

原子力発電所の「新規制基準」とその適合性審査における火山影響評価の問題点

小山真人

こやま まさと
静岡大学防災総合センター

原子力規制委員会によって2013年7月に制定された「実用発電用原子炉の新規制基準」には原発の火山リスクに関するガイドライン(火山影響評価ガイド)が含まれ、それに従って既存原発の適合性審査が実施されている。

しかしながら、火山影響評価ガイドと適合性審査の中身には、火山学・火山防災上の数多くの欠陥や疑問点がある上に、火山専門家がほとんど不在の場で議論が進められ、危うい結論が出され始めている。こうした状況を放置すれば、日本の火山学の健全な発展は言うまでもなく、これまで専門家と地元行政・住民との深い連携の上に積み上げられてきた火山防災の枠組みや、専門家と社会との信頼関係を大きく損なう懸念がある。

本論では、上記の火山影響評価ガイドならびに九州電力川内原子力発電所(以下、川内原発)の適合性審査書類を題材として、火山学ならびに火山防災上の視点からみた問題点を指摘・整理する。

川内原発の審査書類を取り上げる理由は、同原発が新規制基準の下で適合性審査をパスした最初の例となったことと、南九州に立地する同原発の近傍(160 km 圏内)には5つ(数え方によっては7つ)のカルデラが存在し、巨大噴火にともなう大規模火砕流の被災リスクが国内でもっとも高いとみられるからである。川内原発以外にも、近傍に同種のカルデラ火山をもつ原発が国内に4つあり(泊、東通、伊方、玄海)、多かれ少なかれ同じ問題を抱えていることを指摘しておく。

経緯と現状

2011年3月の東日本大震災の発生とそれにもなう福島第一原発事故によって日本の原子力行政への信頼が失墜した結果、体制の根本的見直しを図られ、2012年9月に原子力規制委員会が新たに設置された。同委員会は、同年10月に「発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム」(当初の名前は「発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム」)を発足させて、「自然現象等に係る想定的大幅な引き上げとそれに対する防護対策を強化」とされる「実用発電用原子炉の新規制基準」(以下、新規制基準)の検討を始めた¹。新規制基準には、原発に対する火山リスクの評価・対策に関するガイドライン(火山影響評価ガイド)が含まれることになったが、その具体的内容については2013年3月28日、4月4日、6月3日の3回の会合で議論されただけで、その間の4~5月のパブリックコメントを経て新規制基準が制定された(表1)²。このパブリックコメントでは火山影響評価ガイドの根幹に関わる重要な意見が複数提出されたが(6月3日の会議資料参照)、修正には反映されなかった。

その直後の2013年7月から、この新規制基準にもとづく各原発の適合性審査(原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合)が始まり、現在も継続中である³。本論で取り上げる川内原発の火山影響評価については、2013年7月11日から翌年5月にかけての「川内発電所の新基準適合性審査に関する事業者ヒアリング」と、2013年9月25

Insufficient guideline and reviews on the volcanic risks to the Japanese nuclear power plants

Masato KOYAMA

表1—原子力発電所の新規制基準とそれにもとづく川内原発の火山影響評価に関する主要な動き

2011年	
3月	東日本大震災と福島第一原発震災の発災
2012年	
9月	原子力規制委員会の発足
10月	発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム発足
2013年	
2月	新安全基準骨子案に対するパブリックコメント(火山影響評価ガイド案含まず)
3月28日	発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム会合(第20回)で火山影響評価ガイド案を議論(東京大学・中田節也教授へのヒアリング含む)
4月4日	発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム会合(第21回)で火山影響評価ガイド案を議論
4~5月	実用発電用原子炉の新規制基準案(火山影響評価ガイド案を含む)に対するパブリックコメント
6月3日	発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム会合(第23回:最終回)で新規制基準案全体を議論
7月	実用発電用原子炉の新規制基準の施行, 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合の開始
7月8日	九州電力が川内発電所の新基準適合性審査(川内原子力発電所第1・2号機の設置変更許可)を申請
7月11日, 9月19日	川内発電所の新基準適合性審査に関する事業者ヒアリングで火山影響評価を議論
9月25日	原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(第24回)で川内原発の火山影響評価を議論
9月28日	日本火山学会が原子力問題対応委員会を設置
10月2日, 4日, 9日, 15日, 17日, 21日, 31日	川内発電所の新基準適合性審査に関する事業者ヒアリングで火山影響評価を議論
2014年	
3月6日, 17日	川内発電所の新基準適合性審査に関する事業者ヒアリングで火山影響評価を議論
3月19日	原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(第95回)で川内原発の火山影響評価を議論
4月10日, 18日	川内発電所の新基準適合性審査に関する事業者ヒアリングで火山影響評価を議論
4月23日	原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(第107回)で川内原発の火山影響評価を議論
5月14日	川内発電所の新基準適合性審査に関する事業者ヒアリングで火山影響評価を議論
5月16日	原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合(第113回)で川内原発の火山影響評価を議論
7~8月	川内原発の発電用原子炉設置変更許可申請書に関する審査書案へのパブリックコメント
8月25日	原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チームの発足
9月10日	川内原発の適合性審査が終了(1・2号機の設置変更許可)
11月	日本火山学会原子力問題対応委員会が「巨大噴火の予測と監視に関する提言」を公表

日と翌年3月19日, 4月23日, 5月16日の適合性審査会合で議論された後, 2014年7~8月のパブリックコメントを経て, 同年9月10日に審査書が確定, つまり適合性審査に合格とされた⁴。パブリックコメントで出された火山影響評価に対する多数の意見(第23回原子力規制委員会配布資料⁴)は, 原案の根幹部分の修正には反映されなかった。以後は, 川内原発を脅かす恐れのある巨大噴火の前兆を観測して廃炉の判断を行う方法と基準を定めるための「原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム」が設立され, 現在まで議論が行われている⁵。

上記の火山影響評価ガイドの成立過程において, 公開の場で意見を求められたのは東京大学地震研究所の中田節也教授のみであり(2013年3月28日の第20回発電用軽水型原子炉の新安全基準に関する検討チーム会合)¹, 日本火山学会や火山噴火予知連絡会に諮問

されることはなかった。このことは, 地震・津波の影響評価ガイドを検討するために専門家を加えたチーム(発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム会合, 2012年11月~2013年6月の計13回)⁶が設けられたことと対照的である。

その間, こうした拙速とも言える火山影響評価ガイドの成立過程や内容に不安を覚えた火山学者からの異論があいついだ⁷。状況を重く見た日本火山学会は, 2013年9月に原子力問題対応委員会を設置し, 2014年11月に「巨大噴火の予測と監視に関する提言」を公表した⁸。そこには, 「噴火警報を有効に機能させるためには, 噴火予測の可能性, 限界, 曖昧さの理解が不可欠である。火山影響評価ガイド等の規格・基準類においては, このような噴火予測の特性を十分に考慮し, 慎重に検討すべきである」と記されている。

火山影響評価ガイド

火山影響評価ガイドは、全7章26頁(図1点、表2点)からなる文書である²。その冒頭には「本評価ガイドは、原子力発電所への火山影響を適切に評価するため、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出、抽出された火山の火山活動に関する個別評価、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山事象の抽出及びその影響評価のための方法と確認事項をとりまとめたものである」と記され、作成時の参考文献4点⁹が挙げられている。

火山影響評価ガイドにもとづく個々の原発の評価は、立地評価と影響評価の2段階に分けて行われる(図1)。立地評価では、まず原発に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山に対する個別評価、すなわち「設計対応不可能な火山事象」(火砕流、溶岩流、岩層なだれ、新しい火口の開口など)が原発の運用期間中に影響を及ぼす可能性を

評価する。影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価された場合は、「火山活動のモニタリング」と火山活動の兆候把握時の対応を適切に行うことを条件として、個々の火山事象に対する影響評価、すなわち個々の火山事象への設計対応・運転対応の妥当性検討に進む。一方、上記可能性が十分小さいと評価されない場合は、原子力発電所は立地不適とされる。

立地評価は以下の手順をとる。まず原発から160 km 圏内にある第四紀火山を抽出した上で(図1の①)、すべての完新世火山を次の個別評価の対象として選ぶ(図1の②)。それ以外の火山については、積算噴出量の時間変化を示す階段図(火山評価ガイドでは「階段ダイヤグラム」、次節以降参照)を作成して活動可能性を評価する(図1の③)。その結果、火山活動が終息する傾向が顕著であり、最新の休止期間がそれまでの最大休止期間より長いなどの火山があれば、将来の活動可能性がないと判断して除き、残った火山を個別評価の対象とする。

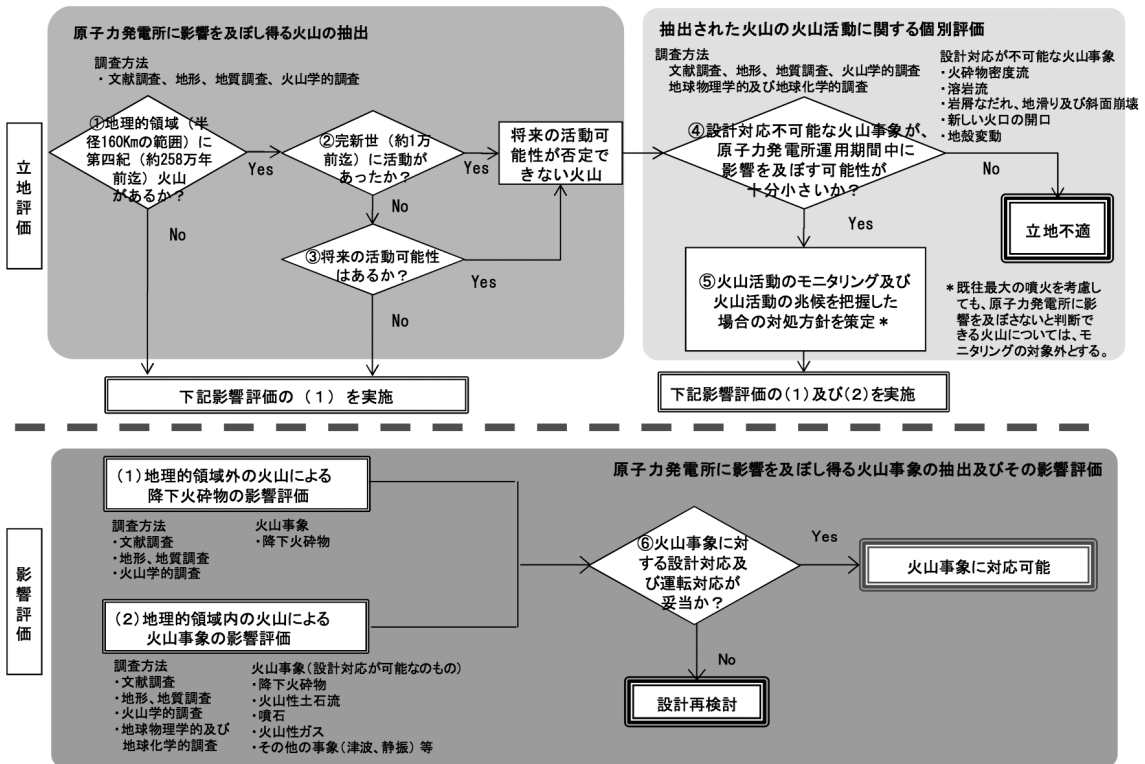


図1—火山影響評価ガイドにもとづく原発の適合性審査のフローチャート²

個別評価においては、原発の運用期間中において、上述の「設計対応が不可能な火山事象」をともなう火山活動の発生可能性を評価する(図1の④)。その際、過去の活動履歴調査に加え、必要に応じて地球物理学・地球化学的調査(マグマだまりの規模や位置、マグマ供給系の地下構造等、火山噴出物等)を行い、現在の活動状況も併せて総合的に評価する。なお、「設計対応が不可能な火山事象」に関しては、火山と原発間の距離が大きい場合(例えば火砕流の場合は160 km以上、火山泥流の場合は120 km以上、岩層なだれ・溶岩流の場合は50 km以上など)、評価対象外とすることができる。

その結果、「設計対応が不可能な火山事象」が原発に到達する可能性が十分小さいと評価できない場合は、原発は立地不適とされる。可能性が十分小さいと評価した火山であっても、「設計対応が不可能な火山事象」が過去に原発に到達したと考えられる火山に対しては、噴火可能性が十分小さいことを継続的に確認することを目的として運用期間中のモニタリング(必要に応じて地球物理学及び地球化学的調査も実施)を行い、噴火可能性につながる結果が観測された場合には、必要な判断・対応(原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等)をとる(図1の⑤)¹⁰。

なお、「設計対応が不可能な火山事象」が原発に到達する可能性が十分小さいと評価した火山であっても、それらの火山や他の遠方の火山が噴火した場合に備え、原発の安全性に影響を与える可能性のある(設計対応可能な)火山事象の影響評価を行い、設計対応・運転対応が妥当かどうかを確認することとされている(図1の⑥)。

火山影響評価ガイドの問題点

火山影響評価ガイドの問題点としては、(1)発生可能性の恣意的基準、(2)火山学・火山防災の現状との乖離、(3)不明確な「運用期間」、の3つが挙げられる。とくに、(1)と(2)の問題点は重大な欠陥と言わざるを得ない。

(1) 発生可能性の恣意的基準

前節で述べたように、火山影響評価ガイドにおいては「設計対応が不可能な火山事象」が原発の運用期間中に影響を及ぼす可能性が十分小さいと評価できない場合は、その原発は立地不適とされる。しかしながら、どのような数値基準をもって可能性が「十分小さい」と判断するかが明記されておらず、曖昧かつ恣意的な基準となっている。

この点は、後期更新世以降(約12万~13万年前以降)の活動が否定できない断層等の上への原発(耐震重要施設ならびに重大事故等対応施設)の立地を不適とする基準¹¹とは対照的である。火山影響評価ガイドにおける「設計対応が不可能な火山事象」は、活断層の変位と同等、もしくはそれ以上の厳しいダメージを原発の重要施設にもたらす可能性があることは明白であるから、活断層に対する基準と同様の数値基準を適用し、12万~13万年前以降に「設計対応が不可能な火山事象」が達した可能性が否定できない原発は立地不適とすべきであろう。

(2) 火山学・火山防災の現状との乖離

前節で述べたように、火山影響評価ガイドにおいては、階段図やモニタリングによって将来の活動可能性を評価することになっている。しかしながら、実際には、階段図やモニタリングを用いた予測可能性評価にはさまざまな困難があり(次節(1)、(7)参照)、一筋縄ではいかない。川内原発の適合性審査で見られたような、火山学的に見て明らかに不合理な楽観的判断を排除できるように、階段図やモニタリングによる活動予測の困難さや限界を十分わきまえた内容に加筆・修正すべきである。

さらに、川内原発の適合性審査においては、上記以外にも、火山学や火山防災の視点から大きな疑問を感じる考察や判断が多数なされている(次節参照)。先に述べた通り、火山影響評価ガイドは2013年3月~6月のわずか3回の会合で議論されただけで成立し、公開の場で意見が求められた火山学者はわずか1名であった。パブリックコメントで指摘された重要意見のほとんどは、原案

修正のために採用されなかった。

つまり、火山影響評価ガイドは、火山学や火山防災の現状を正しく認識して作られたものとは到底言えない。広く火山学者・火山防災専門家の意見を聞いた上で、早急かつ大幅に加筆・修正されるべきである。さもなければ、川内原発のような杜撰な適合性審査が他の原発でもくり返され、取り返しのつかない結果を招くだろう。

(3) 不明確な「運用期間」

上記の「原発の運用期間」が、具体的に何年なのか示されていない。ひとつの原子炉の運転期間は原則40年と定められているが¹²、実際には同じ原発内に新たに原子炉が増設され、サイトとしての運用期間が40年を超えている例(敦賀や美浜など)がある。原発サイトとして今後何年使うかが明確でないと、自然災害のリスク定量(次節(8)参照)に支障を生じる。

川内原発の新基準適合性審査の問題

川内原発の新基準適合性審査の問題点としては、

(1)不適切な発生間隔予測、(2)噴火ステージ推定の問題、(3)巨大噴火未遂事件の問題、(4)降灰厚さの過小評価、(5)火山性泥流・土石流の問題、(6)地域防災計画との連携欠如、(7)モニタリングによる予測の困難、(8)噴火で被災した原発の被害想定欠如、の8つが挙げられる。川内原発の適合性審査申請書とその審査書⁴は文章による要点のみで詳しい説明や図版がないから、ここでは審査会合で九州電力が使用した説明書類(以下、九電説明書)¹³も題材として含めて問題点を議論する。

なお、本論の最初にも述べたが、川内原発の近傍(160 km 圏内)には5つ(阿蘇、加久藤・小林、始良、阿多、鬼界)の5カルデラ。隣接する加久藤・小林と阿多北・阿多南を分離して数えれば7つのカルデラが存在し、実際に同原発の近傍には過去に少なくとも3度の大規

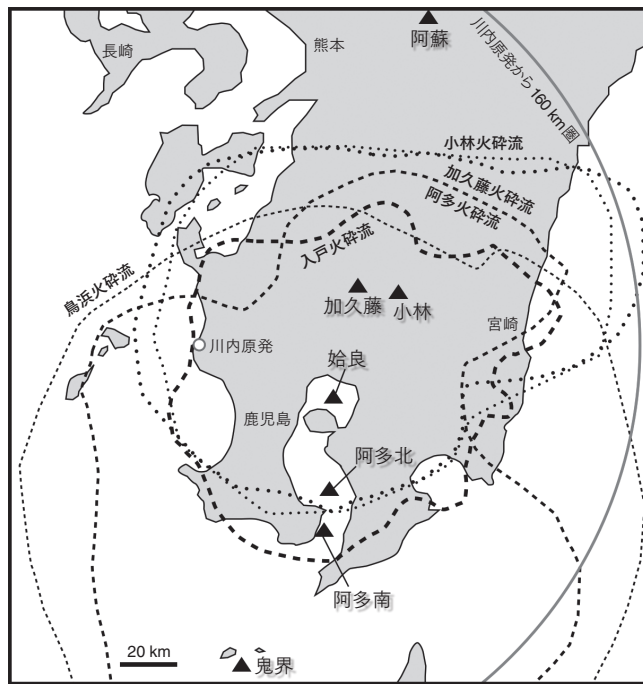


図2—川内原発とその近傍のカルデラ

各カルデラの中心を▲で示す。それらのカルデラ起源の大規模火砕流のうち、川内原発に達した5火砕流の分布範囲¹⁴も示す。

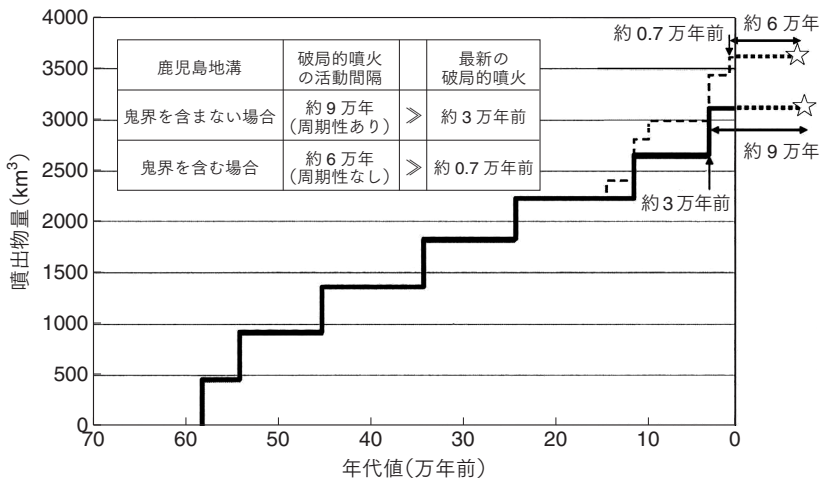


図3—川内原発に影響を与える可能性のある大規模カルデラ噴火の合成階段図(川内原発の適合性審査で示されたもの)²¹

模火砕流(約3万年前の始良カルデラ起源の入戸火砕流, 約10万年前の阿多カルデラ起源の阿多火砕流, 約34万年前の加久藤カルデラ起源の加久藤火砕流)が到達している^{13, 14}。また, 約25万年前の鳥浜火砕流(阿多カルデラ起源), 約54万年前の小林火砕流(小林カルデラ起源)も到達が疑われる(図2)¹⁴。

このことから, 12万~13万年前以降の川内原発では「設計対応が不可能な火山事象」が2度(入戸火砕流と阿多火砕流)生じていることが明らかである。前節で述べた通り, 火山影響評価ガイドが活断層に対する基準と同様の数値基準を採用するならば, 川内原発は立地不適となる。

(1) 不適切な発生間隔予測

川内原発の適合性審査書(以下, 審査書)では「鹿児島地溝(加久藤・小林カルデラ, 始良カルデラおよび阿多カルデラが含まれる地帯)全体としてのVEI7以上の噴火の平均発生間隔は約9万年であり, 当該地域における最新のVEI7以上の噴火は約3.0万年前ないし約2.8万年前であることから, 鹿児島地溝についてはVEI7以上の噴火の活動間隔は, 最新のVEI7以上の噴火からの経過時間に比べて十分長く, 運用期間中におけるVEI7以上の噴火の活動可能性は十分低い」ことが妥当と判断されている(VEI: Volcanic Explosivity Index, VEI7は噴出量100~1000 km³, VEI6は10~100 km³の爆発的噴火を指す¹⁵)。

この点については, 九電説明書に火山の時間-積算噴出量階段図(以下, 階段図)を利用した説明がなされている(図3)。この階段図からは川内原発付近のカルデラ火山群が規則的な噴火をしてきたかのように見えるため, それを根拠として先に述べた「VEI7以上の噴火の平均発生間隔は約9万年」という結論が導かれているのである。

しかしながら, その推論にはいくつかの重大な欠陥が含まれる。そもそも火山の階段図は, 個々の火山の噴火史を噴出量という視点から定量的に描き出し, マグマの長期的な供給率と噴出率, マグマ供給系の構造やその内部で生じるプロセス, 噴出量に影響を与える外的要因の有無や性質を考察するための図である¹⁶。階段図は, 通常1火山について1つ描かれる。それは, 個々の火山のマグマだまりが独立であり, 互いに接続されていないことが様々な観測事実の積み重ねによって確かめられているからである。

これに対し, 図3では3つのカルデラ火山を合体させた奇妙な階段図が描かれているにもかかわらず, そのことに対する合理的な説明やマグマ供給系のモデルの議論は一切書かれていない。しかも, 川内原発から160 km圏内にある阿蘇カルデラと鬼界カルデラを大した説明もなく除いている(ただし, 鬼界カルデラのみ破線で補助的に表示)。後述するように, 両カルデラのデータを含めれば, 階段

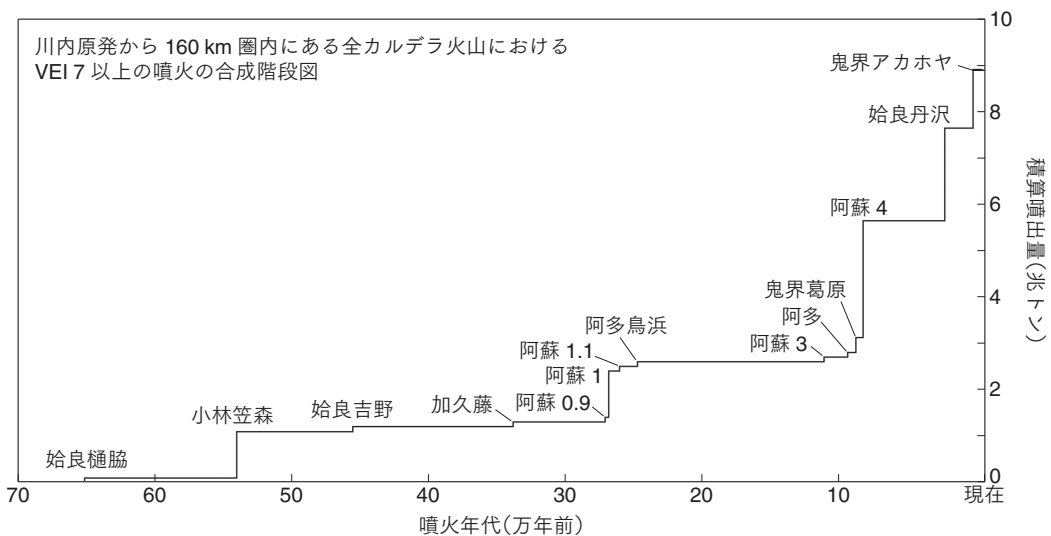


図4—川内原発から160 km 圏内にある全カルデラ火山における VEI 7 以上の噴火の合成階段図
 文献 14 から噴火マグニチュード 7 (ほぼ VEI 7) 以上のものを抜き出した上で、カルデラの恣意的な選択をせずに描いたもの。
 図中に各噴火(広域テフラ)の名称を示した。

図の形はまったく異なるものとなり、見かけ上の規則性も失われる。つまり、図 3 は、階段図上で噴火間隔がたまたま 9 万年程度に揃うカルデラの組み合わせを恣意的に選んだように見える。

さらに、**階段図に用いた噴火年代と噴出量の誤差についての記述がなく、審査会合の議事録をたどっても議論された形跡がない。これは多くの科学者と技術者が参加する審査会合としては、信じがたいほど初歩的なミスである。とくに噴出量に大きな誤差が含まれ得ることは、噴出量の推定経験のある火山学者にとっては常識であり、九州での VEI 7 以上の噴火は大量の噴出物が海に入るために正確な定量は困難をきわめる。**

図 3 の階段図でさらに不自然な点は、すべての噴火の噴出量が 500 km^3 程度に揃っていることである。おそらく文献 17 に記された VEI 値を参考に、VEI 7 噴火の平均的な値として 500 km^3 を採用したのだと思われるが、そのことについての断り書きは書かれていない(文献 17 には、VEI の他に噴出体積見積りが個別に書かれている噴火がいくつかあるが、それらの値は無視されている)。噴火間隔が 9 万年となっている階段図の噴出量を揃えれば、全体が規則的に見えるのは当然である。つまり、図 3 の階段図に見られる規則性は見かけ上のものと言って

よい。

そもそも、図 3 の階段図に用いられたデータセットが完全である保証はない。なぜなら、とくに古い時期の巨大噴火のすべてが発見されているわけではないからである。それは、古い時代の噴出物ほど陸上での露出範囲が限定され、カルデラとの対応関係が不明のものが多数ある上に¹⁷、未発見のものもありえるという事情による。

日本で 100 万年前以降に生じた噴火の噴出量見積りについては、よく知られたデータセットがある¹⁴。それにもとづき、川内原発から 160 km 圏内にあるすべてのカルデラ火山について VEI 7 以上の噴火の合成階段図(阿蘇と鬼界も含む)を描いてみた(図 4)。先に述べたように、合成図には火山学的な意味はないので、川内原発の被災リスク評価を目的として、カルデラの恣意的な選択をせずに描いた図である。図 4 から言えることは、これといった周期性は存在せず、VEI 7 以上のカルデラ噴火が 5000 年~2 万年程度の短い時間間隔で何度も再来する期間(27 万~25 万年前ならびに 11.5 万~8.7 万年前)があったことである。つまり、最新の鬼界アカホヤ噴火から 7300 年が経過した今となつては、こうした巨大噴火が近い将来に生じたとしても別に不思議ではない。

(2) 噴火ステージ推定の問題

長岡¹⁸⁾は、南九州のカルデラ火山が4つの「噴火ステージ」、すなわちプリニー式噴火(成層圏に達する高い噴煙柱から大量の降下軽石を引き起こす噴火)ステージ→大規模火砕流をとともなう破局的噴火ステージ→中規模火砕流噴火ステージ→後カルデラ火山噴火ステージをたどり、再びプリニー式噴火ステージに戻るサイクルをくり返していると推定した。川内原発の審査書は、この噴火ステージ説にもとづく評価によって、川内原発の160 km 圏内にある各カルデラ火山がVEI7以上の噴火の直前の状態ではない(阿多カルデラのみがプリニー式噴火ステージの初期で、残りは後カルデラ火山ステージ)と判断した。

しかしながら、噴火ステージ説は噴火史上のパターン認識にもとづいた仮説であり、実際のマグマだまり内で生じる物理・化学過程にもとづいた立証がなされているわけではない。また、プリニー式噴火ステージや中規模火砕流噴火ステージの存在がはっきりしない阿蘇カルデラや鬼界カルデラに対して、この考え方を適用するのは無理がある。

始良カルデラで入戸火砕流の直前に大隅軽石を降らせたプリニー式噴火が生じたように、多くの大規模火砕流の直前にプリニー式噴火が起きたことが知られている^{17, 18)}。このことから類推すれば、プリニー式噴火ステージで生じた単独のプリニー式噴火のすべてが、実は大規模火砕流の未遂事件であったという考え方も成り立ち得る(次項参照)。この考えが正しければ、プリニー式噴火ステージと破局的噴火ステージの区別は意味を失う。

(3) 巨大噴火未遂事件の問題

川内原発の審査書では、噴火には至ったがVEI7以上にまで発展しなかった噴火、すなわち巨大噴火の未遂事件のことがまったく考慮されていない。

この地域で生じたVEI6規模の噴火として、始良福山、始良岩戸、始良深港、桜島薩摩の4噴火が知られている^{17, 18)}。いずれもプリニー式噴火を主体とする噴火で、始良岩戸噴火は10 km³程

度の中規模火砕流¹⁹⁾、桜島薩摩噴火はベースサージ(火口から10 km まで到達)¹⁹⁾をそれぞれともなった。これらの噴火は、前項で述べたように、直後に大規模火砕流を誘発させてVEI7以上の噴火に至る要素を備えていたが、何らかの理由でそこまで至らずに未遂事件として終了したと考えることもできる。同じことは、VEI4~5程度の噴火、すなわち桜島大正噴火などの歴史時代の噴火についても言えるかもしれない。

同じ火山で起きる噴火の規模がまちまちになる理由は、十分解明できていない。こうした火山学の現状を鑑みれば、VEI7以上のカルデラ噴火の実績だけで将来の発生可能性や被災リスクを判断するのではなく、VEI4~6のプリニー式噴火もすべてVEI7以上の噴火の未遂事件として同列に扱い、巨大噴火のリスクを計算し直すべきである。

(4) 降灰厚さの過小評価

川内原発の審査書は、原発敷地において考慮する降下火山灰の最大厚さを15 cmと判断しており、その根拠としてVEI6の桜島薩摩噴火の降灰実績と数値シミュレーション結果を挙げている。

しかしながら、上述したように、同規模の噴火として他に始良福山、始良岩戸、始良深港の3噴火がある。審査書は、運用期間中の噴火規模についてVEI6以下の既往最大規模を考慮したとするが、桜島薩摩噴火の噴火マグニチュードM(マグマ噴出重量の常用対数をとって7を引いた値²⁰⁾)は5.9であり、他の3噴火(始良福山M6.5、始良岩戸M6.2、始良深港M5.9)中の最大ではなく、始良福山噴火の噴出量の4分の1に過ぎない¹⁴⁾。実際に始良岩戸噴火で放出された降下火砕物の等層厚線図を見ると^{17, 18)}、火口から60 km離れた宮崎市内でも約1 mの厚さがあり、風向きによってはほぼ同距離を隔てた川内原発周辺に同程度の厚さで積もり得ることがわかる。偏西風帯にある日本では、通常は火口の西方遠方に火山灰は積りにくいが、それでも大山松江軽石や伊豆東部火山群カワゴ平軽石など、西方に分布軸をもつ事例は少数ながら存

在する¹⁷。プリニー式噴火の継続時間はふつう数時間から数十時間なので、風向きが変化しないうちに特定の場所に一気に厚く積もる可能性がある。九州電力が行った数値シミュレーションが、こうした特殊条件まで再現できているとは限らない。少なくとも2倍程度の余裕を見て、降灰の最大厚さの想定は2mとすべきであろう。

(5) 火山性泥流・土石流の問題

川内原発の北隣には、霧島火山の北麓を水源とする川内川の河口がある。霧島火山で大規模な噴火や山体崩壊があった場合、川内川を火山性の泥流・土石流(ラハール)が流れ下る可能性が高い。その場合、橋や堤防の被災によって原発への交通が遮断される恐れがある。一方、川内原発付近に大量の降灰があった場合、降雨にともなって原発東側にある山地からのラハール発生も予想される。九電説明書には、地形や河川勾配の大雑把な検討結果があるのみでラハールの数値シミュレーション結果が示されておらず、ラハールのリスクについての考慮が不十分に見える。

(6) 地域防災計画との連携欠如

桜島薩摩噴火のようなVEI6程度の噴火が桜島や始良カルデラで生じた場合、鹿児島市中心部は壊滅的な被害を受けると考えられる。このことは九州電力が実施したVEI6級噴火で発生する火砕流シミュレーションからも明らかである²¹。先の(4)で述べた通り、川内原発はVEI6程度の噴火が起き得るとした対策を進めているが、現行の鹿児島県の地域防災計画は桜島に対してVEI5の大正噴火しか想定していない²²。つまり、両者の想定には齟齬がある。

VEI6程度の噴火が桜島で起きた場合、県庁の被災によって鹿児島県は防災中枢を失うことになる。そうした事態の中、川内原発が過酷事故を起こして周辺から住民を避難させなければならない状況になった時、広域避難の指揮は誰が取るのだろうか？ 原発30km圏内の自治体の避難計画だけでなく、鹿児島県の地域防災計画の大幅改

訂が必須である。

(7) モニタリングによる予測の困難

審査書は運用期間中におけるVEI7以上の噴火可能性を十分小さいと判断したが(上記(1)参照)、本節の最初で述べたように、川内原発には「設計対応が不可能な火山事象」である火砕流が過去少なくとも3回到達したことが明らかである。この場合は、火山影響評価ガイドにしたがって運用期間中のモニタリングを行い、噴火可能性につながる結果が観測された場合には必要な判断・対応(原子炉の停止、適切な核燃料の搬出等)をとることになっており、審査書もモニタリングについて以下のよう

に記す。「VEI7以上の噴火の早期の段階であるマグマの供給時に変化が現れる地殻変動及び地震活動について、既存観測網等による地殻変動及び地震活動の観測データ、公的機関による発表情報等の収集・分析を行い、第三者の火山専門家の助言を得た評価を定期的にかつ警戒時には臨時で行うことで火山活動状況に変化がないことを定期的に確認する」

しかしながら、実際にVEI7以上の噴火を機器観測した例は世界の歴史にない。つまり、現代火山学は、どのような観測事実があれば大規模カルデラ噴火を予測できるか(あるいは未遂に終わるか)についての知見をほとんど持ちあわせていない。審査書は、モニタリングによる予知可能性の根拠のひとつとしてギリシアのサントリーニ火山のミノア噴火に先立つマグマ供給率推定結果を挙げているが²³、こうした研究は事例収集の初期段階に過ぎず、今後他のカルデラでの検討結果が異なってくることも十分考えられる。個々の火山や噴火には固有の癖があり、その癖の原因がほとんど解明できていないことは、火山学の共通理解である。

しかも、地溝帯に位置するカルデラでは、マグマ蓄積の際にマグマだまりが上下に膨らむ保証はなく、地溝帯に沿って側方に成長し、ほとんど地殻変動をとまわずに蓄積が完了する場合もあり

えるだろう。今の状態でも、鹿児島地溝を拡大させる地震や近傍の巨大地震などで一気にマグマが発泡して巨大噴火に至るかもしれない。したがって、単純な隆起速度の観測によってVEI7のカルデラ噴火が予測できると考えるのは楽観的すぎる。ましてや、燃料搬出の余裕をもたせて噴火の数年前に予測することは不可能であろう。こうした点については、「原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム」の会合でも有識者から再三指摘されている⁵。

近年、イタリアのカンピ・フレグレイカルデラや北米のロングバレーカルデラでは実際に観測値に著しい異常が生じて大きな社会問題となったが、結局噴火には至らなかった²⁴。こうした未遂事件は、実際に噴火に至る事例と比べて桁違いの頻度で起きているとみられる。大規模カルデラ噴火の懸念を抱かせる異常が観測された場合、それが未遂に終わるか否かの見極めは困難であるが、そのつど原子炉から燃料を搬出することは非現実的であろう。

(8) 噴火で被災した原発の被害想定の欠如

そもそもモニタリングに失敗し、大規模カルデラ噴火にともなう火砕流に川内原発が襲われた場合の被害想定がなされていない点は、火山影響評価ガイドのみならず原子力規制行政上の重大な欠陥と言ってよい。厚い火砕流堆積物に埋まった原発には手の施しようがなく、長期にわたる放射性物質の大量放出を許すかもしれない。大規模火砕流の灰神楽(火砕流全体を熱源として立ち上る噴煙から降下する細粒火山灰)が放射性物質に汚染されて日本列島の広い範囲を覆うリスクも考慮すべきだろう。

つまり、大規模カルデラ噴火の発生確率がいかにも小さくても、その被害の甚大さと深刻さを十分考慮しなければならない。厚さ数mから十数mの火砕流に埋まった原発がどうなるかを厳密にシミュレーションし、放射性物質の放出量や汚染の広がりや計算した上で、その被害規模と発生確率を掛け算したリスクを計算すべきである²⁵。その上で、そのリスクが許容できるか否かの社会的合

意を得るべきである。小惑星衝突などの、人類全体が死に絶える規模の災害の場合は原発があってもなくても同じであるが、大規模カルデラ噴火程度の災害では生き残る人も多数いる。噴火災害を生き延び、かつその後も厳しい未来が待ち受ける人々に対して、放射能の脅威で追い打ちをかけることがあってはならない。

巨大噴火の発生確率が小さいことばかりを強調し、被害規模を真面目に定量する姿勢を一切示さない原子力規制委員会²⁶は、おそらく発生確率だけで単純にリスクを判断するという初歩的な誤りを犯しているとみられる。原子力規制委員会がリスクの定義すら十分理解していない現状は、日本の未来に暗澹たる気持ちを抱かせる。

結び——火山専門家の利益相反

最後に、原発問題に限らず、防災やリスク評価にかかわる専門家全員が、「利益相反」の問題を知っておくべきことを付記する。利益相反とは、ある個人(ないし団体)が複数の利害関係を持つときに、そのいずれかの利益を守ろうとする行為がそれ以外の利益を損なう状態のことである²⁷。

専門家は、学問の現状に忠実かつ中立な立場での専門的なコメントを、電気事業者からも住民からも求められている。しかしながら、たとえば電気事業者から多額の研究資金を受け取った専門家が、電気事業者寄りのバイアスのかかった意見を述べたとしたら、その専門家は利益相反行為をしたとみなされる。ただし、その証明は容易ではなく、専門家自身もバイアスを自覚しているとは限らないので、中立性を確保するための予防的措置が行われるようになった。

たとえば、原子力規制委員会は、意思決定に関わる有識者全員に「原子力規制委員会が、電気事業者等に対する原子力安全規制等に関する決定を行うにあたり、参考として、外部有識者から意見を聴くにあたっての透明性・中立性の確保に関する自己申告書」を事前に提出させ、それを公開している⁵など。その中には、(1)任命前直近3年間

における電気事業者等の役員、従業者等の経歴の有無について、(2)任命前直近3年間における同一の電気事業者等からの、個人として、1年度あたり50万円以上の報酬等の受領の有無について、(3)任命前直近3年間における個人の研究及び所属する研究室等に対する電気事業者等からの寄附の有無について、(4)任命前直近3年間における個人の研究及び所属する研究室等に対する電気事業者等からの委託・請負事業、共同研究の有無について、の4項目が含まれている。つまり、電気事業者との関わりの経歴や利益授受の事実などを申告することによって、ある程度の透明性・中立性の評価を可能としているのである。

あくまで自己申告であることや、任命前直近3年間という点に甘さを感じるが、いずれにしても原子力行政の意思決定にかかわる専門家には、こうした透明性・中立性が要求されていることを認識しなければならない。また、電気事業者と過度の関わりをもった専門家は、原子力規制行政に関われなくなることや、その発言や研究成果自体が一定の色眼鏡で見られることを覚悟しなければならない。その場合、疑いをもたれた者がいくら自分は中立であると主張しても、社会的には公正・中立とみなされない点に、専門家は注意が必要である²⁷。

大規模カルデラ噴火のような低頻度巨大災害は、これまで社会の注目をほとんど浴びず、研究も遅れていた²⁸。内閣府等が開催した「広域的な火山防災対策に係る検討会」は、「国は、地球史の時間スケールでみた場合、我が国においても巨大噴火が、これまで何度も発生し、今後も発生し得ることについて、国民に対して周知するとともに、今後、巨大噴火のメカニズム及び巨大噴火に対する国家存続の方策等の研究を行う体制の整備に努め、研究を推進すべきである」と提言している²⁹。

このことに加え、本論で述べたように、原発の火山影響評価において巨大噴火のリスクが曲がりなりにも検討され始めたことから、今後はカルデラ火山に対する研究費が潤沢になるとみられる。こうした状況に対し、火山専門家は利益相反の問

題をつよく意識して中立性の確保につとめるとともに、研究によってわかることと原理的に解明困難なことを明確に区別する態度をもって臨んでほしいと願う。また、研究費獲得の方便として安易に予知実現の目的を掲げることによって、社会に過度な期待を抱かせることがないようにしてほしい。研究費を獲得したいがゆえに、研究の目的や成果を誇大解釈・誇大宣伝することも利益相反行為である。

文献

- 1—原子力規制委員会 発電用軽水型原子炉の新規制基準に関する検討チーム http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/shin_anzenkijyun/
- 2—原子力規制委員会 原子力発電所の火山影響評価ガイド https://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyoukazan.pdf 「火山ガイド」と省略形で書かれることもあるが、火山見学の案内人と誤解されないように本論では省略形を用いない。
- 3—原子力規制委員会 新規制基準適合性に係る審査(原子力発電所) http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/power_plants.html
- 4—第23回原子力規制委員会 <http://www.nsr.go.jp/committee/kisei/h26fy/20140910.html> ; 川内原子力発電所第1・2号機の設置変更許可申請書 http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/press/PWR/25/07/0708_04.html ; 川内原子力発電所2号機の工事計画認可申請の補正書 http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/law/PWR/26/10/1024_02.html ; 九州電力株式会社川内原子力発電所1・2号機の設置変更の許可について http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/law/PWR/26/09/0910_01.html
- 5—原子力規制委員会 原子力施設における火山活動のモニタリングに関する検討チーム http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/kazan_monitoring/
- 6—原子力規制委員会 発電用軽水型原子炉施設の地震・津波に関わる規制基準に関する検討チーム http://www.nsr.go.jp/committee/yuushikisya/shin_taishinkijyun/
- 7—2013年11月24日共同通信配信記事「原発脅かす火砕流 火山影響評価ガイド施行 規制委」(宮崎日日新聞など); 2013年12月23日毎日新聞記事「川内原発に火山リスク 再稼働「反対」19人 本社アンケート 研究者50人回答」; 中田節也(2014)科学, **84**, 48; 守屋以智雄(2014)科学, **84**, 103; 2014年4月16日川内原発の火山リスクを考える集会実行委員会主催・緊急院内集会「川内原発の火山リスクと再稼働審査(講師:井村隆介鹿児島大准教授)」; 2014年4月21日西日本新聞「川内に噴火リスク 最多火山研究者原発アンケート29人中18人が指摘」; 須藤靖明(2014)原発と火山——地球科学からの警告, 権歌書房; 2014年5月11日しんぶん赤旗記事「火山予知連会長が警告 川内原発「立地不能」超巨大噴火の予知は不可能」; 2014年6月26日毎日新聞「火山対策 予知頼みの無謀 東大地震研中田節也教授が警告 川内原発 火砕流で原子炉爆発の恐れ」; 高橋正樹(2014)科学, **84**, 947; 巽好幸・鈴木桂子(2014)科学, **84**, 1208
- 8—日本火山学会「巨大噴火の予測と監視に関する提言」<http://>

www.kazan.or.jp/doc/kazan2014/images/teigen.pdf

9—実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成25年原子力規制委員会規則第5号); 使用済燃料中間貯蔵施設の安全審査における「自然環境」の考え方について(平成20年10月27日原子力安全委員会了承); IAEA Safety Standards (No.SSG-21,2012) http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1552_web.pdf; 日本電気協会「原子力発電所火山影響評価技術指針」(JEAG 4625-2009)(その後改訂版 JEAG 4625-2014 が出され、中村隆夫・中田節也・岩田吉左・小野 勤・濱崎史生(2014)日本原子力学会和文論文誌, **13**, 75 で解説)

10—火山影響評価ガイドには、「モニタリング結果の評価は第三者(火山専門家等)の助言を得る方針とする。事業者が実施すべきモニタリングは、原子炉の運転停止、核燃料の搬出等を行うための監視であり、火山専門家のみならず、原子力やその関連技術者により構成され、透明・公平性のあるモニタリング結果の評価を行う仕組みを構築する。また、モニタリング結果については、公的な関係機関等に情報を提供し共有することが望ましい」とも記されている。

11—実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則(平成25年原子力規制委員会規則第5号) http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyoufuzoku01.pdf; 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈(原規技発第1306193号(平成25年6月19日原子力規制委員会決定)) http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyounaiki01.pdf の別記1; 原子力規制委員会敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド http://www.nsr.go.jp/nra/kettei/data/20130628_jitsuyoutishitsu.pdf
12—核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律第四十三条の三の三十二 <http://law.e-gov.go.jp/htmldata/S32/S32HO166.html>

13—原子力規制委員会 原子力発電所の新規基準適合性に係る審査会合配布資料(第95, 107, 113回) <http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/20140319.html>; <http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/h26fy/20140423.html>; <http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/h26fy/20140516.html>

14—早川由紀夫(2014)日本の100万年テフラデータベース http://www.hayakawayukio.jp/database/index.php?mode=&kind=1m&sheet=7&pointer=0&rpp=50&date1=28&date2=&type1=1&type2=1&type3=1&type4=1&type5=1&vln=&_multi=&search=SEACH

15—Newhall, C. G. and Self, S. (1982) *J. Geophys. Res.*, **87**, C2, 1231.

16—小山真人(2008)火山の事典第2版, 朝倉書店, 88-95; 小山真人・吉田浩(1994)火山, **39**, 177-190.

17—町田洋・新井房夫(2003)新編火山灰アトラス. 東大出版会(とくに表4.3-1~表4.3-6には九州起源と考えられるがカルデラ火山が未確定のものや、そもそも給源地域すら未確定の巨大噴火がリストアップされている)

18—Nagaoka, S. (1988) *Geogr. Rep.*, Tokyo Metropolitan Univ., **23**, 49.

19—小林哲夫・溜池俊彦(2002)第四紀研究, **41**, 269.

20—早川由紀夫(1993)火山, **38**, 223.

21—原子力規制委員会 第107回原子力発電所の新規基準適合

性に係る審査会合配布資料 川内原子力発電所 火山について(2), 96-102. http://www.nsr.go.jp/activity/regulation/tekigousei/h26fy/data/0107_07-2.pdf

22—平成25年度鹿児島県地域防災計画火山対策編 第3部桜島 第4節予想される災害のシナリオ <http://www.pref.kagoshima.jp/aj01/bosai/sonae/keikaku/h25/h25kazan.html>

23—Druitt, T. H., Costa, F., Delouie, E., Dungan, M., and Scaillet, B. (2012) *Nature*, **482**, 77.

24—Newhall, C. G. and Dzurisin, D. (1988) *USGS Bull.*, no. 1855, 1109p.

25—小山真人(2014)科学, **84**, 191.

26—たとえば、2014年11月5日の原子力規制委員会記者会見録の委員長発言 http://www.nsr.go.jp/kaiken/data/h26fy/20141105_sokkikoku.pdf

27—尾内隆之(2013)科学, **83**, 1198.

28—月刊地球 2003年11月号総特集: 大規模カルデラ噴火——そのリスクと日本社会

29—広域的な火山防災対策に係る検討会(2013)大規模火山災害対策への提言 http://www.bousai.go.jp/kazan/kouikibousai/pdf/20130516_teigen.pdf