

平成 25 年度

アジアの低炭素社会実現のための  
JCM 大規模案件形成可能性調査事業

「ベトナムにおける節水機器・省エネ  
機器普及による JCM 大規模案件形成  
可能性調査事業」 報告書

平成 26 年 3 月

三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券株式会社

サマリー

## 1. 目的

本事業は、節水による省 CO2 化の実現を主目的とし、水不足や水質汚染、漏水など、ベトナムが抱える水問題の是正に寄与すると共に、都市全体・国全体を網羅する大規模 JCM 化に向けた案件形成に努めることを目的とする。

本事業では、節水機器導入検証および雨水利用浄化システム導入検証の二つの事業を実施し、加えて省エネ機器普及促進のためのファイナンスの検討を行う。

## 2. 節水機器導入検証事業

### <背景>

浄水場や下水処理場で水を供給・処理する際にエネルギーを必要としており、シャワーやトイレなどの節水により、エネルギー削減および給湯エネルギーの節減になる。三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券及び TOTO は、経済産業省「平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業」を通じ、節水機器普及によるクレジットは、十分に創出可能性があると判断した。

平成 24 年度の同調査では、これまでクレジット方法論で見込んでいた上下水道システムのエネルギー削減効果だけでなく、建物内給水システムの省エネ効果も見込めることが想定されたが、クレジット方法論に当該効果を折り込むための知見は十分には整備されていなかった。そこで、本事業により、上下水道システムのみでなく建物内給水システムのエネルギー削減効果を見込んだホテル版節水クレジット方法論を構築し、大規模 JCM 案件形成の事業性を検討した。

### <事業概要>

本事業は、ベトナムのホテルに節水機器を導入し、その節水の効果を各種計測（水、湯量の測定、水使用に関わるポンプ、熱源等）により定量化し、水、CO2 削減効果を推定することにある。

日本の最先端の節水技術を搭載した節水型シャワー・節水型便器を客室に設置し、実際の水消費モード下での節水を図る。客室および各種ポンプに計測装置を設置し、水消費の時間変化を計測、モデル化する。シャワーにおいては、給湯エネルギーの削減効果もモデル化する。さらに、計測データを解析し、節水型シャワー・節水型便器の使用モデルを構築し、MRV 方法論における CO2 削減量試算のデフォルト値を設定する。

ホーチミン市の五つ星ホテル Renaissance Riverside Hotel Saigon を対象とし、全 336 室のうち、150 室の便器及びシャワーを TOTO 社製の節水仕様のものに更新して調査を行った。

### <調査結果>

本調査に基づく年間の一室あたりの節水量については以下の通り。これはトイレ・シャ

ワ－の使用回数、一回あたりの使用時間、ホテル稼働率等を考慮した年間の一室あたりの節水量である。

表 1: 年間の一室あたりの節水量

|        | 水使用量    |         | 年間の一室あたり<br>水削減量        |
|--------|---------|---------|-------------------------|
|        | 更新前     | 更新後     |                         |
| トイレ(大) | 10.5L/回 | 4.92L/回 | 14.5m <sup>3</sup> /室/年 |
| トイレ(小) |         | 3.18L/回 |                         |
| シャワー   | 11L/分   | 6.82L/分 | 11.2m <sup>3</sup> /室/年 |

上記節水量に基づく年間の一室あたりの CO2 削減量は表 2 の通り。上段 A は、調査対象ホテルにおける実際の排出削減量を示す一方、下段 B は後述する給湯に関する排出係数のデフォルト値を使用した場合の排出削減量を示す。対象ホテルでは給湯熱源としてヒートポンプを使用しているが、ベトナムのホテルでは電気や重油ボイラーの方が一般的であるため、電気、重油、LNG のボイラーを熱源としたデフォルト値を設定している。

表 2: 年間の一室あたりの CO2 削減量

|   |                     |           | トイレ          | シャワー         | 合計           |
|---|---------------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| A | 対象のホテル <sup>注</sup> | 16 階以上    | 11.9kg-CO2/年 | 63.4kg-CO2/年 | 75.3kg-CO2/年 |
|   |                     | 15 階以下    | 10.5kg-CO2/年 | 62.3kg-CO2/年 | 72.8kg-CO2/年 |
| B | デフォルト値<br>(給湯熱源別)   | ボイラー(電気)  | 10.5kg-CO2/年 | 87.4kg-CO2/年 | 97.9kg-CO2/年 |
|   |                     | ボイラー(重油)  |              | 42.5kg-CO2/年 | 53.0kg-CO2/年 |
|   |                     | ボイラー(LNG) |              | 32.6kg-CO2/年 | 43.1kg-CO2/年 |

注: 今回調査を行った対象ホテルでは、水道本管より揚水ポンプにより最上階の貯水槽へ配水され、各フロアへ分配される。ただし、16 階以上は低水圧のため、加圧ポンプにより増圧されるため、16 階以上の排出削減量は 15 階以下に比べ加圧ポンプの分だけ増えている。

平成 24 年度調査で開発された節水クレジット方法論は、住宅をモデル対象とし、シャワーを対象機器としていた。今年度の調査では方法論を更新し、ホテルなどの高層建築物をモデル対象とし、シャワーだけでなくトイレも含むようにしたため、建物内給水由来の排出係数や給湯熱源別の排出係数をデフォルト値として設定した。

表 3: 排出係数(ホーチミン市・ハノイ市の場合のデフォルト値)

| パラメーター        | ホーチミン市                        | ハノイ市                          |
|---------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 上下水プロセス由来排出係数 | 0.00039 t-CO2/m <sup>3</sup>  | 0.00039 t-CO2/m <sup>3</sup>  |
| 建物内給水由来排出係数   | 0.000334 t-CO2/m <sup>3</sup> | 0.000334 t-CO2/m <sup>3</sup> |



|           |           |                  |                  |
|-----------|-----------|------------------|------------------|
| 給湯方式別排出係数 | ボイラー(電気)  | 0.00708 t-CO2/m3 | 0.00902 t-CO2/m3 |
|           | ボイラー(重油)  | 0.00307 t-CO2/m3 | 0.00390 t-CO2/m3 |
|           | ボイラー(LNG) | 0.00220 t-CO2/m3 | 0.00279 t-CO2/m3 |

気候帯によって水道から供給される水温が異なるため、方法論ではベトナムを 7 つの気候帯に分け、それぞれについて給湯についての排出係数を設定したが、上記はホーチミン市およびハノイ市の例。

表 1～3 を基に、節水型シャワーおよびトイレが、ホーチミン市とハノイ市のホテル各 5,000 室に普及した場合の削減ポテンシャルを試算結果は下記の通り。

表 4: CO2 削減ポテンシャル

|           |           | ホーチミン市      | ハノイ市        |
|-----------|-----------|-------------|-------------|
| 気候帯       |           | R7          | R3          |
| 給湯方式別排出係数 | ボイラー(電気)  | 493 t-CO2/年 | 600 t-CO2/年 |
|           | ボイラー(重油)  | 266 t-CO2/年 | 313 t-CO2/年 |
|           | ボイラー(LNG) | 217 t-CO2/年 | 250 t-CO2/年 |

なお、今年度方法論においては、ホテル内の給湯設備の効率および配管における熱損失までは十分に考慮されておらず、その部分のデフォルト化が未着手である。例えば、現方法論では、配管における熱損失はゼロと仮定しているものの、実際には 50%以上が失われていると想定される。従って、この部分を考慮するとより多くの排出削減を方法論上で見込むことができるようになり、この点は今後の改善点である。

### 3. 雨水利用浄化システム導入検証事業

#### <背景>

ベトナムの降雨の特徴は、雨季には連日のように短時間に豪雨が集中する、スコール的なところがあり、そのためアスファルトで覆われた市内は頻繁に洪水状態になる。ホーチミン市は毎年洪水の被害にあっており、気候変動およびその影響による海面上昇や異常気象への対策は緊急の課題である。

そのなかで、雨水の集水利用は、都市洪水改善に大いに寄与するとともに、上水使用量の削減が見込めるもので、ベトナムの給水事情の緩和にも繋がる。また、降雨時の都市浸水や下水の生放流による都市環境悪化の改善にも効果がある。

#### <事業概要>

本事業では、日本における先行事例の検討を踏まえ、ホーチミン市における雨水利用の

可能性と節水・CO2 削減効果を検討し、テナントビル、大型ホテルおよび駐車場の屋根を利用した雨水利用による節水・CO2 削減量を試算した。

また、日本の水浄化システムを設置し、雨水利用した場合の有効性と安全性の検証を行った。

<調査結果>

雨水の流出抑制の概念は、下図に示すとおり、降雨強度の強い時間帯の流出量を一時的に貯留するなどにより、流出時間の遅れをつくり出すことである。流出量のピーク時間のずれにより、河川の流出能力内で雨水処理が行われ、都市洪水の緩和が実行される。

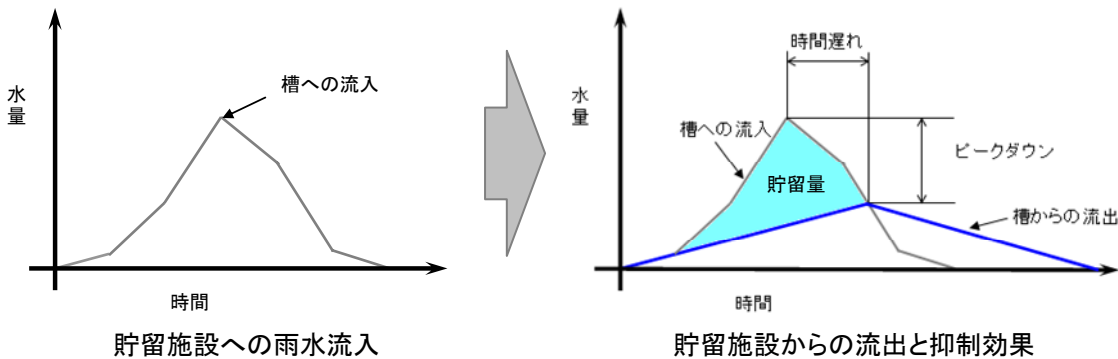


図 1: 貯留施設の流出抑制概念

3 箇所の事例での雨水利用による節水・CO2 削減効果を試算した結果は下表の通り。

表 5: 節水・CO2 削減ポテンシャル

|               | 事例 1                                 | 事例 2                                       | 事例 3                 |
|---------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|
| 用途            | テナントビル<br>(地上 5 階)                   | ホテル<br>(地上 21 階・地下 2 階)                    | 駐車スペース<br>(オフィスビル)   |
| 場所            | ホーチミン市 1 区                           | ホーチミン市 1 区                                 | ホーチミン市 3 区           |
| 延床面積・屋根面積     | 284m <sup>2</sup> / 51m <sup>2</sup> | 29,539m <sup>2</sup> / 1,419m <sup>2</sup> | — / 60m <sup>2</sup> |
| 年間給水量*        | 2,592m <sup>3</sup>                  | 132,241m <sup>3</sup>                      | NA                   |
| 年間雨水利用量**     | 90m <sup>3</sup>                     | 2,524m <sup>3</sup>                        | 107m <sup>3</sup>    |
| 節水率           | 3.5%                                 | 1.9%                                       | NA                   |
| 年間 CO2 削減量*** | 21kgCO2                              | 581kgCO2                                   | 25kgCO2              |

\* 事例 1 は推定値、事例 2 は実績値に基づく

\*\* 年間集水可能雨水量[m3]=集水面積[m2]×年間降水量[mm]×流出係数÷1,000  
年間降水量:1,976mm 流出計数:0.9(屋根の場合)

\*\*\* 排出係数:0.23kgCO2/m3 (上水の CO2 排出係数)

表 5 の事例 3 の現場では、日本の浄水システムを導入し、浄化された雨水の水質に異常がないことが確認された。また、現地カウンターパートからは雨水の貯留利用が水不足緩和に一定の効果があるということで評価の声があった。なお、水質に異常がないことが確認されているものの、浄化された雨水を直接上水の給水管に接続して上水利用することは調査団としては推奨していない。

雨水利用のさらなる普及および今後は雑排水の中水利用についても検討を進め、水資源の有効活用が期待される。

#### 4. 節水機器普及を促進するためのファイナンススキーム検討

まず、本事業で扱った節水型トイレ・シャワーを題材に、事業性を検討した。トイレは節水に伴う 1 台あたりの節約額が少額なため、回収期間は極めて長くなる。一方、シャワーについては節水だけでなく給湯の熱源エネルギーがあるため、約 8 年で投資回収できるという試算結果となった。

次に、節水型シャワーを事例として ESCO 活用可能性を検討した。新興国で一般的とされるギャランティード・セイビングス（顧客企業が初期コストを負担）を前提として試算を行った場合、何の財政的な支援がないケースでは投資回収に 13 年かかる試算結果となった。これは水、燃料および電気の節約分のみからの投資回収を検討した結果である。エネルギー削減のみで 5 年以内の回収が可能な ESCO とするためには、初期投資額の約 6 割の補助金が必要となる。

商品特性上、トイレやシャワーなど購入判断を行う場合は省エネによる回収以外の便益（機能性、使い心地、ブランド等）も考慮して決定されるため、回収期間の長短だけで当該機器の有効性を判断するのは相応しくない。ホテルなどの商業施設の場合、ボイラーやヒートポンプなど、エネルギー改善率が大きく単価も高い設備と組み合わせての ESCO 提案が有効な一案と考えられる。

以上

## 目次

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 第1章 事業の概要 .....                                   | 8  |
| 1.1 事業目的 .....                                    | 8  |
| 1.2 事業概要 .....                                    | 8  |
| 1.3 事業実施体制 .....                                  | 9  |
| 第2章 ベトナム・ホーチミン市の水事情 .....                         | 11 |
| 2.1 ホーチミン市の概況 .....                               | 11 |
| 2.2 上水 .....                                      | 11 |
| 2.2.1 普及率 .....                                   | 11 |
| 2.2.2 水道料金 .....                                  | 12 |
| 2.2.3 水質基準、水質管理 .....                             | 13 |
| 2.3 下水 .....                                      | 14 |
| 2.4 洪水対策 .....                                    | 14 |
| 第3章 節水機器導入実証試験の概要 .....                           | 16 |
| 3.1 計画概要 .....                                    | 16 |
| 3.2 ホテルの概要 .....                                  | 17 |
| 3.3 ベースライン水使用量、エネルギー消費分析（収支モデル） .....             | 19 |
| 3.4 ベースライン水使用行為モデル（トイレ洗浄回数、シャワー流量、時間） .....       | 19 |
| 3.5 既存機器の概要（ベースライン性能） .....                       | 21 |
| 3.6 設置機器の概要（プロジェクト性能） .....                       | 21 |
| 3.7 節水・省エネ量の計測方法 .....                            | 23 |
| 3.7.1 ホテル全体の水使用量の把握 .....                         | 23 |
| 3.7.2 揚水ポンプ及び加圧ポンプの消費電力量の測定 .....                 | 23 |
| 3.7.3 ヒートポンプの消費電力量の測定 .....                       | 25 |
| 第4章 節水機器導入実証試験の結果 .....                           | 26 |
| 4.1 総水量、エネルギー量削減量（水道メーター値、電力量値）の収支モデルに基づく分析 ..... | 26 |
| 4.2 計測値に基づく分析 .....                               | 27 |
| 4.2.1 計測に基づく水使用行為モデルの設定 .....                     | 27 |
| 4.2.2 計測モデルからの効果算定 .....                          | 47 |
| 4.3 給水ポンプの動力分析 .....                              | 48 |
| 4.4 ヒートポンプの動力分析 .....                             | 52 |
| 第5章 削減ポテンシャルの評価 .....                             | 56 |
| 5.1 プロジェクトでの水資源、エネルギー、CO2 削減量 .....               | 56 |
| 5.2 普及時を想定した、ホテルの CO2 排出削減ポテンシャル .....            | 68 |

|                                         |     |
|-----------------------------------------|-----|
| 5.2.1 リバーサイドホテルの水・エネルギー収支モデル            | 68  |
| 5.2.2 普及時モデルの設定                         | 72  |
| 5.2.3 削減ポテンシャル試算における今後の課題               | 75  |
| 第6章 雨水利用による環境改善効果                       | 78  |
| 6.1 ベトナムの降雨事情                           | 78  |
| 6.2 雨水利用の概要                             | 78  |
| 6.2.1 雨水利用の効果                           | 79  |
| 6.2.2 流出抑制施設                            | 79  |
| 6.3 都市洪水緩和のメカニズム                        | 81  |
| 6.3.1 都市化による雨水の排出経路の変化                  | 81  |
| 6.3.2 雨水流出抑制                            | 83  |
| 6.4 雨水利用技術と効果検証手法                       | 83  |
| 6.4.1 雨水集水                              | 83  |
| 6.4.2 雨水集水量の計算                          | 84  |
| 6.4.3 システム例                             | 85  |
| 6.5 雨水利用の計算                             | 88  |
| 6.5.1 年間降雨量を用いた計算                       | 88  |
| 6.5.2 日ごとの降水量データを用いた計算                  | 89  |
| 6.5.3 簡易計算による利用率推定                      | 89  |
| 6.6 上水利用量の削減効果                          | 90  |
| 6.7 雨水利用計画上の留意事項                        | 90  |
| 6.8 雨水貯留の重要性と効果                         | 91  |
| 6.8.1 雨水貯留施設の例                          | 91  |
| 6.8.2 我が国の地方自治体における開発に伴う流出抑制施設の設置基準・指導  | 93  |
| 6.8.3 我が国における雨水利用・貯留推進補助制度策             | 94  |
| 第7章 ベトナムのモデル建物による雨水利用の効果検証              | 96  |
| 7.1 調査対象建物概要                            | 96  |
| 7.2 雨水利用量・節水効果の推定                       | 97  |
| 7.3 その他のケース分析                           | 98  |
| 7.4 ホーチミン市全体への波及効果                      | 101 |
| 第8章 雨水利用試験                              | 104 |
| 8.1 試験対象建物概要                            | 104 |
| 8.2 関係法規基準                              | 106 |
| 8.3 水質試験結果                              | 106 |
| 第9章 省エネ・節水機器普及を促進するためのファイナンススキームについての検討 | 108 |
| 9.1 ESCO とは                             | 108 |

|                                        |     |
|----------------------------------------|-----|
| 9.2 ベトナムにおける ESCO と阻害要因.....           | 111 |
| 9.2.1 ベトナムにおける ESCO.....               | 111 |
| 9.2.2 ESCO 普及のファイナンス面の障害.....          | 111 |
| 9.3 日本政府による支援 .....                    | 113 |
| 9.3.1 省エネルギー・再生可能エネルギー促進事業（JICA） ..... | 113 |
| 9.3.2 気候変動対策支援プログラム（JICA） .....        | 113 |
| 9.3.3 「一足飛び」型発展の実現に向けた資金支援（基金） .....   | 115 |
| 9.3.4 ADB 信託基金 .....                   | 116 |
| 9.4 節水機器のファイナンススキーム .....              | 117 |
| 9.4.1 節水機器の事業性 .....                   | 117 |
| 9.4.2 ESCO を利用した場合の事業性.....            | 119 |
| 付属資料 1：計測対象室の計測データ .....               | 127 |
| 付属資料 2：排出削減量計算ワークシート .....             | 139 |

## 図目次

|         |                                        |    |
|---------|----------------------------------------|----|
| 図 1.3-1 | 実施体制 .....                             | 10 |
| 図 2.4-1 | 道路の冠水 .....                            | 15 |
| 図 3.1-1 | プロジェクト体制図 .....                        | 16 |
| 図 3.1-2 | 年間スケジュール .....                         | 17 |
| 図 3.2-1 | ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴン外観.....           | 18 |
| 図 3.2-2 | ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴン位置.....           | 18 |
| 図 3.5-1 | 既存設備（便器及びシャワー） .....                   | 21 |
| 図 3.6-1 | 設備の更新スケジュール .....                      | 22 |
| 図 3.6-2 | 更新後の設備（便器及びシャワー） .....                 | 22 |
| 図 3.7-1 | 揚水ポンプ .....                            | 23 |
| 図 3.7-2 | 加圧ポンプ .....                            | 24 |
| 図 3.7-3 | 揚水ポンプ用クランプメーター .....                   | 24 |
| 図 3.7-4 | 加圧ポンプ用クランプメーター .....                   | 25 |
| 図 3.7-5 | ヒートポンプ .....                           | 25 |
| 図 4.1-1 | ホテル全体の水使用に関わる本プロジェクトの収支モデル.....        | 26 |
| 図 4.2-1 | 流量センサ設置概要 .....                        | 27 |
| 図 4.2-2 | データ収集概要 .....                          | 28 |
| 図 4.2-3 | 各部屋のカラン流速[左]とシャワー流速[右] .....           | 43 |
| 図 4.2-4 | 行動判別アルゴリズム .....                       | 47 |
| 図 4.3-1 | 給水設備概観 .....                           | 48 |
| 図 5.1-1 | 算定方法選択までのフローチャート .....                 | 63 |
| 図 5.2-1 | 給水・給湯モデル .....                         | 69 |
| 図 5.2-2 | CO2 削減ポテンシャルの 7 年間の積算量.....            | 74 |
| 図 5.2-3 | CO2 排出量の内訳.....                        | 74 |
| 図 5.2-4 | 水使用量の内訳 .....                          | 75 |
| 図 5.2-5 | 熱源別エネルギー効率の概要 .....                    | 76 |
| 図 5.2-6 | CO2 削減ポテンシャルの 7 年間の積算量（都市・給湯方式別） ..... | 77 |
| 図 6.1-1 | ハノイ・ホーチミンと東京の降水量 .....                 | 78 |
| 図 6.2-1 | 貯留・浸透設備の分類 .....                       | 80 |
| 図 6.3-1 | 都市化に伴う水循環の変化イメージ .....                 | 82 |
| 図 6.3-2 | 神田川の平常時と洪水時の状況 .....                   | 82 |
| 図 6.3-3 | 貯留施設の流出抑制概念 .....                      | 83 |
| 図 6.4-1 | 雨水利用システム例 .....                        | 86 |
| 図 6.4-2 | 施設の平面図 .....                           | 87 |

|         |                                     |     |
|---------|-------------------------------------|-----|
| 図 6.4-3 | 雨水利用施設の概念図 .....                    | 88  |
| 図 6.5-1 | 雨水貯留槽の水量バランスの概念図 .....              | 89  |
| 図 6.7-1 | 初期雨水排除型継手 .....                     | 91  |
| 図 6.8-1 | 集合住宅地への貯留例 .....                    | 92  |
| 図 7.1-1 | 屋上平面図 .....                         | 96  |
| 図 7.1-2 | 建物断面図 .....                         | 97  |
| 図 7.3-1 | 当該ホテルの航空写真 .....                    | 99  |
| 図 7.3-2 | ホテル航空写真および平面図 .....                 | 100 |
| 図 7.4-1 | ホーチミン市中心部（左）と東京都墨田区（右） .....        | 101 |
| 図 8.1-1 | 屋根平面図 .....                         | 104 |
| 図 8.1-2 | システム設置断面図 .....                     | 105 |
| 図 9.1-1 | ESCO の仕組み .....                     | 109 |
| 図 9.2-1 | ベトナム貸出金利の推移 .....                   | 112 |
| 図 9.2-2 | 省エネ設備にかかる経常コストのイメージ .....           | 113 |
| 図 9.3-1 | 低炭素技術普及のための基金 .....                 | 115 |
| 図 9.3-2 | ESCO 支援例：ツーステップローン .....            | 116 |
| 図 9.3-3 | “一足飛び”型発展の実現に向けた資金支援（ADB 拠出金） ..... | 117 |
| 図 9.4-1 | 顧客 ESCO キャッシュフロー（年度・累積） .....       | 121 |
| 図 9.4-2 | 顧客 ESCO キャッシュフロー（年度・累積） .....       | 123 |
| 図 9.4-3 | 顧客 ESCO キャッシュフロー（年度・累積） .....       | 124 |
| 図 9.4-4 | 顧客 ESCO キャッシュフロー（年度・累積） .....       | 126 |



## 表目次

|          |                                              |    |
|----------|----------------------------------------------|----|
| 表 2.2-1  | ベトナム主要都市の水道事業の概況 .....                       | 12 |
| 表 2.2-2  | ホーチミン市の水道料金 .....                            | 13 |
| 表 2.2-3  | ホーチミン市ホテルの水質検査結果 .....                       | 14 |
| 表 3.2-1  | ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴンの平均稼働率と平均宿泊者人数 .....    | 19 |
| 表 3.4-1  | ベースラインの統計値 .....                             | 20 |
| 表 3.7-1  | ホテル全体の水使用量及び客室での水使用割合 .....                  | 23 |
| 表 4.2-1  | 各機器のピーク、オフピーク間の有意差検定結果（1506、1507、1606） ..... | 30 |
| 表 4.2-2  | 各機器のピーク、オフピーク間の有意差検定結果（1607、1706、1707） ..... | 31 |
| 表 4.2-3  | 更新後の機器別統計値 .....                             | 32 |
| 表 4.2-4  | データベース出力例 .....                              | 33 |
| 表 4.2-5  | トイレ大洗浄、小洗浄の統計値 .....                         | 33 |
| 表 4.2-6  | トイレの流量、給水時間のモデル .....                        | 34 |
| 表 4.2-7  | 実測データ（1506 号室） .....                         | 38 |
| 表 4.2-8  | 係数一覧 .....                                   | 41 |
| 表 4.2-9  | 各部屋のカラン、シャワーの流速一覧 .....                      | 42 |
| 表 4.2-10 | トイレ更新後の統計値 .....                             | 46 |
| 表 4.2-11 | トイレ及びシャワーの統計値 .....                          | 47 |
| 表 4.3-1  | 揚水ポンプの消費電力量 .....                            | 49 |
| 表 4.3-2  | 揚水ポンプにおけるエネルギー消費量 .....                      | 50 |
| 表 4.3-3  | 日本の建物内配水方式のエネルギー効率 .....                     | 50 |
| 表 4.3-4  | 加圧ポンプにおける消費電力量 .....                         | 51 |
| 表 4.3-5  | 加圧ポンプの推定使用水量と電力使用量 .....                     | 51 |
| 表 4.4-1  | ヒートポンプの消費電力量 .....                           | 53 |
| 表 4.4-2  | 計測対象室における湯の使用割合 .....                        | 54 |
| 表 4.4-3  | 客室で使用される湯量の推定 .....                          | 54 |
| 表 4.4-4  | ベトナムにおける水温の平均値 .....                         | 55 |
| 表 5.1-1  | CO2 排出係数 .....                               | 56 |
| 表 5.1-2  | 一部屋あたりの削減量 .....                             | 60 |
| 表 5.1-3  | 既存の方法論一覧 .....                               | 61 |
| 表 5.1-4  | 排出削減効果のポテンシャル .....                          | 66 |
| 表 5.2-1  | デフォルト値の一覧 .....                              | 69 |
| 表 5.2-2  | 熱源の排出係数 .....                                | 70 |
| 表 5.2-3  | ベトナムの年間平均水温 .....                            | 70 |

|          |                                         |     |
|----------|-----------------------------------------|-----|
| 表 5.2-4  | 水使用量及び削減率のデフォルト値 .....                  | 70  |
| 表 5.2-5  | ワークシートの入力画面 .....                       | 71  |
| 表 5.2-6  | パラメーターの一覧 .....                         | 72  |
| 表 5.2-7  | 気候帯・熱源別の排出係数 .....                      | 73  |
| 表 5.2-8  | 熱源に使用される燃料の排出係数 .....                   | 73  |
| 表 5.2-9  | CO2 排出削減ポテンシャル .....                    | 73  |
| 表 5.2-10 | ホテル内給湯設備を考慮した CO2 排出削減ポテンシャル .....      | 76  |
| 表 6.2-1  | 雨水利用の項目と効果 .....                        | 79  |
| 表 6.2-2  | 雨水貯留施設の分類 .....                         | 80  |
| 表 6.4-1  | 雨水の回収場所とその特徴 .....                      | 84  |
| 表 6.4-2  | 工種別基礎流出係数標準値 .....                      | 84  |
| 表 6.4-3  | 施設諸元 .....                              | 87  |
| 表 6.6-1  | 雨水利用による水道料金軽減額 .....                    | 90  |
| 表 6.8-1  | 過去の大きな災害が出た台風・大雨 .....                  | 94  |
| 表 7.2-1  | 降雨量と集水量計算（テナントビル） .....                 | 98  |
| 表 7.3-1  | 降雨量と集水量計算（ルネサンスホテル） .....               | 101 |
| 表 7.4-1  | ホーチミン市行政単位一覧 .....                      | 103 |
| 表 8.3-1  | 雨水処理後水質検査結果 .....                       | 106 |
| 表 9.1-1  | ESCO の契約形態 .....                        | 110 |
| 表 9.3-1  | ベトナム向け気候変動対策支援プログラム .....               | 114 |
| 表 9.3-2  | 省エネ機器普及支援例（案） .....                     | 114 |
| 表 9.4-1  | ESCO 事業者の損益計算書（シャワー1 台当たり） .....        | 120 |
| 表 9.4-2  | 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり） ..... | 121 |
| 表 9.4-3  | 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり） ..... | 122 |
| 表 9.4-4  | 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり） ..... | 124 |
| 表 9.4-5  | 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり） ..... | 125 |
| 表 9.4-6  | 節水シャワーにおける支援別の採算性の改善 .....              | 126 |

# 第1章 事業の概要

## 1.1 事業目的

本事業は、節水による省 CO2 化の実現を主目的とし、水不足や水質汚染、漏水など、ベトナムが抱える水問題の是正に寄与すると共に、都市全体・国全体を網羅する大規模 JCM 化に向けた案件形成に努めることを目的とする。

## 1.2 事業概要

本事業では、節水機器導入検証および雨水利用浄化システム導入検証の二つの事業を実施し、加えて省エネ機器普及促進のためのファイナンスの検討を行う。

### <節水機器導入検証事業>

本事業の主協力企業である TOTO 株式会社（以下、TOTO という）は、これまで、便器、シャワーなどの設備機器の節水により、上下水道システムでのエネルギー削減、節湯による水の加温エネルギー削減を通して CO2 削減に貢献（節水機器の普及で 2020 年には、日本の CO2 排出の 1%に相当する量を削減）できることを、学術研究を通して明らかにしてきた。

これらの節水の環境効果定量化研究の進展により、国内クレジット事業において、便器、シャワーなどの水まわり設備機器の節水量を CO2 削減に換算する手法が「(平成 22 年) 節水型水まわり住宅設備の新設（方法論番号 43）」として承認されると共に、プログラム型削減事業：「グリーンチャレンジクラブ」の運営を開始するに至っている。これらの水と CO2 削減を関連づけ、クレジット事業にまで展開した例は世界的になく、建築給排水システムの国際学会（CIB）、水関係の英文学術論文誌（Water 誌）、英国節水推進機関主催学会（Waterwise conf.）より招聘を受け、発表、論文掲載するなど、日本発の節水クレジットの動向は、世界的に注目されている。

本事業は、ベトナムのホーチミン市において、ビルディングの中でも湯・水使用量が多いホテルを対象として、設備機器を節水化した場合のビル内給水ポンピングシステムの運転動力分析を行うと共に、ポンプの仕様などを節水化対応することで実現できる省エネルギー効果の考え方を理論的に整理して、グローバルに展開できるビルディング対象の節水クレジット方法論を構築するものである。

そのために、以下のごとく、ホテル一棟を使って水供給システムの節水対応最適化に関するデータ取りを行った。このような試験例は、国内外とも先例がなく、今後の節水クレジット事業を実行に移すうえで極めて有効な知見となる。

### 《事業実施内容》

- ・試験対象：ホーチミン市内ホテル
- ・水消費削減：日本の最先端の節水技術を搭載した節水型シャワー・節水型便器を客室に

設置し、実際の水消費モード下での節水を図る。水消費モードは、計測装置を設置し、水消費の時間変化を計測、モデル化する。シャワーにおいては、給湯エネルギーの削減効果もモデル化する。また、水供給ポンピングシステムにおける水供給時エネルギー原単位の設定について検討する。

- ・ **MRV 方法論**のデフォルト値設定：客室での計測データを解析し、節水型シャワー・節水型便器の使用モデルを構築し、**MRV 方法論**における **CO2 削減量試算**のデフォルト値を設定する。

#### ＜雨水利用浄化システム導入検証事業＞

こうした節水機器および省エネ機器の普及効果の検証に加え、節水および都市浸水対策に寄与する我が国の技術を検証し、雨水再利用制度の構築の有効性を提言する。

我が国では、急激な市街化に伴い、河道などの整備による浸水被害防止のため、雨水調整池などの雨水流出抑制施設設置を義務付けた例がある。横浜市では、平成 15 年 6 月に特定都市河川浸水被害対策法が施行され、以降の浸水被害が劇的に減少している。

また、同市では、良好な水環境を形成するために、雨水貯留タンク設置に対し、雨水貯留タンク設置助成金を交付し、水循環の再生を強化し、雨水浸透機能の向上を図っている。雨水タンクの水は、草花への水やりによる節水効果だけではなく、火災や震災などが発生して断水したときの非常用水としての利用も期待される。

本調査では、既にベトナムで水浄化装置の導入実績を有する日本企業の協力のもと、ホーチミン市の上水の品質確認を行い、同社が有する技術による改善状況を検証する。また、現地カウンターパートであるホーチミン市省エネルギーセンター（以下、ECC-HCMC という）の協力のもと、雨水再利用に関する実験を行い、現実的な雨水利用に関する提言をまとめる。

本報告書では、第 2 章でホーチミン市の水事情に触れた後、第 3 章から第 5 章にかけて節水機器導入検証事業について述べ、第 6 章から第 8 章において雨水利用浄化システム導入検証事業について記す。最後の第 9 章において、省エネによる金銭的メリットを顕在化させるスキームである ESCO や日本政府による財政支援のアイデアを中心に、省エネ・節水機器普及を促進するための省エネ促進のために考えられるファイナンス手法の検討を行う。

### 1.3 事業実施体制

図 1.3-1 に本事業の実施体制を示す。

三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券（以下、MUMSS という）は、本調査事業の受託者として全体監理および節水事業・雨水利用事業に関する事項の取り纏めを、三和情報通信ネットワークおよび ECC-HCMC の協力を得て行う。TOTO は、外注先として、節水型機器

の導入効果の検証を担当する。

また、MUMSS は、事業実施に効果的なファイナンススキームについての検討も行う。

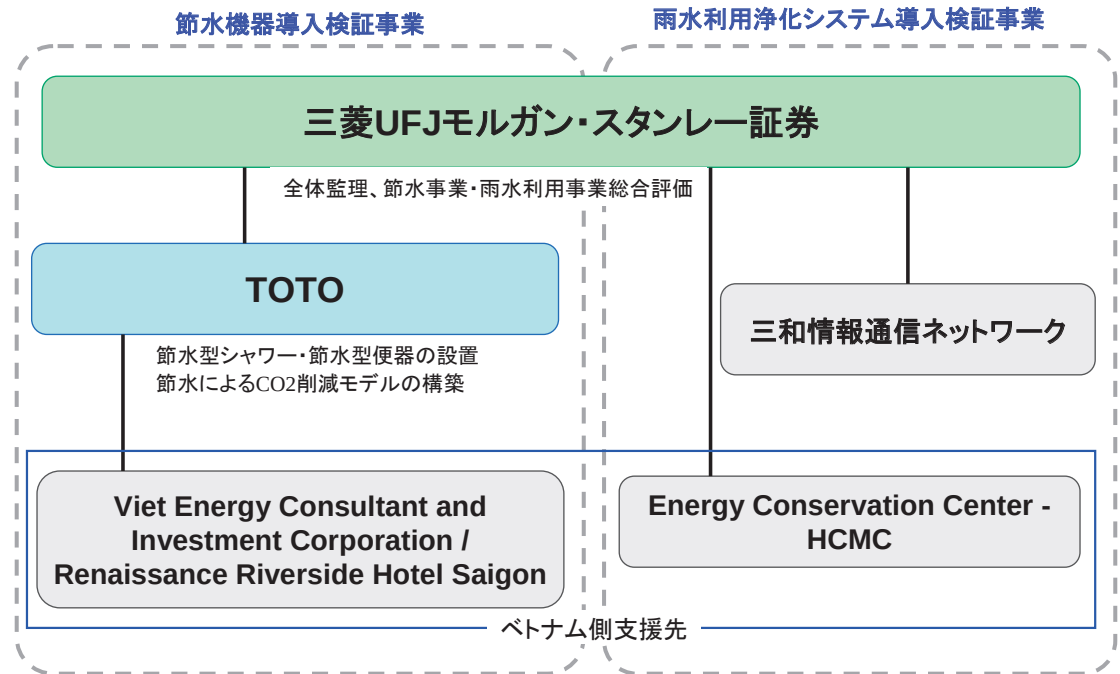


図 1.3-1 実施体制

## 第2章 ベトナム・ホーチミン市の水事情

### 2.1 ホーチミン市の概況

ベトナム南部に位置するホーチミン市は、市街区の人口だけで 6 百万以上あり、郊外県も含めると 7 百万人を超える同国最大の都市である。市街区は 19 の区で構成され、その合計面積は約 500 平方キロである。熱帯気候に位置し、平均気温は 28 度、季節は雨期（5 月～11 月）と乾季（12 月～4 月）の二つに分かれる。

ベトナムのGDPの約 2 割を占めるホーチミン市は同国最大の商業都市であり、2013 年には一人当たりGDPが 4,500 ドルを超えた<sup>1</sup>、これはベトナム平均の 1,960 ドルを大きく上回るものである。日系企業も多数進出しており、ホーチミン日本商工会は 560 社の会員を有する（2012 年 4 月）。

サイゴン川の河口近くに位置するホーチミン市の平均海拔は 19mであり、後述するように毎年洪水の被害にあっている。洪水に対して脆弱な都市に関する 2013 年の世銀/OECDレポートによれば、都市GDP額に対する損害額の割合で測った場合、ホーチミン市は世界で第 4 番目に脆弱な都市とされている<sup>2</sup>。2013 年にホーチミンを襲った洪水では市内で 1mの浸水が発生し、洪水被害額は毎年 5 兆ドン（約 250 億円）に達するとされており<sup>3</sup>、気候変動およびその影響による海面上昇や異常気象への対策は緊急の課題である。

以下、ベトナム・ホーチミン市における上水、下水などの現状について、主に厚生労働省による「平成 20 年度水道国際貢献推進調査業務報告書」をベースに述べる。

### 2.2 上水

#### 2.2.1 普及率

WHO/UNICEFのデータによると、2004年時点での全国の水供給設備（戸別給水、公共水栓、井戸、湧水、雨水を含む）の普及率は85%である。都市部は99%とほぼ普及状況にあり、農村部に関しては80%と未だ20%の住宅が水供給の問題を抱えているものの、上水道に関して国連ミレニアム開発目標は既に達成していると言える。

ベトナムの水道セクターに係る国家開発方針は、経済成長の中心地として都市部の開発を進めることであり、2020 年までに無収水（配水管からの漏水や違法な使用による盗水など）を削減しながら都市部の水道普及率を 100%にすることである。表 2.1-1 にベトナムの主要都市の水道事業の概要を示す。

課題としては、ベトナムの都市部の水道普及率は 70%程度にまで向上しているが、近年、

<sup>1</sup> [http://news.xinhuanet.com/english/business/2013-12/24/c\\_132993011.htm](http://news.xinhuanet.com/english/business/2013-12/24/c_132993011.htm)

<sup>2</sup> <http://www.worldbank.org/en/news/feature/2013/08/19/coastal-cities-at-highest-risk-floods>

<sup>3</sup> <http://www.dtinews.vn/en/news/021/32320/hcm-city--flood-tide-hits-record-level.html>



農村部の人口増加など都市化が進んでおり、施設整備のための資金需要は依然として高いという。建設省への聞き取り調査によれば、地方自治体は、施設整備の事業資金を中央政府予算に依存している状態であり、地方において施設整備が進まない状況にあるとのことである。

表 2.2-1 ベトナム主要都市の水道事業の概況

| 指標                                  | ハノイ       | ホーチミン     | フエ        | ハイフォン   | 国全体                  |
|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|---------|----------------------|
| 事業運営                                | 公社*       | 公社        | 公社        | 公社      |                      |
| 水源                                  | 地下水       | 河川<br>地下水 | 河川        | 河川      | -                    |
| 給水地域人口                              | 3,007,000 | 5,630,192 | 1,118,612 | 829,000 | 約 83 百万人<br>(2004 年) |
| 水道普及率                               | 70.0      | 63.0      | 37.0      | 44.3    |                      |
| 給水件数                                | 257,915   | 393,269   | 45,467    | 165,000 | -                    |
| 連続した給水を受けられる割合(%)                   | 80.0      | 100.0     | 100.0     | 20      |                      |
| 生産浄水量／配水量<br>(百万 m <sup>3</sup> /年) | 139.51    | 344.77    | 20.25     | 36      | -                    |
| 一人当たり使用水量<br>(liters/day)           | 71.2      | 119.6     | 80.1      | -       | -                    |
| 無収水 (%)                             | 44.0      | 39.0      | 21.0      | 22      | 36.8                 |
| 1000 件当たりの職員数                       | 6.03      | 4.63      | 10.71     | 5       | 12                   |
| 料金収入<br>(百万 US ドル/年)                | 10.711    | 39.533    | 3.257     | 0.009** | -                    |
| 運転経費<br>(百万 US ドル/年)                | 10.111    | 26.346    | 3.257     | -       | -                    |
| 水道料金 (ドル/20 m <sup>3</sup> /月)      | 2.43      | 3.93      | 2.85      | -       | -                    |
| 独立監督機関の有無                           | なし        | なし        | なし        | なし      | -                    |

\* 社は SOE = state owned enterprise の和訳  
 \*\* 誤記の可能性があるが、出典資料に記された数値  
 出典) Country Paper - Asian Water Development Outlook, ADB

## 2.2.2 水道料金

2008 年の上水道の全国平均料金は約 3,500 ドン/m<sup>3</sup> (20 円/m<sup>3</sup>) となっており、上水事業コストの 4 分の 3 を賄う水準であり、料金収入では採算が取れない状況であり、税金が投入されているという課題を持つ。2008 年、金融危機の影響から水道料金の引き上げを政府が禁じた一方、政府方針では、適正な料金設定を推進し、事業収支を改善することを求めている。水道料金は徐々に値上げされている。

ホーチミン市では、市人民委員会の決定に基づき、2010 年から 4 年連続で値上げが行われており、直近では 2013 年 1 月に約 10% の値上げとなり、現行では次の料金体系となっている。

表 2.2-2 ホーチミン市の水道料金

|          | 水道料金 (VND/m3)<br>(税前) | 水道料金 (VND/m3)<br>(VAT5%、環境保存費 10%込) |
|----------|-----------------------|-------------------------------------|
| 業務用      |                       |                                     |
| 製造業      | 9,600/m3              | 11,040/m3                           |
| 経営・サービス業 | 16,900/m3             | 19,435/m3                           |
| 一般用      |                       |                                     |
| 4m3 まで   | 5,300                 | 6,095/m3                            |
| 4m3～6m3  | 10,200                | 11,730/m3                           |
| 6m3～     | 11,400                | 13,110/m3                           |

出所：JETRO ホームページ

サイゴン水道総公社（SAWACO）によると、水道システム投資には 2025 年までに 25 億ドルの投資が必要となるが、国家予算および自己資金だけでは不足があり、投資計画は期待通りに進捗していないとのことである。報道によると、現在、月間使用量が 5,300 ドンとなっている最低料金は、1 立方メートルあたり 8,000 ドンに引き上げる必要があるとしている<sup>4</sup>。

### 2.2.3 水質基準、水質管理

飲料水水質基準については、都市部に対しては、WHO 基準に適合した保健省水質基準を適用しており、日量 500m<sup>3</sup> 以下の農村に対しては都市部よりも少ない検査項目によって水質管理を行っている。

しかし、こうした基準は浄水施設における管理基準であり、ハノイ、ホーチミンなどの都市部においても、給水の水質は必ずしも良好だとは言えない。建設省へのヒアリング調査によれば、こうした水質悪化の原因は、浄水施設ではなく配水管網の問題であるとの認識であった。

また、無収水の割合も高く、水質改善や事業収支の改善のためにも配水管網への投資が不可欠であると考えられている。

表 2.1-3 は、ホーチミン市のあるホテルの水質検査結果を示すが、色度は基準値に近い値を示しているが、他の項目は比較的良好な結果となっている。現地事業者の話では、こうした例は中央繁華街のごく一部の現象であるという。

<sup>4</sup> ベトジョー ベトナムニュース「サイゴン水道総公社、ホーチミン市の水道料金引上げを計画」  
(<http://www.viet-jo.com/news/life/130810011443.html>)



表 2.2-3 ホーチミン市ホテルの水質検査結果

| No | 項目                            | UNIT(単位)  | LIMIT(飲料水基準) | IN (処理前)           |
|----|-------------------------------|-----------|--------------|--------------------|
| 1  | Turbidity(濁り)                 | NTU       | <2.0         | 7                  |
| 2  | Color(色度)                     | TCU       | <15          | 12                 |
| 3  | pH                            |           | 6.5 ~ 8.5    | 7.24               |
| 4  | Odour & taste(味・匂い)           |           | unusual      | unusual            |
| 5  | 酸化度                           | mg/L      | <2.0         | 1                  |
| 6  | Amoni(NH4+) (アンモニア)           | mg/L      | <3.0         | 0.56               |
| 7  | Nitrit(NO2-)(一酸化窒素)           | mg/L      | <3.0         | Non-detect(<0.003) |
| 8  | Nitrat(NO3-)(硝酸塩)             | mg/L      | <50.0        | 0.49               |
| 9  | Hardness (硬度)                 | mg/L      | <300         | 36                 |
| 10 | Mangan(Total Mn)(総マンガン)       | mg/L      | <0.30        | 0.023              |
| 11 | TotalIron (総鉄)                | mg/L      | <0.30        | 0.199              |
| 12 | Sunphat(SO4--)(硫酸塩)           | mg/L      | <250         | 7                  |
| 13 | Clorua(Chloride-Cl-)(塩素化合物)   | mg/L      | <250         | 7                  |
| 1  | Coliforms                     | Cfu/250ml | 無し           | Non-detect (<1)    |
| 2  | E.coli(大腸菌群)                  | Cfu/250ml | 無し           | Non-detect (<1)    |
| 3  | (Fecal streptococci)連鎖状球菌     | Cfu/250ml | 無し           | Non-detect         |
| 4  | Pseudomonasaeruginosa 緑膿菌     | Cfu/250ml | 無し           | Non-detect         |
| 5  | Clostridium Botulinum(ボツリヌス菌) | Cfu/50ml  | 無し           | Non-detect         |

## 2.3 下水

ベトナム最大の都市であるホーチミン市は、人口 611 万人（2006 年）、住民登録を行っていない流入人口を加えると 700 万人を超え、さらに年間 20 万人ずつ増加していると言われており、急速な都市化と工業化に伴い、未処理の家庭排水および工場排水の流入による河川や水路の水質汚濁が深刻化している。ホーチミン市の合流式排水施設は、1870 年代にフランスにより建設され、1975 年までにかけて米国などによって改修が行われているが、当初の設計人口は 150 万人を想定しており、処理能力は大幅に不足している。また、雨季には満ち潮と降雨が重なると市街地が冠水し、人的・物的被害を引き起こすと同時に、汚水の流出により、市民の健康や生活に悪影響を与えている。<sup>5</sup>

## 2.4 洪水対策

ベトナムの都市部では、雨季の激しい降雨により、道路の冠水などの洪水被害が頻繁に起こっている（図 2.3-1 参照）。

ホーチミン市洪水防止管理センターは、2012 年に市内で 13 件の浸水対策工事を実施し、浸水頻発エリア 10 カ所の解消を目指すとのことである。投資総額は 1 兆 7,430 億ドン(8,366

<sup>5</sup> JICA、「ホーチミン市下水管理能力開発プロジェクト」(<http://www.jica.go.jp/project/vietnam/005/>)

万米ドル、約 64 億円) にのぼる。同センターが、ホーチミン市人民委員会に提出した報告によると、同年に浸水対策を行うのは、アンズオンブオン通り (6 区)、ハウザン通り (同)、ファンアイン通り (同)、ラインビンタン通り (11 区)、ウンバンキエム通り (ビンタイン区) などの 10 カ所である。

同市には、このほか雨や大潮で頻繁に浸水する場所が 21 カ所ある。これらは、運河の流れが妨げられていることや、新たに開発される居住区や幹線道路で排水システムが整備されていないことが原因とされる。

同市人民委員会は、2013 年に全 21 カ所の浸水対策を実施するため、必要な手続きを進めている。2015 年までに浸水地点を解消するとともに、新たな浸水地点を発生させないことを目指している。<sup>6</sup>



出所：Poste<sup>7</sup>

図 2.4-1 道路の冠水

また、ホーチミン市では、地盤沈下が進んでおり、1996～2010 年の調査資料から、ホーチミン市の地盤沈下は広い地域に带状に広がっているという。沈下帯はビンチャン県からビンタン区、8 区、7 区、9 区、トゥドゥック区、12 区と広がり、これらの地域の沈下は他地域より極めて速い。

こうした地盤沈下の原因の一つが、水道施設の未整備による地下水汲み上げであるとされている。さらに、潮位の上昇などもあり、地盤沈下とあわせて、洪水のリスクが増大している。

本事業で推進する節水機器の普及や雨水利用、雨水貯留などの施策は、ベトナムの深刻な社会問題である水問題の解決に資するものである。

<sup>6</sup> NNA.ASIA 「HCM 市、浸水地点 10 カ所の解消に 8 千万ドル [経済]」 2012 年 1 月 5 日 (木曜日)  
(<http://news.nna.jp.edgesuite.net/free/news/20120105icn007A.html>)

<sup>7</sup> Poste (<http://www.poste-vn.com/vietnamesediary/2012/11/17.html>)

## 第3章 節水機器導入実証試験の概要

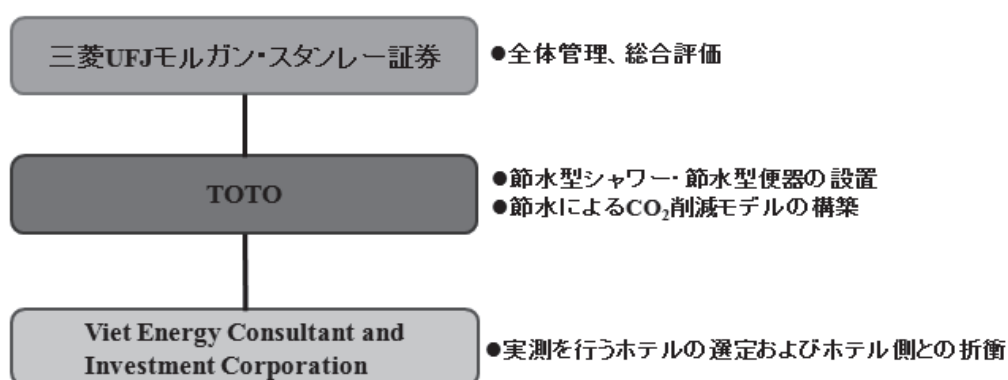
### 3.1 計画概要

三菱UFJモルガン・スタンレー証券及びTOTOは、経済産業省「平成24年度地球温暖化対策技術普及等推進事業」を通じ、節水クレジットの実現可能性を検証し、ベトナムの戸建て住宅では、水インフラの不全で給水水圧が低く、削減効果が限定的となるものの、近い将来の節水機器普及によるクレジットは、十分に創出可能性があると判断された。また、ホテル、集合住宅等の大型建物（以下、ビルディングという）では、上水は一旦給水タンクに貯留して供給されるため、上水道漏水による低水圧給水の影響は受けず、現状でも大きな節水量、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャルが見込めることが、予備調査で確認されている。

また、ビルディングで節水事業を実施すると、これまでクレジット方法論で見込んでいた上下水道システムのエネルギー削減効果だけでなく、建物内給水システムの省エネ効果も見込めることが想定されたが、クレジット方法論に当該効果を折り込むための知見は十分には整備されていない。なお、既往論文の分析から、建物内給水エネルギー消費分を見込むことで、国内クレジット方法論の水由来CO<sub>2</sub>排出係数に対し1.5～2倍の削減ポテンシャル増加が期待できる<sup>8</sup>。

そこで、本実証実験により、上下水道システムのみでなく建物内給水システムのエネルギー削減効果を見込んだホテル版節水クレジット方法論を構築し、大規模JCM案件形成の事業性を検討した。

本プロジェクトでは、ベトナムのホテルに節水機器を導入し、その節水の効果を各種計測（水、湯量の測定、水使用に関わるポンプ、熱源等）により定量化し、水、CO<sub>2</sub>削減効果を推定することにある。図3.1-1に本プロジェクトの体制を示す。



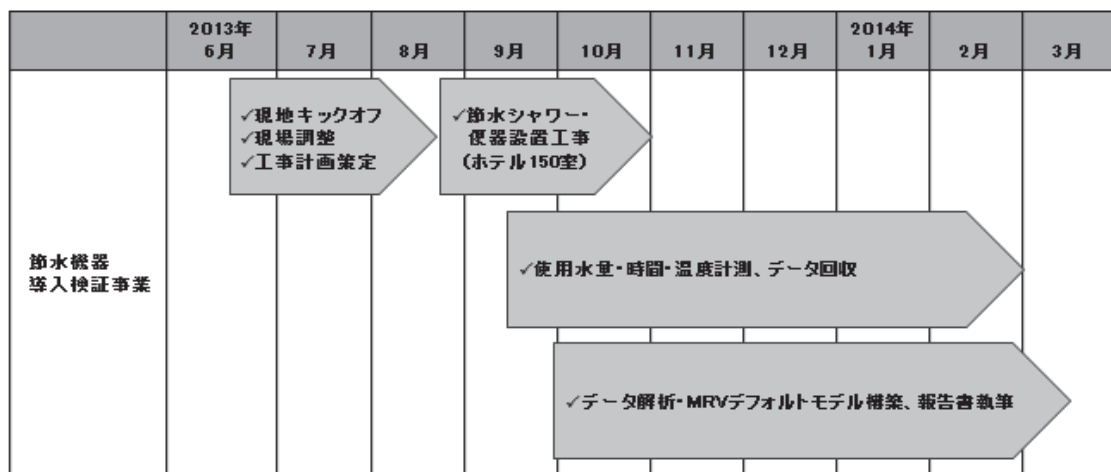
出所：調査団作成

図 3.1-1 プロジェクト体制図

<sup>8</sup> Yasutoshi Shimizu et al(2013) : CO<sub>2</sub> emission factor for rainwater and reclaimed water used in buildings in Japan, Water, ,5,394-404

## 計画の概要

- ・ 導入対象 : ホテル 1 棟
- ・ 対象客室数 : 150 室
- ・ 水消費削減 : 日本の最先端の節水技術を搭載した節水型シャワー・節水型便器を客室に設置し、実際の水消費モード下での節水を図る。水消費モードは、計測装置を設置し、水消費の時間変化を計測、モデル化する。シャワーにおいては、給湯エネルギーの削減効果もモデル化する。また、水供給ポンピングシステムにおける水供給時エネルギー原単位の設定について検討する。
- ・ MRV 方法論のデフォルト値設定 : 客室での計測データを解析し、節水型シャワー・節水型便器の使用モデルを構築し、MRV 方法論における CO2 削減量試算のデフォルト値を設定する。以上を図 3.1-2 のようなスケジュールで進行した。
- ・



出所：調査団作成

図 3.1-2 年間スケジュール

## 3.2 ホテルの概要

- ホテル名 : ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴン (図 3.2-1)  
(Renaissance Riverside Hotel Saigon)
- 所在地 : 8-15 Ton Duc Thang Street, District.1, Ho Chi Minh City
- ホテルランク : ☆☆☆☆☆
- 総客室数 : 336 室
- 建物構造 : 地上 21 階・地下 2 階
- 開業 : 1998 年
- 保有施設 : 客室・レストラン・喫茶・バーラウンジ・フィットネスクラブ・ビジネスセンター・屋外プール



出所：調査団作成

図 3.2-1 ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴン外観

対象ホテルであるルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴンはサイゴン川に隣接したホーチミン市の中心部に位置しているマリオット系列のホテルである。ビジネス街とエンターテイメント地区に近接しているため、宿泊客はビジネス・観光、両用途で構成される（図 3.2-2）。



出所：Google

図 3.2-2 ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴン位置



2012 年及び 2013 年の客室稼働率に関して表 3.2-1 に示す。平均で 69.4 %となっており、2012 年のマリオット系列ホテルの平均稼働率実績 73%と極めて近い実績で推移している。また、一部屋辺りの平均宿泊者人数は 1.44 人（表 3.2-1）となっている。

表 3.2-1 ルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴンの平均稼働率と平均宿泊者人数

|                       |                       | Jan    | Feb    | Mar    | Apr    | May   | Jun   | Jul   | Aug    | Sep   | Oct    | Nov    | Dec    | 合計      | 平均    |
|-----------------------|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|-------|
| 2012                  | 1ヶ月あたりの稼働室数(室)        | 6,801  | 8,174  | 8,384  | 7,077  | 6,230 | 6,619 | 6,531 | 6,885  | 6,661 | 7,254  | 8,450  | 7,106  | 86,172  | 7,181 |
|                       | 稼働率 (%)               | 65.29  | 83.89  | 80.49  | 70.21  | 59.81 | 65.66 | 62.70 | 66.10  | 66.08 | 69.64  | 83.83  | 68.22  |         | 70.16 |
|                       | 宿泊者人数                 | 10,805 | 11,428 | 11,777 | 10,392 | 8,456 | 9,498 | 9,855 | 10,610 | 9,924 | 10,083 | 11,930 | 10,785 | 125,543 |       |
|                       | 平均宿泊者人数 (Person/Room) | 1.59   | 1.40   | 1.40   | 1.47   | 1.36  | 1.43  | 1.51  | 1.54   | 1.49  | 1.39   | 1.41   | 1.52   | -       | 1.46  |
| 2013                  | 1ヶ月あたりの稼働室数(室)        | 8,357  | 6,237  | 8,394  | 7,158  | 6,105 | 5,988 | 6,701 | 6,129  | 6,330 | 7,081  | 8,591  |        | 77,071  | 7,006 |
|                       | 稼働率 (%)               | 80.23  | 64.01  | 80.59  | 71.01  | 58.61 | 59.40 | 64.33 | 58.84  | 62.80 | 67.98  | 85.23  |        |         | 68.46 |
|                       | 宿泊者人数                 | 12,566 | 9,896  | 11,876 | 9,889  | 8,383 | 8,048 | 9,466 | 9,355  | 8,937 | 9,843  | 11,255 |        | 109,514 | 9,956 |
|                       | 平均宿泊者人数 (Person/Room) | 1.50   | 1.59   | 1.41   | 1.38   | 1.37  | 1.34  | 1.41  | 1.53   | 1.41  | 1.39   | 1.31   |        | -       | 1.42  |
| 平均稼働率 (%)             |                       | 69.35  |        |        |        |       |       |       |        |       |        |        |        |         |       |
| 平均宿泊者人数 (Person/Room) |                       | 1.44   |        |        |        |       |       |       |        |       |        |        |        |         |       |

出所：調査団作成

### 3.3 ベースライン水使用量、エネルギー消費分析（収支モデル）

本プロジェクトの目的は、節水機器のもたらす節水効果を定量化し、それに由来するCO2排出量を算定することであり、この目的自体は「平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業」においても達成されている<sup>9</sup>。しかしながら、ホテルにおける水まわり機器という産業財においては、その使用モデルの特殊性を鑑みる必要がある。

ホテルにおける湯・水使用量に関しては、日本国内のシティホテルを対象とした研究例が存在する<sup>10</sup>。しかしながら、該研究は日本国内のホテルにおける研究であり、ベトナムという亜熱帯及び熱帯モンスーン気候に所在するホテルの立地条件、外国人観光客が多くを占めるといった使用者の属性を考えると、日本国内のモデルをそのまま使用することが妥当であるとは言い切れない。従って、本プロジェクトでは、ベトナムにおけるホテルの使用実態を、該ホテルにおける計測データから演繹的に類推し、ホテルにおける湯水の使用量、それに伴うエネルギー量を把握することを目的とした。

### 3.4 ベースライン水使用行為モデル（トイレ洗浄回数、シャワー流量、時間）

本プロジェクトでは、全 336 室のうち、150 室の便器及びシャワーを節水仕様のものへ更新を行った。更新前の性能のものは所謂ベースラインの性能値となる。各計測対象室のトイレ大小、シャワー、カランの流速について、試験者が規定の行動を行い、その際に流れた水量から計算を行った統計値について表 3.4-1 に示す。該ホテルではシ

<sup>9</sup> 経済産業省 平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業（ベトナム・節水型シャワー普及による水使用量削減に伴う省CO2化に関するBOCM事業立上げのための環境整備）

<sup>10</sup> 高田ら（2007）シティホテルにおける宿泊者の湯・水使用行為の解析 日本建築学会環境系論文集 611 pp.53 - 58

シャワー流速とカラン流速が等しく、シャワーに関してのパルス分離を行うことが不可能であり、実測値の提供は諦めざるを得なかった。ただし、表 3.4-1 から、シャワーの使用流量は 11.0 L/min、トイレは 10.5 L/Flush（大小切替なし）という性能値である。

ベースラインの計測に関しては、プロジェクト実施後のモデルを元に該流量を割り付けることにより算出することが妥当であると考えられた。すなわち、プロジェクト実施後の行為は計測により算出し、モデル化を行う。ベースラインの算出に関しては、使用行為（活動量）は変化しないという仮定の元で、ベースライン時の水、エネルギー使用量を逆算するということになる。使用行為に関するモデルに関しては、その計測アルゴリズムと共に 4.2.1 計測値に基づく水使用行為モデルの設定において詳細に述べる。

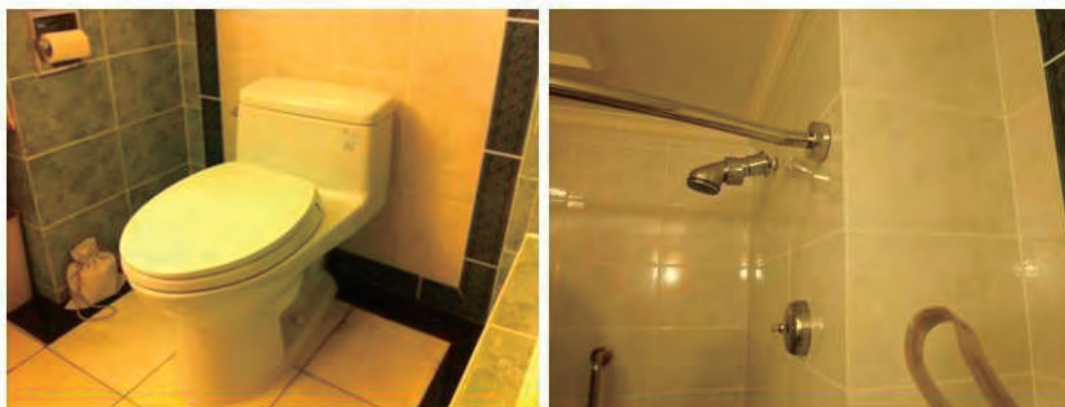
表 3.4-1 ベースラインの統計値

|      | カラン流量<br>(L/min) | シャワー流量<br>(L/min) | 便器              |                  |
|------|------------------|-------------------|-----------------|------------------|
|      |                  |                   | 瞬間流量<br>(L/min) | 総流量<br>(L/Flush) |
| 1506 | 10.0             | 10.4              | 4.6             | 11.6             |
|      | 9.2              | 9.9               | 4.6             | 11.6             |
|      | 9.7              | 10.0              | 4.6             | 11.6             |
|      | 9.5              | 9.9               | 4.6             | 11.6             |
|      | 8.5              | 9.1               | 4.2             | 9.4              |
|      | 9.2              | 8.6               | 4.7             | 12.1             |
| 1507 | 11.5             | 13.5              | 6.9             | 11.2             |
|      | 11.5             | 13.5              | 6.9             | 11.2             |
|      | 11.9             | 13.6              | 7.0             | 11.6             |
| 1606 | 14.2             | 11.9              | 3.3             | 10.7             |
|      | 14.8             | 11.6              | 4.4             | 11.0             |
|      | 11.5             | 9.5               | 3.8             | 10.7             |
|      | 11.3             | 9.6               | 3.7             | 10.5             |
| 1607 | 9.9              | 10.4              | 5.8             | 7.5              |
|      | 10.2             | 9.6               | 5.4             | 7.2              |
|      | 12.1             | 13.0              | 6.5             | 8.7              |
|      | 12.5             | 12.7              | 6.4             | 8.7              |
| 1706 | 10.8             | 11.8              | 8.5             | 11.1             |
|      | 11.1             | 11.6              | 8.4             | 10.9             |
|      | 11.0             | 11.4              | -               | -                |
|      | 10.6             | 10.8              | 8.2             | 11.0             |
| 平均値  | 11.0             | 11.0              | 5.6             | 10.5             |
| 標準偏差 | 1.57             | 1.55              | 1.62            | 1.42             |

出所：調査団作成

### 3.5 既存機器の概要（ベースライン性能）

該ホテルに於ける既存機器仕様は、便器 11 L/Flush 大小切替えなし（アメリカン スタンダード社製）、シャワーはオーバーヘッドシャワー（グローエ社製）であった（図 3.5-1）。



出所：調査団作成

図 3.5-1 既存設備（便器及びシャワー）

### 3.6 設置機器の概要（プロジェクト性能）

なお、既存機器は図 3.6-1 に示した工程にて更新が行われた。更新後の機器には、トイレは TOTO 社製 CST761DRS（大 4.8 L/Flush、小 3.0 L/Flush）、シャワーは TOTO 社製 エアインシャワー DB200CAF\_V1（最適流量値 6.5 L/min）であった（図 3.6-2）。



| R.No        | 5FL       | 6FL | 7FL | 8FL | 9FL | 10FL   | 11FL   | 12FL   | 14FL   | 15FL   | 16FL   | 17FL   | 18FL   | 19FL   | 20FL   | 21FL   |     |
|-------------|-----------|-----|-----|-----|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----|
| 1           |           |     |     |     |     |        | 7-Oct  | 16-Oct | 1-Oct  | 20-Sep | 20-Sep | 11-Oct |        | 15-Oct | 28-Sep | 7-Oct  |     |
| 2           |           |     |     |     |     |        |        |        | 2-Oct  | 30-Sep | 20-Sep | 30-Sep |        |        |        | 11-Oct |     |
| 3           |           |     |     |     |     |        |        |        | 27-Sep | 5-Oct  | 17-Sep |        |        |        | 27-Sep | 30-Sep |     |
| 4           |           |     |     |     |     |        |        |        | 30-Sep | 22-Sep | 30-Sep | 18-Sep |        |        | 4-Oct  | 30-Sep |     |
| 5           |           |     |     |     |     |        |        |        | 11-Oct | 22-Sep | 20-Sep | 10-Oct |        |        |        | 26-Sep |     |
| 6           |           |     |     |     |     |        |        |        | 1-Oct  | 17-Sep | 17-Sep | 21-Sep |        |        |        |        |     |
| 7           |           |     |     |     |     |        |        |        | 3-Oct  | 18-Sep | 17-Sep | 18-Sep |        |        | 28-Sep | 26-Sep |     |
| 8           |           |     |     |     |     |        |        |        | 15-Oct | 22-Sep | 5-Oct  | 3-Oct  | 11-Oct | 9-Oct  |        | 30-Sep |     |
| 9           |           |     |     |     |     |        |        |        | 27-Sep | 25-Sep | 27-Sep | 14-Oct | 15-Oct | 16-Oct |        |        |     |
| 10          |           |     |     |     |     |        |        |        | 2-Oct  | 2-Oct  | 7-Oct  | 26-Sep | 14-Oct | 12-Oct |        |        |     |
| 11          |           |     |     |     |     |        | 9-Oct  |        |        |        |        |        |        |        |        |        |     |
| 12          |           |     |     |     |     |        | 14-Oct |        | 27-Sep | 9-Oct  | 27-Sep | 14-Oct | 21-Sep | 12-Oct |        |        |     |
| 14          |           |     |     |     |     | 15-Oct |        | 20-Oct |        |        |        |        |        |        |        |        |     |
| 15          |           |     |     |     |     |        |        | 10-Oct |        |        |        | 14-Oct | 21-Sep | 9-Oct  |        |        |     |
| 16          |           |     |     |     |     |        |        |        | 3-Oct  |        | 3-Oct  | 5-Oct  | 21-Sep | 20-Sep |        |        |     |
| 17          |           |     |     |     |     |        |        |        | 7-Oct  | 12-Oct | 22-Sep | 29-Sep | 3-Oct  | 7-Oct  | 1-Oct  |        |     |
| 18          | Massage   |     |     |     |     |        |        |        | 30-Sep | 22-Sep | 3-Oct  | 19-Sep | 14-Oct | 4-Oct  | 25-Sep |        |     |
| 19          |           |     |     |     |     |        |        |        | 12-Oct | 10-Oct | 10-Oct | 3-Oct  | 29-Sep | 7-Oct  | 1-Oct  |        |     |
| 20          |           |     |     |     |     |        |        |        | 10-Oct | 5-Oct  | 5-Oct  | 5-Oct  | 29-Sep | 9-Oct  | 28-Sep |        |     |
| 21          |           |     |     |     |     |        |        |        | 25-Sep | 3-Oct  | 5-Oct  | 18-Sep | 3-Oct  | 4-Oct  | 1-Oct  |        |     |
| 22          |           |     |     |     |     |        |        |        | 4-Oct  | 19-Sep | 7-Oct  | 4-Oct  | 26-Sep | 2-Oct  | 23-Sep |        |     |
| 23          |           |     |     |     |     |        |        |        | 14-Oct | 23-Sep | 4-Oct  | 2-Oct  | 10-Oct | 2-Oct  | 3-Oct  |        |     |
| 24          |           |     |     |     |     |        |        |        | 1-Oct  | 19-Sep | 3-Oct  | 27-Sep | 10-Oct | 10-Oct | 28-Sep |        |     |
| 25          |           |     |     |     |     |        |        |        | 26-Sep | 19-Sep | 3-Oct  | 29-Sep | 26-Sep | 7-Oct  | 28-Sep |        |     |
| 26          | JV Office |     |     |     |     |        | 10-Oct | 9-Oct  | 4-Oct  | 27-Sep | 10-Oct | 11-Oct | 26-Sep | 2-Oct  | 3-Oct  |        |     |
| Total on fl | 19        | 25  | 25  | 25  | 25  | 25     | 25     | 21     | 22     | 21     | 22     | 23     | 16     | 17     | 18     | 7      | 336 |
|             |           |     |     |     |     | 1      | 4      | 3      | 22     | 21     | 22     | 23     | 16     | 17     | 14     | 7      | 150 |

出所：調査団作成

図 3.6-1 設備の更新スケジュール



出所：調査団作成

図 3.6-2 更新後の設備（便器及びシャワー）

### 3.7 節水・省エネ量の計測方法

#### 3.7.1 ホテル全体の水使用量の把握

総水量に関しては、ホテルの全使用水量、客室での水使用割合、水の価格に関して該ホテルより水道メーターを読み取る事によりデータの提供を頂いた。結果を表 3.7-1 に示す。

表 3.7-1 ホテル全体の水使用量及び客室での水使用割合

|                              | 2013.07     | 2013.08     | 2013.09     | 2013.1      | 2013.11     | 2013.12     |
|------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ホテル全体の水使用量 (m <sup>3</sup> ) | 9,467       | 9,219       | 9,026       | 8,734       | 9,809       | 9,918       |
| 客室での水使用割合 (%)                | 58.84       | 64.22       | 64.22       | 67.98       | 85.23       | 68.87       |
| 水単価 (VND/m <sup>3</sup> )    | 16,900      |             |             |             |             |             |
| 水使用料金 (VND)                  | 159,992,300 | 155,801,100 | 152,539,400 | 147,604,600 | 165,811,336 | 167,614,200 |
| 付加価値税 (5%)                   | 7,999,615   | 7,790,055   | 7,626,970   | 7,380,230   | 8,290,567   | 8,380,710   |
| 環境保護税 (10%)                  | 15,999,230  | 15,580,110  | 15,253,940  | 14,760,460  | 16,581,134  | 16,761,420  |
| 価格 (VND)                     | 183,991,145 | 179,171,265 | 175,420,310 | 169,745,290 | 190,683,036 | 192,756,330 |
| 価格 (¥)                       | 859,772     | 837,249     | 819,721     | 793,202     | 891,042     | 900,731     |

出所：調査団作成

#### 3.7.2 揚水ポンプ及び加圧ポンプの消費電力量の測定

該ホテルは、水道本管より、揚水ポンプ（図 3.7-1）により 21 階にある貯水槽へ配水され、位置エネルギーにより各フロアへ分配される。ただし、16 階以上は低水圧の為、加圧ポンプ（図 3.7-2）により増圧される。従って、16 階以上の居室に係わる電力量は他階と異なり、別途計算する必要があった。そこで、電力量に関しては、ホテル全体に係わる揚水ポンプ、16 階以上に用いられる加圧ポンプをクランプメーター (Panasonic KW1M シリーズ AKW1121) により測定した（図 3.7-3、図 3.7-4）。



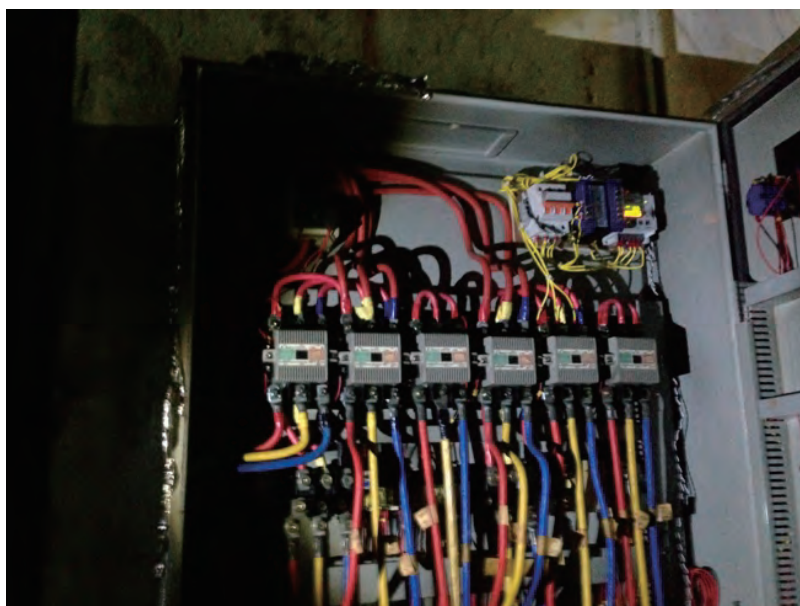
出所：調査団作成

図 3.7-1 揚水ポンプ



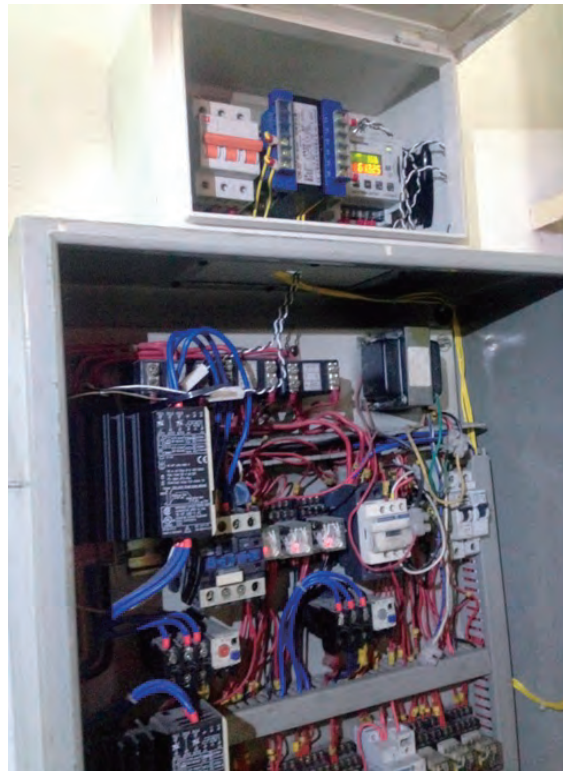
出所：調査団作成

図 3.7-2 加圧ポンプ



出所：調査団作成

図 3.7-3 揚水ポンプ用クランプメーター



出所：調査団作成

図 3.7-4 加圧ポンプ用クランプメーター

### 3.7.3 ヒートポンプの消費電力量の測定

該ホテルでは客室への給湯に関しては、3 台のヒートポンプが使用されており（図 3.7-5）、給湯エネルギーの計算に関しては、その計測が必要であった。他ポンプと同様に前述のクランプメーター（Panasonic KW1M シリーズ AKW1121）により測定した（計測期間は 12 月～1 月）。



出所：調査団作成

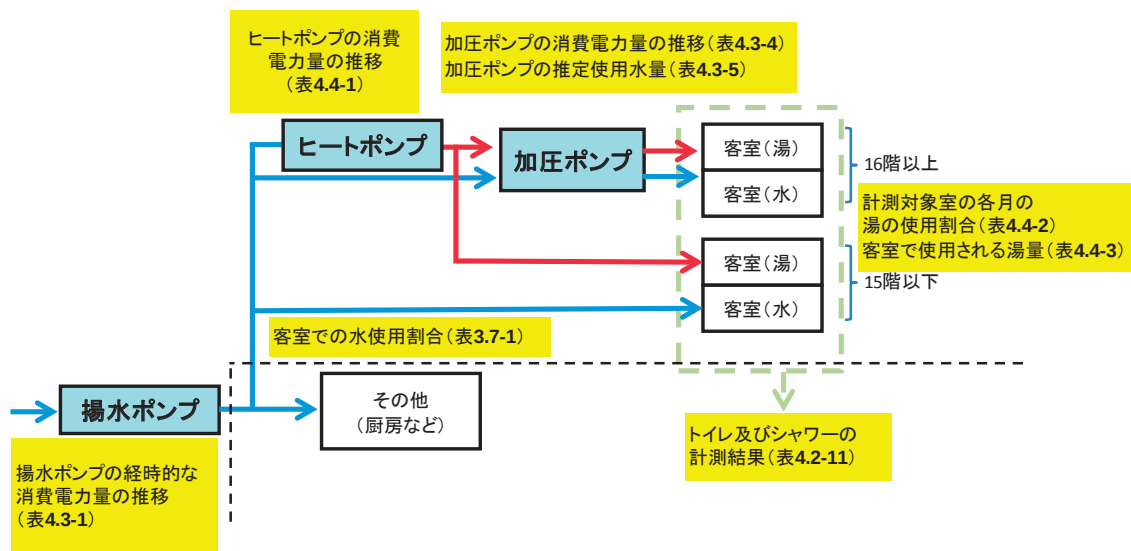
図 3.7-5 ヒートポンプ



## 第4章 節水機器導入実証試験の結果

#### 4.1 総水量、エネルギー量削減量（水道メーター値、電力量値）の収支モデルに基づく分析

水及び CO2 排出量の算出に必要なホテル全体の収支を図 4.1-1 に示す。



出所：調査団作成

図 4.1-1 ホテル全体の水使用に関わる本プロジェクトの収支モデル

該ホテルでは揚水ポンプでくみ上げられた水は階上の貯水タンクに貯められ、自由落下にて各設備に供給される。揚水ポンプに関わる消費電力量は計測により表 4.3-1 に示される。また、ホテルからの提供データにより（表 3.7-1）、居室で使用される水の量は把握可能である。給湯はヒートポンプにより行われ、その消費電力量は表 4.4-1 に示される。ただし、16 階以上の居室では加圧ポンプにより湯水の供給が行われる。その為、加圧ポンプの消費電力量も把握する必要がある（表 4.3-4）。居室での水使用量は計測対象となる 6 室において行われ、湯水の使用割合（表 4.4-2）から居室で使用される湯量が推定される（表 4.4-3）。また、計測対象室による測定データから、トイレ及びシャワーに使用された湯水の量が計算される。

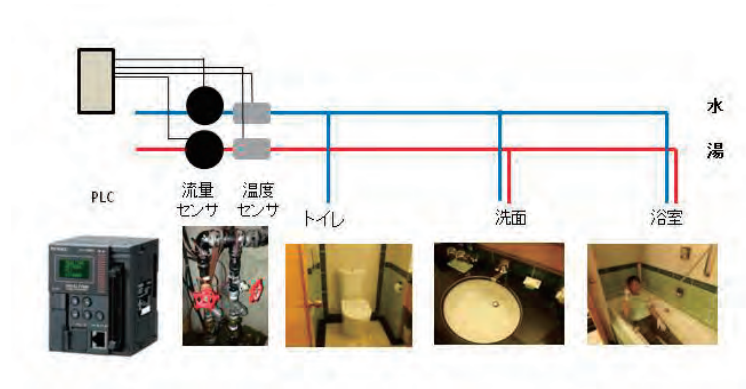
このように、建物全体の水使用量から客室における使用割合を鑑み、客室における水使用量が計算され、計測対象室のデータからトイレ、シャワーの使用実態（回数及び流量）が提出される。水使用に関わる CO2 排出量に関しては、揚水ポンプ、ヒートポンプ、加圧ポンプの消費電力量を算出することにより、該ホテルにおける水使用に伴うエネルギー消費量から提供できることになる。ただし、加圧ポンプが使用される居室は 16 階以上であること、ヒートポンプに由来する CO2 排出はシャワー使用時の昇温にのみ由来する係数となることに留意する必要がある。以上のコンセプトに従い、データ収集、解析を実施した。具体的な算定に関しては 4.2 節計測値に基づく分析以降に詳細を示す。

## 4.2 計測値に基づく分析

### 4.2.1 計測に基づく水使用行為モデルの設定

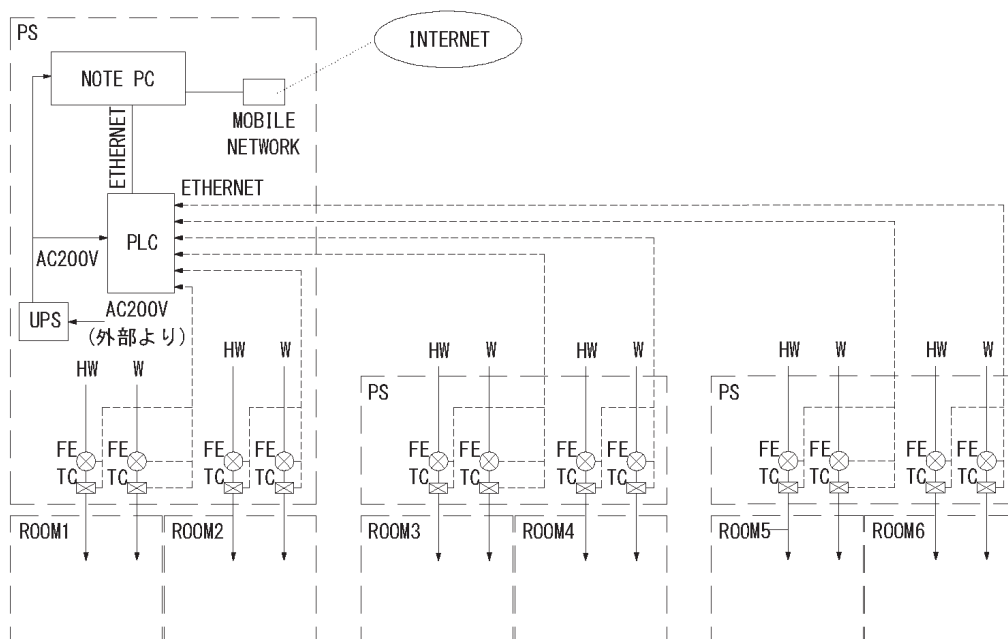
#### (1) 計測対象室の状況と解析

本プロジェクトでの節水機器が導入された場合の水使用量について、流量センサ、温度センサ、プログラマブルロジックコントローラ（以下 PLC）からなる測定系を作成した。通常、トイレ、浴室、洗面それぞれに流量センサを取り付け、得られたデータをそれぞれの器具事に使用された水量を解析することが合理的である。しかしながら、該ホテルにおいては、配管の切断とセンサの取り付けに関しホテル側の許可が得られなかった為、水、湯の配管でそれぞれ1本ずつからしかデータを得ることが出来ず、得られるのは客室全体で使用された湯水の経時的データとなった。本計測に関する概要を図 4.2-1、図 4.2-2 に示す。



出所：調査団作成

図 4.2-1 流量センサ設置概要



出所：調査団作成

図 4.2-2 データ収集概要

なお、流量センサは東洋計器（U20II）、配管表面温度センサは山里産業 T 型熱伝対 Type I（T-102）、PLC は Keyence KV-5000 に温度入力用のアナログマルチ入力ユニット KV-TP40 を用いシステムを構築した。データは PLC が Ethernet で接続されるデータ保存用 PC に蓄積され、任意の PC よりインターネット経由で、PC に保存されたデータにアクセスした。

本解析では各機器（洗面、トイレ、浴室）について、後述の水使用行為モデルを設定し、そのモデルに従い、湯水使用の特性（流速、使用量、時間）から行動を特定、割付を行うという手法を用いた。

該ホテルでは 150 部屋に対する機器の更新が行われた。150 室が 1 ヶ月稼動した場合、150 部屋・日という単位が母集団となる。本計測においては、うち 6 室を計測対象（標本集団）とした。このサンプリングの考え方が妥当であるという検証を行う必要がある。国内クレジット方法論では「サンプリング手法を適用する場合」の委員会規定が整備されている<sup>11</sup>。

該規定ではサンプル数は次式で評価できるとされている。

$$n \geq \frac{N}{\left(\frac{CI}{2k}\right)^2 \frac{N-1}{s^2}}$$

#### 数式 4-1

<sup>11</sup> [http://jcdm.jp/committee/data/haifu\\_19/08.pdf](http://jcdm.jp/committee/data/haifu_19/08.pdf)

ここで、n: サンプル数

N:母数

k:正規分布の棄却限域（90%信頼区間の場合、1.65）

CI:標本誤差（標本誤差±10%の場合、0.2）

s<sup>2</sup>:母集団又は階層の分散の推定値（平均値を1として規格化した分散）

母集団の分散は不明であり、保守的に母集団の分散が最大となる2項分布を採用すると数式4-1は

$$n \geq \frac{150}{\left(\frac{0.2}{2 \times 1.65}\right)^2 \frac{150-1}{0.5^2}}$$

$$n \geq 69$$

となる。

すなわち、1ヶ月のホテルの稼動を考えた場合、6室で合計69室・日以上計測対象部屋での宿泊があればサンプル数は問題がないと考えられる。6室が30日稼動した場合、180室・日であり、約38%の稼働率以上が確保されておけば本サンプリングは母集団を代表することができる。

各機器の水使用行為モデルの作成は被験者を集め、トイレ、浴室、洗面を使った各行動を各計測対象室において実施し、得られるデータの数量化を行った。データの変動要因としては、機器を使用する時間帯の使用水压の変化に由来する流量の誤差と各計測対象室固有の流速の誤差を鑑みる必要があった。

## (2) 信号の変動要因の把握と一般化

まず、計測対象室の時間帯による流量の依存性を検証した。ホテルでの水使用量は時間帯が変動要因となる。6～8時までと20～23時までには水の使用が集中し（ピーク）、それ以外の時間帯（オフピーク）よりも多量の水が消費される。したがって、各室のピーク、オフピーク時におけるシャワー使用時の流速、トイレの大、小洗浄の1回あたりの流量、タンクへの給水時間、また、計測対象とはならないがデータを分離する必要があるカラン使用時の流速を計測した。各計測対象室で得られたそれぞれのデータを等分散性の検定（F-検定）を行い、その結果に従い、t-検定によって、各機器使用時におけるピーク/オフピークの有意差検定を行った。結果を表4.2-1、表4.2-2に示す。

表4.2-1、表4.2-2に示されるように各部屋におけるカラン、シャワー使用時の流速、トイレ使用時における洗浄1回あたりの流量、タンクへの給水時間に有意差は認められなかった。したがって各機器の使用（シャワー、カラン流速、トイレ洗浄流量・給水時間）にお



いてピークとオフピークの時間依存性はないと判断できた。

表 4.2-1 各機器のピーク、オフピーク間の有意差検定結果 (1506、1507、1606)

| 部屋番号 | 時間帯   | カラン流速<br>(L/min) | エアイン<br>(L/min) | 洗面流速<br>(L/min) | トイレ大        |               | トイレ小        |               |
|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
|      |       |                  |                 |                 | 流量/回<br>(L) | 給水時間<br>(Sec) | 流量/回<br>(L) | 給水時間<br>(Sec) |
| 1506 | オフピーク | 9.38             | 6.03            | 9.68            | 4.53        | 32            | 2.49        | 20            |
|      |       | 9.69             | 5.89            | 10.02           | 4.56        | 32            | 2.84        | 22            |
|      |       | 9.70             | 6.02            | 9.93            | 4.51        | 30            | 2.83        | 20            |
|      | 10.12 | 5.78             | 9.93            | 4.54            | 32          | 2.80          | 20          |               |
|      | 8.34  | 5.57             | 9.93            | 4.45            | 30          | 2.78          | 20          |               |
|      | 9.62  | 5.87             | 9.72            | 4.53            | 32          | 2.80          | 20          |               |
|      | 9.60  | 6.04             | 9.82            | 4.49            | 32          | 2.77          | 22          |               |
|      | 8.26  | 6.21             | 10.47           | 4.50            | 32          | 2.78          | 20          |               |
|      | F検定結果 | 0.11             | 0.23            | 0.67            | 0.71        | 0.73          | 0.001       | 0.46          |
|      | T検定結果 | 0.21             | 0.40            | 0.62            | 0.12        | 1.00          | 0.36        | 0.68          |
| 1507 | オフピーク | 16.85            | 7.26            | 8.76            | 5.25        | 32            | 3.10        | 18            |
|      |       | 16.81            | 7.33            | 9.09            | 5.26        | 32            | 3.08        | 20            |
|      |       | 16.72            | 7.34            | 8.77            | 5.21        | 32            | 3.06        | 18            |
|      |       | 17.12            | 6.36            | —               | —           | —             | 3.41        | 22            |
|      |       | 16.97            | 6.60            | —               | —           | —             | 3.37        | 22            |
|      |       | 15.66            | 7.07            | —               | —           | —             | 3.37        | 22            |
|      | 16.20 | 6.64             | 8.83            | 5.22            | 32          | 3.17          | 20          |               |
|      | 16.62 | 6.36             | 8.53            | 5.22            | 30          | 3.16          | 20          |               |
|      | 16.17 | 6.76             | 8.51            | 5.23            | 32          | 3.25          | 20          |               |
|      | 16.08 | 6.72             | 8.62            | 5.26            | 32          | 3.20          | 20          |               |
|      | 16.65 | 6.92             | 8.87            | 5.20            | 32          | 3.25          | 20          |               |
|      | F検定結果 | 0.17             | 0.67            | 0.63            | 0.75        | 0.00          | 0.009       | 0.00          |
|      | T検定結果 | 0.14             | 0.39            | 0.17            | 0.26        | 0.17          | 0.800       | 0.18          |
| 1606 | オフピーク | 13.23            | 7.74            | 11.70           | 4.63        | 26            | 4.12        | 24            |
|      |       | 13.64            | 7.28            | 10.38           | 4.61        | 26            | 4.09        | 22            |
|      |       | 14.03            | 7.84            | 10.27           | 4.74        | 26            | 4.09        | 26            |
|      |       | 16.50            | —               | —               | —           | —             | 4.39        | 28            |
|      |       | 15.80            | —               | —               | —           | —             | 4.07        | 24            |
|      |       | 15.90            | —               | —               | —           | —             | 4.05        | 26            |
|      | 14.48 | 7.37             | 10.50           | 4.74            | 26          | 4.13          | 24          |               |
|      | 14.47 | 7.36             | 10.63           | 4.80            | 26          | 4.02          | 24          |               |
|      | 16.20 | 7.20             | 10.33           | 4.67            | 28          | 4.09          | 24          |               |
|      | 15.80 | 7.57             | 10.93           | 4.72            | 24          | 4.12          | 22          |               |
|      | 15.90 | 7.26             | 9.80            | 4.67            | 30          | 3.99          | 24          |               |
|      | F検定結果 | 0.30             | 0.16            | 0.27            | 0.47        | 0.00          | 0.145       | 0.06          |
|      | T検定結果 | 0.60             | 0.29            | 0.66            | 0.31        | 0.47          | 0.386       | 0.19          |

出所：調査団作成

表 4.2-2 各機器のピーク、オフピーク間の有意差検定結果（1607、1706、1707）

| 部屋番号 | 時間帯   | カラン流速<br>(L/min) | エアイン<br>(L/min) | 洗面流速<br>(L/min) | トイレ大        |               | トイレ小        |               |
|------|-------|------------------|-----------------|-----------------|-------------|---------------|-------------|---------------|
|      |       |                  |                 |                 | 流量/回<br>(L) | 給水時間<br>(Sec) | 流量/回<br>(L) | 給水時間<br>(Sec) |
| 1607 | オフピーク | 10.95            | 6.71            | 10.33           | 4.74        | 28            | 3.46        | 20            |
|      |       | 10.87            | 5.93            | 10.05           | 4.71        | 26            | 3.55        | 22            |
|      |       | 10.76            | 6.21            | 9.98            | 4.84        | 28            | 3.52        | 22            |
|      |       | —                | —               | 9.88            | —           | —             | 3.45        | 26            |
|      |       | —                | —               | 9.69            | —           | —             | 3.47        | 24            |
|      |       | —                | —               | 9.98            | —           | —             | 3.42        | 26            |
|      | ピーク   | 10.98            | 6.61            | 10.32           | 4.70        | 28            | 3.48        | 24            |
|      |       | 10.97            | 6.17            | 10.35           | 4.80        | 28            | 3.53        | 26            |
|      |       | 10.44            | 6.01            | 10.35           | 4.76        | 26            | 3.60        | 26            |
|      |       | 10.91            | 6.37            | 10.39           | 4.67        | 28            | 4.10        | 18            |
|      |       | 10.88            | 6.47            | 10.42           | 4.76        | 26            | 3.52        | 20            |
|      |       | 10.79            | 5.93            | 10.35           | 4.79        | 26            | 3.50        | 18            |
|      | F検定結果 | 0.38             | 0.42            | 0.00            | 0.53        | 0.80          | 0.00        | 0.35          |
|      | T検定結果 | 0.76             | 0.93            | 0.01            | 0.73        | 0.70          | 0.18        | 0.49          |
| 1706 | オフピーク | 11.48            | 6.42            | 10.75           | 4.80        | 26            | 3.20        | 18            |
|      |       | 11.75            | 6.10            | 10.51           | 4.85        | 26            | 3.05        | 16            |
|      |       | 12.07            | 6.11            | 11.02           | 4.66        | 26            | 3.00        | 18            |
|      | ピーク   | 11.66            | 6.33            | 9.78            | 4.67        | 26            | 3.01        | 18            |
|      |       | 11.37            | 6.41            | 10.27           | 4.69        | 28            | 3.11        | 18            |
|      |       | 11.43            | 6.11            | 10.44           | 4.76        | 26            | 3.01        | 16            |
|      | F検定結果 | 0.42             | 0.84            | 0.71            | 0.37        | 0.00          | 0.47        | 1.00          |
|      | T検定結果 | 0.24             | 0.62            | 0.08            | 0.39        | 0.37          | 0.60        | 1.00          |
| 1707 | オフピーク | 9.97             | 8.42            | 10.02           | 5.69        | 32            | 3.22        | 18            |
|      |       | 10.46            | 8.06            | 9.76            | 5.63        | 32            | 3.20        | 18            |
|      |       | 10.35            | 7.70            | 9.49            | 5.67        | 30            | 3.20        | 22            |
|      |       | —                | —               | —               | 5.85        | 32            | 3.39        | 18            |
|      |       | —                | —               | —               | 5.87        | 32            | 3.39        | 20            |
|      |       | —                | —               | —               | 6.00        | 34            | 3.41        | 20            |
|      | ピーク   | 10.59            | 7.88            | 9.32            | 5.56        | 30            | 3.17        | 18            |
|      |       | 10.41            | 8.40            | 8.18            | 5.56        | 34            | 3.17        | 18            |
|      |       | 10.58            | 8.26            | 8.86            | 5.57        | 32            | 3.16        | 18            |
|      |       |                  |                 |                 | 5.77        | 40            |             |               |
|      |       |                  |                 |                 | 5.80        | 40            |             |               |
|      |       |                  |                 |                 | 5.69        | 38            | 3.43        | 20            |
|      | FTEST | 0.27             | 0.72            | 0.35            | 0.57        | 0.02          | 0.61        | 0.45          |
|      | TTEST | 0.21             | 0.67            | 0.08            | 0.12        | 0.07          | 0.42        | 0.35          |

出所：調査団作成

次に各計測対象室の持つ特性（各計測対象室バックヤードにある本管から各居室へのバルブ閉度や、部屋への配管長の違い等の要因による各機器流量等への影響）の考慮を行った。浴室でのカラン流速、シャワー流速、トイレでの洗浄 1 回あたりの使用水量、給水時間に関して、各計測対象室別での集計を行った（表 4.2-3）。得られたデータから各部屋のカラン、シャワー流速、トイレ流量は異なり、6 室の計測対象室を同一条件で判別を行うこと

は困難であると推測された。そこで、基本的なアルゴリズムは同一であるが、各部屋別々に判断値（時間・流量・流速のような物理的尺度に基づく規定値）を設定し、データを解析することとした。

表 4.2-3 更新後の機器別統計値

| カラン（流速）       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 部屋            | 1506  | 1507  | 1606  | 1607  | 1706  | 1707  |
| 流速<br>(L/min) | 9.38  | 16.85 | 13.23 | 10.95 | 11.48 | 9.97  |
|               | 9.69  | 16.81 | 13.64 | 10.87 | 11.75 | 10.46 |
|               | 9.70  | 16.72 | 14.03 | 10.76 | 12.07 | 10.35 |
|               | 8.81  | 17.12 | 12.22 | 10.98 | 11.66 | 10.59 |
|               | 10.12 | 16.97 | 12.13 | 10.97 | 11.37 | 10.41 |
|               | 8.34  | 15.66 | 12.02 | 10.44 | 11.43 | 10.58 |
|               | 9.62  | 16.05 | 14.42 | 10.91 |       |       |
|               | 9.60  | 16.20 | 14.48 | 10.88 |       |       |
|               | 8.26  | 16.62 | 14.47 | 10.79 |       |       |
|               |       | 16.17 | 15.10 |       |       |       |
|               |       | 16.08 | 15.15 |       |       |       |
|               |       | 16.65 | 15.24 |       |       |       |
|               | 9.28  | 16.49 | 13.84 | 10.84 | 11.63 | 10.39 |
| 標準偏差          | 0.65  | 0.45  | 1.20  | 0.17  | 0.26  | 0.23  |

| シャワー（流速）      |      |      |      |      |      |      |
|---------------|------|------|------|------|------|------|
| 部屋            | 1506 | 1507 | 1606 | 1607 | 1706 | 1707 |
| 流速<br>(L/min) | 6.03 | 7.26 | 7.74 | 6.71 | 6.42 | 8.42 |
|               | 5.89 | 7.33 | 7.28 | 5.93 | 6.10 | 8.06 |
|               | 6.02 | 7.34 | 7.84 | 6.21 | 6.11 | 7.70 |
|               | 5.87 | 6.36 | 7.51 | 6.61 | 6.33 | 7.88 |
|               | 5.78 | 6.60 | 7.37 | 6.17 | 6.41 | 8.40 |
|               | 5.57 | 7.07 | 7.36 | 6.01 | 6.11 | 8.26 |
|               | 5.87 | 7.38 | 7.20 | 6.37 |      |      |
|               | 6.04 | 6.64 | 7.57 | 6.47 |      |      |
|               | 6.21 | 6.36 | 7.26 | 5.93 |      |      |
|               |      | 6.76 |      |      |      | -    |
|               |      | 6.72 |      |      |      | -    |
|               |      | 6.92 |      |      |      | -    |
|               | 5.92 | 6.90 | 7.46 | 6.27 | 6.25 | 8.12 |
| 標準偏差          | 0.18 | 0.38 | 0.22 | 0.29 | 0.16 | 0.29 |

| トイレ 大（流量） |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 部屋        | 1506 | 1507 | 1606 | 1607 | 1706 | 1707 |
| 流量<br>(L) | 4.53 | 5.25 | 4.63 | 4.74 | 4.80 | 5.69 |
|           | 4.56 | 5.26 | 4.61 | 4.71 | 4.85 | 5.63 |
|           | 4.51 | 5.21 | 4.74 | 4.84 | 4.66 | 5.67 |
|           | 4.46 | 5.15 | 4.69 | 4.70 | 4.67 | 5.56 |
|           | 4.54 | 5.22 | 4.74 | 4.80 | 4.69 | 5.56 |
|           | 4.45 | 5.22 | 4.80 | 4.76 | 4.76 | 5.56 |
|           | 4.53 | 5.23 | 4.67 | 4.67 |      |      |
|           | 4.49 | 5.26 | 4.72 | 4.76 |      |      |
|           | 4.50 | 5.20 | 4.67 | 4.79 |      |      |
|           | 4.51 | 5.22 | 4.70 | 4.75 | 4.74 | 5.61 |
| 標準偏差      | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.08 | 0.06 |

| トイレ 大（給水時間） |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 部屋          | 1506  | 1507  | 1606  | 1607  | 1706  | 1707  |
| 時間<br>(sec) | 32    | 32    | 26    | 28    | 26    | 32    |
|             | 32    | 32    | 26    | 26    | 26    | 32    |
|             | 30    | 32    | 26    | 28    | 26    | 30    |
|             | 30    | 30    | 26    | 28    | 26    | 30    |
|             | 32    | 32    | 26    | 28    | 28    | 34    |
|             | 30    | 30    | 26    | 26    | 26    | 32    |
|             | 32    | 32    | 28    | 28    |       |       |
|             | 32    | 32    | 24    | 26    |       |       |
|             | 32    | 32    | 30    | 26    |       |       |
|             | 31.33 | 31.56 | 26.44 | 27.11 | 26.33 | 31.67 |
| 標準偏差        | 1.00  | 0.88  | 1.67  | 1.05  | 0.82  | 1.51  |

| トイレ 小（流量） |      |      |      |      |      |      |
|-----------|------|------|------|------|------|------|
| 部屋        | 1506 | 1507 | 1606 | 1607 | 1706 | 1707 |
| 流量<br>(L) | 2.49 | 3.10 | 3.77 | 3.46 | 3.20 | 3.22 |
|           | 2.84 | 3.08 | 3.58 | 3.55 | 3.05 | 3.20 |
|           | 2.83 | 3.06 | 3.58 | 3.52 | 3.00 | 3.20 |
|           | 2.84 | 3.41 | 3.62 | 3.45 | 3.01 | 3.39 |
|           | 2.80 | 3.37 | 3.61 | 3.47 | 3.11 | 3.39 |
|           | 2.78 | 3.37 | 3.58 | 3.42 | 3.01 | 3.41 |
|           | 2.80 | 3.25 | 3.16 | 3.00 |      | 3.17 |
|           | 2.77 | 3.17 | 3.12 | 3.00 |      | 3.17 |
|           | 2.78 | 3.16 | 2.94 | 3.01 |      | 3.16 |
|           |      | 3.25 |      |      |      | 3.43 |
|           |      | 3.20 |      |      |      |      |
|           |      | 3.25 |      |      |      |      |
|           | 2.77 | 3.22 | 3.44 | 3.32 | 3.06 | 3.27 |
| 標準偏差      | 0.11 | 0.12 | 0.29 | 0.24 | 0.08 | 0.11 |

| トイレ 小（給水時間） |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 部屋          | 1506  | 1507  | 1606  | 1607  | 1706  | 1707  |
| 時間<br>(sec) | 20    | 18    | 26    | 20    | 18    | 18    |
|             | 22    | 20    | 24    | 22    | 16    | 18    |
|             | 20    | 18    | 24    | 22    | 18    | 22    |
|             | 20    | 22    | 26    | 26    | 18    | 18    |
|             | 20    | 22    | 24    | 24    | 18    | 20    |
|             | 20    | 22    | 26    | 26    | 16    | 20    |
|             | 20    | 20    | 20    | 18    |       | 18    |
|             | 22    | 20    | 18    | 20    |       | 18    |
|             | 20    | 20    | 20    | 18    |       | 18    |
|             |       | 20    |       |       |       | 20    |
|             |       | 20    |       |       |       |       |
|             |       | 20    |       |       |       |       |
|             | 20.44 | 20.17 | 23.11 | 21.78 | 17.33 | 19.00 |
| 標準偏差        | 0.88  | 1.34  | 3.02  | 3.07  | 1.03  | 1.41  |

出所：調査団作成

### (3) 計測のアルゴリズム

本計測におけるアルゴリズムに関しては以下のようなになる。各機器が使用された場合に得られるデータは、30sec 以上のパルスが離れた場合には別群として処理することにより、湯水使用に関するデータベースを作成した。該データベースには、部屋、使用日時、流量、使用時間、使用量、使用流速、平均使用温度が含まれる（表 4.2-4）。

表 4.2-4 データベース出力例

| 水の使用                   |          |        |        |         | 湯の使用                   |          |        |        |         | 平均使用温度 |
|------------------------|----------|--------|--------|---------|------------------------|----------|--------|--------|---------|--------|
| 日時                     | 使用時間     | 使用水量   | 使用温度   | 使用流速    | 日時                     | 使用時間     | 使用水量   | 使用温度   | 使用流速    |        |
| 2013/09/03(火) 02:48:16 | 00:01:00 | 5.58L  | 24.44℃ | 5.58L/分 | 2013/09/03(火) 02:48:16 | 00:01:00 | 6.00L  | 53.80℃ | 6.00L/分 | 39.65℃ |
| 2013/09/03(火) 02:50:52 | 00:00:44 | 3.66L  | 25.12℃ | 4.99L/分 | 2013/09/03(火) 02:50:52 | 00:00:42 | 3.73L  | 56.61℃ | 5.33L/分 | 41.03℃ |
| 2013/09/03(火) 03:07:46 | 00:00:42 | 3.29L  | 25.08℃ | 4.69L/分 | 2013/09/03(火) 03:07:46 | 00:00:40 | 3.46L  | 54.82℃ | 5.19L/分 | 40.33℃ |
| 2013/09/03(火) 03:16:02 | 00:01:32 | 10.11L | 25.55℃ | 6.59L/分 |                        |          |        |        |         | 25.55℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:18:44 | 00:01:32 | 12.92L | 56.75℃ | 8.43L/分 | 56.75℃ |
| 2013/09/03(火) 03:21:32 | 00:01:10 | 7.55L  | 26.20℃ | 6.47L/分 |                        |          |        |        |         | 26.20℃ |
| 2013/09/03(火) 03:23:56 | 00:01:34 | 8.80L  | 26.50℃ | 5.62L/分 | 2013/09/03(火) 03:23:56 | 00:01:32 | 6.70L  | 57.42℃ | 4.37L/分 | 39.86℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:26:38 | 00:01:10 | 9.88L  | 57.83℃ | 8.47L/分 | 57.83℃ |
| 2013/09/03(火) 03:28:58 | 00:01:16 | 5.57L  | 26.70℃ | 4.40L/分 | 2013/09/03(火) 03:28:58 | 00:01:16 | 7.60L  | 57.80℃ | 6.00L/分 | 44.65℃ |
| 2013/09/03(火) 03:31:32 | 00:00:34 | 4.32L  | 26.70℃ | 7.62L/分 |                        |          |        |        |         | 26.70℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:33:16 | 00:00:34 | 5.52L  | 57.18℃ | 9.74L/分 | 57.18℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:34:56 | 00:00:34 | 4.33L  | 57.55℃ | 7.64L/分 | 57.55℃ |
| 2013/09/03(火) 03:36:52 | 00:02:30 | 11.59L | 26.87℃ | 4.64L/分 |                        |          |        |        |         | 26.87℃ |
| 2013/09/03(火) 03:40:30 | 00:01:32 | 9.94L  | 26.84℃ | 6.49L/分 |                        |          |        |        |         | 26.84℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:43:08 | 00:01:32 | 13.17L | 56.84℃ | 8.59L/分 | 56.84℃ |
| 2013/09/03(火) 03:45:56 | 00:01:36 | 8.42L  | 26.83℃ | 5.26L/分 | 2013/09/03(火) 03:45:58 | 00:01:32 | 5.98L  | 57.59℃ | 3.90L/分 | 39.60℃ |
| 2013/09/03(火) 03:48:38 | 00:01:10 | 7.27L  | 26.90℃ | 6.23L/分 |                        |          |        |        |         | 26.90℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:50:52 | 00:01:08 | 9.56L  | 57.26℃ | 8.44L/分 | 57.26℃ |
| 2013/09/03(火) 03:53:10 | 00:01:08 | 5.59L  | 26.88℃ | 4.93L/分 | 2013/09/03(火) 03:53:10 | 00:01:06 | 5.44L  | 57.58℃ | 4.95L/分 | 42.03℃ |
| 2013/09/03(火) 03:55:14 | 00:00:34 | 4.08L  | 26.94℃ | 7.20L/分 |                        |          |        |        |         | 26.94℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:56:38 | 00:00:32 | 5.31L  | 57.14℃ | 9.95L/分 | 57.14℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 03:58:20 | 00:00:38 | 4.60L  | 57.31℃ | 7.26L/分 | 57.31℃ |
| 2013/09/03(火) 04:00:22 | 00:02:32 | 11.58L | 26.92℃ | 4.57L/分 |                        |          |        |        |         | 26.92℃ |
| 2013/09/03(火) 04:04:02 | 00:01:34 | 9.85L  | 26.94℃ | 6.28L/分 |                        |          |        |        |         | 26.94℃ |
|                        |          |        |        |         | 2013/09/03(火) 04:06:38 | 00:01:36 | 13.49L | 56.77℃ | 8.43L/分 | 56.77℃ |
| 2013/09/03(火) 04:09:32 | 00:01:34 | 6.47L  | 26.89℃ | 4.13L/分 | 2013/09/03(火) 04:09:32 | 00:01:32 | 8.59L  | 57.49℃ | 5.60L/分 | 44.34℃ |
| 2013/09/03(火) 04:12:06 | 00:01:08 | 6.35L  | 26.98℃ | 5.60L/分 |                        |          |        |        |         | 26.98℃ |

出所：調査団作成

データベースファイルより、使用量を把握する為にはトイレ行動、シャワー行動で使用される水使用量を抽出する必要があり、その為には、トイレ使用時の標準的モデル、シャワー行動時の標準的モデルを設定する必要があった。

#### ・トイレ行動時の標準的モデルの構築

各計測対象室におけるトイレ使用時の統計データ（表 4.2-3）から 99.5 % 以上の信頼区間でトイレ行動を満たすように、トイレ大小の流量閾値を設定した（表 4.2-5：上限は平均値 -  $3\sigma$ 、下限は平均値 -  $\sigma$  として設定）。

表 4.2-5 トイレ大洗浄、小洗浄の統計値

| 部屋                            | 部屋         | 1506 | 1507 | 1607 | 1607 | 1706 | 1707 | 全体平均 |
|-------------------------------|------------|------|------|------|------|------|------|------|
| トイレ（大）<br>洗浄流量<br>(L/Flush)   | 平均         | 4.51 | 5.22 | 4.70 | 4.75 | 4.74 | 5.61 | 4.92 |
|                               | 標準偏差       | 0.04 | 0.03 | 0.06 | 0.05 | 0.08 | 0.06 |      |
|                               | $3\sigma$  | 4.62 | 5.33 | 4.88 | 4.91 | 4.97 | 5.79 |      |
|                               | $-3\sigma$ | 4.40 | 5.12 | 4.52 | 4.59 | 4.51 | 5.43 |      |
| トイレ（大）<br>洗浄時間<br>(Sec/Flush) | 平均         | 31   | 32   | 26   | 27   | 26   | 32   | 29   |
|                               | 標準偏差       | 1    | 1    | 2    | 1    | 1    | 2    |      |
|                               | $3\sigma$  | 34   | 35   | 32   | 30   | 29   | 38   |      |
|                               | $-3\sigma$ | 28   | 29   | 20   | 24   | 23   | 26   |      |
| トイレ（小）<br>洗浄流量<br>(L/Flush)   | 平均         | 2.77 | 3.22 | 3.44 | 3.32 | 3.06 | 3.27 | 3.18 |
|                               | 標準偏差       | 0.11 | 0.12 | 0.29 | 0.24 | 0.08 | 0.11 |      |
|                               | $3\sigma$  | 3.09 | 3.57 | 4.30 | 4.04 | 3.30 | 3.62 |      |
|                               | $-3\sigma$ | 2.45 | 2.87 | 2.58 | 2.60 | 2.83 | 2.93 |      |
| トイレ（小）洗浄時間<br>(Sec/Flush)     | 平均         | 20   | 20   | 23   | 22   | 17   | 19   | 20   |
|                               | 標準偏差       | 1    | 1    | 1    | 3    | 1    | 1    |      |
|                               | $3\sigma$  | 23   | 23   | 26   | 31   | 20   | 22   |      |
|                               | $-3\sigma$ | 17   | 17   | 20   | 13   | 14   | 16   |      |

出所：調査団作成

ただし、トイレ行動時には、ほとんどの場合手洗いの行動が含まれると想定される。表 4.2-5 ではその流量、給水時間を対象としているが、実際の水使用においては、手洗いの行動も含む流量、給水時間が加算されることになる。

そこで排泄後の手洗いに要される使用水量、時間の計量を試行した。n = 60 で手洗い行動を行った場合、15.03 ± 7.99 sec が実際に手洗いに必要な時間であった。また排泄後、手洗いに着手するまでに要される時間は 3.5 ± 0.99 sec であった。手洗い行動を加味した場合、トイレの給水時間の上限は、手洗い時間 + 手洗いに着手するまでのアプローチ時間を考慮する必要がある、95 % 信頼区間を満たすように両者の 3σ の和を取り、46 sec と設定した (15.03+7.99\*3+3.50+3\*0.99 = 45.47)。この値は表 4.2-5 におけるトイレ使用時の給水時間閾値上限よりも大きく、排泄大小に係わらず、手洗いを考慮した場合の給水時間上限は、46 sec と設定した。給水時間の下限値は、トイレ使用時に手洗いを行わない場合を考慮し、各計測部屋の平均値 - 3σ を採用した。

また、手洗いに消費される水の量も考慮する必要がある。手洗い試験の結果から手洗いに使用される水の量は、0.8 ± 0.62 (L)、湯量は、0.8 ± 0.61 (L) であった。合理的に解析を進める為、データベース上で湯の使用量は 2L を閾値として削除した (たとえトイレ使用時の手洗いに湯を使用したとしても 92.5 % の確率で湯を使用していないという判断で良い)。したがって、トイレ使用時にはトイレの使用水量 + 手洗いに使用された水の量 (0.8 ± 0.62 L) のみを加味し、使用水量の上限域を決定した。以上のようにトイレ使用時の流量、給水時間のモデルは表 4.2-6 のように設定できる。

表 4.2-6 トイレの流量、給水時間のモデル

|                          | 部屋 | 1506 | 1507 | 1606 | 1607 | 1706 | 1707 |
|--------------------------|----|------|------|------|------|------|------|
| トイレ大<br>流量閾値 (L/Flush)   | 上限 | 7.32 | 8.03 | 7.58 | 7.62 | 7.67 | 8.49 |
|                          | 下限 | 4.40 | 5.12 | 4.52 | 4.59 | 4.51 | 5.43 |
| トイレ大<br>時間閾値 (sec/Flush) | 上限 | 46   | 46   | 46   | 46   | 46   | 46   |
|                          | 下限 | 28   | 29   | 20   | 24   | 23   | 26   |
| トイレ小<br>流量閾値 (L/Flush)   | 上限 | 5.80 | 6.28 | 7.00 | 6.74 | 6.00 | 6.32 |
|                          | 下限 | 2.45 | 2.87 | 2.58 | 2.60 | 2.83 | 2.93 |
| トイレ小<br>時間閾値 (sec/Flush) | 上限 | 46   | 46   | 46   | 46   | 46   | 46   |
|                          | 下限 | 17   | 17   | 20   | 13   | 14   | 16   |

出所：調査団作成

トイレ使用時には、表 4.2-6 に示すように大小が非常に近接した総流量、総時間をとることになる。ここでの判断性を向上させる（誤判別を防ぐ）為、判別分析を行った。

変数を「流量  $x_1$ 」、「時間  $x_2$ 」とした場合、母集団 [1] における  $x = [x_1, x_2]'$  の確率分布として、

$$\mu^{[1]} = \begin{bmatrix} \mu_1^{[1]} \\ \mu_2^{[1]} \end{bmatrix}, \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix}$$

#### 数式 4-2

を正規分布  $N(\mu^{[1]}, \Sigma)$  を仮定する。一方、母集団 [2] における  $x = [x_1, x_2]'$  の確率分布として

$$\mu^{[2]} = \begin{bmatrix} \mu_1^{[2]} \\ \mu_2^{[2]} \end{bmatrix}, \quad \Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix}$$

#### 数式 4-3

の正規分布  $N(\mu^{[2]}, \Sigma)$  を仮定する。 $\Sigma$ は同じであるとする。

2つの母集団のどちらかに属するが、どちらに属するのかわからないサンプルがあるとした場合、そのサンプルの  $x_1$  と  $x_2$  の値が与えられたとき、どちらの母集団に属するかを判断することになる。そのためにマハラノビスの距離の2乗を次のように定義する。

$$\begin{aligned} D^{[k]2} &= (x - \mu^{[k]})' \Sigma^{-1} (x - \mu^{[k]}) \\ &= \begin{bmatrix} x_1 - \mu_1^{[k]} & x_2 - \mu_2^{[k]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 - \mu_1^{[k]} \\ x_2 - \mu_2^{[k]} \end{bmatrix} \\ &= (x_1 - \mu_1^{[k]})^2 \sigma_{11} + (x_2 - \mu_2^{[k]})^2 \sigma_{22} + 2(x_1 - \mu_1^{[k]})(x_2 - \mu_2^{[k]})\sigma_{12} \\ &= \sum_{i=1}^2 \sum_{j=1}^2 (x_i - \mu_i^{[k]})(x_j - \mu_j^{[k]})\sigma^{ij} \quad (k=1,2) \end{aligned}$$

#### 数式 4-4

ここで

$$\Sigma^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \sigma_{12} \\ \sigma_{12} & \sigma_{22} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} \sigma^{11} & \sigma^{12} \\ \sigma^{12} & \sigma^{22} \end{bmatrix}$$

#### 数式 4-5

である（逆行列は上付きの添え字を用いている）。数式 4-4 は 1 次元の場合のマハラビノス<sup>12</sup> の式の 2 次元の場合への拡張である。

$D^{[k]2}$  は  $x$  から母集団  $[k]$  の母平均ベクトル  $\mu^{[k]}$  までの（統計学的な意味での）距離を測る量である。 $\Sigma = I_2$ （単位行列）なら  $D^{[k]}$  はユークリッド距離となるが、通常は

$\Sigma \neq I_2$  なので、 $D^{[k]}$  は分散・共分散を用いてユークリッド距離を調整した値である。2 次元

正規分布  $N(\mu, \Sigma)$  が確率密度関数<sup>13</sup>で与えられた場合、それを変形すると数式 4-6 のようになり、確率密度関数とマハラノビス距離の 2 乗  $D^2 = (x-\mu)'\Sigma^{-1}(x-\mu)$  との対応関係がある。

$$f(x) = \frac{1}{2\pi\sqrt{|\Sigma|}} \left( -\frac{D^2}{2} \right)$$

#### 数式 4-6

マハラビノスの距離を用いて判別式を次のように定める。

$$D^{[1]2} \leq D^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団 [1]に属する}$$

$$D^{[1]2} > D^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団 [2]に属する}$$

#### 数式 4-7

ここで数式 4-4 より数式 4-8 が成り立つ。

$$D^{[2]2} - D^{[1]2} = 2 \begin{bmatrix} \mu_1^{[1]} - \mu_1^{[2]}, \mu_2^{[1]} - \mu_2^{[2]} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \sigma^{11} & \sigma^{12} \\ \sigma^{12} & \sigma^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 - \bar{\mu}_1 \\ x_2 - \bar{\mu}_2 \end{bmatrix}$$

#### 数式 4-8

<sup>12</sup> サンプルの  $x_1$  からそれぞれの母集団への距離であり、マハラビノスの距離の 2 乗は以下のように定義できる。

$$D^{[1]2} = \frac{(x_1 - \mu_1^{[1]})^2}{\sigma^2}, D^{[2]2} = \frac{(x_1 - \mu_1^{[2]})^2}{\sigma^2}$$

<sup>13</sup> 2 次元正規分布の同時確率密度関数は一般的に以下のように与えられる。

$$f(x, y) = \frac{1}{2\pi\sqrt{1 - \rho_{xy}^2 \sigma_x \sigma_y}} \exp\left(-\frac{1}{2} D^2\right)$$



ただし、 $\bar{\mu}_1 = \frac{(\mu_1^{[1]} + \mu_1^{[2]})}{2}$ ,  $\bar{\mu}_2 = \frac{(\mu_2^{[1]} + \mu_2^{[2]})}{2}$  である。これらを 2 で割った

$$z = [\mu_1^{[1]} - \mu_1^{[2]}, \mu_2^{[1]} - \mu_2^{[2]}] \begin{bmatrix} \sigma^{11} & \sigma^{12} \\ \sigma^{12} & \sigma^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 - \bar{\mu}_1 \\ x_2 - \bar{\mu}_2 \end{bmatrix}$$

#### 数式 4-9

を線形判別関数と呼び、次のように判別する。

$$z \geq 0 \Leftrightarrow D^{[1]2} \leq D^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団 [1]に属する}$$

$$z \geq 0 \Leftrightarrow D^{[1]2} > D^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団 [2]に属する}$$

#### 数式 4-10

トイレ大を母集団[1]、トイレ小を母集団[2] として各計測対象部屋の判別式を作成した。  
1506 号室でのトイレ行動を実施した際の試験結果を例として表 4.2-7 に示す。

表 4.2-7 実測データ (1506 号室)

|    | 行動パターン | 総流量(L/min) | 時間 (sec) |
|----|--------|------------|----------|
| 1  | 大      | 4.53       | 32       |
| 2  | 大      | 4.56       | 32       |
| 3  | 大      | 4.51       | 30       |
| 4  | 大      | 4.46       | 30       |
| 5  | 大      | 4.54       | 32       |
| 6  | 大      | 4.45       | 30       |
| 7  | 大      | 4.53       | 32       |
| 8  | 大      | 4.49       | 32       |
| 9  | 大      | 4.50       | 32       |
| 10 | 大      | 4.55       | 32       |
| 11 | 大      | 4.65       | 28       |
| 12 | 大      | 4.56       | 30       |
| 13 | 大      | 4.66       | 30       |
| 14 | 大      | 4.53       | 30       |
| 15 | 大      | 4.54       | 30       |
| 16 | 大      | 4.59       | 30       |
| 17 | 大      | 4.56       | 30       |
| 18 | 大      | 4.55       | 32       |
| 19 | 大      | 4.63       | 30       |
| 20 | 大      | 4.55       | 30       |
| 1  | 小      | 2.49       | 20       |
| 2  | 小      | 2.84       | 22       |
| 3  | 小      | 2.83       | 20       |
| 4  | 小      | 2.84       | 20       |
| 5  | 小      | 2.80       | 20       |
| 6  | 小      | 2.78       | 20       |
| 7  | 小      | 2.80       | 20       |
| 8  | 小      | 2.77       | 22       |
| 9  | 小      | 2.78       | 20       |
| 10 | 小      | 3.01       | 22       |
| 11 | 小      | 3.03       | 20       |
| 12 | 小      | 4.13       | 20       |
| 13 | 小      | 3.01       | 22       |
| 14 | 小      | 3.01       | 20       |
| 15 | 小      | 3.05       | 20       |

出所：調査団作成

トイレ大のデータ（母集団[1]）より

$$n[1] = 20$$

$$\hat{\mu}_1^{[1]} = \bar{x}_1^{[1]} = \frac{\Sigma_{i1}^{[1]}}{n^{[1]}} = \frac{90.94}{20} = 4.547$$

$$\hat{\mu}_2^{[1]} = \bar{x}_2^{[1]} = \frac{\Sigma_{i2}^{[1]}}{n^{[1]}} = \frac{614}{20} = 30.7$$

$$S_{11}^{[1]} = \sum (x_{i1}^{[1]} - \bar{x}_1^{[1]})^2 = \sum x_{i1}^{[1]2} - \frac{(\Sigma x_{i1}^{[1]})^2}{n^{[1]}}$$

$$= 413.55 - \frac{90.94^2}{20} = 0.0574$$

$$S_{22}^{[1]} = \sum (x_{i2}^{[1]} - \bar{x}_2^{[1]})^2 = \sum x_{i2}^{[1]2} - \frac{(\Sigma x_{i2}^{[1]})^2}{n^{[1]}}$$

$$= 18876 - \frac{614^2}{20} = 26.2$$

$$S_{12}^{[1]} = \sum (x_{i1}^{[1]} - \bar{x}_1^{[1]})(x_{i2}^{[1]} - \bar{x}_2^{[1]}) = \sum x_{i1}^{[1]} x_{i2}^{[1]} - \frac{(\Sigma x_{i2}^{[1]})(\Sigma x_{i1}^{[1]})}{n^{[1]}}$$

$$= 2791 - \frac{90.94 \times 614}{20} = -0.454$$

となる。一方、トイレ小のデータ（母集団[2]）より

$$n[2] = 15$$

$$\hat{\mu}_1^{[2]} = \bar{x}_1^{[2]} = \frac{\Sigma_{i1}^{[2]}}{n^{[2]}} = \frac{44.17}{15} = 2.945$$

$$\hat{\mu}_2^{[2]} = \bar{x}_2^{[2]} = \frac{\Sigma_{i2}^{[2]}}{n^{[2]}} = \frac{308}{15} = 20.53$$

$$S_{11}^{[2]} = \sum (x_{i1}^{[2]} - \bar{x}_1^{[2]})^2 = \sum x_{i1}^{[2]2} - \frac{(\Sigma x_{i1}^{[2]})^2}{n^{[2]}}$$

$$= 131.9 - \frac{44.17^2}{15} = 1.803$$

$$S_{22}^{[2]} = \sum (x_{i2}^{[2]} - \bar{x}_2^{[2]})^2 = \sum x_{i2}^{[2]2} - \frac{(\sum x_{i2}^{[2]})^2}{n^{[2]}}$$

$$= 6336 - \frac{308^2}{15} = 11.733$$

$$S_{12}^{[2]} = \sum (x_{i1}^{[2]} - \bar{x}_1^{[2]})(x_{i2}^{[2]} - \bar{x}_2^{[2]}) = \sum x_{i1}^{[2]} x_{i2}^{[2]} - \frac{(\sum x_{i1}^{[2]})(\sum x_{i2}^{[2]})}{n^{[2]}}$$

$$= 906.8 - \frac{44.17 \times 308}{15} = -0.2871$$

となる。これらより次式を得る。

$$\hat{\mu}_1 = \frac{\hat{\mu}_1^{[1]} + \hat{\mu}_1^{[2]}}{2} = \frac{4.547 + 2.945}{2} = 3.746$$

$$\hat{\mu}_2 = \frac{\hat{\mu}_2^{[1]} + \hat{\mu}_2^{[2]}}{2} = \frac{30.7 + 20.53}{2} = 25.62$$

$$\hat{\sigma}_{11} = \frac{S_{11}^{[1]} + S_{11}^{[2]}}{(n^{[1]} - 1) + (n^{[2]} - 1)} = \frac{0.0574 + 1.803}{(20 - 1) + (15 - 1)} = 0.0564$$

$$\hat{\sigma}_{22} = \frac{S_{22}^{[1]} + S_{22}^{[2]}}{(n^{[1]} - 1) + (n^{[2]} - 1)} = \frac{26.2 + 11.733}{(20 - 1) + (15 - 1)} = 1.149$$

$$\hat{\sigma}_{12} = \frac{S_{12}^{[1]} + S_{12}^{[2]}}{(n^{[1]} - 1) + (n^{[2]} - 1)} = \frac{-0.454 + -0.2871}{(20 - 1) + (15 - 1)} = -0.0225$$

$$\hat{\Sigma} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11} & \hat{\sigma}_{12} \\ \hat{\sigma}_{12} & \hat{\sigma}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.0564 & 1.149 \\ 1.149 & -0.0225 \end{bmatrix}$$

$$\hat{\Sigma}^{-1} = \begin{bmatrix} \hat{\sigma}_{11} & \hat{\sigma}_{12} \\ \hat{\sigma}_{12} & \hat{\sigma}_{22} \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} 0.02 & 0.87 \\ 0.87 & -0.04 \end{bmatrix}$$

以上により、数式 4-9 の線形判別関数の推定式は次のようになる。

$$\begin{aligned} z &= [\hat{\mu}_1^{[1]} - \hat{\mu}_1^{[2]}, \hat{\mu}_2^{[1]} - \hat{\mu}_2^{[2]}] \begin{bmatrix} \sigma^{11} & \sigma^{12} \\ \sigma^{12} & \sigma^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 - \bar{\mu}_1 \\ x_2 - \bar{\mu}_2 \end{bmatrix} \\ &= [4.547 - 3.746, 30.7 - 20.53] \begin{bmatrix} 0.02 & 0.87 \\ 0.87 & -0.04 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 - 3.746 \\ x_2 - 25.62 \end{bmatrix} \\ &= 32.184 x_1 - 818,467 x_2 - 363.23 \end{aligned}$$

表 4.2-7 の 流量( $x_1$ )と時間( $x_2$ )の値に対して判別方式：

$$\hat{z} \geq 0 \Leftrightarrow \hat{D}^{[1]2} \leq \hat{D}^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団}[1] \text{ (トイレ大) に属する}$$

$$\hat{z} < 0 \Leftrightarrow \hat{D}^{[1]2} > \hat{D}^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団}[2] \text{ (トイレ小) に属する}$$

なお、各計測対象室における係数は同様の計算により表 4.2-8 のように設定できる。

表 4.2-8 係数一覧

|      | $x_1$ の係数 | $x_2$ の係数 | 補数       |
|------|-----------|-----------|----------|
| 1506 | 32.184    | 818,467   | -363.23  |
| 1507 | -7.393    | 561,514   | -139.844 |
| 1606 | 3.0       | 345,600   | -125     |
| 1607 | 2.543     | 49,248    | -25.92   |
| 1706 | 1.00      | 172,800   | -50.0    |
| 1707 | 1.00      | 172,800   | -45.0    |

出所：調査団作成

トイレ行動を上記式により判別を行った場合、識別率は 100 % である。

・シャワー使用とカラン使用時の判別

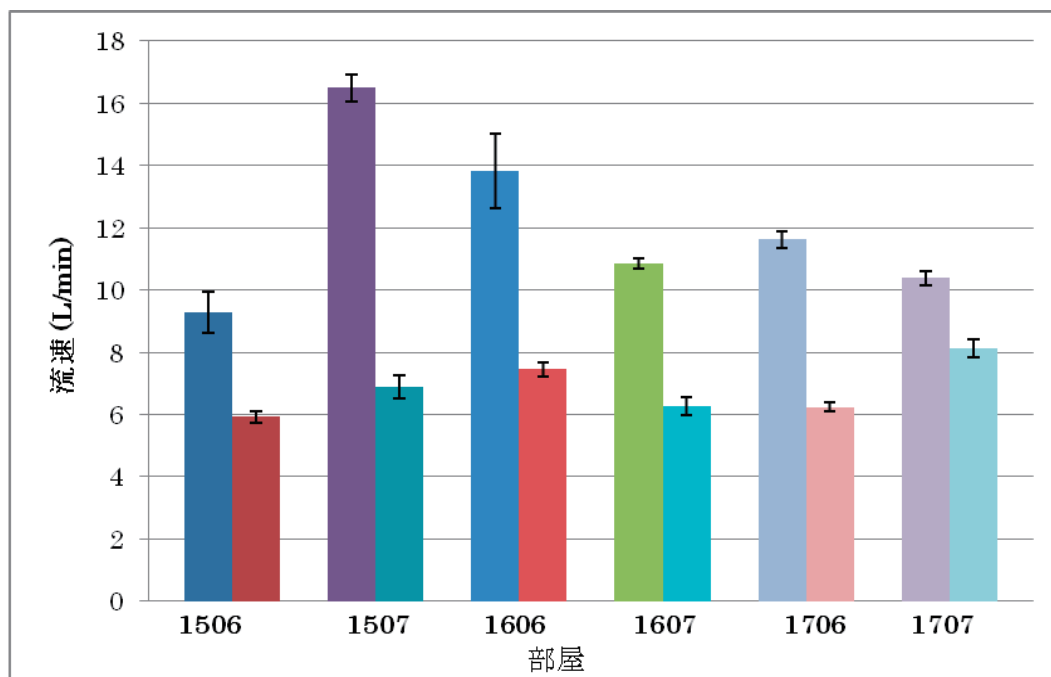
計測対象室における各部屋のカラン、シャワーの流速をまとめると表 4.2-9 のようになる。

表 4.2-9 各部屋のカラン、シャワーの流速一覧

| 部屋   | シャワー         |      | カラン          |      |
|------|--------------|------|--------------|------|
|      | 使用流速 (L/min) |      | 使用流速 (L/min) |      |
|      | 平均           | 標準偏差 | 平均           | 標準偏差 |
| 1506 | 5.92         | 0.18 | 9.28         | 0.65 |
| 1507 | 6.90         | 0.38 | 16.49        | 0.45 |
| 1606 | 7.46         | 0.22 | 13.84        | 1.20 |
| 1607 | 6.27         | 0.29 | 10.84        | 0.17 |
| 1706 | 6.25         | 0.16 | 11.63        | 0.26 |
| 1707 | 8.12         | 0.29 | 10.39        | 0.23 |

出所：調査団作成

シャワー、カランが使用された場合、それぞれの計測対象室の該機器の流速の平均値 $\pm 3\sigma$ に入る場合、99.9 % 以上の確率で該機器が使用されたと判断できるが、図 4.2-3 に示すように（各計測対象室でのカラン流速[左]、シャワー流速[右]）、例えば 1707 号室ではシャワー流速とカラン流速の差が小さく、誤判別を起こす可能性があった。



出所：調査団作成

図 4.2-3 各部屋のカラン流速[左]とシャワー流速[右]

この可能性を除外するため、基本的にカラン使用時は流速と流量での判断を行い、カラン使用を特定するが、流速がカラン、シャワーどちらに近いかという判別を行う必要があった。そこで変数が 1 つの場合の線形判別関数を作成した。

母集団[1]における  $x_2$  の確率分布を  $N(\hat{\mu}_1^{[1]}, \sigma^2)$ 、母集団[2]における  $x_1$  の確率分布を

$N(\hat{\mu}_1^{[2]}, \sigma^2)$  とする（2つの母分散は同じとする）。2つの母集団のどちらに属するが、ど

ちらに属するのかわからないサンプルの  $x_1$  の値が得られた場合、どちらの母集団に属するのかを判定する必要がある。そこで、サンプルの測定値  $x_1$  からそれぞれの母集団への距離としてマハラノビスの距離の 2 乗を次のように定義する。

$$D^{[1]2} = \frac{(x_1 - \hat{\mu}_1^{[1]})^2}{\sigma^2}, \quad D^{[2]2} = \frac{(x_1 - \hat{\mu}_1^{[2]})^2}{\sigma^2}$$

数式 4-11

1 次元正規分布  $N(\mu, \sigma^2)$  の確率密度関数とマハラノビスの距離の 2 乗  $D^2 = (x - \mu)^2 / \sigma^2$  には次の対応関係がある。



$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{D^2}{2}\right)$$

#### 数式 4-12

マハラノビスの距離を用いて判別方法を次のように定める。

$$D^{[1]2} \leq D^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団 [1]に属する}$$

$$D^{[1]2} > D^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団 [2]に属する}$$

#### 数式 4-13

数式 4-11 より

$$\begin{aligned} D^{[2]2} - D^{[1]2} &= \frac{x_1^2 - 2\mu_1^{[2]}x_1 + \mu_1^{[2]2} - x_1^2 + 2\mu_1^{[1]}x_1 - \mu_1^{[1]2}}{\sigma^2} \\ &= \frac{2(\mu_1^{[1]} - \mu_1^{[2]})}{\sigma^2} \left( x_1 - \frac{\mu_1^{[1]} + \mu_1^{[2]}}{2} \right) \end{aligned}$$

#### 数式 4-14

が成り立ち、これを2で除した、

$$z = \frac{D^{[2]2} - D^{[1]2}}{2} = \frac{(\mu_1^{[1]} - \mu_1^{[2]})}{\sigma^2} (x_1 - \bar{\mu})$$

#### 数式 4-15

が線形判別関数となる。ここで、 $\bar{\mu} = (\mu_1^{[1]} + \mu_1^{[2]})/2$  である。

この線形判別関数を用いると、数式 4-14 の判別方式は次のようになる。

$$\hat{z} \geq 0 \Leftrightarrow \hat{D}^{[1]2} \leq \hat{D}^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団[1] (カラン) に属する}$$

$$\hat{z} < 0 \Leftrightarrow \hat{D}^{[1]2} > \hat{D}^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団[2] (シャワー) に属する}$$

通常は、 $\mu_1^{[1]}$ 、 $\mu_1^{[2]}$ 、 $\sigma^2$  の値は未知だから、データよりこれらを推定する。個々のサンプル

の変数の値を線形判別関数の推定式  $\hat{z}$  に代入して得られた値により判別する。

例として 1506 号室における算定例を挙げてみると、表 4.2-1 より

$$n^{[1]} = 8$$

$$\hat{\mu}_1^{[1]} = \bar{x}_1^{[1]} = \frac{\sum x_{i1}^{[1]}}{n^{[1]}} = \frac{83.52}{8} = 9.28$$

$$S_{11}^{[1]} = \sum (x_{i1}^{[1]} - \bar{x}_1^{[1]})^2 = \sum x_{i1}^{[1]2} - \frac{(\sum x_{i1}^{[1]})^2}{n^{[1]}}$$

$$= 778.49 - \frac{83.52^2}{8} = -93.46$$

$$\hat{\mu}_2^{[1]} = \bar{x}_2^{[1]} = \frac{\sum x_{i2}^{[1]}}{n^{[1]}} = \frac{53.28}{8} = 5.92$$

$$S_{11}^{[2]} = \sum (x_{i1}^{[2]} - \bar{x}_1^{[2]})^2 = \sum x_{i1}^{[2]2} - \frac{(\sum x_{i1}^{[2]})^2}{n^{[1]}}$$

$$= 315.69 - \frac{53.28^2}{8} = -39.16$$

となる。これらより

$$\hat{\mu} = \frac{\hat{\mu}_1^{[1]} + \hat{\mu}_1^{[2]}}{2} = \frac{9.28 + 5.92}{2} = 7.60$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{S_{11}^{[1]} + S_{11}^{[2]}}{(n^{[1]} - 1) + (n^{[2]} - 1)} = \frac{9.28 - 39.16}{(8 - 1) + (8 - 1)} = -9.472$$

となる。これらより

$$\hat{z} = \frac{(\hat{\mu}_1^{[1]} - \hat{\mu}_1^{[2]})}{\hat{\sigma}^2} (x_1 - \bar{\mu}) = \frac{(9.28 - 5.92)}{-9.472} (x_1 - 7.6)$$

$$= 2.70 - 0.354x_1$$

$$\hat{z} \geq 0 \Leftrightarrow \hat{D}^{[1]2} \leq \hat{D}^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団[1] (カラン) に属する}$$

$$\hat{z} < 0 \Leftrightarrow \hat{D}^{[1]2} > \hat{D}^{[2]2} \Leftrightarrow \text{母集団[2] (シャワー) に属する}$$

を適用することになる。

#### ・判断アルゴリズム

得られたデータをまず、トイレ使用時には水のみが流れる事になる。そこで水のみ使用された場合のフラグを立てる。水のみが流れる場合は洗面や手洗いという動作も含まれる可能性がある。したがって、洗面や手洗いといった行動に基づく流量パターンを除外する必要がある。108 回の手洗い行動を分析することで、手洗い流量と手洗い時間を求め、手洗いに係わる平均的流速を提出した。手洗いに要される水使用に係わる流速は 4.38 L/min 程度であり、表 4.2-10 に示されるように、トイレに使用される流速と大きく違うことにより判別できる。トイレ行動の場合、1 回あたりの流速、時間、流速より、トイレ使用との判断を行い、大小の判断は数式 4-9 に基づいて行った。

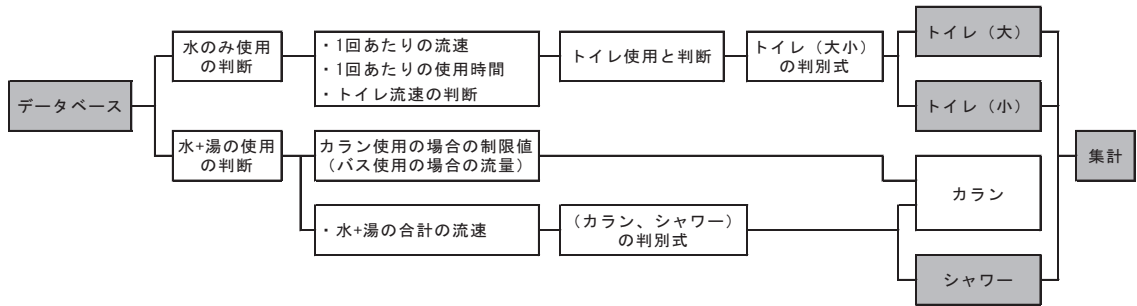
表 4.2-10 トイレ更新後の統計値

| トイレ (大)     |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 部屋          | 1506  | 1507  | 1606  | 1607  | 1706  | 1707  |
| 流量(L/Flush) | 4.51  | 5.22  | 4.70  | 4.75  | 4.74  | 5.61  |
| 時間 (sec)    | 31.33 | 31.56 | 26.44 | 27.11 | 26.33 | 31.67 |
| 流速 (L/min)  | 8.63  | 9.93  | 10.66 | 10.52 | 10.80 | 10.63 |
| 平均値         | 10.19 |       |       |       |       |       |
| 標準偏差        | 0.82  |       |       |       |       |       |

| トイレ (小)     |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 部屋          | 1506  | 1507  | 1606  | 1607  | 1706  | 1707  |
| 流量(L/Flush) | 2.77  | 3.22  | 3.44  | 3.32  | 3.06  | 3.27  |
| 時間 (sec)    | 20.44 | 20.17 | 23.11 | 21.78 | 17.33 | 19.00 |
| 流速 (L/min)  | 8.13  | 9.59  | 8.93  | 9.15  | 10.60 | 10.34 |
| 平均値         | 9.46  |       |       |       |       |       |
| 標準偏差        | 0.92  |       |       |       |       |       |

出所：調査団作成

また、入浴の行動では、カランとシャワーの分別が必要である。この場合、水と湯の両者が流れたというフラグを立て、水、湯の合計した流速を求める。計測対象部屋における浴槽への湯はり行動では、 $99.37 \pm 11.48$  L の流量が使用されていた。平均値- $2\sigma$  である (95 % 以上の安全率となる) 76.41 L 以上の湯水混合流量が与えられた場合にはカランと分別した。カランと分別されなかった湯水の混合流量流は、その混合流速を元に数式 4-15 を用いて、シャワー行動に由来するものを抽出した。以上のアルゴリズムを図示したものが図 4.2-4 である。抽出されたトイレ (大)、トイレ (小)、シャワーのデータは、トイレに関しては、1 日あたりの使用回数で、シャワーに関しては、1 日あたりの使用流量、使用時間、使用温度でデータの集計を行った。



出所：調査団作成

図 4.2-4 行動判別アルゴリズム

#### 4.2.2 計測モデルからの効果算定

設備更新後の計測対象室の 1 人 1 日あたりのトイレ大小洗浄回数、洗浄流量、および 1 人 1 日あたりのシャワー使用 (流量、流速、時間、温度) は表 4.2-11 のようになる。

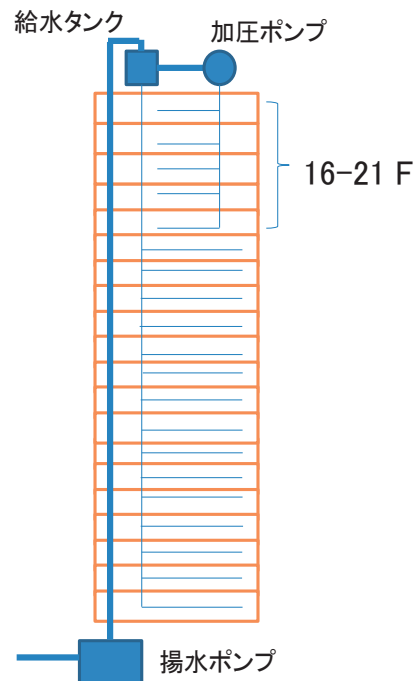
表 4.2-11 トイレ及びシャワーの統計値

| Room | トイレ                     |                |                         |                | シャワー                 |               |                 |           |
|------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|----------------------|---------------|-----------------|-----------|
|      | 大<br>(Flush/Day/Person) | 大<br>(L/Flush) | 小<br>(Flush/Day/Person) | 小<br>(L/Flush) | 流量<br>(L/Day/Person) | 流速<br>(L/min) | 時間<br>(min:Sec) | 温度<br>(℃) |
| 1506 | 1.69                    | 4.51           | 2.82                    | 2.77           | 41.25                | 5.92          | 0:06:31         | 37.84     |
| 1507 | 2.76                    | 5.22           | 3.70                    | 3.22           | 55.56                | 6.90          | 0:07:35         | 38.56     |
| 1606 | 1.73                    | 4.70           | 3.42                    | 3.44           | 44.89                | 7.46          | 0:06:04         | 38.67     |
| 1607 | 2.93                    | 4.75           | 3.69                    | 3.32           | 44.26                | 6.27          | 0:07:44         | 38.01     |
| 1706 | 5.16                    | 4.74           | 2.21                    | 3.06           | 53.69                | 6.25          | 0:08:51         | 37.48     |
| 1707 | 4.86                    | 5.61           | 1.91                    | 3.27           | 50.13                | 8.12          | 0:06:43         | 37.17     |
| 平均値  | 3.31                    | 4.92           | 2.91                    | 3.18           | 49.89                | 6.82          | 0:07:19         | 37.95     |
| 標準偏差 | 2.86                    | 0.41           | 2.46                    | 0.24           | 37.64                | 0.84          | 0:05:47         | 2.72      |

出所：調査団作成

### 4.3 給水ポンプの動力分析

給水用の配管設備の概観について図 4.3-1 に示す。該ホテルでは水道管より揚水ポンプにより屋上の給水タンクへ水は貯留され、15 階より下層へは位置エネルギーによる送水が行われている。16 階より上階は加圧ポンプによる配水が行われていた。給水時の CO<sub>2</sub> 排出係数を算出することは、給水に係わるポンプの動力エネルギーを算定する必要性があった。



出所：調査団作成

図 4.3-1 給水設備概観

揚水ポンプの経時的な消費電力量の推移を表 4.3-1 に示す。7 月 24 日に計測を開始し、12 月 31 日現在、161 日間の 1 日あたり消費電力量が示されている。該ホテルの場合、揚水ポンプに係わる消費電力量は平均 176.4 kWh が消費されていると判断できる。一方、表 3.7-1 と表 4.3-1 より表 4.3-1 を得ることができる。8 月から 12 月までの合計揚水量は、46,705 m<sup>3</sup> であり、合計消費電力量は、27,078 kWh であることから、単位体積あたりの揚水ポンプに係わるエネルギー消費量は 0.580 kWh/m<sup>3</sup> であると計算できる。

既往研究より、日本の建物内配水方式のエネルギー効率について表 4.3-3 に示す<sup>14</sup>。該設備のエネルギー効率は日本の高置水槽方式の値の約 1/2 程度であり、ほぼ妥当と判断された。ベトナムにおける電気の排出係数<sup>15</sup>を鑑みると以下のように記述できる。

<sup>14</sup> water-29871, Type of manuscript: Article, Title: “CO<sub>2</sub> emission factor for rainwater and

reclaimed water used in buildings in Japan”, Authors: Yasutoshi Shimizu\*, Satoshi Dejima, Kanako Toyosada

<sup>15</sup> 平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業ベトナム・節水型シャワー普及による水使用量削減に伴う省 CO<sub>2</sub> 化に関する BOCM 事業立上げのための環境整備調査 平成 25 年 3 月 経済産業省 (委託先)三菱 UFJ モルガン・スタンレー証券

$$\begin{aligned} \text{該ホテルにおける揚水ポンプの排出係数} &= 0.580 \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \times 0.5764 \left( \frac{\text{kg-CO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ &= 0.334 \text{ (kg-CO}_2/\text{m}^3\text{)} \end{aligned}$$

数式 4-16

表 4.3-1 揚水ポンプの消費電力量

| (kWh)   | Month    |          |         |          |          |          |
|---------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|
| Day     | 7        | 8        | 9       | 10       | 11       | 12       |
| 1       |          | 185.98   | 146.02  | 167.56   | 178.02   | 185.17   |
| 2       |          | 177.77   | 142.25  | 150.44   | 188.64   | 166.32   |
| 3       |          | 156.84   | 158.11  | 153.66   | 128.46   | 194.54   |
| 4       |          | 157.54   | 157.35  | 160.47   | 212.65   | 187.03   |
| 5       |          | 148.7    | 160.92  | 158.32   | 154.68   | 186.82   |
| 6       |          | 147.09   | 162.95  | 142.41   | 198.7    | 237.88   |
| 7       |          | 147.34   | 185.65  | 201.24   | 183.01   | 185.68   |
| 8       |          | 178.59   | 160.42  | 140.51   | 172.66   | 190.14   |
| 9       |          | 159.62   | 148.52  | 177.19   | 190.54   | 163.63   |
| 10      |          | 176.08   | 159.14  | 169.41   | 178.81   | 190.14   |
| 11      |          | 159.89   | 177.83  | 178.82   | 172.07   | 163.58   |
| 12      |          | 171.7    | 176.84  | 180.8    | 192.71   | 194.19   |
| 13      |          | 214.2    | 163.98  | 174.91   | 200.7    | 180.54   |
| 14      |          | 171.15   | 196.87  | 173.86   | 248.5    | 167.32   |
| 15      |          | 190.66   | 161.33  | 178.06   | 185.09   | 186.28   |
| 16      |          | 192.38   | 181.61  | 170.85   | 175.12   | 178.19   |
| 17      |          | 192.45   | 190.25  | 162.09   | 174.31   | 156.59   |
| 18      |          | 160.71   | 172.77  | 183.38   | 175.39   | 167.98   |
| 19      |          | 170.01   | 171.55  | 143.05   | 181.93   | 169.04   |
| 20      |          | 170.39   | 182.2   | 157.85   | 199.84   | 157.06   |
| 21      |          | 176.56   | 191.96  | 177.05   | 181.18   | 202.87   |
| 22      |          | 186.25   | 175.71  | 158.28   | 178.76   | 159.78   |
| 23      | 93.94    | 173.15   | 175.44  | 159.67   | 188.04   | 164.9    |
| 24      | 182.12   | 162.01   | 197.67  | 178.48   | 187.4    | 190.85   |
| 25      | 177.2    | 154.2    | 251.87  | 175.86   | 193.82   | 173.39   |
| 26      | 178.11   | 170.78   | 190.05  | 156.76   | 201.78   | 171.82   |
| 27      | 187.39   | 223.98   | 180.59  | 155.97   | 213.31   | 166.96   |
| 28      | 165.7    | 194.5    | 154.97  | 197.21   | 240.09   | 194.15   |
| 29      | 174.14   | 187.04   | 207.85  | 170.24   | 221.84   | 201.36   |
| 30      | 176.01   | 150.87   | 142.85  | 168.41   | 171.42   | 185      |
| 31      | 223.64   | 137.15   |         | 163.99   |          | 232      |
| Total   | 1558.25  | 5345.58  | 5225.52 | 5186.8   | 5669.47  | 5651.2   |
| Average | 173.1389 | 172.4381 | 174.184 | 167.3161 | 188.9823 | 182.2968 |

出所：調査団作成

表 4.3-2 揚水ポンプにおけるエネルギー消費量

| Month | Water Usage<br>(m3) | Energy Consumption<br>(kWh) | Energy Consumption<br>(kWh/m3) | Energy Consumption<br>(MJ/m3) |
|-------|---------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|
| 8     | 9,219               | 5,346                       | 0.580                          | 2.087                         |
| 9     | 9,026               | 5,226                       | 0.579                          | 2.084                         |
| 10    | 8,734               | 5,187                       | 0.594                          | 2.138                         |
| 11    | 9,808               | 5,669                       | 0.578                          | 2.081                         |
| 12    | 9,918               | 5,651                       | 0.570                          | 2.051                         |
| Total | 46,705              | 27,078                      | 0.580                          | 2.087                         |

出所：調査団作成

表 4.3-3 日本の建物内配水方式のエネルギー効率

|         | エネルギー効率<br>(MJ/m3) |
|---------|--------------------|
| ポンプ直送方式 | 5.37               |
| 直結増圧方式  | 2.52               |
| 高置水槽方式  | 1                  |

出所：調査団作成

一方、加圧ポンプに関する経時的な消費電力量の推移を表 4.3-4 に示す。揚水ポンプと同様な計測を行ったが、加圧ポンプを使用した客室の水使用量は直接計測することができないため、図 3.6-1 より、加圧ポンプの使用客室数は 103 室であること、表 3.7-1 の客室における水使用割合データから、加圧ポンプの使用水量を算定し、揚水ポンプと同様の計算を行った（表 4.3-5）。

表 4.3-4 加圧ポンプおける消費電力量

| (kWh)   | Month |          |          |          |          |          |
|---------|-------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Day     | 7     | 8        | 9        | 10       | 11       | 12       |
| 1       |       | 6.68     | 4.3      | 4.82     | 5.54     | 4.75     |
| 2       |       | 5.16     | 4.12     | 5.16     | 5.25     | 4.97     |
| 3       |       | 4.9      | 6.09     | 5.51     | 5.22     | 5.8      |
| 4       |       | 4.78     | 5.6      | 4.99     | 4.42     | 5.4      |
| 5       |       | 4.98     | 5.47     | 4.54     | 3.66     | 5.77     |
| 6       |       | 6.5      | 5.05     | 4.29     | 4.27     | 5.74     |
| 7       |       | 4.81     | 4.69     | 4.02     | 3.59     | 5.87     |
| 8       |       | 4.96     | 4.19     | 4.54     | 4.66     | 4.94     |
| 9       |       | 5.18     | 5.2      | 3.88     | 4.38     | 5.23     |
| 10      |       | 6.06     | 5.33     | 4.28     | 4.12     | 4.73     |
| 11      |       | 6.32     | 6.71     | 4.15     | 4.92     | 5.14     |
| 12      |       | 6.64     | 7.9      | 4.66     | 5.03     | 5.13     |
| 13      |       | 5.16     | 5.57     | 4.68     | 5.22     | 4.65     |
| 14      |       | 5.65     | 5.35     | 4.23     | 4.35     | 4.78     |
| 15      |       | 6.38     | 5.78     | 4.23     | 3.98     | 5.44     |
| 16      |       | 6.81     | 5.36     | 4.22     | 5.16     | 5.42     |
| 17      |       | 6.73     | 6.13     | 3.73     | 4.36     | 6.53     |
| 18      |       | 5.74     | 5.7      | 3.99     | 4.37     | 5.42     |
| 19      |       | 6.04     | 6.47     | 3.78     | 4.46     | 6.53     |
| 20      |       | 5.81     | 5.37     | 3.77     | 4.62     | 4.36     |
| 21      |       | 5.73     | 5.72     | 3.35     | 4.33     | 6.02     |
| 22      |       | 5.37     | 5.28     | 4.74     | 5.23     | 5.46     |
| 23      | 3.23  | 4.85     | 5.45     | 4.12     | 4.6      | 5.28     |
| 24      | 5.67  | 4.68     | 6.64     | 4.37     | 4.77     | 5.08     |
| 25      | 7.09  | 5.45     | 5.85     | 4.84     | 4.43     | 4.76     |
| 26      | 5.29  | 5.11     | 6.43     | 4.21     | 5.14     | 4.43     |
| 27      | 5.67  | 7.13     | 5.21     | 4.17     | 4.23     | 4.9      |
| 28      | 4.48  | 7.3      | 5.42     | 4.85     | 4.45     | 9.25     |
| 29      | 4.58  | 5.62     | 4.91     | 4.22     | 5.01     | 6.4      |
| 30      | 5.73  | 5.18     | 4.17     | 3.38     | 4.49     | 6.3      |
| 31      | 6.6   | 4.09     |          | 5.36     |          | 7.18     |
|         | 48.34 | 175.8    | 165.46   | 135.08   | 138.26   | 171.66   |
| Total   | 96.68 | 344.92   | 326.62   | 265.34   | 270.98   | 338.57   |
| Average | 9.668 | 11.12645 | 10.88733 | 8.559355 | 9.032667 | 10.92161 |

出所：調査団作成

表 4.3-5 加圧ポンプの推定使用水量と電力使用量

| Month | Energy Consumption (kWh) | ホテル全体の Water Usage (m3/Month) | 客室での水使用量割合 (%) | 加圧ポンプ使用客室数 | 推定加圧ポンプ使用水量 (m3) | Energy Consumption (kWh/m3) | Energy Consumption (MJ/m3) |
|-------|--------------------------|-------------------------------|----------------|------------|------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 8     | 344.92                   | 9,467                         | 58.84          | 103        | 1,708            | 0.202                       | 0.727                      |
| 9     | 326.62                   | 9,219                         | 64.22          |            | 1,815            | 0.180                       | 0.648                      |
| 10    | 265.34                   | 9,026                         | 64.22          |            | 1,777            | 0.149                       | 0.538                      |
| 11    | 270.98                   | 8,734                         | 67.98          |            | 1,820            | 0.149                       | 0.536                      |
| 12    | 338.57                   | 9,918                         | 68.87          |            | 2,094            | 0.162                       | 0.582                      |
| Total | 1,546                    | 46,364                        | 64.826         |            | 9,214            | 0.168                       | 0.604                      |

出所：調査団作成

該ホテル全体は 336 室の居室数であり、今回の機器更新居室数は 150 室 であるが、うち 99 室が加圧ポンプによる送水が行われている居室である。揚水ポンプの消費エネルギー（表 4.3-2）と比較して、加圧ポンプは半分以下の消費電力量であると判断できる。加圧ポンプ



の消費電力に関する該出の既往研究では、1.2 から 4.4 MJ/m<sup>3</sup> とされている。しかしながら、該文献では加圧ポンプの設置条件が本実証現場と異なり地下にあるため（図 4.3-1 に示されるように、本現場では加圧ポンプは階上に設置されている）、本現場の加圧ポンプの消費電力量が既往研究の数分の一であることは妥当であると考えられた。

$$\begin{aligned}\text{該ホテルにおける加圧ポンプの排出係数} &= 0.168 \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \times 0.5764 \left( \frac{\text{kg-CO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ &= 0.0968 \text{ (kg-CO}_2\text{/m}^3\text{)}\end{aligned}$$

数式 4-17

#### 4.4 ヒートポンプの動力分析

ヒートポンプの経時的な消費電力量の推移を表 4.4-1 に示す。ヒートポンプは居室に供給される湯の使用に関して用いられる。したがって、客室の湯水の使用割合を把握する必要がある。表 4.2-4 に記載のデータベースファイルより計測対象室の各月の湯水の使用割合を算定した（表 4.4-2）。

表 4.4-1 ヒートポンプの消費電力量

| Pump1    |       |     | Pump2 |       |     | Pump3 |        |     | Pump Total |        |     |
|----------|-------|-----|-------|-------|-----|-------|--------|-----|------------|--------|-----|
|          | 12月   | 1月  |       | 12月   | 1月  |       | 12月    | 1月  |            | 12月    | 1月  |
| 1        |       | 252 | 1     |       | 279 | 1     |        | 288 | 1          |        | 820 |
| 2        |       | 251 | 2     |       | 235 | 2     |        | 294 | 2          |        | 780 |
| 3        |       | 239 | 3     |       | 237 | 3     |        | 300 | 3          |        | 776 |
| 4        |       | 233 | 4     |       | 221 | 4     |        | 299 | 4          |        | 753 |
| 5        |       | 228 | 5     |       | 182 | 5     |        | 317 | 5          |        | 726 |
| 6        | 231   | 228 | 6     | 156   | 134 | 6     | 306    | 316 | 6          | 693    | 678 |
| 7        | 231   | 241 | 7     | 205   | 204 | 7     | 309    | 322 | 7          | 745    | 766 |
| 8        | 211   | 237 | 8     | 188   | 194 | 8     | 309    | 314 | 8          | 708    | 744 |
| 9        | 216   | 241 | 9     | 161   | 188 | 9     | 306    | 317 | 9          | 683    | 746 |
| 10       | 218   |     | 10    | 191   |     | 10    | 311    |     | 10         | 720    |     |
| 11       | 209   |     | 11    | 184   |     | 11    | 306    |     | 11         | 699    |     |
| 12       | 205   |     | 12    | 147   |     | 12    | 311    |     | 12         | 664    |     |
| 13       |       |     | 13    |       |     | 13    |        |     | 13         |        |     |
| 14       | 183   |     | 14    | 112   |     | 14    | 320    |     | 14         | 615    |     |
| 15       | 180   |     | 15    | 111   |     | 15    | 312    |     | 15         | 603    |     |
| 16       | 185   |     | 16    | 77    |     | 16    | 310    |     | 16         | 572    |     |
| 17       | 198   |     | 17    | 152   |     | 17    | 309    |     | 17         | 659    |     |
| 18       | 203   |     | 18    | 114   |     | 18    | 317    |     | 18         | 633    |     |
| 19       | 206   |     | 19    | 132   |     | 19    | 319    |     | 19         | 657    |     |
| 20       | 195   |     | 20    | 128   |     | 20    | 315    |     | 20         | 638    |     |
| 21       | 226   |     | 21    | 155   |     | 21    | 309    |     | 21         | 690    |     |
| 22       | 225   |     | 22    | 140   |     | 22    | 313    |     | 22         | 678    |     |
| 23       | 247   |     | 23    | 166   |     | 23    | 308    |     | 23         | 721    |     |
| 24       | 233   |     | 24    | 163   |     | 24    | 313    |     | 24         | 708    |     |
| 25       | 217   |     | 25    | 126   |     | 25    | 315    |     | 25         | 658    |     |
| 26       | 212   |     | 26    | 132   |     | 26    | 317    |     | 26         | 661    |     |
| 27       | 233   |     | 27    | 160   |     | 27    | 312    |     | 27         | 704    |     |
| 28       | 234   |     | 28    | 237   |     | 28    | 294    |     | 28         | 765    |     |
| 29       | 258   |     | 29    | 274   |     | 29    | 282    |     | 29         | 815    |     |
| 30       | 251   |     | 30    | 231   |     | 30    | 290    |     | 30         | 772    |     |
| 31       | 252   |     | 31    | 265   |     | 31    | 284    |     | 31         | 801    |     |
| 合計       | 7,604 |     | 合計    | 5,980 |     | 合計    | 10,464 |     | 合計         | 24,049 |     |
| 平均       | 223.7 |     | 平均    | 175.9 |     | 平均    | 307.8  |     | 平均         | 707    |     |
| (単位:kWh) |       |     |       |       |     |       |        |     | 標準<br>偏差   | 58.18  |     |

出所：調査団作成

表 4.4-2 計測対象室における湯の使用割合

| 部屋 | 1506            |                 | 1507            |                 | 1606            |                 | 1607            |                 | 1706            |                 | 1707            |                 | Total           |                 |               |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| 月  | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 水<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用量<br>(L) | 湯<br>使用割<br>合 |
| 9  | 713.0           | 258.9           | 679.8           | 366.9           | 840.0           | 600.8           | 1036.8          | 826.1           | 672.5           | 306.0           | 678.3           | 477.8           | 4620.4          | 2836.5          | 0.380         |
| 10 | 1968.2          | 860.3           | 3162.4          | 2014.7          | 2594.7          | 1898.5          | 3576.5          | 2416.3          | 3818.5          | 1974.8          | 3405.2          | 1856.0          | 18525.4         | 11020.5         | 0.373         |
| 11 | 3956.5          | 2428.8          | 3322.0          | 1563.4          | 4194.7          | 2921.2          | 2644.6          | 1614.5          | 3130.7          | 1622.0          | 3508.6          | 1398.9          | 20757.1         | 11548.8         | 0.357         |
| 12 | 3489.0          | 2078.0          | 3307.0          | 2397.4          | 4980.5          | 3338.7          | 1643.4          | 934.4           | 3972.2          | 2837.4          | 2307.1          | 1338.0          | 19699.2         | 12923.9         | 0.396         |
| 合計 | 10126.7         | 5626.0          | 10471.3         | 6342.5          | 12609.8         | 8759.2          | 8901.3          | 5791.2          | 11593.9         | 6740.1          | 9899.2          | 5070.6          | 63602.1         | 38329.6         | 0.376         |

出所：調査団作成

表 4.4-2 により、客室における湯の水、湯全体に占める割合は 37.6 % であると推定された。また、表 3.7-1 の値を使用して、客室で使用される湯の量は以下のように計算できる（表 4.4-3）。

表 4.4-3 客室で使用される湯量の推定

|                | 9     | 10    | 11    | 12    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|
| ホテル全体の水使用量(m3) | 9,026 | 8,734 | 9,809 | 9,918 |
| 客室での湯水使用割合(%)  | 64.22 | 67.98 | 85.23 | 68.87 |
| 客室での湯使用割合(%)   | 37.6  |       |       |       |
| 客室での湯使用量(m3)   | 2,179 | 2,232 | 3,143 | 2,568 |

出所：調査団作成

表 4.4-3 より、客室での湯使用量は平均 2,531m<sup>3</sup>であり、1 日に換算すると 84.4 m<sup>3</sup> となる。表 4.4-1 より 1 日当たりの消費電力量は 707 kWh であるため、1m<sup>3</sup>当たりの電力消費量は 8.4 kWh/m<sup>3</sup> と計算できる。

$$\begin{aligned} \text{該ホテルにおけるヒートポンプ由来の排出係数} &= 8.4 \left( \frac{\text{kWh}}{\text{m}^3} \right) \times 0.5764 \left( \frac{\text{kg} - \text{CO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ &= 4.842(\text{kg} - \text{CO}_2/\text{m}^3) \end{aligned}$$

#### 数式 4-18

給湯設備由来 CO<sub>2</sub> 排出係数について数式 4-18 はヒートポンプの実測値に基づくものである。したがって、該ホテルでの給湯に係わる CO<sub>2</sub> 排出係数としては妥当ではあるが、他施設へのプロジェクトによる設備導入を鑑みた場合精査する必要がある。1 つには気候帯分類を元に施設の所在する位置から昇温温度を考慮する必要がある点と、もう一つには、給湯熱源の影響を考慮する必要があることである。該出のプロジェクトにおける、ベトナムにおけるシャワーへの給湯器由来の CO<sub>2</sub> 排出係数には数式 4-19 が用いられている。

$$(T_2 - T_1) \times 4.189 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}} \right) \times 0.5764 \left( \frac{\text{t-CO}_2}{\text{MWh}} \right) \times 1 \left( \frac{\text{MWh}}{1000\text{kWh}} \right) \div 3600 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}} \right)$$

T<sub>1</sub>: プロジェクト実施地域における水温の平均値（表 4.4-4 より選択）

T<sub>2</sub>: 本調査によるベトナムにおけるシャワー湯温の平均値（表 4.2-11 より 37.95℃）

電気由来の CO<sub>2</sub> 排出係数：0.5764 t-CO<sub>2</sub>/MWh

表 4.4-4 ベトナムにおける水温の平均値

| 実測水温      | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 平均値   |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| R1 ラオカイ   | 17.80 | 18.51 | 21.58 | 24.86 | 26.12 | 26.78 | 26.35 | 26.44 | 25.56 | 24.16 | 21.14 | 18.48 | 23.15 |
| R2 ハイフォン  | 18.73 | 19.73 | 21.76 | 25.18 | 27.86 | 29.53 | 29.35 | 28.70 | 28.63 | 27.13 | 24.63 | 20.63 | 25.15 |
| R3 ハノイ    | 19.84 | 19.92 | 21.11 | 24.31 | 27.16 | 28.18 | 27.41 | 27.70 | 27.64 | 26.44 | 24.16 | 21.01 | 24.57 |
| R4 フエ     | 21.44 | 22.10 | 24.86 | 27.16 | 27.66 | 28.29 | 28.41 | 28.02 | 26.12 | 24.46 | 22.87 | 21.20 | 25.22 |
| R5 ダナン    | 22.98 | 25.20 | 26.56 | 29.52 | 31.04 | 31.02 | 30.98 | 30.44 | 29.20 | 26.80 | 25.10 | 18.92 | 27.31 |
| R6 バンメトート | 23.43 | 25.03 | 26.67 | 28.10 | 28.39 | 27.82 | 27.22 | 26.81 | 26.52 | 26.18 | 25.16 | 23.34 | 26.22 |
| R7 ホーチミン  | 26.25 | 27.65 | 29.27 | 30.14 | 29.33 | 27.97 | 27.02 | 26.62 | 26.50 | 26.44 | 26.07 | 25.39 | 27.39 |

出所：ハノイ科学大学(HUS)提供データに基づき作成

したがって

$$(37.95 - 27.39) \times 4.189 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kcal}} \right) \times 0.5764 \left( \frac{\text{t-CO}_2}{\text{MWh}} \right) \times 1 \left( \frac{\text{MWh}}{1000\text{kWh}} \right) \div 3600 \left( \frac{\text{kJ}}{\text{kWh}} \right)$$

$$= 0.00708 \text{ t-CO}_2/\text{m}^3 = 7.08(\text{kg-CO}_2/\text{m}^3)$$

数式 4-19

他施設で使用されている電気給湯器と比較して、該ホテルではヒートポンプを使用しているため CO<sub>2</sub> 排出係数は比較的小さいと考えられる。

## 第5章 削減ポテンシャルの評価

### 5.1 プロジェクトでの水資源、エネルギー、CO2 削減量

本プロジェクトの対象は、ホテルでの節水により給排水に係わる電力・熱エネルギーを軽減し、二酸化炭素の排出削減を達成する事業である。

排出削減は、以下のエネルギー量が減少することにより、実現される。

- ・ 上水施設及び下水処理場における処理エネルギー量
- ・ 建築物（ホテル）内配水における揚水エネルギー量及び加圧エネルギー量
- ・ 給湯に係わる加温エネルギー量

節水による二酸化炭素の排出削減の実現は、平成 23 年 12 月に国内クレジット制度における方法論「節水型水まわり住宅設備の更新（方法論番号 43）<sup>16</sup>」や「節水型水まわり住宅設備の新設（方法論番号 43-A）<sup>17</sup>」で承認されており、水の供給及び排水処理に係わる省エネルギー（省CO2）効果が注目されている。また、本事業が推進する節水型シャワーの熱エネルギー由来のGHG排出削減効果の算定は、CDM小規模方法論 ASM-II.M Demand-side energy efficiency activities for installation of low-flow water saving devices（需要側の省エネ活動としての温水節水器具の導入の方法論<sup>18</sup>）としても国連の承認を得ている。

本調査においては、それぞれのエネルギー削減量に関して検証を行う。

第2章で算出した排出係数について表 5.1-1 に示す。

表 5.1-1 CO2 排出係数

|                             |                |            |           |
|-----------------------------|----------------|------------|-----------|
| 上下水道由来CO2排出係数               | 上水由来CO2排出係数    | 0.23       | kg-CO2/m3 |
|                             | 下水由来CO2排出係数    | 0.16       | kg-CO2/m3 |
| 建物内配水由来CO2排出係数              | 揚水ポンプ由来CO2排出係数 | 0.334      | kg-CO2/m3 |
|                             | 加圧ポンプ由来CO2排出係数 | 0.097      | kg-CO2/m3 |
| 電気式給湯設備由来CO2排出係数※（）内はヒートポンプ |                | 7.08(4.84) | kg-CO2/m3 |

出所：調査団作成

該ホテルにおける使用モデルは表 3.2-1、表 4.2-11 に示されており、ベースラインにおける器具性能は表 3.4-1 に示されている。プロジェクト器具性能も表 4.2-11 に示されている。これらにしたがって、1 室あたりの削減量を算定することができる。

<sup>16</sup> 国内クレジット制度ウェブサイト <http://jcdm.jp/process/data/043.pdf>

<sup>17</sup> 国内クレジット制度ウェブサイト <http://jcdm.jp/process/data/043-A.pdf>

<sup>18</sup> 国連ウェブサイト <http://cdm.unfccc.int/methodologies/DB/HHDWO5LV9PEG6N3Y8X7J63I801N079>

ホテルにおける年間節水量

$$= \text{トイレ導入による年間節水量} + \text{シャワー導入による年間節水量}$$

数式 5-1

トイレ導入による年間節水量

$$= \text{1室あたりのトイレによる年間節水量} \times \text{部屋数}$$

数式 5-2

1室あたりのトイレによる節水量

$$= (\text{1室1日の節水量・大洗浄} + \text{1室1日の節水量・小洗浄}) \times \text{年間使用日数} \\ \times \text{年間稼働率}$$

数式 5-3

1室1日の節水量・大洗浄

$$= (\text{従来の1回水量・大洗浄} - \text{節水型の1回水量・大洗浄}) \\ \times \text{1人1日あたりの洗浄回数} \times \text{1室あたりの宿泊人数}$$

数式 5-4

1室1日の節水量・小洗浄

$$= (\text{従来の1回水量・小洗浄} - \text{節水型の1回水量・小洗浄}) \\ \times \text{1人1日あたりの洗浄回数} \times \text{1室あたりの宿泊人数}$$

数式 5-5

シャワー導入による年間節水量

$$= \text{シャワー1回の節水効果} \times \text{1人のシャワー回数} \times \text{1部屋の宿泊人数} \\ \times \text{年間使用日数} \times \text{年間稼働率}$$

数式 5-6

シャワー1回の節水効果

$$= (\text{従来シャワー流量} - \text{節水シャワー流量}) \times \text{シャワー時間}$$

数式 5-7

- ・ トイレにおける年間節水量の算出

数式 5-4 より

1室1日の節水量・大洗浄

$$= (10.5 - 4.92) (\text{L/回}) \times 3.31 (\text{回/人/日}) \times 1.44 (\text{人/室})$$

$$= \underline{26.6} \text{ (L/室/日)}$$

数式 5-5 より

1 室 1 日の節水量・小洗浄

$$= (\underline{10.5} - \underline{3.18}) \text{ (L/回)} \times \underline{2.91} \text{ (回/人/日)} \times \underline{1.44} \text{ (人/室)}$$

$$= \underline{30.7} \text{ (L/室/日)}$$

数式 5-2 より

1 室あたりのトイレによる節水量

$$= (\underline{26.6} + \underline{30.7}) \text{ (L/室/日)} \times \underline{365} \text{ (日/年)} \times \underline{0.694}$$

$$= \underline{14,515} \text{ (L/室/年)}$$

・シャワーにおける水削減量の算出

数式 5-7 より

シャワー1 回の節水効果

$$= (11 - 6.82) \text{ (L/分)} \times 7.32 \text{ (分)}$$

$$= \underline{30.6} \text{ (L/回)}$$

数式 5-6 より

シャワー導入による年間節水量

$$= \underline{30.6} \text{ (L/回)} \times \underline{1} \text{ (回/人/日)} \times \underline{1.44} \text{ (人/室)} \times \underline{365} \text{ (日/年)} \times \underline{0.694}$$

$$= \underline{11,162} \text{ (L/室/年)}$$

となる。一方、CO2 削減量に関しては、

トイレに係わるCO2 排出係数

$$= \underline{\text{上下水道由来水のCO2 排出係数} + \text{建物内給水由来のCO2 排出係数}}$$

$$= \underline{\text{上水道由来のCO2 排出係数} + \text{下水道由来水のCO2 排出係数} +}$$

$$\underline{\text{揚水ポンプ由来水のCO2 排出係数} + \text{(加圧ポンプ由来のCO2 排出係数)}}$$

※ ただし該現場では全 103 室が加圧ポンプによる給水対象であり、残り 47 室は対象外。

**数式 5-8**

1 室あたりのトイレにおけるCO2 排出削減量

$$= \underline{1 \text{ 室あたりのトイレによる節水量}} \times \underline{\text{トイレに係わるCO2 排出係数}}$$

**数式 5-9**

建物あたりのトイレによるCO2 排出削減量

= 建物あたりの部屋数 × 平均稼働率 × 1 室あたりのトイレにおけるCO2 排出削減量

**数式 5-10**

シャワーに係わるCO2 排出係数

= 上下水道由来水のCO2 排出係数 + 建物内給水由来のCO2 排出係数

+ 給湯由来のCO2 排出係数

= 上水道由来のCO2 排出係数 + 下水道由来水のCO2 排出係数 +

揚水ポンプ由来水のCO2 排出係数 + (加圧ポンプ由来のCO2 排出係数)

+ 給湯由来のCO2 排出係数

※ ただし該現場では全 103 室が加圧ポンプによる給水対象であり、残り 47 室は対象外。

**数式 5-11**

1 室あたりのシャワーによるCO2 排出削減量

= 1 室あたりのシャワーによる節水量 × シャワーに係わるCO2 排出係数

**数式 5-12**

建物あたりのシャワーによるCO2 排出削減量

= 建物あたりの部屋数 × 平均稼働率

× 1 室あたりのシャワーによるCO2 排出削減量

**数式 5-13**

・トイレによる CO2 排出削減量

数式 5-8 より

トイレに係わるCO2 排出係数

= 0.23+0.16+0.334+0.097

= 0.821 (kg-CO2/m3) (加圧ポンプで給水される 16 階以上の居室)

または

= 0.23+0.16+0.334

= 0.724 (kg-CO2/m3) (加圧ポンプで給水されない 15 階以下の居室)

数式 5-9 より

1 室あたりのトイレにおけるCO2 排出削減量

= 14.5 (m3/室/年) × (0.821 or 0.724) (kg-CO2/m3)

= 11.9 or 10.5 (kg-CO2/室/年)



・シャワーによる CO2 排出削減量

数式 5-11 より

シャワーに係わるCO2 排出係数

$$= 0.23 + 0.16 + 0.334 + 0.097 + 4.84$$

$$= 5.66 \text{ (kg-CO2/m3)} \quad (\text{加圧ポンプで給水される 16 階以上の居室})$$

または

$$= 0.23 + 0.16 + 0.334 + 4.84$$

$$= 5.56 \text{ (kg-CO2/m3)} \quad (\text{加圧ポンプで給水されない 15 階以下の居室})$$

数式 5-12 より

1 室あたりのシャワーによるCO2 排出削減量

$$= 11.2 \text{ (m3/室/日)} \times (5.66 \text{ or } 5.56) \text{ (kg-CO2/m3)}$$

$$= 63.4 \text{ or } 62.3 \text{ (kg-CO2/室/年)}$$

となる。一部屋あたりの削減量を表 5.1-2 にまとめる。

表 5.1-2 一部屋あたりの削減量

|       | 水削減量<br>(m3/室/年) |      |      | CO2削減量<br>(kg-CO2/室/年) |      |      |
|-------|------------------|------|------|------------------------|------|------|
|       | トイレ              | シャワー | 計    | トイレ                    | シャワー | 計    |
| 16階以上 | 14.5             | 11.2 | 25.7 | 11.9                   | 63.4 | 75.3 |
| 15階以下 |                  |      |      | 10.5                   | 62.3 | 72.8 |

出所：調査団作成

該出の既存の節水関連の方法論について表 5.1-3 にまとめる。

表 5.1-3 既存の方法論一覧

|                  | ASM II.M                                        | 国内クレジット 043<br>国内クレジット 043-A                  |                                                      | 平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業 ベトナム・節水型シャワー普及による水使用量削減に伴う省 CO2 化に関する BOCM 事業立上げのための環境整備調査における MRV 方法論 |                       |
|------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                  |                                                 | 水使用量に基づく算定                                    | 活動量に基づく算定                                            | 水使用量に基づく算定                                                                                      | 器具設置数に基づく算定           |
| プロジェクト年間水使用量算定方法 | 節水器具設置後 60 日間の実測値 (ℓ) × 365/60                  | プロジェクト実施後の水使用量実測値(ℓ)                          | プロジェクト節水機器の水使用量(ℓ/回)×活動量(回数)                         | プロジェクト実施後の水使用量実測値(m³/台/年)×プロジェクトにより導入された節水器具の台数                                                 |                       |
| ベースライン年間水使用量計算方法 | ベースライン流量(ℓ/分) / プロジェクト流量(ℓ/分) × プロジェクト水使用量(ℓ/年) | ベースライン流量(ℓ/分) / プロジェクト流量(ℓ/分) × プロジェクト水使用量(ℓ) | ベースライン機器の水使用原単位(ℓ/回) × 活動量(回数)                       | プロジェクト水使用量 / (1 - プロジェクトにより導入された節水器具の節水効果 [%])                                                  |                       |
| 計測値              | ・節水器具設置後 60 日間の水使用量*<br>・ベースライン流量<br>・プロジェクト流量  | ・プロジェクト実施後の水使用量実測                             | ・活動量(回数)                                             | ・プロジェクトにより導入された節水器具 1 台あたりの水使用量(m³/年)                                                           | ・プロジェクト節水機器の設置台数(台/年) |
| デフォルト値           | なし                                              | ・プロジェクト流量(カタログ値)<br>・ベースライン流量(カタログ値)          | ・プロジェクト節水機器の水使用原単位(カタログ値)<br>・ベースライン機器の水使用原単位(カタログ値) | ・プロジェクトにより導入された節水器具 1 台あたりの節水効果 (%)                                                             |                       |

\*夏季、冬季、各 30 日間

出所：調査団作成

「平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業 ベトナム・節水型シャワー普及による水使用量削減に伴う省 CO2 化に関する BOCM 事業立上げのための環境整備調査」ではベトナムにおける温水シャワー設備に対して、節水型シャワーを導入することで水の使用量を削減し、給湯及び水供給システムに由来する電力や化石燃料の消費量を削減することが目的とされている。本プロジェクトでは温水シャワー設備に加え、便器もその対象に加えるものである。

CO2 の排出係数に関して、該プロジェクトでは、上下水道由来の排出係数、建物内給水に係わる排出係数、給湯に係わる排出係数がデフォルト値として提供されている。しかしながら、建物内給水に係わる排出係数が住宅をモデルとしたものであり、本現場のようなビルディングにおける特殊な給水システムが考慮されていないため、若干の考慮が必要であると考えられる。さらに、給湯に係わる CO2 の排出係数は熱源を電気とした仮定が用いられていた。本プロジェクトは対象をホテル等の大規模施設としているため、必ずしも熱源が電気だけとは限定できないと想定される。したがって、該プロジェクトにおける MRV 方法論を参照し、更新を行うことが妥当であると考えられる。

#### ■ 適用対象プロジェクト

本調査において開発した MRV 方法論は、ベトナムにおける便器及び温水シャワー設備を備えるビルディングへ節水器具を導入することにより、水の使用量を削減し、給湯及び水供給システムに由来する電力や化石燃料の消費量を削減することで、リファレンスシナリオと比較して GHG 排出削減を実現するプロジェクトに適用される

#### ■ 適格性基準

本方法論は、以下の要件をすべて満たすことができるプロジェクトに適用することが出来ることとする。

条件 1:ベトナムにおける節水型機器が導入される施設であること

条件 2:従来型の水周り機器からの交換、もしくは新規に節水型機器を導入するプロジェクトであること

条件 3:シャワー給湯用温水器は、プロジェクトにおける設定給水温度を満足する能力を有すること

条件 4:節水型シャワーは、従来の機器と同等の快適性を有すること

条件 5:節水型便器は、従来の機器と同等の汚物搬送性を有すること

尚、節水型シャワー、節水型便器の定義は以下のとおりとする。

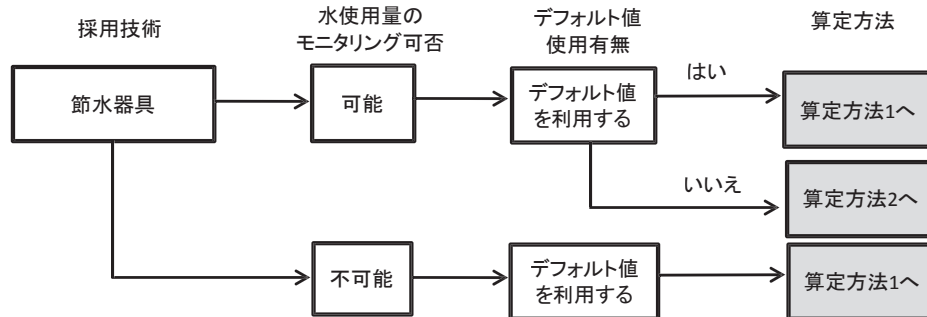
節水型シャワー：節水型シャワーとは、単に吐水口径を縮小したり、定量弁の組み込みにより給湯量を抑制したりするものではなく、「洗い流し性」及び「快適性（浴び心地）」という基本性能を有するものとする。

節水型便器：節水型便器とは、単に一回の洗浄水量を抑制し、節水を実現するものではなく、「洗浄性能」及び「排出性能」という基本性能を有するものとする。

#### ■ リファレンス排出量の算定方法と必要なデータ

本事業では排出削減量計算のワークシートが作成されており（付属資料 2 参照）、プロジ

ェクト実施者は、図 5.1-1 のフローチャートに従い、リファレンス排出量の算定方法を選択できる。



出所：調査団作成

図 5.1-1 算定方法選択までのフローチャート

#### ■ 排出削減量の計算式

いずれのリファレンスシナリオ算定方法を選択しても、排出削減量の算定式は共通であるが、プロジェクトにより導入された節水器具による水消費量 ( $Q_{w,total,pj,y}$ ) の値の入手方法が異なる。

$$ER_y = RE_y - PE_y$$

$ER_y$ : 排出削減量 [t-CO2/年]

$RE_y$ : リファレンス排出量 [t-CO2/年]

$PE_y$ : プロジェクト排出量 [t-CO2/年]

数式 5-14

$$RE_{shower,y} = PE_{shower,y} / (1 - EER_{shower,pj})$$

$$RE_{toilet,y} = PE_{toilet,y} / (1 - EER_{toilet,pj})$$

$$RE_y = RE_{shower,y} + RE_{toilet,y}$$

$RE_{shower,y}$ : リファレンスシャワー排出量 [t-CO2/年]

$PE_{shower,y}$ : プロジェクトシャワー排出量 [t-CO2/年]

|                    |                 |           |
|--------------------|-----------------|-----------|
| $EER_{shower,y}$ : | プロジェクトシャワーの節水効果 | [ % ]     |
| $RE_{toilet,y}$ :  | リファレンストイレ排出量    | [t-CO2/年] |
| $PE_{toilet,y}$ :  | プロジェクトトイレ排出量    | [t-CO2/年] |
| $EER_{toilet,y}$ : | プロジェクトトイレの節水効果  | [ % ]     |

#### 数式 5-15

$$PE_y = PE_{shower,y} + PE_{toilet,y}$$

$$= (Q_{shower,pj,y} \times EF_{w,y}) + (Q_{shower,pj,y} \times EF_{wp,y}) + (Q_{shower,pj,y} \times EF_{wh,y})$$

$$+ (Q_{toilet,pj,y} \times EF_{w,y}) + (Q_{toilet,pj,y} \times EF_{wp,y})$$

|                     |                     |            |
|---------------------|---------------------|------------|
| $Q_{shower,pj,y}$ : | プロジェクトシャワーの水消費量     | [ m3/年 ]   |
| $Q_{toilet,pj,y}$ : | プロジェクトトイレの水消費量      | [ m3/年 ]   |
| $EF_{w,y}$ :        | 上下水プロセス由来の CO2 排出係数 | [t-CO2/m3] |
| $EF_{wp,y}$ :       | 建物内給水由来の CO2 排出係数   | [t-CO2/m3] |
| $EF_{wh,y}$ :       | 給湯器由来の CO2 排出係数     | [t-CO2/m3] |

#### 数式 5-16

#### ■ 排出削減量の算定に必要なデータ

リファレンス排出量の算定方法の選択により、本方法論において、以下のデフォルト値が設定されている。なお、給湯器の排出係数は熱源により異なる。本現場の場合電気由来による排出係数が使用されていたが、方法論においては、熱源の排出係数は該当する物理手段により選択可能である。

#### 算定方法 1: 節水 デフォルト値

| パラメーター                       | 値                                                             | 単位                   |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|
| 上下水プロセス由来の CO2 排出係数 (デフォルト値) | 0.00039                                                       | t-CO2/m <sup>3</sup> |
| 建物内給水由来の CO2 排出係数 (デフォルト値)   | 0.000334<br>(16 階以上 :<br>0.000431 /<br>加重平均値 :<br>0.000398) * | t-CO2/m <sup>3</sup> |
| 給湯器由来の CO2 排出係数 (デフォルト値)     | 0.00708                                                       | t-CO2/m <sup>3</sup> |

|                                      |                    |                     |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|
| プロジェクトにより導入されたシャワーの節水効果（デフォルト値）      | 38.0 <sup>19</sup> | %                   |
| プロジェクトにより導入されたシャワー1台あたりの水使用量（デフォルト値） | 18.2               | m <sup>3</sup> /台/年 |
| プロジェクトにより導入されたトイレの節水効果（デフォルト値）       | 60.9 <sup>20</sup> | %                   |
| プロジェクトにより導入されたトイレ1台あたりの水使用量（デフォルト値）  | 9.3                | m <sup>3</sup> /台/年 |
| プロジェクトにより導入されたシャワーの台数                | モニタリング             | 台/年                 |
| プロジェクトにより導入されたトイレの台数                 | モニタリング             | 台/年                 |

\* 該現場において、16階以上は加圧ポンプが利用されている。括弧内は、16階以上の排出係数および該現場における節水器具が取り付けられた部屋数（16階以上が99室、15階以下が51室）で按分を行い加重平均値した排出係数。

## 算定方法 2: 節水\_プロジェクト固有値

| パラメーター                          | 値                                                          | 単位                   |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------|
| 上下水プロセス由来の CO2 排出係数（デフォルト値）     | 0.00039                                                    | t-CO2/m <sup>3</sup> |
| 建物内給水由来の CO2 排出係数（デフォルト値）       | 0.000334<br>(16階以上：<br>0.000431 /<br>加重平均値：<br>0.000398) * | t-CO2/m <sup>3</sup> |
| 給湯器由来の CO2 排出係数（デフォルト値）         | 0.00708 <sup>21</sup>                                      | t-CO2/m <sup>3</sup> |
| プロジェクトにより導入されたシャワーの節水効果（デフォルト値） | 38.0                                                       | %                    |
| プロジェクトにより導入されたシャワー1台あたりの水使用量    | モニタリング                                                     | m <sup>3</sup> /台/年  |
| プロジェクトにより導入されたトイレの節水効果（デフォルト値）  | 60.9                                                       | %                    |
| プロジェクトにより導入されたトイレ1台あたりの水使用量     | モニタリング                                                     | m <sup>3</sup> /台/年  |

\* 該現場において、16階以上は加圧ポンプが利用されている。括弧内は、16階以上の排出係数および該現場における節水器具が取り付けられた部屋数（16階以上が99室、15階以下が51室）で按分を行い加重平均値した排出係数。

## ■ モニタリング項目

<sup>19</sup> シャワーによる節水効果の算出： シャワーの節水効果 = (11.0 - 6.82)/11.0 = 0.380

<sup>20</sup> トイレによる節水効果の算出：

リファレンス：(10.5) (L/回) × (3.31+2.91) (回/人/日) × 1.44 (人/室) = 94.05 (L/室/日)

プロジェクト実施後：

大) (4.92) (L/回) × 3.31 (回/人/日) × 1.44 (人/室) = 23.45 (L/室/日)

小) (3.18) (L/回) × 2.91 (回/人/日) × 1.44 (人/室) = 13.33 (L/室/日) 計：36.78 (L/室/日)

トイレの節水効果 = (94.05-36.78)/94.05 = 0.609

<sup>21</sup> プロジェクト実施地域の平均水温、給湯設備により、デフォルト値が異なる。例としてホーチミン市、電気由来の場合を記載している。

選定された算定方法に応じて、プロジェクト登録段階で事前設定あるいはプロジェクト実施後のモニタリングが必要なデータが、以下のように決められている。

算定方法 1: 節水 デフォルト値

プロジェクトにより導入された節水型器具の導入台数 (台/年)

算定方法 2: 節水 プロジェクト値

プロジェクトにより導入された節水型器具の水使用量 (m<sup>3</sup>/年)

■ 排出削減効果の現場におけるポテンシャル

リバーサイドホテルにおいて、150 台の節水器具（シャワー、トイレ）を導入した場合の排出削減効果のポテンシャルを表 5.1-4 に示す。

表 5.1-4 排出削減効果のポテンシャル

排出削減量：

$$\begin{aligned} ER_y &= RE_y - PE_y \\ &= 37.46 - 22.58 \\ &= 14.88 \text{ (t-CO}_2\text{/年)} \end{aligned}$$

リファレンス排出量：

$$\begin{aligned} RE_{shower,y} &= PE_{shower,y} / (1 - EER_{shower,pj}) \\ &= \frac{21.48}{1 - 0.38} \\ &= 34.65 \text{ (t-CO}_2\text{/年)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} RE_{toilet,y} &= PE_{toilet,y} / (1 - EER_{toilet,pj}) \\ &= \frac{1.10}{1 - 0.609} \end{aligned}$$

$$= 2.81 \text{ (t-CO2/年)}$$

$$RE_y = RE_{shower,y} + RE_{toilet,y}$$

$$= 34.65 + 2.81$$

$$= 37.46 \text{ (t-CO2/年)}$$

プロジェクト排出量：

$$PE_y = PE_{shower,y} + PE_{toilet,y}$$

$$= (Q_{shower,pj,y} \times EF_{w,y}) + (Q_{shower,pj,y} \times EF_{wp,y}^*) + (Q_{shower,pj,y} \times EF_{wh,y})$$

$$+ (Q_{toilet,pj,y} \times EF_{w,y}) + (Q_{toilet,pj,y} \times EF_{wp,y}^*)$$

$$= (2730 \times 0.00039) + (2730 \times 0.000398) + (2730 \times 0.00708)$$

$$+ (1395 \times 0.00039) + (1395 \times 0.000398)$$

$$= 21.48 + 1.10 = 22.58 \text{ (t-CO2/年)}$$

$Q_{shower,pj,y}$ ：プロジェクトにより導入されたシャワーによる水消費量

= シャワー1台あたりの水使用量 × 導入台数

= 6.82 (L/分) × 7.31 (分) × 1 (回/人/日) × 1.44 (人/室) × 365 (日/年) × 0.694 × 150

= 18.2 (m<sup>3</sup>/台/年) × 150

= 2,730 (m<sup>3</sup>/年)



$Q_{toilet,pj,y}$ : プロジェクトにより導入されたトイレによる水消費量

$$\begin{aligned} &= \text{トイレ 1 台あたりの水使用量} \times \text{導入台数} \\ &= \text{水使用量} \cdot \text{大} + \text{水使用量} \cdot \text{小} \times \text{導入台数} \\ &= (4.92 \text{ (L/回)} \times 3.31 \text{ (回/人/日)} + 3.18 \text{ (L/回)} \times 2.91 \text{ (回/人/日)}) \\ &\quad \times 1.44 \text{ (人/室)} \times 365 \text{ (日/年)} \times 0.694 \times 150 \\ &= 9.3 \text{ (m}^3\text{/台/年)} \times 150 \\ &= 1,395 \text{ (m}^3\text{/年)} \end{aligned}$$

$EF_{w,y}$ : 上下水プロセス由来の CO2 排出係数 (デフォルト値) 0.00039 (t-CO2/m3)

$EF_{wp,y}^*$ : 建物内給水由来の CO2 排出係数 (デフォルト値) 0.000398 (t-CO2/m3)

$EF_{wh,y}$ : 給湯器由来の CO2 排出係数 (デフォルト値) 0.00708 (t-CO2/m3)

(電気由来の排出係数を採用)

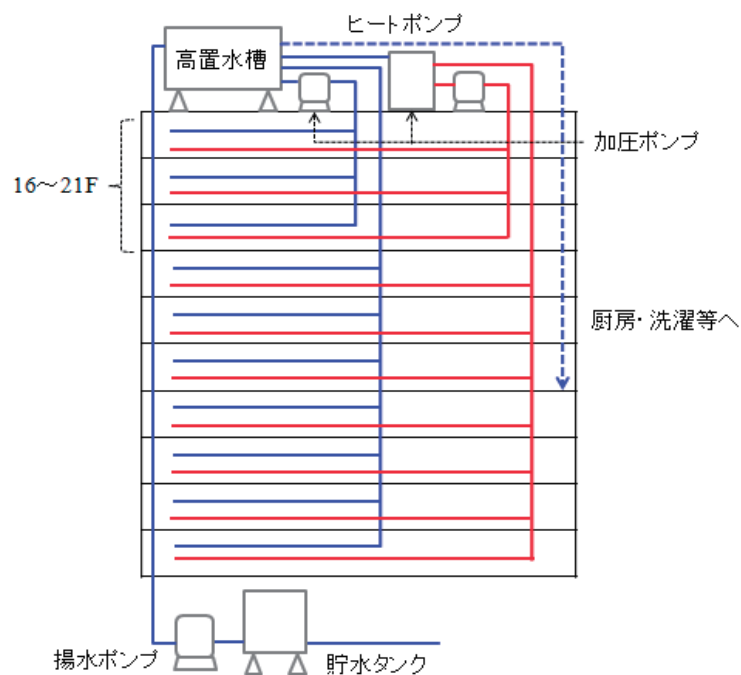
出所: 調査団作成

## 5.2 普及時を想定した、ホテルのCO2 排出削減ポテンシャル

該ホテル全室への節水器具導入を想定することにより、ベトナム国内の他ホテルへ普及した際の削減ポテンシャルを検討する。

### 5.2.1 リバーサイドホテルの水・エネルギー収支モデル

リバーサイドホテルに於いて、全 336 室へ節水器具 (シャワー・トイレ) を導入した場合の水・エネルギー収支モデルを示す。該ホテルでは上水は水道管から揚水ポンプにより屋上の給水タンクへ貯留され、客室・厨房・洗濯等の用途毎に配水される。ホテルへのヒアリングにより、客室の水消費量はホテル全体の 60%程度と想定する。客室への給湯は 3 台のヒートポンプが使用されている。また、給湯・給水共に 16 階から上層の 103 室へは加圧ポンプによる配水、15 階より下層の 233 室へは位置エネルギーによる配水が行われている (図 5.2-1)。よって、節水機器の導入により水・エネルギー収支の影響を受ける設備は、揚水ポンプ・ヒートポンプ・上層階配水用の加圧ポンプとなる。この際、建物内給水由来の CO2 排出係数の加重平均は 0.000366t-CO2/m3 と計算される。これは該ホテルで配水時に加圧ポンプが使用されていない 15 階以下の CO2 排出係数 0.000334t-CO2/m3 と近い値となる。ただし、加圧ポンプは設置の有無、対象階層がホテル毎に異なるため、収支モデル化の対象から除外する。



出所：調査団作成

図 5.2-1 給水・給湯モデル

なお、水使用に関わる計算には図 5.1-1 のコンセプトに従い、添付のワークシートを使用する。ワークシート上で参照される本調査の実測データに基づく各デフォルト値に関しては表 5.2-1 に示されている。

表 5.2-1 デフォルト値の一覧

| CO2排出係数            |      |          |                                  |
|--------------------|------|----------|----------------------------------|
| 水由来                |      | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 給湯由来               | 電気由来 | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 揚水ポンプ由来            | 電気由来 | 0.000334 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 削減効率               |      |          |                                  |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率 |      | 38.0     | %                                |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率  |      | 60.9     | %                                |
| 昇温温度               |      |          |                                  |
| T2（シャワー温度）         |      | 37.95    | °C                               |
| T1（水温気候帯を選択）       | R7   | 27.39    | °C                               |
| シャワー導入台数           |      | 336      | 台                                |
| 節水トイレ導入台数          |      | 336      | 台                                |
| シャワー1台当たりの水使用量     |      | 18.2     | m <sup>3</sup> /台・y              |
| トイレ1台当たりの水使用量      |      | 9.3      | m <sup>3</sup> /台・y              |

出所：調査団作成

デフォルト値の中で、給湯由来の排出係数と昇温温度（T1）は変数となる。給湯由来の排出係数は電気他、ガス、重油ボイラーより選択される。表 5.2-2 は各熱源を使用した場合の単位体積あたりの CO2 排出係数について一覧となっており、ワークシート上、熱源を選択した場合、これらの値が適用されることになる。

もう一方の変数である昇温温度は気候帯区分とそれに対応した水の温度が参照される。これは表 4.4-4 に記載の各都市の年間平均水温である（表 5.2-3）。ワークシート上では、都市の属する気候区分を選択すると平均水温が参照され、デフォルト値であるシャワー温度からのそれらの差が必要昇温温度として提出され、それを元に各熱源に由来する CO2 排出係数が適用される。

表 5.2-2 熱源の排出係数

|              |           |           |
|--------------|-----------|-----------|
| 電気の排出係数      | 0.0005764 | tCO2/kWhr |
| 電気由来CO2排出係数  | 0.0070835 | tCO2/m3   |
| 重油の排出係数      | 0.0027100 | tCO2/ l   |
| 重油の単位発熱量     | 39.1      | MJ/l      |
|              | 0.0000693 | tCO2/MJ   |
| 重油由来CO2排出係数  | 0.0030663 | tCO2/m3   |
| LNGの排出係数     | 0.0026980 | tCO2/kg   |
| LNGの単位発熱量    | 54.5      | MJ/kg     |
|              | 0.0000495 | tCO2/MJ   |
| LNG由来CO2排出係数 | 0.0021901 | tCO2/m3   |

出所：調査団作成

表 5.2-3 ベトナムの年間平均水温

| 都市名   | 気候帯 | 平均水温  |
|-------|-----|-------|
| ラオカイ  | R1  | 23.15 |
| ハイフォン | R2  | 25.15 |
| ハノイ   | R3  | 24.57 |
| フエ    | R4  | 25.22 |
| ダナン   | R5  | 27.31 |
| バンメート | R6  | 26.22 |
| ホーチミン | R7  | 27.39 |

出所：調査団作成

表 5.2-4 水使用量及び削減率のデフォルト値

|               |       |       |
|---------------|-------|-------|
| 1室あたりのシャワー使用量 | 49.89 | L/日/人 |
| 1室あたりのトイレ使用量  | 25.55 | L/日/人 |
| 平均宿泊者数        | 1.44  | 人/室   |
| 稼働率           | 69.4  | %     |
| シャワー削減率       | 38.0  | %     |
| トイレ削減率        | 60.9  | %     |

出所：調査団作成

また、削減率や使用量等もデフォルト値として与えられる（表 5.2-4）。これらを元にワークシートでは、節水機器の導入個数を入力すると、自動的に CO2 排出削減量が算出される。リバーサイドホテルの全室 336 部屋へ導入した場合の CO2 排出削減量は表 5.2-5 となる。ワークシート上では、トイレに関しては、プロジェクト実施後の排出量からトイレ削減率が換算されベースライン排出量が計算され、ベースライン排出量よりプロジェクト実施後の排出量が減されることによりトイレによる CO2 排出削減量を提出することになる。シャワーの場合も同様であるが、トイレと比較し、該当物件の所在する気候帯と該当物件で用いられるシャワーの給湯熱源の影響を大きく受けることになる（表 5.2-6）。

表 5.2-5 ワークシートの入力画面

1. プロジェクト実施後にモニタリングし入力

| データの説明            | 値   | 単位 |
|-------------------|-----|----|
| プロジェクト導入数(節水シャワー) | 336 | 台  |
| プロジェクト導入数(節水トイレ)  | 336 | 台  |

2. CO2排出削減量

| CO2排出削減量 | 単位                  |
|----------|---------------------|
| 32.79    | tCO <sub>2</sub> /y |

出所：調査団作成

表 5.2-6 パラメーターの一覧

| 1. 排出削減量の算定結果                | 燃料種 | 値        | 単位                               | パラメータ                   |
|------------------------------|-----|----------|----------------------------------|-------------------------|
| 排出削減量                        |     | 32.79    | tCO <sub>2</sub> /y              | ER <sub>y</sub>         |
| 2. 選択されたデフォルト値等              |     |          |                                  |                         |
| 水由来のCO <sub>2</sub> 排出係数     | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>W,y</sub>       |
| 温水製造由来のCO <sub>2</sub> 排出係数  | —   | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>WH,y</sub>      |
| 揚水ポンプ由来のCO <sub>2</sub> 排出係数 | —   | 0.00033  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>WP,y</sub>      |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率           | —   | 38.0%    |                                  | EER <sub>shower,d</sub> |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率            | —   | 60.9%    |                                  | EER <sub>toilet,d</sub> |
| 3. リファレンス排出量の算定結果            |     |          |                                  |                         |
| リファレンス排出量                    |     | 82.79    | tCO <sub>2</sub> /y              | RE <sub>y</sub>         |
| プロジェクト排出量                    | —   | 50.00    | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>         |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率           | —   | 38.0%    |                                  | EER <sub>shower,d</sub> |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率            | —   | 60.9%    |                                  | EER <sub>toilet,d</sub> |
| 4. プロジェクト排出量の算定結果            |     |          |                                  |                         |
| プロジェクト排出量                    |     | 50.00    | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>         |
| シャワープロジェクト排出量                |     | 47.74    | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>         |
| プロジェクト排出量(水)                 | —   | 2        | tCO <sub>2</sub> /y              |                         |
| プロジェクト使用量(水由来)               | —   | 6,114    | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,d,y</sub> |
| 水由来のCO <sub>2</sub> 排出係数     | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>W,y</sub>       |
| プロジェクト排出量(温水製造由来)            | —   | 43       | tCO <sub>2</sub> /y              |                         |
| プロジェクト使用量(温水製造由来)            | —   | 6,114    | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,d,y</sub> |
| 温水製造由来のCO <sub>2</sub> 排出係数  | —   | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>WH,y</sub>      |
| プロジェクト排出量(揚水ポンプ由来)           | —   | 2        | tCO <sub>2</sub> /y              |                         |
| プロジェクト使用量(揚水ポンプ由来)           | —   | 6,114    | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,d,y</sub> |
| 揚水ポンプ由来のCO <sub>2</sub> 排出係数 | —   | 0.000334 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>WP,y</sub>      |
| トイレプロジェクト排出量                 |     | 2.27     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>         |
| プロジェクト排出量(水)                 | —   | 1.22     | tCO <sub>2</sub> /y              |                         |
| プロジェクト使用量(水由来)               | —   | 3,132    | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>toilet,d,y</sub> |
| 水由来のCO <sub>2</sub> 排出係数     | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>W,y</sub>       |
| プロジェクト排出量(揚水ポンプ由来)           | —   | 1        | tCO <sub>2</sub> /y              |                         |
| プロジェクト使用量(揚水ポンプ由来)           | —   | 3,132    | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>toilet,d,y</sub> |
| 揚水ポンプ由来のCO <sub>2</sub> 排出係数 | —   | 0.00033  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>WP,y</sub>      |

出所：調査団作成

### 5.2.2 普及時モデルの設定

気候帯のエネルギー収支への影響を考慮でき、且つ取り替えの需要が見込めるホーチミン市(南部)とハノイ市(北部)でそれぞれ5,000室に節水器具を導入した場合を想定する。また、給湯方式については電気給湯器とボイラーを設定し、ボイラーの熱源に使用される燃料は重油とLNGを選択した。よって、以下に6パターンを設定する。削減ポテンシャルは添付のワークシートを用いて算出した。

気候帯と給湯器の熱源の違いは給湯器由来のCO<sub>2</sub>排出係数(EF<sub>wh,y</sub>)に影響を与え、実施地域の平均水温(表4.4-4)と熱源の燃料の排出係数(表5.2-8)よりそれぞれ以下の値となる。

表 5.2-7 気候帯・熱源別の排出係数

|                 |           | 都市      |         |
|-----------------|-----------|---------|---------|
|                 |           | ホーチミン市  | ハノイ市    |
| 気候帯             |           | R7      | R3      |
| 給湯方式<br>(熱源の燃料) | 電気給湯器(電気) | 0.00708 | 0.00902 |
|                 | ボイラー(重油)  | 0.00307 | 0.00390 |
|                 | ボイラー(LNG) | 0.00220 | 0.00279 |

単位： t-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>

出所：調査団作成

表 5.2-8 熱源に使用される燃料の排出係数

|         | 値         | 単位                     |
|---------|-----------|------------------------|
| 電気      | 0.0005764 | t-CO <sub>2</sub> /kWh |
| 重油(重油A) | 0.00271   | t-CO <sub>2</sub> /l   |
| LNG     | 0.002698  | t-CO <sub>2</sub> /kg  |

出所：調査団作成

#### ■ 削減ポテンシャル試算

表 5.2-7 に示すパターンでの CO<sub>2</sub> 排出削減ポテンシャルを試算した。結果を表 5.2-9 にまとめる。

表 5.2-9 CO<sub>2</sub> 排出削減ポテンシャル

|                 |           | 都市     |      |
|-----------------|-----------|--------|------|
|                 |           | ホーチミン市 | ハノイ市 |
| 気候帯             |           | R7     | R3   |
| 給湯方式<br>(熱源の燃料) | 電気給湯器(電気) | 493    | 600  |
|                 | ボイラー(重油)  | 266    | 313  |
|                 | ボイラー(LNG) | 217    | 250  |

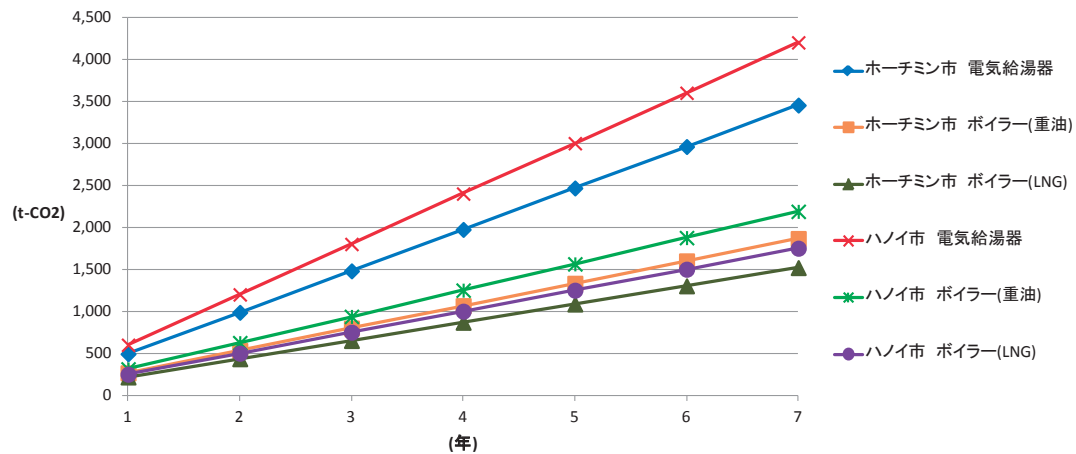
単位： t-CO<sub>2</sub>/Year

出所：調査団作成

5,000 室へ節水器具を設置することで年間 217～600t-CO<sub>2</sub> の削減量が見込めることがわかる。最も削減ポテンシャルが高いハノイ市の電気給湯では 7 年間で 4,000t-CO<sub>2</sub> を超える。一方、最も低いホーチミン市のボイラー (LNG) では 1,500t-CO<sub>2</sub> あたりとなる (図 5.2-2)。この差異の要因として 2 点挙げられる。一つ目はデフォルト値として与えられる給湯に係



る CO2 排出係数によるものである。各給湯機熱源の CO2 排出係数は大きく異なる結果となった（表 5.2-6）。これは熱源を電気とした場合、実際のエネルギー投入量の 40%しか電力として得られないというインフラ要因に原因を帰する。熱量を給湯する場合の CO2 排出係数は電気を他燃料と比較した場合には非常に高いものとなる。



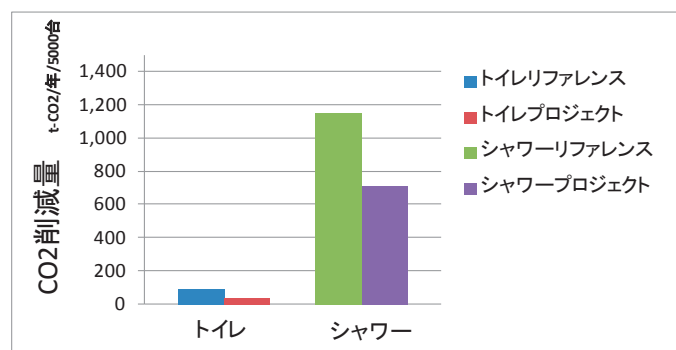
出

所：調査団作成

図 5.2-2 CO2 削減ポテンシャルの 7 年間の積算量

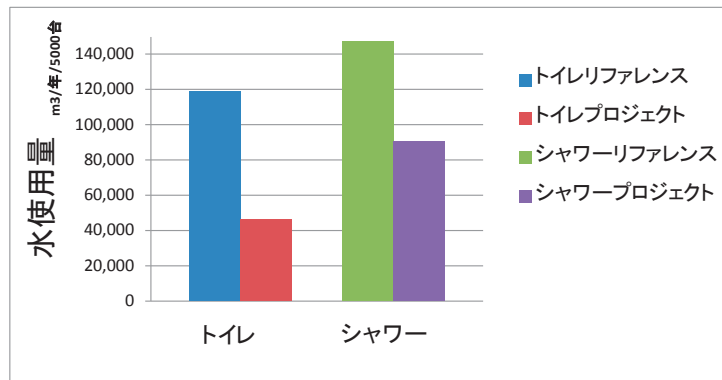
二つ目は気候帯のエネルギー収支への影響である。ホーチミン市において 5,000 セットを導入した場合の CO2 排出量の内訳について図 5.2-3 に示す。CO2 排出削減量に関して、その 95 % がシャワーに依存することがわかる。これは主に給湯に係る熱源の CO2 排出係数が、上下水道の CO2 排出係数や施設内の給水インフラに係る CO2 排出係数よりも非常に大きい事に原因を帰する。シャワーに係るデフォルト化された排出係数のうち、突出して給湯熱源に由来する CO2 排出係数が高い（表 5.1-1）。そのため、平均水温の低い高緯度の地域の方が CO2 削減ポテンシャルは高くなる。

一方、同プロジェクトにおける水の使用量の内訳を図 5.2-4 に示す。節水率ではトイレの方がシャワーよりも効果的である事が明白である。



出所：調査団作成

図 5.2-3 CO2 排出量の内訳



出所：調査団作成

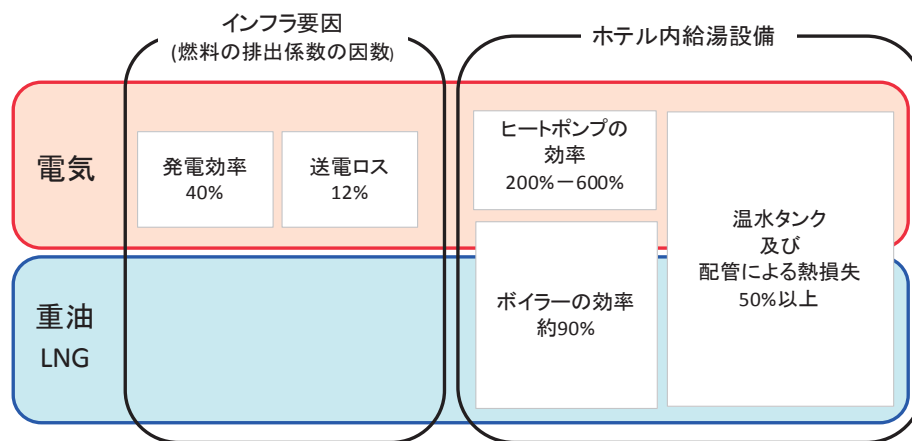
図 5.2-4 水使用量の内訳

### 5.2.3 削減ポテンシャル試算における今後の課題

本調査により、給湯熱源に使用される燃料別の排出係数と、気候帯により異なる平均水温の影響を考慮したホテルでのMRV方法論を開発した。これによりベトナムのホテルでの水・CO<sub>2</sub>削減効果を推定することが可能になったが、CO<sub>2</sub>排出量への影響が大きい給湯に係るエネルギー収支に於いては、ホテル内の給湯設備の影響を考慮することが更なる検討課題となっている。ヒートポンプによる給湯を行っている該ホテルの実測値では給湯由来の排出係数は4.84kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>であった。(数式 4-18)、一方、既出プロジェクトの数式から設定したデフォルト値として与えられた電気給湯由来の排出係数は7.08kg-CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>となっている(数式 4-19)。この乖離の要因が今後検討すべき2つの課題である。1つ目は給湯機の熱効率の違いの考慮である。該ホテルのヒートポンプはカタログ上のスペックでは熱効率350%となる。既出のプロジェクトの数式ではこの効率を100%としており考慮できていない。また、ベトナムの多くのホテルで使用されている重油や電気を燃料とするボイラーの熱効率は約90%と言われている。2つ目は配管における熱損失についてである。増田ら<sup>22</sup>によると、ホテル内の配管等における熱損失は50%以上であることが報告されている。これらの課題は既出のプロジェクトで調査した住宅と異なり、多くのホテルでは大容量の給湯機で複数個の給湯箇所に対応する中央式を採用しているためである。

<sup>22</sup> 増田ら (2012) ビジネスホテルにおける給湯システムからの熱損失の測定 日本建築学会近畿支部研究報告集. 環境系 (52), 301-304, 2012-05-25





出所：調査団作成

図 5.2-5 熱源別エネルギー効率の概要

上記課題を含めた熱源別のエネルギー効率を図 5.2-5 で示す。インフラ要因の発電効率と送電ロスは電気の排出係数  $0.5764\text{kg-CO}_2/\text{m}^3$  の因数となっており、本方法論に織り込まれている。一方、ホテル内給湯設備の領域に含まれる給湯機のエネルギー効率と配管に於ける熱損失は方法論に織り込むための知見が十分に整備されていない。しかしながら、前述のようにホテル内給湯設備が給湯に係る  $\text{CO}_2$  排出量に与える影響は大きいと考えられるため、ホテル内給湯設備の効率も考慮した際の削減ポテンシャルを試算する。この場合、電気給湯方式はヒートポンプと電気ボイラーに分けられる。ヒートポンプの効率は一般的に 200%から 600%と言われているが、本試算ではリバーサイドホテルで使用されているヒートポンプカタログ上のスペックである 350%に設定する。また、電気ボイラーについては重油及びガスボイラーと同様に 90%に設定する。また、配管に於ける熱損失は 50%と設定した。試算結果を表 5.2-10 にまとめた。

表 5.2-10 ホテル内給湯設備を考慮した  $\text{CO}_2$  排出削減ポテンシャル

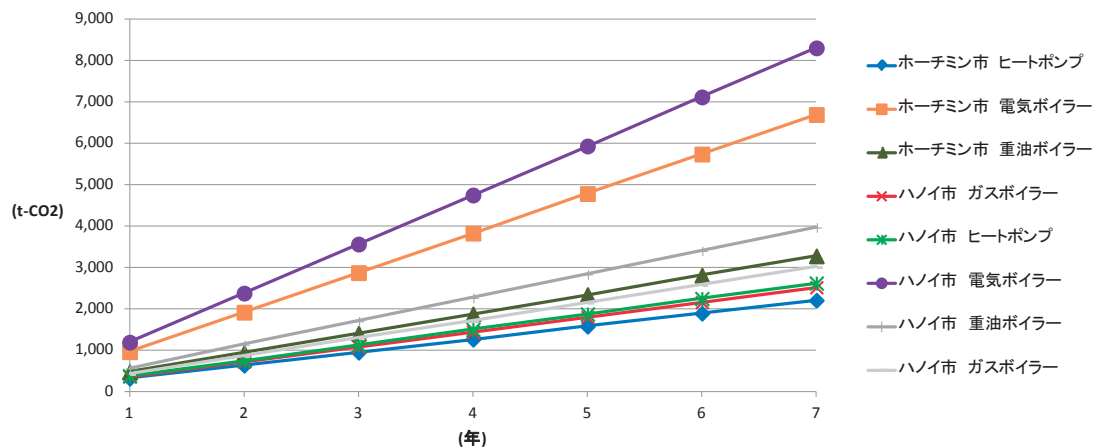
|                 |             | 都市           |            |
|-----------------|-------------|--------------|------------|
|                 |             | ホーチミン市<br>R7 | ハノイ市<br>R3 |
| 気候帯             |             |              |            |
| 給湯方式<br>(熱源の燃料) | ヒートポンプ(電気)  | 322          | 383        |
|                 | 電気ボイラー(電気)  | 982          | 1,219      |
|                 | 重油ボイラー(重油)  | 478          | 581        |
|                 | ガスボイラー(LNG) | 368          | 441        |

単位： t- $\text{CO}_2$ /Year

出所：調査団作成

該ホテルの実測値より算出された加圧ポンプを使用しない部屋 1 室あたりの年間  $\text{CO}_2$

削減量は表 5.1-2 より 72.8kg-CO<sub>2</sub> であり、それを 5,000 室に導入した場合は 364t-CO<sub>2</sub> となる。これは表 5.2-10 のホーチミン市でヒートポンプ給湯を採用したケースの 322t-CO<sub>2</sub> に近い値となっている。



出所：調査団作成

図 5.2-6 CO<sub>2</sub> 削減ポテンシャルの 7 年間の積算量（都市・給湯方式別）

表 5.2-10 の削減ポテンシャルの経年積算量を図 5.2-6 に示す。全ての給湯方式で 2,000t-CO<sub>2</sub> を上回る削減ポテンシャルが期待できる。特に電気ボイラー給湯についてはホーチミン市・ハノイ市共に 7 年間で 6,000t-CO<sub>2</sub> を超す削減ポテンシャルとなり、他の給湯方式を大きく上回る。また、ベトナムのホテルでは重油ボイラーと電気ボイラー（局所式の電気ヒーターを含む）が主流と想定される。<sup>23</sup>今後更なる検証が必要ではあるが、本試算の結果からホテル内給湯設備の影響を考慮することにより、最小で 3,000t-CO<sub>2</sub> 程度、最大で 8,000t-CO<sub>2</sub> 超の削減を見込むことができる。

<sup>23</sup> 調査団のヒアリング結果による。ヒアリングを実施したベトナムに所在する 5 つ星及び 4 つ星ホテル 27 軒での給湯方式は以下となった。

重油ボイラー：17 軒、電気ボイラー及び局所式電気ヒーター：7 軒、ヒートポンプ：3 軒

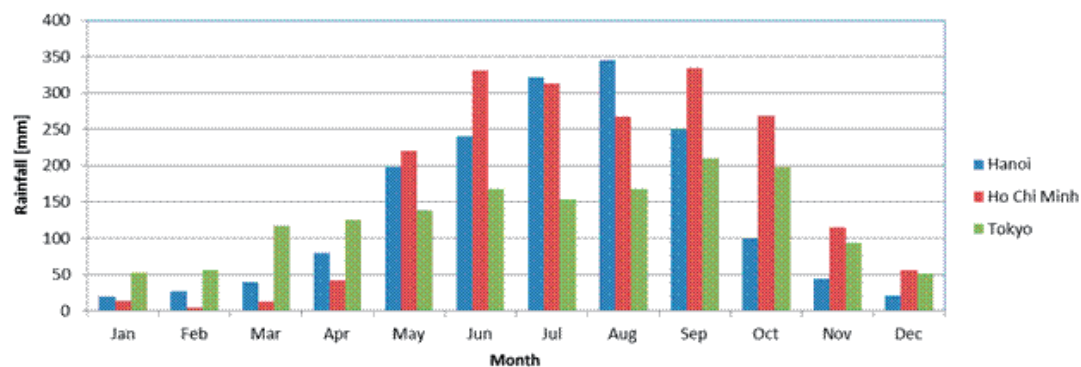
## 第6章 雨水利用による環境改善効果

### 6.1 ベトナムの降雨事情

ベトナムは、雨季と乾季がはっきり分かれており、5～10月頃までが雨季となる。図 6.1-1 にハノイ、ホーチミン、東京の降雨量の比較を示すが、年間降雨量の大きな差はないものの、ベトナムの雨季の降雨量が多いことがわかる。

ベトナムの降雨の特徴は、雨季には連日のように短時間に豪雨が集中する、スコール的なところにあり、そのためアスファルトで覆われた市内は頻繁に洪水状態になる。

この雨水の集水再利用は、都市洪水改善に大いに寄与するとともに、上水使用量の削減すなわち節水効果が見込めるもので、同国の給水事情の緩和にも繋がる。また、洪水による影響で悪化する、都市環境の改善にも効果がある。



| Month       |                         | Jan | Feb | Mar | Apr | May | Jun | Jul | Aug | Sep | Oct | Nov | Dec | Total |
|-------------|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| Hanoi       | Average monthly         | 19  | 27  | 39  | 80  | 198 | 240 | 322 | 345 | 250 | 99  | 44  | 21  | 1684  |
|             | Ave no of days with 1mm | 8   | 13  | 14  | 15  | 16  | 14  | 16  | 17  | 13  | 9   | 8   | 7   |       |
| Ho Chi Minh | Average monthly         | 14  | 4   | 12  | 42  | 220 | 331 | 313 | 267 | 334 | 268 | 115 | 56  | 1976  |
|             | Ave no of days with 1mm | 3   | 2   | 2   | 5   | 15  | 22  | 23  | 20  | 21  | 20  | 12  | 8   |       |
| Tokyo       | Average monthly         | 52  | 56  | 117 | 125 | 138 | 168 | 154 | 168 | 210 | 198 | 93  | 51  | 1529  |

出所：The Embassy of the Socialist Republic of Vietnam in the United Kingdom

気象庁<sup>24</sup> 1981-2010年の30年間観測値の平均

図 6.1-1 ハノイ・ホーチミンと東京の降水量

### 6.2 雨水利用の概要

雨水利用は、狭義では、生活用水を得るために古くから行われている天水利用や、ビルなどの建築物の地下や屋上に貯水槽を設け、トイレの洗浄などに利用することなどを意味する。

<sup>24</sup> 気象庁 (<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)

一方で、広義では、もともと雨水を源とする河川水や地下水利用も含まれ、ダムやため池、上水道も雨水利用施設とすることができる。また、洪水抑制を目的とした、広場や学校、駐車場などを部分的に掘り下げて設置する一時的に雨水をためる施設は、雨水貯留槽といわれ、雨水利用施設の一つと考えられる。

### 6.2.1 雨水利用の効果

雨水利用の主な効果について、以下に列挙する。

- ・上水の節水による上下水道料金の削減
- ・災害時の代替水道としての利用
- ・都市洪水被害の緩和
- ・河川放流の抑制による地下水の水量確保

これらの効果は、治水・防災面、利水面、環境面、快適性・アメニティ面に分類される(表 6.2-1 参照)。

表 6.2-1 雨水利用の項目と効果

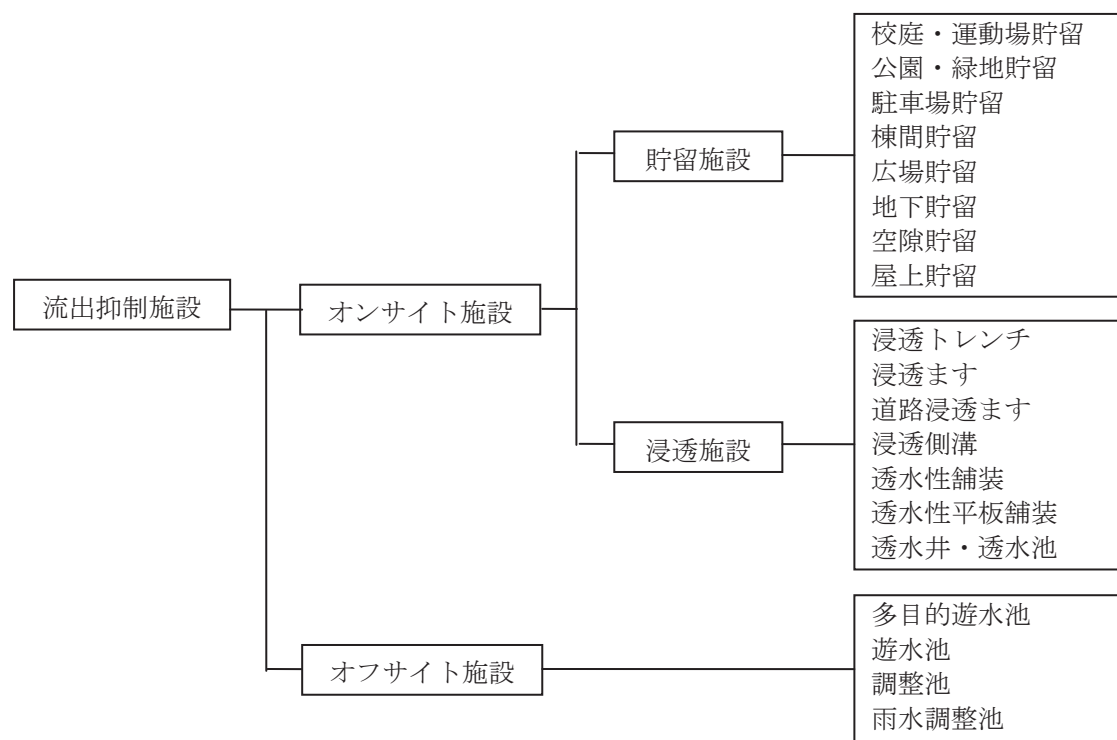
| 評価項目       | 機能・効果                                                                                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 治水・防災面     | 流出抑制, ピーク流量削減, 河川や雨水渠への負担軽減<br>ー浸水防止, 水害リスクの低減, 管渠整備コストの削減                                                                             |
| 利水面        | 防災用水, 環境・修景用水, 雑用水, 庭・道路等散水への利用, 消雪用水<br>ー水道水の需要緩和, 節水効果, 水資源活用の啓発                                                                     |
| 環境面        | 河川などの維持流量の確保, 地下水涵養と地盤沈下抑制, 湧水保全・復活, 水域生態系の保全や復元, 緑地への水分補給, 都市ヒートアイランド現象の緩和, ノンポイント負荷の軽減, 合流式下水道汚濁負荷の削減<br>ー水環境保全, 生態系保全, 微気象の改善, 水質保全 |
| 快適性・アメニティ面 | 水辺など親水空間の創出(せせらぎ, 修景池, ビオトープなど)<br>ー都市景観の形成, レクリエーション機能向上                                                                              |

出所：最新 雨水貯留・浸透施設要覧 P3

### 6.2.2 流出抑制施設

都市洪水の緩和策として、流出抑制施設の活用が挙げられる。流出抑制施設は、オフサイト施設とオンサイト施設に分類される。オフサイト施設とは、雨水を河川、下水道などで集積し、貯水池などに貯留する施設である。オンサイト施設とは、雨水の移動を最小限に抑え、雨が降った場所で貯留や浸透を行い、雨水の流出を防ぐ施設をいう。

それぞれに属する施設を図 6.2-1 および表 6.2-2 に示す。本調査が対象にする施設は、小規模オンサイト貯留施設で、こうした施設の普及による効果を分析する。

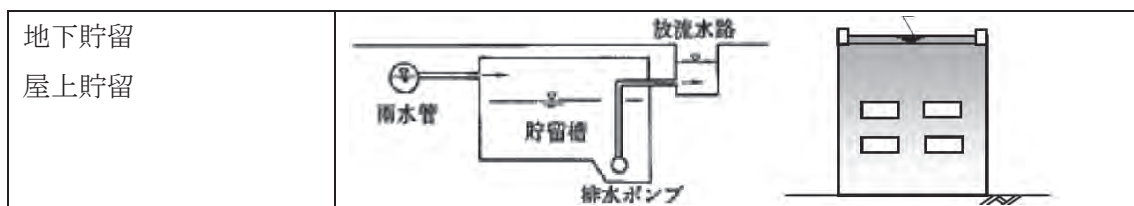


出所：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針 平成 21（2009）年 2 月、東京都総合治水対策協議会 P1

図 6.2-1 貯留・浸透設備の分類

表 6.2-2 雨水貯留施設の分類

| 施設名                                         | 概要図 |
|---------------------------------------------|-----|
| 校庭貯留<br>公園貯留                                |     |
| 棟間貯留<br>(平常時、駐車場として<br>利用していれば駐車場<br>貯留となる) |     |



出所：東京都雨水貯留・浸透施設技術指針 平成 21（2009）年 2 月、東京都総合治水対策協議会 P2

### 6.3 都市洪水緩和のメカニズム

洪水緩和施策の立案には、洪水が起こる原因を理解し、状況に見合ったメカニズムの構築が重要となる。以下にその概要について述べる。

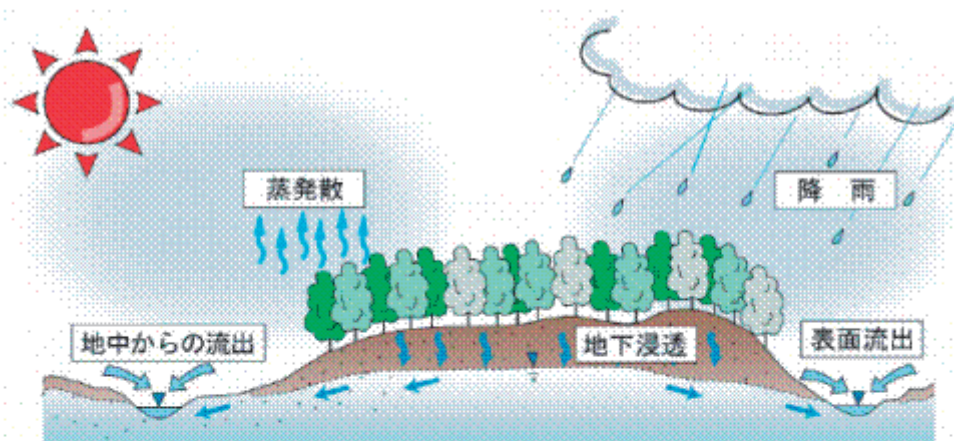
#### 6.3.1 都市化による雨水の排出経路の変化

都市化が進む以前は、雨水が地中に浸透し易く、地表を流れて河川などへ流出する水量が少なく、地中を経路とする流出と流出時間が異なることで、河川流量の変動が抑制されていた。しかし、近年の都市化により、不浸透表面面積が増加し、雨水の地中流出経路が絶たれ、地表面流出量の増加と流出時間の短縮により、河川へのピーク流出量が飛躍的に増加し、都市洪水の要因となっている。

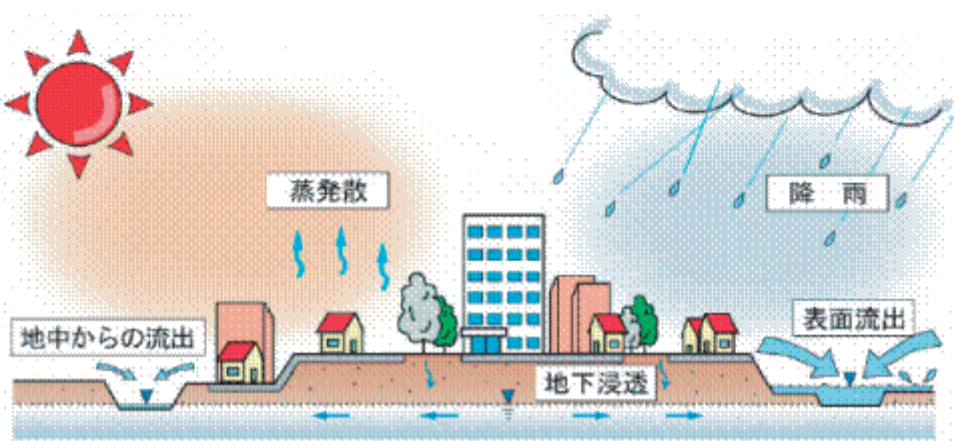
一方で、非降雨時には、地下経路の流出量の減少により、河川水水質の悪化、地下水位の低下、湧水の枯渇などさまざまな問題に繋がっている。地表面構造の変化が、ヒートアイランド現象の要因となっていることも広く知られている（図 6.3-1 および図 6.3-2 参照）。



(都市化前)



(都市化後)



出所：戸建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル P4

図 6.3-1 都市化に伴う水循環の変化イメージ



神田川(平成5年8月27日 洪水状況)

出所：戸建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル P5

図 6.3-2 神田川の平常時と洪水時の状況

### 6.3.2 雨水流出抑制

雨水の流出抑制の概念は、図 6.3-3 に示すとおり、降雨強度の強い時間帯の流出量を一時的に貯留するなどにより、流出時間の遅れをつくりだすことである。流出量のピーク時間のずれにより、河川の流出能力内で雨水処理が行われ、都市洪水の緩和が実行される。

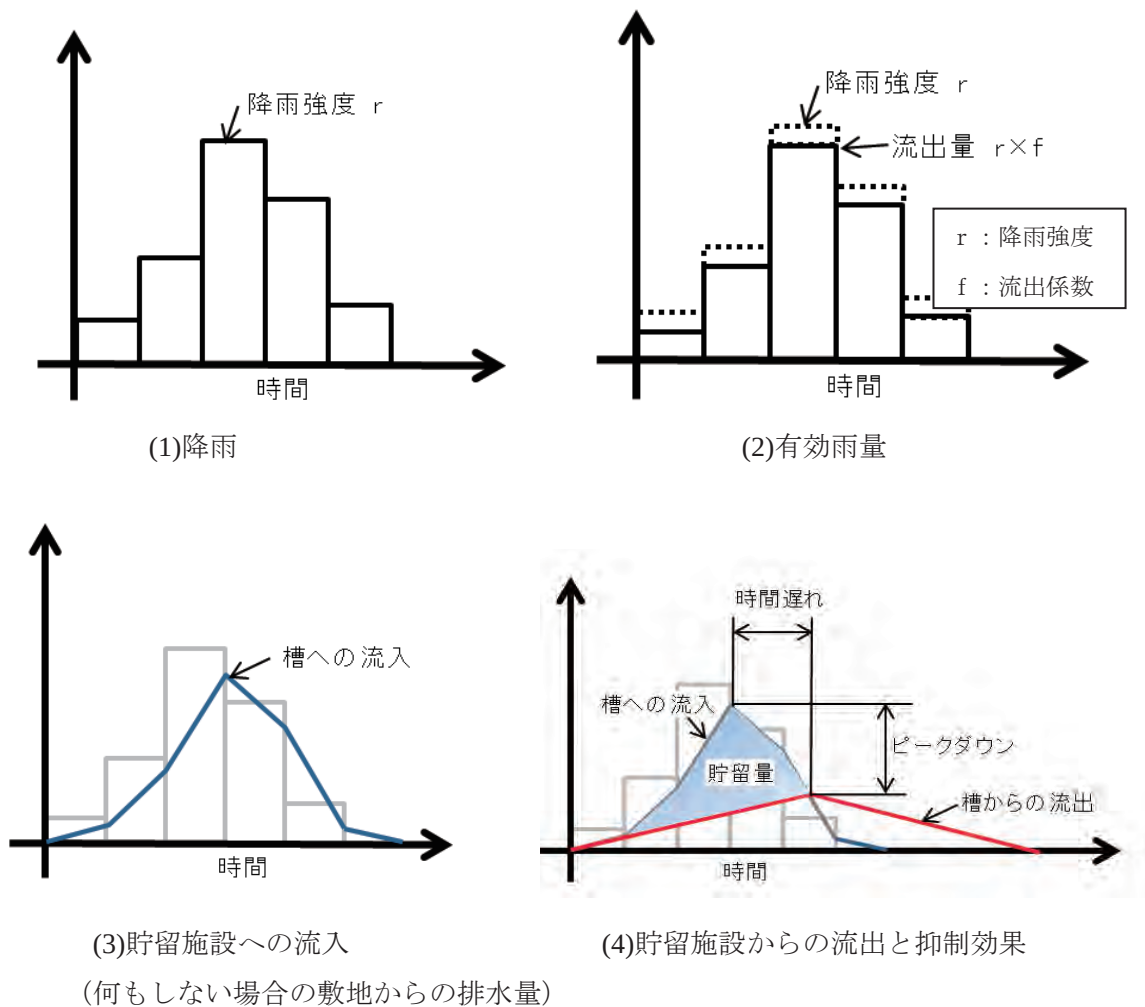


図 6.3-3 貯留施設の流出抑制概念

## 6.4 雨水利用技術と効果検証手法

雨水流量抑制によりピーク時間のずれを生じさせることが都市洪水対策に効果的であることに言及してきたが、ここではその効果を実現するための雨水利用技術と効果検証手段について述べる。

### 6.4.1 雨水集水

都市部における雨水集水は、建築施設に付随した屋根や敷地内の地表面などが考えられる。集水場所により、雨水の汚染度が異なるため、状況に応じたシステムの構築が必要である。表 6.4-1 に雨水の回収場所とその特徴を示す。



表 6.4-1 雨水の回収場所とその特徴

| 対象     | 特徴                                              |
|--------|-------------------------------------------------|
| 屋根（屋上） | 降雨水の回収率が高い<br>屋上や屋根の汚れだけなので汚染度が低い               |
| 敷地全体   | 広い面積を対象とできるので水量が多い<br>砂や土による濁り、ごみや油が混じるので汚染度が高い |
| 局部的    | 部位により汚染度が異なる。<br>水量は、集水対象面積による。                 |

#### 6.4.2 雨水集水量の計算

年間集水可能雨水量は以下の式によって求められる。

$$\text{年間集水可能雨水量}[\text{m}^3] = \text{集水面積}[\text{m}^2] \times \text{年間降水量}[\text{mm}] \times \text{流出係数} \div 1,000$$

ここで流出係数は、降雨量に対して地表を流下する雨水の割合を表す数値である。表 6.4-2 に工種別基礎流出係数標準値を示す。降った雨水は、地中に浸透したり、樹木に付着したり、蒸発したりするため、地表を流れる水量は降雨量より少ない。屋根に降った雨は、ほとんどが回収可能であるので、流出係数は 0.85～0.95 と大きい。一方で、舗装していない地表面は、浸透量が多いため、0.3 以下と低い値となる。異なる場所から集水する場合は、工種別の面積比によりそれぞれの流出係数を乗じて加算することで、全体の流出係数を算定する。

表 6.4-2 工種別基礎流出係数標準値

| 工種別       | 流出係数      |
|-----------|-----------|
| 屋根        | 0.85～0.95 |
| 道路        | 0.80～0.90 |
| その他の不透面   | 0.75～0.85 |
| 水面        | 1.00      |
| 閑地        | 0.10～0.30 |
| 芝・樹木の多い公園 | 0.05～0.25 |
| 勾配の緩い山地   | 0.20～0.40 |
| 勾配の急な山地   | 0.40～0.60 |

出所：下水道施設計画・設計指針と解説

集水可能雨水量は、最大限利用可能な流量であり、実際の利用量は貯留槽の容量や利用状況により異なるため、一般的には補給水設備の併設が必要となる。

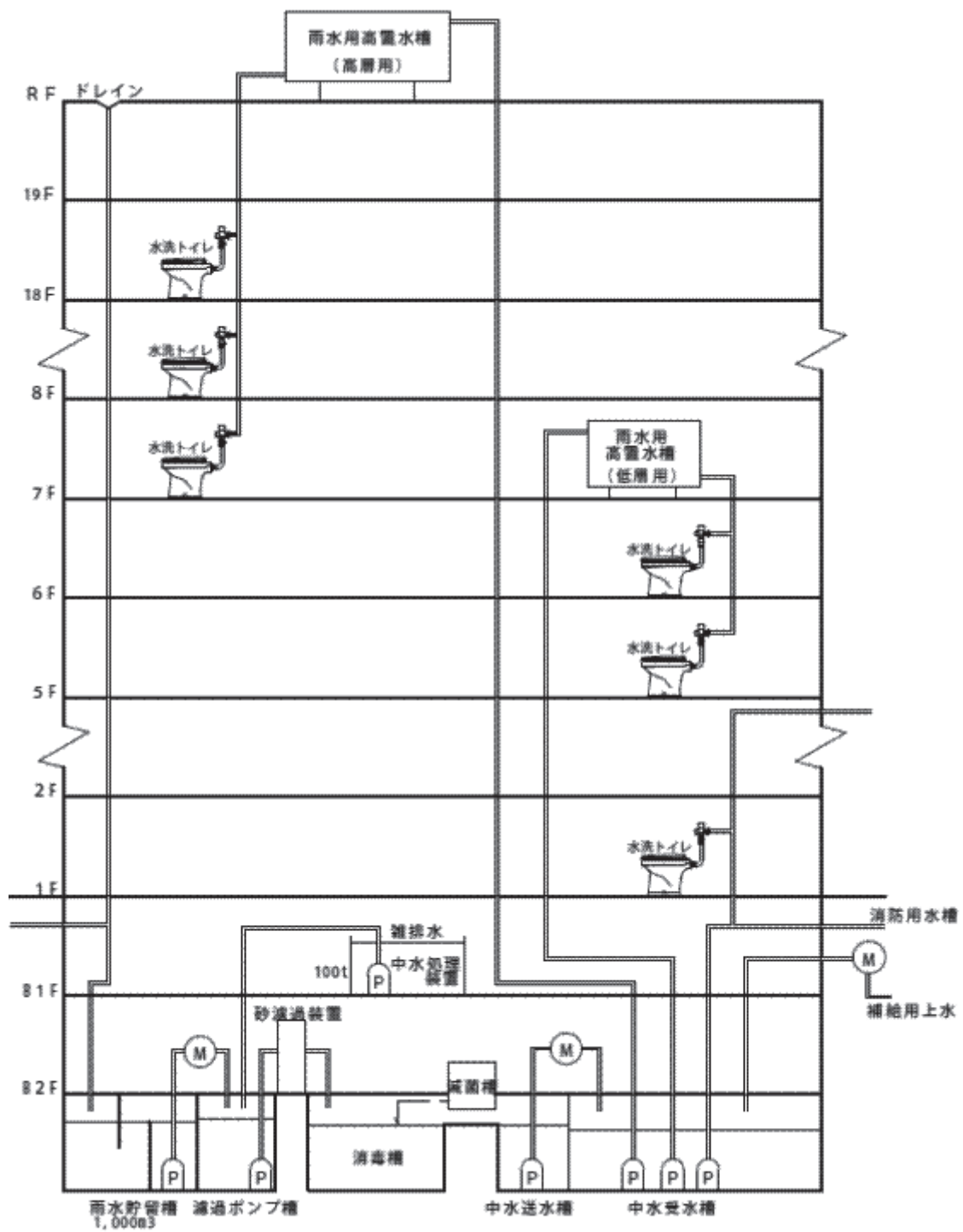
#### 6.4.3 システム例

図 6.4-1 に、大規模建物におけるシステム例を示す。雨水はドレイン配管を経て、地下の雨水槽に集められ、ろ過装置、滅菌層を経て中水槽に流入される。中水槽では、雑排水を処理した中水と混同して、トイレの洗浄水、消防用水に利用される。中水量が不十分の場合、上水を補給する。

一方で、小規模施設では、雨水のみ集水し、散水などに利用するのが一般的である。

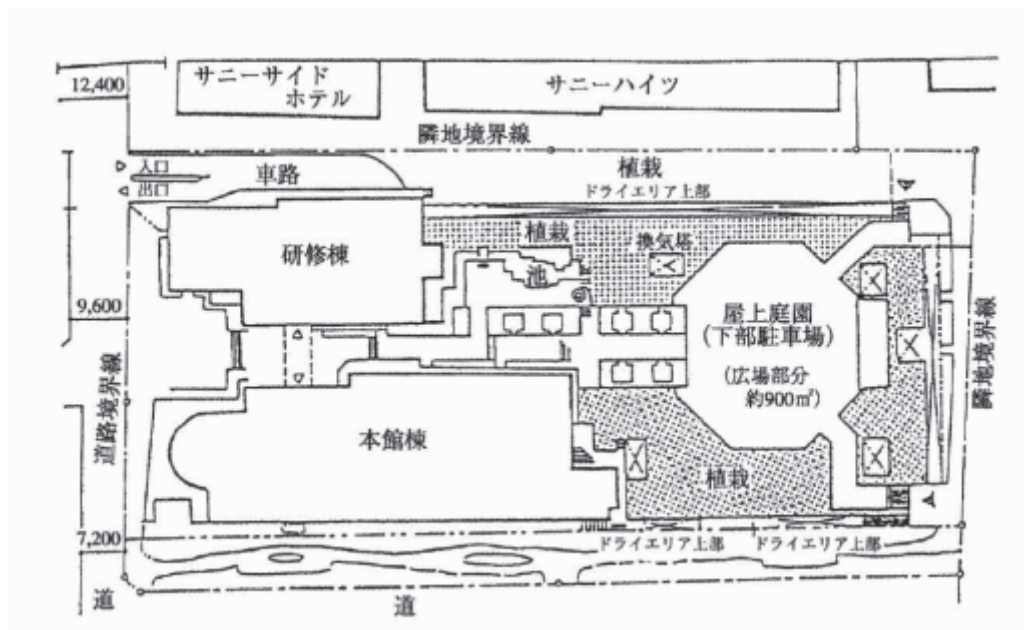
図 6.4-2 は日本における実施例（江東区立教育センター）の施設平面図を、表 6.4-3 は同施設諸元表を、図 6.4-3 は雨水利用施設の概念を示す。

本施設は、延床面積  $9,000\text{m}^2$  の教育施設と図書館に雨水利用施設を導入したケースである。雨水利用施設の規模は、集水面積  $1,800\text{m}^2$ 、雨水貯留槽  $360\text{m}^3$ 、雨水利用量は  $1,326\text{m}^3/\text{年}$  である。年間を通じて、雑用水の 47%、全給水量の約 40%を雨水で賄っている。



出所：東京都墨田区環境保全課

図 6.4-1 雨水利用システム例



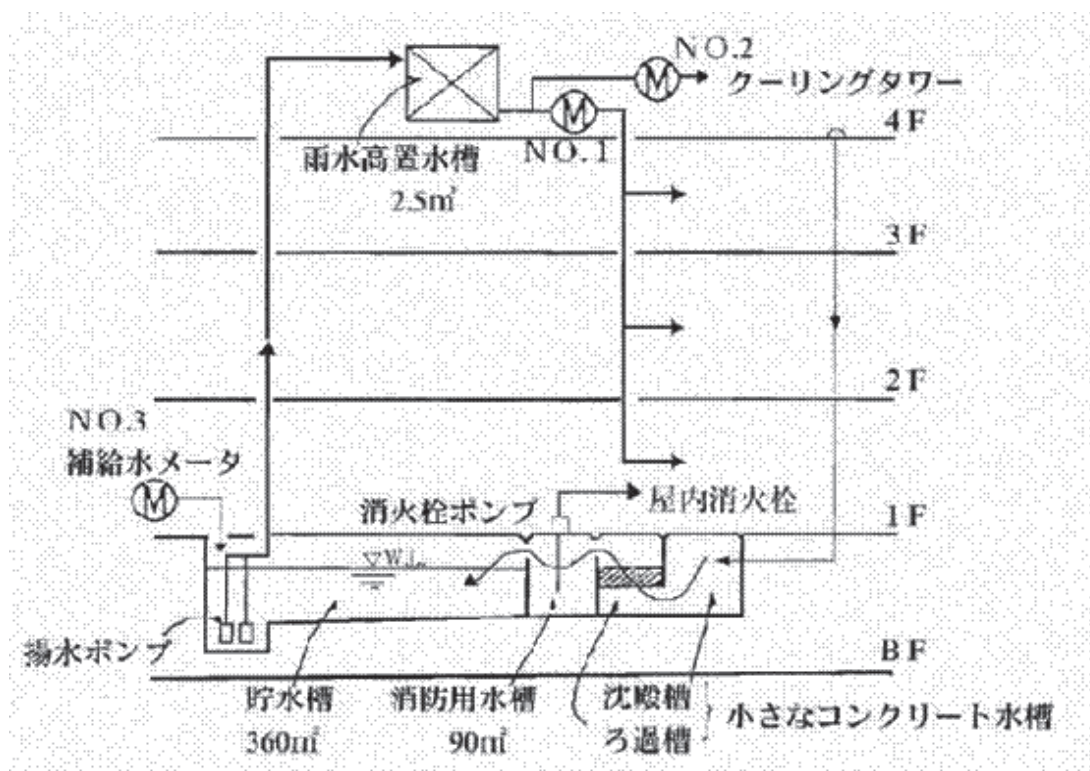
出所：雨水利用ハンドブック

図 6.4-2 施設の平面図

表 6.4-3 施設諸元

|                   |                               |
|-------------------|-------------------------------|
| 所在地               | 江東区東陽 2-3                     |
| 利用場所の用途<br>(建物用途) | 教育センター、図書館                    |
| 供用開始年月            | 1985 年 4 月                    |
| 目的・動機             | 水資源有効利用、下水道負荷削減               |
| 敷地面積              | 5,628m <sup>2</sup>           |
| 延床面積              | 9,088m <sup>2</sup>           |
| 集水面積              | 建物屋根、ベランダ：1,800m <sup>2</sup> |
| 雨水貯留槽             | 建物地下：360m <sup>2</sup>        |
| 雨水利用用途            | 便器洗浄、池補給水、冷却塔補給水、散水、掃除、洗車、消防  |
| 水量                | 1,326m <sup>3</sup> /年        |
| 水質処理              | 沈殿処理、碎石ろ過、ストレーナー              |
| 補給水源              | 上水道                           |

出所：雨水利用ハンドブック



出所：雨水利用ハンドブック

図 6.4-3 雨水利用施設の概念図

## 6.5 雨水利用の計算

雨水利用の計算手法には、①年間降雨量を用いた計算、②日ごとの降水量データを用いた計算、③簡易計算による利用率推定がある。それぞれの手法について、以下にまとめる。

### 6.5.1 年間降雨量を用いた計算

計算式は、以下のとおりとなる。

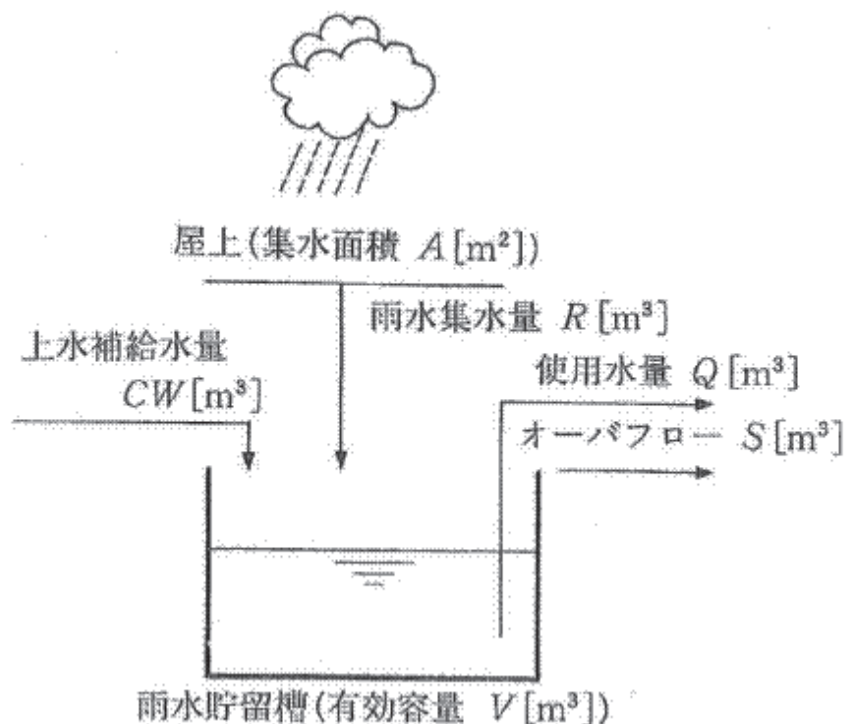
$$\text{年間利用雨水量}[\text{m}^3] = \text{集水面積}[\text{m}^2] \times \text{年間降水量}[\text{mm}] \times \text{流出係数} \div 1,000$$

流出係数は、表 6.4-2 による。

これは、前述の年間集水可能雨水量の計算と同じで、貯留槽に十分な容量がある場合を前提とした手法である。この手法では、雨水利用量と利用率の最大値の算定は可能であるが、適切な貯留槽のサイズなどの検討には適さない。

### 6.5.2 日ごとの降水量データを用いた計算

導入対象地域における、日ごとの降雨量データの入手が可能であれば、降水量の年変動、季節変動などを考慮したシステム検討が行える。図 6.5-1 に示すような雨水貯留槽における日ごとの水量バランスを計算式として、年間を通じた算定分析が可能になる。時間ごとの降水データや水使用量の情報があれば、更に詳細な検討ができる。



出所：雨水利用システム 設計と実務 P51

図 6.5-1 雨水貯留槽の水量バランスの概念図

### 6.5.3 簡易計算による利用率推定

「簡易式法」とは、降水量時系列の確立モデルの理論解析によって誘導されたものであり、理論的な厳密性を持ち、かつ実用上特に問題がない程度に簡潔な式形で施設規模と効果の関係を表したものである<sup>25</sup>。

この簡易式法は、気象庁のアメダスデータから算出した地域の降雨特性を表す 3 つの要素を等値線図から読み取り、次に順次幾つかの式に数値を代入して計算を進めることで、雨水利用率や不足水量率を簡単に求めることができるというものだが、ベトナムにおいては、当該式法を活用するためのデータ入手が極めて困難である。

<sup>25</sup> 出所：戸建住宅における雨水貯水浸透施設設置マニュアル P109～112

## 6.6 上水利用量の削減効果

戸建住宅における雨水貯水浸透施設設置マニュアルによれば、東京近郊の個人住宅における雨水利用による上水利用料の削減効果は  $6.8\text{m}^3/\text{月}$  で、全水道使用量の約 21% 相当だという。費用に換算すると、貯留水をポンプで汲み上げるための電気代を含めても、年間で 11,000 円程度の削減になると試算されている（試算条件：利用人数 5 人、集水面積  $116.1\text{m}^2$ 、容量  $2.12\text{m}^3$ 、使用目的トイレ洗浄）。

表 6.6-1 に雨水利用による水道料金削減効果を示す。

表 6.6-1 雨水利用による水道料金軽減額

| 諸 元       | 単位                    | 雨水利用なし   | 雨水利用あり   | 備 考                      |
|-----------|-----------------------|----------|----------|--------------------------|
| 雨水利用量     | $\text{m}^3/\text{月}$ | 0.0      | 6.8      | 16 年間の月平均                |
| 水道使用量     | $\text{m}^3/\text{月}$ | 32.0     | 25.2     | 「雨水利用なし」は 5 人世帯の平均使用水量   |
| 水道料金      | 円 / 月                 | 4,710.0  | 3,440.0  | 東京都 23 区料金で試算            |
| 電気使用量     | kwh / 月               | 300.0    | 315.7    | 「雨水利用なし」は 1 軒あたりの平均使用電力量 |
| 電気料金      | 円 / 月                 | 6,372.0  | 6,724.0  | 東京電力 30A 契約で試算           |
| 水道料金+電気料金 | 円 / 月                 | 11,082.0 | 10,164.0 |                          |
| 節減額       | 円 / 月                 | —        | 918.0    |                          |
|           | 円 / 年                 | —        | 11,014.0 |                          |

出所：戸建住宅における雨水貯留浸透施設設置マニュアル P25～26

## 6.7 雨水利用計画上の留意事項

上水利用量の削減による効果が見込める一方で、雨水利用計画上、①初期降雨の排除、②満水対策、③洪水対策などの留意事項を理解する必要がある。

初期雨水の水質は、降雨間隔や季節、大気汚染、集水面の有機物（鳥の糞、油）などの影響を受け易い。また、屋根や集水管内のチリなどの影響で水質が悪くなる。このため、初期雨水を排除する取水方法の採用が望まれる。図 6.7-1 に、初期雨水対策のために考案された雨水装置の構造を示す。





出所：雨水利用ハンドブック

図 6.7-1 初期雨水排除型継手

満水対策としては、豪雨時の貯水槽の満水による溢水事故を防ぐため、オーバーフロー機能を考慮する必要がある。また、貯水槽の満水を検知し、雨水流入弁を閉じて、自然排水する方法も考えられる。

ベトナムにおける雨水利用の大きな目的の一つに洪水対策がある。このため、降雨時に備えて、貯水槽の流入可能容量の確保も必要になる。

このように、雨水利用の目的を明確にし、最適な効果が得られるよう、システム計画には十分な配慮が必要になる。

## 6.8 雨水貯留の重要性と効果

これまでは、雨水利用による節水効果をまとめてきたが、本章の最後に洪水対策にのみ着目した雨水貯留インフラ整備の重要性について述べる。

### 6.8.1 雨水貯留施設の例

ベトナム同様、日本でも都市化が進むにあたり洪水の問題に対処してきた。地方自治体を中心に、雨水貯留施設の普及に努めてきた。図 6.8-1 および図 6.8-2 に雨水貯留施設の例を示す。

図 6.8-1 は、集合住宅における貯留槽で、棟間のスペースや駐車場の地下などに貯留施設を設置する。公共施設や商業施設においても同様の方法がとられている。図 6.8-2 は、普段は通常用途として利用されているビルに囲まれた広場や駐車場を、非常時には貯留施設として活用する例である。

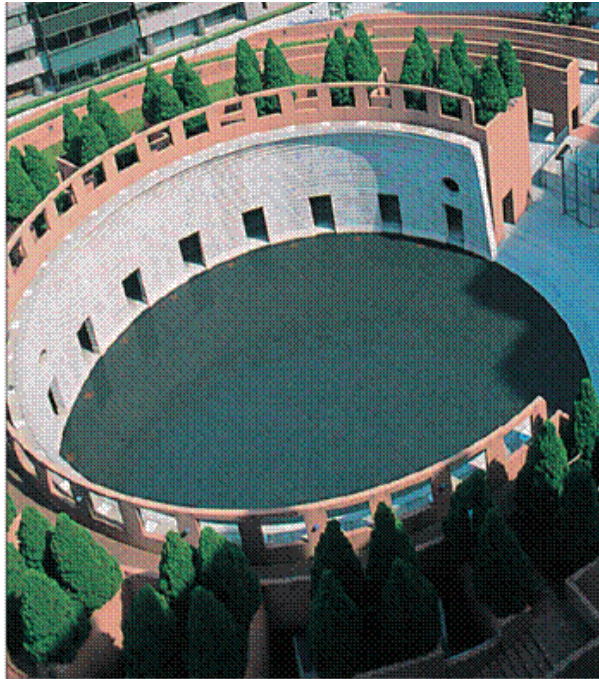
こうした、街全体の取り組みにより、大都市部における洪水被害は減少している。



□ 団地内棟間の地下貯留槽：港北ニュータウン（神奈川県横浜市）



図 6.8-1 集合住宅地への貯留例



□ ビルに囲まれた広場に貯留  
：ペリーニの丘（神奈川県横浜市）

横浜ビジネスパークの中央にあり、「ペリーニの丘」と呼ばれている遊水池は、イベントスペースとして利用されている。

□ 駐車場に貯留  
：嶮山スポーツガーデン（神奈川県横浜市）



図 6.8-2 ビルに囲まれた広場、駐車場への貯留例

## 6.8.2 我が国の地方自治体における開発に伴う流出抑制施設の設置基準・指導

雨水貯留を街全体に広げる施策として、開発に伴う雨水の流出抑制施設の設置基準や指導が、地方自治体で制定されている。多くの自治体では、指導要綱を制定し、自治体の全域や河川の流域ごとに対象となる開発行為・規模や施設の内容、対象とする降雨強度などを定めている。以下、2つの事例を紹介する。

### (1) 東京都

東京都では、以下のいずれかに該当する場合、下水道局との協議が必要となる。ただし、この抑制対策は義務ではない。

- ・敷地面積：1,000m<sup>2</sup>以上
- ・延床面積：3,000m<sup>2</sup>以上
- ・日排水量：50m<sup>3</sup>以上

また、開発の規模などにより、抑制量が設定される<sup>26</sup>。

### (2) 横浜市

横浜市では、河川改修工事が未完の河川流域において開発事業が行われる場合に、河川への流出量を増加させないため、開発事業区域内において、雨水流出抑制施設の設置を定

<sup>26</sup> 東京都雨水貯留・浸透施設技術指針 (<http://www.tokyo-sougou-chisui.jp/shishin/shishin.pdf>)

めている。

設置する雨水調整池その他の洪水の発生を防止するために雨水流出抑制施設の種類の、開発事業区域の面積に応じて次のとおりとしている。

- ①開発事業区域の面積が 0.1 ヘクタール未満の場合は、雨水浸透ますおよび雨水浸透管とする。
- ②開発事業区域の面積が0.1ヘクタール以上0.3ヘクタール未満の場合は、雨水調整池とする。ただし、雨水流出量を調整するためのオリフィスを有する雨水を一時貯留する施設で雨水調整池以外のもの（雨水貯留施設）、雨水浸透ます又は雨水浸透管で、市長が雨水調整池と同等の機能を有すると認めるものの設置に代えることができる。
- ③開発事業区域の面積が 0.3 ヘクタール以上の場合は、雨水調整池とする。

表 6.8-1 に、横浜で大きな被害が出た、過去の台風・大雨の履歴をまとめる。2003 年の条例施行後、近年、被害件数は減少傾向にある。

表 6.8-1 過去の大きな災害が出た台風・大雨

| 年月日              | 種類        | 浸水戸数    | 年月日              | 種類      | 浸水戸数   |
|------------------|-----------|---------|------------------|---------|--------|
| 1938年(昭和13年)6月   | 水害        | 27,791戸 | 1977年(昭和52年)9月   | 台風9号    | 3,101戸 |
| 1948年(昭和23年)9月   | アイオン台風    | 2,282戸  | 1979年(昭和54年)10月  | 台風20号   | 1,160戸 |
| 1949年(昭和24年)8.9月 | キティ台風及び豪雨 | 5,690戸  | 1981年(昭和56年)7月   | 集中豪雨    | 562戸   |
| 1950年(昭和25年)6月   | 豪雨        | 1,303戸  | 1981年(昭和56年)10月  | 台風24号   | 424戸   |
| 1952年(昭和27年)6月   | ダイナ台風     | 643戸    | 1982年(昭和57年)9月   | 台風18号   | 7,763戸 |
| 1953年(昭和28年)9月   | 台風13号     | 443戸    | 1983年(昭和58年)8月   | 台風6号.5号 | 50戸    |
| 1956年(昭和31年)10月  | 豪雨        | 1,952戸  | 1985年(昭和60年)6.7月 | 台風6号    | 24戸    |
| 1958年(昭和33年)7月   | 台風11号     | 1,336戸  | 1989年(平成1年)8月    | 集中豪雨    | 1,192戸 |
| 1958年(昭和33年)9月   | 台風22号     | 24,036戸 | 1990年(平成2年)8月    | 台風11号   | 97戸    |
| 1961年(昭和36年)6月   | 集中豪雨      | 19,956戸 | 1990年(平成2年)9月    | 集中豪雨    | 22戸    |
| 1961年(昭和36年)10月  | 台風24号     | 504戸    | 1990年(平成2年)9月    | 台風20号   | 1,335戸 |
| 1965年(昭和40年)8月   | 台風17号     | 1,972戸  | 1991年(平成3年)9月    | 台風18号   | 272戸   |
| 1965年(昭和40年)9月   | 台風24号     | 764戸    | 1993年(平成5年)11月   | 集中豪雨    | 608戸   |
| 1966年(昭和41年)6月   | 台風4号      | 45,757戸 | 1994年(平成6年)7月    | 大雨      | 175戸   |
| 1966年(昭和41年)9月   | 台風26号     | 99戸     | 1994年(平成6年)7月    | 大雨      | 62戸    |
| 1970年(昭和45年)7月   | 集中豪雨      | 3,142戸  | 1994年(平成6年)8月    | 大雨      | 439戸   |
| 1971年(昭和46年)8.9月 | 台風23号     | 1,512戸  | 1996年(平成8年)8月    | 大雨      | 26戸    |
| 1972年(昭和47年)2月   | 集中豪雨      | 775戸    | 1998年(平成10年)7月   | 大雨      | 261戸   |
| 1972年(昭和47年)7月   | 集中豪雨      | 643戸    | 2001年(平成13年)7月   | 大雨      | 251戸   |
| 1972年(昭和47年)9月   | 台風20号     | 1,574戸  | 2002年(平成14年)7月   | 台風7号    | 49戸    |
| 1973年(昭和48年)11月  | 集中豪雨      | 5,774戸  | 2003年(平成15年)3月   | 大雨      | 210戸   |
| 1974年(昭和49年)6月   | 豪雨        | 370戸    | 2004年(平成16年)10月  | 台風22号   | 1,007戸 |
| 1974年(昭和49年)7月   | 集中豪雨      | 6,361戸  | 2004年(平成16年)10月  | 台風23号   | 101戸   |
| 1975年(昭和50年)6月   | 豪雨        | 609戸    | 2005年(平成17年)9月   | 大雨      | 78戸    |
| 1976年(昭和51年)9月   | 台風17号     | 5,764戸  | 2008年(平成20年)7月   | 大雨      | 23戸    |

出所：横浜市道路局河川計画課<sup>27</sup>

### 6.8.3 我が国における雨水利用・貯留推進補助制度策

全国各地で雨水利用施設に対する補助制度が行われているが、ここでは、東京都墨田区の例を取り上げる。

以下の文章は、「墨田区集合住宅の建築に係る居住環境の整備および管理に関する条例

<sup>27</sup> 横浜市道路局河川計画課 (<http://www.city.yokohama.lg.jp/doro/kasenkeikaku/menu/chisui/suigai.html>)

(条例施行規則第 11 条)」、「墨田区良好な建築物と市街地の形成に関する指導要綱(要綱第 24 条 2 項)」による「雨水の積極的な活用及び浸透に関する手引き」<sup>28</sup>より抜粋した。

#### (1)趣旨・目的

##### ①防災対策

阪神淡路大震災では水道の復旧に 1 ヶ月以上かかり、その間トイレの流し水等の生活用水の確保が大変な問題になった。これを受けて雨水を貯留し、災害時の生活用水の確保を図る。

##### ②水資源の有効活用

雨は天然の蒸留水なので、降り始めの雨に含まれる汚れを沈殿等させれば、貯留した雨水は雑用水として活用できる。

##### ③洪水対策

都市のコンクリート化により、雨の流出量が増大している。雨水を貯留・浸透することで下水道の負荷を軽減し、都市型洪水の防止を図る。

#### (2)雨水利用の方法

##### ①地下浸透について

敷地内の天空面(雨が直接地面に当たる)部分について、原則すべて、雨が浸透するようにする。緑地、砂利・土、透水性部材(浸透性アスファルトやインターロッキング等)等を用いる。

##### ②雨水利用について(敷地面積 500m<sup>2</sup> 以上の場合)

**a. 集水**：原則、屋上に降った雨のみを集水する。ルーフバルコニーや駐車場等、人や車両が出入りする部分の雨は集水しない。また、集水用縦樋は単独配管とする。

**b. 貯留**：建物の地下ピットを利用して雨水を貯留する。地下ピットが使えない場合、同容量の雨水タンク(地上設置型、地下埋設型)を設置する。

**c. 処理**：沈砂・沈殿槽で土砂等を沈殿させ、雨水貯留槽に越流した上澄み水を汲み上げて利用する。(縦樋の途中にフィルター等を組み込んだり濾過槽を設けると、よりきれいな水が集められ、後の管理が容易になる。)

**d. 利用**(基本的にトイレ洗浄水、散水については必須)：貯めた雨水は、トイレの洗浄水(共同住宅においては管理人室のトイレ等)、緑地(屋上緑化等)の散水、ごみ置場洗浄水などに利用する。

<sup>28</sup> 東京都墨田区 ([http://www.city.sumida.lg.jp/sumida\\_info/kankyau\\_hozen/amamizu/sekkei/building.files/amamizu\\_tebiki.pdf](http://www.city.sumida.lg.jp/sumida_info/kankyau_hozen/amamizu/sekkei/building.files/amamizu_tebiki.pdf))



## 第7章 ベトナムのモデル建物による雨水利用の効果検証

本調査では、建物全体に浄水施設の導入を検討する建物をモデルに、雨水利用の可能性とその効果を検証した。

### 7.1 調査対象建物概要

建物用途：テナントビル（喫茶、エステサロン、美容院など、水使用量の多い店舗の複合施設）

所在地：ベトナム・ホーチミン市、District 1（1区）

延床面積：284m<sup>2</sup>

建物：地上5階

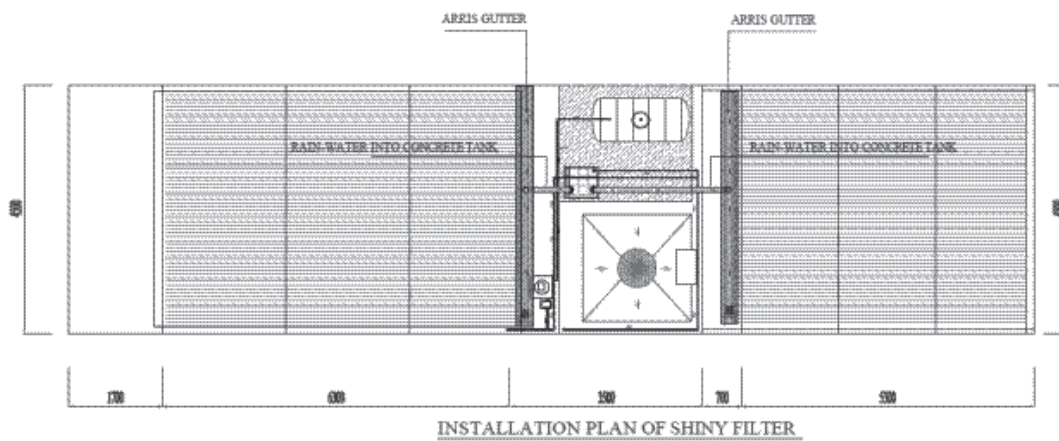


図 7.1-1 屋上平面図

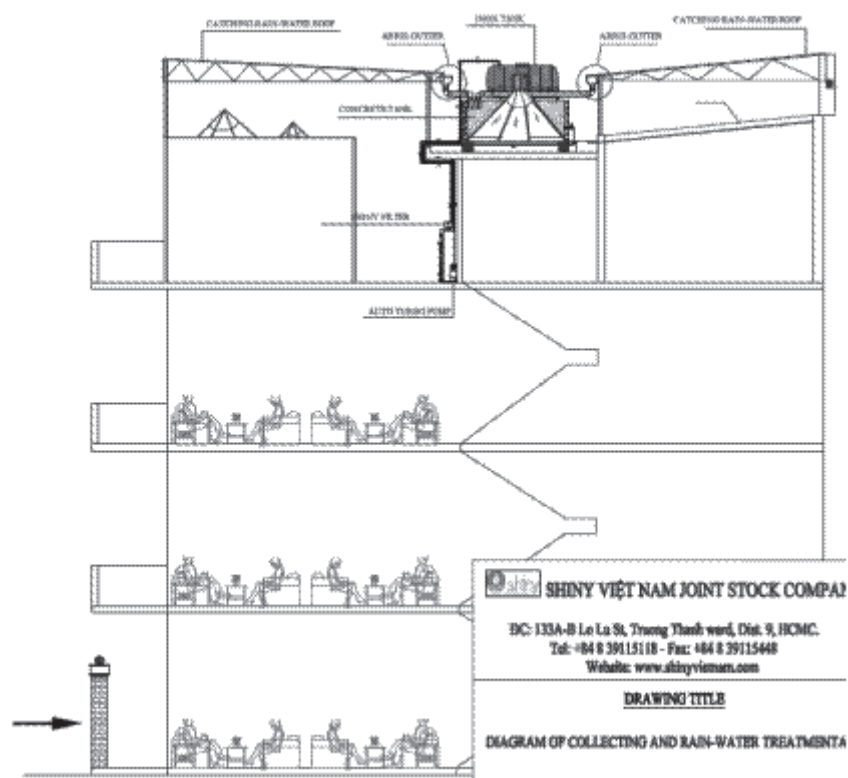


図 7.1-2 建物断面図

## 7.2 雨水利用量・節水効果の推定

施設用途は複合施設であり、単位面積あたりの水使用量は 25 L/day と想定され、1 日の稼働時間を 10 時間とした場合、時間平均使用水量は 2.5 L/時間/m<sup>2</sup> となる。よって、建物全体の時間平均水使用量は、2.5 L/hm<sup>2</sup>×284m<sup>2</sup>=710 L/h と試算される。

以下、本法報告書 6.4 節で述べた雨水利用技術と効果検証手法に基づき、本モデル施設における雨水利用の効果検証を行う。

### (1) 雨水利用量・節水効果

- ・年間降水量：1,976mm（6.1 節、ホーチミン市気象データより）
- ・流出係数：屋根 0.9（6.4.2 項、基礎流出係数標準値データより）
- ・屋根面積：51m<sup>2</sup>
- ・年間雨水利用量：1,976mm×51m<sup>2</sup>×0.9÷1,000=90m<sup>3</sup>
- ・年間給水使用量：25 L/day×284m<sup>2</sup>×365day÷1,000=2,592m<sup>3</sup>

よって節水率は、 $90 \div 2,592 = 3.5\%$ と算定される（降雨量の 90%がすべて貯留タンクに流入し、全水量を処理して利用すると仮定）。

## (2) 雨水貯留の効果

現地浄水施設販売事業者の資料によると、ホーチミン市の降雨強度は下式で表される。

$$Q = A \times (1 + C \times \log(P)) / (T + b)^n$$

ここで、

Q：降雨強度 [L/ses.hr]

A：ホーチミン市 Tan Son Nhat 天気測定所による指数=11,650

C：ホーチミン市 Tan Son Nhat 天気測定所による指数=0.58

n：ホーチミン市 Tan Son Nhat 天気測定所による指数=0.95

b：ホーチミン市 Tan Son Nhat 天気測定所による指数=32

P：降雨周期（平均再現年） [year]

T：降雨時間 [hour]

上の式より、5年確率の降雨強度は、601.03 L/s.ha（216mm/h に相当し非常に強い降雨）となり、屋根 51m<sup>2</sup>からの強雨時の流出量は、降雨時間を 25 分として、4.14m<sup>3</sup>となる。4m<sup>3</sup>程度の容量が貯留タンクにあれば、5年に一度の大雨が 25 分間続いても、屋根からの雨水の流出を防ぐことができる（表 7.2-1 参照）。

表 7.2-1 降雨量と集水量計算（テナントビル）

|    |                              |        |        |
|----|------------------------------|--------|--------|
|    | 降雨継続時間 t hr                  |        | 0.42   |
| TT | 計算項目                         | 数値     | 単位     |
|    | ホーチミン市Tan Son Nhat天気測定所による指数 |        |        |
| 1  | A =                          | 11,650 |        |
| 2  | C =                          | 0.58   |        |
| 3  | n =                          | 0.95   |        |
| 4  | b =                          | 32     |        |
| 5  | 周期 P =                       | 5      | 年      |
| 6  | 流れ係数 Ø =                     | 0.90   |        |
| 7  | 雨水を受ける面積 S =                 | 0.0051 | ha     |
|    |                              | 51     | m2     |
| 8  | 雨の強度 q =                     | 601.03 | l/s.ha |
| 9  | 雨の流量Qtt =                    | 2.76   | l/s    |
| 10 | 雨の一回の平均時間 t =                | 25     | 分      |
| 11 | 5年に1回に起きる最大大雨の総雨量 Qtt =      | 4.14   | m3     |

出所：Shiny 社資料（一部修正）

## 7.3 その他のケース分析

前項のテナントビルに加え、より大規模なビルであるルネサンス・リバーサイド・ホテル・サイゴン（Renaissance Riverside Hotel Saigon）を題材に効果検証を行う。

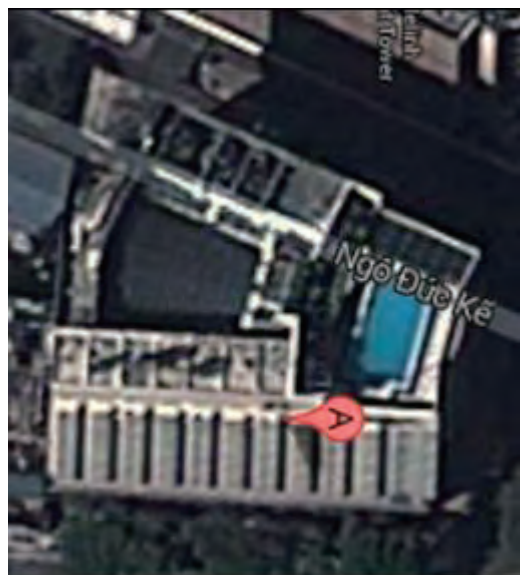
(1) 建物概要（図 7.3-1 および図 7.3-2 参照）

- ・所在地：ベトナム・ホーチミン市
- ・延床面積：29,539m<sup>2</sup>
- ・建物：地上 21 階、地下 1 階
- ・用途：ホテル



出所：Google, DigitalGlobe

図 7.3-1 当該ホテルの航空写真



出所：Google, DigitalGlobe





図 7.3-2 ホテル航空写真および平面図

(2) 給水使用量

- ・ 調査結果より 2008 年実績値：132,241m<sup>3</sup>/year
- ・ (参考) 日本におけるホテルの標準水量 (参考資料) から推定：  
年間給水使用量：24.2 L/day × 29,539m<sup>2</sup> × 365day ÷ 1,000 = 260,918m<sup>3</sup>

(3) 雨水利用量・節水効果の推定

- ・ 年間降水量：1,976mm
- ・ 流出係数：屋根 0.9
- ・ 屋根面積：1,419m<sup>2</sup> (プール部分も含む)
- ・ 年間雨水利用量：1,976mm × 1,419m<sup>2</sup> × 0.9 ÷ 1,000 = 2,524m<sup>3</sup>
- ・ 年間給水使用量：132,241m<sup>3</sup>

よって節水率は、2,524 ÷ 132,241 = 1.9%と算定される (降雨量の 90%がすべて処理して利用すると想定)。

(4) 雨水貯留の効果

上述のとおり、5 年確率の降雨強度は、601.03 L/s ha (216mm/h に相当し非常に強い降雨)

となり、屋根 1,419m<sup>2</sup>からの強雨時の流出量は、降雨時間を 25 分として、115m<sup>3</sup>となる。115m<sup>3</sup>以上の容量が貯留タンクにあれば、5 年に一度の大雨が 25 分間続いても、屋根からの雨水の流出をほぼ防ぐことができる（表 7.3-1 参照）。

表 7.3-1 降雨量と集水量計算（ルネサンスホテル）

|    | 降雨継続時間 t hr                  |        | 0.42   |
|----|------------------------------|--------|--------|
| TT | 項目                           | 数値     | 単位     |
|    | ホーチミン市Tan Son Nhat天気測定所による指数 |        |        |
| 1  | A =                          | 11,650 |        |
| 2  | C =                          | 0.58   |        |
| 3  | n =                          | 0.95   |        |
| 4  | b =                          | 32     |        |
| 5  | 周期 P =                       | 5      | 年      |
| 6  | 流れ係数 $\phi$ =                | 0.90   |        |
| 7  | 雨水を受ける面積 S =                 | 0.1419 | ha     |
|    |                              | 1,419  | m2     |
| 8  | 雨の強度 q =                     | 601.03 | l/s.ha |
| 9  | 雨の流量Qtt =                    | 76.76  | l/s    |
| 10 | 雨の一回の平均時間 t =                | 25     | 分      |
| 11 | 5年に1回に起きる最大大雨の総雨量 Qtt =      | 115.1  | m3     |

出所：Shiny 社資料（一部修正）

#### 7.4 ホーチミン市全体への波及効果

こうしたモデルケースの分析をもとに、雨水利用および雨水貯留のホーチミン市全体への波及効果を検証する。

検証にあたり、ホーチミン市の建物面積率（占有率）のデータの入手が困難であるため、東京の占有率解析資料（平成 14 年度ヒートアイランド現象による環境影響に関する調査検討業務報告書<sup>29)</sup>）から推定した。

図 7.4-1 に、Google Map によるホーチミン市と東京都墨田区付近を示す。これからわかるように、両地域共に業務と住宅の混合密集地区と推定される。



図 7.4-1 ホーチミン市中心部（左）と東京都墨田区（右）

出所：Google

<sup>29)</sup> 環境省（<http://www.env.go.jp/air/report/h15-02/>）

(1) 推定条件

- ・ ホーチミン市の面積：市街地の面積を  $494\text{km}^2$  とする（表 7.4-1 参照）
- ・ 建物占有率：36%（類似の都市データによる）
- ・ 屋根面積： $492\text{km}^2 \times 0.36 = 177\text{km}^2$
- ・ 普及率：20%
- ・ 雨水収集面積： $177\text{km}^2 \times 0.2 = 35.4\text{km}^2$

(2) 雨水利用量・節水効果の推定

①節水量

- ・ 年間降水量：1,976mm
- ・ 流出係数：屋根 0.9
- ・ 屋根面積： $35.4\text{km}^2$
- ・ 年間雨水利用量： $1,976\text{mm} \times 35.4\text{km}^2 \times 0.9 \div 1,000 \times 10^6 = 63 \times 10^6\text{m}^3$

年間 6,300 万トンの節水ポテンシャルがあると試算される。

②温室効果ガス削減量

本調査で導き出した上水の CO<sub>2</sub> 排出係数は、 $0.00023\text{tCO}_2/\text{m}^3$  であるので、  
温室効果ガス排出削減総量 = 14,490tCO<sub>2</sub>

年間約 14,500tCO<sub>2</sub> の GHG 削減ポテンシャルがあると試算される。

③給水料金の削減

給水料金をホーチミン市における業務用水道料金である VND9,600/m<sup>3</sup>（製造業）と VND16,900/m<sup>3</sup>（経営・サービス業）の平均値である VND13,250/m<sup>3</sup>（約 65 円/m<sup>3</sup>）とする  
と、

給水料金削減金額 = 41 億円/年

水道料金の削減効果は、年間 41 億円規模にのぼる。

④災害対策・安全効果

このように、雨水利用が進めば、ホーチミン市全体では、大きな節水および節約効果に繋がることになる。しかし、こうした雨水利用と同様に、雨水貯留による投資洪水問題の解決は、多くの市民の命と財産を守るため、極めて重要且つ有効な施策である。

表 7.4-1 ホーチミン市行政単位一覧

| Name of district             | Sub-division units | Area (km <sup>2</sup> ) | Population as of Census | Population as of Census | Population 2010  | Population 2011  |
|------------------------------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|------------------|
| (Dec. 2003)                  | (Dec. 2003)        | (Dec. 2006)             | 1-Oct-04                | 1-Apr-09                |                  |                  |
| <i>Inner Districts:</i>      |                    |                         |                         |                         |                  |                  |
| District 1                   | 10 wards           | 7.73                    | 198,032                 | 180,225                 | 187,435          | 185,715          |
| District 2                   | 11 wards           | 49.74                   | 125,136                 | 147,490                 | 140,621          | 136,497          |
| District 3                   | 14 wards           | 4.92                    | 201,122                 | 190,553                 | 188,945          | 188,898          |
| District 4                   | 15 wards           | 4.18                    | 180,548                 | 180,980                 | 183,261          | 183,043          |
| District 5                   | 15 wards           | 4.27                    | 170,367                 | 171,452                 | 174,154          | 175,217          |
| District 6                   | 14 wards           | 7.19                    | 241,379                 | 249,329                 | 253,474          | 251,902          |
| District 7                   | 10 wards           | 35.69                   | 159,490                 | 244,276                 | 274,828          | 265,997          |
| District 8                   | 16 wards           | 19.18                   | 360,722                 | 408,772                 | 418,961          | 421,547          |
| District 9                   | 13 wards           | 114                     | 202,948                 | 256,257                 | 263,486          | 269,068          |
| District 10                  | 15 wards           | 5.72                    | 235,231                 | 230,345                 | 232,450          | 234,188          |
| District 11                  | 16 wards           | 5.14                    | 224,785                 | 226,854                 | 232,536          | 234,293          |
| District 12                  | 11 wards           | 52.78                   | 290,129                 | 405,360                 | 427,083          | 451,737          |
| Gò Vấp District              | 16 wards           | 19.74                   | 452,083                 | 522,690                 | 548,145          | 561,068          |
| Tân Bình District            | 15 wards           | 22.38                   | 397,569                 | 421,724                 | 430,436          | 430,350          |
| Tân Phú District             | 11 wards           | 16.06                   | 366,399                 | 398,102                 | 407,924          | 419,227          |
| Bình Thạnh District          | 20 wards           | 20.76                   | 423,896                 | 457,362                 | 470,054          | 479,733          |
| Phú Nhuận District           | 15 wards           | 4.88                    | 175,293                 | 174,535                 | 175,175          | 175,631          |
| Thủ Đức District             | 12 wards           | 47.76                   | 336,571                 | 442,177                 | 455,899          | 474,547          |
| Bình Tân District            | 10 wards           | 51.89                   | 398,712                 | 572,132                 | 595,335          | 611,170          |
| <b>Total inner districts</b> | <b>259 wards</b>   | <b>494.01</b>           | <b>5,140,412</b>        | <b>5,880,615</b>        | <b>6,060,202</b> | <b>6,149,817</b> |

\*東京都 23 区の面積は 612km<sup>2</sup>、人口 9,049,604 人で、人口密度は同程度といえる。

## 第8章 雨水利用試験

本調査では、ホーチミン市省エネルギーセンター（ECC-HCMC）と共同で、日本の浄水システムの導入による雨水利用の試験を行った。試験の目的は、①水質の改善確認、②雨水使用量の検証、③日本技術の浄水機能効果の検証である。

この実証試験をもとに、雨水利用の最適用途を見極め、現地の法規規制に則り、安全で効果的な提案の実施を目指す。

### 8.1 試験対象建物概要

建物用途：ホーチミン市省エネルギーセンター（官庁関連オフィス）の駐車スペース

所在地：ベトナム ホーチミン市、District 3（3区）

雨水集水面積：60m<sup>2</sup>（図 8.1-1）

集水タンク容量：1,000L

システム構成：前処理装置、浄水装置、排水ポンプ

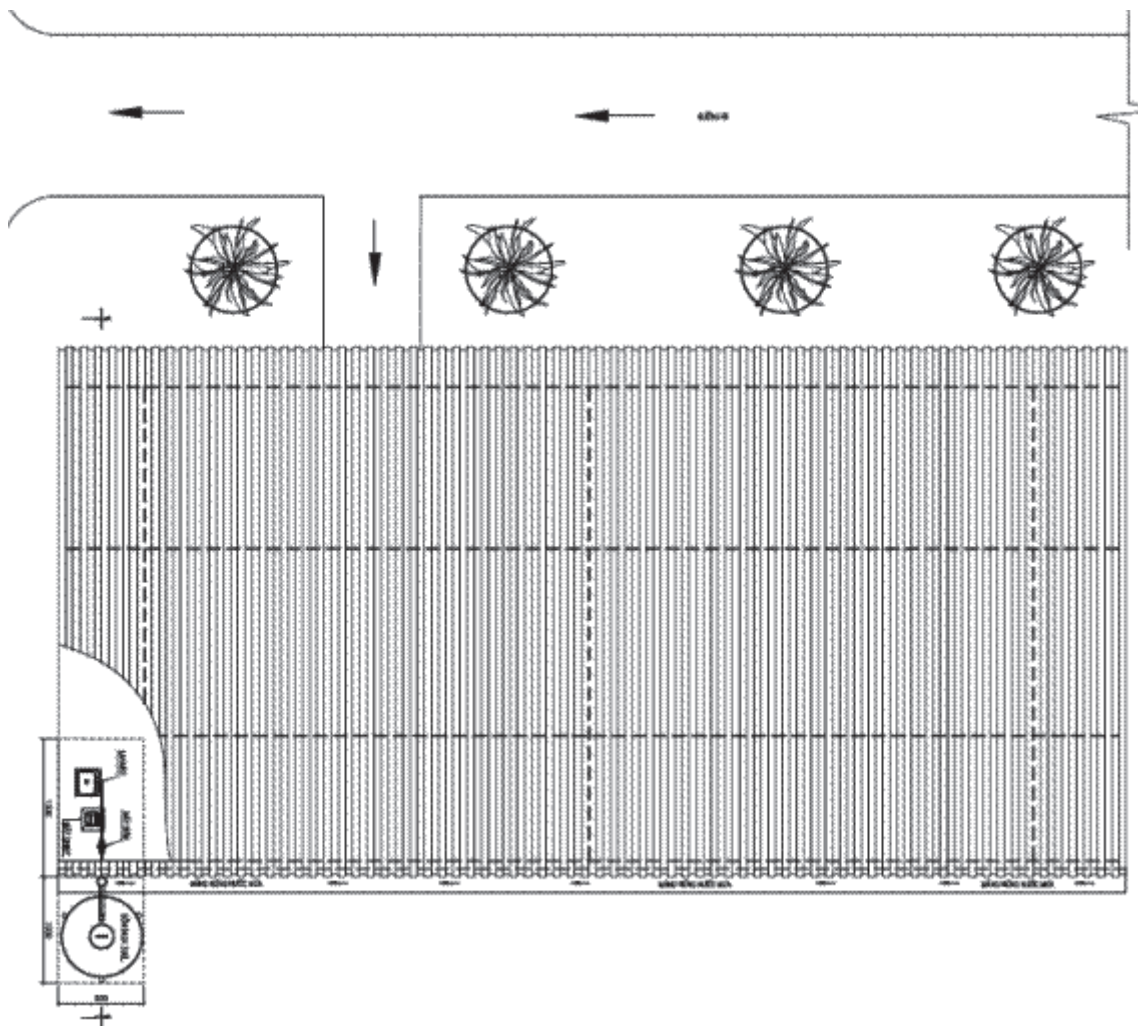


図 8.1-1 屋根平面図



図 8.1-2 には、システム設置断面図を示す。駐車場の屋根に降った雨水は、雨水配管をとり集水タンクにて貯留される。貯留された雨水は、排水ポンプにより前処理装置を経て、浄水装置にて浄化され、オフィスの流しに供給される。本システムには、補助補給水として浄水の供給も併せて行われる。図 8.1-3 は、システム導入状況を示す。

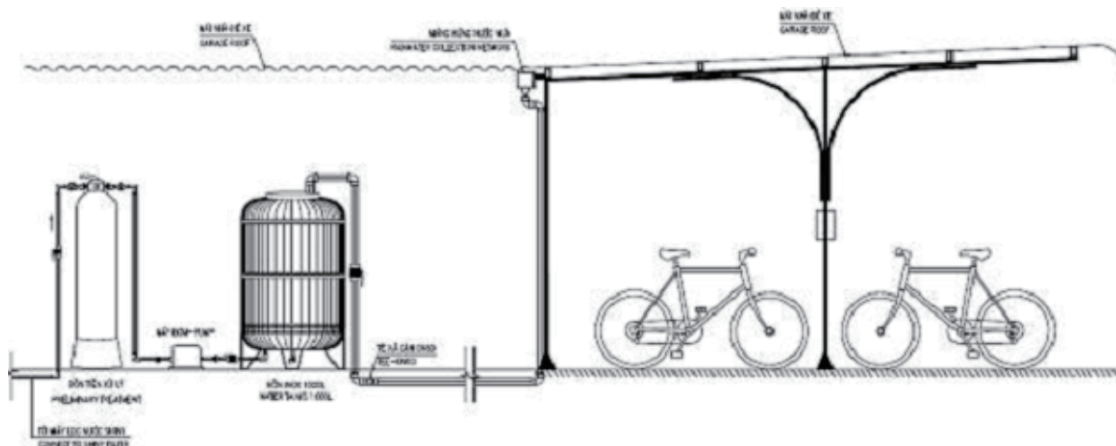


図 8.1-2 システム設置断面図



雨水集水ルーフ



浄水装置



集水タンク

図 8.1-3 浄水システム導入状況

## 8.2 関係法規基準

本試験システムに関連するベトナムの法規基準は以下のとおりである。

- National Standard of tap-water QCVN 02: 2009/BYT.  
(水道水に関する基準)
- National Standard of drinkable water QCVN 01: 2009/BYT.  
(飲料水に関する基準)
- TCXDVN 33:2006: Water supply – Pipe net – Design Standard  
(給水配管設計基準)
- Other standards of pipes and materials.  
(配管・資材に関する基準)

当該システムは、こうした基準に準拠するものであることが確認された。前述のとおり、ベトナムの上水は、飲料適用基準に達していない地域も多く、本試験システムの供給事業者は、当該浄水システムの導入により学校や病院の上水を飲料水として安全に供給する実績を持つ。また、ホテルや病院の排水再利用により、中水としてトイレの洗浄や散水用としての利用事業も活発化している。

## 8.3 水質試験結果

表 8.3-1 は ECC-HCMC で行った雨水利用試験の水質検査結果を示すが、日本の浄水システムにより、水質に異常がないことが確認された。

表 8.3-1 雨水処理後水質検査結果

| No. | Parameter (項目)                         | Unit (単位)              | No. (値)           | Limit (基準)                            |
|-----|----------------------------------------|------------------------|-------------------|---------------------------------------|
| 1   | pH                                     | -                      | 7,53              | 6,5 – 8,5                             |
| 2   | Turbidity (濁り)                         | NTU                    | 1                 | < 2                                   |
| 3   | Colour (色度)                            | Pt – Co                | 13                | < 15                                  |
| 4   | Odour (匂い)                             | -                      | Odourless<br>(無臭) | No strange<br>taste & odour<br>(無味無臭) |
| 5   | Permanganate (酸化度)                     | mg/l                   | ND (<2)           | < 2                                   |
| 6   | N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (アンモニア) | mg/l                   | ND (<0,5)         | < 3                                   |
| 7   | N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (一酸化窒素) | mg/l                   | ND (<0,003)       | < 3                                   |
| 8   | N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (硝酸塩)   | mg/l                   | 0,37              | < 50                                  |
| 9   | Hardness (硬度)                          | mgCaCO <sub>3</sub> /l | 168               | < 300                                 |
| 10  | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (硫酸塩)    | mg/l                   | 6                 | < 250                                 |
| 11  | Fe (鉄)                                 | mg/l                   | 0,074             | < 0,3                                 |



|    |                                |           |         |       |
|----|--------------------------------|-----------|---------|-------|
| 12 | Mn (マンガン)                      | mg/l      | 0,008   | < 0,3 |
| 13 | Cl <sup>-</sup> (塩酸化合物)        | mg/l      | 12      | < 250 |
| 14 | Ecoli (大腸菌)                    | CFU/250mL | ND (<1) | 0     |
| 15 | Coliforms (大腸菌群)               | CFU/250mL | ND (<1) | 0     |
| 16 | Pseudomonas aeruginosa (緑膿菌)   | CFU/250mL | ND (<1) | 0     |
| 17 | Fecal Streptococcus (連鎖状球菌)    | CFU/250mL | ND (<1) | 0     |
| 18 | Clostridium Botulinum (ボツリヌス菌) | CFU/250mL | ND (<1) | 0     |

\*ND : not detectable 不検出

水質に異常がないことが確認されているものの、浄化された雨水を直接上水の給水管に接続して上水利用することは調査団としては推奨していない。配管の不備、浄水システムの故障や作動不良等により雨水が十分に浄化されず上水と混ざると、万一の場合、健康被害を起こす恐れがあるためである。日本の水道法では、水道の給水管とその他の目的の配管を直接連結するクロスコネクションは汚染防止のため禁止されている。もっとも現地では、上水道によって給水される水を直接飲用に利用することは一般的には行われておらず、ホテルなどにおいて上水が飲用には適さない旨の表示がされていることがある（図 8.3-1）。



出所 : <http://waterbuckpump.com/2013/09/01/water-unfit-to-drink/>

図 8.3-1 ベトナムのホテルの「飲用不可」表示

本調査では日本の浄化システムの効果検証を含む雨水利用試験を実施し、現地カウンターパートからは雨水の貯留利用が水不足緩和に一定の効果があるということで評価の声があった。雨水利用のさらなる普及および今後は雑排水の中水利用についても検討を進め、水資源の有効活用が期待される。

## 第9章 省エネ・節水機器普及を促進するためのファイナンススキームについての検討

ベトナムは、急速な経済成長に伴いエネルギー不足、特に電力不足が課題となっており、ベトナム政府としても省エネルギーの推進に取り組んでいる。特に、同国では、省エネを促進するファイナンスの仕組みを構築することが求められている。

財務的な観点からみた場合、省エネ機器は、同じ効果を得るために投入されるエネルギー（燃料、熱、電気）の量を削減することにより、そのエネルギーに係るコストを低減させるものである。従って、省エネ機器自体は、再生可能エネルギー設備のように発電等により独自のキャッシュフローを生むものではない。つまり、省エネ設備の導入によりキャッシュアウトが生じる一方、設備投資による直接的なキャッシュフローは生じないことが、投資を回収するためのスキーム構築を難しくしている要因の一つになっている。そこで、本章では省エネによる金銭的メリットを顕在化させるスキームである ESCO や日本政府による財政支援のアイデアを中心に、省エネ・節水機器普及を促進するための省エネ促進のために考えられるファイナンス手法の検討を行う。

### 9.1 ESCOとは

省エネ機器の普及のための一般的な手法として、ESCO (Energy Service Company) がある。ESCO とは、基本的に省エネ改修にかかるすべての費用（設備費、工事費、金利等）を省エネ改修で実現する光熱水費の削減分等で賄う手法で、ESCO 事業者は、省エネルギー診断、設計・施工、省エネ設備の運転・維持管理に加え、資金調達などにかかるサービスを提供する。顧客（建物オーナー等）と ESCO 事業者はエネルギー削減サービスにかかる契約を締結し、その契約期間終了後の光熱水費の削減分は顧客側の利益になる。

また、ESCO 事業者は省エネ効果の保証を顧客に対して行うのが ESCO 事業の特徴の一つである（パフォーマンス保証）。ESCO 事業者は、省エネ診断に基づき設備の改修計画を立て、施工、運営管理を一括して行う。仮に当初予定していた省エネ効果が得られず、期待していた光熱費の削減が得られなかった場合には、パフォーマンス保証契約に基づき ESCO 業者は顧客に損失補填を行う。このように、ESCO はパフォーマンス保証を通じて省エネによるエネルギーコスト節約分を可視化することにより、省エネ機器の促進を行う。

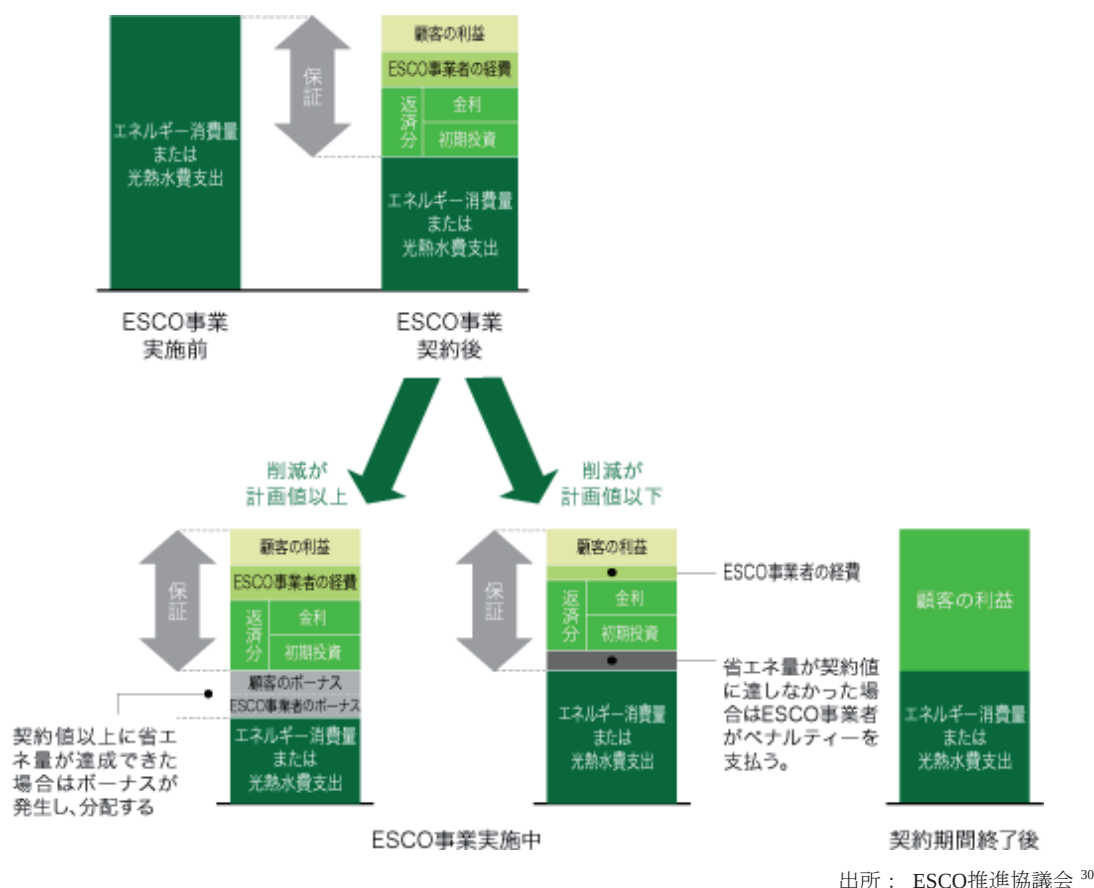


図 9.1-1 ESCO の仕組み

ESCO には、顧客である建物オーナー側が改修の初期投資を負担するギャランティード・セイビングス契約と ESCO 事業者が負担するシェアード・セイビングス契約とがある。シェアード・セイビングス契約の場合、顧客は初年度に設備投資をすることなく、ESCO 事業者が負担し、エネルギーコストの節減分から回収することになる。

日本では 1990 年代から ESCO 事業の導入が広まり、一般社団法人 ESCO 推進協議会によると、2003 年度の受注金額は 350 億円、受注契約数は 230 件を超えた。その後の景気低迷を背景に落込んだものの、2011 年度には受注金額は 300 億円、受注契約は 214 件まで回復し、わが国では ESCO 事業は省エネ機器促進として確立した事業である。

<sup>30</sup> <http://www.jaesco.or.jp/esco/>

表 9.1-1 ESCO の契約形態

|                     | ギランティード・セイビングス契約                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | シェアド・セイビングス契約                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 資金フロー               | <p>The diagram shows a triangle of relationships. At the top is ESCO, at the bottom left is the Customer (顧客), and at the bottom right is the Financial Institution (金融機関). Arrows indicate the flow of money: a thick grey arrow points from the Customer to ESCO labeled '省エネ設備の初期コスト負担' (Initial cost burden of energy-saving equipment); a thick green arrow points from ESCO to the Financial Institution labeled '融資・リース' (Financing/Leasing); a thick black arrow points from the Financial Institution back to the Customer labeled '債務返済' (Debt repayment). Smaller arrows show 'ESCO サービス料' (ESCO service fee) from Customer to ESCO and '設備代金' (Equipment fee) from ESCO to Financial Institution.</p> | <p>The diagram shows a similar triangle of relationships. Arrows indicate the flow of money: a thick grey arrow points from the Customer to ESCO labeled '省エネ設備の初期コスト負担' (Initial cost burden of energy-saving equipment); a thick green arrow points from ESCO to the Financial Institution labeled '融資・リース' (Financing/Leasing); a thick black arrow points from the Financial Institution back to the Customer labeled '債務返済' (Debt repayment). Smaller arrows show 'ESCO サービス料' (ESCO service fee) from Customer to ESCO and '設備代金' (Equipment fee) from ESCO to Financial Institution.</p> |
| 省エネ設備の初期コスト負担者・所有者  | 顧客（建物オーナー等）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ESCO 事業者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ESCO サービス料の支払い      | 省エネ効果（光熱費等の削減分）の中から一定額または一定割合を支払う                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| ESCO サービス料に含まれる主要費用 | 検証費用、メンテナンス費用、諸経費等<br>（設備費、金利は含まれない）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 設備導入費用、金利、検証費用、メンテナンス費用、諸経費等                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| ESCO 契約終了後の利益配分     | 省エネ効果（光熱費等の削減分）は全て顧客に帰属                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 顧客のキャッシュフロー         | <p>The chart shows a bar graph of cash flow over time (初年度, 1年目, 2年目, 3年目, 4年目, ..., N年目). A large initial negative bar represents the '省エネ設備の初期コスト負担' (Initial cost burden). Subsequent smaller negative bars represent the 'ESCO サービス料' (ESCO service fee). The x-axis is labeled '契約期間' (Contract period).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | <p>The chart shows a bar graph of cash flow over time (初年度, 1年目, 2年目, 3年目, 4年目, ..., N年目). The initial bar is zero, labeled '初期費用無し' (No initial cost). Subsequent bars represent the 'サービス料 (償却費込み)' (Service fee including depreciation). The x-axis is labeled '契約期間' (Contract period).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| その他の特徴              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ パフォーマンス保証により確実な省エネ効果を達成</li> <li>・ 検証により省エネ効果の把握が可能</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 顧客が初期投資額・金利負担するため、シェアド・セイビングスに比べ ESCO 事業者のリスクが低い</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 初期投資額や金利負担を顧客が負担しない代わりにサービス料を原資に ESCO 事業者が負担</li> <li>・ 顧客は省エネ設備のオフバランス化が図れる</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

出所： ESCO推進協議会の情報<sup>31</sup>基にMUMSS作成

<sup>31</sup> [http://www.jaesco.or.jp/esco/#esco\\_method](http://www.jaesco.or.jp/esco/#esco_method)

## 9.2 ベトナムにおけるESCOと阻害要因

### 9.2.1 ベトナムにおけるESCO

ESCO はベトナムにおいて未だ一般的なサービスではなく、広く認知されているものではない。しかし、省エネへの関心が高まっているなか、ベトナムで初めての本格的な ESCO 会社である Viet Energy Service and Consulting Joint Stock Company（通称 Viet ESCO）が 2012 年 3 月に設立された。Viet ESCO 社は ESCO 事業に関心を寄せている現地企業が出資し、日本の ESCO 企業である株式会社ヴェリア・ラボラトリーズがノウハウ提供と出資を行っている。

ベトナムを含め新興国では、設備購入に際してライフサイクルコストではなく初期コストが重視される傾向が強い。建物の省エネ設備導入の場合、建物オーナー等の顧客の資金力不足だけが原因ではなく、エネルギー消費量の現状把握や高効率設備の導入・運営による省エネ効果の確実性が担保されておらず、コスト削減が十分に予見できないことに要因がある。ベトナムの建物オーナーは、高効率機器導入によりエネルギーコストが引き下げられることの認識はあっても、馴染みのない新技術だけに、投資回収の確実性に確信が持てないため、敢えて多額の資金を投資することはせず、初期費用の低い設備への投資となってしまう。

ESCO はその点、省エネ診断や効果検証を通じて省エネ効果を可視化することに加え、パフォーマンス保証および（シェアド・セイビングスの場合）初期コストの負担回避が図れるため、建物オーナーはキャッシュフローの予見可能性が高まり、設備投資への決断がしやすくなる。Viet ESCO 社は日本企業からの各種支援を受け入れており、経済産業省による平成 24 年度地球温暖化対策技術普及等推進事業「ベトナムにおける高効率機器普及促進組成調査（建物省エネ）」において現地で省エネ診断に始まる ESCO 事業を担った実績を蓄積しつつあり、日本の高効率機器の普及に寄与している。

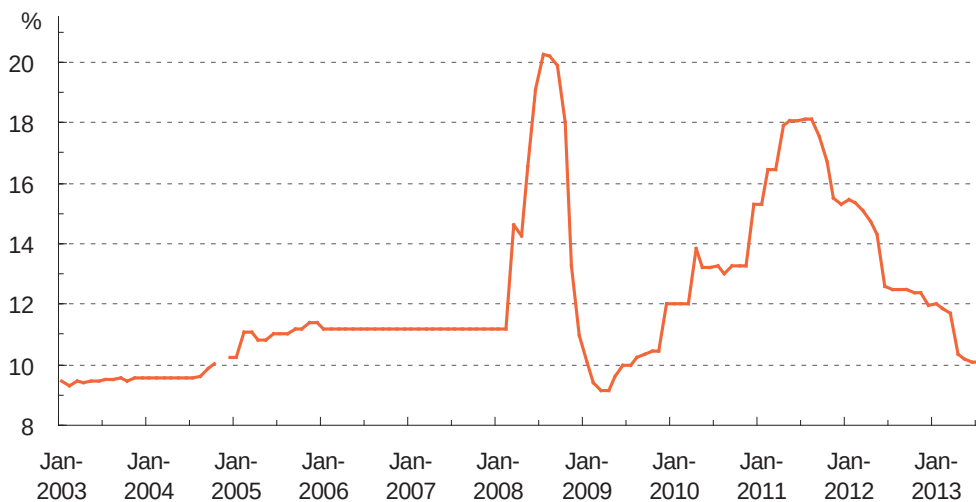
### 9.2.2 ESCO普及のファイナンス面の障害

省エネ機器の普及促進を図るファイナンススキームとして期待される一方、ESCO 事業者の調達コストが ESCO の本格的な普及へのファイナンス面でのハードルとして認められる。これには、ベトナムの高金利と、業歴の浅い ESCO 事業者自身の調達金利がさらに高くなる、という二点が挙げられる。

#### i) ベトナムの高金利

シェアド・セイビングスの場合、ESCO 事業者が初期コストを建物オーナーに代わって用意する必要があり、十分な自己資金がない場合は銀行借入等により調達する必要がある。

ESCO 事業者の調達金利はそのまま、顧客へのサービス料に転嫁されるため、貸出金利が常に 10%を超える高水準になっているベトナムでは、ESCO 事業者のサービス料を高くせざるを得ない。新興国では一般的に 3～5 年年以内に回収ができるかが投資判断の基準となるが、このような金利水準では、結果的に ESCO 事業が成り立ちにくい環境となっている。また、ギャランティード・セイビングスの場合、顧客が直接高金利を負担することになるため、同様に省エネ機器導入のハードルが上がることになる。



出所：Bloomberg（原データは IMF）

図 9.2-1 ベトナム貸出金利の推移<sup>32</sup>

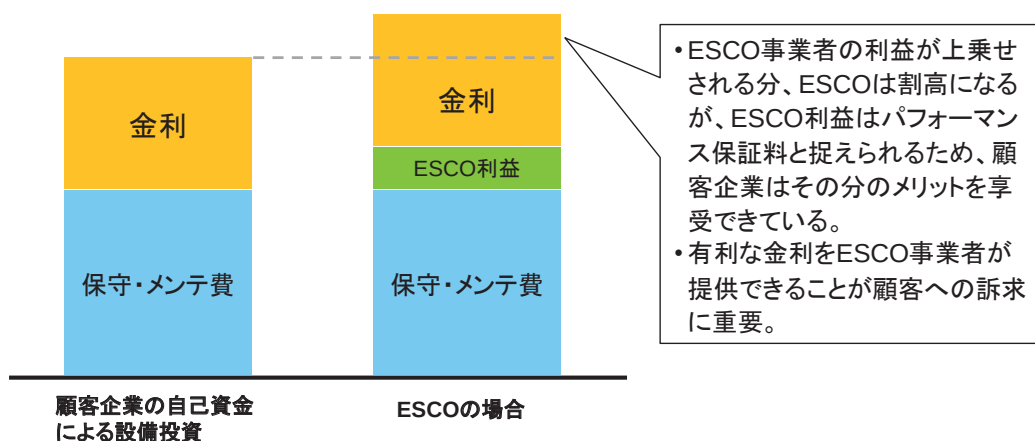
## ii) ESCO 事業者の資金調達力不足

ベトナムをはじめとする多くの新興国では ESCO に対する認知や信認が高くないため、実績が積み上がらず、ESCO 事業者の企業体力・信用力が十分でなく、銀行からの融資を受けにくく、調達金利も高くなっている。

省エネ設備について経常的にかかるコスト内訳は、顧客企業が自己資金で設備投資する場合も、シェアード・セイビングスの場合も、保守・メンテナンス費と金利が大きな部分を占める。仮に保守・メンテナンス費に大きな違いがないとすると、調達コストの差が顧客のコスト負担差となるため、いかに有利なファイナンスを提供できるかが、ESCO 提案の成否を左右すると言える。

<sup>32</sup> ベトナム 4 大営商業銀行の平均短期貸出金利





高金利、ESCO 事業者の調達力不足の障害を緩和し、ESCO モデルを普及し軌道に乗せるには、有利なファイナンス条件をサポートし、実案件の実績を積上げることが重要と考えられる。

日本政府は二国間クレジット制度の推進のため、平成 25 年度からは実現可能性調査に留まらず、環境省による設備補助事業や新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）による実証事業などが開始されている。本節では、これら JCM 事業に対する直接的な支援以外で ESCO や省エネ機器普及に適用可能と考えられる日本政府によるファイナンス関連支援を挙げる。

JICA は 2009 年 11 月にベトナム政府と円借款契約を締結し、省エネルギー・再生可能エネルギー促進事業を実施した。同事業の下で、2010 年～2012 年にかけてベトナム開発銀行（Vietnam Development Bank; VDB）を通じたツーステップローンにより、ベトナム国内企業による省エネルギー促進及び再生可能エネルギー活用等の取り組みに必要な中長期資金、約 47 億円を貸付けた。JICA はこのプログラムで VDB に 0.75%の金利で貸す一方、VDB は 11%で企業に貸していたが、それでもベトナムの平均の貸出金利の 20%と比べれば圧倒的に低いため、申し込みは 100 件以上あり好評を得た。案件の選定は VDB が財務審査と技術審査結果に基づいて行った。本事業はアンタイドということもあり、使用された技術は低価格な中国や韓国などの海外技術を用いる結果になったが、日本からのツーステップローンによる低利子融資がファイナンス支援として有効であることを示している。

JICAによる気候変動対策支援プログラムは、ベトナム政府が2008年に策定した「気候変



動対策にかかる国家目標プログラム」(2009～2015 年)に掲げられた政策を勘案し、政策対話等を通じて一般財政支援の形態で融資を行い、ベトナム政府の気候変動対策を強化するものである。これは 2010 年の第 1 期、2011 年の第 2 期に続く、第 3 期のプログラムであり、第 1 期・第 2 期の気候変動対策支援プログラムの下では、日本が支援を続けてきた省エネ法が策定され、日本型の省エネラベリング制度が導入される、という成果があった。第 3 期については、2013 年 3 月に円借款貸付契約が JICA とベトナム政府間で調印され、150 億円の借款が決まっている。

表 9.3-1 ベトナム向け気候変動対策支援プログラム

|       | 資金供与<br>年月  | 借款金額<br>(億円) | 金利    | 償還 (うち据置)<br>期間 | 調達条件  |
|-------|-------------|--------------|-------|-----------------|-------|
| 第 1 期 | 2010 年 6 月  | 100          | 0.25% | 40 (10) 年       | アンタイド |
| 第 2 期 | 2011 年 11 月 | 100          | 0.3%  | 40 (10) 年       | アンタイド |
| 第 3 期 | 2013 年 3 月  | 150          | 0.3%  | 40 (10) 年       | アンタイド |

出所：JICA

本プログラムでの借款資金は、世界銀行やフランス開発庁等との協調融資であり、調達条件は一般アンタイドとなっているため、日本がベトナムと二国間で行っている JCM 事業について直接支援を行うことは障害があると考えられる一方、以下のような省エネ機器普及を図る ESCO 支援政策の策定は検討可能と考えられる。

表 9.3-2 省エネ機器普及支援例 (案)

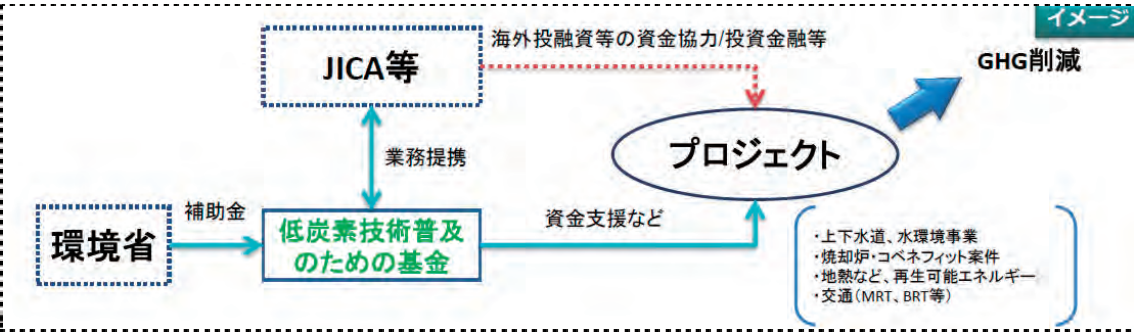
| 支援例 (案) | 日本の類似制度                                                                                                                                     |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 資金調達支援  | <ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ機器購入に対する低利子融資</li> <li>日本政策金融公庫などによる低利率融資制度</li> <li>環境省「環境配慮型経営に係る利子補給事業」</li> </ul>             |
| 補助金     | <ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ機器購入に対する一定割合の補助金</li> <li>経済産業省「エネルギー使用合理化事業者支援事業」</li> <li>経済産業省「ネット・ゼロ・エネルギー・ビル実証事業」</li> </ul> |
|         | <ul style="list-style-type: none"> <li>ESCO 事業者を支払うサービス料の一部補助</li> <li>エコリース促進事業</li> </ul>                                                 |
| 税制      | <ul style="list-style-type: none"> <li>省エネ機器取得に際しての加速償却</li> <li>グリーン投資減税</li> </ul>                                                        |

|  |                       |  |
|--|-----------------------|--|
|  | ・ ESCO 事業者に対する法人税等の優遇 |  |
|--|-----------------------|--|

いずれの場合も、支援対象者は、ギャランティード・セイ빙スの場合は省エネ機器の所有者である顧客（建物オーナー等）が、シェアード・セイ빙スの場合は ESCO 事業者が支援を直接的に享受することになる。

### 9.3.3 「一足飛び」型発展の実現に向けた資金支援（基金）

環境省の平成 26 年度概算要求の主要新規事項として、日本の低炭素技術を活かして、途上国が一足飛びに最先端の低炭素社会へ行こうできるように支援するスキームとして、「低炭素技術普及のための基金」を設置する構想が提示されている。



出所：環境省<sup>33</sup>

図 9.3-1 低炭素技術普及のための基金

|             |                                                                                                                                                        |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 事業概要        | JICA など我が国機関が支援するプロジェクトのうち、排出削減効果の高い事業を支援するための基金を設置。この運用を通じ、初期コストは高価であっても、排出削減効果が高い、我が国の先進的な低炭素技術の普及を図る。従来よりも幅広い分野で、都市や地域全体をまるごと低炭素化し、JCM でのクレジット化を図る。 |
| 事業期間        | 平成 26～32 年度                                                                                                                                            |
| 平成 26 年度要求額 | 6,000 百万円                                                                                                                                              |

出所：環境省<sup>34</sup>

この支援スキームでは、低炭素技術普及のための基金と JICA の海外投融資が協調して低炭素プロジェクトを支援する仕組みが考えられている。

<sup>33</sup> 環境省(<http://www.env.go.jp/guide/budget/h26/h26-gaiyo.html>)

<sup>34</sup> 環境省(<http://www.env.go.jp/guide/budget/h26/h26-gaiyo.html>)

本支援スキームを日本の省エネ機器普及に適用した場合、ベトナムの地場金融機関を通じて省エネに取り組む企業に対するツーステップローンが一例として考えられる。まず、JICAからの海外融資等を原資に、ベトナムの地場金融機関はESCO・省エネ案件を融資対象とする特別ファシリティを設ける。同金融機関は、このファシリティから一定の基準を満たす高度な省エネ技術を用いたESCOプロジェクトに対して低利子融資を行う仕組みとする。

地場銀行の中に特別なファシリティを設けることにより、融資がESCO案件に対して行われることを確保するのに加え、同銀行の他の調達資金と区別して取り扱うことで低金利を維持できるようになる。

このような仕組みにより、高度かつ初期コストの高い省エネ案件に取り組む可能性を広げる効果が期待できる。また、個別の省エネ案件の融資判断は地場銀行が行い、ESCOプロジェクトの効果について銀行が知見を蓄積できる機会となるため、ESCOモデルの普及にもつながると考えられる。

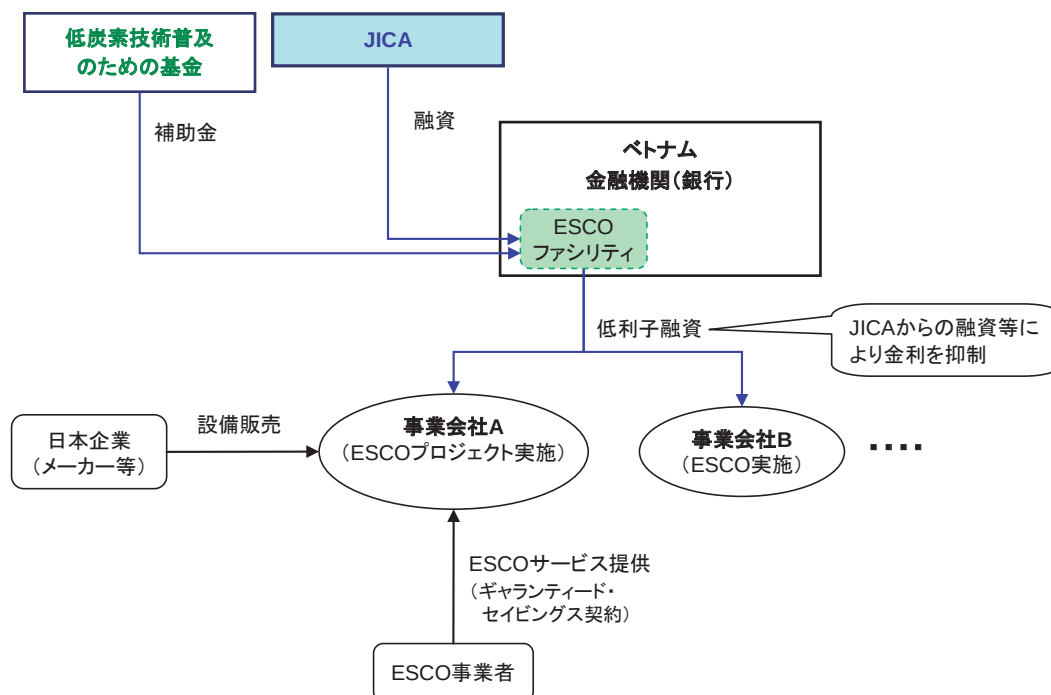
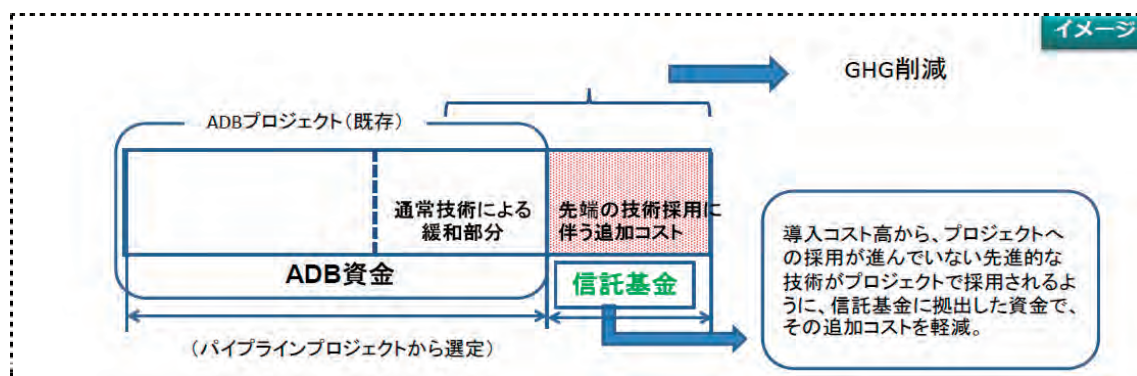


図 9.3-2 ESCO 支援例：ツーステップローン

### 9.3.4 ADB信託基金

環境省による「一足飛び」型発展の実現に向けた資金支援の一環では、前項の基金のほかに、アジア開発銀行（ADB）の信託基金に資金拠出を行い、初期コストが高いために導入が阻害されている先進的な低炭素技術の費用について協調資金支援を行う案が提示されている。



出所：環境省

図 9.3-3 “一足飛び”型発展の実現に向けた資金支援（ADB 拠出金）

|             |                                                                                                                                          |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 事業概要        | 導入コスト高から、ADB のプロジェクトで採用が進んでいない先進的な技術がプロジェクトで採用されるように、ADB の信託基金に拠出した資金で、その追加コストを軽減する。ADB による開発支援を一足飛びの低炭素社会への移行につなげるとともに、JCM でのクレジット化を図る。 |
| 事業期間        | 平成 26～32 年度                                                                                                                              |
| 平成 26 年度要求額 | 3,000 百万円                                                                                                                                |

出所：環境省<sup>35</sup>

ADBは現在 50 以上のファシリティ、信託基金、その他基金があり、その中の一つである Clean Energy Financing Partnership Facility (CEFPF)は発展途上国のエネルギー保障強化および気候変動対策のために 2007 年に設立された。同ファシリティはクリーンエネルギー開発を推進するために使われ、ESCOも支援対象の一つとしており、CEFPFを通じた支援は考えられる<sup>36</sup>。これまでに、CEFPFを通じてフィリピン、スリランカや中国のESCO開発が行われた実績がある。この既存のファシリティに加え、新たに設立される信託基金を通じて、先進的な省エネ施策を普及促進するESCO事業を支援することが考えられる。

## 9.4 節水機器のファイナンススキーム

本節では節水機器（トイレ・シャワー）を題材に、本事業における計測結果を使用して節水機器の事業性および ESCO 活用可能性を検討する。

### 9.4.1 節水機器の事業性

シャワーやトイレなどは、プライベートな空間で個人が使用するため、これらの機器選

<sup>35</sup> 環境省(<http://www.env.go.jp/guide/budget/h26/h26-gaiyo.html>)

<sup>36</sup> <http://www.adb.org/site/funds/funds/clean-energy-financing-partnership-facility>

択を行う場合は、省エネ性能だけでなく、機能性、使い心地、デザインやブランドイメージ等、価格以外の便益を考慮して決定されるのが通常である。但し、ここでは節水やエネルギーの節減による回収可能性を試算する。なお、保守メンテナンス費については捨象し、貨幣の時間価値を考慮しない単純回収期間を試算した。

### (1) トイレ

節水型トイレの節水による投資回収は下記の通り。

| 項目       | 単位          | 備考                                        |
|----------|-------------|-------------------------------------------|
| 初期コスト    | 60,000 円    | 単価＋工事費                                    |
| 1 室年間節約額 | 1,463 円/室/年 | 1 室年間節水額 1,375 円/室/年<br>1 室年間節電額 88 円/室/年 |
| 回収期間     | 41 年        | 初期コスト÷年間節約額                               |

※ 前提 業務用水道料金： 95 円/m<sup>3</sup> (VND 19,435/m<sup>3</sup>)  
電気料金： 10.5 円/kWh (VND 2,148/kWh)  
為替レート： VND1.00=JPY205

### (2) シャワー（熱源：重油ボイラー）

節水型シャワーの節水および節湯による投資回収は下記の通り（給湯については重油ボイラーが熱源）。

| 項目       | 単位          | 備考                                                                  |
|----------|-------------|---------------------------------------------------------------------|
| 初期コスト    | 20,000 円    | 単価＋工事費                                                              |
| 1 室年間節約額 | 2,481 円/室/年 | 1 室年間節水額 1,058 円/室/年<br>1 室年間燃料節約額 1,355 円/室/年<br>1 室年間節電額 68 円/室/年 |
| 回収期間     | 8.1 年       | 初期コスト÷年間節約額                                                         |

※ 前提 業務用水道料金： 95 円/m<sup>3</sup> (VND 19,435/m<sup>3</sup>)  
灯油単価： 107 円/L (VND 22,000/L)  
電気料金： 10.5 円/kWh (VND 2,148/kWh)  
為替レート： VND1.00=JPY205

### (3) シャワー（熱源：電気ボイラー）

節水型シャワーの節水および節湯による投資回収は下記の通り（給湯については電気ボイラーが熱源）。

| 項目    | 単位       | 備考     |
|-------|----------|--------|
| 初期コスト | 20,000 円 | 単価＋工事費 |

|          |             |                                                                                  |
|----------|-------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 1 室年間節約額 | 2,563 円/室/年 | 1 室年間節水額 1,058 円/室/年<br>1 室年間節電額（電気ボイラー） 1,437 円/室/年<br>1 室年間節電額（建物内給水） 68 円/室/年 |
| 回収期間     | 7.8 年       | 初期コスト÷年間節約額                                                                      |

※ 前提 業務用水道料金： 95 円/m<sup>3</sup>（VND 19,435/m<sup>3</sup>）  
電気料金： 10.5 円/kWh（VND 2,148/kWh）  
為替レート： VND1.00=JPY205

節水型トイレの場合、コスト節減は主に節水によるもので、節水に伴う 1 台あたりの節約額が少額なため、回収期間は長くなる。一方シャワーについては給湯の熱源エネルギーがあるため、節約額も大きくなる。試算の結果、熱源ボイラーがホーチミンのホテルで一般的に使用されている重油ボイラーであっても、次に普及している電気ボイラーであっても、回収期間に大きな差がないことがわかる。

#### 9.4.2 ESCOを利用した場合の事業性

省エネ設備の普及に適したファイナンススキームである ESCO が節水機器に適用できるかの検討を行う。トイレは前項のとおり節水からの回収は極めて長期にわたるため、給湯によるエネルギー削減も考慮できるシャワーを事例としてとりあげる。ESCO 契約タイプについては、新興国でより一般的とされるギャランティード・セイビングス（顧客企業が初期コストを負担）を前提として試算を行う。

ESCO 事業に対するファイナンス面での補助がない場合でのベースケースでの試算を行ったうえで、何らかのファイナンス支援があった場合の試算を行う。

##### (1) ベースケースでの試算

ベースケースでの前提条件は次の通り。

| 項目            | 条件                                 |
|---------------|------------------------------------|
| 対象設備          | 節水型シャワー（熱源：重油ボイラー）                 |
| ESCO 契約タイプ    | ギャランティード・セイビングス<br>（顧客企業が初期コストを負担） |
| ESCO サービス提供期間 | 3 年                                |
| 年間保守点検・その他経費  | 初期コスト（設備・工事費）の 3%                  |
| ESCO 事業者の利益率  | 税引後利益率：10%                         |
| 法人税率          | 22%                                |
| 顧客企業による自己負担割合 | 初期コスト（設備・工事費）の 30%                 |
| 顧客企業による銀行借入額  | 初期コスト（設備・工事費）の 70%                 |

|         |                             |
|---------|-----------------------------|
| 返済期間    | 3 年均等返済                     |
| 銀行の借入利率 | 12%（直近貸出金利 10%+リスクプレミアム 2%） |

ベースケースでは、顧客企業が初期コストの 7 割を銀行借りで賄い、ESCO 事業者が税引後利益率 10%を達成しようとする、顧客から徴収する ESCO 手数料は 688 円／年となり、ESCO 期間中の ESCO 事業者の損益は下表 9.4-1 の通りとなる。

表 9.4-1 ESCO 事業者の損益計算書（シャワー1 台当たり）

|                       | (JPY) |     |     |
|-----------------------|-------|-----|-----|
|                       | 1     | 2   | 3   |
| revenue: ESCO fee     | 688   | 688 | 688 |
| cost: O&M/other costs | 600   | 600 | 600 |
| profit before tax     | 88    | 88  | 88  |
| corporate income tax  | 19    | 19  | 19  |
| profit after tax      | 69    | 69  | 69  |

ベースケースにおけるESCO手数料を前提にした場合の顧客企業の 15 年間の損益計算書とキャッシュフローは表9.4-2の通りであり<sup>37</sup>、キャッシュフロー推移を示したのが図9.4-1。

節水型シャワーに変えることにより、年間のエネルギーコスト（水道、燃料、電気）を 6,529 円から 4,048 円に 2,481 円低減させることができ、ESCO手数料と金利はエネルギー削減分に収まっているため、初年度を除き損益計算書上は全期間黒字である。但し、初期コストおよび借入の返済額が大きいため、当初 4 ヶ年についてはキャッシュフローがマイナスの試算結果となる。5 年目からプラスに転ずるものの、累積キャッシュフローのマイナスがプラスに転じるのは 13 年目となり、顧客企業にとって導入するのが厳しい事業といえる。15 年間のエクイティIRR<sup>38</sup>は 4.0%となる。

<sup>37</sup> ベトナム財務省の通達 Circular 45/2013/TT-BTC 号（2013 年 4 月 25 日付）によると、資産の取得原価が 3000 万ドン（約 145 千円）以下の場合、固定資産に該当しないとされるため、本試算において節水シャワーは減価償却せず初年度に費用処理する。

<sup>38</sup> 顧客企業の出資者の視点からみた内部収益率であり、株主にとっての採算性を計るための指標。借入返済後のフリーキャッシュフローを基に計算される。



表 9.4-2 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり）

| (JPY)                     |                    |         |         |        |         |         |         |         |        |        |        |        |
|---------------------------|--------------------|---------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Profit & Loss             |                    | current | 1       | 2      | 3       | 4       | 5       | 6       | 7      | 8      | 9      | 10     |
|                           | total energy cost  | 6,529   | 4,048   | 4,048  | 4,048   | 4,048   | 4,048   | 4,048   | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  |
| revenue                   | energy savings     | 0       | 2,481   | 2,481  | 2,481   | 2,481   | 2,481   | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  |
| cost                      | ESCO fee           |         | 688     | 688    | 688     | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
|                           | equipment purchase |         | 20,000  | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
|                           | loan interest      |         | 1,400   | 840    | 280     | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
| profit before tax         |                    |         | -19,607 | 953    | 1,513   | 2,481   | 2,481   | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  |
| corporate income tax      |                    |         | 0       | 210    | 333     | 546     | 546     | 546     | 546    | 546    | 546    | 546    |
| profit after tax          |                    |         | -19,607 | 743    | 1,180   | 1,935   | 1,935   | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |
| Cash Flow                 |                    |         | 1       | 2      | 3       | 4       | 5       | 6       | 7      | 8      | 9      | 10     |
| profit after tax          |                    |         | -19,607 | 743    | 1,180   | 1,935   | 1,935   | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |
| grant (subsidy)           |                    |         | 0       |        |         |         |         |         |        |        |        |        |
| debt increase / repayment |                    |         | 14,000  | -4,667 | -4,667  | -4,667  | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
| equity cash flow          |                    |         | -5,607  | -3,923 | -3,487  | -2,731  | 1,935   | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |
| accumulative cash flow    |                    |         | -5,607  | -9,530 | -13,017 | -15,748 | -13,813 | -11,878 | -9,942 | -8,007 | -6,072 | -4,136 |

| (JPY)                     |                    |        |       |       |       |       |
|---------------------------|--------------------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Profit & Loss             |                    | 11     | 12    | 13    | 14    | 15    |
|                           | total energy cost  | 4,048  | 4,048 | 4,048 | 4,048 | 4,048 |
| revenue                   | energy savings     | 2,481  | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481 |
| cost                      | ESCO fee           | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     |
|                           | equipment purchase | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     |
|                           | loan interest      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     |
| profit before tax         |                    | 2,481  | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481 |
| corporate income tax      |                    | 546    | 546   | 546   | 546   | 546   |
| profit after tax          |                    | 1,935  | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 |
| Cash Flow                 |                    | 11     | 12    | 13    | 14    | 15    |
| profit after tax          |                    | 1,935  | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 |
| grant (subsidy)           |                    |        |       |       |       |       |
| debt increase / repayment |                    | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     |
| equity cash flow          |                    | 1,935  | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 |
| accumulative cash flow    |                    | -2,201 | -266  | 1,670 | 3,605 | 5,540 |

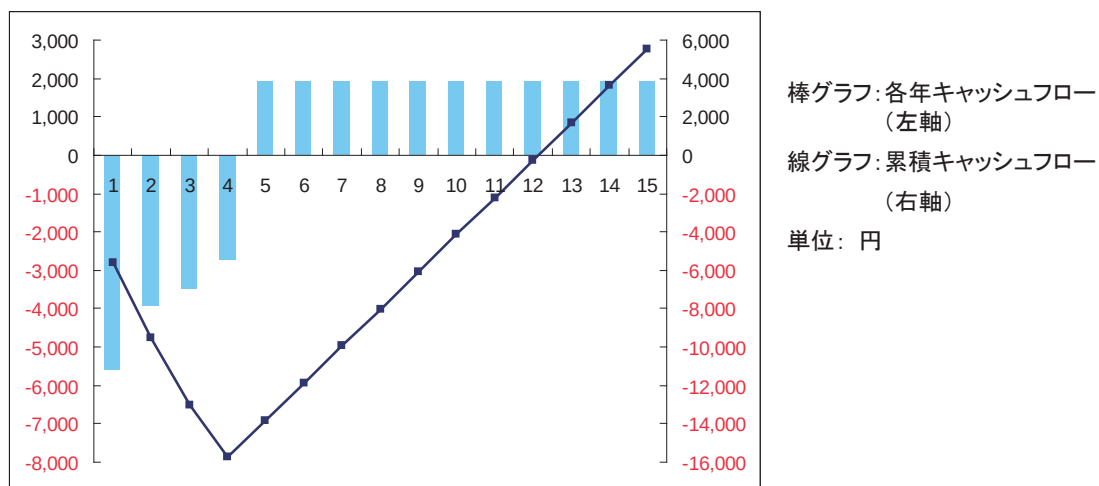


図 9.4-1 顧客 ESCO キャッシュフロー（年度・累積）

## (2) ファイナンス支援ある場合の試算

顧客企業による銀行借入れについて、低利子融資、利子補給や補助金等による優遇条件で省エネ機器導入を図った場合の試算を行い、採算性の改善について検証する。

i) 優遇金利

ベトナムの貸出金利は 10%以上あるなか、低利子融資あるいは利子補給などのファイナンス支援により、6%の優遇金利を受けた場合の顧客企業の ESCO キャッシュフロー試算結果は次の通り。他の条件はベースケースと同様とする。

ファイナンス条件（優遇金利ケース）

| 項目            | 条件                 |
|---------------|--------------------|
| 顧客企業による自己負担割合 | 初期コスト（設備・工事費）の 30% |
| 顧客企業による銀行借入額  | 初期コスト（設備・工事費）の 70% |
| 返済期間          | 3 年均等返済            |
| 銀行の借入利率       | 6%                 |

※ 下線部はベースケースとの変更点

試算の結果、現状の市中金利の約半分の利率による融資が受けられる場合、エクイティ IRR5.1%となり、累積キャッシュフローがプラスに転じるのは 12 年目となり、顧客企業の採算性は僅かに改善する。

表 9.4-3 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり）

| (JPY)                     |                    |         |        |         |         |         |         |        |        |        |        |
|---------------------------|--------------------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Profit & Loss             | current            | 1       | 2      | 3       | 4       | 5       | 6       | 7      | 8      | 9      | 10     |
| total energy cost         | 6,529              | 4,048   | 4,048  | 4,048   | 4,048   | 4,048   | 4,048   | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  |
| revenue                   | energy savings     | 0       | 2,481  | 2,481   | 2,481   | 2,481   | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  |
| cost                      | ESCO fee           | 688     | 688    | 688     | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
|                           | equipment purchase | 20,000  | 0      | 0       | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
|                           | loan interest      | 700     | 420    | 140     | 0       | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
| profit before tax         |                    | -18,907 | 1,373  | 1,653   | 2,481   | 2,481   | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  |
| corporate income tax      |                    | 0       | 302    | 364     | 546     | 546     | 546     | 546    | 546    | 546    | 546    |
| profit after tax          |                    | -18,907 | 1,071  | 1,289   | 1,935   | 1,935   | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |
| Cash Flow                 |                    | 1       | 2      | 3       | 4       | 5       | 6       | 7      | 8      | 9      | 10     |
| profit after tax          |                    | -18,907 | 1,071  | 1,289   | 1,935   | 1,935   | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |
| grant (subsidy)           |                    | 0       |        |         |         |         |         |        |        |        |        |
| debt increase / repayment |                    | 14,000  | -4,667 | -4,667  | -4,667  | 0       | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |
| equity cash flow          |                    | -4,907  | -3,596 | -3,377  | -2,731  | 1,935   | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |
| accumulative cash flow    |                    | -4,907  | -8,503 | -11,880 | -14,611 | -12,676 | -10,741 | -8,805 | -6,870 | -4,935 | -2,999 |
| (JPY)                     |                    |         |        |         |         |         |         |        |        |        |        |
| Profit & Loss             |                    | 11      | 12     | 13      | 14      | 15      |         |        |        |        |        |
| total energy cost         |                    | 4,048   | 4,048  | 4,048   | 4,048   | 4,048   |         |        |        |        |        |
| revenue                   | energy savings     | 2,481   | 2,481  | 2,481   | 2,481   | 2,481   |         |        |        |        |        |
| cost                      | ESCO fee           | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       |         |        |        |        |        |
|                           | equipment purchase | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       |         |        |        |        |        |
|                           | loan interest      | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       |         |        |        |        |        |
| profit before tax         |                    | 2,481   | 2,481  | 2,481   | 2,481   | 2,481   |         |        |        |        |        |
| corporate income tax      |                    | 546     | 546    | 546     | 546     | 546     |         |        |        |        |        |
| profit after tax          |                    | 1,935   | 1,935  | 1,935   | 1,935   | 1,935   |         |        |        |        |        |
| Cash Flow                 |                    | 11      | 12     | 13      | 14      | 15      |         |        |        |        |        |
| profit after tax          |                    | 1,935   | 1,935  | 1,935   | 1,935   | 1,935   |         |        |        |        |        |
| grant (subsidy)           |                    |         |        |         |         |         |         |        |        |        |        |
| debt increase / repayment |                    | 0       | 0      | 0       | 0       | 0       |         |        |        |        |        |
| equity cash flow          |                    | 1,935   | 1,935  | 1,935   | 1,935   | 1,935   |         |        |        |        |        |
| accumulative cash flow    |                    | -1,064  | 871    | 2,807   | 4,742   | 6,677   |         |        |        |        |        |

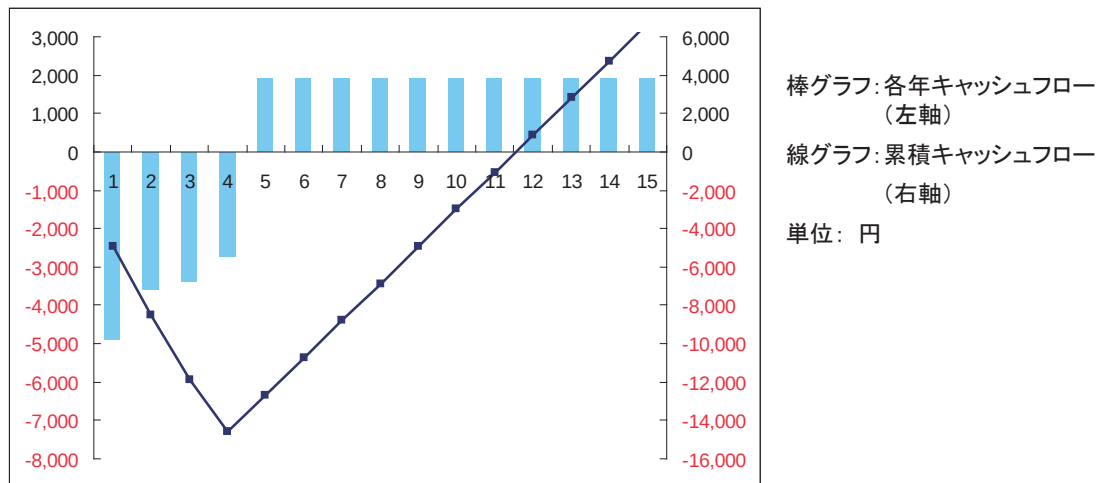


図 9.4-2 顧客 ESCO キャッシュフロー (年度・累積)

ii) 初期コスト補助

初期コストに対して 3 割の補助金が拠出され、銀行借り入れ比率を 7 割から 4 割に下げた場合の試算を行う。他の条件は金利も含め、ベースケースと同様とする。

ファイナンス条件（初期コスト補助ケース）

| 項目            | 条件                 |
|---------------|--------------------|
| 顧客企業による自己負担割合 | 初期コスト（設備・工事費）の 30% |
| 顧客企業による銀行借入額  | 初期コスト（設備・工事費）の 40% |
| 返済期間          | 3 年均等返済            |
| 銀行の借入利率       | 12%                |
| 補助金割合         | 初期コスト（設備・工事費）の 30% |

※ 下線部はベースケースとの変更点

初期投資額の 3 割分の補助金が交付された場合、エクイティ IRR は 12.1%に大きく改善する。累積キャッシュフローがプラスに転じるのは 9 年目となり、ベースケースと比べると格段の改善がある。しかしながら、9 年目に累積したマイナスのキャッシュフローが解消されるのは、一般的には企業の投資判断として許容されない可能性が高い。

表 9.4-4 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり）

| (JPY)                     |                    |         |         |        |        |        |        |        |        |        |       |       |
|---------------------------|--------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Profit & Loss             |                    | current | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9     | 10    |
|                           | total energy cost  | 6,529   | 4,048   | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048 | 4,048 |
| revenue                   | energy savings     | 0       | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481 | 2,481 |
| cost                      | ESCO fee           |         | 688     | 688    | 688    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
|                           | equipment purchase |         | 20,000  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
|                           | loan interest      |         | 800     | 480    | 160    | 0      | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| profit before tax         |                    |         | -19,007 | 1,313  | 1,633  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481 | 2,481 |
| corporate income tax      |                    |         | 0       | 289    | 359    | 546    | 546    | 546    | 546    | 546    | 546   | 546   |
| profit after tax          |                    |         | -19,007 | 1,024  | 1,274  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935 | 1,935 |
| Cash Flow                 |                    |         | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9     | 10    |
| profit after tax          |                    |         | -19,007 | 1,024  | 1,274  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935 | 1,935 |
| grant (subsidy)           |                    |         | 6,000   |        |        |        |        |        |        |        |       |       |
| debt increase / repayment |                    |         | 8,000   | -2,667 | -2,667 | -2,667 | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     |
| equity cash flow          |                    |         | -5,007  | -1,643 | -1,393 | -731   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935 | 1,935 |
| accumulative cash flow    |                    |         | -5,007  | -6,650 | -8,043 | -8,774 | -6,839 | -4,903 | -2,968 | -1,033 | 903   | 2,838 |

| (JPY)                     |                    |       |       |       |        |        |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Profit & Loss             |                    | 11    | 12    | 13    | 14     | 15     |
|                           | total energy cost  | 4,048 | 4,048 | 4,048 | 4,048  | 4,048  |
| revenue                   | energy savings     | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481  | 2,481  |
| cost                      | ESCO fee           | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |
|                           | equipment purchase | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |
|                           | loan interest      | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |
| profit before tax         |                    | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481  | 2,481  |
| corporate income tax      |                    | 546   | 546   | 546   | 546    | 546    |
| profit after tax          |                    | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935  | 1,935  |
| Cash Flow                 |                    | 11    | 12    | 13    | 14     | 15     |
| profit after tax          |                    | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935  | 1,935  |
| grant (subsidy)           |                    |       |       |       |        |        |
| debt increase / repayment |                    | 0     | 0     | 0     | 0      | 0      |
| equity cash flow          |                    | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935  | 1,935  |
| accumulative cash flow    |                    | 4,773 | 6,709 | 8,644 | 10,579 | 12,515 |

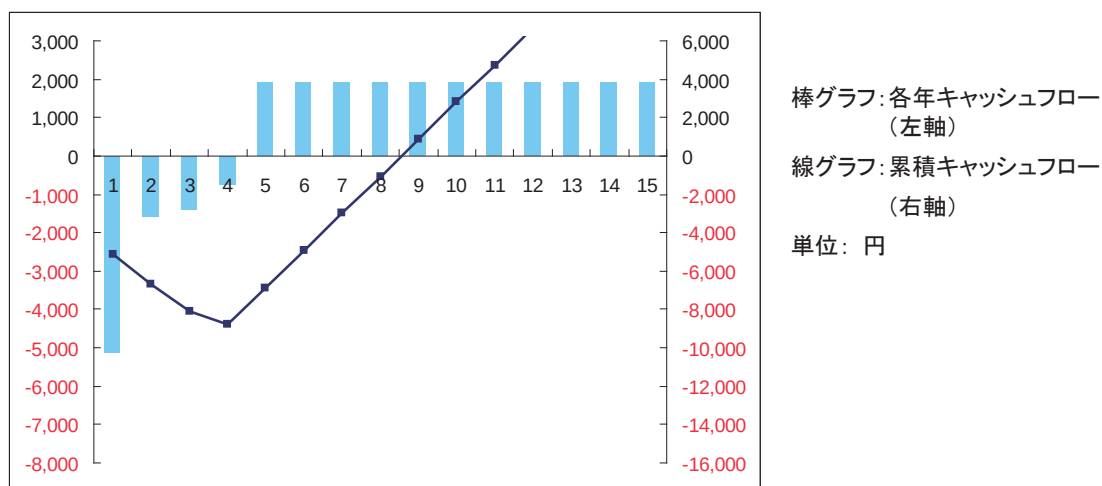


図 9.4-3 顧客 ESCO キャッシュフロー（年度・累積）

iii) 初期コスト補助+優遇金利

発展途上国では長くても 5 年以内の回収が求められるということを念頭に置き、5 年以内に累積キャッシュフローが黒字になる補助金の割合を試算したところ、下表の通り初期コ

ストの 6 割を補助金として要する結果になった。金利については優遇金利（6%）を適用した。エクイティ IRR は 29.2%。

ファイナンス条件（初期コスト補助＋優遇金利ケース）

| 項目            | 条件                 |
|---------------|--------------------|
| 顧客企業による自己負担割合 | 初期コスト（設備・工事費）の 30% |
| 顧客企業による銀行借入額  | 初期コスト（設備・工事費）の 11% |
| 返済期間          | 3 年均等返済            |
| 銀行の借入利率       | 6%                 |
| 補助金割合         | 初期コスト（設備・工事費）の 59% |

※ 下線部はベースケースとの変更点

表 9.4-5 顧客企業の損益・ESCO キャッシュフロー（シャワー1 台当たり）

| (JPY)                     |                    |         |         |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
|---------------------------|--------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Profit & Loss             |                    | current | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
|                           | total energy cost  | 6,529   | 4,048   | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048 | 4,048 | 4,048 | 4,048 | 4,048 |
| revenue                   | energy savings     | 0       | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481 |
| cost                      | ESCO fee           |         | 688     | 688    | 688    | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|                           | equipment purchase |         | 20,000  | 0      | 0      | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
|                           | loan interest      |         | 110     | 66     | 22     | 0      | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| profit before tax         |                    |         | -18,317 | 1,727  | 1,771  | 2,481  | 2,481  | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481 | 2,481 |
| corporate income tax      |                    |         | 0       | 380    | 390    | 546    | 546    | 546   | 546   | 546   | 546   | 546   |
| profit after tax          |                    |         | -18,317 | 1,347  | 1,381  | 1,935  | 1,935  | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 |
| Cash Flow                 |                    |         | 1       | 2      | 3      | 4      | 5      | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| profit after tax          |                    |         | -18,317 | 1,347  | 1,381  | 1,935  | 1,935  | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 |
| grant (subsidy)           |                    |         | 11,800  |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| debt increase / repayment |                    |         | 2,200   | -733   | -733   | -733   | 0      | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| equity cash flow          |                    |         | -4,317  | 614    | 648    | 1,202  | 1,935  | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 | 1,935 |
| accumulative cash flow    |                    |         | -4,317  | -3,703 | -3,055 | -1,853 | 82     | 2,017 | 3,953 | 5,888 | 7,823 | 9,759 |
| (JPY)                     |                    |         |         |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| Profit & Loss             |                    |         | 11      | 12     | 13     | 14     | 15     |       |       |       |       |       |
|                           | total energy cost  |         | 4,048   | 4,048  | 4,048  | 4,048  | 4,048  |       |       |       |       |       |
| revenue                   | energy savings     |         | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  |       |       |       |       |       |
| cost                      | ESCO fee           |         | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |       |       |       |       |       |
|                           | equipment purchase |         | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |       |       |       |       |       |
|                           | loan interest      |         | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |       |       |       |       |       |
| profit before tax         |                    |         | 2,481   | 2,481  | 2,481  | 2,481  | 2,481  |       |       |       |       |       |
| corporate income tax      |                    |         | 546     | 546    | 546    | 546    | 546    |       |       |       |       |       |
| profit after tax          |                    |         | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |       |       |       |       |       |
| Cash Flow                 |                    |         | 11      | 12     | 13     | 14     | 15     |       |       |       |       |       |
| profit after tax          |                    |         | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |       |       |       |       |       |
| grant (subsidy)           |                    |         |         |        |        |        |        |       |       |       |       |       |
| debt increase / repayment |                    |         | 0       | 0      | 0      | 0      | 0      |       |       |       |       |       |
| equity cash flow          |                    |         | 1,935   | 1,935  | 1,935  | 1,935  | 1,935  |       |       |       |       |       |
| accumulative cash flow    |                    |         | 11,694  | 13,629 | 15,565 | 17,500 | 19,435 |       |       |       |       |       |

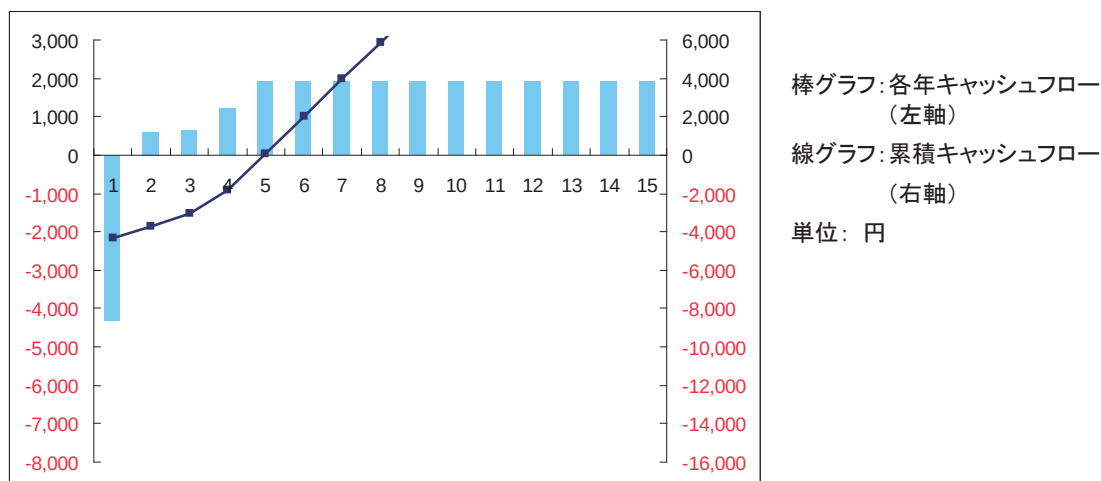


図 9.4-4 顧客 ESCO キャッシュフロー (年度・累積)

### (3) 節水機器に対するESCO活用可能性

節水型シャワー導入に ESCO を活用した場合のベースケースおよび各種ファイナンス支援に基づく採算性の改善については次の通り。

表 9.4-6 節水シャワーにおける支援別の採算性の改善

| 指標         | ベースケース | 支援の種類 |           |                     |
|------------|--------|-------|-----------|---------------------|
|            |        | 優遇金利  | 補助金 (3 割) | 補助金 (6 割)<br>+ 優遇金利 |
| PL 上の黒字    | 2 年目   | 2 年目  | 2 年目      | 2 年目                |
| CF 単年度黒字   | 5 年目   | 5 年目  | 5 年目      | 2 年目                |
| 累積 CF 黒字   | 13 年目  | 12 年目 | 9 年目      | 5 年目                |
| Equity IRR | 4.3%   | 5.1%  | 12.1%     | 29.2%               |

※ PL : 損益計算書 CF : キャッシュフロー

ここでの検討は便宜的に水、燃料および電気の節約分のみからの投資回収を検討したが、商品特性上、実際にトイレやシャワーなど機器選択を行う場合は省エネによる回収以外の便益も考慮して決定される。よって、回収期間の長短だけで当該機器の有効性を判断するのは相応しくないものの、エネルギー削減による回収案件として検討対象になるためにはシャワーのケースでは初期投資額の 6 割程度の補助が必要となる。ホテルなどの商業施設の場合、業務用のボイラーやヒートポンプなど、エネルギー改善率が大きく単価も高い設備と組み合わせての ESCO 提案が有効な一案と考えられる。

以上

## 付属資料 1：計測対象室の計測データ

リバーサイドホテルより提供される各計測対象室の宿泊者人数データと照合されることで以下の集計表を得る。

表 A-1 1506 号室集計表

| トイレ回数      |   |    | 宿泊人数 | トイレ回数(1人) |     | シャワー（人） |      |       |
|------------|---|----|------|-----------|-----|---------|------|-------|
| Day        | 大 | 小  |      | 大         | 小   | 流量      | 時間   | 温度    |
| 2013/9/21  | 1 | 2  | 2    | 0.5       | 1   | 6.16    | 0.00 | 40.27 |
| 2013/9/22  | 4 | 3  | 2    | 2         | 1.5 | 88.09   | 0.01 | 33.70 |
| 2013/9/23  | 1 | 1  | 1    | 1         | 1   |         |      |       |
| 2013/9/24  | 0 | 2  | 1    | 0         | 2   |         |      |       |
| 2013/9/25  | 0 | 4  | 1    | 0         | 4   | 14.57   | 0.00 | 40.04 |
| 2013/9/26  | 0 | 5  | 1    | 0         | 5   | 29.54   | 0.00 | 37.28 |
| 2013/9/27  | 0 | 4  | 1    | 0         | 4   | 22.53   | 0.00 | 37.27 |
| 2013/9/28  | 1 | 10 | 2    | 0.5       | 5   |         |      |       |
| 2013/9/29  | 0 | 6  | 2    | 0         | 3   |         |      |       |
| 2013/9/30  | 1 | 4  | 2    | 0.5       | 2   |         |      |       |
| 2013/10/1  | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/2  | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/3  | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/4  |   |    |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/5  |   |    |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/6  | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/7  | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/8  | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/9  | 0 | 1  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/10 | 2 | 0  | 2    | 1         | 0   | 23.65   | 0.00 | 36.04 |
| 2013/10/11 | 7 | 1  | 2    | 3.5       | 0.5 | 10.94   | 0.00 | 35.23 |
| 2013/10/12 | 8 | 4  | 2    | 4         | 2   | 47.54   | 0.01 | 39.52 |
| 2013/10/13 | 5 | 3  | 2    | 2.5       | 1.5 |         |      |       |
| 2013/10/14 | 7 | 3  | 2    | 3.5       | 1.5 | 5.94    | 0.00 | 31.57 |
| 2013/10/15 | 2 | 2  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/16 | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/17 | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/18 | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/19 | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/20 | 0 | 1  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/21 | 0 | 1  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/22 | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/23 | 0 | 1  | 1    | 0         | 1   |         |      |       |
| 2013/10/24 | 2 | 4  | 1    | 2         | 4   | 58.48   | 0.01 | 37.17 |
| 2013/10/25 | 1 | 1  | 1    | 1         | 1   |         |      |       |
| 2013/10/26 | 0 | 4  | 1    | 0         | 4   |         |      |       |
| 2013/10/27 | 0 | 0  |      |           |     |         |      |       |
| 2013/10/28 | 0 | 2  | 2    | 0         | 1   |         |      |       |
| 2013/10/29 | 4 | 6  | 2    | 2         | 3   |         |      |       |
| 2013/10/30 | 2 | 4  | 2    | 1         | 2   |         |      |       |
| 2013/10/31 | 5 | 0  | 1    | 5         | 0   |         |      |       |



|            |    |    |   |       |       |        |         |        |
|------------|----|----|---|-------|-------|--------|---------|--------|
| 2013/11/1  | 2  | 4  | 1 | 2     | 4     |        |         |        |
| 2013/11/2  | 3  | 8  | 2 | 1.5   | 4     |        |         |        |
| 2013/11/3  | 1  | 6  | 2 | 0.5   | 3     | 6.37   | 0.00    | 35.60  |
| 2013/11/4  | 0  | 0  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/11/5  | 1  | 0  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/11/6  | 4  | 3  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/11/7  | 1  | 5  | 2 | 0.5   | 2.5   |        |         |        |
| 2013/11/8  | 2  | 5  | 2 | 1     | 2.5   |        |         |        |
| 2013/11/9  | 1  | 7  | 2 | 0.5   | 3.5   | 37.77  | 0.00    | 38.40  |
| 2013/11/10 | 3  | 1  | 2 | 1.5   | 0.5   |        |         |        |
| 2013/11/11 | 4  | 2  | 1 | 4     | 2     |        |         |        |
| 2013/11/12 | 3  | 2  | 1 | 3     | 2     |        |         |        |
| 2013/11/13 | 1  | 1  | 1 | 1     | 1     |        |         |        |
| 2013/11/14 | 1  | 5  | 1 | 1     | 5     | 125.49 | 0.01    | 39.90  |
| 2013/11/15 | 2  | 4  | 1 | 2     | 4     | 69.42  | 0.01    | 39.51  |
| 2013/11/16 | 3  | 4  | 1 | 3     | 4     | 50.52  | 0.01    | 40.77  |
| 2013/11/17 | 0  | 1  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/11/18 | 0  | 0  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/11/19 | 5  | 10 | 1 | 5     | 10    |        |         |        |
| 2013/11/20 | 6  | 5  | 1 | 6     | 5     | 208.27 | 0.02    | 37.90  |
| 2013/11/21 | 2  | 5  | 1 | 2     | 5     | 76.12  | 0.01    | 37.48  |
| 2013/11/22 | 0  | 6  | 2 | 0     | 3     |        |         |        |
| 2013/11/23 | 1  | 4  | 3 | 0.33  | 1.33  |        |         |        |
| 2013/11/24 | 3  | 5  | 3 | 1     | 1.67  |        |         |        |
| 2013/11/25 | 8  | 2  | 2 | 4     | 1     |        |         |        |
| 2013/11/26 | 7  | 3  | 2 | 3.5   | 1.5   | 16.18  | 0.00    | 38.49  |
| 2013/11/27 | 8  | 7  | 2 | 4     | 3.5   |        |         |        |
| 2013/11/28 | 4  | 12 | 2 | 2     | 6     |        |         |        |
| 2013/11/29 | 3  | 22 | 2 | 1.5   | 11    |        |         |        |
| 2013/11/30 | 1  | 16 | 2 | 0.5   | 8     |        |         |        |
| 2013/12/1  | 0  | 1  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/2  | 3  | 21 | 2 | 1.5   | 10.5  |        |         |        |
| 2013/12/3  | 1  | 1  | 2 | 0.5   | 0.5   | 8.21   | 0.00    | 36.91  |
| 2013/12/4  | 3  | 2  | 2 | 1.5   | 1     | 6.97   | 0.00    | 38.14  |
| 2013/12/5  | 5  | 1  | 2 | 2.5   | 0.5   | 11.48  | 0.00    | 38.53  |
| 2013/12/6  | 4  | 0  | 2 | 2     | 0     | 10.17  | 0.00    | 40.30  |
| 2013/12/7  | 7  | 5  | 2 | 3.5   | 2.5   | 31.20  | 0.00    | 37.77  |
| 2013/12/8  | 3  | 10 | 2 | 1.5   | 5     | 55.97  | 0.01    | 40.42  |
| 2013/12/9  | 2  | 6  | 2 | 1     | 3     |        |         |        |
| 2013/12/10 | 4  | 5  | 2 | 2     | 2.5   | 43.47  | 0.00    | 38.01  |
| 2013/12/11 | 5  | 3  | 1 | 5     | 3     | 123.99 | 0.01    | 38.67  |
| 2013/12/12 | 1  | 3  | 1 | 1     | 3     | 45.35  | 0.00    | 38.15  |
| 2013/12/13 | 0  | 8  | 1 | 0     | 8     | 71.16  | 0.01    | 38.01  |
| 2013/12/14 | 1  | 7  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/15 | 0  | 1  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/16 | 1  | 0  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/17 | 0  | 15 | 2 | 0     | 7.5   | 14.26  | 0.00    | 37.31  |
| 2013/12/18 | 2  | 4  | 2 | 1     | 2     | 14.53  | 0.00    | 37.96  |
| 2013/12/19 | 8  | 1  | 3 | 2.67  | 0.33  |        |         |        |
| 2013/12/20 | 11 | 8  | 3 | 3.67  | 2.67  | 15.36  | 0.00    | 39.95  |
| 2013/12/21 | 4  | 3  | 3 | 1.33  | 1.00  | 18.49  | 0.00    | 36.81  |
| 2013/12/22 | 2  | 3  | 2 | 1     | 1.5   |        |         |        |
| 2013/12/23 | 3  | 1  | 2 | 1.5   | 0.5   |        |         |        |
| 2013/12/24 | 1  | 0  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/25 | 0  | 1  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/26 | 0  | 1  |   |       |       |        |         |        |
| 2013/12/27 | 3  | 0  | 2 | 1.5   | 0     | 17.44  | 0.00    | 36.45  |
| 2013/12/28 | 5  | 2  | 2 | 2.5   | 1     | 16.83  | 0.00    | 37.14  |
| 2013/12/29 | 5  | 0  | 2 | 2.5   | 0     |        |         |        |
| 2013/12/30 | 0  | 2  | 2 | 0     | 1     |        |         |        |
| 2013/12/31 | 2  | 2  | 2 | 1     | 1     |        |         |        |
| Ave        |    |    |   | 1.694 | 2.819 | 41.249 | 0:06:31 | 37.843 |

出所：調査団作成

表 A-2 1507 号室集計表

| Day        | トイレ回数 |    | 宿泊人数 | トイレ回数(1人) |     | シャワー (人) |         |       |
|------------|-------|----|------|-----------|-----|----------|---------|-------|
|            | 大     | 小  |      | 大         | 小   | 流量       | 時間      | 温度    |
| 2013/9/21  | 3     | 2  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/22  | 2     | 3  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/23  | 0     | 0  | 1    | 0         | 0   |          |         |       |
| 2013/9/24  | 1     | 2  | 1    | 1         | 2   | 45.94    | 0:05:16 | 37.05 |
| 2013/9/25  | 4     | 1  | 1    | 4         | 1   | 67.44    | 0:07:40 | 36.78 |
| 2013/9/26  | 1     | 0  | 1    | 1         | 0   | 13.35    | 0:01:14 | 45.55 |
| 2013/9/27  | 3     | 1  | 1    | 3         | 1   | 65.68    | 0:08:28 | 36.76 |
| 2013/9/28  | 6     | 5  | 2    | 3         | 2.5 | 25.55    | 0:02:59 | 41.21 |
| 2013/9/29  | 5     | 5  | 2    | 2.5       | 2.5 | 25.22    | 0:03:05 | 39.65 |
| 2013/9/30  | 4     | 4  | 2    | 2         | 2   | 32.11    | 0:04:29 | 38.09 |
| 2013/10/1  | 6     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/2  | 5     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/3  | 4     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/4  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/5  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/6  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/7  | 3     | 1  | 1    | 3         | 1   | 14.57    | 0:02:54 | 32.92 |
| 2013/10/8  | 2     | 1  | 1    | 2         | 1   | 33.05    | 0:04:16 | 31.63 |
| 2013/10/9  | 0     | 2  | 1    | 0         | 2   |          |         |       |
| 2013/10/10 | 1     | 7  | 1    | 1         | 7   | 73.64    | 0:09:50 | 39.03 |
| 2013/10/11 | 0     | 6  | 1    | 0         | 6   | 95.01    | 0:14:08 | 41.13 |
| 2013/10/12 | 1     | 11 | 2    | 0.5       | 5.5 |          |         |       |
| 2013/10/13 | 0     | 8  | 2    | 0         | 4   | 18.91    | 0:02:28 | 37.72 |
| 2013/10/14 | 2     | 8  | 2    | 1         | 4   | 38.80    | 0:05:55 | 41.10 |
| 2013/10/15 | 6     | 8  | 2    | 3         | 4   | 83.72    | 0:10:18 | 38.47 |
| 2013/10/16 | 3     | 3  | 1    | 3         | 3   |          |         |       |
| 2013/10/17 | 0     | 3  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/18 | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/19 | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/20 | 0     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/21 | 0     | 2  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/22 | 2     | 7  | 2    | 1         | 3.5 | 34.22    | 0:04:36 | 34.67 |
| 2013/10/23 | 2     | 11 | 2    | 1         | 5.5 | 91.30    | 0:11:20 | 33.82 |
| 2013/10/24 | 4     | 5  | 2    | 2         | 2.5 | 47.53    | 0:05:54 | 33.74 |
| 2013/10/25 | 2     | 4  | 1    | 2         | 4   | 41.33    | 0:05:18 | 36.85 |
| 2013/10/26 | 0     | 1  | 2    | 0         | 0.5 |          |         |       |
| 2013/10/27 | 5     | 10 | 2    | 2.5       | 5   | 40.31    | 0:06:06 | 38.02 |
| 2013/10/28 | 6     | 6  | 2    | 3         | 3   | 7.37     | 0:01:14 | 38.05 |
| 2013/10/29 | 2     | 4  | 2    | 1         | 2   | 10.19    | 0:01:12 | 45.52 |
| 2013/10/30 | 4     | 2  | 1    | 4         | 2   | 60.52    | 0:08:50 | 42.39 |
| 2013/10/31 | 1     | 2  | 1    | 1         | 2   | 201.17   | 0:32:40 | 45.15 |

|            |    |    |   |      |      |        |         |       |
|------------|----|----|---|------|------|--------|---------|-------|
| 2013/11/1  | 6  | 5  | 1 | 6    | 5    | 26.70  | 0:03:44 | 38.06 |
| 2013/11/2  | 2  | 6  | 2 | 1    | 3    |        |         |       |
| 2013/11/3  | 2  | 1  | 2 | 1    | 0.5  | 30.58  | 0:03:39 | 38.02 |
| 2013/11/4  | 1  | 7  | 2 | 0.5  | 3.5  | 31.00  | 0:04:36 | 39.70 |
| 2013/11/5  | 1  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/6  | 7  | 10 | 1 | 7    | 10   | 43.04  | 0:05:34 | 36.58 |
| 2013/11/7  | 1  | 8  | 1 | 1    | 8    | 130.25 | 0:16:54 | 36.95 |
| 2013/11/8  | 1  | 3  | 1 | 1    | 3    | 13.68  | 0:01:56 | 42.64 |
| 2013/11/9  | 7  | 14 | 2 | 3.5  | 7    | 28.47  | 0:03:46 | 39.60 |
| 2013/11/10 | 9  | 9  | 2 | 4.5  | 4.5  | 68.45  | 0:07:25 | 41.31 |
| 2013/11/11 | 6  | 4  | 2 | 3    | 2    | 5.86   | 0:00:47 | 39.75 |
| 2013/11/12 | 11 | 2  | 1 | 11   | 2    | 120.14 | 0:15:38 | 36.63 |
| 2013/11/13 | 8  | 6  | 1 | 8    | 6    | 126.31 | 0:16:32 | 37.61 |
| 2013/11/14 | 7  | 4  | 1 | 7    | 4    | 10.53  | 0:01:04 | 45.61 |
| 2013/11/15 | 4  | 3  | 1 | 4    | 3    | 74.98  | 0:10:26 | 37.95 |
| 2013/11/16 | 10 | 3  | 1 | 10   | 3    |        |         |       |
| 2013/11/17 | 2  | 2  | 1 | 2    | 2    | 112.79 | 0:15:48 | 36.76 |
| 2013/11/18 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/19 | 8  | 5  | 1 | 8    | 5    |        |         |       |
| 2013/11/20 | 11 | 6  | 1 | 11   | 6    | 138.55 | 0:19:26 | 38.42 |
| 2013/11/21 | 5  | 6  | 1 | 5    | 6    | 65.24  | 0:08:52 | 39.75 |
| 2013/11/22 | 0  | 5  | 1 | 0    | 5    | 35.87  | 0:05:04 | 36.54 |
| 2013/11/23 | 5  | 5  | 1 | 5    | 5    | 14.62  | 0:01:52 | 32.06 |
| 2013/11/24 | 3  | 7  | 1 | 3    | 7    | 45.15  | 0:06:02 | 36.74 |
| 2013/11/25 | 5  | 4  | 1 | 5    | 4    | 56.80  | 0:07:50 | 34.45 |
| 2013/11/26 | 4  | 7  | 1 | 4    | 7    | 35.54  | 0:04:42 | 38.29 |
| 2013/11/27 | 2  | 7  | 1 | 2    | 7    | 30.94  | 0:03:58 | 35.12 |
| 2013/11/28 | 1  | 5  | 1 | 1    | 5    | 49.43  | 0:05:52 | 41.01 |
| 2013/11/29 | 1  | 2  | 1 | 1    | 2    | 76.45  | 0:08:10 | 41.03 |
| 2013/11/30 | 3  | 7  | 1 | 3    | 7    | 88.16  | 0:11:06 | 43.05 |
| 2013/12/1  | 0  | 1  | 1 | 0    | 1    |        |         |       |
| 2013/12/2  | 2  | 8  | 1 | 2    | 8    | 123.19 | 0.01    | 43.70 |
| 2013/12/3  | 1  | 4  | 1 | 1    | 4    | 73.42  | 0.01    | 44.15 |
| 2013/12/4  | 0  | 4  | 1 | 0    | 4    | 20.20  | 0.00    | 39.30 |
| 2013/12/5  | 5  | 1  | 1 | 5    | 1    | 121.06 | 0.01    | 41.50 |
| 2013/12/6  | 5  | 0  | 1 | 5    | 0    | 79.20  | 0.01    | 39.72 |
| 2013/12/7  | 3  | 3  | 1 | 3    | 3    | 137.94 | 0.01    | 39.55 |
| 2013/12/8  | 2  | 4  | 1 | 2    | 4    | 98.20  | 0.01    | 37.17 |
| 2013/12/9  | 1  | 3  | 1 | 1    | 3    | 59.63  | 0.01    | 37.36 |
| 2013/12/10 | 2  | 4  | 1 | 2    | 4    | 15.28  | 0.00    | 34.83 |
| 2013/12/11 | 4  | 4  | 1 | 4    | 4    | 80.20  | 0.01    | 40.03 |
| 2013/12/12 | 3  | 2  | 1 | 3    | 2    | 58.09  | 0.01    | 38.84 |
| 2013/12/13 | 1  | 4  | 1 | 1    | 4    | 32.35  | 0.00    | 37.74 |
| 2013/12/14 | 2  | 5  | 1 | 2    | 5    | 57.21  | 0.01    | 33.75 |
| 2013/12/15 | 2  | 8  | 1 | 2    | 8    | 19.96  | 0.00    | 32.27 |
| 2013/12/16 | 3  | 4  | 1 | 3    | 4    | 19.39  | 0.00    | 33.41 |
| 2013/12/17 | 4  | 9  | 2 | 2    | 4.5  | 9.86   | 0.00    | 37.06 |
| 2013/12/18 | 11 | 7  | 2 | 5.5  | 3.5  | 35.04  | 0.01    | 42.74 |
| 2013/12/19 | 5  | 5  | 1 | 5    | 5    | 95.67  | 0.01    | 38.97 |
| 2013/12/20 | 0  | 0  | 1 | 0    | 0    | 37.31  | 0.00    | 45.78 |
| 2013/12/21 | 0  | 4  | 2 | 0    | 2    |        |         |       |
| 2013/12/22 | 6  | 3  | 2 | 3    | 1.5  | 10.19  | 0.00    | 38.08 |
| 2013/12/23 | 1  | 9  | 2 | 0.5  | 4.5  | 30.70  | 0.00    | 36.16 |
| 2013/12/24 | 4  | 4  | 2 | 2    | 2    | 19.23  | 0.00    | 36.83 |
| 2013/12/25 | 4  | 3  |   |      |      |        |         | 35.53 |
| 2013/12/26 | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/27 | 2  | 0  | 1 | 2    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/28 | 1  | 9  | 1 | 1    | 9    | 10.80  | 0.00    | 38.05 |
| 2013/12/29 | 6  | 7  | 1 | 6    | 7    | 141.06 | 0.01    | 40.22 |
| 2013/12/30 | 6  | 6  | 2 | 3    | 3    | 44.53  | 0.00    | 42.07 |
| 2013/12/31 | 5  | 5  | 2 | 2.5  | 2.5  |        |         |       |
| Ave        |    |    |   | 2.76 | 3.70 | 55.56  | 0:07:35 | 38.56 |

出所：調査団作成

表 A-3 1606 号室集計表

| Day        | トイレ回数 |    | 宿泊人数 | トイレ回数(1人) |     | シャワー (人) |         |       |
|------------|-------|----|------|-----------|-----|----------|---------|-------|
|            | 大     | 小  |      | 大         | 小   | 流量       | 時間      | 温度    |
| 2013/9/21  | 0     | 2  | 2    | 0         | 1   | 44.56    | 0:05:04 | 36.83 |
| 2013/9/22  | 5     | 6  | 2    | 2.5       | 3   | 73.50    | 0:09:07 | 36.88 |
| 2013/9/23  | 4     | 5  | 2    | 2         | 2.5 |          |         |       |
| 2013/9/24  | 2     | 2  | 1    | 2         | 2   | 21.54    | 0:03:24 | 38.05 |
| 2013/9/25  | 4     | 5  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/26  | 1     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/27  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/28  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/29  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/30  | 1     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/1  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/2  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/3  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/4  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/5  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/6  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/7  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/8  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/9  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/10 | 0     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/11 | 0     | 5  | 2    | 0         | 2.5 | 20.55    | 0:02:44 | 36.22 |
| 2013/10/12 | 4     | 2  | 2    | 2         | 1   | 16.31    | 0:02:19 | 37.38 |
| 2013/10/13 | 1     | 1  | 1    | 1         | 1   | 66.84    | 0:09:26 | 40.85 |
| 2013/10/14 | 1     | 3  | 1    | 1         | 3   | 56.23    | 0:08:02 | 41.44 |
| 2013/10/15 | 1     | 3  | 1    | 1         | 3   | 57.62    | 0:07:40 | 39.69 |
| 2013/10/16 | 0     | 0  | 1    | 0         | 0   |          |         |       |
| 2013/10/17 | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/18 | 2     | 1  | 2    | 1         | 0.5 | 7.71     | 0:01:11 | 42.38 |
| 2013/10/19 | 1     | 10 | 2    | 0.5       | 5   | 7.15     | 0:00:57 | 43.32 |
| 2013/10/20 | 3     | 4  | 2    | 1.5       | 2   |          |         |       |
| 2013/10/21 | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/22 | 1     | 0  | 1    | 1         | 0   |          |         |       |
| 2013/10/23 | 1     | 2  | 1    | 1         | 2   | 50.55    | 0:07:04 | 34.03 |
| 2013/10/24 | 1     | 6  | 1    | 1         | 6   | 112.37   | 0:15:00 | 37.12 |
| 2013/10/25 | 1     | 8  | 2    | 0.5       | 4   | 16.42    | 0:02:29 | 36.45 |
| 2013/10/26 | 0     | 14 | 2    | 0         | 7   | 70.47    | 0:09:07 | 36.18 |
| 2013/10/27 | 5     | 5  | 2    | 2.5       | 2.5 | 29.35    | 0:04:18 | 37.93 |
| 2013/10/28 | 3     | 3  | 1    | 3         | 3   | 111.14   | 0:15:18 | 31.67 |
| 2013/10/29 | 0     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/30 | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/31 | 0     | 0  | 2    | 0         | 0   | 30.11    | 0:03:46 | 39.33 |

|            |    |    |   |      |      |        |         |       |
|------------|----|----|---|------|------|--------|---------|-------|
| 2013/11/1  | 3  | 2  | 2 | 1.5  | 1    | 11.02  | 0:01:25 | 38.53 |
| 2013/11/2  | 4  | 2  | 2 | 2    | 1    | 93.24  | 0:13:12 | 39.49 |
| 2013/11/3  | 3  | 3  | 2 | 1.5  | 1.5  | 67.89  | 0:09:16 | 40.93 |
| 2013/11/4  | 1  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/5  | 1  | 2  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/6  | 1  | 9  | 1 | 1    | 9    | 84.94  | 0:11:20 | 39.22 |
| 2013/11/7  | 1  | 4  | 1 | 1    | 4    | 109.13 | 0:16:20 | 38.24 |
| 2013/11/8  | 8  | 6  | 2 | 4    | 3    | 10.06  | 0:01:18 | 39.69 |
| 2013/11/9  | 11 | 7  | 2 | 5.5  | 3.5  |        |         |       |
| 2013/11/10 | 5  | 2  | 1 | 5    | 2    | 69.80  | 0:10:42 | 37.48 |
| 2013/11/11 | 8  | 8  | 2 | 4    | 4    | 15.02  | 0:01:57 | 41.77 |
| 2013/11/12 | 3  | 7  | 2 | 1.5  | 3.5  | 41.89  | 0:05:19 | 35.12 |
| 2013/11/13 | 1  | 2  | 1 | 1    | 2    | 12.64  | 0:01:44 | 40.25 |
| 2013/11/14 | 0  | 8  | 1 | 0    | 8    | 49.85  | 0:04:58 | 41.48 |
| 2013/11/15 | 2  | 10 | 2 | 1    | 5    | 8.15   | 0:01:05 | 38.11 |
| 2013/11/16 | 1  | 5  | 2 | 0.5  | 2.5  |        |         |       |
| 2013/11/17 | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/18 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/19 | 1  | 5  | 2 | 0.5  | 2.5  | 14.40  | 0:01:42 | 41.87 |
| 2013/11/20 | 4  | 9  | 2 | 2    | 4.5  | 13.73  | 0:01:54 | 39.06 |
| 2013/11/21 | 5  | 4  | 2 | 2.5  | 2    | 20.60  | 0:03:13 | 39.40 |
| 2013/11/22 | 4  | 5  | 2 | 2    | 2.5  | 29.60  | 0:03:52 | 37.93 |
| 2013/11/23 | 4  | 10 | 2 | 2    | 5    | 45.02  | 0:06:08 | 38.57 |
| 2013/11/24 | 3  | 12 | 2 | 1.5  | 6    | 147.45 | 0:21:41 | 39.54 |
| 2013/11/25 | 3  | 2  | 2 | 1.5  | 1    | 51.64  | 0:07:31 | 40.23 |
| 2013/11/26 | 1  | 10 | 2 | 0.5  | 5    | 42.30  | 0:06:22 | 39.57 |
| 2013/11/27 | 4  | 12 | 2 | 2    | 6    | 88.01  | 0:12:14 | 40.85 |
| 2013/11/28 | 5  | 12 | 2 | 2.5  | 6    | 111.01 | 0:15:28 | 39.78 |
| 2013/11/29 | 3  | 14 | 2 | 1.5  | 7    | 96.06  | 0:10:45 | 41.56 |
| 2013/11/30 | 1  | 6  | 2 | 0.5  | 3    |        |         |       |
| 2013/12/1  | 1  | 2  | 3 | 0.33 | 0.67 | 8.55   | 0:01:16 | 39.84 |
| 2013/12/2  | 5  | 7  | 3 | 1.67 | 2.33 |        |         |       |
| 2013/12/3  | 6  | 19 | 3 | 2.00 | 6.33 | 4.20   | 0:00:33 | 39.54 |
| 2013/12/4  | 2  | 7  | 2 | 1    | 3.5  |        |         |       |
| 2013/12/5  | 2  | 5  | 2 | 1    | 2.5  | 32.46  | 0:04:09 | 35.00 |
| 2013/12/6  | 3  | 6  | 2 | 1.5  | 3    | 64.24  | 0:08:33 | 37.45 |
| 2013/12/7  | 6  | 9  | 2 | 3    | 4.5  | 59.23  | 0:04:04 | 41.06 |
| 2013/12/8  | 2  | 18 | 2 | 1    | 9    | 62.36  | 0:08:21 | 34.62 |
| 2013/12/9  | 2  | 12 | 2 | 1    | 6    | 6.24   | 0:00:56 | 35.74 |
| 2013/12/10 | 5  | 13 | 1 | 5    | 13   | 112.58 | 0:17:08 | 39.86 |
| 2013/12/11 | 3  | 7  | 1 | 3    | 7    | 37.68  | 0:05:42 | 36.39 |
| 2013/12/12 | 1  | 10 |   |      |      |        |         | 40.22 |
| 2013/12/13 | 0  | 1  | 2 | 0    | 0.5  |        |         |       |
| 2013/12/14 | 3  | 0  | 2 | 1.5  | 0    | 15.30  | 0:02:08 | 39.04 |
| 2013/12/15 | 3  | 5  | 2 | 1.5  | 2.5  | 19.31  | 0:02:52 | 38.83 |
| 2013/12/16 | 4  | 15 | 2 | 2    | 7.5  | 5.50   | 0:00:54 | 40.86 |
| 2013/12/17 | 7  | 9  | 2 | 3.5  | 4.5  | 31.97  | 0:04:29 | 37.47 |
| 2013/12/18 | 8  | 3  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/19 | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/20 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/21 | 3  | 2  | 2 | 1.5  | 1    | 13.72  | 0:01:43 | 33.78 |
| 2013/12/22 | 5  | 12 | 2 | 2.5  | 6    | 19.73  | 0:02:35 | 42.54 |
| 2013/12/23 | 6  | 11 | 2 | 3    | 5.5  |        |         |       |
| 2013/12/24 | 7  | 6  | 4 | 1.75 | 1.5  | 38.86  | 0:05:24 | 36.35 |
| 2013/12/25 | 9  | 6  | 4 | 2.25 | 1.5  | 33.76  | 0:04:59 | 40.02 |
| 2013/12/26 | 25 | 6  | 4 | 6.25 | 1.5  |        |         |       |
| 2013/12/27 | 13 | 7  | 4 | 3.25 | 1.75 | 38.92  | 0:05:21 | 37.72 |
| 2013/12/28 | 3  | 3  | 2 | 1.5  | 1.5  | 17.96  | 0:00:23 | 39.88 |
| 2013/12/29 | 3  | 3  | 2 | 1.5  | 1.5  |        |         |       |
| 2013/12/30 | 4  | 7  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/31 | 3  | 9  |   |      |      |        |         | 38.29 |
| Ave        |    |    |   | 1.73 | 3.42 | 44.89  | 0:06:04 | 38.67 |

出所：調査団作成

表 A-4 1607 号室集計表

| Day        | トイレ回数 |    | 宿泊人数 | トイレ回数(1人) |     | シャワー (人) |         |       |
|------------|-------|----|------|-----------|-----|----------|---------|-------|
|            | 大     | 小  |      | 大         | 小   | 流量       | 時間      | 温度    |
| 2013/9/21  | 1     | 4  | 2    | 0.5       | 2   | 38.90    | 0:06:03 | 37.57 |
| 2013/9/22  | 11    | 2  | 2    | 5.5       | 1   | 44.82    | 0:06:40 | 40.11 |
| 2013/9/23  | 17    | 3  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/24  | 21    | 2  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/25  | 7     | 3  | 1    | 7         | 3   | 46.91    | 0:07:18 | 35.56 |
| 2013/9/26  | 2     | 2  | 1    | 2         | 2   | 73.66    | 0:11:28 | 35.59 |
| 2013/9/27  | 1     | 5  | 1    | 1         | 5   | 85.14    | 0:12:50 | 37.02 |
| 2013/9/28  | 0     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/29  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/30  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/1  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/2  | 0     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/3  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/4  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/5  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/6  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/7  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/8  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/9  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/10 | 1     | 1  | 1    | 1         | 1   | 48.03    | 0:09:02 | 40.69 |
| 2013/10/11 | 4     | 5  | 1    | 4         | 5   | 43.90    | 0:07:56 | 40.93 |
| 2013/10/12 | 2     | 2  | 1    | 2         | 2   |          |         |       |
| 2013/10/13 | 4     | 2  | 1    | 4         | 2   | 15.62    | 0:02:30 | 40.62 |
| 2013/10/14 | 4     | 2  | 1    | 4         | 2   | 67.44    | 0:11:34 | 39.21 |
| 2013/10/15 | 1     | 2  | 1    | 1         | 2   | 50.60    | 0:07:32 | 38.03 |
| 2013/10/16 | 2     | 4  | 1    | 2         | 4   | 62.64    | 0:09:38 | 38.46 |
| 2013/10/17 | 4     | 5  | 1    | 4         | 5   | 52.50    | 0:08:24 | 36.07 |
| 2013/10/18 | 6     | 1  | 1    | 6         | 1   | 56.07    | 0:10:10 | 37.63 |
| 2013/10/19 | 3     | 7  | 2    | 1.5       | 3.5 | 16.79    | 0:00:22 | 48.44 |
| 2013/10/20 | 3     | 4  | 2    | 1.5       | 2   |          |         |       |
| 2013/10/21 | 6     | 4  | 2    | 3         | 2   | 19.39    | 0:03:25 | 37.45 |
| 2013/10/22 | 3     | 2  | 1    | 3         | 2   | 25.88    | 0:04:52 | 37.28 |
| 2013/10/23 | 5     | 0  | 1    | 5         | 0   | 70.32    | 0:12:16 | 37.68 |
| 2013/10/24 | 3     | 6  | 1    | 3         | 6   | 50.12    | 0:08:42 | 37.67 |
| 2013/10/25 | 3     | 12 | 2    | 1.5       | 6   | 18.17    | 0:03:09 | 34.11 |
| 2013/10/26 | 2     | 9  | 2    | 1         | 4.5 | 48.11    | 0:09:07 | 33.90 |
| 2013/10/27 | 4     | 14 | 2    | 2         | 7   | 62.58    | 0:11:29 | 34.20 |
| 2013/10/28 | 4     | 15 | 2    | 2         | 7.5 | 77.74    | 0:12:31 | 35.02 |
| 2013/10/29 | 6     | 9  | 2    | 3         | 4.5 |          |         |       |
| 2013/10/30 | 5     | 9  | 2    | 2.5       | 4.5 | 47.19    | 0:09:10 | 31.70 |
| 2013/10/31 | 1     | 4  | 2    | 0.5       | 2   | 19.29    | 0:03:17 | 35.56 |

|            |    |    |   |      |      |        |         |       |
|------------|----|----|---|------|------|--------|---------|-------|
| 2013/11/1  | 3  | 6  | 2 | 1.5  | 3    | 5.91   | 0:00:56 | 39.52 |
| 2013/11/2  | 0  | 10 | 2 | 0    | 5    |        |         |       |
| 2013/11/3  | 5  | 11 | 2 | 2.5  | 5.5  | 29.46  | 0:05:42 | 42.03 |
| 2013/11/4  | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/5  | 1  | 0  | 1 | 1    | 0    |        |         |       |
| 2013/11/6  | 3  | 6  | 1 | 3    | 6    | 21.74  | 0:03:18 | 36.75 |
| 2013/11/7  | 12 | 9  | 1 | 12   | 9    | 26.92  | 0:04:58 | 40.20 |
| 2013/11/8  | 7  | 1  | 1 | 7    | 1    |        |         |       |
| 2013/11/9  | 8  | 2  | 1 | 8    | 2    |        |         |       |
| 2013/11/10 | 5  | 2  | 1 | 5    | 2    | 23.35  | 0:04:42 | 37.62 |
| 2013/11/11 | 13 | 2  | 1 | 13   | 2    | 50.47  | 0:08:14 | 37.07 |
| 2013/11/12 | 1  | 5  | 1 | 1    | 5    | 54.06  | 0:10:42 | 38.41 |
| 2013/11/13 | 0  | 3  | 1 | 0    | 3    | 54.35  | 0:10:52 | 38.65 |
| 2013/11/14 | 3  | 6  | 1 | 3    | 6    |        |         |       |
| 2013/11/15 | 4  | 2  | 1 | 4    | 2    |        |         |       |
| 2013/11/16 | 3  | 6  | 1 | 3    | 6    |        |         |       |
| 2013/11/17 | 2  | 2  | 2 | 1    | 1    |        |         |       |
| 2013/11/18 | 4  | 6  | 2 | 2    | 3    | 42.89  | 0:07:37 | 39.61 |
| 2013/11/19 | 5  | 15 | 1 | 5    | 15   |        |         |       |
| 2013/11/20 | 13 | 15 | 1 | 13   | 15   | 16.03  | 0:02:44 | 39.05 |
| 2013/11/21 | 5  | 4  | 1 | 5    | 4    | 52.46  | 0:08:38 | 34.45 |
| 2013/11/22 | 2  | 3  | 1 | 2    | 3    | 44.57  | 0:08:16 | 37.78 |
| 2013/11/23 | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/24 | 1  | 0  | 1 | 1    | 0    |        |         |       |
| 2013/11/25 | 4  | 2  | 1 | 4    | 2    | 76.88  | 0:12:32 | 38.82 |
| 2013/11/26 | 2  | 2  | 1 | 2    | 2    | 63.70  | 0:10:18 | 42.87 |
| 2013/11/27 | 4  | 2  | 1 | 4    | 2    | 42.06  | 0:07:52 | 42.61 |
| 2013/11/28 | 4  | 1  | 1 | 4    | 1    | 21.51  | 0:03:34 | 42.58 |
| 2013/11/29 | 4  | 9  | 2 | 2    | 4.5  | 39.75  | 0:07:09 | 34.74 |
| 2013/11/30 | 0  | 5  | 2 | 0    | 2.5  | 7.73   | 0:01:17 | 33.28 |
| 2013/12/1  | 0  | 2  | 2 | 0    | 1    |        |         |       |
| 2013/12/2  | 3  | 17 | 2 | 1.5  | 8.5  | 26.14  | 0:07:14 | 36.83 |
| 2013/12/3  | 1  | 14 | 2 | 0.5  | 7    | 20.27  | 0:05:59 | 37.12 |
| 2013/12/4  | 5  | 10 | 1 | 5    | 10   |        |         |       |
| 2013/12/5  | 4  | 5  | 1 | 4    | 5    |        |         |       |
| 2013/12/6  | 4  | 2  | 1 | 4    | 2    | 166.11 | 0:33:22 | 38.74 |
| 2013/12/7  | 2  | 3  | 2 | 1    | 1.5  | 22.26  | 0:03:12 | 38.13 |
| 2013/12/8  | 3  | 2  | 2 | 1.5  | 1    | 61.19  | 0:09:53 | 37.17 |
| 2013/12/9  | 3  | 3  | 1 | 3    | 3    | 24.80  | 0:04:30 | 36.97 |
| 2013/12/10 | 0  | 4  | 1 | 0    | 4    |        |         |       |
| 2013/12/11 | 2  | 3  | 1 | 2    | 3    |        |         |       |
| 2013/12/12 | 0  | 5  | 1 | 0    | 5    |        |         |       |
| 2013/12/13 | 1  | 2  | 1 | 1    | 2    |        |         |       |
| 2013/12/14 | 2  | 1  | 1 | 2    | 1    |        |         |       |
| 2013/12/15 | 2  | 7  | 1 | 2    | 7    |        |         |       |
| 2013/12/16 | 0  | 4  | 1 | 0    | 4    |        |         |       |
| 2013/12/17 | 3  | 3  | 1 | 3    | 3    | 32.46  | 0:05:40 | 40.87 |
| 2013/12/18 | 3  | 1  | 1 | 3    | 1    |        |         |       |
| 2013/12/19 | 1  | 3  | 1 | 1    | 3    |        |         |       |
| 2013/12/20 | 1  | 9  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/21 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/22 | 0  | 3  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/23 | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/24 | 0  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/25 | 10 | 6  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/26 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/27 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/28 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/29 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/30 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/31 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| Ave        |    |    |   | 2.93 | 3.69 | 44.26  | 0:07:44 | 38.01 |

出所：調査団作成



表 A-5 1706 号室集計表

| Day        | トイレ回数 |    | 宿泊人数 | トイレ回数(1人) |     | シャワー (人) |         |       |
|------------|-------|----|------|-----------|-----|----------|---------|-------|
|            | 大     | 小  |      | 大         | 小   | 流量       | 時間      | 温度    |
| 2013/9/21  | 0     | 0  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/22  | 1     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/23  | 5     | 2  | 1    | 5         | 2   |          |         |       |
| 2013/9/24  | 9     | 5  | 1    | 9         | 5   |          |         |       |
| 2013/9/25  | 5     | 3  | 1    | 5         | 3   | 65.56    | 0:10:44 | 34.68 |
| 2013/9/26  | 4     | 0  | 1    | 4         | 0   | 11.99    | 0:01:42 | 32.97 |
| 2013/9/27  | 8     | 2  | 1    | 8         | 2   | 76.63    | 0:11:36 | 33.79 |
| 2013/9/28  | 1     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/29  | 7     | 2  | 2    | 3.5       | 1   | 34.91    | 0:06:12 | 37.86 |
| 2013/9/30  | 15    | 2  | 2    | 7.5       | 1   | 93.88    | 0:14:16 | 37.79 |
| 2013/10/1  | 14    | 6  | 2    | 7         | 3   | 136.91   | 0:22:18 | 37.36 |
| 2013/10/2  | 12    | 7  | 2    | 6         | 3.5 | 80.37    | 0:11:49 | 37.78 |
| 2013/10/3  | 18    | 11 | 3    | 6         | 3.7 | 43.74    | 0:06:05 | 36.08 |
| 2013/10/4  | 9     | 9  | 3    | 3         | 3   | 14.41    | 0:02:00 | 36.65 |
| 2013/10/5  |       |    |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/6  | 2     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/7  | 3     | 0  | 2    | 1.5       | 0   | 28.71    | 0:04:30 | 36.12 |
| 2013/10/8  | 13    | 6  | 2    | 6.5       | 3   | 82.71    | 0:16:23 | 38.75 |
| 2013/10/9  | 4     | 3  | 2    | 2         | 1.5 | 36.64    | 0:06:11 | 34.49 |
| 2013/10/10 | 6     | 4  | 2    | 3         | 2   |          |         |       |
| 2013/10/11 | 13    | 11 | 2    | 6.5       | 5.5 | 29.57    | 0:04:24 | 39.31 |
| 2013/10/12 | 17    | 16 | 2    | 8.5       | 8   | 68.09    | 0:10:41 | 39.87 |
| 2013/10/13 | 4     | 1  |      |           |     |          |         |       |
| 2013/10/14 | 4     | 3  | 2    | 2         | 1.5 | 17.47    | 0:03:02 | 43.93 |
| 2013/10/15 | 10    | 5  | 2    | 5         | 2.5 | 64.12    | 0:12:02 | 38.37 |
| 2013/10/16 | 13    | 8  | 2    | 6.5       | 4   | 57.24    | 0:10:34 | 37.84 |
| 2013/10/17 | 9     | 4  | 2    | 4.5       | 2   | 65.65    | 0:10:56 | 36.51 |
| 2013/10/18 | 13    | 6  | 2    | 6.5       | 3   | 60.83    | 0:10:34 | 34.78 |
| 2013/10/19 | 4     | 0  | 2    | 2         | 0   |          |         |       |
| 2013/10/20 | 6     | 2  | 2    | 3         | 1   | 44.88    | 0:07:34 | 34.43 |
| 2013/10/21 | 12    | 5  | 2    | 6         | 2.5 | 50.50    | 0:08:42 | 33.83 |
| 2013/10/22 | 9     | 2  | 2    | 4.5       | 1   | 37.00    | 0:05:38 | 34.38 |
| 2013/10/23 | 5     | 1  | 2    | 2.5       | 0.5 | 62.52    | 0:11:09 | 34.81 |
| 2013/10/24 | 6     | 2  | 2    | 3         | 1   |          |         |       |
| 2013/10/25 | 10    | 2  | 2    | 5         | 1   | 11.81    | 0:02:00 | 30.98 |
| 2013/10/26 | 3     | 1  | 1    | 3         | 1   |          |         |       |
| 2013/10/27 | 6     | 4  | 1    | 6         | 4   | 24.82    | 0:03:54 | 36.44 |
| 2013/10/28 | 3     | 1  | 1    | 3         | 1   | 12.08    | 0:02:12 | 35.77 |
| 2013/10/29 | 4     | 1  | 1    | 4         | 1   | 17.10    | 0:02:48 | 35.37 |
| 2013/10/30 | 2     | 1  | 2    | 1         | 0.5 | 43.82    | 0:06:36 | 40.40 |
| 2013/10/31 | 13    | 9  | 2    | 6.5       | 4.5 |          |         |       |

|            |    |    |   |      |      |        |         |       |
|------------|----|----|---|------|------|--------|---------|-------|
| 2013/11/1  | 25 | 20 | 2 | 12.5 | 10   | 80.10  | 0:11:58 | 38.30 |
| 2013/11/2  | 19 | 12 | 2 | 9.5  | 6    | 32.56  | 0:05:27 | 37.50 |
| 2013/11/3  | 6  | 0  | 2 | 3    | 0    |        |         |       |
| 2013/11/4  | 11 | 2  | 2 | 5.5  | 1    | 48.24  | 0:07:24 | 40.49 |
| 2013/11/5  | 2  | 2  | 1 | 2    | 2    |        |         |       |
| 2013/11/6  | 3  | 0  | 1 | 3    | 0    |        |         |       |
| 2013/11/7  | 4  | 0  | 1 | 4    | 0    | 142.46 | 0:26:40 | 39.39 |
| 2013/11/8  | 11 | 7  | 2 | 5.5  | 3.5  | 12.95  | 0:01:40 | 40.90 |
| 2013/11/9  | 4  | 0  | 2 | 2    | 0    | 30.62  | 0:05:36 | 40.23 |
| 2013/11/10 | 9  | 4  | 2 | 4.5  | 2    | 18.89  | 0:02:43 | 35.97 |
| 2013/11/11 | 6  | 5  | 1 | 6    | 5    | 28.78  | 0:05:32 | 40.94 |
| 2013/11/12 | 8  | 4  | 1 | 8    | 4    | 29.91  | 0:04:54 | 36.35 |
| 2013/11/13 | 6  | 2  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/14 | 8  | 4  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/15 | 5  | 2  | 2 | 2.5  | 1    |        |         |       |
| 2013/11/16 | 13 | 4  | 2 | 6.5  | 2    |        |         |       |
| 2013/11/17 | 9  | 2  | 2 | 4.5  | 1    | 56.54  | 0:09:42 | 41.05 |
| 2013/11/18 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/19 | 8  | 4  | 2 | 4    | 2    | 12.10  | 0:01:39 | 40.98 |
| 2013/11/20 | 10 | 2  | 2 | 5    | 1    | 21.58  | 0:03:32 | 38.24 |
| 2013/11/21 | 4  | 1  | 1 | 4    | 1    | 74.28  | 0:12:02 | 36.42 |
| 2013/11/22 | 7  | 2  | 1 | 7    | 2    | 143.86 | 0:23:04 | 38.80 |
| 2013/11/23 | 9  | 3  | 2 | 4.5  | 1.5  | 13.44  | 0:02:06 | 39.95 |
| 2013/11/24 | 13 | 6  | 2 | 6.5  | 3    | 68.35  | 0:10:58 | 40.48 |
| 2013/11/25 | 15 | 4  | 2 | 7.5  | 2    | 51.59  | 0:09:30 | 40.15 |
| 2013/11/26 | 17 | 5  | 2 | 8.5  | 2.5  | 53.83  | 0:09:51 | 39.70 |
| 2013/11/27 | 11 | 6  | 2 | 5.5  | 3    | 38.02  | 0:07:17 | 37.35 |
| 2013/11/28 | 11 | 5  | 2 | 5.5  | 2.5  | 40.54  | 0:05:50 | 39.66 |
| 2013/11/29 | 14 | 2  | 2 | 7    | 1    |        |         |       |
| 2013/11/30 | 13 | 3  | 2 | 6.5  | 1.5  | 21.38  | 0:02:57 | 37.73 |
| 2013/12/1  | 0  | 0  | 2 | 0    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/2  | 12 | 4  | 2 | 6    | 2    | 14.31  | 0:02:49 | 33.77 |
| 2013/12/3  | 7  | 4  | 2 | 3.5  | 2    | 22.49  | 0:03:12 | 36.74 |
| 2013/12/4  | 6  | 2  | 2 | 3    | 1    | 28.83  | 0:04:55 | 36.86 |
| 2013/12/5  | 6  | 3  | 2 | 3    | 1.5  | 18.50  | 0:03:15 | 35.95 |
| 2013/12/6  | 2  | 0  | 2 | 1    | 0    | 33.23  | 0:05:33 | 40.47 |
| 2013/12/7  | 8  | 4  | 2 | 4    | 2    | 12.05  | 0:01:51 | 41.39 |
| 2013/12/8  | 7  | 2  | 1 | 7    | 2    | 251.66 | 0:37:20 | 36.81 |
| 2013/12/9  | 6  | 3  | 2 | 3    | 1.5  | 28.77  | 0:03:36 | 37.12 |
| 2013/12/10 | 11 | 6  | 1 | 11   | 6    | 47.28  | 0:07:12 | 38.63 |
| 2013/12/11 | 9  | 2  | 1 | 9    | 2    | 47.55  | 0:06:18 | 36.29 |
| 2013/12/12 | 8  | 2  | 1 | 8    | 2    | 116.50 | 0:20:46 | 38.74 |
| 2013/12/13 | 6  | 2  | 1 | 6    | 2    | 76.32  | 0:13:58 | 37.21 |
| 2013/12/14 | 3  | 1  | 2 | 1.5  | 0.5  | 51.32  | 0:09:21 | 38.29 |
| 2013/12/15 | 14 | 10 | 2 | 7    | 5    | 42.49  | 0:06:46 | 36.22 |
| 2013/12/16 | 9  | 4  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/17 | 1  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/18 | 1  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/19 | 5  | 2  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/20 | 10 | 5  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/21 | 15 | 9  | 2 | 7.5  | 4.5  | 144.09 | 0:21:42 | 37.66 |
| 2013/12/22 | 16 | 6  | 2 | 8    | 3    | 66.75  | 0:12:36 | 32.94 |
| 2013/12/23 | 19 | 4  | 2 | 9.5  | 2    | 161.29 | 0:28:00 | 36.22 |
| 2013/12/24 | 14 | 1  | 3 | 4.7  | 0.3  | 75.27  | 0:12:35 | 36.80 |
| 2013/12/25 | 6  | 5  | 2 | 3    | 2.5  |        |         |       |
| 2013/12/26 | 13 | 7  | 2 | 6.5  | 3.5  |        |         |       |
| 2013/12/27 | 9  | 3  | 2 | 4.5  | 1.5  | 18.27  | 0:02:40 | 38.42 |
| 2013/12/28 | 13 | 4  | 2 | 6.5  | 2    |        |         |       |
| 2013/12/29 | 8  | 3  | 2 | 4    | 1.5  |        |         |       |
| 2013/12/30 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/31 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| Ave        |    |    |   | 5.16 | 2.21 | 53.69  | 0:08:51 | 37.48 |

出所：調査団作成

表 A-6 1707 号室集計表

| Day        | トイレ回数 |   | 宿泊人数 | トイレ回数(1人) |     | シャワー (人) |         |       |
|------------|-------|---|------|-----------|-----|----------|---------|-------|
|            | 大     | 小 |      | 大         | 小   | 流量       | 時間      | 温度    |
| 2013/9/21  | 4     | 1 | 1    | 4         | 1   | 24.96    | 0:02:46 | 38.09 |
| 2013/9/22  | 1     | 3 | 1    | 1         | 3   | 56.00    | 0:07:26 | 38.73 |
| 2013/9/23  | 2     | 4 | 1    | 2         | 4   | 84.72    | 0:09:34 | 37.96 |
| 2013/9/24  | 8     | 3 | 1    | 8         | 3   | 12.69    | 0:01:40 | 36.45 |
| 2013/9/25  | 5     | 0 | 1    | 5         | 0   | 34.15    | 0:04:54 | 35.76 |
| 2013/9/26  | 5     | 1 | 1    | 5         | 1   | 19.10    | 0:02:24 | 37.76 |
| 2013/9/27  | 7     | 1 | 1    | 7         | 1   | 58.53    | 0:06:52 | 38.87 |
| 2013/9/28  | 1     | 1 |      |           |     |          |         |       |
| 2013/9/29  | 1     | 1 | 2    | 0.5       | 0.5 | 37.68    | 0:03:39 | 42.92 |
| 2013/9/30  | 2     | 7 | 2    | 1         | 3.5 | 77.93    | 0:08:42 | 38.22 |
| 2013/10/1  | 2     | 1 | 1    | 2         | 1   | 70.18    | 0:08:38 | 35.05 |
| 2013/10/2  | 3     | 6 | 1    | 3         | 6   | 90.82    | 0:10:42 | 38.19 |
| 2013/10/3  | 11    | 7 | 2    | 5.5       | 3.5 | 28.02    | 0:04:50 | 38.65 |
| 2013/10/4  | 9     | 8 | 2    | 4.5       | 4   | 36.37    | 0:05:28 | 37.61 |
| 2013/10/5  |       |   | 2    | 0         | 0   |          |         |       |
| 2013/10/6  | 4     | 2 | 2    | 2         | 1   |          |         |       |
| 2013/10/7  | 8     | 1 | 2    | 4         | 0.5 | 28.61    | 0:04:30 | 39.13 |
| 2013/10/8  | 7     | 0 | 2    | 3.5       | 0   | 12.96    | 0:01:55 | 38.62 |
| 2013/10/9  | 3     | 1 | 2    | 1.5       | 0.5 | 16.91    | 0:01:51 | 37.91 |
| 2013/10/10 | 5     | 1 | 2    | 2.5       | 0.5 | 16.50    | 0:02:17 | 39.67 |
| 2013/10/11 | 5     | 0 | 2    | 2.5       | 0   |          |         |       |
| 2013/10/12 | 3     | 4 | 1    | 3         | 4   | 41.53    | 0:05:52 | 38.94 |
| 2013/10/13 | 8     | 7 | 1    | 8         | 7   | 94.08    | 0:11:46 | 38.24 |
| 2013/10/14 | 7     | 8 | 1    | 7         | 8   | 56.89    | 0:07:38 | 38.83 |
| 2013/10/15 | 10    | 0 | 1    | 10        | 0   | 93.63    | 0:13:30 | 37.17 |
| 2013/10/16 | 7     | 0 | 1    | 7         | 0   | 25.64    | 0:03:58 | 37.42 |
| 2013/10/17 | 10    | 0 | 1    | 10        | 0   | 44.54    | 0:05:18 | 36.29 |
| 2013/10/18 | 6     | 1 | 1    | 6         | 1   |          |         |       |
| 2013/10/19 | 6     | 2 | 1    | 6         | 2   | 40.82    | 0:04:44 | 38.77 |
| 2013/10/20 | 6     | 0 | 1    | 6         | 0   |          |         |       |
| 2013/10/21 | 4     | 2 | 1    | 4         | 2   | 21.68    | 0:02:30 | 41.07 |
| 2013/10/22 | 4     | 6 | 1    | 4         | 6   | 28.02    | 0:04:22 | 40.09 |
| 2013/10/23 | 5     | 3 | 1    | 5         | 3   | 104.66   | 0:13:22 | 35.14 |
| 2013/10/24 | 2     | 5 | 1    | 2         | 5   | 27.29    | 0:04:26 | 31.28 |
| 2013/10/25 | 2     | 3 | 1    | 2         | 3   | 15.67    | 0:02:02 | 40.05 |
| 2013/10/26 | 6     | 3 | 2    | 3         | 1.5 | 88.90    | 0:11:50 | 34.60 |
| 2013/10/27 | 1     | 6 | 2    | 0.5       | 3   | 47.81    | 0:07:51 | 37.97 |
| 2013/10/28 | 8     | 7 | 1    | 8         | 7   | 78.64    | 0:10:16 | 37.20 |
| 2013/10/29 | 4     | 5 | 1    | 4         | 5   | 80.46    | 0:09:52 | 37.14 |
| 2013/10/30 | 1     | 1 | 1    | 1         | 1   | 38.19    | 0:05:20 | 38.27 |
| 2013/10/31 | 2     | 1 | 1    | 2         | 1   | 31.72    | 0:04:04 | 38.70 |

|            |    |    |   |      |      |        |         |       |
|------------|----|----|---|------|------|--------|---------|-------|
| 2013/11/1  | 1  | 8  | 1 | 1    | 8    | 155.48 | 0:18:34 | 34.93 |
| 2013/11/2  | 16 | 3  | 2 | 8    | 1.5  | 27.65  | 0:03:24 | 33.92 |
| 2013/11/3  | 3  | 2  | 2 | 1.5  | 1    | 58.50  | 0:07:46 | 36.78 |
| 2013/11/4  | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/5  | 0  | 1  | 1 | 0    | 1    |        |         |       |
| 2013/11/6  | 1  | 3  | 1 | 1    | 3    |        |         |       |
| 2013/11/7  | 4  | 1  | 1 | 4    | 1    | 79.92  | 0:13:12 | 38.83 |
| 2013/11/8  | 1  | 1  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/9  | 14 | 6  | 2 | 7    | 3    | 81.98  | 0:10:34 | 39.13 |
| 2013/11/10 | 18 | 3  | 2 | 9    | 1.5  | 39.68  | 0:05:01 | 39.10 |
| 2013/11/11 | 10 | 5  | 2 | 5    | 2.5  | 115.88 | 0:14:26 | 38.04 |
| 2013/11/12 | 11 | 0  | 2 | 5.5  | 0    | 76.45  | 0:11:42 | 39.04 |
| 2013/11/13 | 7  | 2  | 1 | 7    | 2    | 42.11  | 0:05:26 | 37.65 |
| 2013/11/14 | 9  | 4  | 1 | 9    | 4    | 82.68  | 0:10:48 | 38.03 |
| 2013/11/15 | 6  | 5  | 1 | 6    | 5    | 40.03  | 0:05:42 | 37.71 |
| 2013/11/16 | 3  | 4  | 1 | 3    | 4    | 89.78  | 0:11:08 | 36.99 |
| 2013/11/17 | 4  | 0  | 1 | 4    | 0    | 45.41  | 0:07:32 | 39.27 |
| 2013/11/18 | 1  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/11/19 | 6  | 1  | 2 | 3    | 0.5  |        |         |       |
| 2013/11/20 | 5  | 2  | 2 | 2.5  | 1    | 24.60  | 0:04:03 | 35.92 |
| 2013/11/21 | 5  | 3  | 1 | 5    | 3    | 39.95  | 0:05:20 | 39.36 |
| 2013/11/22 | 10 | 11 | 1 | 10   | 11   | 26.52  | 0:03:42 | 29.57 |
| 2013/11/23 | 10 | 2  | 2 | 5    | 1    | 18.20  | 0:02:58 | 35.30 |
| 2013/11/24 | 2  | 1  | 2 | 1    | 0.5  | 46.33  | 0:06:38 | 33.73 |
| 2013/11/25 | 6  | 3  | 1 | 6    | 3    | 46.02  | 0:05:02 | 36.90 |
| 2013/11/26 | 8  | 0  | 1 | 8    | 0    |        |         |       |
| 2013/11/27 | 5  | 1  | 1 | 5    | 1    | 76.72  | 0:05:56 | 38.80 |
| 2013/11/28 | 8  | 1  | 1 | 8    | 1    | 17.26  | 0:02:14 | 34.08 |
| 2013/11/29 | 5  | 1  | 1 | 5    | 1    | 20.66  | 0:02:52 | 32.52 |
| 2013/11/30 | 5  | 0  | 1 | 5    | 0    | 24.13  | 0:00:30 | 44.06 |
| 2013/12/1  | 1  | 0  | 1 | 1    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/2  | 6  | 4  | 1 | 6    | 4    | 83.01  | 0:13:28 | 37.19 |
| 2013/12/3  | 6  | 1  | 1 | 6    | 1    | 22.01  | 0:03:04 | 33.95 |
| 2013/12/4  | 9  | 3  | 1 | 9    | 3    |        |         |       |
| 2013/12/5  | 9  | 3  | 1 | 9    | 3    | 22.54  | 0:03:24 | 32.92 |
| 2013/12/6  | 4  | 0  | 1 | 4    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/7  | 5  | 0  | 1 | 5    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/8  | 2  | 0  | 1 | 2    | 0    | 12.35  | 0:01:44 | 32.44 |
| 2013/12/9  | 5  | 0  | 1 | 5    | 0    | 28.76  | 0:03:40 | 36.66 |
| 2013/12/10 | 2  | 0  | 1 | 2    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/11 | 7  | 2  | 1 | 7    | 2    | 24.65  | 0:03:12 | 36.23 |
| 2013/12/12 | 27 | 2  | 1 | 27   | 2    | 136.75 | 0:22:38 | 37.70 |
| 2013/12/13 | 8  | 0  | 1 | 8    | 0    | 151.29 | 0:22:18 | 38.39 |
| 2013/12/14 | 1  | 0  | 1 | 1    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/15 | 3  | 0  | 1 | 3    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/16 | 6  | 1  | 1 | 6    | 1    |        |         |       |
| 2013/12/17 | 10 | 2  | 1 | 10   | 2    | 32.13  | 0:04:10 | 35.64 |
| 2013/12/18 | 8  | 0  | 1 | 8    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/19 | 7  | 0  | 1 | 7    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/20 | 10 | 6  | 1 | 10   | 6    | 66.70  | 0:11:04 | 34.26 |
| 2013/12/21 | 1  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/22 | 2  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/23 | 10 | 1  | 3 | 3.33 | 0.33 | 11.47  | 0:01:21 | 36.70 |
| 2013/12/24 | 3  | 0  | 3 | 1    | 0    | 4.72   | 0:00:49 | 33.09 |
| 2013/12/25 | 3  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| 2013/12/26 | 6  | 0  | 2 | 3    | 0    | 37.42  | 0:05:15 | 36.48 |
| 2013/12/27 | 5  | 0  | 2 | 2.5  | 0    |        |         |       |
| 2013/12/28 | 4  | 0  | 2 | 2    | 0    |        |         |       |
| 2013/12/29 | 6  | 1  | 2 | 3    | 0.5  | 49.82  | 0:08:22 | 39.45 |
| 2013/12/30 | 17 | 2  | 2 | 8.5  | 1    | 33.96  | 0:04:21 | 35.77 |
| 2013/12/31 | 0  | 0  |   |      |      |        |         |       |
| Ave        |    |    |   | 4.86 | 1.91 | 50.13  | 0:06:43 | 37.17 |

出所：調査団作成

## 付属資料 2 : 排出削減量計算ワークシート

エクセル形式の排出削減量計算ワークシートの各画面を添付する。

### 算定方法 1

- ・ 入力および CO2 排出削減量表示画面

#### 1. プロジェクト実施後にモニタリングし入力

| データの説明            | 値 | 単位 |
|-------------------|---|----|
| プロジェクト導入数(節水シャワー) | 1 | 台  |
| プロジェクト導入数(節水トイレ)  | 1 | 台  |

#### 2. CO2排出削減量

| CO2排出削減量 | 単位                  |
|----------|---------------------|
| 0.10     | tCO <sub>2</sub> /y |

## 算定方法 1

・使用されるデフォルト値の表示画面

| 1. 排出削減量の算定結果                | 燃料種 | 値        | 単位                               | パラメータ                    |
|------------------------------|-----|----------|----------------------------------|--------------------------|
| 排出削減量                        |     | 0.10     | tCO <sub>2</sub> /y              | ER <sub>y</sub>          |
| 2. 選択されたデフォルト値等              |     |          |                                  |                          |
| 水由来のCO <sub>2</sub> 排出係数     | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>w,y</sub>        |
| 温水製造由来のCO <sub>2</sub> 排出係数  | —   | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wh,y</sub>       |
| 揚水ポンプ由来のCO <sub>2</sub> 排出係数 | —   | 0.00033  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wp,y</sub>       |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率           | —   | 38.0%    |                                  | EER <sub>shower,pj</sub> |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率            | —   | 60.9%    |                                  | EER <sub>toilet,pj</sub> |
| 3. リファレンス排出量の算定結果            |     |          |                                  |                          |
| リファレンス排出量                    |     | 0.25     | tCO <sub>2</sub> /y              | RE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト排出量                    | —   | 0.15     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率           | —   | 38.0%    |                                  | EER <sub>shower,pj</sub> |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率            | —   | 60.9%    |                                  | EER <sub>toilet,pj</sub> |
| 4. プロジェクト排出量の算定結果            |     |          |                                  |                          |
| プロジェクト排出量                    |     | 0.15     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| シャワープロジェクト排出量                |     | 0.14     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト排出量(水)                 | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(水由来)               | —   | 18       | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,pj,y</sub> |
| 水由来のCO <sub>2</sub> 排出係数     | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>w,y</sub>        |
| プロジェクト排出量(温水製造由来)            | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(温水製造由来)            | —   | 18       | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,pj,y</sub> |
| 温水製造由来のCO <sub>2</sub> 排出係数  | —   | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wh,y</sub>       |
| プロジェクト排出量(揚水ポンプ由来)           | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(揚水ポンプ由来)           | —   | 18       | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,pj,y</sub> |
| 揚水ポンプ由来のCO <sub>2</sub> 排出係数 | —   | 0.000334 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wp,y</sub>       |
| トイレプロジェクト排出量                 |     | 0.01     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト排出量(水)                 | —   | 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(水由来)               | —   | 9        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>toilet,pj,y</sub> |
| 水由来のCO <sub>2</sub> 排出係数     | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>w,y</sub>        |
| プロジェクト排出量(揚水ポンプ由来)           | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(揚水ポンプ由来)           | —   | 9        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>toilet,pj,y</sub> |
| 揚水ポンプ由来のCO <sub>2</sub> 排出係数 | —   | 0.00033  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wp,y</sub>       |

### 【デフォルト値一覧】

| CO <sub>2</sub> 排出係数 | EF      |                                  |
|----------------------|---------|----------------------------------|
| 水由来                  | 0.00039 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 温水製造由来               | 0.00708 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 揚水ポンプ由来              | 0.00033 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |

| 削減効率               | EER  |   |
|--------------------|------|---|
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率 | 38.0 | % |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率  | 60.9 | % |

|                |      |                     |
|----------------|------|---------------------|
| シャワー1台当たりの水使用量 | 18.2 | m <sup>3</sup> /個・y |
| トイレ1台当たりの水使用量  | 9.3  | m <sup>3</sup> /個・y |

## 算定方法 2

### ・入力および CO2 排出削減量表示画面

#### 1. プロジェクト実施後にモニタリングし入力

| データの説明           | 値 | 単位                |
|------------------|---|-------------------|
| 施設における水使用量(シャワー) | 0 | m <sup>3</sup> /y |
| 施設における水使用量(トイレ)  | 0 | m <sup>3</sup> /y |

#### 2. CO2排出削減量

| CO2排出削減量 | 単位                  |
|----------|---------------------|
| 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y |

### ・使用されるデフォルト値の表示画面

| 1. 排出削減量の算定結果      | 燃料種 | 値        | 単位                               | パラメータ                    |
|--------------------|-----|----------|----------------------------------|--------------------------|
| 排出削減量              |     | 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y              | ER <sub>y</sub>          |
| 2. 選択されたデフォルト値等    |     |          |                                  |                          |
| 水由来のCO2排出係数        | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>w,y</sub>        |
| 温水製造由来のCO2排出係数     | —   | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wh,y</sub>       |
| 揚水ポンプ由来のCO2排出係数    | —   | 0.000334 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wp,y</sub>       |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率 | —   | 38.0     |                                  | EER <sub>shower,pj</sub> |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率  | —   | 60.9     |                                  | EER <sub>toilet,pj</sub> |
| 3. リファレンス排出量の算定結果  |     |          |                                  |                          |
| リファレンス排出量          |     | 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y              | RE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト排出量          | —   | 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率 | —   | 0.38     | %                                | EER <sub>shower,pj</sub> |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率  | —   | 0.61     | %                                | EER <sub>toilet,pj</sub> |
| 4. プロジェクト排出量の算定結果  |     |          |                                  |                          |
| プロジェクト排出量          |     | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| シャワープロジェクト排出量      |     | 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト排出量(水)       | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(水由来)     | —   | 0        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,pj,y</sub> |
| 水由来のCO2排出係数        | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>w,y</sub>        |
| プロジェクト排出量(温水製造由来)  | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(温水製造由来)  | —   | 0        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,pj,y</sub> |
| 温水製造由来のCO2排出係数     | —   | 0.00708  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wh,y</sub>       |
| プロジェクト排出量(揚水ポンプ由来) | —   | 0.00     | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(揚水ポンプ由来) | —   | 0        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>shower,pj,y</sub> |
| 揚水ポンプ由来のCO2排出係数    | —   | 0.000334 | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wp,y</sub>       |
| トイレプロジェクト排出量       |     | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              | PE <sub>y</sub>          |
| プロジェクト排出量(水)       | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(水由来)     | —   | 0        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>toilet,pj,y</sub> |
| 水由来のCO2排出係数        | —   | 0.00039  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>w,y</sub>        |
| プロジェクト排出量(揚水ポンプ由来) | —   | 0        | tCO <sub>2</sub> /y              |                          |
| プロジェクト使用量(揚水ポンプ由来) | —   | 0        | m <sup>3</sup> /y                | Q <sub>toilet,pj,y</sub> |
| 揚水ポンプ由来のCO2排出係数    | —   | 0.00033  | tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> | EF <sub>wp,y</sub>       |

#### 【デフォルト値一覧】

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| CO2排出係数 | EF                                       |
| 水由来     | 0.00039 tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 温水製造由来  | 0.00708 tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 揚水ポンプ由来 | 0.00033 tCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |

|                    |        |
|--------------------|--------|
| 削減効率               | EER    |
| プロジェクト節水シャワーの節水効果率 | 38.0 % |
| プロジェクト節水トイレの節水効果率  | 60.9 % |

|                |                          |
|----------------|--------------------------|
| シャワー1台当たりの水使用量 | 18.2 m <sup>3</sup> /個・y |
| トイレ1台当たりの水使用量  | 9.3 m <sup>3</sup> /個・y  |



参照データ一覧

|           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|
| 電気の排出係数   | 0.0005764 | tCO2/kWhr |
| 電気由来      | 0.0070835 | tCO2/m3   |
| 重油の排出係数   | 0.0027100 | tCO2/ l   |
| 重油の単位発熱量  | 39.1      | MJ/l      |
|           | 0.0000693 | tCO2/MJ   |
| 重油由来      | 0.0030663 | tCO2/m3   |
| LNGの排出係数  | 0.0026980 | tCO2/kg   |
| LNGの単位発熱量 | 54.5      | MJ/kg     |
|           | 0.0000495 | tCO2/MJ   |
| LNG由来     | 0.0021901 | tCO2/m3   |

|        |         |         |
|--------|---------|---------|
| 水の排出係数 | 0.00039 | tCO2/m3 |
| 上水道由来  | 0.00023 | tCO2/m3 |
| 下水道由来  | 0.00016 | tCO2/m3 |

|            |         |
|------------|---------|
| 揚水ポンプの排出係数 |         |
| 0.000334   | tCO2/m3 |

| 都市名                     | 気候帯  | 平均水温  | 平均気温  |      |
|-------------------------|------|-------|-------|------|
| ラオカイ                    | R1   | 23.15 | 23.16 | 四季   |
| ハイフォン                   | R2   | 25.15 | 23.07 |      |
| ハノイ                     | R3   | 24.57 | 23.76 |      |
| フエ                      | R4   | 25.22 | 25.14 | 雨季乾季 |
| ダナン                     | R5   | 27.31 | 25.74 |      |
| バンメート                   | R6   | 26.22 | 23.58 |      |
| ホーチミン                   | R7   | 27.39 | 27.19 |      |
| Blank (何も計算しない時にはこれを選択) | None | 38.02 |       |      |

|               |       |       |
|---------------|-------|-------|
| 1室あたりのシャワー使用量 | 49.89 | L/日/人 |
| 1室あたりのトイレ使用量  | 25.55 | L/日/人 |
| 平均宿泊者数        | 1.44  | 人/室   |
| 稼働率           | 69.4  | %     |

|         |      |   |
|---------|------|---|
| シャワー削減率 | 38.0 | % |
| トイレ削減率  | 60.9 | % |