

網走地方に分布する主要土壌の 養水分供給力に関する研究

VI. 土壌の加里供給力と作物の加里吸収経過との関係*

下野 勝昭** 大垣 昭一***

Investigations on Nutrients and Water Supplying Powers
of Typical Soils in the Abashiri District

4. Relations between potassium supplying power of soil and potassium absorption by a crop

Katsuaki SHIMONO and Shooichi OOGAKI

北海道網走支庁管内に分布する代表的な4土壌について、1973～1974年にかけてポット試験を行い、土壌中の各形態加里と塩基の置換平衡関係から導いた加里ポテンシャルの推移とから、各土壌のえん麦に対する加里供給特性に検討を加えた。

その結果、土壌の加里供給特性は、1、水溶性加里少—加里活動度比(αR^k)低—生育前期加里供給量少、2、水溶性加里多— αR^k 高—生育前期加里供給量多、3、熱硝酸溶出加里少—Potential Buffering Capacity(PBC^k)低—生育後期加里供給量少、4、熱硝酸溶出加里多—PBC^k高—生育後期加里供給量多、5、水溶性、酢安溶出、熱硝酸溶出加里多、バランス良— αR^k 、PBC^k適—生育全期加里供給良、のように分類され、清里、訓子府土壌は2、3、佐呂間土壌は1、4、遠軽土壌は5にそれぞれ該当することが明らかになった。また、BECKETTおよびその変法による抽出液の加里変化量(Q)と加里活動度比(I)との関係から算出した ΔK_o (me/100g乾土)の高い土壌ほど生育期間内最高加里吸収量は多くなり、さらに、両者は直線関係にあることが明らかになった。したがって、 ΔK_o は土壌中有効態加里の容量を査定するのに最適の指標であると考えられた。

I 結 言

前報¹⁰⁾では、土壌溶液中の加里濃度、ならびに加里供給の強度因子である加里活動度比(αR^k)とえん麦の加里吸収との関係について検討を加え、両

者には正の有意な相関のあることを明らかにした。一方、土壌によっては、溶液中の加里が低濃度であっても、作物の加里吸収量が少なくなるとは限らず、統計的有意性のみでは十分に説明し得ない現象も認められたことから、土壌の加里供給力の内容をさらに明らかにするためには、強度因子のみではなく、その容量因子をも含めた総合的な解析が必要となることも指摘しておいたところである。本報ではこのような総合的観点から検討を深めることを目的とし、作物の加里吸収パターンとの土壌別相違を土壌の各形態加里含量の推移、および固相、液相間の熱力学的平衡関係にもとづいた

*本報告の一部は日本土壌肥科学会で発表した(1974年4月)

**北海道立北見農業試験場、常呂郡訓子府町

***同上(現北海道立中央農業試験場、夕張郡長沼町)

加里ポテンシャルの推移とから明らかにすること
に重点をおいた。さらに、土壌の加里供給力を査
定するのに最も適している指標を生育期間中の最
高加里吸収量との関係から明らかにしようとした。

なお、本試験の遂行にあたり、ご助言、ご鞭撻
をいただき、加えて本稿の校閲を賜った前北見
農業試験場長(現十勝農業試験場長)、中山利彦博
士に深く感謝する。また、本稿の校閲を賜った
中央農業試験場化学部、松代平治部長、および、
取りまとめに当り、討論に加わって戴いた北見農
業試験場土壌肥料科、大崎玄佐雄科長に厚く感謝
の意を表する。

II 試験方法

1 供試土壌の理化学性

供試土壌は、清里、遠軽、佐呂間、訓子府土壌
の作土であり、その理化学性は前報⁹⁾で述べたと
おりである。

2 試験条件

⁸⁾5,000 ワグネル氏ポットに前記4土壌の湿土を
充填し(ポット当り乾土重を示すと、1973年は清
里:1,837, 遠軽:2,615, 佐呂間:2,636, 訓子府:
1,915 g, 1974年は清里:1,908, 遠軽:2,465, 佐
呂間:2,810, 訓子府:1,948 gである), 栽培区,
無栽培区を設け, 2反復とした。施肥量はポット当
り(g), N:0.5, P₂O₅:1.0, K₂O:0.5となるよう
硫安, 第1りん酸カルシュウム, 硫加で与え,
全層施肥とした。1973年は5月3日に, 1974年は
5月4日にえん麦「オホーツク」をポット当り20
粒播種し, 10本立とした後, 経時的に作物体と土
壌を採取したが, 土壌試料はポット中の全土壌を
均一に混合した後, そのうちの一部を採取し, こ
れを分析に供した。

3 各形態加里の測定法

(1) 水溶性加里および加里置換エネルギー (ΔF)

湿土, 風乾細土とも土壌対水の比を1:10と
して1時間振とう後, その濾液中の加里(Kとし
て測定, 以下同じ)を原子吸光度計で測定した。
なお, この濾液中の石灰, 苦土(Ca, Mgとして測
定, 以下同じ)も同時測定し, WOODRUFF³⁾の方法
を改良した諸遊⁷⁾の方法に従い3イオン濃度から次
式により ΔF を求めた。

$$\Delta F = RT \ln (aK/aCa), R=1,988 \text{ cal/度},$$

$$T = (273 + 20)^\circ\text{C}$$

(2) 1規定酢酸アンモニウム溶出加里

湿土および風乾細土10gに対して1N-NH₄
OAcを100ml加え, 1時間振とう後, その濾液中の
加里を測定した。

(3) 1規定熱硝酸溶出加里

風乾細土2.5gに1N-HNO₃を25ml加え, 熱
板上で10分間煮沸した後, その濾液中の加里を測
定した。

4 加里供給の強度因子, 容量因子の測定, 算出法

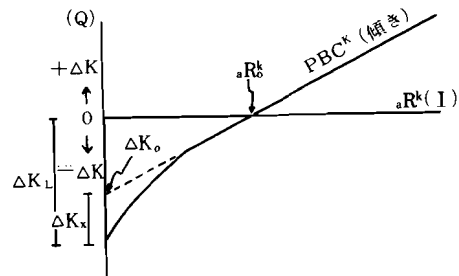


図1 Q/I関係図

BECKETT²⁾により提案された方法と, その改良案
としての変法とを使用した。BECKETT法は 2×10^{-3}
M-CaCl₂の溶液中に0~2 mMの濃度範囲でKCl,
を含む数段階の混合溶液を作成し, 風乾細土5gに
対してこれらの溶液を50ml加え, 1時間振とう,
25℃の恒温器中で一夜放置後濾過した。改良案と
しての変法は 2×10^{-3} M-CaCl₂の溶液中に0~4
mMの濃度範囲のKClとNH₄Clを含む数段階の溶
液を作成し(各溶液中のKClとNH₄Clの濃度は
同一とした), 風乾細土10gに対してこれらの溶液
を50ml加え, その後はBECKETT法と同様に処理し
た。双方の濾液について加里濃度を測定し, 添加
前の溶液の加里濃度との差を求め, これから ΔK
(me/100 g乾土)を算出した。これが溶液の加里の
変化量(Q)である。また, 濾液の石灰, 苦土, ア
ンモニヤ態窒素濃度も測定し, イオン強度と DEBYE
HÜKELLの式から活動度係数を求め, $aK/a(Ca +$
Mg) (aR^k と略記, 以下同じ)を計算した。この値
は加里供給力の強度因子(I)とみなされる。なお,
BECKETT²⁾はこのようにしてえられたQとIを図1
のように表示し, Q/I関係を求め, 直線部分の勾配
をPBC^kと呼称することを提案するとともに, こ
のPBC^kを強度因子の変化に対する緩衝力を示す
加里供給力の容量因子と考えている。測定値から
得られる直線と横軸(aR^k)の交点 aR^k_0 は $\Delta K=0$ の

ときの R^k の値を示している。また、その直線の延長とたて軸の交点 $-\Delta K_0$ をBECKETTら³⁾は土壌の可給態加里の容量を示す指標になるとしている。 K_s はspecific siteに保持される加里を示し、 K_L はlabile加里を示している。

III 結 果

1 えん麦の加里含有率および加里吸収量の推移

表1に両年に亘るえん麦の加里含有率および吸収量の推移を示した。加里含有率は兩年とも経時的に低下しており、ほぼ遠軽>佐呂間>清里=訓子府の順位で推移したが、清里、訓子府は含有率の低下が急激であるのに対して遠軽、佐呂間は緩慢であった。加里吸収量はいずれの土壌でも生育経過に伴って増加したが、遠軽、佐呂間での増加率が著しく、清里、訓子府は緩慢で1973年の場合には、播種後49日目で頭うちとなった。乾土100g当りの生育期間内最高加里吸収量は、1973年の場合、遠軽>清里>訓子府>佐呂間となり、1974年には遠軽>清里>佐呂間>訓子府となったが、ポット当り最高吸収量で表示すると異なった傾向がみられた。また、生育後期の加里吸収量は訓子府を除けば、1974年が1973年よりも多くなることも認められた。

2 供試土壌の各形態加里含量とその割合

図2に原土(無処理土壌)と施肥土(原土に施肥処理を行なった土壌)の各形態加里含量とその割合を示した。清里以外の土壌では原土の熱硝酸溶出部分までの加里量(水溶性画分(H_2O-K と略記)、酢安溶出画分(ΔNH_4OAc-K と略記)、およ

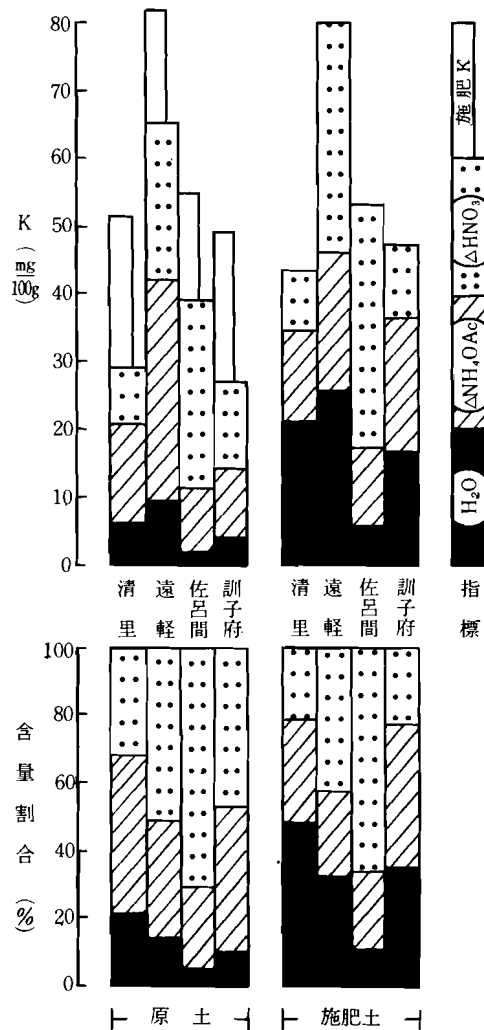


図2 土壌中各形態加里含量とその含量割合

表1 えん麦の加里吸収経過

項目	土壌	年度 日数	1973					1974				
			36	42	49	55	62	31	41	55	66	81
K含有率(%)	清里		6.96	5.73	3.20	2.54	1.83	6.65	5.97	2.33	1.56	1.11
	遠軽		7.24	6.86	5.48	4.88	3.33	6.35	7.41	4.35	3.02	1.92
	佐呂間		6.40	6.05	5.32	4.38	3.33	5.47	6.26	3.91	2.83	1.75
	訓子府		6.28	5.22	3.34	2.65	1.73	6.10	5.35	2.19	1.60	1.01
K吸収量(1)	清里		334	473	523	493	514	133	388	555	575	603
	遠軽		301	497	692	759	833	127	467	874	1,047	1,023
	佐呂間		176	278	354	486	477	104	338	630	780	770
	訓子府		261	405	423	431	407	128	353	414	469	450
K吸収量(2)	清里		18.2	25.8	28.5	26.8	28.0	7.0	20.3	29.1	30.1	31.6
	遠軽		11.5	19.0	26.5	29.0	31.9	5.2	18.9	35.4	42.4	41.5
	佐呂間		6.7	10.6	13.4	18.4	18.1	3.7	12.0	20.6	27.8	27.4
	訓子府		13.6	21.2	22.1	22.5	21.3	6.6	18.1	21.3	24.1	23.1

註) 加里吸収量(1)はK(mg/ポット), 加里吸収量(2)はK(mg/100g乾土)

び熱硝酸溶出画分 ($\Delta\text{HNO}_3\text{-K}$ と略記) の含量をさし, $\text{HNO}_3\text{-K}$ と略記する。以下同じに施肥加里量を和すれば, 施肥土の $\text{HNO}_3\text{-K}$ にほぼ一致することが明らかになった。施肥加里から各形態加里への移行で最も多かったのは $\text{H}_2\text{O-K}$ への移行で, いずれの土壌でも原土の2~3倍の含量割合 ($\text{HNO}_3\text{-K}$ を100として $\Delta\text{HNO}_3\text{-K}$, $\Delta\text{NH}_4\text{OAc-K}$, $\text{H}_2\text{O-K}$ が占める比率) を示した。そのために, 施肥土の $\Delta\text{HNO}_3\text{-K}$, $\Delta\text{NH}_4\text{OAc-K}$ の含量割合は原土よりも減少したが, 絶対量の変化は少ない。各形態加里含量を土壌間で比較してみると, $\Delta\text{HNO}_3\text{-K}$ は原土, 施肥土とも佐呂間>遠軽>清里=訓子府となり, $\text{NH}_4\text{OAc-K}$ は原土で遠軽>清里>訓子府>佐呂間, 施肥土では遠軽>訓子府>清里>>佐呂間となった。 $\text{H}_2\text{O-K}$ は原土, 施肥土とも遠軽>清里>訓子府>佐呂間の順序となった。以上の結

果から施肥土の場合の特徴をまとめてみると, 清里は $\Delta\text{HNO}_3\text{-K}$ が少なく, $\text{H}_2\text{O-K}$ に富む土壌であり, 佐呂間は清里と逆の特徴を有しており, 遠軽は各形態加里がほぼ均等に分布し, その含量も多く, 訓子府は清里と遠軽の中間的な傾向を有する土壌であると言える。

3 えん麦の加里吸収に伴う土壌中各形態加里の消長

表2,3に経時的な土壌中各形態加里含量の推移と, 無栽培区に対する栽培区の減少率, ないし増加率の推移を示した。1973年の風乾細土についての結果をみると, 生育が進行するにつれ, 栽培区の土壌中各形態加里含量はいずれも漸次減少したが, その中でも $\text{H}_2\text{O-K}$ の減少率が各土壌とも著しく, 清里, 訓子府では播種後49日目まで約90%も減少した。 $\Delta\text{NH}_4\text{OAc-K}$ も $\text{H}_2\text{O-K}$ ほどではないが, 減

表2 えん麦栽培区における各形態加里含量の推移 (風乾細土……1973)

土壌	項目 形態	年度 日数	K 含 量 (mg/100g乾土)				0日に対する減少率		
			0	36	42	49	36	42	49
清 里	H_2O		21.0	6.8	2.7	1.8	67.6	87.1	91.4
	$\Delta\text{NH}_4\text{OAc}$		13.6	5.9	5.1	3.7	56.6	62.5	72.8
	ΔHNO_3		8.9	9.8	7.0	6.5	(10.1)	21.3	27.0
遠 軽	H_2O		25.6	13.6	9.3	5.9	46.9	63.7	77.0
	$\Delta\text{NH}_4\text{OAc}$		20.6	18.6	15.9	16.6	9.7	22.8	19.4
	ΔHNO_3		33.6	30.6	28.8	23.0	8.9	14.3	31.5
佐 呂 間	H_2O		5.7	4.0	3.3	2.5	29.8	42.1	56.1
	$\Delta\text{NH}_4\text{OAc}$		11.7	11.1	9.4	9.5	5.1	19.7	18.8
	ΔHNO_3		35.4	29.9	29.3	26.0	15.5	17.2	26.6
訓 子 府	H_2O		16.7	5.0	2.5	11.3	70.1	85.0	92.2
	$\Delta\text{NH}_4\text{OAc}$		19.9	9.4	7.0	7.3	52.8	64.8	63.3
	ΔHNO_3		10.7	14.5	13.0	10.9	(35.5)	(21.5)	(1.9)

註) () は増加率 (%), 0日は無栽培区

表3 えん麦栽培区の各形態加里含量の減少率(%)*……(湿土)

K形態	年度 日数	1973				1974			
		36	42	49	55	31	41	55	66
H_2O	清 里	75.8	91.6	98.0	98.0	36.1	87.1	99.2	99.2
	遠 軽	42.3	66.5	86.0	92.5	21.0	70.2	94.5	98.9
	佐 呂 間	46.7	49.0	71.2	93.0	15.4	76.0	96.2	95.7
	訓 子 府	73.3	93.0	96.9	97.6	45.9	95.6	98.9	98.9
$\Delta\text{NH}_4\text{OAc}$	清 里	11.3	45.1	63.4	76.5	(8.2)	8.9	57.8	76.3
	遠 軽	7.2	16.8	41.4	47.3	(3.3)	41.9	65.1	77.1
	佐 呂 間	17.3	41.8	49.2	65.2	3.9	19.9	76.4	84.8
	訓 子 府	32.2	57.2	63.7	69.2	29.1	46.8	74.3	83.1

註) *: 減少率 = {(無栽培区 - 栽培区) / 無栽培区} × 100, () は増加率

少しており、土壌間で比較すると、やはり、遠軽、佐呂間に比べると訓子府、清里でその減少率が著しかった。訓子府の $\Delta\text{HNO}_3\text{-K}$ は、無栽培区に対してむしろ増加する結果となったが、遠軽、佐呂間は減少しており、この部分も加里吸収に参与している可能性を示唆している。湿土（採取直後に分析に供した土壌）については $\text{NH}_4\text{OA}_c\text{-K}$ までを測定したが、無栽培区に対する栽培区の $\text{H}_2\text{O-K}$ の減少率は兩年とも風乾細土についての結果と類似した推移を示した。しかし、 $\Delta\text{NH}_4\text{OA}_c\text{-K}$ の減少率は兩年でその傾向が異なっており、約40日目では遠軽を除いて1973年の減少率が1974年よりも著しいが、55日目に到ると清里を除けば、1974年の減少率が大きくなった。

図3には風乾細土に対する水添加割合を異にした場合の溶出加里量の変化を示した。いずれの土壌でも水添加割合を高めるにつれ、溶出加里量は漸増し、水 (ml)/風乾細土 (g) の平方根を横軸にとり、たて軸に溶出加里量をとると両者の関係は直線式で表わすことができた。その直線の勾配は遠軽が大きく、他の3土壌間にはそれ程差が認められなかったが、いずれの土壌でも作物栽培によって直線の勾配は小さくなった。

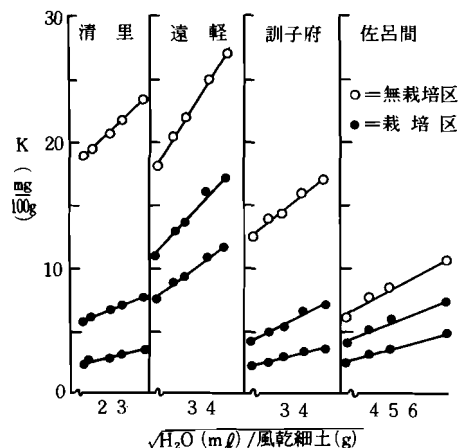


図3 水添加割合を異にした場合の溶出加里量の変化

図4に1974年の水溶性加里、石灰、苦土濃度より算出した加里の置換エネルギー(ΔF)を示した。無栽培区の ΔF (cal/mol) は採取時期にかかわらず各土壌ともほぼ一定の値を示し、 $-2,500 \sim -3,000$ となった。しかし、えん麦を栽培することにより、いずれの土壌でもその値は小さくなり、さらに、播種後55日目まで経時的に減少した。とくに、訓子府、清里では急激に減少することが明らかになった。

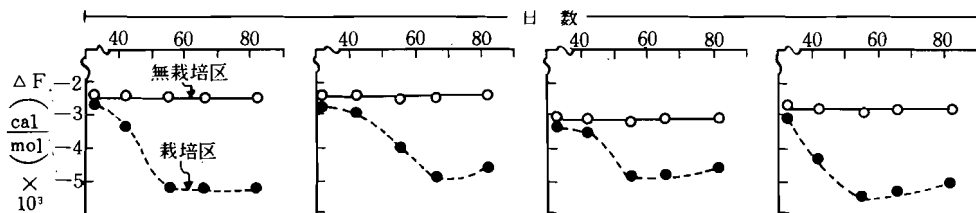


図4 供試土壌の加里置換エネルギーの推移

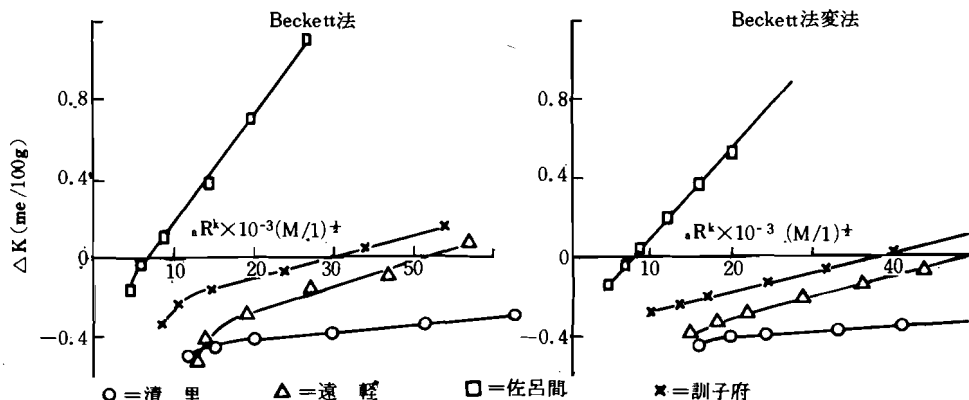


図5 Beckett法と同変法によるQ/I関係

4 加里供給力測定法としてのQ/I関係の検討

図5には、1973年の結果からBECKETT法に従っ

表4 Q/I関係測定法の比較 (1973)

項目 方法	$R_b \times 10^{-3} (M/l) \pm$		$PBC^k (me/100g) / (M/l) \pm$		$\Delta K_o (me/100g)$	
	K*	NK**	K	NK	K	NK
清 里	131.0	160.0	3.6	3.0	0.47	0.48
遠 軽	41.0	53.0	13.6	10.6	0.56	0.56
佐 呂 間	6.5	7.6	47.9	43.6	0.31	0.33
訓 子 府	29.8	41.0	10.7	8.8	0.32	0.36

註) *: Beckett法 ** : Beckett法変法

表5 (その1) えん麦栽培によるQ/I関係の経時的変化

項目 土壌	栽 植	$R_b \times 10^{-3} (M/l) \pm$			$PBC^k (me/100g) / (M/l) \pm$			$\Delta K_o (me/100g)$		
		36日	42日	49日	36日	42日	49日	36日	42日	49日
清 里	-	256.0	207.0	179.0	2.0	2.5	3.0	0.51	0.52	0.54
	+	31.0	11.0	5.2	6.4	7.5	7.1	0.20	0.08	0.04
遠 軽	-	58.0	62.8	60.0	12.6	10.4	13.0	0.73	0.65	0.78
	+	33.5	21.8	12.4	15.4	13.8	18.4	0.52	0.30	0.23
佐 呂 間	-	6.8	6.0	6.0	53.4	55.4	62.4	0.36	0.33	0.37
	+	4.3	2.8	2.4	57.3	60.4	67.2	0.25	0.17	0.16
訓 子 府	-	39.0	40.5	45.0	11.7	12.0	10.2	0.46	0.49	0.46
	+	11.0	4.0	2.0	16.5	16.6	17.7	0.18	0.07	0.04

註) - = 無栽培区 + = 栽培区

表5 (その2) 栽培区の無栽培区に対する減少率ないしは増加率(%)の推移

項目 土壌	日 数	R_b (減少率)*			PBC^k (増加率)**			ΔK_o (減少率)		
		36	42	49	36	42	49	36	42	49
清 里		87.9	94.7	97.1	220.0	200.0	136.7	60.8	84.6	92.6
遠 軽		42.3	65.3	79.3	22.2	32.7	41.5	28.8	53.8	70.5
佐 呂 間		36.8	53.4	60.0	7.3	8.3	7.7	30.6	48.5	56.8
訓 子 府		71.8	90.2	95.6	41.0	36.7	73.5	60.9	85.7	91.3

註) 減少率(%) = {(無栽培区 - 栽培区)/無栽培区} × 100

増加率(%) = {(栽培区 - 無栽培区)/無栽培区} × 100

表6 Beckett法変法によるQ/I関係(1974年)

項目 土壌	$R_b \times 10^{-3} (M/l) \pm$	PBC^k	$\Delta K_o (me/100g)$
清 里	112	5.1	0.57
遠 軽	56	15.0	0.84
佐 呂 間	12	38.2	0.46
訓 子 府	35	8.9	0.31

変化を示した。いずれの土壌でも作物栽培によって、 R_b 、 ΔK_o は経時的に減少し、 PBC^k は逆に増加することが明らかになった。無栽培区に対する栽培区の R_b の減少率、 PBC^k の増加率は清里が最も著しく、訓子府がそれに続き、以下、遠軽>佐呂間となり、無栽培区の PBC^k の大きい土壌ほどそ

て得られたQ/I曲線とその改良案としての変法にもとづくQ/I曲線を、表4には両法の R_b 、 PBC^k 、 ΔK_o をそれぞれ示した。 R_b は改良案法が、 PBC^k はBECKETT法が高い値を示したが、 ΔK_o は両法に大差ないことが明らかになった。また、 R_b 、 PBC^k 、 ΔK_o の土壌間差は両法で全く同一の傾向にあり、 R_b は清里>>遠軽>訓子府>>佐呂間、 PBC^k は佐呂間>>遠軽>訓子府>清里、 ΔK_o は遠軽>清里>訓子府>佐呂間の順となった。表5には1973年の作物栽培による R_b 、 PBC^k 、 ΔK_o の

れらの変動が緩慢である傾向が認められた。表6には改良案法による1974年でのQ/I関係を示したが、 R_b 、 PBC^k に関する土壌間差は1973年の結果と同様であり、 ΔK_o は訓子府と佐呂間の順位が逆転して佐呂間>訓子府となった。

5 えん麦の加里吸収経過と土壌中各形態加里の関係

図6にえん麦の加里吸収量と湿土の H_2O-K 、 NH_4 、 OA_c-K (いずれも無栽培区)、および R_b との関係を示した。なお、えん麦の加里吸収量は $^a/5000$ ポット当りと乾土100g当りを別個に図示した。 H_2O-K および R_b とポット当り吸収量との間に関係が認められるのは、1973年の36日目、1974年の31日

目、同様に乾土 100 g 当り吸収量との間に関係があったのは、1973 年の 49 日目、1974 年の 41 日目であり、これ以外の生育時期には明らかな関係が認められず、ポット当り、あるいは単位乾土当りいずれの表示法でも生育の比較的初期には吸収量と H_2O-K 、 aR_b^k とに關係のあることが明らかになった。 NH_4OAc-K と両表示法による吸収量との間に關係が認められるのは、両年とも H_2O-K との間で

みられた生育期よりも後期になっていた。

表 7 には、えん麦の生育期間内最高加里吸収量と土壌中の各形態加里含量、 ΔF 、 aR_b^k 、 PBC^k 、 ΔK_o などを示し、図 7 に最高加里吸収量と ΔK_o との關係を図示した。両年とも、ポット当り最高加里吸収量とでは、いずれの加里供給要因との間にも關係は認められなかったが、100 g 当り最高加里吸収量とでは、 ΔK_o との間に密接な關係が認めら

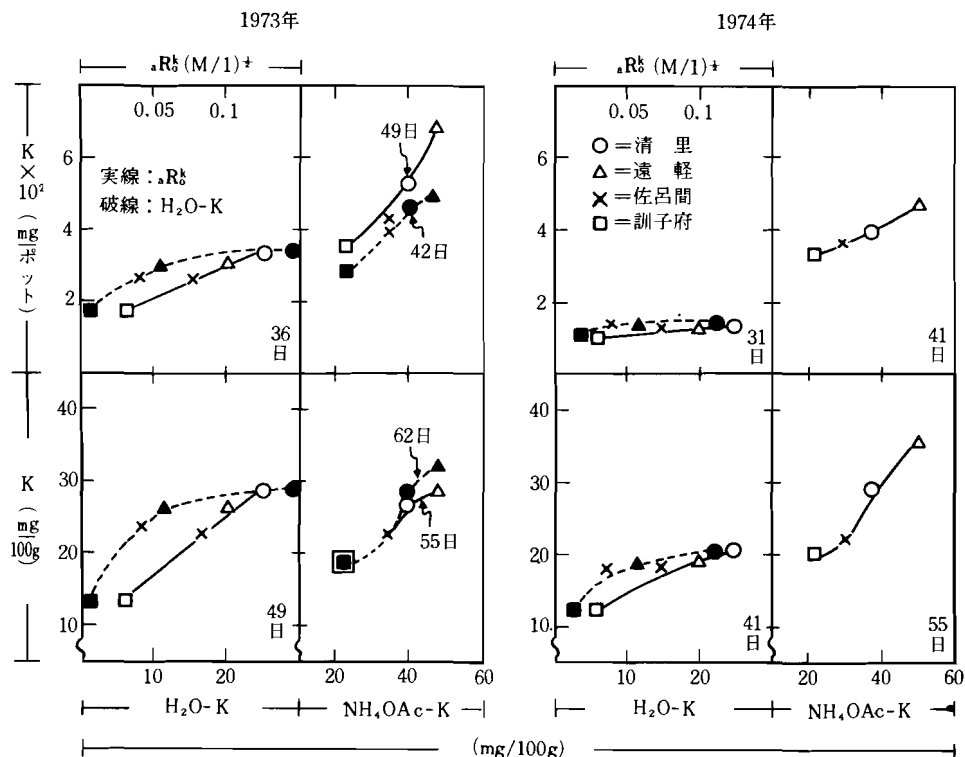


図 6 えん麦の加里吸収量と土壌中の H_2O-K 、 NH_4OAc-K 、 aR_b^k の関係

表 7 えん麦の生育期間内最高加里吸収量と土壌中の各種加里供給要因

年度	項目	K 吸収量*		H_2O-K **		NH_4OAc-K **		HNO_3-K	ΔF	Q/I 関係***		
		mg/ポット	mg/100g	生土	乾土	生土	乾土	(mg/100g)	(cal/mol)	$aR_b^k \times 10^{-3}$	PBC^k	ΔK_o
1973	清里	523	28.5	25.2	21.0	40.2	35.6	43.5	—	160	3.0	18.7
	遠軽	833	31.9	19.6	25.6	48.6	46.2	79.8	—	53	10.6	21.9
	佐呂間	486	18.4	6.0	6.8	22.4	23.1	50.8	—	7	43.5	11.8
	訓子府	431	22.5	15.0	16.7	35.5	36.6	47.3	—	42	8.8	14.4
1974	清里	603	31.6	23.9	—	36.4	—	—	-2526	112	5.1	22.3
	遠軽	1047	42.4	20.1	—	52.0	—	—	-2448	56	15.0	32.7
	佐呂間	780	27.8	6.3	—	21.2	—	—	-3134	12	38.2	17.9
	訓子府	469	24.1	14.6	—	30.1	—	—	-2705	35	8.9	12.3

註) * : 最高加里吸収量, ** : mg/100g, *** のうち ΔK_o は mg/100g

れ、 ΔK_0 の増加に伴って乾土 100 g当り最高加里吸収量は直線的に増加することが明らかになった。

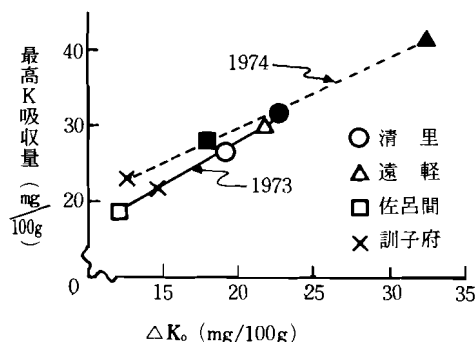


図7 えん麦の生育期間中最高加里吸収量と Q/I 関係によって算出した ΔK_0 の相互関係

IV 考 察

本試験では加里吸収量の表示法として、ポット当りと乾土 100 g当りの数値を用いたが、土壌間差の両法による相違をみると、前者では年度と生育期による変動が大きく、それに比べると後者は変動の小さいことが認められた。したがって、本試験のような条件下で土壌の加里供給特性を検討するには、後者の表示法が適していると考えられ、以下の考察にあたっては乾土 100 g当り吸収量の推移を対象として論じることにする。

同一土壌であってもポット当り乾土重が年度によって若干異なること、および土壌水分の維持管理方法(1973年は圃場から採取した時点での水分、1974年は圃場容水量の60%水分)が異なっていることなどにより、兩年の加里吸収経過も若干異なっているが、土壌間差はほぼ一定の傾向を示していた。すなわち、清里、訓子府では生育初期の加里吸収が旺盛で、その後の吸収量が少いのに対して、遠軽は比較の後期まで活発に吸収され、佐呂間でも生育初期の吸収量は少ないものの、後期の吸収が旺盛な特徴を持っている。一方、供試土壌の各形態加里含量およびその推移の特徴をみると、清里、訓子府は $H_2O\text{-}K$ の比率が高く、生育初期からこの部分の減少が著しい土壌で、1973年には42日目で $H_2O\text{-}K$ (湿土) が90%以上の減少率を示し、以後加里吸収量の頭うち傾向が認められた。遠軽

は、各形態加里がほぼ均等に含まれている上に $NH_4\text{-}OAc\text{-}K$ 、 $HNO_3\text{-}K$ 含量が他の土壌よりも多くなっていた。佐呂間は $H_2O\text{-}K$ が極端に少なく、 $\Delta HNO_3\text{-}K$ の占める比率が極めて高くなっており、 $H_2O\text{-}K$ もさることながら、 $\Delta NH_4\text{-}OAc\text{-}K$ 、 $\Delta HNO_3\text{-}K$ に対する依存度の高い土壌と考えられる。以上の結果からみて、 $H_2O\text{-}K$ の多少が生育初期の加里吸収を律しているものと考えることができる。この部分は土壌溶液中加里と密接な関係を持つ活性な加里であるが、水添加量の相違によって変動する不安定な部分でもあるため、その評価にあたっては注意を要する。すなわち、溶出する加里量は水添加量の増加に伴ない漸増することが認められ、その上、増加率が土壌によって異なっていることも明らかになったので、どのような水添加割合で土壌を比較するかが重要な課題となる。この点については水：土の平方根と溶出加里量との関係が直線関係として図示しうることと、その直線の勾配、および MENGEL ら⁶⁾が述べている土壌中の2：1型粘土鉱物の差異にもとづいた加里吸着選択性(2：1型粘土鉱物の加里置換基を p-position, e-position, i-position に分類し、それぞれの GAPON 係数からみて p-position が土壌溶液中加里と最も密接に関連していることを示す)とを関連づけて検討中である。

水抽出液に溶存する加里は固相に吸着保持されている加里と密接な関係を持つが、SCHOFIELD が ratio law の考え方を導入して以来、土壌の加里供給力を液相、固相間の置換平衡関係にもとづいて物理化学的に解析しようとする試みが数多くなされた^{12,11,12,13)}。その中で、WOODRUFF は飽水状態の土壌溶液をとり、加里によって石灰を置換するエネルギー (ΔF) を測定したが、諸遊⁷⁾は1：10水抽出液で ΔF を測定し、WOODRUFF の方法でえた値よりも若干高い数値を得ている。しかし、その差は微少であり、しかも、土壌間の差異は同一傾向を示していたので、1：10水抽出法でも加里の置換エネルギーの測定が充分可能であることを示唆している。本試験の結果によれば、無栽培区における1：10水抽出液の ΔF は清里＝遠軽＞訓子府＞佐呂間となり、 $H_2O\text{-}K$ 含量とほぼ同じ傾向を示し、採取時期による変動も小さかったが、栽培区では清里、訓子府の低下が著しく、播種後41日目でも早くも $-3,500 \text{ ca } 1/\text{mol}$ を下まわって、

WOODRUFFの言う加里欠乏をきたす状態となった。この結果は両土壌での1973年における加里吸収量がこの時期を境として頭うちとなる事実、および1974年における41日目以降の加里吸収量が遠軽、佐呂間よりも極端に少なくなる事実と対応するが、えん麦の加里含有率からみれば、この時期に加里欠乏になっていたとは考えられないので、WOODRUFFの提案した値は、むしろ加里吸収が極めて困難になる限界値とみなすべきであろう。以上のように、土壌中の H_2O-K 含量、 ΔF の変遷を知ることは、経時的な加里吸収経過の土壌間差異を解析する一手段として有効であると考えられるが、遠軽、佐呂間などの非火山性土壌で何故、後期に加里を積極的に吸収するのかと言う具体的な問題には、これらの手法からは回答を与えることができない。そこで、BECKETT²⁾により提唱された方法を若干改良した方法にもとづいて加里供給の強度因子と容量因子とからその点に考察を加えることにする。改良案としての変法は K^+ とイオン半径が類似し、土壌中でも同じような行動をとることが知られている $NH_4^{+14)}$ を加えた点がBECKETT法と異なっている。両法を比較すると、 $R\delta$ は改良案法が、 PBC^K はBECKETT法が大きい値を示すが、土壌間差は一定しており、その上、 ΔK_0 は両法でほとんど差がなく、むしろ改良案法はアンモニヤ態窒素の Q/I 関係を同時測定できる利点があるので、この方法にもとづいて考察を進めてもとくに支障はないものと考えられる。1973年と1974年とでは数値が若干異なるが、無栽培区の $R\delta$ は清里>>遠軽>訓子府>>佐呂間、 PBC^K は佐呂間>>遠軽>訓子府>清里となった。強度因子である $R\delta$ と可給態加里の指標となる ΔK_0 は作物を栽培することによって経時的減少し、とくに、清里、訓子府の減少率が著しいことは、 H_2O-K の減少率、および ΔF の低下が著しいことと対応していた。一方、強度因子の変化に対する緩衝力を示す PBC^K は岡島ら⁸⁾が認めているように、いずれの土壌でも作物栽培によって増加しており、無栽培区の PBC^K が小さい土壌ほど、また、 ΔHNO_3-K の少ない土壌ほど増加率が著しかった。佐呂間は $R\delta$ は低い、 PBC^K は非常に高い値を示しており、BECKETTの考えにもとづけば、作物によって吸収される活性な加里を補給する能力が極めて高い土壌であると言える。したがって、生育初期には活性な加里(土壌溶液中、

あるいは水溶性加里)の絶対量が相対的に少ないため加里吸収量も少なかったが、それを補う緩衝力が強い後期に至り積極的な加里吸収を可能ならしめる土壌であると考えることができよう。遠軽の PBC^K は佐呂間ほど高くないが、清里、訓子府よりは高く、 $R\delta$ も清里に次いで高い土壌であり、各形態加里含量の分布でも認められたように遠軽は生育全期を通じてバランスよく加里を供給しうる土壌である。以上のように、土壌の各形態加里の推移と Q/I 関係などの熱力学的平衡関係にもとづいた土壌の加里放出パターンとを作物の加里吸収パターンに対応させて説明しうることが明らかになった。

引き続き、土壌から作物がどの程度の加里を吸収することができるかと言う問題を各種形態加里との関係で検討する。化学的な加里の抽出測定法には、本試験で行なった方法の他に、METSON⁴⁾による0.01 N- HNO_3 の繰返し煮沸浸出法、GARMAN⁴⁾による0.01 N- HCl 連続浸透法、SCHULTEら⁴⁾による N_2 -TPB抽出法、諸遊⁷⁾による0.1 N- HCl 抽出法などがあり、それぞれ作物の加里吸収との関係で検討が加えられている。本試験の結果によれば、 H_2O-K 、 $R\delta$ は生育初期に作物の加里吸収量と関係のあることが認められたが、最高加里吸収量との関係はなかった。一方、 NH_4OA_c-K は H_2O-K よりも約10日後の加里吸収量と関係があり、1973年には、湿土の NH_4OA_c-K と最高加里吸収量(mg/100 g乾土)との関係も認められた。したがって、 H_2O-K と $R\delta$ は生育初期の加里供給力を知る上で有効な手法となり、 NH_4OA_c-K は前2者よりも後期の加里供給力を知るのに適した方法と考えられる。しかし、 HNO_3-K 、 ΔF 、 PBC^K と作物の時期別加里吸収量との関係は認められず、これらは加里吸収経過を説明するための一助とはなるが、有効態加里の指標としてはなお問題が残る。

Q/I 関係により算出された ΔK_0 が高い土壌ほど作物の最高加里吸収量も多くなることが両年に亘って認められ、両者は密接な関係にあることが明らかになった。1973年には湿土の NH_4OA_c-K と最高加里吸収量との間にも関係のあることを認めたが、1974年には認められず、その上、各土壌の NH_4OA_c-K は両年とも最高加里吸収量(mg/100 g乾土)、および ΔK_0 よりも高い値となった。BECKETT³⁾は NH_4

OA_c-Kの一部は作物に有効であるが、Q/I関係によって得られたイオンの置換平衡には従わないとしており、本試験の結果とも考え併わせれば、NH₄OA_c-Kを厳密な意味での加里供給力の指標とするには若干の疑問が残される。一方、△K_oは実験上のはん雑さが伴ない。また、作物の最高加里吸収量よりも低い値を示すなどの欠点もあるが、現時点では、ELSOKKARY⁵⁾も認めているように土壌の加里供給力を評価するのに最も優れた指標と考えられる。

引用文献

- 1) BARROW, N. J. "Nutrient potential and capacity. II. Relationship between potassium potential and buffering capacity and the supply of potassium to plants." Aust. J. Agric. Res. **17**, 849-861 (1966).
- 2) BECKETT, P. H. T. "Studies on soil potassium. II. The immediate Q/I relations of labile potassium in the soil". J. Soil Sci. **15**, 9-23 (1964).
- 3) _____, CRAIG, J. B. NAFADY, M. H. M. N and WATSON, J. P. "Studies in soil potassium. V. The stability of Q/I relations. Plant and Soil. **25**, 435-453 (1966).
- 4) 土壌養分測定委員会編, "肥沃度測定のための土壌養分分析法", 東京, 養賢堂, 1970. 264-276p.
- 5) ELSOKKARY, I. H. "Evaluation of potassium availability indexes and K-release of some soils of Egypt". Potash Rev. No. 8/9. Berne, Int. Potash Inst. 1973.
- 6) MENGEL, K. and HAEDER, H. E. "Potassium availability and crop production". Potash Rev. No. 11. Berne, Int. Potash Inst. 1973.
- 7) 諸遊英行, "土壌中におけるカリの有効性と飼料作物に対するカリの施用効果に関する研究". 中国農試報, E. **9**, 19-102 (1973).
- 8) 岡島秀夫, 松中照夫, "土壌のカリウム供給力測定法としての^aR^k, PBC^kの評価(その2) PBC^kについて", 土肥誌, **43**, 456-459 (1972).
- 9) 下野勝昭, 大垣昭一, "網走地方に分布する主要土壌の養水分供給力に関する研究, 第1報, 降水が土壌溶液中の養分の行動に及ぼす影響", 道農試集報, **29**, 119-130 (1974).
- 10) _____, _____, _____, 第3報, 土壌溶液中の加里が作物の加里吸収に及ぼす影響", 道農試集報, **31**, 1-13 (1975).
- 11) TAYLOR, A. W. "Some equilibrium solution studies on Rothamsted soils". Soil Sci. Soc. Am. Proc. **22**, 511-513 (1958).
- 12) TINKER, P. B. "Studies on soil potassium. III. Cation activity ratios in acid nigerian soils". J. Soil Sci. **15**, 24-34 (1964).
- 13) WOODRUFF, C. M. "The energies of replacement of calcium by potassium in soils". Soil Sci Soc. Am. proc. **19**, 167-171 (1955).
- 14) 吉田 稔, "土壌の吸着能に関する研究, 第3報, 塩基吸着基の吸着特性による分類とその分別定量", 土肥誌 **28**, 195-198 (1958).

Investigations on Nutrients and Water Supplying Powers of Typical Soils in the Abashiri District

4. Relations between potassium supplying power of soil and potassium absorption by a crop

Katsuaki SHIMONO* and Shooichi OOGAKI**

Summary

The authors carried out pot experiments to investigate relations between available potassium in soil and its absorption by oats from 1973 to 1974 by using four typical soils in the Abashiri district.

The results obtained were summarized as follows:

1. Kiyosato soil and Kunneppu soil were rich in water soluble potassium and high in a R_0^K , but poor in boiling nitric acid soluble potassium and low in PBC^K . It was recognized that the potassium supplying power of these soils was much more in the early stage than in the later stage of growth. But, the contrary tendency was recognized in Sarona soil. Engaru soil contained water soluble potassium, ammonium acetic acid soluble potassium and boiling nitric acid soluble potassium at the well-balanced rate; furthermore, it had much more of those contents than the other three soils and its supply of potassium to oats went on well over the entire growth stage.

2. As highly positive correlations were recognized between maximum potassium contents in the crop and ΔK_0 calculated from Q / I relations, the value of ΔK_0 was estimated as the most suitable index of available potassium in soil.

Remarks : a R_0^K : activity ratio (M / l)[‡]

PBC^K : potential buffering capacity (me / 100g) (M / l)[‡]

ΔK_0 : a $R_0^K \times PBC^K$ (me / 100g)

Q : quantity, I : intensity

* Hokkaido Prefectural Kitami Agricultural Experiment Station, Kunneppu, Hokkaido, 099-14, Japan.

** Ibid. (Present Address: Hokkaido Central Agricultural Experiment Station, Naganuma, Hokkaido, 069-13, Japan.