

光合成速度を決める要因

植物の環境に対する反応

光強度

温度

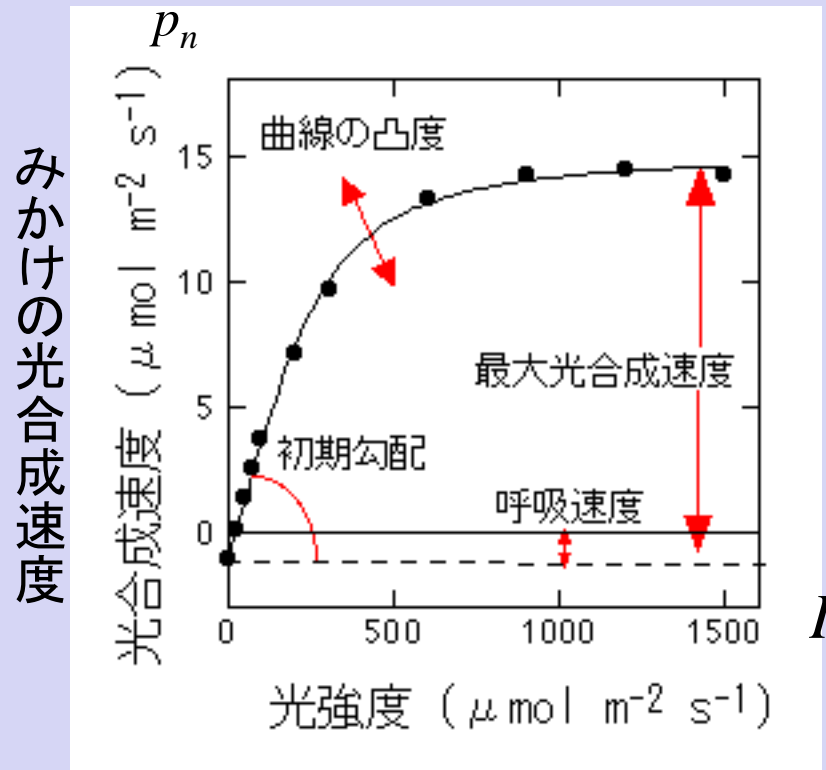
風速

二酸化炭素濃度

葉の生理的条件

(葉齡, 水分条件, 栄養条件など)

光—光合成曲線



$$p_g = \frac{bI}{1 + aI}$$

総光合成速度 (p_g)

= みかけの光合成速度 (p_n) + 呼吸速度 (r)

風速が大きいと
光合成速度が
大きくなる

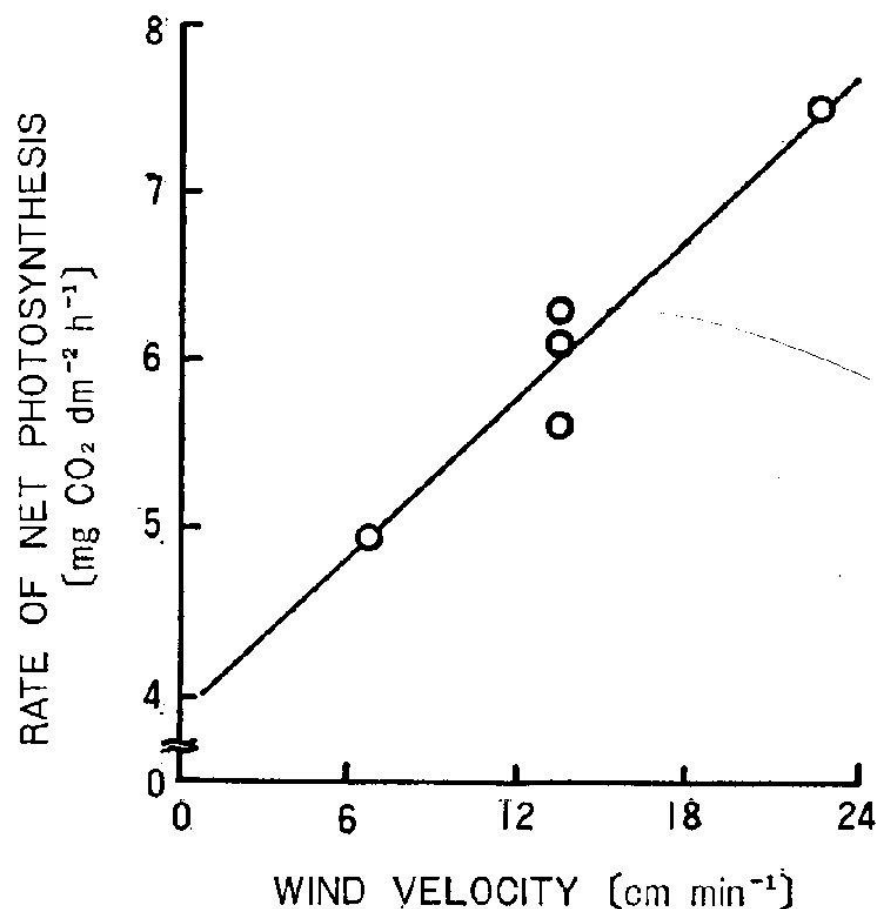


FIG. 2.4-4. Effect of wind speed in the assimilation chamber on observed rates of net photosynthesis in *Cyclobalanopsis gilva* leaves at 40 klx illuminance. November, 1970.

温度に対しては 最適曲線

夏に測定

Cc:コジイ

Cg:イチイガシ

Cj:サカキ

Ej:ヒサカキ

Mj:ホソバタブ

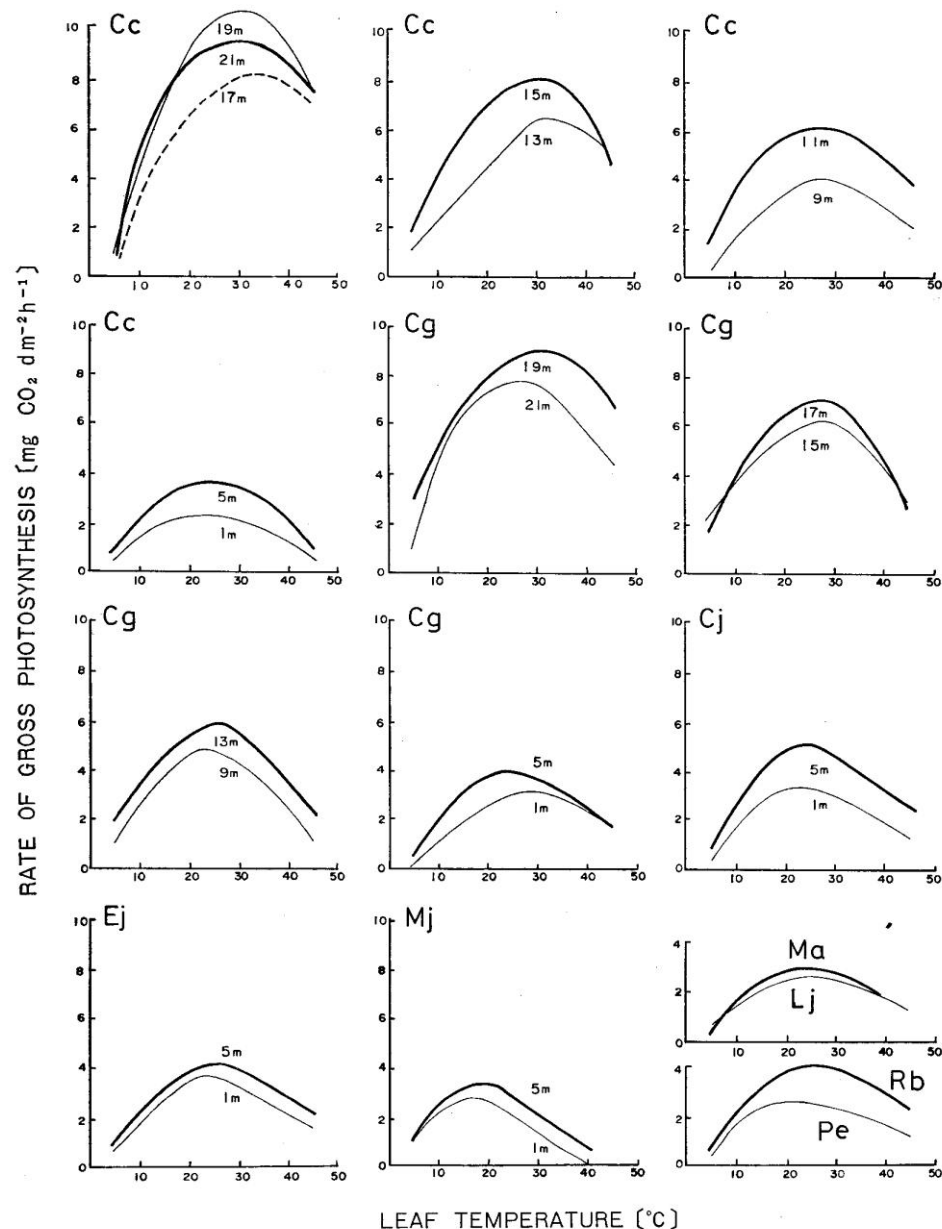


FIG. 2.3-1. Temperature response curves of gross photosynthesis in summer in leaves taken from different height levels within the forest canopy. Cc: *Castanopsis cuspidata*, Cg: *Cyclobalanopsis gilva*, Cj: *Cleyera japonica*, Ej: *Eurya japonica*, Mj: *Machilus japonica*, Ma: *Maesa japonica*, Lj: *Lasianthus japonicus*, Rb: *Rubus buergeri*, Pe: *Plagiogyria euphlebia*.

二酸化炭素濃
度が高いと光
合成は盛んにな
る

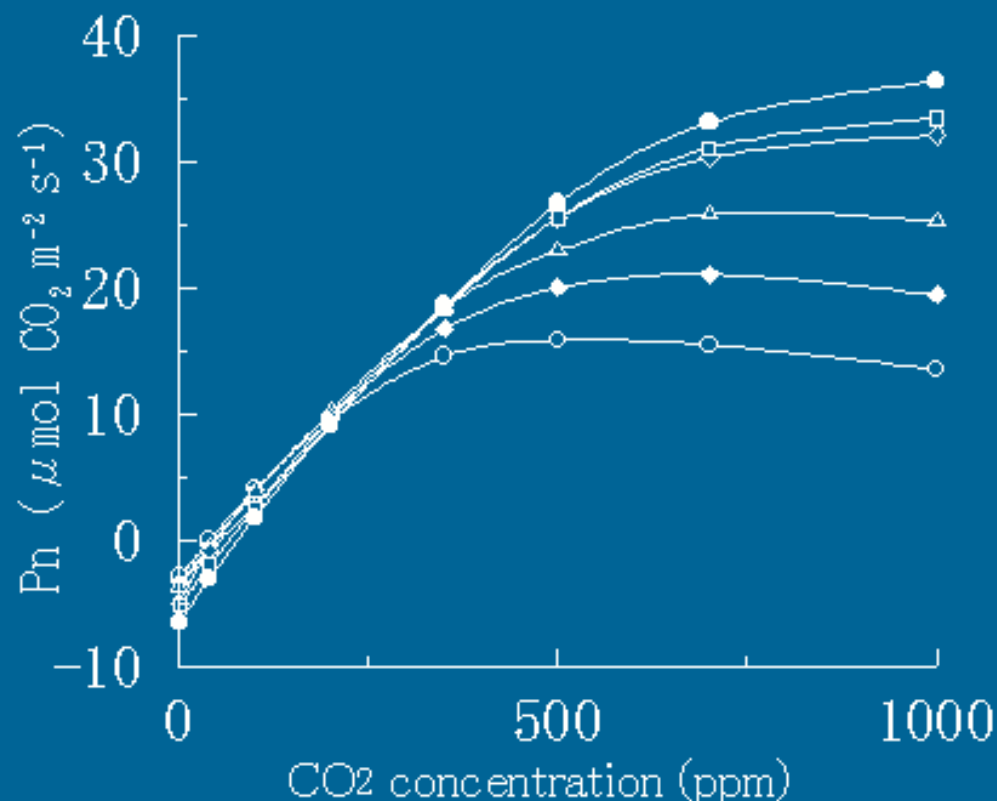


Fig. 2. Relationship between CO₂ concentration and net photosynthetic rate (Pn) of tall fescue at six different leaf temperatures grown in 700 ppm CO₂.
(○:15°C, ◆:20°C, △:25°C, ◇:30°C, □:33°C, ●:35°C)

材料はイネ科牧草

CO₂濃度700ppmで生育したトールフェスクの葉温別のCO₂濃度-光合成速度(Pn)曲線

<http://cse.naro.affrc.go.jp/sasaki/global/tall/tall.html>

古い葉はあまり 光合成しない

実線: 光合成速度
破線: 呼吸速度

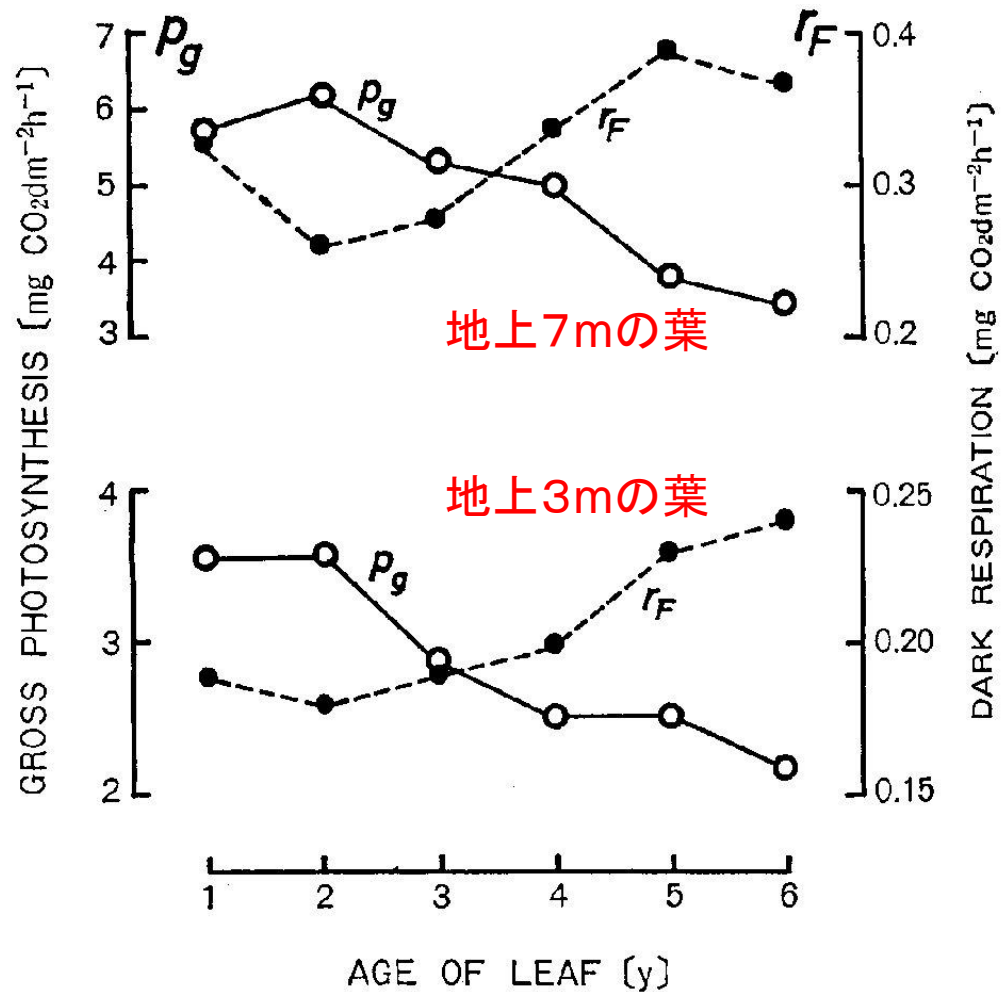


FIG. 2.4-5. Rates of gross photosynthesis and dark respiration in leaves of *Cleyera japonica* in relation to leaf age. Above: leaves taken from 7 m above ground. Below: from 3 m above ground. November, 1971.

クロロフィル濃度の季節変化

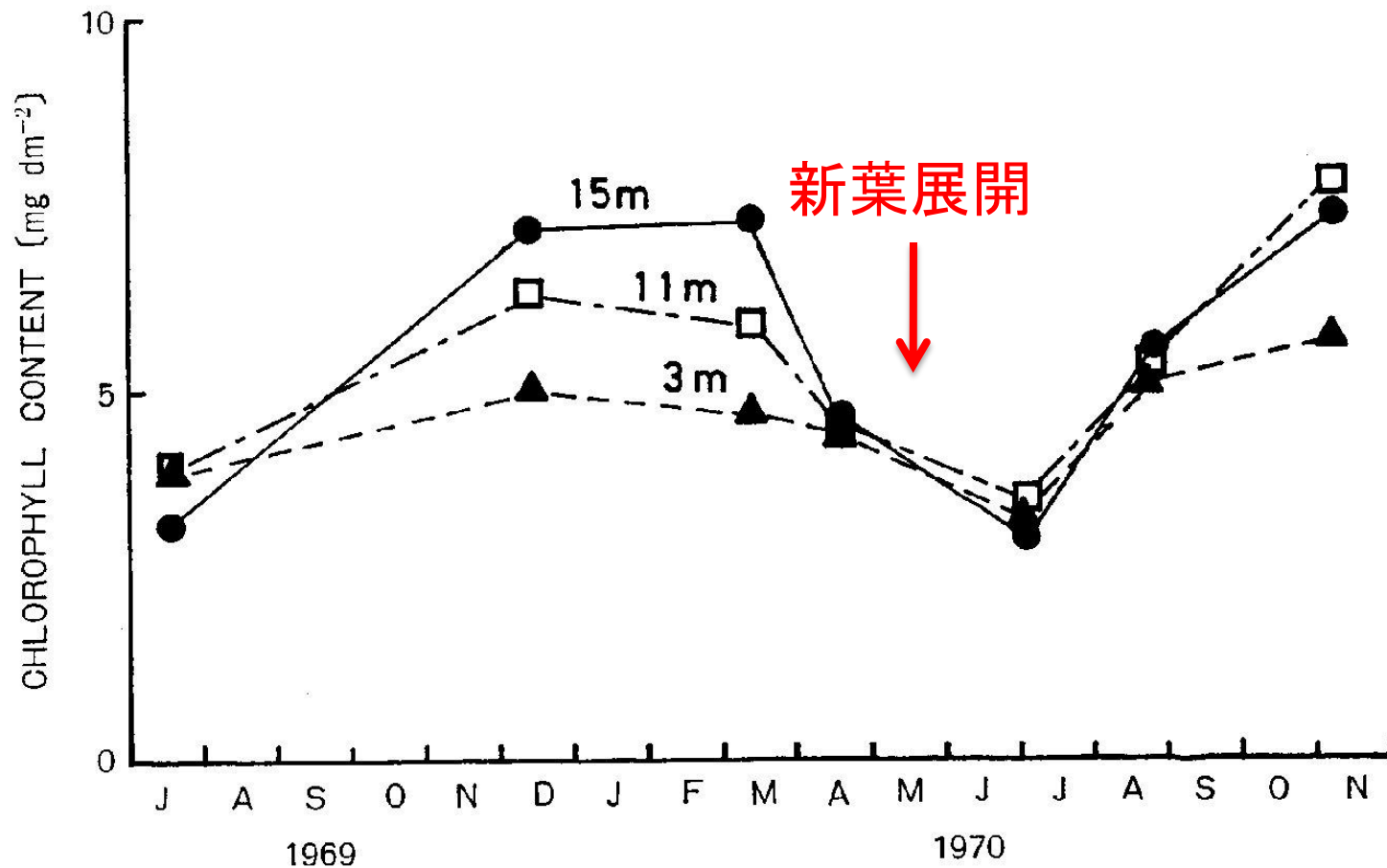
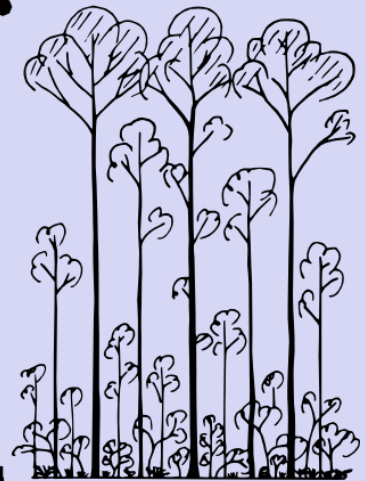
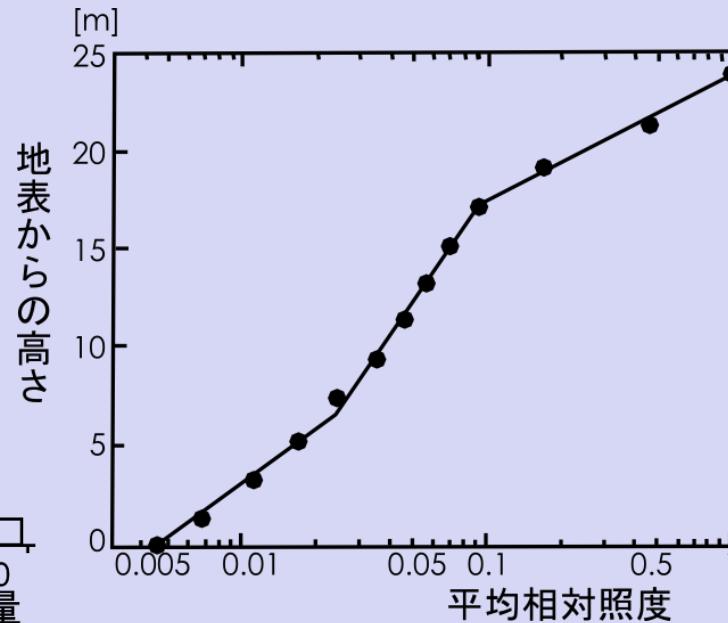
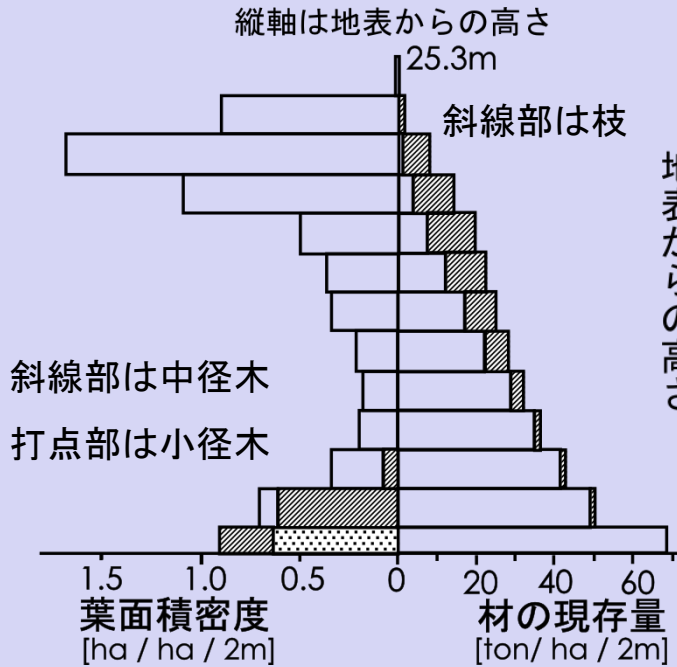


FIG. 2.4-3. Seasonal changes in chlorophyll content of *C. cuspidata* leaves at three different height levels (data from Kirita and Hozumi, 1973).

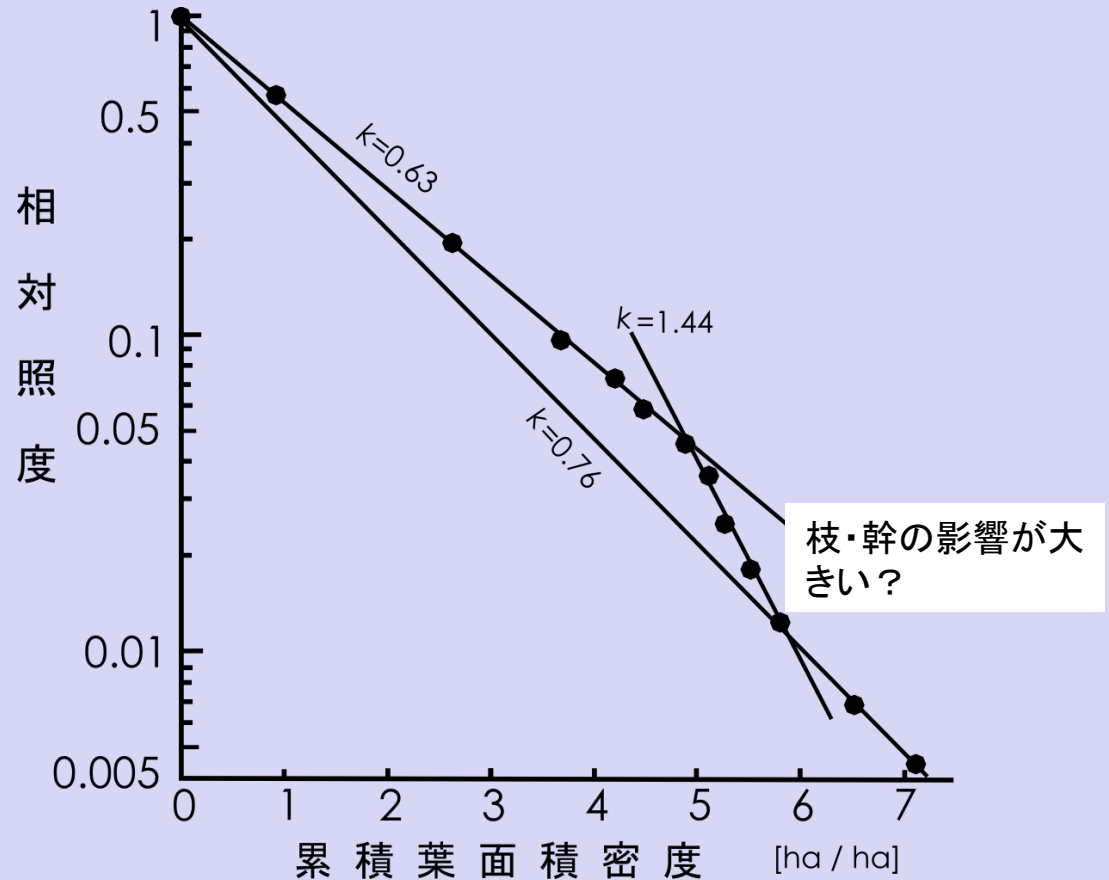
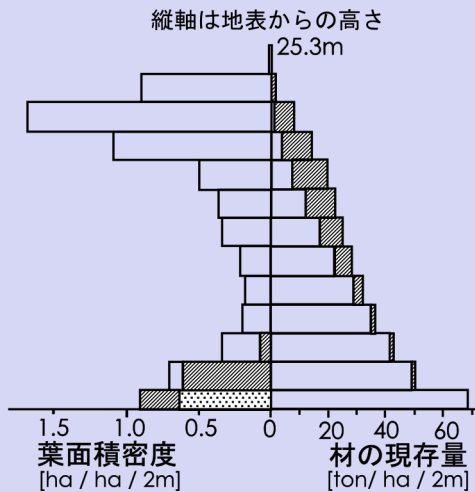
林の立体構造と光分布

生産構造図

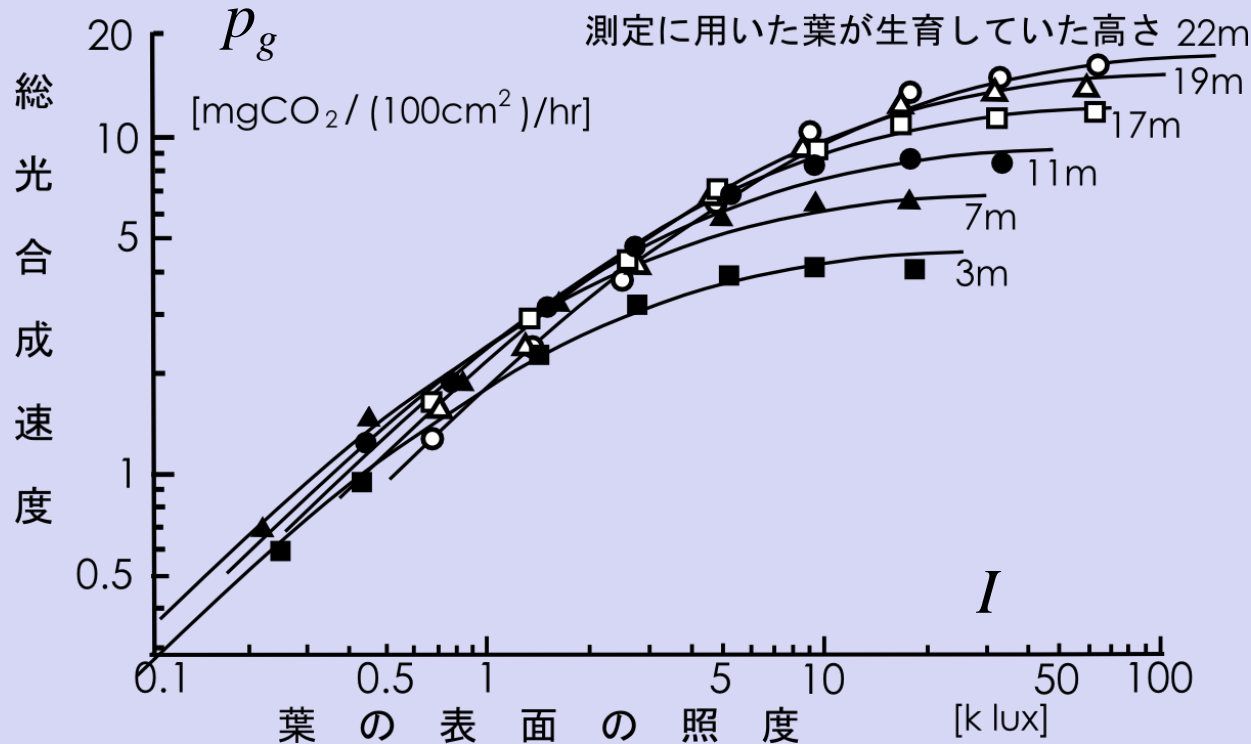


上部3層(6m)で光の90%が吸収される。

林頂部から下方への光の減衰



さまざまな高さで生育していたコジイの葉の 光合成速度



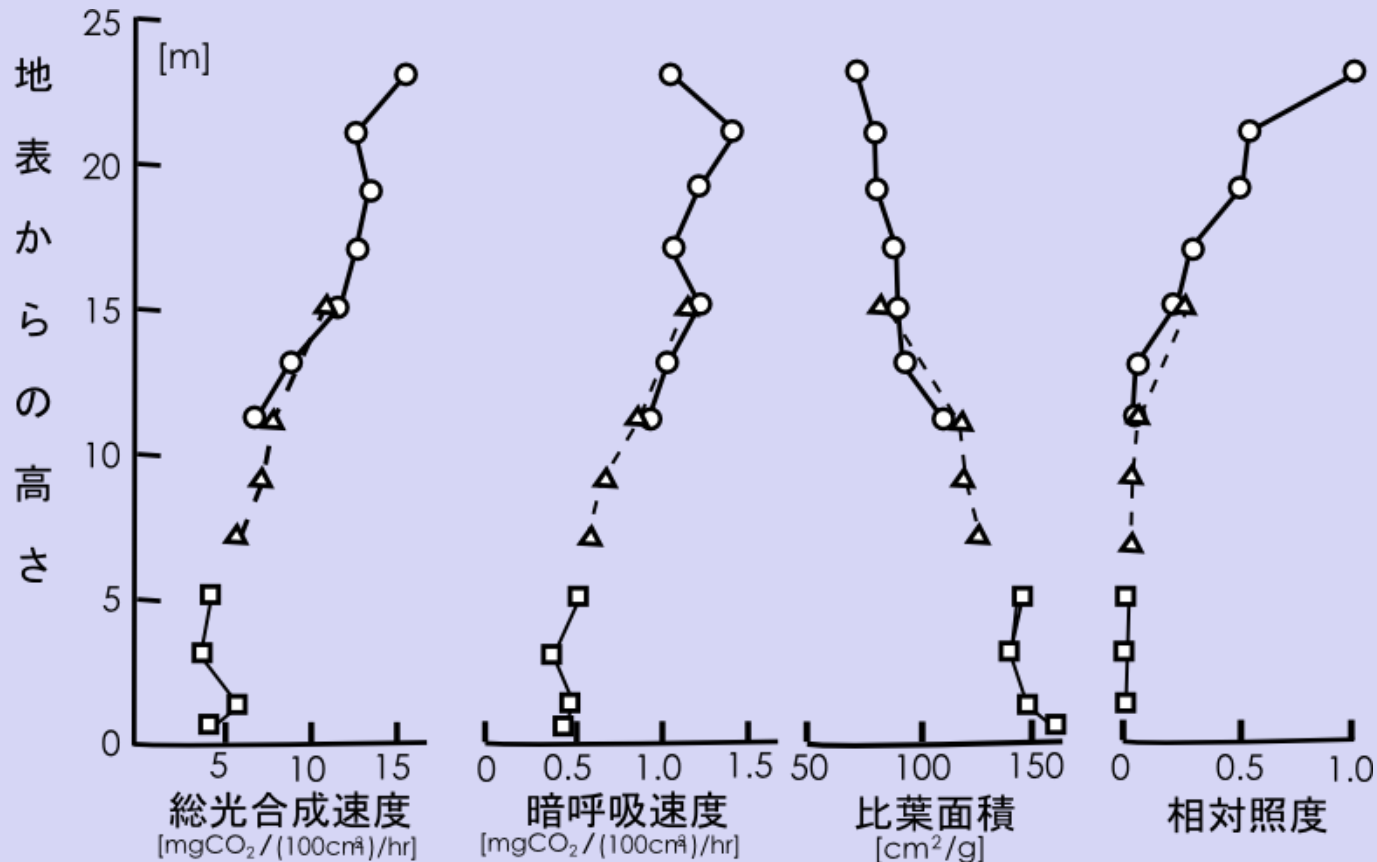
適応の一例

$$p_g = \frac{bI}{1 + aI}$$

光合成速度の式の係数 a , b は葉の生育場所によって異なる。実際は累積葉面積密度の関数として表せる。

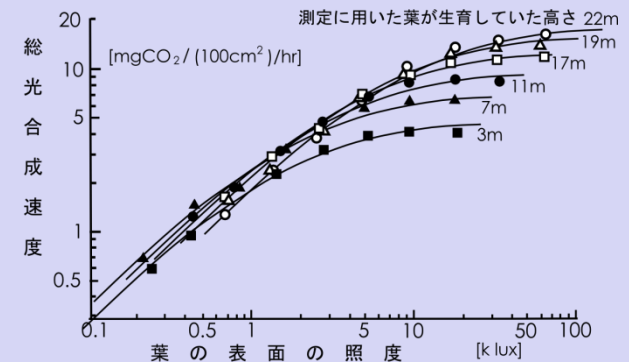
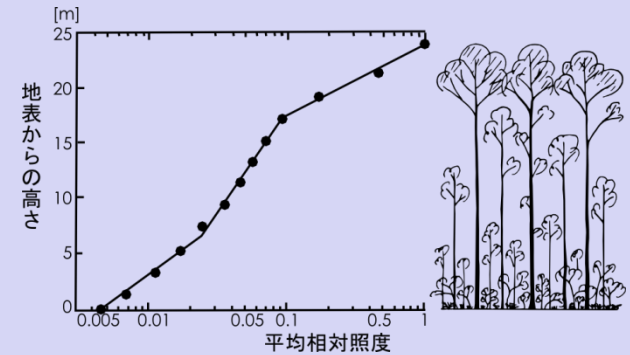
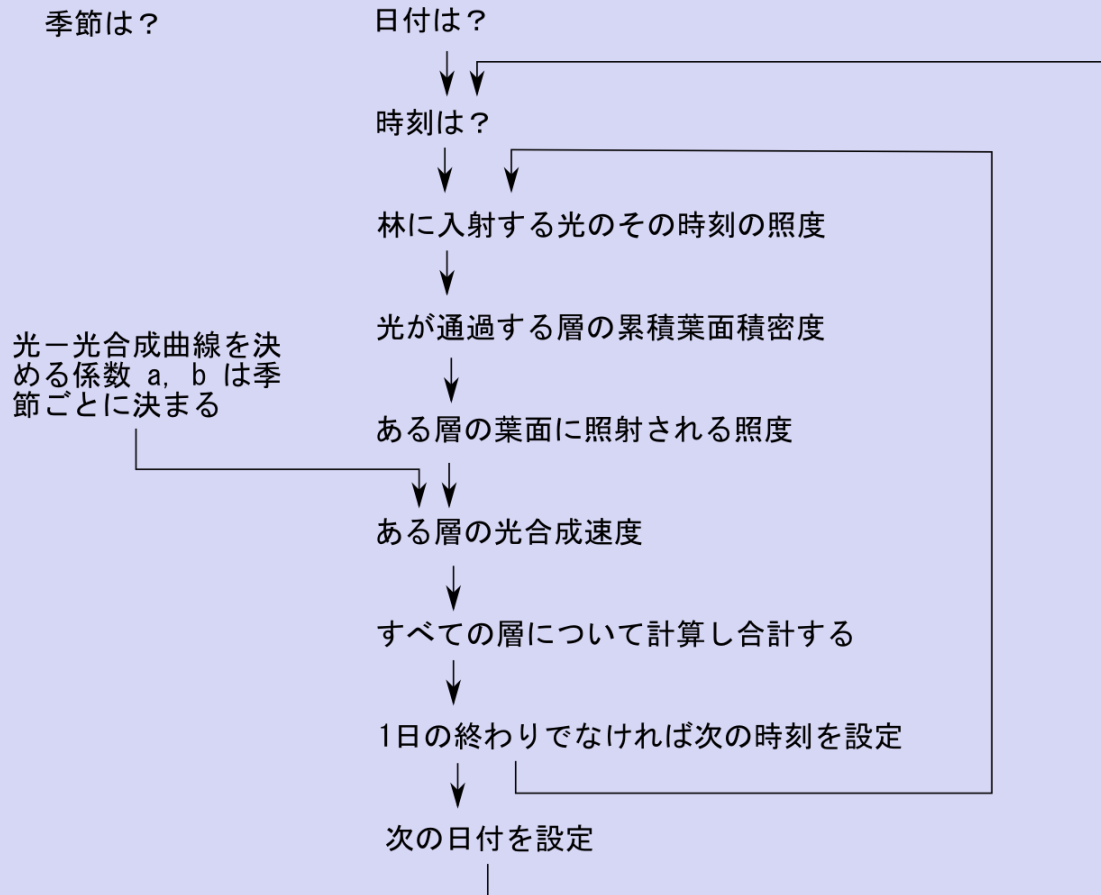
違った高さの葉の特性の違い

測定サンプル葉は3本のサンプル木から採取した。

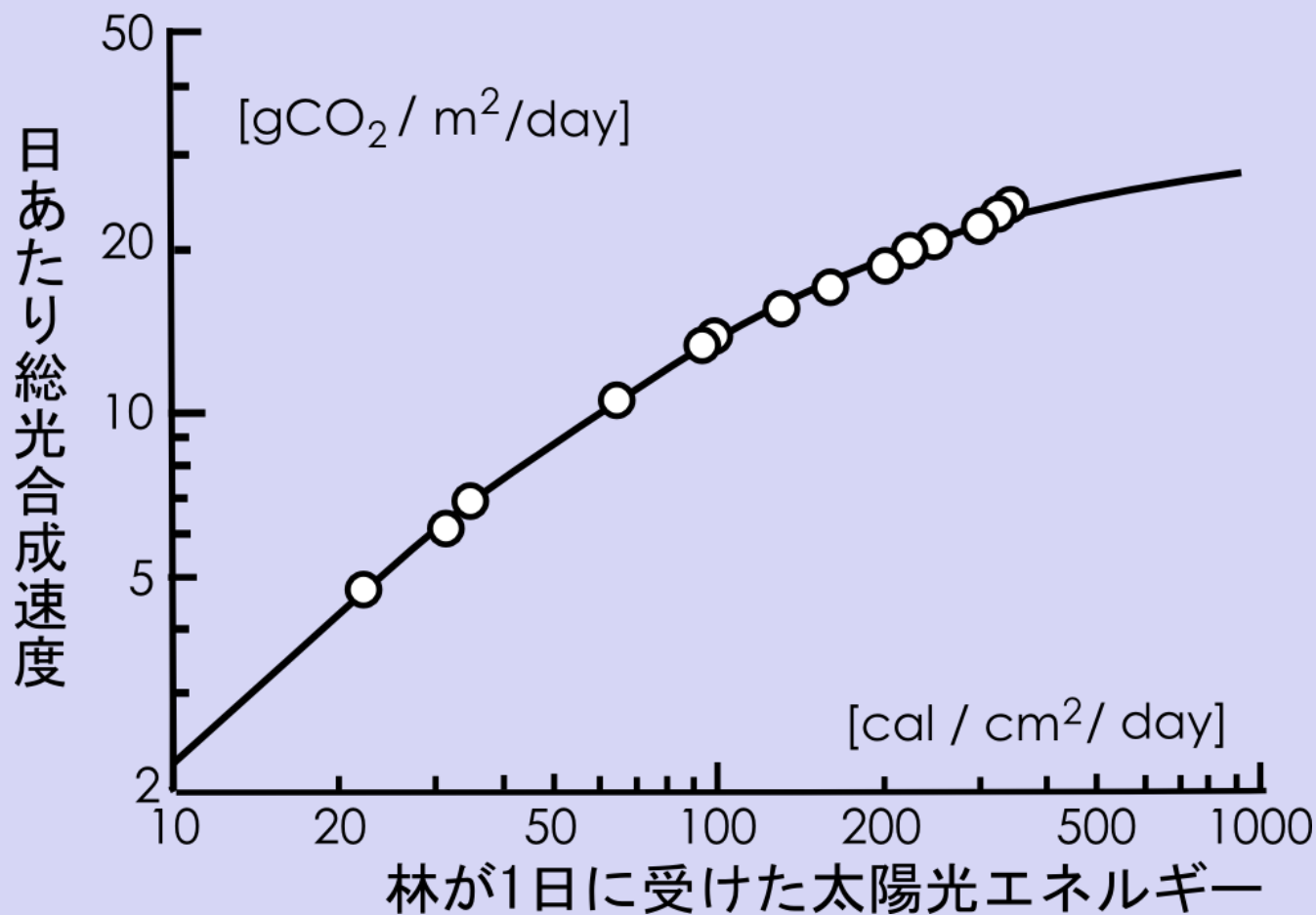


高い(明るい)場所に生育する葉は厚く総光合成速度が大きいが呼吸速度も大きい。低い(暗い)場所の葉は逆。

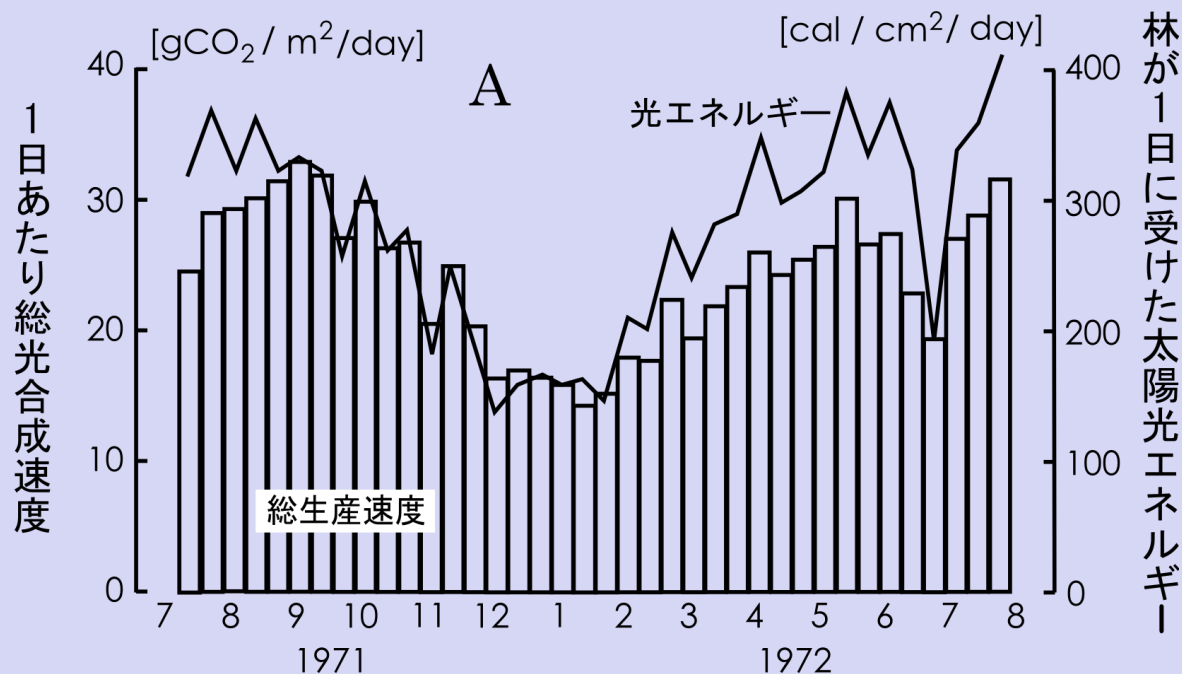
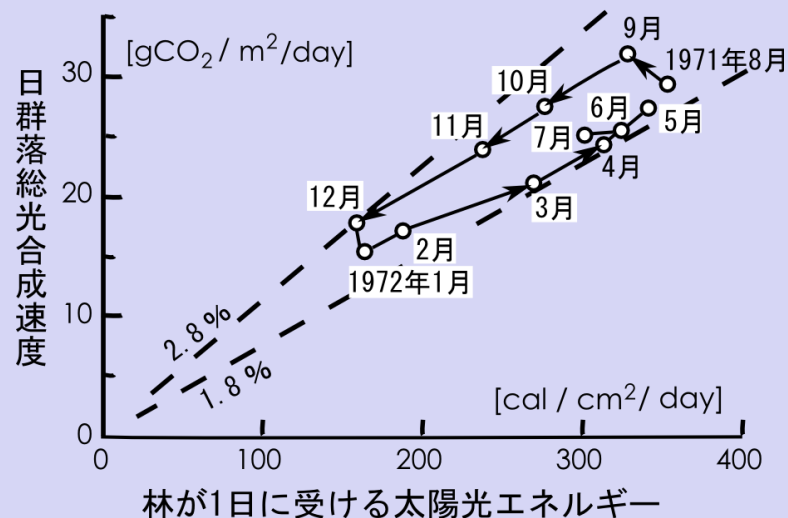
1日の群落総光合成速度計算の考え方



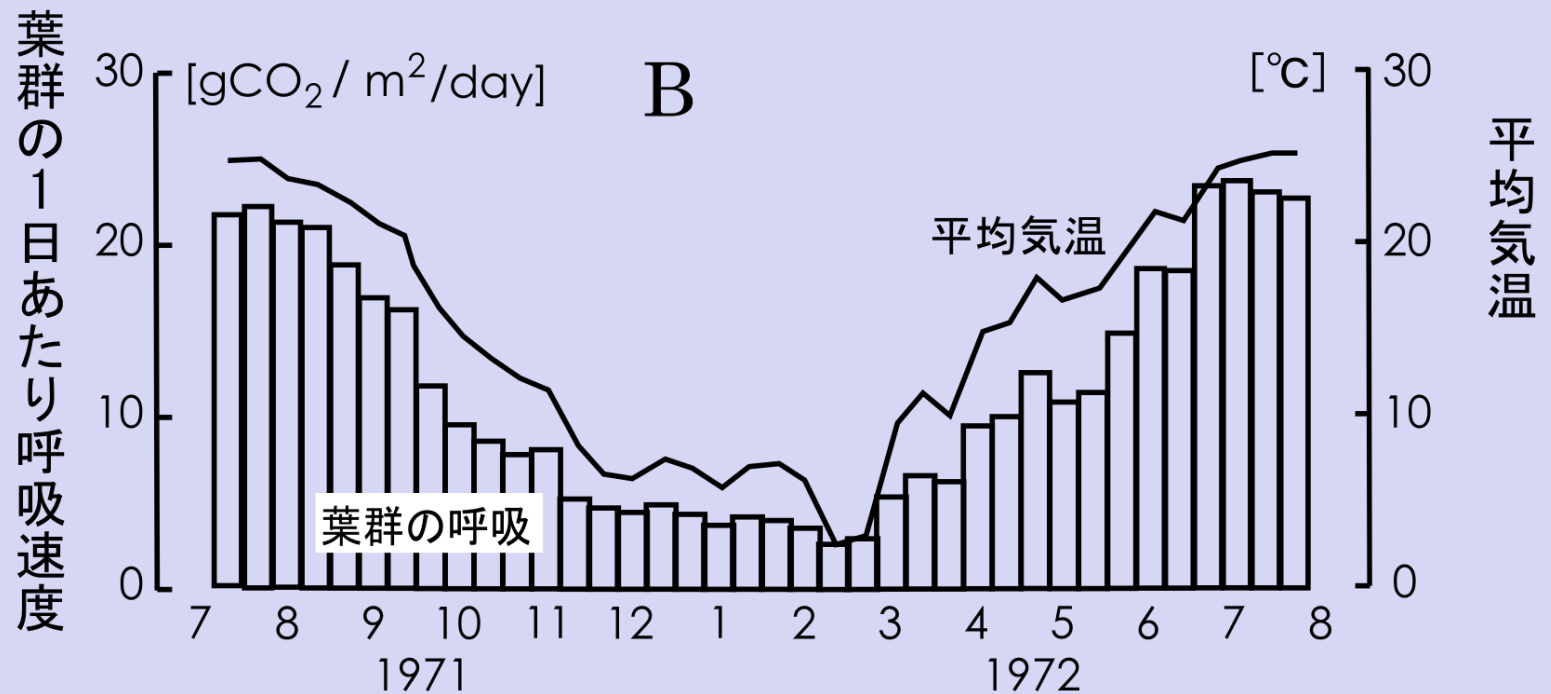
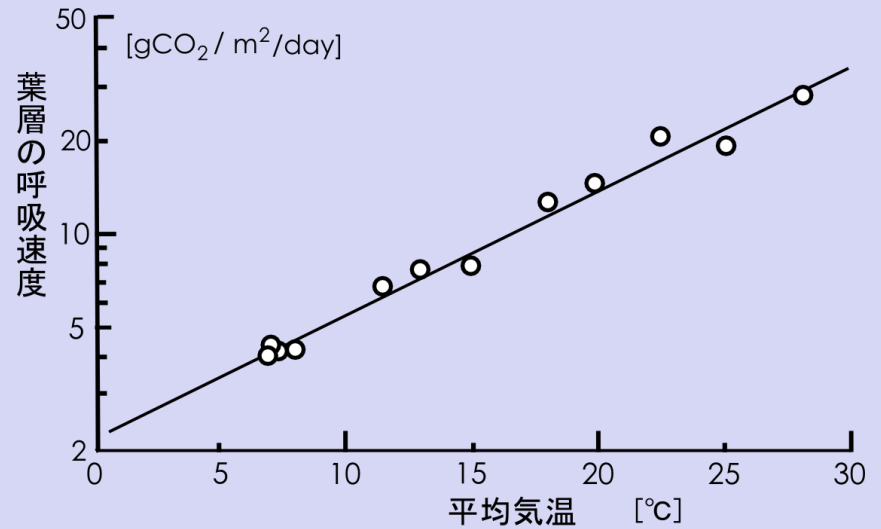
1日の照射エネルギーと総光合成



群落総光合成速度とエネルギー転換効率



群落呼吸速度の季節変化, 温度依存



群落の剰余生産速度

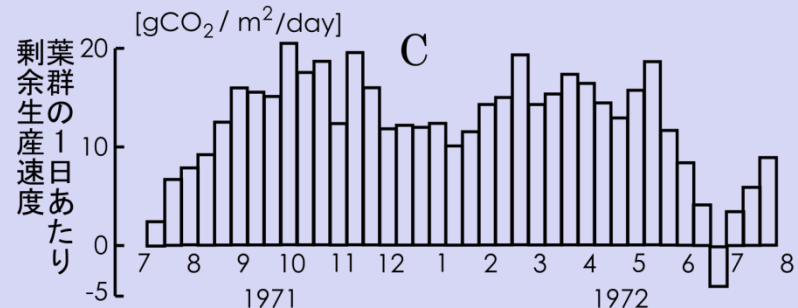
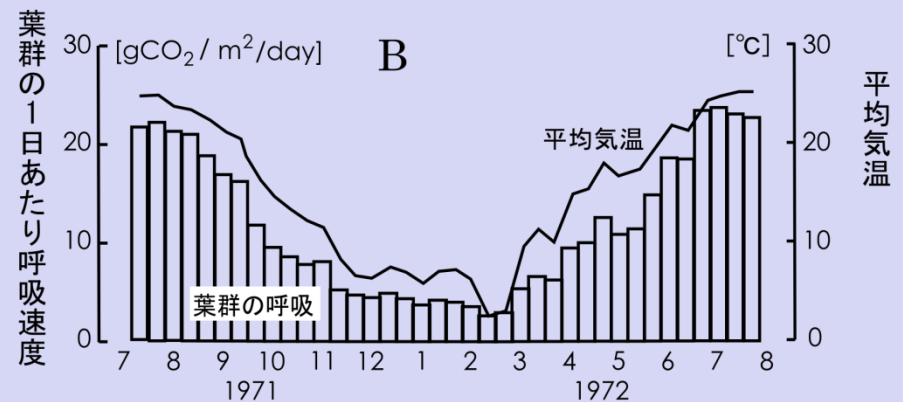
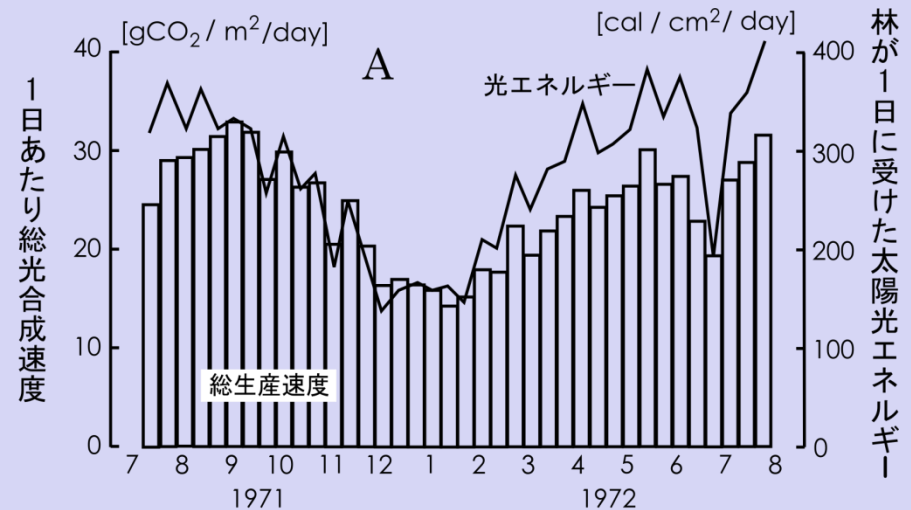
調査区P2の推定計算値

生産(光合成) 55.1

葉の呼吸 26.3

剰余 28.8

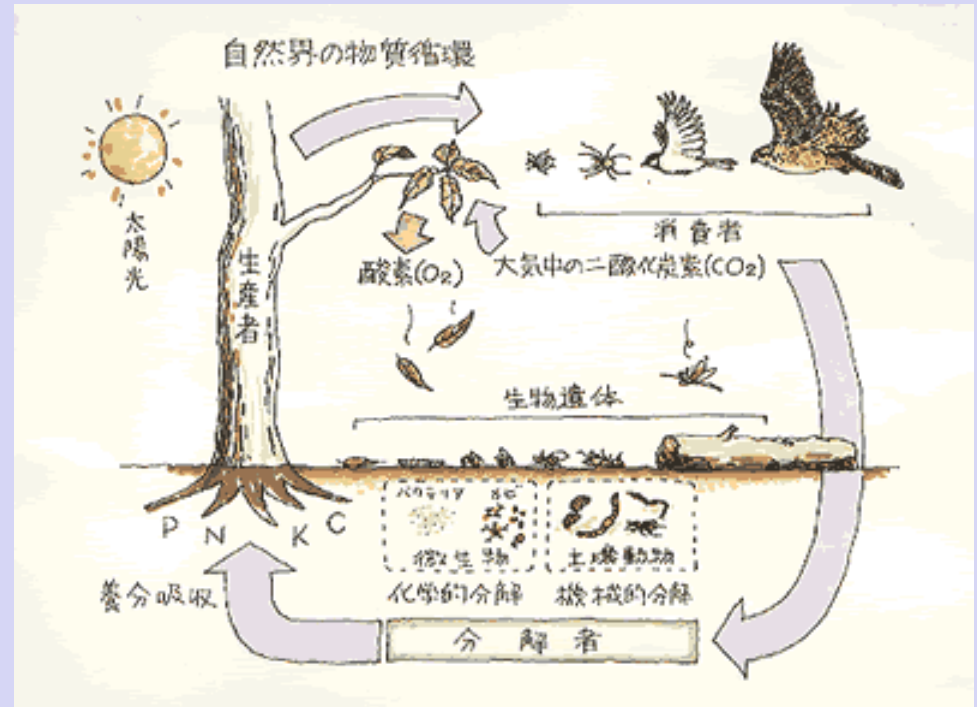
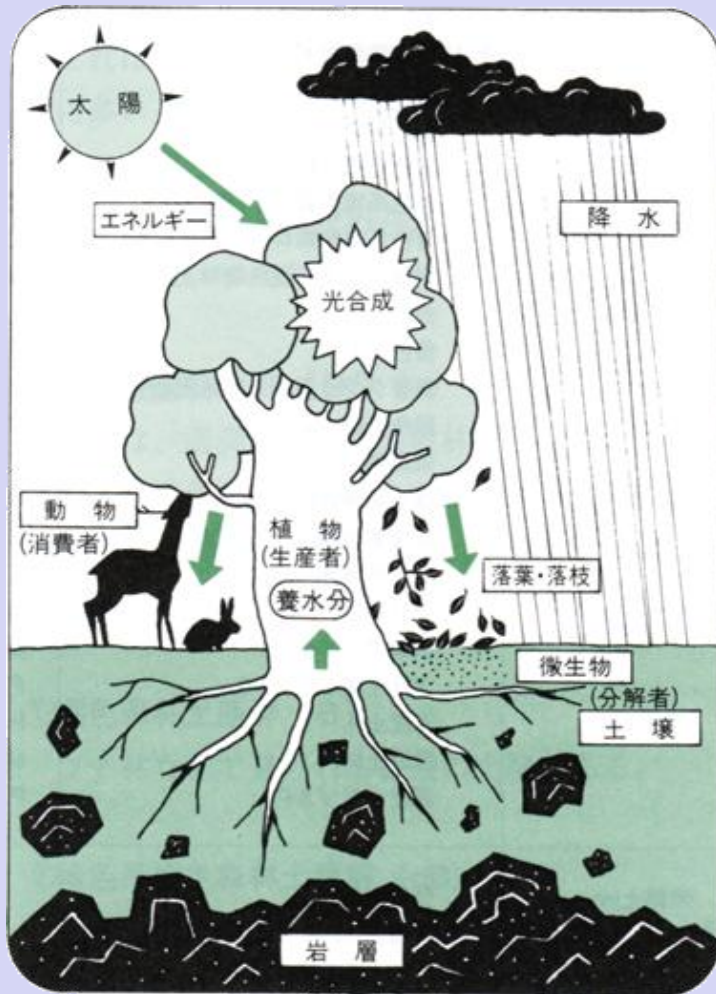
単位はton(dry matter)/ha/yr



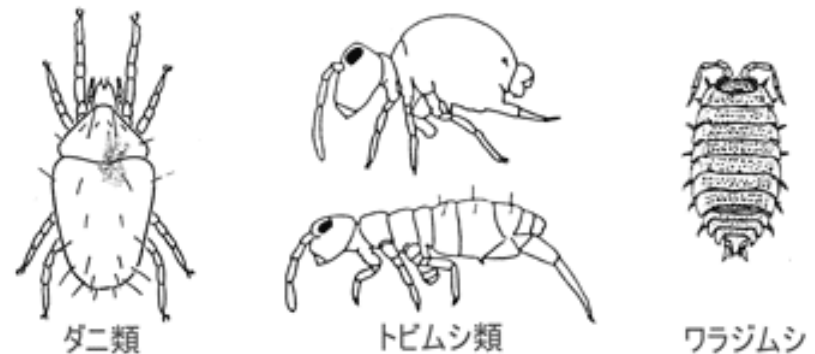
生物は皆,

太陽エネルギーを食べている

生態系のイメージ



森林の土壌動物の例



http://www.shinrin-ringyou.com/shinrin_seitai/bunkaisya.php

社団法人全国林業改良普及協会「森林インストラクター入門」

http://www.shinrin-ringyou.com/shinrin_seitai/dojyo_ecosystem.php

栄養段階・食物連鎖

栄養段階		種類		利用するエネルギー
独立栄養	生産者	緑色植物	クロマツ, シダ, 植物性プランクトンなど	太陽光エネルギー
		化学合成生物	硫化水素還元菌など	還元性無機物の酸化
従属栄養	一次消費者	植食性動物	牛, モンシロチョウ, ミジンコなど	有機物の内部(化学) エネルギー
	二次消費者	肉食性動物(生食)	ライオン, トンボ, シロナガスクジラなど	
	高次消費者	肉食性動物(生食)		
	分解者	分解者	キノコ, カビ, 細菌(バクテリア)など	
		(腐食性生物)	ハイエナ, コンドル, フンコロガシ, ハエなど	
		(採食性生物)	ミミズ, トビムシ, キクイムシなど	

生食食物連鎖 植食性動物－肉食性動物－・・・

腐食食物連鎖 分解者－肉食性動物－・・・

食物網 餌は1種に限らないので餌と捕食者を順に連ねると網目状になる

葉層の動物

原則として毎月1回すくい網法・枝採集法で調査した。

水俣照葉樹林葉層の主な動物

分類群		発生盛期	盛期の個体数密度 1/m ²	盛期の現存量 mg(dry-matter)/m ²
双翅目	ハエの仲間	5～6月	1.6～1.9	0.4
チャタテムシ目		6月と10月	1.7と1.6	1.8と0.7
アリ		5月	1.5	
半翅目	セミ, カメムシの仲間	6月	2.5	
鞘翅目	甲虫	5月と7月	1.1と1.0	
鱗翅目の幼虫	チョウ, ガの仲間	5月	1.2	
カタツムリ		4月と10月	0.25と0.17	30と30

葉層全体の植食性動物の現存量は多くとも400mg/m²であると推定された。

植食性動物は1日に体重と同じぐらい餌(生きた葉)を食べると考えられている。そうすると400mg/m²/day程度が毎日消費されることになる。

一方, 葉の成長は1.1g/m²/dayであった。比較すると食べられる量は過大推定ではないか。

クモは大変個体数が多かった。5月には2mg/m²ほどいたが, これがトンボと同じくらい餌をとるとすると, 0.2mg/m²/dayを食べることになる。双翅目の成虫が0.4g/m²/dayしかいないことを考えると, 過大推定か, あるいは土壌中に多くいた幼虫からどんどん成虫が供給されているのか, よく分かっていない。

土壌無脊椎動物

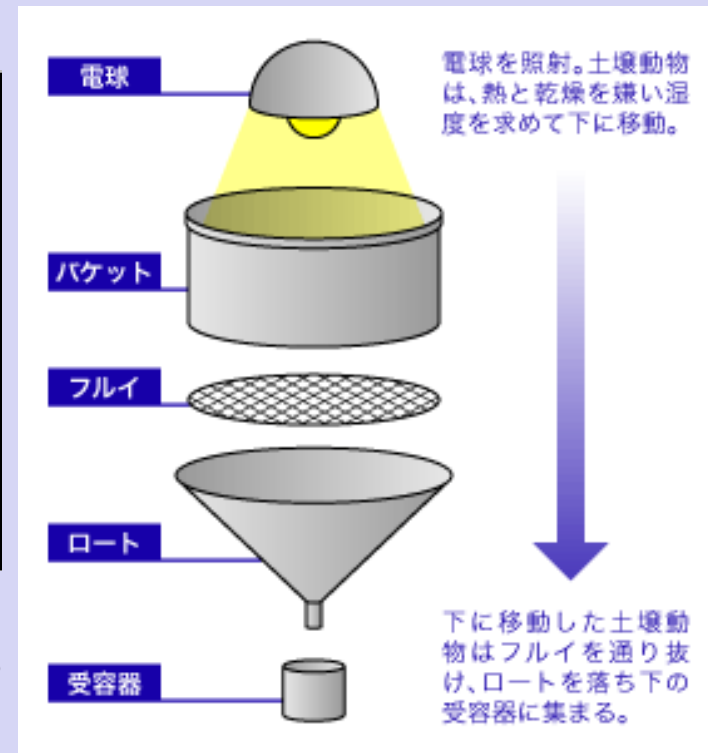
原則として月1回、ハンドソーティング法、ツルグレン装置、センチウ捕集装置を用いて採集した。

主な土壌無脊椎動物

分類群	個体数密度 1/m ²	現存量 mg/m ²
線形動物綱(センチウ類)	320万	100～600
ヒメミズ科	5～7万	2700
ダニ目ササラダニ類	2.8万	103
トビムシ目	5～6万	126
双翅目(ハエ・アブの仲間)の幼虫	3.4万	408
ヒメヤスデ目		773
フトミズ科		505
ジムカデ目		189

現存量は季節変化をならすと合計6.4 g/m²であった。

この呼吸速度は2277 kcal/m²/yr と推定された。これはファインリターの82%に当たる。



<http://www.i-field.jp/tullgren.html>

脊椎動物

哺乳動物

ニホンザル，イノシシは遊動域に含まれることが確認されている。狸は「ため糞」があるので生息が確実。ウサギ，キツネは未確認。ヒミズはときどき捕獲された。

アカネズミ，ヒメネズミは多数捕獲された。ネズミは繁殖期直後の3月に多く，徐々に減少していく。多いときには密度9 /m²，現存量43 g/m²。

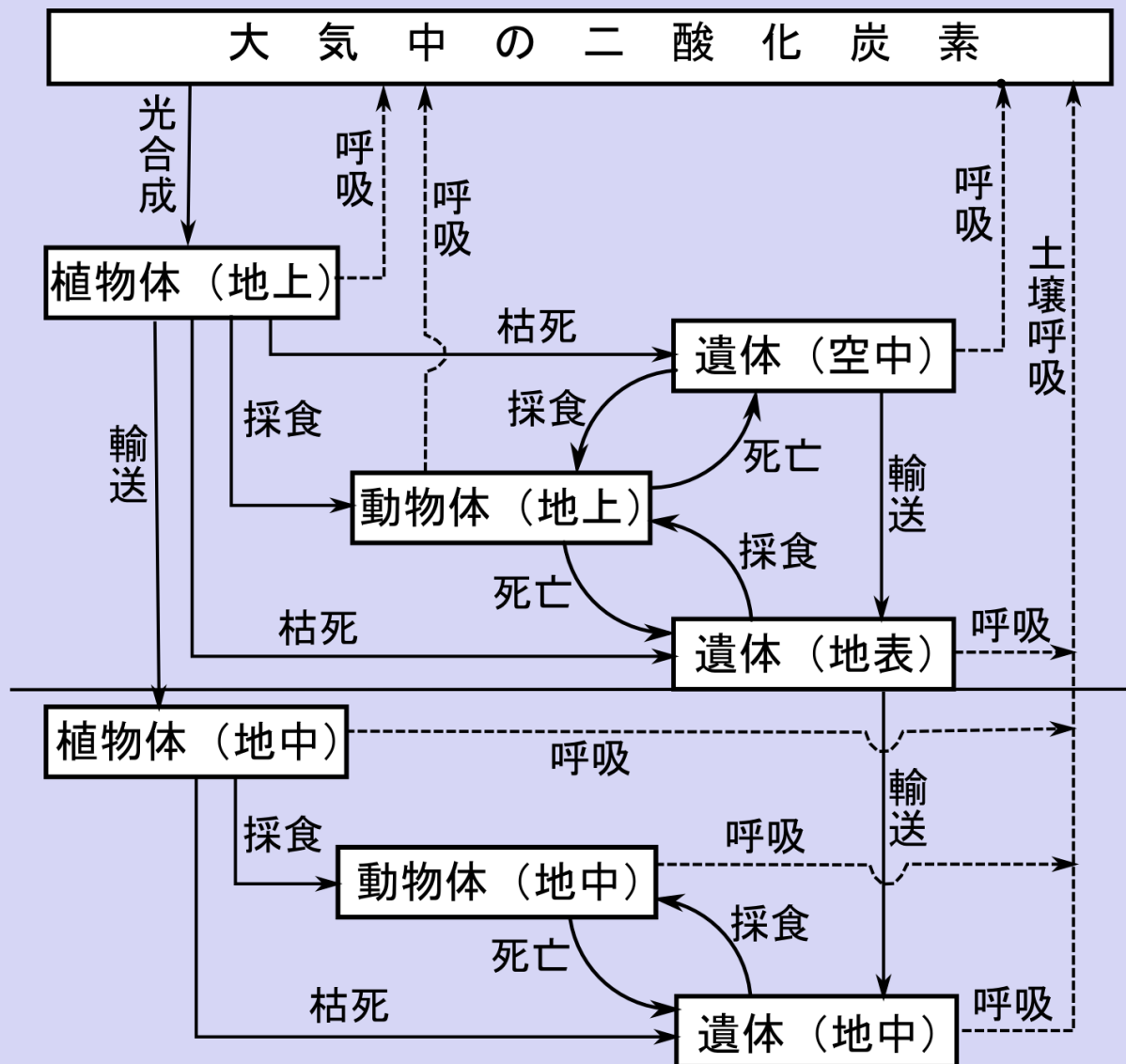
鳥類

28種が確認されている。個体数および現存量は調査されていないが，10 g/m² を大きく超えないだろう。

森林の炭素循環模式図

箱はプール

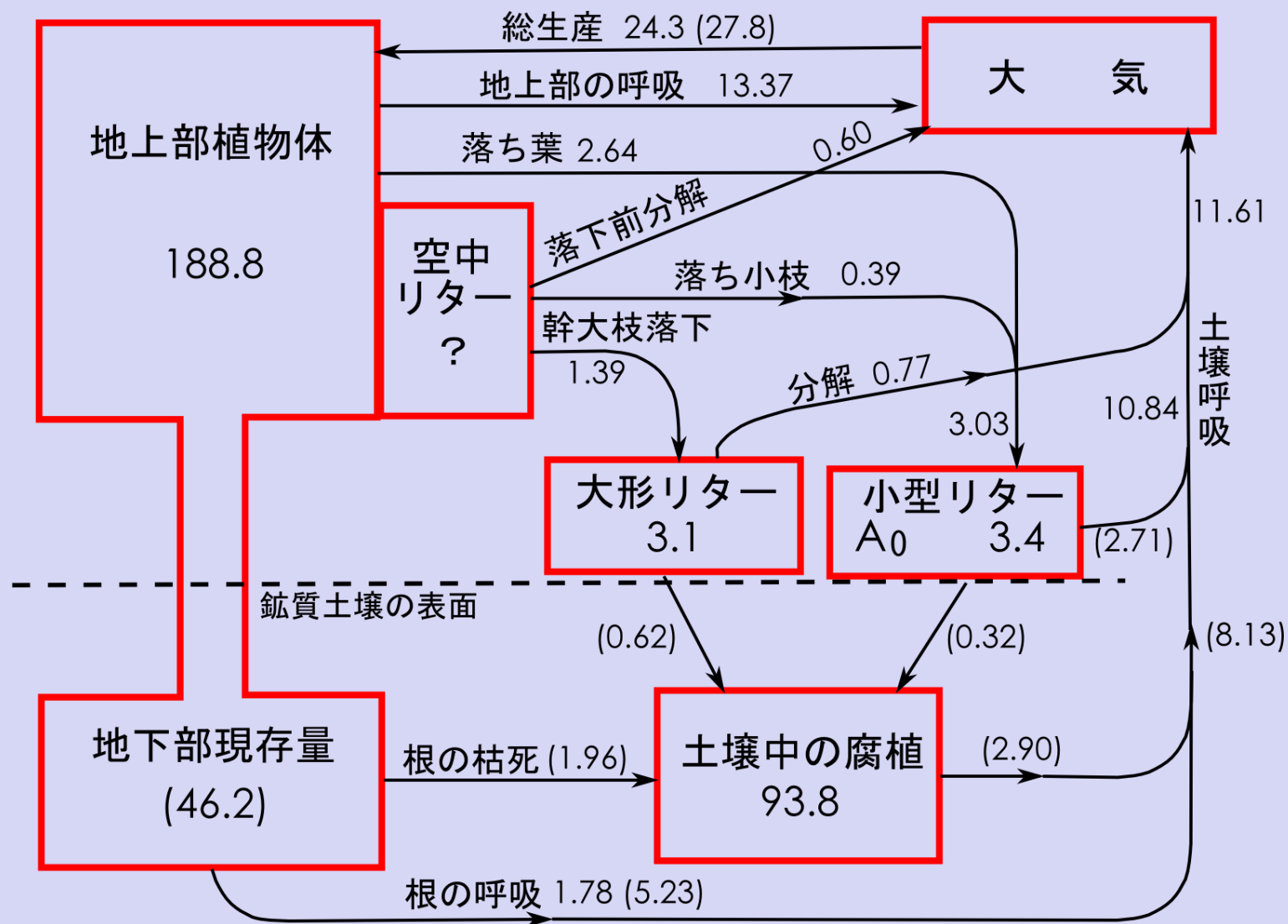
矢線はフラックス



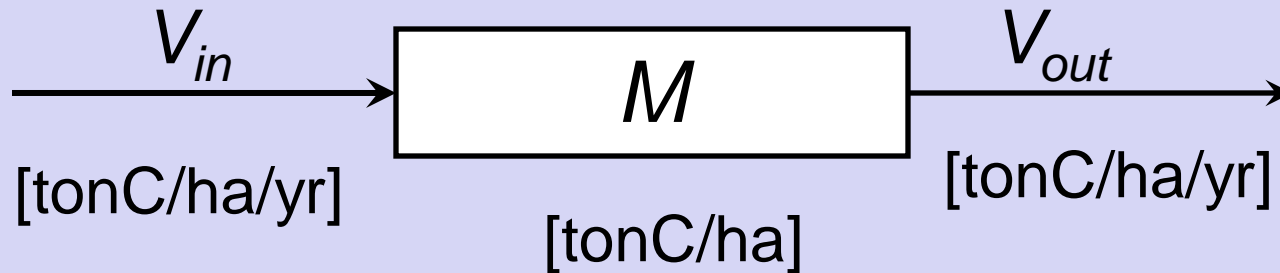
水俣照葉樹林の炭素循環

単位はtonC/ha (現存量)

またはtonC/ha/yr (フラックス)



フラックス（流入と流出）・蓄積（現存）量



$$\begin{aligned} M_2 &= M_1 + V_{in} \Delta t - V_{out} \Delta t \\ &= M_1 + (V_{in} - V_{out}) \Delta t \end{aligned}$$

$V_{in} > V_{out}$ M 増加

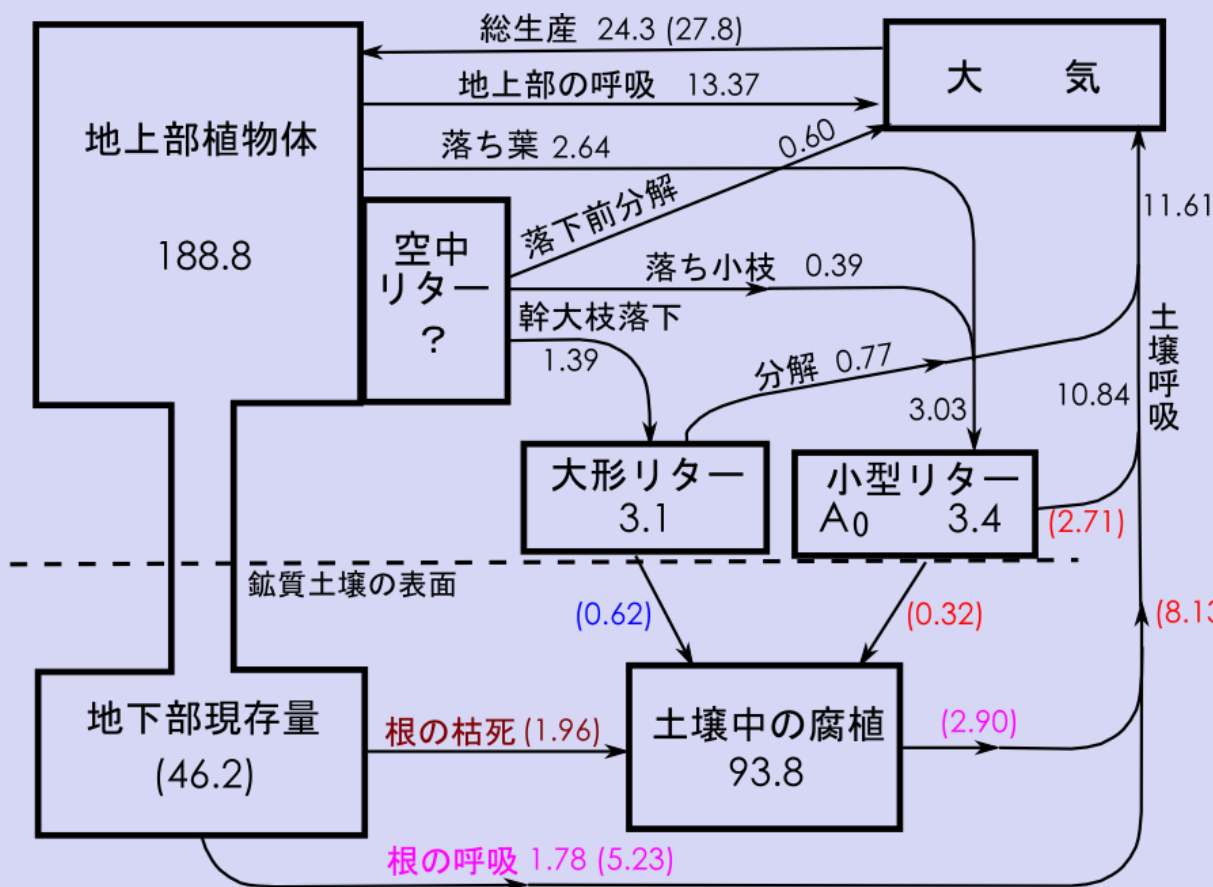
$V_{in} = V_{out}$ M 増減なし 定常状態 M の大小には関わらない

$V_{in} < V_{out}$ M 減少

水俣照葉樹林の炭素循環

単位はtonC/ha（現存量）

またはtonC/ha/yr（フラックス）



$$2.71 = 10.84 \times 0.25 \text{ (土壌呼吸の1/4)}$$

$$8.13 = 10.84 - 2.71 \text{ (定常を仮説)}$$

$$0.32 = 3.03 - 2.71 \text{ (定常を仮説)}$$

$$0.62 = 1.39 - 0.77 \text{ (定常を仮定)}$$

$$\text{根の枯死量} = \text{枯死樹木の根の量} + \text{細根の1/4}$$

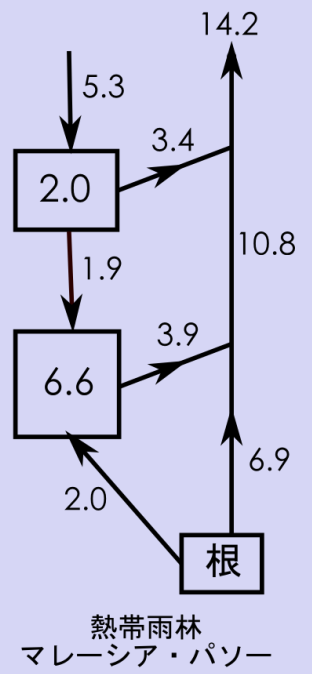
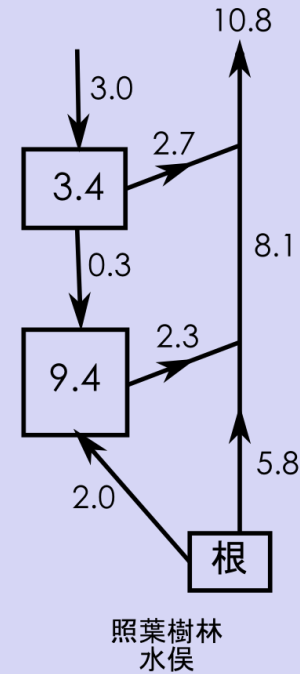
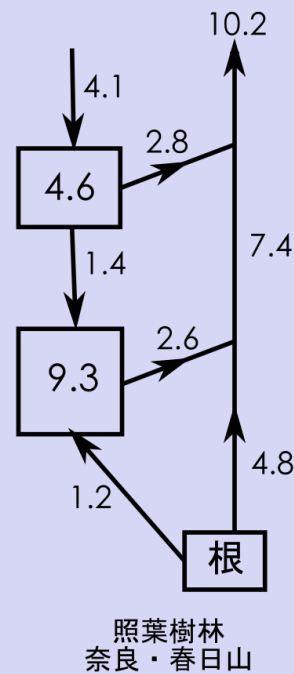
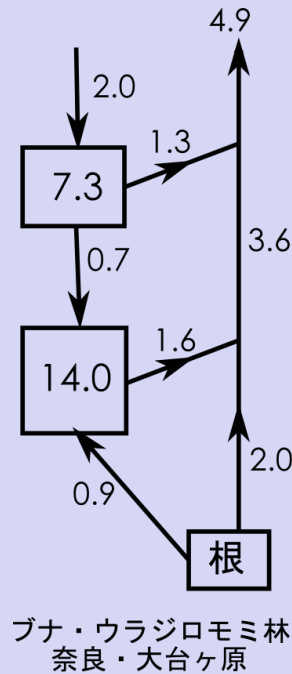
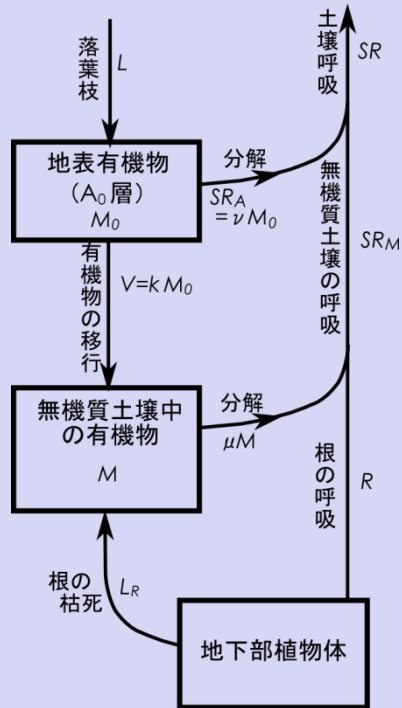
$$2.90 = 1.96 + 0.62 + 0.32 \text{ (定常を仮定)}$$

$$5.23 = 8.13 - 2.90 \text{ (定常を仮定)}$$

土壌有機物の集積と変動

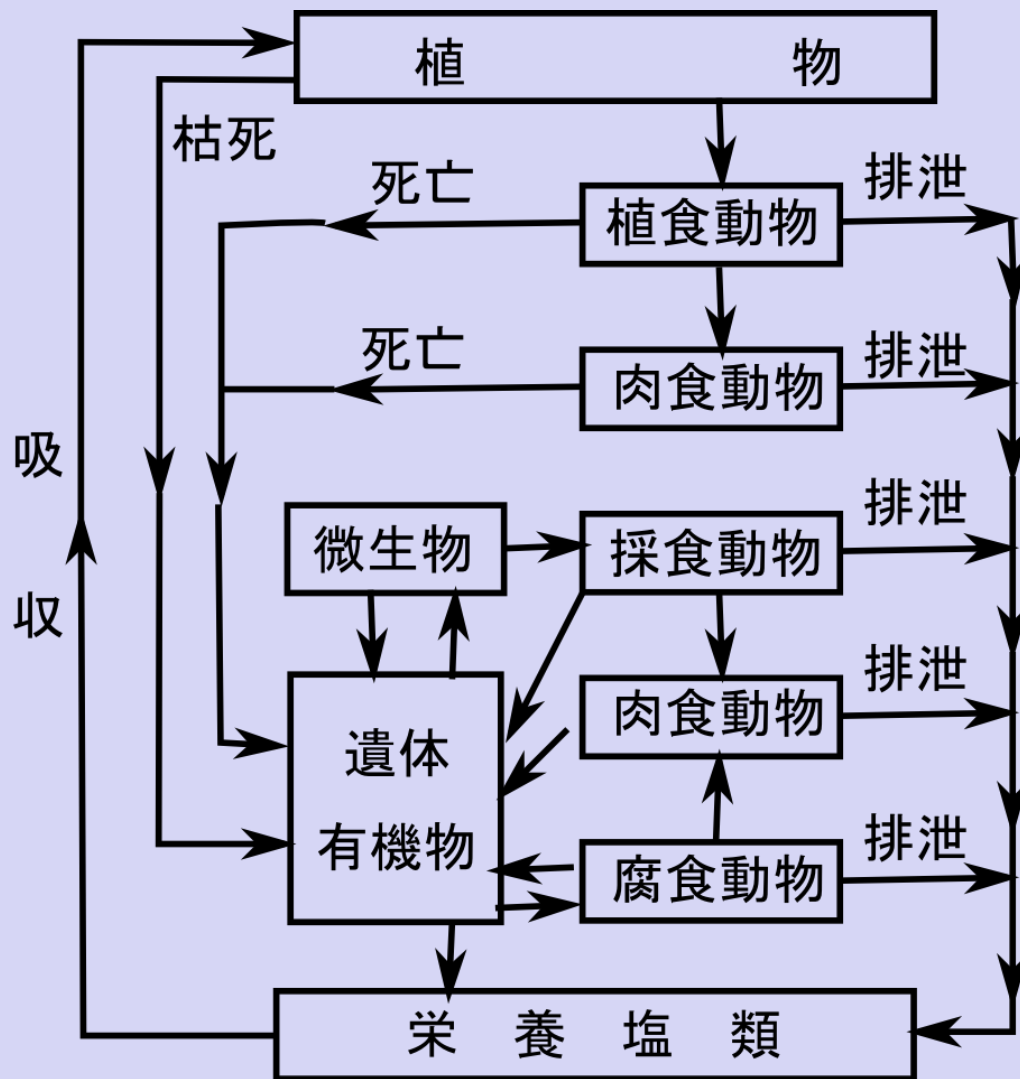
東アジアのほかの森林との比較

地上の植物から

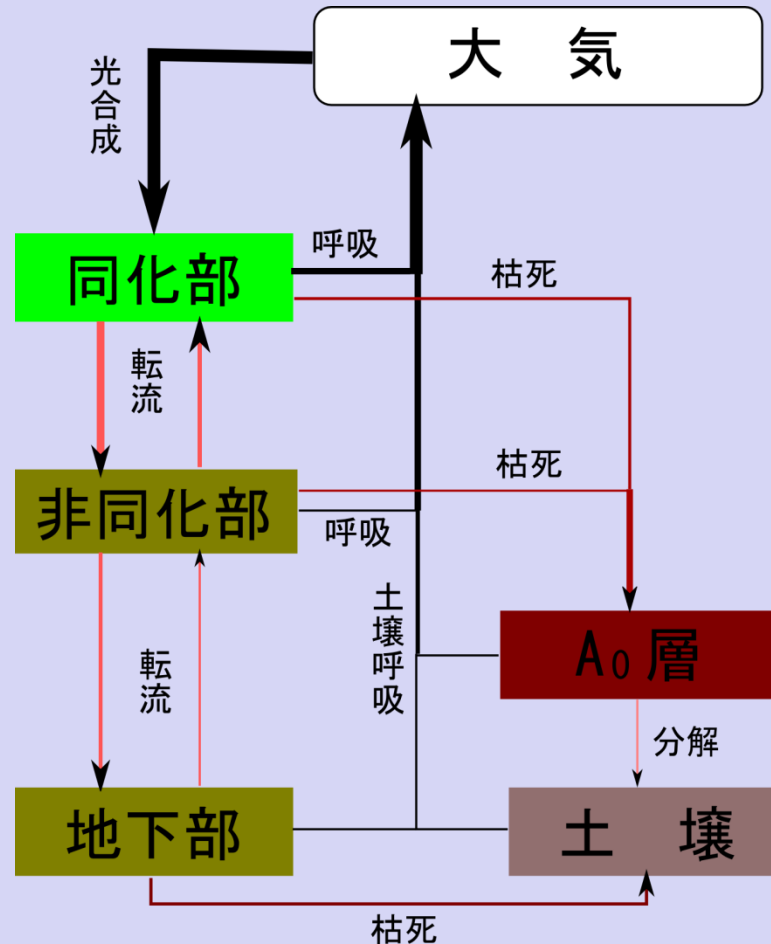


寒いところほど炭素フラックスが小さく、炭素蓄積量が多い。

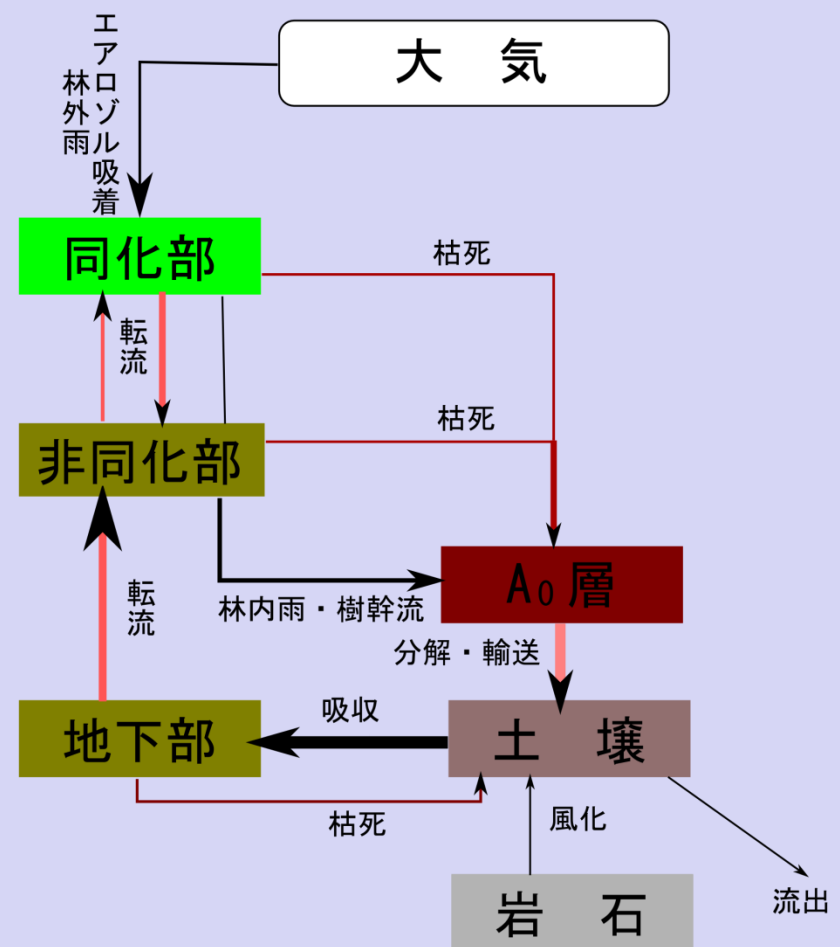
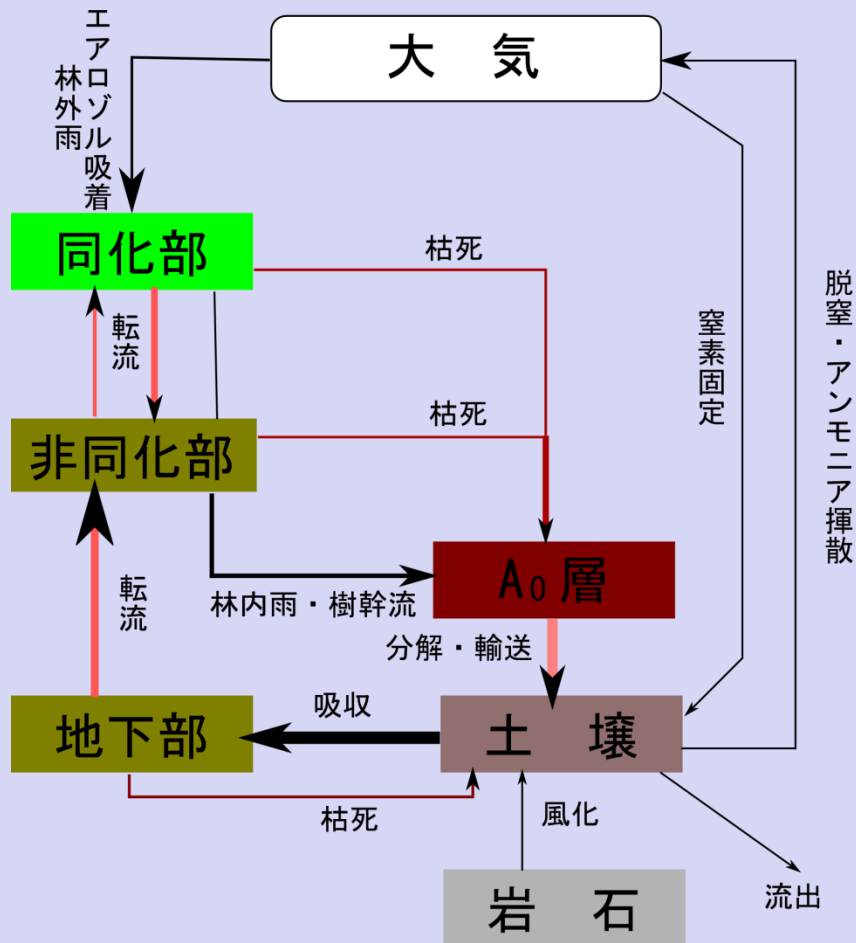
ミネラルの循環模式図



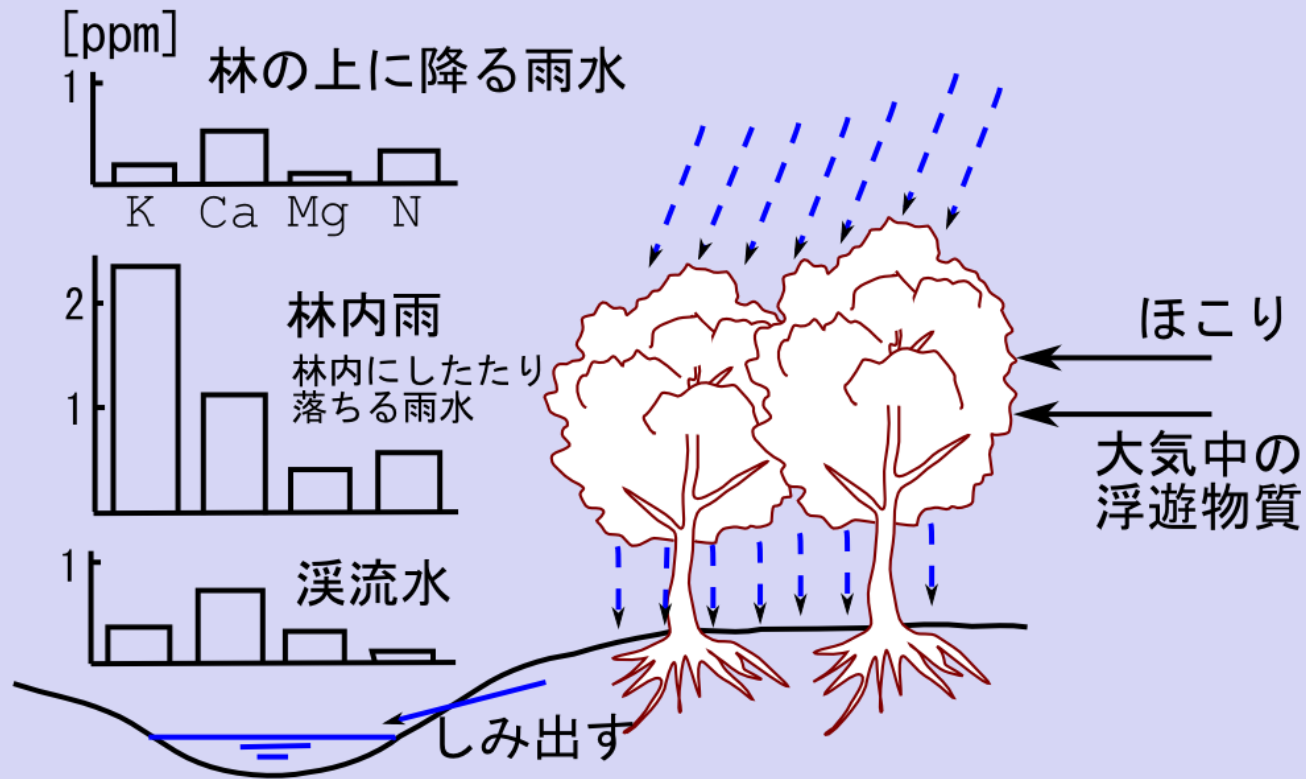
炭素循環模式図(消費者省略)



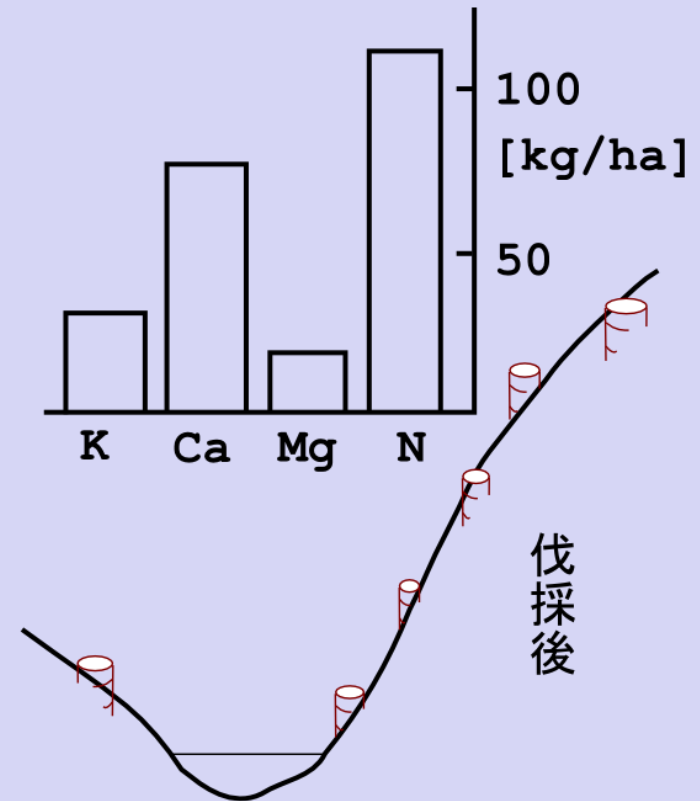
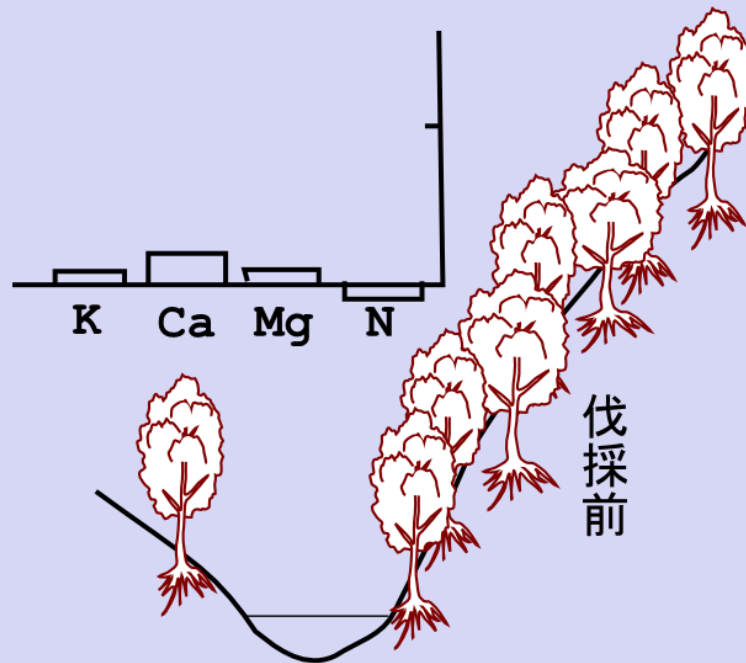
窒素(左)とカルシウムなど(右)の循環 (消費者省略)



京都・上賀茂で測定されたミネラルの移動



アメリカの森林伐採前と後の 1年間に流出したミネラルの量の違い



伐採後に除草剤をまいて、植生回復を抑制した。

水俣照葉樹林のミネラル現存量

表3.1 水俣照葉樹林P2のミネラル(Katagiri et al., 1978より抜粋).

	窒素	リン	カリウム	カルシウム	マグネシウム
樹木地上部	928.5	60.0	771.3	911.4	158.8
A ₀ 層	76.0	3.8	6.6	79.9	7.6
鉍質土壤	6762.0	13.5	203.0	30.3	57.2
合計	7766.5	77.3	980.9	1021.6	223.6
単位は元素重量でkg/ha.					

アメリカ・ハーバー
ドブルック・伐採後

110

27

75

17

1年間の流出量

リン・カリウム・カルシウム・マグネシウムは樹体に多い。

窒素は鉍質土壤に多い。

海洋生態系は物質を蓄積しない

