

## アカマツを指標とする環境評価に関する調査研究 (第3報)

—— アカマツ葉中の水溶性イオウ濃度比、タンニン濃度及び金属(鉛、カドミウム、ニッケル、亜鉛)濃度分布 ——

田村 良三・田村 孝雄

### 1 はじめに

昭和60年度、県内に広く生育分布するスギの樹勢(活力度)調査および県下100地点で採取したアカマツ葉の水溶性イオウ濃度を調査し、野生植物を利用しての県下の大気汚染状況の把握を試みた。その結果、スギは県の中央部や上越地域の都市部や平野部で枯葉や枯枝が目立ち、樹勢の劣る傾向が顕著であった<sup>1)</sup>。しかし、スギの生育は、生育場所の地形や土質などに影響を受けるため<sup>2)</sup>、スギの樹勢調査結果のみからでは地域の大気汚染状況を評価することは困難であった。一方、アカマツの葉中水溶性イオウ濃度は、上越市周辺と新潟市から見附市に至る一帯で高濃度であり、県下のイオウ酸化物発生源の分布域とよく一致しており、葉中の水溶性イオウ濃度は大気汚染の指標となりうるものと推察された。

61年度は、佐渡や長岡市周辺などの21地点の試料を新たに追加し、水溶性イオウ濃度を調査するとともに、全試料についてタンニンおよび金属(鉛、カドミウム、ニッケル、亜鉛)濃度を調べ、その地域差等を調査した。

### 2 試料の採取および前処理

佐渡(5地点)をはじめ、長岡市周辺や新潟市周辺の21地点でアカマツ葉を採取した。各地点とも複数の樹から枝ごと採取し、実験室に持ち帰って各年葉ごとに分けた。採取した2年葉を、水洗・乾燥のち粉碎して分析試料とした。

### 3 分 析 法

#### 3.1 水溶性イオウおよび総イオウ濃度

前報<sup>1)</sup>に準じた。

#### 3.2 タンニン濃度

分析試料約300mgを三角フラスコに取り、蒸留水100mlを加えて1時間煮沸抽出した。冷後、No.5c(東洋)ろ紙でろ過し、ろ液を100mlに定容して試験溶液とした。試験溶液2mlを共栓付試験管に取り、Sorensenリン酸緩衝液<sup>注1)</sup>6mlと酒石酸鉄試薬<sup>注2)</sup>2mlを加え、混和の

ち540nmで比色定量した。検量線は、没食子酸(ピロガロール)を用い、アカマツ葉中のタンニン濃度は1g当りの没食子酸のモル数として表わした<sup>3)</sup>。

注1) Sorensenリン酸緩衝液

0.1Mリン酸ナトリウムと0.1Mリン酸二ナトリウムを1.5:8.5の比で混合する。

注2) 酒石酸鉄試薬

硫酸第一鉄(7水塩)100mgと酒石酸カリウム・ナトリウム500mgを蒸留水100mlに溶かす。

#### 3.3 金属濃度

総イオウ濃度測定用の灰化溶液を用いて、原子吸光光度法により求めた。

なお、全項目とも乾物重量当りの濃度として結果を表した。

### 4 結果および考察

#### 4.1 水溶性イオウ濃度および総イオウに対する水溶性イオウ濃度比

61年度新たに追加した試料のうち、分水町(大河津)、新潟市(鳥屋野)、豊栄市(潟岡)、長岡市(川崎)、川口町(牛ヶ首)で水溶性イオン濃度は1.5mg/g以上であり、県央の都市部で高濃度となることが再確認された。県下121地点の葉中水溶性イオウ濃度の平均値は0.87mg/gであった。

大気中から気孔を通して葉中に侵入したイオウ酸化物は、細胞質に溶けこみイオン状態で気孔周辺の細胞内にとどまる。一方、根から植物体に吸収されたイオウ分は、速やかに組織中に組み込まれ不溶性となる。したがって、イオウ酸化物による大気汚染状況を把握するに当たっては、葉中の総イオウ濃度に対する水溶性イオウの濃度比を求め、評価する必要がある<sup>4)</sup>。図-1に121地点の水溶性イオウ濃度の比を7段階に分けて示した。

水溶性イオウ濃度比が50%を超えている地点は、新潟市、新発田市から長岡市にかけての一帯と、上越市周辺であり、都市部で高率となる傾向が顕著であった。これら高率の地域は、前報<sup>1)</sup>で報告した葉中の水溶性イオウ

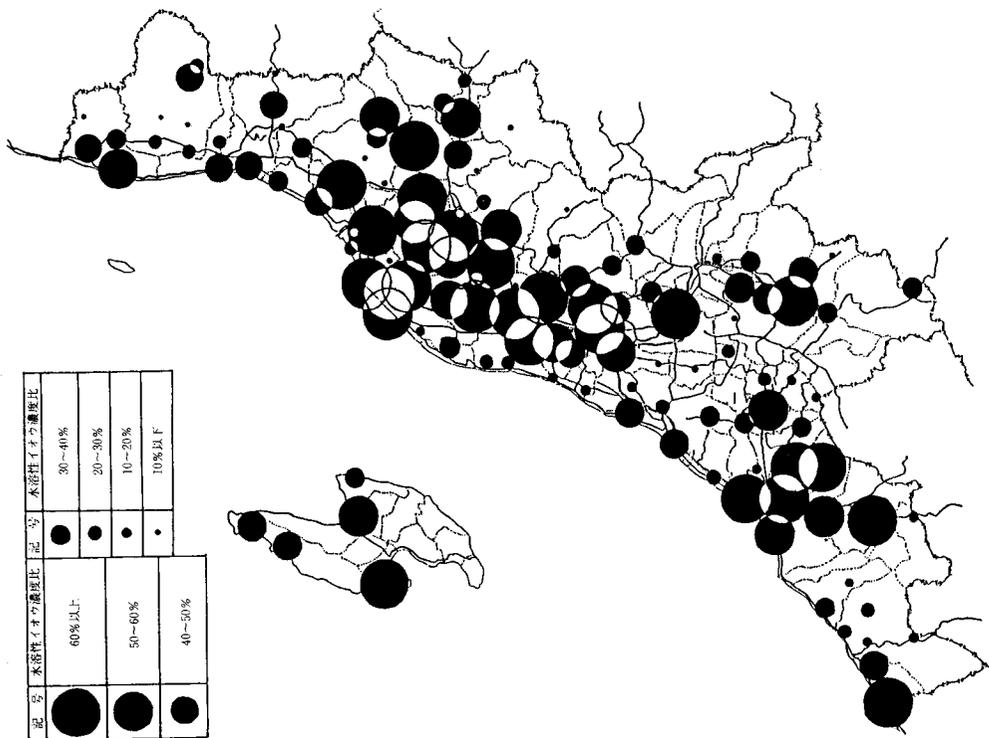
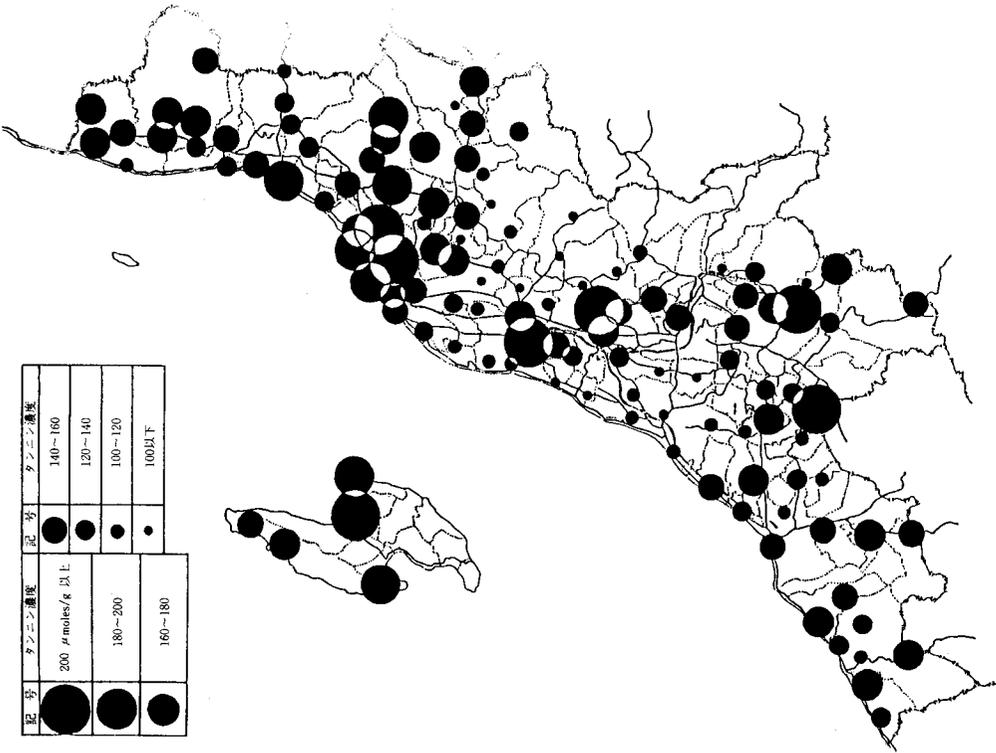


図-2 アカマツ葉中タンニン濃度

図-1 アカマツ葉中水溶性イオウ濃度比

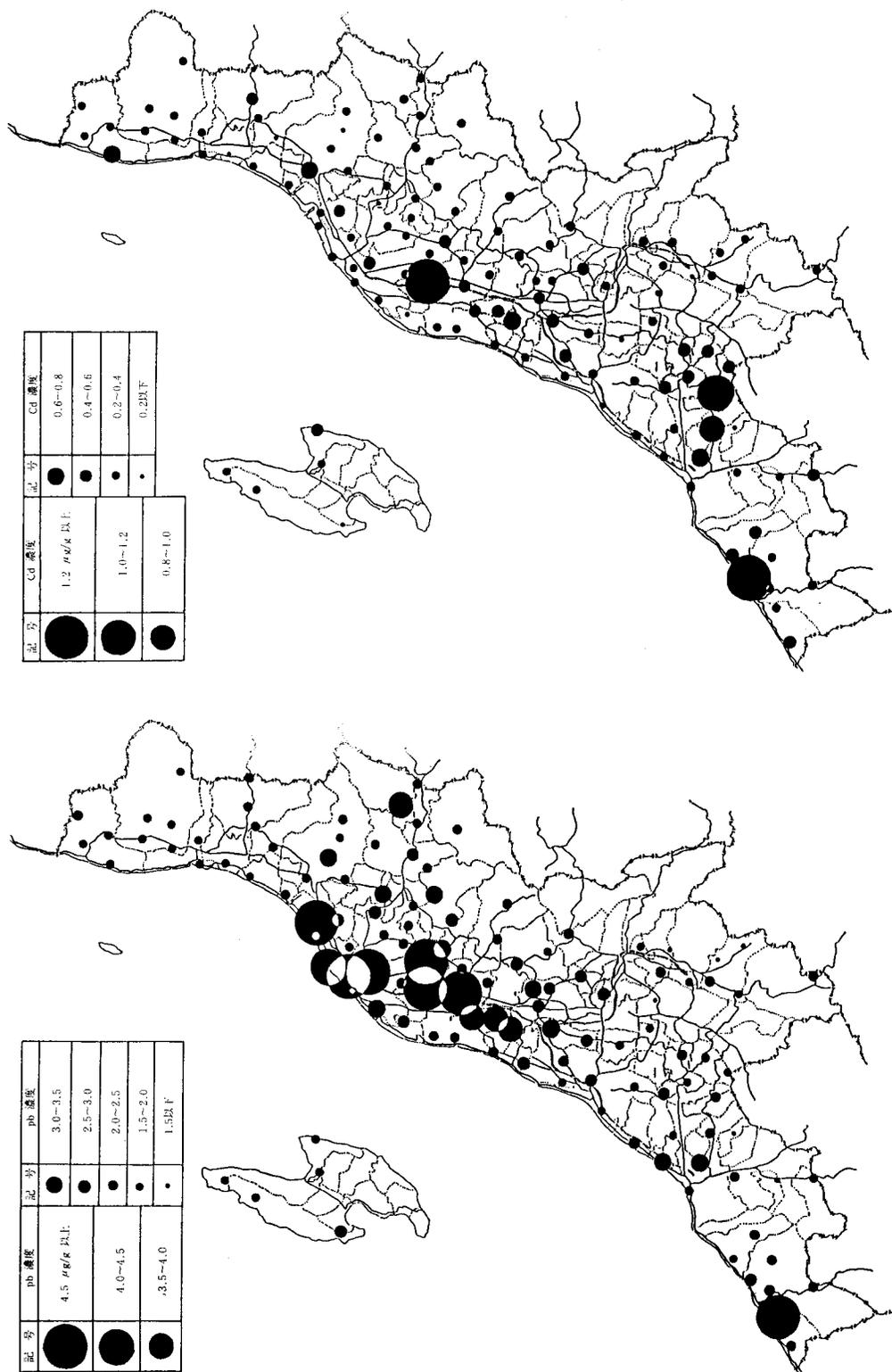


図-3 アカマツ集中Pb濃度

図-4 アカマツ集中Cd濃度

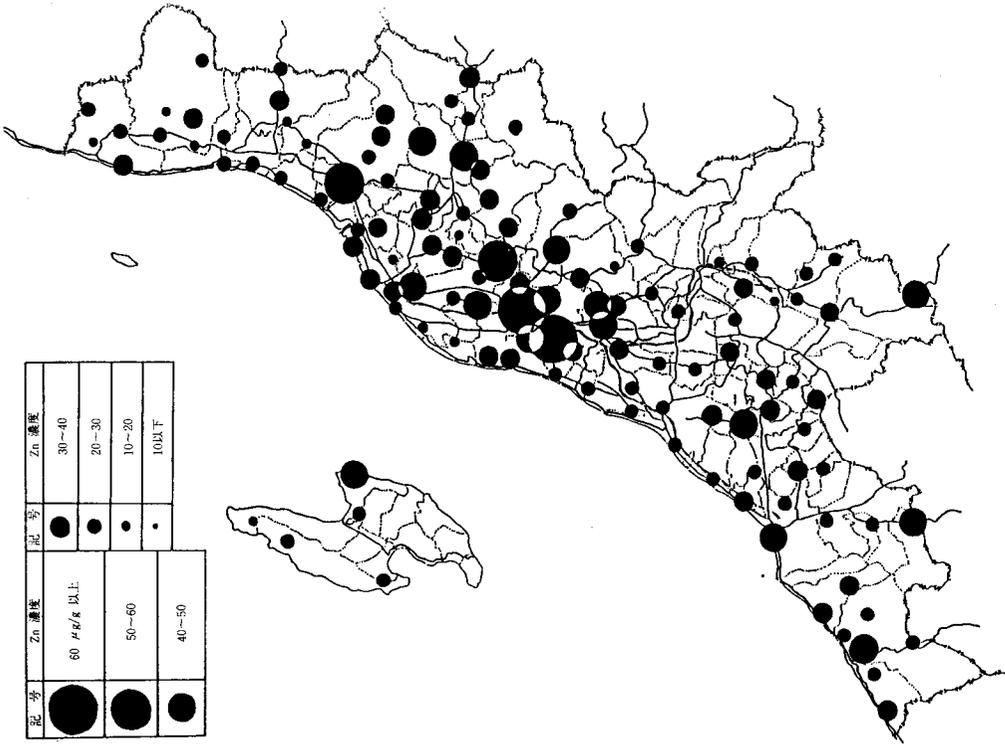


図-6 アカマツ葉中Zn濃度

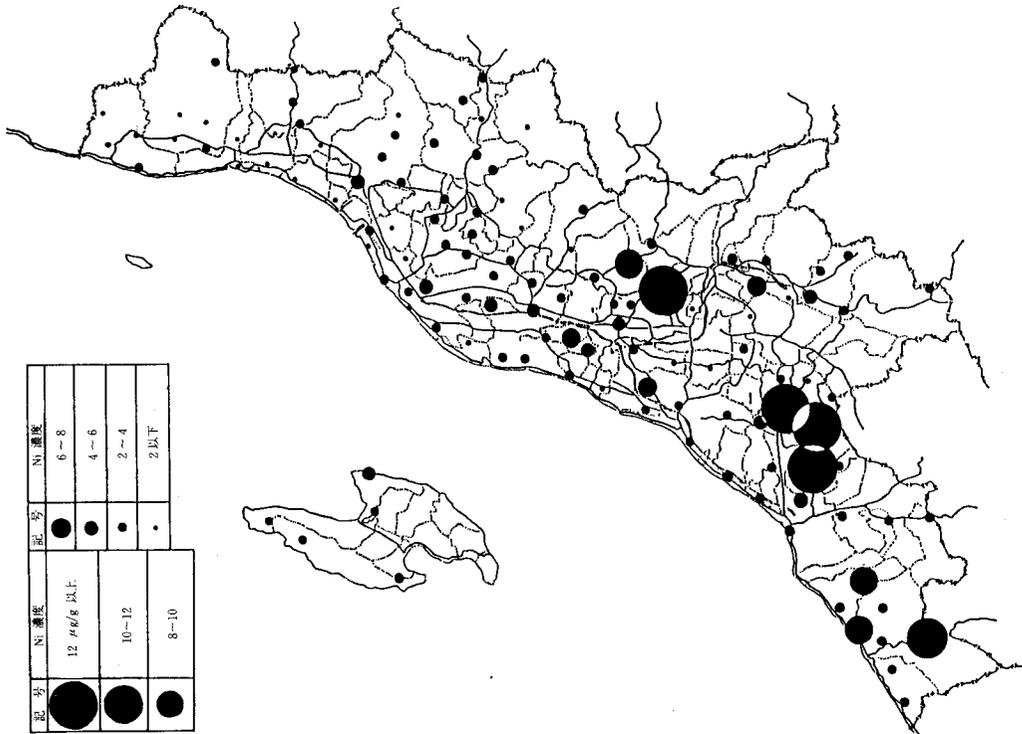


図-5 アカマツ葉中Ni濃度

濃度の高濃度域とほぼ一致した。これは、水溶性イオウ濃度は最高値と最低値の間に400倍以上の差があったが、総イオウ濃度は5倍程度と差は小さいためである。

#### 4.2 タンニン濃度

タンニンは、多数のフェノール水酸基をもつ芳香族化合物であり、その生理的機能は不明な点が多い。しかし、未熟の果実や発芽種子中に多く含まれ、成熟すると減少することから、貯蔵物質としての意義が強いと考えられている。また、スギにおいてイオウ酸化物の暴露により、合成過程中のシキミ酸からフェノール類への生合成が妨げられるため、葉中のタンニン濃度は低下することが報告されている<sup>9)</sup>。そこで葉中のタンニン濃度からアカマツの生育状態や光合成量が把握できるものと考えられ調査した。

新潟県下のアカマツ葉中のタンニン濃度は、平均141  $\mu\text{moles/g}$ 、範囲62-230  $\mu\text{moles/g}$ であった。調査結果は、地域差を見るために100  $\mu\text{moles/g}$ 以上を6段階に分けて図-2に示した。

タンニン濃度は、全般的に中越地域で低く、新潟市から北の下越地域や上越地域では高濃度であり、佐渡も比較的高濃度であった。しかし、葉中のタンニン濃度と水溶性イオウ濃度との間には負の相関関係は認められず、葉中のタンニン濃度には他の要因も加味されているものと推察された。

なお、タンニンは傷口や虫えい部分などに多く含まれることから、植物体の防御因子として働き、大気汚染などのストレスにより植物体中に増加する可能性も指摘でき、光合成量や生育状況把握のための指標としては不適当な物質であることが示唆された。今後は、光合成産物としての糖類などを調査し、アカマツの生育状況の地域差等を求める必要がある。

#### 4.3 金属濃度

葉中の鉛、カドミウム、ニッケル、亜鉛濃度の調査結果を、図-3~6に示した。

鉛濃度は、1.1-6.9 (平均2.4)  $\mu\text{g/g}$ で、121地点中の最高値は栄町(曾根)であった。栄町のほかに高い鉛濃度(4  $\mu\text{g/g}$ 以上)を示した地点は、新潟市内の4地点と燕市周辺、青海町であった。従来、鉛による汚染は自動車排ガスとの関連で調査されて来たが<sup>10)</sup>、今回の調査結果は都市部や金属関連工場の集中する地域で高濃度となる傾向を示した。

カドミウムは、0.09-1.16 (平均0.36)  $\mu\text{g/g}$ で、最高値は糸魚川市(上早川)であった。糸魚川市のほかに比較的高いカドミウム濃度(1.0  $\mu\text{g/g}$ 以上)を示した地点は、牧村(落田)、安塚町(上船倉)、中之口村(羽黒)、中之島村(興野)などであり、上越地域の山間部で特徴的に高濃度となった。

ニッケル濃度は、1.2-24 (平均3.3)  $\mu\text{g/g}$ であり、牧

表-1 アカマツ葉中金属濃度の比較

(単位:  $\mu\text{g/g}$ )

測定項目	本調査		新潟東港背後地 <sup>7)</sup>		神奈川県 <sup>8)</sup>	
	範囲	平均	範囲	平均	範囲	平均
Pb	1.1-6.9	2.4	0.66-15	2.4	1-32	10.3
Cd	0.09-1.61	0.36	0.05-0.64	0.21	0.1-0.5	0.29
Ni	1.2-24	3.3	0.49-2.6	1.2	2-8	3.1
Zn	12-101	30	—	—	23-156	56

村(落田)で最高値を示した。牧村(落田)のほかに10  $\mu\text{g/g}$ 以上のニッケル濃度を示した地点は、糸魚川市(姫川温泉)、安塚町(上船倉)、松代町(蒲生)、山古志村(種苧原)であり、上越地域の山間部や糸魚川地域で高濃度となり、カドミウムと比較的類似する分布を示した。

亜鉛濃度は、12-101 (平均30)  $\mu\text{g/g}$ であり、栄町(曾根)で最高値を示した。栄町のほかに高い亜鉛濃度(50  $\mu\text{g/g}$ 以上)であった地点は、加茂市(上条)、中之島村(興野)、新発田市(島瀨)であり、栄町を中心とする県央地域で高濃度であった。

表-1に、新潟東港背後地24地点<sup>7)</sup>と、神奈川県下22地点<sup>8)</sup>で調査された松葉中金属濃度(抜粋)とを比較して示した。

鉛濃度は、新潟東港背後地調査結果と平均値で同レベルであったが、10  $\mu\text{g/g}$ を超える地点は無かった。しかし、カドミウムやニッケル濃度は、上越地域で高濃度の地点が多く、いずれも平均値は上回った。亜鉛濃度は、神奈川県での調査結果より低値を示した。

フライアッシュ等に含まれる金属類は、付着粉じんとして葉面に付着するが、葉中への侵入はクチクラ層で防御されている。したがって、葉中の金属類のほとんどは根をとうして土壤中から吸収され、大気汚染地域における植物体中の多くの金属類は、土壤汚染を介した二次的な結果として評価される。また、その吸収量も樹種をはじめ、土壤水分の違いや土質、特に金属含有比の違いによっても異なることが報告されており<sup>9)</sup>、葉中の金属濃度から広域的な大気汚染評価を行うことは難しい。

今回の調査結果は、鉛と亜鉛は県央地域の都市部で、カドミウムとニッケルは上越地域の山間部で、それぞれ高濃度となる傾向を示し、興味ある結果であった。

## 5 ま と め

県内に広く生育分布するアカマツを指標として、その葉中の水溶性イオウ、タンニン、金属濃度等の地域分布を調べた。その結果、

ア) 葉中の水溶性イオウ濃度は、上越市周辺と新潟市、新発田市から長岡市にかけての帯で高濃度となること

よる大気汚染の指標として有効と考えられた。

イ) 葉中の総イオウ濃度の地域差は小さいため、総イオウに対する水溶性イオウの濃度比の高い地域は、水溶性イオウ濃度の高い地域であり、葉中の水溶性イオウ濃度の調査で汚染地域の把握は可能であった。

ウ) タンニン濃度は、中越地域で低濃度であったが、水溶性イオウ濃度とは負の相関関係は認められず、タンニン濃度からはアカマツの生育状況等を評価することはできなかった。

エ) 金属濃度のうち、鉛と亜鉛は燕市周辺など県央地域で高濃度であり、カドミウムとニッケルは上越地域の山間部で高濃度となる特徴があった。

以上のように、県内に広く生育するアカマツの葉中成分から大気汚染の広域評価は可能であり、指標成分としては水溶性イオウが有効であった。なお、各地点のアカマツの生育状況等の評価にはタンニン濃度は不適當な成分と考えられ、グルコースなどで求める必要があると考えられた。

#### 参 考 文 献

- 1) 旗本尚樹, 山村良三: 新潟公害研報告, 10, 7 (1988).
- 2) 横堀 誠: 茨城林試研究報告, 13, 32 (1981).
- 3) 福井県: 大気中硫黄酸化物による植物影響調査, p.37 (1979).
- 4) 農林水産技術会議事務局編: 大気汚染による農作物被害の測定法に関する研究, p.23 (1973).
- 5) 神奈川県農業総合研究所: 神奈川県大気汚染調査研究報告, 15, 204 (1973).
- 6) J. Kazimir, B. Clarke, E. Brennan: JAPCA, 32, 957 (1982).
- 7) 新潟県生活環境部: 新潟東港地区および背後地における環境大気中の重金属類等の調査結果, p.147 (1983).
- 8) (社)農林水産技術情報協会: 大気汚染物質による農作物被害に関する研究, p.308 (1978).
- 9) (財)日本公衆衛生協会: 大気汚染の植物影響に係る環境影響評価マニュアル, p.293 (1981).