

京都府冠島におけるオオミズナギドリ影響下の森林の群落構造

糟 谷 信 彦・竹 内 さゆり・吉 安 裕・中 尾 史 郎

Community structure of forests disturbed by *Calonectris leucomelas* on Kanmurijima Island, Kyoto Prefecture, Japan

Nobuhiko KASUYA, Sayuri TAKEUCHI, Yutaka YOSHIYASU and Shiro NAKAO

要 旨：オオミズナギドリの繁殖地である京都府舞鶴市冠島において植生・土壌調査を行い、冠島の森林の群落構造について調査を行った。調査林分は、島嶼という孤立した環境であること、オオミズナギドリの営巣活動が盛んであったことからいずれも種多様性が低く、また極相樹種であるタブノキの後継樹となる小・中径木が少なく、タブノキ林が退行遷移を起こしやすい状態であることがわかった。タブノキの代わりに先駆的な樹種であるアカメガシワやヤブニッケイの小・中径木が多く確認され、タブノキ林に多く侵入していることが明らかになった。タブノキの林冠木が欠如した際、これらの樹種が一時的にギャップを埋める役割を果たし、再びタブノキ林へ遷移していく可能性が示唆された。また表層土壌の pH は 1983 年当時と同じく 3.5 ～ 4.2 程度と通常より低かったが、表層土壌の C/N 比の結果から土壌の肥沃度が比較的高いことが明らかになり、これがタブノキ林が長期間群落を維持していくうえで重要な役割を果たしていることが推察された。

(2012 年 9 月 28 日受理)

はじめに

京都府舞鶴市冠島は、対岸の舞鶴市成生岬から北北西に約 9.3km 離れており、若狭湾の西方に孤立する無人島である。島は南北に細長く、周囲は約 3.9km、総面積は約 22.3ha であり、島頂の標高は 169.7m である。古来より航海者、漁業者の標識、避難地として管理されており、南部平地の神社では沿岸漁業者の厚い信仰から毎年夏季に御礼参りが行われている。冠島に生息するオオミズナギドリの営巣、繁殖の状況は比類稀なものとして、大正 12 年 12 月 9 日に島自体が天然記念物に指定され、一層保護されて現在に至っている。冠島の動植物相については 1928 年から 1956 年にかけて精力的に調査されており（丹, 1956）、鳥類については冠島調査研究会による年 2 回の定期調査が近年実施されているが、その他動植物に関する調査は 1982 年と 1999 年にそれぞれ数日間だけ実施されたにすぎない（前迫, 1985；前迫, 1999）。文化財保護法の適用により通常は上陸が禁止されているため、人為的な環境改変がほとんど行われず、生態遷移の進行が自然をとどめていること、加えてオオミズナギドリ生息の影響を大いに受けていることから、独自の生態系を示し、動植物相の調査に適した場所であるといえる。

冠島は遠望すると冠状でほとんど山地であるが、南端には狭い平地を有し、平地の南西部には湿地帯がある。植生を代表する群落はタブノキ林で、尾根・山腹・平地等島の主要な部分はタブノキが優占している（関西総合環境センター, 1983）。タブノキ林において特徴的な点はその森林構造であり、特に山腹から山頂に至るタブノキ林の林床ではオオミズナギドリの営巣活動による植生の破壊が著しく、タブノキ林が退行遷移を起こしていることが指摘されている（関西総合環境センター, 1983）。また山頂近くには根上がりを起こした樹木が多数確認されており、オオミズナギドリの営巣活動によって土壌流出が進んでいることを示している。

しかし、このような厳しい環境や無人島という孤立条件の下であっても、タブノキ林が何らかの生存戦略を持ち、長い間その群落を維持してきたことは事実である。本研究では冠島の植生・土壌に関する最新のデータを集め、主要構成種であるタブノキ林を含むいくつかの群落で毎木調査を行い、種組成・サイズ分布・種多様性の側面から、その森林構造について明らかにすることを目的とした。

調査地及び方法

現地調査

2012年7月13日、9月10日、9月21日の計3回に渡って調査を行い、地形条件の異なる3つの調査区を設定した。各調査区の概要は表1に示した。7月13日は標高約40mの斜面に位置するアカメガシワ群落、9月10日は船着場付近のタブノキーアカメガシワ群落、9月21日は同じく船着場付近のタブノキーヤブニッケイ群落に調査区を設定した。胸高直径（DBH）2cm以上の樹木を対象に毎木調査を行い、種名とDBHを記録し、同時に下層植生を含めた植生概観についても記録した。

土壌調査

各調査区内の4角と中央付近の計5ヶ所でそれぞれ5回ずつ土壌硬度計（大起理化、DIK-5553）による測定を行い、土壌の硬さについて調べた。また、各調査区のA層から土壌サンプルを持ち帰って重さを量り、乾燥させて乾重から含水率・含水比を算出した。礫・細根・細土・大型有機物に分けてその割合を調べ、pH測定器を用いて風乾細土からpH値（H₂O）を測定した。同じく風乾細土から、CNコーダー（ヤナコMT-700型Mark II）を用いて炭素含有率・窒素含有率・炭素率（C－N比）を測定し、土壌肥沃度について考察した。

群落構造の解析

森林構造については、各調査区のDBHの頻度分布をヒストグラムに示した。分布の特徴を数値化するものとして前迫（1985）にならい、次式から歪度（Skewness）を算出した。

$$Sk = \{ \sum (X - \bar{X})^3 / (N - 1) \} / (SD)^3$$

ここでXはDBH、Nは個体数、SDは標準偏差を表す。分布の左右対称性を示し、Sk = 0は左右対称、Sk < 0は右に偏った分布、Sk > 0は左に偏った分布であることを示す。

また、種多様性を表す指数としてSIMPSONのDを種数及び個体数から算出した。各調査区の種組成は胸高断面面積比（%）で示し、この値を相対優占度として優占度－種順位曲線を描いた。

結果と考察

植生調査

各調査区の写真を図1～3に示す。アカメガシワ群落は樹冠の重なりが少ない上にオオミズナギドリの巣密度が高く、下層植生はイタドリやヨウシュヤマゴボウが局所的に生育している程度で、林床の貧化が見受けられた。タブノキーアカメガシワ群落では林床に巨礫が多かったため、オオミズナギドリの巣は発達しておらず、テイカカズラ・ムサシアブミ・ネザサ・キツタ等の下層植生が

表1 調査地の概要

	アカメガシワ群落	タブノキーアカメガシワ群落	タブノキーヤブニッケイ群落
調査日	7月13日	9月10日	9月21日
大きさ	10m × 20m	15m × 20m	11m × 11m
斜度	28°	1°	1°
備考	斜面上	南東岸付近	南東岸付近



図1 アカメガシワ群落（2012年7月13日撮影）



図2 タブノキーアカメガシワ群落（2012年9月10日撮影）

みられ、タブノキやアカメガシワの稚樹もわずかに確認された。距離が近く林床がより暗いタブノキ・ヤブニッケイ群落においてもオオミズナギドリの巣は発達しておらず、テイカカズラ・ムサシアブミ・トベラ・ヘクソカズラ等の豊富な下層植生がみられた。



図3 タブノキ・ヤブニッケイ群落 (2012年9月21日撮影)

森林構造

各調査区において、種毎に区分けした DBH のヒストグラムを図4に示す。また、DBH の測定結果を元に算出した胸高断面積から調査区毎に胸高断面積合計 (m²/ha) を求め、図5に表す。歪度 Sk はいずれの調査区でも 0 以上の値であり、左側に分布が偏っていることがわかる。

胸高断面積合計の最も低いアカメガシワ群落では、確認された樹種はアカメガシワのみであり、DBH22cm 以上に数本みられるが、DBH6～8cm の小径木が最も多く確認された。歪度の最も大きいタブノキ・アカメガシワ群落では、DBH54cm 以上のタブノキの大径木が数本みられるものの、後継樹となるべきタブノキの中径木・小径木はほとんどみられなかった。DBH2～30cm 階にはモチノキが数本みられた他、ヤブニッケイ・アカメガシワ・トベラ・アオキ・ヤブツバキといった樹種が多く確認された。DBH30～54cm 階ではどの樹種についても確認されなかった。胸高断面積合計が最も高く、また歪度の最も小さいタブノキ・ヤブニッケイ群落では、DBH32cm 以上のタブノキ・シロダモが数本みられた。DBH4～12cm 階にトベラ・ヤブツバキがみられた他、DBH4～36cm 階にヤブニッケイが比較的連続して確認され、3つの調査区の中で最も階層構造が発達していた。

種多様性

各調査区の種多様性を SIMPSON の種多様度指数 D を用いて算出し、表2に示す。アカメガシワ群落ではアカメガシワのみが優占していたため種多様度は 0 であるが、タブノキを含む2つの調査区の平均値は 0.62 ± 0.15 であった。以前に冠島で行われた調査 (前迫, 1985) では

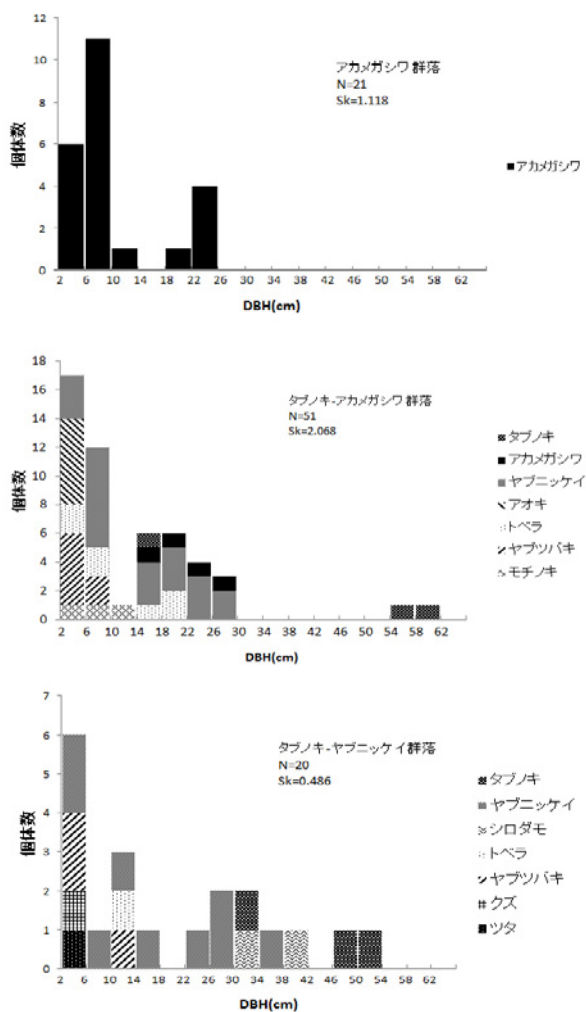


図4 各調査区における DBH ヒストグラム
図中の N は個体数, Sk は歪度を表す。

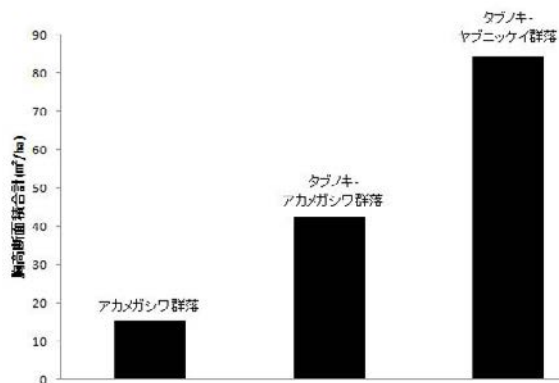


図5 胸高断面積合計

樹高 2m 以上の個体によって算出された D の全調査区の平均値は 3.46 ± 0.94 であり、種多様性が低いと考察されているが、この値に比べて本調査区の種多様性はさらに低かった。

各調査区に出現する樹種の相対優占度を胸高断面積比(%)で表し表 3 に示す。相対優占度 10% 以上の種はタブノキ・ヤブニッケイ・アカメガシワ・シロダモの 4 種であり、ヤブツバキ・トベラ・アオキ等の相対優占度はいずれも 10% 以下と低い値であった。また優占度－種順位曲線を調査区毎に描き、図 6 に示す。BAZZAZ (1975) らは遷移に伴う曲線の推移について等比級数則から対数正規則への変化を指摘し、沼田 (1956) は層別化あるいは悪立地条件下において等比級数則が成立すると指摘している。本調査区ではアカメガシワ群落を除いてやや等比級数則に適合する構造を示し、遷移途中の林分であることが伺える。

土壌調査

各調査区の土壌硬度計による測定結果を図 7 に示す。値が高いほど硬度が高いことを示し、アカメガシワ群落は他の 2 調査区より有意に高い値 ($P < 0.001$) となった。しかしタブノキを含む群落では岩の露出している場所が多く、土壌貫入計による測定を行いにくい状態であり、土壌層の浅さが伺えた。

また、各調査区の含水比を図 8、土壌組成(重量比)

表 2 種多様度指数 D

	アカメガシワ 群落	タブノキー アカメガシワ 群落	タブノキー ヤブニッケイ 群落
Simpson's D	0	0.6692	0.5742

表 3 相対優占度 (%)

	アカメガシワ 群落	タブノキー アカメガシワ 群落	タブノキー ヤブニッケイ 群落
アカメガシワ	100	11.2	—
タブノキ	—	43.8	56.1
ヤブニッケイ	—	34.7	31.7
シロダモ	—	—	10.1
トベラ	—	7.2	0.8
ヤブツバキ	—	1.1	1.3
モチノキ	—	1.3	—
アオキ	—	0.6	—

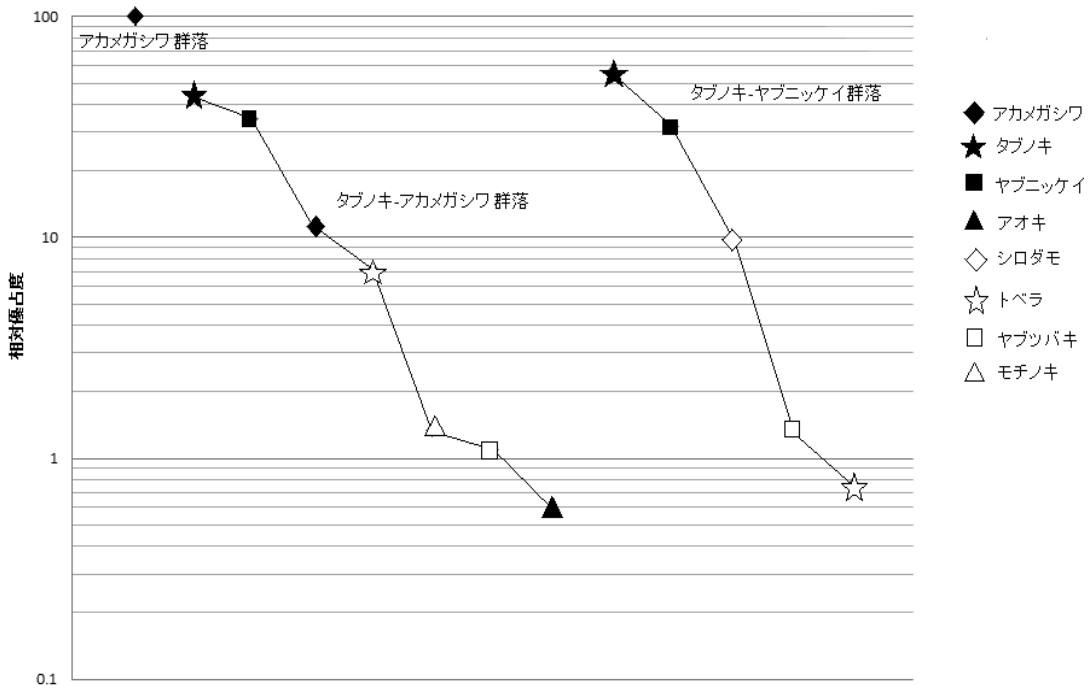


図 6 優占度－種順位曲線

を図9に示す。含水比はタブノキを含む2つの群落アカメガシワ群落よりも有意に高い値 ($P < 0.05$) を示した。アカメガシワ群落はリターがほとんどみられないため大型有機物が含まれておらず、下層植生も発達していないため細根の割合が最も低かった。代わりに礫・細土の割合が高く、含水率は最も低い値を示した。タブノキを含む2つの群落は似通った組成を示し、大型有機物を含みアカメガシワ群落より礫・細土の割合が低く、含水率は高くなった。

土壌の化学性について分析を行い、各調査区の土壌 pH 値の測定結果（繰り返し数5）を図10に示す。調査区間内で pH 値に有意差はみられず、いずれも以前に冠島で行われた調査（関西総合環境センター，1983）で得られた結果（アカメガシワ林で3.50，タブノキ林で3.80，4.20）と同様に低い値を示した。

次に、各調査区土壌の炭素含有率、窒素含有率、炭素率（C/N 比）の測定結果（繰り返し数5）をそれぞれ図11～13に示す。炭素含有率は土壌中の有機物量を示す

指標であるが、森林土壌の一般的な含有率は A 層で 4～15% 程度である（河田・小島，1976）。本研究ではアカメガシワ群落の炭素含有率が他の2つの調査区より有意に低い値 ($P < 0.001$) を示しているが、いずれも高い値を示し、土壌は比較的有機物を多く含んでいるといえる。窒素含有率は土壌の肥沃度の指標として重要な要素であり、森林土壌の一般的な含有率は A 層で 0.3～1.0% 程度である（河田・小島，1976）。炭素含有率と同様に、アカメガシワ群落の含有率が他の2つの調査区より有意に低い値 ($P < 0.001$) を示しているが、いずれも高い値を示し、土壌は比較的肥沃であるといえる。炭素率（C/N 比）は有機物分解の程度と質を評価するうえで重要な指標であり、分解前は概ね 40～80 の値を示し、分解が進むにつれて 10 に近い値で落ち着くと考えられている（関西総合環境センター，1983）。今回の調査区は、炭素率が 11.9～14.2 であったことから、いずれも分解が進んだ土壌であるといえよう。

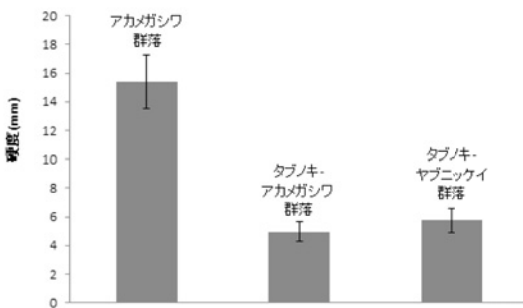


図7 土壌硬度調査結果
図中のバーは標準誤差を表す。

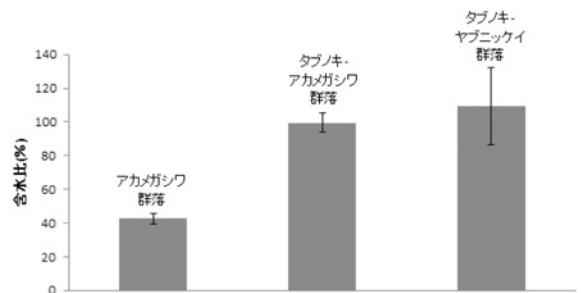


図8 含水比測定結果
図中のバーは標準誤差を表す。

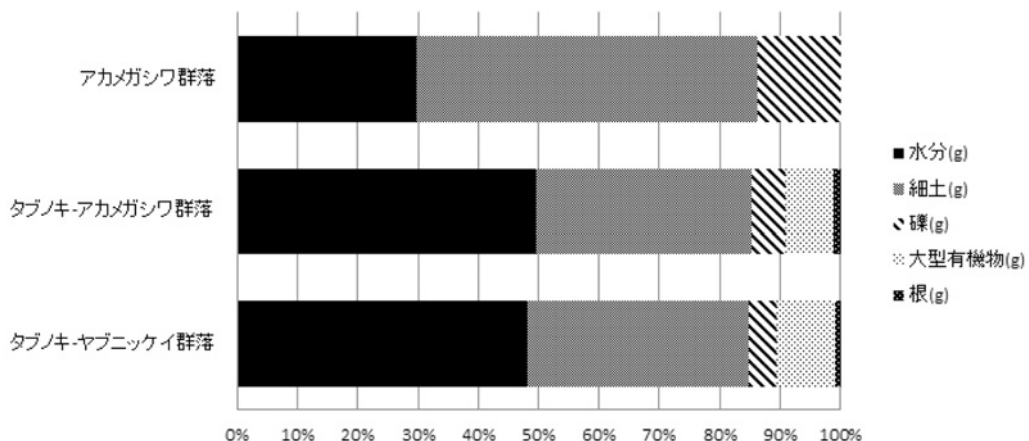


図9 土壌組成（重量比）

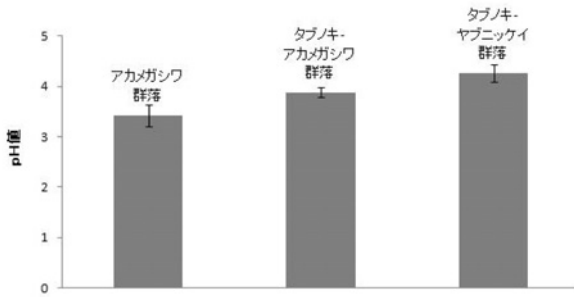


図 10 各調査区における pH 値
図中のバーは標準誤差を表す。

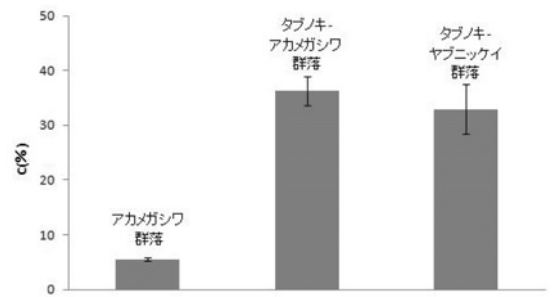


図 11 各調査区における炭素含有率
図中のバーは標準誤差を表す。

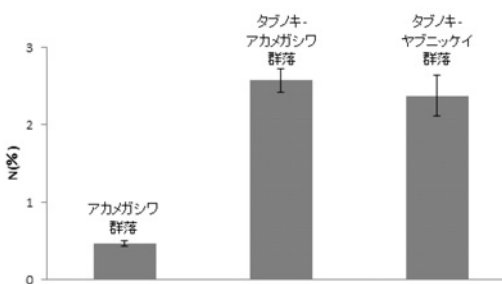


図 12 各調査区における窒素含有率
図中のバーは標準誤差を表す。

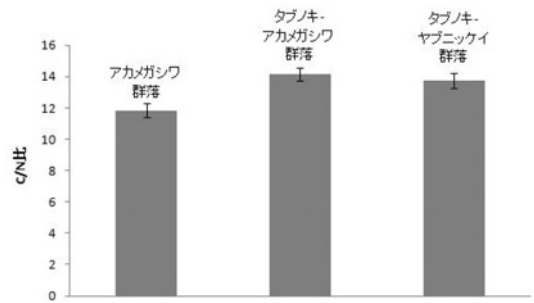


図 13 各調査区における炭素率 (C/N 比)
図中のバーは標準誤差を表す。

結論

本研究では、各調査区の種多様性はいずれも低い結果となり、島嶼という孤立した林分で、かつ林床にオオミズナギドリの攪乱が加えられていることが最大の理由として考えられる。オオミズナギドリの巣密度が高いアカメガシワ群落の下層植生が、巣密度の低い他の調査区と比較して明らかに発達していなかったことから、オオミズナギドリの営巣活動が植生貧化へ大きな影響を与えていることが伺える。またタブノキを含む群落ではタブノキの相対優占度が高く、タブノキ大径木の存在が安定して確認されたものの、後継樹となるべき中径木・小径木はほとんどみられず、タブノキの退行遷移が憂慮されるに至った従来の研究とはほぼ同じ結果を示した。

しかしタブノキの中径木・小径木が少ない代わりに、アカメガシワやヤブニッケイといった樹種が多く確認されたことは特徴的であった。特にアカメガシワは先駆的で成長速度が速く、寿命が短いため一時的にギャップを埋める役割を果たし、冠島内全体でみられることが指摘されており（前迫，1985），今回の調査ではアカメガシワのみが優占する群落も調査区に含まれている。タブノキ林が厳しい環境の下でも長い間群落を維持することができた理由の一つとして、タブノキの林冠木が欠如した

際、ギャップにアカメガシワやヤブニッケイが一時的に侵入し、遷移の過程で漸増して一定の種多様性を維持し、再びタブノキ林へ遷移することを可能にしているのではないかということが挙げられる。タブノキ成熟林周辺の先駆的な樹種の林分がタブノキ林に遷移していく可能性はこれまでの研究においても示唆されており（中田・林田，1996），タブノキ成熟林では反対にタブノキの稚樹はほとんど生育していないことが明らかになっている。また、オオミズナギドリの糞による施肥の影響であるかは明確ではないが、土壌の肥沃度は比較的高い結果となった。これが植物の成長に良好な影響を与え、土壌流出による根上がりが発生しやすい環境においても、群落を維持することができた理由の一つであると推察される。

謝辞

現地調査を行うにあたり、協力して頂いた森林資源循環学研究室の方々、また CN コーダーの使用を許可してくださった森林植生学研究室の方々、各位に謝意を表し、厚く御礼申し上げます。この度の冠島での上陸調査については文化庁、財務省近畿財務局、京都府教育委員会、舞鶴市教育委員会、ならびに舞鶴市大字野原、三浜および小橋小字大嶋の各地区関係各位のご理解により、許可を

得て実現したことを記し、ここに皆様に厚く御礼申し上げます。末筆ながら、平成 23 年度および平成 24 年度 京都府立大学地域貢献型特別研究における研究機会をくださった関係各位に謝意を表する。

参考文献

- Bazzaz, F.A. (1975) Plant species diversity in old-field successional ecosystems in southern Illinois. *Ecology*, 56: 485-488
- 関西総合環境センター (1983) 冠島動植物調査報告書. 73pp
- 河田弘・小島俊郎 (1976) 環境測定法Ⅳ 森林土壌, 166pp. 共立出版
- 黒田悠三ら (2012) 京都府冠島におけるアカマダラハナムグリの初記録とカンムリセシジゲンゴロウの再発見, 京都府大学報・生命環境 64
- 前迫ゆり (1985) オオミズナギドリ影響下における冠島のタブノキ林の森林構造, 日本生態学会誌 35: 387-400
- Maesako, Y (1999) Impacts of streaked shearwater (*Calonectris leucomelas*) on tree seedling regeneration in a warm-temperate evergreen forest on Kamurijima Island, Japan. *Plant Ecology*, 145: 183-190.
- 前迫ゆり (2005) 土中営巣性海鳥オオミズナギドリと植生との関係, 植生情報 9: 48-53
- 中田香玲・林田光裕 (1996) 北限域のタブノキ成熟林とその周辺のクロマツ林におけるタブノキの更新, 東北森林科学会誌 1: 9-14
- 沼田真 (1956) 雑草群落の発達－第二次遷移の初期段階の解析Ⅱ, 日本生態学会誌, 6: 89-93
- 丹信実 (1956) 京都府冠島の生物, 113 pp. 平安学園教育研究会
- Simpson, E.H. (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688