

6. アジアの学生とのサステナブル都市協働提案 ～水資源管理の視点から～

岡田 明大^{1*}・本間 蓉子¹・森崎 領¹・Nafisah ABDUL RAHIMANR¹

¹芝浦工業大学（〒337-8570埼玉県さいたま市見沼区大字深作307）

* E-mail: r07331@shibaura-it.ac.jp

本研究では、東京都で過去から現在に至るまでの節水対策の方法論を示し、それらをアジアの学生に対し提案を行うことで、議論を行い共にサステナブル都市形成を目指すものである。

東京都の1972年から2007年の35年間の水消費量の減少分181ℓ を供給者側と需要者側の施策に分けて分析を行った。その結果、都民一日一人当たり、節水型水洗トイレの導入で17ℓ、節水型全自動洗濯機の導入で11.8ℓ、節水コマの導入で23ℓ、再生水利用で6.7ℓ、雨水利用で0.03ℓ、漏水対策によって54.8ℓの節水量であった。この節水量の内訳により、各施策による節水効果が明らかになった。今後は、水消費量の減少分181ℓの内訳を一般家庭用水と工業用水による節水の両側面に分け研究を進めていき、アジアの学生に東京における具体的な節水対策の方法論を示し、議論を深めていきたい。

Key Words : Water-saving Measure, Waste Water Recycling(WWR), Rain Water Harvesting (RWH)

1 はじめに

(1) 研究の背景

アジア諸都市では、かつて日本が経験してきた様な高度経済成長や急激な都市化が進行している。

日本はこれまでの 60 年間、段階的なインフラ整備を進め、図-1 に示すような発展を遂げてきた。

今日のアジア諸都市を見ると急激な都市化が進行しており、都市化の速度がインフラ整備の速度よりも勝っている。このため、インフラ整備が行き届かず、市民生活や都市環境の面で様々な問題が発生している。政府は貧しいガバナンスの下で都市化の抑制とインフラ整備の促進の二つの政策を同時に遂行せざるを得ない。これに対し、東京の過去の経験は重要な示唆を与えうるのか、また技術移転の可能性があるのか探る必要がある。

アジア諸都市のインフラ整備の性急性や日本の技術の適用可能性について日本とアジアの双方が意識するためには、将来の国土開発を担う学生の意識向上を図ることが重要である。

そのために、過去、アジア工科大学（以後 AIT とする）の都市環境を専攻する大学院生中心に研究交流を持ってきた。AIT とは、1959 年にバンコクで設立され、周

辺地域をリードする人材を育成することを目的とした工学系の国際大学であり、アジア各国の学生を受け入れていることから、アジア諸都市の学生の意見を聞くことができ、各国の現状や対策の論議ができる。このことが、AIT で研究交流会を行う理由である。その研究交流会を通して、将来のアジア諸都市のインフラ整備を担う学生たちと知識の共有を図り、かつ、継続的な情報交換を通して更なる意識の向上を目指す。

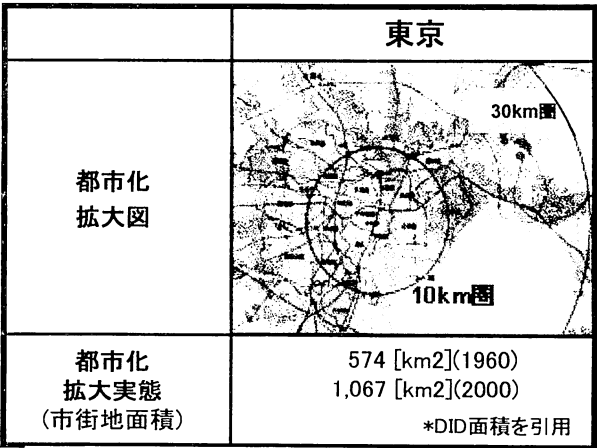


図-1 東京都市圏における都市化の傾向(DID)

(2) 交流会の目的と現状

年に数回 3 年に渡り、AIT と交流を持ってきた。今までの交流会を通し、インフラ整備政策の重要性の理解まで至ったが、アジア各国の政治背景等の違いから、日本で成功した技術を適用できるか否かという議論には至っていない。

(3) 研究の目的

本研究では、過去の成果より、日本の成功事例のみでの議論は難しいと考え、水系インフラに焦点を絞り、日本の過去の政策の失敗や無駄であった点を含めた調査を進めることを目的とする。

2 研究結果

(1) 東京都の水消費量の変遷

東京都における都民一人一日当たりの水消費量の変遷を図-2 に示す。
東京都の水消費量の変遷を遡ると、1972 年（昭和 47 年）の都民一人一日当たりの水消費量 532ℓ をピークに

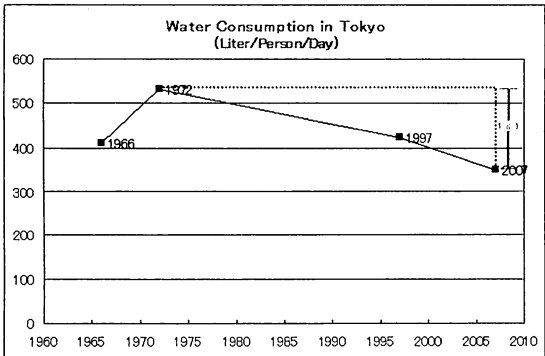


図-2 東京都の水消費量の変遷

それ以降は年々水消費量が減少している。2007 年時点での水消費量は 351ℓ であるので、35 年間で都民一人一日当たりの水消費量が 181ℓ 減少した事になる。これは、東京都が 35 年間で様々な節水対策を施してきた結果によるものである。

(2) 東京都における過去 35 年間の節水量の内訳

表-1 に、東京都の 1972 年から 2007 年における節水量 181ℓ の内訳を、需要者側と供給者側の対策の二つに区分して示す。

(3) 需要者側の対策

a) 節水型水洗トイレ

節水型水洗トイレ以前の男子用小便器は、複数の小便器を一定間隔で一括して洗浄する自動サイホン式ハイタンク式が主流であった。これは便器の使用に関係なく洗浄するもので、全く使用しない時間帯にも洗浄する為、非常に水利用の効率が悪い形式であった。以降、タイマーと電磁弁を組み合わせたハイタンク式が開発され、使用者のいない夜間や日曜・祭日などの洗浄停止を可能にするもの、更には、便器内の電気伝導が高くなった時に自動的に洗浄するタイプなどが開発された。そして現在では、人が便器の前に立ったことを赤外線等により検知して洗浄する自動洗浄式小便器が普及している。

一方、大便器について東京都では民間各メーカーが節水型大便器の開発に取り組む以前に、少ない水量で洗浄・搬送可能な便器の性能、洗浄水量と排水管径、勾配、搬送距離等の相関関係等を空気調和衛生工学会に委託調査している経緯がある。

2007 年現在では節水型水洗トイレの普及率は約 70.6% であり、全水使用量の約 14% がトイレの水洗に使われて

表-1 東京都の 1972 年から 2007 年における節水量の内訳

Category	Total Save Water Policy		Total Water Conserved(l/p/d)	Remarks
Demand side	Device	Save-water Type Flushing Toilet Device(SWTFTD)	17	70.6%(household with SWTFTD) x 49%(conservation rate) x 14%(water for toilet flushing from 35litre consumption)
		Save-water Type Automatic Washing Machine	11.8	$150,000\text{m}^3 \div 12.77\text{mil} = 0.01175 = 11.75$
		Save-water Type Tap(SWTT)	23	$95.5\%(household \text{ with SWTT}) \times 25\%(conservation \text{ rate}) \times 28\%(water \text{ passing through tap from } 35 \text{ litre consumption})$
	Effective water-usage	Wastewater Recycling(WWR)	6.7	$WWR=85,400\text{m}^3/\text{d}(\text{recycled amount}) \div 12.77\text{mil} = 0.0066875\text{m}^3 = 6.6875\ell$
		Rainwater Harvesting(RWH)	0.03	$RWH = 13,000\text{m}^3(\text{total rainwater tank capacity}) \times 10\text{times usage/year} \div 365\text{days} \div 12.77\text{mil} = 0.00002789\text{m}^3 = 0.02789\ell$
	Others	Awareness Campaign	Under Investigation	
		Changing of charging system	Under Investigation	
Supply side	Leakage Reduction		54.8	$700,000\text{m}^3/\text{d}(\text{leakage reduced}) \div 12.77\text{mil} = 0.05482\text{m}^3 = 54.82\ell$
	TOTAL		181	

いる。また、節水型水洗トイレの節水率は約 49%であり、それらを計算すると都民一日一人当たり約 17ℓ の節水量になる。

b) 節水型全自動洗濯機

家庭用水のうち、洗濯用水はトイレ用水と並んで大きな割合を占めている。1973 年に東京都では財団法人機会電子検査検定協会（現財団法人日本品質保証機構（JQA））に委託して実験・調査を行った。結果、ためすぎ、すすぎ前の脱水などが有効で有事が判明した。同年 8 月にこの実験・調査に基づき、東京都水道局は、洗濯機を販売している各メーカーに対し、節水型電気洗濯機の開発・改良を要請し、各メーカーが節水型全自動洗濯機の開発に取り組んだ経緯がある。

翌年 1974 年 2～5 月には、各メーカーが開発した全自動式電動洗濯機の節水機能についてメーカー別比較試験と 2 槽式洗濯機のすすぎ効果について試験調査を行い、この試験調査の結果、以下の二つのことが確認されている。

- 1) すすぎ前の脱水、ためすぎ等をプログラムに組み込むことにより、従来型の 45～77%の水使用量で済み、洗浄度、すすぎ効果が従来型とほとんど変わらない。
- 2) 槽式洗濯機の流しすすぎでは、洗濯物の布に残留する洗剤量は、すすぎの初期には急激に減少するが、ある時間を経過すると、それ以上すすいでもほとんど変わらない。

上記の調査結果より、節水型全自動洗濯機の使用によって、一日 15 万㎡の節水が可能であると推定されるとの事である。これは都民一日一人当たりの節水量に換算すると約 11.8ℓ である。

c) 節水コマ

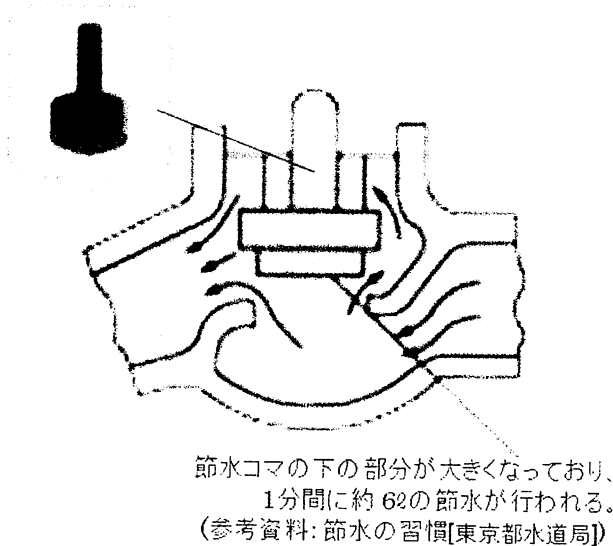


図-3 節水コマ

東京都水道局芝浦工場において「節水を目的として、ハンドル開度に応じて水の出る量を調節できる。」をテーマとして節水コマ（図-3）の開発が行われた。これにより、従来の水使用におけるコマと比較して下部構造が変更され、パッキンのゴム材質に改善を加えた節水コマが開発され、これに対して東京都は独自の規格を定めた。

2007 年現在では、節水コマの普及率は約 95.5%であり、全水使用量の約 28%が水道の蛇口から出る水によるものである。そして、節水コマの節水率は約 25%であり、それらを計算すると都民一日一人当たり約 23ℓ の節水量になる。

d) 再生水利用

東京都では、1984 年に策定された「雑用水利用にかかわる指導指針」において大口需要の新築ビル(延べ床面積 3 万㎡以上、循環利用料 100 ㎡/日以上を対象)について循環利用による雑用水利用の協力を依頼してきた。2003 年には、「水の有効利用促進要綱」が策定され、延べ床面積 1 万㎡以上の新規建築物、開発面積 3 万㎡以上の開発事業(個別循環方式、地区循環方式の場合は述べ床面積 3 万㎡以上)へと対象を拡大し雑用水利用の協力依頼を行っている。現在では事業者全体の 3 割程度が導入を行っている。この結果、都民一日一人当たりに換算すると約 6.7ℓ の節水量となっている。

e) 雨水利用

雨水利用の際には、最初に貯留タンクに雨水を集水した後利用を行う。一般的に、貯留タンクの容量は集水面積 (㎡) × 係数 C (日本は 0.1) (m) = タンク容量 (㎡) で決定される。東京都墨田区の例では、屋根面積 (㎡) × 1.5 (m) ÷ 12 ヶ月 = タンク容量 (㎡) で決定している。墨田区の例を用いて東京都の雨水利用による節水量の計算を行った。貯留タンク容量は 13,000 (㎡) であり、年に 10 回の交換を行うので全雨水使用量は 130,000 (㎡) である。そして、都民一日一人当たりに換算すると、0.03 (ℓ) の節水量になる。

日本において雨水利用は、河川の傾斜があることなど

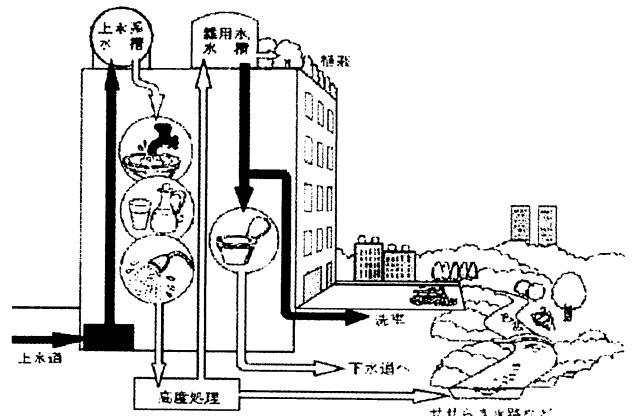


図-4 再生水利用モデル

の地形的要因及び天候に左右されやすい為に水源としての不安要素が多い。その為、他の節水対策と比べて、消費水量減少分 1810 のの中では比重が低いと考えられる。

f) 節水への広報活動

1972 年 7 月に東京都は「水需要を抑制する施策」を発表し、都民の水問題に対する意識向上の為のポスター作成を開始した。更に、1973 年に設置した水需要抑制対策委員会の会議において、需要抑制策にかかわる広報の実施方針を決定している。この実施方針は、需要抑制の広報の基本的な考え方を「都民の自主的節水の習慣づけ」におくとするもので、都民の水を確保することが困難となった東京の水事情について、都民に理解してもらうとともに、具体的節水方法の説明など、需要の抑制と直接結びつくような節水広報を展開していくこととしている。

また、1973 年に小学生へ水に対する副読本の配布や水道モニター制度の設置、1975 年からは中学生へ水に対する副読本の配布を行っている経緯がある。

節水への広報活動における節水量は、現時点ではまだ明確になっていない。しかし、1972 年に増加傾向にあった東京都の水使用量が減少傾向に転じている。1972 年時点では、節水の広報活動以外に具体的な対策があまり取られていないことを考慮すると、1972 年 7 月から開始した「水需要を抑制する施策」などの節水への広報活動が、以降の都民の節水意識に対して大きな影響を及ぼしたと考えられる。

g) 料金体系の変更

東京都は 1950 年代頃用途別差別料金体系を採っていたが、1966 年 2 月に口径別料金体系を採用した初めての料金改定を行なった。その後何度かの水道料金制度の改訂を行い現在の逓増型料金制度に成った。

水道料金制度に特に敏感なのは大口使用者である企業であり、逓増型料金制度の導入により、企業は各工場における工業用水道水の節水対策に努め始めた。これにより、企業による工業用水道水の減少が東京都の総水使用量にも大きな影響を及ぼしている。また、逓増型料金導入により、工場の移転も起こった。この為、東京都の全水使用量における工業用水道水の割合は過去と比べて減少している。

(4) 供給者側の対策

a) 漏水対策

水道供給者側の対策としては、水を各需要者に供給する際に起こる漏水対策がある。主に以下の 4 つの漏水対策が挙げられる。

- 1) 配水時の水圧コントロール
- 2) 給水パイプ材質の変更（普通鑄鉄管からダグタイル鑄鉄管 or ステンレス鋼管へ）
- 3) 漏水調査機器の開発
- 4) 地上流水の即時対応

である。これらの漏水対策の結果、東京都では過去と比較して一日当たり約 700,000 (m³) の節水量を実現している。これは、都民一日一人当たり 54.8ℓ の節水量になる。

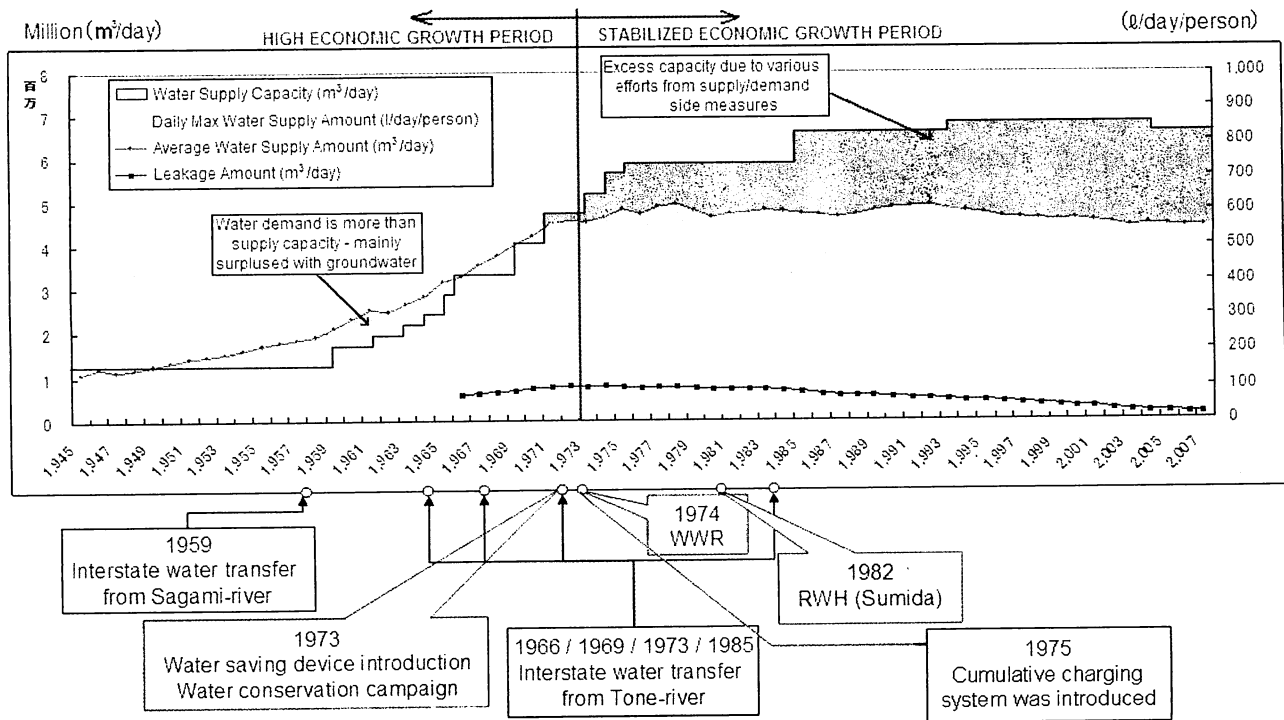


図-5 東京都における水供給可能量と配水量の変遷

3 おわりに

本研究では、需要者サイドと供給者サイドの両点からこれまで東京で導入されてきた節水対策について考察した。その結果、節水対策を行った結果である、1810 の削減量のうち各節水対策がどの程度節水に影響したのかの内訳がほぼ明らかになった。今後、アジア諸国の学生と共に議論を進めていく上で、図-5 に示すような東京の余剰水源のような開発をせず限られたガバナンスの中で効率的な水源対策について、より各国の状況に合わせた議論が可能になると考えられる。

また今後の課題として、今回の調査では分からなかった

- 1) 削減量 1810 における一般家庭用水と工業用水の内訳
 - 2) 東京の余剰水源に至る過程
 - 3) 「節水への広報活動」と「料金体系の改訂」による具体的な節水量
- について調査を進めていく予定である。

4 AIT学生との交流会開催状況

図-6はカウンターパートであるAITの校舎である。1959年にバンコクで設立され、周辺地域をリードする人材を育成することを目的とした工学系の国際大学。これまでアジア各国の多くの優秀な指導者を輩



図-6 AITの校舎（タイ）



図-8 現地でのワークショップの様子

出している大学院大学であり、多国籍、多文化な生徒を受け入れ、生徒が一体となって研究活動にいらしむことができる自己完結型の国際大学である。

図-7は現地のポンピングステーションをAITの学生と共に見学を行った時の写真である。

図-9はAITの学生メンバーと共に撮影を行った集合写真である。

5 参考文献

- 1) 東京都水道局：東京都近代水道百年史，1999.
- 2) 東京都水道局：事業概要（平成 19 年度），2007.
- 3) 東京都水道局：東京都第四次利根川系拡張多摩水道施設拡充事業誌，1999.
- 4) 東京都水道局：節水の習慣
- 5) 藤井利治：節水意識の高揚と節水施策の評価，水道協会雑誌第 71 巻第 7 号，pp. 3-14, 2002.
- 6) 藤井利治：水を蓄む 地球温暖化のもとでの水資源開発，文芸社，2005.
- 7) グループ・レインドロップス：やってみよう雨水利用，北斗出版，2008
- 8) 墨田区役所環境保全課

http://www.city.sumida.lg.jp/sumida_info/kankyoku_hozen/amamizu/index.html



図-7 現地での施設見学



図-9 メンバーとの集合写真