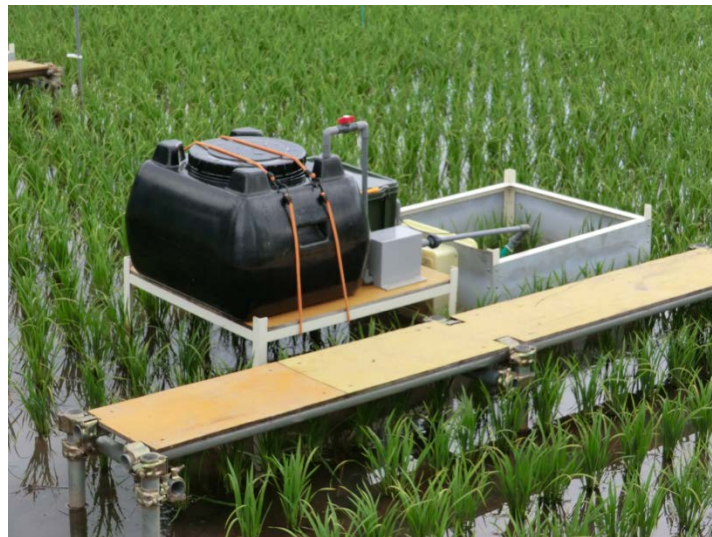


# 水田土壌のカリ収支を踏まえた水稲の カリ適正施用指針

## 別冊：水稲カリ減肥指針の策定に関する資料集



ポット試験で発現させた水稲のカリ欠乏



用水のカリ供給能を正確に評価できる枠試験装置

農林水産省委託プロジェクト研究  
「生産コストの削減に向けた効率的かつ効果的な施肥技術の開発」  
(2015～2019)  
適正施肥技術コンソーシアム

# 目次

	ページ
1. はじめに	1
1-1 新たな水稻のかり適正施用指針	1
1-2 本冊子について	2
2. 調査内容と結果の概略	
2-1 減肥栽培試験	3
2-2 かり収支の算定	4
2-3 用水の水質と実浸透水およびかり供給量	5
3. 各県における調査結果とかり施肥指針案	
3-1 要約	8
3-2 山形県の事例	9
3-3 新潟県の事例	11
3-4 三重県の事例	13
3-5 宮崎県の事例	15
3-6 鹿児島県の事例	17
3-7 施肥コスト削減効果の試算	19
4. 関連情報	
4-1 搾汁液診断によるかり欠の前駆症状と追肥要否の判定 ～灰色低地土での普通期水稻「ヒノヒカリ」におけるかりの適正な 穂肥診断基準～	21
4-2 土壌のかり供給能	24
4-3 地質図と鉍物組成による土壌のかり供給能の広域推定	27
5. Q&A	29
引用文献	30

# 1. はじめに

## 1-1 新たな水稲のかり適正施用指針

農林水産省委託プロジェクト研究「生産コストの削減に向けた効率的かつ効果的な施肥技術の開発」の研究  
成果として、資料「水田土壌のかり収支を踏まえた水稲のかり適正施用指針 ～ 低地土の水田に広く  
適用できるかり減肥の指針 ～」（以下では「マニュアル本編」）がまとめられました。本冊子はその別冊（参  
考資料）で、公設機関の普及担当者や研究者を主な読者と想定して作成しました。

本プロジェクトは、用水による供給等も含めて水田土壌のかり収支を把握し、それに基づいてかり減肥の指針  
を策定するために行われました。参画した山形県、新潟県、三重県、宮崎県および鹿児島県の公設農試と  
普及支援機関、ならびに農研機構中央農業研究センターが連携して、各地の低地土の水田でかり減肥栽  
培試験や用水のかり供給能調査、土壌鉍物からのかり供給量評価等を行い、その結果から県ごとにかり施  
肥の新たな指針案を策定しました。それらを以下のように概括し、低地土の水田に広く適用できるかり減肥  
指針（以下では「汎用の指針」として提示しました。

### 【水稲のかり施用に関する汎用の指針】

稲わらが還元されており交換態かりが 20 mg/100 g 以上の低地土の水田では、かり施肥を  
標準の半量にできる。稲わら還元と併せて牛ふん堆肥が 1 t/10a 以上施用される場合、当  
作のかり施肥を省略できる。

※ 土性が砂土 (S)、壤質砂土 (LS)、砂壤土 (SL) のいずれかである土壌は、CEC（陽イオン  
交換容量）が 12 me/100 g 以上ある場合を除き、本指針の対象としない。



マニュアル本編 ([https://\\*\\*\\*.\\*\\*\\*](https://***.***) からダウンロードできます)

## 1-2 本冊子について

マニュアル本編の内容は、「汎用の指針」の詳細とその策定根拠に絞られています。「汎用の指針」は低地土で広く活用されることを前提に、安全側（カリ欠乏による生育不良の回避を最重視）に設定した、減肥指針としては控えめのものであります。そのため「汎用の指針」以上のカリ減肥が可能な場合も多いと考えられます。

本冊子では「汎用の指針」の元となった調査結果を概観し、各県から個別に提示された施肥指針案とその根拠を示して、さらに付随的な研究成果を収録しました。各担当県での施肥管理や、「汎用の指針」よりも積極的な減肥が求められる場合の検討材料、また他県の公設試等により施肥指針を作成する場合の参考資料として活用いただければ幸いです。

本冊子の内容と構成は以下の通りです。

「1. はじめに」では、本プロジェクトで行った調査の内容と方法、および結果の概略を述べました。

「2. 調査内容と結果の概略」では、各県が調査結果から導いた新たなカリ施肥指針案を示しました。この章ではまず指針案の一覧表を掲載し、次いで各県が指針案を導いた考え方とその根拠となる試験結果を県別に示しました。最後に減肥による施肥コストの削減額を計算しました。

「3. 関連情報」では、施肥指針以外に本研究で得られた研究結果を紹介しました。

「4. Q&A」では、仔細な事項や留意点を解説しました。

※ 断りがない限り、本文や図表中のカリの量や濃度は酸化物態（ $K_2O$ ）の値を示しています。また減肥可能な条件等として示した交換態カリの値は作付前（施肥前）のものであります。

## 2. 調査内容と結果の概略

### 2-1 減肥栽培試験

本プロジェクトでは各県の研究所内および現地に試験圃場を設置し（表 2-1-1）、かり減肥栽培を継続して水稻の収量・品質および水田のかり収支（図 2-2-1）を調査しました。試験は全て水稻単作で行いました。

結果は、ほとんどの圃場でかり無施肥や半量施肥を 3～4 年継続しても玄米収量は標準施肥区と変わらず（図 2-1-1）、品質にも影響しませんでした。これは既存の減肥試験でもよく見られた結果です。本プロジェクトで各県が提示した施肥指針案や、それらをまとめた「汎用の指針」は、当季の水稻が減収しないことを当然の前提とした上で、水田のかり収支の調査結果を踏まえかり収奪とならない施肥量を示しています。

表 2-1-1 各県で行った減肥栽培試験

	圃場	土壌	品種	かり施肥量* (kg/10a)	稲わら	堆肥* (10a あたり)
山形県	山形市 (所内)	細粒質普通灰色 低地土 黒ボク土	はえぬき 雪若丸 つや姫	0, 3, 6 一部、追肥 2	還元	なし または牛ふん堆肥 0.5t
	長井市 (現地)	細粒質斑鉄型グ ライ低地土	はえぬき	0, 3, 6	還元	なし
新潟県	長岡市 (所内)	細粒質斑鉄型グ ライ低地土	コシヒカリ	0, 3, 6	還元または 持ち出し	なし
	新発田市 (現地)	粗粒質還元型グ ライ低地土	コシヒカリ	0, 3, 6	還元または 持ち出し	なし
三重県	松阪市 (所内)	細粒質灰色低地 土	コシヒカリ	0, 3, 6	還元または 持ち出し	なし
	津市 (現地)	細粒質灰色低地 土	キヌヒカリ	0, 3, 6	還元または 持ち出し	なし
宮崎県	宮崎市 (所内)	細粒質普通灰色 低地土	ヒノヒカリ	0, 4.25, 8.5	還元または 持ち出し	なし または牛ふん堆肥 1t
	宮崎市 (現地)	細粒質普通灰色 低地土	ヒノヒカリ	3.75, 4.25, 7.5, 8.5	還元	牛ふん堆肥 2t
鹿児島県	南さつま市 (所内)	粗粒質普通灰色 低地土	ヒノヒカリ	0, 7	還元または 持ち出し	なし または牛ふん堆肥 1t
	鹿屋市 (現地)	表層無機質低位 泥炭土	ヒノヒカリ	0, 3.3, 6.5	持ち出し	なし

\*施肥量、堆肥施用は年次によって変えた場合あり

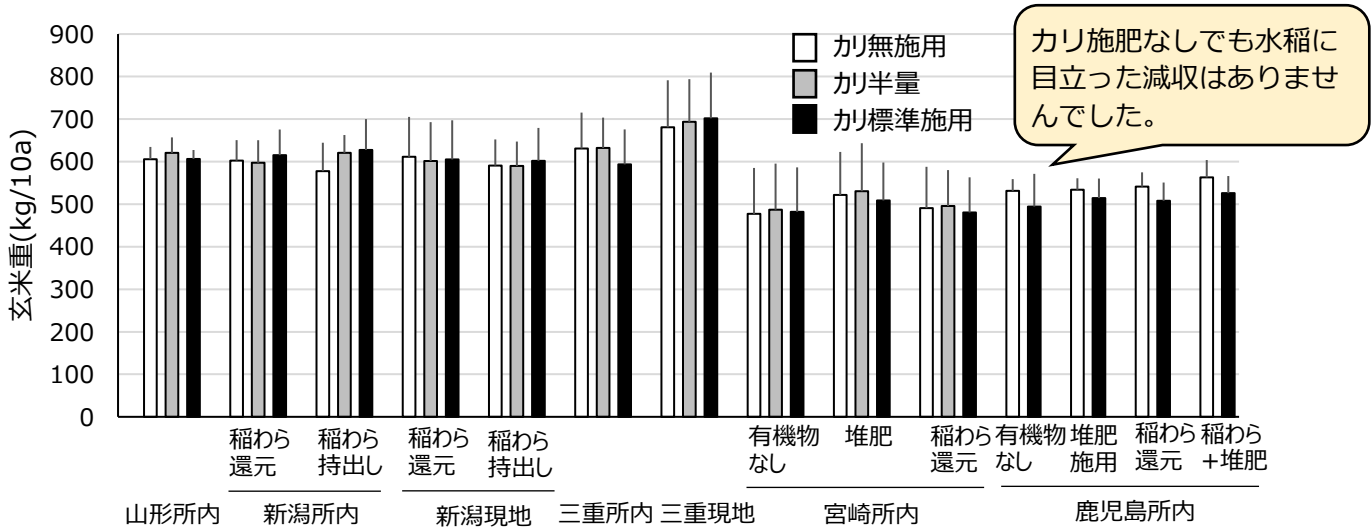


図 2-1-1 試験圃場の玄米収量（4 作または 3 作の平均値。エラーバーは標準偏

## 2-2 カリ収支の算定

マニュアル本編では、水田のカリ収支の概略を図 2-2-1 のようにまとめています。この図の①～⑦の値は代表値であり、概括する前の値についてはマニュアル本編に示していますが、その元となったデータの取得方法を表 2-2-1 に示しました。そのうち用水からのカリ供給量の把握は、新規性が高い本プロジェクトの成果ですので次節で紹介します。

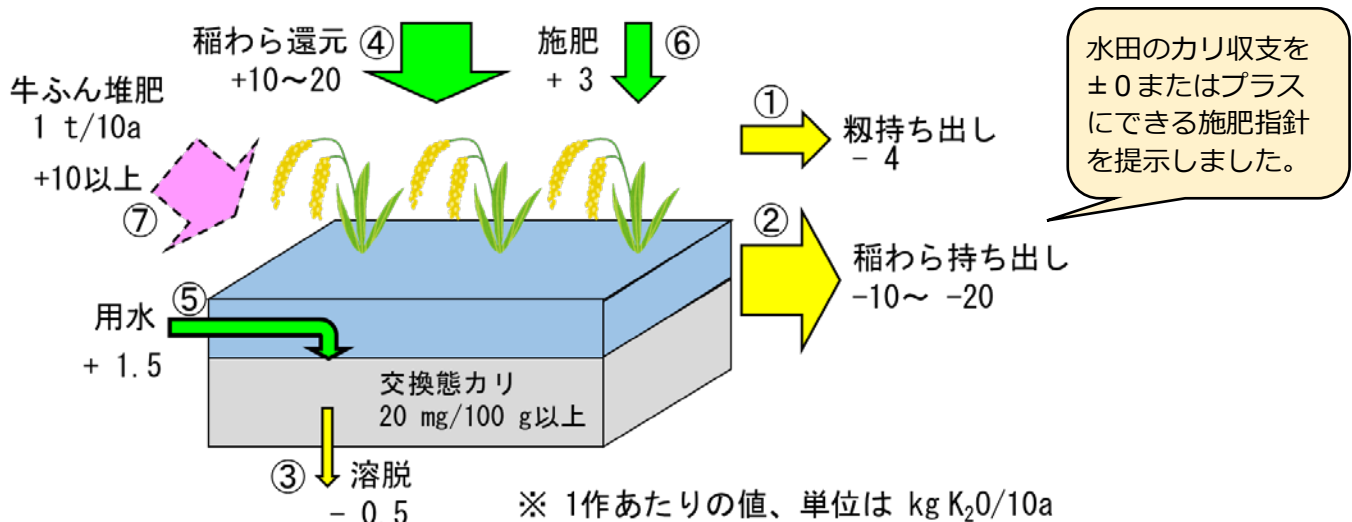


図 2-2-1 水田のカリ収支（マニュアル本編から転載。稲わら還元・カリ施肥を標準量の半減の条件でカリ収支が±0 となり、堆肥施用が行われれば収支は 10 kg/10a 以上のプラスとなる。）

表 2-2-1 水田のカリ収支の算定に用いたデータ

因子	データソース		
インプット	施肥	カリ施肥量	各試験区の施肥量
	資材	稲わら	投入量、わらのカリ濃度
		堆肥	投入量、堆肥カリ濃度
	灌漑水	カリ濃度	実測値または既存データ
		浸透量	枠測定値または減水深
土壌カリ	交換態カリの変化	実測値	
アウトプット	持ち出し	もみ（+わら）の持ち出し	収量、カリ濃度
	溶脱	溶脱	枠測定値または差し引き

### 2-3 用水の水質と実浸透水およびカリ供給量

図 2-2-1 と表 2-2-1 に示した水田のカリ収支に関わる因子のうち、用水からの正確なカリ供給量については既存の知見が少なく、本プロジェクトで新たに解明する必要がありました。

用水のカリ濃度は各県で地域・流域別に頭首工や水路で実測、または既存の調査値から求めました。用水中のカリ濃度は概ね 1.5～3.5 mg/L の範囲にありました（表 2-3-1）。宮崎県と鹿児島県では山形県、新潟県、三重県に比べて高い傾向で、南九州における集約的な畑作・園芸・畜産が用水のカリ濃度に影響していると考えられました。同一の河川や地域では、カリ濃度は月別や年次間で多少変動したものの、概ね似た値を示しました（図 2-3-1、図 2-3-2）。

表 2-3-1 各県における用水のカリ濃度

用水のカリ濃度は南九州で高い傾向を示しました。

県	地域	カリ濃度 (mg/L) 平均値〔最小～最大〕	調査年	備考
山形県		<b>1.5</b> 〔0.5～4.5〕	既存の調査データ	県内 100 地点
新潟県	県北	<b>1.7</b> 〔0.7～2.9〕	2015	13 地点、阿賀野川より北で低い傾向
	県央	<b>2.4</b> 〔1.5～5.5〕	2016	13 地点、長岡地域で高、魚沼地域で低
	県南	<b>1.5</b> 〔0.8～1.9〕	2017	10 地点
三重県	北勢	<b>2.3</b> 〔0.9～4.0〕	2015～2017	14 地点
	中勢	<b>1.8</b> 〔0.6～3.8〕	2015～2017	6 地点
	伊賀	<b>3.0</b> 〔2.2～4.0〕	2015～2017	9 地点
宮崎県		<b>3.1</b> 〔1.3～5.3〕	既存の調査データ	
鹿児島県	南薩	<b>3.3</b> 〔2.5～4.0〕	2015～2017	5 地点
	北薩	<b>2.9</b> 〔2.6～3.4〕	2015～2017	24 地点
	始良伊佐	<b>3.5</b> 〔3.2～4.0〕	2015～2017	24 地点
	大隅	<b>4.5</b> 〔3.9～5.2〕	2015～2017	18 地点

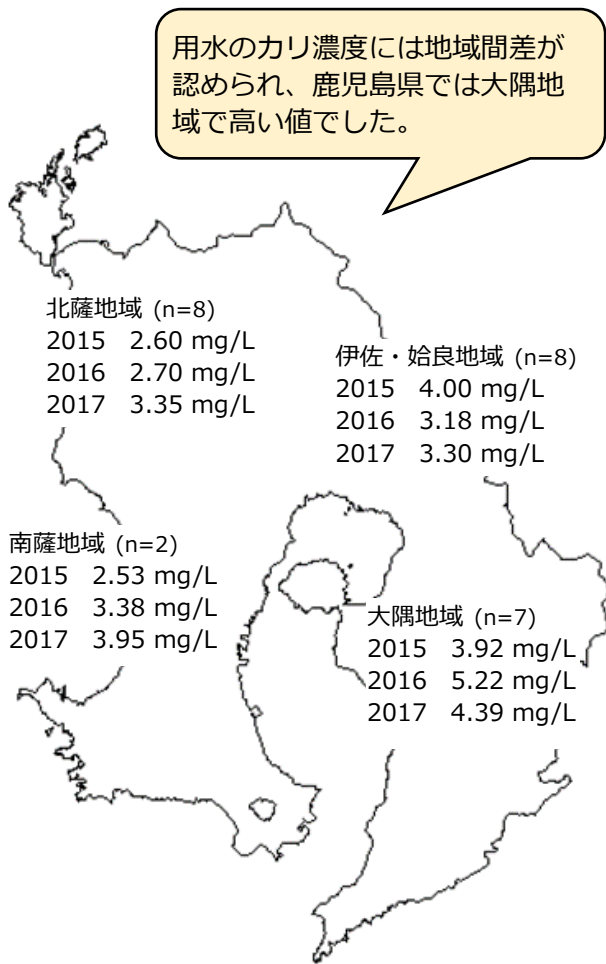


図 2-3-1 鹿児島県内の用水のカリ濃度

用水のカリ濃度に若干の季節変動はありますが、同じ地域では年間を通じて大きくは変わりません。

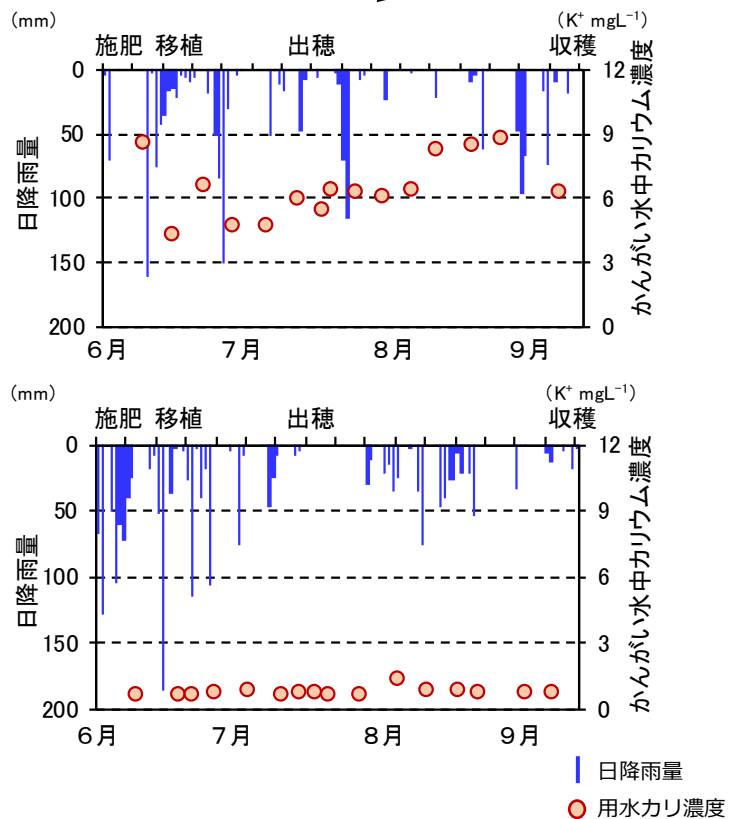


図 2-3-2 水稻栽培期間中の用水のカリ濃度変化

水田での一作当たりの用水量は 1500～2000 t/10 a 程度とされており、これにカリ濃度を乗ずれば見かけ上の用水由来カリ量が算出されます。ただし畦畔やクラックを介して圃場外へ流出する用水中のカリは土壌に入らないため、**用水量から直接算出すると過大評価が生じる可能性があります。**

用水の正確な縦浸透量の測定とカリ供給能の評価のため、三重県農業研究所が新たに枠試験装置を開発しました。この装置は無底の生育枠と灌漑水供給タンクおよび水位検知部から成り、圃場に設置して任意の水質の用水を供給し水稻を栽培できます(図 2-3-3)。枠内の水位は周囲の田面水と同一に保たれるため、タンクから供給された用水の量から実浸透水量を算出できます。下層へ溶脱するカリはポーラスカップで回収した浸透水の分析で評価します。本装置を研究に参画した他県でも圃場に設置し、正味の浸透水量、カリ供給量、溶脱量、用水のカリ濃度と水稻による吸収の関係、などの調査に利用しました。





タンクから任意の水質の水を生育枠へ供給して水稻を栽培し、用水からのカリ供給量や溶脱量を正確に測定します。

図 2-3-3 開発した枠試験装

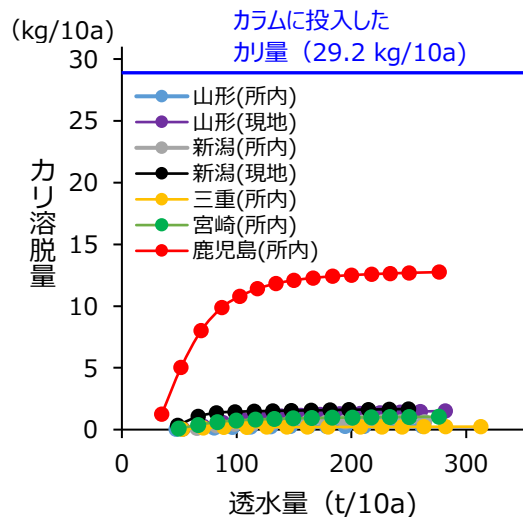
枠試験装置による測定では、栽培期間中の土壌への**実浸透水量は概ね 300~600 t/10a**と、一般的な容水量 1500~2000 t/10a の 2~3 割でした。表 2-3-2 の例では用水量の約 3 割が実浸透水で、残りは畦畔等から圃場外へ流出すると考えられます。実浸透水量を 400 t/10a と仮定すると、**用水からのカリ供給量は濃度が 2 mg/L の場合 0.8 kg/10a、4 mg/L の場合 1.6 kg/10a と算定**されます。また用水中のカリの利用率は 7 割程度と高いことが分かりました（14 ページ）。

表 2-3-2 枠試験装置で測定した実浸透量と用水量の違い(三重県圃場)

実浸透水量 (t/10a)	用水量 (t/10a)	実浸透水/用水 (%)
582~604	1906	31~32

※実浸透水量はタンクから供給された水量、容水量は圃場への出入水量の差から求めた。調査は 2016 年。

用水の浸透はカリの供給と共に、溶脱によるカリの損失も起こします。しかし圃場試験やカラム透水実験（図 2-3-4）の結果、低地土の水田では施肥、資材、用水から供給された**カリの下層への溶脱割合は小さく**、多くが水稻により吸収または作土に残存すると考えられました。図 2-2-1 ではカリの溶脱量を、用水から供給されるカリの 1/3 と見込んでいます。溶脱が大きくなるのは粗粒質で CEC が小さい土壌や黒ボク土で、「汎用の指針」ではこれらの土壌を減肥の対象外としています。



300 t/10a 相当の透水を行っても、投入したカリの 9 割以上（鹿児島の粗粒質土壌（シラス）では 5 割以上）が土壌に残存しました。

※各県の試験圃場の土壌（標準施肥区）をカラムに 10 g（厚さ 6~7 cm）詰め、29.2 kg/10a のカリを含む用水を投入した後、純水を透水して溶脱量を測定した。調査は 2016 年。

図 2-3-4 カラム試験で測定したカリの溶脱

### 3. 各県における調査結果とカリ施肥指針案

#### 3-1 要約

研究に参画した各県から表 3-1-1 のように個別の指針案が示されました。いずれも図 2-2-1 に示した『稲わら還元の実行 + 慣行の半量を施肥（または堆肥を施用）』によって水田土壌のカリ収支は概ね均衡かプラスとなる」というモデルを踏まえています。各指針の詳細は 3-2 から 3-6 で述べます。なお減肥試験での水稻収量を示していない事例もありますが、特に記載がない限り、無カリ栽培の試験区でも慣行施肥区と同等の収量が得られました。

表 3-1-1 各県から提示された施肥指針案と根拠の一覧

県	交換態カリ(mg/100g) または有機物施用状況		施肥指針案 (kg/10a)	指針案策定の考え方、備考
山形県	稲わら還元を前提	20 未満	基肥 6~8、追肥 2 を施用	交換態カリが診断基準 20 mg/100g を満たせば、籾による持ち出し（4 kg /10a）と溶脱量（0.3 kg /10a）を基肥（4 kg /10a）と用水中カリ（1 kg /10a）で補給可能。ただし CEC（陽イオン交換容量）が 12 me/100 g <sup>*</sup> 以下の場合には追肥（2 kg /10a）を行う。籾がら牛ふん堆肥 0.5 t/10a 施用の場合、収量とカリ収支から見て当分は無施肥が可能。
		20 以上	基肥 4、追肥 0 を施用	
		堆肥施用	無施肥	
新潟県	稲わら還元を前提	15 未満	標準施肥（6）	収量と品質確保に必要な交換態カリ（15 mg/100g）の維持を基本に、カリ収支から見て必要な施肥量を算定した。
		15~30	半量施肥（3）	
		30 以上	無施肥	
三重県	稲わら還元を前提	10 未満	増肥を検討	交換態カリの利用率（75%）を踏まえ、水稻のカリ吸収量に見合う施肥量を算定した。左記の基準に加えて、用水からのカリ供給量を勘案する。
		10~22	標準施肥（7）	
		22 以上	半量施肥を検討	
宮崎県	稲わら持ち出し かつ堆肥無施用		増肥（標準施肥（8.5）の 5 割増）	連続栽培試験による収支（堆肥は牛ふん堆肥 1 t/10a で得た結果）に基づく。
	稲わら還元		半量施肥	
	堆肥施用		無施肥	
鹿児島県	堆肥無施用		標準施肥（7）	堆肥または稲わら還元で交換態カリは年ごとに増加の傾向、堆肥施用の場合カリ収支がプラスとなる。用水カリ濃度が高い場合は減肥の可能性あり。
	堆肥施用		無施肥	

※ CEC の単位には「me/100 g」（ミリグラム当量/100 g）以外に「meq/100 g」「cmol(+)/kg」「cmol<sub>c</sub>/kg」の書き方がありますが、数値は全て同じで読み替えられます。

## 3-2 山形県の事例

### カリ施肥の指針案と根拠

指針案：稲わら還元を前提として、交換態カリが 20 mg/100 g 以上の水田ではカリ施肥量を基肥 4 kg/10a、追肥なしとでき、これを 3 年程度継続できる。ただし CEC（陽イオン交換容量）が 12 me/100 g 以下の場合には 2 kg/10a の追肥を行う。交換態カリが 20 mg/100 g 未満の水田では標準施肥量（基肥 6～8 kg/10a、追肥 2 kg/10a）を施用する。堆肥（オガクズ 牛ふん堆肥 0.5 t/10a 以上）を施用する場合は、当年作の施肥カリは無施用が可能となる。

根拠：稲わら還元の圃場では「はえぬき」は 4 kg /10a、「雪若丸」は 3 kg /10a の施用でカリ収支が均衡することになります（図 3-2-1）。また前作で稲わらを還元した現地試験圃場では 3 kg /10a 施用すればカリ収支はほぼ均衡し、収量も維持されました（表 3-2-1）。堆肥を 0.5 t/10a 程度施用するとカリ施肥無しでもカリ収支はプラスとなりました。これらを踏まえて策定した上記の指針案を現地圃場試験で検証した結果、標準施肥と同程度の収量が得られました（表 3-2-2）。

### 背景となる具体的データ

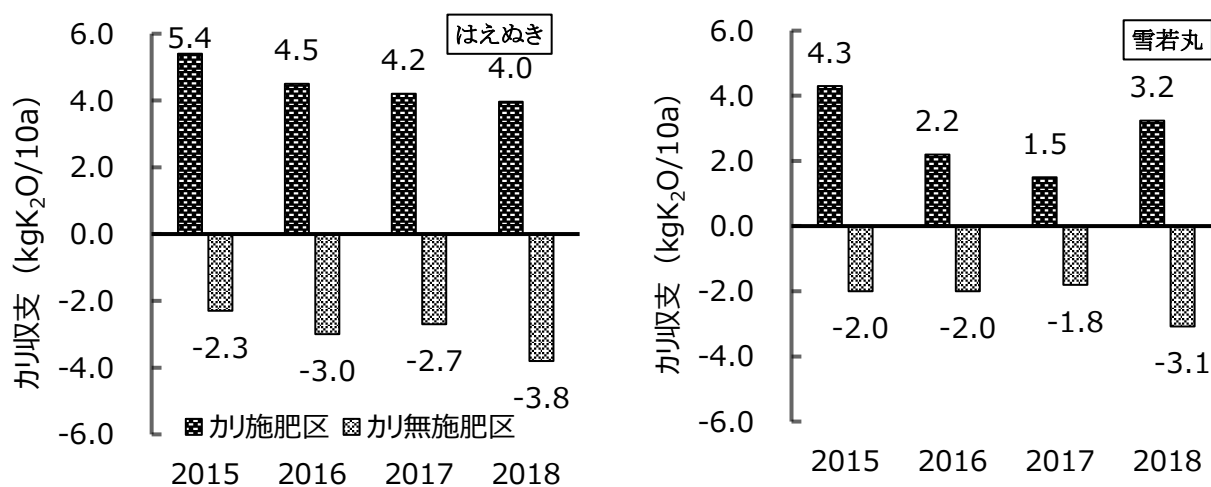


図 3-2-1 カリ施肥の有無による成熟期のカリ収支（はえぬき：8 kg/10a、雪若丸：6.5 kg/10a）（稲わら還元）

無カリ区のカリ収支は「はえぬき」が最大 3.8 kg /10a、「雪若丸」は最大 3.1 kg /10a のマイナスなので、それぞれ 4kg /10a、3kg /10a を施用すればカリ収支が均衡します。

表 3-2-1 カリ減肥試験の収量とカリ収支（現地試験：山形県長井市、調査は 2015～2017 年）

No. 試験区	カリ施肥量 (kg /10a)			精玄米重 (kg/10a)		カリ収支 (kg/10a)					
	基肥	追肥	合計	慣行比 (%)	投入			収奪		収支	
					堆肥	施肥	用水	籾	溶脱		
1 無施肥	0	0	0	564	96	0.0	0.0	0.8	3.5	0.3	-3.0
2 無施肥 +堆肥	0	0	0	579	99	8.4	0.0	0.8	3.5	0.3	+5.4
3 基肥減肥 3	3	0	3	586	100	0.0	3.0	0.8	3.8	0.3	-0.3
4 基肥減肥 3 +堆肥	3	0	3	564	96	8.4	3.0	0.8	3.9	0.3	+8.0
5 基肥 6	6	0	6	580	99	0.0	6.0	0.8	3.8	0.3	+2.7
6 基肥 6 +追肥(慣行区)	6	1.5	7.5	586	100	0.0	7.5	0.8	3.8	0.3	+4.2

土壌型：グライ低地土、CEC：14.6 me/100 g、交換態カリ：20 mg/100g (2015)

品種：つや姫、堆肥：オガクズ牛ふん堆肥 500 kg/10a（カリ濃度：4.22%；水分 60.0% とともに 3 年の平均）

稲わらは還元、用水及び溶脱は H30 の試験から試算

現地試験（稲わら還元）では、3 kg /10a 施用すればカリ収支は均衡し、収量も維持されました。堆肥を 500 kg/10a 程度施用するとカリ施肥無しでもカリ収支はプラスとなりました。

表 3-2-2 現地試験による減肥指針案の検証結果

試験地	試験年次	CEC (me/100g)	交換態カリ (mg/100g)	試験区	一穂粒数 (粒/穂)	籾数 (千粒/m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	精玄米粒数歩合 (%)	精玄米重		整粒歩合 (%)	玄米タンパク (%)
									(kg/10a)	(慣行比%)		
長井市	2018	10.5	19.7	減肥区	58.5	36.0	22.4	73.7	616	102	72.6	7.3
				慣行区	61.3	37.5	22.3	70.4	606	100	67.2	7.3
山形市	2019	16.0	21.2	減肥区	86.1	39.7	21.6	78.8	689	102	77.5	7.8
				慣行区	82.8	39.2	21.8	79.3	675	100	76.1	7.7
白鷹町	2019	10.4	13.0	減肥区	61.9	25.9	23.4	82.5	495	90	81.2	6.4
				慣行区	62.3	26.7	23.2	89.4	552	100	80.1	6.4

品種：はえぬき、カリ施肥量：減肥区 基肥 4 kg/10a 慣行区 基肥 6 +追肥 2 kg/10a、稲わらは還元

交換態カリ 20 mg /100g 前後の圃場（長井市、山形市）では基肥 4 kg/10a、追肥なしの減肥栽培でも慣行施肥と同程度の収量が得られました。

交換態カリ 13 mg /100g、CEC 10 me/100 g の圃場（白鷹町）ではこの減肥により㎡当たり籾数と精玄米粒数歩合が減少し、精玄米重が慣行区の 90%となりました。

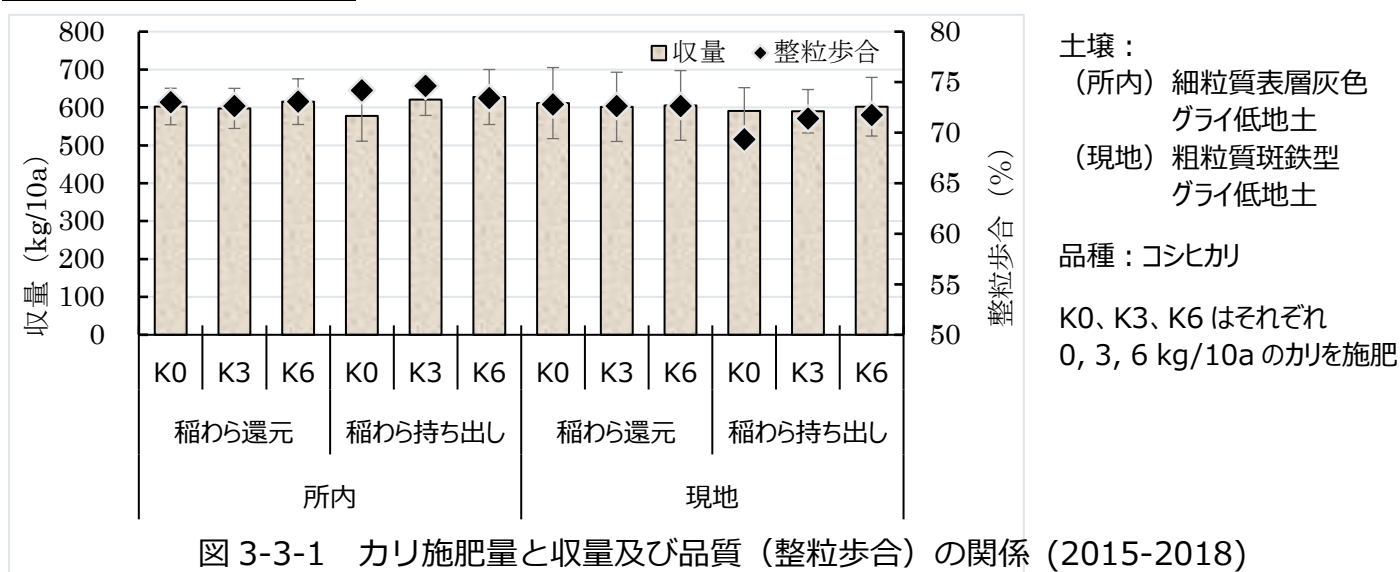
### 3-3 新潟県の事例

#### カリ施肥の指針案と根拠

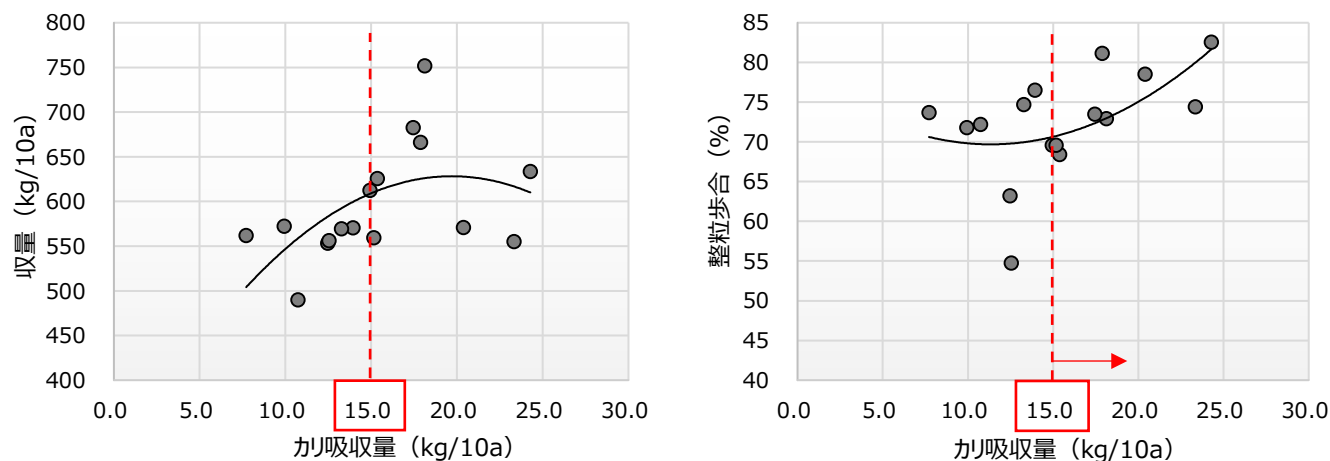
**指針案：** 稲わら還元を前提として、作付け前の交換態カリ 15 mg/100g 以上の水田においてカリ施肥量を標準量（6 kg/10a）の半量まで減肥できる。

**根拠：** カリ施肥量は水稲収量と玄米外観品質に顕著な影響は及ぼしません（図 3-3-1）が、収量と品質を安定的に確保するためにはカリ吸収量は 15 kg/10a 以上が必要です（図 3-3-2）。これを確保するための交換態カリは 12.4 mg/100g 以上必要なので（図 3-3-3）、安全をみて 15 mg/100 g を設定しました。稲わらの圃場外への持ち出しにより交換態カリは急激に低下する（表 3-3-1）ため減肥の際は稲わらの還元が前提となります。稲わら還元を行った場合、カリ施肥量が 3 kg/10a 以上で水田のカリ収支はプラスとなります（表 3-3-2）。

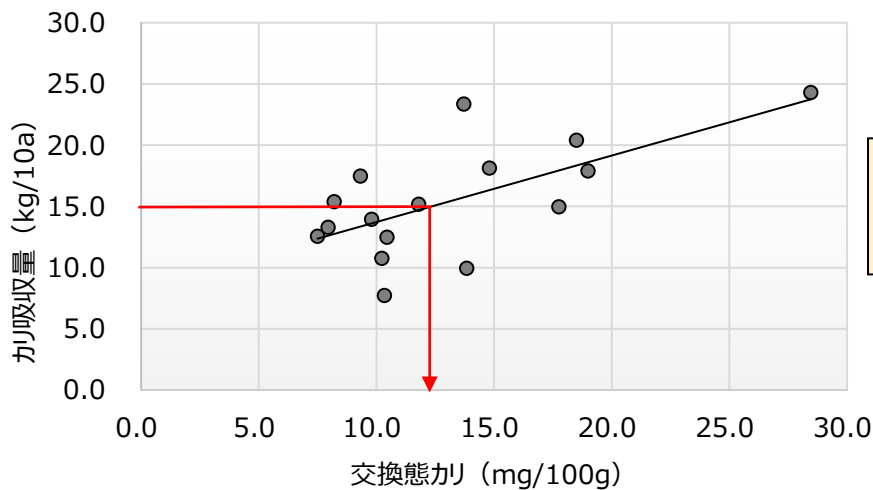
#### 背景となる具体的データ



所内の稲わら持ち出し区ではカリ施肥量が少ないほど収量が低下しますが有意差はありません。所内・現地ともにカリ施肥量による収量および品質への影響は認められません。



水稲の収量および品質を確保するためには、15 kg/10a 以上のカリ吸収量が必要でした。



カリ吸収量 15 kg/10a 以上を確保するためには、12.4 mg/100g 以上の交換態カリが必要でした。

図 3-3-3 無カリ区における交換態カリとカリ吸収量の関係

※2015～2018年の調査結果。

表 3-3-1 交換態カリの年次変化

試験場所	稲わら	カリ施肥量 (kg/10a)	交換態カリ (mg/100g)			
			2015春	2016春	2017春	2018春
所内	還元	0	19.0	17.8	11.8	13.8
		3	23.1	16.5	12.3	18.1
		6	10.5	15.9	12.4	14.2
	持ち出し	0	28.5	8.2	10.2	10.3
		3	21.6	8.0	10.0	9.2
		6	15.9	5.9	9.5	9.0
現地	還元	0	18.5	14.8	9.8	10.5
		3	13.4	15.3	10.3	11.3
		6	17.5	16.5	10.8	16.5
	持ち出し	0	13.7	9.3	8.0	7.5
		3	11.7	9.0	9.1	8.8
		6	17.0	8.3	9.1	10.2

カリ施肥量が交換態カリに及ぼす影響は小さいですが、稲わらの持ち出しにより交換態カリは急激に低下するため、減肥の際は稲わら還元が前提となります。

※2015 秋から稲わらの持ち出し開始

表 3-3-2 水田におけるカリ収支

試験場所	稲わら	カリ施肥量 (kg/10a)	インプット (kg/10a)			アウトプット (kg/10a)			収支 (kg/10a)	
			施肥	用水	計	穂(籾)	茎葉	溶脱		計
所内	還元	0	0.0	0.8	0.8	2.4	—	0.2	2.6	-1.8
		3	3.0	0.8	3.8	2.4	—	0.2	2.6	1.2
		6	6.0	0.8	6.8	2.2	—	0.2	2.4	4.3
	持ち出し	0	0.0	0.8	0.8	2.2	9.0	0.2	11.5	-10.7
		3	3.0	0.8	3.8	2.5	9.3	0.2	12.0	-8.2
		6	6.0	0.8	6.8	2.5	10.8	0.2	13.4	-6.6
現地	還元	0	0.0	0.8	0.8	2.4	—	0.2	2.6	-2.2
		3	3.0	0.8	3.8	2.5	—	0.2	2.7	0.8
		6	6.0	0.8	6.8	2.4	—	0.2	2.6	3.9
	持ち出し	0	0.0	0.8	0.8	2.5	14.2	0.2	16.9	-16.4
		3	3.0	0.8	3.8	2.5	15.1	0.2	17.8	-14.3
		6	6.0	0.8	6.8	2.5	13.9	0.2	16.7	-10.2

稲わらの持ち出しにより水田におけるカリ収支はマイナスとなります。稲わら還元を行った場合、カリ施肥量が 3 kg/10a 以上で収支はプラスとなります。

所内は2016～2018年、現地は2015～2018年の平均値  
 溶脱量は所内稗試験結果を参考にし、現地にも一律適用  
 用水からのカリ供給量は、稗試験の平均供給水量438t/10aにカリ濃度を乗じた値

### 3-4 三重県の事例

#### カリ施肥の指針案と根拠

指針案： 稲わら還元を前提として、交換態カリが 22 mg/100 g 以上の水田ではカリ施肥量を三重県における基準量の半量（3.5 kg/10a 程度）に減肥することが可能である。10～22 mg/100g では基準量の施用とし、10 mg/100g 未満の場合は増肥を検討する。施肥量は上記に加え、以下の灌漑水由来カリを考慮して判断する。

灌漑水由来カリの考え方： 降下透水量（mm/日）×栽培日数×栽培面積×灌漑水カリ濃度×利用率 74%

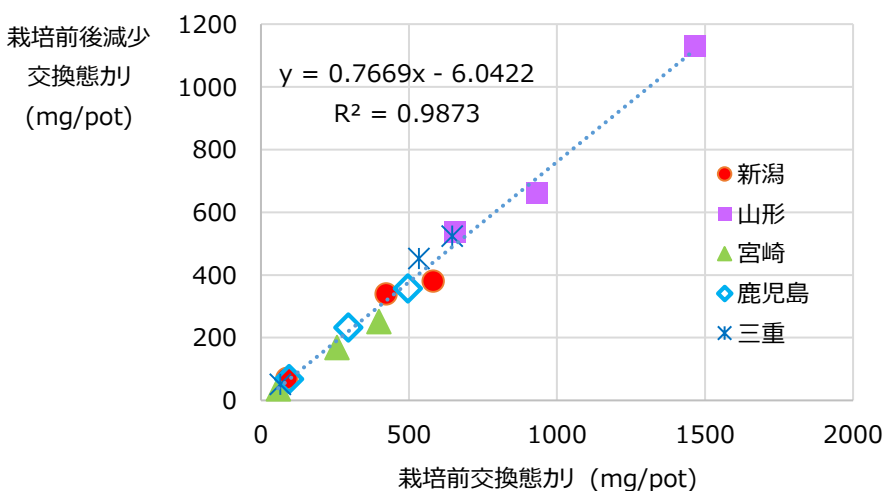
計算例： 降下透水量 0.5cm/日 ×栽培 120 日 ×1000 m<sup>2</sup> ×2.4ppm ×0.74 = 灌漑水由来 1.1kg /10a

根拠： 栽培前の土壌の交換態カリのうち 75%が水稻に吸収されます（ポット試験、図 3-4-1）。稲体へのカリ吸収量の最大値は 19.8 kg/10a（表 3-4-1）なので、標準施肥で 7 kg/10a が供給される場合、残り 12.8 kg/10a を交換態カリで補給するには、交換態カリ 16.9 kg/10a（12.8÷0.75）が必要です。同様に、施肥量を半減（3.5 kg/10a）するためには残り 16.3kg/10a の補給が必要で、これは交換態カリ 21.6 kg/10a に相当します。作土深 10cm、仮比重 1.0 で計算すると、交換態カリが 22 mg/100g 以上で施肥半減が可能となります。

一方、ポット試験ではおおよそ 5 mg /100g を下回ると褐色斑紋などのカリ欠乏症状がみられました（「適正施用指針」に掲載）。安全値を考慮すれば 10 mg/100g 未満で、増肥も含めた施肥量の検討が必要と考えられます。

灌漑水によるカリ供給について、ポット試験により灌漑水中カリの影響を検証（図 3-4-2）したところ、利用率は平均 74%（49－94%）と高いことが分かりました。

#### 背景となる具体的データ



〔試験方法〕

各県供試土壌

山形県：細粒質普通灰色低地土

新潟県：細粒質斑鉄型グライ低地土

宮崎県：細粒質普通灰色低地土

鹿児島県：粗粒質普通灰色低地土

三重県：細粒強グライ土

1/2000a ワグネルポット使用。調査は 2018 年。土壌の交換態カリは珪砂混合により調整。カリ施肥は行っていない。灌漑水はイオン交換水を使用。

図 3-4-1 ポット試験における栽培前交換態カリと減少量の関係

栽培前後の交換態カリ減少量を交換態カリ由来吸収量とすると、栽培前土中交換態カリの 75%（62-87%）が吸収されていました。

表 3-4-1 連続カリ減肥試験におけるカリ吸収量

品種 試験地 土壌	稲わら	試験 年度	籾重 (kg/10a)	わら重 (kg/10a)	稲体中カリ (kg/10a)	
					各年	平均
コシヒカリ 松阪市 細粒質灰色低地土	持ち出し	2017	565	548	15.0	15.0
		2018	757	713	17.2	
		2019	632	609	12.9	
	還元	2017	565	548	13.9	16.5
		2018	771	705	19.8	
		2019	700	698	14.6	

〔試験方法〕現地圃場において、稲わら持ち出し区と稲わら還元区を設置し、同一ほ場での連作下における収量ならびにカリ吸収量を検証した。

現地圃場試験で、稲体へのカリ吸収量は最大で 19.8kg/10a でした。

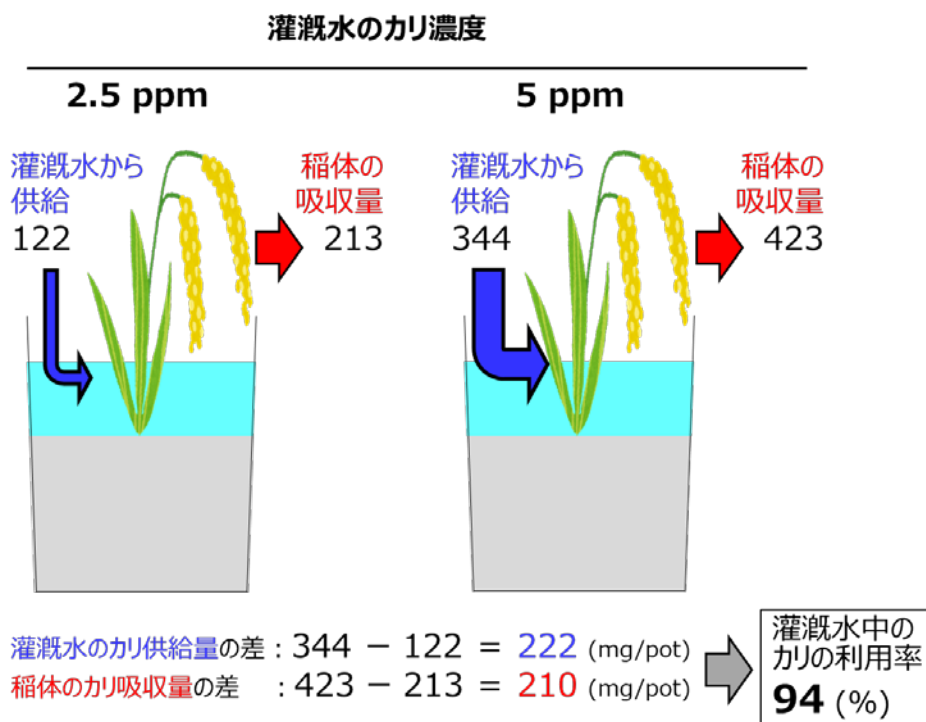


図 3-4-2 ポット試験による用水中カリの利用率評価（図中の数値は mg/pot）

- ※ 1 土壌の交換態カリを 0.46 mg/100g に調整したポットでの事例。調査は 2018 年。
- ※ 2 灌漑水として投入したカリ量と排水中のカリ量の差を用水のカリ供給量とした。
- ※ 3 カリの施肥は行っていない。

灌漑水のカリ濃度と土壌の交換態カリ量を変えたポット試験で、上図のように灌漑水中のカリの利用率を測定すると、利用率は平均 74% (49–94%) でした。



### 3-5 宮崎県の事例

#### カリ施肥の指針案と根拠

指針案：堆肥無施用で稲わらを持ち出す場合は標準施肥（8.5 kg/10a）の5割増肥。稲わらを還元する場合は半量施肥、堆肥（牛ふん堆肥 1 t/10a 以上）を施用する場合は当作無施肥。

根拠： カリ施肥と有機物施用は収量に明確な影響を及ぼしませんでした（図 3-5-1）。カリ収支から見ると、堆肥が施用されず稲わらが持ち出される場合、標準施肥でも収支がマイナスになるため増肥の検討が必要です（図 3-5-2）。一方、稲わら還元があれば半量施肥で収支がほぼ均衡し、堆肥 1 t/10a 施用の場合は無施肥でもプラスになります。また堆肥 2 t/10a 施用と稲わら還元を併用すると大幅プラスとなります（表 3-5-1）。

#### 背景となる具体的データ

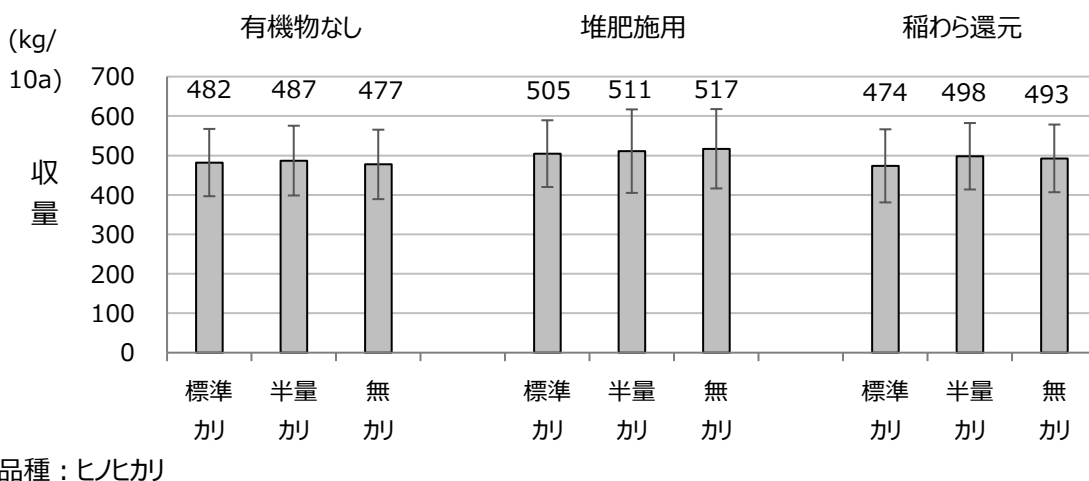
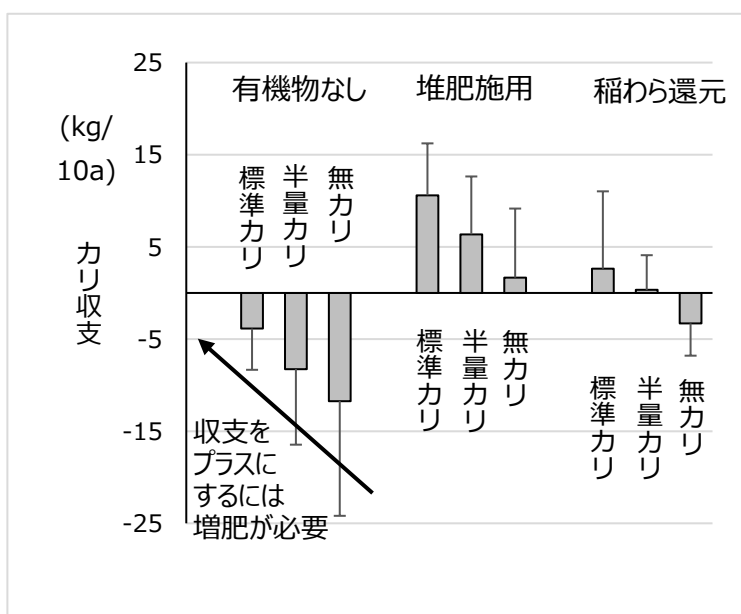


図 3-5-1 収量（場内試験、2016～2018 年の平均値、エラーバーは標準誤差）

カリ施肥量と有機物施用は収量に明確な影響は及ぼしませんでした。



堆肥・稲わらのいずれも施用しない場合、カリを標準量施用しても収支はマイナスになります。収支をプラスにするためには標準施肥に対し5割程度の増肥が必要です。稲わらを還元すれば半量施肥で収支はほぼ均衡し、牛ふん堆肥 1 t/10a を施用すると無施肥でもプラスになります。

図 3-5-2 カリの収支（場内試験、2016～2018 年の平均値、エラーバーは標準偏差）

表 3-5-1 現地圃場試験におけるカリ収支

試験圃場 土壌	処理区	カリ施肥量 (kg/10a)			カリ収支 (kg/10a)			収支		
		基肥	追肥	合計	投入				収奪	
					施肥	有機物	用水		吸収	溶脱等
宮崎市 池内町 (現地)	標準施肥 +牛ふん堆肥 2t/10a +稲わら還元	7.5	1	8.5	8.5	79.3	0.5	21.8	2.9	63.6
細粒 灰色 低地土	半量施肥 +牛ふん堆肥 2t/10a +稲わら還元	3.75	0.5	4.25	4.3	78.0	0.5	19.4	1.4	61.8

※調査は 2018 年。

稲わら還元と堆肥 2t 施用を併用した現地試験では、80 kg/10a 程度の有機物由来のカリが投入され、収支は大幅プラスになりました。

### 3-6 鹿児島県の事例

#### カリ施肥の指針案と根拠

指針案： 稲わらを還元しても堆肥無施用の場合は標準施肥（7.0 kg/10a）。堆肥施用の場合は当作無施肥。

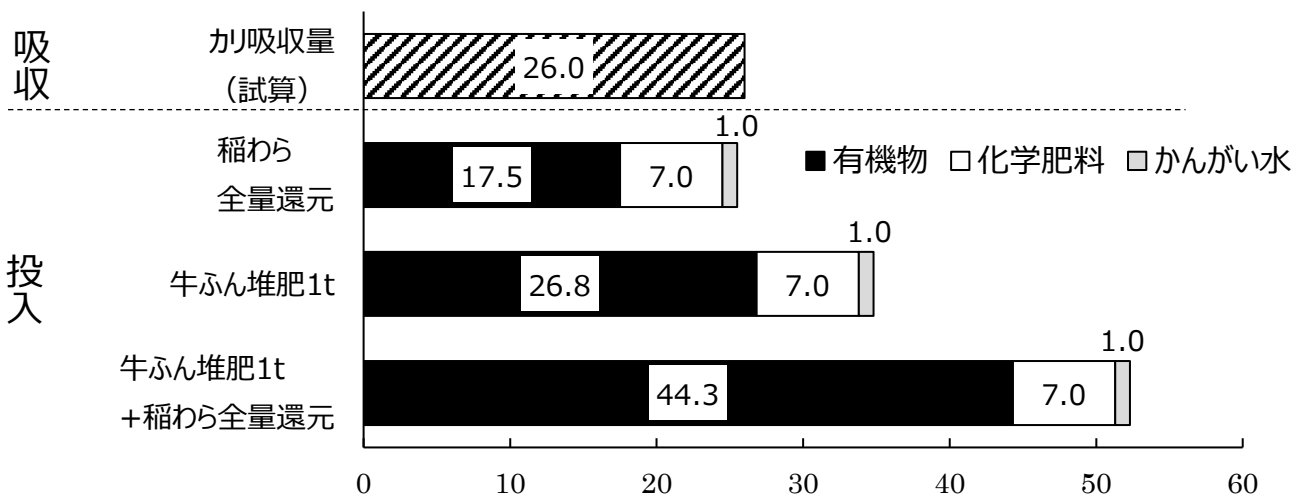
根拠： （所内試験）

カリ肥料連用下で普通期水稲ヒビカリを栽培した場合、牛ふん堆肥 1 t/10a を施用すると水田土壌のカリ収支はプラスとなり（図 3-6-1）、土壌の交換態カリは増加傾向となります（図 3-6-2）。堆肥を施用しないとカリ収支が±0 からマイナスと試算され、またカリ施肥が無い場合カリ飽和度が土壌診断基準値を下回る場合があります（図 3-6-2）。

（現地試験）

大隅地域における現地試験では、カリ施肥の有無による収量低下はみられず、カリ無施肥では栽培終了後の土壌中交換態カリが低下しました。（表 3-6-1）。

#### 背景となる具体的データ



※2016～2019年の4作の試験結果に基づく

※玄米重は 540 kg/10a と仮定

※カリは基肥 4 + 穂肥 3 の 7 kg/10a を施用

※牛ふん堆肥のカリ含有率は、現物あたり 2.7%（2016～2019 の平均）

※稲わらの重量は 814kg/10a、カリ含有率は 2.8%（2016～2019 の平均）

図 3-6-1 異なる有機物施用下におけるカリ収支(kg/10a)の試算

カリ収支はカリの標準施用と稲わらのみ施用の場合は±0 からマイナス、牛ふん堆肥 1t/10a を施用することによりプラスとなります。

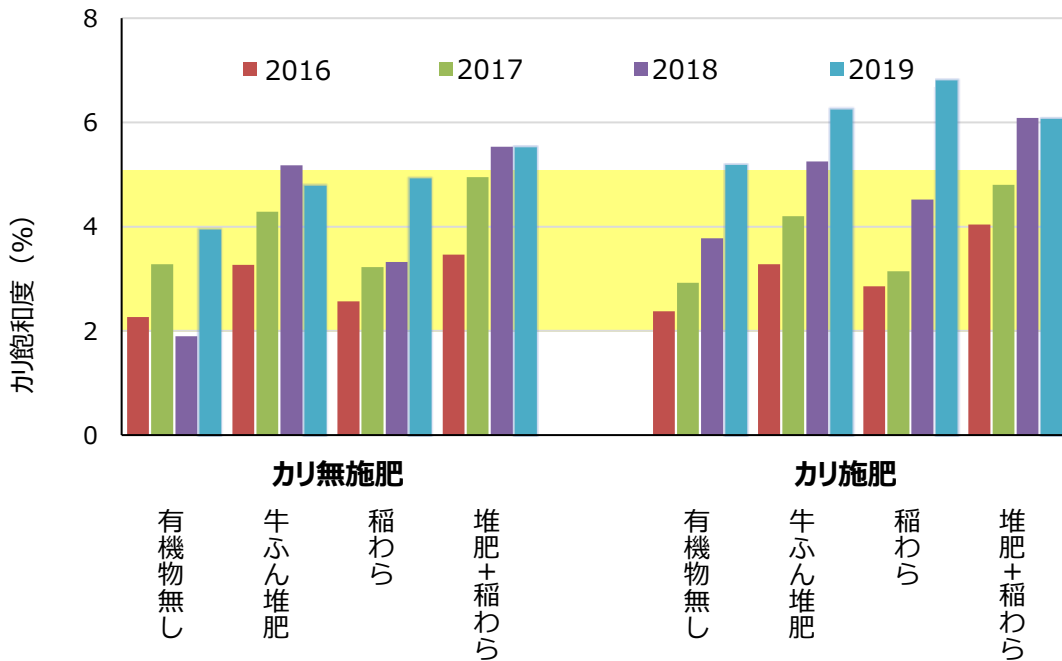


図 3-6-2 収穫後の作土層のカリ飽和度  
 ※黄色の網掛けは土壌診断基準値（2～5%）。

堆肥および稲わらを施用せず無施肥の土壌では、カリ飽和度が土壌診断基準値を下回る場合があります。

表 3-6-1 現地（大隅地域）試験結果

項目	精玄米重 (kg/10a)	稲体中カリ含有率		交換態カリ		カリ飽和度
		稲わら (乾物%)	穂	栽培前	栽培後	栽培後
試験区				(mg/100 g)		(%)
無カリ	587	2.5	0.4	18.7	16.0	2.9
半量カリ	542	2.5	0.4	18.7	17.8	3.0
標準カリ	528	2.5	0.4	18.7	17.6	3.0

※用水のカリ濃度が高い大隅地域での現地試験結果である。調査は 2018 年。

大隅地域の現地圃場試験では、有機物無施用条件下でカリ施肥を標準の半量にしても栽培後の交換態カリは標準施肥区と同等に保たれますが、カリ無施肥では土壌の交換態カリの低下が認められました。

### 3-7 施肥コスト削減効果の試算（試算 1 はマニュアル本編から転載）

コスト削減効果は肥料の時価額などによって大きく変わりますが、以下に試算例を示します。

試算 1 では一般的な肥料の価格を前提に、面積あたりの削減額を概算しました。

試算 2 では肥料の銘柄と価格を設定し、適用可能面積を乗じて削減額を県単位で試算しました。

#### 試算 1：一般的な水稻施肥での面積あたり削減額

※ 肥料価格は「国内外における農業資材の供給の状況に関する調査について」（平成 30 年 8 月 農林水産省、表 3-7-1）を用いる

表 3-7-1 試算に用いた肥料価格

肥料	一袋（20 kg）価格	成分	成分あたり価格
塩化カリ	1,846 円	K 60%	K 1 kg が 154 円
高度化成 14-14-14	1,470 円	NPK 各 14%	NPK 各 1 kg（計 3 kg）が 525 円
尿素	1,591 円	N 46%	N 1 kg が 173 円

データ元：<http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/sizai/attach/pdf/180827-1.pdf>

#### 試算 1-1：高度化成による標準施肥（6-6-6）をリン酸およびカリ半量（6-3-3）に削減した場合

表 3-7-2 試算 1-1 によるコスト削減効果

施肥	肥料	成分(%)	成分投入量			現物量 (kg /10a)	価格 (円 /10a)	肥料費計		削減額 (円 /10a)
			N	P	K			(円 /10a)	慣行との 比 (%)	
慣行	高度化成 14-14-14	14-14-14	6	6	6	42.9	3,150	3,150	-	-
カリ半減	高度化成 14-14-14	14-14-14	3	3	3	21.4	1,575	2,094	66	1,056
	尿素	46-0-0	3			6.5	519			

※ 基肥として高度化成で 3-3-3 を施用、窒素補給のため尿素で 3-0-0 を基肥または追肥で施用。

※ カリ減肥に伴ってリン酸施肥量も半減するためリン酸減肥可能な水田が対象となる。新良・伊藤（2016）によると有効態リン酸 15 mg/100 g 以上の場合にリン酸半減が可能であり、小原・中井（2004）によると国内の水田の 6 割以上がこれに該当すると考えられる。

※ 高度化成を低 PK 型の化成に替えてリン酸、カリを半減した場合も同程度のコスト減が可能。

試算 1-2：窒素とリン酸は考慮せず、単肥のかり（塩化カリ）のみでの削減効果

表 3-7-3 試算 1-2 によるコスト削減効果

施肥	肥料	成分 (%)	成分投入量 (kg/10a)			現物量 (kg /10a)	価格 (円 /10a)	肥料費計		削減額 (円/10a)
			N	P	K			(円/10a)	慣行との比 (%)	
慣行	塩化カリ	0-0-60	考慮せず	6	10	10	923	923	-	-
<b>カリ半減</b>	塩化カリ	0-0-60	考慮せず	3	5	5	462	<b>462</b>	<b>50</b>	<b>461</b>
<b>無カリ</b>	-	-	考慮せず	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>923</b>

※ 単肥を組み合わせた水稻施肥は一般的と言えず、参考としての試算。

試算 2：銘柄、価格、適用面積を設定した試算例

※ 山形県による試算、既存銘柄の 2019 年肥料価格に基づく

表 3-7-3 山形県の新減肥指針案を適用した場合のコスト削減効果

施肥	肥料 (名称) 上段：基肥 下段：追肥	成分 (%)	成分投入量 (kg/10a)			現物量 (kg /10a)	価格 (円 /10a)	肥料費計		削減額 (円/10a)	
			N	P	K			(円/10a)	慣行との比 (%)	慣行と比較	低コスト体系と比較
慣行	はえぬき専用尿素系 (くみあい尿素 磷加安 575)	15-17-15	6	6.8	6	40	5,114	6,128	100	-	-
	はえぬき NK22 (くみあい尿素加里 化成 22 号)	20-0-20	2	0	2	10	1,014				
低コスト体系	高度 4 4 4 (複合磷加安 444C 特号)	14-14-14	6	6	6	43	2,786	3,800	62	2,328	-
	はえぬき NK22 (くみあい尿素加里 化成 22 号)	20-0-20	2	0	2	10	1,014				
<b>新指針体系 (低 PK 体系)</b>	はえぬき専用低 PK500 (くみあい尿素入り 複合磷加安 500)	15-10-10	6	4	4	40	2,600	<b>3,114</b>	<b>51</b>	<b>3,014</b>	<b>686</b>
	硫安	21-0-0	2	0	0	10	514				

※ 山形県の新減肥指針案の対象となる「はえぬき」等の栽培面積は 40,000 ha。

※ 新指針による減肥は、交換態カリが 20~40 mg/100 g の場合に適用となる (40 mg/100 g を越えたら無カリが可能)。県のモニタリング調査では水田の 45 %が 20~40 mg/100 g の範囲にある。

※ 以上から、現行の低コスト体系から新指針の低 PK 体系に切り替えた場合の県全体の削減額は

$$40,000 \text{ (ha)} \times 0.45 \text{ (減肥可能割合)} \times 6,860 \text{ (円/ha)} = \mathbf{1 \text{ 億 } 2350 \text{ 万円}}$$

## 4. 関連情報

### 4-1 搾汁液診断によるカリ欠の前駆症状と追肥要否の判定

～灰色低地土での普通期水稻「ヒノヒカリ」におけるカリの適正な穂肥診断基準～

搾汁液リアルタイム診断で概ねナトリウムが 150ppm 以下またはカリウム／ナトリウム比が 30 以上の場合、カリ収支がプラスとなりカリの穂肥は不要と判定される。

水稻での生産コストの削減を図るには、窒素だけでなくカリでも効率的な施肥が重要であり、農家所得の向上のためにはさらなる低コストに努める必要があります。

また、穂肥の窒素は葉色により施肥量の決定がなされますが、カリについては葉色では穂肥の施用を判定できないため、簡易な診断方法の開発が必要でした。そこで、穂肥時期に圃場で簡易に診られる水稻搾汁液リアルタイム診断技術を検討しました。

試験は 2016～2018 年の 3 カ年、宮崎県総合農業試験場内ほ場（灰色低地土）で普通期水稻「ヒノヒカリ」を用いて実施しました。穂肥時期（幼穂長 1 cm）において、図 4-1-1 の手順で搾汁液を直接ポータブルイオンメーターに取り、カリウムイオン濃度及びナトリウムイオン濃度を測定、カリ収支との関係性を踏まえカリの穂肥での施肥判断の基準を設定しました。

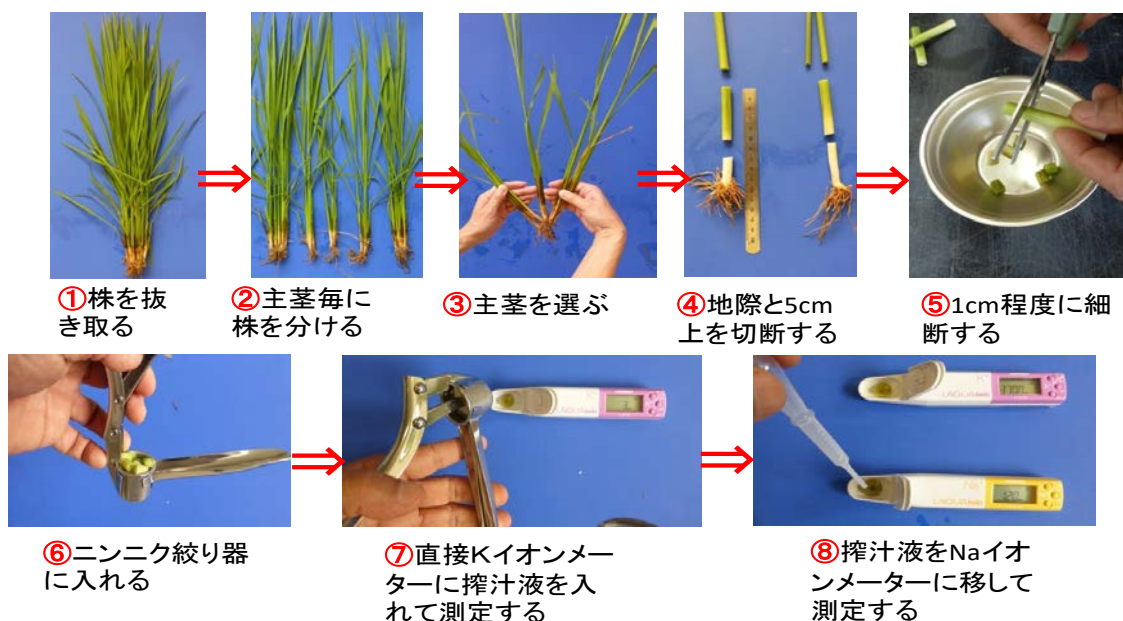


図 4-1-1 搾汁液カリリアルタイム診断の手順

※ 簡易分析機器は、HORIBA 製コンパクトイオンメーターLAQUAtwin（カリウム、ナトリウム）

搾汁液のカリウムイオン濃度は、単年でのカリ収支との相関がみられましたが、年次間差が大きく、3カ年を通しての相関は低かったため、指標としては使えないことが判明しました（図 4-1-2）。

そこで、カリが不足するとナトリウムが代替吸収されることに着目し、ナトリウムを指標として使えないか検討しました。すると、ナトリウムイオン濃度及びカリウム／ナトリウム比とカリ収支の間では比較的安定した関係がみられ（図 4-1-3、図 4-1-4）3カ年での相関がみられました（図 4-1-5、図 4-1-6）。

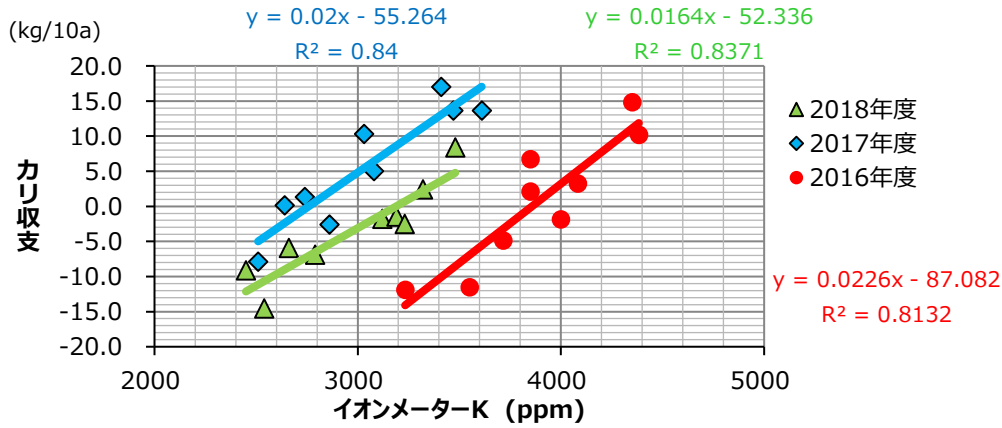


図 4-1-2 イオンメーターでの搾汁液カリウム濃度とカリ収支との関係

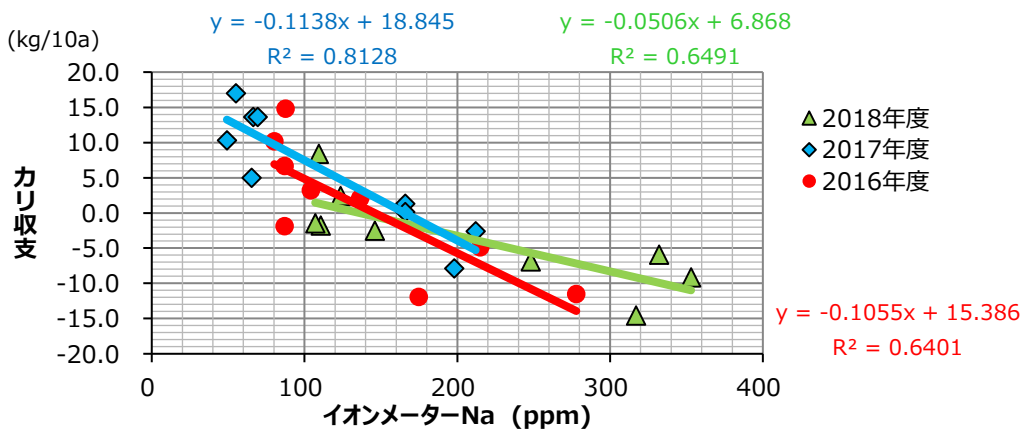


図 4-1-3 イオンメーターでの搾汁液ナトリウム濃度とカリ収支との関係

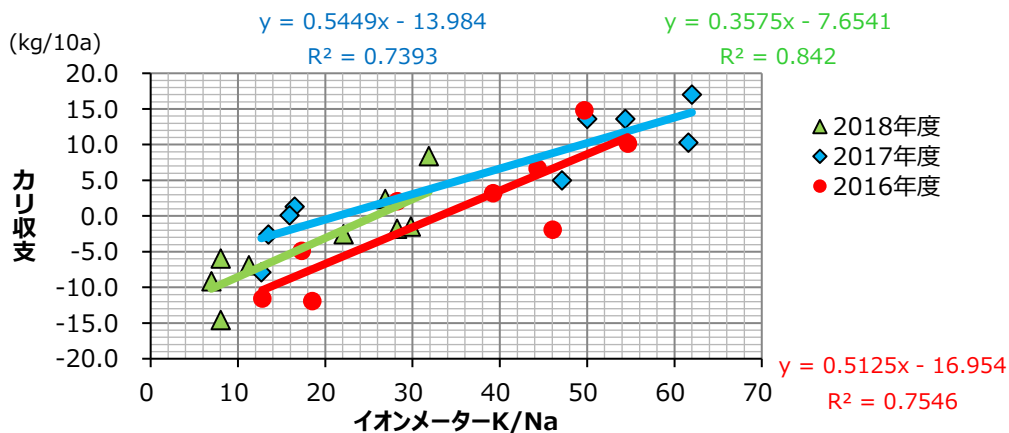


図 4-1-4 イオンメーターでの搾汁液 K/Na とカリ収支との関係



搾汁液リアルタイム診断による穂肥診断基準は、カリ収支が 0 となる場合を合理的施肥と判断すると、概ねナトリウム 150ppm 以下またはカリウム／ナトリウム比で 30 で、カリ収支がプラスとなることから、カリの穂肥は不要と考えられました。

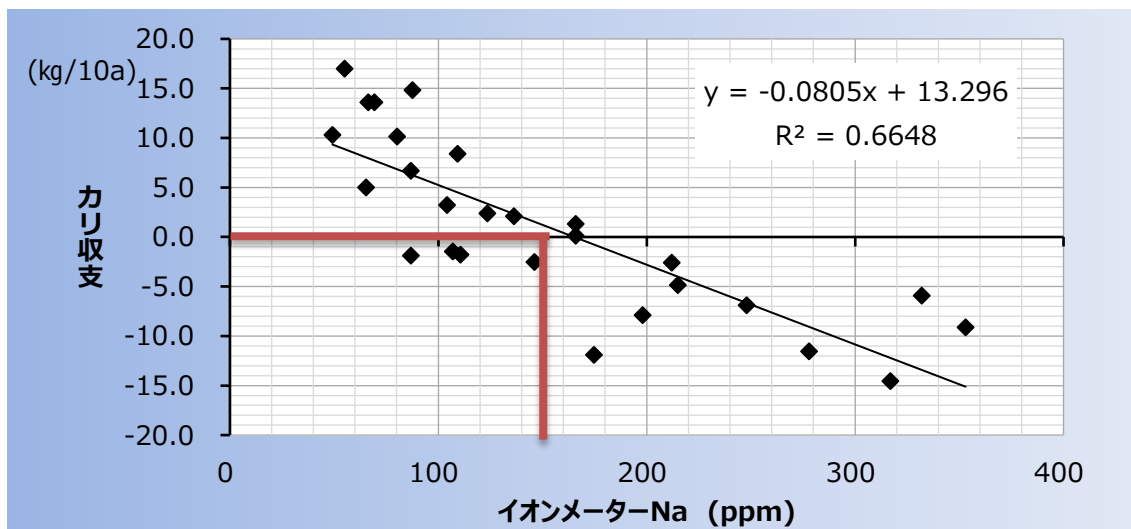


図 4-1-5 イオンメーターでの搾汁液ナトリウム濃度とカリ収支との関係（3 カ年）

- ※ 宮崎県総合農業試験場内ほ場で、2016～2018 年の 3 カ年で実施した結果。  
「有機物無し」、「堆肥の施用（牛ふん堆肥 1t/10a）」、「わらの還元」の 3 処理×  
カリ施肥量（標準、半量、無し）の 3 水準でのカリ収支をプロット。
- ※ カリ収支 = インプット【施肥、資材（堆肥や稲わら）、灌漑水等】 - アウトプット【溶脱、流亡、粃、わら】

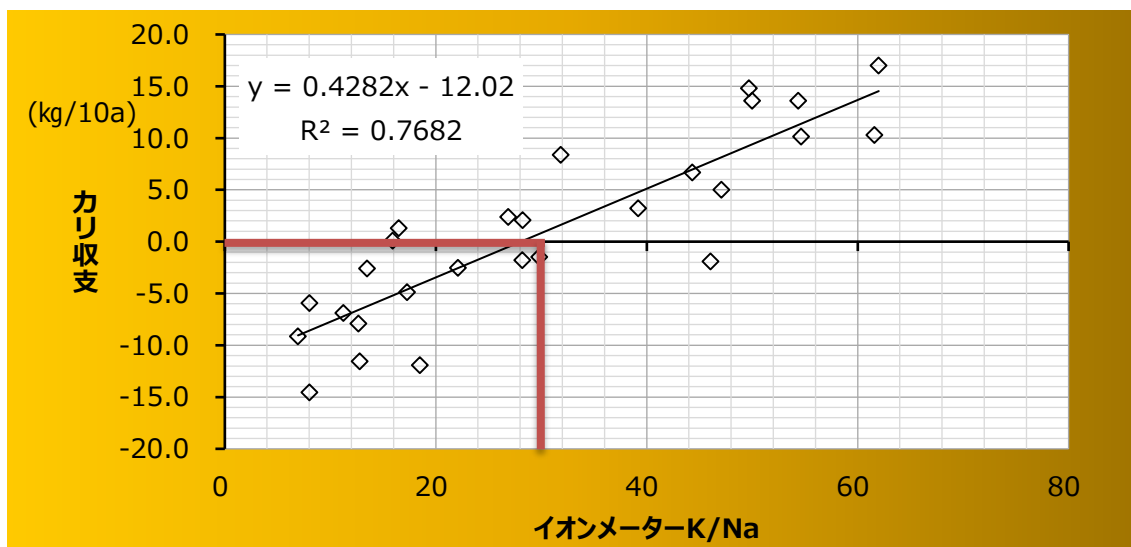


図 4-1-6 イオンメーターでの搾汁液 K/Na と収支との関係（3 カ年）

なお、当基準は灰色低地土における普通期水稻ヒノヒカリにおいて適用されます。また、主に穂肥でのカリ施肥の要否を判断するものです。次年度の基肥のカリ施肥量についても概ね加減の判断はできますが、土壌診断で目安の確認をしておきます。

## 4-2 土壌のカリ供給能

一部の土壌では鉱物の層間などに含まれる「非交換態カリ」が非常に多い。交換態カリが乏しい条件下で水稻が吸収するカリの4割を非交換態カリが占めるが、非交換態は当作で水稻が直接利用するカリではなく長期的・潜在的な供給源として扱うべきである。

土壌診断等で測定される可給態カリは、粘土鉱物や腐植の持つ陰荷電に保持されており酢安溶液で抽出される交換態カリです。しかしカリ施肥に関する既往の研究で、施肥や堆肥による投入量および作物による吸収量と、土壌中の交換態カリの増減の収支が合わない（由来不明のカリを作物が吸収している）事例が多く報告されています。その理由の一つに、一次鉱物や粘土鉱物の結晶構造の層間などに含まれているカリを作物が利用している可能性が挙げられます。このようなカリは、酢安では抽出されませんが酸など強い抽出方法で抽出され、非交換態カリと呼ばれます。

本プロジェクトでは、土壌のカリ供給能を調べるため減肥試験圃場などの非交換態カリを測定しました。非交換態カリの測定法には熱硝酸抽出やテトラフェニルホウ酸抽出などがありますが、本プロジェクトでは森塚（2009）が示した希塩酸での連続抽出と1 mol/L 塩酸での加温抽出の組み合わせ法（図4-2-1）を用いました。

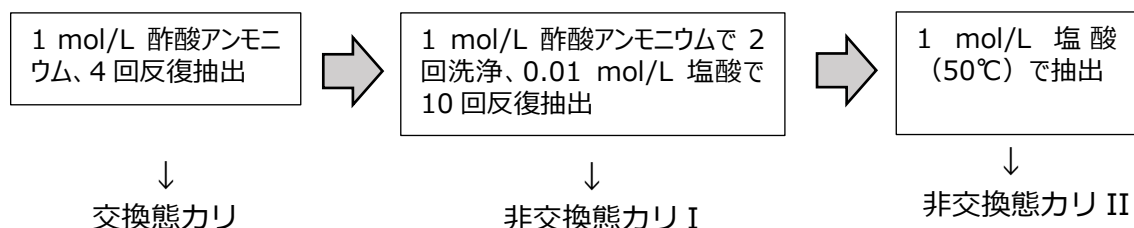


図 4-2-1 森塚（2009）の非交換態カリ測定法

図 4-2-2 に示したとおり、各県の試験圃場のうち新潟現地と三重では他に比べて非交換態カリ（特に非交換態Ⅱ）が多く含まれました。施肥量は交換態カリ、非交換態カリのいずれにも影響が少なく、わらや堆肥の施用は交換態カリを増大させましたが非交換態カリにはほとんど影響しませんでした。非交換態カリが多い新潟現地と三重では、同じ地域の未耕地土壌や川砂なども同様に非交換態カリを多く含んでいました。つまり非交換態カリの量は、土壌管理の影響をほとんど受けない土壌固有の性質であり、地域性が強く現れます。

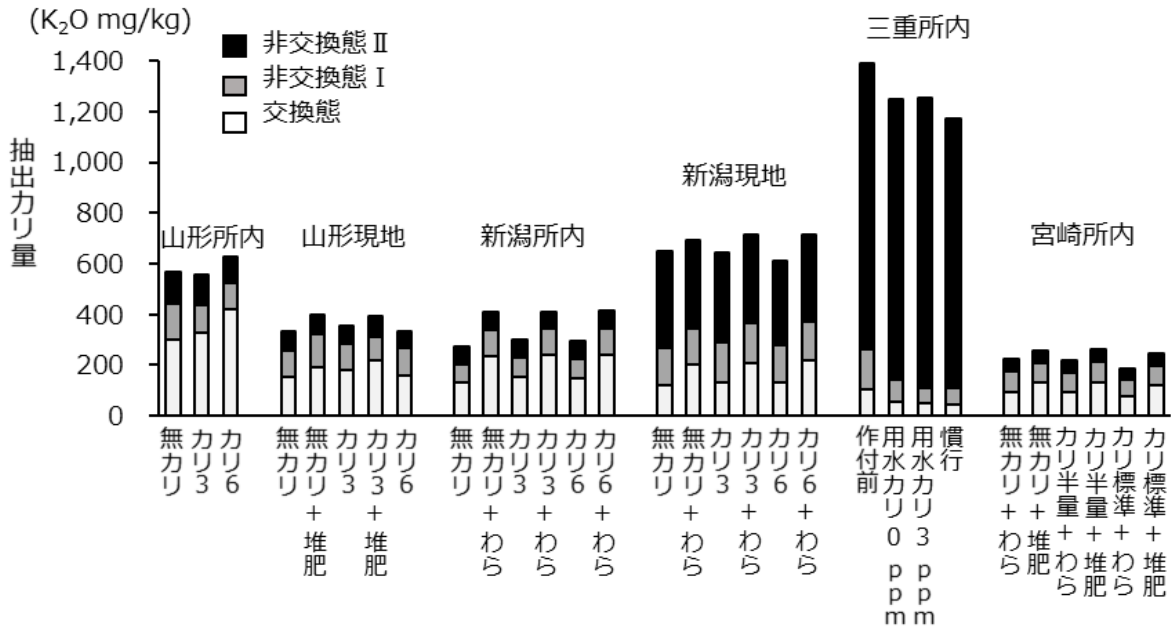


図 4-2-2 試験圃場の交換態および非交換態カリ量

※ 処理区名の「カリ 3」等の数字は施肥量 (kg/10a) を示す。調査は 2016 年。

土壌を珪砂と混合し交換態カリを低下させたポット試験では、水稻によるカリ吸収量は交換態カリの減少量よりも大きく（図 4-2-3）、カリ吸収量と交換態カリ減少量の差を非交換態カリの吸収量とすると、吸収量の約 4 割を非交換態カリが占めていました。また灌漑水のカリ濃度を変化させた試験では、交換態や灌漑水からのカリ供給量が下がると非交換態カリの吸収割合が増えました（図 4-2-4）。

ただし図 4-2-4 に示したように、非交換態カリの吸収が促進されるのは交換態カリや灌漑水中カリの供給量が極めて乏しい条件下です。これはカリ欠乏に近い状態と言え、好ましくありません。そのため、本プロジェクトでのカリ施肥指針では、非交換態カリは補完的または長期的なカリ補給源と位置づけ、交換態カリと施肥、用水、稲わら、堆肥由来のカリを当作でのカリ供給量とします。

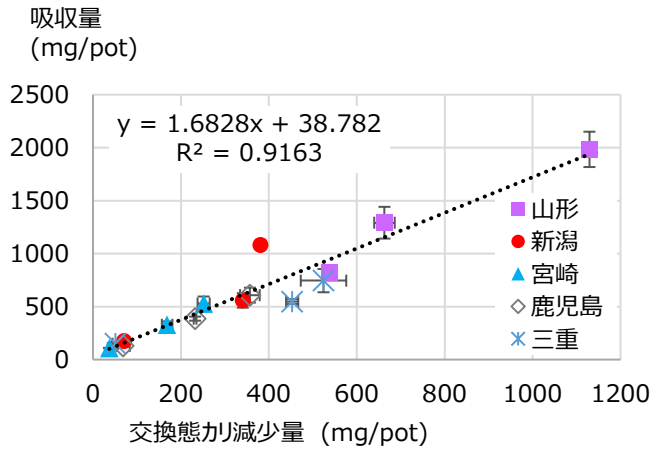


図 4-2-3 交換態カリの減少量と水稻による吸収量（珪砂をベースとして各地の土壌を混和したポット試験、灌漑水はカリ 0 ppm）  
 ※ 調査は 2019 年。

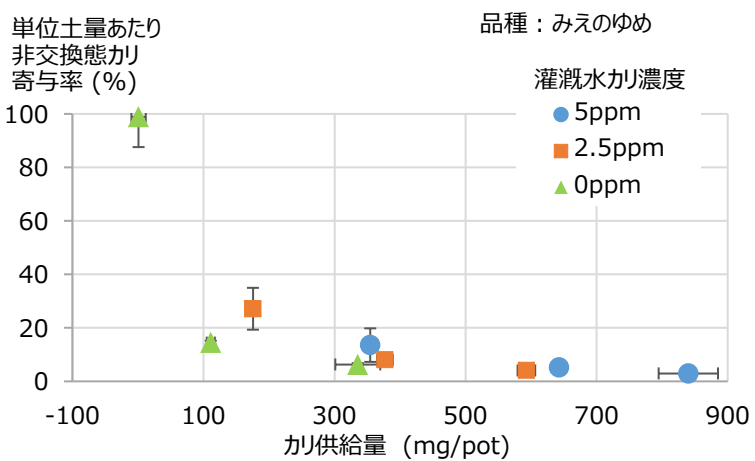


図 4-2-4 土壌および灌漑水からのカリ供給量と非交換態カリの寄与率（珪砂をベースとして三重県の試験圃場土壌を混和したポット試験）  
 ※ 調査は 2018 年。

### 4-3 地質図と鉱物組成による土壌のカリ供給能の広域推定

非交換態カリが多い土壌は一次鉱物に雲母を多く含み、花崗岩地質の地域・流域に分布する。その地域では耕地土壌、未耕地土壌、川砂のいずれも非交換態カリが多い。

4-2 で述べたように本プロジェクトによるカリ施肥指針の提案にあたり、非交換態カリを直接のカリ供給源としては扱いません。しかし、土壌からのカリの収奪に伴って非交換態カリの一部が交換態に移行するデータが得られており、非交換態カリは土壌の潜在的なカリ供給源として機能します。そのため長期的な視点からは、非交換態カリ量は農耕地土壌のカリ収支を考える上で重要です。

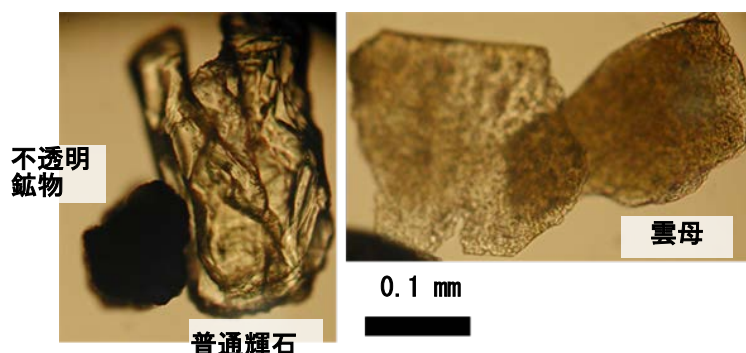


図 4-3-1 一次鉱物の顕微鏡写真。形態と旋光性から鉱物種を判定する。

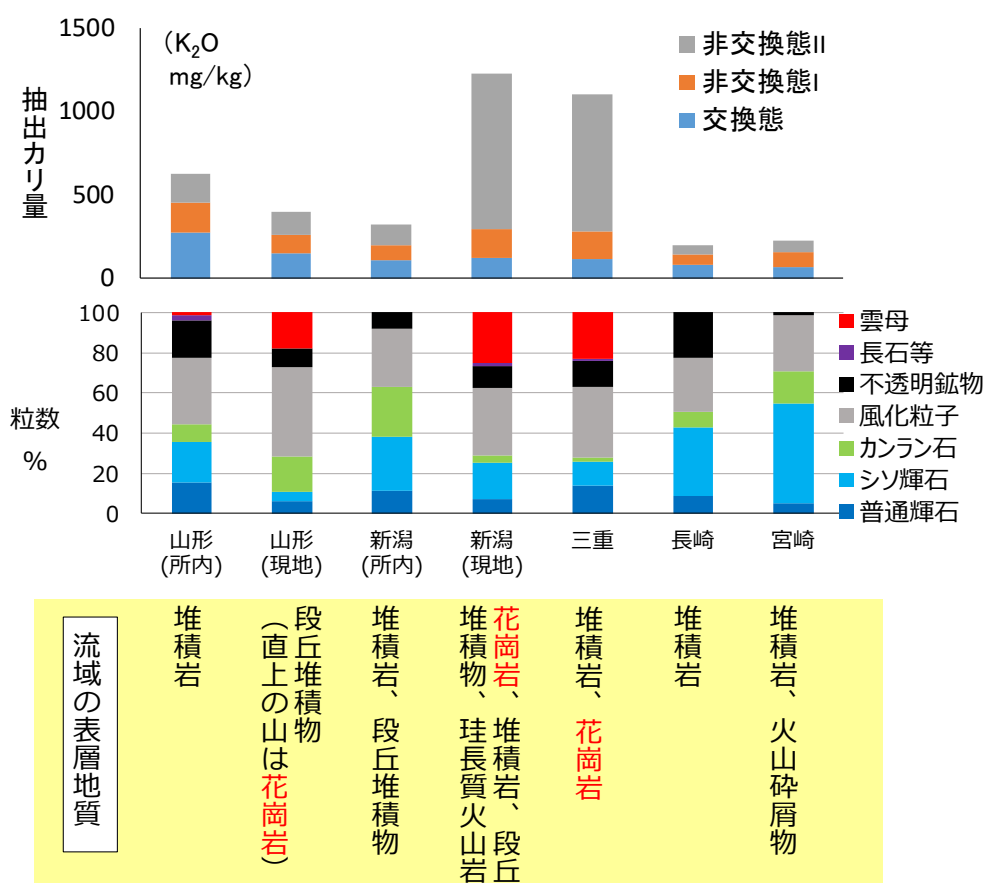


図 4-3-2 各県の試験圃場の抽出カリ量、一次鉱物組成（重鉱物）および流域の地質  
※ 調査は 2018 年。

非交換態カリは一般に交換態カリより多いですが、図 4-2-2 に示したように非交換態カリが特異的に多い土壌が存在します。非交換態カリが多い土壌の特徴として、砂画分（径 0.02 mm 以上）にきらきら光る板状の粒子が多く含まれます。これは雲母で、偏光顕微鏡による観察（図 4-3-1）で粒数をカウントすればその含量が分かります。砂画分の一次鉱物組成（図 4-3-2）を見ると、非交換態カリが多い土壌は雲母を含むことが特徴です。雲母は結晶構造の層間にカリウムを含む鉱物で、非交換態カリの供給源となります。

一次鉱物組成は、土壌の母材となる岩石の種類つまり地質を強く反映します。図 4-3-2 に示したように、非交換態カリの多い新潟県現地圃場と三重県所内圃場は、花崗岩を含む地質の流域にあります。花崗岩は石英・長石・雲母からなる岩石で、その風化物（マサ）には雲母が多く含まれます。土壌の非交換態カリ量が雲母の量と関係するなら、花崗岩地質の流域の土壌は地目や土壌管理と関係なく非交換態カリが多いはずですが。

新潟県で、非交換態カリが少ない所内試験圃場（長岡市）と多い現地試験圃場（新発田市）の周辺において、種々の地目の土壌を採取し非交換態カリ量を測定しました。その結果、新発田の土壌はどの地目でも長岡に比べて非交換態カリが顕著に多く含まれました（図 4-3-3）。非交換態カリがもっとも多い試料は、土壌ではなく上流域の露頭から採取した花崗岩風化物（マサ）で、雲母を多く含んでいました。新発田市ではこのマサを加治川が運び、それを母材とし非交換態カリが多い低地土が流域に広く分布したものです。

以上から、土壌の非交換態カリ量（潜在的なカリ供給能の指標）の概況は、地質図に基づいて地域・流域単位で広域推定できると考えられました。花崗岩や雲母以外の岩石・鉱物のカリ供給能の詳細は、今後解明していく必要があります。また前記のように非交換態カリは長期的な供給源と見なすべきであり、水稻に対する当分のカリ源と見ることはできません。

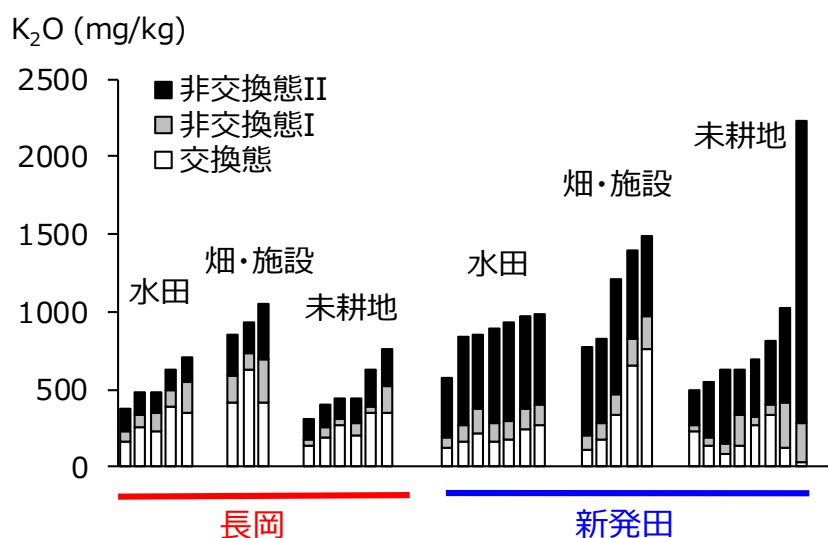


図 4-3-3 新潟県長岡地域（堆積岩地質）と新発田地域（花崗岩地質）の土壌の抽出カリ量

※ 調査は 2019 年。

## 5. Q&A

本資料の内容についての補足を、質疑応答の形で以下に示しました。なお一部はマニュアル本編の Q&A と重複します。

Q：「汎用の指針」に基づく場合、減肥は何年継続可能ですか？

A：稲わら還元をしていれば2～3年程度可能と考えられますが、土壌診断による交換態カリの確認に努めましょう。

Q：この指針は低地土に適用できるとのことですが、低地土の見分け方は？

A：低地土は主に川が運んで堆積した土です。平野や扇状地に広く分布しますが、このような地形でも火山の近くでは低地土ではなく、火山灰からできた「黒ボク土」のこともあります。迷う場合は、農研機構が Web で公開している「日本土壌インベントリー」やスマートフォンなどのアプリ「e-土壌図Ⅱ」で閲覧できる土壌図が参考になります。

Q：「汎用の指針」と、各県が個別に出した指針案はどちらが優先しますか？

A：個別の指針案は、研究に参画した各県が県内の代表的な土壌や品種を用いて5年間の試験により提示したものです。参画県では個別の指針案を参考にするのが良いでしょう。「汎用の指針」は各地の低地土の水田へ普遍的に適用できるものとしてまとめました。

Q：放射性セシウム対策としてのカリ施用が行われている場合にも、「汎用の指針」や各県の指針案は適用できますか？

A：本研究で示された各指針は、セシウム対策の効果を担保していません。

Q：「汎用の指針」や各県の指針案は二毛作にも可能ですか？

A：二毛作や田畑輪換での調査は行っていません。ただし水稻作前の土壌診断値があれば、当分の水稻には「汎用の指針」や各県の指針案を適用できると考えられます。

Q：溶脱によるカリの損失はどの程度ですか？

A：低地土の水田では多くの場合、溶脱による損失は投入したカリの数%程度と見込まれます（各県の試験結果参照）。「汎用の指針」では用水による供給量の1/3が溶脱するとしました。砂質の土壌、黒ボク土、カルシウムなどが少なく交換性塩基の主体をカリが占める、堆肥の施用により土壌中のカリが多い、などの条件では溶脱が比較的大きくなります。

Q：灌漑水中カリ濃度の季節変動はありますか？

A：水稻栽培期間中であれば大きな変動はありません。

Q：灌漑水中カリの利用率は浸透速度によって変わりますか？

A：浸透速度が遅いほど利用率は高まると考えられますが、1日あたり10mm抜ける場合でも7割程度の利用率があります。

Q：ナトリウムの代替吸収とは何ですか？

A：カリウムとナトリウムは性質が似た元素で、水稻ではカリウムが不足するとナトリウムの吸収が増して茎葉中のナトリウム濃度が高まります。また、カリウムの量がさらに低下した場合でも、ナトリウムがカリウムの代替となり、直ちに収量が低下しないとされています。

Q：リアルタイム診断で、搾汁部位を主茎の株元とするのはなぜですか？

A：この部位は測定しやすく労力もかからず、また安定して測定値が得られるためです。

Q：搾汁液リアルタイム診断でポータブルイオンメーターを使うメリットは？

A：搾汁液を希釈する必要がないため、現場ですぐ結果を得ることができ、測定値も安定しています。この方法を使えば、農家が自ら診断することも可能です。

## 引用文献

地力増進基本指針 2008.

森塚直樹 2009. 日本の農耕地土壌のカリウムの形態：地域・圃場・根域スケールでの評価. 土肥誌、80、80-88.

新良力也・伊藤豊彰 2016. 水稻作におけるリン酸減肥基本指針の策定. 土肥誌、87、462-466.

小原 洋・中井 信 2004. 農耕地土壌の可給態リン酸の全国的変動 農耕地土壌の特性変動（Ⅱ）. 土肥誌、75、59-67.



## 本資料について

本冊子は、農林水産省委託プロジェクト研究「生産コストの削減に向けた効率的かつ効果的な施肥技術の開発」（2015～2019）の成果の一部を利用し、適正施肥技術コンソーシアム小課題4「水田におけるカリウムの適正施肥指針の策定」研究グループの責任において作成したものです。

本資料に掲載されている情報へのご指摘、ご意見等、あるいは、本資料の複製・転載のご希望がありましたら、下記発行元までご連絡いただきますようお願いいたします。

### 執筆者

<b>プロジェクトリーダー・編集責任</b>	農研機構中央農業研究センター	大谷 卓
<b>編集代表・執筆</b>	農研機構中央農業研究センター	久保寺 秀夫
<b>編集・執筆</b>	山形県農業総合研究センター	相澤 直樹
	新潟県農業総合研究所	水野 貴文
	三重県農業研究所	水谷 嘉之
	宮崎県総合農業試験場	永井 浩幸
	鹿児島県農業開発総合センター	中川路 光庸、上園 一郎

### 関連情報

本冊子は、マニュアル本編である「水田土壌のかり収支を踏まえた水稻のかり適正施用指針 ～ 低地に広く適用できるかり減肥の指針 ～」の別冊（参考資料）です。マニュアル本編は以下のサイトからPDFのダウンロードが可能です。併せてご参照ください。

[http://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/137697.html](http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/137697.html)

### 免責事項

本指針の内容には十分な注意を払っておりますが、本指針を利用することによって生じるいかなる損害等について、理由の如何に関わらず、農研機構および上記機関は一切の責任を負いません。

### 発行元

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター  
〒305-8666 茨城県つくば市観音台 2-1-18

電話：029-838-8481（代）

電子メール：koho-carc@ml.affrc.go.jp

（2021年1月14日発行）

水田土壌のかり収支を踏まえた水稲のかり適正施用指針  
別冊：水稲かり減肥指針の策定に関する資料集  
(2021年1月発行)



発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業研究センター  
〒305-8666 茨城県つくば市観音台 2-1-18  
電話：029-838-8481 (代)