ニュージーランドにおける第四紀研究の一断面

——旧汀線の研究を中心に——

太 田 陽 子*

Quaternary Studies in New Zealand with Special Reference to the Study of Sea-Level Records

Yoko OTA*

In this paper, first, recent trends of Quaternary studies in New Zealand and their background are briefly reviewed. New Zealand is characterized as a mobile belt since Neogene and the present rugged landscape has been produced under the influence of the active tectonic movements which have continued to the Recent. Volcanic activities and repeated severe glaciations have also produced their peculiar topographies and sediments, and supplied abundant airfall deposits as volcanic ash and loess which were very useful as key beds for Quaternary chronology. Fig. 1 shows the principal influences on sedimentation during the Quaternary, and post-glacial tectonic regimes after SUGGATE, 1973 and LENSEN, 1975. (A: coastline mainly influenced by eustatic sea level changes, B: individual volcanic centres, C: Taupo volcanic zone, D: main areas of early Quaternary subsidence, E: glaciated areas, F: shoreline in the late Otira glacial, G: principal axes of orogenic uplift). Reflecting such an environment, special attention seems to have been paid to studies on the neotectonics, especially on active faults, tephrochronology and paleoenvironments including paleopedology, paleoclimatology, palynology and glacial chronology as represented in Table 1.

The main part of this paper deals with the review of studies of sea-level records during the late Quaternary, with regard to the mode and rate of deformation and sea-level changes. Fig. 2 summarizes the height distribution of the last interglacial shorelines and their tectonic significance, after SCHOFIELD and SUGGATE, 1971, and other data. Figs. 3A-C show detailed data of the former shorelines after CHAPPELL, 1975, OTA, 1977 and SUGGATE, 1973. From these figures, remarkable differential uplift can be recognized, especially in the North Island. In the Bay of Plenty and Wellington areas (Figs. 3A, B-1 and B-2), progressive deformation during the late Quaternary is clearly noticed. Maximum rate of uplift reaches to approximately 1m/1,000 years. Height data of a series of raised beach ridges on the southern tip of the North Island led to the detection of the rate of uplift and tilting due to active folding in the Holocene as shown in Fig. 4 and Table 2 (WELLMAN, 1967 and others). Maximum uplift rate in the Holocene is 4m/1,000 years, which suggests an accelerated uplift in the Holocene compared to that in the late Quaternary.

The amount of uplift in the South Island is not so great as in the North Island, and the mode of deformation in the post-glacial seems to be different from that of the older ones.

The New Zealand sea-level curve during the last 10,000 years is shown in Fig. 5. Maximum post-glacial sea-level of a little over 2m dated at about 4,000 y. B. P. is inferred by SCHOFIELD and SUGGATE. Some other problems concerning the study of the former shoreline are also reviewed and discussed in this paper.

I. ニュージーランドにおける第四紀研究の特色とその背景

近の傾向を示す資料の一端である。Iは、1973年第9回 INQUA 大会における分野別論文数と、日本およびニュージーランドが占める比率、IIは、同年に出版された New Zealand Journal of Geology and Geophysics

表 1 は、ニュージーランドの第四紀研究における最

* 横浜国立大学地理学教室 Department of Geography, Yokohama National University.

表1 第9回 INQUA 大会の分野別発表数と、日本・ニュージーランドの占める割合 (I) および N. Z. J. G. G. の INQUA 特集号中の分野別論文数 (II)

I				II
Symposia				
	Total	N. Z.	Japan	
1. Early man and natural environment	36	14%	5%	
2. Boundaries of the Pleistocene	10	20	10	1
3. Loess	12	91	0	4
4. Tropical vegetation during the Pleistocene	7	0	0	
5. Neotectonics and seismotectonics	14	14	36	
6. Tephrochronology	14	46	22	9
7. Quaternary shoreline	18	6	6	2
8. The deep-sea Quaternary record	8	13	0	
9. Circum-Pacific glacial chronology	6	0	0	2
10. Till	4	0	0	
Sessions				
1. Geology and geomorphology	33	0	0	2
2. Quaternary climate	9	0	0	
3. Quaternary volcanism	7	0	19	
4. Paleolimnology	7	0	19	
5. Antarctic environments	5	20	0	
6. Quaternary maps and mapping	10	23	0	
7. Chronology and correlation of Quaternary events	24	0	8	
8. Palynology and paleoecology	10	20	0	4
9. Paleontology and paleoecology	10	0	10	
10. Paleotemperature, paleomagnetism and isotope dating	11	27	0	
11. Paleopedology	13	23	8	10

の INQUA 特集号中の論文を、便宜上、I と同じ分野別に区分したものである。また、1970 年に同国で開催された “Recent crustal movements” に関するシンポジウムの論文数 38 (Royal Soc. of New Zealand Bull. 第9巻に収録されているものによる) の中、ニュージーランドは 39% (日本は 8%) を占めている。

以上の数値は、同国で行なわれた国際会議や、きわめて限られた年代からの資料であるというような制約はあるものの、一応この国の第四紀研究の諸分野への関心の深さを知る目安とみることができよう。すなわち、火山灰編年学、古土壌・氷河の消長・古気候・花粉分析などを含む編年や古環境の復元、地殻変動などの研究に多くの関心がむけられているように思われる。このような傾向の生じた背景として、つぎのような自然環境が注目されなければならない。

第四紀におけるニュージーランドの自然の特色は図1 (SUGGATE, 1973a) によく表現されている。北は南緯 34 度、南は 47 度と、ほぼ中緯度に位する南北に細長い島国で、面積のわりに多様な気候地域をもつこと、新しい変動帯であって、起伏にとむ地形は現在も続いている地殻変動の産物であり、火山・地震も多いこと、などは日本列島とよく似ている。しかし、ニュージーランドでは、氷河の末端は現在も南島のサザンアルプスのふ

もと (南緯 42 度付近まで) の海拔ほぼ 300m という低位置まで達しており、氷期には現海面下まで達していたことはわが国と大きく異なる。したがってここでは海成段丘と氷期の堆積物との直接的関係が求められる。また、日本列島が海洋プレートの沈みこみに伴う “せばまる変動帯” に当るのに対して、ニュージーランドは、トンガ・ケルマディック海溝の南端に近い北島の北部のみがせばまる変動帯に位置づけられ、その他は、トランスフォーム断層としてのアルパイン断層系によって特色づけられる “ずれる変動帯” に当たっていることも、大きな差異の一つである。

ニュージーランドの第四系は、下部の Wanganui Series と上部の Hawera Series とに大別される。後者の中には、とくに氷期・間氷期の交代という気候変化とそれに伴う海面変化、および火山活動の記録を示す資料が多く含まれ、前述した諸分野の研究を生み出すことになった。ニュージーランドの第四紀編年、とくに中・後期の編年の基礎的な研究としては、北島では FLEMING (1953)、南島では SUGGATE (1965) の論文がある。これらの研究にその後の新しい研究を加えて編集されたニュージーランド第四紀地質図 (1973, 1: 1,000,000)、INQUA の大会にさいしてまとめられた “The New Zealand Quaternary” (1973)、前述の New Zealand

図1 ニュージーランドの第四紀を特色づける諸現象の分布 (SUGGATE, 1973 a に、海底地形を加えたもの。海底地形は New Zealand Atlas, 1976 による)。

A. おもにユースタティックな海面変化の影響を受けている海岸線, B. 火山, C. Taupo 火山帯, D. 第四紀前半のおもな沈降域, E. 氷河地域, F. 最終氷期 (約 20,000 年前) の海岸線, G. おもな隆起軸。

Journal of Geology and Geophysics の INQUA 特集号中の諸文献, FLEMING の論文 (1975) などは, ニュージーランドの第四紀研究全般についての現状を理解するのに好適である. 1975 年の Royal Society of New Zealand Bulletin, vol. 13 には, 第 9 回 INQUA 大会の発表中から 41 論文がのせられているが, この中に四つの総会講演が含まれており, それら (上述の FLEMING によるほかに, JONES, McCRAW, RAFTER によるもの) は, 第四紀のそれぞれの分野の現状と問題点を明確にしている. なお, RAFTER (1975) がくわしくのべているが, この国の年代測定は, おもに Institute of Nuclear Science において行われ, その結果は 1953 年以降は New Zealand ^{14}C Age Measurements として (FERGUSON and RAFTER, 1953), 1962 年以降は, New Zealand Radiocarbon Age Measurements (GRANT-TAYLOR and RAFTER, 1962) としてつぎつぎと資料が公表されつつある. また, 本年出版された New Zealand Atlas には, 各種の分布図のほか海底, 地震, 地質などに関連した小論文ものせられており, 第四紀の理解に役立つ.

氷期を含むニュージーランドの編年, 火山灰編年などについての紹介と問題点は町田 (1976) による別稿を参照していただきたい. 多様性にとむ自然の中, 変動帯であることだけは, ニュージーランド全域にほぼ共通する特色であると考えられ (SUGGATE, 1973a), じっさい活断層については世界的に評価されている多くのすぐれた研究が発表されてきた. 第四紀地殻変動の研究は, この国でもっとも魅力的なテーマの一つであると思われる. しかし, 活断層についてはこれまでにたびたび紹介されたことがあるので (松田・深尾, 1972; 太田, 1975, 1976), ここでは省き, 最近の地殻変動様式の地域差を示す図 (図 2 右下, LENSEN, 1975) をあげるにとどめる. 以下では旧汀線の研究の現状と問題点の展望を試みる.

II. 旧汀線の研究と問題点

II-1: 旧汀線研究に関する従来の総括

20 年ほど前に, GAGE (1953) は, ニュージーランドの旧汀線に関する研究を総括し, 問題点を指摘した. これにもとづいて旧汀線研究のおもな流れをみてみよう. 1924 年に HENDERSON がそれまでの諸研究をまとめ, ニュージーランドが第三紀以降, 一つの剛体としてまとまった動きをし, 差別的な変位は従属的なものにすぎないとした. 彼の引用した諸研究は, 概して個別的, 定性的で, 上記の結論を出すには十分なものではなかった

が, この総括が契機となって, KING (1930), JOBBERS (1928), KING and JOBBERS (1934) などによる広域にわたる海成段丘の研究が進められることになった. 彼等の研究は, 今からみると精度が劣るが, 当時の交通事情や地形図の精度を考えると評価に値するものであって, 今でも海成段丘の研究では必ず引用されている. KING らは, ニュージーランドでは差別的隆起が著しく, 世界的海面変化の研究にはほとんど寄与することがないと考え, 旧汀線の変形にもとづいて, ニュージーランドを 6 構造区にわけている. その後の各地での沢山の変位地形や地震時の変位の発見は, 基本的には上記の見解を支持している. したがって, 差別的隆起は局部的で重要ではないとして, 高度をもとにニュージーランドの旧汀線に対比した考え (COTTON, 1947) は, この国の地形・地質学者に受け入れ難いものであった.

GAGE (1953) は, ニュージーランドの旧汀線は, 一つには変形が著しいこと, 一つには観察・測定が不確かで統一的でないこと, などのために, 世界的海面変化との関係を追求しにくい, 比較的安定している北オークランドやオタゴ海岸での研究は, 海面変化の研究に貢献しうる可能性があると考えた. そのために海岸地形の記載に当っては, a) 不正確, 不統一な資料から生ずる混乱をさけるために同じ用語を用い, 同じ条件の地形を観察・測定すること, b) 問題とする地形高度が形成時に平均海面とどのような関係にあったかに注意すること, c) 現成のストームビーチと隆起した地形を区別すること, d) 海岸線と平行ないし斜交する軸をもつ緩やかな曲隆・傾動が予想される場合には, とくに密な間隔で高度を測定すべきこと, e) 絶対年代の資料をふやすべきこと, などを強調した. このような問題点を, 同じ時代での日本の研究史とくらべてみると興味深いものがある.

その後ほぼ 20 年間に, 後氷期段丘の年代資料, 地殻変動速度, 気候変化と段丘形成との関係などについて新しい研究の進展がみられたが, その他の点では, 20 年前と本質的には変っていない点も多いように思われる. 各地での段丘の形成史や時代論, 対比についてもわからないことが多く, 海成段丘の正確な分布や高度資料もそれほど増加していない. 氷河性海面変化の考えはかなり受け入れられるようになったが, 一方, 高度のみから, 形成史を考察することなくヨーロッパとの間氷期の対比をするような論文 (たとえば LEAMY, 1958; KEAR and WATERHOUSE, 1961) はその後もみられ, 問題を多くのこしている.

SCHOFIELD and SUGGATE (1971) は, GAGE (1953)

図 2 ニュージーランドにおける最終間氷期の旧汀線高度の分布 (単位は m. SCHOFIELD and SUGGATE, 1971 の総括に, CHANDRA, 1969 ; LEWIS, 1971 ; WELLMAN, 1971a, b ; CHAPPELL, 1975 ; OTA, 1977, による資料を加えたもの. Rising, Sinking, Insignificant の区分は SCHOFIELD and SUGGATE, 1971 にしたがう).

A. Auckland, Wg. Wanganui, Wh. Waihi, T. Te Araroa, Wp. Westport, H. Hokitika, K. Kaikoura, C. Christchurch, D. Dunedin.

以後の研究を総括し, 4 時期(後氷明, 最終氷期, 最終間氷期, それ以前)の旧海岸線についてそれらの高度, 精度などを表示した. 彼らは, 旧汀線研究において構造運動のもつ役割が大きいことを認め, 各地域の段丘を図 2 に示

したように, Rising, Sinking, Insignificant の 3 種にわけた. 図 2 は, これらの資料の他に, 北島では CHAPPELL (1975), 筆者 (1977), LEWIS (1972), WELLMAN (1972a, b), 南島では CHANDRA (1969) の研究を加え

图 3-A

图 3 B-1

図 3-C

図 3 ニューゼalandにおける旧汀線高度の研究例 (各図の範囲は図 2 に示されている)。

A. 北島中央部 (CHAPPELL, 1975), B. Wellington 地域 (OTA, 1977)

B-1 は Port Nicholson の東側, B-2 は Port Nicholson の西側

A. 海成段丘をおおう扇状地面, B. 海成段丘堆積物の上限, C. 段丘面上限 (海成堆積物未確認), D. 段丘堆積物と基盤との不整合面, E. 測定点が旧汀線から 500m 以上海側にある場合

C. 南島 Westland (SUGGATE, 1973b)

て、最終間氷期の旧汀線高度分布を図示したものである。日本とくらべて、正確な旧汀線資料はまだ少ないが、おおまかな傾向はよみとれるであろう。GAGE(1953) がのべたように、南島南部、北島北部を除くと、隆起傾向を示す地域が多い。もっとも隆起地域の旧汀線は地形としてよくわかるが、沈降地域ではわかりにくいことを考えると、この図の空白部のかなりの部分は沈降域になることも予想され、全域にわたるくわしい隆起・沈降量を図示することは容易でないと思われる。どの位の高度からを隆起とみなすか、いいかえれば最終間氷期の海面高度をどの位に考えているかについては SCHOFIELD らは明言していないが、少なくとも高度 20m 以上の段丘は隆起の結果とみなしている。北島の東部でとくに隆起傾向が目立ち、最終間氷期の段丘が 100~200m の高度に達している場所がある。後氷期の旧汀線高度について同様な図をつくると (図は省略)、図 2 とほぼ似た傾向を示し、大局的には少なくとも最終間氷期以後において地域ごとに固有な地殻変動が継続してきたことが想定される。以下に、図 2 に示した各地域についてやや詳しく研究の実情と問題点をさぐってみよう。

II-2: 北島中央部の海成段丘

図 3 は、CHAPPELL (1975) のえがいた北島北東部 (Bay of Plenty 沿岸) および西海岸 (West Coast) の段丘高度と隆起速度をあらわす図である。この図を説明する前に、両地域でのそれ以前のおもな研究を概観してみよう。Bay of Plenty 沿岸の西端に近い Waihi 地域 海成段丘は、KEAR and WATERHOUSE (1961) によって、下位から、それぞれ開析度を異にする Waihi Beach 面 (6~10 ft.), Ocean View 面 (15~20 ft.), Athenree 面 (60~70 ft.) およびそれより高位の段丘面群にわけられ、それぞれ後氷期、Late Monastrian, Main Monastrian に、高位段丘群は, Tyrrhenian およびそれ以前の各間氷期に対比され、各面の高度が詳しく実測された。上記のように対比した理由は、この地域の段丘高度が北島の Kaipara 地域のそれとよく似ており、後者の各段丘がやはり高度から地中海地域の各間氷期の海成段丘に対比されている、ということによるのであって、直接の証拠は何もない。なお、段丘高度の比較に当たって、表面を被覆する火山灰の厚さを無視すると誤まった対比をするおそれのあることが、Bay of Plenty 地域を例として注意されている (PULLAR, 1972)。これは、あまりにも当たり前

すぎることではあるが、このようなことが最近でも改めて指摘される必要があったという実情を知るために一言ふれておく。SCHOFIELD and SUGGATE(1971)は、KEAR and WATERHOUSE (1961)の資料にもとづいて、Waihi 付近の最終間氷期の段丘高度として 21m, および 4~6 m の 2 種をあげているが、図 2 には CHAPPELL (1975) の値を用いたため、上述の値を省いた。

一方、West Coast 地域にも沢山の海成段丘が発達している。前に述べたように、とくに Wanganui 地域はよく研究され、第四紀の標準層序の一つがみられる地域である (FLEMING, 1953)。FLEMING は、この地域の段丘を、低い方から Rapanui 段丘、Brunswick 段丘、Kaiatea 段丘群とよび、それらの構成層を段丘面と同じ名前でよんだ。Rapanui 段丘の年代は 40,000 年より古いので、これが最終間氷期にあたりとされた (FLEMING, 1957)。後に、Rapanui 段丘は細分されて、この名称は低いものに限られ、高位のものは Ngarino 段丘とよばれるようになった (GRANT-TAYLOR, 1964)。ニュージーランド地質調査所の 100 万分の 1 第四紀地質図には、この考えに基いた断面図がえがかれ、狭義の Rapanui 面が Oturi (最終) 間氷期に、Brunswick 段丘がその前の Terangi 間氷期に対比されているが、Ngarino 段丘と間氷期との関係は示されていない。

Ngarino 段丘の時代についてはなお問題がのこっている (DICKSON, *et al.*, 1974)。すなわち、Ngarino 段丘と Rapanui 段丘とは、開析度がほぼ同じで、両者を境する崖はそれほど連続的ではなく、また両段丘の構成層は何れも今とよく似た暖かい環境を示す化石を含んでいるので、二つとも最終間氷期のものに当り、南島の Awatuna I, 同 2 (SUGGATE, 1965) に対比される可能性がある。しかし、Wanganui の北の Taranaki では、Ngarino 段丘に対比される面上に Lepperton Lahars がのり、この中に寒冷期を示す化石があって氷期を示唆するので、Ngarino 段丘と Rapanui 段丘が二つの異なる間氷期を示す可能性ものこされているのである。なお Wanganui 付近では両段丘の旧汀線高度は、97m, 55m である。

このように、それぞれの地域内での対比にさえ問題があるので、まして West Coast と Bay of Plenty 地域との対比はさらにむづかしい。CHAPPELL (1975) は、高度を対比の目安とすることの危険性を強調し、火山灰を指標として広域の対比をおこない、BOP2, BOP3 の 2 面を識別した。BOP2 は、Rotoehu ash およびそれより若い火山灰をのせる面である。Rotoehu ash の年代は

42,000 y. B. P. であることから、BOP2 は最終間氷期 (125,000 年前) に対比された。Wanganui では Ngarino 段丘がこれに当る。BOP3 は、Little Waihi ash, Hamilton ash およびそれ以降の若い火山灰をのせる面で、その前の間氷期 (220,000 年前) に対比される。これらの高度分布が図 3-A 上に示される。BOP2 面形成時の海面高度を 5 m として隆起速度を求めたのが図 3-A の下のグラフである。これらの図からわかるように、古い面ほど変位していて地域ごとに同様式の変位の累積性が認められる。また、東部では差別的な隆起を示し、その速度の最大は 0.4m/1,000 年となるのに対して、西部では一様な様式のほぼ 0.3m/1,000 年の隆起が考えられる。Bay of Plenty 地域で東部ほど隆起が著しくなる原因は、海底に求められると一言のべられているが詳しい議論はされていない。おそらく、トンガークルマディック海溝における海洋プレートのもぐりこみを考えているものと想像され、その点では西南日本の地震性変動区と比較される地域である。

しかし、この論文にも問題になる点が多い。たとえば対比の鍵の一つである Rotoehu ash は West Coast にはなく、またその年代からみて BOP2 が 125,000 B.P. より若くなる可能性がある。実さい、この湾の東端での BOP2 の高度は 50m にすぎず、さらに南の地域の 100m 以上という高度に比較して低すぎ、BOP3 を最終間氷期としてもおかしくはなく、再検討が必要であろう。また、年代や海面高度はすべてニュージーランドの研究 (CHAPPELL, 1974) からのもので、この地域からの直接的資料はなく、また西側への傾動と関係するであろう海溝系の地震活動との関係もまだわかっていない。図 3-A の上図では、Bay of Plenty 東端の点をその東方延長にはない、北島南西端の Turakirae の値と点線でつないでいることも誤解を招く表現である。各地点のくわしい高度資料も示されていない。興味深い地域であるだけに、今後のくわしい研究が期待される。

II-3: 北島南西部ウェリントン付近の海成段丘

首府ウェリントンの付近は、古くから海成段丘が研究され、著しい変形が論じられた地域である (たとえば COTTON, 1912, 1921, 1942, 1957; KING, 1930; STEVENS, 1957)。しかし、沢山の研究があるにもかかわらず、後に述べる完新世段丘を除いては定性的な議論が大部分で、一部のスケッチ、写真、模式的概念図などは示されていても、段丘の水平的・垂直的分布を示す資料はほとんど全く提示されたことはない。段丘の形成史や対比についても多くの疑問をのこしている。これは、つぎのよ

うな理由によると思われる。1) 北部地域の火山灰、南島の氷河堆積物や古土壌を含むレスなどのような、対比の鍵層になるものが欠けていること、2) 段丘をおおう厚さが 50m にも達する slope wash が旧汀線をかくし、その認定と測定を困難にしていること(筆者の経験では本州、四国などでこれほど大量な段丘面上の slope wash をみたことはない。これらは、氷期の solifluction による形成と考えられている)。3) クック海峡を吹きぬける強い偏西風(しばしば段丘面上を直立して歩くことを不可能にする)のために、barometer による高度測定が困難になること、4) 道路が少なく露頭が限られており、地形図の精度がよくないこと。これらのいくつかはウェリントン地域以外にもあてはまるものであろう。

筆者は、この地域でニュージーランド地質調査所における第四紀地殻変動図作製の一環として海成段丘の変形の詳しい調査を行なった(太田, 1975; Ota, 1977)。図 3 B-1, B-2 はその結果の一部である。これらの図は、段丘高度を、本地域の主構造軸(図 4 参照)と直交する北西～南東方向に投影したものである。B-1 と B-2 の間には Port Nicholson の湾入部およびそのすぐ西の、段丘がほとんどみられない地域がある。測定点の高度は GAGE(1953)の指摘を尊重して種類ごとに異なった記号で現わし、また、旧汀線高度がえにくい場合には、旧汀線から遠い海食量の露頭でえた値(本来の旧海面高度よりかなり低い値)を別な記号で表現した。同じ理由から海成段丘面上の slope wash 表面の高度をも記入した。

一定の地域ごとに、高いものから順に段丘の番号をつけてあるが、これらの中で、東から U_5 , R_6 , B_4 , T_2 , O_5 , C_4 とした、もっとも測定点の多い段丘を筆者は最終間氷期(ほぼ 120,000 年前)のものとしみなした。その理由は、これらの面が、沖積段丘を除いてもっとも普遍的に分布する幅の広い面であること、および段丘を構成する海成堆積物が基盤の起伏を埋めていたり(Baring Head 東方, 図 3 B-1 参照)、より古期の河成堆積物をおおっていたり(Oteranga Bay 付近)して、陸上侵食とその後の沈水、という海進に伴う特色が認められること、による。ところで上述の面がより新しい Awatuna 2 に当り、もう 1 段上の面(たとえば R_5 , T_1 など)が Awatuna 1 という最終間氷期の主な時期に対比される可能性を完全に否定することはできない。しかし、筆者は、両者が著しく開析度を異にしている時間のへだたりが大きいと考え、上に述べたように対比した。しかし、対比についてはうすい loess を手がかりとするなど、さらに検討する必要があると思われる。

図 3B-1 から、Turakirae Head から北西方への著しい傾動の累積と、Port Nicholson の沈降の継続とがわかる。もっとも隆起速度の大きい Turakirae 付近の最大平均隆起速度は 1m/1,000 年となり、海溝に近い Bay of Plenty 東端の値より大きい。図 3 B-2 からは、2 本の活断層と、それらにはさまれた小波長の傾動の累積が認められる。活断層はアルパイン断層系に属するもので、その平均垂直変位速度は東のもので 0.33m/1,000 年、西のもので 0.16m/1,000 年と、何れも B 級に位置づけられる。また、旧汀線および現海岸線の状態から、垂直変位の 2～3 倍程度の右横ずれが認められる。内陸部でも、これらの断層による新しい変位地形が豊富に見出される。以上のような更新世の後期海成段丘における傾動の累積、断層による変位は、図 3 B のような測点の密度で始めて明らかにされたものであるから、他の地域でもくわしく調査をすれば波長の小さい、ただし変動速度の大きい地殻変動が見出される可能性がある。なお、上記の、東から西への一般的な傾動は、1855 年およびそれ以前の地震時の変形と調和している(STEVENS, 1973)。しかし、図に示した各ブロックがそれぞれ地震の時に示差的な動きをしたという確証はない。これが、実際そうなのか、測点が粗いために小波長の変形がわからないかも検討すべき点であろう。

ウェリントン地域の上記の変動を、第四紀の構造発達史の上でいかに意義づけるかは重要な問題である。単に、West Wairarapa 断層に限られた Tararua 山地の上昇および横ずれ断層に伴うトランスカレントバックリングとみるか、その他の原因を考えるべきかについては、とくに Hikurangi Trench の評価を含めて今後の問題とされよう。

このように著しい変動があるにもかかわらず、ウェリントンのすぐ北方で、二、三の地点の段丘高度がほぼ等しいことから、それらを高度からヨーロッパの間氷期と対比したり(LEAMY, 1958)、最近でも、読図によって Tongue Point から Cape Terawhiti (図 3 B-2)にかけて段丘高度が等しく、全く傾動をしていない(HEINE, 1974)という論文が発表されたりしている。地殻変動が激しく、とくに活断層による変位の累積性が明らかにされているニュージーランドにおいてさえ、海成段丘の変形については共通理解に達していないことは問題である。面的に第四紀地殻変動の変動様式や速度、その意義などをとらえるためには活断層のみでなく海成段丘の研究が非常に大切であり、その基礎として正確な旧汀線の資料が記載されるべきである。

図 4 北島南部の活構造 (WELLMAN, 1971 a)

II-4: 北島南端付近の完新世隆起浜堤と活褶曲

図 4 に示した数地域で, WELLMAN (1967, 1969, 1971a, b), SINGH (1971), LEWIS (1971) は, 完新世の隆起浜堤のくわしい高度測定から, 最近数千年においてもすべての活褶曲が成長を続けていることを明らかにした. 表 2 に示すように, 傾動の速さはどこでも同じオーダーであり, 隆起の速さは 1,000 年間にメートルのオーダーで, 向斜部においてさえ隆起をしていることが注目される. Turakirae Head をふちどる数段の隆起浜堤 (WELLMAN, 1967, 1969) は, 隆起の速さ, 段化の程度, 地震時の動きと海岸地形との対応などにおいて, 房総南端の完新世段丘群と非常によく似ている. しかし, 房総南端の段丘の変形がプレート境界部での海溝系巨大地震に伴う傾動として説明される (松田ほか, 1974) のに対して, Turakirae Head では褶曲の成長として説明されている. 図 1 に示したように, 海溝から遠く, 一般的には“ずれ”の地域とされるこの付近の褶曲の成長を, プレートテクトニクスの立場からはどのように考えられるかはまだ論じられていない. II-3 で述べたと同様な課題がこの場合にものこされている.

Turakirae Head 付近の $4\text{m}/1,000\text{年}$ という隆起速度

がもし 100 万年続いたとすると, この付近の山地の高度は 4000m になるはずであるが, 侵食の影響を考慮にいれてもこの値は実際と非常に異なる. そこで, WELLMAN は, II-3 で述べたような更新世後期の段丘が傾動している事実とあわせて, 上述の速度の隆起が始まったのを 50 万年前と推定した. しかし, 最終間氷期の段丘からみた隆起速度は $1\text{m}/1,000\text{年}$ であるから, 最近の約 10 万年という期間の間でも変位速度は大きくなっていると考えなければならない. 変位速度の加速のメカニズムも追求されるべき点の一つである, なお, 表 2 中の隆起浜堤群は, 何れも外洋に面する場所にあり, 粗大な礫からなっているので絶対年代を知る資料がとぼしく, 正確な年代決定をなし難い場合が多いが, 一応最古の完新世隆起浜堤の年代はほぼ 6,000 年前とみつもられている.

II-5: 南島北西岸の海成段丘

南島北西岸の Westport から Ross に至る約 200km の海岸に沿って, 数段のみごとな海成段丘が発達している. Hokitika 付近では, 海成段丘面上に outwash がのっていて気候変化と海面変化との関係が追跡される点でとくに興味深い地域 (SUGGATE, 1965) である. 海成段丘は, 下位から, 最低の面で氷期の堆積物におおわれて

表 2 北島南部における隆起浜堤, 海成段丘から求めた活褶曲 (地域は図 4 参照)

地 域	活褶曲名	完新世隆起浜堤の最高の高度 (m) と年代 (YBP)	傾動の速さ (°/1000年)	隆起の速さ (m/1000年)	完新世隆起浜堤の数	文 献
1. Turakirae Head	Tararua 背斜	25 (6500)	0.03 (西翼)	4 (褶曲軸が海岸線を横切る所)	5 段	WELLMAN, 1967, 1969
2. White Rock	Aorangi 背斜 Opouawe 向斜	15 (6250)	0.034(東翼) 0.015(東翼) 0.021(東翼)	2.7(褶曲軸が海岸線を横切る所) 1.1(") 1.6(")	6	WELLMAN, 1971
3. Auhea River	Mt. Adams 背斜	12.8 (6700) 6.6=7500 -2.4=8700	0.022(東翼)	1.7~2.2	7	SINGH, 1971
4. Glenburn	Whareama 向斜	14.6	0.016(東翼) 0.02 (西翼)	1.3 (向斜軸南端) 2.3 (Flat point)	4	WELLMAN, 1971
5. Hawke Bay	Kidnapper 背斜 Mahia 向斜 Lachlan 向斜	6 210(120000 Eem) 200(")	0.002~0.023 (西翼) 0.004~0.036 (東翼)	1.7(褶曲軸が海岸線を横切る所) 1.5(褶曲軸が大陸棚の端を横切る所) 1.6(Mahia 半島東岸)	大陸棚, 海成段丘 (Eem) を利用して求めてある	LEWIS, 1971

いない後氷期段丘, その上位にあって広いきれいな面をもち, Otira 氷期 (最終氷期) の outwash をのせ, Oturi 間氷期 (最終間氷期) の海進で形成された面 (Awatuna 1 と 2 に細分), さらにその上位にあって, より古い Waimea 氷期の堆積物におおわれ, Terangi 間氷期に形成された面, などにわかれる. この模式断面図は, 100 万分の 1 第四紀地質図にも示されている. この中 Awatuna 2 は, 50,000 年より古いことが明らかにされた (SUGGATE, 1973).

図 3 C に示すように, 旧汀線高度は全体としてゆるい南上りの傾向をもち, 小波長の変形は認められない. これは, 測点が少ないことにもよろうが, おもな原因はこの地域が構造軸に平行していることによると思われる. しかし, 上述の変動様式の説明はまだされていない. 南上りの傾向は後氷期段丘においても認められる. 後氷期段丘は, Greymouth 付近でもっとも高く, 35 ft. である. この付近で地表下 7 ft. の深さから採取した木片の ^{14}C 年代は $4,720 \pm 70$ y. B. P. である. 当時の海面の高さを -13ft. とみつめると, 隆起速度は 7.4ft./1,000 年, すなわち, ほぼ 2m/1,000 年とかなり大きくなる (SUGGATE, 1968a). しかし, この付近の Awatuna 1 の旧汀線高度は 60m にみえない. そこで, SUGGATE は, Greymouth 付近の後氷期の大きい隆起は一時的なもので, 長期間ではこの南や北の地域の隆起によって打ちけられると考えた (SUGGATE, 1973b). このように, SUG-

GATE は, 日本でしばしば唱えられている “第四紀地殻変動における変位様式や変位速度の一樣な定向性” についてかなり懐疑的であり, 個人的にもしばしばそのような見解をきいた. しかし, 何故時代によって隆起域がかわるかを十分に説明していない (トランスカレントバックリングによる隆起域の移動を考えているようではある). 一方, 上述の現象に対して, I-3, 4 で述べたように新しい時代における変位速度の加速から説明できる可能性ものこっており, 今後の検討を要する.

この地域に限らず, 変位様式や速度がどの位の期間を通して一樣であったか, あるいはどのように消長, 変遷したかということは, 地殻変動研究上きわめて重要であって, これらを明らかにするためには, 各地形面の形成史とともに, 高度と絶対年代の資料をふやすことが要求される.

ニュージーランドでは, 学問的立場からも地震予知の面からも, 現在を含めた第四紀地殻変動研究の重要性がさげばれており, 地形・地質的な面でいうと, 活断層と旧汀線の研究が 2 本の柱としてとりあげられている (Nat. Comm. for Geol. Sci. N. Z. 1973). しかし, 活断層については地質調査所を中心に精力的な研究・調査が進められているのに対し, 変形を面的に知る上で重要な旧汀線の研究は順調に進んでいるとはいえない. I-2~5 でとりあげた地域は, 何れも重点的な研究が必要と指摘された地域であるが, 実情はのべた通りで, とく

図 5 完新世における海面変化曲線
(SUGGATE, 1968b がまとめたものに, SCHOFIELD, 1962 を加えた)

に地殻変動の観点からの更新世段丘についての精査は、ウェリントン地域を除くとほとんどなく、今後の研究の発展が望まれる。

II-6: 高位海面期とその高度に関する問題

上述のように、SUGGATE (1965) その他の研究によって、南島では海成段丘と氷期との直接的関係が明らかにされた。その結果、少なくともよく連続する海成段丘で現わされる高海面期が間氷期に対応することを疑う人はいなくなったと思われる。しかし、それぞれの段丘をどの間氷期、あるいは高海面期に対比するかについてはまだ明らかでない場合が多い。直接に氷期との関係がつかめない北島でとくに問題がのこっている。南島においても、Awatuna 1, 2 の高海面期が、最近バルバドス (MESOLELLA, *et al.*, 1969 など) やニューギニア (CHAPPELL, 1974 など) で明らかにされた 125,000, 105,000, 80,000などの三つの高海面期のどれに当るか、あるいは、実さいにこれらのすべてに対応する地形がのこっているかどうかなど、まだわかっていない。FLEMING (1975) は、ニュージーランドのような隆起地域こそ

すべての高位海面期の記録をのこしうから、海面変化の研究に好都合であると述べているが、この考えを実際の研究でいかに具体化するかは今後の課題である。

高海面期の海面高度については、以下に述べる完新世の場合を除いてほとんど言及されていない。わずかに、SCHOFIELD and SUGGATE (1971) の表から、最終間氷期の段丘の中高度 10~15m ていどのものは著しい垂直変位をうけていないとされているので海面高度としてその程度が想定されていると思われること、CHAPPELL (1975) が、ニューギニアの資料から 125,000 年前の海面高度を 5 m と仮定しているなどの間接的な資料がみられるにすぎない。

完新世の海面変化については、いわゆる Fairbridge curve (1961), Shepard curve (1961) をはじめ、人により地域によりさまざまな曲線がえがかれていて、世界的に議論の対象となっている。その中で、ニュージーランドの海面変化曲線としてよく引用されているのは SUGGATE (1968b) によるものである。図 5 は SUGGATE の図 (他の研究者による曲線に SUGGATE の曲線をまとめ

たもの)に、SCHOFIELD(1962)の曲線をかさねたものである。SUGGATEは、比較的安定していると考えられるChristchurch付近の海岸地形と試錐資料、年代資料に基いて9,400年前から海面が上昇し、ほぼ5,000年前に現海面に達したとした。彼の曲線を見ると、その後も上昇を続け、ある時期に現在より高くなったと考えていることがうかがわれる。SCHOFIELDの諸研究(1962, 1963, 1964)では、海面高度は約4,000年前に今より2 m高かったとされている。SCHOFIELD and SUGGATE (1971)は、これらの結果にもとづいて、約4,000年前の海面は今より2 m ないしは、それよりわずかに高かったと総括した。その後のSCHOFIELD (1973)の研究でも、北島北部の南北270km、東西55kmという広い地域内の4か所において、ほぼ同様な高さ、年代、発達史をもつ隆起浜堤が認められることから、上述の意見を確かめている。

完新世のある時期に今よりも海面が高かったと考えている人は他にも多い(たとえばCHANDRA, 1969; ARMON, 1973)。FLEMING (1975)も、後氷期(5~6,000年前)に海面は今より1 mまたはそれより高かったとした。なお、WELLMANらのⅡ-4で述べた研究では、約6,000年の海面を0として計算を進めている。

以上のように、ニュージーランドでは後氷期における今よりも高い海面の存在を支持している人が多いことは日本における傾向とよく似ている。ところで、この後氷期の高海面の存在についてつぎの点が問題となる。その1)は、日本ではいわゆる縄文(沼)海進の最盛期をほぼ6,000年とする資料が多いが、ニュージーランドではほぼ4,000年とする説があることである。その2)は、高位海面とされているものが真の海面変化ではなくて、地殻変動が加わっているのではないかという疑問である。

1)については、筆者はまだ納得できる説明をみていないので、2)について多少私見をつけ加えることにする。

日本やニュージーランドの海岸には、ほとんど至る所にいわゆる完新世の海成段丘(または隆起浜堤)が見出され、完新世のある時期(上述の年代のずれはここでは問わないことにして)に海面が“相対的に”高かったことは疑いない。しかし、活発な変動帯でも、典型的な“ずれる地域”にあたるカリフォルニアの海岸では、今まで完新世段丘は報告されておらず、またこの付近を調査した研究者の中でFairbridge curve ないしは後氷期の高位海面を示す海面変化曲線を支持する人はみられないようである。カリフォルニアの海岸の中、実際に調べた範囲では完新世の段丘を見出すことはできず、また、そこ

では最終間氷期の海成段丘の高さは、日本やニュージーランド北島とくらべるとかなり低く、高くてもせいぜい数10mで、100mをこえることはほとんどない。したがって、すでに何人かに指摘されたように、活発な隆起地域のみに後氷期における相対的に高い海面の存在していた証拠がみられることは、真の海面変化曲線をえがくことのむずかしさを示すことにほかならない。北島の資料から高海面期の存在を支持するSCHOFIELD自身、広域にわたる似た性格の隆起浜堤形成の要因として、広域な造陸運動の可能性を明確に否定する資料がないままに海面の高かったことを結論している(SCHOFIELD, 1973)。このように、相対的の海面変化曲線から、局地的な地殻変動による影響を除去することは比較的容易であっても、広域な土地の上昇の効果を除去することは容易ではない。

世界中に一つの海面変化曲線を適用させようということとはむりなことである(SUGGATE, 1968b)とも、世界中に通用する海面変化曲線を考えること自体非現実的で、どの海面変化曲線も地殻変動の影響を完全にまぬかれることはありえない(RICHARD, 1971)ともいわれている。すなわち、あらゆる海面変化曲線に、“相対的”という形容詞がつけられるべきで、本来地域ごとに固有の曲線がひかれ、それぞれは真の海面変化と、ハイドロアイソスタシーや地球内部のレオロジーと関連する広域な変曲(BLOOM, 1967; WALCOTT, 1972)と局地的な変動の和からなっているものと理解しなければならないであろう。条件を異にした異質の資料をもとに海面変化曲線を求めるよりも、似た条件をもつ地域ごとに資料を整理し、正確に“相対的の海面変化曲線”を求め、それを地域ごとに、あるいは変動帯のタイプごとに比較検討してゆくことが、上に述べた三つの要素を分解してゆくことにつながる一つの方法ではないかと考えている。この点については稿を改めてのべることにしたい。

最後に、いろいろの機会に有益な御助言をいただいたG. J. Lensen, R. P. Suggate, 松田時彦の各氏、製図をしていただいた横浜国大専攻生の田村明子さんに謝意を表する。

引用文献

- ARMON, J. W. (1973) Late Quaternary shorelines near Lake Ellesmeres, Canterbury, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophy.* **17**, 63—74.
BLOOM, A. L. (1967) Pleistocene shorelines: A new test of isostasy. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, **78**, 1477—1493.
CHANDRA, S. (1969) Geomorphology of the Kaikoura area. *Earth Sci. J.*, **3** (2), 108—122.

- CHAPPELL, J. (1974) Geology of coral terraces, Huon Peninsula, New Guinea: A study of Quaternary tectonic movements and sea-level changes. *Amer. Geol. Soc. Bull.*, **85**, 553—570.
- CHAPPELL, J. (1975) Upper Quaternary warping and uplift rates in the Bay of Plenty and West Coast, North Island, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **18**, 129—155.
- COTTON, C. A. (1912) Recent and sub-recent movement of uplift and of subsidence near Wellington, New Zealand. *Scot. Geogr. Mag.*, **28**, 306—312.
- COTTON, C. A. (1921) The warped land surface on the south-eastern side of the Port Nicholson Depression, Wellington. *Trans. N. Z. Inst.*, **53**, 131—143.
- COTTON, C. A. (1942) Shorelines of transverse deformation. *J. Geomorph.*, **5**, 45—58.
- COTTON, C. A. (1957) Tectonic features in a coastal setting at Wellington. *Trans. Roy. Soc. N. Z.*, **84**, part 4, 761—790.
- COTTON, L. A. (1947) The pulse of the Pacific. *Proc. Roy. Soc. N. S. W.*, **80**, 41—76.
- DICKSON, M., FLEMING, C. A. and GRANT-TAYLOR, T. L. (1974) Ngarino Terrace: An addition to the late Pleistocene standard sequence in the Wanganui-Taranaki district. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **17**, 789—798.
- FAIRBRIDGE, R. W. (1961) Eustatic changes in sea level. *Physics and Chemistry of the Earth*, **4**, 99—185.
- FERGUSON, G. J. and RAFTER, T. A. (1953) New Zealand ¹⁴C age measurements (1). *N. Z. J. Sci. Tech.*, **B35**, 127—128.
- FLEMING, C. A. (1953) The geology of Wanganui Subdivision. *N. Z. G. S. Bull.*, (52), 362 p.
- FLEMING, C. A. (1957) The age of some Quaternary sediments from Wanganui district. *N. Z. J. Sci. Tech.*, **B38**, 726—731.
- FLEMING, C. A. (1975) The Quaternary record of New Zealand and Australia. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **13**, 1—20.
- GAGE, M. (1953) The study of Quaternary strandlines in New Zealand. *Trans. Roy. Soc. N. Z.*, **81**, part 1, 27—34.
- GRANT-TAYLOR, T. L. (1964) Volcanic history of western Taranaki. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **7**, 78—86.
- GRANT-TAYLOR, T. L. and RAFTER, T. A. (1962) New Zealand radiocarbon age measurements (5). *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **5**, 331—359.
- HENDERSON, J. (1924) The post-Tertiary history of New Zealand. *Trans. N. Z. Inst.*, **55**, 580—599.
- HEINE, R. W. (1974) Marine terraces at Cape Terawhiti and Tongue Point. *J. Roy. Soc. N. Z.*, **4**, 485—492.
- JOBBERNS, G. (1928) Raised beaches of the north-east portion of the South Island of New Zealand. *Trans. N. Z. Inst.*, **59**, 508—570.
- JONES, R. (1975) The Neolithic, Paleolithic and the Hunting gardeners—Man and land in the Antipodes. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **13**, 21—34.
- KEAR, D. and WATERHOUSE, C. (1961) Quaternary surfaces and sediments at Waihi Beach. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **4**, 434—445.
- KING, L. C. (1930) Raised beaches of the south-east coast of the North Island of New Zealand. *Trans. N. Z. Inst.*, **61**, 498—523.
- KING, L. C. and JOBBERNS, G. (1934) Shoreline changes on the New Zealand coast. *Proc. 5th Pac. Sci. Cong.*, **2**, 1285—1295.
- LEAMY, M. L. (1958) Pleistocene shorelines at Porirua Harbour, near Wellington, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **1**, 95—102.
- LENSEN, G. J. (1975) Earth deformation studies in New Zealand. *Tectonophy.*, **29**, 541—551.
- LEWIS, K. B. (1971) Growth rate of folds using tilted wave-planed surface: coast and continental shelf, Hawke's Bay, New Zealand. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **9**, 225—231.
- MANSERGH, G. D. (ed.) (1973) *The New Zealand Quaternary: An Introduction*. 63p., Christchurch.
- 松田時彦・深尾良夫 (1971) ずれてゆくニュージーランド。科学, **41**, 361—374.
- MCCRAW, J. D. (1975) Quaternary airfall deposits of New Zealand. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **13**, 35—44.
- MESOLELLA, K. J., MATTHEWS, R. K., BROECKER, W. S. and THURBER, D. L. (1969) The astronomical theory of climatic change: Barbados data. *Jour. Geol.*, **77**, 250—274.
- NATIONAL COMM. FOR GEOL. SCI., N. Z. (1973) Report on earth deformation studies. 36 p.
- New Zealand Journal of Geology and Geophysics* **16**, (3), IX INQUA Congress Issue, 321—792.
- NEW ZEALAND GEOL. SURV. (1973) Quaternary geology of New Zealand. (1 : 1,000,000).
- 太田陽子 (1975) ニュージーランドの変動地形。地理, **20**, (4), 89—99, (5), 88—100.
- 太田陽子 (1976) ニュージーランドにおける横ずれ活断層による変位地形。地質学論集, (12), 159—170.
- OTA, Y. (1977) Late Quaternary tectonic map of Wellington (in press). *N. Z. G. S.*
- PULLAR, W. W. (1972) Correlation of the Te Papa and Otamaroa terraces, eastern Bay of Plenty. *N. Z. J. Geol. Geophys.*, **15**, 186—187.
- GRANT-MACKIE, J. A. (1972) A reply. *ibid.*, 187—191.
- RAFTER, T. A. (1975) Radiometric dating—achievements and prospects in the Quaternary. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **13**, 45—52.
- RICHARDS, H. G. (1971) Sea level during the past 11,000 years as indicated by data from North and South America. *Quaternaria*, **14**, 7—15.
- SCHOFIELD, J. C. (1962) Post-glacial sea-levels. *Nature*,

- 195, 1191.
- SCHOFIELD, J. C. (1963) Climatic evidence from sea-level fluctuations. *Proc. N.Z. Echol. Soc.*, (10).
- SCHOFIELD, J. C. (1964) Post-glacial sea-levels and isostatic uplift. *N.Z. J. Geol. Geophy.*, **7**, 359—370.
- SCHOFIELD, J. C. (1973) Post-glacial sea levels of Northland and Auckland. *N. Z. J. Geol. Geophy.*, **16**, 359—366.
- SCHOFIELD, J. C. and SUGGATE, R. P. (1971) Late Quaternary sea level records of the Southwest Pacific. *Quaternaria*, **14**, 243—253.
- SHEPARD, F. P. (1961) Sea level rise during the past 20,000 years. *Zeits. Geomorph. Supplementband*, **3**, 30—35.
- SINGH, L. J. (1971) Uplift and tilting of the Oterei Coast, Wairarapa, New Zealand during the past ten thousand years. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **9**, 217—219.
- STEVENS, G. R. (1957) Geomorphology of the Hutt Valley, New Zealand. *N. Z. J. Sci. Tech.*, **B38**, 297—327.
- STEVENS, G. R. (1973) Late Holocene marine features adjacent to Port Nicholson, Wellington, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophy.*, **16**, 455—484.
- SUGGATE, R. P. (1965) Late Pleistocene geology of the northern part of the South Island, New Zealand. *N. Z. G. S. Bull.*, (77), 85p.
- SUGGATE, R. P. (1968a) The thirty-foot raised beach at Rapahoe, North Westland. *N. Z. J. Geol. Geophy.*, **11**, 648—650.
- SUGGATE, R. P. (1968b) Post-glacial sea-level rise in the Christchurch metropolitan area, New Zealand. *Geol. en Mijnbouw*, **47**, 291—297.
- SUGGATE, R. P. (1973a) The development of New Zealand in the Quaternary. In MANSERGH, G. D. (ed.) *The New Zealand Quaternary: An introduction*, 63 p. Christchurch, 1—12.
- SUGGATE, R. P. (1973b) Guidebook for excursion A5 and C5 at LX INQUA Congress. 122p.
- WALCOTT, R. J. (1972) Past sea levels, eustasy and deformation of the earth. *Quater. Res.*, **2**, 1—14.
- WARDS, I. (ed.) (1976) *New Zealand Atlas*. Wellington, 292p.
- WELLMAN, H. W. (1967) Tilted marine beach ridges at Cape Turakirae, New Zealand. *J. Geosci. Osaka City Univ.*, **10**, 123—129.
- WELLMAN, H. W. (1969) Tilted marine beach ridges at Cape Turakirae, New Zealand. *Tuatara*, **17**, 82 93.
- WELLMAN, H. W. (1971a) Holocene tilting and uplift on the White Rocks Coast, Wairarapa, New Zealand. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **9**, 211—215.
- WELLMAN, H. W. (1971b) Holocene tilting and uplift on the Glenburn Coast, Wairarapa, New Zealand. *Roy. Soc. N. Z. Bull.*, **9**, 221—223.