学生実習による広葉樹植林地の調査
—2017年植栽のキハダ植林地—

荒瀬輝夫・大塚　大・小林　元・木下　渉・野溝幸雄・酒井敏信
信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター

要　約

信州大学農学部附属 AFC 手良沢山演習林において，学生実習による広葉樹植林地の調査を実施した。2017年植栽のキハダ植林地（面積0.08 ha，18植栽列，植栽時3,000本・ha^{-1}）において，立木調査（生育状況と樹高）を2019年７月に行った。キハダの生育状況は，葉の有無と着生位置，根張りの有無の組み合わせで５段階に分類された。調査は，33名，１時間で完了した。キハダ立木は消失も含めて240本が確認され，うち79本（32.9％）が枯死（補植必要）と判断された。樹高ごとの本数の内訳には斜面と谷側平地との間に有意差が認められ，斜面では樹高100 cm を超える個体が多く，谷側平地では樹高40 cm の個体が大多数を占めた。枯死の本数の内訳は，いずれの立地でも30％前後であった。実習の問題点として，実習対象地が遠いことから移動に時間を要して実稼働時間が限られたこと，０値（立木が存在しない場合）について記入の仕方が様々で集計上の支障を生じたことが挙げられた。

キーワード：手良沢山演習林，学生実習，広葉樹植林，キハダ，立木調査

1．はじめに

信州大学農学部附属 AFC 演習林では，森林の保全管理と生産事業を実践していることを教育的資本として，教育と試験研究が行われている。林業生産の試験研究林である手良沢山演習林では，ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）若齢林やコウヤマキ（*Sciadopitys verticillata*）林において，野生鳥獣（おもにニホンジカとカモシカ）による林業被害が発生している[1,6,16,18]。学生実習も交えて植林を実施しても，冬季に食害を受けて補植が必要になることが相次いだため，最近では一部で樹種転換し，植栽苗を針葉樹から落葉広葉樹（ナラ類：*Quercus* sp.，クリ：*Castanea crenat*，ケヤキ：*Zelkova serrata*，キハダ：*Phellodendron amurense* など）に切り替える試みを行っている[18]。しかし，落葉広葉樹については，苗木の初期生育についての情報は乏しく，下刈などの年次計画を立ててはいるものの，管理は手探りの状況にある。幸いなことに，2019年時点で手良沢山演習林の広葉樹植林地において獣害は確認されていないが，苗木の活着や生育には樹種による差がみられるようで，キハダが他の樹種よりも著しく劣ることが観察され問題となっている。

キハダ（別名：キワダ，シコロ）はミカン科の落葉高木で，日本全土と朝鮮半島，中国北部，ウスリー，アムール地方に分布している。樹皮の外皮は淡黄褐色の厚いコルク質で覆われる（英名：Amur cork）[11]。キハダは薬用植物として広く知られており，樹皮の内側にある黄色の内皮（生薬名：黄柏）が健胃整腸剤としてよく利用される。主たる薬効成分はアルカロイドの berberine で，鮮やかな黄色を呈し，抗菌・抗炎症作用を有する。古くから腹痛の妙薬として用いられてきた奈良県の「陀羅尼助」，長野県の「御百草」，山陰の「煉熊」などは黄柏の煎汁を主成分としている[11]。また，北海道のアイヌ民族にとって，キハダは薬用だけでなく食用としても重要で，果実（アイヌ名：シケレペ）を秋期に大量に採集して保存し，おもに煮物の甘味・苦味の味付けに用いている[7]。木材としては，キハダの材は広葉樹の中でも軽くて柔らかく，乾燥が容易で扱いやすく，最高級品のケヤキやクワの模擬材としても用いられる[10]。良材は北海道北見地方で産出され，アテが少なく水湿に強い材質のため，ちゃぶ台，茶箪笥，下駄箱などの日用品や家具類に[14]，木理が美しくて加工しやすいことと特有の色合いから，丸盆，菓子器，花瓶などの工芸品にも用いられている[10]。

キハダの人工林育成や天然生林での成長については，広葉樹の中でも研究事例が比較的多くみられる。天然木の資源の枯渇から，薬用の収穫を目的としたキハダの人工植栽が進められている[12]という事情

受付日　2019年12月22日
受理日　2020年２月３日

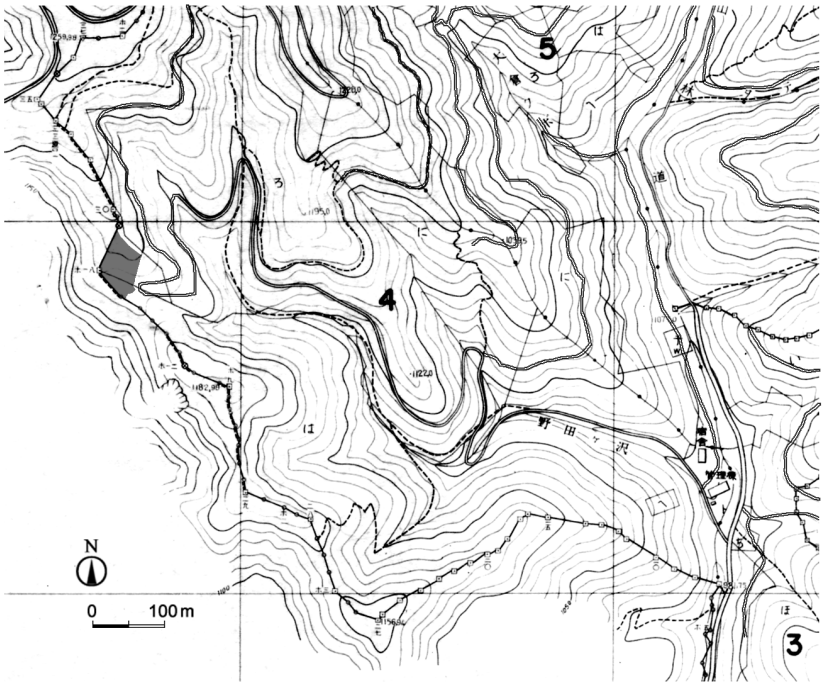

図１　実習対象地
図中の左，網掛け部分が2017年植栽の広葉樹植林地.

が背景にあるようである。キハダの生育には土壌条件とくに水分が影響し，弱湿地～適湿地（褐色森林土の Bd～ Be の土壌型）を適地とすること[9,15,17]，シラカンバ（*Betula platyphylla* var. *japonica*）と同様に攪乱への依存が強い典型的な先駆種で，スギ林の雪害地や伐採跡地にいち早く侵入して生育に強光を必要とすること[17,19]，施肥の効果が高いこと[15,17]，被圧に弱く密度管理が重要であること[8,15]，などが報告され，長野県では樹高成長曲線や収穫予測のための簡易材積表が作成されている[9]。しかし，育成の技術体系はいまだ明確でなく[12]，保育基準は確立されていない。

2019年現在，当演習林では，技術職員２名，研究支援推進員１名の計３名のみで，４つステーション演習林（構内，手良沢山，西駒，野辺山）の管理運営に携わっている。その業務に加え，構内キャンパスの緑地整備だけでなく，教育研究の補助，一般向け技術講習会の開催など，近年，社会貢献や地域貢献にまで活動が多岐に広がってきている[6,18]。このような状況下で，新植地の苗木の生育状況を逐一調査してデータ化するということまで中々手が回らない，というのが実情である。

ここで，演習林を利用した学生実習は様々あり，例えば金曜日には朝から夕方まで（バス移動の時間を差し引くと実質６時間程度）実習を実施することができる。教職員の指導下での多人数の学生実習ならば，集中的に人工（にんく，人数×日数で作業量を示したもの）を投入し，調査や作業を行うことが可能である。手良沢山演習林内で長らく手付かずだった林分のうち，学生実習によって2016年度にはコウヤマキ植林地の獣害調査と選木と間伐作業[1]，2017年度にはイチイ植林地における立木調査[3] が行われた。これらの実習を通じ，学生の班ごとに割り当てる区域の決め方によって調査量の不均等や計測ミスが生じることが明らかとなるなど[2,4]，今後の授業運営の参考になる知見も得られている。

そこで2019年度には，学生実習による広葉樹植林地の調査を試みた。信州大学農学部開講・前期金曜日の「農林フィールド実習」において，手良沢山演習林のキハダ植林地における生育調査を実施した。本報では，実習の概況と成果について報告する。

２．実習の概要

2.1　対象地

実習の対象地は，信州大学農学部附属 AFC 手良沢山演習林４林班ろ－１小班内（図１）で，演習林の西側境界（「峰山林道」の尾根近く）に位置する。標高およそ1,170～1,195 m，斜面方位は SW，すり鉢状の地形（谷側のやや凹んだ平坦地から小尾根までの斜面）で，斜面下部で基幹作業道（野田ヶ沢線）に接している。面積0.33 ha，2016年度に主伐（1926年植栽のヒノキ林と一部に天然アカマツ林）

のあと，2017年４月下旬に落葉広葉樹（キハダ，クヌギ，ケヤキ，ミズナラ）が各樹種250本ずつ（植栽密度およそ3,000本・ha^{-1}）が植栽された（0.33 ha の４等分として，キハダ植林地の面積はおよそ0.08 ha)。キハダの植栽列は，斜面に７列（Ａ列～Ｇ列)，谷側平地に11列（Ｈ列～Ｒ列）の計18列である。植栽樹種以外には，有棘植物のキイチゴ属（*Rubus* sp.）やタラノキ（*Aralia elata*）がみられる。

2.2　立木調査

信州大学農学部開講「農林フィールド実習」において，2019年７月５日に実施した。出席の学生は，森林・環境共生学コースの２年生および３年生で28名であった。教職員４名と，ティーチングアシスタントの学生（４年生）１名の計５名が指導・監督・補助に当たった。

現地に移動後，落葉広葉樹植林地の概況を観察し，調査の目的と意義および調査項目と方法を説明した。その後，７班（４名ずつ）に分け，キハダ植林地の斜面下部に配置した。調査は，斜面下部から上部へと順次を進めることとし，最初に担当した植栽列の立木調査を完了したのち，他の班が着手していない植栽列に移動して調査を行うようにした。

調査項目は生育状況と樹高である。生育状況については，生きた葉の有無，葉の着生位置，根張りの有無によって５つに分類した。計測漏れや重複計測を防ぐためと今後の植林地管理のため，調査した個体には，株元に立ててあるポール（植林の際に目印として設置したもの）に，生育状況ごとに色分けした標識テープを巻いた。生育状況の分類と色分けは以下のとおりである。

A1 ：葉あり（頂端）：白，
A2 ：葉あり（側枝）：青，
A3 ：葉あり（地際）：緑，
B1 ：葉なし（根張りあり）：赤，
B2 ：葉なし（根張りなし）：ポールを除去。

解釈としては，A1 ～ A3 は「明らかに生存」，B1 は「まだ生存している（将来萌芽する）可能性あり」，B2 は「明らかに枯死」が該当する。生育状況の調査方法は目視であり，「葉なし」の個体については苗を手で引っ張ることにより根張りの有無を確認した。樹高については大まかな調査とし，生きた葉や芽のある部位までの高さを10 cm 刻みで計測した。なお，B1，B2 の場合には樹高は「０」と記入させた。

また，作業量を把握する目的で，調査・作業の開始時刻と終了時刻を記録した。人数×所要時間から人工数を概算した。

３．実習の成果

3.1　実習の概況

「農林フィールド実習」の概況を図２に示す。手良沢山演習林事務所から調査対象地までの距離が離れているため（徒歩で片道およそ１時間)，実習の開始時刻が遅くなった。調査の概要，意義を説明したあと，立木調査は11時頃から昼休みを挟んで13時30分時頃まで（実稼働時間は約１時間）で完了した。作業量は，教職員・学生の計33名，１時間（33人×１/８日＝約4.1人工）であった。

なお，班ごとに所要時間が著しく異なるということはなく，作業量を概ね均等に割り当てることができたと思われる。また，実習中，滑落や刃物等によるケガはなく，野生鳥獣，ハチ，吸血昆虫による被害もとくになく，無事故・安全のうちに終えることができた。

3.2　立木調査

調査対象地における生育状況（A1 ～ B2）別のキハダ本数と樹高の集計表を表１に示す。現地調査において，消失も含めて計240本が確認された。生育状況別にみると，A1（葉あり，頂端）27本（11.3％)，A2（葉あり，側枝）20本（8.3％)，A3（葉あり，地際）27本（11.3％)，B1 ：(葉なし，根張りあり）87本（36.3％)，B2（葉なし，根張りなし）32本（13.3％）で，前後の位置から消失したと判断されたものが47本（19.6％）であった。枯死に該当する B2 と消失を合計すると79本（32.9％）となり，240本のうち約３分の１が枯死している（補植が必要である）ことが判明した。また，樹高は A1 ～ B2 の間の差が明らかで，A1，A2，A3，B1，B2 それぞれ平均99.3，67.5，21.1，0.2，0.0 cm，標準偏差は A1 と A2 で25 cm 前後，A3 で約12 cm，B1 と B2 でほぼ０であった。すなわち，生育状況が良好なほど，樹高は高く成長し，個体間のばらつきも大きくなる傾向が読み取れた。

植栽列ごとのキハダ立木の成立状況を表２に示す。キハダの樹高は，斜面（Ａ列～Ｇ列）と谷側平地（Ｈ列～Ｒ列）とで違いがみられ，斜面では50 cm を超える個体が顕著にみられたのに対し，谷側平地では大多数の個体が40 cm 以下であった。統計解析上，10 cm ごとの本数では「５本以下」や「０本」が多くあって問題があるため，50 cm の階級幅で（100 cm 以上，50～90 cm，０（根張りあり）～

図２　キハダ植林地における立木調査の概況

上左：調査前の説明，上右：立木調査，
下左：主軸頂端に葉のある個体（白色杭），下中央：頂端が枯死して側枝に葉のある個体（青色杭），下右：地上茎が枯死して地際から萌芽した個体（緑色杭）．

表１　生育状況別のキハダの樹高と本数

樹高 (cm)	葉あり			葉なし		消失	全体
	頂端	側枝	地際	根張りあり	根張りなし		計
140	2						2
130							0
120	7						7
110	1	1					2
100	7	4					11
90	2	1					3
80	5	2					7
70	1	2					3
60	1	3					4
50		2	1				3
40	1	3	4				8
30		1	2				3
20		1	11	1			13
10			8				8
0			1	86	32		119
本数							
計	27	20	27	87	32	47	240
%	11.3	8.3	11.3	36.3	13.3	19.6	100.0
樹高（cm）							
平均	99.3	67.5	21.1	0.2	0.0	−	
σ	23.5	26.7	12.2	2.1	0.0	−	

40 cm，０（根張りなし）および消失）樹高を大別し，斜面と谷側平地でそれぞれ本数を集計すると，表３のようになった。本数の内訳は，斜面と谷側平地との間で有意な差が見られた（χ^2検定，$p<0.002$）。χ^2検定の残差分析から，顕著な傾向として，斜面では100 cm 以上の本数が多いのに対し，谷側平地では100 cm 以上の本数が少なく（皆無），０～40 cm の本数が多いことが判明した。谷側平地

表２　位置別，植栽列ごとのキハダの樹高と本数

樹高	斜面							谷側平地											斜面		谷側平地		全体	
(cm)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	計	%	計	%	計	%
140	1			1															2	1.2			2	0.8
130																								
120		1	1	3	1	1													7	4.1			7	2.9
110	1						1												2	1.2			2	0.8
100		5	3	1		1	1												11	6.5			11	4.6
90	1						1										1		2	1.2	1	1.4	3	1.3
80					2	1	3								1				6	3.5	1	1.4	7	2.9
70	1				1											1			2	1.2	1	1.4	3	1.3
60			2			1		1											3	1.8	1	1.4	4	1.7
50							1					1						1	1	0.6	2	2.9	3	1.3
40		1	1	1	1				1	1						1	1		4	2.4	4	5.7	8	3.3
30					1		1		1										2	1.2	1	1.4	3	1.3
20		3		1	1	1	1		1	1		1	2					1	7	4.1	6	8.6	13	5.4
10	2		1	1	1	1	2												8	4.7			8	3.3
0（根張りあり）	6	5	9	8	10	7	7	4	4	4	2	3	3	6	2	2	3	2	52	30.6	35	50.0	87	36.3
0（根張りなし）		1	10		5	4	7	2		1				1	1				27	15.9	5	7.1	32	13.3
消失	10	8		7		9			1		4	2	2		2	1		1	34	20.0	13	18.6	47	19.6
計	22	24	27	23	23	26	25	7	8	7	6	7	7	7	6	5	5	5	170	100.0	70	100.0	240	100.0

のほうが斜面よりも土壌水分は多いものと推測されるものの，斜面のほうがキハダの生育が良いという状況であり，既往研究[9,15,17]とは異なる結果となっていた。本調査からは理由は不明であるが，調査対象地では標高差が最大で25 m しかないため土壌水分にあまり差がなく，斜面と平地との光条件の違いが，強光条件を要するキハダの生育により強く影響したという可能性が考えられる。なお，枯死の本数についてはいずれの立地でも全体の30％前後で，斜面61本（35.9％），谷側平地18本（25.7％）となっていた。

表３　位置別のキハダの樹高階級ごとの本数

樹高階級 (cm)	斜面 (A～G)	谷側平地 (H～R)	計
100以上	22	0	22
50～90	14	6	20
0～40	73	46	119
枯死	61	18	79
計	170	70	240

$\chi^2 = 15.809$（$p = 0.00124$）.

実習の概況と立木調査の結果は，以下のようにまとめられる。

ア）2017年植栽のキハダ植林地（面積0.08 ha，18植栽列，植栽時3,000本・ha^{-1}）において，2019年７月に学生実習による立木調査（生育状況と樹高）を実施した。キハダの生育状況は，葉の有無と着生位置，根張りの有無の組み合わせで５段階に分類された。調査は，33名，１時間（約4.1人工）で完了した。

イ）消失も含めて240本が確認され，うち79本（32.9％）が枯死（補植必要）と判断された。

ウ）樹高ごとの本数の内訳には斜面と谷側平地との間に有意差が認められ，斜面では樹高100 cm を超える個体が多く，谷側平地では樹高40以下の個体が大多数を占めた。枯死の本数の内訳は，いずれの立地でも30％前後であった。

４．今後の課題

実習を通して，以下のような点が課題として挙げられた。

まず，今年度は実習対象地が演習林事務所（学用バスの発着所）から遠かったこともあり，実習作業の実稼働時間が短く，終日の実習にもかかわらず実習対象地での滞在が２時間30分のみであった。移動中にも適宜，森林管理や地物，動植物などの観察や解説に努めたものの，主たる実習の部分には充分な時間をかけるべきである。手良沢山では８つの林班，227.82 ha の面積の山林を有しているが[6,18]，移動距離（移動時間）という制約を配慮して実習を行う場所を選定する必要がある。逆に言えば，事務所からアクセスのよい場所に，多様な実習を行えるような林分を揃えることが求められる。

また，データ入力時に調査票を確認したところ，班によって調査票への「０値」（その位置にキハダ立木が存在しない場合）の記入の仕方が異なっていたことが分かり，集計上，問題となった。備考欄に「ポール・個体なし」「無い」などの表現で記入した場合については，消失していたことが読み取れるので問題はなかった。一方，「枯死」という表現については，そこに個体あって枯死と判断したことになるので生育状況「B2」（樹高の欄に０を記入しなかった）とみなしたが，消失している状況を「枯死」と表現しただけという可能性もある。また，全くの空欄（何も記入しない）という表現もあり，この場合には欠測（調査漏れ）の可能性も否定できない。上記のような判断に迷う「０値」の記入は，

240本中計10本（4.2％）に及んだ。本報では「B2」と「消失」を枯死として合算したので，補植等の計画を立てる上では問題とならない。しかしながら，データとしての意味は異なるので，調査前に表現を統一するように指導すべきであったと反省される。

上記のように課題となる点は挙げられたものの，キハダ植林地の生育状況の概況を，本実習において短い時間で把握することができたことの意義は大きい。得られた調査結果を今後の管理に役立てるだけでなく，それを学生に見せる機会を設けて「自分たちの調査が実際に役立っている」という実感を持たせることができれば，教育上さらに有意義になると期待される。

引用文献

1）荒瀬輝夫・白澤紘明・小林　元・木下　渉・野溝幸雄・酒井敏信（2017）学生実習による演習林獣害調査および間伐の試み．信州大学農学部 AFC 報告，15：61-65

2）Arase, T., Shirasawa, H., Kobayashi, H., Kinoshita, W., Nomizo, Y. and Sakai, T. (2017) Issues in student surveys of animal-damaged trees in a research forest. The Annals of Environmental Science Shinshu University, 39 : 68-73

3）荒瀬輝夫・白澤紘明・小林　元・木下　渉・野溝幸雄・酒井敏信（2018）学生実習による演習林試験地の調査―1976年植栽イチイ試験林―．信州大学農学部 AFC 報告，16：55-60

4）Arase, T., Shirasawa, H., Kobayashi, H., Kinoshita, W., Nomizo, Y. and Sakai, T. (2018) Issues in student surveys of a permanent experimental stand in a research forest. The Annals of Environmental Science Shinshu University, 40 : 57-63

5）荒瀬輝夫・白澤紘明・小林　元・木下　渉・野溝幸雄・酒井敏信（2019）信州大学農学部 AFC 報告 17：59-63

6）第10次 AFC 演習林教育研究計画編成専門委員会編（2013）信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター　演習林第10次編成教育研究計画．信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター，南箕輪．89 pp.

7）福岡イト子（1995）アイヌ植物誌．草風館，東京．pp.189-192

8）橋詰隼人（1994）キハダの人工造林に関する研究㈢―植栽方式による成長の違い―．日本林学会関西支部論文集，3：127-130

9）片倉正行（1993）若齢キハダ人工林の成長について．長野県林業総合センター研究報告，8：11-19

10）河村寿昌・西川栄明（小泉章夫監修）（2014）原色　木材加工面が分かる樹種事典．誠文堂新光社，東京．p.19

11）木村康一・木村孟淳（1981）全改訂新版　原色日本薬用植物図鑑．保育社，大阪．pp.118-119

12）吉良今朝芳・大賀祥治・古賀信也（1993）薬用植物の生産と流通⑴黄柏の需給とキハダの人工植栽．九州大学農学部演習林報告，67：9-20

13）正木　隆・中村松三・太田敬之・大谷達也・大原偉樹・杉田久志・斎藤宗勝・神林友広・長池卓男（2003）白神山地奥赤石林道沿いのスギ・広葉樹混交林の群集構造と５年間の変化．東北森林科学会誌，8⑵：75-83

14）村山忠親（村山元春監修）（2013）増補改訂　原色　木材大事典185種．誠文堂新光社，東京．p.8

15）中川重年（1982）神奈川県高麗山におけるキハダ人工林の成長．神奈川県林業試験場研究報告，8：1-10

16）岡本拓也・荒瀬輝夫・小林　元・木下　渉・野溝幸雄・浅田賢史・熊谷市雄（2008）ヒノキ新植地における獣害の現況把握と補植苗数決定の試み．信州大学農学部 AFC 報告６：51-59

17）松田氏叔・菅井文男（1980）キハダ林の実態調査，新潟県林業試験場研究報告，23：59-70

18）信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター編（2018）信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究センター　第１次編成運営計画．信州大学農学部 AFC，南箕輪．134 pp.

19）塚原雅美・箕口秀夫（2000）新潟県のスギ人工林における定着広葉樹の樹種と立地環境特性．新潟県森林研究所研究報告，42：15-23

Survey of an afforested area with broad-leaved trees conducted as practical training for students: the case of an Amur cork forest established in 2017

Teruo Arase, Dai Otsuka, Hajime Kobayashi, Wataru Kinoshita, Yukio Nomizo and Toshinobu Sakai
Education and Research Center of Alpine Field Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

A survey of tree inventory data was conducted in a broad-leaved forest area at Terasawayama Research Forest as part of practical training for students at the Faculty of Agriculture, Shinshu University. Specifically, the growth conditions and tree height were recorded in an Amur cork (*Phellodendron amurense*) forest established in 2017 (18 rows with a density of 3,000 trees per ha in an area of 0.08 ha), in June 2019. For growth conditions, five stages (a combination of 'presence or absence of leaves', 'position of leaves' and 'presence or absence of root tension') were classified. The survey was completed by 33 people in approximately one hour. Of the 240 Amur cork trees that were counted, 79 (32.9 %) were dead and needed to be replanted. A comparison of the number of trees and tree height showed a significant difference between individuals on slopes and in flatland areas; for example, the proportion of the trees taller than >100 cm was high on slopes, while most individuals in the flatland areas were less than 50-cm. The proportion of dead trees was approximately 30% in each stand. As in most practical training exercises involving students that need to be transported to the study site, the length of time spent on the actual surveys was somewhat limited. In addition, students recorded 'null data' (i.e., the absence of a tree) using a variety of methods, which complicated the data analysis.

Key words: Terasawayama Research Forest, Practical training for students, Afforestation using broad-leaved trees, Amur cork (*Phellodendron amurense*), Surveys for collecting tree inventory data