



城下町鶴岡のビストロ下水道

山形県／鶴岡市／上下水道部／
参事兼下水道課長

有地裕之（ジャズピアニスト）



1. はじめに

藤沢周平の小説の舞台となる北国の小藩「海阪藩」。まち中を「五間川」が流れ、そこに架かる橋が事件のポイントになったりする。その海阪藩の町割りは鶴岡をモデルに語られており、戦災や大きな災害がなく残った古い町割りは、藤沢ファンがここを訪れるインセンティブとなっている。

その五間川、鶴岡市街地を流れる「内川」であるが、鶴ヶ岡城三の丸と商人町の境界に位置し、岸辺の桜越しに臨む鳥海をはじめとする山々は、市民の原風景でもある。昭和の初め頃までは子供たちが泳いだと伝わる内川は、高度成長期に汚濁が進み、昭和47年策定の下水道計画は「内川をきれいに」が合言葉であった。

それから半世紀、普及率92.6%と未だ整備途中であるが、当市がユネスコ食文化創造都市に認定されたことも契機となって始めた「ビストロ下水道研究事業」が、共同通信社から全国に配信され、あちこちの地方紙で紹介されるなどしており、本稿でも少し詳しく紹介したい。

2. ビストロ下水道

(1) 発電とハウス栽培

昨年度の日平均汚水量は27,000m³である。水処理から排出される汚泥は消化タンクに送られ、日当たりおよそ3,000Nm³の消化ガスが発生する。このガスで25kwの発電機12台を回し、500世帯分の発電を行っている。発電機のエンジンから出る熱は消化タンクの加温に使っているが詳しく調べると、加温に使われる熱は4割に過ぎず、残りは大気中に放出していることが分かった。そこで残る6割の熱をハウス栽培に利用できないか検討することにした。

検討を開始するに当たり共同研究体制を構築した。余熱を利用してハウス栽培を行うには、熱の制御だけでなく、作物の栽培技術やノウハウ、流通・販売、持続性の確保など、下水道マンだけでは手に余る多様な知識が必要になる。そこで図-1に示す6者による共同研究協定（H29より5か年）を締結した。

研究の結果、発電機から出る熱およそ400kwの内、

160kwが消化タンクの加温に使われ240kwが余剰熱として残ることが分かった。一方80坪のビニルハウスの冬季の加温に要する熱は70kwで、理論上はハウス3棟の加温が可能であるが、制御上のロス等を考慮すると2棟の加温が限界であることも分かった。

実際にビニルハウスを建設し、恒常化した天候不順で冬野菜の調達に苦勞している学校給食にほうれん草を供給した。ハウス1棟のひと月の収量は300kgで約12万円の収益が見込める。仮に熱を軽油で賄おうとすると軽油代60万円ほどが上乘せされ、学校給食では手が出せない高価格野菜になってしまう。下水道資源の市民還元事業としてスタートしたこの事業「じゅんかん育ちを学校へ」は、令和元年度の「循環の道下水道賞イノベーション部門」を受賞することができた。（写真-1参照）

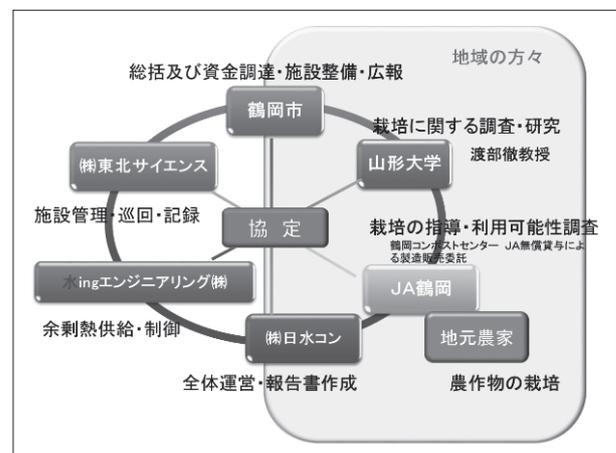


図-1 共同研究体制



写真-1 ほうれん草のハウス栽培

(2) 処理水灌漑

山形大学が主体、当市他が協力する共同研究事業で、処理水の持つ栄養塩類の肥効に着目し、処理水を田圃にかけ流し簡易に飼料米を栽培する技術として確立しつつある。

窒素を多く含む処理水灌漑で栽培された米は、タンパク質の含有量が増える。食味は、タンパク質が少なく糖分が多いほど良いため、人の食用には向かないが、飼料としてはタンパク質が多いほど家畜の生育が良好になる。また、施肥が不要で栽培が簡易であるにも関わらず収量が豊富で、農家の収入の点でも、農水省の厚い補助金が用意されており食用米と遜色はない。

この研究は、R1年度から2カ年の国土交通省応用研究に採択され、処理場から離れた圃場への応用、飼料米を与えた家畜の生育、加工品の状態など多方面にわたる調査を実施しており、輸入に頼っている飼料を地域産に置き換え、地域経済の循環、活性化を目的としたシステムとしての確立を目指している。

(3) コンポストプール

コンポストプールとは文字通りコンポストだけの地中空間である(写真-2参照)。地上から50cm掘り込みコンポストを充填し、水捌けに暗渠を適宜配置する。アスパラガスやコーン類など、肥料を大量に消費する野菜用に考案した。この狙いはコンポストの大量消費で、これがうまく軌道に乗れば、汚泥処分費の軽減に繋がる。耕作放棄地をコンポストプールにしてアスパラガスなどの値の張る作物を栽培すれば、新規農業従事者の受け皿にもなる可能性もあると考えている。

今年度は山形大学で、飼料用となるデントコーンの栽培研究に使っており、収穫はこれからだが非常に旺盛な成育であった。



写真-2 コンポストプール

(4) アユ養殖と水耕栽培

スイカの香を感じる天然アユは、一尾1,500円以上で取引される高級魚である。天然アユが美味なのは、珪藻を主食にしているからだと言われている。ならば栄養塩類の豊富な処理水で珪藻を繁殖させ、それで育てたアユは



写真-3 養殖後のアユ



写真-4 アユ試食

天然もの並みの味になるのではないかと。そんな空想が始まりだった。水産試験場に相談すると、うまくいくとすぐに乗ってくれ、試験用稚魚を分けてもらえることになった。

アユの稚魚は4gで1尾18円である。これを40日間育てて20gになると50円で漁協が引き取ってくれる。通常は餌代に10円かかるので粗利は22円である。養殖密度は1㎡当たり4kgとされており、20gで出荷するなら100㎡の池で2万尾の養殖ができる。処理水で養殖するなら餌代がいらないので粗利は32円、100㎡の池で64万円の収益が見込める。

実際に養殖して様々なことが分かった。処理水に最初に入れた10匹は40分で全滅した。アンモニア濃度が原因だった。処理水の再曝気や希釈などで、10mg/l以下で管理すると立派に育つことが分かったが、水産試験場からは「マニュアルでは0.2mg/l以下だ」と驚かれた。マニュアルの50倍のアンモニア濃度で養殖できることは、今のところ我々だけの知識だろうと思う。処理水では藻類は育つが珪藻は育たないことも分かった。またアユは珪藻だけを主食にするのではなく、藻類をも主食にすることも分かった。しかも食欲は想像を絶するほど旺盛で、藻類の繁殖が追い付かない。藻類が繁殖するまでは餌を与え、出荷前の10日間藻類だけを食わせるというテクニックも編み出した。で、その味であるが…

なじみの居酒屋にアユを持ち込み、共同研究者30名で試食をした。ほのかにスイカの香がして、天然物と比べ

でも遜色のないとっても美味しいアユだった。料理人も良いアユと太鼓判を押してくれた。このアユの健康リスク評価は、カドミウム、鉛、6価クロム、ヒ素、水銀、セレンについて実施し、一般に販売されているアユと比べ、摂取による健康リスクは同等か、むしろ低いことを確認した。

2年目の今年は、アンモニア濃度低下を目的に、池を2段に分け1段目で水耕栽培を実施している。バジル、クレソン、空心菜など栽培し、窒素をある程度消費した処理水をアユ池に供給している。水耕栽培も非常に繁殖が旺盛で、こちらも流通に回して行けるものと考えている。なお、東京大学から共同研究の申し出があり、アクアポニックスの研究を進めたいと考えている。



写真-5 水耕栽培

3. おわりに

ご紹介したように、処理水は飼料用米、水耕栽培、アユ養殖に、ガスは発電とその余熱をハウス栽培に、汚泥はコンポストにして緑地還元と、下水処理の各プロセスにおいて可能な限りの資源利用を試みている。最近は見学を訪れる方が増え、時期によっては野菜やアユの試食



写真-6 Bistro G's Song演奏中

もしていただいている。

余談になるが、ピストロ下水道をもっと世に広めたいとの想いから、ピストロ下水道応援ソング (JAZZ) を共同研究者の相道夫さんと筆者とで作詞作曲した。タイトルは「Bistro G's Song」。歌詞は英語であるが、親しみやすさにも配慮し日本語バージョンも用意して、ライブでは双方を披露し好評を頂いている。いつか読者の皆様にも聴いて頂くことを願ってやまない。なお、クラゲで有名な加茂水族館からFBとYouTubeで動画が配信されている。 [https //youtu.be/AjaY5qc29Jk](https://youtu.be/AjaY5qc29Jk)

最後に、共同研究者並びにご指導ご協力を頂いた関係機関の名前を記し謝意を表する。

山形大学、鶴岡市農業協同組合、(株)日水コン、水ingエンジニアリング(株)、(株)東北サイエンス、鶴岡市立加茂水族館、山形県水産試験場、公益財団法人山形県水産振興協会、山戸漁業協同組合、旬彩和食うめ壺、食堂アルペジオ。



1. はじめに

山口県の最東部で広島県との県境に位置する岩国市は、名勝錦帯橋、天然記念物の白蛇の生息地、穴が一つ多いレンコン、日本酒などで有名な人口約13万人の市です。

市内には県内一の大河である錦川が流れており、岩国市の主たる取水源となっています。この錦川は島根県との県境を源流とし、複数の支流と合流して水量を増やしながら瀬戸内海へ注ぎ込んでいます。過去には洪水を繰り返して住民を苦しめていましたが、現在では治水が進み、春の桜、夏の鵜飼いに花火大会と市民の憩いの清流となっています。

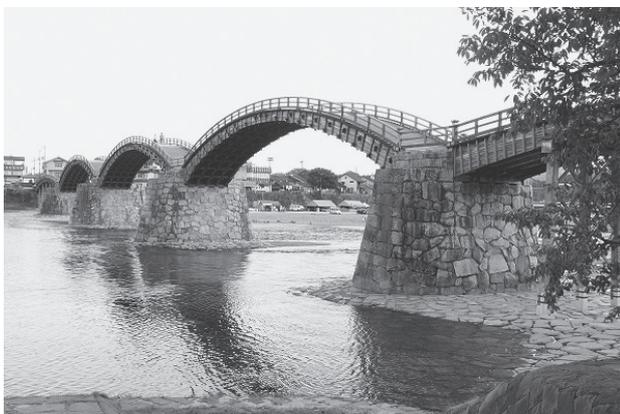


写真-1 錦川と錦帯橋

2. 岩国市の状況

(1) 岩国市の水道

岩国市の水道事業は、昭和14年に施設能力約3千m³規模からスタートしました。その後、旧陸軍燃料廠の施設等の譲渡や数度の拡張事業、平成18年3月の1市6町1村の合併で上水道と簡易水道を統合したことにより、現在は計画給水人口11.7万人、計画1日最大給水量6.4万m³となっています。

市町村合併後は、広大な行政区域に小規模な給水区域が点在してしまい、従来の体制では維持管理が困難となったため、複数の事業所を新設して対応しています。



図-1 岩国市 (給水区域図)

(2) 耐震化計画

老朽化した施設や管路の耐震化は、水道水の安定供給における課題であり、近年多発する自然災害への対応も必要となっています。そのため、今後の耐震化計画の基となる「岩国市水道ビジョン」と「水道施設耐震化10年計画」を策定して、「水道施設耐震化事業」と「耐震管整備事業」を二本柱に施設と管路の更新（耐震化）を進めることにしました。

3. 導水施設の耐震化

今回ご紹介させていただくのは、水道施設耐震化事業に含まれるもので、令和元年度から5年間かけて、導水施設（取水口+取水隧道）を更新する事業です。

(1) これまでの経緯

岩国市水道局の基幹施設である錦見浄水場の取水隧道は（以下取水隧道）、錦川からの取水を目的に戦時中に竣

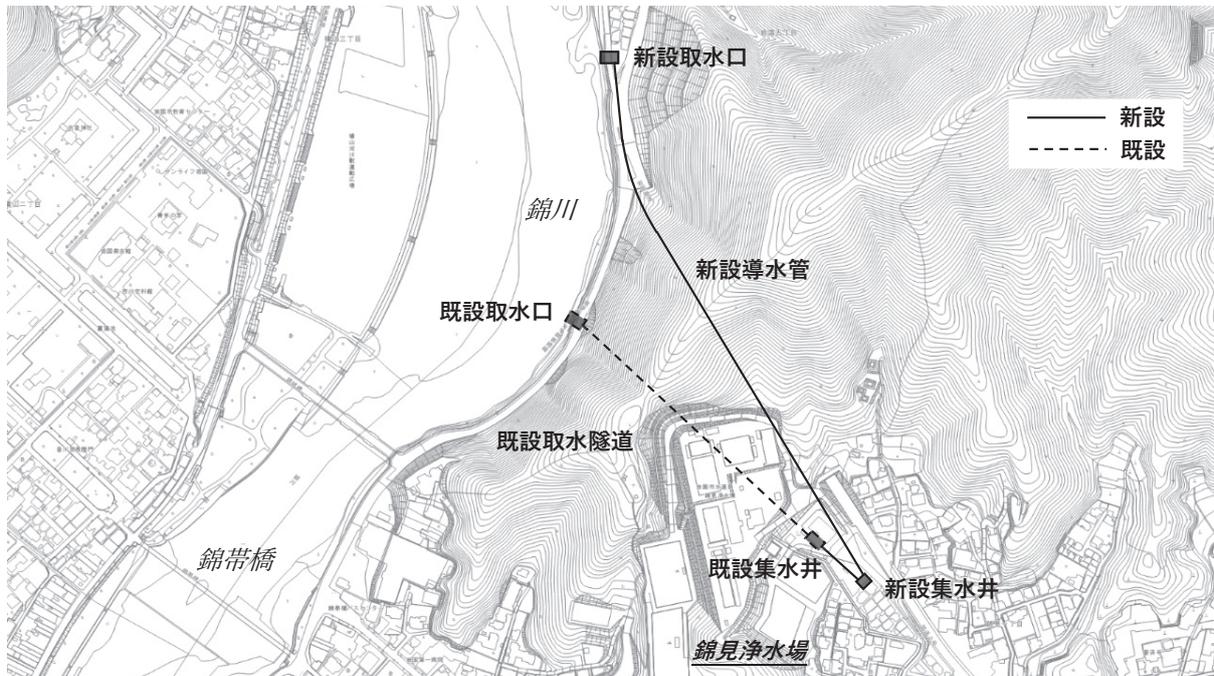


図-2 導水管推進工事計画図

工され、約80年が経過した山岳工法による単線ルートの導水施設です。

この取水隧道は、定期的な潜水調査によって内部の状態を把握してきましたが、年々覆工コンクリートの剥がれや、クラックが確認される箇所が増加しています。錦見浄水場の導水施設はこの取水隧道が唯一であることから、今後予測される南海トラフ地震等の巨大地震災害において、緊急時の対応が困難と想定されていました。

施設や管路の耐震化を進めている中、安全安心でおいしい水を安定して給水するため、導水施設の耐震化にも取り組む必要があると判断し、別ルートで取水口と取水隧道を新設し、新導水施設の完成後に旧導水施設を更新することにしました。耐震化と二条化を併せてすすめる計画となります。

(2) 位置・工法の検討

新取水口の位置ですが、河川管理者と協議を重ねた結果、水衝部を回避した場所を選定することとなり、結果として現取水口の upstream 約300mの位置になりました。

次に工法ですが、耐震化、施工環境（土質等）、施工延長、口径、線形計画（曲線）、経済性等を総合的に判断した結果、本管直挿推進工法を選定しました。

使用する管は、上記工法に対応可能であり、地盤変形に対する追従性（離脱防止性能および鎖構造）を有する推進用ダクタイル鋳鉄管（US形）としています。

位置・ルート・工法が決定しましたが、新ルートが国道2号のトンネル下部約10mに位置することから、国土交通省との近接施工に関する協議をもったところ、FEM解析による影響予測の実施と、施工中の動態観測が許可

条件に付されました。

また、掘削時の騒音等の対策のため、防音ハウスを設置しての昼夜施工を採用しています。

(3) 工事概要

検討結果を基に設計した推進工事の概要は以下のようになります。

- ・工 法 大口径推進工（土圧式推進）
- ・推 進 管 推進用ダクタイル鋳鉄管
US形 φ1000×4.0m
- ・推進延長 約610m（中硬岩層約490m）&約45m
- ・発進立坑 1箇所（浄水場内に築造）
- ・到達立坑 2箇所（1箇所は既設集水井）
- ・防音ハウスを設置しての昼夜施工

(4) 工事の進捗状況

令和元年12月に受注者との契約が完了し、令和2年3月から建設現場が動き出しました。

縦横7.6×6.4m深さ9.7mの発進立坑の築造からはじまり、矢板設置、地盤改良、立坑掘削と各工程の進捗は順調で、5月末には防音ハウスの設置に着手できる状況になっていました。

ところがその直後、工事関係者に新型コロナウイルス感染の疑いが発生し、工事を一時休止せざるを得ない事態となりました。幸いにも大事に至ることはなく、その後の防音ハウスの設置と推進工事の準備は、当初計画から大幅にずれ込むことなく、7月下旬には完了させることができました。



写真-2 防音ハウス

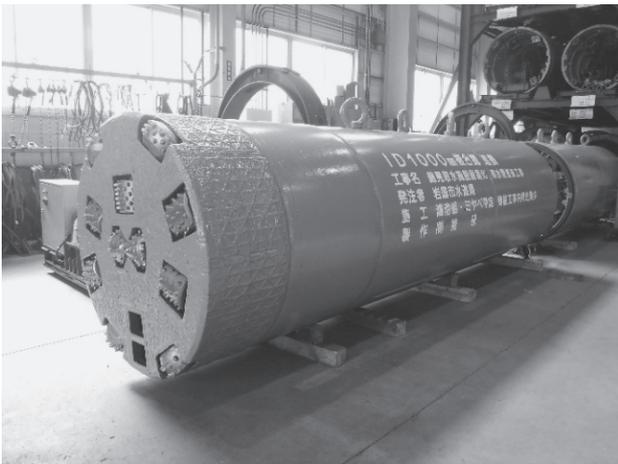


写真-3 推進機（先導体）

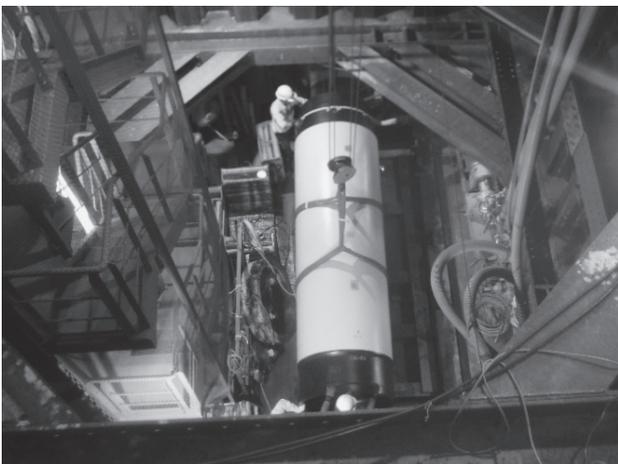


写真-4 推進管のつり込み

7月下旬からは推進工がスタートし、令和3年9月の完了を目指して昼夜施工している最中です。

10月末時点での掘削延長は約160mとなり、日進量は約2.2m/日で順調な進捗状況ですが、中硬岩層が想定よりも早く出現しており、今後の日進量の低下やビットの摩耗等を懸念しています。特に今回の工事では、推進工の完了時期が、次のステップである取水口築造工事に大きな影響を与えるため、予断を許さない状況にあります。

(5) 取水口築造にむけて

この原稿を執筆している現在、第二期工事である取水口築造工事の発注にむけた準備をすすめています。

河川工作物である取水口を築造するにあたり、住民の生命と財産を守る観点から、河川法ならびに河川構造令に準拠した施設構造・規模・施工方法について、河川管理者と協議を重ねた結果、以下のような工事を計画しています。

基礎形式：河川区域に設ける取水口は、堤防の弱点箇所になりやすいことから、遮水壁や胸壁など特殊な構造体を成すとともに、周辺堤防の挙動と連動する「柔構造樋門」形式とする。

取水方式：河川内に他の新たな工作物の設置が見込まれないことと、当該地の地質や既存の取水方法（表流水）、経済性等を鑑み「取水口」形式とする。

設置場所：前述しましたが、水衝部の回避、取水の確実性、取水水質、洪水時に周囲の堤体の弱点とならないことを考慮した結果、現取水口の上流約300mとする。

工事期間：工作物の規模を鑑みて、準備工を除いた期間で2カ年必要と判断し3年継続工事とする。

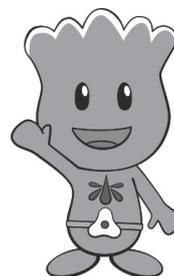
この工事では、出水期をまたぐ工程とせざる得ないため、河川の安全管理上の様々な問題解決が必要になります。また、現在施工中である推進工事の到達立坑が、取水口との接続枠を兼ねているため、推進機を回収するタイミング等も大変重要となります。

二つの工事が密接に重なるため、精度の高い工程管理が求められる難工事になると予想しています。

4. おわりに

施設の老朽化、人口減少、災害対策、新型コロナウイルス等、課題は解決されることなく日々増え続けています。その対応が急がれるとはいえ、そこにかける資金も人材も限られているのが現実です。

今後の取り組みとしては、注力すべきポイントを絞り込み、少ない投資で最大の効果が得られる更新計画を策定し、少数精鋭でそれを担っていけるような人材を育成することで、持続可能な水道事業を模索していきたいと考えています。



岩国市水道局
オリジナルキャラクター
「いーすい」