

1993年の大冷夏*

—80年ぶりの大凶作—

近藤 純正**

要旨

東北地方の1993年夏は1913(大正2)年以来の80年ぶりの大冷夏であった。これは1991年6月のピナツボ火山の噴火と関係があると思われる。最近158年間の大規模火山噴火と冷夏、米の収量との関連から、概略50年ごとに起こる冷夏大凶作の頻発時代の存在を示した。現在は昭和末・平成初期大凶作の頻発時代にある。

宮城県の江の島における海面水温と金華山における気温の年平均値は、互いに高い相関関係を持ちながら長期変動をしている。両者の長期変動にはジャンプ・アップとダウンを伴う傾向が見られる。最近の1980年以後、海面水温と気温は低温の状態が続いている。

1. はしがき

これまで筆者は東北地方の冷夏・凶作について、以下のことを報告してきた(近藤, 1985a; 1985b; 1985c; 1985d; 1987; 1988)。過去300年間を調べてみると、東北地方では冷夏による大凶作は、世界的な大規模火山噴火の直後とその翌年に起こることが多い。大規模火山噴火のあと、地球全体では0.2°C程度の気温低下しか起きないが、東北地方の夏はこの10倍の2°C前後も低温になる。大規模火山噴火後の東北地方の低温化は夏に顕著で冬ははっきりしない(近藤, 1985d; Kondo, 1988)。これらの詳細な物理過程はまだ明らかにされていない。

一方、昭和初期は例外で、大規模火山噴火はなかったのに大冷夏凶作が1931, 1934, 1935, 1941, 1945年(昭和6, 9, 10, 16, 20年)に頻発した。この時代は三陸沖の海水の異常低温の時代に一致している。1923~1945年の23年間の海面水温はその後の1946~1979年に比べて年平均値で1.38°Cも低かった(近藤, 1987)。海水の異常低温は、親潮(寒流)の勢力の増大が原因と考えられる。北日本では冬の北西季

節風が、その前後の時代に比べて約10%も強く、深い水深まで低温の海水は、熱容量が大きいため、半年後の夏まで低温傾向が持続した(山崎ほか, 1989)。その夏に総観規模の気圧配置が北東冷気流「やませ」型となる頻度が多い年には、東北地方の太平洋沿岸では低温の海水の影響をまともに受けて、大冷夏となった。過去の長期間の例では、太平洋赤道付近で発生するエルニーニョと東北地方の大冷夏・低温海水との関係ははっきりしない(近藤, 1985a)。

1991年6月15日、フィリピンのピナツボ火山が大噴火した。火山噴出物の総量は2 km³で今世紀最大、噴煙は高度17~26 kmの成層圏まで達し、東風に乗って西に流れ、1か月後には北緯25度から南緯15度帯まで広がったといわれている。これは、前世紀の1883年8月26日に起こったインドネシアのクラカトア噴火のときに似ている。そのときの噴煙は噴火3か月後には低・中緯度の大部分を覆い、2~3年後まで大気中に滞留した。噴火後の東北地方の冷夏はクラカトア火山噴火となんらかの関連があると考えた(近藤, 1987)。そのため、今回のピナツボ噴火後の1992~1993年には冷夏発生のあることを指摘してきた(近藤, 1991; 1992)。1992年は弱い冷夏であったが、噴火2年後の1993年は大冷夏凶作となった。

本報告では、筆者による過去の報告に、最近の資料を追加し、現在は「昭和末・平成初期の大凶作頻発時代」にあることを再び注意すると共に、1993年の冷夏

* Unusual cool summer of 1993.

** Junsei Kondo, 東北大学理学部地球物理学教室。

—1993年11月15日受領—

—1994年5月9日受理—

は近年158年間の6大冷夏の一つであることを示したい。

2. 用語の定義と資料解析の方法

冷夏の度合いは「6～8月の気温偏差」、米作期の「夏の気温偏差」「暑冷指数」「雨日数」から総合的に判断する。用語は従来の定義とほぼ同じであるが、観測資料の変更もあるので、以下にまとめておく。

(a)大規模火山噴火 (第1図)

Simkinら(1981)のインデックスVEI=5, 6, 7の火山噴火と、VEI=4のうちの大きいものを大規模噴火とする。VEI=4は火山噴煙が多量に成層圏に入ったか否かの限界にあるので、VEI=4の大きいものとは、Lamb(1970)の火山噴煙インデックスdvi>200のものとする。なお、本報告では南緯10度以北の熱帯～北半球で噴火したものを対象とし、南緯30度以南のものは除いてある。この南半球での火山噴火の回数は少ないが、噴火後の東北地方の夏は暑夏になる傾向がある(近藤, 1985; Kondo, 1988)。

(b)火山噴火直後の夏とその次の夏 (第1図)

「火山噴火直後の夏」とは、噴火が1～5月の場合は当年の夏、7～12月の場合は翌年の夏とする。「その次の夏」とは、「噴火直後の夏」の翌年の夏を指す。6月に噴火したものとして、1912年6月6日のアラスカのカトマイ火山と最近1991年6月15日のフィリッピン島のピナツボ火山の2つがある。これら2火山は噴火当年の夏を「6月噴火の夏」、その翌年を「噴火直後の夏」、さらに次年を「その次の年」とし、3年間に注目する。

(c)6～8月の気温偏差 (第1図)

宮城県の上陸沿岸の沖合いの小島の金華山灯台では1882年6月から気象観測を始めた。1910年5月～1984年4月までの74年間の6～8月平均気温の気候平均値20.3°Cからの差を6～8月の気温偏差とする。この74年間は後述の宮城県江の島における海面水温の気候平均値を定義する期間と同じにしてある。

しかし、金華山では1992年3月まで気象観測が行われたが、同年4月以後は中止となった。そこで、金華山と石巻について、最近の1982～1991年の10年間の6～8月平均気温を比較してみると石巻の平均気温が1.1°C高い(第1表)。したがって1992年以後の6～8月の気温偏差ΔAは、

$$\Delta A = 6 \sim 8 \text{月の平均気温 (石巻)} - 21.4^\circ\text{C} \quad (1)$$

とする。観測中止による資料接続の誤差は±0.1°C、最

第1表 気温の観測値を接続させるための石巻と金華山の比較。1982～1991年の10年間。今後の参考のために、江の島アメダスの観測値も示した。

	6～8月の平均気温	年平均気温
江の島(e)	19.21°C	11.59°C
石巻(i)	20.68	11.25
金華山(k)	19.58	12.06
(i) - (k)	1.10	-0.81

大0.3°Cである。

(d)米作期の夏の気温偏差 (第2表)

石巻における6, 7, 8, 9月の月平均気温をそれぞれT6, T7, T8, T9としたとき、米作期の夏の気温偏差ΔBは

$$\Delta B = \text{平均気温} - 21.2^\circ\text{C} \quad (2)$$

ただし

$$\text{平均気温} = [0.5(T6 + T9) + T7 + T8] \div 3 \quad (3)$$

ここに21.2°Cは式(3)によって計算した「石巻における米作期の夏の平均気温」の1888～1955年の68年間の気候平均値である。このΔBは米の収量との関連を調べるのに用いる。この定義は、古文書による天候日記(花井安列の日記)から天保大飢饉年の気温を推定するのに利用した(近藤, 1985b; Kondo, 1988)。

(e)6～8月と、米作期の夏の気温偏差の関係

天保年間の気温偏差は米作期について推定したものである。近年の気温観測時代の、金華山における6～8月の気温偏差(ΔA)と石巻における米作期の夏の気温偏差(ΔB)とを調べると、次の関係がある。

$$\Delta A = 1.2 \times \Delta B - 0.1^\circ\text{C} \quad (4)$$

1836(天保7)年の6～8月の気温偏差(第2表中の-3.3°C)は、この式によって換算したものである。

(f)米作期の酷暑日数・冷涼日数・雨日数 (第2表)

石巻の気温資料より、まず次の用語を定義する。

酷暑日: 日最高気温 ≥ 28°Cの日

冷涼日: 日平均気温 < 18°Cの日

雨日: 日降水量 ≥ 1mmの日

これは、花井安列の日記には暑さ寒さの度合いが「近年覚無之暑氣」「暑甚敷」「酷暑」「冷氣」「綿入れ着用」など、また雨の強さが「雨少々」「雨しめる程」「大雨」などの表現でかかれていたことに由来する。この用語は天保7年の大冷夏との比較に用いる。

第2表 東北地方における1836～1993年の158年間の6大冷夏凶作の比較. ただし1836年の気象は花井安列の日記による推定値である. 6～8月偏差: 6～8月の気温偏差, 米作期偏差: 米作期の夏の気温偏差, 大暑日数～雨日数: 6月16日から9月15日までの日数, 雨日数: 日降水量1mm以上の雨日数.

西 暦 和 暦	1836 天保 7	1869 明治 2	1902 明治35	1905 明治38	1913 大正 2	1993 平成 5
6～8月偏差(°C)	-3.3	×	-2.2	-2.4	-2.8	-2.5
米作期偏差(°C)	-2.8	×	-2.1	-2.2	-2.2	-2.0
大暑日数(日)	3	×	2	6	4	3
冷涼日数(日)	33	×	22	23	32	26
暑冷指数(日)	-30	×	-20	-17	-28	-23
雨日数(日)	51	×	31	40	35	39
米の作況指数						
宮城県(%)	10	40	48	12	46	37
東北平均(%)	×	33	55	45	48	57

大暑日数: 6月16日～9月15日間の大暑日の数
 冷涼日数: 同上期間の 冷涼日の数
 雨日数 : 同上期間の 雨日の数
 天保年間の雨日数は「雨少々」の日を除いた日数である. こうして定義した天保年間の雨日数と次項の「暑冷指数」の関係は, 気象観測時代におけるその関係によく一致する(近藤, 1985b; Kondo, 1988).

(g) 暑冷指数 (第2表)

次式によって定義する.

$$\text{暑冷指数} = \text{大暑日数} - \text{冷涼日数} \quad (5)$$

この指数が大きいほど暑夏, マイナスで大きいほど冷夏が強いことになる. 暑冷指数は, 誤差±0.3°Cの精度で米作期の夏の平均気温と対応する. さらに雨日数と高い相関関係にある(近藤, 1985b; Kondo, 1988).

(h) 年平均の海面水温の長期変動 (第2図上)

金華山の北方約12kmの宮城県「江の島」では1910年5月から海面水温が観測されている. この島は宮城県牡鹿半島から約7km 離れ, 直径0.6kmの岩礁よりなる小島で, 海面水温は三陸沖の海面水温を代表する(近藤・山崎, 1984).

(i) 年平均気温の長期変動 (第2図下)

金華山灯台では1882年6月から1992年3月まで気象観測が行なわれた. 途中の延べ6年5か月分の資料欠如については, 近藤・山崎(1984)の方法で石巻の観測資料から月ごとに推定した.

1992年以後の年平均気温については, 第1表に示す1982～1991年の10年間の比較から, 石巻が0.8°C低いので, 第2図では縦軸目盛りをその分ずらして石巻の気温をプロットした. つまり第2図縦軸左側は金華山の

目盛り, 右側は石巻の目盛りである. 観測中止による資料接続の誤差は±0.1°C, 最大0.3°Cであり, 第5章で述べるように, 金華山の気温と江の島の海面水温の変動は, 高い相関関係にあるが, 石巻の気温とではこの相関関係はやや弱くなることを注意しておきたい. そのため, 今後は金華山に近い江の島アメダスの気温を利用するのがよいかもしれない(第1表参照).

3. 大規模火山噴火と6～8月の気温偏差

第1図は6～8月の気温偏差の年々変動で, 1834年から1993年までを示す. 1834～1841(天保5～12)年は暑冷指数から推定した気温偏差である(近藤, 1985b). この天保年間のみ, 期間のとり方が異なり, 「米作期の夏の気温偏差」の推定値をプロットしてある.

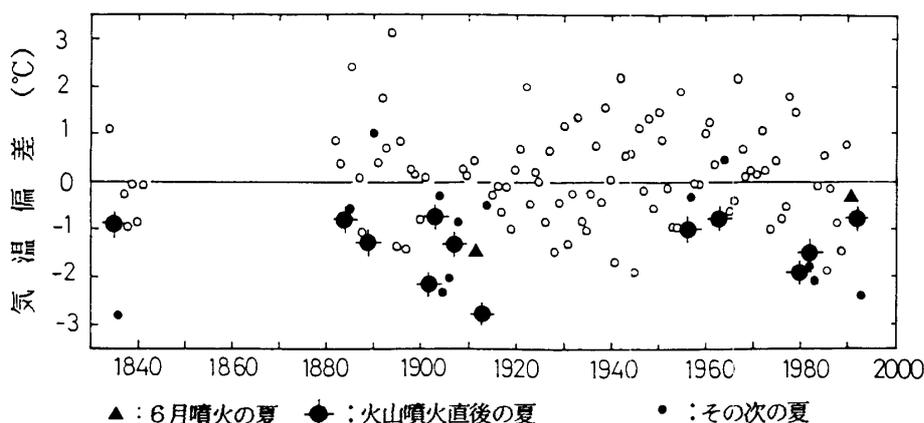
黒印記号で「火山噴火直後の夏」「その次の夏」「6月噴火の夏」を区別してプロットしてある. これらの夏はいずれも気温偏差がマイナスとなる確率が非常に高いことがわかる.

マイナスが大きい1位は1836(天保7)年, 2位は1913(大正2)年, 3位が今回の1993(平成5)年である(第2表も参照). したがって1993年は80年ぶりの大冷夏といえよう.

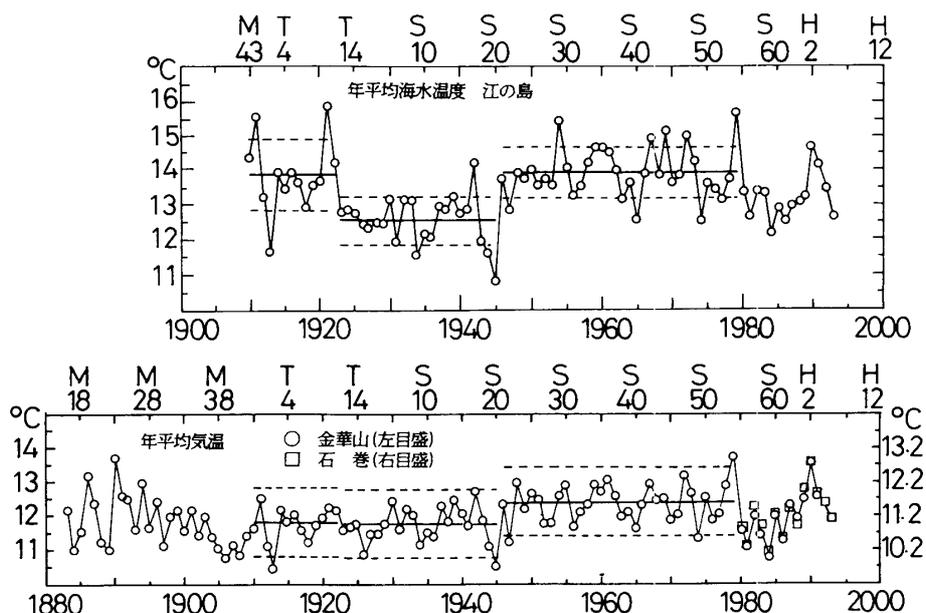
4. 東北地方の米の収量

第3図は1833(天保4)年以来の東北地方の米収量の年々変動である. 筆者によって名づけた凶作頻発時代を縦帯記号で記入してある. 現在は「昭和末・平成初期大凶作時代」にあると見ることができる.

昭和初期の大凶作頻発時代が第2次世界大戦と共に終結して以来, 日本では米の増産に努力し, 収量は飛



第1図 近年158年間の6～8月の気温偏差の年々変動。ただし天保年間は「米作期の夏の気温偏差」をプロットしてある。1882～1991年は金華山資料，1992年以後は石巻資料に基づく（近藤，1985d；Kondo，1988，に加筆）。

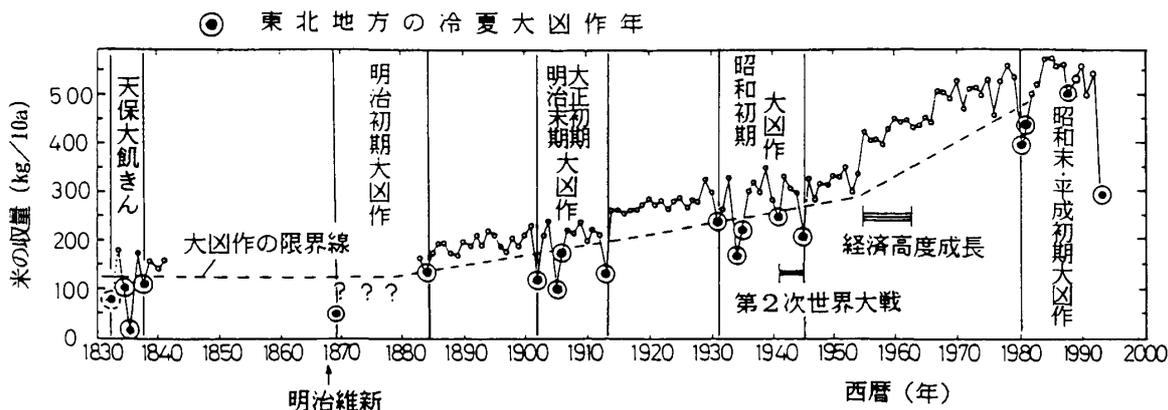


第2図 (上)1910年以後の宮城県江の島における年平均海面水温。(下)1883年以後の金華山における年平均気温(丸印，左縦座標の目盛り)，ただし1980年以後は石巻の年平均気温も重ねてプロットしてある(四角印，右側縦軸の目盛り)。右端のプロットは1993年。

躍的に増加した。「農業技術の進歩によって冷害は克服された」といわれる程になった。ところが，1980（昭和55）年に冷夏凶作にみまわれた。それまでよい気候に恵まれ，大冷夏がなかっただけである。ちなみに1980年の「米作期の夏の気温偏差」=-1.7°C，「6～8月の

気温偏差」=-1.9°C，「暑冷指数」=-12日である。なお，昭和初期に5回発生した大凶作年の「米作期の夏の気温偏差」=-1.1～-1.6°Cである（近藤，1985c）。

1980年からの4年続きの不作の後でも，「農業技術の進歩によって冷害凶作は昔のようには悪くならなかつ



第3図 水田面積10アールあたりの米収量(東北6県平均)の時代変遷(近藤, 1985c; Kondo, 1988, に加筆).

た」と言われていた。1980年の冷夏は過去の大冷夏より弱かったことに注意すべきである。いずれも技術過信であったと筆者は考える。確かに、技術は進歩し米の単位面積あたりの収量は明治時代の3倍以上になった。新しい耐冷品種が見出され、冷害危険地帯まで稲作範囲が拡大されていった。また商品価値の高い銘柄米づくりにも重点が置かれるようになった。いつの時代にも気候条件ぎりぎりでの米づくりが行われている。そのため、現在でも異常気象がいったん発生すると、昔と同様な大凶作が起こりうることを指摘しておきたい。「米作期の夏の気温偏差」 $\leq -1.0^{\circ}\text{C}$ の強い冷夏では、気温偏差 0.2°C の低下ごとに米の作況指数は10%低下する(近藤, 1985c)。

第2表は過去158年間の大冷夏凶作の比較である。これは「米作期の夏の気温偏差」「6～8月の気温偏差」とともに低い方から5位までが含まれる。1869(明治2)年は気象観測データのない時代であるが、冷夏により作況が著しく悪かった年として知られている。「暑冷指数」の低いものでは1位が1836(天保7)年、2位が1913(大正2)年、3位が今回の1993(平成5)年である。また、米の作況指数では悪い方から3位(宮城県)または5位(東北6県平均)である。

5. 海面水温と気温の年平均値の長期変動

第2図(上段)は宮城県江の島における年平均海面水温の長期変動である。1923年に -1.3°C のジャンプ・ダウンがあり、1946年に $+1.4^{\circ}\text{C}$ のジャンプ・アップがあった。この傾向は太平洋側の三陸沿岸一帯で起こった(近藤, 1987; Kondo, 1988)。1923～1945年の低温時代は「昭和初期大凶作」の頻発時代である。この長

第3表 海面水温と気温の長期間平均値。ただし金華山の1992～93年の年平均気温は第2章(i)項の方法で石巻の年平均気温に 0.8°C を加えた推定値を用いている。

期 間	江の島海面水温	金華山気温
[I]1910～1922(13年間)	13.80 $^{\circ}\text{C}$	11.78 $^{\circ}\text{C}$
[II]1923～1945(23年間)	12.49	11.75
[III]1946～1979(34年間)	13.87	12.40
[IV]1980～1993(14年間)	13.16	11.96

期変動における傾向は冬にも、夏にも同様に見られる。明瞭ではないが、1980年に再びジャンプ・ダウンがあるように見え、昭和初期を思わせる。

第2図(下段)は金華山における年平均気温の長期変動である。金華山での観測が1992年4月に中止されたので、右の方に目盛りをずらして石巻の年平均気温を四角印でプロットしてある。気温と海面水温の変動にはよい相関関係が見られる。ただし海面水温ほど変動幅は大きくない。1923年のジャンプ・ダウンは気温には見られないが、1946年のジャンプ・アップは気温にも見られる(第3表)。今後の海面水温と気温の長期変動がどのように推移するかに注目したい。

6. まとめ

過去の報告を含めると、次のようにまとめられる。

- (1)1993(平成5)年は1913(大正2)年以来の80年ぶりの大冷夏凶作であり、1836(天保7)年、1902(明治35)年、1905(明治38)年などと並ぶ近年158年間に起こった6大冷夏凶作の一つに数えられる(第2表)。
- (2)「大規模火山噴火直後の夏」および「その次の

夏」は、東北地方では冷夏にみまわれる確率が高い。噴火の当年を含む3年間のうち、少なくとも1回は大冷夏に見舞われる。1993年夏は1991年6月15日のピナツボ噴火の「その次の夏」に相当する。

- (3) 大規模火山噴火がなかったのに東北地方で大冷夏凶作の頻発した時代があった。それは昭和初期であり、この時代、北日本の冬の季節風が強く、三陸沿岸の海面水温が年間を通して異常に低温であった。
- (4) 最近1980年以後、6～8月の平均気温は低温傾向が続き明治末・大正初期の状況に似ている。長期的な「温暖時代」と「寒冷時代」が繰り返すように見える。
- (5) 東北地方では冷夏による大凶作の頻発時代が概略50年間隔で発生した。現在は「昭和末・平成初期の凶作頻発時代」にある。大凶作頻発時代には、毎年凶作というわけではなく、豊作年も混在し、収量変動が大きい(第3図)。
- (6) 米作期の夏の気温偏差 $\leq -2.0^{\circ}\text{C}$ の年は、宮城県では作況指数は48%以下(東北地方平均では57%以下)となる。一方、米作期の夏の気温偏差 $\geq -1.0^{\circ}\text{C}$ の年は、凶作になるとは限らない。稲の出穂期や開花期など重要な時期と低温期がずれれば凶作にはならない。
- (7) 年平均値の長期変動についてみると、海面水温は1923～1945年(昭和初期大凶作の時代)は、その前後に比べ $1.3\sim 1.4^{\circ}\text{C}$ 低温であった。1980年以後、再び低温時代にあるように見える。一方、気温は海面水温と相関関係が大きい、変動幅及びジャンプの幅は小さい。気温は6～8月平均(第1図)ばかりでなく、年平均値(第2図下)も1980年以後、低温傾向にあるように見える。

謝 辞

最近の資料の入手に際し、米の収量は東北大学農学部の星川清親教授、金華山の気温は石巻航路標識事務

所、江の島の水温は宮城県水産研究開発センター、石巻の気象資料は仙台管区気象台調査課の方々の御協力を受けた。ここに謝意を表します。

参 考 文 献

- 近藤純正, 1985 a : 最近300年間の火山爆発と異常気象・大凶作, 天気, 32, 157-165.
- 近藤純正, 1985 b : 東北地方に大飢饉をもたらした天保年間の異常冷夏, 天気, 32, 241-248.
- 近藤純正, 1985 c : 最近150年間の東北地方における米収量(作況指数)と夏の平均気温との関係, 天気, 32, 363-369.
- 近藤純正, 1985 d : 大規模火山爆発直後における金華山平均気温と北半球中緯度平均気温の関係, 天気, 32, 623-630.
- 近藤純正, 1987 : 見近な気象の科学, 東京大学出版会, pp. 189.
- Kondo, J., 1988 : Volcanic eruptions, cool summers, and famines in the northeastern part of Japan, J. Climate, 1, 775-788.
- 近藤純正, 1989 : 中冷夏の1988年—過去154年間の冷夏18位, 微雨含む雨日数1位—, 天気, 36, 515-517.
- 近藤純正, 1991 : 火山爆発と冷夏の歴史—1992年は2年続きの冷夏となるか?, 農林統計調査, 41(12), 14-20.
- 近藤純正, 1992 : 火山爆発と気候変動, 技術と普及, 29(3), 34-38.
- 近藤純正・山崎幸雄, 1984 : 金華山島の鹿を半減させた1984年1～4月の異常低温と融雪遅延の熱収支解析, 天気, 32, 79-86.
- Lamb, H. H., 1970 : Volcanic dust in the atmosphere ; with a chronology and assessment of its meteorological significance, Philos. Trans. Roy. Soc., London, Ser. A, 425-533.
- Simkin, T., L. Siebert, L. McClelland, D. Bridge, C. Newhall and J. H. Latter, 1981 : Volcanoes of the World, Smithsonian Inst., Hutchinson Ross Pub. Co., pp. 232.
- 山崎幸雄・上野英克・近藤純正, 1989 : 東北地方太平洋沿岸域の大気と海洋の相互作用の長期変動, 天気, 36, 689-695.