

## 8. 今後の地下ダム建設への提言

以上に述べた砂漠化防止対策モデル事業調査による地下ダム建設の実証試験結果は、日本で開発された「地下ダム技術」が砂漠化の進行しつつある西アフリカ地域に適用できる可能性があることを示している。

一方で、今後、地域の自然・社会条件に適合した実用的な地下ダムを計画・建設していく上では、以下の点に留意する必要がある。

### 8-1. 地下ダム建設位置選定に関して

#### (1) 「化石谷」の評価；

本事業の地下ダムは「化石谷」を利用して建設されたものである。貯水域からの「漏水」という問題が生じたとはいえ、「化石谷」への地下ダムの建設が可能であることが実証されたと思われる。

ニジェール河流域は、「化石谷」が多く分布していると言われており、地下ダム建設に適した箇所が多く存在する可能性がある。

なお、「化石谷」は、浅層地下水が賦存する可能性が高く、また、広い「低地平坦面」を伴うことが一般的なことから、浅層地下水を利用した灌漑農業や牧畜業の開発可能性が高い場所であると考えられる。地下ダム建設に限らず、このような観点からも、今後、「化石谷」の分布やその特性について解明していくことが望まれる。

#### (2) 「化石谷」以外の地質構造；

本事業では、「環状地形」や「ボトルネック型地形」も対象として地下ダム建設適地の調査を行なったが、「化石谷」以外には適した地質構造を見出すことはできなかった。しかし、より詳細な調査を行うことで、「化石谷」以外の地質構造から地下ダム建設適地を見出せる可能性はある。（ただし、格段に多くの調査が必要になるものと考えられる。）

#### (3) 地下水開発可能量推定の困難性；

地下ダム建設位置の選定に際しては、貯水される地下水の量を事前に見積ることが必要である。しかし、「ダム貯水量」を見積ることは、「地上ダム」の場合には比較的容易であるが、地下ダムの場合には以下のような困難が伴う。

- ① 地下ダムの貯水層は「地下」に形成されるため、その形状、容量を正確に調査・計測することが困難である。
- ② 地下ダムの貯水可能量は地層の有効間隙率に規制されるが、貯水層全体の有効間隙率を解明するためには多くの調査が必要である。
- ③ 地下ダムの貯水層への地下水涵養量を正確に推定することが困難である。
- ④ 貯水層における「漏水」箇所の検出、及びその「漏水量」の予測が困難である。

今後の地下ダム建設に際しては、より詳細な調査によって地下ダム貯水量の正確な推定に努めるべきであるが、それでもなお、貯水量推定値には相当大きな誤差が含まれざるをえない。地下ダム建設位置の選定や貯水利用計画の策定に当たっては、この点を考慮する必要がある。

#### (4) 社会経済的観点からの地下ダム建設位置の選定；

本事業はモデル事業であることから、地下ダム建設位置の選定に当たり、水理地質条件を最も優先させた。今後、地下ダムを実用目的で建設する場合は、当然ながら、社会経済的観点も重視する必要がある。

一般に、地下ダムの貯水を利用するためには何らかの「揚水施設」が必要である。また、

貯水の利用地域が地下ダム建設位置から離れている場合は、大規模な「給水施設」が必要となることもある。場合によっては、揚水施設や給水施設の建設費用が地下ダム本体の建設費用を上回ることもありえる。

したがって、地下ダムの建設位置の選定に当たっては、費用対効果を高める上でも、次の点を考慮する必要がある。

- ・ 貯留水の利用人口
- ・ 貯留水を利用した灌漑農業や牧畜業等の開発の可能性

なお、地下ダム貯水域では地下水の循環速度が遅くなるため、汚染された水が貯水域に流入した場合、水質の回復に時間がかかることが予想される。よって、貯水域での土地利用に当たっては、農薬等による水の汚染に留意する必要がある。

## 8-2. 調査方法に関して

### (1) 空中写真の活用；

本事業の調査地域は非常に平坦な地形の部分が多かったため、現地調査に当たっては、空中写真の活用が不可欠であった。空中写真の活用の有効性は、アフリカのように準平原が発達する地域での現地調査全般に言えることである。地形・地質調査等に携わるアフリカの技術者に、空中写真の活用方法を広く普及させていくことが望まれる。

### (2) 地下水観測における留意点；

本事業の地下ダム建設地点の「化石谷堆積物」には「宙水」が存在し、これが地下水位の観測結果に強く影響していることが明らかとなった。「宙水」の存在によって、地下水位の季節変動が実際よりも過大に評価される可能性があることに注意する必要がある。

なお、このような「宙水」は、「化石谷堆積物」に限らず、基盤岩にも出現する可能性がある。

### (3) 水文観測（降雨、河川流量、地下水位など）の重要性；

本事業では、降水量、河川流量、地下水位等について既存の水文観測資料が不足していたため、調査・評価が困難なものとなった。

降水量は、比較的近い地点間でも極端な差異が見られることがあるので、サヘル地帯など水資源が不足している地域においては、降水量観測点をさらに密に配置することが望まれる。また、河川水の挙動は河川水や浅層地下水の開発に大きく関連しているため、同一水系内であっても多くの地点で河川流量を観測することが望ましい。地下水位については、深井戸が掘削されたときの観測記録は比較的よく管理されていたが、浅井戸の地下水位や、地下水の季節変動・経年変化に関する記録は少なかった。こうした地下水位に関する資料は地下水開発全般に必要なとされるものであり、その観測体制や資料管理体制の整備が望まれる。

### (4) 地下ダム貯水域における調査；

8-1の(3)で述べたように、地下ダムの貯水層の形状、容量、水理特性、「漏水」の可能性などについて解明することは困難を伴うが、地下ダム建設に際しては、これらを解明するための調査を重視する必要がある。

### 8-3. 地下ダム建設工法に関して

#### (1) 「アースダム式地下ダム」の問題点；

本事業の地下ダムでは、「アースダム」（土堰堤）を地下に埋設する工法を採用したが、この工法で問題となるのは、建設工事中における「湧水」である。本事業の地下ダム建設においては、「化石谷堆積物」の掘削面からの湧水は少量であり、特別な湧水対策は必要ではなかった。しかし、浅層地下水が多く賦存する場合は、湧水対策が困難となり、施工不能となることもある。

また、地下ダムの建設深度が深い場合には、掘削や埋戻しが大規模なものとなるため工事費用が過大なものとなり、また、湧水が生じる可能性も高くなるので、留意する必要がある。

#### (2) 堤体材料について；

本事業の場合、地下ダム堤体の材料を地下ダム建設場所から離れた箇所から採取したが、後に、地下ダム建設場所での掘削土も堤体材料に使用できる可能性があったことが判明した。

「アースダム式地下ダム」の施工に伴って生じる掘削土を堤体材料とすることができれば、堤体材料採取のための「土取場」を必要とせず、周辺環境への悪い影響を抑えることができる。「アースダム式地下ダム」の建設を計画する場合には、このような施工方法についても検討することが望まれる。

#### (3) 地中連続壁工法による止水壁工法の導入；

本事業においては、ブルキナ・ファソ国で入手・使用が可能な建設機材を用いるため、地下ダムの種類を「アースダム式型地下ダム」とした。しかし、「地下ダム」の基本的原理は一般の建設工事における「止水壁」と同じであり、「止水壁工法」を地下ダム建設に適用することができる。特に、上述のように、掘削工事に伴って多量の湧水が生じる可能性がある場合や、地下ダムの建設深度が深い場合、また乾季施工という制約により工期短縮の必要がある場合には、「アースダム式地下ダム」よりも「止水壁工法」が有利である。

ブルキナ・ファソ国などの西アフリカ諸国においても、近年、高層ビルの建設など、限られた都市空間の有効利用が図られつつあるが、今後、このような「都市開発」が「地下の開発」にも向けられていくことが予想される。「地中連続壁工法（例えば原位置混合攪拌工法）による止水壁工法」はこうした「地下の開発」に伴って開発された工法であり、「止水壁工法」とこれに必要な施工機材は、いずれ、西アフリカ地域にも導入されるものと思われる。

このような展望を踏まえるならば、西アフリカにおける今後の地下ダム建設に、「地中連続壁工法による止水壁工法」を適用できる可能性は生まれつつあると考えられる。

### 8-4. コストに関して

本事業において、地下ダムの建設及び揚水・給水施設の設置に要した直接経費は以下のとおりである。

|              |                 |
|--------------|-----------------|
| 地下ダム建設工事     | 108,595 千円      |
| 揚水・給水施設の設置工事 | 24,900 千円（一部推定） |

その他、付随する施設の設置に要した直接経費は、以下のとおりである。

|          |           |
|----------|-----------|
| 地下水観測施設  | 4,160 千円  |
| 水門式小規模ダム | 16,933 千円 |

試験圃場

2,570 千円

なお、地下ダム建設工事の施工管理部分は全面的に日本からの技術者が行ったが、その人件費は上記の費用に含まれていない。

#### 8-5. 維持管理体制に関して

本モデル事業では、給水施設の利用が開始された段階で、給水先の Kombangbedo 村住民によって「給水施設管理委員会」が組織された。この委員会により料金の徴収が行われており、また、給水施設の「掃除当番」も組織されている。

一方、太陽光発電施設等の高度な技術が用いられている施設については、現地住民だけでは補修等の対応は困難と思われるため、ブルキナ・ファソ国政府の関与など、より長期的な維持管理体制の構築が必要と思われる。

なお、本事業で設置した太陽光発電施設では、太陽光発電において故障しやすい「夜間用蓄電池」は用いていない。

このように、地下ダムを含め、水資源の維持管理には、現地住民及び現地政府のオーナーシップが不可欠である。地域社会・住民を主体としたアプローチを基本とし、計画段階から住民のオーナーシップを確保することが望まれる。