

樹葉の枯死・腐植に伴う化学成分組成の動態評価に関する考察

防衛大学校本科 学生員 ○末安 竜士
防衛大学校理工学研究科 学生員 宮崎 徳明
防衛大学校 正会員 山口 晴幸

1. はじめに

土壌学では、周知のように、土層は深さ方向に物理的・化学的・生物学的性質の異なる層に分化した状態にあり、それらの層はA層、B層、C層と称し区分している。A層は地表面に近接して堆積し、気候・動植物・微生物等の作用を最も受ける層で、無数の植物根や活発な微生物活動が認められる。B層はA層の下部に位置し、多少植物根が認められる層で、A層から移動してきた粘土・有機物・鉄・炭酸塩類等が集積していることもある。C層は土層の母材となる層で、岩石の風化作用で生成された土粒子鉱物が主体で、植物根は認められない。このような土層の科学的成因に立脚すれば、土層を構成する土の水質浄化機能、汚染物質への緩衝作用、地下水・土中水への化学成分供給能力などに関する土の環境化学的物性を解明するためには、土壌養分の主要な供給源となる樹葉の枯死・腐植に伴う化学成分組成の動態について評価することが重要となる。

2. 研究目的

本報告では、土層の最上部を形成するA層に供給される主要な養分源の化学成分組成の動態を評価することを主目的とし、樹林の樹葉(生葉、落葉、枯葉等)が地表面に落ち腐植分解過程を経て最終的には土中有機物に変質する化学的メカニズム解明に役立てるための基本的な考察を試みる。即ち植物体が生物作用を受けて腐植物質に変質する過程で、有機物の主要化学成分組成にどのような変容が生じ、またその変容が土や土中水の化学成分組成にどのように関与しているのかを解明していくことを目的としている。

3. 樹葉サンプルと分析実験

横須賀市郊外に所在する当校内の緑林場を調査フィールドとした。緑林場内で樹枝上に生育している生葉、生葉が地表面に落下した枯葉(微生物等の腐植分解作用を受けていない状態のもの)、その枯葉が地表面上である程度堆積し腐植分解途上にある腐葉土の3態の樹葉サンプル(いずれも広葉・照葉樹)を採取した(表1、写真1、写真2)。生葉は緑林場内に繁茂する主要な5種類の樹木を対象に、樹種ごとに採取した。枯葉と腐葉土は数種類の樹種が混在した状態のものをサンプルとした。なお腐葉土は冬～夏季期間で、採取時季を4度(2、3、4、7月)に変えている。分析実験では生葉から枯死・腐植分解に伴う樹葉の生体的変態の基本的なメカニズムを化学的に考察するために、蛍光X線回折分析法によって3態の各樹葉の含有元素・酸化物成分組成の評価を試みた。また腐葉土については地盤工学会の土質試験法に準拠して溶出試験を実施し、抽出溶出液を用い、腐植分解に伴う主要陰・陽イオン成分の溶出性についてイオンクロマト分析法で評価している。さらに樹葉の基本的な化学物性の動態を把握するために、含水比、強熱減量、水素イオン指数、電気伝導率等の一連の化学実験を実施している。

キーワード 樹葉, 腐植分解, 化学成分組成, 溶出イオン成分, 蛍光X線回折分析法, イオンクロマト分析法

連絡先 〒239-868 神奈川県横須賀市走水1-10-20 防衛大学校 TEL 046-841-3810 E-mail: yamaguch@nda.ac.jp

表1 樹葉のサンプル状況

樹葉動態	樹葉状況	採取状況	採取時期
生葉	生葉(5種類)	樹枝上	春季
枯葉	落葉(種類混在)	地表面上	春季
腐葉土	腐植途上葉(種類混在)	地表面直下(深さ: 0~10cm 範囲)	冬~夏季



写真1 樹葉の枯死・腐植分解状況



写真2 腐葉土の状況

4. 実験結果と考察

(1) 樹葉の元素成分組成の動態

樹木の「生葉」・「枯葉」・「腐葉土」での主要含有元素成分を蛍光X線回折分析法で求め、枯死・腐植化に伴う樹葉の元素成分組成の動態について考察する。各種・態での樹葉の平均値は10サンプル程度の分析結果から求めている。

まず図1には、生葉を用いて樹種(A~Bの5種類)間での元素成分組成の差異を示している。ここでは図1(a)に示すCとO以外のその他の詳細は、再度、その他の元素成分の総量を100%として各成分元素を算定し図1(b)にまとめている。樹葉は光合成で生成される炭水化物(C,H,O)が主成分の有機物であることから、成分元素の大半は炭素(C)と酸素(O)が占め(本装置では元素番号5より小さいH等の測定不能)、Si、Ca、Al、Fe、Mg、Na、K、F、Mn、P、S、Sr、Cl、Pdの14元素が少量・微量検出される。いずれの樹種の生葉に

においても、CとOの両含有量は90~95%を占め、その他の元素成分は5~10%となっている。その他の元素成分では、樹種によって成分元素の含有量に多少差異が認められる。特に、

Si、Ca、Al、Kの含有量に差異が大きく、この少量・微量元素成分の中では、生葉BではAlが高く、生葉CではKが高くSiが低い、生葉DではCaが高くSiが低い、生葉EではSiが高くKが低い傾向が窺われる。しかしその他の元素成分の総量は5~10%程度なので、樹葉の全元素成分組成から判断すると、その他の元素成分間における含有量の差異は、樹種間でそれほど大きいものとは思われない。なお図2は生葉Aを例に、同一樹種の生葉(10枚)での分析結果のばらつきを示している。Si、Ca、K、Fでは、他の成分元素に比較して多少ばらつきも認められるが、同一樹種では葉間ではばらつきの低いことが分かる。このような結果は、以降で示す枯葉や腐葉土でも同様の傾向にあった。

そこで、この生葉が枯死し腐植分解する過程で、樹葉の元素成分組成がどの程度変質するかをみたのが、それぞれ図3と図4に提示する枯葉と腐植土の結果である。前述したように枯葉は枯死しているが腐植分解作用を受けておらず、色調は茶褐色化しているが生葉と形状はほとんど同様な状態のものである。腐葉土は地表面で堆積した枯葉が部分的に腐植分解途上にあり、形状は破損され色調は黒色化したものである。両図において、枯葉は8

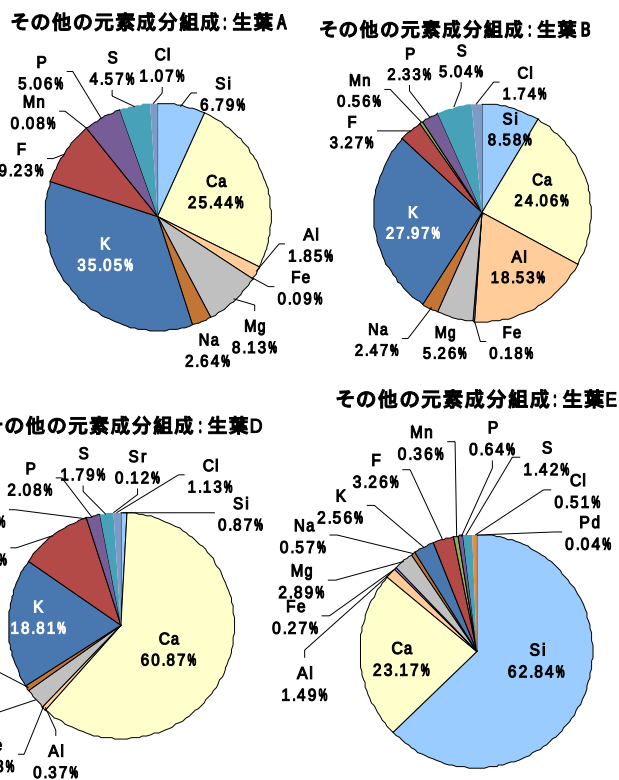
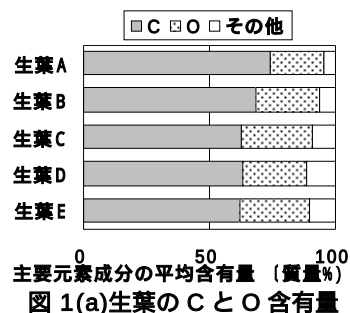


図1(b)各生葉でのその他の元素成分の含有率

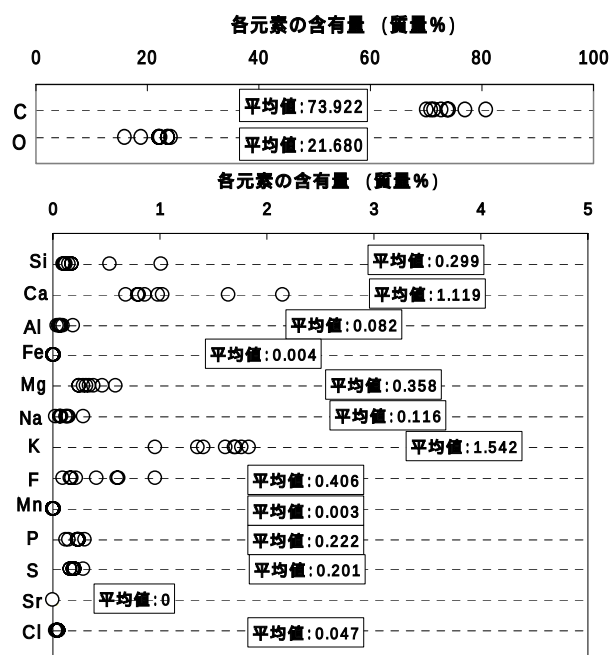


図2 生葉Aでの分析結果のばらつき例

サンプル、腐葉土は 11 サンプルの分析結果を並記していおり、いずれも樹種ごとに区分できず、1 サンプルに数種類の樹葉が混在した結果である。まず図 3 に示す枯葉に着目する。C と O の両含有量は 85～94%を占め、その他の元素成分量は 6～14%で、各元素割合の含有元素成分組成に関しても図 1 で示した生葉の結果とほとんど差異のないことが分かる。これは、樹葉が枯死し枯葉に変態しても、微生物等による腐植分解作用を受けなければ、生葉の元素成分組成がほとんど保持されていることを示唆するものと推察される。これに対して、図 4 に示す腐葉土の結果をみると、C と O の両含有量は 63～83%、その他の元素成分量は 19～32%と、前者は低下、後者は増加する傾向が認められる。

そこで、上述した生葉の結果も加味し、3 態の元素成分組成の平均値を求め比較したのが図 5 である。図 5(a)から明らかなように、生葉と枯葉では、C 含有量の平均値はそれぞれ 66%と 66%、O は 26%と 25%で、ほとんど同値であった。しかし腐葉土の場合には、C 含有量は 40%と 16%低下、O は 35%と 10%程増加している。またその他の元素成分でも、生葉と枯葉ではそれぞれ含有量が 8%と 9%であるのに対し、腐葉土の場合には 25%と 15%程増加している。このような樹葉の元素成分組成の動態から判断すると、樹葉が枯死し腐植分解が進行する過程では、光合成による炭酸同化作用が停止するため、樹葉の C 含有量は低下し、相対的に O 含有量は増加する。少量・微量元素成分の全含有量も相対的には増加するが、図 5(b)に示すように、特に、Si、Ca、Al、K の含有量に関する変容が大きい。この理由については、今は言及することは難しいが、元素成分の種類によって、腐植分解による溶出性の高い元素成分や、結合・吸着性に富んだ元素成分などがあるものと推察され、植物生命科学や土壌栄養学的考察が必要と考えられる。

(2) 腐葉土からの主要陰・陽イオン成分の溶出性

地表面に堆積した樹葉は細菌・微生物作用によって腐植分解する過程で、化学成分を溶出し土中に供給する。樹葉は土への重要な化学成分供給源でもあり、腐植・分解が進展すると、最終的には生物の分解作用にも安定な腐植酸、フルボ酸、ヒューミンなどの土壌有機物に転化する。

ここでは腐植分解途上にある腐葉土からの主要化学成分の溶出性について、イオンクロマト分析結果を提示する。図 6 に示すように、陽イオンは Na、NH₄、K、Mg、Ca の 5 成分、陰イオンは H₂PO₄、Cl、NO₂、NO₃、SO₄ の 5 成分である。腐葉土のサンプル間で各陰・陽イオン成分の溶出性に関しては、特に、陰イオン成分においてはかなりばらつきが認められる。各イオン成分の溶出状況を見ると、陽イオンの場合には Ca イオン、陰イオ

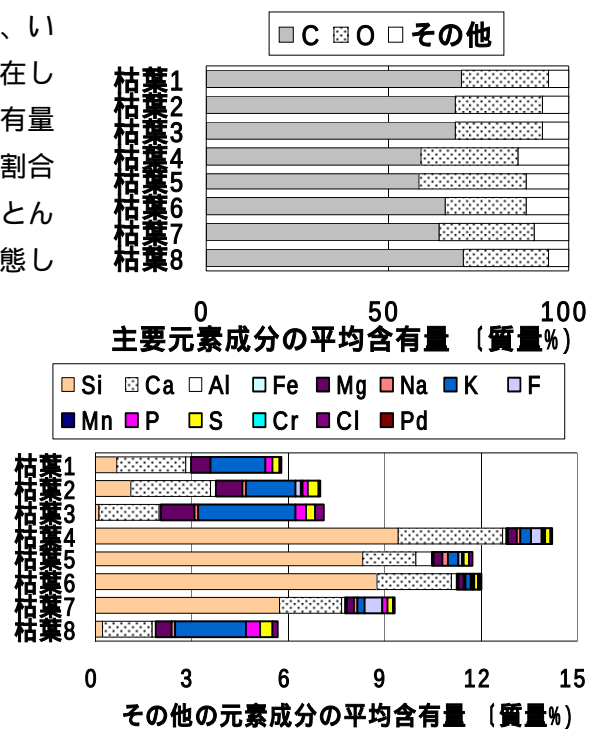


図 3 枯葉の含有元素成分組成

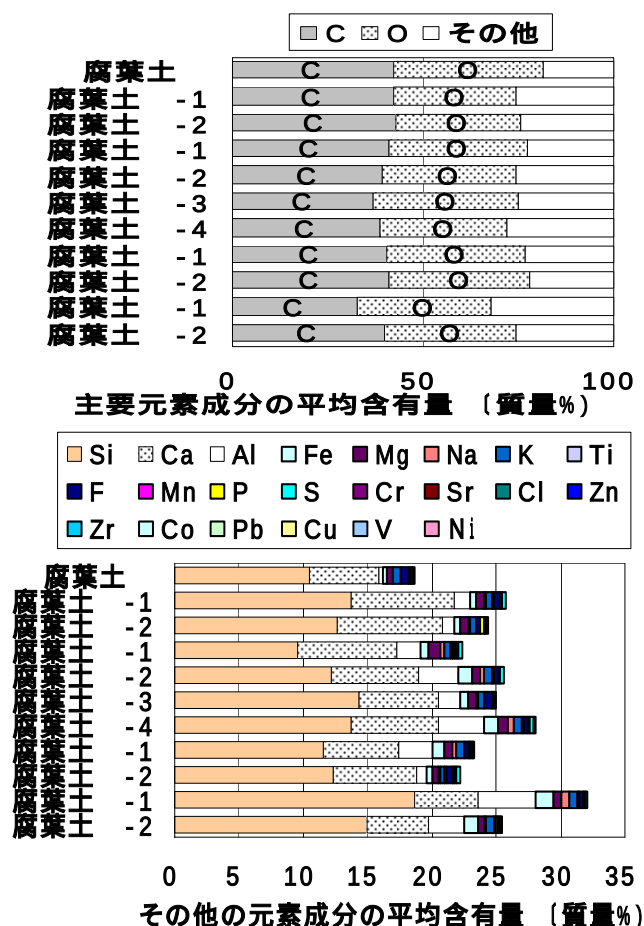


図 4 腐葉土の含有元素成分組成

ンの場合には NO_2 と NO_3 イオンの溶出量が高い。各イオン成分の溶出性には、概ね、次のような傾向が認められる。

陽イオン成分： $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{NH}_4$

陰イオン成分： $\text{NO}_2 \cdot \text{NO}_3 > \text{H}_2\text{PO}_3 > \text{Cl} > \text{SO}_4$

ここで NH_4 イオンは 2 サンプルで検出され、それぞれ 0.7mg/l と 0.3mg/l と低濃度で、他のサンプルでは非検出であった。樹葉を構成するアミノ酸等を含むたんぱく質のような有機窒素化合物は、生物作用でアンモニア成分などに分解され、さらに亜硝酸菌・硝酸菌作用で酸化され $\text{NO}_2 \cdot \text{NO}_3$ イオンに変容することと、微生物の活動自体から生成されるアンモニア成分が、同様に酸化作用を受け硝酸化されることによって、腐葉土からの高い濃度での NO_2 と NO_3 イオンの溶出濃度が検出されるものと推察される(図7)。

5. おわりに

樹葉を対象に生葉が枯死し腐植分解する途上過程での化学成分組成の動態や溶出イオン成分について科学的な考察を加えた。今後さらに、土への重要な養分供給源である植物体の腐植分解に伴う、土層の深さ方向における化学成分組成の変容や溶出イオン成分の深度方向への移動性等について考察を加え、土層の化学的動態のメカニズムを究明する予定である。

参考文献 1)地盤工学会編：土質試験の方法解説、化学試験法

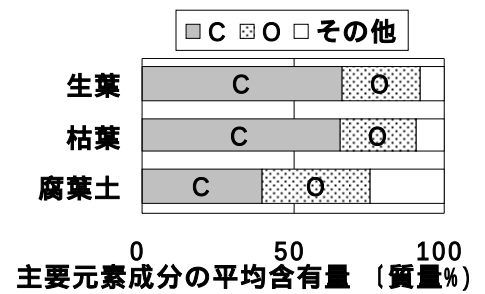


図 5(a) 各樹葉の C と O 含有量

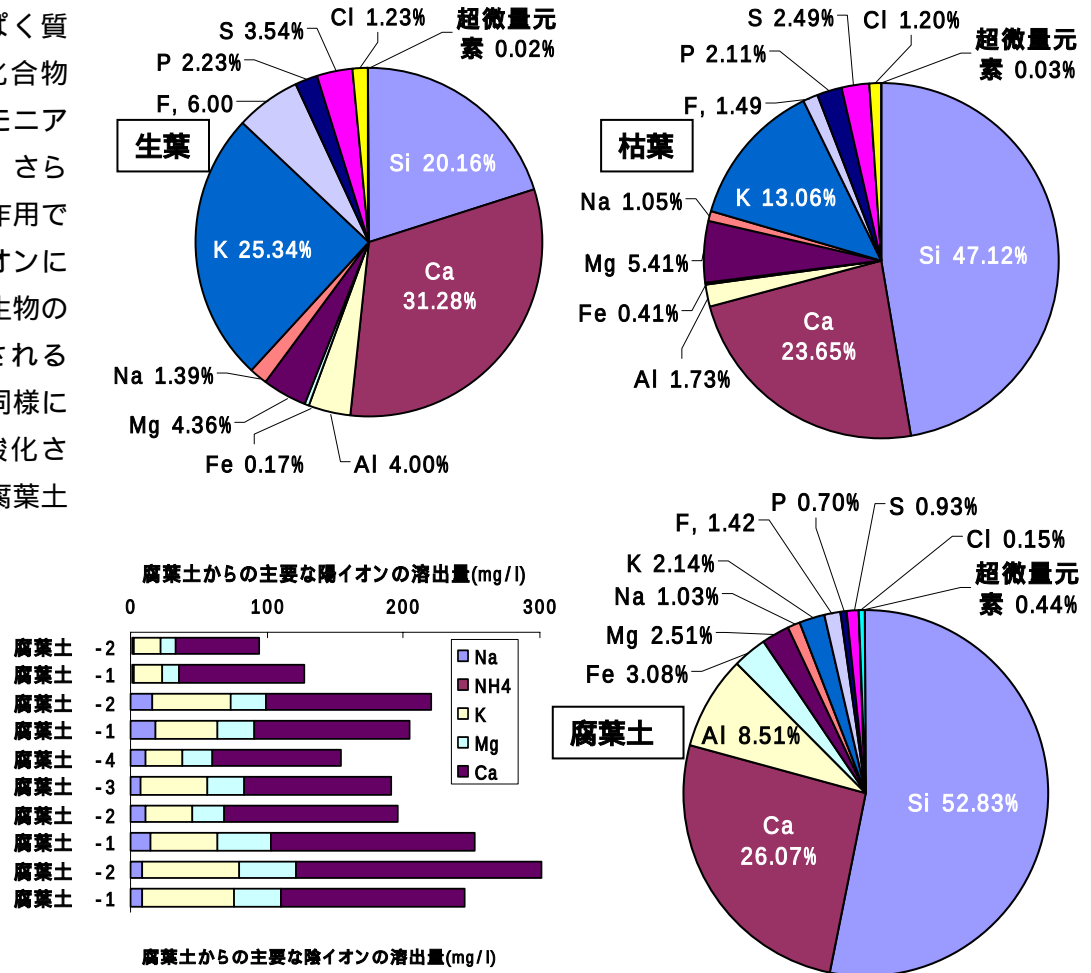


図 5(b) 各樹葉の他の元素成分含有量

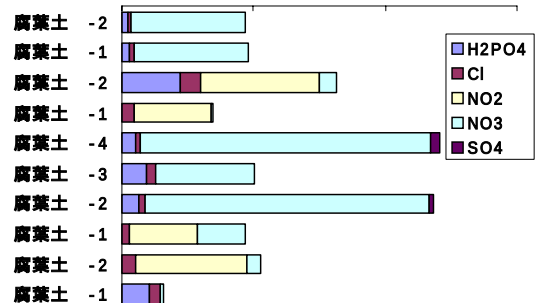


図 6 腐葉土からの主要陰・陽イオン成分の溶出性

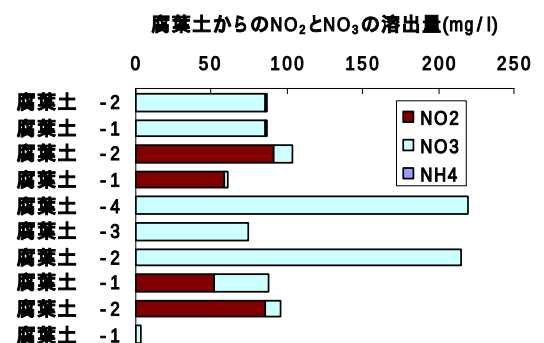


図 7 腐葉土の窒素態の溶出状況