

放棄されたエビ養殖池への大規模マングローブ植林による生態系修復効果 (再生マングローブ林の炭素蓄積評価および食物連鎖解析)

加藤 茂¹, 酒井 祐二², Suthira Thongkao³, Kan Chantrapromma⁴, Savettachat Boonming⁵

¹成蹊大学理工学部物質生命理工学科, ²工学院大学先進工学部環境化学科, ³ワライラック大学理工学部
⁴ハッジヤイ大学, ⁵タイ王国天然資源環境省国立公園・野生生物・植物保護局ナコンシタマラ所

概要 最も確実な大気からの炭素固定は、人的なエネルギー投入のほとんどない植物の光合成による方法である。UNEP(国連環境計画)では、自然生態系における炭素隔離・固定について塩性・沿岸生態系の炭素固定機能を評価し“**Blue Carbon**”として報告している。特にマングローブ生態系は、熱帯林の2~3倍以上の炭素蓄積である。申請者は1997年から、タイ南部ナコンシタマラ県で放棄されたエビ養殖池(1,000 ha)、新土壌堆積地(干潟)へのマングローブ植林を実施してきている。植林面積は1,300ヘクタールを超え、植林木数も約800万本になる。植林木も順調に生育、マングローブ林のエビ養殖池への転換前の多様な生物が回帰し、特に魚介類の回帰は地域住民の貴重な収入源、動物タンパク源となってきた。また、植林後成長した樹木も生育旺盛で、確実にバイオマス(生物資源量)を増加させてきている。

本研究は、タイ南部における新規堆積土壌へのマングローブ植林地域、及び放棄されたエビ養殖池跡地へのマングローブ植林地域における土壌の化学性、土壌中炭素・窒素蓄積及びバイオマス量(地上部、地下部)の調査を行い、植林地土壌環境の比較及び炭素蓄積量の評価を行った。また、大規模マングローブ植林の評価として、魚介類中の炭素および窒素安定同位体比分析による食物連鎖(Food web)の解析等を行い、マングローブ植林による沿岸生態系修復について検討した。

植林経過年と共にバイオマスは増加、土壌中の炭素および窒素の蓄積量も増加し、マングローブ植林による炭素固定について定量的に明らかにすることができた。エビ養殖放棄池に植林した地点の表層部では主に ORP が正の値を示し、酸化状態であった。土壌 EC 及び土壌 Na 濃度の値には相関性が確認された。

パクファナン湾から 17 魚介を採集、炭素および窒素の安定同位体を分析しマングローブ植物から始まる食物連鎖(Food web)について検討した。*Anodontostoma chacunda*(Ray-finned fish)と*Acanthosquilla multifasciata*(Mantis shrimp)は 17 試料から最上位にある 2 種であることが明らかになった。生態系内における食性 1 段階の上昇は ¹³C の濃縮値は -0.80‰とされており、オオバヒルギ(*Rhizophora mucronata*)の ¹³C 値から推定すると 23~24 段階の食性上位に位置する生物(魚種)と推定できた。更に、マングローブ生態系の炭素蓄積および食物連鎖の詳細な研究が必要である。

1. 目的

最も確実な大気からの炭素固定は、人的なエネルギー投入のほとんどない植物の光合成による方法である。UNEP(国連環境計画)では、自然生態系における炭素隔離・固定について塩性・沿岸生態系の炭素固定機能を評価し“**Blue Carbon**”として報告している。特にマングローブ生態系は、熱帯林の2~3倍以上炭素蓄積ができる。

申請者は1997年から、タイ南部ナコンシタマラ県で放棄されたエビ養殖池(1,000ha)、新土壌堆積地(干潟)へのマングローブ植林を実施してきている。植林面積は1,300ヘクタールを超え、植林木数も約800万本になる。植林木も順調に生育、マングローブ林のエビ養殖池への転換前の多様な生物が回帰し、特に魚介類の回帰は地域住民の貴重な収入源、動物タンパク源となっている。また、植林

後成長した樹木も生育旺盛で、確実にバイオマス(生物資源量)を増加させてきている。

本報告では、タイ南部における新規堆積土壌でのマングローブ植林地帯、放棄されたエビ養殖池跡地へのマングローブ植林地帯における土壌化学性、土壌中炭素・窒素含有量及びバイオマス量(地上部、地下部)の調査を行い、各種特性の比較及び炭素蓄積量の評価を行うことを目的とする。

また、大規模マングローブ植林効果の評価を目的として、魚介類中の炭素および窒素安定同位体比分析による食物連鎖(Food web)の解析等を行い、マングローブ植林を通じた炭素蓄積と沿岸生態系修復を検討する。

2. 研究方法

2.1 試験区

研究対象となるエビ養殖放棄地へのマングローブ植林試験区は、首都バンコクから陸路で約 800 km 南に位置するナコンシタマラート(Nakhon Si Thammarat(NST))県(北緯8°00′~9°19′, 東経99°15′~100°15′)にあり、南部タイ半島部のシャム湾側に面し、総面積は 9,942.5 km², 海岸線長は 225 km である。ナコンシタマラート市東部海岸は、ナコン湾またはパクファナン湾で、湾は浅く嘴状海岸線の半島部の長さは約 14 km, 湾幅はパクファナン河口部の最も狭いところで約 3 km から湾口地区では約 10 km である。ナコンシタマラ県の気象は熱帯モンスーン型で、年間雨量は 1,900–2,400 mm であり、モンスーン季の降雨量はその約 60%である。

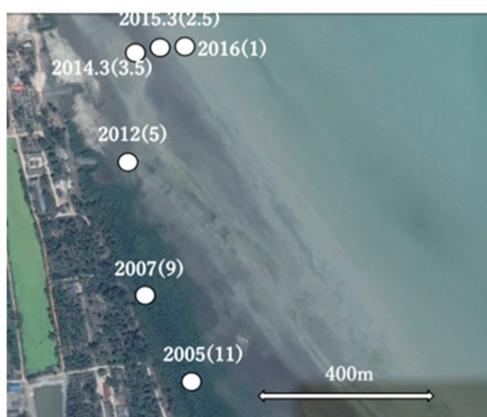


Fig. 1 新規堆積土壌における植林試験区

対象試験区として、タイ南部ナコンシタマラート(NST)近郊での新規堆積土壌での試験区(2005, 2007, 2012, 2014, 2015, 2016 年植林試験区(Fig. 1)), 放棄エビ養殖池での植林地帯(1998, 1999 年植林試験区, 植林無し(放棄池堆積土壌)(Fig. 2))において、土壌 pH, ORP 測定, 温度測定及び土壌採取, 更に植生密度, 樹高, バイオマス量の測定を行った。

2.2 土壌サンプリング方法

新規堆積土壌試験区, 放棄エビ養殖池植林地帯において、各植林年にて 3 地点ずつ、検土杖を用いて地表部から 200 cm まで 10 cm 毎に土壌数十グラムをサンプリングした(100 cm 以下は 50 cm 毎)。また土壌採取地点付近にて、地表部から 100 cm まで 10 cm 毎に温度, pH, 酸化還元電位(ORP)を測定した。土壌サンプリング及び測定地点の植林年, 経過年数, 位置情報は、Table 1(新規堆積土壌における植林地), Table 2(放棄エビ養殖池における植林地)に示す。

2.3 バイオマス量測定

各植林試験区地上部に蓄積している炭素固定量を調査するため、マングローブにおける地上部バイオマス量の測定を行った。調査方法として、マングローブにおける各部位(葉, 枝, 幹, 根)の重量測定, 樹高及び胸高直径(DBH)の測定を行った。なお植林されている測定対象樹種は、フタバナヒルギ(*Rhizophora apiculata*)とオオバヒルギ(*Rhizophora mucronata*)の 2 種である。

2.4 土壌化学性分析

各サンプリング土壌試料に対して、土壌溶液(土壌:水

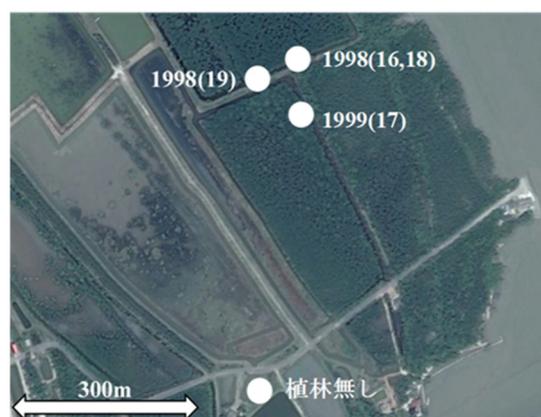


Fig. 2 エビ養殖放棄池植林試験区

Table 1 新規堆積土壌における植林試験区の概要

植林年	調査年月	経過年数 [year]	緯度	経度
2005	2016年8月	11	N 08°37'11.88"	E 99°57'25.37"
2007	2016年8月	9	N 08°37'17.87"	E 99°57'22.57"
2012	2017年8月	5	N 08°37'47.3"	E 99°57'35.0"
2014	2017年8月	3.5	N 08°37'60.0"	E 99°57'36.3"
2015	2017年8月	2.5	N 08°37'61.7"	E 99°57'38.0"
2016	2017年8月	1	N 08°37'61.3"	E 99°57'41.9"

Table 2 エビ養殖放棄池植林試験区の概要

植林年	調査年月	経過年数 [year]	緯度	経度
1998	2014年8月	16	N 08°30'54.9"	E 100°02'50.4"
1999	2016年8月	17	N 08°30'59.67"	E 100°02'38.16"
1998	2016年8月	18	N 08°31'02.18"	E 100°02'37.97"
1998	2017年8月	19	N 08°31.022'	E 100°02.595'
植林無し	2017年8月	—	N 08°30.742'	E 100°02.602'

(1M KCl)=1:5(重量比))を作製し、1時間振とう後(200 rpm)、上澄み液をpH、ECメーター(F-50, HORIBA)及びイオン電極(1512A-10C, HORIBA)を用いてpH、EC、Naイオン濃度を測定した。更に土壌試料を乾燥炉にて110°Cで24時間乾燥後、NCアナライザー(SUMIGRAPH NC-22A, NC-95A)にて炭素・窒素含有量の測定を行った。

2.5 食物連鎖試料採集と安定同位体分析

ナコンシタマラ県のパクファナン湾は、嘴状に発達形成された Talumphuk laem 岬に囲まれた湾で地域住民の動物タンパク資源の収穫地であるとともに貴重な収入を得る湾でもある。**Fig. 3**に示すように山岳地からパクファナン川が流入するとともにシヤム湾海流の豊富な栄養分がもたらされている。魚介類試料の採集は、地元漁民の協力を得て行った。

魚介試料は、105°Cの恒温乾燥器(Model 2-2-5, Isuzu, 東京)で1週間乾燥後、粉碎機(ワンダーブレンダーWB1, 大阪)で微粉化処理した。炭素(¹³C)および窒素(¹⁵N)安定同位体分析の前処理として、クロロホルムによる脱脂処理を行った。炭素(¹³C)および窒素(¹⁵N)安定同位体分析は、精密同位体分析装置 Flash EA1112-DELTA V

**Fig. 3** 魚介試料採取地パクファナン湾

ADVANTAGE Con Flo IV Sytem(サーモフィシャー ジャパン)で行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 新規堆積土壌における土壌化学性評価

新規堆積土壌での試験区(2005, 2007, 2012, 2014, 2015, 2016年植林試験区)における、土壌深さにおける酸化還元電位(ORP)、土壌pH(KCl)、土壌EC、土壌Naイオン濃度の測定結果をそれぞれ**Fig. 4**と**Fig. 5**に示す。

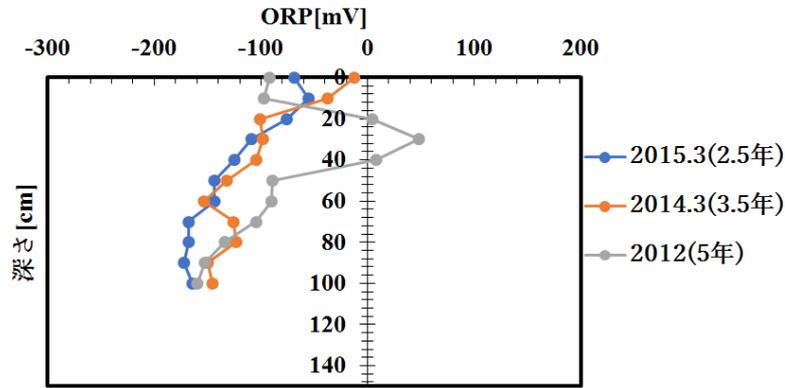


Fig. 4 土壌深さにおける ORP の経年変化

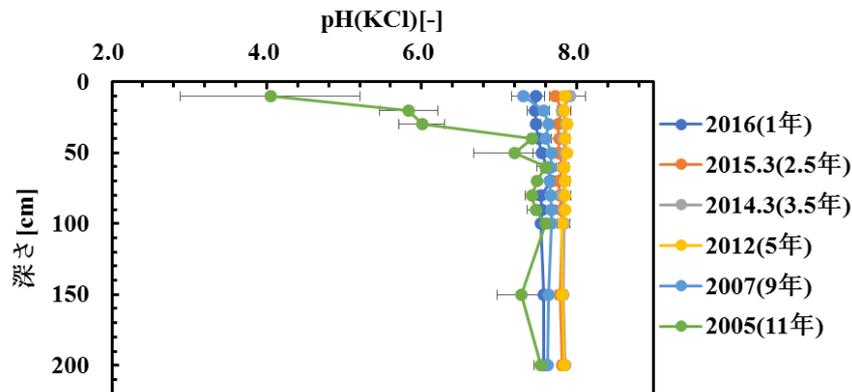


Fig. 5 土壌深さにおける pH(KCl) の経年変化

ORP 測定結果では、2015 年、2014 年サイトでは ORP 変化は小さかったが、2012 年サイトでは表層部分において値の変動が大きくなった。これは、堆積初期前半にかけて土壌堆積段階が変化したためであると考えられる。

土壌 pH(KCl) においては、11 年植林時にて、急激に酸性域に変化することが示された (Fig. 5)。pH(KCl) は 2005 年(植林年数 11 年)において表層部(0-30 cm)における値が低い値を示した。2005 年試験区では有機酸の影響が考えられるが、値から他の原因があることも推測される。また他の植林試験区ではどの深さにおいてもほぼ同じ値を示し、深くなるにつれ各試験区で誤差が小さくなったことから pH が安定していることを示している。次に EC、Na イオン濃度は堆積初期において表層部分(0-30 cm)で値が低下し、その後では表層部分だけでなく深層部分(30-200 cm)においても値が低下する傾向を示した (Fig. 6)。これはこの過程で内陸に位置し海水による影響が小さくなるためであると考えられる。また、若齢段階で値が高くなったことから、土壌堆積段階によって土壌化学性の傾

向が変化することも考えられた。さらに、土壌 EC 及び土壌 Na 濃度の値には相関性があることが確認された。

3. 2 新規堆積土壌における土壌中炭素、窒素含有量及び炭素固定量

炭素含有率及び窒素含有率では幼齢段階から若齢段階に変化する境において、数値が高くなる傾向が確認された (Fig.7, Fig.8)。また、最も植林年数が経過した 2005 年試験区において大幅に高い値を示した。この結果より、植林年数の経過に伴い、土壌中炭素蓄積が増加したことが示された。そして、2005 年試験区(植林年数 11 年)、2007 年試験区(植林年数 9 年)の表層 0-20 cm で数値が大幅に増加した。このことから、植林年数が経過した試験区であるため落葉落枝の腐植化によって有機物が多く蓄積したことが考えられる。また、土壌深さが 20 cm より深い部分では土壌堆積段階毎に、数値が変化する傾向が確認された。さらに、土壌 C/N 比においても、2007 年以降では表層部分において、それ以前より高い数値を確認することが出来た。

土壤中炭素含有量の経年変化においては、若齢段階でのバイオマス増加に伴い炭素含有量が増加した。さらに地上部バイオマス及び地下部バイオマスを合計した全炭素固定量については、堆積初期段階から若齢段階

に増加する傾向が見られ、特に、堆積初期後半からのバイオマス増加に伴い土壤中有機物堆積量が増加したことで全炭素固定量も増加した (Fig. 9)。

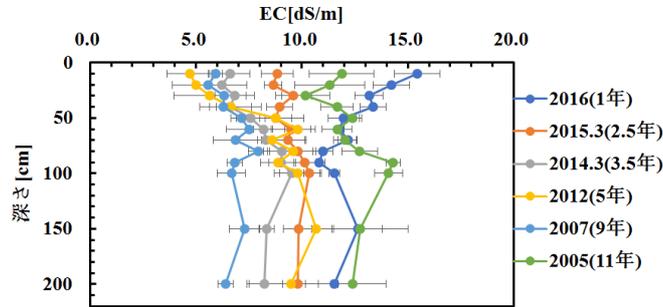


Fig. 6 土壤深さにおける EC の経年変化

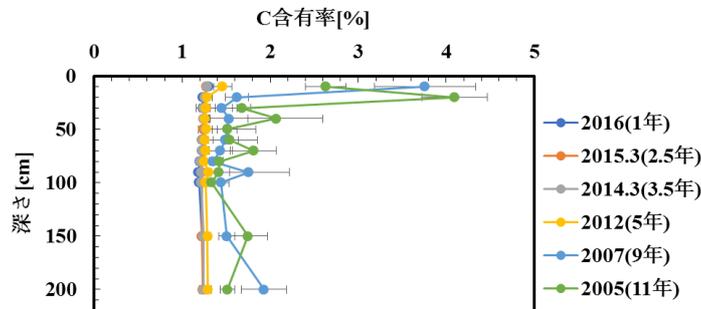


Fig. 7 土壤深さにおける C 含有量の経年変化

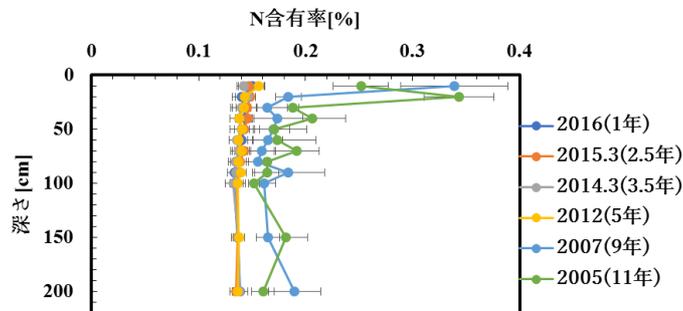


Fig. 8 土壤深さにおける N 含有量の経年変化

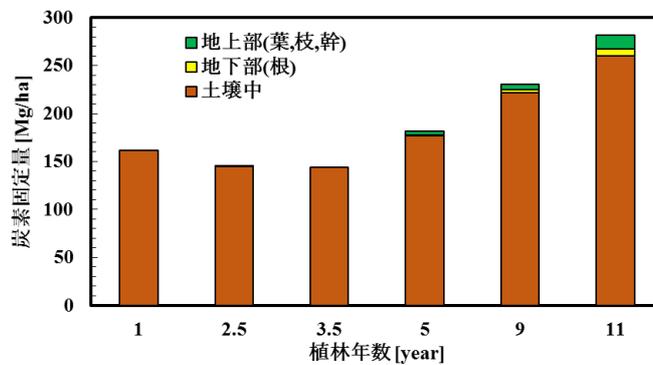


Fig. 9 炭素固定量の経年変化

3.3 エビ養殖放棄池植林試験区における土壌化学性評価

エビ養殖放棄池に植林した地点の表層部では主に ORP が正の値を示しており、酸化状態であることがわかる (Fig.10)。植林無し(湛水状態)、植林試験区(16, 19年)の表層付近が酸化状態であることから、海水の流入が示唆された。

エビ養殖放棄池での土壌化学性については、pH は植林経過 20 年弱より表層部 0-10 cm で弱酸性を示した (Fig.11)。また EC と Na イオン濃度は高い相関性を示した。さらに、Na イオン濃度の結果より植林による濃度変化は確

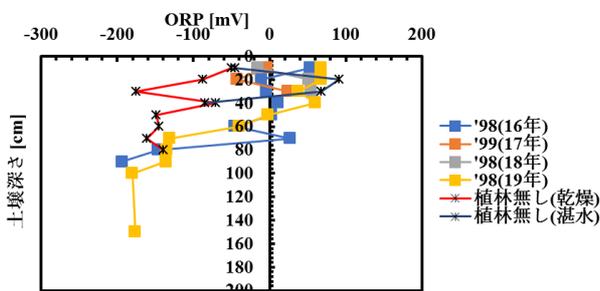


Fig.10 土壌深さにおける ORP の経年変化

認されていないが、植林無しサイトにおける乾燥地点と湛水地点の測定結果の差から、土壌採取時の水分量が関係していると考えられた。(Fig. 12, Fig. 13)

3.4 エビ養殖放棄池植林試験区における土壌中炭素、窒素含有量及び炭素固定量

土壌中炭素及び窒素含有量の植林経過による変化を示す結果より、炭素含有量は表層で主に増加し、窒素含有量は深さ方向において差が見られた (Fig.14, Fig.15)。また C/N 比は、植林無しでも高い値を示したが、19 年植林後にて、他と比較して高い数値を示した。

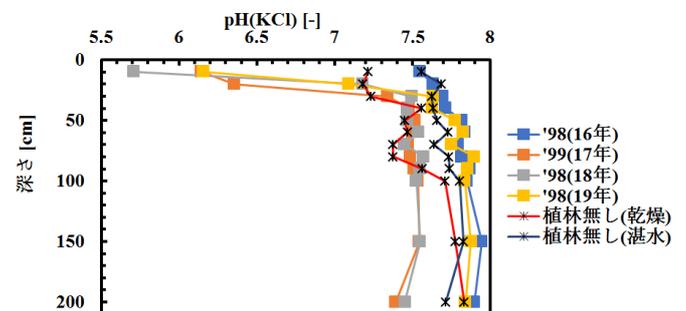


Fig.11 土壌深さにおける pH(KCl)の経年変化

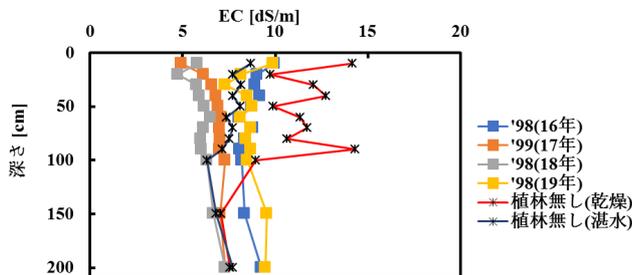


Fig.12 土壌深さにおける EC の経年変化

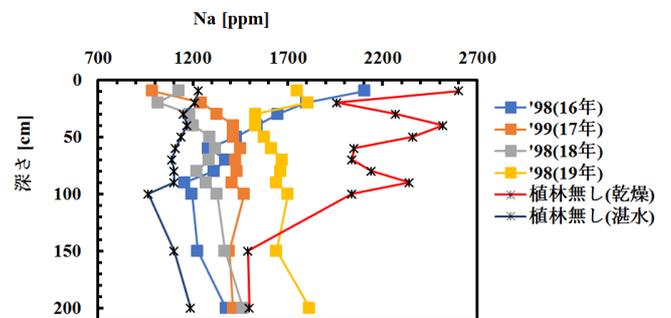


Fig.13 土壌深さにおける Na イオン濃度の経年変化

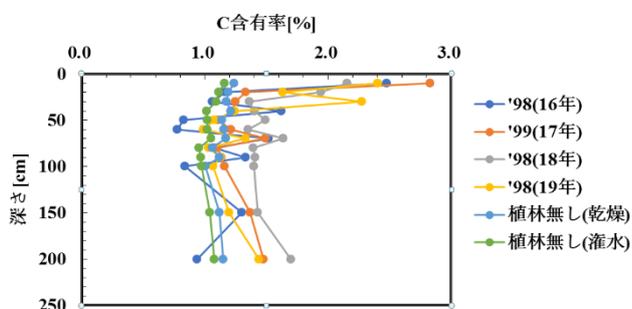


Fig.14 土壌深さにおける C 含有量の経年変化

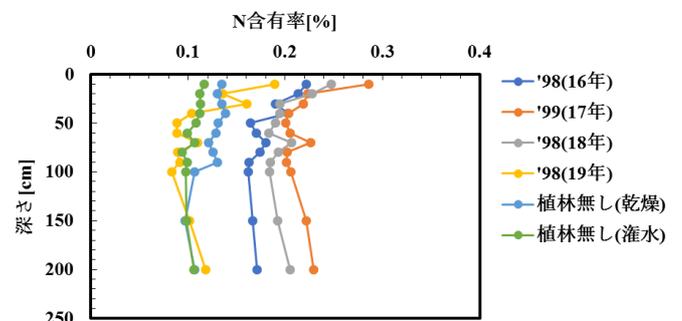


Fig.15 土壌深さにおける N 含有量の経年変化

次に、植林経過16年と植林無しの試験区における炭素固定量を比較すると、土壤中炭素固定量は約60 [Mg/ha]増加したため、植林による炭素の固定効果が確認出来た (Fig.16)。さらに地上部・地下部バイオマス量を考慮すると、植林後16年にて、全炭素固定量が約324.3 Mg/haと試算することが出来た。

3.5 マングローブ植林と食物連鎖

パクファナン湾は多種多様な魚介類の宝庫であるとともに、地域住民にとり貴重な経済的基盤の生態系である。地域住民は年間を通して季節ごとの漁を行っている。地域の長老によると、このパクファナン湾に発達しているマングローブ林の成立は60年以上前とされている。その後、一部のマングローブ林を除き、人為的圧力を加えなかったことから、見事なマングローブ林が存在している。現在では、マングローブの保全・保護に地域全体で取り組んでいる。

Table 3には、魚介類17種類とマングローブ樹種のオオバヒルギ (*R. mucronata*) 葉の ^{13}C および ^{15}N 同位体比分析結果を示す。オオバヒルギ (*R. mucronata*) 葉の ^{13}C および ^{15}N 同位体比分析結果を用い、マングローブから始まるパクファナン湾の食物連鎖網 (Food web) について検討を行った。

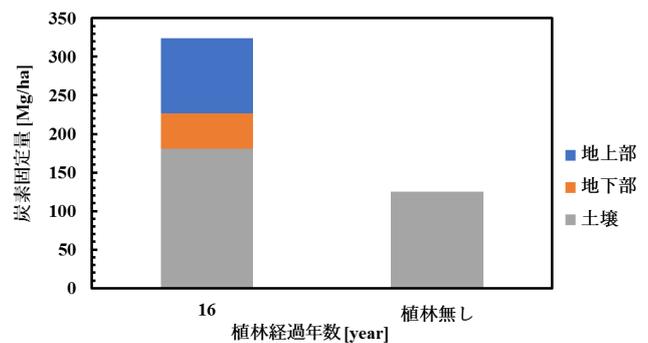


Fig.16 炭素固定量の経年変化

Table 3 魚介試料名と安定同位体分析値

Scientific name	Common name	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	$\delta^{15}\text{N}(\text{‰})$
<i>Brevitrygon imbricate</i>	Bengal whipray	-14.9	10
<i>Saurida micropectoralis</i>	Shortfin lizardfish	-16.1	12
<i>Anodontostoma chacunda</i>	Chacunda gizzard shad	-13.4	7.3
<i>Pomadasys argyreus</i>	Bluecheek silver grunt	-15.3	10.2
<i>Pennahis anea</i>	Donkey croaker	-17.1	10.7
<i>Sardinella albella</i>	White sardinella	-17.0	10.1
<i>Ambassis natura</i>	Scalloped perchlet	-16.7	10.4
<i>Terapon jarbua</i>	Jarbua terapon	-19.9	10.2
<i>Aurigeqnula fasciate</i>	Stripped ponyfish	-16.7	12.6
<i>Netuma thalassina</i>	Giant catfish	-20.1	10.2
<i>Scatophagus argus</i>	Spotted scat	-17.0	9.18
<i>Sepia sp.</i>	Cuttlefish	-15.5	10.1
<i>Amphioctopus aegina</i>	Sandbird octopus	-15.4	10.1
<i>Uroteuthis duvancelii</i>	Indian squid	-17.9	11.1
<i>Cynoglossus lingus</i>	Long tongue sole	-16.8	8.65
<i>Scomberoides lysan</i>	Doublespotted queenfish	-17.8	10.9
<i>Osteomugil cunnesius</i>	Longarm mullet	-17.6	10.8
<i>Acanthosquilla multifasciate</i>	Mantis shrimp	-14.3	9.45
<i>Rhizophora mucronata</i>	Mangrove	-32.2	5.12

マングローブ樹木の炭素固定は光合成過程で大気中の二酸化炭素を取り込み利用しているが、大気中には一定の割合で炭素の安定同位体 (^{13}C) が存在している。この炭素同位体の各植物による濃縮は既往の研究から、C3植物の δ 値は-25~-32‰である。C4植物では-15~-10‰、CAM植物ではC3植物とC4植物の中間の δ 値である。本研究で用いたオオバヒルギ (*R. mucronata*) は、C3植物として分類できる。マングローブ樹木の生育に必要な窒素は、土壌中に存在している亜硝酸イオンや硝酸イオンである。

Anodontostoma chacunda (Chacunda gizzard shad) と *Acanthosquilla multifasciata* (Mantis shrimp) の $\delta^{13}\text{C}$ 値はそれぞれ-13.4‰と-14.3‰を示し、この2種は今回の食物連鎖調査では最上位であることが考えられる。次いで、 $\delta^{13}\text{C}$ 値の高い種は *Brevitrygon imbricate* (Bengal whipray) の-14.9‰であった。一方、*Netuma thalassina* (Giant catfish) と *Terapon jarbua* (Jarbua terapon) の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、それぞれ-20.1‰と-19.9‰であった。これら2種の $\delta^{13}\text{C}$ 値から濃縮率が低いことから、草食性あるいは底泥性食性の魚類と考えられる。

生態系での食物連鎖一段階における ^{13}C の濃縮値は-0.80‰~-1.00‰とされており、食性一段階上昇時の値を-0.80‰とし、*Anodontostoma chacunda* (Chacunda gizzard shad) と *Acanthosquilla multifasciata* (Mantis shrimp) は、オオバヒルギ (*R. mucronata*) の ^{13}C 値をもとに食性段階を求めると23~24段階を経ていることが推察できる。今回の魚

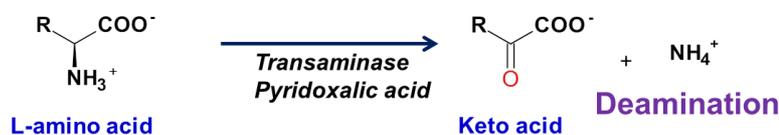
介試料から、パクファナン湾の食性では上位に位置する生物である。

オオバヒルギ (*R. mucronata*) の $\delta^{15}\text{N}$ 値は、5.12‰であった。*Anodontostoma chacunda* (Chacunda gizzard shad) の $\delta^{15}\text{N}$ 値は7.30‰で、試料中最も低い値であった。多くの研究から、自然生態系における $\delta^{15}\text{N}$ 値は食性一段階上昇で約3.00‰上昇するとされるが、本研究の魚介試料の分析からは食性レベルの推定は困難と言える。魚介試料中の $\delta^{15}\text{N}$ 値の上昇がみられなかった要因として、魚介試料のたんぱくを構成する主要アミノ酸として、Glycine, Alanine, Aspartic acid, Glutamic acid 等の直鎖アミノ酸類が考えられる。これら直鎖アミノ酸は、魚介中の脱アミノ酵素による脱アミノ反応 (Deamination) を容易に受けることから、魚介類中への窒素蓄積が行われにくいことに起因していると考えられる。Fig. 17 にアミノ酸の生体内での代謝過程を示す。

4. まとめ

タイ南部での新規堆積土壌地域及びエビ養殖放棄池でのマングローブ植林試験区における土壌特性と土壌中 C, N 含有量、さらに植林試験区における地上部、地下部バイオマス結果から、植林試験区における各種特性の違いと、土壌中及び地上部・地下部バイオマス中の炭素蓄積量の結果から、更なる炭素蓄積量増加の可能性を示す有効な実証データを得ることが出来た。

(a) L-alanine, L-valine, L-leucine, L-glutamic acid etc.



(b) L-methionine



(c) L-phenylalanine



Fig. 17 アミノ酸の生体における分解

学会報告等

1. 加藤茂, Savettachat Moonming, Suthira Thongkhao, Kan Chantrapromma, Sanit Aksornkoae, 酒井祐二, 伊藤拓哉, 小島紀徳: “Global warming mitigation and sustainable bioresources production through mangrove planting”, 2017 年度日本海水学会第 68 年会, 京都, 2017 年 6 月 1 日~2 日
2. Shigeru Kato, Benjamas Chotthong, Tanirat Tanawat, Suthira Thongkao, Savettachat Boonmin, Sanit Aksornkoae, Toshinori Kojima and Qwanruedee Chotichananthawong: “Forest Restoration in Thailand”, ICSWE-17 “13th International Conference of Sustainable Water Environment” at Seoul University, (August 16 – 18, 2017, Seoul City, South Korea)
3. 加藤茂: “Carbon accumulation and restitution through mangrove planting”, 日本草炭緑化協会第 28 回定期講演会, 早稲田大学理工学部キャンパス, 東京, 2017 年 10 月 27 日
4. Shigeru Kato: “Global warming mitigation and Satoumi creation through mangrove planting”, KEIDANREN Head Office, (December 6, 2017, Tokyo, Japan), Special invited presentation of KNCF project
5. Shigeru Kato: “Mangrove restoration program in Thailand”, 1st Sarawak Ramsar Conference 2018, (March 2, 2018, Kuching Sarawak, Malaysia), Key note presentation
6. Shigeru KATO, Savettachat BOONMING, Kan CHANTRAPROMMA, Suthira THONGKAO, Charun BUNYAKAN, Sangob PANICHAT, Sanit AKSORNKOAE, Prasert TONGNUNUI, Woraporn TARANGKOON, Yuji SAKAI, Takuya ITO and Toshinori KOJIMA: “Rehabilitation of degraded mangrove through planting mangrove in southern Thailand”, DT13 & ICAL3 Conference, (March 12 – 16, Chennai, India)
7. Suthira THONGKAO, Shigeru KATO, Savettachat BOONMING, Sanit AKSORNKOAE, Kan CHANTRAPROOMA, Yuji SAKAI, Takuya ITO and Toshinori KOJIMA: ”Mangrove monitoring and evaluating in Nakhon Si Thammarat and spatial techniques”, DT13 & ICAL3 Conference, (March 12 – 16, Chennai, India), Key note presentation
8. Shigeru Kato: “Rehabilitation of abandoned mangroves in Nakhon Si Thammarat, Thailand”, ICFEB 2018 Conference, (March 28 – 30, Okinawa, Japan), Key note presentation
9. 加藤茂, Savettachat Boonming, Suthira Thongkhao, Kan Chantrapromma, Sanit Aksornkoae, 酒井裕司, 伊藤拓哉, 小島紀徳: “マングローブ植林による炭素蓄積と生物多様な環境創成” 2018 年度日本海水学会第 69 年会, 千葉大学西千葉キャンパス, 2018 年 6 月 7 日~8 日

Ecosystem Rehabilitation Effects by Large Scale Mangrove Planting to Abandoned Shrimp Ponds in Thailand -Estimation of Carbon Accumulation and Food Web Analysis-

Shigeru Kato¹, Yuji Sakai², Suthira Thongkao³, Kan Chantrapromma⁴, Savettachat Boonming⁵

¹ Seikei University, ² Kogakuin University, ³ Walailak University, Thailand, ⁴ at Yai University, Thailand,

⁵ Ministry of Natural Resources, Thailand

Summary

Secure carbon fixation method from atmosphere without input energy is photosynthesis of plants. UNEP reported that abilities of sequestration and fixation of carbon as *Blue Carbon* at salt marshes and coastal ecosystem in natural ecosystems is very high. Especially, mangrove forests can store carbon 2 to 3 times higher than tropical rain forests. Mangroves are salt-tolerant forest ecosystems found mainly in the tropical and subtropical intertidal regions of the world. Mangrove vegetation is the most efficiently adapted biotic community in response to climate-change-induced sea-level rise.

Kato and his research team had planted mangrove seedlings to abandoned shrimp ponds of 1,000ha for 10 years since 1997 at Nakhon Si Thammarat Province in southern Thailand. Now they are planting mangrove at new mudflat areas of Pak Poon in Nakhon Si Thammarat. Total planted area and planted mangrove seedling are over 1,300ha and 8,000,000 seedlings, respectively. The growth of planted mangrove is very good and many kind of fishes, animals and birds return to mangrove planted areas. The recurrence of fishes, crabs and shrimps are very important income for local people and they are also very important resources as animal protein.

Research aims were to glean as follows; chemical properties of soil, amount of carbon and nitrogen in soil, biomass production (above ground and below ground) at abandoned shrimp ponds and new mudflat areas in Nakhon Si Thammarat. The food web studies at mangrove planted areas of abandoned shrimp ponds and new mudflat areas were also studied through stable isotope ¹³C and ¹⁵N in fishes, shrimps and crab. Evaluation of mangrove planting was discussed about coastal ecosystem restoration through food web studies.

The biomass production and the accumulation of carbon and nitrogen in soil at all mangrove planted areas increased. The 17 fish samples were collected from Pak Phanang bay and analyzed stable isotope (¹³C and ¹⁵N) for each sample. *Anodontostoma chacunda* (Ray-finned fish) and *Acanthosquilla multifasciate* (Mantis shrimp) were higher TOL (Trophic of level) in this study. This two fishes were supposed that TOL is 23-24 steps from *Rhizophora mucronata*. We need to study for more details on carbon accumulation and food web in mangrove ecosystems.