し、低木層にムシカリ、ウリハダカエデ等の広葉樹、下層にチシマザサの繁茂した林分であった。上層を占めるブナの立木密度がha当たり175本と低いのは、試験地及びその周辺にブナの枯損木が多いこと、現在生存しているブナも枝葉が少なく林分が衰退しているためである。伐採して樹齢を確認したところ150年であったことから、高樹齢が衰退原因の1つと考えられる。

伊自良村の試験地は、スギとアオハダ・リョウブ等の広葉樹が混交した混交林であった。スギの立木密度はha当たり325本と低かった。土壌型は、A層のF層が8～15cm H層が1～2cmと厚いこと、A層の厚さが3～4cmと薄く粒状構造が認められること、B層は砂質で腐植に乏しく土壌化が進んでいないことから、B_B～I_mと考えられる。試験地内及びその上部の尾根筋のスギは、樹齢の割りに生長が悪く、梢端部の方から枝葉の密度が少なくなり、樹勢の衰えたものが多く認められた。衰退原因として、樹齢が80年と高いことと非常に痩せた土壌の影響が考えられる。

瑞浪市の試験地は、立木密度がha当たり1,700本で、林内の暗いヒノキ人工林であった。地位指数はヒノキ13と低かった。土壌の構造がA層団粒状構造、B層カベ状構造、土性がA層埴壤土、B層埴土であることから、B層の理学的性の悪さが生長に悪影響を及ぼしていると考えられる。被圧木は樹勢が衰えていた。

県外の森林の衰退は、神奈川県の大山のモミ枯れ、関東地方のスギ枯れ等が報告されている。それぞれ酸性雨との関連で調査されているが、大山のモミ枯れの場合、高濃度の二酸化硫黄、オゾン、酸性霧等が、関東地方のスギ枯れの場合、水分ストレス、大気二次汚染物質等、別の衰退原因も指摘されている。(5,10,12)

2.3.2 表層土壌の化学性

日本は蒸発散量より降水量が多いので、土壌中の水は基本的に表層から下層へ移動する。このため、土壌中の塩基が流亡し、一般に土壌は酸性化している。また、土壌には落葉落枝等が供給され、有機物層が形成され、その分解により生成される有機酸により酸性土壌になっている。(13) 従って、日本の森林に広く分布する褐色森林土、黒色土の鉬質土壌のpH (H₂O) はおおむね4.5~5.5の範囲にはいるものが多い。(11) 低温や乾燥の環境にあり、有機物層の分解が不良なポドゾルのA層、尾根筋の乾性の褐色森林土、赤・黄色土のpHの範囲はそれより低いといわれている。(13)

表-6に岐阜県南部の各調査地と全国平均における表層土壌の化学性を示した。(9)

pH (H₂O) は、すべての調査場所で全国平均の5.1より低い強酸性土壌であった。pH (KCl) もすべての調査場所で全国平均以下の4.1であった。特に、根尾村、伊自良村、瑞浪市は3.5未満の強酸性土壌であった。従って、土壌の酸性化に対して緩衝作用のある交換性塩基 (K、Ca、Mg) も少なく、根尾村のKを除き全国平均より低かった。逆に、植物に生長阻害を起こす交換性A1は、すべての調査場所で、全国平均の2.03より高かった。特にヒノキ林の美濃市、美並村で高く、スギ林の和良村、藤橋村、スギと広葉樹の混交林である伊自良村は、岐阜県南部の調査場所の中では低かった。根尾村と伊自良村の林分の衰退には、表層土壌のpH、特にpH (KCl) が低いことから、土壌の酸性化による影響が予想される。また、根尾村のブナは樹齢150年、伊自良村のスギは樹齢80年以上と高樹齢のため、樹勢の衰えによる影響も考えられる。

美濃市と美並村の表層土壌はpHが低く交換性A1も高かったが、林分 (ヒノキ林) の生長は良かった。これらのヒノキ林では酸性土壌が、現在のところ林分の生長に悪影響を及ぼしていないと考えられる。

今回の岐阜県南部の調査場所を地質別でみると、全国レベルでも表層土壌の酸性傾向が認められた酸性火成岩、チャートが大部分を占めていた。(9) 今後、別の地質でも表層土壌の酸性化が進んでいるか調査する必要がある。

ま と め

岐阜県南部における降水と森林の実態を把握するために、美濃市における3年間の降水調査および、10箇所における降水と森林の調査を行ったところ、以下のことがわかった。今後は、継続調査を行い、今回の調査結果との比較を検討していく予定である。

I 美濃市における降水調査

(1) 林外雨、ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流、スギ樹幹流は、異常値を除くとすべてpH5.6以下の酸性雨であった。また、平成2~4年度の年間平均は、大きな変化が認められなかった。

(2) 各降水のpH、EC測定値は、採取期間により大きく変化した。

(3) 同一期間に採取した林外雨、ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流は、pHがこの順番で低くなり、ECがこの順番で高くなった。また、ほぼ連動していた。

(4) ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流、スギ樹幹流は林外雨よりpHが低いことから、森林土壌の酸性化に影響を及ぼしている可能性がある。

(5) 各降水における測定値の変動幅は、pHで差が小さいのに対し、ECで林外雨、ヒノキ林内雨、ヒノキ樹幹流・スギ樹幹流の順番に大きくなった。

(6) pHの高い降水はECが低い、pHの低い降水はECが高い傾向にあった。

(7) 各降水とも降水量が多くなると、pHは一定の値に収束され、ECは低くなる傾向にあった。

(8) 市街地からはずれた場所で調査した美濃市は、市街地で調査した岐阜市、大垣市よりpH、ECとも低かった。

II 岐阜県南部における降水調査

(1) すべての調査場所で酸性雨の基準であるpH5.6、全国平均の4.9~5.1より低かった。

表-6 岐阜県南部の各調査地と全国平均における表層土壌の化学性

調査場所	pH(H ₂ O)	pH(KCl)	C	N	C/N	K meq/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	Al meq/100g	Y ₁
美濃市	4.5	3.7	11.17	0.61	18.3	0.35	0.88	0.20	11.28	44.46
美並村	3.6	3.6	12.72	0.73	17.4	0.34	0.44	0.29	9.45	44.08
揖斐川町	4.3	3.9	6.75	0.43	15.7	0.23	0.66	0.19	6.27	28.97
東白川村	4.2	3.6	10.57	0.52	20.3	0.32	0.54	0.26	7.87	37.66
和良村	4.6	4.1	12.27	0.79	15.5	0.36	2.26	0.37	3.97	16.0
藤橋村	4.4	4.1	6.21	0.51	12.2	0.35	2.54	0.53	2.98	14.4
関市	4.1	3.8	2.55	0.14	18.8	0.13	0.82	0.11	6.78	33.1
根尾村	3.5	3.2	22.73	1.22	18.6	1.03	2.03	1.29	8.96	
伊自良村	3.8	3.0	3.43	0.14	24.5	0.25	0.09	0.06	2.09	
瑞浪市	3.9	3.2	9.52	0.44	21.6	0.35	0.19	0.24	8.27	
全国平均	5.1	4.1				0.54	7.14	1.85	2.03	10.4

(2) 陽イオンは、ほとんどの調査場所で、Na、K、Mg、Caといった金属イオンの濃度が低かった。また、ECが高い調査場所で、NH₄イオンの濃度が高かった。

(3) 陰イオンは、Cl⁻イオン濃度が低かった。すべての調査場所でSO₄イオンの割合が高かったが、全国平均と比較すると濃度は高くなかった。

Ⅲ岐阜県南部における森林調査

(1) 根尾村と伊自良村の調査場所で林分の衰退が認められた。衰退原因は不明であるが、表層土壌のpH (KCl) が特に低いので、酸性土壌による影響も考えられる。また、樹齢が高かったので樹勢の低下による影響も考えられる。

(2) 林分の衰退が認められなかったその他の調査場所も、表層土壌のpHが低く、交換性Alが多いことから、今後の影響が心配される。

引用文献

- (1) 岐阜県衛生環境部編 (1993) 環境白書 平成5年. 260~261, 岐阜県, 岐阜.
- (2) 岐阜地方気象台 (1990~1993) 気象月報 30(7)~33(4). 22~25 pp, 日本気象協会岐阜支部, 本巣郡巣南町.
- (3) 岩井宏寿 (1993) 千葉県のスギ衰退地と非衰退地における林外雨、林内雨、樹幹流の成分比較. 日林論 104 : 377~380.
- (4) 化学大辞典編集委員会編 (1961) 化学大辞典6. 355~356, 共立出版, 東京.
- (5) 神奈川県環境部大気保全課 (1994) 酸性雨に係る調査研究報告書. 286 pp, 神奈川県, 横浜.
- (6) 環境庁水質保全局土壌農薬課監修 (1990) 酸性雨 土壌・植生への影響. 198 pp, 公害研究対策センター, 東京.
- (7) 小池孝良 (1990) 欧米における森林の衰退に関する研究の動向 (米国の研究事情とまとめ). 北方林業 42(8) : 20~24.
- (8) 林野庁 (1990) 酸性雨等森林被害モニタリング事業実施マニュアル. 33pp, 林野庁, 東京.
- (9) — (1994) 酸性雨等森林被害モニタリング事業中間取りまとめ. 18pp, 林野庁, 東京.
- (10) 松本陽介・丸山温・森川靖 (1992) スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動 — 樹木の衰退現象に関連して —. 森林立地 34(1) : 2~13.
- (11) 松浦陽次郎・堀田庸・荒木誠 (1991) 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.
- (12) 梨本真・高橋啓二 (1991) 関東甲信・関西瀬戸内地方におけるスギの衰退現象. 森林立地 32(2) : 70~78.
- (13) 日本土壌肥料学会 (1992) 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. 80p, 日本土壌肥料学会.
- (14) 野内勇 (1990) 酸性雨の農作物および森林木への影響. 大気汚染学会誌 25(5) : 295~312.
- (15) 佐々朋幸・後藤和秋・長谷川浩一・池田重人 (1991) 盛岡市周辺の代表的森林における林外雨・林内雨・樹幹流の酸性度ならびにその溶存成分 — 樹種による樹幹流のpH固有値 —. 森林立地 32(2) : 43~58.
- (16) ———・長谷川浩一 (1992) 特定樹種の樹幹流による土壌の酸性化抑制作用 — ユリノキの場合 —. 日林誌 74(5) : 437~440.
- (17) 角田寛・西川治光・高原康光・加藤邦夫 (1992) 岐阜県における酸性雨の現況について. 岐公研年報 20 : 23~28.
- (18) 安田洋・藤井國博・岡本玲子 (1991) 富山県における降水中の酸性降下物質の特徴. 森林立地 32(2) : 59~64.