

平成 13 年度 自主研究事業

【水田汎用化・排水強化対策】

麦・大豆等本作化に伴う輪換畑における地下かんがい試験

報 告 書



平成 14 年 3 月

目 次

1. 背景	1
2. 現地試験の概要	1
3. 調査ほ場モード	3
4. 気象経過	5
5. 地下水位と土壌水分の測定結果	6
5-1 予備給水試験	6
5-2 第1回～3回給水試験	8
(1) 第1回給水試験 (5/30～6/10)	8
(2) 第2回給水試験 (6/18～6/23)	9
(3) 第3回給水試験 (7/2～7/15)	10
6. 生育・収量調査	18
7. 考察	19
●参考データ【ほ場内の地耐力（コーン指数）】	20

1.背景

食料自給率の向上にむけた麦・大豆等の本作化により、輪換畑での麦・大豆の作付が本格化している。

(独) 農業工学研究所では、輪換畑での小麦・大豆の作付に対し地下かんがいの試験を実施したところ、大豆に対しての地下かんがい効果が確認され、新聞でも報道されている。

その試験結果では、狭畦栽培の大豆に地下かんがいを実施し、地下水位を深さ 30～55cm に維持することで、対照区 (340kg/10a) に比べ 15%以上の増収効果を得ている。さらに、弾丸暗渠を密に (2～3m 間隔) 施工した場合、暗渠直上で 500kg/10a を超える多収が確認されている。

また、深川市の深川土地改良区管内でも、昭和 63 年 (1988) から平成 2 年 (1990) に地下かんがい試験が実施されており、小豆や小麦での増収効果 (約 20～30%) が確認されている。

2.現地試験の概要

(1)目的

地下かんがいの手法確立には次の視点が重要となる。

- ・地下水位コントロールの条件 (土壌条件、弾丸暗渠の施工、用水量など)
- ・増収効果 (地下水位を維持することの作物への効果)
- ・普及の可能性 (導入コスト、必要水量など)

本研究は、輪換畑での大豆作付ほ場で、地下かんがいの手法確立にむけた基礎データの収集を目的とする。

(2)試験内容

地下かんがい施設を完備しているほ場で、用水路よりかんがい水を流下させ、ほ場内での地下水位のコントロール状況、地下水位の変動、土壌水分の変化を把握する。

また、大豆への生育促進・収量増加の効果を確認する。

なお、本研究では地下水位のコントロールと増収効果の確認が主目的であるため、給・排水量の測定や土壌調査は実施していない。

①地下水位測定：水位の経時的な変化を把握し、水位コントロールの手法やかんがい強度を検討するための基礎データとする。(測水管× (試験区 10 本+対照区 1 本))

②土壌水分測定：下層からの水分供給では場内の深さ方向の土壌水分状態の変動状況を把握する。(5 層×2 区)

③生育・収量調査：最終的な可能性と必要性を決定付ける増収効果を確認する。(生育期間内 2 回×2 反復×2 区、収穫期 1 回×2 反復×2 区)

(3) 試験ほ場の概要

- ①地先名：玉井輝雄氏（深川市一已町）
- ②ほ場面積：17,860m²（試験区：60a、対照区：120a）
- ③大区画化：道営ほ場整備事業北水源地区 平成11年度（ブル工法）
- ④前作：小豆
- ⑤排水性等：過度の排水不良はなし。（大区画化以前、漏水田ではなかった。一部、排水不良による暗渠排水の手直し工事あり。）
- ⑥下層土の状況：泥炭層はないが、下層に砂礫層が分布
（隣接する松田氏ほ場の断面調査で砂層の分布確認）
- ⑦心土破碎：5/22（深さ40cm・2～3m間隔で暗渠に直交・地下かんがい区のみ実施）
碎土整地：5/23
- ⑧播種日：5/24 収穫日：10/21（JAに播種・防除・収穫作業委託）



写真-1 心土破碎状況①



写真-2 心土破碎状況②



写真-3 試験区全景



写真-4 収穫状況①



写真-5 収穫状況②

3.調査ほ場模式

(1)暗渠配線図と観測地点

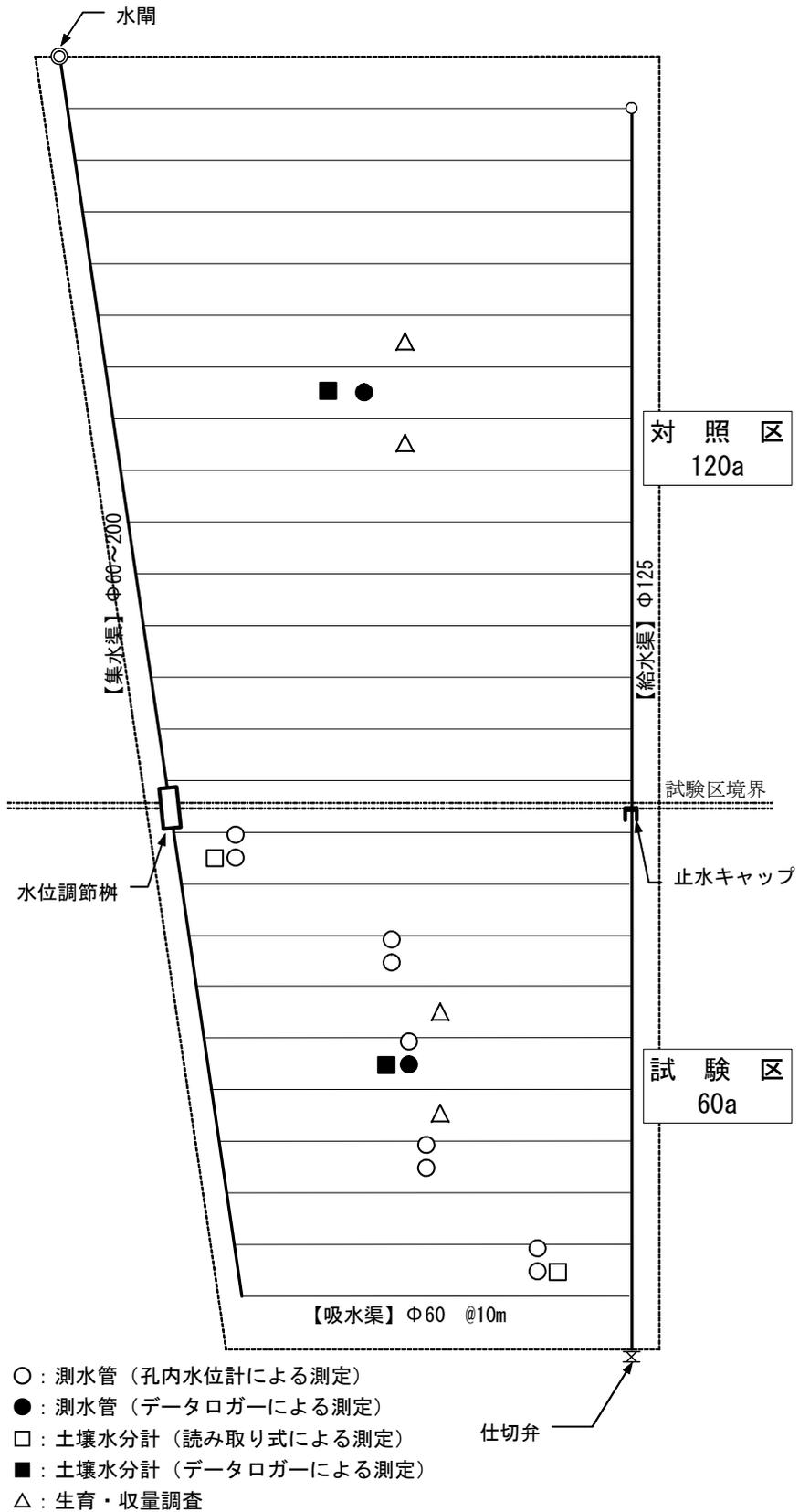


図-1 調査ほ場の模式図

(2) 観測地点模式図

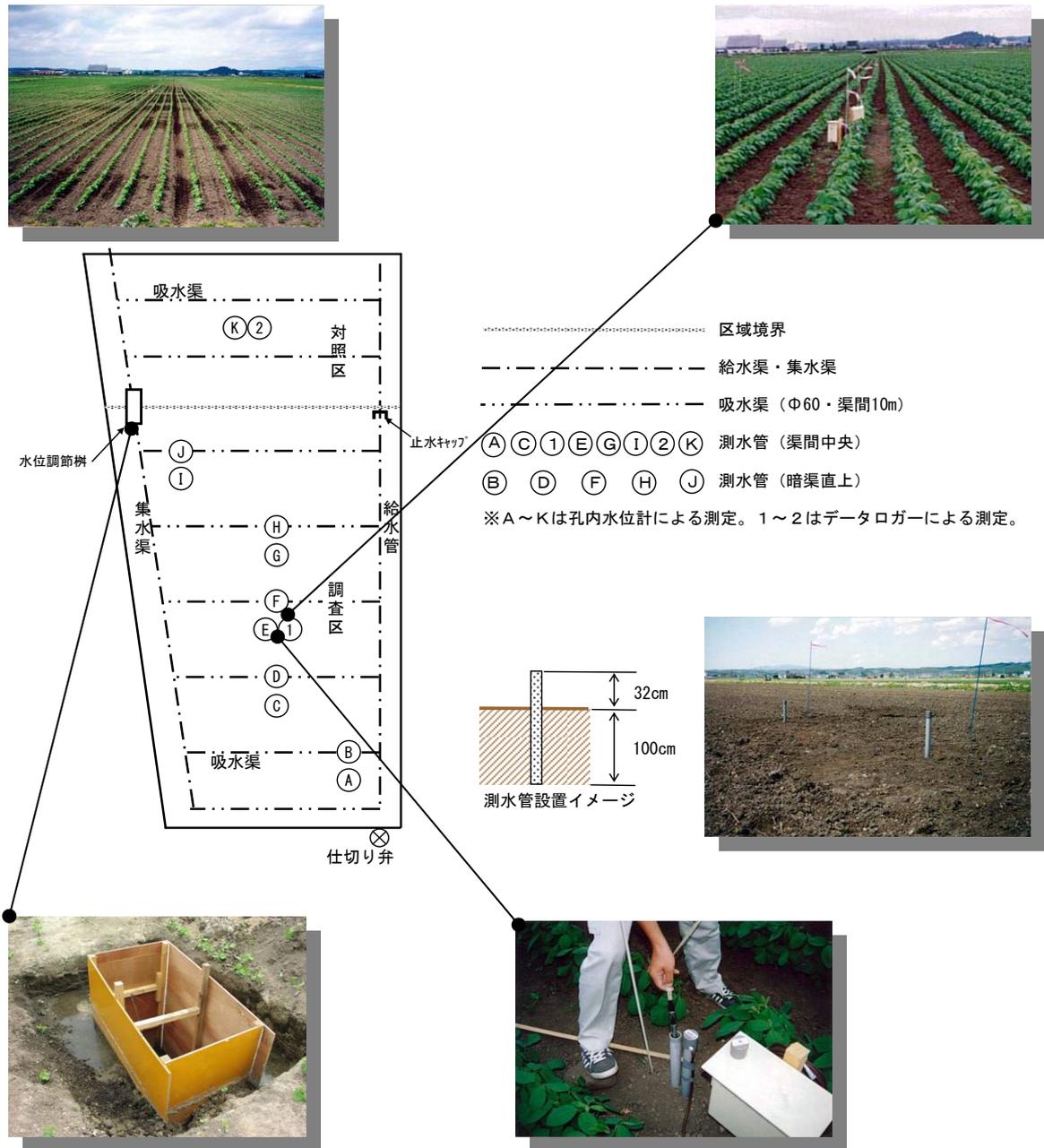
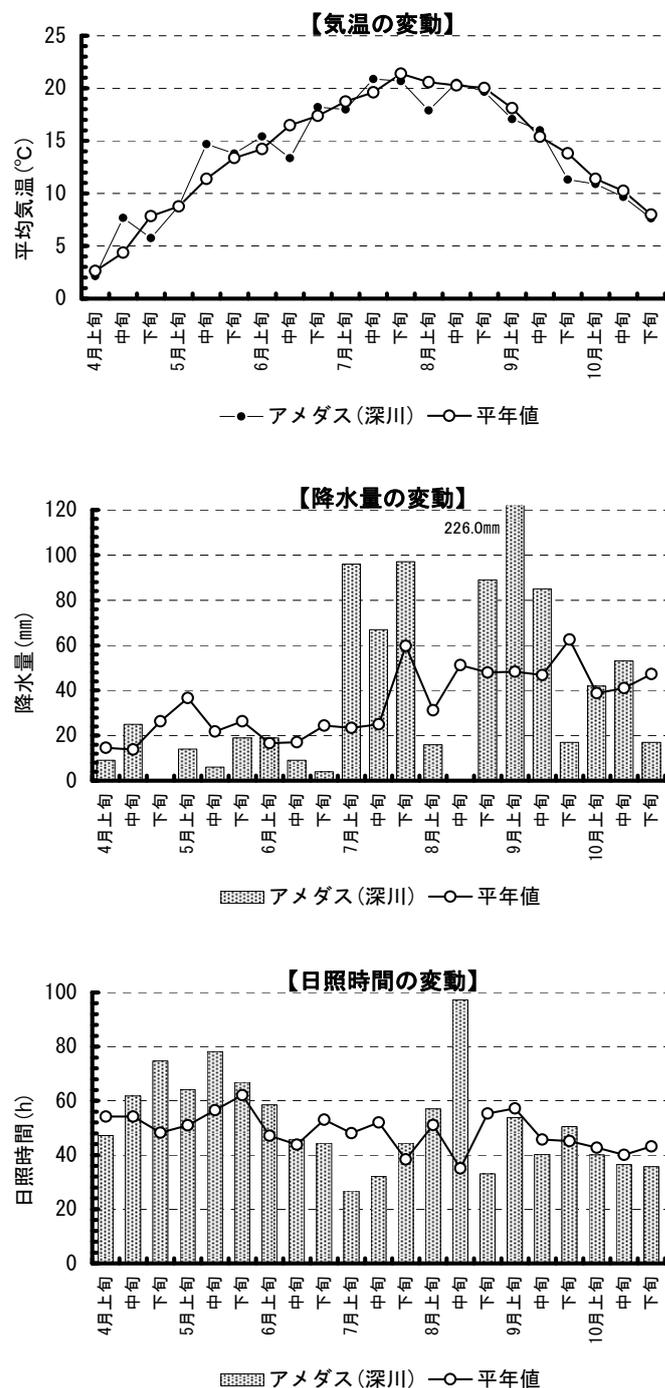


図-2 観測地点模式図

4. 気象経過

アメダス深川観測所の平年値（1990～99年）と平成13年の気温・降水量・日照時間について整理し、以下に示す。



① 気温

平年値を上回った期間は、4月中旬、5月中旬から6月上旬、6月下旬、7月中旬、9月中旬となり、特に5月中旬では平年値を3.3℃上回った。一方、その他の期間は平年並みから平年を下回って推移し、特に6月中旬には3.2℃、8月上旬には2.7℃、それぞれ平年値を大きく下回った。

② 降水量

平年値を上回った期間は、4月中旬、7月上旬～下旬、8月下旬～9月中旬、10月上旬～中旬となり、特に9月上旬では226mmの多雨となった。一方、その他の期間は平年値を下回って推移し、特に4月上旬・下旬、5月中旬、6月中旬～下旬、8月中旬では10mm以下の寡雨となった。

③ 日照時間

平年値を上回った期間は、4月中旬～6月中旬、7月下旬～8月中旬、9月下旬となり、特に8月中旬では97.3時間の多照となった。一方、その他の期間では平年値を下回って推移し、特に7月上旬には21.3時間、8月下旬には22.2時間、それぞれ平年値を大きく下回った。

図-3 旬別の気象変動

【総括】

全般的にみると、6月下旬までは高温・寡雨・多照傾向を示し、その後は低温・多雨・寡照傾向となり、生育期間の前期と後期で対照的な気象経過となった。

5.地下水位と土壌水分の測定結果

地下水位の測定は、測水管（深さ1m）を設置し、読み取り式孔内水位計と自動記録式水圧センサーの2方式で計測した。

孔内水位計による測定は、渠間中央、暗渠直上の計11地点（試験区×10地点・対照区×1地点）、自動記録式による測定は、各区の中央部（渠間中央）で計2地点（試験区・対照区各1地点）で実施した。

土壌水分の測定は、読み取り式と自動記録式の2方式で観測した。

読み取り式は、A・E・I地点のそれぞれ深さ25cm・45cmに設置した。また、E地点には深さ15cm・25cm・35cm・45cmに設置した。

自動記録式は、自動記録式の水圧計と同一地点である、E・K地点に設置した。

給水期間は、予備試験としての5月17日～5月18日、作付後の第1回5月30日～6月10日、第2回6月18日～6月23日、第3回7月3日～7月15日であった。

以下に、各期間の給水状況と地下水位・土壌水分の変動を示す。

5-1 予備給水試験

ほ場の選定と試験実施の可否を検討するために、予備給水試験を実施し（5月17日～5月18日）、ほ場内の地下水位の上昇傾向を把握した。

その結果を以下に整理する。

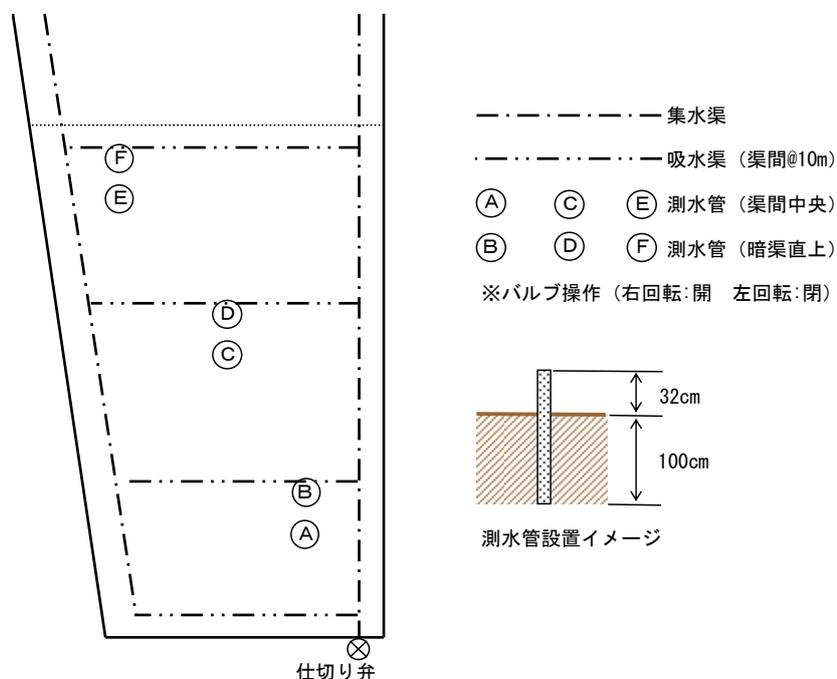


図-4 予備給水試験測水管設置模式

地下かんがいによる給水で、地下水位が上昇することを確認した。また、給水に際し、パイプラインからの圧力水を仕切弁で操作するための目安を把握した。

予備試験結果から、地下かんがいによる水位上昇が期待でき、作土層内への水分供給が可能であると判断し、試験ほ場として設定することとした。

表-1 予備給水試験時のバルブ操作状況

月日	時間	バルブ操作	備考
5/17	10:00	20回転	※4回転目で流れる音がする
	10:30	6回転	20回転で水があふれたため、バルブ開度調整 水閘:開
	10:40		水閘:閉 排水状況確認
		9回転	バルブ開度調整
	11:00		揚水機ポンプ停止
	11:40	8回転	バルブ開度調整
	18:30	4回転	測定後バルブ開度変更
5/18	9:00	8回転	測定後バルブ開度変更
	13:30		バルブ側ほ場表面で水面を確認
	14:00	閉	
	17:20		水閘:開 排水状況確認

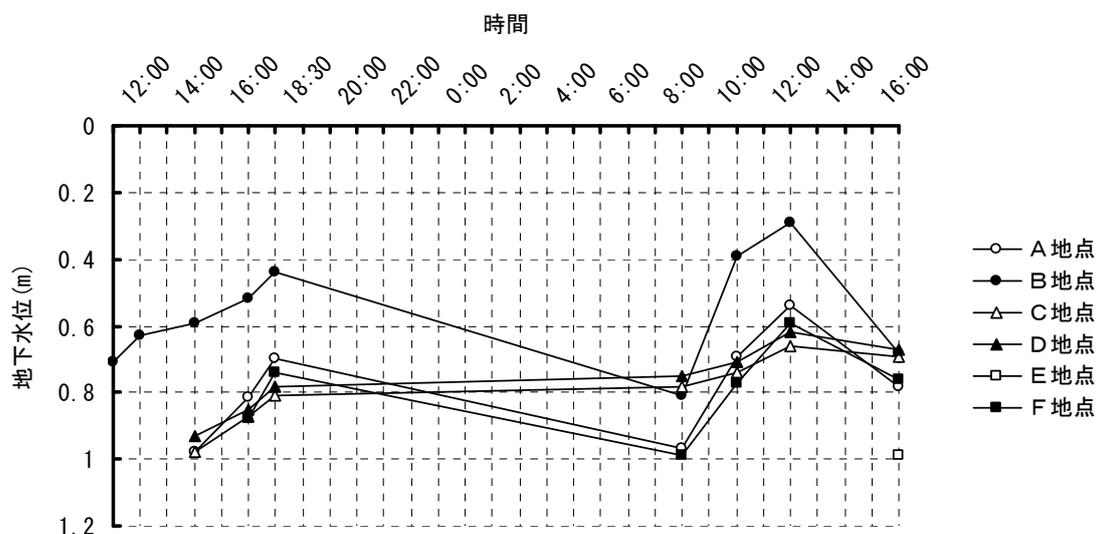


図-5 予備給水試験時の地下水位の変動

5-2 第1回～3回給水試験

(1)第1回給水試験 (5/30～6/10)

①給水時の仕切弁操作状況

回数	日時	バルブ操作	備考
第1回	5/30 9:30	8回転	給水開始
	5/30 15:40	4回転	給水量が多く、B地点の地下水位が急激に上昇したため、回転数を絞り給水量調整
	5/30 16:30	6回転	
	5/31 11:50	4回転	
	6/1 13:50	5回転	揚水機（ポンプ）復旧
	6/4 16:30	5.5回転	
	6/6 9:10	閉	防除に備え給水停止

②地下水位・土壌水分の変動

5/30～6/1の期間は、バルブ開度と供給水量のバランスを確認するために、バルブ開度を4回転から8回転の間で調整した。

8回転・6回転の場合は、流入側暗渠直上のB地点の地下水位が急激に上昇し、B地点周辺では地表面まで達する状況もみられた。

一方、4回転の場合は、B地点をはじめ深さ60～80cmまで上昇していた各地点の地下水位の低下がみられた。これは供給水量に比べ、下方や横方向への浸透量が上回ったためと思われる。

その後、5～5.5回転に調整し、給水を継続した。

B地点の水位は深さ40～60cmの範囲で比較的安定し、その他の地点の地下水位も深さ70～90cmまで上昇した。

E地点の地下水位と土壌水分（pF値）の関係をみると、5/31時点で25cm以深のpF値に低下がみられている。このことから、地下水位の上昇に比べ、pF値の反応速度が早いことがわかり、暗渠直上部からの横浸透が想定される。その後は、地下水位の上昇もみられ、pF値はさらに低下し、深さ25cmでpF2.0を下回った。一方、対照区のK地点では各層ともpF2.0～2.4程度の範囲で推移しており、pF値の違いは明確となった。

その後は、降雨もあり（5/31～6/1）、対照区K地点のpF値も低下した。

(2)第2回給水試験 (6/18～6/23)

①給水時の仕切弁操作状況

回数	日時	バルブ操作	備考
第2回	6/18 9:00	5.5回転	防除終了を確認し、給水開始
	6/18 9:30	閉	水位調整柵内のパイプ破損・補修
	6/18 13:50	5.5回転	補修完了→給水開始
	6/21 10:30	閉	揚水機（ポンプ）停止によりバルブ閉じる
	6/21 16:30	5.5回転	揚水機（ポンプ）復旧により給水開始
	6/23 9:00	閉	水位調整柵の浮上により給水停止
	6/27	—	水位調整柵の再設置 防除作業に備え再給水実施せず

②地下水位・土壌水分の変動

6/18 からバルブ開度 5.5 回転で給水を開始した。

給水開始後、調整柵内のパイプ破損（6/18）、揚水機（ポンプ）停止による用水供給の停止（6/19～20・6/21）により、連続的な給水期間は限られた。また、6/23 には地下水位の上昇に伴い、下流部に設置した調整柵が浮上したため、給水を停止した。

6/21 時点では、H 地点を除く各地点の地下水位は深さ 60 cm 以内となり、6/22 時点では暗渠直上部周辺が黒く筋状になっており、表層部まで水分供給されている状況が目視できた（写真-6～7 参照）。

E 地点の地下水位と土壌水分（pF 値）の関係を見ると、6/20 の給水再開後の地下水位上昇に伴い、深さ 25～45 cm の pF 値は低下し、6/21 には pF1.5 を下回る湿潤状態にあった。6/21 時点では、地下水位は深さ 50 cm まで上昇し、深さ 15 cm の pF 値も徐々に低下した。

その後も、6/25 まで深さ 25 cm 以深の pF 値は pF2.0 を下回り、深さ 15 cm の pF 値は pF2.5 を下回り、それぞれ推移した。

一方、対照区の pF 値は干天状況下で乾燥傾向を示し、6/23 時点では各層とも pF2.0 を上回り、深さ 5 cm では pF2.6 に達していた。



写真-6 給水時のほ場状況① (6/22)



写真-7 給水時のほ場状況① (6/22)

(3)第3回給水試験(7/2~7/15)

①給水時の仕切弁操作状況

回数	日時	バルブ操作	備考
第3回	7/2 14:10	5.5回転	給水開始
	7/5 17:00	5回転	給水量調整
	7/6 9:30	閉	揚水機(ポンプ)停止によりバルブ閉じる
	7/7 10:00	5.5回転	揚水機(ポンプ)復旧により給水開始
	7/13 15:30	閉	防除に備え給水停止

②地下水位・土壌水分の変動

7/2からバルブ開度5.5回転で給水を開始した。

給水開始後、7/5~7にかけて揚水機(ポンプ)停止による用水供給の停止により、連続的な給水が一時途切れることとなった。

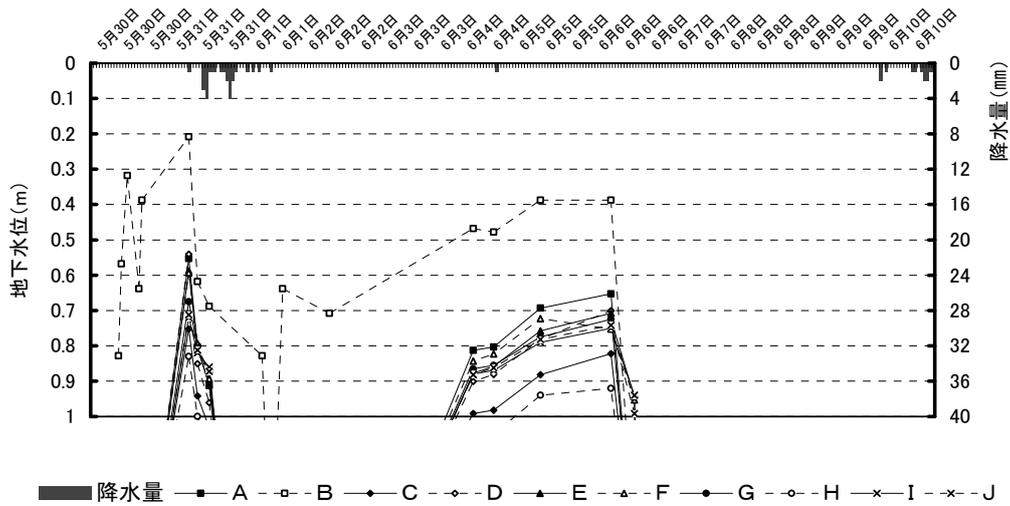
また、防除作業に備え7/13に給水を停止した。

7/5時点の地下水位は、B地点で深さ40cm、C・H地点で深さ80cm、その他の地点で深さ60~65cmまで上昇した。給水復帰後の7/9以降は、B地点で深さ45cm程度、C・H地点で深さ70~80cm、その他の地点で深さ60~70cmまで上昇し、7/13の給水停止直前には、ほとんどの地点が深さ30~50cmまで達していた。

E地点の地下水位と土壌水分(pF値)の関係をみると、降雨の影響により表層部のpF値は両区とも低下し、大きな差はみられなかった。また、対照区では降雨や試験区での給水の影響もあり、地下水位の上昇がみられた。

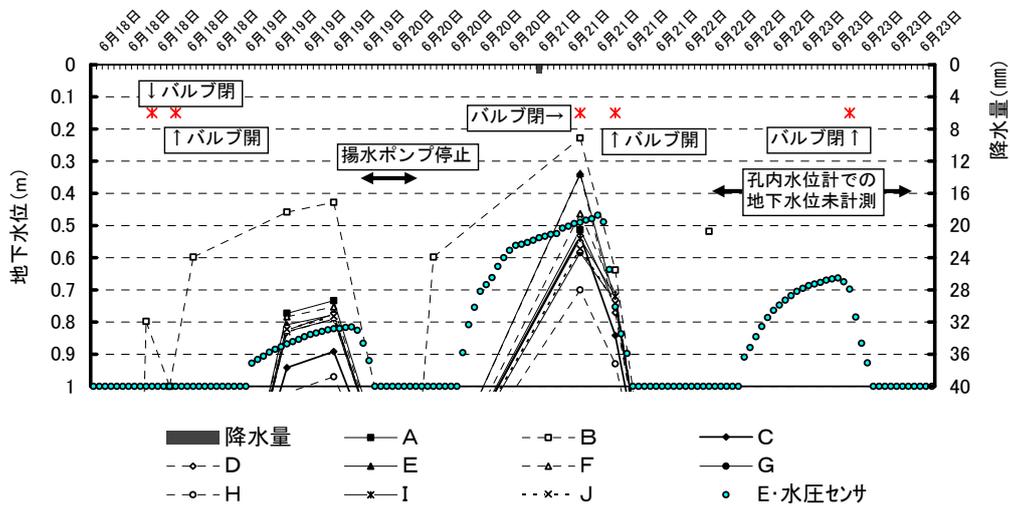
7/9と7/14の両区のpF値を比較すると、試験区の深さ25cmと35cmの値が対照区に比べ低下しており、地下かんがいによって土壌水分がコントロールされている状況がうかがえる。

第1回給水時：5/30～6/10



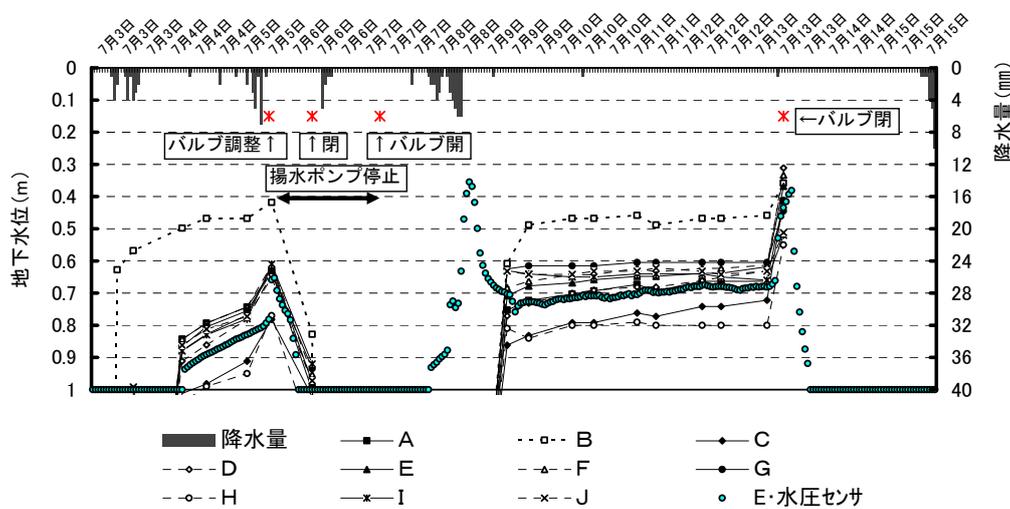
■ 降水量 —■— A —□— B —●— C —○— D —▲— E —△— F —●— G —○— H —×— I —×— J
 ※5/30(9:30)給水開始→5/31揚水ポンプ停止により給水停止→6/1揚水ポンプ復旧(13:50)
 →6/6(9:00)防除作業に備え給水停止

第2回給水時：6/18～6/23



■ 降水量 —■— A —□— B —●— C —○— D —▲— E —△— F —●— G —○— H —×— I —×— J
 ● E・水圧センサ
 ※6/18(14:00)給水開始→6/21(10:30)ポンプ停止により給水停止確認・バルブ閉
 →6/21(16:30)ポンプ始動により給水再開
 →6/23水位調整柵の浮上により給水停止→6/27水位調整柵を再設置したが防除作業に備え給水停止

第3回給水時：7/3～7/15



■ 降水量 —■— A —□— B —●— C —○— D —▲— E —△— F —●— G —○— H —×— I —×— J
 ● E・水圧センサ
 ※7/2(14:10)給水開始→7/6(9:30)ポンプ停止により給水停止確認・バルブ閉
 →7/7(10:00)ポンプ始動により給水再開→7/13(15:30)防除作業に備え給水停止

図-6 給水試験時の地下水水位の変動

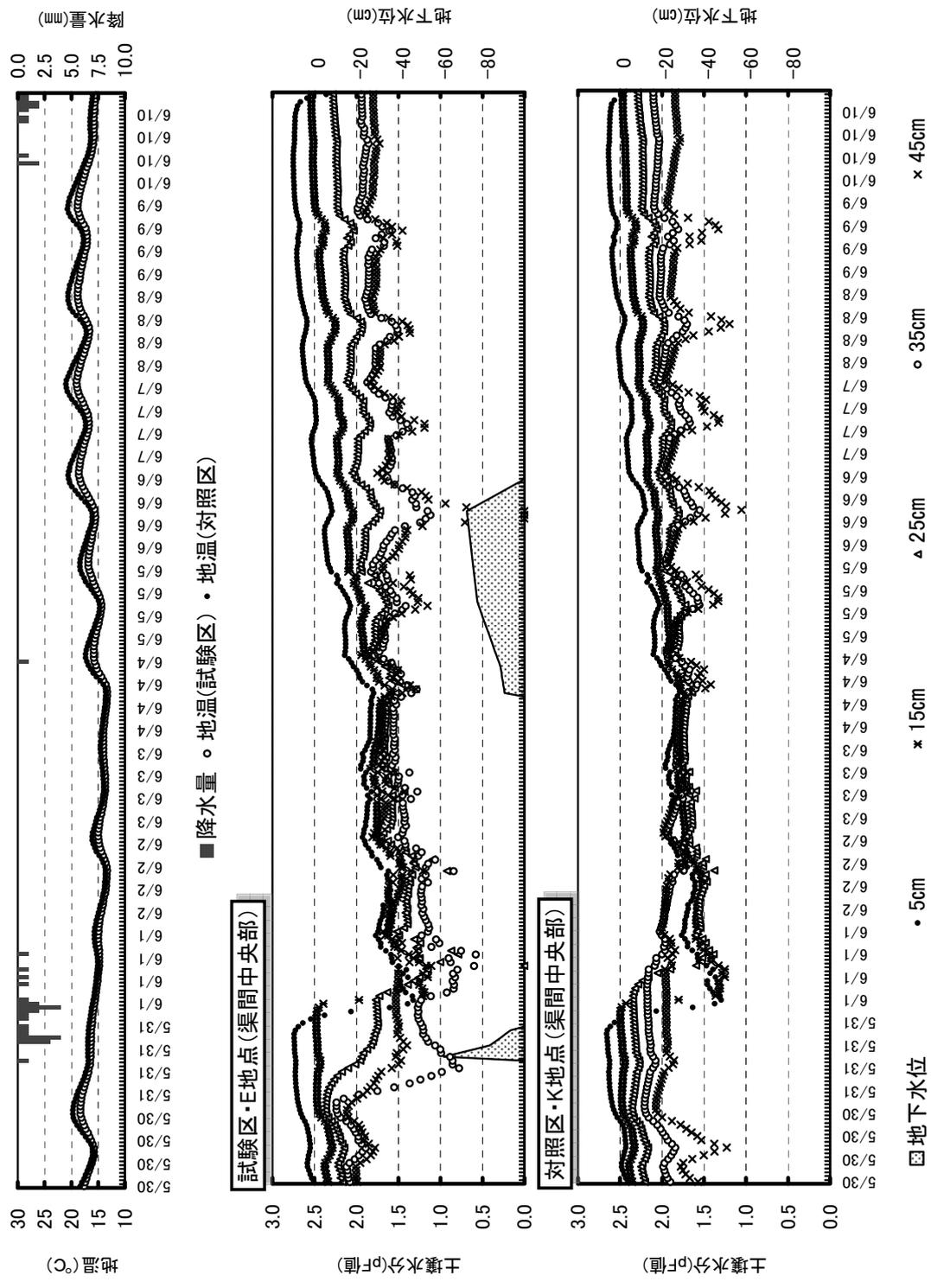


図-7 第1回給水時于一夕 期間:5月30日~6月10日

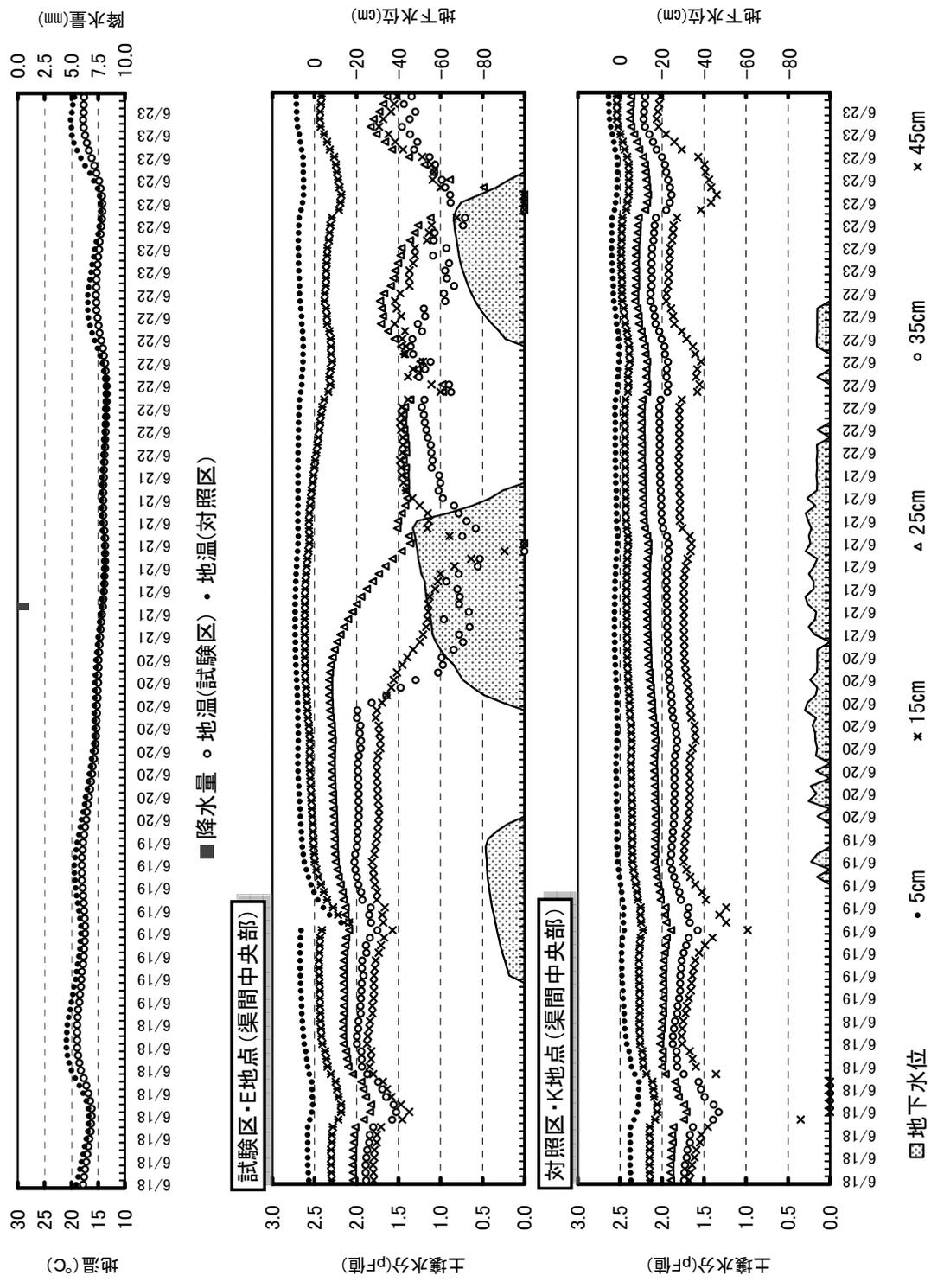


図-8 第2回給水時于一夕 期間:6月18日~6月23日

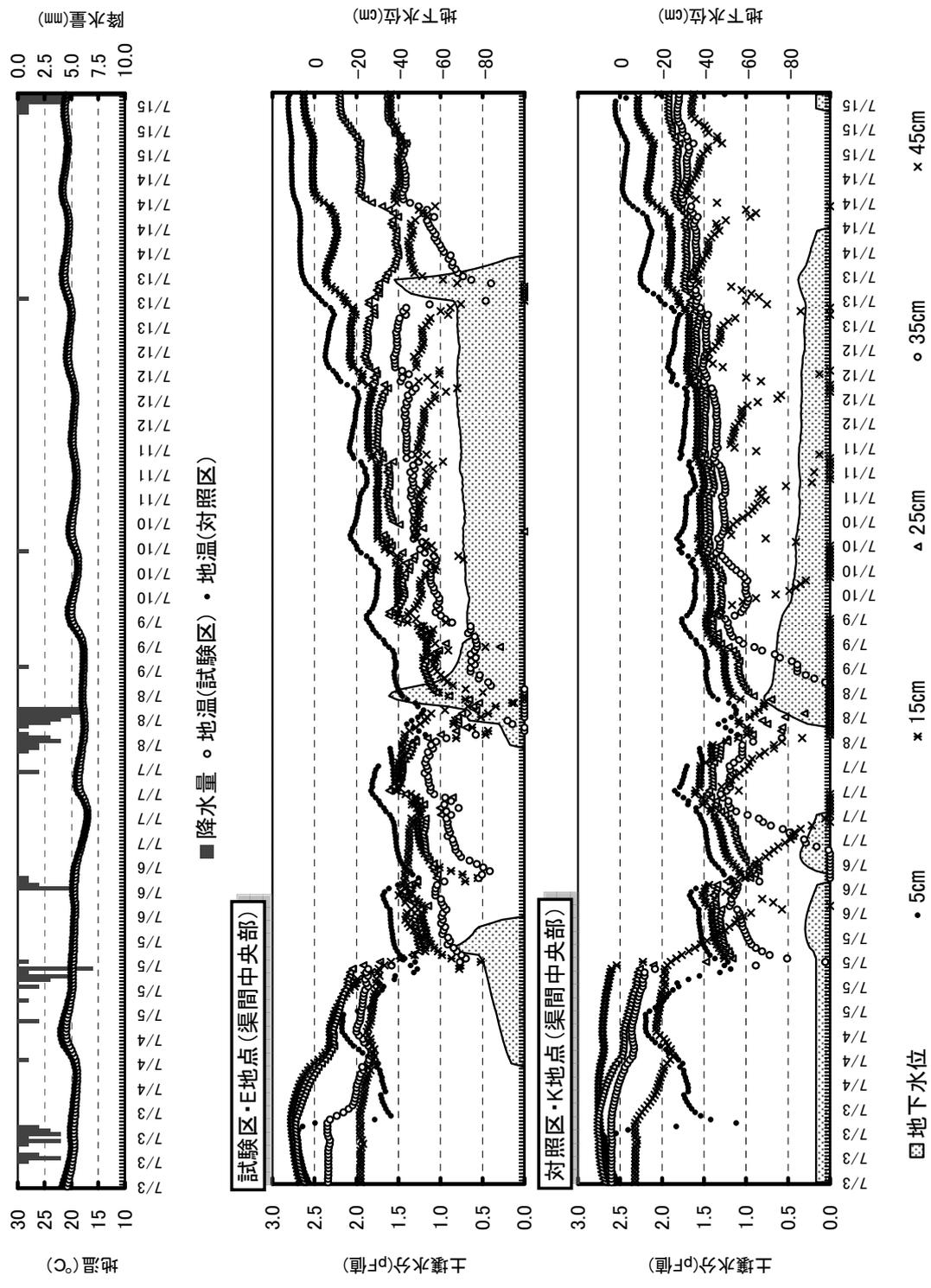


図-9 第3回給水時于一夕 期間:7月3日~7月15日

(4) 地下水位と土壤水分の総括

自動記録式（データロガー）で取得したデータをもとに、第2回と第3回の給水試験結果を総括する（図-10 参照）。

第2回給水試験時（6/18～23）は、干天の影響もあり土壤の乾燥が進んでいた。そのため、地下かんがいによる地下水位の上昇に伴い、試験区の深さ 25～45 cm までの pF 値は低下し、対照区の pF 値との差は明確であった。

一方、第3回給水試験時（7/3～15）は、降雨の影響により両区の pF 値は低下しており、地下かんがいによる水分供給の効果は小さかった。

このように、連続的な干天日の発生により土壤の乾燥が進んでいる場合は、地下かんがいによる下層からの水分供給は効果的であり、地下水面が深さ 50～60 cm 程度でも、横浸透などにより深さ 25 cm 程度までの水分供給が可能であることがわかる。

また、渠間中央に設置した土壤水分計の測定値（図-11）をみると、流入側、試験区中央、下流側（調整柵側）で大きな差はなく近似した pF 値を示しており、地下水位の地点間較差とは異なるものであった。

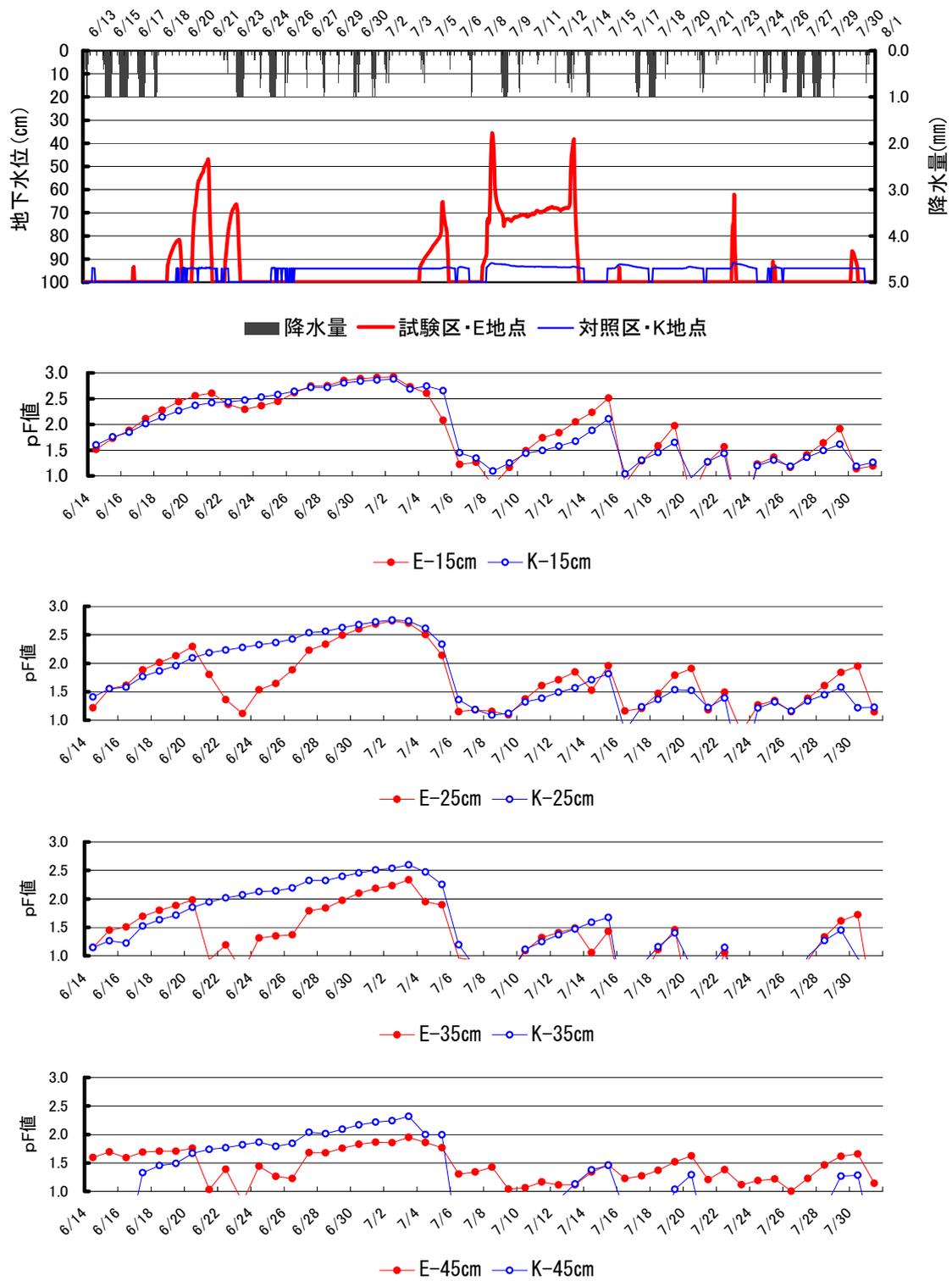
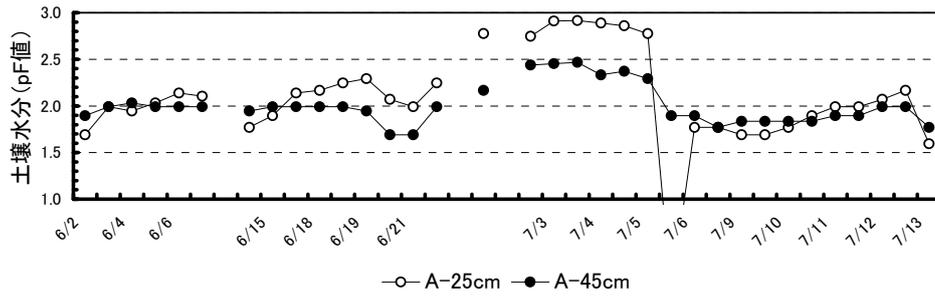
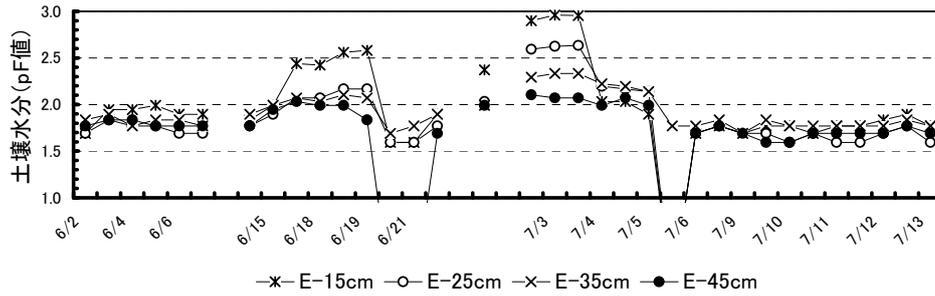


図-10 地下水位の変動と降水分布・pF値の変動：ほ場内中央部渠間(自動記録式データ)

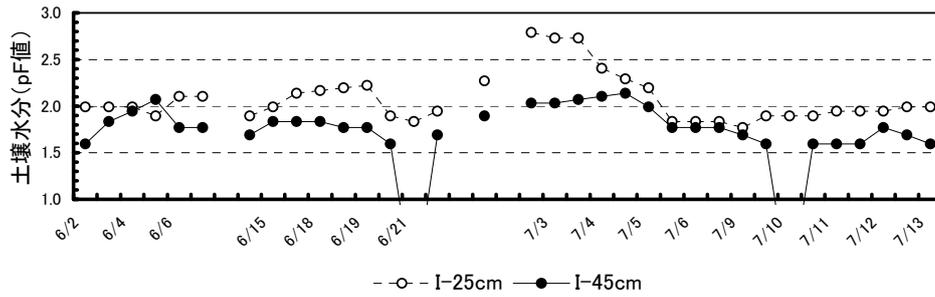
土壌水分の変動：A地点（流入側渠間）



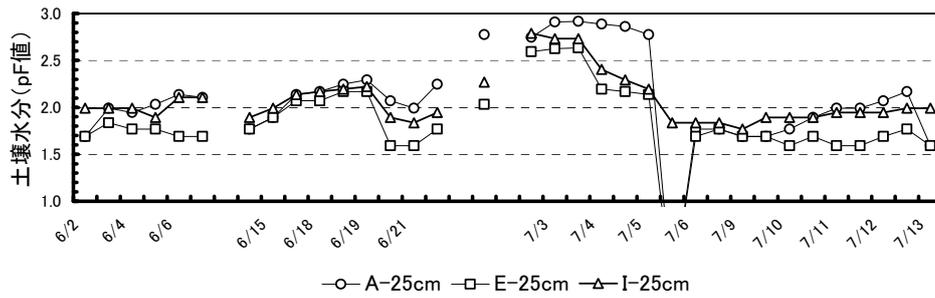
土壌水分の変動：E地点（試験区中央渠間）



土壌水分の変動：I地点（調整樹側渠間）



土壌水分の変動：地点別深さ25cmの比較



土壌水分の変動：地点別深さ45cmの比較

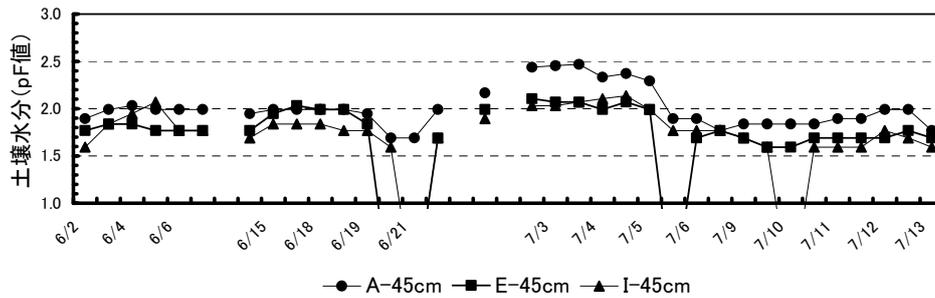


図-11 給水試験時の土壌水分の変動（読み取り式）

6.生育・収量調査

生育調査は試験区、対照区（2 反復）で 2 回（7/2・8/3）実施した。また、収量調査は 10/10 に刈取りを行い（5 m²×2 反復）、11/2 に計測した。

①生育調査

生育調査段階では、両区に大きな差はみられなかった。

調査月日：7月2日

処理区	草丈(cm)	葉数(枚)
試験区A	24.5	4.5
試験区B	27.9	5.2
平均	26.2	4.8
指数	101%	96%
対照区A	24.7	4.8
対照区B	27.3	5.3
平均	26.0	5.1

調査月日：8月3日

処理区	草丈(cm)	葉数(枚)	分枝数(本)
試験区A	73.6	9.1	2.0
試験区B	73.4	9.4	3.0
平均	73.5	9.3	2.5
指数	101%	103%	96%
対照区A	70.6	8.9	2.5
対照区B	74.9	9.0	2.7
平均	72.8	9.0	2.6



写真-8 生育調査状況



写真-9 収量調査計測状況

②収量調査

収量調査の結果から、試験区の粗子実重が 14% 上回る結果となった。

本年度の試験では、地下かんがいにより 3 回の給水を実施したが、連続干天により土壌水分に過度の乾燥がみられた期間（6 月下旬～7 月上旬）は短く、また、pF 値の上昇速度が遅いことから試験ほ場作土層の保水性が比較的良好であったことが想定され、期待していたほどの増収効果は得られなかった。

【地下かんがい収量調査(玉井ほ場大豆)】

処理区	総重 kg/10a	粗子実重 kg/10a	屑重 kg/10a	屑割合 %	百粒重 g	水分 %
地下かんがい区 A	724	290	19	7%	34	13.2
B	622	251	28	11%	33	14.1
平均	673	271	24	9%	33	13.7
指数	110%	114%	76%		105%	
対照区 A	580	222	32	15%	31	13.3
B	642	254	30	12%	33	14.2
平均	611	238	31	13%	32	13.8

7.考察

本年度の試験は、地下水位の安定的なコントロールと主根域への水分供給を主目的としていたが、揚水機（ポンプ）停止による用水供給の遮断、水位調整柵の浮上など、当初から想定できない状況もあり、十分な結果が得られなかった。

このような状況において、測定データをもとに得られた知見と今後の課題について整理する。

- ・地下水位（水面）が深さ 60 cm程度でも暗渠直上部からの横浸透などにより深さ 25 cmまでの pF 値は低下した。
- ・さらに、地下水位を深さ 50 cm程度に維持することで、横浸透や毛管上昇などにより深さ 15 cm程度までの水分コントロールが可能であり、土壤の乾燥がみられる期間の根域の水分コントロールには有効である。
- ・心土破碎の実施により、暗渠直上部からの横浸透がスムーズであったと思われる。弾丸暗渠などの補助暗渠を実施することで、さらに横浸透がスムーズになり、ほ場内の地下水位と土壤水分の均一化につながるものと考えられる。
- ・連続的な給水により、ほ場内の地下水位は概ね安定するが、地点により深さ 45 cmから 90 cmの範囲で較差がみられた。
- ・地下水位に差がみられても、渠間部の深さ 25 cm、45 cmの pF 値は近似した値を示した。
- ・パイプラインから供給する場合、仕切弁での水量調整となり、一定量での供給と水量の微調整が困難である。そのため、地下水位を安定させるには、供給水量を安定させるための工夫や水位調整型の水閘などにより、流末での排水量調整が必要である。

輪換畑で地下かんがいを実施する場合、パイプラインから用水を供給するほ場では、流入口、排水口の改良が必要であると考えられる。

自然流下式へと改良することが可能であれば、流入状況を目視することができ、用水（給水）量の調整も容易となる。また、水位調整型の水閘を設置することで、余剰水は排水され地下水位を一定に保つことが可能であると考えられる。

また、ほ場内の地下水位を均一にコントロールするには、横浸透による地下水の広がりが必要であり、心土破碎、弾丸暗渠などの実施が不可欠となる。

●参考データ【ほ場内の地耐力（コーン指数）】

給水側の渠間中央部 A 地点のコーン指数の変化をみると、5/30 の給水前では深さ 40 cm で測定限界の 250N/cm^2 に達している。給水後、2 時間 30 分経過後の 12:00 のコーン指数は 30 cm 以深で 100N/cm^2 を下回り、コーン指数の低下傾向がみられる。これは、給水口に近いことで、下層の水分が増加したためと思われる。

その後の 6/18 の測定値は、5/30（給水前）と同等の値を示した。

