

福島県郡山市湖南町消雪用水源井戸における
アクアフリード工法試験施工報告書

平成21年5月

郡山市湖南行政センター
アクアフリード工法技術協会

目 次

1 . はじめに	1
2 . アクアリト [®] 工法試験施工を実施した井戸	1
3 . アクアリト [®] 工法試験施工の内容と実施状況	4
3 - 1 . 上流側井戸におけるアクアリト [®] 工法による井戸改修工事結果	4
3 - 2 . 上流側井戸におけるアクアリト [®] 工法による井戸改修工事結果	6
4 . 今回の井戸改修工事の効果の評価	8
4 - 1 . 上流側井戸における評価	8
4 - 2 . 下流側井戸における評価	11
5 . あとがき	13

図 表 一 覧

図 - 1 井戸柱状図	2
図 2 揚水量と水位降下量の関係（上流側）	10
図 3 揚水量と水位降下量の関係（下流側）	12
表 - 1 アクアリト [®] 工法試験施工の作業内容	4
表 - 2 本井戸におけるこれまでの段階揚水試験結果一覧（上流側）	9
表 - 3 本井戸におけるこれまでの段階揚水試験結果一覧（下流側）	11

巻 末 資 料

試験施工で採用した工法の説明
アクアリト[®]工法炭酸ガス注入記録
揚水試験結果（段階揚水試験）
ホ[®]アールカマ[®]撮影結果図
アクアリト[®]工法試験施工工事写真

別途提出資料： ホ[®]アールカマ[®]による井戸内撮影ビデオテープ 2巻

1. はじめに

アクアフリード工法技術協会は、アクアフリード工法（井戸能力が低下した井戸に、液化・気化二酸化炭素を注入し、井戸能力を回復させる工法）を東北管内で普及させることを目的に 2004 年 7 月に設立されました。特に、本工法を老朽化した消雪用水源井戸の改修工法として活用いただきたいと考えておりますが、これまで消雪用水源井戸での施工実績が少なく、今般、郡山市にお願ひし、同市湖南行政センターが管理する深井戸にて本工法の試験施工を実施すること、および、対象とする井戸の建設時や井戸改修時、そして、今回の試験施工結果に関するデータの公開についてもご許可いただき、アクアフリード工法の試験施工を実施する運びとなりました。

本報告書は、今回の試験施工結果についてとりまとめたものです。

2. アクアフリード工法試験施工を実施した井戸

今回は、近接する 2 本の消雪用水源井戸（以下、上流側井戸と下流側井戸と呼ぶ）にて、ほぼ同時に改修工事を行いました。

1) 井戸所在地： 福島県郡山市湖南町大字福良字馬入新田地内

2) 井戸建設および改修履歴

上流側：昭和 61 年 2 月竣工

下流側：昭和 60 年 1 月竣工

3) 井戸構造

上流側

井戸径 250φ（掘削径 450φ）。井戸深度 50m。ストレナ長（スリットスクリーン 5 本）25m。

下流側

井戸径 250φ（掘削径 400φ）。井戸深度 65m。ストレナ長（スリットスクリーン 6 本）30m 井戸柱状図を図-1 に示す。



アクアフリード工法試験
施工実施個所

上流側消雪用水源井戸

さく井柱状図

ボーリング№. 00000000#002

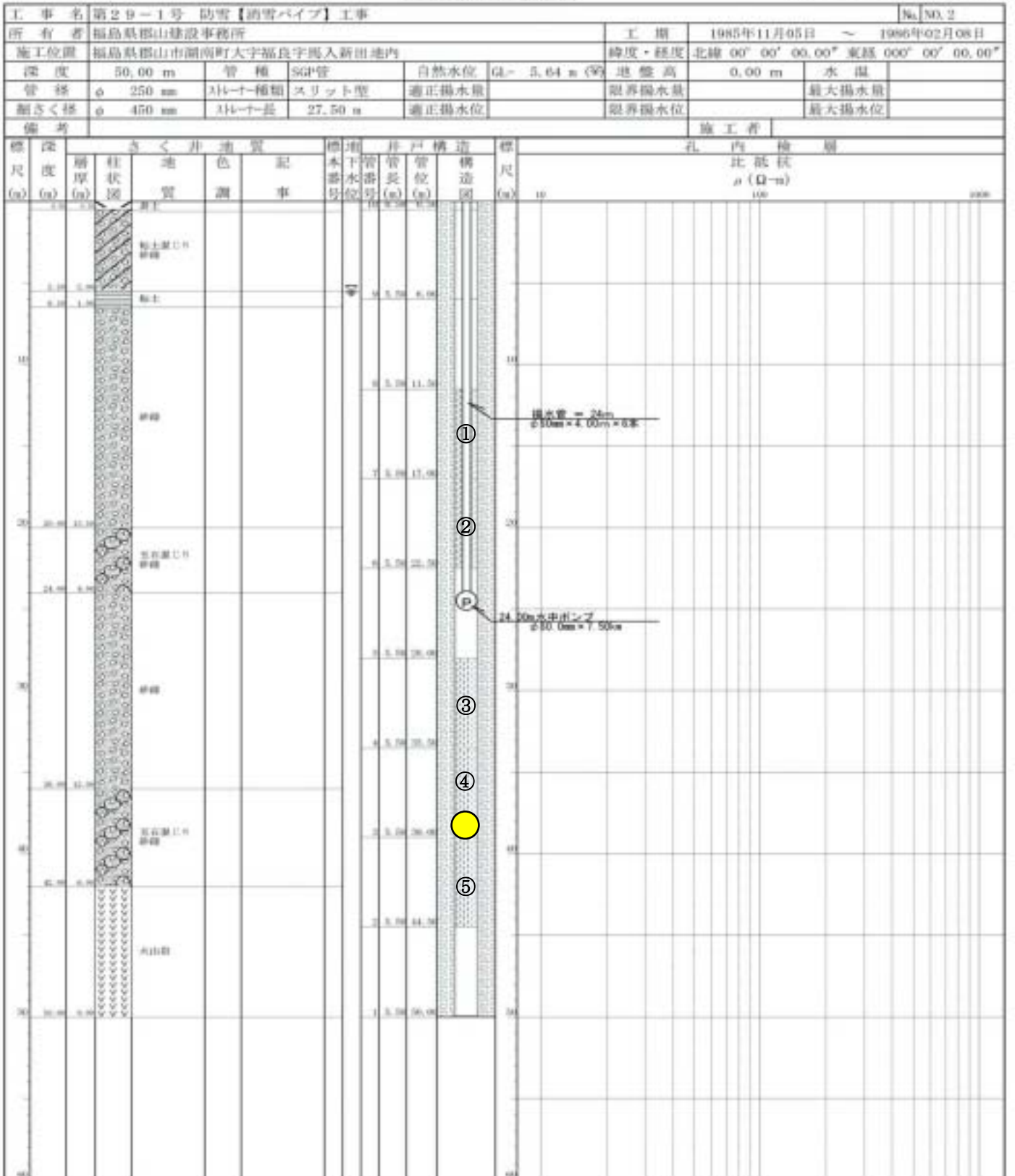


図-1(1) 上流側井戸柱状図

(●)の位置にアクアリード工法の炭酸ガス注入管を設置。①~⑤はスクリン位置と番号)

下流側消雪用水源井戸

さく井柱状図

ボーリングNo. 00000000#003

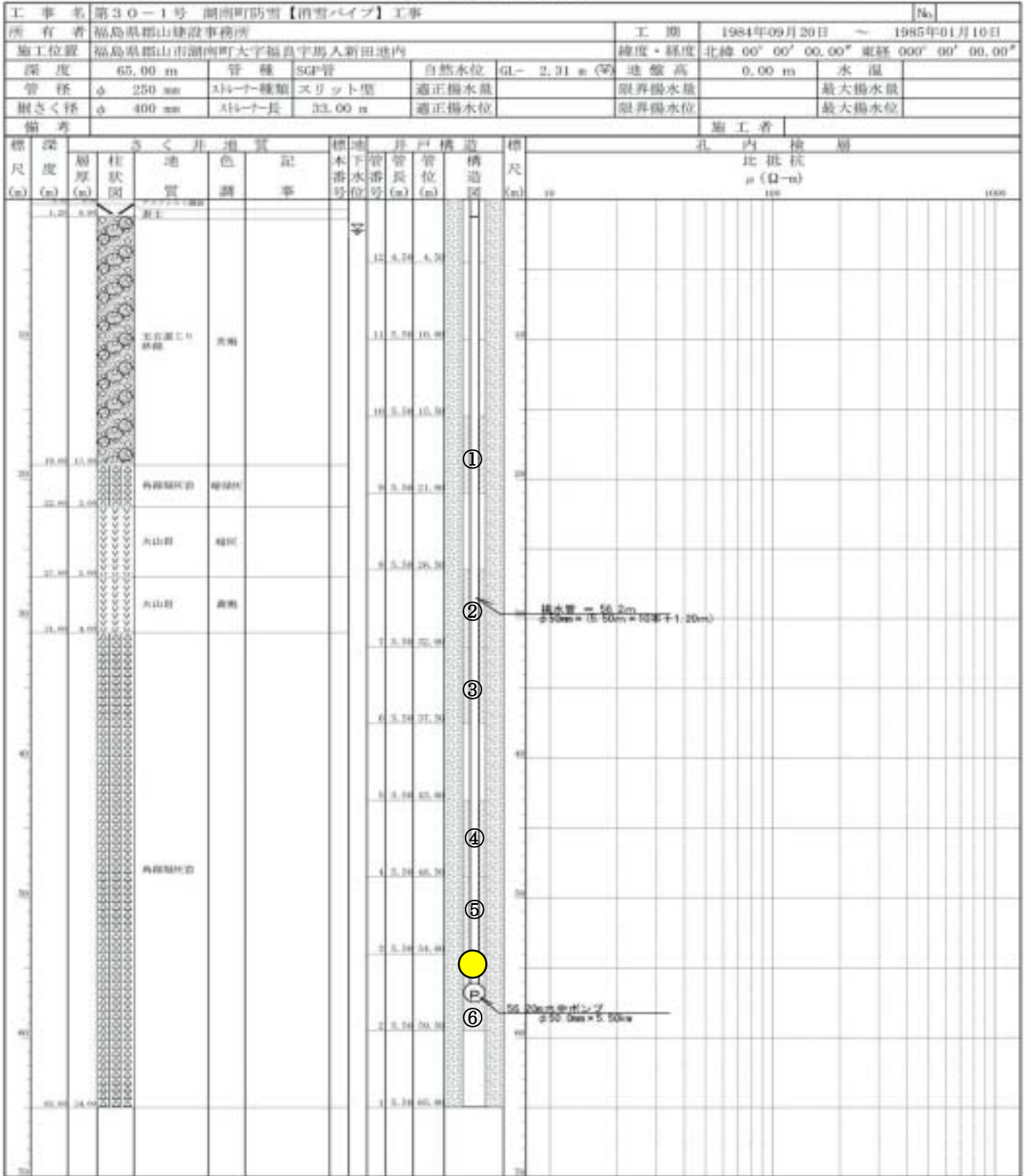


図-1 (2) 下流側井戸柱状図

(●)の位置にアクアフリート工法の炭酸ガス注入管を設置。①~⑥はスクリーン位置と番号)

3. アクリフト工法試験施工の内容と実施状況

試験施工は、上流側および下流側井戸とも本年4月14日に開始し、ほぼ同時並行で施工し4月25日に完了した。この間の施工内容を表-1に示す。

表-1 アクリフト工法試験施工の作業内容（上流・下流井戸とも同じ日程で作業を進めた）

施 工 日	作 業 内 容
4月14日	準備工（現場仮設他）
4月15日	①段階揚水試験、②既設水中ポンプ引き上げ
4月16日	③ボアホールカメラによる井内観察、④ブラッシング洗浄
4月17日	⑤エアフトによる井内浚渫
4月20日	⑥段階揚水試験
4月21日	⑦アクリフト工法用パッカー設置
4月22日	⑧炭酸ガス注入（アクリフト工法施工） ⑨パッカー引き上げ <u>（現場見学会開催）</u>
4月23日	⑩ブラッシング洗浄、⑪エアフトによる井内浚渫
4月24日	⑫ボアホールカメラによる井内観察
4月25日	⑬既設水中ポンプ設置、⑭段階揚水試験 仮設撤去、井戸引き渡し

3-1. 上流側井戸における井戸改修工事施工結果

（1）試験施工前の井戸状況の確認

【①段階揚水試験】既設の水中ポンプ（7.5Kw）を用いて、段階揚水試験を実施し、現在の井戸能力の確認を試みた。200リッター/分の揚水、300リッター/分の揚水、400リッター/分の揚水および、500リッター/分の揚水をそれぞれ30分継続し、その際の揚水水位の変化を測定した。なお、500リッター/分の揚水でバルブが全開となったことから、この4段階で段階揚水試験を終了した。

【②既設水中ポンプ引き上げ】段階揚水試験後、揚水管と水中ポンプを引き上げた。揚水管と水中ポンプには、外側全体に茶褐色の錆がびっしりと張り付き一部固化していた。郡山市建設課から頂いた本井戸の井戸柱状図によれば、上流側は深度24mに7.5Kwの水中ポンプが設置されているとの記載になっているが、実際には深度44mに水中ポンプが設置されており、井戸建設後、時期は不明だが、水中ポンプの入れ替え工事などが行われたものと推察される。

【③ボアホールカメラによる井内観察】井戸内のケーシングやストレーナ部の損傷の有無の確認、そして、ストレーナ部の閉塞状況などを確認するためにボアホールカメラ（Robertson Geologging社製）を降下させ、井戸内の観察を行った。ボアホールカメラによる撮影結果はビデオテープに収録したが、その一部をスナップショットとして切り出し、巻末の井内撮影記録として整理したので参照されたい。

(2) 機械洗浄工法による井戸内洗浄

【④ブラッシング洗浄】 スクリーン部内側の閉塞物質を削ぎ落とすためにブラッシング洗浄を行った。

長さ 3m の円筒状の錘（おもり）の先端に外径約 255mm のワイヤーホールブラシを取り付け、これをパワーウィンチを用いて井戸底から井戸頭部までの上昇と降下を繰り返し、井戸ケーシングやスリットスクリーンの内側をブラシ洗浄した。

ブラッシング洗浄では、充填砂利と揚水管や水中ポンプに付着していたものと同様の固結したスケールが薄板状になって回収された（写真－1）。



写真－1

【⑤エアリフトによる井内浚渫】 ブラッシング洗浄の後に、ブラッシング洗浄によって剥離し井戸底に堆積した物質をエアリフト工（圧搾空気を井戸内に送り込み、井戸底に堆積した物質を井戸から吐き出す工法）を行い浚渫した。浚渫した中に充填砂利は含まれておらず、ケーシングの破損は無いと判断した。

【⑥段階揚水試験】 機械洗浄工法による揚水能力の回復効果を確認するために、水中ポンプを深度 44m に再設置して段階揚水試験を実施した。200 リッター／分の揚水、300 リッター／分の揚水、400 リッター／分の揚水、500 リッター／分および、600 リッター／分の揚水をそれぞれ 30 分継続し、その際の揚水水位の変化を測定した。なお、600 リッター／分の揚水でバルブが全開となったことから、この 5 段階で段階揚水試験を終了した。

(3) アクアフリート工法試験施工（アクアフリート工法の詳細は、巻末資料を参照されたい。）

【⑦アクアフリート工法用パッカー設置】 井戸柱状図に記載されたスクリーン位置やホアホールカメラ観察結果を基に、2 段あるスクリーン区間の下段のスクリーン区間（スクリーン番号③～⑤の④と⑤の接続部付近）を炭酸ガスの注入深度に設定した。注入管を設定深度まで降下させ、油圧パッカーを深度 5m に設置し、炭酸ガス注入の準備を終えた。

【⑧炭酸ガス注入（アクアフリート工法施工）および⑨パッカー引き上げ】

液化炭酸ガスを搭載した 10ton タンクローリーを井戸傍に横付けし、気化器やコントロールユニットとの接続を完了させ、4 月 22 日午後 1 時より炭酸ガス注入を行った。90 分間にわたって約 1300kg の気化炭酸ガスと液化炭酸ガスを注入した。炭酸ガス注入後、パッカーを引き上げ、約 17 時間井戸を放置した。

【⑩ブラッシング洗浄】 炭酸ガス注入後ブラッシング洗浄を行った。アクアフリート工法によりケーシングやスクリーンの内側に固着していた物質（砂利は少なく、鉄錆やマンガン錆が主体）が剥離し、ブラッシング洗浄によりそれらが薄板状になって回収された。

【⑪エアリフトによる井内浚渫】 ブラッシング洗浄の後に、エアリフト工（圧搾空気を井戸内に送り込み、井戸底に堆積した物質を井戸から吐き出す工法）を行い、アクアフリート工法によって剥離し井戸底に堆積した物質を浚渫した。井戸底からの浚渫物に充填砂利は含まれておらず、アクアフリート工法を施工したことによるケーシングやスクリーンの破損は無かったと判断した。

(4) アクリート工法試験施工後の井戸状況の確認

【⑫ボアホールカメラによる井内観察】観察の結果、アクリート工法施工後においても井戸内のケーシングやスクリーンの破損は見当たらなかった。施工前には、スクリーン区間のスリットスクリーンを確認することが困難であったが、アクリート工法施工後は井戸内に付着していたスケール等が剥離し、ほとんどの箇所スリットスクリーンの位置が確認でき、施工前と比較するとスクリーン部を閉塞した物質をかなり剥離できたと判断できる。

【⑬既設水中ポンプ 再据え付け】水中ポンプの再設置に当たり、ポンプ電源線やアース線間の絶縁抵抗を測定した結果、全てが 100 MΩ程度であり、当面使用するに当たり問題はないものと判断した。また、水中ポンプ再設置後の試験揚水でも、問題なく揚水できることを確認した。

【⑭段階揚水試験】アクリート工法施工後の井戸の揚水能力を、試験施工前の揚水能力、および、機械洗浄後の揚水能力と比較するために段階揚水試験を実施した。200リッター/分の揚水、300リッター/分の揚水、400リッター/分の揚水、500リッター/分の揚水、600リッター/分の揚水及び、700リッター/分の揚水をそれぞれ 30分継続し、その際の揚水水位の変化を測定した。なお、700リッター/分の揚水でバルブが全開となったことから、この 6段階で段階揚水試験を終了した。

3-2. 下流側井戸における井戸改修工事施工結果

(1) 試験施工前の井戸状況の確認

【①段階揚水試験】既設の水中ポンプ (5.5Kw) を用いて、段階揚水試験を実施し、現在の井戸能力の確認を試みた。126リッター/分の揚水、172リッター/分の揚水をそれぞれ 30分継続し、その際の揚水水位の変化を測定した。次に 182リッター/分の揚水を開始したところバルブが全開となり 10分経過後漏水したので段階揚水試験を終了した。

【②既設水中ポンプ 引き上げ】段階揚水試験後、揚水管と水中ポンプを引き上げた。揚水管と水中ポンプには、上流側の井戸と同様、外側全体に茶褐色の錆がびっしりと張り付き一部固化していた。郡山市建設課から頂いた本井戸の井戸柱状図どおりの深度 56.2mに水中ポンプが設置されていたが揚水管径は記載されていたφ50mmでは無く、φ65mmのものが設置されていた。このことからこの井戸についても井戸建設後、時期は不明だが、水中ポンプの入れ替え工事などが行われたものと推察される。

【③ボアホールカメラによる井内観察】井戸内のケーシングやストレーナ部の損傷の有無の確認、そして、ストレーナ部の閉塞状況などを確認するためにボアホールカメラ (Robertson Geologging 社製) を降下させ、井戸内の観察を行った。ボアホールカメラによる撮影結果はビデオテープに収録したが、その一部をスナップショットとして切り出し、巻末の井内撮影記録として整理したので参照されたい。

(2) 機械洗浄工法による井戸内洗浄

【④ブラッシング洗浄】スクリーン部内側の閉塞物質を削ぎ落とすためにブラッシング洗浄を行った。長さ2mの円筒状の錘（おもり）に外径約255mmのワイヤロープブラシを取り付け、これをパワーウィンチを用いて井戸底から井戸頭部までの上昇と降下を繰り返し、井戸ケーシングやスリットスクリーンの内側をブラシ洗浄した。ブラッシング洗浄では、充填砂利と揚水管や水中ポンプに付着していたものと同様の固結したスケールが薄板状になって回収された。（写真-2）



【⑤エアフトによる井内浚渫】

ブラッシング洗浄の後に、エアフト（圧搾空気を井戸内に送り込み、井戸底に堆積した物質を井戸から吐き出す工法）を行いブラッシング洗浄によって剥離し井戸底に堆積した物質を浚渫した、浚渫した中に充填砂利は含まれておらず、ケーシングの破損は無いと判断した。

【⑥段階揚水試験】機械洗浄工法による揚水能力の回復効果を確認するために、水中ポンプを深度56.2mに再設置して段階揚水試験を実施した。126リッター/分の揚水、172リッター/分の揚水をそれぞれ30分継続し、その際の揚水水位の変化を測定した。なお、その後揚水量を204リッター/分に上げたが、ここでバルブが全開となり20分経過後漏水したので段階揚水試験を終了した。

(3) アクアフリート工法試験施工（アクアフリート工法の詳細は、巻末資料を参照されたい。）

【⑦アクアフリート工法用パッカー設置】井戸柱状図に記載されたスクリーン位置やボアホールカメラ観察結果を基に、2段あるスクリーン区間の下段のスクリーン区間（スクリーン番号④～⑥の⑤と⑥の接続部付近）を炭酸ガスの注入深度に設定した。注入管を設定深度まで降下させ、油圧パッカーを深度5mに設置し、炭酸ガス注入の準備を終えた。

【⑧炭酸ガス注入（アクアフリート工法施工）および⑨パッカー引き上げ】

液化炭酸ガスを搭載した10tonタンクローリーを井戸傍に横付けし、気化器やコントロールユニットとの接続を完了させ、4月22日午前8:30から下流側での最初の炭酸ガス注入を開始した。気化炭酸ガスを3分程度注入したところで、マンホール脇からガスが吹き始めたので（写真-3）、一旦炭酸ガス注入を停止しマンホール脇からガスが吹き止むのを待ち、再度、炭酸ガス注入を行った。しかし、2分程度で再度マンホール脇からガスが吹き出たので、この時点でこれ以上の炭酸ガス注入を断念した。結果として注入したガス量は約50kg程度となった。炭酸ガス注入後、パッカーを引き上げ、約22時間井戸を放置した。



炭酸ガスが吹き出した隙間

【⑩ブラッシング洗浄】

炭酸ガス注入後ブラッシング洗浄を行った。アクアフリート工法によりケーシングやスクリーンの内側に固着していた物質（砂利は少なく、鉄錆やマンガン錆が主体）が剥離し、ブラッシング洗浄によりそれらが薄

板状になって回収された。

【⑩エアフトによる井内浚渫】ブラッシング洗浄後に、エアフト工（圧搾空気を井戸内に送り込み、井戸底に堆積した物質を井戸から吐き出す工法）を行った。アリアフト工法によって剥離し井戸底に堆積した物質を浚渫した。井戸底からの浚渫物に充填砂利は含まれておらず、ケーシングやスクリーンの破損は無かったと判断した。

（４）アリアフト工法試験施工後の井戸状況の確認

【⑪ボアホールカメラによる井内観察】アリアフト工法施工後においても井戸内のケーシングやスクリーンの破損は見当たらなかった。施工前には、スクリーン区間でのスリットスクリーンの確認が困難であったが、アリアフト工法施工後は井戸内に付着していたスケール等が剥離し、ほとんどの箇所スリットスクリーンの位置が確認でき、施工前と比較するとスクリーン部を閉塞した物質をかなり剥離できたと判断できる。

【⑫既設水中ポンプ再据え付け】水中ポンプの再設置に当たり、ポンプ電源線やアース線間の絶縁抵抗を測定した結果、全てが 100 MΩ 程度であり、当面使用するに当たり問題はないものと判断した。また、水中ポンプ再設置後の試験揚水でも、問題なく揚水できることを確認した。

【⑬段階揚水試験】アリアフト工法施工後の井戸の揚水能力を、試験施工前の揚水能力、および、機械洗浄後の揚水能力と比較するために段階揚水試験を実施した。126 リッター／分の揚水、172 リッター／分の揚水、204 リッター／分の揚水、246 リッター／分の揚水をそれぞれ 30 分継続し、その際の揚水水位の変化を測定した。その後 278 リッター／分の揚水を行ったが 278 リッター／分の揚水でバルブが全開となりこの 5 段階で段階揚水試験を終了した。

4. 今回の井戸改修工事の効果の評価

今回、上流側と下流側の 2 つの井戸で機械洗浄工法およびアリアフト工法による井戸改修工事の試験施工を実施させて頂いた。施工前と施工後の揚水試験とボアホールカメラによる井戸内観察を行い、井戸内の状況の変化と井戸の揚水能力の変化を把握した（機械洗浄工法後のボアホールカメラ撮影は実施していない）。

これらの結果から、アリアフト工法による井戸改修の効果の評価してみる。

4-1. 上流側井戸における評価

（１）揚水試験結果による評価

本井戸の井戸建設当初（昭和 61 年 2 月）および今回の段階揚水試験結果（試験施工前・機械洗浄工法後・アリアフト工法施工後）を整理すると表-2 のようになる。

表一 2 井戸建設時の井戸揚水能力に関する記録と今回実施した段階揚水試験結果

揚水水位の変化

	揚水量		揚水水位 (m)			
	ℓ/min	m ³ /day	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
自然水位	—	—	5.64m	5.50m	5.50m	5.65m
1 段階目	200	288.0	8.44	8.36	7.71	6.90
2 段階目	300	432.0	10.37	11.50	9.89	7.82
3 段階目	400	576.0	12.77	15.04	11.66	9.16
4 段階目	500	720.0	16.88	19.89	14.82	11.06
5 段階目	600	864.0	17.36	—	28.66	14.40
6 段階目	700	1008.0	—	—	—	20.21

比湧出量の変化

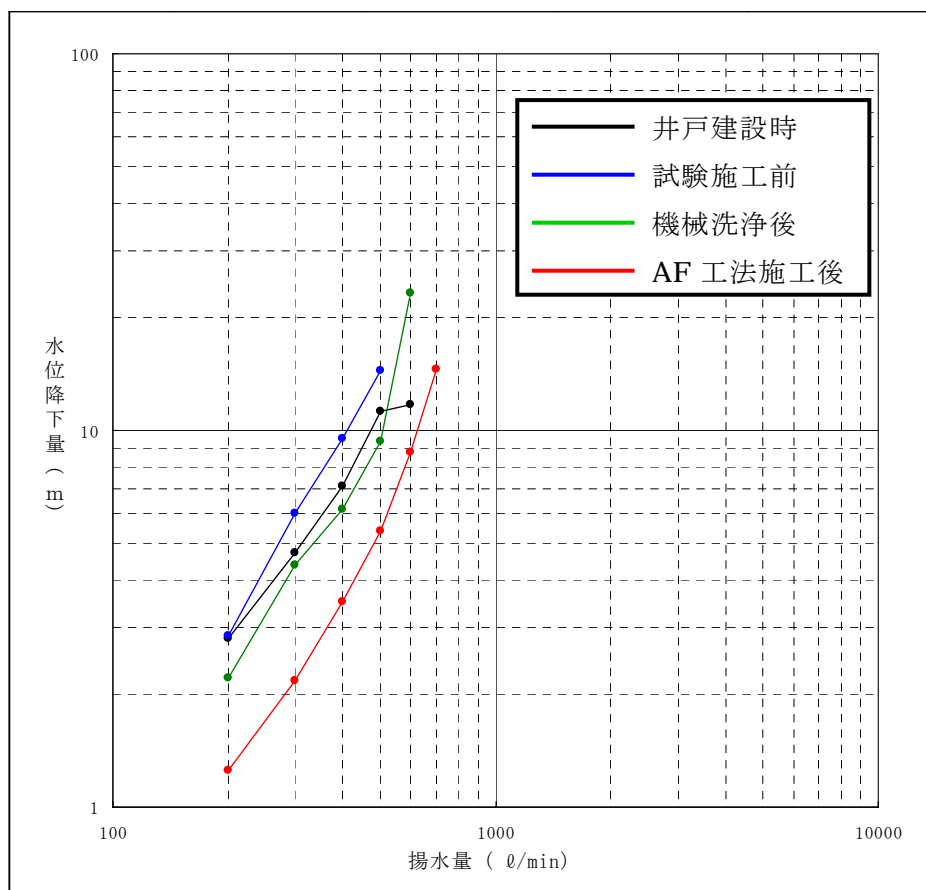
	揚水量		比湧出量 (m ³ /day/m)			
	ℓ/min	m ³ /day	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
1 段階目	200	288.0	104.6	100.7	130.3	230.4
2 段階目	300	432.0	91.3	72.0	98.4	199.1
3 段階目	400	576.0	80.8	60.4	93.5	164.1
4 段階目	500	720.0	64.3	50.0	77.3	133.1
5 段階目	600	864.0	73.7	—	37.3	98.7
6 段階目	700	1008.0	—	—	—	69.2
1 段階～3 段階目の比湧出量平均値			92.2	77.7	107.4	197.9

表一 2 の上段は、揚水量と揚水水位の関係を示したものであり、下段はそれらから算出した比湧出量を整理したものである。比湧出量は、水位降下量 1 m 当たりの揚水量であり、井戸の揚水能力を評価するための一般的かつ重要な指標である。比湧出量が高い井戸ほど揚水能力が高い井戸である。

井戸建設後から現在までの井戸の揚水能力を比湧出量の変化で評価してみると、井戸建設時の 92.2 m³/day/m の比湧出量が、今回の試験施工前には 77.7 m³/day/m に低下し、それが機械洗浄によって 107.4 m³/day/m と井戸建設時と同程度（あるいは幾分大きな）比湧出量にまで回復し、アクリド工法施工後にはさらに 197.9 m³/day/m にまで増加という結果を得た。今回の井戸改修工事による比湧出量の増加率を表一 2. 1 に整理するとともに、今回比較した井戸建設時から今回の試験施工までの段階揚水試験による揚水量と水位降下量の関係を図一 2 に示す。

表一 2. 1 比湧出量の増加率

	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
井戸建設時の比湧出量からの増加率	1	0.84	1.16	2.15
試験施工前の比湧出量からの増加率	—	1	1.38	2.55



図一 2 段階揚水試験時の揚水量と水位降下量の関係図

今回の試験施工結果を見ると、機械洗浄によっても井戸揚水能力の回復は見られたが、アクアリード工法により井戸建設当初よりも 2.15 倍の、そして、改修工事施工前に比べて 2.55 倍という井戸能力の改善効果（比湧出量の増加率）を確認することができた。

(2) 閉塞物質の剥離効果 (ボアホールカメラによる目視観察結果)

今回の試験施工を行うに当たって、施工前、および、アクアリード工法施工後の 2 段階で井戸内にボアホールカメラを入れて、井戸内の状況をビデオ撮影した。ビデオ映像から特にスクリーン部に着目してストップショット写真を切り出し、2 段階毎の井戸内状況が対比できるように、ほぼ同一深度の写真を並べて整理し、巻末に収めたので参照頂きたい。

ここでは、特徴的な写真を紹介し、アクアリード工法の効果を述べる。



試験施工前の状況



アッフルード工法施工後

上記の写真は、深度 14m 付近で撮影したものである。試験施工前には、スリットの存在が全くわからないほど閉塞物質が固着していたが、アッフルード工法によって千鳥配置したスリットの全てが確認できるまでに閉塞物質を削ぎ落とせた。

4-2. 下流側井戸における評価

(1) 揚水試験結果による評価

本井戸の井戸建設当初（昭和 60 年 1 月）および今回の試験施工時に得た段階揚水試験結果（施工前・通常洗浄後・ガス洗浄後）を整理すると表-3 のようになる。

表-3 井戸建設時の井戸揚水能力に関する記録と今回実施した段階揚水試験結果
揚水水位の変化

	揚水量		揚水水位 (m)			
	ℓ/min	m ³ /day	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
自然水位	—	—	2.31m	1.90m	1.90m	1.90m
1 段階目	126	181.4	7.20	14.07	11.35	5.32
2 段階目	172	247.7	10.95	38.72	27.65	7.25
3 段階目	204	293.8	14.82	55.72	50.37	9.70
4 段階目	246	354.2	20.41	—	—	18.37
5 段階目	278	400.3	42.71	—	—	37.39

比湧出量の変化

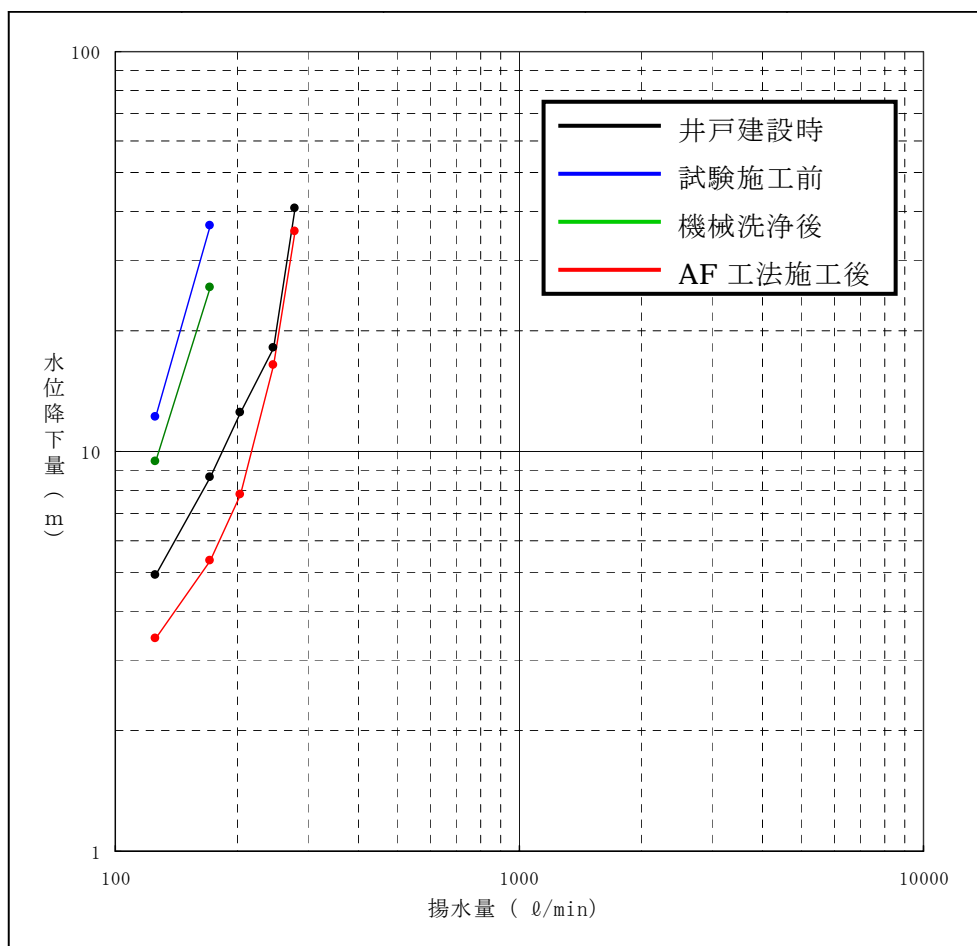
	揚水量		比湧出量 (m ³ /day/m)			
	ℓ/min	m ³ /day	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
1 段階目	126	181.4	37.1	14.9	19.2	53.0
2 段階目	172	247.7	28.7	6.7	9.6	46.3
3 段階目	204	293.8	23.5	5.0	5.6	37.7
4 段階目	246	354.2	19.6	—	—	21.5
5 段階目	278	400.3	9.9	—	—	11.3
1 段階と 2 段階目の比湧出量平均値			32.9	10.8	14.4	49.7

表－3の上段は、揚水量と揚水水位の関係を示したものであり、下段はそれらから算出した比湧出量を整理したものである。

井戸建設時から現在までの井戸の揚水能力を比湧出量の変化で評価してみると、井戸建設時の32.9 m³/day/mの比湧出量が、今回の試験施工前には10.8 m³/day/mまで大きく低下し、それが機械洗浄によって14.4 m³/day/mと33%ほど増加し、アクリド工法施工後にはさらに49.7 m³/day/mにまで増加という結果を得た。今回の井戸改修工事による比湧出量の増加率を表－3.1に整理するとともに、今回比較した井戸建設時から今回の試験施工までの段階揚水試験による揚水量と水位降下量の関係を図－3に示す。

表－3. 1 比湧出量の増加率

	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF工法施工後
井戸建設時の比湧出量からの増加率	1	0.33	0.44	1.51
試験施工前の比湧出量からの増加率	—	1	1.33	4.60



図－3 段階揚水試験時の揚水量と水位降下量の関係図

今回の試験施工結果を見ると、機械洗浄によっても井戸揚水能力の回復は見られたが、アクリド工法により井戸建設当初よりも1.5倍の、そして、改修工事施工前に比べて4.6倍という井戸能力の大幅な改善効果（比湧出量の増加率）を確認することができた。

(2) 閉塞物質の剥離効果 (ホアホールカメラによる目視観察結果)



試験施工前の状況



アリアフト工法施工後

上記の写真は、深度 35m 付近で撮影したものである。試験施工前には、スリットの存在が全くわからないほど閉塞物質が固着していたが、アリアフト工法によって千鳥配置したスリットの全てが確認できるまでに閉塞物質を削ぎ落とせた。

5. あとがき

今回井戸改修工事の試験施工を行った上流側および下流側の消雪用水源井戸にて、機械洗浄による井戸能力回復効果とアリアフト工法による井戸能力回復効果の比較データを取得できた。それらを整理すると以下ようになる。

上流側井戸の比湧出量の増加率 (アリアフト工法で注入した二酸化炭素の量 約 1,300kg)

	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
井戸建設時の比湧出量からの増加率	1	0.84	1.16	2.15
試験施工前の比湧出量からの増加率	—	1	1.38	2.55

下流側井戸の比湧出量の増加率 (アリアフト工法で注入した二酸化炭素の量 約 50kg)

	井戸建設時	試験施工前	機械洗浄後	AF 工法施工後
井戸建設時の比湧出量からの増加率	1	0.33	0.44	1.51
試験施工前の比湧出量からの増加率	—	1	1.33	4.60

上記の表から判断できることを以下に列記する。

【上流側井戸】 試験施工前の比湧出量が井戸建設当初の 0.84 倍 (即ち 16%ほど能力が低下していた) であり必ずしも老朽化が激しい井戸とは云えない状況にあった。この井戸の場合、機械洗浄を施工しただけでも改修工事前の比湧出量の 1.38 倍 (建設当初の比湧出量の 1.16 倍) の増加となり、老朽化があまり進行していない井戸であれば機械洗浄でもそれなりの改修効果が期待できることを示唆する結果と云える。なお、この井戸ではアリアフト工法施工時に約 1,300kg の二酸化炭素を注入し、比湧出量が改修工事前の 2.55 倍 (建設当初の比湧出量の 2.15 倍) も増加するという結果を得た。注入の対象とした地層 (砂礫や玉石混じり砂礫) の空隙を閉塞した物質を剥離させただけでなく、その空隙自体も押し広げ帯水層の透水性を高めることができたものと判断できる。

【下流側井戸】 試験施工前の比湧出量が井戸建設当初の 0.33 倍（即ち井戸能力が 67%も低下していた）と老朽化が激しい井戸であったと云える。この井戸の場合、機械洗浄によって上流側井戸と同程度の 1.33 倍の比湧出量増加率（試験施工前に比べて）を得たが、建設当初の比湧出量の 44%までしか回復させることができず、老朽化が激しい井戸における機械洗浄工法の限界を示唆する結果となった。一方、アクリド工法の場合、井戸周辺から二酸化炭素が吹き出したために約 50kg しか注入できなかったが、それでも試験施工前に比べて 4.6 倍、そして井戸建設当初に比べても 1.51 倍という大きな揚水能力回復効果（比湧出量増加率）を得ることができた。井戸周辺から二酸化炭素が吹き出し約 50kg の二酸化炭素しか注入できなかったという事実から、アクリド工法による洗浄効果は充填砂利層までに限られ、周辺地層のみず道（この井戸の場合は角礫凝灰岩内の亀裂）まではおよんでいないと判断される。それでもアクリド工法施工後に井戸建設当初以上の揚水能力を持つに至ったのは、充填砂利内の閉塞物質を剥離しただけでなく、井戸掘削時に使用した泥水が井戸掘削孔壁にマトケキとして張り付き、それがアクリド工法を施工することによって除去できたことが理由と推察される。

当協会としてはこれまで、既設の消雪用水源井戸の場合、井戸頭部周辺のグラウトによる密閉処理が施されている井戸が少なく、グラウト処理がされていない井戸ではアクリド工法の井戸改修効果は限定的になるのではと懸念していた。しかしながら今回の下流側井戸での試験施工の結果はそのような懸念を払拭するものであり、極めて貴重なデータが取得できたと考えている。

これまで、アクリド工法を消雪用水源井戸に適用した事例は 3 例と大変少なかったが、今般、喜多方市において今回 4 例目（5 井戸目）の施工が実現できた。一般の上水用や雑用水用井戸の場合、揚水停止期間を可能な限り短期間にするよう求められることが多く、その点から井戸改修工法として従来からのブラッシング、スピンギ、および、エアフトなどの機械洗浄工法が重用されてきた。しかしながら、消雪用水源井戸の場合、その揚水期間が冬季間にほぼ限られるので、その期間を外せば、機械洗浄工法より施工期間が 5 日～1 週間ほど増えるアクリド工法でも、時間的余裕を持って井戸改修工事が施工できる。今回の試験施工で明らかとなったアクリド工法の井戸改修効果を、多くの消雪用水源井戸管理者に確認いただき、今後積極的に採用していただくことを心から願う次第である。

最後に、今回のアクリド工法試験施工を実施するに当たり、快く井戸を提供頂き、そして現地での作業を親切にご支援いただいた郡山市湖南行政センターの皆様、作業用地を提供いただいた地元住民の皆様、そして、お忙しい中わざわざ施工現場の見学会にお越し頂いた福島県県中建設事務所、宮下土木事務所、および、郡山市のご担当の皆様に対して、深甚なる感謝の意を表します。