事例Ⅴ　植生の多様性

１．授業展開例

時限	学習内容	活動とねらい	指導上の留意点
1 (春～夏) 2 (晩秋～冬)	観察： 植物の生活形 【資料】P.58～61	単元の導入として、学校構内または近隣の公園、里山、河川敷など、身近な植物の観察を通して、植生への関心を高めさせるとともに、生育環境に適応した形態と生活様式を見いださせる。	○現地の事前視察により、フィールドワークを行う際の安全面での配慮事項を想定しておく。 ○特定の樹木・草本類を継続して観察させ、季節変化に伴う形態の変遷から生活形を意識させる。
3 4	思考学習： 陸上植物の多様性と分布 【資料】P.62～71	発問と提示資料の読解により、環境要因と植生との関係を理解させ、その植物がもつ形態・生理機構から生存戦略を考察させる。 前時に導いた知見を基に、世界のバイオーム、日本のバイオーム、植物の遷移に関する理解を深めさせる。	○実感を伴った理解につながるように、植物の標本、画像などを提示する。

２．教材試料について

現地の事前視察で植生を確認し、観察させたい常緑広葉樹（クスノキ、ツバキなど）・落葉広葉樹（カエデ、イチョウなど）・針葉樹（アカマツ、スギなど）・草本類など、後の学習で実例として取り上げる種を特定しておくとよい。

授業中の観察では、１時限で観察が終了するように、観察ルートや個体を指定しておいても良い。

フィールドワークにおいては、用箋ばさみ（クリップファイル）、構内平面図、ディジタルカメラ、植物図鑑などが班ごとに必要となる。

３．単元の学習評価例について

観点	関心・意欲・態度	思考・判断・表現	観察・実験の技能	知識・理解
評価規準	○植生と遷移について関心をもち、意欲的にそれらを探究しようとする。 ○気候とバイオームについて関心をもち、意欲的にそれらを探究しようとする。	○陸上に見られる草原や森林など様々な植生は、生育環境と密接に関連付いていることや、それらは不変でなく長期的に移り変わっていくことを考察し、導き出した考えを的確に表現している。 ○気温と降水量の違いによって、地球上では様々なバイオームが成立していることを、得られたデータから論理的に考察し、導き出した考えを的確に表現している。	○植生と遷移についての観察、実験、資料調べなどを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。 ○気候とバイオームについての観察、実験、資料調べなどを行い、基本操作を習得するとともに、それらの過程や結果を的確に記録、整理している。	○陸上には様々な植生がみられ、植生は長期的に移り変わっていくことを理解し、知識を身に付けている。 ○気温と降水量の違いによって様々なバイオームが成立していることを理解し、知識を身に付けている。 ○生態系について理解し、知識を身に付けるとともに、生態系の保全の重要性について認識している。
方法	・ワークシート ・行動観察 ・学習振り返りシート ・ノート	・ワークシート ・ノート ・課題レポート ・テスト	・実験レポート ・行動観察 ・学習振り返りシート ・テスト	・ワークシート ・テスト ・課題レポート ・学習振り返りシート

４．参考資料

- 「植物生理生態学授業ノート　－１枚の葉から日本の森林へ－」
  「生態学を学ぶための34の断章」　東京大学大学院理学系研究科日光植物園　舘野 正樹
- 「イタヤカエデはなぜ自ら幹を枯らすのか　樹木の個性と生き残り戦略」
  渡辺 一夫 著　築地書館
- 「原寸図鑑 葉っぱでおぼえる樹木」　濱野 周泰 監修　　柏書房　2005年9月
- 「原寸図鑑 葉っぱでおぼえる樹木２　濱野 周泰＋石井 英美 監修　　柏書房　2007年３月
- 「写真で見る植物用語」　岩瀬 徹・大野 啓一 著　全国農村教育協会
- 「絵でわかる植物の世界」　大場 秀章 監修　清水 晶子 著　講談社サイエンティフィク
- 「校庭の樹木百選」　馬籠 章子 教諭　栃木県立佐野女子高等学校100年誌
- 「校庭の樹木100選」　馬籠 章子 教諭
  栃木県立佐野女子高等学校　平成18年度研究紀要　「美可母」第40号
- 雨温図
  http://nocs. myvnc. com/study/uonzujp. htm
- 雨温図作成フリーソフト
  http://nocs. myvnc. com/study/uonzu. htm

観察

植物の生活形

【目的】身近な植物の観察を通して、生育環境に適応した形態と生活様式を見いだす。

【準備】学校構内の平面図（または地域の地図）、植物図鑑、筆記用具、ディジタルカメラ

【時期】（１）春～夏期

（２）晩秋～冬期

【内容】

（１）春～夏期：樹木・草本類を観察し、その生育場所を地図中に記入（広葉樹は○印・針葉樹は△印・草本類は□）し、識別番号を振る。その際、外観を撮影しておく。また、その種名や特徴、その植物にまつわるエピソードなどを調べて記録する。

〔観察ポイント〕樹形、樹高、胸高直径、葉のつき方、葉形、葉の厚み、葉の表面、花、日当たり

※関心喚起：学校樹（シンボルツリー・最大樹）を知ろう。

樹種名、樹高、特徴、植樹年、校樹制定の由来、エピソードなどをまとめる。

（２）晩秋～冬期：（１）で作成した植生図・資料を基に、各植物が変化した様子を観察する。その際、落葉していたら、図中の印を塗りつぶす（落葉広葉樹：●、落葉針葉樹：▲、草本類：■）。

〔観察ポイント〕休眠芽の様子、種子の形（風散布型／動物散布型／重力散布型）、地表の明るさ、地表の湿度

【結果】　（→ P. 59～61）

【考察】

①常緑樹が冬季をしのぐ仕組みを挙げよ。

広葉樹では、葉の表面にクチクラを形成して、冷気や乾燥から葉を守っている。
針葉樹では、葉を細くして表面積を少なくして、冷気や乾燥から葉を守っている。　など

②落葉樹が冬季に落葉する意義を挙げよ。

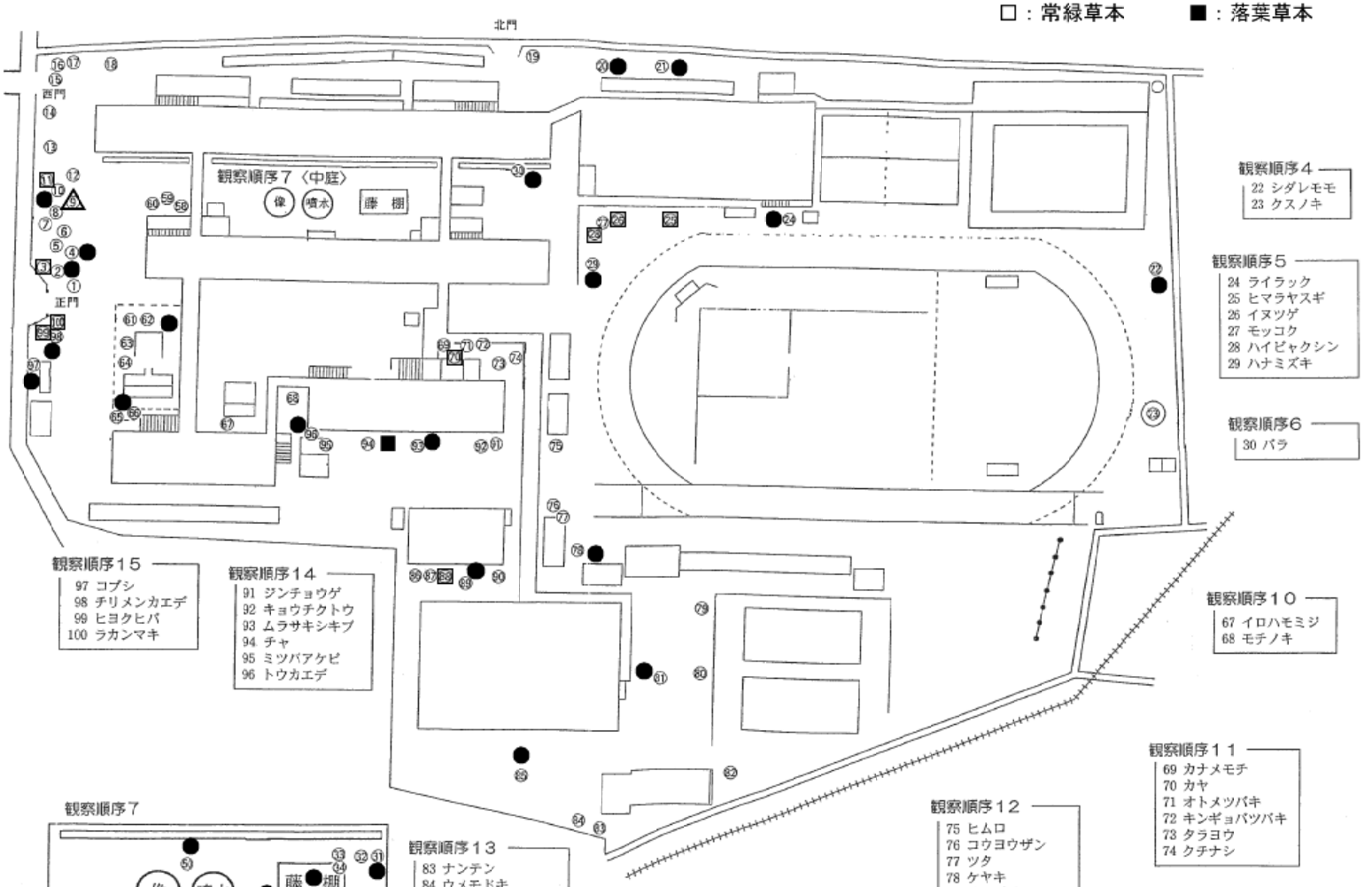
表面積を減らして、冷気や乾燥から葉を守っている。　など

③草本類の冬季の形態・生活様式を挙げよ。

枯れて種子で越冬する（一年生草本）。／地上部を枯らして地中部（根・地下茎）だけで越冬する。／根生葉が地表にへばりついて越冬する（ロゼット型）。／地表の明るい晩秋から早春に葉を広げて光合成する。　など

構内植生図

○：常緑広葉樹　●：落葉広葉樹
△：常緑針葉樹　▲：落葉針葉樹
□：常緑草本　■：落葉草本



観察順序1
1 イチョウ
2 シダレザクラ
3 カイヅカイブキ
4 ドウダンツツジ
5 シラカシ
6 スダジイ
7 コノテガシワ
8 サザンカ
9 クロマツ
10 トチノキ
11 バショウ
12 ムクロジ
13 キンモクセイ
14 ホオノキ

観察順序2
15 ハクチョウゲ
16 ヒイラギ
17 エンジュ
18 ツバキ

観察順序3
19 サワラ
20 ソメイヨシノ
21 ハナモモ

観察順序4
22 シダレモモ
23 クスノキ

観察順序5
24 ライラック
25 ヒマラヤスギ
26 イヌツゲ
27 モッコク
28 ハイビャクシン
29 ハナミズキ

観察順序6
30 バラ

観察順序7
31 ヒメライラック
32 ピラカンサ
33 サツキ
34 フジ
35 コナラ
36 ヤマボウシ
37 タラノキ
38 シデコブシ
39 シラカバ
40 ハウチワカエデ
41 ヤツデ
42 ハクモクレン
43 アオキ
44 アセビ
45 ムクゲ
46 シュロ
47 ユキヤナギ
48 シャクナゲ
49 シャリンバイ
50 オモイガワザクラ
51 サンシュユ
52 タイサンボク
53 クルメツツジ
54 ヒノキ
55 ヤエヤマブキ
56 シラハギ
57 ミヤギノハギ

観察順序8
58 サカキ
59 シチダンカ
60 キンシバイ

観察順序9
61 ノウゼンカズラ
62 クレマチス
63 キミガヨラン
64 オオムラサキ
65 アオギリ
66 ナツツバキ

観察順序10
67 イロハモミジ
68 モチノキ

観察順序11
69 カナメモチ
70 カヤ
71 オトメツバキ
72 キンギョバツバキ
73 タラヨウ
74 クチナシ

観察順序12
75 ヒムロ
76 コウヨウザン
77 ツタ
78 ケヤキ
79 サンゴジュ
80 カイノキ
81 サルスベリ
82 チャンチン

観察順序13
83 ナンテン
84 ウメモドキ
85 ガクアジサイ
86 チャボヒバ
87 ヒイラギナンテン
88 ハリモミ
89 オオモミジ
90 ゲッケイジュ

観察順序14
91 ジンチョウゲ
92 キョウチクトウ
93 ムラサキシキブ
94 チャ
95 ミツバアケビ
96 トウカエデ

観察順序15
97 コブシ
98 チリメンカエデ
99 ヒヨクヒバ
100 ラカンマキ

＜植生調査表＞

番号	和名 科名･学名	分類	冬季	幹(茎)	葉	花	種子・果実	環境
10	*トチノキ （栃、橡）*	*広葉樹*	*落葉*	*高さ25ｍ、太さも１ｍを越えるものが少なくない。*	*葉柄は長く、その先に倒卵形の小葉５～７枚を掌状につけ（掌状複葉）、全体の長さは50cmにもなる。*	*５～６月頃、一斉に葉の間から穂状の花序をつける。個々の花と花びらはさほど大きくないが、白～薄い紅色で雄しべが伸び、全体としてはにぎやかで目立つ姿である。*	*９～10月に丸い果実が熟すと厚い果皮が割れて少数の種子を落とす。種子は大きさ、艶、形ともに、クリのとんがりをなくして丸くしたようなものになる。落下後、動物散布。*	*水気を好み、適度に湿気のある肥沃な土壌で育つ。山中では谷筋に良く見られる。*
	トチノキ科 Aesculus turbinata	*栃木県の県木。近縁種でヨーロッパ産のセイヨウトチノキ（Aesculus hippocastanum）が、フランス語名「マロニエ：marronnier」としてよく知られている。巨木になるものが多いので、昔はくり抜いて臼を作るのにも使われた。デンプンやタンパク質を多く含有する種子は栃の実として渋抜きして食用になる。山村ではヒエやドングリと共に主食の大きな一角を成し、常食しない地域でも飢饉の際の食料（飢救作物）として重宝された。*							
11	*バショウ （芭蕉）*	*草本*	*温帯生の宿根草*	*高さは２～３ｍで、木部は未発達*	*１～1.5mで幅50cm程の大きな葉をつける。*	*夏から秋にかけて形成される。*	*種子が大きく多く、小さいバナナ状の果実も綿のようでタンニン分を多く含む種株もあるため、その多くは食用には不適である。*	*熱帯を中心に分布しているが耐寒性に富み、関東地方以南では露地植えも可能である。*
	バショウ科 Musa basjoo	*琉球諸島では、昔から葉鞘の繊維で芭蕉布を織り、衣料などに利用していた。*						
18	*ツバキ （椿）*	*広葉樹*	*常緑*	*生長すると樹高15mほどになる。*	*光沢のある厚い葉をつける。*	*雄しべは筒状で、子房には毛がない。 花弁が個々に散るのではなく萼と雌しべだけを木に残して丸ごと落ちる。*	*秋に油分を多く含む、２～３cm程の球形の実をつける。(種子から椿油をとる。)落下後、動物散布される。*	*耐陰性が強く、森林中の亜高木層を成す。*
	ツバキ科 Camellia japonica	*和名は、厚葉樹（あつばき）、または艶葉樹（つやばき）が訛った物とされている。木質は固く緻密、かつ均質で木目は余り目立たない。摩耗に強くて摩り減らない等の特徴から工芸品、細工もの等に使われる。代表的な用途は印材や将棋の駒である。日本酒の醸造には木灰が必要で、ツバキの木灰が最高とされている。また、アルミニウムを多く含むことから古くは媒染剤にも用いられた。*							

番号	和名 科名･学名	分類	冬季	幹(茎)	葉	花	種子・果実	環境
25	*ヒマラヤスギ*	*針葉樹*	*常緑*	*成長すると、高さ20～30mの高木になる。*	*針のような形で2.5～5cm程の長さで、細長く厚さは1mm程である。*	*雄花の松かさは4～6cmで、秋に花粉を放出する。雌花の松かさは樽形で、7～13cmの長さで5～9cmの幅がある。*	*球果（松ぼっくり）は大きく、縦10cm、横8cmほどの大きさになる。成熟（12か月）すると崩壊し、翼状の種子を落とす。*	*日当たりの良い場所*
	マツ科 Cedrus deodara	*明治初期に日本へ導入された。落下した球果の先端はバラの花のように美しく、ドライフラワーに利用される。校庭南東隅の６本は創立60周年記念樹である。*						
39	*シラカンバ（白樺）*	*広葉樹*	*落葉*	*樹皮が白く、薄く剝れる。20～30mになる。*	*三角形で、側脈が５～８対。早春に開葉し、秋に黄色く色づく。*	*花期は春で、雄花序は垂れ下がり、雌花序は短枝の先に直立する。自家不和合性が強く、遺伝子の多様性をもたせている。*	*風媒花で、翼のついた軽く小さな種子を大量に作る。風散布。*	*開けた明るい場所や倒木によるギャップ、山火事の跡などに定着する先駆種である。*
	カバノキ科 Betula platyphylla	*幹に「へ」の字の形の落枝痕が目立つ。生長が速い代わりに、寿命が短く70年ほどであり、時間経過とともに遷移の段階で後期の樹種にとって代わられる。春、芽吹く頃、幹に傷を付けると、大量の樹液が吹き出す。これは、人工甘味料キシリトールの原料になる。*							

＜本校のシンボルツリー＞

番号	和名 科名･学名	分類	冬季	幹（茎）	葉	花	種子	環境
23	*クスノキ（樟、楠）*	*広葉樹*	*常緑*	*周囲10m以上の巨樹になる個体も珍しくない。*	*厚みとつやが有り、先の尖った楕円形。４月末から５月上旬にかけて大量に落葉する。*	*５～６月頃、淡黄緑色の小さな花が咲く。*	*鳥散布*	*日当たりの良い場所*
	クスノキ科 Cinnamomum camphora	*各部全体から樟脳の香りがする。樟脳とはクスノキの枝葉を蒸留して得られる無色透明の固体のことで、防虫剤や医薬品等に使用される。カンフル注射のカンフルはこの樟脳を指しており、“camphora”という種名にもなっている。「臭し（くすし）」あるいは「薬（樟脳）の木」が語源とする説もある。またそのことや防虫効果から元来虫除け（魔除け：アジア圏では古来から虫（蟲）は寄生虫や病原菌などの病魔を媒介すると考えられていた）に使われたくす玉（楠玉）の語源であるという説もある。虫害や腐敗に強いため、古来から船の材料として重宝されていた。「トトロの木」*							
	エピソード	*樹齢は100年近いと思われる。本校校舎からの遠望が野菜のパセリに似ているところから、いつからか「パセリの木」と呼ばれ、昭和54年度学校祭を「葉聖里祭」と名付けて以来、本校のシンボルとして多くの先輩からも慕われてきた。*						

思考学習

陸上植物の多様性と分布

生物は、形態・食性・行動様式などが生息する環境に適応している。そのため、環境の異なる地域には構成種の異なる生物集団が生息し、それらの生物集団を〔 ***バイオーム*** 〕（生物群系）という。

陸上では、主に生産者である植物が光合成によって有機物を作り、消費者である動物などがこの有機物を利用して生活している。また、植物は動物の生息場所となることも多い。従って、陸上のバイオームは植生の違いを基にして考えていくとよい。

Q１．陸上の植物が生育するのに必要な主な環境要因として、どのようなものが考えられるだろうか。

A１．***（１）光：光合成の反応に用いられるエネルギー***
→葉の細胞中の葉緑体で吸収される。
（２）水：光合成の反応に用いられる材料となる物質
→根の表皮細胞で吸収され、道管を通じて葉へ送られる。
（３）温度：光合成の反応では酵素の働きが必要であり、その反応速度は温度に影響される。
→植物体の表面で受容される。
（４）炭素成分（大気中の二酸化炭素）：光合成の反応に用いられる材料となる物質
→葉の気孔から入り、葉肉細胞（柵状組織・海綿状組織）で吸収される。
（５）窒素成分（土壌中の肥料＝アンモニウムイオン、硝酸イオンなど）：核酸（DNA・RNA）やタンパク質、ATP などに含まれ、それらの合成（窒素同化）に用いられるアミノ酸の材料となる物質。光合成の反応に必要な酵素（ルビスコ：RuBP carboxylase など）はタンパク質を主成分とし、光合成能力は葉の窒素含量に比例する。
→根の表皮細胞で水とともに吸収され、道管を通じて葉へ送られる。

これらのうち、不十分なもの（限定要因）があると生育に影響を及ぼす。その地域の環境要因に適応した形質・植生が形成されると考えられる。

ここで、生物と環境の間の相互作用を考える生態学（ecology *）を扱うために、経済学（economics／経済 economy：社会が生産活動を調整するシステム）の考え方を見てみよう。

（生態学の名そのものは、ドイツのヘッケル E. H. P. A. Haeckel が1866年に手紙の中で使用した Ökologie が最初であるとされる。これは、自然界の生物の生存のための活動を、古代ギリシアの市民の家政機関であるオイコスにたとえて、オイコスを成立させる論理を究明する学問を意味する。この点で、生態学は同じオイコスを語源とする経済学との共通性も大きい。）

＊広義には生態学的な知見を反映しようとする文化的・社会的・経済的な思想や活動の一部または全部を指す言葉として使われる。（Ecology movement や Political ecology などに相当する。）

コスト-ベネフィット：生産活動に必要となる資源・エネルギー（cost：原価）を投資（investment）する量と、生産活動によって獲得する資源・エネルギー（benefit：利益）量のこと。活動を維持・継続するためには、設置費用・導入費用（initial cost）と運用費用（running cost）を合わせた総費用（total cost）が、獲得する利益を下回らなくてはならない。

＜生物での例＞ ***コスト：植物が成長するために消費するエネルギー***
ベネフィット：植物が光合成で獲得するエネルギー

メリット-デメリット：そのものが併せてもつ価値（merit）と欠点（demerit）のこと。

＜生物での例＞

- ***樹高（草丈）について：メリット＝茎を高く生長させることで、他の個体より光を多く受けて光合成量を増やせる。／ デメリット＝背の高い個体は、強風を受けて倒れやすい。***
- ***種子の重さについて：メリット＝種子を軽く小さくした方が、散布する際、遠くへ行きやすいために繁殖域が広がる。／ デメリット＝軽く小さい種子は、栄養分が少なく、生存率（成長度）が小さい。***

トレードオフ trade-off：一方を追求すれば他方を犠牲にせざるを得ないという二律背反の状態・関係のこと。これがある状況では、具体的な選択肢の長所（merit）と短所（demerit）をすべて考慮したうえで決定を行うことが求められる。

＜生物での例＞***植物が種子を作る場合、数が多い方が子孫を残す確率が大きいと考えられる。他方で、種子は大きい方が生存率（成長度）は大きくなると考えられる。しかし、利用できるエネルギーには限りがある以上、種子を大きくすれば数を多く作るのは困難になる。***

「その環境下で結果として得られる子の数が最大になるように種子の大きさと数が決められる」というような考えをとることを最適化モデルという。また、繁殖戦略における一つの考え方として、数を犠牲にして大きい種子を作って生存率を上げる戦略と、小さくても多数の種子を作って生き残りを図る戦略の二つの方向が存在するという説がある。

植物の環境要因に対する戦略を考えてみよう。

温暖で水分に不足しない環境が樹木にとっては理想的であり、年間を通じてこの条件が保たれていればそこには（ ***常緑樹林*** ：evergreen forest）が成立する。一方この条件が保てない時期が存在する場合、樹木はこれに対応しなければならなくなる。このとき、もっとも問題になるのが（ ***葉*** ）をどうするかである。葉は、樹木にとっては光合成を行うことで栄養を作る大切な部分であり、長持ちさせたい。しかし、葉は薄くて突出しており、乾燥や冷気に弱い構造でもある。

乾季や冬季がそれほどひどくなければ、樹木は葉を捨てずに切り抜ける。その代わりに、葉を小さく厚く、クチクラ層を発達させるなど、乾燥や冷気に耐久性をもたせる。

しかし、それでも耐えられない程度の地域では、樹木は厳しい時期に葉を捨て、好適な期間だけ葉を広げた方が有利である。このような戦略をとる樹木を（ ***落葉樹*** ：deciduous trees）という。この戦略では、毎年葉を作っては捨てるために、一定の資源の消費を負担しなければならない。その代わり、条件のよい時期だけ葉を持てばよいので、葉は薄くてやや広いものが作れる。

つまり樹木は、乾季や冬季といった葉の維持が困難な時期に一旦は葉を捨てて好適な時期に改めて葉を生産するか、葉を維持することで新しい葉を作るコストを省くかを、適応戦略として選んでいると見ることができる。

Q２．A１.のそれぞれの限定要因は、植物の形質・植生にどのような影響を及ぼすか（自然選択によってどのような性質（生理・形態）が残ってくるか）を考えてみよう。

（１）光の強さ

①個体内での光の当たり方の違いについて

強い光の当たる所には、柵状組織を発達させた厚い陽葉が形成されるが、弱い光が当たるところには、薄くて広い陰葉が形成される。

②種間の成長度の違いについて

日なたの光の強い所では、光合成速度が大きい陽生植物（陽樹）が、陰生植物（陰樹）より早く生育する。一方、弱い光の下では、呼吸速度が小さく、光補償点も低い陰生植物（陰樹）が生育できる（→図１、２）。

図１

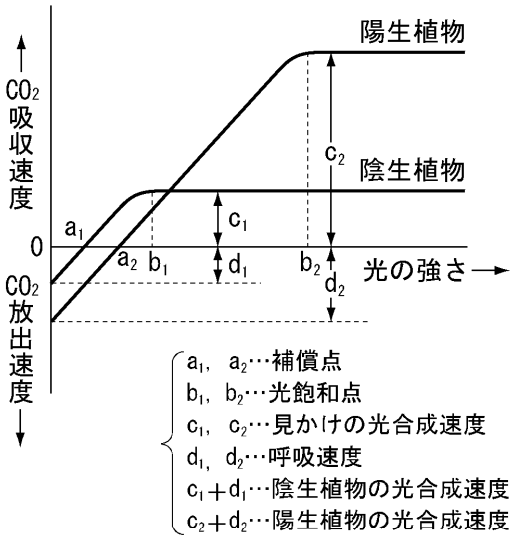
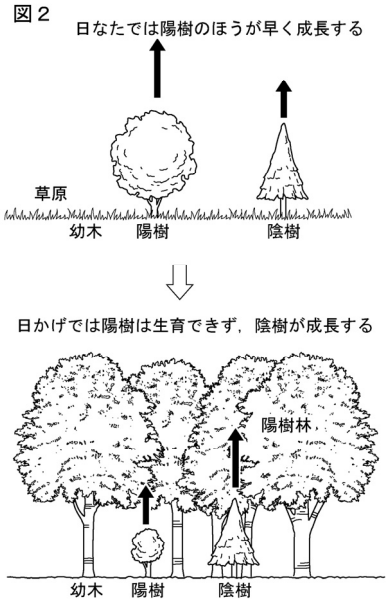


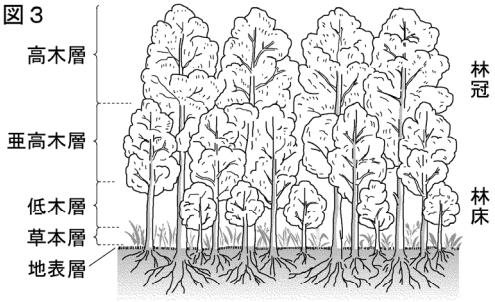
図２



③群落内での光の強さの違いについて

森林の場合、空間的な住み分けによる階層構造が形成される（→図３）。林床部は光が弱いため、低木層や草本層、地表層は光合成速度・呼吸速度の小さな陰生植物であることが多い。

図３



④季節性での違いについて

落葉樹林において、春から初夏の、葉が出ていないか、あるいはまだ十分に広がっていない期間は林床にかなりの光が入る。これを利用して、春に花を咲かせ、夏まで葉を広げ、あとは地下で過ごす植物（スプリング・エフェメラル　Spring ephemeral ＝春の儚い命・妖精）がある。
（例：カタクリ、イチリンソウ、フクジュソウ、セツブンソウなど）

（２）降水量

①年間量の違いについて

図４は、年平均気温・年降水量と陸上の主なバイオームとの関係を示したものである。

また、シンガポールの周辺には樹種がきわめて多い熱帯多雨林、カルカッタ（インド）の周辺にはイネ科草本類を主体としたサバナ、カイロ（エジプト）の周辺には砂漠が形成されており、次の図５・６・７は各都市の雨温図である。降水量と植生の関係を考察してみよう。

図４　陸上の主なバイオーム

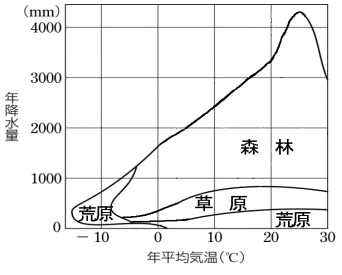


図５ 熱帯雨林気候

月	平均気温(℃)	降水量mm
1月	26.4	184.8
2月	27.0	120.4
3月	27.5	138.1
4月	27.9	122.9
5月	28.2	170.4
6月	28.3	137.0
7月	27.9	159.8
8月	27.7	156.3
9月	27.6	191.4
10月	27.5	134.1
11月	26.9	272.5
12月	26.3	299.8
年間	27.4	2087.1

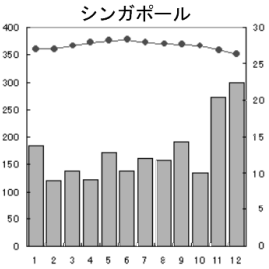


図６ サバナ気候

月	平均気温(℃)	降水量mm
1月	20.0	23.6
2月	23.1	33.4
3月	27.7	47.4
4月	30.2	112.9
5月	30.7	202.3
6月	30.2	239.0
7月	29.3	252.4
8月	29.1	322.0
9月	29.1	251.0
10月	29.1	163.7
11月	24.9	45.6
12月	20.9	10.9
年間	27.0	1704.1

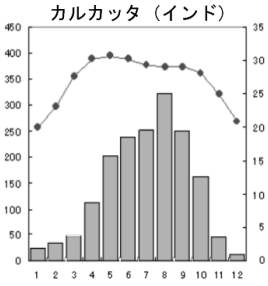
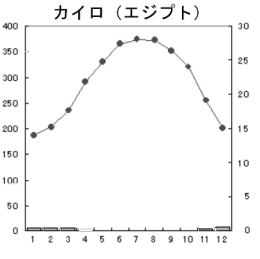


図７ 砂漠気候

月	平均気温(℃)	降水量mm
1月	14.0	5.3
2月	15.2	4.3
3月	17.6	5.2
4月	21.8	1.4
5月	24.7	0.2
6月	27.4	0.0
7月	28.0	0.0
8月	27.9	0.0
9月	26.4	0.0
10月	24.0	0.2
11月	19.1	2.7
12月	15.0	7.3
年間	21.8	26.7



シンガポールは年間を通して高温で、降水量も多いので、熱帯多雨林が分布する。降水量が十分な場合、太い根を持つ木本類（森林）も生育できるが、カルカッタのように降水量が少ない期間が長い（11月～３月）場合、*細くて表面積の割合が大きい根をもつ草本類でないと生育できない。（→サバナ（熱帯草原）・ステップ（温帯草原））

降水量が極度に少ない場合は、気温に関係なく植生の少ない乾地荒原（砂漠）となる。

＊体積は長さの３乗に比例し、表面積は長さの２乗に比例することから、大きなものほどその表面積の割合は小さくなる。

②季節性での違いについて

ローマ（イタリア）の周辺にはコルクガシ・オリーブ・ゲッケイジュなどを主体とした硬葉樹林、マナウス（ブラジル）の周辺には雨緑樹林が形成されている。下の図８・９は、各都市の雨温図である。降水量と植生の関係を考察してみよう。

図８ 地中海性気候

月	平均気温(℃)	降水量mm
1月	8.4	74.0
2月	9.0	73.9
3月	10.9	60.7
4月	13.2	60.0
5月	17.2	33.5
6月	21.0	21.4
7月	23.9	8.5
8月	24.0	32.7
9月	21.1	74.4
10月	16.9	98.2
11月	12.1	93.3
12月	9.4	86.3
年間	15.6	716.9

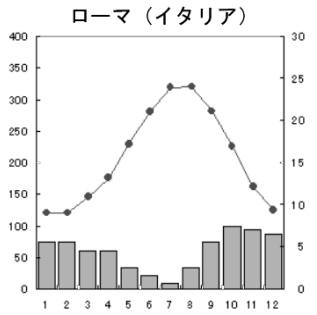
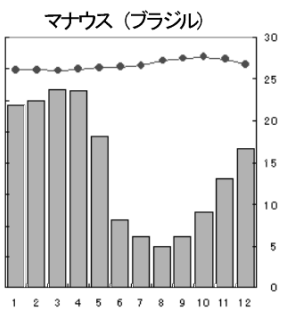


図９ 熱帯雨林気候(弱い乾季あり)

月	平均気温(℃)	降水量mm
1月	26.2	291.7
2月	26.1	298.6
3月	26.0	316.5
4月	26.2	315.3
5月	26.4	242.0
6月	26.5	109.0
7月	26.6	82.9
8月	27.2	66.2
9月	27.5	82.4
10月	27.6	121.4
11月	27.4	174.7
12月	26.7	223.6
年間	26.7	2325.0



降水量が減少する期間は生育が妨げられるため、個体内の水分の損失を防ぐ形質が発達する。

ローマでは夏季に乾燥するため、クチクラ層を発達させて乾燥を防ぐ硬葉樹が広がる。（落葉して新たな葉を形成するコストは、冬季の光合成では取り返せない。）

マナウスは、年間を通して高温だが、降水量が極端に多い雨季と少ない乾季がある。乾季は、蒸散で水分を失いやすいため、乾季に葉を落とす雨緑樹が広がる。（新たな葉を形成するコストより大きな利益が雨季の光合成で得られる。）

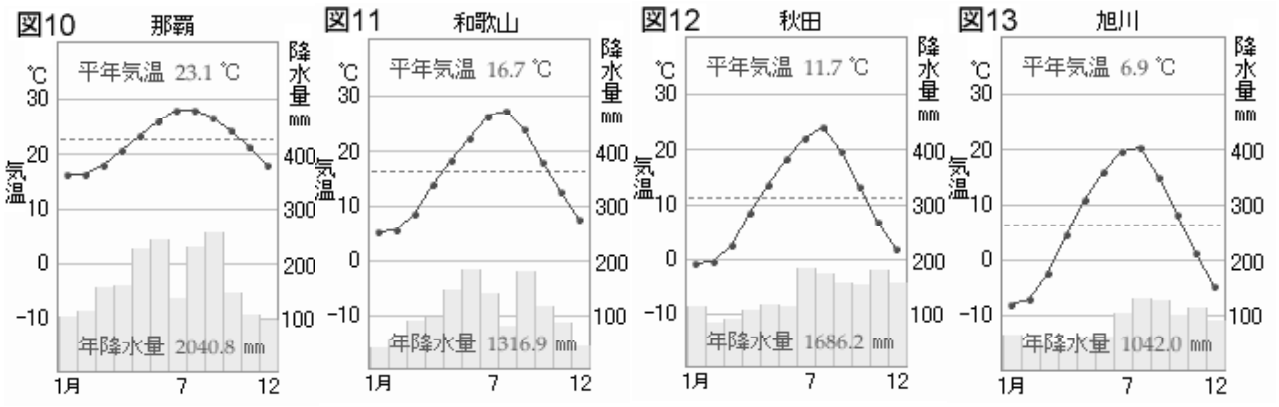
（３）温度

①日本のバイオームについて

日本は南北に長く、暖かさの指数は南から北へと減少するので、緯度によるバイオームの移り変わりを見ることができる。

那覇の周辺にはアコウ・ガジュマルなどの亜熱帯多雨林、和歌山の周辺にはスダジイ・タブノキな

どの照葉樹林、秋田の周辺にはブナ・ミズナラなどの夏緑樹林、旭川の周辺にはエゾマツ・トドマツなどの針葉樹林が形成されている。下の図10・11・12・13は、各都市の雨温図である。気温変化と植生の関係を考察してみよう。



年間を通じて光合成できる条件が保たれていれば、その地域には常緑樹林が成立する（熱帯多雨林・亜熱帯多雨林）。しかし、光合成速度の低下する低温期間の長さの違いで、生育できる植生が異なる。低温期間が短ければ、葉を小さく厚くし、クチクラ層を発達させて乗り切る（照葉樹林）。やや長期にわたるところでは、樹木は低温期に葉を捨て（落葉）、好適な期間だけ葉を広げる（夏緑樹林）。

さらに低温が長期にわたるところでは、新たな葉を形成するコストを夏季に取り返せないので、落葉せず、より耐寒性に優れている小さく厚い葉をもつ（針葉樹）。

②高緯度地方のバイオームについて

モスクワ（ロシア共和国）の周辺にはモミ・トウヒなどの常緑針葉樹林、シベリア中央部のエニセイ川東側ではカラマツ属の落葉針葉樹、シベリア北部の北極圏やバロー（アメリカ合衆国アラスカ州最北部）の周辺にはコケ植物や地衣類が主体のツンドラが形成されている。右の図14・15は、各都市の雨温図である。気温変化と植生の関係を考察してみよう。

図14　亜寒帯(冷帯)湿潤気候

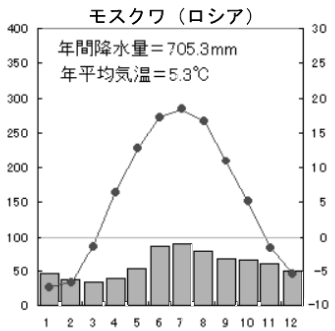
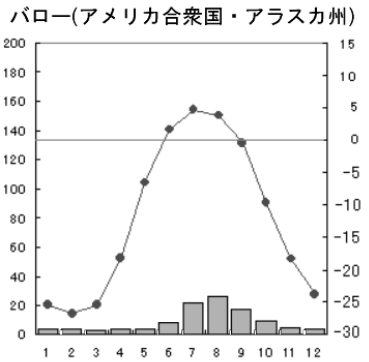


図15　ツンドラ気候

月	平均気温(℃)	降水量 mm
1月	−25.4	3.1
2月	−26.7	3.1
3月	−25.4	2.4
4月	−18.1	3.1
5月	−6.6	3.2
6月	1.7	8.0
7月	4.7	22.2
8月	3.8	26.4
9月	−0.4	17.5
10月	−9.7	10.0
11月	−18.3	4.1
12月	−23.7	3.2
年間	−12.0	106.3

＊気温０℃を図14とそろえて表示



モスクワは降水量が少なく寒冷期間も長いため、落葉広葉樹は新たな葉を形成するコストを夏季に取り返せないために生育できない。耐寒性の優れた針状の葉をもつ常緑針葉樹林が成立する。

常緑針葉樹林よりさらに寒い地域には、寒冷対応として落葉する針葉樹種（カラマツなど）が生育できる。落葉針葉樹林は、その面積は小さく、それより寒い地域では森林そのものが成立しなくなる、いわゆる森林限界となる。シベリア北部の北極圏やバローでは、低温で植物の生長可能期間が短いため樹木が生長できず、短い夏に永久凍土の表面付近の土壌が溶け、コケ植物、地衣類や草本類などが生育できる。

③日変化について

高温・乾燥で昼夜の温度差が大きい環境では、昼間の脱水を防ぐために気孔を閉じ、夜間に気孔を開けて二酸化炭素を取り込む種類（CAM 植物：ベンケイソウ型有機酸合成 Crassulacean Acid Metabolism）が生息している。

（例：サボテン科、ベンケイソウ科カネノナルキ、カランコエなど、トウダイグサ科）

（４）炭素成分（二酸化炭素）について

現在の大気中の二酸化炭素濃度は約0.04％（389ppm〔2010年世界平均〕）で、温暖地の光合成速度では十分な濃度である。二酸化炭素の吸収量は、葉の気孔の開閉度で左右され、これは体内の水分量とリンクしている。

高温地では、植物体内で二酸化炭素を濃縮して光合成速度をさらに大きくする仕組みをもつ種類（C_4植物：維管束鞘細胞にも発達した葉緑体が存在し、ハッチ - スラック回路をもつ C_4型光合成を行う。）が生息している（例：トウモロコシ、サトウキビ、ススキなど）。

（５）窒素成分（アンモニウムイオン NH_4^+、硝酸イオン NO_3^-など）

①土壌中の肥料成分が不足しているやせた土地（岩石・火山灰地など）について

窒素成分を吸収する根の表面積の割合が大きな草本類が生育できる。（ただし、微生物の攻撃を受けやすく、短命である。〔トレードオフ〕）　〔→一次遷移〕

木本類は太い根を形成するため、表面積の割合が小さく、窒素成分の吸収度が小さいため、最大光合成速度も小さくなり、生育しにくい。

②窒素固定について

クロストリジウム（嫌気性細菌）やアゾトバクター(好気性細菌)、マメ科植物の根に共生する根粒菌などは、大気中の窒素（N_2）を取り込んでアンモニウムイオン（NH_4^+）に換えている〔窒素固定〕。ただし、窒素固定には多大なエネルギーが必要であるため、貧栄養下や一次遷移の初期で有利である。

【発展】ヤシャブシ：大気から窒素固定を行う放線菌を共生しているため、貧栄養の砂礫地に生育している。本種は、晩秋に葉から窒素成分を回収せず（紅葉しない）、初冬にかけて光合成を行う。気温が氷点下になると壊死して落葉する。（温暖地は落葉せずに３月頃に新芽と入れ替わる。）

【まとめ】

世界のバイオームについて

年平均気温・年降水量とバイオームとの関係をグラフに表す。横軸に年平均気温、縦軸に年降水量をとると、上記**Ｑ２**（２）で考察した内容は、図16中の（２）のように、縦に見ることができる（→図17）。また、上記**Ｑ２**（３）で考察した内容は、図14中の（３）のように、横に見ることができる（→図18）。

図16

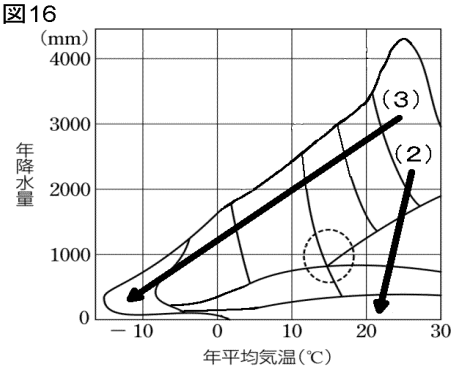


図17
（２）年降水量とバイオームとの関係

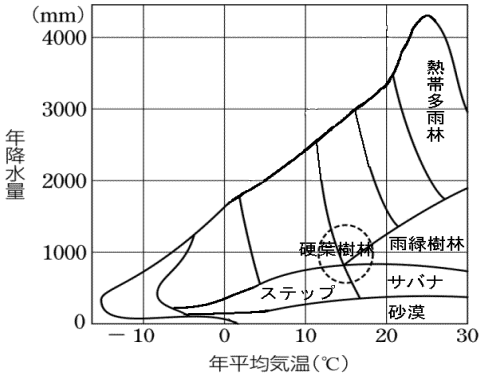
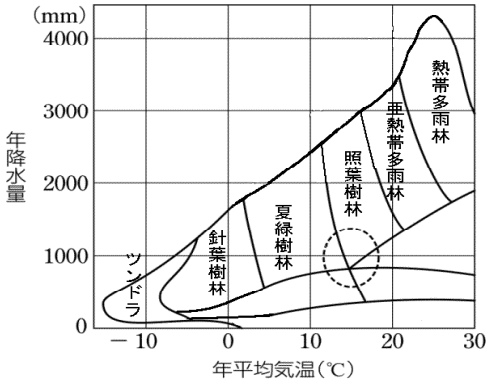


図18
（３）年平均気温とバイオームとの関係

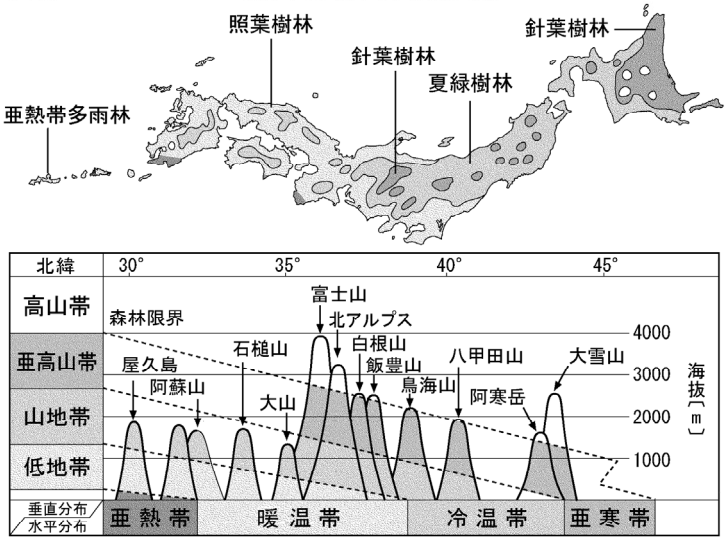


日本のバイオームについて

日本はほぼ全域にわたって降水量が豊かであり、森林が形成される条件を備えている。そのため、気温の違いがバイオームの違いとなる。

緯度と標高の違いにより気候が変化することが分布の違いに結び付く。具体的には、陸上では水平には極側、垂直には標高の高い側でより寒冷になるから、気候に結び付いてはっきりした帯状分布があり、水平分布と垂直分布はよく似た変化を示す（→図19）。

図19 〈水平分布と垂直分布〉



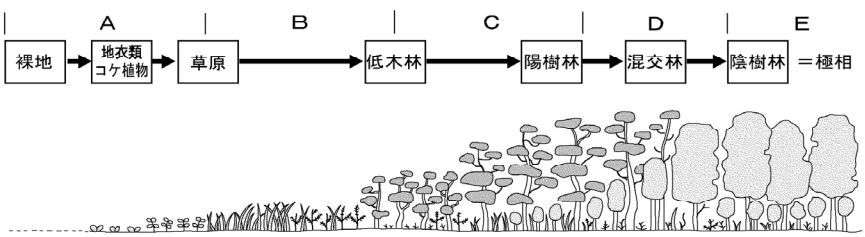
Q3．日本の主な植物群系について調べ、次の表にまとめよう。

	亜熱帯多雨林	照葉樹林	夏緑樹林	針葉樹林
代表種 特徴	*アコウ、ガジュマル木生シダ、ソテツ、ビロウ* *熱帯雨林に比べて、高木層の発達がやや悪く、着生植物や蔓植物が少ない。* *他の群系より種の多様性が見られる。*	*シイ、カシ、ツバキ、クスノキ、タブノキ* *葉の表面に厚いクチクラをもつ常緑広葉樹（遷移後期種）が主な樹種である。*	*ミズナラ、ブナ、カエデ、ケヤキ、クリ、* *落葉広葉樹(先駆種)が優先する。*	*トウヒ、シラビソ、エゾマツ、トドマツ日本海側；スギ・ヒノキアスナロ(ヒバ)太平洋側；モミ・ツガ・ヒノキ* *種数は少なく、純林を形成することが多い。*
気候区分	*亜熱帯*	*暖温帯*	*冷温帯*	*亜寒帯*
垂直分布	*南西諸島平野部*	*暖温帯低地帯*	*暖温帯山地帯～冷温帯低地帯*	*亜高山帯～亜寒帯低地帯*
冬季	*常緑*	*常緑*	*落葉*	*常緑*
吸水	*道管（被子植物）*	*道管（被子植物）*	*道管（被子植物）*	*仮道管（裸子植物）*
コスト	*○幹を高く生長させる。*	*○葉を厚くする。*	*○落葉による物質損失を補うための生長。*	*○低温・乾燥に耐える葉を形成する。*
ベネフィット	*○強い光を受けて、光合成を盛んに行える。*	*○強い光を受けて、光合成を盛んに行える。* *○乾燥・弱い寒冷に適応している。*	*○好適期のみ薄い葉を形成する。* *○秋に窒素成分などを回収して再利用する。*	*○葉をある程度更新せず、長期間光合成し続けられる。*
メリット	*○幹の材密度を小さくして成長度を大きくできる。（例：バルサ）*	*○厚い葉：物理的ストレス（強風など）や被食に強く、繰り返し使用できる。* *○落葉樹の林床で弱光下でも晩秋や早春に成長でき、ゆっくり落葉樹を追い越す。* *○道管：多量の水を供給でき、光合成量大。（降水量の半分は蒸散させている。）*	*○薄い葉：少ないエネルギーで形成でき、夏季の純生産量が大きく、成長度大。また、弱光下でも光合成量が大きく有利である。* *○ギャップ更新では落葉樹（陽樹）の方が成長度は大きい。* *○幹の材密度を小さくして成長度大（例：キリ、サクラ、ヤナギ）*	*○仮道管は、凍結しても気泡が入りにくく、入っても水柱に混入しにくい。（寒冷地適応）* *○針葉：葉を立てて単位面積当たり多くの葉をつけ、純生産量を上げる。*
デメリット	*○幹の材密度が小さく、強風などで折れやすい。*	*○道管：氷点下で道管内の水分が凍結し、気泡が発生（エンボリズム）すると、融解後も残って吸水を阻害し、葉が脱水状態になる。* *○厚い葉：形成にエネルギーを要する。*	*○薄い葉：物理的ストレス（強風など）や被食に弱く、短命である。*	*○仮道管：水を通しにくく、成長度は小さい。* *○針葉：光合成速度が小さい。*
トレードオフ	*○幹：高い成長速度／材の密度小、菌の攻撃に弱い*	*○道管：夏の高い成長速度／寒冷地での生存*	*○葉：低コスト長寿命* *○材密度小で成長大／菌の攻撃に弱く短命*	*○仮道管：夏の遅い成長速度／寒冷地での生存*

Q４．植物群落の時間的な変化（遷移）について考えてみよう。

植物群落と環境は相互作用により変化しながら維持されている。図20は、暖温帯において裸地からの植生の変化（一次遷移）の様子をまとめたものである。Ａ～Ｅの各時期の特徴をまとめた次の表の空欄に適する記述を入れよう。

図20



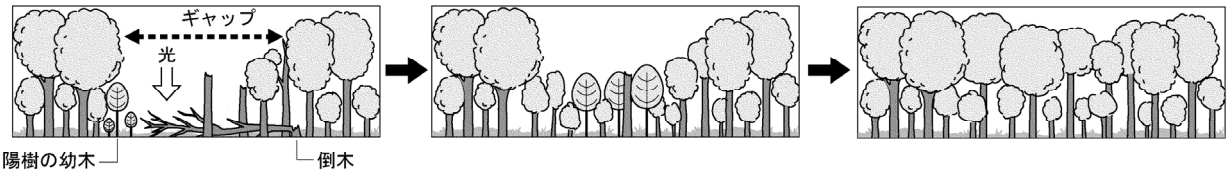
時間	裸地～荒原 0～1年	草原 1～10年	低木林 10～25年	陽樹林 20～100年	混交林	陰極林（極相林） 100年～
おもな植物	地衣類 コケ植物	ススキ イタドリ	アカメガシワ ミズキ	アカマツ コナラ シラカンバ	アカマツ カシ シイ	シイ・カシ クスノキ タブ

植物群落の一次遷移（暖温帯）

	A	B	C	D	E
（１） 光の強さ	***直射日光が当たる。***	***光をめぐる生長度の差が現れる。***	***林床がやや暗くなる。***	***先駆樹種の芽生えは生育できなくなる。***	***林床がうっそうと暗くなる。***
（２） 地表の水分	***乾燥しやすい。***	→	***保水性が高まる***	→	***湿潤になる。***
（３） 地表の温度	***高温で、変化が激しい。***	→	→	→	***穏やかで安定している。***
（５） 土壌	***岩石の風化により、砂礫が形成される。***	***落葉・落枝が蓄積し、有機物を含んだ土壌が形成される。***	***土壌微生物による有機物分解量がさらに増加する。***	***腐植層が発達する。***	
植生の変化	***生活環が短いコケ類や地衣類、乾燥に強い草本類（先駆植物）がパッチ状に広がる。***	***草原の中に、生育の早い陽樹（先駆樹種）が広がり、低木林が形成されていく。***	***陽樹が生育して高木林を形成する。***	***陽樹の高木の下で陰樹（極相樹種）の幼木が生長している。***	***陰樹（極相樹種）だけでなく、多くの樹種がモザイク状に混じるようにして維持されている。***
			枯死や荒天などによる倒木で、林床に光が届く場所（ギャップ）が生じると、陽樹の幼木が早く生長する。（ギャップ更新*→図21）		
個体の高さ	***低い***	→	***高層化***	→	***高層で安定***
階層構造	***１層***	→	***多層化***	→	***複数層で安定***
種子の形態	***風散布型***	→	***動物散布型***	***・重力散布型***	

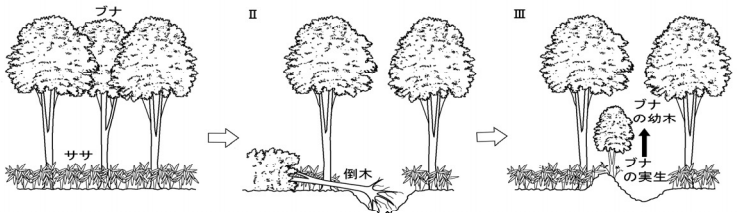
＊ギャップ更新

図21



【考察】図22は、あるブナ林での変化を示したものである。Ⅰの状態の時期にブナの幼木が生育しなかった理由を記述せよ。

図22



A．***ササの下に落ちたブナの種子が発芽しても、林床には補償点以上の強さの光が当たっておらず、生長できなかったと考えられる。***

→ブナの幼木は比較的耐陰性が強く、林床に実生の集団を作り、頭上の木が倒れて周囲が明るくなるのを一定期間待つことができる。ただし、林床にササが生い茂っていると、ブナの幼木は育たない。更新されないと、ブナが落葉して林床の明るくなる晩秋や早春に、常緑陰樹（針葉樹）の実生が光合成して成長していき、混合林になっていくと考えられる。

（日本海側；スギ・ヒノキアスナロ（ヒバ）　太平洋側；モミ・ツガ・ヒノキなど）

〔参考〕白神山地：青森県の南西部から秋田県北西部にかけて広がる山地で、人の手が加えられていないブナの原生林からなる地域である。クマゲラ、イヌワシ、クマタカ、シノリガモ、カモシカ、ニホンザル、ヤマネ、ツキノワグマなどが生息する。1993年、日本で最初にユネスコ世界自然遺産に登録された。

最近発見された17世紀の白神山地の植生図によると、ヒノキアスナロ（ヒバ）が生育していたようである。江戸時代（当時の人口約3000万人）、年貢などのため、高級材のヒノキアスナロが伐採されたことにより、現在のような植生になったと考えられる。柔らかく反り曲がったブナ（漢字は「橅（木に無）」）の木は従来、椎茸栽培以外にはあまり役に立たない木であったために、「木材としては用を無さない」として伐採を免れたと言えるだろう。

◇平成23年度高等学校における教科指導の充実　研究協力委員・研究委員
（理科〔生物領域〕）

研究協力委員

栃木県立佐野女子高等学校
栃木県立佐野東高等学校　　教　　諭　　坂井　広人

研究委員

栃木県総合教育センター　研究調査部　指導主事　　滝田　博之

高等学校における教科指導の充実
理　科　《生物領域》
「生物基礎」指導資料集

発　行　　平成24年3月
栃木県総合教育センター　研究調査部
〒320-0002　栃木県宇都宮市瓦谷町1070
TEL 028-665-7204　　FAX 028-665-7303
URL http://www.tochigi-edu.ed.jp/center/