

# 治水経済評価における時間的・地域的効果に関する研究

竹内洋市<sup>1</sup>・須賀如川<sup>2</sup>・竹澤三雄<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 川崎地質株式会社 (〒108-8337 東京都港区三田 2-11-15)

E-mail: takeuchiy@kge.co.jp

<sup>2</sup>フェロー会員 工博 宇都宮大学名誉教授 (〒276-0023 千葉県八千代市勝田台 4-2-4)

<sup>3</sup>フェロー会員 工博 日本大学教授 (〒101-8308 東京都千代田区駿河台 1-8)

本研究は、従来、評価されてない治水効果の時間的・地域的効果を考慮して、現在算定している直接被害と間接被害防除効果に追加加算して評価することで経済効果をより適正に評価させる新しい経済評価手法の提案を行っている。治水効果の時間的波及効果については17世紀初頭の木曾川改修をケーススタディに挙げ、治水効果の地域的波及効果についてはマニラ首都圏洪水対策をケーススタディに挙げた。この結果、既存の計画では経済効果評価の側面から実施可能性が低い事業とされた事業も実際には実施可能性の高い事業であることが明確になった。

*Key Words: time and regional extended effects by a flood mitigation project, the Kiso Rivers system, flood control and drainage in Metro Manila*

## 1. はじめに

日本国内および海外で実施されて来た治水事業の経済評価では、直接被害額や間接被害額を含めることはあっても、時間的・地域的波及効果が算定されることはなかった。そのため治水事業は一般的に道路建設事業等に比較し経済効果が低く算定され、特に、海外での国土開発事業の採択に当たっては、経済効果の高い方から採択されることが多く、治水事業は実際に経済価値が存在するにもかかわらず、その価値が評価されなかったため、採択が遅らされるか、採択されないことがあった。ここで提案する新しい経済評価手法では従来評価されていない治水効果の時間的・地域的効果を考慮して、現在算定している直接被害と間接被害防除効果に追加加算して評価することで、経済効果をより適正に評価させ、事業実施の可能性が高くなるような手法について検討した。

建設省の直轄河川では治水経済調査が昭和30年代後半から実施されてきたが、今般治水経済調査マニュアル(案)が策定され、このマニュアルに基づき、従来の治水事業の経済評価を見直し、この結果に基づいて国全体の事業費の割り振りが実施されようとしている。現時点では、道路事業と河川事業は同レベルで経済効果に基づく事業費の割り振りが実施されていないが、近い将来、治水事業が正当に評価されるよう準備することが大変重要である。

本研究は、建設省の治水経済調査マニュアル<sup>1)</sup>や河川砂防技術基準(案)調査編河川経済調査<sup>2)</sup>の中で、治水事業の経済効果が適正に評価されていなかったと考えられる時間的波及効果と地域的波及効果を、従来の評価に加算し、低く評価されていた治水事業の効果をより現実に近づけ、より正確な判断基準の提供を目的とするものである。

## 2. 時間的波及効果について

時間的波及効果とは、堤防・ダム等の治水施設が洪水を防御した結果守られた資産が、さらに時間の経過とともに、当該地区の資産・資本の増加・蓄積に影響を及ぼす効果である。

治水経済評価手法に関しては、米国で開発された治水経済手法が昭和30年代末に日本に導入され、昭和45年に治水経済調査要綱が策定されて以来、改良を重ね現在の治水経済調査マニュアル(案)<sup>1)</sup>、河川砂防技術基準(案)<sup>2)</sup>に至っている。そこでは治水施設が洪水被害を守る効果は評価されているが、守られた資産がさらに資産を生み出す時間的波及効果は評価されていない。一般の経済評価発祥時の評価対象は、穀物のような農業製品や自動車やテレビのような工業製品をいかに安価に生産・供給するかということであったと思われる。

治水経済評価では、堤防が破堤すると想定氾濫区

域の資産を減少させ、過去の累積資産も皆無にし、資産を再形成する能力まで奪うということもあるが、堤防により想定氾濫区域の洪水から守られた資産は資本となり、この資本は消費されることなく、更に、資産を積み増す。この累積の資産積み増し効果を治水経済評価における時間的波及効果とする。

時間的波及効果の正確な定量的把握は現時点では大変難しいが、17世紀初頭に木曾川の左岸に建設された御囲堤の時間的波及効果について検討すると次のとおりである。

木曾川は、図-1に示すように1610年に犬山から河口まで延長約50kmに左岸のみに築堤されて以来、明治改修が開始される1887年まで約260年間左岸堤が右岸堤より概ね0.9m高かったため<sup>3),4)</sup>、1610年から現在に至るまで400年間近く左岸側は洪水被害を全く受けなかった。江戸時代、左岸側が徳川御三家の尾張藩の所領であったため左岸側の治水安全度が優先され、右岸側落では堤防高を左岸より高くすることを禁止されていた。右岸側美濃、現在の岐阜県側は、慶長年間から宝暦年間にかけて145年間の間だけでも110回洪水の洪水に見舞われると言うように繰り返し洪水被害を受けていた<sup>5)</sup>。右岸側と治水条件がよくなった左岸側とは、近接した位置にあり、堤防高の差に基づく水害被害以外の自然・社会・経済的条件は、その初期において、ほぼ同一でありながら、時間経過に伴う資産・資本形成は異なった。左右岸堤内地の自然条件は現在の地形図から江戸時代も差異がないことは明らかであり、左右岸の社会的条件も江戸時代を通じ封建制度下にあり同一と見なされる。経済条件は戦国末期、尾張の織田と美濃の斉藤の戦力がほぼ互角であったことから1610年の堤防建設時の兩岸側の経済力はほぼ同じと推定される。

木曾川左岸側の愛知県尾西地区では、戦国時代末期から従来の絹織物に加え、綿花を原料にする綿織物が生産されるようになり、繊維産業は江戸時代に発展した<sup>6)</sup>。その技術と資本の蓄積が大正時代に入

ると、絹・綿製品のみならず高級毛織物までの生産を可能にし、豊田佐吉が活躍できる愛知県全体の繊維工業の発展を可能にした。更に、その繊維工業が後の愛知県の兵器産業・乗用車・航空機等の生産の基盤となり、1999年時点で愛知県の県民1人当たりの製造業における生産高は196万円と日本一の工業生産高県へ成長した。そして、岐阜県の県民1人当たりの製造業における生産高98万円と大きな差を開くことになったとも言える<sup>7)</sup>。

ここで述べたことを時系列に沿って正確に証明するには、国や地方自治体政策・土地条件・治水以外のインフラ整備・科学技術の進歩・国際国内経済等多くの要因が複雑に絡み合っていて、多大な費用と長時間を必要とする。証明対象時期は、人口・社会・経済制度が固定されていて、比較的御囲堤以外の要因の変化の少ない、江戸時代が最適である。その江戸時代の兩岸における経済格差を示すデータ中、現時点でアクセス可能なデータは、宗門別改め帳に基づく人口、職業の多様性、検地に基づく石高が考えられるが、調査対象地域内のこれらのデータさえ漏れなく収集することは容易なことではない。明治初期における兩岸における経済格差を示すデータとしては戸籍台帳、地租を含む租税台帳、児童の就学率等が考えられる。国勢調査のデータが利用できるのは、第1回調査が実施された大正9年(1920年)以降である。

昭和38年度と昭和39年度両年度にわたって建設省によって木曾三川治水経済調査が実施された。当時、担当者であった筆者(竹内)の資料の中に、木曾川左右岸の住民1人当たりの資産に明確な差が認められた。したがって、このデータを、御囲堤の効果を調べる木曾川左岸の御囲堤の建設が左・右岸地域の土地利用条件に重大な差異を生んだ検証データとして完全なものではないが、現時点入手できる最善のデータとして用いた。

木曾川の氾濫水理解析は昭和38年当時の5万分の1の地形図を基に手計算で次のように行った。

対象流量は解析当時の犬山地点下流の基本高水14,000 m<sup>3</sup>/sを使用した。洪水波形は昭和13年7月の既往最大洪水を基本に昭和36年6月洪水を包絡する波形とした。破堤箇所は昭和38年度直轄河川区域内危険箇所調書の危険度Aと危険度Bの中、特に危険度の高いと想定される地点を選定した。破堤断面の形状は漏水、洗掘、越流等の原因の如何にかかわらず、現地盤がそのまま残り堤体だけ流された形状とした。破堤延長は昭和20年以降昭和34年までの木曾三川を含む全国8河川157破堤箇所の平均延長250mとした。破堤箇所は左岸側では7箇所、右岸側では4箇所を想定した。破堤口からの氾濫流は横越流の形で流入するものと想定したが、実際には破堤口を単純に広頂堰と考え、越流の状態は堤内外水位の相対的關係から、完全越流、不完全越流、潜り堰流の3状態を想定した。ただ、不完全越流状態は継続時間が僅かであったため無視した。氾濫形態は、氾濫流が貯留される貯留型、氾濫流が貯留され

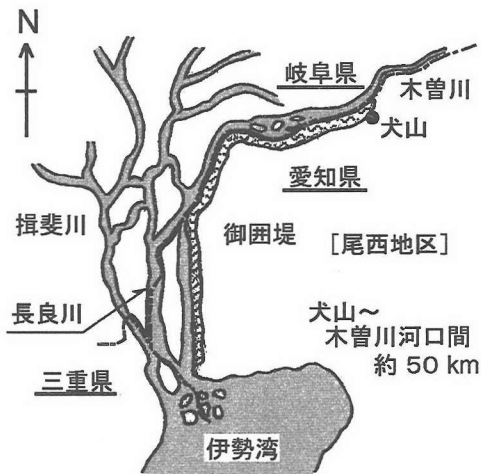


図-1 御囲堤位置図

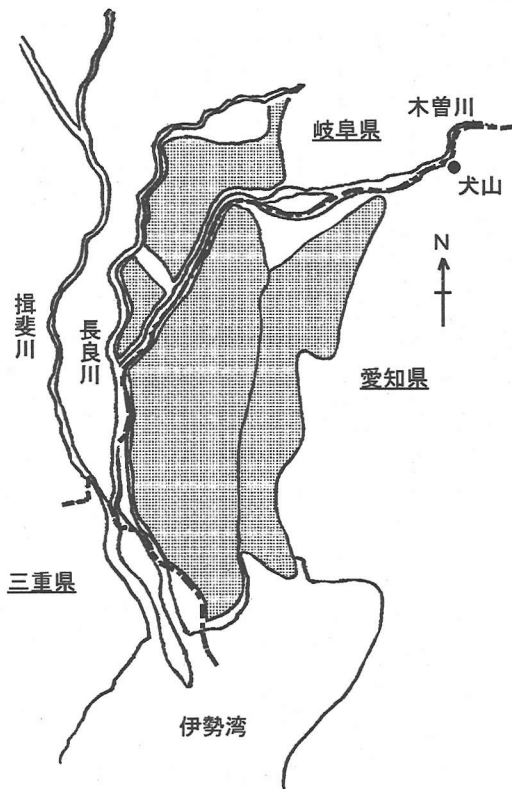


図-2 木曽川想定氾濫区域図

表-1 木曽川想定氾濫区域における愛知県と岐阜県の被災実態比較

	愛知県	岐阜県
A 家屋 (百万円)	159,818	16,374
B 家計財産 (百万円)	103,500	11,731
C= A+B	263,318	38,105
D 世帯	151,828	16,592
E 人口	725,261	90,304
F 浸水面積 (ha)	48,859	7,999
C/D (万円/世帯)	173.4	169.4
C/E (万円/人)	36.3	31.1
C/F (万円/ha)	538.9	351.4
E/F (人/ha)	14.8	11.3

価格は昭和36年当時

ることなく流速をもって流れる拡散型、広い氾濫域の上流部では拡散型で下流部では貯留型となる複合型の3形態を考えた。

この氾濫水理解析に基づく想定氾濫区域は愛知、岐阜、三重の3県に跨った。この研究の対象とする愛知県内の想定氾濫区域と岐阜県内の想定氾濫区域は図-2に示すとおりであり、3県に跨る想定氾濫区域から三重県分を除いたものである。

想定氾濫区域内各戸の資産は関係市町村が各自に調べられ、昭和36年単価にもとづく木曽川想定氾濫区域における愛知県と岐阜県の被災実態比較が行われた。表-1にその結果を示す。

浸水面積は愛知県が約48,900haで、岐阜県が8,000haであり、浸水面積内の人口は愛知県が725,000人で、岐阜県が90,000人である。想定被災は



図-3 木曽川尾西市周辺 (国土地理院 昭和37年1月撮影)

1世帯当り愛知県が173万円、岐阜県が169万円、1人当りでは愛知県が36万円、岐阜県が31万円、1ha当りでは愛知県が539万円、岐阜県が351万円、被災人口も1ha当り愛知県が14.8人で、岐阜県が11.3人である<sup>8),9)</sup>。

図-3の右半分の木曽川左岸側の愛知県尾西市の方が、左半分の木曽川右岸側の羽島市より昭和37年時点で、家屋が周密で資産が多いことが読み取れる。

以上のように、愛知県側の方が岐阜県側より、昭和36年当時、各世帯におけるストック資産は、左岸側の愛知県の方が高く、ここに含まれていない工場施設と農業施設のストックとしての資産を加え、フロー資産としての工場生産額と農業生産額を加えると、愛知県と岐阜県の経済格差は、更に拡大することは明らかである<sup>7),9)</sup>。

この木曽川の御囲堤の事例を通して、治水事業による時間的波及効果、言い換えると、洪水から守られた資産が資本となり、更に資産を積みますことを定性的に証明し、今後、御囲堤の例を詳細に調査すれば、時間的波及効果の定量的把握が可能であると考えられる。

### 3. 地域的波及効果について

地域的波及効果としては、産業連関・商業活動・社会・文化等のつながりを通して、隣接する地域の経済ばかりでなく、国や世界の経済に影響を与えることである。例えば、マニラの中心部に発生した水害はマニラ全体のみならず、ルソン島全域、フィリピン全体、世界経済まで影響を与える。2000年9月12日庄内川水系新川が破堤した時、破堤カ所の南南東30kmに位置する豊田市内の自動車製作工場にパーツが供給されずに停止した。これは地域的波及効果の明確な一部と見なすことができる。しかし、現在の治水経済評価では、地域的波及効果は、時間的波及効果同様、現在に至るまで治水事業の経済評価の対象になっていない。ただ、現在の治水計画立案

の中では、対象地域の重要性は流量確率年を高くするという経済性と別の安全性というカテゴリーで尊重されている。

治水事業評価を測定する方法としては、地域的波及効果を個々の関連からの積み上げにより求めることが困難であるため、現実的には各種要因の総括されたものとして、地価を算定根拠として用いることを提案する。そして、その地価が地域的価値、経済的価値に基づいていれば、それをそのまま治水事業の地域的波及効果の根拠に用いることができるものと考えられる。

もし、洪水がなく、地価の市場における利子率分だけ、毎年収入があるものとする、被災地とその周辺区域ならびにそれら関連地域の被災前の地価と被災後の地価の差に利子率を考慮した値が洪水によって失われる損失である。更に、地価の下落により、被災後の地価が被災前の地価に回復するまでの継続期間に相当するものを洪水の地域的波及効果と見なす。被災後の毎年の損失は、各地区の下落価格差と利子率の積に面積を考慮したものである。この毎年の損失を現在価格に修正し、地価が被災前の価格に回復するまでの期間、累積あるいは集積した値を水害の地域的波及効果と見なすことができると考えられる。

また、水害の地域的波及効果は治水経済調査マニュアル(案)の直接被害の対象資産(家屋・家庭用品・事業所償却・在庫資産・農漁家償却・在庫資産・農作物・公共土木施設等)被害率と関係があると仮定して、実績事例からその相関関係を調べ一般化する。

これはヘドニック・アプローチの水害の地域的波及効果を説明変数とした地価関数を想定したものである<sup>10)</sup>。浸水地点からの距離に対応した浸水被害による地価の低下は横森等<sup>11)</sup>による研究で確認されている。

ヘドニック・アプローチは環境を評価するhedonic pricing method (HPM) を応用したものである。HPM は環境の利便性を評価する場合、環境の利便性が直接市場価格に影響する事実を利用する方法である。実際、HPM が最も多く利用されるのは土地・建物等の資産の市場評価に環境が与える影響を調べる際に用いられている<sup>11)</sup>。

地価が投機により暴騰している場合や、大規模事業による影響を受けているような場合は、本来の価値に近づける地価のデフレート修正が必要である。地価が現在の日本のように大幅に低下している場合はインフレート修正が必要となる。

水害の地域的波及効果について、CVM (Contingent Valuation Method) 手法により被災地ならびにその関連地の個人ならびに法人から被害額を聞き取り、その集積値を地域的波及効果として、ある特定地域において捕捉することは可能であるが、前述の方法が地価と言うより明確な数字で表示される。

CVM は市場価格を避け、環境の価値を明確に定める場合、個人個人に質問をして定める方法である。CVM が最も広く用いられているケースは当該環境の

居住者に当該環境を保全のためにいくら支払うか面接して聞き取りを行う場合に用いられる<sup>12)</sup>。ここでは環境保全費用聞き取りに代え、水害被害を面接して聞き取り、水害の地域的波及効果について調べることを提案した。

この研究事例として、マニラ首都圏洪水対策計画を治水の地域的波及効果が評価されていたら事業採択が逆になっていたと想定される代表例として考察する。

マンガハン排水改善事業の総事業費は、表-2に示すように<sup>13)</sup>1988年10月価格で、132.0百万ドルであり、パシグ川河川改修事業の総事業費は65.8百万ドルでマンガハン排水改善事業の半分である。

マンガハン排水改善事業の便益費用比率と内部収益率は1.11と16.8%で、パシグ川河川改修事業は1.07と16.1%であり、経済効果はマンガハン排水改善事業の方が若干高い。社会的事業推進の要請の強さもあったと思われるが、この経済効率の高いことを主な理由としてマンガハン排水改善事業が先に建設事業として採択された。

しかし、図-4に示す<sup>13)</sup>SM-2地区は図-5のような地区で、パシグ川河川改修事業地区中でマニラ首都圏の最も中枢に位置する地区である。SM-2地区は1986年時点で既に開発が進み、治水事業を行っても、2020年時点の高密度住宅商業区は表-3に示すように<sup>13)</sup>0.44 km<sup>2</sup>の開発の余地しかないことを示している。一方、図-4に示すWM-1地区は図-6のような地区で、マンガハン排水改善事業地区内で最も開発が進むと計画された地区であり、高密度住宅商業区は、表-3のように2.86 km<sup>2</sup>増加する<sup>13)</sup>。

表-2 事業経済性比較

	マンガハン排水改善事業	パシグ川河川改修事業
総事業費	132.0百万ドル	65.8百万ドル
年平均被害軽減額	20.2百万ドル	9.3百万ドル
B/C(便益費用比率)	1.11	1.07
内部収益率 (IRR)	16.80%	16.10%

B: 便益 C: 費用

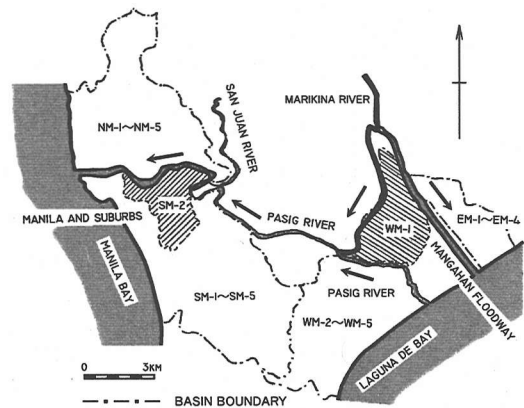


図-4 SM-2地区とWM-1地区位置図

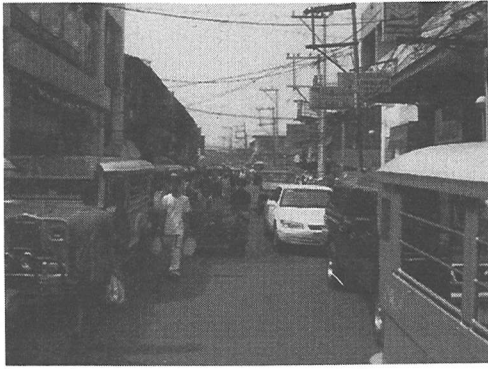


図 - 5 SM-2 地区の平成 14 年の風景  
(藤山秀明提供)

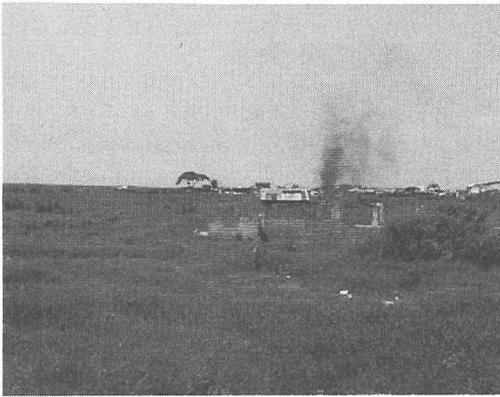


図 - 6 WM-1 地区の平成 14 年の風景  
(藤山秀明提供)

表-3 土地利用状況

年度	高密度住宅商業区	
	1986	2020
SM-2地区(km <sup>2</sup> )パシグ川	3.97	4.41
WM-1地区(km <sup>2</sup> )マンガハン	0	2.86

このように、マニラ首都圏のケースでは、地区の発展段階が異なっており、未開発のマンガハン地区では開発規模をパシグ川河川改修事業地区より大きく計画できた。パシグ川河川改修事業地区の既開発地区では開発の余地が少ないため、開発はマンガハン地区より相対的に少なくなった。その結果、マニラ首都圏の中枢に位置するパシグ SM-2 地区の治水経済効果がマンガハン地区の治水経済効果から表-2 の B/C のように過小に評価されたと思われる。すなわち、マニラ首都圏洪水対策では、マニラ首都圏の中枢に位置する地区を治水対象とするパシグ川河川改修事業の経済効果は、首都圏に隣接し、雨期に頻繁に浸水する湿地帯のマンガハン地区排水改善の経済効果を下回っていた。

マニラ首都圏洪水対策のケースでは、未開発のマンガハン地区の開発規模が大きく評価され、マニラ

首都圏の政治・経済の中枢に位置する地区のパシグ川河川改修事業の治水経済効果がマンガハン地区のマンガハン地区排水改善の治水経済効果より過小評価された。従って、このケースの治水事業評価の中に地域的波及効果を取り入れられていたとすれば、マニラ首都圏の政治・経済の中枢地区を治水対象地域とする洪水発生時の被害は世界的規模で影響を与え、マンガハン湿地帯の都市化後の洪水発生時の影響範囲を大きく上回ると予想される。従って、パシグ川河川改修事業の方がマンガハン排水改善事業より治水事業に関する経済性が高まり、フィリピン政府の採択優先順位は逆転していたものと考えられる。

このマニラ首都圏洪水対策計画を地域的波及効果の問題提起の事例とし、治水事業の地域的波及効果の存在を定性的に分析し、今後、水害による地価の低下の時間的・地域的に調べることにより、地域的波及効果の定量的把握が可能になるものと思われる。

#### 4. 考察

土地利用の状況に応じて治水計画の進め方は異なる。その内容として、従来の研究及び事例を通じて、問題点の整理を行い、新しい考え方の基本を示した。主な結果は次の通りである。

(1) 実際には治水ポテンシャルが十分にあり、かつニーズが十分にあるにもかかわらず、経済効果が実際より低く評価されているため、多数の賛成が得られず、事業費が確保されず、治水事業が容易に実施されないケースがある。その一例として、ここで検討したマニラ首都圏洪水対策のパシグ川河川改修事業が挙げられる。

(2) ここでの研究は、これまで治水事業において評価されていない治水効果の時間的・地域的効果を考慮して、現在算定している直接被害と間接被害防除効果に追加加算して評価することで、経済効果を向上しうる可能性を示した。

(3) 時間的波及効果については、17世紀初頭の木曾川の御困堤事例から、右岸堤防の高さが左岸堤より高いことによる木曾川左・右地域の発展の格差が時間の経過と共に拡大していく過程が明らかになり、治水経済評価の中でこの洪水から守られた資産が資本となり、更に資産を積みます効果の重要性を初めて定性的に示すことができ、今後の定量的把握方法の方向が示された。

(4) 地域的波及効果については、事例として、マニラ洪水対策計画を採り上げ、水害による影響を地価の下落価格差によって表される可能性を示した。地域的波及効果は浸水域の重要度に応じた地価下落を面的広がり範囲とし、地価回復までの時間的範囲で集積した値として与えられると考えた。

(5) 治水事業による経済効果を高めるため、水害を受けた場合、地域的波及効果が多く、単位面積当たり他地区へ及ぼす影響の強い地区、言い換えると土地利用の高度化した地区、地価の高価な地区、流



域の中核都市、道路・鉄道・港等の交通施設等それらの重要度に応じ、治水安全度を周辺の土地より上げ、事業全体の総合的効果を高めていくことが重要である。

(6) 治水事業は洪水被害軽減効果のみならず、社会・経済・文化の発展の基盤を形成する事業と共同で実施されないと能力ある定住者を引き付けることが出来ず地域の発展は望めない。

#### 参考文献

- 1) 建設省河川局：治水経済調査マニュアル（案），平成 11 年。
- 2) 建設省河川局監修：河川砂防技術基準（案）調査編，pp. 541-547, 1997.
- 3) 昭和 36 年 2 月から 9 月にかけて朝日新聞に掲載された特集記事「木曾川」[86]。
- 4) 竹内洋市：木曾三川の治水史，ESCAP・台風委員会合同セミナー講演テキスト，pp. 5-10, 1976.
- 5) 木曾三川～その流域と河川技術編集委員会，（社）中部

- 建設協会：木曾三川～その流域と河川技術，pp. 229, 1988.
- 6) 尾西市役所：起町史下巻，pp. 9, 1950.
  - 7) 週間東洋経済：地域経済総覧 2000, pp. 169, 1999.
  - 8) 竹内洋市：治水経済調査に関する報告，建設省中部地方建設局第 12 回工事報告書資料，pp. 217-228, 1964.
  - 9) 竹内洋市：木曾三川治水経済調査に関する木曾川想定氾濫区域における愛知県と岐阜県の被災実態と氾濫水了解析（竹内私物），1965.
  - 10) 肥田野 登：環境と社会資本の経済評価，勁草書房，pp. 81-82, 1997.
  - 11) 横森直樹，平松登志樹，肥田野登：都市における河川環境改善の便益計測に関する研究，『土木学会第 47 回学術講演概要集』，pp. 180-181, 1992.
  - 12) R. Kerry Turner, David Pearce & Ian Bateman: *Environmental Economics*, The Johns Hopkins University Press, pp. 120-127, 1993.
  - 13) 国際協力事業団：マニラ洪水対策計画調査，pp. S-1-13, 118-112, 177, 129, 208, 1990.

(2001. 11. 28 受付)

## TIME AND REGIONAL EXTENDED EFFECTS BY FLOOD MITIGATION PROJECT

Yoichi TAKEUCHI, Nyozen SUGA and Mitsuo TAKEZAWA

This paper deals with an economic assessment value on time and regional extended effects by a flood mitigation project to give more value than those, which have been calculated with a standard method in feasibility study. The time extended effect is an integrated benefit accumulated capital by flood mitigation infrastructure for long period. The regional extended effect is an integrated benefit accumulated indirect benefit by flood mitigation infrastructure in the wide area under the influence of direct flooded area. Here an old flood mitigation project on the time extended effect in the Kiso River Basin in Japan and a flood control and drainage project in Metro Manila in Philippine on the regional extended effect are studied respectively.