

6 1. 杞憂と言えるか南水北調の危懼^{きてつ} (その1)

(1) はじめに

この途轍もない大事業は1952年10月に毛沢東によって提案^{脚注1)}され、これを受けて中国政府の関係機関がその実現に向けての可能性調査を続けてきたものである。ここでは西ルート(西線)、中央ルート(中線)、東ルート(東線)の3線が構想された(図1)。

このうち中央ルートは早くも2003年に着工され、11年という短期間で2014年12月にほぼ完成し、正式な送水が始まった。これは湖北省、河南省、河北省の3省に跨り、総延長は1,432 kmに及ぶ。その長さは我が国の青森から広島にいたる距離に等しい。

なお付言すると、西線の対象となる瀾滄江(メコン川)は、その水源は中国内にあるものの、下流はインドシナ半島諸国を流れる典型的な国際河川であることから、工事の実施には関係諸国との確執が伴う。またこれを黄河に流すためには、ダムの高さを高くしたり、ポンプアップなど、水頭の確保に加えて長距離トンネルの岩盤掘削を要し、難工事が予想される^{脚注2)}。これらの事情もあって、現段階では基礎的な調査の域を出ていない。

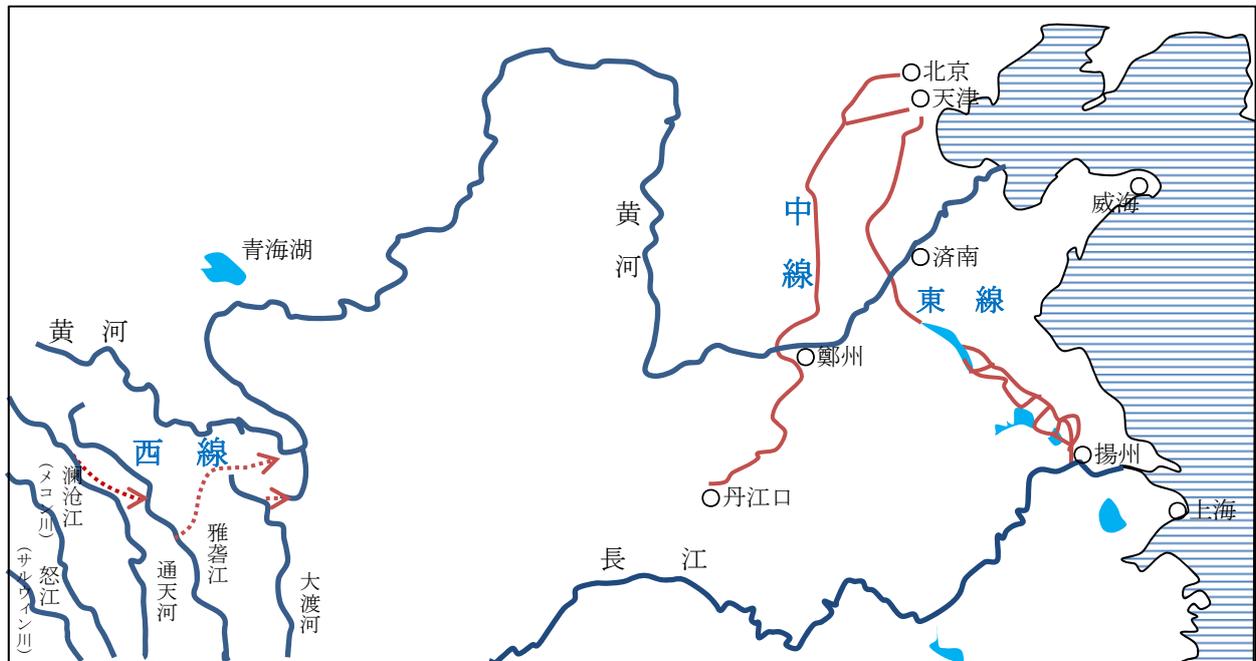


図1 南水北調 西線、中線、東線のルート

中線の工事が始まったころ、筆者を代表とする JICA 短期専門家派遣業務として、河北平原の地下水研究が始まった。その対象地はおもに太行山地とその山麓地帯で、南水北調の路線に重なり、工事の様子にも接する機会に恵まれた。これは本務以外であったが調査の過程で関連情報を得ることは出来た。

それからほぼ10年たった2010年9月、短期間ながら図2の中線の全コースを視察する機会に恵まれた。この路程のスタートは取水点にあたる丹江口水庫で、途中、鄭州、安陽、邢台、石家荘、保定を辿り、終着点の北京に至る3泊4日の車移動による強行日程であった。本稿ではこの中線に焦点をあてている。

脚注1: 南方水多, 北方水少, 如有可能, 借點水來也是可以的(南方は水が多い。北方は水が少ない。もし可能ならば、南方の水を借りればよい)

脚注2: 黄河と長江は巴顏喀拉(バヤンカラ)山脈によって限られている。これは中国青海省の中央南部に位置している。黄河の河床は長江の河床より80~450m高く、従って導水には200m以上の高堰堤のダム、またはポンプに頼らなければならない。また山脈を貫く長大トンネルを開削しなければならない。どの方式を採用するにしても高い堤体高のダムを建設し、総延長100 km以上のトンネルを開削することが要求される。

ところで南水北調の“調”という字には、“手を加えてほどよくする”、あるいは“整える＝調える”という意味がある。また“移す”という意味を込めることもある。

中線だけの投資額は 2,013 億元 (3 兆 8,200 億円) である。なおこれに現在調査中、また工事中の西ルートと東ルートを加えると、総投資額は 5,000 億元 (9 兆 5,000 億円) に達するという。なお計画されている 3 ルートによる総送水量は黄河の水量に匹敵する年平均約 448 億立方メートルである。この恩恵を受ける地域の総面積は 145 万平方キロメートル、受益者の総数は 4 億 3800 万人という途轍もない規模である。

2010 年 9 月、かねてより構想していた「南水北調視察の旅」を中国科学院の楊永輝氏のご協力を得て実施した。同行者は千葉大学の唐常源教授である。

行程は以下のようなものである。

2010 年 9 月 2 日 ウルムチ空港→鄭州空港

鄭州泊

2010 年 9 月 3 日 鄭州→丹江口水庫

鄭州泊

2010 年 9 月 4 日 鄭州→黄河河畔

2010 年 9 月 4 日 太行山生態研究所

石家荘泊

2010 年 9 月 5 日 石家荘滹沱河

2010 年 9 月 5 日 石家荘→盧溝橋、永定河

北京泊

筆者が河北平原の地下水研究に従事していた頃はこの工事は目に見えるかたちにはなっていなかったが、その後文献や情報等によって詳細を知るにつれて“これは我が国にとっても無縁とは言えないことになるぞ!!”という印象を強く持つようになった。特にこの導水路によって南から輸送される並外れた量の水は中国本土のみならず、我が国の気象にも影響をもたらすのではないかという危惧である。筆者はそれを科学的なデータに基づいて具体的に論じる能力も資料も充分とは言えないが、中国で起こりつつあるこの環境変化に少しでも関心を持ってもらえればという気持ちから敢えて本文を草する気持ちになった。

さて、中国の経済的豊かさは伝統的に南高北低、つまり華中南優位型、また東高西低、つまり沿海部優位型にあると言われているが、その要因のひとつに気象条件を挙げることができる。図 3 は年降水量 300 mm 以下の発生頻度率を示したものであるが、北部あるいは西部は常に乾燥下であり、南部あるいは東部で湿潤下にあることが明瞭である。計画された導水計画はこれを解消する手立てとして立案されたことがよく理解できる。現在は長江の支流のひとつ、漢水の水を集める丹江口水庫から導水しているが、将来的にはこの水庫からさらに水路を南に延長し、長江から直接取水する計画である。しかしこの国家的な、かつ多年にわたる課題に対しては後述のように、当初から問題視する意見も多い。



図 2 南水北調のルート

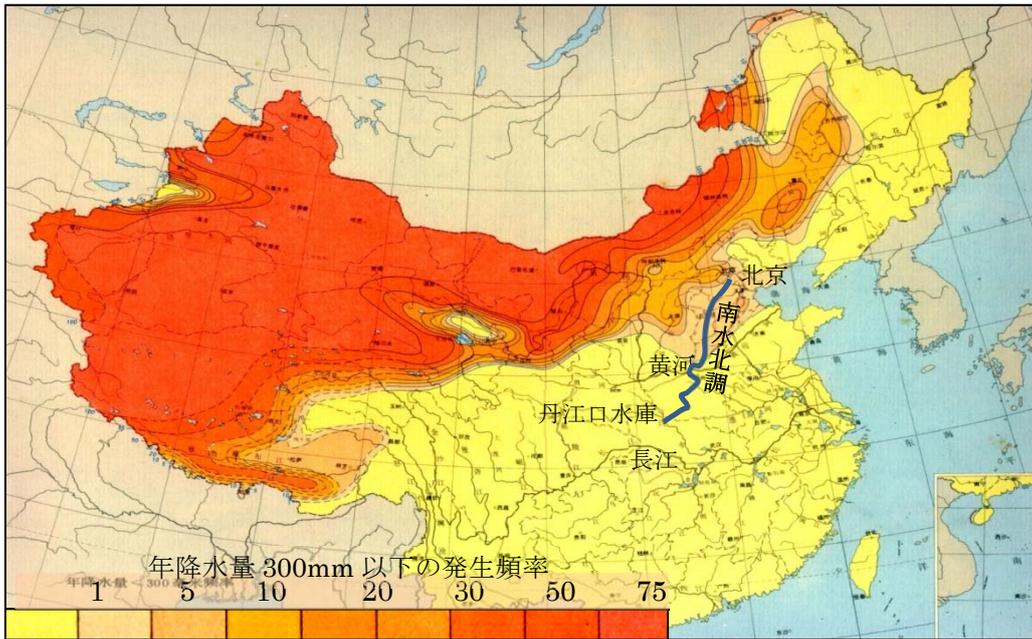


図3 年降水量300mm以下の発生頻率
(出典：中国気候資源地図集)

(2) 南水北調の地理的環境

南水北調は図4にあるように、太行山地と河北平原の境界部を通る。山地からは数多くの河川がこの境界部に扇状地をつくって流れているが、特に黄河以北でこれが目を惹く。

これらの河川と、この水路が交差するところでは逆サイフォン構造か、渡河水路橋になっている。また山地を横切るところは隧道になっている場合が多いが山裾を巻くように迂回しているところもある。

水路と主要な河川との関係はすべてが無縁ではなく、流通が可能な構造になっているところもある。

南水北調からは図5にあるように、支線水路が河北平原に向かって隈なく行き渡るように分岐している。その用途は都市生活用水、工業用水、灌漑用水である。



図4 南水北調中線
(名称は(3)の各項の記載に対応)

なお河北平原は、黄河をはじめ、各河川による洪水災害が頻発し、水不足と常に隣り合わせてきたところである。その水不足を補うものとして、これまでは浅層、深層を問わず地下水利用が過度に行われてき、各地に漏斗状の地下水位低下域が形成されたが、特に深層地下水の利用は天津地区をはじめ、各地に深刻な地盤沈下を惹き起こしている。南水北調はこれらの問題の解決に繋がるものとしても期待されている。

ところで華北平原の地貌を示した図 6 を見ていただきたい。路線の多くは図の淡黄橙色で示した扇状地、或いは緩傾斜地に位置していて分水の自然流下が可能ないように配置されている。

(3) 現地視察

a) 丹江口水庫

南水北調の出発点にあたる丹江口水庫は湖北省丹江口市と河南省淅川県に跨る。この水庫は長江の支流である漢江の河水を堰き止めて造られたもので、灌漑用水、洪水防衛、発電、養殖等の多目的用として、1958年に工事が始まり、1974年に竣工した中国最大級の水庫である。2005年に南水北調の自然流下を図るための嵩上げ工事が始まり、2009年にこれが竣工した(写真1)。

付近の岩体は古生界オルドビス系～デボン系の岩石からなり、風化が著しい(写真2)。

嵩上げによって農家や農地が水没することになり、大がかりな移転が余儀なくされた(写真3.4)^{脚注}。

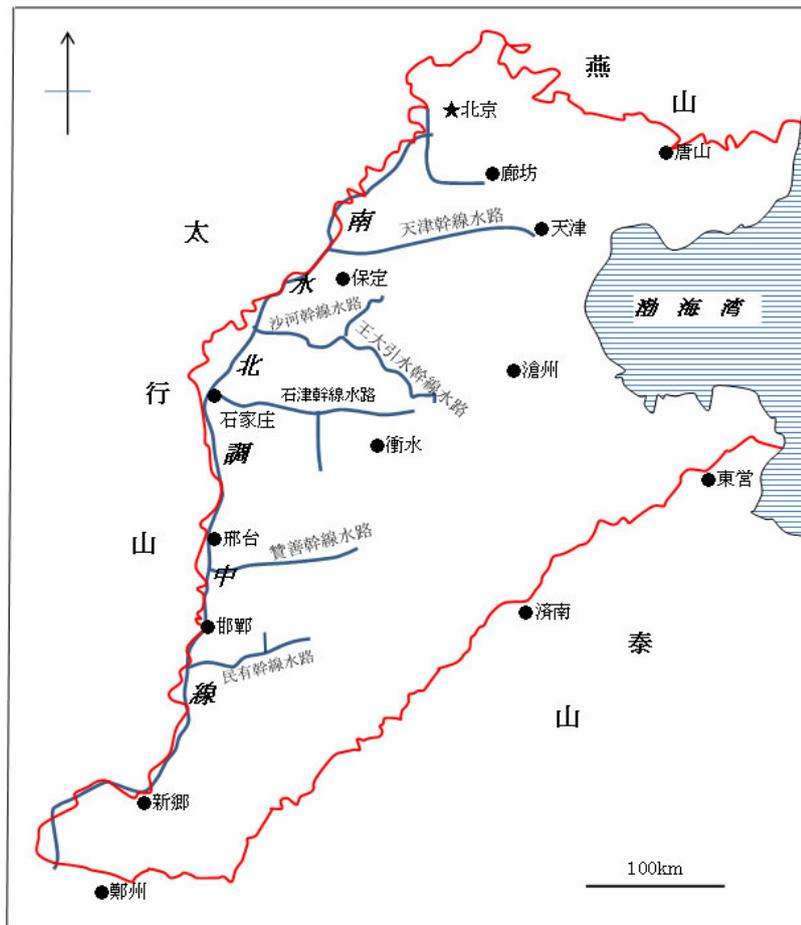


図 5 南水北調中線受水区区分図

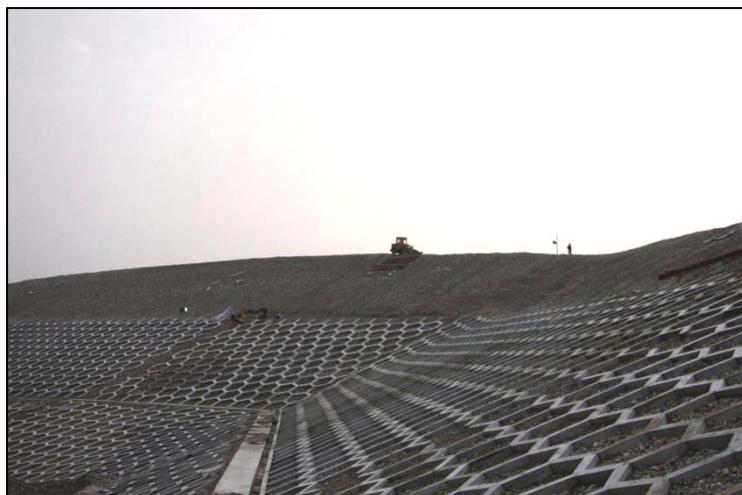


写真 1 丹江口水庫の嵩上げ工事

脚注：162m から 176.6m に嵩上げされたが、これによって 33 万人が強制的に移住させられた。

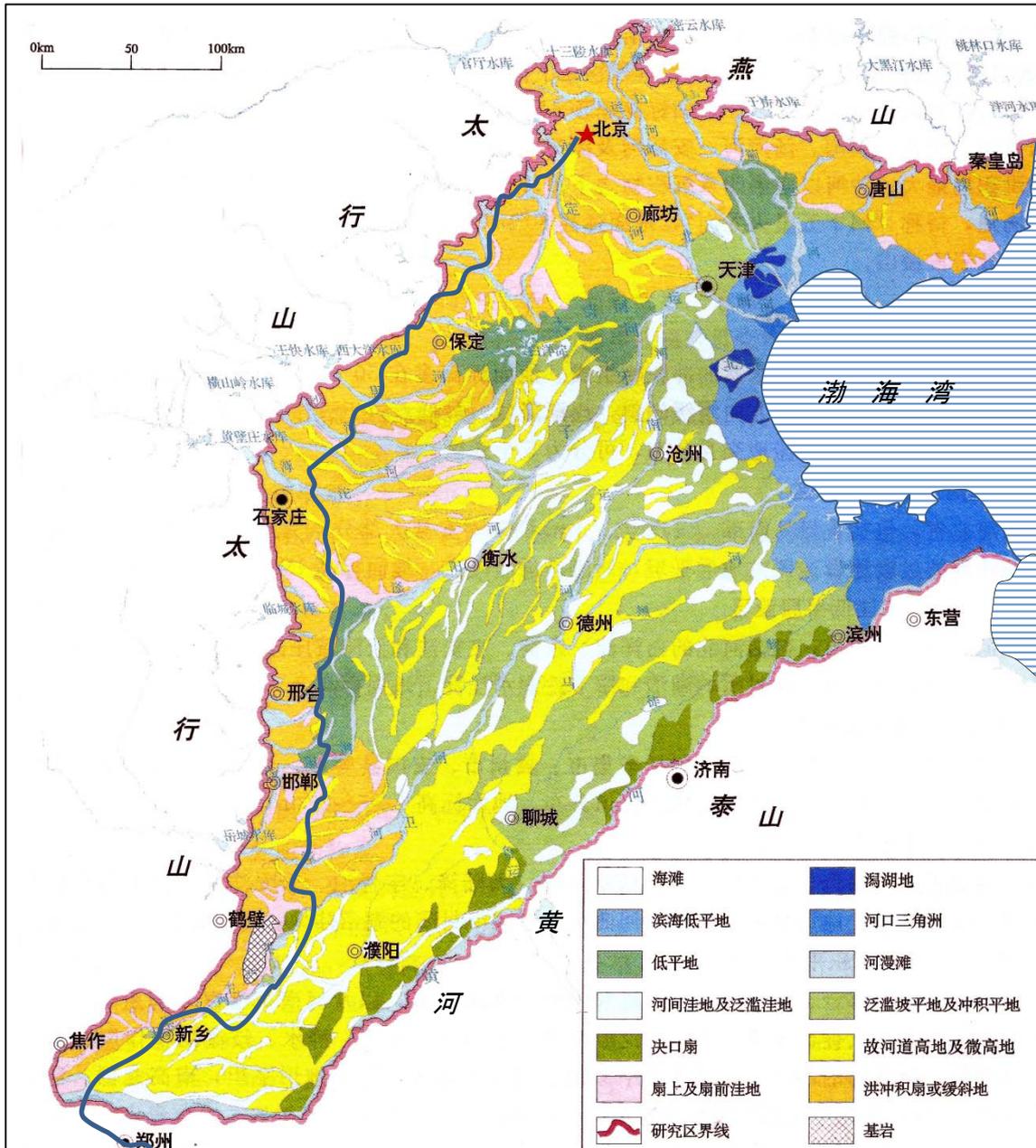


図6 華北平原地貌図

(出典：中国地質調査局(2009)：華北平原地下水可持続利用調査評価，地質出版社)

廢墟の殆どは破壊されていて跡形もない。集落は、かつては湖面を望む小高い所であり、素晴らしい環境だったであろうことが推し量れる（写真5）。なお現地でも耳にした話では、立ち退いた住民の中には慣れない生活に直面して困窮している人もいるということである。

筆者らが視察した折は、まさに南水北調の出発点にあたる場所の水路掘削の最中であつた。極度に風化して粘土化した部分では歩き回ると足をとられて歩行困難な箇所も多々あつて苦勞した。このような現場を歩き回ったのに終始誰からも誰何されなかつたのも不思議であつた。もちろんガードマンなどもない。



写真 2 頭首工付近の岩盤掘削
(前方は水庫側、発破の白い噴煙が頻繁に立ち昇る)

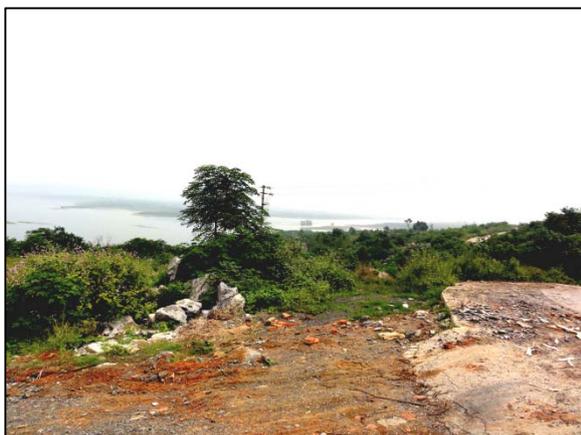


写真 3, 4 強制移転させられた農家の廃墟
(前方に湖面が見える)

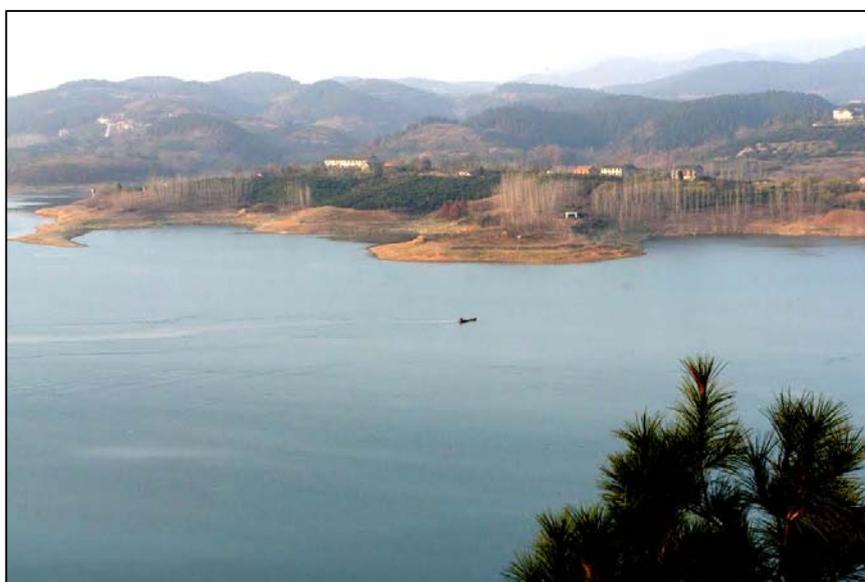


写真 5 いずれ水没する湖畔の集落

b) 南陽盆地（膨張土）

水路などの長大建造物の建設に際して土木地質上、最も大きな課題となるのは、膨張性地盤に起因する不等沈下や崩壊、地すべり等への対策である。南水北調の路線中、このような地盤が分布するのは河南省南陽盆地西縁、安陽、焦作段また河北省の邯鄲南部、邢台付近などで、建設の際にはその存在に起因する渠道の変位に対処するための”膨張土渠段安全運行管理專題会”による検討など、その対策には大きな注意が注がれた。

ここで紹介するのは、河南省南陽盆地の西～北縁を流れる渠道地盤の例である^{脚注)}。なおこの盆地は漢江に流れる白河がつくった堆積盆地である。膨張土は上部第三系の固結程度が比較的良好な粘土層、下部～中部更新統の残積土である。膨張土はこの地域の他に太行山東麓各地に分布するが、その地質時代、堆積環境、成因等は種種雑多である。

さて丹江口頭首工に近い南陽盆地西縁、河南省淅川県九重鎮陶岔村というところにある陶岔渠という名の渠道の建設の際、2006年4月に延長2kmの間に13か所で滑落が生じた。そのうち8か所は層面での滑動であった。写真6～8が当時の状況である。その最大滑落部の幅は350mに達し、斜面方向に130m移動した。また滑動面積は35,000㎡、体積は $40 \times 10^4 \text{m}^3$ 、さらに滑動面の深さは3～10m、中間部の最深部では19m、滑落崖は4～6mに達した。なおこの渠道の斜面勾配は1:4であった。

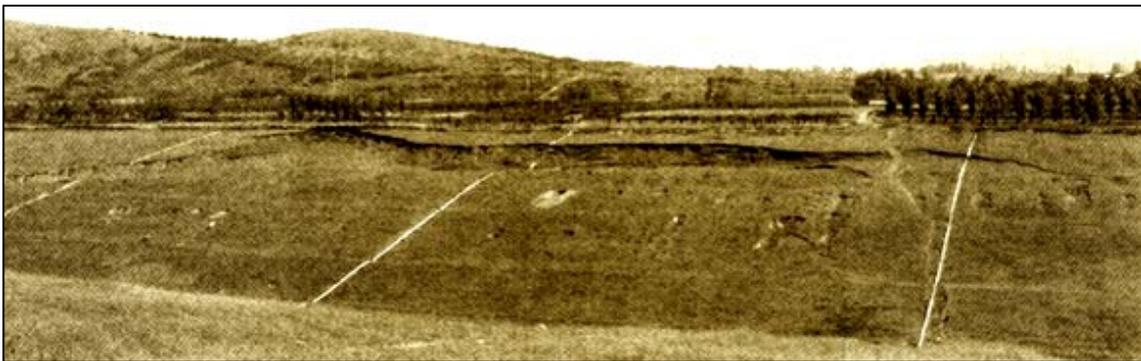


写真6 工事中渠道斜面に発生した滑落①



写真7 工事中渠道斜面に発生した滑落②



写真8 工事中渠道斜面に発生した滑落③

このような事故を受けて降雨実験など、さまざまな対策と研究が行われ、最終的には写真9に見るような渠道の完成をみた。



写真9 完成後の渠道

脚注：楊 計申他(2009)：南水北調中線工程、特殊性岩土地質環境与環境地質概論、黄河水利出版社

この地方に限らず、水路の路線上には膨張土が広く分布する。これは第三紀の汽水～海水環境（鹹性環境）下の湖盆に堆積したもので、硬度が一般に大きいという特徴があるが、水の存在には敏感である。堆積物の給源は背後の太行山地で、その岩体の風化物である。飽和状態で運搬されてきた泥土は湖水などの堆積域で沈降する過程で圧縮して水分を失い、さらに湖水の乾固とともに固化して非常に硬くなる。このような地層は図7のように、河北平原に広く分布していて、南水北調の路線がこれに重なるところが多い。

例えば黄河の北、潞王墳一帯には膨張性の泥灰質岩が分布しており、それが塊状に崩落した現場もある（写真10）。

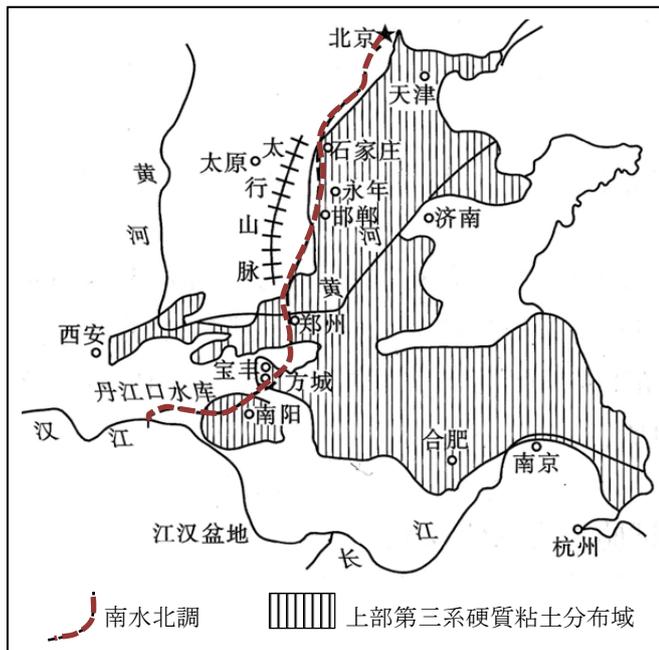


図7 南水北調と第三系硬質粘土分布

[出典：楊計申他(2009):南水北調中線工程特殊岩土地質環境与環境地質概論,黄河水利出版社]



写真10 黄河の北、潞王墳の南水北調工事現場、泥灰質岩の崩落と修復工事
(出典：Google earth)

c) 穿黄隧洞^{脚注)}

南水北調中線は大小合わせて 700 箇所近い数の河川を横切るが、その多くは逆サイフォンによるもので、黄河を横断するものが最大規模である。これは特に“穿黄工程”と呼ばれ、河南省鄭州市から西北西約 40 kmのところにある(写真 11)。

筆者らが訪ねた折には写真 12 にあるような懇切丁寧な説明版が何枚も建ててあり、見学者や地元住民への配慮が窺がえた。



写真 11 穿黄隧洞の位置

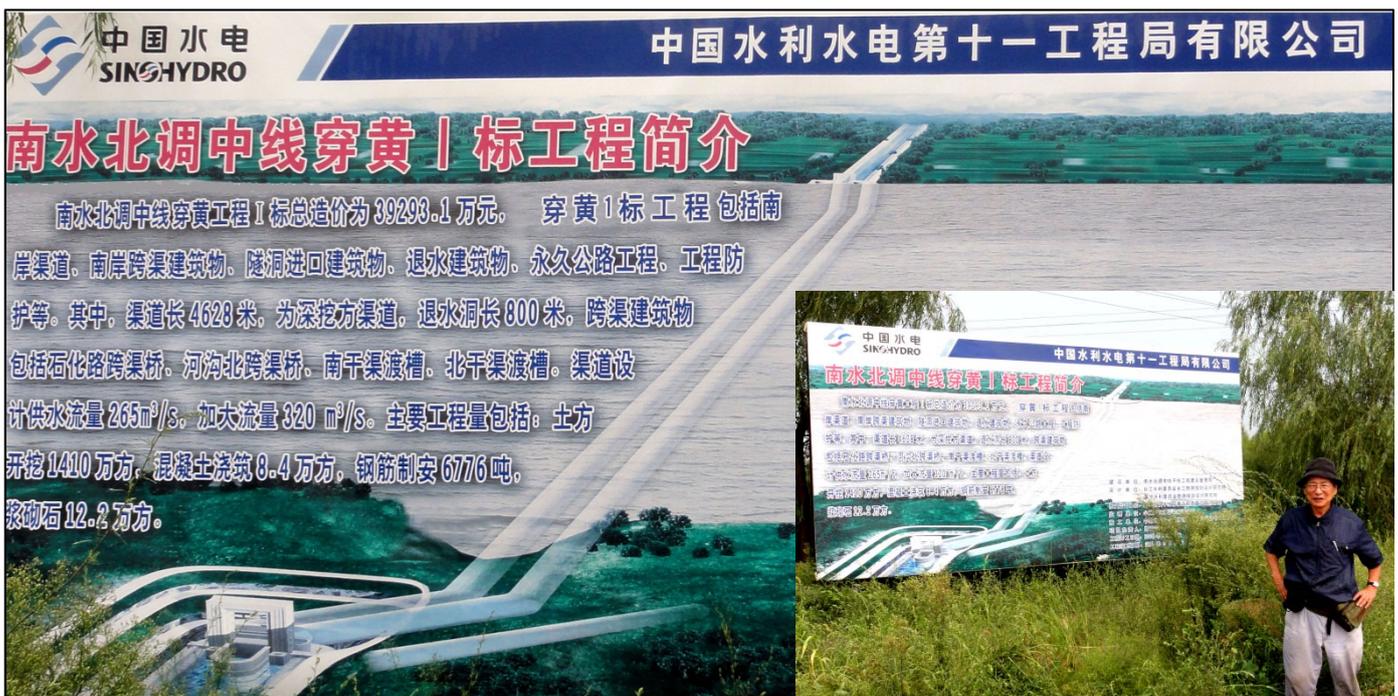


写真 12 案内板

(手前が右岸(南)側、右側の細い管は退水用、泥沼と化した黄土の中を歩いて筆者の姿はごらんの通り)

脚注：中国語の用語に従った。

中国中铁隧道集团 中国葛洲坝集团

南水北调中线穿黄工程联合体项目经理部

穿黄隧洞 II-A 标工程简介

工程位置

穿黄工程是南水北调中线一期的控制性工程，位于郑州市以西、黄河上游约30km的河段上，南起荥阳市李村村西，北至河南焦作市温县陈沟村西。

工程范围

穿黄隧洞 II-A 工程（上游线）项目包括：穿黄隧洞（含过黄河隧洞和邙山隧洞）及其南岸竖井、北岸竖井、出口建筑物、北岸防护堤和临建工程等，利用倒虹吸原理实现南水北调穿越黄河。工程投资规模52529万元，总工期 55.2个月。

穿黄隧洞包括过黄河隧洞3450m和邙山隧洞 800m，总长4250m，隧洞断面内直径为7.0m，隧洞外层为装配式普通钢筋混凝土管片结构，厚40cm，管片宽度1.6m；内层为现浇预应力钢筋混凝土整体结构，厚45cm，标准分段长度为 9.6m，使用泥水平衡式盾构机自北向南推进。坡度由北向南由2%变为1%。邙山隧洞由北向南设计坡度为49.107‰，在5+623.20~5+583.963段，用半径为800m的竖曲线将过黄河隧洞与邙山隧洞相连。

南岸竖井，井深39.55m，井壁围护结构为钢筋砼地下连续墙，厚1.2m，深60.45m。北岸竖井，井深 48.1m，井壁围护结构为钢筋砼地下连续墙，厚1.4m，深76.6m。北岸防护堤长1200m，北岸出口建筑物段长227.9m。

建设单位：南水北调中线干线工程建设管理局

设计单位：长江水利委员会长江勘测规划设计研究院

黄河水利委员会勘测规划设计研究院

监理单位：小浪底工程咨询有限公司

承建单位：中铁隧道集团有限公司

中国葛洲坝集团有限公司

写真 13 案内板

(設計、建設、管理体制等からみて最高の技術が投入されていることが示されている)

穿黄隧洞は緊急時退水用の邙山（ぼうざん）隧洞（800m）と黄河隧洞（3,450m）からなり、総延長は4,250mに達する。その深さは最大で35m、最小で23mである。なお隧洞は内径7mで、2本が並列している。

路線地質の詳細は分からないが、筆者が知り得た情報では、図8のように基盤は先に示した図7にある上部第三系の硬質粘土層に相当するものと思われる。背後の丘陵地は邙山と呼ばれ、黄土層から成る（写真14）。これは含水すると極めて軟弱となり、工事には大きな障害になったであろうことが推察される（写真15、16）。

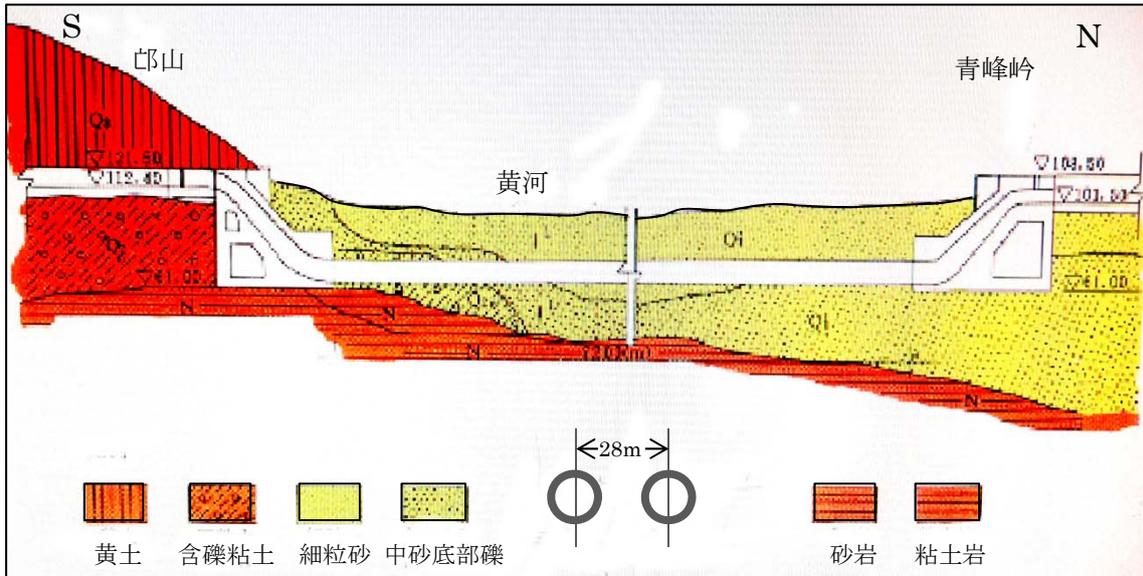


図8 黄河を横断する方向の地質断面と隧洞



写真14 邙山の黄土層



写真16 急ピッチで進む掘削工事
(前方は黄河の堤防、導水口が見える)



写真15 降雨後泥沼化した黄土(背後は邙山)

図 8 に見るように、この隧洞が更新世以降の黄河堆積物の細粒砂の中を通ることへの地震時の液状化が懸念される。

d) 滹沱 (hū tuó) 河人工湖

この河は太行山地から流れ出して河北平原にいたる諸河川の中では規模が大きい。上流には崗南水庫、黄壁荘水庫と呼ばれる大きな水庫があり、そこから灌漑水路によって直接河北平原に導水されているため、本流には殆ど流水が見られない。筆者が調査した 15 年前はすでに写真 17 のように都市排水が流れているだけであった。

ところでこのあたりの水路は写真 18 のように本線から滹沱河の右岸側に支線を出し、この河道を利用して造成された人工湖に流れ込んでいる。しかしその下流では表流水を見ることはない(写真 19)。なお写真 20 は写真 18 中の矢印方向の映像である。



写真 17 都市排水路と化した 2000 年頃の滹沱河

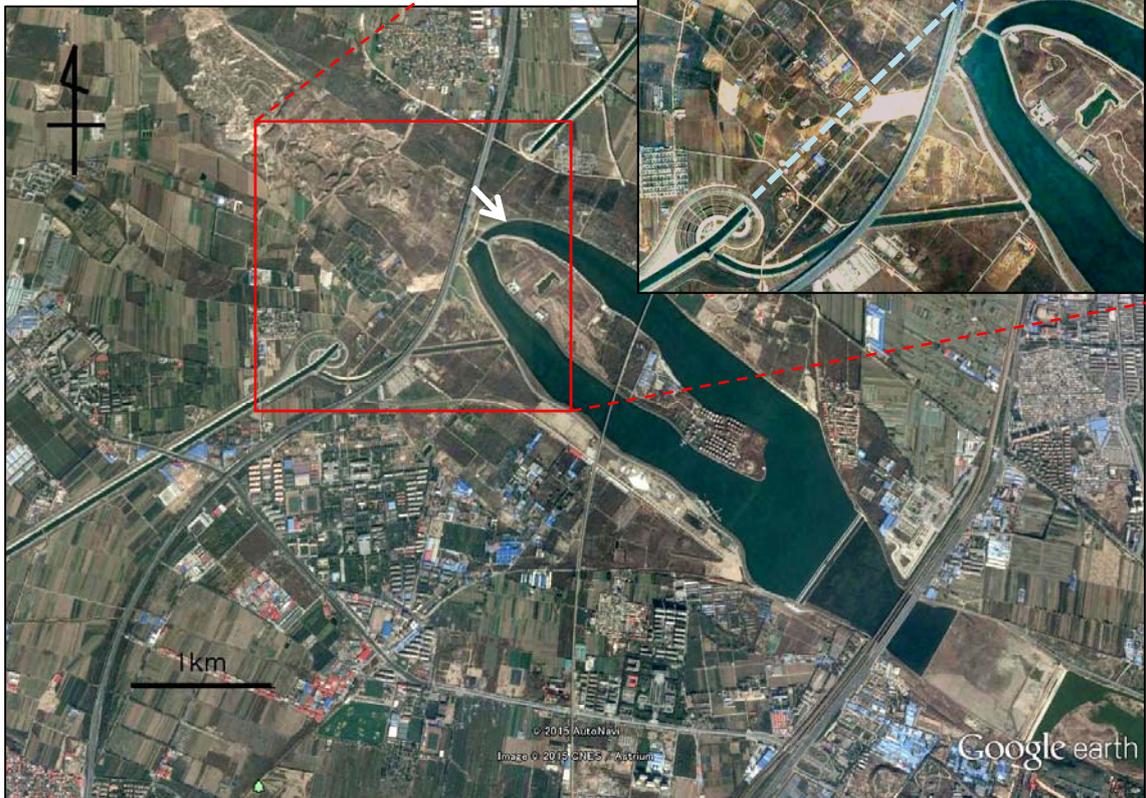


写真 18 南水北調からの分水による人工湖 (矢印は写真 19 に対応)

この辺りは図9に見るように、滹沱河がつくった扇状地の扇頂部にあたり、これを意図的に利用して積極的に地下水涵養を図ったものか、或いはこの人工湖が結果としてそのような役割を演じる結果になっているのかは分からない。



写真19 “涸れ川”状態の滹沱河



写真20 滹沱河の河道に造られた人工湖

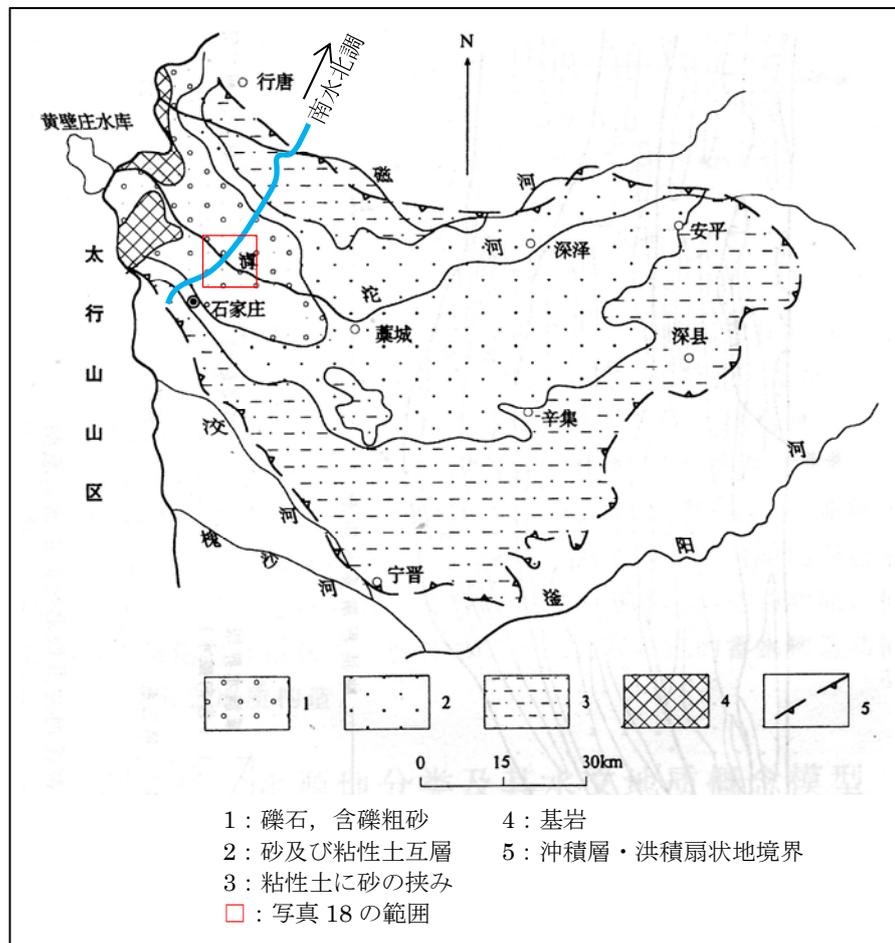


図9 滹沱河扇状地

(出典: 河北地質鉱産調査開発局(1999): 河北地下水, 地震出版社)

e) 永定河人工湖

日中戦争発端の場として、有名な盧溝橋が架かる永定河は、内蒙古自治区に発し、途中山西省を経て河北省に至り、河北の大河、海河に合流して渤海湾に注いでいる。荒れ川として有名で、昔から数々の治水対策が講じられてきた。現在は上流域に官庁水庫、珠窩水庫、落坡嶺水庫などの水庫や三家店貯水池があって流水の殆どがカットされているため、下流側にあたる盧溝橋付近では涸れ川の状態になっている。干乾びた河床では最近まで砂利採取が盛んに行われていて、河床低下が著しく、広大な窪地と化していた(写真21)。



写真 21 砂利採掘によって低下した河床

北京市域に入る前に暗渠化されていた南水北調の流水は、この場所で顔を出して貯水され、さらに北京の名勝として知られる頤和園^{脚注)}に暗渠送水される。

永定河の人工湖一帯は、将来大規模な親水公園になる予定で、一部はすでに開園されている。

広大な水域の出現は周辺環境にどのような変容をもたらすのか気になるころである。

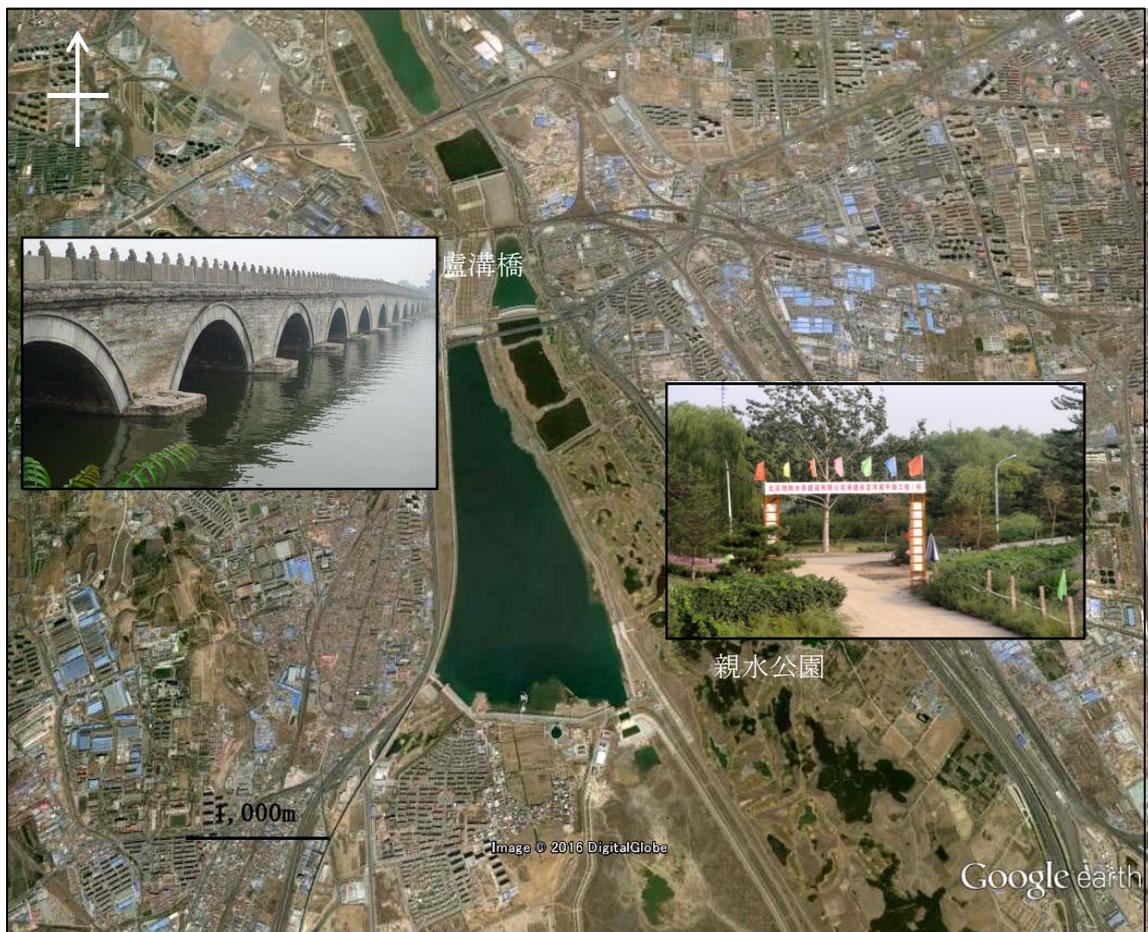


写真 22 盧溝橋と永定河人工湖

脚注：清朝末期に時の権力者西太后が軍費を流用して強引に造らせたことで有名。“いわえん”と読む。