

## 波照間島のバックグランド・ラドン濃度

金城義勝・飯田孝夫\*・与儀和夫・比嘉尚哉

### Outdoor <sup>222</sup>Rn Concentrations at Hateruma in the Remote Island of Okinawa

Yoshikatsu KINJO, Takao IIDA, Kazuo YOGI and Naoki HIGA

**Abstract:** We are surveyed outdoor <sup>222</sup>Rn concentrations at Hateruma in the remote island of Okinawa from September, 1991 to October, 1992. The <sup>222</sup>Rn concentrations was distributed over range of 1.5-3.5Bq/m<sup>3</sup>, and the mean was 2.6±0.6Bq/m<sup>3</sup>. The seasonal variation showed tendency that became high concentrations from autumn through spring, and summer was low. Sometime, <sup>222</sup>Rn concentration was varied when influenced by the passage course of low pressure.

**Key words:** <sup>222</sup>Rn, Outdoor, Hateruma, Remote Island, Seasonal variation

#### I はじめに

国立環境研究所—地球環境研究センターは、1992年3月に波照間—地球環境モニタリングステーションを沖縄県竹富町波照間島に建設し、温室効果ガス等の測定を開始した。

ここでの観測は、気団のベースライン濃度の測定を目的としており、サンプリングした大気が、どのような経路を辿って到達したものであるかを解析することにより、人為的発生源の影響を受けていないデータを取捨選択することとしている。このためには、サンプリングした時点における気象要因の解析を行うことが必要であるが、その他に温室効果ガス以外の大気中微量物質等を測定することにより、それらを指標として、その大気がどこを通過してきたものであるかに関する情報を得ることが可能となり、観測した大気の由来についてより確かな推測を行うことができる。

その指標の一つとして、放射性ガスのラドンがある。放射性ガスのラドンは天然起源であり陸地を発生源とし、海洋からの寄与は極めて少ない。また、半減期も3.8日であることから、陸地から輸送される大気のトレーサとして利用可能である<sup>1) 2)</sup>。

波照間モニタリングステーションには、温室効果ガス等の微量成分大気観測のために高さ40mのタワーが併設されている。温室効果ガス等の微量成分大気はタワー上約40mの位置から導入管で観測所に引き込むことにより、種々のガス成分測定が行えるように計画されている。こ

の様な背景から、モニタリングステーション建設以前の1991年9月から竣工後の1992年10月にかけて波照間島のバックグランド・ラドン調査を実施した。

#### II 波照間島の地形及び環境条件

波照間島はおよそ北緯24° 02' ~ 24° 04' , 東経123° 45' ~ 123° 48' の範囲に位置し、南北約2.9km, 東西約5.9km, 面積12.46km<sup>2</sup>の楕円形の島である<sup>3)</sup>。

地質的には一部古生層安山岩がみられるが、ほとんどが隆起珊瑚礁よりなり、島の南東部には断層がみられ、中央北側には燐鉱石の採掘跡がある<sup>4)</sup>。

島の地形は集落の多い中央部がやや高く(最も高い場所で標高59.5mである。), 中央部から四方向の海岸線方面にかけては緩やかな斜面を形成している。

島の位置する環境条件として、北東方向から北側にかけて島々が散在しており、特に北側約30kmの距離には沖縄県内で第二の陸地面積を有する西表島がある。また、西側約200kmの位置には台湾があり、南西方向から東側にかけては太平洋に面している (Fig. 1)。

#### III 使用測定器

この調査はラドンガスを大気微量成分の指標として用いるために、波照間島のラドン濃度分布特性を得る事を目的としたバックグランド調査である。

そのためには、ある程度の数のモニターを揃える必要があり、使用する測定器としても小型・軽量で、且つ設置場所の制約を受けず、灌木等にも取り付け可能な事が要求される。更にメンテナンスが容易である事は言うに

\*名古屋大学工学部原子核工学教室。

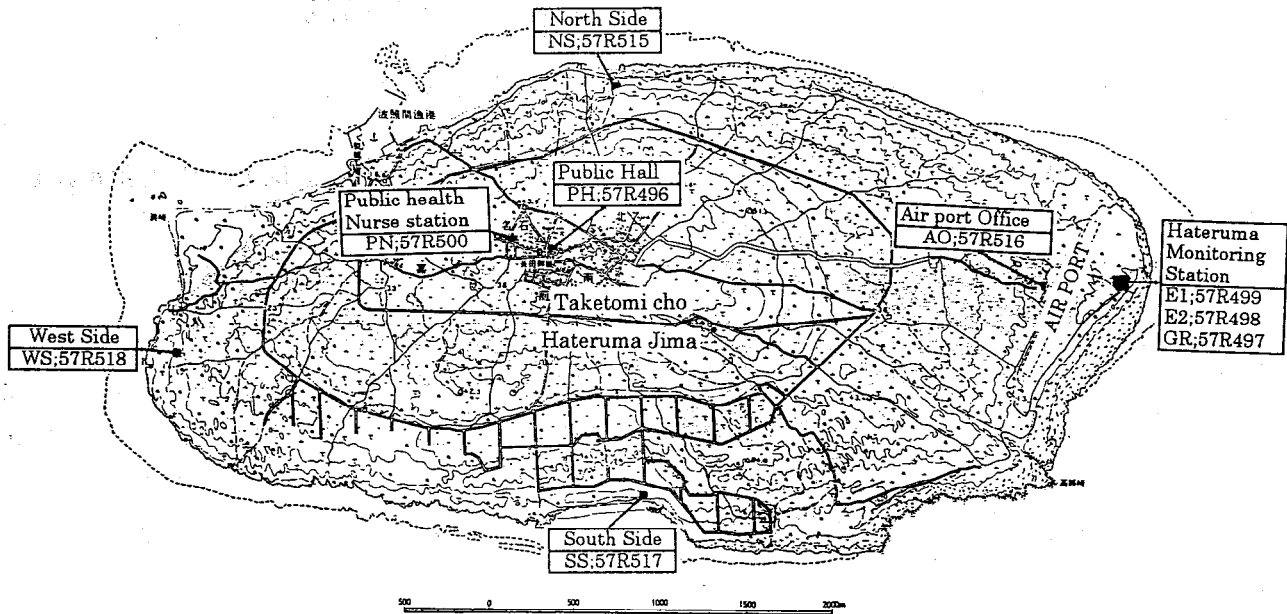


Fig. 1 Map of Hateruma island and locations of <sup>222</sup>Rn Survey.

及ばずフィールドに於ける温度変化，風雨，塩害等の気象・環境条件に十分対応し，ある程度の測定精度が保たなければならない。

このような条件に合致した測定器として，アロカ製 (GS-120B型) 静電捕集型積分<sup>222</sup>Rnモニター (EIRM: Electrostatic Integrating Radon Monitor)を使用した (Fig. 2)。

このモニターは名古屋大学の飯田ら<sup>5, 6)</sup>によって開発，性能試験などが行われ，放射線医学総合研究所の意見等で屋外でのフィールド調査研究に適した改良が施されており，沖縄の環境条件においても著者ら<sup>7)</sup>によって実証済みである。構造としては，容積2リットルの密閉型円筒形モニターの底部に30mmφの通気口があり，外気との換気は0.8μmのメンブランフィルターを通して0.75回/hの割合で自然に行われる。内部は<sup>222</sup>Rnの娘核種である<sup>218</sup>Poが効率良く捕集出来るように-315Vの静電場がかけられており，<sup>218</sup>Poから放出される6.0MeVのα粒子は0.9mg/cm<sup>2</sup>厚のアルミニウム蒸着マイラー膜面を通してCN (硝酸セルロース) フィルム検出器 (フランス・コダック社製LR115,TYPE) によって検出されるようになっている。また，内部は150gの五酸化リンを乾燥剤として使用することにより，2ヶ月間の絶対湿度が0.5g/m<sup>3</sup>以下に保てるような湿度対策がなされており，検出感度は0.4Bq/m<sup>3</sup> (2ヶ月) と低濃度の環境測定に適している。

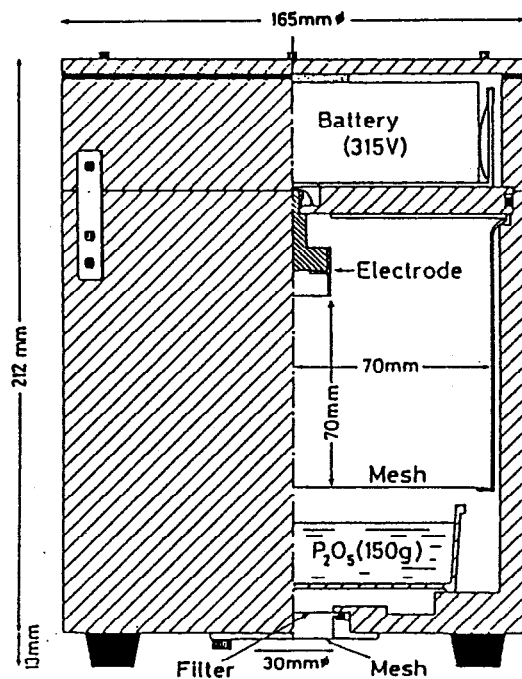


Fig. 2 Electrostatic integrating radon monitor.

#### IV 波照間島のラドン濃度分布

##### 1. モニターの配置方法

島のバックグラウンド濃度及びステーション建設地点の濃度特性を得るためには出来るだけ広域的なモニターの配置が望まれると共に最低限1年間程の調査を行い，季節的な変動特性を得る必要がある。このため，1991年9月から1992年10月まではFig. 1に示すように9個のモニターを配置した。

設置方法として、島の海岸線には低木の防潮林が植えられており、その防潮林を利用し原則的に地上高約3mの位置に設置した。また、空港事務所屋外(AO地点)、公民館屋外(PH地点)、保健婦駐在所(PN地点)は軒下、庇等を利用して設置した。ただし、ステーション建設地点のE1とE2は地点濃度を求めると共に測定器間の相互比較も兼ねる事を目的としたため約3m程の間隔を置いて配置した。GRは地表面付近の濃度特性を得る目的から地上高約20cmの位置に設置した。なお、モニターの乾燥剤及びCNフィルムの交換は原則として2ヶ月毎に行った。

2. モニター相互間の測定誤差範囲について

ステーション建設地点に配置したE1, E2両モニターによる測定期間毎のラドン濃度の測定結果をFig. 3に示す。

防潮林内の低木を利用したモニターの取り付けは、年間を通した気象条件及び取り付け場所の環境条件等を考慮すると種々の制約を受けざるを得ず、そのためE1は地表面から約2.7m, E2は約3mの位置に設置すると共に配置間隔は約3mとした。

このような条件下で1991年9月から1992年10月までに得られた測定期間毎のラドン濃度を比較検討してみると、いずれの測定期間においても高度差並びに配置等などの測定条件の違いによるに偏った値はみられない。また、全調査期間をとおした平均値もE1が $2.34 \pm 0.58 \text{Bq/m}^3$ , E2が $2.32 \pm 0.15 \text{Bq/m}^3$ となり、両モニターによる平均値に有意の差は認められない。この事から両モニター相互の精度チェックのための測定条件はほぼ同一条件とみなし得るとともに、Fig. 3はラドン濃度の低いフィールド実験に於ける測定精度のバラツキを表しているものと考えられ、その範囲は $0.3 \sim 0.7 \text{Bq/m}^3$ と推定された。

3. 結果及び考察

調査結果をTable 1に、測定期間毎の各調査地点のラドン濃度分布をFig. 4に示す。

測定期間毎の各調査地点のラドン濃度を比較してみると、島の中央部に位置する公民館、地上高20cm及び1992年3月以降の保健婦駐在所において、他の調査地点と異なった変動推移がみられる。これらの変動要因に対し、以下の検討考察を行った。

(1) 地上高20cmのラドン濃度 (GR地点)

測定期間毎のラドン濃度推移を時系列で表してみると、Fig. 5に示すような濃度推移になる。

1991年9月~11月期は $4.5 \text{Bq/m}^3$ のラドン濃度が、11月~1992年1月期には $9.2 \text{Bq/m}^3$ と最も高くなり、その後

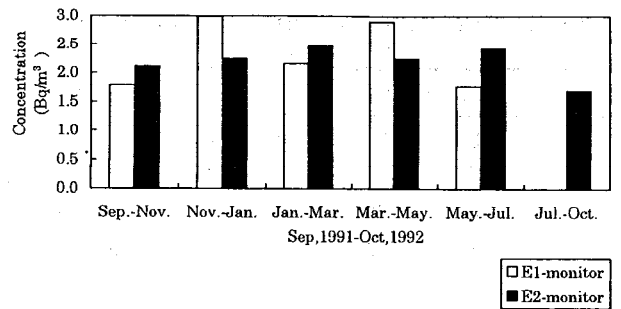


Fig. 3 Comparison of <sup>222</sup>Rn concentrations measured of E1 and E2 monitors with location of the monitoring station at the east side of Hateruma island.

徐々に減少推移し、7~10月期には $4.9 \text{Bq/m}^3$ と1991年9月~11月期とほぼ同レベルの濃度まで下がっている。このような変動推移の要因として、1991年12月から1992年3月にかけては観測ステーション建屋の建設工事が行われた時期であり、基礎掘り工事に伴うラドンの地中からの散逸量増加が考えられ、その影響が1992年5月~7月期の測定期間まで及んだものと考えられる。

ちなみに、1992年7~10月期には1991年の9月~11月期とほぼ同レベルの濃度まで下がっており、このような変動推移から考察すると、地表面上約20cmにおけるラドン濃度として $4.5 \sim 4.9 \text{Bq/m}^3$ が推定された。

(2) 公民館屋外のラドン濃度 (PH地点)

測定期間毎の濃度推移を時系列で表してみると、Fig. 6に示すように1992年3月~5月期に $11.4 \text{Bq/m}^3$ の高濃度が観測され、他の測定期間は $5.6 \sim 6.3 \text{Bq/m}^3$ の一定した濃度範囲で推移している。また、島の海岸線沿いに設置した他の調査地点及び最も近い保健婦駐在所における1991年9月~1992年3月期のラドン濃度と比較しても約2~2.5倍ほど高い濃度傾向がみられる。

公民館屋外でのモニター設置は南側の屋根と庇の間を利用しており、このような特異的な現象要因に対し、はっきりした原因は不明であるが、他の調査地点に比べ公民館屋外のラドン濃度は一般的に高い傾向がみられる。また、調査目的が島のバックグランド濃度を推定することであり、特異な調査地点とみなされることからバックグランド濃度の計算においては対象外のデータとして除外することとした。

(3) 保健婦駐在所屋外のラドン濃度 (PN地点)

調査期間毎の濃度推移を時系列で表してみると、Fig. 7に示すように1991年9月~1992年3月期にかけては

Table 1. <sup>222</sup>Rn concentrations at Hateruma island from November 1991 to October 1992. (Unit: Bq/m<sup>3</sup>)

Symbols		Locations	Mean	Range		
1	ES	East side of the island.(location of the monitoring station.)	2.2*	1.5	—	2.6
2	SS	South side of the island.	2.8	1.9	—	3.6
3	WS	West side of the island.	2.5	1.6	—	3.9
4	NS	North side of the island.	2.6	2.0	—	3.0
5	AO	Air port office at east side of the island.	3.0	2.1	—	3.8
6	PN	Public health nurse station at center of the island.	4.1**	2.4	—	6.0
7	PH	Public hall at center of the island	7.1**	5.6	—	11.4
8	GR	At 20cm heights on ground surface at east side of the island.	6.9**	4.5	—	9.2

The mean concentration of Radon 222 at Hateruma island. 2.6

\*;The mean concentration of E1 and E2 monitor values.

\*\*;These values are removed for the calculation of the mean concentration.

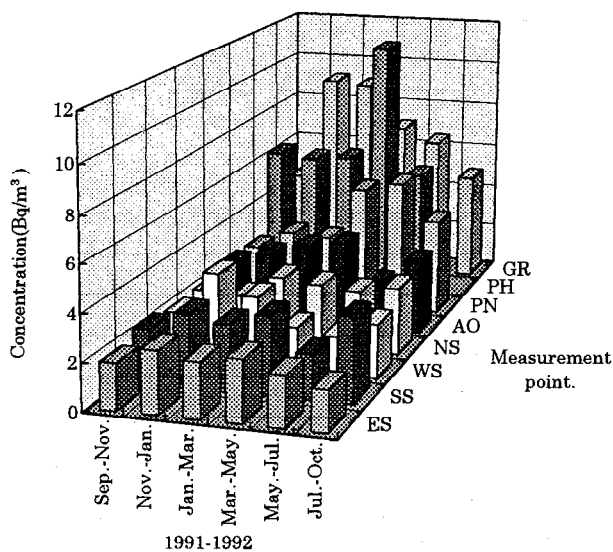


Fig. 4 Variation of <sup>222</sup>Rn concentrations measured at Hateruma island from September 1991 to November 1992.

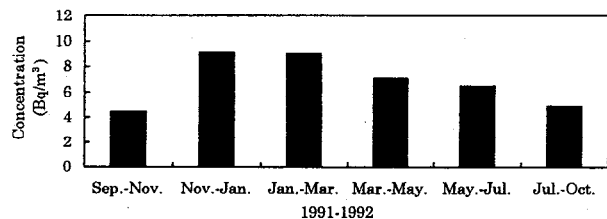


Fig. 5 Variation of <sup>222</sup>Rn concentrations at 20cm height from ground surface of the monitoring station.

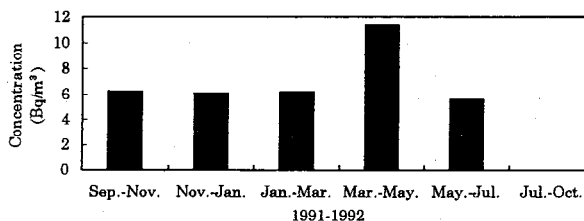


Fig. 6 Variation <sup>222</sup>Rn concentrations of the Public hall at center of the island.

2.4~3.3Bq/m<sup>3</sup>の濃度範囲で推移し、3~5月期、5~7月期においては5.6Bq/m<sup>3</sup>、6.0Bq/m<sup>3</sup>と次第にラドン濃度が高くなり、7~10月期には4.3Bq/m<sup>3</sup>まで低くなる変動現象がみられる。

この様な変動現象の要因として、保健婦駐在所の北側には道路を隔てて砂糖キビ畑があり、砂糖キビの刈り取りが終了した3~5月期の測定期間中に土木建設用の大型機械によるユンボを使用した畑地の掘り起こし耕作が行われていることから、畑地からの散逸によるラドン濃度の増加が考えられた。

本来このような畑地の耕作によるラドンの散逸濃度もバックグラウンド濃度とみなすべきものと思われるが、Fig. 4にみられるように同期間中の他の測定地点(公民館及び地表高20cm地点を除く)の平均濃度レベル(3~5月期が2.9Bq/m<sup>3</sup>、5~7月期が2.1Bq/m<sup>3</sup>)に対し、約2~3倍ほど高い傾向を示しており、同期間の測定値は局所的な影響とみなしバックグラウンド濃度の算出データからは除外した。

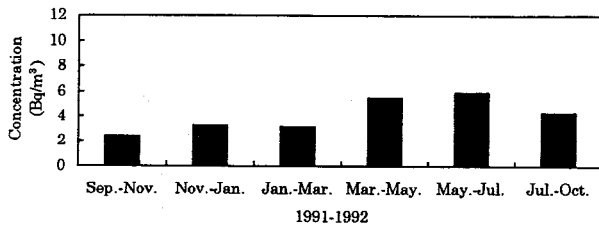


Fig. 7 Variation of <sup>222</sup>Rn concentrations of the Public health nurse station at center of the island.

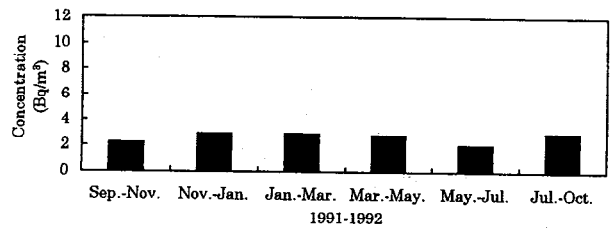


Fig. 8 Seasonal variation of <sup>222</sup>Rn concentrations at Hateruma island.

(4) 波照間島におけるバックグラウンド・ラドン濃度

公民館 (PH地点), 地上高20cmでの測定値 (GR地点) 及び保健婦駐在所 (PN地点) を除いたバックグラウンド濃度は, 1.5~3.9Bq/m<sup>3</sup>の範囲に分布し, 平均濃度は 2.6±0.6Bq/m<sup>3</sup>と推定された。

この値は沖縄本島中南部地域<sup>7)</sup>の屋外平均濃度2.9±3.2Bq/m<sup>3</sup>とほぼ同程度の濃度であり, しかも標準偏差が小さいことから測定点毎の地域差も少なく, また年間を通じた濃度変動も少ないことが推察された。ちなみに, Fig. 8に季節変動を示す。

沖縄本島での調査では, 夏季に低く, 秋から春季に高くなる変動推移のパターンが得られており, 夏季と冬季では約2Bq/m<sup>3</sup>の平均濃度差が得られている<sup>7)</sup>。

波照間島では季節的に大きな変動はみられず, 平均濃度が低い5~7月期で2.1Bq/m<sup>3</sup>, 比較的高いと考えられる11~5月までの期間が2.9~3.0Bq/m<sup>3</sup>であり, 季節間の濃度差も0.9Bq/m<sup>3</sup>程度で緩やかな変動幅であった。

(5) ラドン濃度と地上風との関連

Fig. 9に島の中央部で観測しているアメダス<sup>8, 9)</sup>による調査期間毎の風向分布を示す。

1991年9月から1992年5月までの期間は北東から東北東の風が卓越している。

この期間のラドン濃度は東側に位置するステーションの建設地点 (E1とE2の平均; 2.4Bq/m<sup>3</sup>) と北側に位置するNS地点は平均; 2.5Bq/m<sup>3</sup>と低く, 風下側にあたる南側のSS地点 (平均; 2.9Bq/m<sup>3</sup>) と西側のWS地点 (平均; 2.7Bq/m<sup>3</sup>) で僅かながら高い傾向を示している。また, 島の内陸側の調査地点である保健婦駐在所 (PN地点) と空港事務所 (AO地点) の1991年9月から1992年3月までの平均濃度を比較してみると, 同期間の保健婦駐在所は2.9Bq/m<sup>3</sup>, 空港事務所は3.0Bq/m<sup>3</sup>で, ほぼ同レベルの濃度値であり, これらの値は風下側での測定値とも同じ濃度と考えられる。

これらの測定値から推察すると, 島のラドン濃度は風上側は海上からの影響で僅かながら低くなるものの, 島

内はほとんど均一に分布している事が予想された。

5~7月期は南風が卓越し, それに伴いラドン濃度も平均2.1Bq/m<sup>3</sup>と低くなる現象がみられる。しかし, 7~9月期は北東から南南西にかけての範囲で, 平均的な風向分布の影響を受けているにも関わらず, ラドン濃度は3.0Bq/m<sup>3</sup>と高くなる傾向がみられる。また, この事例と全く逆な現象が1991年9~11月期に観測されたラドン濃度で, この期間は北東の風が卓越しているにも関わらず, ラドン濃度は5~7月期とほぼ同レベルの2.2Bq/m<sup>3</sup>である。

このような現象に対し1991年9~11月期, 1992年5~7月期及び7~9月期について地上天気図<sup>10, 11)</sup>と照合し検討してみた。

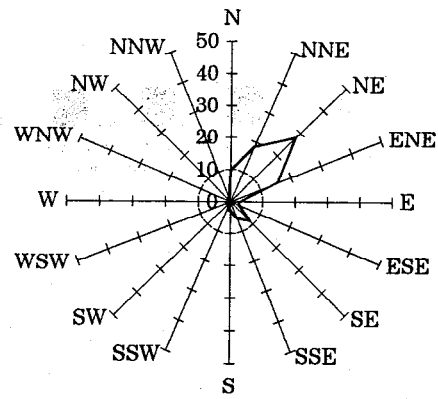
1992年5~7月期は主として太平洋高気圧の影響を強く受けた期間で, 海洋性気団によってラドン濃度は低くなったものと推察された。一方, 1991年9~11月期及び1992年の7~9月期は何れの期間も台風の影響を受けており, 9~11月期の場合は島の南側を通過して台湾方面への通過したのに対し, 7~9月期は島の東側にあたる太平洋を通過して北上する進路であった。このような台風の通過進路から推察すると, 1991年9~11月期は海洋性気団の影響を受けてラドン濃度は低くなり, 1992年の7~9月期は大陸等の周辺陸地からの影響を受けてラドン濃度は高くなったものと考えられた。

〈謝辞〉

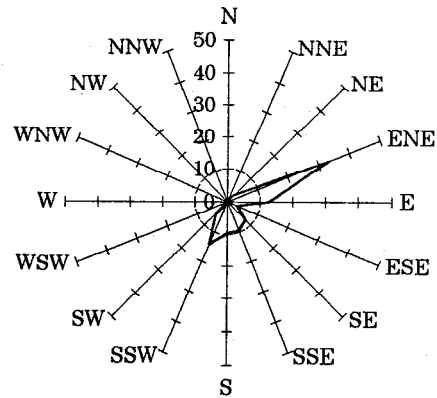
なお, 本調査研究は国立環境研究所・地球環境研究センターの委託研究費 (地球環境研究推進費) で行った。また, 本研究を実施する際に種々ご協力をいただいた環境保健部・環境保全課並びに八重山保健所・衛生課の方々に厚くお礼申し上げます。

V まとめ

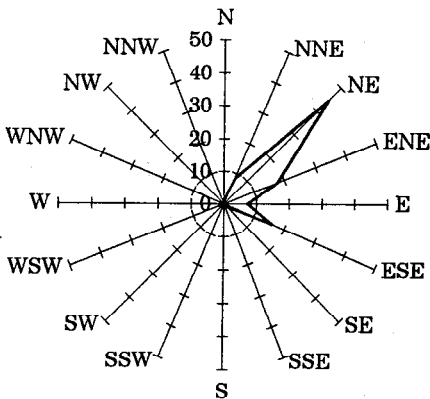
波照間一地球環境モニタリングステーションの建設に伴い, 人為的な影響を受けたデータの取捨選択を行う際の指標大気成分の一つとして陸地起源のラドンガスをト



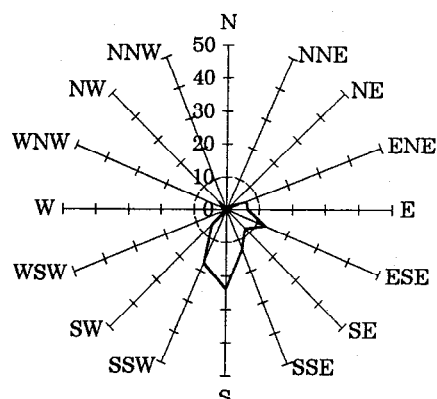
Wind directions(%) from September to November, 1991.



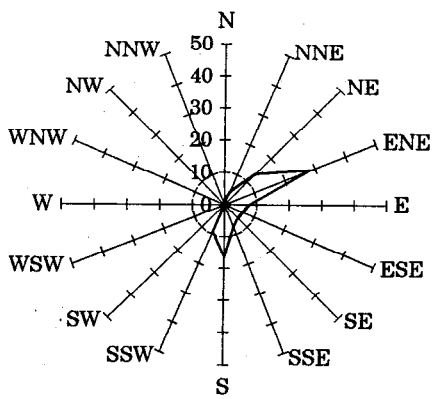
Wind directions(%) from March to May, 1992.



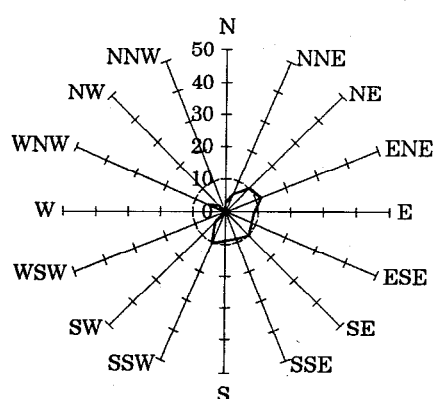
Wind directions(%) from November 1991 to January 1992.



Wind directions(%) from May to July, 1992.



Wind directions(%) from January to March, 1992.



Wind directions(%) from July to October, 1992.

Fig. 9 Distribution of wind directions at Hateruma island from September 1991 to October 1992.

レーサーとして利用するために、波照間島のバックグラウンド濃度を調べてみた。

1. 波照間島のラドン濃度は1.5~3.9Bq/m<sup>3</sup>の範囲に分布し、平均濃度は2.6±0.6Bq/m<sup>3</sup>と推定され、ほぼ島内には均一に分布している事が予想された。また、季節的には夏季は海洋性気団の影響を受けて平均2.1Bq/m<sup>3</sup>と低くなる傾向がみられたが、秋から春にかけては平均2.9~3.0Bq/m<sup>3</sup>と夏季に比べ僅かに高くなるだけ季節変

動としては緩やかな変動推移であった。

2. 年間の地上風向分布は東北東の風が18.9%、北東の風が16.9%とほぼ東北東から北東方向の分布が35.8%を占め、南からの風は10.4%であった。月毎の風向分布を調べてみると、9月から1月までは北東方向の風が23.3~45.2%の範囲で卓越し、2月から5月にかけては東北東方向の風が37.9~25.8%の範囲を占めた。6月、7月は南方向の風向分布に変わり26.7%、22.6%と卓越し、8月には南東

方向の風向分布が19.4%を占め、9月から東北東方向の風向分布に戻る年間サイクルがみられた。

3. 1991年9～11月期に観測されたラドン濃度は地上風向分布が北東方向の影響を受けているにも関わらず2.2Bq/m<sup>3</sup>で、1992年5～7月期の南方向の影響を受けた期間の2.1Bq/m<sup>3</sup>とほぼ同レベルの濃度を示した。しかし、1992年の7～9月期の場合は北東から南南西の範囲で平均的な風向分布の影響を受けているにも関わらずラドン濃度は3.0Bq/m<sup>3</sup>と高くなる傾向がみられる。

このような風向分布と相反する濃度現象に対し、地上天気図で照合検討した結果、1991年9～11月期は主として南洋上を台湾方面に通過した台風の影響を受けており、1992年5～7月期は太平洋高気圧の影響を強く受けていることから洋上からの気塊の移流が考えられた。また、1992年の7～9月期は場合は主として太平洋側を北上した台風の影響を受けている事から地上風の影響よりむしろ大陸等の周辺陸地からの気塊との関連が推察された。

## VI 参考文献

- 1) 三宅寛他 (1992) 世界の各海洋上のラドン測定, “環境ラドン”, 下道国, 辻本 忠編, pp.232-242.
- 2) 石川裕彦, 他 (1992) 東アジア域における大陸起因のラドンの長距離輸送シミュレーション, “環境ラドン”, 下道国・辻本忠編, pp.243-251.
- 3) 竹富町の概要; 平成4年度版
- 4) 木崎甲四郎編 (1985) 波照間島, “琉球弧の地質誌”, pp.183-185.
- 5) Iida, T. et al (1985) An ELECTROSTATIC INTEGRATING <sup>222</sup>Rn MONITOR WITH CELLULOSE NITRATE FILM FOR ENVIRONMENTAL MONITORING. Health Physics, 54(2), :139-148.
- 6) 飯田孝夫 (1988) Passive型ラドン濃度測定器について, 保健物理, 20, pp.407-415.
- 7) 金城義勝, 他 (1988) 沖縄本島中南部におけるラドン濃度について, 沖縄県公害衛生研究所報, 23, :139-148.
- 8) 沖縄気象台 (1991) 気象月報, 9月～12月.
- 9) 沖縄気象台 (1992) 気象月報, 1月～10月.
- 10) 日本気象協会編, 気象年鑑, 1992年度版.
- 11) 日本気象協会編, 気象年鑑, 1993年度版.
- 12) 日本気象協会編, 気象年鑑, 1994年度版.