

東南アジア地域における

地震活動と火山活動

西村 英一・久保寺 章

岸本 兆方・尾池 和夫

緒 言

東南アジア地域は日本に劣らず地震および火山の活動の激しい所である。又これら災害による物的・人的の損害も甚大なことは衆知の事実である。一般に地震・津波・火山爆発・台風・洪水・地沁り・なだれ・豪雪・旱魃・冷害などの自然災害は人類共通の悩みの種であるが、現在のところ、これら災害の発生を人為的に阻止し、消滅させることはできない。しかし、これら自然災害の性質をよく理解し、その発生を前もって察知し、その対策を立てることは不可能ではない。事実現在は台風・洪水・地沁などは比較的確実に予察し予報も出してその災害を最小限度に食い止めている。又火山爆発についても日本においてはある程度の予報も出している状況にある。さて本題の東南アジア地域における地震と火山の問題については、その活動の激しさにかかわらず、調査・研究の面ではまず未開拓の分野が多い実情にある。特にそれら災害の予知の問題については全然手が付けられていないと言っても過言ではない。

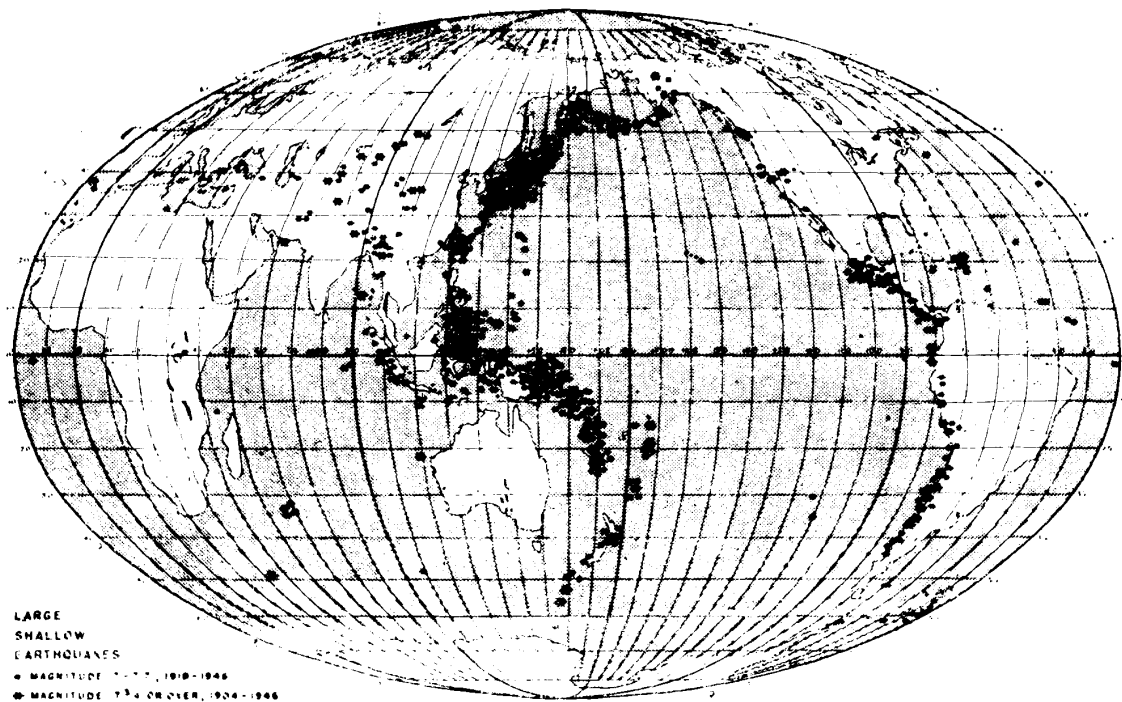
本報告において東南アジア地域における地震および火山の過去の活動状況を述べ、さらに今後日本がこれらの地域の国々と協力して、災害を軽減するためにはどのような研究の進め方をすればよいかという点について私見を述べたいと思う。以下第1部においては地震活動について、第2部においては火山活動について報告する。

第1部 地震活動

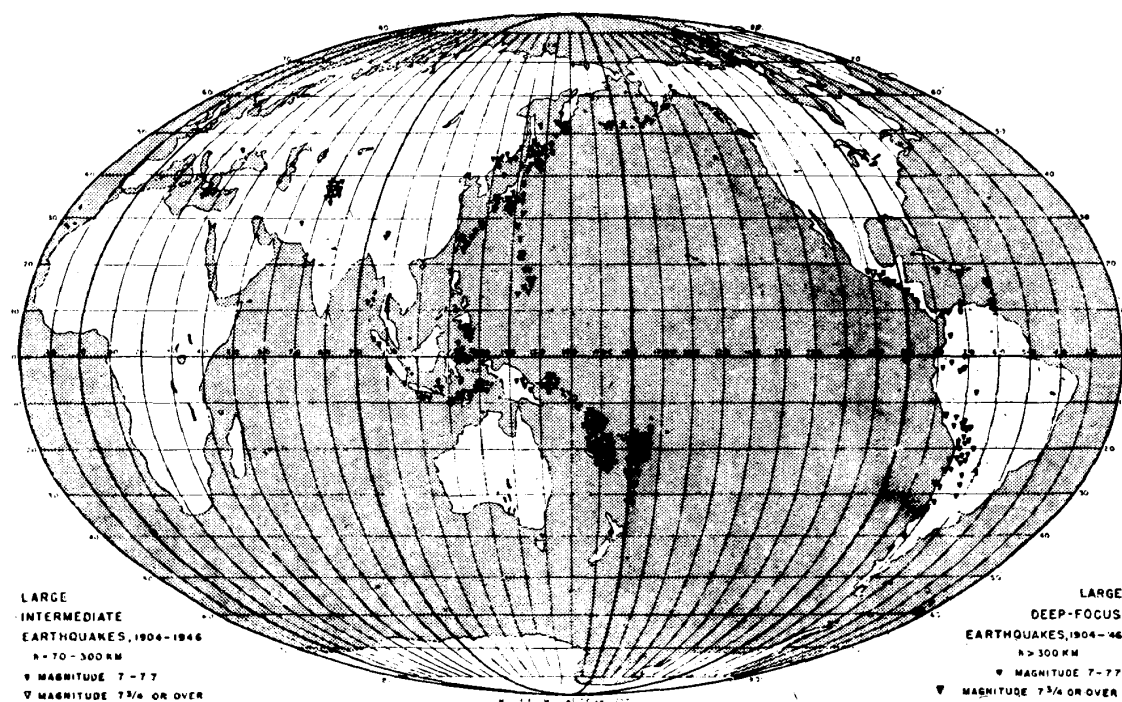
I-1 序

地球上において、地震が発生する地域はかなりかたよっている。一般に地震が頻発する地域は帯状をなしていることが多いから、そういう地域を地震帯と呼んでいる。地球上には大別して、2つの主な地震帯が存在する。第1図・第2図は、Gutenberg と Richter による著“Seismicity of the Earth and Associated Phenomena”[1]に載せられているもので、世界における大地震の発生状態を示している¹⁾。第1図は、1918~1946年の期間に起ったマグ

¹⁾ Seismicity (サイズミシティー) : 地震活動度



第 1 図 浅発大地震(M=7以上)分布図(1904—1946)



第 2 図 中深および深発大地震(M=7以上)分布図(1904—1946)

ニチュード (Magnitude, M と略記する)²⁾ 7以上の浅発地震 (以下では, Gutenberg Richter の定義にしたがって, 震源の深さ 70km までのものを浅発 (shallow), 70~300km のものを中間深度 (intermediate), 300km 以上のものを深発 (deep) と呼ぶことにする) の分布を, 第2図は同じく $M \geq 7$ の中間深度及び深発地震の分布を示すものである。第1図第2図からわかるように, どの深さの地震もほぼ同じような分布のしかたをしており, 太平洋をとり囲み, 大陸との境界附近に殆どの地震が分布していることが分るが, これは文字通りの意味によって, 環太平洋地震帯 (Circum-Pacific Belt) と呼ばれるものである。次に, ヒルマからヒマラヤ, 中央アジア, トルコを経てイタリアに達するものがあるが, これは欧亜地震帯 (Alpide Belt 或は Trans-Asiatic Belt) と呼ばれる。この2つ以外の地域にも地震が起ることはあるが, その数は極めて少ない。大西洋の中央を南北に走る地域及びインド洋にもかなりの地震が起るが, これらは環太平洋地震帯の連続であると考えられている。

日本は, いうまでもなく環太平洋地震帯の中であって世界有数の地震国であるが, 第1図第2図を見れば, 地震帯の中でも特に地震活動の盛んな所であることがわかる。本稿で述べようとする東南アジア地域も, ある部分を除いて環太平洋地震帯の一環をなし, 我が国と並んで地震活動の極めて活潑なところであることがわかるであろう。

太平洋という地球最大の大洋と, アジア・南北アメリカ・オーストラリア各大陸との境界という性質は, この地震帯の大きな特徴である。この事は, くわしく考えるならば, 地球内部構造や地震の発生機構とも密接な関係を有するのであるが, ここでは, くわしい議論は省略し, この様な特徴的な地震帯の性質を少しくわしく述べて見よう。それは, 日本及び東南アジアにおける地震発生状態を理解する助けとなると考えられるからである。太平洋と大陸との境界という地理学的な特徴は, 地球表面における現象というだけに止まらず, 地下数 100km の深さ

- 2) マグニチュードは地震学で用いられる地震の“規模”の単位である。普通一般に用いられている“震度”と混同されやすいが, この両者は別のものであって, 震度は人体感覚を基としたものであるが, マグニチュードは地震のエネルギーに関する指数である。現在までの研究によれば, マグニチュード(M)とエネルギー(E)との間には次の関係がある。ここでエネルギーは erg (エルグ) で表わされる。

$$\log E = 11.8 + 1.5M$$

参考のために, 最近数十年間に日本で起った大地震のマグニチュードを記せば

1891年10月28日	濃尾地震	M=8.4	死者	7,273
1923年9月1日	関東大地震	M=7.9	//	99,331
1927年3月7日	丹後地震	M=7.4	//	3,017
1933年3月3日	三陸地震	M=8.5	//	2,986
1943年9月10日	鳥取地震	M=7.3	//	1,083
1944年12月7日	東南海地震	M=8.3	//	998
1946年12月21日	南海道地震	M=8.1	//	1,330
1948年6月28日	福井地震	M=7.2	//	3,895

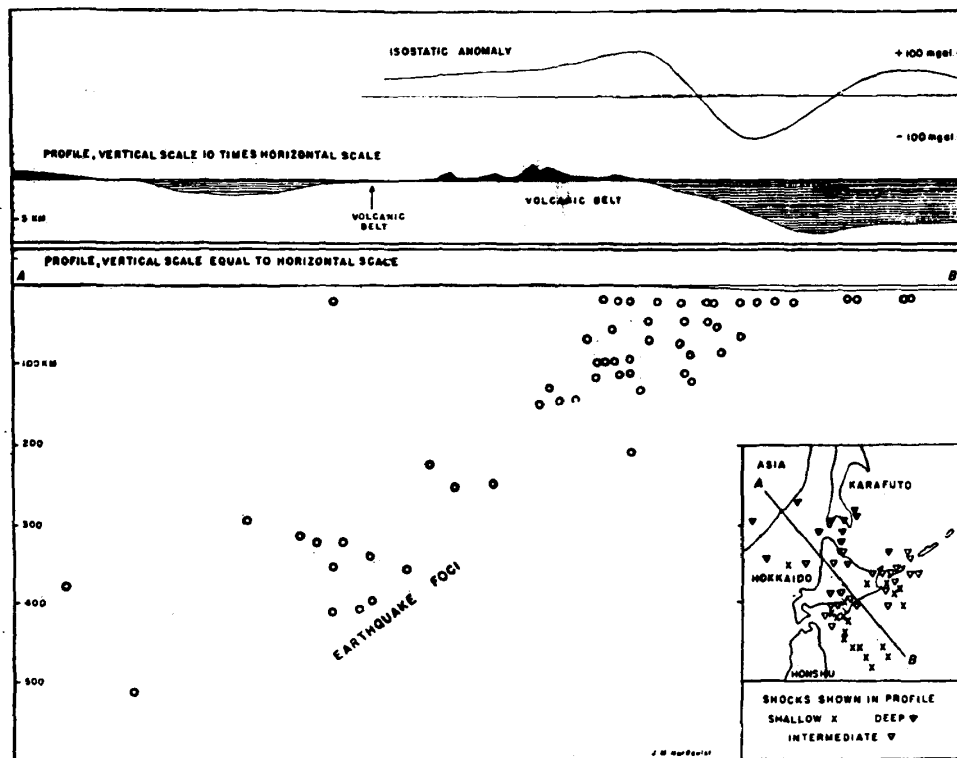
となる。今まで観測された最大の地震と考えられるもののマグニチュードは, 大体8.5~8.7程度と考えられている。この上限は地球内部構成物質の破壊強度の上限と関係するものである。

気象庁では, 有感半径 300km 以上の地震を顕著地震と名付けて来たが, この程度の地震のマグニチュードは, 大凡の所 6 以上である。

にまでその根源を求める事ができる。この地震帯の1部を輪切りにし、断面を見ると、地下数100kmの深さに及ぶ地震の発生と地表面におけるいろいろな現象との間に密接な関係があることがわかるのである。第3図は、北海道において、この地震帯を横切る線A—Bをとり、この線における地震帯の断面を示したものである。Gutenberg-Richter は、一般に環太平洋地震帯は次の様な6つの特徴を具えていると述べている(第3図)。つまり、大洋側から大陸へ向って地震帯を横切る時、次々と次の様な性質が現われて来る。すなわち

- A) 海 溝
- B) 非常に浅い地震の発生。重力値は負。
- C) 深さ 60km 程度の地震の発生。重力値は正の最大値。
- D) 深さ 100km 程度の地震の発生。活火山。
- E) 深さ 200~300km 程度の地震。死火山。
- F) 300~700km の非常に深い地震の発生。

この様な性質は、原則として、環太平洋地震帯の各部分で成立っているのである。この事は、結局、地下数 100km の深さに到るまでの部分に働く力や、それに伴う地球内部の歪み、および地表面に現われる地形学的現象などが相互に密接な関係にあることを示すものに外

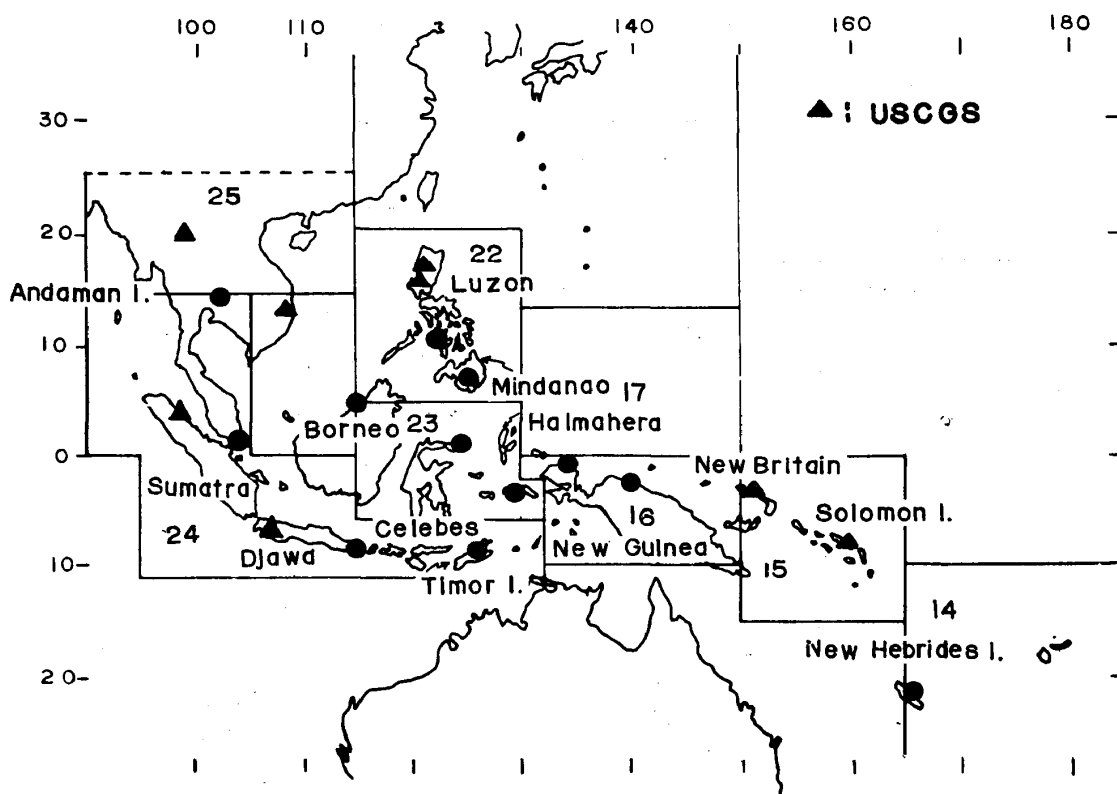


第3図 北海道切断図 (A—B)
 上図 重力異常値分布 中図 地形 下図 震源深度分布

ならない。次節に東南アジア地域をとり上げて、少しくわしく見て行くことにする。この地域は、この様な構造が極めて複雑にからみ合っており、地震学あるいは、構造地質学の面から見ても非常に興味のある地域である。次いで、東南アジアと日本における地震活動の比較を示し、最後に日本で現在までに行なわれて来た地震研究を述べ、それを基礎として、東南アジアにおける将来の地震研究のあり方について考えてみる事にしよう。

I-2 東南アジアの地震活動

この様に環太平洋地震帯は大きく見れば、太平洋をとりまく一つの環と考えられるが、細かく見ればかなり複雑な様相を示している。南米に始まり、中米・北米の太平洋岸に沿って北上する環太平洋地震帯はアラスカ・アリューシャン列島に沿って西に進み、カムチャッカ・千島列島を通して日本に達する。日本中部において地震帯は2つに分かれ、1つの分枝は南下して硫黄列島・マリアナ諸島・カロリン諸島を経て、ニューギニア西端のハルマヘラ島附近に達する。その後ニューギニア・ソロモン諸島を経、複雑な径路に沿って、フィジー・ケルマデック諸島を廻り、ニュージーランドに到る。一方他の分枝は日本列島・琉球列島・台湾に沿ってフ



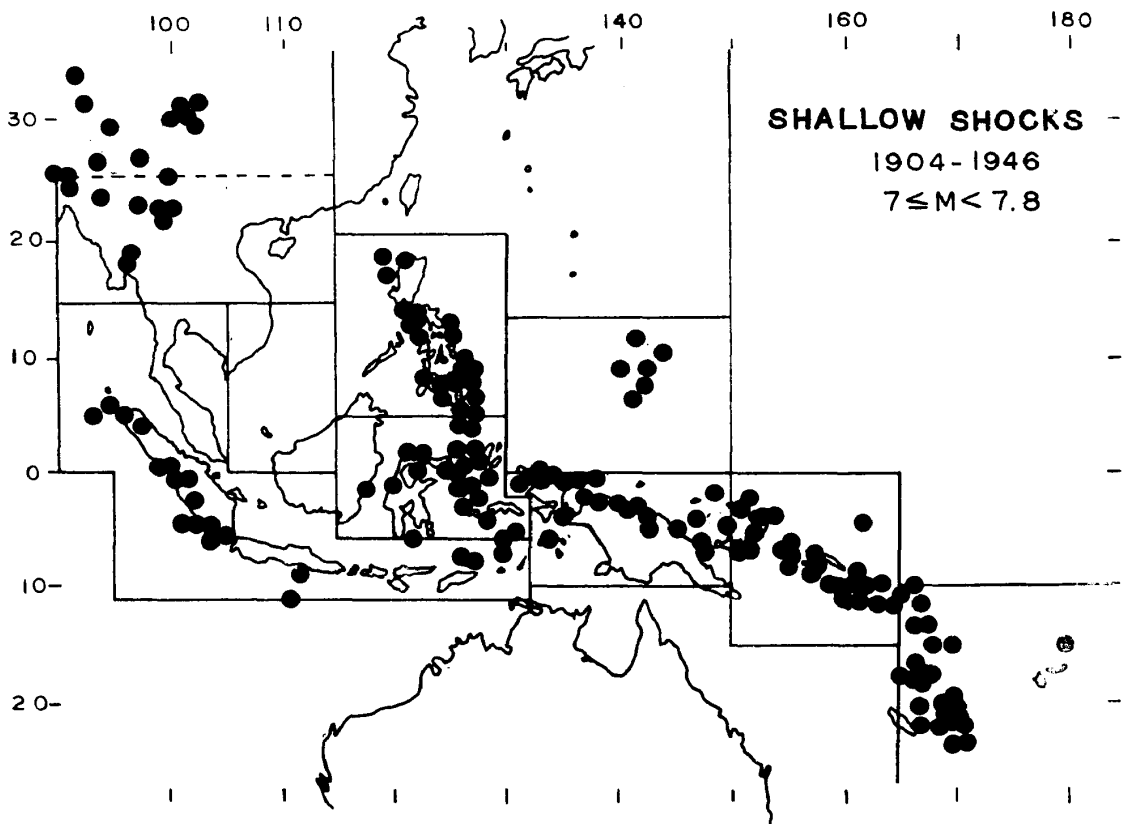
第4図 地震観測所分布図

- ▲ : United States Coast and Geodetic Surveys による予定地
- : 東南アジア研究センターによる予定地
- [22] : 区域別番号

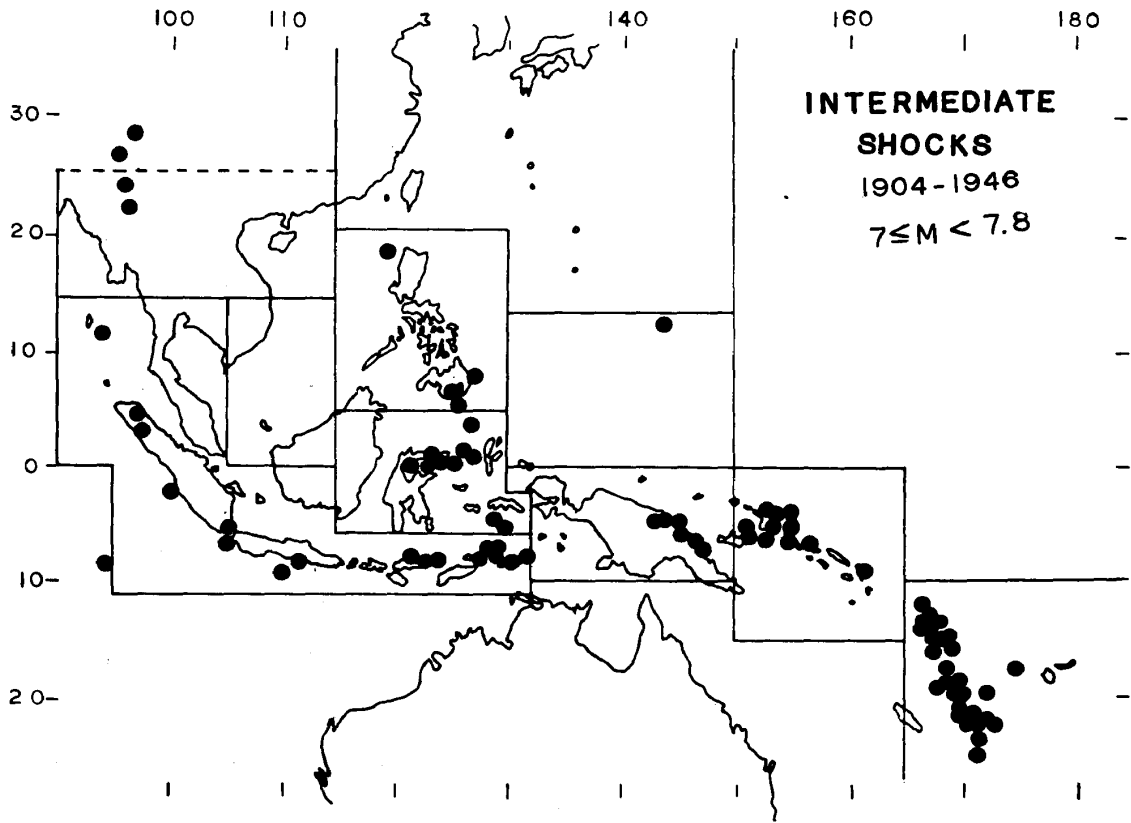
フィリピンに達し、その後ハルマヘラ島附近で前者と合致するが、そこで方向を転じ、セレベス島からブル島、セラム島などの島弧に沿ってバンダ海の周りをめぐり、小スンダ諸島及びジャワ、スマトラなど大スンダ諸島を通り、ニコバル・アンダマン諸島に達する。この地震帯はビルマからチベットを通る欧亚地震帯につながっている様に見える。

日本附近と東南アジア地域とは、その中でも特に複雑な地域であることは、上に述べた所か明らかであろう。この両地域では地震帯が簡単な形をとっておらず、2つの分枝が交わっている上に、それぞれがまがりくねって複雑さを増している。それは地表面に現われた島々の形にも、あるいはまた、各小地域をとって見た時の、その地区における地震発生状態にも現われているのである。

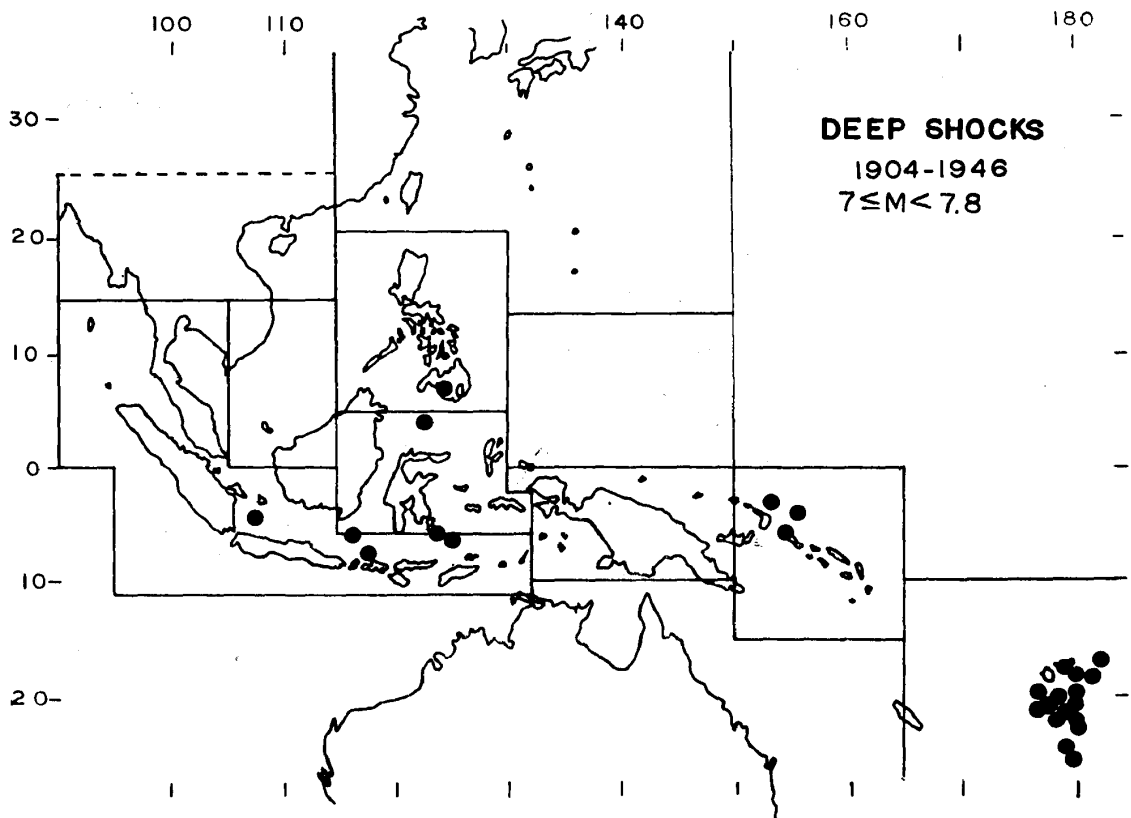
さて東南アジアがどの地域を含むかについては、いろいろの立場からの議論があることであろうと思われるが、ここでは第4図に示してある様に、一応フィリピン、ニューギニア、ソロモン諸島、セレベス島、ボルネオ、スンダ・アーク（スマトラ、ジャワ、その他）、マレー半島及びビルマ、タイ、カンボジア、ラオス、南北ベトナムを指すものと考えよう。これ等は第4図では15、16、22、23、24、25の区劃によって示されている。第5・6・7図はこれらの地域において、1904～1946年の約40年間に発生したマグニチュード7以上の地震の分布を、震源



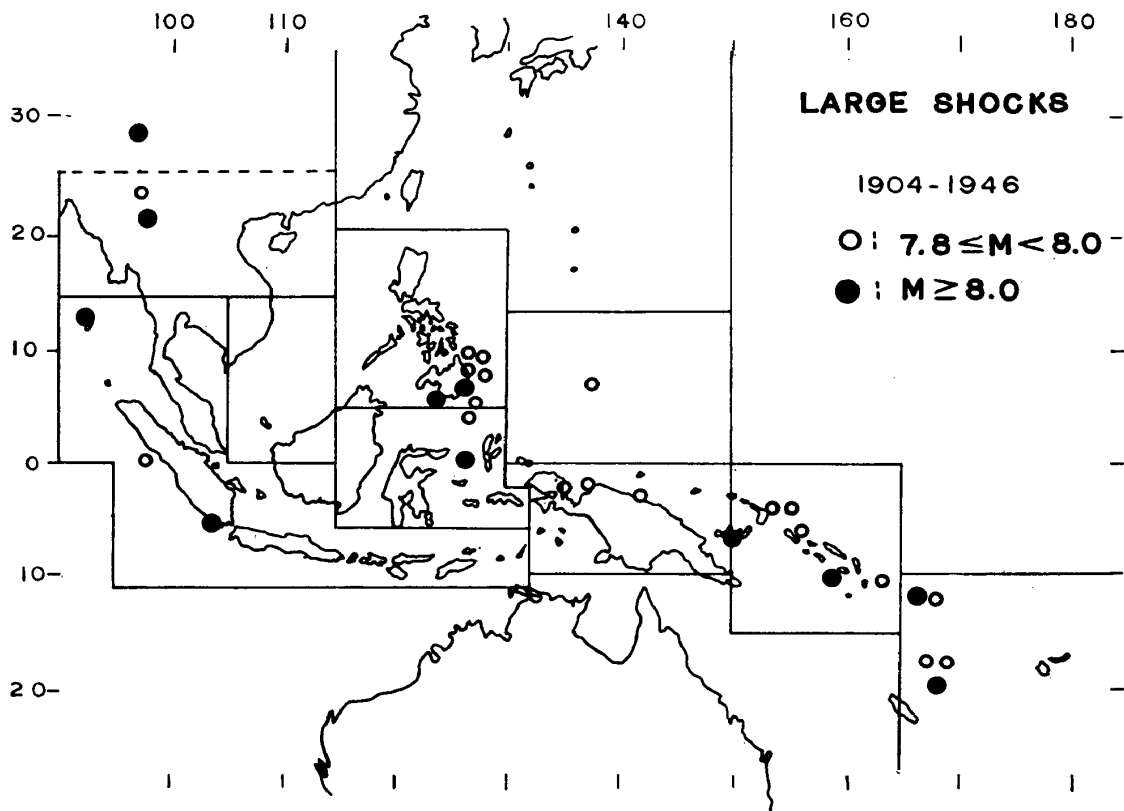
第5図 浅発大地震分布図(1904—1946)



第 6 图 中深大地震分布图 (1904—1946)



第 7 图 深発大地震分布图 (1904—1946)



第 8 図 超大型地震(M=7.8以上)分布図(1904—1946)

の深さ別に示したものであり、第 8 図は同じ期間に起った $M \geq 7.8$ の大地震の分布を示したものである。

区劃22はフィリピン地域である。フィリピンにおける地震については、かなり正確な記録が300年以上前から残されているが、現在においてもフィリピン地域は極めて地震活動の盛んな所である。台湾から南下した地震帯はルソン島の西海岸に沿ってミンダナオ島へ向う。ルソン島からミンダナオ島に到る多島海地域には、フィリピン断層と呼ばれる顕著な断層が存在する。ルソン島の西海岸沖合にはかなり浅い地震が起るが、ルソン島からミンドロ島へかけての線上には、火山活動を伴い、やや深い地震が多い。南部のミンダナオ島に達して地震活動は最も盛んになる。ミンダナオ島の沖合には有名なフィリピン海溝が存在し、地震の発生・火山活動の有様は、第 1 節に述べた典型的な太平洋型をとる。第 8 図に示されている様に、このあたりにはマグニチュード 8 程度の大地震もかなり起っている事がわかる。例えば、1918年 8 月 15 日のミンダナオ地震 ($M=8.3$, 死者100), 1924年 4 月 14 日 ($M=8.3$), 1937年 8 月 20 日のルソン島激震 ($M=7.5$) などである。

ミンダナオ島の南方、セレベス北部及びハルマヘラ島の附近において 2 つの地震帯が合致している事は先に述べた通りで、したがってこの地域(区劃23)の地下構造及び地震活動の様

は極めて複雑である。この地域の地震活動度は環太平洋地震帯にあってもとりわけ盛んであって、特に中間の深さの地震の中には、今までその深さに起ったものの中最大と思われるものも含まれている。残念な事にこの地域における地震観測所は唯一つアンボニア (Anbonia) にあったのみであり、他の地域の観測点とかなり離れていたため、かなり大きな地震でさえ、その震央や深さを正確に定める事は困難であった。したがってこの地域の複雑な構造、地震発生の様子、及び両者の関係などについては未だ十分な研究はなされていない。ミンダナオ島からセレベス・ブル島・セラム島を通り、バンダ海を回ってスダ・アークにつながるこの地域の地震帯は、曲りくねっているにもかかわらず、太平洋型の性質のいくらかを具えていることは興味深いことである。この地帯にも、往々にして非常に大型の浅発地震の発生を見る (例えば1938年5月19日の地震 (M=7.6) は遠くポート・ダーウィンまで有感であった)。一方、区劃23と24との境にあたるボルネオには殆ど地震が発生しない。ボルネオだけでなく、マレー半島・タイの大部分・ラオス・カンボジア・南北ベトナムの諸地域では、第5~8図からも明らかな通り大きな地震は殆ど起っていない。それは、これらの諸地域が安定な大きな地塊 (stable mass と呼ばれる) の一部をなしているからであると考えられている。ボルネオは、その stable mass の端にあたるわけである。ボルネオとセレベスの間を分けるマカッサル海峡は、この stable mass と太平洋型地震帯との間にある地下の大きな破碎地帯に相当すると考えられており、ここには散発的に地震が発生する。

区劃24はいわゆるスダ・アークであって、簡単な構造を持ち且つ長い典型的太平洋型地震帯である。この地帯における地質・火山・重力などについては、Umbgrove, Esher, Meinesz らによってくわしい研究がなされている。又大地震のいわゆる発震機構については Litsema の多くの研究がある。オランダ領であった当時から、ジャカルタはこの地方の主要観測所であり、良好な観測を続けてきた。この他、ジャワ島には数か所の観測所があり、又別に火山活動観測のためにも数か所が観測を続けている。

スダ・アークのインド洋側には、ジャワ海溝と呼ばれる海溝があり、そのアーク側に、特にスマトラ沖合には浅発地震が発生する。内陸に入ると、有名なスダ・アークの火山列がアークに沿ってきれいに並び、やや深い地震が起る。スマトラのメダン附近には、100~200kmの深さの地震が、そして東方のジャワ海フローレス海にはしばしば 600~700km に及ぶ極めて深い地震が発生する。この後者の深発地震は時に極めて大型で且つ深く、中にはこれまで観測されたものの中で最も深いと思われるものも起っている。

スダ・アークに沿い、ニコバル諸島・アンダマン諸島に沿ってビルマに上陸すると、地震発生の状態はこれまで述べて来た太平洋型のものとはやや趣を異にする。この地域における地震の起り方は、太平洋地域のそれとくらべてかなり複雑且つ散発的である。一部の浅発地震は、ビルマ西部の山脈に沿って起るが、大型の浅発地震の多くは、ずっと東方の山脈に沿って

起るようである。ビルマの東方地域、タイその他の地域では、殆ど地震の発生しないことは既に述べた。

ここで再びハルマヘラ島に戻り、ニューギニア方向へ向う地震帯について述べよう。これは区劃15及び16に相当する。この地震帯は、ニューギニアの北岸に沿い、ニューブリテン諸島・ソロモン諸島・ニューヘブライズ諸島へと延びるが、特にニューブリテン諸島附近ではその島弧の形が示している様に枝分れしている。このあたりの地震活動は極めて浅いものから、500~600kmの極めて深いものまで大変活潑であり、特にビスマーク諸島附近は、環太平洋地震帯の中でも日本に次いで盛んな所と云われている。又、ソロモン諸島もしばしば大型の浅発地震が発生する所であり、これらの多くは非常に大きいラブ (Love) 波を発生する事が多くの研究者によって注目されており、それによりこの種の地震の発生機構が論じられている。

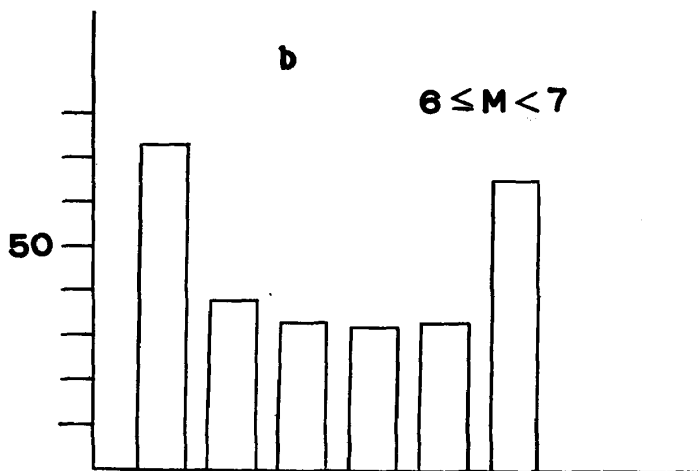
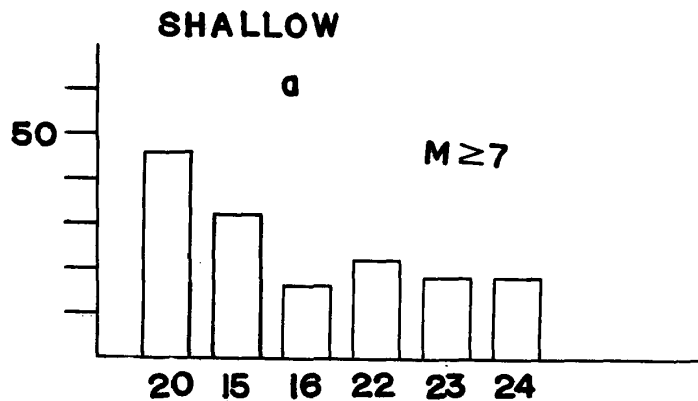
ニューヘブライズ諸島附近 (区劃14) に到って地震帯の中は狭くなり、したがってこの地域では浅発・深発地震がほぼ同地域に入り混って発生する。その意味でこの地域の地震発生状態は、南アメリカ西海岸におけるそれと似ていると云われる。この後、地震帯はフィジー諸島・サモア島を経、ここで急角度で方向を転じてトンガ諸島・ケルマデック諸島を通りニュージーランドに到るのであるが、これらの地域については触れないことにしよう。

以上我々は東南アジアを一周し、その地震活動を眺めてきたが、大部分の地域においては極めて活潑な地震活動が存在していることを知った。次に、第5~8図に示されているこれらの地域の地震活動が、我が国におけるそれと比べてどのようなものであるかを調べてみよう。もっとも、上にも所々で触れたように、この地域における地震観測活動は、少しの地域を除いては極めて低い。比較的観測活動の盛んであったフィリピン及びジャワ島を除いては、観測所は殆どないといってもよい位である。フィリピン・ジャワ島ですらその観測所の数は高々数点に過ぎず、100に余る観測所を有している我が国とは比較にならない。したがって、両者の比較にはかなりの制限が加えられることは致し方ない。例えば、地震の深さの正確な決定には、比較的近距离に多数の観測があることが必要であるが、東南アジアではそれは不可能であり、したがってこの地域の地震の深さにはかなりの誤差を免れない。又ある程度以上小さな地震については、観測にかからない場合が非常に多いと思われるから、この地方の小さい地震活動については殆ど未知であると云える。この様な制約はあるが、ここでは一応マグニチュード6以上の地震について、日本及び東南アジアの比較を試みることにしよう (第1節2) 参照)。資料はすべて上掲の Gutenberg-Richter の著書より取った。

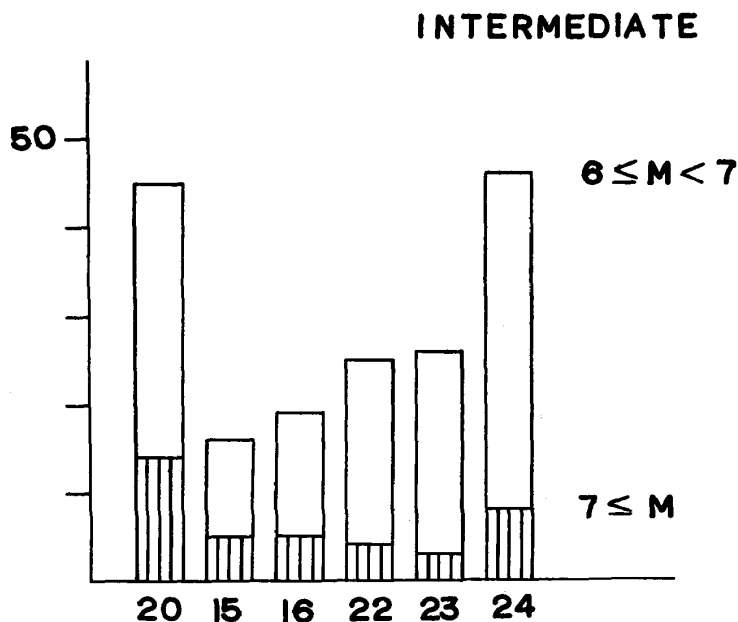
第9図及び第10図は、1920年から1946年に到る27年間に起った地震の数の比較を示す。第9図は、浅発地震を $M \geq 7$ と、 $6 \leq M < 7$ の2つに分けて、それぞれの区劃内に発生した地震数を示している。図において、区劃19は日本及びその周辺地域を指す。 $6 \leq M < 7$ の図において、15, 16, 23の区劃ではかなりの観測もれがあるかも知れない。そのように考えるならば、これ

ら諸区劃の地域の各々の中に発生する地震の数は、日本附近と比べてもそれ程少ないとはいえない。例えば区劃24のスンダ・アーク地域などは、日本地域と匹敵する地震地帯であると云えよう。したがって、これら諸地域を合わせた東南アジア全域において発生する地震は、正におびただしい数に上ることが分かる。第10図は同じく中間深度の地震の分布である。この図についても、上の浅発地震と同様のことが云われるであろう。深発地震については、フィジー島附近を除くと数も少なく、且それはかなりの部分が観測もれによって失われていると思われるので、ここには示さなかった。

以上我々は東南アジア地域を一周し、それぞれの場所における地震の起り方を調べ、大部分の地域において我が国に劣らぬ盛んな地震活動があることを知った。これらの、極めて大規模な地震をも含む地震発生によってもたらされる被害は既に大きいものであったが、しかし、今後当然起るであろうこれらの国々の急速な発展を考える時、これらの大地震による災害はさらに重大な問題となることであろうし、又これらの地震の観測・研究がもたらす諸方面への寄与も大きいものとなろう。このよ



第9図 浅発大地震区域別発生表(1904—1946)
 横軸：区域番号(第4図参照) 縦軸：発生回数
 20：日本地区 15：ソロモン諸島地区
 16：ニューギニア地区 22：フィリピン地区
 23：セレベス—モルツカ地区 24：スンダ・アーク地区



第10図 中深大地震区域別発生表(1904—1946)
 横軸：区域番号(第4図参照) 縦軸：発生回数

うな理由で、東南アジア地域での地震研究の速かな発展に資するため、次節においては、我が国で行われて来た地震研究特に地震予知の研究について簡単に述べようと思う。

I-3 日本における地震研究の概略及び東南アジアにおける将来の地震観測・研究のあり方

明治維新直後、我が国では学術文化の急速な向上発展のため、多数の欧米人学者を種々の分野において招聘した。その際招かれた物理学者 Gray, Milne, Ewing らは一流の学者であったが、日本における地震学の創始者となった。それまで、厳密な意味で近代科学と呼ばれるべき地震学は、世界のいずれの国にも存在しなかったのであって、我が国における近代地震学の誕生は、そのまま世界におけるそれになったわけである。このことは、我が国の地震学だけでなく、自然科学一般のためにも大変幸なことであったと云えよう。それ以来現在まで80余年の間に、日本の地震学は目覚ましい発展を遂げ、観測・理論など幾多の方面に常に独創的な研究がなされてきた。今ここでその様な研究についてくわしく述べるのは不適當であるから省略するが、そう云った先駆的研究の中で、学問的のみならず社会的にも極めて重要な意義を持つ地震予知研究について少しくわしく述べようと思う。それは、東南アジア諸国の将来の発展のためにも有益であると思えるからである。

我が国における地震災害の防止が初めて大きく取上げられたのは、明治24年(1891)に起った美濃尾張の大地震を機縁に設立された震災予防調査会に初まると云ってよい。その後、我が国の地震観測網も現在の気象庁(以前の中央气象台)を中心として着々整備され、第二次大戦前に既に百数十点に及ぶ観測網が張られた。一方、大正12年9月1日の関東大地震や、昭和21年12月21日の南海道大地震などの大きい地震の前後には震源附近において最大2mにもおよぶ土地の隆起・沈下が測量されている。これを地殻変動と呼ぶが、このことから大地震の先駆現象として、地殻変動が一つの有力な地震予知の手掛りになることがわかってきた。地殻変動の研究は水準測量・三角測量などの測量によるものと、傾斜計・伸縮計などによる連続観測によるものと2種類がある。京都大学においては後者の連続観測も昭和10年来日本各地に観測所を設け(現在25カ所)研究を続けている。

この観測は、大地震発生前に、地下の数10km四方に及ぶ震源域に蓄積される巨大な歪エネルギーによって起る土地の傾斜や伸縮を観測し、地震発生を予知しようというものである。この考えの下に、現在まで多くの大地震の発生に伴なって異常な地殻変動が観測された。

一方、密な観測網によって、大地震発生前後における、震源域の物質の変化を、地震波速度の変化から求めようとする試み、同様の变化を地球潮汐の振幅から推定しようという方法も考えられている。その他、地磁気の異常や、鉛直線の偏よりと地震発生との関係も論じられた。

最近、地震予知の特に有力な方法の一つになりうるものとして、微小地震の観測がとり上げられている。微小地震というのは、マグニチュード0~3程度の極めて小さい地震である。大地

震発生に先立って、この種の微小地震が発生すると考えられるから、もし高感度地震計によって、これら前駆的微小地震を観測しうれば、地震予知の有力な手がかりになるであろう。

このような種々の分野における地震予知研究活動は最近頓に盛んとなり、昨年、地震学・測地学・地球電磁気学などの諸分野にわたって有効と考えられる地震予知研究を、全国的規模によって実施しようという計画が作られ、現在その実行に移らんとしつつある。もちろん、地震予知という大問題が、短時日の中に完成するとは考えられないが、もしこの様な大規模な総合的研究が始められるならば、近い将来において非常な進歩をもたらすことは疑いのないところである。

さて再び問題を東南アジアに戻すことにしよう。度々述べて来たように、この地域ではその盛んな地震活動にもかかわらず、観測所の数は誠に寥々たるものであった。最近に到り、やっとこの地域にも第一級の観測所(地震観測のみを目的とする)を設けようとする動きが起り、先ずアメリカ合衆国 United States Coast and Geodetic Surveys (USCGS) によって、Baguio, Manila (フィリピン), Nhatra (南ベトナム), Raboul (ニューブリテン), Honiara (ソロモン), Port Moreby (ニューギニア), Bandung, Medan (インドネシア), Chiangmai (タイ) などに、観測所の設置が予定されているが、今のところは予定だけで、実際には活動していない有様である。これらは、主として全世界的規模を以て、統一的な地震観測を行なうとする目的のもとに作られたものであって、特に東南アジア地域における地震観測を目的としたものではない。我が国と東南アジア諸国との協力によって、この地域の地震について観測・研究を進めるためには、更に細かく観測網(地殻変動・微小地震・地磁気変化の3者の観測を目的とする)を設けることが必要である(もちろん、その際上記のUSCGSの観測網との連絡・協力をはかることが必要である)。例えば第4図に黒丸によって示されているのは、最小限度必要と思われる観測所の分布である。図中の三角はUSCGSの予定している観測所の位置を示す。これらの仮想観測所は大体の目安として示したものであって、種々の地理的・社会的その他の条件を考慮して決めたものではない。しかし、この地域の地震観測・研究を遂行するためには、この程度の観測所は是非とも必要であろう。又特に人口稠密で地震発生が多い地域、例えばルソン島・ミンダナオ島・ジャワ島などでは、上のような観測網の外に、更に細かい観測網によってくわしい研究をすべきである。この様な観測所の整備と相まって、同地域諸国の大学・研究所など諸機関の強化・充実、研究者の養成なども重要な問題として取上げられねばならない。このような態勢が着々進められるならば、我が国における地震研究方法及び結果、特に地震予知に関する研究を十分に役立てることが可能になるであろう。

I-4 あ と が き

以上東南アジアの地震活動についての大体を述べ、又日本における地震活動との比較を試みた後、我が国における地震研究の方向及び将来における東南アジア諸国での地震研究のあり方

について簡単に述べた。書き終えて意に満たぬ所が甚だ多いが、本稿が、この問題についての関心をもたらす一助ともなれば幸である。

尚本稿を草するに当って、故 Gutenberg 及び Richter 両教授の名著（前掲）による所甚だ大であった。ここに記して厚く感謝の意を表する次第である。

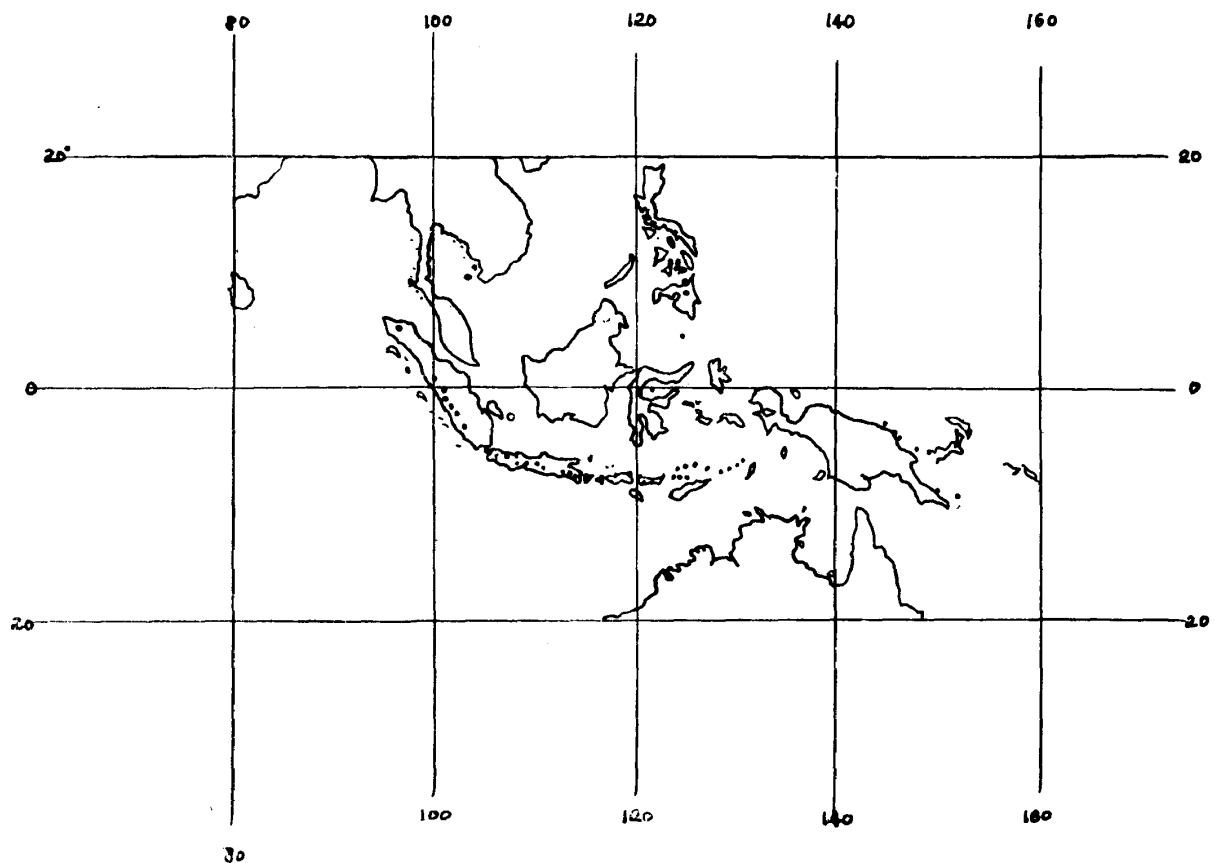
参 考 文 献

- [1] Gutenberg, B. and C.F. Richter: 1949: Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, Princeton University Press, Princeton, N.J., U.S.A.

第 2 部 火 山 活 動

II-1 序

地球上には約500程の、活体火山が存在する。その60%は、環太平洋の火山帯に属している。東南アジアの火山地帯は、この一部を形成していて、Philippine, Indonesia の島々や、New Guinea, New Britain 島や、更に南太平洋に散らばる New Hebrides, Kermadic, Tonga, Samoa, Solomon 等の群島の火山が含まれることになる。これ等多数の火山について、特に人



第 11 図 火 山 分 布 図

口密度も多く、又しばしば大噴火をし、災害をもたらし、今も盛んに活動を続けている Sumatra, Java, Flores 等の島を含む Sunda 列島の諸火山については、やや詳しい調査が為されているが、南太平洋の火山や、100年位の間隔を置いて噴火する火山等に就いては、よく知られていない。ここでは、これ等の火山の噴火史、その災害、及び活火山の調査研究について、Philippine, Indonesia, Melanesia の各地域毎に別けて述べ、最後に、火山噴火の予知及び災害の防禦の問題については、吾が国の例や Indonesia での例等を挙げて、簡単にふれてみたいと思う。

II-2 Philippine の火山

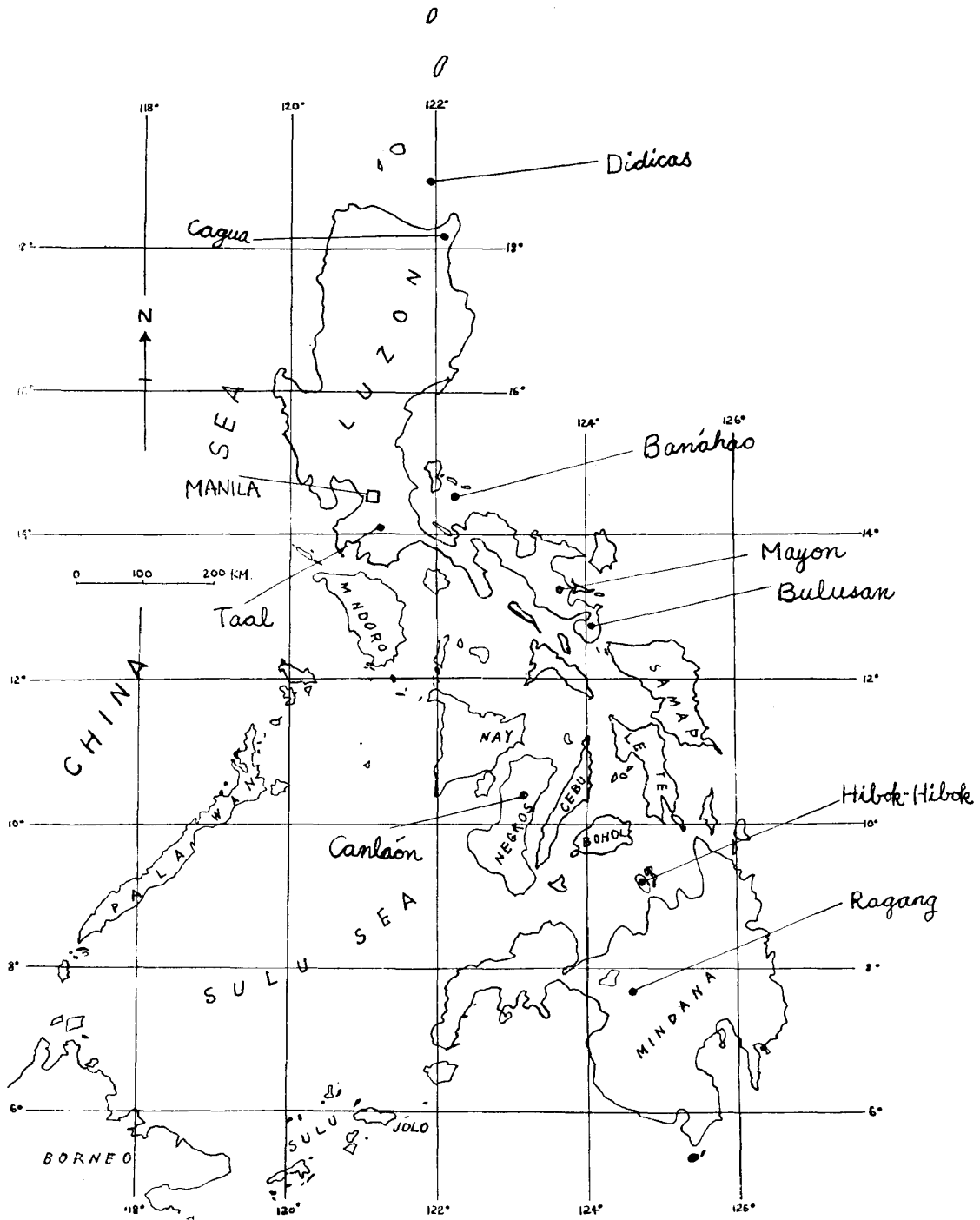
Philippine では7個の火山が、有史以来噴火している。近年では、1948年から1952年にかけて Mindanao 島の北にある Camiguin 島にある *Hibok-Hibok* (又は *Catarman*) 火山($9^{\circ}12'N$, $124^{\circ}40\frac{1}{2}'E$, 1332m [緯度, 経度, 海拔標高]) が噴火している。この噴火は熱雲 (*Nueé ardente*; 噴火の際、高速度で山腹を這って走り下る高温の火山ガス及び火山碎石物の緻密な混合物, 1902年5月 Martinique 島の Mt. Pelé 火山頂上に新しく出来た熔岩円頂丘の中腹を破って噴出した熱雲は、噴出当初 $1100^{\circ}C$ 以上の温度で、平均秒速 11~27m (最大150m) を以て山腹を這って海岸迄達し、Piérre の町を全滅せしめた [地学辞典]) を伴って、熔岩を流し、約500人の生命を奪い70万ペソの損害を出した、大規模なものであった。この島には、噴火当時、地震計は置いてなかったが、有感地震はしばしばあった。

1951年に、この島に低倍率の地震計が設置されることになって、Philippine の火山研究者によって活動の監視が為される様になった。1948年以前の *Hibok-Hibok* 火山の活動は、1827年、1862年、1871~75年等にあったことが記載されている。

Luzon 島の南西にある *Taal* 火山 ($14^{\circ}01'N$, $121^{\circ}00'E$ 305m) は、Taal 湖の中にある、長さ、幅共に 5km 位の大きさで、5つの火口湖を中に持っている低い火山である。この火山の1911年1月27日~2月8日にかけての爆発では、熱気と水蒸気と噴出物とによって、13,000人の死者と、23000haの耕地に被害をもたらした。この爆発は、Manila 市にある測候所の地震計に記録されている。*Taal* 火山も要注意火山として時々活動の調査が為されている。

1911年以前には、1572年の活動から知られており、17世紀から19世紀にかけて、引続いて噴火をしており、特に、1759年、1874年にはやはり死者を出し、耕地に被害を及ぼしている。

同じ Luzon 島の東南にある、*Mayon* 火山 ($13^{\circ}15\frac{1}{2}'N$, $123^{\circ}41'E$, 2421m) は、1860年から、1947年の間に、31回の噴火が記録されており、平均4.9年に一度の割合で噴火を繰返している。この火山は山の型が美しいので有名であると共に、中心火口からの噴火活動で、熔岩を流出し、死者を出し、耕地に被害を与えて恐れられている。1897年の大噴火の際には、数百人の人々が死んだと云はれている。この火山も、要注意火山として、時々調査が為されている。そ



第 13 図 Philippine の火山

の他に、南から、

Ragang ($7^{\circ}40\frac{1}{2}'N$, $124^{\circ}31'E$ 2813m)

Canlaon ($10^{\circ}24'35''N$ $123^{\circ}08'E$ 2465m)

Bulusan ($12^{\circ}47'N$ $124^{\circ}03'E$ 1560m)

Banahao (14°04'N 124°29'E 2188m)

Cagua (18°13'N 122°07'E 1195m)

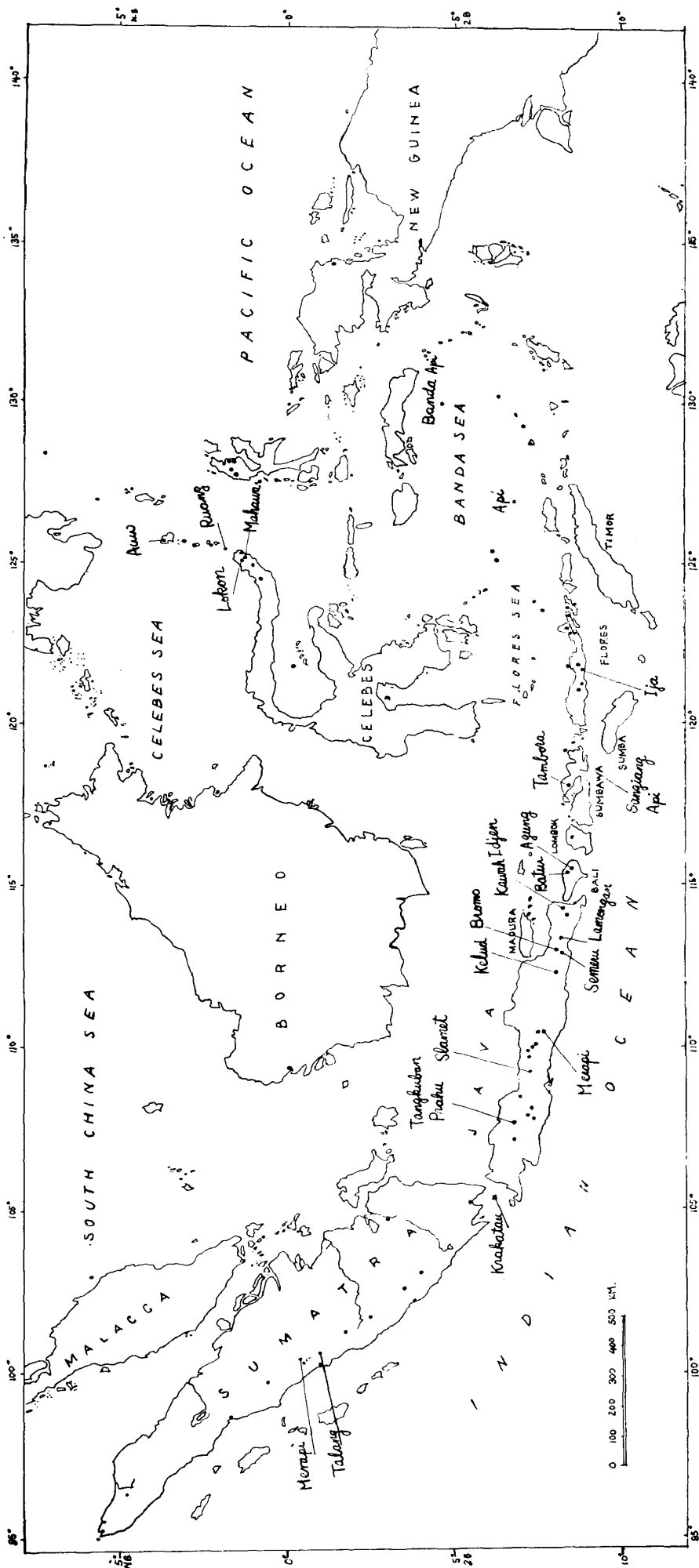
Didicus (19°04'N 122°11½'E 45m)

等の諸火山が、18世紀から今世紀にかけて噴火をした記載があるが、これ等の火山噴火では、人命には被害が無かった様である。

Philippine の火山の研究調査は、米国に依存して行はれていて、G.A. MACDONALD 等の報告があるが、国内では、G.A. ANDAL, B. YAMBAO, O. PENA 等の人々が、Taal, Mayon 等の火山を重点的に調べている。しかし、観測施設等も充実しておらず、火山活動の研究調査は、これからと云う段階にある様である。

II-3 Indonesia の火山

Sumatra, Java, Celebes 等の島々で成り立っている Indonesia は、すべてが火山で出来ていると云っても良い程火山の多い地方であって、活火山だけでも72を数えることが出来る。昨年(1963年)の3月17日、夢の島 Bali 島の最高峰 *Agung* 火山(8°21½'S, 115°30½'E, 3242m No.54 [この番号は、Indonesia 当局が、Indonesia にある全火山に番号をつけて区別している。])が噴火したことは、吾々にとって耳新しいニュースである。この噴火の際の熱雲のために約2千人の人々が焼き殺され、降灰等による被害は6万人と云はれ、島は全く廃虚と化してしまった。更に、ここの住民にとって不幸なことは、噴火の2日後に、この地方を大地震(震度6)が襲った。この地震は、しばしば火山噴火に伴って起こる火山性地震ではないことが、あとの調査で判明しているが、火山爆発と大地震が引続いて起こったため被害を更に大きくしてしまった。*Agung* 火山はその後5月16日に噴火している。一方同じ Bali 島では、9月5日にも *Batur* 火山(8°14½'S 115°22'E, 1717m, No.53)も噴火し、流出した熔岩で19の村落が荒らされ、約50人が死んだと新聞は伝えている。Bali 島の *Agung* 火山の噴火は1843年に起って以来のものであって、住民は、火山噴火の恐ろしさ等は知るよしもなかった様子で、Indonesia 地質局が、2月頃からこの火山の異変に気付き、立ちのきを勧告していたが、不幸にして多くの被災者が出てしまった。又 *Batur* 火山の以前の噴火は、1926年に起こっていて、直径10km以上の大きなカルデラ(一般に火山に於て、その山体に比して著しく大規模な火口状の窪みを称している。以下略〔地学辞典〕)内にあった部落は、熔岩の流出によって埋もれてしまった。以上は今年起こった Indonesia に於ける、吾々に知られている火山災害であるが、Indonesia では、毎年のように、方々で火山が噴火し、大小の災害をもたらしている。ちなみに Indonesia 地質局火山課の報告(Bulletin of Volcanological Survey of Indonesia for the period 1950-1957, by D. HADIKUSUMO, 1961発刊)を見ると、1950年から1957年の間で、1950年に7個、1951年に8個、1952年に11個、1953年に10個、1954年に5



第 14 図 Indonesia の火山

個、1955年に3個、1956年に6個、1957年に5個の火山が噴火している。従って、Indonesia に於いては、火山活動に伴う災害は非常に多く火山活動の調査研究も他の東南アジア諸国に比して、よく実施されている。Indonesia に於いては、オランダ領有時代は、主にオランダの火山学者によって火山の研究が為されていた。(R.W. VAN BEMMELEN, NEUMANN VAN PADANG. E. STEHEN (ドイツ人)等) 火山の調査研究の機関としては、Djawaton Geologi (インドネシア地質調査所1850年設立) の中の鉱山局に火山部が1920年に設置されている。しかし、第2次大戦によって中断され、その後の混乱期を過ぎて、種々の施設も無くなってしまったので、1950年頃から再建設の段階に入ってきた。1961年のIndonesia 当局の報告によれば、1958年迄に、7個所の主要火山の近くに観測所をもうけ、その一部には地震計等も置いて、常時観測を行っており、各観測所では、火山の目視観測を行い、無線又は有線電話にて、異変を連絡出来る様になっている。

以下に主要火山を監視するための観測所を記述すると、次の様になる。Sumatra 島の中部にある、*Merapi* 火山 ($0^{\circ}22'47''S$, $100^{\circ}28'16''E$, 2891m No.9), Java 島の西にある *Tangkuban Prah* 火山 ($6^{\circ}46'S$, $107^{\circ}36'E$, 2084m No.25), Java 島の中央部にある *Merapi* 火山 ($7^{\circ}32\frac{1}{2}'S$, $110^{\circ}26\frac{1}{2}'E$, 2911m No.41) は Indonesia に於ける最も恐しい火山であって、熱雲をしばしば放出し、多大の被害を与えている、しかもこの地方は人口密度も高いので、重視して、この火山を囲んで、6ヶ所の観測所 (Babadan, Krindjing, Ngepos, Plawangan, Selo, Djrakal) を作っており、熱雲の監視をしている。又 Wiechert 地震計による常時観測を Babadan, Plawangan (火口から、5.5km と 4.5km 離れた位置にある) 観測所で行っている。これ等の6つの観測所は、Jogjakarta の町にある Merapi 中央観測所と電話連絡がとれる様にしてあると共に、大きな噴火の場合に被害が生じることも考えて、他にも、Kedu, Surakarta にも連絡所が作られている。SURYO は Merapi 観測所の所長であって来日したこともある。

Java 島の東部にある *Kelud* 火山 ($7^{\circ}56'S$, $112^{\circ}18\frac{1}{2}'E$, 1731m No.45) には Margomuljo (火口より数 km 西) とカルデラの近くの Lirang 火山とに観測所があり、Stehn 型の地震計 (今村式を改良したもの) がある。この火山の災害は、火口湖の水と混った泥流 (多量の水分を含んで火山の側斜面を流下する種々の火山碎屑物の一団、或はそれが凝固して生じた岩石。成因は種々ある。火山の噴火の際、火口から抛出された火山灰が、火山の上空に於いて生じた水滴と混じて、熱泥となって落下し、地表にある種々の岩屑を伴って山側を流下する。これは雨水によって生ずる泥流である。この他に、火口湖を有する火山が爆発すると火口湖が欠壊して泥流を生じ、雪に蔽はれた火山が爆発すると抛出された高熱の物質が雪を溶かして泥流を生ずる。又火山の地下水が泥流の原因をなすこともある。〔地学辞典〕) によるものが特長である。この災害防禦のために火口湖の排水トンネルを作って、噴火の度に溢れ出る水量を減らす工夫をしている。

同じく Java 島の東端にある *Kawah Idjen* 火山 ($8^{\circ}03\frac{1}{2}'S$, $114^{\circ}14\frac{1}{2}'E$, 2,386m, No.52)

にも、Stehn 型の地震計を、直径 1km 以上もある火口のふちに設置してある。

Java 島の東の *Semeru* 火山 ($8^{\circ}06\frac{1}{2}'S$, $112^{\circ}55'E$ 3676m, No.48) には、Wiechert 地震計をそなえた観測所がある。

次に、Flores 島の中部にある *Ija* 火山 ($8^{\circ}53'S$ $121^{\circ}38'E$ 637m, No.64) の近くの Nuabosi に観測所を置いていて、そこには、de Kroon 型の地震計がある。

Celebes の Manado 市の南にある、*Lokon* 火山 ($1^{\circ}21\frac{1}{2}'N$, $124^{\circ}47\frac{1}{2}'E$ 1579m, No.91) 及び *Mahawa* ($1^{\circ}21\frac{1}{2}'N$, $124^{\circ}51\frac{1}{2}'E$, 1331m No.92) 火山の両火山の監視のための観測所が、火山麓の Kakaskasen 及び Kajawu の町にある。両所とも de Kroon 型の地震計があるが、種々の事情で、常時観測が為されていない。この他に、

Talang ($0^{\circ}58'42''S$, $100^{\circ}40'46''E$ 2597m No.11) Sumatra 火山中央部西海岸にある火山で、1876年噴火をしているが、1952年、火山地震等の異状変化をみとめたので調査に出かけ一時、地震観測も行っている。

Sangiang Api 火山 ($8^{\circ}11'S$, $119^{\circ}03\frac{1}{2}'E$, 3950m No.57) 1953年に活動をしたので調査をしている。1955年以降は静かである。

Banda Api 火山 ($4^{\circ}31'30''S$, $129^{\circ}52'17''E$, 658m No.82)

近年の活動は熔岩流をともなう噴火があった。

Api 火山 ($6^{\circ}38\frac{1}{2}'S$ $126^{\circ}39'E$ 282m No.83)

1699年噴火があった。

Ruang 火山 ($2^{\circ}17'N$, $125^{\circ}25\frac{1}{2}'E$ 714m No.88)

19世紀によく活動をしていて、1940年頃から時々活動をしている。1952年に火山地震が起ったので調査をした。その後変化はなかった。

Awu 火山 ($3^{\circ}40'N$, $125^{\circ}30'E$, 1320m, No.85)

19世紀の噴火では死者を出している。1952年7月、異変があったので調査をしている。口湖の温度が $45^{\circ}C$ であったのが7月に $61^{\circ}C$ 上昇したので、一時住民を退去させたが、その後8月には $41^{\circ}C$ にもどったので、住民を元にもどしている。

等の諸火山には、監視員を山麓に居いて、遠方から火山活動の異状を監視させて、中央局に通知させる様な方式をとっている。又 *Krakatau* 火山 ($6^{\circ}06'S$, $105^{\circ}25'E$ 132m, No.18) についても観測隊が出かけて調査が実施されている。

そこで、多くの活火山の中から、Indonesia 当局が重要視している。上記諸火山を選んでその活動の様式や、過去の被害の実情を簡単に記述しよう。

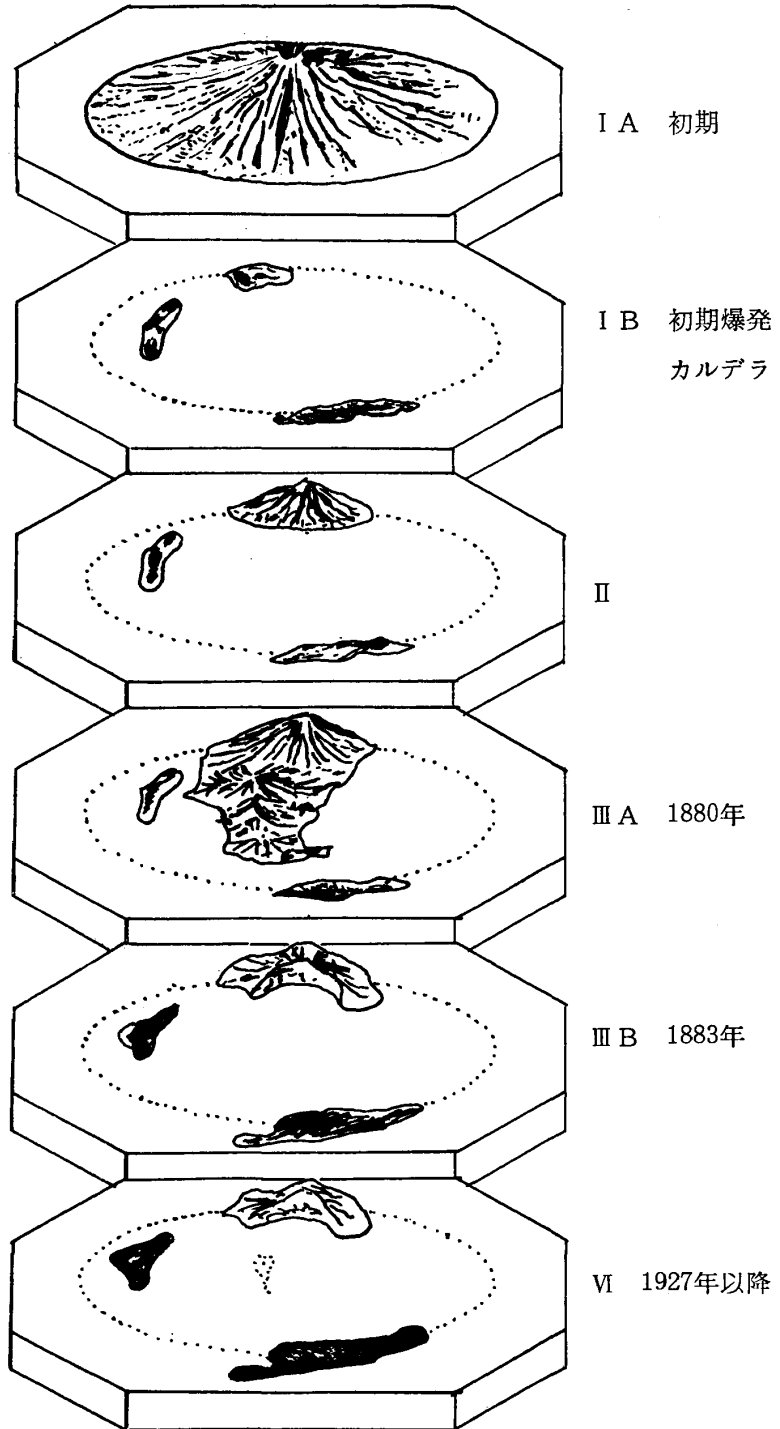
Merapi 火山 (Sumatra)

Merapi と云う名の火山は、日本の焼山や焼岳の様に Indonesia では方々に同じ名の火山が

ある。Sumatra 島の中央部の Merapi 火山の噴火の形式は、火山弾と火山灰を放出して、一般に噴火の期間は短い、しばしば活動するのが特長である。1958年（1950—1958年の間の火山活動は、インドネシア地質局の報告〔1961〕それ以前のは、Catalogue of the Active Volconoes of Indonesia によって知ることが出来る。）迄小活動を続けている。

Kraka tau 火山

Sumatra と Java の間にある火山で、現在活動中のものは、Anak Krakatau と呼ばれる。この火山の1883年から1884年にかけての大噴火は歴史的にも有名である。Krakatau 火山はもっと以前には、成層火山であったが、大噴火によって大きなカルデラが出来、その後にカルデラ内に高さ 800m の島が出来た。1883年 5月20日からこの火山は活動を開始し、灰や蒸気は 11km の高さ迄昇り、爆発音は 200km の遠方迄聞こえたといわれている。この年の 8月26日には、噴火活動は頂点に達し、噴火は翌日迄続いた。この時の爆発音で 10h02m と 10h52m のものは、Singapore や Australia でも聞こえた。この噴火によって抛出された、軽石や火山灰は 70~80km の高さに昇り、2年間にわたって地球を数巡した。降下物は、83万平方呎の面積をおおった。又爆発によって発生した津浪は 20m の高さとなり、Sunda 海峡や Java 島の北西部を襲った。又、



The history of Krakatau acc. Escher
第 12 図 Krakaton の火山の歴史

爆発の際の微気圧波や、津浪は全世界に伝はった。火山は、8月28日には、元の静けさにもどったが、この噴火のために36,417人の犠牲者が出た。その後、44年の沈黙の後に1927年の噴火で、現在見られる Anak Krakatau が出来上って、今日迄、間断なく噴火を続けている。1952年には、火山調査隊が出かけている。(第12図参照)

Tangkuban Prah 火山

Java 島の西、Bandung 市の北方 3km の位置にある火山で、Bandung 市には地質調査所がある。この火山の噴火活動で1950年が最近のものである。1846年の噴火では熔岩流のために被害があり、死者も出ている。

Merapi 火山 (Java)

熱雲を出すことで有名な火山であって、Indonesia 当局も特に重視している火山である。噴火史を見ると、1800年以降でも活動をした年は1957年迄実に62回もあり、このうち熱雲を抛出したのが30、人災のあった年12、で、非常に活動的であることがわかる。古くは1006年の噴火で、数千人が死亡し、有名な Borobudhur の遺跡はこの噴火で埋められたものである。近年では1930年に出た熱雲は、山頂から 13km 西方の地点迄達し、数百人の生命を奪っている。Merapi の観測所では肉眼及び望遠鏡による観察や、地震計、傾斜計の他に thermo contact を使って、温度上昇によって、大規模の熱雲の来襲を予想する方法がとられている。来襲が予想されるときには、直ちに危険地区を指定して、避難命令が出される様になっている。近年の観測成果としては、1957年の噴火の際には、4時~5時に頂上部で熱雲を生じたことを Thermo Contact でとらえ6時に警報を出して住民を退避させ、11時に襲った大規模な熱雲から救った。(種子田 Volconoes in Indonesia Merapi and Kelud)

火山の内部活動を知る有力な手がかりとなる火山微動の大きさは、1958年の観測では、阿蘇火山と比較すると10~100倍となっている。この年は Merapi 火山としては比較的静かな活動をしていたのであるので、如何に、内部に蓄積しているエネルギーが大きいかが推察出来る。

Kelud 火山

Kelud 火山の噴火はごく短期間しか続かないが、噴火に伴って、火口湖 (Kelud 火山の火口湖は約 $38 \times 10^6 \text{m}^3$ の水をたたえている) の水が一時に溢れ出し、これが泥流と化して、山体を降下し、麓の村々に被害を与えて来た。近年では1919年の噴火の際の泥流は131平方軒の面積をおおい、104の村落と5,110人を埋めてしまった。Indonesia 当局では、2つの観測所をもうけて、地震計観測を行うと共に、火口湖の温度変化等も調べて、火山活動の異状を知る様にしている。又一方では、前述の如く、排水トンネル (1928年完工) を作り、火口湖の水量を減らす様にしている。このため1951年8月の噴火の際には、泥流は生ぜず被害は、火口附近に止った。排水トンネルは火口の西側に7本作られ、更に地震観測用のトンネルも作られている。

(種子田, Merapi 火山と同じ)

Bromo 火山 (7°56½'S, 112°57'E 2329m No.47)

Java 島の東にある有名な Tenger カルデラの中央火口丘の1つであって、今も活動を続けているが、熔岩を流したことはない。Tenger カルデラの直径は 10~11km で、大きなカルデラの1つに数えられている。

Semeru 火山

Bromo 火山の南側にある、Java 島の最高峰であって、19世紀には盛んに活動をした。最近、1950年から活動を始め、1952年から熔岩の流出を伴う噴火が続き、現在も活動を続けている。1950年の7月頃から、鳴動や地鳴が続き、強い爆発音を感じる等の前兆現象があったので、当局はこの火山の調査を開始した。この火山は度々の噴火でドームが出来たりして山容が種々変化している。1952年から Besuksat で、又1957年からは Sawar で Wiechert 地震計で観測が続けられている。

Lamongan 火山 (7°59'S, 113°20½'E 1668m No.49)

19世紀に盛んに活動した火山であって、火山弾や火山灰を噴出し、しばしば熔岩を流した。現在は全く静かである。

Kawah Idjen 火山

Java 島の東端にある火山であって、火口湖の中からの噴火が、1796年、1817年、1917年、1936年等に起こった。1817年の噴火では泥流を流し災害をもたらした。1952年4月22日、この火山が噴火したが、1953年には次第におさまり、1957年以降は異変が無い。しかし地震観測は引続き実施されている。

Ija 火山

Ija 火山は18世紀によく活動をした。1953年8月に活動を開始し、Naubosi の観測所で火山活動を監視している。

Tambora 火山 (8°15'S, 118°00'E, 2851m No.56)

Sumbawa 島の Sanggar 半島にある火山であって、1815年4月5日に大爆発を起こした。この爆発音は 1400km の遠方迄聞こえ、火山灰は Sumbawa 島のみならず、Bali や Java の島々に降り、4月10~12日の噴火は特に烈しく、爆発音は 1700km の遠方でも聞かれた。又降灰のため、500km 遠方の Madura 島でも真っくらになった。抛出物質の容積は、推定する人によってまちまちであるが、150~30km³ となっている。この噴火のために、直径 6,000 m、深さ 700m の巨大なカルデラが形成され、4,000m 級の山が 2850m になってしまった。この頂上部の爆発の振動は Surabaya (500km) Banjuwazi (390km) の町でも感知された。大噴火の期間に死者 1 万人、その後の降灰の災害のために、Sumbawa 島で 3 万 8 千人、Lombok 島で 4 万 4 千人の餓死者が出た。以後も何度か噴火が続いたが、最近の活動として

は、1847～1913年の記録があって、以後は静かである。

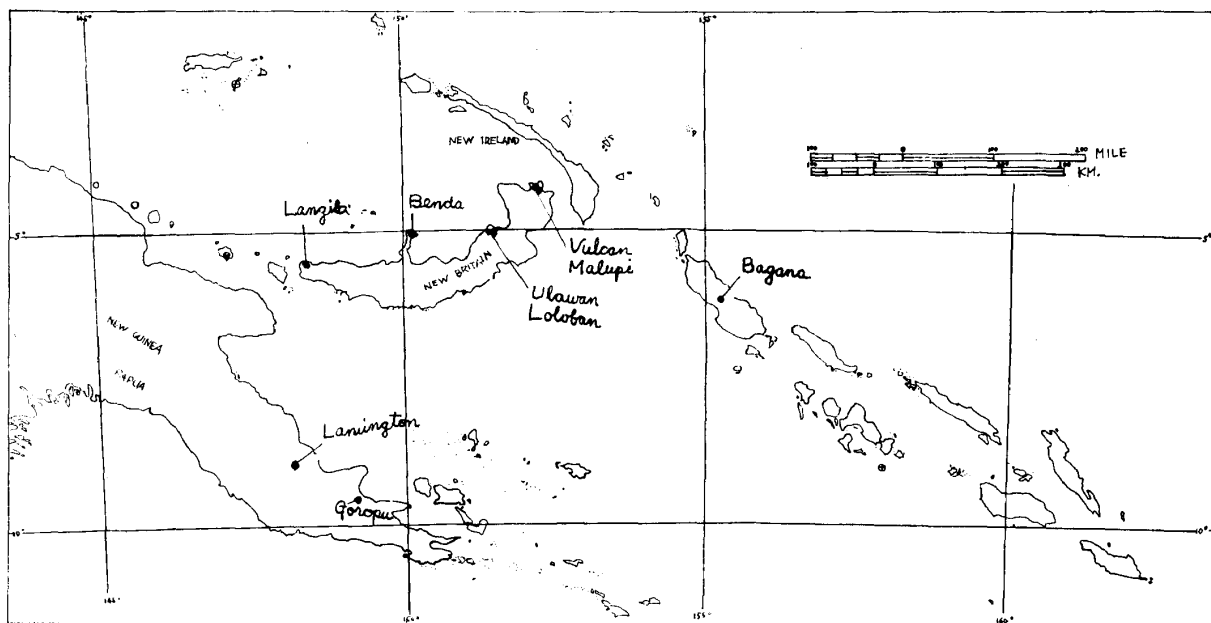
Celebes 島の北部 Manado 市の南に *Lokon* 火山と *Mahawa* 火山 とがあり、この両火山監視のための観測所があることは前述した通りであるが、*Lokon* 火山は *Empung* と *Tompaluan* と名づけられた火口があり、1800年以前には、*Empung* が活動し、その後の活動は *Tompaluan* に移動している。そして最近の活動は1958年に一年中続いてあった。又隣接している *Mahawa* 火山は、1904年に噴火して以来静かであったが、1958年7月12日に噴火している。被害は10人が熱泥のため負傷し、一人が家屋の破損のため死んでいる。Indonesia 当局は、この両火山の調査を1951年頃から実施していた。

以上述べた如く、Indonesia に於ける火山活動は、他の地域に比して大規模であって、噴火の形式も種々の形のものがある、又、噴火による災害も甚大であった。火山活動の調査は、*Merapi* 火山、*Kelud* 火山等の重要視されている火山は別として、他の火山は、前兆地震を感じたり、噴気の変化等の異変の通知を受けて調査に出かけている様子である。

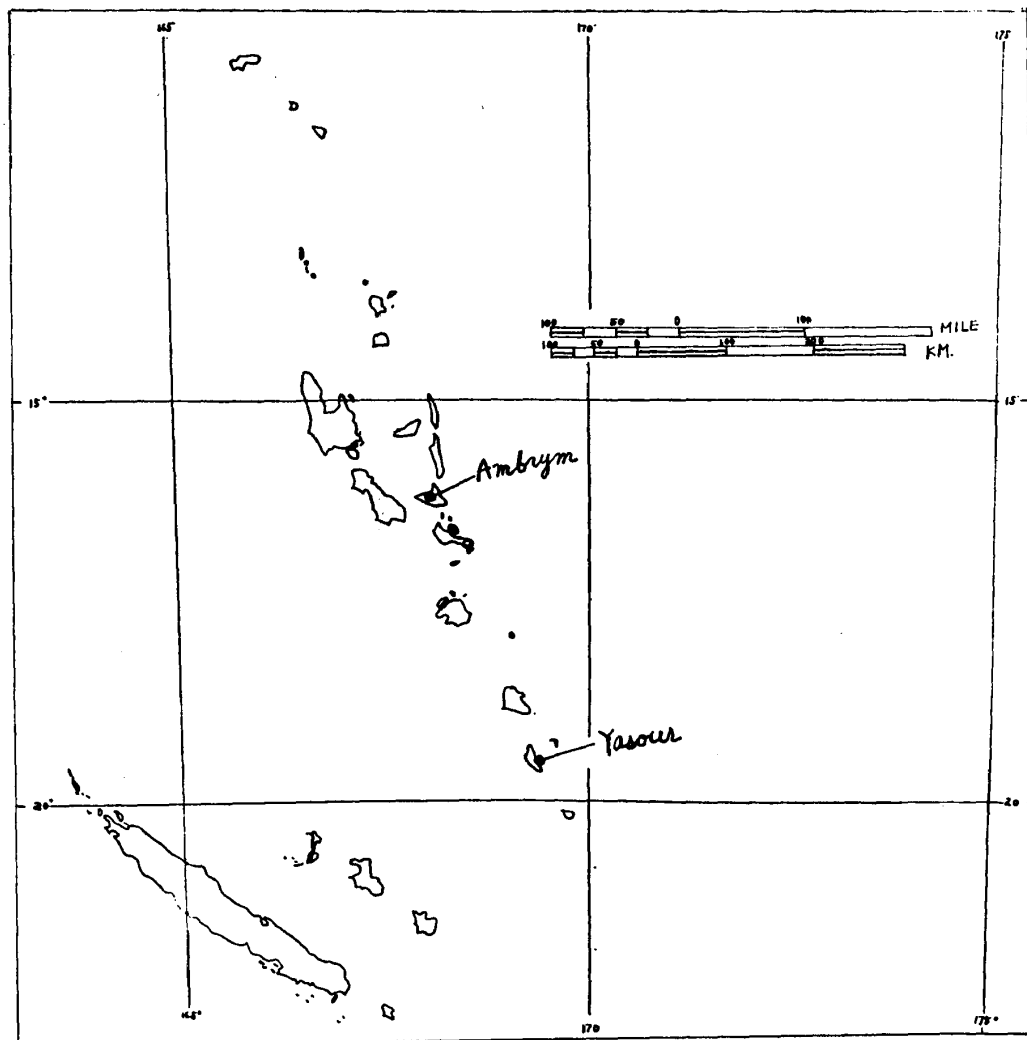
火山地帯の温度変化は、比較的容易に測定出来るので、方々の火山で測定されている様であるが、この地方の火山をよく調べている NEUMANN VAN PADANG は、火口周辺の温度の上昇は、火山噴火と直接結びつくものではないとの結論を述べている。従って、後述する如く、火山噴火の前兆現象を調べるには、火山地帯の地震、微動の頻度や、地殻変動を知ることが必要ではなからうか。

II-4 Melanesia の火山

Papua-New Guinea, Solomon, New Hebrides 群島を含む地域には、多くの活火山及び火山



第 15 図 Melanesia の火山 (I)



第 16 図 Melanesia の火山(Ⅱ)

島が点在するが、これ等火山の活動の記載としては、古いものは無い。活火山の分布は、Admiralty 群島(1), New Guinea の北の島々(6), New Britain 島(9), Papua 及びその近くの島々(3), Solomon 島(3), Santa Cruz 群島(1), New Hebrides 群島(6), Matthew 島(1)となっている。

この地方の火山の調査研究は、N.H.FISHER, G.A.TAYLOR 等によって為され、又火山観測所は New Britain 島の Rabaul 市の北方にあって、Rabul 火山群の活動監視のため、1951 年に再建設された。(第 2 次大戦中には、現気象庁、木沢博士が地震観測を Wiechert 地震計で実施していた。) 観測計器としては、Benioff 型の地震計と傾斜計がそなえてある。更に New Guinea-Papua, New Hebrides 等の地方には火山監視員を置いて、異変を火山監視所に連絡出来る様な組織になっている。

Rabaul 湾は南北 15km, 東西 10km の一大カルデラで囲まれていて、このカルデラを囲んで

Vulcan 火山 (4°16'15"S, 152°10'00"E 226m)

Matupi 火山 (4°14'15"S 152°12'50"E 229m)

Rabalankaia 火山 (4°13'15"S, 152°12'10"E 120m)

Sulphur 火山 (4°13'15"S 152°11'20"E 24m)

の火山群がある、これ等の火山活動は、

Vulcan 火山 1878年1月から2月にかけて大爆発をして、大量の灰と碎石物が抛出されて、*Vulcan* 島を形作った。続いて1937年5月29日に、連続的な地震に引続いて、大爆発を起こして、現在の *Vulcan Crater* を作った。この噴火は4日間続き、数ヶ町村に被害を与え、505人の住民を殺した。現在は活動を停止している。

Matupi 火山 1878年はっきり記載されている噴火があったが、続いて、1937年5月30日 *Vulcan* 火山の噴火におくれること21時間後に噴火した。このときは1人の死者を出した。又1941~42年にかけて再び噴火をした。

Rabalankaia 火山と *Sulphur Creek* 火山は共に噴火の記録はない。

New Britain 島には他に、活火山としては

Langila 火山 (5°31'30"S, 148°25'00"E 1189m) があり、19世紀の終り頃噴火したが、1954年5月にも噴火していて、これが1955年迄続いた。この火山では1952年頃から異変に気付いたので注意されていた。

Benda 火山 (5°03'20"S, 150°06'30"E 320m)

1923年噴火して、住民を殺し、住居にも被害を及ぼした。

Ulawan 火山 (5°02'40"S, 151°20'15"E 2300m)

1915年に噴火している。

Loloban 火山 (4°55'40"S, 151°10'15"E 2100m)

1905年に噴火している。

がある。

Papua には *Lamington* 火山 (8°56'30"S, 148°10'15"E 1780m) がある。1951年1月15日頃から活動が判った。そして、数日前からの火山微動に引続いて、21日の10h40mに大爆発が起こり、熱雲を抛出した。この結果6~7マイル四方は完全に荒廃し、周辺の住民(3,000人)全部を殺した。1952年から1956年にかけては、火口にドームを型成した。*Lamington* 火山の噴火は、この地方に於ける近年最大のものであった。又 *Goropu* 火山 (9°00'34"S, 149°04'30"E 540m) がこの東にある。1943年から1944年にかけて大噴火をしている。

Solomon 群島では、*Bougainville* 島の *Bagana* 火山 (6°08'40"S, 155°11'20"E, 1702m) があって、最も活動的な火山で、しばしば噴火をし熱雲を抛出している。近年の噴火は、1948~53年にかけて行っている。

New Hebrides 群島に於ては、*Ambrym* 火山 ($16^{\circ}15'00''S, 168^{\circ}5'00''E$ 1334m) がよく活動をする。1935年頃から引続いて噴火が起こり、熔岩の流出等もあった。又 Tanna 島には *Yasour* 火山 ($19^{\circ}31'00''S, 169^{\circ}25'30''E$ 350m) があり、1774年、Captain COOK がこの島の噴火を知って以来引続いて噴火している。1959年には、フランスの C.BLOT 及び H. TAZIFF が火山微動の観測をこの島で行っている。又 New Hebrides 群島の火山については、C. BLOT (New Caledonia のフランス海洋研究所) が調査研究を実施している。

更に Kermadec 群島中には 3, Tonga 群島中には 11, Samoa 群島中には 4, の火山島及び海底火山が存在する。しかし、すぐ近くの Fiji 群島中には活火山は見られない。

II-5 火山噴火予知および災害防禦

火山の大噴火、ことに長期間、活動が停止していた後に起こった噴火の前には、地震や微動が頻発して、火山自身が噴火を予告してくれる。前記の諸火山の活動史を見ても、この事実があることがよくわかる。火山の噴火は、火山内部に長い期間にわたって、除々にたくわえられたエネルギーが一時に放出される現象であって、噴火の前に、ある過渡現象があると予想される。この過渡現象が、噴火前に起こる、火山地震や微動、或いは火山地帯の地殻変動である。これ等の現象を精査することによって、火山の噴火の時期、位置、規模等を予測することが可能であると考えられる。

吾が国に於ける、火山物理学の研究は、阿蘇火山に京都大学が1928年に、又浅間火山に東京大学が1933年に夫々研究所を設置して以来軌道に乗り、着々と成果が挙げられて来た。両観測所は共に、地震計観測を主体として、他に、傾斜計、水準測量等による地殻変動の常時観測を行って、火山噴火の前駆現象を解明して来た。

阿蘇火山では、佐々憲三博士が、噴火に先立って起こる火山性微動振巾の特異的变化があることを1928年から1933年迄の大活動期の観測で見出し、火山噴火の予知が可能であることを発表された。火山性微動は、火山体内部にあるマグマ中でのガス爆発で発生する特殊の地動であって、性質を異にする4種のものが見出されている。火山性微動振巾の特異的变化と云うのは、振巾が急増し、暫く極大値を保ち、減少を開始し、その後或る時間を置いて噴火する変化である。火山性微動振巾の減少は、火口底下にエネルギーの突破口が出来つつあることを意味するので、噴火の時期の近づいたことを暗示している。この変化は噴火の大小にかかわらず出現する。最近の1963年11月17日早朝の阿蘇中岳の小噴出の場合にも現はれており、11月13日午後から振巾増大が開始した。11月13日夜に異変を通報し、翌日から警報が出されている。

一方、浅間火山に於いては、火山性地震 (B-型地震) の頻度の計算から、噴火を予知する方法を水上武博士が長年の研究結果から出された。又、有珠火山の側火山として生れた (1943年~1945年) 昭和新山の生成過程に於ける、水上博士の地震観測の結果から、火山性地震

は、次第に噴出口に集中して来ることが確められている。

先年、箱根地方（1959年9月～1960年4月）や、霧島地方（1961年3月）で地震が群発して、噴火するのではないかと心配された。しかし、水上、佐々等の地震観測の結果、この地震は深い所で起こっていることが判り、噴火の危険性のないことを予測した。果して、地震はしばらくしておさまった。近年、地震や微動を観測するための常時観点を、活動火口を囲む幾つかの地点に作り、この観測データを同時に、無線（阿蘇山）、有線（浅間山、桜島）で中央観測所に集め、火山活動の消長を的確に知る方式を用い、成果が挙がりつつある。最近気象庁では、日本の主要活火山の観測方式にこの方法を取り入れる計画が立てられている。又、火山噴火の前駆現象をとらえる、有力な観測方法は、傾斜計、伸縮計等による地殻変動の常時観測と、永年にわたる水準測量である。一般に噴火の前には、火山内部でのマグマの上昇のために、噴火口周辺の地殻の上昇を伴う。地殻の上昇は必ずしも噴火口を中心としない場合もあるが（桜島）噴火の前に、地殻変動があることが、阿蘇、浅間、桜島の諸火山で観測されている。昭和新山が出来た場合の地殻変動は、道路、鉄道をつけかえねばならぬ程大きいものであった。

以上は吾が国の例であるが、他の国々では未だ観測施設も充実していない現状なので、1962年の国際火山学会（この学会の主テーマは火山噴火予知の問題であった。）でも、ハワイ火山を除くと他には具体的な例は報告されなかった。一方 Indonesia に於いてはⅡ-3の Merapi, Kelud 火山で述べた様に、噴火予知と云うよりも、噴火が始まって後の災害防禦の面で効果的な方法がとられている。（Merapi 火山では熱雲の監視、Kelud 火山では泥流の防禦）

火山の噴火予知は、地震の予知と同じ様に時、所、規模の三者を同時に決めなければならない。火山の場合、場所、規模等は、前兆現象で大凡見当がつくが、時の問題は、各火山に固有の特性があるので、夫々の火山について、十分な観測資料が集積した後でないと決め難い。

吾が国に於ける噴火予知の問題は、2つの異質なものがある。一つは、火口周辺に密集する観光客や登山者の為のものであり、他は、火山周辺の住民の為のものである。後者は、大きな噴火だけを予知すれば目的は達せられるし、又、災害防禦の面でも、噴火を始めて、これが拡大する迄に時間的余裕があるので、警報が間に合う。しかし前者の場合は、ごく小さな噴出でも被害が出る可能性があるので、火山が活動期に入ったら、警戒をせねばならない。

Ⅱ-6 あとがき

本文を作るに当り、筆者等は東南アジアの火山を訪ねたこともないので、専ら文献にたよって記載した。従って、多くの見落としや、誤もあると思う。何れ機会があったら訂正をする予定である。以下に参考にした文献の主なものを付記しておく。なお、貴重な文献をお借し下された、気象庁、末広、諏訪両技官及び、九州大学、種子田博士に厚く御礼申し上げます。

Catalogue of the active volcanoes of the world including solfatara field

- Part I. Indonesia,
by M. Neumann Van Padang 1950
- Part II. Philippine Islands and Cochin China
by M. Neumann Van Padang 1953
- Part V. Melanesia
by N.H. Fisher 1957
- Part XIII Kermadic, Tonga, and Samoa
by J.J. Richard 1962
- Part XI Japan, Taiwan and Marianas
by H. Kuno 1962

Bulletin Volcanologique

- Note on the volcanological observatory at Rabaul
by N.H. Fisher Tome 7 1940
- Report on the volcanic activity and volcanological reseach in Indonesia during the
period 1936~1948.
by R.W. Van Bemmelen Tome 9 1949.
- Übersicht über die vulkanische Tätigkeit 1941~1947.
by G. Hantke Tome 11 1951.
- A preliminary report on the recent eruption of Hibok-Hibok volcano, Camiguin
Island, Philippine.
by Philippine Geodetic and Geophysical Institute Tome. 12, 1952
- Übersicht über die vulkanische Tätigkeit 1948-1950
by G. Hantke Tome 14 1953
- Volcanological observations. Mt. Lamington 29th May 1952.
by G.A. Taylor Tome 15 1954.
- Übersicht über die vulkanische Tätigkeit 1951-1953
by G. Hantke Tome 16 1955
- Nueé ardentes of the 1948~53 eruption of Hibok-Hibok.
by G.A. Macdonald & A. Alcaraz Tome 18 1956
- Review of volcanic activity in the territory of Papua-New Guinea, the Solomon
and New Hebrides Islands 1951~53.
by G.A. Taylor Tome 18 1956.

- Übersicht über die vulkanische Tätigkeit 1954-56
by G. Hantke Tome 20 1959.
- Prediction of volcanic eruption Aso and Sakurazima and Some related geophysical problems.
by A. Kubotera & K. Yoshikawa Tome 26 1963

Bulletin of the volcanological Activity of Indonesia

- for the period 1950-1957.
by H. Hadikurumo 1961
- for the year 1958.
by Surjo 1961

The Volcano Letter

- Hibok-Hibok volcano, Philippine Islands and its activity since 1948.
By A. Alcaraz, L.F. Abad & J.C. Quema No.516 1952.
- Philippine volcanoes during 1953 and early 1954.
By G.A. Macdonald & A. Alcaraz No.523. 1954.

Mem. Coll. Sci. Kyoto University.

- Micro-Seismometric study on eruption of volcano Aso.
by K. Sassa Vol.XIX 1936.
- Volcanic-micro tremors and eruption-earthquakes.
by K. Sassa Vol XVIII 1935.

火 山

The study of eruptions and earthquakes originating from volcanoes. (I), (II)

by T. Minakami et al. 1959.

天文と気象

- Volcanoes in Indonesia Merapi and Kelud
by S. Taneda Vol.26, No.10. 1960
- 火山報告 昭和36年 1～3月 気象庁 1961
- 地学辞典 加藤, 渡辺 1935

結 び

以上第1部・第2部において東南アジア地域における過去の地震活動と火山活動との様相を述べた。これらからわかるように、この地域は日本と同様、いやそれ以上に天災地変の激しい場所であることが了解されたことと思う。これらの災害の発生を予察し、その損害を軽減する

ための日本からの技術援助の必要性も充分理解されたことと思う。具体的にはこれら諸地域の専門家達とよく話し合った上で、どの場所にどの様な目的の観測所を設けて、日本との協力の下に、地震火山の本質的な研究を進めると共に、それらの発生の予知にまで発展させなければならない。たとえば、まず第1の段階として、地震活動に対してはそれぞれの国に1カ所から3カ所程度の地震観測所（微小地震・地磁気変化の研究を目的とする）を設け、火山爆発の問題については活動の激しい数個の活火山に火山観測所（火山爆発予知の研究を目的とする）を設けて、研究を開始することが緊急事である。それらに設置する諸計器は出来れば日本で製作したものを貸与し、現地において技術者を養成し、永年に亘る観測の管理はそれぞれの国の専門家が当たるという方式が一番適当であると考えられる。これに似た方式で、地殻変動観測による地震予知の研究を中南米の諸国と日本との協力の下に本年夏から現地において開始する予定である。（1964— I —21）

東南アジア研究センター常任委員西村英一博士は、本稿欄筆の後間もなく、病俄かに重く、3月19日遂に永眠されるに到った。親しく博士の教えを受けた者の一人として、まことに哀惜の念に堪えないものがある。

博士は昭和6年3月本学理学部地球物理学科を卒業、爾来33年間終始地球物理学教室にあって、研究の発展と後進の指導に専念された。その間の博士の研究分野は極めて広く、測地学・地震学・火山物理学・地球磁気学の諸分野にわたっており、ここにくわしく述べるべき紙数を持たないが、常に卓越した視野のもとに数々の輝かしい業績を発表されたのであった。昭和20年3月助教授次いで26年10月教授に昇任されたが、戦後における博士の活躍は、研究及び教育両方面においてまことに目覚ましいものがあった。その中でも、夙に佐々憲三現京都大学名誉教授との協力のもとに始められた地殻変動の観測・研究は、現在地震予知研究グループによって、地震予知の最有力な方法の一つとして全国的規模において推進されつつある地殻変動研究の母体となったものであって、もって博士の卓見を知るべきであろう。又最近においては、国内のみならず、国際的協力研究の必要性を説き、昭和37年には自ら中南米諸国に赴いて地震及び地殻変動の共同観測実施を約し、最近では東南アジア諸国開発援助の一環として、同地域の地震・火山の共同研究を計画されていた。思えば本稿が博士の遺稿となったわけである。

このように、博士は京都大学のみならず日本の地球物理学界の指導者の一人として、今後の活躍が期待されていたのであり、今博士を失なったことは惜しみてあまりあることと云える。以上小文を草し、以て心から博士の御冥福をお祈りするものである。

（岸本兆方記）