

沿岸域埋立地造成事業の評価に関する基礎的研究（その2）

Evaluation of Reclamation Work on Coastal Zone Area (No.2)

* 長 尾 義 三

BY Yoshimi NAGAO

**小 林 良 久

Yoshihisa KOBAYASHI

***吉 田 圭 一 郎

Keiichiro YOSHIDA

In 1987 we published the study about evaluation method as to multipurpose reclamation work. This theory can be summarized as follows.

"We can evaluate the benefits of multipurpose reclamation land by the total amount of Willingness To Pay to acquire the lot of each facility that stand on. And the cost of reclamation work corresponds to the total amount of lost resources by reclamation."

Continuously we publish the study as to social effects of reclamation work by Trade Off between benefit and cost.

1. 緒言

東京など大都市の沿岸域では、港湾のふ頭施設・都市に係わりのある一般の企業の施設・公園など市民が直接利用する施設あるいは清掃工場・下水処理場などの都市施設に利用する多目的の埋立地が造成され、利用開発が行なわれている。

このような多目的埋立地は公共財であると解されるので、埋立地の便益と、便益に対する費用を測定して両者を比較し、社会的な効果を評価しなければならない。この観点から我々は、1987年沿岸域に造

成される多目的埋立地の計画に際しての便益・費用の計測に関する研究をとりまとめ発表した¹⁾。

本研究は、さきにとりまとめた便益・費用の評価計測手法をもとに、埋立地の造成規模が拡張されるに伴って求められるみ便益・費用の関数を算出し、この両関数のトレード・オフ関係から理論的に埋立地の造成規模を評価する手法を導くものである。

2. 研究の目的

さきに発表している研究は、まず、埋立地造成の便益とつけ値について述べ、次に埋立地造成の費用を論じた。

第1に、便益は資源の節約度（あるいは付加価値の純増）のうち貨幣タームで表現可能のものと定義し、自発的支払い対価(Willingness To Pay, W.T.Pと略称)の概念から埋立地については立地主体者のつけ値(bid price)すなわち対価が便益であると理論づけた。ただし、実用上は客観性のある土地評価

* 正会員 工博 日本大学教授 理工学部交通
土木工学科

(〒274 船橋市習志野台7丁目24番1号)

** 正会員 (財)東京港埠頭公社 理事

(〒102 東京都千代田区一番町6)

*** 正会員 (株)オリエンタルコンサルタンツ 主任技師

(〒150 東京都渋谷区1丁目16番14号)

額をもって便益とするとした。

次に、費用は経済分析手法を導入し、多目的埋立地造成計画における費用は、埋立地を造成することにより地域社会全体からみて消費あるいは消失するすべての資源の価値に相当すると定義した。ここに資源は単に物的資源のみでなく、労働・環境等を含む広義のものを意味する。ただし、物的資源のうち建設資材・機材・労働力は計測できるが、海域資源・環境資源は直接計測が困難であるから、ミチゲーション(mitigation)²⁾的な考え方に立つ対策費をもってこれにあてるとした。

本研究は、以上の定義および計測手法による便益・費用を用い、緒言に記したとおり、埋立地の造成規模が拡張されるに伴って求められる便益・費用の関数を算出し、この両関数のトレード・オフ関係から理論的に埋立地の造成規模を評価する手法を導くもので、本研究によって、計画規模の理論的決定方法解明の端緒とすることを目的とする。

3. 従来の研究

一般に公共財を社会に供給する場合、公共財を含む経済システムの中で「社会的厚生」（社会が満足する度合い、満足度）を最も高めることができればその公共財の供給は最も効果があるとされる³⁾。

社会厚生を極大化は各消費者が公共財に対して支払ってもよいと考える限界的な費用負担と、公共財を使う生産単位が支払ってもよいと考える限界的な費用の負担の和が、公共財を生産するために必要とされる限界的な費用に等しい場合に生ずることがすでに証明されている⁴⁾。

ここに、各消費者・各生産者が支払ってもよいと考える費用は、本研究の「便益」であり、また公共財を生産するために必要な費用は、同様に本研究で述べる「費用」である。

一方、沿岸域の埋立計画は公有水面埋立法にもとづく手続きを経て実施に移されるが、この法を根拠とする現行の埋立計画手法は、いわば、事業化の可否に関しての手法であるから、さきに述べた「社会的厚生を極大化することによって公共財供給の効果を評価する」手法は現在とられていないことが問題点として指摘できる。

公共的な土木施設プロジェクトの評価については、

従来から費用便益分析が用いられている。この手法を用いた研究は数多く公表され⁵⁾、事業化の可否を判定した事例として紹介されている。

しかしながら、この費用便益分析は社会的厚生を極大化を論ずるものではないので、本研究の対象である多目的埋立地については、埋立計画規模と相関して、社会的厚生を極大化を論ずることができる埋立計画立案手法の研究・開発が必要である。

4. 埋立計画規模を決定するための基本的視点

多目的埋立地の社会的に望ましい計画規模を決定するため、便益と費用が造成される埋立地の規模によって如何なる変化をするか、換言すれば、どのような関係を示すかを求め、そのトレード・オフ関係から理論的に埋立地の計画規模を決める手法の開発について考察を進める。

いま、土地利用上の制約がないと仮定し、小規模の埋立地が提供されたとすると、進出希望者が多い大都市沿岸域では地価負担力の大きい事業者が競争に勝って進出できるであろう。このことは、埋立地の社会的便益が高いことを示す。埋立地を次第に大規模に提供すると、地価負担力が小さい事業者も進出可能となるが、これは総便益は増加するが、限界便益（あるいは単位面積当り便益）は通減することを示しており、経験的に理解できるところである。

一方、その便益を生ずるための費用は、埋立地の供給を増加するにしたがって、水深・地質などの建設条件の悪化あるいは環境対策費の増高などに伴って限界費用（あるいは単位面積当り費用）は通増傾向をもっと経験上推定できる。

すなわち、限界便益と限界費用（または、単位面積当り便益と費用）は埋立地の供給量（計画規模）によって変化し、かつ、トレード・オフの関係にあると考えられる。

このことから、便益と費用を埋立地供給量についての関数で示せば、両関数はトレード・オフの関係にあり、かつ両関数が同値を示す埋立規模（便益関数と費用関数の関係図を作成した場合の交点の埋立規模）は当該沿岸域についての埋立計画が理論的に有効である範囲を示す。また、両関数の支点は社会的厚生を極大化する埋立規模である。

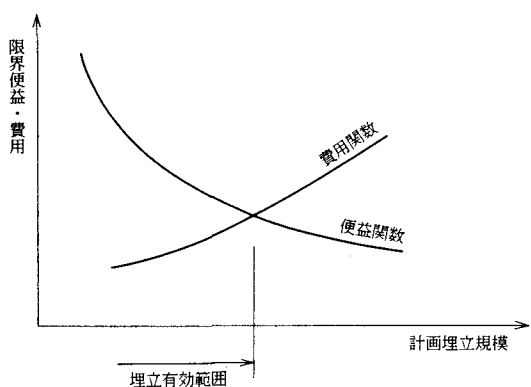


図1 便益・費用トレード・オフ概念図

以下、この視点から、自発的支払い対価・社会的便益および費用・埋立地計画規模の決定などについて数理的考察を加える。

ただし、本研究は、3. 従来の研究に記したとおり、費用便益分析⁶⁾（C－B分析）とは異なる。C－B分析は一つのプロジェクトについて建設費などの初期投資と共に耐用年数の間長期に投入される維持費用と、耐用年数の間に継続して発生する便益との総計の比較で、時間的なズレの関係上、現在価値法によって費用および便益を現在価値に換算した上で両者の比較を行ない、プロジェクトの有効性を検証する手法である。図2⁷⁾はC－B分析における費用および便益の関係を示す。

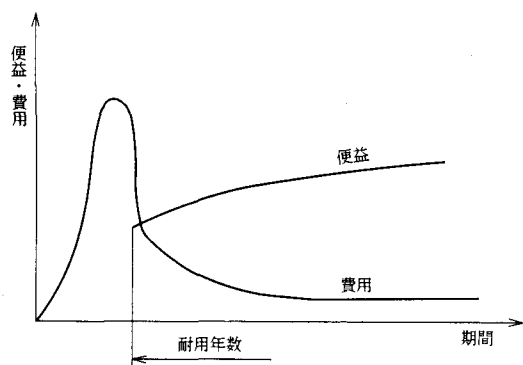


図2 便益・費用の時間経過

これに対して、本研究は2. 研究の目的に述べた

とおり、

便益：埋立地の地価評価額

費用：埋立地の造成によって失われる物的資源および環境資源の全額。ただし、環境資源についてはミチゲレーション的な対策費用

と定義している。

したがって、この定義により本研究の便益と費用の関係は埋立地の造成が終了し進出者にその埋立地が提供される時点で便益が発生し、費用の投入と便益の発生との間の時間差がないと解される。このことから、本研究においてはC－B分析における現在価値法を用いる価格換算は行なわない。なお、金利は社会全体からみて単なる移転であるから、資源の消費に該当しない。

5. W. T. Pの数理的考察

(1) 消費活動の概念

自由にしかも合理的な経済活動の状態、換言すると完全競争の社会を仮定すると、各消費者はその所得Yおよび市場価格Pのもとで、その人の目的に対する満足度すなわち、効用U(x)を最大とするように行動すると考えられる⁸⁾。これを定式化すると一般に次のように示される。

$$\max U = f(X_1, X_2, \dots, X_k, \dots, X_j) \quad (5-1)$$

$$\text{ただし、} P_1X_1 + P_2X_2 + \dots + P_kX_k + P_jX_j = Y \quad (5-2)$$

U：財kの購入量 X_k をすべて購入した場合のある消費者の効用

($k = 1, 2, \dots, j$)

P_k ：財kの市場価格($k = 1, 2, \dots, j$)

X_k ：財kの購入量($k = 1, 2, \dots, j$)

式5-1で定義される効用は、特定の個人が欲望充足のために一定量の消費財を購入することによって得られる主観的な満足の度合いである。したがって、個人の消費財に対する嗜好の違いなどによって効用は異なるものである。個人は一定の財を消費することにより主観的な満足を得るから、財に対する効用と消費量との間には関数関係が存在するが、式5-1はその関数を示したものであり、効用関数とよばれる⁹⁾。

効用関数の特性は限界効用逓減の法則および限界

効用均等の法則で示される⁹⁾。

a) 限界効用逓減の法則

効用は一般に財の消費量の増加に伴って増大するが、限界効用（財が1単位増加したときの効用の増加分）は経験的に逓減すると言える。これは財が非常に少ない場合と消費できない程大量にある場合と比較すると、その限界効用の逓減は明らかとなるところであって、さきに示した埋立地提供規模の増大による限界便益の逓減はこのことで証明できる。

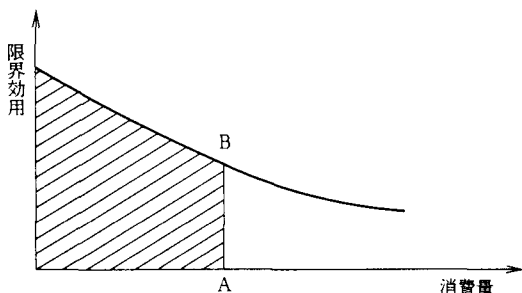


図3 限界効用逓減の法則

b) 限界効用均等の法則

限界効用逓減の法則を前提として個人の消費財需要決定の原理すなわち個々の消費財の限界効用をそれぞれの価格で除した値が等しくなるよう個人の所得を支出する場合、効用が極大になるという限界効用均等の法則が導かれる。この法則は式5-3で示される⁹⁾。

$$\frac{\text{財貨}X_1\text{の限界効用}}{\text{財貨}X_1\text{の価格}} = \frac{\text{財貨}X_2\text{の限界効用}}{\text{財貨}X_2\text{の価格}} \\ = \frac{\text{財貨}X_n\text{の限界効用}}{\text{財貨}X_n\text{の価格}} \quad (5-3)$$

5-3式は法則であり、すでに証明されていることは言うまでもないが、ここで次の論述に必要となるため図解証明を試みる。

いま、2つの財1, 2があり、その価格を P_1, P_2 とし、ある個人の所得を Y とする。ある財の組 (X_1^*, X_2^*) の時に効用 U が最大 $U_{\max}$ となると仮定する。ここでは X_1 を X_1^* から ΔX_1 だけ増加させた場合、 X_2 は $\frac{P_1}{P_2} \Delta X_1$ だけ減少する。これを効用 U の増加 ΔU で示すと図4となる。

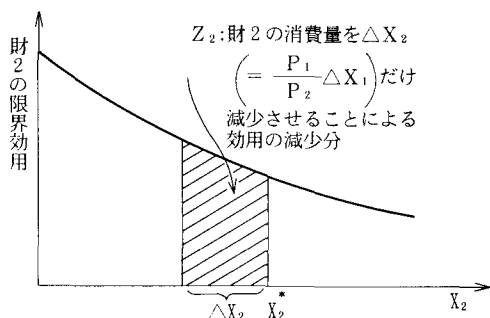
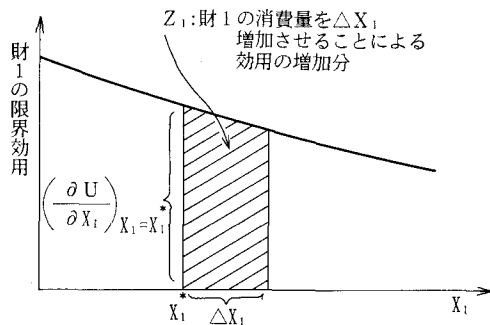


図4 限界効用曲線における効用の増減

$$Z_1 = \frac{1}{2} \times \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^*} + \left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^* + \Delta X_1} \right\} \times \Delta X_1 \\ Z_2 = \frac{1}{2} \times \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial X_2} \right)_{X_2=X_2^*} + \left(\frac{\partial U}{\partial X_2} \right)_{X_2=X_2^* - \Delta X_2} \right\} \times \frac{P_1}{P_2} \Delta X_1 \\ \text{ここに、} \Delta U = Z_1 - Z_2 \\ \text{この式は次のように書くことができる。} \\ \Delta U = \left\{ \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^*} + \left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^* + \Delta X_1} \right\} \right. \\ \left. - \left\{ \left(\frac{\partial U}{\partial X_2} \right)_{X_2=X_2^*} + \left(\frac{\partial U}{\partial X_2} \right)_{X_2=X_2^* - \Delta X_2} \right\} \times \frac{P_1}{P_2} \right\} \times \frac{1}{2} \Delta X_1 \quad (5-4)$$

ところが、 (X_1^*, X_2^*) で効用 U は最大となっているため、 $X_1 = X_1^*$ において $\Delta U = 0$ となっている。すなわち $\Delta X_1 \rightarrow 0$ とすると $\Delta U \rightarrow 0$ となり式5-4は

$$\left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^*} - \left(\frac{\partial U}{\partial X_2} \right)_{X_2=X_2^*} \times \frac{P_1}{P_2} = 0 \\ \text{したがって} \\ \frac{\left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^*}}{P_1} = \frac{\left(\frac{\partial U}{\partial X_2} \right)_{X_2=X_2^*}}{P_2} \quad (5-5)$$

となって、式5-3が証明された。式5-5の左辺の分子 $\left(\frac{\partial U}{\partial X_1} \right)_{X_1=X_1^*}$ は財1が消費量 X_1^* の時の財

1の限界効用を示しており、右辺の分子
 $\left(\frac{\partial U}{\partial X_2}\right)_{X_2=X_2^*}$ も同様、財2が消費量 X_2^* の時の財2の限界効用を示している。

(2) 需要関数の導入

価格Pについて財Xと所得Yのパラメーターとして解いた式を求める。すなわち、財の消費量と所得が決まっており、その時点に関する効用関数 $U(X, Y)$ を有するある個人が自分の効用を最大にするような価格Pをつけたとする。

式5-5を一般化した式、すなわち式5-3を数理的に表現すると

$$\frac{1}{P_1} \frac{\partial U}{\partial X_1} = \frac{1}{P_2} \frac{\partial U}{\partial X_2} = \dots = \frac{1}{P_j} \frac{\partial U}{\partial X_j} = \lambda \quad (5-6)$$

となる。これをPについて解いた式は

$$P_1 = \frac{\partial U}{\partial X_1} / \lambda \quad \dots \quad P_j = \frac{\partial U}{\partial X_j} / \lambda \quad (5-7)$$

で与えられる。ここに $P_1, P_2, \dots, P_j$ の意味はある個人が自分の効用を最大にする時の最適価格すなわち、限界自発的支払い価格(所与の財の状態および所得が与えられた場合の財各々の最適価格)を示している。また、 λ は一般的に所得の限界効用と呼ばれるもので、個人に応じて一定の値(詳述すると、所得が1単位増加することにより生ずる効用の増加分¹⁰⁾)である。

ここで、所得Yは所与(一定)として、ある財jの価格 P_j と消費量 X_j についてみると、式5-7より明らかなよう、 P_j は X_j が増加すれば逓減する関数となっており、この関数を図5に示す。

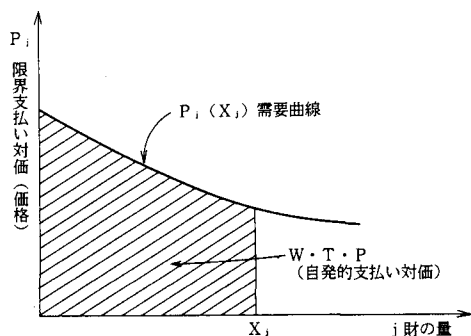


図5 需要曲線と自発的支払い対価の関係

図5は消費量が与えられたときの価格曲線を示しており、これは周知の需要曲線である。

また、同図における斜線部はある財の消費量 X_j が与えられたときの財jに対する支払い総額すなわち、自発的支払い対価(W, T, P)に相等しい¹¹⁾。

(3) 公共プロジェクトにおける自発的支払い対価

ある公共プロジェクトが実施された場合(例えば新たに交通サービスなどが提供される場合)対象としている個人iに対して ΔX_i の影響があるものとすれば、個人の支払い対価の変動 ΔWTP_i は次式で定義される¹²⁾。

$$\Delta WTP_i = \int_{X_i \rightarrow X_i + \Delta X_i} \frac{\partial U}{\partial X_i} / \lambda_i dX \quad (5-8)$$

X_i : プロジェクトが実施されない場合の個人iの消費状態

したがって、社会全体の支払い対価 ΔWTP は

$$\Delta WTP = \sum_i \Delta WTP_i \quad (5-9)$$

1 : 社会を構成する数
と定義することができる。

6. 社会的便益および費用

社会的便益および費用についての数理的定義はすでに森杉寿芳によって明確にされている¹²⁾。ここでは表現を変えて森杉の理論を要約する。図6はそれを模式的に示したものである。

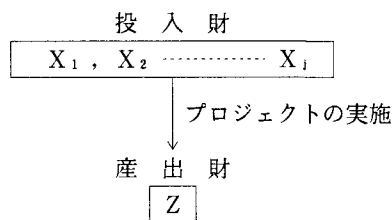


図6 プロジェクトの実施に伴う投入財・産出財

ここで、投入財に対する支払い対価の総額は式5-9により

$$\Delta WTP_c = \sum_{i=1}^j \Delta WTP_{c,i} \quad (6-1)$$

と定義できる。さらに式6-1は式5-8を用いて

$$\Delta WTP_c = \sum_{i=1}^j \int_{X_i \rightarrow X_i + \Delta X_i} \frac{\partial U_i}{\partial X_i} / \lambda_i \, dX \quad (6-2)$$

と定義される。

式6-2はプロジェクトを通じて消費される財 X_j ($j=1, 2, \dots, j$)の支払い対価の総額(消費される資源の総額)すなわち社会的費用を意味している。(図7参照)

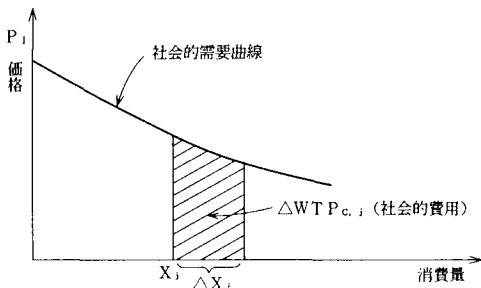


図7 社会的費用の定義

また、プロジェクトによって産出される産出量 Z に対する支払い対価 ΔWTP_B は同様に

$$\Delta WTP_B = \sum_{i=1}^j \int_{Z_i \rightarrow Z_i + \Delta Z_i} \frac{\partial U_i}{\partial Z_i} / \lambda_i \, dZ \quad (6-3)$$

と定義される。

式6-3はプロジェクトを通じて新たに産出される財の支払い対価の総額(新たに付加される資源のつけ値の総額)すなわち社会的便益を意味している。(図8参照)

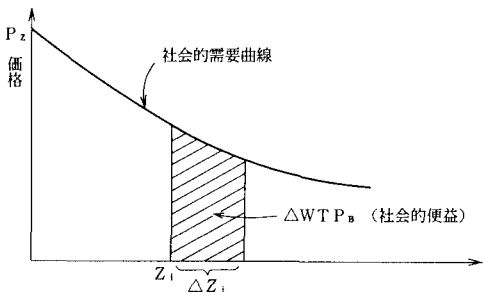


図8 社会的便益の定義

以上の森杉による数理的定義から社会的便益および費用について考察を加える。

式6-2および6-3で定義される社会的費用あるいは便益は、社会を構成する個人の効用を最大とするように最適配分を行なった際に得られる支払い対価の総和である。換言すると費用の支払い対価は

$$\int_{X_i \rightarrow X_i + \Delta X_i} \frac{\partial U_i}{\partial X_i} / \lambda_i \, dX$$

で示され、便益の各個人の支払い対価は

$$\int_{Z_i \rightarrow Z_i + \Delta Z_i} \frac{\partial U_i}{\partial Z_i} / \lambda_i \, dZ$$

である。

ここで、 $\frac{\partial U_i}{\partial X_i} / \lambda_i$ についてみると、各個人の財に対する限界支払い対価を意味している。

また、式6-2で定義される社会的費用はプロジェクトにより消費される財である。換言すると社会を構成する個人・組織からみると「当初、消費することができると考えられていた財をプロジェクトの実施により消費することができない」財である。すなわち、社会を構成する個人あるいは組織からみた効用はプロジェクトにより逡減するもので負の値をとる。

一方、式6-3で定義される社会的便益は、プロジェクトの実施により新たに産出された財である。換言すると、社会を構成する個人・組織からみると新たに産出された財を消費することができ、新たな効用を得ることができる。すなわち、社会を構成する個人・組織からみた効用は明らかに増加して正の値をとる。

したがって、社会を構成する個人・組織すなわち社会全体からみた支払い対価の総額 ΔWTP は次のように定義することができる。

$$\Delta WTP = \Delta WTP_B - \Delta WTP_c \quad (6-4)$$

7. 埋立地計画規模の決定

(1) 計画規模の策定基準

6. 社会的便益および費用 で示したように、社会全体には公共プロジェクトの実施によって社会的便益および費用がもたらされ、社会全体としての支払い対価の総額は、式6-4によって示される。式6-4は換言すると社会全体がプロジェクトによ

てもたらされる社会的厚生の大きさである。したがって、 ΔWTP を最大化することが埋立計画規模を決定する基準となる。

(2) 最適な計画規模

埋立地を新たに産出することにより、費用および便益は増大する。したがって、便益 B および費用 C は埋立地の規模(面積) D の関数であると考えられる。

計画目標 D の便益の現在価格 B が既知であるとすると、最適な計画目標 D^* は

$$W = B(D) - C(D) \quad (7-1)$$

の W を最大化する D で与えることができる。

式7-1を D によって微分し、 $W' = 0$ とすると

$$\frac{\partial B}{\partial D} = \frac{\partial C}{\partial D} \quad (7-2)$$

となり、このときの D が最適目標水準である。式7-2は、最大計画規模の時に限界便益が限界費用に等しいことを示している。

4. 計画規模を決定するための基本的視点 および 5. W, T, P の数理的考察 で示したように、限界便益は限界支払い対価に等しいのであるから、限界便益を D の関数で示せば、この関数は所得の限界効用一定という仮定のもとで、計画目標水準に対する需要関数に他ならない。この需要関数を $P(D)$ で示すと式7-2は次のように変形される。

$$P(D) = \frac{\partial C^*}{\partial D} \quad (7-3)$$

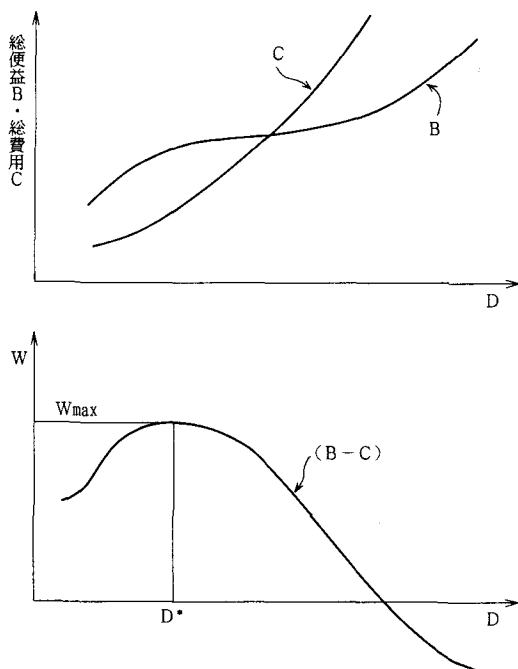


図9 計画目標水準と総便益・総費用

式7-3は需要関数 $P(D)$ および費用関数 $C^*(D)$ が与えられた時に、純便益を最大にするという意味で最適な計画目標 D^* を与えるもので、換言すればある計画目標 D を与えられたとき、その与えられた D が純便益を最大にする計画目標 D^* と一致するための条件式ともみなすことができる。すなわち、式7-3は与えられた D と D^* が一致するためには如何なる需要構造をもっていなければならないかという条件を示している。

したがって $P(D)$ と $\frac{\partial C^*}{\partial D}$ の関係および D^* を示すと図10のようである。同図から D^* は限界支払い対価 $P(D)$ と限界費用 $\frac{\partial C^*}{\partial D}$ が等しくなる点である。

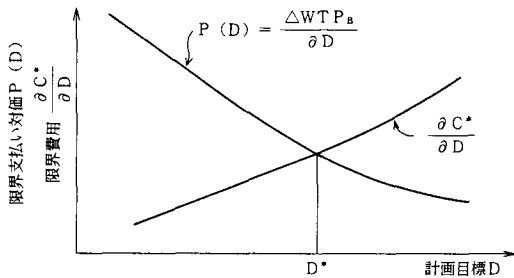


図10 需要曲線および計画目標相関図

8. 結語と今後の課題

本研究は、1987年に筆者が発表した研究¹⁾の続編であって、まず、さきの研究概要として、沿岸域の多目的埋立地構造計画を評価するために、計測すべき便益と費用についての定義の要約を述べ、次に従来から計画評価に用いられている費用便益分析手法の他に、本研究が対象とする多目的埋立地構造計画に関する新たな評価手法の研究開発が必要であることにふれた。

この観点から、埋立地の計画規模を決定するために、規模の変化による便益と費用の関数を算定し、両関数のトレード・オフ関係から理論的に有効な埋立計画規模を導く手法を提起した。

次に、便益（自発的支払い対価 W, T, P ）についての数理的な考察を行ない、限界効用均等の法則から、便益関数は周知の需要関数に等しいことを導いた。この結論は別途便益関数の実測に用いる。

また、社会的便益・費用については、すでに明確な数理的研究がなされているので、その理論を要約して紹介し、その理論についての考察から社会全体からみた支払い対価の総額は社会的便益と費用の差であると定義した。

最後に、以上の数理的考察結果を用い、まず、計画規模の策定基準は社会全体からみた支払い対価の総額 ΔWTP を最大化することであると結論づけ、次に需要関数曲線と限界費用曲線との交点の埋立規模が最適な計画規模であることを数理的に明確にした。

以上のとおり、本研究によって、公共財である多

目的埋立地を社会に供給する計画を立案するに際して、社会的厚生を極大化する理論、換言すれば埋立計画の評価理論が開発できた。

引続き、具体的な事例に関して、この理論適用性の検証を行なうことが今後の課題である。このため筆者は東京沿岸域について検証を行なっているので、その結果を別途発表する。

参考文献

- 1) 長尾義三・小林良久：沿岸域埋立地造成事業の評価に関する基礎的研究、土木計画学研究論文集 No. 5, 土木学会, PP. 27~34, 1987.
- 2) 長尾義三：ミチゲーション概念とわが国への適用, 88日本沿岸域会議研究討論会講演集 No. 1, 日本沿岸域会議, PP. 43~44, 1988.
- 3) 岡野秀行他：公共経済学、有斐閣、P. 36, 1975.
- 4) 前掲 3) PP. 36~38.
- 5) 例えば吉川和広：土木計画とOR、丸善、PP. 332~330, 1969.
- 森杉寿芳：公共土木計画への費用便益分析適用性に関する研究、学位論文、PP. 149~170, 1977.
- 6) アジト・K・タヌグプタ, D・Wピアース, 尾上久雄他訳：コストベネフィット分析, 中央経済社, PP. 11~51, 1975.
- 吉川和広：土木計画とOR, 丸善, PP. 332~330, 1969.
- 7) ポール・W・バークレイ, デビット・W・セクラ, 篠原泰三監訳：環境経済学入門, 東大出版会, P. 112, 1981.
- 8) 森杉寿芳：公共土木計画への費用便益分析適用性に関する研究, 学位論文, P. 9, 1977.
- 9) 大阪市立大学経済学研究所：経済学辞典, 岩波書店, PP. 332~330.
- 10) 前掲 8) P. 12.
- 11) 前掲 8) P. 11.
- 12) 前掲 8) P. 13.