

金華山の樹木立ち枯れ地域における土壤酸性化の現状と対策に関する検討

大同工業大学大学院 学生会員 阪根 一輝
 大同工業大学 正会員 堀内 将人

1. はじめに 1-1 目的 当研究室では3年前より、環境省の酸性雨調査対象地⁽¹⁾の一つである岐阜県伊自良湖周辺土壤の酸性化と樹木の立ち枯れとの関連について調査分析を行っている。さらに昨年度より金華山を調査対象に加えた⁽²⁾。本研究では金華山における土壤調査を継続するとともに、緩衝曲線法を踏まえた効果的な中和石灰処理(ライミング)に関する検討を行った。1-2 金華山の概要 金華山は標高328.9mで、岐阜市内を貫流する長良川の南岸に位置する。植生は約60%が椎型の常緑広葉樹で、20ヘクタールは国有林として管理されている。ツブラジイが多く、樹齢100年以上の樹木も見られる。母岩は伊自良湖周辺と同様にチャートで構成されており、表層土壤は非常に薄い。平成12年あたりから樹木の立ち枯れが目立ちはじめ、市民やマスコミ等から金華山の景観や将来を危惧する声が強くなっている。



図1 金華山周辺サンプル採取

2. 土壤採取地点及び採取方法 予備調査を参考に2002年9月18日(水)南斜面の七曲登山道周辺を調査地域として、金華山土壤の採取を行った。衰退度の高い樹木を中心に、健全な樹木も加えた6地点で土壤サンプリングを実施した。採取地点を図1に示す。土壤は対象とした地点の0層(0~5cm)およびA層(10~15cm)より採取した。樹木の幹から水平方向で50cmないし1m離れた3点の土壤を深さごとに混合して一つの試料土壤とした。

3. 分析項目および分析方法 分析項目は、pH(H₂O、KCl)、間隙水pH、交換性陽イオン、間隙水陽イオン、間隙水陰イオン、水溶性陽イオン、水溶性陰イオン、CEC(陽イオン交換容量)、塩基飽和度である。分析イオンは、陽イオン(NH₄⁺、K⁺、Na⁺、Ca²⁺、Mg²⁺、Al³⁺、Fe³⁺)の7項目、陰イオン(NO₃⁻、SO₄²⁻)の2項目である。陽・陰イオン濃度は、Al³⁺を除き原子吸光分析器(Shimadzu、AA-6200)およびイオンクロマト分析器(YOKOGAWA、IC-700)により定量した。Al³⁺については京都大学原子炉実験所所有のICP質量分析器(YOKOGAWA、HP-4500)により定量した。

4. 分析結果及び考察 土壤の化学的特性を表1に示す。表中の樹木衰退度はドイツでの分類に習い、値が大きいほど衰退が激しく完全枯損を4としている。pH表1より昨年の調査⁽²⁾と同様、今年度も多くの地点で間隙水pH、pH(H₂O)ともに4以下の強い酸性を示した。いずれの土壤pHも下層に比べて上層の方が低く、強く酸性化されていることがわかる。完全枯損木が集中していた地点が、最も低い土壤pHを示した。土壤pHと衰退度との関連については、六甲山

表1 土壤の化学的特性 上下の深さは[(0~5)or(10~15)[cm]]

採取地点 地域番号	間隙水 pH	pH (H ₂ O)	樹木 衰退度	pH (KCl)	交換性陽イオン濃度 mmol(+)/kg								CEC	塩基飽和度			詳細情報
					Ca	Fe	K	Mg	Na	Al	(Ca+Mg) /Al	(Ca+Mg+K) /Al					
金華山	①上	4.0	4.0	0	3.3	46.1	0.5	3.0	5.9	1.1	3.3	387	14.5	15.80	16.70	頂上	
	①下	抽出不可	4.0	0	3.4	11.4	0.4	1.2	2.1	1.0	4.1	261	6.0	3.32	3.62		
	②上	3.7	3.6	2~3	3.0	27.1	1.5	3.0	6.8	1.5	4.0	344	11.2	8.42	9.16	周り健全	
	②下	抽出不可	3.9	2~3	3.3	4.2	0.8	1.3	2.4	1.2	6.4	225	4.0	1.02	1.23		
	③上	3.5	3.4	4	2.9	40.8	1.3	2.4	5.4	1.2	9.9	385	12.9	4.65	4.89	集中	
	③下	抽出不可	3.7	4	3.2	0.9	0.9	1.2	1.5	0.8	17.3	306	1.5	0.14	0.21		
	④上	3.6	3.5	1	3.0	11.1	1.5	3.0	5.0	1.1	14.7	370	5.4	1.09	1.30	3の木もあり	
	④下	4.1	4.0	1	3.5	0.3	1.0	2.0	1.8	0.8	23.1	306	1.6	0.09	0.17		
	⑤上	3.6	3.7	4	3.2	22.6	0.4	1.9	5.1	0.5	6.3	325	9.2	4.40	4.70	周りは3	
	⑤下	3.9	4.1	4	3.7	40.4	0.1	2.9	3.9	0.4	6.1	140	33.9	7.29	7.76		
	⑥上	5.2	4.7	0	4.0	0.3	0.3	2.4	1.1	0.4	10.1	193	2.2	0.14	0.38	盛り土かも	
	⑥下	抽出不可	5.1	0	4.0	28.3	0.1	4.1	2.8	0.4	8.7	180	19.7	3.56	4.02		

系や伊自良湖周辺でも同様の相関を得ている⁽³⁾。交換性陽イオン交換性Mg、Ca濃度は有機分の多い上層で高く、下層の土の中では地点

の濃度が低い。植物に対して毒性を示すAl³⁺濃度は平均9.5mmol(+)/kgであった。樹木に対して毒性を示す指標⁽⁴⁾として(Ca+Mg)/Al < 1がある。地点 における(Ca+Mg)/Al値は下層土で1以下を示した。樹木は水や養分を主としてA層から取り込むため、この結果は重要である。Kを加えた(Ca+Mg+K)/Alでは地点 の下層土で1を超える値になる。

キーワード 樹木衰退、土壤酸性化、ライミング、アルミニウム毒性
 連絡先 大同工業大学 土木工学専攻建設工学科 阪根一輝

5. ライミング(緩衝曲線法)による土壌中和に関する実験的検討 5-1 実験方法 内径2.6cmのガラスカラムに模擬酸性雨(pH4.6)を入れ、下層土壌10gと上層土壌3gを充填する。その上に石灰(CaCO₃)0.4gと栄養塩として(MgSO₄)1.0gと(KCl)0.3gを実験土壌に添加した。土壌の中和に必要な石灰量は、緩衝曲線法⁽⁵⁾により求めた。模擬酸性雨を所定の降雨強度(10ml/hまたは30ml/h)で滴下し、カラム流出液を15ml毎に分取して、pHと陽イオン濃度を測定した。100mlは降雨量に換算すると190mmに相当する。

5-2 考察及び結果 流出液pHの変化を図2、3に示す。10ml/hと30ml/hの2種類の降雨強度で実験を実施し、石灰による中和反応を速度論的に検討した。図2からいずれの降雨強度、土壌でも累積流量が20ml~40mlの間で流出液pHが急激に上昇している。伊自良湖周辺土壌と比較すると、ライミングによるpHの上昇は、金華山土壌の方がはるかに速やかであった。その原因については現在検討中である。

6. これまでの調査結果との比較 pH(H₂O)と交換性Al濃度との関係(図4)について考察する。過去の六甲山系⁽³⁾と伊自良湖周辺⁽²⁾の調査では、土壌pHが4.3あたりで交換性Al濃度が最も高い。金華山ではpH4.0あたりで交換性Al濃度が最も高くなり、しかもその絶対値は六甲山系や伊自良湖などよりはるかに高い。特に昨年度の金華山調査⁽²⁾において非常に高いAl濃度を検出した。昨年度と今年度は調査斜面が異なるため、地質等の違いが影響しているのではないかと推測される。このことから六甲山系や伊自良湖周辺に比べて、金華山の土壌は酸性化に伴うAlの溶出による、樹木への影響がより大きいと言える。交換性Alと交換性Caとの関係(図5)を見ると、伊自良湖と金華山については負の相関があることがわかる。このことはCa²⁺とAl³⁺との交換反応あるいは、H⁺が介在した交換反応を指摘することができる。一方、六甲山系ではAl濃度が増加するとCa濃度も増加しており、Ca²⁺以外のイオンとAl³⁺との交換反応が生じている可能性が指摘できる。

7. おわりに 本研究で得られた結果及び結論を以下に要約する。

- (1) 金華山は伊自良湖周辺よりも土壌のpHが低く、酸性化は進んでいるが、ライミングによる中和が有効に機能する土壌である。
- (2) 降雨強度が弱いほうが中和しやすく、中和による到達pHも高くなった。ライミングに関しては、現地実験または不攪乱試料を用いたより現実的な実験を実施し、効果を調べる必要がある。
- (3) 今回の調査結果をAl濃度の観点から見ると、これまでの調査地点より高い値を示しており、Alによる植物への毒性は非常に高いといえる。
- (4) 樹木の衰退度と土壌酸性化との間に、明確な関連性を指摘することはできなかった。ただし樹木の衰退度とpH(H₂O)には相関性があると思われる。

今後さらに調査エリアを拡大し分析を継続することが必要である。

参考文献 (1) 環境庁 酸性雨対策検討会：第3次酸性雨対策調査とりまとめ、1999.3 (2) 卒業研究概要集：大同工業大学建設工学科土木工学専攻2002.3 (3) 環境衛生工学研究：第15巻第3号(2001) (4) Verdrup, H. and W. De Vries, Water, Air, Soil Pollut, 72, 143-162, 1994 (5) 土壌標準分析・測定法：博友社1987.1

謝辞 本研究の分析において協力していただいた京都大学原子炉実験所の福谷哲助手、大同工業大学の下島榮一教授、大同工業大学修士2回生の浅井晴美氏、金華山のデータを提供して頂いた岐阜森林管理署の岩塚伸人管理官に深謝の意を表します。

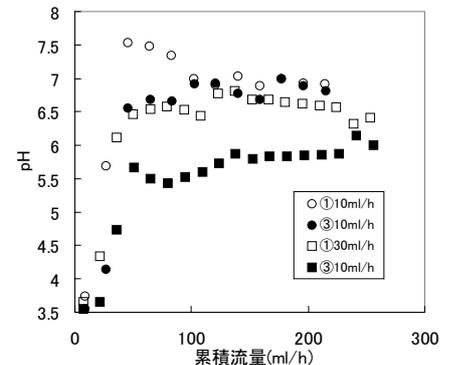


図2 金華山の降雨強度によるpH変化

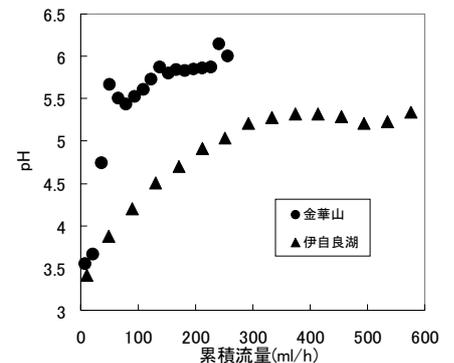


図3 ライミングによるpHの変化

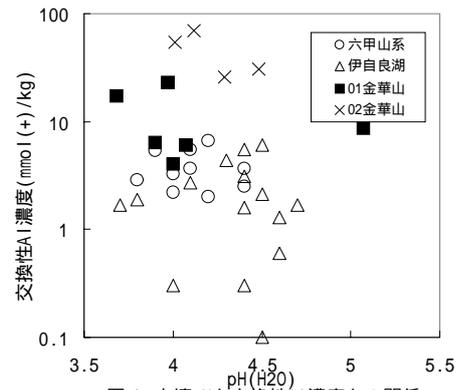


図4 土壌pHと交換性Al濃度との関係

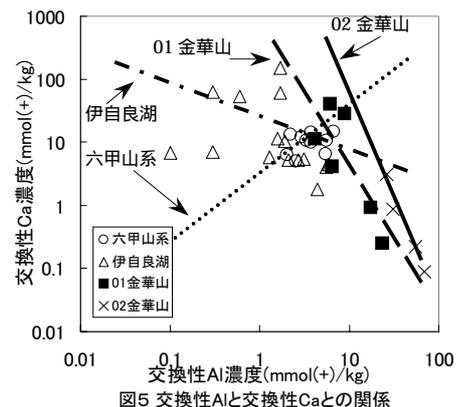


図5 交換性Alと交換性Caとの関係