

資料

三宅島の溶岩上の植生遷移と植生模型の製作

小幡和男*・上條隆志**

(2020年8月6日受理)

Plant Succession on Volcanic Lava in Miyake-jima
and Construction of Vegetation Models

Kazuo OBATA* and Takashi KAMIJO**

(Accepted August 6, 2020)

Key words: Miyake-Jima, plant succession, vegetation models.

はじめに

ミュージアムパーク茨城県自然博物館では、2018年7月7日から9月17日までの会期で第72回企画展「火山列島・日本ー大地との語らいー」を開催した。企画展では、火山における植生遷移を分かりやすく来館者に紹介することを目的に、三宅島において、火山溶岩上の植生遷移を調査し、さく葉標本、植生模型、写真、調査データ等を展示した。特に、植生模型については、来館者が植生遷移という現象をイメージしやすいように、調査データに基づいて精密な縮小模型を製作した。

本報は、植生遷移の調査結果の報告とこれに基づく植生模型製作過程の記録を目的とした。

調査地について

植生遷移には一次遷移と二次遷移がある。火山の溶岩上で起こる植生遷移は典型的な一次遷移で、植物や土壌がまったくない状態から始まる遷移である。これに対して二次遷移は、山火事跡地や放棄畑など土壌や種子などの植物体があらかじめ存在する状態から始ま

る遷移である。両者は植生の発達速度や植物と無機的環境の相互作用などが大きく異なる(上條, 2010)。

火山溶岩上の一次遷移はその進行が極めて遅く、一定の場所で一人の人間がその現象を観察することはできない。そこで、成立年代が異なる立地を選び、植生を相互比較するクロノシーケンス研究と呼ばれる手法がある(上條, 2010)。この方法を用いた日本の火山島での研究として、Tezuka (1961) は、立地の成立年代と植生の発達度合いを基にして、伊豆大島の一次遷移と土壌の発達過程を示した。Tagawa (1964) は、鹿児島県桜島において、成立年代の異なる溶岩原上の植生を比較して、一次遷移系列とその進行に要する年数を推定している。三宅島における研究として、Hiroki and Ichino (1993) は1962年と1874年の溶岩流上のオオバヤシャブシ、タブノキ、スダジイに着目し、種子散布様式が遷移の進行に重要であること示唆している。さらに、Kamiyo *et al.* (2002) は、1983年、1962年、1874年、さらに800年以上大きな噴火の影響を受けていない立地上で、遷移の進行と土壌栄養塩の関係を詳しく論じている。服部ほか(2012)は、桜島におけるTagawa (1964)の研究をもとに、遷移の進行にかかる時間を再検証している。

*ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan).

**筑波大学生命環境系 〒305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1 (Faculty of Life and Environmental Sciences, University of Tsukuba, 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305-8577, Japan).

三宅島では、島の中腹からふもとにかけて流出した噴火年代の異なる溶岩流が分布しており、降水量や温度などの環境条件をほぼ一定にして遷移の研究をすることができる（上條, 2010）。その溶岩流の代表的なものは、① 1983 年、② 1962 年、③ 1874 年の溶岩流がある（Kamijo *et al.*, 2002）。本研究では、この3世代の溶岩上の植生と、さらに 1983 年の溶岩上で海岸に近いため遷移の進行が遅れている場所④、さらに Kamijo *et al.* (2002) が対象としていなかった 1000 以上前と推定される溶岩上（姉ヶ渚溶岩上（津久井ほか, 2005）、現在は姉川神社）を④として加えて、5カ所に調査プロットを設置して5段階の植生を調査した（図1、表1）。

調査方法

各調査地に 20 m × 20 m の調査プロットを設置し、枠内に生育する維管束植物を対象に調査を実施した。

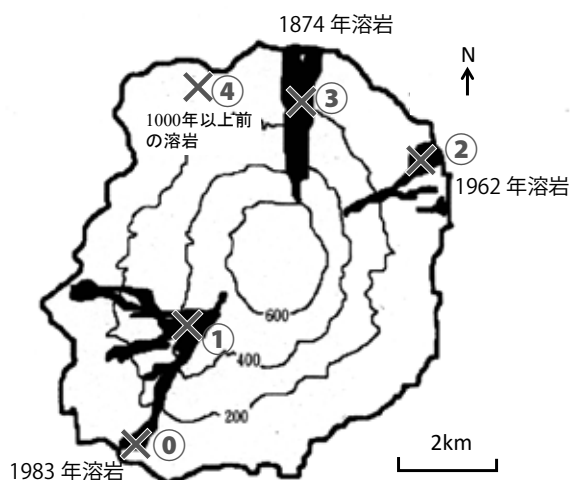


図1. 調査プロットの位置と三宅島の主な溶岩流（Kamijo *et al.* (2002) をもとに作図）。

Fig. 1. Location of the survey plots and major lava flows on Miyake-jima (drawing based on Kamijo *et al.* (2002)).

表1. 調査プロットの位置のデータ。

Table 1. Local data of the survey plots.

調査プロット	住所	溶岩の年代	緯度	経度	標高 (m)
プロット⑤	三宅村阿古	1983年溶岩（海岸、遷移の進行が遅い）	北緯34度1分52秒	東経139度17分41秒	53
プロット①	三宅村雄山	1983年溶岩（中腹）	北緯34度2分33秒	東経139度18分11秒	424
プロット②	三宅村赤場暁	1962年溶岩	北緯34度3分44秒	東経139度19分58秒	27
プロット③	三宅村神着	1874年溶岩	北緯34度3分53秒	東経139度18分55秒	174
プロット④	三宅村神着	1000年以上前の溶岩	北緯34度4分13秒	東経139度18分10秒	69

樹高 5 m 以上の木本については、幹および樹冠の位置、樹高、胸高直径を記録し、現場で樹冠投影図を作成した。樹高 5 m 未満の木本と草本については出現種を記録した。

調査は、2018 年 4 月 13、14 日に実施した。

植生調査の結果と考察

各調査プロットに出現した植物を表2に示した。この調査で43種の維管束植物の生育を確認した。プロット⑤から④にかけて、遷移の進行に伴って出現する植物の種類と種数が変化しているのが分かる。種数については、1962年の溶岩上のプロット②で22種と最も多くなり、その後の種の移り変わりはあるが種数はほとんど変化していない。

各調査プロットの植生の概要について以下に述べる。

プロット⑤ オオバヤシャブシ、ハチジョウススキ、ハチジョウイタドリが粗に生える。まだ裸地に近い溶岩の状態である。

プロット① オオバヤシャブシの低木林（樹高 5 m）の下層にハチジョウススキ、ハチジョウイタドリが生える。

プロット② オオバヤシャブシの優占林にタブノキ、オオシマザクラなどが混じる（林冠の高さ 10 m）。

プロット③ タブノキ優占林にオオシマザクラ、ヤブニッケイなどが混じる（林冠の高さ 14 m）。

プロット④ スダジイ優占林にタブノキなどが混じる、亜高木層にヤブツバキが多く生える（林冠の高さ 14 m）。

次に、各調査プロットに出現した樹高 5 m 以上の木本について、種名、個体数、胸高断面積合計、各調査プロットの基底面積を表3に示した。調査プロット⑤のオオバヤシャブシについては、すべての個体の胸高直径は測定できなかったため、便宜上 65 株 78 本の幹

表 2. 調査プロットに出現した植物.

Table 2. Plant species of the survey plots.

No.	種 名	調査プロット					調査プロット
		①	②	③	④	⑤	
1	ユノミネシダ <i>Histiopteris incisa</i> (Thunb.) J. Sm.	○	○				① 1983年溶岩 (海岸・遷移の進行が遅い)
2	ハチジョウススキ <i>Miscanthus condensatus</i> Hack.	○	○				① 1983年溶岩 (中腹)
3	ハチジョウイトドリ <i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr. var. <i>hachidoensis</i> (Makino) Yone	○	○	○			② 1962年溶岩
4	オオバヤシャブシ <i>Alnus sieboldiana</i> Matsum.	○	○	○	○		③ 1874年溶岩
5	オオシマザクラ <i>Cerasus speciosa</i> (Koidz.) H. Ohba	○		○	○		④ 1000年以上前の溶岩
6	ハチジョウベニシダ <i>Dryopteris caudipinna</i> Nakai	○	○	○	○	○	
7	ミズスギ <i>Lycopodiella cernua</i> (L.) Pic. Serm.		○				
8	カジイチゴ <i>Rubus trifidus</i> Thunb.		○				
9	ハチジョウアザミ <i>Cirsium hachijoense</i> Nakai		○				
10	ヒサカキ <i>Eurya japonica</i> Thunb. var. <i>japonica</i>		○	○	○		
11	スイカズラ <i>Lonicera japonica</i> Thunb.			○			
12	サカキカズラ <i>Anodendron affine</i> (Hook. et Arn.) Druce			○			
13	トベラ <i>Pittosporum tobira</i> (Thunb.) W.T. Aiton			○			
14	ヘクソカズラ <i>Paederia foetida</i> L.			○			
15	クロマツ <i>Pinus thunbergii</i> Parl.			○			
16	ヒトツバ <i>Pyrrosia lingua</i> (Thunb.) Farw.			○	○		
17	ヒメユズリハ <i>Daphniphyllum teijsmannii</i> Zoll. ex Kurz			○	○		
18	ハチジョウイボタ <i>Ligustrum ovalifolium</i> Hassk. var. <i>pacificum</i> (Nakai) M. Mizush.			○	○		
19	オオシマカンスゲ <i>Carex oshimensis</i> Nakai			○	○		
20	アスカイノデ <i>Polystichum fibrillosopaleaceum</i> (Kodama) Tagawa			○	○	○	
21	テイカカズラ <i>Trachelospermum asiaticum</i> (Siebold et Zucc.) Nakai			○	○	○	
22	イヌビワ <i>Ficus erecta</i> Thunb. var. <i>erecta</i>			○	○	○	
23	タブノキ <i>Machilus thunbergii</i> Siebold et Zucc.			○	○	○	
24	ヤブニッケイ <i>Cinnamomum yabunikkei</i> H. Ohba			○	○	○	
25	オオムラサキシキブ <i>Callicarpa japonica</i> Thunb. var. <i>luxurians</i> Rehder			○		○	
26	アオノクマタケラン <i>Alpinia intermedia</i> Gagnep.			○		○	
27	ヤブツバキ <i>Camellia japonica</i> L.			○		○	
28	アリドオシ <i>Damnacanthus indicus</i> C.F. Gaertn. var. <i>indicus</i>				○		
29	ウツギ <i>Deutzia crenata</i> Siebold et Zucc.				○		
30	ガクアジサイ <i>Hydrangea macrophylla</i> (Thunb.) Ser. f. <i>normalis</i> (E.H. Wilson) H. Hara				○		
31	ヘランダ <i>Deparia lancea</i> (Thunb.) Fraser-Jenk.				○		
32	ヤツデ <i>Fatsia japonica</i> (Thunb.) Decne. et Planch.				○		
33	オオバエゴノキ <i>Syrax japonicus</i> Siebold et Zucc. var. <i>kotoensis</i> (Hayata) Masam. et Suzuki				○	○	
34	ツルグミ <i>Elaeagnus glabra</i> Thunb.				○	○	
35	スダジイ <i>Castanopsis sieboldii</i> (Makino) Hatus. ex T. Yamaz. et Mashiba				○	○	
36	イスマキ <i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) Sweet f. <i>spontaneus</i> H. Ohba et S. Akiyama					○	
37	ウラシマソウ <i>Arisaema thunbergii</i> Blume subsp. <i>urashima</i> (H. Hara) H. Ohashi et J. Murata					○	
38	カクレミノ <i>Dendropanax trifidus</i> (Thunb.) Makino ex H. Hara					○	
39	カラスザンショウ <i>Zanthoxylum ailanthoides</i> Siebold et Zucc.					○	
40	シキミ <i>Illicium anisatum</i> L.					○	
41	シロダモ <i>Neolitsea sericea</i> (Blume) Koidz.					○	
42	フウトウカズラ <i>Piper kadsura</i> (Choisy) Ohwi					○	
43	ホソバカナワラビ <i>Arachniodes exilis</i> (Hance) Ching					○	
合 計		6	9	22	21	20	

の直径を 3 cm として計算した。遷移の進行に伴う基底面積の変化と、さらに横軸に溶岩の年代（噴火からの経過年数）を用いて表した出現種数と基底面積の変化について、それぞれ図 2 と図 3 に示した。

表 3 および図 2 により、森林の優占種が、① オオバヤシャブシ → ② オオバヤシャブシ、タブノキ → ③ タブノキ、オオシマザクラ → ④ スダジイ、タブノキ、ヤブツバキと移り変わっているのが分かる。この地域の極相林と言われる照葉樹林の一構成種タブノキが調査プロット②で第 2 位の優占種となっ

ており、比較的早いステージで優占している。図 3 により、遷移の進行に伴う基底面積の変化は、最初の 100 年で大きく増加し、その後ゆっくりと増加する傾向にある。それに対して、出現種数から見る生物多様性の変化は基底面積の変化より早く、最初の数十年で急激に増加してそれ以降はほとんど変化しないか、収斂的に減少する傾向にある。

次に、図 4 に各調査プロットの樹冠投影図（現地の写真、植生模型を対にして示した）を示した。すべてのプロットで図の上下が斜面の傾斜の上下と一致して

表 3. 調査プロットに出現した樹木の個体数, 胸高断面積, 基底面積.

Table 3. Population, cross section at breast height and basal area of trees of the survey plots.

調査プロット	種名	個体数	胸高断面積合計 (m ² /ha)	基底面積 (m ² /ha)
①	オオバヤシャブシ	65	1.4	1.4
	オオバヤシャブシ	8	40.8	
	タブノキ	10	16.5	
②	オオシマザクラ	2	4.9	67.7
	ヤブニッケイ	2	3.9	
	クロマツ	2	1.6	
	タブノキ	11	73.4	
③	オオシマザクラ	3	29.3	120.7
	ヒメユズリハ	3	5.7	
	オオバヤシャブシ	4	4.8	
	ヒサカキ	2	3.9	
	イスビワ	3	1.2	
	ヤブニッケイ	1	1.1	
	スダジイ	1	0.8	
	ハチジョウイボタ	1	0.5	
	オオバエゴノキ	1	0.4	
	スダジイ	5	247.4	
④	タブノキ	4	37.3	311.5
	ヤブツバキ	17	26.0	
	カラスザンショウ	1	0.8	

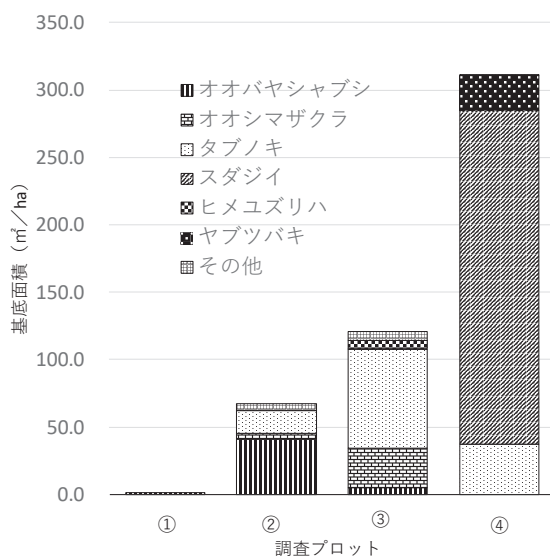


図 2. 各調査プロットにおける基底面積.

Fig. 2. Base area of each survey plot.

いる. プロット①から④にかけて, 遷移の進行に伴って, 林冠のうっ閉率, 常緑樹の占める割合がそれぞれ増加しているのが分かる.

この研究結果から, 三宅島の火山溶岩上の一次遷移系列は, 溶岩の裸地→ハチジョウススキ, ハチジョウイタドリを伴ったオオバヤシャブシ低木林→オオバヤシャブシを優占種とする陽樹林→タブノキを優占種とする陰樹林→スダジイを優占種とする陰樹林(極相

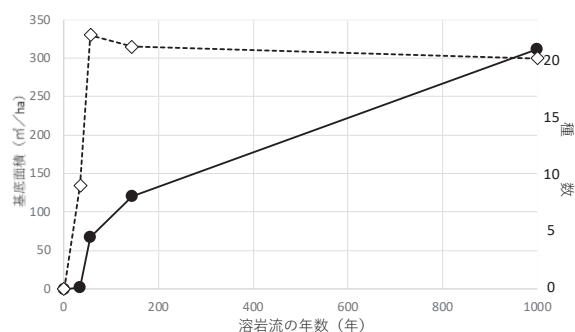


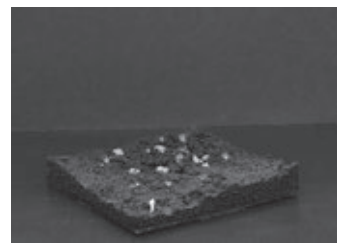
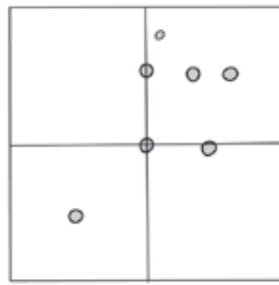
図 3. 溶岩流の経過年数に伴う出現植物種数および基底面積の変化.

Fig. 3. Changes in the number of plant species and basal area with the age of lava flow.

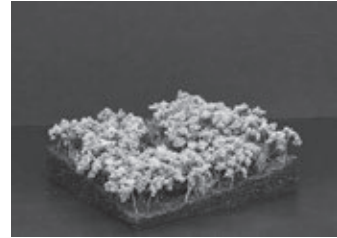
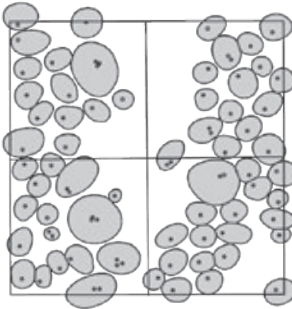
林) となる. 一次遷移は, 草本群落→低木林→陽樹林→陰樹林という系列が一般的であるといわれるが, 三宅島の溶岩上で見られる植生遷移の特徴としては, 遷移の初期段階で木本植物であるオオバヤシャブシが侵入する, 陰樹であるタブノキが早い段階で侵入し, 陽樹林でタブノキが第2位の優占種となっている, ということである. また, 極相群落を構成する草本植物, 木本植物ともに遷移の早い段階で侵入しているものが多くあることが分かった. これらの結果は, Kamiyo *et al.* (2002) とほぼ一致しており, 先行研究の結果を補完する役割を果たしたと考えている.



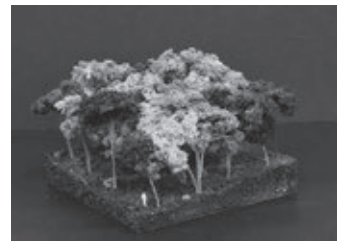
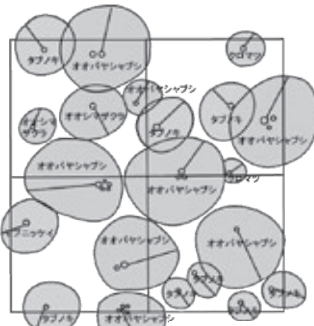
プロット① オオバヤシヤブシ、ハチジョウススキ、ハチジョウイタドリが粗に生える。



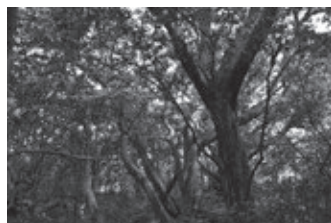
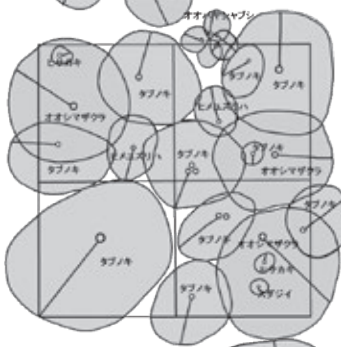
プロット② オオバヤシヤブシの低木林（樹高5m）の下層にハチジョウススキ、ハチジョウイタドリが生える。



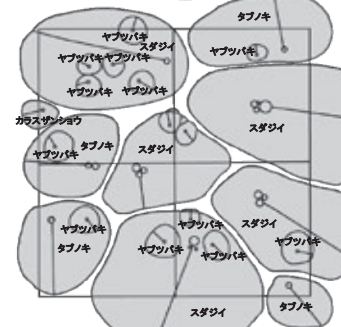
プロット③ オオバヤシヤブシの優占林にタブノキ、オオシマザクラなどが混じる（林冠の高さ10m）。



プロット④ タブノキ優占林にオオシマザクラ、ヤブニッケイなどが混じる（林冠の高さ14m）。



プロット⑤ スダジイ優占林にタブノキなどが混じる、亜高木層にヤブツバキが多く生える（林冠の高さ14m）。



20m×20m
大きな円は樹冠
小さな円は幹を表す
黄緑：落葉樹 緑：常緑樹

図4. 各調査プロットの樹冠投影図、風景、植生模型。

Fig. 4. Canopy projections, landscapes and vegetation models of each survey plot.

植生模型の製作について

植生模型の製作は、有限会社ティーアンドティー（代表取締役社長 塚田和美 〒322-0047 栃木県鹿沼市酒野谷 248）に委託した。

植生模型の縮尺は、67 分の 1 とした（20 m × 20 m の調査プロットの方形枠を 30 cm × 30 cm に縮小、高さについても同じ縮尺）。植生模型の写真は図 4 に樹冠投影図と対応してみられるように示した

製作に当たって、次の資料を用意した。

1 樹冠投影図

2 鳥瞰見取図

3 個々の樹木の樹高と胸高直径のデータ

4 樹木の種ごと、樹高ごとの側面図（プロファイル）

5 調査地の写真および植物種ごとの写真資料

6 林床のおもな草本植物の模式図（イメージの分かるもの）

製作は 2018 年 4 月～6 月に行った。

製作に当たって工夫したことは、樹木の樹冠の色については、落葉樹は黄緑色、常緑樹は深緑色とした。樹木の樹皮については、色、模様などをできるだけ実物に近づけた。下生えの植物については、いろいろな材料を使って質感を高めた。例えば、ハチジョウウイタドリは、耐久性を高める処理をしたコツボゴケの実物を用いた。また、植生模型に同縮尺の人模型を配置し、実感できるようにした。さらに、5 つの植生模型は、これらを収納するプラスチックケースを用意し、効率よく運搬できるようにした（図 5）。

植生模型は、ミュージアムパーク茨城県自然博物館の第 72 回企画展（図 6）で展示した後も、NHK 高校講座生物基礎 2018 年度第 31 回「植生の遷移」（2018 年 12 月 4 日 14:40-15:00 NHK E テレで放映）、同じく 2019 年度生物基礎第 31 回「植生と遷移」（2019 年 12 月 3 日同時間で放映）に使用、富山市科学博物館の 2019 年度特別展「タテヤモ火山局」（2019 年 7 月 13 日～9 月 8 日開催）に展示（図 7）、上條が三宅島で行った「雄山における東京都版エコツアーリズムの『東京都自然ガイド』認定講習」（東京都三宅村アカコッコ館、2019 年 11 月 22 日）において「伊豆諸島の植物」のテーマで行った講演で展示解説、2020 年度の筑波大学の講義（総合科目森林、生態学）などで使用している。今後もいろいろな場面で活用していきたい。



図 5. ケースに収めた植生模型。

Fig. 5. Vegetation models in a case.



図 6. ミュージアムパーク茨城県自然博物館第 72 回企画展「火山列島・日本—大地との語らい—」の展示風景。

Fig. 6. A scene of the 72nd Exhibition “Volcanic Activity on the Islands of Japan” in Ibaraki Nature Museum.



図 7. 富山市科学博物館 2019 年度特別展「タテヤモ火山局」の展示風景。

Fig. 7. A scene of the Special Exhibition 2019 “Tatejamo Volcano Bureau” in Toyama Science Museum.

謝 辞

本研究を進めるにあたって、現地調査において津村一、加倉田学、川越みなみ、岡島菜穂子の各氏の協力を得た。富山市科学博物館の展示では特別展チームの増渕佳子氏にお世話になった。各位に深く感謝の意を表する。

引用文献

- 服部 保・南山典子・岩切康二・栃本大介. 2012. 照葉樹林帯の植生一次遷移－特に桜島の溶岩原について－. 植生学会誌, **29** (2): 75-90.
- Hiroki, S. and K. Ichino. 1993. Difference of invasion behavior between two climax species, *Castanopsis cuspidata* var. *sieboldii* and *Mechilus thunbergii*, on lava flows on Miyakejima, Japan. *Ecological Research*, **8**: 167-172.
- Kamijo, T., K. Kitayama, A. Sugawara, S. Urushimichi and K. Sasai. 2002. Primary succession of the warm-temperate broad-leaved forest on a volcanic island, Miyake-jima, Japan. *Folia Geobotanica*, **37**: 71-91.
- 上條隆志. 2010. 森の遷移. 森林学への招待. pp. 13-25, 筑波大学出版会.
- Tagawa, H. 1964. A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, south-west Japan. 1. Dynamics of vegetation. *Memoirs of the faculty of science, Kyushu University, Series E, (Biology)*, **3**: 166-229.
- Tezuka, Y. 1961. Development of vegetation in relation to soil formation in the volcanic island of Oshima, Izu, Japan. *Japanese Journal of Botany*, **17**: 371-402.
- 津久井雅志・川邊禎久・新堀賢志. 2005. 三宅島火山地質図. 産業技術総合研究所地質調査総合センター.

(キーワード): 三宅島, 植生遷移, 植生模型.