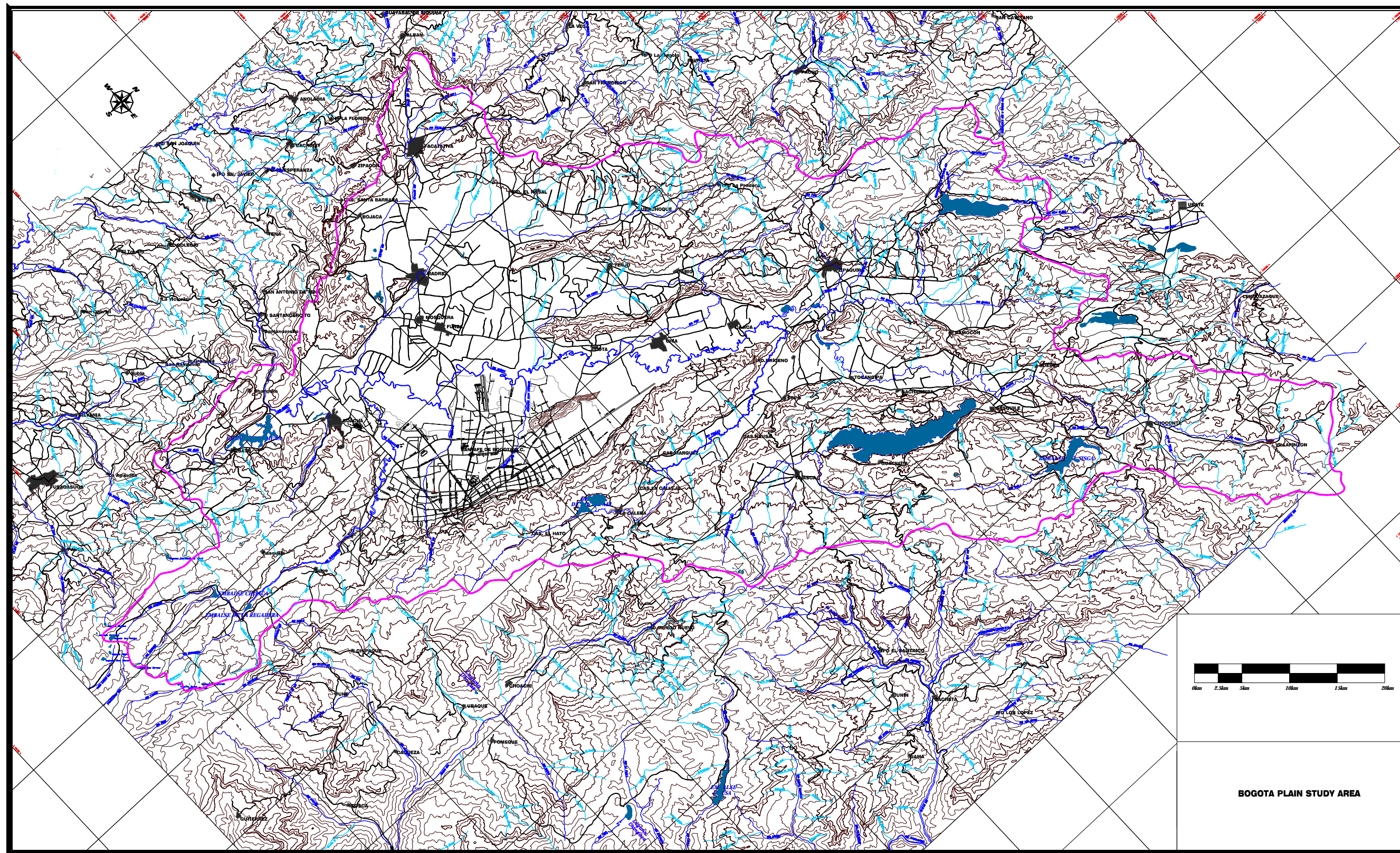


調査対象地域図 (1)



調査対象地域図(2)

## 調査報告書リスト

**要約報告書** (英文、西文ならびに和文)

**主報告書** (英文および西文)

**サポーティング  
レポート** (英文および西文)

|         |  |
|---------|--|
| Part 1  | General Condition of Study Area                    |
| Part 2  | Environmental Field Survey                         |
| Part 3  | Geophysical Survey                                 |
| Part 4  | Drilling Exploration                               |
| Part 5  | Groundwater Level Observation                      |
| Part 6  | Water Quality Test for Well                        |
| Part 7  | Isotopic Analysis                                  |
| Part 8  | Meteorological Observation                         |
| Part 9  | Pilot Study for Artificial<br>Groundwater Recharge |
| Part 10 | Land Use Analysis with Satellite<br>Imagery        |
| Part 11 | Well Inventory                                     |
| Part 12 | GIS Database                                       |
| Part 13 | Groundwater Potential Study                        |
| Part 14 | Sustainable Groundwater Development<br>Plan        |

**データブック** (英文および西文)

## ファイナルレポート – 要約報告書

## 目 次

(頁)

|                          |      |
|--------------------------|------|
| 序文                       |      |
| 伝達状                      |      |
| 写真集                      |      |
| 調査対象地域図(1)               | i    |
| 調査対象地域図(2)               | ii   |
| 調査報告書リスト                 | iii  |
| 目 次                      | iv   |
| 図表リスト                    | vi   |
| 略字表                      | viii |
| 概要書                      | S-1  |
| 第1章 調査の概要                | 1-1  |
| 1.1 調査の構成                | 1-1  |
| 1.2 調査の運営                | 1-2  |
| 第2章 調査域の概要               | 2-1  |
| 2.1 社会・経済条件              | 2-1  |
| 2.2 自然条件                 | 2-2  |
| 2.3 水資源管理                | 2-5  |
| 第3章 調査と解析                | 3-1  |
| 3.1 衛星画像による土地利用分析        | 3-1  |
| 3.2 環境現況調査               | 3-2  |
| 3.3 物理探査                 | 3-4  |
| 3.4 試掘井戸                 | 3-5  |
| 3.5 地下水位観測               | 3-7  |
| 3.6 井戸の水質試験              | 3-10 |
| 3.7 アイソトープ分析             | 3-12 |
| 3.8 井戸インベントリー調査          | 3-15 |
| 3.9 気象観測                 | 3-18 |
| 3.10 パイロット調査             | 3-18 |
| 3.11 GIS データベースの作成       | 3-20 |
| 第4章 地下水ポテンシャル            | 4-1  |
| 4.1 水理地質解析               | 4-1  |
| 4.2 水収支解析と地下水涵養          | 4-3  |
| 4.2.1 水収支                | 4-3  |
| 4.2.2 地下水涵養量             | 4-6  |
| 4.3 地下水シミュレーション          | 4-10 |
| 4.3.1 広域地下水シミュレーション      | 4-10 |
| 4.3.2 調査地域の詳細地下水シミュレーション | 4-13 |
| 4.4 地下水開発ポテンシャルの評価       | 4-16 |
| 第5章 地下水開発・保全・管理計画        | 5-1  |
| 5.1 計画の基本方針              | 5-1  |
| 5.1.1 計画の意義              | 5-1  |
| 5.1.2 地下水開発の基本方針         | 5-1  |
| 5.1.3 地下水保全の方針           | 5-3  |

|       |                              |      |
|-------|------------------------------|------|
| 5.2   | 地下水需要予測                      | 5-4  |
| 5.3   | 地下水開発・保全計画                   | 5-6  |
| 5.3.1 | ボゴタ平原東部山地域 地下水開発・保全事業（東部事業）  | 5-6  |
| 5.3.2 | ボゴタ平原地下水高度利用地域 地下水保全計画（西部事業） | 5-8  |
| 5.4   | モニタリング計画                     | 5-9  |
| 5.5   | 組織制度と運営管理                    | 5-10 |
| 5.6   | 設計・積算                        | 5-12 |
| 5.6.1 | 設計                           | 5-12 |
| 5.6.2 | 積算                           | 5-14 |
| 5.7   | 事業実施計画                       | 5-15 |
| 5.8   | 初期環境調査                       | 5-16 |
| 5.9   | 事業評価                         | 5-17 |
| 5.9.1 | 経済評価                         | 5-17 |
| 5.9.2 | 財務評価                         | 5-19 |
| 5.9.3 | 社会評価                         | 5-20 |
| 第6章   | 提言                           | 6-1  |

## 図表リスト

|   | (頁)  |
|---|------|
| 表 1-1 主要な会議 .....                                 | 1-3  |
| 表 1-2 ワークショップの実施状況 .....                          | 1-4  |
| 表 1-3 技術移転セミナーの内容 .....                           | 1-5  |
| 表 2-1 調査域の面積 .....                                | 2-1  |
| 表 2-2 調査域の社会経済条件 .....                            | 2-1  |
| 表 2-3 クンディナマルカ県地域の地質層序 .....                      | 2-2  |
| 表 3-1 ランドサット7号のデータ取得諸元 .....                      | 3-1  |
| 表 3-2 調査対象地域の土地利用面積 .....                         | 3-2  |
| 表 3-3 CSAMT 探査結果 .....                            | 3-4  |
| 表 3-4 第四紀試掘井戸の調査結果 .....                          | 3-6  |
| 表 3-5 白亜紀試掘井戸の調査結果(1) .....                       | 3-6  |
| 表 3-6 白亜紀試掘井戸の調査結果(2) .....                       | 3-7  |
| 表 3-7 井戸水質試験の揚水地点と試験項目 .....                      | 3-10 |
| 表 3-8 アイソトープ分析井戸の選定基準 .....                       | 3-12 |
| 表 3-9 アイソトープ分析結果 .....                            | 3-13 |
| 表 3-10 調査対象地域の既存井戸数の推定 .....                      | 3-15 |
| 表 3-11 調査対象地域の全体揚水量 .....                         | 3-15 |
| 表 3-12 帯水層別井戸本数および帯水層別揚水量 .....                   | 3-16 |
| 表 3-13 流域ごと井戸本数および揚水量 .....                       | 3-16 |
| 表 3-14 Vitelma 涵養井戸および観測井戸の地質状況 .....             | 3-19 |
| 表 3-15 人工涵養試験結果 .....                             | 3-20 |
| 表 3-16 GIS データの定義 .....                           | 3-21 |
| 表 3-17 GIS データのリスト .....                          | 3-21 |
| 表 4-1 調査対象地域における帯水層区分 .....                       | 4-1  |
| 表 4-2 帯水層の水理パラメータ .....                           | 4-2  |
| 表 4-3 流域の分類 .....                                 | 4-3  |
| 表 4-4 調査域の河川流出量 .....                             | 4-4  |
| 表 4-5 観測所一覧 .....                                 | 4-6  |
| 表 4-6 流域ごとの地下水涵養量 .....                           | 4-7  |
| 表 4-7 調査域の水収支 .....                               | 4-10 |
| 表 4-8 地下水シミュレーション結果の地下水の水収支 .....                 | 4-15 |
| 表 4-9 調査対象地域からの地下水流出 .....                        | 4-15 |
| 表 4-10 流域ごとの井戸揚水量と地下水涵養量 .....                    | 4-16 |
| 表 4-11 流域ごとの安全揚水量 .....                           | 4-17 |
| 表 5-1 流域ごとの残余安全揚水量 .....                          | 5-1  |
| 表 5-2 現在の地下水使用率 .....                             | 5-2  |
| 表 5-3 EAAB 需要計画(中間需要) .....                       | 5-4  |
| 表 5-4 調査対象地域における水需要予測の集計 .....                    | 5-4  |
| 表 5-5 ボゴタ市東部山地帯地区の地下水需要 (m <sup>3</sup> /秒) ..... | 5-5  |
| 表 5-6 ボゴタ平原中央部における灌漑用地下水需要 .....                  | 5-5  |
| 表 5-7 東部事業の井戸計画 .....                             | 5-8  |
| 表 5-8 西部事業の井戸計画 .....                             | 5-9  |
| 表 5-9 モニタリング計画 .....                              | 5-10 |
| 表 5-10 標準的な井戸の能力 .....                            | 5-13 |
| 表 5-11 施設設計 ボゴタ東部山地地下水開発・保全事業 .....               | 5-13 |
| 表 5-12 施設設計 ボゴタ西部平原地下水保全事業 .....                  | 5-14 |
| 表 5-13 概算事業費 ボゴタ平原地下水開発および保全事業 .....              | 5-15 |
| 表 5-14 事業と実施工程 .....                              | 5-16 |
| 表 5-15 経済評価の主要前提 .....                            | 5-17 |

|        |                              |      |
|--------|------------------------------|------|
| 表 5-16 | OM コスト                       | 5-17 |
| 表 5-17 | 便益算出のための前提 (東部事業)            | 5-18 |
| 表 5-18 | 便益算出のための前提 (西部事業)            | 5-18 |
| 表 5-19 | 経済評価                         | 5-19 |
| 表 5-20 | Tibitoc 浄水場の変動費              | 5-19 |
| 表 5-21 | 財務評価                         | 5-19 |
| 表 5-22 | 事業体構成および資金分担                 | 5-20 |
|        |                              |      |
| 図 1-1  | 調査組織                         | 1-2  |
| 図 2-1  | 調査域地質図                       | 2-3  |
| 図 2-2  | 調査対象地域の流域分割図                 | 2-4  |
| 図 2-3  | CAR 組織図                      | 2-6  |
| 図 2-4  | 地下水管理の主要問題とその関係              | 2-7  |
| 図 3-1  | 調査対象地域の土地利用図                 | 3-1  |
| 図 3-2  | 調査対象地域全域のランドサット7号カラー合成画像     | 3-1  |
| 図 3-3  | CSAMT 法探査位置図                 | 3-5  |
| 図 3-4  | 試掘井戸の位置図                     | 3-5  |
| 図 3-5  | 水位変動ヒストグラム                   | 3-8  |
| 図 3-6  | 第四紀層の地下水位分布                  | 3-8  |
| 図 3-7  | 白亜紀層の地下水位分布                  | 3-9  |
| 図 3-8  | 自記水位計設置箇所                    | 3-10 |
| 図 3-9  | D および <sup>18</sup> O の相関    | 3-14 |
| 図 3-10 | 流域ごとの揚水量分布                   | 3-17 |
| 図 3-11 | JICA 気象観測所設置箇所               | 3-18 |
| 図 3-12 | パイロットスタディにおける注水量測定 of 1 サイクル | 3-19 |
| 図 3-13 | 人工涵養試験結果例                    | 3-20 |
| 図 3-14 | GIS 機材の構成                    | 3-21 |
| 図 3-15 | 調査におけるベースマップ                 | 3-22 |
| 図 3-16 | IGAC Spatial Mapa            | 3-22 |
| 図 3-17 | 北西方向の線強調画像                   | 3-22 |
| 図 3-18 | 調査団の一般地質図                    | 3-22 |
| 図 3-19 | 水理地質図                        | 3-22 |
| 図 3-20 | POT を編集した土地利用・計画図            | 3-22 |
| 図 3-21 | DANE の行政界図                   | 3-23 |
| 図 3-22 | POT 編集による上水道施設図              | 3-23 |
| 図 3-23 | 自然災害図、リスク図                   | 3-23 |
| 図 3-24 | アンモニアの水質分析結果の例               | 3-23 |
| 図 3-25 | 深度別井戸分布図の例                   | 3-23 |
| 図 3-26 | CSAMT 物理探査図                  | 3-23 |
| 図 4-1  | 流出率算出過程                      | 4-3  |
| 図 4-2  | ボゴタ川流量曲線                     | 4-4  |
| 図 4-3  | 調査域の年降雨量                     | 4-5  |
| 図 4-4  | 年実蒸発散量分布                     | 4-8  |
| 図 4-5  | 年地下水涵養量分布                    | 4-9  |
| 図 4-6  | 広域地下水シミュレーション範囲              | 4-11 |
| 図 4-7  | 揚水量が涵養量の 40% の場合の広域地下水流動     | 4-12 |
| 図 4-8  | 調査域シミュレーションの帯水層モデル例          | 4-14 |
| 図 4-9  | 調査域地下水シミュレーションの地下水涵養量分布      | 4-14 |
| 図 4-10 | 地下水シミュレーション結果の白亜紀層地下水位分布     | 4-15 |
| 図 5-1  | 人工涵養の概念                      | 5-3  |
| 図 5-2  | 地下水開発・保全計画における井戸配置           | 5-7  |

## 略号表

| 略号           | 西語  | 英語  | 日本語                        |
|--------------|---|---|----------------------------|
| AWWA         | Asociación Americana de Acueductos  | American Water Works Association                                  | 米国水道協会                     |
| ACCI         | Agencia Colombiana de Cooperación Internacional                           | Colombian International Cooperation Agency                        | コロンビア国際協力庁                 |
| ASOCOLFLORES | Asociación Colombiana de Exportadores de Flores                           | Colombian Flower Exporters Association                            | コロンビア花卉輸出業者組合              |
| B/C          | Relación Beneficio-Costo  | Benefit-Cost Ratio  | 便益対費用比                     |
| BOD          | Demanda Bioquímica de Oxígeno   | Biochemical Oxygen Demand   | 生化学的酸素要求量                  |
| CAR          | Corporacion Autónoma Regional de Cundinamarca                             | Regional Autonomous Corporation of Cundinamarca                   | クンデイナマルカ地域公社               |
| COD          | Demanda Química de Oxígeno  | Chemical Oxygen Demand  | 化学的酸素要求量                   |
| CSAMT Method | Metodo Audio Magneto-telúrico de Fuente Controlada                        | Controlled Source Audio Magneto-telluric Method                   | CSAMT 法                    |
| DAMA         | Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente del Bogotá D.C.    | Administrative Technical Department of Environment of Bogotá D.C. | ボゴタ首都圏地区環境局                |
| DANE         | Departamento Administrativo Nacional de Estadística                       | National Administrative Department of Statistics                  | 国立統計局                      |
| D.C.         | Distrito Capital  | Capital District  | 首都圏                        |
| DEM          | Medelo Digital de Altura  | Digital Elevation Model   | 数値標高モデル                    |
| EAAB         | Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá                           | Bogotá Water Supply and Sewerage Company                          | ボゴタ上下水道公社                  |
| EEEB         | Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá                                    | Bogotá Electric Power Company                                     | ボゴタ電力会社                    |
| EIRR         | Tasa Interna de Retorno Economico   | Economic Internal Rate of Return                                  | 経済的内部収益率                   |
| EMGESA       | Empresa de Generadora de Energía S.A.                                     | Electric Power Generation Company                                 | 発電会社                       |
| FIRR         | Tasa Interna de Retorno Financiero  | Financial Internal Rate of Return                                 | 財務的内部収益率                   |
| FAO          | Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación | Food <u>And</u> Agriculture Organization of the United Nations    | 国際連合食糧農業機関                 |
| GDP          | PIB (Producto Interno Bruto)  | Gross Domestic Product  | 国内総生産                      |
| GIS          | Sistema de Información Geográfica   | Geographic Information System                                     | 地図情報システム                   |
| GL           | Nivel de Terreno  | Ground Level  | 地盤高                        |
| GPS          | Sistema de Posicionamiento Global   | Global Positioning System   | 全地球測位システム                  |
| GRDP         | Producto Interno Bruto Regional   | Gross Regional Domestic Product                                   | 域内総生産                      |
| IDEAM        | Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales              | Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies     | 水文気象環境調査庁                  |
| IGAC         | Instituto Geográfico “Agustin Codazzi”                                    | “Agustin Codazzi” Geografic Institute                             | “Agustin Codazzi”<br>国土地理院 |



| 略号         | 西語   | 英語   | 日本語                         |
|------------|--|--|-----------------------------|
| INGEOMINAS | Instituto de Investigación e Información Geocientífica, Minera Ambiental y Nuclear | Institute of Geoscientific, Mining Environmental, Nuclear Research and Information | 国立地質科学鉱山環境核調査情報研究所          |
| IVA        | Impuesto al Valor Agregado   | Value Added Tax  | 付加価値税                       |
| JICA       | Agencia de Cooperación Internacional del Japón                                     | Japan International Cooperation Agency   | 日本国際協力事業団                   |
| LAN        | Red de Área Local  | Local Área Network   | LAN (比較的狭い範囲のコンピュータ・ネットワーク) |
| NGO        | Organización No Gubernamental  | Non-governmental Organization  | 非政府組織                       |
| POT        | Plan de Ordenamiento Territorial   | Plan of Land Use and Regulation  | 土地利用規制計画                    |
| SQL        | Lenguaje de Duda <u>Estándar</u>   | Standard Query Language  | SQL                         |
| S/W        | Alcance del Trabajo  | Scope of Work  | 実施細則                        |