

## 概要書

### コロンビア国持続的地下水開発計画調査

調査期間：2000年12月～2003年2月

受入機関：ボゴタ市上下水道公社

#### 1 調査の背景

ボゴタ平原にはコロンビア国の首都ボゴタ特別市と周辺都市が存在し、その人口は現在 700 万人であるが、地方部からの人口流入や自然増加により 2015 年には人口が 900 万人に達すると予測されている。現在、ボゴタ首都圏の給水の主要水源は表流水であるが、将来の水需要増に対応するため、安定した新たな水資源の開発が求められている。また、災害・緊急時の代替水源の確保が重要な課題となっている。これらの課題に対して、ボゴタ平原における地下水の開発が注目された。ボゴタ平原には第四紀層と白亜紀層の帯水層が分布しており、この地下水開発は、常時および緊急時の安定給水に大きく貢献する。しかし、その開発適地および開発可能量は明らかにされていない。また、ボゴタ平原の中央部では地下水利用が盛んであり、この地域における地下水保全が緊急の課題となっている。

#### 2 調査目的

ボゴタ平原を対象とした本調査の目的は、以下に示すとおりである。

- ボゴタ平原の地下水ポテンシャル評価
- 地下水に関係する環境現況の調査
- 将来の水需要増大と緊急時の安定給水に対応した、持続的地下水開発計画（マスタープラン）の作成
- 本調査の実施を通じての、コロンビア側カウンターパートに対する技術移転

#### 3 地下水開発マスタープランの概要

##### 3-1 計画の方針

ボゴタ平原における社会・経済状況および自然特性、さらに、現在および将来における水の需給と供給の検討に基づき、地下水開発および保全計画の基本方針を次のように設定した。

##### (1) 地下水開発計画

###### 1) 目標の設定

現在、ボゴタ市および近隣都市へ給水は表流水を水源としており、現在における全体給水量は  $15\text{m}^3/\text{s}$  である。水源の一部分を表流水から地下水に転換することによって、常時および緊急時の給水の安定性を向上させるとともに、水環境の改善を図り、また、新たな経済便益を創出する。

###### 2) 地下水による給水区域の設定

現在、ボゴタ市および近隣都市への給水は 3 つの独立したシステムによって行なわれている。この中で、チンガサダムを水源とする給水システム（チンガサシステム）は自然災害に対して脆弱である。したがって、本計画では、チンガサシステムが停止した場合に給水の実施が困難となる地区を給水の対象とする。また、これらの地区においては、常時の給水においても地下水を利用することによって、給水の安定性を向上させる。

### 3) 給水量の設定

常時の給水においては、給水対象地区における 2015 年における水需要予測をもとに給水量を設定する。また、緊急時においては、給水対象地区の水需要を満たすだけでなく、地下水ポテンシャルの許す限りにおいて多量の地下水を生産し、より多くの地区に地下水を供給する。

### 4) 地下水開発地域の設定

ボゴタ市の東部に位置する山地域（ボゴタ平原東部山地域）は優れた地下水生産能力（ $2\text{m}^3/\text{s}$ 以上）を持っているが、現在までほとんど開発されていない。また、この山地域はボゴタ市の東部地区に隣接しているが、東部地区はチンガサシステムが停止した場合は、給水の実施が困難となる。以上の状況を踏まえ、ボゴタ平原東部山地域を地下水開発地域と設定する。

#### (2) 地下水保全計画

##### 1) 目標の設定

今後大規模な地下水開発の実施が計画されている地域において、および、現在地下水が高度に利用されている地域において、地下水の持続的な利用を可能とすることを目的とした地下水保全事業を実施する。

##### 2) 保全対象地域の設定

大規模な地下水開発の対象となるのはボゴタ平原東部山地域であることが予想されるため、この地域における地下水資源を保全する。また、ボゴタ平原の中央部および西部地域は、現在、地下水が高度に利用されているため、この地域における地下水資源を保全する。

##### 3) 地下水保全の方法

地下水保全は、地下水の人工涵養と地下水利用技術の開発によって行う。人工涵養の水源として、雨季の洪水によって発生した余剰な河川水を利用する。また、地下水の利用に対する負荷を軽減することを目的とした研究開発を行う。

#### 3-2 地下水開発事業および保全事業

##### (1) ボゴタ平原東部山地域 地下水開発・保全事業（東部事業）

本事業は、ボゴタ市および近隣都市への給水とボゴタ平原の水環境の改善を事業目的とする。事業計画の概要は表-1 に示すとおりである。この事業によって、常時においては  $2\text{m}^3/\text{s}$ 、緊急時には  $4\text{m}^3/\text{s}$  の水量を新たに開発する。また、開発地域の地下水環境を保全する目的で  $0.45\text{m}^3/\text{s}$  の人工涵養を行う。

表 -1 東部事業の概要

給水対象地区	井戸本数（本）	最大給水能力（ $\text{m}^3/\text{s}$ ）
ボゴタ市の北部丘陵地区、Santana/Chico 地区、Suba 地区	12	0.42
Soacha 地区	8	0.28
Vitelma 地区および San Diego 地区	生産井戸:13 涵養井戸:13	0.45
ボゴタ市北部の Yervabuena 丘陵地区	30	1.04
合計	生産井戸:63 涵養井戸:13	<生産> 常時:2.19 緊急時:4.00 <涵養量> 常時:0.45

##### (2) ボゴタ平原地下水高度利用地域 地下水保全事業（西部事業）

地下水が灌漑や花卉栽培に高度利用されている地域において、地下水人工涵養事業と地下水利用技術の研究開発を行うことによって、現在の地下水高度利用の維持を可能とする。事業計画の概要は表-2 に示すとおりである。

表 -2 西部事業の概要

人工涵養井戸計画			
地区	帯水層	涵養井戸の本数(本)	最大涵養能力(m <sup>3</sup> /s)
Subachoque 川流域	第四紀層	4 サイトに 8 本の井戸	0.14
Chicu 川流域		5 サイトに 10 本の井戸	0.18
Frio 川上流部流域		5 サイトに 10 本の井戸	0.18
合計		14 サイトに 28 本の井戸	0.50

  

地下水利用技術の研究開発	
研究開発の内容	灌漑排水の再利用、 雨水の灌漑利用、 ボゴタ本川の灌漑利用 卉栽培事業の新規事業地、 灌漑効率向上

### 3-3 事業評価

#### (1) 社会評価

マスタープランにおいて提案された事業に実施を通じて、次のような社会便益が期待される。

- 1) 東部事業
  - 常時および緊急時の給水確保
  - 貧困地帯における給水状況の改善
  - 山林火災に対する消化水の確保
- 2) 西部事業
  - 地下水位の低下抑制
  - 地下水の利用可能量の増大
  - 緊急時(湧水時)の灌漑水の確保
- 3) 事業全体
  - 雇用の増大と地域経済の活性化

#### (2) 経済評価

東部事業の経済内部収益率(EIRR)は22%、西部事業は21%であり、共に資本の機会費用である13%を上回っており、2つの事業とも経済的に妥当と判断される。

#### (3) 財務評価

東部事業の財務内部収益率(FIRR)は23%であり、資本の機会費用である14%を上回っており、本事業は財務的に妥当と判断される。また、西部事業は地下水保全事業であり、政府および地下水利用者(主として花卉栽培業者)が出資し、投資の回収を目的としない。

#### (4) 初期環境影響評価

東部事業および西部事業の実施によって発生する可能性のある環境影響を決定するために、スクリーニング、スコーピングに基き環境影響評価を行った。その結果、地下水位、人工涵養による地下水の水質変化、湿地帯環境、地盤沈下の4項目に対する影響が予想されたが、その影響の大きさは現在のところ不明であり、今後継続した調査が望まれる。

### 3-4 提言

- 1) マスタープランの活用
- 2) 地下水情報および解析ツールの更新・管理および活用
- 3) 提案された地下水開発・保全事業の実施に向けた準備の着手
- 4) 地下水管理体制の強化