

岩石破壊に伴う電位変化

東京大学理学部 石 戸 恒 雄⁺
" 栗 田 敬
" 水 谷 仁⁺⁺

現所属先 + 地質調査所地殻熱部

++名古屋大学理学部地球科学教室

1. はじめに

岩石破壊前に前兆となるような電位変化があるかどうか実験を行った。これは地震発生前の地電位変化の原因について、岩石破壊実験の面からアプローチすべく行われた。

2. 実験方法

1軸圧縮による岩石破壊に際して、サンプル表面の電位を測定した。図1に示すように、サンプルの端面と中心付近の間の電位をエレクトロメータ(入力インピーダンス $10^{14} \Omega$ 以上)で測定した。1つのサンプルについて電極ペアは2組である。電極には白金はくを用いたが、これは電気化学反応による電位変化を極力さけるためである。白金電極をサンプル表面に接触させる方法としては、いくつか試みたが、図1に示すのは、ばねによって一定の力で接触状態を保つようにしたものである。

横歪との関連をみるため、図1に示すように、ばねにはりつけた歪ゲージによってそれを測定した。

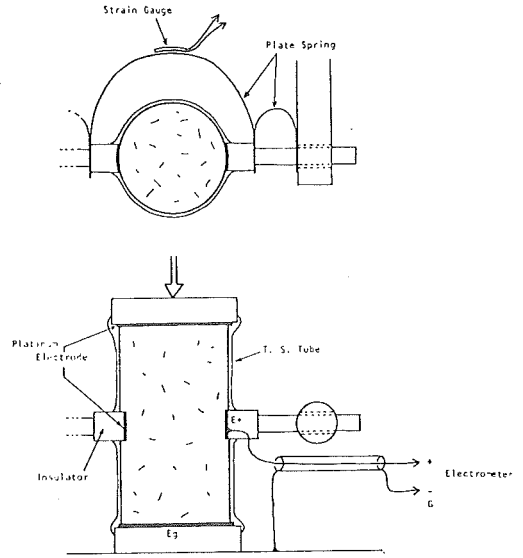
使用したサンプルは整形後(大きさは直径35 mm, 長さ70 mmで、端面の仕上げは0.02 mm以下)、トリクロルエチレンで洗浄され、3日間真空中(10^{-2} Torr)に置かれた。水溶液で飽和させる場合は、真空中で溶液中に落とし、それを行った。

図1に示すようにサンプル全体は熱収縮チューブにおおわれ、実験中水分の出入のないようにした。

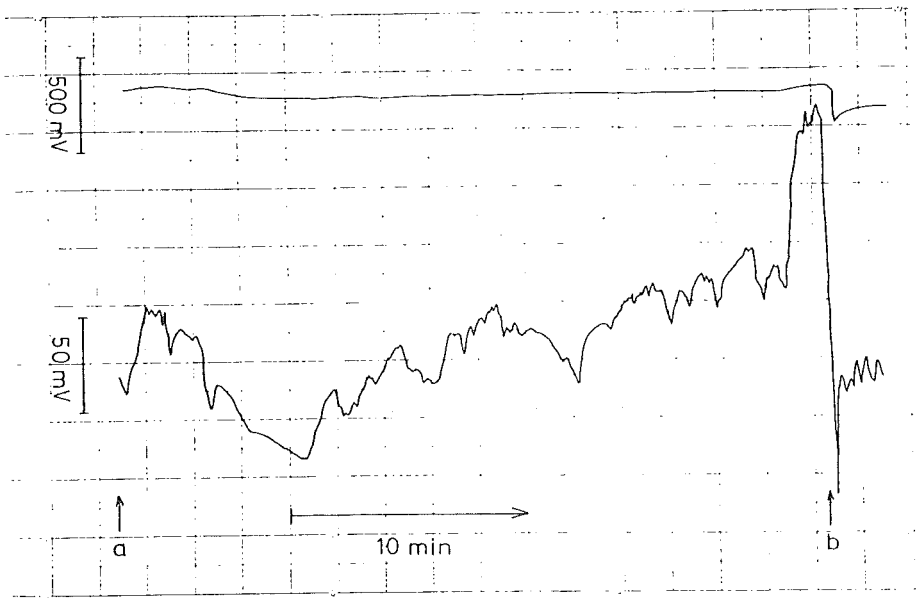
3. 実験結果

ここに結果を示すのは、サンプルとして釜石産の石英せん緑岩を用いたものである。図2～5に実際の記録を示す。図2は蒸留水で飽和したサンプルについての結果であるが、破壊の2分ほど前から急激に電位が変化し（2組の電極ペアとも50 mV 前後の変化）、破壊とともにもとのレベルへもどっている。

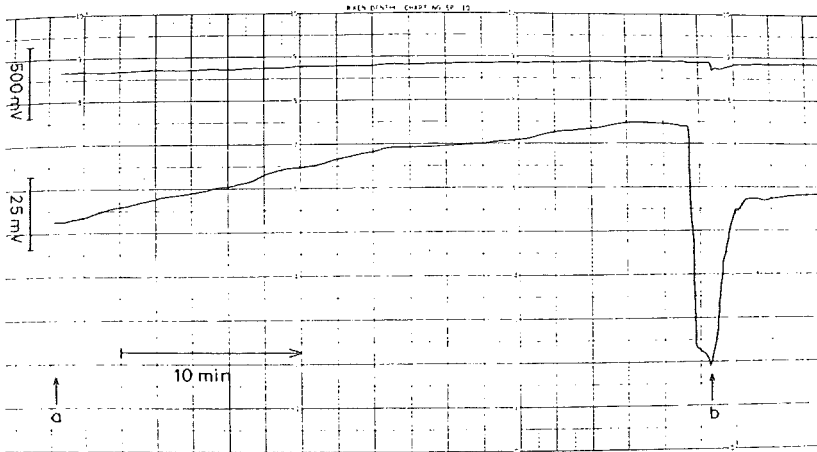
図3に示すのは、硝酸アルミニウム 10^{-4} mol/l の水溶液で飽和したサンプルについての結果である。破壊直前にストレスを0へもどしているが、電位はそれから約1分でもとへもどっている。この場合、電極接触部には目に見えるようなクラックは発生しておらず、接触状態に変化はなかったと考えられる。



第1図 実験装置の概念図。平面および正面図
 この場合、電極接触部には目に見えるようなクラックは発生しておらず、接触状態に変化はなかったと考えられる。

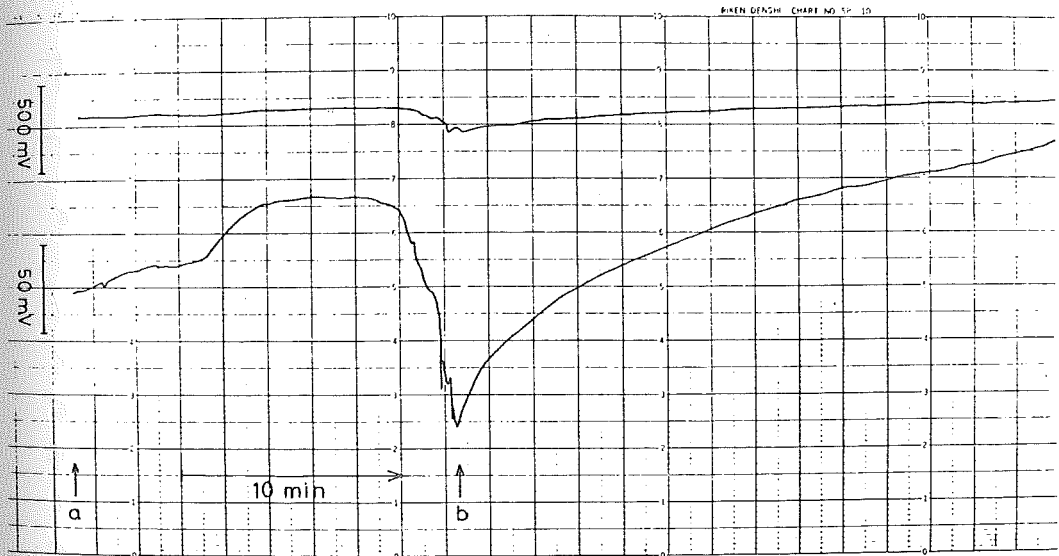


第2図 電位変化の記録。蒸留水で飽和したサンプル。
 a ; 加圧開始。 b ; 破壊。



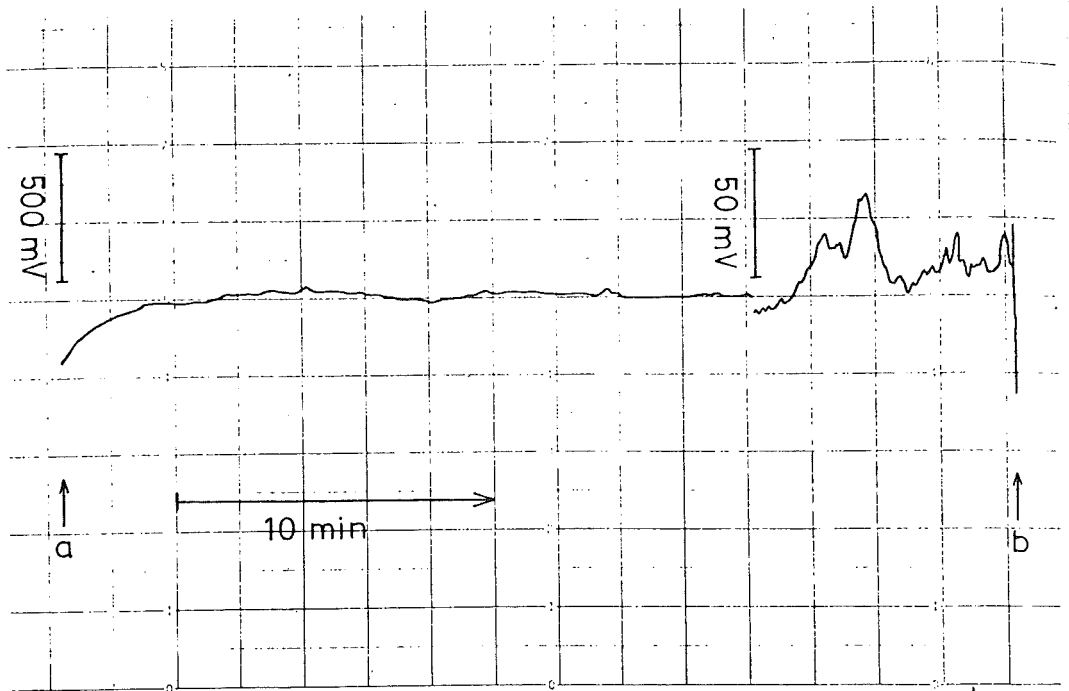
第3図 電位変化の記録。 $Al(NO_3)_3$, 10^{-4} mol/l で飽和したサンプル。a ; 加圧開始。b ; ストレス0へ下げる。

図4に示すのは、硝酸アルミニウム 10^{-6} mol/l の水溶液で飽和したサンプルについての結果である。やはり破壊寸前にストレスを0に下げているが、その後の電位のもどりは拡散タイプである。このようなもどりを示した多くの実験において、タイム・コンスタントは1~15分の範囲であった。



第4図 電位変化の記録。 $Al(NO_3)_3$, 10^{-6} mol/l で飽和したサンプル。a ; 加圧開始。b ; ストレス0へ下げる。

図5は乾燥サンプルについての結果である。水溶液で飽和していない場合は、サンプルが非常に高抵抗になるためノイズが大きくなるが、ノイズ・レベルを越えるような変化は見出せなかった。



第5図 電位変化の記録。Dryなサンプル。

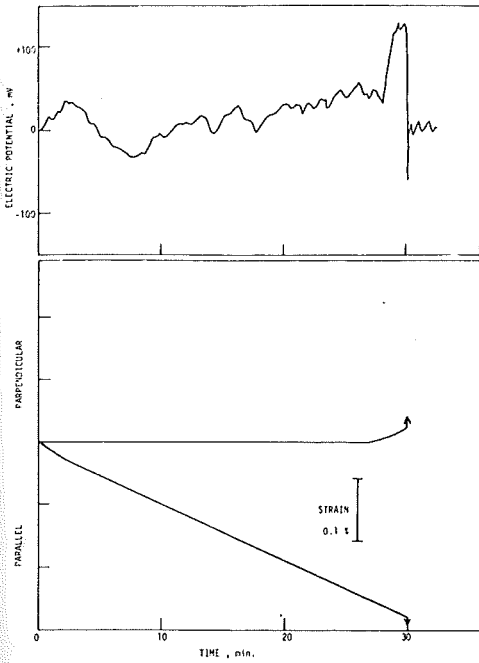
a ; 加圧開始。b ; 破壊。途中で記録計のレンジを変えている。

4. 考 察

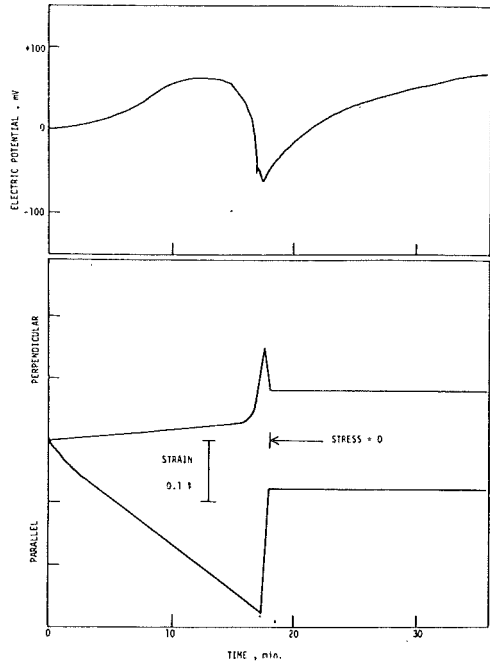
図6～8は電位変化を歪 ϵ_{\perp} 、 ϵ_{\parallel} とともに時間を横軸に示したものである。破壊直前に変化の現われている図6、7の場合は、電位変化が ϵ_{\perp} のクリーブ的な急速な進行のはじまりとともに発生しているのがわかる。 ϵ_{\perp} の増加は、マイクロクラックの増加、空隙率の増加を意味するが、それはサンプルの端面付近より中心付近で著しいと考えられる。このときサンプル中心部(長さ方向の)への水の流れの起こることが考えられるが、その流れに伴う流動電流、そ

の結果の流動電位が、電位変化を引き起こしたのではないだろうか。

流動電流の方向は、岩石/水界面のゼータ電位によって決まっており、 $\zeta < 0$ のときは水の流れと同方向、 $\zeta > 0$ のときは逆方向である。電位変化の原因が流動電位であるとすると次のような予想が成り立つ。すなわち、破壊直前のサンプル内の水の流れが一定のパターンに従うとすれば、 $\zeta < 0$ になるような水溶液で飽和したサンプルと、 $\zeta > 0$ になるようにしたサンプルとでは、電位変化のセンスは逆になることが予想される。図6は $\zeta < 0$ の場合であり、サンプル中心付近(電極E+)が正に変化している。図7は $\zeta > 0$ の場合で、E+が負に変化して



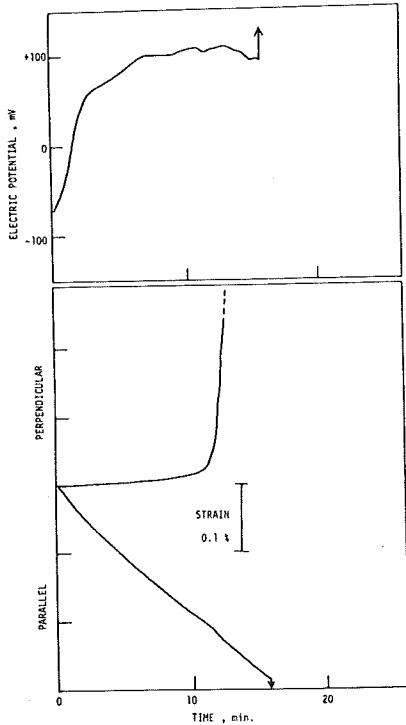
第6図 サンプルは第2図と同じ。



第7図 サンプルは第4図と同じ。

いる。図8はおそらく $\zeta \approx 0$ の場合と考えられるが、この場合は破壊前の変化はない。ロードをかけはじめたところで大きな変化があるが、この原因はよくわからない。サンプルプレス間の接触状態の変化によるものかもしれない。

図9に破壊前に現われた電位変化の振巾をまとめて示す。横軸はサンプルの雰囲気を示している。(a)は石英/硝酸アルミニウム水溶液系についてのゼータ電位を実験的に決めたものであるが、(b)に示す電位変化の正の部分は $\zeta < 0$ 、負の部分は $\zeta > 0$ に対応しているようで、先ほどの予想に一致している。変化の大きさについても、破壊前のサンプル内での空隙圧変化が1 bar程度であるとする、流動電位として説明可能である。

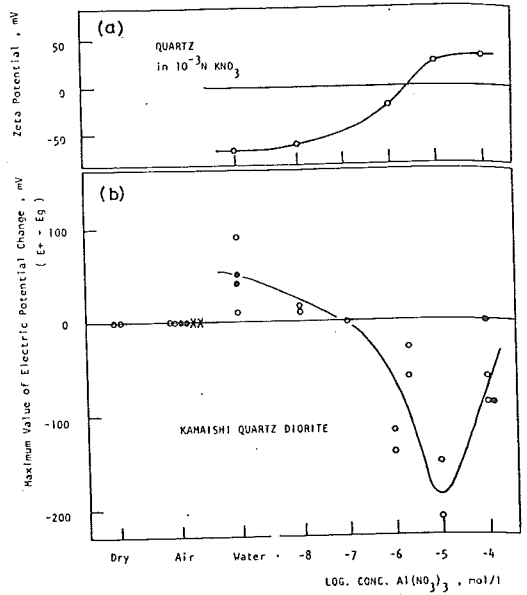


第8図 $Al(NO_3)_3$, 10^{-7} mol/l
で飽和したサンプルについての
記録。

水溶液で飽和していないサンプルについて電位変化はないが、このことも変化の原因がピエゾ電気ではなく流動電位であることを示唆している。

5. おわりに

岩石破壊前にはサンプルが水溶液に飽和していれば、測定可能な電位変化が現われ、その原因は以上述べたように流動電位によるものと考えられる。この破壊前兆としての電位変化は横歪の急速な進行とともに始まっている。今回の実験結果は、地震発生前の震源域において、流動電位による地電位変化の生ずる可能性を示唆している。



第9図 (a)石英/硝酸アルミニウム水溶液
系のゼータ電位。

(b)破壊前の電位変化の振巾。横軸
はサンプルの雰囲気。ある雰囲気と同
じ記号が2つあるのは、同一サンプル
上の2組の電極対からの値を示す。