



2022年1月20日国際津波防災学会
津波シミュレーション分科会第5回会合

巨大火山噴火の社会への影響 —過去の事例から—

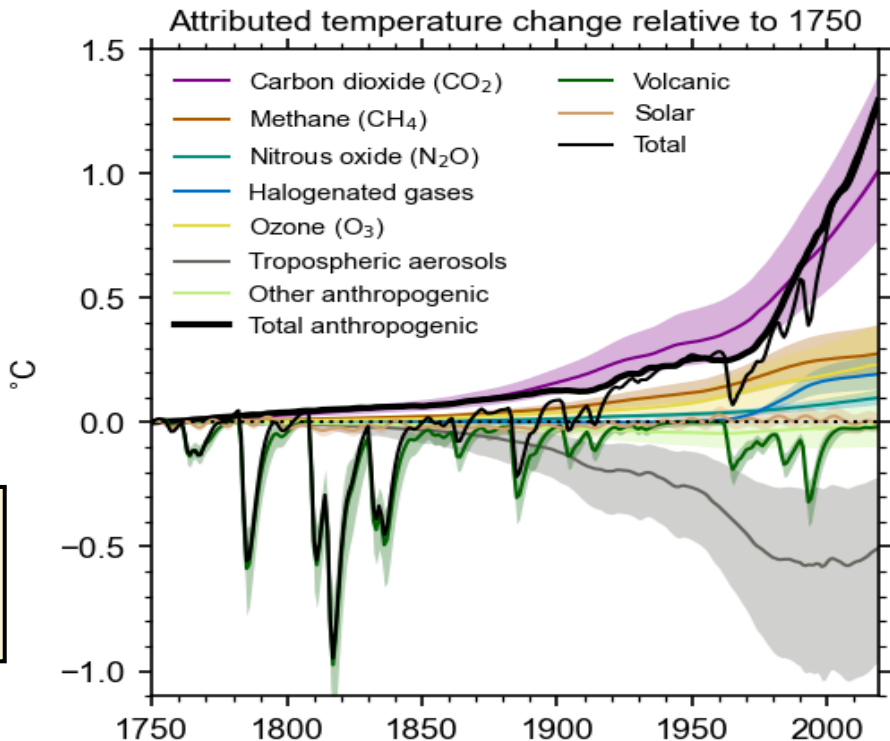
日本気象予報士会

田家 康 (No.3365)

一般社団法人 日本気象予報士会

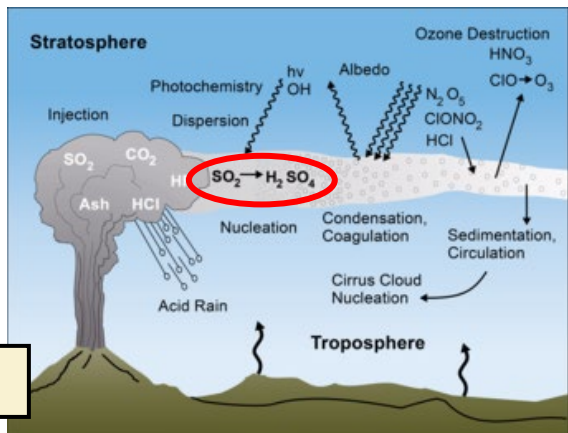


1750年以降の全球気温変化と火山噴火

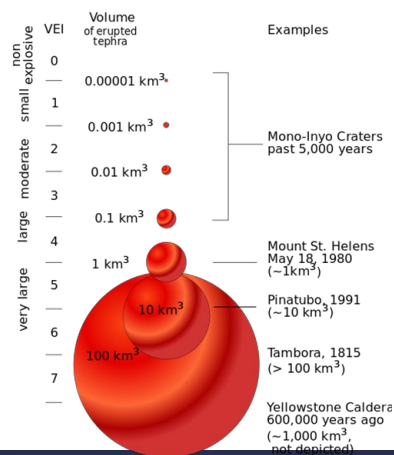


IPCC:
AR6
Fig.7.8

- 1755年:カトラ(5)
- 1783年:ラキ(4)、浅間山(4)
- 1808年:不詳(6)
- 1815年:タンボラ(7)
- 1835年:コセグイーナ(5)
- 1883年:クラカタウ(6)
- 1902年:サンタ・マリア(6)
- 1912年:ノバラプタ(6)
- 1963年:アグン(5)
- 1980年:セントヘレンズ(5)
- 1982年:エル・チヨン(5)
- 1992年:ピナトゥボ(6)



USGC



一般社団法人日本気象予報士会



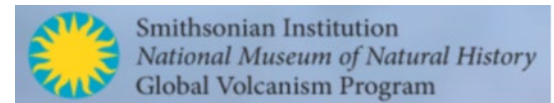
過去2000年の主な巨大火山噴火

噴火時期	火山名	地域	火山爆発指数 (VEI)	推定噴出量 (Km ³)
232±5	タウポ	ニュージーランド	7	120-150
408-536	イロパンゴ(?)	エルサルバドル	6	84-104
946	白頭山(ペクトウサン)	中国・北朝鮮	7	120-160
1257	リンジャニ	インドネシア・サマラス島	7	130-200
1280?	キロトア	エクアドル	6	21
1452or1453	クワエ	バヌアツ	6	36-96
1600	ワイナプチナ	ペルー	6	30
1783	ラキ(グリムスヴォトン)	アイスランド	6	15
1815	タンボラ	インドネシア	7	175-213
1883	クラカタウ	インドネシア	6	26
1902	サンタ・マリア	グアテマラ	6	10
1912	ノバルプタ	アメリカ・アラスカ州	6	30
1963-1964	アグン	インドネシア・バリ島	5	1
1980	セント・ヘレンズ	アメリカ・アラスカ州	5	1.3
1982	エル・チチヨン	チリ	5	2.0
1991	ピナトウボ	フィリピン・ルソン島	6	16
2022	フンガトンガ・フンガハアパイ	トンガ	5.8?	6?



535～536年 エルサルバドル：イロパンゴ湖？

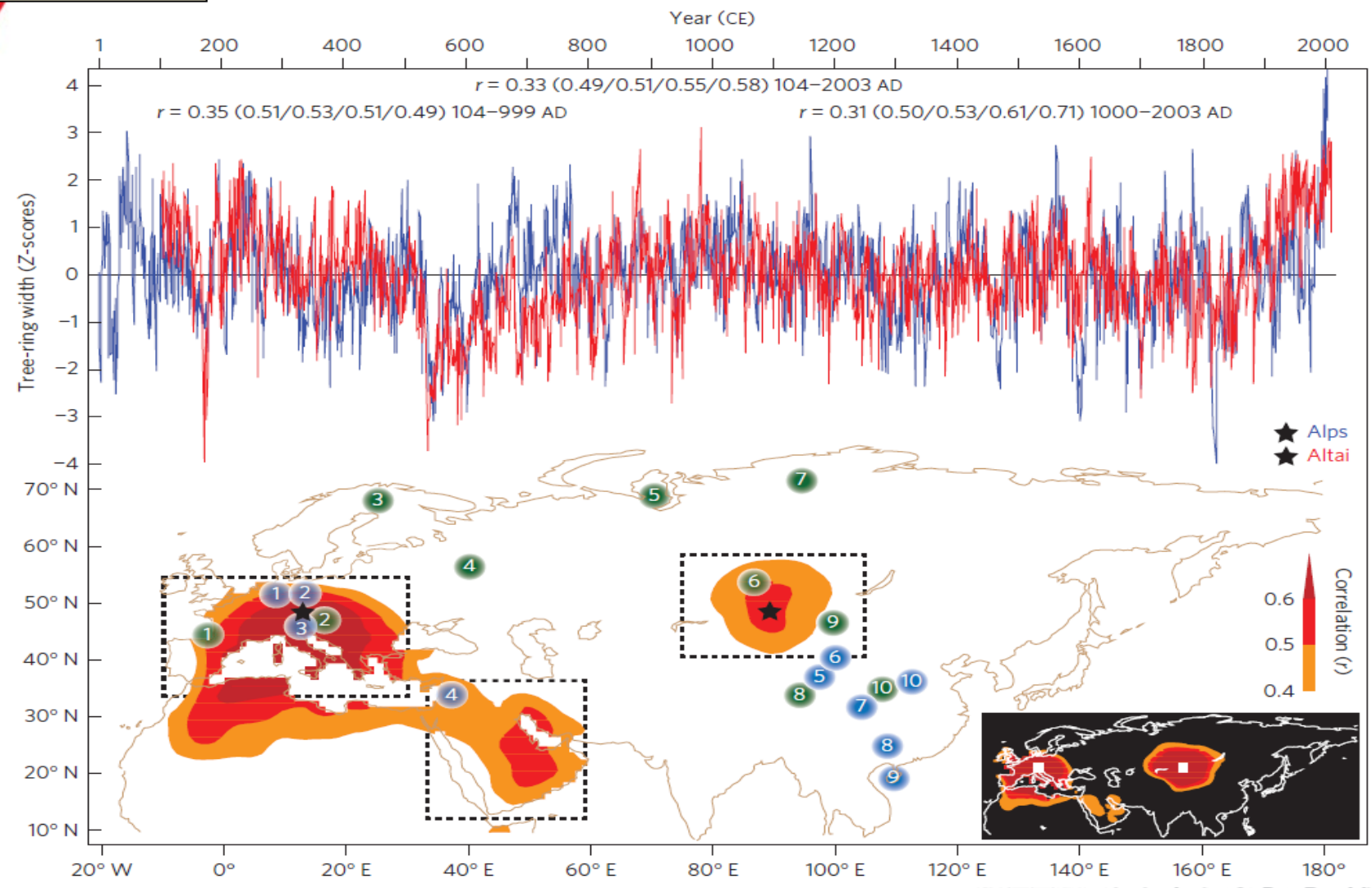
- VEI=6(6.9)、推定噴出量=84–104km³
- 噴火した火山はまだ特定されていない。イロパンゴ湖は有力候補。
 - 他にも候補として、インドネシアのラバウル、クラカタウ、アイスランドの火山など。





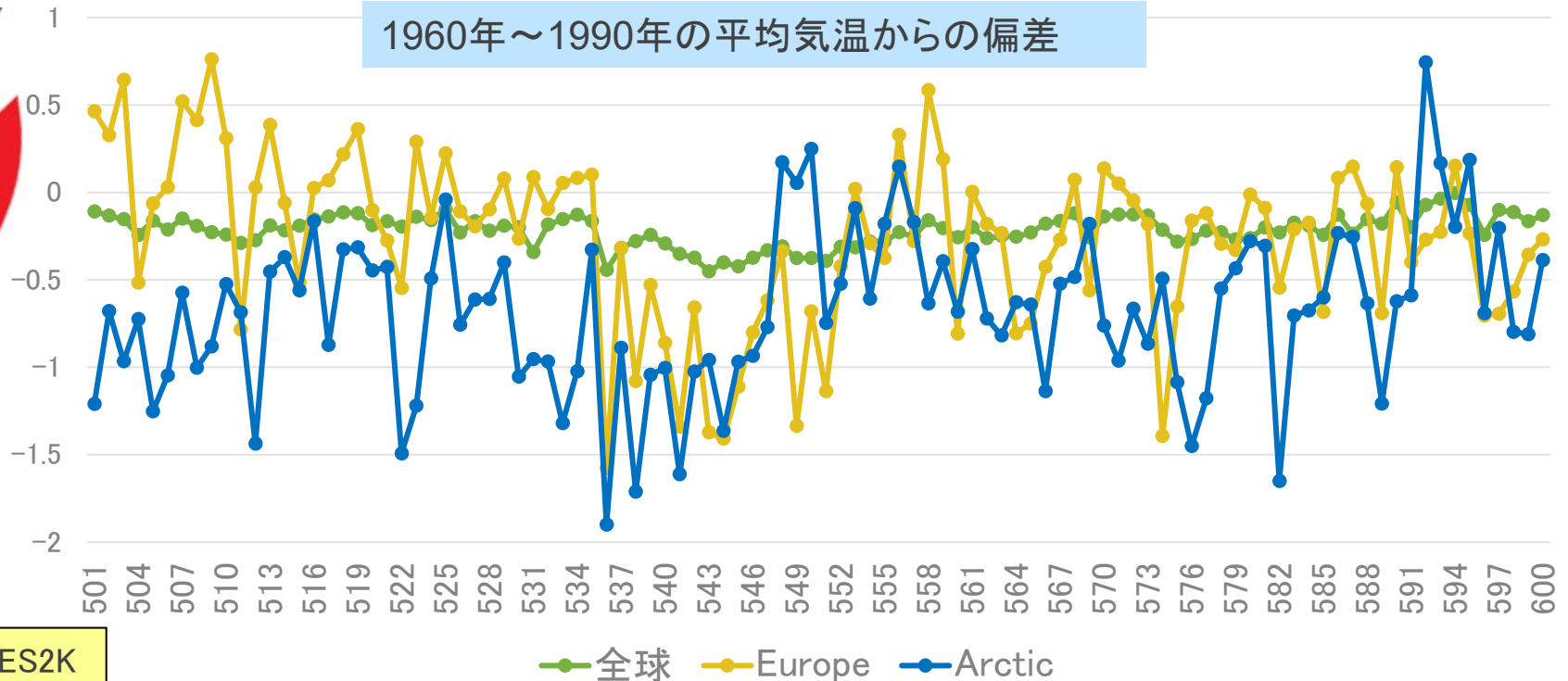
Buntgen et al (2016)

「古代後期の小氷期」 The Late Antique Little Ice Age





1960年～1990年の平均気温からの偏差



PAGES2K

● 全球 ● Europe ● Arctic

- 東ローマ帝国将軍ベリサリウスの秘書官プロコピウス(カルタゴ在住あり)
 - 「536年～537年の1年間、太陽ははっきりと見えず、日蝕のようだった。それ以来、誰もが戦争、疫病により死んでいった」
 - 地中海でブドウが栽培できず。農産物が壊滅的被害。
- 東ローマ帝国のペストでの死者は2500～5000万人と推定。税收激減で衰退。
- メソポタミアで雪が降る。イスラム教の興隆。
- 中国の王朝交代(南北朝→隋)、日本への仏教公伝のきっかけ？



946年 北朝鮮・中国：白頭山(ペクトゥサン)

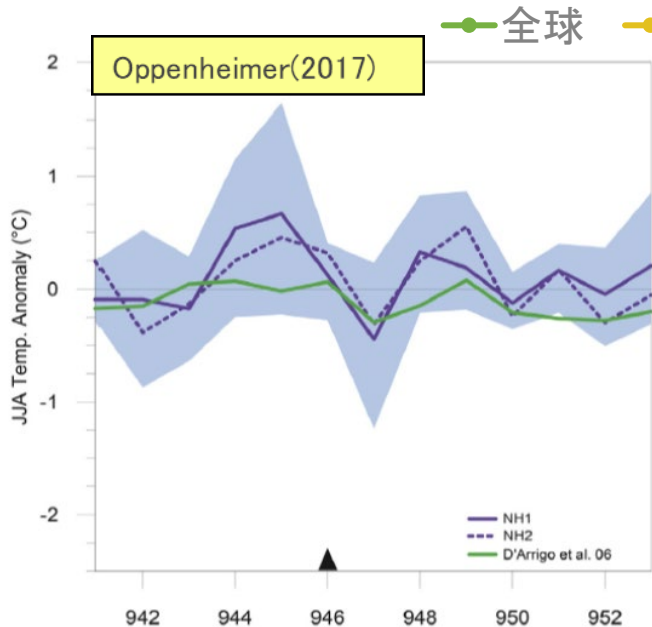
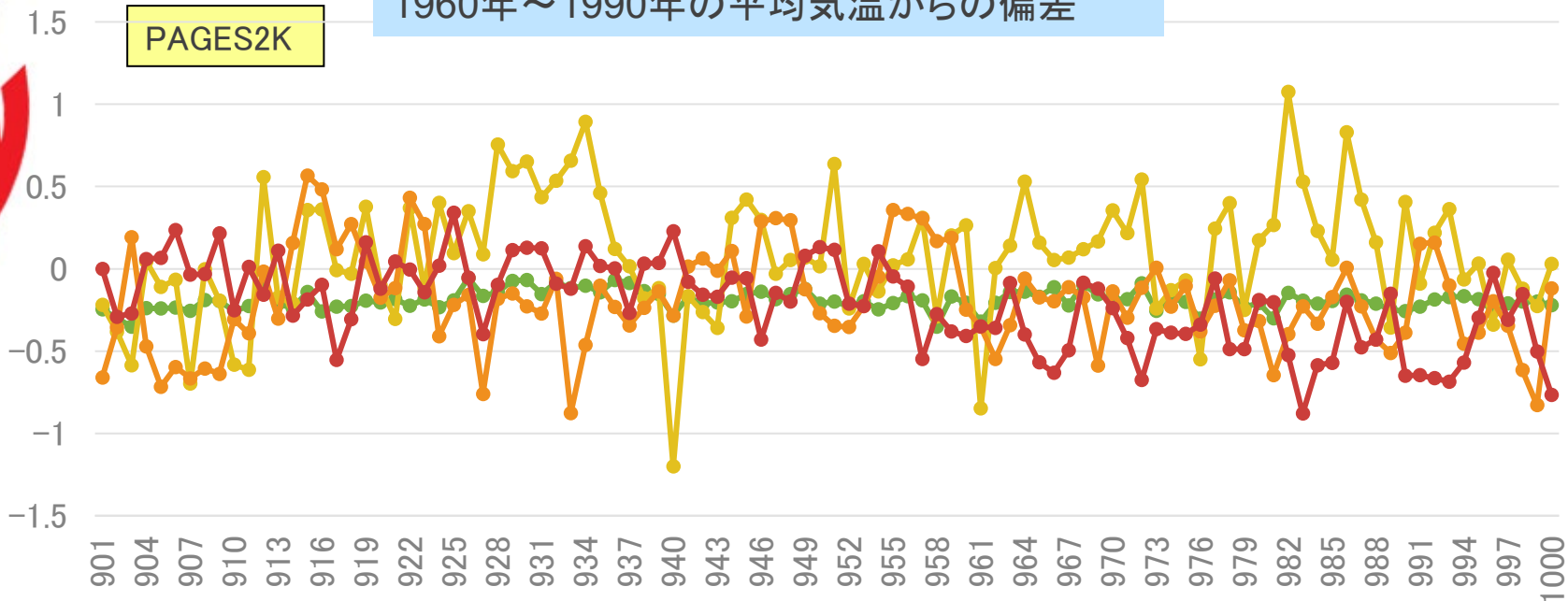
- VEI=7(7.1-7.2)、推定噴出量=120-160km³



Smithsonian Institution
National Museum of Natural History
Global Volcanism Program



1960年～1990年の平均気温からの偏差



- 940年代後半に気温低下はほとんどない。
- 先行研究(年輪分析、シミュレーション)では、気温低下があったとしても 1°C 未満。
- 日本の樹木での夏の気温推定は 1°C 以上低下。
- 白頭山からの噴出物は水蒸気が極めて多かったのではないかと推測。



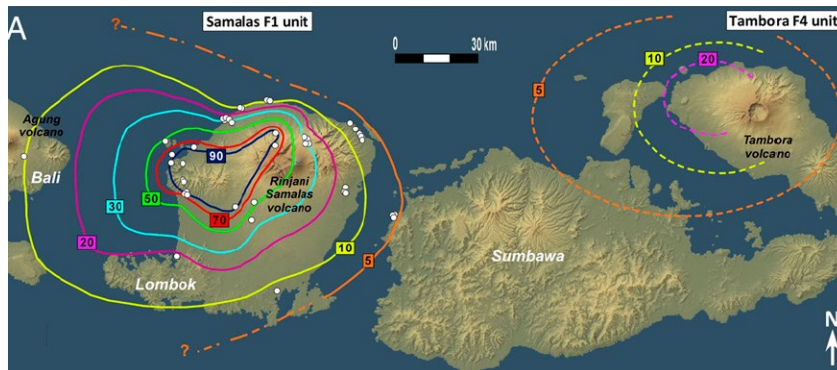
1257年

インドネシア：ロンボク島サマラス山リンジャニ

- VEI=7(7.1–7.3)、推定噴出量=130–200km³
- 長らく噴火した火山が特定できなかったが、Lavigne et al (2013)により、ようやく確定した。



Smithsonian Institution
National Museum of Natural History
Global Volcanism Program

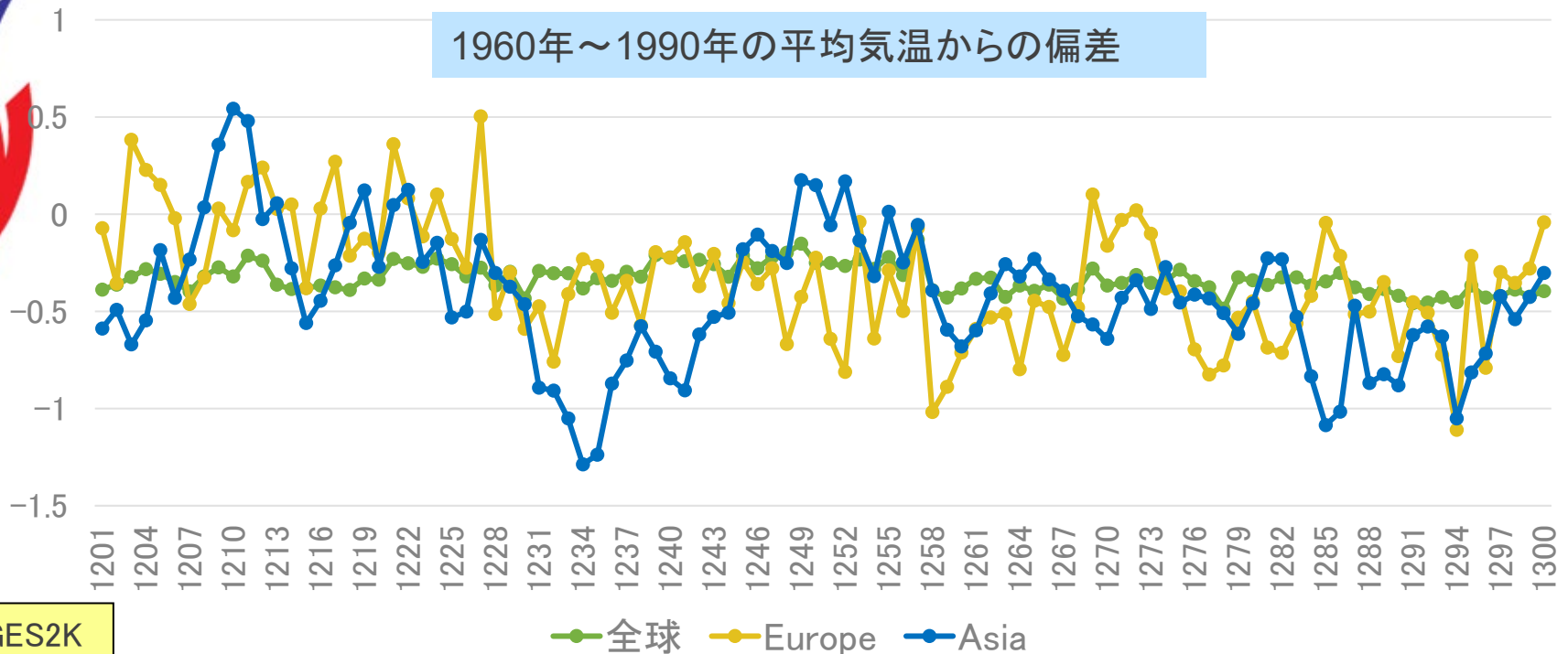


Lavigne et al (2013)

一般社団法人 日本気象予報士会



1960年～1990年の平均気温からの偏差



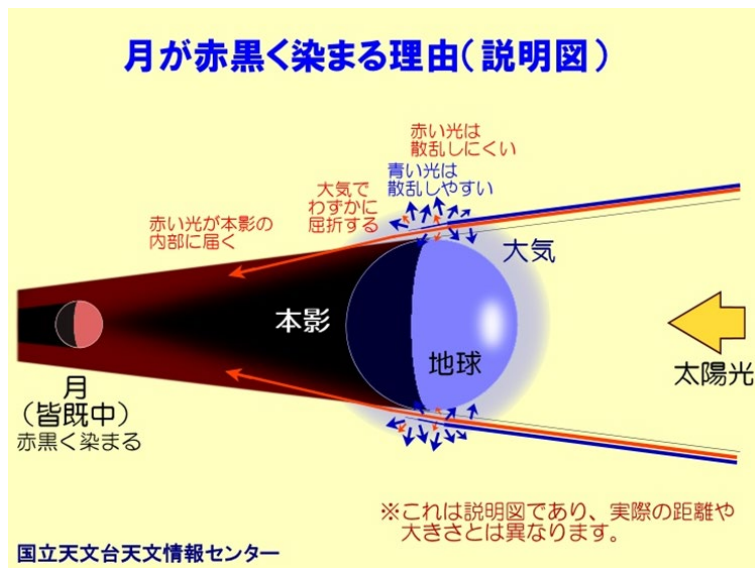
- Harry Rothwell編“English Historical Documents, 1189-1327”より
 - 「1258年は、今までにまったくくない年だった。疫病で死ぬ者が多く、暴風雨が到来し、夏に農作物は実ったが、秋に大雨が続いて地面に落ちた」
- 1259年5月1日（聖ボリスの前日）、ロシア全土で寒さにより凍結があった。（『ノブゴロド年代記』）。中東のイラク、シリア、トルコ南部でも飢饉が多発。
- 正嘉の飢饉：日蓮『立正安国論』冒頭「天変地異が続出し、飢饉が発生し、疫病が流行した。災難が日本全土に広がり、すでに大半の人びとが死に絶えて、悲しまない者は一人もいない。」



イングランド：ジョン・ド・タクスターの年代記



- 皆既月食についての奇妙な記述
 - 1258年5月18日の皆既月食：月は完全に消えた。
 - 1265年12月24日の皆既月食：いつも通り、皆既月食で月面は血のように赤かった。
- 完全に消えた理由は巨大火山噴火
 - 皆既月食での赤黒い月面は、地球大気での赤い光の屈折に由来
 - しかし、成層圏に漂う火山性エアロゾルで光学的深さ(厚さ)が0.1以上となると赤い光も散乱し、月面を照らす光が減少する。
 - 月面が赤くならず黒くなる月食の事例
 - 1982年のエル・チチヨン山噴火
 - 1991年のピナトゥボ山噴火
 - 2022年11月の皆既月食はどうか？





1452～1453年：バヌアツ・クワエ

<バヌアツ：クワエ>

- 噴火：1452年～1453年
- 火山爆発指数：VEI=6(6.6－6.9)
- 推定噴出量：36－96Km³
- 南緯：16度(南半球でも北半球に影響を与えたケース)

<トンガ：フンガトンガ・フンガハアパイ>

- 噴火：2021年12月～2022年1月？
- 火山爆発指数：VEI=5.8？
- 推定噴出量：？
- 南緯：20度

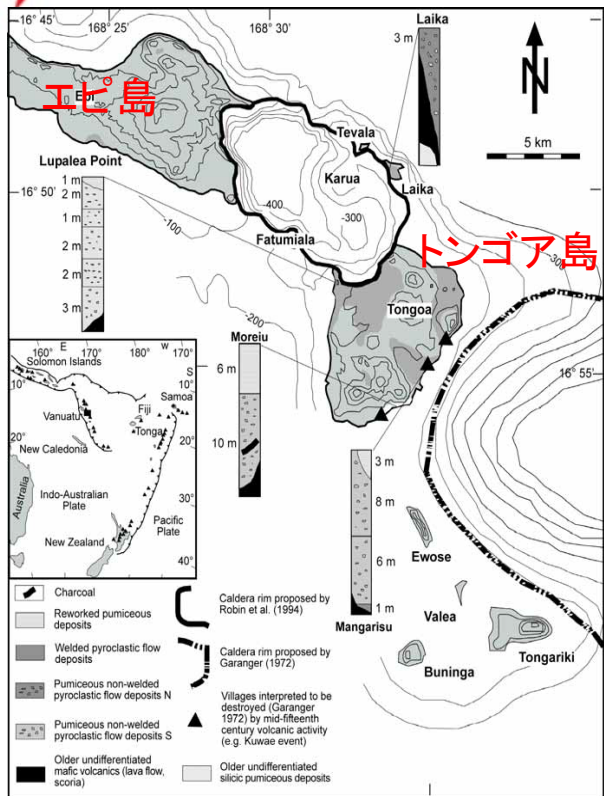


Smithsonian Institution
National Museum of Natural History
Global Volcanism Program



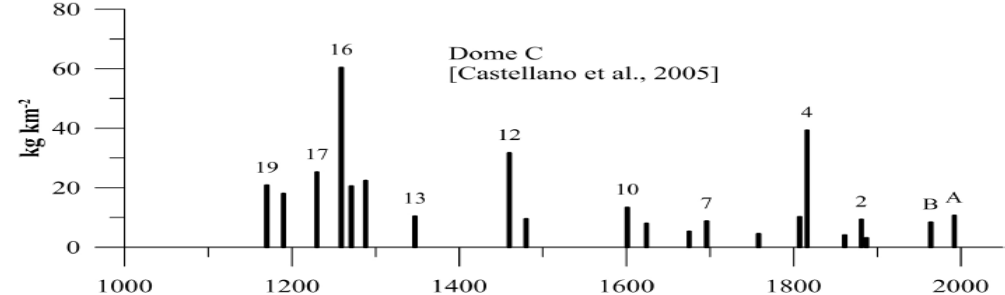
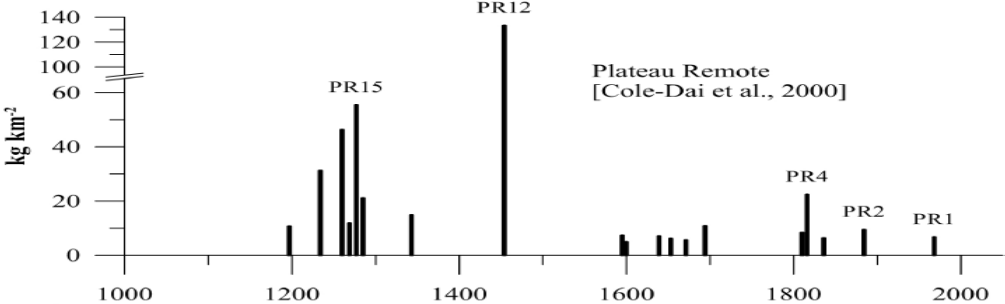
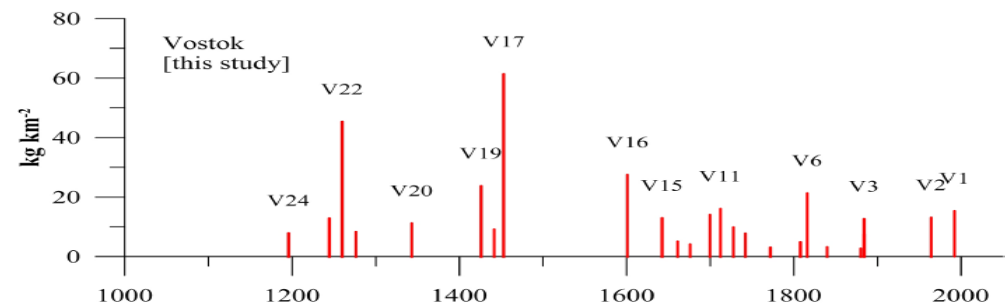
南太平洋シェパード諸島のクワエ火山

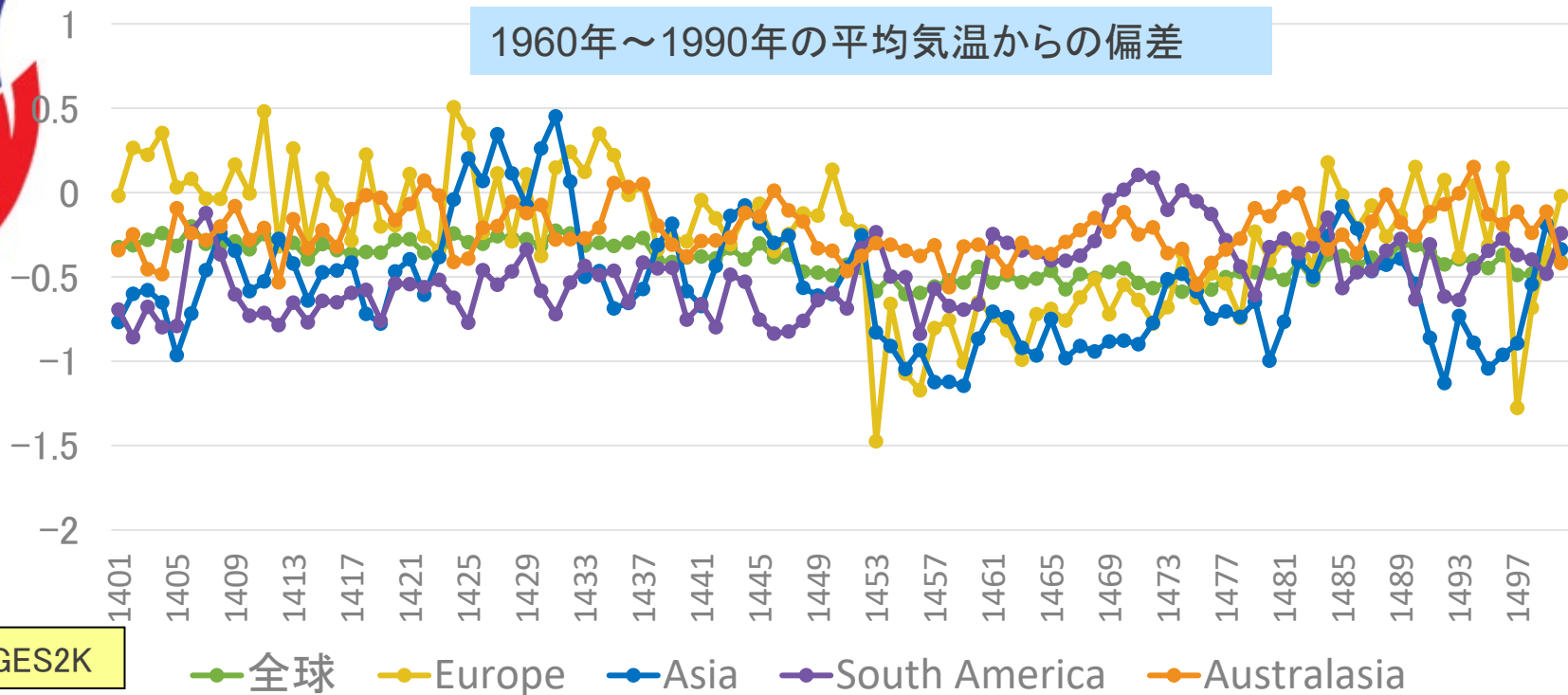
- 現在のバヌアツ共和国のエピ島・トンゴア島の間の海底火山の噴火; 1452年頃~1453年頃
- 1453年~1457年にかけて、南極各地の万年雪・万年氷から多量の火山性噴出物が検出



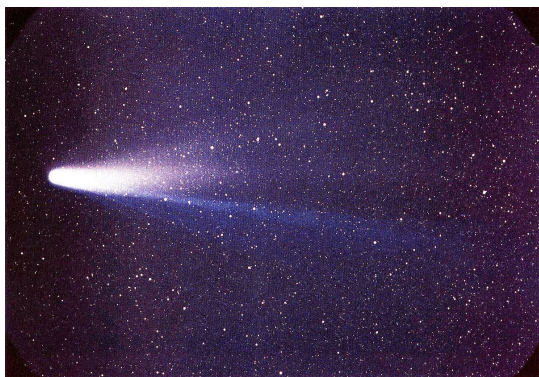
Nemeth et al (2007)

Osipov(2014)

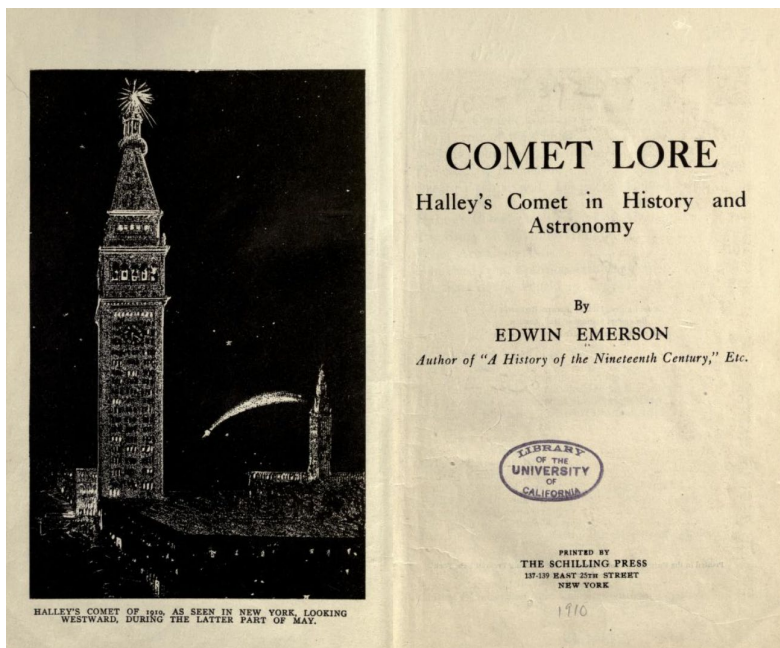




- 欧州では、年平均気温がそれまでの傾向に対して、いきなり 1.5°C 低下
 - スウェーデン: 1453～1456年に凶作記録
- アジアでは1459年まで、それ以前と比較して 1°C 以上の低下が続いた。
 - 中国: 明の「景帝記」「五行志」に「雨雪止まず」「凍・餓死者数え切れず」
 - 日本: 1459年～1461年、長い干ばつと台風で凶作、1461年、寛正の飢饉
- ハレー彗星: 1456年6月「髪の毛のようで火のような星が数日間出現」



火のようなハレー彗星 (イタリアの人文学者B・プラティナの記録)



Comet lore(1910): Halley's comet in history and astronomy. Internet Archivesで閲覧できます。

Halley wrote of this Comet in 1686: "In the summer of the year 1456 a Comet was seen, which passed in a retrograde direction between the earth and the sun. From its period and path, I infer that it was the same Comet as that of the years 1531, 1607 and 1682. I may therefore with confidence predict its return in the year 1758."

The appearance of the Comet in 1456 was so well remembered even 225 years later, because this was the scimitar-shaped Comet hailed by the conquering Turks as their guiding star, against the evil influence of which Pope Calixtus III. exhorted all Christians to pray to God.

This story has been denied by certain latter-day sceptics, but the medieval historian Platina, who was living in Rome at the time, and who knew whereof he spoke, wrote in his "Lives of the Popes" in 1470:

"A hairy and fiery star having then made its appearance for several days, the mathematicians declared that there would follow grievous pestilence, dearth and some great calamity. Calixtus, to avert the wrath of God, ordered supplications that if evils were impending for the human race He would turn all upon the Turks, the enemies of the Christian name. He likewise ordered, to move God by continual entreaty, that notice should be given by the bells to call the faithful at midday to aid by their prayers those engaged in battle with the Turk."

In truth, all Christendom appeared indeed to have fallen under the "wrath of God," for the Turks, having wrested Constantinople away from the Christians, now came ravaging up the Danube countries and laid siege to the Christian city of Belgrade. Bloody battles were fought between the Magyars and Turks on the Danube,

(74)



1600年

ペルー：ワイナプチナ

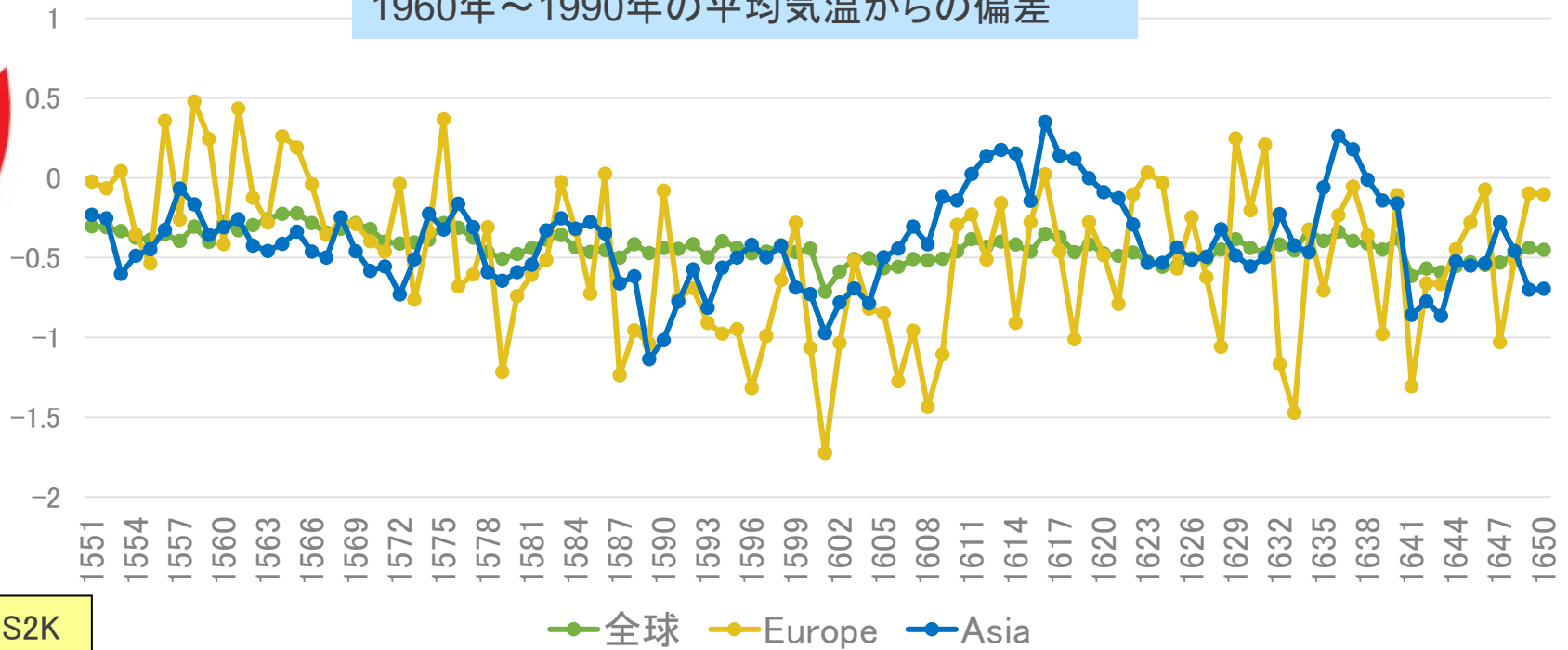
- VEI=6(6.5)、推定噴出量=30km³
 - 中米・南米の噴火では、SO₂(二酸化硫黄)の比率が高いことが多い。
- 1600年2月17日(±1日)
 - 火山の位置は南緯16度だが、季節から考えるとIPCZはより南側であったろう。ハドレー循環としては、火山性エアロゾルは北半球高緯度に運ばれたと考えられる。



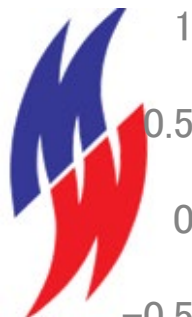
Smithsonian Institution
National Museum of Natural History
Global Volcanism Program



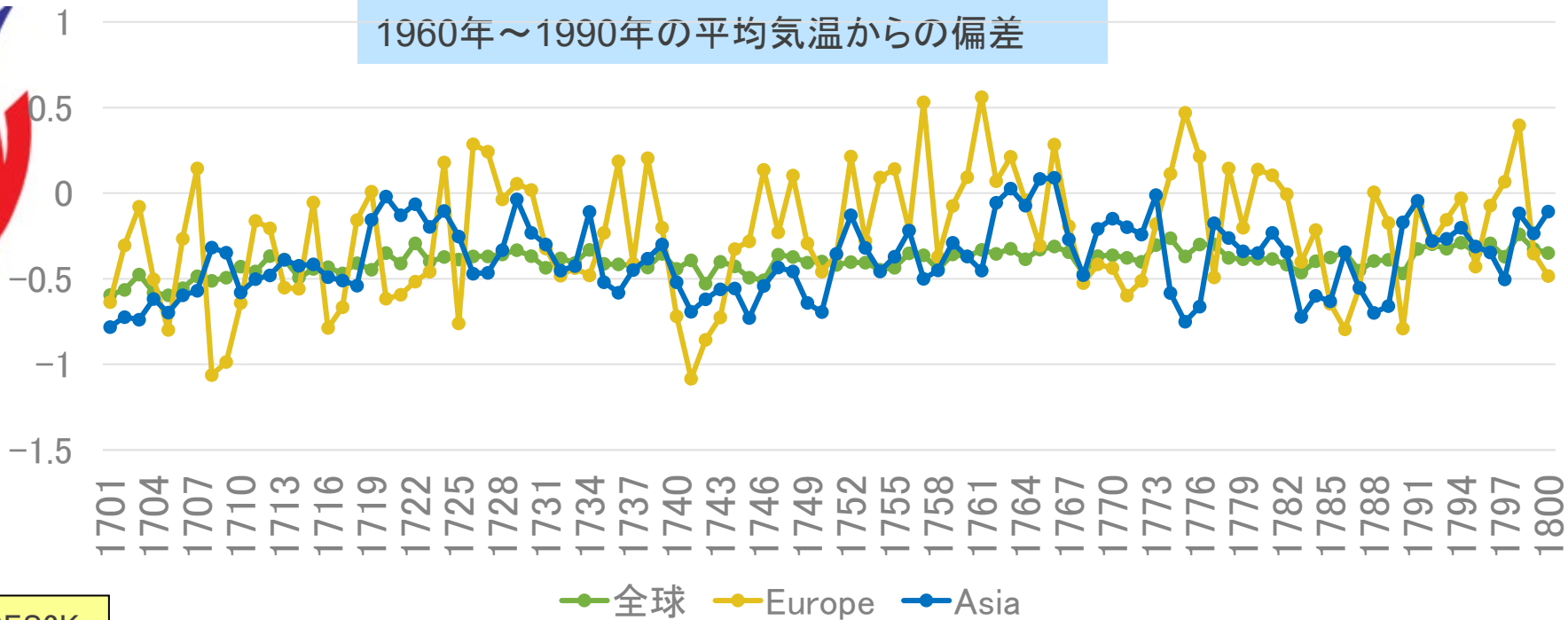
1960年～1990年の平均気温からの偏差



- 中央ヨーロッパでは1601年から1602年に厳冬。ロシアでは50万人以上が死ぬ歴史上最大の飢饉。
- フランスで、1601年のワインの収穫は1500年から1700年の間で7番目に遅く、ドイツではワイン製造が過去75年間の平均の5%以下で産業自体が破綻した
- スイスでは1600年と1601年は前後335年間でもっとも寒冷な年。
- 中国で、浙江省杭州市で桃の開花が17日遅れた。
- 日本の諏訪湖の御神渡りは、500年間でもっとも早い4回のうちのひとつ。

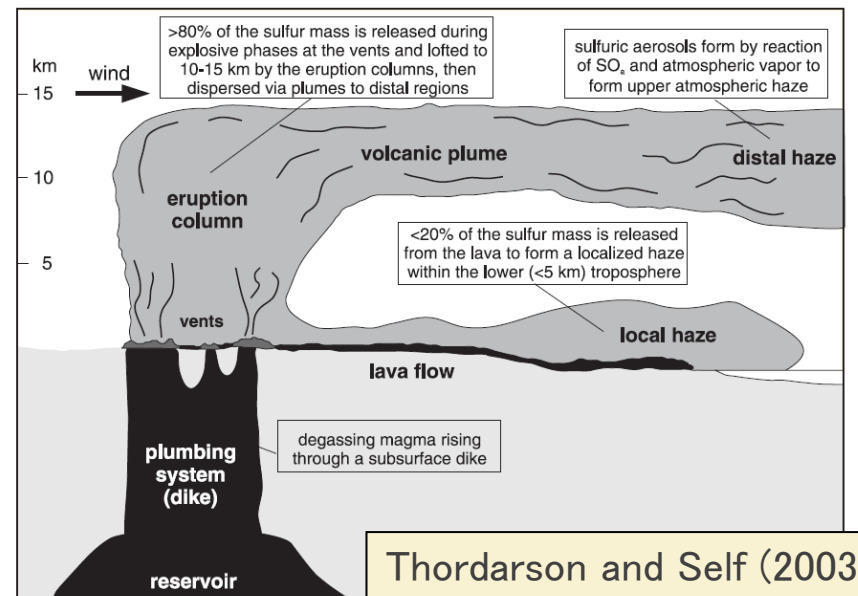


1960年～1990年の平均気温からの偏差



PAGES2K

- 欧州: 1783年夏に猛暑、熱波、二酸化硫黄を含む霧、1784年に厳冬。
- アメリカ: 1783年夏に「乾燥した霧」(降雨にならない)、1784年に厳冬。
- 日本: 天明の飢饉が進展
 - 1983年5月からヤマセによる天候不順が始まっており、飢饉のきっかけはエルニーニョ現象と考えられる。





1815年 インドネシア：タンボラ

- VEI=7(7.1-7.3)、マグマ換算体積=173~215km³
- 1815年7月15日
- 欧米での「夏がなかった年」の原因
- 日本の気候には、まったく影響がなかった。

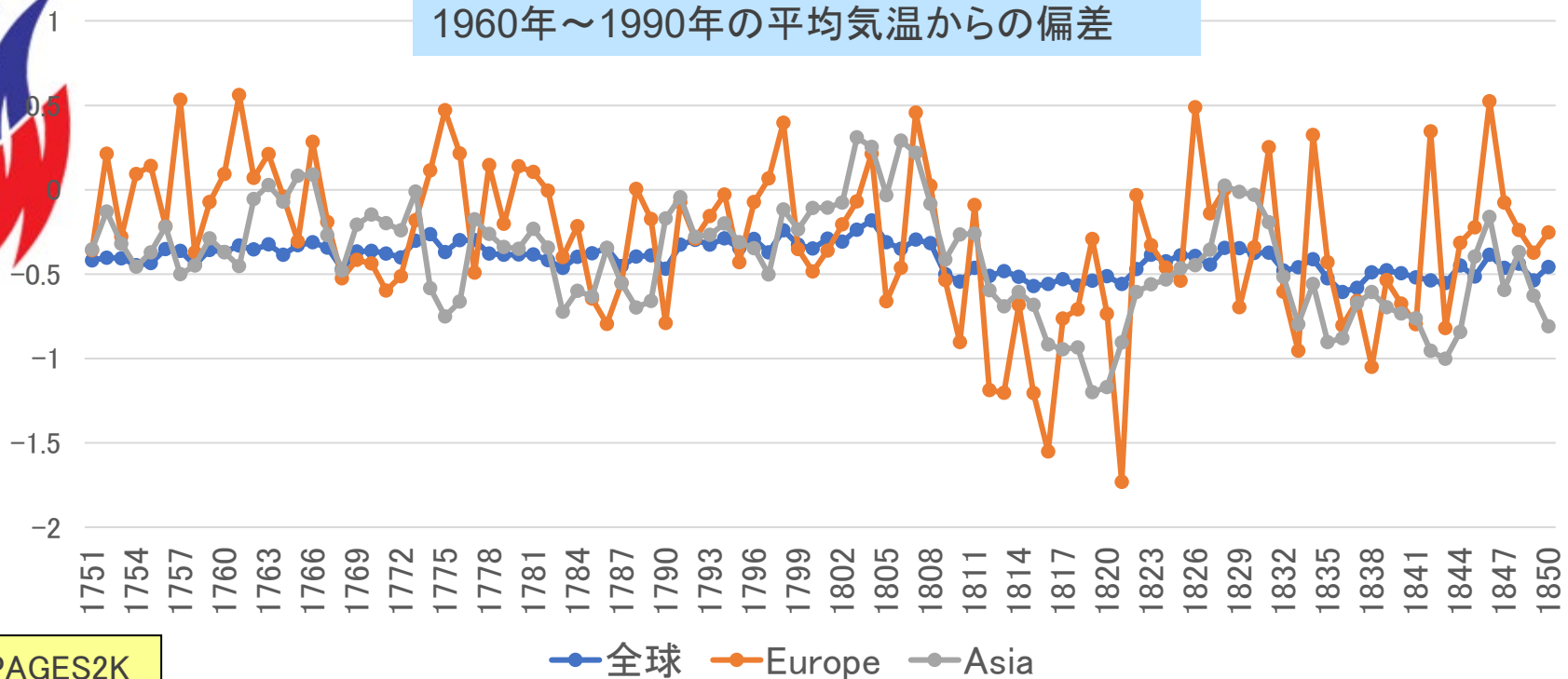


Smithsonian Institution
National Museum of Natural History
Global Volcanism Program

士会



1960年～1990年の平均気温からの偏差



PAGES2K

- 中央ヨーロッパの夏の平均気温は $2.3\sim 4.5^{\circ}\text{C}$ 低下。ヨーロッパ各地でフランス革命以来の暴動が起きる。
- ペストが流行し、ブカレストでは1822年までに2万5000人死亡。
- イングランド北部では約200年間で最も寒い7月。「この時期、毎朝太陽は煙の中を昇るようだった。赤く、輝きがなく、わずかな光しか放たない」
 - 発疹チフスと回帰熱⇒社会福祉政策の始まり
- ニューイングランド北部で6月上旬に8～15cmの積雪。6月の平均気温は 18.4°C と200年間平均より 2.5°C 低かった。



20世紀の6つの大噴火

1912年6月
米国ワシントン州
ノバルプタ山
VEI=6

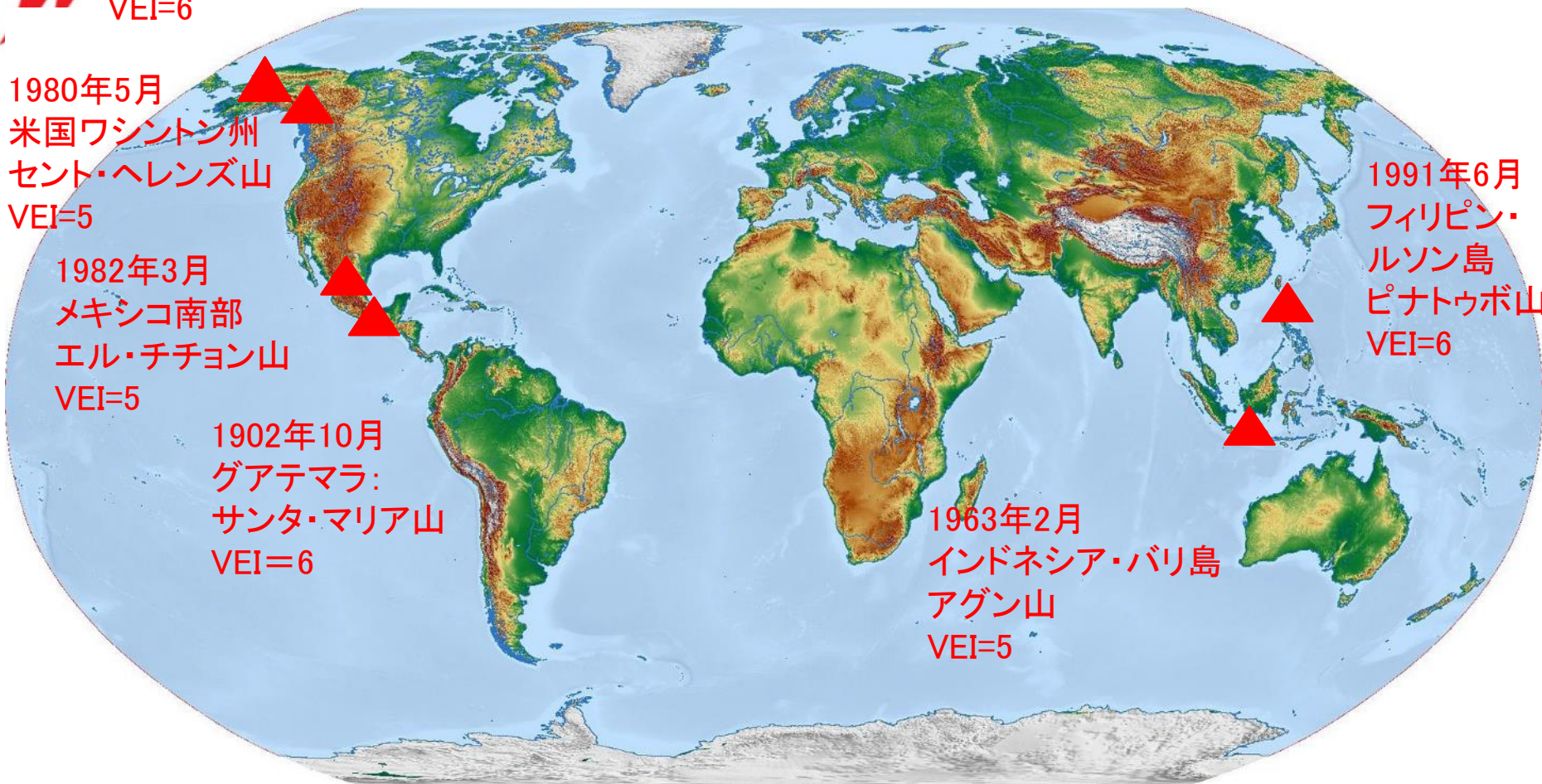
1980年5月
米国ワシントン州
セント・ヘレンズ山
VEI=5

1982年3月
メキシコ南部
エル・チヨン山
VEI=5

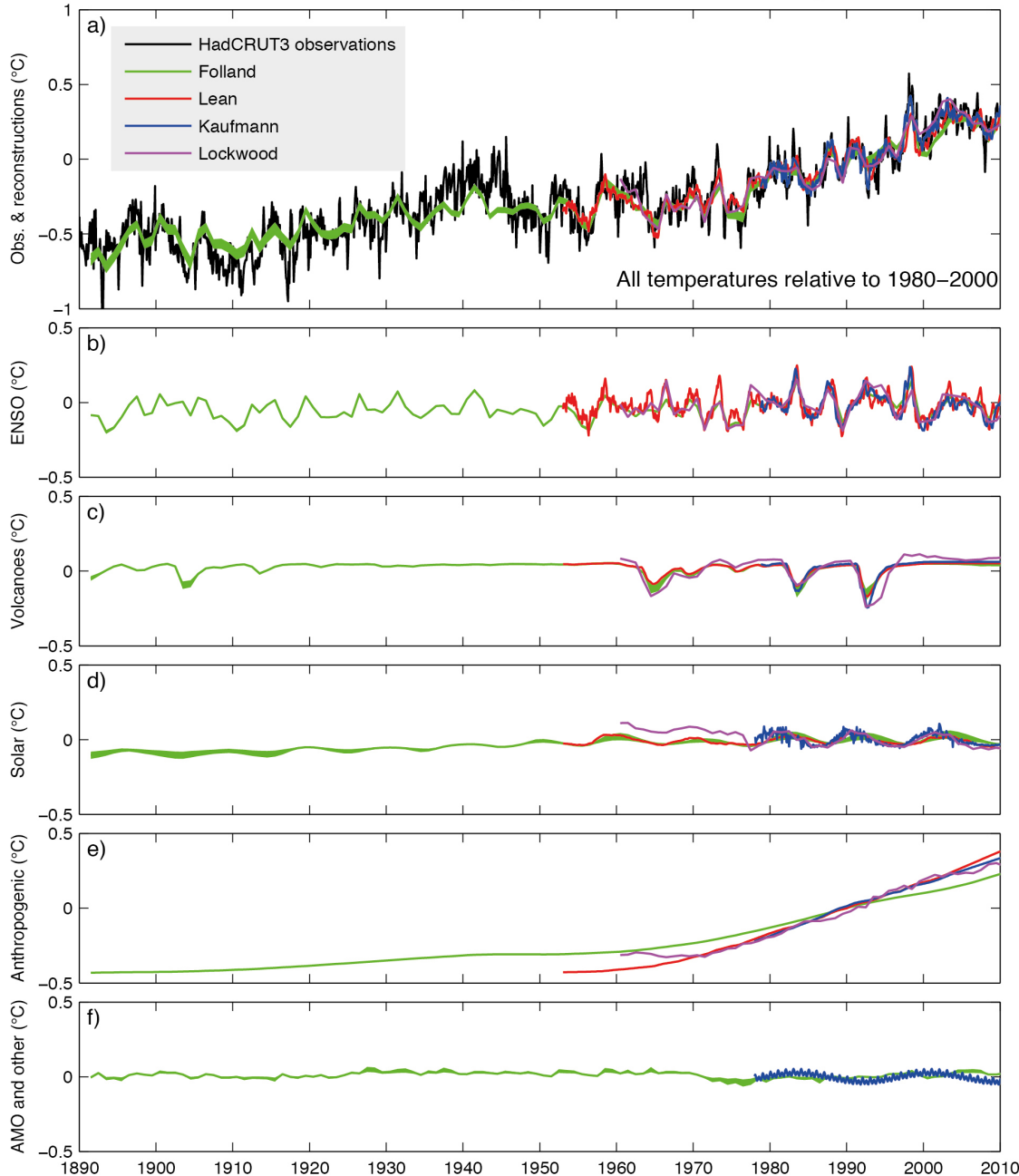
1902年10月
グアテマラ:
サンタ・マリア山
VEI=6

1963年2月
インドネシア・バリ島
アゲン山
VEI=5

1991年6月
フィリピン・
ルソン島
ピナトゥボ山
VEI=6



Estimated contributions to global mean temperature change



<IPCC・第5次評価報告書での 気温推移の要因分析>

- 全体の変化
- エルニーニョ現象 (内部変動)
 - エルニーニョ: 気温上昇
 - ラニーニャ: 気温低下
- 火山噴火 (外部強制)
- 太陽活動 (外部強制)
- 人為的要因 (外部強制)
 - 温室効果ガス
 - 硫酸・硝酸などのエアロゾル
- 大西洋数十年振動 (内部振動)、その他

IPCC: AR5 Fig.10-6

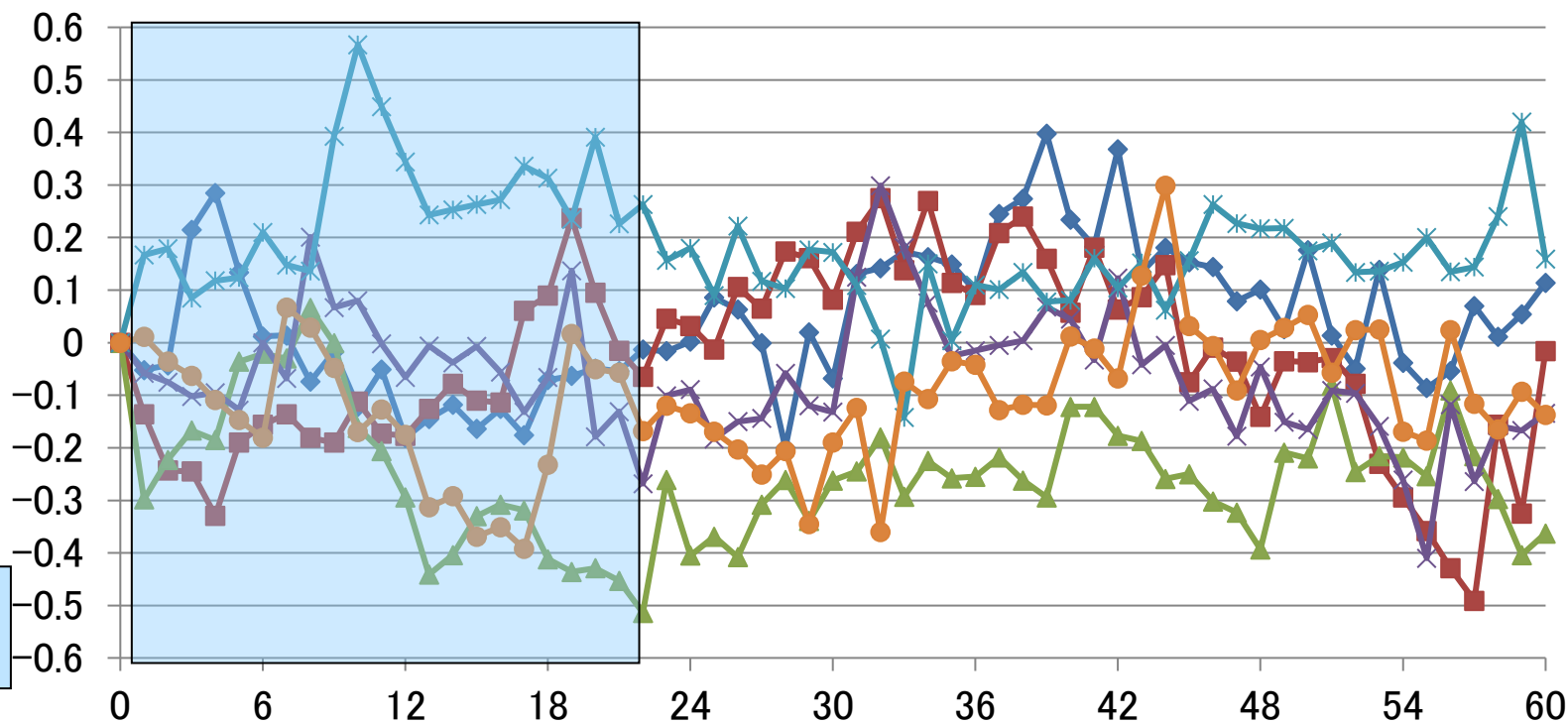
気予報士会

噴火月からの
気温偏差(°C)

巨大噴火後の全球気温推移 6つの火山噴火の事例

HadCRUT4

—●— サンタ・マリア —■— ノバルプタ —▲— アグン
—×— セント・ヘレンズ —*— エル・チチヨン —○— ピナトゥボ



噴火後の
経過月

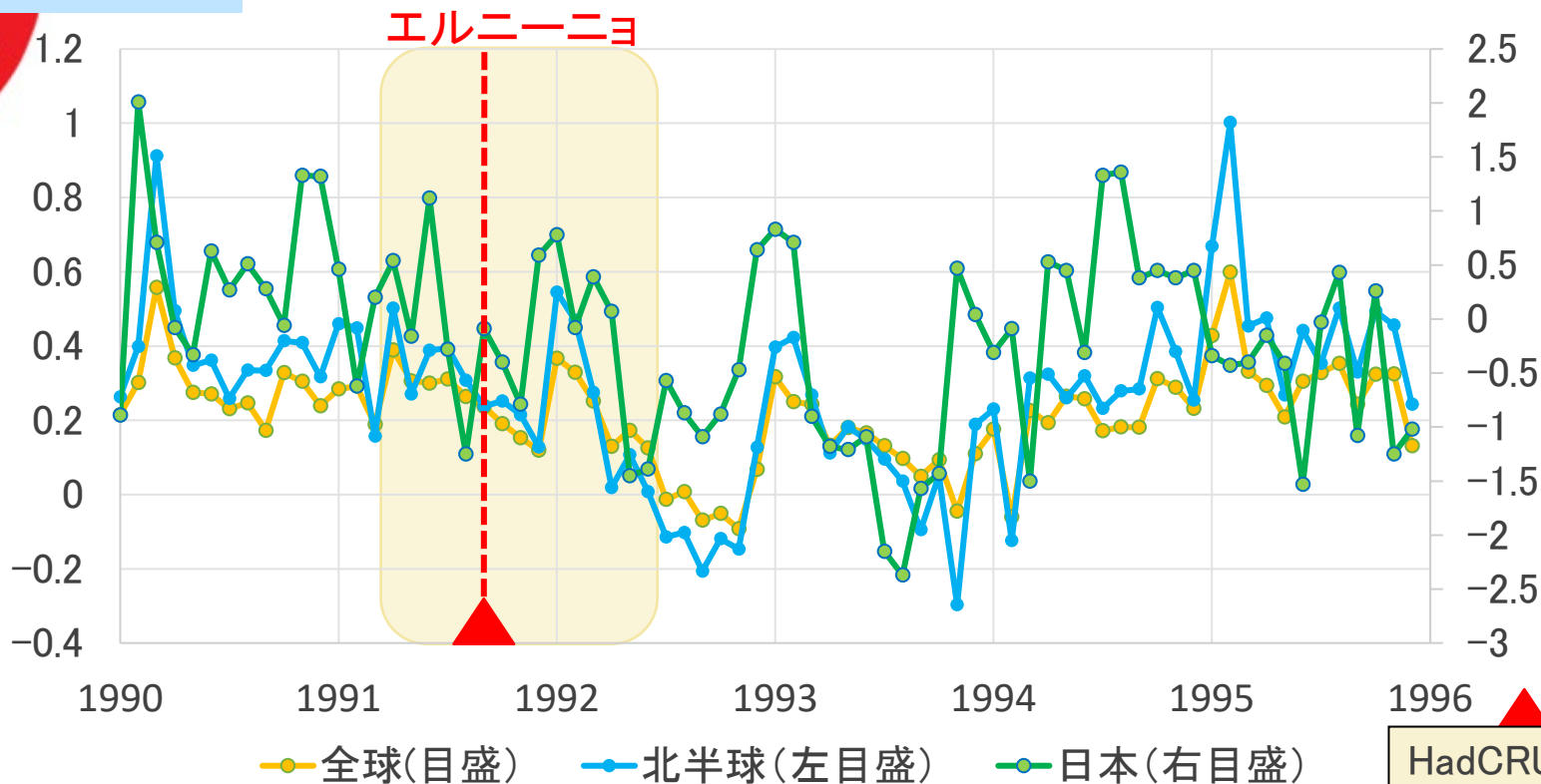
- サンタ・マリア、ノバルプタ、アグン、セント・ヘレンズ、ピナトゥボで低下開始時期はまちまちだが、最長で20カ月先までの寒冷傾向が見られる。
- エル・チチヨンでは気温低下が見られず。

一般社団法人 **日本気象予報士会**

1960年～1990
年の平均気温
からの偏差

1991年6月：ピナトゥボ山

1991年～2020
年の平均気温
からの偏差



- ・ピナトゥボ噴火時はエルニーニョが発生していた。気温低下が相殺された可能性。
- ・気温低下は1992年秋まで続いたが、1993年秋から気温は反転上昇している。
- ・1993年の日本冷夏をピナトゥボ噴火の遠因とするなら、これらの気温推移を説明する必要があるだろう。日本の冷夏の原因は自然要因の内部変動ではないか。



まとめ

- 巨大火山噴火 (VEI=7および6) が発生すると、SO₂ (二酸化硫黄) から生じる火山性エアロゾルの日傘効果により、多くのケースで全球規模での気温低下が起こり、社会の混乱の原因になった。
 - ただし、噴出物にSO₂ (二酸化硫黄) が多いかが重要なポイントで。噴火規模が大きくても、気候に与える影響が小さい事例がある (白頭山)。
 - 全球平均気温の低下が見られても、地域によって影響をまったく受けない事例もある (タンボラ山での日本)。
- 20世紀の巨大噴火の6つの事例からすると、全球平均気温が寒冷化傾向を示したのは、開始時はまちまちで、最長で20カ月先まで続いた。
 - 1993年の日本冷夏はピナトゥボ山噴火が遠因ではなく、その原因は自然要因の内部変動ではないか。
- 巨大火山噴火が気温に及ぼす影響は、内部変動 (特にエルニーニョ現象による気温上昇) により相殺されることがある。
 - なお、巨大火山噴火とエルニーニョ現象が必ずしも独立した関係とは言い切れない。巨大火山噴火がエルニーニョ現象を起こすきっかけになるとする研究 (理論およびシミュレーション) もある (詳細割愛)。