

ラクラン褶曲帯内のメガキンク形成に伴う バサースト花崗岩の脆性変形

Brittle Deformation of the Bathurst Granite Associated with Megakinking in the Lachlan Fold Belt

小坂 和夫*
Kazuo Kosaka*

Abstract: The Bathurst Batholith is a post-kinematic granitic body in the eastern Lachlan Fold Belt, west of Sydney. Field survey of weathered granites in limited outcrops leads to the conclusion that the Bathurst Batholith has penetratively fractured in brittle manner: Fractures with striations, fault gouges, and folded fractures or veins are typical styles of brittle deformation structures, as well as sets of subparallel joints. Sets of closely spaced subparallel joints / faults have formed penetratively in the batholith, with dominant trends of north-northwest to north-northeast. Conjugate faults and feather fractures indicate north-south compression. These brittle deformation structures can be interpreted in context of post-kinematic deformations, possibly including megakinking, in the Lachlan Fold Belt.

はじめに

メガキンクバンド(megakink band)は、褶曲帯内に発達している地域地質図や広域地質図に描き得る大きさのキンクバンドであって、オーストラリア東部のラクラン褶曲帯(Lachlan Fold Belt: L.F.B.)において Powell (1984)により報告された。これは、褶曲帯が形成されてしまった後の褶曲帯内の構造や構造発達史を考える上で重要なものである(Powell *et al.*, 1985)。日本列島においてもメガキンクバンドが四万十帯において報告され(Yanai, 1986)、日本列島の湾曲との関連で議論されている(Kano *et al.*,

1990)。メガキンクバンドに関連する1つの問題は、一連の地層群がメガキンク褶曲をする時に褶曲帯内のバソリスがどのような変形挙動を示すかということであるが、この問題についての研究はまだ極めて少ない(例えば, Begg *et al.*, 1987)。

ラクラン褶曲帯内のバサーストバソリスは同褶曲帯内の他のバソリスと異なりポストキネマティックな岩体であるために、この点について検討し得る絶好の対象である(Stevens, 1973)。本報告では、野外地質調査に基づいて、バサーストバソリス内にペネトラティブに形成されている脆性変形構造の概要を述べ、メガキンク褶

1992年7月17日受付。1992年9月21日受理。

*日本大学文理学部応用地学科。〒156 東京都世田谷区桜上水3-25-40。

曲との関連について考察する。日本列島においても、花崗岩体内には節理を初めとして様々な脆性変形構造が形成されており、鳥弧の湾曲やメガキンクバンドの形成との関連で考察されるべきものが少なからずある可能性がある。本報告は、その様な考察に対する1つの参考例になると考えられる。

地質概要

バサーストバソリスは、シドニーの西方約100~200kmの範囲に位置する(Fig. 1)。その分布域は西北西-東南東方向に約100km, 北北東-南南西方向に最大で約35kmである。北縁・西縁・南縁は、ラクラン褶曲帯の東縁部を構成する南北性のトレンドを有する褶曲したオルドビス系~上部デボン系と貫入境界によって非調和的に接する。東縁は、シドニー構造盆地(Sydney Basin)の最下部層を構成する水平で変形がほとんど認められない下部二畳系に無整合で覆われる。分布域内部では、第三紀の玄武岩

溶岩流に無整合で覆われる所がある(以上、例えば、G.S.N.S.W., 1969)。

バサーストバソリスは、バサースト花崗岩と呼ばれる粗粒の花崗岩・花崗閃緑岩で構成されている。バサースト花崗岩は1~2cm大の正長石メガクリストを有する部分が多い。黒雲母のK-Ar年代で300と308Maの値(後期石炭紀の中頃)が得られている(Evernden & Richards, 1962)。バサースト花崗岩はポストキネマティックな岩体であり、組織は至る所で塊状("massive")である(Stevens, 1973)。従って、ラクラン褶曲帯内に調和的に貫入しているシルル紀~石炭紀中頃の"syntectonic"な、あるいは"pre-tectonic"な、葉状構造を一部に有する花崗岩類(例: Wyangala Batholith, Paterson *et al.*, 1990: Fig. 1)とは、分布方向・放射年代・変形構造のいずれに関しても異なっている。

調査結果

バサースト花崗岩の分布域は周囲の堆積岩類

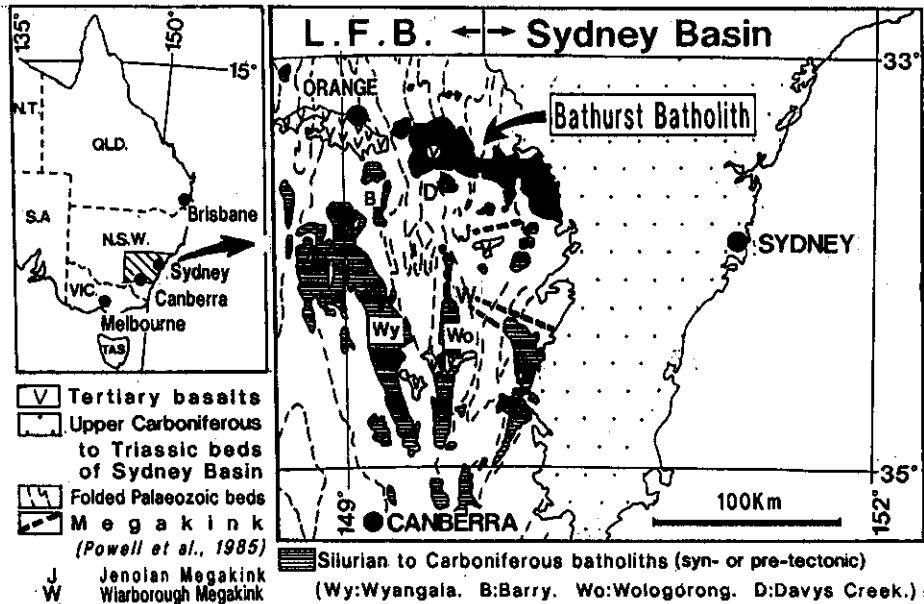


Fig. 1 Index map of the Bathurst Batholith and its geologic setting. (L.F.B.=Lachlan Fold Belt.)

分布域と比べて標高がやや低い低起伏の牧草地帯となっており、露頭数は限られている。この分布域内の全域での道路に沿う調査により、185の露頭で花崗岩の変形構造を観察した。ただし、露頭において花崗岩は一般に風化しているため、変形構造の観察という点では条件は必ずしも良くない。バサースト花崗岩は塊状であるため、変位の目印が無い限り変形を識別することはできない。変位の目印としては、粗粒の花崗岩組織を構成する個々の鉱物粒子、正長石のメガクリスト、包有物、鉱脈／岩脈、破断面が利用できる。変位の目印にはならないが変位したことの証拠として、断層条痕、ガウジが利用できる。これにより、バサースト花崗岩の主要な変形構造として、節理、ガウジを伴わない断層、ガウジを伴う断層、節理／断層の褶曲(すなわち、褶曲した節理／断層)、以上の4種類が識別される。肉眼およびルーペによる限りでは塑性変形は認められない。

バサーストバソリス内では、急傾斜するほぼ平行な“節理”群がほとんど全ての露頭で認められる。各露頭ではそれぞれの群を構成する“節理”の走向・傾斜はほぼ20°以内の範囲にあり、ほぼ平行である。これらの一見して節理のように見える平面状で破砕部・ガウジのないものでも丹念に見ると一般にはそのうちの何割かに断層条線が認められる。風化して断層条線が認めにくいことを考え合わせると、節理のように見えるものの内の相当多くのものが実際には変位を有していると考えられる。さらに、それらの“節理”群の中には幅が数cm～1mのガウジを伴うことから明瞭に断層と認定されるものも形成されている。従って、それらを便宜上一括して節理／断層として表現する。ほぼ平行な節理／断層は数m間隔から数mm間隔で形成されている。特に節理／断層の間隔が密で細片化が著しく進んだ所では、見事な脆性変形構造を認めることができる。例えば、幾つもの方向の密な節理／断層によって細片化や小ブロック化をした花崗岩が、150mにわたって全体として変形している例(Fig. 2A)や数10mの範囲で小断層・小褶曲により変形している例(Fig. 2

B)、1～数mm間隔で発達した節理／断層により単純剪断変形をし、一部に引きずり小褶曲や薄い断層ガウジを伴う例(Fig. 2C)を認めることができる。

バサースト花崗岩の露頭数は極めて限られているが、観察されるほとんど全ての露頭において、ほぼ平行な節理や断層群が1～数系統発達している。従って、バサースト花崗岩はその分布域全体においてこの様な節理／断層群によってペネトラティブに細片化されていると考えられる(Fig. 3)。バサースト花崗岩分布域全体としては、北北西走向の節理群と北北東走向の節理群とが卓越するが、他の走向の節理／断層も少なくない。傾斜は急傾斜のものが卓越する。

古主応力軸のおおよその配置を推定できる小構造として次のものを12の露頭で見いだした。それらは、共役小断層、羽毛状節理、単一の高角横ずれ小断層、低角逆断層、および、ほぼ平行な節理／断層によりスライス化した花崗岩から成るキンク褶曲である。共役小断層は東部の2露頭で見いだされ、これにより南北性の圧縮応力場(σ_1 :南北／緩な傾き、 σ_2 :急な斜き、 σ_3 :東西／緩な傾き)が推定される(Fig. 4)。羽毛状節理は西部の2露頭で見いだされ、やはり南北性の圧縮応力場(σ_1 :南南西／中程度の傾き、 σ_2 :北／中程度の傾き、 σ_3 :東南東／ほぼ水平～緩な傾き)が推定される。単一の高角横ずれ小断層は西部の2露頭で見いだされ、共役小断層から得られた半剪断角の値15°～30°を用いて、北西～北～北東方向の圧縮応力場(σ_1 :北西～北東／ほぼ水平～中程度の傾き、 σ_2 :ほぼ鉛直～中程度の傾き、 σ_3 :北東～南東／ほぼ水平～中程度の傾き)が推定される。一方、低角逆断層およびキンク褶曲は東部・西部のそれぞれ3露頭で見いだされ、南北性の圧縮を示すものと東西性の圧縮を示すものとが認められた。以上の12の露頭の判定に基づいて、バサースト花崗岩には、(1)南北性の圧縮応力場に起因する脆性変形構造が小断層やキンク褶曲としてつくられていること、(2)本地域に卓越する北北西～北北東走向の節理群は、露頭に

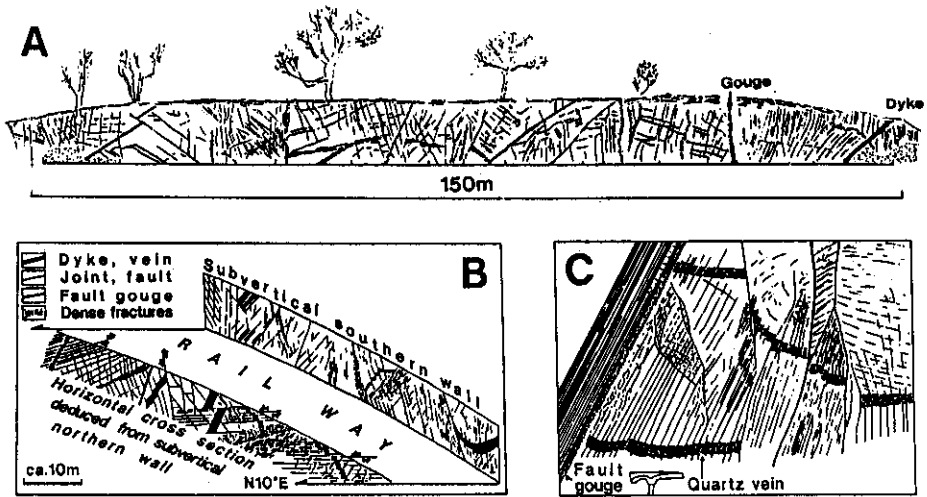


Fig. 2 Examples of brittle deformation of granite due to dense joints / faults. A: Blocked and sliced granite due to dense joints / faults over 150 metres along a route (8 kilometres to the southwest of Bathurst). B: Faulted and folded quartz veins and granite due to dense joints / faults of several attitudes (26 kilometres to the southeast of Bathurst). C: Faulted and folded quartz vein and granite due to dense subparallel joints / faults with spacing of millimetres (48 kilometres to the east-southeast of Bathurst).

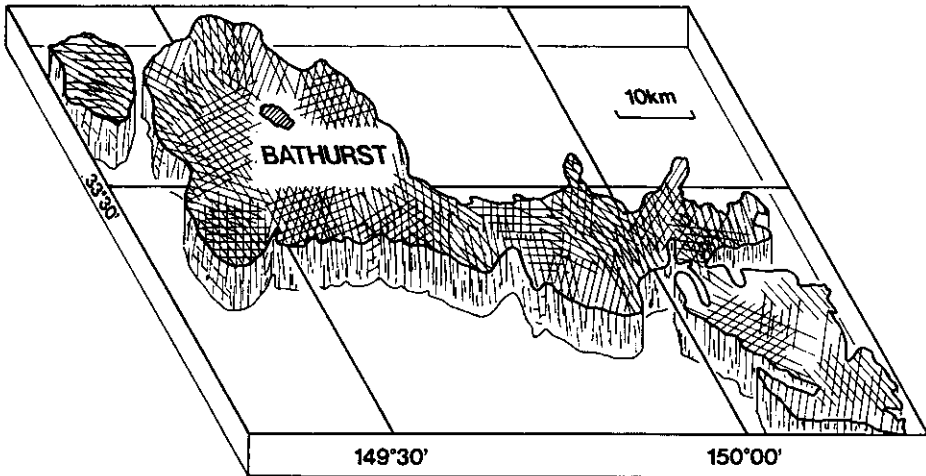


Fig. 3 Schematic block diagram showing penetratively formed subparallel joints / faults in the Bathurst Batholith.

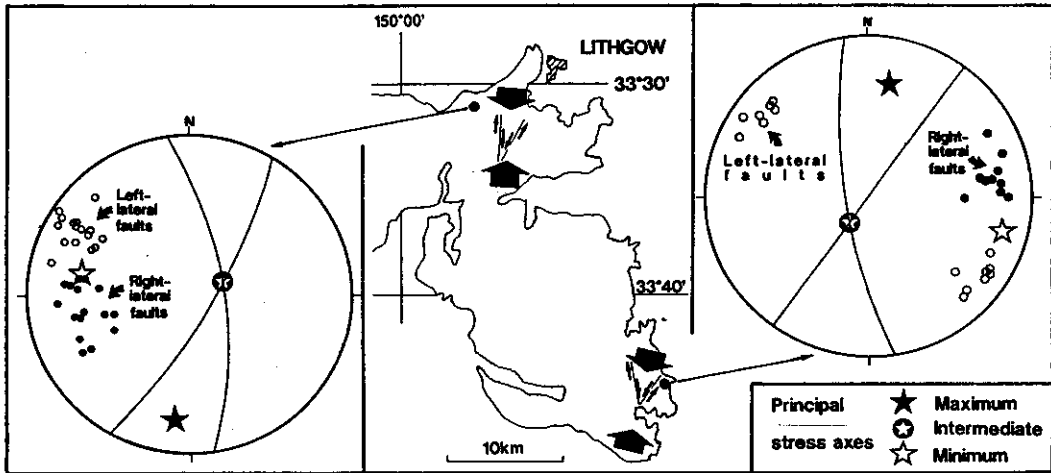


Fig. 4 Directions of compression deduced from sets of conjugate minor faults in the eastern area of Bathurst Granite. (Wulff net, lower hemisphere)

おける小断層・羽毛状節理・単一高角横ずれ小断層との関係から、南北性の圧縮応力場の下で形成された可能性が大であること、(3)東西性の圧縮を示す脆性変形構造が低角逆断層やキンク褶曲としてつくられていること、の3点が認められる。

まとめと考察

以上の調査結果から、バサースト花崗岩の変形に関して次の様に評価できる。

- 1: バサースト花崗岩には、分布域全域にわたってペネトラティブに節理/断層群が形成されている。
- 2: それぞれの節理/断層群は、数m～数mm間隔ではほぼ平行な節理/断層から成る。それらの傾斜は急で、卓越方向は北北西～北北東である。これとは別に低角の断層も形成されている。
- 3: 節理/断層が特に密に形成されている所では、細片化・小ブロック化した花崗岩の相対的変位によって変形が行なわれている。
- 4: 共役小断層、羽毛状節理、単一の高角横ずれ小断層、キンク褶曲の解析に基づき、南北性の古圧縮応力場の存在が認められる。

これとは別に、低角逆断層、キンク褶曲により東西性の圧縮も認められる。

- 5: 肉眼およびルーペによる限りでは塑性変形構造は認められない。
- 6: バサースト花崗岩を無整合で覆うシドニー構造盆地の最下部層(下部二畳系)にはバサースト花崗岩における程の顕著な脆性変形構造は認められないので、変形の主要な時期はバサースト花崗岩貫入後で下部二畳系堆積前、すなわち石炭紀後期であった可能性が高い。ただし、二畳紀以降に変形が重複して行なわれた可能性も考えられる。
- 7: ラクラン褶曲帯は石炭紀には南北性の圧縮場の下にあってメガキンクを形成しており(Powell *et al.*, 1985)、これに関連すると考えられる南北性の短縮がバサースト南方のキャンバレー花崗岩類でも報告されている(Begg *et al.*, 1987)。バサースト花崗岩の変形の主要な時期が石炭紀後期であること、また、バサースト花崗岩には南北性の古圧縮応力場の存在が広く認められることから、バサースト花崗岩のペネトラティブな脆性変形も、キャンバレー花崗岩類と同様にラクラン褶曲帯のメガキンク形成に関連して行われたものである可能性が充分に考えら

れる。

日本列島の先新第三系中には鉛直に近い回転軸を持つ様々な形態の褶曲(メガキンクバンド)はその1例が発達しており, 島弧の湾曲との関連で議論されている(狩野他, 1990)。日本列島において, 花崗岩の脆性変形構造については主に応用地質学的な観点から節理を主要な対象として数多くの研究がなされてきた。それらの中にはバサースト花崗岩の脆性変形構造(Fig. 2, 3)に類似したものも数多く認められる(例えば, Kosaka, 1980)。日本列島湾曲のテクトニクスという観点から花崗岩体の脆性変形構造を研究する意義は充分にあると考える。

謝 辞 本報告は, 平成2年度日本大学海外派遣研究員として行った調査結果に基づき, 平成4年度日本大学文理学部特別研修制度によりまとめたものである。シドニー大学地質学地球物理学教室には客員研究員として各種の便宜を賜った。その間, David Branagan 博士夫妻をはじめとして多くの方々のお世話になった。記して, 感謝の意を表します。

文 献

- Begg, G., J. P. Bur, and C. J. L. Wilson, 1987, Ductile and brittle deformation in the Cann Valley Granitoids, Victoria. *Aust. Jour. Earth Sci.*, **34**, 95-110.
- Evernden, J. F. and J. R. Richards, 1962, Potassium-argon ages in eastern Australia. *Jour. Geol. Soc. Australia*, **9**, 1-49.
- Geological Survey of New South Wales, 1969, 1 : 500,000 Geological Sheet (Special) "Sydney Basin". Geological Survey of New South Wales, 1 sheet.
- 狩野謙一・小坂和夫・村田明広・柳井修一, 1990, 先新第三系中に発達する鉛直に近い回転軸を持つ様々な形態の褶曲(屈曲)―中期中新世における西南日本の時計回り回転と関連して―. 構造地質研究会誌, no.35, 11-21.
- Kano, K., K.Kosaka, A.Murata and S.Yanai, 1990, Intra-arc deformation with vertical rotation axes: The case of the pre-Middle Miocene terranes of Southwest Japan. *Tectonophys.*, **176**, no.3/4, 333-354.
- Kosaka, K., 1980, Fault-related fabrics of granitic rocks. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec.II.*, **20**, no.2, 77-115.
- Paterson, S. R., O. T. Tobisch and V. Morand, 1990, The influence of large ductile shear zones on the emplacement and deformation of the Wyangala Batholith, SE Australia. *Jour. Struct. Geol.*, **12**, 639-650.
- Powell, C. McA., 1984, Terminal fold-belt deformation: Relationship of mid-Carboniferous megakinks in the Tasman fold belt to coeval thrusts in cratonic Australia. *Geology*, **12**, 546-549.
- Powell, C. McA., J. P. Cole and T. J. Cudahy, 1985, Megakinking in the Lachlan Fold Belt, Australia. *Jour. Struct. Geol.*, **7**, 281-300.
- Stevens, B. P. J., 1973, A metallogenic study of the Bathurst 1 : 250,000 Sheet. *Department of Mines, Geol. Surv. New South Wales*.
- Yanai, S., 1986, Megakink bands and Miocene regional stress field in Outer Southwestern Japan. *Sci. Pap. Col. Gen. Educ., Univ. Tokyo*, **36**, no.1, 55-79.
- [付記] バサースト花崗岩の脆性変形についてのより詳しい記載と議論については, Kosaka (1994): The Journal and Proceedings of the Royal Society of New South Wales, Vol. 127(印刷中)を参照されたい。