

19. 東京における戦後 60 年間の水系インフラ整備政策の変遷とその効果分析

—水資源の循環・節減の視点から—

Changes and Effects Analysis on Water-related infrastructure in 6 decades after the WWII in Tokyo

—Based on Recycling/Saving Water Resources—

駒田 健一* ・ 松下 潤*

Kenichi Komada* ・ Jun Matsushita*

ABSTRACT: Tokyo has experienced rapid urbanization during the high economic growth. The similar situation seems to commonly occur in many cities in Asia. They might have the double needs to simultaneously attain proper management of rapid urbanization and due infrastructure-making under lack of governance and financial resources. In Tokyo, there had been a large difference in the speed between urbanization and infrastructure-making during the economic growth period (1950s-1960s). And there have been the needs for wake of resources-saving in the oil-crisis in 1970s. This paper intends to show the step-by-step process to establish infrastructure-making in Tokyo during last 60 years based on the long-term analysis of amount-of-water-consumption-per-capita-basis to evaluate the effect by the due policy introduced herein.

KEYWORD: Infrastructure-making Policy, Amount of Water Consumption, Long-term Analysis, Comparison between Tokyo and Bangkok, Applicability of Japan's Policy to Bangkok

1. はじめに

東京はこれまでの 60 年間、表 1 に示すように、第Ⅰ期から第Ⅳ期まで段階的なインフラ整備を行ってきた。第Ⅰ期は戦後経済復興期で、戦災という深刻な窮地から円滑に脱出するためには、水資源開発及びエネルギー開発への傾斜生産方式が導入された。第Ⅱ期は高度経済成長期で、図 1 のような急激な都市化への乱開発対策のための開発者インフラ負担方式と公害防止対策のための汚濁原因者負担方式が導入された。さらに第Ⅲ期はオイルショック以降の経済安定成長期で、資源エネルギー消費量の削減のためのしくみが導入された。さらに第Ⅳ期には地球環境問題が顕在化したことを受け、循環型社会形成や温暖化防止対策のために、公民協働のしくみが取り入れられようとしている。

今日アジアの諸都市を見ると、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(財政と組織体制)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えないことから、東京の過去の経験は重要な示唆を与える可能性が高いと言える。

本研究の目的は戦後 60 年間の東京における、水系インフラの整備過程を分析し、水資源の循環・節減等の政策効果を時系列的に検証することである。また、バンコクにおける水道インフラの整備実態を分析し、東京が過去に導入した政策の適性について考察する。

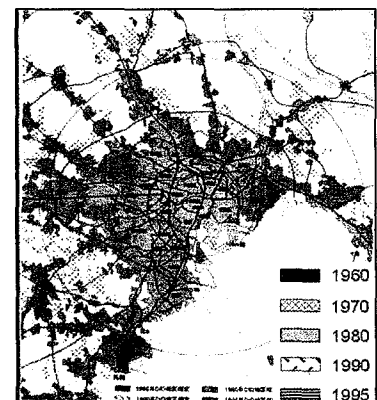


図 1 東京における都市化 (1960-1995)

(注) 都市再生機構資料から引用

表 1 東京における歴史的背景の 4 分割及び社会問題と対策原理

期	年代	社会問題[対策原理]
I	1940	戦後経済復興[重化学工業への傾斜生産方式]
II	1950-1960	高度経済成長・公害[汚染者負担方式]
III	1970-1980	石油危機・資源循環有効利用の必要性[市民意識の啓蒙のためのしくみ]
IV	1990-2000	地球環境問題[公民協働システムのしくみ]

*芝浦工業大学建設工学専攻 (環境基盤研究室) Eco-Infrastructure Lab, Construction Engineering, Shibaura Institute of Technology (307, Fukasaku, Minuma-ku, Saitama-shi, 337-8570, Japan)

2. 東京の戦後 60 年間の水系インフラ整備プロセスの分析とその効果分析

2.1 水道インフラ

東京都の水道インフラでは、第Ⅰ期における漏水削減対策、第Ⅱ期の高度経済成長に伴う水需要急増対策、第Ⅲ期の需要抑制対策が必要とされ、どのような政策効果を及ぼしたのかについて分析する。

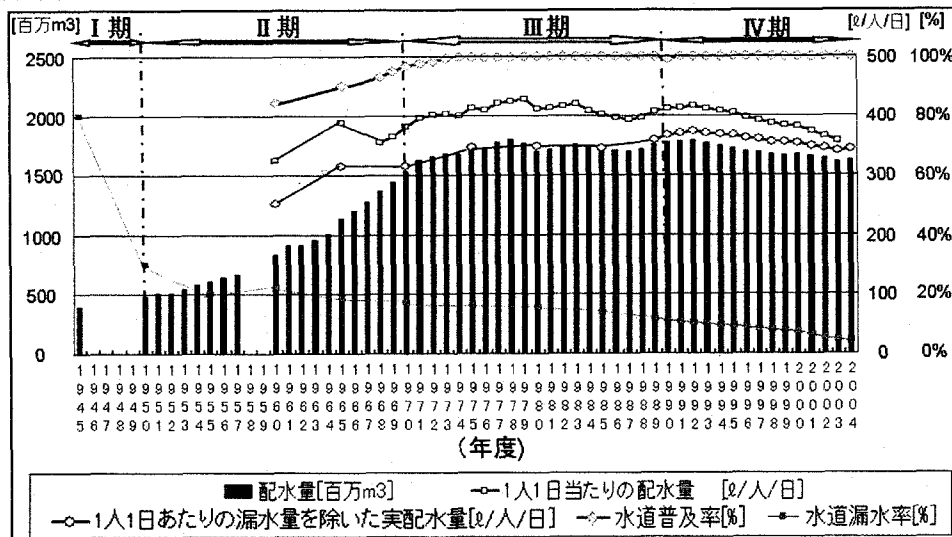


図2 東京の水道インフラの時系列的な整備実態

(注) 東京都統計年鑑(1945-2004)、水道局事業年報(1945-2004)、東京都における漏水防止対策の推進(2004)を基に作成

a) 分析方法

図2に東京の水道インフラの時系列的な整備実態を示す。横軸に年度(1945-2004)、縦軸左に配水量(以下総配水量と呼ぶ)[百万 m³]、縦軸右に1人1日当たりの配水量(以下配水量と呼ぶ)・1人1日当たりの漏水量を除いた実配水量(以下実配水量と呼ぶ)[ℓ/人/日]と水道普及率・水道漏水率[%]を示した。これらを以って、急増した水需要を抑制するために東京都が行った対策効果と利用者の水利用の変化を明らかにする。

b) 効果分析①—水需要抑制の視点

第Ⅱ期における東京都の水道経営は、高度経済成長に伴い年々急増する水需要、水源開発の遅れ、財政悪化等で苦しい時代を迎えた。東京オリンピック渇水(1964)を機に利根川から引水を開始したため、総配水量は393.1[百万 m³](1945)から1679.9[百万 m³](1970)まで急増した。また、第Ⅲ期の石油危機(1973)を契機として、水道需要を計画的に抑制することが課題となった。東京都は「節水の習慣」のパンフレットと6ℓ/分の節水ができる節水コマを無料配布(1973)する節水PRや、水道料金の2.6倍の値上げ(1975)を行った。また企業には節水型機器の製造・指導を行うとともに、「雑用水利用に係る指導指針」(1974)により延べ床面積3[万 m²]以上の大規模建物を対象に中水の利用促進を図った。さらに、第Ⅳ期には、バブル景気(1990頃)等の影響でいわゆる「朝シャン」などの新しいライフスタイルがもたらされ、実配水量は314.9[ℓ/人/日](1970)から373.1[ℓ/人/日](1992)まで増加した。それに関わらず、バブル以降には、総配水量は年々減少し、実配水量も約343.3[ℓ/人/日](2004)まで減少しており、第Ⅲ期初頭に行われた政策が長期的に効果を成しているといえる。

c) 効果分析②—漏水量削減の視点

戦時中の空襲で80[%](1945)まで悪化した水道漏水率は、第Ⅰ期末までに30[%](1949)まで改善した。第Ⅱ期の高度経済成長には、水需要の急増に伴い水資源の多大な損失を生む漏水の削減が課題となった。その結果、強度の高いダクタイル鋳鉄管の導入(1960)、さらには当時の漏水の95[%]を占めていた鉛製の給水管のステンレス化(1980)が図られ、漏水率は11.1[%](1990)から4.4[%](2004)まで改善した。また、配水量と実配水量の差が67.1[ℓ/人/日](1975)から15.9[ℓ/人/日](2004)へと年々縮小されていることは、これまでの漏水削減対策が水需要抑制に効果を成していることを意味する。

d) まとめ

節水PR・水道料金の値上げ・節水型機器の製造販売・雑用水利用の指導が人々の水利用を安定させ、さらにダクタイル化とステンレス化による漏水削減対策が水需要抑制を支持し、相乗効果を啓発したことがわかった。

2.2 工業用水道インフラ

東京都の工業用水道インフラでは、第Ⅱ期の高度経済成長期に発生した地盤沈下の抑制対策として導入された井戸水揚水規制、さらには水資源の節減のための料金対策がどのような政策効果を及ぼしたのか分析する。

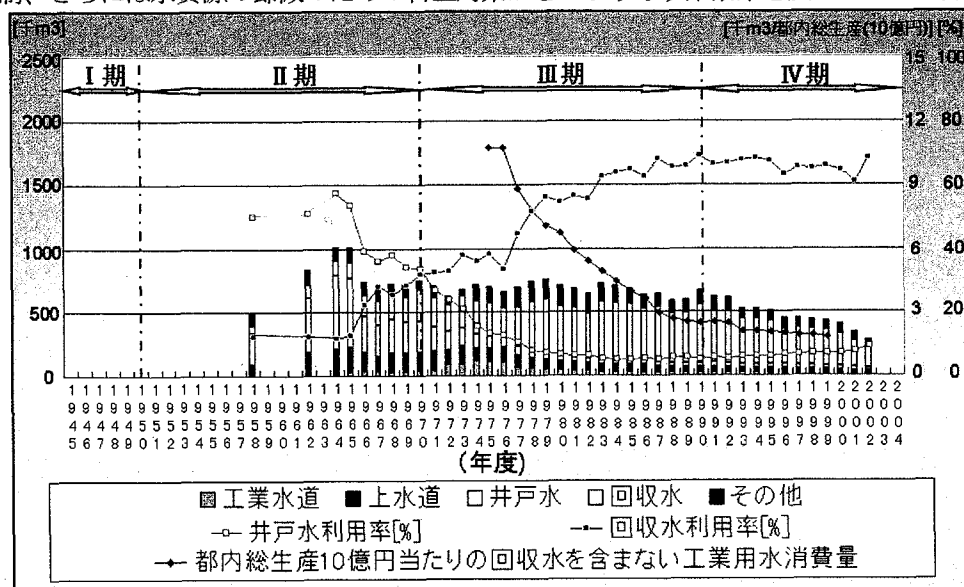


図3 東京の工業水道インフラの時系列的な整備実態

(注) 東京都統計年鑑(1958-2002)、東京の工業(1958-2002)を基に作成

a) 分析方法

図3に東京の工業水道インフラの時系列的な整備実態を示す。横軸に年度(1945-2004)、縦軸左に工業水道・上水道・井戸水・回収水の水量[千 m³]、縦軸右に都内総生産(GRP)10 億円当たりの回収水を含まない工業用水消費量(以下実質消費量と呼ぶ)[千 m³/GRP]と井戸水利用率[%]・回収水利用率[%]を示した。これらを以って、地盤沈下の抑制効果と回収水利用促進の効果について明らかにする。

b) 効果分析①ー井戸水揚水に伴う地盤沈下抑制の視点

井戸水利用率は、第Ⅱ期の高度経済成長期の初期に 60%(1964)に達し、地盤沈下が一層深刻化した。政府は工業用水法(1956)と建築物用地下水の採取に関する法律(1962)を定め、井戸水揚水を規制し、東京都では工業用水法に基づく江東地区の地下水汲み上げ規制(1961)が行われた。さらに、特定工場等を都内から地方に移転させるため政府が定めた工場等制限法(1959)も、地下水の安定に寄与することとなった。そのため、井戸水量は 580.3[千 m³](1964)から 252.5[千 m³](1974)まで半減し、井戸水利用率も 57.4%(1964)から 10%以下(1978 以降)へと急激に減少した。この結果、江東デルタ地帯の地盤沈下は累積で最大約 5m にまで及んだが、このような地盤沈下抑制対策の効果によって沈静化したのである。

c) 効果分析②ー工場等における回収水利用促進の視点

前述の通り、高度経済成長に発生した地盤沈下の抑制対策として導入された井戸水の汲み上げ規制により工場では回収水利用への転換が進んだ。その理由としては、工業水道や水道の利用料金が回収水と比べ相対的に高いことが考えられる。その結果、回収水利用率は約 12[%](1958-1964)から 38.2[%](1975)まで増加し、それ以降石油危機の影響もあり 60[%]を超え(1983)、最終的に 68.3[%](2003)まで増加した。そのため、工場における実質消費量は、10.72[千 m³/GRP](1975)から 2.70[千 m³/GRP](1988)まで急激に減少し、さらに 1.84[千 m³/GRP](1999)まで緩やかに減少した。このことは、第Ⅱ期からの井戸水の汲み上げ規制による効果であり、工場内において回収水利用率が高い生産システムが実現されたといえる。

d) まとめ

地盤沈下抑制対策として井戸水汲み上げ規制がなされ井戸水利用が急激に減少し、同時に工場における回収水利用が促進されたことで、実質消費量の減少がもたらされた、これにより、工場において回収水の利用を中心にしたクリーンな生産システムの実現が図られたことが明らかになった。

2.3 下水道インフラ

東京都の下水道インフラでは、第Ⅱ期の高度経済成長に伴って発生した水質汚濁の防止対策、さらには第Ⅲ期の石油危機に伴う下水処理水の利用促進対策にどのような政策効果を及ぼしたのかについて分析する。

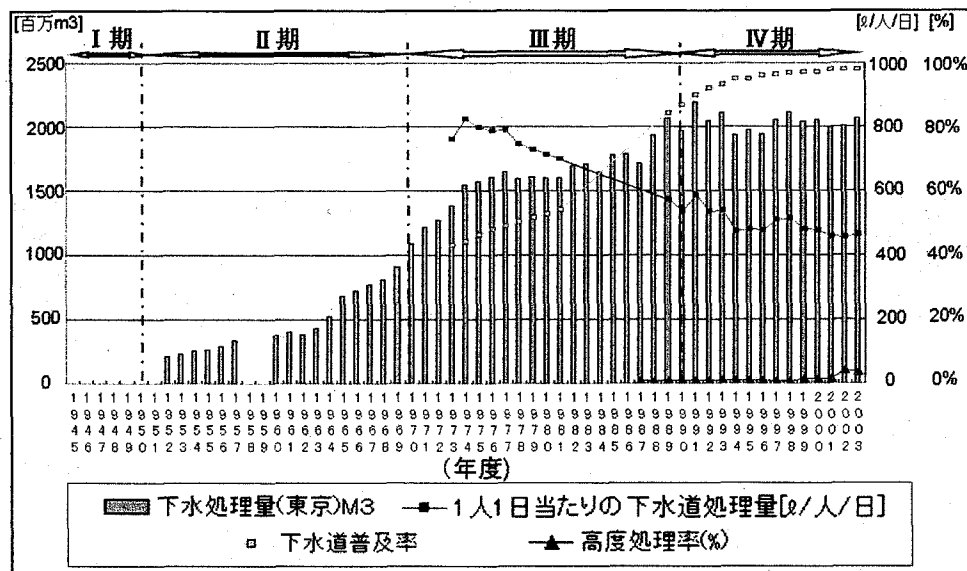


図4 東京の下水道インフラの時系列的な整備実態

(注) 東京都統計年鑑(1952-2003)、下水道局事業年報(1952-2003)を基に作成

a) 分析方法

図4に東京の下水道インフラの時系列的な整備実態を示す。横軸に年度(1945-2003)、縦軸左に総下水処理量[百万 m³]、縦軸右に1人1日当たりの下水処理量[l/人/日]と下水道普及率・高度処理率[%]を示した。これらを以って、いかに下水道普及が促進し、下水処理水の削減が図られたか分析する。

b) 効果分析①—水質汚濁の防止の視点

第Ⅱ期の高度経済成長期には、工場や家庭排水等の公共水域への垂れ流しによる水質汚濁が頻発し、水俣病(1956)に代表される残業公害問題が顕在化した。これを受けて、政府は汚染者負担原則にもとづく水質汚濁防止に取り組む必要に迫られ、公害国会(1970)において水質汚濁防止法等の制定や下水道法等の改正が成されるに到った。これに伴い、下水道普及率は43.2[%](1973)から90[%](1991)まで急増し、その後も緩やかに98[%](2003)まで増加している。また、第Ⅲ期の石油危機に伴い、雑用水の利用促進、さらには第Ⅳ期には閉鎖的水域である東京湾の窒素・リンの水質対策のための高度処理の導入が必要となり、高度処理率は1[%](1987)から4[%](2003)まで増加した。(なお、汚濁物の収支に関しては調査中であり、今後の研究に委ねたい。)

c) 効果分析②—下水処理水の利用促進の視点

東京都は、第Ⅲ期の石油危機の契機に、水資源の節減・有効利用のため、2-1で述べた通り「雑用水利用に係る指導方針」(1974)を定め、大規模建築物(延べ床面積3[万 m²]以上)に対して雨水や下水処理水をトイレ等の雑用水に循環利用する指導を行った。このため、個別循環利用件数は74件(1987)から275件(2000)まで急増した。また、落合下水処理場では処理水を新宿副都心(1984)で広域循環利用するシステムの構築を図った。その他、臨海副都心地区でのゆりかもめの洗車用水、汐留地区での温暖化現象への対策として道路散水等、下水処理水の用途拡大も図られてきた。1人1日当たりの下水処理量でみると、823.2[l/人/日](1974)から463.3[l/人/日](2003)まで減少していることは、このような施策の導入によるものと考えられる。

d) まとめ

下水道インフラの整備は、水道と比べて立ち遅れ、第Ⅱ期から本格的に進められた。第Ⅲ期には、石油危機に伴い、下水処理水の有効利用が課題となった。本研究で用いた統計資料を分析した限りでは、1人1日当たりの水道インフラの配水量と下水処理水量には大きな格差が見られる。その理由が合流式下水道の雨天時流入によるものかどうかなど、今後精査する必要があることを付記する。

2.4 東京の戦後 60 年間の水系インフラ整備政策の分析評価

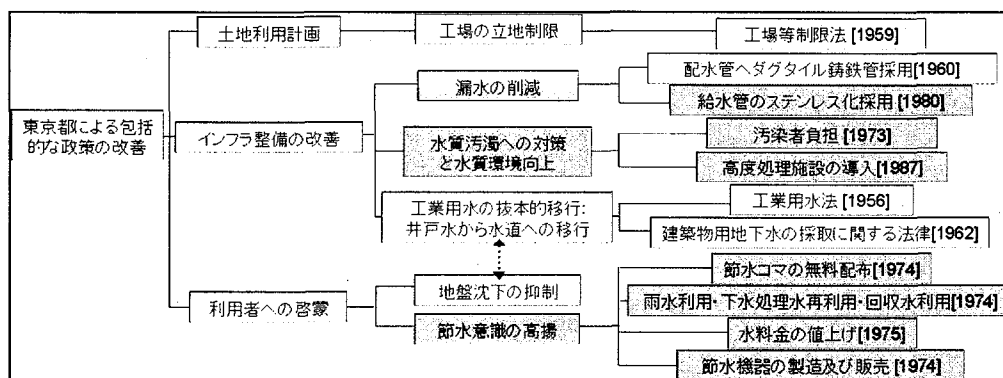


図5 東京の戦後 60 年間の水系インフラに関する整備政策

(注) 着色されていない箇所は第Ⅱ期に行われた対策、着色箇所は第Ⅲ期に行われた対策を指す。

図5に今日までの60年間における東京の水系インフラに関する整備政策をまとめた。これは①土地利用計画、②インフラの整備改善、③利用者への啓蒙から成り立っている。①と②は法制化等による民間への規制政策を意味しており、③は啓蒙・指導・利用料金の値上げ等の誘導政策を表している。

これらを見ると、第Ⅱ期には目下の諸問題に対して政府単独での法制化等による規制政策が主体であったが、第Ⅲ期における資源の有効利用・節減のための市民意識の啓蒙のしくみの導入を経て、さらには第Ⅳ期における資源の有効利用・節減の持続を目指した行政・民間の公民協働のしくみの導入へと展開してきたといえる。これは従来行政が負担していた責任を民間にも分担させ、インフラ整備の持続性をもたらす基礎的な条件を成すといえる。

3. バンコクにおける過去 50 年間の水道インフラ整備プロセスの分析と評価

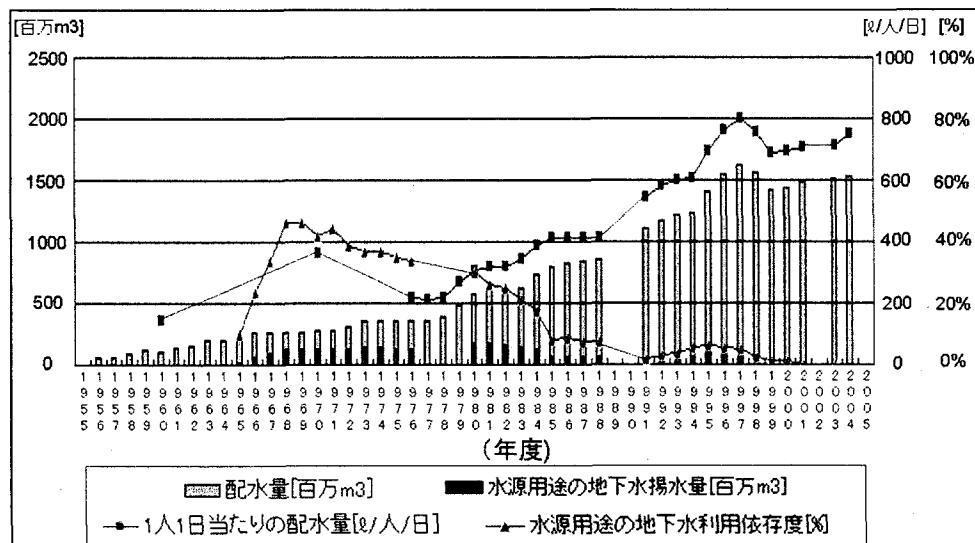


図6 バンコクの水道インフラの時系列的な整備実態

(注) 水道配水量*1、水源用途の地下水揚水量*2

a) 分析方法

図6にバンコクの水道インフラの時系列的な整備実態を示す。横軸に年度(1955-2005)、縦軸左に配水量・水源用途の地下水揚水量[百万m³]、縦軸右に1人1日当たりの配水量[l/人/日]と水源用途としての地下水利用依存度[%]を示した。これらを以ってバンコクの社会的背景から人口急増に見回れているバンコクにおける市民1人1日当たりの水利用量の変化と水源の地下水依存度の変化を明らかにする。(下水道インフラは1999年から整備がはじめられたため、現時点ではデータが少ない。また、工業用水インフラに関しては十分なデータが入手できていない。このため、これら二つの水系インフラに関してはここでは対象外とする。)

b) 効果分析①ー水道インフラ整備政策の視点

バンコクでは経済開発計画(1960)に伴い、政府が集中的な公共投資を行った結果、図 7 に示す様に首都の都市化と人口の集中が急激に進行した。これに伴い、水道配水量は 104.4[百万 m³](1960)から 1632.6[百万 m³](1997)まで急増し、その後 1538.3[百万 m³](2004)まで安定している様に見える。1 人 1 日当たりの配水量も 143.0[l/人/日](1960)から 748.0[l/人/日](2004)まで急増した。(1 人 1 日当たりの配水量では、東京よりバンコクの方が大きい。この理由として、漏水率の違いが考えられるが、本当のところはまだ不明である。)

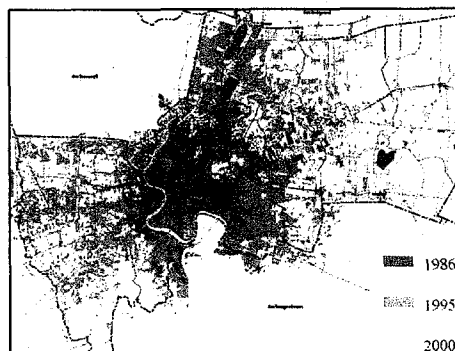


図 7 バンコクにおける都市化
[1986-2000]

(注)バンコク首都圏庁 都市計画課
Urban planning of Bangkok を基に作成

c) 効果分析②ー水源としての地下揚水の転換の視点

水源としての地下水揚水量は年々増加し、深刻な地盤沈下を引き起こしている。そのため、地下水揚水への課税政策(1984)が導入された。

バンコクの地下水揚水量は 21.9[百万 m³](1965)から 127.8[百万 m³](1984)まで増加し、それ以降は緩やかに 3.65[百万 m³](2003)まで減少してきた。また、水源の地下水利用への依存度は 9.9[%](1965)から 44.5[%](1971)へと増加し、それ以降は緩やかに 0.2[%](2003)へと減少していることが示された。これは、水道事業を運営しているバンコク首都給水公社が、水源を表流水に転換してきたことを意味している。

d) まとめ

バンコクの人口は今日もなお増加しているが、1 人当たりの配水量は安定化されている。水源としての地下水利用率もかなり低下している。しかし、漏水抑制対策も含めた水需要抑制対策が今後の課題であると推察される。その他、工業部門における水需要抑制や地下水利用の抑制に関わる動向については、別途調査を予定している。

4. 結論及びまとめ

本研究において分析した内容は以下の通りである。

- ①東京における戦後 60 年間の水系インフラ整備プロセス (水道・工業用水道・下水道インフラ) の分析
- ②水道インフラに関しては、総配水量、1 人 1 日当たりの配水量及び実配水量、水道普及率及び漏水率の変化
- ③工業用水道インフラに関しては、水源別内訳(工業用水・上水道・井戸水・回収水)、都内総生産 10 億円当たりの回収水を含まない実質的な工業用水消費量の変化
- ④下水道インフラに関しては、下水処理量、1 人 1 日当たりの下水処理量及び下水道普及率・高度処理率の変化
- ⑤バンコクにおける水道インフラに関しては、配水量及び水源用途の地下水揚水量、1 人 1 日当たりの配水量、水源としての地下水利用依存度の変化

この結果、東京では 1970 年代の石油危機を契機とした循環・節減のための政策は非常に効果的であったことが示された。同様の分析をバンコクの水道インフラの整備対策に適応した結果、バンコクにおいても一定の政策効果が認められたが、なお漏水率に関する改善の余地が大きいと推察される。

5. 謝辞

バンコクの水系インフラに関するデータ収集・調査では、ご協力頂いたアジア工科大学荒巻俊也教授、アジア工科大学環境工学専攻 Thanchanok Kangwankraiphaisan 氏に感謝する。またバンコクの水系インフラに関するデータ収集・インフラ整備実態に関する情報を提供頂いた BMA 統計局の Patcharee Hongpanich 氏、排水下水道局の Chanchai Vitoonpanyakij 次長をはじめとする関係各位に謝意を表する。

*1 補注：バンコクの配水量に関するデータは次の資料から引用した

①[1956-1984]JICA 専門家松下潤作成資料(1984 年)、②[1979-1991]バンコク首都給水公社(MWA)、③[1992-2001]バンコク首都圏庁(BMA)、④[2003,2004]国家統計局(NSO)

*2 補注：バンコクの地下水揚水量に関するデータは次の資料から引用した

[1965-2003]アジア工科大学土木工学科(Civil Engineering, AIT)Mana Kitiret 論文,"Sustainable GW Resources Management for the BICIC Aquifer System"