

東オーストラリアの火山帯

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-06-04 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 海野, 進 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00025211

東オーストラリアの火山帯

海野 進*

1994年12月、静岡県地学会の創立30周年を記念して海外巡検が行われ、約30名の会員がオーストラリア南東部のヴィクトリア火山群を訪れた。これは、その1年後の県地学会秋期大会の巡検報告会の折、私が行ったオーストラリア東部の火山群についての話をまとめたものである。本稿中の図は特に断らない限り Johnson, R.W. et al. (eds.) (1989) *Intraplate Volcanism in Eastern Australia and New Zealand* から引用したものである。

1. 地質概説

オーストラリア東部から南東沖のタスマニアにかけて、白亜紀末頃から活動を続けている火山群がある(図1)。オーストラリア北東部では海岸から大分水嶺山脈にかけて分布し、南東部では内陸部にも点在するようになる。タスマニアでは、島の中央西よりを北西-南東に流れるダーウェント川以西を除いてほぼ全域に分布する。多くは単成火山で、短期間(1日~10年ほどの間)に一連の噴火活動で形成されたものである。一つ、もしくは少数の火口を中心に噴火した火山からなる“中央火山群”と、割れ目火口から大量の溶岩を噴出して溶岩台地をつくる“溶岩原”がある。ただし、中央火山群の中には何度も噴火を繰り返す複成火山も見られる。最も古い火山活動はシドニー周辺のアルカリ玄武岩の溶岩や岩脈で、2億年前に遡るが、火山群の主体はおおよそ9500-7000万年ほど前にオーストラリア北西部のクイーンズランドや南東部のメルボルン周辺で始まった。これらは溶岩原をつくる火山で、大部分は3500万年前までに生じた。その後の活動はもっぱら中央火山群を形成する噴火で、現在も継続している。最も新しい火山はヴィクトリア地方のギャンビア山(Mount Gambier)で、K-Ar法で4600-4300年前という年代が得られている。

2. ホットスポットと火山群

オーストラリア大陸はインド亜大陸とともにインド-オーストラリアプレートの上にある。このプレートの南縁は南極プレートおよびアフリカプレートとの間を隔てる中央海嶺系からなる。東縁はニューヘブリデス、トンガ、ケルマデック諸島、ニュージーランド沿いに発達する海溝で限られ、トンガ弧の西隣りではラウ海盆が拡大中である(図2)。また、ニュージーランド南島から北西沖に続くロードハウイ海盆とオーストラリアの間に広がるタスマン海は、白亜紀中頃から第三紀初頭にかけて拡大した背弧海盆である(図2、3)。東オーストラリア火山帯は主としてアルカリ岩質マグマからなるという特徴を有し、東方の沈み込み帯から2,000-4,000 km以上も離れた所で活動している。このように同火山帯はプレートの沈み込みとは無関係に発生したプレート内火山活動である。同種の火山

* 静岡大学理学部地球科学教室 (生物地球環境科学科)

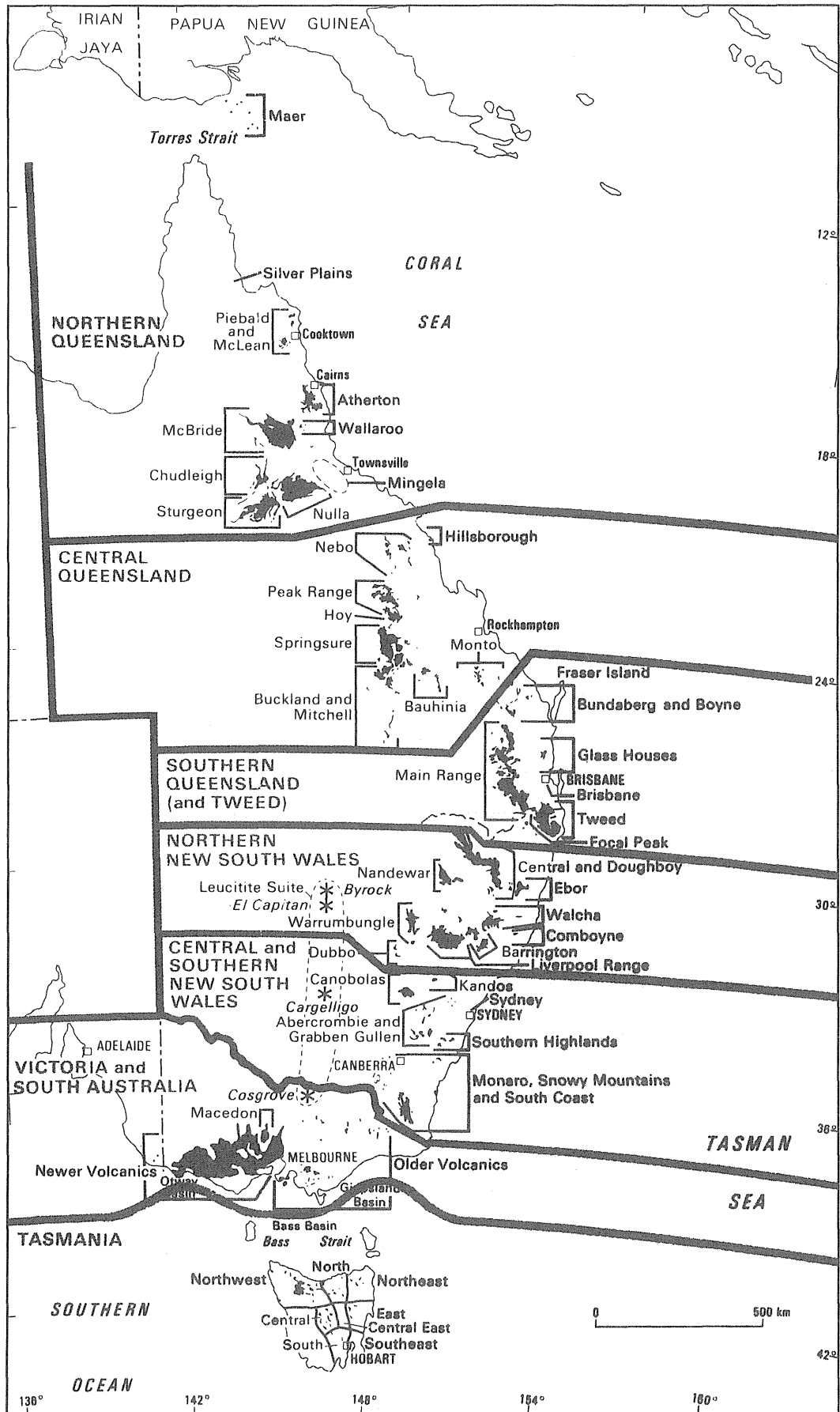


図1 東部オーストラリアの火山の分布。

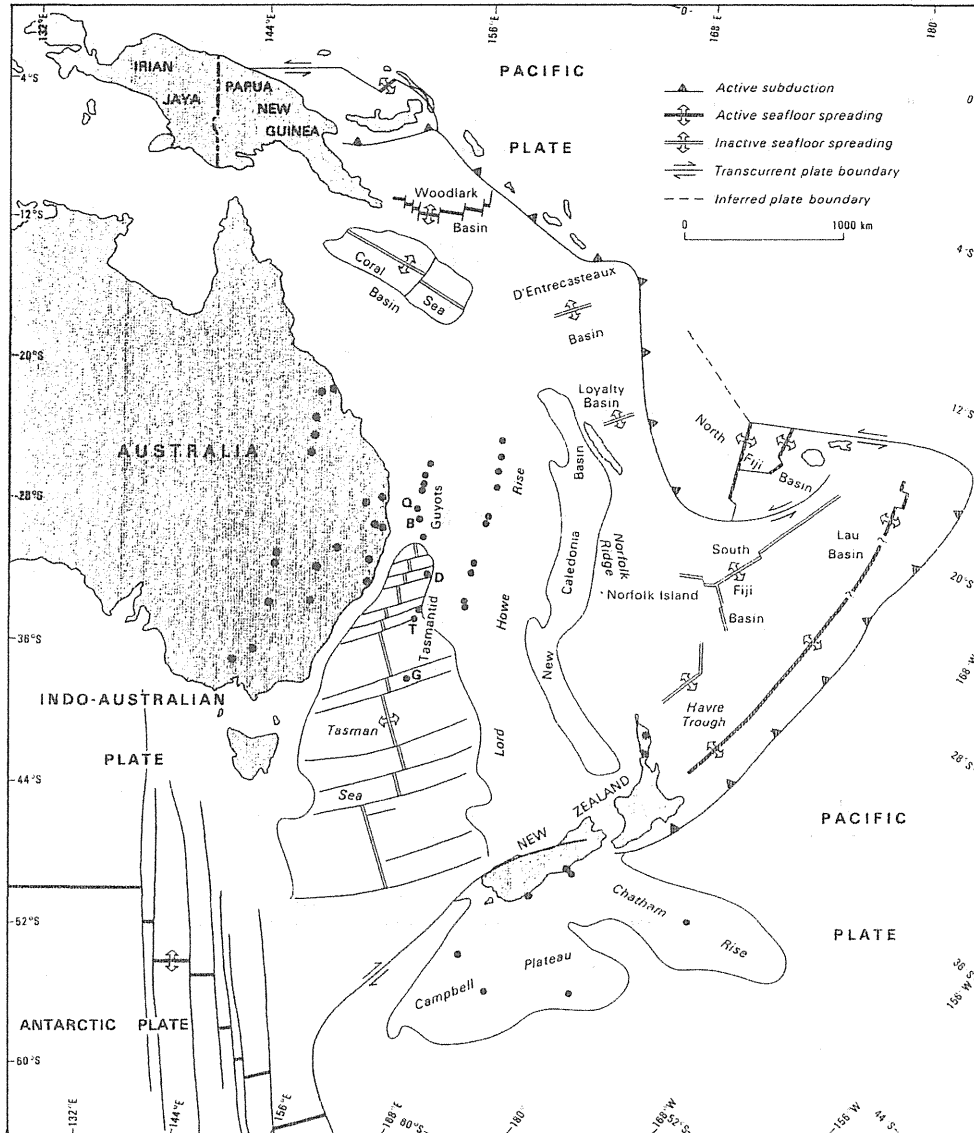


図2 オーストラリア大陸東部周辺のプレート境界とプレート内火山(黒丸)の分布。

群はタスマン海北部の海底にもあり、南北に並んだ2列の火山列をなしている(図2)。

東オーストラリア火山帯の活動はタスマン海盆の拡大に1000万年ほど遅れて、溶岩原の噴出として始まった。中央火山群の活動はさらに遅れて4000-3500万年前に始まり、溶岩原の活動と平行して第四紀を通じて続いている。火山帯の活動年代と位置との関係は一見してないように思われるが、中央火山群に限ってみると、緯度と年代との間に明りょうな関係が現れる。すなわち、北部にある中央火山群ほど古い時代に活動し、南部にあるものほど新しくなる(図4)。同様の関係は絶対年代の測定が行われているタスマン海の火山列でも見られる。このことから、東オーストラリア火山帯は、東方沖海底の火山列とともに、ホットスポットの上をインド-オーストラリアプレートが北進した結果生じた、と考えられている。図5は過去8000万年間のオーストラリア大陸、ニュージーランド、南極大陸の位置を復元したものである。ニュージーランドは過去8000万年の間に南緯80度から現在の位置まで、一様に北上を続けてきたが、オーストラリア大陸は一旦やや南進した後に、北進に転じて4000万

年前から 2000 万年前の間に大きく北上している。このようなプレート運動に伴って、オーストラリアからタスマン海にかけてのプレートの一部は 4 つないし 5 つあるホットスポットの上を通過し、数条の火山列として足跡を残した (図 6)。

もし、東オーストラリア火山帯がホットスポット起源であるなら、溶岩原の活動年代と位置の間に系統的な関係が見られないのはなぜであろうか？これは次のように説明されている (図 7)。アセノスフェアの中を上昇するプリュームは減圧によって部分溶融し、マグマを発生する。プリュームがまだマントル深部にある内は発生するマグマはごく少量で、著しくアルカリに富んでいる。上昇するプリュームはやがて冷たく厚いリソスフェアに行く手を阻まれて、停滞する。このためプリューム中にあるマグマの上昇速度がプリュームのそれを上回り、マグマの一部はプリュームを後にしてリソスフェア中を上昇し、噴火すると溶岩原をつくる。そうこうするうちにプリューム頭部は直上のリソスフェア中に貫入し、食い込んで行く。ここでは温度が高いため、次第にリソスフェア自体が暖められ、薄化する。そこで、プリューム頭部はさらに浅いところまで上昇し、マグマを分離する。このマグマは先ほどのマグマよりも低圧で分離するために、よりノルム石英に富んだ組成をしている。プリューム頭部はリソスフェアに食い込んでいるために、マグマの上昇経路は一箇所に固定され、ほぼ同じ場

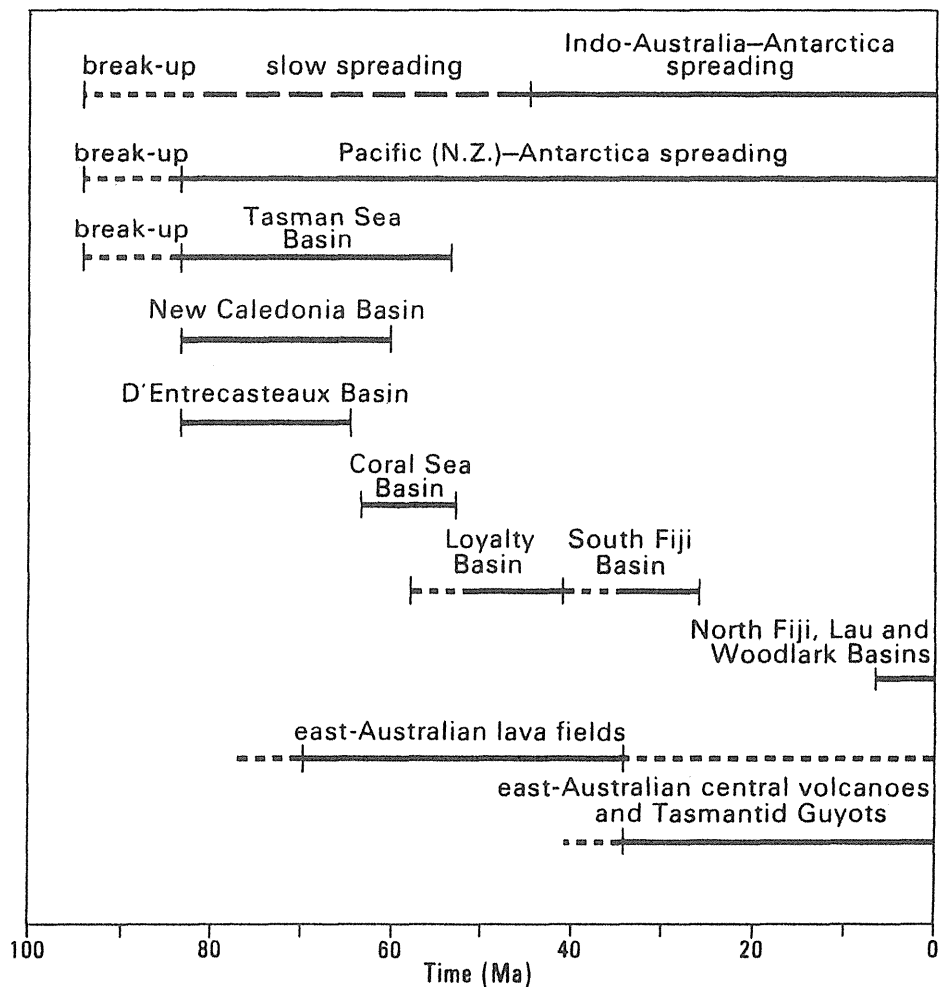


図 3 オーストラリア周辺のプレート拡大境界、海盆、および東オーストラリア火山帯の活動年代。

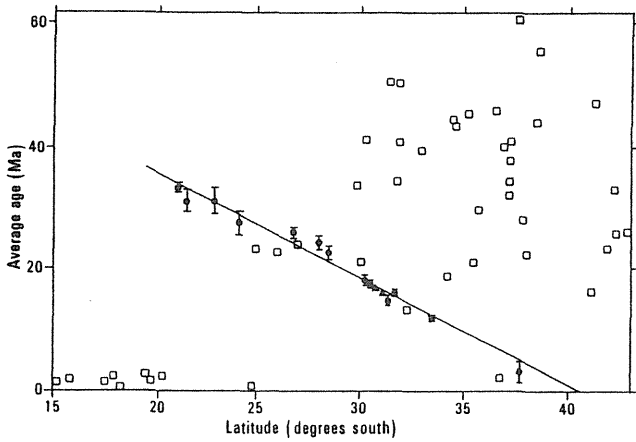


図4 溶岩原 (白四角) と中央火山群 (黒丸) の活動年代と緯度の関係。

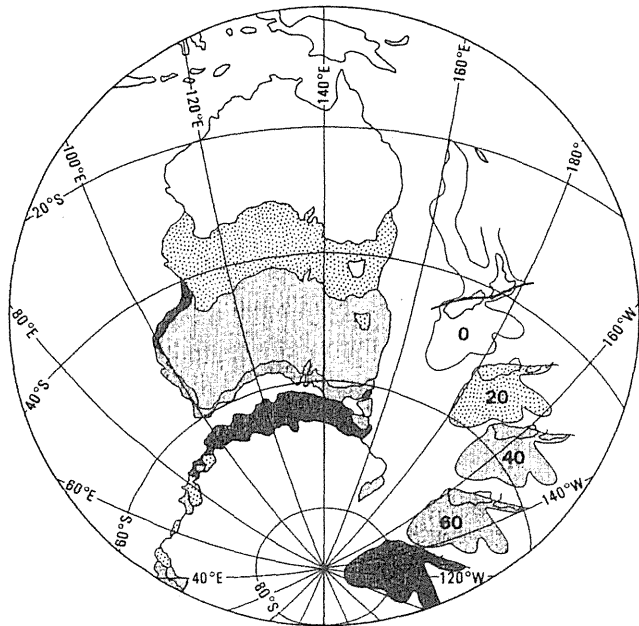


図5 過去8000万年間のオーストラリア大陸の軌跡。

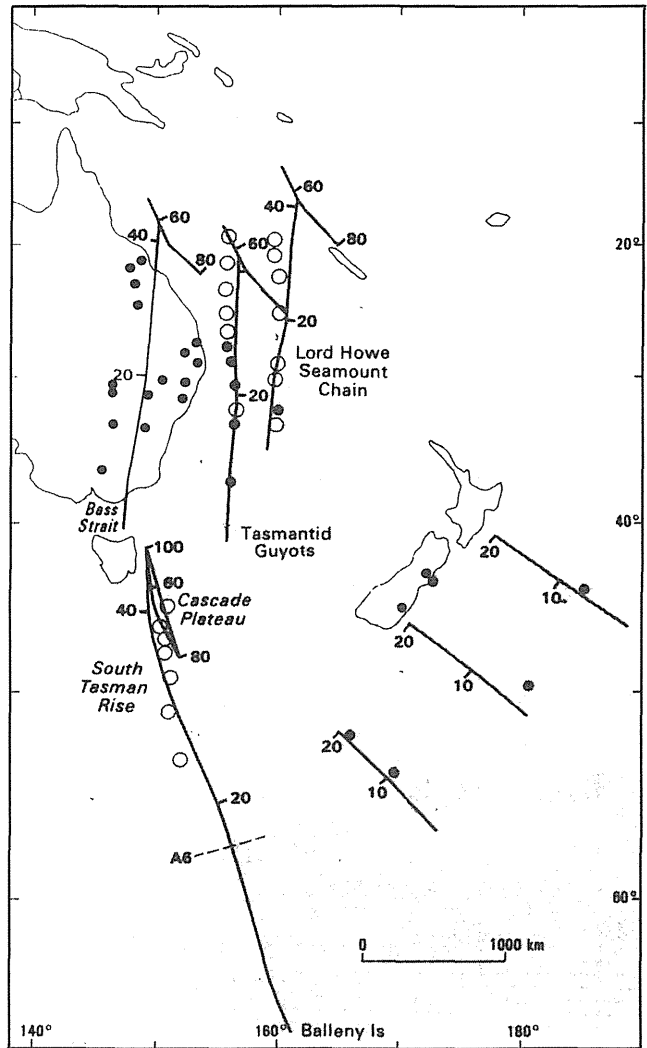


図6 東オーストラリアおよび東方海域のホットスポットの軌跡。折れ線のわきの数字は年代 (百万年単位)。

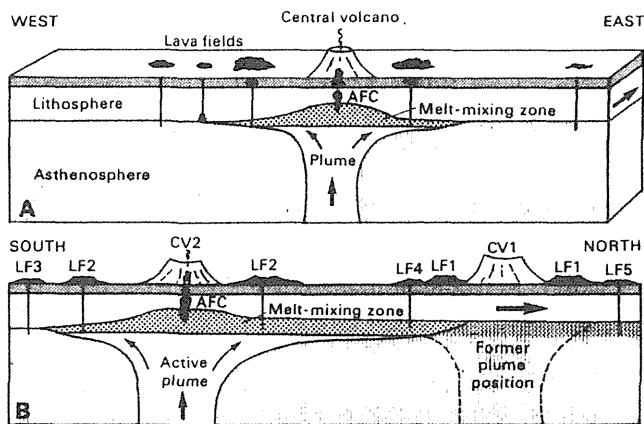


図7 プリュームと溶岩原、中央火山群の関係。

所で噴火を繰り返すことになる。このようにして中央火山群が生じる。一方、プリュームとして上昇するマントル物質が同じ場所に供給され続けると、やがて過剰なマントル物質の一部はアセノスフェアとリソスフェアの境界にそって側方に流れ出す。このようにして、側方に拡がったプリュームの一部からは最初の溶岩原を作ったマグマと同様に、高圧下でマグマを分離し、同じく溶岩原を形成する。プレートの移動によって、最初にプリューム頭部が食い込んだ場所がプリュームの上昇経路と大きくかけ離れてくると、突然プリュームは別の場所にジャンプして、新たな上昇経路を開拓する。そこで、再び同様の過程が繰り返される。このようにプリューム頭部がリソスフェアに固定された場所に中央火山群が発生するのに対して、溶岩原は側方に拡がったプリュームの分枝から派生するために、ホットスポットに対する位置と噴火年代との間に一義的な関係が現れないのである。

3. マントル捕獲岩と地温勾配

火山岩類の大部分はアルカリ元素に富んだ全岩化学組成をしているため、ノルム鉱物としてネフェリンが現れる(図8)。このような全岩化学組成を有する火成岩をアルカリ岩類と呼ぶ。一方、ノルム鉱物として石英をもつ一群の火山岩もあり、アルカリ岩類まで全岩化学組成は連続的に変化する。アルカリ岩類は溶岩原に多く、中央火山はよりノルム石英に富んだ組成をしている。高温高圧下での溶融実験によれば、アルカリ岩質マグマの発生する深度は35-100 kmで上部マントルを構成するカンラン岩が少量融けることによって生じる(例えば、Hirose and Kushiro, 1993)。これらのマグマは上部マントルを通り抜けて上昇する際に、周囲のカンラン岩を取り込む機会が多く、しばしば上部マントル起源の捕獲岩や捕獲結晶を溶岩や火山弾の核に見いだすことができる。特にヴィクトリア地方に数多く分布する噴石丘やマールにはさまざまな捕獲岩・捕獲結晶を多産することで知られている。こ

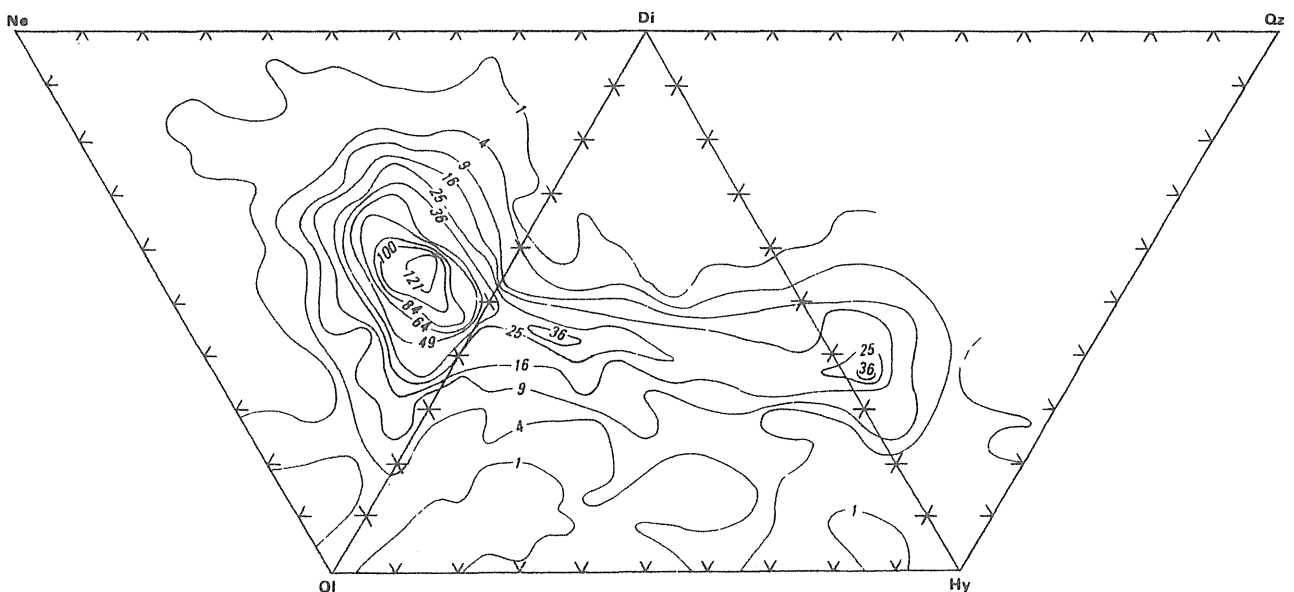


図8 東オーストラリア火山帯の火山岩類の全岩化学組成をノルム鉱物のネフェリン(Ne)、カンラン石(Oi)、ディオプサイド(Di)、ハイパーシン(Hy)、石英(Qz)を頂点にとった三角ダイアグラム。

のような捕獲岩は古くはシドニー近郊のジュラ紀のダイアトリームから、新しいものは4600年前のギンビア山まで、また、北はケアンズから南はタスマニアまで、広範囲の時代・地域から産出し、東オーストラリア大陸下の上部マントルについての重要な情報源となっている。

マントル起源は捕獲岩にはさまざまなカンラン岩と輝岩が見られる。これらは淡緑色の単斜輝石を含むクロムディオプサイド系列と、AlとTiに富んだ黒色オーゾナイトを含むAlオーゾナイト系列に分けられる。前者はマントルカンラン岩が部分溶融してマグマを分離した後の溶け残りや、マントルカンラン岩が上昇する途中のマグマなどの流体と反応して出来た“溶け残りカンラン岩”(residual peridotites)である。後者は高圧下でマグマから晶出した結晶が集積して出来た“集積岩”(cumulates)である。両者ともにマグマに関係してできたものであるから、多くのものは一度はマグマと共存するくらいの高圧下にあった。しかし、マグマと共存していた時間は地質学的にはごく短い時間でしかなく、その後はより低い温度で再結晶したり、マントルの流動にともなって変形したりしている。従ってほとんど全てのマントルカンラン岩は変成作用や変形を被っており、やや低温で変形した結果大きな斑晶状の残晶と再結晶して新たに生じた小さなネオブラストからなるポーフィロクラスティック組織、再結晶によって等粒モザイク状の結晶からなるグラノブラスティック組織などが普遍的に見られる。Alオーゾナイト系列にはマグマから晶出・集積したことを示す集積組織(カンラン石の自形半自形結晶が結晶粒間を埋める単斜輝石に包有されるポキリティック組織など)が見られるが、これらの岩石もキンクバンド、波状消光などの変形組織や低温での再平衡による鉱物組成の変化などが認められる。

捕獲岩中の鉱物組成や鉱物組み合わせを利用して、その捕獲岩が平衡であった温度・圧力を推定することができる(図9)。この温度・圧力は東オーストラリア下のマントルの温度構造を与えていると考えられるが、南アフリカのレソト(Lesotho)や西オーストラリアのような安定大陸下の地温構造よりもはるかに高い。地温構造は地表付近で得られた熱流量の測定値をもとに推定することもできるが、オーストラリア大陸下の熱流量は内陸部の東側で高くなっており、東オーストラリア火山帯とは一致しない。オーストラリア東部における熱流量から推定した地温構造を捕獲岩から求めたそれと一致させるためには、 $5.0 \mu\text{W}/\text{m}^2$ という非常に高い発熱源が地殻中に一様にあることを想定しなくてはならない(Cull et al., 1991)。これは、地殻全体が放射性元素に富んだ花崗岩類でできていれば可能であるが、現実の東オーストラリア下

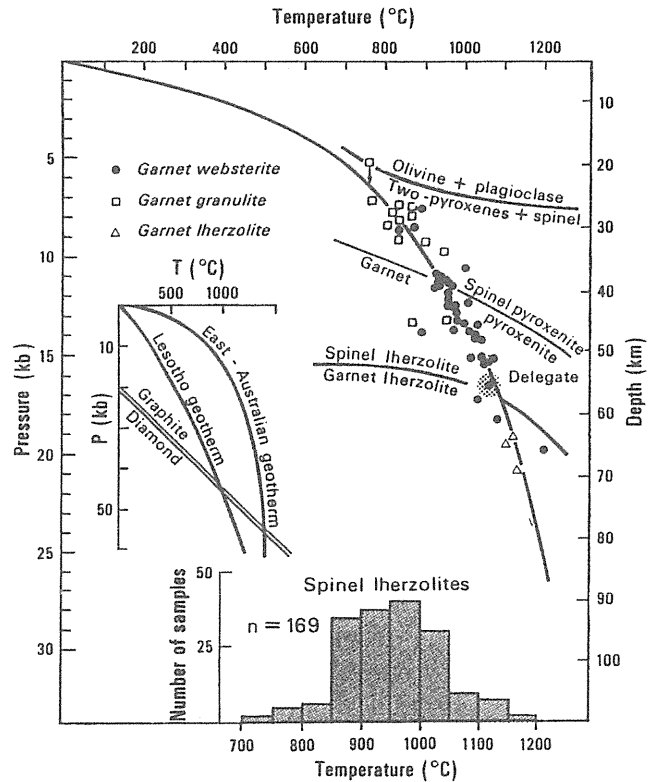


図9 火山岩中の捕獲岩から推定した東オーストラリア下の地温構造。ザクロ石ウェブステライト(黒丸)、ザクロ石グラニュライト(白四角)、ザクロ石レールゾライト(白三角)。

の地殻構造とは合わない。そこで考えられたのが、白亜紀中期以降続いている火山活動をもたらしたマグマの上昇である。マントルから上昇してきたマグマの全てが地表に達して火山をつくるわけではなく、密度や岩石の物性が大きく変わるモホや上部/下部地殻の境界付近で停滞し、貫入岩になることが多いと考えられる。このような貫入岩体は放射性元素に変わる熱源となりうるであろう。このマグマ貫入モデルの計算によれば、百万年間に厚さ 900 m の割合で玄武岩質マグマがシート状の貫入岩体を地殻下部に形成すれば、捕獲岩の示す高い地温構造は説明できる (Cull et al., 1991)。

4. 参考および引用文献

- Cull, J.P., O'Reilly, S.Y. and Griffin, W.L.(1991) Xenolith geotherms and crustal models in Eastern Australia. *Tectonophysics*, 192, 359-366.
- Hirose, K. and Kushiro, I.(1993) Partial melting of dry peridotites at high pressures : Determination of compositions of melts segregated from peridotite using aggregates of diamond. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 114, 477-489.
- Johnson, R.W., Knutson, J. and Taylor, S.R.(eds.) (1989) *Intraplate Volcanism in Eastern Australia and New Zealand*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, p. 408.