小規模水道の持続に向けた視点

小型膜ろ過浄水装置で基盤強化

水道事業の基盤強化を掲げた改正水道法が今年10月から一部施行となるが、全国の水道事業体を取り巻く環境が厳しいことには変わりなく、地域に最適かつ効率・効果的な解決方策を推進し、いかに水道事業の持続を描くかが各事業体に求められている。こうした状況は水道事業体の大多数を占める中小規模事業体においても同様だが、特に小規模水道の現場における課題解決に必要な視点とは何か。今回は、小規模水道の持続に貢献する小型膜ろ過浄水装置「アクアシリーズ」（清水合金製作所）を採用する3現場を、厚生労働省の初代水道課長を務めた三本木徹氏と現地取材をした中でキーワードを探った。

柔軟性を有するアクアシリーズ

■小規模な地域集落における生活用水・飲料水の確保

少子高齢化社会に伴うさまざまな課題の一つに、地域社会の今後の態様とその変化の速度を考慮しつつ、現在有しているさまざまな社会資本の再整備のあり方や抜本的な対応・方策を早急に検討することが求められている。具体的には地域社会を構成する人々と、その地域社会の活動内容や活動量に応じて、それにふさわしい内容に見直すことではないだろうか。

また、地域集落の集合体で構成されている市町村ではすでに急激な少子高齢化が進んでいる。そのため全国で、この20年間で地域集落の人口はほぼ半減し、住民の大部分は高齢者、世帯構成も1人または2人といった集落を数多く抱える市町村の急増も報告されているところだ。

こうした状況を踏まえ、「市町村が提供するさまざまなサービスは全ての住民・世帯に対して公平、効率的、効果的なものでなければならない」という行政運営の原理・原則に照らしつつ、「従前からのサービス提供をそのまま継続することが適当かどうか」について、新たな視点に立ち今後のあり方を検討しなければならない状況を迎えている。

こうしたサービスのうち、「国民皆水道」と言えるまでに普及した上水道事業および簡易水道事業等の今後のあり方に関して、現行の大規模・集中システムの限界を踏まえながら、水道事業サービスの「範囲」と「内容」についてのヒントを探るため、またサービス提供外の地域集落、特に高齢者の割合が多く家屋が点在している集落における「生活用水」と「飲料水」の安全・確実な確保の方策、それらに対する市町村の役割を考える上でのアイデアを得るため、中山間地域に位置する3現場（鳥取県新温泉町、新潟県阿賀町、長野県辰野町）を取材した。

取材した小規模集落は「上水道事業による水道サービス」が提供されている町の中心部から遠く離れた地域にあり、いずれの現場も自己水源を用いた簡易水道・飲料水供給施設として水供給サービスが提供されている。

いずれの小規模集落でも少子高齢化の進行によって、最大時と比較して現在の給水人口が半分程度に減っていたが、給水世帯は2~3割程度の減少にとどまっていた。高齢化は今後もさらに進行するため、この世帯数と給水量の減少の速度を的確に予測する必要がある。取材に同行した三本木徹氏は「全世帯の蛇口から相当の水圧で水道法に規定する飲料水の水質基準に適合した清浄な水が充分に提供されている状況だが、この状態を今後も維持し続けていくことは難しく、『コストの適正化や効率化』などの観点から現有の技術システムや管理を見直すこと、つまり現在の水供給サービス方法が適正かどうかの妥当性等を早急に検討しなければならないと感じた」と課題を述べた。

AI等新技術開発で進化に期待

この課題解決に向けたヒントの一つとして、三本木氏は「農林業をなりわいとする地域では一般的に家屋が点在しており、簡易水道や飲料水供給施設が整備される以前から各戸単位や共同で井戸や湧水を利用していたこと、さらに今後も居住人口に対して十分な水量を確保できる井戸や湧水、小河川といった水源が現存していることが挙げられる」としながら、技術面では「ニーズの多様化に対応した膜処理技術等の進化・進展、水回りの技術やシステムの進展（ポンプ性能の向上、ポンプ制御技術の進展など）によって、水道の原点とも言える『水汲みおよび水運びの労働』からの解放の上で、『清浄、豊富、低廉な水』を確保することは十分に可能であると感じた」と述べた。

参考までに、水道の未普及地域における生活用水と飲料水の使用について、福島県会津美里町での調査では、生活用水を全世帯の約半数が「湧水」、30%が「井戸水」、20%が「沢水」から利用しており、飲料水の利用割合もほぼ同様で、ごくわずかな世帯数が「市販されている水」を飲用していたという結果もある。

三本木氏は「今回の取材現場だけでなく全国的に中山間地域をはじめとした小規模集落では同様の傾向にあるものと予想されるが、『家の蛇口・レバーをひねれば水が出る』という『家の水回り』は水道普及地域と未普及地域を比較しても同じ状況であることは、意義深い状況だ」と語る。

さらに水源の使用については、おおむね半数の世帯は単独で使用しているが、一方で「2世帯から最大10世帯」の規模での共同使用がなされているという実態もあることから、人々の「共同と連携」が日常生活の中で定着していることを踏まえると、今後の水供給のあり方を考えるヒントが見えてくるのかもしれない。

■現場で感じた水供給サービスの実態

今回取材した地域集落（小規模集落）は、いずれも上水道事業の給水区域である町の中心部から数㌔以上離れた山深い峡谷に位置する地区だった。古くから農林業が営まれてきた痕跡があるほか、世帯は峡谷を流下する小河川沿いに散在もしくは点在している全国各地でよく見られる地域集落だ。

一つの集落は数世帯から数十世帯の規模で、水供給サービスは50年以上前に整備された簡易水道事業や飲料水供給施設による町の事業として提供されている。原水水質は比較的良好なほか、取水地点と給水地点までの高低差は数十㍍以上あることから、「位置エネルギーを水の輸送のみならず浄水プロセスにも利用できるという有利性があると感じた」と三本木氏は語る。

また、少子高齢化についても相当に進行している様子が見られたことから、「今後の存続に思いを抱きつつ周辺を観察したが、やはり空き家がしばしば目に入った。給水量は最大時の半分以下まで減少しているものとみられるが、『蛇口・レバーをひねれば安全で必要な量の水が出る』という水道の原理・原則は維持されている。これまで整備された水道施設の日常的な管理が徹底されてきたことによるもので、町の水道担当者や地域住民など関係者の多くの苦労と努力の積み重ねを感じた」（三本木氏）と分析した。

しかし一方で、点在化している数世帯だけの地域集落に、簡易水道事業や飲料水供給施設などによる水供給サービス（自治体のサービス）をいつまで継続させることが可能かという課題も懸念される。

これについて三本木氏は「個人と自治体、それぞれの負担の実情と限界を考慮した場合、その持続に対して極めて困難な状況が到来するものと予想される。『蛇口・レバーをひねれば安全で必要な量の水が出る』という状態を維持すること、すなわち清浄・豊富・低廉という原点に立ち返って『水の供給（取水・導水・浄水・送配水の各機能）』に関する具体的な技術・システムを対象の地域集落に適したものとするため、早急な検討への着手が求められるという思いを強くした」と述べた。

一方で、近年では「水の質変換の技術（特に膜や活性炭、UV等を利用した技術など）」や「水の輸送の技術（水道管・バルブ等に関連する技術、地下・地表・地上のそれぞれの送配水に関する技術など）」の開発や進化が進んでいるほか、多様化・高度化する今後の水道に求められるさまざまな状況や課題への対応を踏まえた場合、現存するものの使われていなかった井戸や湧水、小河川といった身近な水源を戸別もしくは数世帯共同で利用するという水供給システムや、従来施設の継続利用と比較しながら新たな水供給サービスの形を検討する意義は大きい。

三本木氏は「特にわが国の水道行政においては、清浄にして豊富・低廉な水の供給のため『水道施設の建設と管理の適正かつ合理化』を進めることとしているが、改めて健全な水循環を進め、特に地下水や湧水など身近な取水源の活用によって水の輸送距離の低減化や浄水の効率化などを図るため、これらの具体的な方法・技術などを提示しつつ、併せてその達成のための政策的アプローチが期待される」と語った。

■現場での小型膜ろ過浄水装置（アクアシリーズ）の稼働状況

取材した小規模集落で採用されていた小型膜ろ過浄水装置「アクアシリーズ」（清水合金製作所）は、従前の消毒滅菌施設や砂ろ過などの浄水施設の老朽化等に伴う代替施設として稼働していたもの。

浄水施設の立地における特徴として、原水の取水地点の近傍に位置していることから導水距離が短く、また集落の中でも標高の高い急傾斜地にあることで大きな位置エネルギーを有効活用できる点が挙げられる。こうした位置エネルギーは浄水処理での利用はもちろん、送水・配水システムにおいて効率的な運用を図る点からも貢献するものとなる。

アクアシリーズが採用された経緯として、事業体の担当者からは、浄水装置の重量や大きさなどから可搬性が高く、稼働に必要な電力を100Vの電源で賄えるため、立地上の制約を受けることなく設置できることを評価したという理由が多く聞かれた。

さらにアクアシリーズの維持管理についても、装置を構成する設備機器・部品などは定格品で構成されているため、万が一の故障時でも部品の調達に苦労することなく、修理・交換などの作業が現場で容易かつ確実に行えるというメリットも有している。また、装置は無人化を前提としているため「自動制御」と「遠隔監視（携帯電話回線等を利用）」によって人の手による維持管理作業を極力抑制していることも優れた特徴の一つである。

また、アクアシリーズの浄水処理プロセスの核として用いられている膜処理技術は、さまざまな原水水質に対応するばかりでなく、必要に応じて前後に他の処理ユニット（除濁やROなど）を付加することも可能。そのため、稼働後に浄水処理のレベル、あるいはその内容を変更する必要が生じた場合も容易に対応できる。また、浄水能力の増大・減少に膜処理の単位ユニットの増減で対応できること、すなわち効率的な稼働を維持できる「柔軟性」を有していることも大きな特徴だと言える。

■アクアシリーズへの期待と進化の可能性

多くの小規模水道において給水量とともに世帯数が減少することで、現有の水道施設の稼働率が低下しつつある。一方で、施設の老朽化に伴う再整備のコスト負担は増大し、すでにその対応は困難となっており、今後もその状況は加速することが予想される。

三本木氏は「すなわち水道の布設や管理を適正かつ合理的にならしめるという基本理念の下で、今後の地域社会にふさわしい水道施設はどうあるべきかを改めて検討しなければならない。これは小規模水道のみならず上水道事業においても給水区域内に地区・集落を多く抱える事業体が増えてきていることから、同様の検討を早急に進めなければならないと感じる」と意見を述べた。

需要者の目線から多様な検討を

また、三本木氏はこのような状況を踏まえ、アクアシリーズが強みとする技術的な特徴から、今後の期待や役割、さらなる技術的な進化の可能性について考察し、次の5項目を指摘した。

【①水供給システムに掛かるコストの軽減化】

全国の簡易水道事業における給水原価は1立方㍍当たり平均312円で、上水道事業における163円の約2倍に当たる。この原価の差には、世帯の点在等により送配水管の距離が長くなることや浄水処理施設の規模が小さいことにより単位給水量に対する建設費が割高になることに加えて、近年の水使用量の低減化によって水道施設の稼働率が減少し、単位給水量当たりの維持管理費が増加してきていることなどが挙げられる。

従って、水の輸送距離を極力少なくすること、浄水施設の建設費の低減化を図ること、さらに維持管理費の低減化を図ることが対策として求められることから、小型化や無人化、設置の容易性を実現している「アクアシリーズ」の果たす役割への期待は非常に大きい。

さらに、ICTやAIなどの技術が今後も発展していくことで、さらなる安全性や確実な浄水処理の確保とともに、維持管理性はより容易になり、極論としては一般市民向けの家電製品と同様に扱えるほどに進化すると言えるのではないか。

【②施設再整備等における多様な選択肢の一つに】

昨今は上水道の給水区域内においても給水人口が激減している地域や集落が顕著に増えている。こうした地域で水道管・施設の再整備を実施する場合には、改めて未使用水源の利用による水道施設の整備や共同管理のあり方などを検討することも必要な場合があると感じる。この際に上水道事業サービスの提供方法の一つとして、小規模水道のあり方を参考とすることも意義深いものである。

つまり、上水道事業のあり方として、従前の「大規模一体化した水道施設」によるサービス提供だけでなく、「小規模分散化した水道施設、時には戸別単位もしくは少数の戸別単位での水道施設」を用いたサービス提供を併合して行うことが実施されることも予想される。

【③さらなる小型・軽量化を】

今後、身近な水源の利用による家屋内の水回りの効率化を図っていくことで、飲料水の確保とともに生活用水の再利用・循環利用などの可能性が高まり、例えば食物や身体の洗浄用水の再利用など、ZEH・ZEB（ゼロエネルギー住宅）に倣った「水」という資源の再生とリサイクルが可能になることも予想される。こうした背景を踏まえ、小規模浄水装置の小型化・軽量化を進展させることで、さらなる対応を容易にすると考えられる。

【④汎用性を生かしたコスト低減】

MF・UF・ROといったユニットの組み合わせによる膜処理技術システムは、求められるさまざまな水質により確実に対応できるようになりつつあると感じている。また、小型浄水装置のさらなる普及に伴って構成機器や設備の規格・定格化が進行すれば、コストの低減化がさらに期待できる。

【⑤公共だけでなく民間における災害時対応力の強化に寄与】

「非常時における飲料水と最小限の生活用水の確保」が確実に行われるためにも、身近な水源の確保や再生水の利用が期待されるが、特に拠点病院や老人保健・介護施設などの公共的な役割を果たす民間施設における水の確保方策が検討されている中で、アクアシリーズにも大きな役割が期待される。

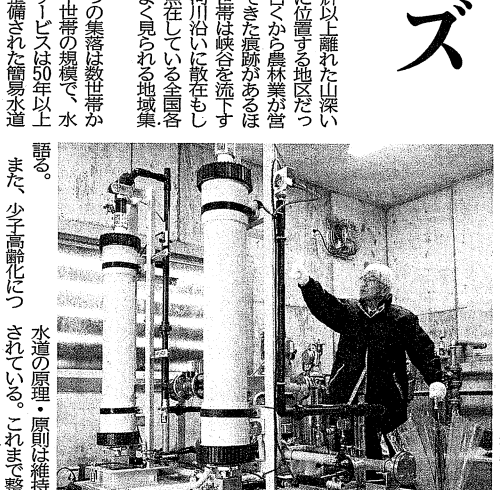
■小規模水道の持続に求められる視点

三本木氏に小規模水道の持続に求められる視点を伺うと「規模の大小に関係なく、水の供給システムは需要者の立場に立って『清浄・豊富・低廉』が確保できるものであることが求められる」と前提条件を示した。

また、「そのためには、水の供給システムを構成している取水から給水に関する各設備・機器を適切に整備するとともに、最小のコストで提供するため、どのような設備・機器が必要であり、対象地域に適しているかを考えなければならない」としたほか、「このような設備・機器による水提供システムを持続するために、需要者自らで確保することも含めて、誰が水提供のサービスを提供するのかという課題もある」と述べた。

現状では水道法に規定されているように、自治体が水道事業を経営するという原則の下で、各事業体が水道事業の運営を通じて、水道施設の整備と維持を進めている。「今後もこの原則を基本としながらも、需要者が安心・安全・確実に水を得られるよう、適正な事業について『さまざまな形態』を検討する必要があってもよいと感じた」と語った。

狭小な現場でも搬入可能というメリットを体感（辰野町）



阿賀町八ツ田地区のアクアシリーズを視察する三本木氏

新温泉町担当者に維持管理状況などをヒアリング

■「小型膜ろ過浄水装置（アクアシリーズ）」の特徴■
コンパクト・軽量で運搬が容易であること、設置スペースが小さくて済むこと、100V電源が利用できること、通信の利用による遠隔監視、無人化が可能であることなどにより設置の場所の制約は受けない、自動運転システムによる維持管理が容易である（いつでも、どこでも、迅速に設置可能）。 「膜処理」プロセスの前後に、必要に応じて「他の処理ユニット」を容易に付加あるいは撤去できる。すなわち、多様な原水水質に応じて、求められる浄水水質の提供を容易に可能とする。

■アクアシリーズのラインナップ■		
アクアMF		精密ろ過膜（孔径0.1 μm）
アクアUF		限外ろ過膜（孔径0.01 μm）
アクアMF-R アクアレスキュー		「軽量コンパクトで可搬性が高い」「700mmの扉幅からの搬入可能」かつ「その軽量性から人力でも搬入可能」「最大浄水能力は日量50㎥」
アクアUV		クリプトスポリジウム対策に最適な紫外線照射装置
ハイブリッドシステム	除濁ユニット	高濁度対応の繊維ろ過ユニットで突発的な高濁度対応と膜の長寿命化を実現
	ROユニットほか	溶解物質、色度、臭気、鉄マンガン除去

■特に強みを発揮し、活躍している現場の特徴■
①機器・部品の定格化による維持管理の効率・確実性の確保が可能
②可搬性を生かした緊急対応（レンタル設置にも対応）
③身近な水源として雨水や井戸などの宅内取水が可能な場合に対応
④上水道地域で、遠距離の送水・配水によって水供給されている地域・地区の再整備等に際して、身近な水源を活用した「小規模・分散」システムがより効率的と判断された現場