

サゴヤシが生育する土壌 Soils where Sago Palms Grow

田中治夫 Haruo TANAKA

東京農工大学大学院共生科学技術研究院 〒183-8509 府中市幸町3-5-8

世界土壌照合基準 (WRB) による土壌分類：

サゴヤシが生育している土壌環境を端的に表すには、土壌の分類名を記すことが有効である。土壌分類体系には様々なものがあり、サゴヤシが生育しているそれぞれの国の分類体系で土壌名を示すことは有益であるが、国ごとに分類体系が異なるので必ずしも分かりやすくはない。国際土壌学会やFAOなどにより世界土壌照合基準 (World Reference Base for Soil Resources, WRB) が公表されている (FAO/ISRIC/ISSS 1998)。国際土壌学連合では、土壌分類の国際対比としてこのWRBを採用することが正式に決められており、土壌名をこのWRBで記したり、WRBで記されている分類名を理解する重要性が高まっている。

WRBの土壌分類では、土壌を分析室に持ち帰るのではなく、可能な限り、野外での測定と観察可能な特徴から定義される特徴層位 (Diagnostic horizons)、識別特徴 (Diagnostic properties) および識別物質 (Diagnostic materials) によって分類が行われている。土壌断面調査はFAO/ISRIC (1990) の土壌断面記載ガイドラインに従っておこなうが、日本ペドロロジー学会編 (1997) の土壌調査ハンドブックを用いた調査結果からも同様に分類することが可能である。

サゴヤシが分布する地域の土壌：

サゴヤシは東南アジアの赤道の南北約10度の範囲に分布し、沿岸部の淡水湿地や河川の氾濫平野などの低地に自生している。図1に同地域の土壌図を示した。これはFAO(1988)の分類基準で作製されたものだが、この分類基準はWRBの分類と大きな違いはない。サゴヤシが自生す

る低地には主にヒストソル、グライソル、フルビソルが分布している。また、移植などで生育が可能な台地や山地にはアクリソル、ニティソル、フェラルソル、アリソル、カンビソル、レプトソル、リキシソル、プリンソソルが分布している。表1にWRBの分類による各土壌の簡単な特徴を示した。本報ではグライソルを主に低地に分布する土壌としたが、WRBの土壌分類では地形面を分類基準に用いていないので、低地だけでなく台地にもグライソルが分布することがある。

サゴヤシの生育と土壌：

サゴヤシが生育する土壌の養分特性とサゴヤシの生育の特徴を本誌Sago Palmに掲載された論文から抜粋する。

Yamaguchi et al. (1994) はマレーシアのサラワク州でサゴヤシの生育と土壌の調査を行い、土壌を泥炭土壌と沖積土壌に分けた。さらに、泥炭土壌を泥炭層の厚さが150 cm以上の厚い泥炭土壌 (deep peat soils: DPS)と、5-150 cmの薄い泥炭土壌 (shallow peat soils: SPS) に分けている。これらの泥炭土壌はヒストソルに分類されるが、SPSのうち泥炭層が40 cm以下のものはグライソルに分類される。沖積土壌の多くはグライソルに、一部はフルビソルに分類される。それぞれのpH(H₂O)は、DPS, SPS, 沖積土壌で、それぞれ2.99-3.88, 2.91-3.61, 3.48-3.83であった。銅や亜鉛含量はSPSで高く、DPSや沖積土壌で低くなっていた。さらに、サゴヤシの生育はSPSでDPSよりも良かったことを報告している。また、Yamaguchi et al. (1997)では、厚い泥炭土壌に生育するサゴヤシが成熟まで要する期間を12-15年と

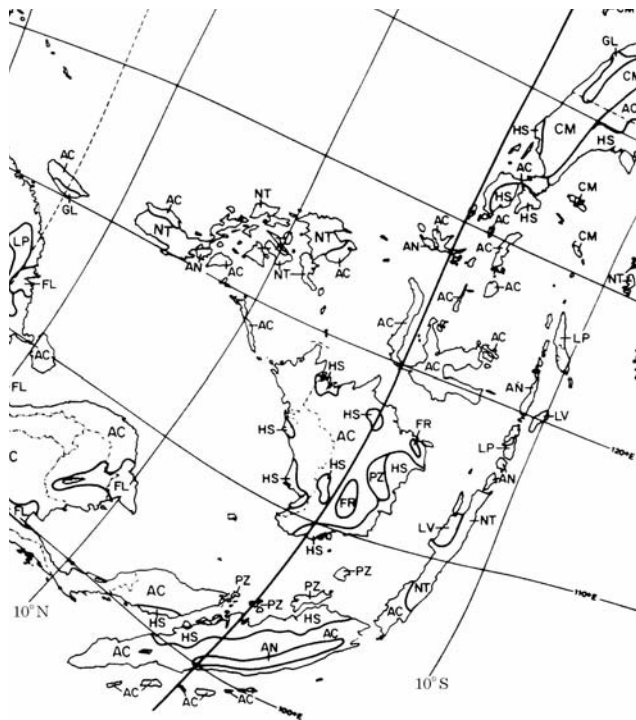


図1 東南アジアの赤道南北約10度内に分布する土壌

HS: ヒストソル・グライソル、FL: フルビソル・グライソル・カンビソル、AC: アクリソル・アリソル・プリンソル、FR: フェラルソル・アクリソル・ニティソル、PZ: ポドゾル・ヒストソル、CM: カンビソル、NT: ニティソル・アンディソル・プリンソル、LV: ルビソル・カンビソル、LP: レプトソル

FAO (1990) World Soil Resources より引用。これは FAO-UNESCO の土壌図(1971-1981)を FAO(1988)の分類基準で再分類し、縮小簡略化したものである。

表1 サゴヤシが生育する地域に分布する土壌とその特徴

主に低地に分布する土壌	
ヒストソル (Histosols)	泥炭土壌。水の停滞や貧栄養、強酸性などにより、植物遺体の分解が抑制され、20%以上の有機物を含む泥炭層が40 cm以上ある土壌。強酸性であったり貧栄養であったりすることが多い。また、排水すると有機物の分解が進み地表面は沈下する。
グライソル (Gleysols)	過湿な土壌。地下水によって常時または一時的に還元状態になり、鉄やマンガンが還元される。常時還元状態であり二価鉄が検出されるか、または還元された鉄やマンガンが再沈殿した斑紋がみられる土壌。多くは稲作に適している。
フルビソル (Fluvisols)	沖積堆積物よりなる若い土壌。沿岸部では、マングローブ林であることが多い。ジャロサイトやシュベルマナイトを含むことがあり、その場合は排水すると硫酸酸性塩土壌になるので注意を要する。稲作に適する。
主に台地や山地に分布する土壌	
アクリソル (Acrisols)	風化が進み、陽イオン交換容量が低い粘土集積層をもち、塩基飽和度が低い酸性土壌。排水良好な場所に分布する。赤褐色または黄褐色の土壌。酸性で養分に乏しいため、永続的に農業利用するには石灰と肥料の投入が必要である。油ヤシなどの多年生作物のプランテーションがこの土壌には適する。
ニティソル (Nitisols)	明瞭な光沢のある堅果状の構造をもつ暗赤色、褐色、または黄色の粘土質の深い土壌。塩基に富む母材上に発達する。熱帯地域では肥沃度の高い土壌。
フェラルソル (Ferralsols)	ラテライト質土壌。鉄とアルミニウムの酸化物に富んだ土壌。リン酸を固定し易く、酸性、貧栄養で化学的に劣悪であるが、物理的には安定な下層土をもっている。
アリソル (Alisols)	陽イオン交換容量が高い粘土集積層をもち、交換性アルミニウムに富む酸性土壌。貧栄養で、遊離のアルミニウムイオンによる障害が起きやすい。農業利用するには石灰と肥料の投入が必要である。
カンビソル (Cambisols)	弱度ないし中程度の発達した土壌。比較的肥沃度が高い土壌。
レプトソル (Leptosols)	硬い岩盤上または非固結の極めて礫質なものよりなる非常に浅い土壌。土壌深が浅いので農耕地利用には制限が多い。
リキシソル (Lixisols)	陽イオン交換容量が低い粘土集積層をもち、塩基飽和度が高い土壌。肥沃度は低い。
プリンソル (Plinthosols)	鉄で硬化した層をもつ土壌。農業利用は限られ、レンガの良い材料になる。

見積もっている。

Jong and Flach (1995)も、サラワク州のサゴヤシはDPSで生育が悪く、鉍質土壌（主にグライソル、一部はフルビソルに分類される。）で良かったことを報告している。

江原ら(1998)のインドネシア・スマトラの調査では、地下水のpHがDPSで3.6, SPSで3.5-3.8, 鉍質土壌で3.7-4.0であり、SPSと鉍質土壌の下層の土性は重植土であったことを報告している。さらに、サゴヤシの生育はSPS > 鉍質土壌 > DPSであるという見聞が述べてある。

角田ら(2000)は、インドネシア、マレーシア、タイで泥炭土壌（DPSとSPSは泥炭層の深さ1m以上、未満で分けている）及び鉍質土壌の調査を行った。泥炭土壌のpHは3.4-4.4で、鉍質土壌のpHは4.0-5.7であった。また、交換性カルシウム量は鉍質土壌 < SPS < DPS, 交換性マグネシウム量は鉍質土壌 < SPS = DPSであったと報告している。さらに土壌重量当たりの窒素の無機化量は鉍質土壌に比べて泥炭土壌で高かったが、泥炭土壌の容積重は0.15-0.20 Mg m⁻³と鉍質土壌の容積重0.90-1.10 Mg m⁻³に比べて小さかたため、容積当たりの窒素無機化量は低かったことを報告している。

Kawahigashi et al. (2003)は、サラワク州で調査を行い、土壌溶液の理化学性を調べた。その結果、DPSでは電気伝導度や灰分、全窒素は表層で高い値を示したが、深さに応じて減少したことを報告している。また、全有機炭素と酸度の間に相関が認められたことから酸度の主体が有機酸であることを推測している。さらに、泥炭土壌における理化学性は泥炭土壌の集積過程や生成環境を反映していたが、サゴヤシの生育との明瞭な関係は見られなかったことを報告している。

以上のように、DPSでのサゴヤシの生育は必ずしも良くはないが、SPSで良好に生育することがわかる。しかし、サゴヤシの生育と理化学性との関係は必ずしも明らかになってはいない。

サゴヤシの生育を考える上で、低地に広く分布するヒストソル、グライソル、フルビソルの理解が重要である。なかでもヒストソルは、多

くの作物にとって栽培不適であるにもかかわらず、サゴヤシが高い適応性を示しているので、ヒストソルを理解することは熱帯での作物生産やサゴヤシ栽培を考える上で特に重要である。

しかし、WRBではDPSとSPSを分ける基準がなく、その点が問題である。

サゴヤシが生育する低地の土壌：

以下に主に低地に分布する土壌の解説を行う。

1) ヒストソル (Histosols)：

ヒストソルは、植物遺体の分解が抑制され、有機物として集積している有機質土壌 (Organic soils), または泥炭土壌 (Peat soils) である。熱帯低湿地では、水の停滞。→水中に溶存している酸素が微生物の呼吸によって消費されて還元状態になる。→微生物の活性が低下し植物遺体の分解が抑制される。→植物遺体の分解が進まないため植物遺体中に取り込まれている養分が放出されず土壌が貧栄養化する、または/かつ植物遺体の分解が不十分となるために有機酸が生成し土壌が酸性化する。→微生物の活性がさらに低下し植物遺体の分解が進まなくなる、という循環が繰り返され厚い泥炭層が生成する。そのため、熱帯泥炭土壌の大部分が貧栄養、もしくは中程度の栄養状態である。

熱帯泥炭は、西マレーシア、サラワク、サバ、カリマンタン、スマトラ、イリアンジャヤに広く分布しており、2,700万haあるといわれている。

泥炭地の多くでは、湛水による還元、貧栄養、強酸性により、一般の作物は栽培することができず、そのような状態でも生育できるサゴヤシの栽培が注目されている。しかし、DPSのような極度の酸性や貧栄養状態ではサゴヤシの生育も抑制される。そのため、石灰資材によるpHの中和や施肥などが考えられるが、これらの処理は微生物の活性を高め、泥炭の分解促進を招き、地表面が沈降、低下するおそれがある。また、排水も泥炭に酸素を供給することになるため泥炭の分解を促進し、地表面を低下させるおそれがある。

ヒストソルは、表2に示した修飾語を標準名

表2 サゴヤシが生育する地域のHistosolsの下位のレベル分類に用いられる修飾語（標記の優先順に示した）

Salic (塩類化)	塩類化層（易溶性の塩が二次富化した層）をもつ。沿岸部などでみられる。
Thionic (硫黄質)	硫酸層か硫化物土壌物質をもつ。沿岸部などでみられ、排水すると硫酸酸性を示す。
Fibric (繊維質)	泥炭層に組織が識別できる植物遺体が体積で3分の2より多く含む。植物遺体の分解が進んでいない。
Sapric (腐朽)	泥炭層に組織が識別できる植物遺体が体積で6分の1未満である。植物遺体の分解が進んでいる。
Ombric (地下水湿性)	地下水による湿性状態。熱帯泥炭の多くはこれに相当する。
Rheic (地表水性)	湿性条件が地表水によってもたらされるもの。
Alcalic (アルカリ質)	pH (土壌:水比 1:1) が8.5以上である。沿岸部などでナトリウムイオンが多く、Salicな場合にみられる。
Toxic (有毒性)	アルミニウム、鉄、ナトリウム、カルシウム、マグネシウムを除く、植物に生長にとって有害なイオンの集積がある。
Dystric (低飽和)	塩基飽和度 (1M NH ₄ OAcで測定した) が50%未満である。pHが低い。
Eutric (高飽和)	塩基飽和度が50%以上である。pHがDystricに比べて高くなる。

Date of description and weather: Aug. 26, 1999, cloudy
 Location and land use: N 2°48' 55.0" E 112°2' 10.5"
 (Mukah II block12), Sago palm field (8 years passed from
 reclamation, 7 years old sago palm)
 Landform and topography: Lowland, peat land (low moor),
 and flat Parent material and mode of deposition:
 Accumulation of plant remains (woody peat) (low moor)
 Vegetation: Pakis, Serai, Lemidin, Pelaik, Ubah, Orchid,
 Rengit, Teruntun, Sago palm (about 0.7m height)
 Groundwater table: 25 cm
 Soil classification: Dystric-Ombric Histosols (WRB)

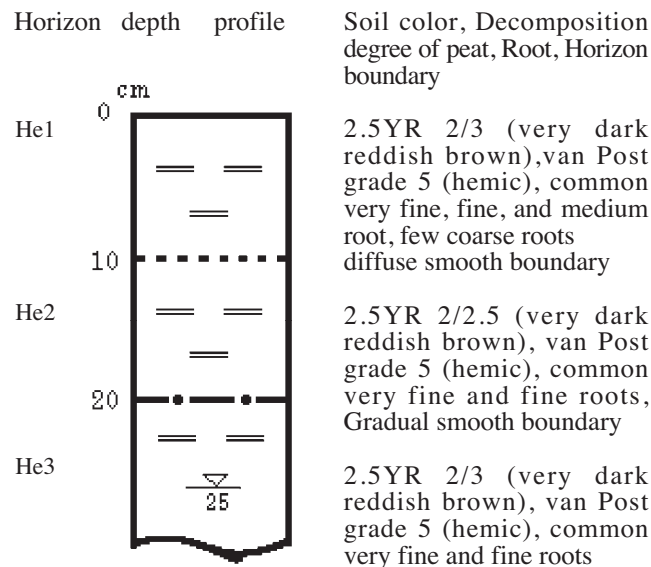


図2 Histosolsの調査事例

称の前に付けることにより下位のカテゴリーに分類することができる。修飾語は標記の優先順位に2個まで付けることができ、3個以上必要な場合は標準名称の後ろに括弧書きで書く。

サゴヤシが生育する地域でよく見られるヒストソルは、Ombri-Fibric Histosols（地下水の影響ででき、泥炭の分解が進んでいないヒストソル）と Dystric-Ombic Histosols（塩基飽和度が低く、地下水の影響でできたヒストソル。泥炭の分解は中程度。）で、一部 Ombri-Thionic Histosols（地下水の影響ででき、硫酸酸性のおそれのあるヒストソル）がみられる。修飾語の Ombic は地下水により湿性状態にあることを示す。修飾語の Fibric と Sapric は泥炭の分解度合いを示すもので、Fibric は分解が進んでいなく繊維質が多いもの、Sapric は分解、腐植化が進んでいるものを示す。中間的なものは Hemic と呼ばれるが、Fibric や Sapric のような特徴的な性質をもたない一般的な土壌として、特に下位のカテゴリーでの分類はおこなわない。熱帯の木質泥炭では Fibric か Hemic のものが多く、Sapric は少ない。Dystric は塩基飽和度（1M 酢酸アンモニア溶液を用いて測定した陽イオン交換容量に対して当量で表した Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} , Na^{+} の総量が占める割合）が 50% 未満の土壌である。一般には同じ土壌では塩基飽和度が低いほど酸性は強くなる。熱帯泥炭で、塩基飽和度が 50% を越える Eutric の場合は、土砂や河川水、海水などの流入が考えられる。

また、硫化物土壌物質（金色のパイライト $[\text{FeS}_2]$ などの硫化物）をもつ場合や、硫酸層（黄色/橙色のジャロサイト $[\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6]$ や黄褐色のシュベルマナイト $[\text{Fe}_{16}\text{O}_{16}(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{10} \cdot 10\text{H}_2\text{O}]$ などの硫酸鉄の斑紋を含む酸性の層位）をもつ場合は、排水や耕作などにより酸素が供給されると硫化物の酸化が起こり、硫酸が生成して土壌は強酸性の硫酸酸性塩土壌になる。このような硫化物土壌物質や硫酸層をもつ土壌には Thionic という修飾語を付ける。主に沿岸部で見られるが、現在内陸であっても、過去沿岸部であったときに硫化鉄が生成、沈殿していることもあるので注意を要する。

また、ヒストソルは、低い容積重や高い圧縮

化可能性（重機の走行性が良くない、根の定着性が悪い）などの物理的特徴もある。

ヒストソルの利用には、泥炭の分解をなるべく起こさないようにしながら、湛水・貧栄養・酸性の条件を克服していく栽培法の確立が重要である。

2) グライソル (Gleysols) :

地下水位が高く、常時または一時的に還元状態になり、二価鉄または鉄の斑紋をもつ鉱質土壌 (Mineral soils) である。

一般の作物を栽培するには排水をして地下水位を下げる必要がある。しかし、サゴヤシや水稻などの湿性に耐性をもつ作物の栽培には必ずしも排水が必要ないので適していると考えられる。

ヒストソルと同様に硫化物土壌物質または硫酸層をもつ Thionic Gleysols は排水等により酸化状態におかれると酸性硫酸塩土壌になるので注意を要する。

3) フルビソル (Fluvisols) :

フルビソルは周期的に氾濫が起こるような低地のほぼ平坦な地域に分布し、沖積堆積物上に発達した比較的若い鉱質土壌である。一般に、地下水位も低く、肥沃で、平坦な土地に広がるため、作業性も良い。熱帯地方では水稻の栽培に適した土壌である。一般にサゴヤシの栽培にも適していると考えられる。ただし、マングローブ林下など自然状態にある海成堆積物上のフルビソルは、Thionic Fluvisols であることも多く、ヒストソル、グライソルと同様に管理には十分な注意が必要である。

引用文献

- 江原 宏・山本由徳・安藤 豊・新田洋司・ス
ラマット スサント 1998 インドネシア・スマ
トラ東岸におけるサゴ生産. Sago Palm 6: 28-33.
FAO 1988 Soil Map of the World. Revised Legend.
Reprinted with corrections. World Soil Resources
Report 60.FAO (Rome).
FAO/ISRIC 1990 Guidelines for Soil Profile
Description (3rd ed.). FAO (Rome) pp.70.
FAO 1990 World Soil Resources.
FAO/ISRIC/ISSS 1998 World Reference Base for

- Soil Resources. World Soil Resources Reports 84. FAO (Rome) pp.88.
- Jong, F. S. and Flach, M. 1995 The sustainability of sago palm (*Metroxylon sagu*) cultivation on deep in Sarawak. Sago Palm 3: 13-20.
- Kawahigashi, M., H. Sumida, K. Yamamoto, H. Tanaka and C. Yamaguchi 2003 Chemical properties of tropical peat soils and peat soil solutions in sago palm plantation. Sago Palm, 10: 55-63.
- 日本ペドロロジー学会編 1997 土壌調査ハンドブック(改訂版). 博友社 (東京) pp.167.
- 角田憲一・安藤 豊・吉田徹志・山本由徳・新田洋司・江原 宏・後藤雄佐・ベニト H. プルワント 2000 サゴヤシ生育地の土壌, -窒素の挙動に関する土壌要因-. Sago Palm 8: 9-16.
- Yamaguchi, C., M. Okazaki and T. Kaneko 1994 Sago palm growing on tropical peat soil in Sarawak, with special reference to copper and zinc. Sago Palm 2: 21-30.
- Yamaguchi, C., M. Okazaki, T. Kaneko, K. Yonebayashi and A. H. Hassan 1997 Comparative studies on sago palm growth in deep and shallow peat soils in Sarawak. Sago Palm 5: 1-9.
- ISSS Working Group RB. 1998 World Reference Base for Soil Resources: Atlas. ISRIC- FAO- ISSS- Acco. (Leuben).
- 解説書の和訳本としては下記のものがある。
国際食糧農業協会 編 太田 誠一 他監訳 2002 世界の土壌資源 入門&アトラス. 古今書院 (東京).
- 2006年の7月に開催された 18th World Congress of Soil Sciences で, WRB の第 2 版 “WRB 2006” が公表された。
“WRB 2006” は下記の HP からダウンロードできる。
<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/news.stm>

参考文献

- 久馬一剛編 2001 熱帯土壌学. 名古屋大学出版会 (名古屋) pp.439.
- 農林水産省熱帯農業研究センター編 1986 東南アジアの低湿地. 農林統計協会 (東京) pp.301.

WRB に関して

- WRB は下記の HP からダウンロード可能である。
<http://www.fao.org/ag/agl/agll/wrb/default.stm>
また, 和訳本として下記のものがある
世界土壌科学会議・国際土壌照合情報センター・国際連合食糧農業機関編 [中井信訳監修]
2000 世界の土壌資源 - 照合基準 -. 国際食糧農業協会 (東京) pp.149.
- さらに, 下記の入門編とアトラスの解説書があり,
ISSS Working Group RB. 1998 World Reference Base for Soil Resources: Introduction. ISRIC- FAO- ISSS- Acco. (Leuben).