

# 泥岩構成土の物理的性質に関する実験的研究

— 富山県氷見地区 —

荒 井 涼\*

Experiment studies on the physical properties of soils for the mudstone material

—Himi Landslide-area in Toyama—

Riyuu ARAI

Toyama college of technology

## I は し が き

泥岩構成土は膨潤性粘土を多量に含みスレーキング現象、吸水膨潤性が著しく他の土質とは顕著な相違性をもつと考えられる<sup>1)</sup>。この事から土(岩)塊は容易に軟弱化しよく土壌生成化への活発な要素を持つ事が考えられ従来物理的見地から軟弱化機構解明の種々の実験研究<sup>1), 2), 3), 4)</sup>が行われてきた。これは我が国の社会活動の基盤として泥岩の分布面積はかなりのウェイトを占める事からその物性に関する研究は地盤関係の工学的技術の要請に基づき最近になってクローズ・アップされてきた課題である。現状として泥岩の理工学的性質の究明は充分とはいえない。本報告では主に泥岩構成土の物理的性質について次の観点から考察を加えたものである。はじめに泥岩構成土の液性・塑性限界値(LL, PL)の意義を検討し、次に泥岩 ped の乾湿履歴を伴った物理的性質の推移をLLと関連づけると、土の疎水化は乾湿繰返しにより漸次大きくなる事を見出した。以上の事は物理的見解から泥岩の経時変化に伴う軟弱化機構の解明ならびに泥岩構成土の性状について一般的認識を得る重要な指標になるものと考えるのでここに報告する。

## II 試料ならびに実験項目

i) 試験試料土：試料土は富山県氷見市郊外に分布す

る第三紀鮮新世軟岩地帯での地割れ面、地すべり直後の露頭、ブルドーザで掘削中の現場などから新鮮とみなされる土(岩)塊(ここでは泥岩を意味する)を採取後、直ちに室内で水中静置したものである。Table 1 は各試料の物理的性質を示したものである。

ii) 液性限界、塑性限界試験法：試料は2000 $\mu$ 通過土であり新鮮とみなされる泥岩をナイフで切り削ったものである(以後の文ではこれを生土と呼ぶ)。またそれを気乾させた420 $\mu$ 通過土をも使用した。本文では2000 $\mu$ 通過土を対象としたばあいの液性、塑性限界試験法を[JIS法]、420 $\mu$ 気乾通過土を対象としたばあいのそれをJIS法と表記した。

iii) 塑性限界値の充テン密度測定法：塑性限界値付近での若干の含水比段階で試料土を手の平でまわしながら径7~8mmほどのボールをすりガラス上で作成し、それをHg中で体積測定したものである。iv) 湿式摩砕試験法：泥岩 ped を微粒化するため、手ですりつぶす回転数とその力(回転数は70r.p.m.すりつぶし力250g程度)がほぼ等しいとみなされる自動乳鉢機を用い、含水状態はペースト状で微粒化したものである。これは泥岩 ped の微粒化に基づく物理的性質の推移を追跡する事を目的とする。

v) 乾湿繰返し試験：試料は2000 $\mu$ 通過土である。乾

Table 1 Physical properties of each mudstone

Material Number	Locality	w %	rt g/cm <sup>3</sup>	LL % JIS. M. air dried soil	LL % [JIS. M.] fresh soil	PL % [JIS. M.] fresh soil
①	Nakataura	60.2	1.62	93	103	37
②	"	45.5	1.71	97	110	37
③	"	23.7	1.95	75	87	30
④	Igatani	65.6	1.55	108	110	38
⑤	Dotsubono	30.0	2.01	80	78	28
⑥	Bushoji	55.5	1.63	87	110	37

\*富山県立技術短期大学

乾燥処理は各々相対湿度 (R.H.) 20, 65% 付近であり, それらの水分点に達した後 1 日浸水させたものを 1 サイクルとみなした。本文では乾燥繰返し回数に伴う土性変化を [JIS法], 湿式摩砕実験法に基づく LL から追求したものである。

③相対湿度 20% 付近での乾燥処理法: 乾土 50g 相当の試料土を過飽和状態にして 60℃ の循環送風乾燥機内で 3 日ほど乾燥処理をすると重量精度は  $\pm 0.05\text{g}$  になる。その時の R.H. は 20% 付近であり, これを R.H. 20% 乾燥処理での恒量状態とみなした。

④相対湿度 65% 付近での乾燥処理法: 乾土 50g 相当を過飽和状態にして 36℃ 循環送風乾燥機内で 3 日ほど乾燥すると重量精度は  $\pm 0.05\text{g}$  になり, その時の R.H. は 65% 付近である。これを R.H. 65% 乾燥処理での恒量状態とみなした。なお実験室の経時変化に伴う温度, 湿度の差異などにより相対湿度は  $\pm 5\%$  ほど変動した。

vi) 水中沈定容積: 試料は生土, 乾燥土をすりつぶしたものである。本測定法には統一された方法はないのでここでは乾土 2.0g 相当の試料に 2 millimol\* の  $\text{NH}_4\text{Cl}$  と蒸留水を加え泥状として真空デシケーター内で吸引操作をし, 次にその内容物を 100ml のメスシリンダーに移し蒸留水を加え全体容積を 50ml にして 2 週間経過後の容積を測定したものである。

### III 結果と考察

#### 1 泥岩構成土の液性限界値特性について

Fig 1 は湿式摩砕実験法に基づく Nakataura① の生土, 気乾試料土 (各々 2000  $\mu$  通過土である) の摩砕時間

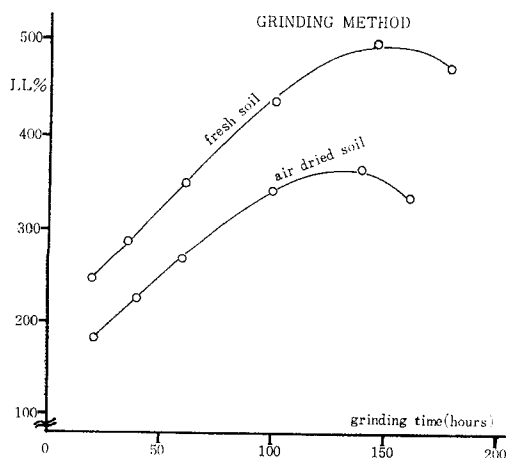


Fig 1 Relationship between grinding time and liquid limit (LL) of Nakataura ①

と LL 特性 (以降 G~LL 特性値と略記する) の関係を示したものである。LL はある摩砕時間迄は顕著に増加傾向を示すがピーク後減少傾向を示し, 結局 G~LL 特性値は山形状を呈する。この事から泥岩構成土はすりつぶしによる ped の微粒化の相違が LL に顕著に影響をもたらす事が分かる。ここで LL 増加の程度を JIS 法のそれと比較してみると, 2000  $\mu$  気乾通過上の湿式摩砕実験法による LLmax は JIS 法 LL に対し 4 倍に及ぶ。また他の数種の試料について同様な実験を試みたが, いずれも G~LL 特性は山形状を呈し, JIS 法 LL に対する湿式摩砕法による LLmax は 2~4 倍の範囲に存在した。ここで再確認する事は従来種々の報告中に表記されている泥岩の LL は, その実験操作法 (試料の乾燥程度, 試料のねり返し時間など) に基づく任意の微粒化された泥岩 ped の物理性を示すものである。一般に粘性土では活性的性質の index を LL で表示し得るものと考えられるが泥岩構成土のばあい, たんに JIS 法 LL 因子のみでは統一的に活性の程度を比較検討する事は困しいものとする。

#### 2 泥岩構成土の塑性限界値特性について

i) Fig 2 は生土, 気乾土 (いずれも 2000  $\mu$  通過土) の各摩砕時間における PL 特性を示したものである。生土では ped の微粒化にかかわらず PL は一定とみなせるが, 一方気乾土では ped の微粒化に伴い PL は増加傾向を示す。

ii) Fig 3 は実験法 I-iii) に準じて各試料の塑性限界値の充テン密度 ( $r_a$ ), 飽和度 (Sr), 含水比 (w) の関係を求めたものである。生土は ped の微粒化に関係な

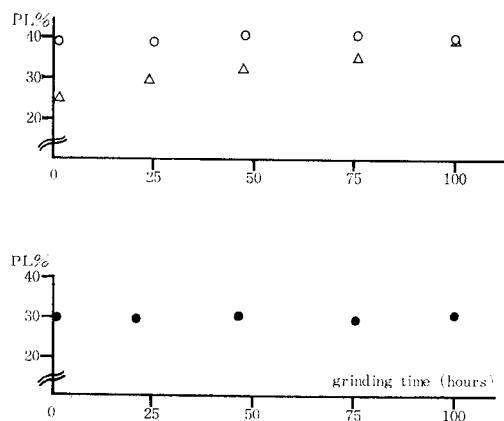


Fig 2 Relationship between grinding time and plastic limic (PL) due to grinding fresh soil or air dried soil. upper (Igatani) lower (Nakataura③)

\*本実験では懸濁液と上澄液の鮮明な境界を保つために最低  $\text{NH}_4\text{Cl}$  2 millimol を必要とした。

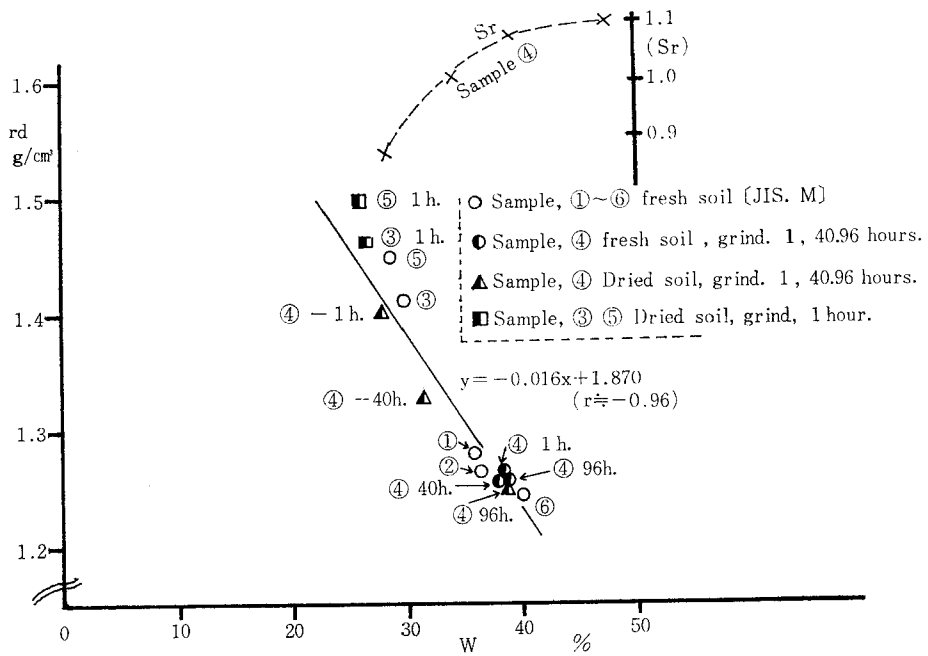


Fig 3 Relationship between PL and PL's dry density (rd) Upper:---x---x  
 ---degree of saturation of fresh soil ④

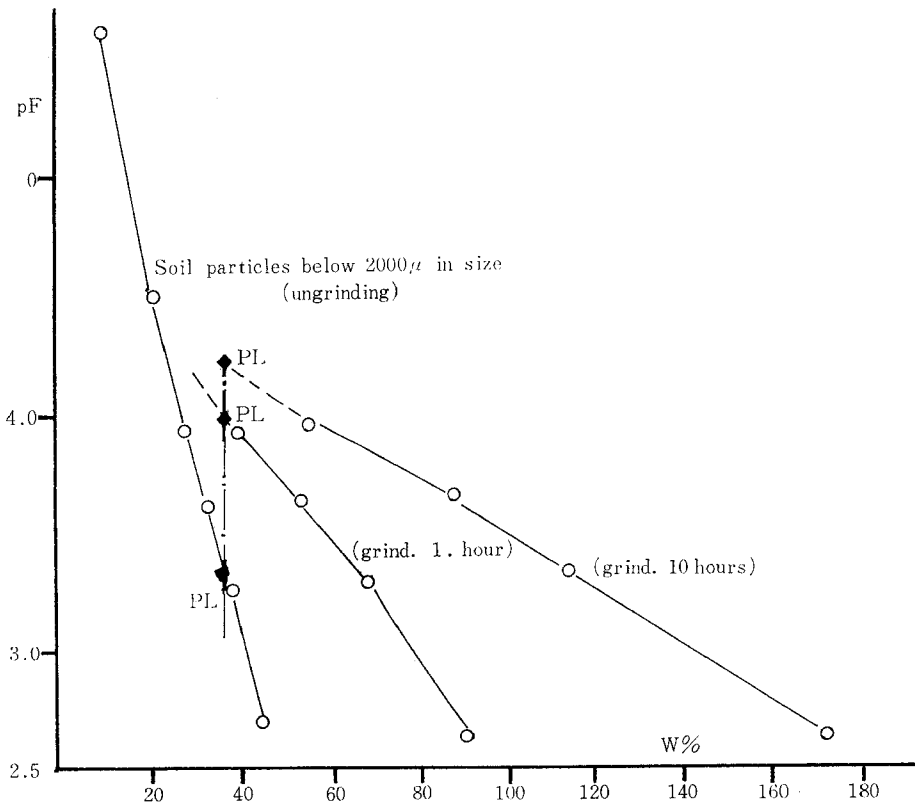


Fig 4 pF soil moisture characteristic curve of each grinding time, Nakataura①

くPLのrdは一定とみなせる。またFig 3の飽和度(×記号)は摩砕1時間(生土)試料のボールを塑性限界値前後の若干の含水比段階において作成したものから算出した。なお塑性限界値より低含水比領域になると、その値が急激に低下した。本文では前述i), ii)の結果に基づき泥岩構成土の生土、気乾土のPLの特性について述べる。

a) 生土のばあい: Fig 2から生土では微粒化のプロセスを踏むped自体の構成土粒子には性状変化はないものと考えられ、pedの微粒化に応じた分割表面積の増大は吸着水分量を増し、それがG~LL特性(Fig 1)に反映したが、一方G~PL特性(Fig 2)は一定であるので、その事は塑性限界の低水分領域には関与されない事が分かる。またPLのpFは3.0<sup>9)</sup>、3.3<sup>9)</sup>といわれるが層間水を含むベントナイトではPLとpF3.0の含水比差は大きく、その差を層間水量とみなしている例<sup>7)</sup>もある。Fig 4からNakataura①の生土、その摩砕時間別の試料土のPLは一定であり、これをpF表示するならばpF3.3から4.0以上の範囲に存在している。この事は吉田等<sup>7)</sup>の結果と同じくするものであろう。なおNakataura①は熱測定試験結果<sup>9)</sup>ベントナイト曲線に一致するので組成的に層間水量を含むものとみなせる。PL、pF試験法は前者は動的状態、後者は静的状態の試験法であり、その試験法の相違が層間水を含む本試料においてPLとpF3.0付近の含水比差をもたらしたものと考える。この事から試料によってPLをpF表示するばあいpF=3.0からかなりの変動幅が生じる恐れがある。一方各試料のPLを充テン密度から考察する。Fig 3は生土①~⑤の[JIS法]によるPLと実験法Ⅱ-iii)に準じたPLときのraを示したものである。なお試料③、④、⑤については摩砕時間別の生土、気乾土試料のそれらも表記した。本実験結果からPLとPLときのra関係はPLが減少(増加)するとPLときのraは増加(減少)を示す回帰直線が成立し負の相関(r=-0.96)が強い。これはあたかも締固め最大乾燥密度(ramax)は粗粒土(比表面積が小)ほど大きく、最適含水比(Wopt)は細粒土(比表面積が大)ほど大きい<sup>9)</sup>といわれること、ならびに多くの研究に見られるようにPLはWopt付近に存在する事を考え合わせると、これらの見解からPLとramaxの関係はFig 3の実験結果を示唆しているものと考えられる。なお前述での見解比表面積の大、小の意味はあくまで粘土鉱物の種類などによるものであり、自然含水比泥岩のpedの微粒化による水分子の吸着表面積の大、小を意味するものではない。以上のようにPLとPLときのra間に相関関係の認められること、ならびにPLは飽和度100%ときのramaxである<sup>10)</sup>事を考え合わせるとPLをpFと関連づけるより充テン密度面からとらえた方がそ

の意義を適確に判断出来得るものと考えられる。

b) 気乾土のばあい: 生土の乾燥化に伴い粗粒状をなしたpedに浸水困難な空ゲキ部分が存在するといわれ<sup>9)</sup>、さらにpedが微粒化するとその空ゲキ部分は減少しマイクロpedはより親水的な性格をおびるものと考えられる。その事は生土とは異なるped自体の微粒化に応じた性状変化をもたらし、結局Fig 2の摩砕時間別気乾試料(△記号)からpedの微粒化はPL増加を生じさせたものと考えられる。またFig 3の摩砕時間別気乾試料(▲記号)のPL~PLのra関係において、pedの微粒化に伴い、すなわちPL増加はra減少を示している。この事は2-a項で述べた如く比表面積とPL<sup>9)</sup>、PLとPLのrd間に相関関係がある本結果に準ずるものと考えられる。但し気乾土のばあいは生土とは異なりpedの微粒化は性状変化をもたらすものと考えられPL増加を示す事が特徴である。以上2-a), b) 頂から泥岩構成土の生土のPLはpedの微粒化にかかわらずほぼ一定値を取るのでは物理的性質を表す重要な指標になるものと考えられる。

### 3 初期含水比別(乾燥程度の大きさ)試料の液性限界値特性について

生土に乾燥処理を施すとLL減少を伴う事は幾多の報告<sup>11)12)</sup>で認められている。しかしその定かな理由は明らかにされていないようであり、最近土粒子の集合化説<sup>11)</sup>などが最も合理的であると言われる。本文では乾燥に伴う土の疎水化理由を土粒子の集合化説で表わしたものである。泥岩構成土の乾燥に伴うLL特性は土の疎水化面だけではなく、スレーキング現象が著しい事もありpedの微粒化による塑性増加の相互作用面から考察する必要がある。本文ではそれらのいずれかの作用が顕著に現われる典型的な二試料をとって初期含水比別のLL特性を[JIS法]、湿式摩砕実験法から求めてみたものである。なお両試料とも相対湿度20%処理でのスレーキング様相は土砕化しよく粗砂程度であった。Fig 5からDotsubono試料のばあい初期含水比にかかわらず[JIS法]LLの増減はほとんど見られない。一方湿式摩砕実験法では初期含水比が低いほど初期摩砕時間(24, 48時間)のLLが大きくなっている。これは土の乾燥程度が大きいと疎水化も大きくなる従来の見解から逸脱するようであるが、本試料ではスレーキング現象などによるpedの微粒化が顕著に現われる事による塑性増加作用が著しかったものと考えられ、結局この事が初期含水比に関係なくLL変化を生じさせなかった理由と考えられる。一方、Fig 6のNakataura①試料のばあい[JIS法]、湿式摩砕実験法のLLは初期含水比が高いほど大きく、かつG~LL特性は上側に描かれている。これは従来の見解に準じ乾燥に伴う土の疎水化は初期含水比が高

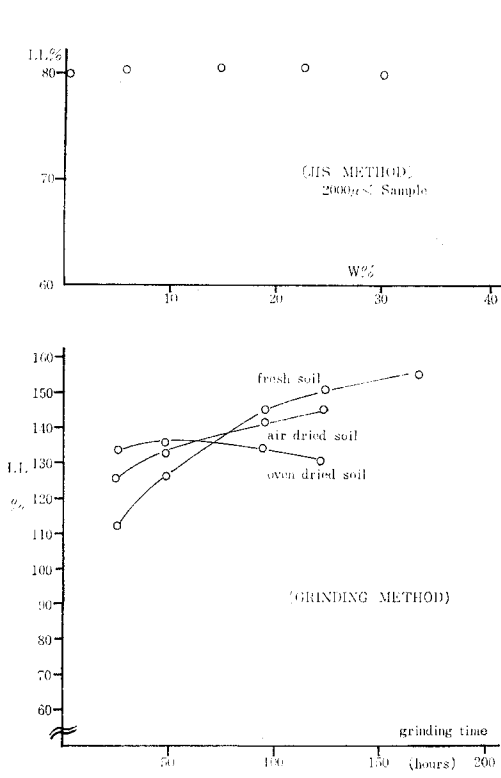


Fig 5 Liquid limit (LL) characteristic by [JIS method] or Grinding method due to initial water content or a few drying stage, sample Dotsubono

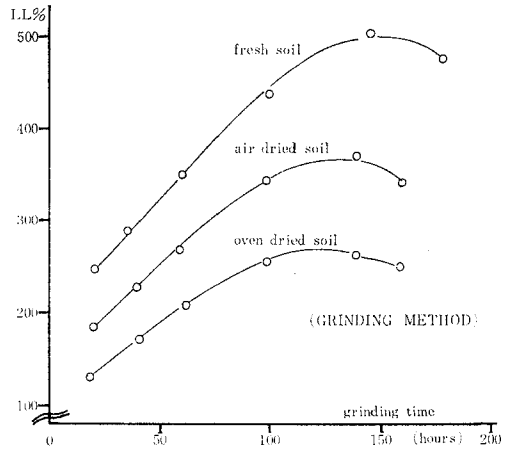
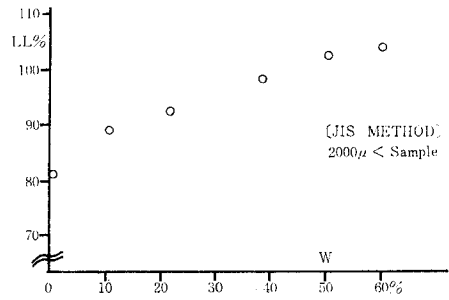


Fig 6 Liquid limit characteristic due to initial water content (a few drying stage) of Nakataura ① by JIS method (Grinding method)

いほど大きいものと考えられるが、スレーキングによる ped の微粒化による塑性増加作用も同時に働きそれらの相互作用の結果、土粒子の集合化などによる疎水化の影響が顕著であったため、それが LL に反映されたものと考ええる。

4 泥岩構成土の水中沈定容積

■一3) の泥岩構成土の LL 特性結果から、乾燥土のその値は ped の微粒化に伴う塑性増加と土の疎水化の相互作用が同時に働き、いずれの性状が顕著に現われるかは泥岩により異なる事を述べた。ここでは泥岩構成土の生土、気乾土の ped の微粒化のしよさを水中沈定容積結果から再確認したものである。本実験試料は [JIS法] LL において初期含水比にかかわらず、ほとんど LL 増減のみられない Dotsubono 試料である。実験結果を Table 2 に示す。ここでの記号 Vsed は水中沈定容積、 $\phi_0$  はそのときの濃度ならびに  $\phi_L$  は液性限界値のときの濃度を表わす。

a) 各摩砕時間別の生土、気乾土試料のいずれも摩砕時間の大きな試料ほど Vsed は大きくなる。逆に  $\phi_0$  は小

Table 2 Sedimentation volume (Vsed) and volume fraction( $\phi_0$ )sediment, Dotsubono

sample	grinding time			
	1 hour	24hours	48hours	
fresh soil	Vsed	4.13	7.13	8.13cc/g
	$\phi_0$	0.091	0.052	0.047
air dried soil	Vsed	3.99	7.78	10.45cc/g
	$\phi_0$	0.094	0.049	0.036

Volume fraction  $\phi_L$ (LL)

sample	grinding time		
	1 hour	24hours	48hours
fresh soil	0.315	0.255	0.233
air dried soil	0.309	0.232	0.222

さくなる。この事は ped の微粒化により凝集単位の floc がマイクロ化して、その floc 間に多量の水分を内包するよ

うになりその充テン状態は疎になるものとする。従って  $V_{sed}$  は大になり、逆に  $\phi_0$  は小になるものと解釈される。

b) 各摩砕時間別の生土、気乾土試料の  $\phi_0$ ,  $\phi_L$  を比較すると初期摩砕時間 (1時間) 試料の  $\phi_0$  は気乾土の方が生土よりわずかに小であり  $\phi_L$  はその逆を示している。ここで  $\phi_{0,air}$  (fresh) 24 (48) を気乾 (生土) 試料 24 (48) 時間摩砕したものの水中沈定容積濃度,  $\phi_{L,air}$  (fresh) 24 (48) を気乾 (生土) 試料を 24 (48) 時間摩砕したものの LL ときの濃度と表記したばあい,  $\phi_{0,air}24 < \phi_{0,fresh}24$ ,  $\phi_{0,air}48 < \phi_{0,fresh}48$  であり, それに対応するように  $\phi_{L,air}24 < \phi_{L,fresh}24$ ,  $\phi_{L,air}48 < \phi_{L,fresh}$  になっている。気乾 ped は生土のそれよりも微粒化しよいため (Fig 5 の G~LL 特性から推察可能) ミクロな floc が形成され生土よりも和が大きくなったものとする。なお  $\phi_L$  は  $\phi_0$  と同様に気乾 ped の微粒化のしよさが反映したものとする。

5 乾湿繰返し回数に伴う液性限界値特性

Fig 7-1), 2) は Iगतani, Nakataura ② 試料の [JIS

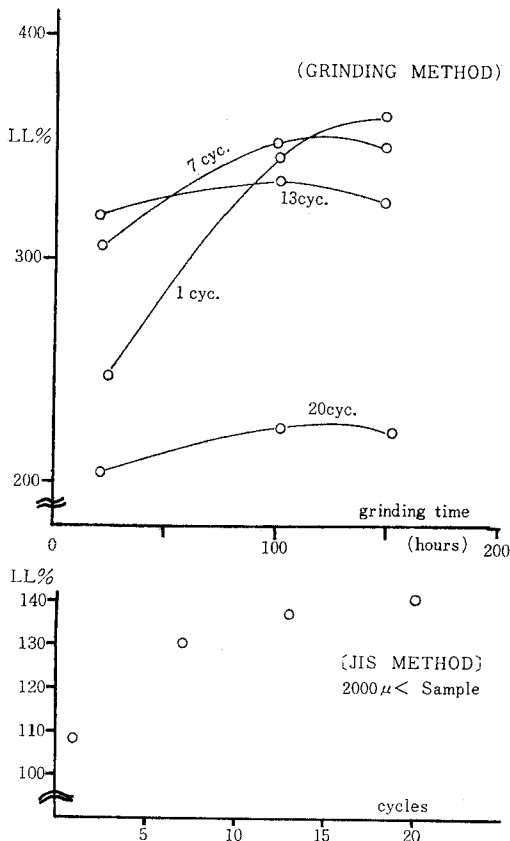


Fig 7-1) Liquid limit (LL) characteristic by JIS method or Grinding method due to the repetition of drying and wetting, sample Iगतani

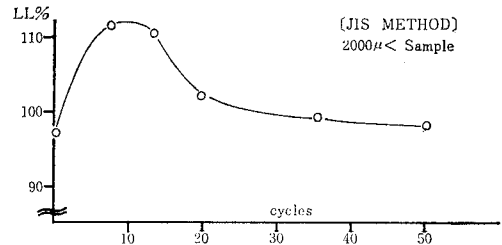
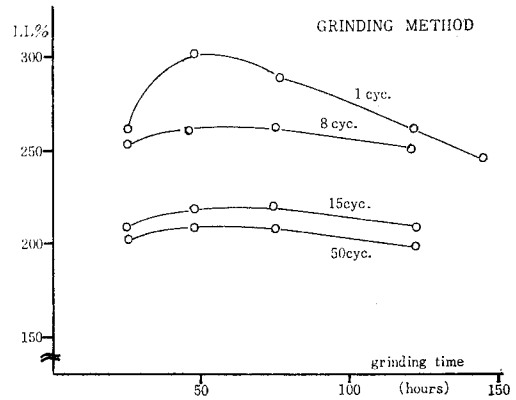


Fig 7-2) Liquid limit (LL) characteristic by JIS METHOD or GRINDING METHOD due to the repetition of drying and wetting, sample Nakataura ②

法], 湿式摩砕実験法に準じた乾湿繰返し回数に伴う LL 特性結果を示すものである。なお実験法は II-v) に準ずる。Iगतani 試料の乾燥処理は R.H. 20 ± 5% であり, 乾湿繰返し回数は 20cyc. 迄行ったものである。本試料の G~LL 特性値は初期摩砕時間をみると, 13cyc. 迄は乾湿サイクルが多いほどグラフは上側に描かれ, 塑性的性質の増加を示す。その後摩砕時間とともにグラフは逆転するので土性は疎水化をおびていく事が分かる。これは Dotsubono 試料の初期含水比別の G~LL 特性値 (Fig 5) と類似する。また Nakataura ② 試料の乾燥処理は R.H. 65 ± 5% であり, 乾湿 50 サイクル 迄行ったものである。本試料の G~LL 特性値から乾湿サイクルとともにマクロ ped からミクロ ped に至る迄の性状は疎水化傾向をおびる事が分かる。これは Nakataura ① の初期含水比別の G~LL 特性に類似する (Fig 6)。以上により乾燥程度の大きさに伴い土の疎水化は変化し, その事が G~LL 特性値に影響を与えるように乾湿繰返し回数もまた土に同じような性状を与える事が分かった。従来乾燥に伴う土の疎水化理由として土粒子の集合化説<sup>13)</sup>があげられているが, その見解を適用すると, ある乾燥状態下での乾湿繰返し回数は一時的に ped を微粒化にして

塑性増加を表わすものもあるが土性そのものは漸次疎水的性格をおび、いわば「土粒子の集合化発達」が存在するものと考え。次に乾湿繰返し回数に伴う〔JIS法〕LLとG~LL特性を関連づけてみる。先に述べたようにIgatani試料のG~LL特性から、本試料は初期サイクルにおけるpedの微粒化が著しく、それを反映するかのよう〔JIS法〕LL増加も同時に著しい。またNakataura②のG~LL特性から本試料は疎水的性格が顕著に現われよいため初期サイクルにおける〔JIS法〕LLは一時的にpedの微粒化による塑性増加はあるにせよ、むしろ疎水的性格の発現によってIgatani試料ほどLL増加は顕著に現われず、直ちにLL低下の傾向を呈した。以上から乾湿繰返し試験においてpedの微粒化による塑性増加、ならびにそれに伴う疎水的性格の発現の強さには各種泥岩により程度差が存在し、結局各試料の〔JIS法〕LLはそれらの相互作用の影響が現われるものである。またその事はⅢの3で述べた初期含水比別の泥岩pedのそれと同様な結果を示唆するものでもある。

#### Ⅳ 要 約

泥岩構成上の物理的性質について検討した結果次のように要約される。

- i) 泥岩構成上のLLはpedの微粒化に応じて著しく変化する。
- ii) 泥岩構成土の生土のPLはpedの微粒化にかかわらず、ほぼ一定値をとるので物理的性質を表わす重要な指

標になるものと考え。

iii) 泥岩構成上の乾燥土のPLはpedの微粒化に応じて変化を呈する。この事から乾燥pedは微粒化に応じた性状変化があるものと考え。

iv) 泥岩構成土のLLはpedに微粒化による塑性増加と乾燥に伴う塑性低下の相互作用の影響が現われたものであり、一般に土でいわれる乾燥程度が大きいほどLL低下をきたす認識は泥岩構成上には適用し難い。

v) 泥岩構成土のpedに乾湿繰返し処理を与えると、pedは漸次疎水的性格が強まる。本文ではこの性質を「土粒子の集合化発達」と名づけた。

#### 引 用 文 献

- 1) たとえば仲野良紀：土と基礎 Vol. 11~12 (1964)
- 2) たとえば村山朔郎等：京大防災研 17-B (1974)
- 3) Norbert, R. Morgenstem et al : ASCE. Geotec. Eng. Div. Vol. 100 (1974)
- 4) 土質工学会編：土と基礎(小特集号) Vol. 22 (1974)
- 5) 山崎不二夫監修：土壤物理 特に3章, (1969)
- 6) 鈴木敦巳：土質工学会論文集, Vol. 12 (1972)
- 7) 吉田昭治等：第33回農土学会京都支部講演要旨集, (1976)
- 8) 荒井涼：第35回農土学会京都支部講演要旨集, (1978)
- 9) 葛上久等：農土論集 37号 (1971), 67号 (1977)
- 10) 東山勇：土壤の物理性 30号 (1974)
- 11) たとえば葛上久等：農土論集 69号 (1977)
- 12) 相馬勉之：農土論集 49号 (1974)

## Experimental studies on the physical properties of soils for the mudstone material

— Himi Landslide-area in Toyama —

Riyou ARAI

Toyama college of technology

### Summary

The author studied the physical properties of soils for the mudstone material. The results obtained are as follows ;

- 1) Liquid limit of soils for the mudstone material varies remarkable with the size of the ped.
- 2) Plastic limit of fresh soils for the mudstone material is nearly constant in spite of the size of the ped, and so it can be considered to be one important index of physical properties.

3) In the case of dried soils for the mudstone material, plastic limit varies due to the size of the ped.

4) The value of liquid limit of dried soils for the mudstone material is brought by the effect of the interaction between the increase in plasticity due to dividing macro peds into micro ones and the decrease in plasticity due to drying, and so the usual viewpoint of the decrease in liquid limit due to drying soils does not necessarily hold appropriate.

5) Peds for the mudstone material are brought gradually to the decrease in plasticity by the hysteresis effect of drying and wetting. In this paper, this physical property is called "the development of individual and massive soil particles.

[1979. 3. 25. 受稿]

### 土壌物理研究会20周年記念出版物の発刊と 会員割引のお知らせ

標記の記念出版については、かねてからそれぞれ編集委員会を設けて刊行の準備を進めて参りましたが、このたび、当研究会編として下記の2書がそれぞれ発売されました。

つきましては、編集委員会及び出版社の御尽力と御好意により、当研究会会員には定価の10%割引で販売することになりましたのでお知らせいたします。

申込要領は下記の通りです。土壌物理研究会会員と明記して直接お申込み下さい。

#### 記

#### 「土の物理学—土質工学の基礎—」

土壌物理研究会編，森北出版刊，A 5，365 ページ，1979年10月31日発行，定価4,000円

内容：1 序論，2 土の構成とその成分，3 土の物理化学的性質，4 土の構造，5 収縮と膨潤，6 圧縮と圧密，7 レオロジーと塑性，8 土の保水，9 水分移動，10 温度と熱移動，11 土の凍結と凍上，12 特殊土の物理的性質

#### 会員割引の申込要領

会員価格 3,600円 (定価×0.9)  
ただし5部以上まとめた申込みには、さらに1部について100円を割引く  
郵送料 無料(発行所で負担)  
申込先 102 東京都千代田区富士見1-4-11  
森北出版(株)開発部 (Tel・03-265-8341)  
申込期限 昭和55年2月29日  
その他 会員であることを明記する

#### 「土壌の物理性と植物生育」

土壌物理研究会編，養賢堂刊，A 5，420ページ，1979年11月15日発行，定価3,500円

内容：1 土壌の物理性と土壌肥沃度，2 耕地における主要な土壌の物理性，3 水田作と土壌の物理性，4 畑地における物理性と植生，5 樹園地における物理性と植生，6 草地の物理性，7 林地における物理性と植生，8 施設栽培における物理性と植生，9 土壌保全と物理性，10 環境保全と物理性

#### 会員割引の申込要領

会員価格 3,150円 (定価×0.9)  
郵送料 実費(ただし5部以上まとめて申込みば、発行所で負担します)  
申込先 113 東京都文京区本郷5-30-15  
養賢堂(株) (Tel・03-814-0911)  
申込期限 昭和55年2月29日  
その他 会員であることを明記する