

## 50 年以上の噴火活動の影響を受けた桜島溶岩上の植生

寺本行芳<sup>1</sup>・石橋松二郎<sup>1</sup>・下川悦郎<sup>1</sup>

## Impact of volcanic activity of not less than 50 years on vegetation on lava flows resulting from eruptions of Mount Sakurajima

Yuki Yoshi Teramoto<sup>1</sup>, Matsujiro Ishibashi<sup>1</sup> and Etsuro Shimokawa<sup>1</sup>

**Abstract:** To clarify the present conditions of vegetation and the impact of volcanic activity on succession of the vegetation on lava flows resulting from eruptions of Mount Sakurajima, we installed vegetation survey plots on the Showa and Taisho lava flows that erupted from Mount Sakurajima in 1946 and 1914, respectively. We conducted field investigations in 2008. Most of the trees in the plots on the Showa and Taisho lava flows invaded since 1999, during a period of low volcanic activity. The numbers of trees and tree species, and the Fisher-Williams' index of diversity on the Taisho lava flow were greater than those on the Showa lava flow. The physical properties, including the number of bacteria, of the soil on the Taisho lava were better than that the soil on the Showa lava flow. Moreover, comparing 2008, when vegetation on the Showa and Taisho lava flows suffered a severe impact from volcanic activity of not less than 50 year, with 1964, when vegetation on the Showa and Taisho lava flows was only slightly impacted by volcanic activity, the vegetation succession in 2008 was much slower than that in 1964.

## 1 はじめに

桜島は有史以来、文明 (1471~1476 年)、安永 (1779 年)、大正 (1914 年) および昭和 (1946 年) の 4 回の大噴火があり、これらの噴火に伴う溶岩が広範囲に分厚く山体を覆っている。桜島溶岩上の植生は、1955 年以降の長期にわたる噴火活動 (降灰、火山ガス放出など) の影響を受け、衰退の一途を辿ってきた。1990 年代後半以降桜島の噴火活動は比較的穏やかに推移しているが、長期にわたる噴火活動の影響で現在の溶岩上の植生の遷移は、噴火活動が穏やかに推移していた 1960 年代 (Tagawa, 1964a) に比べて緩慢であると考えられる。

本論は、長期の噴火活動によって衰退した桜島溶岩上の植生の現状を把握するとともに、噴火活動が溶岩上の植生の遷移に及ぼす影響を検討する。本研究に関連した桜島溶岩上の植生と遷移については、植生の一次遷移を明らかにした研究 (Tagawa, 1964a)、植生の分布様式と遷移の関連性を検討した研究 (Tagawa, 1964b)、種の散布様式および溶岩基質の違いが植物の定着過程に及ぼす影響を明らかにした研究 (宇都・鈴木, 2002) などが挙げられる。

## 2 桜島南岳の 1955 年以降の噴火活動

図 1 は、1955~2007 年における桜島南岳の年爆発回数の推移 (鹿児島地方気象台, 1955~2007) である。1955 年以降噴火活動を継続している桜島南岳の 1950 年代および 1960 年代における噴火活動は比較的穏や

かであったが、1972 年以降活発化した。とくに 1974 年から 1986 年にかけての年爆発回数はほとんどの年で 200 回以上の高い値で推移し、1985 年には 1955 年の観測開始以来最高の 474 回を記録した。年爆発回数は 1999 年以降減少に転じ、2003 年以降の年爆発回数は 20 回程度と大きく減少している。

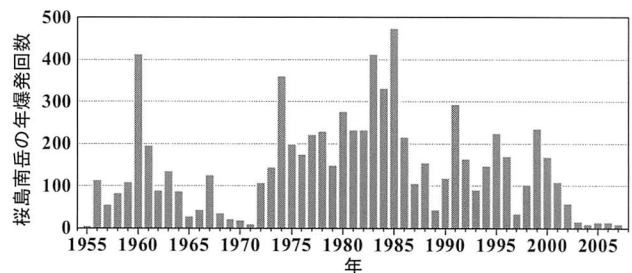


図 1: 桜島南岳の年爆発回数の経年変化

## 3 調査地と方法

調査地は桜島の南南東斜面に位置する (図 2)。調査地における 1946 年および 1914 年の噴火の際に流出した溶岩 (以下、昭和溶岩および大正溶岩) 上にそれぞれ 30m 方形のプロットを設定し (図 2●印および○印, 写真 1)、2008 年に植生調査を行った。昭和溶岩プロットおよび大正溶岩プロットは標高 50m に位置し、南岳噴火口からの距離はそれぞれ約 3.1km、約 3.3km である。両プロット地点は、桜島における標高 50m では噴火活動の影響が最も大きい区域のひとつである (建設省九州地方建設局大隈工事事務所, 1995)。両プロットでは表層をなす火山灰が剥き出しになっている。両プロットにおける溶岩の化学組成は似たような傾向を示し、二酸化ケイ素が約 60%、酸化アルミニウムが約 20%、酸化鉄が約 7%、酸化

<sup>1</sup> 鹿児島大学農学部, Faculty of Agriculture, Kagoshima University, 1-21-24 korimoto, Kagoshima, 890-0065 Japan

カルシウムが約 5%を占める (Tagawa, 1964a).

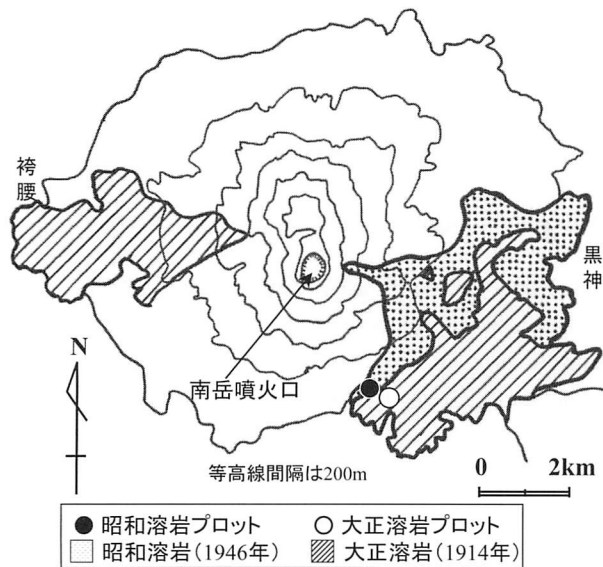


図 2：調査地と昭和溶岩および大正溶岩の分布



写真 1：調査プロットの状況

各植生調査プロット内に出現するすべての木本植生を対象に樹種の同定、胸高直径および樹高の測定を行った。樹高の小さな個体については地際直径を測定した。クロマツについては節数から樹齢を計測した。広葉樹については、代表的な樹種の樹齢を円盤あるいは成長錐により採取した木片から計測した。代表的な樹種の樹齢は、その樹種の全個体数の 10～55%程度をサンプル木として選び樹齢を計測した。樹齢の計測結果から樹種ごとに胸高直径と樹齢の関係図を作成し、両者の回帰曲線より残りの個体の樹齢を推定した。さらに、プロットにおける木本植生について多様度指数のひとつである Fisher-Williams の多様度指数  $\alpha$  を求めた。多様度指数  $\alpha$  と個体数  $N$  および種数  $S$  の関係式は  $S = \alpha \log_e(1 + N/\alpha)$  である

(Tagawa, 1964a)。また、噴火活動が比較的穏やかに推移していた 1960 年代前半および 1997～1998 年に、黒神の昭和溶岩上 (標高 10m, 南岳噴火口から約 6.6km) および袴腰の大正溶岩上 (標高 10m, 南岳噴火口から約 6.4km) (図 2) において行われた植生調査結果 (Tagawa, 1964a; 宇都・鈴木, 2002) と本研究の調査結果を比較することで、噴火活動が木本植生の遷移に及ぼす影響について検討した。

植生調査プロットにおいては同時に、表層の乾燥密度、土壌硬度、pH および電気伝導度 (以下、EC) を測定した。乾燥密度は表層火山灰層から直径 5.5cm×高さ 6cm の鋼製サンプラーを用いて不攪乱試料を採取することにより求めた。土壌硬度は山中式土壌硬度計を用いて測定した。表層土壌の pH および EC は、北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課 (1992) による方法で求めた。さらに、表層土壌中の生菌数を測定した。土壌中の生菌数は、標準寒天培地において 30℃で 7 日間培養後のコロニー数を計測することにより求めた。以上の測定は植生調査プロット内の複数地点で実施した。

4 調査結果

4.1 昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおける樹種構成および構造の比較

表 1 は、昭和溶岩プロットおよび大正溶岩プロットの構成種と個体数である。なお、樹高 1m 以上と 1m 未満に区分して整理している。昭和溶岩プロットの木本植生はクロマツで構成される。大正溶岩プロットの主要構成種として樹高 1m 以上ではクロマツ、ヤシャブシ、ハゼノキが、1m 未満ではクロマツ、ヤシャブシ、トキワアケビが挙げられる。

表 1：各溶岩プロットの構成種と個体数

| 樹種名                    | 樹高 1m 以上 |      | 樹高 1m 未満 |      |
|------------------------|----------|------|----------|------|
|                        | 昭和溶岩     | 大正溶岩 | 昭和溶岩     | 大正溶岩 |
| クロマツ                   | 200      | 135  | 161      | 30   |
| ヤシャブシ                  |          | 91   |          | 43   |
| トキワアケビ                 |          |      |          | 393  |
| タブノキ                   |          | 4    |          | 7    |
| シャリンバイ                 |          | 1    |          |      |
| ハゼノキ                   |          | 17   |          | 7    |
| ナナミノキ                  |          |      |          | 2    |
| ヒサカキ                   |          | 9    |          | 5    |
| ナワシログミ                 |          | 3    |          |      |
| シャシャンボ                 |          | 3    |          |      |
| ネズミモチ                  |          | 1    |          |      |
| ヤブウツギ                  |          |      |          | 7    |
| ハクサンボク                 |          |      |          | 2    |
| 合計(900m <sup>2</sup> ) | 200      | 264  | 161      | 496  |

図3は昭和溶岩プロットおよび大正溶岩プロットにおける木本植生の樹高分布を、図4は大正溶岩プロットにおける代表的な樹種の樹高分布を示す。大正溶岩プロットの方が相対的に樹高の大きな個体が多く出現する。また、大正溶岩プロットの上層はクロマツ、ヤシャブシ、ハゼノキが占めている。

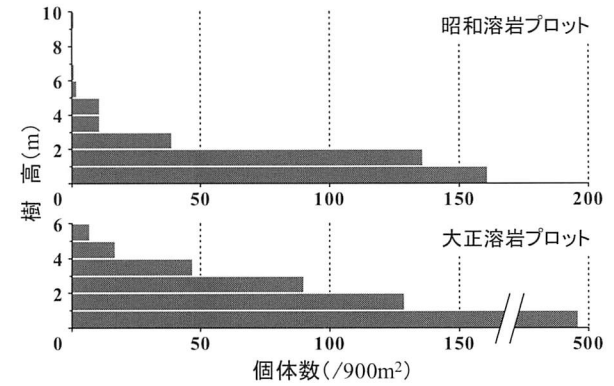


図3：昭和溶岩および大正溶岩プロットの樹高分布

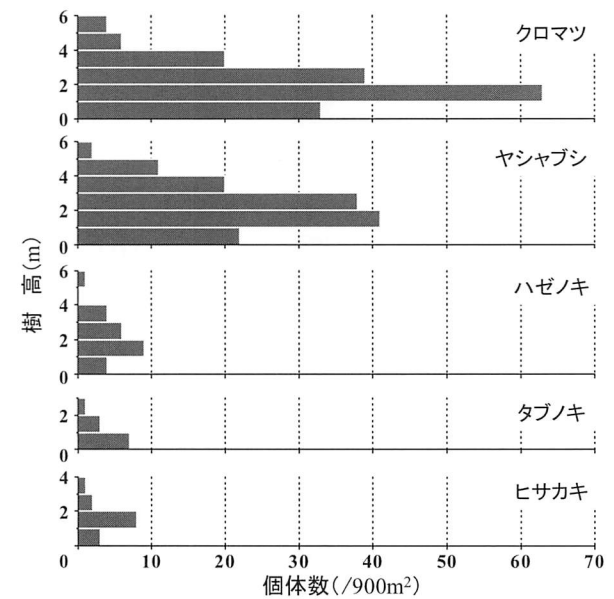


図4：大正溶岩プロットの代表的な樹種の樹高分布

図5は昭和溶岩プロットにおけるクロマツの樹齢分布を、図6は大正溶岩プロットにおける代表的な樹種の樹齢分布を示す。昭和溶岩プロットにおけるクロマツの樹齢は大部分が10年以下で、最大樹齢は13年である。また、大正溶岩プロットにおける代表的な樹種の樹齢は大部分が10年以下で、クロマツの最大樹齢は昭和溶岩プロットと同様に13年である。さらに、広葉樹の代表的な樹種の最大樹齢は4～6年の範囲にある。図5および図6の樹齢分布から推定すると、昭和溶岩プロットおよび大正溶岩プロットにおけるクロマツの大部分は桜島南岳の年爆発回数が減少に転じた1999年以降に、大正溶岩プロットにおける広葉樹の大部分は年爆発回数が大幅な減少

に転じた2003年以降に侵入している(図1)。

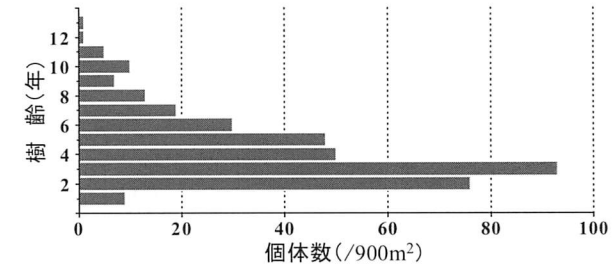


図5：昭和溶岩プロットのクロマツの樹齢分布

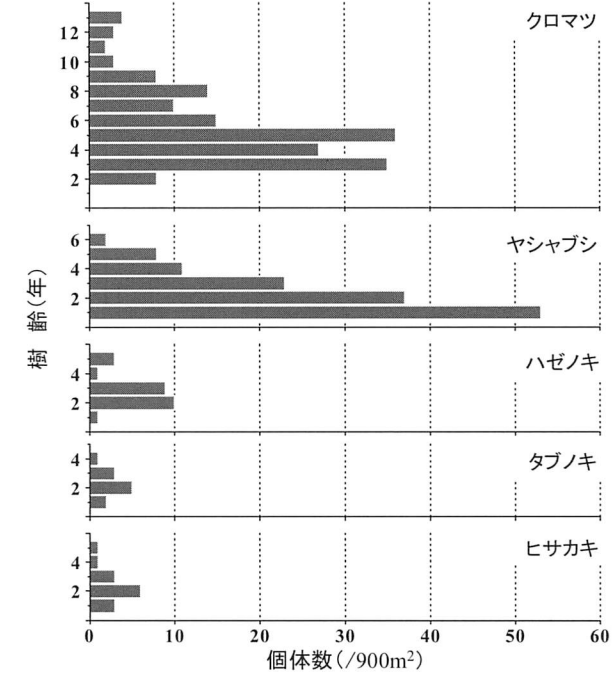


図6：大正溶岩プロットの代表的な樹種の樹齢分布

図7(a)～(c)は、それぞれ昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおける木本植生の個体数、種数および多様度指数 $\alpha$ である。木本植物の個体数、種数および多様度指数 $\alpha$ は大正溶岩プロットの方が大きい。

#### 4.2 昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおけるクロマツの構造の比較

図8および図9は、それぞれ昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおけるクロマツの樹高分布および樹齢分布を比較したものである。なお、図8および図9横軸の相対度数は、両プロットにおいて樹高および樹齢の各階級に含まれる個体数が個体数合計に占める百分率を表す。図8および図9によれば、大正溶岩プロットの方が相対的に樹高および樹齢の大きな個体の割合が高い。

図10(a)～(e)は、それぞれ昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおけるクロマツの個体数、胸高断面積の合計値、平均胸高直径、平均樹高および

平均樹齡である．プロット面積（900m<sup>2</sup>）に占めるクロマツの個体数および胸高断面積の合計値は大正溶岩プロットの方が小さいが、クロマツ1個体あたりの平均値で比較すると胸高直径、樹高および樹齡は大正溶岩プロットの方が大きい．

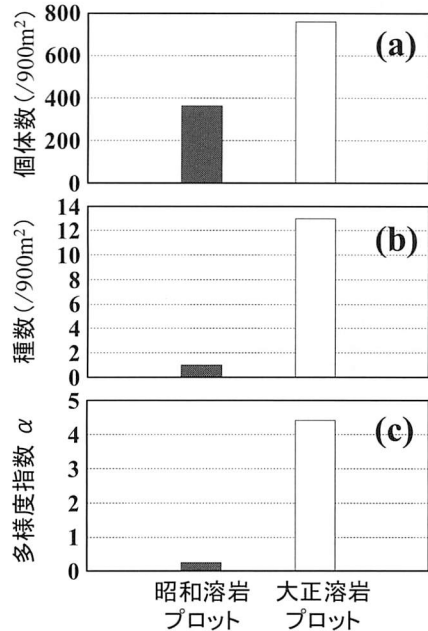


図 7：昭和溶岩および大正溶岩プロットにおける木本植生の個体数(a)，種数(b)，多様度指数 α(c)

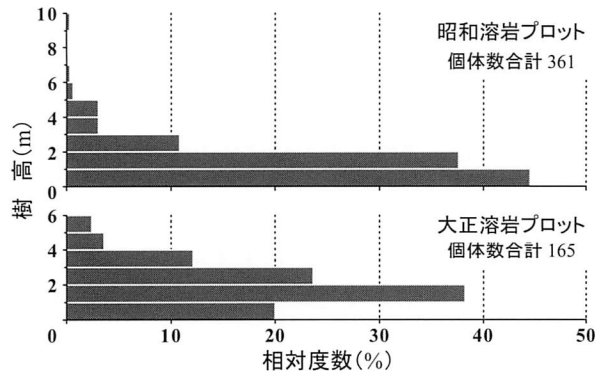


図 8：昭和溶岩および大正溶岩プロットにおけるクロマツの樹高分布

### 4.3 昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおける木本植生の推移

表 2 は、昭和溶岩上および大正溶岩上の出現樹種について、Tagawa (1964a)，宇都・鈴木 (2002) および本研究における調査結果を比較したものである．黒神の昭和溶岩上および袴腰の大正溶岩上で調査された Tagawa (1964a) と宇都・鈴木 (2002) の結果をそれぞれ比較すると、噴火後の年数の経過に伴って樹種数が増加している．一方、Tagawa (1964a) と本研究の調査結果をそれぞれ比較すると、昭和溶岩上では年数の経過に伴う樹種数の変化はみられない

いものの、大正溶岩上では上述した宇都・鈴木 (2002) における増加ほどではないが年数の経過に伴って樹種数が増加している．

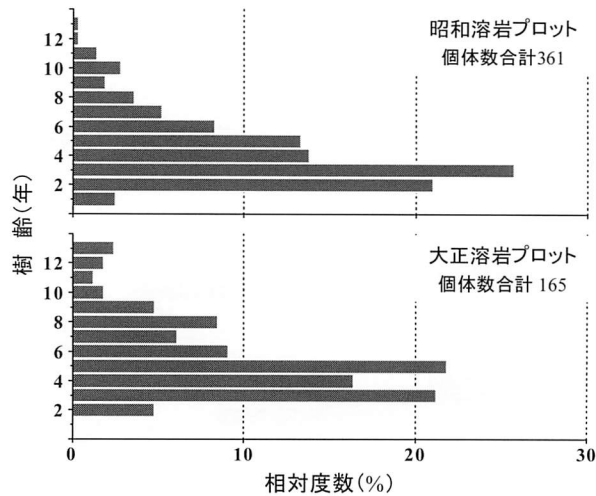


図 9：昭和溶岩および大正溶岩プロットにおけるクロマツの樹齡分布

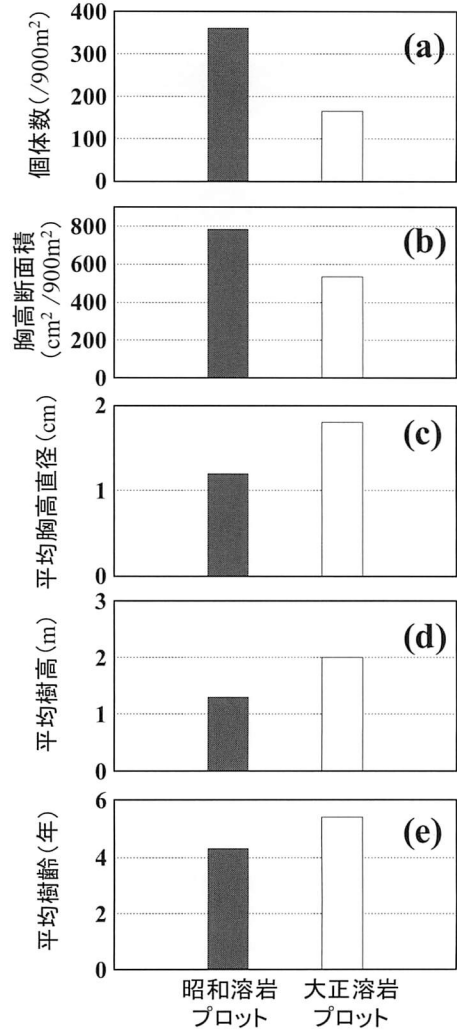


図 10：昭和溶岩および大正溶岩プロットにおけるクロマツの個体数(a)，胸高断面積(b)，平均胸高直径(c)，平均樹高(d)ならびに平均樹齡(e)

表 2：噴火後の経過年数の違いによる昭和溶岩上および大正溶岩上における出現樹種の比較

| 樹種名     | Tagawa<br>(1964a) |          | 宇都・鈴木<br>(2002) |          | 本研究<br>(2008) |          |
|---------|-------------------|----------|-----------------|----------|---------------|----------|
|         | 噴火からの経過年数         |          |                 |          |               |          |
|         | 18 年              | 50 年     | 52 年            | 83 年     | 62 年          | 94 年     |
|         | 昭和<br>溶岩          | 大正<br>溶岩 | 昭和<br>溶岩        | 大正<br>溶岩 | 昭和<br>溶岩      | 大正<br>溶岩 |
| クロマツ    | ○                 | ○        | ○               | ○        | ○             | ○        |
| ヤマヤナギ   |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ヤシヤブシ   |                   | ○        |                 | ○        |               | ○        |
| トキワアケビ  |                   |          |                 | ○        |               | ○        |
| アラカシ    |                   |          |                 | ○        |               |          |
| イヌビワ    |                   | ○        |                 | ○        |               |          |
| クスノキ    |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ヤブニッケイ  |                   |          |                 | ○        |               |          |
| タブノキ    |                   | ○        | ○               | ○        |               | ○        |
| ノリウツギ   |                   |          |                 | ○        |               |          |
| マルバウツギ  |                   | ○        |                 | ○        |               |          |
| テリハノイバラ |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ヤマザクラ   |                   |          |                 | ○        |               |          |
| シャリンバイ  |                   |          |                 | ○        |               | ○        |
| ハリエンジュ  |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ハナタマメ   |                   |          |                 | ○        |               |          |
| クズ      |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ハゼノキ    |                   |          |                 | ○        |               | ○        |
| ヌルデ     |                   |          |                 | ○        |               |          |
| アカメガシワ  |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ナナミノキ   |                   |          |                 |          |               | ○        |
| ツルウメモドキ |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ヤマブドウ   |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ツタ      |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ヒサカキ    |                   | ○        | ○               | ○        |               | ○        |
| アキグミ    |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ナワシログミ  |                   |          |                 | ○        |               | ○        |
| シャシヤンボ  |                   | ○        |                 | ○        |               | ○        |
| クロキ     |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ネズミモチ   |                   |          |                 | ○        |               | ○        |
| ヤブウツギ   |                   |          |                 |          |               | ○        |
| ヘクソカズラ  |                   |          |                 | ○        |               |          |
| スイカズラ   |                   |          |                 | ○        |               |          |
| ハクサンボク  |                   |          |                 | ○        |               | ○        |
| 出現種合計   | 1                 | 7        | 3               | 32       | 1             | 13       |

○：溶岩上に出現した樹種

5 考察

5.1 昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットにおける植生の生育環境の比較

大正溶岩プロットにおける木本植生の個体数、種数、多様度指数  $\alpha$  (図 7 (a) ~ (c)), クロマツ 1 個体あたりの平均値でみた胸高直径、樹高および樹齡(図 10 (c) ~ (e)) は、昭和溶岩プロットにおけるそれらに比べ大きいことが明らかになった。この理由として、大正溶岩プロットにおける植生の生育環境が昭和溶岩プロットにおけるそれに比べ良好であることが考えられる。表 3 は、表層の土壌硬度および乾燥密度を昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットで比較したものである。土壌硬度および乾燥密度は大正溶岩プロットの方が小さく、昭和溶岩プロットに比べ土壌の物理性が改善している。表 4 は、表層の pH、EC および 7 日間培養後の土壌 1g 当たりの生菌数を昭和溶岩プロットと大正溶岩プロットで比較したものである。pH および EC はプロットごとの違いがみられず、それぞれ 4.0~5.1、0.02~0.07 $\mu$ s/cm を示す。一方、大正溶岩プロットにおける土壌 1g 当たりの生菌数は昭和溶岩プロットにおけるそれに比べ大きく、平均値でみると 60 倍以上の違いがある。土壌中の生菌数が多い大正溶岩プロットの方が土壌の物理性が改善している(表 3)。この改善の理由として、江崎ら(2008) が指摘しているように、土壌中の微生物の増加に伴う土壌中の有機物の増加によって土壌化が促進されたことが考えられる。

表 3：昭和溶岩および大正溶岩プロットにおける土壌硬度と乾燥密度

| プロット | 土壌硬度<br>(mm)       | 乾燥密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|------|--------------------|------------------------------|
| 昭和溶岩 | 16~20<br>(平均 18.1) | 1.58~1.66<br>(平均 1.61)       |
| 大正溶岩 | 13~16<br>(平均 14.8) | 1.44~1.57<br>(平均 1.51)       |

表 4:昭和溶岩および大正溶岩プロットにおける pH、EC および土壌中の生菌数

| プロット | pH                  | EC<br>( $\mu$ s/cm)    | 土壌 1g 当たりの<br>生菌数<br>( $\times 10^6$ 個) |
|------|---------------------|------------------------|-----------------------------------------|
| 昭和溶岩 | 4.0~5.1<br>(平均 4.5) | 0.02~0.05<br>(平均 0.04) | 0.041~0.5<br>(平均 0.3)                   |
| 大正溶岩 | 4.3~4.9<br>(平均 4.6) | 0.02~0.07<br>(平均 0.04) | 6.4~35.1<br>(平均 19.8)                   |

5.2 噴火活動が木本植生の遷移に及ぼす影響

宇都・鈴木(2002) および本研究における昭和溶岩上と大正溶岩上でそれぞれ出現樹種数を比較すると(表 2)、本研究は宇都・鈴木(2002) の 1/3 程度である。本研究の方が宇都・鈴木(2002) に比べ噴火

後の経過年数が長いにも関わらず出現樹種数は少なく、植生の遷移は進んでいない。この理由として、本研究の調査地点は宇都・鈴木（2002）のそれに比べて南岳噴火口からの距離が近く、噴火活動の影響が強いため植生が厳しい生育環境に曝されてきたことが考えられる。

## 6 まとめ

本論文で得られたおもな結果は以下の通りである。

(1) 昭和溶岩プロットおよび大正溶岩プロットにおける木本植生の大部分は、噴火活動が比較的穏やかに推移した 1999 年以降に侵入している。

(2) 木本植生の個体数、種数および多様度指数  $\alpha$ 、ならびにクロマツ 1 個体あたりの平均値でみた胸高直径、樹高および樹齢は、大正溶岩プロットの方が昭和溶岩プロットに比べて大きい。

(3) 大正溶岩プロットの方が昭和溶岩プロットに比べて表層の土壌硬度および乾燥密度は小さく、平均値でみた土壌 1g 当たりの生菌数は 60 倍以上大きい。

(4) 昭和溶岩プロットおよび大正溶岩プロットの木本植生は、噴火活動の影響を強く受けているため生育環境が厳しく遷移が進んでいない。

末筆ではあるが、愛媛大学農学部教授江崎次夫先生には桜島における土壌微生物と植生の生長に関する大変有益なコメントを頂いた。ここに記して甚大なる謝意を表する。

## 引用文献

- [1]江崎次夫・河野修一・垣原登志子・勝山啓太・車斗松・全權雨(2008)：桜島の野尻川荒廃地の緑化，平成 20 年度砂防学会研究発表会概要集，pp.490-491.
- [2]北海道立中央農業試験場・北海道農政部農業改良課(1992)：土壌および作物栄養の診断基準—分析法（改訂版），199pp.
- [3]鹿児島地方気象台(1955～2007)：観測資料
- [4]建設省九州地方建設局大隈工事事務所(1995)：桜島の土石流②，砂防広報センター，80pp.
- [5]Tagawa H.(1964a)：A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, south-west Japan I. Dynamics of vegetation. Mem. Fac. Sci. Kyusyu Univ., Ser. E (Biol.), Vol.3, No.3-4, pp.166-228.
- [6]Tagawa H.(1964b)：A study of the volcanic vegetation in Sakurajima, south-west Japan II. Distributional pattern and succession. Jap. Journ. Bot., Vol.19, pp.127-148.
- [7]宇都誠一郎・鈴木英治(2002)：桜島の昭和溶岩と大正溶岩における 86 年間の植生遷移—基質と種子供給源からの距離の影響—，日本生態学会誌，Vol.52, pp.11-24.

〔受付 平成 20 年 10 月 2 日， 受理 平成 21 年 2 月 20 日〕