

宮古島の自然放射線レベル

古川 雅 英

(独立行政法人放射線医学総合研究所 ラドン研究グループ チームリーダー)

1. はじめに

私たちは放射線を毎日浴びて暮らしている。放射線に被ばくしているのは人類だけではなく、地球上の全ての生命が放射線に曝されて生きている。そもそも放射線は自然の一部であり、おそらくはこの宇宙に普遍的に存在していると考えられる。ただし、地球だけの特殊事情かもしれないが、地球上には過去の原水爆実験など、人為に起因する放射線も存在している。このため人類は、天然自然の放射線を自然放射線とわざわざ呼び、人為による放射線を人工放射線と称して区別している。

地球の中心から大気の上層部までを地球環境圏とした場合、そこに存在する自然放射線は、主として岩石や土壌に含まれる天然の放射性元素に起因するものと、宇宙空間から飛来する宇宙線に起因するものとに大別できる。ここでは、地球環境における自然放射線の種類や強度分布などを概説するとともに、宮古島の放射線環境について、最近の研究成果をとりまとめて紹介する。また、人工放射線や人為的に高められる自然放射線被ばくの事例についても若干述べる。

2. 地球起源の自然放射線

地球が誕生した約46億年前に、宇宙空間に存在した様々な物質とともに地球に取り込まれた放射性元素を天然放射性元素と呼ぶ。現在の地球に比較的多量に存在する天然放射性元素は、ウラン (U-238)、トリウム (Th-232)、カリウム (K-40) である。これらは長い半減期を持っており、それぞれ45億年、141億年、13億年である。半減期とは、最初にあった放射性元素の数量が、放射壊変 (放射線を放出して別の元素になること) によって半分になるまでの期間である。地球の年齢と比べて半減期の短いヨウ素 (I-129, 半減期1700万年) などは、現在は検知が困難なほど微量であり、事実上は消滅したと見なしてよい。なお、ウランやトリウムは、放射壊変によって別の放射性元素に次々と姿を変えるため、これらを一括してウラン系列およびトリウム系列と呼ぶ。

天然放射性元素を源として、地球環境の至る所に自然放射線 (α 線, β 線, γ 線) が存在する。特に γ (ガンマ) 線は透過力が大きいために、外部被ばく (体外で生じた放射線が人体を照射する場合) の要因として重要である。天然放射性元素は地球の最表層である地殻に濃集していることから、天然放射性元素に起因する γ 線を大地 γ 線あるいは地殻 γ 線と呼ぶ。日本の大地 γ 線レベルの平均値は約 50 nGy/h である (古川, 1993; 1996)。また

同様に、世界平均は約 55 nGy/h である（国連科学委員会, 1995）。nGy/h（ナノグレイ毎時）は放射線レベルを表す単位であり、ここでは「地表から 1 m の高さにおける空気に 1 時間当たりに吸収された γ 線エネルギー」を指す。

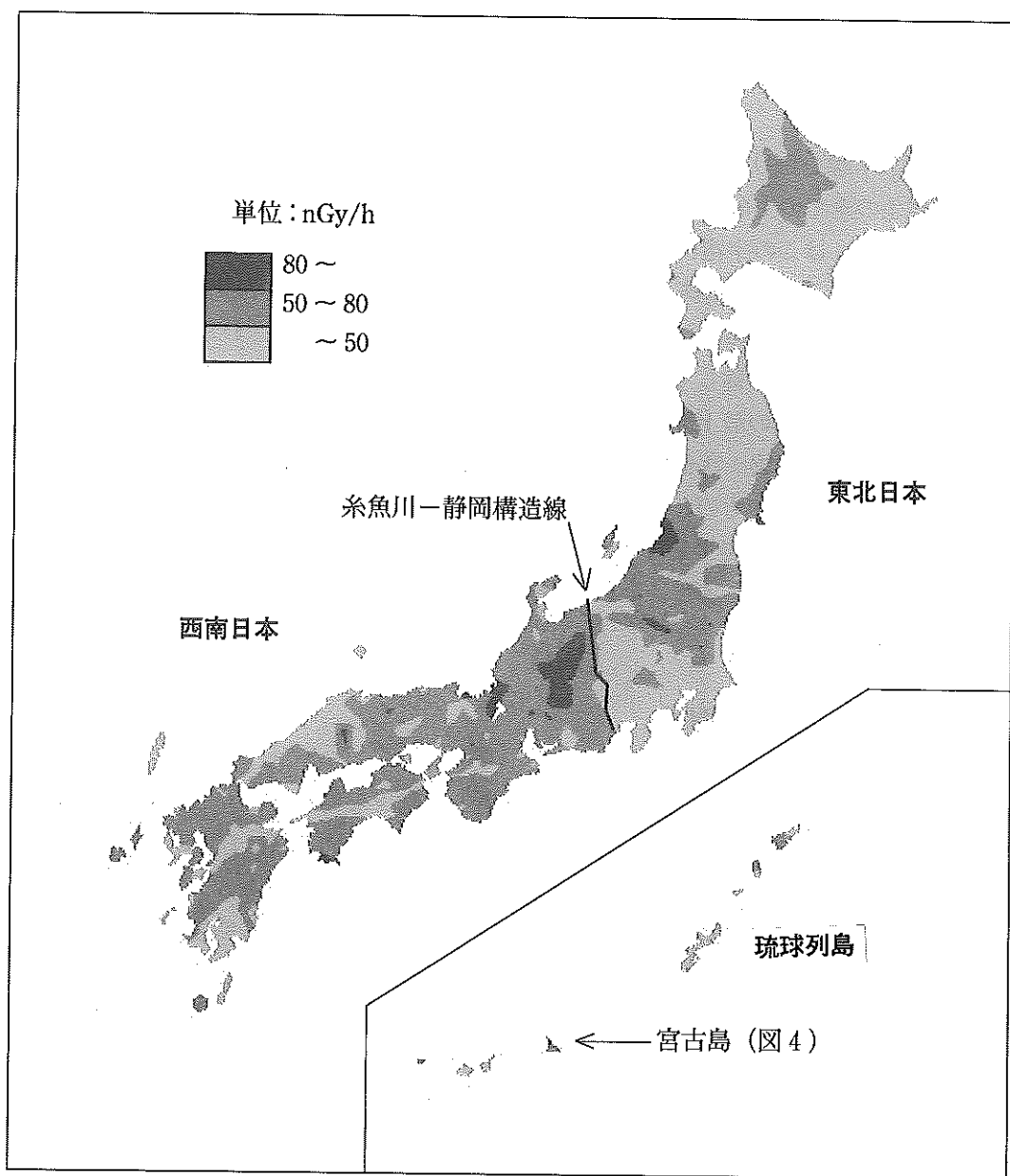


図1 日本の大地 γ 線レベルの地理的分布

日本の地質を東西に二分する糸魚川-静岡構造線を境として、大地 γ 線レベルは西南日本で高く、東北日本で低い。放射線医学総合研究所による測定結果（阿部, 1982）に基づく古川（1993; 1998a）の図を簡略化。

日本における大地 γ 線レベルの地理的分布の概要を図1に示す。日本に限らず、大地 γ 線レベルの分布は一見不規則であるが、巨視的には地質や土壌の分布を反映している(古川, 1993; 1996)。例えば、天然放射性元素の含有量が比較的低い安山岩や玄武岩が広く分布する東北日本やインドのデカン高原では40 nGy/h以下であり、含有量が高い花崗岩が広く分布する長江(揚子江)以南の中国南東部や西南日本の一部では100 nGy/hを超える地域が認められている。非常に高い大地 γ 線レベルを呈する地域もあり、インド、イラン、ブラジルなどには、局所的ではあるが、数千~数万 nGy/hに達する場所がある(国連科学委員会, 1995)。これらの要因は、主にトリウム系列に富む鉱物(モナザイト)の自然集積や、ウラン系列に富む温泉沈積物である。日本においても、放射能温泉として有名な秋田県玉川温泉の一部で約500 nGy/h(古川, 2003b)、沖縄トラフの海底熱水噴出域の一部で250 nGy/h以上(古川, 1998a)などの比較的高い大地 γ 線レベルが報告されている。

内部被ばく(体内で生じた放射線で人体が照射される場合)の観点から重要な放射線は、 α (アルファ)線である。 α 線は、透過力が弱いことから紙一枚でも遮蔽できるが、高いエネルギーを有しており、体内で多量に生じた場合には細胞に大きなダメージを与える場合がある。 α 線を放出する天然放射性元素としては、ウラン系列のラドン(Rn-222)とトリウム系列のトロン(Rn-220)が特に重要である。これらはラジウム(それぞれRa-226とRa-224)の放射壊変で生じた放射性的気体元素(希ガス)である。このため、主として地中で生成されたラドンやトロンは、比較的容易に大気中に散逸する。ラドンは半減期3.8日で、トロンは半減期55.6秒で、それぞれ α 線を放出して別の放射性元素(子孫核種)に姿を変えるが、大気中に存在するラドンやトロンは吸気によって人体内部(気管支や肺)に入り、 α 線による内部被ばくの要因となる。また、上述の子孫核種も放射線を放出することから、これらも気管支や肺などに沈着した場合には内部被ばく源となる。

ラドンやトロンの大気中濃度は、その地域に分布する土壌や岩石に含まれるラジウム(つまり元々はウランやトリウム)の濃度などによって変動する。大気中ラドン濃度は、世界的には平均して屋外が約10 Bq/m³、屋内が40 Bq/m³程度であると考えられている(国連科学委員会, 1995)。Bq/m³(1立方メートル当たりのベクレル)は放射能を表す単位であり、ここでは濃度と称しているが、より正確には「1立方メートルの空気中に存在するラドンもしくはトロンから1秒間に放出される α 線の数」を指す。一般に、大気中のラドンやトロンの濃度は低いですが、気密性の高い家屋やラジウムを多く含む建材を使用している建築物などでは、屋内濃度が非常に高くなる場合がある。例えば、ヨーロッパには屋内ラドン濃度の全国平均が100 Bq/m³(最大85,000 Bq/m³)に達する国があり、鉱山や地下室などの閉鎖的な空間では、周囲の岩石や土壌から散逸したラドンやトロンが滞留しやすいため、数千~数万 Bq/m³を超える場合がある(国連科学委員会, 1995)。トロン濃度については、ラドンに比べて測定例が少ないが、世界的には屋内も屋外も平均して10 Bq/m³程度と考えられている(国連科学委員会, 1995)。

3. 宇宙起源の自然放射線

宇宙空間には、様々な起源とエネルギーを持つ放射線（一次宇宙線）が飛び交っている。地球環境圏に到来する一次宇宙線は、銀河宇宙線と太陽宇宙線に大別できる。前者は超新星によって、後者は太陽活動に伴って宇宙空間に放出される。いずれも主成分は高エネルギーの陽子である。そして、地球環境圏に達した一次宇宙線が大気と相互反応することにより、二次宇宙線が生じる。二次宇宙線の主成分は、高度によって異なるが、地表付近では中性子、および主としてミュオン粒子や電子から成る電離成分であり、いずれも外部被ばく源となる（西村, 1986; 古川, 1998b）。

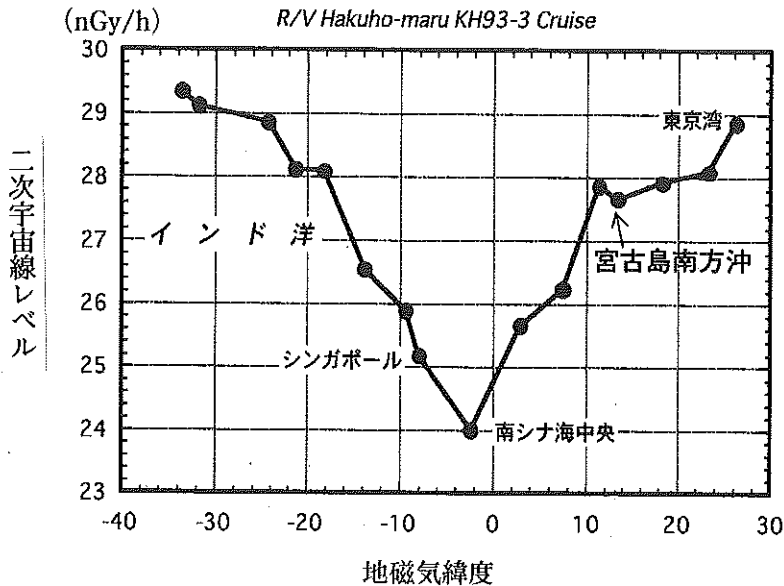


図2 海面高度における二次宇宙線レベルの地磁気緯度による変化

二次宇宙線レベル（電離成分線量率）は、地磁気的な赤道が通る（地球磁場の水平分力が最も大きい）南シナ海の中央部で最小となり、高緯度側に向かって大きくなる。Furukawa *et al.* (1996) を一部改変。

一次宇宙線は、あらゆる方向から常に地球環境圏へ入射していると考えられる。ただし、地球磁場によって荷電粒子（ここでは陽子）に対する磁気偏向効果（進行方向を曲げる作用）が生じるため、地球大気の上層部まで到達する一次宇宙線は、少なくとも1 GeV（ギガ電子ボルト）という非常に高いエネルギーを持つものに限られる（西村, 1986）。磁気偏向効果は、地磁気的な赤道付近で大きく（地球磁場の水平分力が大）、高緯度ほど小さい（水平分力が小）。つまり、地磁気赤道域では一次宇宙線の大气への入射が困難であり、高緯度では容易になる。これにともなって、大気中における二次宇宙線の生成量も地

磁気赤道付近では小さく、高緯度ほど大きくなる。このような地磁気緯度による二次宇宙線レベルの変化を図2に示す。日本の海面高度における二次宇宙線の電離成分レベルは平均約30 nGy/hであり、低い地磁気緯度に位置する沖縄県では28 nGy/h程度である。ちなみに、海面高度における中性子レベルは数nGy/h程度と考えられる(松本ほか, 1995; 古川, 1998b)。また、日本付近における地磁気緯度と地理緯度との関係は、概ね「地磁気緯度 = 地理緯度 - 10°」である。

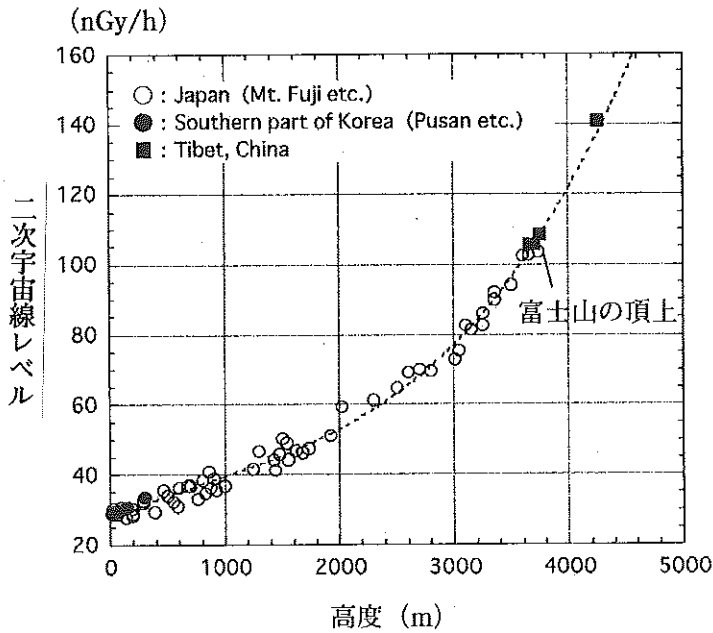


図3 二次宇宙線レベルの高度による変化

日本(富士山など)、韓国南部(釜山など)、中国のチベット高原で得た実測データによる二次宇宙線レベル(電離成分線量率)の高度変化。二次宇宙線レベルは高度にともなって大きくなり、富士山頂よりもやや高い高度4000mでは、海面高度の約4倍になる。Furukawa et al. (1999)を一部改変。

二次宇宙線レベルは、地磁気緯度のみならず、高度によっても変化する。その例を図3に示す。大気によって二次宇宙線のエネルギーが吸収されるため、高度が減少する(大気の厚さが増大する)につれて二次宇宙線レベルは小さくなる。逆に、例えば富士山の山頂など、高度が高く(大気が薄く)なれば二次宇宙線レベルは大きくなる(古川ほか, 1995; 松本ほか, 1995)。このことから明らかなように、高々度を飛行する航空機を利用した場合には、乗務員や乗客は地表に滞在している時よりも多く二次宇宙線によって被ばくすることになる(古川, 2003a)。さらに、地球磁場や大気による遮蔽効果が望めない宇宙空間に人類が進出した場合には、高エネルギーの一次宇宙線に直接曝されることになる。このよ

うに、自然放射線であっても人為的に被ばく量が高められる場合がある。参考までに、沖縄県内を発着する航空便での二次宇宙線測定結果（飛行中の積算線量）を表1に示す。

一次宇宙線の地球環境圏への入射量は、時間的に変化している。その最大の原因は、太陽活動の変化である。太陽は、約11年の周期で活動期と静穏期を繰り返している。活動期には静穏期よりも強い太陽磁場が宇宙空間に広がるため、その磁気偏向効果によって銀河宇宙線の太陽系への進入が妨げられる。このため、地球環境圏に到達する銀河宇宙線も減少し、その結果として大気中における二次宇宙線の生成量も減少する。なお、太陽活動が活発な時期には太陽宇宙線の量が増加するが、通常はエネルギーが低いために地球大気に到達する量は少なく、非常に巨大な太陽フレアが発生した場合を除き、地表付近の二次宇宙線レベルにはほとんど寄与しない（西村, 1986）。

表1 沖縄県内を発着する航空便の飛行中における二次宇宙線積算線量

飛行経路		測定便数	平均巡航高度 (m)	平均飛行時間 (分)	平均積算線量 (nGy)
出発地	到着地				
那覇	羽田	16	11000	109	1650
那覇	宮古	2	5500	32	120
宮古	那覇	2	5200	33	85
石垣	那覇	3	6900	41	150
羽田	那覇	12	10500	145	1700
羽田	宮古	2	7900	163	1750
羽田	石垣	4	8100	178	1850

ここでの積算線量は簡易計測器による二次宇宙線電離成分の測定結果であり、予察的な値である。また、中性子による積算線量は含まれていない。古川（2000）および筆者の未公表データに基づく。ちなみに、地表滞在時の1分当たりの積算線量は約0.5 nGyである。

4. 宮古島の放射線環境

宮古島は、放射線医学総合研究所が主として1970年代に実施した自然放射線レベルの全国調査（約800市町村を対象）によって、比較的高い大地 γ 線レベルを呈することが判明した地域の一つである（阿部, 1982; 古川, 1993）。これを具体的に示すと、前述のように大地 γ 線レベルの全国平均値は約50 nGy/h（市町村別平均値の最大は117 nGy/h）、日本を地質的に二分する糸魚川—静岡構造線（図1）を境とした西南日本の平均値は56 nGy/h、同様に東北日本は40 nGy/hであったのに対し、宮古島には約90 nGy/hを呈する地点があり、九州各県および沖縄県内において最も高い大地 γ 線レベルとなった。前述のように、これは世界的に見れば特に高いレベルではなく、この程度の放射線レベルが人体に悪影響を及ぼす心配は無いが、宮古島が日本国内では比較的高い大地 γ 線レベルを呈する要

因を明らかにするため、1995年からの4年間、放射線医学総合研究所による詳細調査が行われた(古川・床次, 2001)。また、2002年には短期間ではあるが、大気中ラドン・トロン濃度に関する予備調査が行われた(古川ほか, 2004)。以下ではこれらの調査結果を中心に、宮古島の放射線環境について述べる。

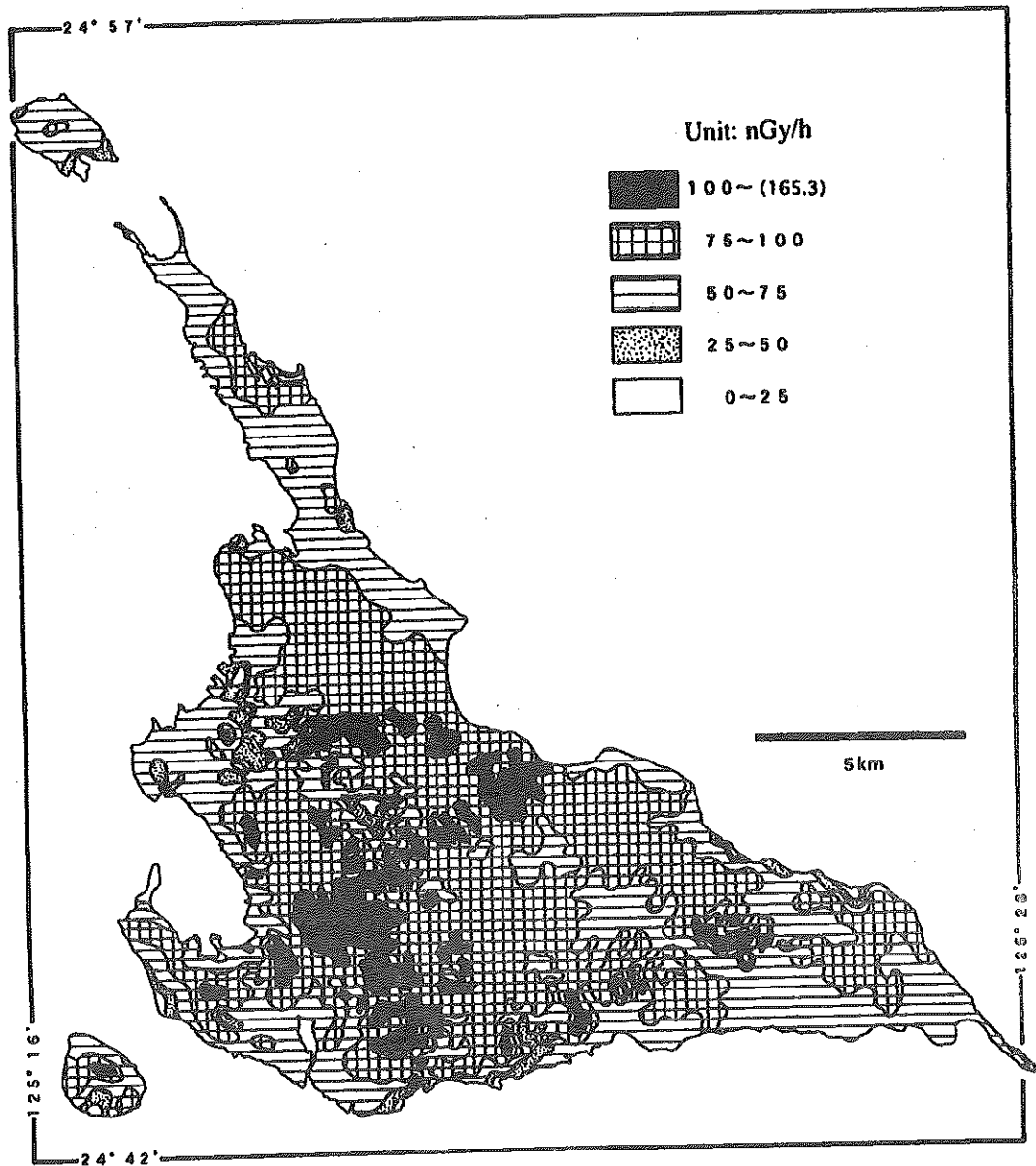


図4 宮古島における大地 γ 線レベルの地理的分布

宮古島の大地 γ 線レベルは、全体的に50 nGy/h以上であり、75 nGy/h以上の地域が約60%を占める。池間島と来間島を含む計668地点における測定値の平均は77.5 nGy/hである。原図は、古川・床次(2001)。

4-1 大地 γ 線レベルの分布

宮古島（池間島と来間島を含む）における大地 γ 線レベルの地理的分布を図4に示す。また、島・市町村別および地質・土壌別の大地 γ 線レベルをそれぞれ表2と表3に示す。計668地点における測定の結果、調査域の大地 γ 線レベルの範囲は2.6～165.3 nGy/hであり、算術平均値は77.5 nGy/hとなった（古川・床次, 2001）。宮古島の大地 γ 線レベルは、全体的に50 nGy/h以上であり、75 nGy/h以上の地域が約60%を占める。

大地 γ 線レベルの分布と地質・土壌分布を比較した結果、75 nGy/h以上を呈するのは、大野越粘土（いわゆる島尻マージ）が広く分布する地域であることが判明した。特に100 nGy/h以上の大地 γ 線レベルを呈するのは大野越粘土の分布域に限られている。一方で、宮古島を構成する主要な地質要素である島尻層群（新第三紀鮮新世から第四紀更新世前期の砂岩・シルト岩）や琉球層群（更新世の石灰岩）が露出する地域では、いずれも75 nGy/h以下である。このように、宮古島の大地 γ 線レベルは、主に地質や土壌の分布によって規定されていると考えられる。

表2 島・市町村別の大地 γ 線レベル

測定エリア	測定地点数	平均値 (nGy/h)	最小値 (nGy/h)	最大値 (nGy/h)
全体	668	77.5	2.6	165.3
宮古島	637	78.8	2.6	165.3
池間島	16	45.6	5.2	76.1
来間島	15	63.1	8.1	123.6
平良市（池間島を含む）	260	76.0	5.2	163.1
平良市（池間島を除く）	244	78.2	10.4	163.1
城辺町	196	74.5	6.6	134.3
下地町（来間島を含む）	94	78.6	2.6	154.7
下地町（来間島を除く）	79	81.5	2.6	154.7
上野村	118	85.3	9.1	165.3

古川・床次（2001）に基づく。

表3 地質・土壌別の大地 γ 線レベル

地質・土壌	測定地点数	平均値 (nGy/h)	最小値 (nGy/h)	最大値 (nGy/h)
砂丘堆積物（ビーチなど）	10	7.8	2.6	19.2
大野越粘土	363	94.5	72.2	165.3
琉球層群（石灰岩）	48	29.4	10.6	45.2
琉球層群（石灰岩）*	225	68.8	43.2	79.0
島尻層群（シルト岩・砂岩）	22	61.7	33.0	74.1

古川・床次（2001）に基づく。*印を付した琉球層群露出域には若干の大野越粘土が分布。

なお、池間島の地質については、従来は島尻層群と考えられていた一部の地層が、琉球層群よりも新しい石英砂質古砂丘堆積物であることが近年判明した(安谷屋・神谷, 1999)。このため、表3に示した地質・土壌別の大地 γ 線レベルについては、今後、若干の見直しを行う必要がある。

4-2 放射性元素の濃度

宮古島(一部は池間島)で採取された土壌・岩石試料に含まれる放射性元素濃度を表4に示す。前述のように、大地 γ 線の源は、土壌や岩石に含まれる天然放射性元素(ウラン系列, トリウム系列, カリウム-40)であり、その含有量の多少によって大地 γ 線レベルは変動する。いずれの天然放射性元素についても、島尻層群と大野越粘土では数十Bq/kg以上であるのに対し、琉球層群と砂丘堆積物(ビーチの砂)では10 Bq/kg未満である(古川・床次, 2001; Furukawa *et al.*, 2002)。土壌・地質別の大地 γ 線レベル(表3)からも推定できるように、天然放射性元素の含有量の合計は大野越粘土で最も高い。特にウラン系列の濃度が卓越している。なお、Bq/kg(1キログラム当たりのベクレル)は放射能を表す単位であり、ここでは濃度と称しているが、より正確には「乾燥重量1kgの土壌や岩石試料に含まれる放射性元素から1秒間に放出される γ 線の数」を指す。

表4 地質・土壌試料に含まれる放射性元素の濃度

番号	試料種類	元素濃度(Bq/kg)			
		ウラン系列	トリウム系列	カリウム-40	セシウム-137
1	砂丘堆積物(ビーチ砂)	1	2	(0.3)	検出下限値以下
2	砂丘堆積物	1	1	4	検出下限値以下
3	大野越粘土	114	64	367	検出下限値以下
4	大野越粘土	220	60	411	検出下限値以下
5	大野越粘土	192	77	552	検出下限値以下
6	大野越粘土	302	90	509	2
7	大野越粘土	248	104	664	検出下限値以下
8	琉球層群(石灰岩)	8	8	7	検出下限値以下
9	島尻層群(砂岩)	56	68	408	検出下限値以下
10	島尻層群(砂岩)	75	66	416	検出下限値以下
11	島尻層群(シルト岩)	24	37	535	検出下限値以下

古川・床次(2001), Furukawa *et al.*(2002)に基づく。

表4には、参考までに、人工放射性元素であるセシウム(Cs-137, 半減期30年)の濃度も示してある(Furukawa *et al.*, 2002)。大野越粘土の1試料のみが2 Bq/kgという非常に低い濃度を有しているのを除き、他の試料については全て検出下限値以下(検知できないほど微量であるか存在していない)である。これは、おそらくは過去の大気中核実験に起因する人工放射性元素が宮古島には残存してはいるが、その量は無視できるほど微量であることを示している。

表5 屋内ラドン・トロン濃度

地域	測定番号	濃度 (Bq/m ³)		
		ラドン	トロン	
平良市	サイト 1-1	113	検出下限値以下	
	サイト 1-2	103	検出下限値以下	
	サイト 1-3	86	52	
	サイト 1-4	84	65	
	サイト 2-1	39	検出下限値以下	
	サイト 3-1	15	検出下限値以下	
	サイト 3-2	23	検出下限値以下	
	下地町	サイト 4-1	23	検出下限値以下
		サイト 5-1	27	検出下限値以下
サイト 6-1		85	検出下限値以下	
サイト 6-2		105	検出下限値以下	
城辺町	サイト 7-1	8	13	
上野村	サイト 8-1	16	検出下限値以下	
	サイト 8-2	18	16	
	サイト 8-3	25	19	

表6 屋外ラドン・トロン濃度

地域	測定番号	濃度 (Bq/m ³)	
		ラドン	トロン
平良市	サイト 1-5	14	25
	サイト 1-6	8	24
	サイト 1-7	16	検出下限値以下
	サイト 3-3	20	88
	上野村	サイト 8-4	10

表5, 表6とも古川ほか (2004) に基づく。

4-3 大気中のラドン・トロン濃度

宮古島における屋内と屋外の大気中ラドン・トロン濃度をそれぞれ表5と表6に示す。測定場所(サイト1~8)は、いずれも一般家屋の屋内とその周辺屋外である。なお、以下に示すのは、現時点では測定数が少ないことなどから、予察的な結果である(古川ほか, 2004)。また、今後データを更に蓄積して判断すべきであるが、表5に示したいずれの屋内ラドン濃度も、国際放射線防護委員会(ICRP, 1993)が提示する屋内ラドン濃度の対策レベル(200~600 Bq/m³)には達していない。対策レベルとは、ラドンによる健康影響(つまり α 線による過剰な内部被ばく)を避ける観点から、一定以下の屋内ラドン濃度を保つための目安であり、具体的な濃度低減対策としては屋内換気の向上などが挙げられる。

宮古島で得られた屋内ラドン濃度の範囲は8~113 Bq/m³であり、算術平均値は51.3 Bq/m³である。また、屋外ラドン濃度の範囲は8~20 Bq/m³であり、算術平均値は13.6 Bq/m³である。トロン濃度は、屋内が検出下限値以下~65 Bq/m³、屋外が検出下限値以下~88 Bq/m³である。測定されたラドンやトロンの主たる散逸源(発生源)は、宮古島に分布する地質や土壌であると考えられる。特に大野越粘土は、ウラン系列とトリウム系列の濃度が高いことや、分布域がほぼ全島に及んでいることから、重要な散逸源であると考えられる。

屋内ラドン濃度の全国調査結果に基づけば、年間平均濃度の範囲は3.1~208 Bq/m³であり、日本全国の算術平均値は15.5 Bq/m³である(Sanada et al., 1999)。また、沖縄本島の中南部域における屋内ラドン濃度調査によれば、那覇市を含む3市4村(当時)における15家屋の屋内濃度範囲は0.9~41.3 Bq/m³、算術平均値は9.2 Bq/m³である(金城ほか

, 1989)。これらの既報値と比較すると、宮古島で得られた屋内ラドン濃度は、平均値において全国および沖縄本島中南部域のそれぞれ3.3倍と5.6倍であり、宮古島が日本国内では比較的高い屋内ラドン濃度を呈する地域である可能性が示唆される。

屋外ラドン濃度の全国調査に基づけば、年間平均濃度の範囲は2.4～35.3 Bq/m³であり、算術平均値は6.3 Bq/m³である(菅野ほか, 2000)。また、前述の沖縄本島中南部域における調査によれば、同域における屋外ラドン濃度の範囲は0.5～19.6 Bq/m³、算術平均値は2.9 Bq/m³である。さらに、沖縄県内では波照間島において屋外濃度測定が行われており、計7地点における濃度範囲は1.5～3.5 Bq/m³、算術平均値は2.6 Bq/m³である(金城ほか, 1997)。これらと比較すると、宮古島における屋外ラドン濃度は、平均値において全国、沖縄本島中南部域、および波照間島のそれぞれ2.2倍、4.7倍、5.2倍であり、屋外についても国内では比較的高いラドン濃度を呈する地域である可能性が示唆される。

前述の屋内全国調査においては、ラドン濃度とともに参考データとして屋内トロン濃度が測定されており、その年間平均値は18.5 Bq/m³である(宮野, 1995)。この平均値と較べた場合、宮古島の屋内トロン濃度は高い場合があるといえる。ただし、全国調査における最大値は384 Bq/m³であることや、日本の木造家屋では85～160 Bq/m³に達する場合があることなど(米原, 2000)を考慮すると、宮古島における屋内トロン濃度が特異的に高いとはいえない。なお、屋外トロン濃度については比較可能な国内データが現時点では無い。

4-4 二次宇宙線レベル

実測による宮古島の海面高度における二次宇宙線レベル(電離成分線量率)は28.2 nGy/hであり(古川・床次, 2001)、前述のように地磁気緯度の関係から日本の平均的な値(約30 nGy/h)よりも6%程度小さい。図2に示したように、研究船による宮古島沖の洋上観測においても同程度の値が得られている(Furukawa *et al.*, 1996)。また、宮古島の最高標高は114.5 mであることから、高度に伴う電離成分線量率の増加があったとしても1 nGy/h程度であると考えられる(図3参照)。

5. 自然放射線源としての大野越粘土の起源

上述から明らかなように、大野越粘土は宮古島と周辺島嶼の放射線環境を規定する上で重要な要素であると考えられる。主として石灰岩から成る琉球層群の上に分布する大野越粘土の母材は、琉球列島の石灰岩地域に同様の土壌(島尻マーシ)が分布していることから、従来は主として琉球層群の風化物であると考えられてきた(例えば、浜崎, 1979)。しかし、近年の研究成果は、大野越粘土を含む島尻マーシの主要母材がアジア大陸の乾燥地帯(砂漠)や半乾燥地帯を起源地とする広域風成塵(いわゆる黄砂)であることを強く示している(例えば、成瀬・井上, 1990; 井上ほか, 1993)。また、風成塵の堆積が数万年前の最終氷期以降続いていることや、最終氷期の海面低下時には陸化した東シナ海の大陸棚

も風成塵の起源地であった可能性が指摘されている(成瀬・井上, 1990)。つまり, 最終氷期においては, 島尻マージの起源地が琉球列島近傍にまで広がっていたと推定される。表4に示したように, 琉球層群(石灰岩)と大野越粘土に含まれる天然放射性元素の濃度は大きく異なっており, 放射線科学の観点からも, 大野越粘土の主要母材が石灰岩の風化物であるとは考え難い。

大野越粘土の主要母材がアジア大陸起源の風成塵であるとした場合, 大野越粘土の天然放射性元素濃度とこれに起因する大地 γ 線レベルは, 風成塵の起源地をさらに特定する際の重要な情報であると考えられる。つまり, 主たる起源地は, 大野越粘土と同程度かそれ以上の天然放射性元素濃度を有する土壌や堆積物が分布する地域に限定されると考えられるからである。このような条件を満たす地域としては, 先述した長江以南の中国南東部(福建省など)が挙げられる。この地域の大地ガンマ線レベルは広域にわたって80~140 nGy/hを呈しており, 一部では300 nGy/h以上である(古川, 1996)。また, そこに分布する土壌に含まれるウラン系列の濃度は, 平均約50 Bq/kgであるが, 100Bq/kgを超える地域が多数有り, 最大では大野越粘土(平均215Bq/kg)の約2倍に相当する449Bq/kgである(Zhang *et al.*, 1988)。このように, 中国南東部は大野越粘土の主要な起源地として有力な候補であると考えられる(Furukawa *et al.*, 2002)。

6. おわりに

地球環境に存在する様々な自然放射線を概観するとともに, 宮古島固有の放射線環境について述べた。現在の宮古島の環境中に存在する放射線は, ほぼ全てが自然起源のものである。つまり, 放射線・放射能の観点からは, 宮古島は人為による汚染が極めて低く, 非常にクリーンな環境であると考えられる。一方で宮古島は, 日本国内では比較的高い自然放射線レベルを呈している。その主たる要因は, 宮古島においてはごく一般的な土壌である大野越粘土(島尻マージ)の主要母材が, 世界的にも自然放射線レベルが高い中国南東部を発源地とした広域風成塵(黄砂)であるためと推定される。つまり, 比較的高い天然放射性元素濃度(特にウラン系列)を有する風成塵の堆積が, 宮古島における自然放射線レベル(主に大地 γ 線レベルとラドン濃度)を高めたと考えられる。またこのことは, 放射線環境のみならず, 風成塵を介してアジア大陸と宮古島の様々な環境因子がリンクしている可能性を示唆している。今後は放射線・放射能レベルの把握に止まらず, 自然環境の変化や物質循環を解明する観点からも, 宮古島をはじめとする琉球列島の島々やアジア大陸において, 放射線科学的手法による調査研究を進める予定である。

さいごになったが, 本稿で引用した筆者らの宮古島に関する調査研究の成果は, 宮古島, 池間島, 来間島に在住する多くの方の協力により得られたものである。特に, 平良市総合博物館協議会の安谷屋昭委員からは地質をはじめとする宮古諸島の自然環境について, 沖縄県立石川高校の大城逸朗校長(当時)からは琉球列島全般の地質について多くの教示を

賜った。また、平良市総合博物館の砂川玄正館長には本稿を公表する機会をいただいた。以上の方々に篤く謝意を呈します。

参考文献

- 安谷屋昭・神谷厚昭 (1999): 沖縄県池間島に分布する池間古砂丘について, 平良市総合博物館紀要, **6**, 71-77.
- 阿部史朗 (1982): わが国における自然の空間放射線分布の測定, 保健物理, **17**, 169-193.
- 古川雅英 (1993): 日本列島の自然放射線レベル, 地学雑誌, **102**, 81-90.
- 古川雅英 (1996): アジアにおける地殻ガンマ線レベルの地理的分布, *Radioisotopes*, **45**, 49-54.
- 古川雅英 (1998a): 地球規模の自然放射線 (1) —地殻 γ 線レベルの地理的分布—, 月刊地球号外, **22**, 48-54.
- 古川雅英 (1998b): 地球規模の自然放射線 (2) —二次宇宙線強度の空間分布—, 月刊地球号外, **22**, 55-62.
- 古川雅英 (2000): 民間航空機における宇宙線線量のポケット線量計による測定—日本国内線の結果—, *Radioisotopes*, **49**, 152-158.
- 古川雅英 (2003a): 航空機の利用によって高められる宇宙線被ばく, 日本保健物理学会「人為的に高められた環境放射線専門研究会」報告書, 5-8, 日本保健物理学会ホームページ (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jhps/>).
- 古川雅英 (2003b): 地球の放射線環境, 放射線 (応用物理学会放射線分科会誌), **29**, 51-62.
- 古川雅英・床次眞司 (2001): 沖縄県宮古島における空間 γ 線線量率の分布, 保健物理, **36**, 195-206.
- 古川雅英 ほか (1995): 富士山における宇宙線強度の高度変化—球形NaI(Tl)シンチレータによる電離成分の測定—, *Radioisotopes*, **44**, 19-22.
- 古川雅英 ほか (2004): 沖縄県宮古島の大気中ラドン・トロン濃度, *Radioisotopes*, **52**, No.3.
- Furukawa, M. et al. (1996): Investigation of cosmic ray intensity at sea level between Tokyo Bay and Indian Ocean, *Proceedings of International Congress on Radiation Protection in Vienna (IRPA 9)*, **2**, 265-267.
- Furukawa, M. et al. (1999): Variation of cosmic-ray intensity with altitude in Asia: Results for Japan, China and Korea, *National Institute of Radiological Sciences Annual Report, NIRS-38*, p81.
- Furukawa, M. et al. (2002): Eolian dust "Kosa" from China is an enhancer for the radioactivity in Japan, *Proceedings of International Conference on Radioactivity in the Environment in*

Monaco, CD-ROM.

浜崎忠雄 (1979): 南西諸島の母材と土壌, ペドロジスト, **23**, 43-57.

ICRP (1993): Publication 65, Protection against radon-222 at home and work, *Annals of International Commission on Radiological Protection*, **23**, No. 2.

井上克弘 ほか (1993): 南西諸島における赤色土壌群母材の広域風成塵起源—土壌, 基岩および海底堆積物中の石英, 雲母, 方解石の酸素および炭素同位体—, 第四紀研究, **32**, 139-155.

金城義勝 ほか (1989): 沖縄本島中南部地区に於けるラドン濃度について, 沖縄県公害衛生研究所報, **23**, 98-102.

金城義勝 ほか (1997): 波照間島のバックグラウンド・ラドン濃度, 沖縄県公害衛生研究所報, **31**, 97-103.

国連科学委員会 (1995): 放射線の線源と影響—原子放射線の影響に関する国連科学委員会の総会に対する1993年報告書・附属書付一, 放射線医学総合研究所監訳, 929 pp, 実業広報社, 東京.

松本雅紀 ほか (1995): 富士山における宇宙線中性子の高度分布, *Radioisotopes*, **44**, 33-34.

宮野敬治 (1995): ラドン濃度全国調査 (一般家屋) 結果から, トロンとその娘核種の性状と挙動に関する専門研究会報告書, KURRI-TR-417, 95-99, 京都大学原子炉研究所.

成瀬敏郎・井上克弘 (1990): 大陸よりの使者—古環境を語る風成塵—, 日本のサンゴ礁地域, **1**, 熱い自然 サンゴ礁の環境誌, 248-267, 古今書院, 東京.

西村純 編著 (1986): 宇宙放射線, 実験物理学講座, **25**, 582pp, 共立出版, 東京.

Sanada, T. et al. (1999): Measurement of nationwide indoor Rn concentration in Japan, *Journal of Environmental Radioactivity*, **45**, 129-137.

菅野信行 ほか (2000): 屋外ラドン濃度の全国調査, 第42回環境放射能調査研究成果論文抄録集 (平成11年度), 34-35, 科学技術庁.

米原英典 (2000): トロンによる線量寄与, ラドン、その人間への影響まで, 放医研環境セミナーシリーズ, **27**, 109-117, 放射線医学総合研究所, NIRS-M-140, ISSN 1343-0769.

Zhang, S. et al. (1988): Levels and distributions of radionuclides in soil in China, *Chinese Journal of Radiological Medicine and Protection*, **8**, Suppl, 1-15 (原文は中国語).

(ふるかわ まさひで)