

## 未耕地土壌の pH と炭カル所要量の経時変化

Seasonal Variability of pH and Lime Requirements in Seven Uncultivated Hokkaido Soils

齊藤万之助\* 沖田良隆\*\* 穴戸信貞\*\*

道内の代表的な7未耕地土壌(火山性土3, 重粘土3, 泥炭土1)のpHおよび炭カル所要量の経時変化を調査し, 酸性矯正をするための適正な土壌採取時期を検討した。5~7月頃にpHは低下し, 炭カル所要量は最も多くなる傾向を示した。したがって, この時期に試料を採取し, 炭カル所要量を決定するのが安全であると結論された。

《未耕地土壌; pH; 炭カル所要量; 土壌改良》

土壌の諸性質が, 経時的に変動することはよく知られている。pHも例外でなく<sup>2,3,9,18</sup>, これまでの未耕地の土壌調査を通じ, 夏期に採取した試料と冬期に採取したものの値が異なることを幾度か経験してきた。

農用地開発事業では, 通常造成地に土壌改良資材として石灰質資材(炭酸カルシウム, 以後炭カルと略す)と磷酸質資材が施用される。この資材量は, 土壌分析により決定される。

そこで, 道内の代表的な未耕地土壌のpHおよび炭カル所要量を経時的に調査し, それに基づいて, 酸性矯正をするための適正な土壌採取時期を検討した。

### 1. 調査対象土壌の性状

表-1, 図-1に示す7未耕地土壌(火山性土3, 重粘土3, 泥炭土1)を調査対象とした。いずれの土壌も平坦地に分布している。

火山放出物未熟土(VR)は, 樽前山系の粗粒火山灰(軽石質砂土)の累層からなり, 表層はTa-aを母材としたせき薄な土壌である。現在の分類<sup>4)</sup>では火山性土からはずされ, 未熟土に入れられているが, ここでは火山性土として扱う。

褐色火山性土(Ab), 湿性厚層黒色火山性土(AtW)は, 表層部はともにMe-a, Ta-b/Ta-c/To-cを母材として

表-1 採土地点の記載

| 土 壤 名      | 記 号 | 場 所       | 母 材        | 植 生                        |
|------------|-----|-----------|------------|----------------------------|
| 火山放出物未熟土   | RV  | 早来町豊岡     | 樽前山系新期火山灰  | カンワ, ハギ, ヨモギ, スズラン         |
| 褐色火山性土     | Ab  | 芽室町新生     | 新期火山灰/段丘礫層 | カンワ, ススキ, ヨモギ, ワラビ         |
| 湿性厚層黒色火山性土 | AtW | 帯広市別府     | 新期火山灰/ローム  | シラカバ, カラマツ, フキ, ヨモギ        |
| 酸性褐色森林土    | Ba  | 苫前町苫前高台   | 段丘堆積物      | カラマツ(植林), クマイザサ            |
| 疑似グライ土     | Pg  | 紋別市沼の上    | 〃          | シラカバ, ナラ, ヤチハンノキ, クマイザサ    |
| グライ台地土     | GU  | 羽幌町築別高台   | 〃          | シラカバ, クマイザサ, ススキ, スゲ, カリヤス |
| 中間泥炭土      | Tp  | 豊富町サロベツ原野 | 泥 炭        | スゲ, クマイザサ                  |

\*土壌保全研究室長 \*\*同室主任研究員

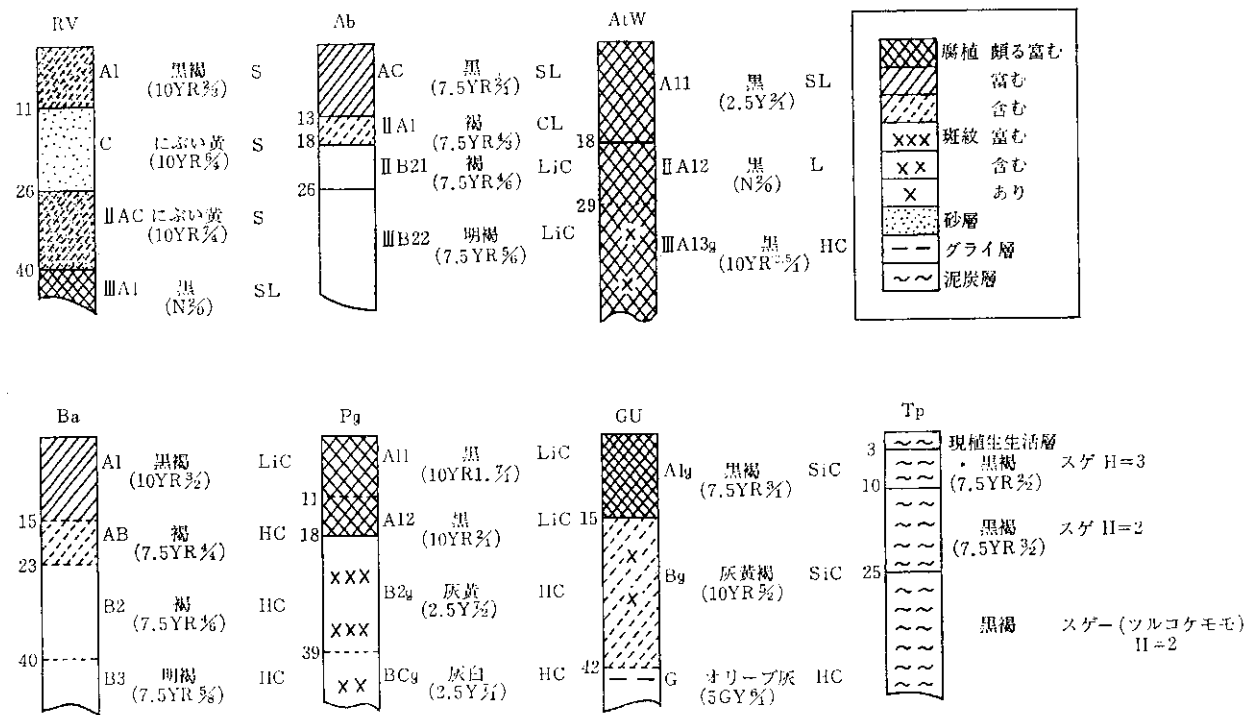


図-1 土壌断面柱状図

いる。前者は軽しよで乾性な火山性土，後者は腐植にすこぶる富む層が厚い湿性な火山性土である。

酸性褐色森林土 (Ba)，疑似グライ土 (Pg) およびグライ台地土 (GU) は，段丘堆積物を母材とする重粘土である。Ba は堅密であるが，A，B 層の構造がよく発達した比較的乾性型の土壌である。Pg は周期的な停滞水の影響で湿性を呈し，腐植層は 20 cm 前後あり，下層土は堅密で斑紋が生成している。GU は恒常的な停滞水型の水分環境下にあり，より湿性が強く，下層はグライ化している。Pg ほど堅密ではない。

中間泥炭土 (Tp) は，スゲ類を主体とする繊維質なもので，地下水位は高い。

## 2. 調査法

試料は，1972年10月から翌年10月までの1年間に2~3カ月ごとに6回 (GUのみ1972年12月から5回)，10 m 平方の範囲で0~15 cm の深さからランダムに12点ずつ採取した。図-1 から，おおむね A 層が採取対象土層になっていることがわかる。この採土深 15 cm は，農用地開発事業の際の土壌改良深 15 cm を考慮したものである。

測定項目および測定法は，次のとおり。

(1) 新鮮土および風乾土の pH (H<sub>2</sub>O) と pH (KCl): 試料採取ごとに，12 点の試料の pH を pH メータで測定した。土液比は Pg と GU で 1:5，Tp で 1:20，その他

の土壌では 1:2.5 である。その際，新鮮土では水分補正をした。

pH は対数表示であるが，限られた範囲では算術平均してもよいとされている<sup>13)</sup>。得られた値はこれに従い，統計処理した。

なお，12 点を同量混合した試料についても pH を測定したが，この値と 12 点の pH の平均値の差は，±0.10 の間にはほとんど入り，有意差はなかったので結果は 12 点の試料の値について述べる。

以下の項目は，混合試料を用いて測定した。

(2) CEC および交換性塩基: 風乾土について 1 M CH<sub>3</sub>COO NH<sub>4</sub> (pH 7) 法で測定。

(3) 炭カル所要量: 消石灰法<sup>11)</sup> およびインキュベーション法で試料の緩衝曲線を求め，pH 6.5 に酸性矯正するに必要な炭カル量を算出した。これから，土壌の容積重を考慮し，改良深を 15 cm とした場合の ha 当たりの炭カル所要量を求めた。新鮮土はインキュベーション法のみ，風乾土は上記 2 法で測定した。

インキュベーション法は，次のようにした。所定量の炭カル粉末 (試薬) を混合した試料を畑状態の水分<sup>8)</sup> に調整し，30°C で 1 週間反応させた後，pH を測定し緩衝曲線を求めた。新鮮土は，1972 年 12 月 (GU は 1973 年 3 月) の試料から測定した。

消石灰法は，原理的には農用地開発事業で採用している炭カル粉末・通気法<sup>1)</sup> と同じである。

AtW と Ba の風乾土については、0.1 M NaOH-1 M KCl 法<sup>7)</sup> および SMP Buffer 法<sup>17)</sup> による炭カル所要量も求めた。

### 3. 結果および考察

#### (1) 土壌水分の経時変化

調査期間の気象は、次のようであった<sup>10,19)</sup>。積雪は11月から始まり、気温の上昇とともに翌年3月下旬~4月上旬には消失した。降雨は3月から7月にかけて少なく、8月以後多くなった。VR, Ab および AtW には、冬期土壌凍結が認められた。

混合試料で求めた含水率の経時変化は、図-2 のようであった。この図から、湿性な土壌ほど含水率は高く経過し、変動が少ないことが明らかである。つまり、土壌が湿性になるに従い、水分の変化は気象変動を鋭敏に反映しなくなる<sup>6)</sup>。とくに、Tp の含水率はきわめて高く、一定の値 (90~91%) で終始した。ただし、GU の含水率は高いが変動が大きく、1973年7月には最低値になった。試料採取前にほとんど雨がなかった(羽幌の6月、7mm) ことによると思われる。

Tp を除くと、全般的な傾向として含水率は冬期に高く、雨が少なく気温の上昇する5~7月に低くなり、再び10月に高くなるといえよう。VR の3月の異常に高い値は、土壌凍結によるものである。

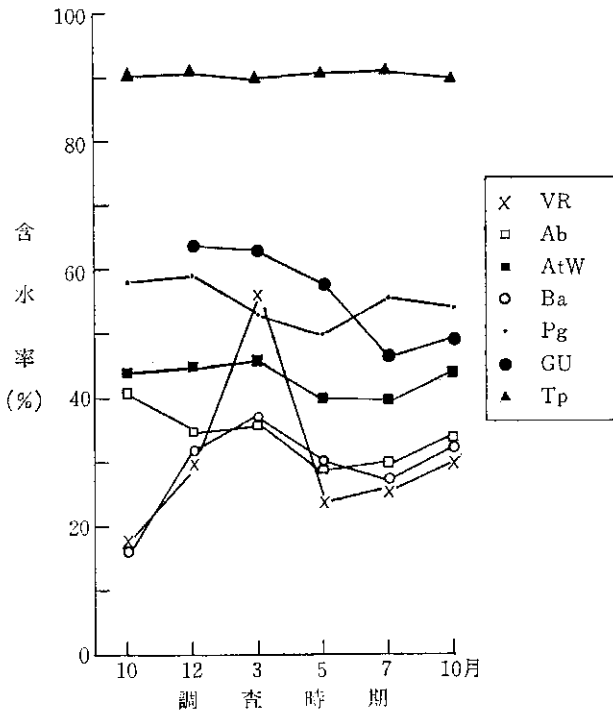


図-2 土壌水分の経時変化

以上のことは、季節的な気象変動と土壌の水分環境により土壌水分の変動が規制されることを示している。

#### (2) pH の経時変化

図-3, 4に、それぞれ pH (平均値) の経時変化、処理別の pH の相関図を示した。

いずれの土壌も、程度の差はあれ酸性を呈しているが、乾性型の土壌の pH は高く経過し、湿性が強くなるほど低くなる。例えば、VR の新鮮土の pH (H<sub>2</sub>O) は、1973年7月を除き、6以上で最も高かった。これに対し、Tp はすべて 4.7 台であり、最も低く経過した。他の土壌の pH は、この両者の間にあった。この傾向は、新鮮土の pH (KCl)、風乾土の pH (H<sub>2</sub>O, KCl) についてもいえる。

全体的に pH は冬期に高くなり、春から夏にかけて低くなるし、乾性型の土壌はその変動幅が大きく、湿性型の土壌で小さいことが認められる。ただし、VR の場合はこのような変動傾向があるとしてもバラツキが大きく、測定値間に有意差はなかった。

変動の最大は、Ab の新鮮土の pH (H<sub>2</sub>O) で 0.77、最小は、Tp の新鮮土の pH (H<sub>2</sub>O) で 0.08 であった。重粘土では Ba が最も大きく、新鮮土の pH (H<sub>2</sub>O) で 0.41 であった。

重粘土の場合、風乾処理により、また pH (KCl) でこの変動幅は減少し、平準化する傾向にあった。減少の程度は pH (KCl)、風乾処理後の pH (H<sub>2</sub>O) とともに Ba で最大で 0.24 であった。このため、風乾土の pH (H<sub>2</sub>O)、pH (KCl)、新鮮土の pH (KCl) の季節変動は、新鮮土の pH (H<sub>2</sub>O) より、明瞭さを欠いたものになった。

火山性土では、この平準化傾向は重粘土ほど明らかでなく、とくに AtW では、風乾処理で変動幅は若干増加した。

Tp の場合は、風乾処理により変動幅が大きくなり、経時変化も他の土壌と異なったものになった。理由は明らかでない。

SCHOFIELD ら<sup>16)</sup>によると、非塩類土壌では、塩類溶液 (0.01 M CaCl<sub>2</sub>) で pH を測定すると、pH は塩類の存在量と無関係になる。このことは、塩類溶液で測定すると pH は季節変動が少なくなり、土壌に固有の値が得られることを意味している。本報告でいえば、風乾土の pH (KCl) がそれに相当する。重粘土の場合には、彼らの見解を支持するが、火山性土では必ずしもそういう結果が得られなかった。

風乾処理は新鮮土と比べ、pH (H<sub>2</sub>O) の低下をもたらすし、その程度は重粘土 > 火山性土 > 泥炭土であった。

各土壌の pH (H<sub>2</sub>O) と pH (KCl) の差の平均値は、0.9

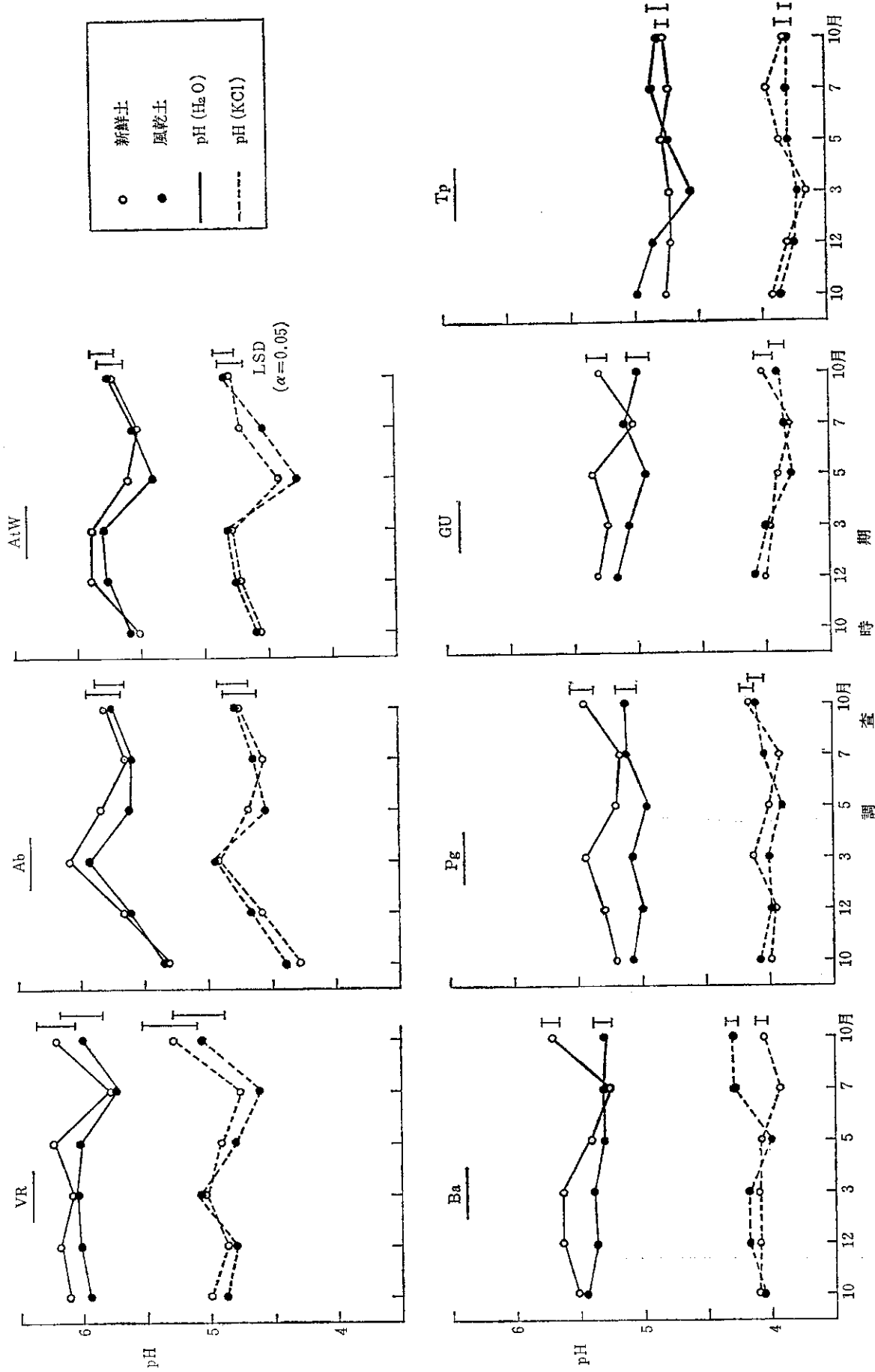


図-3 pHの経時変化

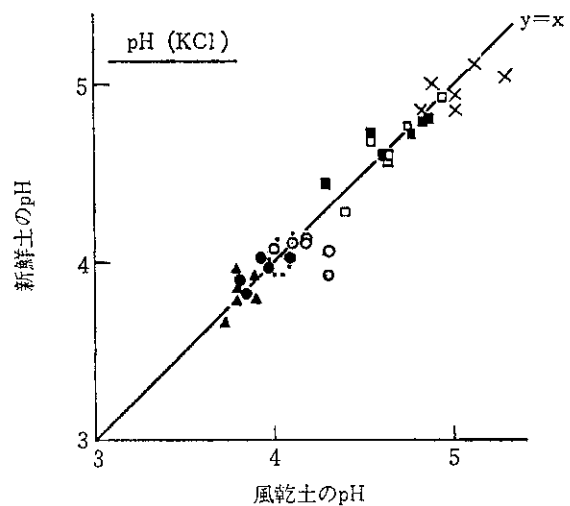
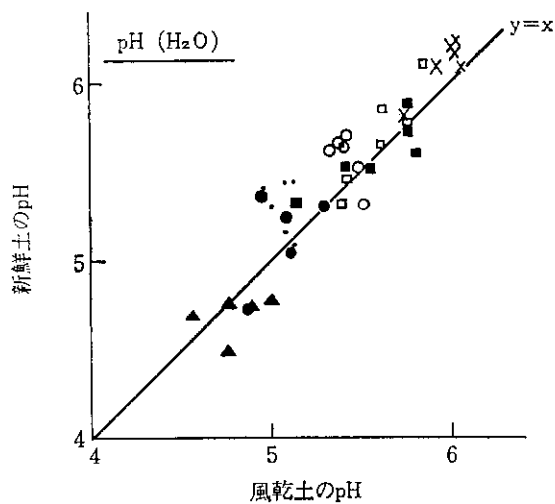
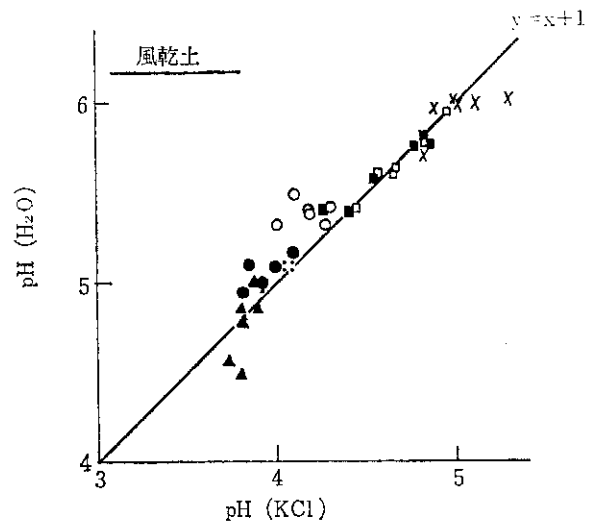
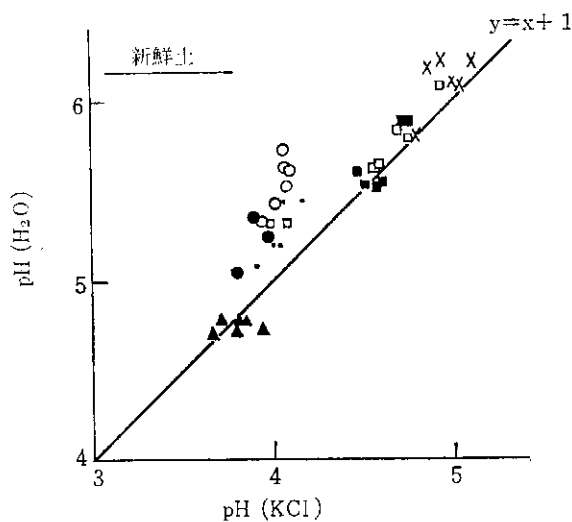


図-4 各処理のpH相関図  
(凡例 図-2に同じ)

~1.5の範囲にあり、重粘土>火山性土>泥炭土、新鮮土>風乾土の傾向にあった。このため、新鮮土のpH(KCl)と風乾土のそれが等しいか、後の方が大きくなることがあった。

バラツキはCVで示すと、新鮮土の場合、表-2のようであった。VRが最も大きく、Ab>AtWであり、これら火山性土のバラツキは重粘土より大きく、Tpは最も小さかった。重粘土では、土壌の乾湿による一定の傾向は認められなかった。バラツキが、火山性土>重粘土>泥炭土という傾向は、著者らの報告<sup>14)</sup>と一致する。

CVは、火山性土ではpH(H<sub>2</sub>O)<pH(KCl)、新鮮土>風乾土の傾向が認められた。重粘土では、これらの関係は判然としたものでなかった。

(3) 塩基飽和度の経時変化(図-5)

風乾土のpHの変動が大きいAb, AtWでは、塩基飽

表-2 新鮮土のpH(H<sub>2</sub>O)のCV(%)

| 土 壤 | 平 均 | (範 囲)     |
|-----|-----|-----------|
| VR  | 5.0 | (4.0~5.7) |
| Ab  | 3.9 | (2.7~5.5) |
| AtW | 3.4 | (2.0~4.0) |
| Ba  | 2.3 | (1.8~2.6) |
| Pg  | 2.8 | (1.9~4.3) |
| GU  | 2.6 | (1.8~3.3) |
| Tp  | 2.0 | (1.0~4.3) |

和度の変動も大きく、3月に極大値をとり、5月に減少している。AtWではその後増加するが、Abでは減少が続いた。Ba, Pgも5~7月に塩基飽和度は減少する傾向にあった。VR, GU, Tpでは、その傾向は定かでなか

った。

個々の土壌についてみると、塩基飽和度の変動は、必ずしも pH(H<sub>2</sub>O) のそれと対応がよいとはいえないが、測定した試料全体では、両者の間には高度に有意な相関

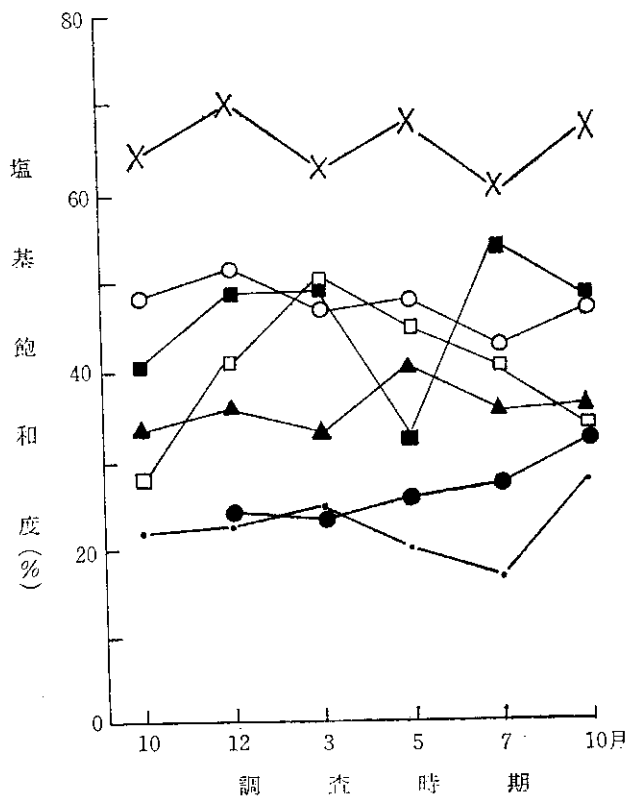


図-5 塩基飽和度の経時変化 (凡例は 図-2 に同じ)

が認められた (図-6)。さらに重粘土、火山性土に分けて相関を求めると、寄与率は大きくなった。この図から、火山性土は塩基飽和度が小さくとも pH は高く、重粘土はこの逆のことがいえる。このことはすでに指摘されており、重粘土 (鈹質土壌) と火山性土の交換基の酸性的性格の相異によって説明される<sup>12,20)</sup>。泥炭土の場合は、重粘土、火山性土いずれとも異なっているようであった。

同様の関係は、pH(KCl) と塩基飽和度についても得られた。

pH, ひいては塩基飽和度の変動の大きかった AtW, 小さかった Ba を例にとり、各塩基 (Ca, Mg, K, Na)

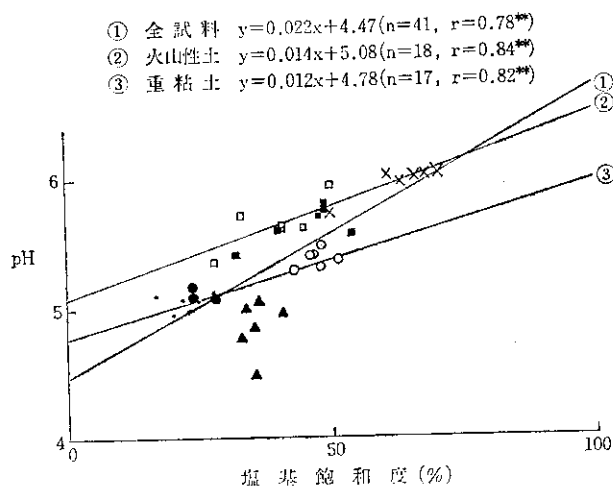


図-6 風乾土の pH(H<sub>2</sub>O) と塩基飽和度の関係 (凡例 図-2 に同じ)

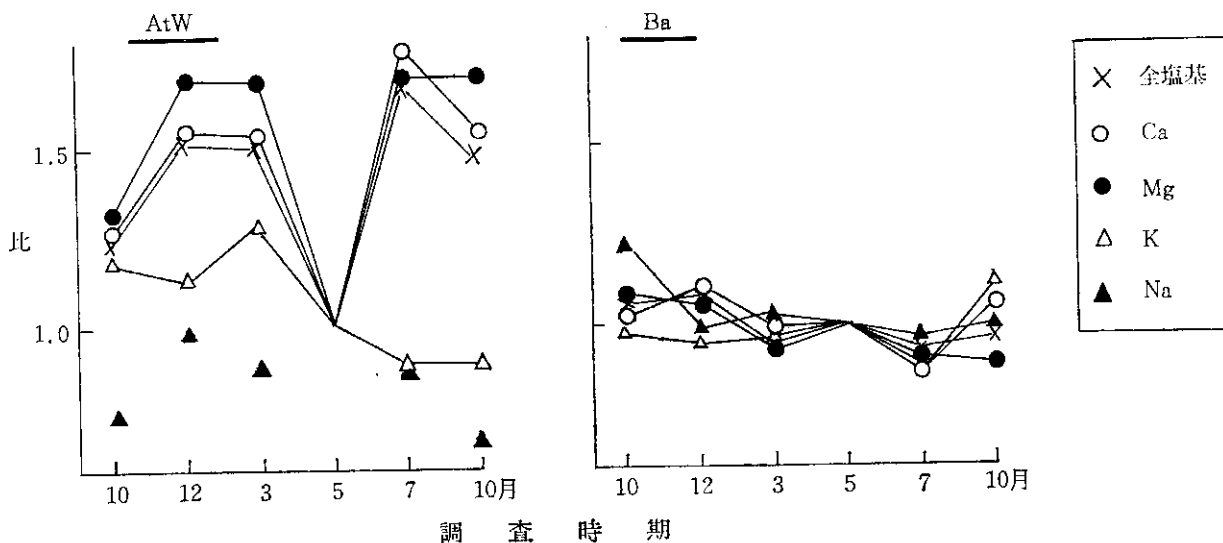


図-7 各塩基の飽和度の経時変化 (1973年5月の飽和度を1とした比で図示してある)

両土壌のおよび交換性塩基 (平均値) は次のとおり (単位 me)

AtW: CEC 28.8, Ca 11.70, Mg 0.57, K 0.64, Na 0.19

Ba: CEC 22.8, Ca 4.35, Mg 4.33, K 1.41, Na 0.53

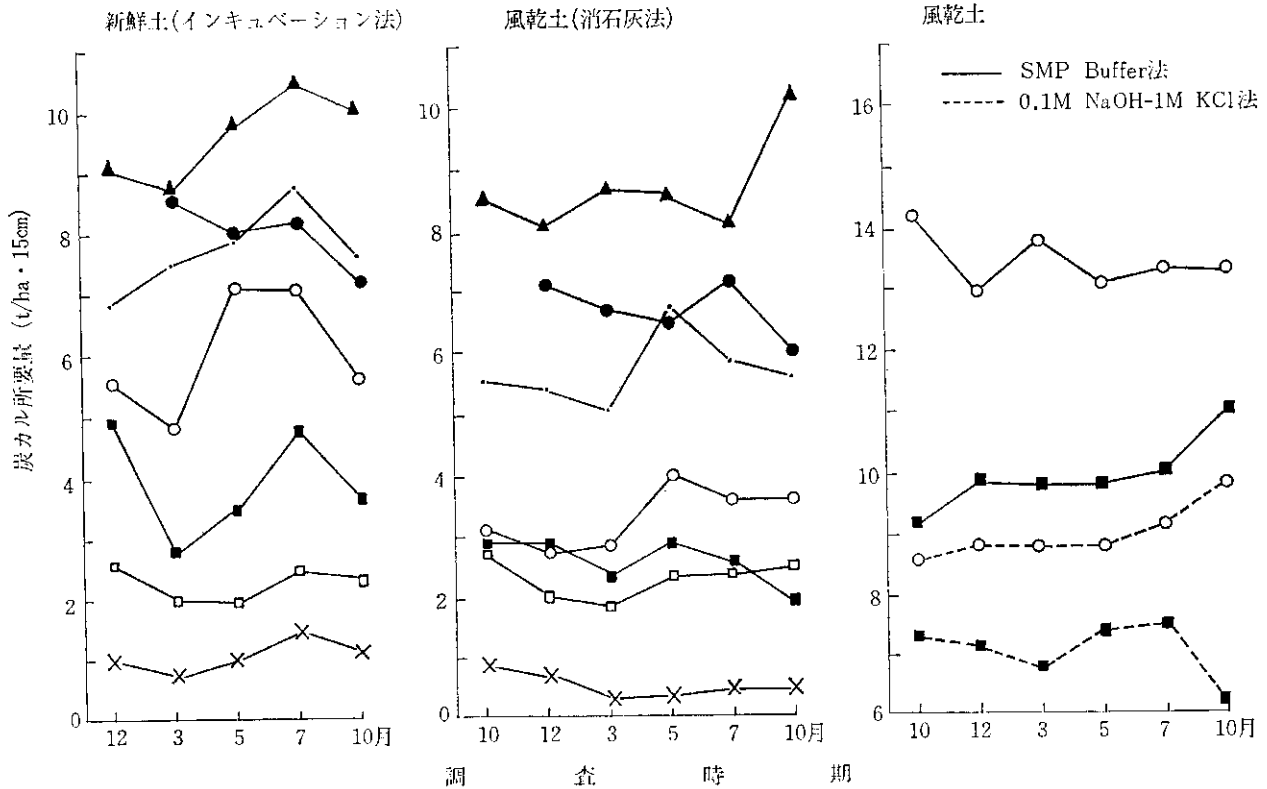


図-8 炭カル所要量の経時変化  
(凡例 図-2に同じ)

の飽和度の変化を、1973年5月を1として比で示したのが図-7である。各塩基の飽和度は、全塩基のそれと類似した消長を示した。AtWの場合、交換性塩基の主体をなすCaの動きに全体の飽和度が規制されている。Baの場合は、交換性塩基の80%を占めるCaとMgの動きに規制されているが、AtWに比べ変動は少ない。

(4) 炭カル所要量の経時変化

図-8に炭カル所要量の経時変化を示した。新鮮土と風乾土について、インキュベーション法で求めた炭カル所要量は、後者の場合、重粘土では消石灰法と類似の値であったが、火山性土では半分以下の値となった。そこで、図-8には新鮮土はインキュベーション法での値、風乾土は消石灰法の値を載せた。また、AtWとBaについて測定したSMP Buffer法と0.1M NaOH-1M KCl法での値も図示した。

インキュベーション法、消石灰法とも、冬期に炭カル所要量が少なくなり、春から夏にかけて多くなる傾向が読みとれる。全体的にはpHの変化と対応しており、pHが低いほど炭カル所要量は多くなっている(図-9)。回帰式の $x=0$ (炭カル所要量=0)のとき、pHは新鮮土で6.2、風乾土で6.0となり、経験上妥当な値といえる。新鮮土の場合、BaのpH(H<sub>2</sub>O)の変動は火山性土より少

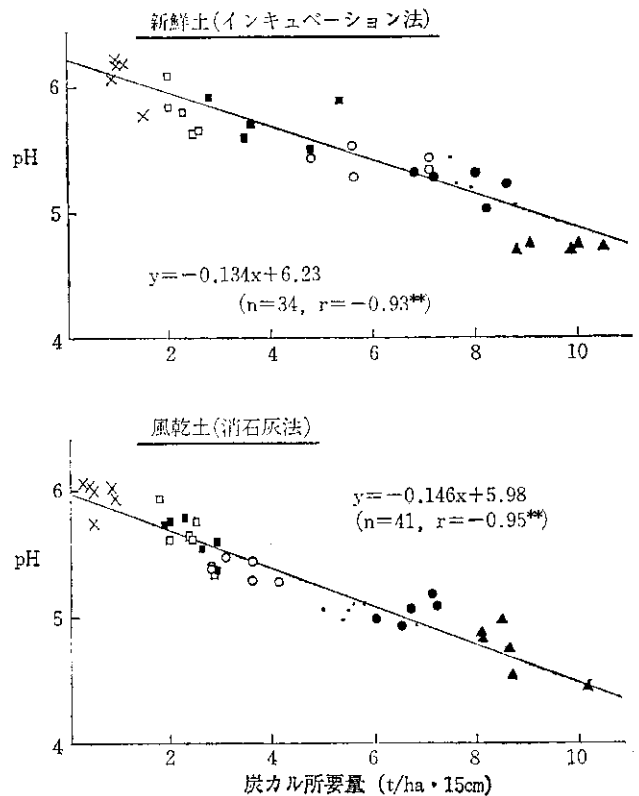


図-9 pH(H<sub>2</sub>O)と炭カル所要量の関係  
(凡例 図-2に同じ)

なかったが、炭カル所要量の変動は最大となり、約2.5tであった。風乾土の消石灰法での値はインキュベーション法より若干低くなり、変動も少なくなるようであった。

この結果から、炭カル所要量算定のための土壌採取時期はpHが低下し、所要量が多くなる5~7月頃が安全であると結論される。

消石灰法に比べ、0.1 M NaOH-1 M KCl法、SMP Buffer法は、2~5倍大きい値を与えた。消石灰法、炭カル粉末・通気法あるいはインキュベーション法は、経験上むしろ低い炭カル所要量を与える測定法に入るようである。0.1 M NaOH-1 M KCl法より、SMP Buffer法で所要量は多くなった。これは、前者が強酸性の交換性Alのかなりの部分を中和するのに対し、後者はそれとともに弱酸性の交換性Hをも中和するためであろう。この両法で得られた炭カル所要量とpHとはほとんど対応していないようであった。あるいは、図-2に示した程度のpHの変動は炭カル所要量に影響しないことを意味するのかもしれない。

これまで、数多くの炭カル所要量算定法が報告されている<sup>5)</sup>。そこで得られる値は、上述のように分析法によって大幅に異なる。また、実際の炭カル施用法にも種々の問題がある<sup>15)</sup>が、算定法にも検討の余地が残されている。

#### (5) pHの経時変化の原因

交換性塩基の変動が、pHの変動をもたらしていることは先述した。それには、生物学的循環(落葉枝の堆積分解、塩基類の土壌への還元と植物による吸収)と気候(降雨、土壌凍結)が大きく関与しているものと考えられる。

春先には融雪水とともに塩基類が流亡し、次いで前年の落葉枝が気温の上昇とともに分解され、塩基類が土壌に供給されるが、降雨による溶脱と植物による吸収がそれを上まわっているため、春から夏にかけてpHの低下をみる。その後、降雨は多くなるが、供給が優勢になり、pHは上昇する。pHはこのような季節変動を繰り返していると理解される。さらにAb、AtWでは、冬期の土壌凍結の際、土壌水の上方への移動に伴い、塩基類も表層に富化される。しかし、VRは肥沃度が低いため、土壌凍結はpHにあまり影響を及ぼしていないようであった。硝酸化成による酸性化も考えられるが、風乾土を畑状態の水分で2週間30°Cに保った後に測定したNO<sub>3</sub>-Nは0.04~0.5 mg/100 gであり、未耕地土壌のpHの変動に対する影響は無視してもよいと思われた。

図-3に示したように、湿性な土壌では乾性な土壌に比べ乾湿の変化に乏しい。また、植物遺体の分解中間物で

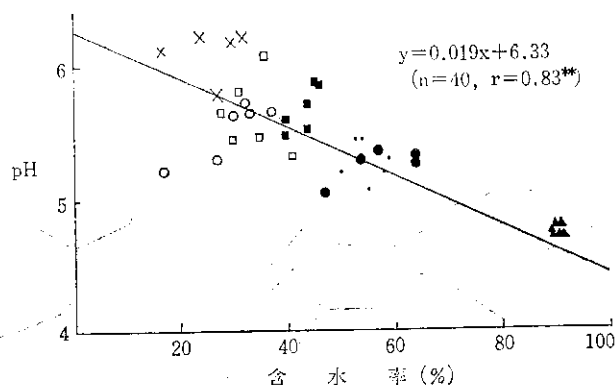


図-10 新鮮土のpH(H<sub>2</sub>O)と含水率の関係 (VRの1973年3月の値は除く)

ある有機酸が生成し、pHは低い<sup>20)</sup>(Tpはその典型である)。このため、微生物活性が弱く、塩基類の土壌への供給、溶脱とも微弱なことがpHの変動に現われていると思われる。

図-10は、pHと土壌水分の関係をみたものである。高度に有意な相関がある。このことは、土壌水分の変化を通して上述の要因がpHの変動に関与していることを示している。

#### 4. 要 約

道内の代表的な7未耕地土壌のpHの経時変化を調査し、酸性矯正のための適正な試料採取時期を検討した。

(1) pHは季節的に変化し、12月~3月に高く、春から夏にかけて低下する。この傾向は、湿性型の土壌より乾性型の土壌、また重粘土より火山性土で顕著であった。

(2) pHのバラツキは火山性土で大きく、重粘土、泥炭土の順に小さくなる傾向にあった。

(3) pHの変動は、交換性塩基の変動とおおむね対応していた。その要因として、生物学的循環、溶脱、土壌凍結などが考えられる。

(4) 炭カル所要量も、pHの変動にほぼ対応していた。したがって、酸性矯正のための土壌採取時は安全性を考慮すると、pHの低下する5~7月頃が妥当と思われた。

#### 引用文献

- 1) 千葉 明・新毛晴夫(1977): 炭酸カルシウム添加・通気法による中和石灰量の測定. 土肥誌, 48, 237-242.
- 2) J. B. COLLINS, E. P. WHITESIDE and C. E. CRESS (1970): Seasonal variability of pH and lime requirements in several southern Michigan soils when measured in different ways. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 34, 56-61.
- 3) S. G. HAINES and G. CLEVELAND (1981):



Seasonal variation in properties of five forest soils in southwest Georgia. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **45**, 139-143.

- 4) 北海道土壌分類員 (1979): 北海道の農牧地土壌分類 第2次案. 北農試研究資料, **17**, 1-89.
- 5) 今井弘樹・尾形昭逸・田中 明 (1984): 酸性土壌の改良. 酸性土壌とその農業的利用 (田中 明編), p. 259-281, 博友社.
- 6) 重粘地グループ (1967): 北海道北部の土壌. p. 128-130, 北海道開発局.
- 7) 川口桂三郎 (1960): 土壌肥料ハンドブック (奥田東他共著), p. 180-182, 養賢堂.
- 8) 京大農学部農芸化学教室 (編) (1957): 農芸化学実験書 第1巻, p. 269, 産業図書.
- 9) W. LÖTSCHERT and K. HORST (1962): Zur Frage jahreszeitlicher pH-Schwankungen. *Flora* **152**, 689-701.
- 10) 農林省・気象庁 (1976): 農業気象10年報 (昭和41年-昭和50年) 一北海道一, pp. 732.
- 11) 農林省農業改良局 (1953): 土壌分析法, pp. 78.
- 12) 岡島秀夫 (1976): 土壌肥沃度論, p. 77-87, 農文協.
- 13) M. PEECH (1965): Hydrogen ion activity, Method of Soil Analysis Part II (C. A. BLACK 他編), p. 914-925. *Am. Soc. Agron.*, Madison USA.
- 14) 齊藤万之助・吉田 亨・赤沢 伝・沖田良隆・宍戸信貞 (1976): 農用地造成に伴う土壌の理化学性的変化 (第1報). 土試報, **65**, 1-68.
- 15) 齊藤万之助・沖田良隆・宍戸信貞・赤沢 伝 (1984): 炭カルの散布, 土壌との混和と酸性矯正. 土試月報, **373**, 1-12.
- 16) R. K. SCHOFIELD and A. W. TAYLOR (1955): The measurement of soil pH. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **19**, 164-167.
- 17) H. E. SHOEMAKER, E. O. MCLEAN and P. F. PRATT (1961): Buffer method for determining lime requirement of soil with appreciable amounts of extractable aluminum. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **25**, 274-277.
- 18) T. WEAVER and F. FORCELLA (1979): Seasonal variation in soil nutrients under six Rocky Mountain vegetation types. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **43**, 589-593.
- 19) 横田廉一 (1976): 北海道の気候と農業気象災害, pp. 216, 文永堂.
- 20) 吉田 稔 (1984): 土壌酸性の土壌化学的解析. 酸性土壌とその農業利用 (田中 明編), p. 143-168, 博友社.

\*

\*

\*