

## オーストラリア東部ニューイングランドバソリス 南半部の花崗岩類の帯磁率

飯 泉 滋\*・本 間 弘 次\*\*

Magnetic susceptibility of granitoids in southern part  
of the New England Batholith, eastern Australia.

Shigeru IZUMI and Hiroji HONMA

### 1. はじめに

Chappell and White (1974) による S タイプ・I タイプ花崗岩系列の提唱以来、各地の花崗岩類に対するタイプ区分や系列区分の研究が進み、S・I・A・Mの各タイプへの区分や Ishihara (1977) による磁鉄鉱系列・チタン鉄鉱系列への区分が行われ、それぞれに対するさまざまな成因論が展開されてきている (White and Chappell, 1977, 1983; Collins et al., 1982; Kwak and White, 1982; 石原, 1982, Chappell, 1984 など)。また、S・I・A・M各タイプと磁鉄鉱系列・チタン鉄鉱系列との相互関係についても検討され (Takahashi et al., 1980; 高橋, 1985), Sタイプ花崗岩は若干の例外が認められるものの (Wyborn et al., 1981; 田結庄ほか, 1987), そのほとんどがチタン鉄鉱系列に、Aタイプ花崗岩は一般に磁鉄鉱系列に、また I タイプ・Mタイプの両花崗岩は磁鉄鉱系列に属する場合とチタン鉄鉱系列に属する場合があることが指摘されている。

オーストラリア東部のニューサウスウェールズ州北部からクィーンズランド州にかけのニューイングランド褶曲帯には古生代後期から中生代にかけての花崗岩類が分布する。これらに対しても、岩石学的・地球化学的側面からタイプ区分が検討され、SタイプおよびIタイプの両花崗岩系列に区分されている。しかしニューイングランド褶曲帯の花崗岩類の場合、オーストラリア南東部のラクラン褶曲帯の花崗岩類と違って、同位体組成等を含めた多くの側面にわたって明確にSタイプ・Iタイプへの区分ができない場合があることが指摘されている (Shaw and Flood, 1981; Hensel

et al., 1985)。また、ニューイングランド褶曲帯の花崗岩類に対しては従来帯磁率の測定が行われておらず、このような性質を持つ花崗岩類のタイプ区分と帯磁率との関係については不明のまま残されてきている。

今回、筆者らは文部省科学研究費による海外学術調査「オーストラリア東部大蛇紋岩帯周辺の古生代島弧性地殻の形成過程に関する研究」の一環として、南部ニューイングランド褶曲帯南半部に分布する花崗岩類の地質調査を行ない、あわせて広域的に花崗岩類の帯磁率を測定した。本稿ではその結果を、タイプ区分と帯磁率との関係を中心にしておいて報告する。また花崗岩類の Rb-Sr 年代およびその初生値について、従来のデータをもとに再検討を行ったのでその結果についても報告する。

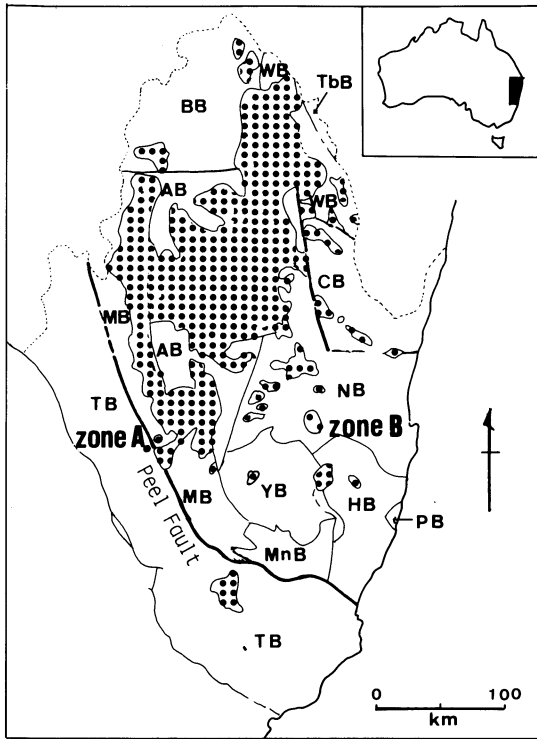
調査にあたっては、研究代表者である徳島大学教授の岩崎正夫氏をはじめ、研究分担者である島根大学の渡辺暉夫、石賀裕明、シドニー大学の E.C. Leitch、オタゴ大学の河内洋佑の各氏にはひとかたならぬご協力とご援助をいただき、また貴重なご討論をいただいた。シドニー大学の P.A. Morris 氏には一部の地域の調査にご協力をいただいたほか、文献や資料について多くのご教示をいただいた。以上の方々に厚くお礼申し上げます。次第である。

### 2. 地質概説

ニューサウスウェールズ州北東部からクィーンズランド州中東部にかけ、南北ないし北北西-南南東方向に延長 1600 km にわたって伸びる古生代のニューイングランド褶曲帯は、そのほぼ中央部を中生代の堆積盆に覆われ、南北二つの地域にわかれて分布している。このうち南部ニューイングランド褶曲帯は、その西域を北北西-南南東方向に伸びる大蛇紋岩帯 (ビール断層)

\* 島根大学理学部地質学教室

\*\* 岡山大学地球内部研究センター



第1図 南部ニューイングランド褶曲帯の構造区分と火成岩類の分布 (Leitch, 1974, Cawood and Leitch, 1980).

AB: Armidale block, BB: Bonshaw block, CB: Coffs Harbour block, HB: Hastings block, MB: Macdonald block, MuB: Manning block, NB: Numbucca Slate belt, PB: Port Macquarie block, TB: Tamworth block, TbB: Tabulam block, WB: Warwick block, YB: Yarrowitch block.

を境に、その西側のA帯と東側のB帯とに区分され、それらはさらに岩相、変形の程度、変成度などから第1図に示すようないくつかのブロックに構造区分されている (Leitch, 1974; Cawood and Leitch, 1980)。A帯はデボン紀から石炭紀の主に火山碎屑性堆積物から構成され、その層厚は12-13kmに及ぶ (Leitch, 1974; Cawood, 1982)。これらは前弧海盆堆積物であると考えられており、その供給源は当時A帯西縁沿いで活動していた火山列にもとめられている (Leitch, 1975; ほか)。

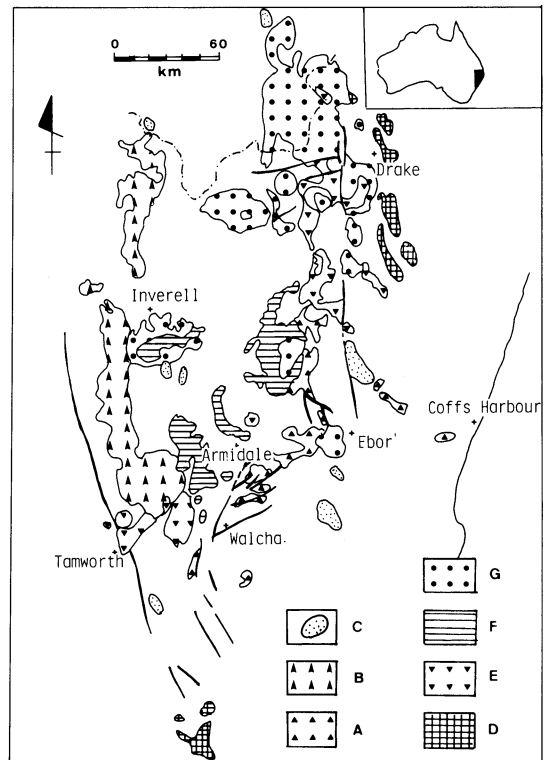
一方B帯は主に玄武岩溶岩やチャートを挟むグレイワッケ、頁岩及び泥岩等から構成され、全体として強い変形、褶曲を受け、また緑色片岩相 (一部角閃岩相) の広域変成作用を受けている。これらはカンブリア紀

から二畳紀までの付加体堆積物であると考えられてきたが、最近従来シルル紀とみなされてきた地層から石炭紀の放散虫が発見され (Ishiga et al, 投稿中), 付加体形成の時期についてはB帯全体にわたる今後の詳細な検討が必要である。

このニューイングランド褶曲帯には、上記古生層を貫いて古生代後期から中生代にかけての花崗岩類が広く分布し、それらは一括してニューイングランドバソリスと呼ばれている (Leitch, 1974)。これらの花崗岩類の多くはB帯に分布するが、二畳紀後期の花崗岩の一部はピール断層及びA帯の古生層をも貫いている。

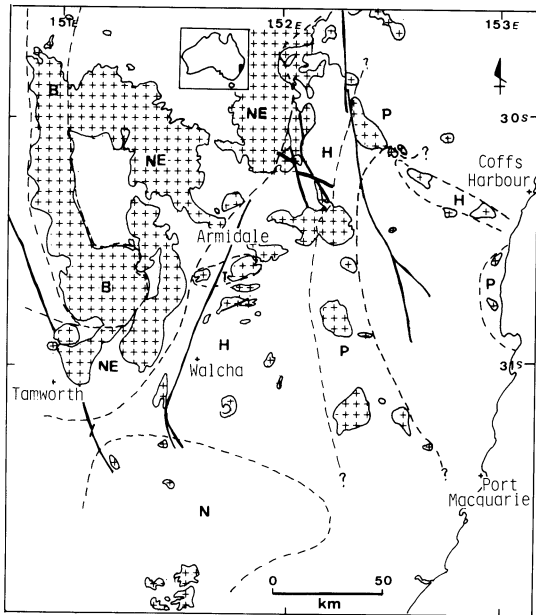
### 3. 花崗岩類の概要

本地域の花崗岩類は構成鉱物の種類や性質、化学組成、同位体組成、活動時期等の特徴から、それぞれが数個ないし数10個の岩体から構成されるいくつかの suite に区分されている (O'Neil, et al., 1977; Shaw



第2図 Shaw and Flood (1981) による花崗岩類の区分

A: Hillgrove suite; B: Bundarra suite; C: Uncertain; D: Clarence River suite; E: Moonbi suite; F: Uralla suite; G: Leucoadamellites.

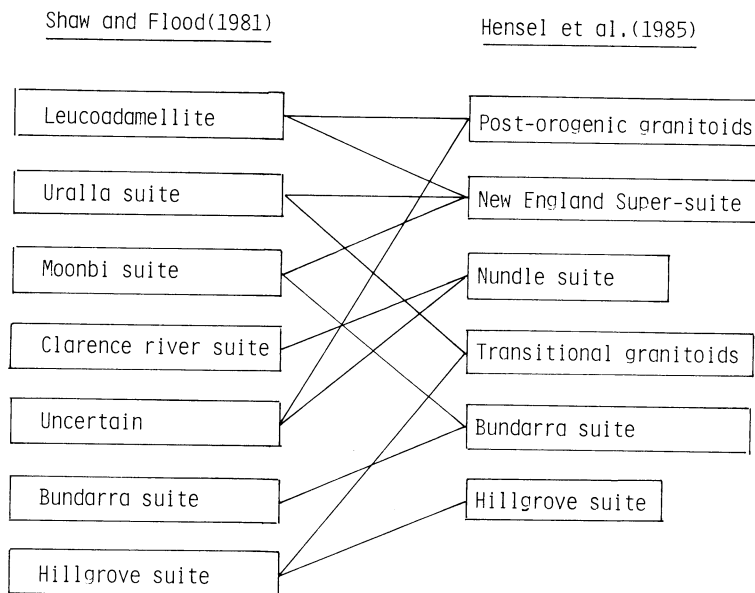


第3図 Hensel et al. (1985) による花崗岩類の区分

H: Hillgrove suite; B: Bundarra suite; T: Transitional granitoids; N: Nundle suite; NE: New England Super-suite; P: Post-orogenic granitoids.

and Flood, 1981: Hensel et al., 1985). Shaw and Flood (1981) は, Hillgrove, Bundarra, Clarence river, Moonbi, Uralla の5つの plutonic suite と Leucoadamellite および未区分のものに区分した (第2図). 一方, Hensel et al (1985) は, Shaw and Flood (1981) とは異なる区分を行い, Hillgrove, Bundarra, Nundle の3つの suite と New England super-Suite, および Transitional granitoids, Post-orogenic granitoids の併せて6つのグループに区分した (第3図). このうち, Hillgrove および Bundarra の両 suite については両者の区分がほぼ一致しているものの, それ以外の花崗岩類に対する区分はかなり異なっている (第4図). このようにニューイングランドバソリスの suite 区分は, 未だ完全に確立されたものにはなっていないが, 筆者らの今回の調査地域はニューイングランドバソリス南半部に限られているので, バソリス全体の問題に関わる suite 区分を十分に検討することはできない. 従って本稿では, 基本的に Shaw and Flood (1981) および Hensel et al (1985) の区分に従い, ニューイングランドバソリス南半部の花崗岩類を6つのグループに区分した (第5図). 以下この区分に従い花崗岩類の概要を記載する.

1) Hillgrove Suite



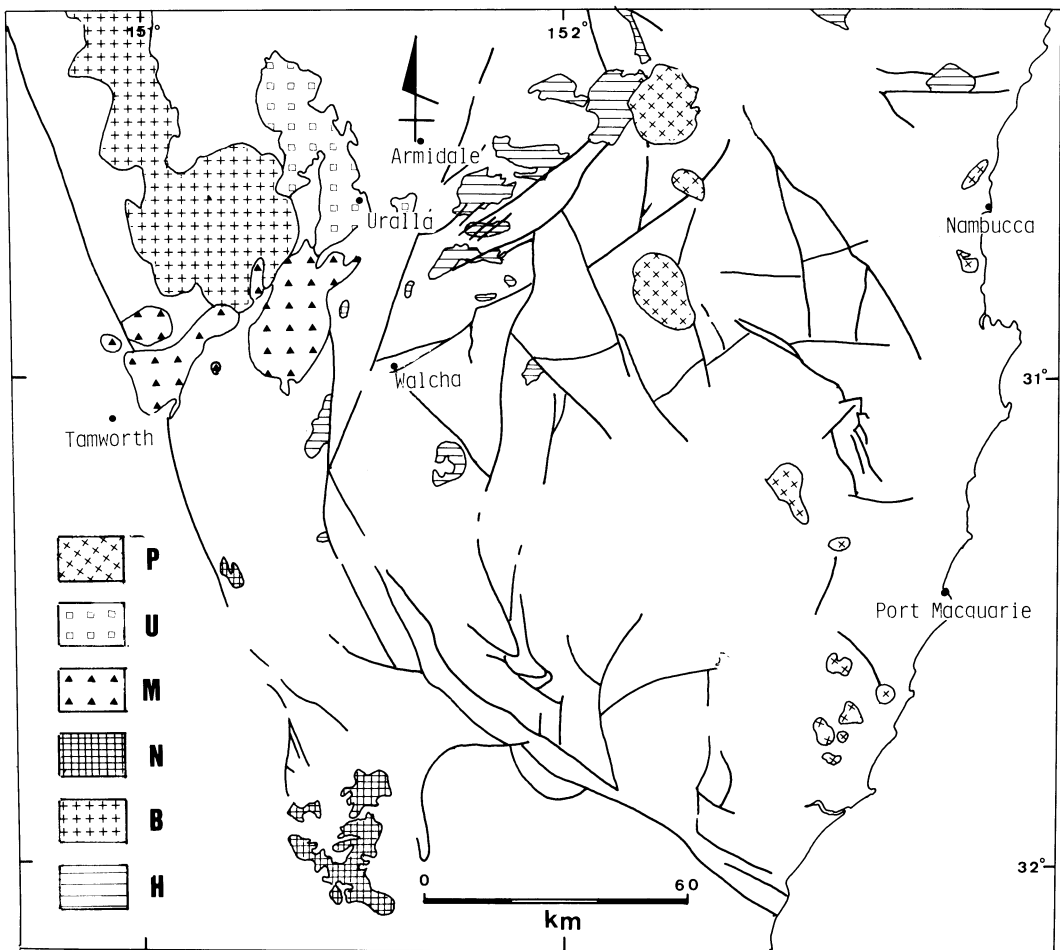
第4図 Shaw and Flood (1981) と Hensel et al. (1985) による花崗岩類の suite 区分の相互関係.

本 suite の区分は Shaw and Flood (1981) に従った。Hensel et al (1985) の区分もほとんど同じであるが、彼らは Uralla 東方に分布する数岩体 (第 3 図) を Transitional granitoids と呼んで区分した点で異なっている。これは化学組成や同位体組成が、彼らの区分による New England Super-Suite と Hillgrove Suite の中間的な性質を示すことによるものであるが、岩相上の大きな違いはない。

本 suite は主に顕著な片状構造を持った中粒の黒雲母アグメロ岩—花崗閃緑岩から構成される。しばしば径 1—2 cm のカリ長石が斑状を呈する。黒雲母はアルミニウムにとみ、しばしば針状のルチルを離溶してい

る。鉄鉱はチタン鉄鉱である (Hensel et al, 1985)。また一部の岩体には、アルマンディン質ザクロ石、アクチノ閃石質角閃石、カミングトン閃石が伴われる (Flood and Shaw, 1977; Shaw and Flood, 1981)。SiO<sub>2</sub> 含量は 65—72% の範囲を示し、より苦鉄質の岩相程ノルム・コランダムにとむ (Shaw and Flood, 1981)。しかし Sr 同位体初生値は 0.7064±0.0009 (Flood and Shaw, 1977) および 0.70526±0.00035 (Hensel et al., 1985) で低く、εNd も -0.1~+1.8 の比較的高い値を示す、なお、Hensel et al. (1985) による Transitional granitoids は Sr 同位体初生値が 0.70618, εNd が +0.2 である。

本 suite の花崗岩類は K-Ar 年代で 1 個のみ 293±6



第 5 図 花崗岩類の区分

H: Hillgrove suite; B: Bundarra suite; N: Nundle suite; M: Moonbi suite; U: Uralla suite; P: Post orogenic granitoids.

Ma (Hensel et al., 1985) と古い年代を示すが、そのほかは 275~258 Ma (Cooper et al., 1963; Binns, 1966) を示す。一方、Rb-Sr 全岩アイソクロン法では 289±25 Ma (Flood and Shaw, 1977) および 312±10 Ma (Hensel et al.) の年代が得られている。

## 2) Bundarra Suite

本 suite の区分は Shaw and Flood (1981) および Hensel et al (1985) の両者に従った。本 suite は最もピール断層よりの地域に分布する花崗岩類の一つで、大部分は極めて粗粒な等粒状-斑状の優白質アダメロ岩によって構成されるが、アプライト質花崗岩やアプライトも伴われる。等粒状に近い岩相では石英、カリ長石、斜長石の粒径は一般に 1 cm 以上におよぶ。粗粒斑状の岩相では、カリ長石の斑晶が粒系 5 cm 以上に達する場合も珍しくなく、最大 8 cm にもおよぶ。石英もしばしば斑状を呈する。黒雲母、チタン鉄鉱のほか、しばしば自形で粒径 1~2 cm のコーディエライトや電気石が含まれる。また、やや苦鉄質の岩相には僅かにアルマンティン質ザクロ石が含まれることがある (Shaw and Flood, 1985)。

SiO<sub>2</sub> 組成の範囲は限られており、多くは 70% 以上で、2% 程度までのノルム・コランダムが算出される (Chappell, 1978; Shaw and Flood, 1981; Hensel et al., 1985)。Sr 同位体初生値は 0.7057±0.0014 (Flood and Shaw, 1977), 0.70574~0.70612 (Hensel et al., 1985), εNd は -0.2~-0.9 を示す (Hensel et al., 1985)。

本 suite の花崗岩類は Rb-Sr 全岩アイソクロン法により、286±13 Ma (Flood and Shaw, 1977) および 287±10 Ma (Hensel et al, 1985), Rb-Sr 黒雲母年代で 281 Ma (Hensel et al, 1985) のほぼ一致した年代が得られている。しかし、黒雲母の K-Ar 年代は 304-309 Ma (Kleeman, 1975) でやや古い。

## 3) Nundle Suite

本 suite は Hensel et al (1985) の区分によるもので、トータル岩、斑れい岩、閃緑岩等の比較的苦鉄質な岩相のものから構成される。しかし最北部の一岩体 (第 3 図) は他の岩体に比し憂白質であること、帯磁率が低いこと等の点でそれ以外の岩体とは異なっている。Hensel et al (1985) も本岩体は他の岩体に比べ Rb に富み Sr に乏しく年代も若干古いことなどから、Nundle suite と Hillgrove suite の中間的な性質を持つ別な suite に区分される可能性を指摘しており、その区分については検討の余地がある。

Sr 同位体初生値は 0.70351~0.70396 で他の suite

の花崗岩より低く、εNd は +6.1 でかなり高い値を示す (Hensel et al., 1985)。Rb-Sr 法による黒雲母年代は 255 Ma および 262 Ma を示す (Hensel et al. 1985)。

## 4) Moonbi Suite

ニューイングランドバソリス南半部に於て、Hillgrove, Bundarra の両 suite にはさまれた Tamworth 付近からその北東約 100 km の Armidale にかけての地域に分布する花崗岩類は、Shaw and Flood (1981) によって Moonbi および Uralla の 2 つの plutonic Suite に区分された (第 2 図)。しかしその後、Hensel et al (1985) はそれらを New England Super-Suite として一括した。今回の筆者らの調査では、Moonbi び Uralla の 2 つの plutonic Suite は、後述するように帯磁率の面で大きく性質を異にするので、本稿では Shaw and Flood (1981) の区分に従った。

本 suite は主に中粒~粗粒の角閃石-黒雲母花崗閃緑岩、黒雲母アダメロ岩によって構成されるが、モンゾニ岩等のより苦鉄質な岩相も伴われる。一般に塊状であるが、斑状岩相ではカリ長石斑晶が弱い定向配列を示すことがある。副成分鉱物として、普通輝石、スフェン、磁鉄鉱等が含まれる。本 suite の岩石は、高い K<sub>2</sub>O, Sr, BaO 含量及び高い Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/FeO 比によって特徴づけられる (Shaw and Flood, 1981)。Sr 同位体初生値は 0.7052±0.0002, εNd は 0~2.4 を示す (Hensel et al., 1985)。

本 suite の花崗岩類については 2 つの岩体から 250 Ma (Cooper et al, 1963) の K-Ar 年代が、また別の岩体から角閃石と黒雲母に対してそれぞれ 226 Ma, 230 Ma のほぼ一致した年代 (Evernden and Richards, 1962) が得られている。Rb-Sr 年代については後述する。

## 5) Uralla Suite

本 suite の区分は Shaw and Flood (1981) に従った。本 Suite は中粒ないし粗粒斑状~等粒状の角閃石-黒雲母花崗閃緑岩、黒雲母アダメロ岩を主体とするが、斑れい岩や閃緑岩等の苦鉄質岩類を比較的多く伴う。主な苦鉄質鉱物はアクチノ閃石質角閃石、黒雲母、斜方輝石、単斜輝石で、鉄鉱はチタン鉄鉱のみの場合が多いが磁鉄鉱を伴う場合もある (Shaw and Flood, 1981)。本 suite の花崗岩類は K<sub>2</sub>O, CaO, Sr 含量が I タイプの Moonbi Suite のものに比し乏しい傾向にあること、またノルム透輝石含量も少なく SiO<sub>2</sub> 62% 以上の岩相ではしばしばノルム・コランダムが算出され、また負の δ<sub>34</sub>S を持つこと (Colemann, 1979) などから、I・S 両タイプの間中間的な性質を持つものと考えられ

ている (Shaw and Flood, 1981). しかし Sr 同位体初生値は  $0.7058 \pm 0.0003$  で低く,  $\epsilon Nd$  は  $0 \sim 4.6$  で比較的高い (Hensel et al., 1985).

#### 6) Post-orogenic granitoids

Post-orogenic granitoids は Hensel et al (1985) の区分によるもので, これには Shaw and Flood (1981) による Leucoadamellite と未区分の花崗岩類の一部が含まれるが, 本稿では両者の調査地域以南に分布するグライファイアーや花崗斑岩を主体とする数岩体もこれに含めた (第5図). なお, 第4図に示されている Post-orogenic granitoids のうち最南部の岩体の一つは花崗岩類ではなく, 流紋岩及びデイサイト溶岩と火砕岩から構成されるので第5図からは除外した.

本グループの花崗岩類は細粒ないし中粒の黒雲母アダムロ岩が主体をなすが, 中粒斑状の角閃石-黒雲母花崗閃緑岩のほか, アプライト質花崗岩, 花崗閃緑斑岩, グラノファイアなど細粒斑状の侵入岩類も含まれる. 本 suite に属する一部の岩体には, 銅-スズ-モリブデンの鉱床が胚胎する.

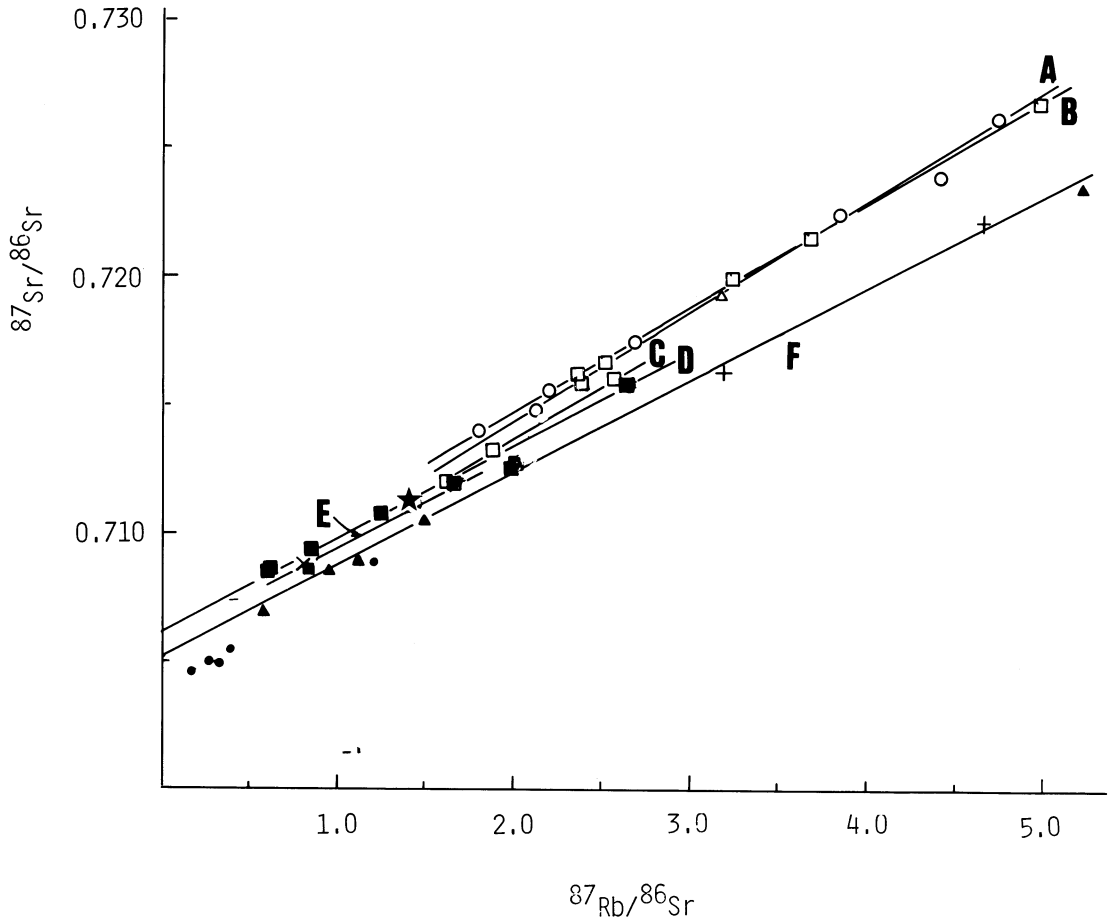
本グループの花崗岩類は, 230 Ma を示す黒雲母の未公表データがあること (Hensel et al., 1985) や, 野外での産状などから上記の各 suite の花崗岩類におくられて活動し, 一部はジュラ紀にまでおよんだ可能性が指摘されている (Shaw and Flood, 1981). Sr 同位体初生値は 230 Ma の年代を使って,  $0.70433$  が,  $\epsilon Nd$  は  $+4.5$  および  $+1.1$  が求められている (Hensel et al., 1985).

上記の各グループの花崗岩類は以上のような岩相上, 化学組成上の特徴から Chappell and White (1974) に従ったタイプ区分がなされている. このうち Hilgrove および Bundarra の両 Suite の花崗岩類は S タイプに, その他の花崗岩類は I タイプに区分されている. しかし前述したようにニューイングランドバソリスの場合, 花崗岩類が明瞭にタイプ区分され得ない場合がある. 岩相的にも化学組成的にも明瞭な S タイプの性質を持つ Bundarra や Hillgrove Suite の花崗岩類が, 典型的な S タイプ花崗岩類に比べかなり低い Sr 同位体初生値を示すこと (Flood and Shaw, 1975) や, Uralla Suite の花崗岩類が高い  $\delta^{18}O$  (O, Neil et al, 1977), 負の  $\delta_{34}S$  (Coleman, 1977) を示し,  $SiO_2$  62% 前後の岩石でもしばしばノルム・コランダムが算出されることなどはその例である.

#### 4. 花崗岩類の Rb-Sr 年代についての再検討

上述のようにニューイングランドバソリス南部の花崗岩類については, これまで K-Ar 法, Rb-Sr 法により多数の年代がえられてきており, その結果によると Hillgrove suite および Bundarra Suite の両 S タイプ花崗岩類がより早期に, その後に I タイプの 3 つの suite の花崗岩類が, つづいて I タイプの Post orogenic granitoids が進入している. しかし各 suite ごとにみると, K-Ar 法と Rb-Sr 法の間でかなりの年代の違いが認められる場合がある. また Rb-Sr 全岩アイソクロン年代は同じ suite に属するとは言え, 100 km 以上も離れたいくつかの岩体からのサンプルによって求められた場合もあるので, Flood and Shaw (1977) および Hensel et al. (1985) のデータをもとにそれらの年代について再検討を行った.

Hillgrove Suite の花崗岩類については Rb-Sr 全岩アイソクロン法では  $289 \pm 25$  Ma (Flood and Shaw, 1977) および  $312 \pm 10$  Ma (Hensel et al., 1985) の 2 つの年代が得られている. Flood and Shaw (1977) による年代は 100 km 以上も離れた地域に散在するいくつかの岩体から採取された 7 個のサンプルによって求められたものである. Hensel et al. (1985) も同様な方法をとったが, 33 個ものサンプルから年代を求めている点で異なっている. しかし, Hensel et al. (1985) の第 1 表に載せられている 11 個のデータのうち, Rb-Sr 系が大きく変化したと考えられている (Hensel et al., 1985) 2 つのデータ (CT13 および INGA) を除いて検討すると, それらが少なくとも 2 本のアイソクロンに別れてプロットされる. 従ってそれらを一括して一本のアイソクロンで年代や初生値を求めるには問題がありそうである (第 6 図). また Flood and Shaw (1977) による 7 個のデータはその一方のアイソクロン付近にプロットされる (第 6 図). 本 suite の上記 16 個全部のデータからは,  $301 \pm 3$  Ma の年代と  $0.70572 \pm 32$  の初生値が求められる (アイソクロン A). Dundurrabin 岩体からの 2 個のサンプルおよび Kimberley 岩体の 1 個のサンプルはその他の 13 個のサンプルと年代はほぼ同じであるが初生値が若干異なる別のアイソクロンにプロットされる (アイソクロン C). この 3 個を除いた 13 個のサンプルによるアイソクロンは,  $290 \pm 4$  Ma の年代と  $0.70633 \pm 25$  の初生値を示す (アイソクロン B). またこのアイソクロン上に Hensel et al.,



第6図 Rb-Srアイソクロン図. データは Flood and shaw (1977) および Hensel et al. (1985) による.

白丸：Flood and Shaw (1977) による Hillgrove suite のデータ, 白四角：Hensel et al. (1985) による Hillgrove suite のデータ, 白三角：Transitional granitoids, 黒四角：Uralla suite, 星：Urall suite 花崗岩類分布域周辺の火山岩, 斜め十字：Kimberley 岩体, 黒三角：Moonbi suite, 十字：Leucoadamellites, 黒丸：Nundle suite, アイソクロンA：Hillgrove suite の全データによるアイソクロン, 年代： $301 \pm 3$  Ma, 初生値： $0.70572 \pm 32$ ; アイソクロンB：アイソクロンAから Dundurrabin および Kimberley 岩体からの3サンプルを除いたアイソクロン, 年代： $290 \pm 4$  Ma, 初生値： $0.70633 \pm 25$ , アイソクロンC：Dundurrabin 岩体からの2個, および Kimberley 岩体からの1個のサンプルによるアイソクロン, アイソクロンD：Uralla suite 5個のサンプルによるアイソクロン, 年代： $260 \pm 8$  Ma, 初生値： $0.70606 \pm 22$ , アイソクロンE：Uralla suite の Shalimar 岩体および Back Creek 岩体に対するアイソクロン, アイソクロンF：Moonbi suite からの5個, Uralla suite からの2個, Leucoadamellite からの2個のサンプルによるアイソクロン, 年代： $252 \pm 3$  Ma, 初生値： $0.70510 \pm 19$ .

(1985) の Transitional granitoids のデータもプロットされる。このことは Hillgrove suite の花崗岩類は活動時期はほとんど同じであるが岩体あるいは地域によって Sr 同位体初生値が異なっていることを示している。従ってその年代も Hensel et al (1985) による 312 Ma より若くは Flood and Shaw (1977) による年代が妥当なものと考えられる。この年代は K-Ar 年代のうち最も古い値 (293 Ma) と一致している。なおその他の K-Ar 年代が若い値を示すことについては、Rb-Sr 年代が侵入の時期を、K-Ar 年代はその後の変形を受けた時期を示すかもしれない。

次に、Hensel et al. (1985) による New England Super-suite の花崗岩類について検討する。すでに述べたように、本稿で対象にしている地域に分布する New England Super-suite の花崗岩類は Shaw and Flood (1981) に従って Uralla suite と Moonbi suite とに区分しているが、本地域北方に分布する Leucoadamellite も含めて検討する。データはすべて Hensel et al. (1985) によったが、花崗岩類およびその enclave の 19 個のデータのうち Sr 同位体が異常に低いサンプル (Moonbi) と Rb/Sr 比が異常に高いサンプル (G415) の 2 個は検討の対象から除外した。なお、1 サンプル (Back Creek) についてはサンプル採取場所が不明で、その suite 区分はできない。

Moonbi, Uralla, Leucoadamellite についてのデータをアイソクロン図に記号を分けてプロットした (第 6 図)。第 6 図から明かなように、これらは少なくとも年代はほとんど変わらないが初生値を異にする 3 本のアイソクロンに分かれてプロットされる。最も初生値の高いアイソクロン D には、Uralla suite の 5 個のサンプルとそれらと地理的に密接に伴って産する火山岩 (rhyodacite) 1 個のデータもプロットされる。このアイソクロンは  $260 \pm 8$  Ma の年代と  $0.70606 \pm 22$  の初生値を示す。またアイソクロン E はやはり Uralla suite に属する Shalfmar 岩体に対して求められた 2 個のサンプル、および Back Creek 岩体の 1 個のデータを結んだもので、アイソクロン D よりやや低い初生値を示すが年代はほぼ同じである。その他の 9 個のデータはアイソクロン F にプロットされる。それには Moonbi suite の全部のデータ (5 個)、Uralla suite の 2 個のサンプル、Leucoadamellite の 2 個のサンプルがプロットされ、 $252 \pm 3$  Ma の年代と  $0.70510 \pm 19$  の初生値を示す。

このような結果は Hensel et al. (1985) によっても示唆されているように、地域あるいは岩体によって

Sr 同位体初生値が異なることを示している。特に Uralla suite についてはすべての岩体を一括して年代や初生値を議論することはできない。また Moonbi suite の全部のサンプル (5 個) は、Uralla suite および leucoadamellite のそれぞれ 2 個のサンプルと共に一本のアイソクロンにプロットされる。このことは本 suite の花崗岩類はその侵入時期や起源物質に大きな違いがなかったことを示している。さらに、Uralla, Moonbi および Leucoadamellite の花崗岩類の間にはほとんど侵入時期の違いはなく、それらはいっついで活動したのと考えられる。

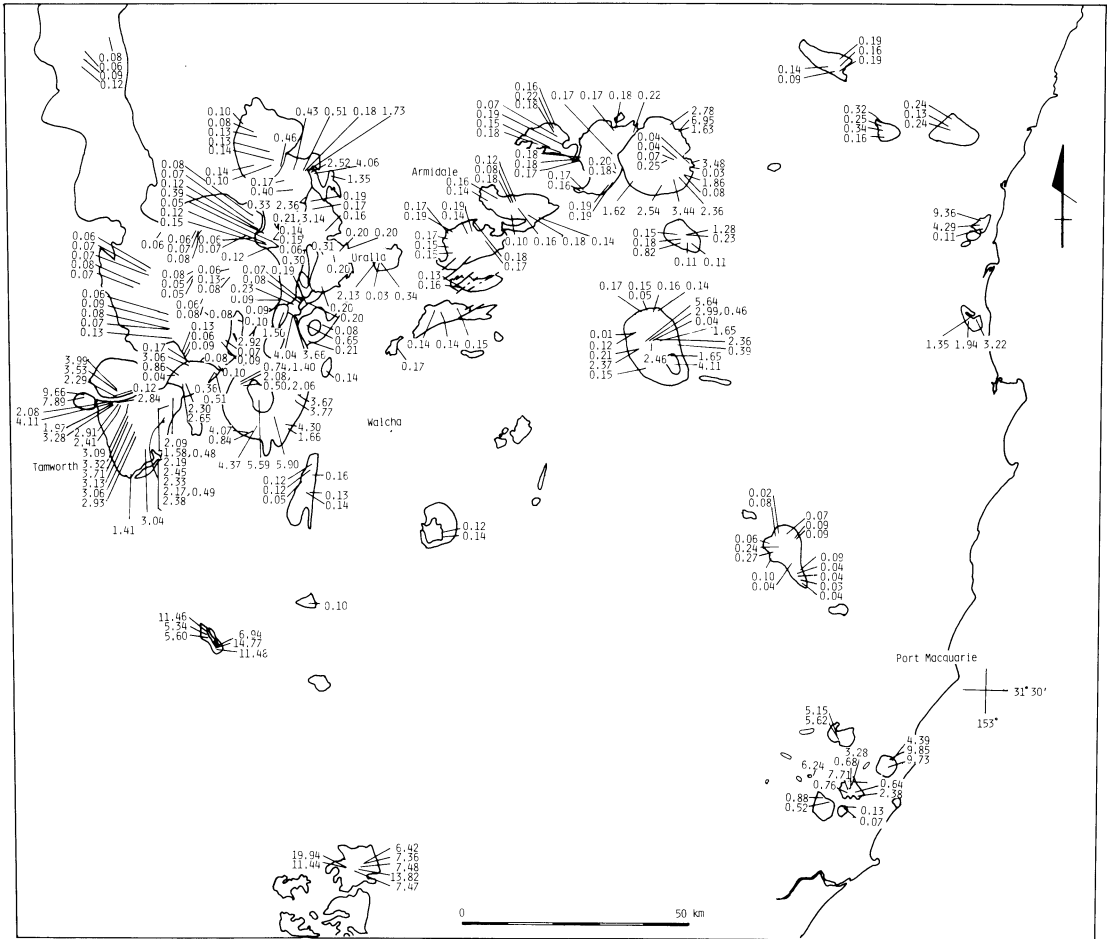
なお、Moonbi suite については 2 つの岩体から 250 Ma (Cooper et al, 1963) の K-Ar 年代が得られており、上記 Rb-Sr 年代と調和的である。しかし 1 岩体からの角閃石と黒雲母に対するそれぞれ 226 Ma, 230 Ma の一致した年代 (Evernden and Richards, 1962) とは異なっている。

## 5. 帯磁率

帯磁率はチェコスロバキア製の携帯用帯磁率計、カップメーター K T-5 型を用い、本バソリス南半部の花崗岩類に対し約 300 の露頭で測定を行った。各露頭では数ヶ所ないし 20ヶ所を繰り返し測定を行った。各露頭での帯磁率は比較的安定した値を示す場合が多いが、測定点によって大きく変化する場合もある。S タイプに属する Hillgrove および Bundarra の両 suite では、帯磁率は各露頭での変化幅も小さく、岩体あるいは suite 内での変化も少なく安定した値を示す。一方 I タイプ花崗岩類の帯磁率は一般に各露頭での変化も、岩体あるいは suite 内での変化も S タイプ花崗岩類に比べ相対的に大きい。ここでは各測定点の平均値を取ることによって露頭での帯磁率を代表させ、その結果を第 7 図に示した。しかし各測定点での帯磁率が連続的ではなく、バイモーダルな結果を得た場合は、それぞれを平均し結果を併記した。帯磁率は帯磁率計の単位に従い S I unit で示した。  $1 \times 10^{-3}$  S I unit は C G S 系単位でほぼ  $50 \sim 80 \times 10^{-6}$  emu/g に相当するので (飯泉・高木, 1987)、本稿ではこれを基準としてチタン鉄鉱系と磁鉄鉱系とに区分した。

Hillgrove suite はいずれの岩体も安定した低い帯磁率を示しチタン鉄鉱系に属する (第 7 図)。また、岩体内部や岩体間で岩相の変化が少ない Bundarra suite はアブライト質花崗岩やアブライトを含めて Hillgrove suite よりさらに低い、しかも安定した帯磁率を示す





第7図 各露頭における帯磁率の平均値 (SI unit).

(第7図). 従ってSタイプに属する両 suite の花崗岩類はいずれもチタン鉄鉱系である. 一方, Iタイプに属する Nundle suite および Moondi suite の花崗岩類はいずれも  $1 \times 10^{-3}$  S I unit 以上の帯磁率を示す. 特に前者は苦鉄質な岩相が卓越することもあって  $500 \times 10^{-6}$  emu 以上の高い値を示す (第7図).

S・I両タイプの中間的な性質を持つとされている Uralla suite の花崗岩類は一般に低い帯磁率を示し, 多くはチタン鉄鉱系に入る. しかしアブライト質花崗岩およびアブライトの一部にやや高い帯磁率を示すものがある (第7図). また Post-orogenic granitoids は, 個々の岩体内部で帯磁率の変化が大きく, チタン鉄鉱系と磁鉄鉱系の両方を含む場合が多いのが特徴である (第7図). また一露頭でも測定点によって帯磁率がかなり変化する場合もある.

## 6. ま と め

### 1) 花崗岩類の進入時期

ニューイングランドバソリス南半部の花崗岩類の活動時期は Rb-Sr 全岩アイソクロン年代から次のようにまとめられる.

Sタイプの Hillgrove suite の花崗岩類の活動時期は 290 Ma 前後で, Hensel et al. (1985) による  $312 \pm 10$  Ma より若干若く, もう一つの Sタイプである Bundarra suite の花崗岩類の活動時期 ( $286 \pm 13$  Ma :  $287 \pm 10$  Ma) とほとんどかわらないものと考えられる. しかし K-Ar 年代からみて, 少なくとも一部の Hillgrove suite の花崗岩類は 260~270 Ma に強い変形を受けたものと推定される.

これら Sタイプの花崗岩類におくれて, 250~260 Ma に Uralla, Moonbi の両 suite および Leucoadamellite

などのIタイプ花崗岩類があいついで進入したものと考えられる。K-Ar年代(255 Ma : 262 Ma)からみて、IタイプのNundle suiteもこの時期に活動したものと考えられる。なお、IタイプのPost orogenic granitoidsの活動はさらにおくれ一部は三疊紀後期からジュラ紀にまでおよんだかも知れない。

従ってニューイングランドバソリス南部の花崗岩類は石炭紀末期から二疊紀初期にかけてSタイプが、二疊紀後期から三疊紀(あるいはジュラ紀)にかけてIタイプが活動し、両タイプの活動順序は環太平洋地域のそれと調和的である。

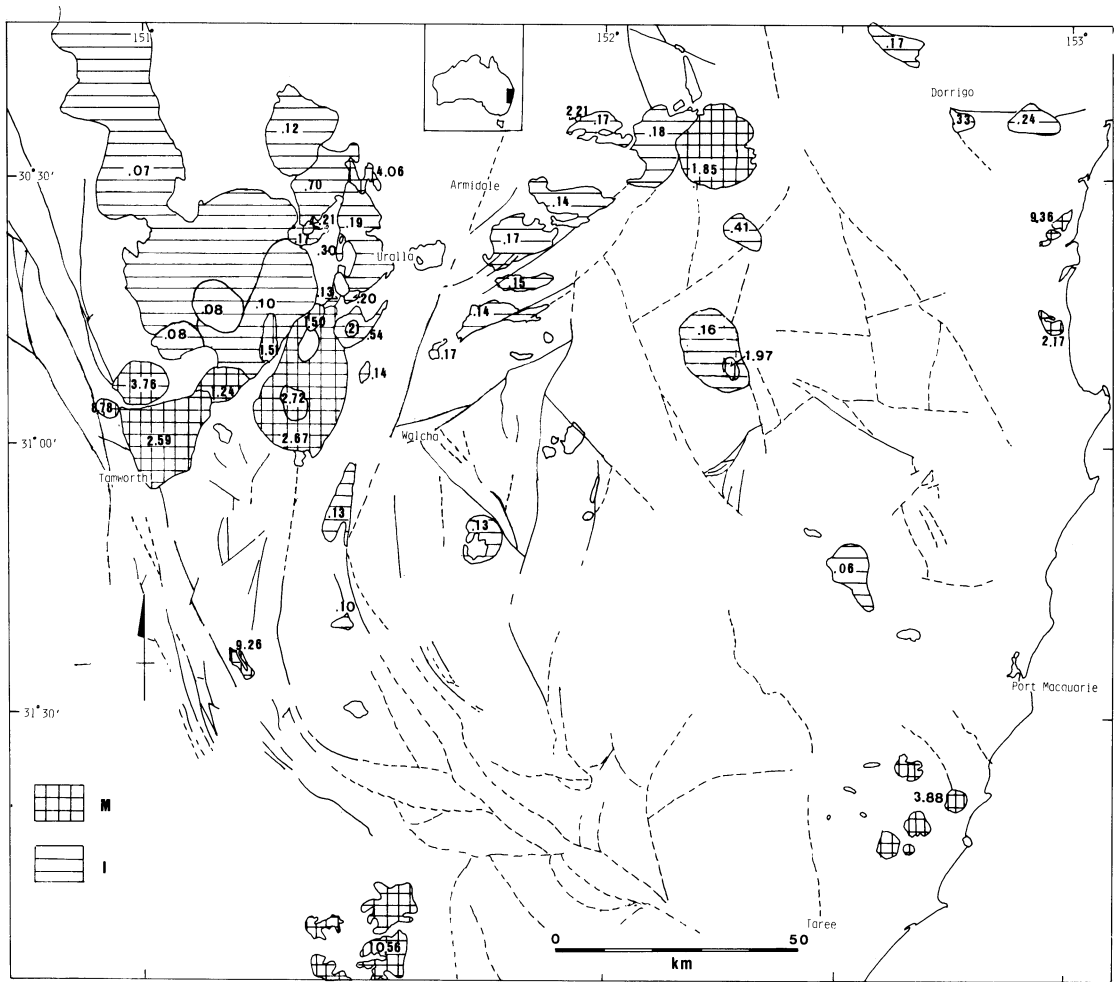
2) Sr 同位体初生値

Hillgrove および Urall 両 suite の Sr 同位体初生

値は岩体あるいは地域によって変化するが、Hillgrove suiteでは0.7064以下、Urall suiteでは0.7061以下である。またMoonbi suiteおよびLeucoadamelliteは0.705程度、Nundle suiteはさらに低い初生値を示す。従って、Bundarra および Hillgrove 両 suiteのSタイプ花崗岩類はその他のIタイプ花崗岩類に比較するとやや高いが他地域のSタイプ花崗岩類に比べると低い。

3) 帯磁率

Hillgrove および Bundarra 両 suite の花崗岩類はいずれも帯磁率が低くチタン鉄鉱系に属する。Iタイプ花崗岩類のうちNundle および Moonbi の両 suite は磁鉄鉱系列に属する。しかしUralla suite は一部のアブ



第8図 岩体ごとの帯磁率の平均値(SI unit)とチタン鉄鉱系(I), 磁鉄鉱系花崗岩類(M)の分布。

ライト質花崗岩やアプライトを除いてチタン鉄鉍系列に属する。また I タイプの Postorogenic granitoids は磁鉄鉍系列とチタン鉄鉍系列の両方が共存する岩体が多く、また花崗斑岩やアプライト質花崗岩などの斑状岩類では、同一露頭でもチタン鉄鉍系列から磁鉄鉍系列まで帯磁率が大きく変化する場合がある。

従ってニューイングランドバソリス南半部の花崗岩類では、S タイプ花崗岩はすべてチタン鉄鉍系列に、I タイプ花崗岩はチタン鉄鉍系列に属するものと磁鉄鉍系列に属するものがある。

第7図に示した各露頭でのデータを岩体ごとに平均し、それによってチタン鉄鉍系列と磁鉄鉍系列に区分した結果を第8図に示した。地理的には内陸側から海洋側に向かって、S タイプ・チタン鉄鉍系花崗岩、I タイプ・磁鉄鉍系花崗岩およびI タイプ・チタン鉄鉍系花崗岩、S タイプ・チタン鉄鉍系花崗岩、I タイプで磁鉄鉍系とチタン鉄鉍系が共存する花崗岩類が分布する。Hillgrove suite の花崗岩類は、ピール断層よりの現在の Bundarra suite 花崗岩類の分布域の南方で活動した可能性が指摘されている (Flood and Shaw, 1977)。しかし両者はともにS タイプ・チタン鉄鉍系に属するものの、帯磁率には僅かではあるが系統的な違いが認められることや岩質・岩相がかなり異なることからその可能性は考えにくい。

## 文 献

- Binns, R. A. (1966) Granitic intrusions and regional metamorphic rocks of Permian age from the Wongwibinda District, north-eastern New South Wales. *J. Proc. R. Soc. N. S. W.*, 99, 5-36.
- Cawood, P. A. (1982) Structural relations in the subduction complex of the Paleozoic New England Fold Belt, eastern Australia. *J. Geol.*, 90, 381-392.
- Cawood, P. A. and Leitch, E. C. (1980) Accretion and dispersal tectonics of the southern New England Fold Belt, eastern Australia. In tectonost-ratigraphic terranes of Circum-pacific region. Howell, D. C. (Edit.), Circum-pacific Council for energy and mineral resources earth science series, no. 1, 481-492.
- Chappell, B. W. (1984) Source rocks of I- and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, southeastern Australia. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A 310, 693-707.
- Chappell, B. W. and White, A. J. R. (1974) Two contrasting granite types. *Pacific Geol.* 8, 173-174.
- Coleman, M. L. (1979) Isotopic analysis of trace sulphur from some S- and I-type granites: Heredity or environment?. in *Origin of Granite Batholiths: Geochemical evidence*, edited by M. P. Atherton and J. Tarney, Shiva Publishing, 129-133.
- Collins, W. J., Breams, S. D., White, A. J. R. and Chappell, B. W. (1982) Nature and origin of A-type granites with particular reference to south-eastern Australia. *Contrib. Mineral. Petro.* 1., 80, 189-200.
- Cooper, J. A., Richards, J. R. and Webb, A. W. (1963) Some potassium-argon ages in New England, New South Wales. *J. Geol. Soc. Aust.*, 10, 313-316.
- Evernden, J. F. and Richards, J. R. (1962) Potassium-argon ages in eastern Australia. *J. Geol. Soc. Aust.*, 9, 1-50.
- Hensel, H. D., McCulloch, M. T. and Chappell, B. W. (1985) The New England Batholith: constraints on its derivation from Nd and Sr isotope studies of granitoids and country rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 49, 369-384.
- 飯泉 滋・高木哲一 (1987) 携帯用帯磁率計カップメーター KT-5 型とバイソン帯磁率計による帯磁率の相関関係。本研究報告。
- Ishiga, H., Leitch, E. C., Watanabe, T., Iwasaki, M. and Naka, T. (投稿中) Radiolarian and conodont biostratigraphy of siliceous rocks from the New England Fold Belt.
- Ishihara, S. (1977) The magnetite-series and ilmenite-series granitic rocks. *Min. Geol.* 27, 293-305.
- 石原舜三 (1982) 花崗岩系列と鉍化作用。鉍山地質, 32, 281-283.
- Shaw, S. E. and Flood, R. H. (1981) The New England Batholith, Eastern Australia: geochemical variations in time and space. *Jour. Geophys. Res.*, 86, 10530-10544.
- Flood, R. H. and Shaw, S. E. (1977) Two S-type granite suite with low initial  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  ratios

- from the New England Batholith, Australia. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 61, 163-173.
- Kwak, T.A.P. and White, A.J.R. (1982) Contrasting W-Mo-Cu and W-Sn-F skarn types and related granitoids. *Mining Geol.*, 32, 339-351.
- Leitch, E. C. (1974) The geological development of the southern part of the New England Fold Belt. *J. Geol. Soc. Aust.*, 21, 133-156.
- Leitch, E. C. (1975) Plate tectonic interpretation of the Paleozoic history of the New England Fold Belt. *J. Geol. Soc. Am. Bull.*, 86, 141-144.
- O'Neil, J. R., Shaw, S. E. and Flood, R. H. (1977) Oxygen and hydrogen isotope compositions as indicators of granite genesis in the New England Batholith, *Contrib. Mineral. Petrol.*, 62, 313-328.
- 田結庄良昭, White, A.J.W., Chen, Y. and Wormald, R. (1987) オーストラリア南東部の花崗岩とその帯磁率. *MAGMA*, no. 78, 9-20.
- 高橋正樹 (1985) 花崗岩系列の提唱と発展. *地質学論集*, no. 25, 225-244.
- Takahashi, M., Aramaki, S. and Ishihara, S. (1980) Magnetite-series/Ilmenite-series vs I-type/S-type granitoids. *Mining Geol. Spec. Issue*, no. 8, 13-28.
- White, A.J.R. and Chappell, B.W. (1977) Ultrametamorphism and granitoid genesis. *Tectonophysics*, 43, 7-22.
- White, A.J.R. and Chappell, B.W. (1983) Granitoids types and their distribution in the Lachlan fold belt, southeastern Australia. *Geol. Soc. Amer. Mem.*, No. 159, 21-31.
- Wyborn, D., Chappell, B. W. and Johnston, R. M. (1981) Tree S-type volcanic suites from the Lachlan fold belt, southeast Australia. *Jour. Geophys. Res.*, 86, 10335-10348.