

## 14. 中国広西壮族自治区七百弄郷（石灰岩地域）の水質特性と水利用

Water Quality and Utilization of water in Qibainong(karst area), Guanxi Province, China

橘 治国\*、王宝臣\*、大神裕史\*、和泉充剛\*

蒙 炎成\*\*、陳 桂芬\*\*、Jiang Zepu\*\*

Harukuni Tachibana, Baoshin Wang, Yushi Ohkami, Mitsuyoshi Izumi

Yancheng Guifen, Chen, Meng, Jiang Zepu

**ABSTRACT** : Qibainong is one of the groups of hamlets which are located in the north of Guanxi Province, China, where karst topography spread out. Qibainong consists of about 700 hamlets. One hamlet forms a closed society where tens to hundreds of people live by themselves, at the bottom of a doling formed by a karts phenomenon. Environment of karts area is deteriorated in 1958 by the economical advance period when many forests were cut down. The authors started researching water quality since 1999, aiming at getting water safe for living in quality and quantity under the condition of unstable water cycle of Nongshitun, one of Qibainong in krast area. We found out that the clean water spring contains much alkaline earth metals and carbonates. And while it flows through field, it is contaminated by fertilizer and agricultural waste that makes concentration of nutrients increase. And we found out that in rainy season, those valuable nutrients flow out from the outlet of the doline. From the results, we proposed to use the lucid spring water for drinking, and to build a pond near the outlet of the doline to make nutrients to circulate

**KEYWORDS** : Qibainong, karst area. water management, water quality

### 1. 研究の背景と目的

七百弄は、カルスト地形が発達する中国広西壮族自治区の北部に位置する弄群である。一つの弄は、カルスト現象でできたドリーネ底部において閉鎖性社会を形成し、独立して生活している数十人～数百人からなる屯のことをいう。このような集落が雲南省からこの地域まで1000から2000近く存在するといわれている。1949年当時、この地域の森林被覆率は30%を超えた安定した農業生産であったといわれているが、1958年大躍進時期の「大煉鋼鉄」時に多くの森林が伐採されてその被覆率が急減し、カルスト地域の環境が劣化したといわれている。土壌流失そして水の涵養能力の減少によって、住民の生産・生活用水の不足が深刻化した。<sup>1) 2)</sup> 筆者等は、七百弄の一つ弄石屯を対象として、カルスト地形からなる弄内の不安定な水循環の中で、質・量的に安全な生活用水の確保をテーマに、1999年から水質調査を開始した。生活用水使用後の排水の有効利用についても、弄内の物質循環の把握さらには肥料の流亡防止という立場で検討することとした。いうまでもなく生活関連用水の確保と利用は、弄内の水循環や物質循環と密接に関連しており、水質調査は弄内の湧水、貯留水、雨水そして降雨時地表面流出水等を採取し、広く調査することとした。また代表的農家の水使用実態についての聞き取り調査と水道使用実績調査から、生活用水の量的確保の実態を整理し、より効率的で良質な水確保について検討した。

---

\* 北海道大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Hokkaido University, N13W8, Kita-Ku, Sapporo, Japan 060-8628 \*\* 広西農業科学院土壤肥料研究所 Institute of Soil Science and fertilizers, Gianni Academy of Agricultural Science

## 2. 水文環境と水利用

七百弄一帯の降水量の分布には、図1に示す高橋等<sup>3)</sup>の1999年11月から2001年7月の日降水量の変化の観察結果に示されるとおり、11月から4月の乾期とそれ以外の雨期に区分され、明確な差異がある。高橋等<sup>3)</sup>の調査では、年間降水量を1366mm(200/7-2001/6)とし、乾期233.5mm(17%)、雨期1132.5mm(83%)と報告している。これらの雨水を生活や農業に利用するため現在4基の貯水槽が建設されている。このうち2基は筆者等が調査中の2000年に建設されたものである。4基のうち2基(図3の地点3と7)が飲用に利用され始めた。笹等<sup>4)</sup>は、貯水槽の水位観察から日降水量20mm以上で貯水が始まり、降雨時貯水効率(すなわち地表流量の割合)を約15%と推定した。カルスト地形からなる本地域の地表流出量は極めて少ない。(写真1) また笹等の観察から、雨期前の貯水槽には、ほとんど貯水されていないことが報告されている。これらの調査報告から、本屯では乾期の生活用水の確保が深刻であることがわかる。

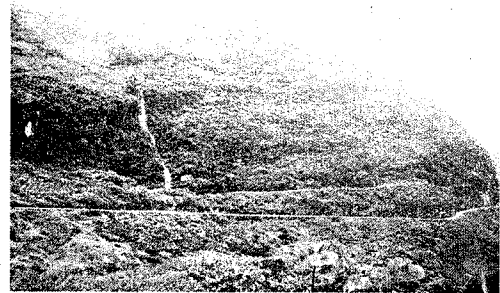
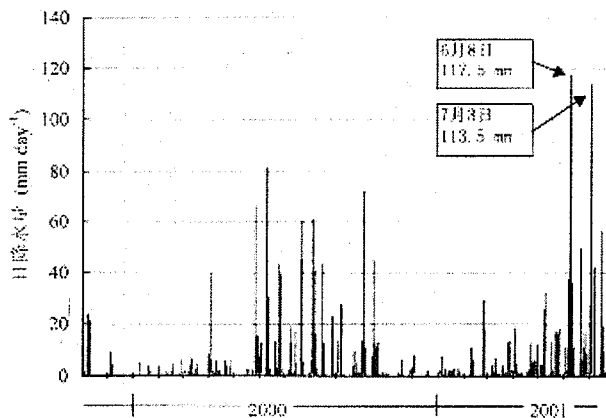


図1 1999年11月-2001年7月の日降水量変化<sup>3)</sup> 写真1 降雨時の地表流出(2002.7 滝が途中で消える。)

一方、生活用水使用量については、橘等<sup>3)</sup>は聞き取り調査によって1人1日20l(計算上は19l)と報告している。調査した1998年当時は、生活用水は村中貯水槽から人手によって運ばれるか、あるいはゴムホース(通常家庭用ガス管の太さ)を用いて圧力差で給水されていた。この水は室内の水槽に入れられ(写真2)、石けん水を含むもの以外は家畜用に回されていた。室内の水槽の設置状況を写真2に示した。生活用水の確保は、2000年の新給水貯水槽や中日友好貯水槽を水源とする簡易水道の建設から一変した。そこで筆者等は、水道実態調査を基に、生活用水の利用状況について調査した。調査に協力した家族は、19家族92人で、居住人口は出稼者を差し引くと69人である。登録弄石屯総家族数は37、総人口は165人で、移住家族数13、移住人口56人を差し引くと、現在居住総人口は109人となり、非給水家族は数家族で20人弱となる。水道水使用非登録者は、他の家族と共同して利用しているものと推測される。本報告では、これで弄石屯の水供給の実態がほぼ把握できたものとし、給水人口を出稼人口を差し引いた16家族69人とした。給水の実態は、中日友好水槽を水源とする4家族11人、新しく建設された新給水用貯水槽を水源とする12家族51人に区分される。表1は、16家族62人を総給水人口とし、1日1人当たりの水使用量をまとめたものである。1日の生活用水を前述の調査に基づき20lとし、使用量からこの分を差し引いた非生活用水を家畜や農作物のための農業用水として区分してみた。まず水道設備が出来ることによって、農業用水用が見込めるなど大幅に使用量が増しているようである。現在は、水道料金が徴収されていないので、ここに料金問題が絡むと大きな変化が生じるものといえる。また二つの貯水槽で使用量の差が認められた。利用する給水人口や畑地の勾配、さらに後2ヶ所の貯水槽の存在などが原因といえよう。

表1 弄石屯における給水の実態

|                    |      | m <sup>3</sup> |
|--------------------|------|----------------|
| 総合<br>16家族62人      | 使用量  | 0.0409         |
|                    | 生活用水 | 0.0200         |
|                    | 農業用水 | 0.0209         |
| 中日友好貯水槽<br>4家族11人  | 使用量  | 0.0786         |
|                    | 生活用水 | 0.0200         |
|                    | 農業用水 | 0.0586         |
| 新給水用貯水槽<br>12家族51人 | 使用量  | 0.0384         |
|                    | 生活用水 | 0.0200         |
|                    | 農業用水 | 0.0184         |

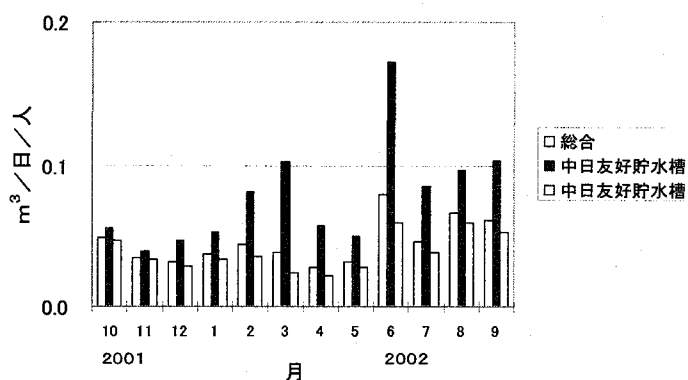


表2 弄石屯における月別給水の実態

| 平均1日1人 m <sup>3</sup> | 10     | 11     | 12     | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 使用量                   | 0.0484 | 0.0344 | 0.0317 | 0.0369 | 0.0438 | 0.0380 | 0.0280 | 0.0317 | 0.0796 | 0.0463 | 0.0661 | 0.0613 |
| 生活用水                  | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 | 0.0200 |
| 農業用水                  | 0.0284 | 0.0144 | 0.0117 | 0.0169 | 0.0238 | 0.0180 | 0.0080 | 0.0117 | 0.0596 | 0.0263 | 0.0461 | 0.0413 |

図2 1日1人平均水使用量の月別変化

図2は、1日水使用量を、水槽別にも区分して示したものである。利用者が少ない中日友好貯水槽は生活用水分 0.02m<sup>3</sup> 以上で余裕が認められるが、新給水用貯水槽では、雨が降らない 11 月から 4 月の間は 0.02m<sup>3</sup> 近くではほぼ最低の必須生活用水量である。4 月の終わりには貯水槽がほぼ空なので、本弄の給水量はやっと最低限を保証された段階にある。言い換えれば、住民の今までの経験が、貯水槽をうまく使っているといえる。表2に2貯水槽の平均としての月別内訳を示したが、総合的には生活用水としては余裕がある。今後は、残りの2貯水槽を加えた4貯水槽の利用や貯水槽への質量的に良好な流入水の確保を考慮した水管理が、より豊かな生活への転換になるだろう。

ここで降水量に対する貯水量さらには生活用水量の確保という視点から、水利用について考えてみた。笹等は、村中貯水槽の水位観測から有効貯水量を降水量の 15%としている。すなわち貯水は降雨時のみ可能であり、それが雨期に限定される。一方、表1から年間総使用量は 1030m<sup>3</sup> となるが、これらをまとめたのが表3である。

表3 弄石屯の水利用の実態

| 年間総使用量<br>m <sup>3</sup> | 年間雨量mm<br>7/00-6/01 | 年間総雨量<br>m <sup>3</sup> | 年間 15%<br>可能貯水量 | 利用率 % |
|--------------------------|---------------------|-------------------------|-----------------|-------|
| 1030                     | 1366                | 174575                  | 26186           | 3.93% |

流域面積 12.73ha

表4 貯水槽の容量と調査時貯水量

|         | 容量 m <sup>3</sup> | 2000年11月1日 2001年7月24日 |                    |
|---------|-------------------|-----------------------|--------------------|
|         |                   | 貯水量 m <sup>3</sup>    | 貯水量 m <sup>3</sup> |
| 中日友好貯水槽 | 333.8             | 281.7                 | 279.6              |
| 道路横新貯水槽 | 263.9             | 255.6                 | 249.7              |
| 村横新貯水   | 302.2             | 292.6                 | 292.6              |
| 村中貯水槽   | 535.9             | 350.0                 | 503.1              |
| 合計      | 1435.7            | 1180.0                | 1325.0             |

写真2 蒙桂夫宅の室内貯水槽



年間雨量は、高橋等の報告の 1366mm これに流域面積 (12.73ha) を乗じ、さらに笹等の貯水槽流入量 (表面流出量) 約 15%を乗ずると 26186m<sup>3</sup> になり、総使用量は 4 %程度で、しかも実際の貯水槽 (貯水容量 約

300m<sup>3</sup>) は、乾期の終わりにはほとんど空になっている。今後は、計画的利水と水槽の大型化とともに、あちこちに存在する湧水による安定した、また濁りのない貯水が望まれる。例えば、道路横湧水は、乾期にも常時1日1700リットル(2001年7月)<sup>5)</sup>～5500リットル(1999年9月)<sup>2)</sup>が崖から流れ出しており(写真3参照)、3章で示すように水質も良好なので、このような水の貯留が望ましい。道路横新貯水槽などで十分最低必要量を良質な状態で確保できる。降雨時に一度に貯留する居住者の気持ちもわかるが、長期的に飲

写真3 道路横湧水



写真4 道路横新貯水槽



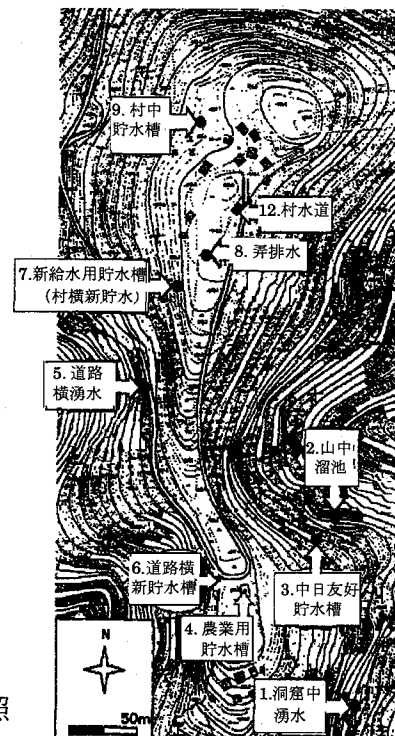
料水を確保するという見方も取り上げるようになって欲しい。村の子供が、私どもが捨てたポリ瓶でこの湧水を入れ始めた。

### 3. 弄石屯の水環境と水質

日常生活には、十分な水量とともに水質が良好であることが望まれる。弄石屯では、居住域はドリーネ地形の谷底周辺と、中腹部に分かれている。生活用水は、以前は山腹の湧水などに求めることがあったと聞かすが、最近新しく建設されたものも含め4貯水槽から供給され、水事情は大幅に改善された。しかし、さらに弄内の水循環や物質循環を考慮した水源確保が、安定した水量確保と安全で良質な水の供給のために必要である。また水質学的な意味も含め、ドリーネ地形の水質形成には興味を持たれる。このような背景で1999年以来、弄内の水質調査を実施してきた。図3には、筆者等が調査してきた主要採水地点を示した。また過去4年間の水質分析結果を資料1-1～2にまとめた。2002年度は降雨増水時の農地からの栄養塩の流出を重点に調査した。本報告では、本弄の水質特性を2001年の分析結果(資料1)を用いて説明する。2000、1999年の非降雨時水質分析結果については参考文献<sup>6)</sup>を参照されたい。

1. 洞窟中湧水
2. 山中溜池
3. 中日友好水槽
4. 農業用貯水槽
5. 道路横湧水
6. 道路横新貯水槽
7. 新給水用貯水槽(村横新貯水)
8. 弄排水
9. 村中貯水槽
10. 弄連湧水(1)(図に含まず。)
11. 弄連湧水(2)(図に含まず。)
12. 村水道(図に含まず。)
13. 道路横湧水(降雨時)(5. 付近)
14. 郷雨水
16. 王烈湧水(図に含まず。)

図3 主要採水地点 17. ～ 26の降雨時採水点は、資料2を参照



資料 1 (上) 2001年水質分析結果 資料 2 (下) 2002年降雨時水質分析結果

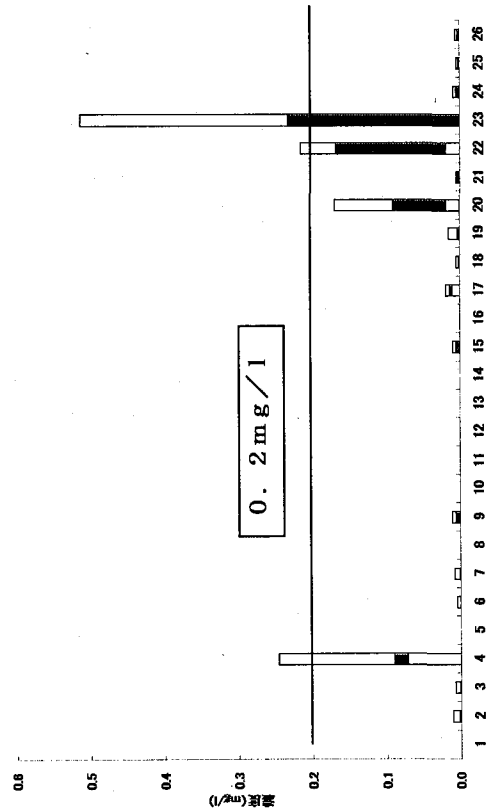
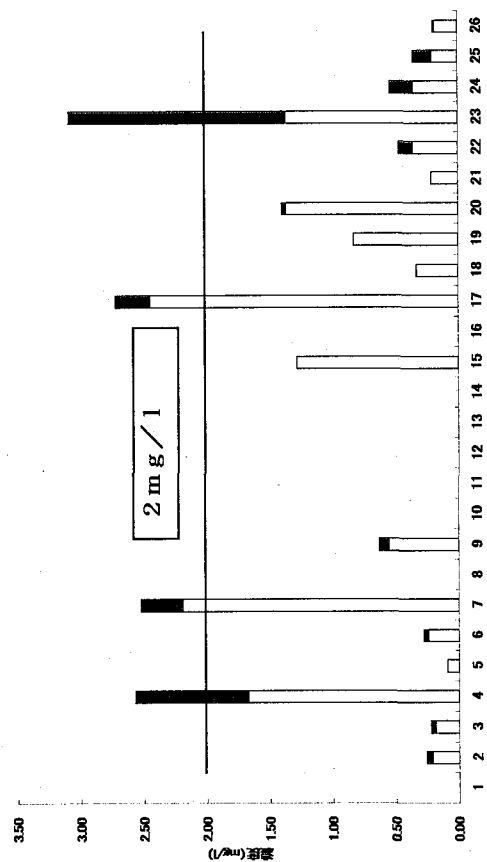
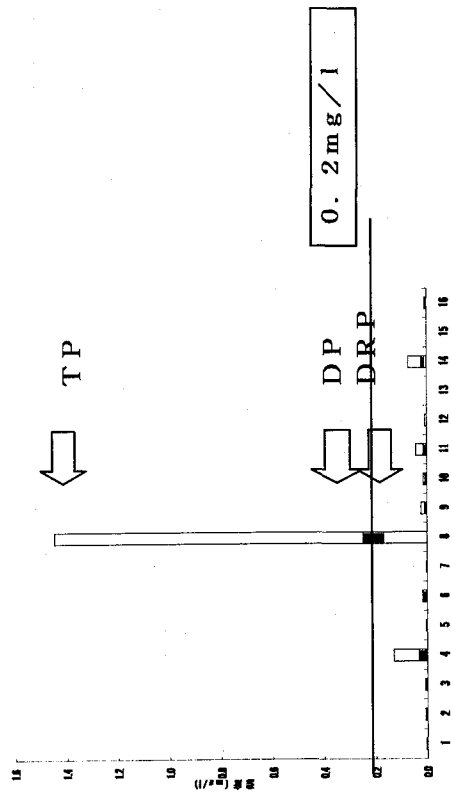
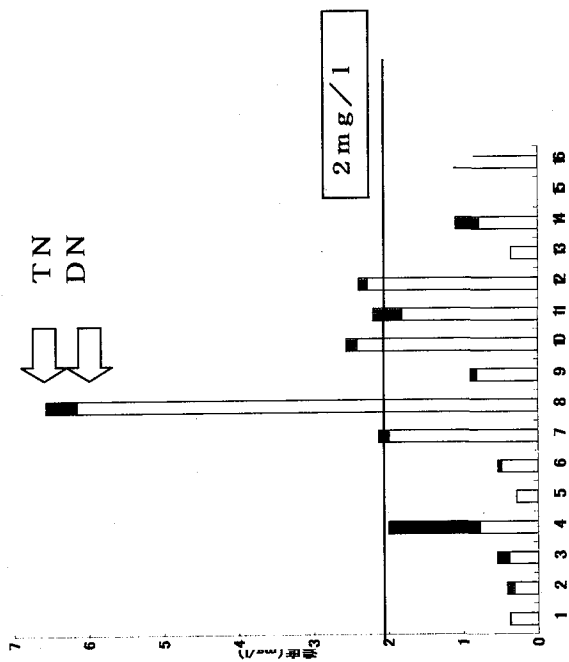
2001年7月24~27日

| No. | 地点名        | 時刻    | Ta<br>℃ | Tw<br>℃ | pH  | EC<br>μS/cm | DOC<br>mg/l | TOC<br>mg/l | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>mg/l | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>mg/l | DN<br>mg/l | TN<br>mg/l | DRP<br>mg/l | DP<br>mg/l | TP<br>mg/l | Cl <sup>-</sup><br>mg/l | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>mg/l | 4.3Bx<br>meq/l | Na <sup>+</sup><br>mg/l | K <sup>+</sup><br>mg/l | Ca <sup>2+</sup><br>mg/l | Mg <sup>2+</sup><br>mg/l | SiO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)<br>mg/l |
|-----|------------|-------|---------|---------|-----|-------------|-------------|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|
| 1   | 洞窟中湧水      | 15:30 | 24.3    | 24.3    | 8.4 | 295         | 1.0         | 1.1         | 0.02                                 | 0.001                                | 0.06                                 | 0.37       | 0.38       | 0.001       | 0.004      | 0.004      | 0.5                     | 2.9                                   | 3.80           | 0.3                     | 0.0                    | 34.8                     | 22.9                     | 2.8                                         |
| 2   | 山中溜池       | 17:00 | 32.0    | 32.0    | 8.4 | 324         | 1.4         | 1.5         | 0.02                                 | 0.000                                | 0.02                                 | 0.32       | 0.42       | 0.002       | 0.004      | 0.007      | 0.7                     | 3.9                                   | 3.78           | 0.5                     | 0.0                    | 50.0                     | 19.1                     | 3.4                                         |
| 3   | 中日友好貯水槽    | 17:30 | 29.0    | 29.0    | 8.2 | 243         | 2.9         | 3.1         | 0.01                                 | 0.000                                | 0.00                                 | 0.39       | 0.55       | 0.003       | 0.003      | 0.009      | 0.7                     | 3.6                                   | 2.70           | 0.5                     | 0.7                    | 31.9                     | 15.4                     | 2.5                                         |
| 4   | 農業用貯水槽     | 8:30  | 26.5    | 26.5    | 7.1 | 56          | 3.8         | 6.2         | 0.04                                 | 0.000                                | 0.02                                 | 0.78       | 2.00       | 0.005       | 0.032      | 0.130      | 0.9                     | 1.6                                   | 0.46           | 0.6                     | 1.7                    | 6.8                      | 1.1                      | 3.5                                         |
| 5   | 道路横湧水      | 11:15 | 21.0    | 21.0    | 8.3 | 292         | 1.4         | 1.4         | 0.00                                 | 0.000                                | 0.04                                 | 0.29       | 0.29       | 0.001       | 0.002      | 0.004      | 0.8                     | 5.2                                   | 3.33           | 0.6                     | 0.2                    | 43.7                     | 16.7                     | 0.0                                         |
| 6   | 道路横新貯水槽    | 11:50 | 29.5    | 29.5    | 8.3 | 303         | 1.3         | 1.3         | 0.07                                 | 0.000                                | 0.22                                 | 0.49       | 0.54       | 0.002       | 0.015      | 0.017      | 0.6                     | 4.6                                   | 3.99           | 0.7                     | 0.4                    | 51.8                     | 15.7                     | 0.0                                         |
| 7   | 村横新貯水槽     | 9:30  | 28.7    | 28.7    | 8.3 | 314         | 1.1         | 1.1         | 0.06                                 | 0.000                                | 1.78                                 | 1.99       | 2.13       | 0.001       | 0.000      | 0.001      | 1.0                     | 3.8                                   | 3.52           | 1.3                     | 0.2                    | 60.8                     | 10.0                     | 2.7                                         |
| 8   | 弄排水        | 10:15 | 31.2    | 31.2    | 7.5 | 472         | 12.8        | 18.5        | 4.23                                 | 0.001                                | 0.01                                 | 6.15       | 6.57       | 0.169       | 0.247      | 1.447      | 7.0                     | 0.7                                   | 5.15           | 2.3                     | 37.0                   | 66.4                     | 14.7                     | 5.7                                         |
| 9   | 村中貯水槽      | 12:30 | 30.2    | 30.2    | 8.4 | 223         | 1.7         | 1.8         | 0.00                                 | 0.001                                | 0.46                                 | 0.82       | 0.90       | 0.002       | 0.009      | 0.022      | 0.7                     | 3.2                                   | 2.35           | 0.6                     | 0.5                    | 38.6                     | 8.6                      | 1.0                                         |
| 10  | 弄達湧水(1)    | 16:00 |         |         | 8.1 | 338         | 1.2         | 1.2         | 0.36                                 | 0.003                                | 1.84                                 | 2.41       | 2.56       | 0.002       | 0.008      | 0.014      | 1.3                     | 2.9                                   | 3.59           | 4.4                     | 1.9                    | 70.8                     | 6.3                      | 2.5                                         |
| 11  | 弄達湧水(2)    | 10:50 |         |         | 8.0 | 336         | 1.4         | 2.0         | 0.01                                 | 0.004                                | 1.53                                 | 1.81       | 2.20       | 0.004       | 0.014      | 0.042      | 1.9                     | 3.6                                   | 3.55           | 5.0                     | 2.7                    | 70.4                     | 6.4                      | 2.3                                         |
| 12  | 村水道(7に同じ)  | 12:00 | 24.6    | 24.6    | 8.3 | 303         | 1.2         | 1.2         | 0.11                                 | 0.002                                | 1.66                                 | 2.28       | 2.40       | 0.007       | 0.007      | 0.007      | 0.6                     | 3.7                                   | 3.29           | 1.8                     | 0.2                    | 59.8                     | 9.6                      | 2.3                                         |
| 13  | 道路横湧水(降雨日) | 11:20 | 24.3    | 24.3    | 8.3 | 301         | 1.2         | 1.2         | 0.05                                 | 0.001                                | 0.03                                 | 0.36       | 0.36       | 0.000       | 0.000      | 0.000      | 0.5                     | 5.1                                   | 3.29           | 0.5                     | 0.2                    | 45.6                     | 16.8                     | 2.4                                         |
| 14  | 郷雨水        | 12:30 | 24.5    | 24.5    | 7.6 | 67          | 2.1         | 2.1         | 0.10                                 | 0.001                                | 0.11                                 | 0.79       | 1.10       | 0.009       | 0.020      | 0.071      | 0.3                     | 1.5                                   | 0.63           | 0.3                     | 0.4                    | 13.9                     | 0.4                      | 1.8                                         |
| 16  | 王烈湧水       |       |         |         | 8.2 | 319         | 1.1         | 1.1         | 0.10                                 | 0.000                                | 0.86                                 | 1.09       | 1.11       | 0.002       | 0.002      | 0.007      | 1.0                     | 2.8                                   | 4.53           | 0.8                     | 0.2                    | 72.9                     | 2.9                      | 7.1                                         |

2002年7月18日~25日

| No. | 地点名            | 時刻   | Ta<br>℃ | Tw<br>℃ | pH    | EC<br>μS/cm | DOC<br>mg/l | TOC<br>mg/l | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N<br>mg/l | NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N<br>mg/l | NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N<br>mg/l | DN<br>mg/l | TN<br>mg/l | DRP<br>mg/l | DP<br>mg/l | TP<br>mg/l | Cl <sup>-</sup><br>mg/l | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>mg/l | 4.3Bx<br>meq/l | Na <sup>+</sup><br>mg/l | K <sup>+</sup><br>mg/l | Ca <sup>2+</sup><br>mg/l | Mg <sup>2+</sup><br>mg/l | SiO <sub>2</sub> (H <sub>2</sub> O)<br>mg/l |
|-----|----------------|------|---------|---------|-------|-------------|-------------|-------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|-------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------------------|
| 2   | 山中溜池           | pm   | 26.9    | 7.4     | 300.5 | 1.6         | 1.4         | 0.06        | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.21       | 0.26       | 0.002       | 0.002      | 0.011      | 0.5                     | 5.2                                   | 3.0            | 0.3                     | 1.1                    | 33.7                     | 15.8                     | 2.3                                         |
| 3   | 中日友好貯水槽        | pm   | 29.0    | 8.1     | 245.5 | 2.7         | 2.8         | 0.05        | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.00                                    | 0.19       | 0.22       | 0.001       | 0.000      | 0.007      | 0.4                     | 4.4                                   | 2.4            | 0.4                     | 1.5                    | 26.4                     | 14.1                     | 2.6                                         |
| 4   | 農業用貯水槽         | 0.7  | 28.8    | 6.9     | 67.6  | 6.5         | 9.5         | 0.55        | 0.96                                    | 0.02                                    | 1.67                                    | 1.67       | 2.57       | 0.072       | 0.090      | 0.246      | 1.6                     | 1.1                                   | 0.5            | 1.9                     | 2.2                    | 7.6                      | 1.5                      | 1.6                                         |
| 5   | 道路横湧水          | 0.6  | 31.1    | 24.5    | 7.9   | 301.0       | 0.8         | 0.8         | 0.03                                    | 0.00                                    | 0.01                                    | 0.09       | 0.04       | 0.003       | 0.000      | 0.000      | 0.4                     | 6.7                                   | 1.1            | 0.3                     | 0.9                    | 39.4                     | 15.5                     | 2.9                                         |
| 6   | 道路横新貯水槽        |      | 36.3    | 28.7    | 8.0   | 290.0       | 0.9         | 1.4         | 0.03                                    | 0.00                                    | 0.16                                    | 0.24       | 0.28       | 0.000       | 0.000      | 0.005      | 0.5                     | 6.3                                   | 3.0            | 0.4                     | 1.1                    | 37.2                     | 14.6                     | 2.5                                         |
| 7   | 村横新貯水槽         |      | 29.7    | 28.2    | 7.9   | 309.0       | 0.7         | 0.9         | 0.03                                    | 0.01                                    | 2.52                                    | 2.19       | 2.10       | 0.001       | 0.000      | 0.008      | 0.7                     | 4.9                                   | 3.0            | 0.6                     | 0.5                    | 46.6                     | 8.7                      | 2.7                                         |
| 9   | 村中貯水槽          | am   | 26.8    | 27.6    | 7.8   | 229.5       | 1.7         | 1.8         | 0.20                                    | 0.00                                    | 0.19                                    | 0.56       | 0.63       | 0.000       | 0.006      | 0.011      | 1.0                     | 4.1                                   | 2.2            | 0.5                     | 0.6                    | 31.1                     | 8.4                      | 2.1                                         |
| 15  | 郷政府水源          |      | 26.2    | 22.6    | 7.8   | 325.5       | 1.1         | 1.2         | 0.03                                    | 0.00                                    | 1.10                                    | 1.28       | 1.15       | 0.002       | 0.005      | 0.010      | 1.0                     | 4.2                                   | 3.3            | 0.6                     | 0.6                    | 64.5                     | 1.2                      | 6.4                                         |
| 17  | 弄泉水            | pm   | 21.7    | 7.8     | 282.5 | 1.1         | 1.3         | 0.03        | 0.07                                    | 2.72                                    | 2.36                                    | 2.36       | 2.35       | 0.010       | 0.014      | 0.019      | 0.7                     | 4.3                                   | 2.7            | 0.6                     | 0.4                    | 45.8                     | 5.6                      | 2.6                                         |
| 18  | 弄良雨水(橋)        | 28.1 | 23.2    | 7.5     | 22.6  | 0.9         | 0.7         | 0.20        | 0.00                                    | 0.06                                    | 0.51                                    | 0.33       | 0.001      | 0.002       | 0.005      | 0.4        | 0.5                     | 0.2                                   | 0.2            | 0.2                     | 0.6                    | 0.0                      | 0.0                      | 0.2                                         |
| 19  | 雨谷水(天下第一に近い道路) | 22.1 | 8.1     | 256.0   | 1.6   | 1.8         | 0.22        | 0.01        | 0.61                                    | 0.61                                    | 0.79                                    | 0.78       | 0.78       | 0.001       | 0.003      | 0.015      | 1.1                     | 4.1                                   | 2.5            | 0.9                     | 0.3                    | 31.4                     | 10.8                     | 3.7                                         |
| 20  | 雨後路横水溜         | 25.9 | 26.0    | 7.4     | 143.5 | 2.5         | 4.4         | 0.06        | 0.02                                    | 0.94                                    | 1.37                                    | 1.40       | 0.018      | 0.090       | 0.169      | 0.6        | 3.1                     | 1.8                                   | 0.6            | 0.3                     | 36.2                   | 3.4                      | 0.7                      |                                             |
| 21  | 崖湧水(雨後)        | 25.7 | 21.7    | 7.9     | 357.0 | 0.8         | 1.2         | 0.15        | 0.00                                    | 0.06                                    | 0.13                                    | 0.12       | 0.000      | 0.004       | 0.005      | 0.4        | 6.8                     | 3.6                                   | 3.6            | 1.0                     | 0.4                    | 47.3                     | 17.9                     | 2.6                                         |
| 22  | 崖表流出水          |      | 7.5     | 73.5    | 1.8   | 3.7         | 0.07        | 0.03        | 0.02                                    | 0.01                                    | 0.36                                    | 0.47       | 0.019      | 0.168       | 0.216      | 1.1        | 1.3                     | 0.7                                   | 0.9            | 0.3                     | 10.2                   | 3.8                      | 0.8                      |                                             |
| 23  | 農地流出水          |      | 7.7     | 296.0   | 1.1   | 18.3        | 0.03        | 0.02        | 0.02                                    | 0.22                                    | 1.37                                    | 3.08       | 0.001      | 0.232       | 0.009      | 0.7        | 4.2                     | 2.9                                   | 0.5            | 0.4                     | 51.5                   | 6.6                      | 3.4                      |                                             |
| 24  | 貯水槽流入水         |      | 8.1     | 300.5   | 1.5   | 1.5         | 0.04        | 0.01        | 0.22                                    | 0.36                                    | 0.11                                    | 0.000      | 0.002      | 0.002       | 0.004      | 0.5        | 3.8                     | 3.2                                   | 0.7            | 0.4                     | 52.5                   | 10.1                     | 3.2                      |                                             |
| 25  | 崖湧水            | 28.0 | 19.0    | 8.0     | 349.5 | 2.3         | 1.3         | 0.03        | 0.00                                    | 0.14                                    | 0.21                                    | 0.35       | 0.000      | 0.002       | 0.004      | 0.4        | 7.0                     | 4.0                                   | 4.0            | 1.1                     | 0.4                    | 49.5                     | 18.6                     | 2.7                                         |
| 26  | 山中水池横湧水        |      | 19.1    | 8.0     | 437.0 | 1.6         | 1.7         | 0.03        | 0.00                                    | 0.09                                    | 0.18                                    | 0.19       | 0.000      | 0.003       | 0.006      | 0.8        | 6.0                     | 4.5                                   | 4.5            | 1.3                     | 0.4                    | 47.3                     | 24.6                     | 3.2                                         |





地点番号

地点番号

図6 TN、DN (左図) , TP、DP (右図) の地点変化 (上: 2001 年、下: 2002 年<降雨時>)

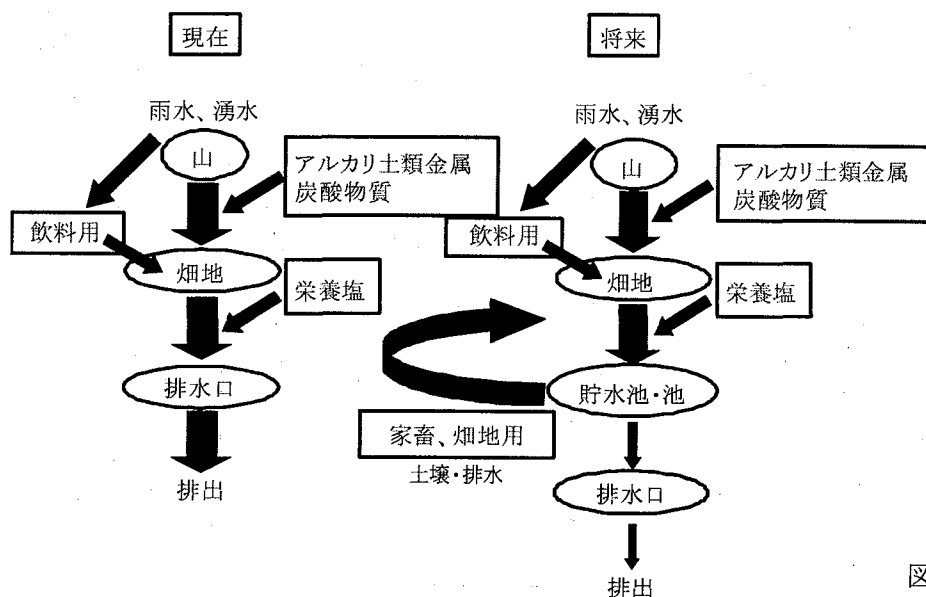
測によって明らかにされている。<sup>11)</sup> 2002 年は 7 月 18 日から 25 日まで降雨時を対象として調査を行ったが、降雨時の状況をつかめたのは 24 日と 25 日のみであった。畑を流出する水には、高濃度の栄養塩の存在が認められた。例えば農地流出水（資料 2 試料 No.23）で、TP 0.513mg/l、DP 0.232mg/l、TN 3.08mg/l、DN 1.37mg/l と、この地域では通常は観察できない高濃度であった。また村中貯水槽（No.24）への大量の降雨地表流出水も、平水時と濃度は変わらず平常時の貯留水に近い水質である。また筆者が採水した道路横溜まり水（No.20）も、TN、TP とも相当な濃度である。これらが、弄排水溝前の池で貯留されれば、肥料の流亡を防ぐことが出来流ると考えられる。しかし今回は、流出水が排水溝までには到達していなかった。なお水道として村に供給されている新給水用貯水槽の TN 濃度が極めて高い。雨期に多量の栄養塩が農地から排水として流入するものといえる。この意味では、人間の飲料水としては好ましくないと思われ、今後道路横新貯水槽に切り替えることが望まれる。また興味を惹かれるのが郷政府水源（No.15）である。この水は、他の試料と比較すると栄養塩濃度が高く、降雨時に地表水の流入の影響を受けていることがわかる。水道水源として長期的に考えるとき、この水を良好に保つには森林域の保全が関係してくることが予想される。なお ICPMS に微量重金属分析からは、弄排水口貯留水には Al、Mn、Rb、Cd、Ba が他の地点より高濃度で土砂や人為的影響が認められた。

**3. 4 飲料水の水質と安全性について** 新しく水道が新貯水槽から導水され、前報で述べた貯水（井戸）型の生活が流水（給水）型に代わり、これからの住民の生活に大きな変化が予想される。しかし新給水用貯水槽への流入水の水質が悪く、また供給能力は給水人口が多いためあまり高くないようである。農地の崖湧水から取水している新貯水槽そして村水道は硝酸態窒素を中心として窒素濃度が高い。これは畑地流出水の影響であることはいうまでもない。豊富な涵養量を持つが道路横湧水は新給水用貯水槽より水質もよく、新貯水槽から本貯水槽への切り替えが問題になるだろう。そして水源についての理解が深まれば、日常生活パターンが洗濯や入浴という人間生活の余裕として変わってくるだろう。急激な生活の変化が、より人間の要求を加速させると思われる。

住宅地域での身近な水使用と排水の農地散布は、貯水槽の水質悪化を引き起こす可能性がある。窒素濃度を中心に水道水源を見ると、道路横貯水槽、中日友好貯水槽のほうが新貯水槽より良好な水質である。現実を考えると、水使用と併せて水源の保全が必要である。今後、排水や流出汚泥の肥料への還元を考えると、貯水槽を飲料用と畑地用、家畜用に区分して考える必要もあろう。

**3. 5 水循環、生活と環境** これまでの観察結果と分析結果から、雨水流出率があまりにも大きいこの特殊な水循環の中での有効な水利用について考えてみたい。水道水源として畑地からの肥料の流亡の無い地点を選ぶことが重要であることは既に述べた。さらに弄全体の物質循環を考え、農業と飲料水環境を両立させることについて考えた。マクロ的に、現在とより良好な将来の物質循環を比較したのが、図 7 である。

将来においては、畑地を経由しない飲料水の確保、また最終排水口の手前に池を設置し、蓄積した土壌や栄養を含んだ流出水を、肥料を補う意味で畑地に還元する。もちろん飲料後の排水や廃棄物



は従来通り畑地に散布する。この可能性は、3. 2で述べたように排水溝にたまった水中の栄養塩濃度が極めて高いことによる。現在、魚養殖用として排水口付近に池が建設されているが、まさにこの池の沈殿地への転用である。(写真5)

#### 4. おわりに

カルスト地形の発達する弄石屯では、降雨や湧水を水源としているが、清澄な湧水も山から流出する時点で多量のアルカリ土類金属と炭酸物質を含み、畑地を流下する間に、肥料や排水の混入によって、栄養塩濃度が増す。降雨時にはかなりの栄養塩が排水口から弄外に流出するものと推察される。本弄のように十分な水を確保することが難しいカルスト地形において、水源を枯渇させずに安全な水を供給するためにも、また肥料流出防止のためにも適切な水管理が要求される。その水管理対策の一つとして、清澄な湧水の飲用としての選択利用と、排水口付近の池の建設とこの池や既存の貯水池の汚泥や排水の循環利用など、新しい水および物質循環システムの構築が提案できる。現実的にも、水道用としての貯水槽の建設や排水口付近での池の建設などが始まった。カルスト・ドリーネ地形という特殊な環境の地域において、多くの人が自給自足に近い生活をしている。それは、計算されたものではないにしても、極めて効率的に、またバランスよく成り立っている。このような環境に至った背景には、中国のさまざまな事件があったといわれているが、少しずつ緑豊かな環境に戻りつつあるといえる。さらにゆとりある暮らしをするために、我々がどんなお手伝いできたかである。地元研究者の方と最後に議論して到達したのが、池の建設と貯水槽の堆積汚泥の利用であった。実際には魚の養殖ということで既に池の建設が始まっていた。豊かな生活への要求が、目的が少し異なったとしても、わたしどもの希望と一致していたわけである。今後の、地元研究者によるさらなる基礎的研究の継続と、これに基づく行政によるバランスのとれた生活文化の向上と環境保全対策を期待したい。

本研究は、日本学術振興会未来開拓事業「中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産性の総合的開発」(出村克彦代表)の<生態系の修復+物質循環>グループの研究報告の一部である。5年に及ぶ日中の共同研究の一部であり、ここに記して謝意を表します。

参考文献) (1) 陳 桂芬、蒙 炎成、石灰岩地域の水資源および水質調査報告、中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産の総合的開発報告書平成12年度(日本学術振興会未来開拓学術推進事業「アジア地域の環境保全」)、86-94、2001。

(2)～(6) 橘 治国、王宝臣、岩灘ダム湖と七百弄試験地の水環境、中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産性の総合的開発報告書平成10年度(日本学術振興会未来開拓学術推進事業「アジア地域の環境保全」)、p122-130、1999、平成11年度、79-91、2000、平成12年度、77-85、2001、平成13年度、124-129、2002、平成14年度、148-159、2003

(7) 平成10～14年度日本学術振興会未来開拓学術推進事業「アジア地域の環境保全」(複合領域)中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産性の総合的開発写真・資料集、2003

(8) 八木久義、丹下健、鱒守真也、野口亮、羽根崇晃、宏偉、蒙炎成 土壌特性の評価と土壌管理・改良方法の検討、中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産の総合的開発報告書平成14年度(日本学術振興会未来開拓学術推進事業「アジア地域の環境保全」)、177-194、2003

(9) 高橋英紀、曾平統、蒙炎成 弄石屯における広域水収支特性、中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産性の総合的開発報告書平成13年度(日本学術振興会未来開拓学術推進事業「アジア地域の環境保全」)、175-197、2002

(10) 笹賀一郎、新谷 融、小池孝良等 中国廣西壮族自治区弄石屯ドリーネ「村中貯水槽」集水域における水分動態、中国西南部における生態系の再構築と持続的生物生産性の総合的開発報告書13年度(日本学術振興会未来開拓学術推進事業「アジア地域の環境保全」)、188-196、2002)

(11) H. Tachibana, K. Yamamoto, K. Yoshizawa, and Y. Magara, Non Point Pollution of Ishikari River, Hokkaido, Japan、Water Science & Tech.、Vol.44.No.7,pp1-8(2001)



写真5 排水口近くに建設中の池