

「土と肥料」の講演会
2023年5月20日

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

農研機構農業環境研究部門
久保寺秀夫

本講演は農林水産省委託
プロジェクト研究「適正施肥
技術」の成果です。

- 語源：Potassium → pot + ash、Kalium → qali（灰、ラテン語）、kalijan（灰、アラビア語）
- 原子番号19、原子量39.0983。K³⁹とK⁴¹が主要同位体。地殻中の存在比は2.6%（O, Si, Al, Fe, Ca, Naに次ぐ）。
- 産業的に主な供給源は塩化カリ鉱石などの鉱床資源。主産国はカナダ、ロシア、ベラルーシ等。日本では全量輸入である。国際情勢等により、令和4肥料年度春肥の塩化加里価格は前秋肥から31%値上げ（2022.11.1 JA全農）
- 環境中や生物体内では一価のK⁺イオンとして挙動する。（化学形態は単純）

■ カリウムの主な植物生理作用：

1) 細胞pHと浸透圧調節、2) 酵素の活性化、3) タンパク質合成、4) 光合成、5) 気孔開閉 等々

■ カリウムが欠乏すると葉縁より黄化（斑点を生じる場合もあり）、カリウムの体内での移行性が大きいため、症状は下位葉から生じる。

■ カリウム過剰症は、土耕では実験レベルでも出しにくい。水耕でカリウム過剰にするとマグネシウム欠乏の症状が出る。

■ 飼料作物中の $K/(Ca+Mg)$ が高い場合、摂食した家畜のグラステタニー発症につながる。

■ 水田での土壌診断基準値は概ね 20～50 mg/100g（飽和度1～5 %）
水稲での施肥基準値は概ね 8～11 kg/10a

ポット試験で生じた水稻のかり欠乏

※ 珪砂と混合して交換態カリを低下させた土壌で、脱塩水を灌水してかり無施肥で栽培



0.6 4.8 6.6

交換態カリ(mg/100 g)

コシヒカリの生育（かり無施肥）



葉に生じた褐色斑



葉先から生じる黄化

ただし、圃場での栽培ではカリの大幅減肥や無施肥栽培でも生育に問題が起きないことも多い

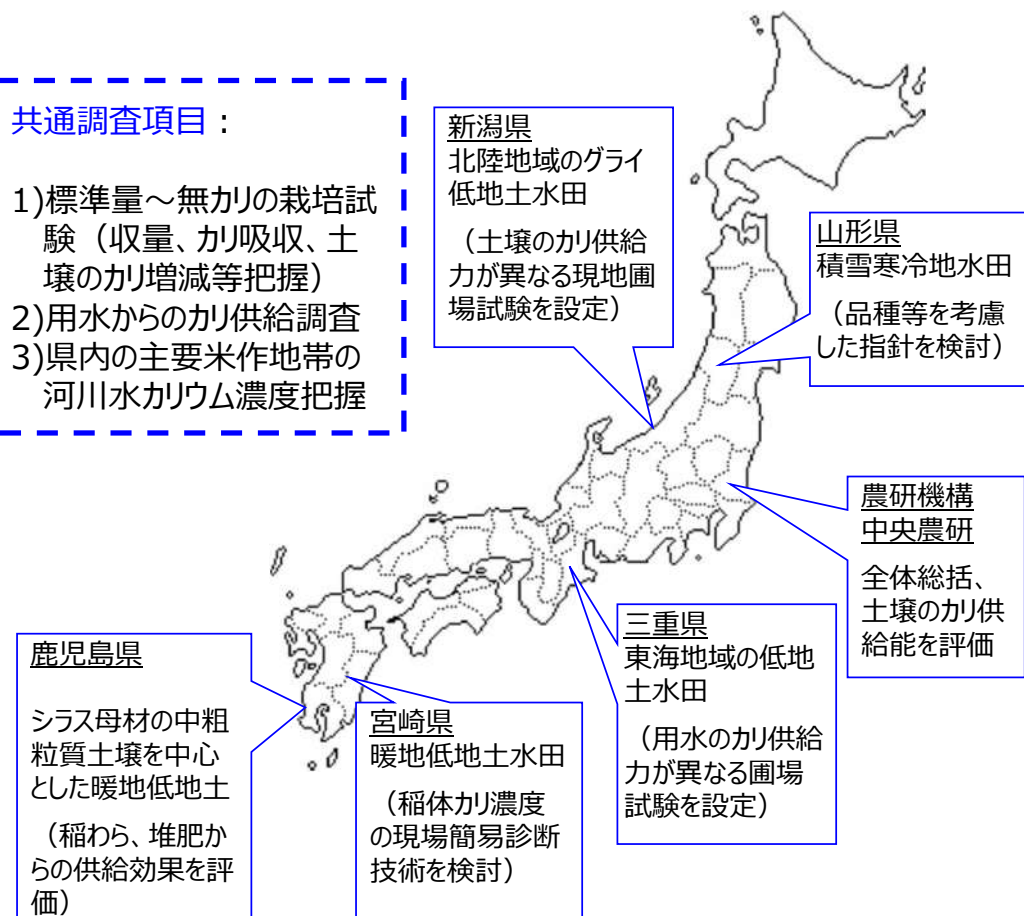
水稻のかり減肥に関する既往の知見と課題

- かり施用半減～ゼロを数年継続しても多くの場合減収なし。
- 施肥以外の要因によるかり収支の影響の調査が不足。
- 用水のカリウム供給などを踏まえ、減肥可能性や継続性の明確化、技術現場適用性の評価が必要。

参画機関と研究課題

共通調査項目：

- 1) 標準量～無かりの栽培試験 (収量、かり吸収、土壌のかり増減等把握)
- 2) 用水からのかり供給調査
- 3) 県内の主要米作地帯の河川水カリウム濃度把握



目標

- ◎ 減かり栽培試験の継続により、減肥の可能性や継続性を明確化する
- ◎ 試験圃場ならびに県内の主要な米作地帯の用水のかり供給能や、各種土壌のかりの保持能・供給能を踏まえた減肥指針を提示する

「適正施肥技術」4系の試験内容



栽培試験

- 標準施肥～無施肥での栽培
- 県によってはカリ肥沃度の異なる土壌間の比較
- 県によっては有機物（わら、堆肥）の有無の比較

水田のカリ収支把握

- 投入量（施肥、有機物、用水）、持ち出し量（粃、稲体、溶脱）の調査
- 各県の河川水のカリ濃度の調査

付随的な研究課題

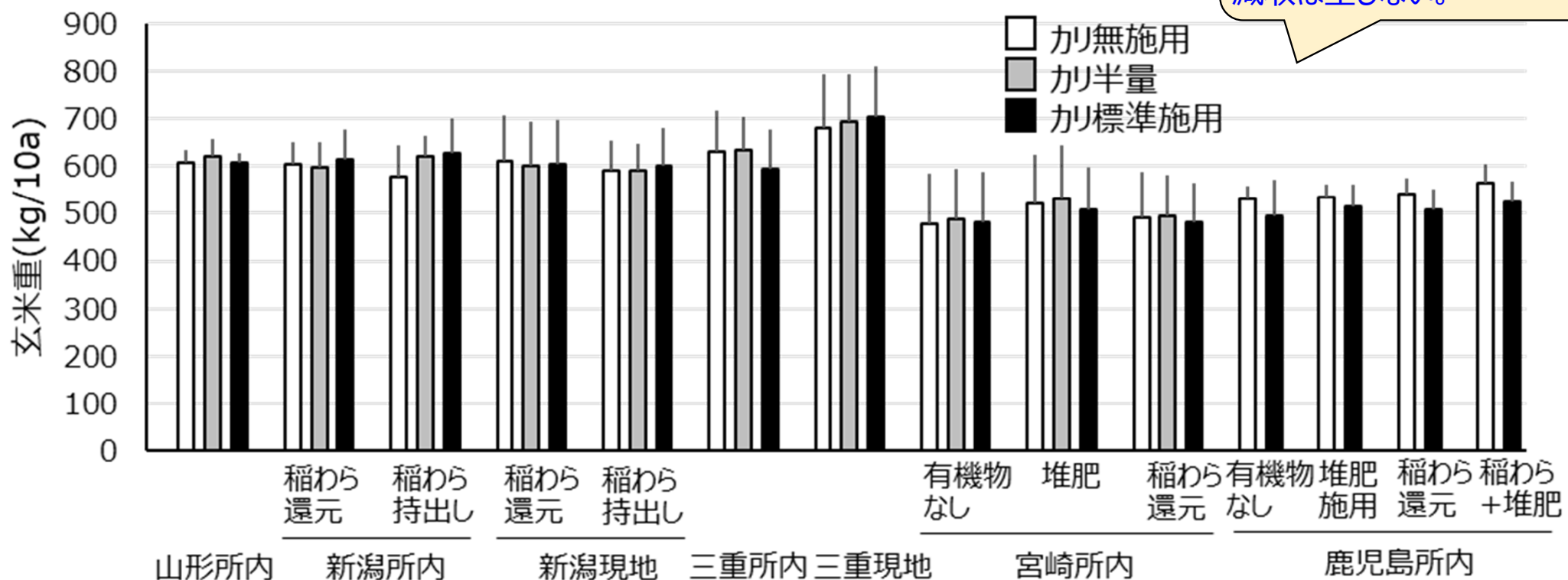
- 水稻のカリ栄養状態をリアルタイムで解明する搾汁液診断技術
- 土壌のカリ供給能の評価

水稲に対するカリの適正施肥指針の策定へ

減肥の継続と水稻の収量の関係

プロジェクト参画の各県の試験結果
(4作または3作の平均値)

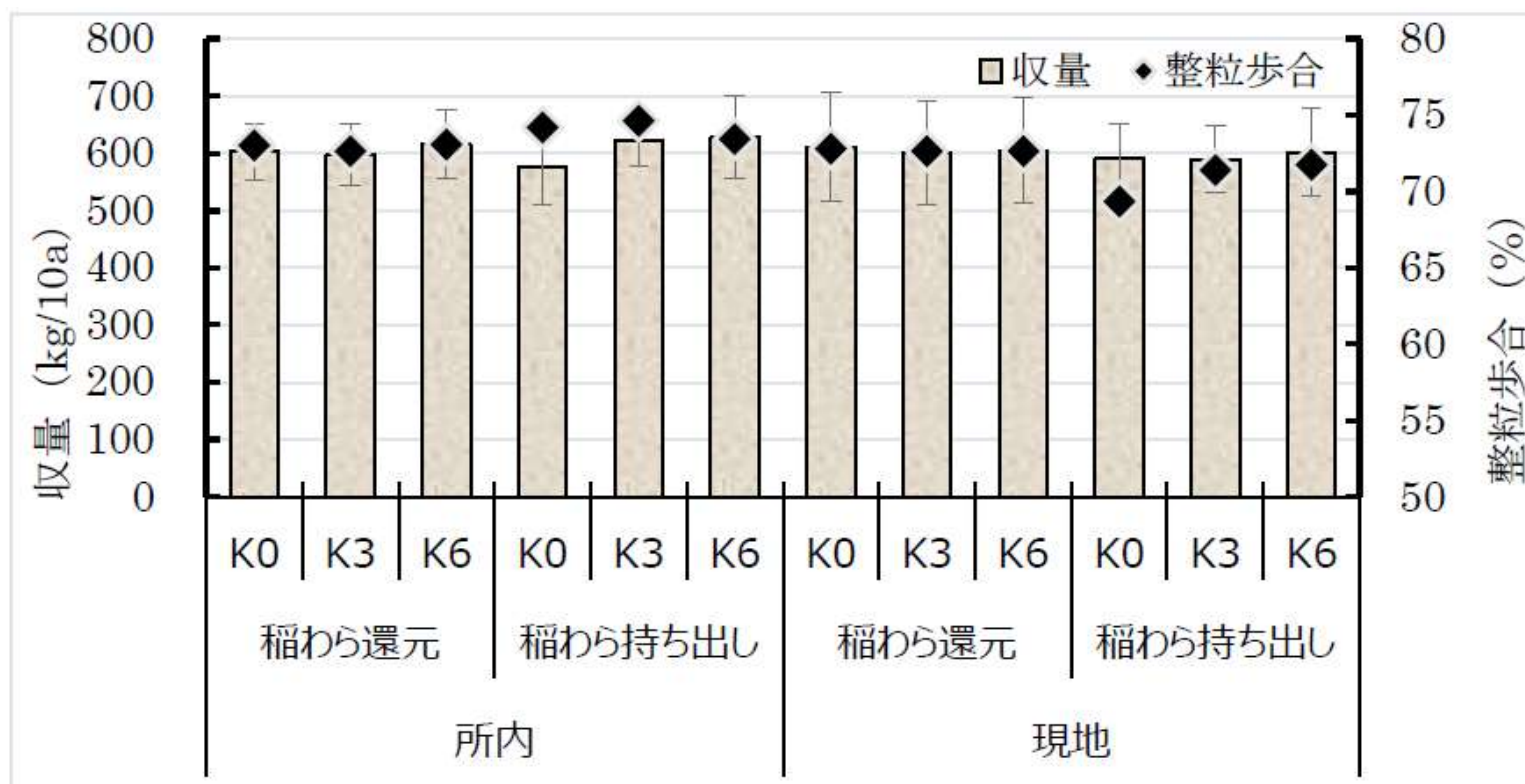
カリの半量施用～無施用を
3年～4年続けても目立った
減収は生じない。



減肥の継続と水稻の収量および整粒歩合の関係

新潟県の試験結果 (2015-2018)

K0、K3、K6はそれぞれ0、3、6 kg/10aの
カリを施肥



カリ施肥量と、収量および整粒歩合の間に有意な関係は認められない。

カリの適正施肥指針の考え方

1) 水稲のカリ欠乏による生育不良の回避を最重視

- ✓ 本指針が低地土の水田で広く活用されることを想定
- ✓ カリ欠乏による減収の危険の回避を最重視
- ✓ 最大限の減肥を行うような指針とはしない

2) 水田のカリ収支をマイナスにしない

- ✓ 水田からのカリの収奪を避け、持続性のある減肥指針を策定
- ✓ そのため、水田のカリ収支を用水からの供給も含めて詳しく調査
- ✓ カリ収支には稲わら還元の有無が決定的な影響、稲わらが持ち出される場合は大幅な収奪となるため、本指針による減肥は稲わら還元が前提

3) 交換態カリ量 20 mg/100g が減肥の要件

- ✓ 水田の交換態カリ適正域は15~20 mg/100 g以上
- ✓ 本プロジェクトでも交換態カリが 13 mg/100 gと低い圃場では減肥による収量低下の傾向
- ✓ 収量確保の観点から、堆肥無施用の水田では交換態カリが20 mg/100 g以上の場合のみ減肥する

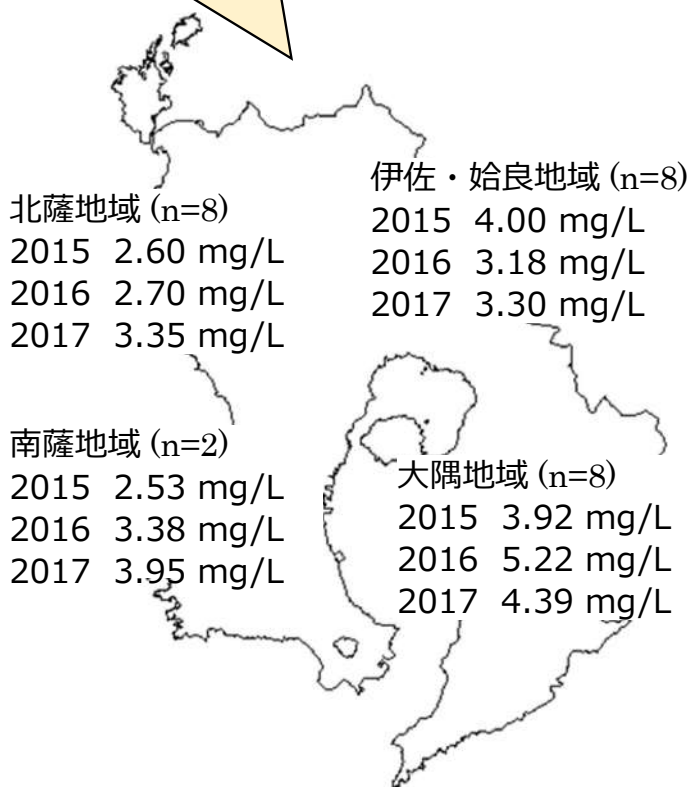
4) 粗粒質でCECが低い土壌は減肥の対象外

- ✓ 扇状地の粗粒質土壌などではカリの溶脱により交換態カリレベルが低く、減肥への懸念あり
- ✓ 粗粒質 (S (砂土)、LS (壤質砂土)、SL (砂壤土)) でCECが12 me/100 g以下の土壌は減肥の対象外

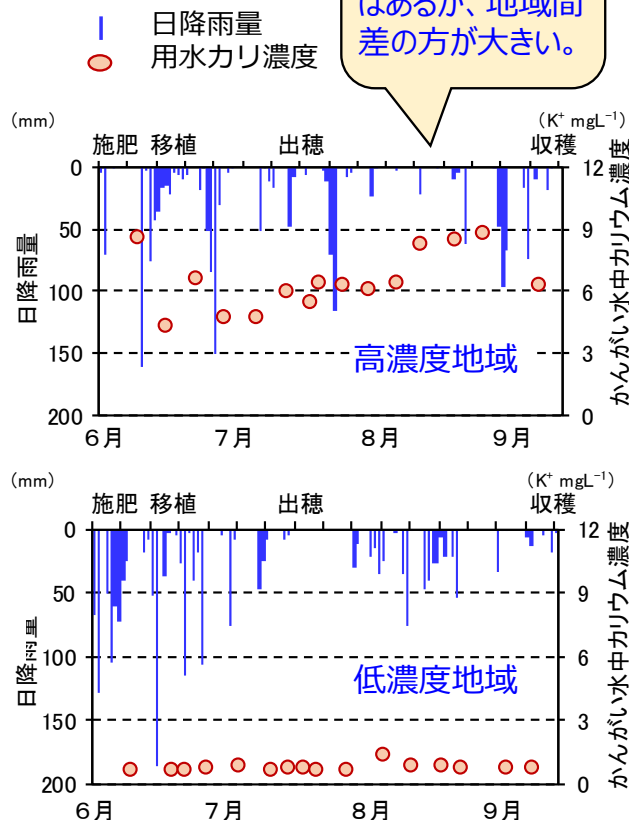
用水から供給されるカリ

鹿児島県の調査結果

用水のカリ濃度には地域間差が明瞭で、大隅地域で高い。



用水のカリ濃度に若干の季節変動はあるが、地域間差の方が大きい。



用水制御枠試験装置 (三重県考案)

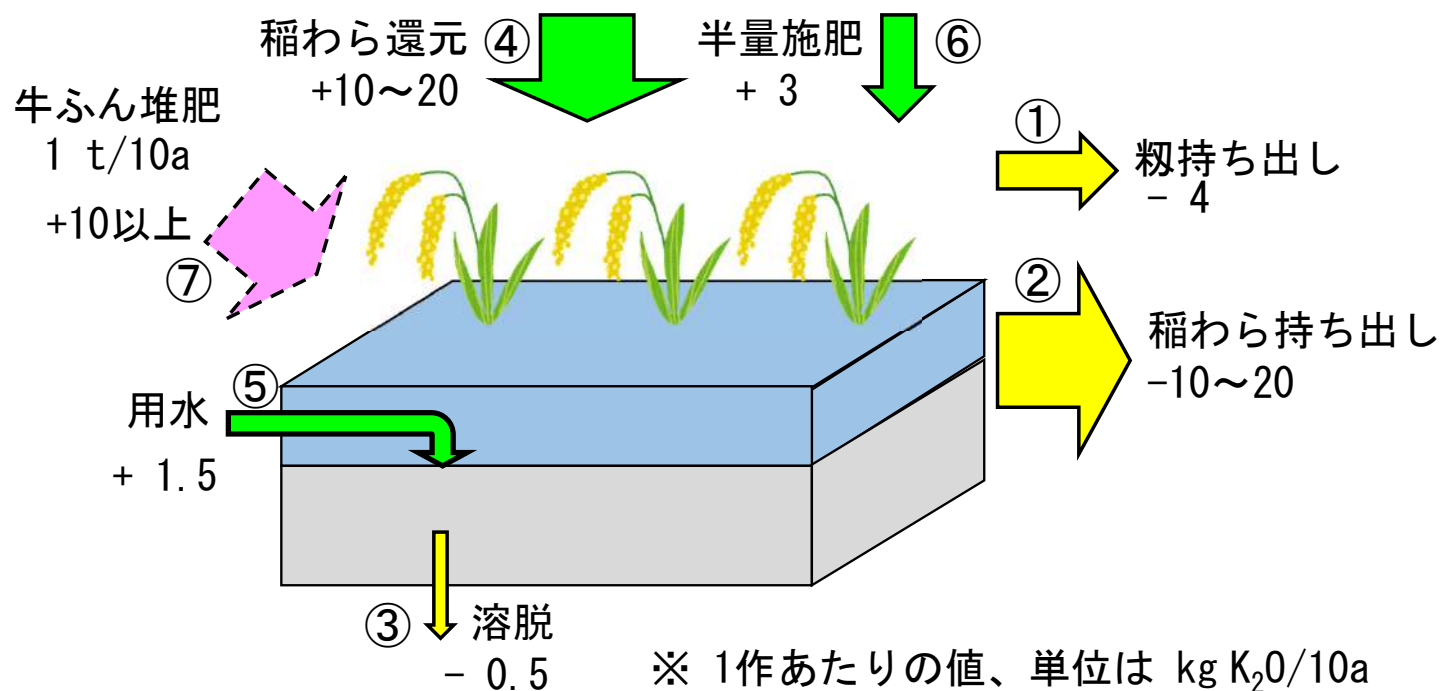


畦畔流出等を除いた正味の下方浸透量や、用水中のカリの利用率を評価

- ✓ 下方浸透水量と用水のカリ濃度から低めに試算したカリ供給量は一作あたり1.5 kg/10a。
- ✓ 用水中のカリの利用率は高い (7割以上)。
- ✓ 粗粒質の土壌以外では溶脱は少ない (1割以下)。

水田のかり収支

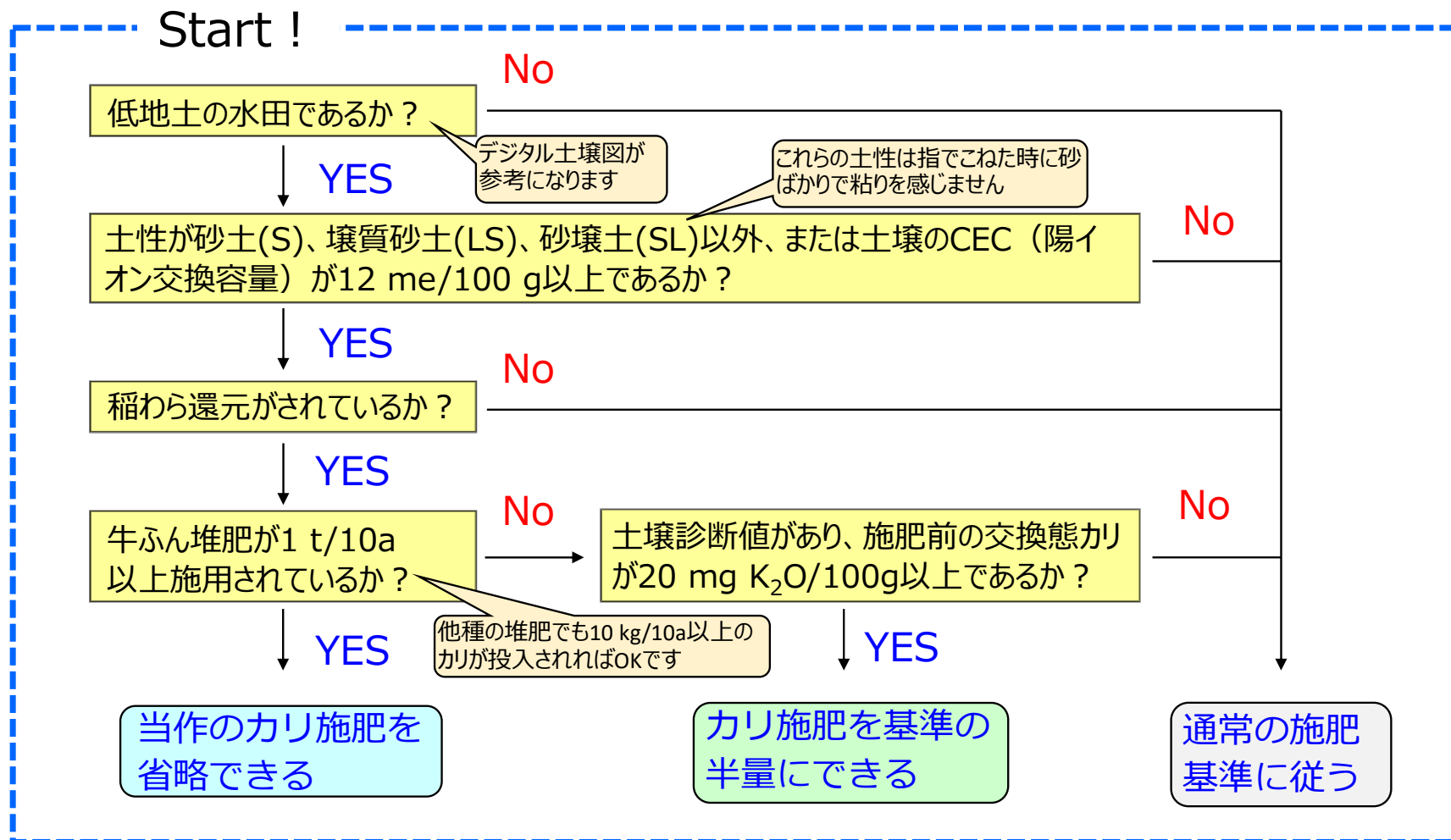
各県の調査結果を総合した模式図



①~⑥のように、稲わら還元を前提にするとカリの半量施肥（ここでは3 kg/10a）で収支が±0となる。

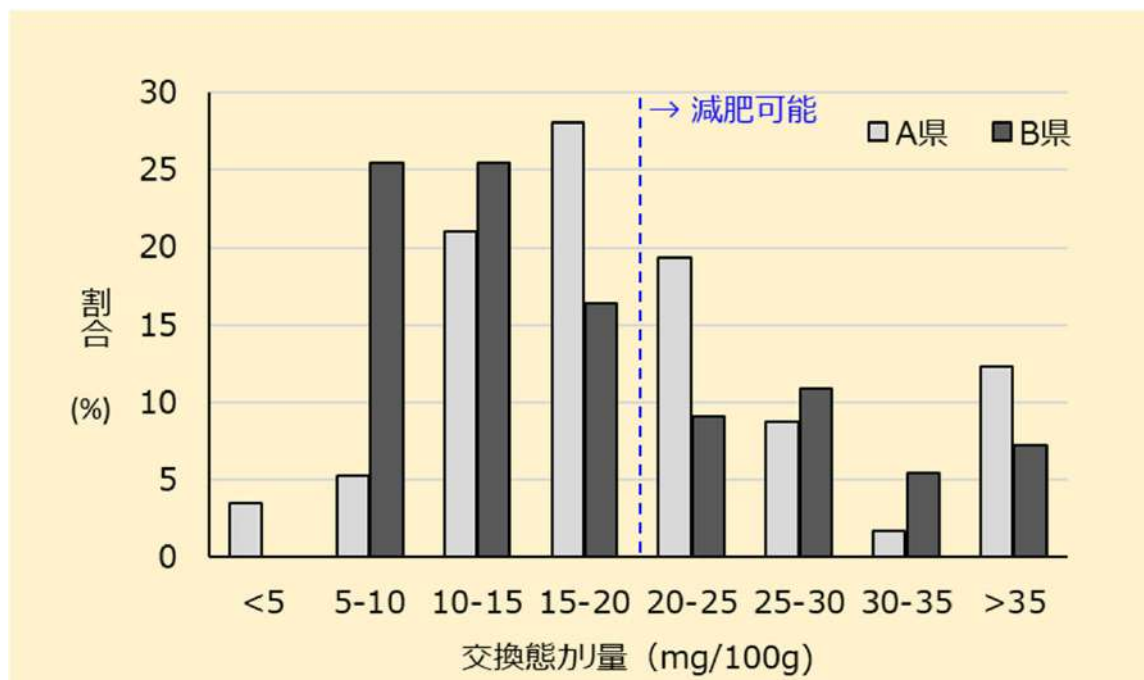
⑦の堆肥施用が行われれば⑥の施肥をゼロにしても10 kg/10a以上のプラスとなる。

適正施肥指針のフローチャート



適正施肥指針が適用できる水田

低地土の水田の半数近くは交換態カリが20 mg/100 g以上で、本指針による半量減肥の対象となる。



A県、B県における水田土壌の交換態カリのヒストグラム

※ 2015～2018年の調査

カリ施肥の適正化による肥料コスト削減

施肥	肥料	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)	慣行比 (%)	
慣行	高度化成 14-14-14	6	6	6	42.9	3,150	3,150	—	—
カリ 半減	高度化成 14-14-14	3	3	3	21.4	1,575	2,094	66	1,056
	尿素	3			6.5	519			

2018年の肥料価格による試算値。2023年現在では肥料価格高騰により、減肥によるコスト削減効果は増大している。

- ※ 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用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）、小原・中井（2004）から、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。

付随的な成果：搾汁液診断による追肥の判定

宮崎県によって開発された技術

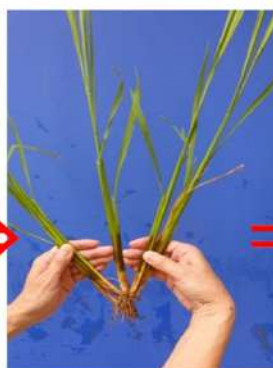
穂肥時期（幼穂長1cm）において、搾汁液を直接ポータブルイオンメーターに取り、カリウムイオン濃度及びナトリウムイオン濃度を測定



① 株を抜き取る



② 主茎毎に株を分ける



③ 主茎を選ぶ



④ 地際と5cm上を切断する



⑤ 1cm程度に細断する



⑥ ニンニク絞り器に入れる



⑦ 直接Kイオンメーターに搾汁液を入れて測定する

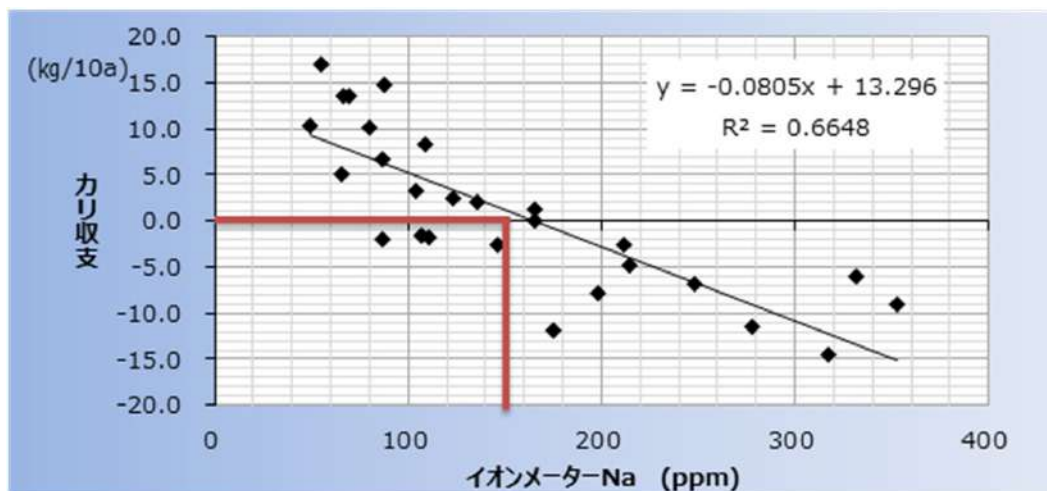


⑧ 搾汁液をNaイオンメーターに移して測定する

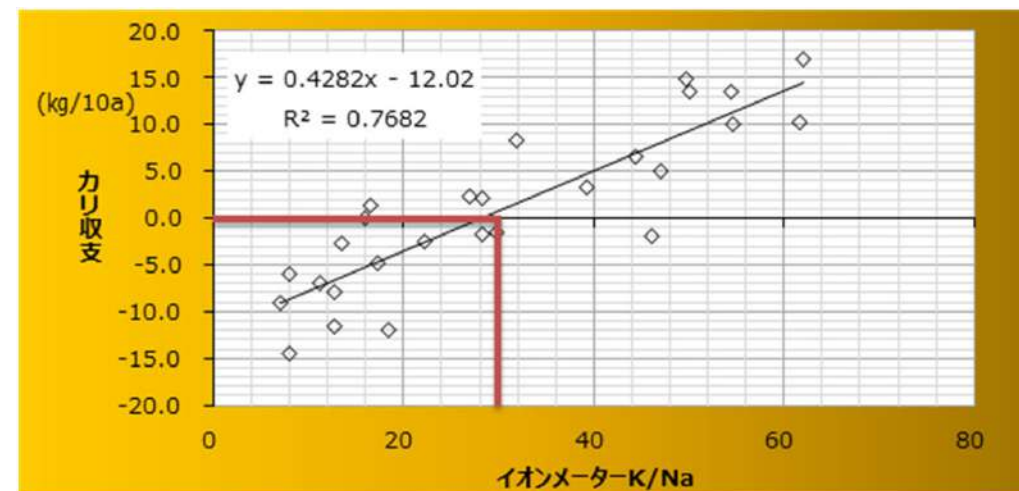
付随的な成果：搾汁液診断による追肥の判定

※ 宮崎県の灰色低地土における普通期水稻ヒビカリの事例

搾汁液のナトリウム濃度と水田のカリ収支の関係



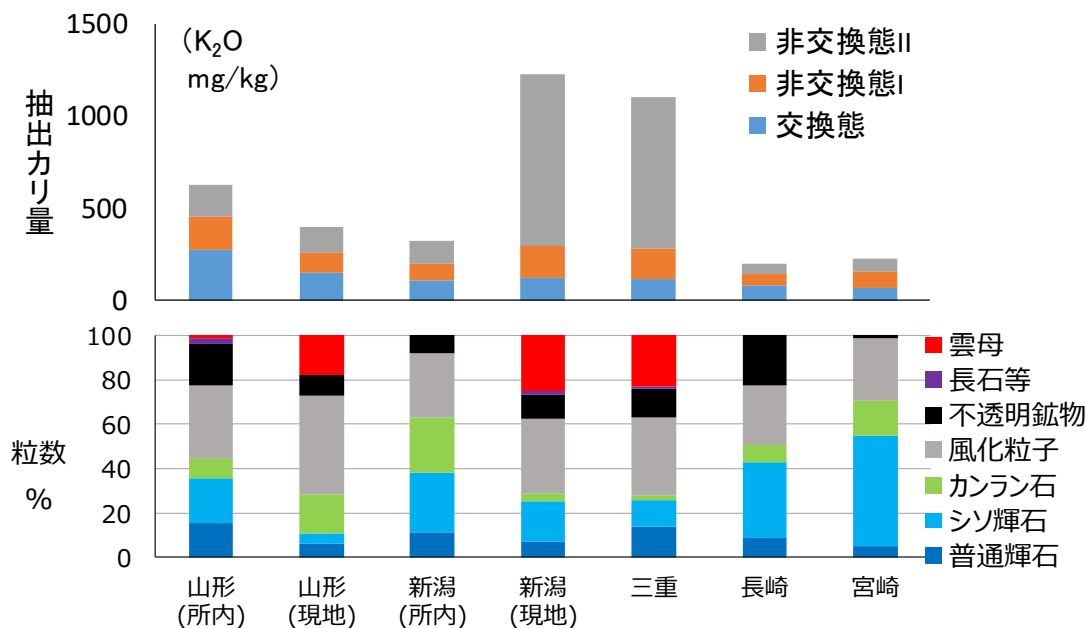
搾汁液のカリウム/ナトリウム比と水田のカリ収支の関係



- ✓ 搾汁液の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との間に関係がみられる。
- ✓ 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る。

付随的な成果：土壌の潜在的なカリ供給能の評価

農研機構の調査結果



土壌の非交換態カリ（熱硝酸等で抽出、土壌の潜在的なカリ供給能の指標）は地質（花崗岩）、一次鉱物（雲母）と関係する

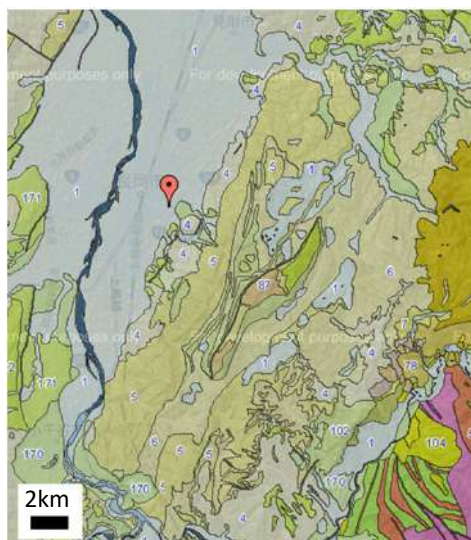
流域の表層地質	山形 (所内)	山形 (現地)	新潟 (所内)	新潟 (現地)	三重	長崎	宮崎
	堆積岩	段丘堆積物 (直上の山は花崗岩)	堆積岩、段丘堆積物	堆積物、花崗岩、堆積岩、段丘 珪長質火山岩	堆積岩、花崗岩	堆積岩	堆積岩、火山碎屑物

※ 非交換態カリは水稻に対する当分のカリ源ではなく、長期的な供給源と位置づける。

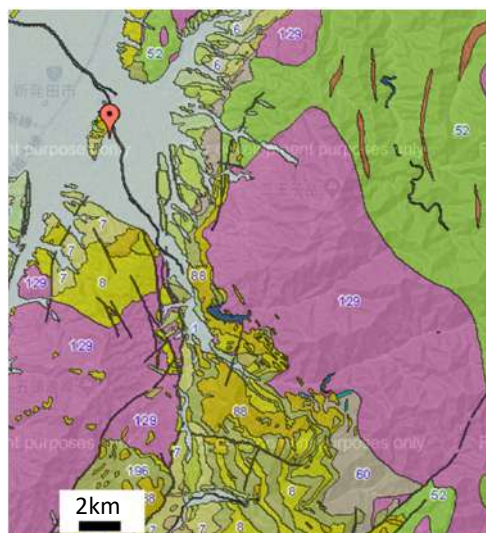
付随的な成果：土壌のかり供給能は地質と関係する

農研機構の調査結果

(産総研 シームレス地質図)



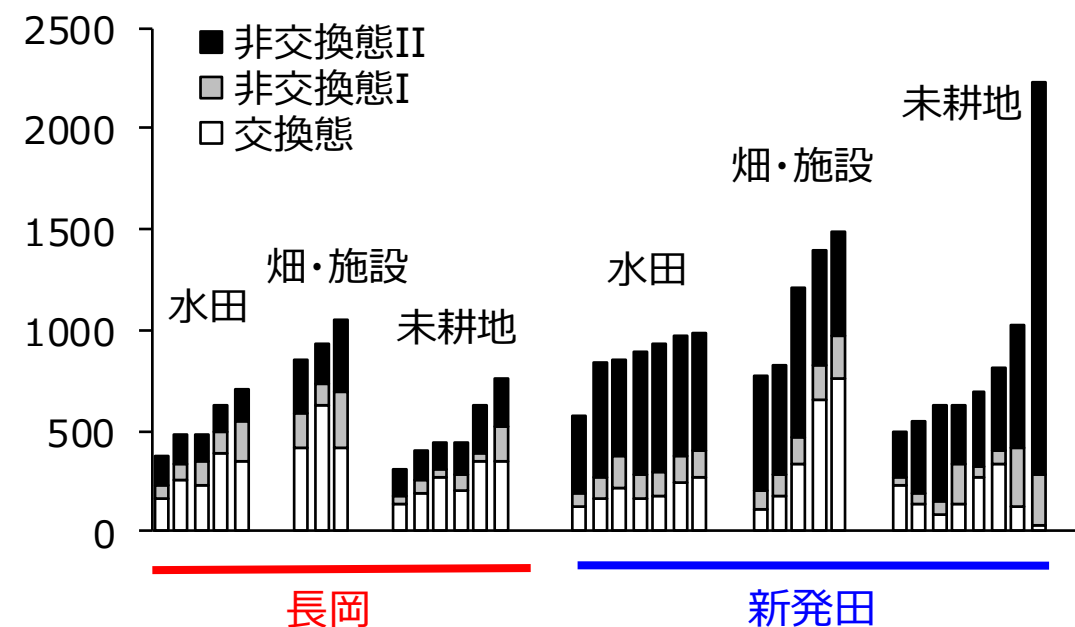
長岡地域の地質
(薄緑の堆積岩が主体)



新発田地域の地質
(ピンクの花崗岩が主体)

新潟県では新発田地域（花崗岩地質）で、地目によらず非交換態カリが長岡地域（堆積岩地質）に比べて顕著に多い

K₂O (mg/kg)





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
～ 低地土の水田に広く適用できるカリ減肥の指針 ～

マニュアル本編

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

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ポット試験装置

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

SOP20-401K

SOP

低地土の水田を対象とする
土壌のカリ収支を踏まえた
水稲のカリ適正施用指針
標準作業手順書
－公開版－



農研機構

ご清聴ありがとうございました。