

〔環境科学部〕

沖縄本島の主要マングローブ林における底質と
生育樹種との関係

環境科学部環境調査課
根岸 理佳子、當間 団正

1. はじめに

過去に損なわれた生態系や自然環境を取り戻すことを目的とした自然再生推進法が、平成15年1月より施行された。それにともない沖縄県においても、変質した河川・海岸を対象に環境の保全や再生、創出、維持管理を図る動きが活発化し始めている。その一つに、マングローブ林の再生・保全が挙げられる。

マングローブとは熱帯・亜熱帯地域沿岸の海水・汽水域に成立する植生の総称である。沖縄県内の河口域には広くマングローブ林が分布しているが、1970年代以降の道路・港湾・護岸工事等にもなう直接・間接的破壊により、その植生は衰退の傾向をたどっており、特に沖縄本島の河川河口域で顕著である。他方、マングローブの有する多機能性、

例えば環境・生態系の維持・保全、沿岸水棲生物に対する涵養の場の提供、水産資源上の価値などに対する評価は高く、マングローブ林の再生・維持を要望する声は大きい。

そこで、沖縄本島マングローブ林の再生に向けた基礎データの集積と再生手法の検討を目的に、平成17年度より2年間の計画で調査研究を行うこととした。特に、マングローブが立地環境を反映して樹種別に帯状に分布する特性に注目し、代表的マングローブ構成樹種であるヒルギ類とその基盤環境である底質（マングローブ林の土壌の性質）に焦点を当て、その関連性を解析する。

本報では、研究全体の流れ（図1.1）を紹介するとともに、平成17年8月～10月の間に実施された現地調査・分析の結果を報告する。

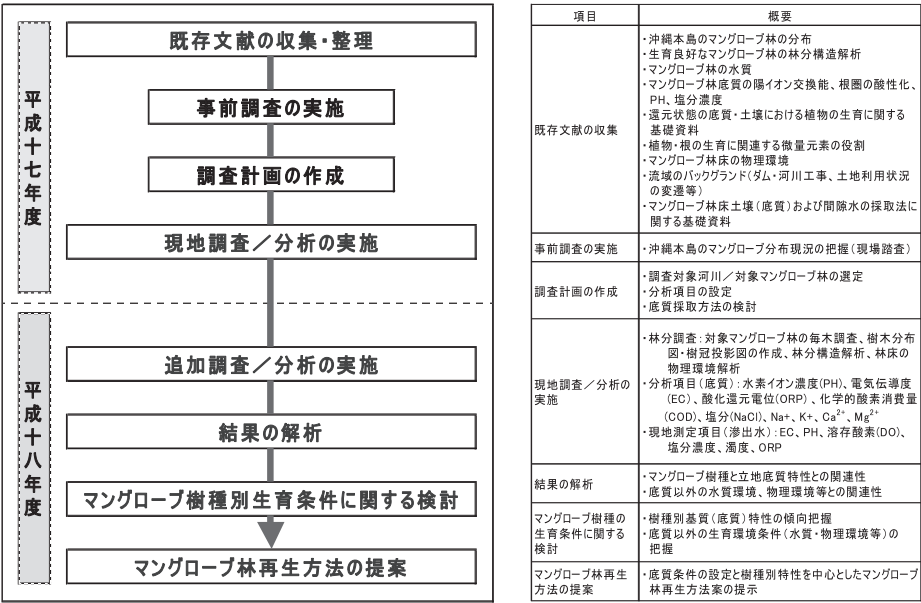


図1.1 調査研究フローおよび実施項目

2. 調査地

調査地は、沖縄本島であること、分布面積が広く生育状態が良好な林であること、より自然状態に近い環境であることを条件に選定した。沖縄本島マングローブ林のうち広い分布域をもつ林は、東村慶佐次川、名護市大浦川、金武町億首川、那覇市漫湖のマングローブ林である。このうち、那覇市漫湖のマングローブ林の起源は植林によるもので近年の分布面積拡大には人為的な要素も強いことから、調査地は慶佐次川、大浦川、億首川のマングローブ林とした。現在までに大浦川、億首川における調査を終えており、本報ではその結果を報告する。なお、慶佐次川については今年度中に実施の予定であるが、同マングローブ林は国の天然記念物に指定されているため、調査に際し文化庁に許可申請を提出し、10月付で受理されている。

各調査地の調査地点は、林内を踏査し優占樹種や林齢および底質環境の目視的相違を条件に選定した。各調査地の概況と調査地点の位置を以下に示す。

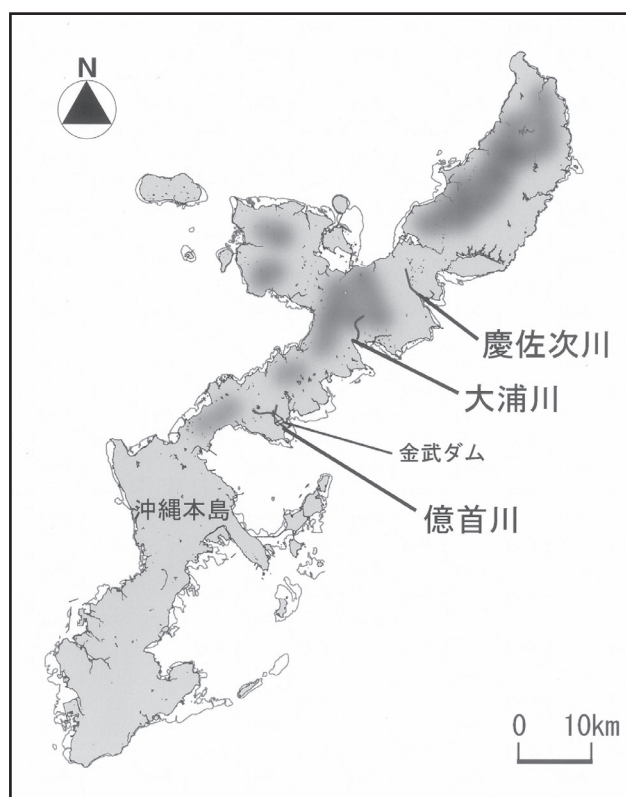


図2.1 調査地の位置



図2.2 調査地点【大浦川】

2.1 名護市大浦川のマングローブ【地点1～3】

大浦川は名護市多野岳の南斜面にはじまり大浦湾に開口する河川で、河口域が広く、感潮域泥地には広域にわたりマングローブ林が発達している。マングローブ林の構成種はオヒルギ *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam. とメヒルギ *Kandelia candel* (L.) Druce が主であるが、林縁部や陸化の進んだ河辺にはシマシラキ *Excoecaria agallocha* L. やシイノキカズラ *Derris trifoliata* Lour.、サキシマハマボウ *Thespesia populnea* (L.) Soland. ex Correa、オオハマボウ *Hibiscus tiliaceus* L. など出現する(沖縄県、1980)。

2.2 金武町億首川のマングローブ【地点4～6】

億首川は河川長約3.5km、流域面積約14.1km²河川で金武湾に注いでおり、マングローブ林は河口より約1.1km地点までみられる。平成5年実施の調査(金武町教育委員会、1993)によれば、本マングローブ林は復帰後20年間大きな変化はみられないが、上流側の護岸堤造成による群落の消失や、河口部ヒルギモドキ *Lumnitzera racemosa* Willd. の伐採、中洲域への新群落更新など局所的な変化はみられる、と

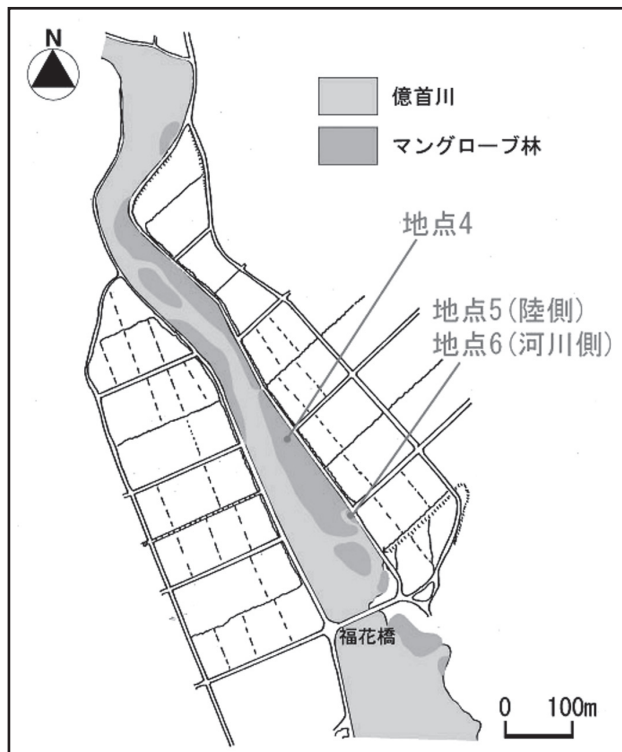


図2.3 調査地点【億首川】

されている。

3. 調査方法

3.1 林分構造調査

調査は平成17年8月16日～19日、8月27日、9月8日～9日の干潮時に実施した。優占種が明瞭で均質な植生環境にある林分を抽出しコドラート(調査方形区)を設定した後、そこに含まれる全木を対象に樹種の同定、樹高・胸高直径の計測を行った(毎木調査)。コドラートの1辺は林分の最大樹高に留意し設定した。

3.2 底質調査および分析

調査は平成17年8月24日～26日の干潮時に実施した。林分構造調査と同一方形区の中央部を底質採取地点とし、円筒型採土器により深度1mまで底質を採取した。採取後に形を崩さないよう底質を取り出し深度20cmピッチで5等分し、分析試料とした。なお、採土器はステンレス配管を用いて独自で製作したものであり、採土寸法は直径6.4cm×長さ1.0mである。

底質の分析項目は、水素イオン濃度(pH)、電気伝導度(EC)、酸化還元電位(ORP)、化学的酸素消費量(COD)、塩分(NaCl)、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} で、分析方法は次のとおりである。CODは底質調査方法に準拠し行った。その他の項目は、いずれも土壤環境分析法に準拠し、pHはガラス電極法、ECはECメーターによる方法で行った。イオン成分については前処理として試料:水を1:5の割合で混合した水溶液を分析に供した。分析は原子吸光法によった。

さらに、補足的に底質採取地点における滲出水についても現地測定を行った。計測項目はpH、EC、溶存酸素(DO)、塩分濃度、濁度、酸化還元電位(ORP)である。測定はORP計および多項目水質計を使用した。

4. 結果、考察

4.1 林分構造

調査した6林分は優占種によりオヒルギ林、オヒルギーメヒルギ林、メヒルギ林の3林型に区分された。林型別に全6地点の概要を以下に述べる。また、各調査地点の林分構造を表4.1に、樹冠投影図(地点3については樹木分布図)を図4.1に示す。

4.1.1 オヒルギ林【地点1, 2, 4】

(1) 地点1

大浦川の陸側に成立するオヒルギ林である。階層構造は上層(樹高約7-9m)と中層(樹高約4-7m)の2層に区分され、下層(樹高4m未満)および林床植生は確認されない。平均胸高直径、平均樹高が全6地点のなかで最大値を示し、平均胸高直径の大きさに対し断面積合計が小さいこと、林分密度が低いこと(以上、表4.1)、また上層木の樹冠が著しく発達し林冠を覆っていることから(図4.1、P116)、林齢の高い極相に近いオヒルギ純林と考えられた。コドラート内にはツル植物シノキカズラ *Derris trifoliata* Lour. が2個体確認され、その根元にはオキナワアナジャコ *Thalassina anomala* の塚が形成されており、発達したオヒルギ林の特徴を示している。

(2) 地点 2

大浦川の河川側に成立するオヒルギ純林である。地点 1 の林と比較し平均胸高直径が小さく林分密度がやや高いこと、全個体が樹高5.3-7.2mの範囲にある単層林であることから、地点 1 より林齢が低く発達段階にある林分と考えられた。なお、本地点の林床については特筆すべき事項はない。

(3) 地点 4

億首川の感潮域河岸に成立するオヒルギ林である。上記 2 林分と比較すると平均して幹が細く樹高も低いこと、林分密度は高いことから、調査を実施したオヒルギ 3 林分の中では最も若い林、あるいは何らかの負荷要因により生育状態が良好ではない林と推察された。コドラート中央付近にはシマシラキが複数確認されたが、底質の堆積により根元部の分枝が確認できないため、1 個体の萌芽木である可能性もある。いずれにしろ、林分の優占度には影響しない樹種である。

林床には地点 1 同様、オキナワアナジャコの塚が確認された。塚はいずれもオヒルギの枯死木の根元に形成されており、その密度は地点 1 より高かった。したがって、感潮域ではあるが水の出入りは少なく陸化しやすい立地にあるため成立したオヒルギ林であると考えられた。なお、オキナワアナジャコの塚は底質を変化させる一因である可能性も示唆されるため、本地点の底質環境を評価する際には留意すべき事項と考えている。

4.1.3 オヒルギーメヒルギ林【地点 5】

地点 5 は億首川の陸側に成立する林分である。林分の特徴として、オヒルギに比べメヒルギは胸高直径及び樹冠が小さい個体が多いこと、および林床に多数のメヒルギ幼樹が確認されることが挙げられた。しかし、陸化にともなう遷移はメヒルギ林からオヒルギ林の方向に進行するので、こうした特徴は遷移の進行とは逆である。また、樹冠投影図からは、林冠に形成されたギャップの下にメヒルギ幼樹が生育し、種子供給のあるオヒルギは生育していないことが推察される。したがって、本林

分には陸側の安定環境にあるオヒルギ群落と隣接するメヒルギ群落の両方が含まれると考えられたことから、オヒルギーメヒルギ群落とした。

なお、メヒルギ群落についてはオヒルギ幼樹が生育していないことから底質環境が比較的不安定であることや、林冠ギャップ跡があることから台風等の外的負荷を受けやすい環境にあることが示唆された。また、階層構造やその他の林分詳細は現在解析中である。

4.1.4 メヒルギ林【地点 3, 6】

(1) 地点 3

大浦川の最前線に成立するメヒルギ林である。樹高1m程度の幼樹林で林分密度が著しく高く密生状態にあることから、近年分布を広げた若い林分と推察された。なお、本地点については調査による負荷が懸念されたため、詳細な毎木調査は実施しなかった。

(2) 地点 6

地点 5 に連続する林分で、億首川の河川側に成立するメヒルギ林である。河川側最前線に位置するため底質が不安定であることや台風等の外的負荷により、樹形が傾いた個体や樹冠の小さな個体、枝に着葉がない個体などが複数確認され、攪乱負荷が強い林分と推察される。林冠ギャップも多く、新たな更新株が確認される。階層構造やその他の林分詳細は現在解析中である。

表4.1 林分構造

地点	林分密度 (本/ha)	平均樹高 (m)	平均胸高直径 (cm)	断面積合計 (m ² /ha)
1	3,000	6.9	9.1	39.2
2	3,750	6.5	6.6	46.9
3	55,556	1.0	-	-
4	5,400	6.3	6.5	40.0
5	21,633	3.0	4.8	40.8
6	23,061	2.2	4.4	61.2

4.2 底質

分析項目別の鉛直分布を図4.2に示し、地点別、深度別の比較結果を以下に述べる。なお、地点3はいずれの項目とも他地点と異なる変動幅の大きい挙動を示した。これは地点3が干満の影響が強い不安定な底質環境にあることによるものと考えられ、本地点結果からメヒルギ林成立との関連づけを行うことは難しいと判断されたことを特記しておく。

4.2.1 概況(現地目視確認)

地点1は泥質～砂泥質を呈し、底質表面から腐植層にかけて落葉や朽木の堆積が確認された。

地点2は泥質～砂泥質を呈し、底質表面には落葉の堆積が確認された。

地点3は泥質を呈し、潮が満ち始めると歩行が困難な泥質である。

地点4は砂質を呈し、底質表面は凹凸が多かった。落葉のほかシオマネキ類や巻貝が頻繁に確認された。

地点5, 6は砂質～砂泥質を呈していた。

4.2.2 pH, EC, ORP

地点3はpH, ECの値が高く、海水の影響が強い現地状況を反映している。pHは地点1, 2, 4のオヒルギ林の場合、地表部では異なる値を示したものの深度20-40cmで一致し6.5であり、地点1, 4においては以降の深度の挙動も類似していた。したがって、深度20-40cm付近の土壌pHがオヒルギ林を成立させる要因の一つである可能性は示唆されるが、さらに今後のデータ追加・解析が望まれる。メヒルギ林3地点については、顕著な特性は確認できなかった。

ECは地点5, 6は変動幅が小さく類似の挙動を示したため、メヒルギ林の底質の特徴を示すデータである可能性は示唆されるが、さらに今後のデータ追加・解析が望まれる。

ORP値は、地点3を除く5地点において深度60-80cmの付近で酸化還元傾向が逆転し、その後いずれも還元方向への挙動を示した。地点5, 6では

深度0-40cmで安定した数値を示しており、この層の酸化還元状態がメヒルギ林を成立させる要因の一つである可能性は示唆されるが、さらに今後のデータ追加・解析が望まれる。オヒルギ林3地点については、顕著な特性は確認できなかった。

4.2.3 富栄養化の影響

本項目は、海水や土壌に含まれる塩類の影響以外に、排水等の人為活動による富栄養化に起因する特性の有無を確認する目的で行ったものである。指標となるCOD値は乾燥土壌の場合30mgO/g以上で過栄養域とされている。したがって、地点1以外では富栄養化の兆候は少ない底質環境と判断された。これに対し、地点1では著しく高い値(約15-35mgO/g)を示したが、調査地点に汚濁物質流入は確認されなかったことから、底質表面に厚く堆積した朽木や落葉など自然系有機物の分解・腐敗による影響と考えられた。以上から、いずれの地点も富栄養化の影響は少なく、マングローブ林の底質調査には適した場所であると判断された。

4.2.4 海水の影響

地点1, 2, 4では深度60-80cmで比較的近い含有量を示したことからオヒルギ林の特性を示している可能性は示唆されるが、pHで共通特性を示した深度(20-40cm)と異なるため、さらに今後のデータ追加・解析が望まれる。メヒルギ林の地点5, 6では深度20-40cmでほぼ同様の数値を示しているが、さらに今後のデータ追加・解析が望まれる。

4.2.5 交換性イオンの量

$\text{Na}^+(\text{Na}_2\text{O})$ 、 $\text{K}^+(\text{K}_2\text{O})$ 、 $\text{Ca}^{2+}(\text{CaO})$ 、 $\text{Mg}^{2+}(\text{MgO})$ の相対量を比較した。 Na^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} はNaClと同様の挙動を示したことから、干満に伴いイオン交換がおこなわれていることが推察された。特に地点1では深度80cm以下で急激な増加(交換)があることから、還元状態の高い比較的深い深度まで海水の流出入があることが推察された。また、いずれのイオン量もオヒルギ林(地点1, 2, 4)ではメヒルギ林(地点3, 5, 6,)より少ない傾向が顕著であったことから、底質のイオン量は海水の影響を反

映していることが推察された。

Ca²⁺は地点3、4、地点1、5、地点2、6で各々類似の挙動をみせた。地点1、5はいずれも陸側の地点であり深度に比例し減少していることから、陸側に近い地点では海水の流出入はあるものの、それに伴うイオン交換はないことが推察された。

以上より、マングローブ林の帯状構造において、樹種の分布は塩分含量と酸化還元条件に起因すると考えられている(九馬ほか、1988)が、本調査ではこの点について明確な特性は示されなかった。また、底質状態が特定の深度で変化することは確認されたが、河川との位置関係に起因すると考えられる場合が多く、成立樹種との相関を明らかにするにはさらに詳細な調査が必要と考えられた。

4.2.6 その他 ー 滲出水の現地測定値 ー

各項目の測定結果を表4.2に示す。なお、塩分については異常値を示したため、記載から除外した。立地環境に照らし比較すると、河川側の地点3、5、6で還元的傾向を示したことから、滲出水には海水の影響が顕著であることが推察された。一方、成立樹種に照らした場合には顕著な傾向はみられず、さらに今後のデータ追加・解析が望まれる。

表4.2 滲出水の測定値

地 点		1	2	3	4	5	6
調査地概況	調査日	H17.8.25	H17.8.26	H17.8.25	H17.8.24	H17.8.24	H17.8.24
	天候	晴	曇	晴	曇	曇	曇
	気温(℃)	31.1	29.5	31.5	31.3	30.8	31.5
現地測定 (滲出水)	水温(℃)	28.9	28.5	30.5	27.9	28.7	28.6
	EC(μ S/m)	2,170	2,410	2,080	1,680	2,850	1,890
	pH	6.76	6.64	7.71	6.76	6.81	7.23
	DO(mg/l)	0.23	0.15	0.25	0.17	0.36	0.15
	濁度(NTU)	89.5	83.9	98.6	67.9	94.8	94.8
	ORP(mV)	-76	-35	-143	-18	-125	-125

今後の課題

まず、林分構造については、成熟したマングローブ林では、海岸または河岸から内陸へかけて分布する樹種が変化し帯状の分布構造を成すことから、今後調査予定の慶佐次川マングローブ域においては、帯状構造を形成する林分に調査側線を設け、河川側から陸側への連続した調査地に設定し、解析に供したい。また、追加として、平面的な樹幹投影以外に縦断構造の調査および階層構造の解析も行い、より明瞭な林型区分を行いたいと考える。

底質については、さらなるデータの追加と解析、及びこれまでの知見の整理が必須である。また、化学的性質以外に物理的特性についても留意する必要があるため、粒度組成や団粒構造などの分析実施も再検討すべきと考える。

また、マングローブ樹種の成育には根系の発達する土層の環境が関係するとされていることから(倉石ほか、1989、倉石、1990、北宅ほか、1992、塚本ほか、1999)、底質のみならず根圏の発達状態や土層別間隙水の水質についても同時に確認する必要があるだろう。

マングローブ林は、伐採などの負荷によりひとたび環境が攪乱されると、その再生が非常に困難な林であるとされている。それは、底質に着目した近年の研究により、汽水域の環境が水の塩分濃度にのみ左右される単純な環境にはないことが明らかにされてきたからである。そのため、自然植生構造に固執せず底質pHを重要視し、特定のpH域を好む樹種を植栽することが再生への近道である、とする思い切った知見もある(倉石、1990、倉石、1989)

今後の調査研究を進めるにあたり、このような様々な知見も加えて整理解析を行い、沖縄のマングローブを再生するためのよりよい手法を構築したいと考えるものである。

(図 4.1 樹冠投影図はカラーページ 116 ページ参照)

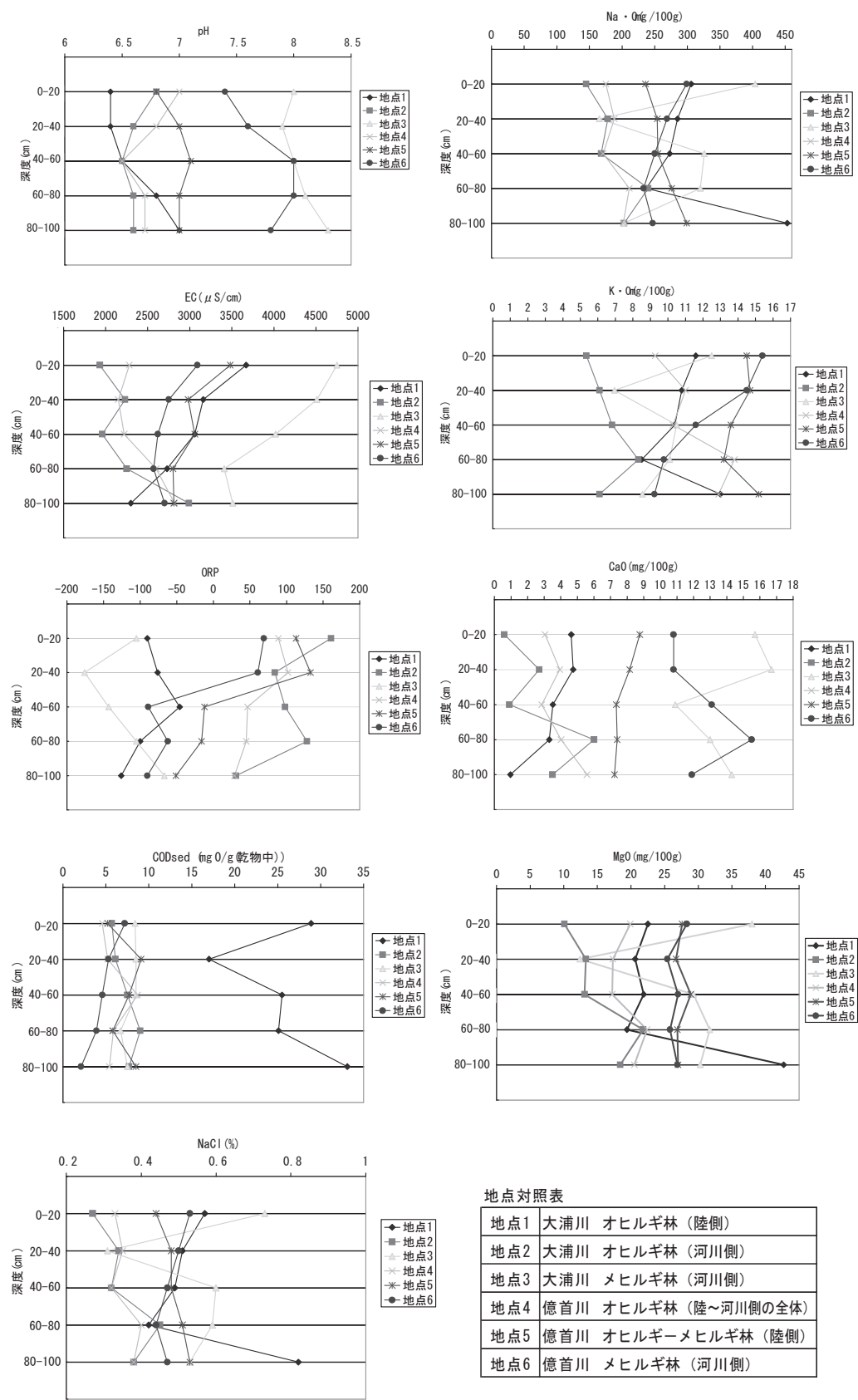


図4.2 分析項目の鉛直分布

謝辞

本研究の実施にあたり琉球大学工学部の柳克彦氏、同理学部の丸本高祥氏には、酷暑のなか調

査に協力いただいた。また、中曽根有香氏には本報作成にあたってデータ整理・資料作成に尽力いただいた。ここに記し御礼を申し上げる。

参考文献・引用文献

井上裕雄・矢吹万寿・北宅善昭・長野敏英・加藤茂・和田秀徳(1985-87)第2章 マングローブ林の環境. 東南アジアのマングローブーその生態と生理ー (東京農業大学総合研究所 文部省科費海外学術調査報告 研究代表者 杉二郎), pp. 64-72.
兼島清・平良初男・渡久山章(1984)西表島後良川および沖縄北部慶佐次川のマングローブ地帯の堆積泥の水溶性成分. マングローブ生態系に関する生理生態学的研究 文部省科学研究費補助金(一般研究A)研究成果報告書 (研究代表者 池原貞雄 池原規勝), pp. 51-62.
兼島清・平良初男・渡久山章・大森保(1984)マングローブ河川における満干潮による水質の変化. マングローブ生態系に関する生理生態学的研究 文部省科学研究費補助金(一般研究A)研究成果報告書 (研究代表者 池原貞雄 池原規勝), pp. 35-49.
北宅善昭・矢吹萬寿・清田信・平野高司・谷晃・相賀一郎(1992)マングローブ気根のガス交換. 科学技術庁科学技術振興調整費による生活・地域流動研究 マングローブを中心とした生態系の解明に関する研究 平成3年度調査研究報告書 (地域中核オーガナイザー國府田佳弘), pp. 156-163.
久場一剛・西村和雄・平井英明・舟川晋也(1988)マングローブ林下の土壌/堆積物の特性. 「環境科学」研究報告集B-344-R12-04マングローブ生態系の動態と保全に関する基礎研究 (文部省「環境科学」特別研究 マングローブ生態系研究班), pp. 123-147.
倉石晋(1990)絶滅寸前の熱帯マングローブ林 その再生への手がかりをつかむ. 潮 1990・10:251-254.
倉石晋・加藤茂・矢吹万寿・北宅善昭・檜垣宮都・高木孝雄・中田銀佐久・塩倉高義・Kurisada Supappibul・Vibool(1985-87)第3章 マングローブの生理とマングローブ林の成長. 東南アジアのマングローブーその生態と生理ー (東京農業大学総合研究所 文部省科費海外学術調査報告 研究代表者 杉二郎), pp. 97-131.

倉石晋・涌島智・櫻井直樹(1988)マングローブの成育条件. 「環境科学」研究報告集B-344-R12-04マングローブ生態系の動態と保全に関する基礎研究 (文部省「環境科学」特別研究 マングローブ生態系研究班), pp. 31-39.
倉石晋・涌島智・櫻井直樹(1989).汽水中で成育するマングローブ植物の成育条件. 日本海水学会誌 43(3): 153-158.
塚本剛正(1997)西表島南東部におけるオヒルギおよびヤエヤマヒルギの植生分布と土壌水水質およびグランドレベルとの関係. 生物環境調節 35(3): 157-169.
中村武久・中須賀常雄(1998)マングローブ入門 海に生える緑の森. pp. 11-19, 117-125, 134-140.
中村武久・福岡誠行・中須賀常雄・鈴木邦夫・近藤勝彦(1985-87)第1章 東南アジアのマングローブ植物とその生態. 東南アジアのマングローブーその生態と生理ー (東京農業大学総合研究所 文部省科費海外学術調査報告 研究代表者 杉二郎), pp. 33-44.
中須賀常雄(1983)マングローブ林域の水と土壌の塩分濃度、pH 及びメヒルギの木部圧と搾汁の浸透について. 亜熱帯林The Sub-Tropical Forest 5 (亜熱帯林研究会The Sub-Tropical Forest Association), pp. 68-78.
沖縄県(1980)沖縄自然研究会調査報告 沖縄県自然環境保全地域 指定候補地学術調査報告 伊是名城跡 大浦川のマングローブ林 億首川のマングローブ林. 沖縄自然研究会編, pp. 47-100.
金武町教育委員会(1993)金武町億首川マングローブ調査報告書.
(財)亜熱帯総合研究所(2000)亜熱帯研究の総合的推進のための研究可能性の調査ーマングローブに関する調査研究ー. pp. 27-31, 32-43, 341-358, 481-490, 494, 499-500.
(財)亜熱帯総合研究所(2003)マングローブに関する調査研究 報告書.
(財)亜熱帯総合研究所(2002)マングローブに関する調査研究 報告書.