

植物生産土壌学7

森林と草地の土壌

Forest Soil & Grassland Soil

筒木 潔

<http://timetraveler.html.xdomain.jp/>

森林と土壌



異なる森林生態系におけるバイオマスおよび有機物蓄積パターン

炭素のプール	冷温帯林	温帯ステップ	暖温帯林	熱帯季節林	熱帯多雨林
地上部バイオマス	170	1.0	183	178	222
地下部バイオマス	34	7.0	37	36	44
リター層	7.7	0.5	8.6	1.9	1.9
土壌有機物	136	240	71	92	57

草原 森林

森林生態系の特徴

- 比較的豊富な水資源
- 「光」と希少な養分を求める植物の競争
- 「光」をめぐる競争が一次生産物を地上部へより多く振り分ける。
- 有機炭素、窒素、その他の可溶性養分が土壌最表層に集積

森林生態系

- 不足しがちな無機養分の多くを有機物と一緒に林木に蓄積するとともに、養分を地上部リターとして土壌へ還元した場合でも、これができるだけ効率よく回収する形態を整えたシステム

わが国の森林帯

- 日本列島 (Japan islands)
N20° (沖ノ鳥島) – N45° (択捉島)
3500km
- 気候: 亜熱帯気候から亜寒帯気候
- Climate: subtropical – sub-frigid zone
- 標高: 3000m まで
- Altitude: up to 3000m

日本の気候と森林 Japanese Climate and Forest

一般に降水量が蒸発散量に対して卓越する湿潤条件では、土壌のpHは酸性に傾き、植生としては森林が成立する。

Precipitation exceeds evapo-transpiration, where soil pH tends to become acidic and forest will be established.

森林土壌酸性化の原因

- A: 降雨由来の酸
(雨水への二酸化炭素の溶解、亜硫酸ガス、NOxガスの溶解)
- B: 植物根による陽イオンの過剰吸収
- C: 硝酸化成
- D: 有機酸生成

土壌の種類

- **成帯土壌(zonal soil)** 気候や植生の影響を強く反映している土壌
- **間帯土壌(intra-zonal soil)** 母材や地形など、他の局所的因子が強く働いている土壌
- **非成帯土壌(azonal soil)** 時間の因子のきわめて少ない土壌

温量指数 (warmth index, WI)

各月の平均気温が5°C以上の月の平均気温から5を引いて1年間合計した値

$$WI = \sum(T-5) \quad T: \text{average temp. of the month } T > 5$$

寒さの指数 (coldness index, CI)

各月の平均気温が5°C以下の月の平均気温から5を引いて1年間合計した値

$$CI = \sum(T-5)$$

暖かさと寒さの指数(WI, CI)

地名	WI	CI	地名	WI	CI
帯広	57.5	-40.6	大阪	134.1	
札幌	68.1	-32.1	広島	117.1	-0.8
青森	76.8	-21.4	松江	112.7	-2.0
仙台	92.4	-9.9	高知	136.0	
東京	124.4	-0.3	鹿児島	148.2	
長野	93.6	-16.6	那覇	207.7	

吉良(1976)による気候・植生帯区分

温量指数 (WI)	気候・植生帯	Climatic & Vegetational Zones
0	極冰雪帯	Polar frost zone
0 - 15	寒帯	Polar (tundra) zone
15 - 45	亜寒帯	Subpolar zone
45 - 85	冷温帯	Cool temperate zone
85 - 180	温暖帯	Warm temperate zone
180 - 240	亜熱帯	Subtropical zone
240 以上	熱帯	Tropical zone

日本の土壌の成帯性

温量指数 (WI)	森林帯	土壌帯
15 - 45	亜寒帯 常緑針葉樹林	ポドソル
45 - 85	冷温帯 落葉広葉樹林	褐色森林土
85 - 180	温暖帯 常緑広葉樹林	黄褐色森林土
180 - 240	亜熱帯 常緑広葉樹林	赤黄色土

東ユーラシアの土壌



本州中部における森林の垂直分布 (垂直成帯性)

標高 (m)	森林帯
- 500 m	丘陵帯 常緑広葉樹林
500 - 1,500 m	山地帯 落葉広葉樹林
1500 - 2500 m	亜高山帯 常緑針葉樹林
2500 m以上	高山帯 ハイマツ低木林

北海道東部土壌図

間帯土壌の分布例



褐色森林土B_B型(岐阜県八百津町)



リター層 (堆積腐植層:A₀層またはO層)の構成

- **L層 (O₁層)**:ほとんど未分解の有機物からなる。もとの組織が残っている。
- **F層 (O₂層)**:肉眼でもとの組織を認められる程度に分解を受けた有機物からなる。
- **H層 (O₃層)**:もとの組織が判別できないほど分解を受けた有機物からなる。

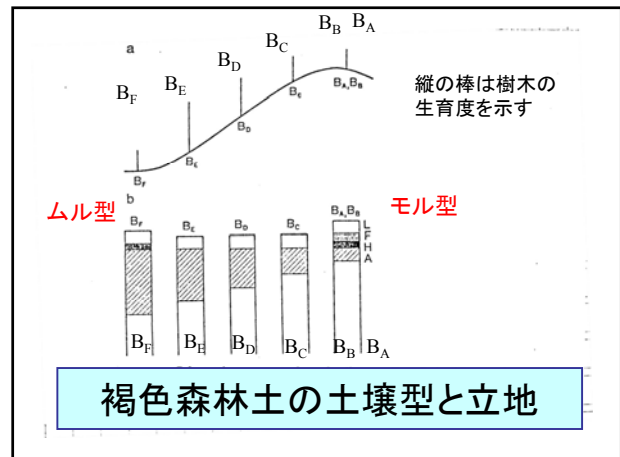
リター層の堆積様式

モル型 (mor):

厚いL, F, H各層からなる。尾根筋などの乾燥しやすい場所や、貧栄養な条件下で生成。有機物の鉱質土層への浸透が悪い。

ムル型 (mull):

L層のみ明らか。比較的湿潤で養分状態の良好な条件下で生成。地表下深くまで有機物が浸透し集積する。



熱帯の土壌と焼畑問題

焼畑農業

- 最も重要な自給型農業であり、2億～4億の人が従事している。
- 現在では主に熱帯で行なわれているが、ヨーロッパ、アメリカ、日本でも初期の農耕の形態は焼畑であった。

畑

焼畑農業の問題点1

- 焼畑農業の適正な人口 1平方キロメートルあたり8人
- 300万平方キロメートル 2億人が生計を立てる。
- 適正焼畑人口は2400万人だから、既に過密。

焼畑農業の問題点2

- 換金作物(コーヒー、砂糖、綿花、ピーナツなど)の広範な栽培
 - 必要な休耕期間を無視
 - 大面積・単一栽培・連作
 - 優良農地の独占
 - 零細農民はより条件の悪い土地へ追いやられる。

伝統的な焼畑は非難されるべきものか？

- ニューギニアTsembaga族の焼畑生活
- サラワクにおける焼畑
- 民俗学的、生態学的研究が行われている。

サラワクにおける焼畑

- 先住民は植物の種類と土壌の質について、科学的な知識を持っている。
- 先住民による焼畑が、土壌を荒廃させたり、破壊的な侵食をもたらすことはない。
- 参考図書
- サラワクの先住民(イブリン・ホン)
- 法政大学出版局1989

多種栽培

- 陸ダヤク族(陸稲、キュウリ、カボチャ、マメ、トウモロコシ、キャッサバ)
- イバン族(陸稲、カラシナ、キュウリ、カボチャ、ヘチマ、ウリ、キャッサバ、トウモロコシ、パイナップル、アマメシバ)
- ケニヤ族(トウモロコシ、キュウリ、カボチャ、サツマイモ、タピオカ、ゴマ、ナス、砂糖キビ、ショウガ、バナナ、タバコ、チリ、キンマ)

休憩中の森林からの採集

- 482種類の植物を利用
- 食料、えさ、薬、建築資材、染色材料、装飾、燃料、毒、柵、防虫剤として

米の自給

- イバン族の5.7人からなる家族が1年間に必要とする米の量は
- 1203kg
- 1ha 当りの陸稲の収量は、約1000kg
- 1世帯が栽培する焼畑農地の面積は3 ha
- 十分な量の食料を生産できる。

サラワクのイバン族による焼畑

陸稲の栽培に関連した数値	
大人1人が耕す年間焼畑面積	0.53 ha
ヘクタール当りの米生産量	1325 kg
ヘクタール当りの労働日数	138-175 日
大人1人が年間に消費する米の量	211 kg
大人1人が年間に生産する米の量	702 kg
大人1人が年間に稲作のため労働する日数	73-93 日
1世帯(5.7人)が消費する米の量	1203 kg
1世帯(5.7人)が栽培する焼畑農地の面積	3 ヘクタール

土壌の保全・養分の維持

- それぞれの土壌に合った作物を栽培
- 自然植生によって土壌肥沃度を判別
- 不完全な伐採
- 最小限の耕起
- 土壌侵食・土壌流出を起こさない。

貴重な動植物資源としての森林

- 狩猟・漁労・採集
- 食料需要の大きな部分をまかなっている。

草地の土壌

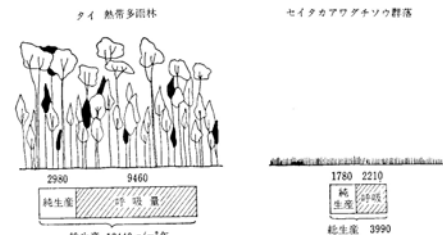
植物生産土壌学 7 (後半)



森林と草地

一次生産と呼吸のバランス

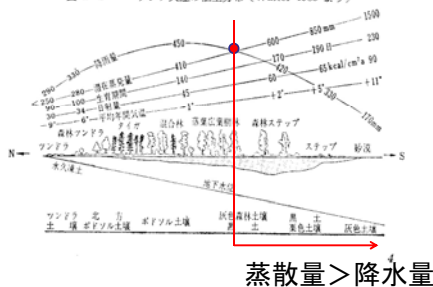
図 2-4 森林と草原の総生産と呼吸量の比較



樹木は幹や枝を維持するためにも多量のエネルギーが必要
 草本は体全体が生産組織

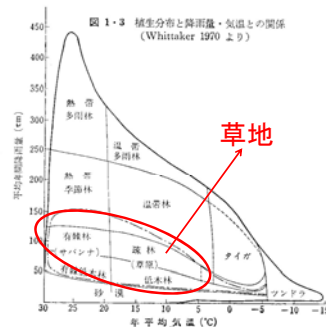
自然草地の成立要件

図 1-2 ユーラシア大陸の植生分布 (Walter 1968 より)



気温・降水量と植生帯の関係

図 1-3 植生分布と降水量・気温との関係 (Whittaker 1970 より)



世界の草地

- 主として乾燥地または半乾燥地にその多くが分布
- プレーリー(北米) パンパ(アルゼンチン) ステップ(ユーラシア) サバンナ(熱帯)
- 土壌の種類
チェルノーゼム モリスル

世界の主要土壌

乾湿→ 気候帯↓	乾燥	⇔	半乾半湿	⇔	湿潤
極地・寒帯	ツンドラ土				
亜寒帯	ポドゾール (泥炭土、グライ土)				
冷温帯	灰色森林土		レシベ土 (泥炭土、グライ土)		褐色森林土
温帯	チェルノゾーム (ソロンチャーク、ソロネツ、レンジナ ¹⁾)		プレーリー土		褐色森林土 (擬似グライ土、黒ボク土 ¹⁾)
暖温帯	栗色土 (ソロンチャーク、ソロネツ、レンジナ ¹⁾)		地中海赤褐色土		褐色森林土 黄褐色森林土 黒ボク土
亜熱帯	褐色土		地中海赤褐色土 (テラロッサ ¹⁾ 、グルムゾル ¹⁾)		赤黄色土
熱帯	砂漠土		ラトゾル (グルムゾル)		

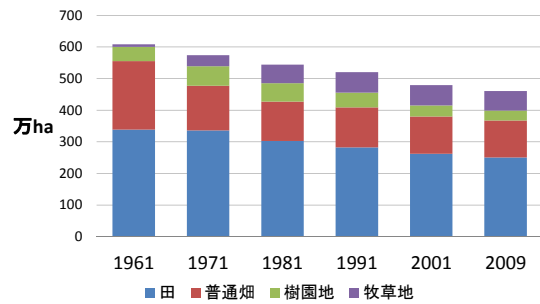
草本が卓越する土壌

わが国の草地

- 湿潤気候下にあつて、本来は森林が成立する。
- 灌木の伐採、火入れ、採草などの人為的管理なしには、草地の維持はむづかしい。

日本の耕地面積の変化

農林水産省統計2009



平成21年度統計

地目	全国 (万ha)	北海道 (万ha)	北海道の比率 (%)
耕地面積	460.9	115.8	25.1
田	250.6	22.5	8.97
畑	210.3	93.3	44.3
内 普通畑	116.9	41.4	35.4
内 牧草地	61.9	51.6	83.3
内 樹園地	31.5	0.3	0.95

日本の草地植生帯



図 1-11 日本の草地植生帯 (沼田 1969 より)

日本における草地の立地

- 劣悪な気象条件
 - 高冷地
 - 急傾斜地
 - 特殊土壌
- 普通作物の栽培不適地

草地の造成

- 耕起法
- 不耕起法
 - a) 粗耕法
 - b) 火入れ直播法
 - c) 蹄耕法

耕起造成法

- 障害物除去(樹木の根、岩石、れき)
 地形修正
- 土壌改良資材半量を施用
 - 耕起
 - 土壌改良資材半量を施用
 - 碎土整地
 - 施肥 → 播種 → 覆土鎮圧

草地の分布

- 北海道 (71%)
- 東北 (14%)
- 九州 (8%)
- 関東・中部・近畿合計(5%)
- 中国・四国合計(2%)

草地土壌の特性

- ルートマットの形成
 - 牧草根の大部分が
0-5cmの土壌表層に集中
- 表層土壌での養分集積
- 草地土壌の酸性化
 - 草地収量の経年的な減少

ルートマットの形成

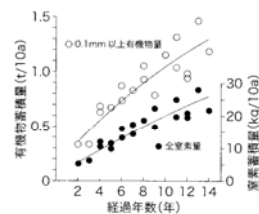


図3-3 草地表層(0~5cm)における有機物蓄積量および窒素蓄積量の経年変化
 (三木直樹, 1993を一部改変)

表層土壌での養分集積

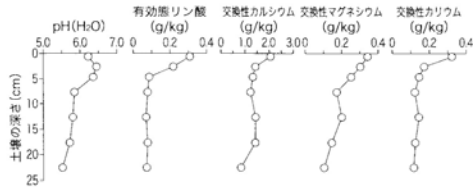


図3-4 採草地における土壌pHおよび養分の土層内分布 (松中照夫ら, 1986)

草地土壌の酸性化

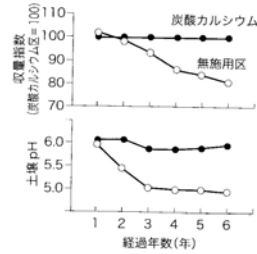


図3-5 炭酸カルシウムの連年施用効果
オーチヤードグラス草地、窒素：9kg/10a、炭酸カルシウム：50kg/10a (宝井戸雅之ら, 1987)

草地の施肥管理

施肥の目的:

- 草地造成段階では、土壌物理性の改良と草種の活着
- 草地維持段階では、生産量と植生の維持

草種と施肥の関係

- イネ科牧草: 窒素とカリ
- マメ科牧草: リンとカリに重点をおいた施肥
- イネ科とマメ科混播の場合:
イネ科単播草地の窒素施用量の半量の施用

過剰施肥の害

- 窒素の過剰施肥 家畜の硝酸中毒
マメ科牧草の衰退をもたらす
- カリの過剰施肥 家畜のグラステタニー症 (低Mg血症)

牧草の栄養バランスの管理

- テタニー比 $K/(Ca+Mg)$ (当量比)
2.2 以下が望ましい
- Ca/P (含量比)
2.0 以上が望ましい

放牧草地におけるシバムギと他種牧草の無機成分の比較

草種	Ca(%)	P(%)	Mg(%)	K(%)	K/(Ca+Mg)
シバムギ	0.24	0.39	0.13	3.72	4.21
ベレニアル	0.53	0.34	0.31	3.72	1.87
オーチャード	0.29	0.32	0.26	3.69	2.78
ケンタッキー	0.31	0.35	0.24	2.72	2.04
リードカナリー	0.29	0.32	0.19	3.16	2.74

シバムギ: 経年草地で増える雑草
乳牛の嗜好性も悪い

マメ科割合と養分バランス

マメ科率 (%)	N (%)	P (%)	K/(Ca+Mg) 当量比	Ca/P 含量比
こん跡	1.75	0.30	3.34	0.67
6.7	1.81	0.30	2.68	0.83
13	1.94	0.29	2.03	1.31
24.4	2.15	0.31	1.62	1.61
35.4	2.40	0.34	1.76	2.12

基準値 2.2 2.0

マメ科率30%以上が望ましい

造成後経過年数と土壌分析値

経過年数	pH(H ₂ O)	可給態リン酸	Ex. CaO	Ex. MgO	Ex. K ₂ O
		mg/100 g			

2	5.74	16.3	318.4	4.1	11.6
7	5.52	31.8	240.0	33.5	12.3
9	5.12	16.8	161.7	16.4	11.8
20	5.05	54.0	134.7	15.1	14.3

土壌pHの基準値: 5.5

雪印種苗データ

pH, CaO, MgO の低下傾向

草地の更新

- 表土の酸性矯正
- ロータリー耕による根系切断
→ 一時的な草地収量の改善

それでも改善しない場合は、草地更新

草地更新の方法

完全更新法:

砕土 → 施肥 → 整地 → 播種 → 鎮圧

簡易更新法:

除草剤による雑草と既存草種の除去

施肥(土壌改良材+リン酸肥料)

→ 播種 → 鎮圧

草地の養分循環



