

異常降雨に備えた開水路水抜工の点検と機能保全について

藤本 嘉三 (技術士) ・ 鈴木 稔 (技術士)

1. はじめに

2007年に公表された政府間パネル第4次評価報告書(以下、IPCC-AR4という)では、気候変動システムの温暖化には疑う余地がないことが示された。IPCC-AR4は、「最も厳しい緩和努力をしても今後数十年の気候変動の更なる影響を回避することができないため、適応は特に資金の影響への対応において不可欠であり」、「緩和されない気候変動は、長期的には自然システム、人為システム及び人間システムの適応能力を超える可能性が高い」としている。また、IPCC-AR4をもとにした、「気候変動の観測・予測及び影響評価統合レポート『日本の気候変動とその影響』(2012年度版 文部科学省気象庁・環境省)」では、日本の年降水量の予測結果は複数の気候モデルによるシナリオの予測結果において、「21世紀末には20世紀末に対して平均的に5%程度増加する傾向を示し、シナリオによる差異はほとんどない。ただし、降水量については予測の不確実性とともにな年々の変動が大きいことに注意する必要がある」としている。

近年、北海道においても各地で過去に経験したことの無い大雨による被害が発生している。農業用用水



北海道新聞 平成23年12月17日(夕刊)

路では降雨強度が大きい場合、雨水が大量に地下浸透して水抜工の能力を超えて地下水位が上昇し、水路内空虚時には水路が浮上して水利機能の著しい低下を招くおそれがある。

本報告は、大雨による水路浮上を経験した、斜面をもつ開水路において、対策前後の降雨量と水路背面の地下水位の観測を行い、水路浮上の要因推定とともに、対策後の水抜工の機能検証を行った事例を紹介し、開水路における水抜工の機能点検の重要性と機能保全について考察を行った。

2. 水路概要

水路は、底幅 7.2m、高さ 1.7mのフルーム水路で水抜工は口径φ100～φ250mmのサイドドレーンを左右両側に配置し、水路右側の一部区間山地斜面をひかえた水路である（表-1、写真-1、図-1）。水抜工は1/10確立降雨強度で設計された、水路外排水型ドレーンである。

水路落水期間中の空虚時に、設計降雨強度を超える大雨が襲来し（図-2）、地下水位が上昇して水路の浮上を招く結果となったものである。水路浮上区間は通水機能が著しく低下したため、改修が行われた。

水路改修にあたっては、山地斜面からの表面水を処理するバームディッチの設置（写真-2）、及び一部区間を水路内排水とし、併せてウイープホールを設置するとともに、斜面下で浮上しなかった区間についても後付け式のウイープホールが追加設置された。（図-3）

表-1 水路諸元

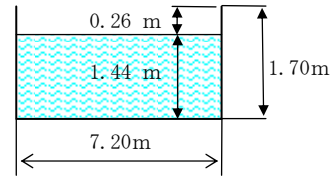
断面	現場打ちフルーム	
		0.26 m
設計流量	13.545 m ³ /s	
水路勾配	1/2700	
水深	1.44 m	



写真-1 改修前の右岸形状

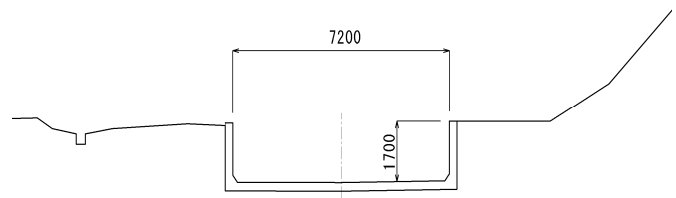


図-1 水路の横断形状（山地部）

- 1日目：日雨量 159.5mm
時間最大 30.5mm
- 2日目：日雨量 31.0mm
時間最大 9.0mm
- 3日目：日雨量 11.5mm
時間最大 5.5mm

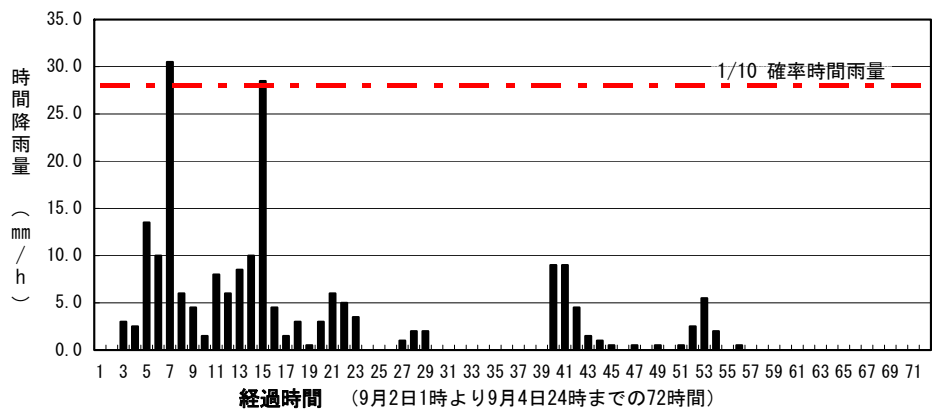


図-2 降雨経時変化図

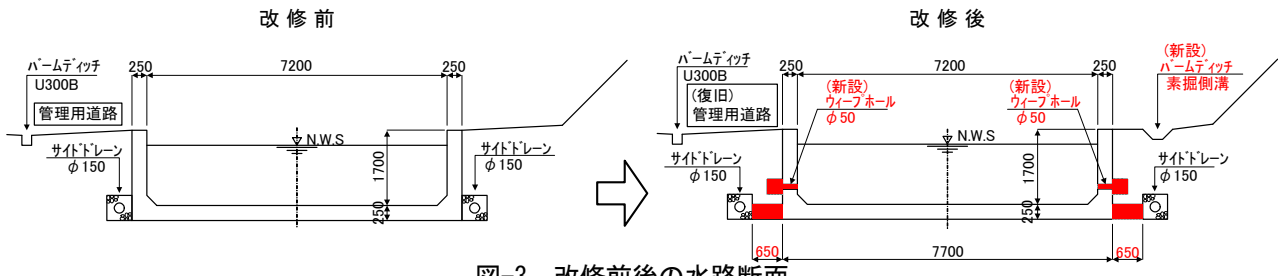


図-3 改修前後の水路断面

3. 改修前の「降雨—地下水位」の状況と水路浮上の要因

降雨後、左右のサイドドレイン点検柵の水位痕跡から推定した最大地下水位を表-2、図-4 に示す。なお、地下水位は、点検柵の水位痕跡を現地目視により確認し、柵天端からの距離を測定して求めた。この結果から、ドレイン管内の流れは図-4 のNo0+50.00～No2+0.00 に示されるようにパイプフロー（圧力水路）となっていることが示唆された。本水路右岸側には比較的急峻な山地を抱えているが、通常の降雨であれば樹木や植生がフィルターとしての機能を発揮する。

しかし、前出の豪雨は降雨強度が大きく、長時間続いたため、サイドドレインの排水能力を超えてパイプフローとなり、地下水位が異常に上昇したことが水路浮上の要因と判断された。水路左岸側は水路と併行して管理用道路が設けられており、斜面を抱える水路右側に比し集水面積は小さいが、水路基礎砂利の透水性が良いためおおむね水路右側と同程度の水位痕跡が確認されている。水位痕跡から推定した地下水位は水路浮上の許容値 $h_a=0.55\text{m}$ を超過している（表-2）。

表-2 サイドドレイン点検柵の水位痕跡から推定した最大地下水位

測点 (No)	左側			右側			判定 $h_a \leq 0.55\text{m}$
	柵天端から水位痕跡までの距離 (m)	水路底を基準とする地下水位 $h(\text{m})$	水頭差(m)	柵天端から水位痕跡までの距離 (m)	水路底を基準とする地下水位 $h(\text{m})$	水頭差(m)	
0 + 50.00	0.39	1.31		0.42	1.28		> h_a
1 + 0.00	0.37	1.33	-0.02	0.43	1.27	0.01	> h_a
2 + 0.00	0.41	1.29	0.04	0.37	1.33	-0.06	> h_a
3 + 0.00	0.56	1.14	0.15	0.72	0.98	0.35	> h_a
4 + 0.00	1.07	0.63	0.51	1.05	0.65	0.33	> h_a

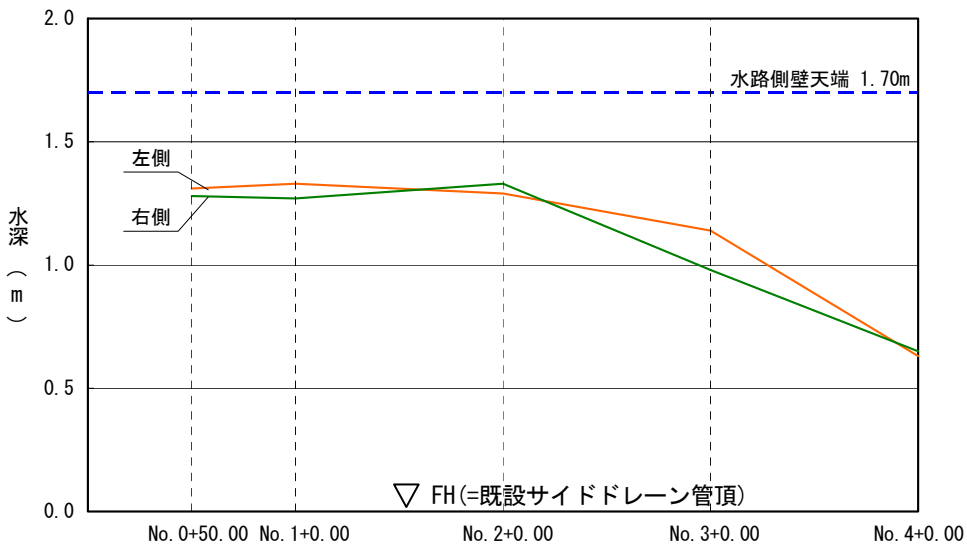


図-4 側壁背面の地下水位推定動水勾配線図

4. 地下水位の変化

4-1. 改修前の地下水位の変化

水路の浮上が確認された後、降雨による地下水位の変動状況を確認するため水路左右両側のドレーン点検柵に自記水位計を投入し水位観測を実施した。連続雨量が 38mm を観測したときの地下水位の変化を図-5、図-6 に示す。降雨量は近傍のアメダスデータによった。

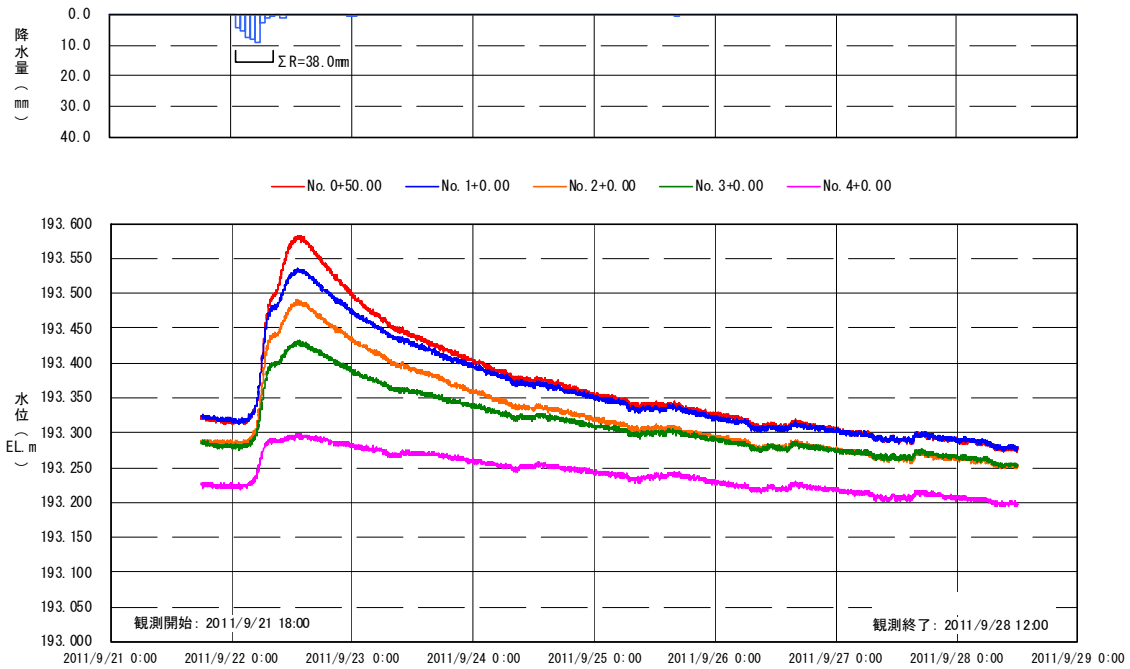


図-5 改修前-左側-地点別地下水位経時変化図

上図より、降雨後の立ち上がりが高く、上流側ほど水位が高く上昇量も大きい。また、ピーク到達後の水位低下は水位上昇に比べて極めて緩慢であること、ピーク時からおおむね降雨前の状態に戻るまで4日程度要していることが分かった。このことから、前出の豪雨では地下水位が一層上昇するとともに長時間高い水位で維持されていたことが推測される。

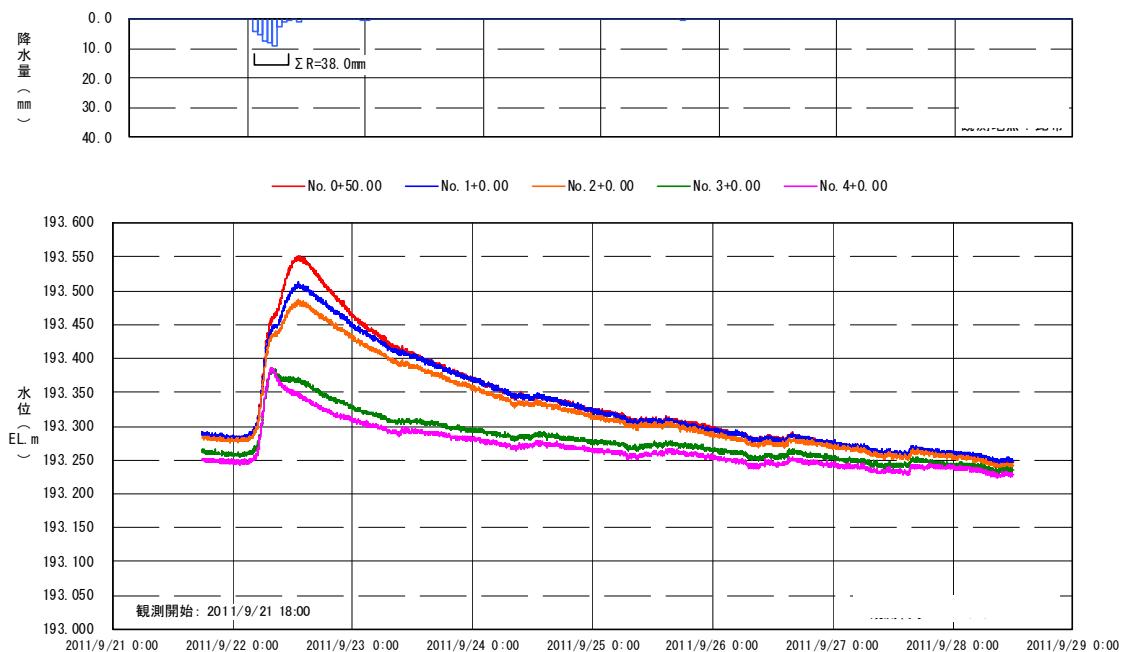


図-6 改修前-右側-地点別地下水位経時変化図

4-2. 水路改修後の地下水位の変化

水路改修は、浮上が発生した No. 1+5.00～No. 2+25.00 までの L=120m について、No. 2+24.55 地点においてサイドドレーンを水路内排水とし、両側にウイープホールを新設。その上流側 100m 区間の既設水路に後付け式ウイープホールが設置された。また、斜面下には表面排水工が新設された。(写真-2)

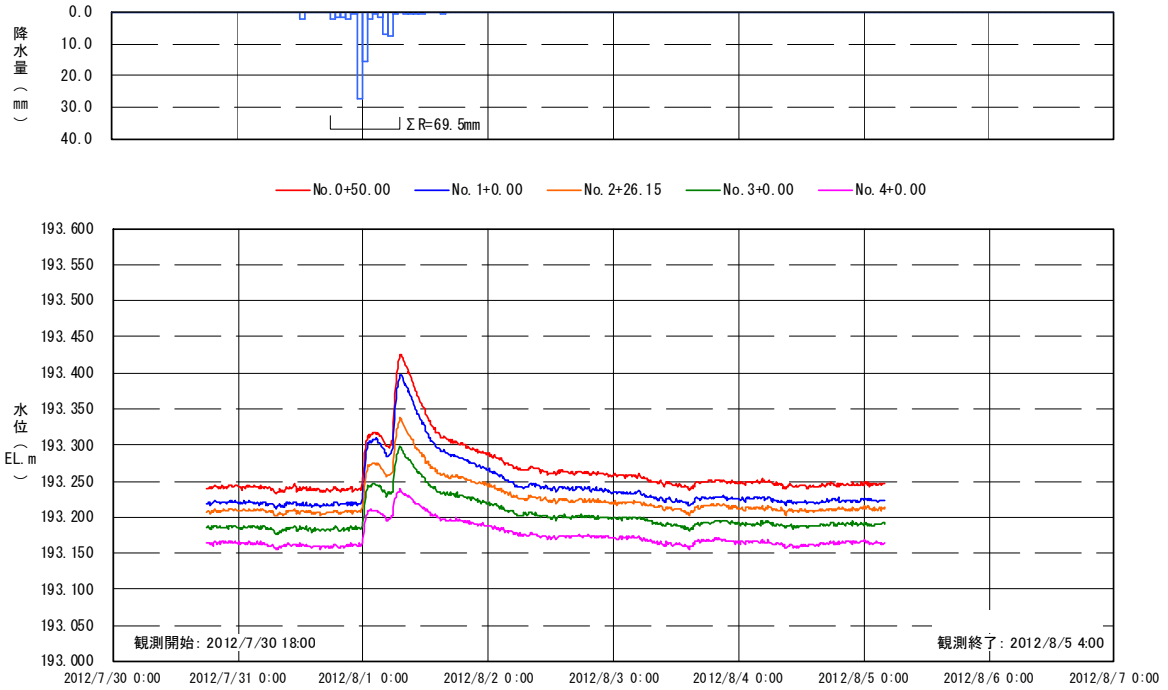


図-7 改修後-左側-地点別地下水位経時変化図

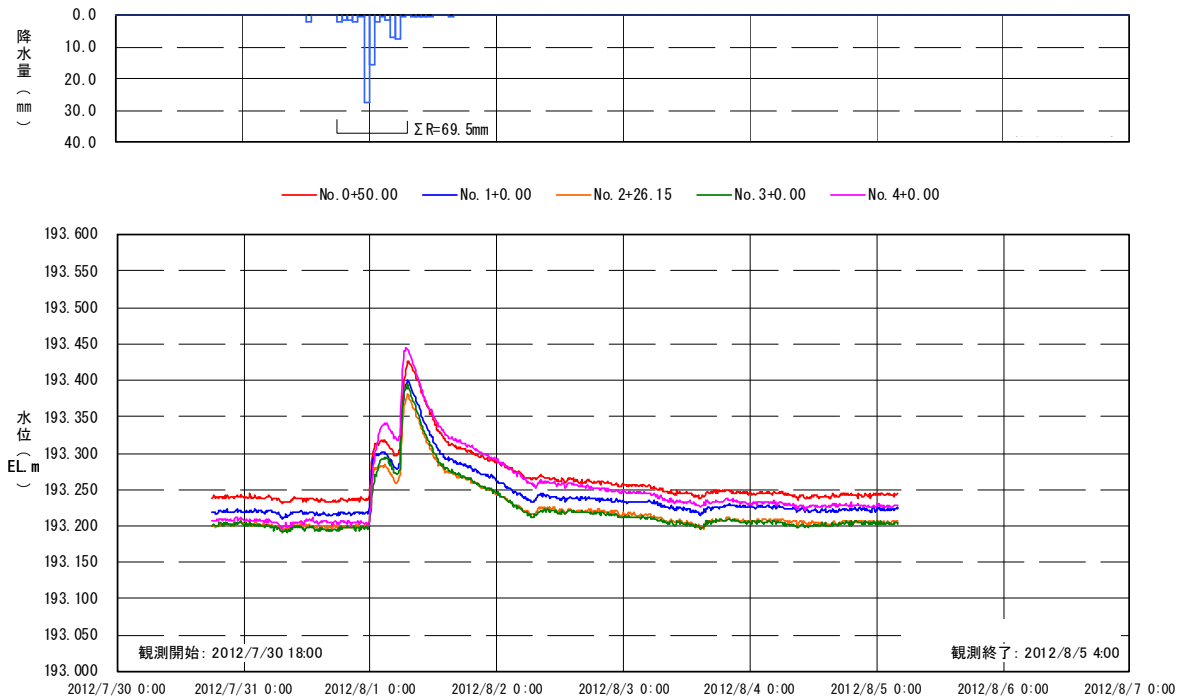


図-8 改修後-右側-地点別地下水位経時変化図

ドレーン点検柵に自記水位計を投入し、融雪後 5～8 月にかけて地下水位を観測した。降雨量は改修前と同様に近傍のアメダスデータを使用した。連続雨量が 69.5mm を記録した時の観測結果を図-7、図-8 に示す。これら水抜き工と排水施設の整備により、ピーク後の水路背面地下水位の変化（低下）は鋭敏になっている。

いま、地下水位が、ピークに達した後の 1 時間当たりの水位低下量（以下、低下速度 (cm/hr) という）を改修前後について算定すると表-3 のようである。本表より、ピーク後 6 時間後までの低下速度は改修前に比べ改修後はおよそ 2～3 倍となっている。



写真-2 改修後の右岸バーム

また、地下水位のピークから降雨前の地下水位に回復する時間も 2 日程度に短縮されている。

以上は、水路改修における水抜き工及び排水対策による効果と考えられる。

表-3 改修前後のピーク後の地下水位の低下速度

[改修前]

経過時間	左側			右側		
	No.1+0.00	No.2+0.00	No.3+0.00	No.1+0.00	No.2+0.00	No.3+0.00
6時間後	0.6	0.6	0.4	0.6	0.5	0.5
12時間後	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.3
24時間後	0.4	0.3	0.2	0.4	0.3	0.1
48時間後	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1
72時間後	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
96時間後	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

単位:cm/hr

[改修後]

経過時間	左側			右側		
	No.1	No.2+26	No.3	No.1	No.2+26	No.3
6時間後	1.6	1.1	1.0	1.6	1.6	1.8
12時間後	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.4
24時間後	0.3	0.3	0.2	0.4	0.4	0.4
48時間後	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72時間後	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
96時間後	-	-	-	-	-	-

単位:cm/hr

5. 水抜き工の機能点検と水路機能保全

農業用用水路は地形条件から山裾や傾斜地に造成されたり、掘り込み式となったりして、雨水が水路背面に流出し、浸透しやすい場面が少なくない。また、平坦な地形条件であっても気候変動に伴う異常降雨によって想定を超える雨水浸透のおそれがある。想定を超えた降雨に対しても水抜き工の機能維持、あるいは後付け式の水抜き工の設置によって水路機能への影響を回避、または抑制する可能性がある。

水路の機能保全・長寿命化においては水路本体はもとより、水抜き工の機能維持は水路の安定性保持において極めて重要である。水路調査にあたっては水抜き工や表面排水工の機能点検とともに、重点箇所においてはより詳細な機能調査を実施して水路システムの重要な構成要素の一つとして機能診断評価を行うことが望ましいと考える。

6. おわりに

以上は、水路浮上を経験した開水路における水抜き工の機能に着目して改修前後の側壁背面の地下水位を観測して水路浮上の要因解明の一助とし、改修後は水抜き工の機能が従前より改善され機能が発揮されていることを確認した。また、今回の調査により、水抜き工の機能調査において用水路に付随する点検柵を有効に活用することで定量的な診断が可能になると考えられた。

今回の水路側壁背面の地下水位観測を通して、開水路の維持管理において水抜き工の点検及び機能保全の重要性を再認識した。一方、水抜き工は目詰まりなどで経年により機能低下する。このことを踏まえた上で、開水路の機能診断調査等において水路の安定性保持の観点から水抜き工の機能点検、調査を行っていきたい。

最後に、本報文集に寄稿の機会を与您いただいた北海道土地改良設計技術協会各位に対し厚く御礼申し上げます。