

# 中国天津市における雨水と再生水による生活用水供給に伴うCO<sub>2</sub>排出量の削減効果

郝 佳媛<sup>1</sup>・山口 岳夫<sup>2</sup>・古米 弘明<sup>3</sup>

<sup>1</sup>非会員 東京大学大学院工学系研究科 都市工学専攻修士1年  
(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1) E-mail:kaku@env.t.u-tokyo.ac.jp

<sup>2</sup>非会員 水道技術経営パートナーズ株式会社 代表  
(〒141-0031 東京都品川区西五反田2-6-3) E-mail:bonraccoon@gmail.com

<sup>3</sup>正会員 東京大学大学院工学系研究科 水環境制御研究センター 教授  
(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1) E-mail: furumai@env.t.u-tokyo.ac.jp

近年、中国都市部における水不足の深刻化により、導水プロジェクトが進められている。しかし導水には多量の資材やエネルギー消費を伴うため、CO<sub>2</sub>発生源として懸念されている。そこで本研究では中国天津市に注目し、雨水や再生水を生活用水に利用するシナリオを想定して、その水供給可能量やCO<sub>2</sub>排出量に関して考察を行った。その結果、個別住宅で屋根雨水利用を導入した場合、2050年において年間で約14%のCO<sub>2</sub>削減効果が想定された。また集合住宅コミュニティで雨水と下水再生水を補助水源として利用すると、砂ろ過装置による再生水供給を行う場合年間で最大約27%のCO<sub>2</sub>削減効果が生まれる可能性が示唆された。今後の人口増加に対応した住宅開発や新たな都市づくりにおいて、雨水や再生水利用によりCO<sub>2</sub>削減効果があるを認識することの有効性が示された。

**Key Words :** domestic water use , LCCO<sub>2</sub>, rainwater, reclaimed water, Tianjin

## 1. はじめに<sup>1)</sup>

中国北部において経済発展に伴う都市部の水不足が深刻化している。中国統計年鑑<sup>2)</sup>によると中国国内に設置されている合計 31 の一級行政区(省・直轄市・自治区)ごとの年間一人当たり水資源量の統計では、16 の行政区が国連機関の定める「水ストレスの状態(1700m<sup>3</sup>以下)」にある。この16行政区のうち13行政区は「水不足の状態(1000m<sup>3</sup>以下)」にあり、さらにそのうちの8区は「絶対的水不足の状態(500m<sup>3</sup>以下)」に陥っている。

その対策として、中国では長江以南から導水する大規模な導水プロジェクトが進められている。代表的なものとして、厳しい水不足に悩む北京市、天津市など海河流域を目的地とした「南水北調」プロジェクトがある。この導水計画によって、一人当たりの水資源量が中国全土の中でも最も少ない天津市や北京市の水不足を直接的に解決できると期待されている。しかし計画では送水に際して、堤高の大きなダムを築いて自然流下で送水するか、ポンプによって揚水しながら送水しなければならない。また、ルートによっては途中で長いトンネルを開削しな

ければならない。現段階では高さ 200m以上のダムを建設し、100km以上のトンネルを開削する計画となっている。これは技術的に極めて困難であるとともに、導水に莫大な資材と電力エネルギーが必要となることから、水供給に伴うCO<sub>2</sub>排出量の増加原因として懸念されている。

2050年において、天津市の人口は2007年現在の864万人から1470万人と2倍近くまで増加すると中国工程院により予測されている<sup>3)</sup>。また、天津市は地理的に北京の近郊に位置するため、北京から北京より安い天津市の住宅を求めて住宅人口が移動する可能性が高い。

2007年における天津市の生活用水量は4.82億m<sup>3</sup>であった<sup>4)</sup>。これは都市用水の22%を占めている。しかし今後は都市化の進行により生活用水の割合が増え続けると言われており、中国政府の予測によると、2050年の都市人口一人一日平均使用水量、175L/人・日である<sup>3)</sup>。

そこで本研究では、2007年の中国統計年鑑<sup>2)</sup>より中国で年間一人当たりの水資源量が最も少ない96m<sup>3</sup>である天津市に注目し、上水道以外の都市域自己水資源である雨水や下水再生水を用いて分散型水供給による生活用水補助供給シナリオを設定した。

具体的には、簡便な水供給システムとなる屋根雨水利

用を行う個別住宅シナリオと、雨水と生活排水を再生処理することで得られる再生水を混合して水供給する集団住宅シナリオである。シナリオごとに水供給に係る消費エネルギーの削減効果に関して考察を行った。

まず、生活用水用途を、以下の5種類に分類した。

- ①飲用・炊事・洗面等
- ②風呂・シャワー
- ③洗濯・掃除
- ④洗車・雑用・散水
- ⑤水洗トイレ用

用途ごとに求められる水質のレベルを考慮して、①、②では直接人体への摂取や暴露がある一方で、③～⑤の用途では、暴露や摂取は限られていることから、初期雨水を除くことで、貯留雨水をそのまま使用可能と想定した。一方、雨水と下水再生水を混合した利用では、④と⑤の用途に限定して使用できるものとした。なお、東京都における家庭用水用途別調査結果<sup>9)</sup>を参考にして、③～⑤の使用量は生活用水全体量に対して53%、④と⑤の用途で36%に相当するものとした。

## 2. 水供給シナリオの設定

今回は個別住宅や集団住宅単位での水供給システムの評価が目的であるため、中国における将来的な住宅様式を想定した上で、個別住宅型と集団住宅コミュニティ型に分類して、水道システムと補完する水供給シナリオを設定する。シナリオ設定の要点を表-1にまとめて示した。

### (1) 個別住宅型シナリオ

個別住宅で確保できる小規模分散型の水資源として雨水を想定して、多額の設備投資や維持管理の負担を前提としない、水供給システムを考える。

シナリオでは一つの個別住宅に1世帯3人が生活すると仮定している。屋根面積は、2007年天津統計年鑑<sup>4)</sup>から天津市の一人当たり住宅面積が27.09m<sup>2</sup>であったことから、2050年は一人当たり住宅面積が増加すると予測し、集水できる屋根面積を90m<sup>2</sup>とした。初期雨水は収集しないものとして、雨水の流出係数を0.9として<sup>7)</sup>収集雨水量を算定する。

雨水は通常の表流水と比較すると溶存成分が少ないが、天津市では大気汚染が発生しているため酸性雨のような水質汚染も懸念される。しかし、今回は雨水を直接人体への摂取や暴露が限られている雑用水の水源として利用するため、無処理で利用できると仮定した。

### (2) 集団住宅コミュニティ型シナリオ

大都市における伝統的な集団住宅コミュニティを想定

し、コミュニティ単位での分散型水供給システムを考える。地区内の雨水だけでなく、生活排水再生水を合わせて雑用水として分配できる水供給システムである。

このシナリオでは、1棟15階の集合住宅ビル10棟で、一つのコミュニティ地区を形成しているものと想定する<sup>9)</sup>。集合住宅の1フロアに2世帯収容することを仮定すると、900世帯が地区を構成することになり、一棟の屋根面積を180m<sup>2</sup>、地区内通路などからも雨水収集できるとして、コミュニティ地区の総集水面積を2000m<sup>2</sup>とし、流出係数を0.9とした<sup>7)</sup>。

再生水利用も含むことから個別住宅型とは異なり、洗濯・掃除の用途は対象とせず、④と⑤の用途での水質を満たすと考えた。一方で、コミュニティ地区の共通的な水利用として、せせらぎ用水や緑地や道路への散水用水を考慮した。この水量としては、前述の①から⑤の全家庭用水量10%に相当するものと仮定した。したがって、雑用水用として、46%を新たな水供給システムで賄うことを想定した。

生活排水の浄化方法として、生物処理後に再生水生産のために急速砂ろ過処理、または膜ろ過処理を設けることを仮定している。なお、膜ろ過処理は、砂ろ過処理に比べて処理水質は良いものの、処理に必要なエネルギーは大きいことが知られている。

下水再生水を得るために、ここではサテライト型処理施設を想定して、生活排水の半分を現地で再生処理することを想定する。その際、膜ろ過処理では10%は濃縮排水や膜洗浄排水として流出するとして、回収率は90%を仮定している。しかし、砂ろ過処理での逆洗排水量は無視した。なお、地区の貯留槽容量を10m<sup>3</sup>とした。

表-1 個別および集団住宅シナリオの設定条件

| 設定諸元                          | シナリオ    |            |
|-------------------------------|---------|------------|
|                               | 個別住宅型   | 集団住宅型      |
| 対象人数 [人]                      | 3       | 900        |
| 一人当たり一日の生活用水量 [L/人・日]         | 175     |            |
| 月間生活用水量 [m <sup>3</sup> ]     | 15.75   | 4725       |
| 月間雑用給水量 [m <sup>3</sup> ]     | 8.35    | 2174       |
| 集水区域面積(屋根面積)[m <sup>2</sup> ] | 120(90) | 3000(1600) |
| 流出係数                          | 0.9     |            |

## 3. 評価方法

### (1) 水道による水供給におけるCO<sub>2</sub>排出量の評価

水道による水供給に伴うCO<sub>2</sub>排出量の算定では、まず中国統計年鑑<sup>3)</sup>における「業種別年間消費エネルギー量」を用いて、中国全土における総水道供給量と総消費エネルギーから<sup>9)</sup>、中国全土平均の水供給量のための電力使用量原単位を算出した。そして、これに電力あたりのCO<sub>2</sub>排出量負荷原単位1.135kg CO<sub>2</sub>/kWh<sup>9)</sup>を乗じてCO<sub>2</sub>

排出量を算出した。天津市での発電はすべて火力発電で賄われており<sup>10)</sup>、上水道1m<sup>3</sup>あたりCO<sub>2</sub>排出量原単位は0.325kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>と算定された。

次に、漏水量の削減によるCO<sub>2</sub>排出量削減効果についても検討した。漏水を削減して水供給の有効率を向上させることで、実質的には二酸化炭素排出量の削減の効果がある。本論文では、現状の漏水率(=100%-有効率)が半分になった場合を想定した。天津市における現在の漏水率は15%である<sup>9)</sup>。そのため漏水量削減効果による上水道1m<sup>3</sup>あたりCO<sub>2</sub>排出量原単位は0.318(0.325×0.925)kgCO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>となる。表-2に関連の原単位をまとめて示した。

表-2 天津市におけるCO<sub>2</sub>排出量原単位

| 原単位  | 数値                                      |
|--|---|
| 電力量当りのCO <sub>2</sub> 排出量                        | 1.135 kgCO <sub>2</sub> /kWh            |
| 水道水1m <sup>3</sup> 当りのCO <sub>2</sub> 排出量(現況)    | 0.325 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |
| 水道水1m <sup>3</sup> 当りのCO <sub>2</sub> 排出量(漏水対策後) | 0.318 kgCO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup> |

## (2) 水供給シナリオにおけるCO<sub>2</sub>排出量削減の評価

水道水を代替したり、補完する水資源を確保して、供給するための必要なエネルギーは、揚水などのエネルギー、水処理のエネルギー、雨水や再生水を家庭などの利用者に供給するためのエネルギー、水供給システムの制御ユニットのエネルギーなどで構成されるとした。

平均世帯人口を3人として、一世帯あたりでの用途③-⑤に必要な水量を算出する。次に、シナリオごとの供給必要量をポンプ能力で除してポンプの稼働時間を計算し、ポンプ消費電力と稼働時間の積から消費動力量を算出する。これに、家庭内で給水ポンプによる水供給を行う場合のポンプ動力を算出して総動力量を計算する。そして、電力量当りのCO<sub>2</sub>排出量原単位1.135kgCO<sub>2</sub>/kWhを乗じて水量で除し、シナリオごとの水量あたりのCO<sub>2</sub>排出量を算出し、上水道による供給シナリオと比較し、削減効果を評価した。

## 4. 評価結果と考察

### (1) 個別住宅型シナリオの評価結果

2005年度における天津市月別降雨量<sup>9)</sup>から雨水の供給可能量を計算した。なお、降水量の日変化や雨水貯留タンクの容積により実際の利用可能量は依存するが、ここでは簡略化のために、月ごとには平均的な日間降水があること、十分な貯留量があるものとして、潜在的最大量を求めた。その結果を表-3に示す。なお、供給可能量は以下の式で計算される。

$$\text{供給可能量} = \text{集水面積} \times \text{降雨量} \times \text{流出係数} \quad (1)$$

降水量の季節変化があるため、6月から8月は、③-⑤の雑用水用途の需要をほぼ満足できるものの、1月から4月および10月から12月では降雨がほとんどないため、雨水利用は期待できない。したがって、雨水貯留槽などに水道水を供給するなどの水補給システムでの補充が必要となる。

図-1に、個別住宅型における年間一人当たりの水供給に伴うCO<sub>2</sub>排出量の比較を示す。漏水防止対策を行うことで期待される削減率7.5%を超えて、年間で約14%のCO<sub>2</sub>排出量を削減できることがわかる。しかし、雨水は水資源としては水量が不安定であるため、水道供給を安定的に代替できるとは評価できず、家庭用水における雨水利用は、あくまでも水道を一部補完する効果を期待すべきである。

表-3 個別住宅型シナリオにおける雨水供給可能量

| 月  | 降雨量 (mm) | 供給可能量 (m <sup>3</sup> ) | 代替率 (%)   |
|----|----------|-------------------------|-----------|
| 1  | 1.6      | 0.1                     | 1.6       |
| 2  | 6.0      | 0.4                     | 5.9       |
| 3  | 0.0      | 0.0                     | 0.0       |
| 4  | 8.5      | 0.6                     | 8.4       |
| 5  | 37.4     | 2.7                     | 37.0      |
| 6  | 170.9    | 12.3                    | 100.0     |
| 7  | 154.2    | 11.1                    | 100.0     |
| 8  | 209.0    | 15.0                    | 100.0     |
| 9  | 29.2     | 2.1                     | 28.9      |
| 10 | 0.9      | 0.1                     | 0.9       |
| 11 | 0.0      | 0.0                     | 0.0       |
| 12 | 0.8      | 0.1                     | 0.8       |
| 計  | 618.5    | 44.5                    | 年間代替率 50% |

[kgCO<sub>2</sub>/(人・年)]

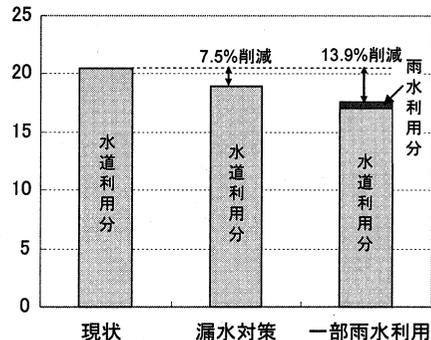


図-1 個別住宅型シナリオにおけるCO<sub>2</sub>排出量比較

## (2) 集団住宅型シナリオの評価結果

集団住宅型では、雑用水の目的に使用される水量として、④洗車・雑用・散水、⑤水洗トイレ用に加えて、地区の共通的な水利用として、せせらぎ用水や緑地や道路への散水用水を考慮したこと、安定的な水源として再生水利用を考慮している点が個別住宅型シナリオと大きく異なる。

表-4 に月別の雨水供給可能量とその代替率の結果を示す。また、再生水による供給でも不足する水道補給率も参考に合わせて示した。この補給率は、水回収率として90%を想定した膜ろ過処理するシナリオでの結果である。

年間通して④～⑤やせせらぎや緑地や道路への散水の目的に必要とされる雑用水総量の約3%を雨水によって賄うことができるものの、個別住宅型と同様に秋から春までの半年以上は、水源として期待できない。これは、集水面積に対する水利用者数が高いために、雨水で雑用水を代替する比率はこのように低い状況になっている。

一方、再生水は雨水と異なり、毎月2126m<sup>3</sup>が水利用者から排出される生活排水を高度処理することで得られるため安定して供給できる水源となる。本研究で採用した生活排水の半分を再生処理するシナリオであることから、秋季や冬季における雨水量が確保できない期間でも、雑用水の多くはこの再生水により確保されることになる。したがって、雑用水不足を補うための水道による補給率は低いままである。言い換えれば、さらに膜処理能力を増強すれば、水道からの補給は不要となる。

図-2 に、雨水および再生水利用を考慮した集団住宅型シナリオにおける年間を通したCO<sub>2</sub>削減効果を示す。膜ろ過と砂ろ過の処理方法を導入したシナリオは、漏水防止対策は行っていない場合の評価結果である。表-4で示したように集団住宅型では雨水代替率が低く、その供給に要するエネルギー消費量も少なく、各シナリオでのCO<sub>2</sub>排出量の0.3%程度に過ぎないため図にはほとんど表示されないレベルである。

④や⑤などの雑用水に再生水を利用することで、水道利用分によるCO<sub>2</sub>排出量が削減できるが、再生処理のためのエネルギーによるCO<sub>2</sub>排出量も加算される。生活用水利用全体でのCO<sub>2</sub>排出量比較から、膜ろ過処理、砂ろ過処理ともに、現状より削減可能であると推定された。膜ろ過処理は、砂ろ過処理よりエネルギー消費量が大きいため、CO<sub>2</sub>削減効果は小さく6%程度と見積もられた。これは、漏水防止対策による効果7.5%より低い値である。しかしながら、砂ろ過処理では、約27%と漏水防止対策の数倍のCO<sub>2</sub>排出量削減効果が算定された。

膜ろ過処理、砂ろ過処理のシナリオとも、現状や漏水対策シナリオとは異なり、再生水利用によるせせらぎや緑地や道路への散水の水量も確保できることを考慮すれ

ば、非常に導入の魅力なものと推察される。

特に、雨水利用のみと異なり、雑用水に対する再生水利用は安定的な水供給において魅力的なシナリオである。また、雨水と組み合わせることで、雨水収集量に応じて高度処理できることから、より柔軟な水供給システムとして活用することが可能である。

ここでは、二元給水の配管や初期建設コストなどを比較対照として評価しておらず、運転管理面におけるCO<sub>2</sub>排出量のみを考慮している。しかしながら、人口増加に対応した新たな住宅開発や都市づくりにおいてはこの効果を考慮することは非常に有効であると考えられる。

また、人口が密集している集団住宅では、サテライト型排水処理施設の導入を行うことで、再生水利用という水道の代替水源を確保できるだけでなく、公共下水処理場整備への新規負担も減らす効果にも繋がる。

表-4 集団住宅型シナリオにおける  
雨水供給可能量と水道補給率

| 月  | 雨水供給可能量 (m <sup>3</sup> ) | 雨水代替率 (%) | 水道補給率 (%) |
|----|---------------------------|-----------|-----------|
| 1  | 2.3                       | 0.1       | 2.1       |
| 2  | 8.6                       | 0.4       | 1.8       |
| 3  | 0.0                       | 0.0       | 2.2       |
| 4  | 12.2                      | 0.6       | 1.6       |
| 5  | 53.9                      | 2.5       | 0.0       |
| 6  | 246.1                     | 11.3      | 0.0       |
| 7  | 222.0                     | 10.2      | 0.0       |
| 8  | 301.0                     | 13.8      | 0.0       |
| 9  | 42.0                      | 1.9       | 0.2       |
| 10 | 1.3                       | 0.1       | 2.1       |
| 11 | 0.0                       | 0.0       | 2.2       |
| 12 | 1.2                       | 0.1       | 2.1       |
| 計  | 890.6                     | 3.4       | 1.0       |

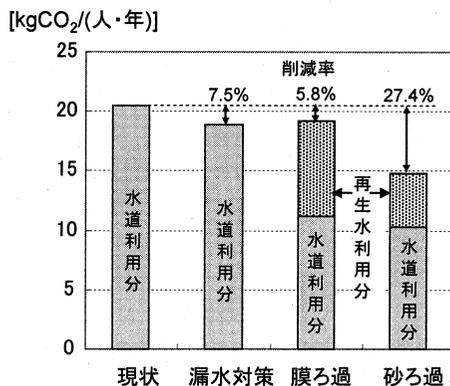


図-2 集団住宅型シナリオにおけるCO<sub>2</sub>排出量比較

## 5. 結論

天津市では、その人口増加を背景に今後住宅開発やそれに伴う水需要の拡大は必至である。現状でも水資源不足に直面していることから、本研究では水道による水供給以外に、雨水や再生水を生活用水などに一部利用するシナリオを想定して、その水供給可能量やCO<sub>2</sub>排出量削減効果に関して考察を行った。その結果、下記のような成果が得られた。

- 生活用水のうち、人体への摂取や暴露を考慮して詳細な用途分類に基づいて、雑用水供給シナリオを検討すること、そして個別および集団住宅など住宅形態に沿った水道代替水源利用について、供給可能水量、消費エネルギー量の両方から有効性や限界を検討することは有意義である。
- 個別住宅で屋根雨水利用を導入した場合、2050年において年間で約14%のCO<sub>2</sub>削減効果が想定された。また、集団住宅型のコミュニティでは、雨水に加えて再生水も代替水源として利用することが水量確保に必要であり、砂ろ過処理導入では年間で最大約27%のCO<sub>2</sub>削減効果が生まれる可能性が示唆された。
- 今後の人口増加に対応した住宅開発や新たな都市づくりにおいて、雨水や再生水利用によりCO<sub>2</sub>削減効果があるを認識することや、水資源確保のための大規模導水プロジェクトと小規模分散型の水供給システムも適切に調和した形で活用する可能性があるものと考えられる。

同時に、次のような課題も見出すことができた。今回は、生活用水の用途別割合を東京の事例に基づいて想定しているが、現地における用途別割合、時間別、季節別需要変化などについてより現実的なパターンを考える必要がある。また、降雨や社会統計について、詳細なデータが取得できていないため、多くの仮定を導入している。今後、推定結果の精度を向上させることが望まれる。

### 謝辞

本論文の執筆にあたり、社団法人日本水道工業団体連合会が経済産業省から委託を受けて実施した「首都圏における低炭素化を目標とした水循環システム実証モデル事業」における検討内容を参考にした。特に、第3分科会の研究において、検討された生活用水のモデル化やエネルギー消費量の算定方法を参照した。ここに、深く感謝の意を表する。

### 付録

#### 1) 雨水利用に伴うCO<sub>2</sub>排出量の計算

雨水供給に伴う消費電力 (kWh) は以下の式で計算さ

れることから、CO<sub>2</sub> 排出量負荷原単位 1.135k g CO<sub>2</sub>/kWh を掛けることでCO<sub>2</sub>排出量を算定する。

消費電力 (kWh) = 雨水利用量 (m<sup>3</sup>) × 1000 ÷ (単位時間あたりのポンプ揚水能力 × 60) × 給水ユニットの動力原単位 (kW)

単位時間あたりのポンプ揚水能力: 20L/min

給水ユニットの動力原単位: 0.06kW

#### 2) 再生水利用に伴うCO<sub>2</sub>排出量の計算

再生水処理および供給に伴う消費電力 (kWh) は以下の式で計算されることから、CO<sub>2</sub> 排出量負荷原単位 1.135k g CO<sub>2</sub>/kWh を掛けることでCO<sub>2</sub>排出量を算定する。

消費電力 (kWh) = 動力原単位 (kW) × 稼働時間 (h/日) × 負荷率 (=70%)

ここで、CO<sub>2</sub> 排出量の計算に用いた膜ろ過および砂ろ過装置の動力原単位を付表-1 に、各装置の稼働時間を付表-2 に示す。例えば、ポンプなどの稼働時間は使用水量や液量をポンプ能力で割ることによって求めた。

付表-1 処理装置と給水装置の動力原単位

| 単位 (kW)  |           | 膜ろ過装置 | 砂ろ過装置 |
|----------|-----------|-------|-------|
| 濾過装置     | ろ過ポンプ     | 0.75  | 0.25  |
|          | ポリマー注入ポンプ | -     | 0.015 |
|          | 逆洗浄ポンプ    | 1.5   | 2.2   |
| 次亜鉛酸注入装置 | 薬品注入ポンプ   | 0.015 | 0.015 |
| 家庭用給水装置  | 給水ユニット    | 0.18  | 0.18  |
| 制御ユニット   | 制御盤*      | 3     | 3     |

\*制御盤のみ一日に使用した総合の出力電力である

付表-2 処理装置の1日の稼働時間

| 単位 (h/日) |           | 膜ろ過装置 | 砂ろ過装置 |
|----------|-----------|-------|-------|
| 濾過装置     | ろ過ポンプ     | 24    | 24    |
|          | ポリマー注入ポンプ | -     | 8     |
|          | 逆洗浄ポンプ    | 0.4   | 0.4   |
| 次亜鉛酸注入装置 | 薬品注入ポンプ   | 8     | 8     |
| 家庭用給水装置  | 給水ユニット    | 24    | 24    |

### 参考文献

- 国際協力銀行開発金融研究所 (2006): 中国北部水資源問題の実情と課題
- 中国国家統計局 (2007): 中国統計年鑑 2007
- 中国政府 (1994): 中国 21 世紀議程
- 天津市統計局: (2006-2008): 天津統計年鑑, 2006-2008
- 東京都水道局 (2002): 一般家庭水使用目的別実態調査
- 中国国家規画局 (2006): 中国城市年鑑 2006
- (社) 雨水貯留浸透技術協会 (2000): 雨水利用ハンドブック
- 中国国家統計局 (2006): 中国能源統計年鑑 2006
- 中国国家環境局 (2006): 中国環境年鑑 2006
- 中国国家水利局 (2006): 中国水資源年鑑 2006

## EFFECTIVE USE OF RAINWATER AND RECLAIMED WATER FOR DOMESTIC PURPOSES TO REDUCE CO<sub>2</sub> EMISSION IN TIANJIN CITY.

Jiayuan HAO, Takeo YAMAGUCHI and Hiroaki FURUMAI

With economic development, water shortage has become a serious issue in urban areas of northern China. Although a large-scale aqueduct project has been planned, the aqueduct construction and operation requires a large amount of material and energy consumption. Therefore, the increased CO<sub>2</sub> emission is of concern. In this study, we investigated the applicability of rainwater and reclaimed water use for domestic purposes as an alternative water resources in Tianjin China, which has faced with severe water scarcity. Especially, we focused on reduction of CO<sub>2</sub> emissions by introducing reclaimed water and rainwater use in residential area, comparing with current water supply system. The evaluation results indicates that 14% reduction of the annual CO<sub>2</sub> emission could be achieved if rainwater harvesting is introduced in a single-family house in the year 2050. In the case of collective housing district, reclaimed water could be a stable in-situ water resource as well as rainwater. The combined use could achieve approximately 27% reduction of annual CO<sub>2</sub> emission, using rapid sand filtration process for wastewater reclamation. The results implies that the use of rainwater and reclaimed water should be considered for future increased water demanded by grown population and new development of residential area from the aspect of CO<sub>2</sub> emission reduction.