

地表面燃焼下の黒ボク土壌における撥水性発現機構

小淵敦子 溝口 勝 西村 拓 井本博美 宮崎 毅

東京大学大学院農学生命科学研究科, 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

要 旨

森林火災後、土壌の表層下で撥水性が発現することが知られている。温度上昇に伴って気化した有機物の土中温度勾配に沿った下方への移動が撥水性土壌層発生の原因と言われているが、この時の土中酸素雰囲気注目した研究は少ない。本研究は、フィールドにおける地表面燃焼実験、土壌カラムを用いた土壌表面加熱実験、酸欠条件・有酸素条件下におけるマッフル炉燃焼実験を行い、撥水性発現機構を検討した。酸欠条件下でマッフル炉加熱した試料は、地表面燃焼実験、カラム土壌表面加熱実験で見られた炭素・窒素含量の変化や撥水性の発現と類似した結果を示した。マッフル炉加熱において酸欠条件の時、土壌温度が 300℃を超えると撥水性を示し、また、温度が 600℃を超えても炭素分を有し、C/N 比は温度上昇に従って増加した。一方、有酸素条件下では、土壌の炭素含有率は 400℃以上でほぼゼロになり、C/N 比は温度上昇に従って減少し、撥水性は消失した。このことから、地表面燃焼下における土壌の撥水性発現には酸欠条件下で変化する有機物が寄与していると推察される。

キーワード：地表面燃焼、撥水性、酸素、炭素含有率、C/N 比

1. はじめに

近年、落雷による自然発火に加えて、下草処理や焼畑作業時における人為的な過失で森林火災が発生し、大規模な森林焼失が起こっている。森林火災によって撥水性を発現した森林土壌では、降雨が浸透せずに地表流となり、そのために土壌侵食が促進される (Scott and Van, 1990; Shakesby et al., 2000) など、生態系の火災からの回復に与える影響が懸念されている。

Raison et al., (1986) は、ユーカリ林の火災時の地表面温度が最高で 700℃に達したこと、DeBano et al., (2000) は、燃焼により乾燥した土の熱伝導率が小さいため深さ 5 cm では 150℃を超えることはほとんどないことを報告した。また、Campbell et al., (1995) は、ヒーターによる地表面加熱実験の結果、湿った土壌では熱は速く深くまで伝わることや、土壌水分が完全に蒸発するまで、蒸発潜熱により土壌の温度上昇が 95℃程度に抑えられることを報告した。こうした現象は小淵ら (2009) によっても確認されている。

一方、Fernandez et al., (1997) は、森林火災によって、地表面と地表面下で炭素含有量の約 50%が失われたこと、また室内実験では 490℃でほぼ全ての土壌有機物が消失したことを報告した。Badia et al., (2003) は室内実験で土壌を 250℃, 500℃で加熱した結果、有機物含量と C/N 比は減少するが、植物の灰を加えると有機物含量、C/N 比共に増加することを報告している。Acca et al., (2003) は砂質土と異なる母材に由来する二つのシルトローム土を 350℃で一時間加熱し、その結果、いずれの試料でも全炭素と共

に C/N 比が低下したことを報告した。しかし、これらの実験は燃焼皿を用いて炉内で試料を加熱したもので、土壌カラムを用いた模擬火災実験では、700℃を超えた土壌表層でもそれぞれ 20.0, 1.0 g kg⁻¹を超える炭素・窒素含有率が検出されると共に C/N 比はやや上昇する傾向を示した (小淵ら, 2009)。

森林火災後、撥水性が強くなる層が土壌表面から数 cm 下にみられることが多い (DeBano, 2000)。撥水性を示す層では疎水性有機物が多く、このような物質は火災の影響のない場所でも見られるが、火災によって増加している。175℃以下の加熱では撥水性にほとんど変化はなく、また 280~400℃の加熱で撥水性を示す層はなくなる。火災によりできる撥水層の深さや厚さは、火災の強度や土壌中の温度勾配によって異なると考えられている (DeBano, 2000)。

森林火災中、土壌中の有機物は気化して空気中へ放出されるが、一部は温度勾配によって下降し、下層で凝縮するという仮説がある (DeBano et al., 1970)。DeBano (1976) は、砂の上にリター層を置いて加熱する実験をした結果、砂が撥水性を持つことを報告した。この土壌加熱実験では表層で有機物含量が減少した一方で 8 cm の深さで有機物含量が増加したこと、撥水性発現はリター層でガス化した有機物が下降したことによると考えられた (DeBano et al., 1970)。Robichaud and Hungerford (2000) は室内で行った土壌加熱実験で、弱い加熱のときに撥水層が 10 mm 下降する一方、強い加熱後は 50 mm まで下降すると報告した。

小淵ら (2009) は、マッフル炉加熱とカラム燃焼実験の

結果を比較し、同じ温度履歴 ($>200^{\circ}\text{C}$) の試料の有機物量や C/N 比に差異が生じた原因について、加熱中の試料への酸素供給条件が影響する可能性に言及した。他方、Bryant et al., (2005) は、酸素を含む空気雰囲気と無酸素である窒素雰囲気下において 250°C から 570°C で土壤試料を加熱し、空気雰囲気下では 250°C 程度で撥水性が消失するのに対して窒素雰囲気下における加熱では、 400°C で2時間加熱した後も撥水性が発現していたことを報告し、酸素欠乏条件下の加熱時に生じる化学反応が撥水性に寄与する可能性を示唆した。しかし、小淵ら (2009) は土壤の撥水性について検討しておらず、また、Bryant et al., (2005) は逆に撥水性発現と関わる土壤中の有機物に関する検討を行っていない。

そこで本研究では、まず森林火災を模擬した地表面燃焼のフィールド実験によって地表面燃焼下における土壤中の有機物含量の変化と撥水性の発現を明らかにすること、また、均一な土壤カラムとヒーターを用いて一次元の熱移動、撥水性の発現と有機物含有率の変化を明らかにすること、さらにマッフル炉燃焼実験によって酸素の供給条件が有機物含有率の変化と撥水性の発現に与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

2.1 フィールド実験

東京大学大学院農学生命科学研究科附属科学の森センター秩父演習林内に、 $0.5 \times 0.5 \text{ m}$ の燃焼区を設けた。燃焼区はウダイカンバやオニグルミ、イタヤカエデ、カジカエデ、トチノキ、ミズキ等で構成される広葉樹2次林を2001年に皆伐し、材をその場に放置した区域内に設置した。2001年の皆伐後は、鹿の食害等の影響で2次林は形成されず、空き地のままであった。地表面には2~7cmの厚さで有機物堆積層があり、有機物堆積層の下端を深さ0cmと定義した。草本の根群層は深さ5cm程度までであった。

土壤は、有機質クロボク土で、0-5cm, 20-25cm, 40-45cm, 65-70cm でかく乱試料を採取して、実験前の土壤の物理性を調べた結果、土性は深さによらず砂質ロームであった。乾燥密度は同じ深さに対して、0.3, 0.4, 0.5, 0.6 Mg m^{-3} 、土粒子密度は同様に 2.13, 2.30, 2.40, 2.65 Mg m^{-3} 、体積含水率は、いずれの深さにおいても約0.5から0.6 m^3 であった。また、0-5cmの全炭素量は約270 g kg^{-1} で、深さに従って漸減し、10cm以深では150~170 g kg^{-1} 程度ではば一定であった。

2008年10月に、燃焼区の地表面（上述の有機物堆積層の上面）で秩父演習林で生産された炭を5.5時間燃焼させる燃焼実験を行った。燃焼実験の10日前に燃焼区内において燃焼前試料土の採取を行うと共に温度と酸素測定用のセンサを埋設した。燃焼区を上から見た図とセンサの埋設位置を Fig.1 に示す。

燃焼区内のA~Iの9地点にK熱電対（クロメルレー

アルメル）を0, 2, 4, 6, 8, 16, 24 cmの深さに計63本設置した。燃焼中の温度変化をデータロガーCR10X（Campbell社製）とマルチプレクサーAM16/32（Campbell社製）を用いて、地表面燃焼開始から終了まで1分間隔で連続測定した。

ガルバニ電池式酸素センサ KE-50（GS YUASA）を深さ4, 8 cmに計2個設置し、燃焼中の酸素濃度変化を、データロガーを用いて測定した。

燃焼後、燃焼区内の5地点で地表面（深さ0cm）から1 cm又は2.5 cm間隔で、深さ6~12 cmまで不攪乱試料を採取した。そのうち、Fig.1中●印の地点の試料を撥水性試験に、▲印の地点の試料を全炭素・窒素含有率測定に、その他の地点の試料を含水率等の土壤の基本物性測定に用いた。試料採取は、高温の土壤も採取できるように、内径2.5cm長さ6cmで先端に刃をつけた柄付き円筒形ステンレス製採取器を自作して行った。

採取した試料は風乾後分割して、WDPT法（Doerr, 1998）を用いた撥水性測定とCN analyzer NC-90A（島津製作所）を用いた全炭素・窒素含有率測定を行った。撥水性試験では、水滴が試料にしみ込むまでの時間に応じて1:10秒以内、2:10-60秒、3:60-600秒、4:600-3,600秒、5:3,600秒以上という5段階のランクをつけた（Bisdorn et al., 1993）。ただし、反復した試料の平均値を示すため、図中では、整数ではない結果がプロットされることもある。

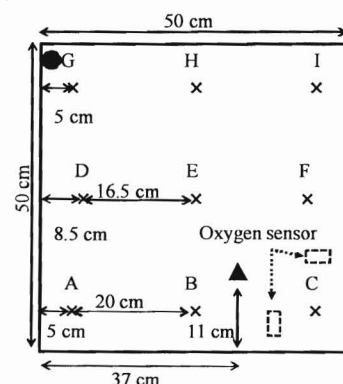


Fig.1 上から見た燃焼区とセンサの位置（アルファベットは熱電対による温度の測定点を示す。●印は撥水性測定用、▲印は全炭素・窒素含有率測定用試料採取地点）

Measurement points of thermocouples and oxygen sensors (Alphabets show measurement points of soil temperature by thermocouples. ● and ▲ marks denote sampling points for WDPT and C/N analyze tests, respectively.)

2.2 土壤カラム実験

供試土として、フィールド実験の近傍において深さ20cm~40cmの層から採取した黒ボク土を使用した。2 mmふるい通過分（含水比113%）を乾燥密度0.4 Mg m^{-3} で充填し、土壤カラムを作成した。供試土の炭素含有率は162 g kg^{-1} 、窒素含有率は12.0 g kg^{-1} であった。

実験の模式図を Fig.2 に示す。カラム容器は内径 15.5

cm, 高さ 17 cm のスズメッキ缶を用いた。断熱のためにカラムの周囲にガラスウールを巻き、ふたつき七輪の中に設置した。カラム表面に 600 W のニクロム線ヒーターを設置し、七輪のふたを閉じて空気供給を制限しながら 2 時間加熱した。このとき、容器は密閉されていないが、土中の有機物が燃焼・ガス化する反応によって固体時に比べて体積が非常に大きくなるため、ふたの隙間を通じて外部から空気が流入することは少なく (Bryant et al., 2005), 定性的には酸素欠乏状態にあると考えられる。K 熱電対 (クロメル-アルメル) を 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16 cm の深さに先端がカラム中央部にくるようにカラム側面から挿入し、燃焼中の土壌温度変化をデータロガー CR10X とマルチプレクサー AM16/32 を用いて、1 分間隔で連続測定した。

燃焼後、深さに応じて 1, 2, 3 cm と間隔を変えながら地表面から深さ 17 cm まで攪乱試料を採取した。採取した試料の撥水性と炭素・窒素含有率を測定した。

2.3 マッフル炉燃焼実験

土壌カラム試験と同じ試料を風乾後、マッフル炉で加熱した。マッフル炉の温度は 200, 300, 400, 500, 600, 700°C で、加熱時間は 1.5 時間である。この際、供試土をいれたるつぼのフタを開けた状態で加熱したものを有酸素条件、フタを閉めた状態で加熱したものを酸素欠乏状態と定義した。酸素欠乏状態に関しては、土壌カラム実験と同様の仮定をした。加熱後、それぞれの試料の土壌中の撥水性と炭素・窒素含有率を測定した。

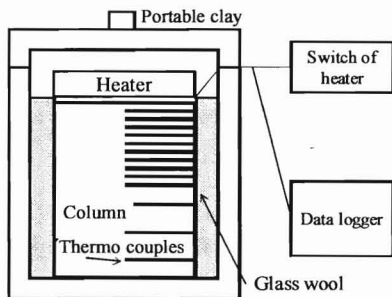


Fig.2 カラム実験の模式図
Setup of column experiment

3. 結果および考察

3.1 フィールド実験、カラム実験における温度変化

フィールド実験における地表面燃焼中、土壌の表面温度は 600~700°C に上昇した。Fig.3 は測定点 I における燃焼中の各深さにおける土壌温度の経時変化である。燃焼開始から約 150 分経過後に表面 (0 cm) 温度が 600°C に達した。深さ 0~2 cm の土壌温度は、85~95°C で温度がしばらく停滞した後、再び急激な温度上昇が見られた。

カラム実験においても土壌温度変化は同様の傾向を示

し (Fig.4), 表面温度は 700~800°C に上昇し、0~3 cm の土壌温度は 88~98°C で温度が停滞した後に急激な温度上昇が見られた。このようにスケール、熱源の異なるフィールド実験とカラム実験において、温度変化の特徴が一致したことから、両実験において、土壌は同様の熱影響を受けていたとみなせる。

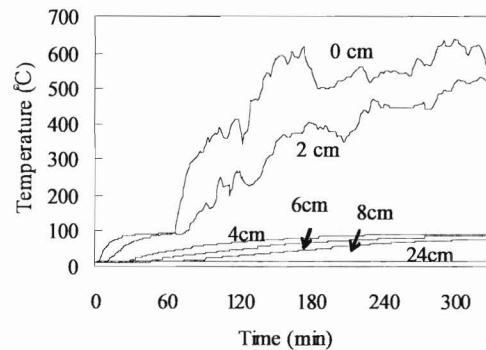


Fig.3 フィールド実験の測定点 I における土壌温度変化
Temperature change under burning soil surface in field experiment

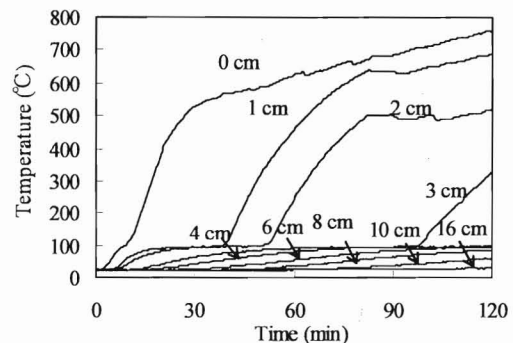


Fig.4 カラム実験における温度分布の経時変化
Temperature change under heating soil surface in column experiment

3.2 フィールド実験、カラム実験における撥水性強度分布

フィールド実験とカラム実験における地表面燃焼後の、撥水性強度分布を Fig.5 に示す。フィールド実験では深さ 3~4 cm, カラム実験では 4~5 cm で強い撥水性が発現し、表面に近い深さ 1~2 cm では撥水性の発現は見られなかった。このような、表層下における撥水性の発現については、DeBano (1976) も同様の報告をしている。DeBano (1976) はこれを蒸発有機物の下降が原因としている。しかし、Bryant et al., (2005), 小淵 (2009) が示した、酸素供給条件の違いによって加熱中の土壌炭素の動態が異なる可能性を考慮すると、撥水性の発現は、ガス化した有機物の移動・沈着の他に燃焼中の土壌有機物への酸素供給の程度による生成物の違いに影響されていると考えられる。たとえば、撥水性を発現するような

有機物には、C=CやC-Cといった結合を含み、酸素原子や窒素原子が少ない官能基を持つものが多い(小林・松井, 2006)。そこで、本研究では、地表面燃焼下の撥水性の発現と土壌中の酸素雰囲気に着目した。

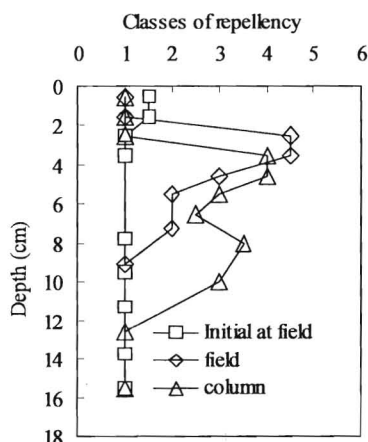


Fig.5 フィールド実験, カラム実験後の撥水性強度分布
Profile of class of soil water repellency after field and column experiment

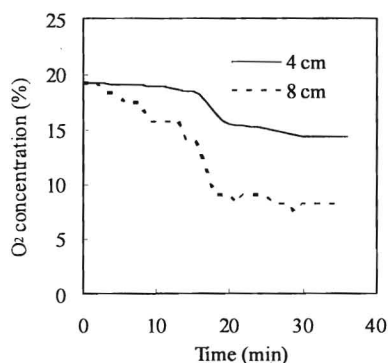


Fig.6 地表面燃焼中の深さ4, 8 cmにおける酸素濃度変化
Change in oxygen concentration at 4, 8 cm depth under burning of soil surface

3.3 フィールド実験における酸素濃度変化

フィールド実験における地表面燃焼中の、深さ4, 8 cmにおける土壌中の酸素濃度の変化を Fig.6 に示した。ガルバニ式酸素センサは強い温度依存性がある。実験後に行った温度依存性確認では、使用したセンサは、一定の酸素濃度において温度が30℃を超えると出力値(酸素濃度)が漸減し、60℃を超えると急減したため、図中では、土壌温度が30℃を超えない範囲のデータを示した。

この温度範囲でも、燃焼開始後直後から土中酸素濃度は速やかに低下している。このことから、地表面燃焼下で土壌中の酸素は消費され、大気中からも十分に供給されないため、土壌中は酸欠状態になっていくと推察される。センサの温度依存性により、どの程度の値まで土中酸素濃度まで低下するかという点については、今回の実験ではわからなかった。有機物や土中水など酸素源になる物質の影響や大気とのガス交換などによって土壌中の

酸素濃度は決まると考えられる。表面燃焼下における土壌中のこうした酸素動態は、温度依存性の低い酸素濃度センサもしくは、高温下におけるガス採取器を使用して、土壌間隙中におけるガス移動も考慮しながら詳細に調べる必要がある。

3.4 フィールド実験, カラム実験, マッフル炉燃焼実験における土壌温度と撥水性強度

フィールド実験, カラム実験, マッフル炉燃焼実験における土壌温度と撥水性強度の関係を Fig.7 に示した。ここで、フィールド実験, カラム実験に関する横軸は、試料採取深さの温度を、燃焼・加熱終了時の温度データ (Fig.3, 4) を用いて線形補間して求めたものである(以下の3.5, 3.6節でも同様)。撥水性強度の分類は3.2節と同じである。

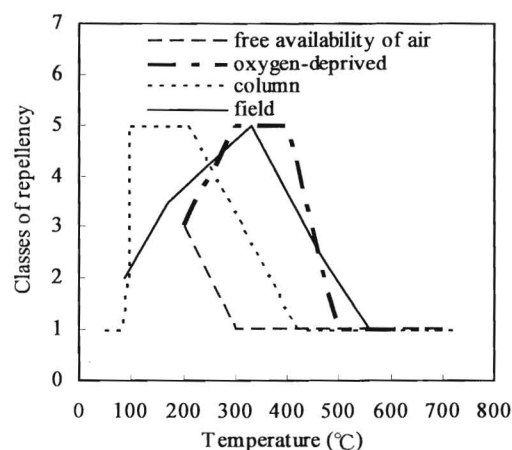


Fig.7 各実験における土壌温度と撥水性強度の関係
Relationship between soil temperature and class of repellency

フィールド実験では、300~400℃で強い撥水性の発現が見られた。カラム実験では、フィールド実験よりやや低い100~300℃で強い撥水性の発現が見られ、マッフル炉燃焼実験の酸欠条件下では300~400℃の加熱で強い撥水性の発現が見られた。一方、マッフル炉燃焼実験の有酸素条件で燃焼した試料ではいずれの温度においても強い撥水性の発現は見られず、300℃以上の加熱では全く撥水性を発現しなかった。

マッフル炉燃焼実験で土壌を酸欠条件下で300~400℃の温度条件に加熱された時に強い撥水性が発現したことから、地表面燃焼後の土中における撥水性発現には加熱中の酸素の供給と土壌温度が大きく影響していると考えられる。すなわち、地表面燃焼中に酸素濃度が低下傾向を示したフィールド実験と空気の供給を制限したカラム実験において、加熱中の土壌内では、酸欠条件下で土壌有機物の燃焼・ガス化が生じ、それが理由でマッフル炉実験と同じ300℃付近で強い撥水性を示

すという結果になったと考えられる。

3.5 フィールド実験、カラム実験、マッフル炉燃焼実験における土壌温度と炭素含有率

フィールド実験、カラム実験、マッフル炉燃焼実験における土壌温度と炭素含有率の関係を Fig.8 に示した。フィールド実験では、400℃付近でやや炭素含有率が上昇した後に減少した。カラム実験では、約 300℃まで炭素含有率はほぼ一定の値をとり 300℃以上になると減少した。酸欠条件下のマッフル炉燃焼でも同様に、300℃まではほぼ一定の値で 300℃以上になると減少した。これらの実験では 400℃以上で減少傾向を示しているものの、600℃に達した試料でも 100 g kg⁻¹ 以上の高い炭素含有率を示した。一方、有酸素条件下のマッフル炉燃焼では 200℃以上で炭素含有率は減少し始め、400℃以上でほぼ 0 g kg⁻¹ になった。

以上の結果から、土壌が有酸素条件で加熱されている時は、炭素は酸化されて CO や CO₂ として気化して大気中に放出されるが、酸欠条件の時は酸化物として気化できずに別の形態の炭素化合物として土壌中に残存していると考えられる。

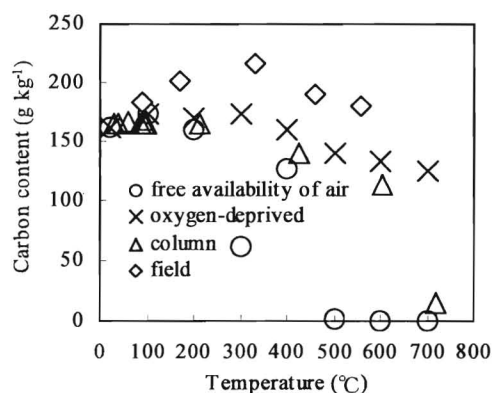


Fig.8 各実験における土壌温度と炭素含有率の関係
Relationship between soil temperature and carbon content

3.6 フィールド実験、カラム実験、マッフル炉燃焼実験における土壌温度と C/N 比

フィールド実験、カラム実験、マッフル炉燃焼実験における土壌温度と C/N 比の関係を Fig.9 に示した。フィールド実験、カラム実験、マッフル炉燃焼実験の酸欠条件下で、温度上昇につれて C/N 比は上昇する傾向を示し 20 を超えた。一方、マッフル炉燃焼実験の有酸素条件下では、C/N 比は減少傾向を示し 700℃でほぼゼロになった。

この結果はフィールド実験、カラム実験、マッフル炉燃焼実験の酸欠条件下の加熱では、炭素は気化することができずに土壌中に多く残存するが (3.5 節)、窒素は酸欠条件下であっても N₂ として気化することができた

めと考えられる。

3.4 節において土壌を酸欠条件で加熱した時に撥水性の発現が生じたことに着目すると、土壌中に残存した炭素が撥水性の発現に影響を与えていると考えられる。このことは、小林・松井 (2006) による撥水性の強い土壌試料の表面には酸素や窒素と結合していない炭素が多く存在するという報告とも一致する。

燃焼下における土壌の撥水性の発現メカニズムの詳細については、生成されるであろう炭素化合物の成分分析を行う必要がある。

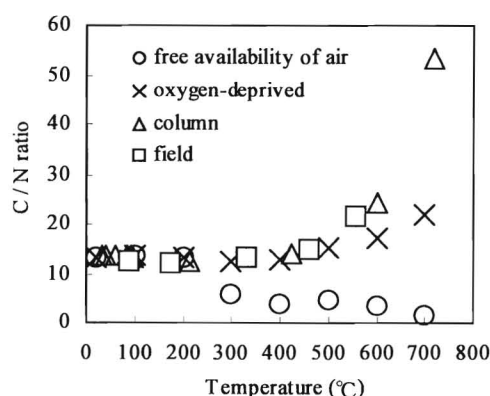


Fig.9 各実験における土壌温度と C/N 比の関係
Relationship between soil temperature and C/N ratio

4. 結論

地表面で炭を燃焼させる、フィールド地表面燃焼実験を行った。また、土壌カラムの表面を、ヒーターを用いて加熱するカラム表面加熱実験を行った。両実験において表面温度は 600℃を超え、また燃焼時間の経過に伴い土壌温度は上昇するが 90℃前後で土壌温度の上昇が停滞する現象が観察された。このことから、本研究で実施したカラム実験法でフィールドに近い熱的現象を再現できることがわかった。

フィールド実験とカラム実験後の撥水性強度分布を測定した結果、いずれも表層下で強い撥水性の発現が見られた。このとき、フィールド実験において酸素濃度は減少し、地表面燃焼下において土壌中の酸素が徐々に消費され、酸欠状態になることが示唆された。

マッフル炉燃焼実験で土壌温度と撥水性強度の関係を調べた結果、土壌の撥水性の発現には酸素の供給量と土壌加熱温度が大きく影響しており、酸欠状態で約 300℃に加熱されたときに強い撥水性が発現することが分かった。また、フィールド実験、カラム実験において、土壌温度が 300℃付近の時に強い撥水性を発現したことは、土壌中で以上の条件が満たされていたこと、つまり土壌が酸欠状態で加熱されていたと推察できる。

土壌温度と炭素含有率、C/N 比の関係を調べた結果、有酸素条件における加熱時は、土壌中の炭素、窒素は徐々

に気化するが、酸欠条件における加熱時には、土壤中に炭素が多く残存する一方、窒素は失われることが分かった。撥水性強度分布に着目すると、このような酸欠条件加熱下における炭素の挙動が撥水性の発現の要因となっていると考えられる。

本研究から、地表面加熱下における土壤中の撥水性の発現は、既往の研究にあるような蒸発有機物の下方への移動現象の他に、酸素の供給条件による有機物形態の変化が大きな要因であることが明らかとなった。

今後は、分析手法を工夫し生成される炭素化合物を同定するとともに、酸素や水蒸気等のガス態の移動にも着目しながら撥水性の発現機構に関する更なる研究が必要である。

謝辞：フィールド実験を行うに際し、科学研究費補助金(基盤研究(A) 20248025, 代表：宮崎 毅)の援助および東京大学農学生命科学研究科附属秩父演習林技術専門職員の芝野伸策氏の協力を得た。ここに記して感謝する。

引用文献

- Acea, M.J., Fernandez, A.P. and Diz-Cid, N. (2003) : Cyanobacterial inoculation of heated soils: effect on microorganisms of C and N cycles and on chemical composition in soil surface, *Soil Biology & Biochem.*, **35**, 513-524.
- Badia, D. and Marti, C. (2003) : Plant Ash and Heat Intensity Effects on Chemical and Physical Properties of Two Contrasting Soils, *Arid Land Res. and Manag.*, **17**, 23-41.
- Bisdorf, E.B.A., Dekker, L.W. and Schoute, J.F.T. (1993) : Water repellency of sieve fractions from sandy soils and relationships with organic material and soil structure, *Geoderma*, **56**, 105-118.
- Bryant, R., Doerr, S.H., and Helbig, M. (2005) : Effect of oxygen deprivation on soil hydrophobicity during heating, *Intl. J. of Wildland Fire*, **14**, 449-455.
- Campbell G.S., Jungbauer, J.D. Jr, Bristow, K.L. and Hungerford, R.D. (1995) : Soil temperature and water content beneath a surface fire, *Soil Sci.*, **159**(6), 363-374.
- DeBano, L.F., Mann, L.D. and Hamilton, D.A. (1970) : Translocation of hydrophobic substances into soil by burning organic litter, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **34**, 130-133.
- DeBano, L.F., Savage, S.M. and Hamilton, D.A. (1976) : The transfer of heat and hydrophobic substances during burning, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **40**, 779-782.
- DeBano, L.F. (2000) : The role of fire and soil heating on water repellency in wildland environments: a review, *J. of Hydrology*, **231-232**, 195-206.
- Doerr S.H. (1998) : On standardizing the 'Water Drop Penetration Time' and the 'Morarity of an Ethanol Droplet' techniques to classify soil hydrophobicity: a case study using medium textured soils, *Earth Surf. Process. Landforms*, **23**, 663-668.
- Fernandez I., Cabaneiro, A. and Carballas, T. (1997) : Organic matter changes immediately after a wildfire in an Atlantic forest soil and comparison with laboratory soil heating, *Soil Biol. Biochem.*, **29**(1), 1-11.
- 小林政広, 松井宏昭 (2006) : 森林土壌の撥水性を規定する土壌団粒外表面の化学組成, 日本土壌肥料科学雑誌, **77**(5), 523-531.
- 小淵敦子, 西村 拓, 溝口 勝, 井本博美, 宮崎 毅 (2009) : 地表面燃焼下における土壌中の温度変化と有機物量の変動, 農業農村工学会論文集, **260**, 31-37.
- Raison, R.J., Woods, P.V., Jakobsen, B.F. and Bary, G.A.V. (1986) : Soil Temperatures during and Following Low-intensity Prescribed Burning in a Eucalyptus pauciflora Forest, *Aust. J. Soil Res.*, **24**, 33-47.
- Robichaud, P.R., Hungerford, R.D. (2000) : Water repellency by laboratory burning of four northern Rocky Mountain forest soils. *J. of Hydrology*, **231-232**, 207-219.
- Scott, D.F. and Van Wyk, D.B. (1990) : The effects of wildfire on soil wettability and hydrological behaviour of an afforested catchment. *J. of Hydrology*, **121**, 239-256.
- Shakesby, R.A., Doerr, S.H. and Walsh, R.P.D. (2000) : The erosional impact of soil hydrophobicity: current problems and future research directions, *J. of Hydrology*, **231-232**, 178-191.

[2009. 3. 23.受稿, 2009. 8. 28.閲読]

[この研究論文に対する公開の質疑あるいは討議(4,000字以内, 農業農村工学会論文集編集委員会にて)は, 2010年4月24日まで受付けます。]

Soil Hydrophobicity in Andisol under Soil Surface Burning

OBUCHI Atsuko, MIZOGUCHI Masaru, NISHIMURA Taku, IMOTO Hiromi,
and MIYAZAKI Tsuyoshi

*Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo, 1-1-1 Yayoi,
Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657, JAPAN*

Abstract

Soil is known to exhibit hydrophobic properties after a forest fire. Experiments conducted by DeBano et al., (1976) showed that the organic compounds in the soil become volatilized under high-temperatures, move downward along the soil temperature gradient, and form a hydrophobic layer deep within the soil profile. However, less is known about effects of oxygen atmosphere on morphological changes of organic matter in soil. In this study, we sought to clarify the increase in soil hydrophobicity as well as the changes in carbon and nitrogen content in response to heating of the ground surface in the field and both column and muffle furnace heating in the laboratory.

In the muffle furnace burning, soil samples heated under oxygen-deprived conditions exhibited similar carbon and nitrogen dynamics and increased hydrophobicity with temperatures those observed in the field and column experiments. Soil samples under oxygen-deprived condition showed hydrophobicity and some carbon content by heating with 300°C and higher, while almost no carbon remained after heating with 400°C under oxygen available condition. Soil C/N ratio increased by heating with higher temperature under oxygen-deprived condition. Results suggested limited supply of oxygen might have an effect to produce soil hydrophobicity under soil surface burning.

Key words : *Soil surface burning, Soil water repellency, Oxygen, Carbon content, C/N ratio*