

---

[基調報告]

## 黄河流域における環境変化にかかわる水資源の脆弱性

劉 昌 明

〈中国科学院地理科学・資源研究所〉

みなさんおはようございます。中国語でお話ししようと思います、その方が楽ですから。それと司会の榎根先生に感謝いたします。さて、私をご紹介いたしますのは水に関連した環境問題で、黄河を事例に取り上げます。黄河はわが国でもっとも大きな生態環境の変化に直面している地域で、世界の大河の1つでもあり、それゆえに投げかけている問題は大変重要です。私自身、黄河に関連する973課題国家重大プロジェクトの首席科学者であると同時に、日本のいくつかの黄河研究プロジェクトともリンクしているので、ここ何年かで黄河については一定の理解ができてきました。以下、皆さんに黄河の状況をご紹介したいと思います。

今回の報告は3つに分けてお話しします。まず、最初に簡単に黄河についての紹介を行い、次に淡水資源というこの基礎的で戦略的な資源の脆弱性の問題、そして最後に戦略と主要な措置についてお話しいたします。

まず、何よりも先にお話ししなければならないのは、黄河は大河であって、一連の生態環境問題を内包しているということです。ここで強調しておきたいのは、「生態」といえば自然に偏重しており、「環境」は人と直接関わりがあります。「生態」と「環境」を一緒にして eco-environment といいますますが、実はこの2つの単語はそれまで一緒にされてはきませんでした。Ecology といえば ecology であって、environment といえば environment でした。今私たちはこの2つを一緒にして「生態環境」とし、マクロ的には人類の生存環境としています。黄河の長さは5400km で非常に長い河ですが、その水量は非常に少なく、長江の20分の1前後にしかありません。どういった問題があるのか。生態環境についての問題はとて多くて、中国の場合、それが山積みされている。どの程度まで山積みされているのか。まず、上流、中流、下流に分けて、黄河の主要な問題を見てみましょう。主要な問題は黄河の源流にあります。私たちは黄河の源流地域を黄河の給水塔、主要な水源地と呼んでおりますが、そこで水を湛えた水源が干上がってしまう、水量の減少という状況が現れ、湖と河川の間の水の流れも中断されて、さらには大量の草原が退化する、砂漠化していくという問題、氷河が後退して縮小するといった問題が現れてきています。ここにお示した何枚かの写真にある（写真省略）黄河上流の2つの湖は、鄂陵湖と扎陵湖といいますが、現在は面積が縮小を続けており、ご覧のように岸辺が見えます。大変大きな淡水湖で、海拔は4000m 以上ですが、ここでは過放牧が行われ、ご覧のようにこんなにたくさんの羊の

群れがいます。しかしこのように羊の放牧が集中して行われると、草原の負担能力を超えてしまいます。現在では大面積にわたって退化した草原が存在し、生物多様性に影響を与えているのが見て取れますし、草原が退化してからは牧草地としての機能も果たしていません。こうした地域ではねずみによる被害も大変深刻です。ねずみがこのように穴を作るのは1つの生態的な過程でありまして、草原が退化するとねずみが出やすくなり、ねずみが出てくると草の根をかじってしまい、その結果たくさんの穴ができてしまいます。そして、このねずみの作った穴は地表水の流れに影響を与えます。それゆえ、水資源の脆弱性はまた動物とも関係があります。

土壌浸食について見てみましょう。黄河源流は大体12万 km<sup>2</sup> ございますが、754km<sup>2</sup> から1600km<sup>2</sup> にかけて深刻な表土流失が存在します。黄河源流に沿って見てみますと、砂丘が川の岸辺にまで迫っています。黄河源流には氷河もありますが、現在ではまた縮小を始めていて、後退し続けています。中流を考えると、中流には主要な問題が5つありまして、第1は土壌浸食と水不足、第2は森林の伐採、第3は砂漠化、第4は水源の汚染、第5は暴雨による洪水です。最も近い事例では、今年9月に西安で起きた暴雨による渭河流域の洪水があります。また、アナログ画像を見てみましょう（図省略）。このアナログ画像は黄河が大きく湾曲している部分のもので、今、私が指しているのは黄土高原です。これは世界最大の黄土高原で、世界中どこを探しても、このように大規模な、このように分厚い黄土の存在する地域はないでしょう。45万 km<sup>2</sup>、さらには60万 km<sup>2</sup> という説もあります。今ご覧になっているのは、まだ中程度の浸食状況で、最も深刻なものではありません。ここでは最もひどい浸食は挙げていませんが、注意したいのは木が見られないということです。これは中程度の状況で、最も良好な例も最も良好でない例も挙げてはいません。森林の破壊状況を見てみましょう。それでもこの地方には500mm以上の降水量がありますから森林は存在しています。森林が伐採されてしまいますと、その後に来るのは跡地の砂漠化です。風が非常に強いので、高地から風が吹き降ろしてくると土地が風化して風砂が発生します。こうした風砂の発生源は主にやはり退化した草原で、土砂堆積地あるいは畑作地帯の場合もあります。つぎに水源の汚染ですが、この地域には付近に炭鉱があり、黄河の水は黄色く、岸辺は黒くなっています。今ではごみもあります。これも管理が悪く、ごみは直接河縁に積まれ、雨が降って中に落ちてしまえば、河川が直接汚染されることとなります。さらに下流の状況ですが、下流の問題は特に多くて、中でも生態系の問題が深刻です。皆さんが非常によくご存知なのが、黄河の断流で、72年から始まって20世紀末になるころには、5年のうち4回は断流しています。さらに土砂の堆積問題、天井川の問題があり、堤防が破れて洪水になる危険性があります。この他には、水の汚染さらには山東省黄河口の生態均衡の問題があります。下流を1つのイメージとして見てみましょう。上はこの河川流域の範囲で、下には黄河口の状況を見ることができます。黄河が最終的に海に入る前の地点の河川流量として図1を用意しました。これは50年来の流量の変化の観測値です。私は水文学者として流量全体を3つに分けます。雨季と乾季、そして通年です。

その統計上の変化を見ると、水量が明らかに低下しているのがわかります。これには気候の影響と同時に人間活動の影響があります。次は黄河の断流ですが省略します。これは河口の状況です。

次に第2の問題、水資源の脆弱性についての簡単な分析を行ってみようと思います。水資源脆弱性の主要な問題はどこから水が来るのかということ、雨水でもいいし、川の水でもいいですが、それは空間的、時間的に均等に存在しているのではなく、水資源の供給に適合的ではないのです。Mismatching of water surplus and water demand。この2つが同じではない。その上、年ごとの変化と季節ごとの変化がありますから、全体としての水資源を非常に脆弱なものにしています。この脆弱性は気候と人間活動という2つの大きな要因によって引き起こされます。人間の活動はこの水循環に変化を生じさせますが、さらにそれにはフィードバックがあり、その脆弱性のフィードバックを増加させます。気候の変化、特に降水量と気温の変化は、水資源に非常に大きな影響を及ぼします。図2は水資源の脆弱性に影響する因子を示しています。中間は水の脆弱性で、ここから見ていきますと、土地管理面での一連の行為の影響、自然景観が変化することによる影響、気候の変化による影響、さらに地域の人口の影響があり、それと同時に動物と昆虫の影響もあります。動物の影響についてはうまくイメージできない方もあると思われませんが、先ほどの写真の中で何千何万ものねずみによる穴を見ましたが、これが動物による影響、黄河源流に対する影響です。今、私たちの見ている水不足性、すなわち水不足と不合理な水資源の使い方は、いとも簡単に水資源そのものの脆弱性を引き起こします。特に次に見るような一連の条件、すなわち気候的なバックグラウンドとして、乾燥指数が1よりも大きい、黄河流域の状況がそうです。もう1つの状況は、水質の汚染がⅢ類を超過すること。中国は水資源の質を5つに分けています。Ⅰ類は最も水質の良い水、Ⅱ類は清潔な水、Ⅲ類はいくらか汚染されている水、Ⅳ類は汚染の深刻な水、Ⅴ類は完全に汚染されて使えない水。この他、水利効率の異常な低さ、さらには経済と社会の過熱、行き過ぎた経済成長、これはすべて水資源と関連があります。また、良好な水利施設のある区域では水資源の調節に規制が行われておらず、水資源を適切に管理できていません。

この他、水不足の問題が引き起こす脆弱性は直接生態環境に現れており、生態環境は水と関連があり、水資源の開発、土地の植生と土地利用およびその他一連の人為的な要素はすべて主要な水循環を形作るもので、生態環境はそれと関連があります。この他、気候の変化と人間の活動は折り重なった因子であり、これらは一様に水と生態環境に影響を及ぼすもので、そのフィードバックメカニズムはとても複雑で、生態環境は黄河流域においてはまだ退化を続けていて、大きな問題になっています。それは主に、不合理な水の使い方、大量の水使用、汚染により引き起こされますが、ここで、人間の活動がどのような影響を与えるのかについて、1つの例を挙げておきましょう。黄河流域の年平均流量は、当然、少ないときもあれば多いときもありますが、毎秒1800m<sup>3</sup>くらいです。しかし、そこに建設される水利施設の引水能力は毎秒6000m<sup>3</sup>にも達しますから、実に4000m<sup>3</sup>余り多いわけで、

流量の3倍以上にもなります。そしてそのほとんどは下流に集中していて、大体6000m<sup>3</sup>の67%が下流で使われます。なぜ黄河で断流が起きるのか、なぜ黄河の水量が減少してきているのかに対して、これが1つの非常に良い回答になるでしょう。それはすなわち黄河水資源の過度の利用にあるのです。

さて第3の部分ですが、これも重要なので、少しゆっくりと詳細にお話ししたいと思います。これには考慮に入れなければならない問題が2つありまして、1つは戦略的な観点、もう1つは施策の観点です。まず戦略的な観点ですが、それは人と自然が協調しなければならないということ。図3は六角形の多要素演繹関係図ですが、この演繹の中では矩形をもって示してあり、人口、経済、社会、水資源、生態環境を1つの矩形の中に入れて分析するのですが、ここでは詳しくは述べません。要するに、人と水、人と自然の協調した発展を打ち立てようという考え方です。この四角形の図の中には、水の問題と持続可能な発展、高いGNP、良性の、私たちが *benign circle of ecology environment* と呼んでいるものと関係があることを示しています。次の考え方ですが、循環経済学と循環社会学における新しい概念を用いて、*recycling ecology* を提示することです。これには、私が提起した水循環システム、すなわち降水、土壌水、地下水、地表水、植物の中の水分という5種類の水の大自然の中における循環と、人口、経済、社会、生態環境といった人間の活動に伴う循環というこの2つの循環は、必ず結び付けていく必要があります(図4)。そしてできる限り、クリーンな生産、総量規制、汚染に対する各種の改善措置と政策を通して解決を目指しますが、このような循環の中に有害物質が入り込まないようにするには、決してそれを水循環の中に入れてはなりません。このようにすれば、理想的な水循環ができあがるでしょう。

次に、水とエネルギー、水と土砂、水と塩、および需要と供給の均衡という4つの均衡を考慮に入れながら、7つの施策と提案をいたします。まず、水の資源的な機能、生態的な機能、環境的な機能と災害の問題を一度調整して統一した管理を行い、総合的な管理を形作っていくこと。次に、水資源に関する評価に関して、各種の水を総合して評価を行うが、単純に地表水の評価を行うだけではなく、物質保存の原則、すなわち水収支の原則を考慮に入れなければなりません。第3は、5つのRの提起です。この5つのRの第1は *Recycling*、続いて *Reuse*、*Resourcefulness*、これは私の造語ですが、実際には再資源化です。最後が *Recharge & Reallocation*、すなわち水資源の再調整です。第4は、水利用に対して規制を行うこと、*water demand* ですが、これは日本の例です。日本の水需要はすでにゼロ成長に達し、工業用水もゼロ成長です。アメリカも基本的に80年代以降はゼロ成長ですから、これから中国もそうしていかなければならないでしょう。これからは節水を国家の政策として、全国すべての人民の政策として推進していかなければなりません。節水には二重の効果があります、*Killing two birds with one stone*、すなわち一石二鳥ということですが、同時に、水資源の価値を考えていきます。水資源の価値は経済的な手段を通して調整していきます。水費に対する水需要の弾性値を考えますと、水費を10%上げれば、需要を

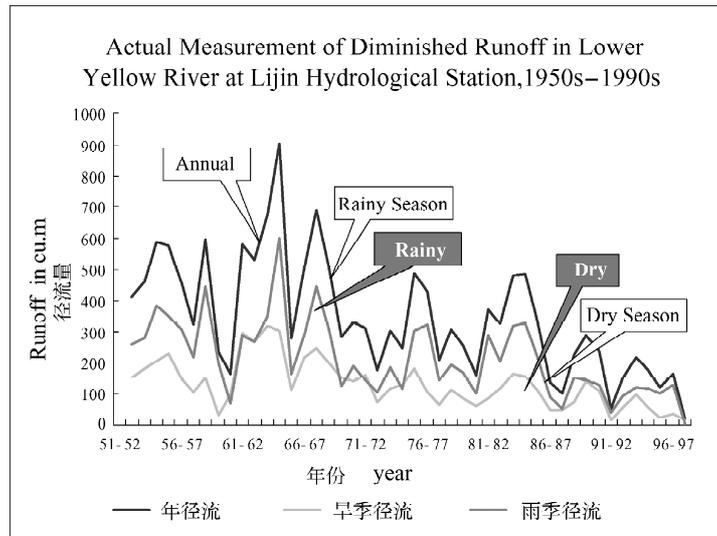


図 1

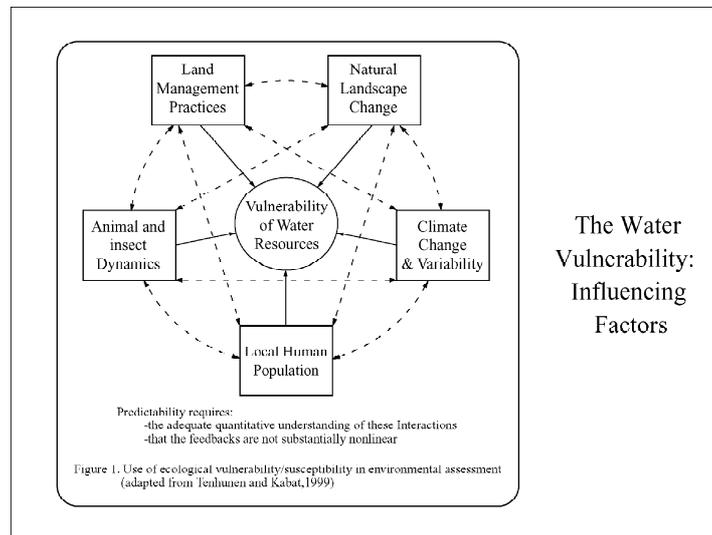


図 2

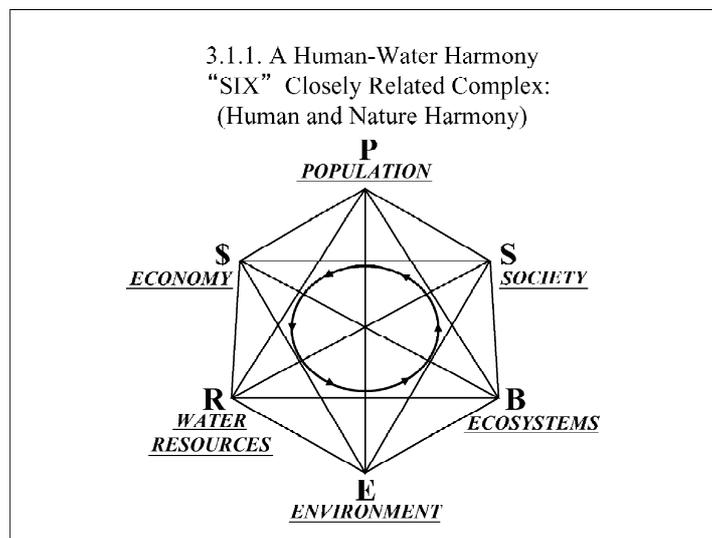


図 3

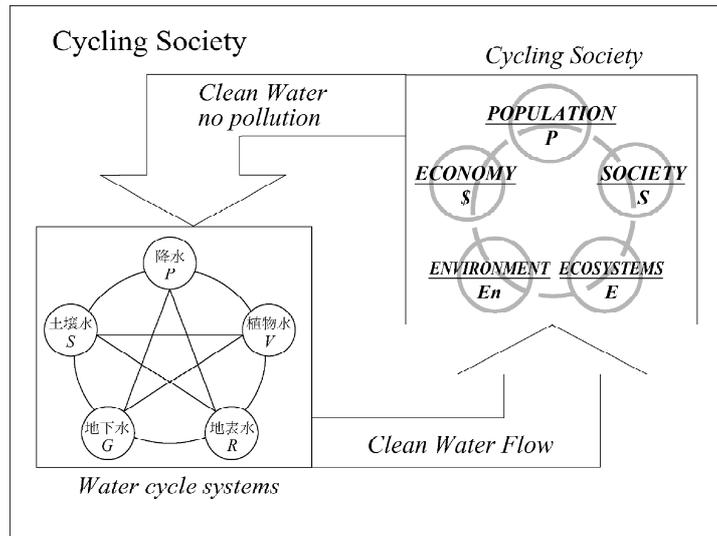


図 4

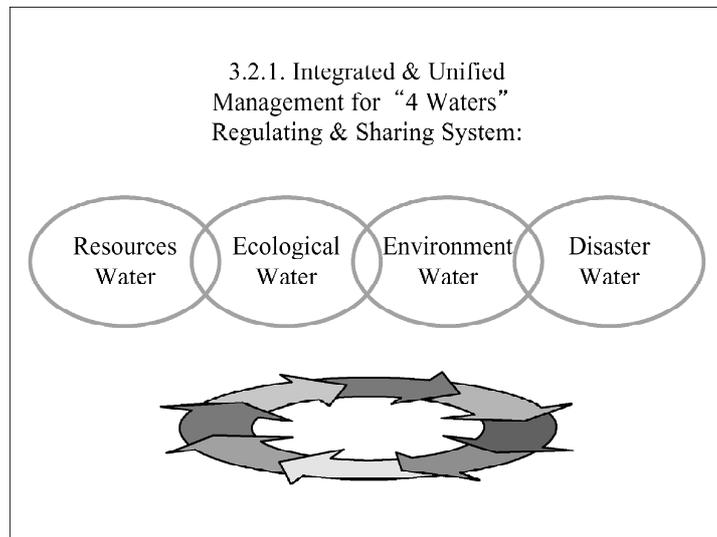


図 5

25%減少できます。この他、農村貧困地域における水不足問題の解決に向けた取り組みの強化を考えていく必要があります。すなわち、水資源の来源から「強水」と「弱水」とに分けます。ここで「強水」と「弱水」が指しているのは、河川の流量と雨水との比で、その差は6万倍にもなります。農村で河川から非常に離れた地域のことを考えていかなければなりません。黄河流域で私たちはそれをマイクロ水利と呼んでいます。最後に南水北調です。南水北調は長江の水を大通河と雅魯河、大渡河から黄河上流へ引水し、最終的に黄河の水不足問題を解決していくものです。それと同時に、三峡ダムから直接中国の北方へ引水していくことも考慮に入れます。2分ほど超過しましたか、後の方々に影響が出なければと思います。

(当日の報告発言、原文は中国語。邦訳 小島三多)