



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	土壌情報システムを利用した土壌資源評価に関する研究
Author(s)	神山, 和則
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第4805号
Issue Date	1995-06-30
DOI	https://doi.org/10.11501/3083393
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51279
Type	doctoral thesis
File Information	000000287701.pdf



土壌情報システムを利用した土壌資源評価
に関する研究

神 山 和 則

①

土壌情報システムを利用した土壌資源評価 に関する研究

神山和則

土壌情報システムを利用した土壌資源評価に関する研究

第1章 緒論	1
1 日本の土壌調査	1
2 北海道農業試験場による土壌調査	2
3 土壌情報システム	3
4 土壌資源評価	5
第2章 土壌情報システムの確立	8
1 土壌断面情報の管理方法	8
1) 方法	8
2) 結果と考察	9
(1) 北海道農業試験場土壌調査報告書における土壌断面情報	9
(2) 土壌断面情報のファイル化	10
(3) データ検索	14
2 土壌図情報の管理方法	16
1) 方法	16
2) 結果と考察	17
(1) 土壌図データの特徴	17
(2) ポリゴンデータ	19
(3) メッシュデータ	19
(4) 地図管理システム	22
第3章 土壌資源評価のための応用土壌図作成手法の確立	24
1 データベース収録情報を用いた土壌特性図の作成	24
1) 土壌特性図の作成方法	24
2) 結果と考察	25
2 データベースに収録されていない情報の推定とそれによる土壌特性図の作成	31

1) 供試土壌および実験方法	31
2) 土壌特性図の作成方法	33
3) 結果と考察	33
(1) 現地容積重を用いた有効水分孔隙量の推定	33
(2) 土壌特性図	36
3 大縮尺土壌図作成法の確立	36
1) 大縮尺土壌図の作成方法	38
2) 結果と考察	39
4 圃場データを面的に広げる手法	45
1) 土壌特性図の作成方法	46
(1) 方法	46
(2) 結果と考察	47
2) 土壌図による圃場データの補完とその精度	49
(1) 方法	49
(2) 結果と考察	50
5 石狩泥炭地中央部における客土情報の収集と整理	53
1) 対象地域	54
2) 土壌情報システム	55
3) 客土層厚区分図の作成方法	55
4) 土地利用区分図の作成方法	57
5) 結果と考察	58
(1) 客土層厚区分図	59
(2) 土壌と客土	61
(3) 土地利用と客土	61
(4) 客土の現状に対する問題点	65
(5) 情報システムを用いたメッシュ図の作成と誤差についての検討	67

第4章 土壤資源評価図の作成	70
1 5万分の1地形図「女満別」図幅における農耕適地評価図の作成	70
1) 対象地域及びメッシュ図	71
2) 積算方式による農耕適地評価の手順	72
3) 外部尺度方式による農耕適地評価の手順	73
4) 結果と考察	74
(1) 対象地域の概要	74
(2) 積算方式による農耕適地評価	75
(3) 外部尺度方式による農耕適地評価	76
(4) 2つの方式による農耕適地評価の比較	83
2 十勝地域における大豆の生産力評価図の作成	85
1) 方法	86
2) データベース	87
(1) 収量データベース	87
(2) 位置データベース	87
(3) 土壤分析値データベース	87
(4) 地形データベース	88
(5) 調査地点気象データベース	88
(6) 土壤データベース	89
(7) メッシュ気象図データベース	89
3) 大豆収量と土壤、地形、気象との関係の解析	89
4) 収量区分図の作成	92
5) 生産力評価図の作成	94
3 石狩泥炭地における泥炭農用地の持続的利用可能性評価図	96
1) 対象地域および方法	98
(1) 対象地域	98

(2) 評価の手順	98
(3) 基本データの整備	99
(4) 評価システム	100
2) 結果と考察	100
(1) 要因図	100
(2) 評価要因の抽出	102
(3) 持続的利用可能性評価	105
(4) 持続的利用可能性を高める対策の検討	106
第5章 総合考察	109
1 土壌情報システムの作成と改善	109
2 土壌情報システムの利用技術	111
3 土壌情報システムの今後の課題	115
摘要	118
謝辞	126
引用文献	128
付図・付表	136

第1章 緒論

1 日本の土壌調査

土壌は農林業における生産基盤として、また、環境保全の分野では浄化の場として重要な位置を占める。中でも農業においては養水分保持能、植物の根の住みか等の様々な機能を持ち、それを十分に利用するため土壌の特性と分布について調査・研究されてきた。

日本における最初の体系的な土壌調査法は1882年にドイツから来日したM. FESCAによって導入されたが、地質調査に類似した採取土壌の理化学分析が中心であった（佐々木；1978）。その後、1926年にアメリカの土壌調査法を日本式に再編成した農学会法が確立された（農学会；1926）。北海道で行なわれた土壌（性）調査はこの農学会法を基本に行なわれた（音羽；1967）。

第2次世界大戦後、農業振興、生産性向上を目的とした低位生産地土壌調査事業（1947～1968年）、開拓地土壌調査事業（1948～1968年）等の多くの事業による土壌調査が実施された（阿部；1978）。全国規模の体系的な耕地・草地の土壌調査としては、施肥改善事業（1953～1961年）による水田の土壌調査とそれに続く地力保全基本調査事業（1959～1978年）がある。施肥改善事業と地力保全基本調査事業による調査は、それまでの土壌研究の成果を取り入れた土壌調査法を用いて実施され、これらの調査以前に実施された調査とは質的に異なっている。これらの事業における土壌調査は全国規模で実施されたが、用いる方法が事業ごとに異なるため相互の読み替えが著しく困難な場合が多い。一方、地域規模では、1940から1973年まで北海道において農牧地および農牧適地を対象に土壌調査が行なわれた（瀬尾他）。この土壌調査については後述する。

これらの土壌調査の成果は、農用地の開発や土地改良の政策決定に広く利用された

(菊地；1983)。これは低位生産地土壌調査事業，開拓地土壌調査事業のように土壌調査の目的が土地改良対策であったこと，あるいは地力保全基本調査事業のように公表される成果として，基本土壌図の他に生産力阻害要因および地力保全対策図等が作成されたことによるところが大きいと考えられる。しかし，個別経営規模の土壌環境が問題になる生産現場においては，十分に利用されていないのが現状であり，いくつかの問題点が指摘されている（三好；1978，梅村；1983）。主な問題点は次のように整理できる。(a)土壌調査の専門以外の人々にとって土壌情報，基本土壌図を解釈することが難しい。(b)土壌情報と生産力を関連づける方法があまりない。(c)土壌調査において収集される情報が静的情報であるのに対して生産において必要な情報は動的情報である。(d)現在公表されている土壌図の図示単位に包含土壌と複合土壌の概念がないため，土壌図と現地の土壌が必ずしも一致しない。

これらを解決するためには，土壌資源を的確に評価すること，および土壌情報，土壌図の解釈を補助する手段，すなわち，土壌情報から利用者が必要とする情報を簡単・迅速に提供する手段を確立することが必要である。本研究では，この視点から土壌情報システムを構築し，活用方法を示すとともに，土壌情報の加工と土壌資源の可能性評価を行なう手法について検討した。

2 北海道農業試験場による土壌調査

北海道では開発を進めるうえから土壌調査の必要性が早くから認識され，1912年に，北海道農事試験場の浦上啓太郎によって特殊土壌（泥炭地と火山灰地）の予察調査が行なわれ（北海道庁；1910），引き続いて1928年まで特殊土壌調査が実施された。この特殊土壌調査によって泥炭地，火山灰地の調査法が確立し，これらの調査法を導入することによって前述の農学会法による土壌調査法の欠点を克服し，北海道独自の調査法に発展した（音羽；1967）。特殊土壌調査に引き続き，1929年から1943年

までは土壌統調査と呼ばれる普通地における土壌分布の概略調査が行なわれ、この調査に基づき100万分の1特殊土壌地帯概略図が作成された（瀬尾；1951）。第2次世界大戦後、5万分の1土壌図の作成を目的とした土壌調査が実施された（1946～1973）。この土壌調査は調査期間が長期にわたり、その間に新たな土壌調査手法の導入や土壌分類体系の改善（北海道土壌分類委員会；1979）が行なわれたが、前述のように農学会の土壌調査法を基本とする体系的な調査であることに変わりはない。これらの成果は北海道農業試験場土壌（性）調査報告として公表され（瀬尾他；1951～1989）、その集大成として60万分の1土壌図が編集された（北海道農業試験場；1985）。

北海道農業試験場の土壌調査では、地質、地形や土性、湿性の程度、土色などの断面形態によって土壌区が詳細に規定されている。また、調査範囲に将来農地として利用される可能性のある場所を含んでいる。したがって、生産性向上や土壌改良等の具体的対策を考慮した地力保全基本調査等の事業による土壌調査と異なり、より基礎的な土壌学的立場を重視した土壌調査であった。本研究の中縮尺（5万分の1～20万分の1）レベルの土壌資源の可能性評価には主に北海道農業試験場の土壌調査で得られた土壌情報を利用した。

3 土壌情報システム

地理情報システムは空間的あるいは地理的な座標値によって参照される情報を収集、保存、分析し、目的に応じた出力を行なう一連の操作と定義付けられる（STARら；1992）。したがって、手作業によるものも含まれるが、多量の情報を扱うことが多いので、狭義にはコンピュータを利用して行なう操作と考えられる。土壌情報システムは地理情報システムの中で特に土壌情報に焦点をあてた情報システムである。

1975年に土壌情報システムに関する国際土壌学会作業部会の最初の会議が行なわれ

た。この会議はデータベース管理システム、自動図化およびそれらの方法論に関する検討を主目的とするものであった（BIEら；1975）。その後1983年までに6回の会議が開かれた。第6回の会議ではデータベース管理ばかりではなく地質統計学と空間分析、土地評価、リモートセンシングへの応用といった内容に広がり、土壌情報システムの分析、評価の道具としての有用性が示された（BURROUGHら；1983）。国レベルでは1972年からカナダで実用化へむけた作業が開始され（DUMANSKIら；1975）、ヨーロッパ諸国、オーストラリア、アメリカ合衆国等でも研究が始められた。

日本においても初めにKOSAKIら（1981a, 1981b, 1982）が小地域を対象とした実験的な研究を行なった。また、加藤（1988）は地力保全基本調査事業による土壌情報を用いて国レベルの土壌情報システム（JAPSIS）の確立についての研究を進めてきた。また、営農レベルの要請に対応するためにJAPSISの土壌図情報を10分の1細密（100m）メッシュへ変換する試み（伊藤ら；1992）、あるいはスキャナーで取り込んだ地図を直接利用（安田；1991）する試みがなされた。同時に土壌調査以外の手段による広域的な土壌情報の収集方法としてリモートセンシングを利用するための研究が進められてきた（畠中ら；1989, 志賀ら；1989）。

一方、情報システムの確立に関する研究は気象学、地理学の分野においても進められている。これまでに標高、傾斜、行政界、河川流路、土地利用等のデータが国土数値情報として整備されている（矢口；1990）。国土数値情報のデータは1kmメッシュを基礎とし、その4分の1（250m）メッシュまでの情報を含むが、国土地理院では50mメッシュの数値地図の整備（稲葉；1993）を進めており、土壌資源評価の基礎データとして利用可能である。また、気象学の分野においても基準（1km）メッシュサイズの気温、降水量、日照時間、水力、風力、日射エネルギー等が国土数値情報と気象観測データから計算、整備されてきた（前田；1986, 岡本ら；1989）。土壌情報

に気象，地形情報を加えることによって，多くの分野で土壌情報を有効に利用することが可能になり，将来，土壌情報システムから地理情報システムへと発展していくものと考えられる。

これらの地理情報はデータの均質性を考えると国レベルでの一元的管理が望ましいが，地理情報の地域性，利用の簡便性を考えると地方分散型管理が望ましい。特に，わが国のように地理的条件の変動が激しい地域で，市町村レベル以下の小地域の問題を扱う場合には，地方分散型管理が有利である。本研究では，後者の立場からパーソナルコンピュータを用いた情報システムを利用するための方法論の検討を試みた。ワークステーションレベルでは，近年，商業ベースの高機能地理情報システムのソフトウェアも多く市販されているが，利用のための方法論に関する検討は不十分である。

4 土壌資源評価

近年，日本において農業を取り巻く環境は大きく変化した。1970年から始まった減反政策による水稲の作付け制限は，農業的土地利用の水田から畑への変化を促進した。しかし，水田と畑では作土層の厚さ，透水性や排水の良否等，要求される特性が著しく異なるにもかかわらず，土壌の特性を考慮した畑転換はあまり行なわれていない。その結果，細粒質土壌では碎土・排水不良等の問題が生じた（前田；1986）。また，泥炭土では地盤沈下によって地表面が数mも沈下し，農地基盤の維持が困難になってきた（MIYAJIら；1995）。

このような変化にともなう問題に対応するためには，土壌，地形，気象等の自然条件や社会条件に応じた適切な土地利用を行なうことが重要になってくる。そのために生産性ばかりでなく多様な視点から土壌資源を評価し，その評価に基づいて土地資源を評価することが必要である。

これまでに土壌資源の評価に関する研究として農林水産技術会議の「畑土壌の生産力に関する研究」（農林水産技術会議事務局；1962）、「草地土壌の生産力に関する研究」（農林水産技術会議事務局；1967）等があり，これによって耕地土壌の生産力可能性分級がまとめられた．この分級では主に基準項目の制限性，阻害性の有無によって等級が決定される．国土庁の20万分の1土地分類図（国土庁土地局）における土壌生産力分級図はこの生産力可能性分級に基づいて編集された．全国の地力保全基本調査を取りまとめた結果（土壌保全調査事業全国協議会；1991）によれば，生産力可能性分級による日本の耕地土壌の等級値はII等級，III等級が95%以上を占めている．このため分級の持つ意味が薄れ，環境保全機能，地理・気象条件，最大可能収量等を基準に追加した新しい分級法が提案されている（橋本ら；1994）．

土壌資源に地形，気象資源を加えた土地資源の評価については多くの研究が行われてきた（VANDIEPENら；1991）．農林水産技術会議は1964年に「土地利用区分の手順と方法」を提案した．これによると最初に土地分類を行ない，これに基づいて土地分級を行ない，分級結果から土地利用区分を行なう．土地分類，特に自然立地的土地分類においては地域的には中気候区が，地域内では土壌，地形，小気候が重要な因子となっている．

1976年にFAOは「土地評価の枠組み」を発表した（FAO；1976）．「土地評価の枠組み」では土地評価を土地を特定の目的に使用する場合にその土地の働きを査定する過程と定義している．これに基づいて，(1)土地適性は特定の土地の使用について評価される，(2)評価には利益と費用の比較を必要とする，(3)学際的な手法を必要とする，(4)評価は自然，経済，社会的背景に関連して行われる，(5)適性度は持続性を前提とする，(6)評価は複数の土地利用の比較を含む，という6つの原則が規定されている．しかし，可能な土地利用や土地評価の目的の多様性のために，これらに適用可

能な土地評価体系を示していない。すなわち、この「土地利用の枠組み」では国レベルあるいは地方レベルでも適用可能な土地評価の原則、概念、作業手順等を提供しているだけである。

一方、土地そのものの評価と異なる視点として、環境アセスメントのように開発が自然環境に及ぼす影響を評価することの重要性も示されている（佐久間；1978）。

土地評価では多くの要因が用いられるが、要因が多くなると作業量が膨大となり、手作業では長時間を要するだけでなく、誤りの発見と修正が著しく困難である。特に、地図の重ね合わせによる評価図の作成は熟練を要し、所要労力も大きい。このため、多様な視点に基づいた評価図を数多く作成することは事実上不可能で、異なる視点からの評価が難しい。

土壌情報システムを利用することによって、長時間を要する重ね合わせをコンピュータで代行することができる。これまでに、JAPSYSの情報をもとにブドウ生育適地図の作成（加藤；1986）、大麦の生育適性区分図の作成（北田；1989）が試みられた。また、土壌情報に気象・地形情報を加えた作物別潜在的生産力評価図の作成（東北農試総合研究第3チーム；1992）が試みられている。

第2章 土壌情報システムの確立

1 土壌断面情報の管理方法

土壌は3次元的に分布しているため、蓄積される土壌の情報は垂直方向と水平方向の情報から成り立っている。垂直方向の情報としては、試坑地点における断面の層位ごとの形態に関する情報（断面データ）—色，土性，構造など—，各層位の分析値の情報（分析値データ）—有機物含量，可給態りん酸など—がある。さらに，水平方向の情報との接点の情報として試坑地点に関する情報（地点データ）がある。今後これらの断面データ，分析値データ，地点データをまとめて土壌断面情報と呼ぶ。一方，水平方向の情報としては同じ土壌型（土壌区）の分布を表す情報（土壌図データ）がある。本節では北海道農業試験場が縮尺5万分の1の精度で行なった土壌調査のデータを用いて土壌断面情報の蓄積，管理を行なう土壌データベースを構築し，データ構造，データ蓄積，検索等について検討した結果を述べる。土壌データベースは支庁あるいは市町村レベルの利用を考慮して，ソフトウェアが扱いやすく，他機種への移植性等のよいパーソナルコンピュータを用いて作成した。土壌図に関する情報は土壌断面に関する情報と性質が著しく異なるため，土壌図の管理方法については次節で述べる。

1) 方法

北海道農業試験場が行なった土壌調査の結果を比較研究し，ケーススタディーの対象地域として宗谷支庁，網走支庁南部の2地域を選択した。対象地域は北海道内に分布する土壌型をほとんど網羅している。これらの地域についてまとめられた土壌調査報告書第22編（富岡ら；1973）および第30編（富岡ら；1987）の土壌断面記載を情報源として用いた。土壌断面情報は地点データ，断面データ，分析値データの3種に分割し，それぞれの特徴をまとめ，データベース化に必要なデータ構造，検索法，デー

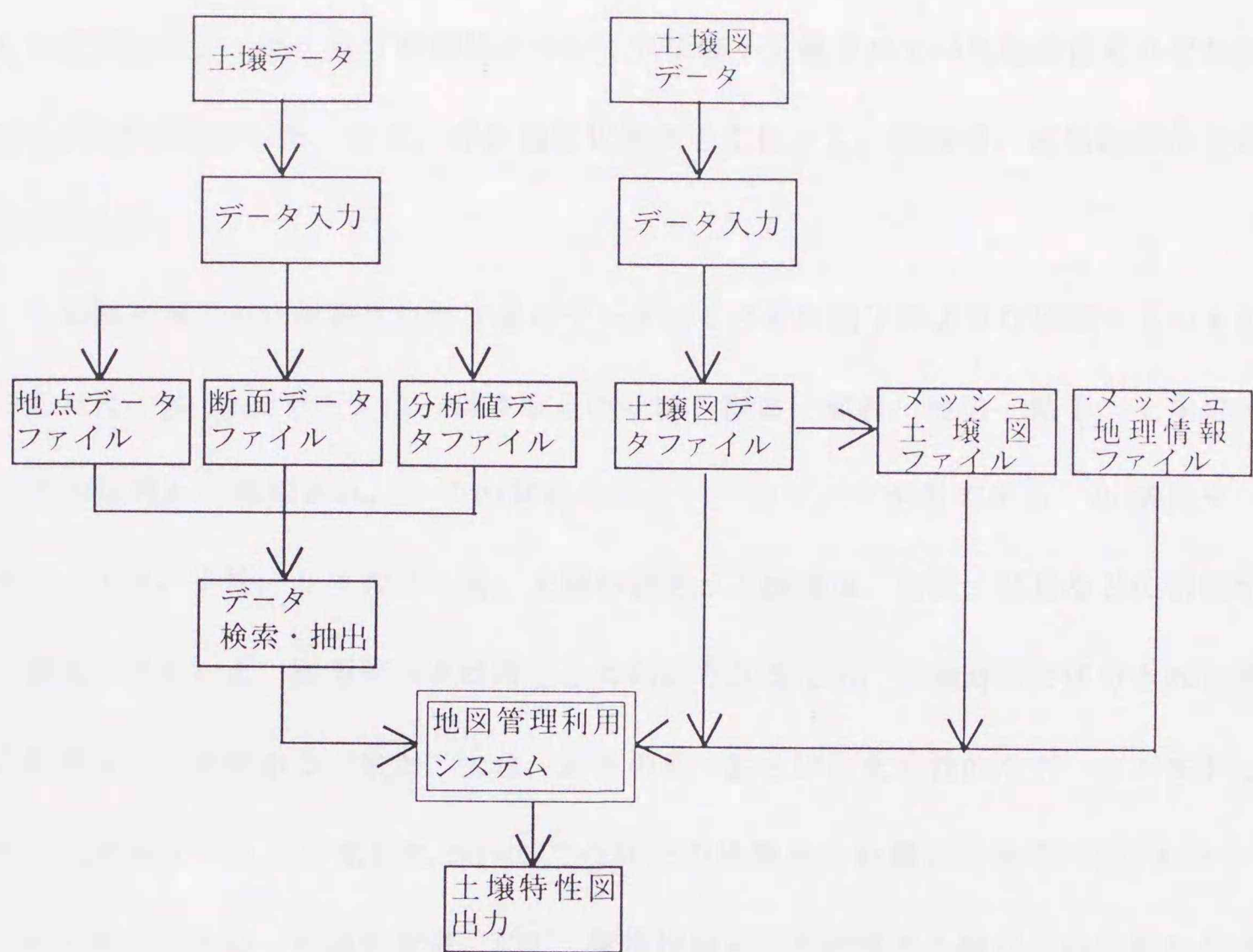


図2-1-1 土壌情報システムの概念図

タ蓄積法について検討した。次に、この検討結果に基づいて土壌情報システムを構築し（図2-1-1）、これらのデータをコンピュータに入力し、蓄積した。使用した機種はパーソナルコンピュータ（日本電気PC9801シリーズ及びその互換機）で、土壌情報システムのソフトウェアはBASICとC言語を用いて作成した。

2) 結果と考察

(1) 北海道農業試験場土壌調査報告書における土壌断面情報

用いた土壌断面データは宗谷支庁が116土壌区144地点、網走支庁南部が158土壌区271地点であった。断面記載において、両者とも土壌区の層位数の最小値は2、最大値は13、平均値は宗谷支庁で4.4層、網走支庁南部で5.2層であった。分析値は、宗谷支庁では各断面の全層位数の約71%、網走支庁南部では約58%について記載されていた。項目別にみると記載の最も少ない現地容積重のデータはそれぞれ約49%と約35%

しか記載がなかった。全ての層位について分析値が記載されていた断面はそれぞれ約19%と約13%であった。また、分析値は化学性を主体とし、物理性、鉱物組成などの項目はなかった。

土壌調査報告書に記載された3種のデータはそれぞれ以下のような特徴をもつものであった。(a)地点データは、調査地点の位置、標高、傾斜、地目・植生、土壌母材などの情報から構成され、一つの試坑地点に一つのデータが対応する。(b)断面データは、土色、土性、レキの形・量、土層の硬さ、土壌構造、斑紋・結核などの情報から構成されていた。断面データは層ごとに記述されるため、土壌断面で区分された層の数だけデータがある。また、土色、レキの形・量といった定性的なデータが多かった。定性的データは一項目について二つ以上の情報を含む場合がある(図2-1-2)。(c)分析値データは、有機物含量、CEC、置換性塩基、可給態りん酸などの情報から構成される。分析値データは断面データ同様に区分された層の数だけデータがあり、全て定量的データである。

(2)土壌断面情報のファイル化

最初に、土壌断面データのためのデータファイルの構造について検討した。地点

(34) 土壌区土層断面

- Ap 0~17cm 黒褐色(10YR3/2)。腐植に富む埴壌土(LiC)。弱度粒状および塊状構造(2~10mm)。内孔多。粘着。可ソ性中。湿りやや湿。ち密度疎(18)。
- Bmo 17~40cm 褐色(10YR4.5/4)。腐植を含む埴壌土(LiC)。弱度塊状構造(3~10mm)。内孔やや多。粘着。可ソ性中。湿り湿。鉄さび(7.5YR4/6)、灰色斑(10Y6/2)含む。腐植被膜上半部含む。下半部あり。ち密度疎(7)。
- IICg 40cm~ 灰色(5Y5/1)。砂壤土。単粒構造。内孔中。粘着。可ソ性小。湿り潤。鉄さび含む。ち密度疎(16)。

図2-1-2 土壌断面の記載例

(富岡ら(1973)より引用、下線は筆者)

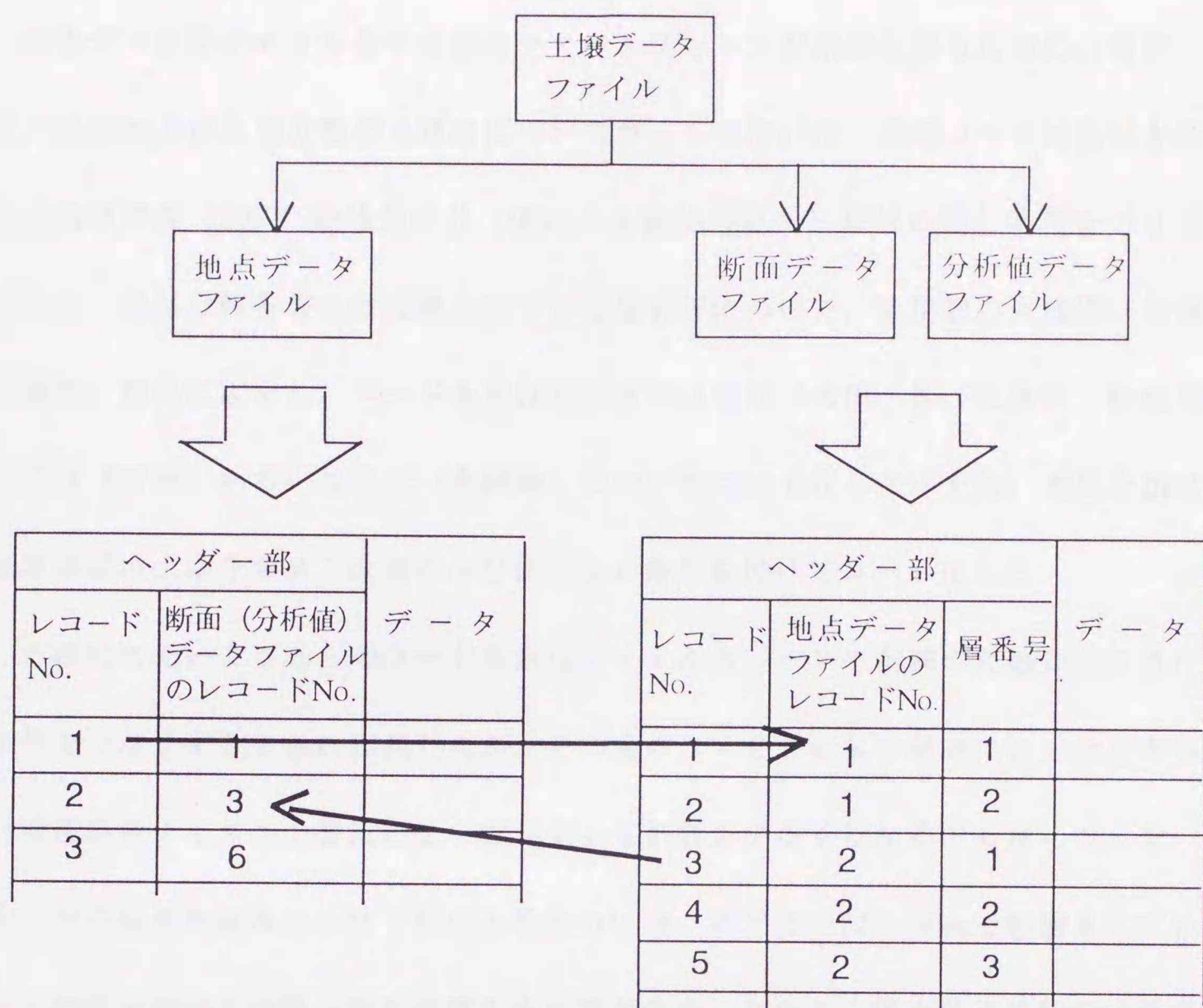


図2-1-3 土壌データファイルの構造

データは各土壌区に唯一であるため、1レコードに1土壌区を対応させたサブファイルに蓄積する。このサブファイルは同時にインデックスファイルとして利用する。一方、断面データ及び分析値データについては、各土壌区の層数は2～13と幅がある。そのため、各土壌区の層位ごとの断面データおよび分析値データをまとめて1レコードとした断面・分析値サブファイルを作成し、層数に応じてレコード数を変える方法を用いた。このことによって、無駄なファイルスペースが生じることを防ぐことができる。各土壌区のレコード数は層数によって異なるため、地点データサブファイルと関係付けをするためのヘッダーが必要になる（図2-1-3）。このようなファイル構造は、調査地点をはっきりさせることによって、都道府県別といった小～中縮尺土壌図だけでなく圃場単位の大縮尺土壌図にも共通に利用することが可能である。

地点データをファイル化する際にファイルスペースの削減を図るために、地形、母材、植生および土壌分類の4項目についてコードを用いた。地形コードは農林水産技術会議事務局（1987）の地形区分（面による微地形区分）単位に通し番号をつけて設定した。母材は報告書中に記載されている岩石等について、堆積岩、火成岩、非固結堆積物、泥炭に区分し、コードを付けた。植生は地目（水田、畑、転換畑、林地等）と作目（耕地）あるいは植生（未耕地）についてコード化した。また、土壌分類は北海道農耕地土壌分類第2次案の小分類に通し番号を付けてコード化した。

本研究においてこれらのコード体系はファイルスペースの削減のためにできるだけ桁数を少なくするように作成したが、その後のコンピュータの発達にともなう安価な大容量固定ディスクの普及によって必ずしも桁数を少なくしなくても良くなった。また、他の情報と組み合わせて利用するためには、すでに全国レベルで整備されている国土数値情報等との整合性を考慮する必要がある。しかし、国土数値情報では地形分類コードは中地形程度の区分であること、地目（土地利用）コードは草地が畑に含まれるなど農業関係の土地利用区分が粗すぎることで、等の問題がある。また、土壌コードについて橋本ら（1993）は60万分の1北海道土壌図の凡例（農耕地土壌分類第2次案を一部改変したもの）を基にコード化を試みている。

先に述べたように、断面データは定性的なデータが多く、複数の情報を含む場合がある（図2-1-2）。断面データのファイル化は報告書に記載された情報の損失を最小限にすること、検索等による情報の利用が高速に行なえることなどが要求される。例えば、情報の損失を最小限にするために記載されている情報をそのままファイル化すると、データ検索の速度は低下する。そこで本研究では、この相反する要求を同時に満たすために、次のようにして定性データのコード化を行なった。

定性データのコード化の考え方はどの項目もほとんど同じなので、「斑紋」の項目

を例に示す。小原ら（1990）は斑紋の形態によって灌漑水湿性と地下水湿性の灰色低地土を分別できることを報告しており、斑紋はその土壌が立地している地点の水分環境を示す重要な項目である。斑紋の記載は(a)量、(b)種類、(c)形態、(d)色、の4つから構成される。量は「すこぶる富む」、「富む」、「含む」、「あり」の4区分があり、順に1～4のコードを付与した。種類は「鉄斑（コード番号2）」、「マンガン結核（同3）」、「灰色斑（同5）」、「グライ斑（同6）」の4種類、形態は鉄斑が「管状(1)」、「糸状(2)」、「糸根状(3)」、「雲状(4)」、「膜状(5)」、「点状(6)」、「結核状(7)」、「脈状(8)」および「形態の記載なし(9)」の9種類に区分したが、マンガン結核、灰色斑、グライ斑については形態の記載がなかった。鉄斑の形態は「管状および雲状」等、複数の記載があるため、2進法を用いてコード化した。すなわち、これらの9区分を9桁の2進数で表し、該当する形態に対する桁を1にすることによってコード番号を決定し、16進数で収録する。例えば「管状および雲状斑」の場合には1番目と4番目の桁を1にして000001001(B)、16進数の009が斑紋の形態のコード番号となる。また、色はマンセル記号または「褐色」、「灰色」等によって記載されているので、色相、明度、彩度に分けて収録する。

以上の考え方に基づいてコード化し、図2-1-4に示したデータ形式で斑紋の情報を収録した。図中の「注」は「層の上部」、「層の下部」、「層の一部」など、斑紋の出現位置に関する情報を蓄積する。また、鉄斑と灰色斑のように斑紋の種類が異なる場合には第1斑紋と第2斑紋に分けて情報を収録することができる。他の項目について

量 種 類			形 態				注		色 相						明 度			彩 度			
2	0	2	0	0	0	9	0	0	1	0				Y	R	5			6		

図2-1-4 斑紋情報の収録形式

も同様な考え方でコード化し、収録するデータ形式を設定した。

分析データは各項目とも一層に1データしかないためデータファイル化にほとんど問題はない。ただし、(1)で述べたように欠測値があるため、0と欠測値を区別する必要がある。各項目の値は文字型データとして入力した。

(3) データ検索

データ検索は蓄積した土壌断面データを有効に利用するために重要な作業である。土壌断面データは様々な性格のデータがあり、それらに対応した検索方法が求められる。1断面につき断面データや分析値データは複数あるが、本研究の検索においては、これらを検索する場合には、同一断面中で全層が該当しない場合に限りその断面を偽、それ以外を真と考えた。したがって、「土性がSL」という検索を行うと、ある断面ではA層がSL、別な断面ではC層がSLのためこれらの断面が真になる。また、北海道ではしばしば薄い火山灰層を挟在する場合があるが、火山灰層の土性がSLであれば、層厚が1cmであってもこの断面は真となる。こうした場合を排除するために、層位名、表層からの深さ、あるいは層の厚さを限定した検索も可能にした。しかし、これらの条件をつけた場合であっても検索者の意図と異なった検索を行う可能性もあり、志賀ら(1991)は仮想標準断面という考え方によって断面間の層位の多様性を取り除くことを試みている。

また、土壌断面のデータを複数の条件で検索する場合、検索単位として断面または層位のいずれを選択するかによって結果が異なる場合がある。例えば、「土性がCLかつCECが 0.2 meq g^{-1} 以下の土壌区」といった条件で検索する場合、断面を単位にすると(a)ある層の土性はCL、別の層のCECは 0.2 meq g^{-1} 以下、という結果が得られる。一方、層位を単位とすると、(b)ある層の土性はCL、同じ層のCEC 0.2 meq g^{-1} 以下、という異なった結果が得られる。本研究では検索は層位を単位とし、断面を単位にした

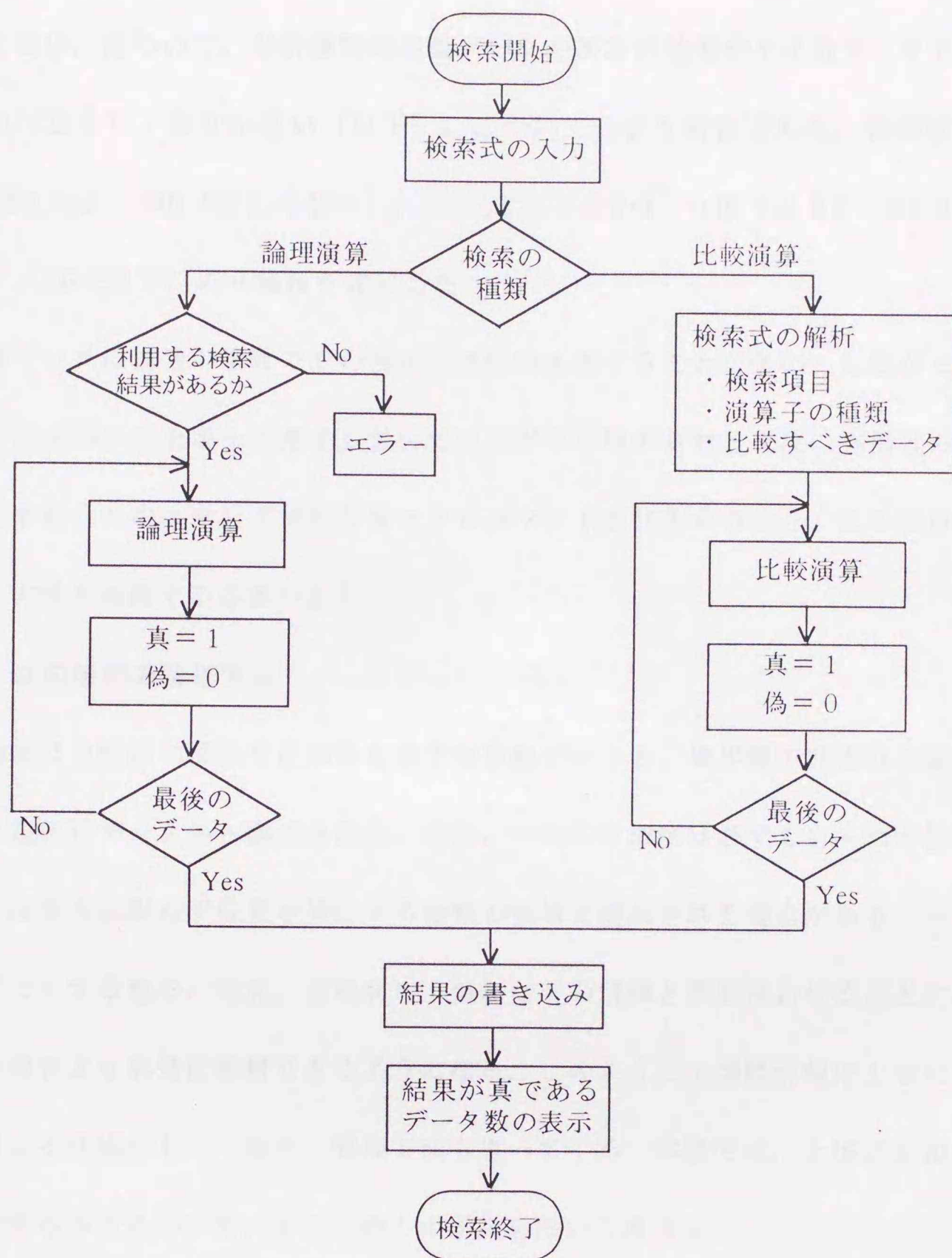


図 2-1-5 データ検索の流れ図

い場合には比較演算と論理演算を組み合わせで検索を行なうこととした。

以上の結果を考慮し、検索は図2-1-5に示した流れ図にしたがって、比較演算と論理演算の2つの方法で行なう。論理演算は既に検索した結果（集合）の論理積や論理和を求める検索である。論理演算子はAND（論理積）、OR（論理和）、NOT（補集合）の3種類を設定した。

一方、比較演算は検索データと比較して、母材や構造等の定性データでは等しい／

等しくない，について，分析値等の定量データや斑紋の量等の半定量データではより大きい（以上）／より小さい（以下），について行なう検索である．比較演算子は EQ（等しい），NE（等しくない），GT（より大きい），GE（以上），LT（より小さい），LE（以下）の 6 種類を設定した．

土壌データは構造が複雑でその検索には熟練を要することが多い．したがって，例えば，排水不良な土壌を検索する場合には，グライ層の有無と斑紋の有無等の複数の検索命令を一つのコマンドで行なうマクロコマンドを利用するなど，より簡単に検索できる方法を検討する必要がある．

2 土壌図情報の管理方法

土壌図は土壌区の面的な広がりを示す境界線データと，境界線で囲まれた領域の属性（土壌区）データから構成される．また，一つの土壌区は必ずしも一つの領域から構成されるとは限らず位置を異にする複数の領域で構成される場合がある．一方，位置を同じくする地形，地質，土地利用，気象などの情報と重ね合わせることで，土壌情報をより有効に利用できるようになる．このように土壌図情報は土壌断面情報とは異なる性格をもっており，管理方法も違ってくる．本節では，土壌図情報を適切に管理する手法について，5 万分の 1 土壌図を用いて検討した．

1) 方法

土壌図は前節で用いた網走支庁南部（富岡ら；1987）の 5 万分の 1 土壌図を用い，これらの土壌図のディジタイザによる入力方法，データファイル化の方法，データの利用方法などについて検討した．

使用した機種はパーソナルコンピュータ（日本電気 PC9801 シリーズ），A0 版ディジタイザ（グラフテック社 KD1290），XY プロッタ（グラフテック社 MP II）である．入力用のソフトウェアは BASIC を用いて作成した．

2) 結果と考察

(1) 土壌図データの特徴

用いた土壌図は5万分の1地形図で20図幅であった。1図幅当たりの領域数は最小が1領域、最大が138領域で、平均が61領域であった。また、土壌区当たりの領域の数は最小が1、最大が30で、平均が5.2であった。領域は、(a)孤立した領域、(b)一つの他の領域に隣接した領域、(c)複数の他の領域に隣接した領域、(d)ドーナツ型の領域、(e)地形図の継ぎ目で分割された領域、の単独あるいは(a)～(c)と(d)、(e)の組み合わせでできていた。

土壌図は境界線とそれによって区分された領域(土壌区)の属性(土壌区番号)のデータによって地図上の分布が示されている。したがって、境界線および属性を入力することによってデータファイル化が可能である。これらを入力する方法として境界線の座標値を入力していく方法(ポリゴンデータ化)、メッシュに区分し各メッシュの属性を入力する方法(メッシュデータ化)がある。ポリゴンデータとメッシュデータを比較すると以下のような違いが認められる。

(a) データ入力方法はポリゴンデータはディジタイザから入力するのが一般的である。一方、メッシュデータはイメージスキャナなどで色のデータを読み取った後メッシュ化する、あるいは、地図にメッシュをかけ各々のメッシュの属性を決め、その属性を入力する、ポリゴンデータをメッシュに変換する方法が考えられる。

(b) メッシュデータはメッシュの大きさによって精度とデータ数がほぼ決定する。メッシュの大きさを大きくするとデータ数は減少するが精度が落ちる。一方、メッシュの大きさを小さくするとデータ数が増大するが精度が高まる。また、ポリゴンデータは入力の際のサンプリング点数によって精度が決定される。ファイルの大きさは同程度の精度の場合はポリゴンデータで小さく、メッシュデータで大きい。

(c) ポリゴンデータによる重ね合わせは同じ図に線を重ねて引く以外は困難である。

(d) ポリゴンデータは地形図等に出力する場合、普及型のXYプロッタを用いても比較的容易に任意の縮尺に変換して出力することが可能である。メッシュデータでは高価な出力装置が必要である。

土壌図データファイルはパーソナルコンピュータレベルでの利用を考え、ポリゴンデータとメッシュデータを併用し、様々なデータを重ねて利用する場合、地形図上に出力する場合など必要に応じて使い分けできるようにした。土壌図は5万分の1地形図を単位にして蓄積すると管理が容易である。

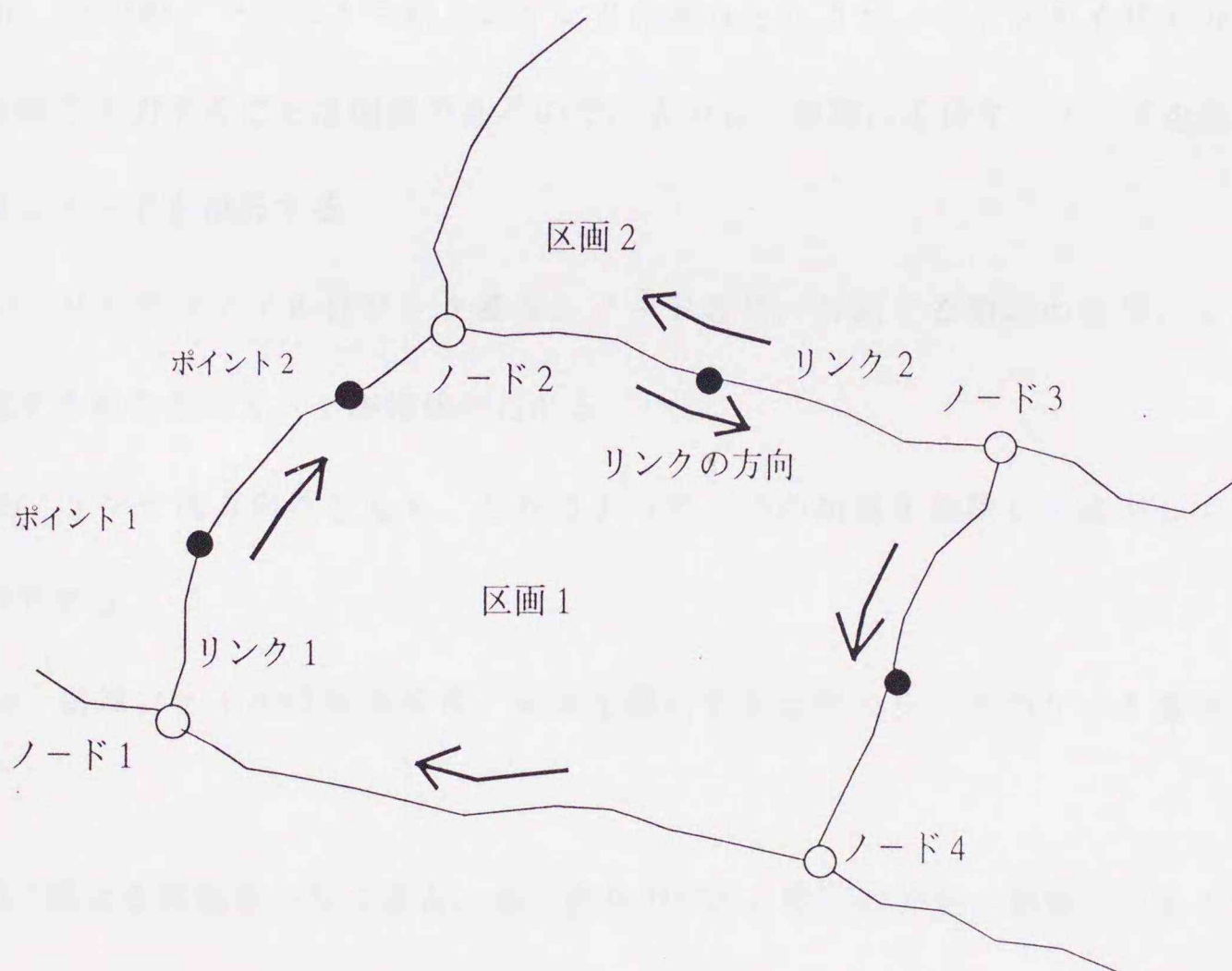


図 2-2-1 土壌図データの構成要素

リンクは各区画に対して時計回り方向の方向性をもつ。
図中リンク 2 は区画 1 に対してノード 2 からノード 3、
区画 2 に対してノード 3 からノード 2 方向へ方向性を持つようにする。

(2) ポリゴンデータ

土壌図を入力する方法はこれまでも報告されている (KOSAKIら ; 1981b) . これらの報告に基づくと, リンクは境界線の分岐点 (ノード) からノードまでの線分で, これによって領域を分割する (図2-2-1) . したがって, ポリゴンデータファイルはリンクのノードと中間点の X, Y 座標を記録したリンクファイル, 領域を作成するために, リンクの連結順の情報を記録した領域ファイル, さらに, 領域と土壌区を関係付ける土壌区ファイルから構成される. これらの3つのファイルの構造と関係を図2-2-2に示した.

ポリゴンデータについてまとめると以下の通りである.

- (a) リンクは, デジタイザにより入力する.
- (b) 一つのノードは3つ以上のリンクの端点となるが, デジタイザ入力では同一座標を入力することは困難であるので, 入力した座標に近接するノードを検索し, 最適なノードを選択する.
- (c) リンクファイルはリンク番号, ノード番号, 分割する領域の番号, リンクを構成する複数個の X, Y 座標値からなる.
- (d) リンクは方向性をもち, これによって一つの領域を連続した線として描くことができる.
- (e) 領域ファイルは領域番号, 領域を構成する複数のリンクのリンク番号からなる.
- (f) 異なる図幅をつなぐ場合, 地図自体のずれ, 地図の伸縮の影響でうまく境界線が繋がらないことが多いが, 手入力によって座標値を修正する.

(3) メッシュデータ

メッシュデータは主として図の重ね合わせに利用する. 土壌以外のメッシュデータ

ファイルの収録方向 →

ヘッダ部	リンク番号		1	2	3	3	4
	残りセクタ		1	1	2	1	1
	開始ノード		1	2	3	3	4
	終了ノード		2	3	1	1	5
	区画1		1	1	1	1	2
	区画2		2	3	4	4	6
	データ数		10	21	62	62	3
データ部	1	x	2133	2236	2349	2134	2544
		y	300	431	223	295	278
	2	x	2135	2236	2345	2133	2547
		y	302	435	225	300	275
タ	60	x			2136		
		y			290		

1セクタに60データまで入力可能

(a) リンクデータファイルの構造

ファイルの収録方向 →

ヘッダ部	区画番号		1	2	3	3	4
	残りセクタ		1	1	2	1	1
	データ数		3	2	122	122	3
データ部	1		1	4	6	120	122
	2		2	5	7	121	5
タ	120				119		

データはリンク番号

1セクタに120データまで入力可能

(b) 区画データファイルの構造

ファイルの収録方向 →

ヘッダ部	土壌区番号		1	2	3	4	5
	残りセクタ		1	1	2	1	1
	データ数		1	1	1	2	1
データ部	1		1	2	3	4	6
	2					5	
タ	120						

データは区画番号

1セクタに120データまで入力可能

(c) 土壌区データファイルの構造

図2-2-2 土壌図データファイルの構造

ファイルとしては国土地理院の国土数値情報（矢口；1990），気象庁のメッシュ気候値（北村；1990）等があるがいずれもJISの基準（1km）メッシュを基本としている。そのため，これらのデータを重ね合わせることができるようにポリゴンデータファイルから250m（JIS 4分の1次）メッシュ単位にメッシュ化した。

メッシュ化は，以下の順に行った。（a）ポリゴンデータは距離のデータであるため，250mメッシュに変換するために緯度・経度の座標系（正規座標系）に変換する（国土庁計画・調整局・建設省国土地理院；1987）。（b）変換された座標を走査し，メッシュデータにする。（c）250mメッシュに相当する大きさのメッシュにするために該当メッシュ内で，占有度の大きいものを選びそのメッシュの属性とする。メッシュデータファイルはファイルの大きさを小さくするためにメッシュコードをつけずに，各メッシュの属性値を土壌図の南西端から南北方向へ北東端まで順に記録する。

1枚の地形図当たり記録する属性値は6400個である。

メッシュデータファイルの大きさをポリゴンデータファイルと比較すると，ファイルの大きさはポリゴンデータファイルの約17%であった。さらに，データ圧縮手法を用いると，もとのファイルの大きさの約5-10%に圧縮することができる（吉崎栄泰作成のフリーソフトウェア「LHA ver2.13」による値）。したがって，ファイルの大きさに関してはメッシュの大きさが50m精度まではメッシュデータの方が効率的である。

JISの基準メッシュは正確には正方形ではないため，ディスプレイやプリンタに1つのメッシュを1つのドットに対応させて出力すると南北方向に伸びた地図になり，地形図と重ね合わせることが困難である。必要な場所の位置を求めるためには，座標系を5万分の1や2万5千分の1地形図で用いられている座標系であるユニバーサル横メルカトル（UTM）座標系に変換して地形図と重ね合わせたり，位置関係を理解

しやすい市町村境界，道路，河川等の背景図を作成し，メッシュ図に重ね合わせる必要がある。

(4)地図管理利用システム

地図管理利用システムはメッシュデータを利用するメッシュ図サブシステムとポリゴンデータを利用するポリゴンサブシステムから構成される。

メッシュ図サブシステムは主にメッシュ図の重ね合わせを行う。具体的には，「地形図選択」，「土壌，標高，傾斜，行政区分等の「データ選択」，選択した「データの区分」，「地図の表示」，重ね合わせによる「新地図の作成」と「直交表の作成」という機能を持つ。このサブシステムで地図を作成，表示する場合は，はじめに「データ選択」機能で利用するデータの種類の選択する。次に，「データの区分」機能によって選択したデータを区分するが，選択したデータが土壌の場合は検索結果を，また，標高，傾斜のようにデータが個々のメッシュごとに収録されている場合は下限値と上限値を，行政区分や土地利用区分のようにすでに区分されている場合は，属性の数値を用いる。この2つの作業によって地図が表示できる。

2種類のデータを選択した後は，「新地図の作成」あるいは「直交表の作成」機能によって重ね合わせが可能である。「新地図の作成」機能では既に区分したクラスを組み合わせ，それぞれの組み合わせに属性を設定する。例えば，土壌データをS1，S2の2クラス，標高データをH1，H2の2クラスに区分した場合には，S1-H1，S1-H2，S2-H1，S2-H2の4つの組み合わせについてそれぞれN1，N2，N2，N3というような属性を設定する。直交表はそれぞれの組み合わせに該当するメッシュ数を表示する。

メッシュ図サブシステムには一連の作業手順を記録する機能をもたせた。この機能を用いるとある図幅をトレーニングフィールドとして様々な地図を作成し，結果を周辺の図幅に拡大することが容易になる。

ポリゴンサブシステムは既に述べたようにポリゴンデータが重ね合わせに利用できないため、検索結果やデータファイルから抽出したデータを区分して地図として出力する。出力先はXYプロッタやページプリンタである。現有のハードウェア構成では、地形図上に出力することはできないが、A3版より小さな紙面上に縮小して出力することができる。加藤（1988）は小縮尺地図へ縮小して出力する場合に「皮むき」等の処理によって区画を丸める手法を示したが、パーソナルコンピュータの処理能力を考えると時間がかかりすぎるため、これらの処理を行うことはできないと思われる。

この地図管理利用システムを利用して地図を出力した例は第3章に述べる。

第3章 土壌資源評価のための土壌特性図作成手法の確立

1 データベース収録情報を用いた土壌特性図の作成

土壌調査報告に示された土壌図は土壌の様々な特性に基づいて区分した土壌型の二次元的な分布を示した基本土壌図であるので、その中には多くの情報を含んでいる。しかし、利用者は土壌型のもつ特性を解釈し、必要な情報に読み換えを行うという何段階かを経なければ必要な情報を取り出すことができない。土壌情報システムを用いることによって、既にデータベースに入力されたCECなどの土壌特性値データを用いていろいろな土壌特性図を容易に作成でき、土壌資源の評価、土壌診断、環境保全評価などへ利活用することができる。本節では、土壌情報システムを用いて粘土含量、CEC等の土壌特性図の作成を試みた。

1) 土壌特性図の作成方法

北海道北東部に位置する5万分の1地形図「斜里」および「斜里岳」図幅の範囲を対象地域（図3-1-1）として粘土含量区分図と面積当たりCEC（塩基置換容量）区分図

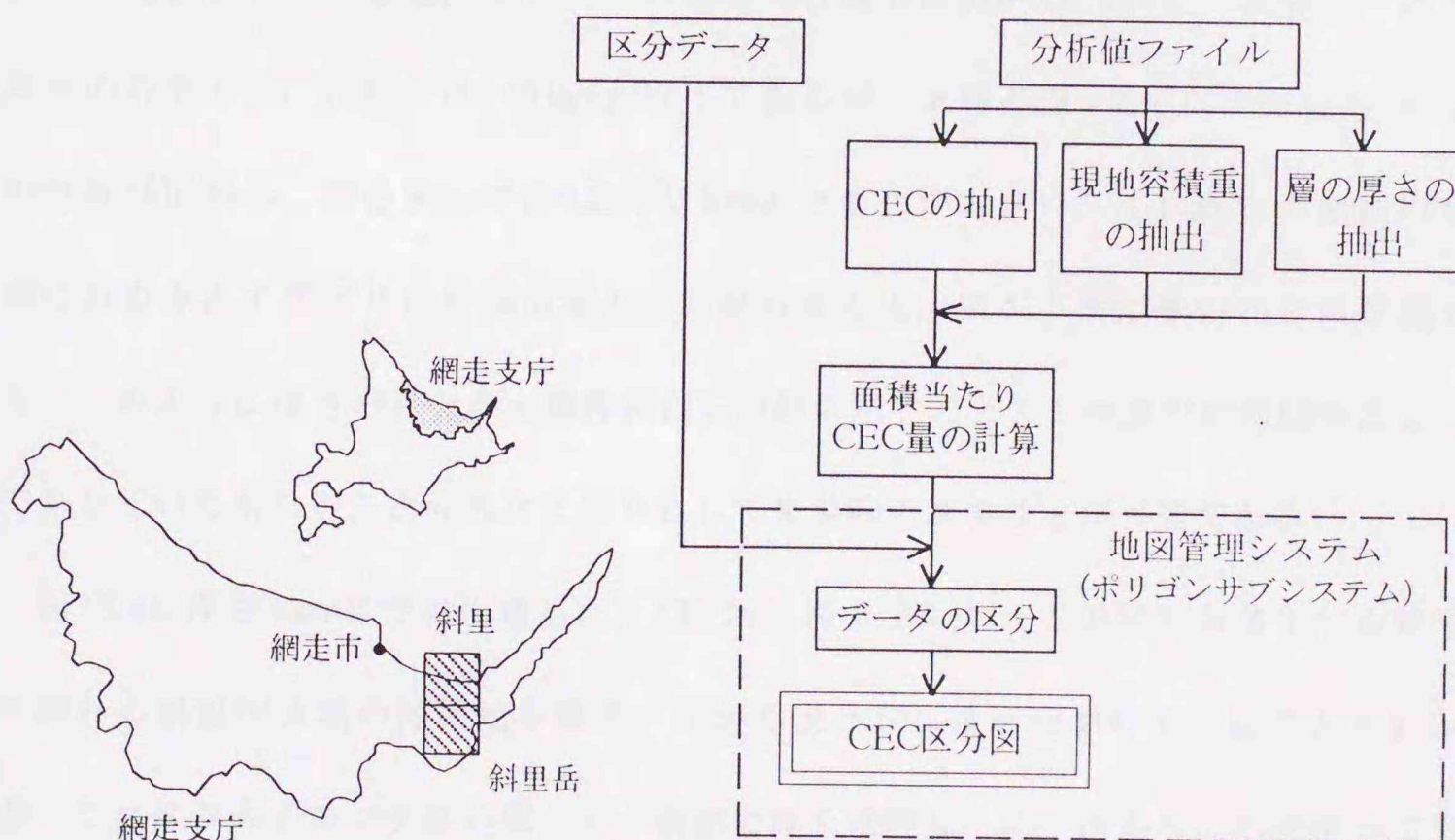


図3-1-1 土壌特性図作成の研究対象地域

図3-1-2 面積当たりCEC区分図の作成手順

を作成した。図3-1-2にCEC区分図の作成のための流れ図を示した。前章で作成した網走支庁南部のデータ（富岡ら；1987）の分析値ファイルから土壌情報システムを用いて、各土壌区の粘土含量，CEC，現地容積重の値を抽出した。これらの値を，粘土含量区分図では表層（土壌断面の第1層，概ね0～15cm），深さ30cm，深さ50cmにおける粘土含量を0.0-0.05，0.05-0.15，0.15-0.25，0.25-0.45，0.45 kg kg⁻¹以上の4つに区分し出力した。また，面積当たりCEC区分図では30cmまでの各層のCEC，現地容積重と層厚の値から単位面積（1 m²），土層30cmまでのCECの量を計算した。このCECの量を30 eq m⁻²未満，30-60，60-90，90 eq m⁻²以上の4つに区分し出力した。CECの量が30 eq m⁻²未満の土壌はCECが小さく土性，透水性によっては塩基が流亡する可能性が高いと考えられる。

2) 結果と考察

図3-1-3，図3-1-4，図3-1-5に表層，深さ30cm，50cmにおける粘土含量区分図を示した。これらの図から以下のことがわかる。海岸砂丘の内側の低地では，深さ50cmまでは，粘土含量が高い土壌が多い。その西南の台地では0.05-0.15 kg kg⁻¹である。一方，東南の台地では，表層では0.15 kg kg⁻¹以下であるが，土層が深くなると0.05 kg kg⁻¹以下の分布が広がる。深さ50cmでは0.25-0.45 kg kg⁻¹と変化が大きい。これはこの地域の南部にあるカムイヌプリ岳を噴出源とする軽石質の火山灰が下層に多いことに起因する。このように深さの異なる土壌特性図を同時に示すことでこれまで柱状図等によって表していたものを三次元的な広がりとして視覚的に表すことが可能である。

図3-1-6に深さ30cmまでの面積当たりCEC区分図を示した。この図から清里から斜里へ流れる斜里川流域の沖積地を除き，南から北へCEC量が増加していることがわかる。これはカムイヌプリ岳の火山灰が南部に厚く堆積し，北へ向かうにしたがって急減していることに起因する。南側にはCEC量が30 eq m⁻²未満の部分が広く多量に施肥

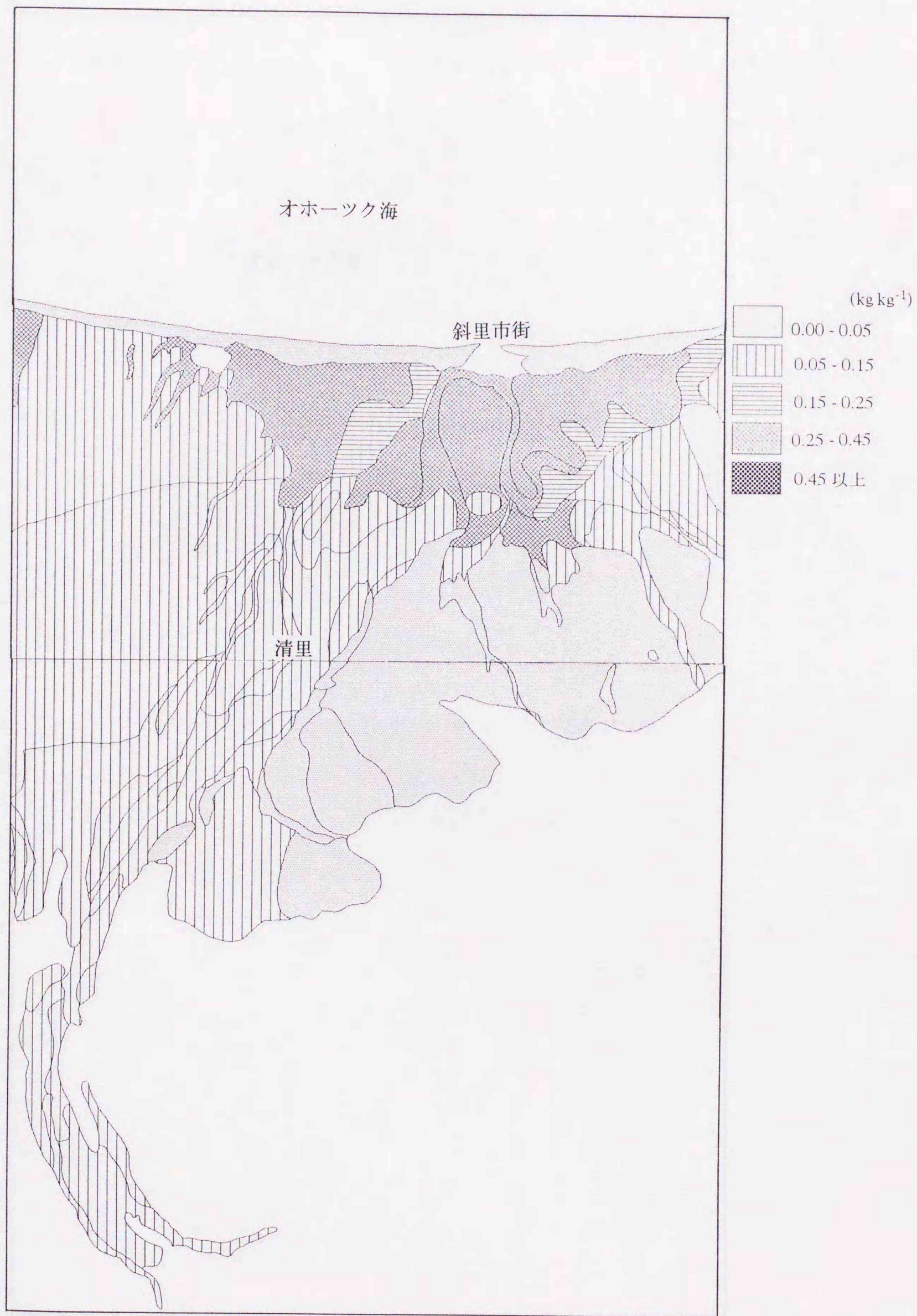


図3-1-3 粘土含量区分図（表層）

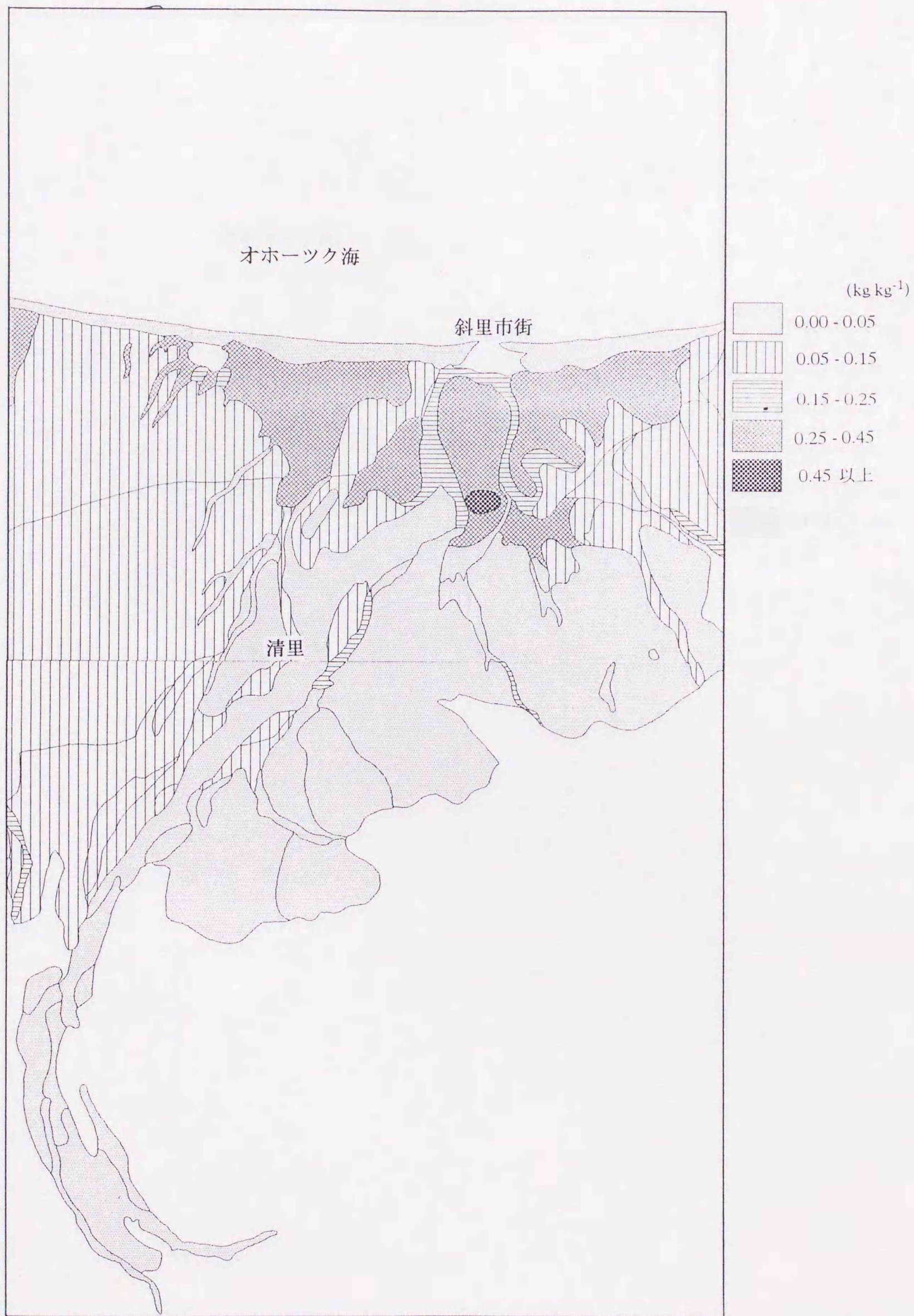


図3-1-4 粘土含量区分図（深さ30cm）

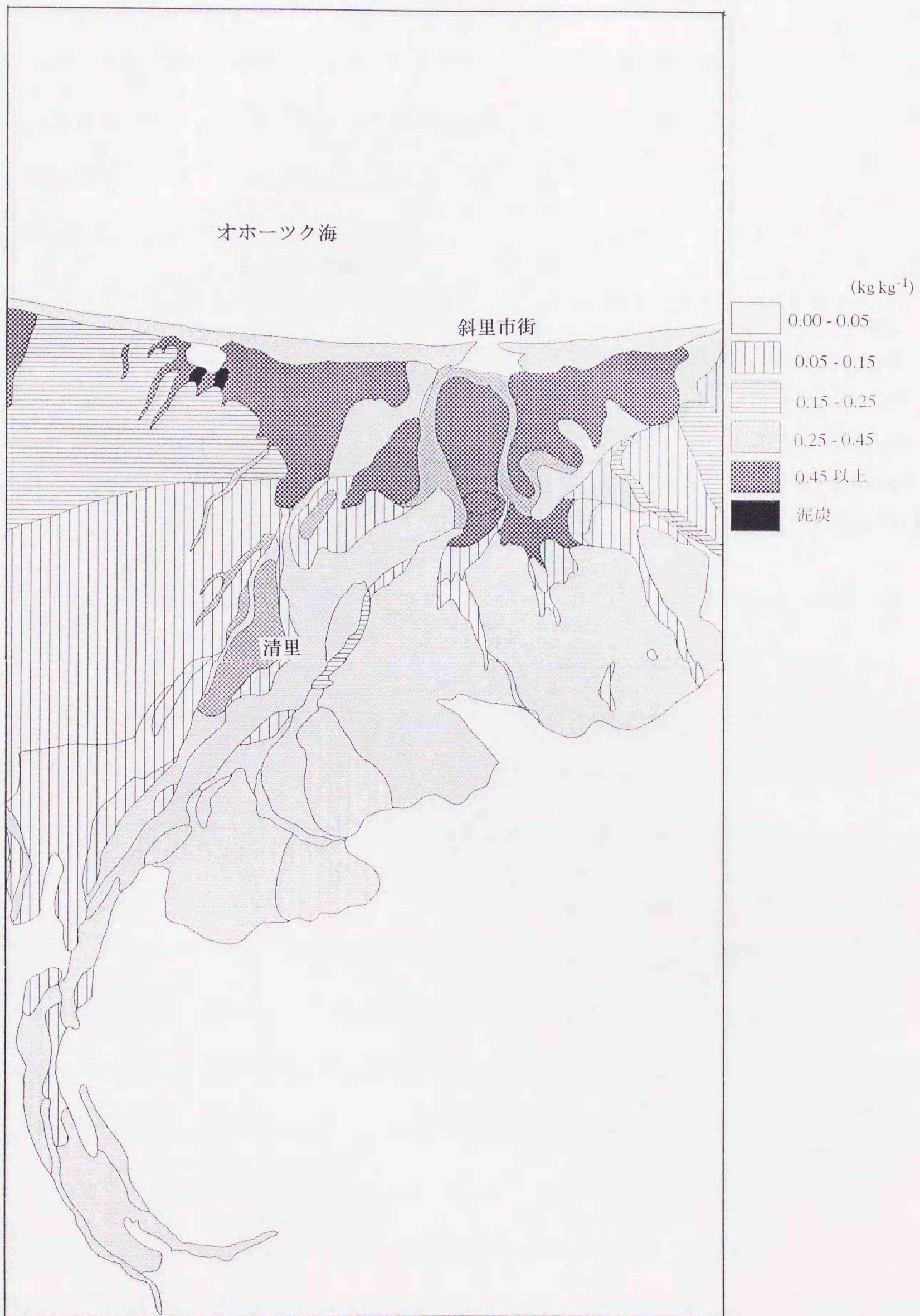


図3-1-5 粘土含量区分図（深さ50cm）

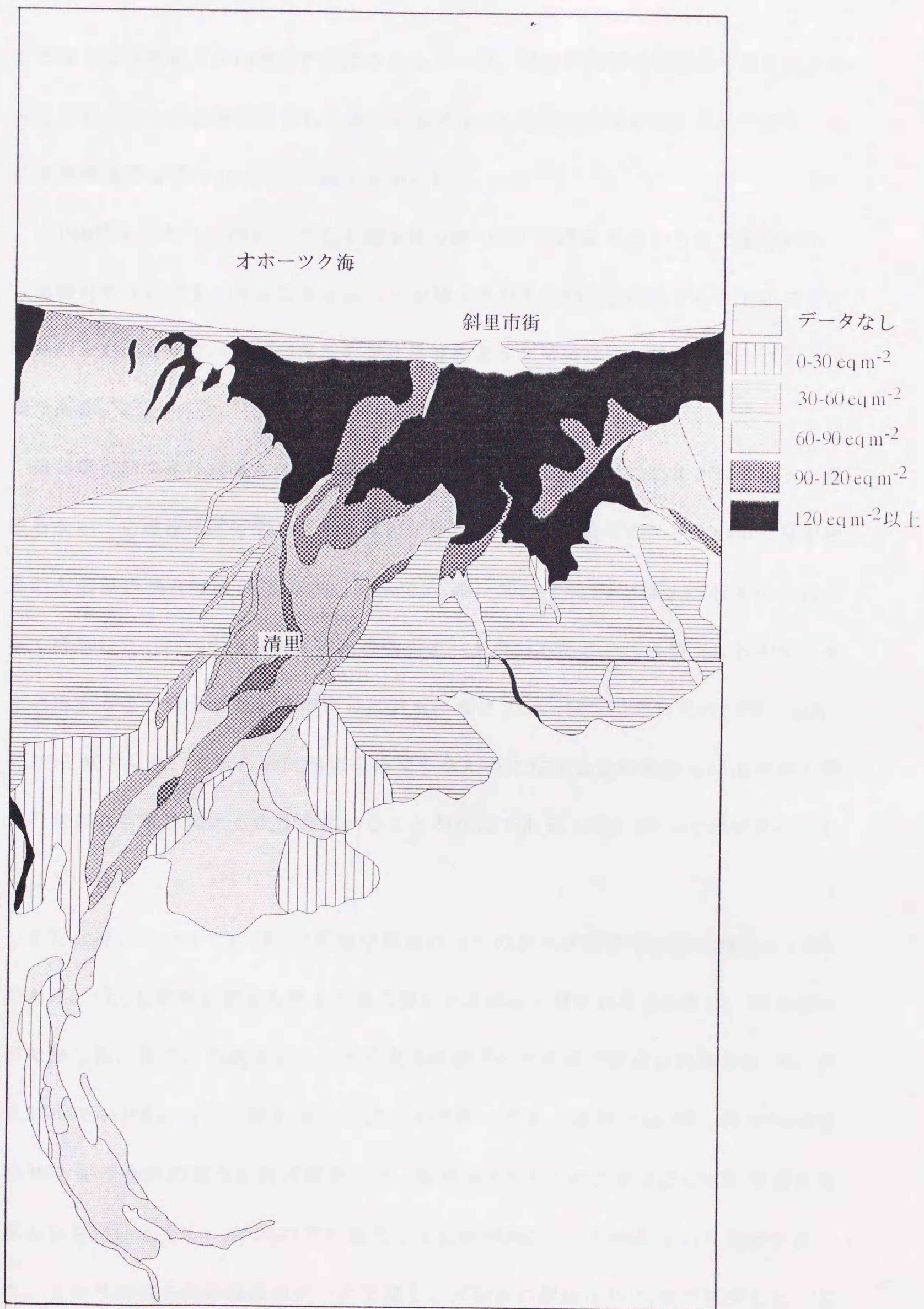


図3-1-6 面積当たりCEC区分図（深さ30cmまで）

した場合には肥料成分の流亡が懸念される。一方、斜里川流域の沖積地や海岸線の砂丘と南側の火山灰台地に挟まれた後背低地ではCEC量が火山灰台地に比べて多く、特に後背低地では 120eq m^{-2} 以上で最も多かった。

「100g乾土当たり」の表示では土壤全体の持つCECを評価することはできないが、「面積当たり」で表示することによって土壤全体がもつCECを評価することができ、塩基の流亡のし易さ、土壤の塩基の保持量等のような環境容量に結び付けることが可能である。

第2章1節で述べたように分析値が全ての断面、層位について記載されているとは限らない。土壤特性区分図の図示単位となる土壤区の代表地点のデータの中で粘土含量の欠測値の割合は表層で10.7%、30cmで27.5%、50cmで50.3%と深さが深くなるにつれて増加した。一つの土壤区に複数の断面データがあるため、代表地点以外のデータを利用することにより欠測値の割合は表層、深さ30cm、50cmでそれぞれ5.4%、20.8、42.2%と減少した。これらの欠測値を補完するために粘土含量の場合は断面調査の際に行なわれる触感による土性を用いることが可能である。図3-1-3～5は補完後の図を示している。

また、深さ30cmまでのCECと現地容積重の全てのデータがそろった土壤区は45.5%であり、CECと現地容積重も粘土含量の場合と同様に下層にいくにしたがって欠測値が増加した。特に、代表地点における現地容積重の欠測値の割合は表層で40.2%、深さ30cmで45.0%と高く、他の地点のデータで補っても、表層で34.2%、深さ30cmで40.3%と粘土含量の場合に比べ高かった。面積当たりCECの計算にはCECと現地容積重の値を用いるため、43.6%の代表地点では土層30cmのうち10cm以上の欠測値があった。この欠測値を他の地点のデータで補うと欠測値の割合は34.9%まで減少した。これらの欠測値を他の類似した土壤型の値や既往の情報を用いて類推することによっ

て、土壌特性図の完成度を高める必要がある。

2 データベースに収録されていない情報の推定とそれによる土壌特性図の作成

前節ではデータベースに収録された情報を用いた土壌特性図の作成について論じた。しかし、基本土壌調査の中に必要とするデータが蓄積されているとは限らない。例えば、粘土鉱物組成や土壌の保水性の指標となる有効水分容量のデータ等は北海道農業試験場の土壌調査ではほとんど調査されておらずデータベースから直接得ることは不可能である。しかし、これらの情報を得るために、新たな調査を行い有効水分容量の実測データを蓄積してデータベース化するには、試料採取や分析に長時間と多大な経費を要する。したがって、これらの情報を得るために、現在、比較的多く集積されていて、整備されたデータ項目と既往の知見等を用いて推定する方法がもとめられる。VERECKENらは pedotransfer function を用いて水分特性の推定を試みている (VERECKENら ; 1989, 1990)。

本節ではデータベースに収録されていない情報の例として基本土壌調査では調査されない有効水分容量分布図の作成を試みた。

土壌の特性から有効水分孔隙量を推定する方法がいくつか提案されているが (SALTERら ; 1966, KYUMAら ; 1977) , それを土壌特性図の作成に結びつけることは行われていない。本節では、現地容積重と有効水分孔隙量との関係に注目し、北海道空知南部に存在する種々の土壌について両者の分析を行い、両者の相互関係を明らかにした。さらに、有効水分孔隙量に影響をおよぼすと思われるいくつかの土壌の性質との関係を検討した。その結果を用いて、現地容積重から有効水分孔隙量を推定し、有効水分容量を求めた。

1) 供試土壌および実験方法

現地容積重および有効水分孔隙量の分析には、空知南部地区 (長沼町, 栗山町, 栗

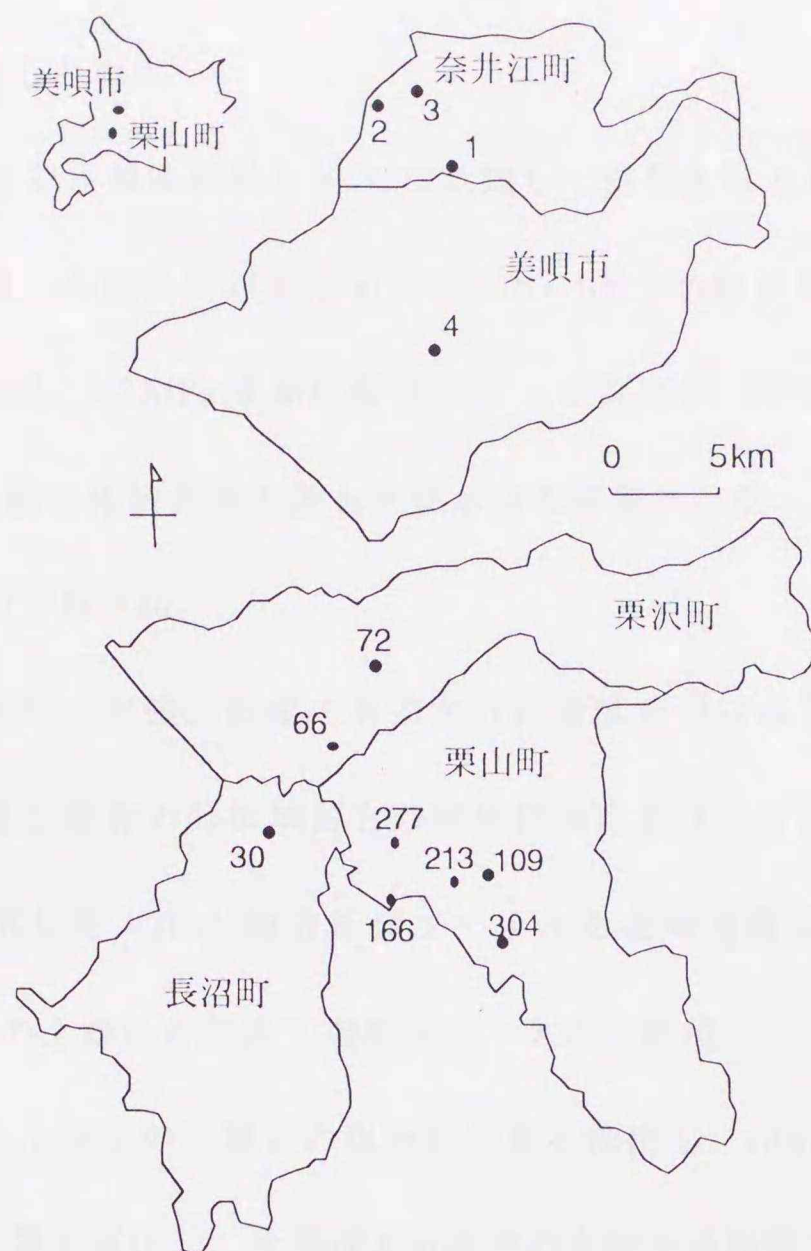


図3-2-1 現地容積重を用いた有効水分の推定に
供試した土壌の採取地点の位置

沢町，美唄市，奈井江町）における各種土壌型すなわち黒ボク土，褐色森林土，灰色台地土（疑似グライ土），褐色低地土，灰色低地土，グライ土，泥炭土の12断面，31層から50mL採土円筒に採取した不攪乱試料を用いた（図3-2-1）．一般理化学性，粘土鉱物同定には風乾細土試料を用いた．

全炭素量： 燃烧式有機炭素分析装置（堀場製作所）を用いて測定した．

粒径組成： 常法（岡崎；1990）にしたがい，行った．粘土の分散は水酸化ナトリウムを用いpH10で行った．

粘土鉱物組成： 常法（和田；1966）にしたがい，MgおよびK飽和粘土のX線回折を行い同定した．非晶質成分量は中井・吉永（中井ら；1991）の方法に準じて，粘土画分を 0.15molL^{-1} シュウ酸－シュウ酸ナトリウム混液（pH3.5）， 90°C ，15分間処理

を行い、重量減をもとめた。

現地容積重：上記不攪乱試料を105℃で乾燥して重量をもとめた（前田；1990）。

有効水分孔隙量：不攪乱試料を用いて、 3.16×10^{-3} MPaは砂柱法により、また 1.0×10^{-2} , 3.33×10^{-2} , 0.1, 1.5 MPaは加圧板法によって測定し（竹迫；1990）， 3.16×10^{-3} MPaと1.5 MPaの孔隙の体積分率の差を有効水分孔隙量とした。

2) 土壌特性図の作成方法

5万分の1地形図「夕張」図幅の有効水分容量区分図は以下の手順で作成した。

(a)有効水分孔隙量と既存の分析項目との関係把握および推定式については本節で検討した結果を採用した。(b)土壌分析値ファイルを北海道農業試験場土壌調査報告（音羽ら；1978）の土壌区の代表土壌断面データから作成した。(c)このファイルから作図しようとする土壌区の各層位の現地容積重を抽出し、(d)(a)の推定式から層位ごとの有効水分孔隙量を算出し、土層深30cmまでの有効水分容量を計算した。有効水分容量は単位面積当たりのミリメートル（mm）に換算して示した。(e)同調査報告書から土壌図ファイルを作成し、(f)地図管理システムを用いて、(d)で計算した値と結合し、クラスわけにしたがって有効水分容量区分図を作成した。

3) 結果と考察

(1) 現地容積重を用いた有効水分孔隙量の推定

供試土壌の全炭素量、粒径組成、土性、粘土鉱物組成、現地容積重、有効水分孔隙量は表3-2-1のとおりである。有効水分孔隙量は、泥炭土のLp層が高かったが、その他の土壌では、土壌の種類との関係は認められなかった。また、有効水分孔隙量と全炭素量、粘土含量、粘土鉱物組成、粘土の非晶質成分量とも直接的な関係は認められなかった。

現地容積重と有効水分孔隙量との関係を図3-2-2に示した。砂含量が低い (0.6 kg kg^{-1}

表3-2-1 現地容積重を用いた有効水分の推定に供試した土壌の性質

土壌の種類	試料 番号	層位	全炭素 ($\times 10^{-2}$ kg kg^{-1})	現 地 容積重 (Mg m^{-3})	有効水分 孔隙量 ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$)	土性	砂 (kg kg^{-1})	粘土 (kg kg^{-1})	粘土鉱物組成
黒ボク土	30-1	Ap	7.2	0.89	0.130	LiC	0.469	0.312	Allo, Kt(Ht), It
	-2	A12	7.0	1.13	0.129	LiC	0.480	0.300	同上
	-3	A3	2.5	0.96	0.121	LiC	0.299	0.330	同上
	-4	B	0.7	1.28	0.081	LiC	0.259	0.299	同上
褐色森林土 (残積)	66-1	Ap	3.2	1.12	0.153	LiC	0.274	0.374	Vr, It, Kt
	-2	B	0.9	1.05	0.112	HC	0.123	0.475	同上
褐色森林土 (洪積)	72-1	Ap	2.0	1.28	0.161	LiC	0.450	0.253	Al-Vr, It, Kt
	-2	A3	2.1	1.25	0.143	CL	0.457	0.236	同上
	-3	B	0.0	1.34	0.092	LiC	0.400	0.276	同上
灰色台地土 (細粒質)	109-1	Ap	2.7	1.17	0.119	LiC	0.408	0.318	Al-Vr, It, Kt
	-2	B1	0.3	1.28	0.059	LiC	0.366	0.308	同上, Ht
灰色台地土 (粗粒質)	1-1	B2	0.5	1.56	0.156	SL	0.716	0.132	Al-Vr, It, Kt
	-2	B3	0.4	1.38	0.243	SL	0.830	0.061	同上
褐色低地土 (細粒質) (中粗粒質)	3-1	C	0.9	1.18	0.108	HC	0.101	0.465	Mt, Al-Vr, It, Kt
	166-1	Ap	1.2	1.52	0.068	LiC	0.451	0.270	同上, Vr
	-2	B	1.0	1.56	0.054	LiC	0.504	0.261	同上
	2-1	B2	2.3	1.29	0.150	CL	0.492	0.239	Mt, Al-Vr, It, Kt
	-2	C2	0.8	1.09	0.268	FSCL	0.650	0.185	同上
	-3	C4	0.6	1.10	0.315	FSCL	0.739	0.156	同上
灰色低地土	213-1	Ap	2.8	1.00	0.127	LiC	0.520	0.295	Mt, Al-Vr, Vr, It, Kt
	-2	B1	2.4	1.17	0.103	HC	0.107	0.653	同上
	-3	B2	0.4	1.51	0.073	LiC	0.444	0.270	同上
グライ土 (細粒質) (中粗粒質)	277-1	Ap	2.2	1.22	0.094	LiC	0.363	0.382	Al-Vr, Vr, It, Kt
	-3	IIIB1	2.7	0.90	0.126	HC	0.007	0.549	Mt, Al-Vr, Vr, It, Kt
	-4	IIIB21	5.1	0.75	0.163	HC	0.010	0.497	同上
	-6	IIICG	3.0	0.90	0.204	HC	0.155	0.476	同上
	4-1	CG	1.0	1.40	0.118	CL	0.565	0.230	Mt, Al-Vr, It, Kt
泥炭土	304-1	Ap1	3.2	0.68	0.274	LiC	0.305	0.358	Mt, Al-Vr, It, Kt
	-2	Ap2	2.4	1.16	0.159	CL	0.536	0.235	同上
	-3	Lp	40.9	0.22	0.301	SiCL	0.303	0.193	—
	-4	Lp	42.5	0.18	0.365	-	-	-	—

*Allo : アロフェン, Ht : ハロイサイト, It : イライト, Kt : カオリナイト,

Mt : モンモリロナイト, Vr : バーミキュライト, Al-Vr : アルミニウムバーミキュライト

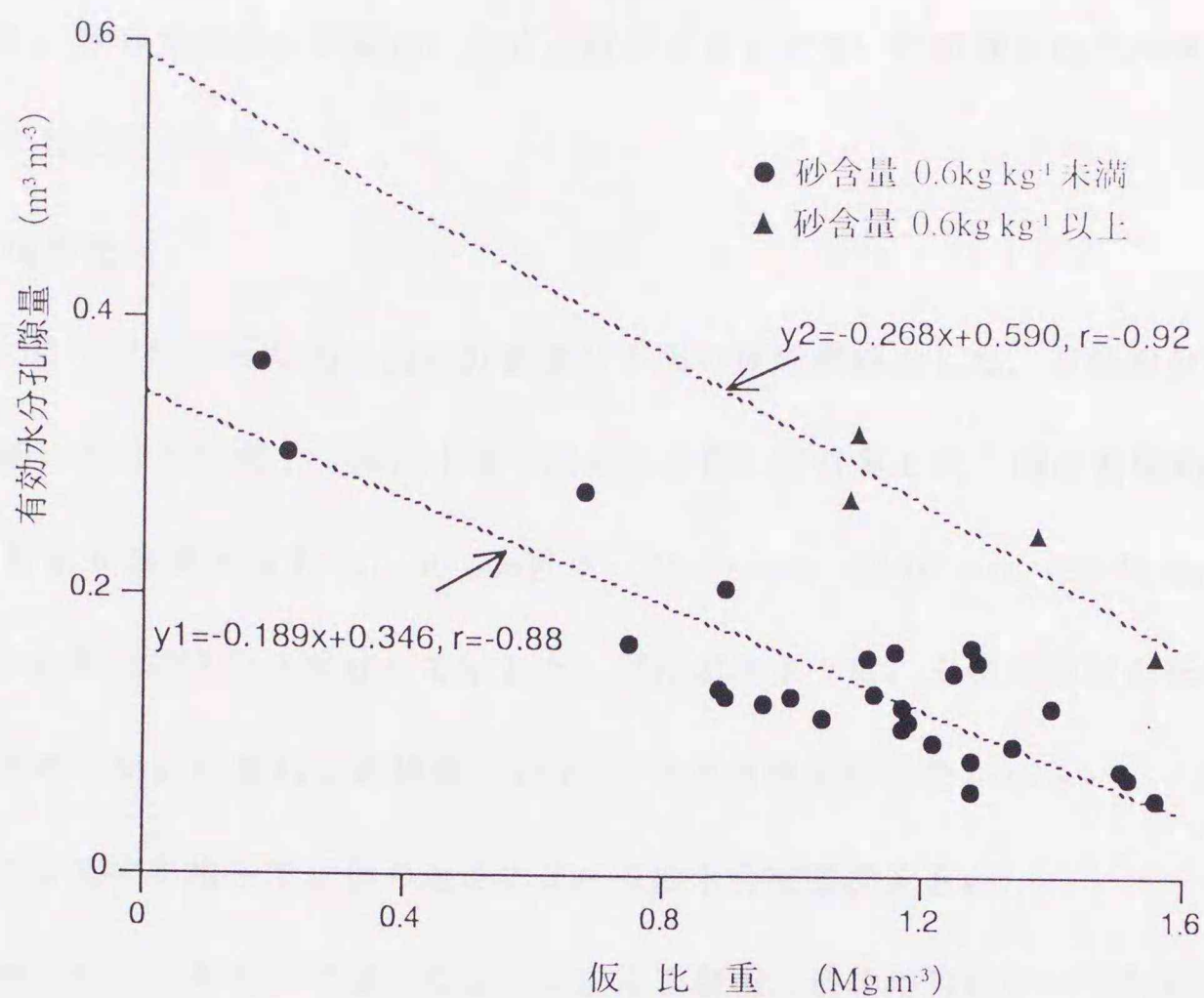


図3-2-2 仮比重と有効水分孔隙量の関係

未満) 試料では, 有効水分孔隙量 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) $= -0.189 \times \text{現地容積重} (\text{Mg m}^{-3}) + 0.346$, ($r = -0.88$, 式 1), 砂含量が高い (0.6 kg kg^{-1} 以上) 試料では有効水分孔隙量 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) $= -0.268 \times \text{現地容積重} (\text{Mg m}^{-3}) + 0.590$ ($r = -0.92$, 式 2) の関係がみられた. 現地容積重と砂含量を説明変数とする重回帰分析による式の一元化も試みたが寄与率にほとんど差がなく, 砂含量に対する回帰係数も小さかったので, 砂含量の高い試料と低い試料に分けて考えるほうがよいと判断した. 図から明らかなように, 砂含量が高い試料は低い試料に比べ直線が上方に存在する. これは, 粗粒質土壌では, 低水分ポテンシャル領域の孔隙に多くの水分が保持されているためと思われる. 同様なことは竹内 (1989) も認めており, 網走管内の主要土壌について, 砂含量が 0.6 kg kg^{-1} を越えると急激に低水分ポテンシャル有効領域水分量 ($3.16 \times 10^{-3} \sim 0.1 \text{ MPa}$) が増加すると述べている. これらのことから, 砂含量の低い土壌と高い土壌を区分することは妥当と思われる.

ただし、砂含量が高い試料は、測定点数が4点と少ないため既往のデータを利用して確認する必要がある。

(2) 土壌特性図

図3-2-3に「夕張」図幅の有効水分容量分布図の作成例を示した。有効水分容量は砂含量の低い土壌では式1，高い土壌では式2を用いて計算した。図は表層30cmの有効水分容量を6段階すなわち，30 mm以下，30-45 mm，45-60 mm，60-75 mm，75-90 mm，90mm以上にクラス分けして示した。図に示すように，夕張川流域の低地土と図幅中央部の丘陵に挟まれた低地帯で45mm以下と有効水分容量が小さい。一方，低位泥炭土の分布する場所では他の地域に比べ有効水分容量が大きい。

本地域においても前節で述べたように現地容積重は他の項目に比べて欠測の割合が大きく，大部分の土壌区で深さ30cmまでしか計算できなかったが，現地容積重のデータを補うことでこの推定式からより深い位置までの有効水分容量の計算が可能である。

以上のように，土壌情報システムを利用することによって，従来の土壌調査では得られなかった土壌の特性を，蓄積されたデータから類推することによって得ることが可能になり，従来の基本土壌図とは異なった視点の土壌特性図の作成が可能になる。

3 大縮尺土壌図作成法の確立

土壌情報のデータベース化にともなって，広域な情報とともに，より精度の高い情報が必要になる。土壌区の境界について精度のよい情報を得ることが可能でなおかつ時間と労力のあまりかからない手法の一つとして大縮尺土壌図の利用が考えられる。

大縮尺土壌図は縮尺が2万5千分の1以上の精度の高い土壌図で，5万分の1程度の中縮尺土壌図では表現できなかった個々の農家圃場の土壌特性を表現することができるため，土壌改良や土壌生産力の維持などの営農指導に利用することができる。これ

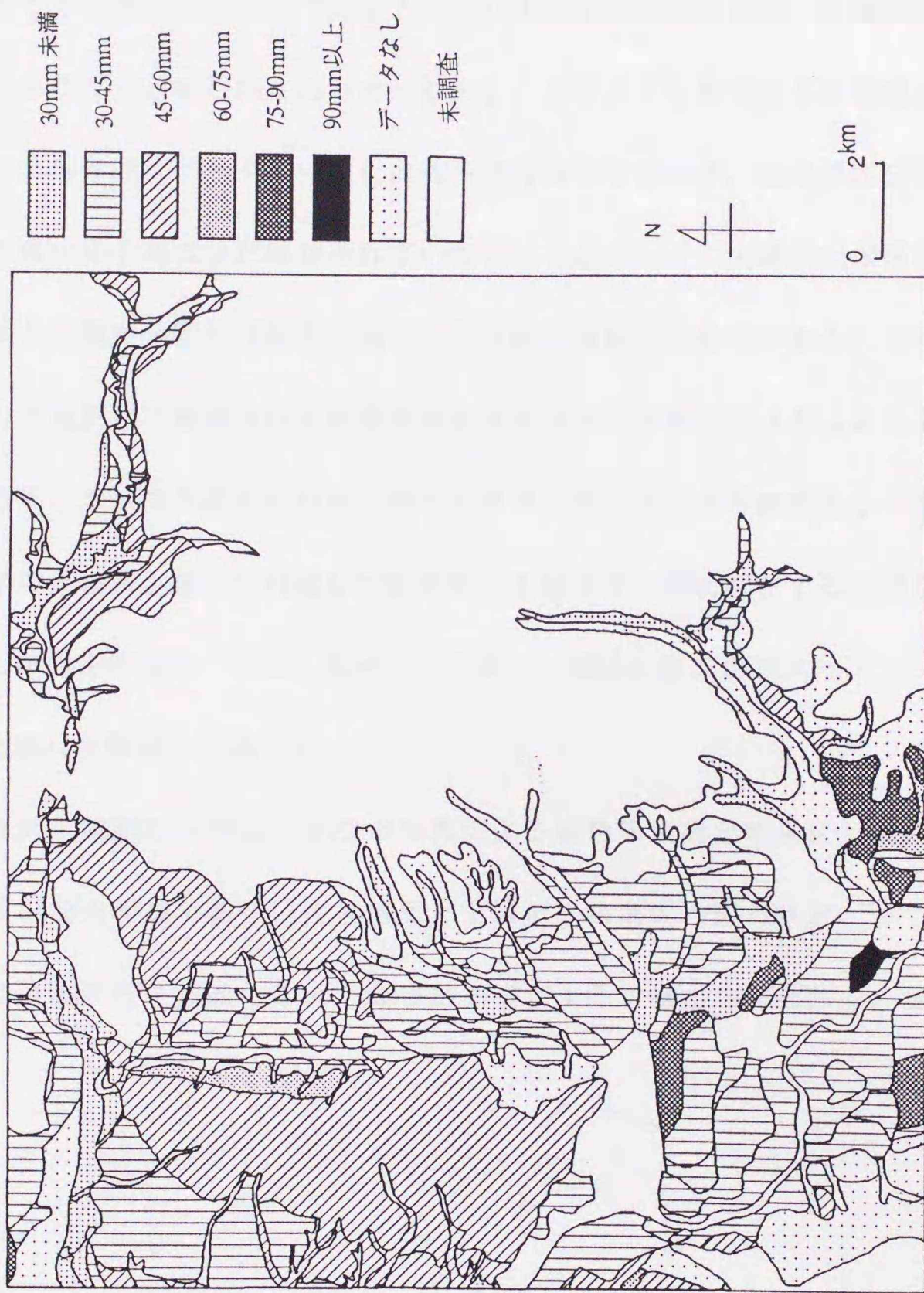


図3-2-3 有効水分容量区分図（タ張図幅）
深さ30cmまでの有効水分容量

までに、いくつかの大縮尺土壌図の作成に関する研究（農林水産技術会議事務局；1987，神山；1993）が行われてきた。その結果，微地形と土壌の分布には密接な関係があること，微地形を区分することにより土壌調査の作業能率，土壌図の精度向上が可能であることが明らかになった。しかし，どのような微地形と土壌型が対応するかといった具体的なデータの一般化は充分に行われておらず，微地形区分をもとに土壌図を作成する手順はまだ確立されていない。したがって，大縮尺土壌図作成のための微地形と土壌型の間の法則性に関する情報を蓄積する必要がある。この際に，これまでの土壌調査で蓄積された断面情報を微地形区分と結びつけることによって省力的に微地形と土壌型の間の法則性に関する情報を得ることが可能である。本節では始めに既存の土壌調査結果を利用して微地形と土壌分布の間に存在する法則性を検討して予察土壌図を作成し，それに基づいて大縮尺土壌図の作成を試みた。

1) 大縮尺土壌図の作成方法

大縮尺土壌図の作成は，(a)空中写真による微地形判読と地形区分図の作成，(b)既存の土壌調査結果に基づいた微地形と土壌型の法則性の間の検討，(c)この法則性にしたがった予察土壌図の作成，(d)現地調査による予察土壌図の修正，という手順で



図3-3-1 大縮尺土壌図作成法の研究対象地域の位置

行った。

対象地域としては多くの土壌型や地形が分布すると考えられる北海道空知支庁管内栗山町の三日月地区、南学田地区（それぞれ約250ha）および北学田地区（約150ha）の合計3地区を選択した（図3-3-1）。このうち、三日月地区と南学田地区は低地が主体であったが、北学田地区には台地が分布する。また、微地形区分は主として鏡式実体鏡による空中写真の実体視によって行った。用いた空中写真は、1947年撮影の白黒写真（縮尺：1/40,000）、1962年撮影の白黒写真（縮尺：1/20,000）、1976年撮影のカラー写真（縮尺：1/8,000）の3種類で、土壌分布の把握に最も適した地形区分が可能な空中写真を比較検討した。微地形区分は農林水産技術会議事務局の区分（農林水産技術会議事務局；1987）に準じて行った。微地形区分と土壌型の関係を予察的に検討するために、施肥改善事業（北海道立農試；1962）、地力保全基本調査（北海道立中央農試；1972）、北海道農業試験場土壌調査（音羽ら；1978）による土壌調査結果のうち、2万5千分の1地形図「栗山」図幅とその周辺にある土壌調査地点の位置と断面記載を利用した。

予察土壌図は北海道土壌分類第2次案（北海道土壌分類委員会；1979）の小分類と土性区分により作成した。さらに、現地調査によって各土壌区の境界線の確認を行い、予察土壌図を修正し、大縮尺土壌図を作成した。この確認調査は1987-1989年に、それぞれの地区について100m格子を作り、その交点上の点で約1mの深さまで主に検土杖を用いた断面調査をすることによって行った。

2) 結果と考察

大縮尺土壌図作成のためには、できるだけ詳しい微地形区分が必要である。今回利用した空中写真は1947年、1962年、1976年の3時期のものであるが、それぞれの写真の特徴として、1947年のものは撮影年次が古く土壌との対応が分かりやすい自然状態

の地形が判読できるが、縮尺が小さく、写真に不鮮明なところがある。1976年のものは縮尺が大きく、細かな部分の判読が容易であることに加えて、カラー写真であるため、濃淡・きめに加えて色による判読も可能であったが、基盤整備などにより、撮影時にすでに自然状態が損なわれてる場合が多かった。1962年のものは両者の中間的特性をもっていた。北学田地区では、1947年以降台地を中心に大規模な基盤整備が行われているため、自然状態の地形を読み取るのには1947年の写真が有効であった。

対象とした3地区で行った地形区分の結果をまとめると以下のようなものである。三日月地区は、夕張川による沖積地で規模の大きな旧河道が広く分布し、現河道、旧河道沿いに自然堤防が発達している。南学田地区は夕張川と阿野呂川に挟まれた沖積地で、後背低地の分布が広い。三日月地区のような大規模な旧河道はほとんどないが、小規模の旧河道が網目状に分布している。北学田地区は緩傾斜の台地と隣接する丘陵の斜面であった。台地の大部分は基盤整備（造田）による地形改変の結果、原地形はほとんど残されていない。

これまでに行われた土壌調査地点を地形区分図にプロットすると、施肥改善事業による土壌調査地点は水田の分布する低地に多く、地力保全基本調査、北農試土壌調査では低地の調査地点が少なく、台地・丘陵地の調査地点が多かった。全体として、本地域の既存土壌調査地点は低地が多く、台地がこれに次ぎ、丘陵地は著しく少なかった。施肥改善事業の土壌調査は他の土壌調査と調査内容がやや異なるため、泥炭層が出現する土壌を低位泥炭土、青灰色層が75cm以内に出現する土壌をグライ低地土、青灰色層が75cmより深く出現する土壌、斑紋、灰褐色層が出現する土壌を灰色低地土に對比した。地形区分とそこに出現する土壌との関係を予察的に概観すると表3-3-1に示すような法則性があった。この法則性を基に予察土壌図を作成した。後背低地や谷底平野のように一つの微地形区分に複数の土壌型が対応する場所ではこの法則性から土

表 3-3-1 予察土壤図による地形—土壤の関係

地形区分		土 壤
丘	等斉斜面	褐色森林土
	凸型斜面	褐色森林土
陵	凹型斜面	暗色表層褐色森林土
台 地	平坦面	疑似グライ土（灰色台地土）
	凸型面	疑似グライ土（灰色台地土）
	凹型面	疑似グライ土（灰色台地土）
低 地	谷底平野	グライ低地土，灰色低地土，褐色低地土
	扇状地	褐色低地土
	自然堤防	褐色低地土
	後背低地	灰色低地土，グライ低地土，低位泥炭土
	旧河道	灰色低地土

注) 土壤分類は北海道農牧地土壤分類第2次案にしたがった。
() 内は農耕地分類である。

壤型の境界線を決定することができないので，既存調査データによる土壤の分布から境界線を決定した。

図3-3-2に南学田地区の(a)地形区分図，(b)予察土壤図，(c)大縮尺土壤図を示した。南学田地区では(a)地形区分図で自然堤防，台地に区分された所を(b)予察土壤図ではそれぞれ褐色低地土，疑似グライ土とした。また，後背低地にプロットされた既存データの土壤型から低位泥炭土の分布の境界線を引いた。それ以外の後背低地のデータはほとんどが灰色低地土であった。また，旧河道上にプロットされる既存データはなかった。現地調査の結果に基づいて(c)大縮尺土壤図のように(b)予察土壤図を修正した。主な修正は以下の点である。褐色低地土は後背湿地にはほとんど分布しなかった。灰色低地土とした低位泥炭土の周辺部分にグライ低地土が分布した。旧河道の一部にはレキ質の灰色低地土と細粒質のグライ低地土が分布した。

図3-3-3に北学田地区の(a)地形区分図，(b)予察土壤図，(c)大縮尺土壤図を示した。北学田地区では(a)地形区分図で台地，丘陵（斜面），谷底平野に区分された所を(b)予察土壤図ではそれぞれ疑似グライ土，褐色森林土，グライ低地土とした。また，台

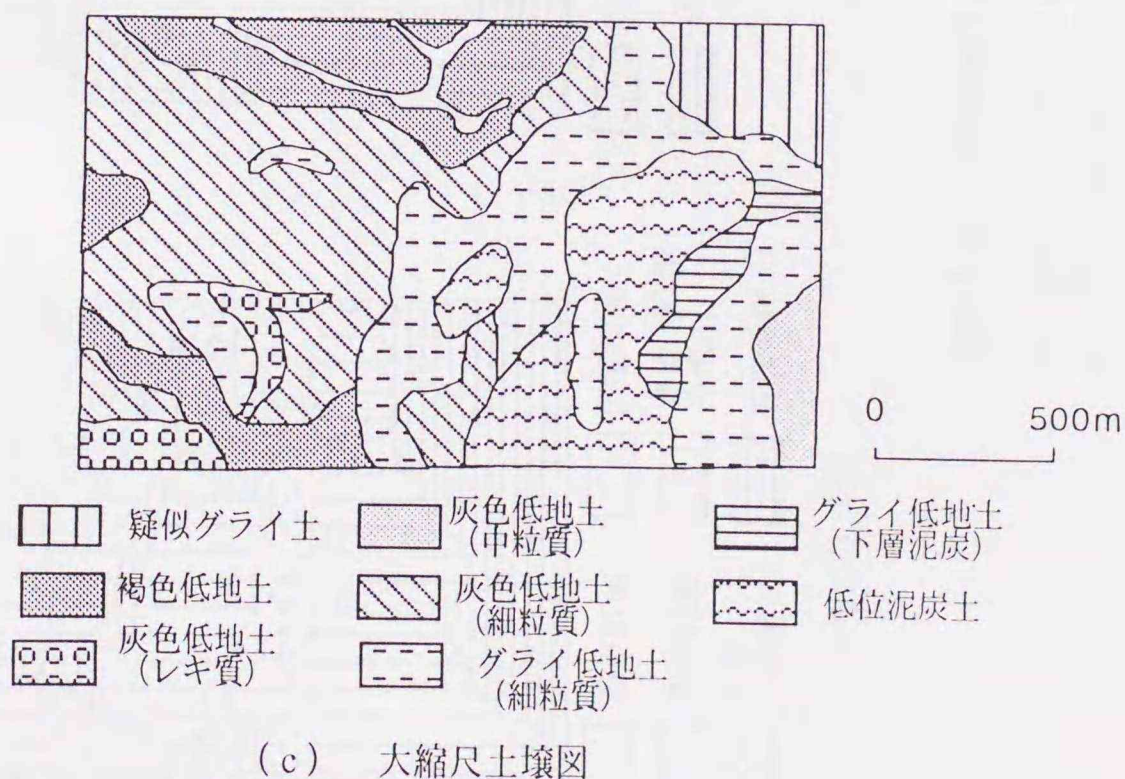
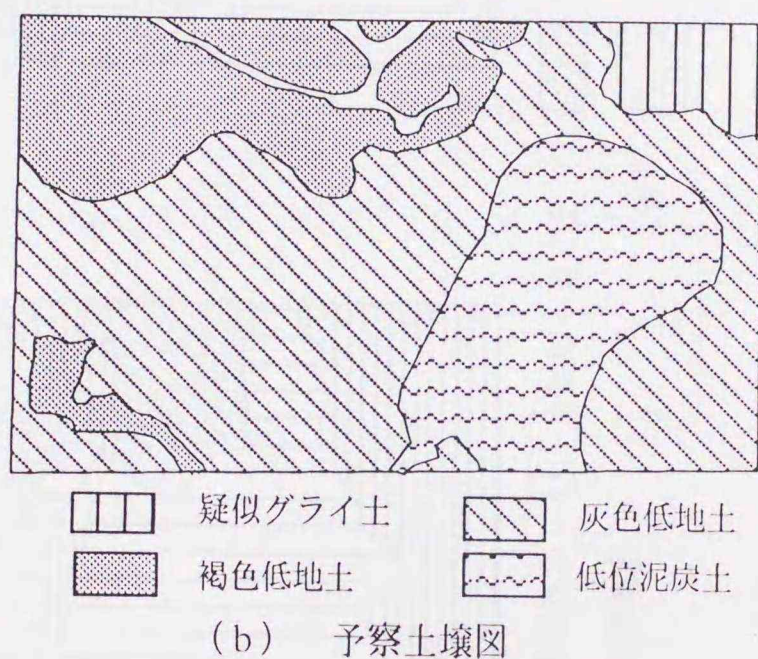
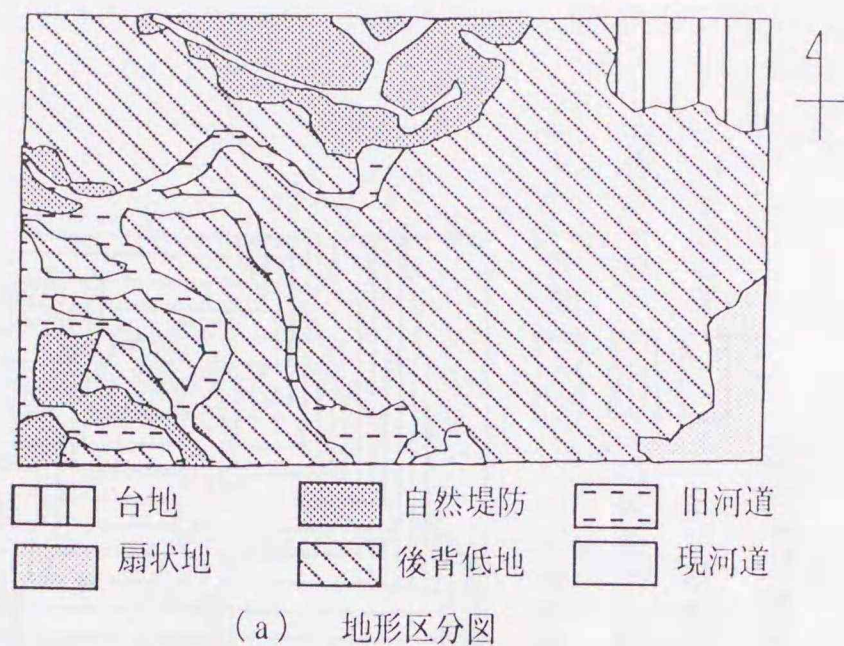


図3-3-2 南学田地区の地形区分図・予察土壤図・大縮尺土壤図

- (a) 地形区分図は空中写真の実体視によって作成した。
 (b) 予察土壤図は地形区分図および既存の土壤調査結果に基づいて作成した。
 (c) 大縮尺土壤図は100m格子の現地土壤調査に基づいて作成した。

図3-3-3 北学田地区の地形区分図・予察土壤図・大縮尺土壤図

- (a) 地形区分図は空中写真の実体視によって作成した。
- (b) 予察土壌図は地形区分図および既存の土壌調査結果に基づいて作成した。
- (c) 大縮尺土壌図は100m格子の現地土壌調査に基づいて作成した。

地凹型面上にプロットされる既存データはなかった。現地調査の結果、以下の点を修正した。台地の凹型面では下層にグライ層が出現する場合が多く、グライ台地土が分布した。丘陵の分布に比べ褐色森林土の分布は狭かった。

これらの結果は以下のようにまとめることができる（表3-3-2）。(a)自然堤防上には褐色低地土が分布した。そのうち現在の夕張川の自然堤防上では粗粒～中粒質の土壌が、旧河道の自然堤防上では、細粒質の土壌が大部分であった。また、旧河道上のはものは表層が暗色で、下層は堅密であった。自然堤防上の土壌型は予察土壌図のそれにほぼ一致した。(b)台地には主として疑似グライ土が分布しており、一部に、褐色森林土が認められた。台地の凹型面にはグライ台地土が分布した。台地の平坦面、凸型面と疑似グライ土が、同じく台地の凹型面にはグライ台地土がそれぞれ対応した。(c)旧河道には主としてグライ低地土が分布し、灰色低地土も一部分布した。規模の小さな旧河道では細粒質のものが、大きな旧河道ではこれに加えてレキ質のものがあつた。このように旧河道とその周辺には灰色低地土（細粒質）、グライ低地土（細粒質）、あるいは灰色低地土（レキ質）が条件によって様々に分布するため、現地調

表 3-3-2 現地調査に基づく地形—土壌の関係

地形区分		土 壌
丘 陵	等斉斜面	褐色森林土
	凸型斜面	褐色森林土
	凹型斜面	暗色表層褐色森林土
台 地	平坦面	疑似グライ土
	凸型面	疑似グライ土
	凹型面	グライ台地土
低 地	谷底平野	グライ低地土、灰色低地土、褐色低地土
	扇状地	褐色低地土、灰色低地土、グライ低地土
	自然堤防	褐色低地土
	後背低地	灰色低地土、グライ低地土、低位泥炭土
	旧河道	グライ低地土、灰色低地土

下線は予察土壌図の作成時と異なる関係が得られたもの

査によって予察土壤図を変更する必要がある。(d)後背低地では河川から離れるにしたがって灰色低地土、グライ低地土、低位泥炭土と規則的に推移していた。このため予察土壤図の土壤区の境界線を変更する必要があった。また、台地、丘陵から沢が流入する扇状地地形の部分には粗粒質の土壤が分布し、この規則性を乱していた。

これらのことから、自然堤防と台地では、予察土壤図が有効に利用できるが、旧河道についてはそれぞれ分布する土壤を、後背低地では各土壤の分布の境界線を現地調査で決定することが必要である。

4 圃場データを面的に広げる手法

土壤特性図は圃場単位の管理、土地改良などにも有効に利用できる。しかし、これまでは圃場単位の管理、土地改良などへ対応するために、目的に応じて調査を行っており、目的が異なる場合には新たに調査を行うのが普通であった。土壤情報システムによって大縮尺土壤図と圃場図を結合すれば、相当する土壤型の土壤データを用いて、個々の圃場の土壤データを補完することが容易になり、確度の高い予察図を作成できる。その後、圃場で実際に調査を行えば、補完したデータを修正し、蓄積した情報の精度を高めることができる。土壤学の分野でも地質統計学 (geostatistics) を用いて空間的内挿を行う手法が検討されている (BURROUGH; 1990)。これらの手法は定量的データに対しては有効であるが、定性的データに対しては適用が難しい場合が多い。

本節では大縮尺土壤図と圃場図を結合することのできる土壤情報システムを構築して、圃場単位の土壤データの補完を試み、この土壤情報システムと大縮尺土壤図とで作成したデータと現地調査によって得られたデータとの誤差について検討し、圃場単位の土壤データ補完の精度について考察した。

また、圃場管理に直接関係のある重要な土壤特性値、例えばレキ層の深さ、グライ

層の深さ、土壌の排水性・保水性等の情報を圃場ごとに直接示す図（圃場単位の土壌特性図とよぶ）を大縮尺土壌図と土壌情報システムとを組み合わせ作成する手法についても検討した。

1) 圃場単位の土壌特性図の作成方法

(1) 方法

(a) 対象地域

土壌情報システムを用いて栗山町南学田地区の圃場管理に関する土壌特性図を作成した。各圃場のデータは、大縮尺土壌図作成の際に、100m格子による土壌調査を行った（第3章第3節、大縮尺土壌図調査）ので、この調査データを利用した。この

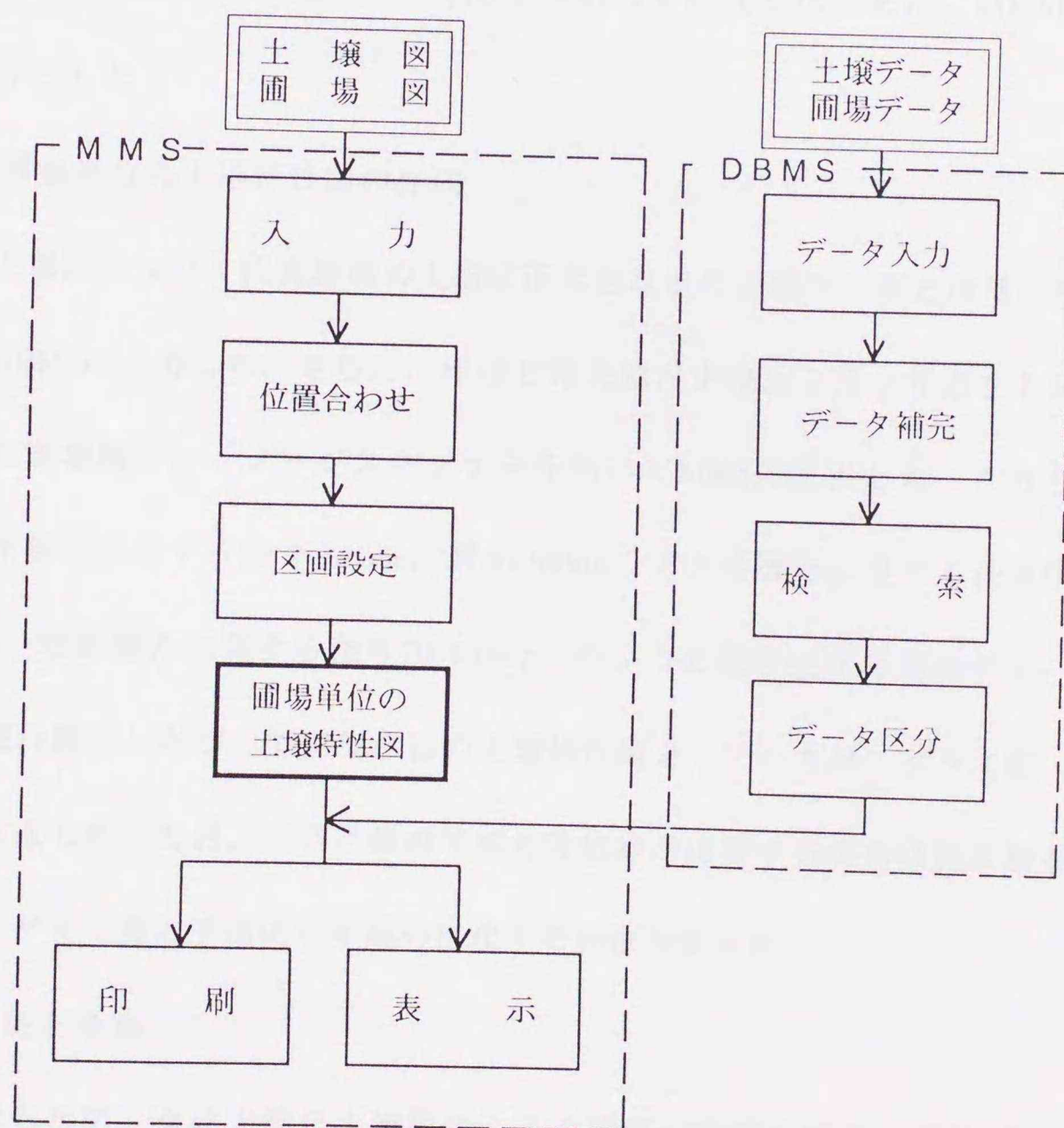


図3-4-1 圃場単位の土壌特性図の作成手順

調査から外れた圃場のデータは先に述べた大縮尺土壤図作成の際に設定した土壤区の代表断面データを用いた。

(b) 圃場レベルの土壤情報システム

土壤情報の管理については大縮尺レベルであっても中縮尺レベルの土壤情報システムの考え方を適用できるが、地図情報については縮尺の違いから適用が困難である。本節では圃場レベルの土壤情報システムを構築した。このシステムは土壤データと付け、土地改良等の圃場管理に関するデータを管理する記述データ管理システム(DBMS)と圃場図、大縮尺土壤図などの地図情報を管理する地図管理システム(MMS)の2つのサブシステムから構成される(図3-4-1)。DBMSは市販のデータベースソフトウェアのdBASE IIIplusを利用して作成した。また、MMSはC言語を用いて作成した。

(c) 圃場単位の土壤特性図の作成

各土壤区について代表断面の土壤断面形態などの土壤データと同地区内の圃場データをDBMSに入力した。さらに、作成した大縮尺土壤図と空中写真をトレースして作成した圃場図を、イメージスキャナーを用いてMMSに入力した。これらのデータからレキ層の出現する深さ0-50cm、同50-100cm、グライ層の出現する深さ0-50cm、同50-100cm、泥炭層の出現する深さ20-100cm、の5つの基準によって区分し、図3-4-1に示した流れ図にしたがって圃場単位の土壤特性図としてレキ層・グライ層・泥炭層分布図を作成した。なお、グライ層の下部に泥炭層が出現する場合は泥炭層を優先した。また、グライ層の下部にレキ層の出現する例はなかった。

(2) 結果と考察

入力したデータは大縮尺土壤図による土壤データが8地点、圃場データが634圃場である。このうち207圃場については、大縮尺土壤図を作成する際に行った100m格子

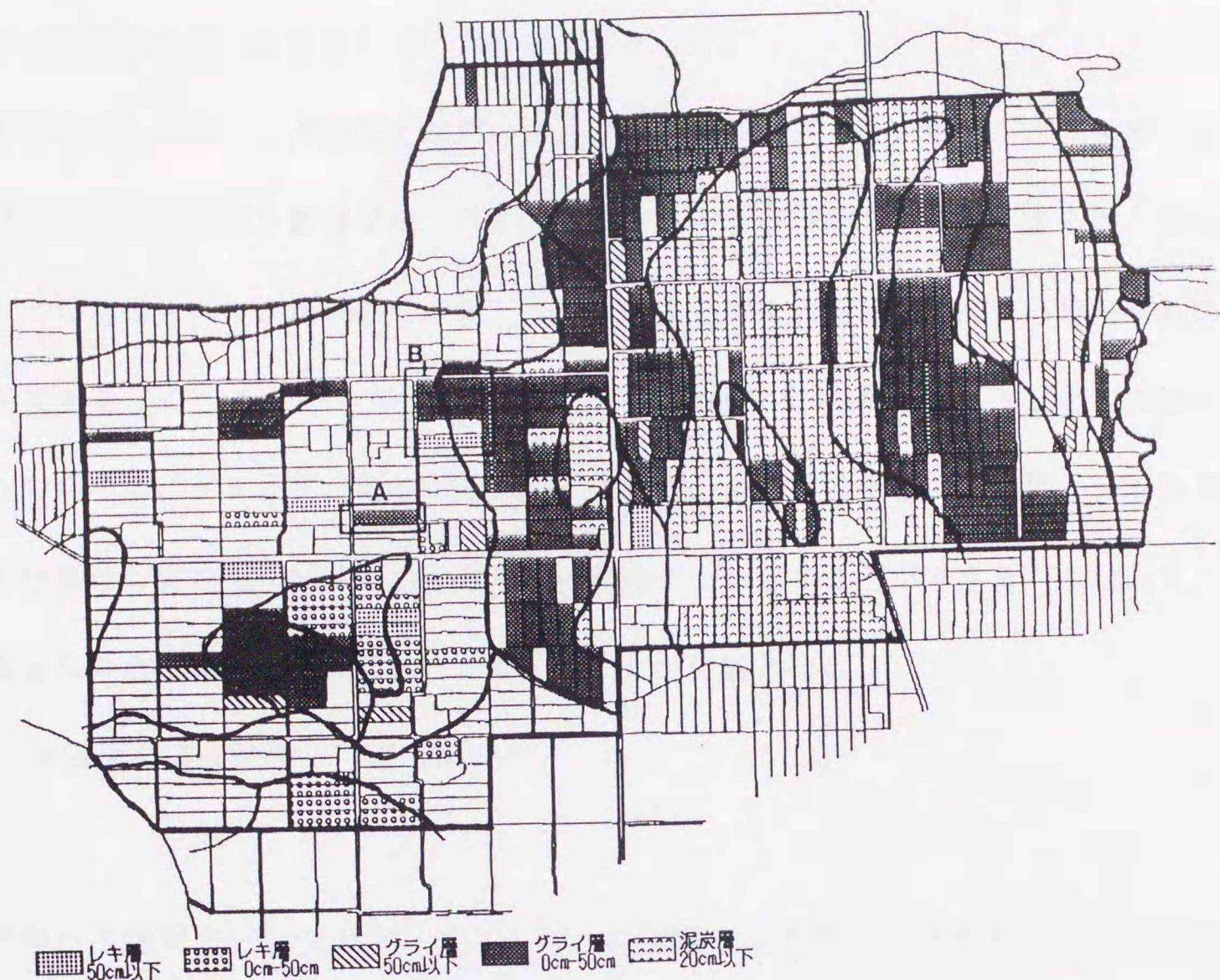


図3-4-2 圃場単位の土壌特性図の出力例（南学田地区）

—レキ層・グライ層・泥炭層の分布—

太実線は対象とした地区の範囲を示す。

実線は本地区の大縮尺土壌図（図3-3-2(c)）の境界線を重ね書きした。

白抜きは褐色層または灰色層が全層にわたって出現する圃場

の土壌調査データを入力した。調査データのない427圃場については大縮尺土壌図から補完することによってレキ層、グライ層、泥炭層の出現する深さを得た（図3-4-2）。

作成した土壌特性図は大縮尺土壌図の土壌分布にほぼ対応した土層の分布を示している。しかし、土壌特性図はこれらの土層の分布を圃場ごとに表示してあるため、図中の枠線Aで囲まれた部分で見られるように、大縮尺土壌図では灰色低地土として区分されているにもかかわらず、グライ層が0-50cmに出現するグライ低地土圃場の存在を知ることができる。また、土壌区の境界線を上書きすることによって、枠線Bで囲

まれた部分で見られるように、土壌区の境界線が圃場の中をとおり一つの圃場に複数の土壌型が分布する可能性についても知ることができる。

土壌情報システムと大縮尺土壌図を併用することによって、レキ層、グライ層、泥炭層の出現する深さを圃場単位で簡単に図化することが可能であった。さらに、圃場データの整備されていない約3分の2の圃場についても大縮尺土壌図から補完することができた。このことから土壌情報システムと大縮尺土壌図を組み合わせる方法によってレキ層、グライ層、泥炭層の出現する深さ、あるいは土壌の透水性、保水性等の圃場管理に直接関係する土壌の特性値を圃場ごとに示すことができる。すなわち、圃場単位の土壌特性図を短時間で作成することが可能となる。

2) 土壌図による圃場データの補完とその精度

(1) 方法

前項の土壌特性図作成の例においては、各圃場の土壌データは大縮尺土壌図調査データ（100m格子土壌調査）を利用し、この調査から外れた圃場は大縮尺土壌図の土壌区の代表断面のデータで置き換えて補完した。さらにここでは既に作成したレキ層・グライ層・泥炭層分布図をもとに、地区を選択し、該当する圃場全筆について大縮尺土壌図調査で外れた圃場も含まれるように、実際の土壌調査を行い（全筆調査）、土壌情報システムを用いたデータと実際のデータとの比較を行った。全筆調査では各圃場の中央部の一カ所で検土杖を用いて深さ1mまで断面形態を調査した。

土壌調査の結果を用いて、レキ層、グライ層について出現する深さをそれぞれ0-30 cm, 30-50 cm, 50-100 cm, 100 cm以下、の4つに区分したレキ層分布図、グライ層分布図を作成し、大縮尺土壌図のみを使用した場合と大縮尺土壌図および100m格子土壌調査データを併用してレキ層、グライ層分布図を作成した場合の2つの場合と比較して補完データの精度を検討した。補完データの精度の算出方法は、全筆調査からの

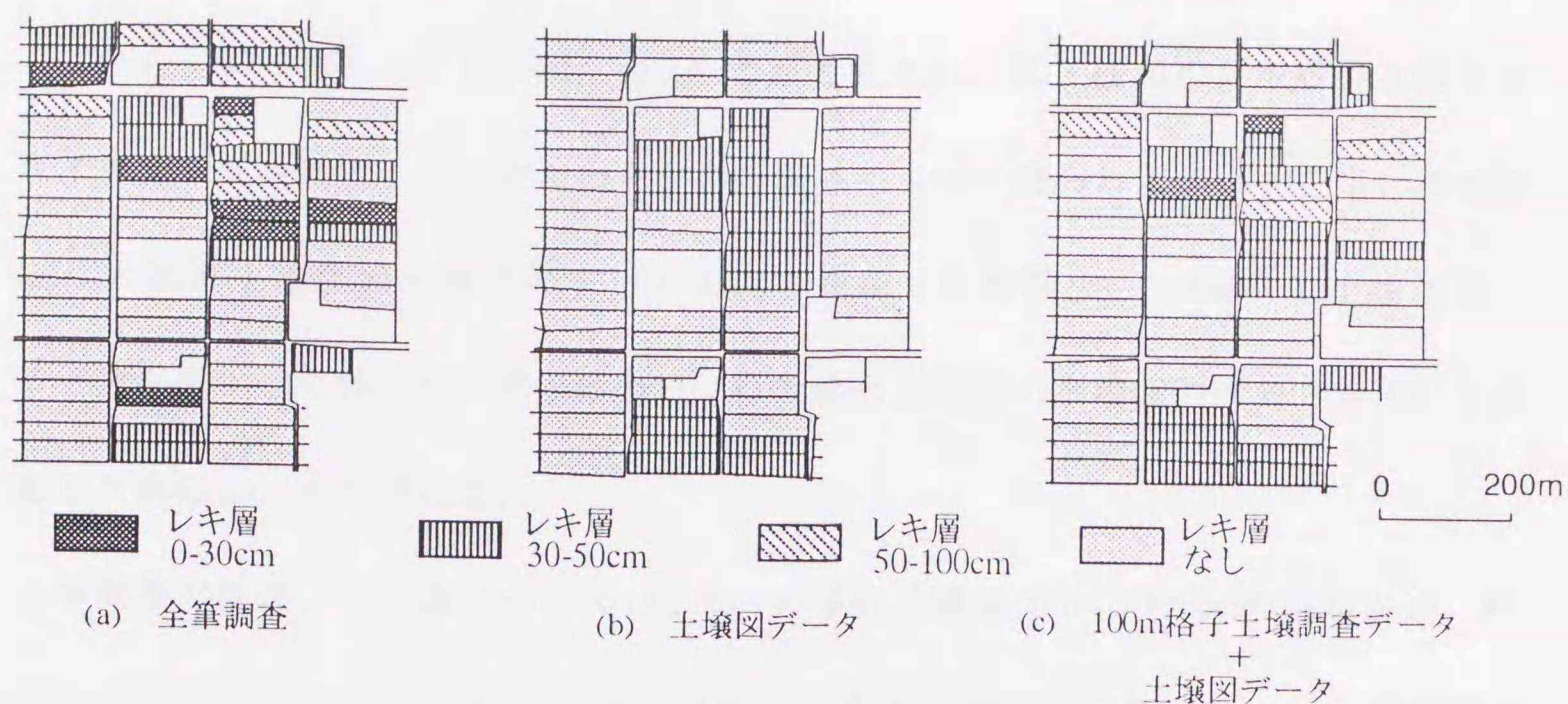


図3-4-3 レキ層分布図（南学田地区の一部）

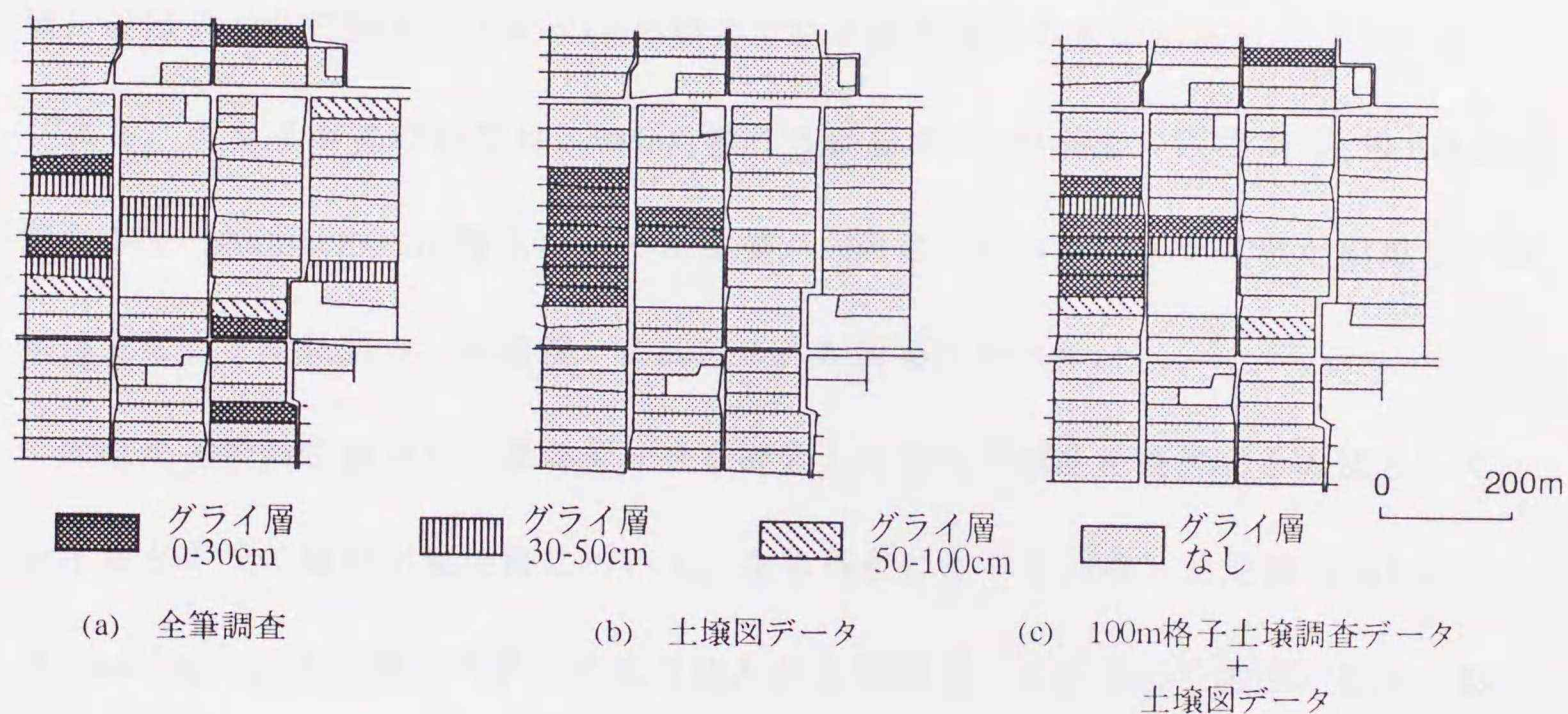


図3-4-4 グライ層分布図（南学田地区の一部）

誤差 = (全筆調査結果と異なる結果を持つ圃場の数) / (全圃場数) × 100(%)とした。全圃場数を100として、大縮尺土壌図の土壌区の代表断面で土壌データを補完した場合に、全筆調査と異なるデータの圃場数が15あったと仮定すれば、誤差は15%ということになる。

(2)結果と考察

該当地区の圃場数は71圃場で、そのうち32圃場については100m格子土壌調査の際に得られたデータを、残りの39圃場について新たに行った全筆調査のデータを用いた。

これらのデータから、図3-4-3、図3-4-4に示したそれぞれ3種類のレキ層分布図とグライ層分布図を作成した。すなわち、全筆調査によって得られたデータを用いた地図(a)、大縮尺土壤図の土壤区のデータのみを利用した地図(b)、100m格子土壤調査のデータを用い、それ以外の圃場については大縮尺土壤図の土壤区のデータを用いて補完した地図(c)、を作成した。

全筆調査の結果、レキ層については0-30cmに現れる圃場が7、30-50cmの圃場が13、50-100cmの圃場が9、100cm以内に出現しなかった圃場が42圃場であった。レキ層が出現した圃場は主に灰色低地土（レキ質）に区分された圃場であるが、灰色低地土（細粒質）と区分された圃場でも30-50cmの深さでレキ層の現れるものがあった。

また、グライ層については0-30cmに現れる圃場が5、30-50cmの圃場が5、50-100cmの圃場が3、100cm以内に出現しなかった圃場が58圃場であった。グライ層が出現した圃場は主にグライ低地土（細粒質）に区分された圃場であった。

大縮尺土壤図を利用して圃場データを補完した場合の精度を検討する方法として、レキ層とグライ層の出現位置について、全筆調査によって作成した地図（図3-4-3および3-4-4のa））と(f)情報システムに取り込んだ土壤図データに基づく地図（図3-4-3および3-4-4のb））、ならびに(i)100m格子土壤調査データを利用し、それ以外の圃場を土壤図のデータで補完した地図（図3-4-3および3-4-4のc））を比較した。この結果を表3-4-1と表3-4-2に示した。

レキ層については、(f)の場合では、土壤図データでレキ層が30-50cmに出現するにもかかわらず、全筆調査では出現しなかったという誤差が7%、50-100cmに出現したという誤差が6%、0-30cmに出現したという誤差が7%、土壤図データで出現しないのに全筆調査では出現したという誤差が21%であった。また、出現位置は土壤図を基にするため全て代表断面と同じ30-50cmに区分されるが、全筆調査ではそれよりも浅い

表3-4-1 全筆調査と土壤図または100m格子土壤調査+土壤図との間の
レキ層の出現位置別圃場数

		土 壤 図					100m格子土壤調査+土壤図				
		0-30cm	30-50cm	50-100cm	なし	合計	0-30cm	30-50cm	50-100cm	なし	合計
全 筆 調 査	0-30cm	0	5	0	2	7	2	3	0	2	7
	30-50cm	0	5	0	8	13	0	9	0	4	13
	50-100cm	0	4	0	5	9	0	2	5	2	9
	なし	0	5	0	37	42	0	5	0	37	42
	合計	0	19	0	52	71	2	19	5	45	71

数字は圃場数

表3-4-2 全筆調査と土壤図または100m格子土壤調査+土壤図との間の
グライ層の出現位置別圃場数

		土 壤 図					100m格子土壤調査+土壤図				
		0-30cm	30-50cm	50-100cm	なし	合計	0-30cm	30-50cm	50-100cm	なし	合計
全 筆 調 査	0-30cm	2	0	0	3	5	3	0	0	2	5
	30-50cm	4	0	0	1	5	2	2	0	1	5
	50-100cm	1	0	0	2	3	0	0	2	1	3
	なし	2	0	0	56	58	2	0	0	56	58
	合計	9	0	0	62	71	7	2	2	60	71

数字は圃場数

位置、あるいは深い位置から出現する圃場も見られた。(i)の場合（全筆調査と100m格子土壤調査データの比較）では、これらの誤差はそれぞれ7%、3%、4%、11%に減少した。

一方、グライ層の出現する圃場はレキ層の出現する圃場に比べ数が少ないが、(i)の場合土壤図データでは出現するにもかかわらず全筆調査では出現しないという誤差が3%、逆の誤差が8%であり、(i)の場合はそれぞれ3%と6%で誤差の割合はレキ層の場合より小さかった。この誤差の違いはレキ層とグライ層の生成的特徴の違いによるものと考えられる。すなわち、グライ層の出現する場所は河川に近いところから褐色低地土、灰色低地土、グライ低地土と土壤が規則的に移行する後背低地に多く、不規則な変動が少ないために、土壤図の精度が高い。これに対して、レキ層の出現する場所は旧河道に多い。このような部分では河道の規模や古さによってレキ質や細粒質な土壤、あるいは灰色低地土とグライ低地土が不規則に分布するために土壤図の精度が

低くなりやすい。また、(f)の場合の誤差が(i)の場合の誤差より大きいのは、大縮尺土壌図の土壌区を設定する時点で、包含土壌として100m格子土壌調査のデータが他の土壌区の中に埋没してまとめられたことによると思われる。利用した大縮尺土壌図では小分類と土性のみで区分しているが、レキ層、グライ層、泥炭層などの出現する深さなどを加えて細区分することによって精度は向上すると考えられる。

本研究においては、大縮尺土壌図と100m格子土壌調査データを併用することによって、圃場単位の土壌特性図に表現されていないのにレキ層やグライ層が出現したという誤差をそれぞれ11%と6%まで減ずることができ、農家単位のデータ利用に有用な情報を提供できると考えられる。また、データの蓄積にともなって誤差の割合は減少することから、土壌図のデータを利用しつつ圃場のデータを蓄積していくことが望ましい。一方、全筆調査の結果から、対象地域の灰色低地土（レキ質）の分布はやや狭く把握されていたと考えられるが、蓄積された圃場データを逆に大縮尺土壌図にフィードバックすることによって土壌図の精度を向上することが可能になる。

土壌管理、圃場管理のためには化学性、物理性などの分析データも必要であるがこれらのデータは、管理の方法等によってばらつきも大きくなるため補完法についてはさらに検討する必要がある。

5 石狩泥炭地中央部における土地利用と客土情報の収集と整理

土壌資源の評価をする際に土壌の情報ばかりではなく他の情報も必要になる場合が多い。本節ではその一例として石狩泥炭地中央部における客土、土地利用等に関する情報の収集とデータベース化について論ずる。

石狩泥炭地は石狩川流域の石狩・空知支庁管内に分布する泥炭地の総称で、北海道で最も面積が広がったが、農地、特に水田として開発された。農地利用にともない、団体営、道営、国営などさまざまな客土事業が行われてきたが、広域的な客土の厚さ

(層厚)の実態は明らかではない。これは国、道、農協など複数の機関が様々な時期に分かれて客土を実施したことが原因と考えられる。そこで、これまでに実施された客土事業に関する資料を関係機関から可能な限り収集し、これらの資料をもとに客土層厚区分図を作成した(神山ら; 1992)。

また、この地域における農地開発の後、1970年以降の生産調整政策によって、水田の一部が転換され畑として利用されるようになり、土地利用は原野、水田、畑と変化してきた。そこで、同地域の土地利用区分図の作成を同時に行なった。さらに作成した地図を利用して石狩泥炭地の客土について解析を試みた。

1) 対象地域

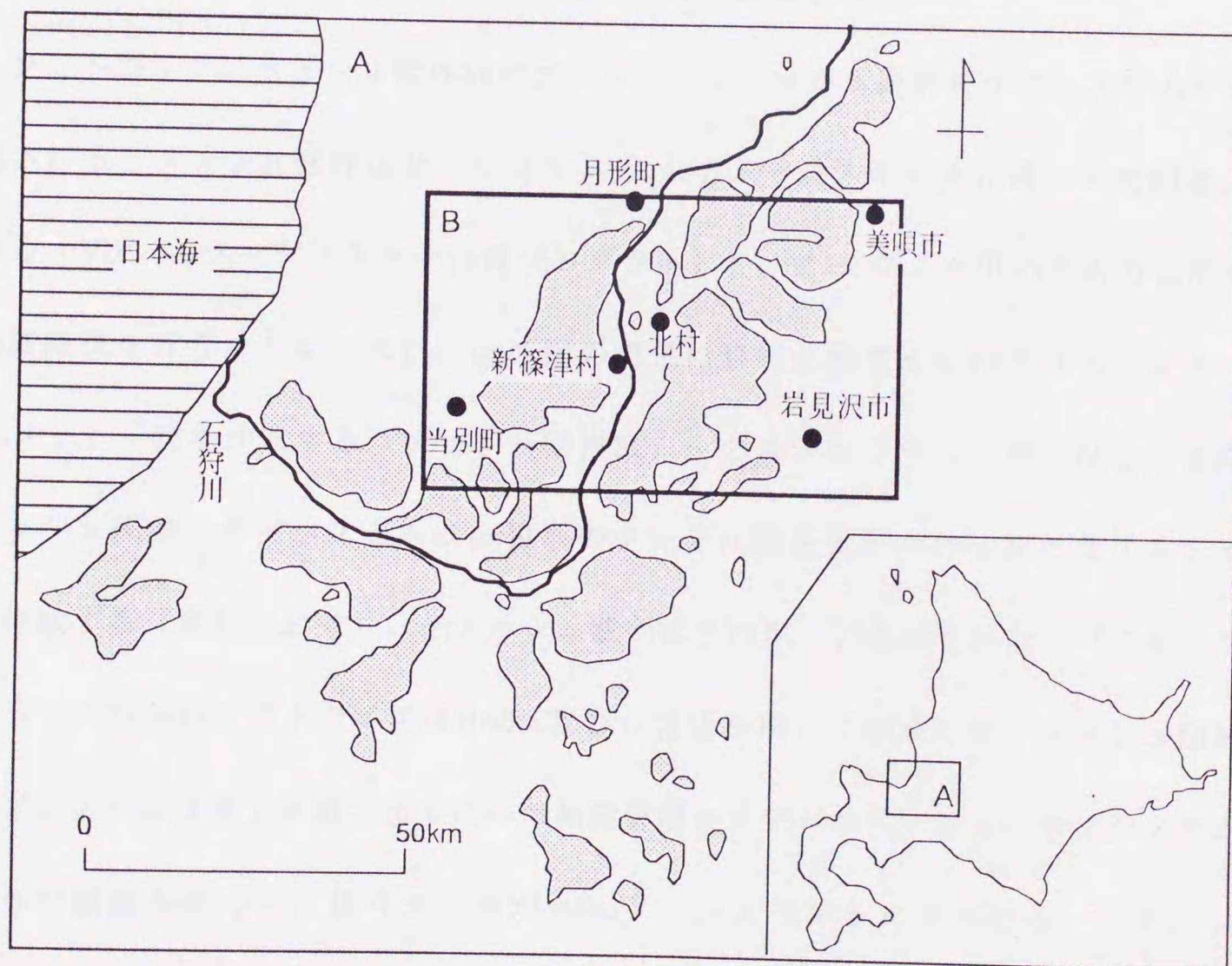


図3-5-1 石狩泥炭地中央部の概要

A: 石狩泥炭地中央部(砂目の部分は泥炭土の分布する部分)

音羽ら(1978), 瀬尾ら(1965)より作成

B: 客土情報の研究対象地域

(「当別」図幅, 「岩見沢」図幅西半分の範囲)

対象地域として北海道の石狩泥炭地中央部（5万分の1地形図「当別」図幅および「岩見沢」図幅の西半分）を選定した（図3-5-1）。対象地域にはかつての美唄原野、幌向原野、当別篠津原野などが含まれており、石狩泥炭地の主要な部分を占める。また、丘陵、台地には泥炭土が分布しないため対象地域から除外した。

2) 土壌情報システム

使用した機種の構成はパーソナルコンピュータ（日本電気PC9801シリーズ及びその互換機）、デジタイザ（グラフィテックKD1290）、イメージスキャナ（システムクオリティIS200）、ページプリンタ（日本電気PCPR602）、カラープリンタ（シャープIO-735）である。客土図のメッシュ化の際に、一部エンジニアリングワークステーション（日本電気EWS4800）を利用し処理時間の短縮をはかった。

ソフトウェアはメッシュ図作成サブシステムとメッシュ図解析サブシステムから構成される。メッシュ図作成サブシステムは(a)イメージスキャナを用いて地図を入力する「VIP（イメージスキャナ付属プログラム）」、(b)マウスを用いて入力した地図の細線化を行う「トレース」、(c)区画の属性の設定と色塗りを行う「ペイント」、(d)メッシュ図を作成する「メッシュ図作成」、の各ソフトウェアからなる。また、メッシュ図解析サブシステムは(e)複数のメッシュ図を重ね合わせ新たなメッシュ図を作成する「重ね合わせ」、(f)メッシュ数や客土の厚さの集計を行なう「集計」からなる。これらのソフトウェアはBASIC及びC言語を用いて作成した。メッシュ図解析サブシステムは第2章第2節で述べた地図管理システムのメッシュ図サブシステムと同等の機能を持つが、扱うデータが100mメッシュである点が異なる。一方、メッシュ図作成サブシステムは地図の入力にデジタイザに代わって、イメージスキャナを利用する。これによって、細かな区画の多い土地利用図等の入力が容易になる。

3) 客土層厚区分図の作成方法

表 3-5-1 客土層厚区分図作成のための資料提供
を受けた機関一覧（五十音順）

機関名	機関名	機関名
岩見沢市農協	新篠津村農協	北海土地改良区
岩見沢土地改良区	空知大富農協	北海道開発局札幌開発建設部
岩見沢幌向農協	月形町農協	北海道石狩支庁
北村農協	月形土地改良区	北海道空知支庁
北村	当別町農協	峰延農協
篠津中央土地改良区	美唄市農協	

客土層厚区分図は以下の手順で作成した（図3-5-2）。初めに表3-5-1に示した客土事業に関する機関から客土事業に関する資料，地図等を収集し，客土事業データベースを作成した。データベースにdBASEIIIplus（NIPPON ASHTON TATE社製）を用いた。次に，このデータベースをもとに作業図として時期別事業区分図を作成し，第2章第2節で作成した「土壌図入力」ソフトウェアとディジタイザを用いてポリゴンデータとして入力後，「メッシュ図作成」ソフトウェアによって25mメッシュのメッシュ時期別事業区分図に変換した。ここでいう25mメッシュとはJISの3次メッシュ（1kmメッシュ）を東西，南北方向とも40分の1に分割したメッシュである。事業区

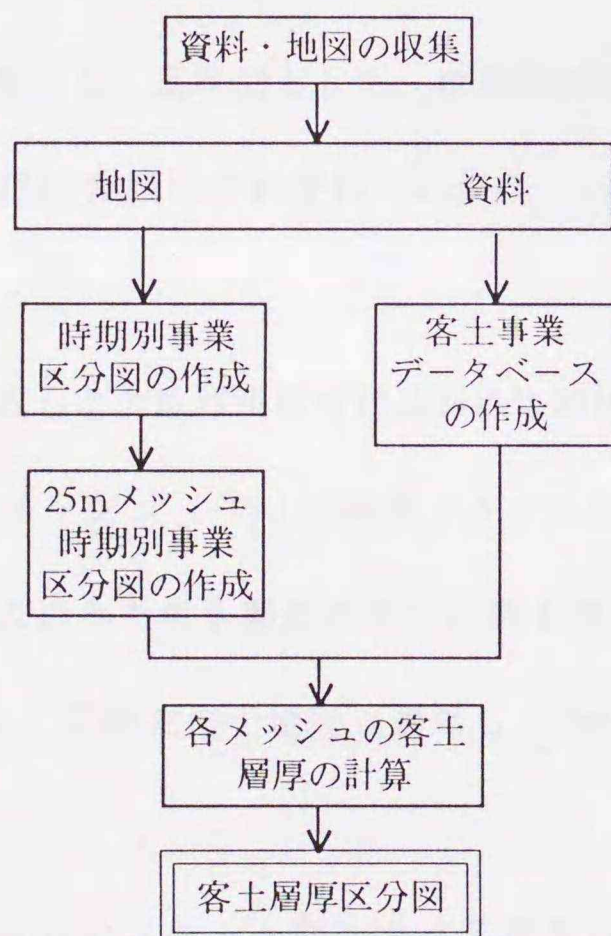


図3-5-2 客土層厚区分図の作成手順

分図データと客土層厚のデータから25mメッシュ客土層厚データファイルを作成した。最後に客土層厚を客土層厚5cm未満，5-10，10-15，15-20，20-25，および25cm以上の6つに区分した客土層厚区分図を作成した。

作成された客土層厚区分図の妥当性を確認するために当別町，新篠津村，北村，美唄市，岩見沢市の現地において客土の層厚調査を行なった。層厚調

査は65圃場の水田で1圃場3地点（長辺の両端と中央）の客土層の厚さを検土杖を用いて測定した。

後述の土地利用区分図と重ね合わせをするため、 4×4 個のメッシュデータのうち最も頻度の高い属性によって100mメッシュ（JIS 1/10細密メッシュ）データを作成した。客土量は各メッシュの客土層厚を積算することで求めた。また、土壌別あるいは利用形態別の農地面積あたりの平均客土量は客土量を農地メッシュ数（水田と畑のメッシュ数の和）で除することで求め、センチメートル(cm)で示した。

4) 土地利用区分図の作成方法

土地利用区分図は1914年、1954年（「岩見沢」図幅は1951年）、1968年、1978年、1985年（「岩見沢」図幅は1989年）の5時期に発行された5万分の1地形図「当別」及び「岩見沢」図幅の旧版地形図を用いて作成した。土地利用形態は地形図に表現されている原野、荒れ地、林地、畑地、水田、市街地、河川・湖沼の7区分とした。各時期の土地利用区分図は低地について、土地利用区分ごとに区画し、10万分の1地形図に縮小し、基本図とした。地形図の発行年次と調査年次が異なるため、これらの土地利用区分図はそれぞれ1910年代、1950年代、1960年代、1970年代、1980年代と呼ぶ。

作成した土地利用区分図は初めに図幅ごとにメッシュ図作成サブシステムによって100mメッシュ（JIS 1/10細密メッシュ）に変換した。各メッシュの属性は100mメッシュ点のうち最も頻度の高い属性を用いた。土壌図についても空知支庁（音羽ら；1978）、石狩支庁土壌図（瀬尾ら；1965）をもとに同様の手法でメッシュ図を作成した。

これらのメッシュ図における面積はメッシュ数に本地域の100mメッシュの平均メッシュサイズ $9,388\text{m}^2$ （ $101.6\text{m} \times 92.4\text{m}$ ）を乗ずることによって求めた。

5) 結果と考察

(1) 客土層厚区分図

提供を受けた資料・地図は、事業区ごとの計画一般平面図や年度別施工図、客土実績図などであった。また、この他、町史、市史、土地改良事業に関する資料など、客土事業に関する具体的記載のある既存資料も活用した。客土事業に関する資料は1960年代以降については、対象地域全域より得ることができたが、その以前については不明の部分が残された。したがって、客土層厚区分図は1960年代から現在までに施工された客土についてのデータをもとに作成した。収集した資料は事業単位ごとに整理し、同一事業で客土の厚さが異なる場合はこれを細分し区分単位とした後、客土事業データベースに入力した。データベース化した項目は事業主体（国営、道営、団体営）、事業名（客土事業、圃場整備事業など）、地区名、市町村名、面積、客土層厚、開始年、終了年、備考（土取り場等）の9項目である。

作成された客土層厚区分図を図3-5-3に示した。この地図によれば、開発当初に索道、送泥によって客土を行った岩見沢市から美瑛市に至る地域や新篠津村中央部で客土の厚さが厚い。一方、古くから農地として利用されていた当別町南部では、客土の厚さが薄い傾向が認められた。客土の実測層厚と客土層厚区分図を比較検討した結果、層厚区分図は現地の実態をほぼ適切に表していると考えられた。ただし、いくつかのメッシュで実測層厚のほうが5～10cm厚かった。この傾向は客土層厚が15cm以下のメッシュで特に顕著であった。この理由として、以下の3つが考えられる。第1の理由は、客土層が薄い場合、耕起深が浅いと考えられる水田であっても、下層の泥炭層と混層され現地の正確な客土層厚が求め難いことである。このことは現地調査の際にいくつかの地点において客土層中に混入した泥炭が見いだされたことから裏付けられる。第2は、基盤整備・造成等で客土層厚が不均一になることである。特に排

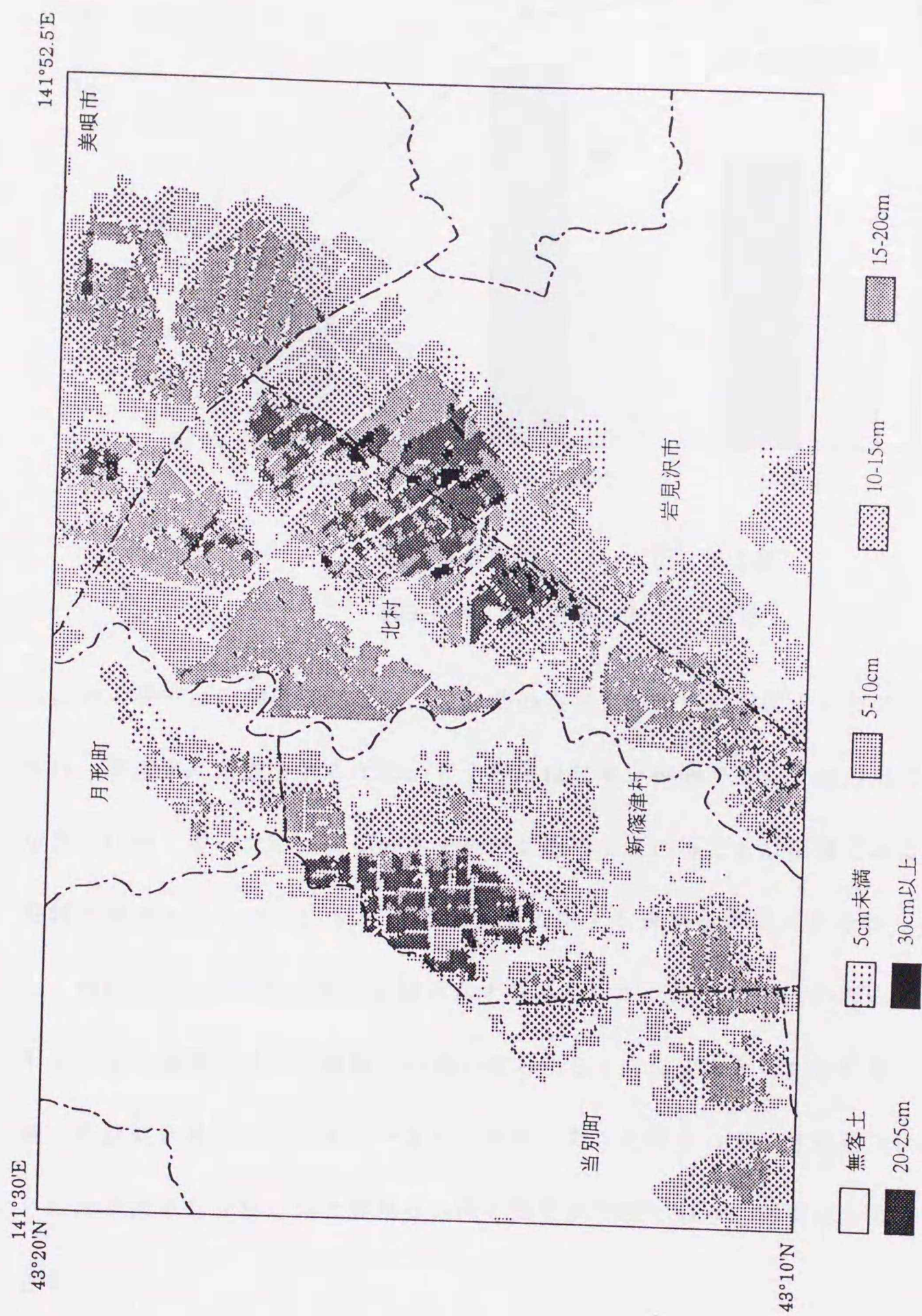


図3-5-3 客土層厚区分図

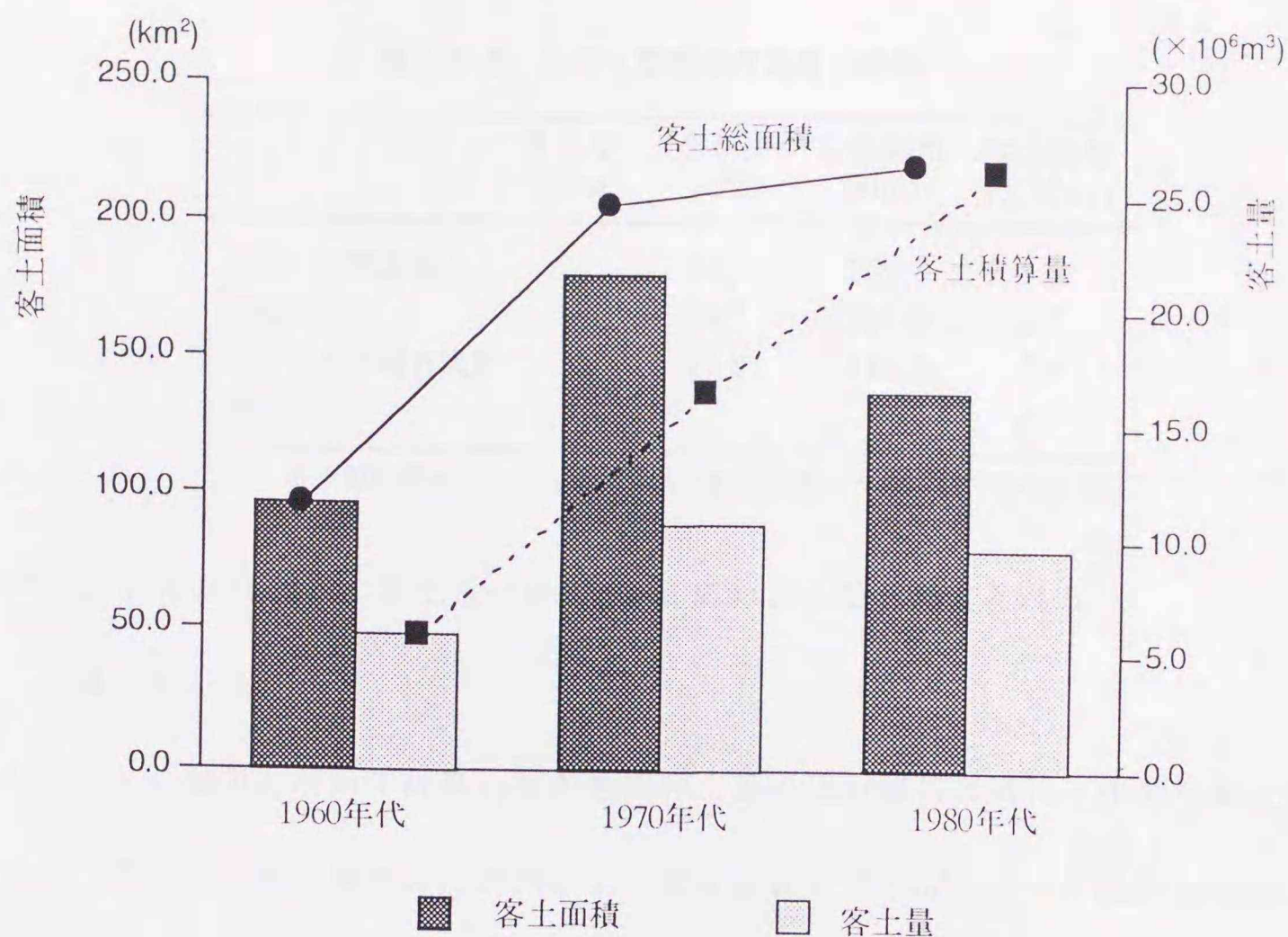


図3-5-4 客土面積、客土量の推移

水路の近傍では地盤沈下が進み、地表面の均平化のために圃場中央部の客土層が削剥され、周辺部に集積されるため、客土層厚は圃場中央部で薄く、縁辺部では厚い傾向が見られる。そのため、圃場の客土層厚を適切に求めることが困難である。第3は、資料が散逸してしまい、全ての客土事業に関する資料を収集できなかったことである。特に、1960年以前の資料はほとんど得られなかった。これらの理由の中で資料の不足が客土層厚区分図の現地との違いをもたらす主要因と考えられる。客土事業に関する資料と地図のデータベース化が完成したことによって、今後新たに資料が追加された場合でも容易に客土層厚区分図の変更が可能であり、精度を向上することができる。

客土面積と客土量の推移をみると（図3-5-4），1960年代では客土面積が97.2km²と客土量が $5.8 \times 10^6 \text{m}^3$ ，1970年代では180.1km²と $10.7 \times 10^6 \text{m}^3$ ，1980年代では137.1km²と $9.5 \times 10^6 \text{m}^3$ で1970年代が最大であった。これまでに本地域の農地面積の約60%にあたる

表 3-5-2 石狩・空知支庁の客土総量

	客土厚 (mm)	農地率* (%)	分布面積 (km ²)	客土総量 (×10 ⁷ m ³)
高位・中間泥炭土	137	89.5	269.7	3.3
低位泥炭土	92	94.3	304.0	2.7
グライ土下層有機質	54	85.8	181.2	0.8
合計				6.8

* 各土壌の農地メッシュ数をそれぞれの土壌メッシュ数で除した値

221.0km²に客土が行われ、客土量は26.8×10⁶m³におよんだと推定される。

(2) 土壌と客土

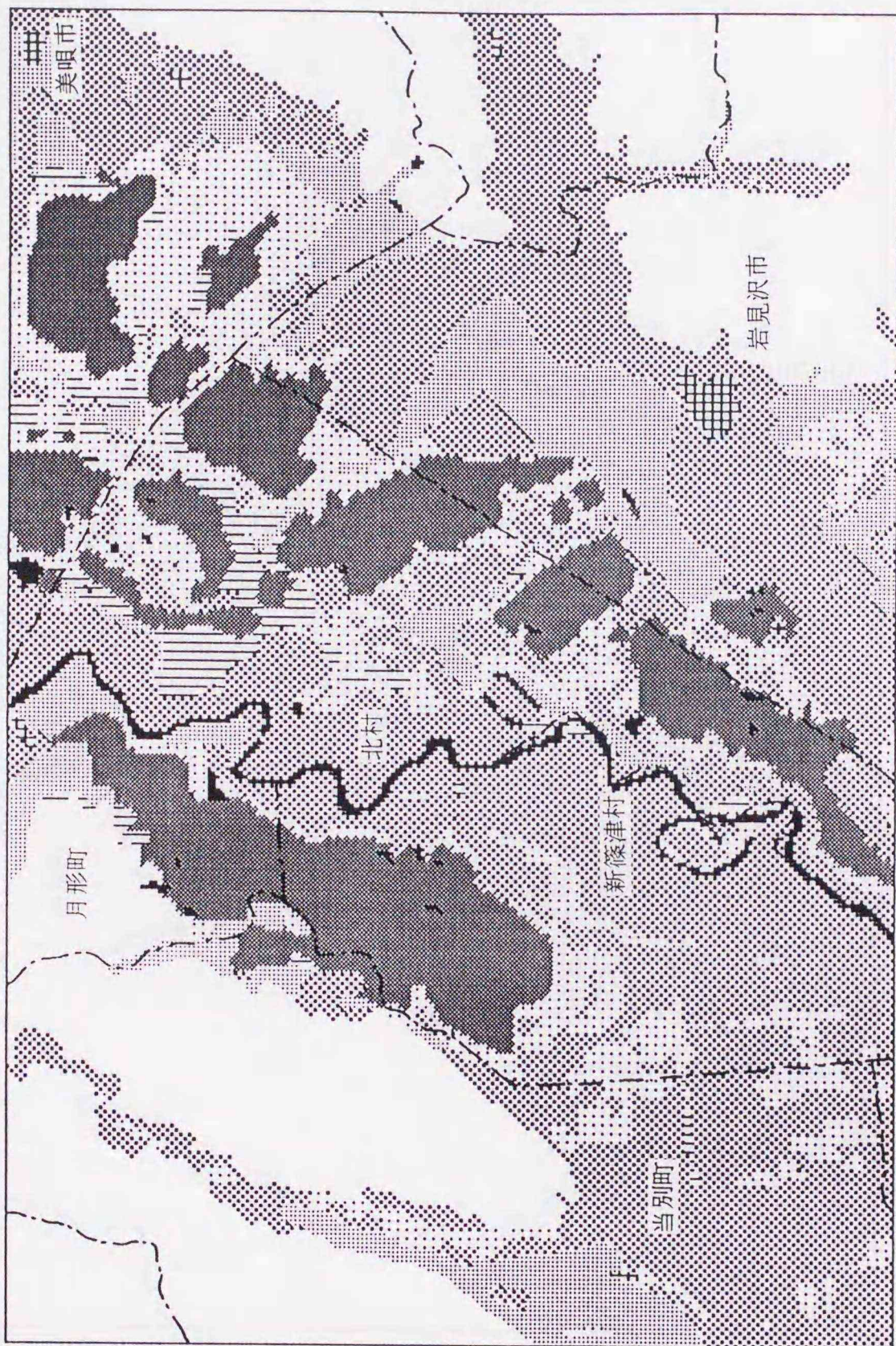
メッシュ土壌図を用いて計算した本地域の土壌の分布面積は高位・中間泥炭土が11.7km²、低位泥炭土が88.9km²、グライ土下層有機質が77.2km²、グライ土が16.0km²、灰色低地土が64.7km²、褐色低地土が25.8km²で、泥炭土の面積が半数以上を占めている。グライ土下層有機質までを含めた泥炭質の土壌は低地土壌の約7割を占める。

土壌別の農地面積あたりの平均客土量をみると、高位・中間泥炭土が平均層厚13.7cmで最も多く、次いで低位泥炭土が9.2cm、グライ土下層有機質が5.4cm、その他の低地土が1.3cmであった。聞き取り調査によるとグライ土下層有機質以外の低地土には客土は行われていないため、その他の低地土における数値は誤差によるものと考えられる。この誤差については後述する。土壌別の客土平均層厚、表3-5-2に示した高位・中間泥炭土、低位泥炭土およびグライ土下層有機質の農地率（各土壌について畑・水田のメッシュ数の合計値を全体のメッシュ数で除した値）および土壌図から求めた石狩・空知支庁の各土壌の面積（音羽ら；1978、瀬尾ら；1965）を用いて石狩・空知支庁の全客土量を推定した。その結果、推定全客土量は両支庁合計で6.8×10⁷m³となった。

(3) 土地利用と客土

141°52.5'E

141°30'E
43°20'N



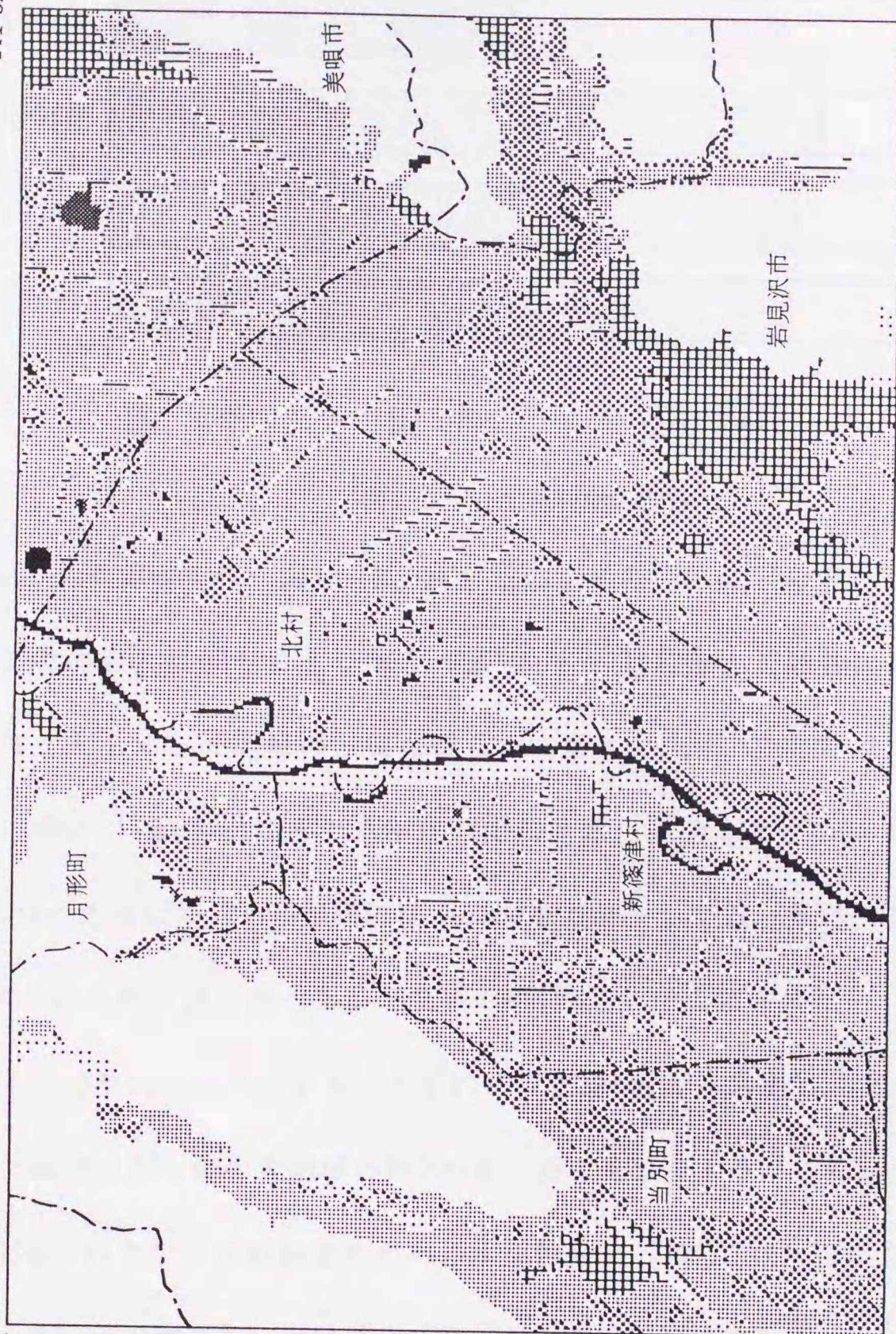
43°10'N

- | | | | | |
|----|-----|------|---|----|
| 丘陵 | 原野 | 荒地 | 畑 | 水田 |
| 林地 | 市街地 | 河川・沼 | | |

図3-5-5 土地利用区分図 (1910年代)

141°52.5'E

141°30'E
43°20'N



43°10'N

- | | | | | |
|----|-----|------|---|----|
| 丘陵 | 原野 | 荒地 | 畑 | 水田 |
| 林地 | 市街地 | 河川・沼 | | |

図3-5-6 土地利用区分図 (1980年代)

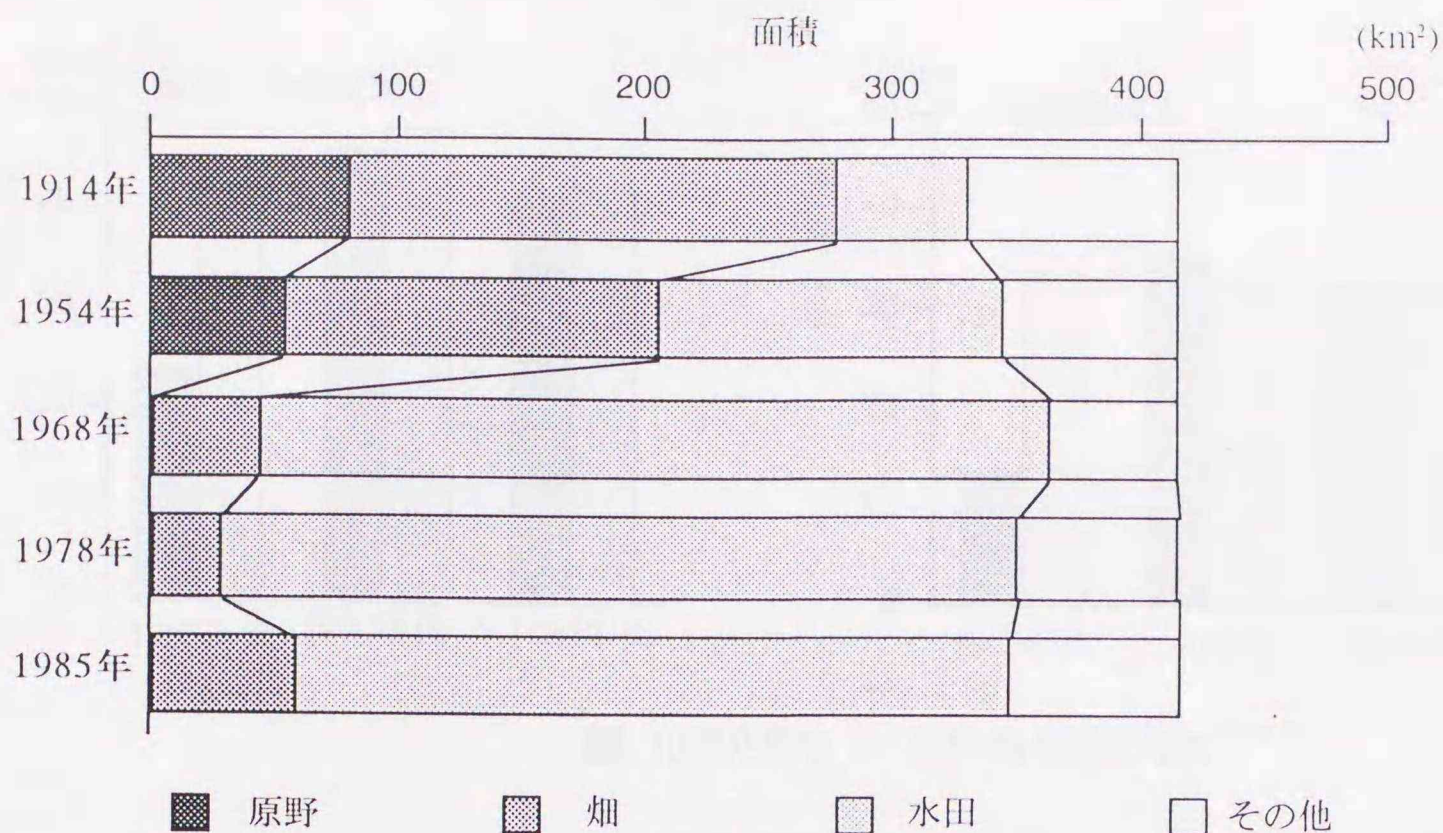


図3-5-7 土地利用の推移

図3-5-5に1910年代、図3-5-6に1980年代の土地利用区分図を示した。土地利用の推移をまとめると以下のようなものである（図3-5-7）。原野は大正時代に80.1km²と約20%を占め畑とともにこの地域の主要な部分を占めていたが、1980年代には0.8km²に激減した。特に、1950年代から1970年代の間に急速に減少した。畑の面積も1910年代には196.5km²あったが、1970年代には28.2km²まで減少してる。畑は1980年代には57.5km²と1970年代の約2倍になったが、全体の約13%を占めるにすぎない。一方、水田は畑と逆に1910年代の54.1km²から1970年代までに321.5km²に増加し、1980年代には289.7km²まで減少したものの本地域の約70%を占め広く分布する。これらの結果は1950年代から1960年代までの食料増産のための水田開発と、1970年代から現在まで続く生産調整による水田の畑転換、という土地利用の変化を顕著に表している。

これらの土地利用の推移から、この地域の農地は戦前からの農地（旧開発農地）と、1950年代以降に水田として開発された農地（新開発農地）の2つに区分できる。旧開発農地は主として低地土、低位泥炭土および一部高位・中間泥炭土に立地するが、新開発農地は高位・中間泥炭土と一部低位泥炭土に立地する。

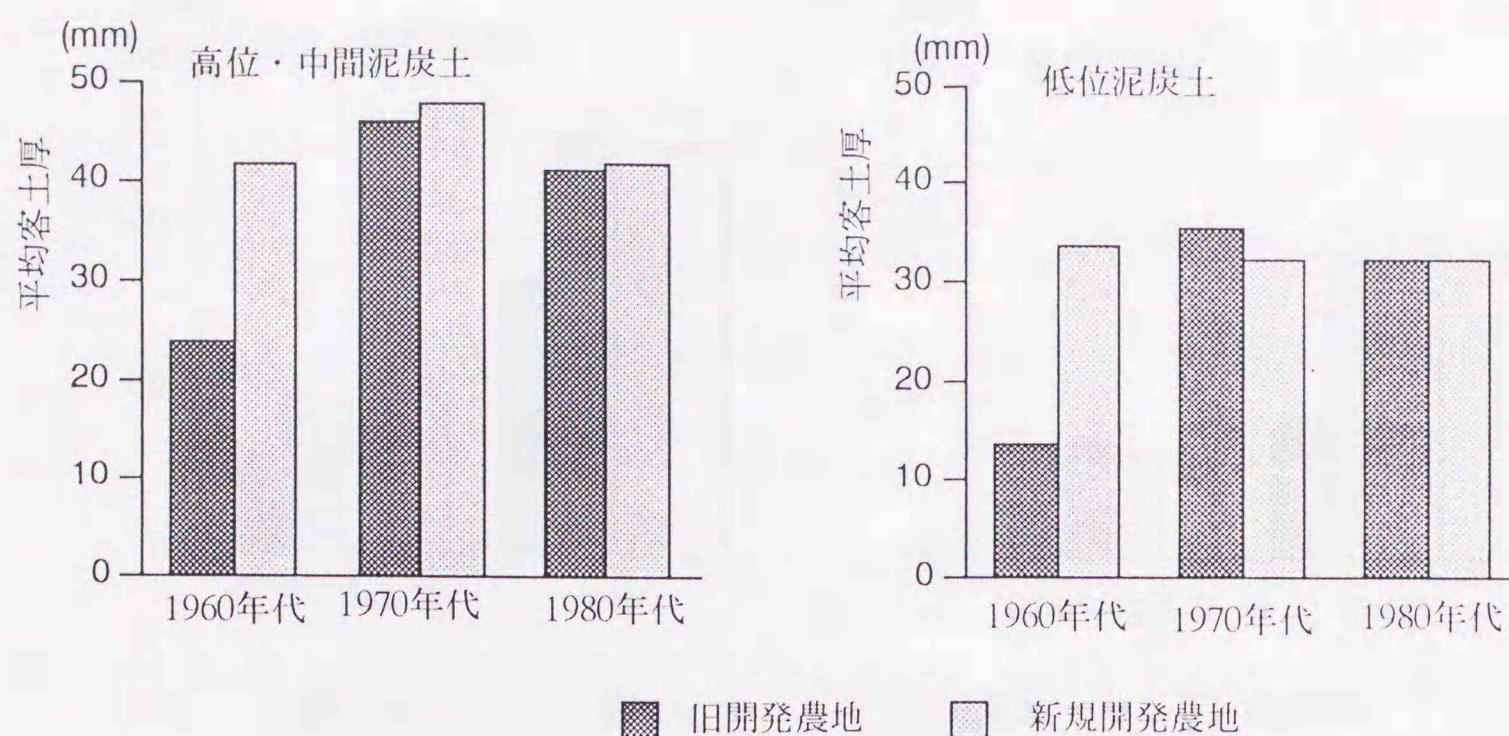


図3-5-8 開発時期別の平均客土厚

旧開発農地・新開発農地と客土の関係を見ると、図3-5-8に示すように、農地面積あたりの平均客土量は1960年代では高位・中間泥炭土、低位泥炭土とも旧開発農地に比べ新開発農地で多くなっている。この結果と前に述べたように1960年代に新開発農地が広く開発されたことから、1960年代の客土は主として農地開発にともなう客土であったと考えられる。一方、1970年代以降、旧開発農地と新開発農地の農地面積あたりの平均客土量に差がほとんどみられない。この間、土地利用に大きな変化がなく（図3-5-7）、積算客土量は増加したが、客土面積は頭打ちの傾向であった（図3-5-4）。したがって、1970年代以降の客土は既開発泥炭農用地の質の向上を主なねらいとするものであったと考えられる。

(4) 客土の現状に対する問題点

図3-5-4に示したように、1970年代以降の客土総面積はほとんど増加しておらず、1970年代までに本地域で客土を必要とするほとんどの耕地に客土が実施されたと考えられる。しかし、客土積算量は1980年代になっても直線的に増加しているので、同一圃場に対して複数回の客土が行われたと考えられる。繰り返し行われた客土の結果、

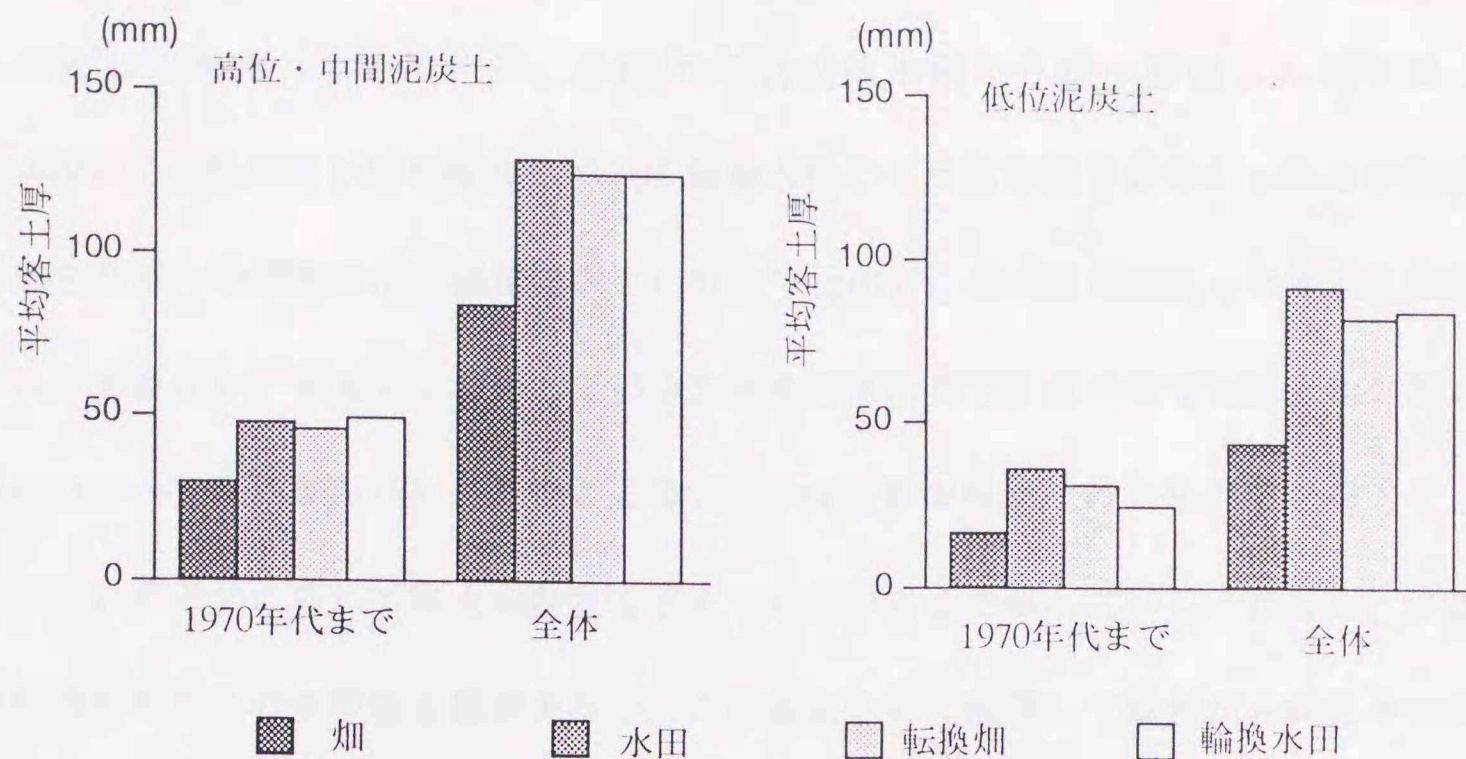


図3-5-9 土地利用形態別の平均客土厚

1980年代までに平均客土厚は10-15cmとなっている。このように客土の厚さが増加していった第1の理由は、1970年以降普及し始めた大型農業機械の作業性向上のために農家が厚い客土を要望するようになったこと（千葉ら；1969）、第2の理由は、開発当初の頃は多量の客土は圃場の肥沃度を低下させるため、耕起深が浅くても下層の泥炭と混合可能な6cm前後の客土深がよい（志賀ら；1969）とされていたが、その後厚い客土にともなう肥沃度低下を化学肥料の利用によって補うことが可能になったことにある。

客土厚が厚くなったことにより泥炭地水田の基盤が確固たるものとなり生産性が向上したが、1970年以降は減反政策により泥炭地水田も畑に転換される場合が生じてきた。この結果、転換畑では地下水位を低くし、耕起深を深くする、といった水田管理とは異なった畑管理技術が用いられるようになり、特に泥炭土では下部の泥炭層が客土層と混合されるようになった（久津那・宮崎；1983、久津那・関矢・宮崎・古賀野；1983）。そこで、泥炭農用地の利用形態と客土層厚の関係について検討した。利用形態は(1)1960年代から継続して畑として利用している畑、(2)1960年代から継続して

水田として利用している水田，(3)1970年代以降水田から畑へ転換した転換畑，(4)1970年代以降水田と畑を輪換している輪換水田の4つに区分できる。これらの利用形態を高位・中間泥炭土と低位泥炭土に分けて抽出し，農地面積あたりの平均客土量をみると継続して畑として利用している農地を除き，他の土地利用ではほとんど差はみられなかった（図3-5-9）。このことは1970年代以降複数回にわたり客土を行っているが，利用形態に応じて客土の厚さを変えていないことを示している。ただし，畑は農地面積あたりの平均客土量が少ない。この理由として継続して畑利用されてきた泥炭農用地は追加客土があまり行われなかったこと，開発年次が古いため，客土層厚区分図の作成の際に資料を完全に収集できなかったことが考えられる。

本地域では，近年，転換畑，輪換水田など利用形態が多様化しているため，利用形態に適した客土法，量について再検討する必要がある。

(5)情報システムを用いたメッシュ図の作成と誤差についての検討

本項では各所に分散した情報のデータベース化と各種メッシュ図の作成に要した労力について検討した。作業は「当別」，「岩見沢」図幅の4時期の合計8葉について1～数人で行ったが，所要時間は地図1葉あたり1人で作業した場合のおおよその所要時間を尺度とした。

この作業に要する時間は，区画の多少によって大きく異なるが，入手した客土事業に関する資料をデータベース化するのに約3日，時期別の作業図の作成に約1週間，作業図のディジタイザによる入力に1～3日を要した。ここまでの作業は主として手作業である。入力したポリゴンデータのメッシュ化に要した時間は数分から数10分であった。このメッシュデータは事業区分別のデータであるので，初めに作成したデータベースから厚さのデータを抽出し，層厚データに変換する必要がある。この作業に数10分を要する。したがって，1葉あたり約2週間，全期間の客土層厚区分図の完成

まで約2カ月かかった。

時期別に作業図を作成した主な理由は客土の時期別の推移をみることにあったが、別な理由として全期間の事業区分を一つの作業図にまとめると事業区分の区画が細くなりすぎて、作業図に表現することが困難な場合が多かったことがあった。したがって、手作業で全期間の客土層厚区分図を作成するとさらに多くの時間を要すると考えられる。また、客土層厚区分図は時期別に積算した図を作成し、時期別データを複数回利用しているので手作業で同じ図を何度も作成するのに比べはるかに能率的である。

土地利用図、土壌図の作成についてもほぼ同様であるが、入力の際にイメージスキャナとマウスを利用する点で異なる。この作業の作業時間も区画の多少により異なるが、入力前の作業図の作成に約1週間、マウスによるトレースに1～3日、属性の入力に約1日で、合計約10日間を要する。マウスによるトレースはポリエチレンフィルムに0.2mm程度の製図用ペンを用いて作成すると、汚れや線の太さの違いになどによってメッシュ化の際に精度がやや低下するものの省略可能である。しかし、これらのメッシュ図の作成において、最も時間を要する作業はコンピュータに入力するための作業図の作成である。今後、この作業をどのように短縮するかがメッシュ図作成の課題と思われる。

次に、この手法を用いた計算による誤差について、前述の土壌別の客土の平均層厚の計算で生じた誤差を例に検討した。この誤差には以下の3つの原因が関与していると考えられる。

第1は客土層厚区分図作成時に生じた誤差である。客土層厚区分図の客土層厚は実測層厚よりやや薄い傾向にあった。これには、古い資料の不足やその後の基盤整備等による客土層の移動・集積がかかわっていると思われるが、データ処理法自体が関

わっている可能性も否定できない（神山ら；1992）。すなわち、客土層厚区分図は事業単位に区画して作成したため、その区画内では客土をしていない場所を含めた全面積の平均値として客土量を計算せざるをえない。このため、区画内に客土を必要としない低地土が含まれると推定平均客土厚は泥炭土における実際の客土厚より小さくなると考えられる。

第2は土壌図による誤差である。土壌図は土壌区単位に図示されるが、この土壌区は一樣ではなく、他の土壌を包含している場合が多い（阿部；1979）。土壌別の平均客土層厚は、土壌型別に集計したので、包含土壌がある場合には、上と同様の過小評価が生ずる。

第3は100mメッシュ化する時に生じる誤差である。本研究のメッシュ化の方法では、100mメッシュの属性はメッシュ内で頻度の高い属性に代表され、これ以外の属性の情報は失われる。区分の境界付近ではメッシュ内の頻度がほぼ等しくてもそのメッシュを代表する属性とならない場合がある。これが累積するとメッシュ化する以前の面積はある程度大きくても、メッシュ数は少ないということが起こる。この誤差は平均客土層厚の過小評価あるいは過大評価のいずれをももたらす。

第4章 土壤資源評価図の作成

農耕地は農産物の生産の場であるとともに環境保全にも重要な役割を果たしている。一方、生産活動が、農耕地を媒介にして環境に重大な悪影響を与えていることも否定できない。したがって、農業は環境への悪影響を抑えつつ、生産を高めていく必要がある。このためには、土壤の持つ様々な特性を的確に評価し、土壤あるいは土地資源を有効に利用する必要がある。

土壤の特性は地形、地質、気候などの立地条件により大きく異なるので、どの地域でも同じ評価基準で土壤の特性を評価することは困難である。したがって、ある評価が評価基準の異なる地域へも適用が可能なように汎用性のある評価手法が必要である。また、試行錯誤的に評点を決定することは評価者の経験等に依存することが多いため、できるだけ客観性のある評価基準が望ましい。さらに、得られた評価の妥当性を検証しやすいことも評価法の重要な要件の一つと思われる。

本章では上記のことを念頭におきながら、いくつかの評価図を作成し、これと外部尺度との比較を通じて評価法の検討を行った。

1 5万分の1地形図「女満別」図幅における農耕適地評価図の作成

農地を将来にわたって安定的に利用するためには、その農地の特性に応じた利用形態と管理技術を用いる必要がある。例えば、傾斜地の農地では侵食が起こりやすいので傾斜によって利用形態を調整するとともに、傾斜地農地については侵食を防ぐため等高線栽培を行う等の対策が必要である。しかし、こうした技術を用いても阻害要因を克服できない農地は荒廃し放棄されていく場合が多い。これまでもこうした理由で多くの農地が放棄されている。一方、技術の向上によってこれまで農地として利用できなかった土地が農地として利用できるようになってきた。傾斜地を平坦地に変える改良山成工法による農地造成はその代表的な例である。このように農地を安定的に

利用するためには、利用、管理技術の向上を考慮しつつ、農地としての利用適性を適切に評価することが重要である。

農耕適地を評価する場合、2つのアプローチが考えられる。第1は「土地利用区分の手順と方法」（農林水産技術会議；1964）に代表されるアプローチで、農耕地として利用するために障害となる要因の有無、障害の程度、または適性の程度等について評点を与え、それを積算していく方法である。「土地利用区分の手順と方法」の例では、有効土層の深さ、傾斜、塩基置換容量等の因子強度を区分し（第1次評価）、これらに基づいて耕うんの難易性、地力発現の難易性、侵食防止の難易性と根圏の制限性、同化生産の制限性という部分適性を評価する（第2次評価）、次いでこれらの部分適性から耕作性と生育性の2つの部分適性を評価し（第3次評価）、最終的に耕地適性を評価する（第4次評価）という段階的評価を採用している。

第2は農耕地の立地条件を解析し、その立地条件と現在の土地利用の関係から農耕適地としての立地条件を明らかにし、これを外部尺度として対象地域全体へ適用していく方法である。この方法を用いた例はほとんどないが、資源調査会では北海道の土地利用を森林率（土地利用の中で森林の占める面積割合）、水田率（耕地の中で水田の占める面積割合）等から地域区分を行っている。ここでは、これら2つのアプ

ロチをそれぞれ「積算方式」、「外部尺度方式」と呼ぶ。

本節では土壌情報システムを用いてこれら2つの方式による農耕適地評価を行い、両方式の土壌情報システムへの適用のしやすさ等について比較検討した。



図4-1-1 農耕適地評価の研究対象地域的位置

1) 対象地域及びメッシュ図

農耕適地評価を行った地域は5万分の1地形図「女満別」図幅の範囲である（図4-1-1）。対象地域の250mメッシュ（JIS4分の1次メッシュ）の土壤図，標高図，平均傾斜図，土地利用図を作成した。

メッシュ土壤図は土壤情報システムに入力したポリゴン土壤図から第2章第2節で述べた方法によって250mメッシュに変換して作成した。メッシュ標高図は国土数値情報の250mメッシュ標高データを利用した。メッシュ平均傾斜図は標高データを用い，当該メッシュと隣接する8メッシュの標高差から8方向の傾斜を計算し平均値を求め，この値を平均傾斜とした。メッシュ土地利用現況図は5万分の1地形図から各メッシュの土地利用を読みとって作成した。すなわち，250mメッシュに相当する格子を作成し，各メッシュの左側下端の格子点の土地利用をそのメッシュの土地利用とした。土地利用区分は地形図の土地利用区分を編集し直し，水田，畑地（草地を含む），樹園地，林地，荒れ地，市街地，河川・湖の7区分とした。

2) 積算方式による農耕適地評価の手順

この方式による農耕適地評価は農林水産技術会議事務局（1964）の「土地利用区分の手順と方法」（耕地（普通畑地）としての自然立地的土地分級）に準じて行った。すなわち，付図に示したように，第2次評価として(a)傾斜角度，表土の連結性，土壤の乾湿，有効土層の深さ，表土のレキ含量から耕うんの難易性，(b)塩基置換容量とりん酸吸収係数から地力発現の難易性，(c)傾斜，土性から侵食防止の難易性，をそれぞれ分級した。一方，(d)有効土層の深さ，土壤の乾湿，表土のレキ含量から根圏の制限性を分級した。次に第3次評価として，(a)，(b)，(c)の分級の組み合わせから耕作性を，(d)の分級から生育性を分級した。「土地利用区分の手順と方法」では生育性として根圏の制限性の他に同化生産の制限性を用いているが，この分級に必要な250mメッシュの気温，降水量等のデータが入手できなかったため，これによる分

級はできなかった。最終的に耕作性と生育性から農耕適地の分級を行った。この評価法では不適地である0、および適性度の低い1から適性度の高い10までの11階級に分級される。各段階における分級の基準は「土地利用区分の手順と方法」に示された基準（付表1～9）を用いた。分級にあたり、有効土層の深さ、土壌の連結性、表土のレキ含量、土地の乾湿、塩基置換容量、りん酸吸収係数、土性等は第2章第1節で土壌情報システムに蓄積したデータを用いた。また、対象地域内で土壌調査が行われている場所に限定して評価を行った。

3) 外部尺度方式による農耕適地評価の手順

農耕地に適した地域の土地利用は畑あるいは水田の面積が広く、適さない所では林地が広いと考えられる。そこで類似の立地条件において畑と水田の占める現況割合（農地率）を外部尺度にして適地評価を行うことを、ここでは「外部尺度方式」と呼ぶ。適地評価は(a)評価のための要因の選択、(b)評価要因の区分と農地率の計算、(c)数量化I類による解析、(d)評価基準の設定、(e)評価図の作成、という手順で行った。

評価の要因として、土壌、標高、平均傾斜の3つを用いた。この評価では気象条件は重要な要因と考えられるが、対象地域が約20km×20kmと狭く標高データで代替できると思われるため用いなかった。

4) 結果と考察

(1) 対象地域の概要

対象地域の地形条件を概観すると、中央に網走川流域の平坦な低地が分布し、その東側には標高30-50mの緩波状性台地（平均傾斜0-2°）、50-100mの波状性台地（平均傾斜2-4°）が、西側には50-100mの波状性台地（平均傾斜2-6°）が分布する。また、網走湖西側には標高の低い緩波状性台地（平均傾斜0-2°）が、さらにその西側には100m以上の丘陵（平均傾斜4°以上）が分布する。

本地域の土地利用現況は図4-1-2に示すように、林地が2867メッシュ（44.8%）で最も多く、次いで畑が2467メッシュ（38.4%）、河川・湖が547メッシュ（8.5%）、水田が288メッシュ（4.5%）であった。以後の解析はこのうち畑、水田及び林地を対象に行なった。林地は主に丘陵に広く分布し、畑は台地、水田は低地に分布する。標高200m以上あるいは平均傾斜 9° 以上の場所には畑、水田とも分布していない。

一方、土壌は、未熟土、黒ボク土、灰色台地土、褐色森林土、低地土、泥炭土と多様であったが、主要な土壌型は低地では低地土と泥炭土、台地では黒ボク土である。また、丘陵は土壌調査時に標高、傾斜などから農耕地として利用できないと判断されたため、土壌調査が行われておらず土壌のデータがなかった。

(2)積算方式による農耕地適地評価

この評価法は土壌の特性値によって評価する部分が多いため、土壌データのない

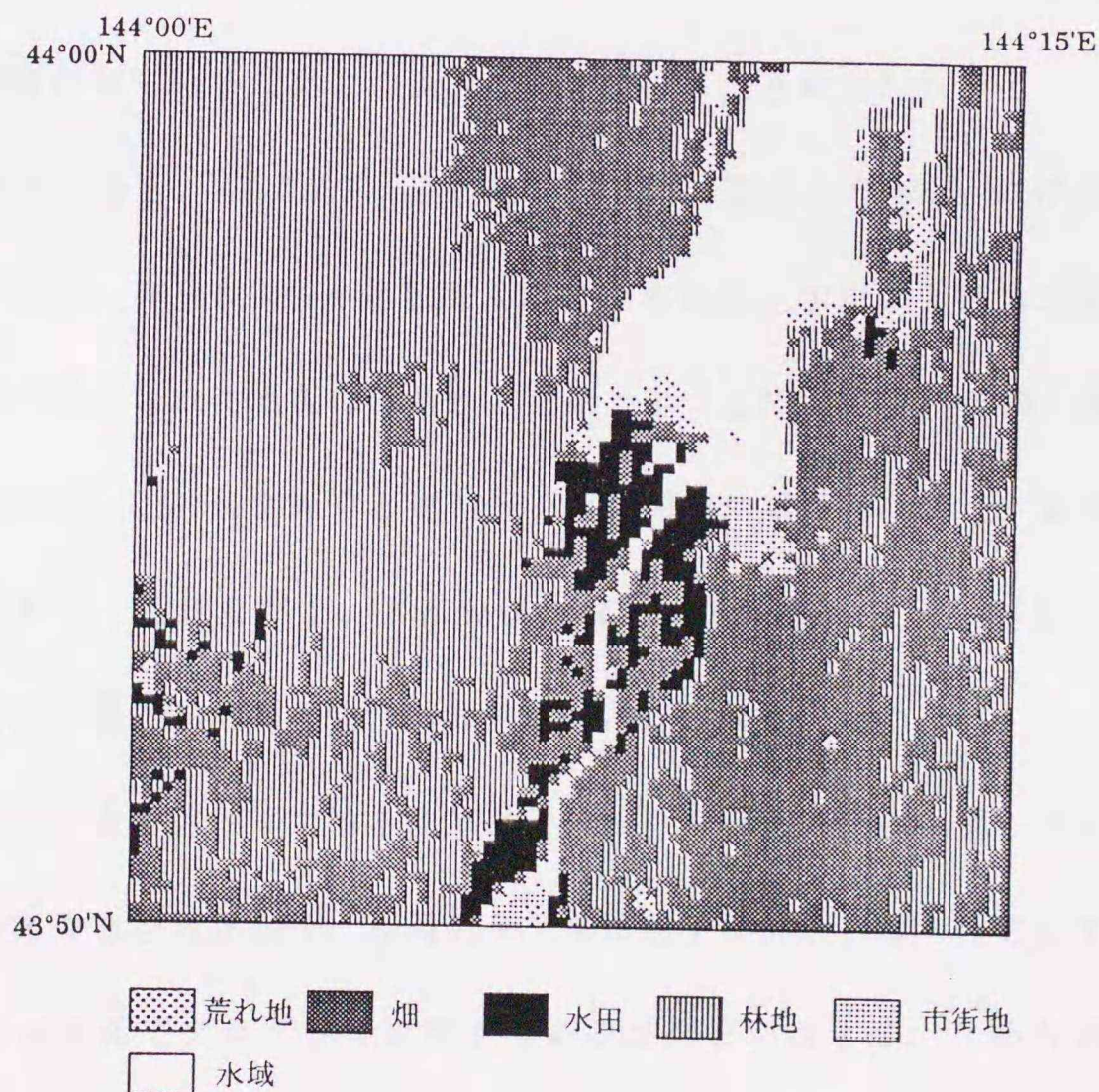


図4-1-2 現況土地利用区分図（「女満別」図幅）

表 4-1-1 農地適性度と土地利用の関係

	未 評 価	適 性 度								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
畑	79	1	367	17	93	88	159	45	512	1099
水田	9	0	198	12	35	0	17	0	1	16
林地	1676	4	109	32	178	41	76	52	248	451
合計	1764	5	674	61	306	129	252	97	761	1566

2413メッシュについて評価ができなかった。このメッシュのほとんどが林地であった。

土壌データのある地域では、標高が概ね100m以下、傾斜が6°以下であること、対象地域があまり広くないことから生育性の評価では同化生産の制限性の適性度を5に固定して評価を行った。適性度と現在の土地利用の関係を表4-1-1に示した。適性度は0～8の範囲となり、9、10はなかった。適性度0は5メッシュと少ない。一方、適性度の高い7、8を合わせると60%を超える。既に述べたように土壌調査時に適性度の低い場所が除かれているためこのような結果になったと考えられる。

土地利用別にみると、畑は65%が適性度7、8に分級されたが、15%が適性度1に分級された。また、水田は69%が適性度1に分級された。水田の大部分と畑の一部の適性度が低く分級された原因は低地土と泥炭土の「土壌の乾湿」が低く分級されたためと考えられる。この点を除くと適性度と土地利用の整合性は高く、妥当性のある評価と考えられる。適性度が7、8に分級された林地が699メッシュあり、この区域については今後、農地利用の可能性が大きいと考えられる。

土壌情報システムを用いてこの手法による分級を行うためには、第1次評価における因子強度の区分値を独立因子、相対因子、補正因子に区別しながら設定するため複雑な分岐条件を考えてプログラミングする必要がある。例えば、「地力発現の難易性」を評価するためには、以下のように考える。(a)分析値ファイルおよび断面ファ

イルから基準因子として塩基置換容量とりん酸吸収係数を、補正因子として表土のpH、表土の土性、表土の厚さを抽出する。(b)塩基置換容量の値が 0.20 meq g^{-1} 以上の場合には、りん酸吸収係数が1500以下の場合、1500～2000の場合、2000以上の場合の3つの条件で適性度が5～3となる。塩基置換容量が 0.20 meq g^{-1} 未満の場合も同様に考える。(c)補正因子を用いて適性度の補正を行う。具体的には、適性度が5でpHが5.0以下の場合は1級格下げする、などの補正である。また、各段階においては総合評価のための変換表データの作成が必要である。

この手法では評価に変換表を用いることから試行錯誤による適切な変換表の作成、重みづけ、不適条件の設定が可能である。

(3)外部尺度方式による農耕適地評価

初めに、立地条件を区分するために土壌、標高、平均傾斜の分級を行った。

土壌は、表土の厚さ、有効土層の深さ、耕うんの難易、表土のレキ含量、土地の乾湿、および自然肥沃度の6項目について地力保全基本調査の畑の分級基準（土壤保全事業全国協議会；1991）を用いて各項目の等級値をきめ、これらの等級値の合計点によって分級した。

合計点は6項目すべてが1等級である6から複数の項目が2等級または3等級である12の範囲であった。この合計点を土壌1等級（S1；合計点が6）、土壌2等級（S2；合計点が7～9）、土壌3等級（S3；10～12）に区分した。本地域ではS2が2445メッシュ（43.5%）で最も多く、次いでS3が1004メッシュ（17.9%）、S1が402メッシュ（7.1%）の順であった。また、未調査（S4）が1764メッシュ（31.4%）あった（図4-1-3）。

この分級方法は各項目ごとに独立しているため、情報システムを用いる場合に、プログラミングの過程で複雑な分岐をとまなう条件式を使わずに等級値を決定できる最

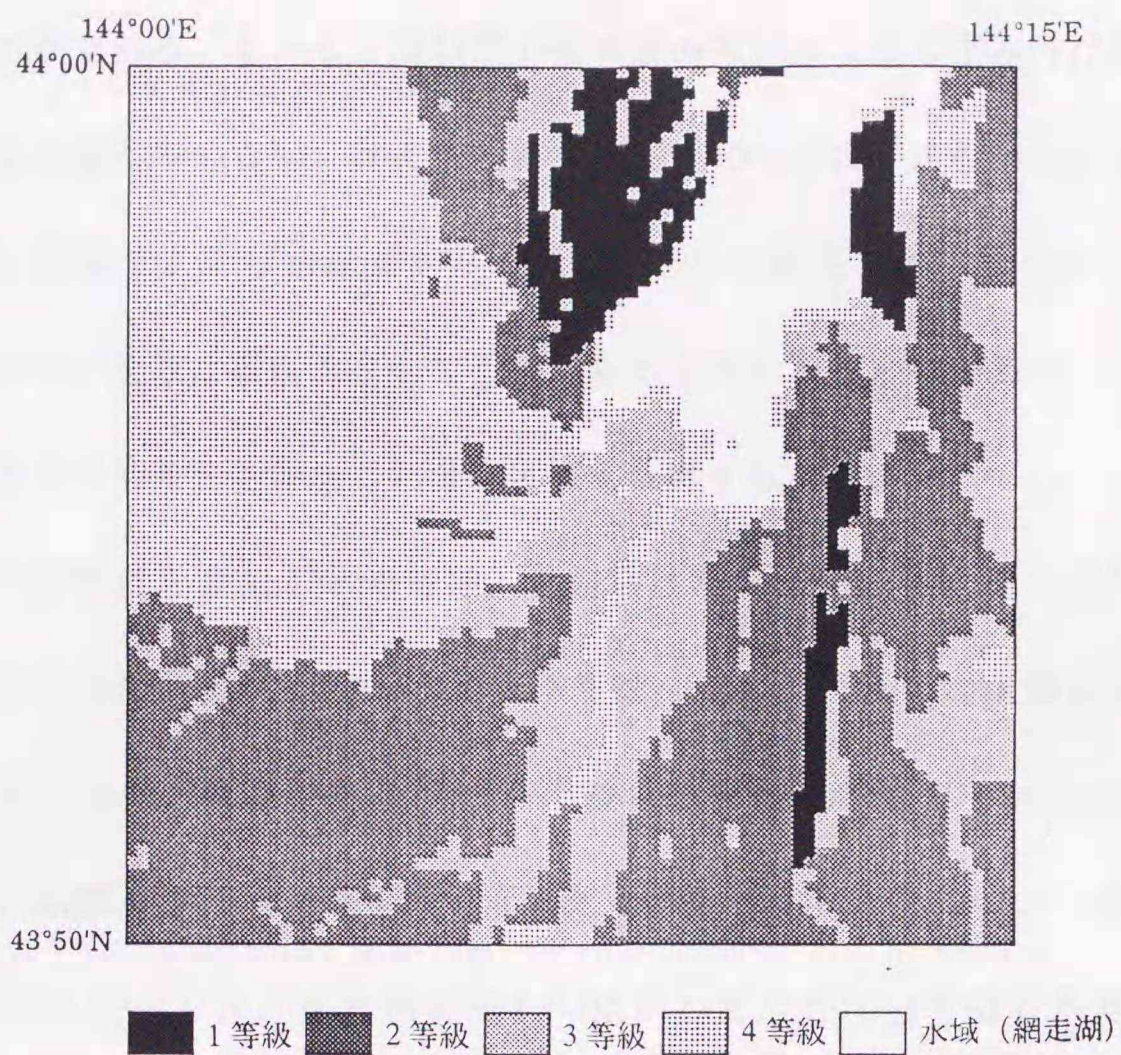


図4-1-3 土壤区分図 (「女満別」図幅)

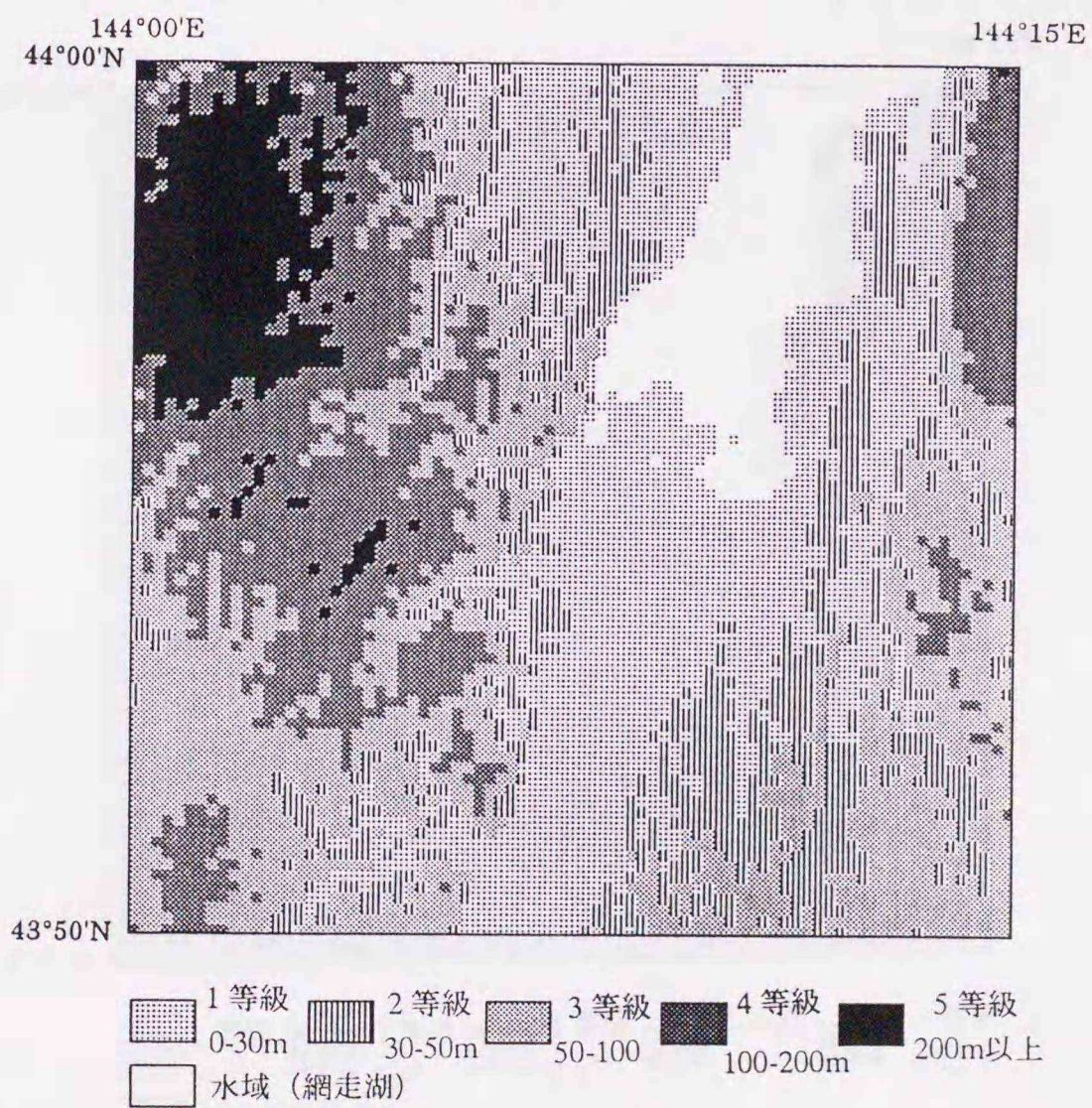


図4-1-4 標高区分図 (「女満別」図幅)

も簡単な方法である。しかし、項目間の重要度の違いによって重み付けをすることや不適条件を考慮していない。例えば、有効土層が10cmと浅く3等級となった土壌は他の条件が1等級であれば合計点が8となり、S2に分類される。しかし、有効土層が10cmに満たない土地は農耕地として不適であると判断する必要がある。したがって、今後、特定の不適条件を考慮した分類方法も検討する必要がある。

本地域の標高は0mから470mの範囲、平均値は84.5mであった。地形条件を考慮して標高を主に低地に該当する0-30m（標高1等級；H1）、網走川の東側の緩波状性台地に該当する30-50m（標高2等級；H2）、波状性台地に該当する50-100m（標高3等級；H3）、丘陵に該当する100-200m（標高4等級；H4）と200m以上（標高5等級；H5）の5つに区分した。区分図を図4-1-4に示した。各区分の分布面積はH1が1423メッシュ（25.3%）、H2が916メッシュ（16.3%）、H3が1572メッシュ（28.0%）、H4が1232（21.9%）、H5が472メッシュ（8.4%）、でH2、H5を除き大きな差はなかつ

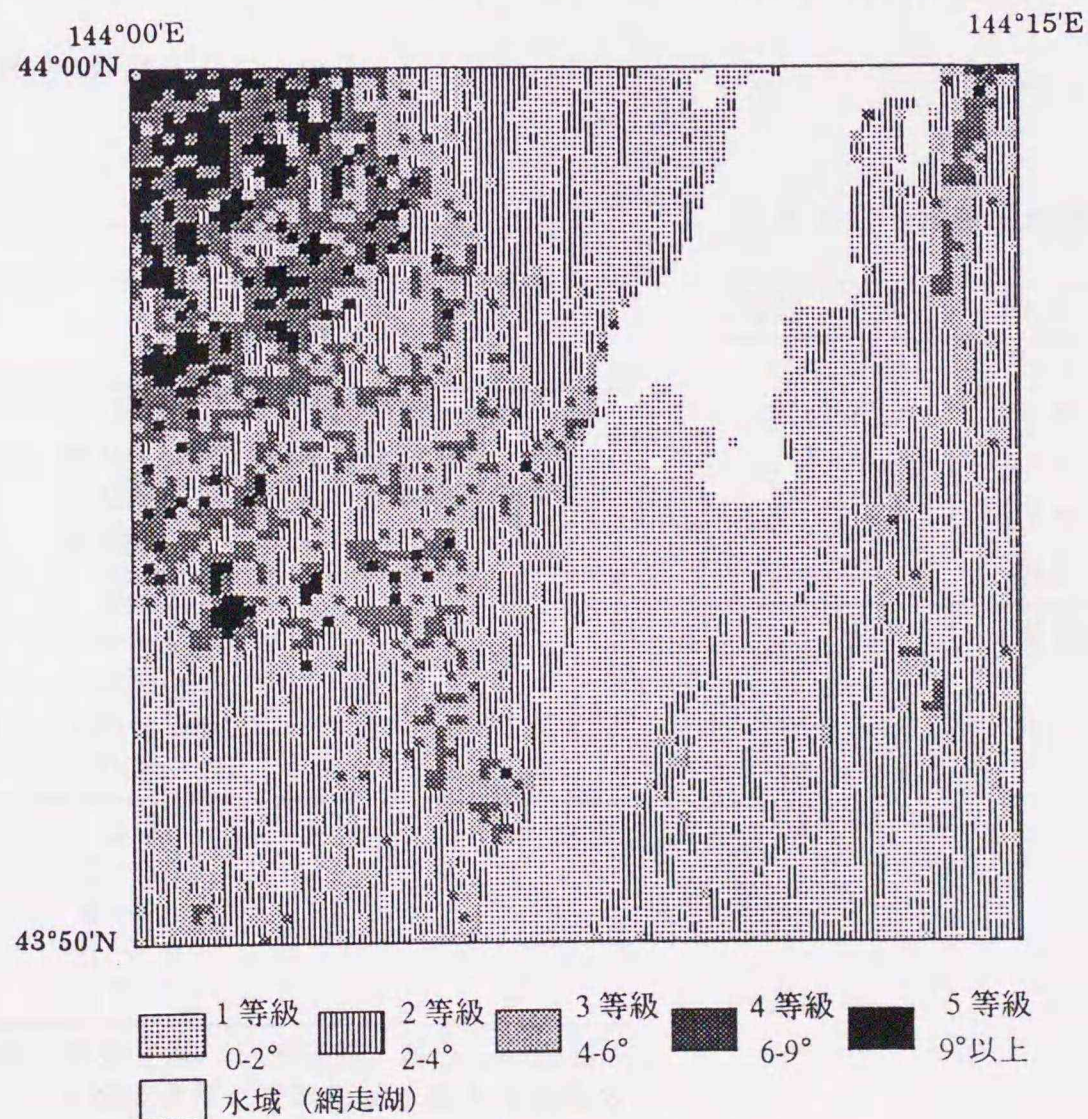


図4-1-5 傾斜区分図（「女満別」図幅）

た。

同様に平均傾斜は0°から16.4°の範囲，平均値は3.6°であった。平均傾斜を低地および緩波状性台地に該当する0-2°（傾斜1等級；G1），東側の波状性台地に該当する2-4°（傾斜2等級；G2），西側の波状性台地に該当する4-6°（傾斜3等級；G3），丘陵に該当する6-9°（傾斜4等級；G4）と9°以上（傾斜5等級；G5）の5つに区分し，区分図を図4-1-5に示した。各区分の分布はG1が1700メッシュ（30.3%），G2が1849メッシュ（32.9%），G3が1094メッシュ（19.5%），G4が702（12.5%），G5が270メッシュ（4.8%）でG1，G2が多く，傾斜が大きくなるにしたがい少なくなる。

以上の結果をまとめて表4-1-2に示した。これらの区分から土壌，標高，平均傾斜の組み合わせごとに畑，水田，林地のメッシュ数を計算し，農地率（3種の土地利用のメッシュ数の合計に占める畑と水田のメッシュ数の割合）を求めた。例えば，S1，H1，G1の組み合わせは畑地が103メッシュ，水田が0メッシュ，林地が9メッシュであるので，農地率は92.0%となる。

表 4-1-2 各要因の区分基準

要 区	区分基準
土 壤	S1 6項目*の等級値の合計が6 S2 6項目の等級値の合計が7～9 S3 6項目の等級値の合計が10～12 S4 未調査
標 高	H1 ≤30m H2 30～50m H3 50～100 H4 100～200 H5 200m<
傾 斜	G1 ≤2° G2 2～4° G3 4～6 G4 6～9 G5 9°<

*表土の厚さ，有効土層，レキ含量，耕うんの難易，土地の乾湿，自然肥沃度。等級値は生産力可能性等級に準ずる（土壤保全調査事業全国協議会；1994）。

表 4-1-3 各要因の等級別農地率

等級	土 壤	標 高	平均傾斜
1	92.0	79.3	87.9
2	61.1	68.8	53.3
3	79.3	50.7	21.2
4	5.0	15.7	5.0
5	-	0.0	0.0

（数値は%）

表 4-1-4 土壌, 標高, 傾斜の組み合わせと農地率
(合計メッシュ数20以上)

土壌	標高	傾斜	農地率	土壌	標高	傾斜	農地率	土壌	標高	傾斜	農地率
1	2	1	98.5	4	1	1	78.1	4	3	4	8.2
1	2	2	92.5	3	3	1	75.0	4	3	2	6.8
1	1	1	92.0	3	1	2	71.4	4	4	3	4.4
3	1	1	92.0	3	3	2	66.1	4	2	3	4.0
1	3	2	90.5	2	2	2	62.0	4	4	2	3.1
2	1	1	89.2	2	3	2	59.9	4	4	4	1.5
2	2	1	89.1	2	1	2	59.3	4	5	2	0.0
1	1	2	82.7	3	2	2	50.0	4	5	3	0.0
2	3	1	78.6	2	3	4	21.7	4	5	4	0.0
2	4	1	78.4	4	3	3	11.2	4	3	5	0.0
3	2	1	78.4	2	4	4	10.5	4	4	5	0.0
3	4	2	78.4	4	2	4	8.3	4	5	5	0.0

(数値は%)

土壌と農地率の関係をみると(表4-1-3), S1では平均92.0%と高く, S2では平均61%, S3では平均79%と等級の低下とともに農地率は低下する傾向を示した。S2, S3では標高や傾斜の等級によってばらつきが大きかった。S3では畑の占める割合が54.9%とS1, S2に比べて低いが, 水田の占める割合は高く, 全水田の85.1%がS3に属するものであった。S4は農地率が5.0%でほとんど農地として利用されていなかった。S3で水田の占める割合が高い理由は, 水田が主に分布する泥炭土は, 畑として分級する場合には有効土層の厚さ, 土地の乾湿等の等級が低くなりS3に区分されるためと考えられる。

標高と農地率の関係をみるとH1が平均79.2%と最も大きかった。特に水田はその約9割がこの区分に分布していた。農地率は標高が高くなるにつれて低下し, 200m以上のH5には農地が分布しなかった。

平均傾斜と農地率の関係は標高と同様の傾向を示した。すなわち, 農地率はG1が87.9%と最も大きく, 特に水田は約80%がこの区分に分布していた。農地率は傾斜が大きくなるにつれ低下し, G4では5%, G5には農地が分布しなかった。

土壌, 標高, 平均傾斜の組み合わせと農地率の関係をみる(表4-1-4)と, 農地率が高い組み合わせはS1・H2・G1が98.5%, S1・H2・G2が92.5%, S1・H1・G1及びS3・H1・G1が

表 4-1-5 数量化I類による解析結果

項目	区分	データ数	カテゴリー スコア	範囲	偏相関係数
土 壌	S1	5	26.686	52.524	0.856
	S2	14	3.433		
	S3	8	9.612		
	S4	10	-25.838		
標 高	H1	9	6.783	13.966	0.423
	H2	9	0.783		
	H3	11	0.966		
	H4	8	-7.184		
傾 斜	G1	10	24.365	48.611	0.847
	G2	14	0.761		
	G3	8	-16.633		
	G4	5	-24.246		
定数		51.519			
寄与率		0.912	重相関係数	0.955	

92%, S1・H3・G2が90.5%で、いずれも90%を超えていた。一方、H5あるいはG5を含む組み合わせの農地率は0.0%であった。

農地率が0.0%の組み合わせを除く区域について、土壌、標高、平均傾斜の3つの要因と農地率の関係を林の数量化I類を用いて解析した（橋口；1978）。表4-1-5に示すように、これらの要因の寄与率は91%（ $r=0.95$ ）であり、これらの3つの要因によって農地率の変動を十分に説明できると考えられた。各要因の寄与の程度を示す偏相関係数は土壌が0.856、標高が0.423、平均傾斜が0.847で、農地率に対する寄与は土壌、平均傾斜、標高の順に大きかった。要因別に評点をみると、土壌ではS1、S3、S2、S4の順に評点（カテゴリースコア）が高い。この結果は前述した土壌と農地率の関係を単独にみた結果と一致する。また、S4を除いて土壌の等級上昇は農地率を高める方向に寄与している。標高ではH1、H2、H3、H4の順に評点が高い。H1とH2が農地率を高める方向に寄与しているが、土壌に比べその程度は小さい。平均傾斜ではG1、G2、G3、G4の順に評点が高い。G1とG2が農地率を高める方向に寄与しているが、G2の評点は低い。全体では、S1、G1、S3、H1、S2、H2、G2の順で評点が高く、農地率を高める方向へ寄与している。一方、S4、G4、G3、H4、H3の順で評点が低く、こ

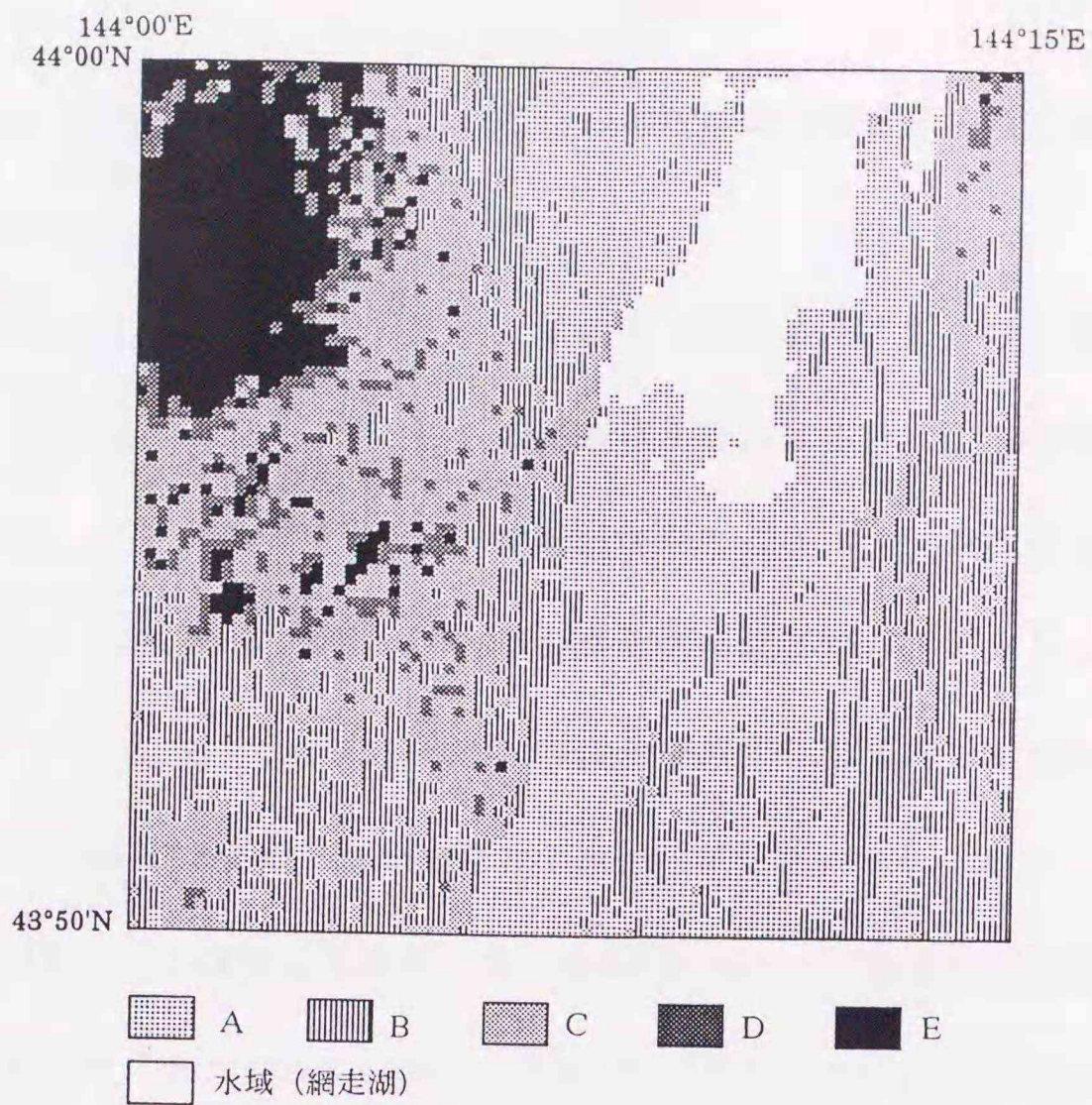


図4-1-6 農耕適地評価図 (「女満別」図幅)

A 適性度が高い ←→ 適性度が低い E

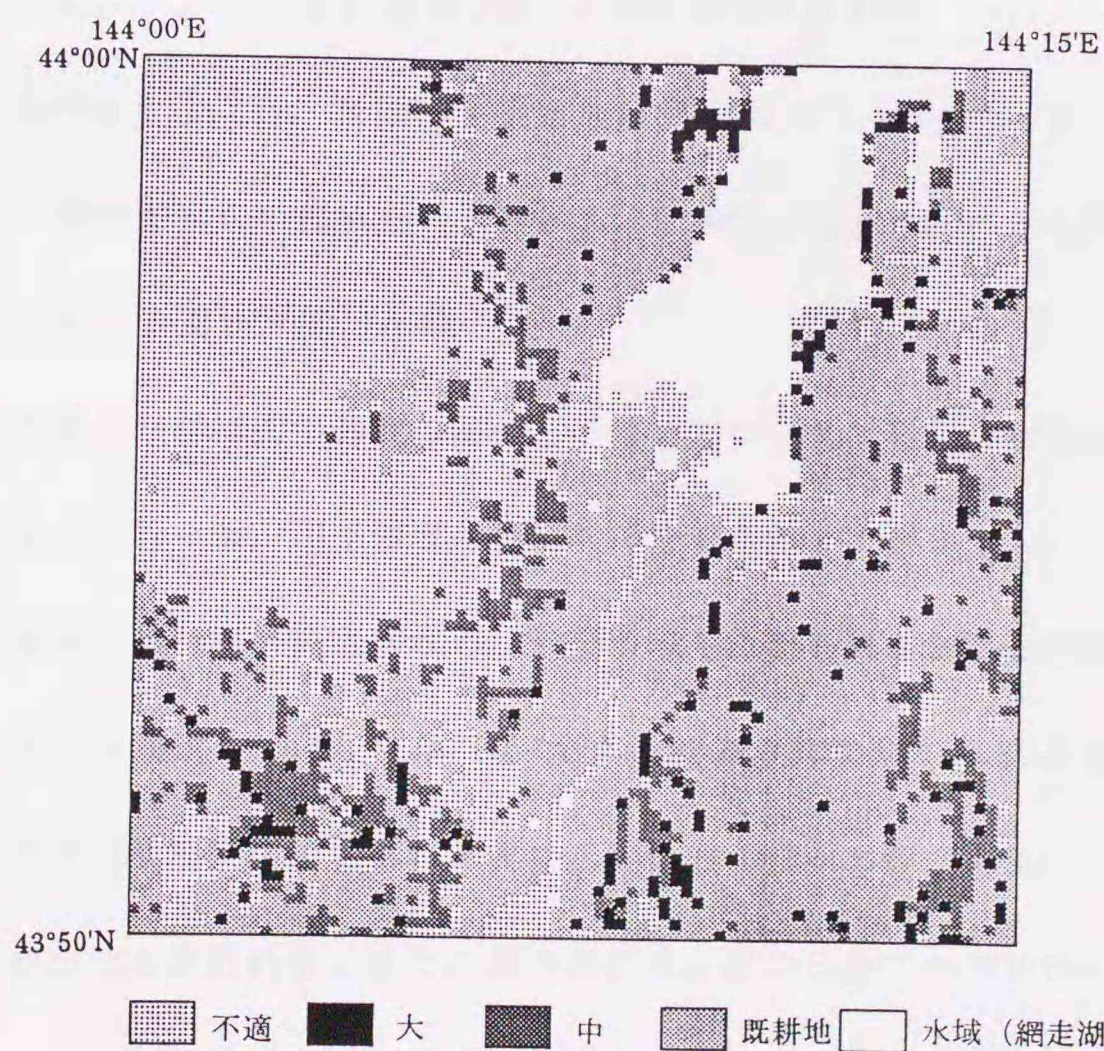


図4-1-7 農地利用可能性の分布 (「女満別」図幅)

大：適地評価Aの林地，中：適地評価Bの林地，不適：適地評価C，D，Eの林地

表 4-1-6 農耕適地区分と土地利用現況の関係

	農耕適地区分				
	A	B	C	D	E
畑	1367	798	307	8	0
水田	237	44	7	0	0
林地	207	614	1161	305	580
合計	1811	1456	1475	313	580

A : 農地率75%以上, B : 50-75%,
C : 25-50%, D : 25%以下,
E : 不適地

これらの等級は農地率を低める方向へ寄与している。

数量化 I 類によって得られた評点から全ての要因の組み合わせにおける農地率を計算し、農耕適地区分を行った。区分は最も適する A から最も適さない E までの 5 区分とした。A は計算した農地率が 75% 以上、B は 50-75%、C は 25-

50%、D は 25% 以下である。E は数量化 I 類の解析に用いなかった H5、G5 を含む組み合わせとした。この区分にしたがって、図 4-1-6 に示した「女満別」図幅の農耕適地評価図を作成した。A が 1811 メッシュ、B が 1456 メッシュ、C が 1475 メッシュ、D が 313 メッシュ、E が 580 メッシュであった。得られた農耕適地区分と土地利用現況の関係をみると（表 4-1-6）、A、B に畑の 87%、水田の 98% が属する。一方、C、D、E には林地の 71% が属する。A、B に属する林地は 821 メッシュ（約 50km²）あり、今後、農地利用の可能性が大きい部分と考えられる。その分布を図 4-1-7 に示した。

(4) 2 つの方式による適地評価の比較

積算方式の適地評価は因子強度の区分とそれを基にした 4 段階の部分適性評価とその総合化によって行った。因子強度は農地利用を考える上で望ましい、あるいは障害となる土地条件に基づいて決定される。したがって、得られる評価は理論的であり、適用範囲が広いと考えられる。しかし、第 2 次評価以降に用いられる変換表は経験的、あるいは試行錯誤的に決定されるため、変換表の個々の評点の決定に理論性を持たせることが必要と思われる。また、個々の評点に関わる全ての情報がそろわなければ評価ができないので、本研究の例で見られたように完全な適用には新たな情報収集・調査を必要とするケースが多い。

一方、外部尺度方式の適地評価は土壌、標高、平均傾斜という土地条件の区分、数量化 I 類を用いた農地率の推定とその分級によって行われた。土地条件の区分は任意性があるが、対象地域の地形条件を反映したものが望ましい。また、この評価法では類似した土地条件における農地率を評価の外的尺度としているため、数量化 I 類で得られた係数の汎用性は少ないと考えられる。したがって、他の地域で本研究の土地条件の区分や各区分に対する係数をそのまま利用できるとは限らない。しかし、現況農地率に関する情報は、空中写真等から比較的容易に得られるので、同様の手順によってその地域の評価が可能である。

外部尺度方式では農地率の推定に数量化 I 類を用いているため、土壌調査が行われていない場所についても未調査という区分を設けることで農地率の推定ができる。この点は情報がそろわなければ評価ができない積算方式に比べて活用範囲が広く、外部尺度方式の優れた点である。

本研究で用いたメッシュの大きさは250mであり、狭い尾根および谷、急崖等の地形が十分に把握できていない。また、立地条件が異なると考えられる畑、草地、放牧地が畑に一括されている。したがって、(1)メッシュの大きさ50m、100m等の細密メッシュを利用する、(2)土地利用区分の項目を増やす等の改良により適地評価の精度が向上すると考えられる。

2つの方式で評価に用いた土壌と傾斜に関する特性は類似している。すなわち、積算方式では耕うんの難易性（傾斜、土壌の乾湿、表土の連結性）や地力発現の難易性（塩基置換容量、りん酸吸収係数）などが用いられているのに対して、外部尺度方式では耕うんの難易（土性、粘着性）、土地の乾湿、自然肥沃度（塩基置換容量、りん酸吸収係数、石灰飽和度）、平均傾斜などが用いられている。そこで両方式の評価結果を比較するため直交表を作成した（表4-1-7）。積算方式で適性度7、8に分級され

表 4-1-7 積算方式（耕地適性度評価）と外部尺度方式
（農耕適地評価）の評価結果の関係

		適 性 度								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
農 耕 適 地 区 分	A	0	500	1	52	33	44	8	334	715
	B	2	155	25	0	76	173	59	231	675
	C	2	11	29	226	20	35	30	196	176
	D	0	4	6	28	0	0	0	0	0
	E	1	4	0	0	0	0	0	0	0

たメッシュの大部分は外部尺度方式の適地区分 A，B に対応する。前者の適性度 4，5，6 は後者の B に，適性度 2，3 は C に対応するメッシュが多い。適性度 1 は先に述べたように低地の水田が多いことから，後者の A に対応するメッシュが多い。外部尺度方式の場合にも土壌の分級においては水田が S3 と低い等級に多かった。これらの結果は，畑としては適性度が低い土壌でも水田としては高度に利用できることを示しており，低地土に対する水田利用の有利性を示すものである。また，表 4-1-6 において，外部尺度方式の A，B に対応する積算方式の適性度分布がバイモーダルになったのは，土地利用現況と適性度との関係が一意的になっていないことを示している。このことは積算方式による評価が畑利用の適性評価をねらいにしており，水田利用を含めた評価になっていないことによるものである。農地適性を考える場合に畑利用とともに水田利用に対する適性を考える必要がある。

2 十勝地域における大豆の生産力評価図の作成

作物の生産は栽培を行う農地の気象，地形，土壌等の自然的立地条件や農家の栽培技術，作物の持つ特性に依存する。特に自然的立地条件は人為的に制御することが困難な場合が多いため，これを適切に評価する必要がある。

UCHIJIMA ら（1985）は植物の気候的生産力を評価する「筑後モデル」を作成し，純一次生産力評価を行った。このモデルは広域的であること，生産力を放射条件と水

分環境からとらえていることが特徴である。しかし、限定された地域では土壌、地形の違いによる養水分の動きも重要な因子と考えられる。

また、生産力を評価する上で、気象条件は多くの場合平年値が利用されているが、実際の作物生産においては、年次による気象変動の影響が大きい。十勝地域の代表的な土壌である淡色黒ボク土と多湿黒ボク土を比較すると、降水量が多い年は淡色黒ボク土が、少ない年には多湿黒ボク土の生産力が高いとされている。このことは土壌と気象の相互関係も重要なことを示している。しかし、これまで気象の年次変動や要因間の相互関係を考慮した評価はほとんど行われていない。本節ではこのような気象変動や気象、土壌、地形等の要因間の相互関係を考慮して大豆の生産力を評価する方法について検討した。

1) 方法

対象地域として十勝支庁管内池田町および鹿追町を選択した（図4-2-1）。池田町は十勝支庁管内中央部の十勝川と利別川が合流する場所に位置し、これらの河川が形成

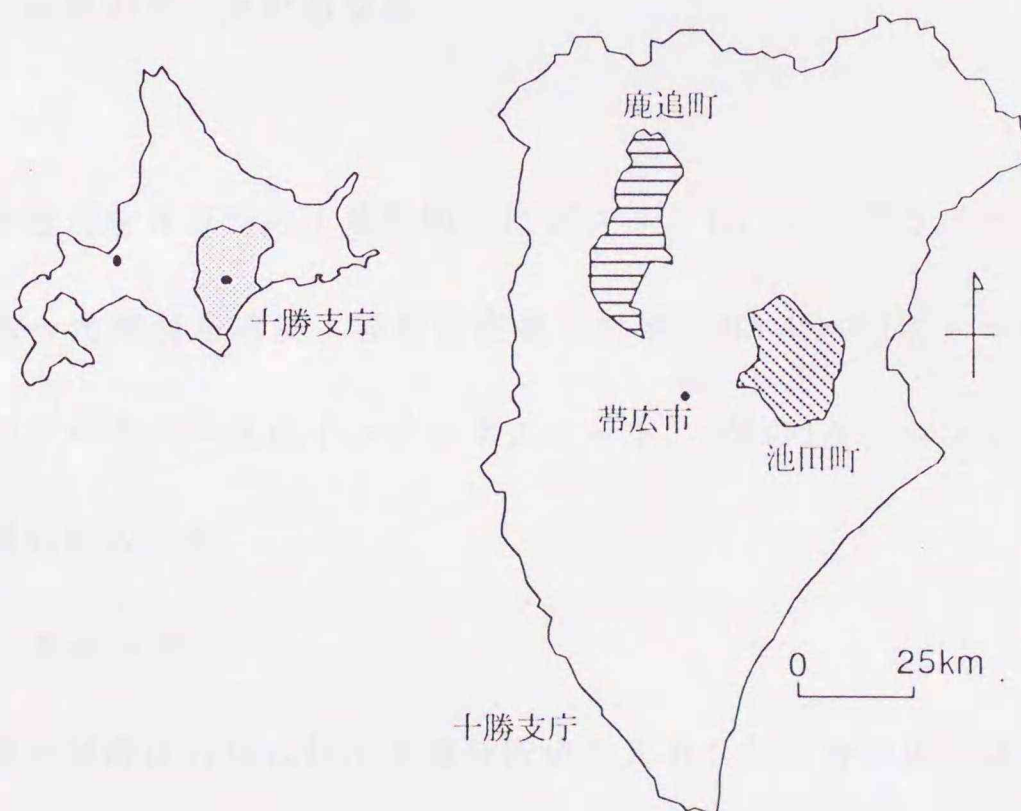


図4-2-1 大豆の生産力評価の研究対象地域の位置

する低地とそれに平行する台地が広く分布する。鹿追町は十勝支庁管内西部の丘陵・台地が広く分布する町である。十勝地域の農業関係者が行なっている十勝農作物増収記録会（増収記録会）の地帯区分では池田町が「中央」または「中央周辺」、鹿追町が「山麓」に区分される（十勝農作物増収記録審議委員会；1984）。

生産力評価は以下の手順で行なった。(a)大豆の収量，土壌，地形および気象データを収集しデータベース化する。(b)これらのデータを用いて大豆収量と土壌，地形，気象との関係を解析する。(c)この関係から大豆収量を推定し，(d)推定した収量とその年次変動に基づいて生産力を評価する。

2) データベース

(1) 収量データベース

収量データは十勝支庁管内の農業関係者が行なっている増収記録会の1984年から1986年の3年間のデータを用いた（十勝農作物増収記録審議委員会；1984，1985，1986）。作物収量データベースはインデックスコード，年次，耕作者，農協，市町村，作物，品種，収量のデータからなる。

(2) 位置データベース

前述の収量調査地点を5万分の1地形図上にプロットし，ディジタイザで位置を読み取った。読み取った数値を緯度・経度に変換した後，JIS 4分の1次メッシュコードに変換した。このデータベースはインデックスコード，4分の1次メッシュコード，緯度，経度，地形図名からなる。

(3) 土壌分析値データベース

前述の収量調査と同時に行なわれた土壌分析値を入力した。分析項目は腐植含有率（富む，含むといった定性的），容積重，pH，可給態リン酸，リン酸吸収係数，CEC，Ca，Mg，Kであった。また，土壌図から土壌型を読み取り，火山灰層の厚さ，

表 4-2-1 土壌特性のコードと区分の基準

コード	土 壌 特 性				
	火山灰層	腐植層	堅密層	レキ層	湿性の程度
0	なし	腐植：少，薄い	なし	なし	乾
1	20cm未満	腐植：中，薄い	あり	あり	灰色層あり
2	20～50cm	腐植：多，薄い	—	—	グライ層あり
3	50cm以上	腐植：中，厚い	—	—	—
4	—	腐植：多，厚い	—	—	—

* 「泥炭層あり」を含む

腐植層の厚さ，堅密層の有無，レキ層の有無，湿性の程度をコード化して入力した。

表4-2-1にこれらのコード表を示した。

(4)地形データベース

地形データは国土数値情報の標高データを用いた。収量調査地点の4分の1次メッシュコードから対応するメッシュの標高データを抽出するとともに，該当メッシュ周辺のデータ等を利用し，8方向の傾斜と開放度を計算した。開放度（D，H）は該当メッシュから東西南北にDメッシュ離れた正方形の周辺メッシュの中で，該当メッシュの標高にHm加えた標高より低いメッシュ数の割合を百分率で表した指数である（栗原ら；1982）。本研究ではD=4，20，40とH=-100，-50，0，50，100の15の組み合わせの開放度を用いた。

(5)調査地点気象データベース

気象データは十勝，釧路，根室支庁の1984年から1986年の3年間のAMeDASデータを用いた（札幌管区气象台；1984，1985，1986）。観測地点の緯度・経度はこれまでのデータ同様4分の1次メッシュコードに変換した。AMeDASデータから日別の最高・最低・平均気温，降水量，日照時間を抽出し，旬別データに編集し，年次ごとにデータベース化した。さらにこのデータベースを用いて作物成育期間中の調査地点の積算温度，積算降水量，積算日照時間を算出し，調査地点気象データベースを作成した。

各気象要素の推定は(a)調査地点から30km以内のAMeDAS観測地点を選択し、(b)気温の場合は標高0mの気温に換算する。標高に対する温度低減率は $0.006^{\circ}\text{C m}^{-1}$ とした。(c) $\Sigma (A/d) / \Sigma (1/d)$ を調査地点の値とする。ただし、AはAMeDAS観測地点における値、dはAMeDAS観測地点と収量調査地点の間の距離である。(d)気温の場合は調査地点の標高に換算する。(e)5月から10月までの作物成育期間の値を積算する。積算気温は 10°C 以上の場合のみ積算した。

(6) 土壌データベース

土壌データは地力保全基本調査の池田町（北海道立十勝農試；1986）および鹿追町（北海道立十勝農試；1980）のデータを用いた。断面および分析値のデータは前項の土壌分析値データベースと同じ項目を入力した。また、土壌図は5万分の1地形図にトレースした後、第2章第2節に述べた方法で入力し、250mメッシュ（JIS4分の1次メッシュ）に変換して5万分の1地形図単位に編集したメッシュ土壌図を作成した。十勝支庁における北海道農業試験場の土壌調査のデータには地力保全基本調査よりも詳細な土壌区が設定されていたが、調査年次が古く、新しい土壌分類に変換できず利用できなかった。

(7) メッシュ気象図データベース

調査地点気象データベース同様の方法で池田町、鹿追町の全250mメッシュについて年次ごとに積算気温、積算降水量、積算日照時間を計算した。メッシュ気象図は年次別、要素別にメッシュ土壌図と同様に5万分の1地形図単位に編集した。

3) 大豆収量と土壌、地形、気象との関係の解析

用いた3年間の気象条件は以下のとおりである。1984年は好天に恵まれ収量が高かった。1986年は成育初期が低温・寡照に推移し、一部作物で平年作を下回った。1985年は両年の中間の収量であった。3年間のデータ数と平均収量は44と 3.4 t ha^{-1} で

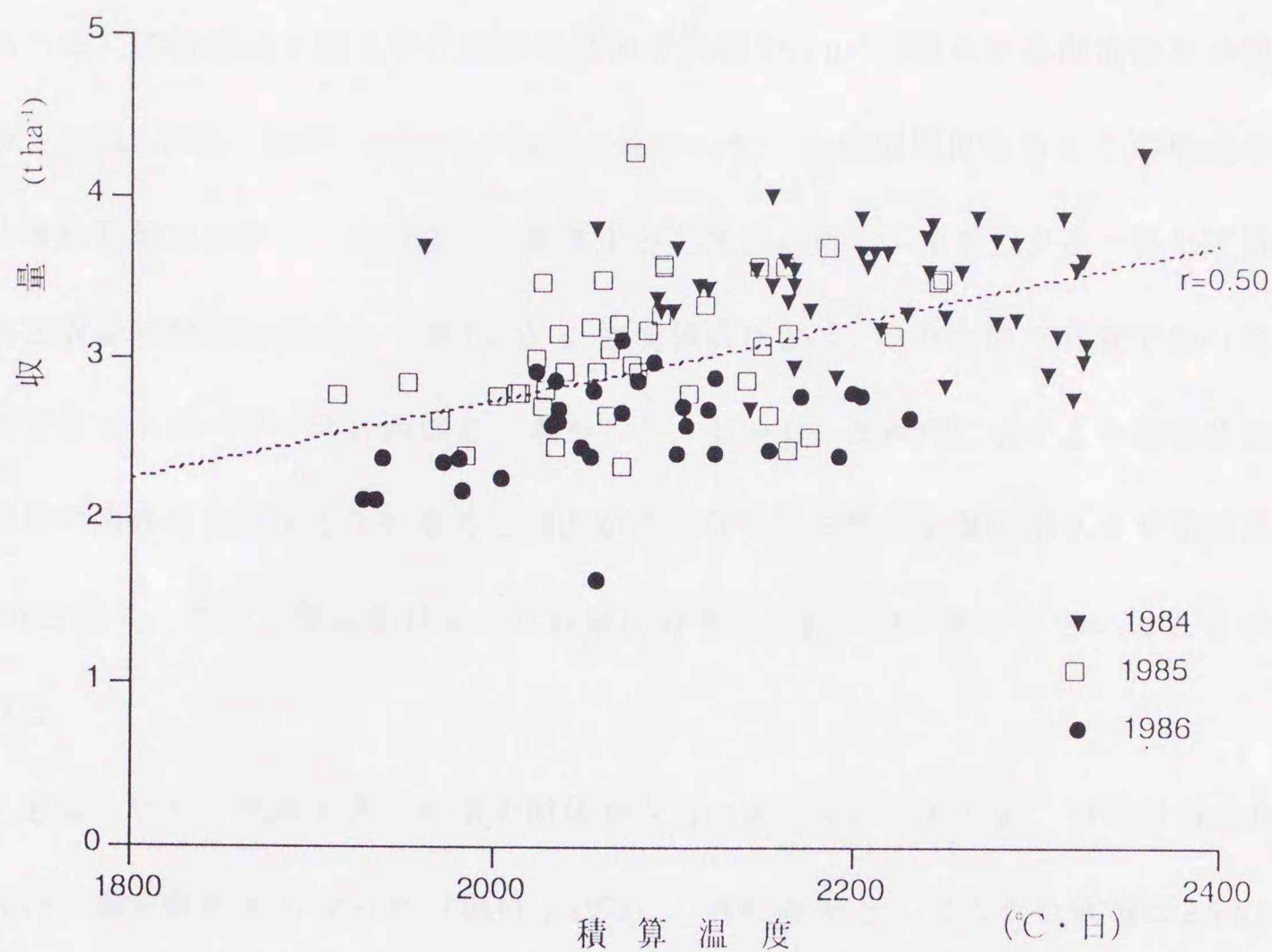


図4-2-2 積算温度と大豆収量の関係

積算温度は5～9月の日平均気温10°C以上の積算値

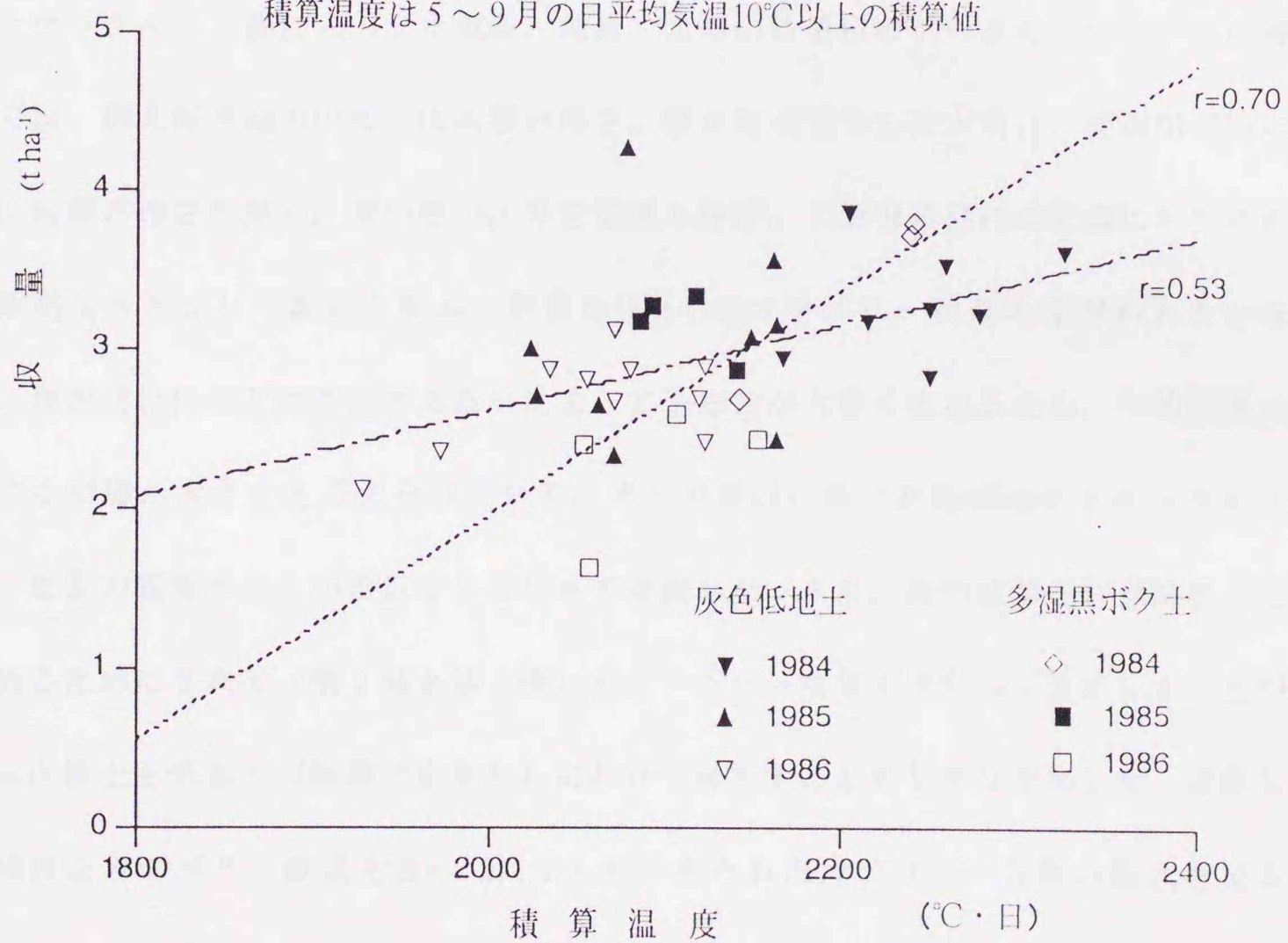


図4-2-3 土壌別の積算温度と大豆収量の関係

積算温度は5～9月の日平均気温10°C以上の積算値

あった。同時期の十勝支庁の統計収量の平均値 2.4 t ha^{-1} （農水省北海道統計情報事務所；1984, 1985, 1986）と比べて1.4倍と高かった。土壌型別にみるとこの地域の土壌分布の特徴を反映し、火山性土と低地土が主体を占めた。全データを一括して積算温度と収量の関係を見ると（図4-2-2），相関係数は0.5で，95%水準で有意であったもののプロットのバラツキがかなり大きかった。しかし，図4-2-3に示すように積算気温と収量の関係を土壌型ごとに見ると相関が高くなった。特に多湿黒ボク土で相関係数が0.70と高く，この土壌における大豆収量に対する積算気温の影響が強いことを示している。

土壌，地形，気象と大豆収量の関係をさらに詳しくみるために，林の数量化II類を用いて統計解析を行なった（橋口；1978）。外的基準として大豆収量は 2.5 t ha^{-1} 以下， $2.5-3.0$ ， $3.0-3.5 \text{ t ha}^{-1}$ ， 3.5 t ha^{-1} 以上の4つに区分した。また，要因項目として前述したデータベース群に入力した気象，地形，土壌の各項目のデータを用いた。この解析では，例えば土壌の中の火山灰層の厚さ，積算降水量等を要因項目，要因項目内の火山灰層の厚さが厚い，薄い等の区分を要素と呼び，各要因項目内の要素に付与された数値をカテゴリー数量と呼ぶ。数量化II類ではカテゴリー数量の範囲が大きいほど，要因項目内のどの要素であるかによって予測値が大きく変わるため，外的基準に対する影響が大きいと考えられている。そこで解析に用いた各項目の中からカテゴリー数量の範囲が大きい項目を9番目まで選択した。また，外的基準の判別精度をたかめるために2次元（第1軸と第2軸）のカテゴリー数量を算出して比較した。土壌を火山性土と低地土（泥炭土を含む）にわけて計算すると寄与率は増加した。選択した項目とカテゴリー数量を表4-2-2に示した。得られたカテゴリー数量の範囲を見ると，火山性土，低地土とも積算気温，積算降水量，積算日照時間の影響が大きく，ついで火山性土では有効態リン酸，リン酸吸収係数の，低地土では腐植含有率の影響が

表 4-2-2 数量化II類による分析結果

	低地土		火山性土	
	第 1 軸	第 2 軸	第 1 軸	第 2 軸
	範 囲 (偏相関係数)	範 囲 (偏相関係数)	範 囲 (偏相関係数)	範 囲 (偏相関係数)
積算温度	0.9478 (0.4741)	1.7933 (0.5578)	2.9841 (0.7768)	0.9279 (0.3914)
積算降水量	2.9712 (0.8027)	1.7351 (0.4034)	0.6442 (0.3417)	3.0106 (0.8466)
日照時間	0.7310 (0.4082)	1.6923 (0.6126)	1.8065 (0.5769)	1.5432 (0.6025)
腐植含有率	1.2932 (0.5402)	1.3827 (0.4522)	0.6863 (0.2784)	0.2323 (0.1114)
pH	1.4447 (0.4374)	1.1724 (0.3644)	1.1063 (0.5434)	0.5259 (0.2925)
有効態リン酸	1.5239 (0.6017)	0.5194 (0.2324)	1.0545 (0.4190)	0.6229 (0.3977)
リン吸	1.3855 (0.3797)	0.7046 (0.1595)	0.7015 (0.3077)	1.6931 (0.5882)
CEC	1.0811 (0.5208)	1.9893 (0.6160)	0.3936 (0.1827)	1.4196 (0.5609)
湿性	0.2352 (0.1789)	1.1309 (0.5007)	0.6539 (0.3941)	0.5368 (0.3433)
寄与率	0.7776	0.6236	0.7625	0.7518

大きかった。

この結果から各調査地点の要因項目と要素の値を用いて第 1 軸と第 2 軸のスコアを計算し散布図と 95% 確率楕円を描くと火山性土と低地土でそれぞれ図 4-2-4, 4-2-5 のようになった。確率楕円が相互に分離しているほど外的基準の判別精度が高いが、火山性土ではそれぞれの区分が良く分離したのに対し、低地土では収量の高い 3 区分の重なりがやや大きかった。したがって、低地土の収量の高い 3 区分では誤った区分を行う可能性がやや大きい。

4) 収量区分図の作成

数量化II類の結果および各種メッシュ図データファイルを用いて各年次の池田町、鹿追町の各メッシュの収量区分の計算を行なった。すなわち、初めに表 4-2-2 に示した

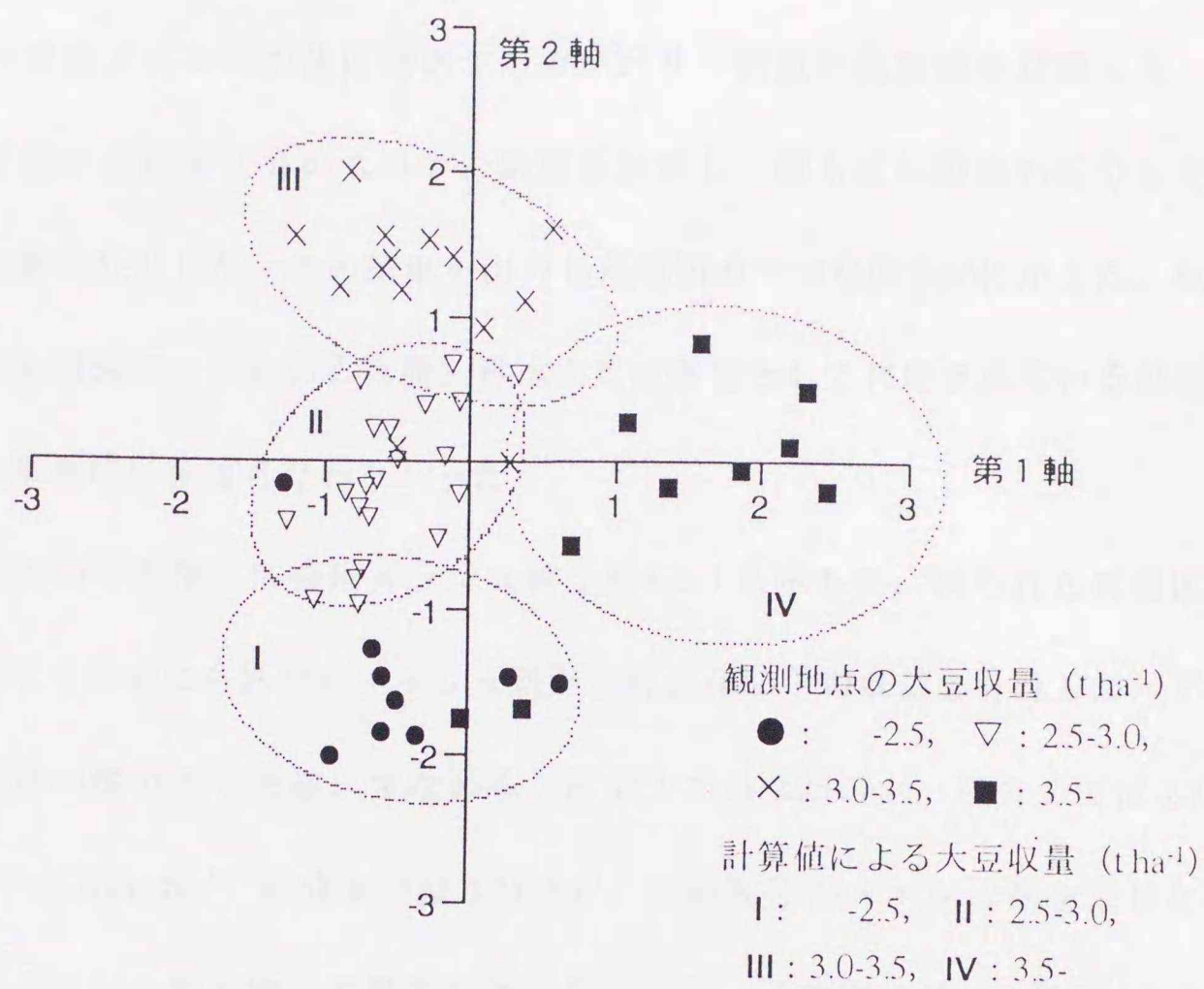


図4-2-4 各地点に与える数量の散布図（火山性土）

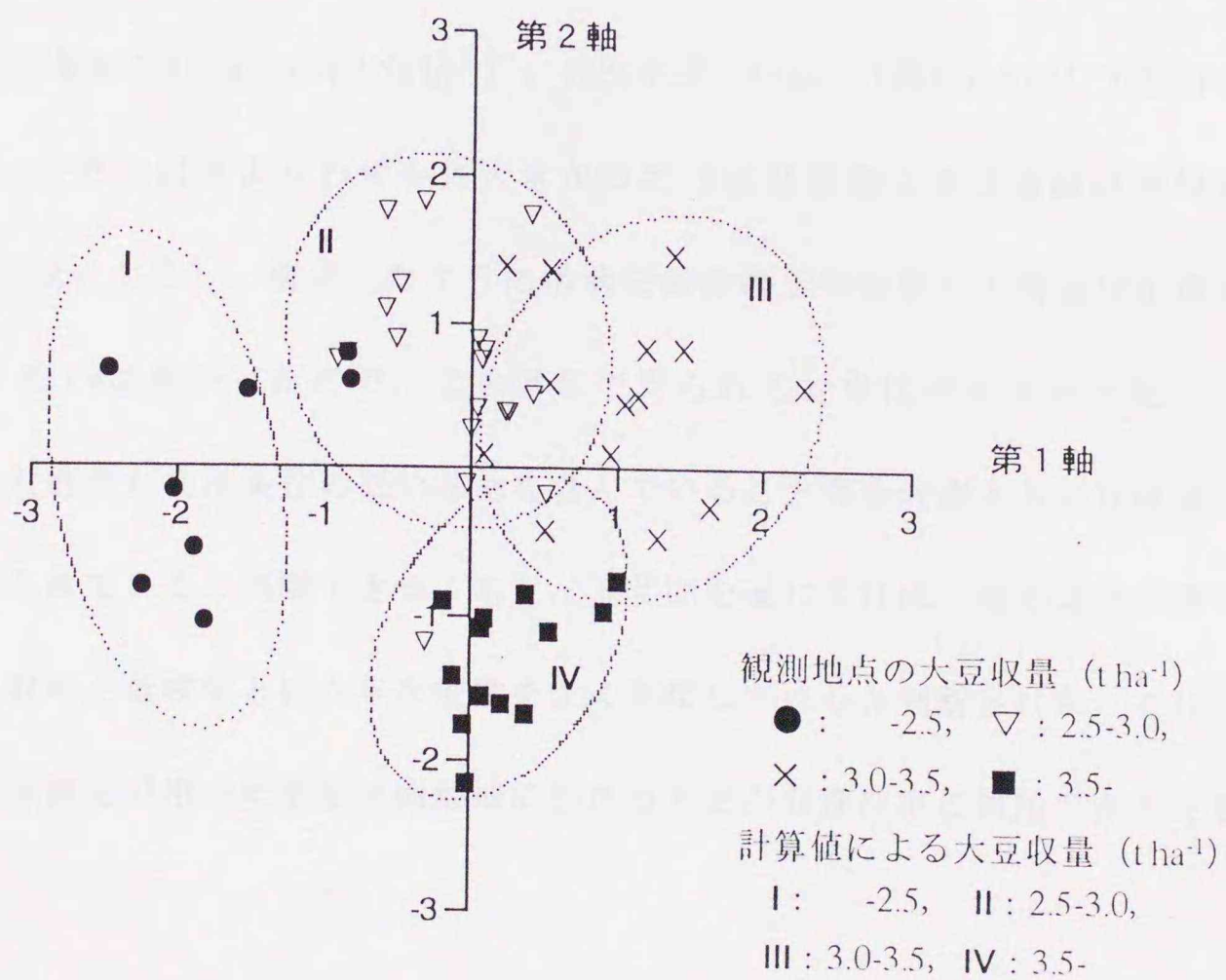


図4-2-5 各地点に与える数量の散布図（低地土）

各項目について各メッシュの値に対応するカテゴリー数量の合計値を計算した。次に、その合計値と各収量区分のスコアの距離を計算し、最も近い距離の区分をそのメッシュの収量区分とした。その結果を出力した地図の一つを図4-2-6に示した。収量区分の計算は土壌図データのある範囲、耕地または草地として利用されている場所である。耕地と草地の区分は行なわなかった。

それぞれの町の年次別、区分別メッシュ数を表4-2-3に示した。得られた収量区分図の検証を行なうために各区分のメッシュ数から町全体の平均収量を計算した。平均収量はそれぞれの区分の中央値、すなわち、区分1では 2.25 t ha^{-1} 、区分2では 2.75 t ha^{-1} 、区分3では 3.25 t ha^{-1} 、区分4では 3.75 t ha^{-1} 、に各区分のメッシュ数を乗じた値を積算し、全メッシュ数で除して計算した。その結果、池田町では1984年が 3.3 t ha^{-1} （統計収量 2.7 t ha^{-1} ）、1985年が 3.3 t ha^{-1} （同 2.8 t ha^{-1} ）、1986年が 2.8 t ha^{-1} （同 2.6 t ha^{-1} ）で統計収量の約1.1～1.2倍であった。鹿追町では1984年が 3.3 t ha^{-1} （統計収量 2.3 t ha^{-1} ）、1985年が 2.9 t ha^{-1} （同 2.5 t ha^{-1} ）、1986年が 2.3 t ha^{-1} （同 1.6 t ha^{-1} ）で統計収量の約1.2～1.4倍で池田町よりわずかに大きかった（統計収量は北海道統計情報事務所；1984～1986による）。前述したように増収記録会の平均収量が十勝支庁全体の統計収量より約1.4倍高かったので、この計算で得られた比率はやや低かった。しかし、計算した範囲が立地条件の悪い草地を含んでいること等を考慮するとほぼ妥当な推定値が得られていると判断できる。また、3年間を通じてほぼ一定の比率が得られており、多収年と低収年という年次変動をよく再現していると判断された。これらのことから、本研究で用いた手法は両地域における大豆の収量推定に利用できると思われる。

5) 生産力評価図の作成

生産力の評価の基準として収量と年次変動を用いた。収量は各年次の収量区分の値

表 4-2-3 池田町および鹿追町の年次別・収量
区分別メッシュ数

収量区分	池 田			鹿 追		
	1984	1985	1986	1984	1985	1986
1	0	0	395 (23.5)	2 (0.1)	491 (18.0)	2402 (88.2)
2	380 (22.6)	326 (19.4)	706 (42.0)	436 (16.0)	1240 (45.5)	297 (10.9)
3	679 (40.4)	987 (58.7)	472 (28.1)	1514 (55.6)	471 (17.3)	9 (0.3)
4	622 (37.0)	368 (21.9)	108 (6.4)	771 (28.3)	521 (19.1)	15 (0.6)
合計	1681 (100.0)	1681 (100.0)	1681 (100.0)	2723 (100.0)	2723 (100.0)	2723 (100.0)

() 内は合計を100とした%

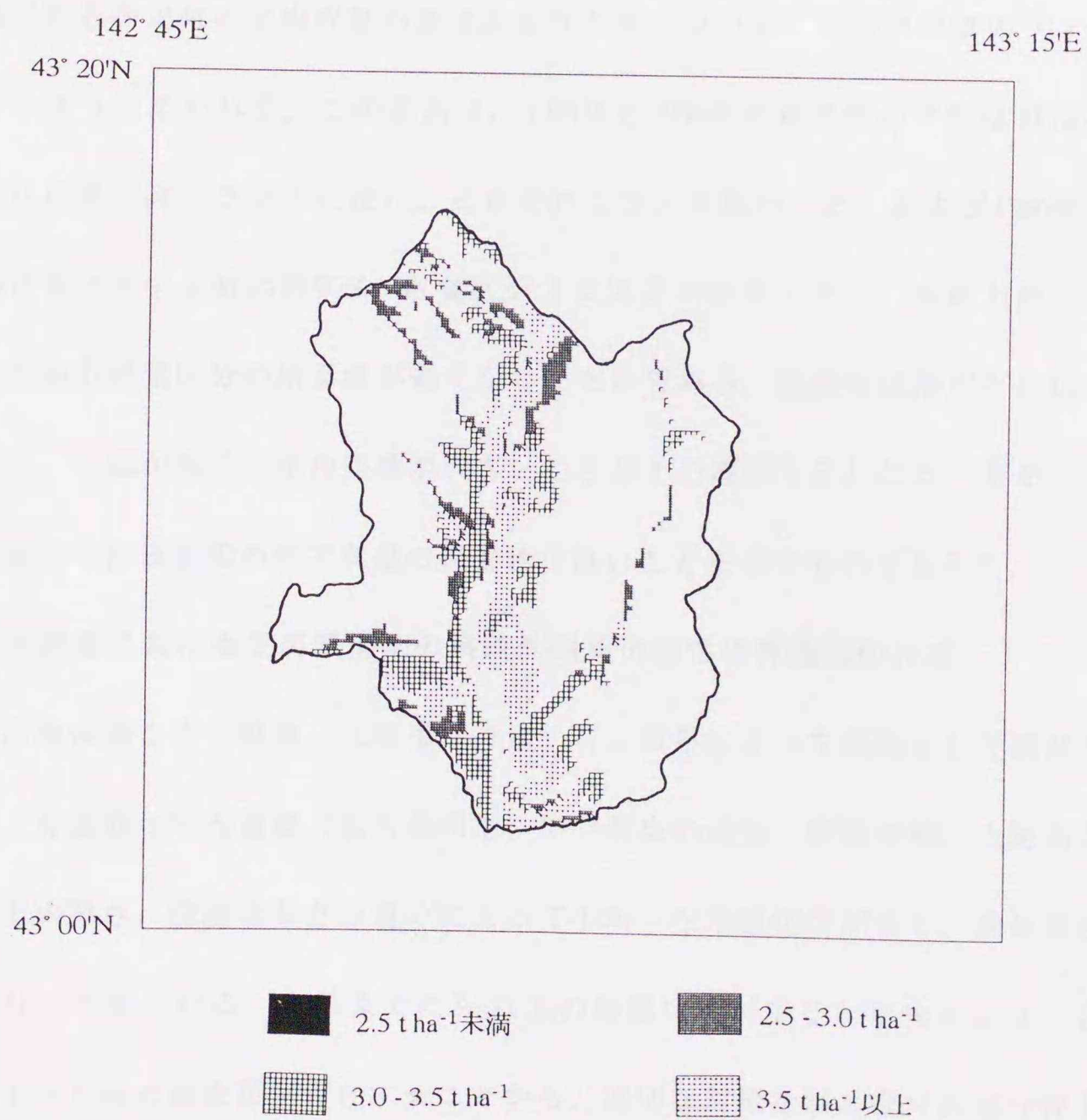


図4-2-6 大豆収量区分図 (池田町, 1984年)

を積算し、3～6を低位、7～9を中位、10～12を高位とした。また、年次変動は各年次の中で収量区分の最も高い値と最も低い値の差を取り、その差が0～1を安定、2～3を不安定とした。最後に収量と年次変動を組み合わせ、高位安定、高位不安定、中位安定、中位不安定、低位の5つに区分した。低位不安定は収量が高い年がたまにあることを意味しているので、低位安定と合わせて低位に区分した。この基準を用いて収量区分図から生産力評価図を作成した（図4-2-7、4-2-8）。

池田町では中位安定に区分されたメッシュが40.7%と最も多く、次いで中位不安定、低位の順であった。一方、鹿追町では低位が52.8%と最も多く、次いで中位不安定、中位安定の順であった。高位安定、高位不安定は合わせて0.5%に過ぎない。計算された池田町と鹿追町の平均収量の差はあまり大きくないが、生産力評価のランクの差は大きいように思われる。この原因は、1985年と1986年の鹿追町の平均収量は収量区分ランクは池田町のランクに比べ、それぞれ1ランク低いこと、および1986年の鹿追町におけるメッシュ数の約90%が収量区分1に区分されたことで、生産力評価の基準の一つである収量区分の積算値が低くなったためである。鹿追町は池田町に比べ山麓に位置し、気温が低く、年次変動が大きいことがその原因と思われる。また、このことは生産力の評価要因の中で気温の重要性が高いことを示すものであろう。

3 石狩泥炭地における泥炭農用地の持続的利用可能性の評価図の作成

石狩泥炭地は第2次大戦後、大規模な排水・客土事業によって農地として開発された。泥炭土を基盤とする農地（泥炭農用地）では泥炭の種類、開発時期、土地利用の履歴、客土の厚さ、営農法などの違いによって不均一な地盤沈下が生じ、農地管理上の問題になってきている。これまでに3m以上の地盤沈下が生じた地域もあり、さらに下層に1～5mの泥炭層が存在することから、適切な対策を講じなければ今後も地盤沈下が進行し、泥炭農用地の生産基盤が著しく損なわれる恐れがある（MIYAJI

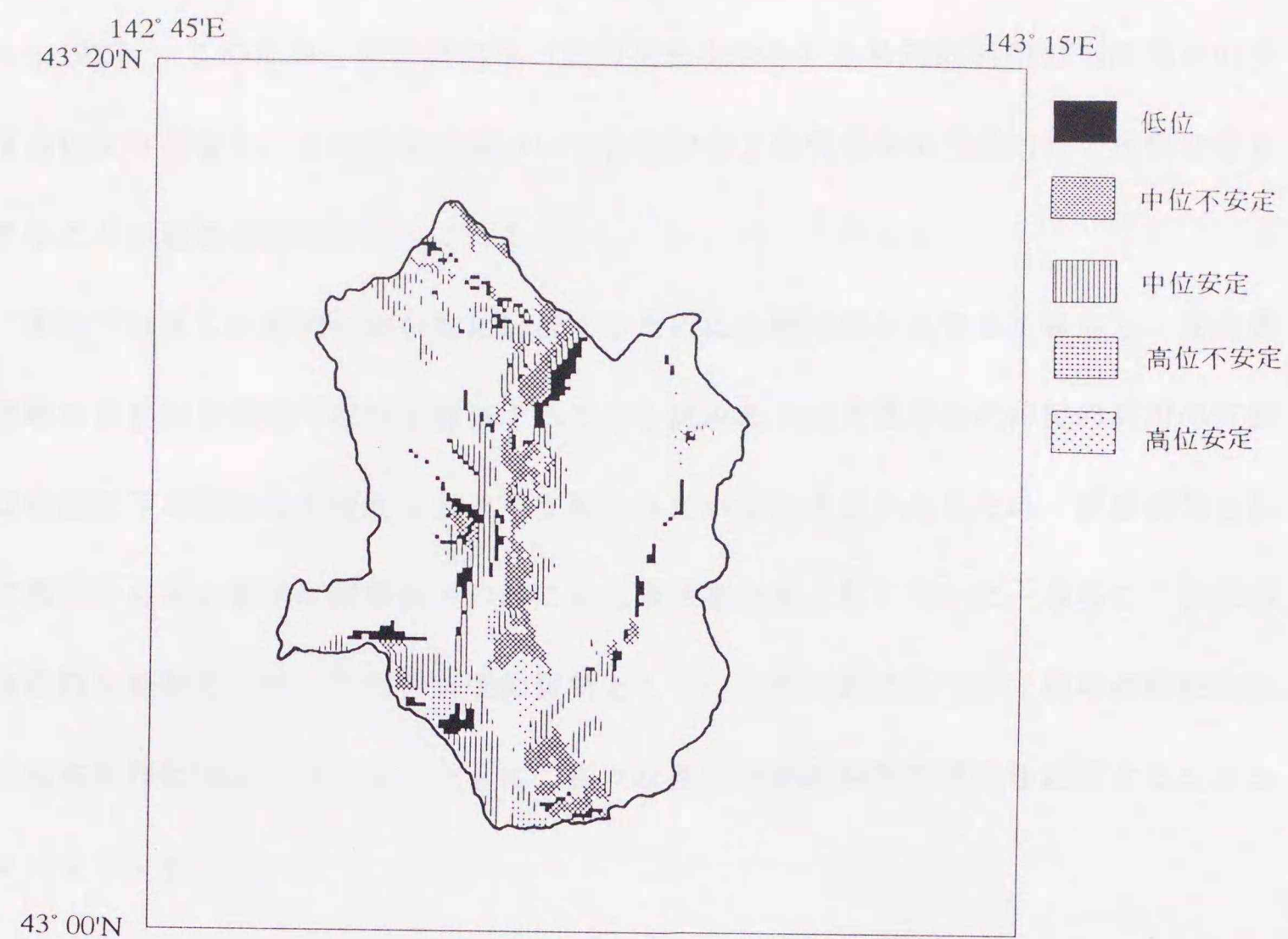


図4-2-7 大豆生産力区分図（池田町）

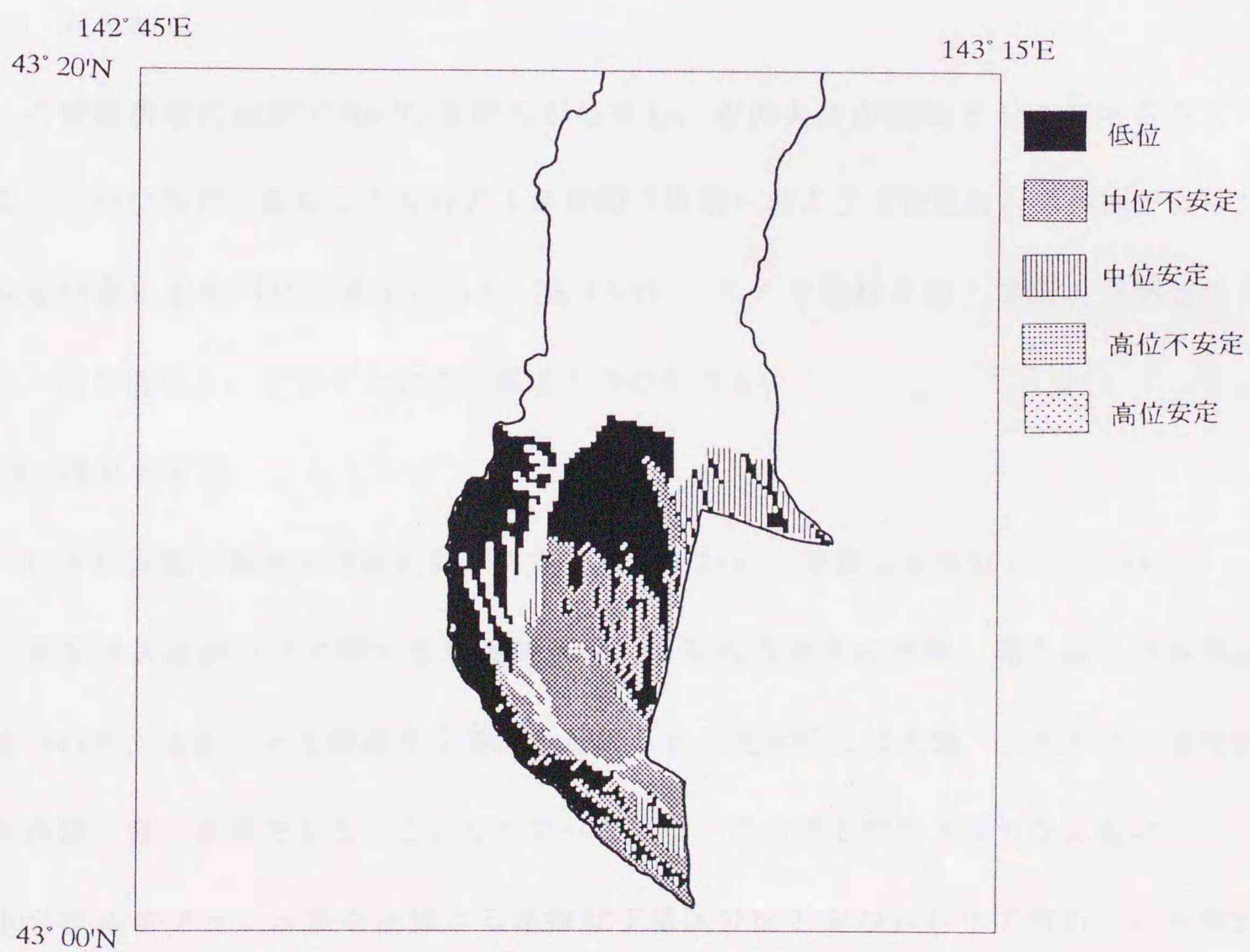


図4-2-8 大豆生産力区分図（鹿追町）

ら；1995）。このため、泥炭農用地（周辺農地を含む）を持続的利用の可能性という視点により評価し、その評価に基づいて合理的な土地利用体系と農地管理技術を確立することが重要な課題となっている。

本節では多くの要因を総合的に解析するために土壌情報システムを利用し、泥炭農用地の持続的な利用可能性を評価することを試みた。泥炭農用地の持続的利用の可否は地盤沈下の起こる危険性に大きく支配されていると考えられるため、評価基準として現在から近い将来に地盤沈下の起こる危険性を尺度として用いた。さらに、将来の合理的土地利用計画のための基礎的資料として、この評価に基づいて農地の持続的利用可能性評価図を作成するとともに、様々な条件で持続的利用可能性に関するシミュレーションを行なった。

1) 対象地域および方法

(1) 対象地域

石狩泥炭地には約570km²の泥炭地が分布し、その大半が農地として利用されている。この中央部にあたる5万分の1地形図「当別」および「岩見沢」図幅西半分の低地を対象に土地利用評価を行った（図3-5-1）。ここで低地とは土壌図上で褐色低地土、灰色低地土、グライ土および泥炭土の分布域をいう。

(2) 評価の手順

以下の方法で農地の持続的利用可能性評価を行い、評価図を作成した（図4-3-1）。

(a)泥炭地の地盤沈下に関する調査報告書、研究報告書等の資料、聞き取り調査等に基づいて、地盤沈下と関連する要因を選択した。具体的には土壌、土地利用、農地開発時期、客土層厚である。これらのデータについては第3章第5節で既に述べた。

(b)各要因のメッシュ図を後述する地盤沈下量区分図と重ね合わせて解析し、地盤沈下がどのような条件下で発生し易いかを検討した。

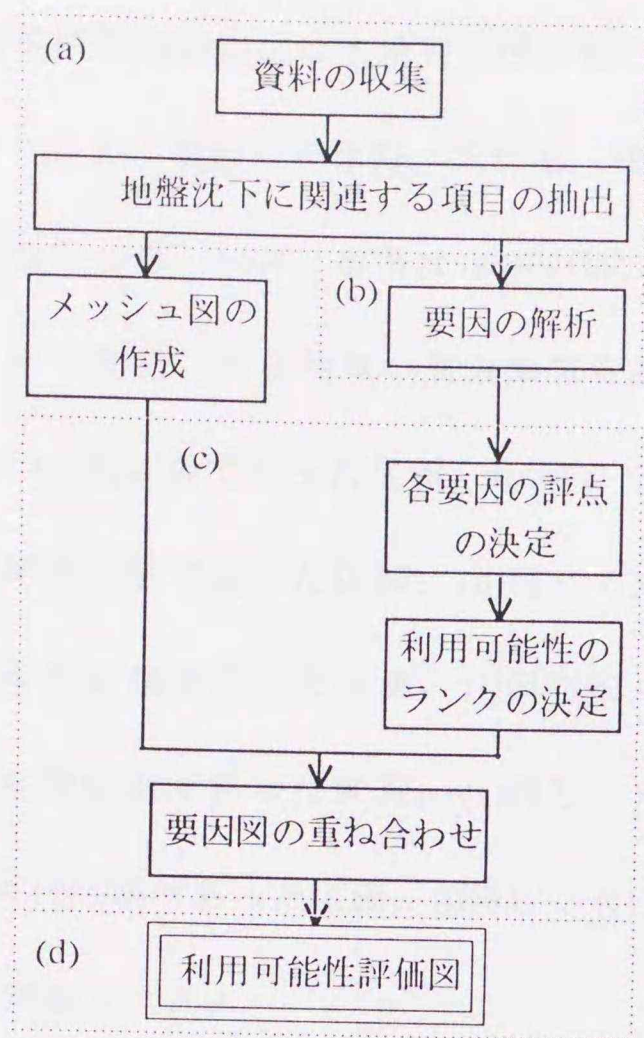


図4-3-1 農用地の持続的利用可能性
評価図の作成手順

(c)各要因ごとに地盤沈下に対する関与が小さいと思われる要素の順に順序をつけ、評点を与えた。次いで、各要因図を重ね合わせ、メッシュごとに評点の合計値を計算した。

(d)各要因の評点を合計した値を総合評点とし、その値を3つに分級し、その結果を泥炭農用地の持続的利用可能性評価図として出力した。

(3) 基本データの整備

評価のための基本データとして前述し

た100m (JIS1/10細密) メッシュの土壤

図、土地利用区分図、客土層厚区分図のほかに以下のものを整備した。

(7) 地盤沈下量区分図

解析対象地域の地盤沈下量を示した地図（地盤沈下量区分図）は北海道開発局が行った石狩川特殊軟弱地域開発基盤整備事業推進調査（北海道開発局；1981）の地図を利用した。この地盤沈下量区分図は水準測量、三角点測量その他の資料に基づき1957年～1979年の間の沈下量を地図化したもので、沈下量は10cm以下、10-30cm、30-60cm、60-90cm、90cm以上の5段階にランク付けされている。この地図のうち5万分の1地形図「当別」図幅の範囲について新たに作成した10万分の1基図に転写した。この10万分の1地図をメッシュ図作成のサブシステムを用いて100mメッシュ図に変換した。

(4) 農地開発時期別図

農地開発時期別図は土地利用区分図（メッシュ図：図3-5-5～6）を重ね合わせ、各メッシュの土地利用が原野、荒れ地、林地から畑または水田に替わった時期を農地開発時期とした。なお、本図は1980年代に水田または畑であったところを対象に作成した。その結果、対象地域の農地開発時期は以下の10種類に区分された。すなわち、(a)1910年代に畑であった区画、(b)同じく水田であった区画、(c)(a)、(b)以外の場所で1950年代に畑であった区画、(d)同じく水田であった区画、(e)(a)～(d)以外の場所で1960年代に畑であった区画、(f)同じく水田であった区画、(g)(a)～(f)以外の場所で1970年代に畑であった区画、(h)同じく水田であった区画、(i)(a)～(h)以外の場所で1980年代に畑であった区画、(j)同じく水田であった区画の10種類である。

(4) 評価システム

使用した機種はパーソナルコンピュータ（日本電気製PC9801シリーズ及びその互換機）、イメージスキャナ（システムクオリティIS200）、ページプリンタ（日本電気PCPR602）、カラープリンタ（シャープIO-735）である。

メッシュ図の重ね合わせ、面積集計などの解析はこれまでに作成したソフトウェア（第3章第5節）を利用した。また、要因図の選択、評点の設定、合計値の計算（図4-3-1の(c)～(d)）を行う評価のためのソフトウェア（評価システム、プログラム名EVALUATE）はC言語を用いて作成した。

3) 結果と考察

(1) 要因図

第3章第5節で既に述べたように、対象地域の土壌では高位泥炭土が116.8km²、低位泥炭土が88.9km²、グライ土下層有機質が77.2km²、グライ土が16.0km²、灰色低地土が64.7km²、褐色低地土が25.8km²であり、泥炭土の面積が半数以上を占めていた。泥炭地に対する客土は221.0km²の面積で実施されて、客土の厚さが10-15cmの農地の分布

表4-3-1 1970年代までの土地利用の変遷パターン

	1910年代	1950年代	1960年代	1970年代	面積(km ²)
WWPP	原 野	原 野	水 田	水 田	61
WUPP	原 野	畑	水 田	水 田	40
UUPP	畑	畑	水 田	水 田	60
WWPU	原 野	原 野	水 田	畑	1

面積が66.7km²と最も広いが、5-10cmと15-20cmの農地も63.3、60.4km²とほぼ同面積であった。客土層厚が25cmを超える農地は1.8km²であった。

地盤沈下量区分図は1957年から1979年までの沈下量で示されているため、同時期までの泥炭農用地の土地利用の変遷パターンを類型化し（表4-3-1），地盤沈下と土地利用の関係をみた。主要な変遷パターンは次の3つのパターンであり、全体の約5割を占める。

(f)WWPP型：1910年代に原野(W)，1950年代に原野(W)，1960年代に水田(P)，1970年代に水田(P)であったところである。この型は1950～1960年代に水田化された。

(g)WUPP型：1910年代に原野(W)，1950年代に畑(U)，1960年代に水田(P)，1970年代に水田(P)であったところである。この型は1910～1950年代に畑地化され、1960年代までに水田化された。

(h)UUPP型：1910年代に畑(U)，1950年代に畑(U)，1960年代に水田(P)，1970年代に水田(P)であったところである。この型は1910年代以前から畑として利用され、1950～1960年代に水田化された。

高位・中間泥炭土の農地ではWWPP型が広く、低位泥炭土の農地ではUUPP型、WUPP型が広い傾向があった。

また、WWPU型も解析に用いた。WWPU型は1910年代に原野(W)，1950年代に原野(W)，1960年代に水田(P)，1970年代に畑(U)であったところである。この型はWWPP型

と同様に1950～1960年代に水田化され、1960～1970年代に畑に転換された。

(2) 評価要因の抽出

土壌図と地盤沈下量区分図を重ね合わせ、土壌の種類と地盤沈下量との関係を解析した。その結果、沈下量が90cm以上の場所の58%が高位・中間泥炭土、20%が低位泥炭土であった。同様の傾向は沈下量が60～90cmの場合にも認められた。一方、沈下量が小さくなると高位・中間泥炭土の占める割合は低下し、褐色低地土、灰色低地土、グライ土（以上の3土壌型をまとめて鉍質土と呼ぶ）等の土壌の占める割合が増加する（図4-3-2）。これらのことから地盤沈下は高位・中間泥炭土が最も起こり易く、次いで低位泥炭土、鉍質土の順であることがわかった。鉍質土でも30cm以上の地盤沈下があるとされたのは、鉍質土の中にグライ土下層有機質が含まれること、地盤沈下量区分図作成に当たり沈下に関する情報が不足し、粗い精度の地図しか作成できなかったこと、等が考えられる。地盤沈下が高位・中間泥炭土で起こり易いのは主に固相率が小さく、排水による収縮や圧密が起こりやすいことに起因すると考えられる。低位泥炭土では沈下量は高位・中間泥炭土と鉍質土の中間に位置づけられる。

次に、沈下量の大きい高位・中間泥炭土の主要な土地利用の変遷パターンと沈下量の関係について解析した（図4-3-3）。WWPU型では、沈下量が30cm以上の3区分（30-60cm、60-90cm、90cm以上）の各割合が他のパターンに比べて高く、特に90cm以上の割合が高かった。一方、沈下量が10cm未満の区分についてはWWPU型＜WWPP型＜WUPP型＜UUPP型の順に割合が高くなった。

このように、同じ時期（1960年代）に水田化された農地であっても、その後畑に転換されて利用されている場合（WWPU型）は、継続して水田として利用されている場合（WWPP型）に比較して地盤沈下が起こりやすく沈下量も大きい。これは、水田では灌漑水の影響で地下水位が高く、作付け期間中は還元的であるため泥炭の分解速度

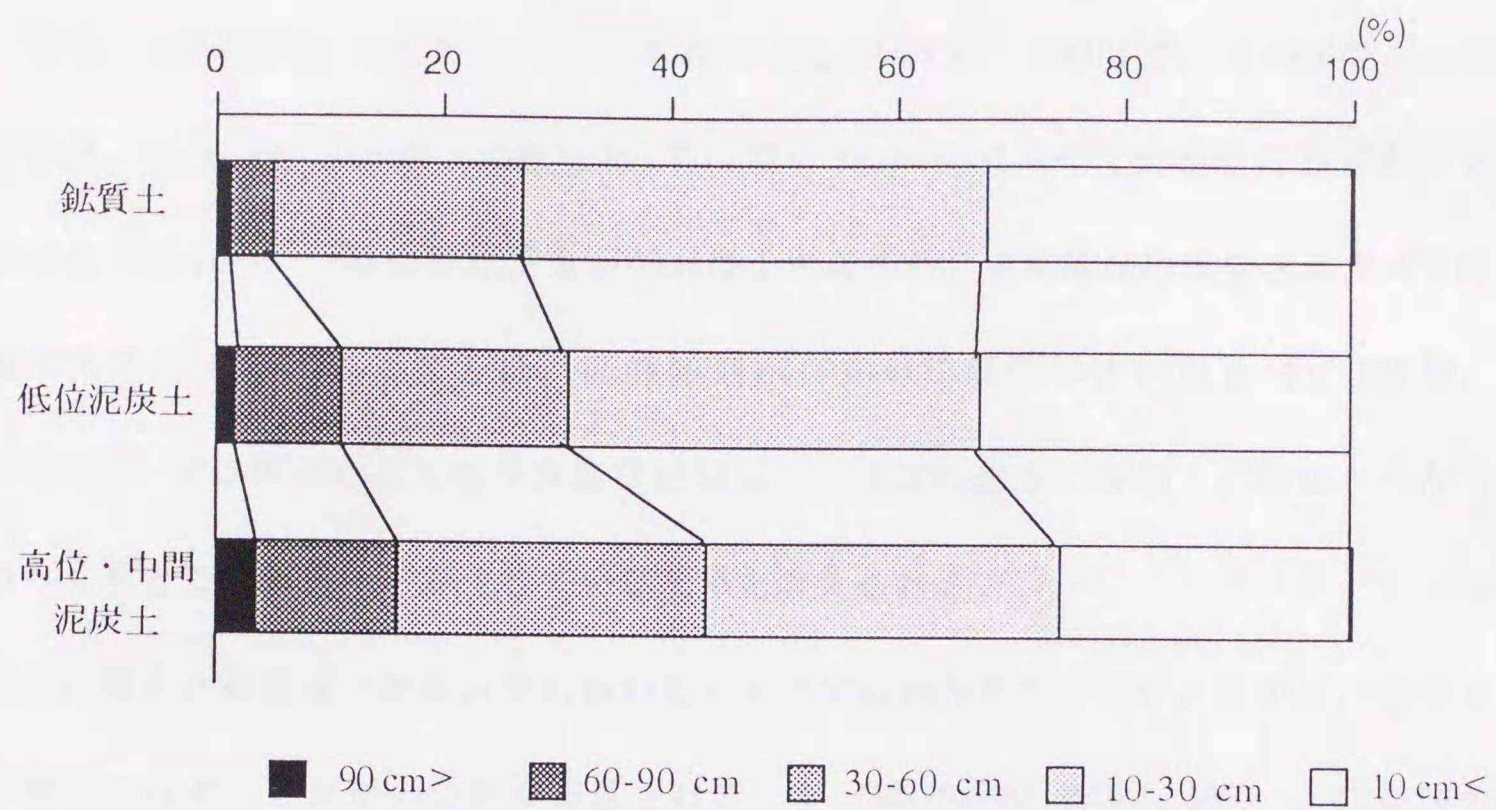


図4-3-2 土壌別地盤沈下量

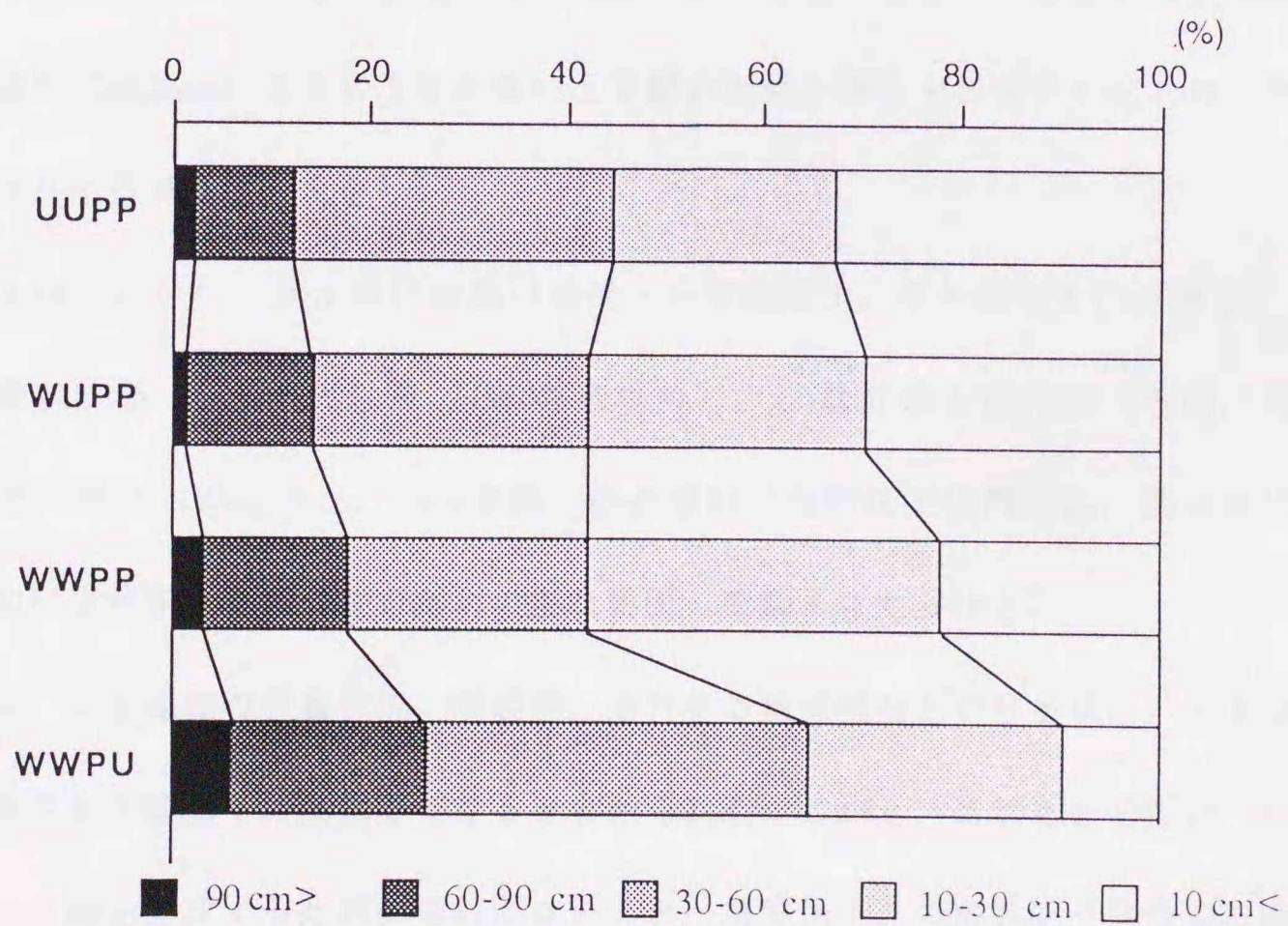


図4-3-3 土地利用パターン別地盤沈下量

が遅いのに対し、畑では排水によって地下水位が低くなり、酸化的条件になりやすいため泥炭が急速に分解し、沈下が促進されることを示すものである。

また、1970年代に水田として利用されているUUPP型、WUPP型、WWPP型を比較すると、沈下量が10cm以上の区分はUUPP型<WUPP型<WWPP型の順に割合が大きかった（図4-3-3）。特に、沈下量が60cm以上の区分は、1960年代に開発されたWWPP型が大きかった。このことは、開発時期が1950年代以前の古い農地（UUPP型、WUPP型）では排水にともなう急速な地盤沈下がほぼ終息し、分解・圧縮にともなうゆっくりとした地盤沈下が生じているためと考えられる。

客土の厚さと地盤沈下の関係を明らかにした研究は行われていない。しかし、客土と泥炭が混合すると泥炭の分解が促進されること（MURAYAMAら；1990）、耕起深の深い転換畑では水田に比べ年平均の地盤沈下量が大きく、客土と泥炭の混合がその一因と考えられていること（宮地ら；未発表）を考えあわせると、現在の調査地域の畑の耕起深（約25cm）より客土厚が薄いと下層の泥炭と客土との混合が起こり、地盤沈下が進行する可能性が大きい。

以上のことから、(a)土壌の種類（高位・中間泥炭土、低位泥炭土、鉍質土）、(b)農地開発時期（1950年代以前、1960年代以降）、(c)最近の土地利用（水田、畑）、(d)客土の厚さ（25cm以上、25cm未満）等の項目が地盤沈下に関係し、泥炭農用地の持続的利用可能性を評価するための主な要因・要素と考えられた。

一方、排水施設の整備状況、耕起深、走行する機械類などの営農状況、および泥炭層の厚さも地盤沈下に関係してくると考えられる。しかし、これらの要因についてはメッシュ図を作成するための資料がないこと、地盤沈下との定性的・定量的な関係が不明確なことから評価要因からは除外した。また、対象地域の泥炭層の厚さは断面調査や泥炭土の分布様式からみて、高位泥炭土>中間泥炭土>低位泥炭土の順に厚くな

ると考えられるので、土壌の種類に反映していると思われる。

(3) 持続的利用可能性評価

泥炭農用地では肥沃度の低下等の問題以上に、畑作物の湿害、水田における均平化の困難さとそれを回避するための畑への転換利用など、地盤沈下に起因する問題が重要である。したがって、地盤沈下の予測に基づいて泥炭農用地を評価し、対策を考える必要がある。

泥炭農用地の持続的利用可能性を地盤沈下に関係する各要因の要素ごとに評点を与え、その合計値によって評価することを試みた。評点は地盤沈下を起こしやすい要素を高くした。各要因の要素と評点の関係は以下のとおりである（表4-3-2）。(a)土壌の種類：最も沈下しやすい高位・中間泥炭土に3点、低位泥炭土に2点、その他の土壌に1点とした。(b)農地開発時期：農地開発時期が新しいほど現在の沈下速度は大きいことから、1960年代以降に耕地化されたところを2点、その他のところを1点とした。(c)最近の土地利用：畑利用されている農地は水田に比べ地盤沈下速度が大き

く、この傾向は転換初期に顕著であ

る。そこで、1980年代に畑利用されて

いるところを2点、その他のところを

1点とした。(d)客土の厚さ：対象地

域の畑地の耕起深は約25cmであるこ

とから、この深さよりも客土層が薄け

れば下層の泥炭が削られる可能性が大

きい。そこで、泥炭土では客土の厚さ

が25cm未満のところを2点、それ以

外のところを1点とした。また、泥炭

表4-3-2 評価の要因と評点

評 価 の 要 因		評 点
要 素		
土壌の種類	高位・中間 泥 炭 土	3
	低位泥炭土	2
	鉍 質 土	1
農地開発 時 期	1960年代 以 降	2
	1950年代 以 前	1
最 近 の 土地利用	畑	2
	水 田	1
客 土 の 厚 さ	25cm未満	2
	25cm以上 泥炭土以外	1

土以外の土壌では客土が行われていないが客土の厚さが25cm以上と同等と考え1点とした。

要因間、または、同じ要因であっても要素間で地盤沈下に対する寄与率は異なると考えられる。しかし、解析からその違いを明らかにすることはできなかった。そのため、各要因内の要素に地盤沈下に寄与する程度が少ない順に評点を与え、各要因の評点の合計値を求めた。このため、3つの要素がある土壌要因については他の要因に比べて重みづけされたことになる。

以上のような要因と評点に基づいて計算した合計値は4～9点となり、評点の合計値が高いほど現在および近い将来に大きな地盤沈下が起こる危険性が大きいと考えられる。そこで評点の合計値を農用地の持続的利用可能性が低（評点の合計値が8、9点）、中（6、7点）、高（4、5点）の3ランクに区分した。

該当する要因のメッシュ図からメッシュのデータを読み取り、各メッシュの合計値を計算し、ランク付けをした。得られたランクデータに基づいて農用地の持続的利用可能性評価図を作成した（図4-3-4）。解析対象地域における各ランクの面積は、低が60.4 km²、中が124.3 km²、高が155.2 km²であった。

(4) 持続的利用可能性を高める対策の検討

評価要因の中で今後変更が可能な土地利用と客土の厚さを変え、持続的利用可能性の評価がどのように変わるかをシミュレーションを行った。用いた条件と評価の結果を表4-3-3に示した。

シミュレーションの結果、土地利用を畑に変える以外の条件では、低ランクの面積は減少した。特に客土の厚さを現状より10cm以上厚くすることで低ランクの面積は現状の半分以下になった。また、同時に土地利用を水田にすることによって、低ランクの面積をさらに減少することができた。全ての低ランクのメッシュを中ランク以上に

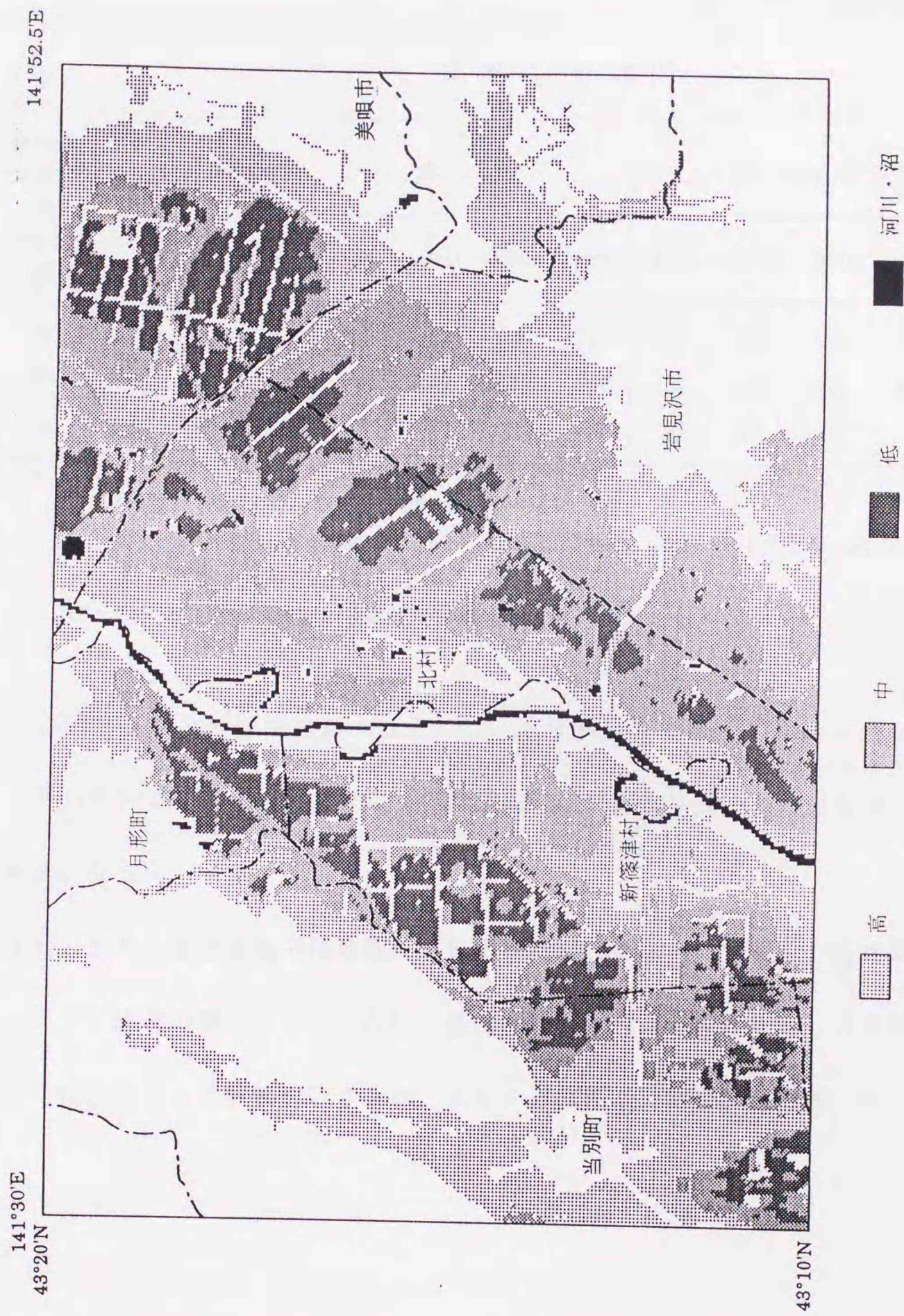


図4-3-4 農用地の持続的利用可能性評価図

表4-3-3 土地利用と客土厚の変更による持続的利用可能性
評価ランク別分布面積の変化

(数字は分布面積, km²)

持 の続 評的 価利 ラ用 ン可 ク能 性	現 状	変 更 し た 条 件									
		土地利用 *		客 土 **				客土+水田 ***			
		畑	水田	+5cm	+10cm	+15cm	25cm	+5cm	+10cm	+15cm	25cm
高	149	96	157	152	163	188	209	159	171	198	219
中	124	131	123	133	142	129	117	132	141	127	115
低	60	107	54	49	29	17	8	42	22	10	0

* 農地の土地利用を全て畑または水田にした場合

** +5cm, +10cm, +15cmはそれぞれ5cm, 10cm, 15cmの再客土をした場合,
25cmは客土厚を25cmにした場合

*** 客土と同時に畑を水田に変えた場合

するためには、客土の厚さを25cm以上にし、土地利用を水田にすることが必要である。こうしたシミュレーションによって持続的利用可能性を高める対策を選択することが可能になる。

前述のとおり、本評価法では地盤沈下に関係の深い排水施設や現在の泥炭層の層厚等については評価の要因としていない。また、沈下に対する寄与の違いも考慮していない。今後はこうした情報を取り入れ、よりきめの細かい評価法に改善する必要がある。

第5章 総合考察

1. 土壌情報システムの作成と改善

既に述べたように、基本土壌図には土壌に関する多くの情報が含まれている。すなわち、土壌の断面形態や分析値からその土壌の持つ特性、一耕うんの難易、排水の良否、養水分の保持能などに関する情報や土壌図から二次元的な広がりに関する情報を得ることができる。しかし、この情報の多さのために専門の知識を持たない人にとって土壌図が理解しがたいものとなっている。一般に、基本土壌図から特定の情報を取り出すためには多くの情報の中から必要な情報を取捨選択し、目的に応じてその情報を区分するとともに、二次元的な広がりが必要な場合には地図にする、といったいくつかの作業を経なくてはならない。

土壌情報システムはこれまでに蓄積された土壌に関する多くの情報を保存し、必要な情報を引き出し、分析することができる。その結果、専門家とそれ以外の人の間のインターフェースの役割をはたし、本来、専門的知識が必要な一連の作業を代行する。本研究で作成した土壌情報システムでは土壌分析値の区分図を作成するような定型的な作業は簡単に行うことができる。このためには、印刷物や地図として蓄積された情報を土壌情報システムによって利用できる形に変換してシステムに取り込む必要がある。また、情報の一部が欠落していると作成される土壌特性区分図は虫食い状態になってしまうので、均質で欠落のない情報の整備が必要である。

土壌情報をデータベース化するためには、多くの労力と時間が必要になる。本研究の第3章第5節に示した客土層厚区分図や土地利用区分図の作成の例から、1図幅あたりの地図データのデータベース化にはデータ収集、作業図の作成、データ入力、データベース化という作業が必要で完成まで約1～2カ月を要すること、作業時間の大部分は作業図の作成までの準備作業に費やされることが明らかになった。こうした

準備作業は情報システムを用いない従来の方法であっても必要不可欠な作業であるので、これを情報システムを用いることによって同じデータを様々なアプローチで繰り返し利用できることを考えると情報システムの導入のメリットは大きい。一方で作業時間の短縮はデータの更新、新たな情報の蓄積を容易にすることから、簡単な準備作業でデータの入力を可能にする方法やできるだけ人手を介さないように作業を自動化する方法を確立することなどは今後解決すべき問題であろう。

第2章第1節で明らかにしたように、北海道農業試験場土壌調査報告書に記載された分析値のデータのうち全ての層位についてデータが記載されていたものは全断面の約20%であった。特に下層にいくにつれてデータの欠落が多くなった。その結果、面積当たりCEC区分図（第3章第1節）は深い範囲までの地図を作成できなかった。

土壌情報システムの利用価値を高めるためには、均質なデータの蓄積が不可欠である。欠落したデータの再調査には、多くの時間と費用が必要であるため、データの補完法や既存の情報に基づいて欠落した情報を推定することが重要である。本研究で行った有効水分容量の計算手法はこの一例といえる。近年、このように土壌のある特性を他の複数の特性の関数としてモデル化する試みがいろいろと行われており、これらを利用して欠落したデータを補完し、土壌情報システムのデータの整備をはかることができる。また、本研究では取り上げなかったが、リモートセンシングによる土壌データの取得も導入していく必要がある。

土壌情報を高度に利用するためには、土壌データばかりでなく関連する情報を同時に利用しなくてはならない。本研究の第4章では地形、気象、土地利用、大豆の収量等の情報を加えて農耕適地評価、大豆の生産力評価、泥炭農用地の持続的利用可能性評価を行った。これらの評価は土壌情報だけでは不可能であるので、今後は土壌情報に加えて地形、気象、土地利用などの関連情報のデータベースを整備していく必要が

ある。一方、関連情報を取り込むことによってこれらの情報の利用が土壌学だけでは十分に対応できなくなることも予想できる。したがって、土壌学ばかりでなく気象学、農学等を総合した、学際的な情報システムを発展させる必要がある。

2. 土壌情報システムの利用技術

土壌情報システムの利用は大きく2つのタイプに分けられる。一つは情報システムに蓄積されたデータの中から必要な情報を取り出して、個々の土壌特性の分布をみたり、統計分析を行ったりするタイプの利用、もう一つは周辺の情報を加えてデータを加工し、またはランク付けする必要があるタイプの利用である。

前者のタイプの利用技術には、第3章で述べた土壌特性区分図や圃場単位の土壌特性図を作成することが該当する。土壌情報システムを利用すると任意のクラス分けで特性区分図が簡単に作成できるので、クラス分けの基準と作成目的を十分に検討する必要がある。

後者のタイプの利用技術は、第4章で述べた土壌資源評価が該当する。本研究において土壌資源の評価は(1)評価基準（総合特性）の設定、(2)評価要因の決定と要因の分級、(3)評点の付与、(4)総合特性の分級、の手順で行った。

(1)評価基準（総合特性）の設定

評価の基準は評価の目的を最も適切に表す総合特性である。しかし、評価の目的に対する知見やデータが不足している場合には、他の特性で代替する必要がある。この総合特性は有効土層の深さや土性等の個別特性または、これらの特性を組み合わせた定量的あるいは定性的な特性である。岩手県雫石地域の例（農林水産技術会議；1964）では、評価の基準である耕地適性に関係のある特性、耕うんの難易性、根圏の制限性などを積み上げた耕作性と生育性の2つの総合特性、さらにこれらを積み上げた耕地適性という総合特性を用いている。また、本研究の3つの例、あるいは加藤

(1986) によるブドウの生育適地評価の例では土壌、地形、気象等の要因を組み合わせた総合特性を用いている。

前者の場合、評価の基準に至る過程で論理的な評価が可能であるが、多くの特性を用いるため、作業は複雑である。また、積み上げを行うために必要な特性を網羅したデータセットが必要である。そのため、第4章第1節で行った女満別図幅の農地適性評価では土壌データのない地域についての評価ができなかった。一方、後者の場合、対象地域の総合特性を得るために、対象地域の一部または全体、あるいは対象地域の特性を類推可能な他の地域の特性（外部尺度）を利用する。女満別図幅の農地適性評価で用いた農地率は、対象地域内のある立地条件における農地の割合を示した外部尺度である。また、生産力評価で用いた大豆の収量区分は、大豆の生産力をある程度直接的に示す値として用いた外部尺度である。外部尺度を用いる評価は経験的であるが、普遍性・妥当性を欠くものではない。また、統計処理を導入することが容易で総合特性を求める作業も積み上げ型に比べ簡単である。

(2) 評価要因の決定

次に、設定した評価基準を具体的に説明するための評価要因を決定する。決定の方法には評価基準との関係から論理的に導かれる場合、統計的に導かれる場合など様々である。本研究の生産力評価や加藤（1986）の例では統計モデル（数量化II類）によって評価基準にもっとも関係のある特性を選択した。また、本研究の女満別図幅における農耕適地評価の外部尺度方式の例では土壌の評価のために有効土層、耕うんの難易、土地の乾湿、自然肥沃度等の特性を用いた。これらの特性は土壌的にみて制限または阻害となる要因を選択したものである。本研究で行った泥炭農用地の持続的利用可能性の評価の例では評価の基準である地盤沈下の起こり易さに関係が深い要因を解析によって導いている。一方、排水施設の整備状況、泥炭層の厚さのように論理的

には評価に必要な要因であっても、データが整備されていないことから評価要因として用いられない場合もある。

(3) 評点の付与

決定された評価要因に評点を与え、その評点に基づいて総合特性を求める。評点は評価要因の重要性に応じて決定するが、主に用いられている方法は経験的方法と関数を用いる方法である。

経験的方法では要因内の分級別に評点を与える方法、複数の要因間で直交表を作成し、それぞれに評点を与える方法がある。付与する点数の大きさは要因内や要因間の評価の基準に対する寄与の程度、重み付けをする場合やしない場合などで異なる。また、現地の実態と最もよく合うように試行錯誤によって点数を決定することもできる。経験的に評点を与える場合には普遍性、妥当性をもたせる手段が必要であるが、経験的方法によって得た評点システムは他の地域への適用性が低い場合が多い。泥炭農用地の持続的利用可能性の評価の例ではそれぞれの要因に単純に評点を与える方法を用いた。雫石地域の例では各段階における部分適性の総合評価に直交表を用いている。

総合特性を各要因の関数と考え、各要因に付与される係数を評点とする方法もある。この場合には数量化（要因が定性データの場合）や重回帰分析（要因が定量データの場合）などの多変量解析も利用できる。この方法では要因内、要因間の寄与の程度が評点の大きさとして表される。外部尺度方式による農地適性評価では数量化Ⅰ類を用いた関数によって得られた結果から土壌、標高、傾斜に評点を与えている。

(4) 総合特性の分級

総合特性の分級は評価要因に付与された評点に基づいて行う。分級は要因間の評点の合計値で決定する場合、最も制限性の強い要因の評点で決定する場合など様々であ

る。泥炭農用地の持続的利用可能性の評価の例では要因間の評点の合計値を3つに区分して分級した。これは地盤沈下の起こりやすさが「起こりやすい」、「起こりにくい」といった大小関係だけで評価されているためである。また、FAOの「土地評価の枠組み」を適用したインドの西ラジャスタン地域の例（SHANKARNARAYANら；1983）では、土地特性を地形特性と土壌特性に分割し、適性・不適性区分を行なった。土壌特性は有効土層、土性、塩類集積、侵食性の4つに細区分し、これらの要因の中の最も制限性の強い分級値がその土地の分級値となる。同様に土壌生産力可能性分級では、有効土層、耕うんの難易、土地の乾湿、自然肥沃度等の要因の中で最も制限性の強い要因の等級値がその土壌の分級値となる。

(5) 評価における情報システムの利用

土壌資源評価において、評価要因を決定するための情報解析、評点を付与するための統計解析、総合特性値の決定、結果の地図化等に情報システムを利用することが可能である。本研究の農地適性評価の例では農地率と土壌、標高、傾斜の各要因の関係を明らかにし、これらの要因を用いて農地率を推定するための統計解析に、生産力評価の例では同様に大豆の収量と土壌、地形、気象要因の関係を明らかにするための統計解析に、泥炭農用地の持続的利用可能性評価の例では、地盤沈下の要因を明らかにするための実態解析に、それぞれ情報システムを利用した。これらのことから土壌情報システムは評価要因を決定するための情報解析に特に有効であると考えられる。

さらに、評点の付与、総合特性値の計算方法、総合特性値の分級基準についてあらかじめデータまたはプログラムを作成しておけば、評価結果の地図化までの作業はほとんど情報システムのなかで行うことができる。したがって、試行錯誤的にこれらのデータを変更しながら最もよい条件を見いだすことも人手をかけずに行うことができる。同様に手作業では時間のかかる積み上げ型の評価であっても、総合特性値の計算

方法をプログラム化することで総合特性値を容易に求めることができる。

情報システムを利用すると、評価によって得られた要因や評点等をもとに様々なシミュレーションや予測が可能になる。泥炭農用地の持続的利用可能性評価の例では、客土の厚さや土地利用を変化させることによって評価がどう変わるかをシミュレーションし、持続的利用可能性を高める対策を提案した。評価と対策は一体のものであり、対策の種類と予想される結果が得られると評価の意義はさらに大きくなる。

3. 土壌情報システムの今後の課題

(1) 知識ベースの整備

これまで述べてきたように、土壌情報には専門でない人が利用することの難しさがあり、これを補うために情報システムを利用するメリットは大きい。土壌特性図を作成するための手順、あるいは利用すべき特性値などをデータベース化した知識ベースの整備が重要と思われる。整備すべき知識ベースの中には有効水分孔隙量を求める際に作成した校正曲線、土壌資源の評価に用いたプログラム群や関連する文献情報などが含まれる。この中でプログラム群は汎用化することによって多くの地域、あるいは別の土壌資源評価への適用が可能になるとと思われる。また、土壌情報を有効に利用するためには土壌の情報ばかりでなく多くの種類の情報が必要となる。本研究の例でも、標高、傾斜、積算気温、積算降水量、大豆収量、土地利用等の情報を利用している。どのような情報を整備するかは、利用目的に依存するので、必要な情報を手にいれるための所在情報の整備が重要であろう。

(2) 生産現場における土壌情報システムの利用

緒論でも述べたように生産現場においては、土壌調査の成果が十分に利用されていない。この問題点は(a)土壌調査の専門以外の人々にとって土壌情報や基本土壌図を解釈することが難しい、(b)土壌情報と生産力を関連づける方法があまりない、(c)土

壤調査において収集される情報が静的情報であるのに対して生産において必要な情報は動的情報である、(d)現在公表されている土壤図の図示単位に包含土壤と複合土壤の概念がないため、土壤図と現地の土壤が必ずしも一致しない、の4点であった。

本研究では、大縮尺土壤図による土壤情報システムを利用することによって、(a)と(d)の問題を解決することができた。また、圃場単位の土壤特性図を作成することによって、農家レベルの土壤改良や保全を検討する材料を提供することが可能になった。しかし、(b)、(c)の問題の解決は不十分であった。土壤診断情報、栽培情報などの情報を取り込むことによってこれらの問題の解決へ進むことが可能と考えられる。

(3)土壤情報システムの維持と管理

土壤情報システムにおいてシステムの維持とデータの更新を行うことは労力、費用および時間を必要とする。このため維持と管理を行う組織の設立、事業化等も検討する必要がある。土壤(図)情報の質の向上をはかる上でもデータの更新は不可欠である。データ更新を前述した維持管理の組織が行うのであれば、土壤調査を行った機関から更新データの提出を義務付ける必要がある。また、先に述べたように、地図データのデータベース化には時間がかかるので、新しいデータを早く利用できるようにするために、更新作業をできるだけ自動化し、作業時間の短縮をはかることも必要となる。

一方、一元的な維持管理組織の設立という考え方とは反対に、負担の軽減をはかるため、農業改良普及所、農協等の組織へデータを分散し、ネットワークによってリンクする方法も考えられる。この方法では各組織でシステムの維持、管理、データ更新を行うことになるが、管轄内で更新されたデータをすぐに利用できるなどメリットも大きい。本研究で行ったパーソナルコンピュータを利用した土壤情報システムはこうした分散型の情報システムに導入しやすいと考えられる。ただし、一元的な維持管理

組織の場合と同様に更新作業の軽減は必要である。また、ネットワークの維持という
新たな課題も生ずる。

摘要

土壌は農林業における生産基盤として、また、環境保全の分野では浄化の場として重要な位置を占める。そのためこれまでに土壌の持つ特性と分布について調査・研究され、これらの成果は土地改良、農地開発へと利用されたが、生産の現場においては十分に利用されていないのが現状である。この理由として、(a)土壌調査の専門以外の人々にとって土壌情報や基本土壌図を解釈することが難しい、(b)土壌情報と生産力を関連づける方法があまりない、(c)土壌調査による情報が静的情報であるのに対して生産において必要な情報は動的情報である、(d)土壌図と現地の土壌が一致しない、等の問題点が指摘されている。

これらを解決するためには、土壌情報や土壌図の解釈を補助する手段、すなわち、土壌情報から利用者が必要とする情報を迅速に提供する手段を確立すること、および土壌資源を的確に評価することが必要である。本研究では土壌情報システムを利用し、土壌情報の加工と土壌資源の評価を行なう手法について検討した。

1 土壌情報の管理方法

土壌の情報は断面データ、分析値データ、地点データ（土壌断面情報）と、同じ土壌型（土壌区）の分布を表す情報（土壌図データ）がある。これらの情報について縮尺5万分の1の精度で行なった土壌断面調査のデータを用いて土壌情報の管理方法について検討した。

1) 用いた土壌断面データの中で分析値データは、全層数の約60～70%について記載されていた。項目別にみると記載の最も少ない現地容積重のデータは半数以下であった。また、分析値に物理性、鉱物組成などの項目はなかった。

2) 地点データは一つの試坑地点に一つのデータが対応する。断面データは主に定性データから構成され、分析値データは定量データから構成される。断面・分析値

データは区分された層の数だけデータがある。

3) 土壌データファイルは地点・断面・分析値サブファイルから構成し、地点データは1土壌区を1レコードに対応させた地点データサブファイルに蓄積し、インデックスとして利用することにした。断面データ及び分析値データは、1層位のデータを1レコードとした断面、分析値サブファイルに蓄積した。各土壌区は層数が異なるため、地点データサブファイルと関係付けをするためにヘッダーを用いた。

4) 土壌図はデジタイザによって入力した境界線の座標値データをポリゴンデータファイルに蓄積し、これを用いて250mメッシュデータファイルを作成した。1枚の地形図当たり記録する属性値は6400個である。データファイルの大きさはデータ圧縮手法を用いるとポリゴンデータファイルに比べて、50mメッシュまではメッシュデータの方が効率的であり、多くの自然資源評価にはメッシュデータのほうが有利であると判断された。

2 データベース収録情報を用いた土壌特性図の作成

土壌調査データを利活用するために、データベースに入力された土壌のデータを用いて様々な土壌特性図を作成できる。

1) 土壌情報システムを用いて作成した深さ別の粘土含量区分図ではこれまで柱状図等によって表していたものを三次元的な広がりとして視覚的に表すことが可能であった。

2) 本研究で作成した深さ30cmまでの面積当たりCEC区分図は土壌全体がもつCECを量として評価することができ、今後重要な土壌の特徴となる環境容量の評価に結び付けることを可能にしたものといえる。しかし、粘土含量、CEC、現地容積重は下層にいくにしたがって欠測値が増加し、土壌特性図の作成が困難になる場合があった。

3 データベースに収録されていない情報の推定とそれによる土壌特性図の作成

基本土壌調査の中に必要とするデータがデータベースに収録されているとは限らない。基本土壌調査では調査されない項目の地図化の例として、現地容積重から有効水分孔隙量を推定し、有効水分容量分布図の作成を試みた。

1) 現地容積重と有効水分孔隙量との関係は、砂含量が低い (0.6 kg kg^{-1} 未満) 試料では、有効水分孔隙量 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) = $-0.189 \times \text{現地容積重} (\text{Mg m}^{-3}) + 0.346$ ($r = -0.88$)、砂含量が高い (0.6 kg kg^{-1} 以上) 試料では有効水分孔隙量 ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) = $-0.268 \times \text{現地容積重} (\text{Mg m}^{-3}) + 0.590$ ($r = -0.92$) であった。

2) 得られた推定式から「夕張」図幅の有効水分容量分布図を作成した。このように土壌情報システムを利用し、現在整備されているデータから読み替えることによって欠落しているデータについての土壌特性図の作成でき、従来の基本土壌図とは異なった視点で土壌の特性値を予測することが可能になった。

4 大縮尺土壌図作成法の確立

土壌情報のデータベース化にともなって、広域な情報とともに、より精度の高い情報が必要になる。そこで微地形と土壌型の法則性を利用して短時間に大縮尺土壌図を作成する方法を検討した。

1) 大縮尺土壌図の作成は(a)空中写真による微地形判読と地形区分図の作成、(b)既存の土壌調査結果に基づいた微地形と土壌型の間の法則性の検討、(c)この法則性にしがった予察土壌図の作成、(d)現地調査による予察土壌図の修正、という手順で行った。

2) 地形区分とそこに出現する土壌との関係は以下の通りである。(a)自然堤防上には褐色低地土が分布する。(b)台地には疑似グライ土とグライ台地土が微地形に応じて分布した。(c)旧河道では規模に応じて細粒質、レキ質のグライ低地土と灰色低地土が分布した。(d)後背低地では河川から離れるにしがって灰色低地土、グライ

低地土，低位泥炭土と規則的に推移していた。

3) これらのことから，自然堤防と台地では，予察土壤図が有効に利用できるが，旧河道ではそれぞれ分布する土壤を，後背低地では各土壤の分布の境界線を現地調査で決定することが必要であった。

5 圃場データを面的に広げる手法

データを面的に広げるために土壤情報システムと大縮尺土壤図とで作成した補完データと現地調査によって得られたデータとの誤差について検討した。また，圃場管理に直接関係のある重要な土壤特性を圃場単位で表示する土壤特性図を大縮尺土壤図と土壤情報システムの組み合わせによって作成する手法について検討した。

1) 大縮尺土壤図から補完することによって個々の圃場のレキ層，グライ層，泥炭層の出現する深さを得ることができた。また，圃場図に土壤区の境界線を上書きすることによって，一つの圃場に複数の土壤型が分布する可能性についても知ることができる。

2) 大縮尺土壤図と100m格子土壤調査を併用することによって，圃場単位の土壤特性図に表現されていないのにレキ層やグライ層が出現したという誤差を減少させることができ，圃場単位で有用な情報を提供できると考えられた。

6 石狩泥炭地中央部における土地利用と客土情報の収集

土壤資源を評価する際に土壤の情報ばかりではなく他の情報も必要になる場合が多い。その一例として石狩泥炭地中央部を対象に客土，土地利用等に関する情報の収集とデータベース化を行なった。

1) 客土層厚区分図は，(a)客土事業に関する資料・地図等の収集，(b)客土事業データベースの作成，(c)25mメッシュ時期別事業区分図の作成，(d)客土層厚の計算，(e)客土層厚区分図の作成，という手順で作成した。土地利用区分図は1910年代以降に

発行された 5 時期の 5 万分の 1 旧版地形図を用いて作成し、コンピュータに読み込んで 100m メッシュ図に変換した。土壌図についても同様の手法でメッシュ図を作成した。

2) これまでに本地域の農地面積の約 60% にあたる 221.0km^2 に客土が行われ、客土量は $26.8 \times 10^6\text{m}^3$ におよんだと推定された。土壌別に客土の量をみると、高位・中間泥炭土が平均層厚 13.7cm で最も多く、次いで低位泥炭土が 9.2cm、グライ土下層有機質が 5.4cm であった。これらの数値、耕地率および土壌分布面積を用いて石狩・空知支庁の全客土量を推定した結果、 $6.8 \times 10^7\text{m}^3$ となった。

7 5 万分の 1 地形図「女満別」図幅における農耕適地評価図の作成

農林水産技術会議の方法による積算方式の農耕適地評価と農耕地に適した所の土地利用は畑あるいは水田の面積が広く、適しない所では林地が広いという仮定に基づいて、類似の立地条件において畑と水田の占める割合（農地率）を外部尺度にした外部尺度方式の農耕適地評価を行なった。

1) 積算方式の適地評価では土壌のデータのない場所の評価ができなかったが、評価を行った場所の大部分が適性度の高いグループに区分された。

2) 外部尺度方式の適地評価の手順は (a) 評価の要因の選択、(b) 評価の要因に関するデータの収集、(c) 各要因の重ねあわせ等による解析、(d) 評価基準の設定の 4 段階の手続きによった。

3) 評価の要因として、土壌、標高、平均傾斜を選択した。土壌は表土の厚さ、有効土層の深さ、耕うんの難易、表土のレキ含量、土地の乾湿、および自然肥沃度の 6 項目を用いて、4 階級に区分した。また、標高と平均傾斜は 5 階級に区分した。標高や傾斜が大きくなるにつれ農地率は低下した。

4) 土壌、標高、平均傾斜の 3 つの要因と農地率の関係を数量化 I 類を用いて解析

した結果、農地率に対する寄与は土壌、平均傾斜、標高の順に大きかった。得られた評点から農耕適地を5階級に区分した。

5) 外部尺度方式を用いることによって、土壌データの無い場所についても農耕適地評価が可能であった。この点は情報がそろわなければ評価ができない積算方式に比べて活用範囲が広く優れていた。

8 十勝地域における大豆の生産力評価図の作成

1) 生産力評価は、(a)大豆の収量、土壌、地形および気象データの収集とデータベース化、(b)大豆収量と土壌、地形、気象との関係解析、(c)大豆収量の推定、(d)推定した収量とその年次変動に基づいた生産力の評価、という手順で行なった。

2) 土壌、地形、気象と大豆収量の間を火山性土と低地土にわけて数量化II類を用いて解析した。得られたカテゴリー数量から火山性土、低地土とも積算気温、積算降水量、積算日照時間の影響が大きく、ついで火山性土では有効態リン酸、リン酸吸収係数の、低地土では腐植含有率の影響が大きいことが明かになった。

3) 数量化II類の結果を用いて池田町と鹿追町の各メッシュごとの収量区分を行なった。得られた値は、統計値に対する比率がほぼ一定で、多収年と低収年という年次変動をよく再現していた。

4) 生産力の評価の外部尺度として収量と年次変動を用いた。収量は各年次の収量区分の値から低位、中位、高位の3区分に、年次変動は各年次の中で収量区分の最も高い値と最も低い値の差から安定と不安定の2区分に分け、これらを組み合わせ、生産力を高位安定、高位不安定、中位安定、中位不安定、低位の5つに分級した。

9 石狩泥炭地における泥炭農用地の持続的利用可能性の評価図の作成

泥炭農用地の持続的利用可能性を評価するため、石狩泥炭地中央部において泥炭農用地の地盤沈下発生の難易を評価基準として農用地の持続的利用可能性評価図を作成

した。

1) 評価は(a)地盤沈下に関連する要因の選択, (b)各要因の要素に対する評点の決定, (c)各メッシュの評点の合計値の計算とランキング, (d)泥炭農用地の持続的利用可能性評価図の出力, という手順で行なった。基本データとして100mメッシュ土壤図, 土地利用区分図, 客土層厚区分図, 地盤沈下量区分図, 農地開発時期別図を用いた。

2) 土壤と地盤沈下量区分図を重ね合わせて解析した結果, 高位・中間泥炭土で沈下量が最も多く, ついで低位泥炭土, 鈰質土(褐色低地土, 灰色低地土, グライ土)の順であった。土地利用の変遷パターンと地盤沈下量の関係を見ると, 最近畑として利用されている場所で地盤沈下が起こりやすい。また, 湿原から開発された時期が新しいほど大きな地盤沈下を起こす。

3) 以上の結果から土壤の種類, 農地開発年次, 最近の土地利用, 客土の厚さを評価の要因として選択し, 各要素に評点を与えた。この評点の合計値に基づき農用地の持続的利用可能性を低・中・高の3ランクに区分し評価図を作成した。この評価法に基づいて, 客土の厚さ, 土地利用を変化させたシミュレーションを行った結果, 持続的利用可能性は水田利用と客土を厚くすることで向上することがわかった。

10 土壤情報システムの整備・利用技術と今後の課題

1) 土壤情報システムは専門家とそれ以外の人の間のインターフェースの役割をはたす。土壤情報システムを利用することによって, 様々な土壤特性図を容易に作成することが可能である。土壤情報システムを作成するにあたって, 情報のデータベース化に時間がかかること, データの欠落があることが問題点として考えられる。

2) 質の良いデータを整備するためにデータの補完, 他のデータを用いた推定等の手段を講じる必要がある。また, データベース化のための作業時間を短縮するために

作業の自動化の方法を確立する必要がある。

3) 土壌情報システムを高度に利用するためには土壌情報に加えて、周辺情報をデータベース化して利用する必要がある。このために、土壌情報システムを学際的な情報システムに発展させる必要がある。

4) 土壌資源の評価は(1)評価基準(総合特性)やこれを表すための外部尺度の設定、(2)評価要因の決定と要因の分級、(3)評点の付与、(4)総合特性の分級、の手順で行う。この際に評価要因を決定するための情報解析、評点を付与するための統計解析、総合特性値の決定、結果の地図化等に情報システムを利用できる。また、情報システムを利用すると、評価によって得られた要因や評点等をもとに様々なシミュレーションや予測が可能であった。

5) 今後情報システムをより有効に利用するためには、いろいろな目的に応じた校正曲線とその処理プログラム、文献情報等を収録した知識ベースの整備が必要である。また、生産現場での利用を考え、土壌診断情報、栽培情報などの情報を積極的に取り込む。さらに、情報システムの維持管理、データ更新等の方法を明らかにする必要がある。

謝 辞

本研究をとりまとめるに当たり、北海道大学農学部佐久間敏雄教授には終始暖かい激励と御指導を賜り、きめ細かな御校閲をいただいた。また、同じく但野利秋教授および波多野隆介助教授に詳細な御校閲と適切なお教示をいただいた。

元北海道農業試験場農芸化学部土壌肥料第1研究室長音羽道三博士には本研究の端緒を与えていただいた。同じく元同部土壌肥料第1研究室富岡悦郎氏、元同場生産環境部土壌特性研究室長片山雅弘氏には土壌調査の基礎を御指導いただいた。元同研究室長大塚紘雄博士（現農業環境技術研究所土壌管理科長）、同研究室宮地直道博士、元同部水田土壌管理研究室長粕渕辰昭博士（現山形大学農学部助教授）には様々な論議を通じ多くの御指導をいただき、その成果は本研究の主要な部分の骨格形成に反映された。

現地調査および資料の収集にあたり、空知中部地区農業改良普及所、栗山町農業協同組合、岩見沢市農業協同組合、岩見沢土地改良区、岩見沢幌向農業協同組合、北村農業基盤整備推進本部、北村役場、篠津中央土地改良区、新篠津村農業協同組合、空知大富農業協同組合、月形町農業協同組合、月形土地改良区、当別町農業協同組合、美唄市農業協同組合、美唄市役所、北海土地改良区、北海道開発局札幌開発建設部、北海道石狩支庁農業振興部、北海道空知支庁農業振興部、北海道空知支庁東部耕地出張所、峰延農業協同組合、十勝農業協同組合連合会にご協力をいただいた。また、北海道立中央農業試験場土壌改良科（現土壌資源科）には、施肥改善事業、地力保全基本調査で実施した土壌調査データの利用について快く了解していただいた。

北海道農業試験場生産環境部長井上隆弘博士、同部土壌特性研究室草場敬室長、同場畑作研究センター生産技術チーム長下名迫寛博士には最終のとりまとめの際に多くの便宜をはかっていただくとともに、暖かい激励をいただいた。また、元同場企画連

絡室柳谷修自氏（現農業生物資源研究所企画連絡室）には現地調査や聞き取り調査に際し多大なご協力をいただいた。同場生産環境部土壌特性研究室伝法ツネ子氏には膨大なデータを整理して入力いただいた。以上の各氏に感謝の意を表する。

なお、本研究の一部は国立機関公害防止等試験研究「湿原生態系保全のためのモニタリング手法及び農用地からの影響緩和方策の確立に関する研究」の一環として行った。また、データの一部に「国土数値情報（KS-124）」を利用した。本研究を進めるに当たり農林水産研究センターのEWS4800/35（日本電気社製）を利用した。

引用文献

- 阿部和雄 (1978) : 各種事業調査の概要. 野外研究と土壌図作成のための土壌調査法, 461~466, 土壌調査法編集委員会編, 博友社, 東京
- 阿部和雄 (1979) : 大縮尺土壌図における図示単位中の包含土壌の割合. 土肥誌, 50, 230~234
- BIE, W. S. (1975) : Soil information systems in 1975. Proc. the meeting of the ISSS Working Group on Soil Information Systems, 4~12
- BURROUGH, P.A. and W. S. BIE (Eds) (1983) : Soil information systems Technology. Proc. the sixth meeting of the ISSS Working Group on Soil Information Systems, 178 p.
- BURROUGH, P.A. / 安仁屋政武・佐藤亮 (訳) (1990) : 空間内挿の方法. 173~195, 地理情報システムの原理, 古今書院, 東京
- 千葉豪・久末勉・遠藤和雄 (1969) : 泥炭地の土地改良. 泥炭地の農業, 北海道農業試験場, 153~178
- 土壌保全調査事業全国協議会編 (1991) : 日本の耕地土壌の実態と対策. 295 p., 農林水産省農蚕園芸局農産課・日本土壌肥料学会監修, 博友社, 東京
- DUMANSKI, J., J. KLOOSTERMAN, and S. E. BRANDON (1975) : Concept, objectives and structure of Canada Soil information System. Can. J. Soil Sci., 55, 185~187
- Food and Agriculture Organization of United Nations (1976) : a framework for land evaluation. FAO soils bulletin, 32, 72 p., Rome
- 橋口渉子 (1978) : 数量化 I, II類. 応用統計ハンドブック. 416~431, 応用統計ハンドブック編集委員会編, 養賢堂, 東京
- 橋本均・志賀弘行 (1993) : 北海道土壌区一覧, 北海道立農業試験場資料, 21, 1~

- 橋本均・菊地晃二 (1994) : 新しい土壌分級法の試案. 日土肥学会講要, 40, 153
- 畠中哲哉・塩崎尚郎・福原道一・宮地直道・斉藤元也 (1989) : ランドサットTMデータによる畑地表土の腐植含量評価. 土肥誌, 60, 426~431
- 北海道庁 (1910) : 産業調査会報告書 第1巻 (土地, 人口, 土地改良)
- 北海道土壌分類委員会 (1979) : 北海道の農牧地土壌分類第2次案. 北海道農業試験場研究資料, 17, 1~89
- 北海道開発局 (1981) : 石狩川特種軟弱地域開発基盤整備事業推進調査報告書. 1~129, 北海道開発局
- 北海道農業試験場 (1985) : 北海道土壌図 農牧地および農牧適地. 95 p., 北海道農業試験場
- 北海道立中央農業試験場 (1972) : 地力保全基本調査成績書 [空知南部地域 夕張郡長沼町・栗山町・由仁町], 213 p.
- 北海道立農業試験場 (1962) : 北海道立農業試験場施肥改善事業報告 胆振・空知南部地区, 3, 1~59
- 北海道立十勝農業試験場 (1980) : 地力保全基本調査成績書 [日高山脈東山麓地域 上川郡新得町・河東郡鹿追町], 77 p.
- 北海道立十勝農業試験場 (1986) : 地力保全基本調査成績書 [十勝東部地域 池田町], 67 p.
- 稲葉和雄 (1993) : 数値地図の刊行について. 写真測量とリモートセンシング, 32, 39~42
- 伊藤公成・加藤好武 (1992) : パソコンによる土壌図の細密メッシュデータベース化とその利用. 土肥誌, 63, 227~231
- 加藤好武 (1986) : 山梨県におけるブドウ生育適地図の作成. 土肥誌, 57, 447~455

- 加藤好武 (1988) : 日本における農耕地土壌情報のシステム化に関する研究. 農環技研報, 4, 1~65
- 菊地晃二 (1983) : 土壌類型区分とその土壌改良対策への応用. ヘドロジスト, 27, 157~172
- 北田敬宇 (1989) : 水田転作大麦の生育適性区分図の作成—金沢図幅の例—. 土肥誌, 60, 81~87
- 北村修 (1990) : 気候値メッシュファイルの作成と応用. 地学雑誌, 99, 594~601
- 神山和則・宮地直道・粕渕辰昭 (1992) : 石狩泥炭地中央部における客土事業の推移と客土層厚区分図. 北海道農業試験場研究資料, 46, 1~61
- 神山和則 (1993) : 圃場管理のための大縮尺土壌図の作成と土壌情報システムの利用. 土肥誌, 64, 146~153
- 国土庁計画・調整局, 建設省国土地理院編 (1987) : 国土数値情報. 国土情報シリーズ, 2, 130p., 大蔵省印刷局, 東京
- 国土庁土地局 : 土地分類図
- KOSAKI, T., H. FURUKAWA, and K. KYUMA (1981a) : Computer based soil data management system (COSMAS) . I. Collection, storage and retrieval of soil survey data. Soil Sci. Plant Nutr., 27, 429~441
- KOSAKI, T., H. FURUKAWA, and K. KYUMA (1981b) : Computer based soil data management system (COSMAS) . II. Graphic representation of soil survey data. Soil Sci. Plant Nutr., 27, 443~453
- KOSAKI, T. and K. TORII (1982) : Automated map compilation. Soil Sci. Plant Nutr., 28, 389~399
- 栗原弘一・村上律雄 (1982) : 広島県メッシュ気候図. (1)1kmメッシュ平均気温の推

- 定. 気象庁研究時報, 34, 17~28
- 久津那浩三・宮崎直美 (1983): 水田の畑転換による土壌理化学性の変化. 北海道農業試験場研報, 137, 107~125
- 久津那浩三・関矢信一郎・宮崎直美・古賀野完爾 (1983): 水田の畑転換による土壌理化学性の変化. 北海道農業試験場研報, 138, 15~30
- KYUMA, K., Y. SUH, and K. KAWAGUCHI (1977): Method of Capability Evaluation for Upland Soils. I. Assessment of Available Water Retention Capacity, Soil Sci. Plant Nutr., 23, 135~149
- 前田要 (1986): 転換畑の土壌構造と畑作物の生育反応. 土壌の物理性, 53, 2~7
- 前田乾一 (1990): 土壌標準分析・測定法. 10~14, 日本土壌肥料学会監修 土壌標準分析・測定法委員会編, 博有社, 東京
- MIYAJI, N., K. KOHYAMA and H. OTSUKA (1995): Evaluation of peatland in northern Japan in terms of land subsidence, JARQ, 29, No.2 (印刷中)
- 三好洋 (1978): 生産からみた土壌分類. 土肥誌, 49, 170~179
- MURAYAMA, S., Y. ASAKAWA, and Y. OHNO (1990): Chemical properties of subsurface peats and their decomposition kinetics under field conditions, Soil Sci. Plant Nutr., 36, 129~140
- 中井 信・吉永長則 (1991): 非火山灰土壌の非晶質成分. 土肥誌, 62, 226~236
- 農学会 (1926): 土壌の分類及び命名並びに土性調査及び作図に関する調査報告, 24p.
- 農業技術研究所化学部土壌第3科 (1983): 農耕地土壌の分類—土壌統の設定基準および土壌統一覧表— 第2次改訂版, 75p.,
- 農林水産技術会議事務局編 (1964): 土地利用区分の手順と方法. 432 p., 農林統計協会, 東京

- 農林水産技術会議事務局 (1987) : 土壤管理指針策定のための精密土壤図の作成・利用法の開発. 研究成果, 190, 124p.
- 農林水産技術会議事務局 (1962) : 畑地土壤の生産力に関する研究, 304p.
- 農林水産技術会議事務局 (1967) : 草地土壤の生産力に関する研究, 研究成果, 31, 299p.
- 小原洋・三土正則 (1990) : 地下水湿性と灌漑水湿性の灰色低地土の分離とその分布, 土肥誌, 61, 493~498
- 岡本勝男・福原道一 (1989) : フロッピディスク版「自然エネルギー資源賦存量図」, 土肥誌, 60, 461~462
- 岡崎正規 (1990) : 土壤標準分析・測定法. 14~22, 日本土壤肥料学会監修 土壤標準分析・測定法委員会編, 博有社, 東京
- 音羽道三 (1967) : 土壤調査. 北海道農業技術研究史, 450~457, 北海道農業試験場
- 音羽道三・佐々木龍男・富岡悦郎・片山雅弘・天野洋司 (1978) : 空知支庁土壤調査報告. 北海道農業試験場土壤調査報告, 24, 292p.,
- 佐久間敏雄 (1978) : 基本土壤図とその応用(1)ー北海道網走地区ー. 野外研究と土壤図作成のための土壤調査法, 357~374, 土壤調査法編集委員会編, 博友社, 東京
- SALTER, P.J., G. BERRY, and J. B. WILLIAMS (1966) : The Influence of Texture on the Moisture Characteristics of Soil. III Quantitative Relationships between Particle Size Composition and Available Water Capacity. J. Soil Sci., 17, 93~98
- 札幌管区气象台 (1984) : 北海道気象月報. 4月~10月
- 札幌管区气象台 (1985) : 北海道気象月報. 4月~10月
- 札幌管区气象台 (1986) : 北海道気象月報. 4月~10月
- 佐々木清一 (1978) : わが国の土壤調査. 野外研究と土壤図作成のための土壤調査法,

3～8, 土壤調査法編集委員会編, 博友社, 東京

瀬尾春雄 (1951) : 北海道に於ける農牧適地の土壤地帯概説 北海道農業試験場土性調査報告, 1, 157p.

瀬尾春雄・富岡悦郎・片山雅弘 (1965) : 石狩国南部および胆振国東部 (一部) 土性調査報告. 北海道農業試験場土性調査報告, 15, 242 p.

瀬尾春雄他 : 北海道土壤調査報告. 全32編, 北海道農業試験場

SHANKARNARAYAN, K. A., A. S. KOLARKAR, and N. SINGH (1983) : Application of the FAO FRAMEWORK for land evaluation to an arid area of western Rajasthan, INDIA.

Soil survey and land evaluation, 3, 59～68

志賀弘行・福原道一・小川茂男 (1989) : ランドサットTMデータによる湛水下水田の腐植含量推定. 土肥誌, 60, 432～436

志賀弘行・橋本均 (1991) : 北海道における作物適地評価のための地理情報システム (第1報). 土肥講要, 37, 155p.

志賀一一・宮崎直美 (1969) : 泥炭地水田の特性と施肥法. 泥炭地の農業, 北海道農業試験場, 187～226

STAR, J. and J. ESTES / 岡部篤行・貞広幸雄・今井修訳 (1992) : 入門地理情報システム, 232 p., 共立出版, 東京

竹迫 紘 (1990) : 土壤標準分析・測定法. 36～54, 日本土壤肥料学会監修 土壤標準分析・測定法委員会編, 博有社, 東京

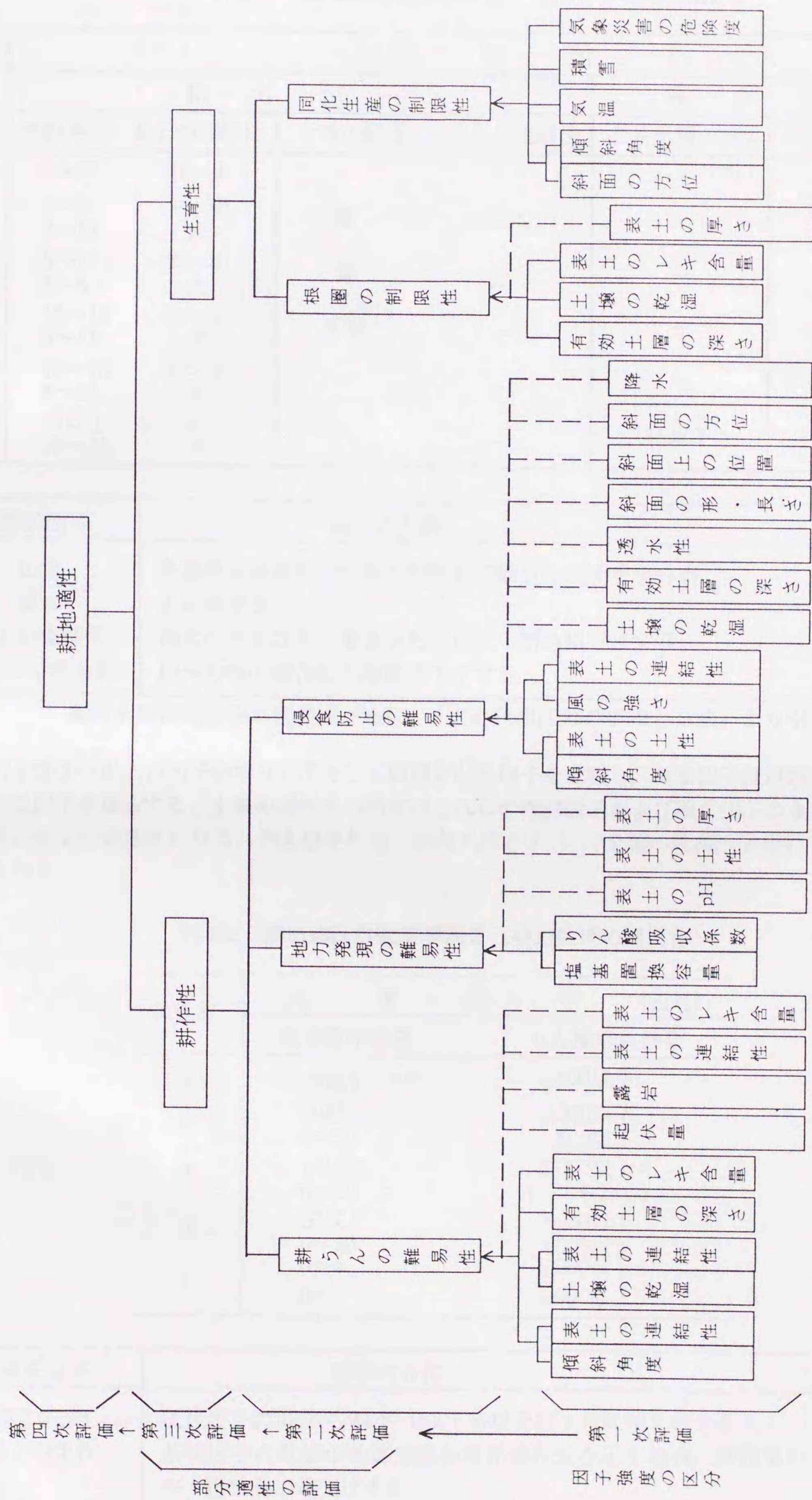
竹内晴信 (1989) : 畑土壤の水分供給に関する研究の方向性. 北海道土壤肥料研究通信, 91, 7～15

東北農試総合研究第3チーム (1992) : 潜在的農業生産力評価アトラス, 東北農試総合研究第3チーム資料No.2, 70 p., 東北農試

- 十勝農作物増収記録審議委員会・十勝農業共同組合連合会 (1984) : 第22回十勝農作物
増収記録会審査報告. 112 p.
- 十勝農作物増収記録審議委員会・十勝農業共同組合連合会 (1985) : 第23回十勝農作物
増収記録会審査報告. 124 p.
- 十勝農作物増収記録審議委員会・十勝農業共同組合連合会 (1986) : 第24回十勝農作物
増収記録会審査報告. 128 p.
- 富岡悦郎・音羽道三 (1973) : 宗谷支庁管内土壌調査報告, 北海道農業試験場土壌調査
報告, 22, 154 p.
- 富岡悦郎・音羽道三 (1987) : 網走支庁南部土壌調査報告, 北海道農業試験場土壌調査
報告, 30, 223 p.
- UCHIJIMA, Z. and H. SEINO (1985) : Agroclimatic evaluation of net primary production of
natural vegetation. (1) Chikugo model for evaluating net primary productivity. J. Agric.
Met., 40, 343~352
- 梅村弘 (1983) : 農業生産に果たすペドロロジーの役割 普及の現況について. ペドロジ
スト, 27, 149~157
- VAN DIEPEN, C. A., H. VAN KEULEN, J. WOLF, and J. A. A. BERKHOUT (1991) : Land
Evaluation: From Intuition to Quantification. Advances in Soil Science, 15, 139~204
- VEREECKEN, H., J. MAES, P. DARIUS, and J. FEYEN (1989) : Estimating the soil moisture
retention characteristic from texture, bulk density and carbon content. Soil Sci., 148,
389~403
- VEREECKEN, H., J. MAES, and J. FEYEN (1990) : Estimating unsaturated hydraulic conduc-
tivity from easily measured soil properties. Soil Sci., 149, 1~12
- 和田光史 (1966) : 粘土鉱物の同定および定量法. 土肥誌, 37, 9~17

矢口彰 (1990) : 国土数値情報の整備とその発展. 地学雑誌, 99, 541~549

安田典夫 (1991) : 図式情報システムを利用した土壌診断による転換畑の排水対策の策
定. 土肥誌, 62, 171~177



注1) 単独枠内の因子は独立因子、連続枠内の因子は相対因子を示す。

2) 実線で連結した因子は基準因子、破線で連結した因子は補正因子を示す。

付図1 耕地としての自然立地的土地分級の手順

農林水産技術会議事務局編 (1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表1 耕地適性分級基準表1（耕うんの難易性）

適性度	基準因子					
	相対因子				独立因子	
	傾斜角度	表土の連結性	土壌の乾湿	表土の連結性	有効土層の深さ	表土のレキ含量
5	0～5°	中～小	—	—	— cm	— %
4	5～8 8～13	中～小 大	湿	中～小	—	—
3	8～13 5～8	中～小 大	湿	大	—	—
2	13～18 8～13	中～小 大	多湿	—	—	—
1	13～18 8～13	中～小 大	—	—	—	—
0	23以上 18～23	— 大	—	—	15以下	30以上

補正因子	補正の方法
起伏	各適性度等級地の性格と対照して該当等級地を決める
露岩	上に準ずる
表土の連結性	極大の場合は大の場合からさらに1階級格下げする
表土のレキ含量	10～30%の場合は1階級格下げする

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

相対因子は2つ以上の因子の相互作用として問題となる因子を意味し、独立因子は単独である適性を規制する因子を意味する。土地の適性度の判定はこれらの相対因子および独立因子のうち、適性度の最も低い因子の適性度になる。例えば平坦地（傾斜角度が0°）で土壌の乾湿が多湿の場合の適性度は2となる。

付表2 耕地適性分級基準表2（地力発現の難易性）

適性度	基準因子（相対）	
	塩基置換容量	りん酸吸収係数
5	20以上 me	1,500以下
4	20以上 6～20	2,000以下 1,500以下
3	20以上 6～20	2,000以上 1,500～2,000
2	20以上 6～20 0～6	2,000以上 2,000以上 2,000以下
1	0～6	2,000以上

補正因子	補正の方法
表土のpH	適性度5の場合でpHが5.0以下の場合は1階級格下げする
表土の土性	基準因子の数値が各適性度の境界値付近を示す場合、細粒質は格上げ、中・粗粒質は格下げする
表土の厚さ	同上の場合、表土の厚さが30cm以上は格上げ、30cm以下は格下げする

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表3 耕地適性分級基準表3 (侵食防止の難易性)

適性度	基準因子 (相対)			
	傾斜角度	表土の土性	風の強さ	表土の連結性
5	0~5°	—	—	—
4	5~8	—	極めて強い 強い	大 小
3	8~13	中・粗粒質	極めて強い	中~小
2	8~13 13~18	細粒質 中・粗粒質	—	—
1	13~18 18~23	細粒質 —	—	—
0	23以上	—	—	—

補正因子	補正の方法
土壌の乾湿	水食について、適性度が4~2の場合、乾は1階級格下げする
有効土層の深さ	水食について、基準因子の数値が各階級の境界値近くを示す場合、50cm以上は1階級格上げ、50cm以下は1階級格下げする
透水性 斜面形 斜面長 斜面上の位置 斜面の方位	同上の場合に、これらの因子の如何によって格上げ、格下げを行う必要があるが、その程度および何を重視するかは、当該地域の実情によって定めるのが適当である
降水	各気候区毎に格下げの基準を設ける

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表4 耕地適性分級基準表4
(耕作性—耕うん・地力発現の難易性の総合)

適性度		地力発現の難易性				
		5	4	3	2	1
耕 う ん の 難 易 性	5	10	10	8	6	4
	4	9	8	7	5	3
	3	7	6	5	3	2
	2	5	4	3	2	1
	1	3	2	2	1	0
	0	0	0	0	0	0

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表5 耕地適性分級基準表5
(耕作性・耕うん・地力発現・侵食防止の難易性の総合)

適性度		侵食防止の難易性					
		5	4	3	2	1	0
耕うんおよび地力発現の難易性	10	10	8	6	4	2	0
	9	9	7	5	3	2	0
	8	8	6	4	3	2	0
	7	7	5	3	2	1	0
	6	6	4	3	2	1	0
	5	5	3	2	1	1	0
	4	4	2	2	1	0	0
	3	3	2	1	1	0	0
	2	2	1	1	0	0	0
	1	1	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表6 耕地適性分級基準表6 (根圏の制限性)

適性度	基準因子 (独立)		
	有効土層の深さ	土壌の乾湿	表土のレキ含量
5	100cm以上	潤	— %
4	75~100	弱乾 弱湿	5~10
3	50~75	乾または湿	10~20
2	30~50	多湿	20以上
1	15~30	—	—
0	15以下	—	—

補正因子	補正の方法
表土の厚さ	基準因子の数値が各階級の境界値近くを示す場合、30cm以上は格上げ、それ以下は格下げする

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表7 耕地適性分級基準表7
(同化生産の制限性－表東北気候区)

適性度	基準因子			
	独立因子		相対因子	
	年平均気温	積雪深	斜面の方位	傾斜角度
5	10以上 ^{°C}	50以下 ^{cm}	—	—
4	9～10	50～100	—	—
3	8～9	100以上	北東	5～18°
2	6～8	—	北東 北	18～23 5～18
1	5～6	—	北	18～23
0	5以下	—	—	—

補正因子	補正の方法
濃霧	甚の場合は2階級格下げ，軽の場合は1階級格下げする

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表8 耕地適性分級基準表8
(生育性－根圏・同化生産の制限性の総合)

適性度		根圏の制限性					
		5	4	3	2	1	0
同 化 生 産 の 制 限 性	5	10	8	5	3	2	0
	4	9	7	4	2	1	0
	3	7	6	3	1	1	0
	2	5	4	2	1	0	0
	1	3	2	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0

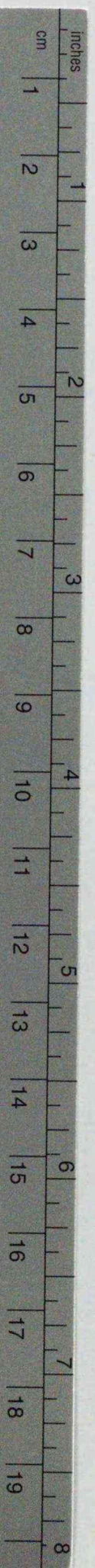
農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

付表9 耕地適性分級基準表9
(耕地としての総合特性－耕作性・生育性の総合)

適性度		耕作性										
		10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
生育性	10	10	10	9	8	8	8	7	6	5	5	0
	9	9	8	8	7	7	6	6	5	4	4	0
	8	8	8	7	7	6	5	4	4	3	3	0
	7	7	6	6	5	5	4	3	3	2	2	0
	6	6	6	5	5	4	3	3	2	2	2	0
	5	5	4	4	3	3	2	2	2	1	1	0
	4	4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	0
	3	3	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
	2	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

農林水産技術会議事務局編(1964) 「土地利用区分の手順と方法」より引用

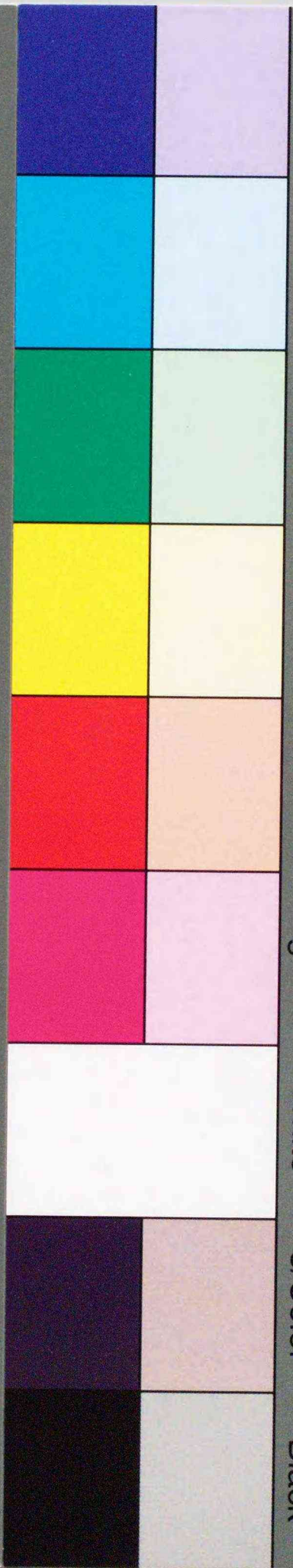




Kodak Color Control Patches

© Kodak, 2007 TM: Kodak

Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White 3/Color Black



Kodak Gray Scale



© Kodak, 2007 TM: Kodak

A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

