

## 酸性雪・雨による土壌のpH分布の検討

山本仁志\*・田口洋治\*\*・青山清道\*\*\*・加藤皓一\*\*\*\*・遠藤治郎\*\*\*\*\*

The analysis of pH value of soils affected by acid snow and rain

by

Masashi YAMAMOTO, Yoji TAGUCHI, Kiyomichi AOYAMA,  
Koichi KATOH and Jiro ENDO

### I は じ め に

全国公害研協議会が1991年1月から1994年3月に実施した全国酸性雨共同調査において、冬季の本州日本海側地域は降水量も多く、降雨のpH値は他の地域よりやや低い(福崎 1996)と指摘されている。総合エネルギー調査会需給部会中間報告(1994.6)見通して石油換算で2,000年, 2,010年には、日本の一次エネルギー総供給が5.82億キロリットルから6.35億キロリットルとなり、そのうち石油, 石炭が63%である。この化石エネルギーを燃やす際に発生するイオウ酸化物やチソン酸化物が、大気中で硫酸, 硝酸となり、雨水に溶け込み酸性雨となる(科学新聞 1998.1)。このようにいくつかの文献でも本州日本海側は酸性雨(雪)が降っていることが報告されている(新潟県における酸性雨・雪関係資料 1995)。

このようなことから、森林の持続性という立場から酸性雪・酸性雨が、土壌の酸性化を促進し、成長中の森林, 木材資源となる森林, 環境財となる森林, 特に水源涵養機能を持つ森林, または、防災のための森林の衰退に関与すると言われている。そこで新潟県内の村上林業事務所, 小千谷林業事務所, 糸魚川林業事務所の各管内およびその周辺で酸性雪(雨)について、被害の有無の実地調査を行った。その中で、土壌の酸性化を検討した。この結果については既に報告した(田口他 1995, 1996, 1997, 加藤他 1997)が、これらの酸性化の程度と酸性溶液による溶出元素の測定値と土質母岩との関連について、クラスター分析を用いて検討した。いくつかのグループ分けができ、それらについて若干の新たな知見を得たので報告する。

### II 試 料 と 方 法

試料は、新潟県内の村上林業事務所, 小千谷林業事務所, 糸魚川林業事務所の各管内およびその周辺で採取した土壌サンプル59データである(田口他 1995, 加藤他 1997)(表-1)。この土壌採取箇

表-1 土壌の試料(1994年)

試料番号	採 取 場 所	採 取 月 日
1	新津市秋葉公園 登り口 松の木の下	9/23/pm
2	新津市秋葉公園 見晴台付近 桜の木の下	9/23/pm
3	新津市よりやや五泉より 杉の木の下	9/23/pm
4	同上 枯れた杉の木の下	9/23/pm

\*新潟大学農学部 \*\*新潟大学工学部 \*\*\*新潟大学積雪地域災害センター  
\*\*\*\*加藤ケミカル(前新潟大学工学部) \*\*\*\*\*(株)興和(前新潟大学農学部)

試料 番号	採 取 場 所	採取月日
5	村杉温泉入口(国道290) 枯れた若い杉の木の下の	9/23/pm
6	村杉温泉入口(国道290) お諏訪堂前 杉の木の下の	9/23/pm
7	新潟市寺尾台 寺尾公園 松の木の根元の	9/25/pm
8	間瀬・岩室間 クルミの木の下の	9/24/pm
9	間瀬・岩室間 杉の木の下の	9/24/pm
10	新大工学部B棟裏 松の木の下の	10/4/pm
11	長岡市悠久山松山(市内を一望できる地点) 松の木(円周1m)の下の	10/2/am
12	長岡市悠久山松山(小沢校長の碑の横) 松の木の下の	10/2/am
13	栃尾市郊外(国道290萩堀に向かう峠のトンネルの手前、赤堀) 枯れた松の木の下の 根元に鼠茸あり	10/2/pm
14	下田村笠堀ダム左岸の雑木林の上	10/2/pm
15	下田村笠堀ダムより少し下がった地点 杉の木の下の	10/2/pm
16	三川村大字岩津2013 將軍杉の北側10m隣の杉の木の下の	10/3/pm
17	上川村上流室谷部落入口付近の道ばた 杉の木の下の	10/3/pm
18	室谷部落 室谷洞窟(国指定文化財)横 杉の木の下の	10/3/pm
19	上川村(紫倉川上流樺目貫手前 わらび山荘横) コナラの木の下の	10/3/pm
20	上川村(紫倉川上流樺目貫手前 わらび山荘近く) 杉の木の下の	10/3/pm
21	上川村(紫倉川上流七名小学校付近) 杉の木の下の	10/3/pm
22	若ブナ高原スキー場 一本松の木の下の 北側の	10/7/pm
23	若ブナ高原スキー場 松 松喰虫で枯れた木の下の	10/7/pm
24	若ブナ高原スキー場 ブナの木の下の 5m離れた地点	10/7/pm
25	若ブナ高原スキー場 杉の木の下の	10/7/pm
26	田麦峠付近の杉の木の下の	10/7/pm
27	耕雲寺(村上市) 境内入口 杉のきの下の	10/7/pm
28	村上城跡(内藤家) ブナのきの下の	10/8/am
29	村上城跡頂上 桜の木の下の	10/8/am
30	葡萄高原スキー場中腹 杉の木の下の	10/8/am
31	葡萄高原スキー場中腹 ブナの木の下の	10/8/am
32	赤城山 有料道路赤城白樺ラインで大沼にぬける峠付近 標高1500m程度か白樺樹林帯 枯れた白樺の木の下の	10/31/pm
33	赤城山 峠から大沼に向かかって下る途中 白樺樹林帯 枯れた白樺の木の下の 木などの細かい毛根の混じった黒い土	10/31/pm
34	赤城山 大沼入口付近 下り坂 白樺樹林帯 枯れた白樺の木の下の 木などの細かい毛根の混じった黒い土	10/31/pm
35	赤城山 大沼入口付近 下り坂 白樺樹林帯 枯れた白樺の木の下の 小さな小砂利の混じった土	10/31/pm
36	赤城山 大沼入口付近 下り坂 道路をはさんで反対側 白樺樹林帯 若い白樺の木の下の	10/31/pm
37	赤城山 大沼の南東 見晴台より南側斜面を数メートル降りた地点の上	10/31/pm
38	赤城小学校付近 道路をはさんで反対側の上	10/31/pm
39	赤城山 黒松山登山道入口 枯れたブナのきの下の やや黒い土	10/31/pm
40	赤城神社駐車場の入口付近 枯れたナラの木の下の やや黒い土	10/31/pm
41	大沼北側の峠 東側登山道入口付近 枯れた唐松の木の下の やや黒い土	10/31/pm
42	大沼北側の峠を少し降った道路の横の上	10/31/pm
43	三回トンネル 国道17号 群馬県側出入口 トンネルに向かって右斜面楓の木の下の	11/1/am
44	三回トンネル 国道17号 新潟県側出入口 トンネルに向かって左斜面入口付近の上	11/1/am
45	八海山ロープウェイ乗り場より100m程度登った西側斜面 杉の木の下の	11/1/pm
46	八海山神社境内の杉の木の下の 1m程度離れた地点	11/1/pm
47	小出付近 R291とR17の交差点 R17へ右折する前の右斜面の藪の上	11/1/pm
49	上越市 買い物センターからR253に交差するまでの間 中猿川付近花壇の上	11/1/pm
50	上越市 買い物センターからR253に交差するまでの間 福橋付近大根畑の上	11/1/pm
51	上越市と預城村との境界 大慈院 ケヤキの木の下の	11/1/pm
52	黒井付近の夷浜交差点付近(海側) 枯れて倒れた松の木の下の	11/1/pm
53	柿崎城跡 柏の木の下の	11/1/pm
54	能生町高倉 杉林 北斜面の杉の木の下の	H7.1/25
55	能生町高倉 杉林 北斜面の杉の木の下の (54と異なる地点)	H7.1/25
56	能生町高倉 杉林 北斜面の杉の木の下の (55と異なる地点)	H7.1/25
57	能生町西飛山 杉の木の下の 東斜面	H7.1/25
58	能生町白山神社裏 桑の木の下の	H7.1/26
59	糸魚川市根知大字山口 根知スキー場頂上付近の杉林の下の	H7.1/26
60	糸魚川市美山公園 白樺の木の下の	H7.1/26

所の調査地を略図で図-1に示した。イオン交換水添加のpH値で採取地の樹種別に検討した。また、新潟県内の地層は20万分1の新潟県地質図(新潟県 1977)に、赤城山の地層は日林関東支部の現地見学会資料(群馬県林業センター 1996)を参考に調査し、各地層ごとに平均pH値を算出した。さらに、pH値3.0の酸性溶液による溶出試験で得た鉄、アルミニウム、カルシウム、マンガン、リンの5溶出量、pH値と採取地の地質母岩(地層)との7つのデータを基にしてクラスター分析を行った。クラスター分析は、異質なもののまざり合っている対象の中で、互いに似たものを集めて集落をつくり、対象を分類しようとする方法である(田中豊・他 1984)。すなわち、ここではpH値、溶出量と地層という異質なものを混ぜた資料を対象とし、分析には、田中豊・他 1984のプログラムを使用した。

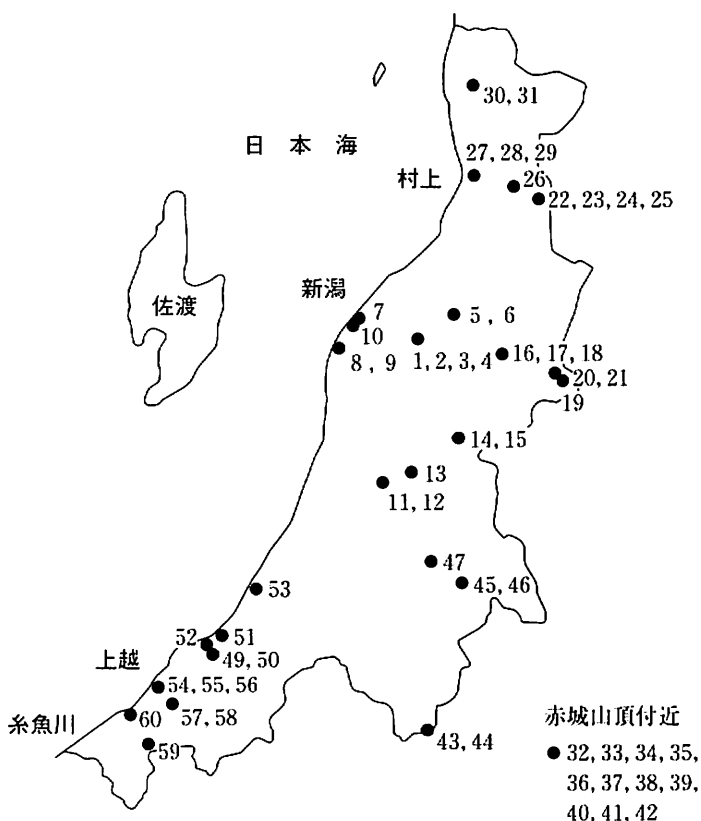


図-1 土壤採取箇所略図(数字は表-1の試料番号)

### III 結果と考察

表-2のように、イオン交換水添加のpHで、針葉樹、広葉樹、裸地別に分類すると針葉樹(マツ、スギ、カラマツ)では、pH値が32データの平均値でpH5.33となり、広葉樹(桜、クルミ、コナラ、ブナ、カエデ、ナラ、ケヤキ、カシワ、雑木)が20データでpH5.10となり、裸地(畑地、小灌木・雑草地)では、7データでpH6.05であった。一般に言われているように針葉樹と広葉樹の根元土壌のpH値が逆転しているが、針葉樹は造林地等一斉林の場合が多く、今回は社寺林や公園の単木であるためと思われる。また裸地においては、畑地のように人為的に中和剤が投入されているものと思われる。さらに採集時の10月下旬から11月にかけては、広葉樹の紅葉の時期であり、採取した土壤の多くは樹木の根元で地表面より15cmから20cmの深さで採取したが、根元土壌に影響されたと考えられる。

表-2 樹種別の土壌のpH値(土壤サンプルの採取場所の記録から)

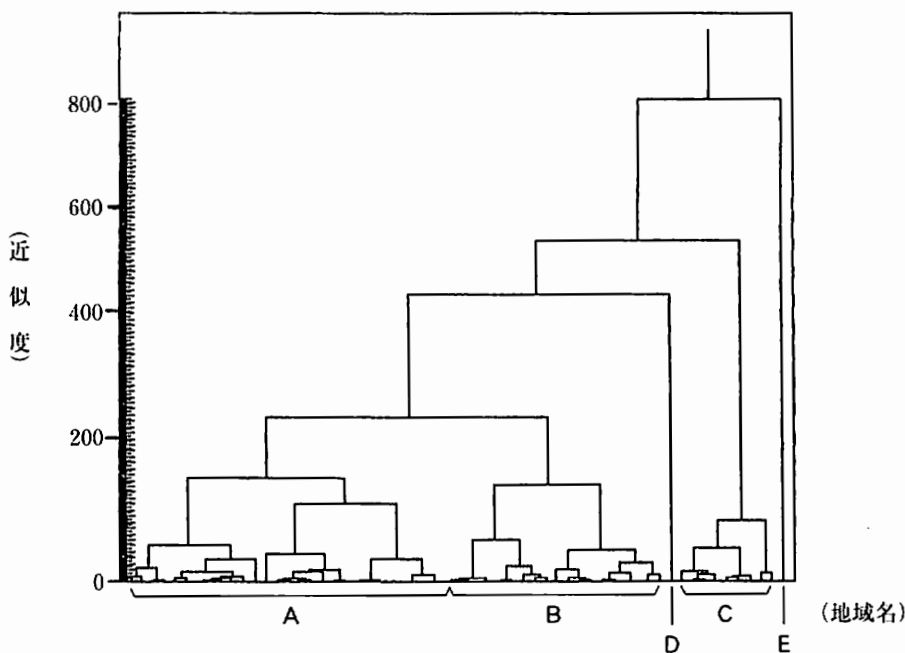
針葉樹(マツ、スギ、カラマツ)	pH 5.33
広葉樹(サクラ、クルミ、コナラ、ブナ、シラカバ、カエデ、ミズナラ、ケヤキ、カシワ、雑木)	pH 5.10
裸地(畑地、小灌木・雑草地)	pH 6.05

同様に、表-3のように、地層によるpH値は砂丘堆積物でpH6.62の最高値と城内層でpH4.34の最低値を示した。また、pH5レベルでは沖積層、津川層、火山灰、能生谷層、名立層、沖積段丘堆積物であった。pH4レベルでは、粘板岩砂岩、矢代田層、七谷層、北小国層と城内層であった。これらの地層は新潟県内各地に点在する地層であり、土壌や各地の地形に関与していると考えられる。土壌の酸性化、地層の酸性化の促進は、表層に存在する動植物に何らかの影響を与えるものと思われる。

クラター分析の結果は、図-2のように、縦軸に近似度（ユークリッド距離）を取り、横軸に59の各調査地を取ったデンドログラムで表される。これは、各調査地で似たもの同士を結び付けていったものである。近似度（ユークリッ

表-3 地層による土壌のpH値  
(20万分の1の新潟県地質図による)

矢代田層	pH 4.94
沖積層	pH 5.94
砂丘・砂丘堆積物	pH 6.62
津川層	pH 5.50
七谷層	pH 4.92
粘板岩砂岩	pH 4.99
北小国層	pH 4.40
火山灰	pH 5.33
城内層	pH 4.34
沖積段丘堆積物	pH 5.12
能生谷層	pH 5.33
名立層	pH 5.29



- 左から
- Aグループ 新潟市, 長岡市, 新潟市, 長岡市, 若ブナ高原スキー場, 赤城山, 若ブナ高原スキー場, 若ブナ高原スキー場, 葡萄高原スキー場, 葡萄高原スキー場, 赤城山, 村上市, 葡萄高原スキー場, 三国トンネル, 新津市, 小出, 三国トンネル, 八海山, 能生, 糸魚川, 糸魚川, 間瀬, 上越市, 柿崎, 上川, 若ブナ高原スキー場, 赤城山, 村上市, 赤城山
  - Bグループ 新津市, 黒井, 新津市, 村杉温泉, 栃尾市, 間瀬, 能生町, 下田村, 上川, 上川, 村上市, 赤城山, 赤城山, 赤城山, 赤城山, 能生町, 能生町, 赤城山, 能生町
  - Dグループ 赤城山
  - Cグループ 新津市, 村杉温泉, 上越市, 三川村, 下田村, 田麦峠, 上川, 八海山, 上越市
  - Eグループ 赤城山

図-2 クラター分析のデンドログラム (地域のグループ)  
(pH3.0溶液による溶出元素 pH, Fe, Al, Ca, Mn, Pと地層とのデータから)

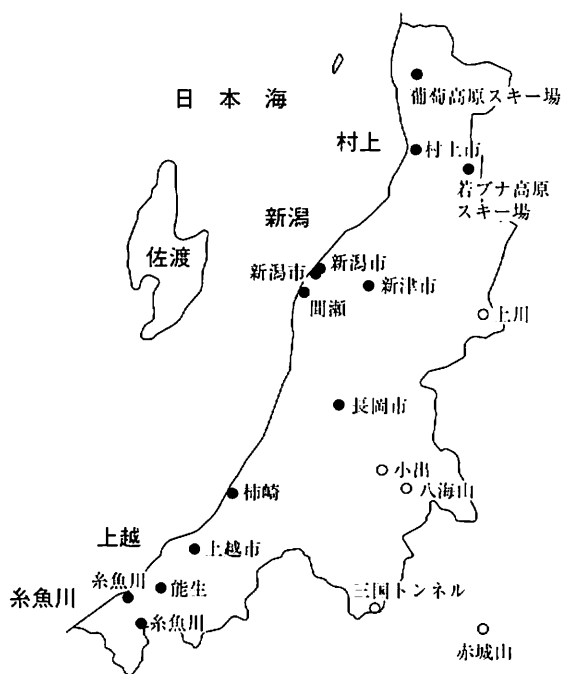


図-3 Aグループの調査地の略図

村、八海山、上越市で日本海に対しやや内陸、または小丘陵を隔てた各地である。さらに各グループのイオン交換水添加によるpH値はそれぞれpH5.16, pH5.16, pH6.12であった。参考に調査した赤城山の調査地を除いた各グループのpH値はそれぞれpH5.17, pH5.12, pH6.12であった。赤城山と酸性化されたとと思われる調査地(加藤他1997)は、A、Bグループが50,65%であり、最高pH値と最低pH値はそれぞれpH7.51, pH4.03とpH6.42, pH4.14であった。また、地質母岩の地層数はAグループが12地層数あるのに対しB、Cグループは7,6地層数と少なくなっている。その主な地層を挙げるとAグループは、砂丘・砂丘体積物、粘板岩砂岩、火山灰、七谷層が50%を占め、Bグループは沖積層、七谷層、能生谷層、火山灰が75%を占め、Cグループでは沖積層と津川層が大半を占めた。土壌の酸性化の難易は土壌の種類によって強弱は異なるが、日本の土壌につい

て酸性雨による土壌への影響予測図が作成されており、火山放出物未熟土などは弱いとされている(金野 1997)。これらのことから酸性化の程度が進んでいると思われるグループの順位はBグルー

ド距離)200以下に見られる調査地群は、左から5つのグループA、B、D、C、Eに分けられた。単独の3つ目Dと5つ目Eのものは調査地が赤城山のデータであり、採取時の記録から特異な土壌と思われる。また、新潟県内の比較のため採取したものであることから赤城山D、Eのデータを除くと3つのグループに分けられることが分かる。左からAグループ、Bグループ、Cグループとしたとき、Aグループの調査地(図-3)の位置関係は、北は村上市から南は糸魚川市まで、赤城山・三国トンネル・上川村・八海山・小出(図-3の白抜印)を別としてほぼ日本海沿岸を走る国道7,8号線に沿った各地であった。Bグループは、新津市、間瀬、村上、黒井、能生の海岸寄りの各地と赤城山、村杉、栃尾、下田村、上川村のやや内陸や内陸の調査地となった。Cグループ(図-4)は新津市、村杉温泉、下田村、上川村、三川

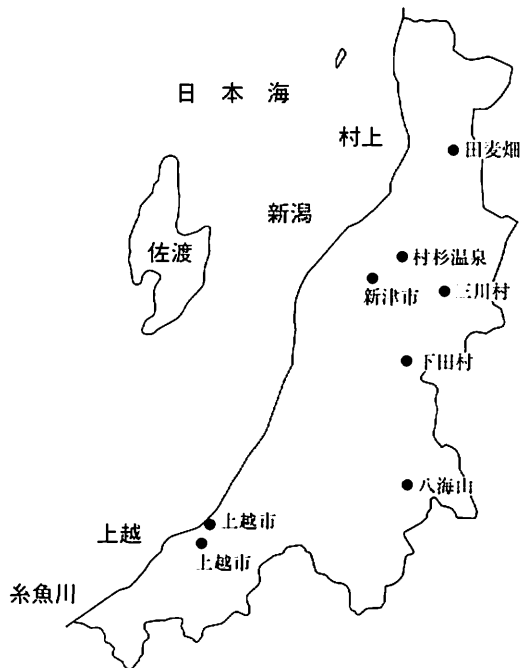


図-4 Cグループの調査地の略図

ブ、Aグループとなり、Cグループは酸性化される初期の段階と考えられる。

以上の結果から本州日本海側の土壌および地質区分に酸性化の度合いが波状的に内陸部に向かって進行しつつあるように考えられる。

#### Ⅳ お わ り に

今回は、データ数も少なく、地域の地形、気象条件、工業発展過程や農地面積、森林面積、交通車両の使用量、人口数、河川の流域面積などのデータが無いので、地域の土壌や地質区分の酸性化度合いを詳細に把握することはできないが、今後、これらのデータの数値化が行われ、土壌、地質区分の酸性化の程度を図るためのモニタリングに期待したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 科学新聞 科学新聞社, 1998. 1. 1 2685号 東京
- 2) 福崎紀夫・押尾敏夫・野口泉・松本光弘・森崎澄江・大原真山美・玉置元則・平本隆年: 本州日本海側における冬季降水中主要化学成分の特徴, 日本化学会誌, 1998. 8 726-733
- 3) 新潟県における酸性雨・雪関係資料 新潟県衛生公害研究所, 1997
- 4) 田口洋治・青山清道・加藤皓一・遠藤治郎・山本仁志: 酸性雪および酸性雨に関する二、三の考察, 新潟大災害研年報, No. 16, 1995 37-48
- 5) 田口洋治・青山清道・加藤皓一・遠藤治郎・山本仁志: 新潟県における酸性雪(雨)の土壌などに与える影響, 新潟大災害研年報, No. 17, 1996 83-98
- 6) 田口洋治・青山清道・加藤皓一・遠藤治郎・中田誠・山本仁志・高田徹: 酸性雪・雨の化学的特性と森林への影響, 新潟大災害研年報, No. 18 1997 19-32
- 7) 加藤皓一他: 酸性雪による森林被害に関する研究, 財団法人 日本積雪連合 日本積雪連合資料 No160, 1997
- 8) 新潟県; 新潟県地質図説明書, P493, 新潟県, 1977
- 9) 金野隆光: 酸性雨-農業生態系への影響, 化学と生物, Vol 24 No. 9 591-599 1987
- 10) 金野隆光: 酸性雨の陸上生態系への影響, 研究ジャーナル, Vol 11 NO. 9 1988
- 11) 群馬県林業センター: 第45回日本林学会関東支部大会現地見学会資料, 1996
- 12) 田中豊・垂水共之・脇本和昌; パソコン統計解析ハンドブック多変量解析編, P403, 共立出版, 東京, 1984