

地震前兆の大気中ラドン濃度変化と地殻のダメージ発展過程

Preseismic change in atmospheric radon concentration and crustal damage process

川田 祐介 [1]; 長濱 裕幸 [2]; 大森 康孝 [3]; 安岡 由美 [4]; 石川 徹夫 [5]; 床次 眞司 [5]; 志野木 正樹 [4]

Yusuke Kawada[1]; Hiroyuki Nagahama[2]; Yasutaka Omori[3]; Yumi Yasuoka[4]; Tetsuo Ishikawa[5]; Shinji Tokonami[5]; Masaki Shinogi[4]

[1] 東北大・院・理・地圏進化; [2] 東北大大学院・理・地圏進化; [3] 東北大・院・理・地圏進化; [4] 神戸薬大・RI; [5] 放医研
[1] DGES, Tohoku Univ.; [2] Dep. Geoenviron. Sci., Grad. School Sci., Tohoku Univ.; [3] DGES, Tohoku University; [4] RI, KPU;
[5] NIRS

1995年兵庫県南部地震では、本震の2ヶ月以上前から大気中ラドン濃度が顕著な増加を示し、その増加速度は「地震までの時間(破壊までの時間)」のべき乗則に従っていたことが、後の解析により明らかになった。この前兆現象は、地殻中のラドン移動量の増加と、それに引き続く地殻から大気へのラドンフラックスの増加によるものである。本発表では、ラドン拡散、地殻内流体の移流、そして岩石変形に関する非平衡熱力学に基づいて、大気中ラドン濃度が増加した原因を検討する。今回考える非平衡熱力学系は、「巨視的応力-歪関係」、「地殻中のラドン濃度」、「ラドンを移流させる流体の体積」、そして「内部状態変数」の4つから規定されるヘルムホルツの自由エネルギーで定義する。内部状態変数とは、マイクロクラック、局所歪、結晶中の欠陥といった岩石・鉱物内部に見られる微形構造(ダメージ)に関する状態変数である。ここで、大量の数の内部状態からなる系を考える。この系では、各内部状態はそれぞれ緩和時間を持つのに対し、集団的なダイナミクスは時間スケール不変な挙動を示す。この系によって、歪速度が応力のべき乗に従う地殻岩石の流動則や、その巨視的挙動に伴って岩石内部に生じる時間スケール不変なダメージ発展を記述できる。一方、非平衡熱力学系が線形不可逆過程であるとき、ラドンと流体に関する質量保存の法則とヘルムホルツの自由エネルギーから、フィックの法則([ラドンフラックス]=[拡散係数]×[地殻中のラドン濃度勾配])とダルシーの法則([流体体積のフラックス]=[透水係数(浸透率)]×[流体圧勾配])が導かれる。また、ヘルムホルツの自由エネルギーを規定した「地殻中のラドン濃度」と「内部状態変数」、「ラドンを移流させる流体体積」と「内部状態変数」との間にそれぞれマクスウェルの関係式を定義できる。この関係式から、地殻岩石の時間スケール不変なダメージ発展が、透水係数(浸透率)・流体圧勾配・ラドン濃度勾配を増加させ、結果、ラドンフラックス、そして大気中ラドン濃度の時間スケール不変な増加が起こる過程が説明される。この理論的解釈を踏まえ、大気中ラドン濃度というパラメータは、ごく微小な地殻歪にも応答する地震前兆の地殻挙動の指標となりうることを指摘する。