

## 熱田神宮境内土壌の酸性化と樹木立ち枯れとの関連に関する考察

大同工業大学 正会員 ○堀内将人  
加藤建設(株) 尾関茂喜  
(株)金原 高山治久

**1. はじめに** 近年、世界各地で酸性雨が降り、森林が被害を受けて衰退していることが報告されている。酸性雨によって森林が衰退する原因の一つに土壌の酸性化が挙げられている。日本では土壌の酸性化が森林を衰退させている主な原因として特定された例は少ないが、今後さらに調査を進めることが求められている。

名古屋市では庄内洗堰、農業センター、熱田神宮の土壌の酸性化に関する調査結果を公表している。その資料によると、熱田神宮の土壌が他の2地点の土壌よりも酸性化が進んでいることが示されている。そこで本研究では熱田神宮を調査地点として選定し、土壌を採取、分析することにより土壌酸性化の現状を把握し、樹木立ち枯れとの関連について考察することを目的とした。

**2. 土壌採取地点および採取方法** 1998年の9月24日と1999年1月25日の2回、試料土壌を採取した。採取地点を図1に示す。採取地点は、神宮側から土壌採取の許可を得た地域の中から、できるだけ人為的攪乱の少ない4地点を選んだ。境内の植生はクスノキ等の常緑広葉樹が主である。4地点のうち地点①③④の樹木は健全であったが、地点②では半数近くの樹木に衰退が見られた。土壌は1本の樹幹から約1m離れた数ヶ所から採取した。土壌採取においては、森林床を取り除き深さ5~10cm層の土壌を採取した。

2回目の採取では、1回目の分析結果をふまえて酸性化が進んでいた地点②を中心に土壌の採取を行った。

採取した土壌試料は研究室に持ち帰った後、1回目に採取した試料は60℃48時間で乾燥後2mmのふるいにかけて、2回目に採取した試料はただちに超遠心分離器による間隙水採取を行った。

**3. 分析項目及び分析方法** 土壌の酸性化に関係する以下の項目について分析を行った。

1回目採取土壌：交換性陽イオン濃度、水溶性陽イオン濃度、CEC(陽イオン交換容量)、塩基飽和度(BS)、 $pH(H_2O)$ 、 $pH(KCl)$

2回目採取土壌：間隙水pH、間隙水中陽イオン濃度、間隙水中陰イオン濃度

陽イオンとしての測定項目は $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $NH_4^+$ の7項目、陰イオンとしての測定項目は $NO_3^-$ 、 $SO_4^{2-}$ の2項目である。陽・陰イオン濃度はICP発光分析器(島津製作所：ICP-1000T)およびイオンクロマト分析器(YOKOGAWA IC-7000)により定量した。間隙水の採取は超遠心分離器(佐久間製作所：50A-IVD)を用い、10000rpm、30分の遠心分離操作により得た。

**4. 分析結果及び考察** 土壌は酸の付加に対して緩衝作用を示す。またその緩衝機構は土壌のpHによって表1に示すように異なる。表1から、土壌の酸性化が進行に伴いCa等の塩基性陽イオンが溶脱し、Alの溶出が始まることがわかる。この緩衝機構を基に分析結果の考察を行う。

(1) 試料土壌の化学特性 9月24日に採取した土壌の分析結果を表2に示す。①~④は調査地点番号を示す。 $pH(H_2O)$ —樹木の立ち枯れが見られる地点②が他の地点よりも数値が低く、土壌が強く酸性化していることがわかる。地点①も比較的低い数値を示している。③、④についてはいずれも6前後の高い数値を示した。

塩基飽和度—陽イオン交換容量に対する塩基性陽イオン濃度の比として定義される塩基飽和度も、低いほど酸性化が進行している

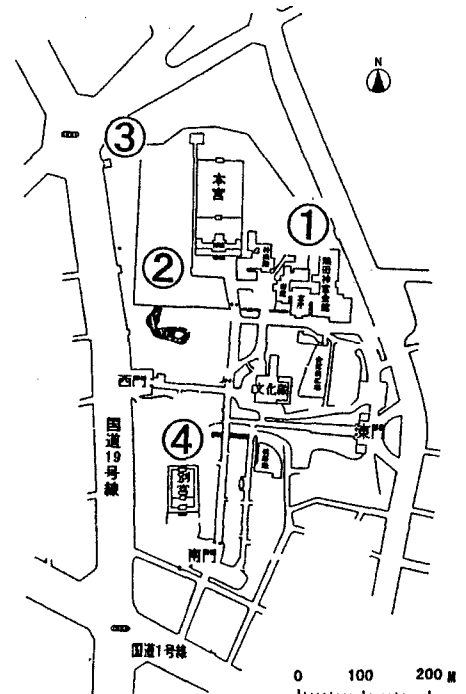


図1 熱田神宮サンプル採取地点地図

表1 土壌の酸緩衝機構<sup>(1)</sup>

|                           |
|---------------------------|
| (1) カルシウム炭酸塩緩衝領域(pH8-6.2) |
| (2) ケイ酸塩緩衝領域(pH6.2-5.0)   |
| (3) 陽イオン交換緩衝領域(pH5.0-4.2) |
| (4) アルミニウム緩衝領域(pH4.2-2.8) |
| (5) 鉄緩衝領域(pH3.8-2.4)      |

表2 土壌の化学特性

pH塩基飽和度以外cmol(+)/kg

|     | 交換性陽イオン濃度            |         |       |      |      |      |      |       |      |          |
|-----|----------------------|---------|-------|------|------|------|------|-------|------|----------|
|     | pH(H <sub>2</sub> O) | pH(KCl) | CEC   | Na   | Mg   | Al   | K    | Ca    | Fe   | 塩基飽和度(%) |
| 地点① | 5.3                  | 3.8     | 15.82 | 0.10 | 0.57 | 0.03 | 0.23 | 4.05  | 0.03 | 31.64    |
|     | 4.5                  | 3.5     | 25.94 | 0.13 | 0.53 | 0.10 | 0.25 | 3.07  | 0.03 | 15.86    |
|     | 5.1                  | 3.8     | 5.58  | 0.12 | 0.28 | -    | 0.54 | 0.96  | -    | 33.70    |
|     | 4.9                  | 3.9     | 25.12 | 0.12 | 1.11 | -    | 0.57 | 7.36  | -    | 36.36    |
| 地点② | 4.3                  | 3.3     | 23.66 | 0.12 | 0.19 | -    | 0.33 | 0.85  | -    | 6.20     |
|     | 4.3                  | 4.1     | 38.76 | 0.12 | 0.40 | 0.05 | 0.30 | 2.63  | 0.02 | 9.05     |
|     | 4.8                  | 3.3     | 22.63 | 0.07 | 0.27 | -    | 4.04 | 1.67  | 0.01 | 26.83    |
|     | 4.5                  | 3.3     | 43.48 | 0.12 | 0.28 | -    | 0.79 | 1.30  | 0.05 | 5.78     |
| 地点③ | 5.2                  | 3.5     | 20.54 | 0.16 | 0.85 | 0.01 | 0.59 | 7.27  | 0.01 | 43.32    |
|     | 6.3                  | 5.6     | 38.41 | 0.19 | 2.55 | 0.10 | 0.54 | 18.45 | 0.01 | 56.88    |
|     | 5.6                  | 5.1     | 32.85 | 0.11 | 1.79 | 0.17 | 0.40 | 19.99 | 0.05 | 68.51    |
| 地点④ | 6.4                  | 5.4     | 39.61 | 0.08 | 0.88 | 0.01 | 0.45 | 13.28 | -    | 37.09    |
|     | 6.8                  | 5.8     | 19.32 | 0.06 | 0.71 | 0.05 | 0.53 | 12.13 | -    | 69.78    |
|     | 6                    | 5.6     | 33.03 | 0.08 | 0.98 | 0.05 | 1.05 | 13.35 | -    | 46.96    |

CEC:陽イオン交換容量

ことを示す。今回の調査でも pH(H<sub>2</sub>O)と同じ傾向を示した。地点②は多くが10%以下という極めて低い値を示している。

交換性Al濃度—地点②ではpH(H<sub>2</sub>O)が非常に低いにも関わらず交換性Al濃度は低い。植物に害をもたらすAlの溶出は起こりにくい土壌であることがわかる。同じく酸性化した六甲山系の土壌における同様の分析結果<sup>(2)</sup>との比較を図2に示す。

(2) 間隙水水質 分析結果を表3に一覧する。

間隙水pHは、土壌pHと同じく地点②の土壌に低い数値がみられる。中でも枯損木周辺の土のpHが低い。また、間隙水中の栄養塩濃度も、地点②の土壌が他の土壌よりもはるかに低いことがわかる。このことから、地点②の土壌は植物に対して好ましくない環境であることは明らかである。しかし、K、Ca、Mg

等の間隙水中栄養塩濃度を、樹木立ち枯れが顕著で土壌の酸性化も激しい他の地域（六甲山系および埼玉県鷲宮神社<sup>(3)</sup>）と比較すると、およそ、数倍～十数倍も熱田神宮の土壌の方が濃度が高い。陰イオンに関しては、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>濃度に比べてNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度が非常に高いことが特徴的である。今回の概要では間隙水中のAl濃度が未定量なため十分な議論

はできないが、酸性化の著しい地点②の土壌でも、樹木に甚大な影響を与えるほどには酸性化は進んでいない、と言える。ただし、樹木衰退の程度は六甲山系や鷲宮神社に見られるような完全枯損木はほとんどなく、樹冠頂部には葉を残している樹木が多かった。このことが土壌の酸性化の進行程度と対応しているとすれば、さらに土壌の酸性化が進行することにより、完全な枯損木にまで衰退する可能性がある。早急に土壌の酸性化と樹木衰退との関連を明らかにし、必要ならば対策を立てる必要がある。

5. おわりに 熱田神宮の4地点において土壌酸性化に関する調査を行った。その結果、土壌酸性化の程度は地点によって大きく異なり、樹木衰退の生じている地点ほど土壌の酸性化が顕著であった。このことは樹木の衰退が大気汚染や水ストレスではなく、土壌の酸性化による可能性を示唆するものである。今後は、樹木衰退と土壌酸性化との関連についてさらに詳しく検討するとともに、地点②の土壌だけがなぜ酸性化したのかについて検討を行っていく予定である。

参考文献 (1) B.Ulrich:Soil Acidity and Its Relation to Acid Deposition. Pp127-146, 1983

(2) 青山 亮：京都大学工学部衛生工学科卒業論文、1998

(3) 井上 頼輝：酸性雨のわが国森林への影響に関する調査研究、緑と水の森林基金、1995

謝辞 土壌採取においてご協力頂いた熱田神宮の皆様に深謝の意を表します。

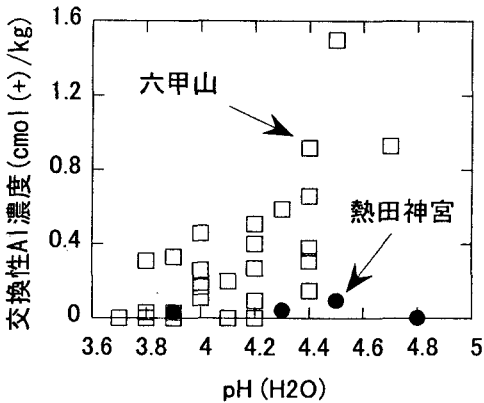


図2 pH(H<sub>2</sub>O)と交換性Al濃度との関係 (熱田神宮と六甲山との比較)

表3 間隙水水質分析結果

(mg/L)

|                 | ①-1<br>健全木 | ①-2<br>健全木 | ②-1<br>枯損木 | ②-2<br>枯損木 | ②-3<br>健全木 | ②-4<br>健全木 | ②-5<br>枯損木 | ③-1<br>健全木 |
|-----------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| pH              | 5.3        | 5.0        | 5.4        | 4.8        | 5.6        | 4.5        | 5.2        | 6.3        |
| NO <sub>3</sub> | 559        | 524        | 137        | 136        | 74.2       | 96.6       | 108        | 697        |
| SO <sub>4</sub> | 30.8       | 36.3       | 22.5       | 16.2       | 12.6       | 10.3       | 9.02       | 68.4       |
| Na              | -          | 8.70       | 11.8       | 12.8       | 12.1       | 6.03       | 12.3       | 10.1       |
| NH <sub>4</sub> | -          | 0.53       | 0.56       | 0.79       | 0.96       | 0.47       | 0.46       | 0.60       |
| K               | 81.9       | 32.7       | 10.7       | 23.3       | 19.5       | 7.73       | 7.67       | 21.6       |
| Ca              | 608        | 103        | 40.9       | 34.0       | 16.3       | 28.1       | 3.82       | 183        |
| Mg              | 95.9       | 20.7       | 8.93       | 6.21       | 3.41       | 3.21       | 26.4       | 23.0       |