

# 低線量率放射線の慢性被ばくによる健康影響評価のための 高自然放射線地域における包括的被ばく線量調査

## Comprehensive dose assessment due to chronic exposures of low dose-rate radiation for residents living in high background radiation areas



床次 眞司  
Shinji Tokonami

弘前大学被ばく医療総合研究所  
教授  
Professor,  
Institute of Radiation  
Emergency Medicine,  
Hiroshima University

### 研究の目的、背景

#### Purpose and Background of the Research

一般公衆が放射線による被ばくがもたらす人体への影響を考えると、広島や長崎に投下された原子爆弾による多数の被爆者の状況は周知の事実である。被ばくには大きく2つの形態があり、一度に大量の放射線を浴びる「急性被ばく」と、長期間にわたって低い放射線を浴びる「慢性被ばく」に分類される。また、放射線を体外から浴びる「外部被ばく」と放射性物質の体内に取り込んだことによる「内部被ばく」に分けられる。放射線被ばくによる人への影響として代表的なものは「がん」であり、被ばく線量が増えると発がんのリスクが直線的に増加する。この比例関係は高い線量域では見出されているが、低い線量域ではいまだに解明されていない。そのため、我々は自然界にある放射線に着目し、世界に点在する高自然放射線地域住民の健康影響を評価することを目的として、中国広東省、インドネシア、最近ではインドネシア西スラウェシ島で包括的な線量評価を実施し、それぞれの地域における被ばくの特徴を明らかにした。

It is well known that there were many atomic bomb survivors in Hiroshima and Nagasaki when health effects on humans due to radiation exposure are considered. The radiation exposure is classified into the following two categories: acute exposure caused by a large amount of radiation in a short term and chronic exposure caused by a small amount of radiations over a long period. From another aspect of exposures depending on the location of radiations and radioactive materials, external and internal exposures are identified. Carcinogenesis is regarded as one of the typical biological effects. As the radiation dose increases, the cancer risk linearly increases as well. Although this linear relationship between them can be found in the high dose region, it has not yet been clearly revealed in the low dose region. The aim of the present study is to evaluate health effects for

residents living in high background radiation areas in the world. Therefore dose assessment for residents in three major areas in China, India and Indonesia was implemented and radiological aspects of three areas were characterized.

### 研究成果

#### Research Results

中国広東省では沿岸域に自然放射線レベルの高い地域が存在し、その土壌にはモナザイトと呼ばれるラジウム-226 ( $^{226}\text{Ra}$ )やトリウム-232 ( $^{232}\text{Th}$ )を多く含んだ鉱物が広い範囲にわたって分布していることが明らかとなった。その地域住民が居住する家屋はレンガやコンクリート製の家屋が大多数を占めており、その建材には当該地域の土壌を用いていることから屋外のみならず屋内でもやや高い線量が見出された。ラジウムやトリウムが壊変すると、気体状のラドンやトロンが生成され、さらに壊変が進むと固体状の子孫核種が放射性エアロゾルとなって内部被ばくが起るため、屋内での調査からこれらの地域では肺がんのリスクを高める可能性があることが示唆された。以上から、中国では内部被ばくが支配的であることが明らかとなった。

インドネシアでも同様の調査を行ったところ、中国と同様にモナザイトが広く分布しており被ばくの要因としては「外部被ばく」が大部分を占めることが明らかとなった。一方、内部被ばくに関しては家屋構造が簡素であり換気率が高いために屋内の放射性エアロゾル濃度が総じて低い結果となり、この地域では外部被ばくが支配的であることがわかった。

インドネシア西スラウェシ島では外部被ばく・内部被ばくともに高いレベルにあることが明らかとなった。外部被ばくでは土壌中に含まれるラジウムやトリウムに起因していることが明白であり、内部被ばくに関しては、ある特定の地域では屋外の放射性エアロゾル濃度が屋内と同レベルにあり、通常肺がんリスク低減のために用いられる「換気」では効果がないことが示唆された。

In China, high background radiation regions are located along the coast of Guangdong province. Monazite minerals containing radioactive materials such as radium-226 and thorium-232 are widely distributed. As the dwellings in this area are mostly made of brick and concrete containing these radioactive materials in soil, relatively high radiation doses were found both indoors and outdoors. When radium and thorium decay, gaseous radon ( $^{222}\text{Rn}$ ) and thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) are formed and then solid-state progeny aerosols are generated with their radioactive decays. As they may result in internal exposure by inhalation, this implies that the risk of lung cancer will be enhanced. Based on the whole survey, it can be found that the internal exposure is dominant in

China.

The same survey was conducted in Kerala, India. Monazite minerals are also widely distributed in this area. We have revealed that the external exposure is mainly dominant in this area. On the other hand, as the dwellings are simply constructed, indoor air containing radioactive aerosols is well ventilated and consequently the lung cancer risk will be reduced.

In Indonesia, both external and internal exposure levels were estimated to be high. the external exposure is derived from radioactive materials such as radium and thorium in soil. Surprisingly, the external exposure situation is unique in a certain region. That means radioactive aerosol concentrations fell in the same level both indoors and outdoors. It may suggest any ventilation will not work effectively in terms of lung cancer risk reduction.

## 今後の展望

### Future Prospects

世界に点在する高自然放射線地域における住民は何世代にわたって居住し続けてきた。物理系研究者の我々が有する測定技術や解析手法を駆使して、様々な視点から包括的に被ばくの実態を明らかにすることができた。現状では彼らの健康に異常をきたしている、例えば、がんが多発しているという報告はない。一方で放射線による人体への影響は、発がんのみならず最近の研究では非がんの影響（動脈硬化など）も見出されている。今後はインドネシアを中心とした健康影響評価を生物系研究者と一丸となって取り組み、低線量放射線被ばく影響の実態解明につなげていきたい。

Residents in high background radiation areas have been living in these areas over many generations. We could comprehensively

characterize the exposure situation in three areas using our measurement techniques and analytical methodologies. We have never seen any anomalies on their health effects in these areas. Non-carcinogenesis effects due to radiation exposures need to be further considered. We will focus on the health effect study in Indonesia together with biologists and will pursue research aiming to clarify the actual effects on human health caused by exposures to low dose radiation.

## 主な研究資金(直接経費)

### Main Research Funding (Direct Costs)

弘前大学機関研究/2014年度～2016年度/27,000,000円  
JSPS 科研費 JP26670324/2014年度～2015年度 /2,900,000円  
JSPS 科研費 JP16K15368/2016年度～2018年度 /2,800,000円  
JSPS 科研費 JP18KK0261/2018年度～2021年度 /13,800,000円  
JSPS 科研費 JP20H00556/2020年度～2023年度 /34,600,000円

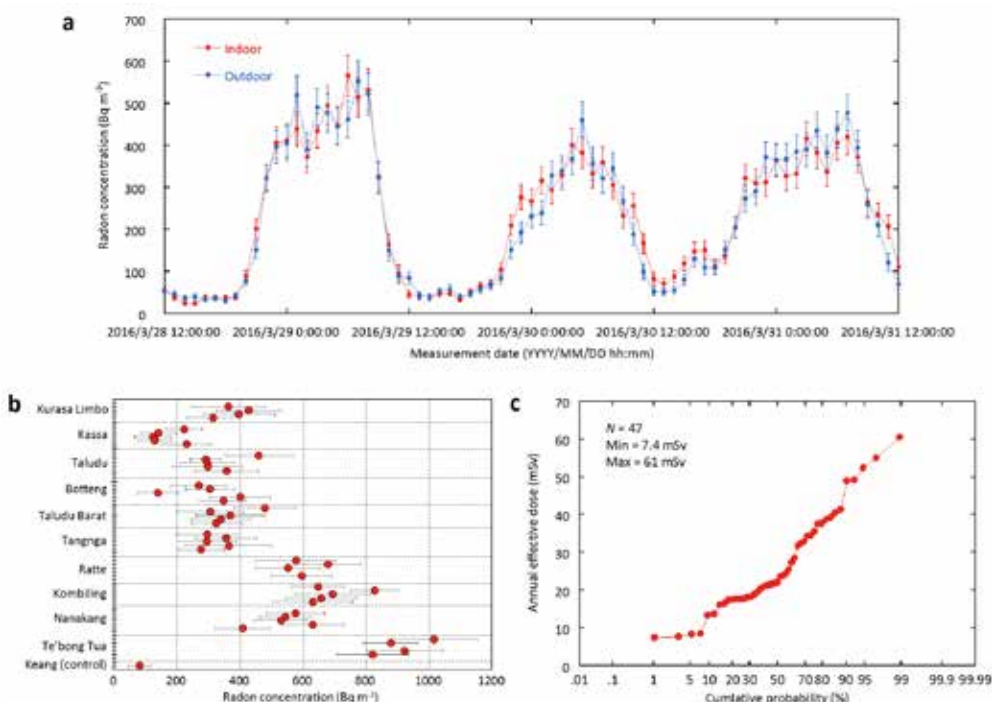
Hirosaki University Institutional Research Grant/FY2014-2016/27,000,000yen

JSPS KAKENHI JP26670324/FY2014-2015/2,900,000yen

JSPS KAKENHI JP16K15368/FY2016-2018/2,800,000yen

JSPS KAKENHI JP18KK0261/FY2018-2021/13,800,000yen

JSPS KAKENHI JP20H00556/FY2020-2023/34,600,000yen



インドネシアの放射線被ばく状況  
Radiation exposure situation in Mamuju, Indonesia



インドケララ州での空間放射線量率測定の様子  
Ambient dose rate measurement in Kerala, India



インドネシア高自然放射線地域での集合写真  
Group photo with local people in high background radiation area, Indonesia