

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

—京都盆地東北部の白川弥生土石流の堆積物調査—

富井 眞 谷口圭輔*

1 はじめに

比叡山南麓の風化花崗岩地盤を集水域とする白川は(図32)、2400年前頃の弥生時代前期末〔今村・小林2007〕に大規模な土石流を発生させた。下流域に位置する京都大学構内遺跡に認められたその砂質土石流堆積物について、3地点で堆積物の粒度組成変化を検討した。その結果、1 m程度の厚い堆積が残存しているところでは、上方粗粒化のまとまりとして堆積物を上部と下部の二つに分け得ることがわかった。このことは、この土石流が少なくとも2波から成る、という層相に基づく肉眼観察の解釈〔富井2008〕と整合的である。

本文は、第3章第2節を谷口が、その他を富井が執筆し、富井が編集した。

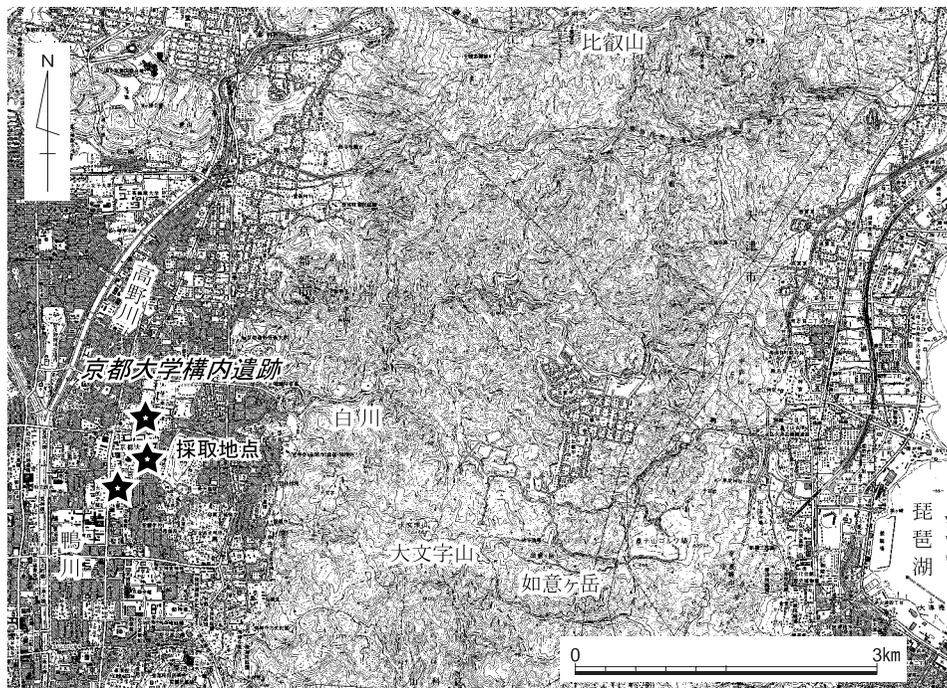


図32 採取地点の位置と白川 縮尺1/7万5千

*大阪大学大学院理学研究科

2 白川弥生土石流の概略

白川の下流域には、弥生時代前期末（2400年前頃）の旧地表面を覆った厚い土石流堆積物が各地に認められる。推定土砂量が70万 m^3 ほどに達する大規模な土石流であり、堆積した砂の厚みが2 mを超える地点もあれば、砂の中に2 mを超える巨礫が置き残された地点もある〔富井2005〕。この土石流堆積物は、風化花崗岩粒から成り、一帯の先史時代の考古学的発掘調査では、「黄砂」ないし「黄色砂」と呼ばれて鍵層として認識されている。

せいぜい数十年が一単位となるような考古学的な時間尺度では、この土石流は、瞬時の自然現象と考えられる。ポンペイのように、過去のある一瞬の状態をこの土石流がパッキングしている、という想定もできよう。その一方で、この土石流の直下では水田を検出しているので、先史土砂災害という観点からより細かな時間尺度で考える、すなわち当事者的な観点でこの土石流がどのように白川下流域を襲ったのかを考察することも、有意義である。事実、どの地点でもおよそ同様に黄褐色の砂が堆積しているものの、最下部の粘土ないしシルトから上方にむかって粗粒化していく地点もあれば〔泉1978, 伊藤1995〕、あるいは上方で細粒化している地点〔浜崎1983, 富井ほか2007〕もあり、各地点でまったく同じ堆積相を呈するというわけではない。土石流の流下していく様態を検討するには、堆積物の詳細な観察を高密度でおこなうことが不可欠なのである。

白川弥生土石流の堆積物については、京都大学構内遺跡の一連の発掘調査において、しばしば粒度分析が試みられてきた。しかし、試料採取地点は北部構内に限られており、しかも、黄色砂全体を一括りにしていたり〔竹村ほか1985〕、あるいは、「本流」と推定されている、北部構内でも限られたエリアにとどまっていたりする〔増田ほか2005, 秋山ほか2006〕。そこで、この土石流の様態を広域的に解明するべく、京都大学構内遺跡で、既往の発掘調査などの成果から、黄色砂の厚い堆積の残存が期待される3地点4箇所、堆積物の粒度分析をおこなった。

3 粒度分析

(1) 試料採取の方法と採取地点

土石流堆積物の試料採取地点は、北部構内（図33-K S地点）、本部構内（同T地点）、吉田南構内（同L地点）である。試料の採取は基本的には1 cm刻みだが、堆積物の粒径に応じて採取単位を変えてもいる。すなわち、含有している礫が大きい場合には、1 cm刻み

粒度分析

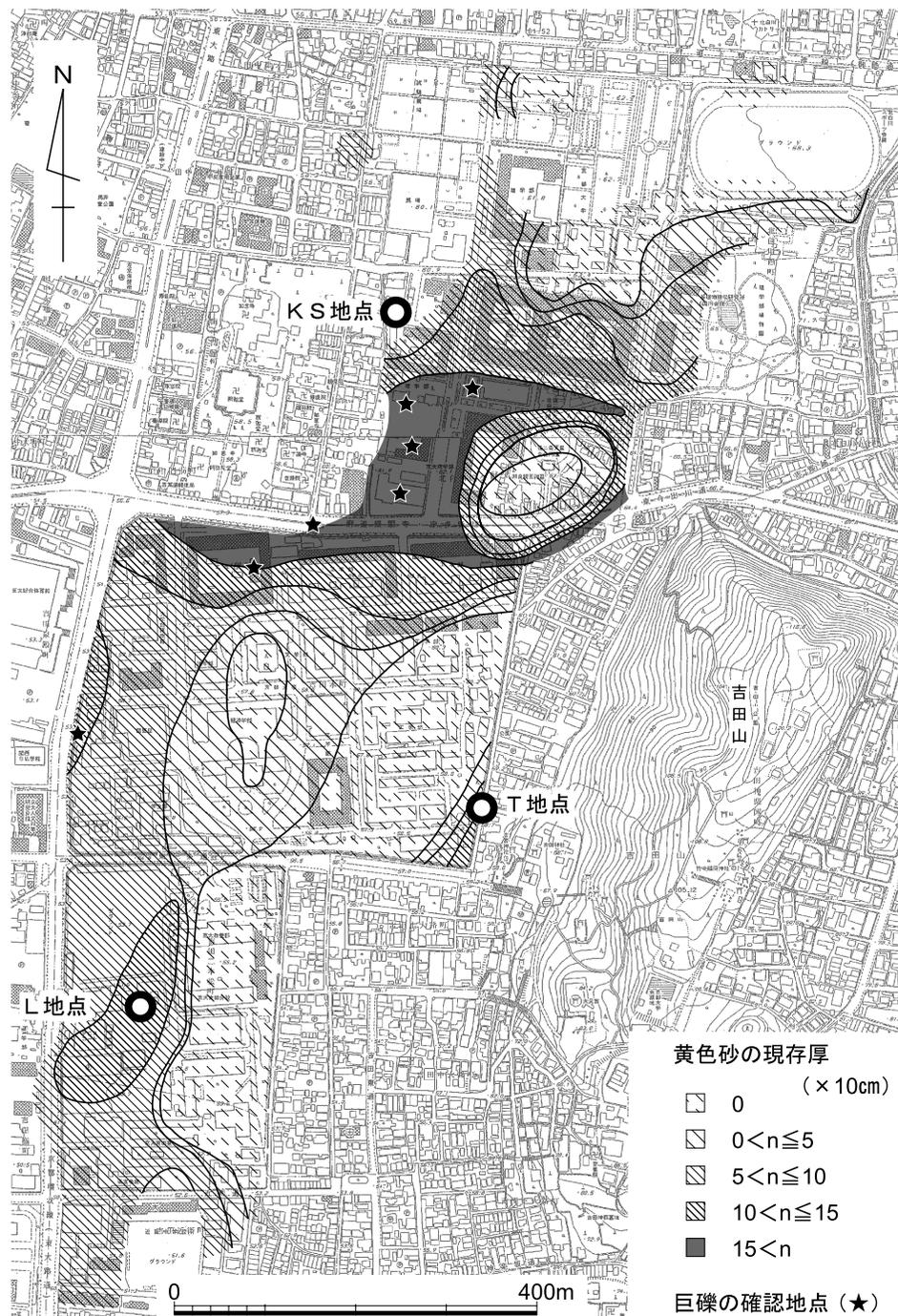


図33 採取地点と黄色砂の堆積（〔富井2005〕より）

縮尺1/8000

では十分な分析量を確保できないので2 cmを1単位として採取し、その逆に、堆積物がシルトなど粒径が非常に小さい場合には、さらに細かく採取しても十分な分析量を確保できるので0.5cmを1単位として、微細な変化の抽出を試みるべく採取している。

KS地点は、2007年に、土石流の「本流」とも言うべき巨礫の分布の北限を探るために発掘調査した地点である〔富井2008〕。微細な粒度組成変化に「本流」とその縁辺との流態の違いが反映されるか確認するため、西流した本流の北限として認識した巨礫圧痕をまたぐように、調査トレンチ西壁の南端と北辺の2箇所を試料採取した(図34・35)。巨礫圧痕よりも北の試料をKS(N)系統、その約7 m南に位置する南の試料をKS(S)系統、と呼ぶ。KS地点は、黄色砂の直下に弥生時代前期末の旧地表面が認められるが、黄色砂の上部は中世の耕地開発によって削平されている。KS(N)系統は、堆積が残存している黄色砂から、肉眼観察によって土壌の混入を認めた最上部を除く、厚さ137cm分、153個を採取した。サンプル名は、最下位が「KS(N)-0」でそこから上方に向かって、「KS(N)-0.5」, 「KS(N)-1」, ,, とつづき、「KS(N)-137」までである。KS(S)系統も同様に、厚さ156cm分、193個を採取した。サンプル名は、最下位が「KS(S)-0」でそこから上方に向かって、「KS(S)-0.5」, 「KS(S)-1」, ,, とつづき、「KS(S)-156」までである。

T地点は、1993年度の発掘調査地点(図版1-219地点)で検出された枯れ谷状の窪地〔千葉ほか1997〕の延長と思われる、219地点北東隅から2 mほど東北東で、コア直径が約4 cmのボーリング調査によって試料採取した。この試料をT系統と呼ぶ(図36右)。T地点は、窪地下面の古土壌は確認できなかったが、下位の白色砂と黄色砂との間に、土壌化の未発達な8 cm厚のシルト質土をみとめた。219地点の層序から考えて、弥生時代前期末の土層と判断する。そして、それ以深からは白色砂も厚く採掘できた。そこで、T系統としては、後世の攪拌を受けた最上部を除く一方で、弥生前期末の旧地表以深にある白色砂の堆積も含めて、約240cm分、259個を採取した。サンプル名は、最下位が「T-281」でそこから上方に向かって、「T-280」, 「T-279」, ,, とつづき、「T-46」までである⁽¹⁾。黄色砂は、後述のように、T-223からT-46までの207個ということになる。

L地点は、1994年度の発掘調査地点(図版1-220地点)で検出した水田域〔伊藤1999〕の北側で、220地点北壁中央付近から10mほど北で、コア直径が約4 cmのボーリング調査によって試料採取した。この試料をL系統と呼ぶ。L地点は、220地点の発掘調査成果から、100cm以上の黄色砂の残存が期待されたが、後世の耕地開発による黄色砂の上部の削平が深くまで達していたので、残存厚は70cmほどだった(図36左)。黄色砂直下の弥生時代前期

粒 度 分 析

KS(N) 系統 (KS地点西壁北辺 : 試料採取前)



図34 KS(N)系統の状況

KS(S) 系統 (KS 地点西壁南端：試料採取後)

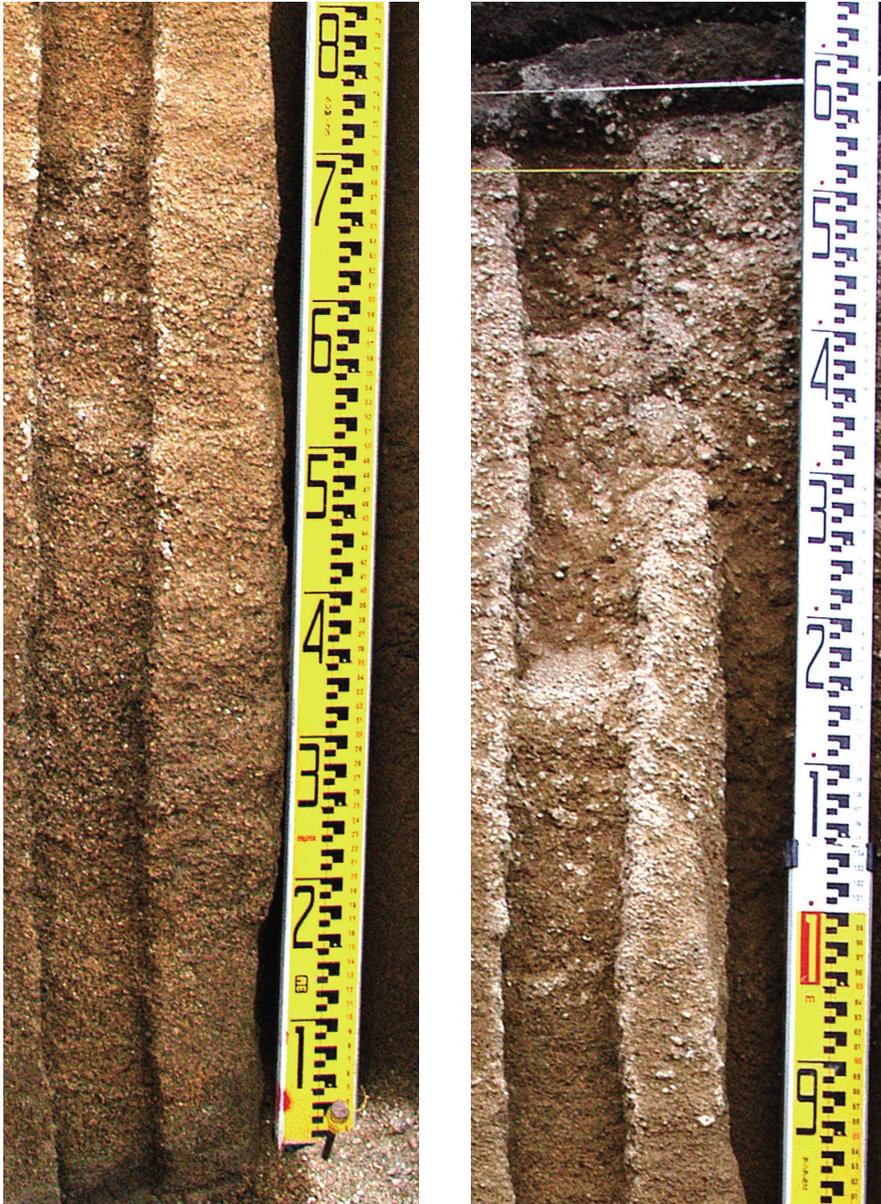


図35 KS(S)系統の状況

粒度分析

L系統



T系統

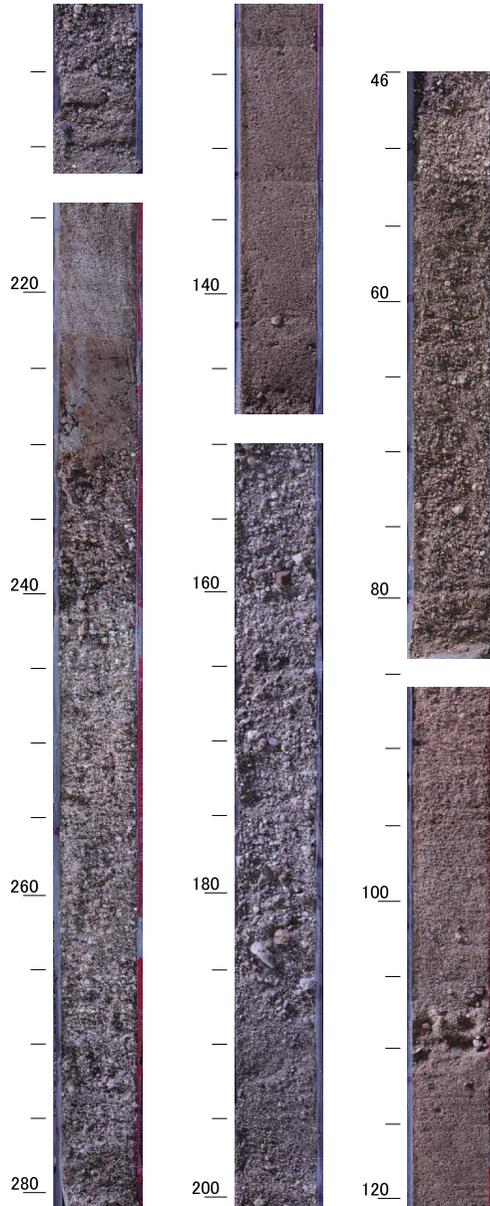


図36 T系統とL系統の状況

末の旧地表面は、明確に認められる。L系統は、堆積が残存している黄色砂から、後世の攪拌による土壌の混入を受けた最上部を除いて、厚さ69.5cm分、86個を採取した。サンプル名は、最下位が「L-125.5」でそこから上方に向かって、「L-125」、「L-124.5」、,、とつづき、「L-56」までである⁽²⁾。コア内には上位チューブの残留土が下位チューブに一部混入していたが（85～90cmあたり）、分析用試料を確保する上では問題なかった。

(2) 粒度分析の方法

沈降管天秤法による分析により、各試料の粒度分布を求めた。まず、採取された試料の乾燥状態での総重量を測定した。続いて、メッシュクロスを用いて粒径4φ以下の泥質分を除去し、再び乾燥重量を測定した。泥質除去済みの試料から、粒径分別を起こさないよう四分法を用いて2～7グラム程度を取り分け、自動沈降管天秤法粒度分析装置で粒度分布を測定した。沈降管天秤法粒度分析用アプリケーションプログラムには、「STube」〔成瀬2005〕を使用した。

含泥率は、泥質重量（総重量と泥質除去後の重量の差）を総重量で除することにより求められ、中央粒径・分級度・歪度は、測定で得られた粒度分布をもとに算出された。含泥率は試料に含まれる泥質の重量の割合を意味する。中央粒径は粒度分布の累積重量パーセント値が50%となる粒径のことで、ファイ（φ）スケールで表されるため粒径が小さいほど値が大きい⁽³⁾。分級度は粒度分布の幅を意味する量で、値が小さいほど粒度分布の中央粒径からのばらつきが少ない。歪度は、粒度分布の非対称性を表す量で、粒度分布曲線が粗粒側に傾く形状を取る際には正の値を、細粒側に傾く場合には負の値をとる。

また、各系統においては、各試料の粒度分布を基に全試料の重量の総和を求めてそれが全体で100%になるようにして、全体の粒度分布も作成した。そして、各試料において、全体の粒度分布と比較してどの粒径がどれだけ取り込まれているかを捉えるために、各試料の粒度分布を全体の粒度分布で割った値（正規化値）をプロットして正規化曲線も作成した。この正規化曲線によって、どの粒径が取り込まれやすいかわかる。すなわち、正規化値が1より大きい値をとる粒径は、全体に対してその粒径がより取り込まれやすく、1より小さい値をとるものは、その反対に全体に対してそれが欠乏していることを示すことになる〔増田ほか2005〕。

粒度の分析および測定作業は、K S地点については谷口が、T・L地点については秋山美奈子氏が、それぞれおこなった。以下に各地点の各試料の分析結果を図37～40に示し、含泥率・歪度・分級度・中央粒径について各系統の垂直変動を図41～44にまとめた。

粒 度 分 析

(3) 粒度分析の結果

砂質土石流堆積物である黄色砂の全体的な傾向としては、中央粒径が上方粗粒化の傾向を示して、含泥率は減少し、歪度は正の値を増して分布曲線が粗粒側に傾いていき、分級度は値が上昇して淘汰が悪くなる。

KS(N)系統 (図37・41) 堆積層観察では、72～88cmに細粒部を確認できる (図34)。全体の粒度分布では、中央粒径は 0.9ϕ になり、累積曲線は 0.8ϕ 、 2.5ϕ あたりに変曲点をもつ。粒度組成の垂直変化を見てみると、0～8.5cm、9～57cm、58～82cm、そして83cm以上と、四つのユニットに分離することができる。

第1ユニットは、中央粒径が2～3 ϕ の細粒砂相当域で上方細粒化する。2 ϕ より小さい粒径の正規化値が1以上であり、細粒砂や微粒砂などが取り込まれやすかったことがわかる。含泥率は一度減少した後に再び上昇する。歪度は含泥率の変化に応じて、正の値をとった後に負の値をとる。淘汰も、含泥率の変化を反映してはいるものの、基本的には良化傾向にある。

第2ユニットは、中央粒径・含泥率・歪度の点で第1ユニットからは急激な変化を経ているが、全体的にみれば、中央粒径が0～1 ϕ の粗粒砂相当域で徐々に上方粗粒化し、含泥率も5%を下回るようになる。正規化値が1以上になる粒径が、2 ϕ よりも大きい方へと徐々に変化していく。歪度は正の値をとり、淘汰はわずかずつ悪くなっていく。

第3ユニットは、中央粒径が0～2 ϕ の中粒砂～粗粒砂相当域で上方細粒化していき、分級度もそれに応じて良化していく。最も細粒化が進んだところでは、1 ϕ より大きい粒径である粗粒砂や極粗粒砂の正規化値が1以下になる。しかし、含泥率と歪度はそれぞれ、5%以下、+1前後、という状態を維持してほとんど変化しない。

第4ユニットは、中央粒径が中粒砂相当域の状況から漸次的に上方粗粒化していくが、第2ユニットと異なって、上部は極粗粒砂相当域にまで達する。含泥率は、ユニット上部でも、値の振幅が激しいものの5%以内にほぼ収まるままで、必ずしも減少するわけではない。歪度は+1前後で、淘汰は悪い。正規化曲線の形状に端的に表れているように、第2ユニットで取り込まれる大きい粒径よりもさらに大きい粒径までもが取り込まれるようになったことがわかる。

KS(S)系統 (図38・42) 堆積層観察では、70～90cmに細粒部を確認できる (図35)。全体の粒度分布では、中央粒径は 0.3ϕ になり、累積曲線は -1.3ϕ 、 0.9ϕ 、 2.2ϕ あたりに変曲点をもつ。粒度組成の垂直変化を見てみると、0～58cm、59～95.0cm、そして95.5cm以

上と、KS(N)系統の第2～4ユニットに対応するかのように三つのユニットに分離することができる。

第1ユニットは、KS(N)系統第2ユニットと同様に、当初は、中央粒径・含泥率・歪度の点で急激な変化を経ているが、中央粒径が $-0.5 \sim 1 \phi$ の領域で上方粗粒化し、含泥率も5%を下回るようになる。歪度は正の値をとり、淘汰はわずかずつ悪くなっていく。ユニット内での全体的傾向としては上方粗粒化ではあるけれども、その過程では、1.5～6.0cm (グループI)、8.5～27cm (グループII)、30～37cm (グループIII)、50～58cm (グループIV)、という4単位の上方向粗粒化のまとまりを抽出することができる。これらのグループ群が存在する点と、中央粒径が 0ϕ より大きくなる点がある点は、KS(N)系統第2ユニットとは異なる。含泥率も低めである。また、中央粒径が 1ϕ よりも大きい粒径になるグループIIより上位では、正規化曲線で 0ϕ より小さい粒径の曲線がKS(N)系統第2ユニットよりも滑らかで、取り込まれる粒径のばらつきが少なかったと言える。

第2ユニットは、中央粒径が $-0.5 \sim 1.5 \phi$ の領域で上方細粒化し、正規化値が1以上になるものが 0ϕ より粒径の小さいものだけになるまで細粒化する。含泥率は幾分上昇するが5%以下にとどまる。分級度は1を下回って淘汰がよい状態が第2ユニット内で持続される。歪度は、+1前後から徐々に0へ向かっていき、比較的大きな変化を見せる。ユニット内での全体的傾向としては上方細粒化ではあるけれども、その過程では、61～70cm (グループV)、73～83.5cm (グループVI)、90～95cm (グループVII)という3単位の上方向細粒化のまとまりを抽出できる。これらのグループ群の存在は、KS(N)系統第3ユニットと異なる点である。また、この第2ユニットでは、KS(N)系統の第3ユニットで多く取り込まれた小粒径のものよりもいくぶん大きい粒径のものまで、ある程度のサイズのなごりをもった粒径が取り込まれている。この点も、KS(N)系統第3ユニットと異なる。

第3ユニットは、中央粒径が $-0.5 \sim 1 \phi$ の領域で漸次的に上方粗粒化していくが、第1ユニットよりも、中央粒径が大きい。第1ユニットと同じように、上方粗粒化のまとまりが数単位あるのかもしれないが、明確には指摘できない。含泥率や分級度は、第1ユニットよりも振幅の幅が大きい。第3ユニットのなかでとくに大きな変化はない。歪度は+1前後で、淘汰は悪い。第1ユニットで取り込まれる大きい粒径よりもさらに大きい粒径までもが取り込まれていることが、正規化曲線の形状からうかがえる。KS(N)系統第4ユニットと異なる点は、中央粒径がしばしば 0ϕ より粒径が小さくなる点がある点、および、それと相関的であるが含泥率が高めな点である。

粒 度 分 析

T系統 (図39・43) ボーリングコアの堆積相観察によって、224cmあたりを境にして、上部の黄色砂と、下部の旧地表面およびそれ以下の堆積物とに分けることができる (図36)。粒度組成の垂直変化をみてみても、最下部から226cmまでの下位と、その上位との二つに分離することができる。また上位でも、225~160cmの上方粗粒化のユニット、159~147cmの上方細粒化のユニット、146~71cmの上方粗粒化のユニット、そして70cmから最上部までの上方細粒化ユニット、以上の4つのユニットに分離できよう。これらを下位から順に、黄色砂以前の第1ユニットと、黄色砂を構成する第2~5ユニットと呼ぶ。

第1ユニットは、堆積相の観察から、旧地表と思われるグループII (231~226cm) とそれ以下のグループI (最下部から232cmまで) とに分けることができる。グループIは、京都大学構内遺跡の黄色砂よりは砂粒間の隙間が大きく、土石流よりは砂粒の密度が低いように思われる。粒度分析によれば、中央粒径はおよそ $0 \sim 1 \phi$ の間で振幅し、含泥率が低くて淘汰も比較的悪く、粒度分布ではピークを認めがたいことも多い。歪度は正の値をとる。グループIIは、細粒堆積物でありながらラミナを認められず、土壤化も進んでやや褐色がかっている。含泥率が20~80%と高率になるがその割りに淘汰が悪く、粗粒砂までも含む。

第2~5ユニットは、219地点との層序対比から、黄色砂相当と判断できる。したがって、ほかの3つの系統との比較のために、全体の粒度分布の算出に際して第1ユニットを除外している点は、注意されたい。そこで算出した土石流全体の粒度分布では、中央粒径は 1.7ϕ になり、累積曲線は -1.3ϕ 、 2.9ϕ あたりに変曲点をもつ。

第2ユニットの色調は、「黄色砂」と呼べるような黄色みがかった観はまったくなく、淡灰白色を呈する。また、堆積岩粒も散見できる。第2ユニットは、当初は、中央粒径・含泥率・歪度の点で急激な変化を経ているが、中央粒径が $-0.5 \sim 2.5 \phi$ の領域で段階的に上方粗粒化する。含泥率は基本的に5%を下回るが上方粗粒化の間隙では5%を超えることもある。歪度は徐々に正の値をとるように変化していき、淘汰もわずかずつ悪くなっていく。ユニット内での全体的傾向としては上方粗粒化ではあるけれども、その過程では、220~204cm (グループIII)、194~187cm (グループIV)、175~171cm (グループV)、165~161cm (グループVI)、という4単位の上方粗粒化のまとまりを抽出することができる。そしてグループIII~VIは、それぞれにおいて、中央粒径大型化・淘汰悪化・含泥率減少、という黄色砂の全体的特徴を凝縮的に有している。グループIIIを除くその上方の3つのグループにおいては、取り込まれる粒径の大きい岩屑物は粗粒ないし極粗粒で、第1ユニットのグ

ループ I よりも中央粒径はやや大きい。

第3～5ユニットは黄褐色を呈する「黄色砂」である。第3ユニット（159～147cm）は、中央粒径が $-0.5 \sim 2 \phi$ までの領域で上方細粒化し、含泥率も5%を前後まで上昇していく。ただし、ユニット上部でも、 1ϕ を超える細礫の正規化値も1を超えている。

第4ユニットは、中央粒径が $0 \sim 3.5 \phi$ までの領域で上方粗粒化するが、含泥率は基本的に5%を下回ることはない。 0ϕ より粒径の大きいものの正規化値が1を超えない粒度の小さいグループVII（146～90cm）と、その上位に堆積している粒度の大きいグループVIII（89～71cm）とに分けることができる。グループVIIは、中央粒径・歪度・分級度の点では穏やかな変化しか見せず、中央粒径は、130cm辺りまで極わずかに上方細粒化した後は、 $1 \sim 3 \phi$ の領域で穏やかに上方粗粒化する。歪度は徐々に負から正へと転じていくが、淘汰は良い状態を保ちほとんど変化しない。しかし、含泥率の変化は大きく、135cm前後までは上昇して20%を超えるピークに至ってからは減少に転じる。このグループはどの試料も含泥率が高率だが、特筆すべき点としては、105～90cmでは中央粒径が大型化していくにもかかわらず含泥率も上昇していくことである。ほかの2地点3系統でみられる黄色砂の傾向とは相容れない。

グループVIIIは、グループVIIよりも急激に中央粒径が $0 \sim 2 \phi$ の領域で上方粗粒化する。淘汰もグループVIIより悪化するが、含泥率はグループVIIの上半とあまり変わらず、5%を下回らない。上方粗粒化の背景には、正規化曲線にみられるように、 $2 \sim 4 \phi$ の粒径の欠乏傾向がある。

70cmから最上部までの第5ユニットは、中央粒径が、多少の振幅をしながらもやや細粒化していく。淘汰は、それに対応するようにやや良化していく。しかし含泥率は、基本的に5%以上ではあるものの、むしろ低下の傾向を見せる。歪度は正の値で振幅し大きな変化はない。正規化曲線よれば、この下位に位置する第4ユニットのグループVIIIと同じく、 $-1 \sim 0 \phi$ の粒径も取り込まれやすい状態を維持している。従って、このユニットは、大小様々な粒度が満遍なく取り込まれていく中で、その構成比率を変えながら上方粗粒化していくことがわかる。

L系統（図40・44） ボーリングコアの堆積相観察では、弥生時代前期末の旧地表に生痕化石は認められず、また、70cmあたりに細粒部を確認できる（図36）。全体の粒度分布では、中央粒径は 1.6ϕ になり、累積曲線は 3ϕ あたりまでは明瞭な屈曲点をもたない。粒度組成の垂直変化を見てみると、最下部～74cm、73～70cm、そして69cmから最上部、とい

考 察

う3つのユニットに分離することができる。

第1ユニットは、比較的単純に上方粗粒化して淘汰も徐々に悪化していく。ただし、旧地表から5cmほど上位の120cmあたりでは、わずかに上方細粒化する。その部分では含泥率の著しい上昇もみられ、またそれに対応して歪度も負の値へ大きく傾く。また、正規化曲線にみられるように、最下部から10cmほどは、 0ϕ やそれより粒径の大きい物も取り込まれている。

第2ユニットは、上方細粒化が認められる。ただし、含泥率にも変化はほとんどなく、むしろ、第1ユニットや直上の第3ユニット下部では認められない、 -1ϕ より粒径の大きい細礫が比較的取り込まれている。

第3ユニットは、第1ユニットと同じく上方粗粒化していくけれども、第1ユニットよりも粗粒成分が多くて含泥率が低い。また、含泥率は減少傾向にあるけれども、歪度は増加傾向をとらずに減少傾向であり、淘汰も悪化に拍車がかかっている。

4 考 察

(1) K S地点の様相

K S地点での主たる特徴は、KS(N)系統でもKS(S)系統でも、下位の上方粗粒化ユニットの上に上方細粒化ユニットが介在して、その上にまた上方粗粒化ユニットが存在することである。そして、上位の上方粗粒化ユニットの方が下位のそれよりも全体的に粒度が大きい傾向にある。KS(S)系統は、土石流に伴う巨礫の分布域内に位置するのに対して、KS(N)系統はその分布域外に位置すると想定されるとはいえ、両者の間隔はわずかに7mほどであり、このような基本的特徴を共有することは当然と言えるかもしれない。

しかしながら、両系統の間には、幾つかの相違点も認められた。ここで、あらためてそれを挙げておくと、KS(S)系統は、①最下部に上方細粒化する粒径の小さいものから成るユニットをもたない。また、KS(N)系統に比べて、②全体の粒度分布では粒径の大きいものがかなり多く含まれる。③下位の上方粗粒化ユニットの粒度が大きい。④下位の上方粗粒化ユニットの内部に複数の上方粗粒化のグループ群が存在する。⑤上方細粒化ユニットでもより大きい粒径のものまで取り込まれている。⑥上方細粒化ユニットの内部に複数の上方細粒化のグループ群が存在する。⑦上位の上方粗粒化ユニットでは粒度が小さくなることもある。⑧上位の上方粗粒化ユニットでは含泥率が高目である。

こうした相違点のうちでも少なくとも②・③・⑤は、土石流の「本流」とその縁辺とい

う性格に起因する可能性があると思われる。①についても、同様に理解できる余地がある。すなわち、石礫型土石流では、土石流本体の先端には先行泥水流があるようなので〔諏訪1991〕、砂質土石流でも同様の現象があるとすれば、西流する土石流が扇状地末端の傾斜変換点を経て営力が扇状に分散するときに、土石流の中を旧地表面に達する深さまでバウンドしていくような巨礫が分布しないKS(N)系統採取地では、土石流堆積の最下部に先行泥水流が、パックされるように遺存できたのかもしれない。ただし、この先行泥水流が上方細粒化するような性格のものなのかは、管見の限りではわからない。④・⑥のユニット内でのグループ群の存在は、上方粗粒化ユニットについては276地点でも確認されている〔増田ほか2005〕。これらの特徴が土石流の本流に特有の現象なのかは、今後の事例の集積を待って判断する必要があるだろう。

なお、②・③・⑤に対して適用した観点からすれば、⑦・⑧の特徴はむしろ土石流の流れの強い部分が、KS(S)系統採取地から7m北のKS(N)採取地へと移動したという理解も可能となろう。この点は、この地点では土石流が2波あったとする肉眼観察に基づく解釈〔富井2008〕を支持するものである。

(2) T地点の様相

第1ユニットでは、下部を構成するグループIは、コアではラミナを確認できなかったので、水が流れた状態そのままを維持しているとは言い切れないが、堆積相の観察からも粒度分析からも、自然流路の堆積物と考えたい。上部のグループIIについては、堆積相観察・粒度分析のどちらも、地表面となることもあった堆積物という判断へ導く。グループIの流路が放棄されて滞水し、干上がることもあった、という環境変遷を想定できる。この理解は、隣接する219地点で確認されていた、旧河道の凹地という地形情報と矛盾しない。

第3ユニットでは比較的急激に上方細粒化して、第3ユニット上部から第4ユニット下部にかけては、含泥率がスムーズかつ大幅に上昇していき20%を超えてピークに達した後はスムーズに10%程度まで減少していく。そして、両ユニットにまたがって、中央粒径が2φを超える状態が30cmは続いている。そうしてしてみると、T系統第2ユニットで認められる4つのグループにおいても、それぞれグループの上位には含泥率の上昇を認め得る。こうした特徴は、洪水性の氾濫性堆積の可能性も否定しない。すなわち、第2ユニットは徐々に規模を強めながらたびたび氾濫を起こしていた状況で、それが一時的にストップして第3ユニットから第4ユニットのグループVII下部まで上方細粒化していったとも考えられよう。第2ユニットの色調が黄色砂と異なって、むしろ白川砂のような白みが強い

点や堆積岩粒が散見できる点も示唆的である。

(3) L地点の様相

L系統は、KS地点など同様に、下位の上方粗粒化ユニットの上に上方細粒化ユニットが介在して、その上にまた上方粗粒化ユニットが存在する。しかしこの介在的な上方細粒化ユニットは、層厚が4cmと薄く、数十cmの厚みをもつKS地点の上方細粒化ユニットとは異なる。この程度の層厚ならば、例えばKS(S)系統の上方粗粒化ユニットである第2ユニットが内包するような、上方粗粒化グループ間の一時的な上方細粒化部の層厚とあまり変わらない。もっとも、L系統の上方細粒化ユニットは、 -1ϕ より粒径の大きい細礫が比較的取り込まれている点で、KS地点の上方細粒化ユニットとは異なり、また、中央粒径が 1ϕ よりも小さい粒径になるから、KS地点の上方粗粒化ユニット内の一時的な細粒化とも異なる。L地点の粒度は、上流に位置するKS地点のそれよりも全体的に小さい傾向にあることから、このL系統の上方細粒化ユニットも、下流域の特性と解すべきかもしれない。そうしてみれば、基本的には上方粗粒化のユニットが二つある、という点では、800mの間隔があるL地点とKS地点とでも、土石流の様態に根本的な違いはなかったと言えるかもしれない。

さて、L地点では旧地表にごく近い黄色砂の最下部では、含泥率の上昇を伴ってわずかながら上方細粒化するまでに、粒径の小さい一群がわずかに上方粗粒化している。旧地表面直上に生痕化石を認められないので、黄色砂が堆積したときの状態をそのまま維持していると考えられる。つまり、黄色砂の最下部付近での含泥率の上昇は、旧地表にいた生物が地表面の泥質を黄色砂の堆積後に黄色砂中に招き入れた、という可能性は低いと考えられる。黄色砂が旧地表直上でにわか上方粗粒化してから一度上方細粒化するという現象は、KS(N)系統と276地点でも認められる。この点でも、L地点とKS地点やその周辺との近似がうかがえる。そして276地点では、含泥率はわからないが、この特徴に対して、土石流に先行する洪水性の氾濫による堆積と推定している〔増田ほか2005〕。

洪水性とはいえ粒度は小さい点、そして、L地点のすぐ南の220地点では黄色砂に覆われた水田の表面に耕作痕跡の残存とも考えられる細かな凹凸が遺存していた点〔伊藤1995〕などを考慮すれば、少なくともL地点では、この洪水は小さな自然堤防上の高まりが崩壊した程度の弱く広域的だったものと考えられるかもしれない。

また、上位の上方粗粒化ユニットは、下位の上方粗粒化と同じく上方粗粒化していくけれども、構成成分や歪度や淘汰など、その内実的な特徴はむしろ異なっている。両者は似

て非なる堆積とみなしたい。そうみなすならば、L地点でも土石流には2波あったと考えることも可能であろう。

(4) 全体の様相

T系統の第2ユニットは、土石流の「本流」と想定された297地点の垂直粒度分布〔秋山ほか2006〕やKS地点のKS(S)系統の第3ユニットと、中央粒径や分級度の数値もよく似ている。また、T系統の第4ユニットとKS(S)系統の第1ユニットとL系統の第1ユニットは、中央粒径や分級度が同程度の数値をとる。つまり、T系統とKS(S)系統とでは、ともに二つの上方粗粒化ユニットをもちながらも、上下の特徴が対照的な関係にある。土石流の特徴として、粒径の小さいものは二次元的にみて縁辺部に分布する。このことを考慮すれば、土石流の最も営力の大きい部分が、KS地点を通過してKS(S)系統第1ユニットの堆積をみたときに、その縁辺部としてT地点では第4ユニットが堆積した、という仮説を立てられるかもしれない。

T地点では、土石流直前の安定した環境になる前には流路があったと思われ、その第1ユニットのグループIの中央粒径は、土石流下部ユニットである第2ユニットのそれと同程度であった。このT地点周辺では、KS地点付近とは異なって、直径1mを超えるような巨礫は分布していない。また、第2ユニットの色調は淡灰白色であり、いわゆる「黄色砂」よりは白みが強い。こうしたことから、このT地点の第2ユニットは、白川が通常運んでくる岩屑物が堆積したものとみなせよう。つまり、T地点では当初は上・中流域の河床堆積物がもたらされたと考えられる。T系統第2ユニットはユニット全体で上方粗粒化を示し、またその中に幾つかの上方粗粒化のグループを内包していた。これは、276地点〔増田ほか2005〕や、KS(S)系統第1ユニットと同様の特徴である。

しかし、KS(S)系統では、第1ユニットの上位に堆積している第2ユニットでは、若干の含泥率の上昇をみるものの含泥率自体は5%を下回り、またその時の中央粒径もせいぜい1φを超えるかどうかである。それに対して、T系統の第2ユニットは、上述のように、洪水性堆積の可能性も否定できない。

さて、T地点の東には、図33に示したように吉田山がある。さらには、土石流の堆積厚や巨礫の分布も物語るように、京都大学構内遺跡においては土石流直前の旧地形は起伏に富んでいる〔富井2005〕。こうした特徴から、土石流がこれら各地点を一様に流れたとは、無論考えがたい。また、T地点については、窪地であって、なだらかな緩斜面ないし平坦地であるKS地点一帯やL地点とは微地形がまったく異なるので、T系統は窪地という局

おわりに

所的な堆積を示しているに過ぎない可能性もある。しかし、今回試料採取した3地点では、T地点を含めてKS地点でもL地点でも、いずれにおいても、中央粒径が異なる二つの上方粗粒化ユニットを確認できた。このことを、ここでは積極的に評価してみたい。

そこで、それぞれの地点において、中央粒径が 0ϕ を超えるユニットを仮に、「主流」と呼び、 0ϕ に満たないユニットを「傍流」と呼べば、T地点では、まず洪水ないしは土石流の主流が通過してから土石流の傍流が通過し、また、KS地点一帯では土石流の主流が通過する前に傍流が通過していた、と言えるかもしれない。上流からの強い営力のベクトルが、南のT地点辺りから北のKS地点辺りに移動した可能性は充分にある。それに対して、L地点では、上方細粒化ユニットの特徴からみて、あまり時間をおかずに2波の傍流が流れ下ったと考えられるかもしれない。

前述のように、T地点やその周辺では巨礫の分布を確認できていないうえ、T系統の第2ユニットが土石流か洪水か判断できない点も踏まえれば、T地点については、必ずしも、2波の土石流、とは言えないかもしれない。第一の波が洪水の可能性があるからである。しかし、少なくとも、KS地点およびL地点に関しては、土石流には2波あったとする解釈〔富井2008〕は支持されていると言えよう。

このように、各地点で推測できる2つの「波」においては、いずれの地点でも、第一の波も第二の波もそれぞれ同一現象の同時異相、とは即断できない。むしろ、起伏に富んだ地形を間に挟んで800m隔たっているKS地点とL地点で、黄色砂中に上方粗粒化ユニットに挟まれる上方細粒化ユニットをどちらにも認め得る点は、却って、土石流堆積物は複数の波の複合堆積物と考えることもできる。以上のことから、白川弥生土石流は、初期には洪水をもなった可能性もある複数の土石流の複合的な大規模土砂移動現象だった、という結論を導くことができよう。

5 おわりに

白川下流域に位置する京都大学構内遺跡に認められた、弥生時代前期末（2400年前頃）の砂質土石流堆積物について、互いに離れた3地点で堆積物の粒度組成変化を検討した。その結果、1m程度の厚い堆積が残存しているところでは、上方粗粒化のまとめりとして堆積物を上部と下部の二つに分け得ることがわかった。そして、旧地形の複雑さやその二部構成の広域性から、この土石流が少なくとも2波から成っていて一過性のものではないことを推測した。

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

この分析は、平成18～20年度科学研究費補助金（若手研究B：課題番号18720209／研究課題名「花崗岩地盤山地を上流域にもつ畿内・瀬戸内の初期農耕社会の土砂災害と土地利用」／研究代表者「富井眞」）を得ておこなった。ボーリング調査によるコアの採取は、田中地質コンサルタントに依頼し、2006年9月26～28日に実施した。粒度分析作業は、秋山美奈子氏（本学理学研究科卒業生）にもしていただいたほか、成瀬元氏（千葉大学）・増田富士雄氏（同志社大学）には、作業の便宜を図っていただいた。末尾ながら記して謝意を表します。

〔註〕

- (1) コアは4本のチューブから成る。それぞれのチューブの継ぎ目には、上位のチューブ下端の残滓が下位のチューブの上端に含まれる場合もあったので、厳密に言えば、それぞれのチューブを連続させて一連のコアとみなすことはできない。そこで、継ぎ目には、便宜的に2cm分の空白を設定した。すなわち、下位から順に、T-215とT-212の間、T-151とT-148の間、T-87とT-84の間、以上の3つの継ぎ目である。
- (2) コアは2本のチューブから成り、チューブの継ぎ目には、上位のチューブ下端の残滓が下位のチューブの上端に含まれていた。そこで、T系統と同じく、継ぎ目には便宜的に2cm分の空白を設定した。すなわち、L-85とL-82の間の継ぎ目である。
- (3) ファイ（ ϕ ）スケールは、地質学で用いられる粒径を表示する単位で、2mmを基準として次式のように負の指数関数で示したものである。 $\phi = -\log_2(d/d_0)$ 、 $d_0=1\text{mm}$ 。

〔引用文献〕

- 秋山美奈子・増田富士雄・春田泰宏・松本 弾・田村 亨 2006「京都、白川扇状地にみられる弥生時代（2500年前）の砂質土石流堆積物の粒度特性」（2005年度日本堆積学会ポスターセッション）
- 泉 拓良 1978「京都大学北部構内の地形復原 —縄文時代から弥生時代—」『京都大学構内遺跡調査研究年報 昭和52年度』、43～48頁
- 伊藤淳史 1995「京都大学構内遺跡における弥生前期水田の調査」『京都府埋蔵文化財情報』第58号、1～8頁
- 伊藤淳史 1999「京都大学総合人間学部構内A O22区の発掘調査」『京都大学構内遺跡調査研究年報 1995年度』、3～40頁
- 今村峯雄・小林謙一（編） 2007『高精度年代測定法の活用による歴史資料の総合的研究』（『国立歴史民俗博物館研究報告』第137集）
- 竹村恵二・飯田義正・石田志朗 1985「北白川追分町遺跡の堆積物」『京都大学埋蔵文化財調査報告Ⅲ —北白川追分町縄文遺跡の調査—」（京都大学埋蔵文化財研究センター）、79～93頁
- 千葉 豊・伊藤淳史・古賀秀策 1997「京都大学本部構内A U30区・A V30区の発掘調査」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2000年度』、3～40頁
- 富井 眞・吉江 崇・伊東隆夫・外山秀一・上中央子 2007「京都大学北部構内B D28区の発掘調査」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2002年度』、201～262頁

おわりに

- 富井 眞 2005「京都白川の弥生時代前期末の土石流」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2000年度』, 225~262頁
- 富井 眞 2008「土石流は初期農耕の地をどう通り過ぎたか -京都市北白川追分町遺跡の白川弥生土石流の堆積物調査-」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2003年度』, 187~208頁
- 成瀬 元 2005「沈降管天秤法粒度分析用アプリケーション“STube”の特色と利用法」『堆積学研究』No.62, 55-61頁
- 浜崎一志 1983「京都大学北部構内B D30区の発掘調査」『京都大学構内遺跡調査研究年報 昭和56年度』, 25~30頁
- 増田富士雄・田村 亨・富井 眞 2005「砂質土石流堆積物の粘度特性 -京都大学理学部構内の弥生時代の砂層(黄色砂)-」『京都大学構内遺跡調査研究年報 2000年度』, 263~276頁

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

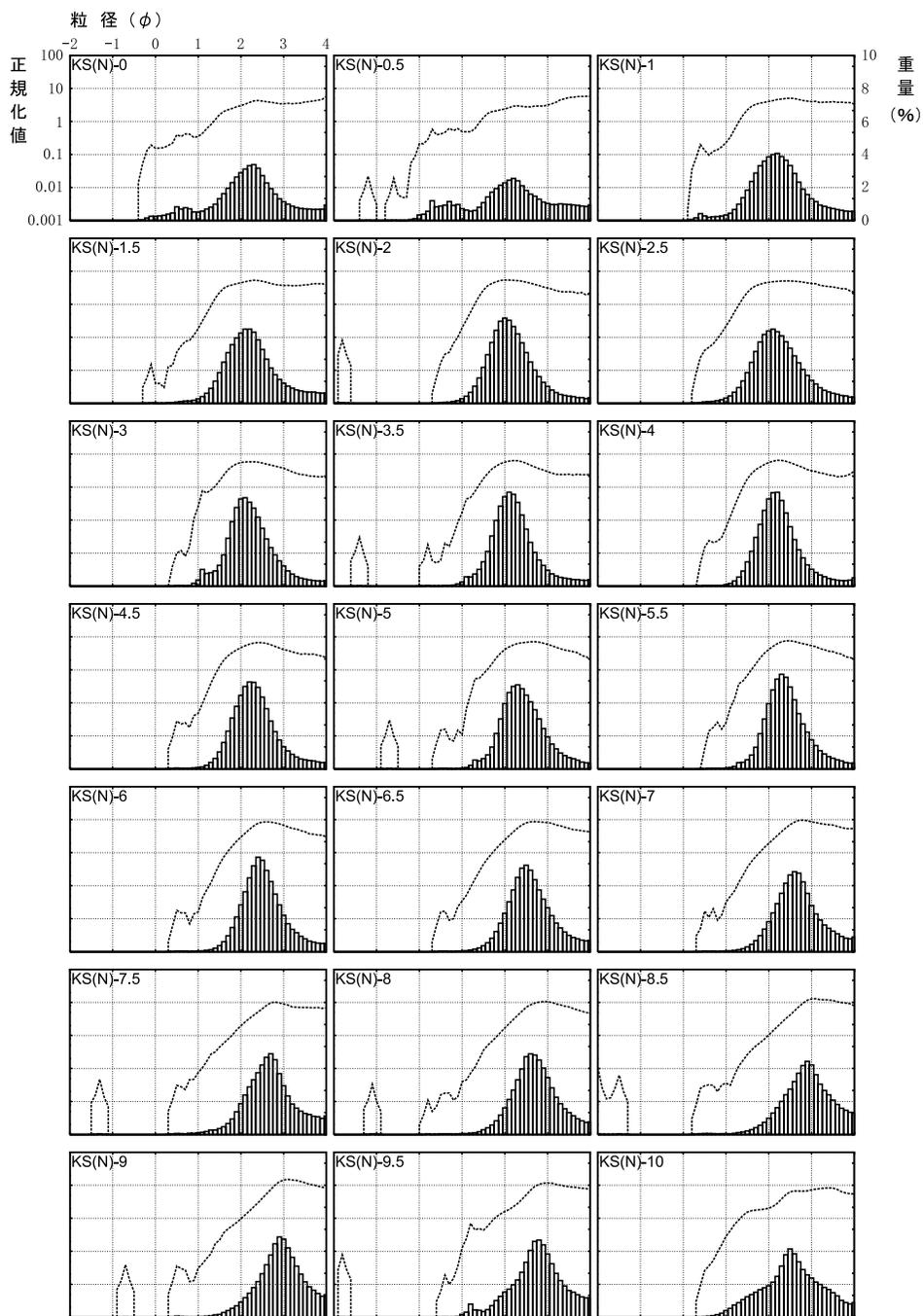


図37 KS(N)系統の各試料の粒度分布・正規化曲線と全体の粒度分布の正規確率紙上プロット

粒度分析データ

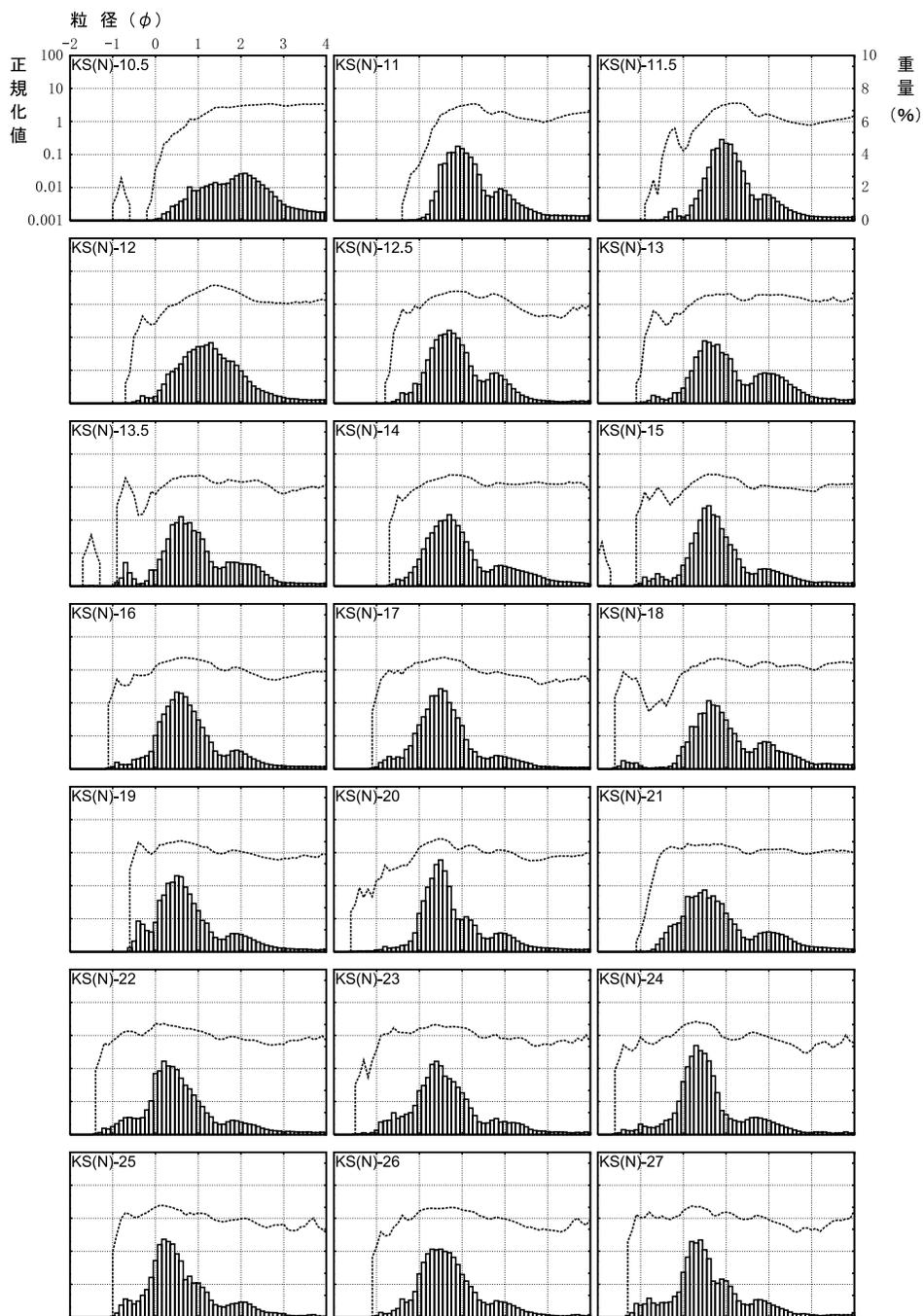


図37つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

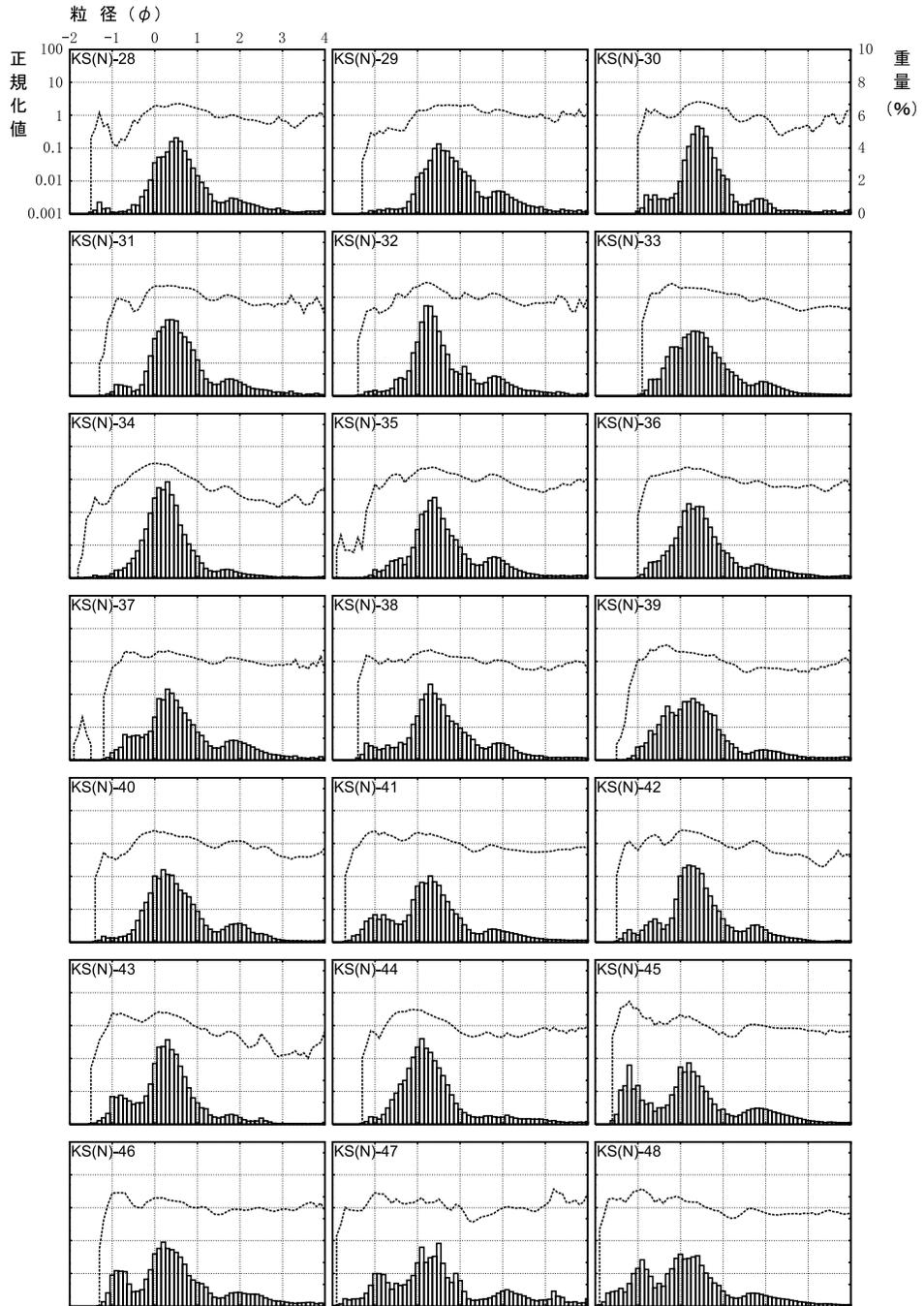


図37つづき

粒度分析データ

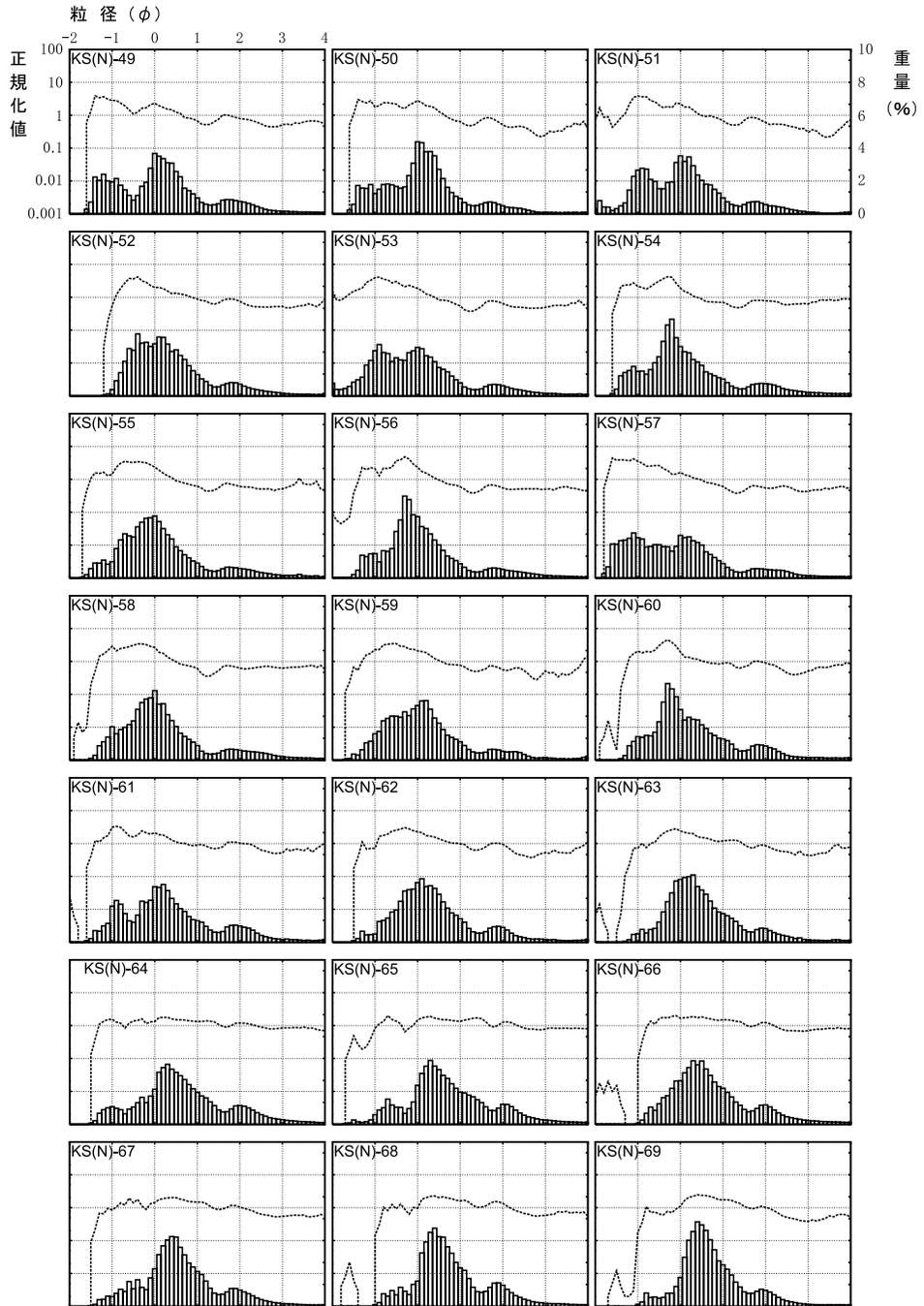


図37つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

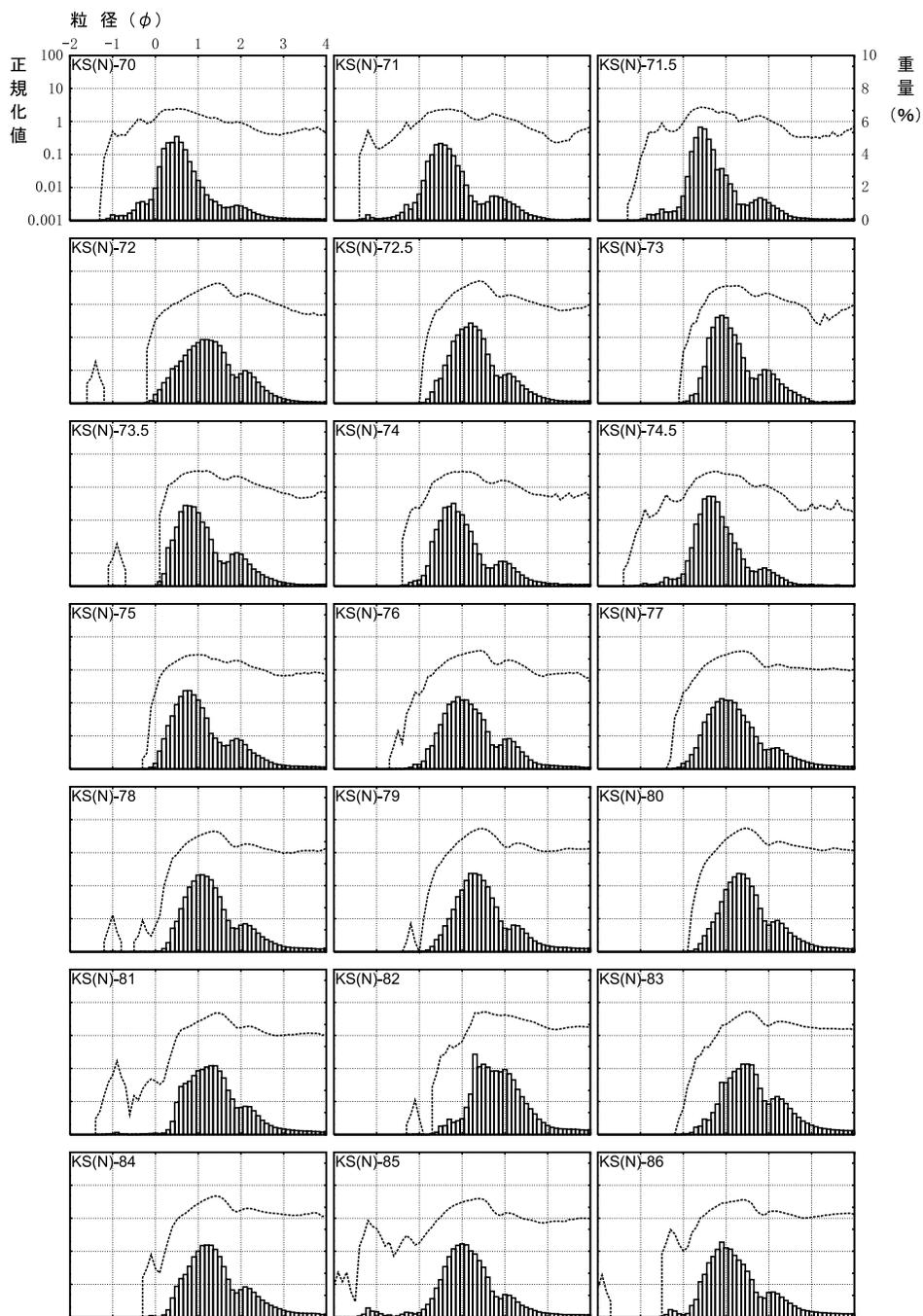


図37つづき

粒度分析データ

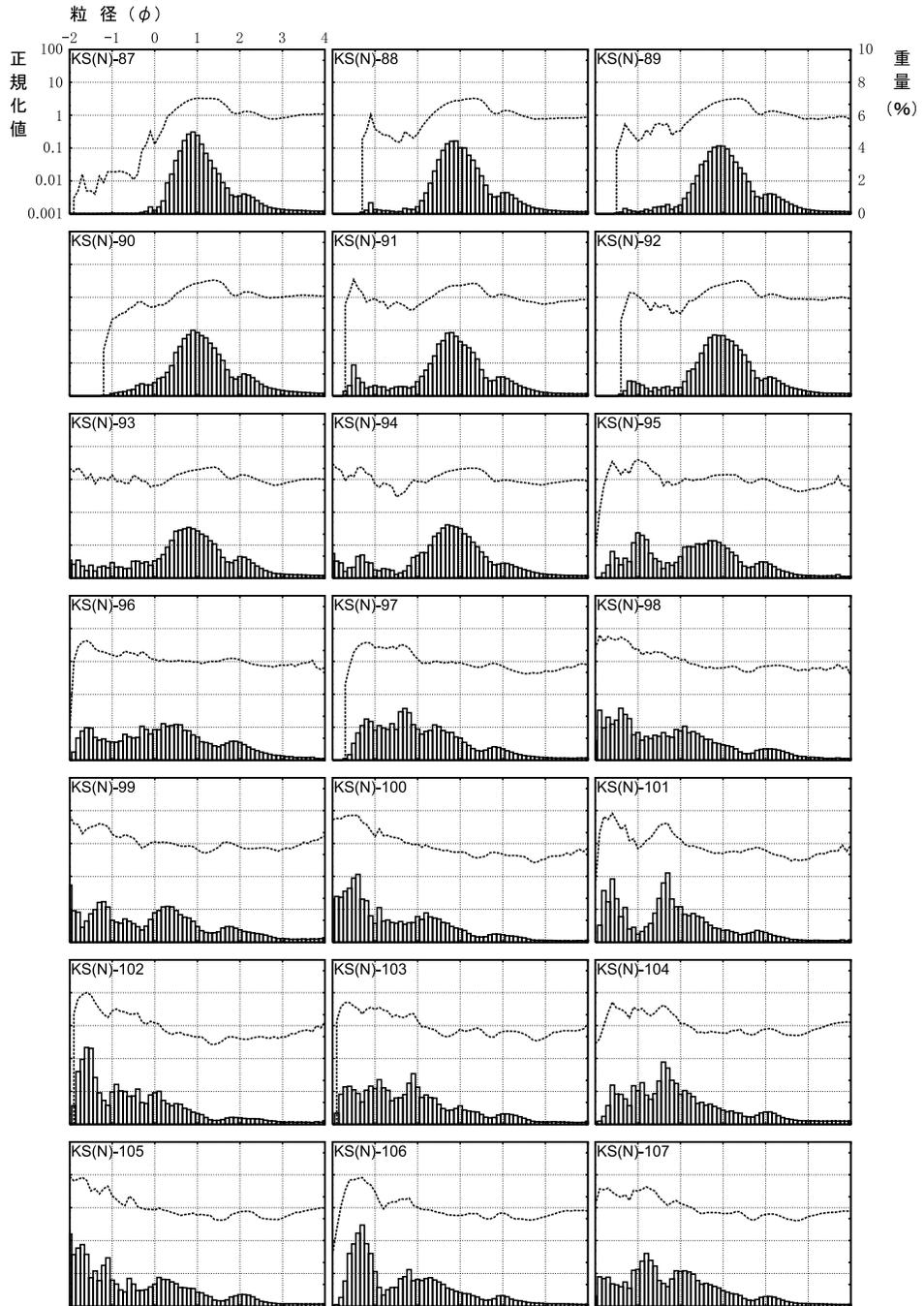


図37つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

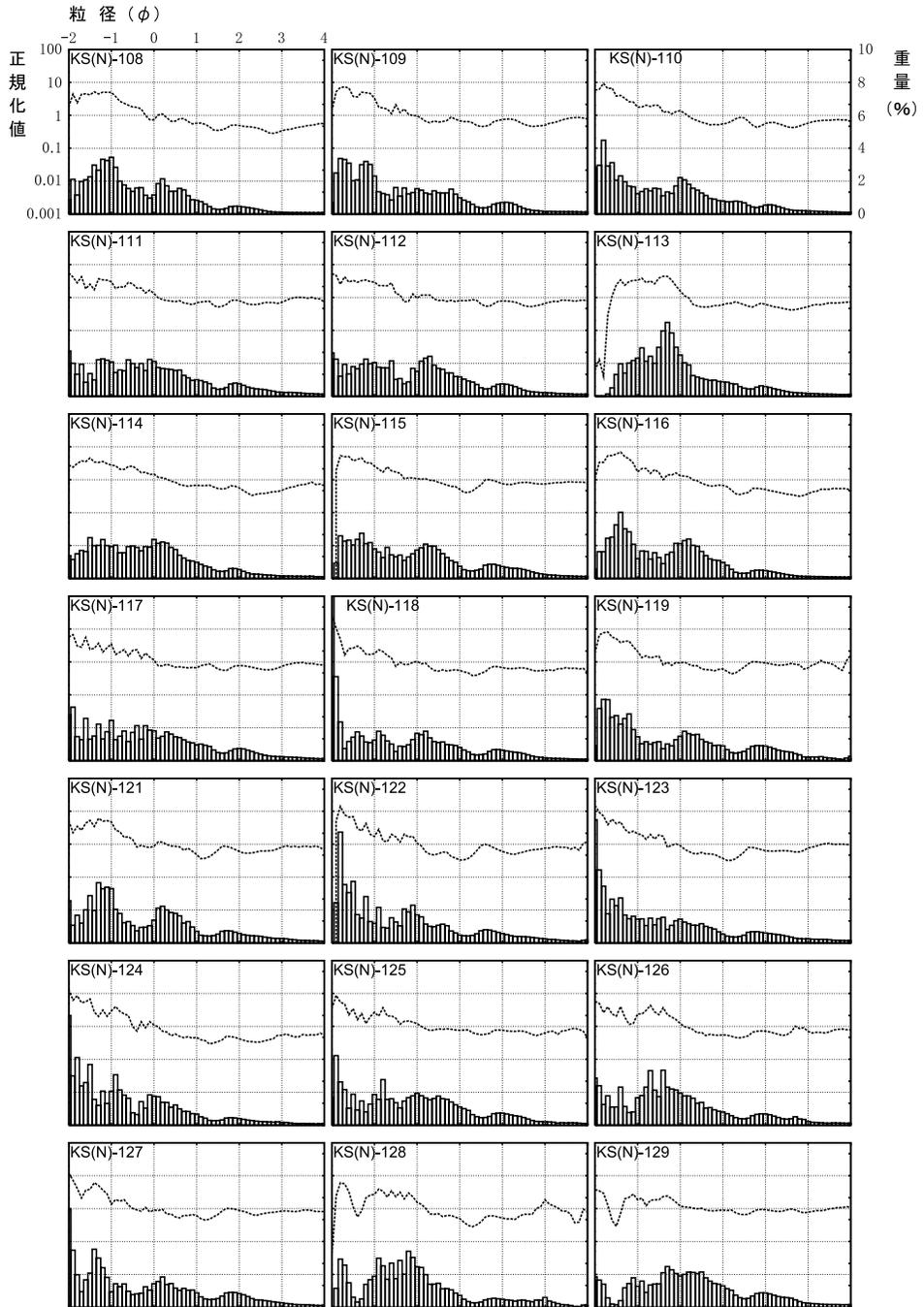


図37つづき

粒度分析データ

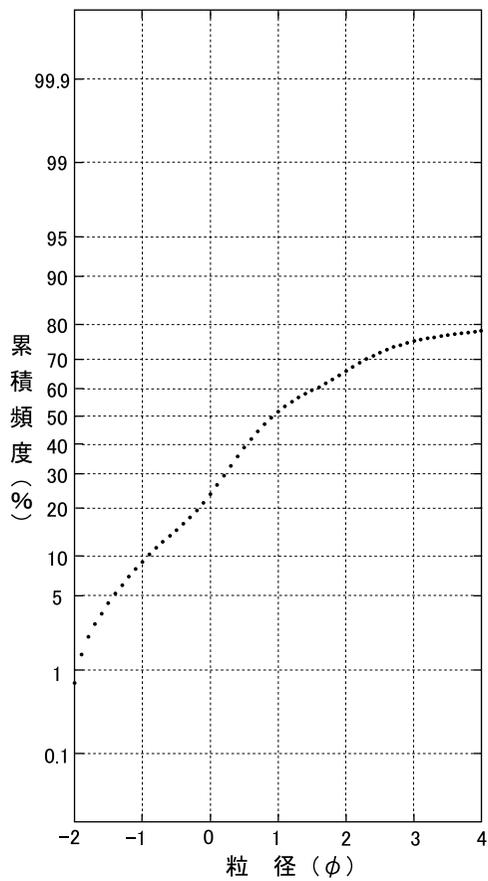
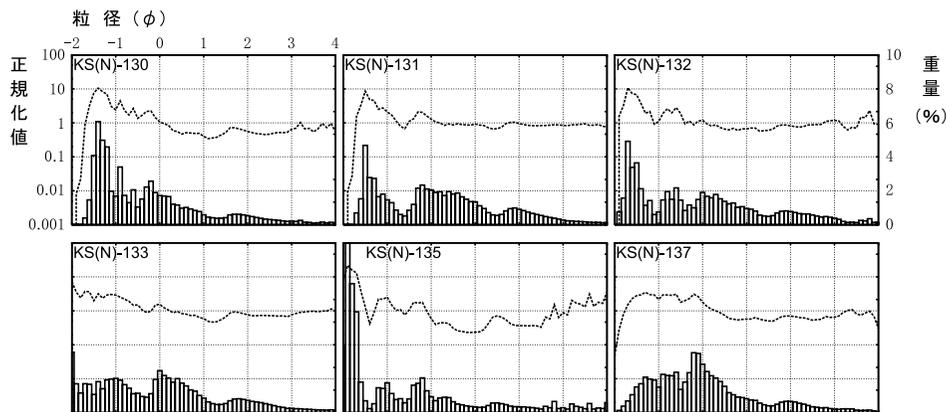


図37つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

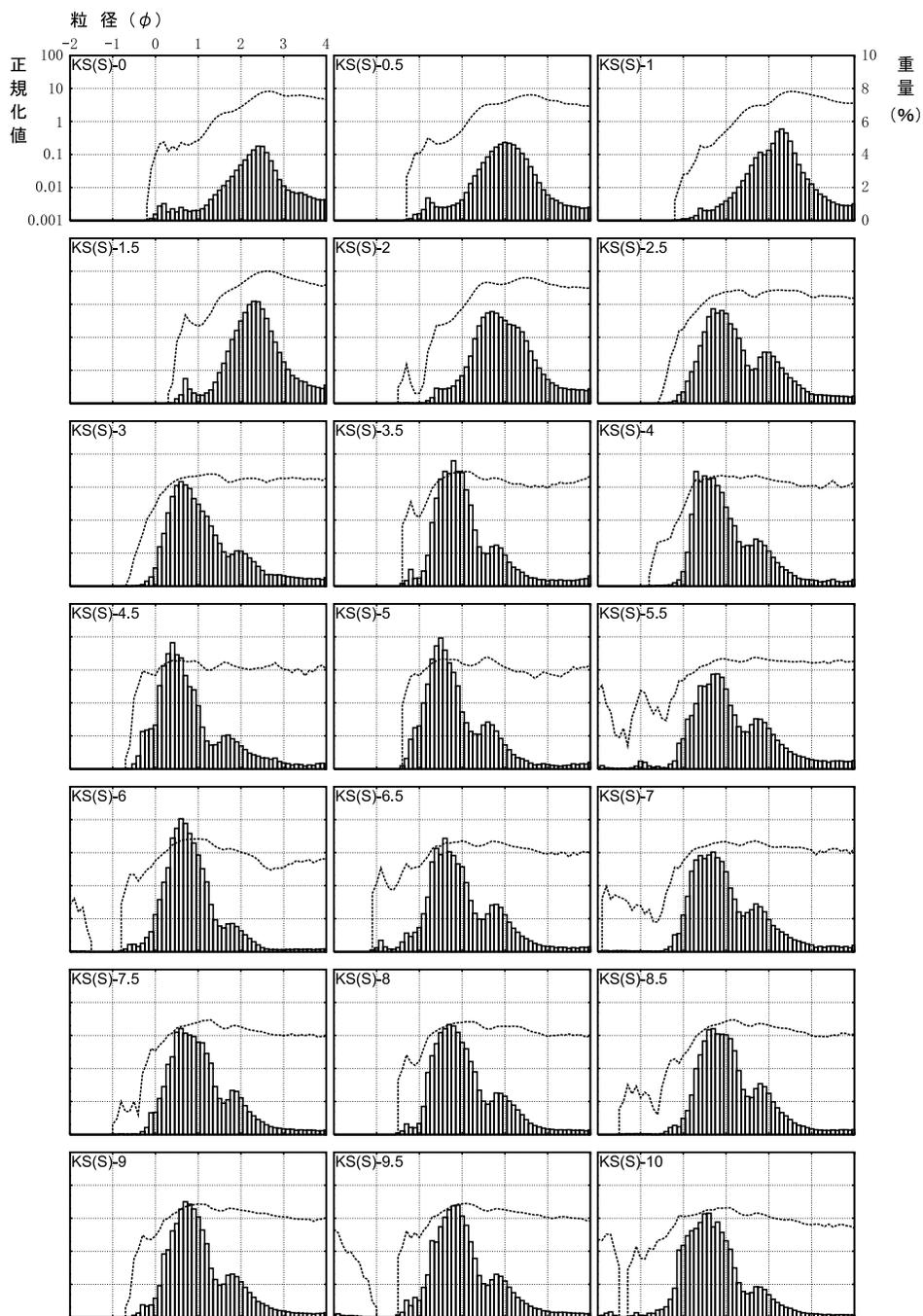


図38 KS(S)系統の各試料の粒度分布・正規化曲線と全体の粒度分布の正規確率紙上プロット

粒度分析データ

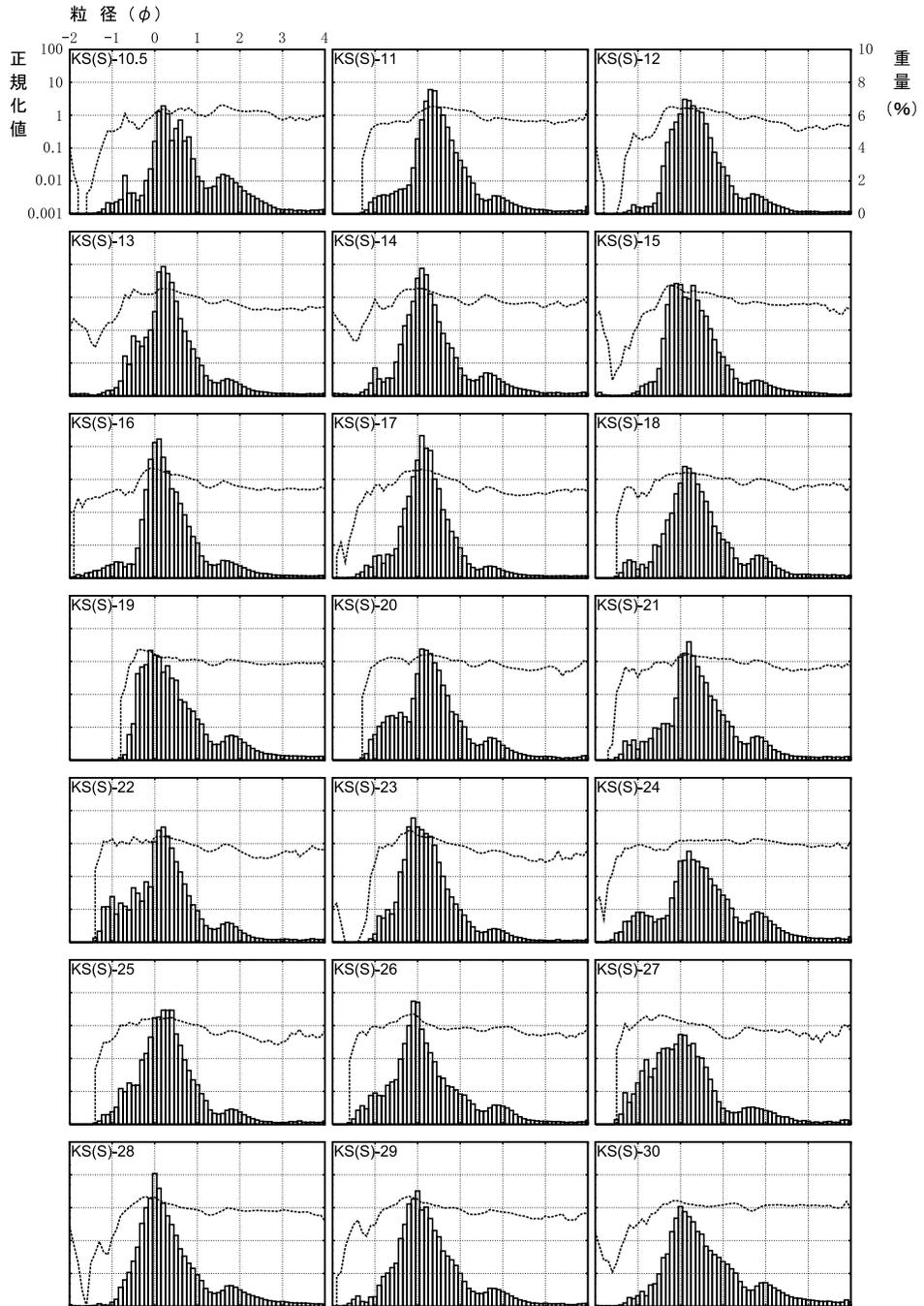


図38つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

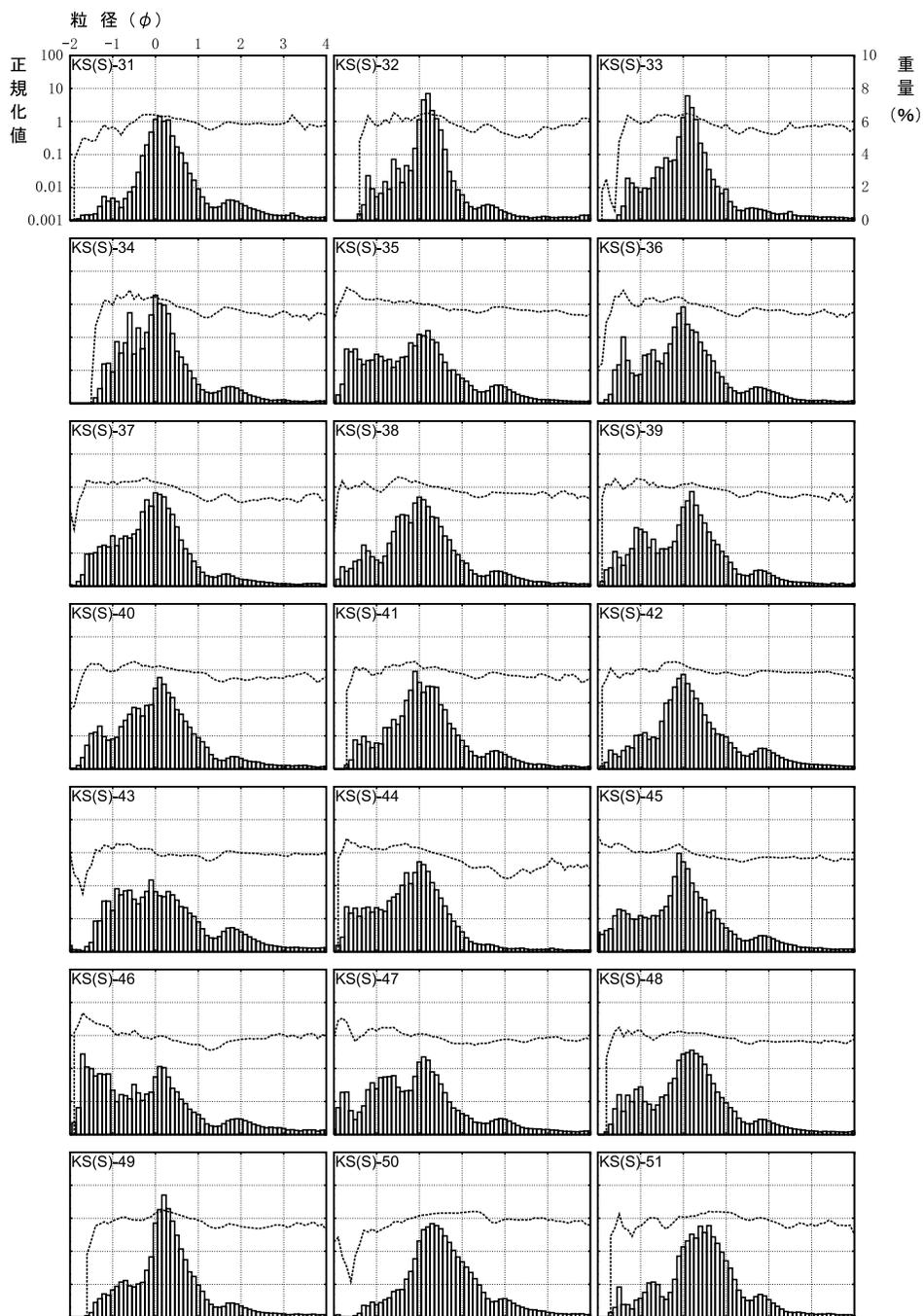


図38つづき

粒度分析データ

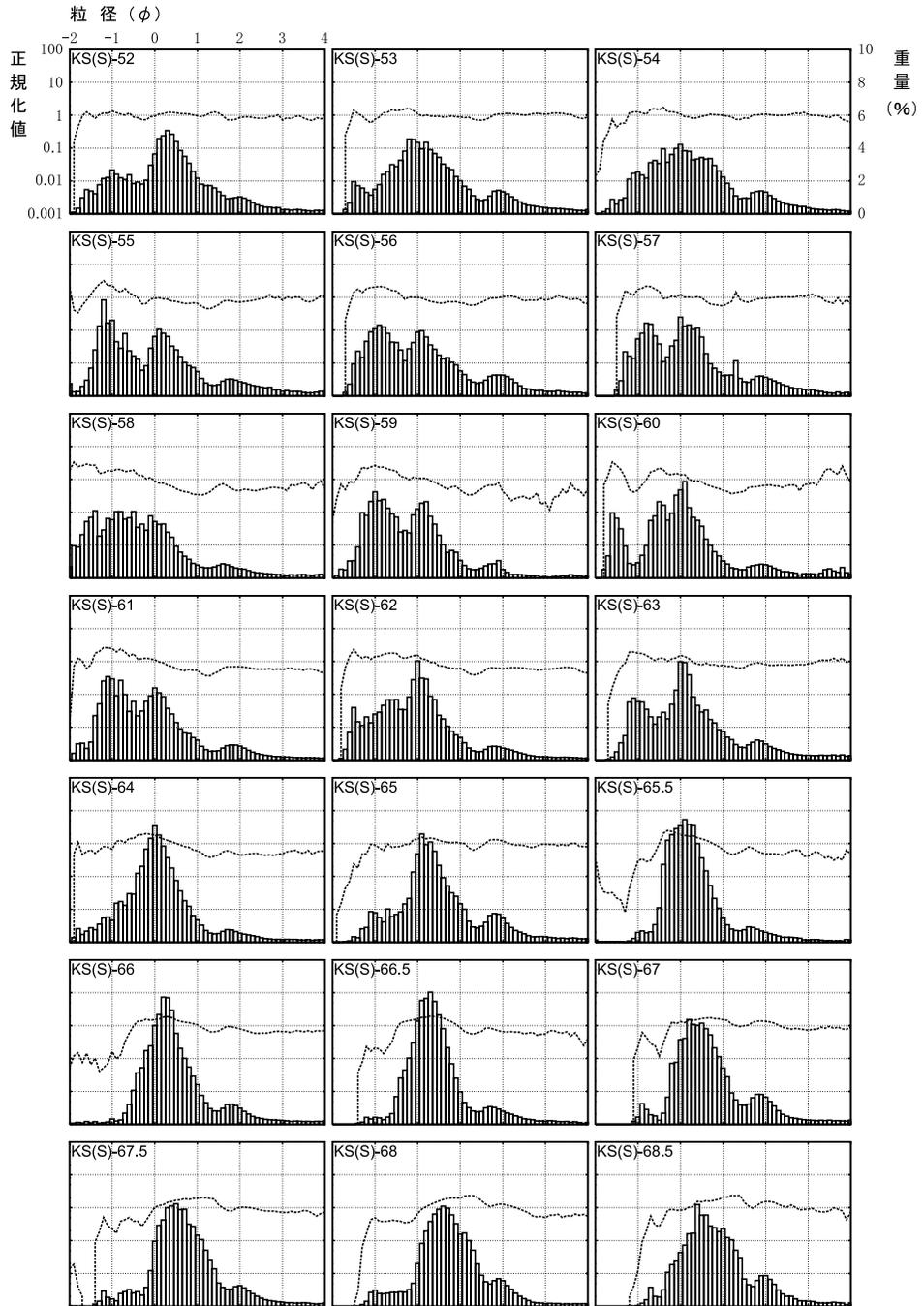


図38つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

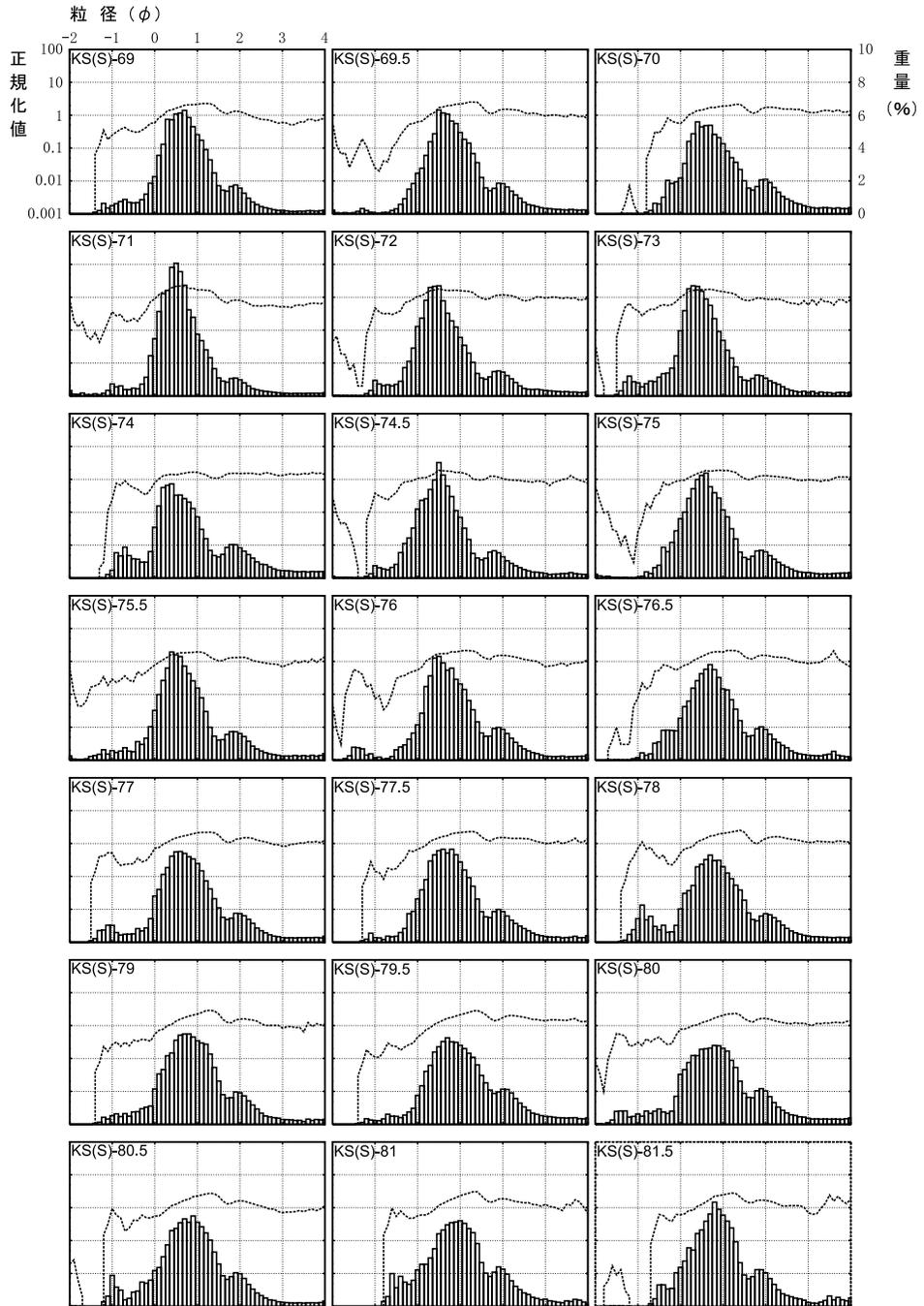


図38つづき

粒度分析データ

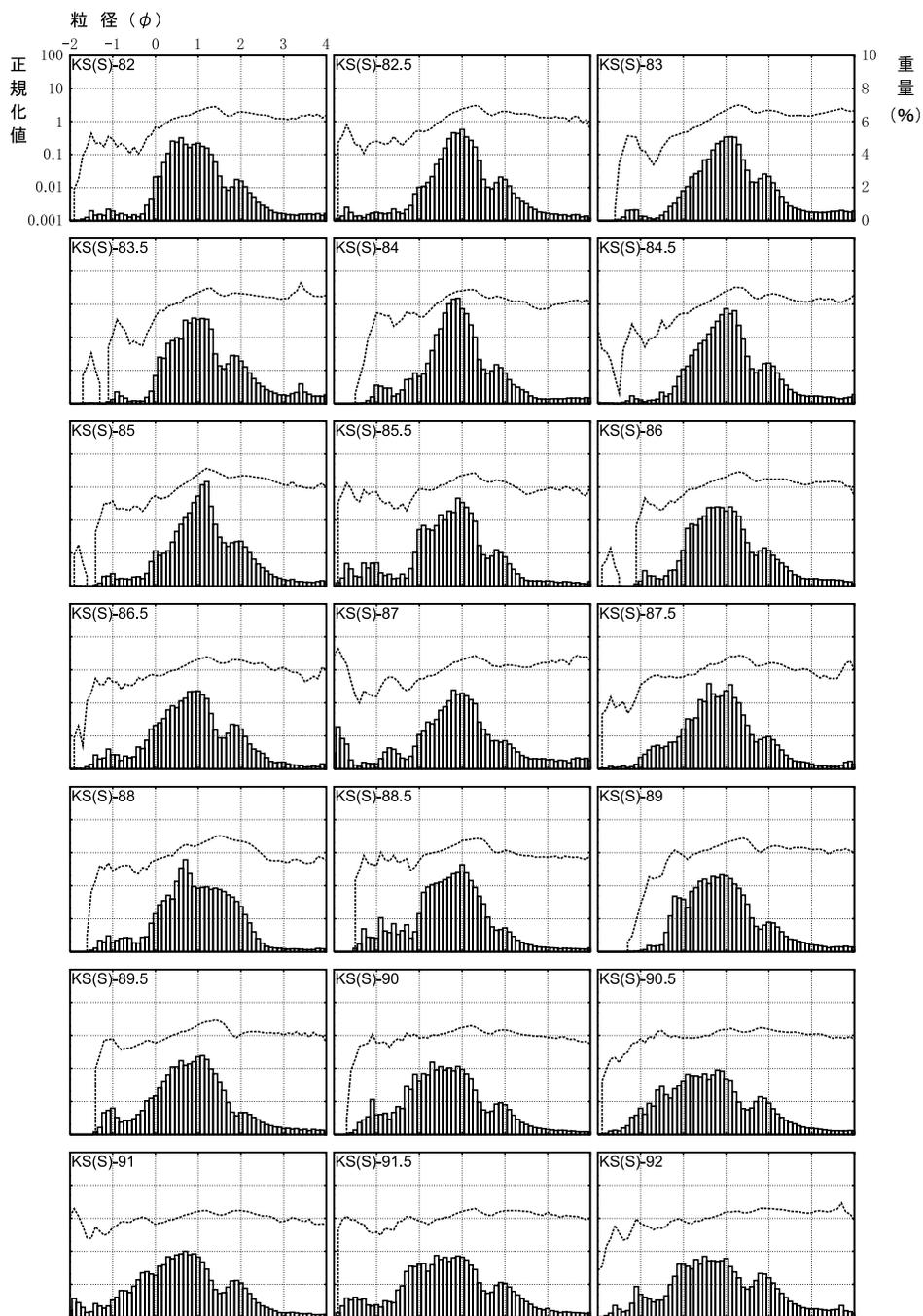


図38つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

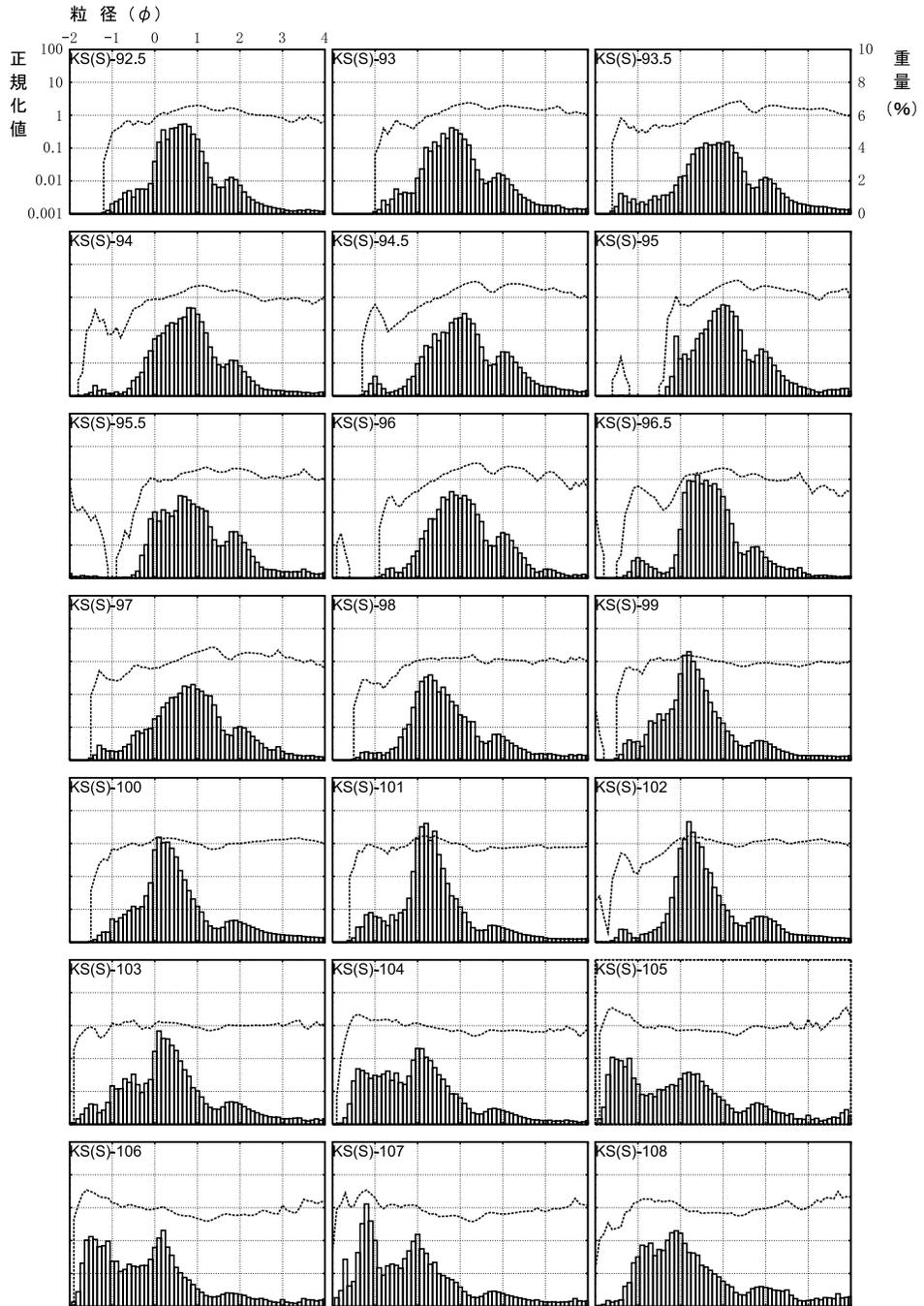


図38つづき

粒度分析データ

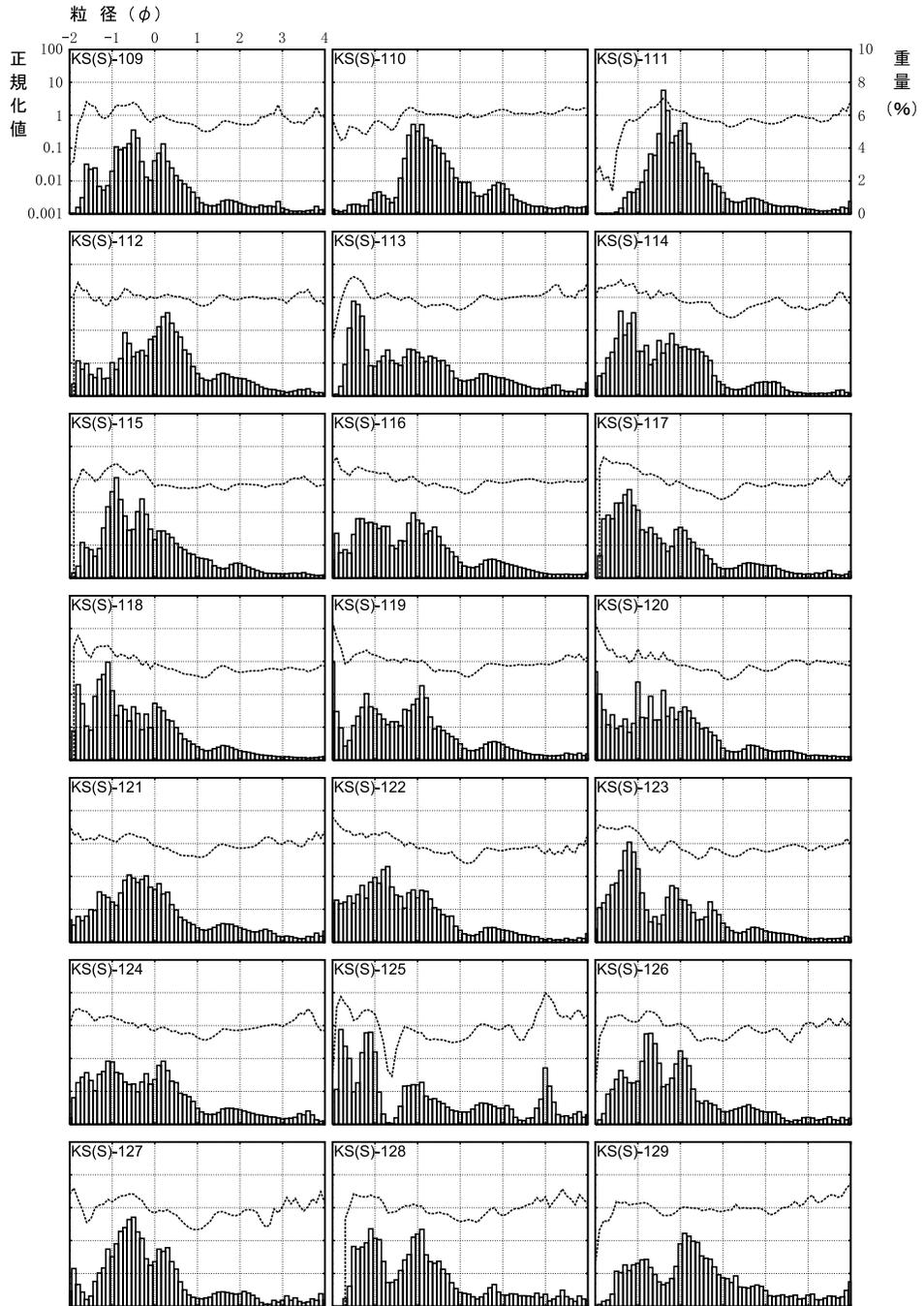


図38つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

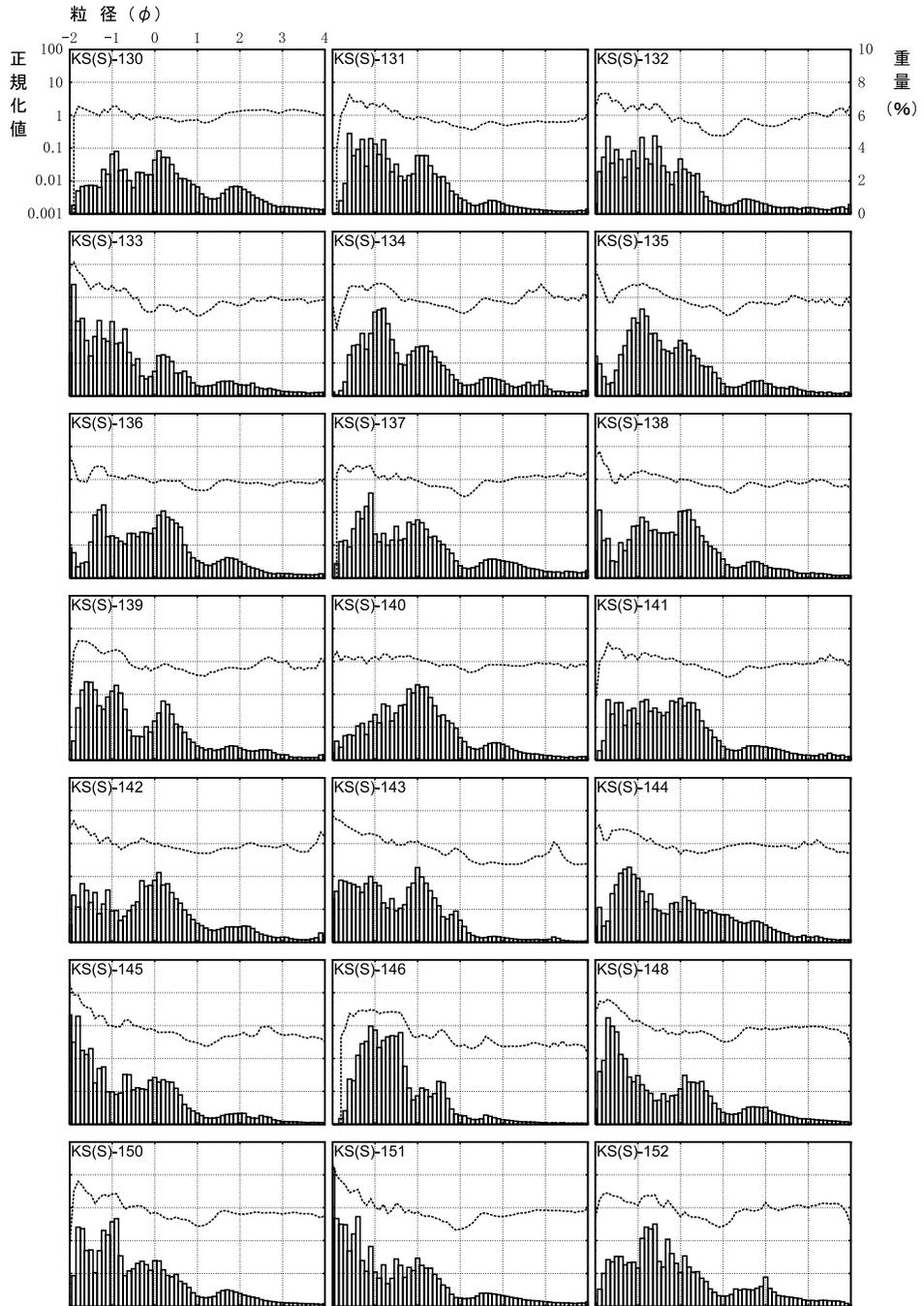


図38つづき

粒度分析データ

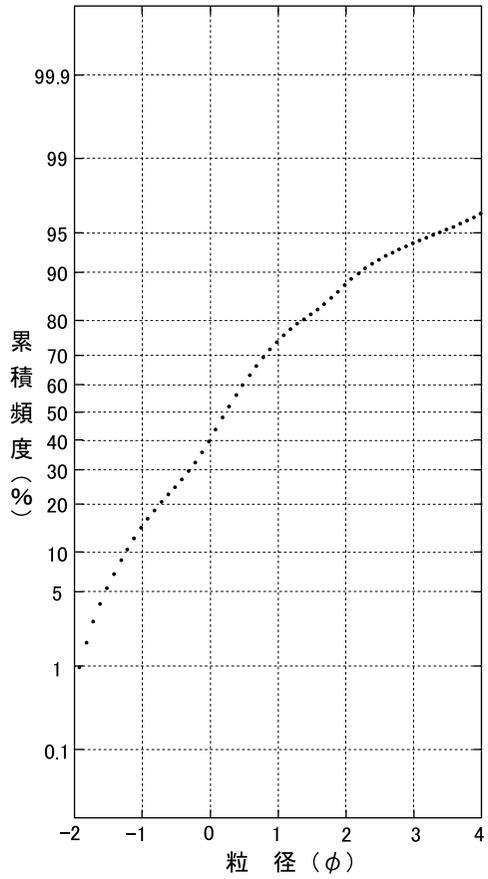
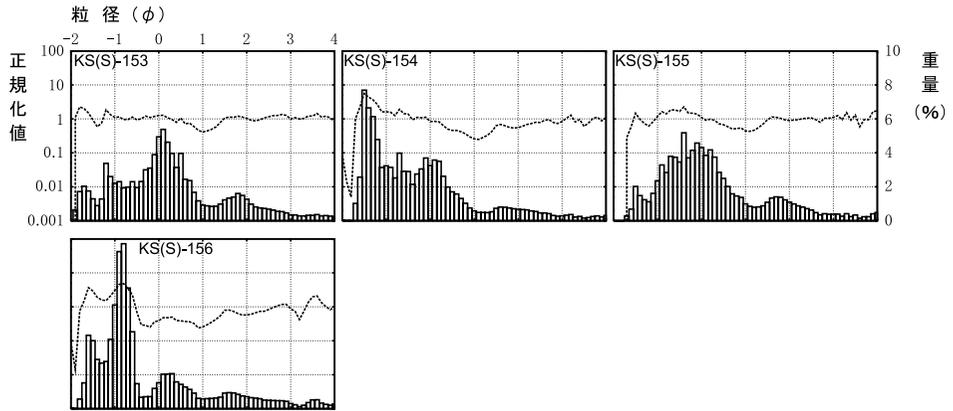


図38つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

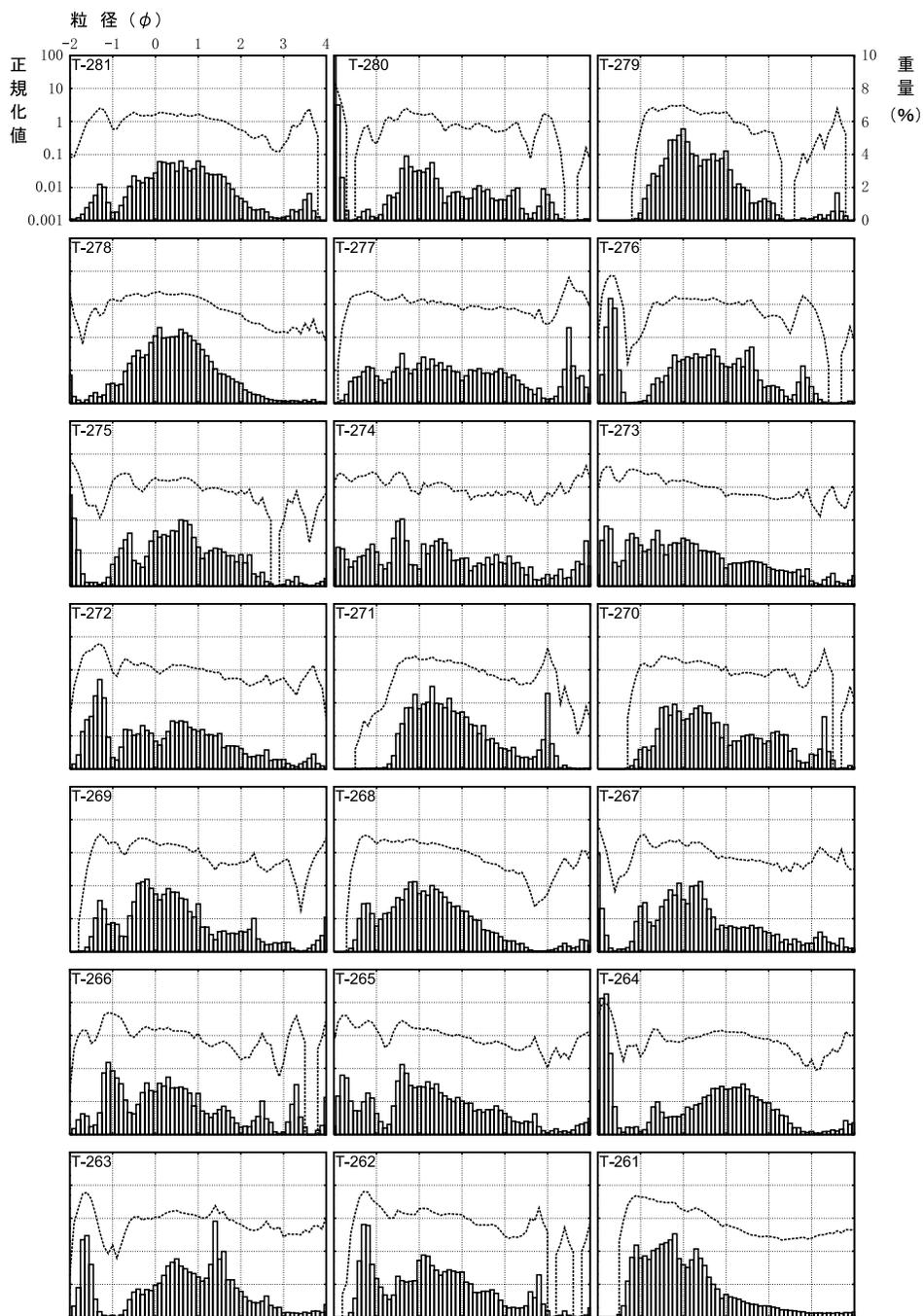


図39 T系統の各試料の粒度分布・正規化曲線と全体の粒度分布の正規確率紙上プロット

粒度分析データ

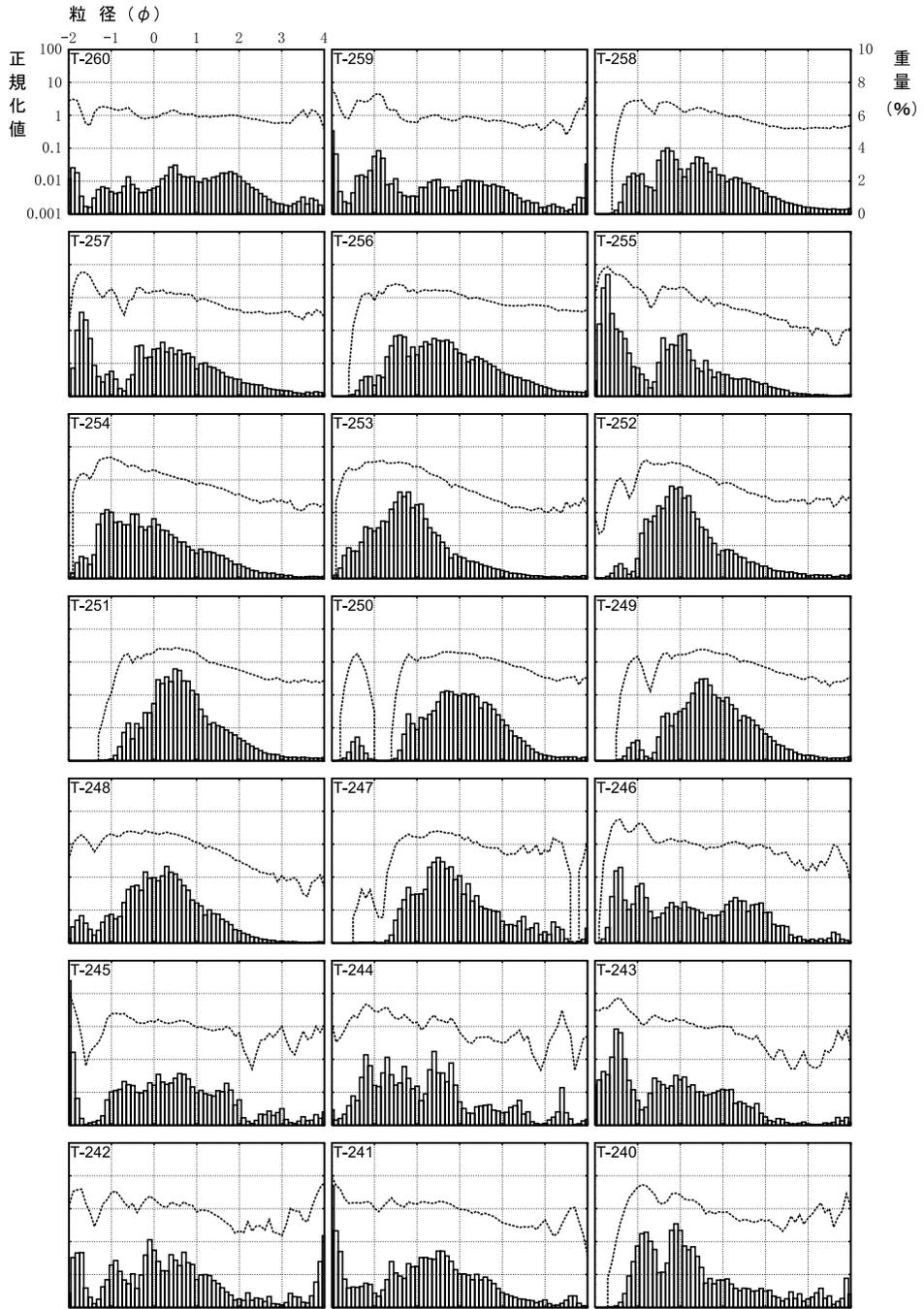


図39つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

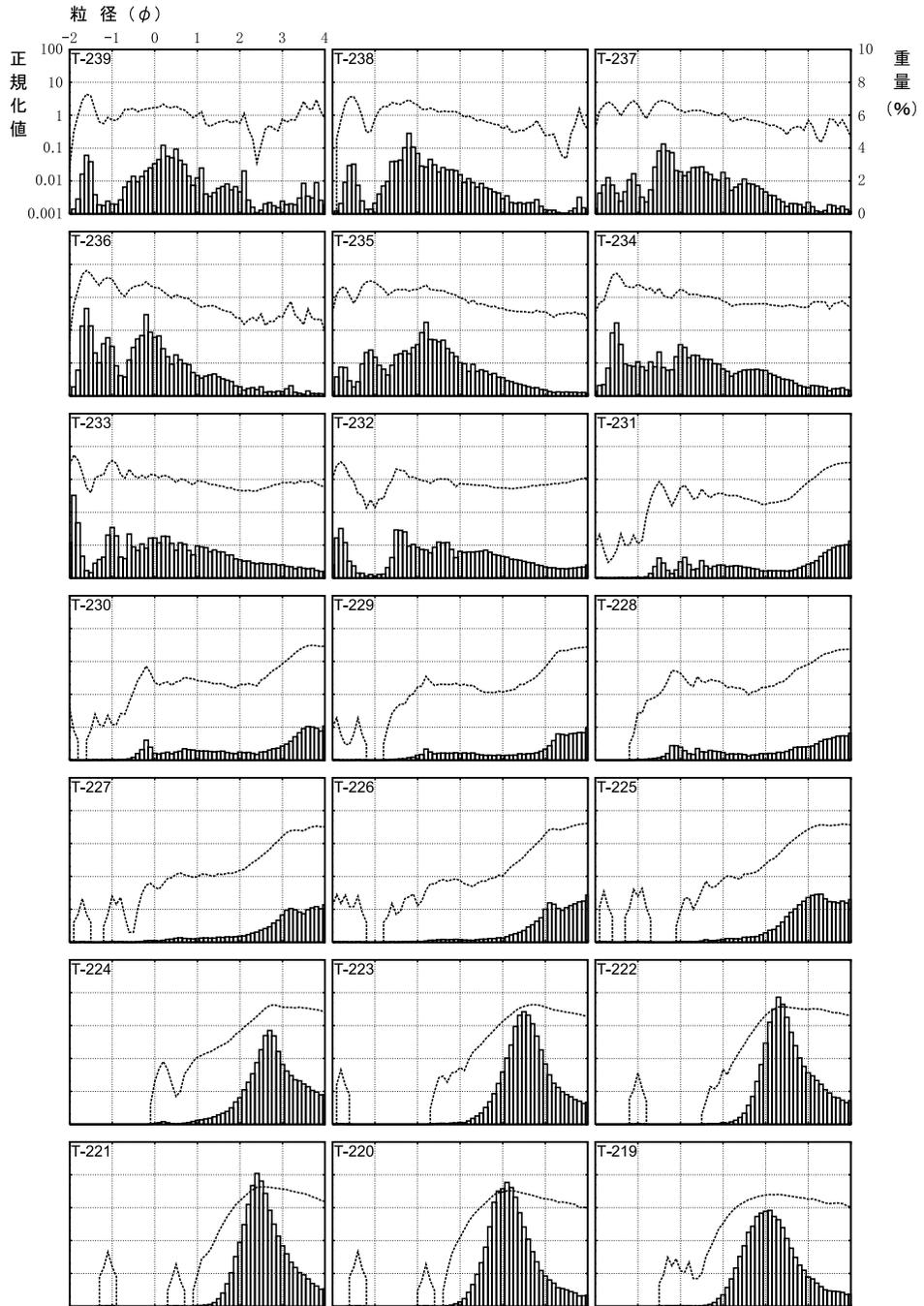


図39つづき

粒度分析データ

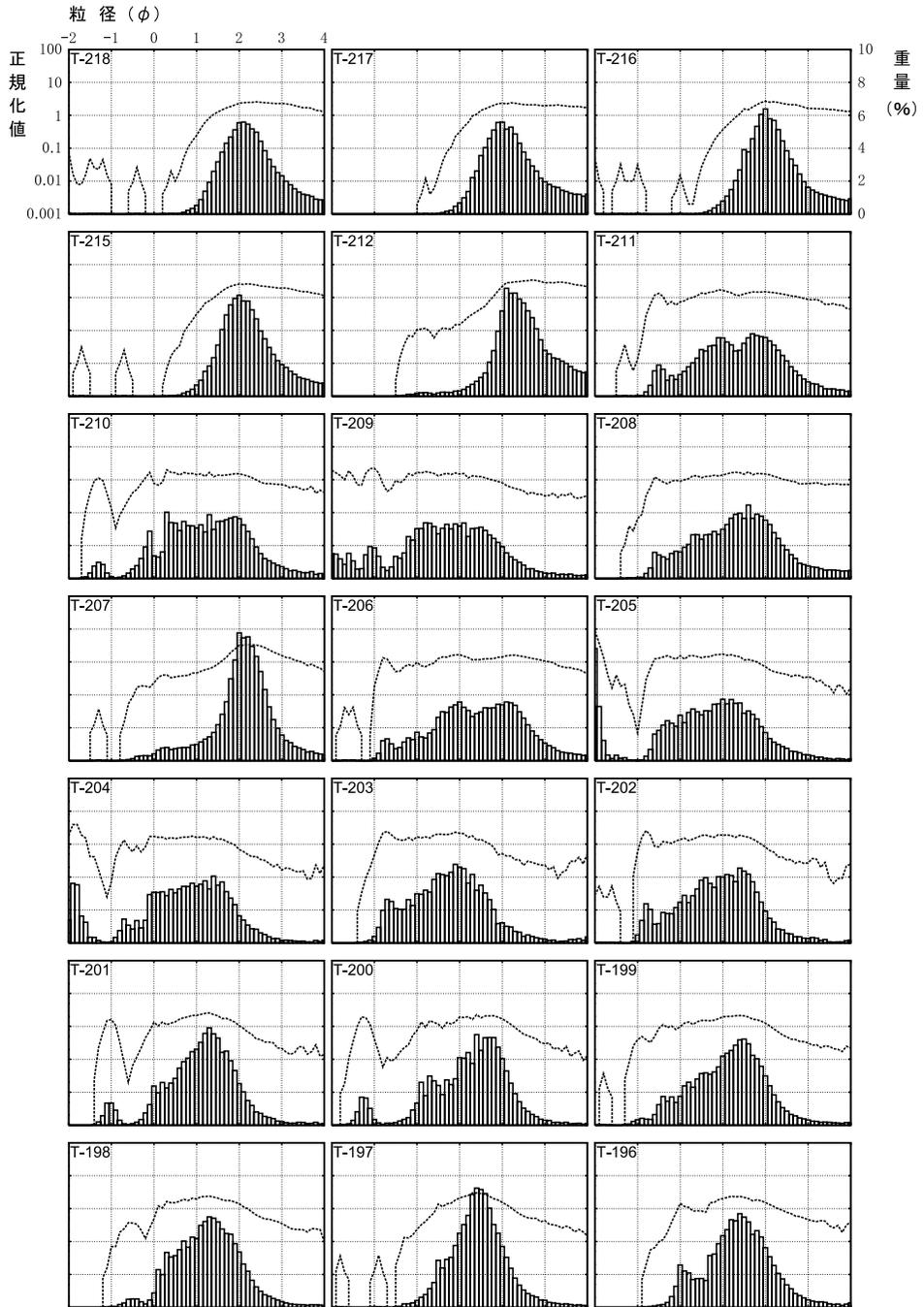


図39つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

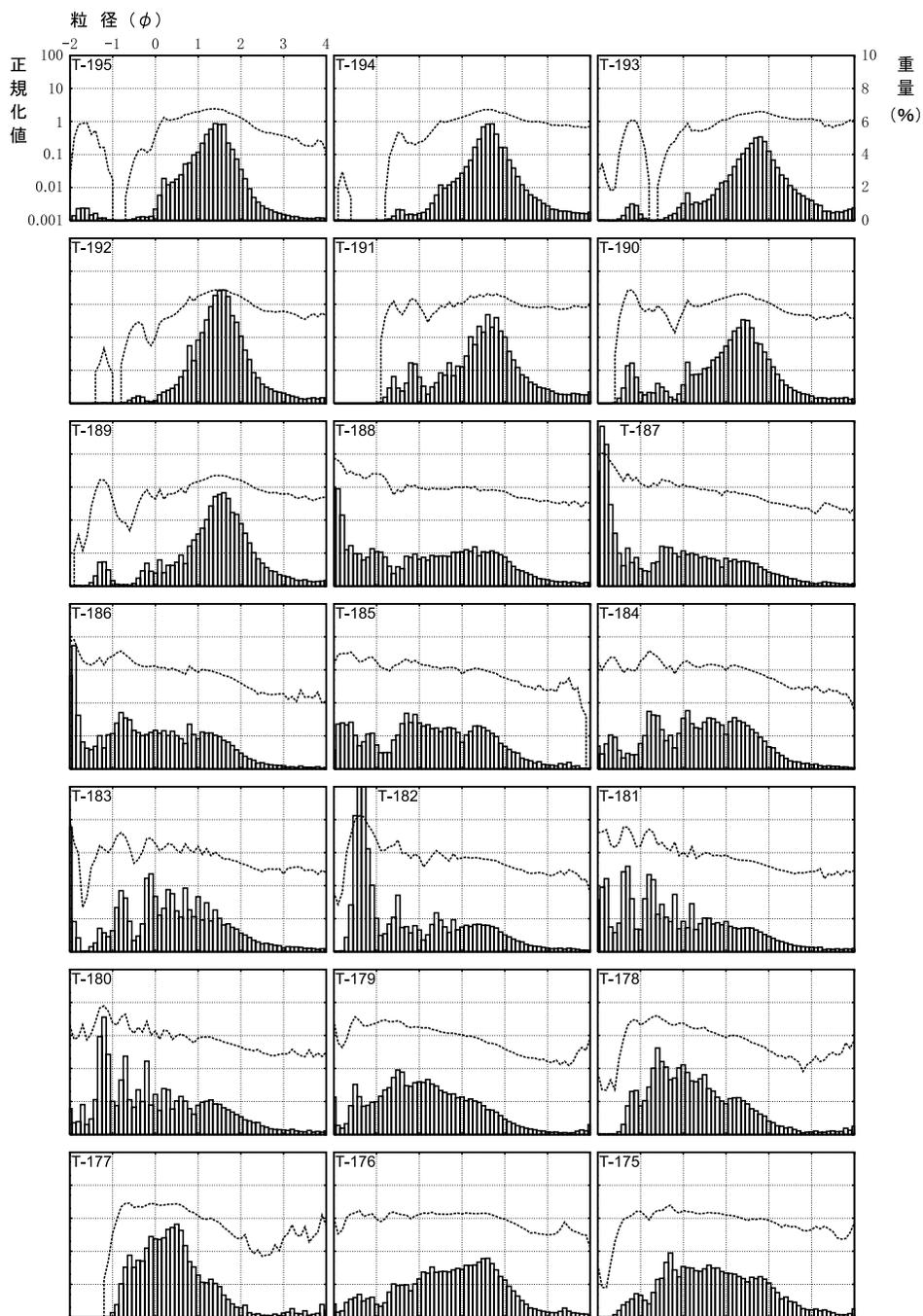


図39つづき

粒度分析データ

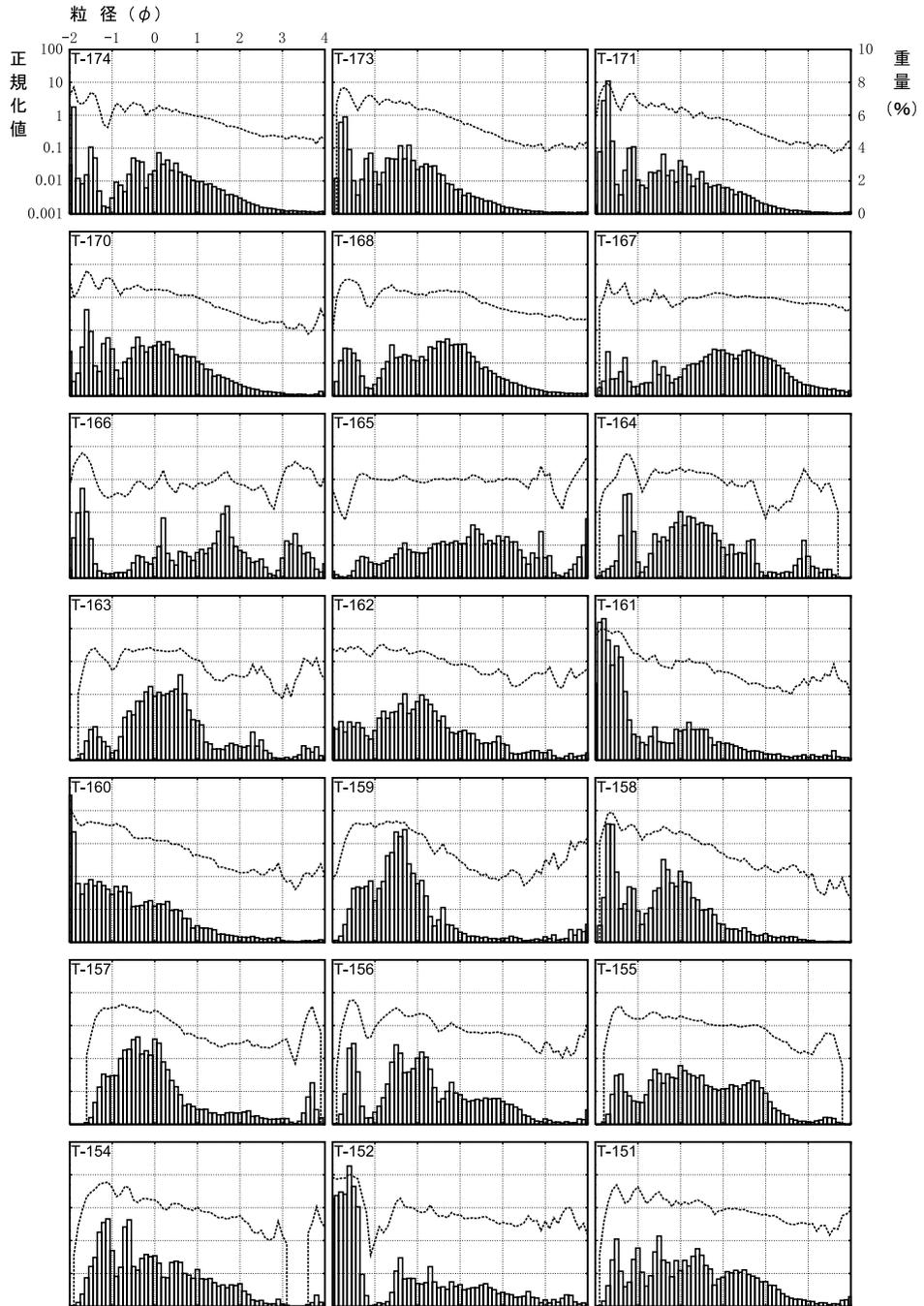


図39つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

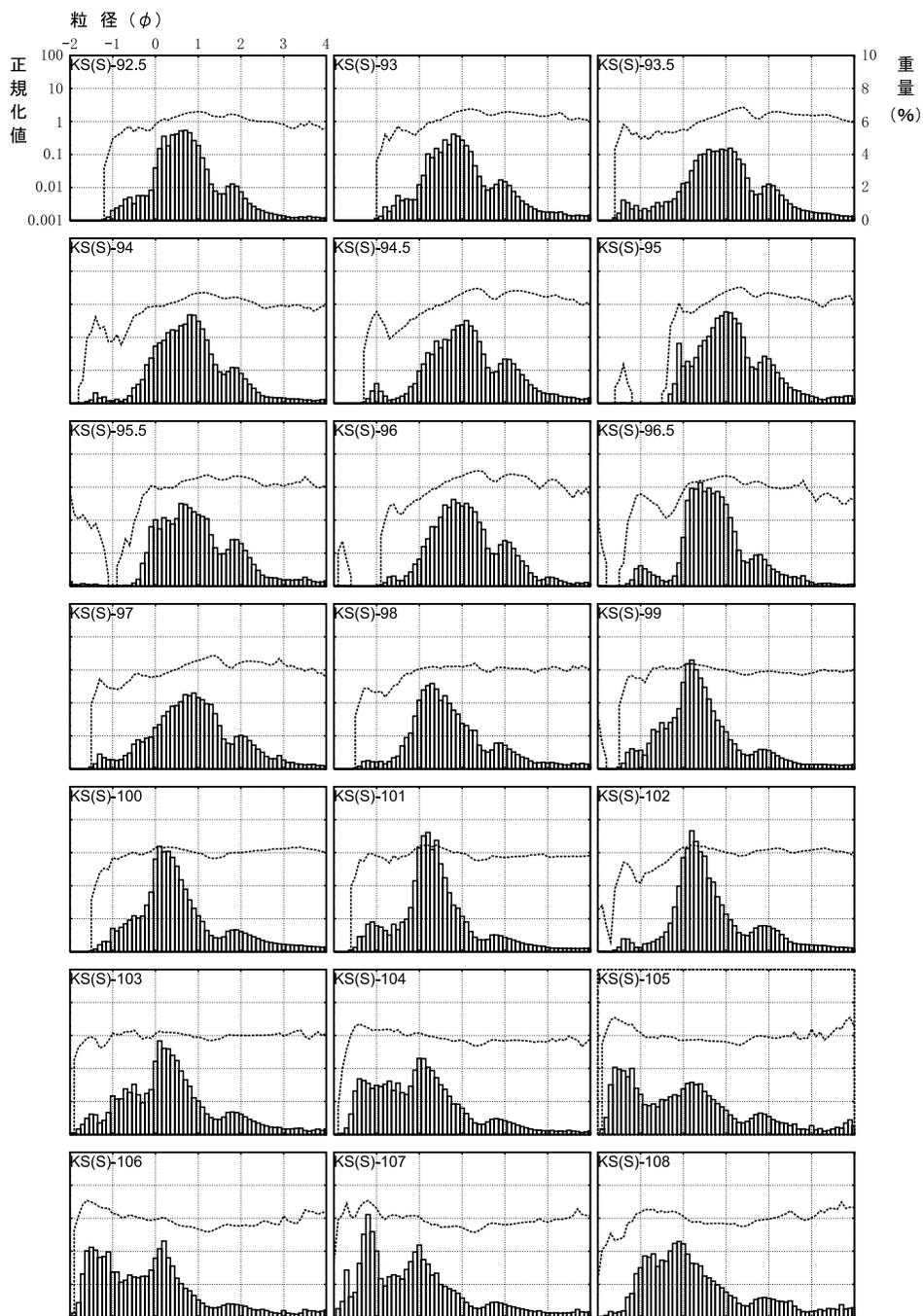


図39つづき

粒度分析データ

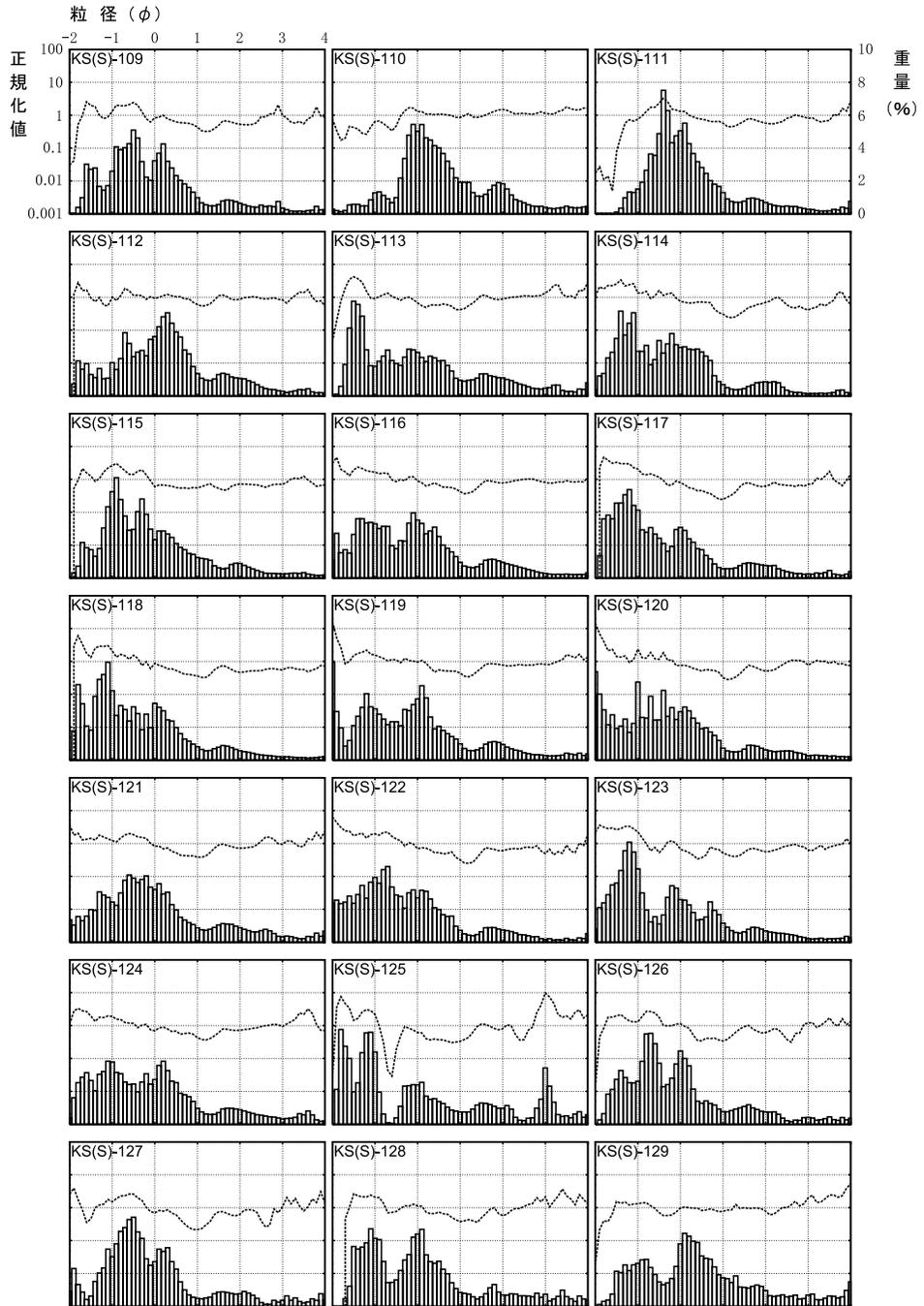


図39つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

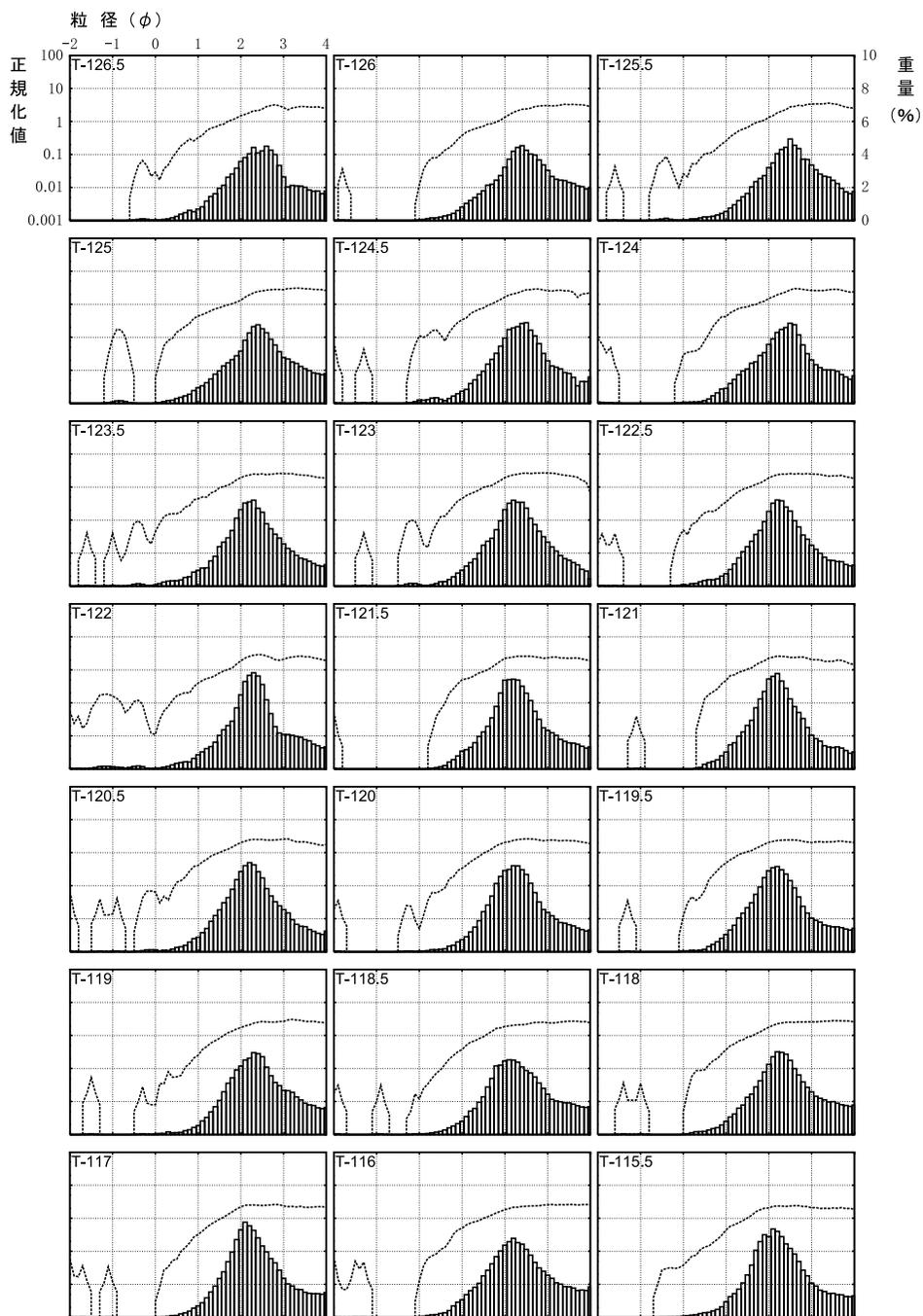


図39つづき

粒度分析データ

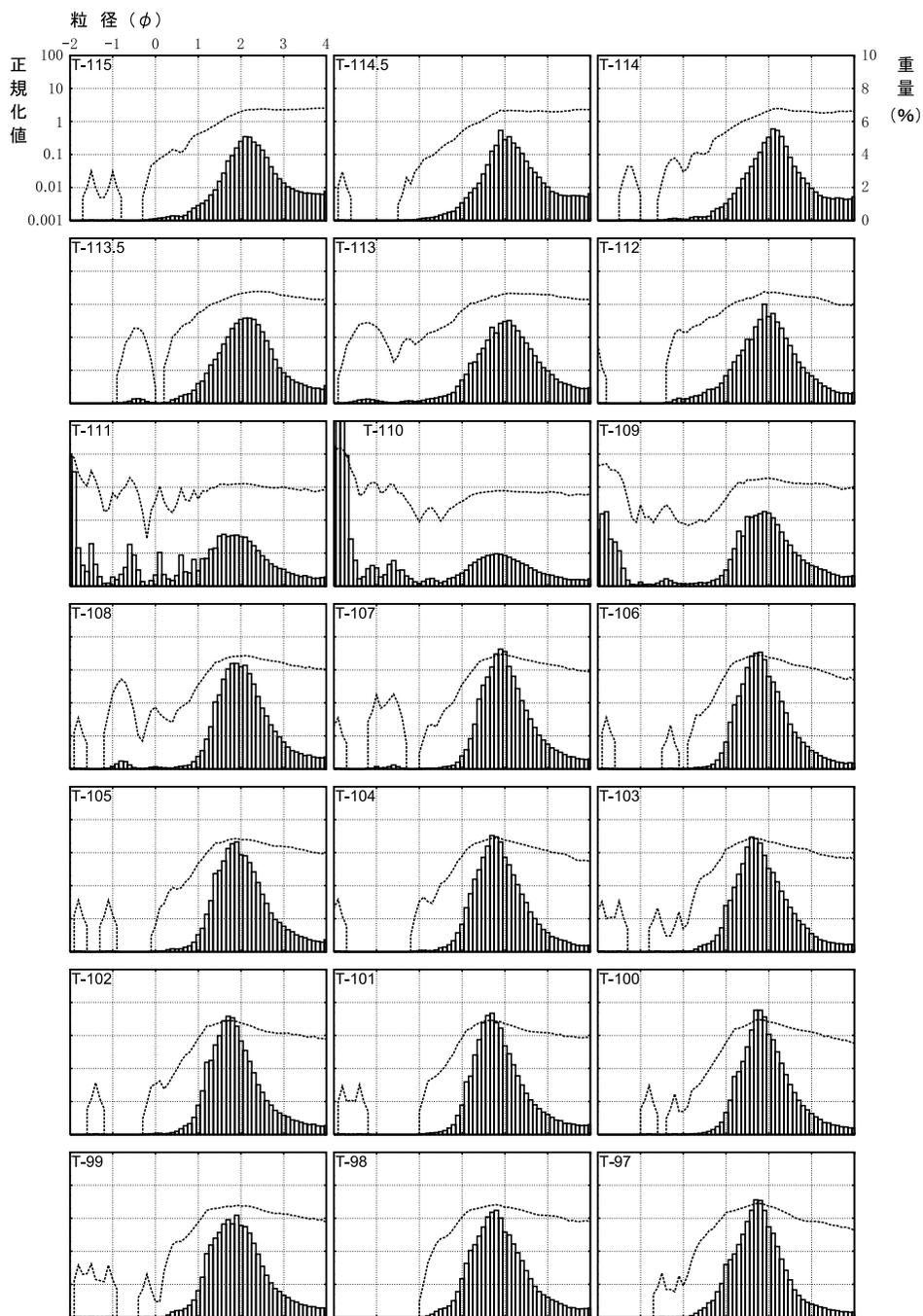


図39つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

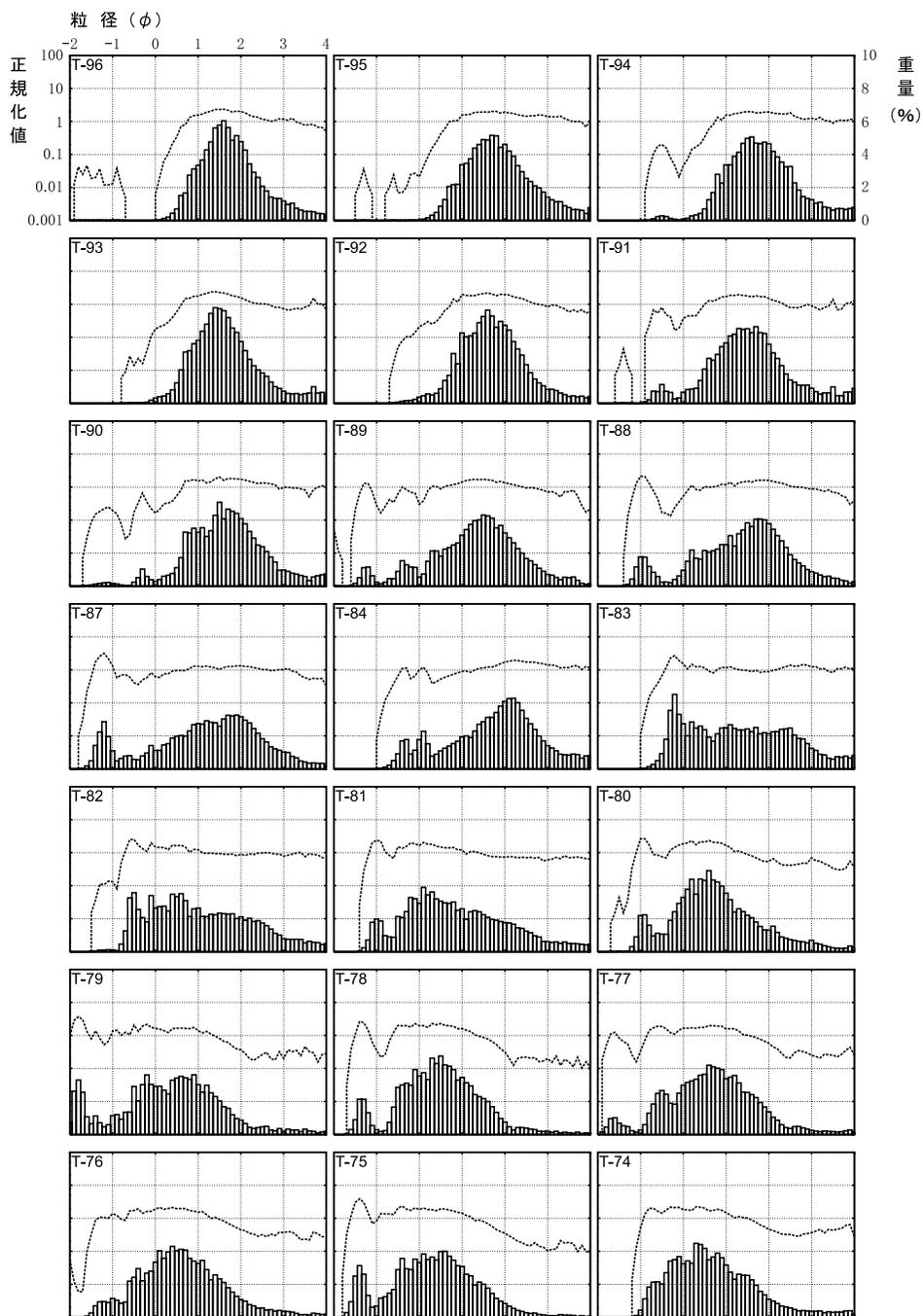


図39つづき

粒度分析データ

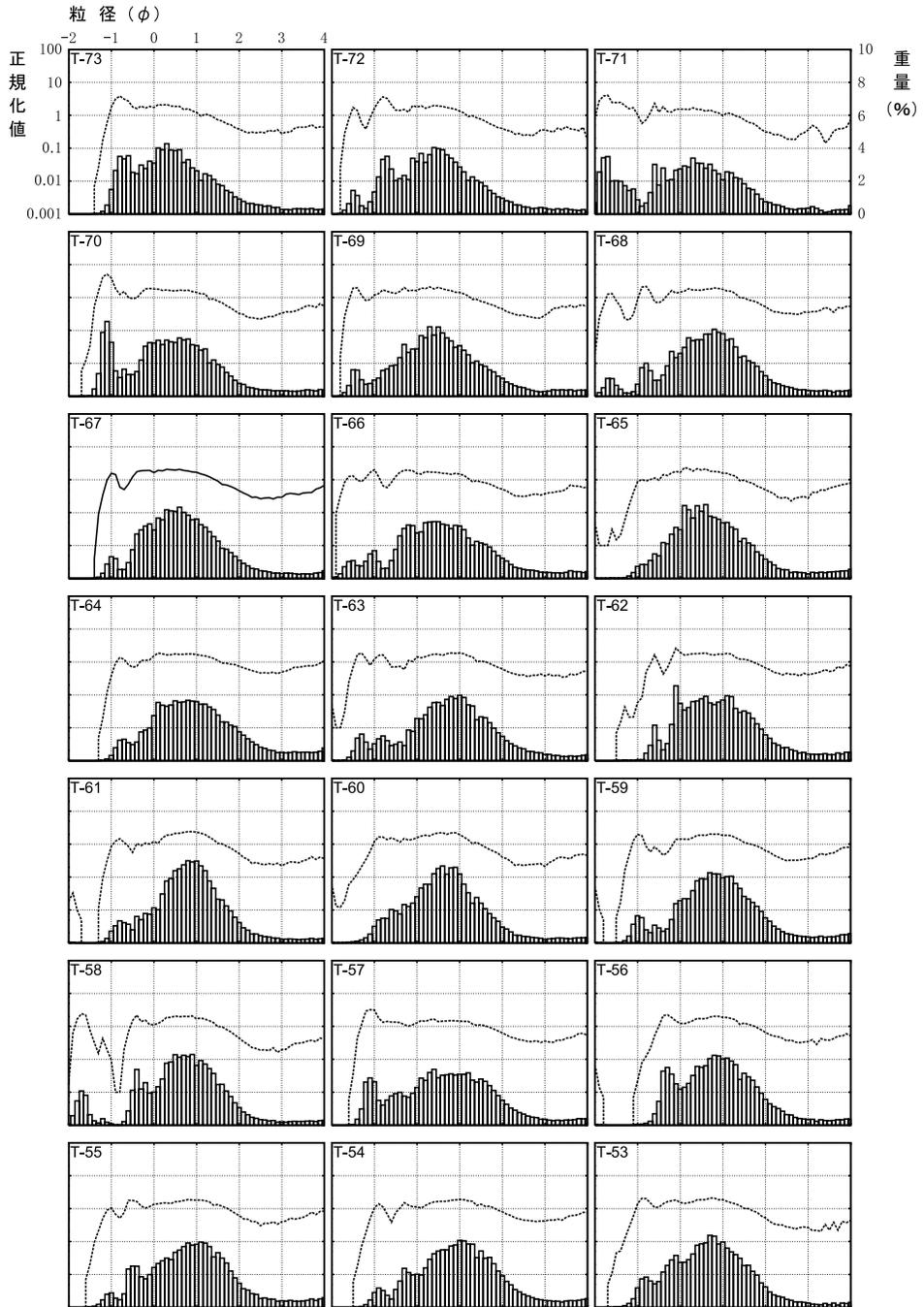


図39つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

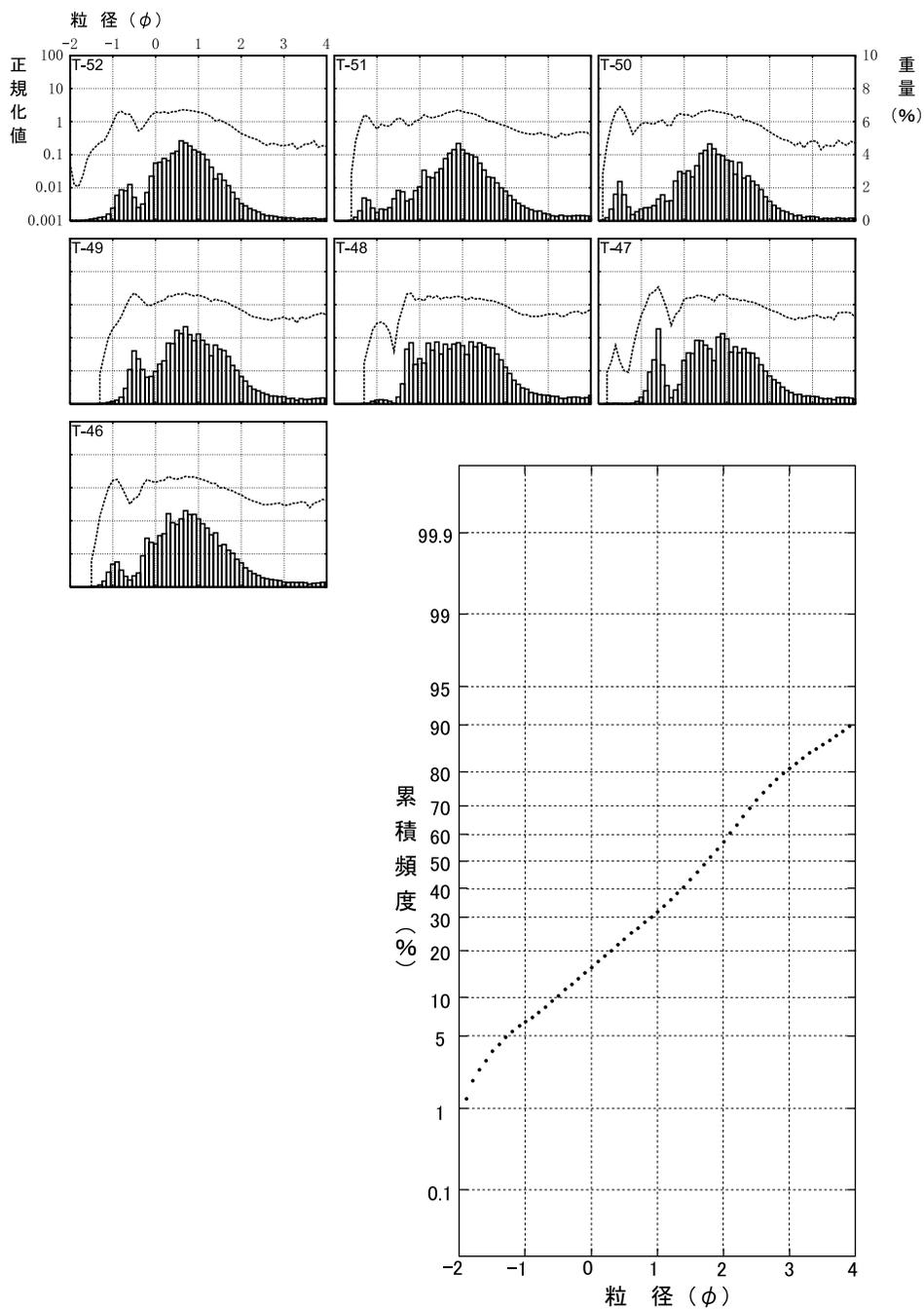


図39つづき

粒度分析データ

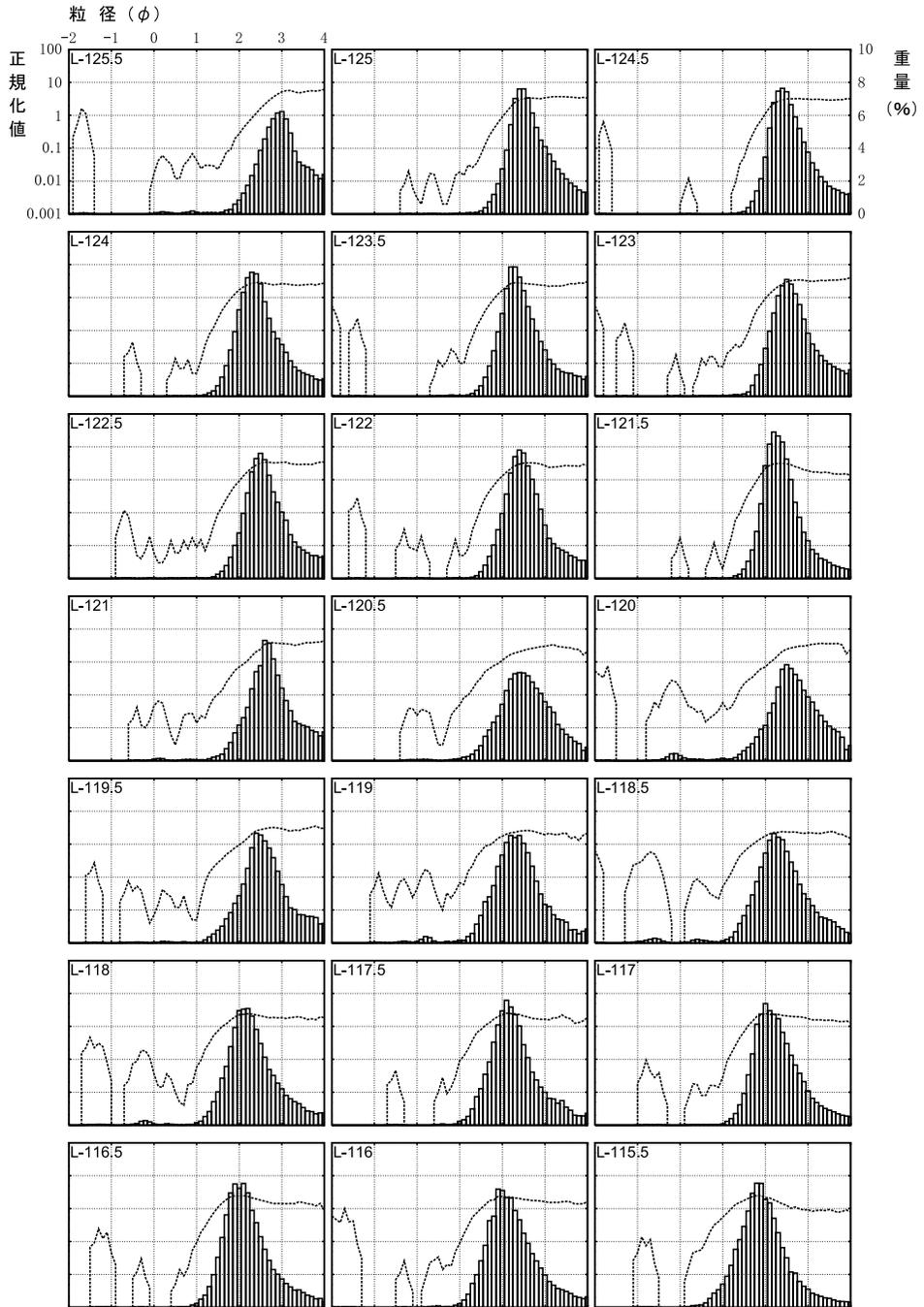


図40 L系統の各試料の粒度分布・正規化曲線と全体の粒度分布の正規確率紙上プロット

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

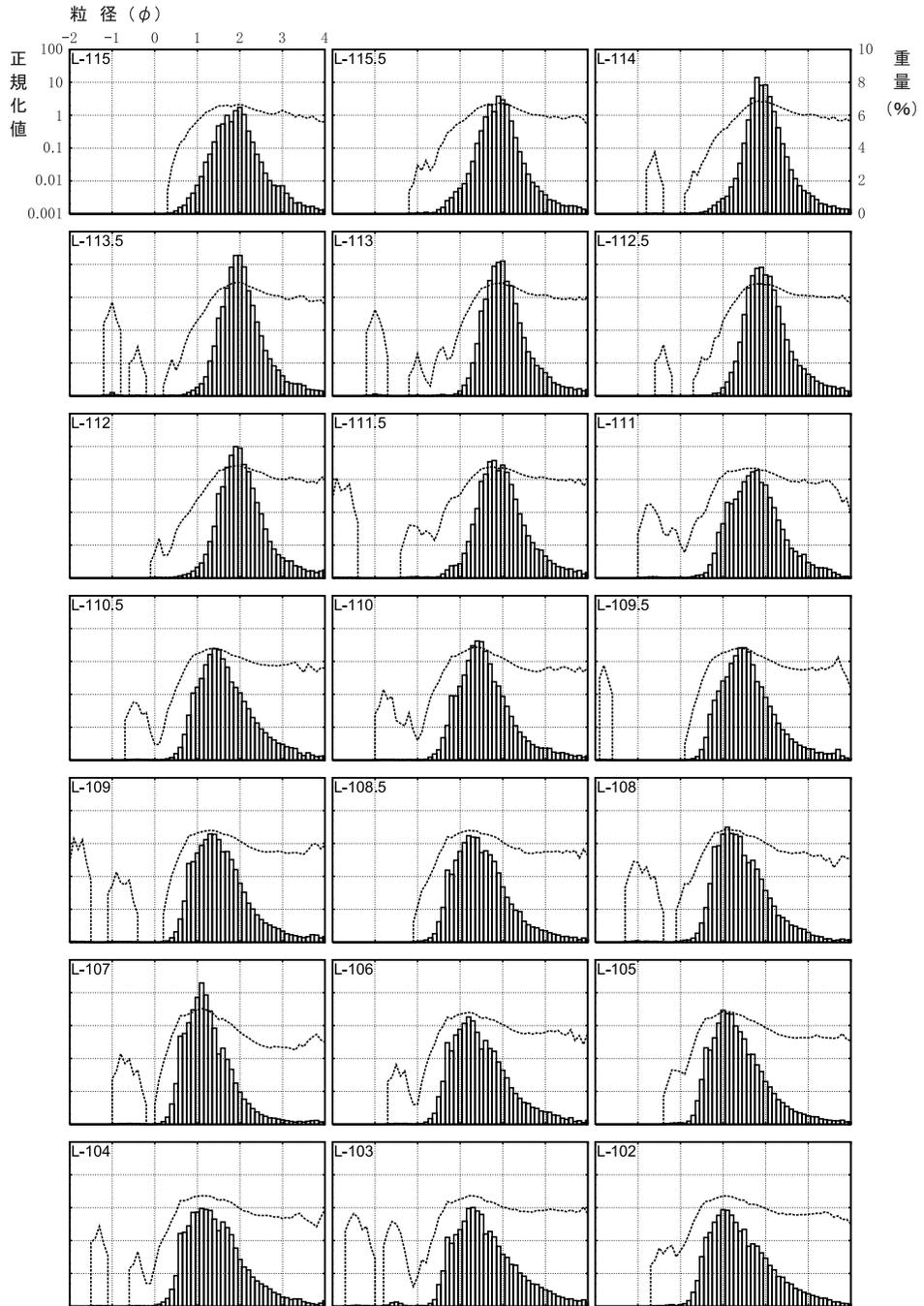


図40つづき

粒度分析データ

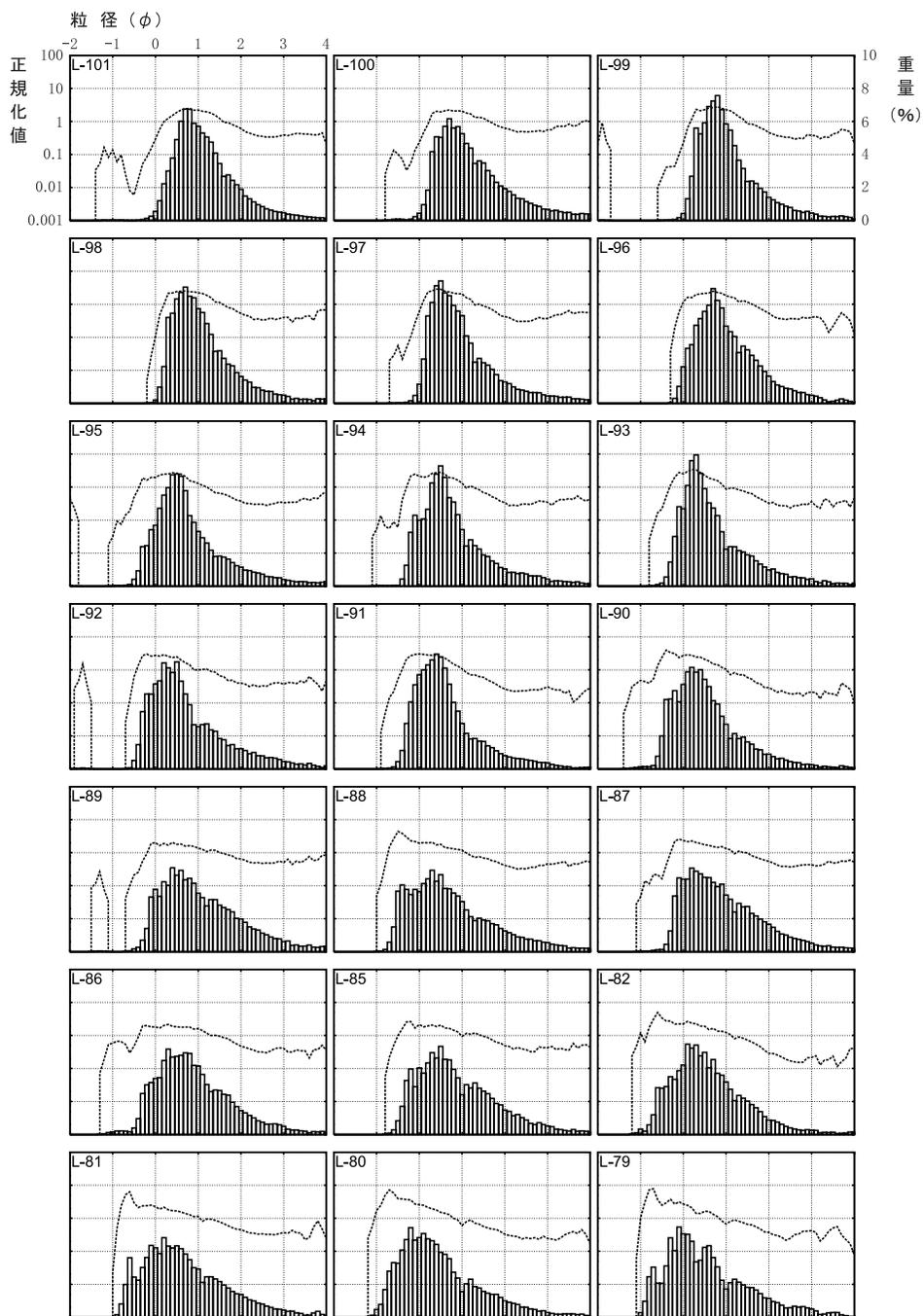


図40つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

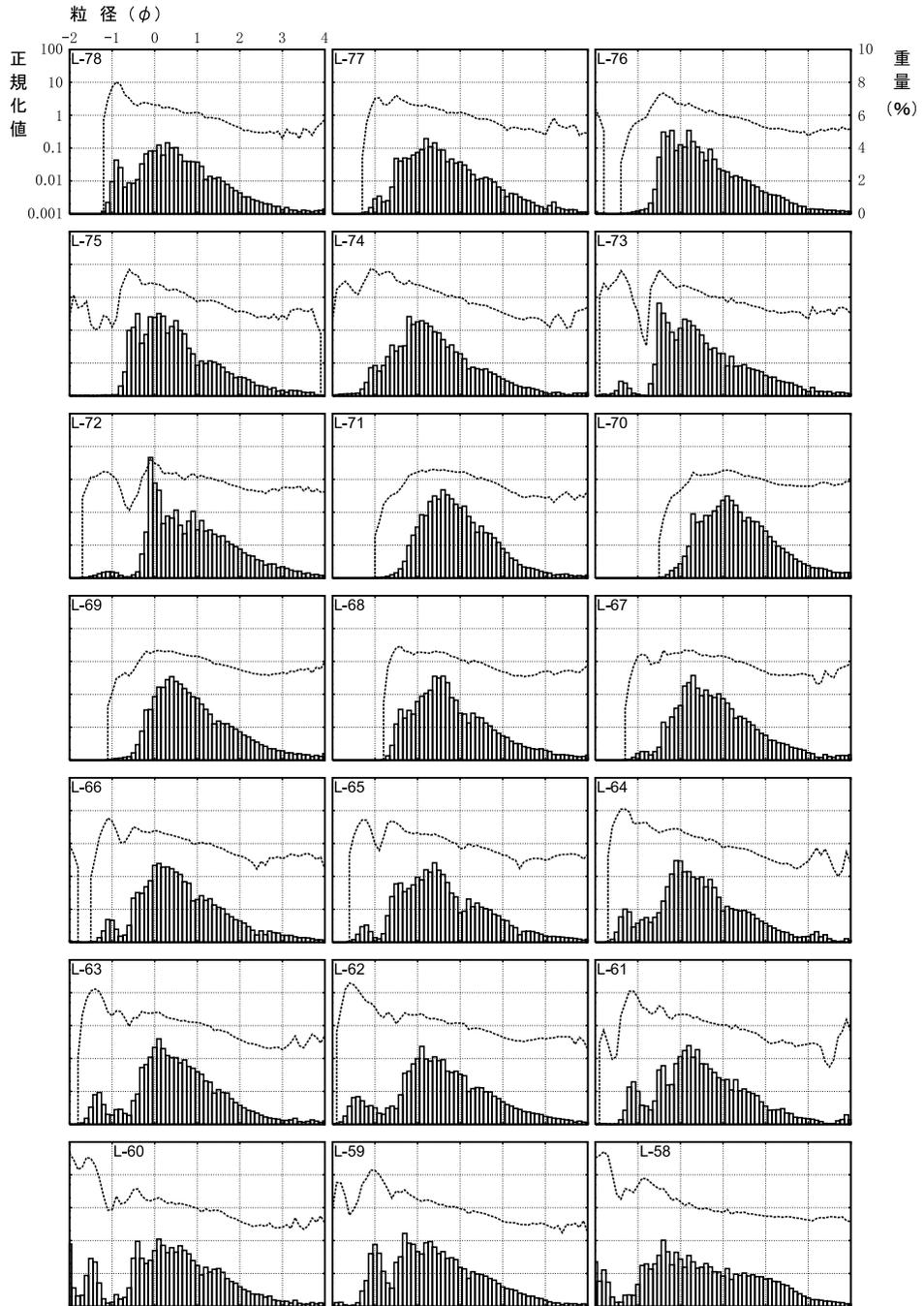


図40つづき

粒度分析データ

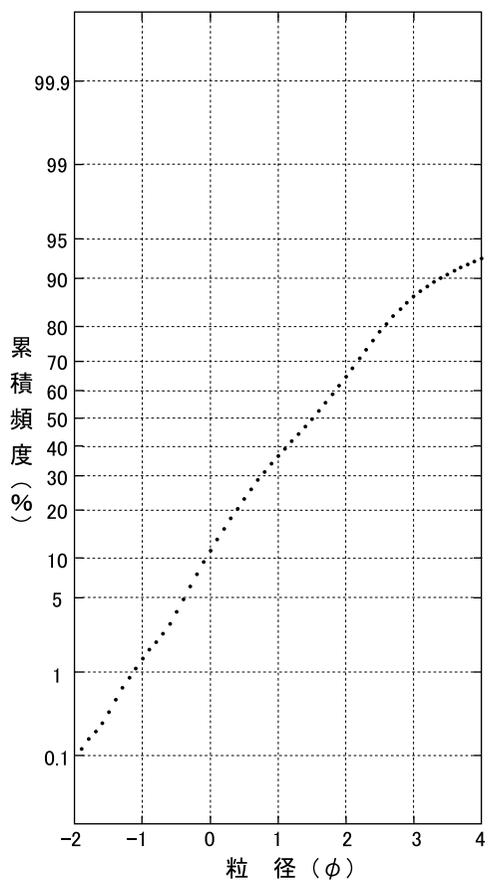
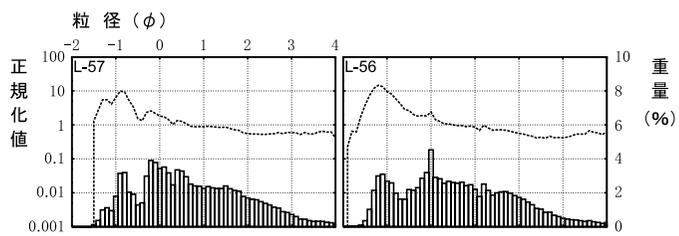


図40つづき

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

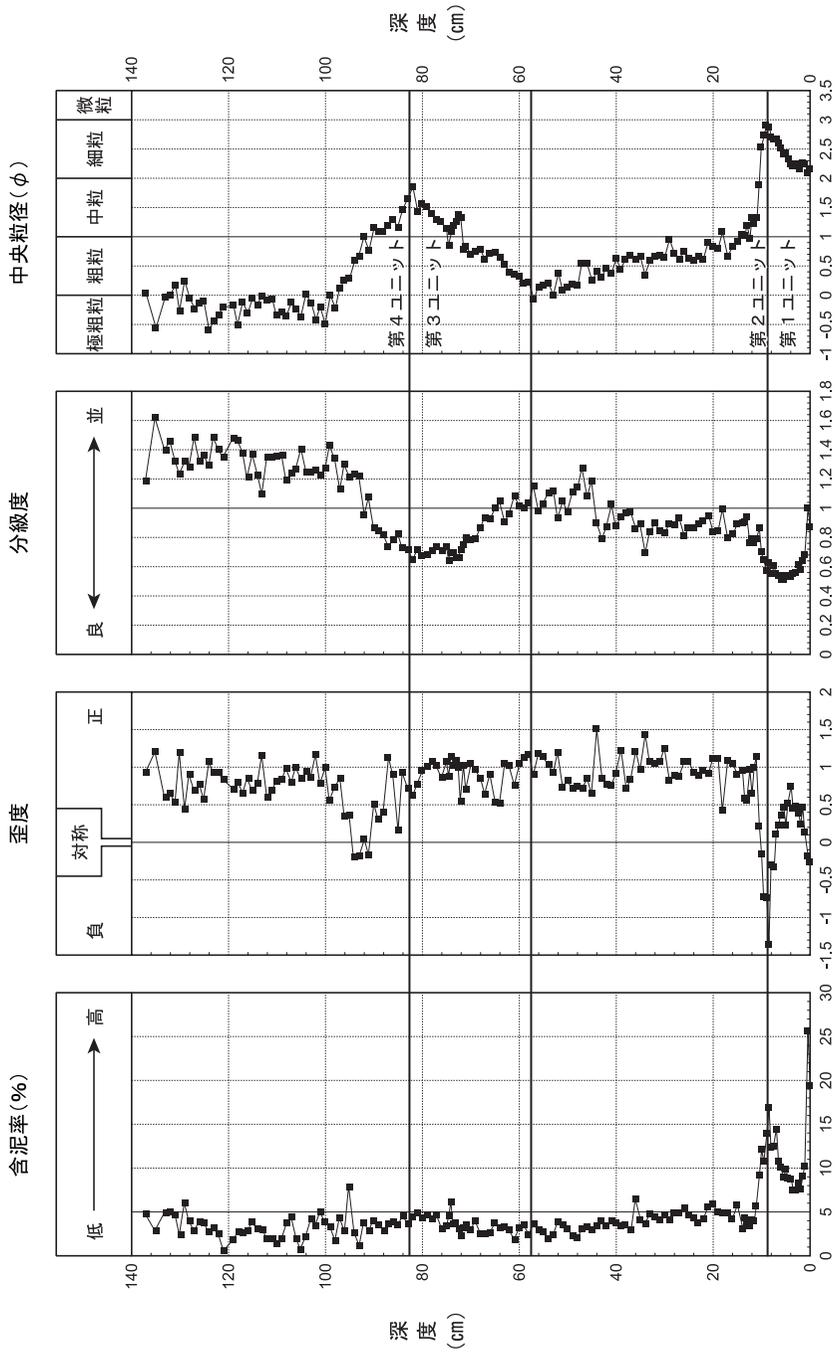


図41 KS(N)系統の粒度特性の垂直変動

粒度分析データ

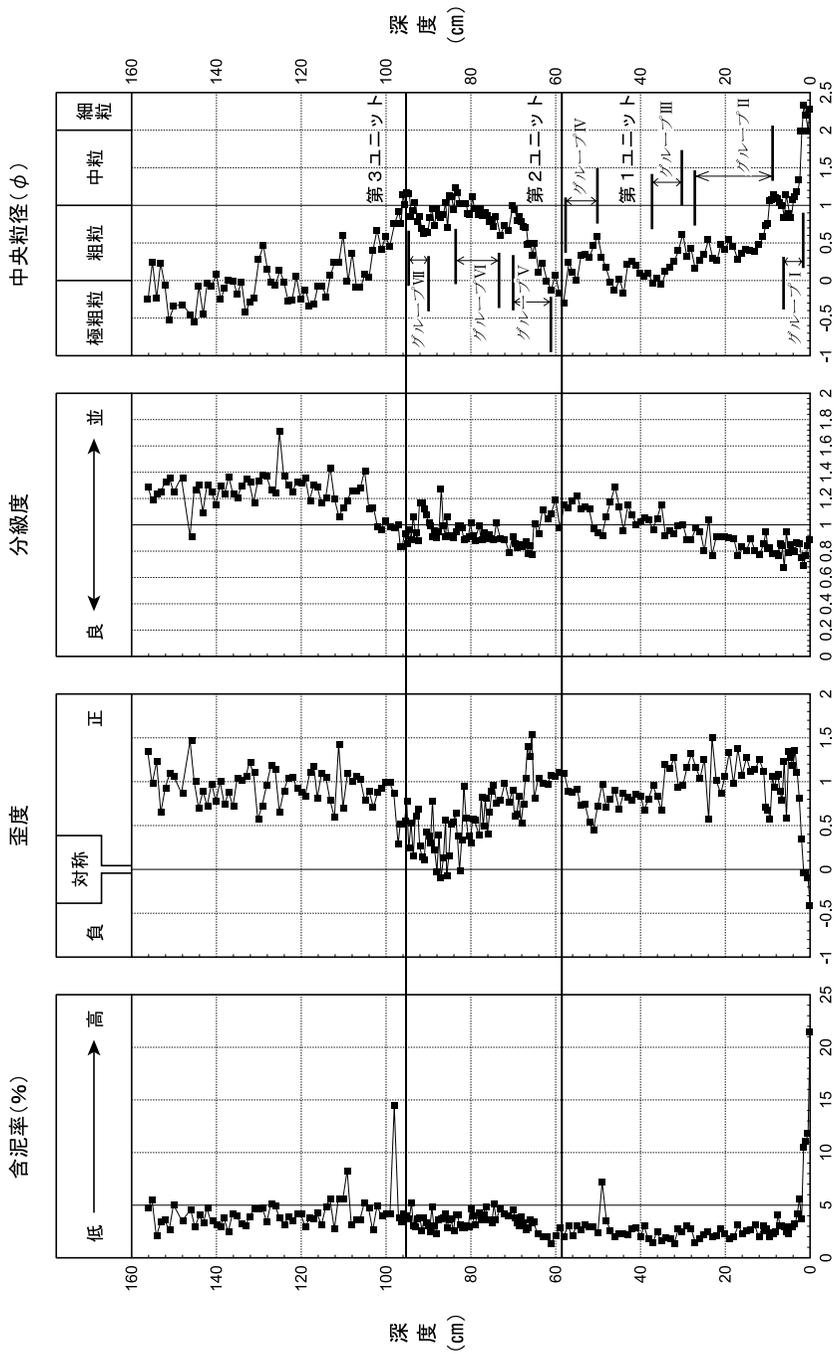


図42 KS(S)系統の粒度特性の垂直変動

弥生時代の砂質土石流堆積物の地点別粒度分析

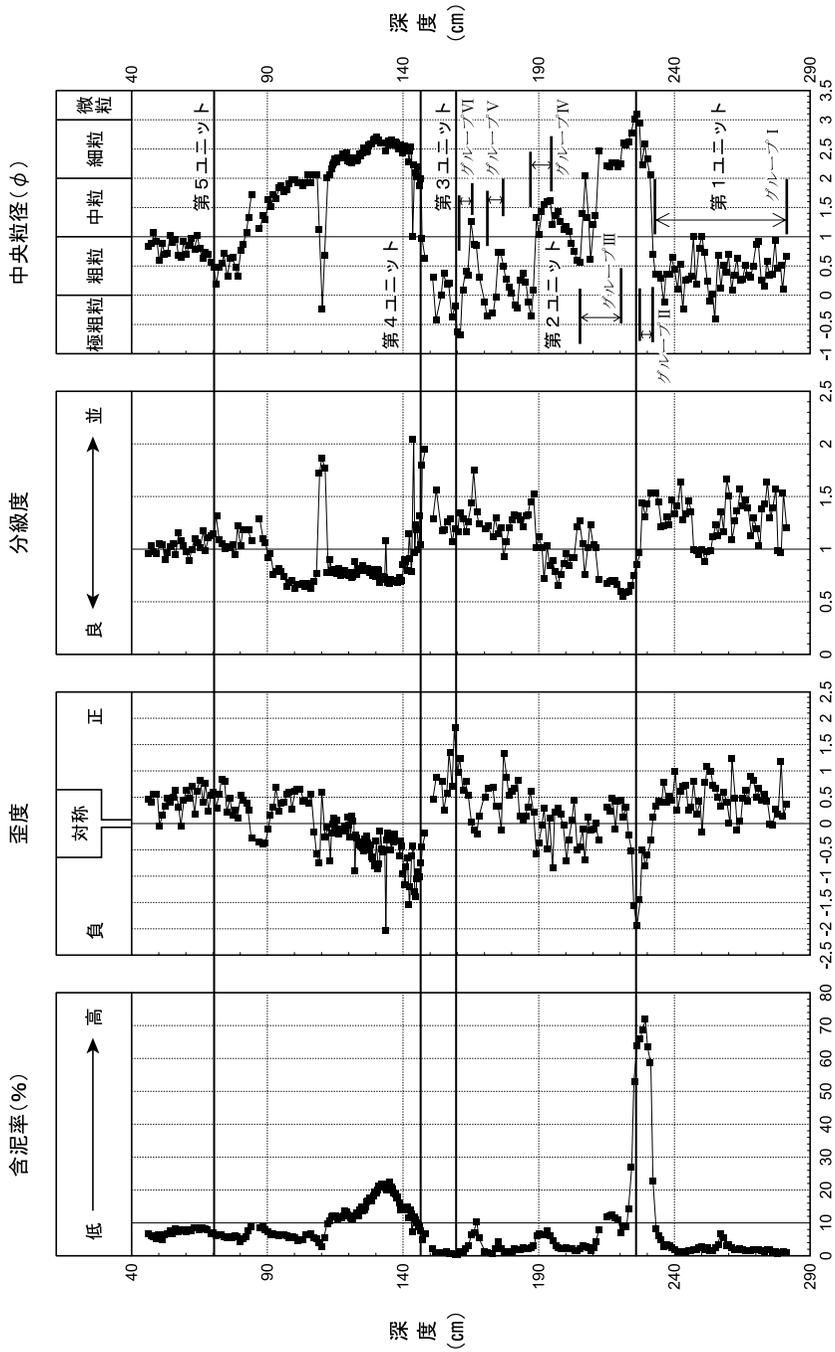


図43 T系統の粒度特性の垂直変動

粒度分析データ

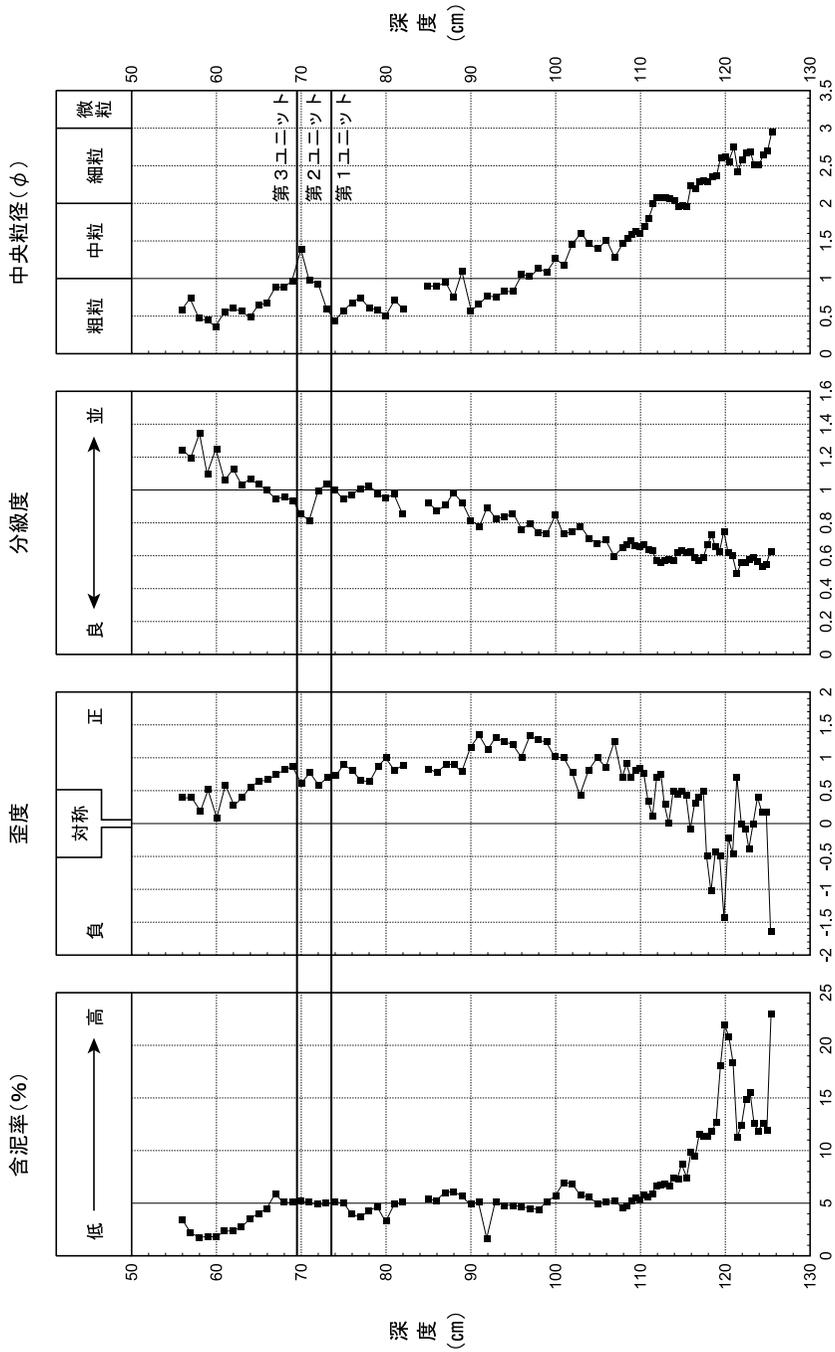


図44 L系統の粒度特性の垂直変動