

日本列島及び韓半島の先白亜系堆積岩の二次磁化

渋谷 秀敏*

Stable secondary magnetizations seen in pre-Cretaceous sedimentary rocks from Japanese Islands and Korean Peninsula

Hidetoshi SHIBUYA*

Abstract Paleomagnetic data on pre-Cretaceous sedimentary rocks in Japanese Islands and Korean Peninsula are reviewed from a view point of secondary magnetization. The summary of the paleomagnetic directions before bedding correction reveals that very stable secondary magnetic components are dominant in both areas. The secondary components are characterized by their positive inclinations and their declinations distributed between present geocentric field direction and Cretaceous paleomagnetic field direction of each area. This fact suggests that substantial portion of these secondary components was acquired in the Cretaceous normal superchron by growth of magnetic minerals caused probably by active intrusions of plutonic rocks which were very frequent around Japan in the Cretaceous.

はじめに

アクリートテレインの概念の導入によって、西南日本のラジオラリアンテレインの古位置は、現在位置とは大きく異っていたと考えられるようになった。それに伴ってこれまであまり関心の持たれなかった我国の先白亜系の古地磁気測定も報告が増えて来ている。しかし、我国のような変動帯中の岩石の磁化については二次磁化の影響があるという報告もいくつかなされている。また、最近測定が始まった韓半島の中・古生界の古地磁気においても安定な二次磁化の存在が見出されている。二次磁化は地史研究に積極的に寄与するところが少なかったのであまり興味が持たれていなかったが、一次磁化を見分けるためにはその理解が重要であるばかりでなく、それ自身、何らかの地史上のイベントの記録であることも確かであるので、今後は、二次磁化への興味を高める必要がある。

二次磁化というのは一次磁化でない磁化と言うのが積極的ではないが定義である。すなわち、岩石が形成された時、堆積岩なら堆積時、火成岩ならマグマの冷

却時に獲得された磁化、あるいは、それから磁場方向に大きな変化のない程度の時間内に獲得された磁化(これが一次磁化の定義である)ではないような磁化の成分の総称である。この中には、ほとんどの岩石が持っている粘性残留磁化のような不安定なものから、あらゆる消磁のテクニックを駆使しても一次磁化と分離できないような安定なものまでである。不安定なものはどこにでも見られるので、本論で二次磁化として扱うのは、通常行われるような30mT程度の交流消磁や300°C程度の熱消磁では取り除けないものにかぎる。

ある磁化の成分が二次磁化であることは、褶曲テストに通らなければそれだけでいえる。また、これも広い意味での褶曲テストかも知れないが、相互の関係はわからなくても、色々な走向、傾斜の所から採取した試料の傾動補正前の方向が系統的であれば二次磁化である。ただし、逆は真ではなく、褶曲テストは磁化の獲得時期と褶曲の形成時期の前後を教えるのみであり、特に、岩石の形成から褶曲運動までの時間が長い場合には、褶曲以前に獲得された二次磁化があってもなんの不思議もない。また、正逆帯磁のセットが近接して見出されると一次磁化である証拠とされる。しかしながら、このように明らかな証拠のある場合を除いては、安定な二次磁化と一次磁化の区別はかなり難し

*大阪府立大学総合科学部地学教室, Department of Earth Sciences, College of Integrated Arts and Sciences, University of Osaka Prefecture, Sakai 591, Japan.

S. Kitakami

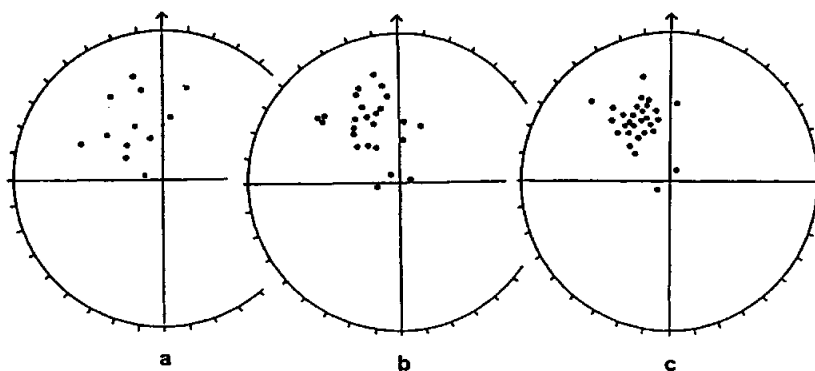


Fig. 1. Equal area projection of paleomagnetic directions before bedding correction of (a) lower Cretaceous volcanic and plutonic rocks, (b) Devonian rocks, (c) Permian rocks in the South Kitakami area, Northeast Japan. All of the directions are in the lower hemisphere. (after FUJIWARA and MORINAGA, 1983).

く、特にスポットデータの場合は状況証拠による推論以外できない。

本論では、東北日本、西南日本、及び韓半島の先白亜系堆積岩に見られる安定な二次磁化について、報告されているデータ、筆者の未発表データを取りまぜて(特に出典の明記していないデータは筆者の未発表データである)検討する。なにぶんデータの量は十分ではなく、スポットデータも利用せざるを得ない。この場合、いずれが二次磁化であるのか判断が難しいところであるが、傾動補正前の方向に注目して、地球磁場が白亜紀以降とったことのある方向を向いている磁化は、疑わしいものとして取り扱って行く。特にすでに明らかな二次磁化として報告されているものの多く

紀の花崗岩の磁化方向と同じであり、花崗岩の貫入に伴って二次磁化が獲得されたと考えるのが妥当である。この二次磁化は非常に安定で、熱消磁、交流消磁のいずれを用いても安定性の試験からのみでは、二次磁化には見えないし、当初は存在したと考えられる一次磁化を完全におおってしまっている。この結果は当倉(1984)によっても確かめられた。

西南日本内帯の例

美濃帯からの二次磁化の報告はSHIBUYA and SASAJIMA(1983)によってなされている。彼らは犬山地域の赤色チャートの磁化の大部分が地層の傾動後の二次磁化であり、一次磁化を得るには600°Cを越える様

が、日本列島や韓半島で白亜紀に多く貫入している花崗岩と似た方向を持っているので、各サイトで期待される白亜紀の古地磁気方位との関係に注目したい。

東北日本の例

南部北上ブロックの古地磁気については藤原らが古くから研究を行っていたが、最近FUJIWARA and MORINAGA(1983)は南部北上の先白亜系の磁化はすべて白亜紀以降の二次磁化であることを明らかにした。Fig. 1はFUJIWARA and MORINAGA(1983)による、南部北上の先白亜系の傾動補正前の古地磁気方向の等面積投影図である。図から明らかな様に、磁化方向は試料の時代によらずすべて北西向きである。逆帯磁のものがないこと、傾動補正前の方向に系統性があることは、この磁化が二次磁化であることを示唆している。実際、この磁化の方向は北上地域に多く見られる白亜

な高温で消磁する必要があると述べた。Fig. 2は犬山地域の赤色チャートの熱消磁結果の直交投影図である。この図は最近消磁結果を提示するとき多用される図で、直交消磁図(orthogonal demagnetization diagram)とか、ジッターフェルト図(Zijderveld diagram)と呼ばれている。図中の折れ線は、各消磁段階での磁化ベクトルの終点を順次つないだ線の水平面(●)と南北軸を含む垂直面(○)への投影で、磁化が消磁に対する安定度の異なるいくつかの成分からなっていると、その折れ目を境に異なった成分が消磁されていく様子を見ていることとなる。それぞれの成分の方向は折れ目に境された各直線部分の方向で表わされている。図を見ると、この赤色チャートの磁化は300°C以下の不安定な成分を除いて、610°C付近を境目とする2つの成分からなっていることがわかる。チャート岩体中の層内褶曲を用いた褶曲テストによって、低

1100191-7

NU

10071 1072 1071 1070 1069 1068 1067 1066 1065 1064 1063 1062 1061 1060 1059 1058 1057 1056 1055 1054 1053 1052 1051 1050 1049 1048 1047 1046 1045 1044 1043 1042 1041 1040 1039 1038 1037 1036 1035 1034 1033 1032 1031 1030 1029 1028 1027 1026 1025 1024 1023 1022 1021 1020 1019 1018 1017 1016 1015 1014 1013 1012 1011 1010 1009 1008 1007 1006 1005 1004 1003 1002 1001 1000 999 998 997 996 995 994 993 992 991 990 989 988 987 986 985 984 983 982 981 980 979 978 977 976 975 974 973 972 971 970 969 968 967 966 965 964 963 962 961 960 959 958 957 956 955 954 953 952 951 950 949 948 947 946 945 944 943 942 941 940 939 938 937 936 935 934 933 932 931 930 929 928 927 926 925 924 923 922 921 920 919 918 917 916 915 914 913 912 911 910 909 908 907 906 905 904 903 902 901 900 899 898 897 896 895 894 893 892 891 890 889 888 887 886 885 884 883 882 881 880 879 878 877 876 875 874 873 872 871 870 869 868 867 866 865 864 863 862 861 860 859 858 857 856 855 854 853 852 851 850 849 848 847 846 845 844 843 842 841 840 839 838 837 836 835 834 833 832 831 830 829 828 827 826 825 824 823 822 821 820 819 818 817 816 815 814 813 812 811 810 809 808 807 806 805 804 803 802 801 800 799 798 797 796 795 794 793 792 791 790 789 788 787 786 785 784 783 782 781 780 779 778 777 776 775 774 773 772 771 770 769 768 767 766 765 764 763 762 761 760 759 758 757 756 755 754 753 752 751 750 749 748 747 746 745 744 743 742 741 740 739 738 737 736 735 734 733 732 731 730 729 728 727 726 725 724 723 722 721 720 719 718 717 716 715 714 713 712 711 710 709 708 707 706 705 704 703 702 701 700 699 698 697 696 695 694 693 692 691 690 689 688 687 686 685 684 683 682 681 680 679 678 677 676 675 674 673 672 671 670 669 668 667 666 665 664 663 662 661 660 659 658 657 656 655 654 653 652 651 650 649 648 647 646 645 644 643 642 641 640 639 638 637 636 635 634 633 632 631 630 629 628 627 626 625 624 623 622 621 620 619 618 617 616 615 614 613 612 611 610 609 608 607 606 605 604 603 602 601 600 599 598 597 596 595 594 593 592 591 590 589 588 587 586 585 584 583 582 581 580 579 578 577 576 575 574 573 572 571 570 569 568 567 566 565 564 563 562 561 560 559 558 557 556 555 554 553 552 551 550 549 548 547 546 545 544 543 542 541 540 539 538 537 536 535 534 533 532 531 530 529 528 527 526 525 524 523 522 521 520 519 518 517 516 515 514 513 512 511 510 509 508 507 506 505 504 503 502 501 500 499 498 497 496 495 494 493 492 491 490 489 488 487 486 485 484 483 482 481 480 479 478 477 476 475 474 473 472 471 470 469 468 467 466 465 464 463 462 461 460 459 458 457 456 455 454 453 452 451 450 449 448 447 446 445 444 443 442 441 440 439 438 437 436 435 434 433 432 431 430 429 428 427 426 425 424 423 422 421 420 419 418 417 416 415 414 413 412 411 410 409 408 407 406 405 404 403 402 401 400 399 398 397 396 395 394 393 392 391 390 389 388 387 386 385 384 383 382 381 380 379 378 377 376 375 374 373 372 371 370 369 368 367 366 365 364 363 362 361 360 359 358 357 356 355 354 353 352 351 350 349 348 347 346 345 344 343 342 341 340 339 338 337 336 335 334 333 332 331 330 329 328 327 326 325 324 323 322 321 320 319 318 317 316 315 314 313 312 311 310 309 308 307 306 305 304 303 302 301 300 299 298 297 296 295 294 293 292 291 290 289 288 287 286 285 284 283 282 281 280 279 278 277 276 275 274 273 272 271 270 269 268 267 266 265 264 263 262 261 260 259 258 257 256 255 254 253 252 251 250 249 248 247 246 245 244 243 242 241 240 239 238 237 236 235 234 233 232 231 230 229 228 227 226 225 224 223 222 221 220 219 218 217 216 215 214 213 212 211 210 209 208 207 206 205 204 203 202 201 200 199 198 197 196 195 194 193 192 191 190 189 188 187 186 185 184 183 182 181 180 179 178 177 176 175 174 173 172 171 170 169 168 167 166 165 164 163 162 161 160 159 158 157 156 155 154 153 152 151 150 149 148 147 146 145 144 143 142 141 140 139 138 137 136 135 134 133 132 131 130 129 128 127 126 125 124 123 122 121 120 119 118 117 116 115 114 113 112 111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 98 97 96 95 94 93 92 91 90 89 88 87 86 85 84 83 82 81 80 79 78 77 76 75 74 73 72 71 70 69 68 67 66 65 64 63 62 61 60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50 49 48 47 46 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 26 25 24 23 22 21 20 19 18 17 16 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1

Mino terrane

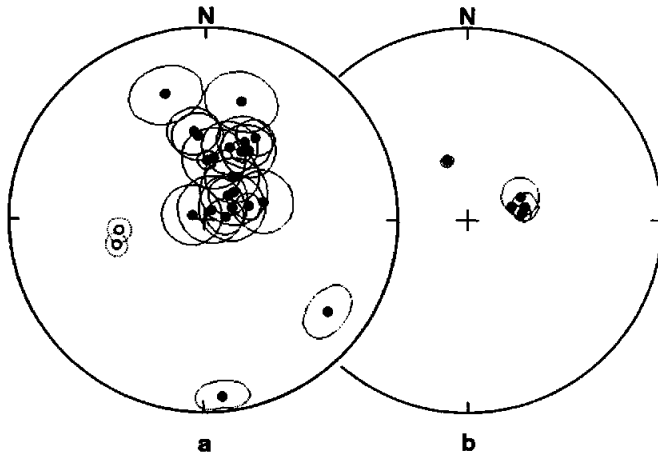


Fig. 3. Equal area projection of the paleomagnetic directions before bedding correction in the Mino terrane, Inner Zone of Southwest Japan. (a) Directions presented in HATTORI and HIROOKA (1977), HATTORI and HIROOKA (1979), HATTORI (1982) and HIROOKA *et al.* (1983). Directions with a 95 % confidence limit larger than 15° were abandoned. (b) Magnetite components presented in SHIBUYA and SASAJIMA (1986), which are proved to be secondary magnetization. The open and closed circle represents upper and lower hemisphere, respectively. Ellipse indicates 95% confidence limit of each direction.

横倉山のシルル系凝灰岩の残留磁化は、低温の不安定な成分以外は、正逆帯磁のセットのある一次磁化のみである、と渋谷ほか (1983) はのべている。ここでは、たまたまかなり条件がよく、一次磁化であるという証拠の挙げられる成分以外は安定な成分を見出していない。黒潮川構造帯では、筆者らはもう一点高知市内の鴻の森岩体で2サイト酸性凝灰岩試料を採集し、その磁化を測定している。秩父帯では高知県香美郡土佐山田町の3サイトについて、また三宝山帯は高知県高岡郡佐川町の2サイトについて、安定な成分を熱消磁で見出したデータがある。試料の岩石種、年代等は現在の議論にあまり重要でないので深くは立ち入らないが、安定な成分のある秩父帯の3サイト、三宝山帯の2サイトはすべて赤色チャートである。

これはすべてスポットデータで一次磁化であるとい

Tanba

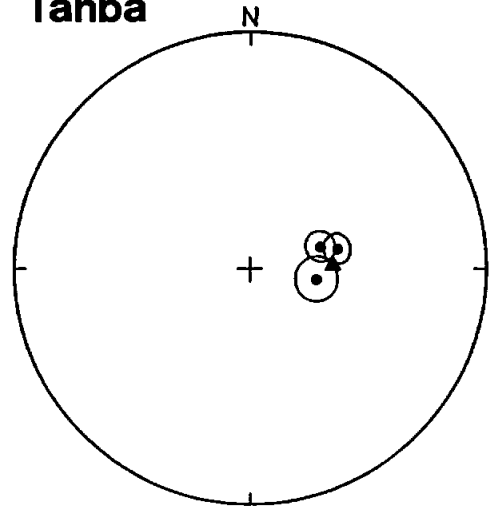


Fig. 4. Equal area projection of *in situ* magnetic directions of a secondary component of a red chert sample in the Tanba terrane (triangle) and stable magnetizations of lower Cretaceous acidic tuff sites in the Sasayama group (circles), both in the Inner Zone of Southwest Japan. All are in the lower hemisphere.

う証拠はないが、安定な磁化の傾動補正前の方向を等面積投影図にプロットすると Fig. 5 のようになる。全体に正の伏角を持つものが多く磁化方位に全く傾向がないとは言い切れないものの、南部北上や西南日本内帯比べると全体にばらまかれた感じになっている。特に秩父帯の試料には特定の方向を持つ傾向があるようには見えない、横倉山の試料に安定な二次磁化がなかったことを考え合わせると、西南日本外帯は内帯に比べて二次磁化の影響が小さいようである。

韓半島の例

韓半島の古地磁気研究は最近までほとんど皆無に近い状況であったが、近年いくつかの報告がおこなわれるようになった。先白亜系についても沃川帯の非変成部分の堆積岩の古地磁気の報告が二・三おこなわれ(渋谷ほか, 1985; 乙藤ほか, 1985) 非常に安定な二次磁化が卓越することが明らかになってきた。

SHIBUYA *et al.* (1985)によると長省地域と聞慶地域の沃川帯の堆積岩の磁化は三種に分類できる。安定な磁化の成分を2つ持つもの(A), 1つ持つもの(B), 不安定な成分しかないもの(C)である。(A)の低温側の(といっても固着温度の範囲は、300°C~660°Cと決して低く

Outer Zone of S.W. Japan

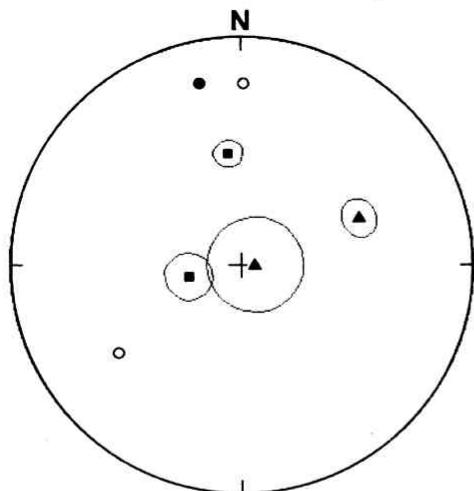


Fig. 5. Equal area projection of the *in situ* paleomagnetic directions of several sites in the Outer Zone of Southwest Japan. Squares, triangles and circles are for acidic tuffs from Kurosegawa structural zone, red cherts from Sambosan terrane, and red cherts from Chichibu terrane, respectively. All the samples were collected in Kochi Prefecture, Shikoku. Open and closed symbol represents upper and lower hemisphere, respectively.

Ogcheon Zone

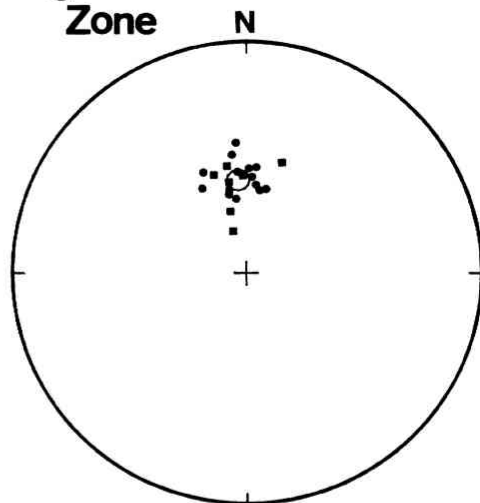


Fig. 6. Equal area projection of the directions before bedding correction of the secondary magnetizations in Ogcheon Zone, Korean peninsula. Circles and squares represent Jangseong and Mungyeong area, respectively. The ellipse is the 95% confidence limit of the mean of these directions. All are in lower hemisphere (after SHIBUYA *et al.*, 1985).

はないが、もう1つの成分に比べると固着温度の低い成分は(B)の試料の磁化と似た特徴を持っており、双方とも傾動補正前の方向が岩石の年代、走向傾斜にかかわらず一定の方向を持っていた(Fig. 6)。この、明らかに二次磁化である成分の方向は、現在の双極子磁場の方向と一致しており、きわめて最近の再磁化を示唆しているようにもみえる。しかし、韓半島の地球磁場の方向は白亜紀以降あまり変化していないので、これだけから再磁化の時代を限定するのは適当ではない。実際、韓半島の仏国寺花崗岩(白亜系)の古地磁気測定(ITO and TOKIEDA, 1980)や、長省地域の古生界と接している白亜紀の花崗岩の古地磁気方位(SHIBUYA *et al.*, 1985)とこの二次磁化の方位は非常に似通っている。

議 論

我国の先白亜系堆積岩は、上に見たように、ほとんどが二次磁化または二次磁化と疑わしい磁化を持って

いる。現在までの得られたデータをもとにするかぎり、東北日本と西南日本内帯ではほとんどの先白亜系が二次磁化の影響をこうむっているようであり、西南日本外帯の先白亜系もいくらかは二次磁化を持っているようである。これは日本列島のみの特徴ではなく韓半島にも見られ、極東地域のかなり広い範囲の現象であることを示唆している。これらの二次磁化の特徴に、正の伏角を持つてることがある。現在の双極子磁場の方向を向く二次磁化が正の伏角を持っているのは、その岩石自身が地表に露出するような最近の地殻変動や、岩石が地表に露出したのちの風化などの化学変化による二次磁化と考えれば説明はつく。しかし、東北日本で見られた東振りの偏角や西南日本で見られた西振りの偏角のものが、ほぼ全部正帯磁であることは、議論する必要がある。この方向は最近の研究によれば日本海拡大以前の、即ち中新世以前の東北日本、西南日本それぞれの地球磁場の方向である(OTOFUJI *et al.*, 1985)。方向から見るとこの二次磁化の獲得時期は中新

世以前なら何時でもよいことになるのであるが、極性に注目すると、白亜紀の長い正磁極期以外は考えにくい。このように広い範囲にわたって見られる二次磁化が通常の磁極期のような非常に短い期間にいわば一瞬

岩の貫入に伴って、周辺の広い範囲の堆積岩で磁鉄鉱が(固着温度の分布から推測できる)成長して、安定な二次磁化が付いた、というのが現在のところもっともらしいシナリオである。無論、花崗岩が貫入したと

に獲得されたとするならば、この地域全体におよぶ何か大きな“イベント”が見つかってしかるべきである。一方獲得時期を白亜紀と考えると白亜紀には非常に長い正の磁極期があるので、地質学的にみて一瞬の時間に二次磁化が獲得されたと考える必要はない。すなわち、我国の先白亜系の堆積岩はほとんどが白亜紀に強い二次磁化を獲得するような何らかの変質作用にさらされて、その後は最近まで比較的静穏な環境にあったこととなる。

このように広範囲に二次磁化を印加した白亜紀の変質作用とは何であろうか。すでに引用した様に FUJIWARA and MORINAGA (1983)は南部北上の堆積岩の二次磁化と白亜紀に貫入した花崗岩との関係を重視している。西南日本や韓半島においても白亜紀に広い範囲で酸性岩の貫入が見られ、これが二次磁化獲得を促した“イベント”の有力な候補であることを示唆している。そう考えると、西南日本外帯が内帯に比べて影響の少ないことも自然である。しかし、磁性鉱物がかなりの変質を強いられるとは言うものの、ここで磁化の議論をした岩石はすべて非変成と言われる堆積岩であって、顕著な変成作用を受けているという報告はない。また、貫入した白亜紀の花崗岩の周辺の岩石の磁化への直接的な影響は実際に観測されており (HATTORI and HIROOKA, 1979), その範囲から大きく離れた岩体の二次磁化が、貫入の直接の作用の結果とは考え難い。

いっばんに自然界での安定な磁化の獲得機構としては、熱残留磁化、堆積残留磁化、化学残留磁化があり得る。本論で問題としている二次磁化の獲得機構としては当然堆積残留磁化は問題にならない。また、熱残留磁化とも考えられない。なぜならばこれらの二次磁化は何れも固着温度の最高値が、500°C以上で、磁化の獲得機構として熱残留磁化を考える場合にはこの温度まであがっている必要があるのに、変成作用の報告がないからである。すると可能性のあるものは化学残留磁化のみである。化学残留磁化とは磁性鉱物が化学的に生成、成長するときに、周りの磁場の方向に獲得する磁化である。低温で生成した磁性鉱物でも、固着温度は成長した後の鉱物種、大きさ、形のみに依存するので高くなる。具体的にどのような磁性鉱物がどのような環境でどのように成長したかの正確な描像は今後の研究に持っしかないが、いずれにせよ白亜紀の花崗

という事実と化学残留磁化が生成したという事実の間にはいくつかの符合があるのみで何ら因果関係の立証はなされていないのでこのシナリオは確定的ではない。今後、本論で問題とする岩石の磁化の起源について、岩石磁気学的な研究を進める必要があろう。

このような安定な二次磁化の報告は最近変動帯の古地磁気測定報告が増えるにつれて、散見されるようになってきた。例えばアパラチアにおいても原因がまったく不明の非常に安定な二次磁化が見出され、安定帯を中心に古地磁気研究を行っていた研究者を当惑させている (KENT and OPDYKE, 1985)。また、ヒマラヤでもふたつ以上の安定な磁化の成分をもつ岩石の報告がある (例えば KLOOTWIJK and BINGHAM, 1980)。安定帯でも二次磁化の報告は数多くあったが、変動帯の二次磁化がそれと異なる点は、安定帯の二次磁化が顕微鏡で観察可能な大きな赤鉄鉱の粒子によって担われていることが多い (TURNER, 1980)のに対して、本論であげたような変動帯の二次磁化は磁鉄鉱のキュリー温度以下の固着温度を持っていることが多いことである。ゆえに安定帯である程度解明されている二次磁化の磁化機構が簡単には適用できない。現在のところ、これらの二次磁化も磁化機構に深く立ち回らないで磁化方向のみを利用されることが多いが、確実な磁化時期の議論には磁化機構の問題は避けて通れない問題である。日本列島や韓半島の二次磁化の磁化時期や磁化機構の研究は極東地域のテクトニクス研究にとって重要であるのみでなく、今後盛んになってゆくべき変動帯の古地磁気研究全体にとって大きな寄与をするものとなるであろう。

謝 辞

本論文で発表したデータはすべて京都大学地質学鉱物学教室物理地質学研究室の装置をもちいて実験したものである。鳥居雅之博士は装置の使用を快く許して下さい。古地磁気試料を採集する際に大阪市立大学の八尾昭博士、松岡篤氏、京都大学の竹村厚司博士には採集地点等について御教示いただいた。これらの方々に深く感謝いたします。

文 献

FUJIWARA, Y. and MORINAGA, Y., 1983: Cretaceous remagnetization of the Paleozoic rocks in the South

- Kitakami Mountains, N. E. Honshu, Japan. *Rock Mag. Paleogeophys.*, **10**, 85-86.
- HATTORI, I., 1982: The Mesozoic evolution of the Mino terrane, central Japan: A geological and paleomagnetic synthesis. *Tectonophysics*, **85**, 813-340.
- HATTORI, I. and HIROOKA, K., 1977: Paleomagnetic study of the greenstone in the Mugi - Kamiaso area, Gifu prefecture, Central Japan. *J. Jpn. Assoc. Min. Petr. Econ. Geol.*, **72**, 340-353.
- HATTORI, I. and HIROOKA, K., 1979: Paleomagnetic results from Permian greenstones in central Japan and their geologic significance. *Tectonophysics*, **57**, 211-235.
- HIROOKA, K., NAKAJIMA, T., SAKAI, H., DATE, T., NITTAMACHI, K. and HATTORI, I., 1983: Accretion tectonics inferred from paleomagnetic measurements of Paleozoic and Mesozoic rocks in central Japan. in *Accretion Tectonics in the Circum - Pacific Regions*, M. HASHIMOTO and S. UYADA, eds., TERRAPUB, Tokyo, pp. 179-194.
- ITO, H. and TOKIEDA, K., 1980: An interpretation of paleomagnetic results from Cretaceous granites in South Korea. *J. Geomag. Geoelectr.*, **32**, 275-284.
- KENT, D. V. and OPDYKE, N. D., 1985: Multicomponent magnetization from the Mississippian Mauch Chunk Formation of the central Appalachians and their tectonic implication. *J. Geophys. Res.*, **90**, 5371 - 5383.
- KLOOTWIJK, C. T. and BINGHAM, D. K., 1980: The extent of Greater India, III. Paleomagnetic data from the Tibetan sedimentary series, Thakkhola region, Nepal Himalaya. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **51**, 381-405.
- OTOFUJI, Y., HAYASHIDA, A. and TORII, M., 1985: When was the Japan Sea opened?: paleomagnetic evidence from Southwest Japan. in *Formation of Active Ocean Margins*, N. NASU, S. UYEDA, I. KUSHIRO, K. KOBAYASHI and H. KAGAMI, eds., TERRAPUB, Tokyo. (in press)
- 乙藤洋一郎・金光浩・井口博夫・森永速男・村田史之・片尾浩・安川克己, 1985: 韓半島に分布する Permian - Quaternary の堆積岩, 火山岩の古地磁気. 日本地球電気磁気学会第77回講演会講演予稿集, 221.
- SHIBUYA, H., MIN, K. D., LEE, Y. S., SASAJIMA, S. and NISHIMURA, S., 1985: Some paleomagnetic measurements in Korean Peninsula. in *Physical Geology of Central and Southern Part of Korea*, NISHIRURA, S. and MIN, K. D., eds., Kyoto University. 41-83.
- 渋谷秀敏・関庚徳・李允秀・笹嶋貞雄・西村進, 1985: 韓半島中・南部の古地磁気—沃川帯中の先白亜系堆積岩について—。日本地球電気磁気学会第77回講演会講演予稿集, 222.
- SHIBUYA, H. and SASAJIMA, S., 1986: Paleomagnetism of red cherts: A case study in Inuyama area, Central Japan, submitted to *J. Geophys. Res.*
- 渋谷秀敏・笹嶋貞雄, 1984: 篠山層群酸性凝灰岩の F.T. 年代と古地磁気. 日本地球電気磁気学会第75回講演会講演予稿集, 190.
- 渋谷秀敏・笹嶋貞雄・吉倉伸一, 1983: 黒瀬川構造帯, 横倉山レンズ状部, シルル系酸性凝灰岩の古地磁気. 地質雑, **89**, 307-309.
- TURNER, P., 1980: Continental red beds. *Developments in sedimentology*, **29**, Elsevier, Amsterdam, 380-492.
- 当舍利行, 1984: 南部北上地方の古地磁気—再帯磁した岩石の示す方向—. 日本地球電気磁気学会第75回講演会講演予稿集, 194.