

北海道の耕地土壌における交換酸度 (y_1) の実態

志賀 弘行^{*1} 鈴木慶次郎^{*1} 安積 大治^{*2}

地力保全基本調査の土壌調査データから本道の耕地土壌における作土 y_1 の実態を明らかにし、pHと y_1 の関係を推定した。作土の y_1 が1未満の土壌は北海道の南部・東部にまとまって分布していた。pHと y_1 の関係は指数関数により近似できた。堆積様式別に見ると、pH5.5以下における y_1 の増大は洪積土でもっとも急であり、次いで沖積土、泥炭土、火山性土の順となった。火山性土において、pH5に対応する y_1 は、網走・十勝では平均2以下と見積もられた。ジャガイモそうか病対策を念頭におき、pH5における y_1 が1未満となる土壌の簡易判定指標を提案した。

結 言

土壌に1 mol/L塩化カリウムを加えて酸性物質を抽出し、抽出液をアルカリ滴定することにより測定した酸性物質の量を交換酸度という。ここで抽出される酸性物質は、特殊な例外を除いて交換性アルミニウムであることが知られている。特に、土壌100gに250mlの塩化カリウム溶液を加えて抽出し、抽出液125mlをフェノールフタレインを指示薬として中和するのに要した0.1mol/L水酸化ナトリウムのml数は y_1 とよばれる¹²⁾。 y_1 は土壌酸性の容量因子、土壌pHは酸性の強度因子と考えることができる。

y_1 はかつて土壌酸性矯正資材の所要量を求める方法として広く用いられたが、実際の所要量に対して過少に見積もられる例が多く、アルカリ試薬による緩衝曲線法によってかわられ、土壌診断の項目としても使われなくなっている⁷⁾。

近年、 y_1 がそうか病の発病に影響する土壌要因であることが指摘され⁸⁾、北海道における実態調査⁶⁾では、 y_1 が5以上では発生圃場の出現頻度は低く、8以上では発病程度が非常に低いことが報告されている。また、黒ボク土における酸性障害は主としてアルミニウムの過剰障害であり、 y_1 と作物根の伸長には指数関数的な関係が認められること、土壌診断法としては y_1 が最も簡便かつ実用的であることが示され⁹⁾、 y_1 の有効性が再評価されつつある。

y_1 の分布実態については、黒ボク土の類型区分を目的として全国未耕地のデータを整理した報告¹⁰⁾があるが、

既耕地について体系的な把握はなされていない。そこで、地力保全基本調査²⁾のデータベースを用いて本道の耕地土壌における y_1 の実態およびpHと y_1 の関係を推定したので報告する。

方 法

1. 北海道の耕地土壌における y_1 の分布実態

y_1 に関するデータとしては、もっとも調査点数の多い地力保全基本調査(1959年～1975年)の各土壌区の代表断面の作土 y_1 分析値を基に、地目・行政区・土壌分類別の集計を行った。また、農林水産省により1979年から開始された土壌環境基礎調査(定点調査)¹¹⁾のデータを用いて調査年代による y_1 の推移を検討した。なお、地力保全基本調査においては、土壌区が畑・草地を分けずに設定されているため両者を一括して集計した。

さらに、地力保全基本調査の5万分の1土壌図における各土壌区の分布を1 kmメッシュで表現したメッシュマップと各土壌区の作土 y_1 データを結合して耕地土壌の y_1 分布マップを作成した。メッシュマップは、農耕地資源マッピングシステム³⁾において整備したデータを用いた。

2. 土壌pHと y_1 の関係

土壌pHの上昇は y_1 の減少、pHの低下は y_1 の増大をもたらす、個々の土壌についてみると両者は関数関係にある⁸⁾。pHと y_1 の関係は土壌によって異なるため、この関係を把握しておくことはそうか病対策等に有用な知見となる。ここでは、分布実態の集計と同じデータから作土 y_1 とpH(H_2O)分析値の組を取り出し、両者の関係を解析した。

2000年6月9日受理

^{*1} 北海道立北見農業試験場, 099-1496 常呂郡訓子府町

^{*2} 北海道立中央農業試験場, 069-0365 岩見沢市上幌向

結果および考察

1. 北海道の耕地土壌における y_1 の分布実態

(1) 支庁・地目別 y_1 平均値

支庁・地目別 y_1 平均値を表1に示す。地力保全基本調査による y_1 の全道平均は4.8、畑・草地の平均値は4.6である。ばれいしょの主要産地における畑・草地の y_1 は、後志8.0、上川5.1、網走3.1、十勝1.9であり、後志支庁管内で高く網走、十勝で低いことが特徴的である。

表1 支庁・地目別 y_1 平均値

支庁	地 目		全地目
	水田	畑・草地	
石狩	6.5	11.7	9.2
渡島	5.2	3.7	4.0
檜山	6.5	4.3	5.3
後志	7.6	8.0	7.7
空知	4.0	6.6	4.7
上川	7.4	5.1	6.3
留萌	9.2	8.6	8.9
宗谷	—	12.8	12.8
網走	4.2	3.1	3.1
胆振	2.5	1.7	1.9
日高	2.8	3.9	3.6
十勝	2.0	1.9	1.9
釧路	—	2.4	2.4
根室	—	4.4	4.4
全道	5.4	4.6	4.8

(2) 畑・草地に関する支庁・土壌群別 y_1 平均値

畑・草地の y_1 の全道平均値を土壌群別にみると（表2その3）、堆積様式が同じであれば湿性な土壌ほど y_1 が大きい。火山性土については、黒ボク土で1.8、多湿黒ボク土で2.2、黒ボクグライ土で2.7の順、洪積土については、褐色森林土で6.9、灰色台地土で7.1、グライ台地土で12.4の順、沖積土については、褐色低地土で3.2、灰色低地土で4.0、グライ土で7.7の順である。また、泥炭土については平均10.1と大きな値を示す。

網走支庁管内についてみると（表2その2）、斜網地帯の主要土壌である黒ボク土の y_1 は0.6ときわめて小さい。十勝支庁管内の黒ボク土は（表2その3） y_1 が0.8と網走なみに低い、多湿黒ボク土の y_1 は2.0とやや高い値である。

(3) 調査年代による y_1 の推移

地力保全基本調査と、より調査年代の新しい定点調査による y_1 集計値の比較を表3に示した。

全地目平均の y_1 は調査年代が新しくなるほど低下しており、地力保全で4.8だったものが定点調査2巡目では3.1となっている。定点調査の1巡目から2巡目に

けて普通畑では y_1 の変化がなく、草地で大きな低下が見られた。地力保全基本調査では畑と草地を分けていないため定点調査と畑地に関する直接の比較はできないが、近年における y_1 の低下の大部分が草地におけるものとすれば、畑地については3時期の調査を通じてそれほど大きな y_1 の変化はないものと推定される。

(4) 北海道の耕地土壌における y_1 の分布マップ

地力保全基本調査における作土 y_1 の分布を図1に示した。図1より、作土の y_1 が1未満の土壌は網走支庁東部、十勝支庁中央部、釧路・胆振支庁管内など北海道の南部・東部にまとまって分布していることがわかる。一方 y_1 が大きい土壌は宗谷・留萌支庁管内など北部を中心に分布しており、地域的なコントラストが鮮明である。

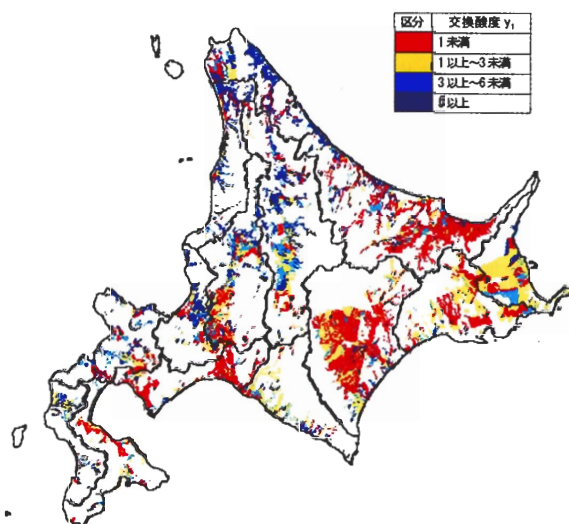


図1 北海道の農耕地における作土の交換酸度(y_1)の分布
地力保全基本調査(1959~1975年)データを使用

三枝ら¹⁰⁾は全国の未耕地黒ボク土を対象に、 y_1 が6未満の土壌をアロフェン質黒ボク土、6以上を非アロフェン質黒ボク土として区分した。三枝の区分による北海道のアロフェン質黒ボク土の分布は、図1における y_1 が1未満の土壌の分布とほぼ一致していた。本報告では、酸性矯正の進んだ既耕地の作土を対象としたため未耕地に比べて y_1 の値は小さいが、土壌間における y_1 の相対的な大小関係は元の土壌の性質を強く反映しているものと考えられた。アロフェン質黒ボク土の分布は塩基性母材や軽石質、あるいは相対的に降水量が少なく土壌のpHが高い地域にみられることが知られており¹⁰⁾、表2において網走支庁の黒ボク土における y_1 の値が平均0.6と極めて小さいことは、これらの条件の反映とみられる。

表2 (その1) 畑・草地 y_1 の支庁・土壌群別平均値

土壌群	石狩	渡島	檜山	後志	空知
黒ボク土	1.3(6536)	2.6(14592)	2.8(4608)	2.6(9585)	1.0(3014)
多湿黒ボク土	0.8(353)	4.0(1063)	3.1(828)	4.0(180)	
黒ボクグライ土		4.3(336)			
褐色森林土	15.5(1908)	3.1(178)	5.1(2692)	12.4(10671)	7.4(8608)
灰色台地土	14.1(3358)		2.5(155)	8.2(1155)	7.3(3515)
グライ台地土	8.4(382)			2.0(61)	25.3(799)
褐色低地土	13.0(2460)	5.0(1893)	5.9(818)	6.8(3941)	6.8(3092)
灰色低地土	14.1(953)	3.4(622)	9.4(540)	6.5(1121)	2.4(2749)
グライ土	21.9(216)	3.3(1038)		0.8(38)	
泥炭土	30.5(2419)	9.1(589)		1.9(52)	8.2(216)
全土壌	11.7(19814)	3.7(20484)	4.3(9768)	8.0(27105)	6.6(22542)

カッコ内は分布面積 (ha), 出典：道立農業試験場資料21号⁴⁾

土壌群のうち、岩屑土、砂丘未熟土、暗赤色土、黒泥土については、分布面積が小さいため表示を省略した（全土壌の集計値は上記土壌を含むため、表中の面積合計より大きい）

表2 (その2) 畑・草地 y_1 の支庁・土壌群別平均値

土壌群	上川	留萌	宗谷	網走	胆振
黒ボク土	2.1(1593)		12.4(2161)	0.6(36612)	1.3(18600)
多湿黒ボク土				1.2(1363)	0.7(580)
黒ボクグライ土				0.6(663)	2.2(264)
褐色森林土	7.3(33578)	12.0(5090)	17.6(14277)	2.5(44138)	1.4(2310)
灰色台地土	7.4(5502)	11.2(1775)	15.7(12486)	4.8(22510)	0.4(95)
グライ台地土		2.8(280)	8.3(2629)	27.8(1003)	
褐色低地土	2.2(11439)	3.0(5337)	4.8(4417)	1.8(32926)	3.8(899)
灰色低地土	5.0(2600)	8.5(5098)	7.4(5313)	3.4(11427)	1.2(606)
グライ土	5.9(797)	9.3(868)	10.5(4259)	7.1(1969)	3.8(83)
泥炭土	3.3(884)	6.9(5948)	11.4(9590)	10.4(6469)	8.3(10)
全土壌	5.1(60503)	8.6(24764)	12.8(56167)	3.1(160238)	1.7(23570)

表2 (その3) 畑・草地 y_1 の支庁・土壌群別平均値

土壌群	日高	十勝	釧路	根室	全道
黒ボク土	2.5(22350)	0.8(82685)	1.4(66683)	4.9(72942)	1.8(341988)
多湿黒ボク土	3.2(655)	2.0(41520)	2.9(2125)	2.2(28847)	2.2(77514)
黒ボクグライ土		0.9(156)	3.8(519)		2.7(1938)
褐色森林土	6.3(1981)	1.2(19805)	1.6(60)		6.9(145296)
灰色台地土	5.6(128)	1.7(12945)	2.3(73)		7.1(63697)
グライ台地土		3.7(1093)			12.4(6315)
褐色低地土	1.9(3159)	1.7(61351)	2.5(9173)	3.0(1380)	3.2(142285)
灰色低地土	3.5(2043)	1.9(19838)	2.8(8044)	2.9(1771)	4.0(62725)
グライ土	7.4(501)	8.6(3786)	3.7(375)	0.7(38)	7.7(14004)
泥炭土	12.4(2037)	4.9(9263)	6.0(3758)	10.7(3027)	10.1(44262)
全土壌	3.9(33182)	1.9(252442)	2.4(90810)	4.4(108005)	4.6(909394)

表3 調査年代による y_1 の変化

調査事業	調査年	地 目			全地目
		水田	普通畑	草地	
地力保全基本調査	1959～1975	5.4		4.6	4.8
定点調査1巡目	1979～1982	4.6	2.8	4.8	3.8
定点調査2巡目	1984～1987	4.9	2.8	2.8	3.1

2. 土壌pHと y_1 の関係

図2に全道の畑・草地土壌におけるpHと y_1 の関係を示した。全体的にみると、 y_1 の対数とpH(H₂O)の間には直線的な関係がみられ、pHと y_1 の関係は指数関数で近似できる。最小二乗法によりあてはめた指数回帰式の値は、pH(H₂O)が5.5以下で急激に増大し、pH 5に対応する y_1 は5.9、pH 4.5に対応する y_1 は14.4であった(表4)。しかしながら、個々のプロットは回帰曲線の周囲にかなりの広がりをもって分布しており、pH 5以下でも y_1 が1に満たない土壌もみられた。

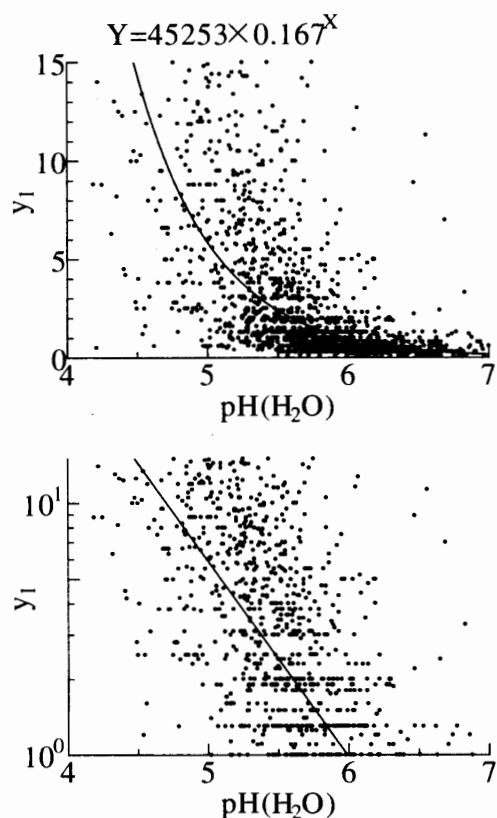


図2 畑・草地におけるpHと y_1 の関係
下段はY軸を対数目盛としたプロット

堆積様式別にみたpHと y_1 の関係を図3に示した。pH 5.5以下における y_1 の増大は洪積土でもっとも急であり、次いで沖積土、泥炭土、火山性土の順となった。火山性土では、pH 5.0に対応する y_1 は2.7で、土壌全体について計算した値の約2分の1となった。

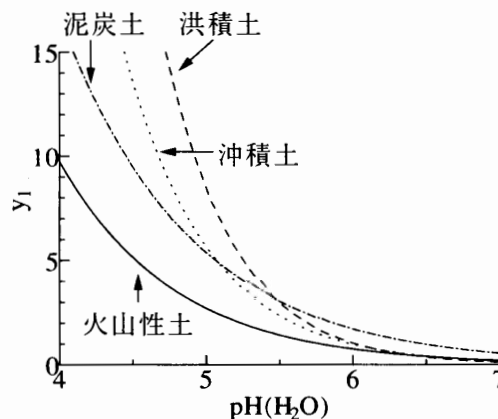


図3 堆積様式別にみたpHと y_1 の関係
(畑・草地)

火山性土について、さらに支庁別にみたpHと y_1 の関係を図4に示す。ここでは後志、網走、十勝の3支庁管内の土壌をとりあげた。pH 5に対応する y_1 は後志では4.1、網走では1.9、十勝では1.1と計算され、火山性土の中でも地域によって大きな差があることが認められた。

pHと y_1 の関係は、土壌の陽イオン交換基の性格に支配されることが知られている¹⁰⁾。表4における、pHと y_1 の回帰式の堆積様式や地域による違いは、陽イオン交換基を保持する粘土鉱物の違いを反映したものと考えられ、洪積土および沖積土でのpH 5.5以下における y_1 の急激な増大は2:1型粘土鉱物の強酸的な交換基に起因するものと推定される。

一方、そうか病に対する土壌酸度調整資材による防除効果は、pH 5付近の y_1 が1未満の土壌では低いことが

表4 北海道の畑・草地土壌におけるpHと y_1 の回帰式

堆積様式	地域	回帰式*の係数		寄与率 R^2	データ 数	各pHにおける y_1		
		a	b			4.5	5.0	5.5
全土壌	全道	45253	0.167	0.51	1783	14.4	5.9	2.4
火山性土	全道	1605	0.279	0.35	404	5.1	2.7	1.4
	後志	1706	0.300	0.31	35	7.6	4.1	2.3
	網走	1366	0.267	0.43	66	3.6	1.9	1.0
	十勝	402	0.308	0.37	28	2.0	1.1	0.6
洪積土	全道	301446	0.123	0.55	656	24.2	8.5	3.0
沖積土	全道	36531	0.173	0.51	642	13.6	5.7	2.4
泥炭土	全道	1576	0.321	0.44	81	9.5	5.4	3.0

* $Y=a \times b^X$, ただしY: y_1 , X: pH(H₂O)

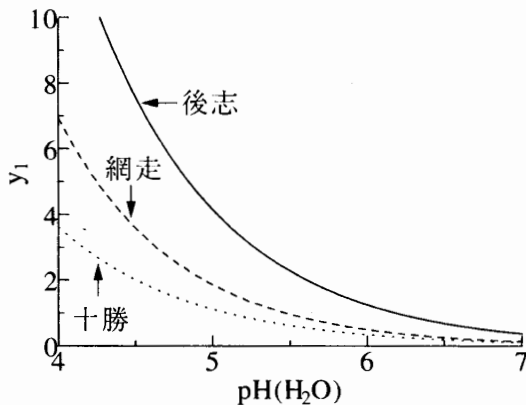


図4 支庁別にみたpHと y_1 の関係
(畑・草地、火山性土)

認められている⁵⁾。図3・図4にみるように火山性土の y_1 は小さく、特に網走・十勝管内の火山性土では、pH5における y_1 の平均的な値は2以下であり、pH5付近の y_1 が1未満の土壌が少なくないと推定される。したがって、特に火山性土について土壌酸度調整資材の施用を検討する場合には、pH5における y_1 の値を事前に推定しておくことが望ましい。

そこで火山性土についてpH5における y_1 の値を判定する際の指標となる関係式を図5のように作成した。図5にはpH5のときの y_1 が1となる式を示した。式の係数は表4の火山性土の回帰式を参考に係数bを0.29とし、pH5のとき y_1 が1の点を通るように係数aを定めた。対象とする土壌のpHと y_1 の組を1点だけ求め、その点のプロットが、図5の曲線より下にあれば、pH5のときの y_1 は1未満と予想される。この式による判定は、pH5以上の領域では精度が悪いため、酸度調整資材を加えた状態で対象とする土壌のpHと y_1 を求めた方がよい。

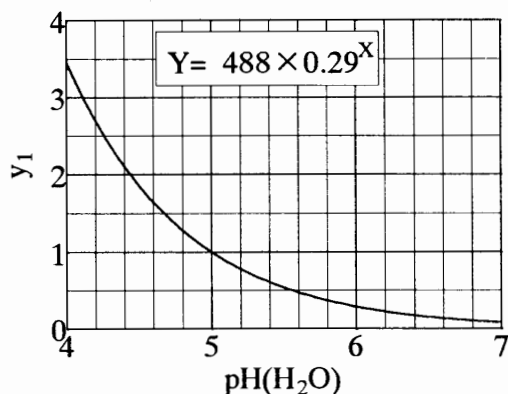


図5 酸度調整資材の y_1 増加効果判定のための
pHと y_1 の関係式 (火山性土を対象とする)

以上のように、北海道の耕地土壌における y_1 の分布には地域、土壌の堆積様式に対応した特徴がみられ、pHと y_1 の関係もそれぞれ異なっているため、土壌酸度調整資材などの施用にあたっては、これらの相違を考慮した管理が必要である。

引用文献

- 1) 橋本 均, 志賀弘行, 安積大治, 木場稔信, 宮脇 忠. “北海道耕地土壌の理化学性の実態とその推移”. 北農. 65, 172-182(1998).
- 2) 北海道. “地力保全基本調査総合成績書”. 1978. 1082p.
- 3) 北海道立中央農業試験場. “農耕地評価のためのマッピングシステム”. 平成4年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部. 1992. p.231-234.
- 4) 北海道立中央農業試験場. “北海道土壌区一覧”. 北海道立農業試験場資料. 21, 1-123(1993).
- 5) 北海道立北見農業試験場. “抵抗性品種と土壌酸度調整の併用によるジャガイモそうか病の防除効果”. 平成12年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部. 2000. p.244-245.
- 6) 北海道立十勝・北見・中央農業試験場. “ばれいしょのそうか病の発生実態”. 平成9年普及奨励ならびに指導参考事項. 北海道農政部. 1997. p.145-147.
- 7) 今井弘樹, 尾形昭逸, 田中 明. “酸性土壌とその農業利用”. 田中 明編. 博友社. 1984. p.266-281.
- 8) 水野直治, 吉田穂積. “土壌pH, 置換酸度 y_1 とバレイショそうか病との相互関係”. 日本土壌肥料学雑誌. 65, 27-33 (1994).
- 9) Saigusa, M., Shoji, S. and Takahashi, T. “Plant root growth in acid Andsols from Northeastern Japan. 2. Exchange acidity y_1 as a realistic measure of aluminum toxicity potential”. Soil Science. 130, 242-250 (1991).
- 10) 三枝正彦, 松本信彦, 阿部篤郎. “開拓地土壌概要に基づく交換酸度 y_1 によるわが国黒ボク土の類型区分”. 日本土壌肥料学雑誌. 63, 646-651 (1992).
- 11) 吉田 稔. “土壌の吸着現象”. 日本土壌肥料学会編. 博友社. 1981. p.64-70.
- 12) 吉田 稔. “酸性土壌とその農業利用”. 田中 明編. 博友社. 1984. p.155-168.

Distribution of Exchange Acidity y_1 in Arable Land of Hokkaido and its Relationship between Soil pH

Hiroyuki SHIGA^{*1}, Keiji SUZUKI^{*1} and Daiji ASAKA^{*2}

Summary

The distribution of exchange acidity y_1 in arable land of Hokkaido was compiled from the existing soil survey data, and relationship between soil pH and y_1 was examined. The soil with its topsoil y_1 less than 1 was mainly distributed in southern and eastern part of Hokkaido. Relationship between soil pH and y_1 could be approximated by an exponential function. Increase curve of y_1 below pH 5 was the sharpest in diluvial soil, followed by alluvial soil, peat soil and volcanic soil. As for volcanic soil of Abashiri and Tokachi sub prefecture, y_1 at pH 5 was estimated at less than 2. Taking control of potato scab into account, a simple formula to identify the soil with y_1 less than 1 at pH 5 was proposed.

^{*1} Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station. Kunneppu, Hokkaido, 099-1496 Japan

^{*2} Hokkaido Central Agricultural Experiment Station. Iwamizawa, Hokkaido, 069-0365 Japan