

短 報
Note

宮古島のマングローブ植生域における 表流水中のタンニン含有率と 溶存 Fe 含有率との関係

松谷達馬*・長井 隆**・金城和俊***・中西康博****

(平成 25 年 2 月 21 日受付/平成 25 年 6 月 7 日受理)

要約：マングローブ植生域表流水中の溶存 Fe 濃度の実態及び、表流水中の溶存 Fe とタンニン含有率との関係性を検証するため、マングローブ植生域における表流水中の水質を測定し、両者の関係を解析した。調査対象地域は、マングローブ植生域として宮古島の島尻地区と川満地区とし、非マングローブ植生域の同島浦底地区を対照とした。供試表流水は 2011 年 8 月から 2012 年 3 月まで月 1 回、大潮の最干潮時に各地区の上流域から沿岸海域まで計 16 地点において採取した。得られた結果は以下の通りである。(1) マングローブ植生域の表流水中溶存 Fe 含有率(0.11~0.27 mgL⁻¹)は非マングローブ水域の表流水中溶存 Fe 含有率(0.09~0.14 mgL⁻¹) よりも有意に高かった。(2) 表流水中の溶存 Fe とタンニン含有率は、全ての調査対象地区において、上下流域では低く、中流域では高かった。(3) 表流水中の溶存 Fe とタンニン含有率との関係は、マングローブ植生域である島尻地区と川満地区ではそれぞれ $P < 0.01$ と $P < 0.05$ 水準で有意な正の相関関係がみられたが、非マングローブ植生域である浦底地区では有意な関係はみられなかった。以上の結果から、宮古島のマングローブ水域では表流水中の溶存 Fe 含有率が高いことが明らかになり、その要因として上中流域の植物体中で生成されるタンニンが関連している可能性が示唆された。

キーワード：マングローブ、溶存 Fe、タンニン、表流水、林床土壌

緒 言

近年、陸域由来栄養と沿岸生態系との関係に関する研究が進展しており、例えば森林土壌中の腐植に由来するフルボ酸と土壌中の Fe との錯化合物は、海洋生態系の基礎生産者である植物プランクトン増殖のための重要因子であると考えられている¹⁻⁸⁾。

Fe は植物プランクトンの呼吸や光合成の生合成に不可欠な元素の一つであるが、海水中において熱力学的に安定な Fe³⁺ は難溶性の水酸化物を形成して沈殿除去されるため、その溶解度は 10⁻¹⁰M 以下と極めて小さい⁹⁾。そのため表層海水中の溶存 Fe 量は非常に微量であり、Fe は海水中において植物プランクトンの生育制限因子となりやすい。

ところが高分子有機化合物と錯結合した Fe は海水中でも比較的安定であることが知られており、海水中に溶存している Fe の 99% は有機錯体 Fe であると報告されている¹⁰⁾。土壌中の腐植物質に由来するフルボ酸も Fe と錯体を形成し得る高分子有機化合物の一種である。土壌中におい

てフルボ酸と錯体結合した Fe が、河川によって沿岸域に流れ込むことも、河口域周辺の高生産性に寄与していると考えられている¹⁻⁸⁾。例えば白岩ら¹¹⁾ はオホーツク海と親潮でみられる高い基礎生産性を支える主要な要因が、アムール川流域に起源をもつ溶存 Fe であるという仮説に基づき、大陸と外洋を繋ぐ大規模なスケールの物質輸送とそれに立脚する生態システムの存在を明らかにした。

一方、熱帯・亜熱帯の沿岸域にはマングローブ林が生育している。SPALDING *et al.*²⁰⁾ によると、マングローブは世界 123 か国で確認されており、その沿岸域 152,000 km² を覆っている。このようにマングローブの被覆面積は世界の森林面積比で大きくないが、マングローブ生態系は陸と海のインターフェースとして、また沿岸生態系への栄養供給源として非常に重要である。しかしながら、マングローブ植生域において、上記のような森林由来溶存 Fe と沿岸海洋生産性に関する研究はほとんど行われていない。

そこで我々は、マングローブ沿岸域における陸と海を繋げる溶存 Fe の役割を明らかにすることを目的とした一連の研究を開始した。その中で、マングローブ生態系におい

* 東京農薬大学大学院農学研究科環境共生学専攻

** (財)沖縄県環境科学センター

*** 琉球大学農学部

**** 東京農薬大学国際食料情報学部国際農業開発学科

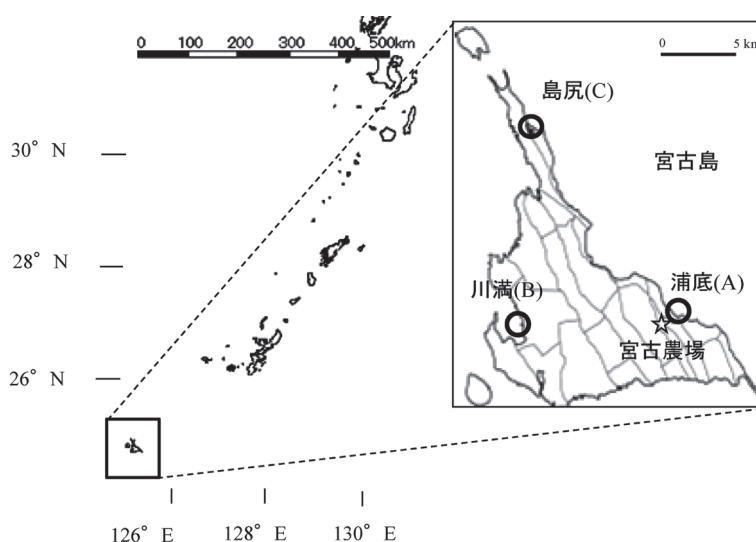


図 1 供試表流水の採取地区

て Fe と錯体を形成し得る有機化合物として、我々はタンニンに着目した。なぜならマングローブ樹種の多くは、その樹皮や葉中に比較的少量のタンニンを含むことが知られているからである¹²⁾。例えば BASAK *et al.*¹³⁾ は 9 種のマングローブ樹種葉のタンニン含有率は 14.56–40.11% (乾物) であると報告している。

タンニンは水溶性で高い反応性があるため、その生態系における様々な作用が広く知られている^{14,15)}。例えば、森林においてリターから溶出したタンニンは Fe や Mn などの土壤中の金属と錯体を形成し、フルボ酸錯体 Fe のようにそれらを水溶化させることが知られている^{16,17)}。またこれまで我々は、マングローブ落葉中のタンニンが高塩分溶液においても、林床土壌中の Fe 溶存化を促進することを明らかにした¹⁸⁾。

このようにマングローブ植生域は、植物生成タンニンにより、林床土壌から溶存性の Fe が水域へ溶出する結果、その水域中の溶存 Fe とタンニン濃度が高いことが予想される。また、主に日本とロシアにおける 20 か所の泥炭域とそれ以外の流域の河川水における溶存 Fe 濃度を取りまとめた報告値¹⁹⁾によると、泥炭地河川水の溶存 Fe 濃度は 0.11–2.4 mgL⁻¹ であり、それ以外の流域の河川水の溶存 Fe 濃度は 0.001–0.17 mgL⁻¹ とされている。このように泥炭域の河川水中溶存 Fe 濃度はその他河川域より、10²–10³ 倍高く、湿地環境にあるマングローブ水域中の溶存 Fe 濃度も高いことが予想されるが、そのような報告例は少ない。

仮にマングローブ水域中の溶存 Fe 濃度が高く、その根拠として陸域由来のタンニンが関連していれば、マングローブ林は一般的に貧栄養な熱帯・亜熱帯海域への安定的な溶存 Fe の供給源としても海洋生産性に貢献している可能性がある。さらに上述した一連のメカニズムが解明されれば、破壊著しいマングローブ林の保全根拠としても有効である。

以上のような背景から本報は、マングローブ植生水域中

表 1 調査対象地域に生育するマングローブ樹種

地域	マングローブ樹種	優先種
浦底地区(A)	-	-
川満地区(B)	<i>A. m.</i> , <i>B. g.</i> , <i>E. a.</i> , <i>K. c.</i> , <i>R. s.</i>	<i>R. s.</i>
島尻地区(C)	<i>A. m.</i> , <i>B. g.</i> , <i>K. c.</i> , <i>R. s.</i>	<i>R. s.</i>

A. m. : *Avicennia marina*, *B. g.* : *Bruguiera gymnorrhiza*, *E. a.* : *Excoecaria agallocha*,
K. c. : *Kandelia candel*, *R. s.* : *Rhizophora stylosa*

マングローブ樹種の分類は Spalding *et al.* (2010) に準じた。

の溶存 Fe 濃度の実態及び、水域中の溶存 Fe とタンニン含有率との関連を検証するため、宮古島の島尻、川満地区 (マングローブ植生域) 及び浦底地区 (非マングローブ水域) において (図 1, 表 1), その表流水中のタンニン及び溶存 Fe 含有率を調査し、その関係性を解析した。

材料と方法

1. 調査地概要

調査対象地は、我々の研究拠点である東京農業大学宮古亜熱帯農場 (24° 76' N, 125° 39' E) からの利便性が良いことから、沖縄県宮古島島内の 3 地区を対象とし (図 1), マングローブ植生域として川満地区 (図 2, B) と島尻地区 (図 2, C) を、その対照として非マングローブ植生域の浦底地区 (図 2, A) を選定した。

浦底地区 (A) は、マングローブ樹種は生育せず、川岸からの林幅は 1m から 10m 程度であり、河口から上流までおよそ 200m であり、周囲はサトウキビ畑地に囲まれている。

川満地区 (B) は、SPALDING *et al.*²⁰⁾ の分類に従う 5 種のマングローブ樹種 (*Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorrhiza*, *Excoecaria agallocha*, *Kandelia candel*, *Rhizophora stylosa*) が生育し (表 1), *R. s.* が優占する。川岸からの林幅は 1m から 10m 程度であり、河口から上流までおよそ 200m であり、周囲は住宅地に囲まれている。

島尻地区 (C) は、同上の分類²⁰⁾ に従う 4 種のマングロー

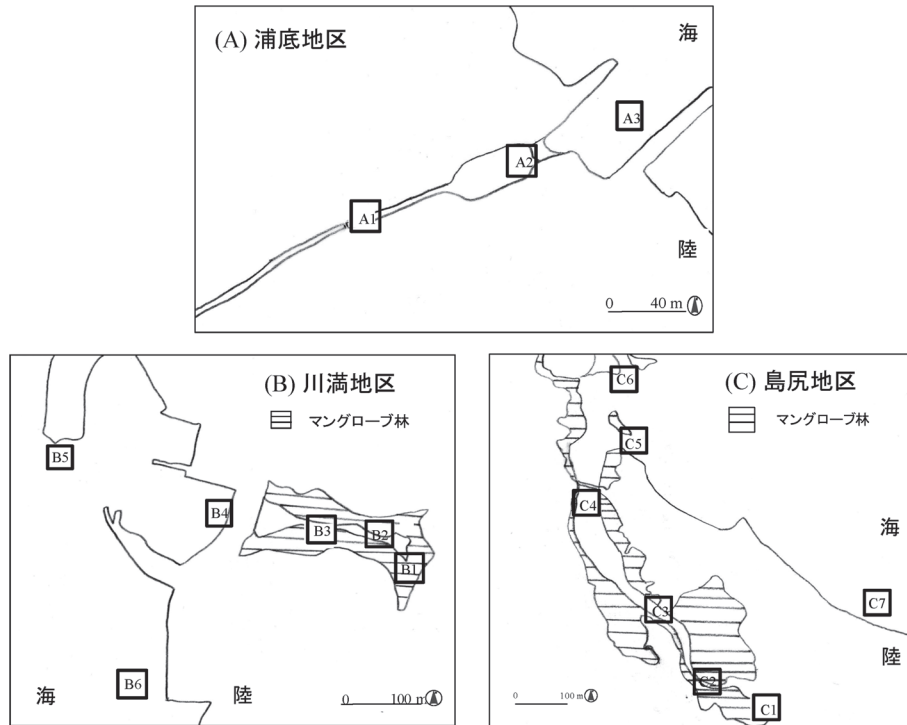


図2 宮古島の非マングローブ植生域 (A) 及びマングローブ植生域 (B, C) の表流水の採取地区

ブ樹種 (*A. m.*, *B. g.*, *K. c.*, *R. s.*) が生育し (表1), *R. s.* が優占する。川岸からの林幅は2mから20m程度であり、河口から上流までおよそ500mであり、周囲はサトウキビ畑地に囲まれている。

試験期間である2011年8月から2012年3月までの間、最高及び最低月平均気温はそれぞれ、8月 (28.6℃) と1月 (18.3℃) であった。最高月間降水量は10月 (336mm) であった。

2. 供試水の採取及び水質の分析

水試料は、上述した地区 (図2) の16地点において、2011年の8月~2012年3月まで月1回 (計8回)、大潮の干潮時に表流水を100mlポリビンに採取した。

水温、pH、塩分濃度、EC、濁度及び溶存酸素は、同地点においてハンディ多項目水質チェッカー (U-10, Horiba) を用いて測定した。

タンニン含有率はフォーリンチオカルト法²²⁾により測定した。すなわち試料1mlにフォーリンチオカルト試薬 (関東化学) 1mlを加え、3分放置後、炭酸カルシウム (2:8 w/v) 1mlを加え、室内 (25±5℃) において1時間放置した。放置後、標準試薬としてタンニン酸 (Chinese gallotannin, 分子量1701.2, 関東化学) を用い、0.2 μmのろ紙 (NY013022, 大阪ケミカル) でろ過後、分光光度計 (U-5100, 日立) を用いて波長700nmの試料吸光度を測定した。このような方法で試料を測定したタンニンの分析値を本研究ではタンニン含有率とみなした。

溶存Fe含有率は以下の方法で測定した。まず前準備として100mlのポリビンを中性洗剤コンタミノン (和光化学) で洗浄後3MHClに24時間浸漬後蒸留水で洗い流し、

乾燥後pH3.2の10Mギ酸-2.4Mギ酸アンモニウム緩衝液²³⁾を0.5ml加えた。供試原水を、10mlシリンジを用いて吸引後0.2 μmのフィルター (NY013022, 大阪ケミカル) を通過させた後、上述した100mlポリビンに注入し供試液とした。供試液中のFe含有率をフレーム原子吸光光度計 (AA-6200, Shimadzu) により測定した。

なおこれら全ての実験は地点毎に採取した3連試料を用いて行い、平均、標準誤差及び統計検定はこの値を用いて算出した。なお全ての統計検定は、エクセル統計2010 (SSRI 2010 for Windows) を使用して行った。

結 果

図3に宮古島におけるマングローブ (B, C) 及び非マングローブ植生域 (A) 表流水中の溶存Fe及びタンニン含有率の比較を示した。マングローブ植生域表流水中の溶存Fe含有率 (0.11~0.27 mgL⁻¹) とタンニン含有率 (0.01~0.20 mgL⁻¹) は、非マングローブ植生域表流水中の溶存Fe含有率 (0.11~0.14 mgL⁻¹) とタンニン含有率 (0.03~0.06 mgL⁻¹) よりも有意に高かった。

図4に各地点の表流水中の溶存Feとタンニン含有率を示した。供試水中の溶存Feとタンニン含有率は、全ての調査対象地区において、上流 (A1, B1, C1) と下流 (A3, B5, 6, C6, 7) で低く、中流 (A2, B2, 3, 4, C2, 3, 4, 5) で高かった。

表2に供試水中の水質と、表3にその単相関図を示した。供試水中の溶存Fe含有率と有意な正の相関関係にあったのは、タンニン含有率 ($P<0.01$), 水温 ($P<0.05$), 濁度 ($P<0.05$) であった。またタンニン含有率は濁度と有意な正の相関関係 ($P<0.05$) にあった。

図5に各調査地域における表流水中の溶存 Fe 含有率とタンニン含有率との関係を示した。マングローブ植生域である島尻と川満地区における両者の関係は、それぞれ $P < 0.01$ と $P < 0.05$ 水準であり、有意な正の相関関係がみられたが、非マングローブ植生域である浦底地区において両者間に有意な関係はみられなかった。

考 察

マングローブ植生水域中の溶存 Fe 濃度の実態及び、水域中の溶存 Fe とタンニンとの関連を検証するため、宮古

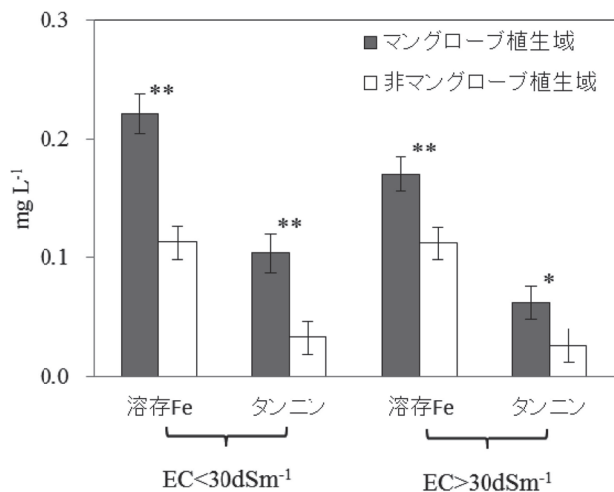


図3 宮古島におけるマングローブ及び非マングローブ水域中の溶存 Fe 及びタンニン含有率の比較

[非マングローブ植生域] 浦底地区 (A)

[マングローブ植生域] 川満地区 (B), 島尻地区 (C), T 検定により * は $P < 0.05$, ** は $P < 0.01$ 水準でマングローブ植生域と非マングローブ植生域間の溶存 Fe 及びタンニン含有率が有意であることを示す。

島のマングローブ植生域と非マングローブ植生域 (図1, 表1) において、その表流水中の水質、タンニン及び溶存 Fe 含有率を調査し、その関係性を解析した。

その結果、マングローブ植生域表流水中の溶存 Fe 含有率は、非マングローブ植生域表流水中の溶存 Fe 含有率よ

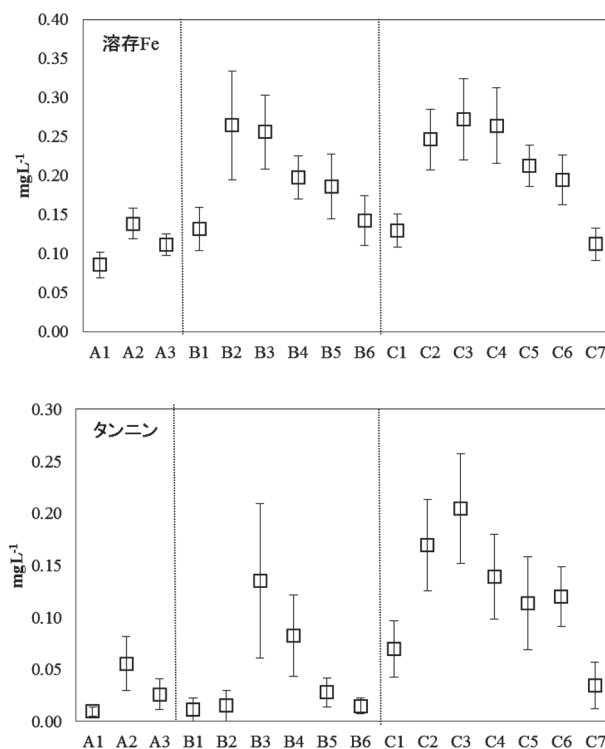


図4 宮古島のマングローブ水域及び非マングローブ水域中の溶存 Fe 含有率とタンニン含有率

[非マングローブ植生域] 浦底地区 (A)

[マングローブ植生域] 川満地区 (B), 島尻地区 (C)

表2 宮古島のマングローブ及び非マングローブ水域表流水中の水質とタンニン及び溶存 Fe 含有率の評価

	水温 °C	SE ±	塩分 ‰	SE ±	pH	SE ±	EC dSm ⁻¹	SE ±	濁度	SE ±	DO mgL ⁻¹	SE ±	溶存Fe mgL ⁻¹	SE ±	タンニン mgL ⁻¹	SE ±
A1	25.1	1.70	0.17	0.02	7.92	0.08	0.52	0.03	32.29	20.82	9.50	0.82	0.09	0.02	0.01	0.00
A2	25.8	1.67	1.03	0.48	8.09	0.11	9.94	4.71	96.38	60.42	11.10	0.85	0.14	0.02	0.06	0.03
A3	26.7	1.65	27.01	1.06	8.37	0.06	42.01	1.44	9.50	3.61	12.41	1.72	0.11	0.01	0.03	0.01
B1	25.1	0.75	3.70	0.69	7.48	0.03	7.49	1.23	11.50	3.21	8.88	0.12	0.13	0.03	0.01	0.01
B2	26.1	0.96	6.81	1.56	7.48	0.05	14.03	1.92	12.88	2.78	9.68	0.33	0.26	0.07	0.02	0.02
B3	26.0	1.02	8.15	1.18	7.54	0.06	13.63	2.00	27.25	10.09	10.31	0.26	0.26	0.05	0.14	0.07
B4	26.0	1.25	9.29	1.27	7.59	0.06	15.67	1.64	16.43	7.70	11.00	0.19	0.20	0.03	0.08	0.04
B5	26.6	1.73	26.29	0.85	8.26	0.03	41.33	1.30	12.25	4.05	12.48	0.70	0.19	0.04	0.03	0.01
B6	26.7	1.73	27.45	0.47	8.31	0.02	42.49	0.53	21.75	7.10	13.14	0.68	0.14	0.03	0.01	0.01
C1	25.7	1.64	0.35	0.03	7.71	0.06	0.93	0.06	36.13	16.10	10.65	1.44	0.13	0.02	0.07	0.03
C2	25.5	1.70	4.68	2.78	7.57	0.09	7.76	4.42	33.75	14.49	8.93	0.81	0.25	0.04	0.17	0.04
C3	26.6	1.74	13.83	2.63	7.67	0.10	19.10	2.79	103.75	40.19	10.07	0.91	0.27	0.05	0.20	0.05
C4	25.9	2.12	21.85	1.45	8.02	0.07	34.54	2.13	31.75	12.50	10.16	0.78	0.26	0.05	0.14	0.04
C5	26.7	1.98	28.19	1.22	8.16	0.05	43.30	1.70	10.50	4.01	13.57	1.39	0.21	0.03	0.11	0.04
C6	26.5	2.14	29.58	0.41	8.31	0.03	45.11	0.73	5.38	2.16	12.94	0.58	0.19	0.03	0.12	0.03
C7	26.4	1.82	29.84	0.13	8.35	0.03	45.83	0.15	4.50	1.91	12.39	0.34	0.11	0.02	0.03	0.02

[非マングローブ植生域]浦底地区(A), [マングローブ植生域] 川満地区(B), 島尻地区(C)

値は 2011 年 8 月～2012 年 3 月の期間、大潮の干潮時に月 1 回、計 8 回表流水を採取した平均値と標準誤差(SE)を示す。

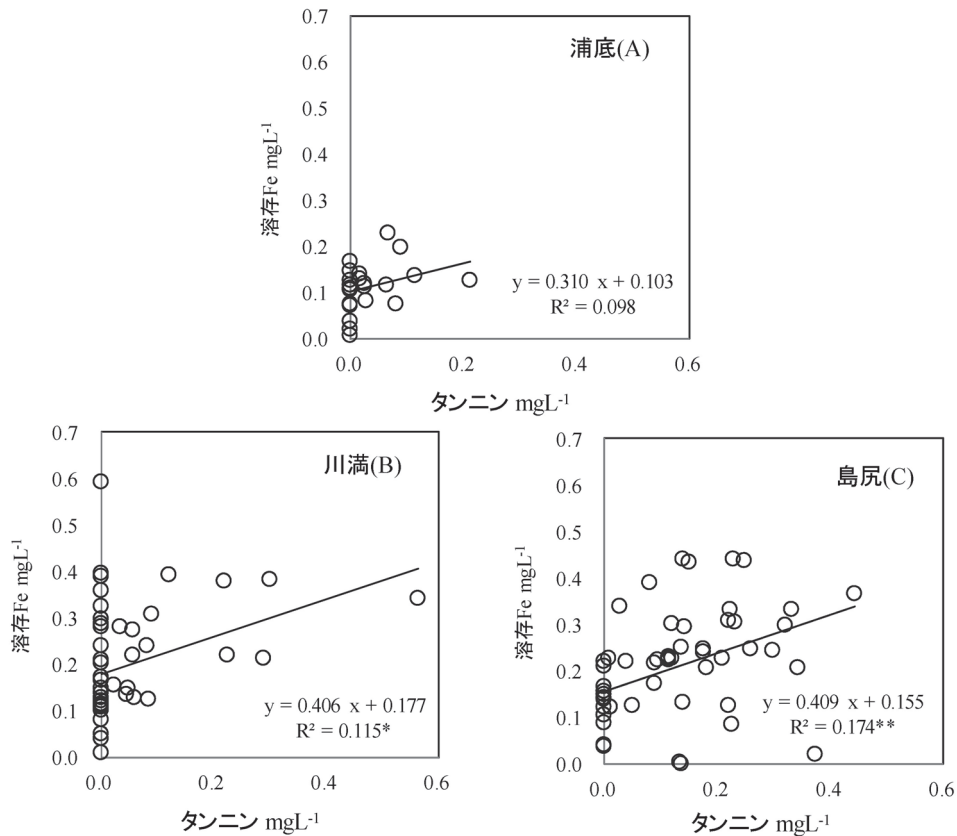


図5 宮古島におけるマングローブ(島尻, 川満)及び非マングローブ植生域(浦底)中の溶存Feとタンニン含有率との関係
**は $P < 0.01$, *は $P < 0.05$ 水準で相関関係が有意であることを示す。

りも有意に高く(図3), 最大で 0.27 mgL^{-1} であった。この値は, 長尾¹⁹⁾ によってとりまとめられた一般河川水の溶存Fe含有率 ($0.001 \sim 0.17 \text{ mgL}^{-1}$) より $10 \sim 10^2$ 倍高く, 泥炭域河川水の溶存Fe含有率 ($0.11 \sim 2.4 \text{ mgL}^{-1}$) に匹敵した。

また同様にマングローブ植生域表流水中のタンニン含有率も, 非マングローブ植生域表流水中のタンニン含有率より高かった(図3)。特にマングローブ植生域表流水において, 表流水中のタンニン含有率と溶存Fe含有率との間には, 有意な正の相関関係がみられた(図5)。このことからマングローブ植生域表流水中の溶存Fe含有率は, 同植生域で生成されるタンニンによって増加している可能性がある。

マングローブ植生域表流水中のタンニン及び溶存Fe含有率は, 上下流域で低く, 中流域で高かった(図4)。そのため, マングローブ植生域表流水中の溶存Feは, マングローブ林内で生成されるタンニンによる土壌溶出も一因となり, 中流域で増加し, 下流へ流れるに従い, 海水により希釈若しくは凝集沈殿され, 減少するものと考えられる。

ただし, マングローブ植生域である川満地区の表流水中のタンニン含有率と溶存Fe含有率の関係は, 有意な正の相関関係 ($P < 0.05$) にあったが, 島尻地区の表流水中の両者の関係 ($P < 0.01$) よりも相関係数が低かった(図5)。この原因は, 両者の森林規模の違いによるものと考えられる。島尻植生域は川満植生域よりも森林規模が大きいため,

上中流域において, 土壌からの溶存Fe溶出における植物生成タンニンの影響が反映されやすかったものと推察される。このようにマングローブ植生域において植物生成タンニンは, 表流水中の溶存Fe含有率に大きく影響を及ぼしていると考えられる。

しかしながら, 一般的に河川水質は様々な因子によって影響を受ける。表3をみると, 調査対象地域の表流水中の溶存Fe含有率は, タンニンだけでなく濁度と水温とも有意な正の相関関係にあった。前者においては, 濁水の土砂中に含まれるFeと溶存有機物が, 表流水中の溶存Fe含有率に影響を及ぼした可能性が考えられる。後者においては, 水温の上昇によって生物化学反応が速まり, 生成が促進された溶存有機物が, Fe溶存化に寄与している可能性も考えられる。

いずれにしても, 河川水質には, 流量や植物プランクトンの増減にも左右されるため, 今後さらにマングローブ水域における溶存Feとタンニンとの関係性を解析していくには, より多くのマングローブ水域において, 今回の測定項目の他に, 河川水量, クロロフィル量及びDOC(溶存有機物)などのデータも加え, 多角的にその要因を検討する必要があると考えられる。

最後に本報の成果をまとめる。1) 宮古島のマングローブ水域表流水中の溶存Fe含有率は高いことが明らかになり, 2) その要因として上中流域の植物体中で生成されるタンニンが関連している可能性が示唆された。これらの成

表 3 宮古島のマングローブ及び非マングローブ植生域表流水中水質の単相関図

単相関	Fe	タンニン	水温	塩分	pH	EC	濁度	DO
Fe	1.000							
タンニン	0.405	1.000						
水温	<u>0.186</u>	0.025	1.000					
塩分	0.047	-0.031	0.146	1.000				
pH	-0.154	-0.114	-0.110	0.662	1.000			
EC	0.007	-0.057	0.147	0.957	0.640	1.000		
濁度	<u>0.188</u>	<u>0.204</u>	0.309	-0.236	-0.166	<u>-0.181</u>	1.000	
DO	-0.033	-0.143	-0.051	0.501	0.457	0.533	-0.203	1.000

値は2011年8月～2012年3月の期間、大潮の干潮時に月1回、計8回表流水を採取した値を用いて算出した単相関値を示す。太字及び下線付き数値は、それぞれ $P < 0.01$ 及び $P < 0.05$ 水準で有意な相関関係にあることを示す。

果は今後マングローブ沿岸域の陸と海との関連研究の進展において重要な知見となるだろう。

引用文献

- FUKASE S., MATSUNAGA K., and MAITA Y., 1978. Forms of Iron in River Waters. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, **29** (1), 65-69.
- IGARASHI K., MATSUNAGA K., KOIKE K., TOYA K., and FUKASE S., 1982. Determination of Organically-bound Iron in Fresh and Coastal Sea Waters. *Bulletin of the Faculty of Fisheries Hokkaido University*, **33** (1), 51-55.
- KUMA K., NISHIOKA J., and MATSUNAGA K., 1996. Controls on iron (III) hydroxide solubility in seawater: The influence of pH and natural organic chelators. *Limnology and Oceanography*, **41** (3), 396-407.
- KUMA K., TANAKA J., MATSUNAGA K., and MATSUNAGA K., 2000. Effect of hydroxamate ferrisiderophore complex (ferri-chrome) on iron uptake and growth of a coastal marine diatom, *Chaetoceros sociale*. *Limnology and Oceanography*, **45** (6), 1235-1244.
- MATSUNAGA K., IGARASHI K., and FUKASE S., 1982. Behavior of Organically-bound Iron in Lake Ohnuma. *Japan Journal of Limnology*, **43** (3), 182-188.
- MATSUNAGA K., SUZUKI Y., KUMA K., KUDO I., and NAKABAYASHI S., 1991. Uptake rate of Iron by Macroalgae from the Sea of Japan (*Laminaria religiosa* Miyabe and *Undaria pinnatifida*). *Japanese Society of Fisheries Oceanography*, **55** (4), 349-353.
- MATSUNAGA K., NISHIOKA J., KUMA K., TOYA K., and SUZUKI Y., 1998. River input of bioavailable iron supporting phytoplankton growth in Kesenuma bay. *Water Research*, **32** (11), 3436-3442.
- MATSUNAGA K., KAWAGUCHI T., SUZUKI Y., and NIGI G., 1999. The role of terrestrial humic substances on the shift of kelp community to crustose coralline algae community of the southern Hokkaido Island in the Japan Sea. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **241**, 193-205.
- 武田重信・坂口 勇・新島恭二・清野通康, 1994. 海洋性プランクトンを用いた CO₂ の固定 (2) 太平洋赤道域の植物プランクトン生産における鉄の役割, 財団法人電力中央研究所 研究報告: U94019.
- Van den BERG CMG, 1995. Evidence for organic complexation of iron in seawater. *Marine Chemistry*, **50**, 139-157.
- 白岩孝行, 2011. 魚附林の地球環境学—親潮・オホーツク海を育むアムール川—, 昭和堂, 京都.
- HERNES P. J., and HEDGES J. I., 2004. Tannin signatures of barks, needles, leaves, cones, and wood at the molecular level. *Journal of The Geochemical Society and The Meteoritical Society* **58**, 1293-1307.
- BASAK U. C., DAS A. B., and DAS P., 1999. Organic constituents in leaves of 9 mangrove species of Orissa coast, India. *Pakistan Journal of Botany* **31** (1), 55-62.
- KUITERS A. T., 1990. Role of phenolic substances from decomposing forest litter in plant-soil interactions. *Acta Botanica Neerlandica* **39**, 329-348.
- KRAUS T. E. C., Dahlgren R. A., and Zasoski R. J., 2003. Tannin in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review. *Plant and Soil*, **256**, 41-66.
- LEVANIDOV L. Y., 1957. Manganese in the Geochemical Landscape of the Southern Ural Steppe. *Soils and Fertilizers Abstracts* **22** (93), 510.
- ARAKAWA H., TSUSHIMA M., KISHI M., and WATANABE N., 1993. Reduction of Chromium (IV) by Water-Extracts from Withered Oak Leaves. *CHEMISTRY LETTERS*, 2113-2116.
- MATSUTANI T., NAGAI T., KINJYO K., and NAKANISHI Y., 2013. Elution of dissolved Fe from mangrove soil by tannin solution. *Wetlands Ecology and Management*, **21** (2), 107-115.
- 長尾誠也, 2011. V 河川水の DOC の特徴と生元素の運搬機構, 渡辺 彰 (編) 溶存有機物の動態と機能—土壌-河川-海を結んで—, 博友社, pp 120-138.
- SPALDING M., KAINUMA M., and COLLINS L., 2010. World Atlas of mangroves. Earthscan, London.
- YI M. L., JIN W. L., PING X., PENG L., ZHEN H. D., and STERNBERG L. S. L., 2007. Tannin and nitrogen dynamics in mangrove leaves at different age decay stages (Jiulong River Estuary, China). *Hydrobiologia*, **583**, 285-295.
- JULKUNEN-TIITTO R., 1985. Phenolic constituents in the leaves of northern willows: methods for the analysis of certain phenolics. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **33** (2), 213-217.
- NISHIOKA J., and TAKEDA S., 2000. Change in the concentrations of iron in different size fractions during growth of the oceanic diatom *Chaetoceros* sp.: importance of small colloidal iron. *Marine Biology*, **137**, 231-238.
- MAIE N., PISAN O., and JAFFE R., 2008. Mangrove Tannins in aquatic ecosystems: Their fate and possible influence on dissolved organic carbon and nitrogen cycling. *Limnology and Oceanography*, **53** (1), 160-171.
- 藤井 学・佐々木陽・渡部 徹・大村達夫, 2004. 河口・沿岸域条件下におけるフミン鉄の錯平衡と凝集特性. 環境工学研究論文集, **41**, 389-400.

Relationship between Tannins and Dissolved Fe Concentrations in the Surface Water of Mangrove Forest in Miyakojima Island

By

Tatsuma MATSUTANI, Takashi NAGAI, Kazutoshi KINJYO and Yasuhiro NAKANISHI

(Received February 21, 2013/Accepted June 7, 2013)

Summary : To reveal one of the roles of tannins produced in mangrove trees, tannins and dissolved Fe concentrations in surface water in two mangrove estuaries were investigated and the relationship was analyzed and compared with a non-mangrove estuary. The investigation was conducted on Miyakojima Island, Japan (non-mangrove estuary: Urasoko, mangrove estuary: Kawamitsu and Shimajiri). The water samples were collected once a month from August, 2011 to March, 2012 at the time of ebb tide of the spring tide in 16 spots. Results were: (1) Dissolved Fe concentrations in surface water in mangrove estuary were significantly higher ($0.11\sim 0.27\text{ mgL}^{-1}$) than in non-mangrove estuary ($0.09\sim 0.14\text{ mgL}^{-1}$). (2) Both tannins and dissolved Fe concentrations in surface water in the mangrove estuary were found to be high in the mid-streams but low in the down-streams. (3) Although the dissolved Fe concentration had a positive correlation with tannin concentration in surface water in mangrove estuary, no correlation was found in the non-mangrove estuary. The results suggested that tannins produced in mangrove trees might well contribute to increase dissolved Fe concentration in the surface water by the enhanced elution of Fe from the floor soil.

Key words : mangrove, tannins, dissolved Fe, surface water

* Department of Environmental Symbiotic Studies, Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture

** Okinawa Prefecture Environment Science Center

*** Faculty of Agriculture, University of the Ryukyus

**** Department of International Agricultural Development, Tokyo University of Agriculture