

## 2 福原輪中の塩害防止に関する検討

## 第1 はじめに

### 1 検討の必要性と目的

- ・ 長良川河口堰の開門調査に伴う塩水の遡上により、長良川の水を利用して農業を営む愛知県愛西市福原地域では、かんがい用水や地下水等を通じた塩水の侵入によって塩害の発生が危惧されている。
- ・ 開門調査の実施にあたっては、塩害の発生が危惧される福原地域の関係者との事前の合意形成が必須である。特に本地域で営農する農業者の着実な理解を得ることが重要であり、丁寧に説明していく責任がある。
- ・ 地元との意見交換会（H25.10.17）では、農業者から、塩害に対する不安の声が多く聞かれており、愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会からは、開門にあたっては地元の不安解消が一番の課題との意見をいただいている。
- ・ このため、地元説明に向けて、塩害に係る知見・情報を幅広く収集していくことが必要である。

(参考)

○福原地域の地元の方との意見交換会及び現地視察 (H25. 10. 17)

(委員) 開門調査に対しての不安、心配、ご意見などお聞かせ願いたい。

(地元) まずは、農業用水の水源の確保である。また、地下水に塩分が入り、毛管現象のような形で地表に上がって農作物に塩害が発生することも懸念される。

(委員) 検討にベストを尽くしたい。それによって得られる結論は、人によっては不満に思うところがあるかもしれないが、それについてもきちんと説明ができるよう、十分に整理してまいりたい。

○第 19 回愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会利水チーム打合せ  
(H28. 5. 17)

(委員) 開門にあたっては地元の「不安解消」が一番の課題。昔からやっていたから大丈夫ではダメ。

## 2 これまでの検討経過

H24 年度	福原輪中の現状とかんがいの実態、開門調査前に必要な事前調査の項目について検討
H25 年度	事前調査の具体的内容と概算費用の算定、及び代替水源確保対策について、概算費用の算定と課題について整理
H26 年度	開門調査期間別の代替水源対策の検討 アオ取水を再現するための資料収集
H27 年度	アオ取水の再現に向けて必要となる知見・情報の収集
H28 年度	塩害に係る一般的な知見について・塩害発生事例の事例収集
H29 年度	塩害発生に係るリスクマネジメントについての一般的な知識について ～ハード面での一般的な事前措置（対策方法）について～

- ・ H30 年度は、引き続き、農業者向けの説明資料作成に向けて、次のとおり、基礎資料の収集を行った。

### 3 平成 30 年度の検討事項

- ・ 開門調査を実施するにあたっては、塩害の発生によるリスクを想定し、塩害が起こった場合の損害を最小限に食い止めるための対応、リスクマネジメントについての検討が求められる。
- ・ リスクマネジメントには、事前にリスクを回避するための措置と、起こった場合の対応という 2 つの側面があり、それぞれハード面とソフト面での対応が考えられる。
- ・ 今回の調査では、塩害発生に係るハード面での事後措置（対策方法）について、文献等を参考に一般的な知見を整理した。

#### [参考文献]

農地の除塩マニュアル 農林水産省農村振興局  
土地改良事業計画設計基準計画「農業用水（水田）」  
土地改良事業計画設計基準計画「暗渠排水」  
農林水産省HP（農林水産省）  
2015 みやぎの農業農村復旧復興セミナー資料

## 第2 塩害発生に係るリスクマネジメントについての一般的な知見について

～ハード面での一般的な事後措置（対策方法）について～

### 1 塩害の要因

塩害の要因については、先の調査結果から、次のとおり。

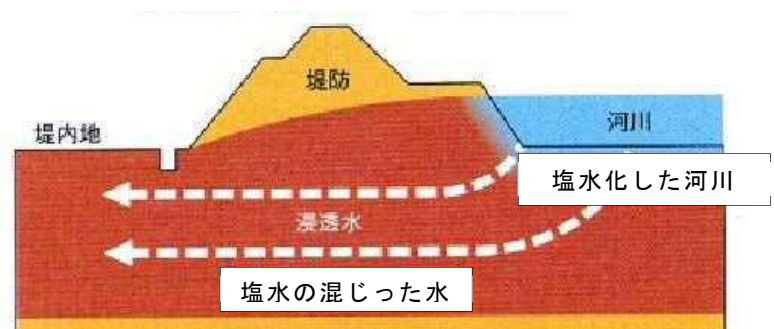
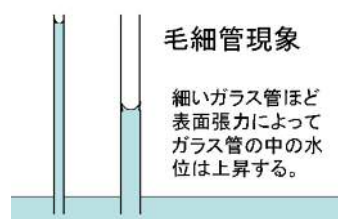
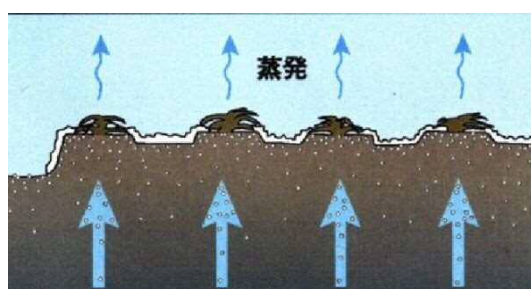
(1) 塩水化した用水を取水し、かんがいすることにより、農地に塩分が流入する。（誤取水）

(2) 高潮や強風、津波により海水が農地に直接浸入する。（海水飛散）

(3) 塩水化した地下水の水位が上昇し、毛管上昇と蒸発散により地表に塩類が集積する。（地下水上昇）

(4) 地盤の液状化により、海水由来の塩分が混入した土壌が噴砂する。（土壌噴砂）

#### 【塩害の発生イメージ】



## 2 事後措置（対策方法）の基本的な考え方

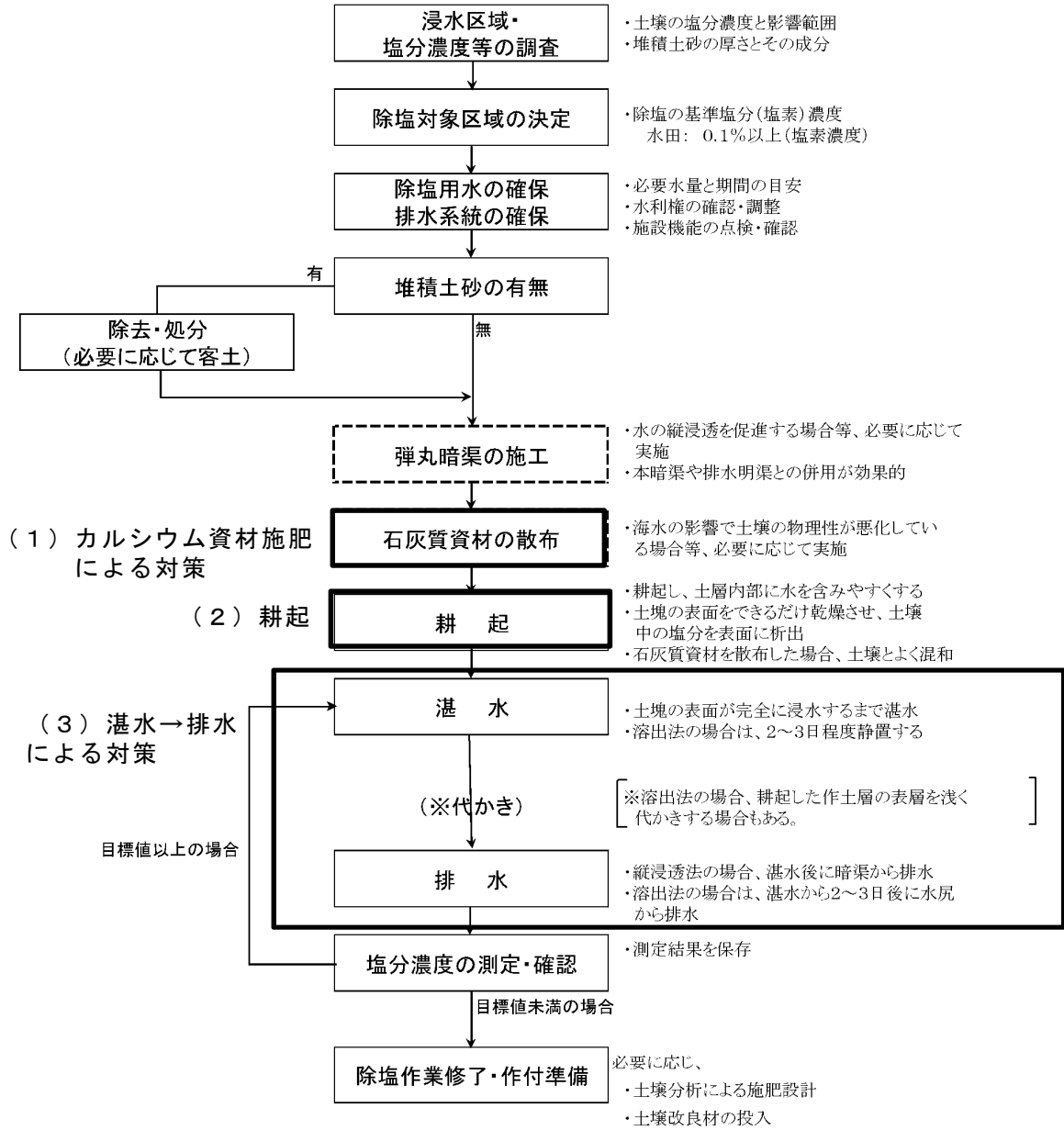
除塩とは、土壌中のナトリウムイオン及び塩素イオンを作土層から排除することであり、土壌中に残留する過剰な塩分は、十分な量の真水で洗い出すことが基本となる。

この場合、ほ場内に十分な量の真水を湛水させ、その浸透水により土壌中の塩分を除去する方法（縦浸透法）と、土壌中の塩分を湛水中に拡散溶出させ、ほ場の水尻から排水する方法（溶出法）がある。

また、ほ場内の残留塩分のうち、塩素イオンは土壌水中に存在しているが、ナトリウムイオンの一部は粘土粒子と電気的に結びついた状態で存在しており、土壌内のナトリウムイオンの影響で土壌の物理性が悪化し、透水性が低下している場合には、石灰質資材を散布し、土壌の物理性を改善した後に湛水から排水に至る一連の作業を行うことで除塩効果が大きくなる。

以下に除塩の標準的なフロー図を示す。

## 除塩作業フロー（水田の場合）



### (除塩作業実施の際の留意事項)

- ・ 除塩対象区域の決定のための測定後、除塩作業の着手までに相当の日数が経過し、農地の塩分(塩素)濃度が降雨等の影響により低下することが見込まれる場合には、除塩作業の開始前に塩分(塩素)濃度を再測定して除塩作業の実施の必要性を検討すること。
- ・ 除塩作業が適切に行われているかを確認するために必要な施工写真や作業後の塩分(塩素)濃度測定結果等の書類を確実に整備すること。



以下、作業フローの順に除塩作業の内容等を解説する。

#### (1) カルシウム資材施肥による交換性ナトリウムの低減

土壌水中にある塩素イオンは、比較的容易に水で流し出すことができるが、土粒子表面に付着しているナトリウムイオンは、土壌の排水性にもよるが、塩素イオンのように容易に水で流し出すことは難しい。このような場合は、ほ場に石灰質資材を投入し土壌とよく混和することにより、土粒子表面に付着したナトリウムイオンをカルシウムイオンと置換する。これにより、土粒子表面に吸着されていたナトリウムイオンが土壌水中に追い出され、水で効果的に排除できる。

海水に含まれるナトリウムイオンの影響で土壌がナトリウム粘土化し、土壌構造の単粒化や固結化などの進行により、土壌の透水性が著しく低下している場合は、石灰質資材を散布し、悪化した土壌の物理性を改善した上で除塩する。

一般的に用いられている石灰質資材には、炭酸カルシウムや硫酸カルシウム（石膏）などがある。アルカリ土壌には土壌のpH値を上げない硫酸カルシウムが用いられる例が多く、酸性土壌には炭酸カルシウムを利用する例が多い。施用量はいずれの場合も100～200kg/10a程度を目安とし、土壌特性に応じて決定する。

なお、石灰質資材は、除塩後の土壌のpH値に影響を与える場合がある。このため、資材の種類や施用量については、地方公共団体の普及センターや農業関係機関の営農指導部門の指導の下に決定するとともに、予め農業者の了解を得る必要がある。

## (2) 耕起

耕起は、土壌と石灰質資材の混和や除塩用水が土壌に浸透しやすくするために行う。ロータリ耕耘による耕起作業が一般的だが、深耕する場合にはプラウによる耕起も検討する。また、耕起後は、土壌中の塩分を土塊表面に析出させるため、土塊を乾燥させた方が良い。

耕起は除塩能率を高める上で必要な作業であり、除塩用水が土壌に浸透しやすくするため、湛水前に作土層を耕起する。また、石灰質資材を散布した場合は、耕起作業により石灰耕盤層の破碎質資材と土壌を良く混和する。

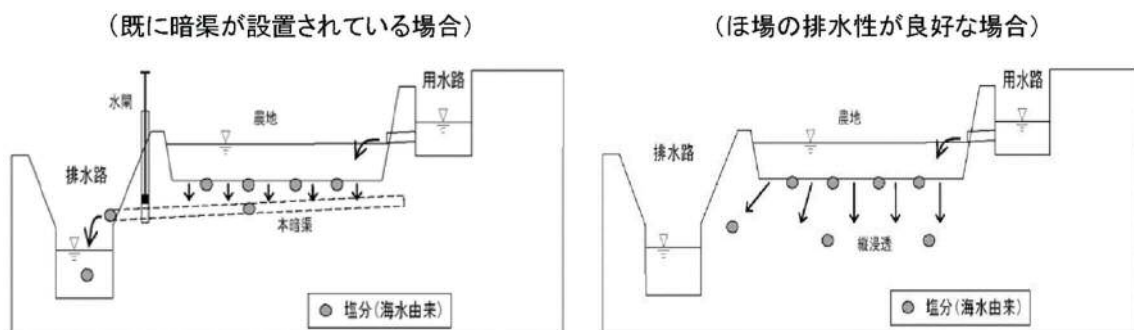
耕起後は、土壌の空隙確保や塩分を土塊の表面に析出させるため、耕起した土塊の表面をできるだけ乾燥させた方が良い。土壌乾燥は、団粒化促進にも大きな効果がある。

### (3) 湛水→排水による対策

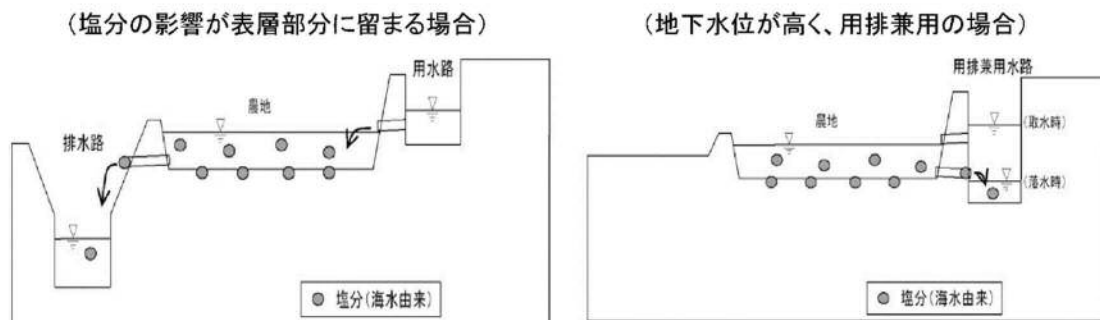
土壌中の塩分を水で流し出すには、ほ場に湛水した水が降下浸透する際に土壌中の塩分を下方に押し流すことにより除塩する方法（以下「縦浸透法」という。）と、土壌中の塩分を湛水中に溶出させた後、ほ場の水尻から塩水を排水して除塩する方法（以下「溶出法」という。）がある。

縦浸透法、溶出法いずれの場合も、耕起した土壌が完全に浸水する深さまで湛水する必要があり、湛水～排水までの1サイクルに要する用水量は、概ね代かき用水量相当とされ、一般に、整備された乾田の代かき用水量は120mm～180mmとされているが、用水量はほ場の条件により大幅に異なることもあるため、実施に当たっては、ほ場ごとの実態等を踏まえ判断する。

既に暗渠が施工されているほ場や砂質土壌のほ場など、排水性が良好で縦浸透が十分期待できるほ場では、縦浸透法による除塩が効果的である。



海水による塩分の影響が作土層の表層部分に留まっているほ場や、地下水位が高く、暗渠が未整備で排水性も悪く縦浸透による除塩効果が期待できないほ場では、溶出法による除塩を検討する。



### (3) - 1 縦浸透法

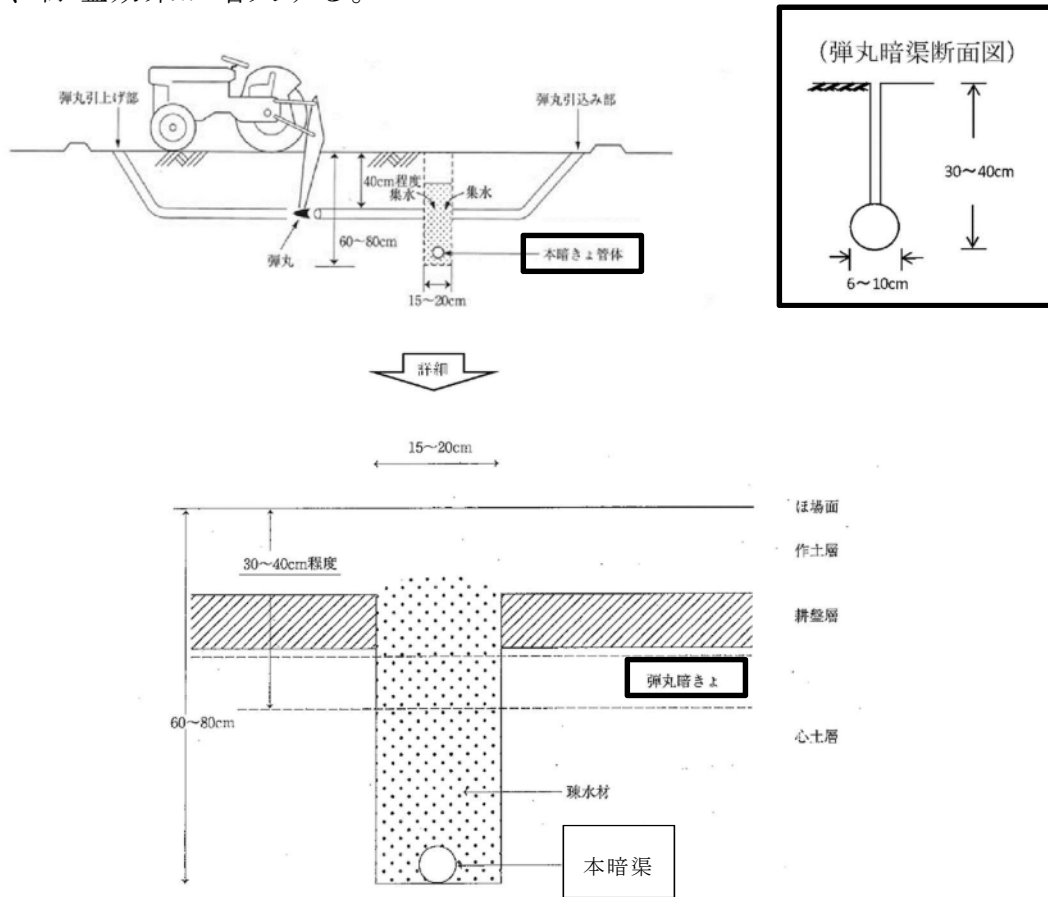
縦浸透法は、土壌の透水性が大きいほど除塩効果が大きくなることから、必要に応じて弾丸暗渠や心土破碎との併用を検討する。また、海水が長期間にわたって冠水したほ場や、塩分濃度の高い海底の土砂が堆積したほ場は、塩分が土壌の深部まで沈着しているおそれがあることから、土壌の透水性を高め、十分な真水を浸透させ、土壌中の塩分を着実に排除する。

#### ○縦浸透法による排水について

縦浸透法の場合は、ほ場を耕起後、水尻や暗渠（整備されている場合）の水閘を閉め、耕起土塊が完全に浸水する深さまで湛水した後、暗渠の水閘を開き、水を土壌中に浸透させ排水する。この場合、土壌中の塩水を確実に下方へ押し流すために水尻からは排水しない。排水後は、土壌中の塩分濃度（電気伝導度）を測定する。塩分濃度が目標値を上回っている場合は、塩分濃度が目標値に達するまで湛水から排水に至る工程を繰り返す。

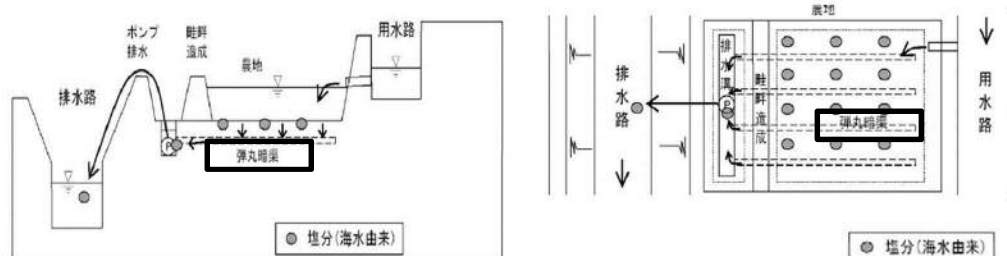
【参考】弾丸暗渠について

本暗渠（図－1 参照）が整備され、乾田化が図られているほ場の場合  
は、補助的に弾丸暗渠を設置することにより暗渠の排水機能が助長さ  
れ、除塩効果が増大する。



<図－1 本暗渠が整備されている場合>

また、本暗渠が未整備の場合（図－２参照）であっても、弾丸暗渠や心土破碎を実施することにより、土壌の透水性が増大し、除塩効果も増大する。



＜図－２ 本暗渠が未整備の場合＞

さらに、弾丸暗渠を施工し、ほ場の排水性を良好に保つことにより、雨水による除塩効果の促進が期待できることから、弾丸暗渠を施工する場合は、できるだけ早い段階で施工することが望ましい。

### ＜施工について＞

施工機械の能力等により弾丸暗渠の施工深度が限られてくることから、予め弾丸暗渠の施工深度等を十分検討の上、施工機械を選定する必要がある。

弾丸暗渠は、トラクタ等で砲弾状のモールドを牽引することにより土層に孔を開け、本暗渠や明渠に接続させる。土壌中の水分は弾丸暗渠の施工により形成されたスリットや亀裂を通じて弾丸暗渠孔に集水され、本暗渠や明渠を通じて排水される。弾丸暗渠は、一般的に本暗渠の疎水材と交差できる位置に設置され、本暗渠に直交する方向に2 m～6 m程度の間隔で配置される例が多い。

また、弾丸暗渠の施工深度が浅く本暗渠疎水材に接続できない場合には、除塩効果が十分発揮されず、反対に施工深度が深すぎると、本暗渠吸水管を引き上げたり破損したりするおそれがあることから、本暗渠の設置間隔、吸水管や疎水材の設置深、土壌の透水性等を総合的に勘案し決定する。

### < 施工機械の選定の目安 >

① 作土層直下に本暗渠の疎水材を埋設している場合（弾丸暗渠施工深度 30 cm 程度）は、出力 14.7 KW（20 PS）～ 22.1 KW（30 PS）級程度のホイール型トラクタで施工が可能。

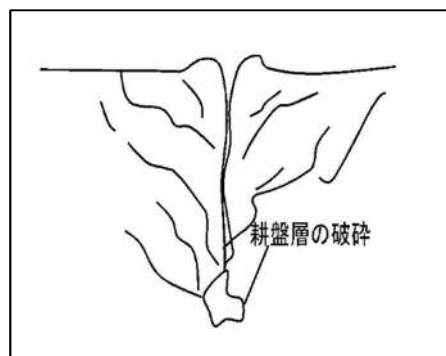
② 本暗渠疎水材の埋設深が 30～50 cm 程度の場合は、出力 44.1 KW（60 PS）級程度以上のクローラ型トラクタが必要。

本暗渠が整備又は未整備のいずれの場合でも、弾丸暗渠や心土破碎の施工に当たっては、予め農業者の了解を得る必要がある。

### 【参考】心土破碎について

サブソイラによって耕盤を破碎し、下層に多くの亀裂を発達させ、下層土の粗孔隙を増やし、下層土の透水性を増進する工法である。最近ではサブソイラで弾丸暗渠を施工する事例もみられる。

※サブソイラとは、土壌の表面は耕起せず、破碎爪により心土を破碎する機械をいう。



### (3) - 2 溶出法

溶出法は、海水による塩分の影響が作土層の表層部分に留まっている場合、土壌の透水性が小さく十分な縦浸透が期待できない場合及び暗渠が未整備或いは機能が不十分な場合などに選択する。この方法は、農業者が営農の延長上で対応できる手軽さがあるが、塩分が作土の深層に残留し、それが再び表層に上昇することがあるので、除塩後の塩分濃度等に留意する必要がある（縦浸透法においても作土に塩分残留の可能性があり留意が必要）。

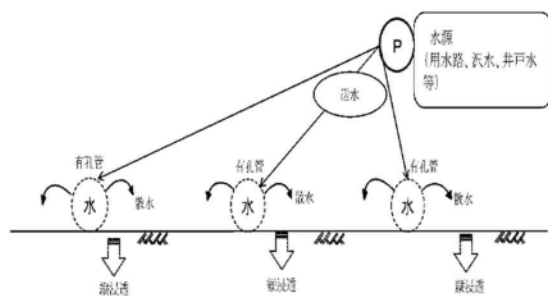
#### ○溶出法における排水について

溶出法については、湛水までの工程は縦浸透法と同様であるが、排水方法が異なる。溶出法では、土壌が完全に浸水するまで湛水した後、2～3日程度静置して土壌中の塩分を湛水中に溶出させた後、それらをほ場の水尻から排水する。

また、縦浸透法の場合は、浸透抑制作用のある湛水攪拌（代かき）は実施しないが、溶出法の場合は、耕起した作土層の表層を浅く攪拌する場合もある。湛水攪拌した場合は、極力濁水を排出しないように攪拌後の静置期間に留意する。

畑の場合は、除塩用水が土壌に浸透しやすくするために耕起し、耕起後に散水による除塩を行う。畑面に湛水可能な場合は水田同様に湛水し、縦浸透法又は溶出法による除塩を検討する

(畑の散水除塩のイメージ図)



- ① ほ場内に有孔管を設置
- ② ほ場に散水(用水ポンプ等と有孔管をつなぐ)
- ③ 有孔管を移動させ、除塩用水をほ場全域に浸透させる
- ④ 散水終了
- ⑤ 塩分濃度の確認(目標値以上の場合は②へ)



#### (4) その他の対策

##### <盤上げによる対策>

現況地盤に良質な作土を投入し、地盤を嵩上げすることにより、相対的に地下水位が下がることになる。

ただし、盤上げに伴い、水路の付け替えや隣接農地への影響を配慮する必要がある。

### 3 除塩の事例

#### (1) 熊本県における除塩の事例（平成11年台風18号）

①海水浸入による塩害農地



②弾丸暗渠の施工



③石灰質資材の散布、耕起



④湛水



(2) 宮城県における事例（平成23年東日本大震災）

①被災状況



②弾丸暗渠の施工



③石灰質資材の散布



④耕起



⑤湛水



### 第3 総括

- ・ 本年度調査により、塩害発生に係るハード面での一般的な事後措置（対策方法）についての基礎資料の整理ができた。
- ・ 開門調査にあたり、地域の関係者の不安を除き、理解をいただくためには、開門により起こり得る様々な事象及び対策を地元に対して丁寧に説明した上で、合意形成を図る「インフォームドコンセント」が必要である。
- ・ 引き続き、塩害に係る知見・情報の幅広い収集を進めていく。

(参考)

## 【福原地域の概要】

### 1 所在地

- ・愛西市立田町及び福原新田町地内（旧立田村）

### 2 地域の概要

- ・福原地域は、「福原輪中地区」と「福原新田地区」である。

#### (1) 福原輪中地区

- ・長良川に許可水利権を持つ福原用水掛かり。
- ・農地面積 23.1ha うち水田 6.4ha をかんがい

#### (2) 福原新田地区

- ・河川に水利権がなく地区内水路への浸透水を利用している。
- ・農地面積 6.5ha うち水田 5.6ha をかんがい

〔福原樋門〕



〔用排兼用水路〕





福原地域 現況図

