

不陸対策実証試験とその経過観察実施結果

1. 背景・目的

福島県内の除染活動で発生した除去土壌等は、中間貯蔵施設へ輸送されるまでの間、除染を実施した現場や仮置場で一時保管されている。仮置場の維持管理は市町村が行っているが、維持管理を行う上での技術的課題が挙げられている。その課題の一つに、可燃性除染廃棄物の減容等の影響による仮置場頂部における不陸の発生がある。仮置場頂部に不陸が発生すると、降雨や降雪の影響により、不陸箇所に滞水が発生する。滞水が発生すると、上部シートに対し、溜まった水による応力がかかり、その結果シートの破れにつながる可能性がある。仮置場を維持管理する市町村では、シートの破れ等につながらないように、定期的に排水作業を行っているものの、降雨降雪があれば滞水が発生するため、費用面や労力面で負担がかかるといったことで課題となっている。

そうした市町村の課題に対し、福島県では、市町村除染技術支援事業（市町村等からの課題・要望に対する現地における実証試験等の実施・評価を行い、その結果得られた技術・知見を市町村が活用することを目的に実施した事業）において、不陸対処方法を検討するための実証試験を実施した¹⁾。本研究では、実証試験実施後に、試験場所において経過観察を実施し、施工効果を確認した。

2. 実証試験内容

2. 1. 実証技術

既存の仮置場上部シート上に、軟弱地盤上の盛土補強材等に使用される一軸延伸タイプのジオグリッドを敷設し、敷設したジオグリッドの延伸方向に吊り下げ荷重を下げた後、その上から新たな上部シートを敷設する技術を実施した。

本技術を施工した結果、敷設したジオグリッドの機能により、上部シートに載荷重（今回の場合、滞水、積雪）がかかった場合でも荷重が分散される。また、ジオグリッドよりも上部シートの方が伸びが大きいことから、上部を完全なフラットな状態にすることは難しいものの、なだらかな沈下の発生に留まり、陥没上の沈下の発生を防止することができる。この結果、上部シートの損傷を防止することが見込まれる。なお、ジオグリッドに対する吊り下げ荷重によるテンションにより、降雨や降雪による滞水が原因で発生した沈下は、滞水がなくなることで、施工直後の状態に復元することが見込まれる。

2. 2. 試験場所

福島県県南地区の仮置場における、天端部に滞水した不陸が発生している保管場所を試験場所とした。試験場所の基本情報を表1に示す。また、施工前の試験場所の状況を図1に示す。

表1 試験場所の基本情報

試験場所の面積	約 420m ² (天端部) 長辺部：約 32m、短辺部：約 13m
保管物の保管開始年月	平成 28 年 3 月
地盤改良の実施状況	無
保管物の種類	除去土壌、可燃性除染廃棄物
保管物の積み方	1、2 段目：除去土壌 3 段目：除去土壌、可燃性除染廃棄物
上部シートの種類	通気性防水シート
上部シートの修復	無
保管容器の種類	フレキシブルコンテナ
ガスの発生状況	無
不陸の発生原因	<ul style="list-style-type: none"> ・可燃性除染廃棄物の腐敗 ・上段保管物の荷重による圧密沈下



図1 施工前の試験場所の状況

2. 3. 施工方法

既存の仮置場上部シート上に一軸延伸タイプのジオグリッドを敷設し、敷設したジオグリッドの延伸方向に吊り下げ荷重を下げた後、その上から、通気性防水シート等を敷設した。ジオグリッドの敷設は、図2に示すジオグリッドの縦・横方向が、仮置場天端部短辺方向に縦方向、仮置場天端部長辺方向に横方向となるようにした。施工全体のフローを以下に、施工状況を図3にそれぞれ示す。

実証技術施工後は、試験場所の経過観察を行い、天端部において目視で確認された滞水した不陸の状況確認及び最深地点における深さ、短辺方向の長さ及び長辺方向の長さの測定を行った。なお、経過観察の実施頻度は、施工1年目は1ヶ月に1回程度、施工

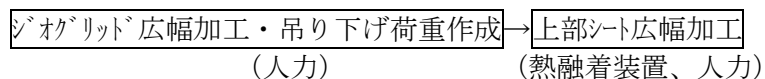
2年目は3ヶ月に1回程度とし、2017年1月～2018年12月の期間で実施した。経過観察実施の様子を図4に示す。



図2 ジオグリッド（一軸延伸タイプ）の外観及び模式図
（前田工織総合カタログより抜粋）

【施工全体フロー】

・工場加工



・現場施工

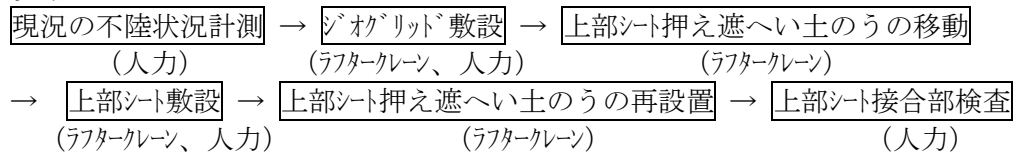


図3 実証技術の施工状況（左：ジオグリッド敷設、右：通気性防水シート敷設）



図4 経過観察実施の様子

2. 4. 施工効果の評価

実証技術の施工による、陥没状の沈下の防止効果及びその効果による上部シートの損傷の防止について、本実証試験で使用したジオグリッドの品質管理上、許容できる沈下深さ（以下「許容沈下深さ」という。）を以下の方法を用いて算出し、許容沈下深さと現場で測定した実測の滞水した不陸の深さを比較し評価を行った。

【許容沈下深さの算出方法】

- ・実証試験で使用したジオグリッドの品質管理上の伸び率は、表2に示す製品の規格・特性から、横方向で15%、縦方向で4.5%となる。
- ・不陸発生箇所は、図5のとおり円弧状に伸びていると仮定し、実証試験で使用したジオグリッドの品質管理上の伸び率における沈下深さを許容沈下深さとする。
- ・なお、実証試験で使用したジオグリッドの品質管理伸び率における沈下深さは、表3、表4の関係が示される。
- ・許容沈下深さの算出は、表3、表4の関係より、現地で測定した不陸発生箇所の短辺方向の幅を B_1 、長辺方向の幅を B_2 としたときの許容沈下深さをそれぞれ H_1 、 H_2 としたときに示される以下の関係式を用いて行う。

（許容沈下深さの算出式）

短辺方向許容沈下深さの推定の関係式 $H_1=0.131 \times B_1 \dots \textcircled{1}$

長辺方向許容沈下深さの推定の関係式 $H_2=0.242 \times B_2 \dots \textcircled{2}$

表2 実証試験で使用したジオグリッドの製品の規格と特性

方向	材質	品質管理伸び率	備考
縦方向	アラミド繊維	4.5%	「アデム HG-50」の品質管理伸び率を適用
横方向	高密度ポリエチレン	15%	樹脂特性に基づく伸び率を適用

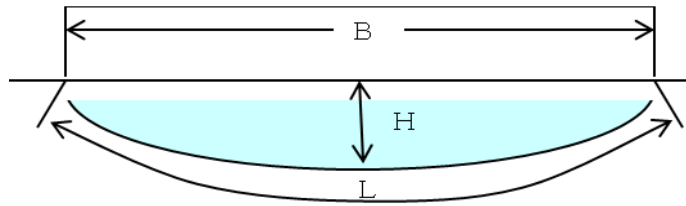


図5：不陸発生状況のイメージ

(B：沈下前距離（幅）、L：沈下後の円弧長、H：沈下深さ)

表3 縦方向ジオグリッド伸び4.5%時の深さと長さの関係

単位：m

幅(B)	深さ(H)	円弧長(L)		幅(B)	深さ(H)	円弧長(L)
0.5	0.065	0.523		3.0	0.392	3.135
1.0	0.131	1.045		4.0	0.523	4.180
1.5	0.196	1.568		5.0	0.653	5.225
2.0	0.262	2.090		10.0	1.308	10.45

表4 横方向ジオグリッド伸び15%時の深さと長さの関係

単位：m

幅(B)	深さ(H)	円弧長(L)		幅(B)	深さ(H)	円弧長(L)
0.5	0.121	0.525		3.0	0.727	3.15
1.0	0.242	1.050		4.0	0.970	4.20
1.5	0.364	1.575		5.0	1.212	5.25
2.0	0.485	2.100		10.0	2.424	10.50

3. 結果・考察

3.1 不陸の発生状況

試験場所において経過観察を行い、滞水した不陸の発生状況を確認した。経過観察時の試験場所の様子を図6に示す。また、経過観察時に確認された不陸の発生位置の模式図を図7-1及び図7-2に示す。

不陸の発生状況について、経過観察を行った中で確認された不陸の発生数の最大は施工前と同程度であった。また、不陸の発生数は、経過観察を行った時期により小さな不陸が乾燥等により消失しており、変動が確認された。



図6 経過観察時の試験場所の様子

3. 2 施工効果の評価

試験場所において経過観察を行い、滞水した不陸の最大深さ、短辺方向及び長辺方向の幅の長さを測定した。測定した短辺方向及び長辺方向の幅の長さより、「2. 4. 施工効果の評価」における①、②式を用いて許容沈下深さを算出した。算出した許容沈下深さは実測の深さと比較し、許容沈下深さに対する実測深さの割合を求めた。不陸の深さ測定結果の一部を図8に示す。また、各不陸における許容沈下深さに対する実測深さの割合を求めた結果について、短辺方向（ジオグリッド縦方向）を図9に、長辺方向（ジオグリッド横方向）を図10にそれぞれ示す。

不陸の深さについて、施工前と施工後の発生位置は全く同じでないため、単純な比較とはならないが、経過観察時に測定した深さは、経過観察を行った時期により変動があるものの、施工前と比較して減少していることが確認できた。

短辺方向における許容沈下深さに対する実測深さの割合は、ほぼ全ての不陸において100%以下であるのが確認できた。また、長辺方向における許容沈下深さに対する実測深さの割合は、不陸Bを除いたほぼ全ての不陸において100%以下であるのが確認できた。不陸Bは施工前の不陸で最も深さが大きく、かつ短辺方向に連続して発生した不陸cの上部に位置していた。ジオグリッドを敷設した際、短辺方向に荷重を下げているものの、テンションが足りておらず、既に陥没状となっていた可能性がある。ジオグリッド自身が敷設時に既に陥没状となっていた場合、ジオグリッド自体の伸びは品質管理伸び率（15%）に至らないため、本来の許容沈下深さ未満となる。これが一因となったことから不陸Bにおける長辺方向における許容沈下深さに対する実測深さの割合が100%を超えた結果となったと考えられる。なお、ジオグリッドが本来の品質管理伸び率に至っていないこと、シート自身にも伸びがあることから、不陸Bのジオグリッドやシートの損傷には至らないと考えられる。

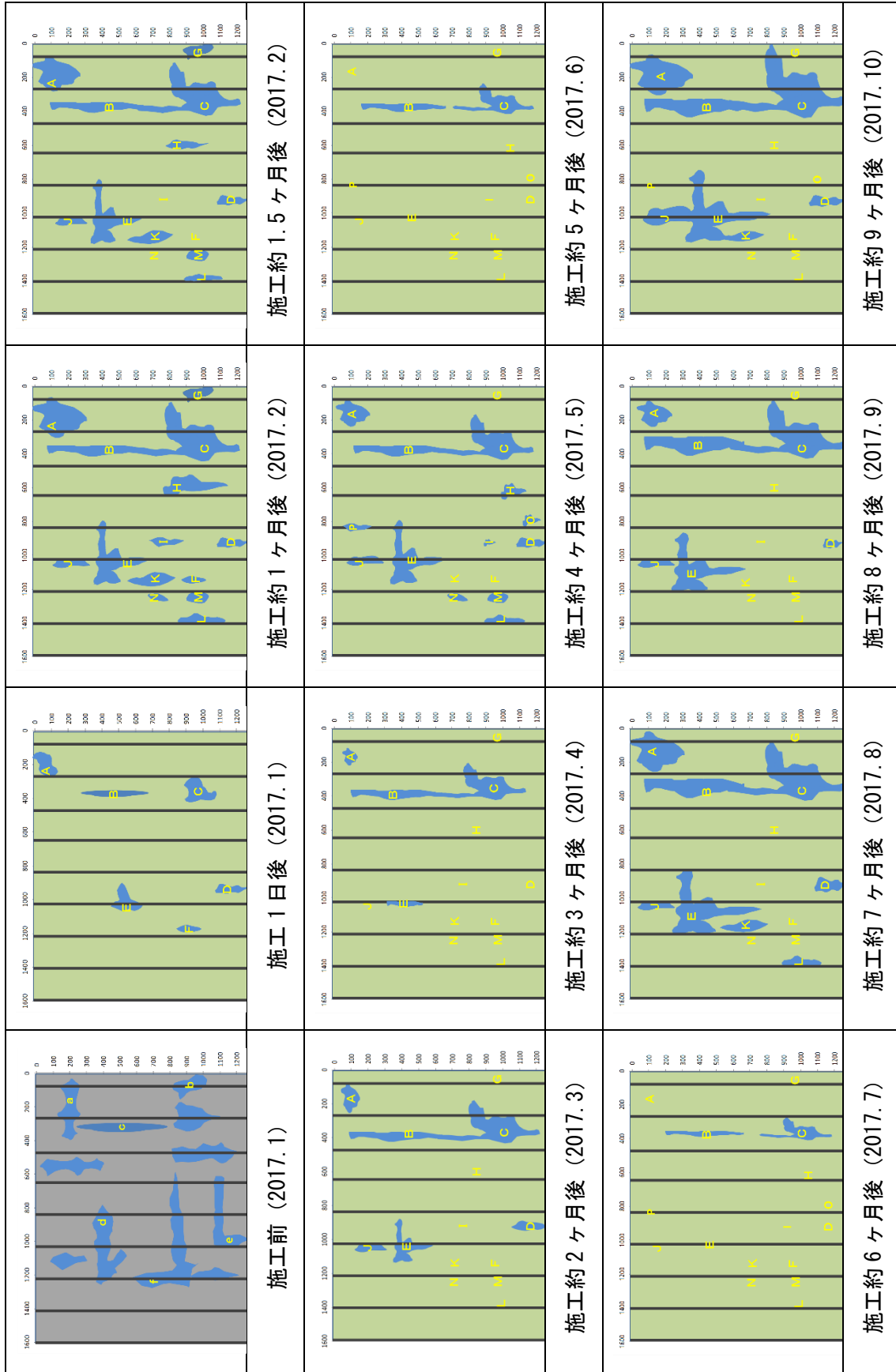


図 7-1 不陸発生位置の模式図

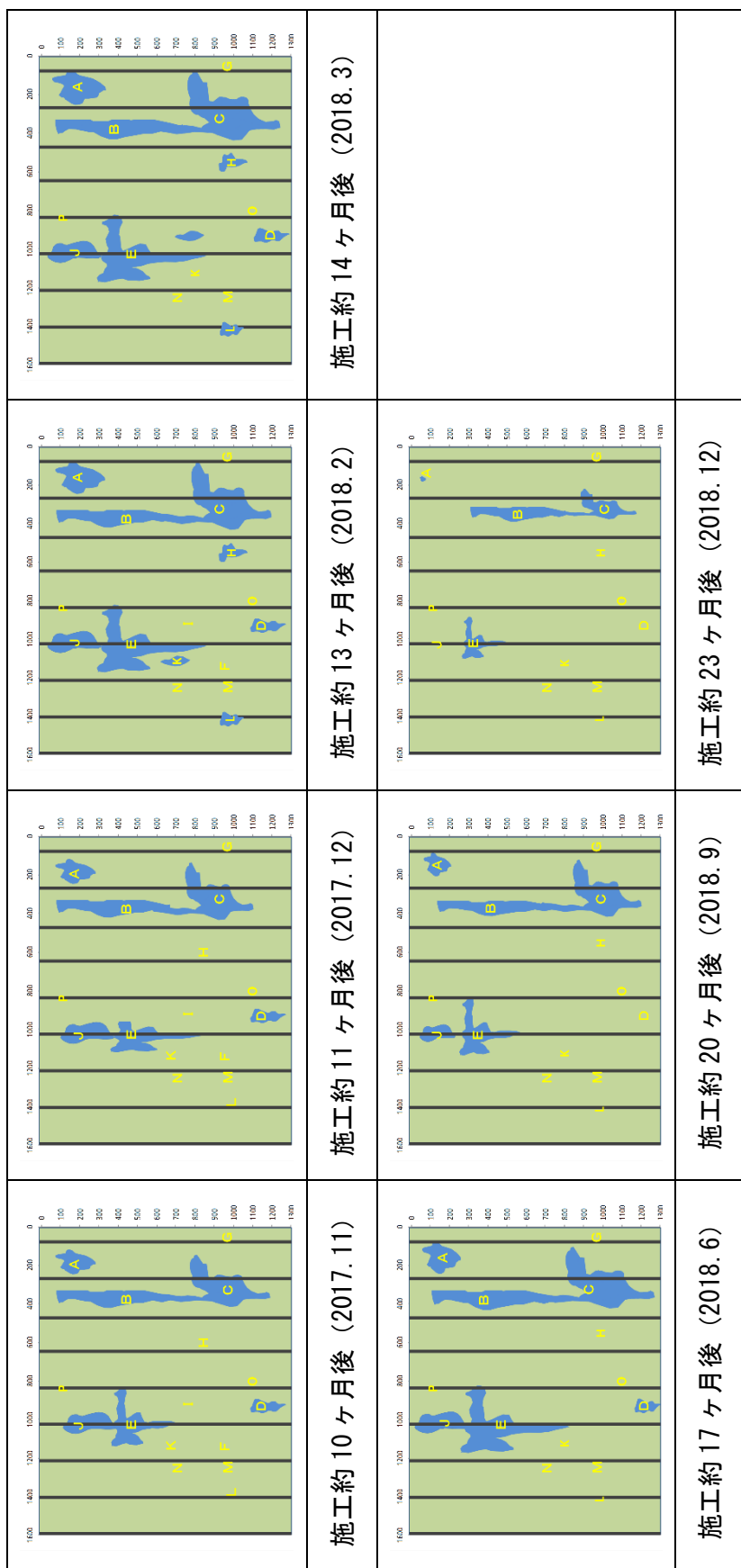
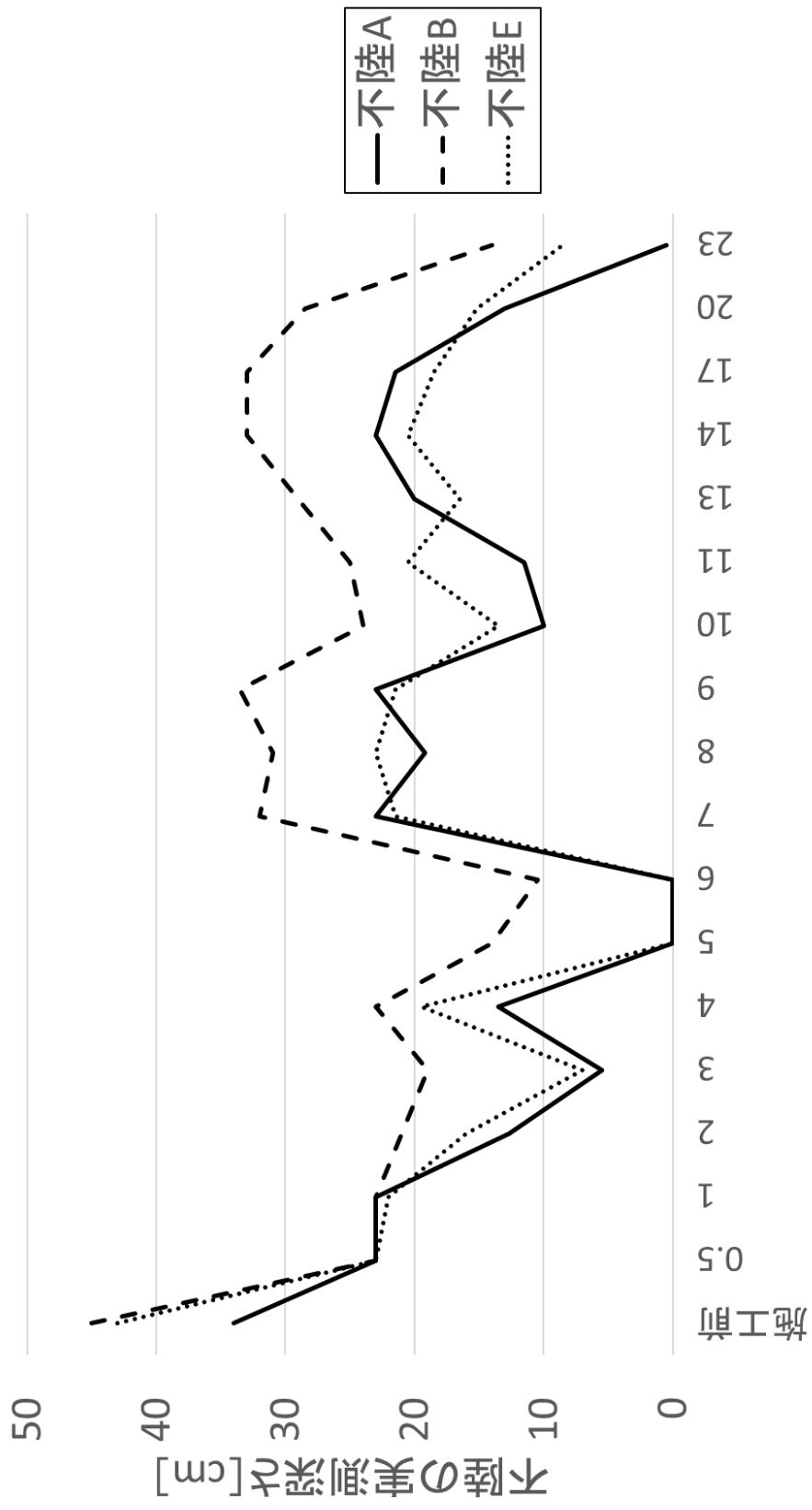


図 7-2 不陸発生位置の模式図



施工からの経過月[ヶ月]

図8 不陸の深さ測定結果

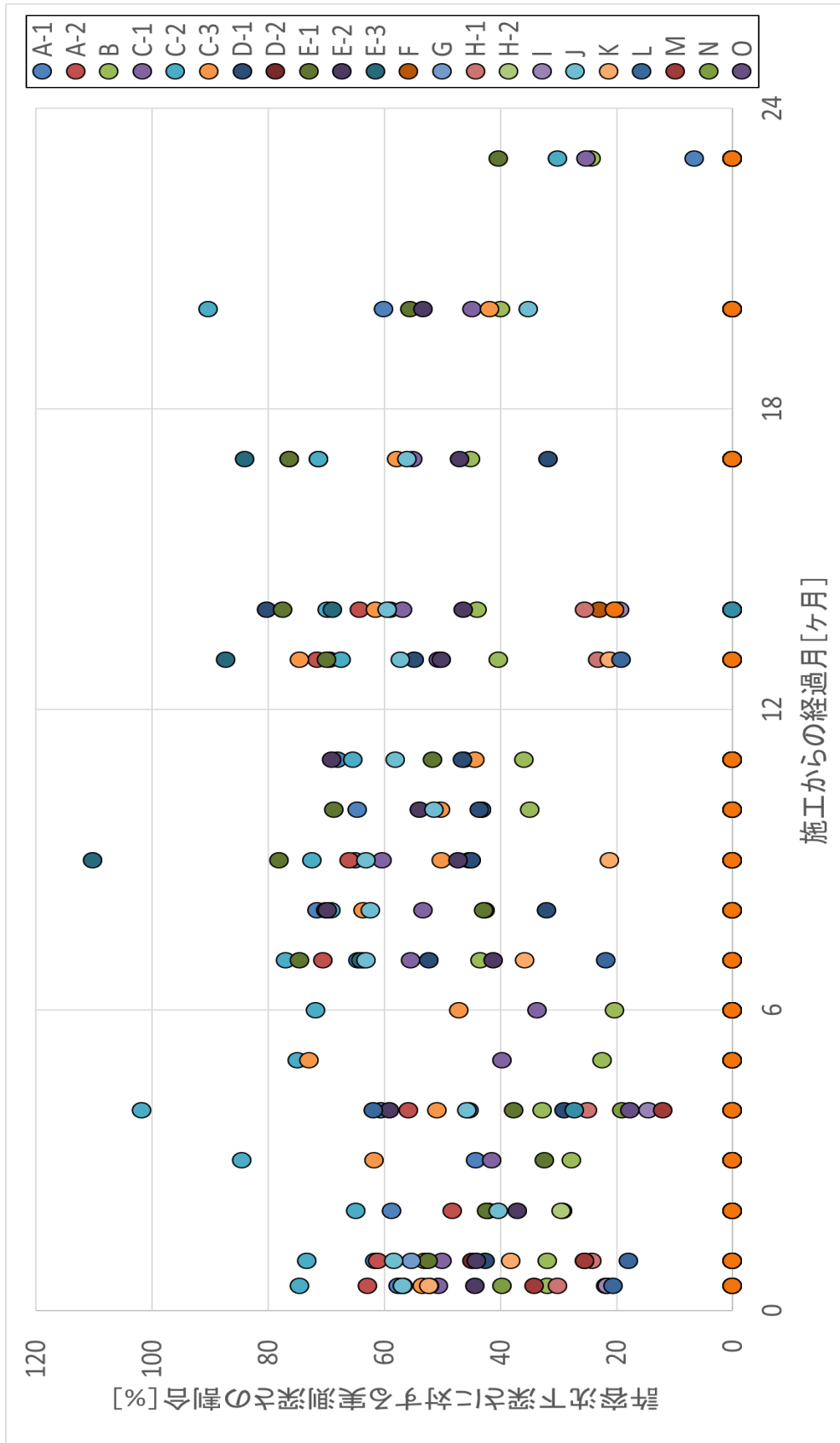


図9 短辺方向（ジオグリッド縦方向）における許容沈下深さに対する実測深さの割合

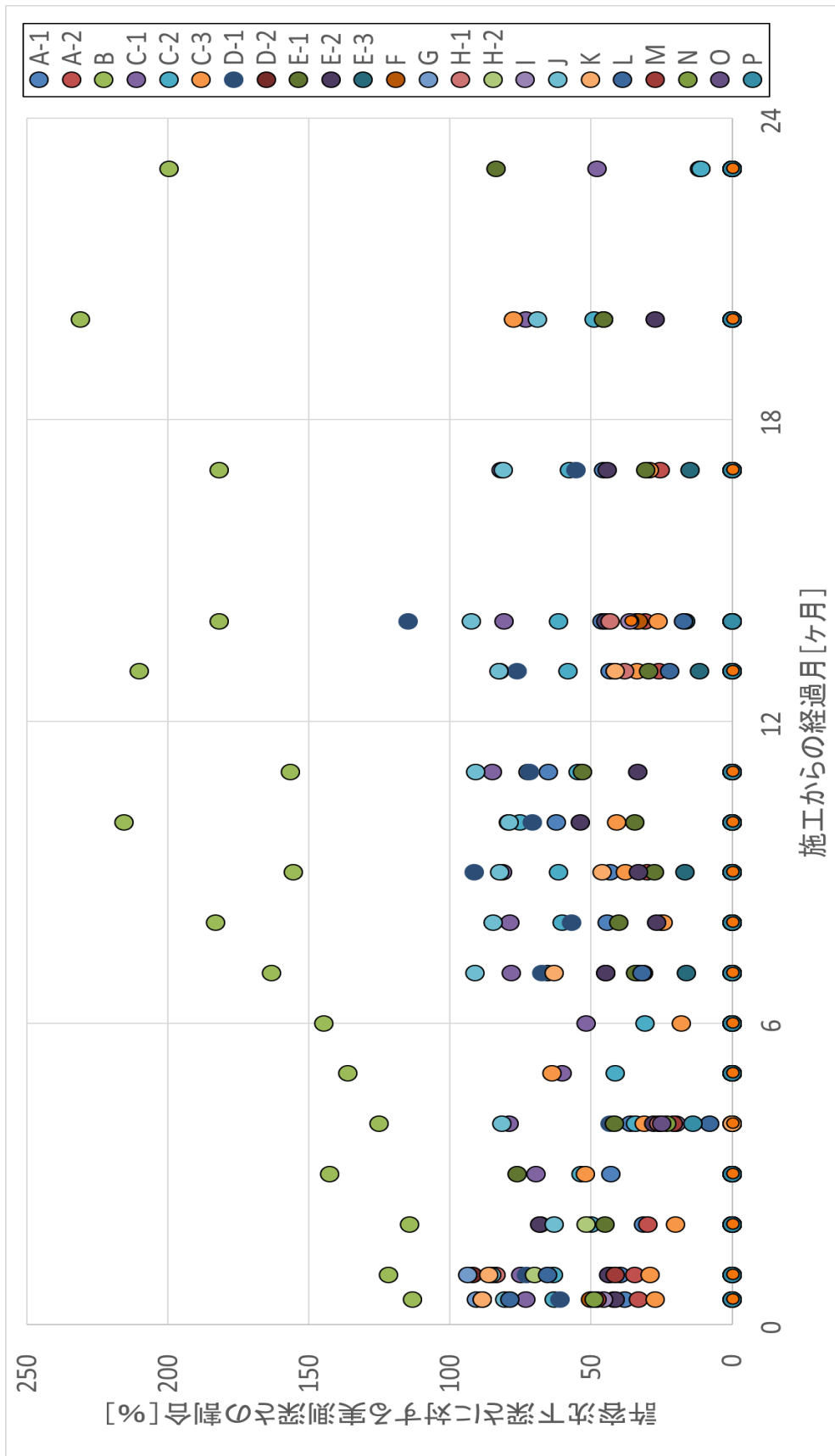


図 10 長辺方向（ジオグリッド横方向）における許容沈下深さに対する実測深さの割合

4. まとめ

今回実施した、仮置場の天端部で発生した滞水の不陸に対する実証試験について、実施した経過観察の範囲では、敷設したジオグリッドの機能により、乾燥等により滞水が解消されたこと、施工前と比較して深さが減少したこと、ほぼ全ての不陸の深さが許容沈下深さ未満であることから、上部シートの損傷の防止対策について、一定の効果があることが確認できた。

謝辞

末筆ながら、お忙しい中本調査に協力いただきました市町村の御担当者の方々に御礼を申し上げます。

参考文献

1) 福島県環境創造センター、「平成 28 年度市町村除染技術支援事業実証試験実施結果報告書」、平成 29 年 4 月

<https://www.pref.fukushima.lg.jp/sec/298/28sityousonjosen.html>

(令和 2 年 3 月 5 日最終閲覧) .