

## 雷発生のメカニズム

## Mechanism of generating thunders

\*高橋 耕三<sup>1</sup>\*Kozo Takahashi<sup>1</sup>

1.なし

1.None

## 1. 中緯度の雷発生

中緯度では、積乱雲の  $-10^{\circ}\text{C}$ 以下の領域で水滴は氷晶となっている。固体の融点は表面の方が内部よりも低い。それ故、氷晶の場合  $-10^{\circ}\text{C}$ 付近では氷晶は水膜で覆われている。氷晶内には正孔(ph)と自由電子(fe)が同数あり、phは結晶から抜けだせないがfeは水膜に移動できるため、氷晶は負に帯電した水膜で覆われる。積乱雲の中では氷晶は激しく衝突し合っており、 $-10^{\circ}\text{C}$ 以下では、衝突の多くは弾性的である。衝突の際の速度変化は小さい氷晶の方が大きい氷晶のそれよりも大きいいため、氷晶間の衝突により、小さい氷晶の水膜は大きい氷晶に移り、小さい氷晶は、小さくなるとともに正に帯電し、上昇気流により雲頂に運ばれ、雲頂は高電圧となる。

一方、大きい氷晶は、大きくなるとともに負に帯電し、地表に落下する（付図1&2）。

## 2. 低緯度の雷発生

低緯度では水滴は凍らないため、メカニズムは中緯度とは異なる。雲頂は上記のメカニズムにより高電圧となり（付図2）、積乱雲の雲頂は約100 MVに達し、電離層にたいし高電圧となり、電離層から電子・負イオンが雲頂に流れ込み、電離層と地表の電位差は数百万Voltとなる。このため積乱雲内部の電界は、上向きで約  $1000\text{ v/m}$  になっている。このため、水滴の上部は負に、下部は正に偏極する。積乱雲内では上昇気流のため、小さい水滴は大きい水滴よりも高速になっており、小さい水滴は、大きい水滴の下部に衝突し、小さい水滴の上部の負の電荷が大きい水滴の下部の正の電荷と中和し、小さい水滴は正に帯電し（付図3）、中緯度の場合同様に、雲頂を高電圧にする。

## 3. 火山の噴煙内の雷の発生

火山の噴煙でも雷の発生が観測されている。噴煙の場合は、火山噴出物（火山灰・礫・岩塊）の摩擦電気による帯電であり、帯電した噴出物は、上記の2の低緯度の雷発生と同じ理由により、火山灰・礫・岩塊の上部を正に帯電させ（付図3）、上記2と同じメカニズムで噴煙の上部を正の高電圧にする。この高電圧は観測されており、上記のメカニズム1・2が共に妥当なことを示している。

## 4. 地震前兆電界(付図2)

地震前兆電界が下記のメカニズムで発生する可能性が大きい。

- (1) 震源域の地殻の結晶境界面に地震前に微小亀裂が発生し、間隙水が浸透する。
- (2) この間隙水に結晶境界面のウラン化合物・ラジウム化合物・ラドンなどの放射性物質が溶け出す。
- (3) 亀裂により間隙水が地表と繋がり、放射性物質を含む水が震源域の地表に噴出する。
- (4) 地表に出た放射性物質により、下層大気が電離し、電気伝導度が局所的に増加する。
- (5) 地表と電離層間の数百万Voltの電位差と電気伝導度の局所的増加により、宇宙線シャワーの軌跡に沿った電流が、震源域で局所的に一時的に増大する。
- (6) この電流は間歇的脈流であり、広帯域の地震前兆電界が発生する。

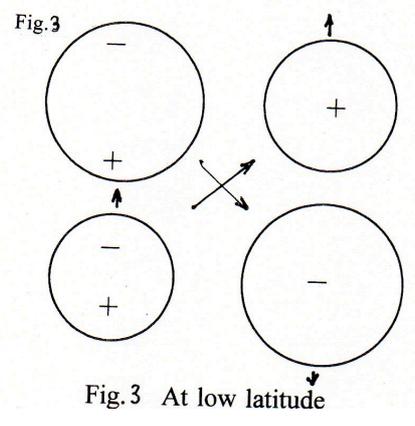
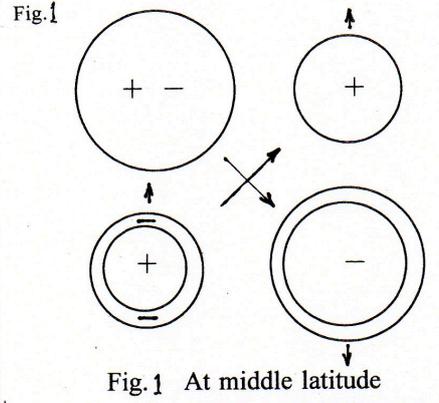
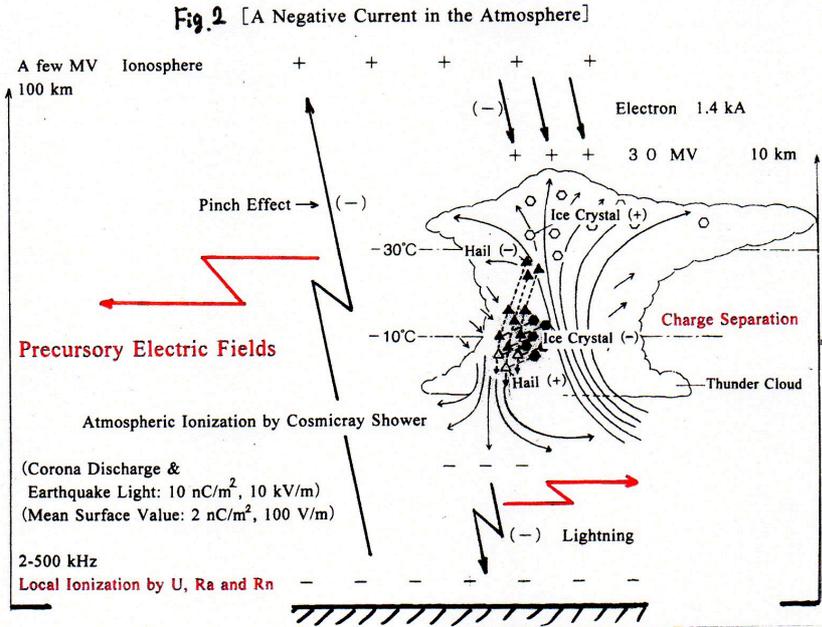
上記のメカニズムの(3)の放射性物質及び(5)の電流による地震雲及び(6)の広帯域電波は観測されており、地震前兆の微小亀裂発生の可能性及び上記のメカニズムの妥当性は大きい。

## 5. 前兆電界による地震予知

震源域は微小亀裂の発生領域と一致すると考えられるため、前兆電界の発生領域が震源域となる。規模は震源域の広さにほぼ比例するため、前兆電界の発生領域の広さから推定できる。発生日時は、巨大地震の場合、前兆電界が観測され始めてから約一週間後に発生している。

キーワード：地震予知、地震前兆電界、中緯度の雷、低緯度の雷、噴煙中の雷

Keywords: earthquake prediction, precursory seismic electric fields, thunder in middle-latitude, thunder in low-latitude, thunder in smoke of volcano



## 富士山麓太郎坊におけるラドン、トロン崩壊生成物の測定

Measurements of radon and thoron decay products at Tarobo, a base of Mt. Fuji, Japan

\*三浦 和彦<sup>1</sup>、川口 尚輝<sup>1</sup>、須藤 俊明<sup>1</sup>、片岡 良太<sup>1</sup>、岩本 洋子<sup>1</sup>、永野 勝裕<sup>2</sup>、速水 洋<sup>3</sup>\*Kazuhiko Miura<sup>1</sup>, Naoki Kawaguchi<sup>1</sup>, Toshiaki Sudo<sup>1</sup>, Ryota Kataoka<sup>1</sup>, Yoko Iwamoto<sup>1</sup>, Katsuhiro Nagano<sup>2</sup>, Hiroshi Hayami<sup>3</sup>

1.東京理科大学理学部、2.東京理科大学理工学部、3.電力中央研究所

1.Faculty of Science, Tokyo University of Science, 2.Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science, 3.Central Research Institute of Electric Power Industry

The atmospheric activity concentrations of the short-lived radon and thoron decay products were measured at Tarobo (1300 m a.s.l.), a base of Mt. Fuji, from July 2014 to Aug. 2015. Radon and thoron concentrations were calculated with energy spectra of *arfa*-ray emitted from radioactive aerosols collected on a filter with a time resolution of 2 or 4 h by using a radon monitor. In addition, size distributions of aerosols from about 10 nm to 5000 nm in diameter were measured with a scanning mobility particle sizer and an optical particle counter. In order to estimate the history of air masses, the backward trajectories from 72 h ago to 48 h ago were computed using the HYSPLIT trajectory model ([https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT\\_traj.php](https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php)).

Clear seasonal variations of total counts of decay products were found that monthly averaged values were high between autumn and winter, and low between spring and summer. On the other hand, diurnal variations were not observed clearly. It is supposed that the cause of seasonal variations is due to the deference of air mass. These patterns were compared with the results measured at Jungfraujoch (Gaggeler, *et al.*, 1995).

## Acknowledgments

This work was partly supported by JSPS KAKENHI Grant Number 25340017.

## References

Gaggeler, H. W. *et al.*, Atmospheric Environment, 29, 607-616, 1995

キーワード：ラドン、トロン崩壊生成物、季節変化、富士山

Keywords: radon thoron decay products, seasonal variation, Mt. Fuji

千葉県旭市における大気電気学的パラメータ（大気イオン濃度、大気電場、ラドン濃度）の変動の特徴

Properties of variation of atmospheric electricity parameters (atmospheric electricity field (AEF), atmospheric ion concentration (AIC), and radon concentration) at Asahi, Boso Peninsula, Japan

\*大村 潤平<sup>1</sup>、Han Peng<sup>2</sup>、吉野 千恵<sup>2</sup>、服部 克巳<sup>2</sup>、下 道國<sup>3</sup>、小西 敏春<sup>4</sup>

\*Junpei Omura<sup>1</sup>、Peng Han<sup>2</sup>、Chie Yoshino<sup>2</sup>、Katsumi Hattori<sup>2</sup>、Michikuni Shimo<sup>3</sup>、Toshiharu Konishi<sup>4</sup>

1.千葉大学理学部地球科学科、2.千葉大学大学院理学研究科、3.藤田保健衛生大学、4.応用光研工業株式会社  
1.Department of Science, Chiba University, 2.Graduate School of Science, Chiba University, 3.Fujita Health University, 4.OHYO KOKEN KOGYO CO.,LTD

地震に関係する電磁気現象のうち電離層で発生する電子密度の異常について、地圏で発生する地震と電離層で起こる現象を結びつける理論として、地圏-大気圏-電離圏結合（LAIカップリング）理論が提唱されている。千葉大学の服部グループでは、大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度等の大気電気パラメータを観測することによってLAIカップリングモデルのうち化学チャンネルの可能性を観測学的に検証している。本稿では、千葉県旭市に設置した旭観測点の大気電気パラメータ変動の特徴について報告する。

旭観測点（北緯35.77度、東経140.69度、以降ASA）では大気電気学的パラメータとして大気イオン濃度、大気電場、大気ラドン濃度、地中ラドン散逸量、気象要素の観測を行っている。本稿ではASAの大気電気パラメータの降雨応答、季節変化、日変化等について調査した結果について、従来の清澄観測点(KYS)の結果（大気イオン濃度と大気電場変動）と比較を行った。

大気イオン濃度と大気電場について降水前の変動は普遍的で、大気イオン濃度は降水開始時に急に増加し、大気電場は降水開始3時間前から乱れる傾向が確認されたが、終了後変動にはサイト毎に異なる傾向が見られ、ASAではKYSに比べどちらのパラメータも高い値を示す時間帯があり、通常時のレベルに戻るのに時間がかかる傾向が見られた。季節毎の平均日変化にも地域差がみられ、ASAの夏季の日変化は15時頃に最小値をとるパターンであり、ASAの他の季節やKYSで確認された15時に最大値をとるパターンとは異なる傾向となった。大気電場については、冬季には9時から12時にかけて低下し、その後徐々に増加を続けるような日変化を示した。それ以外の季節では朝8時頃にピークを迎える変動幅の大きな日変化を確認した。この内冬季の日変化はKYS観測点で全期間のデータから得られた典型的日変化と概ね結果となった。

ASAの観測結果からラドン散逸量は気圧の変動に対して3時間の遅れをもつ逆相関があることが確認できた。また季節によって日変化パターンが異なることも確認された。ラドン散逸量の変動に対し、大気イオン濃度、大気電場は少し遅れて相関のある変動を示す傾向が確認された。地震に関連するラドン異常変動を抽出するためには、観測点を増加することと今後の詳細な解析に基づくモデル化が必要である。

キーワード：大気電場、大気イオン濃度、ラドン濃度

Keywords: atmospheric electricity field, atmospheric ion concentration, radon concentration

## 能登半島で観測された落雷時の高エネルギー放射線

Short burst radiation at the time of lightning observed in Noto peninsula.

\*石川 朗子<sup>1</sup>、高橋 周作<sup>1</sup>、鴨川 仁<sup>1</sup>、ボワーズ グレゴリー<sup>2</sup>、スミス デイビット<sup>2</sup>、松木 篤<sup>3</sup>

\*Akiko Ishikawa<sup>1</sup>, Shusaku Takahashi<sup>1</sup>, Masashi Kamogawa<sup>1</sup>, Gregory Bowers<sup>2</sup>, David Smith<sup>2</sup>, Atsushi Matsuki<sup>3</sup>

1.東京学芸大学教育学部物理学科、2.カリフォルニア大学 セントクルーズ校、3.金沢大学環日本海域環境研究センター

1.Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 2.University of California, Santa Cruz ,  
3.Institute of Nature and Environmental Technology, Kanazawa

雷活動及び雷雲に伴う高エネルギー放射線(ガンマ線エネルギー領域の制動X線)が発生していることが近年わかってきた。落雷時に発生する数ミリ秒オーダーのショートバーストは、雷放電路の強電場での制動放射が原因と言われている。本研究では大気電場を多点で測定し、ショートバースト発生時の雷雲周辺の大気電気環境を推定した。2014年12月から2015年2月に能登半島先端部の石川県珠洲市金沢大学能登学舎にて大気電場と放射線の観測を行った。能登半島を含む日本海側の地域は世界的に珍しい冬季雷が観測される地域である。大気圧下で発生した高エネルギー放射線は伝搬時に急激に減衰するが、冬季雷雲は夏季雷雲と比較して雲底が低いいため雷雲起源の高エネルギー放射線の観測が地上で行いやすいと考えられる。本観測では、4台の大気電場観測装置(フィールドミル)、放射線測定器(NaIおよびプラスチックシンチレーター)を設置した。フィールドミルは学舎の敷地内で20~40 mの間隔で4台設置した。すべての計測電場値は地表面値として校正されている。また雷雲接近時の雲底および雲頂高度を知るため、同建物屋上に設置されたシーロメータおよび気象庁合成レーダーデータをそれぞれ使用した。地上気象データは学舎から西南西に6.1 kmに位置する気象庁AMeDAS珠洲観測所の降水量データを用いた。本観測期間では4つのロングバーストと1つのショートバーストを検知できた。2014年12月31日05:20:08に3ミリ秒で放射線カウントが増加するショートバーストが検知された。この時刻で大気電場は瞬間的に正から負に大きく変動を示したことから、正極性雷によって発生したものではないかと考えられる。本講演ではこのショートバーストと落雷の関係について詳細に述べる。

キーワード：高エネルギー放射線、冬季雷、雷雲

Keywords: Energetic radiation, Winter Lightning, Thunderstorm