

難透水性土壌地帯における暗渠機能発揮のための 補助暗渠（有材心土破碎）による排水機能促進手法の検討

北海道十勝総合振興局産業振興部調整課 片桐俊英
(一財)北海道農業近代化技術研究センター ○南部雄二

1. はじめに

十勝総合振興局管内北部地域の土幌町内の圃場には、排水性不良な粘質土壌が分布している。これまでに、圃場の排水改良のために暗渠排水が整備されてきており、現在も整備が進められている。

しかし、暗渠排水整備後の圃場では、10年程度の経過で暗渠排水の効果が低下すると感じられている。また、近年のゲリラ豪雨など降雨の集中により、圃場排水機能の向上が求められている。

一方、耕起層（Ap層）直下では、土壌排水性の指標となる飽和透水係数、粗間隙は、小さく、余剰水の地下浸透はスムーズではなく、暗渠排水疎水材まで速やかに到達していないことが想定される。

このような背景から、土幌町の北東に位置する「上居辺第2地区」において実施された、受益者のアンケート調査、受益圃場の土壌調査結果をとりまとめ、圃場の排水性等に関する実態を把握した。

また、受益区域内の試験圃場で補助暗渠（有材心土破碎）を施工し、施工後の土壌水分ポテンシャルの変動等を確認して、有効性等について検討した。

「上居辺第2地区」の受益区域に分布する土壌は、排水不良な厚層多腐植質多湿黒ボク土をはじめ、厚層多腐植質黒ボク土、表層腐植質黒ボク土、淡色黒ボク土等である。

2. アンケート調査結果

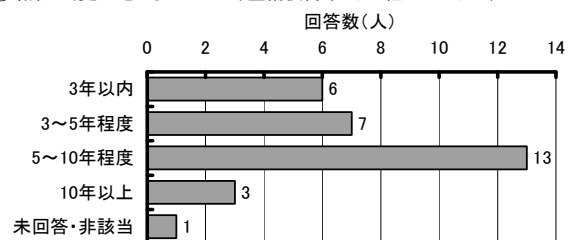
前歴整備の暗渠排水の効果低下状況等を把握するために、「上居辺第2地区」の受益者に実施された「既設（前歴整備）暗渠の効果」と「圃場の管理」に関するアンケート調査結果（30人分）を集計した。集計結果は、次のとおりである。

(1) 暗渠排水の効果年数・効果低下の判断

暗渠排水の整備後、効きが悪くなったと感じる年数は、「5～10年程度」とする回答が13人で多く、「3年以内」（6人）、「3～5年程度」（7人）の回答者もみられ、10年以内で効きが悪くなるとの回答が多かった。

暗渠効果の低下の判断要因は、「降雨後の乾きが悪い」（24人）、「湿害が発生している」（18人）とする回答が多かった。

①暗渠の効きが悪くなったのは、整備後何年くらい経ってからですか？



②暗渠が効かないと判断するのは、どんな理由からですか？

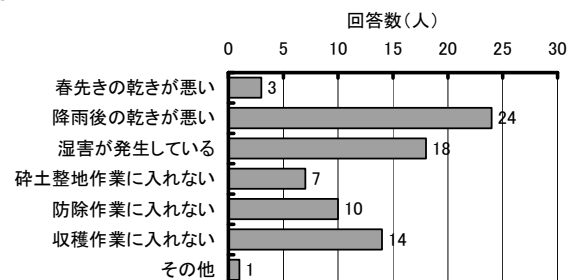


図-1 アンケート集計結果①

暗渠効果に低下がみられる畑では、「耕盤層があって圃場全体の水はけが悪くなっている」(23人)とする回答が多かった。

(2) 耕盤層対策

耕盤層対策としては、心土破碎が実施(29人)されており、毎年実施している割合は半数程度であった。

心土破碎は、畑全面にかける(21人)場合が多いが、効果は「まあまあ効く」(21人)、「1年はもたない」(17人)とする割合が多い。

心土破碎には、サブソイラが使用されているが、一部では幅広サブソイラ、チゼルプラウも使用されている。作業深度は、40～50cm程度が主体であった。

(3) 耕起作業

圃場の耕起作業は、回答者全員が反転プラウを使用している。また、半数程度がチゼルプラウも使用している。

耕起深は、25～30cm程度が主体であった。

アンケート調査結果からは、反転耕起作業による耕盤層の形成が推察でき、耕盤層対策としては心土破碎が実施されているが、その効果は十分ではなく、暗渠排水の排水機能を持続するための対応が必要と考えられる。

3. 土壌調査結果

受益圃場内の代表地点(61地点)で、土壌調査が実施された。調査内容は、①コーン貫入試験、②飽和透水試験、③三相分布(粗間隙:pF1.8)、④土の粒度試験であった。

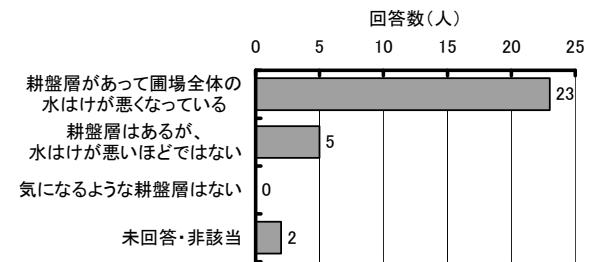
これらの調査結果による耕盤層の出現深度、飽和透水係数、粗間隙は、次のとおりである。

(1) 耕盤層の出現深度

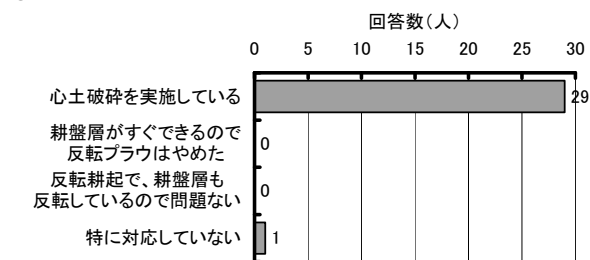
コーン指数が1.5MPa以上となる深度から耕盤層の出現位置を判定した。

耕盤層の出現位置は、深度20～30cmが22地点、

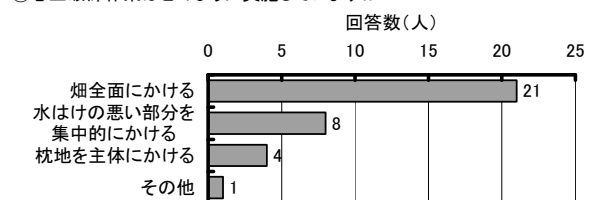
③暗渠が効かなくなった畑の耕盤層はどんな状態だと思いますか？



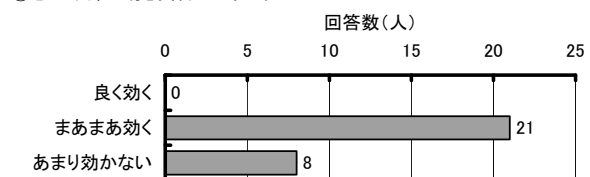
④耕盤層対策をしていますか？



⑤心土破碎作業はどのように実施していますか？



⑥心土破碎の効き具合はどうか？



⑦心土破碎のもち具合はどうか？

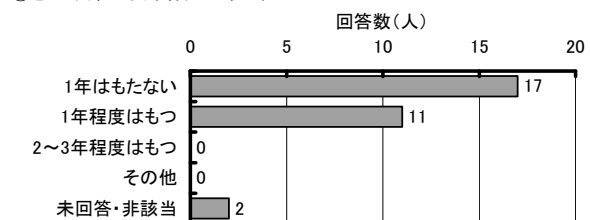


図-2 アンケート集計結果②

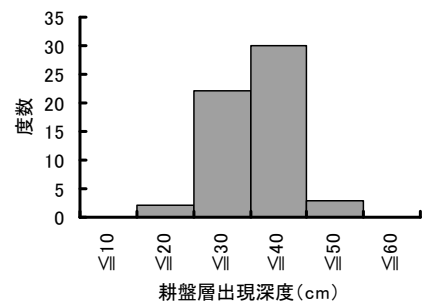


図-3 耕盤層出現深度度数分布

深度 30～40cm が 30 地点で、ほとんどの地点が 40cm 以浅であった (図-3)。

また、試料採取深度内、または、深度 50cm までの最大コーン指数が 2.0MPa を超える地点もみられ、Ap 層内または Ap 層直下が堅密な状況であることがうかがえる。

(2) 飽和透水係数・粗間隙

試料の採取深度は、コーン指数で判定した耕盤層地点である。

飽和透水係数は、透水性が良好である $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ オーダは 6 地点と少なかった。一方、 $10^{-5} \sim 10^{-6} \text{cm/s}$ オーダが 37 地点と多く、さらに透水係数が小さい $10^{-7} \sim 10^{-8} \text{cm/s}$ オーダも 18 地点で、透水性が不良な地点がほとんどであった。

また、粗間隙 (pF1.8) は、5%以下の地点が 49 地点と多く、重力水を排除する間隙が少ない状況にある。

以上の結果から、受益圃場では、重力水の移動が困難で、透・排水性に劣る耕盤層 (堅密層) が耕起層直下に分布している状況が把握された。

4. 補助暗渠 (有材心土破碎) の施工試験

(1) 試験圃場の概要

試験圃場は、土幌町市街から北東に約 10km に位置する。調査圃場周辺には、厚層多腐植質多湿黒ボク土 (北開統) が分布し、下層も粘質土であり排水対策 (暗渠排水・心土破碎) が必要な土壌統として分類されている。

試験圃場における暗渠排水の整備履歴 (既設暗渠) は、1989 年、1999 年、2007 年の計 3 回であり、疎水材が投入されているのは、1999 年と 2007 年である。

これら過去に施工された暗渠排水の疎水材上部に、補助暗渠 (有材心土破碎) を接続し、既設暗渠への余剰水排除を促進して排水機能の再発揮を目的に、心土内の開削断面 (深度 0.5m) にビリ砂利を投入する補助暗渠を 2011 年に施工した。

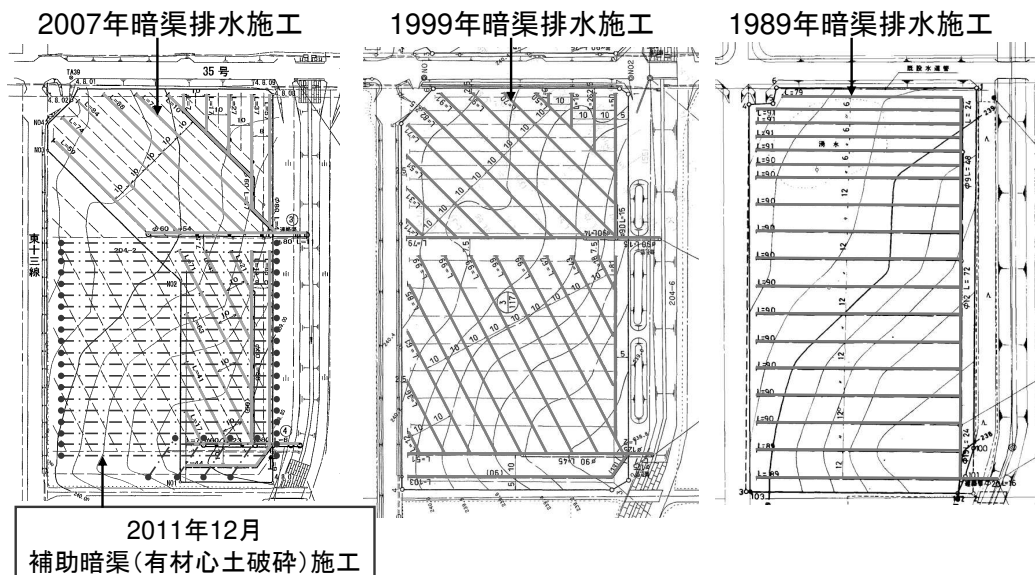


図-4 暗渠排水および補助暗渠配線図

(2) 既設管渠の状況と補助暗渠の施工状況

試験圃場の既設暗渠の標準断面 (2007 年施工) と補助暗渠の標準断面は図-5 に示す。

既設暗渠は、表層 0.4m までが埋戻し土であり、疎水材は 0.4m 以深に投入されている。

補助暗渠の施工間隔は 5m、施工深は 0.5m、施工幅 0.06m で、深度 0.3m まで疎水材としてのビリ砂利が投入される。

その結果、既設暗渠の疎水材上面 0.1m 程度まで接続されることになる。

既設暗渠の掘削調査（2011年11月30日）により、疎水材は、吸水渠上部まで健全状態を維持、吸水渠の外面に泥詰まり等はみられなかったため（写真-1）、暗渠排水としての機能は維持されていると判断された。

このように、既設暗渠の機能が維持されている場合には、耕盤層等の堅密層から疎水材まで余剰水を導く手法（補助暗渠）が有効であり、既設暗渠を活かす保全型整備として位置付けることができる。

補助暗渠の施工は、ブルドーザに装着した補助暗渠掘削装置を使用して、2011年12月5日に実施された（写真-2）。

2012年10月3日に施工後の状態を観察した結果（写真-3）、施工後1年程度が経過した時点では、標準断面（施工深=0.5m、施工幅=0.06m）に近い状態が確認された。

また、疎水材（ビリ砂利）も充填深（=0.2m）どおりであり、泥詰まり等もなく良好な状態が維持されていた。

(3) 施工区と未施工区におけるコーン指数の比較

試験圃場内の施工区と未施工区で、貫入式土壌硬度計を使用して、コーン指数を経時的

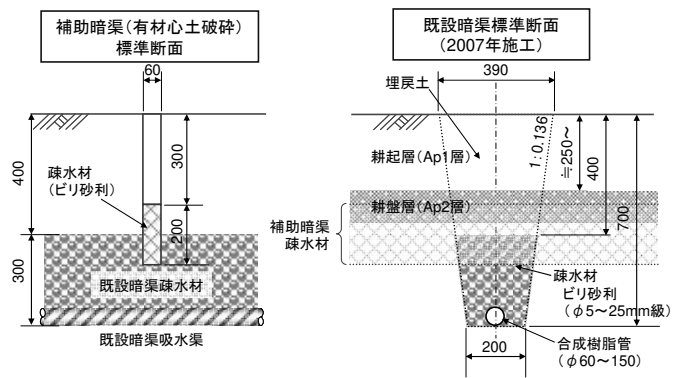


図-5 補助暗渠・既設暗渠の標準断面

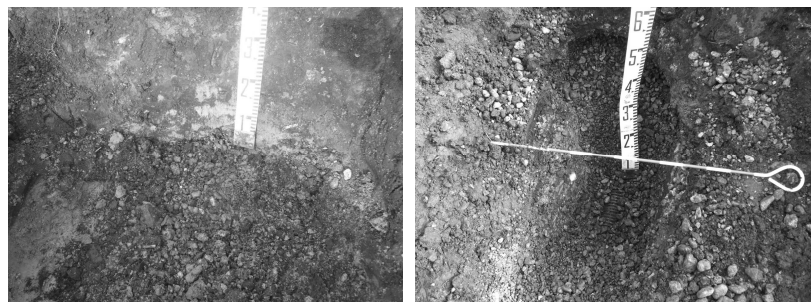


写真-1 既設暗渠の状況



写真-2 補助暗渠（有材心土破碎）の施工状況

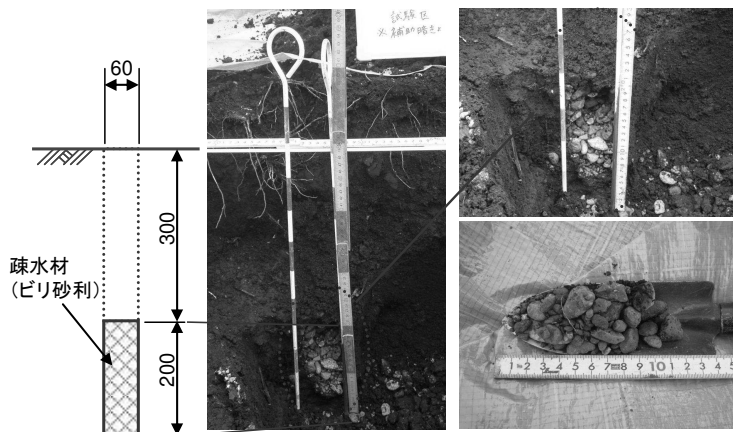


写真-3 補助暗渠（有材心土破碎）施工後の状況

に測定した。

まとまった降雨後である8月15日(2日後)、9月14日(4日後)は、深度15cm程度までのコーン指数は0.5MPa程度とやや低めの値を示すが、8月17日、8月22日では、土壤の乾燥傾向とともに、コーン指数が増加した。

施工区では、深度20cm程度で1.5MPaに達するが、30cm以深では1MPa程度に低下し、深度50cm程度までは堅密層は出現しなかった。

一方、未施工区では、深度20~30cm程度で1.5MPaに達し、下層も1.5MPaを超える状況にあった。

このように、施工区と未施工区で、やや異なった傾向がみられた。

(4) 施工区と未施工区における降雨後の土壤水分ポテンシャル変動の比較

試験圃場内の施工区および未施工区において、降雨後の土壤水分ポテンシャルの変動を把握するため、データロガー式土壤水分計を設置した。測定深度は、深度5~45cmで10cmごとの5深度とし、施工区は補助暗渠施工ラインの中間部に設置した。なお、調査期間の栽培作物は小豆であった。

2012年9月9日~12日の降水分布と土壤水分ポテンシャル(pF値)変動を図-7に示す。

施工区では、降雨による飽和ピーク時に、深度15cm、25cmの間隙は水で満たされているが、それ以外の深度ではpF値の上昇がみられており、下層では速やかに重力水が排除されたと考えられる。また、降雨後24時間経過時には、pF値はpF1.5前後まで回復

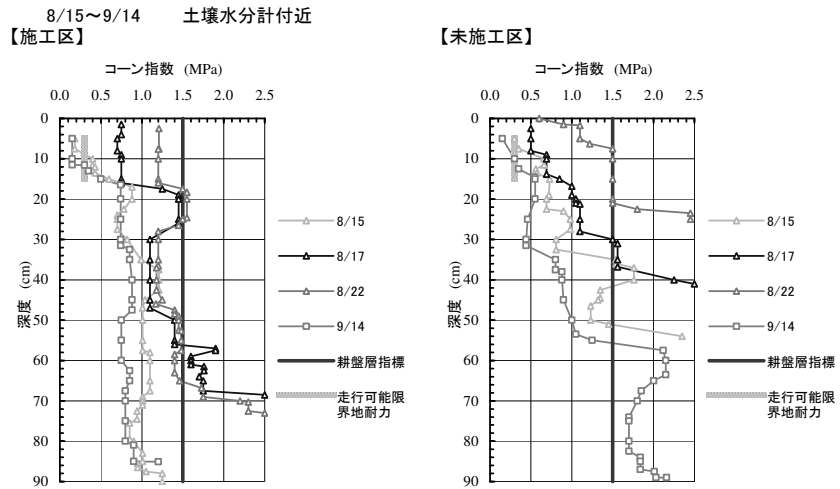


図-6 施工区・未施工区のコーン指数測定結果

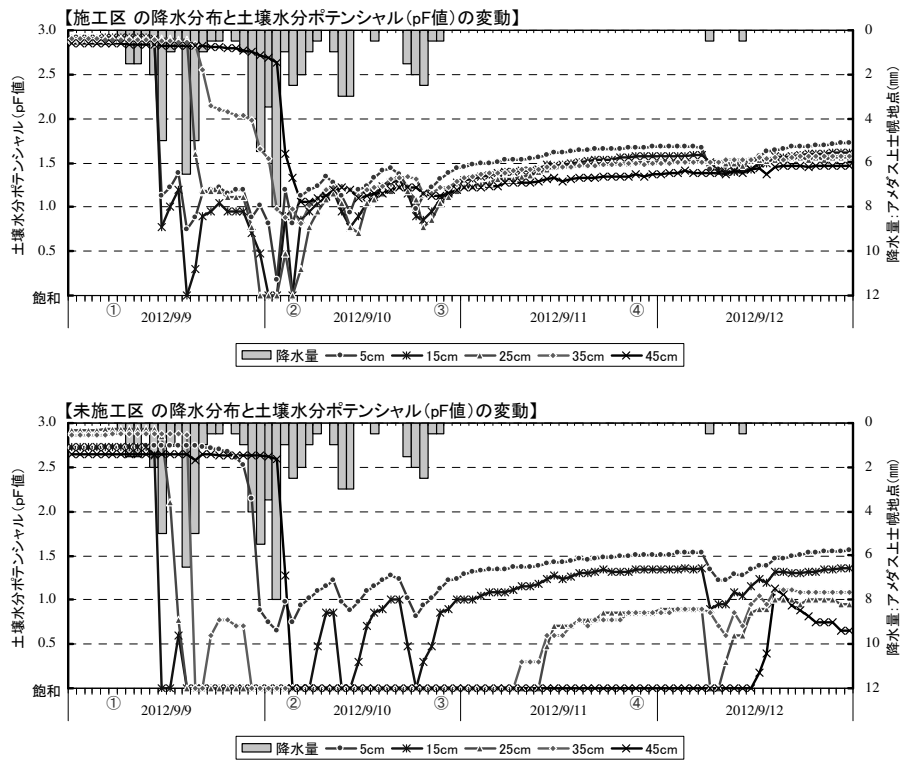


図-7 施工区・未施工区の土壤水分ポテンシャルの変動

しており、粗間隙がほぼ確保されていた。

一方、未施工区では、降雨による飽和ピーク時には深度 5cm 以外は全て水で満たされており、その後も重力水排除に時間がかかり、24 時間経過時でも pF1.5 を下回り、重力水は排除されていなかった。

pF 値の測定結果と室内 pF 試験の結果から、降雨後 24 時間経過時点（9 月 11 日 22 時）の三相分布を試算すると、図-8 のとおりである。

ここでの気相と液相の境界は、現地の pF 値の変動から pF1.5 とした。

施工区では 9～25%の気相が確保されていたが、未施工区では深度 25 cm 以深では 0～3%であり、深度 45cm の飽和状態は継続していた。

以上の結果から、施工区と未施工区の調査地点における、コーン指数、室内試験による粗間隙・飽和透水係数にやや差がみられていたが、施工区の深度 45cm までの重力水が速やかに排除されていた点から、補助暗渠の効果が想定される。未施工区では、深度 35cm 前後の層が透・排水性の制限要因となっており、深度 30～50cm に補助暗渠が施工されることで、改善効果が期待される。

5. おわりに

土壌水分ポテンシャル（pF 値）の変動から、補助暗渠の施工区は、未施工区に対し降雨後の土壌飽和時間が短縮する傾向がみられており、補助暗渠の施工効果の可能性が想定された。よって、試験圃場の単年度の調査結果から判断すると、施工間隔 5m で効果が期待できる。

暗渠間隔の計算では、作土層の厚さ、作土の透水係数が計算値として必要となるが、作土の状態は、畑の場合では、砕土・整地・播種後の孔隙が多い状態から、収穫後の土壌孔隙が少ない状態へと変化する。

一方、作土層（Ap 層）直下には堅密な耕盤層が発達しており、これらの状況を考慮し、適正間隔を判断することが重要になる。

暗渠間隔を試算した結果では、作土層厚、透水係数にばらつきはあるが、実用上の現場透水係数 k_s を現地で測定したベーシックインテークレート値と同等の 10^{-5}cm/s オーダ、作土層の厚さを Ap1 層 = 15cm と考えれば、補助暗渠間隔は 4～6m 程度となり、試験圃場の施工間隔と同等の値となる。

今回の試験施工後の調査では、まとまった降雨期間は 2 期間であり、効果検証のうえでは面的な評価を含め、データの補強が今後も重要となる。さらに、持続性の確認、営農による耕盤層の再形成等の確認も重要である。

【参考文献】

1) 北海道十勝総合振興局：上居辺第 2 地区 委託 91 業務 業務報告書（2013）

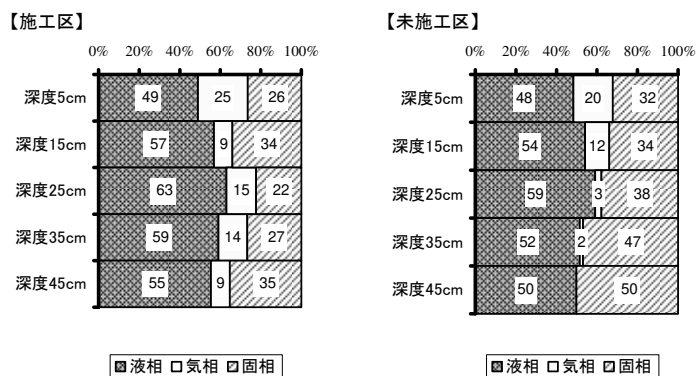


図-8 施工区・未施工区の三相分布
(降雨後 24 時間経過時点)