

港湾技研資料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 979 Dec. 2000

港湾における埋立の特性分析

鈴木 武

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	3
1. はじめに	4
2. 埋立実績の時系列分析	5
2.1 時系列変動モデルの想定	5
2.2 埋立面積の経年変化	6
2.3 用途別にみた埋立面積の変化	7
2.4 埋立傾向の考察	8
3. 土地造成・埋立計画の分析	8
3.1 データ収集・整理の方法	8
3.2 土地造成計画面積の動向	10
3.3 埋立計画増加区域の分析	11
3.4 埋立増加特性のパス解析	16
4. 結論	21
参考文献	22

An Analysis on the Reclamation Properties in Port Areas

Takeshi SUZUKI*

Synopsis

Reclamation has strong impacts on environmental systems. Hence, properties of reclamation in port areas completed and planned are investigated. The analysis on the reclamation completed shows that the area newly reclaimed in a year, which is mainly for industrial real estate, has trended to downward since the first Oil Shock; while the speed of the decrease dropped after FY1984. Next, the increased area of reclamation planned in FY1989-1991 and FY1996-1998 is examined. The distributions of the area of reclamation planned in FY1989-1991 and FY1996-1998 against the water depths have one or two peaks owing to island type reclamation. And its peaks shift the locations to deep side. The Path Analysis with the increased area of reclamation and the maximum and minimum water depth at the areas shows followings. The maximum water depth is effected by the area of port and the increased area of reclamation. The minimum water depth located in enclosed sea is deeper than in open sea in FY1996-1998, while such trend is not observed in FY1989-1991.

Key Words: reclamation, environmental impact, port plan, reclamation area, reclamation depth, economic effect

* Chief of Environmental System Laboratory
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan Port and Harbour Research Institute
Phone : +81-468-445040 Fax : +81-468-440575 e-mail : suzuki@cc.phri.go.jp

港湾における埋立の特性分析

鈴木 武*

要 旨

埋立を環境影響の入力条件とみてその特性を把握することは、環境影響の予測・評価を行う上で基礎的な知見を提供する。埋立面積の時系列を分析するとともに、港湾計画において埋立計画が拡大している区域について、水深と面積の特性を関連指標との関係から分析した。

年度ごとの埋立面積は、オイルショック以降、ほぼ一貫して減少する傾向にある。その減少傾向は、1983年度までは急速で、それ以降は緩やかである。そして、その傾向は主に工業用地埋立の減少によるものである。

1989～1991年度および1996～1998年度の2つの期間で、港湾計画において埋立計画が増加した区域について、水深帯ごとの埋立計画面積を推定した。得られた分布にはそれぞれ1～2箇所の顕著なピークがあり、その主たる要因は島式の埋立と推測される。次に、埋立計画の増加区域の面積と最大・最小水深を対象にパス解析を行った。その結果、1996～1998年度は閉鎖性海域は開放性海域に比べて最小水深が深い傾向がみられたが、1989～1991年度はそのような傾向はみられなかった。また、最大水深は、港湾区域面積と埋立計画増加面積によって影響を受けていた。

キーワード：埋立，環境影響，港湾計画，埋立面積，埋立水深，経済条件

* 環境システム研究室長
〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 運輸省港湾技術研究所
電話：0468-44-5040 Fax：0468-44-0575 e-mail：suzuki@cc.phri.go.jp

1. はじめに

わが国の港湾開発は、戦後の経済復興を実現するため、海上輸送を基軸に鉱工業、エネルギーなどの重化学工業を組み合わせて海域と陸域を一体的に開発する形式、いわゆる臨海工業地帯方式で進められた。その後の社会経済情勢の変化に伴い、各種の流通団地や都市内再開発にともなう移転企業の受け入れ、廃棄物処分などが港湾開発の範疇に加えられ、今日、海陸空間の一体的開発のスタイルが形成されるに至っている¹⁾。海陸空間を一体的に開発する必要の源は、水域施設、外郭施設、埋立地、臨港交通施設等の基盤的施設の効率的配置による開発資金の節約と空間制約の克服であったと考えられる。開発が進み未開発空間が少なくなった現在においては、過去にもまして空間制約は厳しいものになり、加えて現在のわが国の厳しい経済状況はより明確な投資効果を強く求めてきている。都市部あるいはその近傍にかなりの広さを持つ港湾空間は、その限られた空間を有効かつ効率的に使用しなければならないという必然がこれまでもまして高まっている。更に、かなりの豊かさを手に入れたわが国社会において、人々の要求は、金銭的な豊かさの追求から、健康な生活を営むための清浄な環境や失われつつある自然環境などの保護・回復などにも向けられるようになってきている。環境の問題はある意味で空間の質の管理の問題である。対象となる空間を構成する大気・水・土・生物などの環境要素の質をどのように制御するかという問題である。港湾開発は多様な主体による空間の総合的な開発である。一定の空間の中で様々な主体が様々な開発行為を行うとき、人々が求めるレベルの環境が守られるかを確認しようとすれば、各種開発の総合された環境影響を事前に計画的に評価することがどうしても必要になる。このような空間レベルでの総合的な環境影響評価の不足は時として問題となる²⁾。港湾当局が意識的に実行しているわけではないと思われるが、奇しくもわが国においては、事業アセスの幾つかの事例に類似のものがみられるものの、港湾開発だけがその特性から、異なる事業分野を包含した総合的な環境影響評価を、計画段階からシステムティックに実施する形式を持っている。

わが国における港湾開発は、多様な主体による多様な開発の集合体である。このため、港湾開発における環境影響要因は様々なものが考えられる。港湾計画段階では、代表的な環境影響要因は水域施設、外郭施設、埋立地の存在、水域施設、係留施設、旅客施設、荷捌き施設、保管施設、臨港交通施設の供用とされている³⁾。一般に、

近年、これらの中で特に関心事となる環境影響要因は、建設段階を除けば埋立地の存在である。本研究では港湾開発における代表的な環境影響要因の一つである埋立地の存在に焦点を当てる。埋立地の存在によって影響を受ける可能性がある典型的な環境要素は、事業段階での環境影響評価においては、水環境、土壌に係る環境その他の環境、動物、生態系、景観、人と自然とのふれあいの場であるとされている⁴⁾。埋立地の存在による環境影響は、もっぱら、埋立地の存在を先験的に与えられる出発点として、影響を与える可能性のある環境要素への影響の種類・機構・規模を調査・分析・予測・評価するという方向でなされてきた。その背景には、事業者にとっては事業の可否を判断するために環境影響評価を避けて通れず、そのための適切な手法が求められていたことがある。現状においてもその重要性に変わりはない。しかし、埋立がどれだけのようになされてきているかについて十分な分析がなされてこなかったために、①問題案件としてマスコミが大々的に報道する諫早湾や中海の大規模な干拓事業の存在、②一部の政治家・官僚・企業等による公共事業の私物化の事例、③一部の行政当局による強行的な公共事業の実施例、④一部のマスコミによってなされる争点強調のための公共事業全面否定などにより、少なからぬ人々は「時代の流れに反して埋立が増大している。」、「所を選ばず埋立が行われている。」という先入観を持ち、埋立の可否についての行政決定に対して、バイアスのかかった受け止め方をしている可能性が懸念される。

他方、環境と埋立の関係をシステム⁵⁾として捉えた場合、そのシステムは埋立を起源として環境に影響を与えるという単純な構造ではなく、埋立という入力側の要素に対して、外部からの入力や環境から埋立へのフィードバック入力が存在し、それらが埋立を規定していることは明らかである。

これらの状況を考慮し、本研究では、社会として共有することが有益と思われる埋立に関する基礎的な情報を提供するという視点に立ち、埋立-環境系の主要な構成要素である埋立という環境への入力側の要素・機構に着目し、その埋立という行為の量と空間分布の特性を分析する。

このため、本研究では、わが国の港湾における埋立について取得が可能であった埋立竣工面積の経年値および港湾計画の図書から読みとることができる埋立の属性値を使用し、それらに対して分析が可能と思われる時系列特性、水深に対する分布特性、埋立の面積・水深と各港湾の空間経済的な属性変数との関係性といった視点から

分析を試みる。

港湾における埋立は、様々な主体によって実施されているため、埋立の実施主体としては、港湾法第2条に定められた港湾管理者もその一員でしかない。また、埋立の計画決定や事業実施を直接行わなくとも、立地企業が想定されている分譲埋立の場合のように、埋立地の取得者の開発計画が埋立計画を左右する場合も多い。このように港湾管理者の埋立への関わり方が多様であると同時に、埋立に対する港湾管理者の取り組み態度も、主体的であったり、受け身的であったりとかかなりばらつきがある。

本研究で対象とする埋立主体は、港湾計画としての埋立計画の立案・決定および公有水面埋立法による埋立免許の取得段階において中心的な役割を担う主体である。現実には、これらを行う主体は単体ではなく複数である場合が多い。本研究の目的は、埋立の竣工実績や港湾計画の内容から、埋立の特性について大括りの傾向を見出そうとするものであるから、複数の埋立主体を分離して精緻な分析を行うことは、分析の趣旨・精度からみて適当でない。このため、本研究では、埋立を担う複数の主体の集合体を、擬似的に1つの主体（埋立主体）と見なして整理を行うことにする。

2. 埋立実績の時系列分析

全国の港湾における埋立のマクロなトレンドを分析するため、運輸省港湾局がまとめた1970～1998年度の全国の港湾における埋立竣工面積のデータをもとに、時系列分析を行う。

2.1 時系列変動モデルの想定

埋立面積の時系列変動特性を分析するために、埋立面積の変動機構を表現するモデルを想定する。まず、 t 年度における埋立主体の埋立地の手持ち量を $x(t)$ とし、 $x(t)$ が年度当初から年度末にかけて売却もしくは使用水準が一定の水準に達し、埋立主体が手持ち面積ではないと認識する面積 $U(t)$ (以下、「売却面積」という。) は、売却および使用水準向上の率 $a(t)$ (以下、「売却率」という。) を用いて、

$$U(t) = a(t) \cdot x(t) \quad (1)$$

と表すことができる。つぎに、 T 年後に完成する埋立の実行面積 $R(t+T)$ は、過去 M 年間の売却面積に一定の修正係数 $b(t)$ をかけて定められると仮定すれば、

$$R(t+T) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [b(t-i) \cdot U(t-i)] \quad (2)$$

となる。また、 t 年度の翌年度の埋立主体の埋立地の手持ち量 $x(t+1)$ は、売却や使用水準向上による減少と埋立完了による増加によって定まるので、

$$x(t+1) = x(t) - U(t) + R(t) \quad (3)$$

と表される。

式(3)に式(1)および(2)を代入して変形すると、

$$\Delta x(t) = -a(t) \cdot x(t) + \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M [b^*(i) \cdot x(t-T-i)] \quad (4)$$

となる。ここで、

$$b^*(i) = a(t-T-i) \cdot b(t-T-i) \quad (5)$$

である。

この結果、式(4)は $M+T$ 次の自己回帰モデル (autoregressive model) となる。パラメータ a および b^* は、自己回帰モデルの理論を用いて、この式を観測データに当てはめることにより推定することになる⁹⁾。しかし、本研究で用いるデータは年度値であるうえ、利用できる期間も高々20年程度と短いため、多くのパラメータを含むモデルを推定することは困難である。このため、幾つかの仮定をおいてモデルを簡略化して処理する。

まず、 $t+1$ 年度と t 年度の埋立主体の埋立地手持ち量の関係は様々な関係を考えることができるが、ここではモデルを単純化するために切片0の線形変換を仮定する。

$$z \cdot x(t) = x(t-1) \quad (6)$$

ここで、 z は線形変換要素で定数である。さらに、モデルを簡略化するため推定パラメータ a および b^* を回帰期間内では a_0 および b_0^* で一定であると仮定すると、式(4)は次のように変形される。

$$\Delta x(t) = \theta_1 \cdot x(t) \quad (7)$$

$$\theta_1 = -a_0 + \frac{b_0^*}{M} \sum_{i=1}^M z^{T+i}$$

式(1)、(3)および式(7)より、埋立面積 $R(t)$ の差分方程式は、

$$\Delta R(t) = \theta_1 \cdot R(t) \quad (8)$$

となる。

ところで、式(8)は埋立主体ごとに一団の事業として統合・区分される事業単位での埋立量変動モデルである。しかし、時系列回帰に用いるデータは全国の港湾の埋立面積を集計した値であるので、事業単位 j における埋立量を $R_j(t)$ とし、全国の埋立量を $R^*(t)$ とすれば、両者の関係は次式となる。

$$R^*(t) = \sum_j R_j(t) \quad (9)$$

式(8)および(9)より $R^*(t)$ についての差分方程式は、

$$\Delta R^*(t) = \sum_j [\theta_{1j} \cdot R_j(t)] \quad (10)$$

となる。ここで、 θ_{1j} は全国平均 θ_1^* とその残差 ε_{0j} から成ると考え、 ε_{0j} と $R_j(t)$ が共変関係にないことを仮定すれば、次式が導かれる。

$$\Delta R^*(t) = \theta_1^* \cdot R^*(t) \quad (11)$$

そして、この関係式を満たす全国の埋立量 $R^*(t)$ は、

$$R^*(t) = \theta_0^* \cdot \exp(\theta_1^* \cdot t) \quad (12)$$

となる。ここで θ_0^* および θ_1^* は推定パラメータである。

2.2 埋立面積の経年変化

埋立面積の経年変化モデルは式(12)のとおり指数関数型である。この関数特性をもとに、経年変化が直線として現れるよう、グラフにおいては埋立面積を対数変換して使用する。使用するデータは運輸省港湾局がまとめた1970～1998年度の全国の港湾における年度ごとの埋立竣工面積である。また、使用できるデータの期間と大きな社会情勢の変化を考慮して、分析対象期間を整理しておく。1973年度は第1次オイルショックが発生し、その年は日本の経済・社会構造が大きく変化したとされる年度であるので、その前後で分けて考える必要がある。第1次オイルショック以前の現象を分析するために使用することができるデータは1970～1972年度分しかなく時系列分析を行うことは困難である。このため、本研究で

は分析の対象を第1次オイルショック（1973年度）以降に限定する。埋立面積の経年変化およびそれ以前の埋立の参考としての臨海工業用地造成面積の経年変化を図-1に示す。臨海工業用地造成面積は、日本港湾史¹⁾に掲載されているデータを用いて図化したものである。臨海工業用地造成面積は、政府の予算分類で臨海部土地造成事業として実施した工業用地及び都市再開発用地の造成が対象で、埠頭用地など他の用途の用地や他事業として実施する用地の造成は含まれていない。また、臨海工業用地造成面積は、陸上の土地造成も含まれるので、その面積がそのまま埋立面積に相当するとはできない。

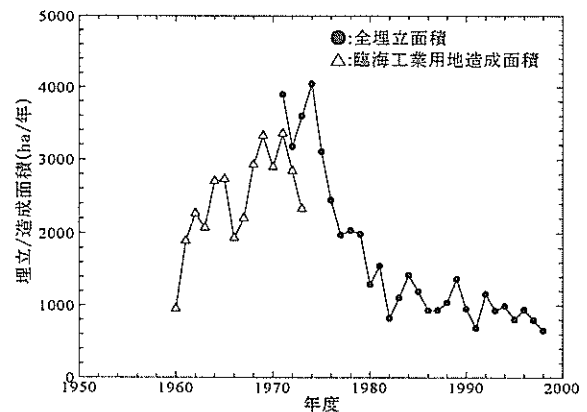


図-1 埋立面積等の経年変化

埋立面積のトレンドは1983年度以前と1984年度以降で大きく異なることが見てとれる。1973年度に第1次オイルショックが発生し、わが国は高度経済成長に終りを告げた。第1次オイルショックは名目需要を一瞬上昇させたが、その後にくる急激な景気後退を回避するため、直ちに強力な景気刺激策がとられた。また、1973年度は、公有水面埋立法および港湾法が改正され、埋立に対して免許出願事項の告示縦覧、環境アセスメントの実施、埋立地に関する権利の設定・移転および利用についての制限が強化されるなどした年でもある。このときには、私権化を防止するための規制強化やそれまでは認められていた無願埋立に対する追認制度の廃止も行われた¹⁾。1983年度はオイルショックによる景気調整が終了し、景気回復の兆しが見え、第2次オイルショック後に実施された予算のゼロシーリング、マイナスシーリングが解除された年である。そして翌年度には、環境アセスメント要綱が閣議決定され、より厳格な内容を持つ環境アセスメントの実施が埋立にも求められることが方針づけられている。

このようにわが国の重大な経済・社会イベントを重ね合わせてみると、埋立面積の経年変化の傾向は、わが国の経済・社会構造の大きな変化に連動して変曲点を迎えていると見ることができる。

また、それぞれの期間内では埋立面積のプロットが直線傾向にあるため、各期間について最尤推定法で回帰直線を求める。回帰で仮定する関数型は式(12)である。結果は、図-2 および表-1 のとおりである。

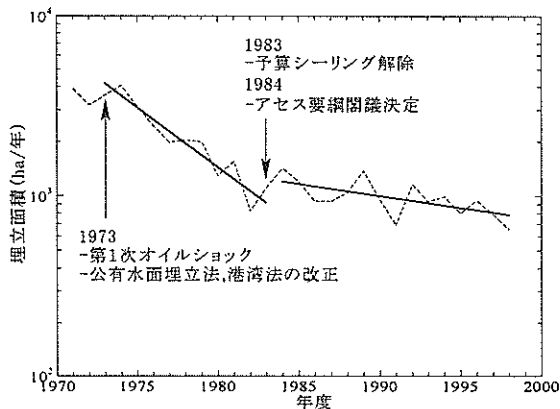


図-2 埋立面積の経年変化の傾向

表-1 埋立トレンドのパラメータ推定結果

年度	係数	推定値	T 値	相関係数	D 値	N
1973	θ_0	133.3	8.5	0.95	2.6	10
-1983	θ_1	-0.0658	-8.3			
1984	θ_0	29.1	3.6	0.65	2.2	16
-1998	θ_1	-0.0131	-3.2			

D 値：ダービン・ワトソン D 統計量
N：データ数

2.3 用途別にみた埋立面積の変化

2.2 で分析した全国の港湾における埋立面積を用途別に分解し、各用途ごとの埋立面積の時系列変化をみる。用いた埋立地の用途分類は①住宅用地、②公園緑地、③工場用地、④その他である。公共埠頭用地、都市再開発用地、廃棄物処分場（浚渫土砂の処分を含む）などは「その他」に含まれている。専用埠頭の用地は一団の工場用地などの一部であるので、「工場用地」などに含まれている。各用途別の埋立面積を対数変換したものを年度別にプロットする。結果、「公園緑地」と「その他」はプロット期間全体にわたり直線傾向が見られる。「工場用地」は全埋立面積の傾向と同様に 1983 年度以前と 1984 年度以降で異なる直線となる傾向が見られる。また、「住宅用地」も 1983 年度以前と 1984 年度以降で異なる傾向を示

すが、1993 年度以降は大きな振幅を示しトレンドを読みとることができない。1994 年度は、地価高騰に端を発する加熱経済、いわゆるバブル経済が終焉を迎え、わが国経済が新たな経済構造に移行したといわれる年である。そのバブル経済の最終局面以降、「住宅用地」の埋立構造がそれ以前に比べて大きく変化したと考えざるを得ない。

これらの傾向認識を踏まえ、各用地について式(12)を仮定し、最尤推定法により時系列回帰を行う。結果は、図-3、表-2 のとおりである。

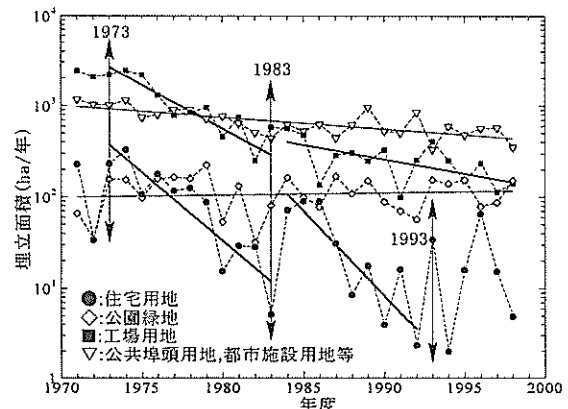


図-3 用途別埋立面積の推移

表-2 用途別埋立トレンドのパラメータ推定結果

用途(年度)	係数	推定値	t 値	相関係数	D 値	N
住宅 1973 -1983	θ_0	297.9	6.2	0.90	2.2	11
	θ_1	-0.1497	-6.2			
住宅 1984 -1992	θ_0	370.1	4.8	0.87	2.9	9
	θ_1	-0.1855	-4.8			
公園 緑地	θ_0	-1.6	-0.2	0.07	1.9	28
	θ_1	0.0018	0.3			
工場 1973 -1983	θ_0	192.3	6.7	0.92	2.7	11
	θ_1	-0.0957	-6.6			
工場 1984 -1998	θ_0	65.2	3.1	0.63	2.1	17
	θ_1	-0.0316	-3.0			
その他	θ_0	28.3	5.9	0.72	2.1	28
	θ_1	-0.0128	-5.3			

D 値：ダービン・ワトソン D 統計量
N：データ数

全埋立面積の減少割合が 1983~4 年度を境に大きく変化するのは、「工場用地」の埋立造成面積の変化による寄与が大きいことが見てとれる。

次に、データの分析期間の最初と最後および変化点となっている年度（1973、1982、1983、1984 および 1994 年度）における埋立面積の用途別シェアを図-4 に示す。1973 から 1982 年度にかけて、そして同様に 1983 から 1994 年度にかけて「工場用地」のシェアが 61~52%から

30~25%へと大きく低下し、代わって「その他」のシェアが28~40%から62~60%に大きく上昇している。基本的に民需を前提とする「工場用地」の需要が大きく、そのシェアが高いときは埋立活動が旺盛で、「工場用地」の需要が低調で、公共的需要が中心である「その他」のシェアが高ときは埋立活動が低調になることを意味している。また、「住宅用地」は埋立活動が大きくなったときに5~6%のシェアを持ち、それ以外の時には1%に満たない。そして、「公園緑地」は分析対象期間の開始期(1973年度)には4%であったものが、終了期(1994年度)には14%へと着実に増加してきている。社会のアメニティ一向上欲求の高まりの現れであろう。

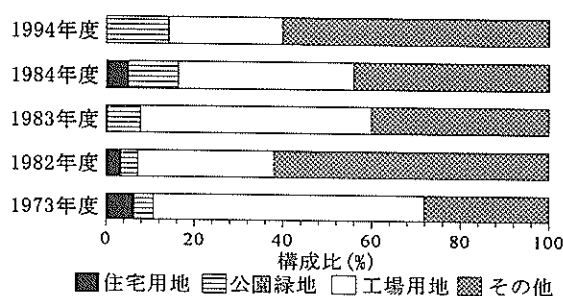


図-4 埋立面積の用途別構成比

2.4 埋立傾向の考察

時系列特性がわかれば将来の埋立面積について一つの予見を与えることができる。用途ごとに分解した埋立のトレンドを合成することは、「住宅用地」の近年の変動のトレンドを読み取ることが困難なため、使用することができない。このため、全埋立面積の時系列回帰曲線を用いて考察する。1993年度のバブル経済の終焉、1998年度の環境影響評価法の制定などの影響がどのようにでてるのか、今回使用しているデータの範囲でその影響が十分に捕捉されているとは言い難い。しかし、例えば1984年度以降の埋立傾向が続く、即ちこの期間の回帰曲線が将来に向かってそのまま伸びて行くと仮定すれば、埋立面積が半減する期間は22年ということなる。これは、1998年度時点で840ha/年であった埋立面積が、2020年度には約半分の430ha/年に減少するということを意味する。この仮定は極めて荒っぽい仮定であるため、この値がそのまま十分な意味を持つと考えることは適当ではない。しかし、バブル経済期という経済過熱期を主体とした期間のトレンドをもとにしてさえ、かなりの割合で埋立が減少すると予想されるということは、埋立に適する浅海域の減少、内港地区の再開発と臨海産業用地の再編による土地の供給、社会の投資効果向上への欲求の高まりな

どをあわせて考慮すれば、減少の量は別として、埋立面積が減少して行くことへの信憑性は低くはないであろう。

3. 土地造成・埋立計画の分析

3.1 データ収集・整理の方法

(1) 対象港湾

本研究においては、港湾法に定められた港湾に注目して分析を行い、漁港法上の港である漁港は対象としない。今後の埋立動向を分析するために、概ね10~15年先を目標年次として策定される港湾法第3条の3の港湾計画を分析の対象とする。港湾計画においては、「港湾の開発、利用および保全の方針」、「港湾の能力」、「港湾の施設の規模及び配置」、「環境の整備及び保全」等が定められるため、この中で、埋立の位置と規模が概ね明らかになっている。港湾法第2条に規定される重要港湾は、その規模が大きいことと港湾計画の策定が義務づけられていることから、重要港湾を本研究の対象とする。港湾法上の港湾にはこの他に地方港湾があり、その数は1,026港(1999年4月)におよぶ。しかし、地方港湾のほとんどは、港湾計画が策定されていないため、今後の埋立の動向を分析することはできない。全国に重要港湾は133港(1999年4月)あり、「三大湾」(東京湾、伊勢湾、大阪湾を指す。),「瀬戸内」(大阪湾、関門港を除く瀬戸内海。),「北部九州」(関門港及び博多港。),「離島」、「その他」地域に分けると、京浜港を3港、関門港を2港として整理した場合、それぞれ16港、32港、3港、11港、71港となっている。

(2) 対象期間

1年間に改訂される重要港湾の港湾計画は、概ね10数件である。年度ごとに統計量を求めれば、全国133港を10数港で代表することになる。そこで、この標本集団の標本平均がどの程度の標準誤差を持つか推定する。標準誤差は次式によって求めることができる。

$$\varepsilon = t(n-1, p) \sqrt{\frac{N-n}{N-1} \cdot \frac{\sigma^2}{n}} \quad (13)$$

ここで、 N :母集団サイズ、 n :標本サイズ、 ε :標準誤差、 $t(n-1, p)$:自由度 $n-1$ で信頼水準 p の場合の t 値、 σ :母集団の標準偏差である。この関係式で標本サイズに対応する標準誤差を計算するためには、何らかの方法で母集団の標準偏差を求める必要があるが、事前情報がないため調査実施前にそれを推定することは困難である。従

って、標準誤差をある値以下にするという基準で標本サイズを決定することはできない。このため、標本サイズの決定基準を標本比率の標準誤差をある値以下にするという基準に置き換えて、標本サイズを決定する。母比率が P であるとき、母集団の標準偏差は $P(1-P)$ である。 P が予測できれば標本比率の標準誤差 ϵ を求めることができる。 P は標本値ごとに様々な値を取るため、 P を一意に定めることはできない。しかし、この式は $P=0.5$ で最大値をとるので、最大の標準誤差を基準値とするものとし、 $P=0.5$ として ϵ を計算する⁷⁾。計算結果は表-3 のとおりとなったので、標本比率の標準誤差を 10% 以下にすることを目安に、3 年分の港湾計画を 1 つの標本集団として取り扱うことにする。

表-3 標本サイズと標準誤差

	標本サイズ	標準誤差
1 年分	10 港	17.3%
2 年分	20 港	10.8%
3 年分	30 港	8.2%

まず、直近の状況を確認するために作業時点で最新の 1998～1996 年度の 3 年間の計画を、対象となる標本集団に選定した。つぎに、最新の標本集団とバブル経済期の状況を比較するために、1989～1991 年度の 3 年間の計画をバブル経済期の標本集団として対象に選定した。この結果、分析の対象となった港湾の数をまとめると表-4 のとおりである。

また、2 つの時期の比較とは別にコーホートの分析を行うために、各対象港湾の前回港湾計画を比較用の標本集団として対象とした。

表-4 対象港湾の数

対象年度	対象数	地域別港数
1998	10	三大湾 6/16, 瀬戸内 9/32,
1997	18	北部九州 2/3, 離島 4/11,
1996	11	その他 18/71, 全国 39/133
1991	13	三大湾 5/16, 瀬戸内 6/32,
1990	14	北部九州 3/3, 離島 2/11,
1989	8	その他 19/71, 全国 35/133
平均港数	12.3	
標準偏差	3.5	

対象港湾の地域別の抽出率をみると、「北部九州」(1996～1998 年度：67%，1989～1991 年度：100%) は極めて高く、それを除けば、「三大湾」(1996～1998 年度：38%，1989～1991 年度：31%) が若干高くなっているものの、全ての地域が概ね全国の抽出率 (1996～1998 年度：29%，1989～1991 年度：26%) に近い状況である。

「北部九州」は全体で 3 港しかないため、1 港の増減でその抽出率が大きく変化する。しかし、標本集団の中で「北部九州」の占める標本数の割合は小さく、他の地域では大きな抽出率の偏りがみられないため、標本集団としては大きな偏りにはならない。「北部九州」の港湾は全て比較的大型の港湾であるので、仮に「三大湾」と合計して抽出率を算定してみると 1996～1998 年度：42%，1989～1991 年度：42% であり、全国の抽出率よりもやや高くなっているが、全体の傾向を知る上では、問題があるほどではないと考える。

(3) 抽出データの種類

港湾における埋立の動向を知ろうとしたとき、港湾計画書の中で利用可能な数値データは、土地利用計画面積と土地造成計画面積である。これによって各港の土地造成計画と土地造成の結果としての土地利用状況を知ることができる。また利用可能な図面情報として港湾計画図がある。計画図は主に図形データであるため数量化が難しく、これまであまり定量的な分析がなされていない。本研究では、埋立計画の増減面積および埋立計画の増減区域における最大水深と最小水深、埋立増加による自然海岸の減少延長を計画図から読み取り、その結果に土地造成計画面積等の数値データを組み合わせて、定量的な分析を行う。

港湾区域面積は、運輸省港湾局が 1993 年時点で整理したデータがあったため、それを使用する。

(4) 港湾計画改訂の間隔

得られたデータを分析する際、現行の港湾計画と前回の計画を比較する必要が生じるため、予め各対象期間の港湾計画について計画改訂の間隔を整理しておく。

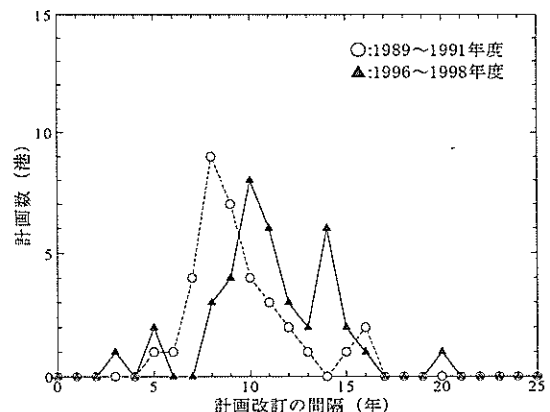


図-5 計画改訂の間隔分布

計画改訂の間隔の頻度分布は図-5 のとおりである。また、計画改訂の間隔についての各種統計量は表-5 のとお

りである。計画改訂の平均間隔は 10～12 年で、それは徐々に長くなる傾向にある。

表-5 計画改訂の間隔

現計画の策定年度	平均値	標準偏差	データ数
1996-1998	11.6 年	3.2 年	39
1989-1991	10.0 年	2.5 年	35

港湾計画の改訂は、平均 10～12 年の周期的なものである。このような周期性による偏りが生じないように分析を行うためには、少なくとも 1 周期分を一つの標本集団として扱う必要がある。一方、経済や社会の変化はそれよりも短いタイムスケールで生じるので、10～12 年間の計画を 1 つの標本集団として使えば、経済や社会の変化との関連を分析することができなくなる。

各標本集団における港湾の地域別抽出率は、3.1(2)のとおり、地域別に大きな偏りは生じていない。「三大湾」、「瀬戸内」、「北部九州」、「離島」、「その他」という地域分類は、港湾の規模と大まかに対応するので、地域別に大きな偏りが無いということは同時に規模別にも大きな偏りが無いことを意味する。このため、所在地域や規模の異なる港湾のばらつきによる 10～12 年間の標本値の経年変動は概ね平均化されていると推定することができる。つまり、標本集団（3 年間分）の標本値の平均や比率は、同一条件下で 10～12 年が推移し、その間の全ての港湾計画、つまり計画改訂 1 周期分の港湾計画における標本値の平均や比率と概ね一致していると考えることができる。

今回対象とした 2 つの標本集団をみると、下関港、北九州港、広島港、木更津港の 4 港が両標本集団に含まれている。両標本集団の間隔が 5～9 年で、しかも計画改訂の周期が一定のばらつきを持っているため、このような現象は当然に生じる。しかし、前述のとおり各標本集団（3 年間分）は計画改訂 1 周期分の標本集団と同じ標本値を持つと見なすことができるので、2 つの標本集団における幾つかの港湾の重複は、分析上の問題とはならない。

(5) 港湾計画の性格

港湾計画は、10～15 年先を想定したマスタープランである。しかし、この計画に位置づけられた埋立は、計画期間内に全てが実施されることを前提にしたものではない。埋立は、港湾計画に位置づけられたものの中から、その時々経済・社会・環境等の諸条件に照らして埋立実施の可否を検討し、必要かつ実行可能な部分を選び、

その部分について実施計画を十分に練った上で埋立が実施される。もちろん、埋立の実施前には、漁業補償の交渉や事業段階環境アセスメントが実施され、漁業補償交渉が妥結しない場合や、対応策を様々工夫しても環境に問題がある場合などは、埋立は実行されない。

港湾の開発を無計画に進めた場合、必要な用地や構造物を確保するために使用しなければならない海域や陸域の面積は大きなものになる。それだけではなく、港湾における埋立の場合は、防波堤、航路や岸壁などと組み合わせる埋立区画が定まる都合上、それぞれの計画が整合しない場合には、様々なムダが生じ、建設費は極めて大きなものになる。このため、一定期間先を見た上で埋立を実施して行く必要があり、このためのマスタープランとして港湾計画が使用されている。

従って、港湾計画における埋立計画区域は、そのまま実際に埋め立てられる区域を示すものではなく、十分な埋立需要が発生するなどの条件が整った場合には埋め立てられる区域、即ち埋立が実施される可能性がある区域を意味している。それは同時に、埋立を実行する必要性が生じた場合、埋立にまつわる種々の事情を考慮した結果として、当該区域を埋め立てるという方針で実施計画を検討することが妥当であると判断された区域である。

3.2 土地造成計画面積の動向

土地造成計画の総面積と計画された年次の関係を見るため、1996～1998 年度分、1989～1991 年度分およびそれぞれに対する前回計画における土地造成計画の総面積を求め、各標本集団の時間属性を代表する年度を基準年として与え図化する。計画は案がほぼ固まった後、決定までの手続きに 1 年弱の期間を必要とするので、1996～1998 年度分および 1989～1991 年度分は中間年から 1 年遡った年を基準年とし、それぞれの前回計画は、計画

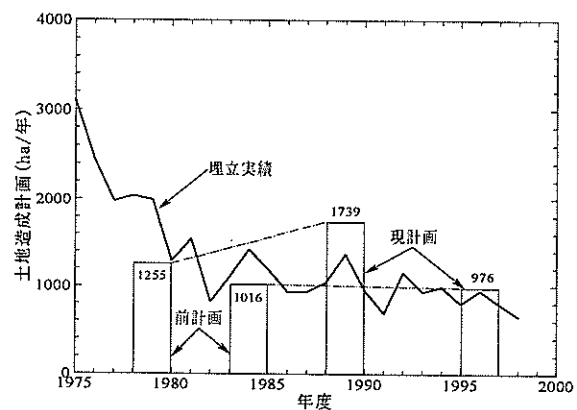


図-6 土地造成計画面積の推移

改訂間隔がそれぞれ 12 年, 10 年であるので, その年数をそれぞれの現計画の基準年から遡った年度を基準年として整理する。

図化の結果は図-6 のとおりである。基準年 1979 年と 1989 年の標本集団が相対的に土地造成計画面積が大きく, 中でも, 基準年 1989 年の標本集団が飛び抜けて大きい。基準年 1984 年と 1996 年の標本集団は相対的に小さく, ほぼ同じ規模である。基準年 1979 年は第 1 次オイルショック後の景気刺激策がとられた時期と第 2 次オイルショックの発生およびその直後の景気後退時期が混在している。基準年 1984 年はオイルショック後の景気低迷からまだ立ち直っていない時期である。基準年 1989 年はバブル経済の最盛期であるし, 基準年 1996 年はバブル経済終了後の景気低迷期である。こうした経済的背景を重ね合わせてみると, 港湾計画における土地造成計画面積の大小はわが国の経済的な背景と傾向が一致していることがわかる。ここで考察している以外にも様々な要因があるので断言はできないが, 経済的な動きに対して計画者は相応の対応をとってきている, あるいは経済の動きに土地造成計画は抗することのできない強い影響を受けていると推測することができる。

図-6 における土地造成計画面積の大小関係の信頼水準を知るために, 各標本集団内の 1 年度分ごとの土地造成計画面積 (各標本集団でサイズは 3 となる。) の平均値を求め, その平均値について Welch の方法により「平均値は図-6 のとおりの大小関係にはない。」という帰無仮説に対する片側有意確率 (p 値) を求める。結果は表-6 のとおりで, 土地造成計画面積の年変動を考慮した場合, 隣接する各標本集団間の大小関係が図-6 のとおりである片側信頼確率は 81%~92% である。

表-6 土地造成計画面積の大小関係の信頼性

	計画年度	平均値 (ha)	標準誤差	t 値	p 値
現計画	1996-1998	976	579	-1.1	17%
	1989-1991	1,739	346	1.9	8%
前回計画	1996-1998	1,016	167	-1.0	19%
	1989-1991	1,255	181		

統計的有意性は十分とはいえないが, 年度ごとに土地造成計画面積の前回計画からの増減をまとめると表-7 のとおりとなる。1997 年度以降急激に減少していることがわかる。これは, 港湾管理者が計画策定時の経済社会情勢を踏まえて将来の動向を厳しく予測したためか, 運輸省当局のかなり厳しい投資効果要求の結果によるためか, といった可能性が考えられるが, この変動が偶発的

な短期変動なのか, 一定期間にわたるトレンドなのかは更に数年間の実績をみなければならぬであろう。

表-7 土地造成計画面積の増減

計画年度	土地造成計画面積 (現計画)	土地造成計画面積 (前回計画)	増加率
1998	240ha	973ha	-75%
1997	570ha	751ha	-24%
1996	2,119ha	1,325ha	60%
1991	1,341ha	894ha	50%
1990	2,429ha	1,438ha	69%
1989	1,447ha	1,434ha	1%

3.3 埋立計画増加区域の分析

土地造成計画の大小を見ただけでは, 埋立によって減少する海域がどれだけ拡大/縮小したかを知ることができない。このため, 現計画の計画図と前回計画の計画図を比較して, 埋立計画区域が拡大した部分の面積, 最大水深, 最小水深, 埋立計画増加によって減少する自然海岸の延長を読み取り, そのデータをもとに動向を分析する。埋立計画の増加面積は, 埋立計画が拡大したときに正の値, 縮小したときに負の値をとる。また, 最大水深と最小水深は, 通常の係留施設の水深表記と同様に, 低潮面下を負の値, 低潮面上を正の値として整理する。

(1) 埋立形式

埋立計画増加区域の埋立形式ごとに埋立計画増加面積を集計し, その構成比を求める。集計のために設定した分類は, 表-8 のとおり「拡張」, 「島式」, 「準島式」, 「大型化」, 「再開発」, 「拡張」と「島式」の 6 分類である。この分類の判別は港湾計画の地区を単位として行い, 当該地区の埋立増加計画が複合的な性格を持っている場合は, 主たる性格に従って分類した。

表-8 埋立形式の分類

大分類	小分類	判定基準
拡張	拡張	埋立計画増加区域が, 増加区域の最大幅の 1/2 以上の幅の埋立で既存陸域と接続している埋立増加計画である。
	準島式	埋立計画増加区域が, 増加区域の最大幅の 1/2 未満の幅の埋立で既存陸域と接続している埋立増加計画である。
その他	大型化	大型の係留施設を旧施設の前面に築造することによる埋立増加計画である。
	再開発	内港地区の再開発のための埋立増加計画である。
	拡張と島式	拡張と島式もしくは拡張と準島式がそれぞれ相応の規模を持っている埋立増加計画である。

埋立形式ごとの埋立計画増加面積の構成比は図-7のとおりである。増加部分は60%以上が、減少部分は87%以上が「拡張」である。「拡張」について多いのが「島式」で、増加部分、減少部分それぞれで26%以上、0%である。これに「準島式」を加えると34%以上、0%となる。そして「拡張」から「準島式」までの三つの形式を合わせるといずれも87%以上に達する。また、「拡張」と「島式」の複合型は最大でも1%である。

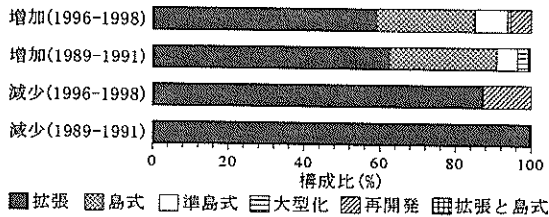


図-7 埋立計画増加面積の埋立形式別構成比

陸域もしくは既定の埋立計画（以下、単に「陸域」という。）に接続しないで埋立が計画される埋立形式は「島式」であるが、これに類似した埋立形式に、ごく一部を陸域に接続して埋立が計画される「準島式」がある。「準島式」は陸域に接続しているものの、埋立の費用特性は「島式」とほぼ同じと考えられる。他方、「拡張」と「島式」の複合形式もあるが、1%以下しかないので無視できる。このため、これ以降は「島式」と「準島式」の2種類をあわせて「島式」として整理する。

(2) 水深に対する埋立面積の分布

埋立計画増加区域の面積とともにその最大水深と最小水深を読み取ったが、単純にこれら水深の頻度分布を見ても明らかな傾向を見出すことはできない。各埋立計画増加区域は最大水深から最小水深にかけて水深帯ごとにそれぞれある面積で埋め立てが割り振られることになる。埋立計画増加区域ごとに区域全体の埋立面積を水深帯ごとの埋立面積に分解し、分解された水深帯ごとの埋立面積を改めて水深帯ごとに全国分を合計し、全国分の埋立計画増加区域について水深帯ごとの埋立計画増加面積を求める。

まず i 地区の埋立計画増加区域において、最大水深を D_{1i} 、最小水深を D_{2i} 、水深の読み取りの分解能を δ とする。埋立計画増加面積は最大水深と最小水深の間に何らかの分布形をもって分布する。この分布形を知るためにはかなり大きな作業量を必要とするので、ここでは Laplas の原理に従い均等分布を仮定する。この仮定は、直線をなす海岸線に対して海底地形が汀線方向に均等に岸沖方向に一様な勾配となっている海域において、底辺が海岸線と平行となるように長方形の埋立をするという

ケースを一般化したものだと考えることができる。このとき、埋立計画増加面積を S_i とすると、水深 d における単位水深帯幅あたりの埋立計画増加面積 $S^*(d)$ は、

$$S^*(d) = \sum_{\{i | D_{1i} \leq d \leq D_{2i}\}} \frac{S_i}{D_{1i} + D_{2i} + \delta} \quad (14)$$

となる。この $S^*(d)$ を埋立計画増加分と埋立計画減少分に分けて求めた結果が、図-8 である。

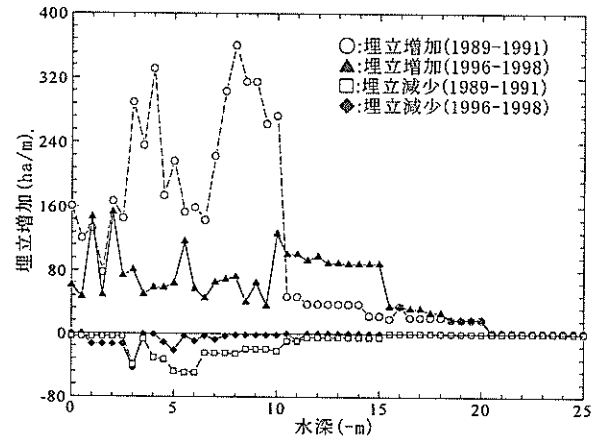


図-8 水深に対する埋立計画増加面積の分布

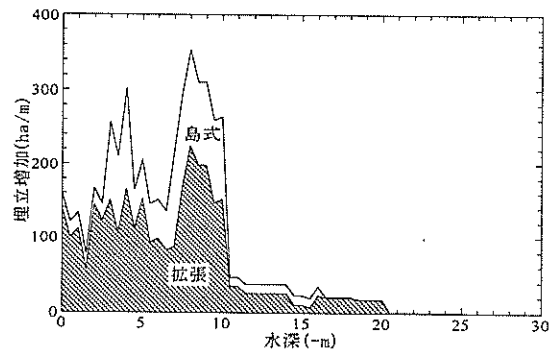


図-9 水深に対する埋立計画増加面積の分布(1989-1991年度)

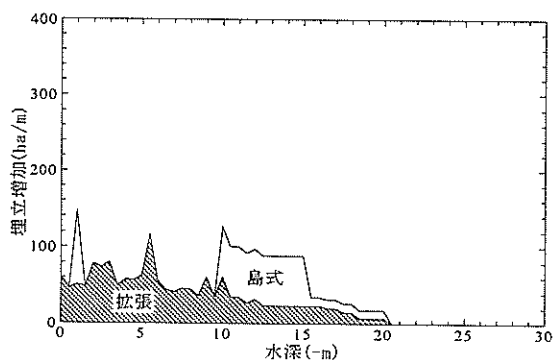


図-10 水深に対する埋立計画増加面積の分布(1996-1998年度)

1989～1991年度は水深-7～-10mと水深-2～-5mに大きなピークがみられ、1996～1998年度は水深-10～-15mに大きなピークがみられる。この原因を知るために、それぞれの埋立計画増加面積の増加分を埋立形式ごとに分けて再度グラフを作成する。結果は図-9～10のとおりである。

大きなピークは主として「島式」の埋立によるものであることがわかる。1989～1991年度の水深-7～-10mのピークは「島式」のみならず、「拡張」の寄与が大きい。また、水深別埋立計画増加面積のピークは、2～4港の大型埋立による寄与がそのほとんどを占めている。埋立形式別にデータのばらつきを見るために、埋立計画増加面積の地区単位のデータから Gini 係数を算出する。Gini 係数の定義は次のとおりである。

$$GI = \frac{1}{2n \cdot \sum_{j=1}^n S_j} \cdot \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n |S_j - S_k| \quad (15)$$

ここで、GI: Gini 係数、n: 埋立増加計画のある港の数、 S_j , S_k : 第 j 港、第 k 港の埋立計画増加面積である⁸⁾。結果は表-9のとおりとなる。

表-9 埋立計画増加面積の Gini 係数

埋立形式	年度	Gini 係数	平均面積 (ha)	標本数
島式	1996-1998	0.38	109	4
	1989-1991	0.36	116	8
拡張	1996-1998	0.76	17	68
	1989-1991	0.73	14	126
その他	1996-1998	0.48	16	5
	1989-1991	0.60	9	8

Gini 係数は「拡張」や「その他」形式の方が「島式」より大きい。単にこの特性だけで見れば、「拡張」の方がピークが鋭く現れる傾向にあることになるが、結果は逆である。その理由は、「島式」が、「拡張」に比べて埋立水深帯が狭いことによると考えられる。一般に、埋立は水深が大きくなるとコストが高くなり経済的に成立しなくなるので、埋立水深には上限が実質的に存在する。そのうえで、敢えて浅い水深帯における埋立を放棄する「島式」は埋立水深帯がどうしても狭くなる。また、「島式」の埋立は、平均面積を比較すればわかるとおり、地区当たりの埋立面積が「拡張」に比べて著しく大きい。埋立面積が大きくなると、「拡張」で埋め立てることができるだけのまとまったスペースを持つ海岸線（その前面海域を含む。）が存在しなくなるからだと考えられる。もう一つ

の理由に、「島式」の場合、「拡張」と比べて外周護岸が長くなるため、埋立面積をかなり大きくとり埋立面積に対する外周護岸の延長の割合が小さくなるように計画をして、面積当たりの建設費があまり大きくならないようにしなければならないという事情がある。結果として、「島式」の計画は埋立面積が大きなものだけとなり、水深に対する埋立計画増加面積の分布において「島式」はピークを形成しやすいということになる。

海域における生物活性はある水深以浅の海域で大きく、それよりも深くなると急速に低下すると考えられている。そのような浅海域は一般に「浅場」と呼ばれている。現状で「浅場」についての確立した定義はないが、本研究では、東京港羽田沖浅場造成事業で用いられた水深-10m⁹⁾を基準に、それより浅い海域を「浅場」と見なす。また、中でも水深-3m までの浅海域は、汚濁が進んだ海域であっても海草藻類の生物活性が高いと言われているので、その部分を生物活性が高く海草藻類が繁茂する浅海域という意味で「滋浅海域」と称することにする。そして、これについても整理を行う。水深別の埋立計画増加面積の計算結果を基に、平均水深、「浅場」における埋立計画増加面積、埋立計画増加区域における「浅場」の占める面積比率（以下、「浅場比率」という。）を求める。結果は表-10～11のとおりである。

表-10 埋立計画増加区域の平均水深

埋立の増減/ 埋立形式の別	平均水深(m)	
	1989-1991 年度	1996-1998 年度
増加	-6.7	-8.7
拡張	-6.6	-7.2
島式	-7.0	-11.9
その他	-5.3	-5.2
減少	-6.7	-4.5

表-11 埋立計画増加区域に占める浅場の割合

埋立の増減/ 埋立形式の別	浅場での埋立計画 増加面積(ha)		浅場比率(%)	
	1989- 1991 年度	1996- 1998 年度	1989- 1991 年度	1996- 1998 年度
増加	2,280	754	89	56
拡張	1,402	593	87	74
島式	790	81	91	17
その他	87	80	99	98
減少	232	82	89	93

埋立計画増加区域における増加区域の平均水深は、1989～1991年度に-6.7mであったものが1996～1998年度には-8.7mと、この間に30%深くなっている。これに対

して減少区域の平均水深は-6.7mから-4.5mへと33%浅くなっている。増加区域の平均水深を埋立形式別に見ると、1989～1991年度は大きな違いがないが、1996～1998年度には「島式」の平均水深がかなり深くなり-11.9mになっている。「浅場」における埋立計画増加面積は、1989～1991年度に2,280ha/3年であったものが1996～1998年度には754ha/3年と約1/3に減少している。浅場比率も89%から56%に大きく減少している。浅場比率を埋立形式別に見ると、「拡張」および「島式」で大きく低下する一方、「その他」は変化していない。「島式」は、浅場比率が特に大きく低下し、17%にまで低下している。「その他」で浅場比率が高い値で変化していないのは、「その他」が「再開発」や「大型化」による埋立計画であり、浅い泊地等での埋立が前提となるため、当然の帰結である。

次に、「滋浅海域」についての整理結果は表-12のとおりである。埋立計画増加面積は、1989～1991年度に548ha/3年であったものが1996～1998年度には299ha/3年へと約1/2に減少している。しかし、埋立計画増加面積における「滋浅海域」の占める面積比率（以下、「滋浅海域比率」という。）は、21%から22%と横這いである。これは、浅海域が有する生物生産機能、生態系維持機能、自然の浄化機能等に対する関心が高まり、浅海域を残す努力がなされたことと、景気後退により費用面で不利な水深の深い場所での埋立計画の増加が減少したことが相殺し、その結果、滋浅海域比率が変化しなかったのではないかと推測される。

表-12 埋立計画増加区域に占める滋浅海域の割合

埋立の増減/埋立形式の別	滋浅海域での埋立計画増加面積(ha)		滋浅海域比率(%)	
	1989-1991年度	1996-1998年度	1989-1991年度	1996-1998年度
増加	548	299	21	22
拡張	412	214	26	27
島式	119	48	14	10
その他	17	37	19	45
減少	32	48	12	54

(3) 自然海岸の減少量

埋立計画増加区域が実際に埋め立てられた場合に、減少する自然海岸の延長を求めた。減少する自然海岸の延長を港湾計画図から読み取るにあたって設定した、自然海岸の判定基準は表-13のとおりである。計画図からの読み取りは港湾計画上の地区を単位に行い、それを港湾単位に集計して使用した。

今回設定した判定基準では、離岸堤や突堤といった海側の人工構造物の有無や、人為的な土砂投入などの海岸

の生成履歴は考慮されていない。これは、埋立をするか否かという場面では海側の人工構造物の有無は重要な考慮要素ではないと考えたためと、作業量軽減のために計画図情報だけで分類を可能にするためである。また、「陸に向かって50m」や「上空に向かって10m」といったスケールは、海岸工学関係者数名からの聴取により、「埋立を検討するにあたり注意が喚起されるような自然海岸」という経験的に形作られた観念を基礎として導かれたものである。このため、生物活動や自然現象などからみて自然に分類すべきか否かまでを分析した結果ではない。今回設定した判定基準は、埋立の環境影響を考察するための概括的な指標を算出するために便宜的に設定したものである。その趣旨を理解して算出される指標の意味を読み取らなければならない。

表-13 自然海岸の判定基準

海岸の種類	判定基準
緩勾配の海岸(砂浜等)	汀線から陸上に向かって概ね50m(水平距離)以内に人工構造物が存在しない。
急勾配の海岸(崖等)	汀線から上空に向かって概ね10m(鉛直距離)以内に人工構造物が存在しない。

埋立計画増加によって減少する自然海岸の延べ延長は、1989～1991年度で5,700m/3年であったものが1996～1998年度には2,500m/3年と1/2以下に減少している。自然海岸の減少延長の港単位での平均は、それぞれの期間で163m/3年/港および64m/3年/港であり、約1/3に減少している。自然海岸の減少は全ての港湾で万遍なく発生しているわけではなく、限られた港湾のしかも限られた地区で発生している。港湾単位でみた場合、自然海岸の減少発生率は1989～1991年度が29%、1996～1998年度が10%で、この間に1/3に低下している。自然海岸の減少が発生している港湾だけで減少延長の平均を求めると、570mから625mへと10%増大している。しかし、「平均値は増大していない」という帰無仮説をたて、Welchの方法によって検定を行うと、t値は0.23で片側有意確率は41%となり、棄却することはできない。サンプル数が少なく、値のばらつきが大きいので、平均値が増大しているとみることがあまり信頼性がないのである。

次に、埋立計画増加面積1haあたりの減少自然海岸延長を港ごとに計算し、それを「自然海岸単位減少延長」として集計・整理する。全国の合計でみると、1989～1991年度に2.2m/haであったものが、1996～1998年度には1.9m/haと1割強低下している。「自然海岸単位減少延

長」を各港ごとに算定し、それを平均した値は、それぞれの期間で5.5m/haおよび1.0m/haで、この間に約1/5に減少している。また、これを自然海岸の減少が発生している港湾だけで平均しなすと、それぞれ21m/haおよび8.7m/haで、42%に減少している。

表-14 埋立計画増加による自然海岸の減少量

		減少自然海岸 延長(m)		自然海岸単位減 少延長(m/ha)	
		1989- 1991 年度	1996- 1998 年度	1989- 1991 年度	1996- 1998 年度
全体	合計	5,700	2,500	2.2	1.9
	平均	163	64	5.5	1.0
	標準偏差	344	222	12.3	3.6
減少 部分	平均	570	625	20.7	8.7
	標準偏差	435	393	16.5	5.8
サンプル数		35	39	34	34
減少発生港数		10	4	9	4
減少発生率		29%	10%		

(4) 港湾計画と埋立実施計画の関係

港湾計画の中で位置づけられる埋立計画と埋立免許の対象としての埋立実施計画の間に、どのような違いが生じるかを考察する。このため、まず港湾計画における埋立計画について考察する。埋立計画面積を P 、計画するに相応しい確実性があると予見される埋立需要面積を V 、埋立実施面積を R 、考えられる最大の埋立需要面積を η とし、埋立した場合の単位面積当たりの利益を ω 、自然のままの場合の単位面積当たりの利益を ζ とすれば、対象区域のもたらす利益 W は、

$P \leq V$ の場合は $R = P$ となるので、

$$W = \omega \cdot P + \zeta \cdot (\eta - P) \quad (16)$$

また $P > V$ の場合は $R = V$ となり、

$$W = \omega \cdot V + \zeta \cdot (\eta - V) \quad (17)$$

となる。ただし、 V はある生起確率分布を持つ確率変数である。このような条件下で、計画者は W の期待値を最大化するように意思決定をするものとする。埋立の利益が自然のままの利益より大きい場合、即ち $\omega > \zeta$ を仮定すると、計画者の決定は、 $P \geq V$ となる。しかし V の生起確率分布を正確に予測することが困難であり、それによるリスクを回避とするならば、計画者の意思決定の一つの答えは $P = \eta$ となる。現実には、港湾計画で埋立計画面積をいくら大きめに設定しようとも、実際に埋立の必要性が顕在し、漁業補償が妥結し、環境アセスメント

で支障がないことなどが確認されてはじめて埋立が実施されるので、それまでは、港湾計画で埋立が計画されただけでは、当該海域における自然がもたらす利益は減少しない。むしろ、埋立計画が小さすぎて、企業立地等の機会を逸することの方が、計画者にとって明らかなリスクと認識されている、と想像することができる。

現実の港湾計画は、これよりもはるかに複雑な関係のうえに成り立っており、このような単純な原理で計画がなされているわけではない。しかし、景気変動によって需要が大きく変化する埋立という行為を計画するメカニズムとしては、善良で合理的な埋立主体を仮定し、必要に応じ港湾計画の範囲の中で埋立実施の判断を適切に行い、可能な限りタイムリーな埋立地供給を行い、地域の利益を逸することのなく確保するという文脈においては、それなりに優れたメカニズムであったと考えることができる。また、環境影響のような外部不経済がある場合、市場経済では社会的な最適状態が達成されない。いわゆる市場の失敗と呼ばれる問題で、埋立も当てはまる。こうした問題に対し、公共主体が社会的な最適状態を予測し、それに向けた制御を実現しようとする¹⁰⁾がその処方箋と考えられ、従来の埋立の仕組みがそのためのものであったこともまた事実であろう。

しかし、近年は投資効果分析が以前よりも厳格になされるようになり、前述のメカニズムが支配的となるような計画策定がなされることはなくなってきた。また、このようなメカニズムを合理的ならしめる前提である善良で合理的な埋立主体の仮定が、少なからぬ人々にとって認めることのできない仮定となってきたことが、従来型の埋立プロジェクトの進め方に対する批判を増加させていると考えることができる。さらに、埋立にとって好適な条件を持つ海域が減少してきているので、安易な埋立では土地需要を喚起する十分な価格と立地条件を有する土地を造成することができなくなってきていることも、前述のメカニズムが機能しなくなってきている背景にあると考えられる。こうした状況の中で、現在は需要がかなり期待され、しかも特に臨海部で必要とされる用地需要に対して埋立が計画されるという傾向が強まってきている。

(5) 埋立計画と土地利用計画範囲の関係

港湾計画における埋立計画の増減と陸上部における土地利用計画の範囲の関係を考察する。前回計画からの土地利用計画の増加(減少)面積は、埋立計画と陸上部での土地利用計画の増加(減少)によるものであるから、次式が成立する。

$$L_u = L_r + L_l \quad (18)$$

ここで、 L_u ：土地利用計画の前回計画からの増加面積、 L_r ：埋立計画の前回計画からの増加面積、 L_l ：土地利用計画の前回計画からの陸上部での増加面積である。

この関係をもとに、土地利用計画増加面積、埋立計画増加面積および土地利用計画陸上増加面積の関係を各標本集団ごとにまとめる。但し、1996年度の苫小牧港および1997年度の福山港の港湾計画は極端に大きい計画範囲の減少・拡大が生じているので、増減面積を整理するにあたって、両港のデータを別扱いにして整理する。結果は表-15のとおりである。

表-15 埋立計画と土地利用計画の増減

計画改訂	土地利用計画増加面積(ha)	埋立計画増加面積(ha)	土地利用計画陸上増加面積(ha)
1996-1998年度	-3,890	1,345	-5,235
福山港	1,097	5	1,092
苫小牧港	-6,097	69	-6,166
その他	1,110	1,271	-161
1989-1991年度	1,887	2,568	-681

1996年度の苫小牧港および1997年度の福山港を除けば、1996～1998年度の標本集団と1989～1991年度の標本集団は、土地利用計画と埋立計画の大小関係が類似している。土地利用計画の増加面積はそれぞれ1,110ha/3年および1,887ha/3年で、埋立計画増加面積は1,271ha/3年および2,568ha/3年と、いずれも土地利用計画の増加面積よりも大きい。この結果、陸上部での土地利用計画増加面積は、それぞれ-161ha/3年および-681ha/3年と、前回計画からいずれも減少していることが導かれる。

土地利用計画面積の陸上部での増減は、土地造成はもとより、土地造成を伴わない計画範囲の変更によってもたらされる。港湾計画が1973年に法律に定められた以降も、既存陸域の土地利用計画は、官民にわたる既得権者の反対などによって、長い間計画がなされなかった港湾が少なくない。しかし、近年は、港湾としての土地利用計画が求められるにもかかわらず諸般の事情によって土地利用計画が策定できなかった地区に、大規模に土地利用計画を新規に定めるというような港湾は少なくなってきた。この結果、土地利用計画の対象範囲は、実状に合わせ一部増減がなされるという状態になってきている。ただし、これは、適切な臨海部活動を確保するために必要と考えられる範囲に対して適切な範囲が計画に位置づけられたためという場合もあるが、単に既得権者の強い抵抗によって計画対象とすることを断念しているという

場合も少なくない。また逆に、過大な計画範囲の設定をしようとする港湾当局を関係者の主張により適正な範囲に押し止めているという状況もあるかもしれない。いずれにせよ、一時期世間で話題にされたような単なる省庁間の縄張り争いという側面だけで議論がなされるのは不幸である。限られた空間資源である臨海部が関係主体各々のみならず社会的にみて可能な限り有効に活用され、あるいは、そこでの各種利用・活動の間の相克が効果的に解消されるような空間利用のあるべき姿を十分に検討・議論し、そしてその結果を着実に実行に結びつけるという努力こそが重要であると考ええる。また、高度成長期には陸上に大規模な土地造成計画が新たに策定される場合がときどきあったが、近年はそのようなケースはほとんどなくなってきている。このような状況の下で、陸上は海域に比べて権利関係が複雑に絡んでいることもあり、日本経済の成熟化や景気低迷などによって、陸上に大きな土地造成計画を有する港湾では、計画見直しで陸上の土地造成計画面積が減少する傾向にあると考えられる。

埋立計画増加面積を標本集団間で比較すると、1989～1991年度の標本集団は、1996～1998年度の標本集団の2倍、その差1,223ha/3年と大きな差が生じている。これに、3.2で述べた1989～1991年度の土地造成計画面積が埋立実績に比して著しく大きいという状況を重ね合わせると、1989～1991年度の大きな土地造成計画は、そのかなりの部分が埋立計画の大きな増加であると考えることができる。

3.4 埋立増加特性のパス解析

埋立の特性を分析するために、港湾計画書・計画図から読み取ったデータを基本に、幾つかの補助情報を加え、分析を行う。分析にはパス解析(Path Analysis)¹¹⁾の手法を用い、埋立計画が増加する場合において、土地造成計画面積、埋立計画増加面積および埋立計画増加区域の水深について、他の指標との関係を分析する。

(1) 使用データ

パス解析のための入力データを作成する。3.1(2)で設定した対象期間(1989～1991年度および1996～1998年度の各3年間、合計で6年間)に港湾計画の改訂がなされた港湾について、各港湾ごとに①土地利用計画面積 x_1 、②港湾区域面積 x_2 、③閉鎖性海域ダミー x_3 、④土地造成計画面積 x_4 、⑤埋立計画増加面積 x_5 、⑥埋立計画増加区域の最大水深 x_6 、⑦埋立計画増加区域の最小水深 x_7 のデータを組み合わせたデータセットを作成する。

表-16 入力データの諸元

変数	項目	測定単位	集計方法	データソース
X1	土地利用計画面積	ha	合計	計画書から読取
X2	港湾区域面積	ha	—	別途調査
X3	閉鎖性海域ダミー	—	—	所在地を分類
X4	土地造成計画面積	ha	合計	計画書から読取
X5	埋立計画増加面積	ha	合計	新旧計画図の対比
X6	埋立計画増加区域の最大水深	m	加重平均	計画図から読取
X7	埋立計画増加区域の最小水深	m	加重平均	計画図から読取

各データ項目の単位、集計方法、データソースは表-16のとおりである。このうち、港湾区域面積は、運輸省港湾局が調査した1993年度における港湾区域面積を使用した。閉鎖性海域ダミーは、「三大湾」、「瀬戸内」、「北部九州」を1、それ以外を0と設定した。「北部九州」の下関港と北九州港は日本海と瀬戸内海の両方に面するので、閉鎖性海域であるか否かについて疑問が生じる。しかし、両港の日本海に面する地区は、全て瀬戸内海環境保全臨時措置法第13条第1項（埋立等についての特別の配慮）の適用を受ける対象になっているため、大きな割り切りとして、両港を含む「北部九州」3港を閉鎖性海域に分類した。また、埋立計画増加区域の最大水深および最小水深は、地区ごとに港湾計画図から読み取り、地区ごとの埋立計画増加面積の絶対値を重みとして加重平均を行い、各港の値とした。埋立計画面積が増加する場合と減少する場合では、変数間の構造が異なると考えられるため、本研究では埋立計画面積が港湾単位でみたときに増加しているものだけを対象として整理する。

使用するデータの尺度は、ダミー変数を除けば、面積と長さであるため、両者の尺度をそろえる必要がある。

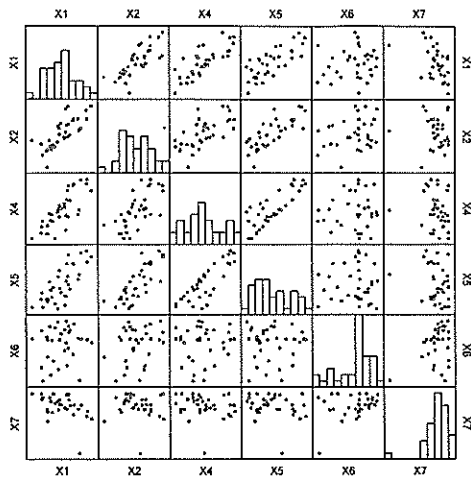


図-11 使用データの散布図（1989-1991年度）

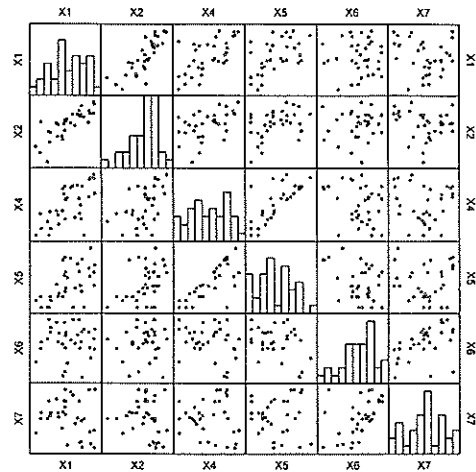


図-12 使用データの散布図（1996-1998年度）

表-17 使用データの分散共分散行列（1989-1991年度）

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	2.15	1.34	0.41	1.44	1.25	0.96	-1.88
X2	1.34	1.41	0.16	0.98	1.03	1.47	-0.23
X3	0.41	0.16	0.24	0.23	0.25	-0.37	-0.70
X4	1.44	0.98	0.23	1.51	1.14	0.56	-0.58
X5	1.25	1.03	0.25	1.14	1.24	0.03	-0.68
X6	0.96	1.47	-0.37	0.56	0.03	20.83	4.44
X7	-1.88	-0.23	-0.70	-0.58	-0.68	4.44	8.72

表-18 使用データの分散共分散行列（1996-1998年度）

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
X1	2.56	1.74	0.49	1.90	1.48	-0.06	-0.94
X2	1.74	1.78	0.40	1.27	1.00	0.68	-0.65
X3	0.49	0.40	0.24	0.30	0.12	-0.12	-0.78
X4	1.90	1.27	0.30	3.40	2.40	-2.26	-0.36
X5	1.48	1.00	0.12	2.40	2.82	-3.19	0.03
X6	-0.06	0.68	-0.12	-2.26	-3.19	22.00	7.05
X7	-0.94	-0.65	-0.78	-0.36	0.03	7.05	8.98

計画者が人間であり、人間の知覚を基礎として各種データ項目のスケールは決定されると考えられるので、各データ項目は人間の刺激知覚量尺度に変換して使用する。人間の刺激に対する知覚量は、大まかには Weber-Fechner 則に従うとされる¹²⁾。また、この関数型は数値処理を行ううえで操作性がよい。そこで、対数変換の意味がないダミー変数と0値を持ち対数変換ができない水深変数を除き、他の変数を自然対数変換して使用する。これらデータの散布図（ダミー変数を除く）および分散共分散行列は図-11~12 および表-17~18 のとおりである。

(2) 変数間の構造分析

パス解析にあたり、分析のための変数間の構造を仮定する。

7 個の変数の中で、他の変数の加重線形結合により説明をしたい変数は、まず、土地造成計画面積 x_1 および埋立計画増加面積 x_2 である。土地利用計画面積 x_1 は港湾およびその周辺における経済的な活動のレベルを、港湾区域面積 x_2 は平面空間的な埋立の容量を、閉鎖性海域ダミー x_3 は海象条件、海底条件や海域環境条件を、間接的に現す指標である。従って、 $x_1 \sim x_3$ によって x_4 をある程度説明することができると考えられる。また、 x_5 は基本的には x_4 から導かれると考えられるが、更に $x_1 \sim x_3$ を加えることにより説明力が高まると考えられる。埋立計画増加区域の水深 x_6 および x_7 は、 x_4 および x_5 との関係では、原因を示す指標とも結果を示す指標も考えられる。近年の動向からみて、 x_6 や x_7 が深くなるから x_5 が小さくなるというよりは、 x_4 や x_5 が大きくなるから x_6 や x_7 が深くなるもしくは浅くなるという構造が考えられるため、 x_6 および x_7 は x_4 および x_5 の結果と捉える。この結果、 x_6 および x_7 は $x_1 \sim x_5$ によって一定の説明がなされると考えることができるので、各変数の関係は、

$$t = At + u \tag{19}$$

ただし、

$$t = (v_1, \dots, v_7)' \tag{20}$$

$$u = (v_1, \dots, v_3, e_4, \dots, e_7)' \tag{21}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{41} & \beta_{42} & \beta_{43} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{51} & \beta_{52} & \beta_{53} & \beta_{54} & 0 & 0 & 0 \\ \beta_{61} & \beta_{62} & \beta_{63} & \beta_{64} & \beta_{65} & 0 & 0 \\ \beta_{71} & \beta_{72} & \beta_{73} & \beta_{74} & \beta_{75} & 0 & 0 \end{bmatrix} \mathbf{O}_{7 \times 2} \tag{22}$$

である。ここで $v_i : x_i - \bar{x}$, β_{ij} : 被説明変数 v_i に対する説明変数 v_j の重み係数, e_i : 被説明変数 v_i の誤差変動, である。

他方、 t の分散共分散行列 Σ_t は、

$$\Sigma_t = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \Sigma_u \left[(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \right]' \tag{23}$$

と表すことができる。ここで、 $\Sigma_u : u$ の分散共分散行列である。なお、本モデルでは誤差変数間の相関はないとしている。

式(19)~(23)から、多変量正規分布を仮定した最尤推定法により、標準化係数を求める。また、観測変数の生起確率に多変量正規分布を用いた 1000 回の Bootstrap を行って、標準化係数の標準誤差を求める。結果は表-19 である。

表-19 標準化重み係数の推定値

重み係数	1989-1991 年度		1996-1998 年度	
	標準化係数	標準誤差	標準化係数	標準誤差
β_{41}	0.75	0.21	0.71	0.22
β_{42}	0.12	0.19	0.01	0.18
β_{43}	-0.07	0.15	-0.12	0.18
β_{51}	-0.16	0.17	0.22	0.25
β_{52}	0.47	0.14	0.07	0.20
β_{53}	0.21	0.11	-0.27	0.14
β_{54}	0.56	0.11	0.68	0.15
β_{61}	0.10	0.42	0.24	0.46
β_{62}	0.59	0.28	0.43	0.27
β_{63}	-0.18	0.22	-0.37	0.28
β_{64}	0.21	0.37	0.02	0.23
β_{65}	-0.63	0.34	-0.69	0.29
β_{71}	-1.10	0.28	0.09	0.37
β_{72}	0.67	0.34	0.19	0.22
β_{73}	-0.12	0.19	-0.72	0.25
β_{74}	0.56	0.30	0.09	0.38
β_{75}	-0.30	0.29	-0.10	0.42

設定したモデルの自由度は 1 と低いため、モデルのデータに対する適合度は高いとはいえない。そこで、一定の敷居値を定め、標準化重み係数の絶対値 (少数第 2 位を四捨五入) が敷居値より小さいものは「関連がない」と見てモデル構造を修正し、再計算する。敷居値を 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 と変化させ、もっとも適合度が高い場合の敷居値を採用する。適合度を判定するための適合度指数は、一般に良く用いられる GFI (goodness of fit index) と RMSEA (root mean square error of approximation) を使用する。GFI および RMSEA の定義は、

$$GFI = 1 - \frac{\text{tr}(\Sigma^{-1} \cdot S - \mathbf{I})^2}{\text{tr}(\Sigma^{-1} \cdot S)^2} \tag{24}$$

$$RMSEA = \sqrt{\max\left(\frac{\text{tr}(\Sigma^{-1} \cdot S) - \log|\Sigma^{-1} \cdot S| - m}{df} - \frac{1}{n-1}, 0\right)} \tag{25}$$

である。ここで、 Σ : 推定された t の分散共分散行列, S :

t の標本分散共分散行列, df: モデルの自由度, m: 観測変数の数, n: 標本数である.

計算結果は表-20 のとおりである. GFI はかなり以前から使われている指標であるが, モデルの自由度が小さくなると適合性がよいという結果を出す傾向がある. このため, 近年は RMSEA がよく使われるようになってきている. そこで判断のための指標に RMSEA を採用すれば, 敷居値は 1989~1991 年度が 0.2, 1996~1998 年度が 0.4 となる. このときのモデルの自由度は, それぞれ 5 および 12 である.

表-20 敷居値ごとの適合度指数

敷居値	1989-1991 年度		1996-1998 年度	
	GFI	RMSEA	GFI	RMSEA
0	0.965	0.325	0.895	0.705
0.2	0.952	0.082	0.889	0.198
0.3	0.909	0.096	0.863	0.186
0.4	0.890	0.102	0.855	0.180
0.5	0.890	0.102	0.817	0.197

以上の結果に基づいて式(22)を修正したものと式(19)~(21)および式(23)を使って, 最尤推定法により, 重み係数, 標準化重み係数, 相関係数, 分散の推定値を求める. また, 観測変数の生起確率に多変量正規分布を用いた 1000 回の Bootstrap を行って, 重み係数, 標準化重み係数および相関係数の標準誤差を求める. 結果は表-21~24 のとおりである.

(3) 推定結果の考察

埋立をとりまく経済社会のシステム (ここでは, 自然のシステムもサブシステムとして組み込まれていると考える.) は複雑である. このシステムは多くの変数と多く

表-21 重み係数, 標準化重み係数の推定値 (1989-1991 年度)

係数	重み係数		標準化重み係数	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
β_{41}	0.67	0.09	0.78	0.06
β_{51}	-0.12	0.13	-0.17	0.17
β_{52}	0.44	0.12	0.48	0.14
β_{53}	0.47	0.22	0.21	0.11
β_{54}	0.51	0.12	0.57	0.11
β_{52}	2.46	0.96	0.64	0.21
β_{53}	-1.33	1.63	-0.14	0.20
β_{54}	0.96	1.03	0.26	0.28
β_{55}	-2.64	1.42	-0.64	0.33
β_{71}	-2.43	0.50	-1.23	0.22
β_{72}	1.85	0.58	0.75	0.31
β_{74}	1.47	0.63	0.62	0.29
β_{75}	-0.97	0.73	-0.37	0.24

表-22 重み係数, 標準化重み係数の推定値 (1996-1998 年度)

係数	重み係数		標準化重み係数	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
β_{41}	0.74	0.15	0.64	0.12
β_{54}	0.71	0.10	0.77	0.10
β_{62}	1.98	0.71	0.54	0.18
β_{63}	-2.89	1.74	-0.29	0.18
β_{65}	-1.71	0.45	-0.59	0.15
β_{73}	-3.22	0.90	-0.53	0.13

表-23 相関係数の推定値

変数	1989-1991 年度		1996-1998 年度	
	相関係数	標準誤差	相関係数	標準誤差
v_1-v_2	0.77	0.06	0.82	0.06
v_2-v_3	0.27	0.18	0.60	0.11
v_1-v_3	0.57	0.11	0.63	0.11

表-24 分散の推定値

変数	1989-1991 年度		1996-1998 年度	
	分散	標準誤差	分散	標準誤差
v_1	2.2	0.53	2.6	0.63
v_2	1.4	0.35	1.8	0.44
v_3	0.2	0.06	0.2	0.06
e_4	0.5	0.14	2.0	0.49
e_5	0.2	0.06	1.1	0.28
e_6	16.3	4.01	14.9	3.66
e_7	4.8	1.18	6.5	1.59

の変数間の影響経路を持っているため, どのような変数であっても被説明変数に対して何らかの影響経路を持っていると観念的に捉えることができる. そのような状況で, 変数間の関係について特徴を把握するということは, 説明変数から被説明変数への影響度の大小を知ることの意味する. そこで, 各変数の関係についての主要な構造を理解するために, 標準化重み係数というスカラー量の集合体として得られた各変数の関係を, 関係の大きい変数間の繋がりというネットワーク・パターンに置き換えて考察を行う. 今回得られた結果では, 0.5 以上の標準化重み係数を持つ説明変数, つまり被説明変数の変動の 50%以上を単独で説明する変数が, 全ての被説明変数に対して 1 個以上存在しているため, 全体像を大きく把握するための割り切りとして, 0.5 以上の標準化重み係数を持つ関係だけを対象に考察を行う. 3.4(2)の結果から, 変数と標準化重み係数の関係をブロックチャートにまとめると, 図-13 および 14 のとおりとなる.

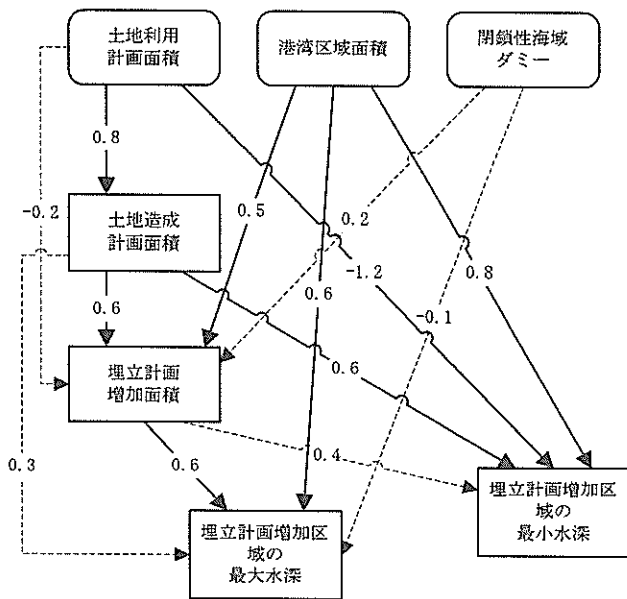


図-13 埋立増加の構造 (標準化重み係数)
(1989-1991 年度)

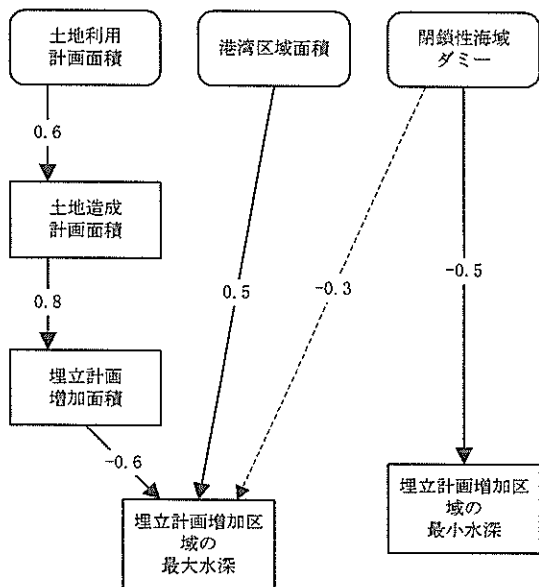


図-14 埋立増加の構造 (標準化重み係数)
(1996-1998 年度)

ブロックチャートから知ることができる変数間の関係は、次のとおりである。1989～1991 年度は、土地造成計画面積は土地利用計画面積によって説明される。同様に、埋立計画増加面積は土地造成計画面積と港湾区域面積によって、埋立計画増加区域最大水深は埋立計画増加面積と港湾区域面積によって、埋立計画増加区域最小水深は土地利用計画面積と港湾区域面積と土地造成計画面積によって説明される。これに対し、1996～1998 年度は、土地造成計画面積が土地利用計画面積によって、埋立計画

増加面積は土地造成計画面積によって、埋立計画増加区域最大水深は埋立計画増加面積によって、埋立計画増加区域最小水深は閉鎖性海域ダミーによって説明される。以下にこれらの関係が指し示す意味を考察する。

(土地造成計画面積)

土地造成計画面積は土地利用計画面積で説明されている。そしてこの構造は両標本集団の間で変化していない。土地利用計画面積は港湾およびその周辺の経済集積の大きさを間接的に表す指標であると考えられることができるので、土地造成計画面積が経済的な活動レベルによって説明されていると理解することができる。

(埋立計画増加面積)

埋立計画増加面積は、1989～1991 年度は土地造成計画面積の他に港湾区域面積によって、1996～1998 年度は土地造成計画面積のみによって説明されている。そこで、まず土地造成計画面積との関係を考えてみる。土地造成計画面積は埋立計画増加面積と既定計画面積の和である。しかし、土地造成計画面積に対する埋立計画増加面積の割合は、1989～1991 年度で 65%、1996～1998 年度で 66% であるので、埋立計画増加面積が土地造成計画面積である程度説明されることは、当然の帰結である。

次に港湾区域面積との関係について考える。港湾区域面積は埋立の空間的な容量を現す。一般に、埋立を効率的に行うという意味では、経済的な活動レベルという需要面とともに、空間的な容量が同時に考慮されることが求められる。1989～1991 年度は、まさに需要と空間容量の両面から埋立計画増加面積が導かれていたと考えることができる。これに対して 1996～1998 年度は、港湾区域面積との関連が失われている。空間的な容量という要素が埋立において意味を持たなくなったとは考え難いので、むしろ埋立効率を考慮するだけの自由度が埋立主体になくなったことが原因ではないかと考えられる。

(埋立計画増加区域の最大水深)

埋立計画増加区域の最大水深は、1989～1991 年度および 1996～1998 年度ともに埋立計画増加面積と港湾区域面積によって説明されている。埋立計画増加面積は負の重み係数を持つので、それが大きくなると最大水深は深くなる。空間的な容量を示す港湾区域面積は正の重み係数を持つので、港湾区域面積が大きくなると浅くなる。

(埋立計画増加区域の最小水深)

埋立計画増加区域の最小水深は、1989～1991 年度は土

土地利用計画面積と港湾区域面積と土地造成計画面積で、1996～1998年度は閉鎖性海域ダムによって、説明されている。前述のとおり、土地利用計画面積は経済的な活動レベル、港湾区域面積は埋立の空間的な容量を現す。土地利用計画面積は負の重み係数を持つので、土地利用計画面積が大きくなると最小水深は深くなる。港湾区域面積は正の重み係数を持つので、それが大きくなると浅くなる。また、土地造成計画面積は正の重み係数を持ち、これが大きいと最小水深は浅くなる。これは、土地造成計画面積が大きい港湾は、社会的自然的にみて相対的に埋立が容易な条件を持っているため、最小水深が浅くなると解釈される。閉鎖性海域ダムは負の重み係数を持つので、閉鎖性海域では開放性海域に比べて最小水深が深いことを意味している。閉鎖性海域では既にかなり埋立が進んでいることと、浅海域の保存が重視されていることから、このような傾向を示すことは理解できる。

以上、各変数の関係とそれが持つ現実世界での意味を考察した。得られた変数間の構造と既に知られている知識から、現実世界での埋立現象を、根元的な要素にすべて分解し、その要素間の関係を合理的整合的なものとして推定・説明することはできなかった。しかし、現実世界での意味を得られた変数間の構造に帰納的に当てはめることは可能であり、その意味では矛盾のない解釈をすることができたと考える。

表-25 重相関係数の平方値

変数	1989-1991年度		1996-1998年度	
	重相関係数の平方	標準誤差	重相関係数の平方	標準誤差
v4	0.64	0.09	0.42	0.15
v5	0.80	0.06	0.60	0.14
v6	0.23	0.11	0.38	0.16
v7	0.44	0.10	0.28	0.14

被説明変数ごとの重相関係数は、土地造成計画面積および埋立計画増加面積では0.65～0.89、埋立計画増加区域の最大水深および最小水深では0.48～0.66である(表-25参照)。これは、土地造成計画面積と埋立計画増加面積は、仮定した構造モデルでかなり説明ができていものの、埋立計画増加区域の最大水深と最小水深は、モデル外の要素の影響が大きく、十分には説明ができていないことを意味する。従って、埋立計画増加区域の最大水深と最小水深については、取り上げた変数間の相対比較に限って、標準化重み係数の意味の解釈がなされることが必要であろう。

(4) モデルの適合度

GFI および RMSEA の算定結果は表-26 のとおりである。通常、GFI は 0.9 以上、RMSEA は 0.1 以下があまりが良いとされる。1989～1991年度は GFI が 0.9 超、RMSEA が 0.1 以下だが、1996～1998年度は GFI が若干 0.9 を下回り、RMSEA が 0.1 を超えている。以上のとおり、今回推定されたモデルは、1989～1991年度は十分な適合性がみられたが、1996～1998年度は適合性に若干の不足がある。この原因は、データ数の制約と説明変数の不十分さにあると考えられる。理想的には、これらの問題を克服したモデルを求めることが望ましいが、どのような項目のデータが必要か、そしてそれらのデータをどのようにして必要な量と精度で集めるかは、大きな研究課題であり、一挙にその到達点に到達することは困難な場合が多い。そのようなとき、不確実性が多くを占める事象の分析において、確実な知見を着実に増やして行くという努力は重要な意味を持つ。その意味では、本研究で得られたモデルは、重要な変数を誤差変数や重み係数の中に含めてしまっているという不十分さはあるものの、今回取り上げた観測変数間では、データの有する信頼性の範囲内において、変数間の関係を明らかにすることができたと考える。

表-26 適合度指数

指数	1989-1991年度	1996-1998年度
GFI	0.95	0.86
RMSEA	0.08	0.18

4. 結論

(1) 埋立実績の時系列特性

埋立の時系列トレンドは、過去数年間の埋立地の売却・使用水準の実績をもとに埋立実施面積が決められるという行動様式を仮定し、幾つかの近似を与えれば、指数型の関数(式(12))となることが導かれる。

オイルショック以降の全国の港湾における埋立面積のデータを、指数関数型のトレンドを仮定して当てはめを行った。その結果、次の諸点が明らかになった。(図-2 および 3 参照)

- ①埋立面積は、ほぼ一貫して減少する傾向にある。その減少傾向は 1983～1984 年度に屈曲点を持ち、1983 年度までは急速に減少し、それ以降は緩やかに減少している。
- ②1984 年度以降の埋立面積のトレンドは、1990 年前後の地価・株価の高騰による過熱経済、いわゆるバブル経済期間を多く含むものであるにもかかわらず、減少の傾向は一貫していて明確な影響はみられない。

③1983年度以前と1984年度以降で埋立面積の減少度合いが大きく変化する傾向は、用途別にみた埋立面積の時系列変動特性からみて、工場用地の変化による寄与が大きい。

(2) 土地造成計画の特性

1989～1991年度および1996～1998年度に改訂された港湾計画における土地造成計画面積、そしてその各計画の前回計画における土地造成計画面積を整理した。

この結果と全国の埋立実績の時系列を比較すると、両者は概ね対応している。しかし、バブル経済期間内の1989～1991年度の土地造成計画だけは、埋立実績に比してかなり大きな計画面積となっている。(図-6参照)

(3) 埋立計画増加区域の水深分布

1989～1991年度および1996～1998年度に改訂された港湾計画について、水深ごとの埋立計画増加面積(減少面積を含めない。以下同じ。)を幾つかの仮定をおいて推定した。

得られた水深に対する埋立計画増加面積の分布は、1～2箇所明確なピークを持つ形状であり、そのピークは主に島式の埋立計画によるものである。主ピークの位置は、1989～1991年度は水深-7～-10mにあったが、1996～1998年度には-10～-15mへと深い方向にシフトしている。全体の平均水深でみると、-6.7mから-8.7mに2mほど深くなっている。(図-9～10参照)

(4) 自然海岸の減少量の変化

1989～1991年度および1996～1998年度に改訂された港湾計画について、埋立計画の増加による自然海岸の減少延長を読み取り、集計した。

1989～1991年度から1996～1998年度にかけて自然海岸の減少延長は1/2以下に低下している。この低下は、主に埋立計画増加面積の減少によるもので、埋立計画増加面積あたりの自然海岸の減少延長は1割強程度で低下である。(表-14参照)

(5) 埋立増加の構造特性

1989～1991年度および1996～1998年度に改訂された港湾計画について、「土地造成計画面積」、「埋立計画増加面積」、「埋立計画増加区域の最大水深」および「埋立計画増加区域の最小水深」に対する、「土地利用計画面積」、「港湾区域面積」および「閉鎖性海域ダミー」の関係についてパス解析(Path Analysis)を行った。この結果から次の諸点が明らかになった。(図-13および14参照)

①「土地造成計画面積」は「土地利用計画面積」によって説明される。「埋立計画増加面積」は「土地造成計画面積」(1989～1991年度はこの他に「港湾区域面積」)によって説明される。

②「埋立計画増加区域の最大水深」は、「埋立計画増加面積」と「港湾区域面積」によって説明される。

③「埋立計画増加区域の最小水深」は、1989～1991年度は「土地利用計画面積」、「港湾区域面積」および「土地造成計画面積」によって、1996～1998年度は「閉鎖性海域ダミー」によって説明される。

(2000年8月31日受付)

参考文献

- 1) 日本港湾史編集委員会：日本港湾史，日本港湾協会，1978年3月。
- 2) Parajuli, K. & Morioka, T. : Interrelation analysis between plural relevant projects in SEA approach, *Proc. of the 8th Symposium on Global Environment*, JSCE, 2000, pp.253-258.
- 3) 港湾環境影響評価の項目並びに当該項目にかかる調査・予測及び評価を合理的に行うための手法を選定するための指針・環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令，運輸省令第39号，1999年6月。
- 4) 公有水面の埋立又は干拓の事業に係る環境影響評価の項目並びに当該項目に係る調査・予測及び評価を合理的に行うための手法を選択するための指針・環境の保全のための措置に関する指針等を定める省令，農林水産省・運輸省・建設省令第1号，1999年6月。
- 5) 日本規格協会編：JIS用語辞典 I 基本・一般，日本規格協会，1978年11月。
- 6) 石黒真木夫：予測とARモデル，時系列解析の方法，尾崎統・北川源一郎編，朝倉書店，1999年9月，pp.61～71。
- 7) 豊田秀樹：調査法講義，朝倉書店，1998年4月。
- 8) 高橋泰蔵・増田四郎編：体系経済学辞典(第6版)，東洋経済新報社，1990年8月。
- 9) 運輸省港湾局監修：自然と生物にやさしい海域環境創造事例集，港湾空間高度化センター，1999年11月。
- 10) 細田衛士：沿岸開発と環境保全—環境経済学的視点から—，沿岸海洋研究第36巻第2号，海洋学会，1999年2月，pp.155～160。
- 11) Write, S.: Correlation and Causation, *Journal of Agricultural Research*, 20, 1921, pp.557-585.
- 12) 和田陽平・大山正・今井省吾編：感覚・知覚心理学ハンドブック，誠信書房，1989年5月。

港湾技研資料 No. 979

2000.12

編集発行人 運輸省港湾技術研究所

発行所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印刷所 株式会社 あんざい

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan

Copyright © (2000) by P.H.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.H.R.I.

この資料は、港湾技術研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本資料の全部又は一部の転載、複写は、港湾技術研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。