

黄河地下水プロジェクトの概要

石井 武 政¹⁾

1. はじめに

地下水は文字どおり地下にある水ですから、地上にいる私たちはその姿をなかなか簡単には見ることができません。しかし、地面に井戸を掘って地下水の様子を調べたり、水試料を採取して分析したりすることで地下水の実態に迫ることはできます。これまでの多くの人たちによる地下水に関する調査研究、あるいは私たちの経験そのものから、地下水は一般にゆっくり動いて(流動して)いること、川や海の水また大気中の水分とつながりのある存在であることが分かっています。

地下水が流動しているということは、地下水にはその入口(涵養域)と出口(流出域)があり、入口と出口の辺りで他の水とつながって(交流して)いることを意味しています。地球の地下水を含む水全体の流動や交流の様を「水循環」と言い、地下水はこの水循環の一部を構成しているのです。このような水循環の一部を成す地下水の現在の状態を知り、過去の姿を遡って再現し、そしてその将来を予測することが、科学的知見を増すという観点からばかりではなく、地下水を資源として利用し、同時に環境を守るという立場からも大いに期待されているところです。本稿では、石井(2006)の記述の一部を抜き書きして、中国の黄河一帯の広大な地域を対象に実施してきた地下水に関するプロジェクトの概要を、流域の簡単な紹介を交えながら述べます。

2. 中国四千年の歴史

黄河流域では先史時代に世界四大文明の一つ黄河文明が興っています(注:最近では黄河文明とは別系統の長江文明も知られています)。他の三つ、す

なわちエジプト文明、メソポタミア文明、インダス文明もすべて大河の畔で生まれています。大きな河の流れは、当時の人々に災厄よりもむしろ豊かな恵みを与えたのでしょう。その後、黄河の中-下流域では、紀元前21世紀ころに中国最初の王朝である夏が建国されました。ついで紀元前18世紀には現在の河南省に商(または殷)と呼ばれる王朝が誕生しました。夏や商はかつて伝説上の王朝と考えられてきましたが、河南省にある二里头遺跡の発掘により夏の、また殷墟の発掘で商の存在した可能性は非常に高くなっています。なお、インターネット上で様々検索してみますと、商では交易が活発に行われ、商の人つまり商人は「交易活動をする人」という意味で使われるようになったとの説があります。

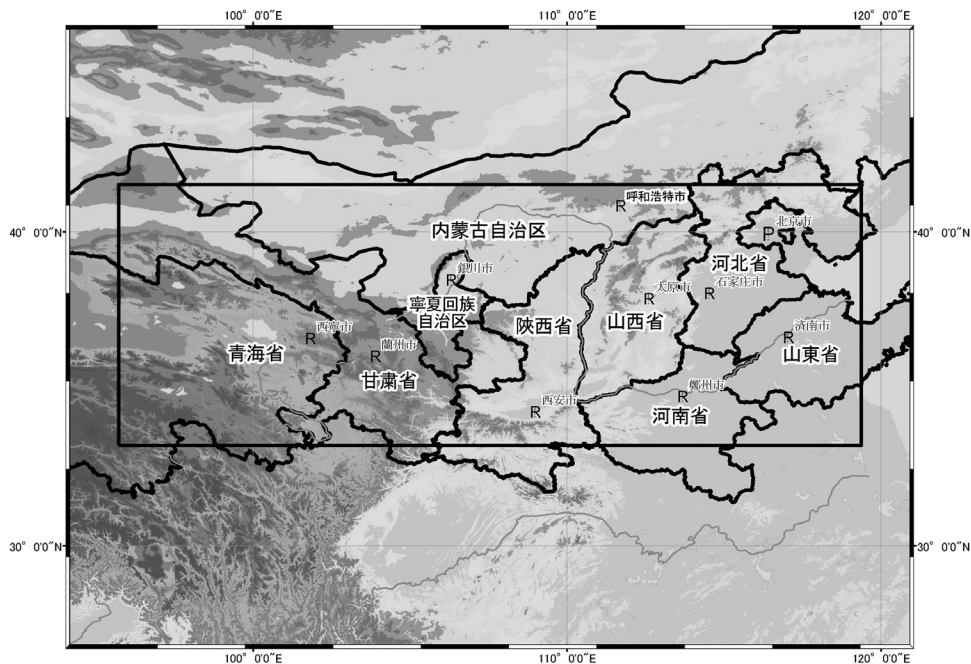
夏や商以降の中国主要部を統治した王朝の都の位置を大まかに眺めますと、それらの多くが黄河の流域あるいはその近傍にあったと指摘できます。中国初の統一王朝を打ち立てた始皇帝の秦は咸陽(現在の陝西省西安の西方)に都を置き、次の前漢は劉邦が長安(現在の西安)に都を構えました。咸陽や長安は、黄河の支流である渭河(渭水)流域に位置します。その後、漢民族や他の民族により様々な大国が作られ、また小国が乱立する時代が繰り返されてきたものの、黄河の流域を制するものが中国を支配するという構図が続いてきたと思われます。黄河文明のころから現在にいたるまで、中国の人々が自ら言うとおりに、黄河は中国および中国人にとってまさに母なる河であり、歴史的にも今日の経済的な意味合いにおいても第1級の重要な河川となっています。

3. 水少沙多, 時空分布不均

黄河は長さ5,464kmに達する大河で、理科年表で

キーワード: 地下水, 水循環, 黄河, 黄河地下水プロジェクト,
RR2002

1) 産総研 地圏資源環境研究部門



第1図
黄河一帯略図。

は世界第6位に位置付けられます。流域面積は約79.5万km² (内陸のオルドスの閉流区を含めた面積)、日本の国土総面積の2倍以上もあります。中国南西部の青海省の高山地帯に源を発し、流路の向きを東、北、東、南、東と大きく変えながら甘肃省、寧夏回族自治区、内蒙古自治区、山西省、陝西省、河南省、山東省の中や境を流れて渤海に注いでいます(第1図参照)。日本で最大の流域面積1.68万km²を有する利根川の長さがわずか322kmであることと比較すれば、黄河がいかに大きな河川であるかが分かります。

数年前、中国黄河水利委員会の専門家の講演を聞く機会がありました。彼らの話を要約するとだいたい次のようになります。黄河は「水少沙多、時空分布不均」という言葉で特徴づけられます。この言葉は、黄河の水量は少ないが含まれる土砂(沙は砂と同義)は多く、その性状は時間的にも空間的にも一様ではないことを表しています。黄河の年間流量は約580億m³(中国のもう一つの大河川である長江のそれは約1兆m³!)ですが、土砂の年間輸送量は約16億m³にもなります。水の60%は甘肃省蘭州より上流側から供給され、土砂の90%は黄土地帯からもたらされると考えられています。また、中-下流域で流水が途絶える断流が1990年代に顕著にみられるようになり、ことに1997年の断流は合計226日間に及びました。さ

らに、黄河は洪水氾濫をたびたび起こし、ここ2,000年間でその回数は1,500回を数えると言われます。天井川(周囲の土地よりも河床のほうが高い川)となっている下流部の流路の大きな移動もあり、黄河はかつて山東半島の南側で黄海に流れ出ていた時期もありました。

黄河の氾濫は肥沃な土地を作り、その水は農地を広く潤しています。しかし、問題点も幾つか存在します。黄河の流域は全般に降水量に乏しく(東部で700mm/年、西部で200mm/年程度)、乾燥-半乾燥の気候下に置かれています。可能蒸発量が多いこと、灌漑後の排水不良のため、農地に塩類集積の障害が発生しています。植被の少ない黄土地帯の侵食・土壌流出も激しく、広義の沙漠化地域の拡大も深刻です。そこで水不足を補い、流域一帯の経済の発展、人々の生活の向上に欠かせない水を確保するために、地下水の利用が1980年代ころより盛んに行われるようになってきました。地下水の利用は今のペースでこれからもずっと継続できるのでしょうか？地下水資源の将来はどのようになるのでしょうか？

4. 黄河地下水プロジェクトの目標と内容

地下水は最初に述べたとおり地下にある水ですか

ら、その現地調査に際しては地表から掘った井戸などを利用します。調査を通じて地下水の特徴をつかむためには何回か反復して、あるいは長期間継続して調べる必要があります。また、地下水は様々な用途のために汲み上げられており、これが過剰になると地下水障害という問題を起こします。自然状態では安定していた地下水が、人為的インパクトによってその性状が大きく変化することがあるからです。地下水の状態や性状の変化を知るには、その容れものである地層の分布や構造も知らなければなりません。

さて、地下水の一般的な特質などを踏まえた上で、黄河のような大河川流域の地下水の全体像を明らかにしようという5年計画の研究が2002年に開始されました。これは文部科学省が創設した環境プログラム「人・自然・地球共生プロジェクト(通称RR2002)」の中で水循環変動予測をミッションとする課題の1サブテーマとなっています。「人・自然・地球共生プロジェクト」では他に大気海洋モデルを用いた地球温暖化予測に関する研究、高分解能・高精度気候モデルの開発、水資源の安全性に関わるリスクマネジメントシステムの構築など幾つかの研究が同時に進行していますが、地下水を主題としたものはここで紹介している黄河地下水プロジェクトのみです。

黄河地下水プロジェクトの公式なテーマ名は「黄河領域地下水循環モデルの構築と地下水資源の将来予測」と言います。これではとても長いので、黄河地下水プロジェクトあるいは単に黄河プロジェクトと略称しています。黄河流域が主たる研究対象地域となりますから、中国の国土資源部(部は日本の行政では省に相当)に所属する中国地質調査局と研究覚書を交わしました(写真1参照)。この覚書に基づいてお互いの研究の進め方や協力のあり方などを調整し、また年1回のワークショップを共催しています。現地調査は、同局の業務実施部門に相当する中国地質環境監測院と密接に連携して進められています。

黄河の流域は東西に長く、河口部と源流域の標高の高低差は5,000m近くに達します。源流域には小規模ながら氷河が存在し、永久凍土も分布しています。黄河地下水プロジェクトではその源流域において凍土の調査と観測を行っています。また、全域にわたって地下水や表流水を対象に水文調査を実施し、収集した水試料の一般水質や酸素・水素安定同位体比を分析しています。地下水の容れものである地層の



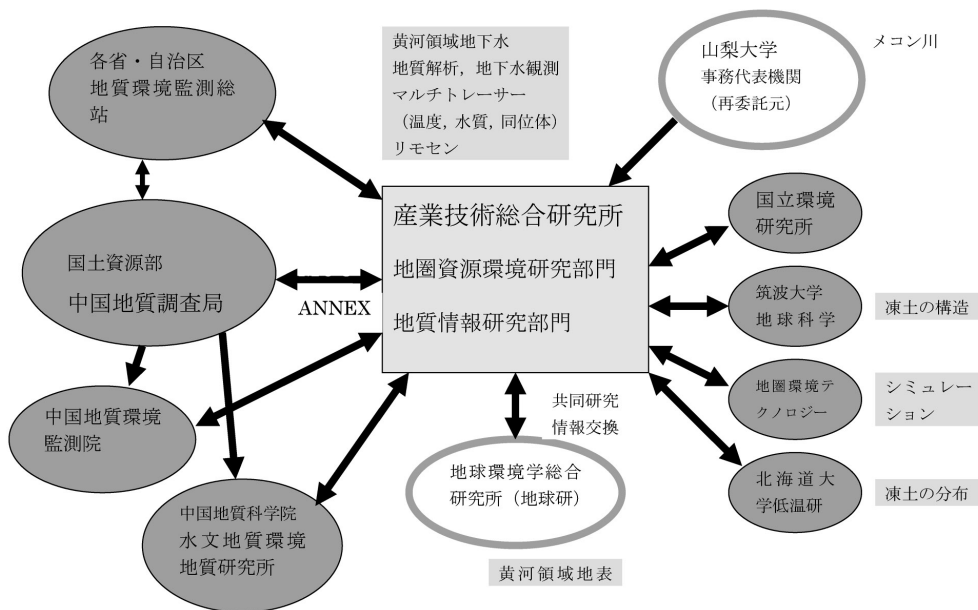
写真1 共同研究に関する覚書調印式(2003年3月、地質標本館ロビーにて)。右:産総研吉川理事長、左:中国地質調査局汪民副局長(当時)。

分布・構造を知ることでも大事ですから、地層(特に地下水を含む帯水層)の厚さや断層の位置などの把握にも取り組んでいます。これら現地調査の結果や分析・解析したデータを取り込み、黄河流域を含む広大な領域の地下水循環モデルを構築し、地下水の過去の様子を復元すること、そしてシナリオに基づき将来の姿を予測することが黄河地下水プロジェクトの掲げる最大の目標です。

5. 本特集号について

本プロジェクトは内外の多くの機関と連携しています(第2図参照)。この中で産総研は、筑波大学、北海道大学、(株)地圏環境テクノロジーと共同で、①凍土の凍結・融解に関する実データの取得、②地下水の収支・流動に関するモニタリングおよび水質・同位体分析、③帯水層区分および地質構造の解析、④地下水循環モデルの構築とシミュレーションの各研究項目を担当し、国立環境研究所がもう一つのサブテーマ「地下水利用の現状把握と将来予測手法の開発」を担っています。それぞれ研究項目の詳細あるいは研究上のトピックスについては、本誌本号・次号の関連記事および表紙・口絵をぜひご覧下さい。東京神田の内山書店の三浦さんからは特別に中国の水事情に関するご寄稿もいただいています。

地質ニュース誌の「黄河地下水プロジェクト」特集は、本号および次号に分けて掲載予定です。そのタイトルと執筆者は以下のとおりです。



第2図 黄河地下水プロジェクトの内外機関との連携関係。

2007年1月号特集「黄河地下水(その1)」

- 1) 黄河地下水プロジェクトの概要(石井武政)
- 2) 黄河源流域に永久凍土を探す(池田 敦・末吉 哲雄・松岡憲知・石井武政)
- 3) 黄河流域における酸素・水素安定同位体比の分布特性(内田洋平・石井武政・田口雄作)
- 4) 黄河地下水プロジェクト:地質学から地球環境学への展開(村岡洋文)
- 5) 地下水循環モデルの構築とシミュレーション(森 康二・多田和弘・西岡 哲)
- 6) 黄河全流域の地下水利用空間構造(一ノ瀬俊明・大坪國順)

2007年2月号特集「黄河地下水(その2)」

- 7) 華北平野の地下水位の低下(玉生志郎・村岡洋文・石井武政)
- 8) 中国の水事情(三浦勝利)
- 9) 「千里走単騎」中国単身現地考察活動(一ノ瀬俊明)
- 10) 中国の地熱直接利用(安川香澄)

6. おわりに

水はどこにおいても極めて重要な資源です。利用

できる水が少なれば人々の生活や経済の発展に対する強い制約要因にさえなりえますので、特に乾燥-半乾燥地域にあっては水資源の重要性は論を待たないところでは、黄河は中国の乾燥-半乾燥地域を流れる河川であり、その流域の水資源の量と質は、今後の経済動向にも大きな影響を与えるであろうと思われます。一方、水は環境を維持・調整する要素としても重要です。それは水のもつ特質に由来していると言えます。すなわち水は常温で流体であり、潜熱・顕熱が大きく、様々な物質に対する溶解度が高いといった性質を持っています。このような水の資源と環境要素という二面を結ぶのが“水循環”です。地下水は地球の水循環系の一部を構成していますが、その地上からは容易に見ることのできない地下水の循環の姿を明らかにしようという試みは困難であるだけに相当にチャレンジングなものであるとも考えています。

参考文献

石井武政(2006):黄河地下水プロジェクト, SAT(サイエンスアカデミーつば), No.12.

ISHII Takemasa(2007): Outline of the Yellow River Basin Groundwater Project.

<受付:2006年10月31日>