RISMI 勉強会 2017 年 2 月　生態学入門 7 「生理生態的特性の適応戦略」

地球上で生物が生息する場所は、高温多湿の熱帯、高温乾燥の砂漠、極寒の極地、暗黒で超高圧の深海など、物理的環境要因だけをみても非常に幅が広い。全ての環境にオールマイティーに生息できる生物はほとんどいないとみてよく、何らかの生理的なメカニズム「**生理生態的特性**」を、それぞれの環境に適応させている。

光合成にみる生理生態的特性の適応　その１

植物が光合成効率を高めるためには、①いかに葉を配置して受光面積を増やすかという問題と、②葉が受けた光をいかに効率よく光合成に利用するかという問題に分けることができる。いずれもトレードオフの要素をもつ。（サンゴにも通じる問題）

①受光面積の問題

双子葉植物は、葉を比較的水平に張りだすので光を効率よく吸収し、その下に光を逃さない。基本的に直射光を受けるのに有利とされる。一方、単子葉植物は、細い葉が直立させるので、多くの光が葉の下まで逃げてしまうが、下部の光環境がよくなるため多くの葉を群落内にもつことができる。直射光よりも様々な方向からくる反射光を受けるのに有利とされる。

どちらの場合も光という資源を巡って、自らの葉を他よりも高く配置することが重要となるが、そのためには枝や茎などを長くするコストを要する。同じ重さの葉でも、位置が高いほど風の抵抗が大きくなるので、枝などを太くする必要があるし、しっかりと根を張らなければならない。できるだけコストを抑えて受光量増大の利益を増やすためには、日陰にされないよう、隣接個体と同程度またはわずかに高いぐらいに留め、それ以上は高くしない、というのが理想的な戦略と考えられる。

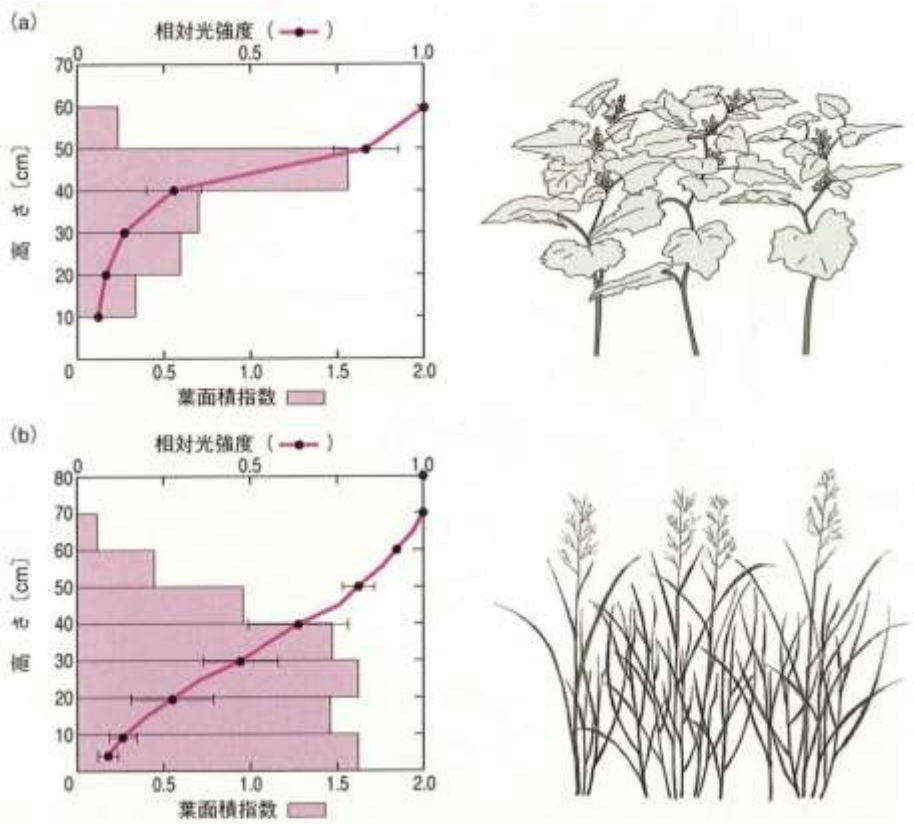


図5・1　オオオナモミ群落（a）とヌマガヤ群落（b）の相対光強度（黒丸）**と葉面積指数の垂直分布**（棒）　このような図を**生産構造図**という．相対光強度は，最上部で測定した値を１としたときの値である．**葉面積指数**は，その高さの層に含まれる葉面積を土地の面積で割った値であり，葉面積指数＝１とは，土地面積と同じ面積の葉がその層に含まれていることを意味する．

図の出典：生態学会編「生態学入門」東京化学同人

②光合成効率の問題

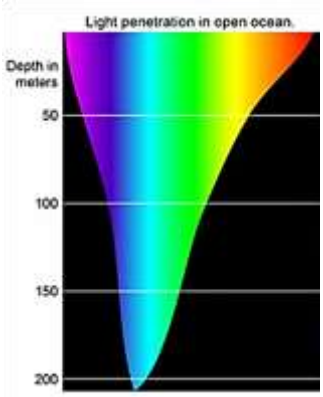
植物は光合成を行うと同時に、光合成産物を消費している。二酸化炭素を指標にすると、光合成を活発に行っているときは、植物自身による呼吸で二酸化炭素を排出する量よりも光合成で吸収する量の方がはるかに多い。しかし光が当たらない夜間では排出量の方が大きくなる。光が弱くなって、吸収量と排出量が釣り合って±０になる光強度を光補償点という。光が強くなるほど、光合成量は大きくなるが、ある程度まで光が強くなると光合成量は頭打ちになる。この状態を飽和という。

光が強い場所では、葉は葉緑体を増やすことによって光合成能力を高めるが、同時に葉緑体の存在や活動を維持するためのエネルギーコストも増大する。そのため、光合成能力が高まった葉は光補償点が高くなり、低光量下では光合成量よりもエネルギー消費量の方が大きくなってしまい生存には不利となる。そこで低光量に適応しようとする場合は、光合成能力を落としてでも葉緑体量を減らしてエネルギー消費量を抑えた方が生存に有利となる。光合成能力とエネルギー消費量はトレードオフの関係にあり、環境に応じて適当なバランスが取れるよう生理生態特性を適応させている。

光合成にみる生理生態的特性の適応　その２

陸上植物がもつ光合成色素、クロロフィルは主に青色光（450nm付近）と赤色光（700nm付近）の光を吸収して光合成を行う。しかし水中ではこれらの波長帯の光は大きく減衰するため、中間波長を利用できなければ、生息することができない。

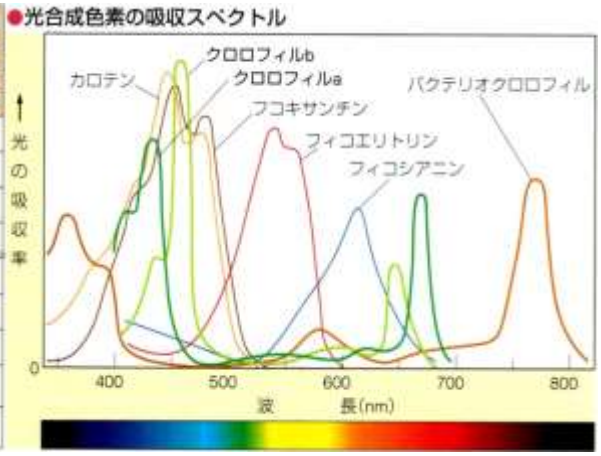
藻類がもつカロテンやキサントフィルなどの光合成色素は、黄色光や緑色光を利用することができる。海藻類はこれらの色素を合わせ持つことによって生息可能な水深帯を広げることに成功している。全ての光合成色素をもってどの水深にも対応できるような種がいないのは、上述の光合成効率の問題による。



外洋における光の減衰

○はその植物がその光合成色素をもつことを示す
（●はその中でも主要で特徴となる色素）

色素	同化色素		色	光合成細菌	ラン藻類	紅藻類	ケイ藻類	褐藻類	緑藻類	種子植物 コケ・シダ
クロロフィル	クロロフィルa		青緑		●	●	●	●	●	●
	クロロフィルb		黄緑						●	●
	クロロフィルc						○	○		
	バクテリオクロロフィル			●						
カロテノイド	カロテン	βカロテン	橙黄		○	○	○	○	●	●
	キサントフィル	ルテイン	黄			○			●	●
		フコキサンチン	褐				●	●		
フィコビリン	フィコシアニン		青		●	○				
	フィコエリトリン		紅		○	●				



図の出典
光の減衰：NOAA Ocean Explorer http://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/04deepscope/background/deeplight/media/diagram3.html
光合成色素と吸収スペクトル：視覚でとらえるフォトサイエンス生物図録（数研出版）

塩分調整にみる生理生態的特性の適応

動物の体液には適度な塩類（ナトリウム、カルシウム、マグネシウムなどのイオン）が含まれている。これはあらゆる生化学的反応が体液中で行われているためであるが、塩類の組成や濃度は一定の範囲内に維持しなければ、適切な生化学反応が起こらず、生命の維持が難しくなる。

人間でも塩やその他のミネラル類を適度に摂取せねばならず、少なすぎても多すぎても支障が出る。人間の体液に含まれる塩類濃度は 0.9%であるのに対し、海水は 3.4～3.5%と非常に高い。もし 1 リットルの海水を飲んだら、その過剰な塩分を排出するのに 1.35 リットルの尿を排出しなければならない。すなわち、人間は海水を飲み水とするのに適応した生理生態的特性を持っていないことを意味する。

クジラやアザラシ、ジュゴンなどの海産ほ乳類では、非常に発達した腎臓により排出する水分を少なく抑えつつ、効率よく余分な塩分を排出して濃い尿を生成している。クジラの場合、1 リットルの海水に由来する塩分を 0.65 リットルの尿として濃縮排出している。ただし水分補給のためにわざわざ水を飲むことはない。

海産は虫類や海鳥の場合では、塩分を排出する塩類腺を発達させており、ウミツバメの場合、海水の 20 倍に塩分を濃縮して排出することができる。

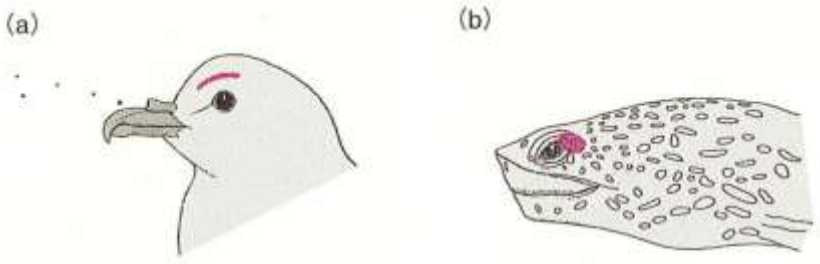


図 5・8　ウミツバメ（a）とウミガメ（b）の塩類腺　ウミツバメの塩類腺（赤色部分）は眼の上にあり，その分泌液は鼻孔から放出される．K. Schmidt-Nielsen, *Sci. Am.*, 200, 109 (1959).

図の出典：生態学会編「生態学入門」東京化学同人

魚類は、発達した腎臓により塩分調整を行っているが、海産種と淡水産種で腎臓機能の働きが逆になっている。海産種では、余分な塩類を排出しつつ水分を保持するために、水分摂取はあまり行わず、濃い尿を少量排出する。逆に淡水産種では体の周辺水の塩類濃度が低いために、多量の水を摂取し、薄い尿を大量に排出して塩類獲得に努めている。

多くの海産無脊椎は塩分調節機能を持たず、体液と海水の塩類濃度はほぼ同じになっている。