

II-411 砂およびロームのホウ素吸着特性

電力中央研究所 正員 五十嵐敏文

電力中央研究所 正員 〇下垣 久

新日本気象海洋 今井 一孝

1. はじめに

石炭灰からの溶出水中には、ホウ素（B）が若干含まれることが認められている¹⁾。Bは植物の必須元素であるが、過剰に供給されると生育が抑制されるため²⁾、Bの土壤中での移行挙動を評価することは重要である。本報では、Bの砂およびロームへの吸着特性をバッチおよびカラム試験により検討した。

2. 試験方法

吸着剤として用いた砂およびロームの物理化学特性を表-1に示す。実験に供したB溶液（ H_3BO_3 を使用）は石炭灰溶出水を模擬するために塩化カルシウム溶液をCaとして100mg/l共存させた。実験はB・Ca混合溶液に所定量の土壤試料を加え、1日振とう後のBの液相濃度変化から吸着量を求めるバッチ法、および土壤試料を充填した飽和浸透カラム（ $\phi 16mm \times h 26.97mm$ ）からのBの流出曲線を求めるカラム法を併用した。

表-1 土壤試料の物理化学特性

	SAND	LOAM
SPECIFIC GRAVITY	2.68	2.73
GRAIN SIZE DISTRIBUTION		
SAND(%)	99	63
SILT(%)	1	25
CLAY(%)	0	12
pH(H_2O)	6.1	6.3
pH(KCl)	4.8	5.8
CEC(meq/100g)	3.9	35
EXC(meq/100g)		
Ca	1.8	8.6
Mg	0.6	7.2
Na	0.8	10
K	0.1	0.6

*Soil samples are sieved to a desired mesh size range (0.15~0.30mm:sand, 0.42~2mm:loam) for column experiment

3. 試験結果

3.1 カラム試験結果 砂に対する流出曲線を図-1に示す。図中では流出量 $Q = 375ml$ までが吸着過程で、それ以降が脱離過程である。また、共存Caの流出曲線も示す。図中の実線は、固液相間の吸着反応を次式に示すヘンリー式で表現した一次元移流拡散方程式を解いたものである。

$$q = Kd \cdot C \quad (1)$$

ここに、 q ：固相濃度、 C ：液相濃度

Kd ：分配係数（通常 ml/g 単位で表示）

この図から、BおよびCaの砂層中移行は Kd モデルで表現され、 Kd 値は両元素とも $0.2 ml/g$ となることからわかる。ロームに対する流出曲線を図-2に示す。 $Q = 425ml$ までが吸着過程、それ以降が脱離過程である。この図からロームについても砂同様、吸着・脱離過程ともに Kd モデルが適用できることがわかる。 Kd 値はBで $20ml/g$ 、Caで $10ml/g$ となり、砂よりも大きな値となる。なお、分散係数 D は $1.0^{-2} cm^2/s$ オーダーとなった。

3.2 バッチ試験結果 砂に対するBの固相濃度と液相濃度との関係を図-3に示す。砂のB吸着量は非常

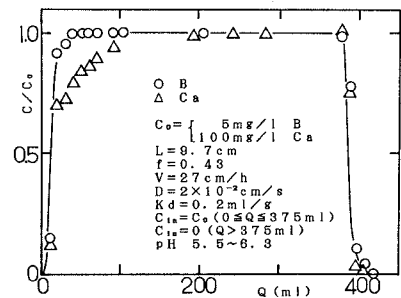


図-1 砂のBおよびCa流出曲線（L：充填厚，f：空隙率，V：ダルシー流速， C_{in} ：流入濃度）

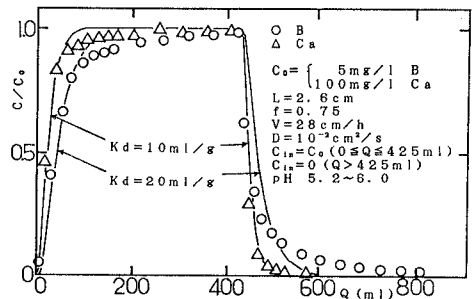


図-2 ロームのBおよびCa流出曲線

に小さいので、固液比を大きく設定しなければならなかった。そのため、バッチ試験結果のプロットのばらつきが大きくなったが、図中の実線で示すカラム試験で得られた K_d 値を傾きとするヘンリー式と概ね一致することがわかる。

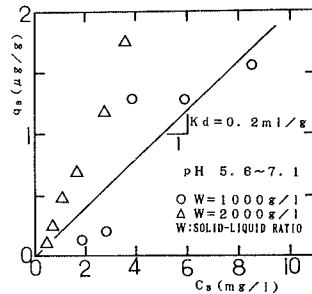


図-3 砂の吸着等温線

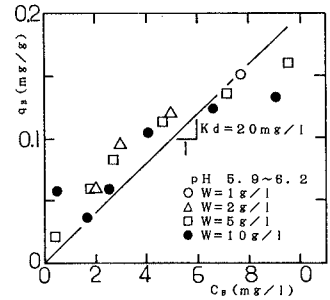


図-4 ロームの吸着等温線

ロームに対する結果を図-4

に示すが、固液比の影響は認められず、実線で示されるカラム試験で得られたヘンリー式とよく一致する。これらのことは、Bと砂あるいはロームとの吸着反応は試験方法によらずヘンリー式で表現されることを示す。すなわち、比例定数である K_d は試験方法に依存しない土壌固有の値となる。ただし、Bの液相濃度は10mg/l以下である。ロームと砂とを比較すると、ロームの K_d が2オーダー大きい。

3.3 K_d のpH依存性 図-5は K_d とpHとの関係性をバッチ法によって調べた結果である。pH調整は、B・Ca混合溶液に土壌試料を所定の固液比で添加した後、NaOHあるいはHCl溶液を滴下する方法を用いた。なお、この試験では経過時間とともに若干pHが変化する傾向が見られたため、振とう時間を1時間とした。この図からBの K_d は、砂およびロームともにpH 8~9で最大値をとり、それよりも酸側でもアルカリ側でも減少する。この傾向は、他の土壌でも認められている³⁾。

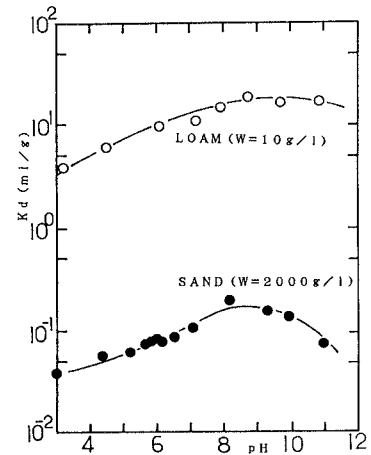


図-5 K_d とpHの関係

3.4 K_d の共存イオン濃度依存性 図-6は K_d と共存塩素イオン（NaCl, CaCl₂を使用）あるいは硫酸イオン（Na₂SO₄を使用）濃度との関係をバッチ法によって調べた結果である。なお、試験時のpHは弱酸性であった。この図から、これらの陰イオンが地下水や河川水のように10mg/l程度存在する場合から海水のように10³から10⁴mg/l程度存在する場合に至るまでBの K_d 値はほとんど変わらないことがわかる。また、陰イオンの対イオンとしてNaを用いてもCaを用いても同一の K_d 値が得られることからBの K_d に及ぼす陽イオンの影響もほとんどないといえる。

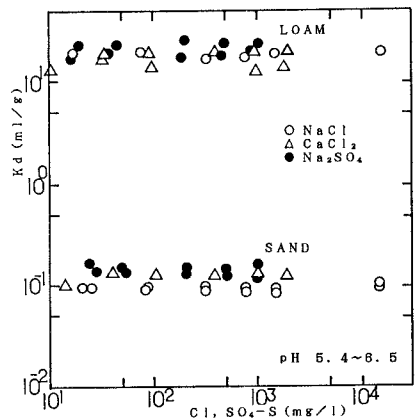


図-6 K_d と共存イオン濃度の関係

4. まとめ Bの砂やロームへの吸着は、B濃度が10mg/l以下ではヘンリー式で表現され、その比例定数である K_d は、日本に多い酸性土壌に対しては、共存イオンに影響されない土壌固有の値となった。

（参考文献）1) Ainsworth, C.C., and Rai, D.; EPRI Report, EA5321, 1987 2) 河野；電中研報告485020, 1987

3) 例えば、坂田；電中研報告285049, 1986