

琵琶湖集水域における近年の農業水利システムの展開

総合地球環境学研究所
渡邊紹裕氏

はじめに

こんにちは。地球研の渡邊です。

私のバックグラウンドは農業土木なので、ここへ来るときの車の中でも言っていたんですけど、「イリゲーションやくざ」と自称しております。大学を卒業したのはだいぶ前のことですが、すぐに手掛けた研究のテーマが水田、特に琵琶湖の集水域の水田あるいは水田地帯の水利用でした。きょうはそのときのお話をさせていただこうと思うんですが、その研究を進めたときは、後でお話ししますけれども、琵琶湖の周りでいろいろなものが動いている時期でした。水田も水田にかかわる水利用システムも大きく動いているときでした。どんなことが動いているのかなということ自体が1つのテーマだったんですが、そのときの私が勉強してきたことを今日お話しさせていただこうと思います。地球研の和田先生、次いで谷内先生がリーダーをされているプロジェクトの研究会などでは、いつも当時勉強したことをもとにごちゃごちゃと言っていたので、そのかわりで一回話をしろということになったのではないかなと思います。

先ほどご紹介がありましたように、私は現在乾燥地における研究プロジェクトを担当していて、いつの間にか乾燥地の専門家みたいに思われているところもあるんですが、基本的には「水田屋」で、乾燥地で仕事するときも滋賀県で勉強したことをベースに考えているかなといつも思っていて、滋賀県や琵琶湖の集水域の水田は私の先生だと思っています。

それで、昔から研究していたと谷内さんに紹介していただきましたけど、しばらく空白があります。10年ぐらい前までに勉強したことが中心で、後でわかると思いますが、資料も古いし、歴史的といえるような資料ばかりなんですけれども、基本的な動きあるいは展開してきたことは余り変わっていないのではないかと考えて、お話することにしました。それで事前に準備したレジュメにもありますが、水利用に関していろんなことが動いて、それが地域の環境あるいは生態システムにどんなふうにかかわっているかということを考えてみたいというように思いましたけど、そのところは後で遊磨先生が触れられたり、ディスカッションの中で話題になると思いますので、私はできるだけ何がどんなふうに変ったかという「ファクト」をお伝えしていきたいと思います。既にお渡ししていますパワーポイントのハードコピーからお分かりのように、材料のボリュームが多いので、少し急いでお話しすることになるのかもしれませんが。

お話しするのは（図2）、水田の圃場整備がどんなふうに進んでいったかということなのですが、まず田んぼ一つ一つ、1枚1枚でどんな変化が起こったかということをお話ししようと思います。それから次に灌漑排水システム、水田を中心とする水利用のシステムが

どんなふうになってきたかということをお話しして、最後に、そういう水利用の変化が地域の水循環、水環境の変化にどんなふうに関わったかということのイントロダクションだけお話ししたいと思います。

まず始めに、よく使っているが、私どももきちんと定義や概念を整理し切れていないまま使っている言葉があるのですが、たぶん生態系にかかわる方もいろいろなところでこのような言葉（図3）に出会うと思うのですが、少し注意しておいたほうがいかなというものを整理しました。

「灌漑」とは、一般的な定義はご承知のように、作物生産、つまり農作物をつくるために水を供給することなのですが、その定義には土木工事を伴うような人為行為を伴って水をかけるということが要件となっています。何を言いたいかというと、植木鉢にじょうろで水をかけてやるのは灌漑ではないのです。農家の人が大きな使い古したポリの風呂桶に水を溜めておいて、干ばつのときにその水を自分でかけるのは通常は灌漑（イリゲーション）とは言わないのです。灌漑というのは土木工事を伴って、水路をひいたりして、土地に水をかけることをいいます。作物に水やるのではなくて、土に水をかけることを灌漑と言っています。

では土木工事というのはどのぐらいの規模の話かということになると思うのですが、自然に水がかかってしまうようなところで作物生産しても、そこは灌漑されている農地とはいわないということです。琵琶湖の周りにも、昔はそういうような水田がたくさんあったのではないかと思います。それから、通常、「水田」といえば、水稻水田をイメージしますが、農林の統計で言えば、湛水して作物を栽培するところをさします。ですから、イグサとかレンコン畑なんかも水田ということになります。

それからもう1つの言葉は「圃場」です。圃場整備などを含めて、いろいろなところで圃場という言葉に出会いますが、使い方が随分違います。我々が通常「圃場」というと、田んぼの1枚1枚のスケールをイメージされる方が多いと思いますが、英語でいうと、圃場レベルといったときには、on-farm レベルを指し、農場レベルを意味しています。ここでは「tertiary」と書いていますが、水路系で言うと「3次水路」レベルです。川から幹線の水路で水を引き、支線に分けて、さらに分水して配られる3次の水路です。通常は3次の水路ぐらいから、一つ一つのまとまった農場に水を分けていくことになります。そこはプライベートのセクターや、大規模経営であれば農家のレベルで管理することになります。日本では、「圃場レベル」と言ったときには田んぼ1枚1枚のレベルを想像する方が多いと思うのですが、海外の一般的な圃場レベルと言うと、日本でいったら1つの集落ぐらいです。日本みたいに細かい、経営規模が小さいと圃場レベルにはたくさんの農家に関わることになりますが、大規模経営であればそれは1戸の農家が経営しているようなレベルになるということです。

ここで私が申し上げたかったのは、いろいろなところで様々な言葉の使い方があるということで、皆さん文献を読まれるときにはお気をつけ下さいということです。

1. 圃場整備の進展と圃場水管理の変化

(1) 圃場整備

前置きがだいぶ長くなってしまいましたが、まず「圃場整備の進展と圃場水管理の変化」の話をさせていただきます。圃場整備は、皆さんそれぞれのイメージを持っておられると思いますが、先ほど申し上げたように圃場整備とは一つ一つの田んぼを整備することではなくて、水田が集まったある程度のまとまった範囲を整備することをいいます。この圃場整備が行われると、圃場水管理がどう変わるかという話ですが、ここで私がご説明する圃場水管理は一つ一つの個々の農家が管理するようなレベルの水管理です。本当は圃場レベルの水管理は農家群の範囲の水管理をさすというのが、圃場整備というときに使った圃場という言葉と対応するのですが、ここでは農家が一つ一つの田んぼの水利用をどのように変えたかというお話をしていきたいと思います。

お詳しい方もいると思いますが、圃場整備事業というのは、この農水省のパンフレットの漫画のように（図5）、簡単に言うと、狭小で分散した農地を使いやすい形に形状を整えて、道路・水路を整備して使いやすくしようとするものです。土地の生産性も高めると同時に労働生産性も高めるといふ事業です。図5の解説にあるように、目に見える形で言うと、分散していて様々な形であった田んぼを長方形にするということです。これまで普通に行われてきた日本の圃場整備の標準の区画というのは、「三反区画」や「30a区画」と言っていて、短辺が30m、長辺が100m、これが標準区画でした。これは1960年代の農家の土地所有とか、使っている機械の大きさとか、そういうことを考えてこの面積と形状にしたわけです。標準の農家の土地所有が0.7haぐらいたとすれば、圃場面積を大きくしてしまうと農家は1枚の水田を所有するのみになってしまいます。ばらばらだったのが1枚になるのがいいのか、ある程度分散して2～3枚がいいのかというようなことも考えに入れて30aになっているわけです。ですから、滋賀県あたりで整備されたところの農家だと2～3枚持っている人が多いわけです。実際には、集落の水田の外側の縁では標準より面積が小さい田んぼも出てきますから、枚数は少し増えることになります。

圃場整備では、区画形状を整理すると同時に、場合によっては土壤に問題があれば土層を改良したり、よそから土を持ってきたりもしますけれども、大きな変化としては用水路と排水路を整備して、簡単に言うと用水路や排水路に接していない水田を、全部用水路と排水路に隣接するようにする。こういうことによってそれぞれの1枚1枚の田んぼではいつでも自分が欲しいときに水が取れるようになるし、排水したいときには排水できるようになるわけです。図5の上のように整備前であれば、例えば自分の田んぼに機械を入れようと思えば誰かの田んぼを通っていかないといけないのです。そこが田植えをしていけばもう機械を通せませんよね。だからルールを決めて、順番に田植えすることになるわけです。水も、上の田んぼが水を入れないと下にはひけないし、排水しようとする、上の田んぼの人が排水したいと思っても下の人が排水は嫌だ、受けないと言えできないわけで、いろいろな細かいルールが必要になるわけです。図の下のように、圃場整備がなされると各水田で自由に機械を入れ、水を出し入れできるようになるわけです。そのほうが生産効率が高くなるということで、そのために用排水路が整備されていったわけです。同時に、機械を入れるために道路を作ったり幅を広げたりしていったのです。

こういうことをすれば、図の解説に書いてありますように、土地の所有権の変更が必要

になりますよね。これはものすごく大変な作業なわけです。ばらばらだった土地をまとめて、所有権を移転させて、登記も変える。これは農家にとってはものすごいことなんです。もちろん農家の人は、「ここはよく稲がとれる田んぼだ」というような個別の情報を持っているわけです。整備後の水田について、「ここは昔は川があったところだから、こんなところの水田を持ったら浸透が多くなって大変じゃないか」など、個別の条件について様々な条件や歴史が関わるわけです。個別の条件について、関係者の全員を納得させて土地所有の交換をするのは本当に大変なことです。「換地」と言っていますが、海外でも圃場整備の有効性は指摘されますけれども、この所有権の交換がネックで進まないところがたくさんあるようです。ですから、冗談ではなかったと思うんですけども、換地の作業の関わる集落のリーダーの方は、高額の火災保険をかけたりにして命がけでやっているといいます。実際には圃場整備の具体的な工事が全部終わってから換地をするわけですが、後でもめたらもとは戻せませんから、事前換地といって、工事を始める前にこの土地の交換・登記の手続を基本的には仮に終えておくにします。それを終えて初めて整備の事業ができることになります。ですから、圃場整備は見た目にも相当なエネルギーが使われていることが分かりますが、ソフトの部分でも相当なエネルギーが求められる事業なのです。これがご承知のように日本中で進んできたわけですから、大変なことが起こってきたのだと理解してもらえらると思います。

圃場整備が行われると、土地の利用の効率が非常に高くなることがあります。ご承知のように、まとまった水田の中には畔や道路がありますけれども、うまく区画を整備していくと全体としてこの畔や道路を除いた作付けできる面積が増えることがあります。圃場整備をすることによって自分の耕作面積が増えることになるわけです。しかし、簡単に農地面積を増やすだけではなく、場合によっては農地部分の面積を前のままに維持して、それででてくる余裕を使ってカントリーエレベーターなどの共通で利用する施設の用地にしたり、公園をつくったり、学校の敷地に供出したりするわけです。例えば公共事業に用地を供出すれば、つまり売却すると、圃場整備の費用の一部を賄うことができるということもあります。さらには、逆に、例えば新幹線を通すために用地を圃場整備することによって生み出すというようなこともたくさん行われました。これは公共事業がトリガーとなる圃場整備です。そういうことをすると事業費の補助率を高くするというような補償も行われました。反対に、圃場整備によって耕作できる農地面積が減少することも時に起こります。こうした場合は、減った分はみんなで少しずつカバーしようということになります。「共同減歩」などといっています。説明が長くなりましたが、このような圃場整備が日本中で進んできたわけです。

この写真(図6)は、秋田県のある地区の圃場整備前後の航空写真です。この例からも想像できると思うのですが、整備によって生産における機械の効率が高くなることは容易に理解できると思います。このような整備事業が、国や都道府県の補助事業としてどんどん進められたわけです。図8は、5年毎の、農水省の土地改良事業における事業項目毎のシェアの変化を示したものですが、圃場整備事業のシェアが最大になるのは昭和50(1975)年から55(1980)年です。1970年代がピークになっているわけです。それより前の昭和20年代や30年代は、大きなダムをつくったり、水路をつくったりする灌漑排水事業や、農地開発事業がほとんどでした。それが落ち着いた後は、圃場整理とか農道整備が増えてい

って、最近はこれもまた少なくなっていって、農村の整備だとか、集落排水だとか、防災事業などの比率が大きくなっています。全体に、土地改良関係の整備の予算はこの頃がピークになり、最近では頭打ちで、この時期に圃場整備に相当投資がなされたのがお分かりと思います。図9は、後でご紹介しますが、滋賀県における圃場整備の進展の図として、圃場整備事業の実施面積で、折れ線が進捗率です。昭和50年代に、ちょうど私が大学を卒業したのはこの頃ですが、ものすごいスピードで圃場整備が進んでいました。滋賀県は、琵琶湖総合開発関連で圃場整備事業の進捗がスピード・アップしたところもあり、圃場整備の実施済み面積は現在80%ぐらいあり、日本全体の平均の60%に比べて滋賀県はとても圃場整備が進んでいるところといえます。

このように整備が進むと、圃場ではどのようなことが起こったかということですが、図10に示すように、圃場整備の国全体の進捗率で50数%に進むにつれて、稲作に要する10a当たりの労働時間が相当に減ったことが分かります。この理由としては、直接の区画形状の変更だけではなくて、機械が導入されるなどいろいろな要因があると思われませんが、これだけ減ってきたのだということがわかります。

(2) 圃場の水利用の変化

次に、圃場整備の進展やその他の状況の変化にともなって、農家の水利用がどのように変わったかという話をさせていただきます。図11は、極めて簡単にまとめた1枚の水田の水収支です。下側の図のように、水田への水のインプットとしては、圃場に直接落ちてくる降雨と、用水路から入ってくる灌漑水があって、アウトプットとしては、蒸発したり、稲を通して蒸散したりする分、地中へ浸透していく分、そして表流水として排水路へ落ちていく分があります。雨が降っても、圃場に溜まらないで出ていく分もありますし、何かのかげんでたくさん入ってしまった用水が、溢れて出ていくものもあるわけです。雨が降ってしばらくしてから多くなりすぎた圃場内の湛水を、意図的に排水する場合もあります。地下へ浸透した分は近くの排水路や河川に浸出して出てくる分もありますが、地下水流動に加わっていく分もあるわけです。これが水田の水収支です。

このような水収支の状況や水量どう変わっていったか、個々の水収支の構成要素がどんなふうに変ったかという話を簡単にしたいと思います。図中の数値は、日本の水田の大まかな平均の1日当りの水量で、上の図は夏の灌漑盛期の無降雨日の水収支を整理したものです。雨のない日を対象にしていますから雨量はゼロですけれども、大体1日20mmぐらい取水して、蒸発散が5~7mmで、残りは浸透しています。一部は表流水が出ます。もちろんこれは平均的な値ですから、あったりなかつたりするわけです。下の図は全灌漑期120日だとどのようになるかを整理したのですが、今日はこの話は省略することになります。

この水収支が圃場整備などでどのように変わっていったかということなんですが、圃場整備が進むと、農家の方は田んぼに自由に水を入れられる、あるいは排水できるようになります。その背景には、圃場整備が実施できる前提として、あるいは先行的に地域全体の用水や排水の条件が改良されるということがあります。また後で繰り返しますが、圃場整備だけによって自由に水が使えるようになるわけではなくて、1つの田んぼでは自由に水を入れたり排水したりできる基盤ができ上がったということになります。

そのときにどういう変化が起こったかという、簡単にいえば、昔はずっと湛水していた、あるいは湛水せざるを得なかったけれども、自由に農家の方が掛け引きできるようになると、当然自分の一番やりやすい水管理をするようになって、一番やりたい水利用をするようになったのです。具体的には、湛水しない時間が長くなってきたということです。

それでは、そもそも何故水田は湛水しているかということになるでしょう。図 12 はその主な理由を示しました。まず、理由の 1 つは用水供給の安定化です。稲を栽培している水田自体に水をいつでも貯めておけば、極めて安定した用水供給ができるわけです。次に、湛水することによって土壌中の窒素やリンなどの栄養塩のダイナミクスをコントロールすることができる場合があります。湛水することで土壌を還元状態に置くことによって窒素やリンの発現をコントロールすることができるのです。3 番目には、大量に水を入れることによって無機塩類を供給することができます。さらには、雑草が発生することを抑制したり、土壌伝染性の病害虫を発生させないようにすることができます。ここにはご専門の方がいっぱいいらっしゃると思いますけれども、こういうメリットが挙げられるわけです。それから、日本の場合だと水の比熱の大きいことを利用しての保温の効果があります。さらに、薬剤を散布するという今の時代の稲作については、場合によっては薬剤を湛水状態で散布することによって均一に撒けるといようなことがあるわけです。このような湛水のメリットがあって、そのメリットを活かそうと思えば農家の方は基本的にはずっと湛水するわけですが、もしそういうメリットがなければ、湛水しなくてもいい、あるいは湛水しないほうがいい、ということになるわけです。

今日は、図表をあまり用意していませんけれども、水稻の栽培技術が変わって、こうした湛水のメリットを活かさなくてもよくなってきました。そもそも湛水のメリットと話しましたが、よく考えれば水ではなくても担える機能が多いですよね。用水供給はともかくとして、湛水の役割とした多くの点は、他の方法でも実現できるわけです。保温だって 1 筆 1 筆にエアコンをつければいいわけです。そんなことは経済的に不可能ですけれども、このように水ではなくてもいいのです。作物・品種・肥料・農薬・機械など様々な栽培技術の変化が起これば水の役割に影響を与えます。例えば湛水が有機物の分解をコントロールするとありますが、大量に化学肥料を投入するという前提があれば、この湛水の機能はなくてもいいかもしれないのです。雑草の防除についても、除草剤を使えば湛水による防除は要らないかもしれない。とくに昭和 30 年代だと思えますけど、「稲作日本一」といって、どうやったら米がたくさんとれるかというような調査・研究が日本中で進んだときに、常に湛水するのではなくて、適当に土壌を乾かして根に酸素を供給して、過剰な窒素を流してしまうほうがいい、この方がたくさん獲れるという事例がたくさん出てきました。それから常に湛水することを前提とせずに、どの時期に湛水したら良いかというような研究も進んだわけです。こうした作物に対する認識やいろいろな栽培技術の展開に伴って、常時湛水しなくても良く、ではどうしたら良いかというような点から、農家の水管理が展開してきました。

もう 1 つは、いわゆる兼業農家が増加したので、栽培を省力化する、あるいは省力するための技術に対応した水管理に変えていくことも同時に並行して起こったわけです。このバックグラウンドとして圃場整備が進んだということと、さらにその前提として地域の灌漑排水システムの改良が進んだことは先にお話ししたとおりです。この関係は琵琶湖の例

で後でお話ししようと思いますけれども、一つ一つの農家がいつでも水を自分の田んぼから排水できるといっても、地域として常に水が溜まっているようなところがあったら、農家がいくら圃場から排水しようとしてもできないわけです。地域全体として比較的自由に地域の水がコントロールできるという前提で圃場整備ができるわけです。ですから、圃場整備事業が進む前提として通常は灌漑排水システムの全体の整備が進んでいったのです。例えばよく取り上げられるのは、新潟の信濃川下流の西蒲原です。あそこは「地図にない湖」とか言われたわけですが、信濃川に大河内分水というのができて、信濃川の水を新潟平野に入れないで直接日本海に流すようにしたら、新潟平野全体として排水が改善され少しずつ乾いていったわけです。平野全体が少し洪水被害を受けないようになってきたら個々の地域で排水改良をして、排水改良ができれば圃場整備ができるようになるのです。圃場整備ができると、後でお話ししますが、圃場ではたくさん水を自由に使えるようになり、用水が多く必要になるので、今度は用水の改良をまたしないといけないこととなります。圃場整備するときには用水量が増大することになると分かっていますから、多くの場合は事前に用水システムを改良したり、上流にダムをつくるなどの水資源の開発を進めてきたわけです。

このように考えると、水田の湛水は水田の前提として考えるのではなくて、地域の水の条件や稲作の栽培技術との関係で決まっているはずだということになります。だとすれば当然ですが、昔だって条件が揃えば水田は非湛水になっていたのではないかと思えることとなります。図 14～15 に載せた表は、字が小さく見難くて恐縮ですが、「戦後農業技術発達史」に記載されている稲作地域の栽培技術を整理して、時代ごとにどのような耕耘作業をしていたか、どのようにどんな肥料を使い、追肥をどうしたか、除草はどうしたか、収穫はどうしたか、土地改良は、などと調べたものです。図中で青い丸で囲んであるのは湛水管理をしていた地域・時代ですが、赤のそれは間断的に湛水していて、一時期は乾かしているということを示しています。よく見ると、例えば除草の技術が改良されたりとか、他の技術が開発されて湛水は必要でない、湛水が適当でないというようなときには、昭和の初めからでも非湛水の技術が展開していたことが分かります。

先ほどは抽象的にしか言わなかったんですが、圃場整備が進んだ理由の一つに圃場に機械を入れることがありました。収穫の機械を田んぼに入れようとする、とくにコンバインのような重い収穫機械を入れようとする、かなりの地耐力を維持しないといけないわけで、収穫のかなり前から土壌を乾かし始めておかないと収穫の機械は入れられないこととなります。それが理由で、生育後期の湛水期間が短くなった、あるいは中干しをきつくするようになったといわれています。この中干しというのはイネが栄養成長から生殖成長に変わる時期に、穂が実るのに結びつかない分蘖、つまり無効分蘖が起らないようにするということと、その時期に十分な酸素を根に供給すると収量の増加に大きく貢献することから、その意義が、先程言いました米作日本一運動の頃にアピールされて、それが日本中に広まっていったわけです。

こうした変化の結果として、水田では結局どんな水管理が行われるようになったかというのを示すのが図 16 の典型的水管理です。この図は少し古いのですが、私自身が 1980 年代に、滋賀県の 20 枚ぐらいの田んぼの出入りを観測機械をつけて灌漑期中 15 分単位で水収支を測った中の、典型的な例です。だいぶ古くなりましたが、今でもあまり変わってな

いはずです。この図は、代掻き後から収穫までの、降雨量、灌漑水量、地表排水として排水路へ直接落ちていく落水量、そして落水口という排水路に水を流す口があって、その流れ出す高さを農家が板でコントロールするのですが、それが平均的な田面からどのぐらいの高さにあるかを毎日測ったものが示してあります。さらに、田んぼの中の湛水の深さを測定し、平均的な田面からの高さに直して示したものです。圃場整備したときには土壌面はもちろん平らにはなりません。国の事業では、圃場整備が終わって農家に渡すときの基準がプラス・マイナス 10cm 以内の凹凸だと思えます。そのぐらいのでこぼこがあるまま農家の方にお渡ししているわけですが、農家の方が代掻きなどで幾ら平らにしようとしてもまだかなりの高低があります。踏み後の窪みもできますしね。そのでこぼこの土壌表面に平均的な高さの均平な田面を仮定して、その平均の田面の上に何 cm くらい湛水しているかを整理したものです。生育前期ははっきりとわかりますが、ずーっと湛水されています。イネが成長するに従ってだんだん水深が大きくなって行って、雨があると多少ガタガタしていますけれども、大体一定の湛水深が維持されています。蒸発散や浸透によって減っていく湛水の内、雨によって賄えない分を取水している。その後、中干しの時は落水口を完全に落として排水態勢に入っていて、ほとんど湛水がなされていません。ちょこちょこ雨がありますから適当に湿ってはいます。さらにその後、花が開いて穂が出てくる時期はイネが水をたくさん必要とするので、たくさん水を入れるのですが、湛水させるのではなくて、何日かに一度土壌がほぼ飽和に近いような状態になるように水を入れていきます。一回乾いたところに水を入れますので結構たくさん水を入れなければいけなくて、成育前半が毎日のようにちょぼちょぼ入れているのに比べて、後半になると何日かおきにドバツと入れるのです。ですから後半は湛水が余りみられないのです。重い収穫機械を入れることも、この水のかけ方に影響を与えています。

灌漑期を通して詳細に水収支を観測する計器をつけた圃場の数は限られていますけれども、愛知川の上流の外（との）地区では、60 筆ぐらいを毎日歩きまわって、どのぐらい湛水しているかを観測しました。それを整理したのが図 17 です。5 月から 9 月まで、図の白いところは完全に水がある田んぼで、黒いところは全く湛水が見えない田んぼです。5 月から 6 月ぐらいまではほとんどの水田に湛水がありますが、中干しのときにはほとんど水がなくなって、その後の成育後期は大体半分ぐらいの水田で湛水がないのです。先ほど説明したのが典型だということが確認されます。こうした水管理の変化が、物質循環や生物の生育状況に随分大きな影響を与えたというのは容易に想像できますね。昔はもっとずっと湛水があったのですから。

図 18 は、琵琶湖に設けられたポンプで灌漑している新海地区において、ポンプの運転状況を毎日の運転時間で整理したものです。谷内さんが担当するプロジェクトで詳細に調査されている地域にある地区ですけれども、生育の前半は雨に応じて 2 台のポンプを時間を変えながら運転しています。雨が当たったら時間を減らしますけれども、6 月になると余り水を入れなくなって、6 月末になると完全にポンプをストップしています。1 カ月近くストップします。7 月後半以降は、先ほど言ったように 2 台のポンプをかなりの時間運転していますが、日を決めて間断的に運転しています。このような形の水管理が定着してきています。

ここまでの話は、図 19 にまとめたように、個別的水管理が展開して水の掛け引きが自由

になされるようになったということと、とくに強調したいのは、強めの中干しが行われ成育後期が湛水されなくなったということです。それから、今日は詳しくお話ししませんが、兼業農家が増えたりして水管理労力が節減されるようになったので、細かな掛け引きのある水管理が展開する一方で、たくさんの水を田んぼに入れて、むだな水が排水路に直ちに落ちるといったようなことが増えました。地表排水量が増大している傾向にあるということになります。代掻き期間や田植えの期間が農家の兼業化などの事情から短くなったり時期が変わったりすることもあります。機械で植えられるように田んぼをつくり、いい田植え機械ができて、昔なら苗代にあったような小さい苗を植えるようになったことから、本田での栽培期間、つまり灌漑期間が長くなることも起こりました。

以上が圃場の水管理で起こってきたことです。

2. 灌漑排水システム整備と灌漑地区の水利用の変化

(1) 湖東の灌漑排水システム

後半の灌漑排水システムレベルの話は少し急いでお話ししようと思います。圃場レベルでの変化と対応して、灌漑地区全体としてはどういうことが起こったかということ、あるいは地域としての整備が進んだからお話しした圃場の水管理が可能になったという、その両方の視点から地域としてどのような水利用となってきたかをお話ししたいと思います。

図 21 は滋賀県の資料ですが、ご承知のように滋賀県の面積の約 20% が琵琶湖・河川で、約半分は森林で、農地は琵琶湖とほぼ同じぐらいの面積があるわけです。農地のほとんどは水田です。ですから、琵琶湖の周りの図の黄緑色のところの水田で、琵琶湖と同じぐらいの面積が春先にほぼ同時一斉に湛水されて、およそ 6 ヶ月も水がたまっているわけです。これが何百年も続いているわけですから、これがいろいろな地域の環境や生態系に与える影響、かわりが大きいということは容易に想像がつくと思います。

この水田の中心は、図 22 に示した湖東平野です。今日は、湖東平野に限ってお話ししていきますが、ご承知のように湖東では野洲川、日野川、愛知川、宇曾川などが流れています。近つ淡海である琵琶湖に向かって比較的短い河川が並んで流れ込んでいって、その周りに水田が広がっているのが、湖東平野の農業地域、水田の特徴なわけです。

図 23 は、植村先生・横山先生が書かれた湖東の地質図に書き足ささせていただいた図です。細かくて少し見にくいのですが、湖東では、基本的な地形形成のパターンに従って、各河川で扇状地が広がり、湖岸には三角州が広がっていて、その間には自然堤防帯が広がっています。こういうのが基本的なパターンになっていて、そこに水田が広がっているわけです。等高線が入っていませんが、扇状地の末端で、標高では琵琶湖面から 10 メートル程高い海拔 95 メートルぐらいのラインに沿って、国道 8 号線とか東海道新幹線が走っています。湖岸の低地から扇状地に移行する傾斜の変換線あたりに 8 号線が走っています。ここら辺は地下水が湧いてくるところで、今でも多くの工場が立地していますし、昔から人が集まりやすいところであったと私は思っています。今日の話からは外れますが、ここはかなり湿っていて人はなかなか近づけない琵琶湖の低湿地と傾斜のある陸地の境目みたいなところで、様々なアクティビティーの中心だったと思われれます。

水田の用水もこの地形構造に従って使われていたわけですが（図 24）、上流の勾配のある河川の周辺の平野では、河川から取水して農地に重力で灌漑するシステムがありま

した。一方、湖岸には、従来はクリーク地帯で、琵琶湖と直接つながった水路網の周辺に農地があったわけです。あるいはこういう水路を掘ることによって相対的に高くなったところに農地があったのです。豪雨期などで湖の水位が高くなれば水につかってしまう水田があったわけです。この間の地域はどうであったかという、扇状地も同じように傾斜がありますから河川から取った水を重力で送っていたわけですが、扇状地の末端では地下水がよく湧いてくるので、地下水に依存した地下水灌漑地帯になっていました。水田は、湧水や地下水、あるいは河川の伏流水に依存していたのです。それが最近、簡単に言うと、こういうところは単に河川水を受けるだけではなくて、上流にダムをつくってダムからの補給も受ける灌漑地帯になっています。それから扇状地帯には規模の小さな取水・送配水施設がたくさんあったのですが、まとまって大きな灌漑施設システムになりました。湖岸の低いところの水田は、ほぼ全て琵琶湖に設けたポンプで琵琶湖の水を取水するいわゆる逆水灌漑となり、パイプラインで水が配られるようになりました。自然堤防帯の水田はどうだったかという、システムがややこしくてごちゃごちゃとしていて、水質は良いのですが、取水にはエネルギーも要るし、水量は安定していませんでした。そこで、結論だけ言うと、この地域は圧縮してしまいました。上流に灌漑用のダムをつくって河川灌漑地域を下流側へ拡大して行って、一方下流側からは、大きなポンプをつけて琵琶湖からの揚水による水田が拡大されました。このことで、自然堤防帯の地下水に一定程度依存する灌漑システムが圧縮されていったというのが、湖東平野の水利用のシステムの基本的な変化です。

琵琶湖の水をポンプで揚水して灌漑するいわゆる「逆水灌漑」にもいろいろのタイプがあります。図 25 は逆水パイプラインの構造の変化の概要を示したもので、点線で示した水路は水面の見えるオープン水路、黒く塗ってある水路は管水路です。最初は昔のクリークなどの水路に琵琶湖の水をポンプで揚げて配るものでした。昭和 20 (1945) 年頃の逆水パイプラインというのは、琵琶湖から開水路で水を引いて行ってから、ポンプであげて山側の水路に落とすタイプです。水は琵琶湖から山側に流れるわけで、普通の川とは逆の方向に流れることになります。それで逆水灌漑と言いだしたという説明があります。真偽は確かめていませんが。

その後、だんだんポンプやパイプの技術が発達して行って、揚水して送水する高さも距離も長くなって、昭和 30 年代になるとかなり高く、また遠くまで幹線のパイプで送るようになってくるわけです。昭和 40 年代になると、琵琶湖に近い低い所は水道のようにパイプで配りますが、標高の高い勾配のあるところは、高いところでパイプの水を吐き出して配水路で配るようになります。谷内さんたちが調査されている愛西のパイプラインのシステムもこういうスタイルでした。さらにポンプとパイプの技術が発達すると、全域がパイプで連結した大きなパイプラインシステムになっていきました。

このような河川灌漑と逆水灌漑の拡大は、野洲川流域でも愛知川流域でも起こりました。図 26 は野洲川流域の農業水利システムの概要です。野洲川には上流の河川沿いの灌漑地区に頭首工があって、扇状地にもたくさんの取水堰がありました。上流に野洲川ダムをつくって水源を安定化させると同時に、中流にたくさんあった取水堰を大きな頭首工にまとめて大規模な灌漑システムにしました。一方、琵琶湖の周りは全部琵琶湖からの揚水に依存することになって、先ほどいったように地下水灌漑地帯は圧縮されてしまいました。しか

し、左岸側の守山市内に今でも地下水灌漑地区が残っています。法竜川の上流ですが、今でも地下水がたっぷりと湧いていて、湧水公園もあるところです。農地が少なくなっていることもあって残っているわけです。

図 27 は野洲川の下流地帯における灌漑システムの変遷を整理したものです。1950 年代は、河川灌漑と琵琶湖の逆水灌漑との間の扇状地一帯に地下水灌漑地帯が広がっていたことが分かります。その後、野洲川ダムができて河川灌漑が広がって、扇状地はほぼ全域が河川灌漑になりました。さらにその後、琵琶湖総合開発事業と関連して琵琶湖の逆水灌漑の整備が進んで、今度は下から逆水灌漑施設が拡大しました。そして 1980 年頃になると、複雑に組み入っていた地下水灌漑地域は、河川灌漑と琵琶湖逆水灌漑地域に塗り替えられてしまっています。先ほど言ったように左岸側には少し残っています。ところが、右岸側の逆水灌漑地区の琵琶湖から一番遠いあたりで、琵琶湖からの送水が十分ではなく、上流からの河川からの送水も末端で足りないからといって、結局ポンプで地下水をくみあげて補給しているところがあります。地下水灌漑の復活で、「地下水灌漑の逆襲」と私は呼んでいます。

愛知川流域でもほぼ同じように、河川灌漑と逆水灌漑の拡大を見ることができます（図 28）。ここでは説明は省略しますが、愛知川の扇状地部分や宇曾川にも昔は小さな堰がたくさんあって（図 29）、小さな溜池や集水池もたくさんあったわけですが、永源寺ダムを建設して、ダムや大きな頭首工などから河川水の供給を受ける河川灌漑地帯になっていったわけです。ところが、施設の運用を始めてみるとやはり河川水だけでは十分ではなく、既存の溜池とか地下水の取水施設を国営事業の中で復活させて、また使っています。それでも水はまだ足りないという状況ですが、この話は今日は省略します。河川と逆水の「2色」に塗ろうと思ったのが塗り切れなかったということです。

図 30 は愛知川の下流の逆水灌漑の整備状況です。この地区では、最近さらに大きな灌漑システムができあがっていますが、当初は時期をずらして灌漑施設が整備されてきました。

先ほど言いましたように、琵琶湖総合開発事業の中で、琵琶湖周辺の農業用水システムをどのように整備していくかを描いた当時の計画が図 31 です。湖岸部は全て琵琶湖がかりの逆水灌漑にする計画です。日野川流域では、ご承知のように琵琶湖の水を何段ものポンプで標高の高い地域まで揚水するので、「究極の逆水灌漑」と私は呼んでいます。

図 32 は最近の滋賀県の農地の用水源を示した図です。地下水・湧水掛かりの農地はほとんどない状況です。メインは琵琶湖掛かりや河川掛かりでも、補助水源としての地下水利用は実際にはかなり残っているわけです。

図 33 は、先ほども触れましたが滋賀県の圃場整備の進展を示していて、かなり進んでいることがわかります。地域の用排水の整備を前提として圃場整備が進んだわけです。琵琶湖の周辺の地域の場合であっても、いつでも安定して用水が確保できる状況になって始めて圃場の用水の整備ができるのです。

(2) 逆水パイプライン

最近の逆水パイプラインにもいくつかのパターンがあります。当初は既存の開水路、つまり普通の水面の見える水路に水を送るのが中心だったのですけれども、技術が発達して、

閉塞式のパイプラインができるようになりました(図 34)。これの典型的な例が野洲川の下流です。もう 1 つは「提灯ぶら下がり型」システムといいますけれども、能登川地区がこのシステムをとっています。「地域用水対応型」というものもあります。

野洲川地区(図 35)は、野洲川の下流にある滋賀県でも最大級の大きい逆水地区で、灌漑面積は約 2,200ha です。この灌漑地区は、昔は河川灌漑や地下水灌漑、そしてクリーク地帯だったのですが、それを 1 つの灌漑水路で、それも全域パイプラインで結びつけました。簡単に言うと、基本的には、1 つのポンプから用水供給を受けるパイプにどの水田も面している。家庭の水道と同じようなシステムがこの地域の水田に対してできたと思っています。各水田では、パイプに付いたバルブを開ければ琵琶湖の水が出てくるのです。そうすると、今まで全く水の送配水において関係のなかった人が、パイプラインで結びつけられることになります。

ポンプは琵琶湖岸の地区の一番低いところにあります。水は下から上へと圧力をかけて送っていくことになるのです。水道のパイプと違って水田用水のパイプは中の水の圧力がそれほど高くはありません。代掻きのときには圃場でたくさんの水が必要で、圧力を高くしてたくさんの水を送ることになります。その時に、例えば誰かがパイプをどこかでプツンと切ってしまったら、水道の場合なら水がピューっと噴き上げますよね。水道では 10m ぐらいの圧力がかかっていると思うのですが、水田は高々 2~3m 程しかありませんので、その程度しか水は噴き出しません。ですから、パイプに穴が開くとか、どこかで必要以上にバルブを開けて水を出して圧力を下げるなど、水理学的な変化があると、すぐに影響が広がってどこか圧力が不足して、水が出なくなるところができるわけです。庭にホースで水まきしているときを想像してもらったら分かりやすいかもしれません。低いところで穴を開けたら、圧力に小さい上のほうでは水が出なくなりますけれど、ホースの先をギュウッとやって圧力を高くすれば少し出やすくなりますね。それと同じように、標高の低い下の水田でたくさん水を使ってしまうと高い水田ではすぐ出なくなります。野洲川地区ではそういうことが起こってしまい、高いところの水田は低いところの水の使い方にとっても影響されるようになったわけです。ところが、昔は高い方が上流側だったんですが、今度はパイプラインで水が琵琶湖の方から流れて来ますから、上下流が逆転することが起こったわけです。もちろん施設としては、そのようなことは起こらない前提で、つまり農家の方は昔と同じように丁寧にいつも定常的に水を使い、ポンプも 24 時間運転して水の流れも定常になっているという前提で設計されています。しかし実際には、昼間しか農家は水を使わないのがほとんどで、会社や工場への出勤前に取水バルブを開けて、昼間はそのまま開いたままにすることが多くなりました。夜はバルブは閉めるという前提だったのですが、実は夜はポンプを停止することになったわけです。ポンプを止めるのだったら自分の水田の給水バルブを閉めなくても水は止まりますよね。そうして、多くの人がバルブを閉めなくなってしまったのです。そうすると、パイプにも地形と同様に勾配がありますから、夜のうちに低いところの開いているバルブから水が落ちてしまうことになります。そして、翌日のポンプの運転時になると、空のパイプに圧力をかけて水を送っていくと、空のところには高圧の水を押していくことになりますから、中の空気を圧縮して送って行くことになります。エアハンマーと言いますがけれども、管内の圧力が一部でとても高くなって、弱いところではパイプが割れたりするわけです。野洲川地区ではそういうことが頻繁に起こり

ました。たまたまそれは事業が進行中だったので、事業の中で施設を改良するなどハードで対応していきました。そうしたとき施設の運用操作を調整する組織が、昔は小さい組織が独立していたのに、大規模なパイプラインに対応して管理組織非常に大きい管理組織ができたわけです。しかし、新たな組織が調整を行うことは非常に大変でした。この組織の構造と機能の話は非常におもしろいのですが、時間がないので残念ながら今日は省略します。

野洲川地区では、実際にはどのように対応したかということ、幹線のパイプの要所にバルブを設けていって、それにタイマーをつけて、定めた時間が来ると開くようにしました。朝、水を送るときには開いていって、夜閉まるときに上から閉まっていくのですが、雨が降って急にポンプを止めないといけないというような事態が生じるので全部は対応できません。それで、リモートコントロールで開閉できるようにしました。最初のうちは、あるところでは十分な水が出るのに、あるところでは全く水が出ないというようなことがあって、安定した配水の実現は大変でした。しかし、何年か経つと落ち着いて、非常に効率的な送配水ができるようになりました。学習というか、経験に基づいた調整がなされていったのです。

1つ興味深いことは、低位部はクリーク地帯で、もともと水はたくさんあったわけです。ここで農家が新たなパイプラインに期待したのは管理が楽になることでした。昔は田んぼに船で行って、水を汲んでかけるのは大変でしたから、パイプラインができたならバルブで楽に水がかけられると期待したわけです。高位部は、逆に水源が小さく安定しないことに苦労していたのです。したがって、新たなパイプラインには安定した水量を期待していたのです。水が欲しかったところに水が行かなくて、楽になることを願っていたところで楽にできるようになってしまったことが、用水管理と水の過不足の状況やそれに対する反応を複雑にしたと思います。

野洲川地区での経験は、他の地区の整備に活かされて行きました。野洲川地区では、水道の給水管システムのように、給水栓を開けても隣や周辺に余り影響を与えないようにネットワーク構造にして、様々な方向から水が回ってくるように設計されたわけですが、実際にはそう簡単にはいかなかったのです。それで、その後能登川地区では、全域を一つにくっつけるのはやめて、集落毎に1つ出口をつくって、独立した幹線から各集落に水を渡すような構造にしました。図 35 の右側です。集落毎に配水した後は、各集落で自らコントロールするというように管理のユニットを変えたわけです。これが「提灯ぶら下がり型」です。これは、それなりにうまくいったんですが、今度は少し大きな範囲で、例えばある集落によって配水の過不足に差が出てきたり、集落の中で出やすいところと出にくいところがはっきりしたりして、違う形の問題が出ました。このように地区によって逆水灌漑でもシステムの構成や問題の現れ方は異なるのです。

いずれにしても、野洲川地区でも、能登川地区でも、それまで集落の中を流れていた農業用水は地下のパイプの中を流れるようになって、全く見えなくなってしまうわけです。それでは水路や用水の果たしていた役割を失ってしまうので、ここでは「地域用水対応型」などと名付けましたが、甲良町などの灌漑地区では、集落に用水を配るときに一旦地表の水路に流してから、開水路で配ったり、分水地点に親水公園をつくったりしています。逆水パイプラインもそれなりにいろいろと歴史と経験があるのです。

図 36 は、野洲川下流地区の毎日の用水取水量と雨量とを 12 年分整理したものですけれども、こうした大きな地域でも中干しの時期の取水量は少なく、成育後期には多量の水が送水される傾向があります。経年的にどのような変化があったかを整理したのですが、図 37 のように、システム運用当初は先ほど言ったようにいろいろな問題があったので、多くの水が必要となっていたようですが、送配水をコントロールできるシステムを導入したら取水量はぐっと減りました。その後は、また少し増えたりしましたが、今では非常に安定しています。総取水量は、雨を入れても一日 10mm ぐらいですから他に比べて非常に少ないといえます。非常に効率的に用水を使っていると言ってもいいと思います。ところが、この図 37 は年平均の取水量を示していますが、取水施設、つまりポンプはこの平均取水量の 3 倍ほど取水できる能力があります。琵琶湖の水位が下がって、田んぼの必要水量が増えた場合など様々な条件を想定して計画設計されているのですが、この意味で施設を上手に使っていて、施設能力ギリギリではなく、余裕はあるのですが、能力の一部を使っているだけです。これはポンプでの揚水に電力料がかかるからでもあります。そういうところで水利用側にも節水のインセンティブが働いているのです。

野洲川下流地区で、配水ブロック単位で配分の過不足がどうなっているかを経年的に追いかけたものが図 38 です。1 となると過不足のない標準状態なのですが、運用当初はポンプに近くて低いところで相対的に多量の水を取っていて、ポンプから遠く高いところは少なかったことが分かります。そして、お話しした様々な経験と技術開発で、過不足は小さくなってきたということが分かると思います。

まとめますと、図 39 に箇条書きにしたように、地区全体としては、ダム開発によって河川水利用が拡大して徹底的に使うようになったり、また琵琶湖水の利用地域が拡大して、地下水・湧水の利用は圧縮されてきたということです。琵琶湖から水を送る逆水灌漑では、技術の発達とともに高度で大規模なシステムができましたが、実際にはパイプラインの末端などで水が出ないところできてしまいました。仕方ないから地下水を揚水してパイプに注入することにした地区もあります。こういうことも起こっているわけです。

灌漑施設が整備され、ハードは大きく変えられましたから、ソフトあるいは管理組織も大きく変わってきました。水循環は大きく変わって、水の動く経路も量も速度も変わって、大量の水を琵琶湖から揚げていて、また琵琶湖へ直接落ちている排水の量も相当増えています。地下水利用も変化しています。全体として見れば、常に定常的に流れていた地域の用水が、時間的にも空間的にも大きな変動や差異が生じるようになりました。

ですが、この非定常になった水の流れは、よく分かっていないと思います。どうしてかと考えると、こういうことを考える人がいなかったからですが、我々のような土木屋は、これまでは様々な水利用を考えるのは水利施設の計画や設計をするためであったのです。良い合理的な施設ができればよかったわけです。簡単に言えば、その後どう使われようが、それは計画者には管理調整できないのです。施設の耐用年数の 100 年間くらいは使えて、細かな変動は取り込みながら、その施設をどうしていったらいいかということを考えるために、地域の水利用や田んぼの水利用が考えられてきたわけです。ですが、いうまでも無くもうそういう時代ではなくなったので、これをきちんと整理・評価しないとイケないということになってきていて、私もそういうことに取り組もうかと最近考えています。様々な研究分野の方、とくに生態系分野の先生方、とくに最近お話を聞く機会が多い永田先生

などが開発されておられるような様々なツールを使って一緒に勉強させていただいたら、もっとよくわかるだろうなと思っています。

圃場における水管理が相当変わったことと(図 40)、灌漑地区の水管理も大きく変わりました(図 41)から、当然それが地域の水環境、水文学的な環境だけではなくて、生物生息条件にも随分影響を及ぼしていることははっきりしています。この話は、この後で遊磨先生がたぶんフォローしていただけたと思います。

以上、近年の水田の圃場と灌漑地区における水利用の変化を、琵琶湖の周辺の水田地帯を例にお話しさせていただきました。長く話し過ぎてしまいました。以上です。ご清聴ありがとうございました。

質疑応答

近藤倫生（龍谷大学） 灌漑用水の構造ですね。ネットワークの構造と、それぞれの場所での用水の過不足の発生、つまり安定性みたいなものですが、その間に関係があるという話はすごく興味を持ちました。それは生態学では食物網のネットワークがどうだったろうとか、あるいは工学だったら電線のネットワークがどうだったらより安定になるとか不安定になるという議論をしますよね。その連想で考えたことなんですけども、きょうのお話はトップダウン式にネットワークを誰かがつくって、みんなが困らないような構造をどうやってつくろうという話だと思うんですけども、同時に、ボトムアップ式にそれぞれの農家がネットワークの構造を決めていくみたいな仕組みもあり得ると思うんです。そういう2つの見方というのは実際に灌漑をやるときにあるのかどうか。あるとしたらそれはどういう問題があったか、あるいは昔のやり方はひょっとしたらボトムアップ的なやり方というふうにとらえることができるのかということに興味があります。

渡邊 今のご質問は非常に幅の広いご質問だと思うのですが、幾つか断片的にお話ししてみたいと思います。

1つは、きょうお話ししたネットワークについていうと、ハードの部分はほぼ完全にトップダウンで形成されています。お話ししたような灌漑事業はご承知のように農家の申請事業ですから、農家の人がこういうことをしたいと言って手を挙げたら、それに対して国などが審査して補助金を出す形で建設されます。形式的には最初に農家の方が希望されてスタートしますが、実際は府県等の灌漑エンジニアがプランを書いて、これではどうですかと提案して進められているわけです。ですから、そういう意味ではトップダウン型だといってよいと思います。一方、実際の運用の中では、ハードはトップダウンで作られたとしても、使い方についてはボトムアップ的に形成される場所ももちろんあります。水利用の末端の集落レベルのところは、従来から形成されていた水利システムに依存していますから、そのレベルのソフトの部分はほとんど変わっていないのです。そういう意味では末端の農家や集落が土地改良区などを通して「上」の地域全体の水利用に対して意見を言えるようなシステムにはなっていると思いますが、それが全体の水利用を具体的に決定するような形で機能しているとは思えません。そうはなっていないと思います。

日本の灌漑システムについての少し一般的な状況を言うと、最近では世界的にも重要視さ

れていますが、灌漑事業は、いろいろなスケールがありますが、施設の計画や建設の段階から農民参加型でシステムをつくっていかないと機能しないと理解されています。PIM(Participatory Irrigation Management)参加型灌漑管理と言われているのですが、施設をつくることから農家が参加しないといけないということになっています。日本でもそういう考え方はもちろん当てはまると思います。日本は、ある意味で歴史的に建設され使われてきた農業水利施設に基づいた土地改良制度となっていて、そのPIMの良い例と理解されているのですが、日本の多くの水田灌漑施設は、近世の新田開発時代に大名などが水田造成をするのに農家を巻き込んで建設していった、つまり農民の参加パーティシペイトではなくて農民をインボルブしていくようなスタイルで造っていったところも多いと思うのです。そういうところは最初はトップダウンだったかもしれないですね。ですが実際の運用上はかなりボトムアップ的にやってきたところもあるのではないかと思います。

それで、ご質問で最初に触れられたパイプから水が良く出る・出ないの問題は、パイプラインの場合はある意味で簡単です。水理学的に標高と管の径や長さで決まる水圧の分布で決まりますから非常にわかりやすいのです。本来は、水理学的にははっきりと予想できたことなのに問題となったということと、前提として24時間ほぼ一定の水がパイプの中を流れているということだったのに、実際には農家の人は昼しか使わなかった。計画設計の理念と現実とが違っているところで、今みたいな問題が出てきているということだと思います。

石井励一郎（総合地球環境学研究所） どうもありがとうございました。質問は、ある時点でそういうハードとしての設計をするというお話があって、そのときには何を目的としてつくるかというところであって、基本的には用水の需要に対してこたえていくという、もちろん当事者が企画してやっていくわけだと思いますが、それが価値観、新しい要素、気にしなければいけないことが変わってきたというときに、ハードの面で対応できる範囲とその後の運用ですね。使う人に任されていたとおっしゃっていましたが、その範囲でどこまで対応できるのか。つまり、後で遊磨さんのお話に関連するのだと思うんですが、例えば琵琶湖に対する影響だとか、水を取るだとか捨てるだとかが琵琶湖にどういう影響を与えるかとか、身近な生物にどういう影響を与えるかとか、そういうことが例えば気になり出した、影響があるのではないかなということが言われ出したときに、ハードでどういうふうに対応し得るのか、ソフトでどれぐらい対応し得るのかということが気になると思うんです。灌漑設備を設計する立場だったり、あるいはそれを使う農家の人たちというのはその辺についてどうお考えになっているのか。つまり今後将来の可能性はどちらにあるのかということをお聞きしたいと思います。

渡邊 これは後のディスカッションの課題かもしれませんが、今日私が説明した琵琶湖周辺で進められた灌漑施設の整備は、簡単に言ったら収量や生産性の増大、地域全体としての農業収益の最大化を目的として行われました。しかし現在の状況は随分変わっています。食料・農業・農村基本法などでも、明確に環境保全を目的として挙げていますよね。ですから、事業や水利用の影響が関心や問題となった段間となって、おっしゃるように、できる範囲で何をすべきかということはもちろん検討することになっています。

それで、灌漑施設の整備や利用の影響の評価や対策は、基本的には普通の土木工事と同じことですよ。事前にアセスメントして、こういうことをしたらどうなるか、ハードで対応できることはどこでソフトで対応できることは何か、そういうことを検討していきます。実際の水利用の場では、農家や管理技術者の方は、環境に関わる情報があったらものすごく気にされていますね。農家の方などは、たぶん遊磨先生もお話しされると思いますけれども、例えばこの水路にこの時期に水がちょっとあったらこんな生物が守れるということを知ったら、それをどうやって実現しようかと考えられていますね。これは土地改良区の技術者でもそうです。実は冬の水路の水がホタルの生息に大事だったのかとか、そういった知識や情報によって、今ある施設をどのように運用していくのが良いのかというソフトでの対応をとるようになるのです。それから、次のハードの整備の時には、土木工事のアセスメントの問題ですけれども、施設の設計に配慮をすることになります。例えば段差の少ない水路をつくって魚の遡上に影響が無いようにするとか、水路の形状の選択をする、つまりコンクリート張りやパイプにせざるを得ない部分と、土水路のままにしたり水面の見えるものにするなどの選択をするようになっているわけです。

灌漑施設整備についてのポイントとなるのは、基本的にすべての施設の建設に農家の負担があることです。農家が施設整備のお金を払うわけです。つまり環境を配慮して費用が増大した分についても農家の負担があるわけです。農家には本来の事業費の負担も厳しいことから、環境保全のための負担の増加は了解してもらえないだろうと思われることが多いのですが、実はうまく説明するとそこはちゃんと理解してくれたり、現実的には農家ではなくてその部分は農家直接ではなくて市町村が払ったりして対応ができると思うんですが、そのような仕組みが働いているのは確かです。

環境への影響とその対策については、簡単に言ったら、分かっていないことだらけですね。ですが、「こうやったらどうなるか」というのを関係者がみんなで懸命に考えているのは確かです。これは施設の計画・設計に携わる国や県、土地改良区などの技術者も、水を使うユーザーとしての農家みんなです。それは確かだと思います。

野崎健太郎（相山女学園大学） 個別の質問ですけれども、逆水のところと河川のところがあって、中間部はかつては地下水を使っていたところがありますね。また今、水が足りなくて地下水が復活しているということを言われましたけれども、下流のほうはポンプの問題で来ないというのはよくわかったんですけれども、上流側、ダムから来る場合、水が境界部で減るといえるのは何を示しているのかなと思っていてですね。水が足りないと言うけれども、見てみると水利用率の効率は上がっていて、どちらかと言うと利用率は減っているわけですね。そうすると当初の問題で言えば、水の流量は過去のを参考にしてやれば、上流部のほうもダムからの供給量はそれにつけ足されれば減ることはないと思うんですけれども、それが足りなくなるということは、どこか上の部分で水を多く使っているとか、そういうことはないんですか。

渡邊 個別のケースによっていろいろだと思います。おっしゃるように、上流で取りすぎることによって下流側で不足が生じている場合もあります。それから、パイプラインからの水が出にくいところというのは、本当に極めて限られたところにスポット的に起こった

りするのですよ。ですから、地域全体の広い範囲では用水の供給量は増えているけれども、実はアンバランスが大きくなっているという問題もあるのです。それから、用水が「足りない」というのも絶対量として不足している場合もありますけれども、皆が同じように用水の供給が増える場合と、人によってその増加の程度が異なると、それが小さい人が不満を持って不足を訴えるという場合もあります。この実態の詳細は、今日の話の中ではご説明できていませんし、きちんと実証できるデータを持っているわけではないのですが、そのようなことが起こっているのだと思います。野洲川の下流では実は農地も減っているのです。ですから、野洲川の扇状地の末端の河川灌漑地区で用水供給量が足りないということほとんどないと思います。

野崎 そうしますと、例えば流域全体であっても水の利用効率が高くなっていて、圃場整備によって水の使用量が減っていると言ってもいいわけですか。圃場整備によって総合的な流域全体の水の使用量というのはどう変化しているのかなと。

渡邊 基本的には地域全体としての利用量は増えていると思います。それは水が使いやすくなっているからです。先ほど言いましたように、圃場整備する前であれば上の田んぼの排水は下の田んぼで使われていたのが、今ではそれが各圃場から直接排水路へ流れ落ち、それが全部まっすぐ琵琶湖へ行ってしまっているとすれば、使用量は増えていると思います、簡単に言えば、利用量が増えてもいいようにしたということでしょう。

野崎 わかりました。ありがとうございました。