

### 3.3 需要－供給分析

#### 3.3.1 上水道

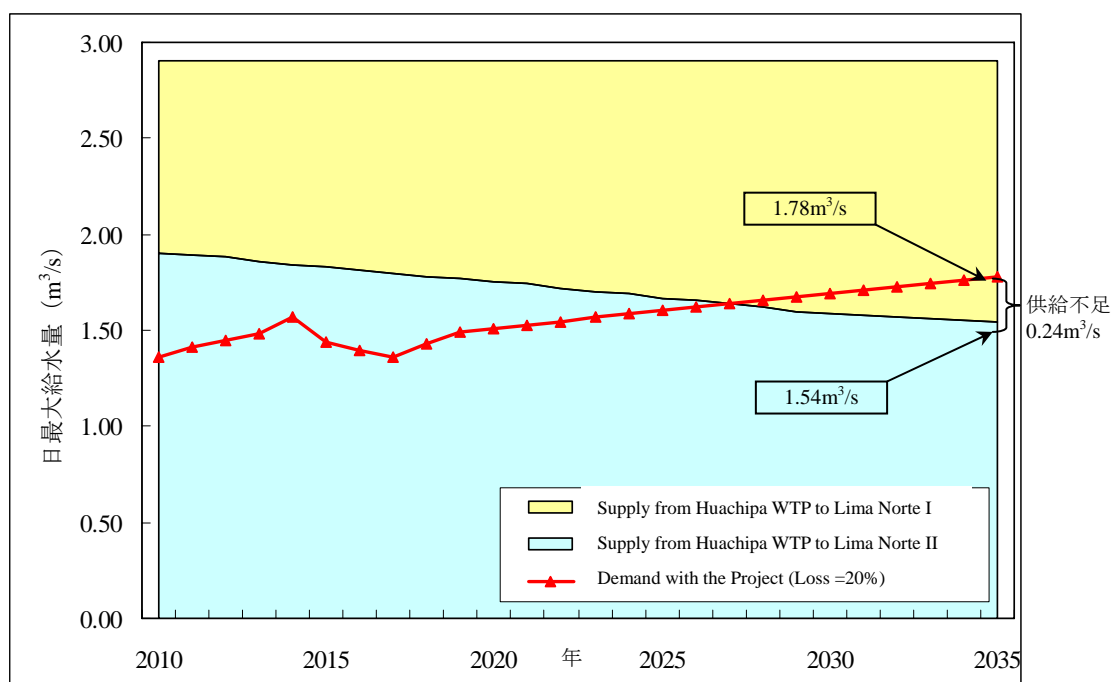
##### (1) 必要な水量

##### 1) 分析方法

必要な水量に関する需要－供給分析は、ワチパ浄水場から調査対象地域に送水できる水量（供給）と水需要を比較することで行う。この比較を行った後、供給が不足する場合、その不足分を補うための送配水計画を検討・提案する。

##### 2) 現行計画における供給と水需要の比較

下図に示すように、ワチパ浄水場の計画配水地域が同浄水場のみから受水する現行の計画では、2027年以降に需要に対して供給が不足し、2035年時点での不足水量は $0.24\text{m}^3/\text{s}$ となる。



出典: JICA 調査団

図 3.3.1-1: 供給－需要分析の結果

##### 3) 不足水量を補うための配水計画案

上で述べた供給量の不足を補う方策として以下に示す3つの案が考えられる。

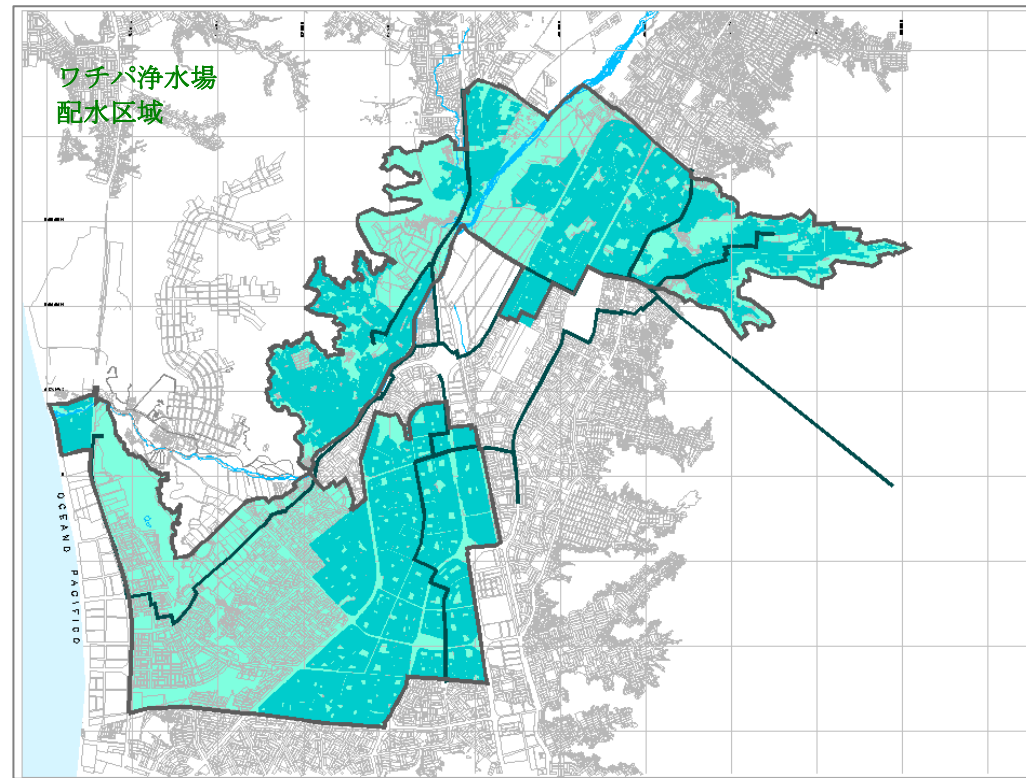
第1案: セクター83A、83B、84B、212A、212B、および213（2035年の水需要は合計約 $0.4\text{m}^3/\text{s}$ ）をワチパ浄水場の配水地域から切り離し、ラ・アタルヘアより送水する。

第2案: ロス・オリボス配水区北部の一部とコイーケ配水区（2035年の水需要は合計約 $0.7\text{m}^3/\text{s}$ ）をワチパ浄水場の配水地域から切り離し、チジョン浄水場より送水する。

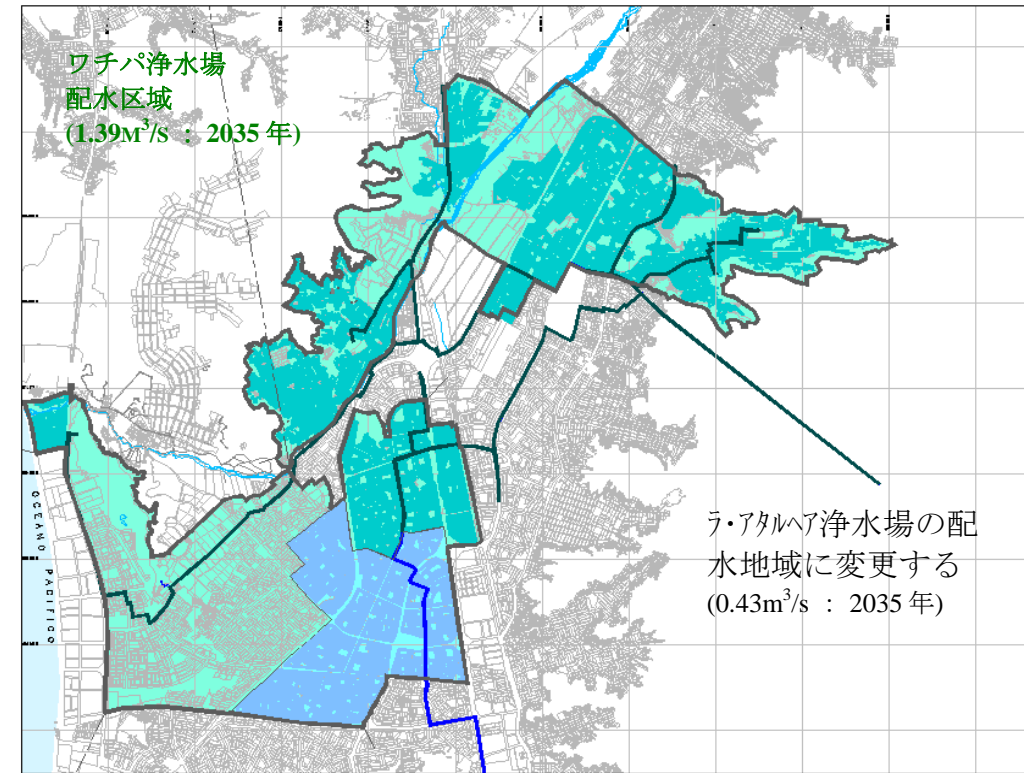
第3案: 周辺の地域も含めてワチパ浄水場配水地域を見直し、調査対象地域のみでなく他の地域も含めて不足する水量を補う方策を検討する。

各案の模式図を下に示す。

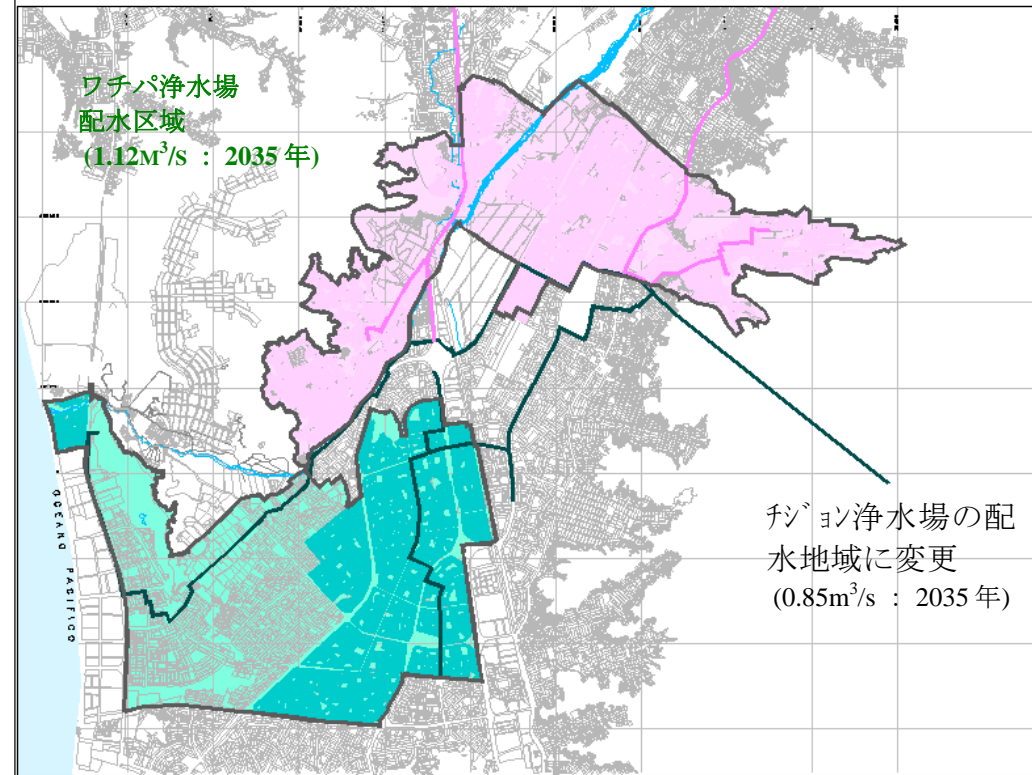
現行案



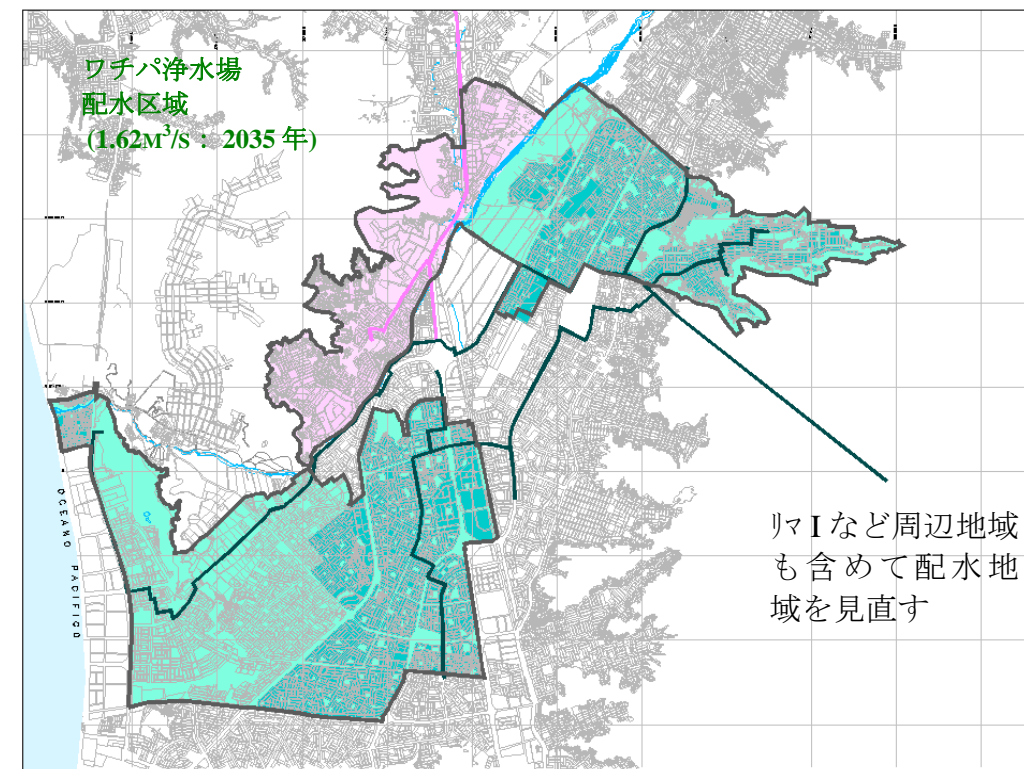
第1案



第2案



第3案



出典: JICA 調査団

図 3.3.1-2: ワチパ浄水場配水地域の将来の見直し案

上で挙げた各案のうち、本調査では以下の理由より第 1 案を推奨する。ただし、SEDAPAL が第 3 案のように周辺地域も含めた総合的な送配水計画を立案する場合はその送配水計画が優先される。

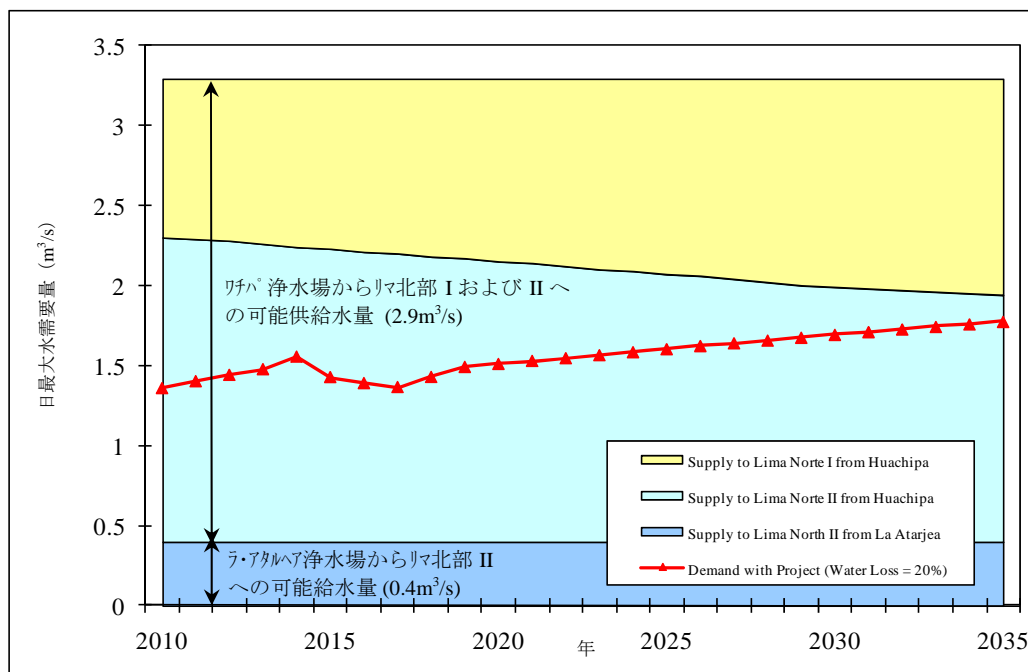
- チジョン浄水場は原水貯水池や浄水場の追加系列の建設が企画されているものの、その実施スケジュールなどは未定で、現時点では実現性に疑問がある。仮にこれらの事業が実施された場合でも、同浄水場が（特に乾季において）十分な水源を継続的に確保できるかは不確実で、調査対象地域と同様に水需要の増加が想定される自らの現状の配水地域に送水する以上の余力は見込み難い。
- ラ・アタルヘア浄水場は  $17.5\text{m}^3/\text{秒}$  の処理能力を有し、2035 年の対象地域での不足量 ( $0.4\text{m}^3/\text{秒}$ ) はそのわずか 2-3% である。そのため、同浄水場の配水地域も他場と同様に水需要の増加が見込まれるものの、調査対象地域への送水は十分に可能であると考えられる。

下図に、第 1 案を採用した場合として、ラ・アタルヘア浄水場から調査対象地域に  $0.4\text{m}^3/\text{秒}$  の供給を見込んだ条件下での供給－需要分析結果を示す。

表 3.3.1-1: 配水地域見直し後の供給－需要分析結果

| 年    | 需要 (m <sup>3</sup> /秒) | 供給 (m <sup>3</sup> /秒) |        |         |          |            | 供給不足 (m <sup>3</sup> /秒) |                 |
|------|------------------------|------------------------|--------|---------|----------|------------|--------------------------|-----------------|
|      |                        | リマII地域の需要              | ワチバ浄水場 |         |          | ラ・アタルヘア浄水場 |                          | リマ北部II地域への供給(計) |
|      |                        |                        | リマ北部地域 | リマ北部I地域 | リマ北部II地域 | リマ北部II地域   |                          |                 |
| -    | 2007                   |                        |        |         |          |            |                          |                 |
| -    | 2008                   |                        |        |         |          |            |                          |                 |
| Base | 2009                   | 1.31                   | 2.90   | 1.00    | 1.90     | 0.00       | 1.90                     | -               |
| -5   | 2010                   | 1.36                   | 2.90   | 1.00    | 1.90     | 0.40       | 2.30                     | 0.94            |
| -4   | 2011                   | 1.40                   | 2.90   | 1.01    | 1.89     | 0.40       | 2.29                     | 0.89            |
| -3   | 2012                   | 1.44                   | 2.90   | 1.02    | 1.88     | 0.40       | 2.28                     | 0.84            |
| -2   | 2013                   | 1.48                   | 2.90   | 1.04    | 1.86     | 0.40       | 2.26                     | 0.78            |
| -1   | 2014                   | 1.56                   | 2.90   | 1.06    | 1.84     | 0.40       | 2.24                     | 0.68            |
| 0    | 2015                   | 1.43                   | 2.90   | 1.07    | 1.83     | 0.40       | 2.23                     | 0.80            |
| 1    | 2016                   | 1.39                   | 2.90   | 1.09    | 1.81     | 0.40       | 2.21                     | 0.82            |
| 2    | 2017                   | 1.36                   | 2.90   | 1.10    | 1.80     | 0.40       | 2.20                     | 0.84            |
| 3    | 2018                   | 1.43                   | 2.90   | 1.12    | 1.78     | 0.40       | 2.18                     | 0.75            |
| 4    | 2019                   | 1.49                   | 2.90   | 1.13    | 1.77     | 0.40       | 2.17                     | 0.68            |
| 5    | 2020                   | 1.51                   | 2.90   | 1.15    | 1.75     | 0.40       | 2.15                     | 0.64            |
| 6    | 2021                   | 1.53                   | 2.90   | 1.16    | 1.74     | 0.40       | 2.14                     | 0.61            |
| 7    | 2022                   | 1.55                   | 2.90   | 1.18    | 1.72     | 0.40       | 2.12                     | 0.57            |
| 8    | 2023                   | 1.57                   | 2.90   | 1.20    | 1.70     | 0.40       | 2.10                     | 0.53            |
| 9    | 2024                   | 1.58                   | 2.90   | 1.21    | 1.69     | 0.40       | 2.09                     | 0.51            |
| 10   | 2025                   | 1.60                   | 2.90   | 1.23    | 1.67     | 0.40       | 2.07                     | 0.47            |
| 11   | 2026                   | 1.62                   | 2.90   | 1.24    | 1.66     | 0.40       | 2.06                     | 0.44            |
| 12   | 2027                   | 1.64                   | 2.90   | 1.26    | 1.64     | 0.40       | 2.04                     | 0.40            |
| 13   | 2028                   | 1.66                   | 2.90   | 1.28    | 1.62     | 0.40       | 2.02                     | 0.36            |
| 14   | 2029                   | 1.68                   | 2.90   | 1.30    | 1.60     | 0.40       | 2.00                     | 0.32            |
| 15   | 2030                   | 1.69                   | 2.90   | 1.31    | 1.59     | 0.40       | 1.99                     | 0.30            |
| 16   | 2031                   | 1.71                   | 2.90   | 1.32    | 1.58     | 0.40       | 1.98                     | 0.27            |
| 17   | 2032                   | 1.73                   | 2.90   | 1.33    | 1.57     | 0.40       | 1.97                     | 0.24            |
| 18   | 2033                   | 1.75                   | 2.90   | 1.34    | 1.56     | 0.40       | 1.96                     | 0.21            |
| 19   | 2034                   | 1.76                   | 2.90   | 1.35    | 1.55     | 0.40       | 1.95                     | 0.19            |
| 20   | 2035                   | 1.78                   | 2.90   | 1.36    | 1.54     | 0.40       | 1.94                     | 0.16            |

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.3.1-3: 配水地域見直し後の供給－需要分析結果

## (2) 配水池容量

配水池容量に係る供給－需要分析は、ワチパ浄水場の計画配水地域内を対象に、各サブ・セクターが有する配水池の容量と、計画最終年次（2035年）時点で求められる貯留水量を比較することで行った。下表に、各サブ・セクター配水池容量と国家基準に基づいて算出した必要貯留水量を示す。表から分かるように、7つのサブ・セクターにおいて配水池容量が不足している。この不足分への対応については第3章 3.4.4節にて検討する。

表 3.3.1-2: 配水池容量に係る供給－需要分析結果

| セクター | サブ・セクター | 配水池                                | 2035年の需要-供給バランス         |                         |                         | 評価 |
|------|---------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|----|
|      |         |                                    | 需要<br>(m <sup>3</sup> ) | 供給<br>(m <sup>3</sup> ) | 不足<br>(m <sup>3</sup> ) |    |
| 83A  | 83A-1   | Villa Sol R-1                      | 516                     | 1,300                   | 784                     | OK |
|      | 83A-2   | Villa del Norte R-1                | 910                     | 1,800                   | 890                     | OK |
| 83B  | 83B-1   | Parque del Naranja R-1             | 465                     | 1,400                   | 935                     | OK |
|      | 83B-2   | Cueto Fernandini R-1               | 1,370                   | 1,500                   | 130                     | OK |
| 84A  | 84A-1   | Olivos de Pro R-1                  | 962                     | 1,500                   | 538                     | OK |
|      | 84A-2   | Programa Confraternidad R-2        | 664                     | 1,600                   | 936                     | OK |
| 84B  | 84B-1   | Programa Confraternidad R-1        | 863                     | 1,600                   | 737                     | OK |
|      | 84B-2   | Comite Aposte                      | 413                     | 500                     | 87                      | OK |
| 85A  | 85A     | Puerta de Pro R-1                  | 728                     | 1,100                   | 372                     | OK |
| 85B  | 85B-1   | Rio Santa R-1                      | 536                     | 570                     | 34                      | OK |
|      | 85B-2   | Pro                                | 2,055                   | 1,400                   | -655                    | NG |
|      | 85B-3   | Santa Luisa R-1                    | 301                     | 500                     | 199                     | OK |
| 85C  | 85C     | Pro                                | 638                     | 500                     | -138                    | NG |
| 212A | 212A-1  | Virgin de las Nieves R-4           | 839                     | 1,500                   | 661                     | OK |
|      | 212A-2  | Virgin del Rosario R-1             | 534                     | 1,200                   | 666                     | OK |
| 212B | 212B-1  | Rosario del Norte R-3              | 427                     | 1,200                   | 773                     | OK |
|      | 212B-2  | Jazmines de Naranja R-2            | 383                     | 1,200                   | 817                     | OK |
| 213  | 213-1   | Vipol Naranjal R-1                 | 783                     | 1,900                   | 1,117                   | OK |
|      | 213-2   | Cerro eo Choclo R-2                | 62                      | 100                     | 38                      | OK |
|      | 213-3   | Cerro eo Choclo R-1                | 75                      | 100                     | 25                      | OK |
| 259  | 259     | Marquez R-522                      | 744                     | 1,200                   | 456                     | OK |
| 345  | 345     | Almeda del Pinar R-1               | 437                     | 1,300                   | 863                     | OK |
| 346  | 346-1   | El Manantial R-1, R-2              | 234                     | 2,200                   | 1,966                   | OK |
|      | 346-2   | El Pinar R-1                       | 407                     | 1,200                   | 793                     | OK |
| 347  | 347-1   | San Felipe R-1                     | 550                     | 670                     | 120                     | OK |
|      | 347-2   | LA Alborada R-2, R-1               | 540                     | 2,400                   | 1,860                   | OK |
| 348A | 348A    | Collique R-1                       | 352                     | 1,100                   | 748                     | OK |
| 348B | 348B-1  | Collique R-2                       | 624                     | 1,500                   | 876                     | OK |
|      | 348B-2  | RE-01                              | 103                     | 100                     | -3                      | NG |
| 349A | 349A-1  | Collique R-3                       | 608                     | 1,100                   | 492                     | OK |
|      | 349A-2  | Nueva Esperanza R-1                | 205                     | 400                     | 195                     | OK |
|      | 349A-3  | Collique R-4                       | 354                     | 1,000                   | 646                     | OK |
| 349B | 349B-1  | Collique R-5                       | 309                     | 800                     | 491                     | OK |
|      | 349B-2  | Collique R-6                       | 375                     | 800                     | 425                     | OK |
|      | 349B-3  | Collique R-7, R-8                  | 283                     | 650                     | 367                     | OK |
| 350  | 350-1   | Santa Isabel R-1                   | 1,411                   | 1,400                   | -11                     | NG |
|      | 350-2   | Santa Isabel R-2                   | 1,408                   | 1,500                   | 92                      | OK |
| 351  | 351-1   | Los Angeles R-1                    | 355                     | 400                     | 45                      | OK |
|      | 351-2   | Los Angeles R-2, R-3               | 255                     | 250                     | -5                      | NG |
|      | 351-3   | Los Angeles R-4                    | 83                      | 100                     | 17                      | OK |
| 361  | 361     | La Campitania Parma Gallinazo PR-1 | 1,085                   | 1,000                   | -85                     | OK |
| 368A | 368A-1  | RPA-6                              | 920                     | 2,000                   | 1,080                   | OK |
|      | 368A-2  | RPA-1                              | 199                     | 500                     | 301                     | OK |
| 368B | 368B    | RPA                                | 1,300                   | 2,650                   | 1,350                   | OK |
| 369A | 369A    | RPA-7 La Ensenada                  | 989                     | 3,000                   | 2,011                   | OK |
| 369B | 369B    | Laderas del Chillon                | 1,256                   | 1,050                   | -206                    | NG |
| 370  | 370     | Shangrila R-1 CR-128               | 725                     | 1,000                   | 275                     | OK |

出典: JICA 調査団

## (3) 送水管および配水管

送配水管に係る供給－需要分析のうち配管の能力という観点からは、第3章 3.4.4 節、3.4.6 節、および添付資料 B2.1 に示される水理計算により行った。また、プロジェクト・ニーズという観点から、以下の表に各施設に求められる設計流量および更新すべき管路の延長を示す。

表 3.3.1-3: 各区の需要 - 供給分析 (必要水量)

| 年    | 需要 (l/秒) |     |                   |           |       | 供給<br>(l/秒) | 需要 - 供給バランス (l/秒) |     |                   |           |       |
|------|----------|-----|-------------------|-----------|-------|-------------|-------------------|-----|-------------------|-----------|-------|
|      | ロス・オリゲンス | コマス | サン・マテイン・デ・ボ<br>レス | プロメテ・ピエトラ | 詰     |             | ロス・オリゲンス          | コマス | サン・マテイン・デ・ボ<br>レス | プロメテ・ピエトラ | 詰     |
| 2009 | 650      | 465 | 40                | 149       | 1,305 | 0           | 650               | 465 | 40                | 149       | 1,305 |
| 2010 | 664      | 476 | 54                | 163       | 1,357 | 0           | 664               | 476 | 54                | 163       | 1,357 |
| 2011 | 674      | 483 | 67                | 178       | 1,401 | 0           | 674               | 483 | 67                | 178       | 1,401 |
| 2012 | 683      | 487 | 79                | 192       | 1,441 | 0           | 683               | 487 | 79                | 192       | 1,441 |
| 2013 | 690      | 489 | 90                | 208       | 1,477 | 0           | 690               | 489 | 90                | 208       | 1,477 |
| 2014 | 711      | 515 | 105               | 226       | 1,557 | 0           | 711               | 515 | 105               | 226       | 1,557 |
| 2015 | 652      | 453 | 111               | 212       | 1,427 | 0           | 652               | 453 | 111               | 212       | 1,427 |
| 2016 | 638      | 414 | 119               | 218       | 1,389 | 0           | 638               | 414 | 119               | 218       | 1,389 |
| 2017 | 626      | 384 | 128               | 226       | 1,364 | 0           | 626               | 384 | 128               | 226       | 1,364 |
| 2018 | 642      | 401 | 142               | 243       | 1,428 | 0           | 642               | 401 | 142               | 243       | 1,428 |
| 2019 | 657      | 417 | 156               | 260       | 1,491 | 0           | 657               | 417 | 156               | 260       | 1,491 |
| 2020 | 663      | 422 | 157               | 268       | 1,510 | 0           | 663               | 422 | 157               | 268       | 1,510 |
| 2021 | 669      | 427 | 158               | 276       | 1,530 | 0           | 669               | 427 | 158               | 276       | 1,530 |
| 2022 | 673      | 431 | 159               | 284       | 1,547 | 0           | 673               | 431 | 159               | 284       | 1,547 |
| 2023 | 679      | 436 | 160               | 292       | 1,566 | 0           | 679               | 436 | 160               | 292       | 1,566 |
| 2024 | 684      | 440 | 161               | 300       | 1,585 | 0           | 684               | 440 | 161               | 300       | 1,585 |
| 2025 | 690      | 445 | 161               | 308       | 1,604 | 0           | 690               | 445 | 161               | 308       | 1,604 |
| 2026 | 696      | 449 | 162               | 316       | 1,624 | 0           | 696               | 449 | 162               | 316       | 1,624 |
| 2027 | 702      | 453 | 163               | 323       | 1,642 | 0           | 702               | 453 | 163               | 323       | 1,642 |
| 2028 | 707      | 457 | 164               | 330       | 1,659 | 0           | 707               | 457 | 164               | 330       | 1,659 |
| 2029 | 714      | 461 | 165               | 337       | 1,677 | 0           | 714               | 461 | 165               | 337       | 1,677 |
| 2030 | 721      | 465 | 166               | 343       | 1,695 | 0           | 721               | 465 | 166               | 343       | 1,695 |
| 2031 | 728      | 469 | 166               | 349       | 1,712 | 0           | 728               | 469 | 166               | 349       | 1,712 |
| 2032 | 734      | 474 | 167               | 354       | 1,729 | 0           | 734               | 474 | 167               | 354       | 1,729 |
| 2033 | 740      | 477 | 168               | 360       | 1,745 | 0           | 740               | 477 | 168               | 360       | 1,745 |
| 2034 | 747      | 481 | 169               | 364       | 1,762 | 0           | 747               | 481 | 169               | 364       | 1,762 |
| 2035 | 754      | 485 | 170               | 369       | 1,777 | 0           | 754               | 485 | 170               | 369       | 1,777 |

出典: JICA 調査団

将来必要な配水管の総延長を「需要」、既存の配水管のうち使用可能な延長を「供給」とし、この需要と供給の差が、布設する必要がある配水管の総延長である。検討の詳細は 3.4.6 に記述されている通りであり、新規布設が必要な管は 49.50 km、更新が必要な管は 179.02 km、合計 228.52 km の配水管の布設を提案している。

表 3.3.1-4: 配水管の需要 - 供給分析

| セクター      | 需要<br>(km)    | 供給<br>(km)    | 需要 - 供給<br>バランス<br>(km) |
|-----------|---------------|---------------|-------------------------|
| 83 A      | 34.12         | 15.41         | 18.71                   |
| 83 B      | 49.28         | 19.07         | 30.21                   |
| 84 A      | 60.90         | 49.27         | 11.63                   |
| 84 B      | 45.78         | 33.02         | 12.76                   |
| 85 A      | 18.89         | 13.59         | 5.30                    |
| 85 B      | 26.81         | 15.21         | 11.60                   |
| 85 C      | 18.64         | 6.48          | 12.16                   |
| 212 A     | 53.39         | 47.06         | 6.33                    |
| 212 B     | 29.11         | 26.55         | 2.56                    |
| 213       | 41.09         | 32.77         | 8.32                    |
| 259       | 16.06         | 12.19         | 3.87                    |
| 345       | 13.58         | 13.37         | 0.21                    |
| 346       | 17.49         | 14.72         | 2.77                    |
| 347       | 53.09         | 47.89         | 5.20                    |
| 348 A     | 8.10          | 5.85          | 2.25                    |
| 348 B     | 22.04         | 16.62         | 5.42                    |
| 349 A     | 31.47         | 17.46         | 14.01                   |
| 349 B     | 28.33         | 14.84         | 13.49                   |
| 350       | 78.17         | 21.32         | 56.85                   |
| 351       | 7.07          | 6.08          | 0.99                    |
| 368 A     | 29.13         | 26.81         | 2.32                    |
| 369 A     | 26.77         | 25.21         | 1.56                    |
| <b>合計</b> | <b>709.31</b> | <b>480.79</b> | <b>228.52</b>           |

出典: JICA 調査団





表 3.3.1-6: 配水池から各サブ・セクターへの配水管の需要 - 供給分析 (時間最大配水量) (l/秒)

Table with columns for SECTOR, SUB SECTOR, YEAR, Demand, Supply, Balance across various sub-sectors (83A-1, 83A-2, 83B-1, 83B-2, 84A-1, 84A-2, 84B-1, 84B-2, 85A, 85B-1, 85B-2, 85B-3, 85C, 212A-1, 212A-2, 212B-1, 212B-2, 213-1, 213-2, 213-3, 259) and rows for years 2009 to 2035.

出典: JICA 調査団



### 3.3.2 下水道

表 3.1.3-4 および表 3.2.2-1 に示した需要と供給より、下水道に係る需要 - 供給分析は、更新（能力不足による増径および劣化による更新）が必要な管路延長として表 3.3.2-1 に示すとおりとなる。

表 3.3.2-1: 下水道の需要 - 供給分析

| 排水分区   | 需要<br>(km) | 供給<br>(km) | 需要 - 供給<br>バランス<br>(km) |
|--------|------------|------------|-------------------------|
| A16    | 7.52       | 7.52       |                         |
| A18    | 11.53      | 11.53      |                         |
| A19    | 5.73       | 5.73       |                         |
| AD-0   | 1.70       | 1.70       |                         |
| AD-01B | 0.95       | 0.95       |                         |
| AD-A1  | 30.31      | 20.84      | 9.47                    |
| AD-A2  | 24.16      | 21.22      | 2.94                    |
| AD-AG1 | 4.68       | 3.72       | 0.96                    |
| AD-AG2 | 29.91      | 6.04       | 23.87                   |
| AD-AG3 | 12.13      | 1.33       | 10.80                   |
| AD-AG4 | 26.44      | 14.39      | 12.05                   |
| ADC-1  | 10.08      | 8.57       | 1.51                    |
| ADC-2  | 13.52      | 11.50      | 2.02                    |
| ADC-3  | 4.97       | 4.22       | 0.75                    |
| ADC-4  | 6.91       | 5.87       | 1.04                    |
| ADC-5  | 13.70      | 11.65      | 2.05                    |
| ADC-6  | 11.38      | 9.67       | 1.71                    |
| AD-CA1 | 8.80       | 8.80       |                         |
| AD-CA3 | 0.82       | 0.82       |                         |
| AD-CH1 | 32.03      | 10.28      | 21.75                   |
| AD-CH2 | 12.58      | 6.57       | 6.01                    |
| AD-CH3 | 21.88      | 2.30       | 19.58                   |
| AD-CH4 | 30.87      | 30.87      |                         |
| AD-CO1 | 20.84      | 2.85       | 17.99                   |
| AD-CO2 | 26.83      | 23.58      | 3.25                    |
| AD-M1  | 13.32      | 7.45       | 5.87                    |
| AD-N1  | 24.57      | 7.43       | 17.14                   |
| AD-N2  | 23.53      | 3.28       | 20.25                   |
| AD-P2  | 0.46       | 0.46       |                         |
| AD-PL1 | 22.18      | 18.85      | 3.33                    |
| AD-PL2 | 22.59      | 19.57      | 3.02                    |
| AD-R1  | 14.81      | 2.32       | 12.49                   |
| AD-R2  | 17.36      | 2.57       | 14.79                   |
| AD-T1  | 14.54      | 4.57       | 9.97                    |
| AD-T2  | 6.61       | 6.26       | 0.35                    |
| AD-T3  | 0.04       | 0.03       | 0.01                    |
| AD-T4  | 12.54      | 6.35       | 6.19                    |
| AD-T5  | 10.06      | 5.03       | 5.03                    |
| AD-T6  | 2.61       | 1.31       | 1.30                    |
| PT1    | 22.99      | 22.99      |                         |
| PT2    | 6.59       | 6.59       |                         |
| PT3    | 13.00      | 13.00      |                         |
| PT4    | 11.70      | 11.70      |                         |
| PT5    | 8.78       | 8.78       |                         |
| PT6    | 25.44      | 25.44      |                         |
| PT7    | 7.54       | 7.54       |                         |
| SA-57  | 0.03       | 0.03       |                         |
| 合計     | 651.56     | 414.07     | 237.49                  |

出典: JICA 調査団

### 3.4 問題点に対する本事業での技術的対応

#### 3.4.1 技術的対応策の抽出と選定

##### (1) 上水道における問題点

SEDAPAL が運営している上水道の現状の問題点は第 2 章 2.5.14 節で述べた以下の 4 点である。

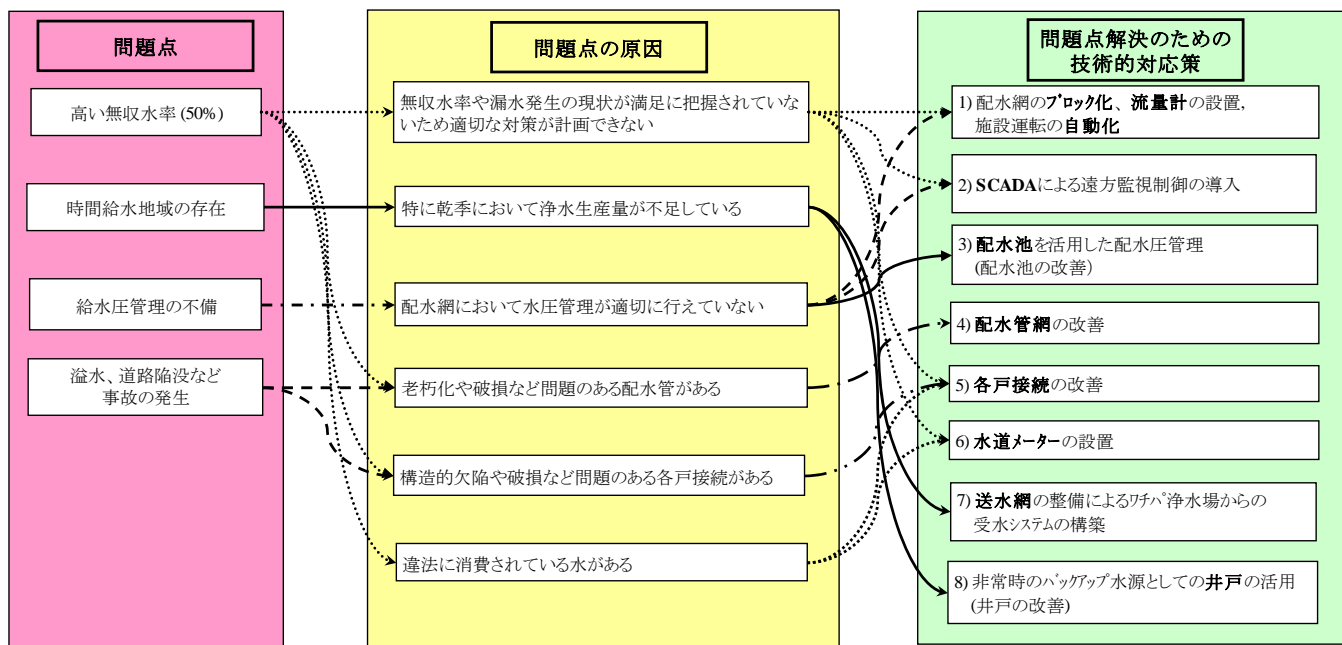
1. 高い無収水率
2. 漏水事故の多発
3. 未だ達成されていない 24 時間給水
4. 不安定な給水圧

##### (2) 既存の上水道に生じている不具合とその原因

第 2 章 2.5.14 節で特定した問題点は、1) 実際に生じている不具合と 2) その不具合の原因の両方を含んでいる。ここで「不具合」とは、SEDAPAL が掲げている事業目標にそぐわない状況、社会的に求められているサービス・レベルを満足していない状況、および人々の生活環境を貶めている状況を言い、すなわち、特定された問題点の中で不具合と定義されるものは高い無収水率、時間給水地域の存在、給水圧管理の不備、および給配水管の破損による溢水などの頻発である。

##### (3) 本事業で実施する技術的対応策

SEDAPAL の上水道における問題点とその原因、および不具合解消のための技術的対応策を図 3.4.1-1 に示す。次節以降の上水道に関わる技術的検討は、同図で掲げた技術的対応策を事業のコンポーネントとしてその内容と数量を具体的に計画・検討するものである。



出典: JICA 調査団

図 3.4.1-1: 既存上水道に生じている不具合とその原因  
および本事業で実施する技術的対応策

#### (4) 技術的対応策の実施レベルの検討

##### 1) 検討の必要性

上図で示した技術的対応策のうち 1) セクター化、流量計設置および運転制御の自動化、2) SCADA による運転制御、3) 既存配水池の活用による配水圧制御、7) ワチパ浄水場より受水するための送水管網の整備、8) 既存井戸の活用は、水道のサービス・レベルを求められるレベルまで改善するために不可欠な対策として、本事業で完全に実施する。また、6) 水道メータの設置も同様に、SEDAPAL が水道事業を運営していくうえでの必要不可欠な対策として本事業で完了させる。

しかし、その一方、残る 4) 配水管網の改善および 5) 各戸接続の改善については、SEDAPAL が掲げる「無収水率 25%以下」を達成し、かつ人々の生活を脅かす規模の事故が生じないようなレベルまで実施すればよい。すなわち、費用対効果の観点からも本事業で必ずしも全てを更新する必要はなく、実施するレベル（規模）を検討する必要がある。

図 3.4.1-1 で挙げた 8 つの技術的対応策は、7) 送水管の整備および 8) 既存井戸の活用をのぞき、全て無収水率の改善に寄与するが、各対応策により期待される効果（改善のメカニズムと改善度）には大きな違いがある。したがって、本調査では、各技術的対応策の具体的な検討を行う前に、無収水率を 25%以下に削減する目標を達成するための各対応策の実施規模（すなわち、必ずしも完全に実施する必要のない 4) 配水管網の改善および 5) 各戸接続の改善の対策レベル）を検討する必要がある。

なお、人々の生活脅かす深刻な事故の回避については、サービス・レベルの改善や無収水率の削減を行うことで自然に達成されると考えられる。

## 2) 検討方法

本検討では、第2章 2.5.10 節で推定された現状の無収水率をもとに、まず各対応策による無収水削減程度を設定し、次に「無収水率 25%以下」を達成するための 4) 配水管網の改善および 5) 各戸接続の改善の実施レベルの組み合わせを複数案抽出する。そのうえで、それらの案の中から経済性に優れる案を選定し、本事業で実施する 4) 配水管網の改善および 5) 各戸接続の改善の実施レベル、すなわち配水管および給水管の更新率を設定する。

なお、各対応策による無収水率削減程度の設定においては、無収水の主要な要因である技術的損失（漏水）を発生位置によって配水管、給水管、およびその他（配水池での溢水・漏水等）に分類する。

## 3) 配水管網および各戸接続における技術的損失（漏水）量の推定

一般に、技術的損失（漏水）の多くは配水管網および各戸接続で発生しており、配水池など他の場所で発生する漏水は全体量に比べてごくわずかである。しかし、配水管網での漏水量と各戸接続での漏水量を別個に特定できる情報を SEDAPAL は有していないため、ここでは、SEDAPAL の有する既存データを活用してそれぞれの漏水量を推定する。

漏水は配管等に生じたオリフィス（破損部または水密性が低下した継手部）からの流出水と捕らえることができ、その量は 1) オリフィスの数、2)オリフィスの径、および 3) オリフィスにおける水圧により求められる。オリフィスの原理によると、流出量は 3つの要素のうちオリフィスの数および径に比例し、かつ水圧の 2分の 1 乗に比例する。

オリフィスの数は破損事故の件数から推測することができる。SEDAPAL の台帳によると、2006 年から 2009 年の 4 年間で配水管網での事故件数が 743 件であるのに対し、各戸接続での発生件数は 7,903 件であり、全事故件数のうち約 90%は各戸接続で発生している。

次に、オリフィス径は配管径と関連するものと考えられる。調査対象地域の配水管は 100mm および 110mm が全体の 60%を占めている一方、給水管の口径は一般家庭への接続の場合で 15mm である。

オリフィスでの水圧は、各戸接続の上流に位置する配水管網の方が各戸接続に比べて平均水圧が高いのは明らかである。入り口で水圧を管理している現行セクター83、84、85、212 および 213 の実績データによると、セクター入り口（減圧弁で水圧を調整した後）の水圧は平均で 25m 程度である。各戸接続における水圧データはないが、所定の末端水圧を考慮すると平均 10~15m 程度と推定される。

以上の考察より、配水管網および各戸接続で発生している漏水量の割合は下表のように推定できる。表から分かるように、全漏水量のうち配水管網で発生している水量は約 40%と推定された。

表 3.4.1-1: 配水管網および各戸接続で発生している漏水量の割合の推定

| 記号   | 要素     | 参照データ  | 単位 | 配水管網                            | 各戸接続            |
|--|--------|--------|----|---------------------------------|-----------------|
| A  | オリフィス数 | 破損事故件数 | 箇所 | 743*                            | 7,903*          |
| B  | オリフィス径 | 配管径    | Mm | 110<br>(100-110)                | 15<br>(15-25)   |
| C  | 水圧     | 平均水圧   | M  | 15.0<br>(10-25)                 | 12.5<br>(10-15) |
| 漏水指数: $I_{WL} (= A \times B \times C^{1/2})$ |        |        |    | 316,539                         | 419,120         |
| 漏水指数 ( $I_{WL}$ ) の比                         |        |        |    | 0.43 : 0.57                     |                 |
| 評価   |        |        |    | 全漏水のうち配水管網で発生しているのは約 40%と推定される。 |                 |

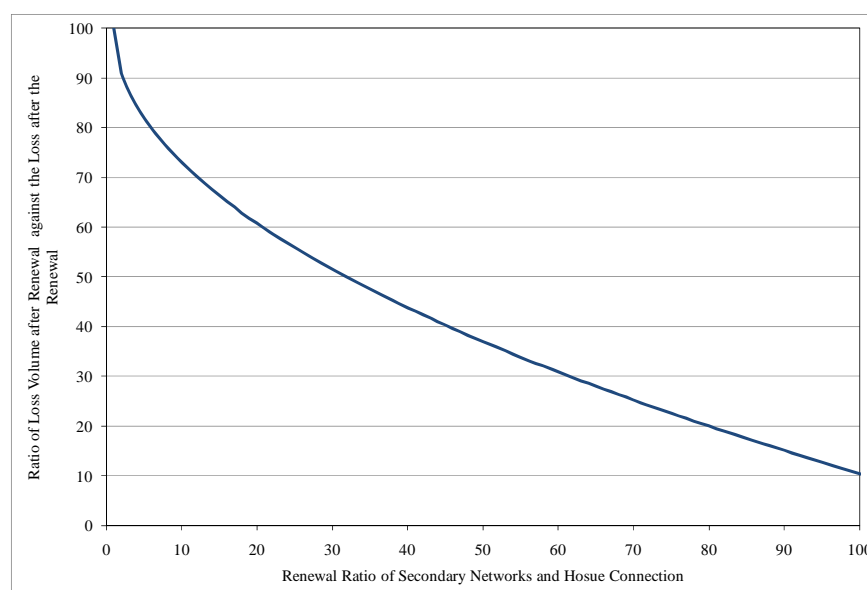
\*: 2006年から2009年  
出典: JICA 調査団

#### 4) 対策実施レベルの代替案抽出とその設定条件

代替案の抽出は以下の条件または仮定に基づいて実施する。

- 第 2 章 2.5.10 節での分析結果に基づき、現状の無収水 50%のうち 40%が技術的損失、残る 10%が商業的損失とする。
- 上述の検討結果に基づき、技術的損失のうち 40%は配水管網、残る 60%は各戸接続にて発生しているものとする。
- 仮に配水管網（または各戸接続）が全て更新された場合、その更新直後の技術的損失はほぼ限りなく 0 に近いと考えられる。しかし、更新された管も経年に伴って漏水を生じさせることから、長期間にわたり継続的に「漏水量 25%以下」を達成することが事業の目標であるとの観点から、配水管網（または各戸接続）が完全に更新された場合、配水管網（または各戸接続）からの漏水量が現状の 10 分の 1（10%）になるものと仮定する。これは、良好な運営を行っている日本の水道事業体における漏水率が 10%程度であることを勘案している。
- 配水管網（または各戸接続）の更新が完全ではない場合、その更新率と漏水量の削減率は下図に示す関係にあると想定する。この相関は、より深刻な状況にある箇所から順に選択して更新する前提で、初期の投資が最も効果が高いという傾向を反映している。





出典: JICA 調査団

図 3.4.1-2: 配水管網（または各戸接続）の更新による  
配水管網（または各戸接続）からの技術的損失量の削減効果

- 違法な水使用による無収水は各戸接続の更新により削減されると想定する。これは更新のための調査や工事の中で違法接続の摘発と正規接続への転換が可能なためである。したがって、各戸接続を全て更新した場合、違法接続の摘発と正規接続への転換により、半分しか更新しない場合に比べて大きな無収水削減効果が期待できる。
- 無収水量は、全ケースにて一定値の 100 と設定する有収水量に対する無次元の値として表現する。（例えば、無収水率が 50% の場合、有収水量は 100、無収水量も 100 である。）

これらの条件および仮定に基づき、4 つのケースを対象に無収水率の算定を行った。表 3.4.1-2 と図 3.4.1-3 に算定結果を示す。

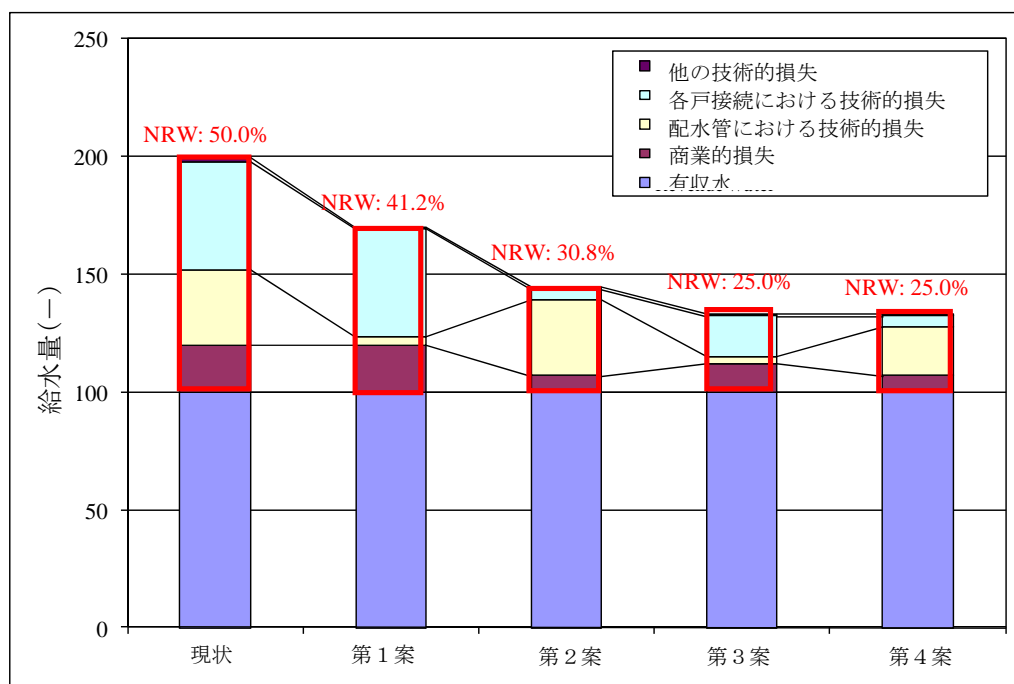
これらの図表から分かるように、全ての配水管を更新し各戸接続の改善を全く行わなかった場合（ケース 1）無収水率の改善は 41.2% までに留まると推定され、逆に全ての各戸接続を更新して配水管の更新を全く行わなかった場合（ケース 2）も 30.8% と目標である 25% までには改善されない。一方、ケース 3 は全ての配水管を更新したうえで無収水率 25% を達成できるだけの各戸接続の改善を行う案で、ケース 4 は逆に全ての各戸接続を改善したうえで無収水率 25% を達成できるだけの配水管の更新を行う案である。

以上より、「無収水率 25% 以下」を達成するための対策実施レベルのオプションとして、ケース 3（第 1 案）とケース 4（第 2 案）を抽出し、次項で比較選定を行う。

表 3.4.1-2: 事業の実施による無収水率改善効果の推定結果（4 ケース）

| 項目        |         | ケース 1 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 |
|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 対策レベル     | 配水管網の改善 | 100%  | 0%    | 100%  | 15%   |
|           | 各戸接続の改善 | 0%    | 100%  | 50%   | 100%  |
| 事業実施後無収水率 |         | 41.2% | 30.8% | 25.0% | 25.0% |

出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.4.1-3: 各ケースにおける無収水率の削減効果内訳

#### 5) 技術的対応策の実施レベルの決定

上で抽出された代替案の比較を表 3.4.1-3 に示す。表中の工事費用は、本調査の事業費積算の中で算出した単価をもとにした直接工事費である。表から分かるように、第 2 案（配水管の 15%と給水管の 100%を更新）の場合が第 1 案（配水管の 100%と給水管の 50%を更新）よりも費用対効果が高い結果となった。さらに、第 2 案は、各戸接続を全て更新することによる違法接続の排除という社会的な効果もあることから、本事業では第 2 案を採用する。

表 3.4.1-3: 技術的対応策（配水管網の更新および各戸接続の更新）の実施レベルの比較検討

|      |        | 第1案<br>(ケース3)                                 | 第2案<br>(ケース4)                                 |
|------|--------|---|---|
| 工事内容 |        | 配水管の更新：100%<br>給水管の更新：50%                     | 配水管の更新：15%<br>給水管の更新：100%                     |
| 対策効果 |        | 無収水率 25%を達成                                   | 同左  |
| 工事費  | 配水管の更新 | 760,000m x 193 S/m<br>= <u>146,680,000 S</u>  | 114,000m x 193 S/m<br>= <u>22,002,000 S</u>   |
|      | 給水管の更新 | 35,000nos x 716S/nos<br>= <u>25,060,000 S</u> | 70,000nos x 716S/nos<br>= <u>50,120,000 S</u> |
|      | 計*     | <b>171,174,000 S</b>                          | <b>72,122,000 S</b>                           |
| その他  |        | 各戸接続の更新を 50%とした場合、更新対象の選定手法に課題がある。            | 各戸接続を完全に更新することで違法接続の排除が期待できる。                 |
| 評価   |        | -   | 採用  |

\*: 配水管および給水管の更新費用のみ

出典: JICA 調査団

以上の検討より、技術的対応策の実施レベルを以下のように定める。

- 1) セクター化、流量計の設置および運転制御の自動化、2) SCADA による運転管理、3) 既存配水池の活用による配水圧制御、6) 水道メータの設置、7) ワチパ浄水場より受水するための送水管管網の整備、および 8) 既存井戸の活用は全て本事業で実施する。
- 4) 配水管網の改善においては、全配水管延長のうち少なくとも 15%の管路を更新する。更新管路は、漏水量削減の観点から優先度の高いものより順に選定する。
- 5) 各戸接続の改善においては、近年設置または補修されたものを除き、全ての各戸接続の更新を行う。

| Categorization of Distributed Water                                   |                        |                         | Technical Solutions*1 | Present      |                | Case-1   |              |             | Case-2  |              |             | Case-3  |              |             | Case-4   |              |             |
|---|------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------|----------------|--|--------------|-------------|---|--------------|-------------|---|--------------|-------------|--|--------------|-------------|
|   |                        |                         |                       | NRW          |                | No renewal of house connections  |              |             | No renewal of secondary networks  |              |             | Complete renewal of secondary networks  |              |             | Complete renewal of house connections  |              |             |
|   |                        |                         |                       | %            | m <sup>3</sup> | Project*2  | NRW          |             | Project*2   | NRW          |             | Project*2   | NRW          |             | Project*2  | NRW          |             |
| %   | Volume*3               | %                       | Volume*3              |              |                |  | %            | Volume*3    |   | %            | Volume*3    |   |              |             |  |              |             |
| <b>Revenued Water</b>   |                        |                         |                       | <b>50.0</b>  | 100.0          |  | <b>58.8</b>  | 100.0       |   | <b>69.2</b>  | 100.0       |   | <b>75.0</b>  | 100.0       |  | <b>75.0</b>  | 100.0       |
| <b>Non-revenue Water</b>  | <b>Commercial Loss</b> | Legal Non-revenue Water | -                     | 1.0          | 2.0            |  | 1.2          | 2.0         |   | 1.4          | 2.0         |   | 1.5          | 2.0         |  | 1.5          | 2.0         |
|   |                        | Illegal Consumption     | (5), (6)              | 8.0          | 16.0           | -  | 9.4          | 16.0        | √   | 2.1          | 3.0         | Partly  | 6.0          | 8.0         | √  | 2.3          | 3.0         |
|   |                        | Meter Error and Others  | (6)                   | 1.0          | 2.0            | √  | 1.2          | 2.0         | √   | 1.4          | 2.0         | √   | 1.5          | 2.0         | √  | 1.5          | 2.0         |
|   |                        | Sub-total               |                       | <b>10.0</b>  | 20.0           |  | <b>11.8</b>  | 20.0        |   | <b>4.8</b>   | 7.0         |   | <b>9.0</b>   | 12.0        |  | <b>5.3</b>   | 7.0         |
|   | <b>Technical Loss</b>  | Secondary Network       | (1), (2), (3)         | 16.0         | 32.0           | √  | 1.9          | 3.2         | =   | 22.1         | 32.0        | √   | 2.4          | 3.2         | √  | 15.5         | 20.7        |
|   |                        |                         | (4)                   |              |                | -  |              |             |   |              |             | Partly  |              |             |  |              |             |
|   |                        | Connection              | (5)                   | 23.0         | 46.0           | -  | 27.0         | 46.0        | Partly  | 3.2          | 4.6         | Partly  | 12.8         | 17.1        | √  | 3.5          | 4.6         |
|   |                        | Reservoirs and Others   | (1), (2), (3)         | 1.0          | 2.0            | √  | 0.6          | 1.0         | √   | 0.7          | 1.0         | √   | 0.8          | 1.0         | √  | 0.8          | 1.0         |
|   |                        | Sub-total               |                       | <b>40.0</b>  | 80.0           |  | <b>29.5</b>  | 50.2        |   | <b>26.0</b>  | 37.6        |   | <b>16.0</b>  | 21.3        |  | <b>19.7</b>  | 26.3        |
|   | <b>NRW TOTAL</b>       |                         |                       |              | <b>50.0</b>    | 102.0  |              | <b>41.2</b> | 70.2  |              | <b>30.8</b> | 44.6  |              | <b>25.0</b> | 33.3   |              | <b>25.0</b> |
| <b>TOTAL</b>  |                        |                         |                       | <b>100.0</b> | 200.0          |  | <b>100.0</b> | 170.2       |   | <b>100.0</b> | 144.6       |   | <b>100.0</b> | 133.3       |  | <b>100.0</b> | 133.3       |
| <b>Percentage of NRW Volume after Renewal Against the Present NRW</b> |                        |                         | Secondary Networks    |              |                | 10 %   |              |             | 100 %   |              |             | 10 %  |              |             | 65 %   |              |             |
|   |                        |                         | House Connections     |              |                | 100 %  |              |             | 10 %  |              |             | 37 %  |              |             | 10 %   |              |             |
| <b>Renewal Ratio</b>  |                        |                         | Secondary Networks    |              |                | 100 %  |              |             | 0 %   |              |             | 100 %   |              |             | 15 %   |              |             |
|   |                        |                         | House Connections     |              |                | 0 %  |              |             | 100 %   |              |             | 49 %  |              |             | 100 %  |              |             |
| <b>EVALUATION</b>   |                        |                         |                       |              |                | It is impossible to achieve the 25% of NRW ratio without improvement of house connections. |              |             | It is impossible to achieve the 25% of NRW ratio without improvement of secondary networks. |              |             | Approximately more than 50% of house connections are necessary to be renewed to achieve the 25% of NRW ratio. |              |             | Approximately 15% of secondary networks are necessary to be renewed to achieve the 25% of NRW ratio. |              |             |

\*1: 1) Sectorization, installation of Macrometer, Automation of the facilities  
 2) Control and monitoring by SCADA system (Introduction of SCADA system)  
 3) Pressure control by Reservoirs  
 4) Improvement of Secondary Networks  
 5) Improvement of House Connections  
 5) Installation of Micrometers  
 \*2: √ : Carried out completely  
 Partly : Carried out partly  
 \*3: Volume of revenue water is assumed to be "100".

出典: JICA調査団

図 3.4.1-4 事業実施による無収水率改善効果の推定

### 3.4.2 配水システムとセクター化と自動化の概念設計

#### (1) セクター化の目的

セクター化は枝状に広がる配水管網を、独立して運用できる比較的小さな配水管網単位（セクター）の集合となるように改変することで、それにより、a) 実際の配水状況をより詳細かつ容易に把握すること、および b) 配水管網の平常時および緊急時の運転管理を容易にすることが可能である。調査対象地域で生じている上水道の問題点を考慮すると、セクター化の目的と期待される効果は以下のように整理することができる。

- i. 需要/供給管理: 各セクター単位で需要と供給のバランスを監視することで、把握された水需要の傾向や特性等から将来の水需要をより性格に見通すことが可能となり、将来の水資源開発や浄水施設整備がより効果的となる。
- ii. 損失水管理: 損失水の動向を効率的かつ性格に把握することが可能となり、損失水が発生している要因の特定とその対策の計画・実施が正確な根拠をもって行えるようになる。
- iii. 配水圧管理: 局所ごとの適切な配水圧管理が可能となり、水量・水圧とのに安定した給水が行えるようになる。
- iv. 緊急時管理: 独立した各セクターは容易に他の地域から切り離すことが可能であり、それにより一部で発生した事故の影響を最小化できるようになる。
- v. 維持管理: 配水管網が小さい単位に区切られることで、漏水調査や補修作業などがより容易かつ効率よく行えるようになる。

#### (2) 配水管網の現状と *Perfil* における「セクター」および「サブ・セクター」導入の提案

現在、調査対象地域には 32 の現行セクターがある。これに対し *Perfil* では、規模、地形、既存配水池の配水地域などを考慮していくつかの現行セクターを 2 つまたは 3 つの（新）セクターに分割し合計 41 のセクターとすることを提案している。

このうち、既存配管の更新を実施する対象地域は 22 のセクターとされ、対象外とされた 19 のセクターの内訳は、i) 配水管網が未整備な 15 のセクター、ii) 近年整備された、または近年更新が行われた配水管網を有する 3 つのセクター（セクター361, 368B および 369B）、および iii) SEDAPAL が実施する他の事業で更新される予定の 1 つのセクター（セクター370）である。

さらに、同 *Perfil* ではセクターをさらに細分化した「サブ・セクター」の導入が提案されており、既存配水管網を有する 22 のセクターに対して 46 のサブ・セクターが計画され、調査対象地域全体のサブ・セクター数は 61 となっていた。

#### (3) 本調査で提案するセクターおよびサブ・セクター

本調査では、原則として *Perfil* で提案されたセクターおよびサブ・セクターを踏襲した。ただし、セクターについては実際の施設配置や土地利用などを勘案して境界線の見直しを行い、また、サブ・セクターについては、土地利用に加えて各既存配水池の配水

地域を精査して境界線やサブ・セクター数を見直した。その結果、セクター数は *Perfil* と同数の 41 であるがサブ・セクター数は 63 となった。63 のサブ・セクターのうち既存の配水管網を有するセクターに属するのは 48 のサブ・セクターであるが、このうち、サブ・セクター 348B-4 では配水管網が未整備であり、サブ・セクター 348A-2 は SEDAPAL により配水管網が更新されたばかりである。

表 3.2.2-1 に現行セクター、および本調査で提案されたセクター、サブ・セクターの一覧を示す。32 の現行セクターのうち、11 の現行セクター（セクター 83、84、85、212、213、350、345-346、347-346、361、368 および 369）は配水管網が独立したセクターを形成しているが、そのうち 5 つ（セクター 83、84、85、212 および 213）のみが流量計とその監視システムにより配水量が測定・把握されている。

なお、本調査で行ったセクターおよびサブ・セクターの境界線の見直しについては本章 3.4.3 節で詳細を述べる。

表 3.4.2-1: 本調査で提案するセクターおよびサブ・セクターの一覧

| 区                                   | セクター       |         | サブ・セクター  | サブ・セクターの規模 |                          |                            | 配水池   | 備考                       |
|-------------------------------------|------------|---------|----------|------------|--------------------------|----------------------------|---|--------------------------|
|                                     | オリジナル・セクター | セクター    |          | 人口 (2007)  | 接続数 (2009)               | 水使用者数 (2009)               |   |                          |
| ロス・オリボス<br>Los Olivos               | 83         | 83A     | 83A-1    | 10,179     | 1,609                    | 2,316                      | Villa Sol R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 83A-2    | 19,849     | 2,487                    | 3,968                      | Villa del Norte R-1   | -                        |
|                                     |            | 83B     | 83B-1    | 11,289     | 1,273                    | 2,236                      | Parque del Naranjal R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 83B-2    | 29,135     | 4,068                    | 5,933                      | Cueto Fernandini R-1  | -                        |
|                                     | 84         | 84A     | 84A-1    | 24,627     | 4,477                    | 4,963                      | Olivos de Pro R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 84A-2    | 16,849     | 3,109                    | 3,527                      | Programa Confraternidad R-2   | -                        |
|                                     |            | 84B     | 84B-1    | 23,931     | 4,021                    | 4,858                      | Programa Confraternidad R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 84B-2    | 11,188     | 1,669                    | 2,159                      | Comité Aposte, Patria Nueva   | -                        |
|                                     | 85         | 85A     | 85A      | 13,072     | 2,184                    | 2,746                      | Puerta de Pro R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 85B-1    | 6,263      | 918                      | 1,650                      | Rio Santa R-1   | -                        |
|                                     |            | 85B     | 85B-2    | 6,172      | 894                      | 1,344                      | Pro   | -                        |
|                                     |            |         | 85B-3    | 1,923      | 287                      | 339                        | Santa Luisa R-1   | -                        |
| 85C                                 |            | 85C     | 11,069   | 1,657      | 2,286                    | Pro                        | -   |                          |
| サン・マルティン・<br>デ・ポレス<br>S.M.de Porres | 212        | 212A    | 212A-1   | 17,951     | 3,344                    | 3,936                      | Virgen de las Nieves R-4  | -                        |
|                                     |            |         | 212A-2   | 11,766     | 2,084                    | 2,571                      | Virgen del Rosario R-1  | -                        |
|                                     |            | 212B    | 212B-1   | 9,870      | 1,612                    | 2,179                      | Rosario del Norte R-3   | -                        |
|                                     |            |         | 212B-2   | 8,515      | 1,358                    | 1,800                      | Jazmines del Naranjal R-2   | -                        |
|                                     | 213        | 213     | 213-1    | 17,480     | 3,003                    | 3,382                      | Vipol Naranjal R-1 (CR-243)   | -                        |
|                                     |            |         | 213-2    | 312        | 68                       | 69                         | Cerro el Choclo R-2   | -                        |
|                                     |            |         | 213-3    | 539        | 130                      | 130                        | Cerro el Choclo R-1   | -                        |
|                                     | 251        | 251     | 251      | 23,528     | 3                        | 4                          | -   | Without existing network |
|                                     | 252        | 252     | 252      | 9,316      | 2                        | 2                          | -   | Without existing network |
|                                     | 253        | 253     | 253      | 10,809     | 27                       | 40                         | -   | Without existing network |
|                                     | 254        | 254     | 254      | 12,782     | 4                        | 4                          | -   | Without existing network |
|                                     | 255        | 255     | 255      | 1,340      | 2                        | 2                          | -   | Without existing network |
|                                     | 256        | 256     | 256      | 16,162     | 15                       | 163                        | -   | Without existing network |
| カヤオ<br>Callao                       | 257        | 257     | 257      | 1,706      | 4                        | 4                          | -   | Without existing network |
|                                     | 258        | 257     | 257      | 210        | 32                       | 33                         | -   | Without existing network |
|                                     | 259        | 259     | 259      | 16,397     | 2,282                    | 2,404                      | Marquez R-522   | -                        |
| ベンタニーヤ<br>Ventanilla                | 260        | 260     | 260      | 727        | 5                        | 5                          | -   | Without existing network |
|                                     | 261        | 261     | 261      | 3,370      | 5                        | 10                         | -   | Without existing network |
|                                     | 262        | 262     | 262      | 375        | 1                        | 1                          | -   | Without existing network |
|                                     | 263        | 263     | 263      | 309        | 1                        | 1                          | -   | Without existing network |
|                                     | 264        | 264     | 264      | 243        | 1                        | 1                          | -   | Without existing network |
|                                     | 265        | 265     | 265      | 147        | 1                        | 1                          | -   | Without existing network |
|                                     | 266        | 266     | 266      | 201        | 1                        | 1                          | -   | Without existing network |
| コマス<br>Comas                        | 345        | 345     | 345      | 8,079      | 415                      | 462                        | Alameda del Pinar R-1   | -                        |
|                                     | 346        | 346     | 346-1    | 4,576      | 859                      | 1,107                      | El Manantial R-1, R-2   | -                        |
|                                     |            |         | 346-2    | 9,268      | 1,746                    | 2,152                      | El Pinar R-1  | -                        |
|                                     | 347        | 347     | 347-1    | 14,516     | 2,050                    | 2,633                      | San Felipe R-1  | -                        |
|                                     |            |         | 347-2    | 12,419     | 1,795                    | 2,053                      | La Alborada R-2, R-1  | -                        |
|                                     | 348        | 348A    | 348A     | 7,360      | 841                      | 938                        | Collique R-1 (CR-93)  | -                        |
|                                     |            |         | 348B-1   | 15,627     | 2,034                    | 2,306                      | Collique R-2  | -                        |
|                                     |            |         | 348B-2   | 1,101      | 178                      | 178                        | RE-01   | -                        |
|                                     | 349        | 349A    | 349A-1   | 14,227     | 1,749                    | 1,956                      | Collique R-3 (CR-95)  | -                        |
|                                     |            |         | 349A-2   | 3,133      | 340                      | 347                        | Nueva Esperanza R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 349A-3   | 7,539      | 894                      | 964                        | Collique R-4 (CR-96)  | -                        |
|                                     |            | 349B    | 349B-1   | 6,385      | 784                      | 878                        | Collique R-5 (CR-97)  | -                        |
|                                     |            |         | 349B-2   | 7,124      | 764                      | 794                        | Collique R-6  | -                        |
| 349B-3                              |            |         | 4,862    | 747        | 758                      | Collique R-7, Collique R-8 | -   |                          |
| 349B-4                              | 2,257      | 2       | 2        | -          | Without existing network |                            |   |                          |
| カラバヨー<br>Carabayllo                 | 350        | 350     | 350-1    | 23,816     | 3,839                    | 5,359                      | Santa Isabel R-1  | -                        |
|                                     |            |         | 350-2    | 22,781     | 3,448                    | 4,285                      | Santa Isabel R-2  | -                        |
|                                     | 351        | 351     | 351-1    | 4,097      | 598                      | 641                        | Los Angeles R-1   | -                        |
|                                     |            |         | 351-2    | 2,400      | 361                      | 362                        | Los Angeles R-2, R-3  | -                        |
|                                     |            |         | 351-3    | 355        | 76                       | 76                         | Los Angeles R-4   | -                        |
| プエンテ・ピエドラ<br>Puente Piedra          | 361        | 361     | 361      | 12,791     | 1,355                    | 1,386                      | La Capitania Pampa Gallinazo RP-1   | Recently established     |
|                                     | 368        | 368A    | 368A-1   | 10,833     | 1,761                    | 1,836                      | RPA-6   | -                        |
|                                     |            |         | 368A-2   | 1,847      | 297                      | 300                        | RPA-1   | -                        |
|                                     | 368B       | 368B    | 14,778   | 2,928      | 2,946                    | RPA-2, 3, 4, 5, 16, 17     | Recently established  |                          |
|                                     | 369        | 369A    | 369A     | 11,579     | 2,179                    | 2,231                      | RPA-17 La Ensenada  | -                        |
|                                     |            | 369B    | 369B     | 13,432     | 2,644                    | 2,665                      | Laderas del Chillón R-1, R-2, R-3<br>RP-11, RP-12   | Recently established     |
| 370                                 | 370        | 370     | 5,616    | 251        | 288                      | Shangrila R-1, R-2         | to be rehabilitated soon by other project   |                          |
| 計                                   | 32 (17)*   | 41(26)* | 63 (47)* | 592,399    | 77,573                   | 94,971                     | 61<br>(There are 4 other reservoirs in the Project Area for the total water supply system.) | -                        |

Numbers in ( ) are numbers of former sectors, sectors and sub-sectors with existing network

出典: JICA 調査団

(4) 「セクター」および「サブ・セクター」の定義

*Perfil* で提案されている配水システムおよび SEDAPAL の関連資料等によると、調査対象地域における「セクター」および「サブ・セクター」は下表のように定義される。

表 3.4.2-2: セクターおよびサブ・セクターの定義

| 分類      |                            | 例   | 定義   |
|---------|----------------------------|---|--|
| セクター    | オリジナル・セクター                 | 83, 85, 213   | 施設や顧客情報の管理、配水施設の運転のためにSEDAPALが設定した管理用区域  |
|         | <i>Perfil</i> で提案されていたセクター | 83A, 83B, 85A, 85B, 85C, 213  | オリジナル・セクターをもとに、施設や顧客情報管理、配水施設の運転の効率性を向上するため、規模や地理的特性などを考慮して <i>Perfil</i> の中で提案されたセクター。オリジナル・セクターと同じ境界のものもあれば、それを複数に分割したものもある                            |
| サブ・セクター |                            | 83A-1, 83A-2, 83B-1, 83B-2, 85A, 85B-1, 85B-2, 85C, 213-1, 213-2, 213-3 | 上述のセクターの再編成とともに <i>Perfil</i> において提案されたもので、送配水システムの高度化を目的として、調査対象地域の中に独立した配水ブロックが形成できるようセクターをさらに細分化したものである。送配水施設の運転管理、需給バランスの管理などSEDAPALの水事業における基本単位となる。 |

出典: JICA 調査団

(5) 提案する配水システムの特徴と日本の事例との比較

配水システムは地域ごとに異なる特徴を有するものである。すなわち、配水システムはその地域の地理条件、社会的条件、歴史的背景および技術的背景・レベルなどによりその仕組みは異なる。したがって、ある地域で使用されているシステムが他の地域で有効であるとは限らない。しかし、異なる条件のものであっても、そのシステムを他の地域の優良事例と比較することは、そのシステムの特徴や改善すべき課題を明らかにすることができ有効である。

*Perfil* で提案された配水システムと日本の典型的なセクター化の模式を下図に示す。図から分かるように、対象地域の配水システムの最大の特徴は、各配水単位（すなわちサブ・セクター）がそれぞれ配水池を備えていることである。さらに、日本のセクター化された配水システムは配水セクターと管網セクター（日本では「配水枝管網セクター」）の 2 階層であるのに対し、*Perfil* で提案されている配水システムはセクター、サブ・セクター（日本の「配水セクター」に該当）および管網セクターの 3 階層であることも特徴的である。なお、管網セクターについては、*Perfil* においては管網計画図にて管網セクターと呼べる独立した小さな配水管ユニットが確認できるが、サブ・セクターを小さなセクターの集合として計画する概念としての「管網セクター」は明確に示されていない。

両配水システムにおける各階層の役割から見たシステム間の相違点を表 3.4.2-3 に示す。表より、調査対象地域の配水システムにおいては、事業後の「セクター」の役割・意義が不明確である。また、配水システムの最小単位として「管網セクター」の概念を明確に導入し、管理上適切な規模の管網セクターを実際に構築する必要もある。



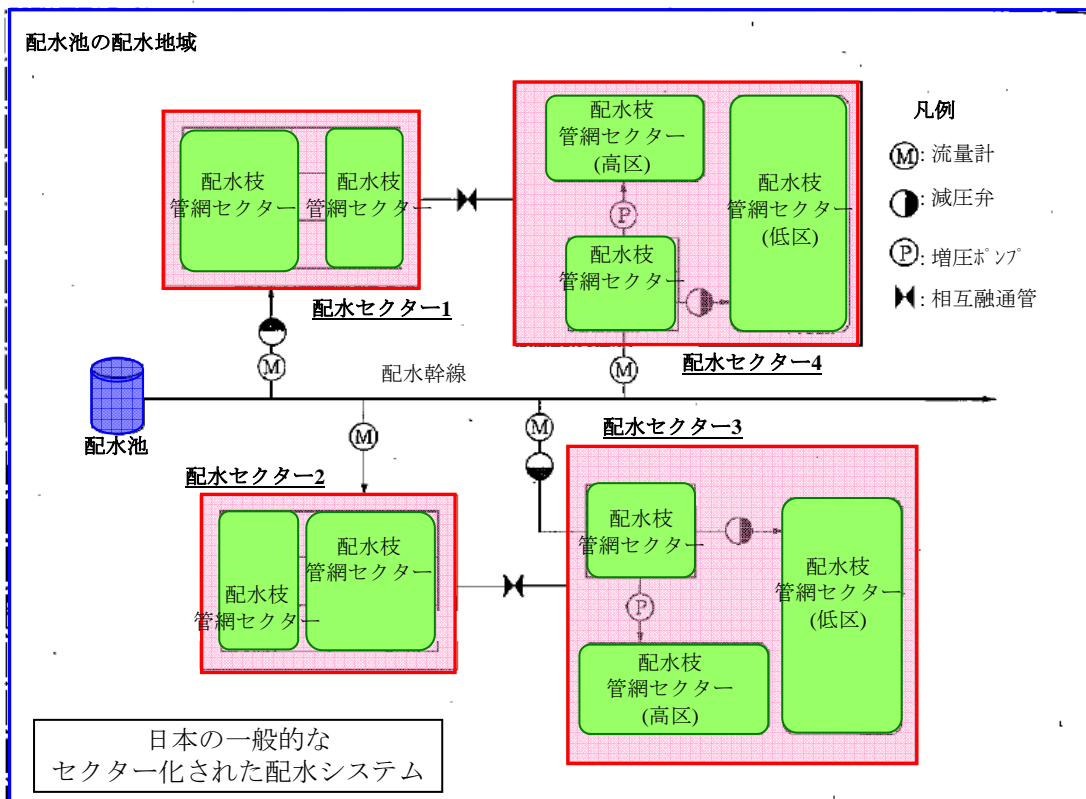
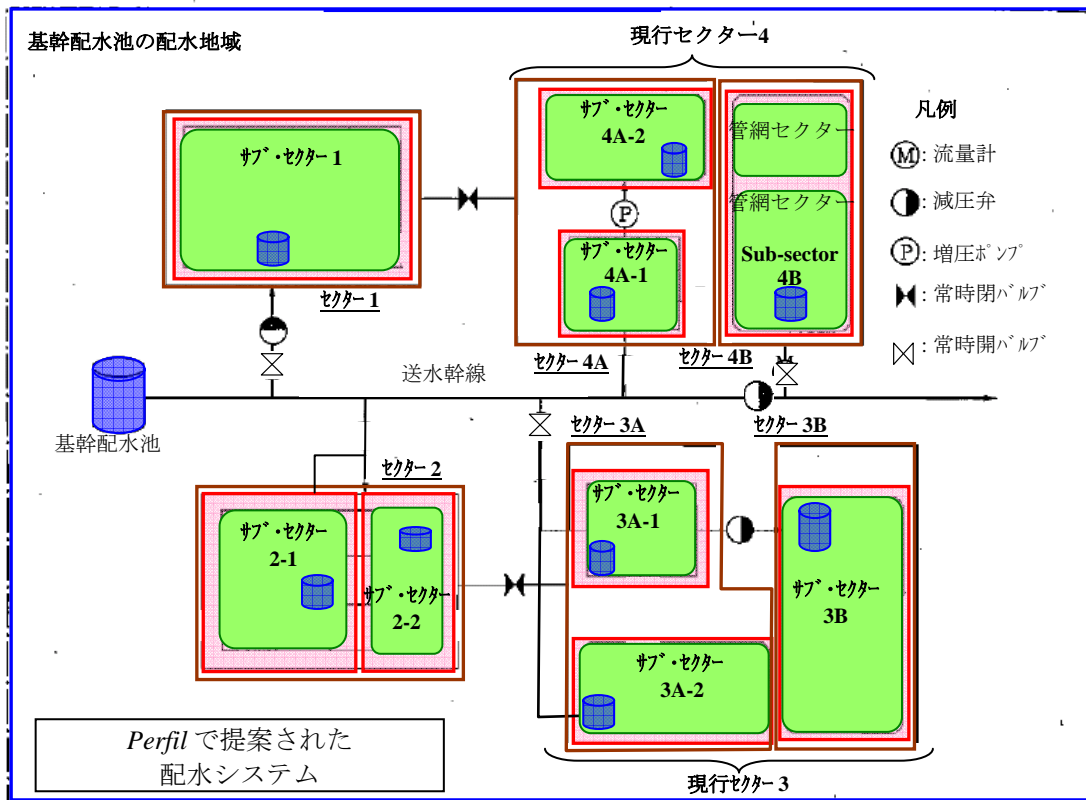


図 3.4.2-1: Perfilで提案された配水システムと日本の典型的なセクター化システムの構造

表 3.4.2-3: Perfil で提案された配水システムの各階層の役割と日本の事例との比較

|                   | 調査対象地域の送配水網 (Perfilでの提案)  |                                 |  |         | 日本の一般的な送配水網 |                               |                          |
|-------------------|---|---------------------------------|--|---------|-------------|-------------------------------|--------------------------|
|                   | 基幹配水池の配水地域  | セクター                            | サブ・セクター                                  | 管網ブロック* | 基幹配水池の配水地域  | 配水ブロック                        | 配水枝管網ブロック                |
| 規模                | 4,000m <sup>3</sup> of reservoir's capacity   | 10-14,000 connections in actual | Mostly 1,000-3,000 connections in Perfil | -       | Various     | Normally 5,000-10,000 persons | About 5km of pipe length |
| 需給バランス管理          | ○   |                                 | ○  |         | ○           |                               |                          |
| 漏水管理              |   |                                 | ○  |         |             | ○                             |                          |
| 水圧管理              |   |                                 | ○  |         |             |                               | ○                        |
| 非常時対応             |   |                                 | ○  |         |             |                               | ○                        |
| 維持管理作業時対応         |   |                                 | ○  | ○       |             |                               | ○                        |
| 調査対象地域における送配水網の特性 | 全てのサブ・セクターが配水池を有しているため、運転管理の基本単位となるのはサブ・セクターとなる。それ自体は問題ではないが、現在運転管理の基本単位とされているセクターの意義・位置付けが本事業実施後はあいまいなものになる。 |                                 |  |         |             |                               |                          |

\*Perfilでは「配水枝管網ブロック」の設定を明確に謳っていないが、規模の比較的大きいサブ・セクターは2つないし3つの小さなブロックが形成されているため、ここではそれを「配水枝管網ブロック」と呼ぶ

出典: JICA 調査団

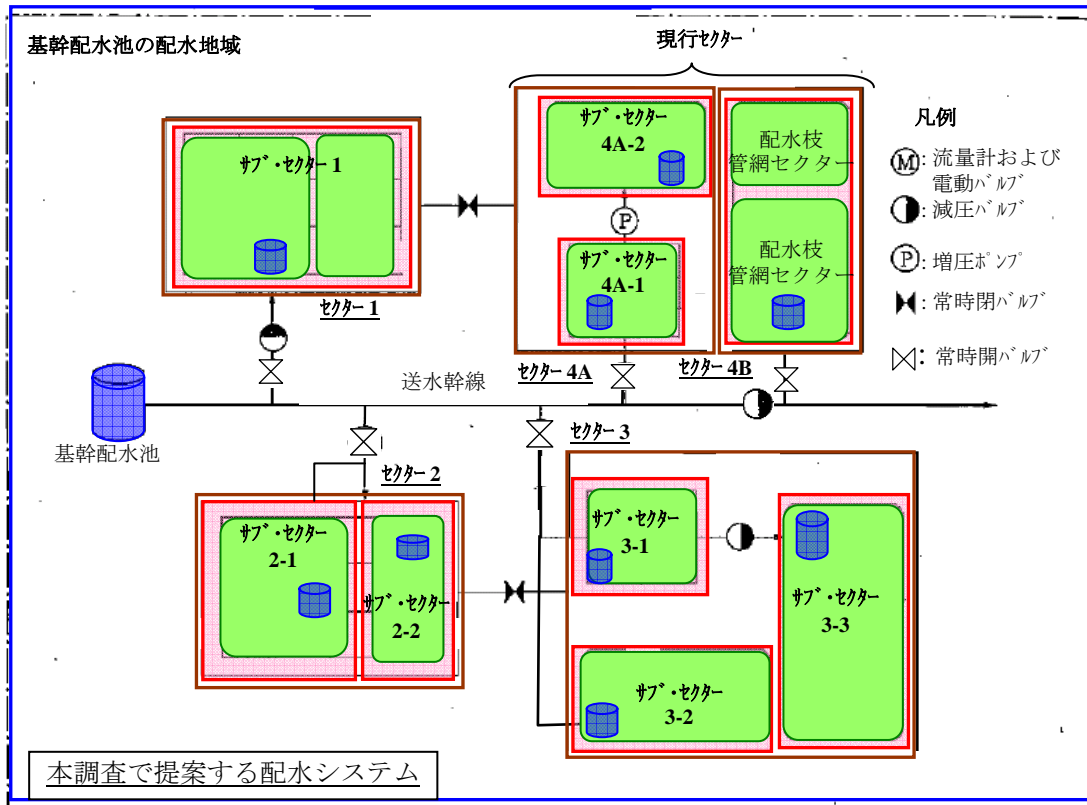
## (6) 本調査で提案する配水システム

現状および Perfil で提案された配水システムの特徴を分析した結果、本調査では以下の改変によりシステムの改善を図ることを提案する。

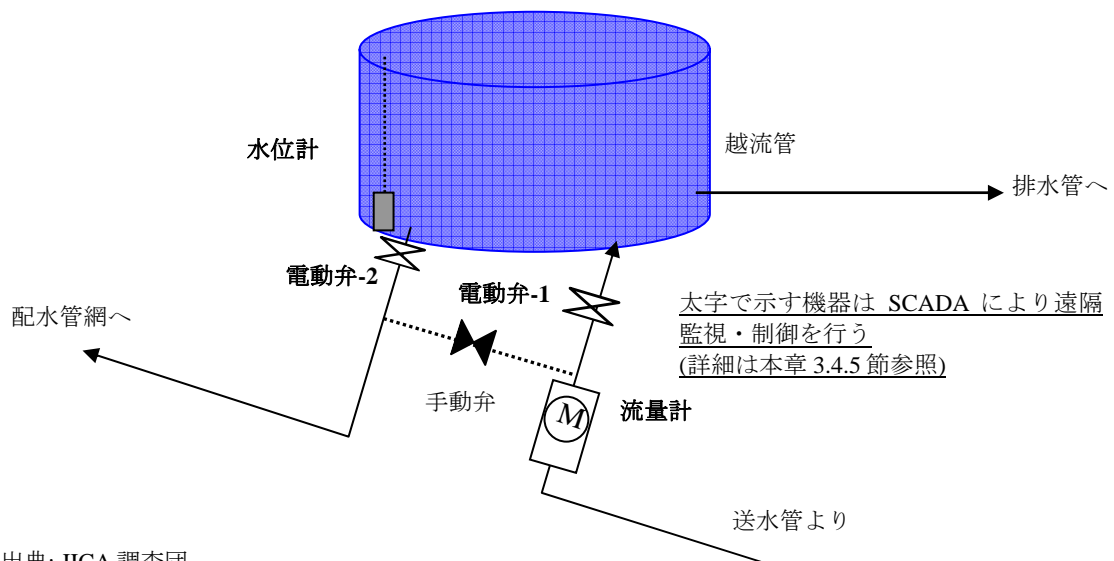
- i. 「セクター」の位置付けの明確化: 「セクター」は基幹送水管（ラ・アタルヘア・ロス・オリボス幹線、チジョン・ロス・オリボス幹線、およびチジョン・コマス幹線）からの分岐により受水する地域で、その分岐箇所は原則として1セクターに1本とする。各セクターの入り口（幹線からの分岐部）に電動バルブを設置し、SCADAにより遠隔監視および運転を行えるようにする。
- ii. 送水幹線からの分岐の統合: 上の方針に従い、Perfil で提案されている送水幹線からの分岐を統合し、原則として1セクターあたり1箇所に統合する。分岐箇所の削減により、送水幹線の事故リスクを低減するとともに維持管理作業と運転を容易にする。
- iii. 減圧弁の設置: 送水管の水理計算により必要性が確認された地点において、過剰な水圧を解消するために減圧弁を設置する。
- iv. サブ・セクターを基本単位とする配水網のセクター化: 配水管網に独立して運用される最小単位として、サブ・セクターを基本単位とする配水セクターを導入する。全ての地域の配水は各サブ・セクター（配水セクター）内の配水池を経て行われ、安定した給水圧を実現する。
- v. 流量計の設置: 全ての配水池（原則としてサブ・セクターの入り口に該当）の流入部に流量計を設置し、各サブ・セクターでの損失水量を把握する。流量計を設置するピットには圧力センサーと水圧調整弁を設置する。
- vi. 施設管理上の最小単位としての配水枝管網セクターの導入: サブ・セクター内の配水管網は、管路延長約 5km 程度を目安に独立したセクター（配水枝管網セクター）を形成できるよう配管と仕切弁の配置を計画する。これらの配水枝管網セクターは、維

持管理作業時は他のセクターから切り離され、作業の効率を高める。

図 3.4.2-2 に本調査で提案する配水システムの模式を示す。また、図 3.4.2-3 は、提案されたセクター83A、83B、84B、212A および 212B の実例により、Perfilt と本調査で提案されている配水システムの相違点を示す。

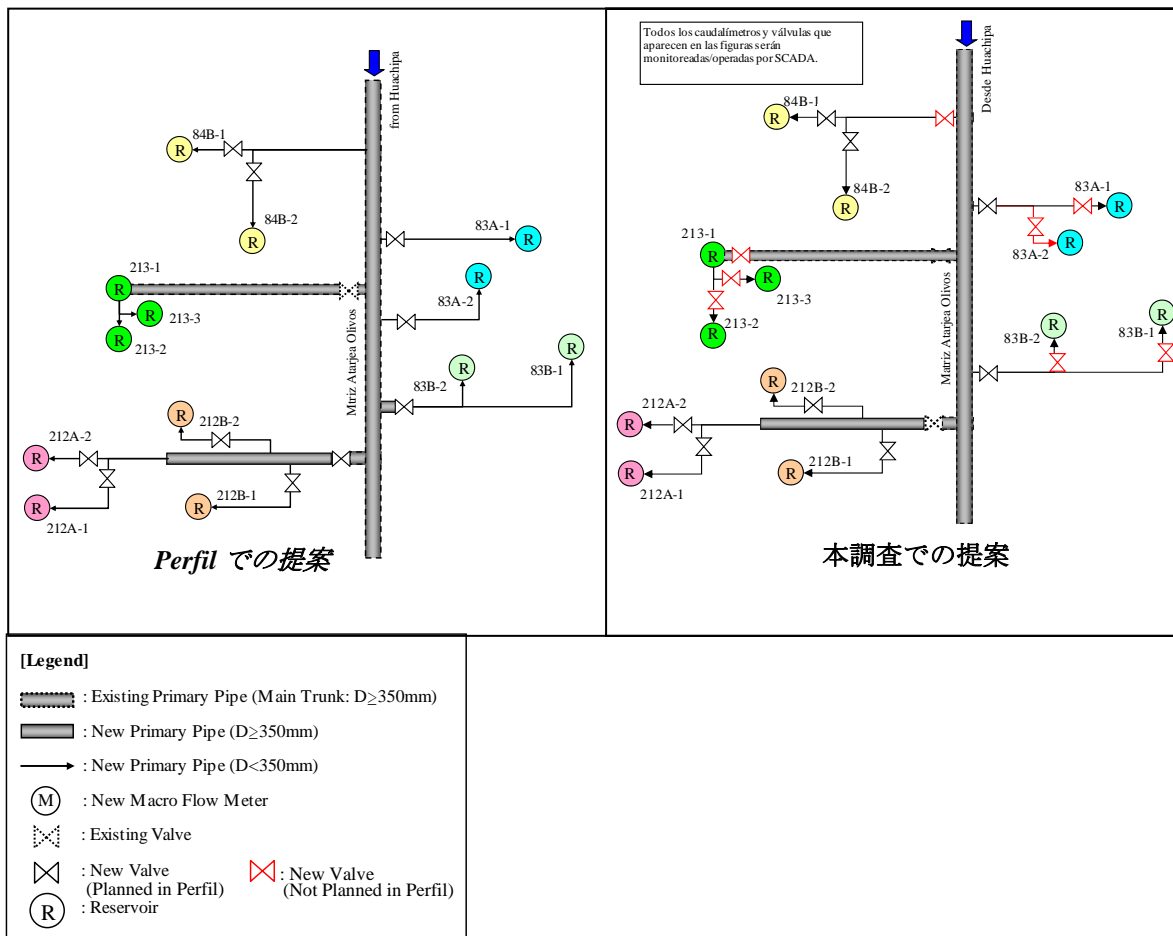


出典: JICA 調査団



出典: JICA 調査団

図 3.4.2-2: 本調査で提案する配水システムの構造



出典: JICA 調査団

図 3.4.2-3: 本調査で行った配水システム計画の見直し

## (7) 自動化計画

セクター化の実施による効果を高めるため、および配水システムの効率的で精度の高い運用を実現するため、配水システムの自動化を以下の方針で行う。

- i. 送水管網の運転: 送水幹線からの分岐部には電動仕切弁を設置し、SCADA による遠方監視・制御を行う。
- ii. サブ・セクターへの流量の監視: 各サブ・セクターへの送水量は配水池の流入側に設置する流量計で監視し、SCADA によりデータを転送・蓄積する。
- iii. 配水池への流入の制御: 配水池に水位計を設置し、その水位が高水位になると自動的に流入弁が閉動作を行うシステムとする。また、流出弁は、配水池で何らかの異常があった場合に緊急に配水を停止できるよう遠隔制御可能な電動弁とする。
- iv. 配水管網への流量と配水圧の監視制御: 各サブ・セクターの配水管網への流量は配水池流入側の流量計計測データと配水池水位データを用いた自動演算により継続的に監視する。配水圧は、平常時は配水池水位で調整されるが、バイパスを通じて配水する場合においても圧力が制御できるよう圧力制御バルブを配置する。

### 3.4.3 セクターおよびサブ・セクター境界線の見直し

#### (1) はじめに

SEDAPAL による水道事業の対象地域は、セクター（「現行セクター」）と呼ばれる単位をもとに管理されている。*Perfil* では、この現行セクターを規模の平準化などの観点からいくつかのセクターに分割し、さらに、各セクターをサブ・セクターと呼ばれる運転上の最小単位に細分化し、セクター化の基本単位とすることを提案している。

前節で述べたように、本調査では、*Perfil* で提案されたセクターやサブ・セクターの概念を原則として踏襲したうえで、実際の施設配置土地利用、およびセクター化実施作業の効率性などを勘案してその境界線を見直した。以下にその見直し方法と結果について詳述する。

#### (2) 境界線設定の基本方針

##### 1) セクターの境界線

セクターの境界線は以下の方針に従って設定する。

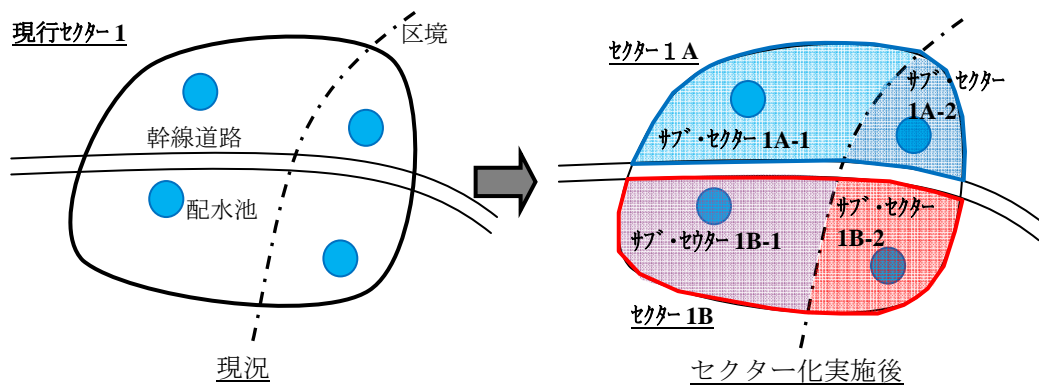
- 現行セクターの境界線を踏襲することを基本とする。
- 可能な範囲で区境や幹線道路の線形にならう。
- 1セクター内の接続数は 10,000 戸以下とする。
- セクター化にあたって既存管路の締め切りが必要となる箇所をなるべく少なくするようにする。すなわち、配水管が両側に布設されている幅員の大きい道路を境界とすることが望ましい。

##### 2) サブ・セクターの境界線

サブ・セクターの境界線は以下の方針に従って設定する。

- 各サブ・セクターが既存の配水池を有するように設定する。
- 1サブ・セクター内の接続数は原則として 5,000 戸以下とする。ただし、接続数を抑えるために細分化し過ぎると配水池を持たないサブ・セクターが生じるため、その場合は 5,000 戸以上の接続も許容する。
- セクターの境界線と同様に、既存管路の締め切りが必要となる箇所がなるべく少なくないようにする。
- 配水圧の管理を容易かつ効率化するため、地形に留意し、標高の高い一帯と低い一帯があまり混在しないようにする。
- 工業地帯のような特殊な土地利用が顕著な地域は水使用の傾向も異なることから、周辺の地域と独立したサブ・セクターを設定することが望ましい。

現行セクターの新セクターおよびサブ・セクターへの細分化のイメージを下図に示す。



出典: JICA 調査団

図 3.4.3-1: セクターの細分化とサブ・セクターの導入

### (3) 境界線の見直し

*Perfil* で提案されたセクターの境界線と本調査で見直しを行った後の境界線を図 3.4.3-2 に示す。また、図 3.4.3-3 および図 3.4.3-4 に、境界線の主要な見直しを行った地域のセクターおよびサブ・セクターの境界線を示す。

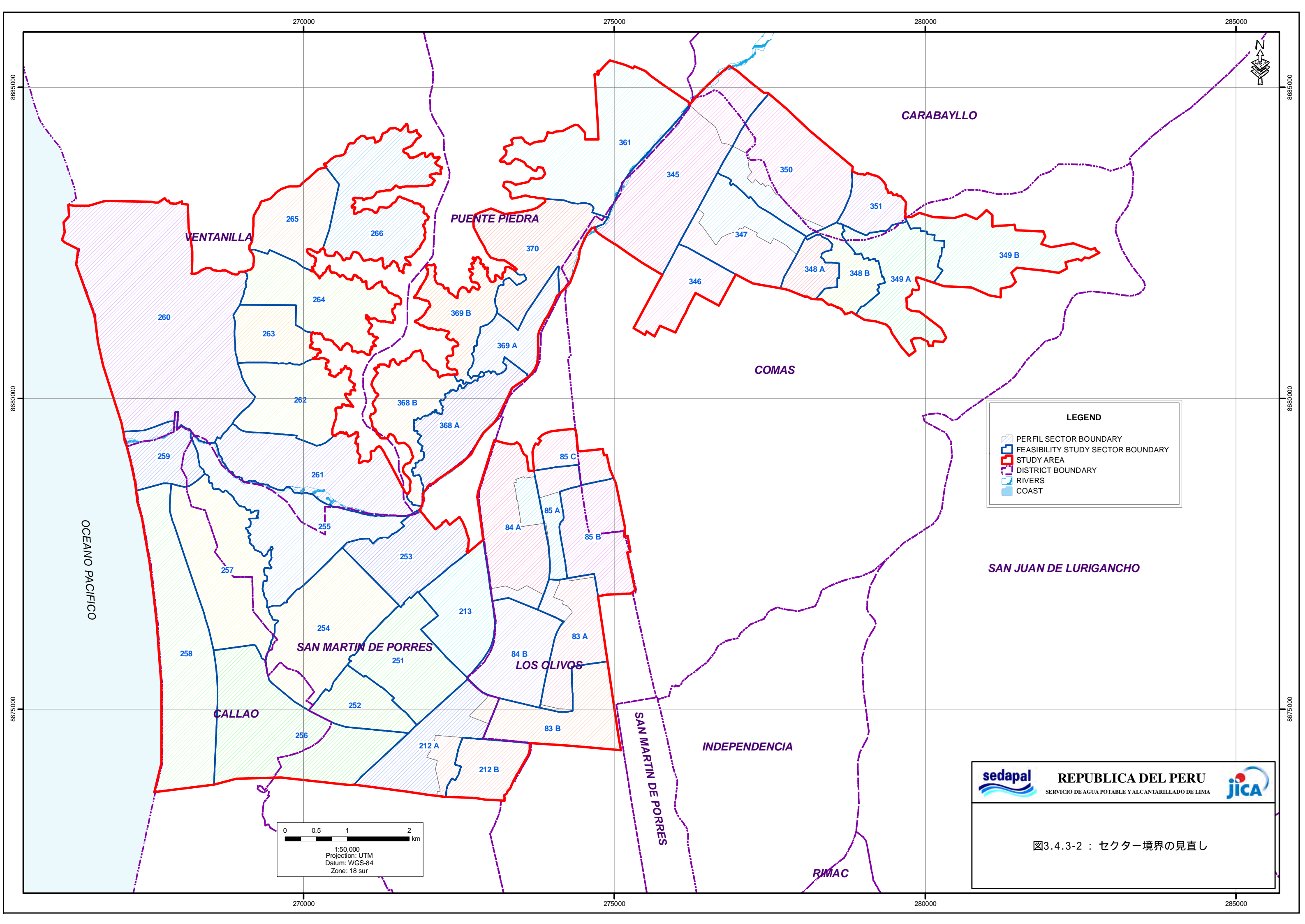
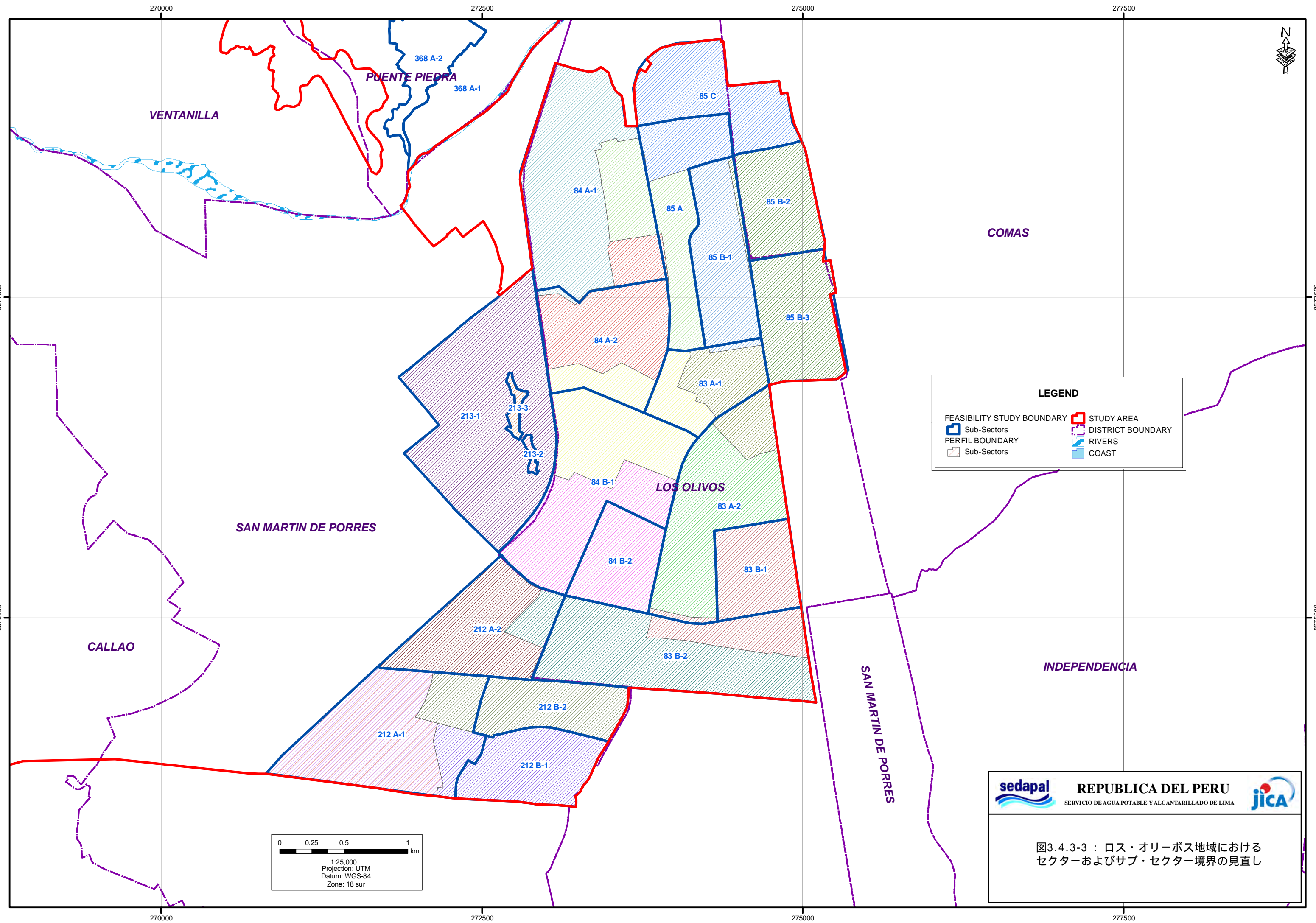


図3.4.3-2 : セクター境界の見直し



**LEGEND**

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| FEASIBILITY STUDY BOUNDARY | STUDY AREA        |
| Sub-Sectors                | DISTRICT BOUNDARY |
| PERFIL BOUNDARY            | RIVERS            |
| Sub-Sectors                | COAST             |

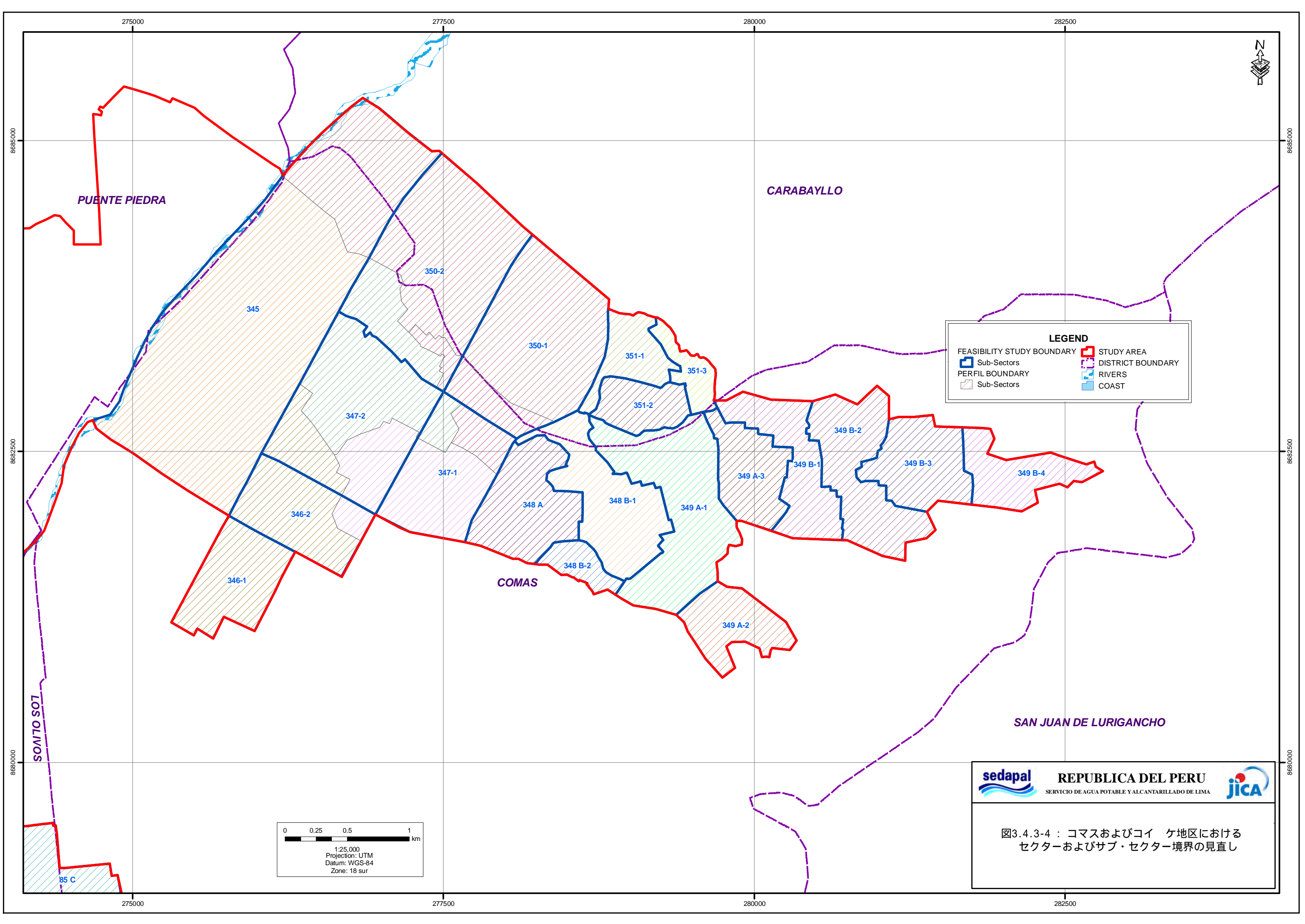
0 0.25 0.5 1 km

1:25,000  
Projection: UTM  
Datum: WGS-84  
Zone: 18 sur

**REPUBLICA DEL PERU**   
SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

図3.4.3-3 : ロス・オリボス地域における  
セクターおよびサブ・セクター境界の見直し





**LEGEND**

|                            |                   |
|----------------------------|-------------------|
| FEASIBILITY STUDY BOUNDARY | STUDY AREA        |
| Sub-Sectors                | DISTRICT BOUNDARY |
| PERFIL BOUNDARY            | RIVERS            |
| Sub-Sectors                | COAST             |

0 0.25 0.5 1 km

1:25,000  
 Projection: UTM  
 Datum: WGS-84  
 Zone: 18 sur

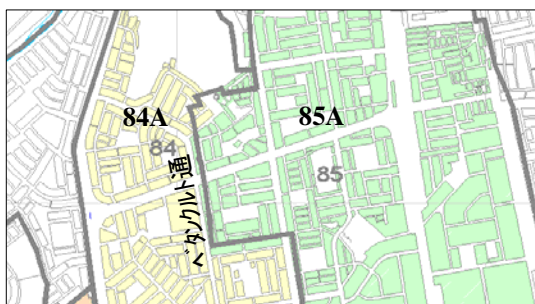
**REPUBLICA DEL PERU**  
 SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

図3.4.3-4 : コマスおよびコイケ地区における  
 セクターおよびサブ・セクター境界の見直し

上図で示す境界線の見直しの大部分は、セクターやサブ・セクターの規模に影響を与えない程度の軽微なものである。ただし、見直しのうち以下の5箇所は比較的規模の大きい見直しで送配水管等の施設計画に影響を与えるため、その見直し理由を詳述する。

#### 1) セクター84Aおよび85Aの境界線

当該境界線は、下図に示すように、*Perfil*ではペタクルト通に境界が設定されていたが、幅員が大きく両側に配水管が布設されているワンドイ通りに境界線を修正した。



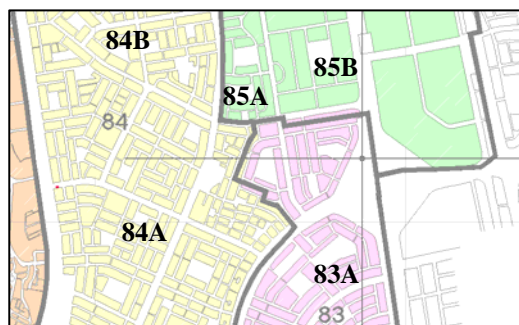
*Perfil*では部分的にペタクルト通りに境界がある



本調査では境界線の線形をワンドイ通り沿いに直線に設定した

#### 2) セクター83A、84A、85Aおよび85Bの境界線

当該境界線は、下図に示すようにワンドイ通り、セントラル通り、パンアメリカン通り、ユニベルシタリア通り、およびセグリダード・ソシアル通りが境界となるように見直した。これは、現地の配水管網が既にこれらの道路を境界として運用（すなわち、これらの道路をまたぐ水の流れない）されており、この線形にならうことでセクター化作業が容易になると判断したためである。



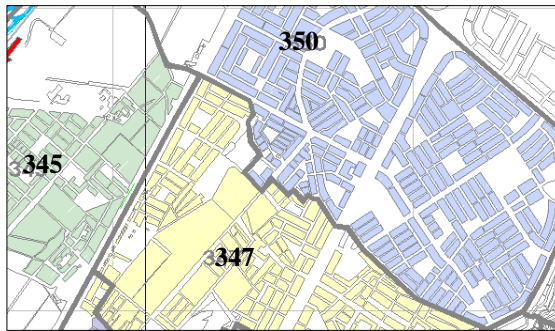
*Perfil*では一部で幅員の狭い道路（No.17 および No.50）を境界としていた



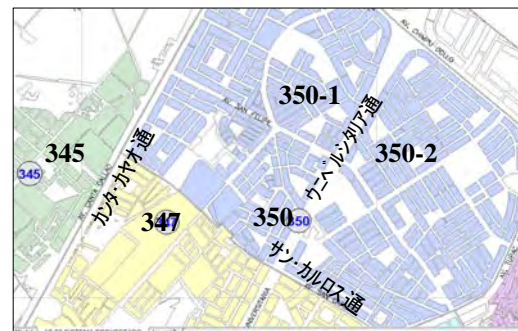
本調査では現状の運用に合わせ、また幹線道路の線形に合わせて境界線を見直した

### 3) セクター345、347 および 350 の境界線、およびセクター350 内のサブ・セクター細分化

セクター345、347 および 350 の境界線は、下図に示すように、セクター350 の境界が、配水管が両側に布設されている幹線道路であるサン・カルロス通りとカンタ・カヤオ通りとなるように見直した。さらに、セクター350 は接続数が 5,000 戸を超えていた（2009 年で 7,287 戸）ことからユニベルソタリア通りを境に 2 つのサブ・セクターに分割した。



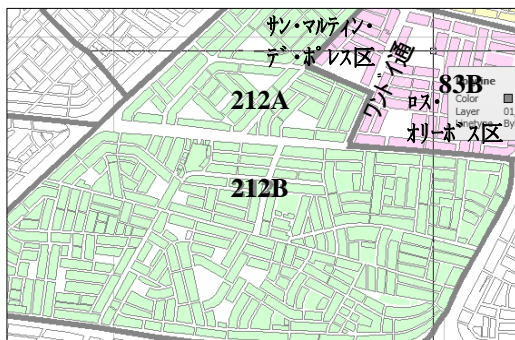
Perfil では境界が一部で矮小な道路となっていた



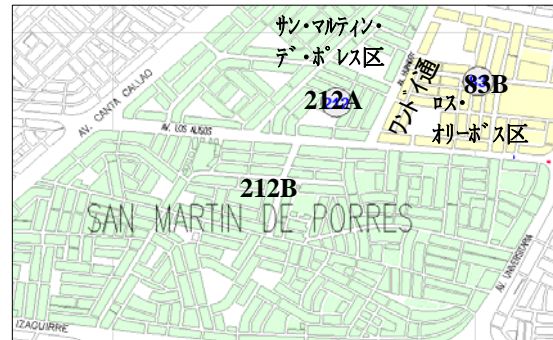
本調査では幹線道路であるカンタカヤオ通りとサン・カルロス通りを境界として設定するとともに、セクター 350 を 2 つのサブ・セクターに分割した

### 4) セクター83B および 212A の境界線

当該境界線は、下図に示すように、幹線道路であり、かつロス・オリボス区およびサン・マルティン・デ・ポレス区の区境ともなっているワンドイ通りの線形に合うよう見直した。



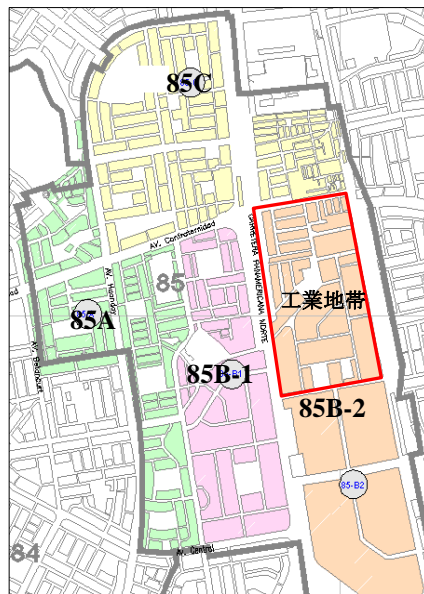
Perfil では境界が矮小な通り（No.33）にあり、かつセクター 83B は 2 つの区にまたがっていた



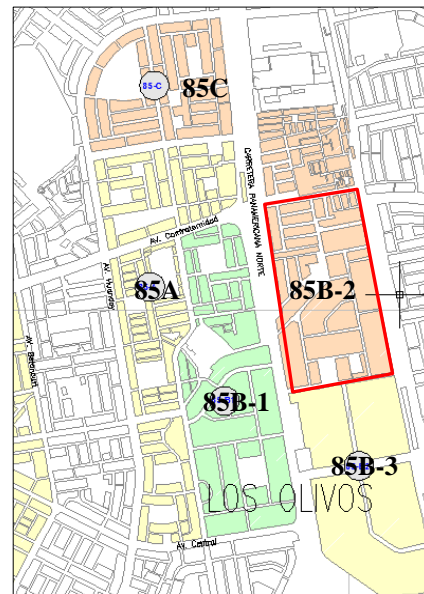
本調査では区境ともなっているワンドイ通りを境界として設定した

## 5) セクター85B内のサブ・セクターの境界線

セクター85Bでは、*Perfil*では計画されていなかった新しいサブ・セクターを土地利用の観点から提案する。下図に示すセクター85Bのうちサブ・セクター85B-2には大量の水を使用する工業需要者が集積している地域と一般の住宅地域の両方が含まれていた。そこで、特殊な水使用傾向がある工業地帯の需要を正確に把握してそれに対応するため、および工場による集中的な水使用が周辺の他地域の一般使用者の使用条件に悪影響を及ぼすことがないように、工業地帯を独立したサブ・セクター（85B-2）として設定する。



*Perfil*では工業地帯と住宅地域の両方を含サブ・セクター（85B-2）が設定されていた



本調査では、工業地帯と住宅地域をそれぞれサブ・セクター 85B-2、85B-3 と設定する

### 3.4.4 送水管網の整備

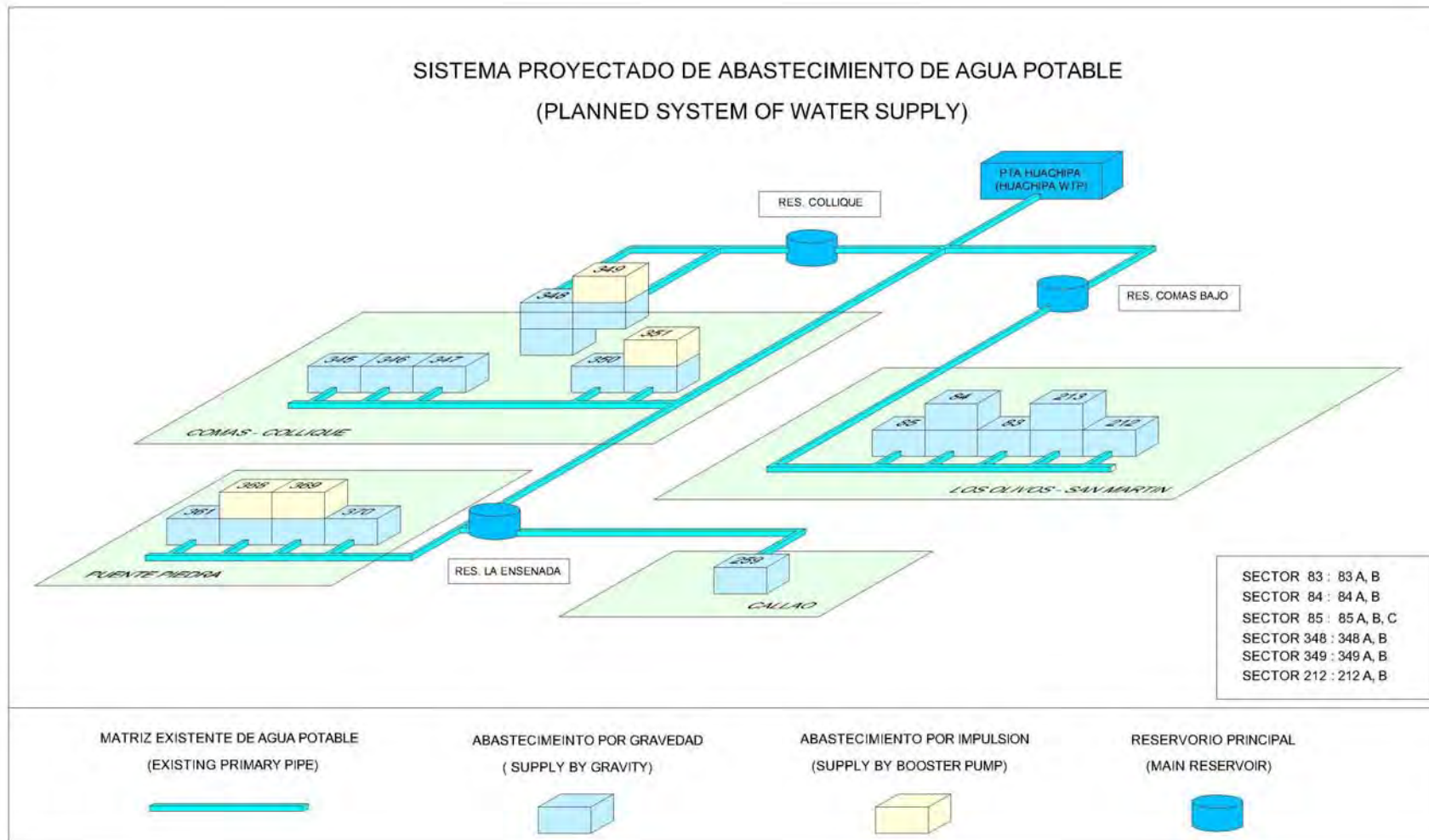
#### (1) はじめに

送水管は浄水場で生産された浄水などを各サブ・セクターまで送水する役割を持ち、本章 3.4.2 節で提案された送配水システムの基本構造と合致するよう計画する。すなわち、ワチパ浄水場からの浄水を調査対象地域内の各サブ・セクターにある配水池に送水されるよう送水管を計画する。そのため、次節以下に述べるように、送水系統の計画、送水管ルート計画、送水管の基本仕様で検討、水理モデルの作成および水理解析、配管径の設定、付帯設備の計画、および図面の作成を行った。

#### (2) 送水系統の計画

調査対象地域は現在ラ・アタルヘア浄水場およびチジョン浄水場からの送水を受けており、ワチパ浄水場より受水するためには送水管網の再構築が必要である。図 3.4.4-1 に、本調査で提案する再構築後の送水系統の模式を示す。本事業では、既存の送水幹線、現在他の事業で設計または施工が行われている送水幹線に本事業で建設する新規送水管を組み合わせ、ワチパ浄水場からの浄水を各サブ・セクター内の既存配水池に送水する送水管網を構築する。

また、ワチパ浄水場からの送水管とは別に、深刻な渇水などの緊急時に地下水を有効に活用するべく、既存井戸と配水池を接続する送水管も本事業で布設する。



出典: JICA 調査団

図 3.4.4-1: 送水系統の計画

### (3) 送水管ルート計画

送水管の布設ルートは、経済性の観点から原則として送水幹線からの分岐点と各配水池を最短距離で接続するように計画した。また、道路内の配管占用位置の確保と施工性より、幅員の大きい道路を優先してルートを選定した。

### (4) 水理モデルの作成および水理解析

計画された送水系統と送水管布設ルートをもとに、水理解析ソフト（Water CAD）を用いて水理モデルを作成した。また、流速係数（C値）、最小口径、流速、および最大/最小水圧など水理計算の条件設定は、ペルー国家衛生基準に準拠して行った。

なお、水理解析は、送水管網の配水池へ送水するための必要水圧と安全のための最大水圧の両方を満足するよう、流量の少ないケースと最大流量ケースの2ケースでそれぞれ実施した。

本調査で作成した水理解析モデル、および実施した水理計算の条件・結果は添付資料B2.1に示す。

### (5) 送水管口径の設定

水理解析の結果をもとに、送水管の口径を決定した。

### (6) 送水管の基本仕様の検討

#### 1) 基本仕様に関わる地質条件

本調査で実施した地質調査結果より、送水管の基本仕様について以下のように提案する。

- 地質調査結果より、調査対象地域全体の約60%の地域の表層で強腐食性の土が認められた。この土はコンクリート構造物を急激に劣化させるだけでなく、耐食性の高いダクタイル鋳鉄管にもある程度の影響を与えると考えられる。
- 送水管の基礎になると想定される深度では、地下水や軟弱土などの存在は認められなかった。したがって、配管埋設箇所が締固め不良な盛土でない限り、配管基礎として何ら問題はない。
- 土の一般的な性状とこれまでの経験より、最小土被りは1.2mとし、埋め戻し時には十分な締固めを行わなければならない。

#### 2) 配管材料

近年、SEDAPALは送水管に以下の理由からダクタイル鋳鉄管を使用しており、本事業においても同様にダクタイル鋳鉄管を採用する。

- 送水管の水圧は配水管に比べても高い水圧となる傾向があり、施設の重要度から考え、平常時や事故など緊急時の高水圧による事故を回避するべくより強度の高い材料を選定すべきである。
- 地質調査結果より現場は強腐食性が広く分布していることから鋼管は使用できない。

3) 土被り

最小度被りは 1.2m とする。

4) 強腐食性土に対する配管防護

ダクタイル鋳鉄管は鋼管に比べると非常に高い耐食性を有するが、SEDAPAL のこれまでの経験によると、調査対象地域の強腐食性土に曝された場合、多少の腐食が生じる。したがって、SEDAPAL の内規でも規定されているように、ポリエチレン・スリーブによる防護を施すものとする。

(7) 付帯設備の計画

1) 必要な付帯設備

送水管に付帯する設備は送水幹線からの分岐部に設置する仕切弁、過剰な水圧が生じる箇所で設置する減圧弁のほか、空気弁、排水弁である。なお、各サブ・セクターへの送水量を計測するための流量計は、配水池の流入部に設置するため配水池の付帯設備とし、送水管には含まない。

2) 減圧用バルブ・ピット（既存バルブ・ピットの再利用）

水理解析の結果に基づき、本事業では 14 箇所で減圧弁を設置する。その設置位置の設定にあたっては、現行セクターの入り口にある流入ピット（現在は流量や水圧を監視・制御している）を考慮し、それらをなるべく有効活用する。

有効活用する既存のセクター流入ピットは、まず躯体の改修を施したうえで新規バルブが設置され、事業後は減圧バルブ・ピットとして運転される。また、既存の流量計、圧力センサーおよびバルブ類は全て撤去する。表 3.4.4-1 に本事業で設置する減圧弁の一覧を示す。14 の減圧バルブ・ピットのうち 9 箇所が既存バルブピットを再利用するもので、新設ピットは 5 箇所である。

ピット内に設置される減圧弁にはバイパス管と 3 つの仕切弁が付帯する。2 つの仕切弁は改修作業用に減圧弁の上流と下流にそれぞれ設置され、残る 1 つはバイパス管に設置される。



表 3.4.4-1: 本事業で設置する減圧弁

| 番号 | 対応地域<br>(セクター) | 工事内容 |      |       |                    |
|----|----------------|------|------|-------|--------------------|
|    |                | 新設   | 改修*  |       |                    |
|    |                |      | 電機設備 | SCADA | 現行対応地域<br>(現行セクター) |
| 1  | 83A            | √    | -    | -     | 83                 |
|    | 83B            | √    | -    | -     |                    |
| 2  | 84A            | -    | √    | -     | 84                 |
|    | 84B            | √    | -    | -     |                    |
| 3  | 85A,85B        | √    | -    | -     | 85                 |
|    | 85C            | √    | -    | -     |                    |
| 4  | 212A, 212B     | -    | √    | -     | 212                |
| 4  | 213            | -    | √    | -     | 213                |
| 6  | 345, 346       | -    | √    | √     | 345, 346           |
| 7  | 346, 347       | -    | √    | √     | 346, 347           |
| 8  | 350            | -    | √    | √     | 350                |
| 9  | 361            | -    | √    | √     | 361                |
| 10 | 368A, 368B     | -    | √    | √     | 368                |
| 11 | 369A, 369B     | -    | √    | √     | 369                |
| 合計 | 14             | 5    | 9    | 6     | -                  |

\*: 調査対象地域には 11 の既存バルブ・ピットがあり、そのうち 9 つが本事業で減圧バルブ・ピットとして再利用され、2 つは常時開の非常時締切用バルブ（手動）として活用する

出典: JICA 調査団

### 3) コンクリート構造物の防護

地質調査結果より現場には強腐食性の土が分布するため、減圧バルブ・ピットなどコンクリート構造物の築造にあたっては、SEDAPAL の内規に従い耐食性に優れたコンクリート材料「タイプ V」を使用する。

### (7) 工事内容および数量

本事業における、送水管網に係る工事内容と数量を表 3.4.4-2 に示す。

表 3.4.4-2: 送水管網に係る工事内容および数量

| 項目                 |               | 単位    | 数量            | 備考                               |
|--------------------|---------------|-------|---------------|----------------------------------|
| 送水管<br>(自然流下)      | DN 700 mm     | m     | 1,538         | ダクタイル鋳鉄管<br>(PVC 管より強度<br>が高いため) |
|                    | DN 450 mm     | m     | 745           |                                  |
|                    | DN 400 mm     | m     | 3,149         |                                  |
|                    | DN 350 mm     | m     | 1,595         |                                  |
|                    | DN 300 mm     | m     | 963           |                                  |
|                    | DN 250 mm     | m     | 6,358         |                                  |
|                    | DN 200 mm     | m     | 6,861         |                                  |
|                    | DN 150 mm     | m     | 2,196         |                                  |
|                    | SUB TOTAL     | m     | <b>23,405</b> |                                  |
| ポンプ圧送管<br>(井戸～配水池) | DN 150 mm.    | m     | 5,338         |                                  |
|                    | DN 200 mm     | m     | 8,042         |                                  |
|                    | DN 250 mm     | m     | 2,824         |                                  |
|                    | DN 300 mm     | m     | 937           |                                  |
|                    | SUB TOTAL     | m     | <b>17,141</b> |                                  |
| TOTAL              |               |       | <b>40,546</b> |                                  |
| バルブピット<br>(セクター入口) | DN 200-700 mm | Units | 0             | 配水池に設置                           |
| バルブピット<br>(減圧用)    | DN 300 mm     | Units | 14            | 減圧弁に加え、3<br>つの仕切弁が各ピ<br>ットに設置    |
| 空気弁                | DN 50-150 mm  | Units | 40            |                                  |
| 排水弁                | DN 100-150 mm | Units | 25            |                                  |

出典: JICA 調査団

### 3.4.5 配水池およびポンプ場の改善

#### (1) はじめに

配水池は送水管より送水された水を貯留する施設で、配水圧力の調整や上流施設での維持管理作業時や事故時の安定給水確保などの役割がある。またポンプ場は、配水池と同じ敷地内または配水池の配水地域内にあり、配水池からの水を標高の高い地域へ配水するための施設である。

調査対象地域内には 63 の既存配水池と 18 のポンプ場がある。18 ポンプ場のうち 16 のポンプ場はいずれかの配水池と同じ敷地内にあり、残る 2 ポンプ場は配水池とは独立した箇所に設置されている。さらに、調査対象地域には 63 の既存配水池のほか、2 つの配水池が建設中である。

既存配水池およびポンプ場の多くは、SEDAPAL の他事業により所定の機能を果すべく改修が行われる計画である（既に実施されたものもある）。また、ビポル・ナランハル（Vipol Naranjal）R-2 配水池（セクター213）の敷地内には既存の CR-243 ポンプ場があるが、ラ・アタルヘア浄水場からの受水に切り替わった後はセクター213 では増圧が不要（水理解析より）となるため、本事業後は使用されない。

したがって、既存の配水池およびポンプ場より明らかに本事業での改修工事が不要である施設（上述）を除外すると、本調査で考えられる改修工事の対象は 27 の配水池と 3 つの配水池併設ポンプ場、および 1 つの独立したポンプ場である。なお、3 つの配水池併設ポンプ場のうちの 2 箇所は、配水池は既に SEDAPAL により改修されているもののポンプ場は未改修となっているものである。また、Cerro Oquendo RP-2 配水池は、他の事業で既に改修工事が行われているため修繕作業等は不要であるが、既存井戸（No. 569）と接続される計画であり、他の配水池と同様に工事対象に含まれる。

また、本調査対象地域にある配水池およびポンプ場は、全て本事業で導入される SCADA に取り込まれ、一括して遠方監視・制御される。すなわち、既に他事業で改修される予定の（または既に改修された）施設であっても新規の SCADA に取り込むための工事が必要であり、これに係る作業については本章 3.4.9 節にて述べる。

## (2) 配水池およびポンプ場の改善に必要な検討

本章 3.3 節で行った需要－供給分析では、いくつかのサブ・セクターにおいて既存配水池の貯留能力が国家衛生基準に準拠して算定された必要貯留量を満足しないことが分かった。したがって、配水池の改善にあたり、その貯留量不足が配水池の機能に与える影響を分析し、容量増大が必要か否かの検討を行う。

また、第 2 章 2.5.8 節で述べたように、既に改修済または改修予定の施設を除き、全ての施設において構造物や電機設備に破損や不具合が生じていることから、その改修・更新の計画を行う必要である。また、既存構造物や設備の改修・更新だけでなく、多くの施設でバイパス管、流量計、水位計、遠方監視・制御を行うための通信設備など、施設の運転・維持管理を適切に行うための設備が不足していることから、施設が有すべき機能を向上させるための施設計画も本節で実施する。

## (3) 供給－需要分析で明らかとなった貯留容量不足に関する考察・検討

### 1) 供給－需要分析の結果

配水池貯留容量に係る供給－需要分析の結果、表 3.4.5-1 に示すように 7 つのサブ・セクターにおいて、既存配水池の貯留容量が国家衛生基準の規定（1 日平均配水量の 6 時間分に防火用として  $50\text{m}^3$  を加えた量）を満足しないことが分かった。

表 3.4.5-1: 既存配水池の貯留容量が国家衛生基準を  
満足しないサブ・セクター

| サブ・セクター | 必要貯留<br>(m <sup>3</sup> ) | 配水池容量                |                     | 不足量<br>(m <sup>3</sup> ) |
|---------|---------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|
|         |                           | 容量 (m <sup>3</sup> ) | 必要貯留量に対<br>する割合 (%) |                          |
| 85B-2*  | 2,055                     | 1,400                | 68%                 | -655                     |
| 85C*    | 638                       | 500                  | 78%                 | -138                     |
| 348B-2  | 103                       | 100                  | 97%                 | -3                       |
| 350-1   | 1,411                     | 1,400                | 99%                 | -11                      |
| 351-2   | 255                       | 250                  | 98%                 | -5                       |
| 361     | 1,085                     | 1,000                | 92%                 | -85                      |
| 369B    | 1,256                     | 1,050                | 84%                 | -206                     |

\*: サブ・セクター85B-2および85Cは、例外的に Pro 配水池 (1,900m<sup>3</sup>) を共有している。  
出典: JICA 調査団

## 2) 検討事項および方法

配水池容量が必要量に満たない場合においても、配水機能を満足しないわけではなく、また、目標年度（2035年）における必要容量の推計に基づいて、直ちに容量の増設を行う必要があるわけではない。本調査では、事業実施20年後の2035年を対象として必要容量を分析し、以下の検討を行って配水池容量の増強を本事業で行うべきか否かを判定する。

- 2025年時点での需要に応じた必要貯留量を国家衛生基準に準じて算出し、既存配水池の貯留容量と比較することで容量不足の緊急度を評価する。
- 配水池貯留量の動的分析により既存配水池がその役割を果たす上での必要容量を求め、容量増強が技術的に必要か否かを評価する。

上の検討により配水池容量の増強が技術的に必要でかつ緊急に実施すべきであると評価された場合は、既存配水池の更新または増設の計画を行う。

## 3) 容量不足の緊急度の評価

2025年時点の水需要をもとに算出した必要貯留容量を、2035年の値とともに下表に示す。

表 3.4.5-2: 2025 年時点の水需要をもとにした配水池の必要貯留容量

| サブ・セクター       | 配水池容量<br>(m <sup>3</sup> ) | 2025年の需要に対する<br>国家衛生基準に準拠した評価 |                        |      | 2025年の需要に対する<br>国家衛生基準に準拠した評価 |                        |      |
|---------------|----------------------------|-------------------------------|------------------------|------|-------------------------------|------------------------|------|
|               |                            | 必要貯留量<br>(m <sup>3</sup> )    | 必要貯留量に<br>対する割合<br>(%) | 不足量  | 必要貯留量<br>(m <sup>3</sup> )    | 必要貯留量に<br>対する割合<br>(%) | 不足量  |
| 85B-2*        | 1,400                      | 2,055                         | 68%                    | -655 | 1,518                         | 92%                    | -118 |
| 85C*          | 500                        | 638                           | 78%                    | -138 | 602                           | 83%                    | -102 |
| 85B-2 and 85C | 1,900                      | 2,693                         | 71%                    | -793 | 2,120                         | 90%                    | -220 |
| 348B-2        | 100                        | 103                           | 97%                    | -3   | 100                           | 100%                   | 0    |
| 350-1         | 1,400                      | 1,411                         | 99%                    | -11  | 1,251                         | 112%                   | 149  |
| 351-2         | 250                        | 255                           | 98%                    | -5   | 223                           | 112%                   | 27   |
| 361           | 1,000                      | 1,085                         | 92%                    | -85  | 916                           | 109%                   | 84   |
| 369B          | 1,050                      | 1,256                         | 84%                    | -206 | 1,058                         | 99%                    | -8   |

\*: サブ・セクター85B-2 および 85C は例外的に Pro 配水池（容量 1,900m<sup>3</sup>）を共有している。

出典: JICA 調査団

上表より、サブ・セクター348B-2、350-1、351-2、361 および 369B は今から 15 年後の 2025 年においても国家衛生基準を満たす容量を確保しており、容量不足は緊急の問題でないと判断できる。

ただし、Pro 配水池を共有しているサブ・セクター85B-2 および 85C においては、2025 年の時点で容量不足が生じており、さらに、需要分析の計算によると 2009 年の時点で必要な貯留容量（85B-2 および 85C の合計で 2,062m<sup>3</sup>）さえも満足していない。したがって、両サブ・セクターの国家衛生基準に対する貯留容量不足は緊急の問題であり、容量増強の技術的必要性の判断が求められる。

#### 4) 動的貯留量解析による容量増強の技術的必要性の評価

配水池に求められる最も基礎的で重要な機能は、配水池への流入水を貯留することで流出量（水消費量）の変動を緩衝することで、これにより水量・水圧ともに安定したサービスを需要者に提供することができる。したがって、年間で最も水需要が多い時期であってもその消費量を緩衝できるだけの容量が備わっていれば、その配水池は十分に機能すると結論付けられる。

配水池の水消費量緩衝能力は、配水池の貯留水量を動的に解析することで評価できる。本調査で行う動的解析の条件を以下に示す。

- 配水池容量が、自らが受け持つ配水地域の時間最大配水量の何時間分であるかに着目する。
- 年間で最も時間最大配水量が大きい日を含む 3 日間の水量を入力条件とし、配水池が水消費の変動を緩衝する（配水池が空にならない）ためには何時間分の容量が必要かを求める。
- 配水池の流入量と流出量（配水量）は、実績データをもとにした動的モデル流量を適用する。
- 動的モデル流量のうち流出量（配水量）は、データが揃っている現行セクター 83 および 84 の実績水量をもとに作成した水量（第 2 章 2.5.10 節 図 2.5.10-5 参照）を適用する。この動的モデル流出量は、技術的損失（漏水）率がともに 20%、時間最大係数がそれぞれ 1.85 および 1.81 であり、その時間最大係数は国

家衛生基準に準拠して施設計画で使用する値（1.8）とほぼ等しい。

- 第 2 章 2.5.10 節で分析したように、調査対象地域では、サブ・セクターの規模に関わらず時間最大係数はほぼ 1.8 程度であると推定される。したがって、現行セクター83 および 84 から作成した動的モデル流出量は、対象地域内の全サブ・セクターの水消費傾向を代表しているものと評価する。
- 動的モデル流入量は、セクター83 および 84 の実績年間データをもとに算出した年間平均配水量（第 2 章 2.5.10 節 図 2.5.10-5 参照）より求める日最大配水量（ $1.3 \times$  日平均配水量 / 24 送水管）を最大値として適用する。日最大配水量は送水管の設計で用いる水量であり、係数「1.3」は国家衛生基準に準拠した日最大係数である。
- 配水池容量は 4 つのケースを設定する。すなわち、貯留容量が時間最大配水量の 6 時間分を最大ケースとし、3 時間分、2 時間分、および 1 時間分のケースである。

表 3.4.5-3 に上に従って設定した水量を示す。また、動的水量解析の結果を図 3.4.5-1 に示す。

表 3.4.5-3: 配水池の動的水量解析で使用了モデル流量

| 項目             | 単位                 | 現行セクター83 | 現行セクター84 |
|----------------|--------------------|----------|----------|
| 日平均配水量         | m <sup>3</sup> /時間 | 432      | 428      |
| 日最大配水量（最大流入量）  | m <sup>3</sup> /時間 | 562      | 556      |
| 時間最大消費量（最大流出量） | m <sup>3</sup> /時間 | 801      | 774      |
| 日最大係数          | -                  | 1.30     | 1.30     |
| 時間最大係数         | -                  | 1.85     | 1.81     |

出典: JICA 調査団

図から分かるように、配水池容量が時間最大配水量の 1 時間分の場合（ケース 4）、現行セクター83、84 の場合ともに消費水量がピークとなる時間帯に配水池が空水となり、消費水量の変動が緩衝されない。このような状況が発生すると、給水圧が過剰または過小となったり、場合によっては断水が生じたりするだけでなく、配水池底部の堆積物が配水管に流出し水質上の問題が生じる可能性もある。

次に、配水池の容量が時間最大配水量の 2 時間分である場合（ケース 3）は、配水池は空水とはならないものの、消費量のピーク時には水量が極端に減少し、特に現行セクター84 のケースでは貯留量が 20m<sup>3</sup>まで減少する。

一方、ケース 2 やケース 1 のように配水池容量が 3 時間分以上あるケースにおいては、ピーク時においても貯留水量にまだ十分な余裕がある。したがって、本解析の結果、配水池が消費水量の変動を緩衝するために必要な容量は時間最大配水量の 3 時間以上とし、下表に、各サブ・セクターの既存貯留容量の評価結果を示す。

表 3.4.5-4: 配水池の消費水量変動緩衝能力の評価

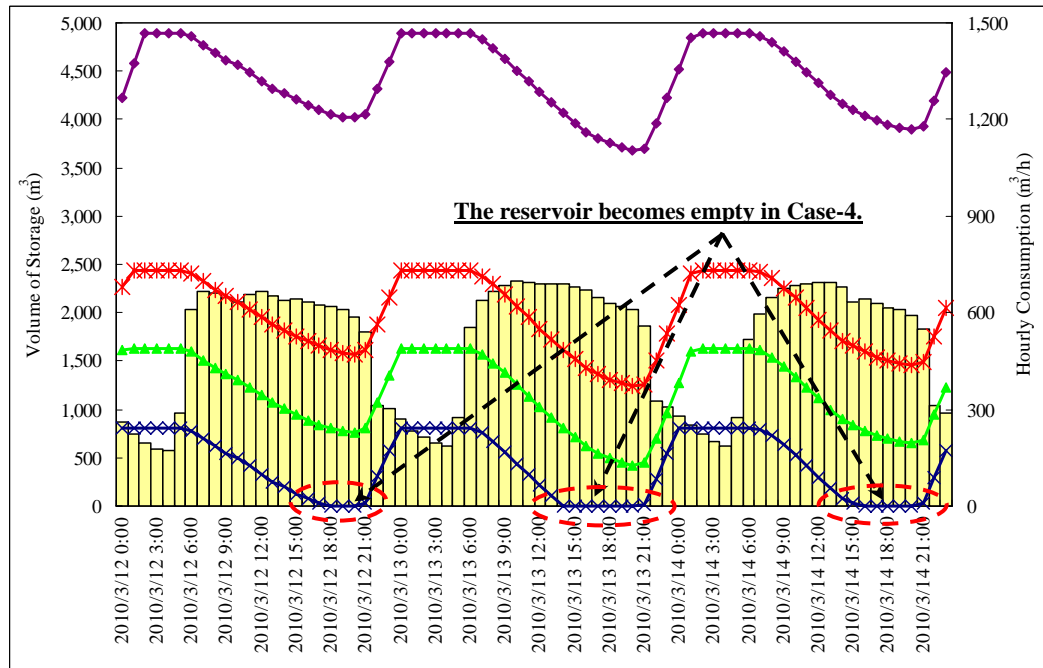
| サブ・セクター       | 配水池容量<br>(m <sup>3</sup> ) | 国家衛生基準に準拠した評価              |                          |                          | 水圧調整能力に基づく評価 |                          |     |
|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|--------------------------|-----|
|               |                            | 必要貯留量<br>(m <sup>3</sup> ) | 必要貯留量に対する配水池容量の割合<br>(%) | 不足量<br>(m <sup>3</sup> ) | 時間最大配水量      | 時間最大配水量に対する配水池容量<br>(時間) | 評価* |
| 85B-2*        | 1,400                      | 2,055                      | 68%                      | -655                     | 463          | 3.03                     | OK  |
| 85C*          | 500                        | 638                        | 78%                      | -138                     | 136          | 3.68                     |     |
| 85B-2 and 85C | 1,900                      | 2,693                      | 71%                      | -793                     | 598          | 3.18                     |     |
| 348B-2        | 100                        | 103                        | 97%                      | -3                       | 12           | 8.18                     | OK  |
| 350-1         | 1,400                      | 1,411                      | 99%                      | -11                      | 314          | 4.46                     | OK  |
| 351-2         | 250                        | 255                        | 98%                      | -5                       | 47           | 5.28                     | OK  |
| 361           | 1,000                      | 1,085                      | 92%                      | -85                      | 239          | 4.19                     | OK  |
| 369B          | 1,050                      | 1,256                      | 84%                      | -206                     | 278          | 3.77                     | OK  |

貯留容量が時間最大配水量の3時間分以上であれば「OK」。

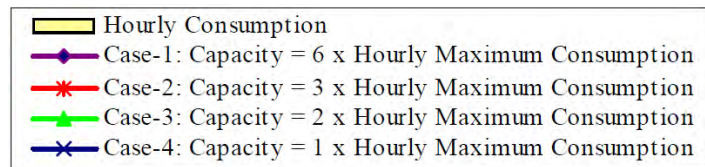
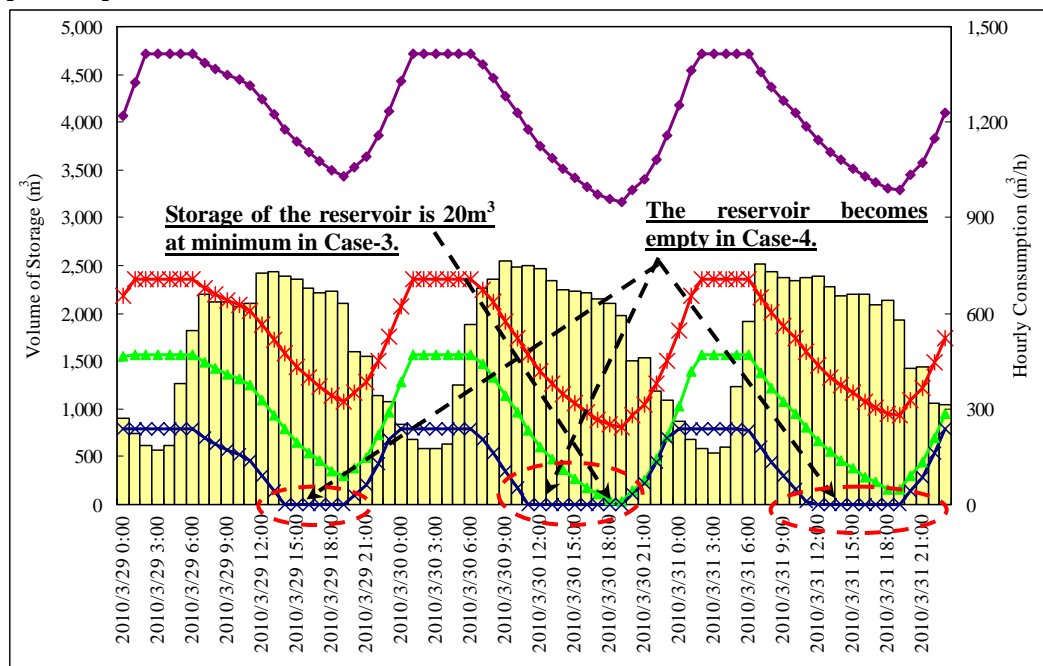
出典: JICA 調査団

\*

[セクター 83]



[セクター 84]



出典: JICA 調査団

図 3.4.5-1: 配水池の動的水量解析結果



#### 5) 配水池容量の不足に対する考察

以上の検討より、サブ・セクター85B-2 および 85C を除いたサブ・セクターでは、2035 年時点では国家衛生基準を満たさないものの 2025 年時点の水需要に対しては十分な貯留容量であることが分かった。また、サブ・セクター85B-2 および 85C についても、国家衛生基準は現時点で既に満足していないものの、水需要の変動を緩衝して配水圧を制御する機能は 2035 年まで十分に果せることが分かった。

これらの検討結果より、本調査では、経済性の観点から本事業で配水池容量の増強を行う必要はないと判断する。ただし、SEDAPAL は、今後の実際の水需要の伸びや配水圧を継続的に観察し、容量増強の必要性と時期について適切に判断する必要がある。

#### (4) 改修、機能拡充、および更新

##### 1) 配水池およびポンプ場の改善に含まれる工種と類型

配水池およびポンプ場の改善には、構造物を対象にした土木工事および電気設備や機械設備を対象にした電機設備工事が含まれる。また、各工種の中にも破損や劣化が生じた躯体や設備を修理する改修作業、流量計や水位計など不足している設備を追加する機能拡充作業、および破損や劣化が生じた設備を新規設備に取り替える更新作業など異なる工事類型が含まれる。

ここで、改修とは、施設が有する本来の機能・能力を回復するための修繕作業であり、更新は、改修と同じ目的であるものの修繕ではなく新規設備に取り替える作業である。また、機能拡充とは、現在は設置されていない電機設備などを追加的にすることで運転の精度や維持管理作業の効率性など現状機能を向上させる作業である。

下表に、本事業に含まれる工種とその類型を示す。

表 3.4.5-5: 配水池およびポンプ場の改善に含まれる工種と類型

| 工種 |                   | 記号  | 工事内容                               | 類型            |
|----|-------------------|-----|------------------------------------|---------------|
| A  | 配水池土木工事           | A   | 躯体、内部塗装、外部塗装、その他付帯物の修繕等            | 改修            |
| B  | 配水池電機設備工事         | B-1 | 新規設備の追加、配管系統の変更、容量の大きい設備への取替え等     | 機能拡充          |
|    |                   | B-2 | 井戸との接続のための新規配管の設置等 <sup>*1</sup>   | 機能拡充          |
|    |                   | B-3 | 老朽設備の取替え等                          | 更新            |
|    |                   | B-4 | 既存設備の修繕                            | 改修            |
| C  | ポンプ場土木工事および電機設備工事 | C   | 既存構造物の修繕、既存設備の新規設備への取替え、および新規設備の設置 | 改修、更新、および機能拡充 |

\*1: 配管やバルブ類の設置  
出典: JICA 調査団

## 2) 構造物の改修

配水池およびポンプ場構造物の現状、改修の必要、および必要な改修内容については第2章 2.5.8節および添付資料 A4 で述べたとおりである。

上述の節および資料で示したように、本事業の工事対象となる配水池とポンプ場を対象に行った構造物調査においては、構造物の構造耐力や耐用年数に大きな影響を与えるような破損や劣化は認められなかったが、ひび割れ改修、鉄筋改修または補強、内部塗装、外部塗装などが全ての施設で必要である。また、維持管理作業で使用する階段の改修または取替え、越流・排水ピットの改修、外部フェンスの設置など付帯設備の改修・設置も行う。また、ポンプ場について必要な作業は建屋の外部塗装や軽微なひび割れ、排水設備の改修などである。

以下に、配水池およびポンプ場の改修に係り本事業で行う工事内容とその計画・設計で実施する作業を挙げる。

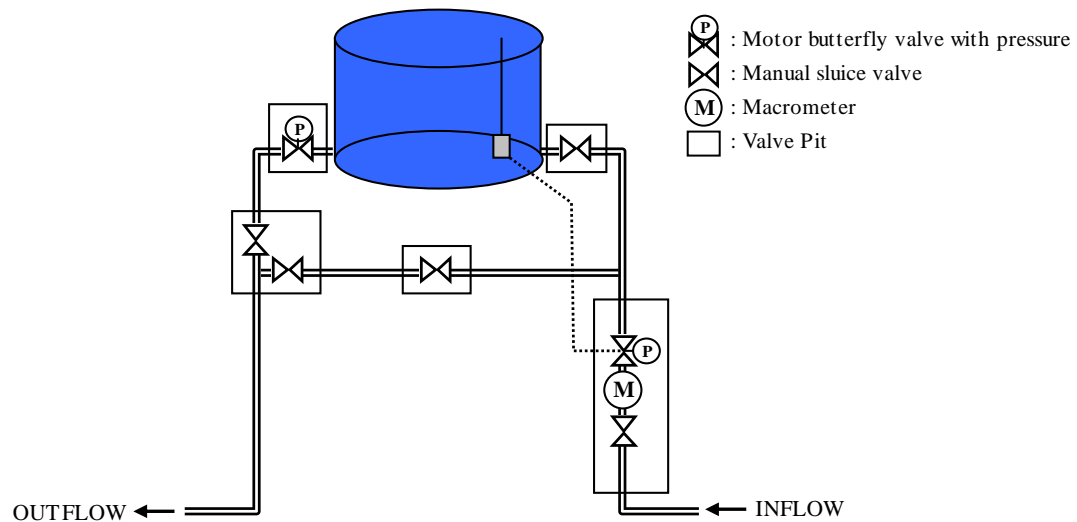
- 配水池のひび割れ改修工、露出鉄筋の改修工、コンクリート剥落部へのモルタル改修工、配水池内部の防水工、維持管理用階段の取替え工、配水池外部の塗装工、越流・排水ピットの改修工、およびその他付帯物の改修工または更新工
- ポンプ場建屋のひび割れ改修工、外部塗装工、排水設備など付帯物の改修工
- 工事の計画・設計に先立つ、全配水池の水張試験と漏水の確認
- 配水池容量および年代をもとに選定した配水池を対象にした詳細な構造物調査（躯体のコンクリート・コアの採取および一軸圧縮強度試験、配筋のレーダー探査、土質調査等）および調査結果を基にした構造解析による安全性の確認
- 強度が不足する配水池があった場合にはその補強工の設計と実施

## 3) 配水池に必要な設備

図 3.4.5-2 に本調査で提案する配水池の施設構成・配置を示す。本事業で実施する機能拡充は、既存配水池が図示の施設構成となるように必要な設備等を追加するものである。以下に、配水池の施設構成を決定する上で考慮した事項を述べる。

- 配水池廻りの配管は流入管、流出管、バイパス管、越流・排水管より構成する。井戸より受水する計画の配水池には、これらに加えて井戸からの流入管を設置する。
- 送水管から来る流入管には流量計を設置する。流量計の上下流にはその改修用にバルブを設け、上流は手動仕切弁、下流は電動バタフライ弁とする。この流量計は、各サブ・セクターへの流入量を計測するものである。なお、井戸からの流入量は井戸ポンプの流量計で測定する。
- 流量計下流側の電動バタフライ弁は圧力計付とし、圧力計と配水池水位と連動して配水池への流入量と水圧を制御する。
- 上の電動バタフライ弁は、配水池を通さずバイパスにより配水する場合においては配水圧を制御する役割を担う。
- 流入管には配水池の手前に流入弁を設置する。また、バイパス管への分岐部と流入弁のあいだに、流入弁の維持管理用に手動仕切弁を設置する。
- 配水池には水位計を設置する。

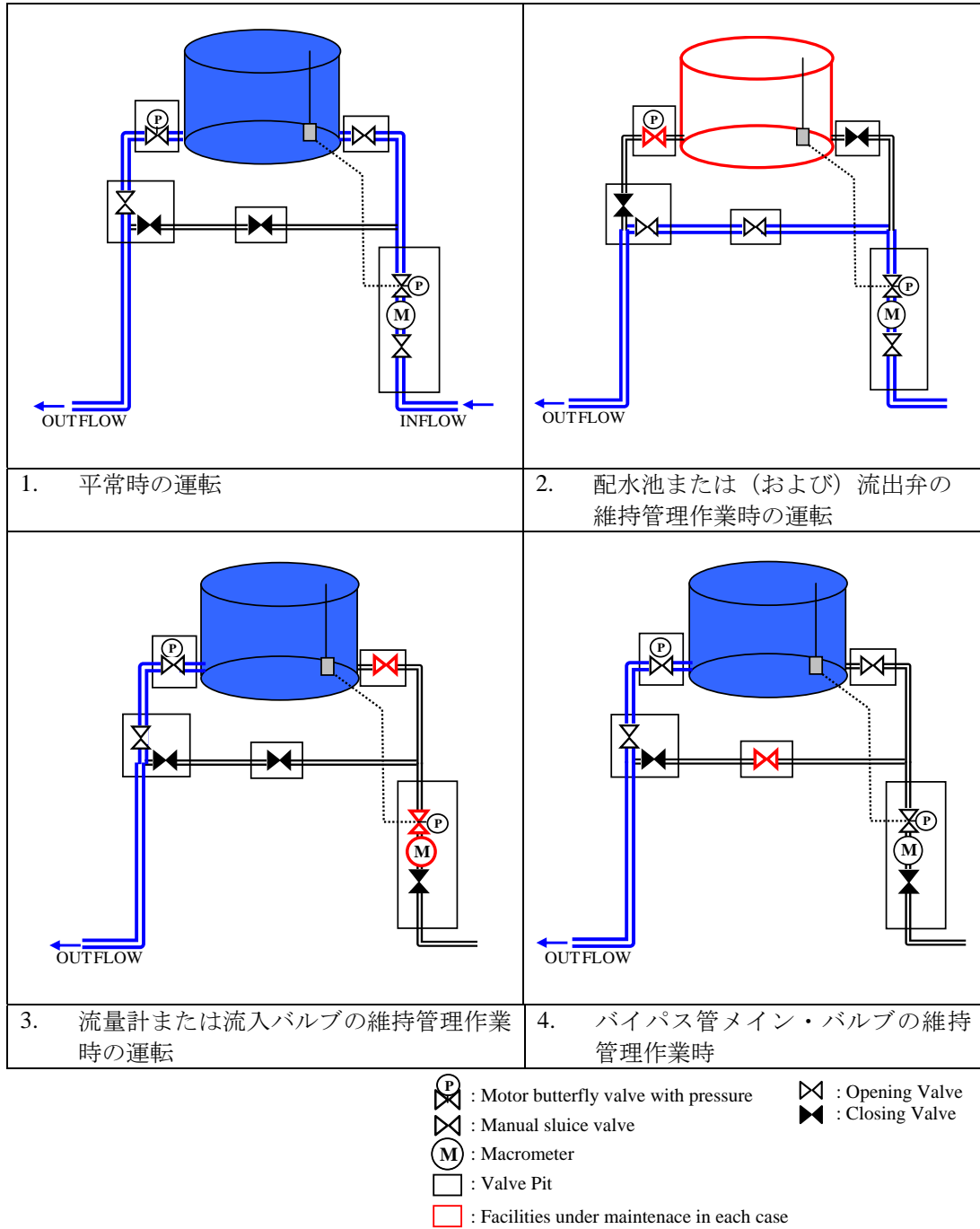
- 配水池流出管には圧力計付の電動バタフライ弁を設置し、配水圧力の制御を行う。
- 流出管には、上の流出管メイン・バルブとバイパス管合流部のあいだにメイン・バルブ維持管理用の手動仕切弁を設置する。
- バイパス管にはメインバルブとその維持管理用バルブ（ともに手動仕切弁）を設置する。
- 流入管に設置される流量計の上流側に水撃対策として水圧開放弁を設置する。水圧が過剰となった際に生じる水圧開放弁からの排水は排水管へ接続する（SEDAPAL の施設の中にはこの排水を配水池へ送っているものもあるが、衛生面への懸念から、本事業では排水管へ排水する）。
- 井戸から配水池への送水は井戸側で制御するため、井戸からの流入管にはバルブを設けない。



出典: JICA 調査団

図 3.4.5-2: 本調査で提案する配水池の施設構成・配置

上図で提案した各バルブの必要性の根拠として、想定される配水池の運転計画を図 3.4.5-3 に示す。また、表 3.4.5-6 に各配水池に必要な主要機器の一覧と数量を示す。



出典: JICA 調査団

図 3.4.5-3: 配水池の運転計画

表 3.4.5-6 配水池に設置する主要機器

| No. | 機器     | 仕様   | 数量<br>(基) |
|-----|--------|--|-----------|
| 1   | 流量計    | 電磁流量計                                      | 1         |
| 2   | 仕切弁    | 手動式  | 5         |
| 3   | バタフライ弁 | 電動式、圧力センサー付<br>(SCADAによる遠方監視・制御)           | 1         |
| 4   | バタフライ弁 | 電動式および機械（水圧）式、圧力センサー付<br>(SCADAによる遠方監視・制御) | 1         |
| 4   | 圧力開放弁  | 機械（水圧）式                                    | 1         |
| 5   | 水位計    | 投込み式                                       | 1         |

出典: JICA 調査団

#### 4) 配水池およびポンプ場の電機設備の改修、機能拡充、および更新

配水池およびポンプ場の電機設備の現状と改修等の必要性については、第 2 章 2.5.8 節および添付資料にて述べたとおりである。これらの節および資料で提案されているように、現在運転されていない 16 の配水池の配管その他の設備は全て更新するとともに、機能拡充のための機器の設置が必要である。

また、現在稼働中の 10 配水池については、施設の運転・能力に大きな影響を与える深刻な劣化や破損は認められないが、バルブ類やその制御盤等で作動していないものもあり、改修または更新が必要である。また、運転されていない施設と同様に機能拡充のための機器の設置も必要である。

また、配水池に併設されている 3 箇所のポンプ場（CR-95、CR-96 および CR-97 については、電気設備や制御盤に改修または更新が必要な機器があり、1 箇所の独立したポンプ場（CR-76）についても同様である。

電機設備（特に電気設備）は繊細な機器であり、現状では問題なく作動していても維持管理や運転の条件によっては短期間にその機能を失うことがある。したがって、事業実施にあたっては詳細設計の中で設備の現状を綿密に調査・評価し、必要な改修・更新内容を決定することが必要である。

また、既存設備の中には SEDAPAL の現在の標準仕様を満たさないものや SCADA への取り込みができない仕様のあるものがあるため、それらについては稼働状況に関わらず更新する必要がある。

#### (5) 配水池およびポンプ場の改善に係る工事内容および数量

本事業で工事の対象となる配水池やポンプ場は、施設ごとに必要な工種や工事内容が異なる。表 3.4.5-7 に、必要な工種および工事内容による配水池・ポンプ場の分類とその数量を示す。また、表 3.4.5-8 の一覧を示す。また図 3.4.5-4 に施設位置図を示す。

表 3.4.5-7: 配水池およびポンプ場の改善に係る工事内容および数量

| 種別  | 項目              |      |     |     |   |   | 単位 | 数量 |
|-----|-----------------|------|-----|-----|---|---|----|----|
|     | 工事項目*           |      |     |     |   |   |    |    |
|     | 土木              | 電機設備 |     |     |   |   |    |    |
| A   | B-1             | B-2  | B-3 | B-4 | C |   |    |    |
| I   | √               | √    | √   |     |   |   | 箇所 | 11 |
| II  | √               | √    |     |     |   |   | 箇所 | 5  |
| III | √               |      |     | √   | √ |   | 箇所 | 9  |
| IV  | √               |      |     | √   | √ | √ | 箇所 | 1  |
| V   |                 |      | √   |     |   |   | 箇所 | 1  |
| VI  |                 |      |     |     |   | √ | 箇所 | 4* |
| 計   | 配水池             |      |     |     |   |   | 箇所 | 27 |
|     | 配水池に併設されているポンプ場 |      |     |     |   |   | 箇所 | 3  |
|     | 独立したポンプ場        |      |     |     |   |   | 箇所 | 1  |

A: 土木工事

B-1: 電機設備工事（更新）

B-2: 電機設備工事（機能拡充：井戸との接続）

B-3: 電機設備工事（既存設備の改修）

B-4: 電機設備工事（機能拡充：流量計、水位計など新規設備の設置）

C：ポンプ場の土木工事および電機設備工事（改修および機能拡充）

\*: 3箇所は配水池に併設、1箇所は独立

出典: JICA 調査団

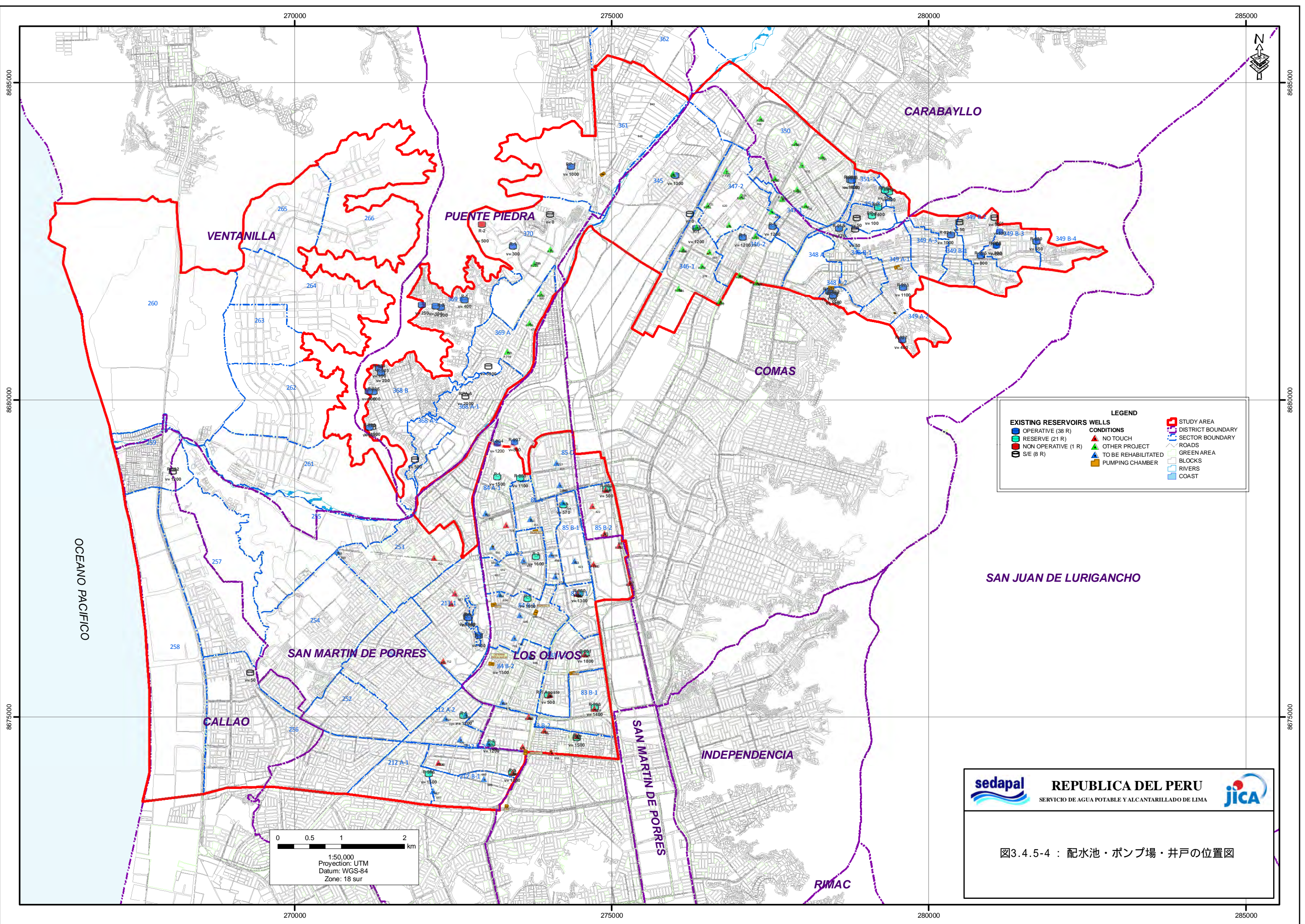
表 3.4.5-8: 本事業で工事を行う配水池およびポンプ場一覧

| サブ・セクター    | 配水池     |                             | 容量 (m <sup>3</sup> ) | 現況            | 本事業での工事内容* |                |
|------------|---------|-----------------------------|----------------------|---------------|------------|----------------|
|            |         |                             |                      |               | 分類         | 工事内容*          |
| 83A-1      | R-800   | VILLA SOL R-1               | 1300                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 83A-2      | R-801   | VILLA DEL NORTE R-1         | 1800                 | Non-operating | II         | A, B-1         |
| 83B-1      | R-996   | PARQUE DEL NARANJAL R-1     | 1400                 | Non-operating | II         | A, B-1         |
| 83B-2      | -       | CUETO FERNANDINI R-1        | 1500                 | Non-operating | II         | A, B-1         |
| 84A-1      | -       | OLIVOS DE PRO R-1           | 1500                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 84A-2      | -       | PROGRAMA CONFRATERNIDAD R-2 | 1600                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 84B-1      | -       | PROGRAMA CONFRATERNIDAD R-1 | 1600                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 84B-2      | -       | COMITÉ APOSTE               | 500                  | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
|            | -       | PATRIA NUEVA R-1            | 70                   | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 85A        | R-805   | PUERTA DE PRO R-1           | 1100                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 85B-1      | -       | RIO SANTA R-1               | 570                  | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 85B-2, 85C | R-997   | PRO                         | 1900                 | Non-operating | II         | A, B-1         |
| 85B-3      | R-802   | SANTA LUISA R-1             | 500                  | Non-operating | II         | A, B-1         |
| 212A-1     | R-986   | VIRGEN DE LAS NIEVES R-4    | 1500                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 212A-2     | -       | VIRGEN DEL ROSARIO R-1      | 1200                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 212B-1     | -       | ROSARIO DEL NORTE R-3       | 1200                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 212B-2     | -       | JAZMINES DE NARANJAL R-2    | 1200                 | Non-operating | I          | A, B-1, B-2    |
| 213-1      | CR-243  | VIPOL NARANJAL R-1          | 1900                 | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 213-2      | -       | CERRO EL CHOCLO R-2         | 100                  | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 213-3      | -       | CERRO EL CHOCLO R-1         | 100                  | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 259        | R-522   | MARQUEZ R-522               | 1200                 | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 349A-2     | CR-76** | Cisterna                    | -                    | Operating     | VI         | C              |
|            | R-927   | NVA. ESPERANZA R-1          | 400                  | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 349A-3     | R-924   | COLLIQUE R-4                | 1000                 | Operating     | VI         | C              |
| 349B-1     | R-925   | COLLIQUE R-5                | 800                  | Operating     | VI         | C              |
| 349B-2     | R-926   | COLLIQUE R-6                | 800                  | Operating     | IV         | A, B-3, B-4, C |
| 349B-3     | R-820   | COLLIQUE R-7                | 550                  | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 351-2      | RP-3    | LOS ANGELES R-3             | 100                  | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| 351-3      | RP-4    | LOS ANGELES R-4             | 100                  | Operating     | III        | A, B-3, B-4    |
| -          | RP-2    | Cerro Oquendo               | 5000                 | Non-operating | V          | B-2            |

- \* A : 土木工事  
 B-1: 機械電気設備工事(機器新設)  
 B-2: 機械電気設備工事(井戸接続)  
 B-3: 機械電気設備工事(既設設備更新)  
 B-4: 機械電気設備工事(機器追加)  
 C : ポンプ室の土木工事とポンプ設備の機械電気設備工事(改修と機器追加)

\*\* 独立したポンプ場

出典: JICA 調査団



**LEGEND**

|                                  |                       |                     |
|----------------------------------|-----------------------|---------------------|
| <b>EXISTING RESERVOIRS WELLS</b> | <b>CONDITIONS</b>     | <b>STUDY AREA</b>   |
| ● OPERATIVE (38 R)               | ▲ NO TOUCH            | ▭ STUDY AREA        |
| ● RESERVE (21 R)                 | ▲ OTHER PROJECT       | ▭ DISTRICT BOUNDARY |
| ● NON OPERATIVE (1 R)            | ▲ TO BE REHABILITATED | ▭ SECTOR BOUNDARY   |
| ○ S/E (6 R)                      | ■ PUMPING CHAMBER     | ▭ ROADS             |
|                                  |                       | ▭ GREEN AREA        |
|                                  |                       | ▭ BLOCKS            |
|                                  |                       | ▭ RIVERS            |
|                                  |                       | ▭ COAST             |

0 0.5 1 2 km  
 1:50,000  
 Projection: UTM  
 Datum: WGS-84  
 Zone: 18 sur



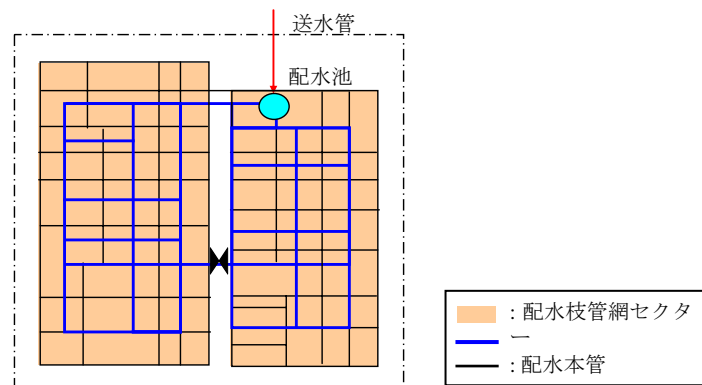
図3.4.5-4 : 配水池・ポンプ場・井戸の位置図



### 3.4.6 配水管網の改善

#### (1) はじめに－配水本管と配水枝管の定義

配水管網は配水管および仕切弁、空気弁、排水弁などの付帯設備から構成され、配水池からの水をサブ・セクターの隅々まで配る役割を持つ。配水管は配水本管と配水枝管の2階層に分類される。前者は、サブ・セクター全体に効率よく配水するためのメイン管網を形成する管路で、後者は、その配水本管から分岐して各接続先の直近まで水を配るものである。配水枝管は、管路延長3～5km程度でまとまった配水枝管網セクターを形成する。下図に配水管網の構成を示す。



出典: JICA 調査団

図 3.4.6-1: 配水本管と配水枝管

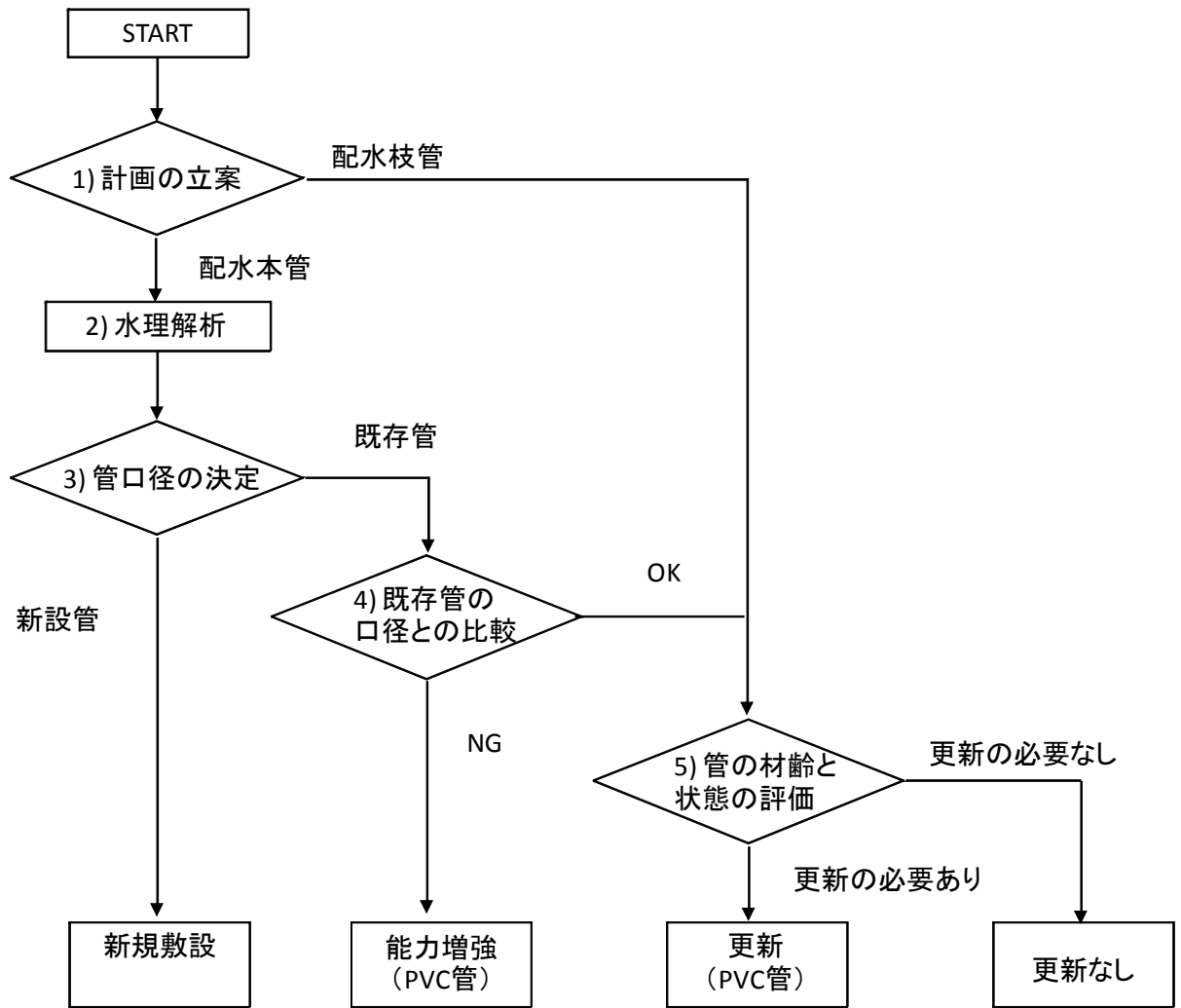
#### (2) 配水管網の改善計画の立案方針

##### 1) 対象とするセクター

配水管網の改善は、セクター361、368B、369B および 370 を除く、調査対象地域内のセクターを対象とする。セクター361、368B、369B は既に近年整備された、または他事業で更新された地域で、セクター370 は他事業による更新が計画されている地域である。

##### 2) 計画立案の手順

配水管網の改善には、ネットワークとしての効率性の向上や将来の需要に対応するための能力増強などの機能拡充と、問題のある管路などを新規材料に取り替える更新が含まれる。機能拡充と更新を含めた「改善」計画の立案は図 3.4.6-2 に示す手順で行う。



出典: JICA 調査団

図 3.4-6-2: 配水管網改善計画の立案手順

上図で示した手順の概要を以下に整理する。

- 配水本管は、サブ・セクターの全体に配水するために効率のよい管網が構成されるよう、望ましい配置を計画する。したがって、ネットワークの配置上必要であれば新設管路も計画される。
- 配水本管の口径は水理解析により決定する。
- 水理解析の結果能力が十分であると判断された配水本管のうち、AC 管は全て PVC 管に更新する。
- 能力が十分でかつ石綿管でない配水本管および配水枝管は、配管の材料および状況（埋設条件や劣化の程度）等を確認することにより更新の判断を行う。配水枝管は水理解析を行わない。

### (3) 能力増強および更新計画の検討

図 3.4.6-2 に示した手順に従い、各手順における検討内容を以下に述べる。

1) 配水本管の計画

上述のように、配水本管は効率の良いメイン・ネットワークを構成するために新規にその配置を計画し、その結果既存配管の存在しない位置に計画された配水本管は新規に布設される。

本調査では、道路の線形や住宅など需要者の分布などを考慮して配水本管の配置を検討した結果、49.46km の新規管路が配水本管のネットワークを形成するために必要となった。下表にその内訳を示す。

表 3.4.6-1: 新規に布設される配水本管 (km)

| セクター  | 口径・延長 (mm)、延長 (km) |       |      |                    |      |      |      | 計     |
|-------|--------------------|-------|------|--------------------|------|------|------|-------|
|       | 100                | 150   | 200  | 250                | 300  | 350  | 400  |       |
| 83A   |                    | 1.61  |      |                    |      |      |      | 1.61  |
| 83B   |                    | 3.06  | 0.16 | 0.19               |      |      |      | 3.41  |
| 84    | 0.55               |       | 0.31 | 4.01               |      |      |      | 4.86  |
| 85    | 2.38               | 2.11  |      | 0.32               | 1.07 | 0.19 | 1.48 | 7.55  |
| 212   | 3.55               | 0.81  | 0.64 | 0.01               |      |      |      | 5.01  |
| 213   | 2.52               | 1.15  | 0.38 |                    |      |      |      | 4.05  |
| 259   | 0.88               | 0.90  | 0.23 |                    |      |      |      | 2.01  |
| 345   |                    | 0.21  |      |                    |      |      |      | 0.21  |
| 346   |                    | 1.86  |      |                    |      |      |      | 1.86  |
| 347   | 1.23               | 1.46  | 0.59 |                    |      |      |      | 3.28  |
| 348   |                    | 0.75  |      | 0.13               | 0.65 |      |      | 1.53  |
| 349   | 0.78               | 2.48  |      | 0.63               | 0.16 |      |      | 4.05  |
| 350   | 0.62               | 0.68  | 1.13 | 1.62               | 0.54 | 1.69 |      | 6.28  |
| 351   | 0.35               | 0.45  |      |                    |      |      |      | 0.80  |
| 368A  |                    | 0.65  | 0.72 | 0.18               |      |      |      | 1.55  |
| 369A  |                    | 1.05  |      | 0.26               | 0.12 |      |      | 1.43  |
| 計     | 12.86              | 19.23 | 4.16 | 7.35               | 2.54 | 1.88 | 1.48 | 49.50 |
| 配管材料* | 硬質塩化ビニル管: 36.25 km |       |      | ダクタイル鋳鉄管: 13.25 km |      |      |      | -     |

\*: 本節(4) 2)参照  
出典: JICA 調査団

2) 水理モデルの作成および水理解析

計画された配水本管ネットワークに基づき、水理解析ソフト Water CAD を用いて水理解析モデルの作成および水理解析を行った。流速係数（C 値）、最小口径、最大・最小流速、および最大・最小水圧などの解析条件は国家衛生基準に準拠し、最大流量時と小流量時の両ケースで解析を実施した。水理モデルと解析の詳細は添付資料 B2.1 を参照のこと。

3) 配管口径の設定

水理解析の結果より配管径を設定した。

4) 設定口径と既存配管口径の比較

配水本管の口径を設定した後、その結果と既存配管の口径を比較して布設替えが必要な配管を抽出する。比較の結果、最小口径を満足しない配管も含め 12.84km の既存配管が能力増強のために布設替えが必要となった。

表 3.4.6-2: 水理解析結果に基づき能力増強が必要な配管延長 (km)

| セクター  | サブ・セクター | 単位 | 石綿管 (km) |      |      |      |      | 硬質塩化ビニル管 (km) |      |      |      |      | 計 |       |
|-------|---------|----|----------|------|------|------|------|---------------|------|------|------|------|---|-------|
|       |         |    | 口径 (mm)  |      |      |      |      | 口径 (mm)       |      |      |      |      |   |       |
|       |         |    | 50       | 75   | 100  | 110  | 150  | 75            | 90   | 110  | 160  | 250  |   |       |
| 83A   | 83 A-2  | km |          |      | 1.36 |      |      |               |      |      |      |      |   | 1.36  |
| 83 B  | 83 B-1  | km |          |      | 0.83 |      |      |               |      |      |      |      |   | 0.83  |
|       | 83 B-2  | km | 0.09     | 0.06 | 2.33 |      |      |               |      |      |      | 0.04 |   | 2.52  |
|       | 85 B-2  | km |          |      | 0.18 |      |      |               |      |      |      |      |   | 0.18  |
| 259   | 259     | km |          | 1.47 | 0.11 |      |      |               | 0.06 |      |      |      |   | 1.64  |
| 346   | 346-2   | km |          |      | 0.6  |      |      |               |      |      | 0.01 |      |   | 0.61  |
| 347   | 347-1   | km |          |      |      |      |      |               |      | 0.38 |      |      |   | 0.38  |
|       | 347-2   | km |          |      |      |      |      |               |      | 0.41 | 0.1  |      |   | 0.51  |
| 348 A | 348 A   | km |          |      | 0.16 |      |      |               |      |      |      |      |   | 0.16  |
| 349 A | 349 A-1 | km |          | 0.27 |      |      | 0.01 | 0.33          |      |      |      |      |   | 0.61  |
|       | 349 A-3 | km |          |      | 0.01 |      |      | 0.41          |      |      |      |      |   | 0.42  |
| 349B  | 349 B-2 | km |          |      |      |      |      |               |      | 0.1  |      |      |   | 0.1   |
|       | 349 B-3 | km |          |      | 0.05 |      | 0.03 | 0.41          |      | 0.05 |      |      |   | 0.54  |
| 350   | 350-1   | km |          |      | 1.74 |      |      |               |      |      |      |      |   | 1.74  |
|       | 350-2   | km |          |      | 0.34 |      |      |               |      |      |      |      |   | 0.34  |
| 368 A | 368 A-2 | km |          |      |      | 0.77 |      |               |      |      |      |      |   | 0.77  |
| 369 A | 369 A   | km |          |      |      |      |      |               |      | 0.13 |      |      |   | 0.13  |
| 計     |         | km | 0.09     | 1.8  | 7.71 | 0.77 | 0.04 | 1.15          | 0.06 | 1.07 | 0.11 | 0.04 |   | 12.84 |

\*: 配管口径は能力増強後の口径である

出典: JICA 調査団

## 5) 配管材料および状況の評価

第 2 章 2.5.8 節の現状診断で述べたように、調査対象地域には材料や埋設条件、破損・漏水などの問題がある配管が存在している。また、現状では問題となっていないけれども近い将来に問題が生じる危険性が比較的高い配管もある。ここでは、十分な口径を有する配水本管や配水枝管の中から、現在および近い将来の配水管網が所定の機能を果たすために必要な更新管路を選定する。次節にその選定方法と結果を述べる。

## (4) 更新管路の選定基準

## 1) 更新の検討を行うべき管路

第 2 章 2.5.8 節の現状診断の結果より、無収水削減および水道システムの持続性確保の観点から、以下の条件の管路について、更新を更新するか否かを検討する。

- 鉄管、亜鉛めっき鋼管、イティンテック (ITINTEC) と呼ばれる古いタイプの PVC 管など材質や構造に問題のある管路
- 土被り、基礎、締固めなど技術仕様を満足していない管路、民地に布設されている管路など埋設条件に問題のある管路
- 配水管網の中で重要度が高い配水本管のうち、比較的多くの漏水や破損が発生している（また近い将来にそのような問題が発生する可能性の高い）AC 管
- その他の配水枝管のうちの AC 管（PVC 管に比べて耐久性と耐用年数の点で劣るため）

以上のうち、配管材料（材質や構造）に問題のある管路や埋設条件に問題のある配管については、これ以上の検討を待つまでもなく信頼性の高い配管への布設替えを行うべきである。

また、配水本管についても、口径および管内水圧が大きく漏水のリスクが高いこと、配水管網の安定性を確保する上で重要な管路であることから、AC 管の更新は優先度が明らかに高い。

一方、配水枝管中の AC 管は、比較的口径や管内水圧が小さいことや現状ではあまり多くの事故が生じていないことから、現在は漏水への影響は大きくないと想定される。しかし、このまま全ての AC 管を放置しておくとも年々劣化が進行し、本事業の実施直後に「無収水率 25%以下」を達成したとしても近い将来に再び 25%以上まで復元してしまうリスクが残る。したがって、中長期的な無収水率維持の観点から、本事業での更新について検討する必要がある。

## 2) 配水枝管内の AC 管の更新に関する選択肢

AC 管の問題点は、PVC 管やダクタイル鋳鉄管など近年広く使用されている管材に比べ継ぎ手部や給水管分岐部廻りで漏水が生じやすいこと、耐衝撃性が弱いこと、強腐食性の土に対する耐食性が弱いこと、経年劣化が生じやすいことである。

本調査では AC 管の埋設位置を実際に試掘して配管を目視する試掘調査を行った。20 箇所で行った試掘調査のうち 12 箇所は埋設から 10 年～30 年を経た AC 管で 8 箇所は 30 年以上を経過した AC 管であった。全ての試掘は管路の継ぎ手部分を確認できるように掘削し、ほとんどの試掘部では明らかな漏水は認められなかったが、一カ所のみ漏水が発生していることは確認された。

また、第 2 章 2.5.8 節で述べたように、AC 管は埋設から 20 年を過ぎると急速に劣化が進行し、40 年を経過した時点では当初に比べて極端に強度が落ちる傾向がある。

したがって、AC 管を PVC 管など信頼性のより高い材質に更新することは無収水対策として有意義であると考えられる。しかし、中長期的考えても、無収水率を 25% 以下とすることを目標としている中で全ての AC 管を更新することは過大な投資となる可能性が高い。

そのため、本調査では、目標を達成するための適切な投資レベルを模索するため、埋設から 25 年以上が経過した AC 管（本事業の工事が完了する 2015 年時点では 30 年以上が経過）を更新する場合と、埋設から 15 年以上が経過した AC 管（同じく 2015 年時点では 20 年以上が経過）を更新する場合の 2 案を選択肢として設定した。

ここで「25 年以上」を選択肢として抽出したのは、工事が完了する 2015 年の時点で、AC 管の劣化が著しくなる「埋設後 40 年以上」まで 10 年以上が残存するよう設定したものであり、「15 年」については、同じく 2015 年の時点で AC 管の劣化が急速に進行し始める「埋設後 20 年」を経過していないよう設定したものである。

## 3) 更新を検討すべき管路の優先順位

更新を検討する管路の優先順位と延長を表 3.4.6-3 に示す。表中に示す延長は、水理解析の結果から能力増強を行う管路延長を含む（能力増強は無収水率削減には無関係であるため）。ただし、複数の分類に属する条件を持つ管路については、より優先

順位の高い分類において延長を計上している。たとえば、埋設から 25 年以上を経過した AC 管の配水本管は、「AC 管の配水本管」として延長を計上している。

これまでに述べたように、優先順位の最も高い管路は、材料や埋設条件に明らかに問題のある管路である。また、配水本管に含まれる AC 管も優先順位は高い。また、配水枝管の AC 管の優先順位は上の二つより低い、より年数が経過している管路の方が優先順位は高い。

表 3.4.6-3: 更新の検討を行う管路の優先順位

| 優先<br>順位 | 分類     |  | 数量                       |                 |                          |                 |
|----------|--------|--|--------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|
|          |        |  | 分類ごと                     |                 | 累計                       |                 |
|          |        |  | 延長 <sup>*1</sup><br>(km) | % <sup>*2</sup> | 延長 <sup>*1</sup><br>(km) | % <sup>*2</sup> |
| 1        | A<br>B | 流下能力が不足する管路<br>配管材料に問題のある管路<br>および埋設条件に問題のある管路 | 35.60                    | 4.60%           | 35.60                    | 4.60%           |
| 2        | C      | AC 管の配水本管                                      | 75.54                    | 9.77%           | 111.14                   | 14.37%          |
| 3        | D      | 埋設から 25 年以上を経過した<br>AC 管の配水枝管                  | 67.88                    | 8.78%           | 179.02                   | 23.15%          |
| 4        | E      | 埋設から 15~25 年を経過した<br>AC 管の配水枝管                 | 94.08                    | 12.16%          | 273.10                   | 35.31%          |

\*1: 二重計上を避けるため、複数の分類に属する配管の延長は、優先順位の高い分類の中で計上している。

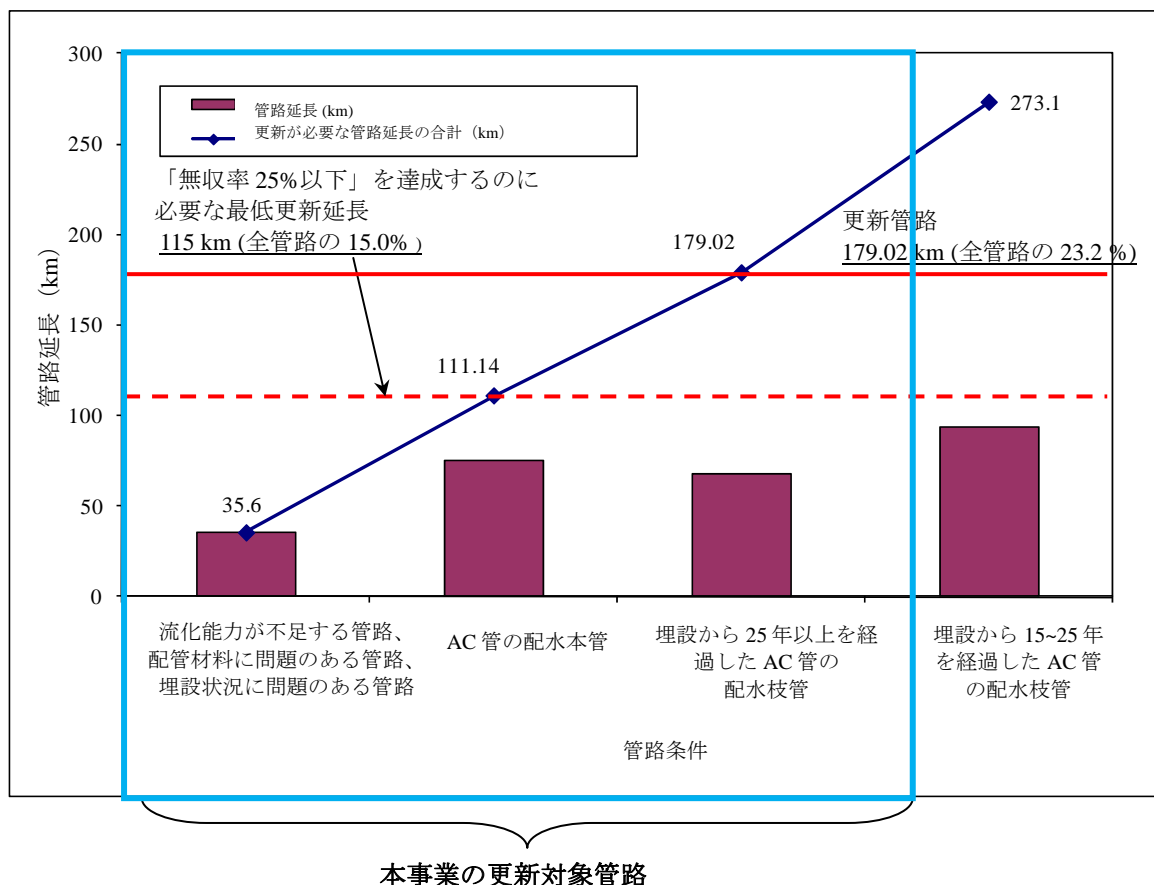
\*2: 調査対象地域内の全管路延長（773.45 km）に対するパーセンテージ。

出典: JICA 調査団

#### 4) 更新管路選定基準の決定

本章 3.4.1 節で検討したように、本事業の目標の 1 つである「無収水率 25%以下」を達成するためには、優先順位の高い順に、少なくとも全管路のうち 15%を更新する必要がある。したがって、表 3.4.6-3 で示した分類 A から分類 C までの管路を更新するのみでは不十分で、分類 A から分類 D すなわち埋設から 25 年以上を経過した配水枝管の AC 管までの更新が必要である。

この場合更新率は 22.0%と 15%に比べてやや高いが、中長期的な無収水率維持のために有意義であると考え。図 3.4.6-3 に分類ごとの更新率とその累計、および必要最低限の更新率 15%との比較を示す。



出典: JICA 調査団

図 3.4.6-3: 更新対象とする管路条件の決定

#### (5) 配水管網の能力増強および更新計画

水理解析結果に基づき能力増強を行う配水本管、および配管材料や埋設状況等の問題や経年により更新が必要と判断された管路の延長を表 3.4.6-4 および表 3.4.6-5 に示す。

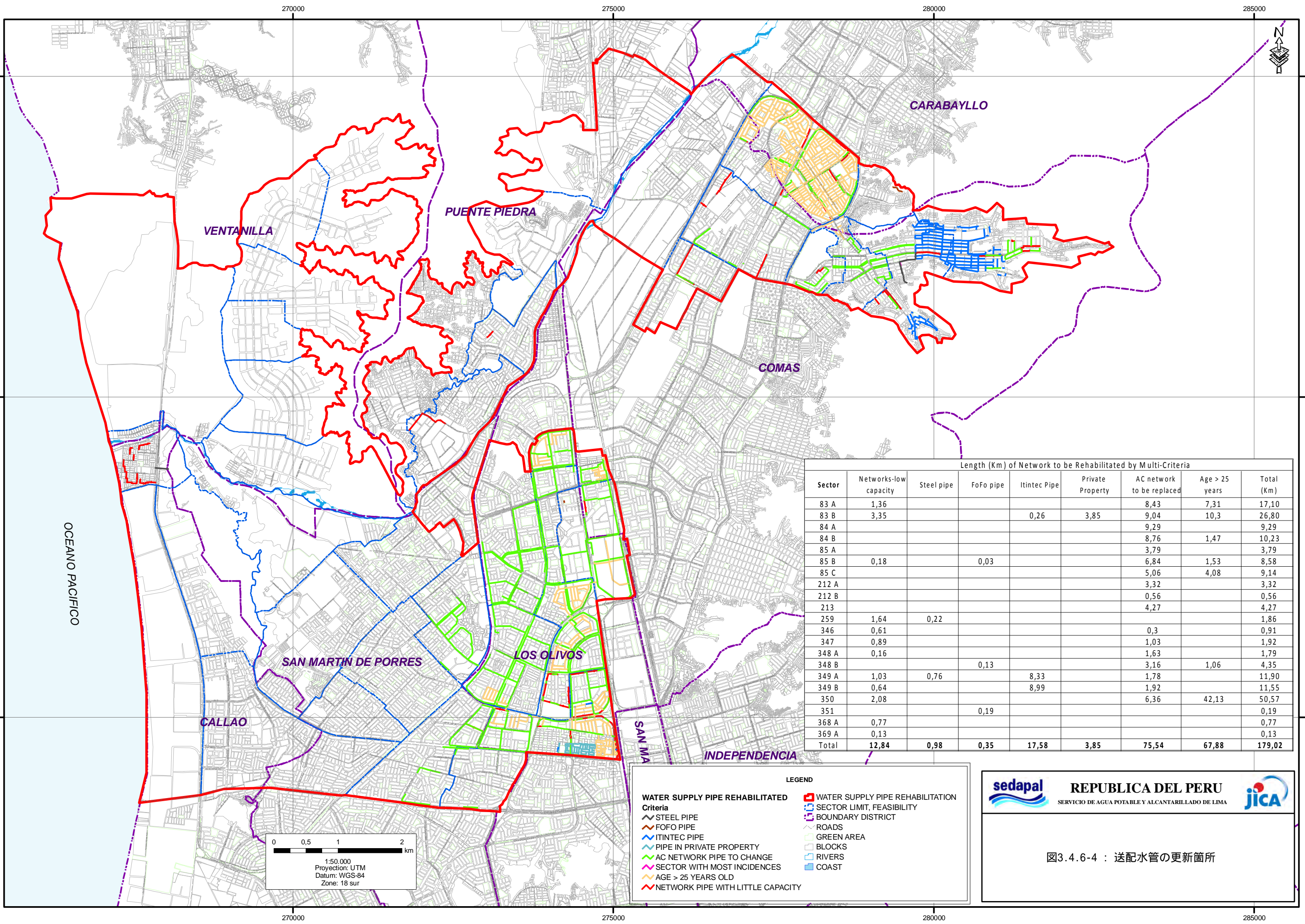
表 3.4.6-4:本事業で実施する 能力増強、  
または更新管路延長の集計 (km)

| セクター  | 更新が必要な<br>管路 |        | 新設管路  |        | 更新が不要な<br>管路 |        | セクター毎の管<br>路延長 |      |
|-------|--------------|--------|-------|--------|--------------|--------|----------------|------|
|       | Km           | %      | Km    | %      | Km           | %      | Km             | %    |
| 83A   | 17.10        | 50.12% | 1.61  | 4.72%  | 15.41        | 45.16% | 34.12          | 100% |
| 83B   | 26.80        | 54.38% | 3.41  | 6.92%  | 19.07        | 38.70% | 49.28          | 100% |
| 84A   | 9.29         | 15.25% | 2.34  | 3.84%  | 49.27        | 80.90% | 60.90          | 100% |
| 84B   | 10.23        | 22.35% | 2.53  | 5.53%  | 33.02        | 72.13% | 45.78          | 100% |
| 85A   | 3.79         | 20.06% | 1.51  | 7.99%  | 13.59        | 71.94% | 18.89          | 100% |
| 85B   | 8.58         | 32.00% | 3.02  | 11.26% | 15.21        | 56.73% | 26.81          | 100% |
| 85C   | 9.14         | 49.03% | 3.02  | 16.20% | 6.48         | 34.76% | 18.64          | 100% |
| 212A  | 3.32         | 6.22%  | 3.01  | 5.64%  | 47.06        | 88.14% | 53.39          | 100% |
| 212B  | 0.56         | 1.92%  | 2.00  | 6.87%  | 26.55        | 91.21% | 29.11          | 100% |
| 213   | 4.27         | 10.39% | 4.05  | 9.86%  | 32.77        | 79.75% | 41.09          | 100% |
| 259   | 1.86         | 11.58% | 2.01  | 12.52% | 12.19        | 75.90% | 16.06          | 100% |
| 345   |              |        | 0.21  | 1.55%  | 13.37        | 98.45% | 13.58          | 100% |
| 346   | 0.91         | 5.20%  | 1.86  | 10.63% | 14.72        | 84.16% | 17.49          | 100% |
| 347   | 1.92         | 3.62%  | 3.28  | 6.18%  | 47.89        | 90.21% | 53.09          | 100% |
| 348A  | 1.79         | 22.10% | 0.46  | 5.68%  | 5.85         | 72.22% | 8.10           | 100% |
| 348B  | 4.35         | 19.74% | 1.07  | 4.85%  | 16.62        | 75.41% | 22.04          | 100% |
| 349A  | 11.90        | 37.81% | 2.11  | 6.70%  | 17.46        | 55.48% | 31.47          | 100% |
| 349B  | 11.55        | 40.77% | 1.94  | 6.85%  | 14.84        | 52.38% | 28.33          | 100% |
| 350   | 50.57        | 64.69% | 6.28  | 8.03%  | 21.32        | 27.27% | 78.17          | 100% |
| 351   | 0.19         | 2.69%  | 0.80  | 11.32% | 6.08         | 86.00% | 7.07           | 100% |
| 368A  | 0.77         | 2.64%  | 1.55  | 5.32%  | 26.81        | 92.04% | 29.13          | 100% |
| 369A  | 0.13         | 0.49%  | 1.43  | 5.34%  | 25.21        | 94.17% | 26.77          | 100% |
| TOTAL | 179.02       |        | 49.50 |        | 480.79       |        | 709.31         |      |

口径: 100 – 300mm

出典: JICA 調査団





Length (Km) of Network to be Rehabilitated by Multi-Criteria

| Sector | Networks-low capacity | Steel pipe | FoFo pipe | Itintec Pipe | Private Property | AC network to be replaced | Age > 25 years | Total (Km) |
|--------|-----------------------|------------|-----------|--------------|------------------|---------------------------|----------------|------------|
| 83 A   | 1,36                  |            |           |              |                  | 8,43                      | 7,31           | 17,10      |
| 83 B   | 3,35                  |            |           | 0,26         | 3,85             | 9,04                      | 10,3           | 26,80      |
| 84 A   |                       |            |           |              |                  | 9,29                      |                | 9,29       |
| 84 B   |                       |            |           |              |                  | 8,76                      | 1,47           | 10,23      |
| 85 A   |                       |            |           |              |                  | 3,79                      |                | 3,79       |
| 85 B   | 0,18                  |            | 0,03      |              |                  | 6,84                      | 1,53           | 8,58       |
| 85 C   |                       |            |           |              |                  | 5,06                      | 4,08           | 9,14       |
| 212 A  |                       |            |           |              |                  | 3,32                      |                | 3,32       |
| 212 B  |                       |            |           |              |                  | 0,56                      |                | 0,56       |
| 213    |                       |            |           |              |                  | 4,27                      |                | 4,27       |
| 259    | 1,64                  | 0,22       |           |              |                  |                           |                | 1,86       |
| 346    | 0,61                  |            |           |              |                  | 0,3                       |                | 0,91       |
| 347    | 0,89                  |            |           |              |                  | 1,03                      |                | 1,92       |
| 348 A  | 0,16                  |            |           |              |                  | 1,63                      |                | 1,79       |
| 348 B  |                       |            | 0,13      |              |                  | 3,16                      | 1,06           | 4,35       |
| 349 A  | 1,03                  | 0,76       |           | 8,33         |                  | 1,78                      |                | 11,90      |
| 349 B  | 0,64                  |            |           | 8,99         |                  | 1,92                      |                | 11,55      |
| 350    | 2,08                  |            |           |              |                  | 6,36                      | 42,13          | 50,57      |
| 351    |                       |            | 0,19      |              |                  |                           |                | 0,19       |
| 368 A  | 0,77                  |            |           |              |                  |                           |                | 0,77       |
| 369 A  | 0,13                  |            |           |              |                  |                           |                | 0,13       |
| Total  | 12,84                 | 0,98       | 0,35      | 17,58        | 3,85             | 75,54                     | 67,88          | 179,02     |

**LEGEND**

|  |                                  |
|--|----------------------------------|
| <b>WATER SUPPLY PIPE REHABILITATED</b> | WATER SUPPLY PIPE REHABILITATION |
| <b>Criteria</b>                        | SECTOR LIMIT, FEASIBILITY        |
| STEEL PIPE                             | BOUNDARY DISTRICT                |
| FOFO PIPE                              | ROADS                            |
| ITINTEC PIPE                           | GREEN AREA                       |
| PIPE IN PRIVATE PROPERTY               | BLOCKS                           |
| AC NETWORK PIPE TO CHANGE              | RIVERS                           |
| SECTOR WITH MOST INCIDENCES            | COAST                            |
| AGE > 25 YEARS OLD                     |                                  |
| NETWORK PIPE WITH LITTLE CAPACITY      |                                  |

SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA

図3.4.6-4 : 送配水管の更新箇所



## (6) 配水管の基本仕様

### 1) 基本仕様に関わる地質条件

本調査で実施した地質調査結果より、配水管の基本仕様は送水管と同様に以下のよう  
に提案する。

- 地質調査結果より、調査対象地域全体の約 60%の地域の表層で強腐食性の土が認められた。この土はコンクリート構造物を急激に劣化させるだけでなく、耐食性の高いダクタイル鋳鉄管にもある程度の影響を与えると考えられる。
- 配水管の基礎になると想定される深度では、地下水や軟弱土などの存在は認められなかった。したがって、配管埋設箇所が締固め不良な盛土でない限り、配管基礎として何ら問題はない。
- 土の一般的な性状とこれまでの経験より、最小土被りは 1.2m とし、埋め戻し時には十分な締固めを行わなければならない。

### 2) 配管材料

SEDAPAL の配水管網で使用されている配管材料はダクタイル鋳鉄管、PVC 管、および高密度ポリエチレン管（PE 管）である。

表 3.4.6-6 にこれらの配管材料の比較と選定を示す。表中で述べているように本事業では主に PVC 管を使用するが、配水管網の安全性・安定性確保の観点から、以下に示す箇所ではダクタイル鋳鉄管を使用する。

- 配水本管のうち、配水池から各配水枝管網セクターに到達するまでの区間は、配水先の管網セクターにとってほぼ唯一の受水経路であるため特に重要度が高い。また、他の配管に比べて管内水圧もやや高い。
- 上述の区間が AC 管または口径が不十分な PVC 管の場合、口径が 250mm 以上の管路にダクタイル鋳鉄管に更新する。
- ただし、当該区間が既設でかつ十分な口径の PVC 管である場合は、口径が 250mm 以上であっても経済性の観点から引き続き既存管路を活用する。




### 3) 土被り

最小度被りは 1.2m とする。

### 4) 強腐食性土に対する配管防護

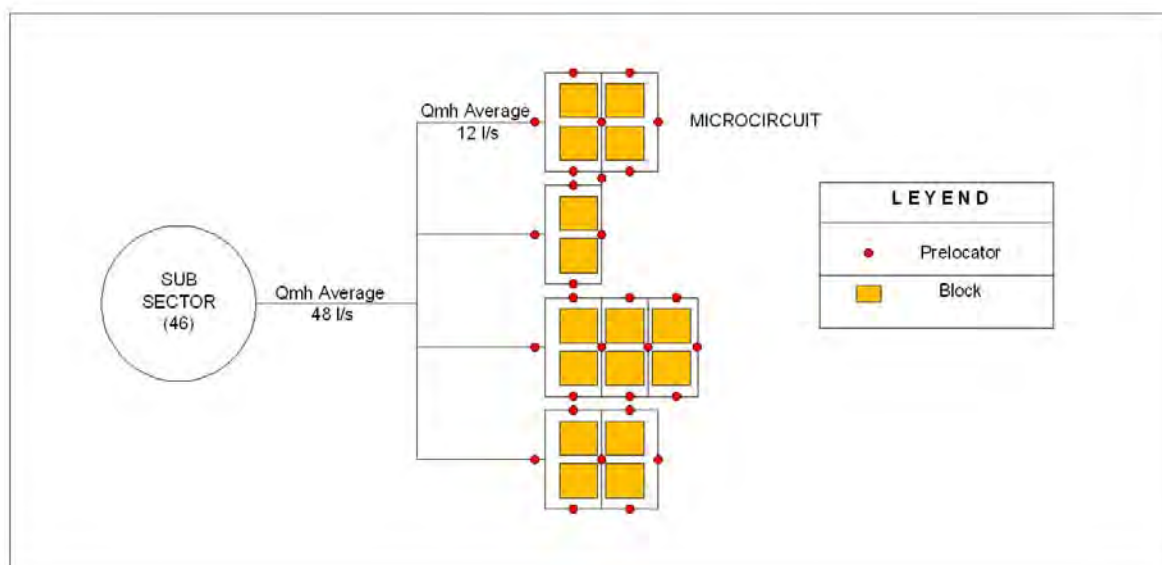
送水管と同様に、強腐食性土対策として、配水管で使用されるダクタイル鋳鉄管にポリエチレン・スリーブによる防護を施すものとする。

表3.4.6-6 配水管に使用する材料の比較選定

| Items                  |             | Ductile Iron (DI)  | Polyvinyl Chloride (PVC)  | High Density Polyethylene (PE)   |
|------------------------|-------------|--|---|--|
| General                | Photo       | <br><a href="http://www.hida-group.co.jp/p_77.html">http://www.hida-group.co.jp/p_77.html</a>   | <br><a href="http://www.chusai.co.jp/info/info.cgi">http://www.chusai.co.jp/info/info.cgi</a>      | <br><a href="http://www.xhrz.com.cn/rzqym1">http://www.xhrz.com.cn/rzqym1</a>   |
|                        | Description | - A product with hard structural and anti-chemical strength by combination of steel's resistance and cast gray iron's long life span   | - Widely used plastic constructed of repeating vinyl groups having one of their hydrogens replaced with a chloride group.   | - The most widely used plastic consisting of long chains of the monomer ethylene   |
| Cost                   |             | - 310 \$ (75mm×4m)   | - 13 \$ (63mm×6m)   | - 130 \$ (75mm×5m)   |
| Weight                 |             | - Heavy  | - Light in weight   | - Light in weight  |
| Material Properties    |             | - Successful watertight sealing<br>- Sensitive to the damage of anticorrosion coating<br>- Greatest resistance to breakage and chemical corrosion<br>- Flexible joint to follow ground deformation, which prevents breakage or water leakage | - Successful watertight sealing.<br>- No change of inner surface roughness<br>- Low tolerance for specific organic solvents<br>- Flexibility of material to follow ground deformation | - Successful watertight sealing<br>- No change of inner surface roughness.<br>- Low tolerance for specific organic solvents<br>- Joint-free installation (Welded connection of the pipes by thermo fusion) which prevents breakage or water loss |
| Pressure Endurance     |             | - 64 Kgf/cm <sup>2</sup>   | - 16 Kgf/cm <sup>2</sup>  | - 16 Kgf/cm <sup>2</sup>   |
| Usage Trend in SEDAPAL |             | - Widespread use in primary networks   | - Widespread use in secondary networks  | - Limited use  |
| Others                 |             | - PE protection is necessary when it is installed in chemically aggressive soil  | -   | - It can be easily installed with a constant earth cover even in undulating areas  |
| Evaluation             |             | - It is not cost-effective to use widely in secondary networks. However, it is recommended to be applied to the critical sections of the secondary networks in view<br><b>Partly Applied</b>   | - It has sufficient quality in structural strength, water tightness, pressure endurance and anti-chemical endurance to use in secondary networks.<br><b>Mainly Applied</b>            | - It has superior qualities to PVC but cost much to use widely in secondary network.   |

## 5) 漏水探査システム用マンホール（Pre-locators）

漏水探査システム端末を設置するための小型マンホールを、下図に示す通り配水ネットワーク中に管種に応じて約 200～500m 間隔で設置する。



出典：JICA 調査団

図 3.4.6-5: 漏水探査システム用マンホールの設置概念

## (5) 付帯設備の計画

## 1) 配水管網に必要な付帯設備

配水管網に必要な付帯設備は、減圧弁、仕切弁、空気弁、排水弁、および消火栓弁である。

## 2) 仕切弁の新設、更新、および改修

本事業では、なるべく既存の仕切弁を活用して配水枝管が配水枝管網セクターを形成するが、適切な位置に仕切弁がない場合もあることから、必要な箇所において、各サブ・セクターで 2 箇所ずつ新規に設置する。また、本事業で動作が必要な既存仕切弁の多くが故障していると想定され、配水枝管網セクターの形成や給水管の更新の支障になることから、各サブ・セクターで 3 箇所ずつ更新を行う。仕切弁の新設・更新は、本事業のみでなく将来の配水管や各戸接続の設置や更新作業においても有効である。

また、更新を行わない既存仕切弁は撤去したうえで PVC 管に置き換える。これは、既存仕切弁が垂鉛めっき鋼製であり、放置しておくこと破損等による漏水の原因となるばかりか、錆による衛生上の問題が生じる可能性があるためである。

仕切弁の新設、更新、改修は原則として全事業対象地域で行う。ただし、他事業で新設または更新されたばかりのセクター 361、368B、369B においては、配水枝管網セクター構築のための新規仕切弁の設置は行うが既存仕切弁の更新・改修は行わない。

また、SEDAPAL が更新事業を計画しているセクター370 については同事業にて必要な新規仕切弁を設置することを SEDAPAL に推奨し、本事業では新設を行わない。

### 3) 減圧弁の設置

水理解析の結果、サブ・セクター349A-3 および 349B-3 において過剰な水圧が生じる可能性のある箇所が確認されたためこれらのサブ・セクターに減圧弁を設置する。

### 4) 他の付帯設備の更新

空気弁、排水弁、および消火栓弁は、配水管の能力増強または更新を行う区間にある設備を対象に行う。本調査では新規設備を計上しないが、医療施設や社会福祉施設周辺や近年発展してきた商業集積地域の消火栓弁など詳細設計においてその必要性が認められた場合は新規設備の計画を行う。

### 5) コンクリート構造物の防護

地質調査結果より現場は強腐食性の土であるため、減圧バルブ・ピットなどコンクリート構造物の築造にあたっては SEDAPAL の内規に従い耐食性に優れたコンクリート材料「タイプ V」を使用する。

## (6) 工事内容および数量

配水管網の改善に係る工事内容と数量を下表に示す。

表 3.4.6-7: 配水管網の改善に係る工事内容および数量

| 項目                     | 単位   | Quantity | Remarks     |
|------------------------|------|----------|-------------|
| 1. 既設管の能力増強及び更新        |      |          |             |
| 1-1 硬質塩化ビニル管(AC 管の更新)  | km   | 156.91   | 100 – 300mm |
| 1-2 硬質塩化ビニル管(PVC 管の更新) | km   | 22.11    | 100 – 300mm |
| 小計                     |      | 179.02   |             |
| 2. 配水管の新設              |      |          |             |
| 2-1 ダクタイル鋳鉄管 (DI)      | km   | 13.25    | 250 – 400mm |
| 2-2 硬質塩化ビニル管 (PVC)     | km   | 36.25    | 100 – 200mm |
| 小計                     | km   | 49.50    |             |
|                        | 配管計  | 228.52   |             |
| 3. バルブと付帯設備            |      |          |             |
| 3-1 減圧弁                | 個    | 5        | 100-150mm   |
| 3-2 空気弁                | 個    | 38       | 25mm        |
| 3-3 排水弁                | 個    | 12       | 100-300mm   |
| 3-4 仕切弁                | 個    | 580      |             |
| 3-5 消火栓                | 個    | 276      | 150-200mm   |
|                        | バルブ計 | 911      |             |

出典: JICA 調査団