

## 北海道における土地改良事業と CO<sub>2</sub> 削減事例について

### － 既存事業にみる CO<sub>2</sub> 削減効果と今後の課題 －

高井 和彦・北條 洋史

#### 1. はじめに

地球温暖化は、1985年に地球温暖化に関する初めての世界会議（フィラハ会議）をきっかけに大きな問題として取り上げられるようになりました。これ以降、今日では、地球温暖化は地球全体の環境に深刻な影響を及ぼすことが懸念され、温暖化防止は世界的にも喫緊の課題となっています。わが国においては、気候温暖化問題への対応として、京都議定書目標達成計画（2008年3月改訂版）、地球温暖化対策推進法（2008年6月改正）、第2次循環型社会形成推進基本計画（2008年3月）、低炭素社会づくり行動計画（2008年7月）と矢継ぎ早にこの問題に関連する政策が打ち出されています。

このような社会情勢の中、2009年2月に『平成20年度東京フォーラム～地球環境問題に対する農山漁村からの貢献～』（主催：全国農村振興技術連盟・（独）農業農村工学会）が開催されました。ここでは、農業農村整備技術や工学的取組みによる地球温暖化問題に対する貢献の可能性が指摘された<sup>1)</sup>ほか、水力発電やバイオマス利用による温暖化防止実施事例などが紹介されました。<sup>2)</sup> 国内的には、産業構造及び地域社会から、低炭素社会構築に向けて変えていく必要があり、グリーンニューディール政策とでもいうべき転換が必要な時代になっていることも指摘されました。

農業農村地域は多面的な機能を有しており、農業土木分野は地域における低炭素化で技術的貢献が期待できる分野と考えます。今回、地球規模の関心事となっている地球温暖化問題に対し、私達の社会活動の基盤としている北海道における土地改良事業において地球温暖化対策—低炭素社会構築—に向けた取組みとして何ができるのか、課題はなにかといったところを既存事業における CO<sub>2</sub> 削減事例から学び、今後の事業展開における CO<sub>2</sub> 削減の可能性について考えてみました。

表-1 地球温暖化防止対策をめぐる内外の動き

|             |     |                      |
|-------------|-----|----------------------|
| 1992年       | 5月  | 気候変動枠組条約採択           |
| 1997年       | 12月 | 京都会議、京都議定書採択         |
| 1998年       | 10月 | 地球温暖化対策の推進に関する法律     |
| 2002年       | 6月  | 日本が京都議定書を締結          |
|             | 3月  | 地球温暖化対策推進大綱          |
| 2005年       | 2月  | 京都議定書発行              |
|             | 4月  | 京都議定書目標達成計画          |
| 2008年       | 3月  | 京都議定書目標達成計画（改訂版）     |
|             | 3月  | 第2次循環型社会形成推進基本計画     |
|             | 6月  | 地球温暖化対策の推進に関する法律（改正） |
|             | 7月  | 低炭素社会づくり行動計画         |
| 2008年-2012年 |     | 京都議定書の第1約束期間         |

#### 2. 農業農村整備事業における低炭素社会に向けた取組み

農業分野における地球温暖化は、降雨形態の変化、高温障害等の影響を受けるものであり、安全な食料を持続的に供給する側面から対応が迫られています。水田等では、営農を続けることでメタン発生の抑制や、炭素の固定が行われることとなりますが、農業農村整備事業においても低炭素社会に向けた対応が求められています。農林水産省のホームページ<sup>3)</sup>には、平成21年度の農村振興局の重点事項11項目が示されており、その1つに農山漁村地域における低炭素社会の実現が掲げられています。この重点事項を実現させるため、以下の3つの事業が推進されています。

## 農山漁村地域における低炭素社会の実現

### ①低炭素むらづくりモデル支援事業

農村地域における温室効果ガス削減計画を策定し、小水力・太陽光発電施設等の整備及び削減量の評価を行うことなどを支援。

<事業実施主体：民間団体、地域協議会 補助率：1/2 または定額>

### ②炭素貯留関連基盤整備実験事業

炭素貯留による生産基盤の機能への影響を検証するとともに、施工に際しての最適な工法等の技術的な実証を行うことにより、基盤整備事業による農地土壌への効率的な炭素貯留を推進。

<事業実施主体：都道府県、土地改良区等 補助率：定額>

### ③地域用水環境整備事業

農業水利施設の持つ自然エネルギーを活用した小水力発電施設の新設、更新等を支援し、農村地域におけるCO<sub>2</sub>排出削減を推進

<事業実施主体：都道府県、市町村、土地改良区 補助率：農林水産省、北海道、離島 50%、奄美 52%、沖縄 2/3>

## 3. 北海道の土地改良事業における低炭素化の可能性

### 3-1. 農業用水の水力利用の事例とCO<sub>2</sub>削減の可能性について

低炭素社会構築に向けて、再生可能エネルギーの技術開発及び普及が必要とされています。わが国では再生可能エネルギーを「新エネルギー」と称しています。

水力は、この新エネルギー分野から除外されていますが、比較的水量が豊富なわが国などアジア諸国等では再生可能かつ有用なエネルギー資源であり、CO<sub>2</sub>削減に寄与できるエネルギーです。

農業用水は水量が豊富なことから水力発電が十分可能と考えられます。北海道の農業水利施設は大規模なものも数多くあり、賦存量は相当程度あると考えられ、低炭素社会構築に向けて貢献できる分野と考えられます。

前出の東京フォーラムによれば、栃木県の那須野ヶ原土地改良区では、用水路の急流工の落差を利用して、用水路の安定水量を、一部開水路を管水路に改修し、発電出力 340kW と 170KW の設備 2 基がすでに稼動し、ゲートの電動化などへの利用が図られています。

以上のことから、今後、北海道においても、用水路の落差を利用した小水力発電の将来需要も考えられます。発電には、落差と安定した流量が必要となりますが、流量設定においては用水路での流量観測データが必要であり、落差工を有する用水路や減圧弁を組み込んだパイプラインなどの発電可能施設情報、電力利用の需要等の情報が重要と思われます。また、発電にあたっては、電気事業法の規定により自家用電気工作物の届出・承認、電気主任技術者の選任、保安規程の作成と遵守が必要になります。ただし、保安業務

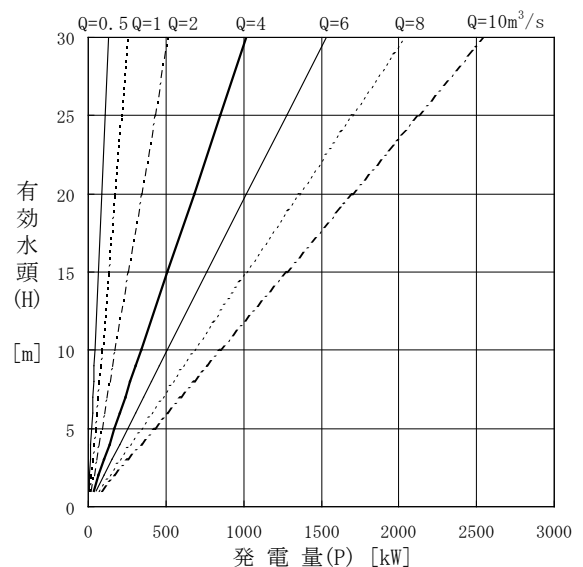


図-1 流量・有効落差・概算発電量の関係図

を電気保安協会等の国が指定する機関に委託する場合は電気主任技術者の選任を免除される制度となっています。

いま、参考までに流量と有効落差（水頭）との関係から、近似式（下式）により発電量を算定すると図-1 のようになります。

$$P \doteq 8.5 \times Q \times H$$

ここに、P: 発電量(kW)

Q : 流量(m<sup>3</sup>/s)

H : 有効落差(水頭) (m)

農業用水利用による小水力発電の先駆的事例として、国営事業で施行された A 地区では、かんがい期間に限り、管水路の有効落差を利用した発電設備により、管理用電力を賄い、余剰電力は電力会社へ供給している例もあります。

農林水産省において、水力利用による CO<sub>2</sub> 削減の取組みが始まったところですが、今後、北海道においても、落差を利用した小水力発電による CO<sub>2</sub> 削減への貢献に期待するところです。

### 3-2. 新エネルギー[風力+太陽光発電]を利用した水管理システムによる CO<sub>2</sub> 削減事例

前出の A 地区は、水管理システムの導入により、主要な分水施設の分水位、分水量、余水量等の水利情報を中央管理所及びダム管理所で情報を共有し、水利用の合理化と配水管理の効率化に寄与しています。水利用情報の集約によって、巡回管理に係るエネルギーの削減が図られています。また、分水施設が、山間部を縦走する路線途中にあつて商用電源が得難い場所に位置している施設が複数あり、このような条件下では商用電源の代わりに、風力と太陽光を利用して発電し、水位計やデータ伝送装置等通信機器の電力をまかない、水管理システムの通年運用を実現しています。この例では、風力と太陽光の組合せにより発電の安定性を保持し、本来目的を実現していることに加え、CO<sub>2</sub> 削減にも寄与しています。

今後、発電効率や耐久性の向上等により農業水利施設の水管理における利用の拡大が期待されます。

表-2 分水施設における発電設備仕様

| 個別名称               | 仕様                        | 数量 |
|--------------------|---------------------------|----|
| 太陽電池モジュール<br>(既設分) | 最大出力 128W                 | 3基 |
|                    | 最大出力動作電流 6.57A            |    |
|                    | 最大出力動作電圧 19.5V            |    |
|                    | 開放電圧 24.8V                |    |
|                    | 短絡電流 7.21A                |    |
|                    | 外形寸法 1120(W)×971(L)×36(D) |    |
|                    | 重量 13.8kg                 |    |
| 太陽電池モジュール<br>(追加分) | 実効充電出力 62W                | 1基 |
|                    | 最大出力動作電流 4.5A             |    |
|                    | 最大出力動作電圧 13.8V            |    |
|                    | 開放電圧 14.0V                |    |
|                    | 短絡電流 4.8A                 |    |
|                    | 外形寸法 527(W)×1200(L)×56(D) |    |
|                    | 重量 17.5kg                 |    |
| 風力発電機              | カットイン風速 3.0m/s            | 1基 |
|                    | カットアウト風速 18.0m/s          |    |
|                    | 定格出力 400W(風速12.5m/s)      |    |
|                    | 定格出力回転数 1850rpm           |    |
|                    | 最大出力 600W(風速18.0m/s時)     |    |
|                    | 定格出力電圧 DC24V              |    |
|                    | ブレード面直径 1240mm            |    |
|                    | 本体全長 675mm                |    |
|                    | 重量 6kg                    |    |

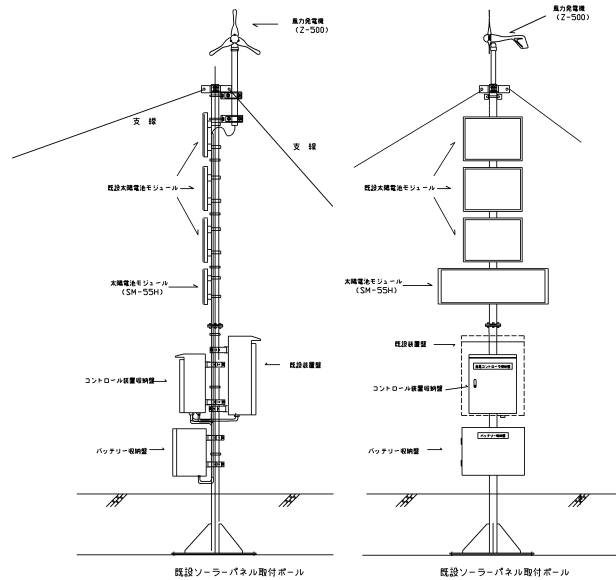


図-2 A地区における分水施設発電装置の設置例

### 3-3. 環境保全型かんがい排水事業等における排水路整備でのCO<sub>2</sub>削減効果について

環境保全型かんがい排水事業（国営）は、平成9年度に、北海道（平成13年に沖縄県にも拡充）において、環境保全に資する各種事業等との連携の下に、水質浄化機能等多面的な機能を有する農業用排水施設の整備を行う事業として創設された事業<sup>2)</sup>です。北海道においては道東の大規模酪農地域を中心に、肥培施設の整備や排水路整備及び排水路整備における土砂緩止林、遊水池・排水調整池整備による土砂流出と環境負荷の河川等への流出を抑制する等、水質浄化対策が行われています。

#### 1) 多自然工法によるCO<sub>2</sub>削減

治水事業におけるCO<sub>2</sub>削減量試算によれば、多自然工法で施工した河川に対する従来のコンクリート護岸による工法で施工した河川のCO<sub>2</sub>排出量の割合は約48%と多自然工法によるCO<sub>2</sub>削減効果が大きくなっています。なかでも、従来工法はCO<sub>2</sub>排出量全体に対して護岸工の排出量の割合が約70%に及んでおり、コンクリートの製造、運搬、敷設に伴うCO<sub>2</sub>排出量が大きいことが指摘されています<sup>4)</sup>。

環境保全型かんがい排水事業では、土水路が採用されることが多いと考えられますが、この土水路での整備は、環境との調和を図り、生物多様性を維持保全するほか、外部効果としてコンクリート使用量の削減に伴うCO<sub>2</sub>削減にも有効と考えられます。環境保全型かんがい排水事業か否かにかかわらず、受益者及び施設管理者との合意形成の上で多自然工法の採用が可能であれば、従来工法（連結ブロック等）に比べてCO<sub>2</sub>削減が可能と考えられます。また、間伐材の利用により、次項に述べる「森林経営対象面積」を増やすことにもつながります。

#### 2) 土砂緩止林整備によるCO<sub>2</sub>削減効果

環境保全型かんがい排水事業では、水質浄化を目的として土砂緩止林が整備されていますが、土砂緩止林は水質浄化機能のほかに、生態系ネットワークの形成により生物多様性に貢献するほか、森林のもつCO<sub>2</sub>削減機能を有しています。

京都議定書では、1990年以降に行われた植林・再植林・森林減少によって生じる二酸化炭素の吸収・排出量に限って算入してもよいということが認められ、その後の交渉で、2001年の第7回目の条約の締結国会議（COP7）では、森林管理など植林・再植林・森林減少以外の活動からの吸収量も第1約束期間（2008～2012年）から算入できるようになりました。実際の森林の吸収・排出量は、木の種類、年齢によっても様々であるうえ、まだ科学的に解明されていない部分が多く、森林による二酸化炭素の吸収・排出量を正確に試算することは困難であるなどという理由から、算入の対象となる活動が限定されているのが実情です<sup>5)</sup>。

京都議定書にもとづく森林吸収量の算定方法は専門的で分かり難いのですが、全国の全森林のうち、森林経営対象森林が占める面積割合を全森林の吸収量に掛けることによって算出されています。

$$\text{京都議定書に基づく森林吸収量} = \text{全森林の吸収量} \times \text{森林経営対象森林面積率} (\%)$$

ここに、

$$\text{森林吸収量 (炭素トン/年)} = \text{幹の体積の増加量 (m}^3\text{/年)} \times \text{容積密度 (トン/m}^3\text{)} \times \text{拡大係数} \times \text{炭素含有率}$$

森林経営対象となる森林は、全国の森林からいくつかの森林を無作為に抜き出して調査し、それらの森林の中で森林経営の対象となる森林がどのくらいの割合を占めているかを毎年調べ、森林経営対象森林面積を推定する手法がとられています。一方、京都議定書のルールでは、育成林では適正に手入れされている森林の吸収量だけが削減目標の達成に利用できるとされており、森林が「森林経営」の対象となるには手入れが必要です。森林経営対象面積を効率的に増やすためには間伐が最も経済的な方法とされており、植栽や下刈などに比べて間伐は一回作業すると10年程度は手入れを行わなくても適切な状態に保たれる<sup>5)</sup>といえます。

この土砂緩止林によるCO<sub>2</sub>削減量を上式より算定することは非常に困難であるため、林野庁で試算された、広葉樹におけるCO<sub>2</sub>削減量3.6 t-CO<sub>2</sub>/ha/年をもとに、国営環境保全型かんがい排水事業B地域におけるCO<sub>2</sub>削減量を試算しました。この結果、B地域ではこれまでに約160haの土砂緩止林の整備を予定しているため、1年で約590t-CO<sub>2</sub>の二酸化炭素の削減に貢献することになります。



図-3 B地域における土砂緩止林の整備例

### 3-4. 低平地水田パイプライン整備による CO<sub>2</sub> 削減について

石狩川の中下流に位置する低平地等においては、自然圧でのかんがいが困難なため、従前より揚水機によるかんがいが多く行われています。戦後、ライニングされた開水路を主体とする水利システムが多く採用されていましたが、施設更新事業等により用水路のパイプライン化が普及し、水利用の利便性の向上や、維持管理が容易になるなどの効用が發揮されています。

パイプライン化により、従前の供給主導型水利システムから需要主導型システムに移行したことにより、従前発生していた開水路末端での無効放流（図-4）が削減され、かんがい効率が向上し、結果として使用電力量、電気料金の低減が実現しています。

使用電力量の削減は、すなわち、CO<sub>2</sub> 削減に直結しており、事業の外部効果として低炭素社会構築に貢献しているといえます。



図-4 開水路末端での無効放流の例

いま、土地利用がパイプライン整備前後でほとんど変化していないC地区の、パイプライン化の進んでいるある一つの揚水機場を事例にとり、電力量(kWh)からCO<sub>2</sub>削減量を試算すると以下ようになります。

環境省の試算によると電力量減少によるCO<sub>2</sub>削減量は、北海道電力(株)では1kWh当り $5.17 \times 10^{-4}$  t-CO<sub>2</sub><sup>6)</sup>を目安としており、C地区でのパイプライン化整備前の電力量(平均値)と地区完了時の電力量の差で考えた場合、 $985 \times 10^3$  kWh/年の電力量を減少(図-5)していることになる。

よって、CO<sub>2</sub>削減量は、 $985 \times 10^3$  (kWh/年)  $\times 5.17 \times 10^{-4} \approx 509.2$  t-CO<sub>2</sub>と試算されます。

以上のように、揚水機によるかんがいにおいては、パイプライン化によるCO<sub>2</sub>削減に貢献可能と考えられます。

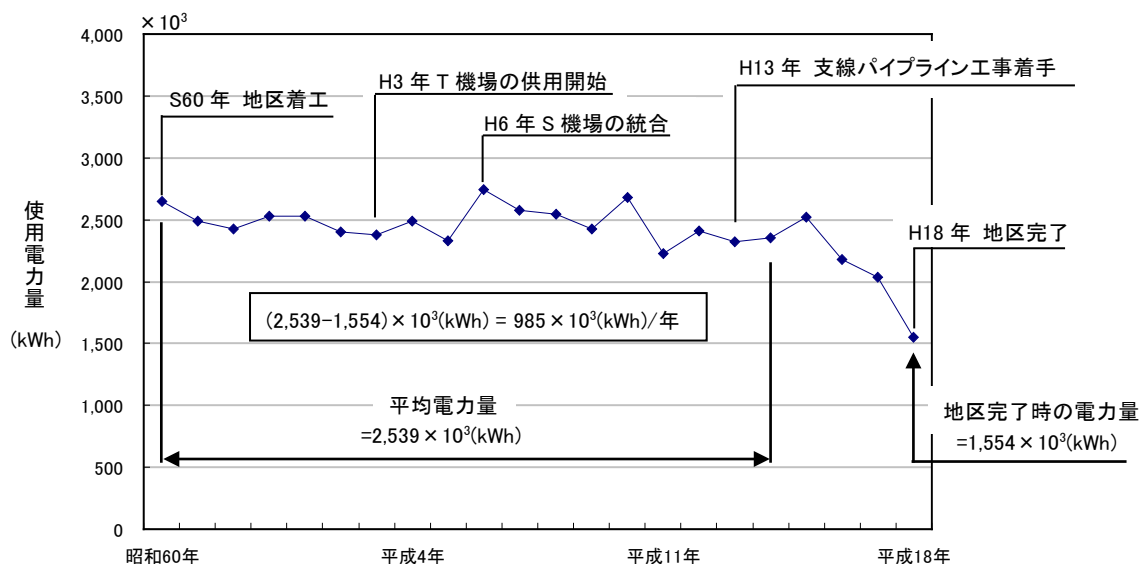


図-5 C地区T揚水機におけるパイプライン化前後の使用電力量の推移

#### 4. 農道整備による CO<sub>2</sub> 削減

農道は、農業機械や資材の運搬路として、また、収穫した作物の搬出路等の本来目的のほかに、国道や道道、市町村道を結ぶネットワークを構築し、災害時の迂回路、受益者等の生活道路として利用され、さらに、緊急医療の搬送路としての利用など多様な機能を有しています。

一方、人口が集中していない地方都市や農山村部では総じて公共交通が不便であるなど、乗用車に替わる交通手段に容易に切替えることができないため、移動を自動車に依存せざるを得ない状況があり、世帯当たりの CO<sub>2</sub> 排出量は大都市と比較して多い<sup>7)</sup>のが実情であります。北海道は面積が広く、移動距離が長い<sup>7)</sup>ため全国的にもとくにその傾向が大きな地域になっています。

農道は、上記の交通機能のほかに、凹凸の著しい未舗装道路あるいは簡易な砂利舗装道路などで従前にみられた農作物への粉塵の飛散による品質低下を防止する機能を有しています。さらに、道路網のネットワーク化により移動距離の短縮化、走行性改善、燃費向上を実現しています。北海道農政部農村整備課がまとめた『道営農道整備事業実施状況図』(平成 17 年 3 月)によれば、各種農道整備事業で整備された道路延長は約 7,000km に及んでおり、農道整備による CO<sub>2</sub> 削減効果は少なくないと考えられます。一方、これまでの農道整備による CO<sub>2</sub> 削減量を推し量ることは現状では困難とも考えられます。今後、農道整備において、整備前後の交通量調査等を通して CO<sub>2</sub> 削減量を定量的に把握し、農道整備分野における CO<sub>2</sub> 削減効果を明らかにしていくことが低炭素化とともに事業推進においても有効と考えられます。

表-3 道営事業における農道整備状況

| 支庁名  | 農道整備延長<br>(m) |
|------|---------------|
| 石狩支庁 | 317,738       |
| 渡島支庁 | 228,673       |
| 檜山支庁 | 256,353       |
| 後志支庁 | 282,158       |
| 空知支庁 | 830,360       |
| 上川支庁 | 859,554       |
| 留萌支庁 | 237,317       |
| 宗谷支庁 | 368,610       |
| 網走支庁 | 801,141       |
| 胆振支庁 | 264,238       |
| 日高支庁 | 316,084       |
| 十勝支庁 | 1,115,843     |
| 釧路支庁 | 588,550       |
| 根室支庁 | 496,241       |
| 合計   | 6,962,860     |

(備考)本表は、『道営農道整備事業実施状況図』(H17年3月 北海道農政部農村整備課)をもとに集計した。

#### 5. 外部効果（環境便益）としての CO<sub>2</sub> 削減効果の重要性

既存事業の一部をとりあげ、その中から事業による CO<sub>2</sub> 削減について考察しました。この他にも、水利再編による既存施設の有効利用、圃場の不陸解消に伴う作業機械走行性の改善(農地防災事業)や圃場整備による作業機械効率の改善(農地再編整備事業等)による燃料消費減少等によって、付随的に二酸化炭素の削減に貢献していると考えられるものがあります。

これまでの土地改良事業の効果は「作物生産効果」と「営農経費節減効果」が経済評価の指標とされてきました。しかし、今後は、「土地改良事業では更新事業が中心となり、しかも環境配慮への支出が徐々に増えている土地改良事業が、消費者余剰向上あるいは食料の安定供給及び多面的機能などの環境便益が中心となる」<sup>8)</sup>ともいわれるようになっていきます。

農林水産省においても低炭素社会実現に向けた取り組みが始まっており、CO<sub>2</sub> 削減技術の開発、外部効果として CO<sub>2</sub> 削減効果の定量化が益々重要になってくるものと考えられ、さらには生物多様性国家戦略にもとづく環境対応も求められています。ただし、環境に偏りすぎて農地、農業の持続性が損なわれては意味がありません。あくまで、「環境との調和を図りつつ」が大切であると考えます。

## 6. おわりに

浅学非才を省みず CO<sub>2</sub> 削減（地球温暖化防止）という大それたテーマで取りかかりましたが、何をどう書いてよいか悩み抜くことになりました。このような中、身近な既存事業（完了地区、実施地区等）で既に CO<sub>2</sub> 削減効果を発揮している又はこれから発揮しようという事業があることに気がきました。そこで、事業地区の事例から具体的に CO<sub>2</sub> 削減量を提示できるのではなかろうかと考えました。

今回紹介した既存事業にみられる CO<sub>2</sub> 削減事例はほんの一部ですが、経験豊富な皆様にはまだ数多くの事例が列記されると思われまます。

現下の世界情勢からみて、地球温暖化防止は最も大きな地球規模の問題と思われ、土地改良事業においても、今後、地球温暖化問題への対応が大きな技術的テーマとなることは間違いないと思われまます。そこでは農業土木技術者は、技術者の知恵、工夫により CO<sub>2</sub> その他の温暖化ガス排出削減を図っていく姿勢が大切ではないかと考えまます。

冒頭で述べた東京フォーラムで、『地球環境問題と総合政策』と題して講演された、横山彰教授（中央大学総合政策学部）は、「長期的、継続的な排出削減を実行していく上で、技術の継承が極めて大事なことであり、一旦、技術がとぎれてしまえば、それを取り戻すために膨大なエネルギーを必要とする」といった内容が語られました。今回の事例には記載していませんが、空知管内で施行された無動力ポンプはその施設更新にあたって、国営事業でその技術の継承が行われ、新たな無動力ポンプとして生まれ変わっています。また、同じく空知管内の用水路では無動力除塵機が稼動するなど、農業土木技術においてゼロエミッション工法ともいべき技術が既に採用されています。

今後は、圃場レベルでの炭素貯留技術やバイオマス利用の拡大など、新たな温室ガス削減技術が開発されていくことと考えられますが、これまで培ってきた既存の農業土木技術のなかでも低炭素化が実現可能な技術が眠っているように思われます。また、諸先輩が築いてこられた各種農業土木技術等の継承、その援用により、CO<sub>2</sub> 削減に配慮した施設計画、設計が必要な時代になっていると考えまます。

なお、貴協会には投稿の機会を与您えいただき御礼申し上げます。また、「3-2」で示した発電設備仕様は（株）測機社より資料提供をしていただきました。ここに謝意を表します。

### （参考文献）

- 1) 農村振興第 712 号（全国農村振興技術連盟 平成 21 年 4 月）「東京フォーラム講演要旨」
- 2) あたらしい農業農村整備事業のあらまし 2005 年度版 P-58
- 3) 農林水産省 HP <http://www.maff.go.jp>
- 4) 土木技術資料 40-6（1998）「自然を活かした川づくりによる CO<sub>2</sub> 排出量の削減」
- 5) 林野庁 HP <http://www.rinya.maff.go.jp>
- 6) 環境省 HP <http://www.env.go.jp>（算定・報告・公表制度における算定方法・排出係数一覧）
- 7) 地球温暖化対策ハンドブック 交通編（平成 18 年 3 月 環境省地球環境局）
- 8) 水土の知 Vol. 77 No. 3 P-167, 168 「展望 [土地改良事業の展開過程と経済評価手法における課題]」中嶋 康博