

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

開門調査の実施にあたっては、“塩害についての関係者が存在することから、これらの関係者に納得のいく説明を行い、理解を得るように努めなければならない”と長良川河口堰プロジェクトチーム報告書(以下、「報告書」という。)において愛知県知事へ提言がなされている。

また、報告書においては、開門調査などの河口堰の運用によって、堰上流域に塩水が遡上するような場合には、塩害が発生するのではないかという住民の不安に応える必要があるとして、現在は長良川の水(堰上流域の淡水)を利用して農業を営んでいる愛知県愛西市福原地域(福原輪中)を対象とする“福原輪中についての塩害防止に関する調査”が愛知県の率行的行動に位置付けられている。

平成25年10月17日に開催された、愛知県長良川河口堰最適運用検討委員会(以下、「検討委員会」という。))と福原地域の地元の農業者との意見交換会においては、農業者の方々から塩害に対する不安の声が多く出されている。

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。

また、検討委員会委員からは、開門調査にあたっては、地元の不安解消が必要との意見が出されている。

**参考：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。

一方、福原地域では、長良川河口堰が堰上流域に塩水を遡上させないように運用されていることから、堰運用開始後は塩害の発生の危惧が無くなり、アオ取水の技術を含めた塩害に対する知見などの継承が途絶えることとなった。

このため、庁内検討チームでは、“福原輪中についての塩害防止に関する調査”として、福原輪中の現状やアオ取水の方法や塩害に対する知見の収集などを平成 24 年度より実施しており、平成 27 年度までに地域の現状把握や必要となる事前調査の内容、農業用水の代替水源の確保に係る課題の整理等を実施した。

平成 28 年度から令和元年度までは、塩害に係る一般的な対策方法等を幅広く調査し、令和 2 年度は平成 28 年度からの調査結果を踏まえ、福原輪中における塩害対策の実施の可否について検討した。

令和 3 年度から令和 4 年度にかけて、これまでの検討内容を中間とりまとめとして整理しており、この内容を踏まえ、令和 4 年度に検討委員会委員からの助言などを得ながら、今後の検討の進め方を決定した。

2 これまでの検討経過

令和4年度の検討の概要及び結果

2021年度（令和3年度）、10年間の庁内検討チームの検討結果を中間とりまとめとして整理（内容は、令和3年度報告書としてWebページで公表）しており、この内容を踏まえ、検討委員会委員からの助言などを得ながら、今後の進め方の検討を行った。

今後の検討の進め方に対する検討委員会委員からの主な意見は次のとおり。

- ・ゼロリスクを前提とした検討ではなく、ルールを変えてでもどうやったら開門調査ができるのかに向けた検討をすること。
- ・現状のルールを変えずに（ゼロリスクでも）どれぐらいの期間の開門が可能なのかを検討すること。
- ・10年度、20年後のビジョンを見据えた検討をするべき。

これらの委員の意見を踏まえ、これまでの既存ルール内での検討に加え、次のステップとして、関係するルールの変更や社会情勢の変化等を考慮した幅広い検討を進めるとともに、併せてそれぞれの場合に発生する課題を整理することとし、庁内検討チームの今後の検討の進め方を「長良川河口堰庁内検討チームの今後の進め方について」のとおり整理した。

今後は、この進め方に基づき、検討を進めていくこととなった。

令和5年度の検討の概要及び結果

現段階における国、愛知県、愛西市の中長期ビジョンや改定作業状況等を調査したところ、計画上において福原地域の農地の大半は、今後少なくともおおむね10年は、農用地として利用していく方針が確認された。

長良川河口堰庁内検討チームの今後の進め方について

○長良川河口堰庁内検討チームにおける今後の検討については、以下のとおり進めていきます。

【今後の検討の基本スタンス】

- (1) これまでの既存のルール内での検討に加え、次のステップとして、関係するルールの変更や社会情勢の変化等を考慮した幅広い検討を進める。又、併せて、それぞれの場合に発生する課題を整理する。

(検討の例)

- ア) ゼロリスク（既存ルール内）での検討（継続）
 - ・やれることがあるのではないか。
- イ) ローリスク（既存ルール内）での検討（新規）
 - ・既存のルール内で、最もローリスクな条件を整理する。
- ウ) 既存ルールの変更を前提とした検討（新規）
- エ) 将来起こりうること、長期ビジョン等を見込んだ検討（新規）

- (2) 福原輪中の現地調査、事前の準備について、整理する。(継続)

3 令和6年度の検討事項

令和5年度に行政における中長期ビジョンや改定作業状況等を調査し、福原地域の今後について考察した結果、現段階における国、愛知県、愛西市の中長期ビジョンや改定作業状況等の計画上において福原地域の農地の大半は、今後少なくともおおむね10年は、農用地として利用していく方針とされていることが確認できた。

このことから、令和6年度は、福原地域の農業生産への影響を十分考慮したうえで進める必要があるというこれまでの検討方針をふまえつつ、開門調査の期間や時期の違いによるリスクの相対的な分布について分析を行う。

第2 開門調査の時期や期間によるリスクの検討

1 はじめに

これまで、庁内検討チームでは、代替水源の確保、塩害発生時の対応、除塩対策等について検討、考察を行ってきた。これらは、ゼロリスクを前提とした検討であったが、令和4年度の今後の進め方において示された、ローリスクでの検討も進める必要があり、リスクの発生を左右する様々な要因を把握する必要がある。今回の検討では、最も影響が大きいと思われる開門調査の時期や期間について、開門調査の期間や時期ごとにリスクの分析を行うものとする。

なお、過年度の庁内検討チームの検討成果で、経済性に優れ、実現性が高いと評価をしている塩分濃度計を用いたアオ取水により、地区内のかんがいを行うものとして今回の検討を行う。

2 福原地域の営農概要

令和5年度の検討により、本地域農地の大半は少なくとも概ね10年は農用地として利用していく方針が確認できたことから、過年度の調査により確認されている下記の営農状況を前提として今年度の検討を行うものとする。

○作付け状況

	農地面積 (ha)				
	水田	畑	樹園地	牧草地	
福原輪中地区	24.6	6.2	7.3	1.0	10.1
福原新田地区	6.5	5.6	0.9		

※土地改良区への聴き取りによる

○かんがい方法

福原樋門から取水した水を地区内用排水路に導水し、各水田でポンプアップにより給水を実施している。また、畑や樹園地、牧草地についてはかんがいが行われていない。

3 開門調査の実施期間によるリスク検討

(1) 調査期間の設定

調査期間について大別すると、複数年にわたる【長期調査】と、単年度に実施する短期調査に分けることができ、短期調査については、かんがい期を含めて実施する【通期調査】と非かんがい期のみで実施する【非かんがい期調査】に分けることができるため、この3期間についてそれぞれリスクの検討を行う。

また、期間を設定するための目安とするため、潮位変動の周期についてもリスクの検討を行う。

(2) リスクの抽出

長良川河口堰の開門調査の実施にあたっては、開門に伴う塩水遡上によって、「①かんがい水を長良川から取水することによる塩分の侵入」、および、「②長良川からの浸透水による塩分の侵入」の2つ要因による塩害の発生が懸念されることから、それぞれについて調査期間ごとのリスクを検討する。

(3) 検討結果

①長良川から取水することによる塩分の侵入リスク

【非かんがい期調査】については長良川からの取水が行われなため、リスクが回避できるが、【長期調査】、【通期調査】についてはかんがい期にアオ取水を実施するため、塩分測定器を用いたアオ取水を実施した場合でも、急激な遡上が発生する可能性が排除できないため、低位ではあるがリスクがあると判断できる。

②浸透水による塩分の侵入リスク

長良川の塩水遡上の発生頻度、発生度合等により、浸透水による塩分の侵入のリスクが高まると考えられるが、調査の期間が長くなるほど、調査期間中の塩水遡上発生回数は増加し、高濃度の塩分が遡上す

る可能性が相対的に高まるため、【非かんがい期調査】 【通期調査】
【長期調査】の順にリスクが高くなる。

③潮位の変化によるリスク

過去の塩水遡上状況の研究^{※1}によれば、福原地域付近においても、潮位変動により塩水遡上が生じ塩化物イオン濃度が変動することが分かっている。

月齢による潮位変化は表1のとおり、小潮から大潮を経て再び小潮に戻るまで約2週間である。この間の潮位が高くなる大潮時は塩害発生リスクが高く、逆に小潮時は低くなる。

(※1：水工学論文集(2004年 長良川河口堰が塩水侵入に及ぼした影響(橋本彰博ら))

表1 月齢周期による潮位変化(2023.10)



出典：気象庁 名古屋観測所の潮位データ

(4) まとめ

検討結果を取りまとめると、相対的な塩害発生リスクは非かんがい期調査が最もローリスクとなった。一方で、リスクが低い調査については、期間が短くなるため、開門に伴う影響を十分に把握できない可能性が高まる結果となった。

表2 調査期間による相対リスク

検討要素	長期調査	通期調査	非かんがい期調査
①取水による塩分侵入	リスク低	リスク低	リスク無
②浸透水による塩分侵入	リスク高	リスク中	リスク低

また、潮位変動については小潮から大潮を経て小潮に戻るまでの一周期もしくは、小潮から大潮までの半周期での塩水遡上を観測することで月齢周期による潮位変化が塩害発生に与える影響の把握が可能となる。

4 開門調査の実施時期によるリスク検討

(1) 調査期間の設定

これまでの検討では、数か月～数年を要する調査期間を設定しているが、更に短い期間中での開門調査が実施される可能性もあることから、比較的期間が短く、ローリスクな非かんがい期間に絞って、調査の実施時期によるリスクについて検討することとする。

また、過年度の調査等を再整理することで、福原地域の非かんがい期間について確認した後、実施時期ごとのリスクについて検討する。

(2) リスクの抽出

塩水遡上により、長良川からの浸透水による塩分の侵入による塩害の発生が懸念されることから、これらに影響を与える水文要素、気象要素について選定し、それぞれの要素ごとにリスクを検討する。

(3) 福原地域の非かんがい期の確認

○長良川河口堰運用開始前の取水状況

過年度の土地改良区からの聞き取りにより、福原輪中地区では長良川河口堰運用前には、表3のとおり4月から9月にかけてアオ取水が行われていたことが分かっている。

表3 長良川河口堰運用開始前10年間の福原用水の取水状況

月別取水回数(回/月)

区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	計
昭和62年	5	4	2	3	4	2	20
昭和63年	4	6	5	3	2	1	21
平成元年	4	3	5	2	2	1	17
平成2年	4	4	5	3	3	0	19
平成3年	4	6	5	4	3	0	22
平成4年	4	7	5	3	1	0	20
平成5年	7	2	2	1	1	0	13
平成6年	7	3	4	3	4	1	22
平均値	4.9	4.4	4.1	2.8	2.5	0.6	19.3
最大値	7	7	5	4	4	2	22

月別取水量(m³/月)

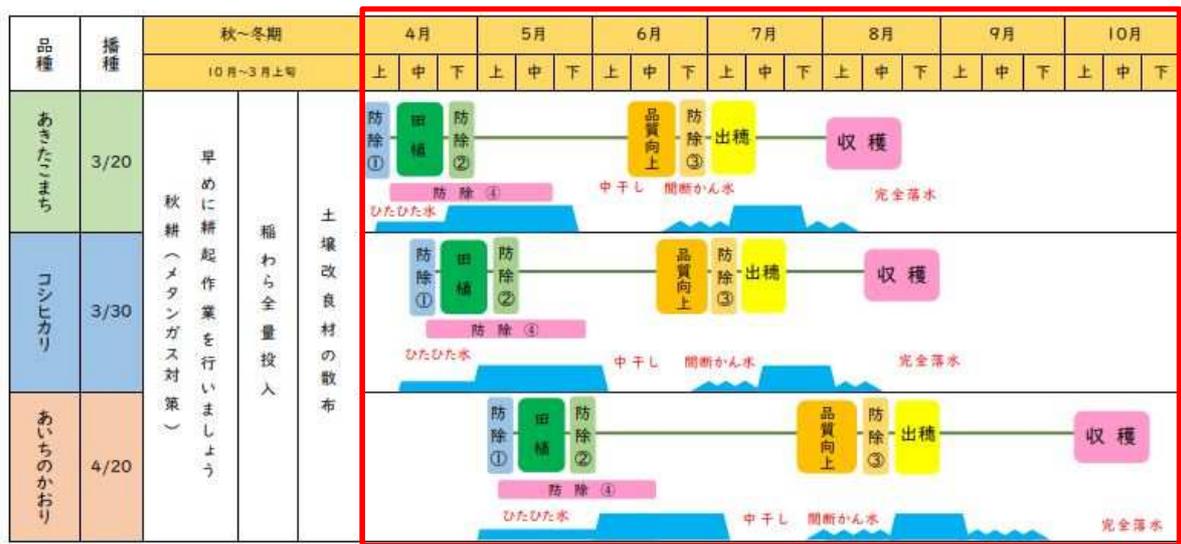
区分	4月	5月	6月	7月	8月	9月	計
昭和62年	2,893	1,129	926	758	772	266	6,744
昭和63年	1,063	1,695	1,625	951	386	193	5,913
平成元年	869	1,129	1,845	758	386	193	5,180
平成2年	1,111	1,638	2,203	951	579	0	6,482
平成3年	950	2,614	2,203	1,832	716	0	8,315
平成4年	1,997	3,387	1,955	1,308	193	0	8,840
平成5年	1,642	993	688	275	193	0	3,791
平成6年	2,127	1,213	1,376	1,074	772	193	6,755
平均値	1,582	1,725	1,603	988	500	106	6,503
最大値	2,893	3,387	2,203	1,832	772	266	8,840

○長良川河口堰運用開始後の取水状況

長良川河口堰運用開始後については、土地改良区からの聞き取りにより、最も水が必要な代掻き、田植えを行う4月から5月にかけて取水を実施し、6月以降は長良川からの浸透水や天水を利用していることが分かっている。

○稲作こよみによる取水時期

福原輪中地域を所管しているJAあいち海部作成の稲作こよみ(図1)によると、品種ごとにばらつきがあるものの、当該地域では4月から9月にかけて水田で水を使用する可能性が高く、10月には落水されることがわかる。



出典：JAあいち海部発行「令和7年産稲作こよみ」

図1 稲作こよみ

〇まとめ

河口堰の運用開始前後取水実績や最近の稲作こよみから、本地域では4月から9月までがかんがい期間と確認できたため、10月から3月までの期間を非かんがい期間として以降の分析を行う。

(4) 水文要素、気象要素ごとのリスクの検討

○河川流量分析

塩害の発生要因となり得る、河川の塩水遡上には上流からの水の供給量が影響を与えることが過去の文献^{*2}から分かっている。ことから、潮位や河口堰の運用による流量変動が確認されない、福原地域の上流部(河口から 43.9km 地点)にある国土交通省中部地方整備局の穂積観測所の過去 10 年(2014 年～2023 年)の月ごとの河川流量を集計し分析を行った。

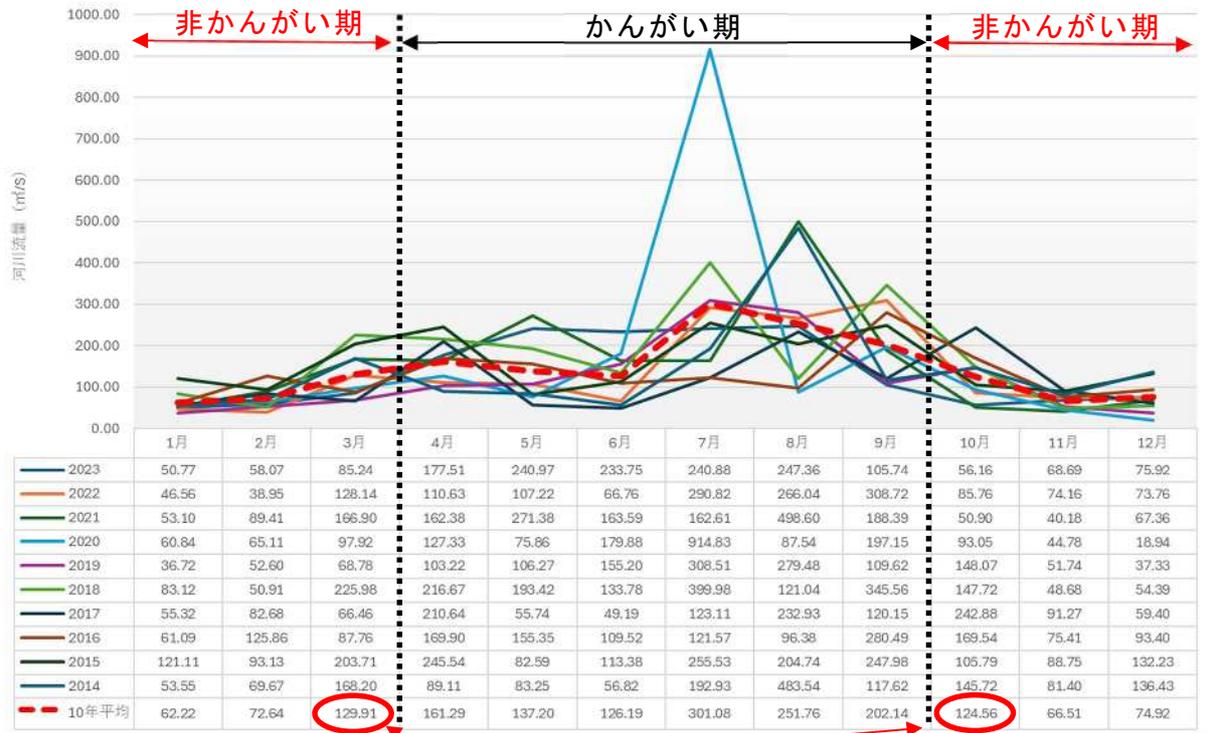
その結果、表 3 のとおり、年度ごとに多少のばらつきはあるが、非かんがい期においては、10 月から 1 月にかけて河川流量が低下し 3 月にかけて再び流量が上昇する傾向があることが分かった。

過去の文献^{*1}から、穂積観測所下流の墨俣地点(河口から 39.4km 地点)において流量が 70 m³/s から増大するにつれ、塩水の遡上距離が減少していくことが確認されていることから、10 月又は 3 月が塩害発生リスクが相対的に低くなり、河川の水量が大幅に減少する 11 月から 2 月の期間については塩水が遡上するリスクが高くなる結果となった。

(※2: 長良川の水と生活(1990 年 長良川河口堰の建設を進める会編集)

「17 長良川における海水侵入現象の特徴(須賀堯三)」)

表 4 長良川 穂積観測所 月平均流量



出典：国土交通省水文水質データベース

リスク低の時期

○潮位分析

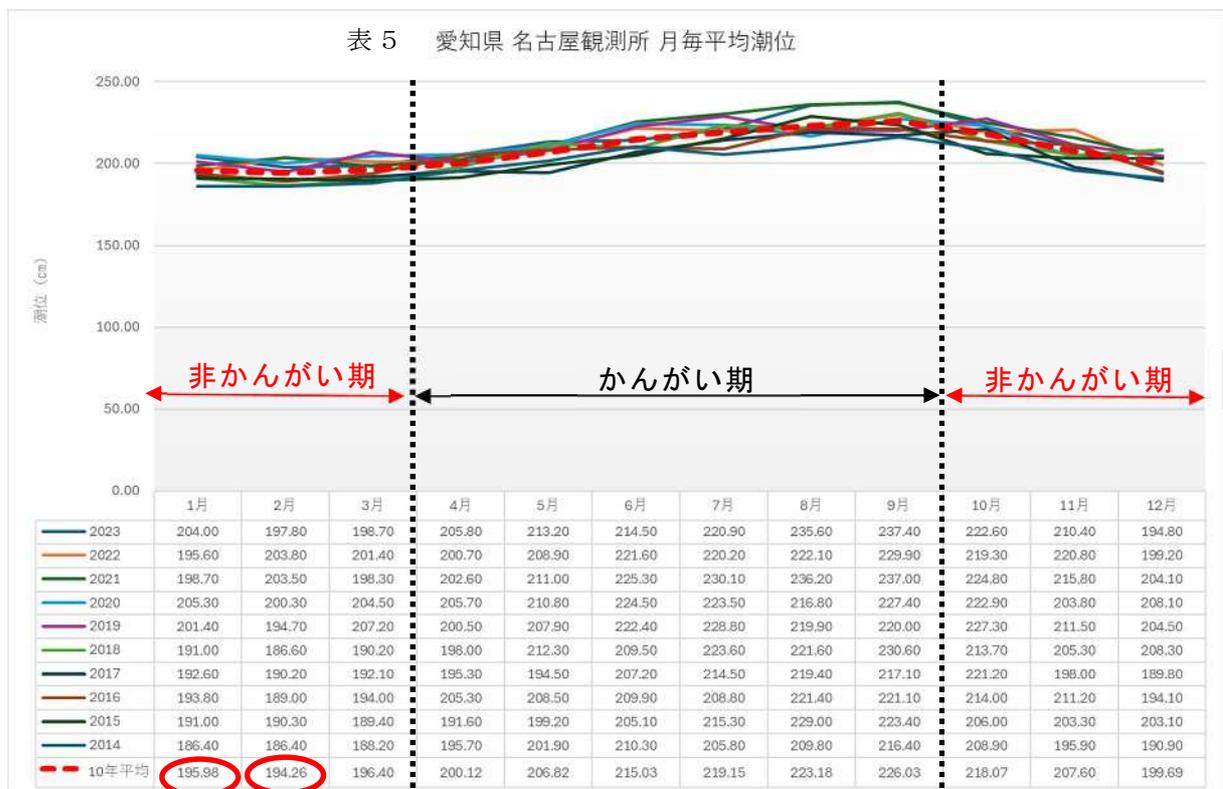
長良川河口堰運用開始前の塩水遡上状況の調査^{※3}によれば、福原地域付近においても、潮位変動により塩水遡上が生じ塩化物イオン濃度が変動することが分かっている。

このことから、長良川の河口に近接する気象庁の名古屋観測所における過去10年(2014年～2023年)の月平均潮位を集計し分析を行った。

その結果、表4のとおり非かんがい期においては、10月が最も潮位が高く、1月にかけて低下する傾向があることが分かった。

このことから、10月に塩害発生リスクが相対的に高くなり、1月にかけてリスクが低くなる結果となった。

(※3：長良川河口堰調査報告書第4巻(1995年 建設省中部地方建設局、水資源開発公団中部支社))



出典：気象庁 名古屋観測所の潮位データ

リスク低の時期

○降雨量分析

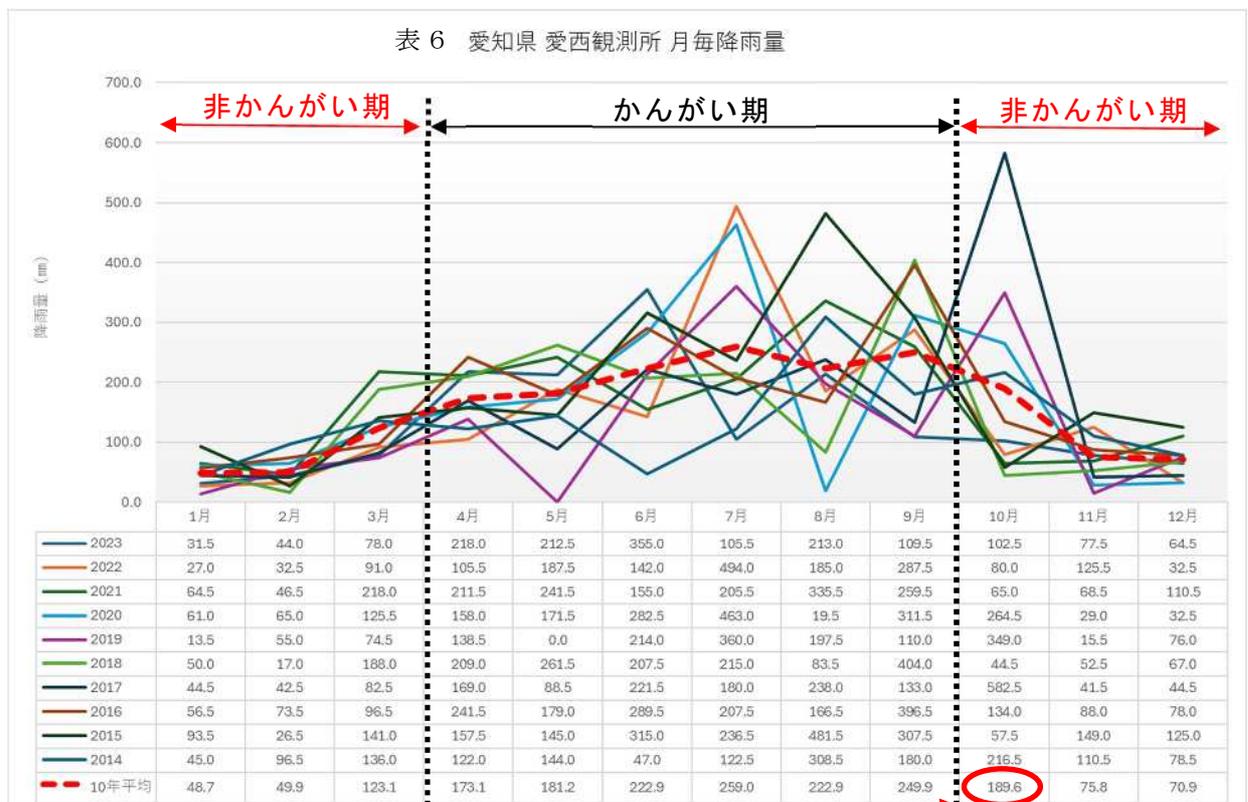
一般的には降雨により塩害が発生しにくくなる傾向にあることが知られており、過去の文献^{※4}でも降雨による除塩効果が確認されている。

このことから、福原地域に近接する気象庁の愛西気象観測所における過去10年(2014年～2023年)の月積算雨量を集計し分析を行った。

その結果、年度ごとにばらつきはあるが、非かんがい期においては、10月から1月にかけて降雨量が低下し3月にかけて再び上昇する傾向があることが分かった。

このことから、10月に調査を実施する場合は最も塩害発生リスクが低くなる結果となった。

(※4：土木学会論文集 B2(2015年 降雨による塩害水田の自然回復
(寺崎寛章ら))



リスク低の時期

出典：気象庁 愛西観測所の降雨量データ

(5) まとめ

河川流量や降雨量を分析したところ、非かんがい期においては、10月または、3月に調査をすることでローリスクな調査が可能であり、潮位の分析では1月～3月頃に調査をすることでローリスクな調査が可能であることが示された。(表7参照)

表7 調査時期による相対リスク

検討要素	10月	11月	12月	1月	2月	3月
河川流量	リスク低	リスク高	リスク高	リスク高	リスク高	リスク低
潮位	リスク高	徐々に低下→		リスク低	リスク低	リスク低
降雨量	リスク低	リスク高	リスク高	リスク高	リスク高	リスク中

また、河川流量や降雨量の時期によるばらつきに比べて、月平均潮位の時期によるばらつきが小さいことや、河川流量の多い夏季に塩素イオン濃度が低下しやすい傾向が過去の文献^{*1}から示唆されていることから、潮位に比べ河川流量による変動リスクの方が大きく影響する可能性が高い。

以上より、非かんがい期調査を行うのにあたっては、10月又は3月に開門調査をすることで、ローリスクに調査をすることが可能であると考えられる。

ただし、実際に調査を行う際にはかんがい期間に近い時期に開門調査を実施した場合、塩害が発生した場合、除塩作業ができないまま、かんがい期間に入ってしまう、水稻等の農作物への影響が発生するリスクなど、水文や気象以外のリスクについても考慮に入れながら調査計画を立案する必要がある。

(※1：水工学論文集(2004年 長良川河口堰が塩水侵入に及ぼした影響

(橋本 彰博ら))

5 開門調査に向けての課題

開門調査の実施にあたっては、調査による福原地域への影響や塩害被害の発生を適正に評価する必要がある。

このためには、開門調査前と開門調査期間中とで、かんがい水の水質、土壌の塩類濃度、地下水の状況等を測定し検討する必要があるが、現状では、それらの項目について把握されていないことか、農地内の土壌・水環境と作物の収量等に変化が生じた場合に、それが開門調査に伴う塩水遡上の影響であるか否かの判断が困難である。

このため、開門調査による塩水遡上と現地の土壌・水環境及び農作物の収量等との相関性を検討するために必要となる「事前調査」を行う必要がある。

事前調査の計画を策定するにあたっては、検討段階から地元農業者との調整が必要であり、同意が得られた後、現地での調査を実施する。

(次ページより過年度検討した、事前調査(案)を掲載する)

【事前調査(案)】

河口堰開門に伴う塩水の遡上に起因した塩害が発生する可能性がある。このため河川、承水路ー地下水の水質実態、あるいは地下水の流動に伴う水質変化の状況を把握しておく必要がある。

また、作物に対する影響については、土壌の塩分濃度と作物の生育反応、養分吸収の関係から明らかにできる。そのためには事前に土壌中の塩分濃度等水溶性成分含量、作物体中の塩化物イオン・ナトリウム含量の実態、作物の生育状況、収量の実態を明らかにしておく必要がある。

こうしたことから、この事前調査では、河口堰開門後、作物に障害が発生した場合に原因解析ができる項目として、現状の地下水位・地下水質、かんがい水質のモニタリング、土壌構造・土壌化学性把握、作物の生育状況、作物体中成分含有量等の調査を行うこととする。

また、地下水、かんがい水の水質実態を評価するため、長良川、木曾川の河川水位、水質のデータを収集することとする。

調査項目	調査内容	調査箇所等
測量	路線測量 水準測量	中心線測量 2.4 km、横断測量 4.8 km 4 級水準測量 2.4 km、4 級基準点測量 186 点
水質調査	地下水 河川水 かんがい水の窒素・リン等 塩類濃度 イオンバランス 有機物濃度 酸化還元性 など	地下水：15 箇所×2 深度 河川水：2 箇所(木曾川・長良川) かんがい水：5 箇所(承水路) } ×10 回
土壌調査	物理性(土性・硬度) 肥沃度 塩類濃度の垂直分布 など	10 圃場(3 haに 1 箇所)
農作物影響調査	概況調査	53 圃場(全水田)
	作土調査 生育調査 収量調査 活着期 幼穂形成期 登熟期初期	10 圃場(3 haに 1 箇所)

1 測量

以下の2～4の調査に先立って、現況地形を把握して各収集データに相関性を持たせるべく測量を実施する。

(1) 路線測量

- ① 現地踏査～線形決定～中心線測量：2.4 km
(福原輪中 1.6 km + 福原新田 0.8 km)
- ② 横断測量(幅 600m @100m)：4.8 km
(福原輪中 2.4 km + 福原新田 2.4 km)

(2) 水準測量

- ① 4級水準測量：2.4 km (福原輪中 1.6 km + 福原新田 0.8 km)
- ② 4級基準点測量：186点(全圃場)

2 水質・地下水調査

河川・地下水位、塩類濃度、イオンバランス、有機物濃度、酸化還元性の調査により水質形成過程、河川-地下水間の相互作用を推定する。かんがい水については、イネの生育に関わる窒素、リン等についても現状把握を行う。

(1) 地下水位

- ① 水位計によるモニタリング：15地点
- ② 水質
 - 地下水：15地点(各2深度)
 - 河川水：2地点(長良川、木曾川)
 - 承水路：5地点

3 土壌調査

水の流動に関わる土壌の物理性、作物の栄養に関わる肥沃度、塩類濃度の垂直分布等の化学的特性の現状を明らかにする。

(1) 土壌断面調査：深さ1m、湧水面 10圃場(3haあたり1箇所)

- ① 土壌物理性調査：土性、土壌硬度
- ② 土層別化学性：pH、EC、交換性塩基(K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})

水溶性イオン (Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})

4 水稲に対する影響調査

水稲の生育・収量、作土の塩分濃度の現状を把握し、塩害のない条件での平均収量を求める。

(1) 概況調査：53 圃場(全水田)

(2) 定点調査：10 圃場 (3ha あたり 1 箇所)

① 作土調査：作付け前後 (湛水前後)

pH、EC、水溶性イオン (Cl^- 、 SO_4^{2-} 、 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+})

② 生育調査：活着期 (概観調査)

幼穂形成期 (草丈、莖数)

登熟期初期 (生葉数、止め葉の枯れ、褐変粃の発生割合)

③ 収量調査：稈長、穂長、穂数、収量構成要素

第3 令和6年度 検討の総括

今回の検討では、最も影響が大きいと思われる開門調査の時期や期間について、開門調査の期間や時期ごとにリスクの分析を行った結果、調査期間としては、非かんがい期調査が最もローリスクな調査が可能であることが示され、調査時期としては、10月に実施するのがローリスクな調査が可能であることが示された。

低リスクでの開門調査期間の目安として考えられる要素が、月齢周期による潮位変動でありその1周期は約2週間であるため、2週間の期間を設けて開門調査を実施することにより、福原地域への影響の調査が可能となることが示された。

調査の期間については、長期間になるにつれ、周期的な変化や突発的な変化など多数の事象に応じたデータの取得が可能となり効果は高いが、塩害発生リスクは高まる。(表8)

表8 令和6年度検討結果総括

調査期間	非かんがい期調査		通期調査	長期調査
	10月(2週間程度)	10月～3月(半年程度)	1年	複数年
メリット	○最もリスクが低い	○水文、気象の変動による塩水遡上の把握が可能	○アオ取水を見据えたかんがいによる影響調査が可能 ○年間を通じたデータの取得が可能	○年毎の水文、気象のばらつきによる影響が把握可能
リスク				

このため、実際の調査を実施する際には、どの程度リスクを許容するのかを地元農業者の意見を聞きつつ決定し、調査期間や時期を設定することとなる。このため、地元農業者にとってリスクのある期間や時期に調査を実施するには、リスクヘッジとして、その対応(作物補償、除塩作業等)方針を事前に検討し、地元農業者が追うリスクを最小限にするように努めなければならない。

(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」と「福原新田」である。

(1) 福原輪中

- ・長良川に許可水利権を持つ福原用水掛かり。
- ・農地面積 24.6ha　うち水田 6.2ha をかんがい

(2) 福原新田

- ・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

