

## 第三部

### 森林生態系保全ための緑化技術

## 第 8 章

### ニホンジカの激害地における

### 不嗜好性植物を用いた緑化の応用可能性

石田弘明・服部保

#### 要 点

- ・ニホンジカの高密度生息地域（淡路島南部）の森林伐採跡地に分布するイワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の土壤保全効果について調査を行った。
- ・裸地ではシカの採食による表層土壤の流亡が認められたが、イワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の分布地ではこのような現象は認められなかった。
- ・イワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の土壤保全効果は高いことがわかった。このことから、イワヒメワラビ、コシダ、ウラジロはシカ高密度生息地域の伐採跡地の緑化材料として有用であると考えられた。
- ・イワヒメワラビ、コシダ、ウラジロは土壤緊縛力が高い上に乾燥の厳しい立地でも優占群落を形成することができるので、これらの種は伐採跡地だけでなく人工法面の緑化材料としても利用可能であると考えられた。

**key words:** イワヒメワラビ ウラジロ コシダ 表層土壤 緑化材料

#### 8-1. はじめに

ニホンジカ *Cervus nippon*（以下、シカ）が高密度に生息する地域の森林伐採跡地では、伐採後に再生した植生がシカの採食によって退行し、その結果として伐採跡地が裸地化するという問題が発生している。裸地化した場所では土壤の流亡が起これ、植生の再生がさらに困難となり、裸地化がますます進行するという悪循環が生じている可能性がある。このような場所では、大雨の際に斜面崩壊などの土砂災害が発生する危険性が高いため、シカの高密度生息地域における伐採跡地の植生再生と土壤保全は、防災上の極めて重要な課題であるといえる。

土壤流亡を抑制するための植生工では外来牧草の種子が多用されている。しかし、高槻(2001)や三谷ほか(2005)が指摘しているように外来牧草による緑化はシカに多量の餌資源を提供することになり、シカの個体数の増加や分布域の拡大を引き起こし、事態をさらに悪化させる可能性がある。その上、外来牧草の中にはシナダレスズメガヤ *Eragrostis curvula* のように在来植物の生育に深刻な負の影響を与えるものも存在する (Matsumoto *et al.* 2000; 村中・鷲谷 2001; 村中 2005)。一方、在来植物の中には、イワヒメワラビ *Hypolepis punctata* やコシダ *Dicranopteris linearis*、ウラジロ *Gleichenia japonica* のよ

うにシカの不嗜好性が強く、シカの強度採食下にある伐採跡地で大規模な群落を形成するものがある。このような在来の不嗜好性植物は伐採跡地の緑化材料として有用である可能性が高い。そこで本研究では、シカ高密度生息地域の伐採跡地に分布するイワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の土壤保全効果を明らかにし、これらの種を用いた緑化の応用可能性について検討することを目的とした。なお、本報告は既発表データ（石田ほか 2008、印刷中）の一部を再解析してとりまとめたものである。

## 8-2. 調査地

調査地は淡路島南部の諭鶴羽山系を構成する諭鶴羽山、柏原山、三坂山に位置している（図 8-1）。諭鶴羽山系の主な地質は砂岩・礫岩・泥岩などが互層を形成する和泉層群で、最高海拔は 608m である。気候的には暖温帯に属し、年間を通じて降水量の少ない瀬戸内式気候の影響を受けている。この山系の原植生は照葉樹林であるが（矢野ほか 1977）、現在は大部分がウバメガシ *Quercus phillyraeoides* 二次林、照葉二次林、コナラ *Quercus serrata* 二次林などの二次林に覆われている。これらの二次林は放置状態に置かれており、薪炭林・農用林としての利用・管理は行われていない。諭鶴羽山系は兵庫県内で最もシカの生息密度が高い地域の一つであると言われており（兵庫県立人と自然の博物館自然・環境マネジメント研究部 2007）、その生息密度は 18 頭/km<sup>2</sup> 前後である（野生動物保護管理事務所 2000）。この密度は、シカの適正密度（自然植生にあまり目立った影響がでない密度）と言われている 3-5 頭/km<sup>2</sup>（自然環境研究センター 2000）を大きく上回っている。

調査は伐採跡地とこれに隣接する二次林（ウバメガシ群落とヤブニッケイ群落）で行った。調査対象とした伐採跡地はいずれも二次林の伐採によって形成されたものである。諭鶴羽山と柏原山の伐採跡地ではイワヒメワラビ群落を、三坂山の伐採跡地ではコシダ群落とウラジロ群落を調査対象とした（写真 8-1）。これらの伐採跡地の各所には植物がほとんど生育していない裸地も分布している。このような裸地はシカの影響によって形成されたものである。そこで本研究では、イワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の土壤保全効果を明らかにするために、伐採跡地の裸地に成立した群落（以下、裸地群落）についても調査を行った。

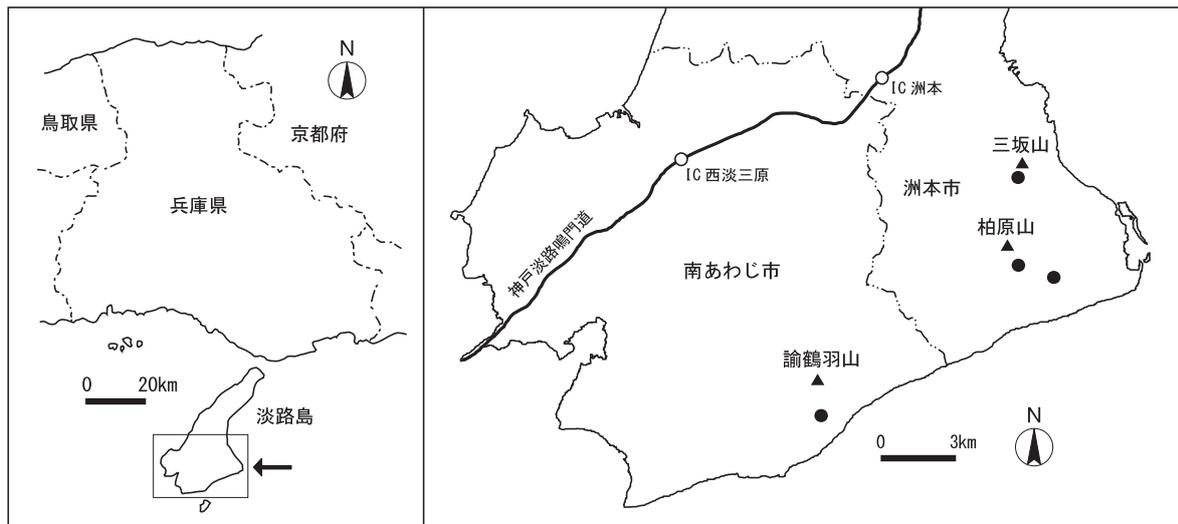


図 8-1 調査地の位置 (●)

(a)



(b)



(c)



(d)



写真 8-1 調査対象とした(a)イワヒメワラビ群落、(b)コシダ群落、(c)ウラジロ群落、(d)裸地群落

## 8-3. 方法

### 野外調査

#### 1) 諭鶴羽山と柏原山での調査

イワヒメワラビ群落、裸地群落、ウバメガシ群落、ヤブニッケイ群落に 25m<sup>2</sup> (5m×5m) の調査区をそれぞれ 22 区、19 区、24 区、12 区設置し、調査区ごとに土壌調査を行った。調査区設置場所の微地形単位は頂部斜面または上部谷壁斜面とした。調査は 2007 年 9 月から 10 月にかけて実施した。

土壌調査ではまず、調査区内の 5 ヶ所で Ao 層および L 層の厚さの測定と検土杖による土壌貫入深 (A 層の表面から検土杖の挿入限界点までの深さ) の測定を行った。次に、調査区内の 10 ヶ所で山中式土壌硬度計による表層土壌の指標硬度の測定を行った。この調査では硬度計を A 層の表面から挿入した。また、土壌の化学性を調べるために表層土壌から土壌試料を採取し、後日室内で pH(H<sub>2</sub>O)と電気伝導度を測定した。これらの調査・分析の方法は土壌環境分析法編集委員会(1997)に従った。

#### 2) 三坂山での調査

コシダ群落、ウラジロ群落、裸地群落、ウバメガシ群落に 1 m<sup>2</sup> (1 m×1 m) の調査区をそれぞれ 16 個、16 個、15 個、16 個設置し、調査区ごとに土壌調査を行った。調査区設置場所の微地形単位は上部谷壁斜面とした。調査は 2010 年 10 月に実施した。

土壌調査ではまず、調査区あたりのリター被覆率(%)を記録し、その次に調査区内の 3 ヶ所で Ao 層と L 層の厚さを測定した。また、検土杖を 1 ヶ所に挿入して土壌貫入深を測定すると共に、A 層の厚さも記録した。さらに、調査区内の 5 ヶ所で山中式土壌硬度計による指標硬度の測定を行った。この調査では硬度計を A 層の表面から挿入した。

### データ解析

上述したように、野外調査の項目と方法は①諭鶴羽山・柏原山と②三坂山の間で大きく異なっている。このため、データの解析は①と②のそれぞれに分けて行った。Ao 層の厚さや表層土壌の指標硬度などについては一つの調査区に対して複数の実測値が存在する。このようなデータの解析にあたっては、調査区ごとに実測値の平均値を算出し、この平均値を調査区の代表値として取り扱った。

#### 1) 諭鶴羽山と柏原山で収集したデータの解析

群落ごとに①Ao 層の厚さ、②L 層の厚さ、③土壌貫入深、④表層土壌の指標硬度、⑤表層土壌の pH(H<sub>2</sub>O)、⑥表層土壌の電気伝導度の平均値±標準偏差を算出し、これらの値をイワヒメワラビ群落、裸地群落、ウバメガシ群落、ヤブニッケイ群落の間で比較した。また、各変数の群落間の差を検定するために一元配置の分散分析 (One-way ANOVA) を行った。この検定による有意性が認められた後の多重比較については Scheffé の方法を適用した。以上の統計解析には SPSS 13.0J (エス・ピー・エス・エス株式会社) を使用した。

## 2) 三坂山で収集したデータの解析

群落ごとに①リター被覆率、②Ao層の厚さ、③L層の厚さ、④A層の厚さ、⑤土壌貫入深、⑥表層土壌の指標硬度の平均値±標準偏差を算出し、これらの値をコシダ群落、ウラジロ群落、裸地群落、ウバメガシ群落の間で比較した。群落間の差の検定方法は上述の方法と同じである。

## 8-4. 結果

諭鶴羽山と柏原山で行った調査の結果を表 8-1 に示す。裸地群落では Ao 層と L 層が消失する傾向が認められたが、他の群落ではこのような傾向はみられなかった。土壌貫入深の平均値をみると、裸地群落は最も低く、イワヒメワラビ群落よりも 7cm ほど低い値を示した。表層土壌の指標硬度の平均値はイワヒメワラビ群落が最も低く、イワヒメワラビ群落の表層土壌は他群落のそれよりも柔らかい傾向が認められた。pH(H<sub>2</sub>O)と電気伝導度についてはいずれの群落もよく似た値を示しており、一定の傾向は認められなかった。

表 8-1 諭鶴羽山と柏原山で行った土壌調査の結果

I：イワヒメワラビ群落、II：裸地群落、III：ウバメガシ群落、IV：ヤブニッケイ群落。数値は平均値±標準偏差。異なる上付き文字（a-e）は有意差（ $P < 0.05$ ）があることを示している。

	I n=22	II n=19	III n=24	IV n=12
Ao層 (cm)	5.1±1.5 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	4.5±1.3 <sup>ac</sup>	3.5±0.3 <sup>c</sup>
L層 (cm)	3.2±1.4 <sup>a</sup>	0 <sup>b</sup>	3.1±0.7 <sup>a</sup>	3.3±0.4 <sup>a</sup>
土壌貫入深 (cm)	23.6±6.7 <sup>ab</sup>	16.5±5.2 <sup>a</sup>	27.1±12.8 <sup>b</sup>	20.4±3.0 <sup>ab</sup>
指標硬度 (mm)	11.8±2.8 <sup>a</sup>	19.0±2.1 <sup>b</sup>	14.8±2.6 <sup>c</sup>	17.0±2.2 <sup>bc</sup>
pH(H <sub>2</sub> O)	5.0±0.4 <sup>ac</sup>	3.9±0.2 <sup>b</sup>	4.5±0.6 <sup>a</sup>	5.4±0.4 <sup>c</sup>
電気伝導度 (mS/m)	7.0±4.6 <sup>ab</sup>	8.8±1.3 <sup>a</sup>	7.1±1.4 <sup>ab</sup>	4.8±1.0 <sup>b</sup>

表 8-2 三坂山で行った土壌調査の結果

I：コシダ群落、II：ウラジロ群落、III：裸地群落、IV：ウバメガシ群落。数値は平均値±標準偏差。異なる上付き文字（a-e）は有意差（ $P < 0.05$ ）があることを示している。

	I n=16	II n=16	III n=15	IV n=16
リター被覆率 (%)	49.7±15.6 <sup>a</sup>	23.8±5.0 <sup>b</sup>	5.5±5.4 <sup>c</sup>	93.6±6.9 <sup>d</sup>
Ao層 (cm)	1.8±0.7 <sup>ac</sup>	5.4±1.8 <sup>b</sup>	0.9±0.2 <sup>c</sup>	3.2±0.5 <sup>a</sup>
L層 (cm)	1.5±0.6 <sup>a</sup>	2.5±0.6 <sup>b</sup>	0.9±0.2 <sup>c</sup>	3.0±0.5 <sup>b</sup>
A層 (cm)	4.1±0.8 <sup>a</sup>	5.7±0.9 <sup>a</sup>	0±0 <sup>b</sup>	4.8±1.9 <sup>a</sup>
土壌貫入深 (cm)	29.6±4.8 <sup>a</sup>	32.2±3.6 <sup>a</sup>	14.1±4.9 <sup>b</sup>	26.4±3.7 <sup>a</sup>
指標硬度 (mm)	11.1±2.2 <sup>ac</sup>	8.6±2.5 <sup>a</sup>	20.9±3.1 <sup>b</sup>	13.0±2.9 <sup>c</sup>

次に、三坂山で行った調査結果を表 8-2 に示す。Ao 層と L 層をみると、コシダ群落と裸地群落の平均値はよく似ており、他の群落のそれよりも有意に低かった。しかし、A 層はコシダ群落と裸地群落で大きく異なっていた。すなわち、裸地群落では A 層が消失する傾向が認められたが、コシダ群落ではこのような傾向はみられなかった。また、コシダ群落の平均値はウラジロ群落、ウバメガシ群落のそれとよく似ており、群落間の有意な差はみられなかった。土壌貫入深についても、裸地群落は他の群落よりも有意に低い値を示したが、他の群落の間では有意な差は認められなかった。表層土壌の指標硬度をみると、裸地群落の平均値は他の群落のそれよりも有意に高かったが、コシダ群落とウラジロ群落の平均値はウバメガシ群落のそれよりも有意に低かった。

## 8-5. 考察

### 不嗜好性植物群落の土壌保全効果

土壌条件は地質条件や地形条件の影響を強く受けることがよく知られている（小館・中西 1986; 小館ほか 1990; Kikuchi & Miura 1993; Sakai & Ohsawa 1994; Nagamatsu & Miura 1997）。しかし、調査地の地質条件と地形条件はよく似ており、これらの条件が群落間の土壌の相違に関係している可能性は低い。また、二次林が伐採される前の伐採跡地の土壌はその隣接地に分布する二次林の土壌とほぼ同じ構造・性質を有していたと考えられるので、伐採跡地の土壌と二次林の土壌の違いは二次林の伐採後に生じた可能性が高い。

論鶴羽山・柏原山の調査結果をみると、裸地群落では表層土壌が流亡していることがわかる（表 8-1）。このような現象はシカの影響に起因しているといえる。しかし、イワヒメワラビ群落は二次林（ウバメガシ群落、ヤブニッケイ群落）と同様の表層土壌を有しており、シカの影響による表層土壌の流亡は認められなかった。一方、三坂山の調査結果をみると、裸地群落では、論鶴羽山・柏原山の調査結果と同じようにシカの影響による表層土壌の流亡が認められた（表 8-2）。しかし、コシダ群落とウラジロ群落ではこのような現象は認められなかった。これらの結果は、イワヒメワラビ、コシダ、ウラジロの繁茂が伐採跡地の土壌流亡を抑制していることを示している。

表層土壌の指標硬度の調査結果から、イワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の表層土壌は二次林のそれよりも柔らかい傾向にあることが明らかになった（表 8-1、表 8-2）。このような表層土壌の硬度の違いにはイワヒメワラビ、コシダ、ウラジロの地下茎の作用が大きく関係していると考えられる。つまり、これらの種の地下茎は地表近くを長く匍匐し、ところどころで分岐しながら網目状に分布を拡大していくため（岩槻 1992、写真 8-2）、このような地下茎の動きが表土を耕す効果を生み、その結果としてこれらの群落の表層土壌が柔らかくなったと考えられる。

以上の結果から、イワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の土壌保全効果は高く、これらの群落は伐採跡地の土壌保全に大きく寄与していると結論づけられる。



写真 8-2 イワヒメワラビの地下茎の分布状況

#### 不嗜好性植物を用いた緑化の応用可能性

本研究の結果、イワヒメワラビ群落、コシダ群落、ウラジロ群落の土壤保全効果は高いことが明らかになった。このことから、イワヒメワラビ、コシダ、ウラジロはシカ高密度生息地域の伐採跡地の緑化材料として有用であると評価することができる。伐採跡地の広い範囲にこれらの種の優占群落を形成することができれば、伐採跡地の土壤流亡は大幅に抑制され、土砂災害のリスクも軽減されると考えられる。ただし、緑化だけで斜面の安定が図れない場合（急傾斜地や基盤がゆるい場所など）には、柵工や枠工などの緑化補助工を併用することが必要である。

高槻(2001)は、シカの生息地域では外来牧草を用いた人工法面の緑化がシカに多量の餌資源を提供することになり、このことがシカの個体数の増加や分布域の拡大を引き起こす可能性があるとして指摘している。このような事態を回避するためには、シカの不嗜好性植物でかつ土壤緊縛力が高く、また乾燥にも強い植物を人工法面の緑化に用いることが必要であろう。イワヒメワラビ、コシダ、ウラジロは土壤緊縛力が高い上に乾燥の厳しい立地でも優占群落を形成することができるので、これらの種は伐採跡地だけでなく人工法面の緑化材料としても利用可能と考えられる。柏原山の山頂付近でみられる道路の法面は自然性のイワヒメワラビ群落によって覆われているが（写真 8-3）、このことは、イワヒメワラビによる人工法面の緑化が有効であることを雄弁に物語っている。



写真 8-3 柏原山の道路法面に成立したイワヒメワラビ群落

## 謝辞

本研究には、日本学術振興会科学研究費補助金（若手研究 B 課題番号 21780025）の一部を使用しました。

## 引用文献

- 土壤環境分析法編集委員会(編) (1997) 土壤環境法. 博友社, 東京.
- 兵庫県立人と自然の博物館自然・環境マネジメント研究部(編) (2007) 兵庫県における大・中型野生動物の生息状況と人との軋轢の現状. 兵庫県立人と自然の博物館, 兵庫, 88pp.
- 石田弘明・服部保・小舘誓治・黒田有寿茂・澤田佳宏・松村俊和・藤木大介 (2008) ニホンジカの強度採食下に発達するイワヒメワラビ群落の生態的特性とその緑化への応用. 保全生態学研究 13:137-150.
- 石田弘明・山名郁実・小舘誓治・服部保 (2012) 淡路島の森林伐採跡地に分布する外来木本ナンキンハゼ群落の生態的特性と成因. 植生学会誌: 印刷中.
- 岩槻邦男(編) (1992) 日本の野生植物 シダ. 平凡社, 東京.
- Kikuchi T, Miura O (1993) Vegetation patterns in relation to micro-scale landforms in hilly land regions. *Vegetatio* 106: 147-154.
- 小舘誓治・中西哲 (1986) 太山寺の照葉樹林と地形および土壌との関係. 神戸大学教育学部研究集録 77: 113-130.
- 小舘誓治・高橋竹彦・東順三 (1990) 鞍居神社(兵庫県赤穂郡)の照葉樹林における地形およ

- び植生と土壌との関係(I). 神戸大学農学部研究報告 19:45-55.
- Matsumoto J, Muraoka H, Washitani I (2000) Whole plant carbon gain of an endangered herbaceous species *Aster kantoensis* and the influence of shading by an alien grass *Eragrostis curvula* in its gravelly floodplain habitat. *Annals of Botany* 86: 787-797.
- 三谷奈保・山根正伸・羽山伸一・古林賢垣 (2005) ニホンジカ(*Cervus nippon*)の採食行動からみた緑化工の保全生態学的影響—神奈川県丹沢山地塔ノ岳での一事例. 保全生態学研究 10: 53-61.
- 村中孝司 (2005) 外来種の侵入が在来種の生育や生物多様性に及ぼす影響について. 植生情報 9: 79-87.
- 村中孝司・鷺谷いづみ (2001) 鬼怒川砂礫質河原における外来牧草シナダレスズメガヤの侵入と河原固有植物の急激な減少：緊急対策の必要性. 保全生態学研究 6: 111-122.
- Nagamatsu D, Miura O (1997) Soil disturbance regime in relation to micro-scale landforms and its effects on vegetation structure in a hilly area in Japan. *Plant Ecology* 133: 191-200.
- Sakai A, Ohsawa M (1994) Topographical pattern of the forest vegetation on a river basin in a warm-temperate hilly region, central Japan. *Ecological Research* 9: 269-280.
- 自然環境研究センター(編) (2000) 特定鳥獣保護管理計画技術マニュアル(ニホンジカ編). (財)自然環境研究センター, 東京.
- 高槻成紀 (2001) シカと牧草—保全生態学的な意味について. 保全生態学研究 6: 45-54.
- 矢野悟道・竹中則夫・大川徹・高橋竹彦・高橋洋子 (1977) 淡路島南部の植生. 淡路島南部地域植生調査研究会, 兵庫.
- 野生動物保護管理事務所 (2000) 平成 11 年度兵庫県野生鹿生息動態調査業務報告書. (株)野生動物保護管理事務所, 兵庫.