

# 川内原子力発電所に対する 安全審査の非保守性、および 深層防護の国際的水準未満の問題点

2016年1月20日

佐藤 暁

# はじめに

- 非保守性： 原子力安全の議論における「安全性の分水嶺」は、事故が起こるか否かの確率が 50/50 のところにあるのではなく、原子炉1基当たりの年間の事故発生確率として 0.01/99.99 (炉心損傷事故)ないし 0.001/99.999 (大量早期放射能放出事故)と心得られている。この通念に照らしても、なお安全であることを裏付けるためには、しばしば敢えて過大とも思われる余裕が盛り込まれなければならない、その場合の考慮に欠落や不十分さがある場合を「**非保守的である**」と指摘する。
- 原子力安全に対する脅威と防御の構成要素：

| 脅威 \ 防御 | 第一層<br>堅牢設計 | 第二層<br>検査・試験 | 第三層<br>設計事象 | 第四層<br>過酷事故 | 第五層<br>防災 |
|---------|-------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
| 内部事象    |             |              |             |             |           |
| 外部事象    |             |              |             |             |           |
| 破壊工作    |             |              |             |             |           |
| 未熟な安全文化 |             |              |             |             |           |

# 論点

1. 原子力安全と地震の脅威の関係
2. 設計基準地震動の策定プロセスにおける非保守性
3. 一様ハザード・スペクトルの非保守性
4. 火山の噴火に対する安全評価における非保守性
5. 過酷事故評価における非保守性
6. 過酷事故対策における非保守性

## 4. 火山の噴火に対する 安全評価における非保守性

- ① 降下火砕物(火山灰)の降積量(15cm)の仮定は妥当か？
- ② 火山灰の気中濃度(3,241 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )の仮定は妥当か？
- ③ 建屋の屋根に対する強度評価は妥当か？
- ④ フィルターの閉塞に対する評価は妥当か？
- ⑤ 電源、冷却水の確保は確実に対応できるか？
- ⑥ 原子力防災計画への影響

### 比較

- 米国(ワシントン州)
- 欧州(アイスランド)

## ④フィルターの閉塞 に対する評価は妥当か？

- 川内原子力発電所の換気空調系(給気系)には、高性能フィルターではなく、除塵効率(6.6~8.6 $\mu$ mの粒子に対する値)85%の平型フィルターが使われている。九州電力は、これによって「大部分の降下火砕物が除去される」と述べている。
- しかし、川内原子力発電所まで飛んでくる火山灰の粒子の25%程度は6 $\mu$ m以下と予想され、フィルターを通過して建屋内に持ち込まれる量は、かなりの量になる。
- 電気品室、中央制御室内の電気・電子装置、コンピューターなどの内部に火山灰が入り込み、付着することによる影響(蓄熱、ブレーカー、リレーの動作不良、摺動部の摩耗、摩擦の増加)による故障が、時間の経過と共に急増する可能性がある。これは、脅威のレベルとして重要な「**共通起因事象**」として分類されるべきである。
- 当初の設計条件として見込まれていない高濃度の火山灰は、これらの機器に対して未知の環境であり、安全上担保される機器に対しては、新たな環境試験が実施されなければならない。

## Research Article

# Airborne Measurement in the Ash Plume from Mount Sakurajima: Analysis of Gravitational Effects on Dispersion and Fallout

Jonas Eliasson,<sup>1,2</sup> Junichi Yoshitani,<sup>2</sup> Konradin Weber,<sup>3</sup> Nario Yasuda,<sup>2</sup> Masato Iguchi,<sup>2</sup> and Andreas Vogel<sup>3</sup>

<sup>1</sup>EEEC, School of Engineering and Natural Sciences, University of Iceland, Austurvegur 6A, 800 Selfoss, Iceland

<sup>2</sup>Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Gokasho, Uji, Kyoto 611-0001, Japan

<sup>3</sup>Laboratory for Environmental Measurement Techniques, University of Applied Sciences, Josef-Gockeln-Straße 9, 40474 Düsseldorf, Germany

Correspondence should be addressed to Jonas Eliasson; jonase@hi.is

Received 28 April 2014; Accepted 13 August 2014; Published 19 October 2014

Academic Editor: Francesco Cairo

Copyright © 2014 Jonas Eliasson et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Volcanic ash concentrations in the plume from Sakurajima volcano in Japan are observed from airplanes equipped with optical particle counters and GPS tracking devices. The volcano emits several puffs a day. The puffs are also recorded by the Sakurajima Volcanological Observatory. High concentrations are observed in the puffs and fallout driven by vertical air current, called streak fallout. Puffs dispersion is analyzed by the classical diffusion-advection method and a new gravitational dispersion method. The fluid mechanic of the gravitational dispersion, streak fallout, and classical diffusion-advection theory is described in three separate appendices together with methods to find the time gravitational dispersion constant and the diffusion coefficient from satellite photos. The diffusion-advection equation may be used to scale volcanic eruptions so the same eruption plumes can be scaled to constant flux and wind conditions or two eruptions can be scaled to each other. The dispersion analyses show that dispersion of volcanic plumes does not follow either theories completely. It is most likely diffusion in the interface of the plume and the ambient air, together with gravitational flattening of the plumes core. This means larger boundary concentration gradients and smaller diffusion coefficients than state of the art methods can predict.

## 1. Introduction

Airborne observations of volcanic ash concentrations with optical particle counters and GPS tracking have recently been taken in use to study volcanic plumes [1–7].

Three campaigns of airborne observations of volcanic ash and gas content of the plume from the Sakurajima volcano in Japan were performed in 2013, in cooperation between the Universities of Kyoto, University of Iceland, and University of Applied Sciences in Düsseldorf, Germany. The Sakurajima volcano has been in constant eruption since 1955; it does not emit a continuous plume but produces a series of explosion puffs, sometimes many each day [8]. The preliminary results of the first campaign were described in presentations to the IAVCEI conference July 2013 in Kagoshima, Japan [9–12].

The staggering economic disaster [13, 14], inflicted upon the aviation industry by the Eyjafjallajökull eruption in 2010 and the Grímsvötn eruption in 2011, made clear the importance of ash cloud predictions. These events sparked the research program that produced the Sakurajima campaigns. It is hoped they may help to increase the accuracy of ash cloud predictions.

Ash cloud predictions make use of point source atmospheric dispersion models, for the simulation of continuous, horizontal and neutrally buoyant volcanic plumes. There exist a number of atmospheric dispersion models [15], specially constructed for handling eruption problems both analytically and numerically. In [16] the VAAC Name Model is presented; it is based on the horizontal advection-diffusion equation. The abstract states that they “provide advice on extent of

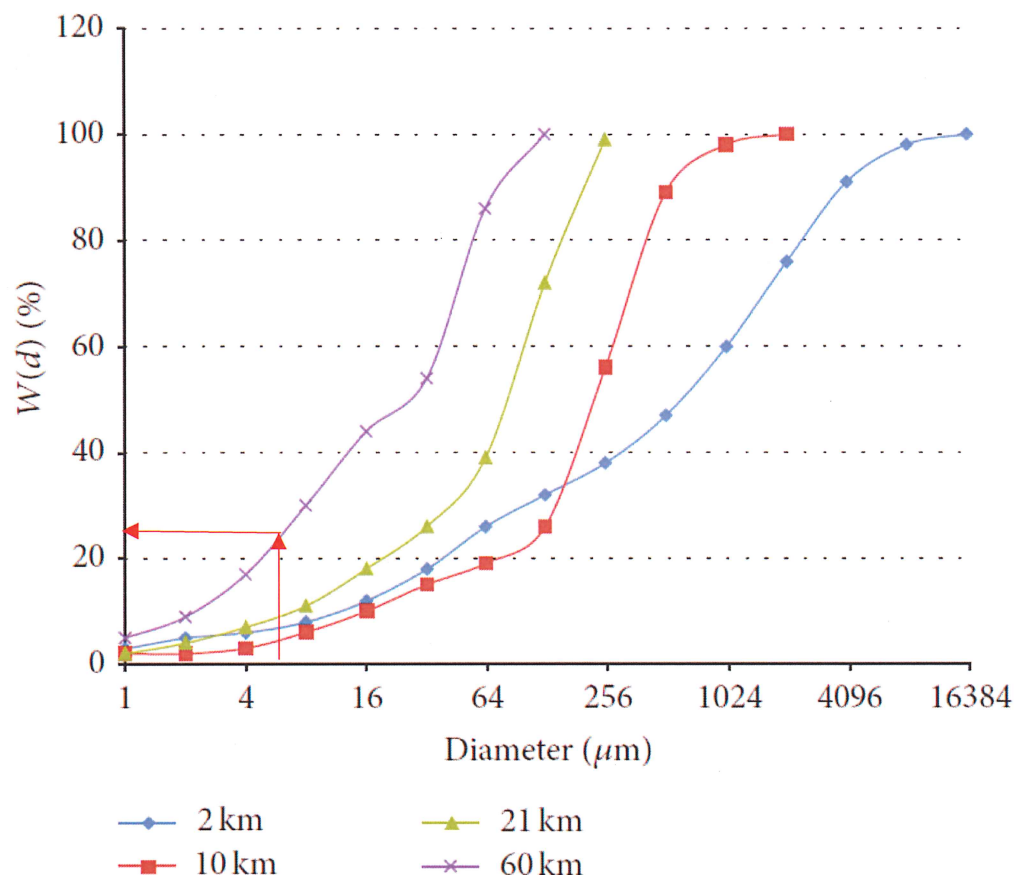


FIGURE 12: Grain size curves from Apr. 14–16. Adapted from [29, Figure 7].

[29] M. T. Gudmundsson, T. Thordarson, Á. Höskuldsson et al., “Ash generation and distribution from the April-May 2010 eruption of Eyjafjallajökull, Iceland,” *Scientific Reports*, vol. 2, article 572, 2012.

# ⑤電源、冷却水の確保は確実に対応できるのか？

## 電源の確保

- 所外電源系統は各所に弱点があり、停電が長期化する可能性がある。
  - 変電所、送電線の地絡。
  - 所内開閉所、所外電源受電用の変圧器故障。
- 所内非常用ディーゼル発電機の故障。
  - 吸気フィルターの閉塞を回避したとしても、室内換気系フィルターの閉塞による室温上昇、潤滑油の劣化、冷却水系統の流量低下などが発生。

# ⑤電源、冷却水の確保は確実に対応できるのか？

## 緊急対応要員への影響

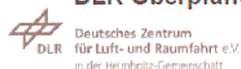
- 暗い(照明を使っても視界が悪い)、マスクのアイピースが汚れる、滑る。
- 対応が長期化(数ヶ月)する可能性がある。
- 噴煙中の有毒ガス(二酸化硫黄、一酸化炭素)の濃度は十分低いかもしれないが、敷地内全域に降積した火山灰から発散される寄与とそれによる健康への影響評価が行われていない。
- 中央制御室、緊急時対策所の給気フィルターに大量に捕捉された火山灰から発散される有毒ガスによる健康への影響がないのか未評価。
- 過酷事故に至った後、所内で事故対応する作業者が着用するチャコール・フィルターの放射性ヨウ素吸着効率が、火山灰とそれに含まれるフッ素などによって低下しないのか未評価。



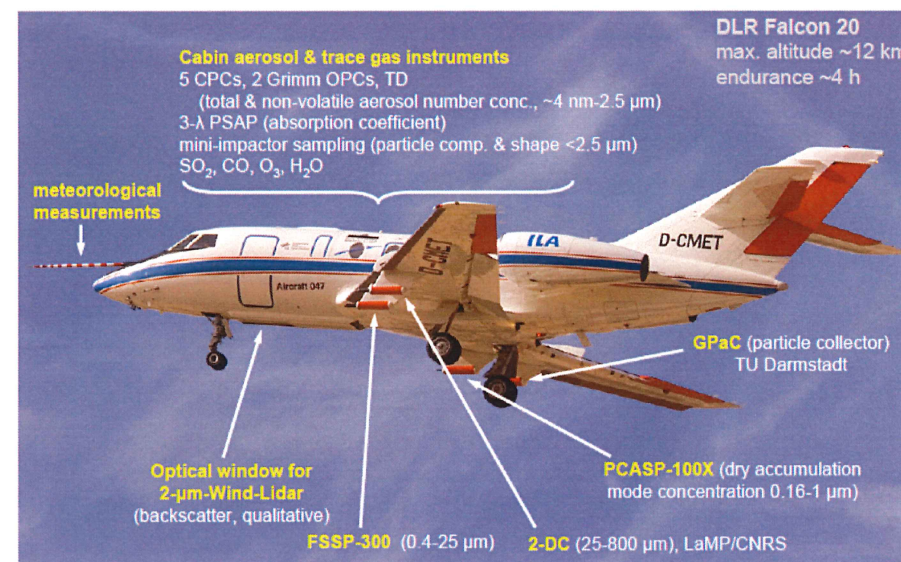
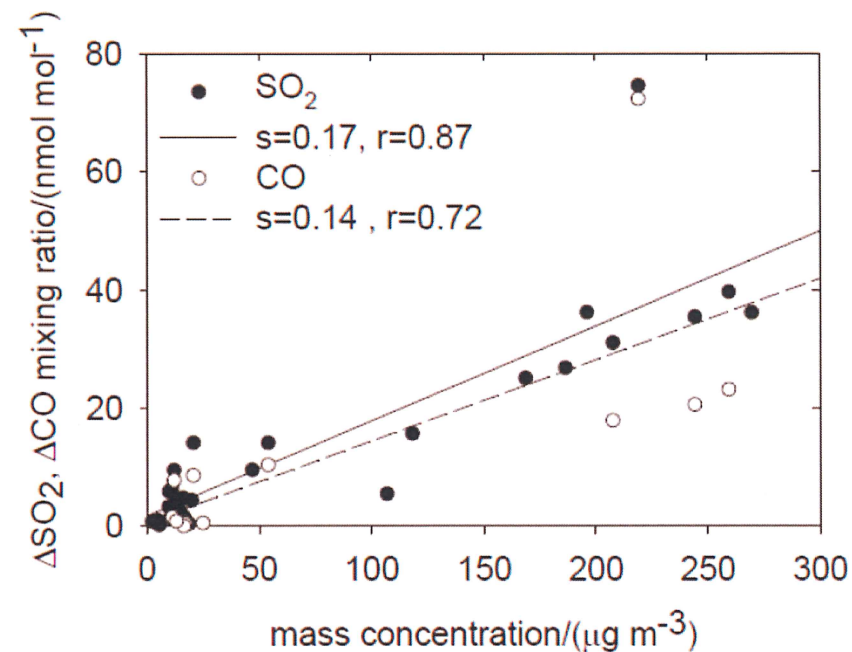
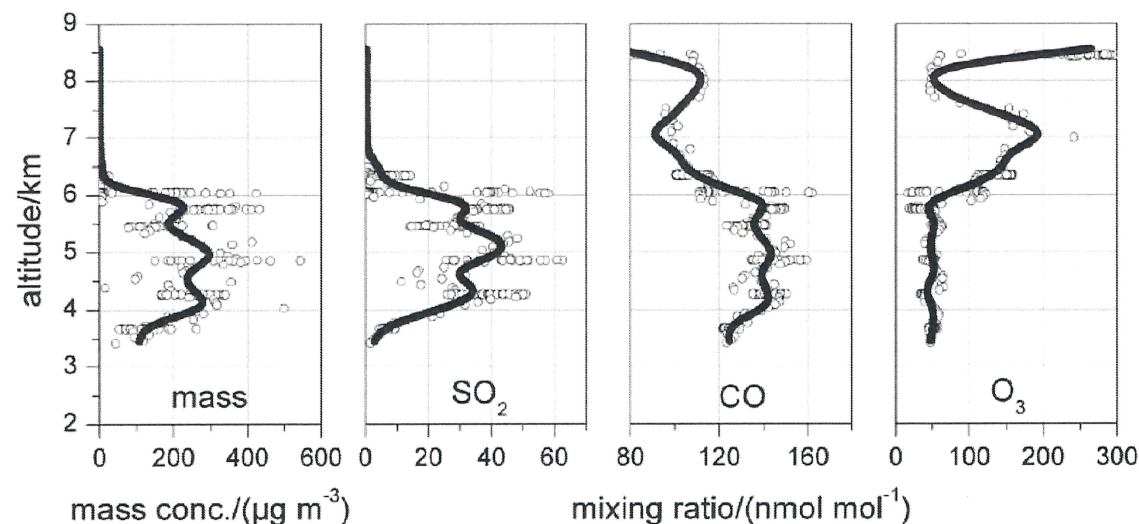
## Airborne aerosol in-situ observations of volcanic ash layers of the Eyjafjallajökull volcano in April & May, 2010, over central Europe

A. Minikin, U. Schumann, B. Weinzierl, O. Reitebuch, H. Schlager, M. Scheibe, M. Lichtenstern, P. Stock, R. Baumann, C. Forster, T. Sailer, T. Hamburger, S. Rahm, K. Graf, H. Mannstein, & many others

DLR Oberpfaffenhofen, Institut für Physik der Atmosphäre, Germany



Institut für Physik der Atmosphäre



## ⑥原子力防災計画への影響

- 桜島が VEI 4、5レベルの噴火をした場合、その直ぐ近くが県庁所在地である鹿児島県としては、それだけで手が取られ、原子力防災の対応、支援が困難。川内原子力発電所よりも桜島に近いオフサイト・センターも同じ問題。そのため、原子力防災計画を指揮する機能が麻痺してしまう可能性がある。
- 広域停電。通信障害。
- 道路の渋滞、事故による避難行動への影響。原子炉事故対応のための物資の輸送の遅れ。
- 飛行機、ヘリコプターの飛行制限、または不可。原子炉事故対応のための物資の輸送ができない。事故影響を把握するための測定ができない。
- 過酷事故に至った後、放出される放射性物質(ヨウ化セシウム)と火山灰に含まれるフッ素との化学反応による影響がないのか未評価。