

令和4年度
第1回長野県有機農業推進
プラットフォーム勉強会
2022年6月29日

環境にやさしい農業における 緑肥の活用

農研機構 中日本農業研究センター
唐澤敏彦

自己紹介

農研機構組織図 研究部分のみ

基盤技術研究本部

- 農業情報研究センター
- 農業ロボティクス研究センター
- 遺伝資源研究センター
- 高度分析研究センター

セグメント I (食品・畜産など)

- 食品研究部門
- 畜産研究部門
- 動物衛生研究部門

セグメント II (地域の農業)

- 北海道農業研究センター
- 東北農業研究センター
- 中日本農業研究センター
- 西日本農業研究センター
- 九州沖縄農業研究センター
- 農業機械研究部門

セグメント III (品種など)

- 作物研究部門
- 果樹茶業研究部門
- 野菜花き研究部門
- 生物機能利用研究部門

セグメント IV (環境など)

- 農業環境研究部門
- 農村工学研究部門
- 植物防疫研究部門

- 農研機構：日本の農業と食品産業について、基礎から応用まで幅広い分野で研究開発を行う機関

温暖地野菜研究領域

- 栽培管理グループ
- 有機・環境保全型栽培グループ

転換畑研究領域

水田利用研究領域

演者の略歴

- 1993～2005年：農水省 北海道農業試験場
→ 農研機構 北海道農業研究センター
 - 輪作順序の作物への影響と有用な土壌微生物の動態
- 2005～2007年：農水省 農林水産技術会議事務局
- 2007～現在：農研機構 中央農業総合研究センター
→ 中日本農業研究センター
 - 有機栽培圃場における養分吸収と土壌微生物の動態
 - 緑肥を利用した土づくりと減肥

緑肥利用の現状



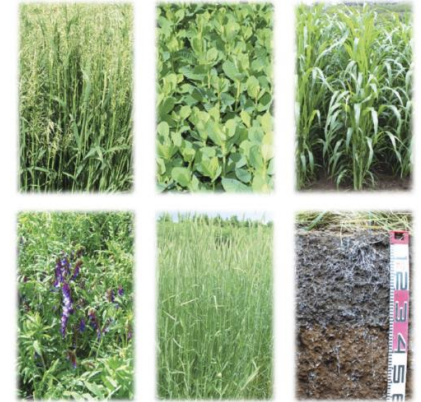
緑肥：栽培している植物を、**収穫せず**田畑にすきこみ、次の作物の**肥料**にすること、またはそのための植物

- 自給肥料として広く栽培
→化学肥料の普及とともに減少
- 肥料価格が高騰 = 肥料効果に再注目
- 堆肥投入量の減少 = 堆肥に代わる
土づくり資材として期待

植物（緑肥）の機能を使った減肥・土づくり
= その効果の発現に**土壌微生物の働きが必要**であるなど、**緑肥の利用と土壌微生物には関係が**

緑肥利用マニュアル

—土づくりと減肥を目指して—



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有機質資材の活用技術の開発」
(2015～2019年度)
有機質資材コンソーシアム

秋田県立大学
秋田県農業試験場
栃木県農業試験場
千葉県農林総合研究センター
山梨県総合農業技術センター
長野県野菜花き試験場
愛知県農業総合試験場
長崎県農林技術開発センター
雪印種苗株式会社
農研機構

緑肥導入がもたらす肥料効果

緑肥による窒素の供給（マメ科）

マメ科緑肥：
青刈ダイズ
レンゲ
クロタラリア
ヘアリーベッチ



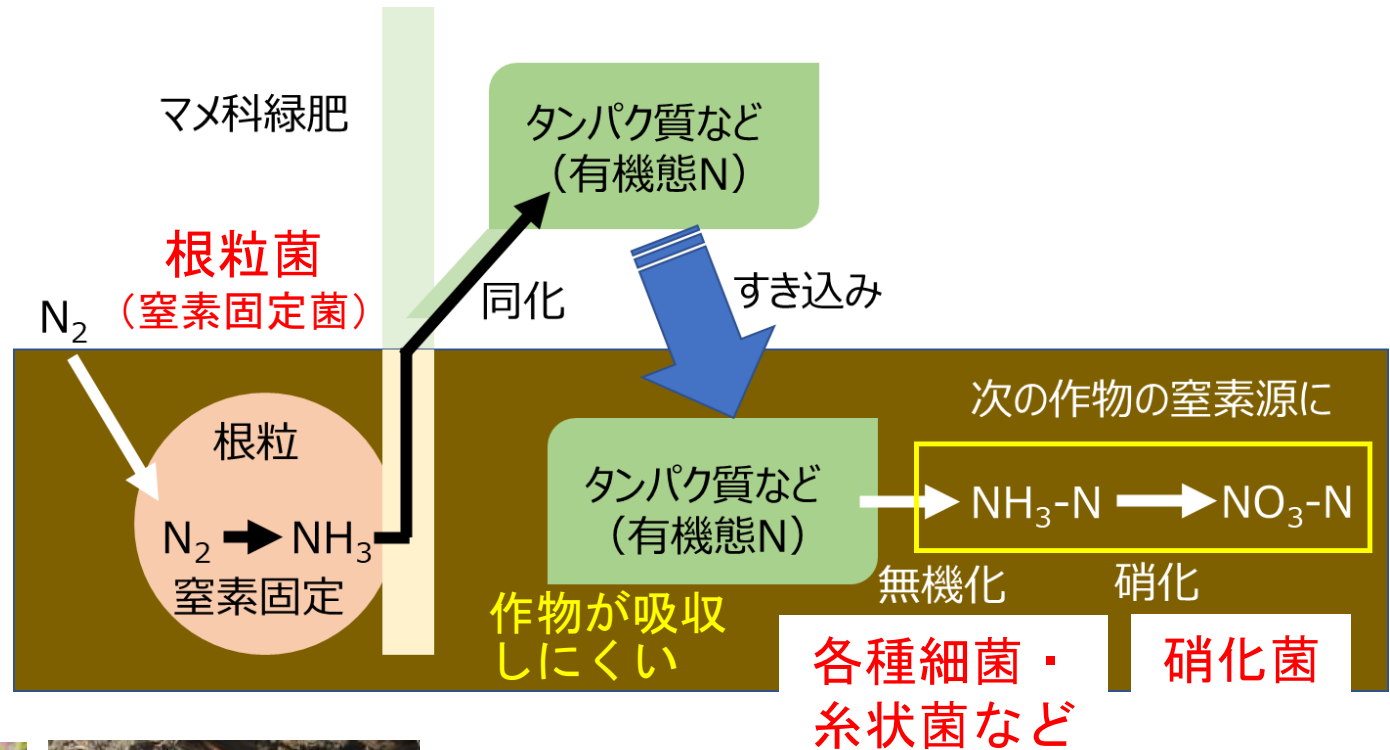
クロタラリア



ヘアリーベッチ



ベッチ根の根粒

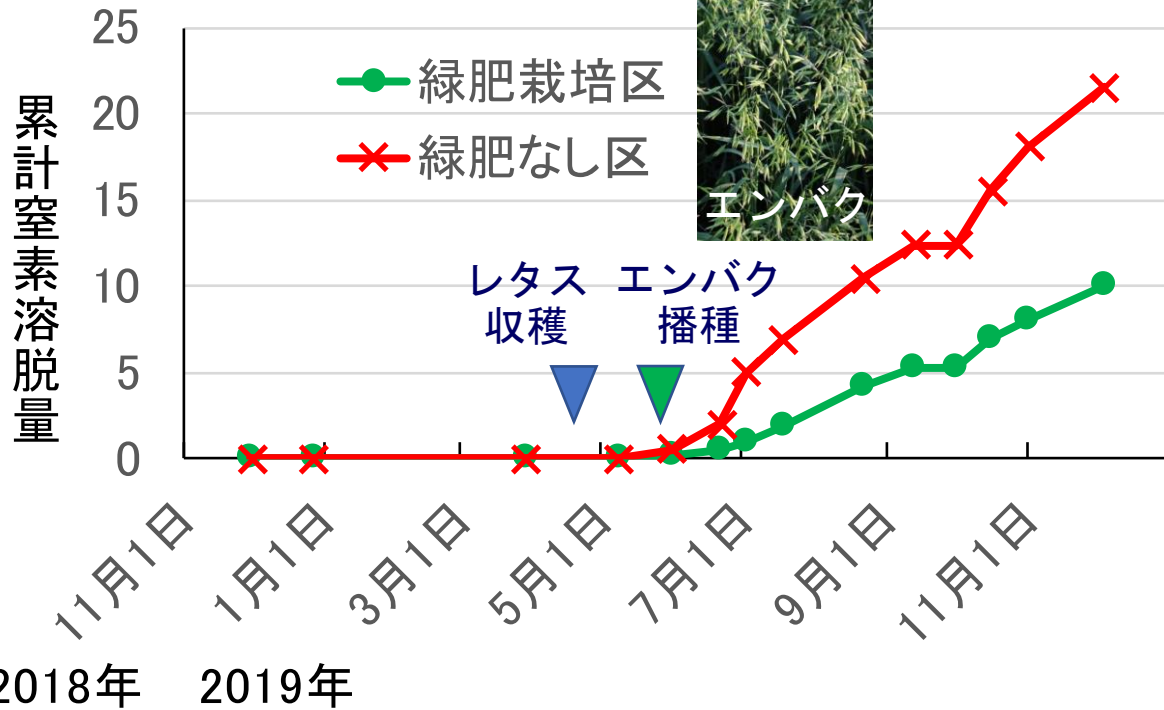


空気中の窒素ガス (N_2) を
窒素肥料の成分のアンモニア
(NH_3) に変換

すき込むと次作物の窒素肥料に

緑肥による窒素の供給（イネ科）

(kgNO₃-N/10a)



■ 作物が吸い残した窒素
➤ 降雨とともに地下に流れ、吸収不能（溶脱）

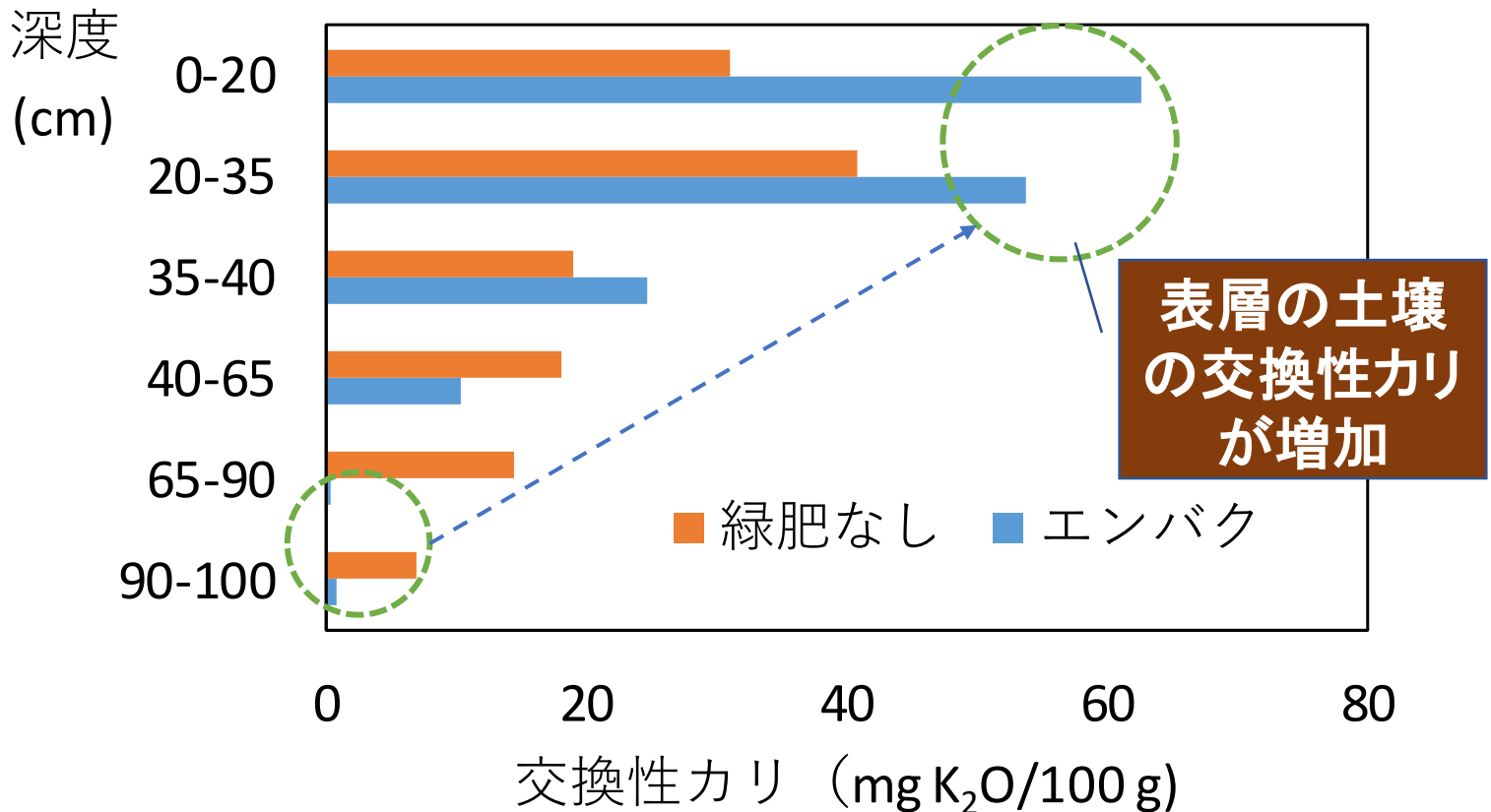
■ 収穫後にエンバクを導入、溶脱窒素を回収
➤ すき込むと次作物の窒素肥料に

ライシメーター*試験（栃木県）
*地下に浸透する水を採取できる施設

すき込み後、土壤微生物による無機化で利用可能に

緑肥によるカリ供給（イネ科など）

緑肥導入：カリの下方への移動を減らし、作土の交換性カリを増やす
→カリ施肥を減らせる可能性

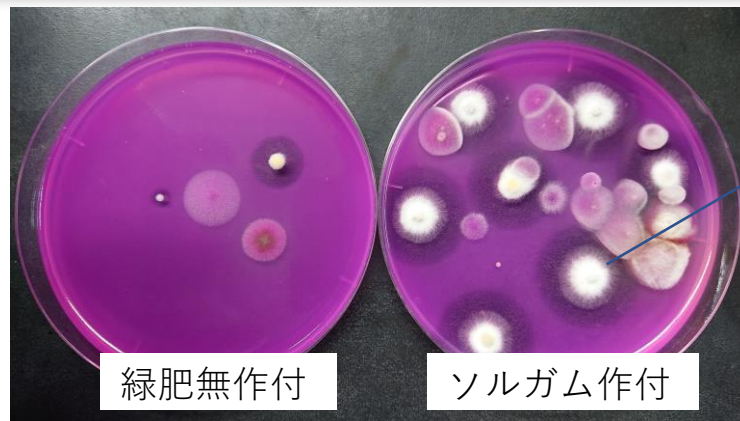


深さごとに交換性カリを測定

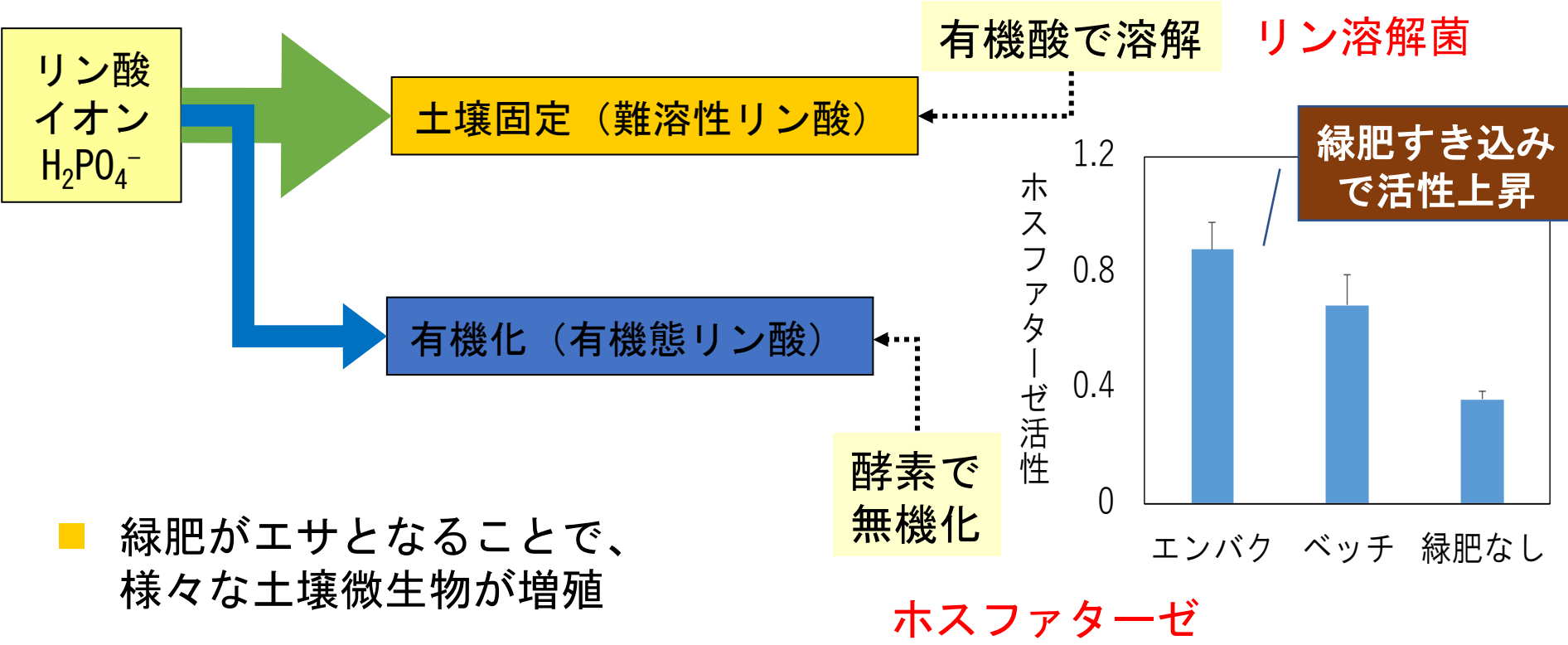
エンバクの導入が深さ別の交換性カリ含量に及ぼす効果

緑肥によるリン酸供給：リン酸吸収を促進する微生物①

溶脱しにくい
作物による利用率も低い



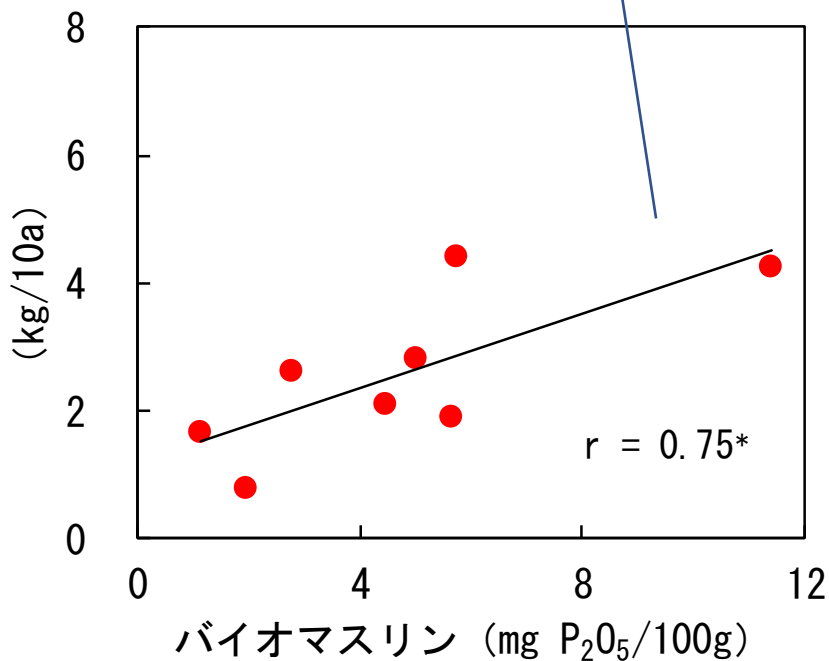
緑肥すき込み
で増殖



緑肥によるリン酸供給：リン酸吸収を促進する微生物②

緑肥すき込みで増加
→作物のリン吸収も増加

キャベツのリン酸吸収量



アブラナ科を除く
緑肥の栽培で増殖



緑肥を栽培し
なかった圃場



ヒマワリを緑肥と
して栽培した圃場

バイオマスリン*とキャベツの
リン酸吸収量の関係 (千葉県)

*微生物の体内にあり、土壌固定され
ない

菌根菌：作物の根に共生して
リン酸吸収を促進する共生菌

緑肥の肥料効果

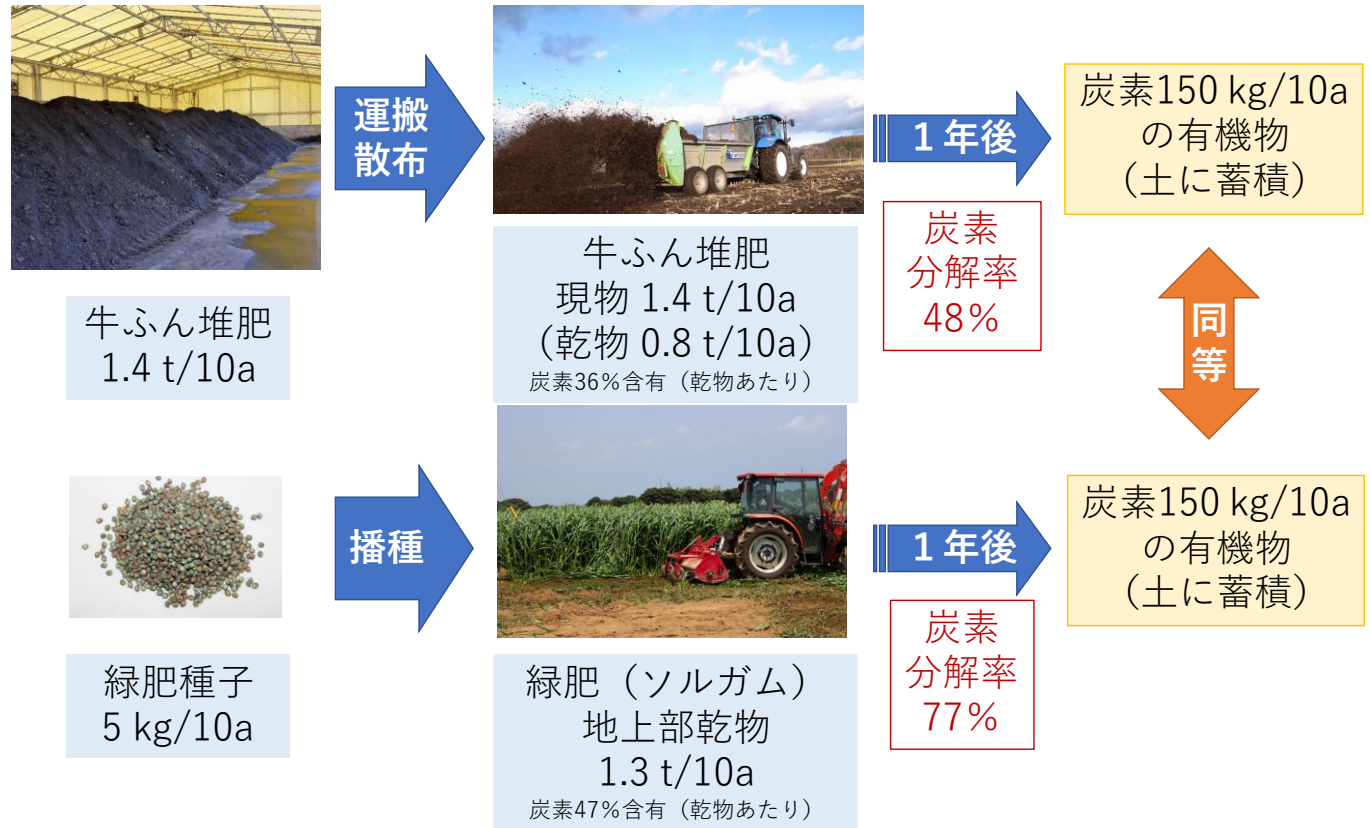
- 緑肥：栽培した作物を同じ場所にすき込む（堆肥などは圃場外から持ち込み）
 - 窒素固定を除き、吸い上げた養分を元の土壌にすき込み
 - 減肥に役立つのは、系外へ溶脱する養分の回収や系内の難利用性の養分の可給化
- 緑肥の肥料効果：作物種や生育ステージによって異なる
 - マニュアルでは、緑肥導入体系ごとに、窒素、リン酸、カリの削減可能量を例示

緑肥導入がもたらす土づくり効果

有機物を蓄積する効果 — 堆肥との比較 —

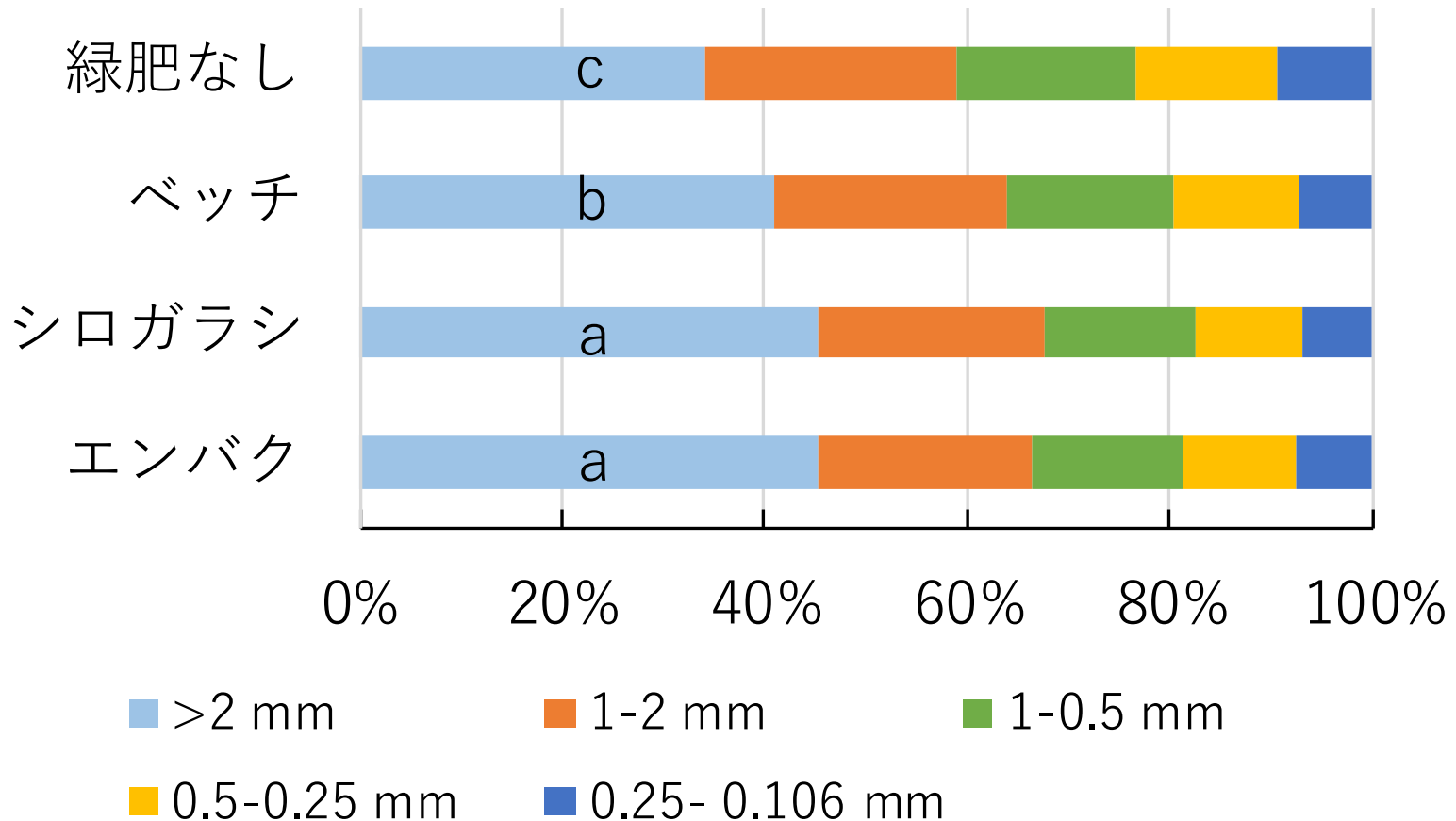
- 土壌有機物は土壌の物理的・化学的・生物的性質や肥沃度に良い効果
- 農耕地では、**土壌微生物の働きで有機物の分解が進みやすいため**、有機物の補給が必要

- 従来の堆肥に比べ、緑肥の土づくり（有機物蓄積）の効果はどうか
- 緑肥の種類によって効果は違うか



- 牛ふん堆肥は1.4tの運搬・散布 ⇔ ソルガムは5kgの種子の持ち込み・播種
- 緑肥の種類ごとに蓄積量を提示 例) ベッチは堆肥0.2~0.3t/10a分

作土の団粒の大きさに与える効果



緑肥が土壤団粒の大きさに与える効果

下層土の硬さと後作コマツナの根分布への効果



緻密度
赤が濃いと硬い

エンバク後

緑肥なし後

		エンバク後					緑肥なし後				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0-10 cm	1	6	5	7	6	7	7	8	11	10	9
10-20 cm	2	10	12	12	15	14	21	22	23	22	20
20-30 cm	3	23	23	26	26	27	22	26	27	29	32
30-40 cm	4	23	25	24	21	21	18	24	21	27	24
40-50 cm	5	23	21	25	23	23	20	21	24	21	24
50-60 cm	6	20	19	22	22	22	18	19	20	19	22
60-70 cm	7	20	21	20	22	18	17	17	18	19	20
70-80 cm	8	18	20	20	19	16	19	19	17	20	20
80-90 cm	9	19	18	15	20	18	17	18	18	16	18
90-100 cm	10	18	16	16	19	17	18	17	18	18	18

耕盤層

コマツナの根
緑が濃いと多い

		エンバク後					緑肥なし後				
		A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0-10 cm	1	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
10-20 cm	2	200	200	200	200	200	40	32	32	37	37
20-30 cm	3	66	63	53	75	60	38	12	31	35	14
30-40 cm	4	13	22	13	13	16	23	7	10	14	1
40-50 cm	5	20	21	6	5	6	8	1	13	10	0
50-60 cm	6	9	14	36	22	6	8	0	4	6	0
60-70 cm	7	6	6	20	9	8	3	0	7	10	0
70-80 cm	8	0	0	4	8	9	3	0	4	8	0
80-90 cm	9	0	0	0	0	4	1	0	2	2	0
90-100 cm	10	0	0	0	0	1	1	0	1	2	0

土壌の透水性（水はけ）に与える効果



緑肥なし後



ヘアリーベッチ後

- 緑肥なし後（左）とベッチ後（右）のネギ圃場の降雨後の様子（秋田県立大）

有害線虫・土壌病害・雑草の抑制



有害線虫を減らす効果がある緑肥

土壌病害を減らす効果がある緑肥



様々な緑肥に雑草抑制効果

緑肥の土づくり効果

- 土壤への**有機物蓄積量**で評価すると、緑肥の種類などによって土づくりの効果は異なる
 - 草丈2 mのソルガムで牛ふん堆肥1.4 t/10a相当
 - 開花前のヘアリーベッチで牛ふん堆肥0.3 t/10a相当・・・
- 堆肥よりも輸送コストをかけず、省力的に有機物を蓄積できる
- 作土の**団粒化**
- 根が伸びることで、**下層土**の硬さや水はけの改善
- **有害線虫**や**土壤病害**などの抑制

緑肥の効果を得るためのポイント

緑肥の選び方

緑肥の種類によって異なる「期待される効果」

		土づくり(物理性)			減肥		減肥(有用生物による)			有害生物の制御		
		有機物の供給	土壌硬度改善	透水性の改善	窒素の供給	カリの供給	リン代謝関連微生物	菌根菌 (リン吸収促進)	根粒菌 (窒素固定)	土壌病害抑制	有害線虫抑制	雑草の抑制
イネ科(寒)	エンバク	◎	○		○	◎	○	○	×	○	○	○
	ライムギ	○	○		○	◎	○	○	×		○	○
イネ科(暖)	ソルガム	◎	○	○	○	◎	○	○	×		○	○
	ギニアグラス	◎	○		○	◎		○	×		○	
マメ科(寒)	ヘアリーベッチ	△		○	◎	○	○	○	○			○
	クリムソン	△		○	◎	○		○	○		○	
マメ科(暖)	クロタラリア	◎		○	◎	○	○	○	○		○	
キク科	ヒマワリ	◎	○	○	○	◎	○	○	×			
	マリーゴールド	○	○		○	○		○	×		○	
アブラナ科	シロガラシ	○	○		◎	○		×	×			
	チャガラシ	○	○		◎	○	○	×	×	○		

緑肥の選び方 主作物ごとに導入事例のある緑肥の種類と地域

主作物	緑肥作物（導入事例のある地域の例）
キャベツ	ソルガム（千葉県、愛知県）、ライムギ（神奈川県）、ベッチ（秋田県、神奈川県など）、クロタラリア（愛知県）
ダイコン	エンバク（北海道、鹿児島県）、ライムギ（鹿児島県）
ハクサイ	ライムギ（長野県）、クロタラリア（山梨県）
ブロッコリー	ソルガム（愛知県）、クロタラリア（長崎県）
レタス	ソルガム（長野県、兵庫県、鹿児島県）、エンバク（栃木県）、ライムギ（長野県）
ネギ	ソルガム（宮城県）、ヘアリーベッチ（秋田県）
スイートコーン	ヘアリーベッチ（千葉県、山梨県）
キュウリ	ソルガム（北海道、宮崎県、鹿児島県）、エンバク（鹿児島県）、クロタラリア（宮崎県）
ニンジン	ソルガム（宮崎県）、エンバク（北海道、千葉県）
サツマイモ	エンバク（鹿児島県）、ライムギ（鹿児島県）、クロタラリア（千葉県、茨城県）
バレイショ	エンバク（北海道、宮城県、鹿児島県）
豆類	エンバク（北海道）、ヘアリーベッチ（北海道、秋田県、宮城県、千葉県、兵庫県）
水稻	ヘアリーベッチ（兵庫県、鹿児島県など）

主作物の栽培時期と競合しない
ねらった導入効果をもつ
次の作物の病害虫を増やさない
周辺の作物の害虫を増やさない

緑肥にも
連作障害
が起きる



ソルガムの連作障害 クロタラリアの立ち枯れ

緑肥の播種



播種機を使った条播



ラジコンヘリで水稻立毛間に散播



散粒機による散播



ブロードキャスターを使った散播

播種のポイント

散播した場合：発芽や初期生育の安定化のため、覆土鎮圧



ロータリーによる覆土



播種後のローラーによる鎮圧



水稻立毛間播種では、コンバインから排出される稲わらを覆土代わり

播種量：作物によって違う 緑肥利用マニュアルや種苗会社のカタログ参照

施肥：基本的には、前作物の残肥で栽培
残肥がない圃場では、施肥が必要な場合も

緑肥のすき込み

緑肥の種類、生育ステージごとにすき込みに使える機械

	ソルガム				エンバク		ライムギ			ヘアリーベッチ		クロタリ ア(細葉)		クロタリ ア(丸葉)	
	50cm	1m	2m	3m	出穂 前	出穂 期	30cm	出穂 前	出穂 期	開花 前	開花 期	開花 前	開花 期	開花 前	開花 期
フレールモア	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ロータリー	○	○	×	×	○	×	○	○	×	○	△	×	×	×	×
プラウ	○	○	×	×	○	△	○	○	×	○	○	×	×	×	×



フレールモア



ハンマーナイフモア



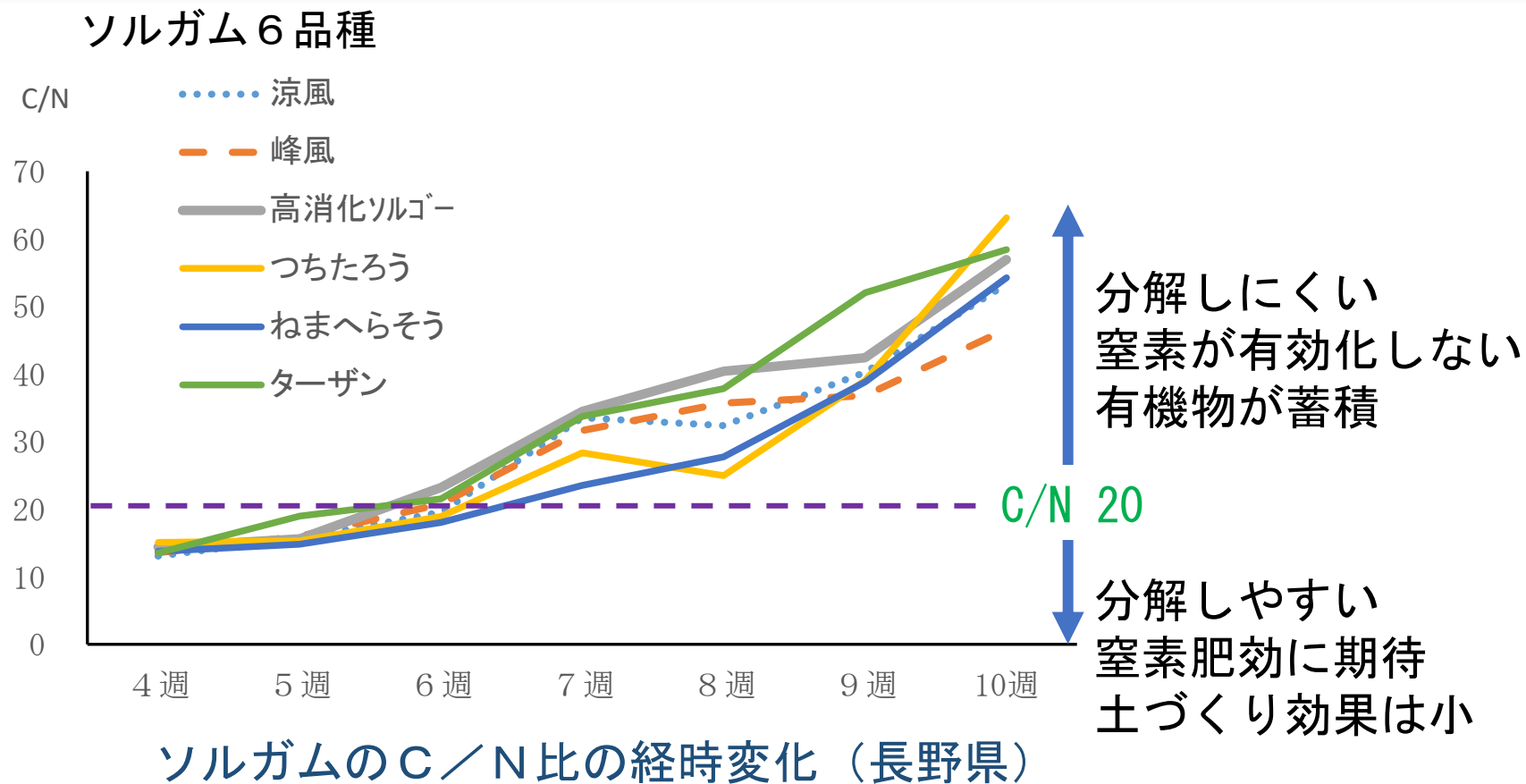
ロータリー



プラウ

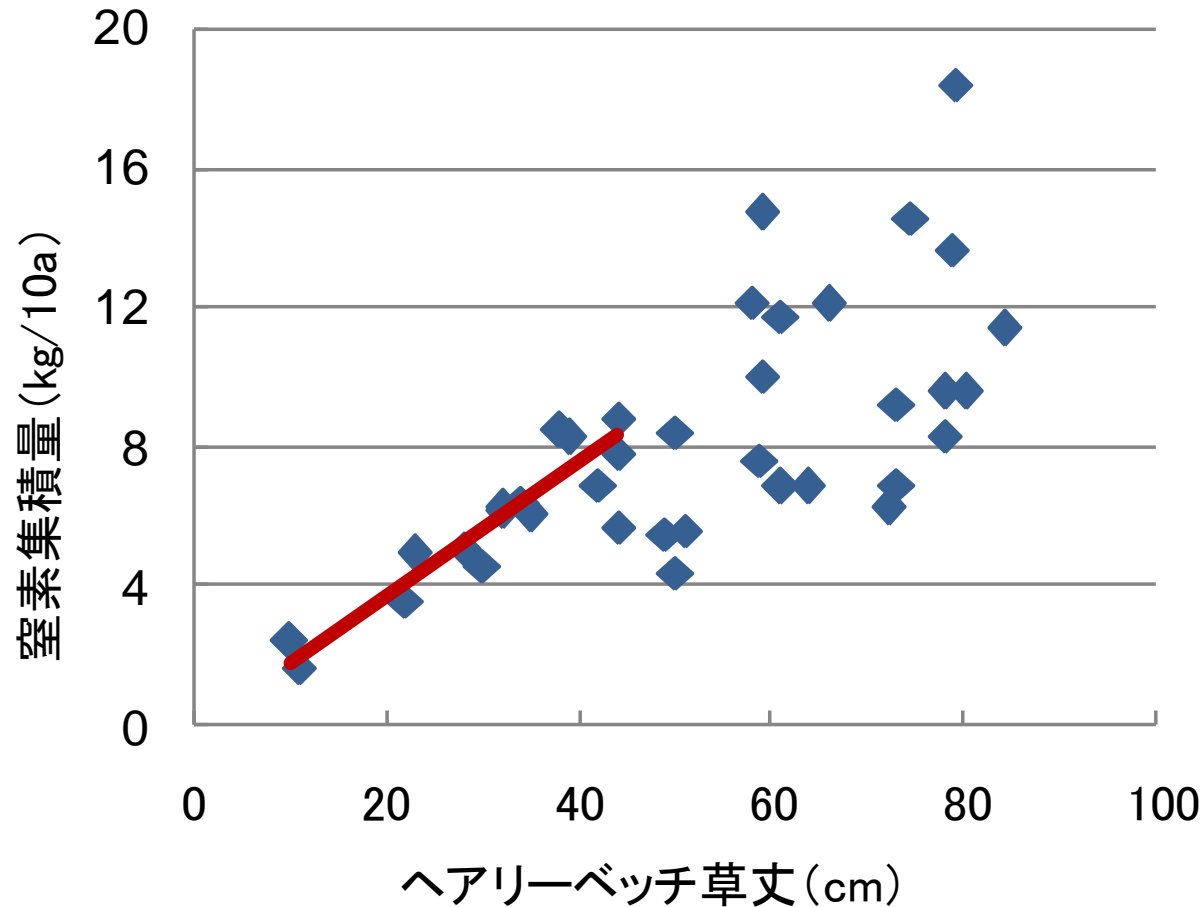
- ロータリーによるすき込みが一般的
- 作物種や生育ステージによっては、緑肥をそのままロータリーですき込むことが困難なので、モアで細断してから、ロータリー耕
- プラウですき込むことも可能

緑肥をすき込む時期



ベッチなどは生育ステージで C/N 比が大きく変化しないが、他の緑肥は、C/N 比が変化
すき込むタイミングで、微生物による分解の受けやすさが異なる

減肥可能量の決め方



C/N比が生育ステージで変化しないヘアリーベッチは草丈から、窒素すき込み量を推定し、それをもとに、減肥可能量を決められる(秋田県立大)

緑肥をすき込む時期



作物種によっては、大きくしすぎるとモアやロータリーに絡まり、作業性が悪化

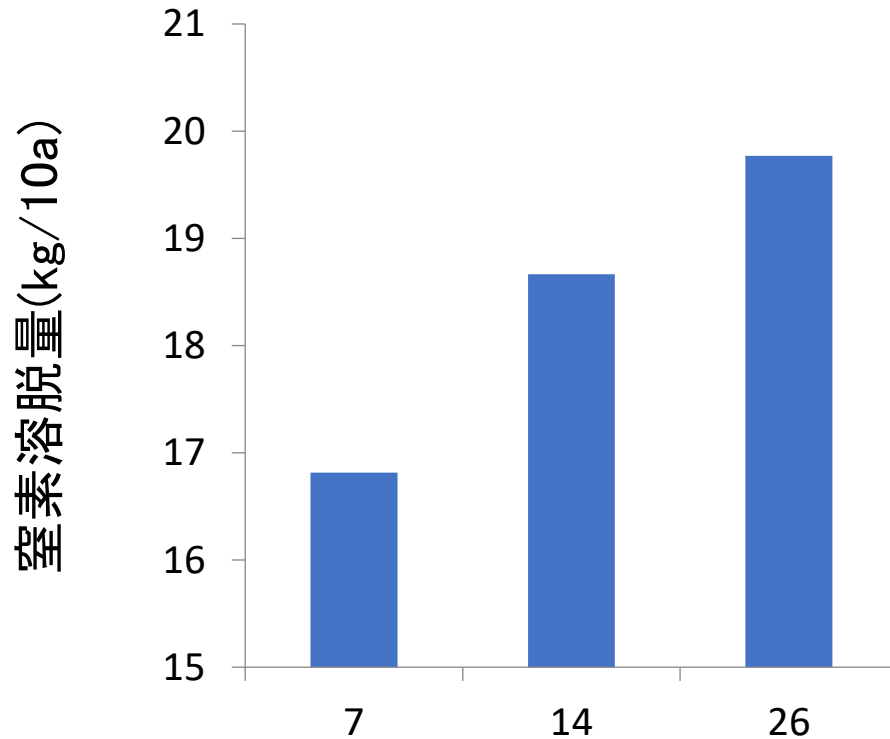


細断できないときは、植物体を踏み倒し



反対側からロータリー耕すると絡みにくい

緑肥すき込みから播種までの期間

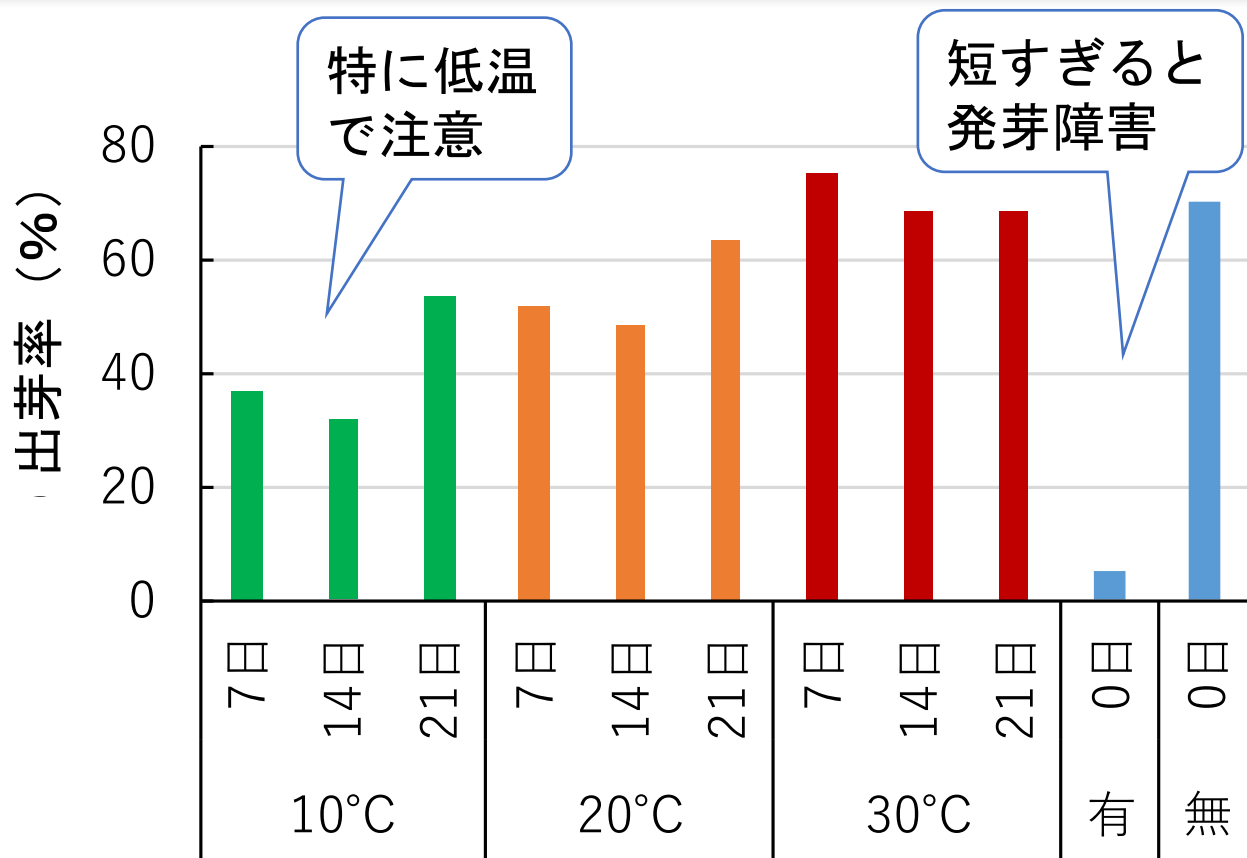


緑肥すき込みから
播種までの日数

短いほど
N溶脱量は少なく
N利用率もよい

ベッチすき込みから播種までの期間が窒素溶脱量に
及ぼす影響(山梨県、ライシメータ)

主作物の作付けまでの期間



- 短すぎると、植え傷みや発芽障害
- 高温では、7日で十分だが、低温では、十分な腐熟期間が必要

すき込みからしばらくは、有機物を分解するピシウムという微生物が増え、植え傷み等を引き起こすので注意

緑肥すき込みから播種までの期間

ベッチすき込み後の日数と温度がスイートコーンの発芽率に及ぼす影響（山梨県）

効果を高めるために

- 選び方
 - 適期に栽培できる作物種
 - 目的とする効果をもつ作物種・品種
- すき込み時期
 - 遅い: 有機物補給が大きく、肥料効果は小さい、窒素飢餓やすき込みの作業性に注意
 - 早い: 有機物補給が小さく、肥料効果は大きい
 - C/Nの変動が小さいベッチ等は、遅いほど肥料効果も大きい
- 腐熟期間
 - 短すぎ: 植え傷みに注意
 - 長すぎ: 養分のロスの可能性

化学肥料の使用量低減に向けて

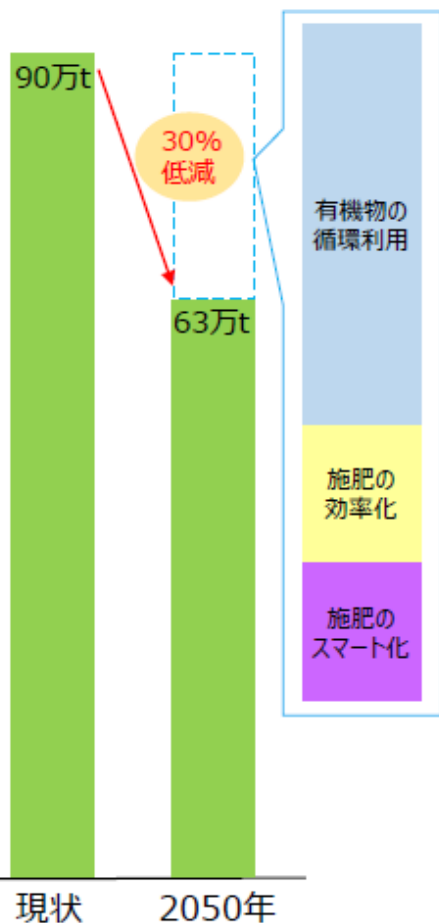
みどりの食料システム戦略

化学肥料の低減に向けた取組

目標

・2050年までに、輸入原料や化石燃料を原料とした化学肥料の使用量を30%低減。

化学肥料の使用量
(NPK総量・出荷ベース)



1 有機物の循環利用

たい肥の投入による生産性の向上を実証し、農家のたい肥利用を促進するとともに、たい肥の高品質化・ペレット化技術等の開発や広域流通なども進め、耕種農家が使いやすいたい肥等がどこでも手に入る環境を整備することで、**たい肥等による化学肥料の置換え**を進める。

目標達成に向けた技術開発

- ・たい肥の製造コスト低減・品質安定化技術や低コストなペレット化技術
- ・污泥等からの肥料成分（リン）の低コスト回収技術

目標達成に向けた環境・体制整備

- ・たい肥による生産性向上効果を現場で実証しつつ取組を拡大[持続可能な生産技術への転換を促す仕組みや支援を検討]
- ・地域の有機性資源の循環利用システムの構築（たい肥の高品質化・ペレット化、たい肥を原料とした新たな肥料の生産、広域流通体制 等）

2 施肥の効率化・スマート化

土壌や作物の生育に応じた施肥や作物が吸収できる根圏への局所施肥等で施肥の無駄を省き効率化するとともに、データの蓄積・活用により最適な施肥を可能にする「スマート施肥」を導入する。

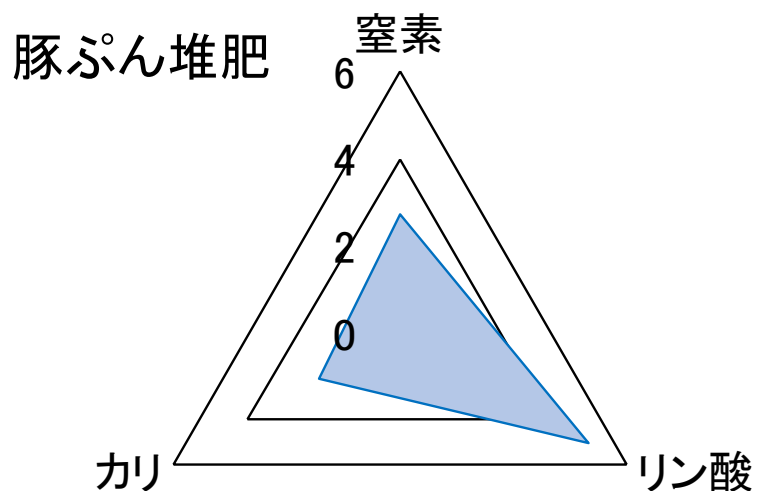
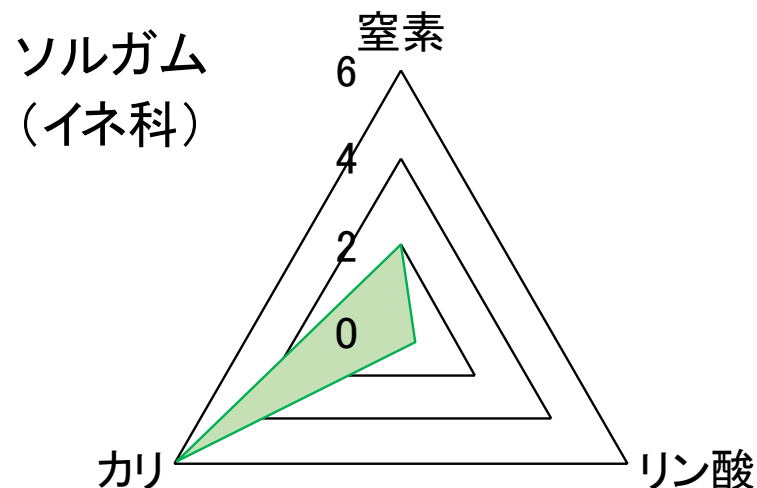
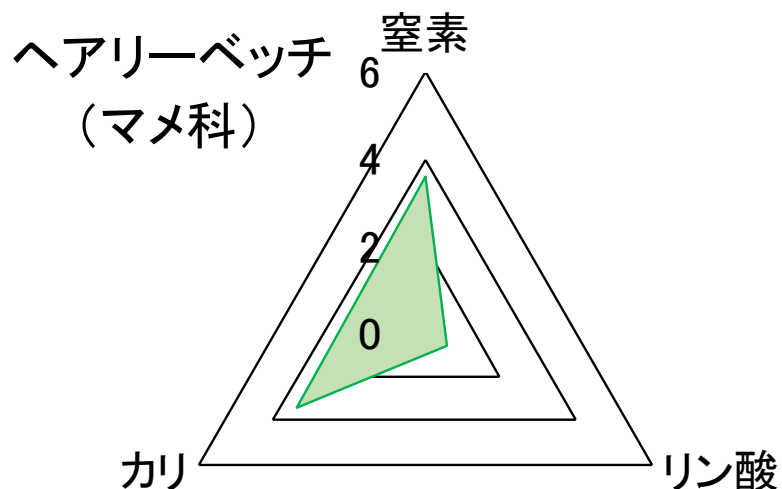
目標達成に向けた技術開発

- ・ドローンや衛星画像等を用いて、**土壌や作物の生育状況に応じて精密施肥**を行う技術
- ・土壌や作物などのデータを活用したスマート施肥システム
- ・有機物なども活用した新たな肥効調節型肥料、土壌微生物機能の解明と活用技術

目標達成に向けた環境・体制整備

- ・土壌分析に基づく施肥の実践、ドローン等を用いた精密施肥技術の現場実証や農業者への機械導入
- ・土壌や作物などのデータを地域や各システムを越えてビッグデータ化
- ・スマート施肥システムによるデータに基づく最適施肥の実現

たい肥等による化学肥料の置換え



家畜ふん堆肥：リン酸、あるいは、
リン酸・カリが高い傾向
→化学肥料（単肥）などで成分を
調整する方法も

緑肥：窒素・カリ（マメ科）、カ
リ（イネ科）が高い傾向
→養分バランスという意味でも、
たい肥と緑肥を組み合わせた化学
肥料代替

肥料コスト低減体系緊急転換事業 (R3補正)

農業者のみなさま /

肥料代を節約してみませんか？

肥料原料の価格が上昇し、肥料が値上がりしています。
 土壌診断、肥料や施肥方法の変更で、肥料代を節約してみませんか。

01 土壌診断

例えば、最近土壌診断してないなあ。

特に、りん酸^{リン酸}は土壌に多く含まれている可能性があります！
 土壌診断をしてみませんか？

導入メリット(実証例)

標準(単肥)	7,273円
リン酸50%減肥(単肥)	5,785円

22%削減

※東北地区有機地土壌の割合

02 肥料や施肥方法の変更

肥料や施肥方法を変えるって何をすればいいの？

緑肥や堆肥を取り入れたら、全面施肥から局所施肥に変えたり、それほど難しいものではありません！

局所施肥への変更

令和3年度補正予算

「肥料コスト低減体系緊急転換事業」
 で支援します！

肥料コスト低減体系緊急転換事業では

“肥料代の節約”

に向けた様々な取組を幅広く支援します!!

取組01 土壌診断の実施

例えば…

- 土壌診断の費用
- 施肥設計の相談料
- 簡易土壌診断の試薬やキットの購入費

など

※リモートセンシングによる土壌診断も支援対象となります。

取組02 肥料や施肥方法の変更

例えば…

- 堆肥の運搬費、散布代行料、成分分析費
- 緑肥の種子散布代行料、すき込み作業の代行料
- 局所・可変施肥機のレンタル料、ドローン施肥の作業代行料

など

※肥料をL型(低PK)肥料など成分のものや国内の地域資源を活用した肥料に切り替えただけでも、申請要件を満たすことができます。その場合は土壌診断の経費が支援対象となります。

全額補助

費用の1/2補助

(担当窓口)

農林水産省 農産局 技術普及課 生産資材対策室
 (Tel: 03-6744-2435)

詳細はこちら

https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryu/211208.html

土壌や作物の生育状況に応じた精密施肥



主作物ではなく、緑肥の生育をセンシング

主作物を植える前に圃場の状況を把握可能

選ぶ緑肥の種類によっては、主作物よりも、土壌の条件がわかりやすい可能性も

有機農業の取組面積拡大に向けて

みどりの食料システム戦略

有機農業の取組面積拡大に向けた取組

有機農業の取組面積拡大 に向けた技術革新

耕地面積に占める
有機農業の取組面積の割合
25% (100万ha)



28



緑肥等の有機物施用による土づくり

有機農業の取組面積拡大に向けた技術開発・普及（現在から2030年頃まで）

緑肥等の有機物施用による土づくり

緑肥（カバークロープ）をすき込むことで作土に多くの有機物を供給



たい肥を散布することで作土に多くの有機物を供給



水田の水管理による雑草の抑制

水管理により効率的に抑草環境を実現

田植え前の早期湛水
→代掻きによる均平化
→埋土種子削減・トド層形成

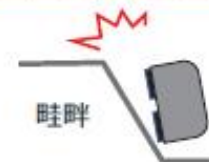


ICTセンサー等を活用した深水管理の効率化



（出典）2019 NTT DOCOMO, INC. All Rights Reserved. 生産技術開発部 稲作推進事業：「水稲有機栽培における早期湛水・深水管理の効率的抑草技術体系の紹介」、及び「農林水産省 環境地質資料410」

除草の自動化を可能とする畦畔・ほ場周縁の基盤整備



自走式草刈機は、転落の危険性があることから急傾斜地での使用が困難。



急傾斜、段差の解消など、安全に自走式草刈機が走行できる環境を整備。



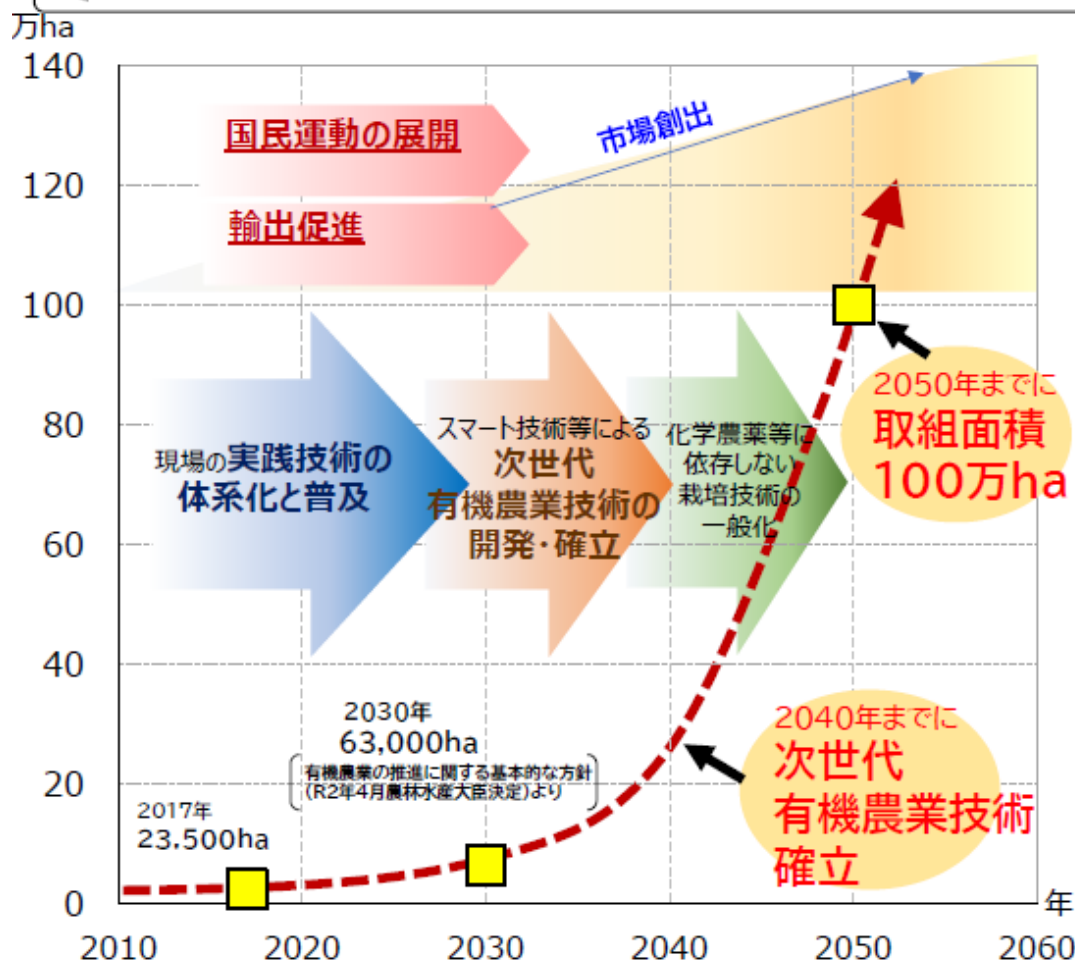
プロジェクトの成果として
紹介した内容の延長

みどりの食料システム戦略

有機農業の取組の拡大

目標

- ・2050年までに、オーガニック市場を拡大しつつ、耕地面積に占める有機農業の取組面積の割合を**25% (100万ha) に拡大** (※国際的に行われている有機農業)
- ・2040年までに、主要な品目について農業者の多くが取り組むことができる**次世代有機農業技術を確立**



目標達成に向けた技術開発

実践技術の体系化・省力技術等の開発 (～2030年)

- ・堆肥のペレット化、除草ロボット等による耕種的防除の省力化
- ・地力維持・土着天敵等を考慮した輪作体系
- ・省力的かつ環境負荷の低い家畜の飼養管理 等

→ 有機農業に取り組む農業者の底上げ・裾野の拡大

次世代有機農業技術の確立 (～2040年)

- ・AIによる病害虫発生予察や、光・音等の物理的手法、天敵等の生物学的手法
- ・**土壌微生物機能の解明と活用技術**
- ・病害虫抵抗性を強化するなど有機栽培に適した品種 等

→ 農業者の多くが取り組むことができる技術体系確立

目標達成に向けた環境・体制整備

農業者の多くが有機農業に取り組みやすい環境整備

- ・現場の優良な実践技術の実証等により、有機農業への転換を促進
【持続可能な生産技術への転換を促す仕組みや支援を検討】
- ・有機農業にまもって取り組む産地づくり、共同物流等による流通コストの低減
- ・輸入の多い有機大豆等の国産への切替えや、有機加工品等の新たな需要の開拓、輸出を念頭にした茶などの有機栽培への転換
- ・消費者や地域住民が有機農業を理解し支える環境づくり

緑肥の土壌微生物への効果

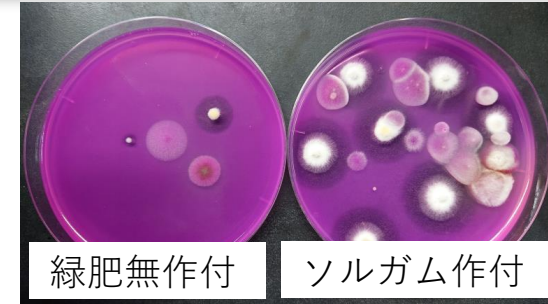
緑肥は、新鮮有機物（微生物の作用を受けていない有機物）で、土壌微生物への影響が大きい

■ 緑肥がエサとなることで、様々な土壌微生物が増殖

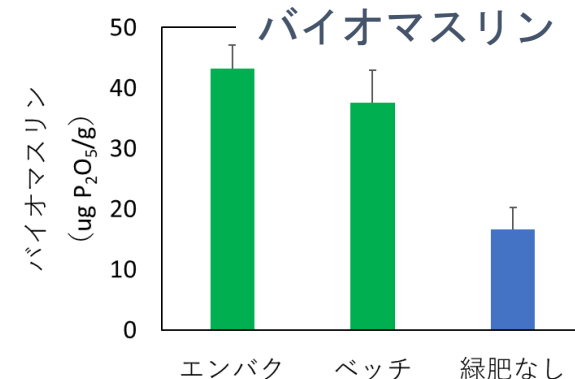
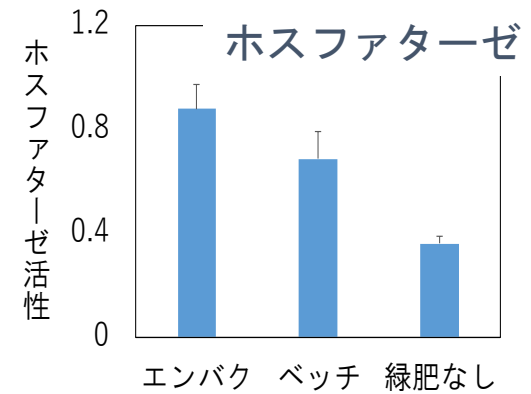
- リン酸循環に関わる機能：リン溶解（リン溶解菌）、無機化（ホスファターゼ）、リン酸のプール（バイオマスリン）、吸収域の拡大（菌根菌）
- 窒素循環：無機化（プロテアーゼ） . . .

■ 有害線虫、土壌病害の抑制

➤ 土壌微生物の養分供給などの機能を引き出したり、有害生物を制御するために使えるかもしれない



リン溶解菌



まとめ

- 肥料効果 ○○肥料＝○kg相当（緑肥ごと）
 - 窒素：窒素固定、溶脱低減 ● カリ：溶脱低減
 - リン酸：有用な微生物機能
- 土づくり効果 有機物の蓄積＝牛ふん堆肥○t相当（緑肥ごと）
 - 作土：団粒化
 - 下層土：緻密度、水はけの改善
- 効果を得るためのポイント
 - 選び方：適期に栽培でき、目的とする効果を持つ
 - すき込み（イネ科）：早い→肥料、遅い→土づくり
 - 腐熟期間：短い→植え傷み、長い→養分ロス



緑肥作物・カバークロップ導入ガイド

<https://www.naro.go.jp/laboratory/carc/organic/ryokuhi-sakumotsu/donyu-guide.html>

緑肥利用マニュアル

－土づくりと減肥を目指して－



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有機質肥料の活用技術の開発」
(2015～2019年度)
有機質肥料コンソーシアム

緑肥利用マニュアル
－土づくりと減肥を
目指して－

https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/134374.html



緑肥Web講習会「減肥と土づくりのための緑肥の栽培」－YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=mTYnNvqILk>