

2.4 飼料用トウモロコシにおける最大収量確保技術の検討

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○柳田知夏、和氣貴光、沼野井憲一

研究期間：平成 28(2016)年度～令和 2(2020)年度 予算区分：県単

1. 目的

輸入粗飼料価格の長期的な高騰により自給粗飼料の増産の重要性は高まっているが、本県の自給粗飼料の主力である飼料用トウモロコシの栽培面積、単収ともに横ばい、ないしは漸減傾向にある。多様な品種や温暖化等による異常気象の増加の影響もある中、本県における飼料自給率向上のため、飼料用トウモロコシの最適な栽培技術を確立することを目的として試験を実施した。

2. 方法

(1) 播種時期の検討

ア 試験区（4区）：4月中旬（4/17）、4月下旬（4/23）、5月中旬（5/16）、5月下旬（5/30）

イ 品種：早生品種（P0640）、中晩生品種（32F27）

ウ 株間：20cm、条間：75cm、堆肥散布量：3t/10a、施肥量（N-P₂O₅-K₂O）：各 12kg/10a

(2) 栽植密度の検討

ア 試験区（4区）：17cm(7,844 株/10a)、20cm(6,667 株/10a)、23cm(5,797 株/10a)

イ 品種：早生品種（P0640）、中晩生品種（32F27）

ウ 条間：75cm、堆肥散布量：3t/10a、施肥量（N-P₂O₅-K₂O）：各 12kg/10a

エ 播種日：6/4

(3) 畝方向の検討

ア 畝方向：東西方向、南北方向

イ 品種：P2088、株間：18.5cm、畝間：70cm

ウ 播種日：4/26

3. 結果の概要

(1) 播種時期の検討

ア 早生品種（P0640）、中晩生品種（32F27）ともに、4月中旬の収量が最も高い傾向にあった。特に中晩生品種は、4月中旬が5月中旬および下旬より乾物収量が有意に高かった（表1）。

イ 4月中旬および下旬では、中晩生品種が早生品種より収量が高かったが、5月中旬および下旬では早生品種が中晩生品種より収量が高かった（表1）。

(2) 栽植密度の検討

ア 有意差はなかったが早生品種（P0640）、中晩生品種（32F27）ともに、株間 23cm は 17cm および 20cm より収量が低かった（表2）。

イ 中晩生品種の稈径は 23cm が 17cm より有意に大きかった（表2）。

(3) 畝方向の検討

ア 東西方向が南北方向より収量が高かった（表3）。

イ 南北方向は東西方向より反復間で収量にばらつきがみられた（表3）。

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

(1) 試験の内容について一部検討し、反復数を増やし結果検討する。

[具体的データ]

表1 播種時期における調査結果

品種	試験区	絹糸抽出期	稈長 ²⁾ (cm)	稈径 ²⁾ (mm)	生草収量 ²⁾ (t/10a)	乾物収量 ²⁾ (t/10a)	乾物率 (%)	雌穂重割合 ¹⁾ (%)	TDN収量 ²⁾ (t/10a)
P0640	4月中旬	7月8日	295 ^{ab}	25.7 ^b	6.40 ^b	2.26	38.4	58.6	1.67
	4月下旬	7月9日	275 ^a	23.9 ^{ab}	4.43 ^a	1.83	42.2	59.5	1.36
	5月中旬	7月19日	291 ^{ab}	24.6 ^{ab}	5.26 ^a	1.88	40.6	53.3	1.36
	5月下旬	7月29日	308 ^b	23.6 ^a	5.46 ^a	1.92	40.0	53.5	1.39
32F27	4月中旬	7月8日	316 ^{ab}	28.2 ^b	7.85 ^b	2.40 ^b	37.3	53.5	1.74 ^b
	4月下旬	7月9日	306 ^a	26.7 ^a	5.81 ^a	2.08 ^{ab}	41.6	50.8	1.50 ^{ab}
	5月中旬	7月21日	317 ^{ab}	28.2 ^b	6.15 ^a	1.73 ^a	35.2	52.5	1.25 ^a
	5月下旬	7月30日	324 ^b	25.8 ^a	5.94 ^a	1.77 ^a	37.1	50.0	1.27 ^a

1)有意差(<0.05)なし、2)異符号間に有意差(<0.05)あり

TDN収量は、茎葉乾物収量×0.582+雌穂乾物収量×0.85 で算出

表2 栽植密度における調査結果

品種	試験区	絹糸抽出期	稈長 ¹⁾ (cm)	稈径 ²⁾ (mm)	生草収量 ¹⁾ (t/10a)	乾物収量 ¹⁾ (t/10a)	乾物率 (%)	雌穂重割合 ¹⁾ (%)	TDN収量 ¹⁾ (t/10a)
P0640	17cm	8月3日	321	23.6	5.72	1.85	39.4	50.0	1.32
	20cm		320	24.6	5.89	1.94	39.5	50.7	1.39
	23cm		319	24.7	4.99	1.71	42.1	46.5	1.21
32F27	17cm	8月4日	337	26.7 ^a	6.94	1.90	36.7	45.1	1.34
	20cm		331	27.5 ^{ab}	6.30	1.75	34.9	50.1	1.26
	23cm		330	28.1 ^b	6.30	1.68	33.2	52.3	1.21

1)有意差(<0.05)なし、2)異符号間に有意差(<0.05)あり

※TDN収量は、茎葉乾物収量×0.582+雌穂乾物収量×0.85 で算出

表3 畝方向における調査結果

品種	試験区	絹糸抽出期	稈長 ²⁾ (cm)	稈径 ¹⁾ (mm)	生草収量 ¹⁾ (t/10a)	乾物収量 ¹⁾ (t/10a)	乾物率 (%)	雌穂重割合 ¹⁾ (%)	TDN収量 ¹⁾ (t/10a)
P2088	南北方向	7月10日	274 ^a	26.4	4.74	1.79	36.4	63.3	1.35
	東西方向		297 ^b	25.4	5.22	1.89	37.7	59.6	1.41

1)有意差(<0.05)なし、2)異符号間に有意差(<0.05)あり

※TDN収量は、茎葉乾物収量×0.582+雌穂乾物収量×0.85 で算出

2.5 イタリアンライグラスにおける最大収量確保技術の検討

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○和気貴光、柳田知夏、沼野井憲一

研究期間：平成28(2016)年度～令和2(2020)年度 予算区分：県単

1. 目的

輸入粗飼料価格の長期的な高騰により自給粗飼料の増産の重要性は高まっているが、本県の自給粗飼料の主力であるイタリアンライグラスの栽培面積、単収ともに横ばいから漸減傾向にある。多様な品種や温暖化等の影響もある中、本県における飼料自給率向上のため、イタリアンライグラスの最適な栽培技術を確立することを目的として試験を実施した。

2. 方法

(1) 播種時期の検討

ア播種時期（3水準） 2017年10月中旬（10/18）、10月下旬（10/26）、11月（11/3）

イ供試品種及び播種量 タチマサリ（早生品種）、2.5kg/10a（散播）

ウ施肥量 N-P₂O₅-K₂O 各10kg/10a

(2) 播種量の検討

ア播種時期 2017年10月18日

イ供試品種 タチマサリ（早生品種）

ウ播種量（4水準）1.5kg/10a、2.0kg/10a、2.5kg/10a、3.0kg/10a（散播）

エ施肥量 N-P₂O₅-K₂O 各10kg/10a

(3) 施肥量の検討

ア播種時期 2017年10月26日

イ供試品種及び播種量 タチマサリ（早生品種）、3.0kg/10a（散播）

ウ施肥量 N（5水準）8kg/10a、10kg/10a、13kg/10a、15kg/10a、17kg/10a

P₂O₅ 10kg/10a、K₂O 10kg/10a

各試験とも畜産酪農研究センター内試験地ほ場(栃木県那須塩原市千本松)にて、一番草収穫後にN-P₂O₅-K₂Oで各2kg/10aを追肥し、二番草まで調査を行った。

なお、播種時期と播種量は二元配置による乱塊法で、施肥量は一元配置による乱塊法で試験区を設定した。収量調査は4月26日（一番草）、5月28日（二番草）に実施した。

3. 結果の概要

播種時期と播種量について二元配置分散分析を実施したところ、一番草、二番草の収量に対し交互作用は認められなかった（*p*値：一番草0.999、二番草0.221）。よって、これら2要因はそれぞれ独立していると考えられたため、各要因についてもう一方の要因を排除した解析を行った。

(1) 播種時期の検討

一番草において、10月中旬区と10月下旬区の草丈及び収量に有意差はなく、一方、11月上旬区はどちらも有意に低かった（表1）。二番草では、11月上旬区が10月両区に比べ有意に高かったものの、総収量では10月区に及ばなかった（表1）。

(2) 播種量の検討

一番草及び二番草のどちらも、草丈及び収量は全ての区で有意差は認められなかった（表2）。ただし、1.5kg区が一番草では収量が低い傾向であった。一方、播種量の最も多い3.0kg区は2.0kg区や2.5kg区と同程度かやや低い傾向であった（表2）。

(3) 施肥量の検討

一番草の草丈及び収量は有意差がなかったが、収量はN13kg/10a程度まで増加する傾向であ

った。二番草では基肥が多くなるほど草丈及び収量が高くなる傾向が認められた。一番草及び二番草の硝酸態窒素濃度は、どちらにおいても基肥の増加に伴い指数関数的に増加し、特に一番草ではN15区以上で2,000mg/kg(DM)となった。

以上のことから、県北地域では、播種時期は10月下旬まで、播種量は2.0-2.5kg/10a、基肥量は収量と硝酸態窒素の観点からN13kg/10aが適切である可能性が示唆された。

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

(1) 当センターで得られた結果を基に、現地にて実証試験を行う。

[具体的データ]

表1 播種時期における調査結果

試験区	一番草			二番草			計
	草丈 ¹⁾	生草収量 ¹⁾	乾物収量 ¹⁾	草丈 ¹⁾	生草収量 ¹⁾	乾物収量 ¹⁾	総乾物収量 ¹⁾
	cm	kg/10a	kg/10a	cm	kg/10a	kg/10a	kg/10a
10月中旬	113 ^b	6,853 ^b	1,063 ^b	68 ^a	2,350 ^a	372 ^a	1,434 ^b
10月下旬	115 ^b	6,197 ^b	998 ^b	74 ^b	2,217 ^a	363 ^a	1,360 ^b
11月上旬	104 ^a	4,660 ^a	740 ^a	80 ^c	2,763 ^b	442 ^b	1,182 ^a

1)異符号間に有意差($p<0.05$)あり

表2 播種量における調査結果

試験区	一番草			二番草		
	草丈 ¹⁾	生草収量 ¹⁾	乾物収量 ¹⁾	草丈 ¹⁾	生草収量 ¹⁾	乾物収量 ¹⁾
	cm	kg/10a	kg/10a	cm	kg/10a	kg/10a
1.5kg	110	5,444	861	74	2,564	411
2.0kg	111	6,124	968	73	2,316	371
2.5kg	111	6,111	974	74	2,467	393
3.0kg	111	5,933	930	75	2,427	392

1)有意差($p<0.05$)なし

表3 施肥量における調査結果

試験区	一番草				二番草			
	草丈 ¹⁾	生草収量 ¹⁾	乾物収量 ¹⁾	硝酸態窒素濃度 ²⁾	草丈 ²⁾	生草収量 ¹⁾	乾物収量 ³⁾	硝酸態窒素濃度 ²⁾
	cm	kg/10a	kg/10a	ppm(DM)	cm	kg/10a	kg/10a	ppm(DM)
N 8	109	5,787	933	40 ^a	65 ^a	2,267	363 ^a	0 ^a
N10	110	7,213	1,091	139 ^{ab}	69 ^{ab}	2,213	348 ^a	0 ^a
N13	110	7,773	1,056	1,274 ^{bc}	83 ^{bc}	3,560	513 ^{ab}	109 ^b
N15	105	8,533	1,101	2,246 ^c	87 ^c	3,667	530 ^b	162 ^b
N17	105	8,453	1,044	3,562 ^c	92 ^c	3,907	531 ^b	773 ^b

1)有意差($p<0.05$)なし

2)異符号間に有意差($p<0.05$)あり、3)異符号間に有意差($p<0.1$)あり

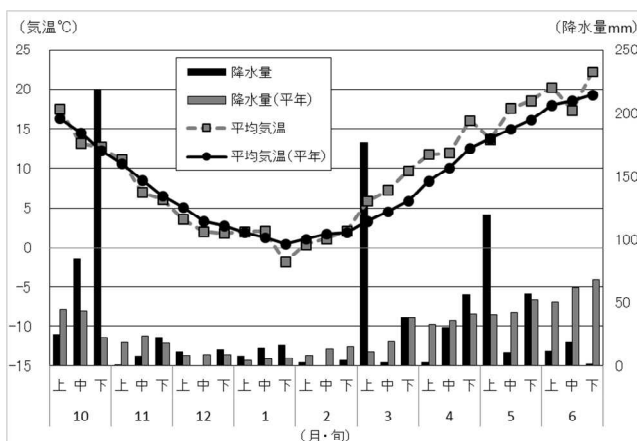


図 試験期間中(2017年10月~2018年6月)の気象概況

26 公共牧場実態調査 (永年牧草地への緩効性カリ資材施用による放射性セシウム低減技術の開発)

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○和気貴光、柳田知夏、沼野井憲一

研究期間：平成 28(2016)年度～平成 30(2018)年度（完了）

予算区分：県単

1. 目的

公共牧場等の永年牧草地において、放射性セシウム（RCs）抑制資材として塩化カリが施用されることが多いが、本資材は速効性で定期的投入する必要があり、管理労力の観点から現場での実行は難しい。そこで、省力化を図るため、溶出速度の緩やかな緩効性肥料の効果について調査を実施した。

2. 方法

- (1) 調査場所：県内公共牧場（平成 26 年度に除染後、土壤中交換性カリ含量の低下により牧草中 Cs 濃度が暫定許容値を超過した傾斜牧草地）、標高約 1,200mm、平均気温 8.1℃、普通黒ボク土。
- (2) 試験区：主資材として塩化カリ及び緩効性カリ肥料（直線型 70 日タイプ）を用い、下表のとおり塩化カリは分施(3 回)、緩効性カリは 1 回目に全量施用とした。また、副資材として牛ふん堆肥(K₂O 50kg/10a 相当)及びケイ酸カリ(K₂O 30kg/10a 相当)を用いた 2 元配置とした。ただし、無資材区（主資材、副資材ともに無し）は参考とし、反復なしの 1 区とした。

試験区	生育前 5 月 1 日	一番草後 6 月 12 日	二番草後 7 月 18 日	計
緩効性カリ区 (直線型 70 日タイプ)	10-10-30	—	—	10-10-30
塩化カリ区	3.3-3.3-10	3.3-3.3-10	3.3-3.3-10	10-10-30
(参考) 無資材区	—	—	—	—

※表記は N-P₂O₅-K₂O の成分値 kg/10a

- (3) 調査年月日：1 番草生育前（平成 30 年 5 月 1 日）、一番草収穫（6 月 12 日）、二番草収穫（7 月 18 日）、三番草収穫（8 月 21 日）、四番草収穫（9 月 27 日）
- (4) 調査項目：牧草 RCs 濃度、乾物収量、ミネラル含量（K₂O, MgO, CaO）
土壌 RCs 濃度、交換性カリ含量

3. 結果の概要及び考察

- (1) 牧草中 RCs 濃度について、緩効性カリ区は一定の低減効果が認められたものの、塩化カリ区と比較して抑制効果が低い傾向であった。特に、二番草及び三番草では給与上限である 50Bq/kg 超（水分 80%換算）で、堆肥及びケイ酸カリとの併用でも同様であった（表 1）。
- (2) 牧草の収量について、緩効性カリ区と塩化カリ区とで有意な差はなかった。堆肥の施用は増収効果が認められ、特に一番草で顕著であった（表 2）。
- (3) 土壤中カリ濃度については、区間のバラツキが大きかったものの、塩化カリ区及び堆肥区で高い傾向が認められた。牧草中テタニー比について、緩効性カリ区は塩化カリ区と比較して二番草以降で有意に低い値であった（表 3）。
- (4) 平成 30 年の試験期間中の気象状況は、梅雨明けが早く、夏季の日最高気温が度々 30℃を超えるなど（データ省略）、平均気温が高く推移した。そのため牧草の生育が旺盛となり（二番及び三番草の乾物収量は H28 比 115%、H29 比 128%）カリ要求量が増加した一方で、緩効性カリ資材の溶出量が充足しない、もしくは溶出ピークと合致せず、RCs 低減に十分なカリが供給さ

れなかったのではないかと考えられた。

以上のことから、公共牧場等の永年牧草地における放射性セシウム抑制対策として、緩効性カリ資材の施用は実用には、気象条件、土壌水分量等に適したタイプの資材を選択することが重要であることから、年々変動する気象条件やほ場条件に適当なものを選ぶのは実質難しい。

[具体的データ]

表1 牧草中RCs濃度及び移行係数の推移

資材名		RCs濃度 (Bq/kg : 水分80%換算) ¹⁾				土壌から牧草への移行係数 ²⁾			
主資材	副資材	1番草	2番草	3番草	4番草	1番草	2番草	3番草	4番草
緩効性カリ	なし	27.8	58.6	54.5	22.6	0.10	0.18	0.16	0.07
塩化カリ	なし	18.2	24.5	24.1	20.1	0.07	0.11	0.12	0.09
緩効性カリ	堆肥	16.4	47.8	56.4	12.7	0.05	0.13	0.15	0.04
塩化カリ	堆肥	19.3	49.2	60.9	13.9	0.06	0.13	0.16	0.04
緩効性カリ	ケイ酸カリ	30.9	72.3	67.8	30.5	0.14	0.33	0.32	0.14
塩化カリ	ケイ酸カリ	15.9	38.3	27.6	17.3	0.06	0.15	0.10	0.06
なし	なし	61.5	102.6	86.8	68.3	0.22	0.37	0.31	0.25
要因	主資材	0.106	0.075 [†]	0.053 [†]	0.527	0.085 [†]	0.044 [*]	0.028 [*]	0.511
	副資材	0.642	0.563	0.202	0.162	0.112	0.081 [†]	0.169	0.068 [†]
	交互作用	0.195	0.415	0.183	0.291	0.146	0.193	0.140	0.149

1) 採取日時での補正值を使用

2) 移行係数 = 牧草中RCs(水分80%換算) / 土壌中RCs

† : 10%水準、* : 5%水準でそれぞれ有意差あり

表2 牧草の乾物収量推移

資材名		乾物収量 (kg/10a)				
主資材	副資材	1番草	2番草	3番草	4番草	計
緩効性カリ	なし	262	265	231	74	831
塩化カリ	なし	176	249	338	88	851
緩効性カリ	堆肥	364	252	293	99	1,008
塩化カリ	堆肥	372	280	376	85	1,113
緩効性カリ	ケイ酸カリ	224	222	248	84	779
塩化カリ	ケイ酸カリ	234	236	300	95	865
なし	なし	217	202	144	85	648
要因	主資材	0.843	0.178	0.023 [*]	0.504	0.049 [*]
	副資材	0.011 [*]	0.262	0.160	0.343	0.002 ^{**}
	交互作用	0.852	0.926	0.872	0.227	0.939

* : 5%水準、** : 1%水準でそれぞれ有意差あり

表3 土壌中の交換性カリ含量及び牧草中のテタニー比推移

資材名		土壌中交換性カリ含量 (mg/100g乾土)					テタニー比			
主資材	副資材	生育前	1番草	2番草	3番草	4番草	1番草	2番草	3番草	4番草
緩効性カリ	なし	9.1	9.5	13.6	9.6	10.1	2.0	2.9	2.5	3.4
塩化カリ	なし	12.3	12.9	15.7	10.1	11.3	2.2	3.5	3.1	3.6
緩効性カリ	堆肥	12.1	18.3	19.9	8.6	19.4	2.2	2.8	2.5	2.7
塩化カリ	堆肥	27.3	19.2	16.8	8.8	14.6	2.4	3.4	2.7	3.2
緩効性カリ	ケイ酸カリ	8.4	7.9	9.5	10.2	9.9	1.5	2.5	1.9	2.6
塩化カリ	ケイ酸カリ	15.0	7.9	14.8	10.0	9.7	2.1	3.3	3.0	3.3
なし	なし	10.0	11.4	8.2	6.6	11.2	1.0	1.1	1.0	1.5
要因	主資材	0.074 [†]	0.870	0.560	0.044 [*]	0.889	0.174	0.035 [*]	0.037 [*]	0.040 [*]
	副資材	0.066 [†]	0.084 [†]	0.372	0.156	0.036 [*]	0.317	0.583	0.518	0.085 [†]
	交互作用	0.257	0.899	0.615	0.873	0.438	0.667	0.965	0.489	0.547

† : 10%水準、* : 5%水準でそれぞれ有意差あり

2.7 草地のカリ適正化のための対策技術の開発

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○柳田知夏、和氣貴光、沼野井憲一

研究期間：平成 30(2018)年度～令和 2(2020)年度

予算区分：受託

1. 目的

永年牧草は他の作物より放射性セシウム(RCs)の移行係数が高いため、草地更新(耕起)及び加里質肥料の施肥が指導されてきた。しかし、加里質肥料の施肥は牧草中のカリウム濃度を上昇させ、グラスタニーや乳熱など牛の健康への影響が懸念されることからミネラルバランスを考慮した適切な施肥管理技術が求められている。そこで、事故後の耕起回数が異なる牧草地において、土壌のカリ水準を変えた施肥試験を行い、牧草への RCs の移行係数やミネラルバランスに与える影響を調査する。

2. 方法

(1) 調査場所

畜産酪農研究センター内の事故後更新 1 回目、及び更新 2 回目の永年牧草地(普通黒ボク土)

(2) 試験区

更新 1 回目及び 2 回目の草地に以下の試験区を設置

K0 区：カリ未施用

K20 区：土壌中交換性カリが 20mg/100g になるように調整 (作土層 15cm)

K40 区：土壌中交換性カリが 40mg/100g になるように調整 (作土層 15cm)

(3) 調査項目

牧草：RCs 濃度、生草収量、乾物収量、ミネラル含量

土壌：RCs 濃度、交換性陽イオン含量

3. 結果の概要

- (1) 牧草中 RCs 濃度は、一番草では更新 1 回目、2 回目ともに低く区間に差は認められなかった。二番草から三番草にかけて RCs 濃度が上昇し、その傾向は更新 2 回目より 1 回目で顕著であった。三、四番草の RCs 濃度は更新 1 回目より 2 回目の区で低かった (表 1)。
- (2) 二番草以降の牧草中 RCs 濃度について、更新 1 回では試験区間における差はなかったが、更新 2 回目では二番草及び三番草で K40 区が有意に低かった (表 1)。
- (3) RCs の移行係数について、有意差はないがカリ施用量が多いほど Cs の移行係数が低く、更新 1 回目より 2 回目のほうが顕著であった。更新 2 回目の K40 区は、他の区より牧草中 RCs 濃度が上昇せず、四番草まで低濃度を維持していた (表 2)。
- (4) 土壌中交換性カリ含量に対する移行係数は、更新 1 回、2 回ともに 25mg/100g を下回ると高くなり、とくに更新 1 回で高い傾向であった (図)。

4. 今後の問題点と次年度以降の計画

- (1) 次年度も同様の試験を実施し、更新 2 年目の草地における RCs 濃度等を調査する。

本研究は、農林水産省農林水産技術会議による委託プロジェクト研究「食糧生産地域再生のための先端技術展開事業のうち現地実証研究委託事業 (カリ適正化)」の補助を受けて行った。

[具体的データ]

表1 牧草中 RCs 濃度

更新回数	試験区	一番草 ¹⁾	二番草 ²⁾	三番草 ²⁾	四番草 ¹⁾
		(Bq/kg)			
1回	K0区	12.3	26.4	47.9	44.0
	K20区	11.2	24.4	42.2	40.8
	K40区	7.2	14.3	35.7	33.3
2回	K0区	8.9	19.5 ^b	27.5 ^b	17.9
	K20区	7.1	16.3 ^b	20.0 ^{ab}	20.5
	K40区	5.8	7.4 ^a	10.0 ^a	12.5

1)有意差(<0.05)なし、2)異符号間に有意差(<0.05)あり

表2 RCs の移行係数

更新回数	試験区	一番草 ¹⁾	二番草 ¹⁾	三番草 ¹⁾	四番草 ¹⁾
1回	K0区	0.0033	0.0080	0.0080	0.0134
	K20区	0.0028	0.0054	0.0118	0.0101
	K40区	0.0011	0.0038	0.0074	0.0081
2回	K0区	0.0035	0.0137	0.0229	0.0170
	K20区	0.0035	0.0122	0.0152	0.0139
	K40区	0.0021	0.0055	0.0080	0.0092

1)有意差(<0.05)なし

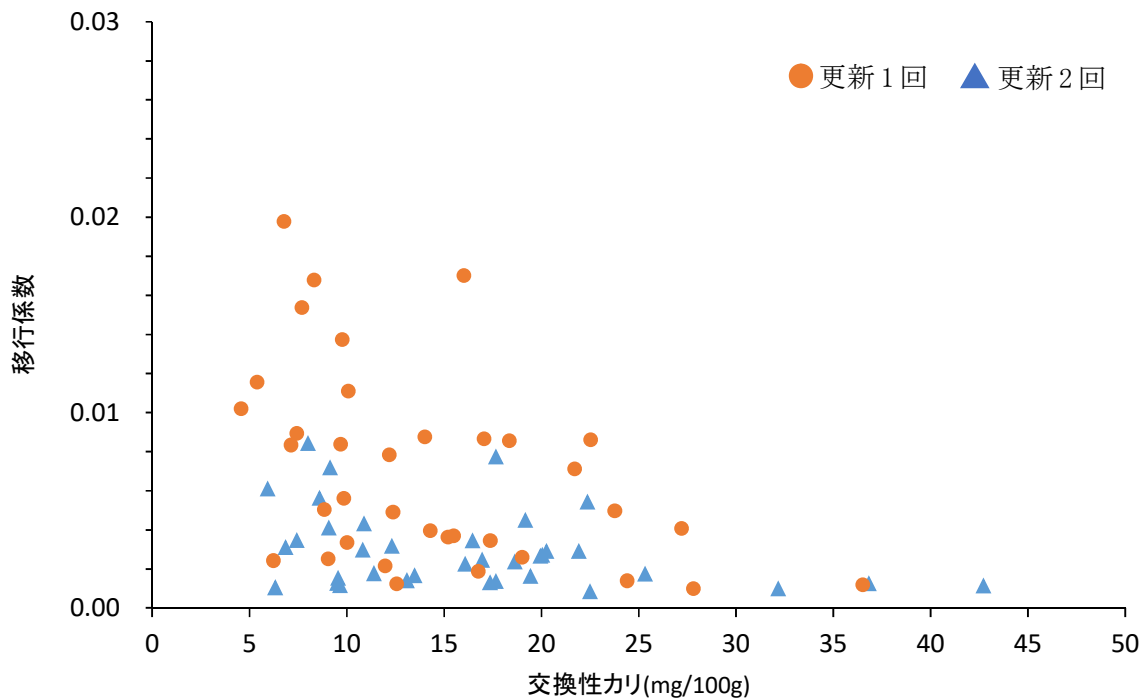


図 RCs 移行係数と交換性カリ含量の関係