37 年ぶりの大渇水

—小笠原諸島父島における 2016 ～ 2017 年の少雨について—

松 山 洋*

Severe Drought after an Absence of 37 Years:

Less Precipitation on Chichi-jima in the Ogasawara (Bonin) Islands from 2016 to 2017

Hiroshi MATSUYAMA*

[Received 22 June, 2017; Accepted 4 November, 2017]

Abstract

From May 2016 to April 2017, Chichi-jima in the Ogasawara (Bonin) Islands suffered a severe drought. After an absence of 37 years from 1980, the ratio of effective water storage at four dams supplying drinking water on Chichi-jima dropped below 20%. Atmospheric conditions during the drought are studied and compared to those of severe drought years in 2011 and 1980. In comparison with the long-term mean from 1981 to 2010, a negative precipitation anomaly was apparent from May to July 2016, and from September to December 2016. It was also apparent in March and April 2017. From May to July 2016, the Indo-western Pacific ocean capacitor mode was responsible for less precipitation. From September to October 2016, the P-J (Pacific-Japan) pattern brought about less precipitation. After November 2016, similar atmospheric conditions did not continue for more than one month; however, Chichi-jima was covered with an anti-cyclonic circulation anomaly, except in March 2017 when a winter pressure pattern intensified. Less precipitation was also observed from January to July 2011 and from May to October in 1980. The former was attributable to an intensification of convective activity in the tropical western Pacific, accompanied by a sea surface temperature anomaly greater than +0.5°C. In the tropical western Pacific, a cyclonic circulation anomaly was found, while an anti-cyclonic circulation anomaly prevailed around Chichi-jima. In 1980, precipitation from the Bai-u frontal zone was rarely observed from May to June. From July to September, the Okhotsk High was extremely strong, so the Pacific High remained in the southern part rather than in the usual summer position. Fine weather continued until October, which together brought about the severe drought in 1980.

Key words : Chichi-jima in the Ogasawara (Bonin) Islands, severe drought, Indo-western Pacific ocean capacitor mode, P-J (Pacific-Japan) pattern, Pacific High

キーワード : 小笠原諸島父島, 大渇水, インド洋-西太平洋キャパシターモード, P-J パターン, 太平洋高気圧

* 首都大学東京地理学教室

* Department of Geography, Tokyo Metropolitan University, Hachioji, 192-0397, Japan

I. はじめに

父島は、東京都心から南に約 1,000 km 離れたところに位置する海洋島（これまでに大陸と陸続きになったことのない島）であり（図 1a），ここでは動植物ともに多くの固有種の存在が知られている（ロング・稲葉, 2004）。父島の面積は 23.45 km²，最高峰は中央山南東部の標高 326 m 地点（図 1b），2017 年 5 月 1 日現在の人口は 2,155 人

であり（小笠原村総務課, 2017f），父島は、東京都小笠原村の中心的機能を果たしている。

気候に関して述べると、気象庁の父島気象観測所（北緯 27°5.5′，東経 142°11.4′，標高 2.7 m，図 1b）の平年値（1981～2010 年の平均値，以下同じ）では，1～3 月の降水量が相対的に少なく，5～6 月（梅雨や低気圧に伴うもの）と 9～11 月（台風や秋雨，低気圧に伴うもの）の降水量が相対的に多い（図 2）。また，亜熱帯に位置

図 1 研究対象地域. (a)では、父島を黒丸で、NINO.WEST 海域を太線で、それぞれ示した. (b)では、本文中にてでくくるおもな地名と水道用ダムの集水域を示した（国土地理院 数値地図 25000（地図画像）「父島」をもとに作成）.

Fig. 1 Study area. In (a), Chichi-jima is plotted with a black circle, while NINO.WEST area is depicted with a thick rectangle. In (b), some place names mentioned in the text are displayed. Drainage areas of four dams supplying drinking water are also depicted. The base map is derived from Digital Map 25000 (map image) “Chichi-jima” issued by Geospatial Information Authority of Japan.

するため太平洋高気圧に覆われることが多く、年降水量 1,292.5 mm は、日本全体の平均値（約 1,700 mm, 仁科, 2014）と比べるとかなり少ない。月平均気温は、2 月（最寒月）が 17.9℃, 8 月（最暖月）が 27.7℃であり、冬でも暖かく年較差は小さい（図 2）。

その父島では、2016 年 5 月から 2017 年 4 月まで、12 か月連続で月降水量が平年値よりも少なくなり（図 3）、これがきっかけとなって深刻な水不足に見舞われた（図 4、表 1）。父島における月降水量が 12 か月連続負偏差というのは、気象庁（2017a）で父島気象観測所のデータを確認できる 1968 年 8 月以降、史上第 2 位の長さである（第 1 位は、1970 年 10 月～1972 年 1 月の 16 か月連続負偏差）。2016 年 5 月から 2017 年 4 月までの 12 か月間の降水量は 641.0 mm と、平年値（1,292.5 mm）の半分にも満たなかった。そのため、2017 年 4 月 17 日付の小笠原村公式サイト¹⁾によれば、父島にある水道用ダムの総貯水率は、2017 年 4 月 16 日に 20%を下回った（図 4）。これは 1980 年以來 37 年ぶりのことであつた（小笠原村建設水道課, 2016）²⁾。

父島では 20 世紀後半以降、乾燥化傾向が顕著になってきたことが、吉田ほか（2006）や吉田・飯島（2009）で示されている。今回の現象はそ

図 2 父島気象観測所における月降水量と月平均気温の平年値（1981～2010 年の平均値）。

Fig. 2 Long-term mean of monthly precipitation and monthly mean temperature at Chichi-jima Observatory from 1981 to 2010.

の一端と捉えることもできるが、それにしても、長期的な乾燥化傾向だけでは、2016～2017 年の特異的な状況を説明するのは難しい。必要とする水を、主として天水に依存するしかない父島では、過去にも 2011 年や 1980 年などに渇水を経験しており（図 4）、前者は小笠原村総務課

図 3 2016 年 1 月～2017 年 5 月における父島気象観測所の月降水量および平年偏差。

Fig. 3 Monthly precipitation from January 2016 to May 2017 and its anomaly from 1981-2010 at Chichi-jima Observatory.

図 4 父島における水道用ダムの総貯水率の推移。1980, 2011 年と 2016 年 1～11 月については小笠原村建設水道課（2016）による。2016 年 12 月 8 日～2017 年 5 月 24 日については、毎日の小笠原村公式サイト¹⁾により作成。

Fig. 4 Temporal variation of total percentage of storage at four dams supplying drinking water in Chichi-jima. Data for 1980, 2011, and January–November 2016 are derived from Construction and Water Supply Division, Ogasawara Village (2016), while the official web site of Ogasawara Village¹⁾ is referred from 8th December 2016 to 24th May 2017.

表 1 2016～2017年の父島と母島における渇水の概要。

Table 1 Time series of the severe drought in Chichi-jima and Haha-jima from 2016 to 2017.

No.	年	月	日	場所	できごと	出典
(1)	2016	9	26	父島	4つの水道用ダムの総貯水率が有効貯水量の57%まで低下(図4) 10月中に40%を割る見込み、節水の呼びかけ	小笠原村総務課(2016a)
(2)		10	—	父島	公共施設のシャワー停止	小笠原村総務課(2017b)
(3)		10	11	父島	ダム総貯水率47.5%、渇水対策本部の設置	現地調査(2017年3月)
(4)		12	1	父島	年内にも、減圧給水の目安となる総貯水率45%になる可能性を示唆	小笠原村総務課(2016b)
(5)	2017	1	1	父島	減圧給水の予告と、総貯水率が25%を切った場合には夜間断水の予定	小笠原村総務課(2017a)
(6)		1	1	母島	母島のダム貯水率が66%に	小笠原村総務課(2017a)
(7)		1	23	父島	減圧給水の実施(総貯水率43.5%)	小笠原村総務課(2017b)
(8)		2	6	母島	母島で、農業用水から30m ³ /日の取水開始	小笠原村建設水道課(2017)
(9)		2	7		「小笠原村民だより」渇水対策臨時号の発行、さらなる節水への協力呼びかけ 【父島】 ・海水淡水化装置の導入検討 ・時雨ダムの取水可能な余剰水(取水ポンプより下にある水)の測定調査 【母島】 ・ダム貯水率50%を目安に減圧給水の実施、農業用水の水道水への一部転用、海水淡水化装置の導入の検討	小笠原村総務課(2017c)
(10)		2	10	父島	農業用水の一部(35m ³ /日)を連珠ダムへ取水開始	小笠原村建設水道課(2017)
(11)		2	16	父島	小笠原村所有の海水淡水化装置が稼働開始(70m ³ /日)	小笠原村建設水道課(2017)
(12)		2	17	父島	長谷ダムから小曲ダムへの農業用水の取水(30m ³ /日)	小笠原村建設水道課(2017)
(13)		2	17		気象庁が「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報第1号」を発表 ²⁾	注10)、小笠原村総務課(2017e)
(14)		2	19	父島	水資源機構所有の海水淡水化装置が稼働開始(50m ³ /日)	小笠原村建設水道課(2017)
(15)		3	13	母島	リース物件の小型海水淡水化装置5台が稼働開始	小笠原村建設水道課(2017)
(16)		3	16		気象庁が「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報第2号」を発表	注10)
(17)		3	30	父島	父島のダム総貯水率が25%以下に低下	小笠原村建設水道課(2017)
(18)		4	4	父島	第7回渇水対策本部会議で、レンタル海水淡水化装置(200m ³ /日)の導入決定	小笠原村建設水道課(2017)
(19)		4	5	父島	農業用水から水道用水への分水停止	小笠原村建設水道課(2017)
(20)		4	13		気象庁が「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報第3号」を発表	注10)
(21)		4	17	母島	小型海水淡水化装置5台によって20m ³ /日の淡水を確保	小笠原村建設水道課(2017)
(22)		5	4	父島	レンタル海水淡水化装置(200m ³ /日)の稼働開始	小笠原村建設水道課 千葉勇人氏(私信)
(23)		5	18	父島	37.5mmの日降水量を観測(停滞前線を伴った低気圧による)	気象庁(2017a)
(24)		5	23	父島	78.5mmの日降水量を観測(別の低気圧による)	気象庁(2017a)
(25)		5	23	母島	ダム貯水率が100%に回復	小笠原村総務課(2017f)
(26)		5	24	父島	ダム総貯水率が81.4%に回復	小笠原村総務課(2017f)
(27)		5	24		渇水対策本部会議で、全ての給水制限を解除することを決定	小笠原村総務課(2017f)

(2011a-e), 後者は小笠原村在住の延島冬生氏の「父島断水日記」³⁻⁹⁾で、それぞれ渇水時の状況が述べられている(V章参照)。しかしながら、どのような大気循環場で少雨になったかは調べられていない。また、石川ほか(1999)では、伊豆小笠原諸島における水利開発史と渇水調整に関して包括的に述べられているが、1980年の父島の渇水については述べられていない。東京都小笠原支庁総務課(1998)でも、1980年の渇水については触れられていない。

梶根(1998)によれば、水資源でまず問題になるのは渇水対策であるという。そこで本研究では、2016～2017年の渇水の概要について述べ、少雨を引き起こした大気循環場について調べる。さらに、2011年、1980年といった過去の渇水年の状況と比較する。

II. データと解析方法

気象データとして、父島気象観測所の観測値(気象庁, 2017a)を用いた。これから2016年1月～2017年5月の各月における、月降水量の平年値からの差(以下、平年偏差)を計算した。

父島で月降水量の負偏差が続いた時の大気循環場について調べるため、NCEP-NCAR(National Center for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research)再解析データ(Kalnay *et al.*, 1996)を用いた。さらに、父島周辺の月降水量分布について調べるため、CMAP(Climate Prediction Center Merged Analysis of Precipitation; Xie and Arkin, 1997)を用いた。CMAPでは海上の降水量が求められているが、これは基本的に衛星観測値であり、雨量計を校正用に、数値予報モデルの出力を補助的に用いて作成されている。さらに、エルニーニョ監視海域のうち、NINO.WEST海域(赤道～北緯15°、東経130°～150°; 図1a)の海面水温(気象庁, 2017b)についても調べ、熱帯の対流活動と父島の降水量との関係について考察した。

NCEP-NCAR再解析データとCMAPを用いた解析は、NOAA/ESRL(2017)を通じて行なった。このNOAA/ESRL(2017)のWeb Siteで

は、1948年1月以降のおもな大気・海洋のデータについて、空間分解能 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 、時間分解能1か月で、任意の時空間範囲の図を作成できる。このようにして、注目する期間(IV章参照)の海面気圧偏差と地上風の偏差、および降水量偏差の合成図を作成した。

III. 2016～2017年の小笠原における渇水の概要

2016～2017年の父島における渇水の概要を、小笠原村公式サイト¹⁾や「小笠原村民だより」(小笠原村総務課, 2016a, b, 2017a-f)等に基づいてまとめると表1のようになる。表1では、父島の南約50 kmに位置する母島(東京都小笠原村)の状況も一部記載した。

表1の内容を要約すると、水道用ダム総貯水率の低下に伴って、(a)節水を呼びかけ、(b)減圧給水を実施し、(c)農業用水を水道用水へ分水し、(d)海水淡水化装置を導入し、(e)2017年5月下旬の大雨によって給水制限が解除された、となる。以下では、表1に関する補足情報を記す。

表1のNo. 1の4つの水道用ダムとは、図1bの時雨ダム、小曲ダム、連珠ダム、境浦ダムのことであり、有効貯水量(取水ポンプより上にある水)の合計は $93,700 \text{ m}^3$ である。また、同じくNos. 11, 14, 15, 21, 22の海水淡水化は2011年にもなされたが(後述する表2)、必要な電気代は通常の6倍もかかり、これによってつくられる水は大変高価なものである(小笠原村総務課, 2017d)。

表1のNos. 13, 16, 20では、2016年5月以降高気圧に覆われやすく低気圧や前線の影響を受けにくかったため、降水量の少ない状態が続いていること、気象庁による「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報 第2号、第3号」、それぞれの発表当時から1か月間程度は少雨の状態が続く見込みであることが示された¹⁰⁾。ここではじめて、2016～2017年の少雨の原因に関する言及がなされた。

なお、小笠原村建設水道課(2017)では、時間給水は村民生活や観光客に影響を与えるため、

2017年5月5日の段階では行なわない方針であることが示された。また、東京都心と父島を結ぶおがさわら丸の船舶給水は、当分の間、緊急時以外は見合わせていることも述べられた。

IV. 2016～2017年に小笠原で少雨を引き起こした大気循環場

「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報第2号、第3号」^[10]によると、高気圧に覆われやすく低気圧や前線の影響を受けにくかったことが、今回の父島の少雨の原因とされている。しかしながら、2016年5月～2017年4月の間、大気循環場がどのように変化してきたかについては、これらの気象情報^[10]では言及されていない。そこで、本章ではこの点について調べる。

図3は、2016年1月～2017年5月の父島気象観測所における月降水量と平年偏差を示している。この図から、2016年1～4月は平年よりも降水量が多く正偏差であったのが、2016年5月以降一転して負偏差に転じたことがわかる。2016年4月はエルニーニョ現象が終わった時であり（図5）、本研究で対象とする2016年5月以降は、エルニーニョ現象終了後の期間に相当する。このことに留意して、以下では、図3で顕著な降水量の負偏差がみられた時期の大気循環場の特徴について述べる。

図6は、父島で降水量偏差が負に転じた2016年5～7月について、太平洋からインド洋にかけての(a)海面気圧偏差と地上風の偏差、および(b)降水量偏差を描いたものである。図6の領域は、エルニーニョ現象終息後の夏季について、インドから西部熱帯太平洋にかけての熱帯大気海洋結合変動についてレビューしたXie *et al.* (2016)のFig. 15（模式図）に準じて設定した。図6aでは、西部熱帯太平洋からインド洋北部にかけて東風偏差が卓越しており、インド洋北部では正の降水量偏差、フィリピン付近から父島にかけては降水量の負偏差が、それぞれ広がっている（図6b）。

この状況は、インド洋キャパシター（コンデンサ）効果（Xie *et al.*, 2009）およびこれを拡張し

図5 2009年1月以降のNINO.WEST海域における海面水温の基準値^[11]との差。NINO.3海域（北緯5°～南緯5°、西経150°～90°）の海面水温から定義されたエルニーニョ現象発生期間（EN）とラニーニャ現象発生期間（LN）を、それぞれ矢印で表わす。

Fig. 5 Sea surface temperature (SST) anomaly from the standard value^[11] at NINO.WEST area after January 2009. The periods of El Niño (EN) and La Niña (LN) phenomena, determined by SST in NINO.3 area (5°N–5°S, 150°W–90°W) are depicted with arrows, respectively.

たインド洋-西太平洋キャパシターモード（Xie *et al.*, 2016）で説明できる。要約するとこれらは、「エルニーニョ現象はその最盛期（北半球の冬季）に熱帯インド洋を加熱し、熱帯インド洋の海面水温は春に極大となる。そのため、春にエルニーニョ現象が終息しても、インド洋の海面水温が高い状態が続く。この時、西部熱帯太平洋では広範囲で高圧偏差となりインド洋北部にかけて東風偏差が卓越し、インド洋の対流活動を活発化させる。それが今度は赤道波の伝播を通じて、西部熱帯太平洋の対流活動を抑制する」というものである。実際、気象庁（2017b）によれば、2016年春のインド洋（北緯20°～南緯20°、東経40°～100°）では、海面水温偏差の5か月移動平均値が2016年7月まで正の値になっていた（図省略）。そして、2016年6月は太平洋西部で対流活動は不活発となり、対流圏下層では、南シナ海北部から日本の南海上にかけて高気圧性循環偏差となった（気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 2016a）。引き続き2016年7月も、太平洋西部と北太平洋赤道域で対流活動は不活発であった

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, May–Jul. 2016)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, May–Jul. 2016)

図 6 2016 年 5～7 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 6 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for May–July, 2016. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

(気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 2016b)。これらの特徴は図 6b にも表れている。

図 3 において, 次に降水量の負偏差が顕著であった 2016 年 9～10 月の父島付近は, 図 7a にみられるように高気圧性循環偏差に覆われていた。気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2016c) によれば, 2016 年 9 月の太平洋高気圧は日本の南東海上で平年と比べて強かった。熱帯の対流活動は, インドネシア付近と太平洋の北緯 10°～15°付近で活発であり, 対流圏下層では, 東アジア南部では低気圧性循環偏差, 日本の南東海上では高気圧性循環偏差となり (気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 2016c), いわゆる P-J パターン

(Nitta, 1986, 1987) がみられた。10 月の対流活動が活発な領域も同様で, 対流圏下層では, 父島を含む北太平洋熱帯域の広い範囲で高気圧性循環偏差となった (気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 2016d)。この時期, 熱帯西部太平洋では太平洋からの風とインド洋からの風が収束しており (図 7a), この地域では降水量の正偏差がみられている (図 7b)。

なお, P-J パターンは夏の日本の天候に大きな影響を与えるものであり, この長期変動について調べた Kubota *et al.* (2016) では解析期間を 6～8 月としている。しかしながら, 2016 年 9～10 月の NINO.WEST 海域 (図 1a) の海面

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, Sep.–Oct. 2016)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, Sep.–Oct. 2016)

図 7 2016 年 9～10 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 7 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for September–October, 2016. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

水温偏差が約 $+0.5^{\circ}\text{C}$ と大きいこと (図 5), 西部熱帯太平洋では, 海面水温が高くなると対流活動が急激に活発になること (Webster *et al.*, 1998), および, 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2016c, d) の記述と図 7 より, 2016 年 9～10 月についても P-J パターンが生じているものと判断した。

2016 年 11 月以降は, 海面気圧偏差と地上風偏差, および降水量偏差について, 月をまたいで同様の傾向がみられることはなかった。気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2017a) によると, 11 月の対流圏下層は, 南シナ海～日本付近で高気圧性循環偏差となり, 父島はこれに含まれていた (図

省略)。また, 12 月の対流圏下層では, 北太平洋の亜熱帯高気圧は平年と比べて北への張り出しが強く, 日本の南東～東海上では明瞭な高気圧性循環偏差であった (気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 2017b)。図 8a にもこの特徴は表れており, 父島は高気圧性循環偏差の縁に位置している。一方, 図 8b の降水量偏差について, 父島はほぼ 0 mm/mon のところに位置しており, 定量的には図 3 と異なっている。これは, 図 8b を作成するのに使用した CMAP (Xie and Arkin, 1997) の海上の降水量が基本的に衛星観測値であることや, 空間分解能の違い (CMAP は $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 父島気象観測所は地点データ) などが影響している

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, Dec. 2016)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, Dec. 2016)

図 8 2016 年 12 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 8 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for December, 2016. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

と考えられる。

さらに, 図 3 で顕著な降水量の負偏差がみられた 2017 年 3 月の父島付近は, 低気圧性循環偏差に覆われた (図 9a)。この図からわかるように, これは, 北東側に位置する低気圧と北西側に位置する高気圧, 両方の影響を受けており, 冬の気圧配置の強まりを意味している。父島では主として低気圧や前線の影響を受けて降水が生じるため, 3 月も父島の降水量は平年より少なかった (図 3, 9b)。これに続く 2017 年 4 月は, 一転して太平洋の亜熱帯高気圧が小笠原諸島の東で平年よりも強くなった (気象庁地球環境・海洋部気候情報課, 2017c)。この特徴は図 10a にもみられる

が, 海面気圧偏差, 降水量偏差ともに 4 月の父島付近はほぼ正負の境目付近に位置していることがわかる (図 10a, b)。

このように, 長期にわたって少雨となった父島であったが, 2017 年 5 月に降水量偏差は正に転じた (図 3)。これは, 5 月 18 日と 23 日に父島付近を通過した低気圧によってもたらされたものである (表 1 の Nos. 23, 24)。2017 年 5 月の父島付近では南西風偏差が卓越しており, フィリピン付近から北東方向に伸びる正の降水量偏差の領域に父島は含まれていた (図省略)。こうして, 父島気象観測所における降水量の負偏差は 2017 年 4 月をもって終了した。

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, Mar. 2017)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, Mar. 2017)

図 9 2017 年 3 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 9 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for March, 2017. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

V. 過去の渇水年との比較

本章では, 2016 ~ 2017 年の渇水の状況および大気循環場を, 他の渇水年 (2011 年および 1980 年) のそれらと比較し, 2016 ~ 2017 年の特徴について明らかにする。以下では, 2011 年および 1980 年の特徴について順に述べる。

1) 2011 年の場合

図 11 は, 2010 年 10 月から 2011 年 9 月までの父島気象観測所における月降水量と平年偏差を示している。この図から, 2011 年は 1 ~ 7 月の月降水量が平年値よりも少なく, とくに 6 月の負偏差が顕著であることがわかる。

2011 年の父島における渇水の概要を, 小笠原村総務課 (2011a–e) 等に基づいてまとめると表 2 のようになる。特筆すべきは, V 章 2) 節で述べる 1980 年渇水の時よりも速いペースで父島のダム総貯水率が低下したこと (表 2 の No. 4, 図 4), および, この時はじめて海水淡水化装置が導入されたことである (No. 5, III 章参照)。そして, 2011 年渇水は, 8 月末の台風 12 号による大雨によって終息した (Nos. 6, 7)。

図 12 は, 図 11 において顕著な降水量の負偏差がみられた 2011 年 3 ~ 6 月について, (a) 海面気圧偏差と地上風の偏差, および (b) 降水量偏差を示したものである。図 12a より父島付近

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, Apr. 2017)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, Apr. 2017)

図 10 2017 年 4 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 10 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for April, 2017. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

図 11 2010 年 10 月～2011 年 9 月における父島気象観測所の月降水量および平年偏差.

Fig. 11 Monthly precipitation from October 2010 to September 2011 and its anomaly from 1981–2010 at Chichi-jima Observatory.

表 2 2011 年の父島における渇水の概要.

Table 2 Time series of the severe drought in Chichi-jima in 2011.

No.	年	月	日	できごと	出典
(1)	2011	6	1	節水の呼びかけ	小笠原村総務課 (2011a)
(2)		7	1	公共施設のシャワー室の停止の予告	小笠原村総務課 (2011b)
(3)		7	4	同停止. 父島では第一次制限給水 (減圧給水) 実施中 この先も時間給水の可能性あり	小笠原村総務課 (2011d)
(4)		7	7	「小笠原村民だより」水不足に関する臨時号の発行 ・1980 年渇水よりも早いペースで父島のダム総貯水率が低下 (図 4)	小笠原村総務課 (2011c)
(5)		7	16	水資源機構貸与の海水淡水化装置により 40 m ³ /日の淡水確保	小笠原村総務課 (2011d)
(6)		8	29	父島気象観測所で 39.0 mm の日降水量を観測 (台風 12 号による)	気象庁 (2017a)
(7)		8	30	父島気象観測所で 83.5 mm の日降水量を観測 (台風 12 号による)	気象庁 (2017a)
(8)		8	30	ダム総貯水率が 100% になり, 制限給水は全て解除	小笠原村総務課 (2011e)

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, Mar.–Jun. 2011)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, Mar.–Jun. 2011)

図 12 2011 年 3～6 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 12 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for March–June, 2011. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

は高気圧性循環偏差、その南西側と北東側に低気圧性循環偏差がみられる。また、降水量偏差は、西部熱帯太平洋で多雨、その北東側の父島を含む領域で少雨になっている（図 12b）。

ここで再び図 5 に注目すると、父島気象観測所の降水量が負偏差になった 2011 年 1 月以降（図 11）、NINO.WEST 海域の海面水温偏差（5 か月移動平均値）は $+0.5^{\circ}\text{C}$ 程度と大きくなっていった。すなわち、西部熱帯太平洋で対流活動が活発化し、その影響を受けて父島付近の高気圧性循環偏差が強化されたことが、図 11 や図 12 に現れている可能性がある。

2) 1980 年の場合

2-1) 渇水対策について

図 13 は、1980 年 1 ～ 12 月の父島気象観測所における月降水量と平年偏差を示している。この図から、1980 年 5 ～ 10 月の月降水量が平年値を大きく下回っていることがわかる。

父島における 1980 年渇水の資料がほとんどみつからないなか、当時、小笠原村建設水道課に勤務されていた延島冬生氏は、「父島断水日記」³⁻⁹⁾ に大変貴重な記録を残している。表 3 は、これらをもとに 1980 年の渇水対策についてまとめたものである。

図 13 1980 年 1 ～ 12 月における父島気象観測所の月降水量および平年偏差。

Fig. 13 Monthly precipitation from January to December 1980 and its anomaly from 1981-2010 at Chichi-jima Observatory.

表 3 で特筆すべきことは、2016 ～ 2017 年渇水や 2011 年渇水の時とは異なり、海水淡水化装置がなかったため、月が経るにつれて断水時間が長くなっていったことである（Nos. 4, 6, 8, 10, 12）。「父島断水日記」⁹⁾ によれば、1980 年渇水時、小笠原村役場では渇水対策本部は設置されず、小笠原村役場建設水道課の職員と他課の職員の応援で対応したという。また、東京都小笠原支庁の水道担当副主幹が村への助言を行ない、都水道関係部局との連絡調整にあたったともいう。村民は制限給水に協力的であり、本土からの水の輸送や、赴任者の家族を内地に避難させることも話題に上がったという。このように、半年間に及んだ 1980 年渇水であったが、11 月上旬に前線を伴った低気圧が 2 回通過したことによって、断水は解除された（表 3 の Nos. 13 ～ 16）。

2-2) 気候学的特徴

図 13 にみられる 1980 年 5 月の降水量 15.5 mm は、2017 年 5 月現在も月最少記録となっている。また、5 月に降水量偏差の符号が反転するなど、2016 ～ 2017 年渇水（図 3）と共通点もみられる。以下では 1980 年の暖候期の天候の特徴について、関連する文献に基づいて述べる。

1980 年の暖候期は、沖縄と小笠原を除き、全国的に記録的な冷夏であった（能登, 1980）。久保木（1980）によると、1980 年は 4 月下旬に南西諸島方面に顕著な梅雨前線が現れ、梅雨入りは平年より 22 日も早かった。そのため、4 月の降水量は那覇、宮古島、石垣島などで上位の記録を更新した。しかしながら、5 月の太平洋高気圧は平年より 2 ～ 4 hPa 高くなっており（田崎, 1980）、5 月の多雨域は北上してむしろ西日本に現われた。6 月は 3 年続いて晴れの日が多く高温・少雨になり、沖縄では雨もほとんど降らないまま 6 月 10 日に梅雨が明けた。この時の小笠原でもほとんど降水がみられず、図 13 をみると、1980 年 5、6 月は 2 か月続けて平年偏差 -100 mm を超える少雨となっている。

6 月下旬にオホーツク海高気圧が現われると、本土では梅雨空になり低温・多雨の日が続くようになった。これは、偏西風が蛇行しプロッキング

表 3 1980 年の父島における渇水の概要.

Table 3 Time series of the severe drought in Chichi-jima in 1980.

No.	年	月	日	できごと	出典
(1)	1980	5	—	ダム総貯水率が減少開始 (図 4)	小笠原村建設水道課 (2016)
(2)		7	末	ダム総貯水率が 50% を下回るように (図 4)	小笠原村建設水道課 (2016)
(3)		8	5	第 1 次減圧給水 (減圧操作)	注 9)
(4)		9	9	第 2 次減圧給水 (断水 8 時間, 22:00 ~ 6:00 断水)	注 3)
(5)		9	29	台風 16 号が近海を通過も雨はほとんど降らず	気象庁 (2017a)
(6)		10	2	断水 10 時間 (14:00 ~ 16:00 および 22:00 ~ 6:00)	注 5)
(7)		10	4	ダム総貯水率が 22% に (図 4)	注 5)
(8)		10	7	断水 11 時間 (14:00 ~ 16:00 および 21:00 ~ 6:00)	注 5)
(9)		10	13	台風 20 号が近海を通過も雨はほとんど降らず	気象庁 (2017a)
(10)		10	15	第 3 次減圧給水 (断水 15 時間, 10:00 ~ 16:00 および 21:00 ~ 6:00 断水)	注 6)
(11)		11	1	ダム総貯水率が 17.9% に (図 4)	注 8)
(12)		11	1	断水 18 時間 (8:30 ~ 16:00 および 19:30 ~ 6:00)	注 8)
(13)		11	2	父島気象観測所で 38.0 mm の日降水量を観測 (前線を伴った低気圧による)	気象庁 (2017a)
(14)		11	6	父島気象観測所で 158.5 mm の日降水量を観測 (前線を伴った別の低気圧による)	気象庁 (2017a)
(15)		11	7	再び第 1 次減圧給水 (減圧操作) に	注 9)
(16)		11	22	断水解除	注 8)

現象が続いたためである (山崎, 1980)。そのため, 梅雨明け後の 8 月になってもオホーツク海高気圧は依然として居座り続け, 太平洋高気圧は日本付近まで張り出すことができなかった。太平洋高気圧の影響は北緯 30° 以北に及ばなかった一方, 太平洋高気圧に覆われた沖縄や小笠原では記録的な高温と少雨に見舞われ, きわめて対照的な夏となった (植木, 1980)。この傾向は図 13 にも現れている。

1980 年 9 月も, 月平均気温偏差分布は東半球側では 8 月の分布によく似ていた (田代, 1980)。その程度は 8 月より弱かったものの, 夏の影響が秋まで及んでいた。また, 10 月の八丈島では日照時間が多照 2 位を記録するほど天気がよく (久保田, 1980), 父島で 9, 10 月の降水量が少ないのもこれらを反映している可能性がある。

図 14 は, 1980 年 5 ~ 10 月における (a) 海面気圧偏差と地上風の偏差, および (b) 降水量偏差を示している。上述した特徴を反映して, 図

14a にはオホーツク海に高気圧性循環偏差, 父島を含む北緯 20° ~ 30° の緯度帯にも同様の偏差がみられる。また, 図 14b の降水量偏差についても, 父島を含む北緯 20° ~ 30° の緯度帯で広く負偏差となっており, 冷夏・多雨であった日本本土と対照的な分布になっている。すなわち, 植木 (1980) でも述べられているように, この年の暖候期は空梅雨と, オホーツク海高気圧の勢力が強くて太平洋高気圧が北上できず, 平年より南側の父島付近の緯度帯に存在し続けたことが, 父島の少雨の原因であったといえる。

VI. 結 論

小笠原諸島父島において, 2016 ~ 2017 年に発生した少雨をもたらした大気循環場について調べた。また, 過去の少雨年 (2011, 1980 年) との比較も行なった。本研究で明らかになったことをまとめると, 以下ようになる。

1. 2016 年 5 月 ~ 2017 年 4 月の少雨は, 5 ~ 7

(a) SLP Anomaly & Surface Wind Anomaly from 1981–2010
(hPa & m/s, May–Oct. 1980)

(b) Anomaly of Precipitation from 1981–2010
(mm/mon, May–Oct. 1980)

図 14 1980 年 5～10 月における (a) 海面気圧の平年偏差 (hPa) と地上風の平年偏差 (m/s), および (b) 月降水量の平年偏差 (mm/mon). ハッチをかけたのは正偏差の領域であり, 父島を黒丸で示した.

Fig. 14 (a) Sea level pressure anomaly (hPa) and surface wind anomaly (m/s) from 1981–2010, along with (b) monthly precipitation anomaly (mm/mon) from 1981–2010 for May–October, 1980. Hatched area displays positive anomaly, and black circle shows Chichi-jima.

月はエルニーニョ現象終了直後のインド洋～西太平洋における大気-海洋相互作用の影響を受けて発生した。9～10 月は P-J パターンの影響を受けた。11 月以降は月をまたいで同様の大気循環場が継続することはなかったが, 基本的に高気圧性循環偏差に覆われていた。ただし, 2017 年 3 月は冬型の気圧配置が強まっていた。

2. 2011 年 1～7 月の少雨は, 2011 年に入ってから西部熱帯太平洋での海面水温偏差 (5 か月移動平均値) が $+0.5^{\circ}\text{C}$ 程度と大きくなってこの海域の対流活動が活発化し, この影響を受けて発生したと考えられる。とくに降水量

の負偏差が顕著だった 3～6 月には, 西部熱帯太平洋で低気圧性循環偏差, 父島付近で高気圧性循環偏差がみられた。

3. 1980 年 5～10 月の少雨は, 空梅雨と, 暖候期に出現したオホーツク高気圧の勢力が強かったため, 太平洋高気圧が平年より北上できず, 父島付近で高気圧性循環偏差になったことが原因であった。

本研究によって, 父島では, 同じ少雨であっても年によって違いがあり, また季節によっても大気循環場が異なる場合があることが示された。さらに, 父島における水資源を考えるうえで問題となるのは, 信頼できる長期間の気象データを利用

できるのが父島気象観測所に限られるということである。すなわち、もっとも基本的かつ重要な島内の降水量分布でさえ、現状ではよくわかっていないのである。

I章で述べたように、父島でもっとも標高が高いのは、中央山南東部の標高326 m地点である(図1b)。一般に標高が高くなれば、上昇気流が生じるために降水量は多くなり、気温が下がるために蒸発散量は少なくなる。実際、吉田ほか(2002)が初寝山(図1b)付近の標高215 m地点で行なった水文気象観測に基づいて、2000年1～12月の水資源量(降水量－ポテンシャル蒸発量、近藤・徐, 1997)を算定してみると、初寝山付近では799.6 mm (= 1935.0 mm - 1135.4 mm)、父島気象観測所では204.9 mm (= 1592.0 mm - 1387.1 mm)であり、4倍もの違いがあった。

このことは、父島の水資源を考えるうえでの降水量や蒸発散量の分布を把握することの重要性を物語っており、関係各所へ水文気象観測の実施をお願いしたい。一方、渇水傾向を把握するのは、降水量や水資源量の絶対量よりも偏差が重要であり、長期の信頼できる観測点を増やすことも大切である。これらを鑑みて、父島の水資源については稿を改めて述べたいと思う。

謝 辞

小笠原村在住の延島冬生様には、1980年渇水の際のお話を聞かせていただきました。小笠原村役場建設水道課の千葉勇人様には、2017年3月に父島のダムを案内していただくとともに、その後の現地事情を教えてくださいました。首都大学東京都市環境科学研究科の井上知栄特任助教には、関連する文献を教えてくださいました。同じく増田耕一客員教授には草稿を読んでもいただきました。2名の査読者と担当委員の上野健一様からいただいたコメントは、原稿を改良するのに大変役立ちました。

本研究を行なうに際し、首都大学東京小笠原施設設を利用しました。可知直毅教授をはじめとする首都大学東京小笠原研究委員会の皆様に心から御礼申し上げます。

注

- 1) 小笠原村公式サイト (<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/>) [Cited 2016/12/08-2017/05/24]。
- 2) 小笠原村建設水道課(2016)では、2016年における父島の水道用ダムの総貯水率の推移がグラフとして示されており、過去の渇水年(1980年および2011年)との比較がなされていた(図4)。しかしながら、2017年5月24日現在このページは更新されている。なお、父島の水道用ダムの総貯水率は、2017年5月24日までは小笠原村公式サイト¹⁾で毎日更新されていた。
- 3) 父島断水日記1。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1267454746668175> [Cited 2017/05/03]。
- 4) 父島断水日記2。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1269193806494269> [Cited 2017/05/03]。
- 5) 父島断水日記3。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1270959396317710> [Cited 2017/05/03]。
- 6) 父島断水日記4。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1271864989560484> [Cited 2017/05/03]。
- 7) 父島断水日記5。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1272846429462340> [Cited 2017/05/03]。
- 8) 父島断水日記6. 18時間断水解除へ。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1273602442720072> [Cited 2017/05/03]。
- 9) 父島断水日記7. まとめ。
<https://www.facebook.com/fuyuo.nobushima/posts/1274662672614049> [Cited 2017/05/03]。
- 10) 「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報 第1号」は2017年2月17日に気象庁から発表されたことが、「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報 第2号」や小笠原村総務課(2017e)で述べられている。「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報」は第3号まで出されたが、2017年12月19日現在、気象庁のWeb Site上では「小笠原諸島の少雨に関する東京都気象情報 第1号～第3号」のいずれも確認できない。
- 11) NINO.WEST 海域の場合、基準値とは、その年の30年前から前年までの、30年間のトレンドから得られた値のことである(気象庁, 2017b)。

文 献

- 石川大輔・岩屋隆夫・角田定孝・志多充吉(1999): 伊豆小笠原諸島における水利開発史と渇水調整に関する研究。土木史研究, **19**, 73-82. [Isikawa, D., Iwaya, T., Tsunoda, S. and Sida, M. (1999): History of water use development and control of dry spell in the Izu Bonin Islands. *Historical Studies in Civil Engineering*, **19**, 73-82. (in Japanese with English abstract)]
- Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., Collins, W., Deaven, D., Gandin, L., Iredell, M., Saha, S., White,

- G., Woollen, J., Zhu, Y., Chelliah, M., Ebisuzaki, W., Higgins, W., Janowiak, J., Mo, K. C., Ropelewski, C., Wang, J., Leetmaa, J., Reynolds, R., Jenne, R. and Joseph, D. (1996): The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **77**, 437-471.
- 樫根 勇 (1998): 水循環と環境計画. 環境情報科学, **27**(2), 13-16. [Kayane, I. (1998): Hydrological cycle and environmental planning. *Environmental Information Sciences*, **27**(2), 13-16. (in Japanese with English abstract)]
- 気象庁 (2017a): 過去の気象データ検索 東京都父島. [Japan Meteorological Agency (2017a): Search for past meteorological data: Chichi-jima, Tokyo Metropolis (Kako No Kisho Deta Kensaku: Tokyoto Chichi-jima). (in Japanese)*]
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php?prec_no=44&block_no=47971&year=&month=&day=&view= [Cited 2017/05/05].
- 気象庁 (2017b): 監視指数. [Japan Meteorological Agency (2017b): Monitoring indices (Kanshi Shisu). (in Japanese)*]
http://www.data.jma.go.jp/gmd/cpd/db/el_nino/index/datab.html [Cited 2017/05/05].
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2016a): 2016 年 6 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **63**, 596-597. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2016a): Global circulation and world weather in June 2016. *Tenki*, **63**, 596-597. (in Japanese)*]
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2016b): 2016 年 7 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **63**, 738-739. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2016b): Global circulation and world weather in July 2016. *Tenki*, **63**, 738-739. (in Japanese)*]
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2016c): 2016 年 9 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **63**, 894-895. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2016c): Global circulation and world weather in September 2016. *Tenki*, **63**, 894-895. (in Japanese)*]
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2016d): 2016 年 10 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **63**, 1006-1007. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2016d): Global circulation and world weather in October 2016. *Tenki*, **63**, 1006-1007. (in Japanese)*]
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2017a): 2016 年 11 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **64**, 52-53. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2017a): Global circulation and world weather in November 2016. *Tenki*, **64**, 52-53. (in Japanese)*]
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2017b): 2016 年 12 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **64**, 108-109. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2017b): Global circulation and world weather in December 2016. *Tenki*, **64**, 108-109. (in Japanese)*]
- 気象庁地球環境・海洋部気候情報課 (2017c): 2017 年 4 月の大気大循環と世界の天候. 天気, **64**, 446-447. [Climate Prediction Division, Global Environment and Marine Department, Japan Meteorological Agency (2017c): Global circulation and world weather in April 2017. *Tenki*, **64**, 446-447. (in Japanese)*]
- 近藤純正・徐 健青 (1997): ポテンシャル蒸発量の定義と気候湿度. 天気, **44**, 875-883. [Kondo, J. and Xu, J. (1997): Potential evaporation and climatological wetness index. *Tenki*, **44**, 875-883. (in Japanese)*]
- 久保木光熙 (1980): 1980 年の天候: 梅雨. 気象, **24**(12), 9-10. [Kuboki, K. (1980): Weather in 1980: Bai-u. *Kisho*, **24**(12), 9-10. (in Japanese)*]
- Kubota, H., Kosaka, Y. and Xie, S.-P. (2016): A 117-year long index of the Pacific-Japan pattern with application to interdecadal variability. *International Journal of Climatology*, **36**, 1575-1589.
- 久保田利一 (1980): 1980 年 10 月の日本の天候. 気象, **24**(12), 20. [Kubota, T. (1980): Weather of Japan in October 1980. *Kisho*, **24**(12), 20. (in Japanese)*]
- ロング ダニエル・稲葉 慎編著 (2004): 小笠原ハンドブック. 南方新社. [Long, D. and Inaba, M. eds. (2004): *Ogasawara Handbook* (Ogasawara Handboku). Nanpo Shinsha. (in Japanese)*]
- 仁科淳司 (2014): やさしい気候学 第三版. 古今書院 [Nishina, J. (2014): *Fundamental Climatology Third Edition*. Kokon Shoin Publishers. (in Japanese)*]
- Nitta, Ts. (1986): Long-term variations of cloud amount in the western Pacific region. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **64**, 373-390.
- Nitta, Ts. (1987): Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the northern hemisphere summer circulation. *Journal of the Meteorological Society of Japan*, **65**, 373-390.
- NOAA/ESRL (National Oceanic and Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory) (2017): Monthly/seasonal climate composites. <https://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.pl> [Cited 2017/05/05].
- 能登正之 (1980): 1980 年の天候 日本の天候. 気象, **24**(12), 5-6. [Noto, M. (1980): Weather in 1980: Weather of Japan. *Kisho*, **24**(12), 5-6. (in Japanese)*]
- 小笠原村建設水道課 (2016): 節水にご協力ください. [Construction and Water Supply Division, Ogasawara Village (2016): Please cooperate with saving water (Sessui Ni Gokyoryoku Kudasai). (in Japanese)*]
http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/kensetsu_suidou

- _news [Cited 2016/12/08].
- 小笠原村建設水道課 (2017): 渇水対策情報について. [Construction and Water Supply Division, Ogasawara Village (2017): Information on the counter-measures against severe drought (Kassui Taisaku Joho Ni Tsuite). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/667.pdf> [Cited 2017/05/05].
- 小笠原村総務課 (2017a): 小笠原村村民だより No. 668. [General Coordination Division, Ogasawara Village (2017a): *Newsletter of Ogasawara Village No. 668* (Ogasawara Mura Sonmin Dayori No. 668). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/668.pdf> [Cited 2017/05/05].
- 小笠原村総務課 (2017b): 小笠原村村民だより No. 669. [General Coordination Division, Ogasawara Village (2017b): *Newsletter of Ogasawara Village No. 669* (Ogasawara Mura Sonmin Dayori No. 669). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/669.pdf> [Cited 2017/05/05].
- 小笠原村総務課 (2017c): 小笠原村村民だより No. 670. [General Coordination Division, Ogasawara Village (2017c): *Newsletter of Ogasawara Village No. 670* (Ogasawara Mura Sonmin Dayori No. 670). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/670.pdf> [Cited 2017/05/05].
- 小笠原村総務課 (2017d): 小笠原村村民だより No. 671. [General Coordination Division, Ogasawara Village (2017d): *Newsletter of Ogasawara Village No. 671* (Ogasawara Mura Sonmin Dayori No. 671). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/671.pdf> [Cited 2017/05/05].
- 小笠原村総務課 (2017e): 小笠原村村民だより No. 672. [General Coordination Division, Ogasawara Village (2017e): *Newsletter of Ogasawara Village No. 672* (Ogasawara Mura Sonmin Dayori No. 672). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/672.pdf> [Cited 2017/05/05].
- 小笠原村総務課 (2017f): 小笠原村村民だより No. 674. [General Coordination Division, Ogasawara Village (2017f): *Newsletter of Ogasawara Village No. 674* (Ogasawara Mura Sonmin Dayori No. 674). (in Japanese)*]
<http://www.vill.ogasawara.tokyo.jp/wp-content/uploads/sites/2/files1/674.pdf> [Cited 2017/06/05].
- 田代茂夫 (1980): 1980 年 9 月の世界の天候. 気象, **24** (11), 15. [Tashiro, S. (1980): World weather in September 1980. *Kisho*, **24** (11), 15. (in Japanese)*]
- 田崎允一 (1980): 1980 年 5 月の世界の天候. 気象, **24** (7), 15. [Tazaki, M. (1980): World weather in May 1980. *Kisho*, **24** (7), 15. (in Japanese)*]
- 東京都小笠原支庁総務課編 (1998): 小笠原支庁 30 年のあゆみ. 小笠原村. [General Coordination Division, Ogasawara Branch Government Office, Tokyo Metropolitan ed. (1998): *30 Years' History of Ogasawara Branch Government Office* (Ogasawara Shicho 30 Nen No Ayumi). Ogasawara Village. (in Japanese)*]

- 植木九州男 (1980): 1980 年の天候 夏. 気象, **24**(12), 11-12. [Ueki, K. (1980): Weather in 1980: Summer. *Kisho*, **24**(12), 11-12. (in Japanese)*]
- Webster, P.J., Magana, V.O., Palmer, T.N., Shukla, J., Tomas, R. A., Yanai, M. and Yasunari, T. (1998): Monsoons: Processes, predictability, and the prospects for prediction. *Journal of Geophysical Research*, **103**, 14451-14510.
- Xie, P. and Arkin, P.A. (1997): Global precipitation: A 17-year monthly analysis based on gauge observations, satellite estimates, and numerical model outputs. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **78**, 2539-2558.
- Xie, S.-P., Hu, K., Hafner, J., Tokinaga, H., Du, Y., Huang, G. and Sampe, T. (2009): Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. *Journal of Climate*, **22**, 730-747.
- Xie, S.-P., Kosaka, Y., Du, Y., Hu, K., Chowdary, J. and Huang, G. (2016): Indo-western Pacific ocean capacitor and coherent climate anomalies in post-ENSO summer: A review. *Advances in Atmospheric Sciences*, **33**, 411-432.
- 山崎 学 (1980): 1980 年 7 月の世界の天候. 気象, **24**(9), 15. [Yamazaki, M. (1980): World weather in July 1980. *Kisho*, **24**(9), 15. (in Japanese)*]
- 吉田圭一郎・飯島慈裕 (2009): 小笠原諸島における最近 10 年間の水文気候環境. 陸水学雑誌, **70**, 13-20. [Yoshida, K. and Iijima, Y. (2009): Hydroclimatic conditions during the last decade in the Ogasawara (Bonin) Islands. *Japanese Journal of Limnology*, **70**, 13-20. (in Japanese with English abstract)]
- 吉田圭一郎・飯島慈裕・岩下広和・岡 秀一 (2002): 水文気候条件からみた小笠原諸島父島における乾性低木林の立地環境. 地学雑誌, **111**, 711-725. [Yoshida, K., Iijima, Y., Iwashita, H. and Oka, S. (2002): Hydroclimatic conditions in subtropical dry scrub on Chichi-jima Island, the Ogasawara (Bonin) Islands. *Journal of Geography (Chigaku Zasshi)*, **111**, 711-725. (in Japanese with English abstract)]
- 吉田圭一郎・岩下広和・飯島慈裕・岡 秀一 (2006): 小笠原諸島父島における 20 世紀中の水文気候環境の変化. 地理学評論, **79**, 516-526. [Yoshida, K., Iwashita, H., Iijima, Y. and Oka, S. (2006): Long-term change in the hydroclimatic environment during the 20th century on Chichi-jima in the Ogasawara (Bonin) Islands. *Geographical Review of Japan*, **79**, 516-526. (in Japanese with English abstract)]

* Title etc. translated by H.M.