

施設畑土壌の塩基の溶解性

吉川 義一^{*}・吉田 徹志^{*}・山中 律^{**}・山崎 幸重^{**}

(^{*}農学部土壌学・肥科学研究室・^{**}高知県農林技術研究所)

Release of Bases from Greenhouse Soils in Water and Salt Solutions

Giichi YOSHIKAWA^{*}, Tetsushi YOSHIDA^{*}, Ritsu YAMANAKA^{**}, and Yukishige YAMASAKI^{**}

^{*}*Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture;*

^{**}*Kochi Institute of Agricultural and Forest Science*

Abstract : Release of bases from 21 greenhouse soils, taken at the end of cropping of strawberry, in water and salt solutions was studied. Larger amounts of Ca and Mg were released from most of the soils by shaking with M ammonium acetate than with M potassium chloride. The results suggest the presence of sparingly soluble salts and fertilizers containing Ca and/or Mg, which are specifically soluble in ammonium salt solutions, in the soils. Considerable amounts of bases were released from soils by shaking with distilled water. The ratios of the bases released to M ammonium acetate-soluble bases were in the order of $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{K}$. The amount of $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K})$ released was significantly correlated with nitrate N content of soils. Determination of bases in the bulk solutions when soils were shaken with a river water, containing 22.4 ppm of Ca, 1.8 ppm of Mg, and 0.83 ppm of K, showed that Ca content of soils was increased, Mg and K contents of soils were decreased with the treatment. The ratios of the decrease to M ammonium acetate-soluble bases were in the order of $\text{Mg} < \text{K}$. Some soils, however, Ca, Mg, and K contents of soils were decreased with the treatment. The ratios of the decrease to M ammonium acetate-soluble bases were in the order of $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{K}$.

Soils were incubated under submerged condition, then the release of soil bases into the bulk solutions was determined. Distilled water and the river water described above were used for submerging. Bases of soils were released markedly into the bulk solutions during the incubation. The ratios of the bases released to M ammonium acetate-soluble bases were in the order of $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{K}$. Markedly release of soil bases under submerged condition was attributed to the replacing effect of ferrous iron formed in the reducing condition on the exchangeable bases of soils. On the results, the effects of submerging of soils after cropping on the base status in greenhouse soils were discussed.

緒 言

水田利用の施設畑では栽培終了後、通常除塩を目的にして湛水处理、水稻栽培等がおこなわれる。施設畑において塩基に関して合理的な施肥あるいは土壌管理をおこなうためには、これらの作後処理が土壌塩基の状態にどのような影響を及ぼすかを明らかにする必要がある。本研究は施設畑土壌の塩基に対する作後の湛水の影響を明らかにするための予備的検討として、施設畑土壌の塩基の溶解性について二、三の実験をおこなったものである。

供試土壌と実験法

1. 供試土壌 高知県高岡郡佐川町の水田利用イチゴ栽培ハウスの作土層より栽培終了時に採取した21点の土壌(風乾細土)を供試した。イチゴ栽培における土壌管理と施肥, 土壌採取法, 土壌の理化学性等については前報¹⁾に記述している。

2. 実験法 下記の実験をおこなった。各塩基の定量は原子吸光分析法でおこなった。

1) 土壌5gにpH7.0のM酢安あるいはM塩化カリを50ml添加し, 25℃定温で1h振とう後濾過し, 濾液のCa, Mgを定量した。

2) 土壌10gに蒸留水あるいは河川水*100mlを添加し, 25℃定温で1h振とう後濾過し, 濾液のCa, Mg, Kを定量した。

3) 土壌10gに蒸留水あるいは河川水*40mlを添加し, 30℃で水田状態に1週間保った。振り混ぜた後直ちに濾過し, 濾液のCa, Mg, Kを定量した。

結果と考察

1. 塩溶液による土壌塩基の溶解性 Fig.1. とFig.2. はそれぞれCaとMgについてM酢安による浸出量とM塩化カリによる浸出量を比較したものである。カチオン交換性に関して NH_4^+ と K^+ は同等の作用をもつと考えられることから, 浸出されるCaとMgの量は両液で等しくなることが期待される。しかし, 図に示すよ

うに大部分の土壌で浸出量はM塩化カリ<M酢安となる。この傾向はCaにおいて著しく, 土壌についてはpH, 飽和度等から塩基過剰の傾向にあると考えられる土壌で顕著である。

Table 1. は各種のCa, Mg塩試薬, Ca, Mg含有肥料について25℃定温, 1h振とうの条件でM塩化カリ, M酢安, および蒸留水による溶解性を検討した結果を示したものである。大部分の塩試薬および肥料でCa, Mg溶解量に蒸留水<M塩化カリ<M酢安の関係が認められる。共通イオンを含まない中性塩類の共存により難溶性塩類の溶解性が増大する現象は「塩類効果」として知られているが, アンモニウム塩溶液は塩類効果のほかにCa, Mg含有塩類, 肥料に特異な溶解作用をもつと考え

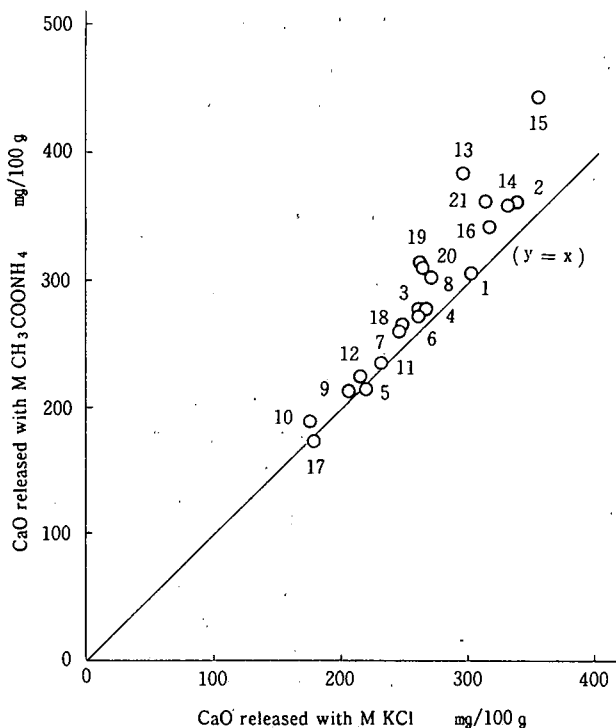


Fig. 1. Amount of calcium released from soils with salt solutions

* 物部川より採取した清澄な水。旧国道55線・物部川橋下で1984年11~12月に採取。

られる。溶成リン肥に対するアンモニウム塩溶液の特異的溶解作用については吉川・門田²⁾の報告がある。リン酸アンモニウムマグネシウムとリン酸一水素マグネシウムについては、上記の関係と異なり Mg 溶解量は M 塩化カリ > M 酢安であり、M 酢安中で Mg 溶解量は低い値を示す。リン酸アンモニウムマグネシウムについては共通イオン (NH_4^+) 効果による溶解性の低下が、リン酸一水素マグネシウムについては酢安との反応によるリン酸アンモニウムマグネシウムの生成が関係していると考えられる。

酢安溶液の Ca, Mg 含有難溶性塩あるいは肥料に対する特異的溶解作用および土壌からの Ca, Mg 浸出量における

M 塩化カリ < M 酢安の関係は、施用された炭酸苦土石灰、溶成リン肥等の難溶性肥料の一部がそのままの形で土壌に存在すること、二次的生成の難溶性 Ca, Mg 塩が土壌に集積していることを示唆する。土壌からの Ca, Mg 浸出量において M 塩化カリ < M 酢安の関係が顕著に認められる土壌は前

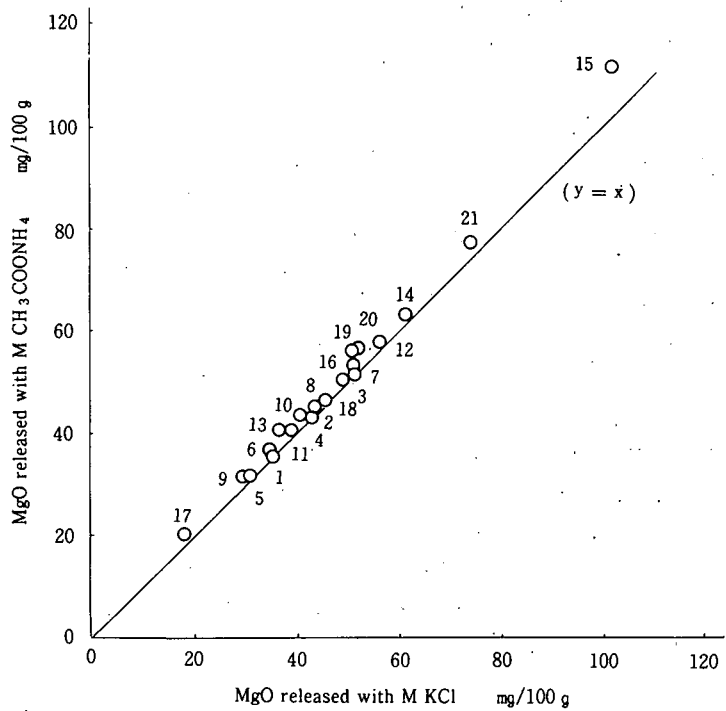


Fig. 2. Amount of magnesium released from soils with salt solutions

Table 1. Amounts of Ca and Mg released from sparingly soluble salts and fertilizers with M KCl and M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$

Materials	CaO released mg / 100ml			MgO released mg / 100ml		
	Water	M KCl	M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$	Water	M KCl	M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$
CaCO_3	0.97	2.2	50.6			
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	2.7	9.6	23.6			
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0.13	0.87	5.3			
$(\text{MgCO}_3)_4\text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$				4.0	10.7	147.7
$\text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$				21.1	37.7	19.8
$\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$				1.1	14.6	12.6
$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$				1.1	3.4	65.7
Fused magnesium phosphate* (-0.25mm)	0.80	1.4	26.9	0.38	0.71	14.4
(0.25—1mm)	0.39	0.66	13.1	0.22	0.35	7.5
Calcium-magnesium carbonate**	0.83	2.9	35.5	0.14	0.33	1.3
Calcium-magnesium silicate***	2.3	4.3	10.3	0.00	0.05	0.66

* Yōsei-rinpi (Hinode-kagakukōgyō)

** Kudo-tansansekai (Furuta-sangyo)

*** Keisan-Kudosekkai (Furuta-sangyo)

Remarks : Each material, 200mg as CaO, MgO, or alkalinity (fertilizers), was shaken with 100ml of M KCl, M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$, or distilled water for 1h at 25°C and Ca and/or Mg released were determined.

報¹⁾で示したように炭酸苦土石灰や溶成リン肥の施用量が多く、高い pH、塩基飽和度を示し、塩基過剰傾向にあると考えられる。土壌の pH が高く、交換性 Ca, Mg 含量が高い条件、あるいはこれらが増大する条件で炭酸苦土石灰、溶成リン肥等の溶解が抑制され、一部がそのまま土壌中に存在することが考えられる。一方、前報¹⁾に示したように供試土壌は一般に Ca 結合型リン酸の含量が高い。リン酸塩を主体にした種々の難溶性 Ca, Mg 塩が土壌中で二次的に生成し集積していることが考えられる。施設畑土壌においては、交換性 Ca, Mg のほか上記のような土壌と未反応の肥料、二次的生成塩等の固相 Ca, Mg が液相の Ca, Mg と複雑な平衡系を形成していると考えられる。土壌の交換性塩基は通常 M 酢安で浸出し定量される。多量施肥が繰り返される施設畑土壌については、交換性 Ca, Mg 定量値に難溶性塩、肥料に由来する Ca, Mg が含まれる可能性のあることに注意する必要がある。

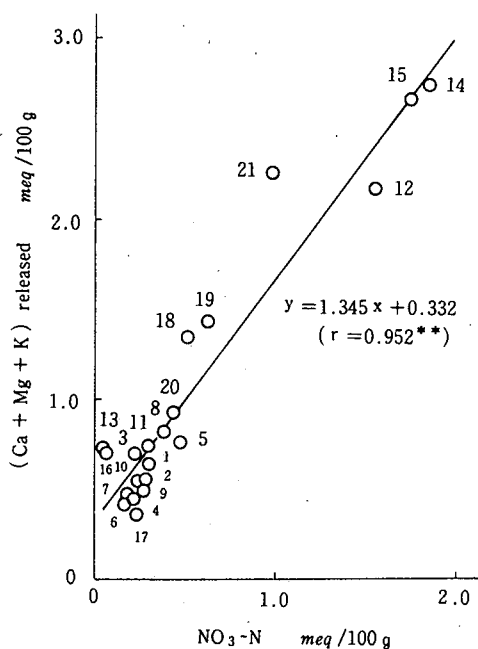


Fig. 3. Relationship between nitrate content in soils and amounts of bases released from soils with distilled water

Table 2. Amounts of bases released from soils by shaking with distilled water and ratios of the bases released to M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -soluble bases

Soil No.	CaO released		MgO released		K ₂ O released	
	mg / 100g*	%	mg / 100g*	%	mg / 100g*	%
1	11.6	3.8	2.3	6.6	5.1	17.3
2	9.3	2.6	2.2	4.9	5.2	16.7
3	8.2	3.0	2.8	5.7	12.5	21.1
4	6.0	2.2	1.9	4.4	6.5	17.1
5	11.6	5.5	3.2	10.1	8.9	24.4
6	6.4	2.3	2.0	5.4	4.2	15.3
7	6.8	2.6	2.6	4.6	5.2	15.3
8	13.0	4.3	3.3	7.4	8.9	21.0
9	5.8	2.7	1.3	4.3	10.2	21.0
10	5.5	3.0	2.1	4.9	11.8	23.1
11	9.4	4.0	2.8	6.9	12.5	24.9
12	29.0	13.0	12.8	22.5	23.5	37.0
13	11.5	3.1	2.3	6.0	9.8	22.4
14	42.0	12.1	11.7	18.6	31.3	32.8
15	29.9	6.8	13.3	12.1	43.0	35.0
16	8.7	2.6	2.3	4.3	13.1	18.6
17	6.5	3.8	1.1	5.7	2.9	15.3
18	20.3	7.7	6.0	13.0	15.7	29.0
19	21.3	6.8	6.7	12.1	15.7	30.1
20	13.5	4.4	4.2	7.5	11.0	24.0
21	33.2	9.2	12.7	16.4	21.1	32.2

* Oven-dry soil

2. 蒸留水および河川水による土壌塩基の溶解性 Table 2. は土壌塩基の蒸留水による溶解量と溶解割合 (M 酢安による溶解量に対する割合) を示したものである。かなりの量の塩基が蒸留水によっても溶解する。溶解割合はどの土壌においても $\text{Ca} < \text{Mg} < \text{K}$ である。

Fig. 3. は $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K})$ 溶解量と土壌の硝酸態 N 含量の関係を示したものである。両値の間に有意の高い相関が認められる。蒸留水による土壌塩基の溶解には溶解, カチオン交換等の反応が複雑に関与すると考えられるが, この結果は, 土壌塩基の蒸留水による溶解に硝酸塩を主体にした水に易溶の Ca , Mg , K の塩類が大きく関与していることを示している。

Fig. 4. は土壌に添加した河川水と振とう後の液相の塩基組成を, Table 3. は河川水との振とうによる土壌の塩基含量の増減と減少した場合の減少割合 (M 酢安可溶塩基に対する割合) を示したものである。振とう後の液相の $(\text{Ca} + \text{Mg} + \text{K})$ は, 蒸留水による塩基溶解量が比較的多い土壌で河川水よりも高く, 蒸留水による塩基溶解量が比較的低い値を示す土壌で河川水よりも低くなる傾向

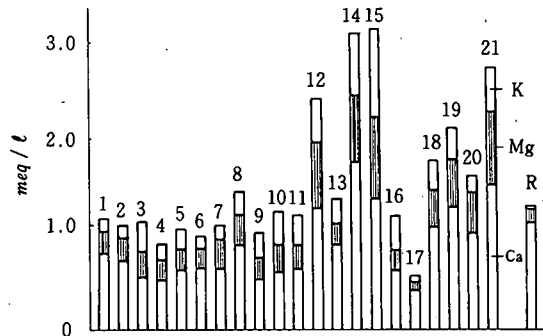


Fig. 4. Composition of bulk solutions after shaking of soils with river water.

R: river water used

Table 3. Increase (+) or decrease (−) in the base content of soils by shaking with a river water and ratios of the decrease to M $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ -soluble bases

Soil No.	CaO	MgO	K ₂ O	Decrease %		
	mg / 100g*	mg / 100g*	mg / 100g*	CaO	MgO	K ₂ O
1	+ 9.1	− 1.9	− 5.3		5.4	18.0
2	+11.6	− 1.9	− 5.4		4.4	17.4
3	+16.2	− 2.6	−13.2		5.3	22.4
4	+17.5	− 1.4	− 7.2		3.4	18.8
5	+14.3	− 1.9	− 8.0		6.1	21.9
6	+13.7	− 1.4	− 4.8		4.1	17.7
7	+13.7	− 3.2	− 6.0		6.2	17.7
8	+ 6.6	− 3.6	− 9.7		8.3	23.0
9	+16.0	− 0.9	−11.8		2.9	24.3
10	+15.0	− 3.2	−14.5		7.8	28.5
11	+13.8	− 2.2	−13.7		5.7	27.2
12	− 4.3	−11.4	−20.2	1.9	20.2	31.8
13	+ 6.7	− 1.9	−10.2		5.4	23.1
14	+18.5	−11.3	−29.4		18.5	30.8
15	− 7.4	−15.0	−43.7	1.7	14.7	35.5
16	+14.5	− 1.6	−14.9		3.1	21.2
17	+20.7	+ 1.2	− 2.3			12.1
18	+ 1.2	− 4.9	−12.9		10.8	23.8
19	− 4.6	− 7.4	−13.5	1.5	14.5	25.8
20	+ 3.2	− 5.7	− 7.0		10.9	15.3
21	−11.7	−12.5	−20.6	3.3	16.8	31.4

* Oven-dry soil

がある。各塩基についてみると、大部分の土壌において液相のCa濃度は河川水に比べて低く、Mg、Kの濃度は高く、河川水との接触により土壌のCa含量は増大し、MgとKの含量は減少することが認められる。減少割合はMg < Kである。しかし、蒸留水による塩基溶解量の多い一部の土壌については、液相の各塩基の濃度はいずれも河川水に比べて高くなる。これらの土壌においては河川水との接触により各塩基の含量はいずれも減少することが認められる。減少割合はCa < Mg < Kである。土壌が河川水と接触した場合の塩基の固相・液相間の移動には水に易溶の塩類の溶解、土壌の交換性塩基あるいはカチオンと河川水の塩基の間のカチオン交換反応等が複雑に関与すると考えられ、土壌により上記のように塩基移動の様態が異なる。しかし土壌におけるCa/Mg、Ca/K、Mg/Kの各当量比は、河川水との接触により一般に増大する方向に変化することが認められる。

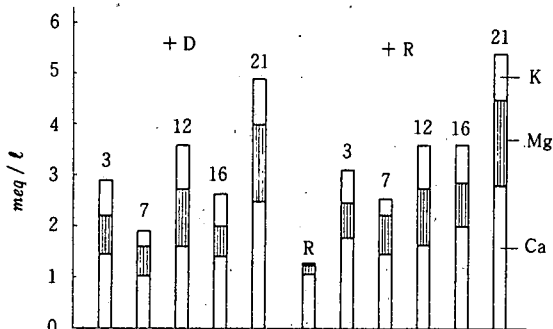


Fig. 5. Composition of bulk solutions after incubation of soils under submerged condition. D: distilled water, R: river water

Table 4. Ratios of the bases released under submerged condition to MCH_3COONH_4 -soluble bases

Soil No.	Water added*	CaO	MgO	K ₂ O
		%	%	%
3	D	6.3	13.5	21.7
	R	3.0	9.4	21.1
7	D	4.6	9.7	16.0
	R	1.6	10.6	17.1
12	D	8.5	17.0	27.3
	R	2.9	14.7	27.3
16	D	4.8	10.0	18.3
	R	3.2	11.5	20.7
21	D	8.0	16.5	26.8
	R	5.5	17.5	26.2

* D: Distilled water, R: River water

3. 水田状態における土壌塩基の溶解性 Fig. 5. は土壌に蒸留水あるいは河川水を加え水田状態に保った場合の液相の塩基組成を示したものである。蒸留水を加え水田状態に保つと土壌塩基の液相への溶出がおこる。河川水を添加した場合も同様に溶出がおこり、液相の各塩基の濃度は河川水よりも著しく高くなる。この結果は先に示した振とう実験の結果と異なっている。湛水土壌中のカチオン交換反応については川口・川地^{3,4)}の報告があるが、水田状態における塩基の著しい溶出には還元条件下で生成した2価鉄イオン、2価マンガンイオン、特に前者が重要な役割をもつと考えられる。生成した2価鉄イオンは土壌に吸着され塩基を交換浸出して各塩基の液相に存在する割合を増大させると考えられる。Table 4. はM酢安可溶塩基量を基準にして各塩基の液相への溶出割合を求めたものである。溶出割合にCa < Mg < Kの関係が認められる。水田利用の施設畑では栽培終了後ある期間水田状態に保たれることが多い。塩基の溶出性における上記の順位は、水田状態に保つことが塩基溶脱を促進するのみならず、土壌におけるCa/Mg、Ca/K、Mg/Kの各当

量比を増大させることを示している。この影響は施設畑における塩基に関する土壌管理を考える上で注意すべき重要な事項であると考えられる。

要 約

施設畑土壌の塩基に対する作後の湛水の影響を明らかにするための予備的検討として、イチゴ栽培ハウスの作土層より採取した21点の土壌（風乾細土）を供試し、これらの土壌の塩基の溶解性について検討した。

1) M酢安で浸出して測定したCa, MgとM塩化カリで浸出して測定したCa, Mgの間に差があり、大部分の土壌でM酢安>M塩化カリとなった。この傾向はCaにおいて著しく、土壌についてはpHが比較的高く塩基過剰傾向にあるとみられる土壌で顕著であった。

2) 1)について、土壌中に集積しているリン酸塩を主体にした難溶性Ca, Mg塩および土壌と未反応のまま残存しているCa, Mg含有難溶性肥料の一部が酢安溶液によって特異的に溶解されることによっておこると考察した。

3) 蒸留水を加えて振とうするとかなりの量の塩基が溶解する。溶解した塩基のM酢安可溶塩基に対する割合はCa<Mg<Kであった。

4) 蒸留水による(Ca+Mg+K)溶解量と土壌の硝酸態N含量の間に高い相関が認められた。

5) 大部分の土壌で、河川水との振とうにより土壌のCa含量は増大し、Mg, K含量は減少することが認められた。減少量のM酢安可溶塩基に対する割合はMg<Kであった。

6) 蒸留水による塩基溶解量の多い一部の土壌については、河川水との振とうにより土壌の各塩基の含量はいずれも減少することが認められた。減少量のM酢安可溶塩基に対する割合はCa<Mg<Kであった。

7) 蒸留水あるいは河川水を加えて土壌を水田状態に保つと、各塩基の液相への溶出が顕著におこる。溶出量のM酢安可溶塩基に対する割合はCa<Mg<Kであった。

8) 水田状態における土壌塩基の液相への著しい溶出には、還元条件下で生成する2価鉄イオンが大きく関与すると考えられる。

文 献

- 1) 吉川義一・吉田徹志・山中 律：施設畑土壌における糞分集積実態 イチゴ連作土壌についての一調査, 高知大学研報 (農学), 34, 9~27 (1985)
- 2) 吉川義一・門田治幸：溶成リン肥の水・塩類溶液による溶解特性, 高知大学研報 (農学), 23, 75~85 (1974)
- 3) 川口桂三郎・川地 武：土壌の湛水下および乾燥過程におけるカチオン交換反応の意義 湛水土壌中のカチオン交換反応について (第1報), 土肥誌, 40, 89~95 (1969)
- 4) 川口桂三郎・川地 武：湛水土壌の乾燥による交換性カチオン組成の変化 湛水土壌中のカチオン交換反応について (第2報), 土肥誌, 40, 177~183 (1969)

(昭和61年9月30日受理)

(昭和61年12月27日発行)

