

## 9. 島根半島新第三系泥質岩のスレーキング崩壊岩片を用いた

### 露頭及び室内試験における崩壊過程の比較検討

Study on Destructive process in the Neogene Pelite

by Slaking Destructive Fragments in Outcrops and Laboratory tests

○ 和田佳記(島根大学大学院総合理工学研究科)

増本 清(島根大学総合理工学部)

#### 1. はじめに

堆積性軟岩(特に泥質岩)は、乾燥・湿潤の繰返しを受けると収縮・膨張を繰返し、泥状化・細片化が進行するスレーキング現象を引き起こす。このスレーキング現象が要因となって切土の急速な風化や崩壊などの斜面不安定化が堆積性軟岩を扱う土木工事現場では問題となっている。このことから、岩石試料が水浸によって形状変化を起こす過程を観察したり<sup>1)</sup>、乾燥・湿潤状態の繰返しによって細粒化する様子を定量的にとらえたりする方法<sup>2)</sup>で岩石のスレーキング特性を評価しようとする試験法がいくつかの提案されている<sup>3)</sup>。しかし、これらは方法、条件にバラツキがありスレーキングの基本的特性の把握・評価を行うための共通の物差しが存在していない<sup>4)</sup>。また、室内試験のみによる評価は実際の露頭におけるスレーキングを伴う崩壊の評価までには至っていない。そこで、スレーキングによる崩壊メカニズムを解明することを目的とし、本研究では、露頭及び室内試験における崩壊岩片の形状、最小角度、粒度分布を定量的に測定し、露頭及び室内試験の崩壊岩片の比較、層毎における露頭の崩壊岩片の比較検討を行なった。ここで述べた崩壊岩片とは、スレーキングによって崩壊し細片化した岩片のこととし、露頭においては露頭表面でスレーキングを伴う崩壊後に落下して堆積した岩片、室内試験においては室内試験の乾湿繰返しによって崩壊した岩片のこととする。

#### 2. 試料

##### 2.1 地質概要

島根半島の新第三系は下位から古浦層、成相寺層、牛切層、古江層、松江層に区分される。そのうち、泥質岩層がある層は古浦層、成相寺層、牛切層、古江層である。古浦層は様々な層準から淡水性貝化石の産出が報告されていることから、非海成層と考えられている。成相寺層、牛切層、古江層は海性の貝化石、魚類化石、海藻化石が報告されており、海成層とされている。成相寺層泥質岩は安山岩溶岩・酸性火砕岩類を伴う黒色頁岩、黒色頁岩からなる。牛切層泥質岩は凝灰岩、砂岩、頁岩の互層からなる。古江層泥質岩は主に黒灰色ないし黒色で無層理・塊状の泥岩か

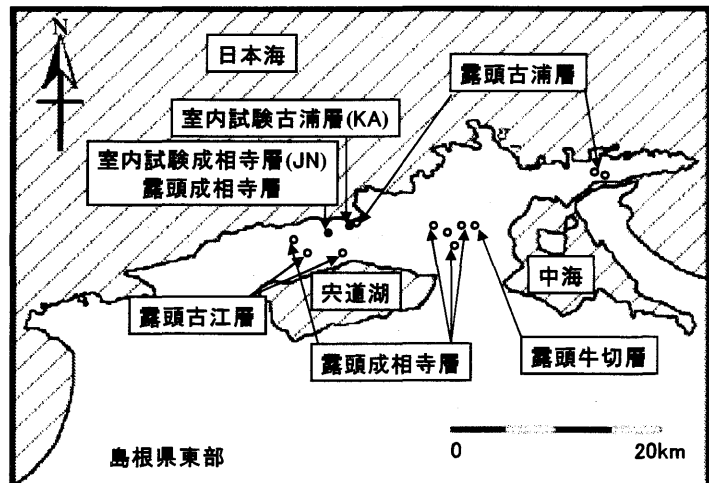


図-1 試料採取場所

らなり、一部砂岩、凝灰岩の薄層を伴う<sup>5)</sup>。

## 2.2 試料採取方法

露頭における崩壊岩片は落下してからの2次的風化を受けた岩片の採取を防ぐために比較的新しいと考えられる堆積部の表面だけを幅10cmで採取した。古浦層5露頭、成相寺層8露頭、牛切層1露頭、古江層2露頭の崩壊岩片を採取した。

室内試験で使用した試料は露頭表面から約30cm(微小クラックが見られない程度)までハンマーで掘って採取した。非海成の古浦層1露頭(KA)と海成の成相寺層1露頭(JN)で採取した。これらの採取地点は図-1に示す。

## 3. 試験方法

### 3.1 室内スレーキング試験

古浦層泥質岩と成相寺層泥質岩を使用して室内スレーキング試験を行った。採取した試料をハンマーで不定形に約 $50 \pm 10g$ に成形し、予備水浸24時間、 $60^\circ C$ で炉乾燥24時間を行う。ここから、水浸24時間、 $60^\circ C$ 炉乾燥24時間、ふるい分けを1サイクルとし、5サイクルまで乾湿繰返しを行い終了とする。スレーキング試験の流れは図-2に示す。また、ふるい分けの方法は3.2で述べる。

### 3.2 測定方法

崩壊岩片を定量的に評価するために形状指数 $\alpha$ (長軸短軸比)、最小角度 $\beta$ 、崩壊岩片の粒度分布を測定しスレーキング特性の指標とした。

(1)形状指数 $\alpha$ : 崩壊岩片を楕円体とみなし、ノギスを用いて長軸 $a$ の長さを測定する。その長軸 $a$ を2等分した断面の短軸 $b$ を測定する。測定した短軸 $b$ を長軸 $a$ で割った値を形状の指標 $\alpha(b/a)$ とする(図-3)。

(2)最小角度 $\beta$ : 崩壊岩片を最も安定する状態でスキャナに置き、画像を取り込む。その画像で最も角度が小さい部分の角度を測定する。その際、分度器の中心からの距離がちょうど2mmの位置での角度を測定した(図-4)。この最小角度を角度の指標 $\beta$ とした。ただし、室内試験5サイクル目のデータは崩壊岩片を最も安定した状態で置き真上からみてスケッチを行い、最小角度 $\beta$ を測定した<sup>6)</sup>

(3)ふるい分け: ふるい分けによって崩壊岩片の重量比を求め、崩壊岩片の

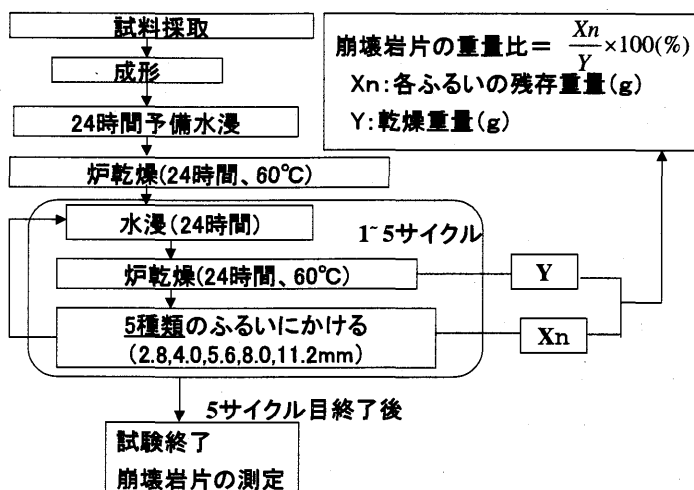


図-2 室内スレーキング試験の流れ

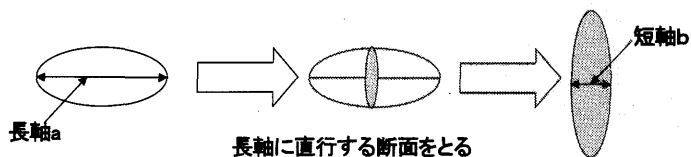


図-3 形状の測定方法

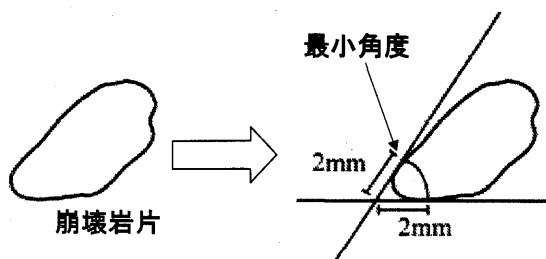


図-4 最小角度の測定方法

粒度分布を表す。採取した岩片を蒸発皿に全重量 (Y) を測定する。次に 2.8mm, 4.0mm, 5.6mm, 8.0mm, 11.2mm の 5 種類のふるいにかける。ふるいは 1 つずつ 10cm のふり幅で、1 分間に 120 往復程度の速さでふるう。露頭の崩壊岩片は室内試験に比べ量が多いため約 3 分間、室内試験は約 1.5 分ふるった。各ふるいの上に残った岩片のみをそのふるいの残存量 (Xn) とし、その重量を測定する。それを (1) 式に代入し崩壊岩片の重量比を求め、各ふるいの重量比より崩壊岩片の粒度分布を求める。岩片の粒度区分は、2.8mm 以下, 2.8-4.0mm, 4.0-5.6mm, 5.6-8.0mm, 8.0-11.2mm, 11.2mm 以上とした。各乾湿繰返し回数の粒度分布はその回数の風化の程度におけるスレーキングの進行具合を表していると考えられる。

$$\text{崩壊岩片の重量比} = \frac{X_n}{Y} \times 100(\%) \quad (1)$$

#### 4. 結果及び考察

##### 4.1 露頭と室内試験の崩壊岩片の比較

(1)形状指数  $\alpha$ : 露頭で採取した露頭古浦層 (5 露頭) 崩壊岩片 140 個, 露頭成相寺層 (8 露頭) 崩壊岩片 280 個, 室内試験 5 サイクル目の室内試験古浦層崩壊岩片 100 個, 室内試験成相寺層崩壊岩片 100 個の形状を測定した。平均値は露頭古浦層崩壊岩片 0.40, 露頭成相寺層崩壊岩片 0.38, 室内試験古浦層崩壊岩片 0.39, 室内試験成相寺層崩壊岩片 0.16 であった (図-5)。古浦層崩壊岩片は露頭と室内試験で同じような値を示したが, 成相寺層崩壊岩片は露頭と室内試験で平均値の差が大きいことが示された。その原因として成相寺層の露頭と室内試験の崩壊岩片では短軸  $b$  が古浦層に比べて大きく異なっていることが考えられる。

(2)最小角度  $\beta$ : 形状を測定した崩壊岩片で最小角度も測定した。平均値は露頭古浦層崩壊岩片 71.18°, 露頭成相寺層崩壊岩片 69.46°, 室内試験古浦層崩壊岩片 68.23°, 室内試験成相寺層崩壊岩片 53.28° であった (図-6)。古浦層崩壊岩片は露頭と室内試験で同じような値を示したが, 成相

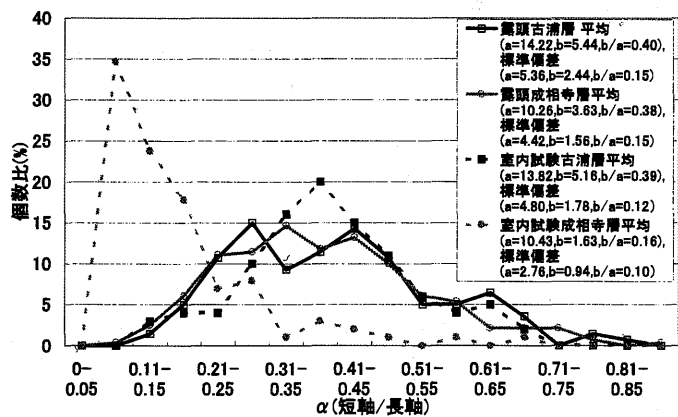


図-5 崩壊岩片の形状指数  $\alpha$

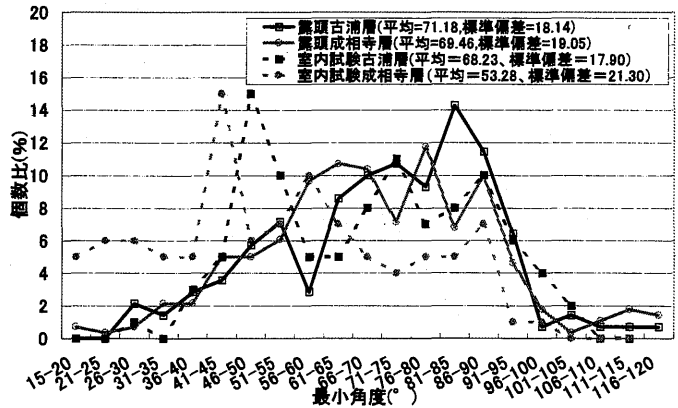


図-6 崩壊岩片の最小角度  $\beta$

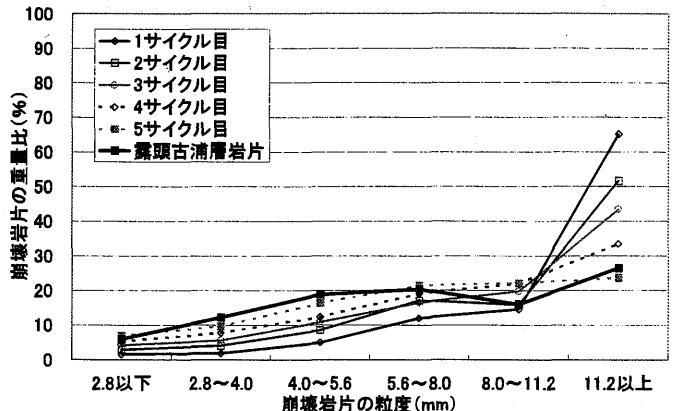


図-7 古浦層崩壊岩片の粒度分布

寺層崩壊岩片は露頭と室内試験で平均値の差が大きいという形状指数  $\alpha$  と同じ傾向を示した。

(3)粒度分布：室内試験崩壊岩片(古浦層は11試料,成相寺層は30試料)の1~5サイクル目の粒度分布を測定し,露頭の崩壊岩片の粒度分布を重ね合わせる。これによって,露頭の崩壊岩片が室内試験何サイクル目に類似しているかを検討した。その結果,露頭古浦層崩壊岩片は室内試験崩壊岩片の5サイクル目に類似(図-7),露頭成相寺層崩壊岩片は室内試験成相寺層崩壊岩片の1~2サイクル目に類似していることが示された(図-8)。また,古浦層,成相寺層共に,露頭崩壊岩片の粒度分布が室内試験崩壊岩片粒度分布の右上がり,左上がりの傾向と一致した。

粒度分布より,古浦層は露頭と室内試験において乾湿繰返し回数で表される風化の程度が一致したが,成相寺層は露頭と室内試験において風化の程度が異なることが示された。これによって,風化の程度によって崩壊岩片の形状,最小角度が変化することが推測される。なお,室内試験データは増本ら<sup>6)</sup>を使用した。

#### 4. 2追加試験

前述の推測を検証するために追加試験を行い,室内試験成相寺層崩壊岩片(6試料)120個の1~2サイクル目の形状指数  $\alpha$ , 最小角度  $\beta$ , 粒度分布を測定して,露頭成相寺層崩壊岩片の指標と一致するかどうか検討した。また,比較のためにJN露頭(室内試験成相寺層泥質岩の採取露頭)の崩壊岩片の値も示した。

(1)形状指数  $\alpha$ : JN1~2サイクル目は露頭成相寺層の平均値とは大きく異

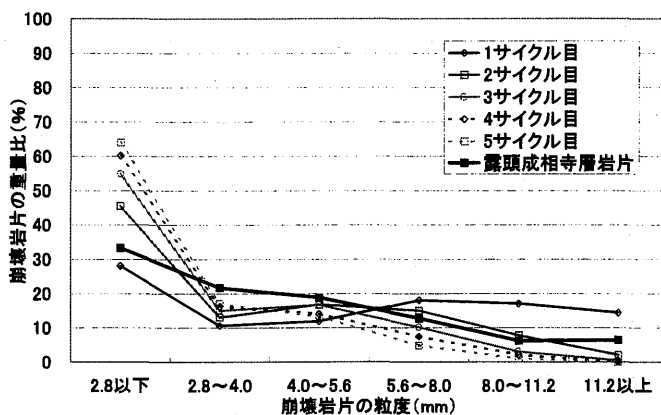


図-8 成相寺層崩壊岩片の粒度分布

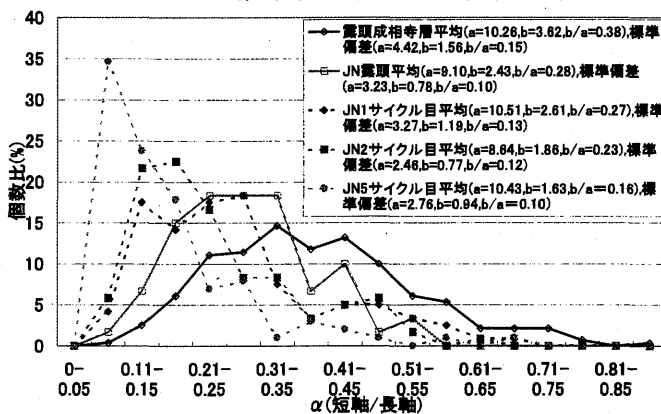


図-9 成相寺層崩壊岩片形状指数  $\alpha$

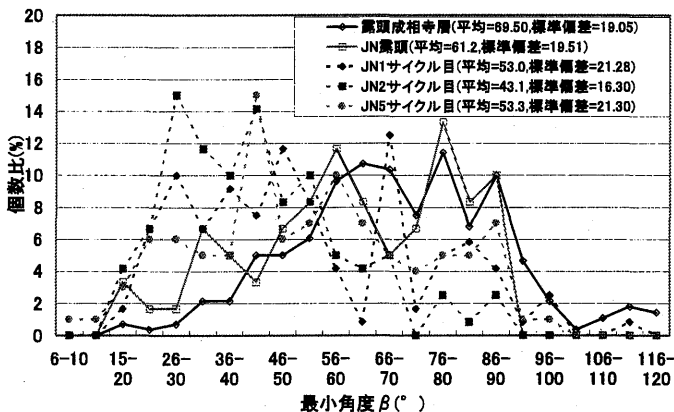


図-10 成相寺層崩壊岩片最小角度  $\beta$

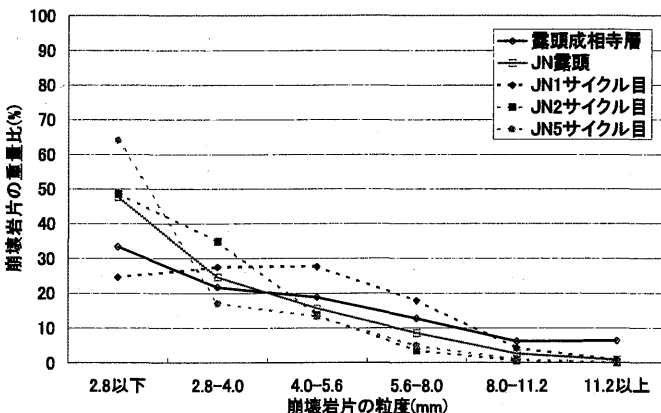


図-11 成相寺層崩壊岩片の粒度分布

なった。しかし、JN 露頭の値と JN1 サイクル目の値がほぼ同じ値を示し、4.1 における露頭と室内試験の違いをうまく説明できる。また、乾湿繰返し回数が 2, 5 回と増加するに伴って形状指数  $\alpha$  が減少することが示された (図-9)。また、その原因が崩壊岩片の短軸  $b$  の減少であることが示された。

(2)最小角度  $\beta$ ：風化の程度である乾湿繰返し回数を増加させると最小角度が減少していく傾向はみられるものの、データにバラツキが大きく明瞭な傾向は見られなかった (図-10)。これは室内試験 5 サイクル目の測定方法と露頭、追加試験での測定方法が異なることが要因ではないかと考えられる。

(3)粒度分布：JN1~2 サイクル目は露頭成相寺層の粒度分布とは類似しなかったが、JN 2 サイクル目と JN 露頭の粒度分布が類似した (図-11)。このことより、JN 露頭は室内試験 2 サイクル目程度の風化の程度で崩壊、落下することが示され、4.1 における露頭と室内試験の違いをうまく説明できる。

以上より、露頭古浦層崩壊岩片は乾湿繰返し回数 5 回目、露頭成相寺層崩壊岩片は乾湿繰返し回数 1~2 回目の風化の程度であることが示され、成相寺層泥質岩は古浦層泥質岩に比べて早く岩片が落下することが示され、成相寺層と古浦層のスレーキングによる崩壊メカニズムの違いの一端を定量的に評価できた。

#### 4.3 各層における露頭の崩壊岩片の比較

(1)形状指数  $\alpha$ ：露頭古浦層崩壊岩片 140 個、露頭成相寺層崩壊岩片 280 個、露頭牛切層崩壊岩片 40 個、露頭古江層崩壊岩片 120 個の形状を測定した (古浦層と成相寺層は 4.1 と同じデータ)。平均値は露頭古浦層崩壊岩片 0.40、露頭成相寺層崩壊岩片 0.38、露頭牛切層崩壊岩片 0.37、露頭古江層崩壊岩片 0.40 であった (図-12)。各層の平均値は古浦層崩壊岩片の露頭と室内試験と同様に同じような値を示した。

(2)最小角度  $\beta$ ：形状を測定した崩壊岩片で最小角度も測定した。平均値

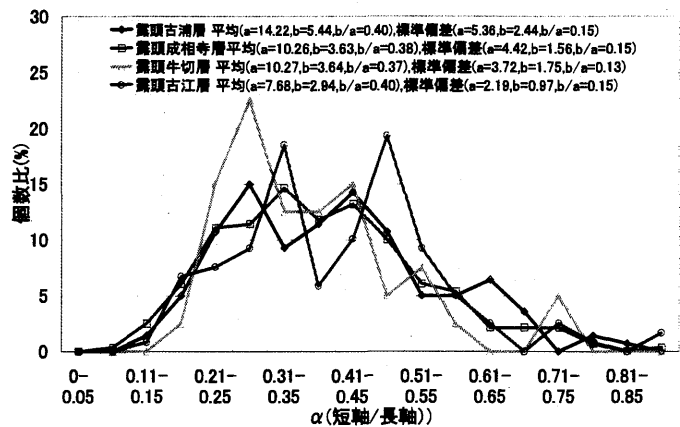


図-12 各層の崩壊岩片形状指数  $\alpha$

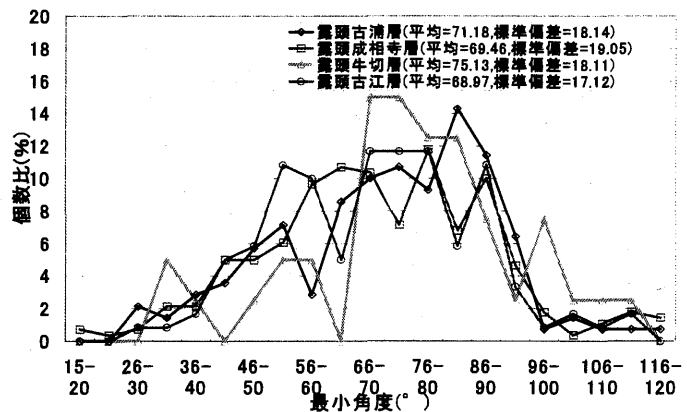


図-13 各層の崩壊岩片最小角度  $\beta$

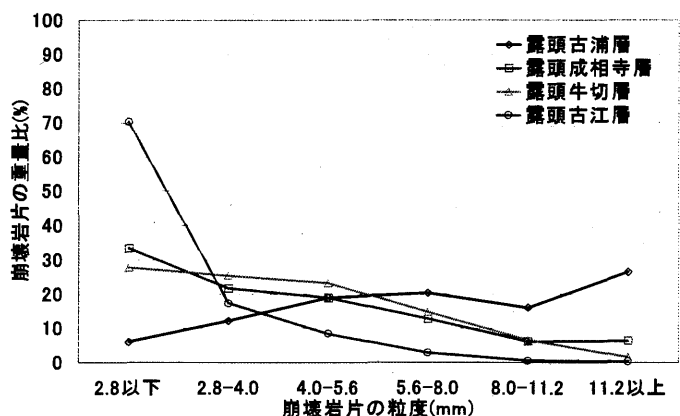


図-14 各層の崩壊岩片の粒度分布

は露頭古浦層崩壊岩片 71.18°，露頭成相寺層崩壊岩片 69.46°，露頭牛切層崩壊岩片 75.13°，露頭古江層崩壊岩片 68.97°であった(図-13)．各層の平均値が同じような値を示し，形状と同じ傾向が見られた．しかし，牛切層は個数が少なく少しバラついた値を示した．

露頭で採取した崩壊岩片はほぼ同じような形状，最小角度で崩壊，落下したと考えられる．もし，風化の程度によって形状が異なるのならば，各層の崩壊岩片は同じような風化の程度で落下したと考えられる．

(3)粒度分布：崩壊岩片の重量比を用いて，古浦層崩壊岩片，成相寺層崩壊岩片，牛切層崩壊岩片，古江層崩壊岩片の粒度分布を測定した(図-14)．古浦層崩壊岩片は右上がりの傾向を示し，成相寺層崩壊岩片，牛切層崩壊岩片，古江層崩壊岩片の粒度分布は左上がりの傾向を示した．しかし，成相寺層崩壊岩片，牛切層崩壊岩片の 2.8mm 以下の崩壊岩片が約 30%に対して，古江層崩壊岩片の 2.8mm 以下の崩壊岩片は約 70%である．このように，各層によって粒度分布が異なり，スレーキング特性(崩壊過程)が異なることが示された．

以上より，スレーキング特性をより精度よく把握するためには室内スレーキング試験だけではなく，露頭のデータ(各層，各露頭規模)を考慮してスレーキング特性を考える必要がある．

## 5. まとめ

島根半島新第三系である古浦層泥質岩層と成相寺層泥質岩層においては露頭及び室内試験(5 サイクル)の崩壊岩片，牛切層泥質岩層と古江層泥質岩層においては露頭の崩壊岩片の形状，最小角度，粒度分布を定量的に測定し，崩壊過程の比較検討を行った．その結果を以下に示す．

- ①露頭古浦層崩壊岩片は乾湿繰返し回数 5 回目，露頭成相寺層崩壊岩片は乾湿繰返し回数 1～2 回目の風化の程度であることが示され，成相寺層泥質岩は古浦層泥質岩に比べて早く岩片が落下することが示された．
- ②乾湿の繰返しによる風化の程度の進行に伴い崩壊岩片の形状指数  $\alpha$  の減少が示された．また，その原因が崩壊岩片の短軸  $b$  の減少であることが示された．
- ③各層の崩壊岩片の形状，最小角度については室内試験における比較に比べて各層ごと平均値の差が小さくなったが，粒度分布は各層で有意な差が見られた．このことより，各層によってスレーキング特性(崩壊過程)が異なることが示された．

## 引用文献

- 1)土木学会(1991)：軟岩の調査と試験の指針(案)，pp.64-72.
- 2)日本道路公団(1975)：KODAN 111-1975 岩の乾湿繰返し試験法，日本道路公団土木工事試験方法.
- 3)村上幸利(2000)：岩石材料の物理的性質とスレーキング性の関係および既存のスレーキング試験の有用性．土と基礎，48, 2, pp.5-8.
- 4)平野勇(1998)：軟岩のスレーキング特性の評価試験法についての提案．第 10 岩の力学国内シンポジウム講演論文集，pp.43-48.
- 5)猪木幸男・村上允英・大久保雅弘(1988)：日本の地質 7 中国地方，共立出版，pp.115-117.
- 6)増本清，北島涼子(2003)：島根半島新第三系泥岩のスレーキングによる破壊形態とその定量評価，地盤と建設，Vol.21, No.1, pp.121-126.