

(様式第3号)

論文要旨

論文題目

洞窟内ラドン濃度の季節変動要因と娘核種の鍾乳管年代測定への応用に関する研究

A study of seasonal variations in radon concentration in cave air and the application of daughter nuclides to the dating of straw stalactites.

Abstract

Due to karst topography, the southwest islands of Okinawa are characterized by limestone caves. Much of our ability to understand the cave ecosystem depends on knowledge of the spatial and temporal distribution of the meteorological aspects of cave climates.

The micrometeorology of the Okinawa limestone caves was examined by assessment of long-term continuous measurements of ^{222}Rn , along with cave internal and external air temperatures, and moisture content. Attempts were made to date young speleothems (<1000y) using the ^{210}Pb produced from ^{222}Rn in cave air.

^{222}Rn concentrations measured using the activated charcoal method from July 1990 to January 1993 at the Gyokusen-do limestone cave on Okinawa varied from 10 to 3000 Bq/m³ and showed significant and consistent seasonal variations: higher in summer and lower in winter. Concentration variations are controlled mainly by the exchange of air between external and internal cave air. During the winter, high density external cold air is blown in, exchanges with the cave air, and dilutes the radon. In the summer, when the external air is warmer than the cave air, the cold cave air stagnates and ^{222}Rn accumulates.

To evaluate the variation details, measurements were taken at one hour intervals using a CsI(Tl) detector connected to a data logger at both the Gyokusen-dou cave and the Fere-dou cave for a period in excess of one year. Mean ^{222}Rn concentrations in the two caves were 1,330 Bq/m³ and 2,280 Bq/m³, respectively. In the Gyokusen-dou cave, the ^{222}Rn concentration is clearly associated with seasonal differences in air density between the outside and the inside of the cave. The same effect seems to occur over shorter periods as well. However, the changing radon concentration pattern does not synchronize with air density difference patterns at the site. The results of statistical analysis show that outside air takes about 8~18 hours to reach the measuring point of the radon in the cave. The average air flow velocity from the site to the exit was estimated to be 0.52~0.23 m/min. In the Fere-dou cave, the ^{222}Rn concentration in the long run varied from 264 Bq/m³ to 15,280 Bq/m³, showing the same seasonal variation as the Gyokusen-dou cave. The dominant factors influencing the ^{222}Rn variation in this cave were air density differences, wind direction and precipitation (rain).

The excess ^{210}Pb dating method was applied to two young straw stalactites. The ^{210}Pb profiles in the matrix of the straws exhibited an exponential decrease with distance from the tip and gave longitudinal growth rate values of 2.2 and 5.9 mm/y. The excess ^{210}Pb is distributed uniformly over the outer and inner surfaces of the straws. Such an excess of ^{210}Pb is presumably produced from the airborne ^{222}Rn which exists at high concentrations in the cave air and the ground water running through the central channel of the straws. During the growing process of the straws, a fraction of the ^{210}Pb will be adsorbed on the tip of the straw, and be incorporated into the matrix during the re-precipitation of CaCO_3 .

氏名 棚原 朗

(様式第5-3) 論文博士

2010年 2月 19日

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 大出 茂
副査 氏名 大森 保
副査 氏名 新城 竜一



学位（博士）論文審査及び学力確認終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び学力確認を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	氏名 棚原 朗	
現住所		
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	学力確認 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	洞窟内ラドン濃度の季節変動要因と娘核種の鍾乳管年代測定への応用に関する研究	
審査要旨（2000字以内）		
<p>ウラン系列の同位体である²²²Rn（ラドン）は、3.85日の半減期を持ち、ウラン系列中では唯一ガス状の壊変生成核種である。ラドンは地表付近に存在する親核種であるラジウムの崩壊によって連続的に生成され大気中へ放出されている。そこで、ラドンおよびその娘核種からの放射能による被曝は、人への総被曝線量のおよそ50%にあたるので環境放射能を研究する上で重要である。そして、閉鎖系構造物（コンクリート建物）および洞窟内の</p>		

(次頁へ続く)

審査要旨

ラドン濃度の測定およびその環境科学的研究は、人体への環境放射能によるリスク管理の観点から意義がある。一方、洞窟大気中のラドンおよび娘核種は、洞窟内に沈積し、鍾乳石形成時に取り込まれ、鍾乳石の年代測定を行うためのトレーサーとして利用が可能である。沖縄県には石灰岩が広く分布し、その石灰岩地域には約500の鍾乳洞が存在する。沖縄の地域特性を活かした研究として、ラドンとその娘核種の測定技術を洞窟学分野の研究に応用することには意義がある。

申請者は空気中のラドン濃度測定に関する研究を行い、ラドン濃度の連続観測法を確立した。その方法を使って、沖縄本島南部、玉泉洞及びフェーレー洞において、洞窟内大気中のラドン濃度の連続観測を数年間継続して行った。その結果、ラドン濃度は季節変動を示すことが明らかとなった。すなわち、5月から11月の間の、洞窟内温度が地表大気温度よりも低い季節には、洞窟内の大気は滞留時間が長くなるので、洞窟内の洞壁、地下水から放出されたラドンの滞留によって、洞窟内ラドン濃度の増加が観測された。また、11月から5月の時期には、洞窟内気温が地表気温より高くなるため、洞窟内大気の循環は活発になり、洞窟内大気の滞留時間は短くなることから、洞窟内ラドン濃度が5月から11月の時期に比べて、小さくなった。したがって、洞窟内大気中のラドン濃度の変動要因は、洞窟内外の大気密度差によって起こる洞窟内大気の循環に支配されると結論された。この結論は意義が有り、洞窟内におけるラドンとその娘核種を使った鍾乳管の年代測定を行うための基礎データとなる。

鍾乳管の年代測定は、日本の洞窟では行われていなかった。申請者がはじめて、ラドンの娘核種である ^{210}Pb （半減期：22.3年）を使って沖縄本島南部の鍾乳洞中に形成された鍾乳管の年代測定を行った。その成長速度は、2.2mm/年および5.9mm/年と ^{210}Pb 法を使って決定した。この年代測定技術および測定結果は、今後、鍾乳管に記録された古気候の解析等の研究に貢献するものと思われる。さらに、鍾乳石表面の ^{210}Pb 濃度の記録から洞窟内大気中のラドン濃度の歴史と未来予測値が推定できるとした研究から洞窟内での人体に対するラドンとその娘核種による被曝量が推定できることになる。鍾乳管に記録された ^{210}Pb 濃度測定から洞窟内での人体への被曝量を予測した申請者の研究成果は観光洞窟内で働く人々の被曝リスクを考えるうえで意義がある。

本研究で確立されたラドン測定法を使った洞窟内大気ラドンの連続観測および ^{210}Pb 法を使った鍾乳管の年代測定研究で発見、提示された事からは、これまで明確にされなかったことであり、環境科学および洞窟学の研究に大いに貢献するものである。

本研究で得られた成果の一部はすでに、国際誌であるGeochemical Journalに2編、洞窟学雑誌に3編掲載されている。

平成22年2月15日（月）11時より理系複合棟207教室において口頭発表と質疑応答、学力確認を行った。さらに、審査委員会では、提出された博士論文について、研究方法、研究内容等について慎重に審議を行い、博士論文として価値があると判断した。さらに、学力確認にも合格したことにより、博士の学位を授与される資格があるものと認められた。