

## 学 位 論 文 要 旨

氏 名	金城 和 俊
題 目	マングローブ林土壌における腐植粘土複合体の特性および機能に関する研究 (Studies on the characteristics and functions of clay-humus complexes in mangrove forest soils.)

本研究は、マングローブ林の土砂堆積機能に関係して、林内の表層土壌に含まれる腐植粘土複合体の特性および機能について、コロイド科学的な手法を用いて明らかにすると共に、マングローブ林土壌の生成メカニズムに関する考察を行ったものである。

本研究は次のように要約できる。

- 1)、調査地には Riverine 型の石垣島の吹通川流域におけるマングローブ林内河川の河口付近から長さ約 600m の支流の水路の一つを選定した。水路の下流域側にはヤエヤマヒルギ、中流域側にはヤエヤマヒルギとオヒルギ、上流域側にはオヒルギがそれぞれ優占した。
- 2)、供試試料は、支流の下流域側から上流側までの水路間、および水路の法面側から林内奥側に向けての表層土壌(深さ 0.5cm)に加え、水路の水面に浮遊する油膜状浮遊物質、水路水、樹種別のリター (バイオマス) を採集した。
- 3)、表層土壌の有機物質と粘土画分はいずれも水路の法面側に比較的に多く集積し、湾曲してカーブする地形の中流域側に特に多く集積する傾向が認められた。
- 4)、有機物 (腐植物質) 分解処理前の表層土壌の CEC は、同処理後の CEC に比べ約 10 倍高い値を示し、その値の 90% は有機物に起因することが示唆された。
- 5)、中流域側の表層土壌では有機物と共に、腐植物質に鉄、アルミニウム、カルシウムやナトリウム、粘土画分にはバーミキュライト、イライト、カオリナイトおよび中間種鉱物が多く含まれ、両物質の結合による有機-無機複合体の存在が示唆された。
- 6)、潮の干満に伴って林内の水路水の水面に浮遊する油膜状浮遊物質では、タンニンやリグニンを含有し、有機態炭素含有量が約 9% の有機物を含有し、マンガンや鉄やマグネシウムが多く含まれ、粘土鉱物と有機化合物との結合による腐植粘土複合体が示唆された。
- 7)、腐植酸の腐植化度は水酸化ナトリウム可溶画分が Rp 型、ピロリン酸ナトリウム可溶画分が B 型を示し、いずれも下流域側より上流域側に集積しているほど高い傾向を示した。
- 8)、腐植酸およびフルボ酸ではいずれも Carbonyl 基、Aromatic 基、O-alkyl 基、Alkyl 基の各官能基の存在が認められ、中流域側の腐植酸には Carbonyl 基、下流域側のフルボ酸には Aromatic 基がいずれも多い特徴を示した。
- 9)、水路の下流域側の水質は塩濃度が最も高く 0.25M 塩化ナトリウム液の塩濃度に相当し、満潮時における林内の水路の下流域側の塩化ナトリウム液 (0.25M) 濃度の懸濁液では、中流域側および上流域側の塩化ナトリウム液 (0.1M) 濃度の場合に比較して、凝集・沈降し難い有機物分解未処理の画分でも凝集・沈降する傾向が認められた。
- 10) マングローブ林内の微細粒子画分 (腐植粘土複合体) は、林内で供給される有機物や金属元素類および流入した粘土画分、水路水や海水由来の塩基類が相互に結合して生成され、満潮時の潮流の停滞する時間帯に、海水の塩濃度が高くなる下流域側において凝集・沈降し易くなり、水路の法面側に多く集積すると共に、流水速度が弱まる流域側で集積し、潮流や波浪などによって林内を移動・拡散して表層土壌の一部を構成し、同様の過程を繰り返しながらマングローブ土壌の生成に機能していることが考えられた。

## 学 位 論 文 要 旨

氏 名	Kazutoshi Kinjo
題 目	Studies on the characteristics and functions of clay-humus complexes in mangrove forest soils. (マングローブ林土壌における腐植粘土複合体の特性および機能に関する研究)

The present study was carried out to evaluate the characteristics and functions of clay-humus complexes in mangrove forest soils from the viewpoint of colloid chemistry. Furthermore, results generated from the study were developed on the mechanism of soil formation in mangrove forest where the land advances toward the sea due to soil sedimentation. The followings are summarized as the major results.

- 1), The study area is of mangrove forest in the Fukido river, Ishigaki island, Okinawa. Sampling site was selected in second tributary where the river curved in about 200m from lower end.
- 2), Samples of surface soils (depth 0.5cm) were collected from bank side to inside of forest. And water samples of the tributary were collected from lower to upper. The colloidal floating materials on the surface water of the tributary and the litter (fallen leaves, roots and branches) of mangrove were collected.
- 3), Humic substances, clay, metals and bases in humic substances were accumulated in larger quantities at about 200m from the lower site of the tributary and at the bank side.
- 4), It was suggested that the clay-humus complexes were formed by humic substances, clay minerals (kaolinite, illite, vermiculite, vermiculite-chrolite intergrades), metals and bases, which accumulated in the mangrove surface soils. The colloidal floating materials on the surface water of the tributary were also composed of their materials.
- 5), Each humification of NaOH or  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  soluble humic acids from mangrove forest soils was Rp and B types by Kumada method, respectively. Their humic acids tended to be higher from the lower to upper site of the tributary.
- 6), The ligands of carbonyl, aromatic, o-alkyl and alkyl were identified in humic and fulvic acids extracted by the IHSS method. Humic acids from the middle side of the tributary were high contents of the ligand of carbonyl and fulvic acids from the lower side were aromatic in mangrove forest soils.
- 7), It was the highest value that the water was corresponded to 0.25M NaCl in lower side of the tributary at the stage of flood tide. The other sides were about 0.1M NaCl. The dispersion ratio of fine particles were lower in the strength of 0.25M NaCl than 0.1M NaCl in suspended solution indicating flocculation of fine particles.
- 8), It was suggested as the mechanisms of soil formation in mangrove forest that at first the clay-humus complexes were formed by humic substances, clay minerals, metals and bases derived from the water and surface soils in mangrove forest. And the complexes were coagulated in lower side of the tributary at the stage of flood tide and transported constantly by the ebb and flow of the tide inside of the mangrove forest.

## 学位論文審査結果の要旨

学位申請者 氏名	金城 和俊
審査委員	主査 琉球大学 教授 渡嘉敷義浩
	副査 琉球大学 助教授 鬼頭 誠
	副査 鹿児島大学 教授 浜崎 忠雄
	副査 鹿児島大学 教授 稲永 醇二
	副査 佐賀大学 教授 井上 興一
審査協力者	
題目	<p>マングローブ林土壌における腐植粘土複合体の特性および機能に関する研究 (Studies on the characteristics and functions of clay-humus complexes in mangrove forest soils.)</p>
<p>マングローブ林は陸域と海域の両生態系の境界域に形成されている。その林内は陸域からの土砂粒子や有機物を堆積する土砂堆積（陸地形成）機能と共に、沿岸生物の涵養機能等の他、木材資源や水産資源の涵養等、多くの重要な機能を有することが知られている。他方、マングローブ林土壌の腐植粘土複合体に関する知見は乏しく、林内の土砂堆積機能との関係にも不明なことが多い。</p> <p>本研究では、マングローブ林の土砂堆積機能に関して、林内の表層土壌に含まれる腐植粘土複合体の特性および機能について、コロイド科学的な手法を用いて明らかにすると共に、マングローブ林土壌の生成メカニズムに関する考察を行っている。</p> <p>本研究における調査地にはRiverine型の石垣島の吹通川流域におけるマングローブ林内河川の河口付近から長さ約600mの支流の水路の一つを選定した。調査地の水路の下流域側にはヤエヤマヒルギ、中流域側にはヤエヤマヒルギとオヒルギ、上流域側にはオヒルギがそれぞれ優占した。供試試料は、支流の下流域側から上流側までの水路間、および水路の法面側から林内奥側に向けての表層土壌（深さ0.5cm）に加え、水路の水面に浮遊する油膜状浮遊物質、水路水、樹種別のリター（バイオマス）を採集した。</p>	

主要な研究成果は以下のように要約される。

- 1) 表層土壌の有機物質と粘土画分はいずれも水路の法面側に比較的によく集積し、湾曲する地形の中流域側に特に多く集積する傾向が認められた。
- 2) 有機物（腐植物質）分解処理前の表層土壌の CEC は、同処理後の CEC に比べ約 10 倍高い値を示し、その値の 90 % は有機物に起因することが示唆された。
- 3) 中流域側の表層土壌では有機物と共に、腐植物質には鉄、アルミニウム、カルシウムやナトリウム、粘土画分にはパーミキュライト、イライト、カオリナイトおよび中間種鉱物が多く含まれ、両物質の結合による有機-無機複合体の存在が示唆された。
- 4) 潮の干満に伴って林内水路の水面に出現する油膜状浮遊物質は、タンニンやリグニンを含有し、有機態炭素含有量が約 9 % の有機物を含有し、マンガンや鉄やマグネシウムが多く含まれ、粘土鉱物と有機化合物との結合による腐植粘土複合体を示唆した。
- 5) 腐植酸の腐植化度は水酸化ナトリウム可溶画分が Rp 型、ピロリン酸ナトリウム可溶画分が B 型で、いずれも下流域側より上流域側ほど高い傾向を示した。
- 6) 腐植酸およびフルボ酸ではいずれも Carbonyl 基、Aromatic 基、O-alkyl 基、Alkyl 基の各官能基の存在が認められ、中流域側の腐植酸には Carbonyl 基、下流域側のフルボ酸には Aromatic 基がそれぞれ多い特徴を示した。
- 7) 水路の下流域側の水質は塩濃度が最も高く、0.25 M 塩化ナトリウム液濃度に相当した。満潮時における林内水路の下流域側の 0.25 M 塩化ナトリウム液濃度の懸濁液では、中流域側および上流域側の 0.1 M 塩化ナトリウム液濃度の懸濁液に比較して、有機物分解未処理の凝集・沈降し難い微細粒子画分でも凝集・沈降する傾向が認められた。
- 8) マングローブ林内の微細粒子画分（腐植粘土複合体）は、林内で供給される有機物や金属元素類および流入した粘土画分、水路水や海水由来の塩基類が相互に結合して生成され、満潮時の潮流の停滞する時間帯に、海水の塩濃度が高くなる下流域側において凝集・沈降し易くなり、水路の法面側に多く集積すると共に、流水速度が弱まる流域側で集積し、潮流や波浪などによって林内を移動・拡散して表層土壌の一部を構成し、同様の過程を繰り返しながら林内土壌の生成に機能していると考えられた。

以上の研究成果は、マングローブ林内の表層土壌に含まれる腐植粘土複合体の特性および機能と共に、林内土壌の生成メカニズムの解明に大きく貢献するものとして高く評価できる。よって、審査委員一同は、本論文を博士（農学）の学位論文として十分な価値があるものと判定した。

## 最終試験結果の要旨

学位申請者 氏名	金城 和俊		
審査委員	主査	琉球大学	教授 渡嘉敷義浩
	副査	琉球大学	助教授 鬼頭 誠
	副査	鹿児島大学	教授 浜崎 忠雄
	副査	鹿児島大学	教授 稲永 醇二
	副査	佐賀大学	教授 井上 興一
審査協力者			
実施年月日	平成 19 年 1 月 24 日		
<p>試験方法（該当のものを○で囲むこと。） <span style="float: right;">(口答) ・ 筆答</span></p>			
<p>主査および副査の5名は、平成19年1月24日（水）の公開審査会において、学位申請者本人に対して学位申請論文の内容について説明を求め、その研究内容および関連事項について試問を行った。</p> <p>具体的には別紙のような質疑応答がなされ、いずれも満足できる回答を得ることができた。</p> <p>以上の結果から、審査委員会は、申請者が大学院連合農学研究科博士課程修了者として、博士（農学）の学位を受けるに必要な十分の学力ならびに識見を有すると認めた。</p>			

学位申請者 氏 名	金城 和俊
<p>「質問1」 潮の干満に伴って林内水路の水面に出現する油膜状浮遊物質について、微生物代謝による生成物質と考えているのか？</p> <p>「回答1」 浮遊物質はX線回折図の回折ピークや赤外線吸収スペクトルの位置や形状の特徴に加え、マンガンを鉄およびマグネシウム等を含むことから、静電氣的結合による腐植粘土複合体の形態を示唆し、微生物の代謝物質ではないと考えている。</p> <p>「質問2」 マングローブ林内における腐植粘土複合体は、表層の土壌生成に機能する堆積作用の他にどのような機能が考えられるか？</p> <p>「回答2」 マングローブ林は陸域と海域の両生態系の間形成され、土砂堆積機能に加え、沿岸生物や木材および水産資源の涵養機能等を有することが多数の研究報告でも知られているので、腐植粘土複合体は沿岸生物の食糧源やマングローブの栄養源としての機能なども考えられる。</p> <p>「質問3」 マングローブ林の調査地として林内河川の本流ではなく、一支流の水路を選定した理由はどうか？</p> <p>「回答3」 最大満潮時における最深部が首まで浸かっても林内調査や試料採集等の安全が確保でき、周辺陸域の影響も受ける調査地として選定した。</p> <p>「質問4」 下流域側から上流域側に向けての水路沿いの地点の法面側と林内奥側で、表層土壌の粘土鉱物組成にそれぞれの傾向が認められるが、そのような傾向についてどういうことが考えられるか？</p> <p>「回答4」 基本的には、粘土鉱物は雨水によって周辺陸域から流入する土壌粒子の粘土鉱物組成に依存して集積し、これらに既存の表層土壌中の粘土鉱物組成も加わり、気象や沿岸生物や地形等の物理的、化学的および生物的要因の複雑な相互作用の結果による特徴を反映して集積していると考えられる。</p> <p>「質問5」 調査地の下流域側では0.25 Mの塩濃度を示したが、満潮時に調査した支流の上流域側および林内奥側も含めてほぼ同様の塩濃度と考えられるか？</p> <p>「回答5」 満潮時から干潮時の潮の動きには約4、5時間の停滞時間帯が確認されたので、その間はいずれの地点でもほぼ同様の塩濃度を示し、その前後は潮の動きに左右されて陸水の影響を受けながら濃度が異なる地点も出現すると考えられる。</p> <p>「質問6」 粘土鉱物のパーミキュライトは他の粘土鉱物の分布とは異なり、最下流域側と最上流域側とを除き、いずれの地点でもほぼ一定の同含量を示しているが、そのような特徴についてどのようなことが考えられるか？</p>	

「回答6」他の粘土鉱物に比較して、パーミキュライトは負荷電を帯びる量が多くCEC値の高い特徴を有するので、林内で腐植粘土複合体が形成され集積される際に荷電特性が影響して、そのような集積の特徴に繋がったことが考えられる。

「質問7」マングローブ林土壌の腐植物質は、他の耕地土壌や森林土壌の腐植物質に比べて何か特徴が異なるか？

「回答7」マングローブ林表層土壌の腐植物質は、潮の干満の影響を受ける汽水域の環境条件下における動・植物遺体及び排泄物等の給源に由来し、陸域の耕地土壌や森林土壌の環境条件下では比較的単純な腐植物質の給源に由来することから、特徴は異なると考えられるがここでは比較検討をしてはいない。

「質問8」マングローブ林土壌の腐植酸は他の耕地土壌や森林土壌の腐植酸の腐植化度とは特徴が異なるのか？

「回答8」林内表層土壌における腐植酸の腐植化度は、1日2回の潮の干満に伴う新鮮有機物が絶えず加わる有機物質の出入りの影響を受けるので、前述と同様に比較検討をしてはいないが、耕地土壌や森林土壌での腐植酸の腐植化度に比べて低い傾向が示唆され異なることが考えられる。

「質問9」上流域側のオヒルギと下流域側のヤエヤマヒルギとで、林内の表層土壌の堆積作用に及ぼす影響には違いがあると考えるか？

「回答9」両樹種のリターに由来する有機化合物のタンニンやリグニン含有量にはヤエヤマヒルギに多い傾向等の違いが見られ、それらの有機化合物は表層土壌の生成に関与する腐植粘土複合体の形成に影響することが考えられるので、樹種間の堆積作用に及ぼす影響にも違いがあると考えられる。

「質問10」油膜状浮遊物質という名称は学術用語として利用されているか？

「回答10」水面での浮遊物質の動態を観察しての呼称であり学術用語ではない。

「質問11」油膜状浮遊物質とバイオフィームとはどのような違いがあるか？

「回答11」油膜状浮遊物質は腐植物質、溶存イオンおよび粘土鉱物間の静電氣的結合による腐植粘土複合体で、バイオフィームは水中鉄イオン等の微生物代謝による非晶質生体鉱物であり、後者にはいくつか最近の研究報告が見られる。

「質問12」油膜状浮遊物質の流入量と流出量に関して、マングローブ林内における浮遊物質の収支状態はどうなっているか？

「回答12」試料採集時における観察では、油膜状物質の浮遊量は下げ潮時に林内から多く流出するように見受けられた。しかし、その面からの収支関係については検討していないので今後の研究機会の検討課題にしたい。