近畿・東海地方の鮮新・更新統古地磁気層序¹⁾

横 山 卓 雄²⁾

Magnetostratigraphy of the Plio-Pleistocene Osaka and Kobiwako Groups, Kinki District, Japan¹⁾

Takuo YOKOYAMA²⁾

Since 1951, many studies have been published on the magnetostratigraphy of the Plio-Pleistocene strata of the Kinki district. In the 1970's, especially, various sections of the Osaka and Kobiwako Groups, including bottom sediments of Lake Biwa, as well as their correlatives in the Tokai district, have been studied repeatedly.

The sediments are mostly lacustrine and fluvial, and are frequently intercalated with volcanic ash. The Osaka Group also contains interbedded marine clay layers. The sediments, therefore, are suitable for establishing a combined litho-, tephro-, magneto- and biostratigraphy and radio-metric chronology. Such a chronology can be used for testing the reliability of primary remanent magnetization of the sediments by the measurements of multiple samples from various localities and correlated by means of volcanic ash intercalations. Based on the latest studies, including unpublished results of studies by the present writer, the Plio-Pleistocene magnetostratigraphy of the Kinki district has been compiled (Fig. 2). Important points include:

1. The Gauss/Matuyama boundary is drawn between the Kosaji and Hazama Volcanic Ash in the Kobiwako Group, and between the T2 and Shimakumayama Volcanic Ash (2.3-2.4 m.y.), in the Osaka Group.

2. The Matuyama/Brunhes boundary is about 10 m above the Biotite Volcanic Ash (0.7 m.y.) in the Kobiwako Group, and under the Ma4 clay layer in the Osaka Group.

3. Five normal polarity events have been recognized in the Matuyama Reversed Epoch. They are, in ascending order, as follows:

- a—. Shiba event (about 2.3 m.y.)
- b—. Sushirodani event (about 2.2 m.y.)
- c—. Naka-Nango event (1.7—1.8 m.y.)
- d—. Pink-Komyoike event (1.1—1.2 m.y.)
- e—. Kamikatsura event

Some of the five events remain uncertain as to correlation with those reported previously in the Matuyama Epoch.

4. Five reversed polarity events or excursions were detected in the Brunhes Normal Epoch. The older three were named Biwa I, II and III events, and the younger two may be correlatives with the Lashamp and Blake events. The age of the Biwa III Event has been estimated to be about 0.33 m.y..

I. は じ め に

古地磁気学は、第四紀層位学にとって欠くことのできない分野となってきた。とくにガウス正帯磁—松山逆帯磁—ブリュンヌ正帯磁時代とつづく過去 300~400 万年間は、その詳細な古地磁気編年の確立によって、地層の

対比、気候変動との関連性、年代推定の基準などに古地磁気学が大きな力を発揮しつつある。こうした過去 400 万年間ほどの古地磁気編年は、Cox and DALRYMPLE (1967), Cox (1969), 以来、異なった二つの分野で追求されてきている。一つは陸上の堆積物や火山岩から time scale を作成していく作業であり、もう一つは、海洋底

1) 1977 年 6 月 30 日受付。1977 年 2 月 6 日、日本第四紀学会総会討論会で発表。

2) 同志社大学地学研究室
Laboratory of Earth Science, Doshisha University, Kyoto.

core から知られる Data をもとにして古地磁気編年をしていくことである。ここでは前者の陸上の地層を対象とした古地磁気学についてのみ述べることにする。もちろん、陸上の地層、火山岩を対象とした古地磁気編年にもいくつかの方法がある。Cox (1969) を典型的な例とする、サンプルの年代と自然残留磁気方向 (NRM) とを組み合わせて、統計的手法を用いて time scale をつくっていくのが一つであり、もう一つは、陸上で得られる連続サンプルによって短いながらも一時期の詳しい古地磁気層序をつくりあげていく方法である。陸上で得られるサンプルは海洋底のものにくらべるといくつかの有利な点をもっている。一つは堆積速度が大きいことであり、これによって海洋サンプルよりもはるかに短時間の極性の変化を知り得る可能性がある。海底サンプルでは一回の測定に含まれてしまうような、excursion が発見される可能性が高い。もう一つは、一つの site からいくつものサンプルをとって、偏角・伏角ともに平均方向 (mean direction) を求め得ることであり、また何回でも再測定による検証が可能なことである。陸上のサンプルを筆者が重要視する理由もそこにある。こうした利点は、古地磁気編年が詳細になるにしたがって、ますます重要となってくるであろう。

近畿地方の鮮新・更新統の古地磁気編年にはさらにもう一つの利点がある。それは、火山灰層位学が発達していることによって、異なった地域、異なった堆積盆地、異なった環境で形成された同時代の地層によって、同じ時期の古地磁気編年 (time scale) が、いくつも得られることである。このように火山灰対比により層位の明らかな数多くの地点の地層から繰り返し得られた古地磁気の変化、それは正逆のくり返しのみではなく、偏角・伏角の方向の変化や VGP 軌跡などが一致すれば、非常に蓋然性の高い古地磁気変動の standard を得ることができたと考えることができるであろう。

上に述べたような意味で最近の近畿地方の鮮新・更新統を対象とした古地磁気研究を紹介してその問題点をまとめてみたいと考える。

II. 大阪層群・古琵琶湖層群に関する古地磁気学的研究史と測定結果のまとめ

近畿地方の鮮新・更新統の代表的なものは、大阪層群と古琵琶湖層群である。この二つを対象にした古地磁気学的研究には次のようなものがある。

① KAWAI (1951): 近畿地方の鮮新・更新統についての古地磁気測定の草分けであり、大阪層群の Ma 3 に

は含まれるアズキ火山灰層が逆帯磁していることを報告し、松山期に属する可能性を指摘した。

② ISHIDA *et al.* (1969): 大阪層群・古琵琶湖層群・東海層群には含まれる火山灰の極性を測定し、YOKOYAMA (1969)、石田・横山 (1969) による火山灰層位学にしたがって結果を整理し、近畿・東海地方の鮮新・更新統の古地磁気編年を行った。そして、Cox & DALRYMPLE (1967) の time scale と対比し、大阪層群深草火山灰層 (Ma 4-Ma 5 間) より上位がブリュンヌ期に、古琵琶湖層群のバイオタイト火山灰層一駒月火山灰層間を松山期に、鎌掛火山灰層以下をガウス期に対比した。また松山期に 3 回の event を考え、ピンク・光明池火山灰層の正帯磁をハラミロ事件に、中・池ノ脇火山灰層の正帯磁をギルサ事件に、そして小野Ⅱ火山灰層の正帯磁をオルドバイ事件に対比した。この研究は、陸上の連続サンプルの測定としては世界ではもっとも早いものに属している。

③ TORII *et al.* (1974): ISHIDA *et al.* (1969) と同様に火山灰層をサンプルとして測定し、更に交流消磁を 400 oe まで行って信頼性を吟味した。この研究では大阪層群のみが対象とされているが、ISHIDA *et al.* (1969) の結果とほぼ同じであったが、正帯磁とされていた竜が池火山灰層 (Ma 1 の下位) が交流消磁によって逆帯磁であることが明らかになった。この結果はそのまま IRIHARA *et al.* (1975) の論文に採用されている。

④ NISHIDA & ISHIDA (1975): 大阪層群における松山一ブリュンヌ境界を確定する目的で、光明池東方の Ma 3 から Ma 4 までの粘土および火山灰の残留磁気 (NRM) を測定し、Ma 4 の最下部から直下に松山一ブリュンヌ境界の存在することを確かめた。

⑤ HAYASHIDA *et al.* (1976): 古琵琶湖層群・堅田累層について、松山一ブリュンヌ境界を中心に、粘土・火山灰層の残留磁気 (NRM) を測定して報告した。松山一ブリュンヌ境界はバイオタイト火山灰層 (0.70 my) の約 9~10 m 上位の層準にあり、それより約 40 m 下位、およびさらに 35 m 下位の 2 つの層準に正帯磁を示す層準があることを報告している (図 1)。これは 1976 年の地球電磁学学会、1977 年の第四紀学会でも報告されている。交流消磁は最高 300 Oe で行なわれたが、現在、同一サンプルについて熱消磁が行なわれている。

交流消磁では正帯磁であるが、熱消磁によって逆帯磁に変化するものも発見されているので粘土層の残留磁気うち松山期内の正帯磁については、再検討が必要と思われる。

図 1 湖西の古琵琶湖層群, 松山-ブリュンヌ境界ふきの古地磁気層序 (HAYASHIDA *et al.*, 1976)

⑥ MAENAKA *et al.* (1977): ISHIDA *et al.* (1969) の報文が出たあと, 西村・笹島 (1970), NISHIMURA & YOKOYAMA (1975) によって, いくつかの火山灰のフィッシュ・トラック年代が測定された. また多くの地域で層

位学的な再検討が加えられて, YOKOYAMA (1969) や石田・横山 (1969) の火山灰層位学に若干訂正を加えねばならなかった. さらに, 古地磁気編年の time scale も詳細になった. こうしたことを背景に前論文の Data を

使って、古地磁気編年を再構成したのがこの論文である。本論文では、大阪層群の上桂火山灰層、竜ガ池火山灰層、古琵琶湖層群の小野Ⅱ火山灰層について、交流消磁を行ない、上桂火山灰層は消磁後も正帯磁、他の二つは消磁後に逆帯磁になることを確かめた。年代の値とこういった再吟味とによって、この報文では上桂火山灰層(Ma 2 直上)の正帯磁をハラミロ事件に、光明池ピンク火山灰層の正帯磁を未発見の Normal event と考えている。

⑦ 横山卓雄ほか(投稿中)：大阪層群の模式地である千里山丘陵の北縁部、芝、新船場において、Ma O 直下に不整合を提起し、交流消磁を 250~300 Oe にまで行なった結果をもとにして、そのふきんの火山灰層の残留磁気を報告している。鳥熊山火山灰(2.3, 2.4 my)の約 30m 上位の芝 A 火山灰層が正帯磁をすることから、これがレユニオンカールドバイ event に相当すると考えている。

⑧ 田村幹夫ほか(投稿中)：古琵琶湖層群中部蒲生累層の層序を中心として、あわせて火山灰層の残留磁気測定結果を報告している。従来の知識に、迫火山灰層、紫火山灰層などの残留磁化方向が、逆帯磁であることをつけ加えるとともに、小野火山灰層の逆帯磁を再確認した。本論文においても、200 Oe の交流消磁が行なわれている。

⑨ 古琵琶湖湖研グループ(1977)：古琵琶湖層群の水口丘陵の層序を報告し、あわせて火山灰の古地磁気測定結果を述べている。交流消磁は最高 400 Oe まで行なわれている。ISHIDA *et al.* (1969) の測定結果とほとんど同じであり、MAENAKA *et al.* (1977)・田村ほか(投稿中)と同じく、小野Ⅱ火山灰層層準のものは逆帯磁である。この結果は、1977 年の地球電磁気学会でも報告されている(鳥居・古琵琶湖湖研, 1977)

⑩ 横山卓雄・林田明の未公表資料：現在筆者の手許にありかつ、公表されていない測定結果は、大阪層群では、⑧泉北地区・泉南地区の粘土および火山灰試料、⑬千里山芝、新船場の粘土試料、⑭竜ガ池層群の火山灰試料、⑮湖南・湖北の火山灰試料、⑯湖西の粘土および火山灰試料、⑰泉佐野ボーリングの火山灰・粘土・砂試料などの測定結果がある。これらのもののうち、⑬と⑰は本論文に述べられている。

以上近畿地方の鮮新・更新統の古地磁気測定結果についてのべてきたが、それらを筆者のもつ層位学的知識によって総括し McELHINNY (1973) の time scale に対比したのが図 2 である。

III. 琵琶湖深層ボーリングから得られた古地磁気編年に関する知識

1971 年には琵琶湖底 -64m の地点において、全長約 200m の、1976 年には守山市野州川河口においては全長約 1,000m の研究用ボーリングコアが採集された。これは京大の堀江正治氏の提唱によって科学研究費によって行なわれたもので、陸水学、地理学、地質学、古生物学、地球物理学、地球化学などの多分野の研究者が参加し、コアの分析が行なわれ、多くの成果が発表され、現在も研究が、進行中である。200m コアは、近江舞子浜と沖ノ島の間地点で採集されたものであり、その下部(湖底よりの深度約 170m)には上仰木火山灰(BB. 425)層を、深度 181m には衣川火山灰層(BB. 453)をはさんでいる(横山, 1973; YOKOYAMA, 1975)。この 2 火山灰層は古琵琶湖層群野田累層南庄粘土層上部にはさまれていて、上仰木火山灰層直上からは *Stegodon orientalis* の化石が産出している。ともに丘陵では正帯磁であり、ISHIDA *et al.* (1969) ではブリュンヌ期の初期に対比されている。HAYASHIDA *et al.* (1976) によって松山・ブリュンヌ境界とされたバイオタイト火山灰層の約 200m 上位の層準である。200m コアは全体に粘土相であり、間に 30 層以上の火山灰をはさんでいるが、図 3 のように

図 3 琵琶湖 200m コアサンプル中の火山灰のフィッショントラック年代(NISHIMURA & YOKOYAMA, 1975) (□85: サンプル番号, 0.8: 年代×10⁵ 年)

図4 琵琶湖 200m コアサンプルの古地磁気測定結果 (KAWAI *et al.*, 1972)

(白抜印は偏角からもほぼ確定的に逆帯磁と考えられるところ, 三角印は過渡的磁化, C: Biwa I, D: BiwaII event.)

6層準で、フィッシュン・トラック年代が測定されている (NISHIMURA & YOKOYAMA, 1973, 1975). これによって 200m コアの底は約 50 万年前と考えることができる。

このコアの古地磁気測定が, KAWAI *et al.* (1972) によって行なわれ, 図4に示したように, その間に少なくとも4回の逆帯磁期の存在が報告された。これらが event か excursion かは議論はあろうが, 逆帯磁期の存在の可能性が高い。一方, 守山市の 1,000m ボーリングについては, 古地磁気測定結果はまた未公表であるが, 地層の走向傾斜推定のための測定結果が, YOKOYAMA (1976) によって提出され, かつ, 深度 378.7m の db. 161 火山灰層のフィッシュン・トラック年代が, TAKEMURA *et al.* (1976) によって測定された ($0.47 \pm 0.09\text{my}$)。この火山灰層は衣川火山灰層に対比されている。そうした結果と, アズキ火山灰層 (深度 554m) の層位から判断すると深度 500m 付近に, 松山—ブリュンヌ境界があることになり, YOKOYAMA (1976) の data のうち, db85e~85d の上向きの伏角 (平均約40度) は, ブリュンヌ期初期であり, KAWAI *et al.* (1972) の Biwa III event に対比できる可能性が高い。この時代の event については KAWAI *et al.* (1976) にも報告されている。

IV. 千里山丘陵北縁部の大阪層群の古地磁気測定結果について

採集した試料は全部で 39 地点であり, 測定数は 188

である。すべてのサンプルについて交流消磁を, 70oe, 100 oe, 150 oe, 200 oe で行ない, 若干のものについては 250 oe まで行なって, 集中度のよいものを採用し, 自然残留磁気方向 (NRM) とした。

測定結果を図5に示す。集中度が良く, 採用された 33 site が逆帯磁であり 11 site が正帯磁であった。古地磁気層序としては, 芝の不整合 (横山ほか, 投稿中) の下位の大坂層群では, 最下部が, 逆帯磁, 中部が正帯磁, 上部が再度逆帯磁となっている。芝の不整合より上位の大坂層群では, Ma 0~Ma 3 間が, 大局的には逆帯磁であり, Ma 5 は正帯磁である。しかし, Ma 0~Ma 3 間には, Ma 1 層準と上桂火山灰層準との2層準に短い正帯磁が存在する。

島熊山火山灰層とその層準は, 火山灰・粘土層ともに逆帯磁を示している。しかし, 島熊山灰層の上位約20~30mにある粘土層は, 正帯磁を示している。正帯磁を示す地層の厚さは, 約 20m と推定され, 淡水成粘土・シルト層と砂・礫層の互層である。その間に芝A火山灰層Nがあり, やはり正帯磁を示している。この正帯磁はパミス (新田) 火山灰層より下位と考えられるので, レユニオン層準に対比できる可能性が大きい。

芝の不整合の直下の層準については, 芝の不整合直下に露出するシルト・粘土層に芝B火山灰層がはさまれている。この火山灰層は逆帯磁であるが, その上下のシルト層の NRM を測定したところ, 上位のものは, 逆帯

図 5 千里山丘陵北縁部芝ふきの古地磁気測定結果 (柱状図は横山ほか (投稿中) による)

磁, 下位のものは, 測定不能であった。

V. 泉佐野で行なわれたボーリングコアの残留磁気測定

このボーリングは, 1977 年初頭に, 大阪府と土質工学会関西支部による地盤沈下についての基礎調査として行なわれたものである。掘進時には同志社大学の中川要之助氏が立ち合い, コアの観察, 柱状図作成, サンプルングを行っていたので, 研究用サンプルとしても十分批判に耐えうるものである。得られたサンプルはほとんどが, 大阪層群のものであり数層準に海成層をはさんでいる。

サンプルは, 一辺 2cm の立方体に切りとり, プラスチックカプセルに入れ, 測定に供した。測定は, 京都

大学の理学部地質学鉱物学教室のスピナー・マグネットメータを使用させていただいた。消磁前, 100 oe, 200 oe と段階消磁を行なって, 安定と考えられるもののみを採用した。サンプルは 112 層準 224 個であるが, このうち, 42 層準は細～中粒砂, 4 層準は火山灰, 66 層準は粘土・シルト～微細砂層となっている。

砂層はすべて不安定であり, 残留磁気として信頼することができないので除いた。シルト以上の粒度のものと火山灰のうち, 72 層準 126 個は安定であり, 一応残留磁気を示すと考えて, 伏角のみを表現したのが図 6 である。もちろん, 熱消磁をする必要があるが, 現在のところ行っていない。

測定結果をみると, 最上部が逆, 上部が正で, 中・下部がほとんど全部逆帯磁である。中・下部の長い優勢な

図 6 泉佐野ボーリングサンプルの古地磁気測定結果 (柱状図は中川氏の未発表資料である。また、○は火山灰測定結果を示す。)

逆帯磁気は、松山期と考えるのが、最も妥当であろう。したがって、上部の正帯時はハラミロ事件と考えられる。現在の知識では、ハラミロ事件は上桂火山灰層準か、ピンク・光明池火山灰層準と考えられるので、この正帯磁は地層の厚さから考えれば、ピンク・光明池火山灰層準に対比され、深度 44~49m の粘土層が、Ma 1, 55~62m の粘土層が、Ma 0 に対比できると思われる。

VI. その他の古地磁気測定結果

近畿・東海地方の鮮新・更新統の古地磁気測定結果の未公表資料のうちで、重要と思われるもののみのべる。

① 湖北高島丘陵の古琵琶湖層群について

西琵琶湖カントリークラブ入口とすぐ西方白土谷には、YOKOYAMA (1969) にのべられた白土谷火山灰層が露

出している。この火山灰層の残留磁気 (NRM) は正帯磁であった。この火山灰層は高島丘陵の古琵琶湖層群の最下部にあたる層準にはさまれていると考えられるので、高島丘陵の古琵琶湖層群はブリュンヌ期に属する可能性が大きい。白土谷火山灰層は、その産状から、200m ボーリングの BB. 267 火山灰に対比できると思われる。

② 湖南の南郷洗堰西方団地の南崖に露出する火山灰層の残留磁気について

この火山灰は、YOKOYAMA (1969) では、Nango alterations にはさまれていて Nango IV 火山灰層とよばれている。直径 2~3cm の軽石を含んでいるが、ほとんどの部分は葉理を示す青灰白色の硬い火山灰である。この火山灰は林田・横山の測定によれば正帯磁を示す。南郷互層は瀬田礫層 I の下位であり、瀬田礫層 I が湖東の八日市累層 (YOKOYAMA, 1969) に対比されれば、南郷 IV 火山灰層の正帯磁は、湖東の中火山灰層の正帯磁に対比できるであろう。

③ 東海層群奄芸亜層群・スシロ谷火山灰層の正帯磁について

奄芸層群は伊勢湾西岸の三重・岐阜両県に分布する鮮新更新統である。このうち三重県員弁郡、北勢町、藤原町および岐阜県のものについては、横山 (1971)、宮村ほか (1976) によって火山灰層序が明らかにされている。スシロ谷火山灰層は、YOKOYAMA (1969) で古琵琶湖層群の桜谷火山灰層に対比し、Sakuradani (Ho) 火山灰層と呼んだものであり、横山 (1971) では Ho 火山灰、宮村ほか (1976) では、スシロ谷火山灰層と呼んだものである。この火山灰層は、ISHIDA *et al.* (1969) によって、古地磁気方向が測定され、正帯磁として、古琵琶湖層群の小野 II 火山灰の示す正帯磁と対比された。その後再測定の結果では小野 II 火山灰層は消磁後のみならず、新鮮な部分の NRM も逆帯磁を示すので、スシロ谷火山灰層の正帯磁にも疑問があった。しかし、スシロ谷火山灰層は 300 Oe の交流消磁後でも正帯磁を示し安定である。

VII. 近畿地方の鮮新・更新統古地磁気層序の総括

大阪層群・古琵琶湖層群、および東海層群中の奄芸層群北部について、古地磁気層序の総括をしておきたいと考える。そのための基本として、次の各点に留意した。

① フィッシュン・トラック年代は信頼する。フィッシュン・トラック年代については、いろいろ問題点があり、現在、筆者は、西村進氏とともにその解明につとめているが、大阪層群・古琵琶湖層群については、現在の

ところ大きく誤っている可能性は少ないので、ここでは一応正しいと考えておく。

なお未公表 Data として次の三つが存在する。

- a) 奈良市北西、京都府綴喜郡東畑の東畑火山灰層 (パミス火山灰の下位) 2.3 ± 0.15 my (中川・横山：未公表)
- b) 古琵琶湖層群 小野 II, 小野 III, 紫火山灰層 ($2.18 \sim 2.23$ my) (横山・西村・檀原・小畑：未公表)
- c) 奄芸層群市ノ原東北の Dacite 火山灰層 (3.5 ± 0.7 my) (西村・横山：未公表)

これらの結果も尊重する。

② 筆者の見解によって、層準の明らかなもののみを採用する。この点については、筆者の不勉強によって、理解不足もあると思われるが、筆者が、野外で露頭を確認したもののみについて採用することにする。特に、大阪層群の下部・最下部は、層序の不明なところが多いので、Data の採用については慎重に行なう必要がある。

③ 火山灰試料の示す残留磁気については交流消磁を行なってあるものについては信頼する。粘土サンプルについては、参考にする。ただし、交流消磁の最高 Oe については、100 oe 以上であれば、よいとしておく。この点については、まだ検討を要すると思われる。

以上、三点を基本として近畿・東海地方の鮮新・更新統の古地磁気層序をまとめたのが図 2 である。

図 2 から結論づけられること、推論されることを以下にまとめる。

① Epoch の境界については、ISHIDA *et al.* (1969) の見解と変化はないが、より正確になった。大阪層群の松山—ブリュンヌ境界は Ma 4 直下、古琵琶湖層群ではバイオタイト火山灰層の約 10m 上位である。

② ブリュンヌ期に、数回の event あるいは excursion が存在する。現在では、上位より、Lashamp Blake, Biwa I, II, III と考えられる。

③ 松山期には、McELHINNY (1973) で 5 つの even が提出されている。このうち、Gilsa event をのぞいて、近畿東海地方の鮮新・更新統でも認められた。下位より芝 A 火山灰、スシロ谷火山灰、中・南郷火山灰、上桂火山灰の層準で発見された event である。それぞれ、芝、スシロ谷、中—南郷、上桂 event と反称する。このうち中—南郷 ($1.7 \sim 1.8$ my) は Olduvai に、上桂 ($約 2.95$ my) は Jaramillo event に対比されている。(MAENAKA *et al.*, 1977)

また、年代 1.1 my ふきんに、正帯磁がある。これは、新 event の可能性があり、“光明池 event” と仮称しておく。ただ、これは Jaramillo event かも知れない。こ

れが Jaramillo event とすれば、その上の上桂火山灰層準の正帯磁が新 event となるであろう。

④ 芝 event (約 2.3 my-千里山芝の芝 A 火山灰の示す正帯磁) は Reunion 下位, スシロ谷 event (2.2 my-奄芸層群スシロ谷火山灰層の示す正帯磁) は Reunion 上位 event に対比できるであろう。

現在, 近畿地方の鮮新・更新統の古地磁気編集については, 粘土層を中心に精力的に進められている, これらがまとめられるのは, まもなくであろう。この報文はその中間報告としたい。

文 献

- Cox, A. (1969) Geomagnetic reversals. *Science*, **163**, p. 237—245.
- Cox, A. & DALRYMPLE, G. B. (1967) Geomagnetic polarity epochs, Nunivak island, Alaska. *Earth Planet. Sci. Letters*, **3**, p. 173—177.
- HAYASHIDA, A., YOKOYAMA, T., TAKEMURA, K., DANHARA T. & SASAJIMA, S. (1976) Preliminary report on magnetostratigraphy of the Kobiwako Group on the west coast of Lake Biwa, Central Japan. *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, **4**, p. 96—108.
- ISHIDA, S., MAENAKA, K. & YOKOYAMA, T. (1969) Paleomagnetic chronology of volcanic ash of the Plio-Pleistocene Series in Kinki District, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **75**, p. 183—197.
- 石田志朗・横山卓雄 (1969) 近畿・東海地方の鮮新・更新統火山灰層序, 及び古地理・構造発達史を中心とした諸問題。第四紀研究, **8**, p. 31—43.
- ITIHARA, M., YOSHIKAWA, S., INOUE, K., HAYASHI, T., TATEISHI, M. & NAKAJIMA, K. (1975) Stratigraphy of the Plio-Pleistocene Osaka Group in Sennan-Senpoku area, south of Osaka, Japan. *Jour. Geosci. Osaka City Univ.*, **19**, p. 1—29.
- KAWAI, N. (1951) Magnetic polarization of Tertiary rocks in Japan. *Jour. Geophys. Res.*, **56**, p. 73—79.
- KAWAI, N., YASKAWA, K., NAKAJIMA, T., TORII, M. & HORIE, S. (1972) Oscillating geomagnetic field with a recurring reversal discovered from Lake Biwa. *Proc. Japan Acad.*, **48**, 3, p. 186—190.
- KAWAI, N., OTOFUJI, Y. & KOBAYASHI, K. (1976) Paleomagnetic study of deep-sea sediments using thin sections. *Jour. Geomag. Geoelectr.*, **28**, p. 396—412.
- 古琵琶湖団体研究グループ (1977) 水口丘陵西部の古琵琶湖層群。地球科学, **31**, p. 115—129.
- MAENAKA, K., YOKOYAMA, T. & ISHIDA, S. (1977) Paleomagnetic stratigraphy and biostratigraphy of the Plio-Pleistocene in the Kinki District, Japan. *Quat. Res.*, **7**, p. 341—362.
- McELHINNY, M. W. (1973) *Paleomagnetism and plate tectonics*. 368 p., Cambridge Univ. Press London/New York.
- 宮村 学・三村弘二・横山卓雄 (1976) 彦根東部地域の地質。地質調査所。
- NISHIDA, J. & ISHIDA, S. (1975) Matuyama-Brunhes boundary of Osaka Group. *Preprint International Sym. Global Scale Paleolim. Paleoclim.*
- 西村 進・笹島貞雄 (1970) Fission-Track 法による大阪層群とその相当層中の火山灰の年代測定。地球科学, **24**, p. 222—224.
- NISHIMURA, S. & YOKOYAMA, T. (1973) Fission-track ages of volcanic ashes in 200 m core sample of Lake Biwa, Japan. *Proc. Japan Acad.*, **49**, 8, p. 615—618.
- NISHIMURA, S. & YOKOYAMA, T. (1975) Fission-track ages of volcanic ashes of core samples of Lake Biwa and the Kobiwako Groups. *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, **3**, p. 138—142.
- 田村幹夫・松岡長一郎・横山卓雄 (投稿中) 滋賀県水口町北方丘陵の古琵琶湖層群一特に蒲生累層の層序について。地質雑。
- TAKEMURA, K., NISHIMURA, S., DANHARA, T. & YOKOYAMA, T. (1976) Properties and fission-track age of volcanic ashes in the 1000 m core samples of Lake Biwa, with special reference to correlation by tephra among the 1000, 200 m boring core samples of Lake Biwa and the Kobiwako Group. *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, **4**, p. 79—95.
- TORII, M., YOSHIKAWA, S. & ITIHARA, M. (1974) Paleomagnetism on the water-laid volcanic ash layers in the Osaka Group, Sennan and Senpoku Hills, Southwestern Japan. *Rock Magnetism and Paleogeophysics*, **2**, p. 34—37.
- 鳥居雅之・古琵琶湖団体研究グループ (1977) 滋賀県甲賀郡水口町付近の古琵琶湖層群の古地磁気層序について。地球電磁気学会第 61 回講演予稿集, p. 126.
- YOKOYAMA, T. (1969) Tephrochronology and Paleogeography of the Plio-Pleistocene in the Eastern Setouchi Geologic Province, Southwest Japan. *Mem. Fac. Sci. Kyoto Univ. Ser. Geol. Mineral.*, **36**, 1, p. 19—85.
- 横山卓雄 (1971) 鈴鹿山脈の形成 (その 1), 三重県員弁郡の鮮新・更新統を中心にして。竹原平一教授記念論文集, p. 55—67.
- 横山卓雄 (1973) びわ湖周辺の第四系とびわ湖ボーリングサンプルの観察結果についておよび火山灰分析結果。陸水雑, **34**, p. 111—118.
- YOKOYAMA, T. (1975) Plio-Pleistocene Kobiwako Group on the west coast of Lake Biwa with special reference to correlation to the 200 m core sample of Lake Biwa by tephra. *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, **3**, p. 114—137.
- YOKOYAMA, T. (1976) Paleomagnetic estimation of the dip and strike of stratum in the 1000 m deep core boring near Lake Biwa, Japan. *Paleolimnology of Lake Biwa and the Japanese Pleistocene*, **4**, p. 67—73.
- 横山卓雄・中川要之助・檀原 徹・竹村恵二 (投稿中) 千里山丘陵北縁部, 鳥熊山北方地域の大阪層群特に大阪層群内の不整合の可能性について。地質雑。