

大学キャンパスにおける環境保全活動と連携した 実践教育とテキスト作成

日野 貴文¹⁾・窪田 千穂²⁾・杉浦 晃介²⁾・金子 正美²⁾

Practical education and textbook in cooperation
with environmental conservation activities in the University campus

Hino TAKAFUMI¹⁾, Chiho KUBOTA²⁾, Kosuke SUGIURA²⁾ and Masami KANEKO²⁾
(Accepted 16 January 2014)

はじめに

日本全国の大学では環境憲章を定め（例えば、京都大学、神戸大学、東海大学）、教育・研究活動を通じて環境負荷の軽減や地球環境保全に貢献する人材育成を目指している。酪農学園大学においても環境憲章が定められ、基本理念として“豊かな自然に恵まれた森林と都市に隣接する立地を生かして、「人と社会と自然の共生」に向けた人材の育成に努めます”（抜粋）とあり、また基本方針として“教職員と学生は協働し、かつ組織的にグリーンキャンパスづくりを行います”（抜粋）と謳われている。このような理念や方針を全うするには、大学キャンパス内の環境保全活動と教育活動を個別に実施するのではなく、両者を連携させることが求められるだろう。

大学キャンパス内に生育する樹木は、水源涵養、動物への生息地の提供、良好な景観の形成などの機能を持ち、大学キャンパスの環境保全において重要な要素である。また、これらの樹木はその機能だけでなく、樹木や森林の生態を学ぶための生きた教材としても位置付けられる大学の財産である。

樹木を教材として扱う実践教育に毎木調査の実習がある。毎木調査とは、ある一定面積に生育する全ての樹木を対象に種の同定や太さの計測等を行う調査法である。毎木調査は簡易な道具だけで実施でき、かつ実際に樹木に触れることで直感的に樹木や森林の生態について学べるという特性を持つ。例えば、樹木の形態を観察し種同定することにより生物多様

性への関心と理解が深まり、樹木の太さや高さを計測してその樹木が貯留している炭素量を推定することで、目の前の樹木と地球温暖化問題とを結び付けて理解できる。毎木調査の実習にはこのような教育上の利点がある一方で、講義や実験室での実習とは異なり、その実施には野外での樹木を前にした説明と安全管理が必要なため教員1人あたりが対応可能な学生数には限りがあり、ティーチングアシスタント(TA)などによる実習補助が欠かせない。さらに、毎木調査のテキストは専門的で研究者向けのものが多く、予備知識のない初学者向けのものはほとんどないため、初学者を対象に毎木調査の実習を行うには平易なテキストを作成する必要がある。

酪農学園大学の全学群・学類の1年生全員が対象の教育カリキュラムの「農場実習（建土建民入門実習）」にて、毎木調査の実習が2012年度と2013年度にTAと実習スタッフ¹⁾の補助のもと実施された。この実習では大学キャンパス内の樹木を調査するだけでなく、調査結果を将来的にはデータベース化し、環境保全活動に役立てることを目的としている。酪農学園大学全体として環境憲章に則った教育を進めていくには、このような環境保全活動と連携した実践教育に対する大学内での共通理解が重要であろう。加えて環境憲章を定めている他大学においても、酪農学園大学における取り組みは参考になると予想される。そこで、本論文では大学キャンパスの環境保全活動と連携した実習の内容とそれに関連するテキスト作成について紹介することを目的とする。

¹⁾ 酪農学園大学大学院酪農学研究科野生動物保護管理学研究室

Laboratory of Wildlife Management, Graduate School of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

¹⁾ 実習の運営に必要なとする高度な専門知識と技術及び実務経験を持ち、修士以上の学位を有するスタッフ。

²⁾ 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類

Department of Environment and Symbiosis Studies, Faculty of Agriculture, Food, and Environmental Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

所属学会：日本生態学会

実習の内容

本実習は酪農学園大学における全学の1年次必修科目である農場実習（健土健民入門実習）の一部として実施した（表1）。本実習は企画担当教員及び実習スタッフらが約1カ月前から実習内容、配布資料やスライド等の検討・作成に取り掛かり実施した（表2）。実習時に学生に配布するテキストや説明時のスライドは、大学1年生向けに、かつ、専門分野が環境系と異なる獣医学類や食と健康学類といった学生にも興味を持ってもらえるように工夫した。これらのテキストやスライドは全て白紙状態から作成したため、3～5名にて準備作業しても2週間以上の時間を要した。

2012年度及び2013年度における実習スケジュールを表3にそれぞれ示した。1回の実習では学生が40～50名で、教員が3名、TAとしてアルバイト学生が6名、実習スタッフが2名であった。講義室での説明の後、学生を6班に分けそれぞれ担当のTAを配置し、野外で毎木調査の実習をした。学生自身がより興味をもって主体的に取り組めるように、実習の調査結果は大学全体の環境保全に活用する樹木のデータベース作り的一端を担うことを実習の冒頭で説明した。そして、計測した樹木のデータを紙媒体及びデジタルデータとして作成・提出するように課題を設定した。初年度は毎木調査のみを行い環境

表1 実習の実施実績

項目	2012年度	2013年度
実習期間	6/6-7/3	7/4-7/31
実施回数	20	20
実習場所	教室・ 野外礼拝堂	教室・ 白樺並木
受講者数	822	819
教員延べ人数	60	60
実習スタッフ延べ人数	40	40
TA延べ人数	148	130

表2 農場実習環境共生学類企画における実習準備

準備内容	4週間前	3週間前	2週間前	1週間前	当日
実習内容の検討	←————→				
実習場所の選定	←—→				
実習機材の確認	←—→				
テキスト作成	←————→				
スライド作成	————→				
データベース基盤構築	————→				
TAに対する講習	————→				

表3 2012及び2013年度における実習スケジュール

実習内容	所要時間	
	2012年度	2013年度
教員による実習概要説明	5分	5分
葉のスケッチに関する説明	—	20分
葉のスケッチ	—	30分
毎木調査に関する説明	25分	20分
毎木調査	90分	60分
計	120分	135分

分野に特化した実習としたが、実習中に樹木を測るだけでなく樹木や葉をじっくり観察したいという学生からの要望があった。そのため次年度は、葉を観察・スケッチする実習項目を追加した。これらを追加したことにより、全学群・学類に共通する教育課題である「ものをよく観察し、捉える力」を育む機会を提供できたのではないかと考えている。またTAは、自然環境分野に在籍する大学4年生から修士課程2年生において募集し、実習開始までに毎木調査の方法を習得させ、実習に備えた。TAは複数日に渡り実習を補助するため、森林を対象とした研究を行う学生でなくとも森林調査に関する知識が深まった。そして、教えることでTA自身が学ぶというTA制度が持つ教育効果も達成できた。

作成したテキスト

講義と実習で用いたテキストは、初学者にも理解し易いように実習スタッフによるイラストを多用し、森林立地調査法編集委員会（1999）、武田・占部（2006）、正木（2006）、平田ら（2012）、温室効果ガスインベントリオフィス（2013）を参考に作成した。作成したテキストの内容をテキストの順番に従い以下に記す。

1. 実習の目的

身近にありながらも普段はじっくり観察する機会がない樹木について、スケッチを通して理解を深める。次に、キャンパス内の樹木について調べ、得られたデータをもとに樹木による二酸化炭素吸収量の推定を行う。この実習は毎年行われ、樹木を1本ずつ長期に渡り観測し、酪農学園大学での二酸化炭素吸収量の推移を記録する。

2. 日本の植生と江別付近の植生

日本には大まかに、高山帯、亜高山帯、夏緑落葉広葉樹林帯、常緑広葉樹林帯の4つの植生帯があり、江別付近の植生帯は落葉広葉樹帯に属する。

3. 樹種による葉の違いとスケッチ

森林の調査において樹種を同定することは基本事項である。それは樹種によって光合成能力、成長速度、動物の餌としての質などが異なるためである。樹種の同定について、分類の基準として多くが花(や果実)の形態を用いているので、同定には花・果実を用いるのが定石である。しかし、花・果実は観察可能な時期に限られるので、実際の調査では葉で樹種同定することが多い。

3.1. 葉で樹種を見分けるポイント

まず、単葉か複葉かで大別し(図1)、それから葉の全体の形(図2)、鋸歯(葉の縁のギザギザ)(図3)、葉の先端・基部(図4)などで見分ける。

3.2. スケッチの利点とコツ

植物を覚えるには、スケッチや標本作成が近道とされる。スケッチは一見手間がかかり学習には非効率にみえる。しかし、じっくり細部を観察すること

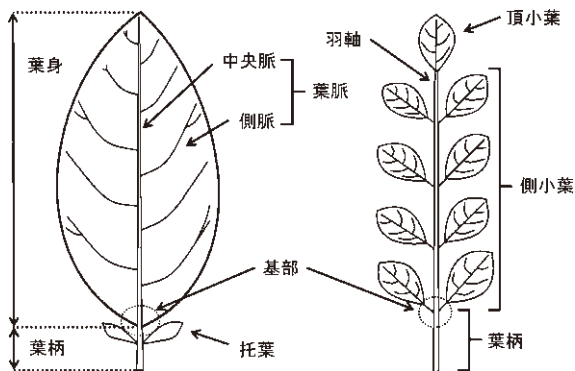


図1 種を同定する際に用いる葉の各部名称について。図中左が単葉、右が複葉を示す。

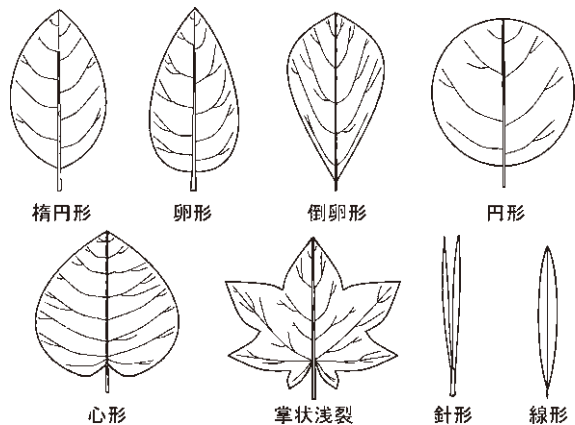


図2 北海道に生育する樹木の代表的な葉の形。上段：左から橢円形、卵形、倒卵形、円形を示す。下段：左から心形、掌状浅裂、針形、線形を示す。

により、樹種の違いを区別する技術が習得できる。スケッチのコツは次の4点である。(1)なるべく大きく描く、(2)複数の線で表現しない、(3)輪郭は1本の線で描く、(4)濃淡や陰影は斜線や塗りつぶしで表現せず、あくまでも点描する。参考としてシラカバの葉をスケッチしたものを示す(図5)。

4. 樹木を調べてわかること：二酸化炭素吸収量

森林は陸域生態系の現存量(バイオマス)の90%を有しており、二酸化炭素吸収源として大きい。森林における二酸化炭素吸収のほとんどは樹木によって行われている。ある樹木一本当たりの二酸化炭素吸収量は、幹の太さと樹高を調べることにより以下の式から算出できる。

$$\text{ある樹木が吸収している炭素量} = \text{材積 (樹木の体積} = \text{幹の太さと樹高から算出)} \times \text{係数}$$

そして、酪農学園大学で生育している全ての樹木の太さと樹高がわかると、酪農学園大学における樹木が吸収している二酸化炭素量が以下の式から算出できる。

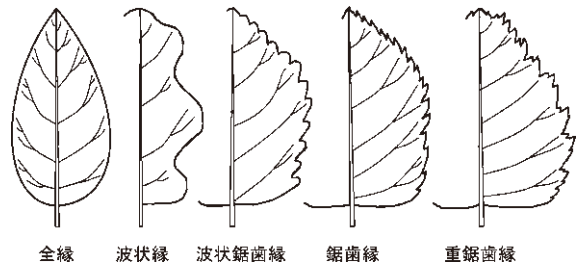


図3 北海道に生育する樹木の代表的な葉縁の形。左から全縁、波状縁、波状鋸歯縁、鋸歯縁、重鋸歯縁を示す。

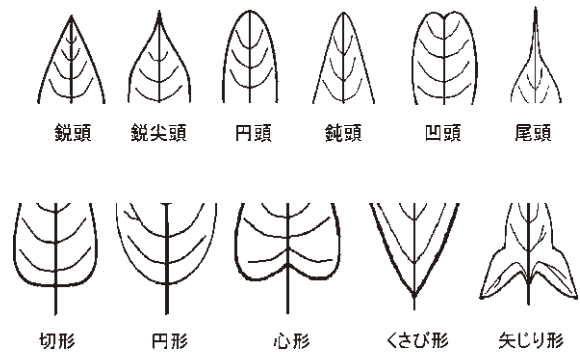


図4 北海道に生育する樹木の代表的な葉の先端部と基部の形。上段：左から鋭頭、鋭尖頭、円頭、鈍頭、凹頭、尾頭を示す。下段：左から切形、円形、心形、くさび形、矢じり形を示す。

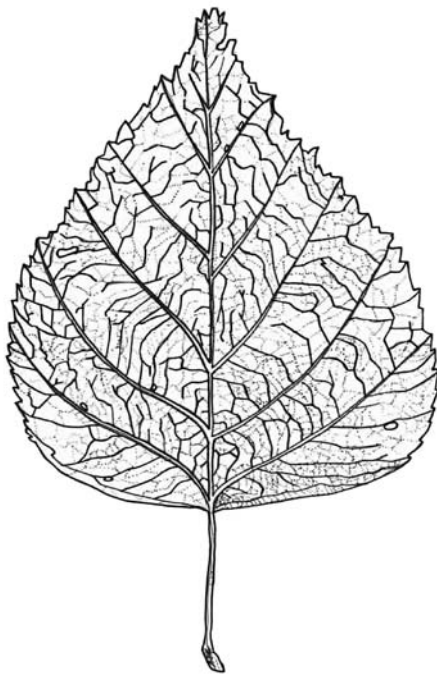


図5 シラカバの葉のスケッチ例 (工藤祥子 描画)

酪農学園大学全体 (の樹木) が吸収している
二酸化炭素量

$$= \sum_{i=1}^n (\text{樹木 } i \text{ が貯留している炭素量})$$

n: 酪農学園大学の樹木本数

さらに酪農学園大学に生育している樹木を定期的に長期間調査することにより、森林の生長や伐採により、その吸収量がどう変化したかを捉えることができる。

5. 樹木の調べ方：毎木調査の意義と調査項目の説明

5.1. 毎木調査とは

毎木調査とはある一定面積にある全ての樹木を調査することである。毎木調査により、ある面積当たりの二酸化炭素吸収量、種多様性等を算出することができる。調査項目は樹種、胸高直径 (胸の高さ、地上 130 cm での直径)、樹高が一般的であるが、調査目的によって異なる。

5.2. 調査道具の紹介

直径を測るメジャー、ノギス、樹高ポール、バーテックス (Vertex IV; Haglöfs, Sweden) (音波により樹高を測る道具)、データシート、画板 (データシートを挟む)、筆記用具、材積表、デジタルカメラ、ヘルメット、ナンバーテープ (ナンバーが書かれた

テープ)、ガンタッカー (大きなホッチキス)。

5.3. 調査対象とする樹木

調査対象とする樹木のサイズについては調査目的によって異なる (林業の収穫量調査では胸高直径 5 cm 以上が多い)。今回は稚樹の生残・死亡を記録したいため胸高直径 (地上 130 cm での太さ) が 1 cm 以上の樹木を全て測る。同じ株でも胸高以下で分岐している場合は、それぞれ別に測り備考欄に同株であることを明記する。枯れ木の場合は、ナンバーテープをつけて備考欄に枯れ木と記載する。

5.4. 樹木 ID, 樹種

樹木に“名札”を付けることにより、何年にも渡って同じ個体を繰り返し調査できる。今回はナンバーテープとガンタッカーを用いて樹木個体を標識する。樹種を記録することにより単位面積当たりの種の多様性、種毎の樹高・胸高直径の違い等がわかる。ナンバーテープは見やすいように直径を測る地上 130 cm より上につける。ガンタッカーの針は縦向きに打つ。横向きに打つと幹が太くなると針が伸びてナンバーテープが外れる。さらに、真ん中に打つと樹が成長してナンバーテープを巻き込み、数年後ナンバーが読めなくなる。

5.5. 樹高と生枝下高

樹高は対象とする樹木の一番高い枝先を測り、一方、生枝下高は枯れていない (葉がついている) 枝の中で一番低い枝の高さを測る (図 6)。樹高が樹高ポールよりも低ければ樹高ポールを用いて、それより樹高が高い場合はバーテックスを用いて樹木の一番高い枝先の地上高を測る (図 6)。森林では地面に

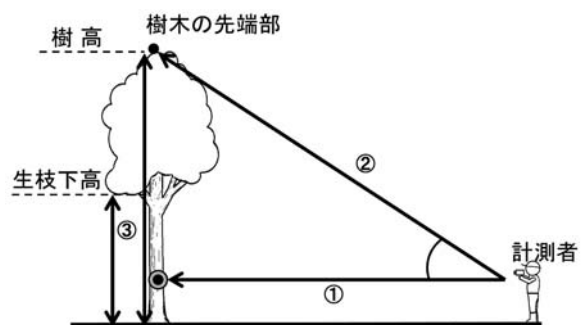


図6 樹高、生枝下高の計測位置及び、バーテックスを用いた樹高測定方法の模式図。①計測者から対象木の胸高直径を計測した高さ (130 cm) までの水平距離 (m) を測る、②計測者から樹の先端部までの距離 (m) とその角度を測る、③樹高 (m) が算出されディスプレイに表示される。

近くなればなるほど葉に遮られて光量は低下し光合成効率が低下するため、樹木は成長するに足らなくて下枝を枯らして落としていく。長期にわたり同じ個体を調査することでこのようなことが観察できる。

5.6. 胸高直径

直径メジャーを用いて胸の高さ（地上から高さ130 cm）の幹の太さを mm 単位で測る。このとき直径を測る金属製メジャーが斜めにならないよう注意する。樹木にツルが巻き付いている場合は、ツルを一部はがして幹とツルの間に隙間を作りメジャーをその隙間を通して測る。直径が小さく直径メジャーでは計測しづらい樹木個体は、ノギスを用いて計測する。測定する高さ、つまり、地上130 cm 以下で樹木が二股になっている場合は別々に測り（図7）、同株として備考欄に記載する。毎年同じ部位を測ることで年間成長量が算出できる。

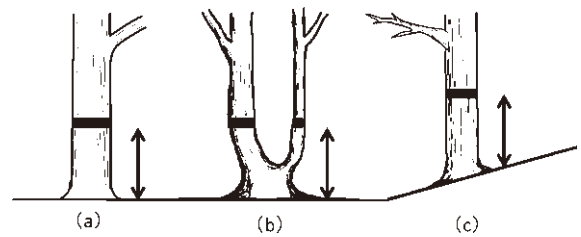


図7 樹木の胸高直径を計測する位置。(a) 地表から130 cm の高さの樹の幹の直径を計測する。(b) 130 cm 以下で二股以上に分かれている場合は、別々に計測する。(c) 斜面に生息している樹木は、斜面上方から130 cm の位置を計測する。

5.7. 材積

幹の体積のこと。胸高直径と樹高から材積表（農林省林業試験場北海道支場1969）を用いて導出する（図8）。今回用いる材積表は直径4 cm 以下の樹木に関する情報がない。これは稚樹の林業的価値が小さいためである。さらに森林の二酸化炭素吸収量の

(胸高周囲)	(12.6)	(18.8)	(25.1)	(31.4)	(37.7)	(44.0)	(50.3)	(56.5)
胸高直径 (cm)	4	6	8	10	12	14	16	18
2	0.002	0.004	0.006	0.009				
3	0.003	0.005	0.009	0.01				
4	0.003	0.007	0.01	0.02				
5	0.004	0.009	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
6	0.005	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07
7	0.006	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08
8	0.06	0.01	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.10
9	0.007	0.01	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11
10	0.008	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.10	0.12
11	0.009	0.02	0.03	0.04	0.06	0.08	0.11	0.13
12	0.009	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.12	0.15
13	0.01	0.02	0.03	0.05	0.07	0.10	0.13	0.16
14	0.01	0.02	0.04	0.05	0.08	0.10	0.14	0.17
15	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.11	0.15	0.18
16			0.04	0.06	0.09	0.12	0.16	0.19
17			0.04	0.06	0.10	0.13	0.17	0.21
18				0.07	0.10	0.14	0.18	0.22
19				0.07	0.11	0.14	0.19	0.23
20				0.07	0.11	0.15	0.20	0.24
21						0.16	0.21	0.26
22						0.17	0.22	0.27
23						0.17	0.23	0.28
24						0.18	0.24	0.29
25						0.19	0.25	0.30

図8 材積表を用いて、直径と樹高から材積を知る方法。例として胸高直径12 cm、樹高20 mの樹木の材積を示す。農林省林業試験場北海道支場（1969）を元に作成。

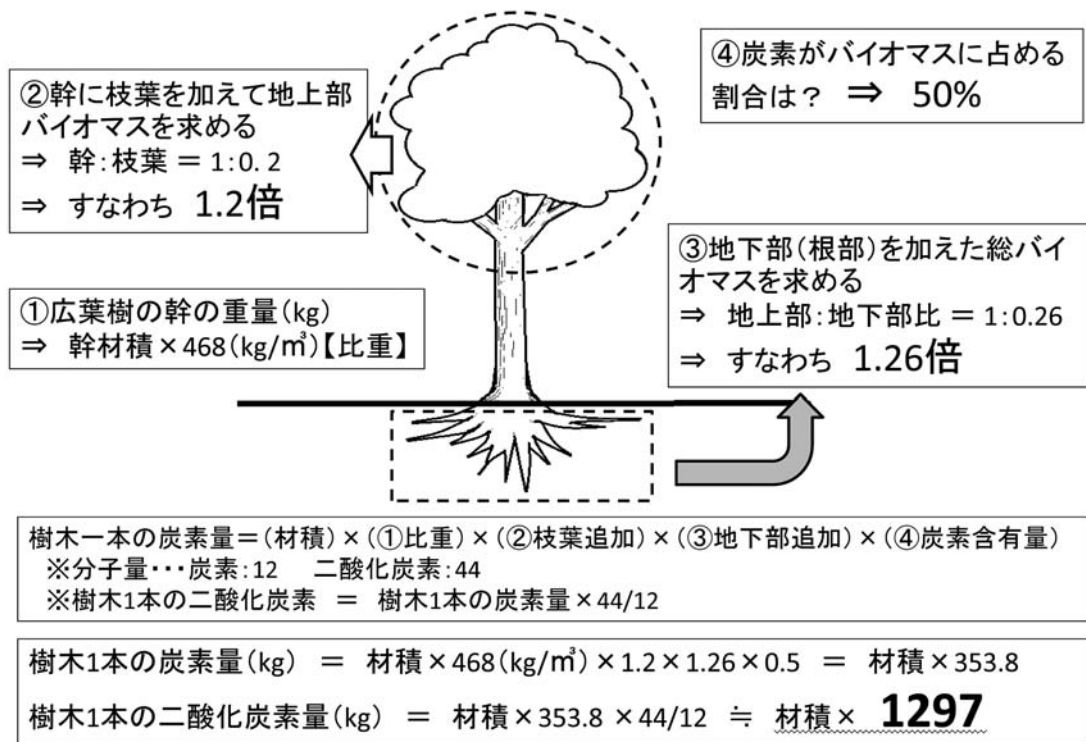


図9 計測した樹木(胸高直径20 cm以上のカンパ類)1本当たりの二酸化炭素吸収量の算出方法。係数は温室効果ガスインベントリオフィス(2013)による。

推定の際でも、稚樹は二酸化炭素吸収源としての寄与率が小さいので簡易的な推定計算では考慮しないことが多い。

5.8. 樹木が蓄えている二酸化炭素量(kg)

材積がわかれば換算式により、その樹木が蓄えている二酸化炭素量が算出できる(図9)。ただし、図9で示した係数の値はカンパ類(胸高直径20 cm以上)のみに適用されるもので、他の樹種や他の植生帯においてはその値が異なる。

簡易式: 材積 × 1297 により計算(図9)。

5.9. 日照条件, 日照不足の原因

ある樹木が他の樹木に覆われている場合、その樹木個体の利用可能な光量が少なくなる(図10)。シラカバ等の明るい環境を好む遷移前期種では樹勢が衰える要因になる。一方でミズナラ・イタヤカエデなど暗い環境でも生育できる遷移後期種にとっては、すぐに枯死する要因とはならない。

5.10. 樹木の状態

一般に毎木調査においては樹木の状態は備考欄に記載する程度であるが、今回の実習では大学キャンパス内の樹木の健康状態を詳細に記録したいため、

調査項目とする。記録事項は、枯れ枝や樹洞(図11)の有無である。極端に枯れ枝が多い場合は樹勢が衰えていることを示唆する。樹洞は腐朽菌が入る原因や結果であり、幹が構造的に弱くなる。

5.11. 近景写真と遠景写真

一般的な毎木調査では樹木毎の写真を撮ることは稀だが、今回は大学キャンパス内の樹木の視覚的な経年変化を捉えるため、デジタルカメラによる写真

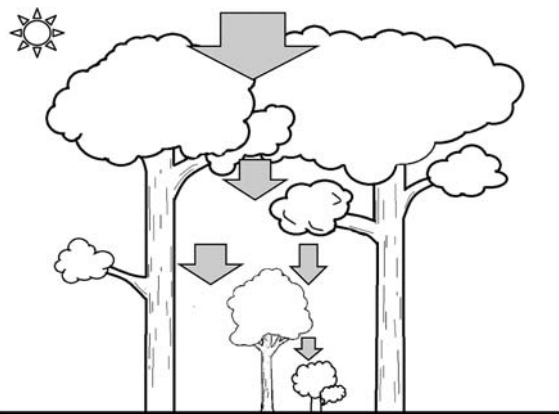


図10 森林内における樹木の日照条件の違い。計測する樹木の日照条件の良と不良について判断する。

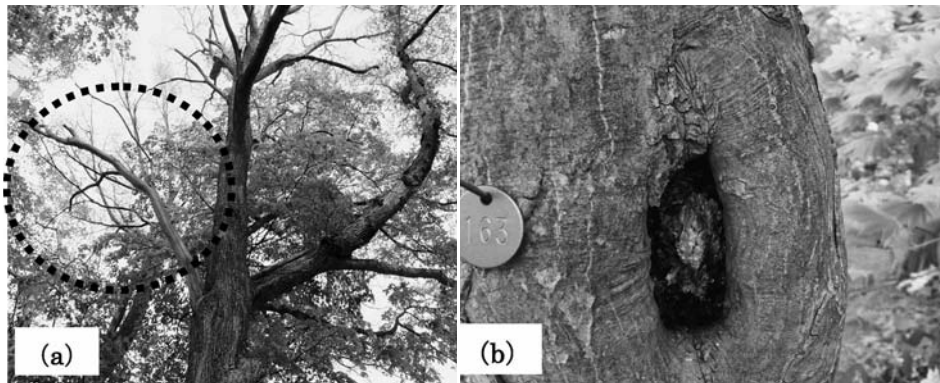


図 11 枯れ枝と樹洞の例。(a)枯れ枝。葉がついておらず樹皮がはがれている。(b)樹洞。一部に樹皮がなく心材部（幹の中心）が露出している。

を記録する。近景写真は樹木 ID が分かるように撮る。遠景写真は樹木全体が入るように撮る。後で照合できるように写真のファイル番号をデータシートに記載する。

5.12. 緯度・経度

ハンディ GPS を用いて緯度経度を記録する。

ま と め

大学キャンパス内に生育している樹木を教材とすることで、大学の環境憲章と連携した教育を実践できた。そして、大学 1 年生に体験を通じた環境保全への理解を深める機会を提供することができた。また、予備知識を必要としないテキストを作成することで、専門教育を受けていない大学 1 年生、さらには高校で生物の科目を履修していない学生にも身近な自然を科学的に理解するよう促せた。酪農学園大学での環境保全とそれに連携した教育を実践していくには、このような実習を何年、何十年と継続していくことが重要であろう。継続することで酪農学園大学の自然環境の変遷やそれに対する大学の取り組みの効果が明瞭となると予測される。

実習の運営方法は 2 年間を経て確立されてきた。一方で、このような実習を継続していく上での 2 つの課題が明らかになった。まず、データベース整備の検討である。現在は学生によるレポートとして提出された紙のデータシートとエクセルファイルの形で調査結果は保存されているが、長期にわたり保存が可能で、現役学生や卒業生が過去のデータを検索できるようなデータベースの整備が望ましい。このようなデータベースを Web システムにより構築できれば、現役学生だけでなく卒業生も大学キャンパスの環境の変遷を把握できる。そして、連綿と続く

実習の結果である酪農学園大学の緑の変遷を現役学生と卒業生とを問わず実感できるだろう。またデータベースを他の授業の教材として用いて、例えば統計学のデータ解析の題材とすれば、学生の実体験に基づいた学習を促進することが可能である。さらに自然科学のみならず歴史的な土地利用の変遷と組み合わせる人文社会科学の教材として用いることで、グリーンキャンパスに関する教育展開も進むと思われる。2 番目の課題は、TA と実習スタッフの確保である。野外調査特に森林調査の経験がある教員は多くなく、さらに出張などにより 3 人の教員が揃うことは容易ではないため、このような実習を 1 か月程度の間に渡り連日行うには、TA と知識・技能を備えた実習スタッフのサポートが不可欠である。2 年間の本実習では多くの TA とそれを束ねる実習スタッフ 2 名が常駐することにより、教員を支援してきた。今回の実習を複数年に渡り継続して提供するには、このような TA と実習スタッフによる支援体制の担保が必要であろう。以上の課題を克服してこの実習が継続して行われ、酪農学園大学の環境憲章と緑豊かなキャンパスを活用した実践教育の連携がさらに進むことを切望する。

謝 辞

本論文をまとめるにあたり担当教員として実習の実施に尽力頂いた、伊吾田宏正准教授、井上博紀准教授、岩井洋教授、小川健太准教授、押谷一教授、小林敬教授、佐藤喜和准教授、篠崎志朗教授、高取則彦教授、遠井朗子教授、中谷暢丈准教授、馬場賢治准教授、藤井創教授、星野仏方教授、保原達准教授、宮木雅美教授、森川純教授、矢吹哲夫教授、山舗直子教授、吉田磨准教授、吉田剛司教授（五十音順）に深く感謝申し上げます。伊藤美和子氏には実習

結果の取りまとめをして頂き、TAとして実習に参加してくれたアルバイト学生諸氏には積極的に教員の補助をすることで実習を支えて頂いた。ここに深く感謝する。

引用文献・参考文献

- 平田泰雅, 鷹尾 元, 佐藤 保, 鳥山淳平(編) (2012) REDD-plus Cookbook. (独)森林総合研究所 REDD 研究開発センター.
- 正木 隆 (2006) 森林研究之奥義書 其の一 長期観測プロットの作り方と樹木の測り方. (正木 隆, 柴田銃江, 田中 浩, 種生物学会 編) 森林の生態学—長期大規模研究からみえるもの, 301-323 文一総合出版, 東京.
- 農林省林業試験場北海道支場 (1969) 北海道地方広葉樹立木幹材積表調整説明書, 農林試験場北海道支場年報 別冊: 192-199.
- 温室効果ガスインベントリオフィス(GIO)編(2013) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書, <http://www.cger.nies.go.jp/ja/activities/supporting/publications/report/index.html>.
- 森林立地調査法編集委員会 (1999) 森林立地調査法 森の環境を測る. 博友社, 東京.
- 武田博清, 占部城太郎(編) (2006) 地球環境と生態系—陸域生態系の科学. 共立出版, 東京.

Abstract

The practical training of every tree measurement for freshmans of Rakuno Gakuen University conducted in cooperation with environmental conservation activities in the University campus. To facilitate understanding of freshmans, we printed the textbook of the training. A total of 1641 students took the training course in two years. Our efforts successfully deepened the understanding of environmental conservation in the campus of RGU.