

ラムダ 2 型および 3 型による放射線測定

宇宙線観測班 (理研グループ)*

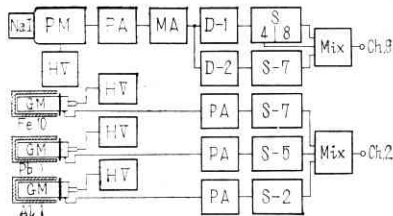
ラムダ型ロケットの完成により、到達高度、搭載能力に飛躍的な性能向上が期待されたので、以前には実現できなかった高度領域で、やや複雑な測定ができるようになり、放射線の組成、エネルギー分布などの追求に一歩進める可能性が大きくなった。以下まず装置について説明し、次に測定結果を概観してみよう。

1. 実験装置

装置はブロックダイアグラム (第 1—3 図) に示すようにガイガーカウンタとシンチレーションカウンタを併用している。装置の 1 例として L-2-2 のものを写真で示す。

(1) ガイガーカウンタとしては利用できる幾つかのデータとの比較の便宜のために Anton-Lionel 製の 112 を全実験に使用している。

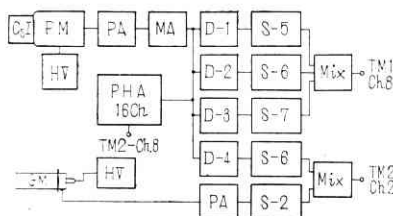
(2) シンチレーション、カウンタ (SC) 系統
NaI, CsI 等の無機結晶は気体を用いた検出器よりも



第 1 図 L-2-1 号機ブロック・ダイアグラム

Fe 10: Fe 10 m/m, Pb 1: Pb 1 m/m+Al 1 m/m
Al 1: Al 1 m/m, S-4: Scale of 2⁴, S-8: Scale of 2⁸

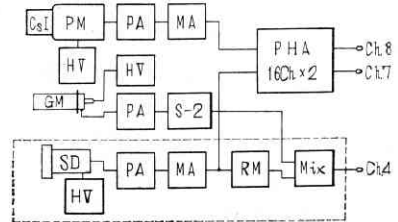
以下同様
D-1: ディスクリミネータ設定値 ≥45 keV
D-2: " " ≥510 keV



第 2 図 L-2-2 号機ブロック・ダイアグラム

S-5: Scale of 2⁵ 以下同様
D-1: ディスクリミネータ設定値 ≥35 keV
D-2: " " ≥95 keV
D-3: " " ≥220 keV
D-4: " " ≥510 keV

* 宮崎友喜雄, 竹内一, 今井喬 (理研), 大塚好造, 大矢幸司 堤稔, 斎藤寿 (久保田気象測器), 遠井淳友, 佐々木寛隆, 吉野弘和, 菊池國太郎 (松下電器中央研), 中村日色, 松島恵一 (松下通信工業)



第 3 図 L-3-1号機 ブロック・ダイアグラム

S-2: Scale of 2², RM: 計数率計, 破線の中は立教大学担当分

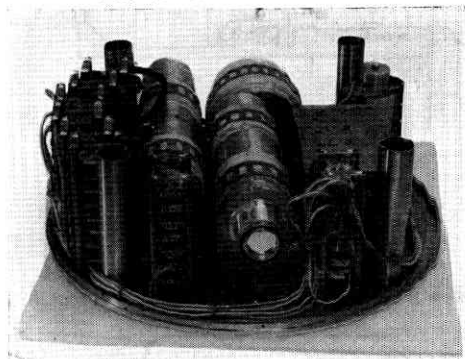
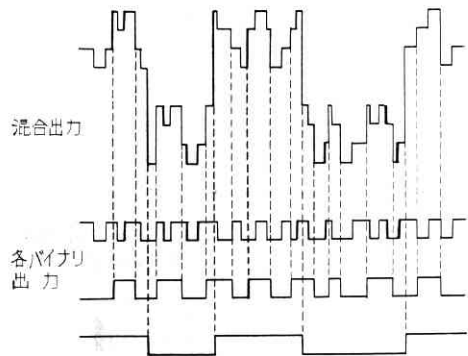


写真 1 検出器部

中央の円筒がシンチレーションカウンタ。その向かって左側の円筒はガイガーカウンタおよびその高圧電源のケース。最左端はスクエラ回路群, 右端の箱に主増幅器およびディスクリミネータが収容されている



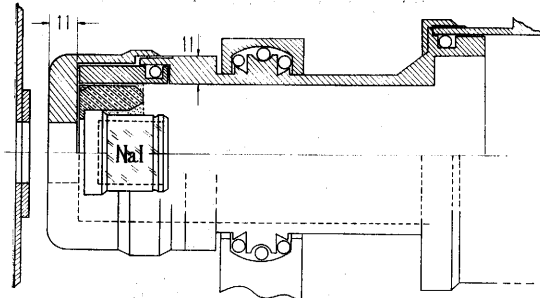
第 4 図 ミクサー出力波形

線検出効率がよく、かつ発光量が結晶中で失われるエネルギー損失に良く比例することの二点のために採用した。

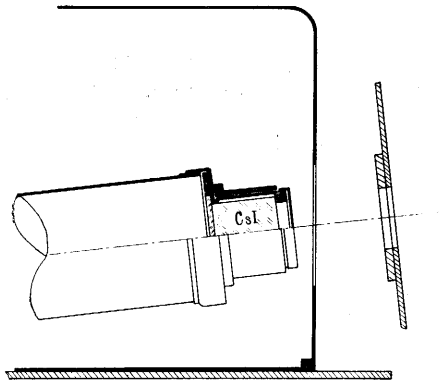
装置は検出器, 光電子増倍管, およびこれを働かせるための高圧電源のほか、前置増幅器, 主増幅器および得られた情報量——出力パルスの波高とその頻度——をテレメータ入力に適合した形に変換する変換部からなる。この変換には簡易を主とする時は数段階のディスク

リミネータとスケーラの組合わせを使用し、第4図のような出力とする(ガイガーカウンタの出力にも同様の手段を講じた)。ある程度細かいスペクトラムを得たい時には16チャンネルの波高分析器(PHA)を使用している。

検出器としてL-2-1ではNaIを、L-2-2、L-3-1ではCsIを1"×1"φの円柱として使用した。検出器がロケットに固定している実験では放射線の環境の良いことは望めないで全方向的な強度の正確な測定は無理であるから、むしろコリメータを付けて、あるエネルギー以下での放射線の方向性を狙う方が得策である。このためL-2-1、L-3-1では第5図のような配置としてコリメータ作用をもたせた。光電子増倍管はRCA 6199を使用しているがトラブルは今のところ全然ない。



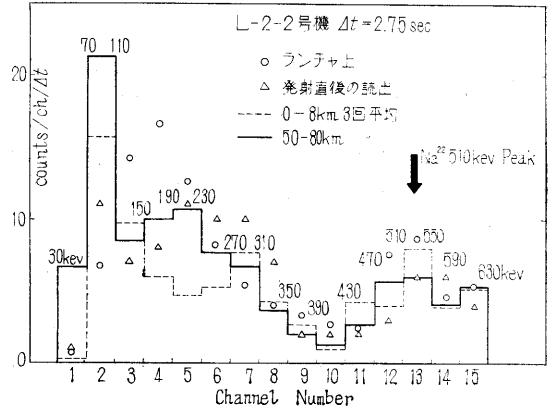
第5図 (a) L-2-1号機コリメータ材質=黄銅



第5図 (b) L-3-1号機 コリメータ材質=塗りつぶした部分はアルミニウム

高圧はガイガーカウンタ用と同じく矩形履歴特性をもつトロイダルコアの磁気飽和を利用するDC-DCコンバータで負荷電流として120μAを光電子増倍管のブリーダ抵抗に流している。出力電圧変動は一次電圧を安定化することによって実用になる程度に抑えられるが、温度変化によるものが安定化しにくかった。この点についてはまだ決定版がでていないが、飛ばし中のSC全系のチェックのためにNa²²を検出器の近く(開頭片)に貼りつけ、その510keVのピーク的位置を監視した結果第6図のようになり、発射直前と60秒後(高度80km

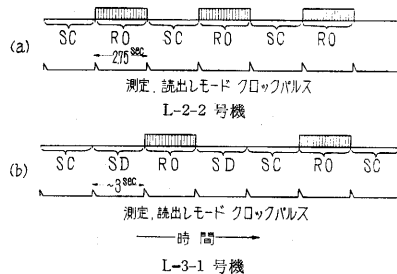
で周囲温度はすでに最大に達しているはずである)とて、最大ドリフトは16チャンネル中の1チャンネル程度という結果を得たので今の必要精度なら、なんとか使えるようである。しかし温度特性は次回はもう一桁良くしたいと思っている。



第6図 Na²²の510keVの光電ピーク

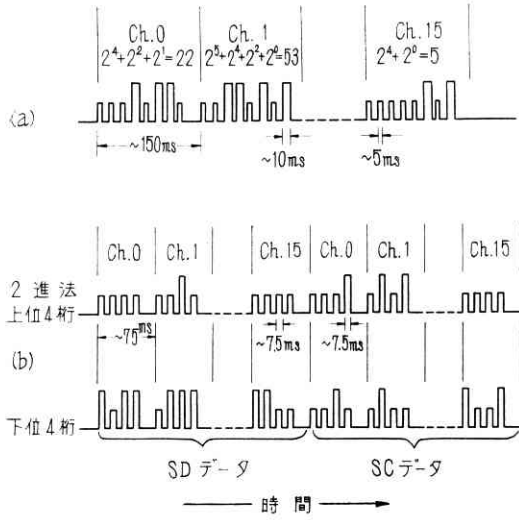
前置増幅器は高入力抵抗型のものを使用している(L-2-1では100KΩ以上、L-2-2、L-3-1で1MΩ以上)。主増幅器は利得30倍、10Mc/s 3dB低下、L-2-2、L-3-1では利得300倍、5Mc/s 3dB低下の直線増幅器であるが、ディレイライン、クリッパを使用してパルスを整形している。なお増幅器の正常に動作する範囲は-10°~+55°Cとした。

PHAはL-2-2、L-3-1に搭載され、16チャンネルに分けられた波高分布をとることができる。動作原理は通常のマルチチャンネルPHAと同様で、入力カパルスの波高値を波高一時間変換器とクロックパルスでA-D変換し、4×4=16、8枚構成のフェライトメモリマトリクス(L-3-1ではこれが2組)に記憶させる。PHAの書込み(測定)、読出しのスケジュールは第7図に示すようになっている。読出し出力波形を第8図に示す。L-2-2では8ビット、16連の二進数が並び、L-3-1では8ビットの中上4桁、下4桁をそれぞれテレメータの第8お



第7図 PHAの書込み、読出しスケジュール

L-3-1では理研(SC)のみでなく、立教大学の半導体検出器(SD)も波高分析を必要としたのでPHAを2台積む代わりに、記憶容量を2倍にし、時分割で2種の波高分析を行なうようにした。図中SC、SDはそれぞれシンチレーション・カウンタ、半導体検出器の書き込みの時間を示し、ROは読出し時間を示す。



第 8 図 PHA 出力波形

a) L-2-2 号機 b) L-3-1 号機
 a), b) とも 1 ビット伝送するに要する時間は 15 ms である。波高の大きい方が 1, その半分のパルスが 0 を示し, 高位の桁から読み出している。L-3-1 b) では 0 信号の幅も 7.5 ms とし S/N を良くするようにした。

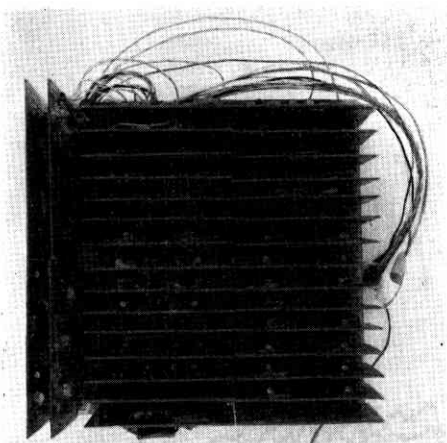


写真 2 PHA 上面より, パッケージの配列がみえる

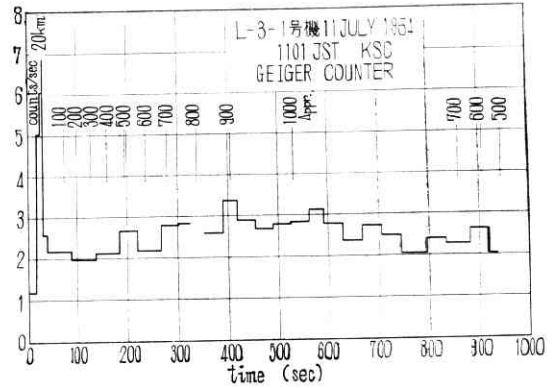
よび第 7 チャンネルに送りこみ, 前半 16 個の二進数が立大, 後半が理研のデータになっている。写真 2 に PHA の内部を示す。

全セットの所要電力は PHA を除く検出器部では 18 V×120 mA (L-3-1), PHA は 22.5V×0.9A (L-3-1) である。電源は検出器部は密封型アルカリ焼結電池 (L-2-2 以後), PHA は銀電池を使用している。

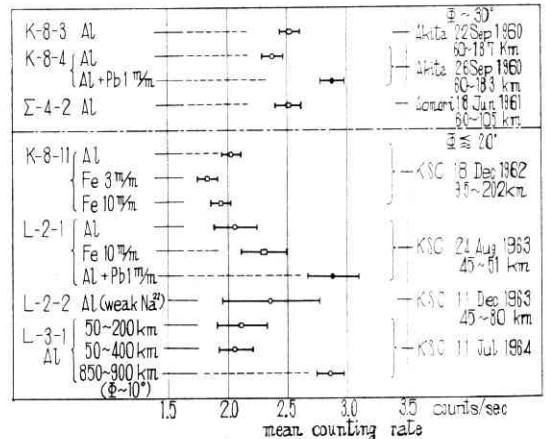
容積, 重量は L-2-2 では検出器部 310φ×109, 4.6 kg, PHA 240×248×260, 15 kg, L-3-1 では検出器部が 310φ×143 のケースに立大の装置とともに納められ, 理研分重量 3.0 kg, PHA は寸法は変わらないが重量 9 kg に軽減された (吊下げ構造から円板にのせる構造に変わったことによる)。

2. 実験結果の概要

(1) ガイガーカウンタによる実験のまとめ K-8 型 3 号機以後, L-3 型 1 号機までのガイガーカウンタの測定結果をまとめて眺めると, 高度 45 km 以上約 400 km まではほぼ一定の計数率を示すように見える (1 例として L-3-1 の結果を第 9 図に示す)。これらの測定から解析に有用な数値として上空の計数平坦部の計数率をとり, 各実験ごとに図示すると第 10 図のようになる (平均をとる高度範囲は飛しよう状況によりまちまちである)。



第 9 図 ガイガーカウンタの時間対計数率の例
 高度は性能計算から求めたものを付記した



第 10 図 平坦部計数率

①測定例の多いアルミニウムケースの場合には, ほぼ 2 counts/sec あたりに安定している。

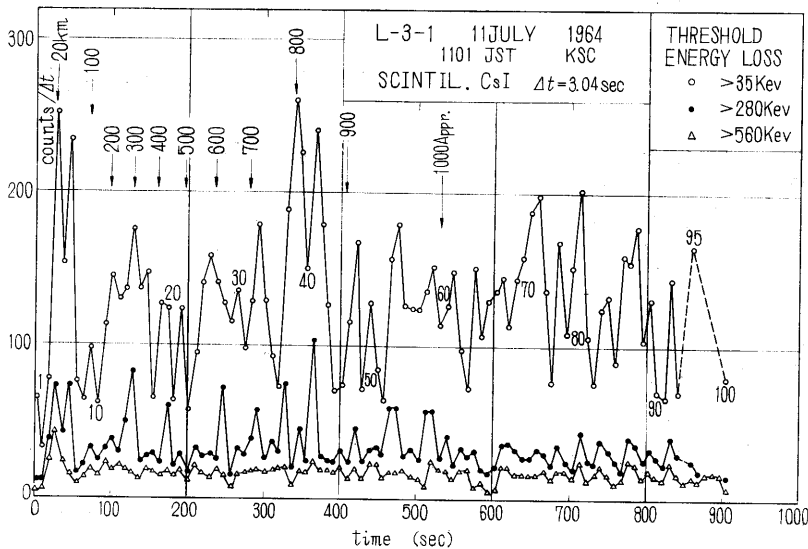
②K-8-11 実験の報告³⁾で「鉄 10 mm 程度のシールドの効果は見られず (K-8-11), 鉛 1 mm 追加の効果 (K-8-4) の方が大きい」ことから, 近傍に薄い鉛のある時の計数率の増加は, 一次宇宙線の核反応など高エネルギー現象によるよりもむしろ 0.1~1 MeV の低エネルギー線の寄与によるものであると結論したが, その後 L-2-1 の測定でこの傾向は確認された。

③高々度における計数率, L-3-1 実験で高度 400 km

をこえると（上昇と同時に緯度は南下することに注意），計数率はしだいに増加し，最高点付近（レーダの暫定結果によると約 900 km）では 100 km 付近の値にくらべて約 40% 増加している（第 9, 10 図参照）．これを Explorer 7 号の 1960 年における測定と比較とかなり近い値となり，われわれのカウンタには鉛シールドがなく Explorer 7 号にはそれがあつたことを考えると，まったく一致することが予想される．

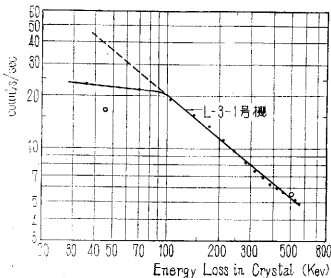
したがって 1958 年の Explorer 1, 4 号の測定⁹⁾ のように「350~1,000 km では低空の 3~10 倍大きい計数を示す」という現象は今回の測定では見出されなかった．つまり 1958 年に見られた計数率の異常な高まりは安定なものでなく，一時的なものと考えた方がよいことになる．この点の解明は現在の太陽活動の極小期から，来るべき極大期まで観測をつづけることによってなされるであろう．もっとも原因が太陽活動だけと限らず，高空の核爆発のようなものも考えねばならぬから事態は複雑になるであろう．

(2) シンチレーション・カウンタの測定結果 L-3-1 の波高分析器のデータからシンチレータ中で失われたエネルギーがそれぞれ 35 keV, 280 keV, 560 keV 以上となるパルスの発生頻度を各測定ごとに算出し，これが測定時刻とともにどう変化しているか示したのが第 11 図である．この図をみると，高度 150 km までは L-2-1, L-2-2 から予想されるのと合う変化を示している．たとえば 20 km 付近で，宇宙線の遷移効果で現われるピークが各エネルギーについて見られる．ここを過ぎると 50~150 km で計数は，いったん落ちつき平坦部を示す．200 km 以上になると >35 keV のように低エネルギー部分の寄与のある所でみれば，100 km 辺の値の数倍程度の大きな値を示すピークが頻繁に見られる．しかし，ときどき計数率が極小に落ちこむことがあり，その値は 100 km 辺の値に近い．>560 keV のデータはこれにくらべると変動が少ない．極小に落ちた場合を集めて平均波高分布（積分的）をとると第 12 図のようになる．L-2-1 の 45~50 km の平均値を同図にプロットすると白



第 11 図 シンチレーション・カウンタの時間対計数率

各測定時刻としては第 7 図 b) の SC と CD の中間をもって代表させているから，実際の測定時間は一回ごとにこの代表値の前後にずれている．白丸に付記した数字は測定番号である．また高度は性能計算から求めたものを使用．



第 12 図 積分波高分布

白丸印は L-2-1 号機のディスクリミネータのデータ

丸印のようになって L-3-1 の曲線と同程度になる．L-2-1 と L-3-1 とではコリメータの形状，窓厚がちがうので合いすぎるような気もするが，L-2-1 では窓に鉄板 0.1 mm が追加されているので低エネルギー部分が小さくなっていることはもっともらしい．これらの点について定量的な解析はまだ十分やられていない．

高々度の激しく変動する部分は，検出器が方向性もち，放射線も等方的でない分布をしていることから生じると考えられるが，ロケットの姿勢，位置の詳しいデータもない現在では決定的なことはいえないが，今後磁力

線との相対関係、あるいは地球の水平線と測定方向との関係についてまず調べるつもりである。

ガイガーカウンタがほぼ一次宇宙線の高度分布に近いものを示すと考えれば、これは 100~1,000 km で、それほど激しく動いていないから、一次宇宙線がロケット機体で作る γ 線によって 200 km 以上でみられるような大きな変動を示すとは考えにくい。

3. 将来の問題

L-3-1 の暫定データを調べた現段階では、

- (1) 太陽活動極小期より極大期まで測定をつづけることにより、太陽活動との関係を調べる。
- (2) より低エネルギー γ 線まで測定領域を広げる。
- (3) 直接低エネルギー電子を測定する。

の 3 項目が、将来の課題として上げられる。

謝 辞

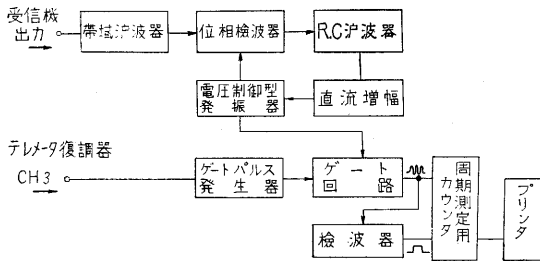
以上の実験の全般にわたり、お世話いただいた実験主任、野村・斎藤・玉木・森各教授初め実験班の各位に深

甚の謝意を表す。シンチレータの試作については、堀場製作所、測定窓については玉木教授、プリンス自動車工業 KK の板橋課長、理研工作部の上田課長にご検討ならびにご協力をいただき、波高分析器に関しては文部省科研費による総合研究「高性能無線テレメータの研究」、「ロケット搭載用超高層観測装置の研究」において、それぞれ代表者、高木教授・前田教授を初めとする班員各位のご支援、ご指導を得た。また装置の製作に当たって関係各会社首脳部の好意あるご配慮を得た。ここに付記して謝意を表す。
(1964 年 9 月 7 日受理)

文 献

- 1) 宮崎ほか 5 名, 生産研究 15, 7 p.293—296, 昭 38
- 2) 宮崎, 竹内, 今井, 吉沢, 金子, 理研報告 38, 2 p.145—152, 昭 37
- 3) Y. Miyazaki and H. Takeuchi
Rep. Ionos. Res. Japan 12 (1958) 448—458
Space Research—Proc 1st Int. Space Sci. Symp.,
Nice 1960 pp. 869—876, North Holland Publishing Co., Amsterdam. 1960.
H. Takeuchi Rep. Ionos. Space Res. Japan 16 (1962) 64—66 (Short Note)

(84 ページよりつづく)



第 3 図 プロトン磁力計地上計測部系統図

行してプリントする方式を用いた。今回は初めての実験なので磁力計の動作を確認するために、才差信号のほかに、才差信号を検波した包絡信号、リレーを駆動させる発振器の信号も同時に送信した。

最後に 3 月の実験では事故のため発射後 7 秒間のみ信号を送ってきたので、包絡信号と発振器の信号は受信できたが才差信号は得られなかった。しかし、これはブースタ切離し前であり当然予想されたことであって、磁力計の異常とは考えられない。

このように測定値は何ら得られなかったが、今後の実験への参考資料はいくつか得られた。ここにこの実験にご協力して下さった多くの方々へ感謝の意を表します。

(1964 年 8 月 27 日受理)

(33 ページよりつづく)

5. む す び

このランチャは最初に記したとおり昭和 36 年より計画を始め、昭和 38 年 3 月に完成した。このように設計の大半はロケットのブースタが完成に近く地上試験が行なわれようとする時期で、観測ロケットとしての形状も確定的ではなかった。このためかなりの事柄を想定してこれに対応するランチャを設計することが必要で、そこに苦心の一つがありロケット本体の設計が進むにつれて不備な点、改造すべき点が若干あらわれた。

初期設計の段階にあたっては三菱長崎造船所の平岡次長、慶本技師にお骨折をいただき、最終案の設計製作には浦賀重工業 KK の狩野取締役、橋本・栗波両部長、安田副部長に負うところが多い。また小山係長外現場組立を担当した諸君、運用にあたる生研のランチャ班の諸君感に謝の意を表す。
(1964 年 9 月 11 日受理)

災害は忘れずともやってくる

台風銀座といわれた鹿児島県にロケット発射場を造った。台風は覚悟の上である。待ちに待った？ 台風は来た。昭和 39 年 9 月 24 日、鹿児島宇宙空間観測所を強襲した 20 号台風は、観測所の仮設小屋 5 棟を一なめにしてしまった。このときの瞬間風速は 80m/s に達したと推定されている。しかし 10~11 月実験が予定通り続けられたのは固定施設の土木・建築工事がしっかりしていたためである。

過去 60 年間に九州を襲った著名な台風を気象災害年表から拾うと 36 ある。これは年平均 0.6 で台風の年平均発生数 28 に対して約 2% に当たる。(J.S)