



Title	泥炭の長期圧密挙動
Author(s)	梅田, 安治; UMEDA, Yasuharu; 井田, 充則 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 16(1), 62-69
Issue Date	1988-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/12085
Type	departmental bulletin paper
File Information	16(1)_p62-69.pdf



泥炭の長期圧密挙動

梅田安治・井田充則

(北海道大学農学部農業工学科土地改良学教室)

(昭和62年12月28日受理)

Behavior of Peat in Long-Term Consolidation

Yasuharu UMEDA and Mitsunori IDA

(Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

I. はじめに

泥炭地の地盤沈下をみると、齊一に沈下するのではなく著しい不等沈下が生じている。これは泥炭の特殊性、すなわち植物残体を構成素材としているため、間隙が極めて大きく素材とともに不均一であり、場所によってそれらが著しく異なっているためである。地盤沈下の原因である排水などともなう表層地盤の載荷荷重は微小であるが長時間継続するものである。また、泥炭は構造的に構成素材となっている植物残体自体が荷重で変形すること、間隙構造が二重構造になっていることなどから沈下現象は極めて長時間にわたるものである。

いま、一般的にいわれる二次圧密現象も一次圧密と同時併行的に進行しているなど極めて特異な現象を生じているようである。

泥炭地の沈下現象解析するための基礎資料を得る方法の一つとして長時間にわたる圧密試験を行い、その圧密沈下現象の解析をこころみだ。すなわち泥炭の長期圧密試験を行い、その圧密沈下挙動を泥炭の構造・物理的特性・構成植物・排水履歴などに関する比較検討から、パターン化した。

II. 泥炭の構造と圧密現象

一般的な粘土の圧密沈下現象をみると、まず載荷重によって生ずる過剰間隙水圧ともなう排水により沈下が生じる。過剰間隙水圧消散後構造の変化ともなう沈下、いわゆる二次圧密沈下が発生する。

泥炭は普通土と異なり間隙の構造が二重であり、構成素材自体も載荷で変形する程度の強度で、それも各種異なり不均一のものである。すなわち泥炭は圧密沈下挙動

が極めて複雑であり、構成植物によって圧密沈下挙動が異なることが考えられる。いま、泥炭の圧密沈下現象をみるために泥炭を内・外の間隙があり、そのもの自体も強度を持ったカップの乱積み状態によるモデルとして考えることにする¹⁾。

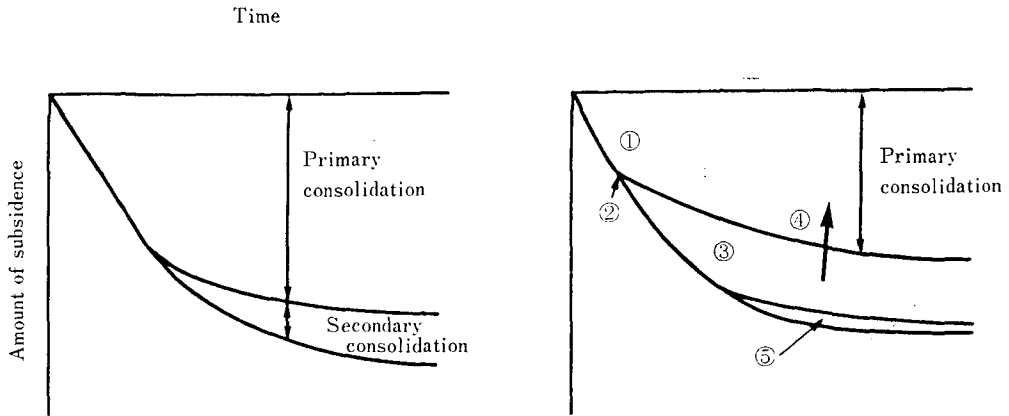
いま初期状態では泥炭の間隙は構成素材の内部・外部ともに水で満たされているカップの積み上げ状態であるとする。載荷するとカップの外間隙の水を排出し、外間隙を減少することにより沈下が生じる。この沈下は一般的な粘土での過剰間隙水圧消散による圧密沈下である。しかし、その後、カップとカップが接触し合い、カップが変形し、カップ内にあった水が外間隙の方へ静かに排出される。このときも外間隙の排水は進行している²⁾。そのため内・外間隙水の排水が同時に進行していることになる。さらに時間が進むとカップ材料の大きな変形または破壊が進み、内間隙と外間隙がほぼ連続状況になり一体化することになる。間隙構造の単一化とそれともなう水の排除が進行し、圧密沈下挙動が終了状態になる。すなわち泥炭の圧密沈下現象は内間隙の排水状態、カップすなわち構成素材である植物の変形の容易さにより支配されると考えられる。

これらの状況は Fig. 1 に示すごときのものであろう。

III. 泥炭の長期圧密試験

サロベツ落合泥炭地、美唄泥炭地、月形泥炭地からブロックサンプリングによって得られた供試体により長期間の圧密試験を行った。これらの供試体にはそれぞれ高位泥炭、中間泥炭、低位泥炭が含まれている。

供試体は室内でナイフなどにより、直径75 mm、高さ20 mmに整形された。圧密試験装置装着後、24時間放



(a) Clay

(b) Peat

- ① Drainage from outer pores.
- ② Touching of cups.
- ③ Transformation of cups, and water in cups (inner pores) is drained to outer pores.
- ④ Simultaneous drainage both from outer and inner pores.
- ⑤ Unification of pore structures due to transformation (or destruction) of cups and simultaneous drainage, and its completion.

Fig. 1. Consolidation behaviors.

Table 1. Physical properties of peat and subsident pattern classification

	Specific gravity	Ignition loss	Degree of decomposition	Initial void ratio	forming plant	0.1 kg/cm ²	0.4 kg/cm ²
Bibai 1	large	small	middle	low	Reed Osmunda	①'	①
Tsukigata 1	large	small	low	low	Middendorf Sedge Sphagnum		②
Tsukigata 2	middle	large	low	middle	Bog Cranberry Sedge spp.		
Sarobetsu 2	middle	middle	high	middle	Sphagnum	②'	
Bibai 2	middle	large	middle	middle	Bog Cranberry Middendorf Sedge		③
Bibai 3	small	large	middle	middle	Molinia		
Bibai 4	middle	large	low	middle	Sphagnum·Reed Bog Cranberry		
Bibai 5	middle	large	low	middle	Reed		
Sarobetsu 3	large	large	low	high	Sphagnum·Bog Cranberry		
Sarobetsu 4	large	large	low	high	Sphagnum·Bog Cranberry		
Sarobetsu 5	middle	large	low	high	Sphagnum·Bog Cranberry		
Sarobetsu 6	middle	large	middle	high	Sphagnum		
Sarobetsu 1	middle	large	low	middle	Reed arborous		

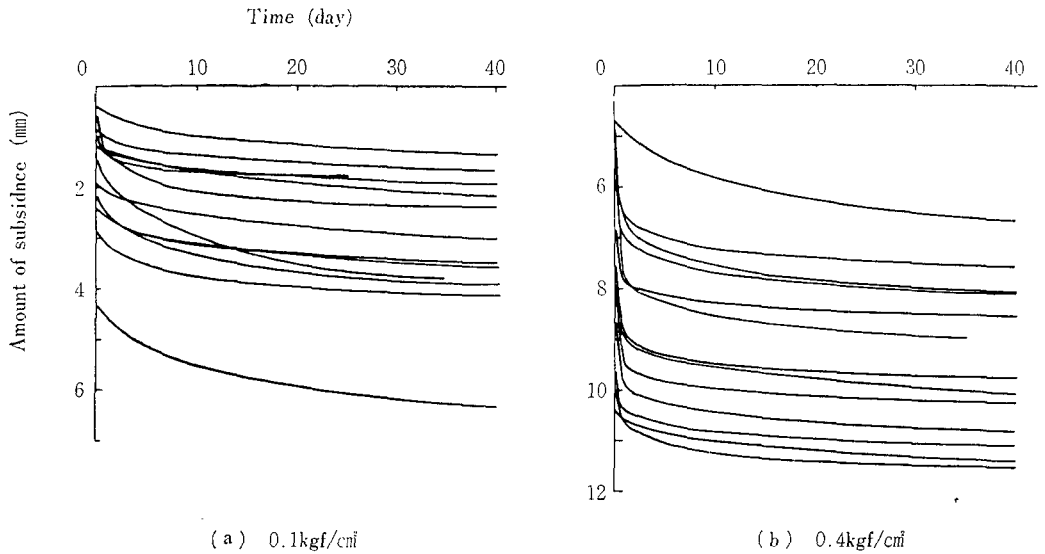


Fig. 2. Consolidation test result.

置され、さらに圧密の安定化をはかるため 0.05 kgf/cm^2 で24時間予備載荷を行った後、本試験を行った。

試験は長期間圧密した場合の圧密沈下挙動を知るために行われたものである。そのため JIS A 1217 の圧密試験に準じているが、載荷荷重は 0.1 kgf/cm^2 と 0.4 kgf/cm^2 を一定にしたまま40日間継続して測定したものである。これらの供試体はサロベツ泥炭地から6点、美唄泥炭地から5点、月形泥炭地から2点の計13点のものである。供試体の物理的特性は Table 1 に、試験結果は Fig. 2 に示すごときものである。

圧密沈下における現象の概略について述べれば、沈下量は間隙比に大きく影響されている。間隙比が大きいほど沈下量が多く、間隙比が小さくなるにしたがい沈下量は少なくなっているといえる。さらに圧密沈下挙動をみるため初期間隙比、分解度、構成植物などの物理的特性との関係を見ると、以下の如きものがある。

(1) 荷重が 0.1 kgf/cm^2 の場合

長期圧密領域における圧密沈下挙動は有機物含有量に大きく影響を受けている。有機物含有量が多いほど圧密沈下が長期にわたり、有機物含有量が低下するにつれて、沈下量は減少し、圧密沈下も早く終了する。排水履歴がある試料では沈下量が小さく、圧密沈下挙動が早く終了する。これは排水にとまらぬ乾燥過程において密度が増加したこと、構成素材の強度が増加により圧縮強さが大きくなったためと考えることができる³⁾。いま、試料の中で排水履歴があるのは美唄1、月形1、月形2である。

(2) 荷重が 0.4 kgf/cm^2 の場合

長期圧密領域における圧密沈下挙動は分解度の影響を大きく受けているといえる。また、構成植物からみるとミズゴケ泥炭とそれ以外の泥炭に分けることができる。すなわち、ミズゴケ泥炭は初期間隙比が大きく、沈下量が他の試料と比較して非常に大きい。このことからミズゴケ泥炭は載荷直後に大きな圧密沈下をみせる。分解が進んでいないものは初期にほとんど圧密沈下が生じ、圧密沈下の終了が早い。分解が進むにしたがい間隙が急激に減少し沈下量が減少するとともに圧密沈下が長期にわたって継続するようになる。これは分解によりミズゴケの特性の変化とともに他の構成植物の圧密沈下挙動に影響していくためと考えられる。一方、ミズゴケ泥炭以外の場合、圧密沈下挙動は分解が進んでいないと長期にわたり、分解が進むにしたがい終了が早くなるといえる。とくにヨシが入っていると沈下量はあまり大きくなり、長期にわたって圧密沈下が継続している。

なお、一般的にみるならば間隙比はミズゴケ泥炭で大きく、ヨシ泥炭で小さいことが示されている。

IV. 圧密沈下パターン

泥炭は植物遺体の堆積物であるため、構成植物が一定ではなく複雑に混在しており、またその状態も異なっているといえる。同じ材質を指標として分類している泥炭であっても、圧密沈下現象はそれぞれ異なっているとみることができる。そのため圧密沈下現象を定量化するこ

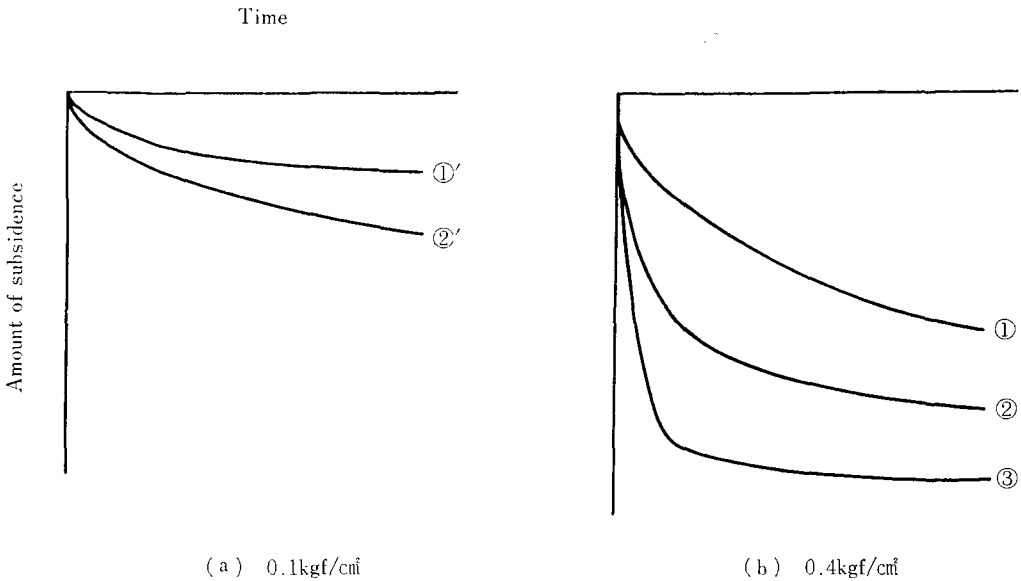


Fig. 3. Consolidation subsidence pattern of peat.

とは非常に難しいといえる。泥炭の長期圧密沈下現象を理解するためには、圧密沈下挙動のパターン化が有力な手段となるであろう。そこで圧密試験を行い、その結果からパターン化をこころみた。その圧密沈下パターンを Fig. 3 に示す。

0.1 kgf/cm² の場合

パターン①' 初期沈下量が小さく、その後はあまり圧密沈下挙動がみられない。

パターン②' 初期沈下量がやや大きく、長期圧密領域でも圧密沈下挙動が継続する。

0.4 kgf/cm² の場合

パターン① 初期沈下量がやや大きく、その後長期的に比較的大きな圧密沈下挙動を継続する。

パターン② 初期沈下量が大きく、その後は長期的に比較的小きな圧密沈下挙動を継続する。

パターン③ 初期沈下量が大きく、その後はほとんど圧密沈下が生じない。に分類することができる。

荷重が小さい場合、乾燥履歴により構成素材の強度が強くなっているときや有機物含有量が小さいときは①'のパターンになる。有機物含有量が大きいと②'のパターンになる。②'のパターンでも有機物含有量が多くなるほど圧密沈下挙動が継続し、逆に少なくなると圧密沈下挙動が終了状態になる①'のパターンに近くなるといえる。

荷重が大きい場合、圧密沈下パターンは構成植物によって異なる。大別するとミズゴケ泥炭とそれ以外の泥炭に分けることができる。ミズゴケ泥炭は分解が進んでいないときは③という独自の圧密沈下パターンを示す。これは初期間隙比が非常に大きいため沈下量が他の試料と比較して非常に多く、ミズゴケ自体が大きな荷重に対して圧縮されやすいためである。しかし分解が進むと間隙比が急激に減少し圧密沈下が長期にわたるようになり、③から②のパターンに移行する。これはミズゴケの分解が進み間隙が減少することにより他の構成植物が圧密沈下挙動に影響するようになったためと考えられる。ミズゴケ以外の泥炭は①と②のパターンに分類される。分解が進んでいないと②のパターンになり、分解が進むにつれて②から①のパターンへ移行する。特にヨシ泥炭の場合には沈下量はあまり大きくないが、長期にわたって大きな圧密沈下が生じている。そのため①のパターンに近くなるといえる。各泥炭の荷重の大小に対する圧密沈下パターンを組み合わせると①'と①、①'と②、②'と②、②'と③の組み合わせに分けることができる。すなわち圧密沈下パターンからみると、小さい荷重ではあまり圧密沈下しないものは、大きい荷重になると比較的大きな圧密沈下挙動を継続するものと比較的小きな圧密沈下挙動を継続するものに分けられる。また、小さい荷重で圧密沈下挙動が継続するが、大きい荷重では初期に大きな圧密沈下の後、比較的小さ

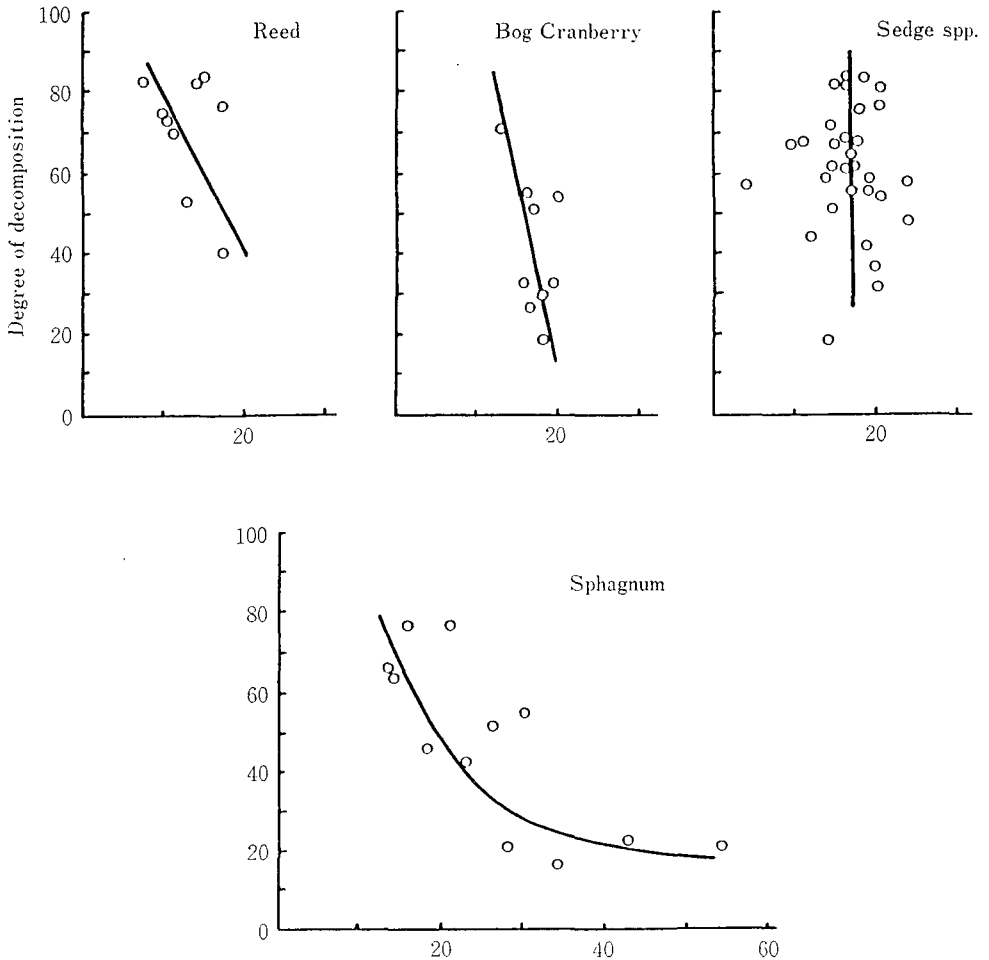


Fig. 4. Relationship between degree of decomposition and initial void ratio.

な圧密沈下挙動を継続するものと、圧密沈下が継続しないものに分けることができるであろう。

IV. 構成植物と圧密沈下特性

(1) 構成植物と間隙比の関係

北海道内の23地点から得られた90個のデータによりその主なる構成植物をパラメータとして分類し、分解度と間隙比の関係をみるとFig. 4のごときものとなる^{4,5)}。

ミズゴケを主要な構成植物とする泥炭では、間隙比は分解が進んでいないときは非常に大きく他の構成植物と比較してミズゴケの間隙比は大きいといえるが、分解が進むと急激に減少する。これはミズゴケ泥炭が分解の進んでいない時その葉部の構造上、特に大きな間隙が形成される。スポンジのように水を含むことになる。分解が

進むにつれて先ず葉部が細片化して、さらに茎部も細かくなり、みそ状になっていくため、分解による間隙の減少が著しくなる。

ヨシ泥炭では分解が進むにつれて間隙が減少する。これはヨシは茎が大きな管状であるため、初期堆積状態の間隙比はやや大きくなるが、これが分解とともに押しつぶされたようになり、また表皮だけの状態になるためである。しかし、ミズゴケに比べて初期間隙比があまり大きくなく、この傾向は小さいといえる。

ツルコケモモが主構成植物となっている泥炭も分解が進むにつれて間隙が減少する。しかし、その傾向はヨシよりもさらに小さくなる。これはツルコケモモは茎が針金状になって絡み合っているため、初期堆積状態の間隙比もあまり大きくならず、葉や毛根が分解しても茎の状

泥はあまり変化せず、間隙比の低下は少ないのである。

スゲ類を主構成植物とする泥炭では、間隙比は分解度とあまり関係がなく、15程度を中心に分布している。これはスゲは葉茎部が多数密な株状になっているためである。

いずれの泥炭でも程度に差はあるが分解が進むにつれて間隙比は減少している。間隙比の減少は沈下量の減少の要因である。すなわち構成植物の分解の程度が沈下量に影響しているといえる。その度合はミズゴケで大きく、ヨシ、ツルコケモモ、スゲの順で小さくなっている。

(2) 生成過程と圧密沈下特性

泥炭は一般に、生成過程により、高位泥炭、中間泥炭、低位泥炭と分類されている。これらを水分供給を停滞状態か流動状態か、泥炭が水中で堆積していく陸化型か、地下水面上すなわち地表面上で堆積する湿地化型かによ

って Fig. 5 のように模型化することができ、泥炭地の沈下特性と対応させうることを先に報告した⁶⁾。すなわち、同じ高位、中間、低位泥炭であっても、生成過程の違いにより、沈下圧縮特性が異なっている。そのため、泥炭を生成過程により、圧縮特性を主体として分類すると、Fig. 6 のように分類できる。そのときの主な構成植物は Table 2 に示すときである。これらの分類により圧密圧力の小さい範囲での圧縮量を比較すると、

$$\bar{A} > B > C' > C \approx A > B' \approx A'$$

の順としている。また、生成過程のコースごとに、一般的な圧縮沈下量をみると、C コース、B コース、A コースの順に小さくなっていく傾向がみられた。すなわち、上載荷重の小さい状態における泥炭の圧縮性は生成過程をも考慮にいれて構成植物の影響が支配的であることがわかつてしている⁶⁾。

この考え方と今回の圧密沈下パターンとの適合性を検討

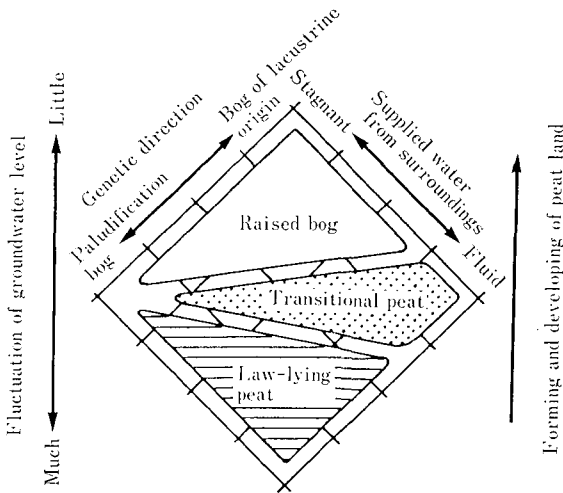


Fig. 5. Genetic pattern of development and forming of peat ladd.

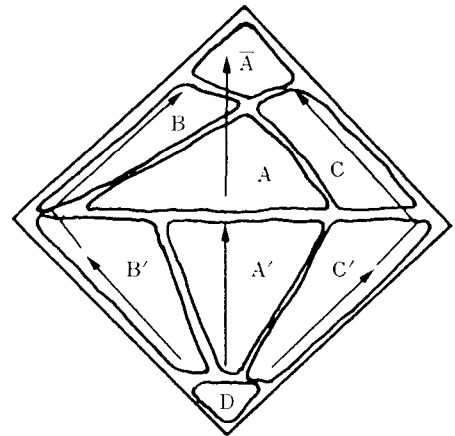


Fig. 6. Classification of peat by forming courses.

Table 2. Application of sample forming course and forming plant

Forming course	forming plant	sample
\bar{A}	Sphrgnum (involved in the green)	Sarobetsu 2, 3, 4, 5, 6
A	Bog Cramberry, Sedge, Sphagnum	Tsukigata 1, Bibai 2
B	Sphagnum, Reed	Bibai 4
C	Sedge, Bog Cramberry, Arboros, Sphagnum	Tsukigata 2
A'	Reed, Arboros	Bibai 1, Sarobetsu 1
B'	Reed (highly decomposed)	
C'	Reed, Molinia, Arboros	Bibai 3, 5
D	Mixing of much mineral soils	

してみることにする。この研究に用いた試料をこの分類に当てはめると Table 2 のようになる。すなわち \bar{A} にはサロベツ 2, 3, 4, 5, 6, A には月形 1, 美唄 2, B には美唄 4, C には月形 2, A' には美唄 1, サロベツ 1, C' には美唄 3, 5 となる。この場合の沈下量も上記の順と一致している。また、同じ分類内においては分解が進むほど沈下量が減少しているといえる。圧密沈下パターンを合わせて考えると、載荷荷重が小さいとき A コース, B コース, C コースともに生成過程では ②' のパターンに当てはまり、生成過程が進むにつれて圧密沈下が長期にわたるといえる。泥炭地で排水が行われ、生成過程が終了すると、①' のパターンになる。荷重が大きくなると生成過程のほとんどの状態で ② のパターンを示すが、 \bar{A} に分類され、分解があまり進んでいないときのみ ③ のパターンを示す。また、C コースの沈下量が他のコースの沈下量に比べて大きいといえる。排水が行われ生成過程が終了した状態では比較的大きな圧密沈下挙動が長期的に継続し、① にパターンに近くなる。

これらのことから、今回の圧密特性にもとづく圧密沈下パターンに先の沈下特性による泥炭の生成過程分類がよく合致しているといえよう。

VII. おわりに

初期圧密沈下量は間隙量に影響され、またその後の圧密沈下量挙動は載荷荷重と構成素材の強度に支配されているといえる。

軽い荷重では有機物含有量が多いと圧密沈下が長期にわたり、少ないと短い期間で終了する。また、排水履歴がある場合には圧密沈下挙動が短い時間で終了している。これは乾燥履歴で構成素材の強度が増しているためモデルとしてはカップの変形や破壊があまり生じないためと考えられる。

このことから軽荷重での圧密沈下挙動は間隙水の排水状態によって異なっていると考えられる。荷重が軽い場合カップはある程度までしか変形せず、カップの強度と載荷が釣り合ったところで圧密沈下挙動が終了する。そのため有機物含有量が多いほど圧密沈下挙動が長期間持続し、排水履歴によって先行荷重による影響を受けている場合や木質泥炭のように構成素材の非常に強い場合には圧密沈下挙動が早期に終了するといえる。また構成素材の強度が載荷荷重に対して大きい場合、圧密沈下は終了してしまう。このことは構成素材の強度が強いツルコケモモについていえる。

荷重が大きくなると圧密沈下挙動は分解度の影響を大

きく受けている。すなわち構成素材の強度に対して荷重が大きくなるため、素材の強度に大きく影響している分解度に対応すると考えられる。分解が進むと初期に大きく圧密沈下されやすくなり、その後の沈下量は少なくなり、逆に分解が進んでいないと圧密沈下は長期にわたると言える。構成素材の強度が大きいとき、徐々に構成素材の変形が起こり、内間隙水と外間隙水の排水を同時に行いながら圧密沈下挙動が生じていると考えられる。カップモデルで考えると、載荷荷重に対してカップの自体の強度のため一度に破壊することなく、徐々に変形しながら圧密沈下挙動が進んでいると考えられる。

ミズゴケが主構成素材となっている場合、有機物含有量が多く分解が進んでいない泥炭はカップの強度が小さいため、載荷後急激にカップの変形破壊が生じ、その後の間隙構造の単一化と水の排水が進行し、圧密沈下挙動が生じていると考えられる。分解度が 50% 程度になると沈下量は極度に小さくなり、初期圧密沈下の後大きな圧密沈下挙動が持続する。このことからミズゴケ泥炭は分解が進むと他の要因に圧密沈下挙動が影響されると言える。

泥炭はその構造が内外の間隙を持った二重構造をしている。また構成素材自身が変形・破壊の可能性があるので種々の圧密沈下挙動を示す。このことは泥炭地の沈下を考えるに当たって大きな問題となる点である。そこで泥炭の長期圧密試験を行い、荷重条件、間隙比、分解度、構成植物などを考慮にいれながら圧密沈下挙動をいくつかのパターンに分類することは泥炭地の沈下現象を解析するにあたり大きな手がかりを得たといえよう。

この研究をすすめるにあたり御協力いただいた土地改良学講座の各位、また種々の御討議いただいた清水雅男氏に感謝します。

引用文献

- 1) 梅田安治・平岡秀展：泥炭の乾燥履歴と圧密特性について、土質学会北海道支部技術報告資料第 20 号 (1980)
- 2) 萩野治雄・能登繁幸・島谷登・後藤彰：泥炭の長期圧密試験について、土木試験所月報 No. 364 (1983)
- 3) 梅田安治・滝田一喜：排水にともなう泥炭の強さの変化、農業土木学会論文集, 72 (1977)
- 4) 梅田安治・神谷光彦：泥炭の土質特性の指標としての構成植物、農業土木学会論文集, 121 号 (1986)
- 5) UMEDA, Y. *et al.*: 泥炭の構成植物と圧密特性、土質学会北海道支部技術報告集第 25 号 (1985)

- 6) 梅田安治：日本の特殊土壌—泥炭—，農業土木学会誌，52(4)，(1984)

Summary

Considerable irregular ground subsidence often occurs in peatland. This is mainly due to the extremely large pores in peat, which vary from location to location with the dead plants that make up the peat. The subsidence of peat continues over long periods as peat components are transformed by loads, and as peat has a double

pore structure. Long-term consolidation tests of peat were performed as a method to obtain basic data of the subsidence behavior for analysis. The data included ignition loss, degree of decomposition, initial void ratio, plant composition and drainage history. Under light loads, the data divides into two patterns, and under heavy loads, into three. The amount of subsidence is influenced by the void ratio, and subsidence changes related with light loads is ignition loss and with heavy loads it is the degree of decomposition.