

## 足柄層群の透水性構造：室内試験による地下深部の透水係数を推定する試み

## Permeability structure of the Ashigara Group: an attempt to estimate the permeability at depths through laboratory experiments

# 谷川 亘[1], 嶋本 利彦[2]

# Wataru Tanikawa[1], Toshihiko Shimamoto[2]

[1] 京大・理・地鋳, [2] 京大・院・理・地鋳

[1] Geology and Mineralogy, Kyoto Univ, [2] Dept. of Geol. &amp; Mineral., Graduate School of Science, Kyoto Univ.

足柄層群とその内部の断層岩の透水係数を、主に間隙圧振動法を用いて、室温、200 MPa 以下の封圧、20 MPa の間隙圧のもとで測定した。間隙率は透水係数から推定した。その結果、地表で採取した岩石試料の埋没・隆起・削剥の履歴の影響を有効圧のサイクル試験によって評価し、堆積岩の最大埋没深度より深い部分の透水係数を推定する方法を提案した。得られた深度と間隙率の関係はロギングの結果に似ているが、異なる層準から得られた結果は系統的にずれる。これは、化学的圧密、時間に依存する圧密などの効果によると考えられる。断層破碎帯は周囲の堆積岩よりも1~2桁低い透水係数を示し、断層帯は流体移動のバリアとなっている。

足柄層群を例にして、(1) 地表で採取した岩石試料を使ってどのようにして地下深部の透水係数を見積もるか、(2) 断層帯は流体の通路として働くのか、それとも流体移動に対するシールとして働くのか、という2つの問題を検討した。(1)に関しては、地下に埋没し、隆起・削剥を経て現地表に露出している岩石の履歴をどう評価するかが、本質的な問題である。地表で採取した試料の透水係数を地下深部の条件下で測定することは、非常に少ない予算で可能である。しかし、地表の試料のもつこのような履歴の影響を評価しなければ、堆積盆・付加帯などの深部の透水性構造を推定することはできない。一方、石油地質、地震の発生過程などとの関連で、断層帯が流体循環に対して果たす役割が注目されている。堆積物だけでなく、地殻(あるいは地球上層部)における流体循環を考える際には、断層帯・破断面沿いの透水係数を測定することが不可欠である。本研究では、埋没・隆起・削剥の過程を加圧・減圧の力学的過程としてとらえ、有効圧をサイクルさせて透水係数を測定することによってその影響を評価した。また、断層帯の透水性については、断層帯と周囲の堆積岩の透水係数を測定して比較した。

足柄層群とその内部に形成された断層岩の透水係数は、京都大学のガス圧式変型透水試験器を用いて、室温、200 MPa 以下の封圧、20 MPa の間隙圧のもとで測定した。間隙流体としては窒素ガスを用いた。測定には主に間隙圧振動法を使用し、間隙率は透水係数からこれまでに報告された関係(Chillinger, 1964)を用いて推定した。

足柄層群はプレート境界域に堆積した礫岩・砂岩・泥岩などからなるが、更新統の地層の割に強い地殻変動を被っており、地層の傾斜も場所によって垂直に近いほど急である。また、地層がほぼ連続的に地表に現われているため、地表の試料において層厚から埋没深度を推定することが可能である。さらに、堆積岩中に断層帯も発達している。それゆえ足柄層群は上記の目的の研究をおこなうのに適した地質体である。

有効圧をサイクルさせた透水試験の結果とその意味を以下に説明する。岩石の透水係数は埋没(加圧)するにしたがって減少していく。ある深度まで埋没(=最大埋没深度)した後の地質体の隆起・削剥を想定して有効圧を下げると、透水係数は減圧の初期段階ではほとんど変動しないで、最大埋没時の透水係数を記憶する傾向がある。しかし、有効圧が30~40MPa くらいまで下がると、透水係数が増加し始めるが、実験開始時の透水係数の値までは回復しない。つまり地表で採取した試料は、その最大埋没深度の圧力の影響を完全ではないが、ある程度残していることがわかる。さらにこの一度隆起した岩石を再び埋没させる(再び加圧する)と、有効圧の増加とともに透水係数は再度減少する。しかし、減少の割合は初期加圧時よりも遅い。そして最大埋没深度(最大圧)をやや過ぎたあたりから初期加圧時の埋没深度と透水係数の関係に合体する傾向を示す。最大埋没深度の値(1サイクル目の有効圧の最高値)を変化させても、同じようなサイクル挙動が認められた。つまり、過去に経験したことのない圧力領域にはいると、有効圧と透水係数(間隙率)の関係は、過去の履歴にそれほど影響を受けない。この結果に基づく、地表で採取した試料を用いて、最大埋没深度よりもやや深い場所より深部の透水係数を実験で推定することができるであろう。

この方法を用いて、足柄層群の3つの層準から採取した岩石を用いて、最大埋没深度より深い部分について埋没深度と間隙率の関係を推定した。得られた深度と間隙率の関係は、油田地帯のボーリング孔を使ったロギングから得られた関係とよく似た結果を示した。しかし、埋没深度と間隙率の関係は一義的に決まるはずなのに、異なる層準(最大埋没深度の異なる)の岩石からは、系統的にずれた関係が得られた。埋没深度の大きい層準から得られた試料は、同じ深度でも低い間隙率を示すことから、この層準による違いは、広域的な変形、化学的なセメンテーション、時間と共に進行する圧密などによる効果によると考えられる。これらの効果を見積もることが今後の課題である。

足柄層群の砂質岩は、有効圧 180MPa において  $10^{-16}$  ~  $10^{-18}$  の透水係数を示した。また足柄層群内部に発達した断層破碎帯の変形集中域と思われる粘土質断層ガウジは  $10^{-19}$  を示し、断層角礫は  $10^{-17}$  近い値を示した。よって断層破碎帯は周囲の岩石より 1 桁 ~ 2 桁低い透水係数を示し、断層帯は流体移動のバリアとなっていると考えられる。