

小規模民間宅地開発への防災負担設定に関する実証的分析

－札幌市南区を例として－

北海道大学 正員 加賀屋 誠 一

北海道大学 正員 山 村 悦 夫

1. はじめに

最近の水害記録をみると、都市内特に市街地内部での中小河川の氾濫とその被害が増大している¹⁾。都市において今まで災害の恐れのある地域として開発が遅れていた地域での土地利用の高度化が進み、土地の改変及び資産の集積化の速度に対応策が追従できないためである。このような地域では、災害発生のおそれが増大し、極めて複雑でいくつかの複合的な要因に起因することが多い。その主なものは、低地における内水氾濫と、山麓、丘陵地における中小河川の溢水、土砂流出、崖崩れ等である。特に低地における内水氾濫は、水害のポテンシャルが高い地域に発生するのに比べ、山麓、丘陵地の新興住宅地の場合は、今まであまり被害経験がなく、予測の難しい局地的、突発的な水害発生が多い²⁾。

本研究では、このような点を踏まえ、宅地造成が進む丘陵地を対象として、民間宅地開発における社会的防災対策としての防災費用負担の導入のあり方について数理計画モデルを作成し、それらの分析によって負担設定のあり方について検討をおこなう。

具体的な検討項目としては、①負担設定に関する実施上の問題点の把握、②負担設定が宅地供給に及ぼす影響を明らかにすること、③負担形態の違いによる宅地開発地域の選好性及び効果の差異を明らかにすることである。

2. 防災負担設定上の問題点

(1) 防災計画の現状

治山治水事業をはじめとして風水害に対する防災計画の多くは、公共事業として整備充実が行われてきている。しかしながら、従来の計画は主として大河川流域を中心とした大規模な防災事業に関するものであり、中小河川流域の急傾斜地、山麓丘陵地での宅地開発に即応した防災対策には遅れが認められる。81年北海道における都市地域での宅地災害や82年長崎水害の例を見るまでもなく、この種の災害は急増しつつある³⁾。したがってこのような地域では宅地開発に関わる土地利用計画と、治水事業を中心とする防災計画の整合性のある総合的な地域計画策定が望まれる。それには治水目標達成のために膨大な費用と長時間を要する今日、いかに自主的な対策を確立し地域の安定性を確保するかを考えることが重要なことである。すなわちそれは土地利用政策を防災計画として有効に活用する方法を考えることであるともいえる。

(2) 法的規制

現在、土地利用管理に関連する法律の主なものとして宅地造成等規制法、都市計画法、新住宅市街地開発法、国土利用計画法、建築基準法および急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律等がある⁴⁾。例えば都市計画法では開発許可制度が導入されており、また宅地造成等規制法では具体的な適用を受ける規制区域、造成工事等が示されている。また、これらの法律あるいは、それに基づく地方自治体による宅地開発指導要綱等⁵⁾によって土地利用上の整備基準、管理方法が明示され、大規模宅地開発等の土地政策に効果を発揮してきている⁶⁾。これらの方策の中で防災対策のような公共性の強いものは、宅地開発によってもたらされる開発者の利益の代償として負担義務が課せられ、またそれは年々強まる傾向にある。ちなみに、このような負担総額は開発費用の40～50%に達する場合もある。しかしながら公共的サービスとして地域の社会居住環境水準の向上に一定の効果を与えていることは評価できる⁷⁾。

(3) 受益者負担と負担形態

以上のように開発利益の社会的還元として受益者負担システムは環境整備の向上、乱開発の防止等に寄与しており、間接的に治水水準向上にも有効な施策となりうる⁸⁾。しかしながら一方で、開発者負担は実質的に

は宅地価格を押し上げ購入者負担となる点、また負担区分の明確な基準、換言すれば何が負担による費用調達に適當するか、その負担が公平であるかについて明確にできないなどの問題も生じている。^{9) 10) 11)}

これらの問題を解決するためには、負担によって行なわれる公共的サービス、つまり負担形態に対する住民のコンセンサスがどのように得られるか事前評価を行なう必要がある。すなわち負担形態の代替案を考え、それらの各代替案について土地購入意志と、負担意志を評価しながら負担の可能性を探り、それらに基づいた防災負担設定を考えていくことが必要なことである。

次章では防災負担を考慮した場合の供給可能な宅地量を予測するための線形計画モデルを提案し、具体的な対象例によるいくつかのケースで分析を行なう。

3. 分析の方法と手順 ^{12) 13)}

(1) 分析方法の概要

防災負担の定量的検討を行うため図1に示される手順を考えた。

また、それらを略述すると以下ようになる。

(Ⅰ) 宅地開発—宅地供給を数理計画法によるモデル化を行う。¹⁴⁾ここでは供給側からの評価のためのモデルを作成する。

(Ⅱ) 宅地需要を考え、人口動態を所与とし、将来の人口規模(計画目標)を維持するための必要宅地量を推定する。

(Ⅲ) 双対問題として線形計画モデルを解き、地域の宅地開発総費用最小化の宅地開発パターンを示す。

(Ⅳ) 負担形態としていくつかの代替案を設定しそれぞれに対する宅地需要者の負担意志評価を、アンケート調査により計測する。

(Ⅴ)、(Ⅳ)に基づいて(Ⅱ)、(Ⅲ)の手順を再度行い負担の妥当性を検討する。

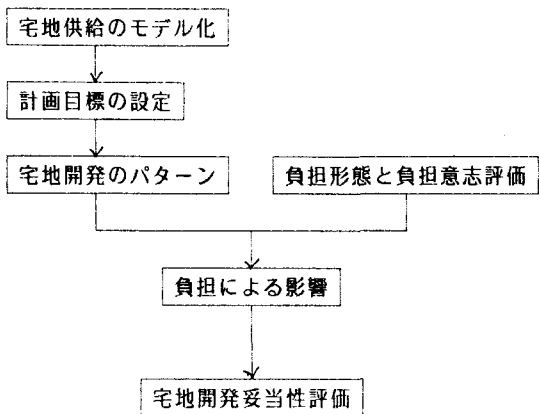


図1 分析の手順

(2) モデルの定式化

ここで構築するモデルは、主として民間宅地開発地域における将来の宅地開発基準に対して情報を与えるものである。すなわち、宅地開発の動向の予測と、防災対策を含めた土地利用管理問題について考え、防災負担の設定が、宅地開発に与える影響を分析するものである。

モデルの定式化にあたって次のような条件を与える。

- ① 宅地開発需要はいくつかの地区ごとに決定されるが、地区条件が同等であれば他地区への転用を許す。
- ② 地域の宅地開発パターンは、開発費用が最小になるように行われる。すなわち、宅地開発総費用の安価なところから開発されていくものとする。
- ③ 開発費用の大きな要因として、用地取得費および整地費を考える。
- ④ 用地取得費は、時間によって変わるが他の費用は時間によらないものとする。
- ⑤ 整地費は開発区域の地形(起伏量)で定まる。

以上の条件によって、地域 i の j 番目のメッシュを (i, j) で表わし、メッシュごとに各費用を定める。メッシュ (i, j) における用地取得費、整地費、およびその他の費用をそれぞれ $C^1_{ij}(t)$ 、 C^2_{ij} 、 C^3_{ij} とする。またメッシュ (i, j) の t 期の新たな開発量を $x_{ij}(t)$ で表わす。次に、計画対象期間を T 期、計画目標として地域 i の t 期の必要有効宅地量を $y_{ei}(t)$ とすると、 $y_{ei}(t)$ は、人口の動態等によって決定される。また、それに付帯する道路面積、公園面積を加えた必要宅地量を $y_j(t)$ とすると互いに相関関係が得られ、結局次の条件式が導き出される。すなわち、総新規開発量が総必要宅地量より多くなければならないことから

$$\sum_{j \in J} \sum_{t=1}^T x_{ij}(t) \geq \sum_{t=1}^T y_i(t) \quad \dots\dots\dots (1)$$

となる。メッシュ(i, j)のt期の開発可能量を $s_{ij}(t)$ とすると、開発量は開発可能量を上回ることはない

$$\text{から } 0 \leq x_{ij}(t) \leq s_{ij}(t) \quad \dots\dots\dots (2)$$

である。

次に防災負担を導入する。まず負担形態をすべての開発行為に同額の負担を課する方法が考えられる。あるいはまた、いくつかの負担形態を複合して課する方法も考えられる。すなわち負担の総費用を L とすると

$$L = \sum_k L_k \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる(ただし、負担形態 L_k に関する費用—負担形態は後述)。さらには、これを一般化して負担形態を複合し、負担費用が期によって変化し、また開発区域の地形的条件などに応じて負担を課する方法も考えられる。すなわち、 $L_{ij}(t)$ をメッシュ(i, j)のt期の負担総費用とすると

$$L_{ij}(t) = \sum_k L_{ijk}(t) \quad \dots\dots\dots (4)$$

となる(ただし、 $L_{ijk}(t)$ はメッシュ(i, j)地区における負担形態 L_k に関する費用)。

以上をもとに各地域の計画目標を充足し、さらに全体として計画対象期間の宅地開発総費用を最小化するモデルを次のように定式化する。

問題A

$$\min. C = \sum_i \sum_j \sum_{t=1}^T (C^1_{ij}(t) + C^2_{ij} + C^3_{ij} + \sum_k L_{ijk}(t)) x_{ij}(t), \dots (5)$$

$$\text{subject to } \sum_j \sum_{t=1}^T x_{ij}(t) \geq \sum_{t=1}^T y_i(t) \quad (\forall i), \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$0 \leq x_{ij}(t) \leq s_{ij}(t) \quad (\forall t, i, j) \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$L_{ij}(t) = \sum_k L_{ijk}(t) \geq \bar{L}(t) \quad (\forall i, j), \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここで防災負担は最も一般化した方法で表現している。さらに $L(t)$ は負担費用の最小限度(負担水準)である。この問題Aは、開発量 $x_{ij}(t)$ 防災負担費用 $L_{ijk}(t)$ を変数とした非線形モデルであり、目的関数 C は、
 $\min. C = \min. C(x_{ij}(t), L_{ijk}(t)) \quad \dots\dots\dots (9)$

と表現される。ところが $L_{ijk}(t)$ を政策変数(パラメーター)として外生的に与えることにより問題Aは費用最小化線形計画問題となる。すなわち、目的関数 C は、

$$\min. C = \min. C(L_{ijk}(t), x_{ij}(t)) \quad \dots\dots\dots (10)$$

と表現され、 $L_{ijk}(t)$ を外生的に与えることに C が定まる。このように考えられた線形モデルを問題Bとする。

問題B (費用最小化LPモデル)

$$\min. C = \min. C(L_{ijk}(t))$$

$$= \sum_i \sum_j \sum_{t=1}^T (C^1_{ij}(t) + C^2_{ij} + C^3_{ij} + \sum_k L_{ijk}(t)) x_{ij}(t), \dots (11)$$

$$\text{subject to } \sum_j \sum_{t=1}^T x_{ij}(t) \geq \sum_{t=1}^T y_i(t) \quad (\forall i) \quad \dots\dots (12),$$

$$0 \leq x_{ij}(t) \leq s_{ij}(t) \quad (\forall t, i, j) \quad \dots\dots (13),$$

問題Bの双対問題—問題B'を次のように定義される。

問題B'

$$\max. \quad \Pi = \sum_i \sum_{t=1}^T y_i(t) u_i(t) - \sum_i \sum_j \sum_{t=1}^T s_{ij}(t) v_{ij}(t), \dots\dots\dots (14)$$

$$\text{subject to } \sum_{t=1}^T u_i(t) - \sum_{t=1}^T v_{ij}(t) \leq \sum_{t=1}^T (C^1_{ij}(t) + C^2_{ij} + C^3_{ij} + \sum_k L_{ijk}(t)) \\ (v_{i,j}), \dots\dots\dots (15)$$

$$u_i(t) \geq 0 \quad (v_{i,t}), \dots (16) \quad v_{ij}(t) \geq 0 \quad (v_{i,t}), \dots (17)$$

ここで、 $u_i(t)$ 、 $v_{ij}(t)$ は双対変数である。

最適解 $\bar{u}_i(t)$ は、問題B'を解くことによって求まる。今、問題Bの最適関数 $\bar{C}$ 、および問題B'の最適関数を $\bar{\Pi}$ とすると、双対定理より、 $\bar{C} = \bar{\Pi} \dots\dots\dots (18)$ であるから、

$$\partial \bar{C} / \partial y_i(t) = \partial \bar{\Pi} / \partial y_i(t) = \bar{u}_i(t) \quad (v_i) \dots\dots\dots (19)$$

となる。すなわち、 $\bar{u}_i(t)$ は、 $y_i(t)$ の限界的变化に対する費用の限界的变化を示している。

(3) 計画目標の設定

計画目標は、計画対象期間の各地区の人口を推定し、この人口動態によって見込まれる必要有効宅地量とする。ここでは現在の趨勢によって推定される各地域の人口規模を推定しそれに対応した必要有効宅地量を算出するものとする。必要有効宅地量算出の手順は、図2に示される。

(4) 負担形態の代替案

負担形態をどのような形で設定するかは、技術的な問題、あるいは今後の実施の可能性などを考慮して行われなければならない。本研究では、個人的対策の色彩が強いものから、公共的、共同的な対策までの中で以下に示す3種類の代替案を取り上げた。

①代替案1(L1)直接防災工事の加重・・・この代替案は、利用地区の利用者による負担で、造成時において

擁壁等の防災工事を強化する考え方を表わしている。各市町村における宅地開発要綱、あるいは宅地造成等規制法等で行われている対策と同じ意図を示す。

ここでは、それらの基準を引き上げた費用負担を考えている。

②代替案2(L2)有効宅地の制限・・・これは、いわゆる減歩であり、有効宅地率を制限することにより、公園、遊水池等防災対策に有効な用地を確保するものである。宅地率の制限により開発者の利益を公共的用地を防災計画的立場から確保しようとするもので間接的費用負担と考えることができる。

③代替案3(L3)自治体の防災事業への費用負担・・・開発区域全体で有効な防災事業へ費用負担、すなわち利用地区以外も含めた広域的負担を行うもので、この場合は自治体の防災事業への費用負担、あるいは防災事業への「開発事業税」的負担である。この場合は直接的な受益、あるいは受益に対する公平負担を考えることよりむしろ、開発区域でのトータルな防災対策への負担を優先させたものである。

これらの負担形態において負担費用が一定である限り、負担形態の違いは開発主体にとってそれほど影響

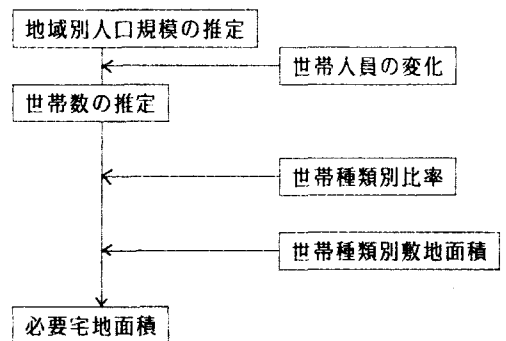


図2 計画目標としての必要宅地量

を及ぼさないと考えられるが、負担を転嫁された宅地価格に対する宅地需要者（宅地購入者）の受け取り方は様々であり、それぞれの負担形態に対する支払い意志が異なってくると考えられる。この支払い意志が宅地価格に影響を与え、開発主体に影響を及ぼすのである。

4. 分析結果

(1) 対象地域とその概要

対象地域としては、札幌市南区を選定し、特に土地利用高度化が進み、人口が集中しつつある、北の沢、川沿、南の沢、石山、藤野地域をとりあげる。それらの地域での地形条件、人口動態を略述する。なお、ここでは市街化区域を500mメッシュ44に分割した。

1) 地形・・・対象地域は図3に示されるように、豊平川流域のいくつかの支川および本川中流部に位置し、藻岩山南麓斜面（北の沢、川沿、南の沢）、および豊平川沖積部（石山、藤野）からなる。いくつかの小支川が豊平川に注いでいるが、河床勾配は大きく、地形は急峻でかつ地質条件は氾濫原、扇状地堆積物、岩錐、および新第三系地質などの地層からなり、やや不安定な地盤を構成している。

2) 人口動態・・・札幌市南区の人口は、1981年13.3万人で、1960年の約3.8倍になっている。最も大きな人口集中地区は、開発主体が札幌市の大規模宅地宅地開発地域、真駒内団地であり、すでにほとんど完成しており、人口増加率も変化がない。これに比べ、藻岩山南麓を中心とする地域は、表1に示されているように近年民間主導型の宅地開発が行われており、人口増加率も5%～10%の伸びを示している。

3) 宅地開発の状況・・・地区別の宅地開発状況は、表2に示されているように特に南の沢石山地区で開発面積が大きいことがわかる。

4) 防災の必要性・・・図4に示されているように対象地区の多くは「地形改変にとも

なう災害要注意地域」に含まれており、北の沢、川沿、藤野等の一部は浸水危険地域になっている。過去の水害を見ると1965年、1972年、1975年、および1981年と被害が発生しておりその規模も大きくなってきている。住宅造成等による地形改変のための保水能力は低下しつつあり、災害危険性も依然として存在している。

(2) 計画目標の推定

1) 人口推定・・・人口は地区別に別に外挿法により推定し、既存の数値との相関が高いものを将来の人口予測の推定式とした。それらの式を用いて1990年まで推定を行った。世帯数は世帯構成人員の変化をもとに、人口の予測から算定した。

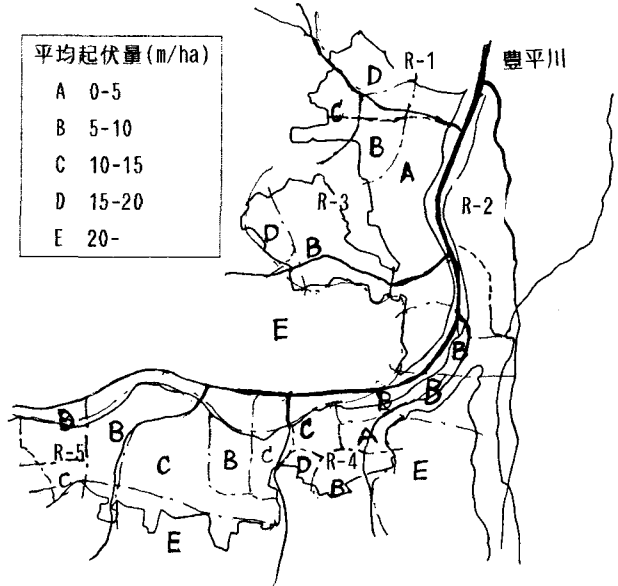


図3 対象地域および地形条件

表1 地区別人口および地区面積

地区	面積 (ha)	市街化区域 面積 (ha)	人口 (1980)	人口増加 ('80/'75)
R-1 北の沢	512.1	100.5	5635	1.58
R-2 川沿	256.7	211.6	14802	1.18
R-3 南の沢	420.2	146.9	6093	1.36
R-4 石山	1199.8	239.6	9677	1.26
R-5 藤野	1672.4	394.0	11360	1.48

2) 必要有効宅地面積・・・各地区の世帯数に対する持ち家世帯数、民営借家数、および対象地域全体の持ち家敷地面積、民営借家敷地面積の平均値によって必要有効宅地面積を算出した。それらの結果、1984～1990年での値を表3に示す。宅地面積の計画目標としては、次の2つの代替案を設定し、それらの違いを検討した。

①. Case1—各地区の過去10年間の年平均宅地開発量を維持できるような必要有効宅地面積とする。

②. Case2—上述した人口推定を考慮して必要有効宅地開発量を定める。

(3) 負担意志調査

前述した負担形態の代替案について、宅地購入を希望する者が、負担（支払い）意志をどの程度持つか計測した。負担意志は回答者に、対象となる地区の地形条件、分譲地の規模、販売価格、都心までの距離および、周辺の状態を説明事項として与え、3つの代替案についてそれぞれ同じ負担額で防災計画を行った場合、それに対してどの程度の支払い意志（金額）があるかを質問した。この場合の地形的条件は、大きく分けて丘陵急傾斜地と、中小河川流域の浸水危険地域とした。それぞれの質問を住宅購入希望者総数52人について行った。その結果、それぞれの地形条件で図5のような結果となった。

(4) 宅地開発パターンの算定

1) 宅地開発費用・・・宅地開発費用の中で整地費は、起伏量によって求めた。すなわち、今メッシュ(i, j)平均起伏量 d_{ij} 、整地費用 C^2_{ij} とすると、

$$C^2_{ij} = 301.21 \exp(0.157 d_{ij})$$

……(20)という回帰式が得られる。またメッシュのt期の用地取得費は、その期の宅地公示価格をもとに算出した。今対象地域10地点の過去10年間の公示価格をもとに(21)式のような回帰式が得られ、それをもとに、(25)式の用地取得費が推定された。

$$\log_e P_{ij}(r_{ij}, t) = 117.77 / (r_{ij} - 1.213t - 37.73) \quad \dots\dots(21)$$

$$C^1_{ij}(t) = P_{ij}(r_{ij}, t) / k \quad \dots\dots(22)$$

ただし、 r_{ij} は、都心からメッシュ(i, j)の中心点までの距離、およびkは定数を表す。

2) 開発面積・・・宅地開発可能面積 $s_{ij}(t)$ は、土地利用状態、都市計画面積の趨勢により各メッシュごとに求めた。また宅地面積と新規開発量との関係は、宅地開発許可申請台帳をもとに、道路面積、公園面積を考慮して求めた。

表2 地区別宅地開発面積 (ha)

地区	1980-1982		
	開発面積D	宅地面積H	H/D
R-1 北の沢	3.96	2.41	0.609
R-2 川 沿	7.06	4.21	0.596
R-3 南の沢	19.15	12.56	0.656
R-4 石 山	12.07	8.11	0.672
R-5 藤 野	1.77	1.10	0.621



図4 防災条件図

表3 必要宅地面積 (case-2)

地区	累積必要宅地面積 (ha)			
	1984	1986	1988	1990
R-1 北の沢	4.39	13.62	23.86	35.04
R-2 川 沿	3.67	11.11	18.77	26.79
R-3 南の沢	2.11	6.29	10.43	14.79
R-4 石 山	4.64	15.06	27.27	41.63
R-5 藤 野	9.11	29.17	51.95	77.84

(注— 1983年を0とする)

3)宅地開発の予測……………以上の開発費用曲線、宅地面積曲線を(11)～(13)へ導入し、防災負担費用 $L_{ijk}(t)$ パラメーターとして変化させ、総費用最小化線形計画問題を解いた。その中で $L_{ijk}(t)=0$ の場合(Case A)と $L_{ijk}(t)$ が負担形態の L_1 の場合(Case B)で得られた宅地開発量について表わした一例が図6及び図7である。なおこの場合の計画目標値はCase2によるもので目標年は1988年とした。またそれらを各地区ごとに開発量比率でまとめると、表4のようになる。

①将来人口を予測すると、より下流地区の沿岸地区は増加が鈍り、逆に石山、藤野地区などのより上流地区が今後増加していくことが考えられ、宅地開発需要の計画目標も時間の経過と共に大きくなっていくと考えられる。

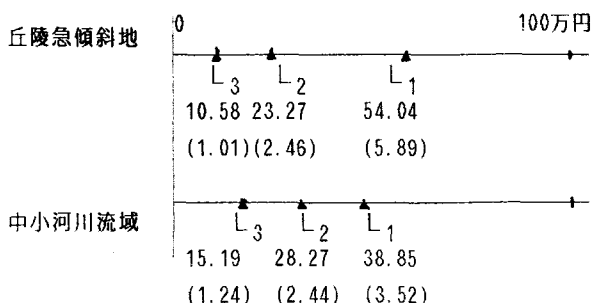
②防災負担の支払い意志については、公共防災事業への負担意志は小さかった。しかしながら急傾斜地の防災工事への支払い意志が比較的高いことが分った。

③宅地開発量としてその可能量を計測すると、費用負担を課さない場合、宅地開発需要に応じて主として河川上流地区に分布される。これに対して費用負担を課した場合、新規開発可能量は、河川上流地区の減少度が大きく、急傾斜地区を避け河川ぞいに移行することが分り、さらに各地区の分布状況を見ても起伏量が小さいところに分布していくことが確められた。

4. まとめ

以上、民間宅地開発を設定する場合についての問題点と、代替案評価に基づく宅地開発規模を定量的に把握する方法について検討したがそれらについてまとめると次のようになる。

①水害想定地域における土地利用管理では、安全対策としての防災負担が必要不可欠のものと考えられるが、現状では総じて受け入れられず、最も可能性の高いのは、個々の開発における防災工事である。これは、直接的に宅地価格に上乗せする従来の考え方を意味している。したがって、公共的で総合的な方法(税負担などによって行なうもの)を考えるならば、社会的防災意識の向上などによって理解を求める必要がある。②防災負担を考えた場合、本論で考えたモデルでは、起伏量などの自然条件が開発地点、規模に影響を与えるこ



購入価格1000万円、面積 200㎡の場合 () 内は標準偏差
図5 支払い意志(金額)

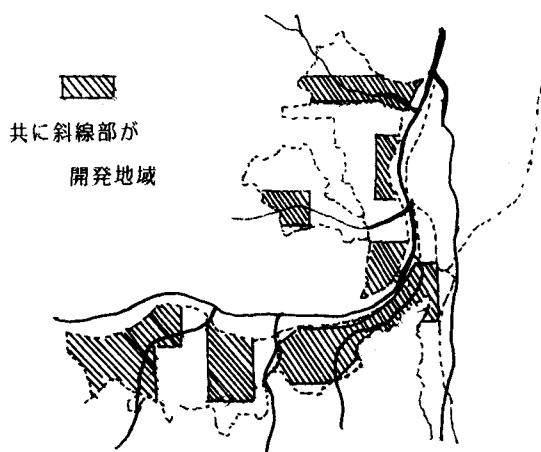


図6 宅地開発可能地域
(防災負担を考えない場合)(Case A)

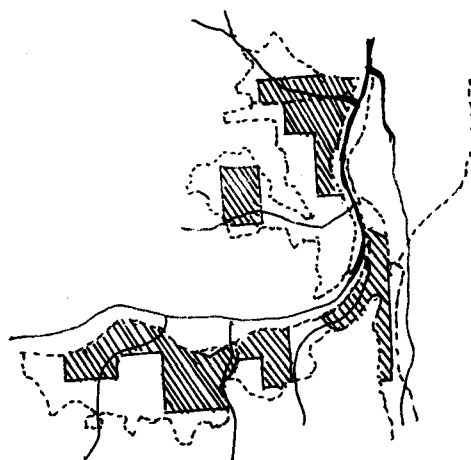


図7 宅地開発可能地域
(防災負担を考えた場合)(Case B)

とが分ったが、負担が宅地開発に与える影響についてのみの分析にとどまった。今後防災負担に地の安全性確保の効果などを導入して分析する必要があると考えている。防災水準の向上をメッシュで評価することはむずかしいが、例えば総費用を考える場合、水害による被害額の想定も一つの方法と考えることができる。

終りに、本研究を行なうにあたって、分析等に北海道大学大学院生佐藤賢君（現厚岸潮見高校）の協力を得た。ここに記して謝意を表したい。なお数値解析には北海道大学大型計算機センター-HITAC M-200 および同大学環境科学研究科 PANAFACOM U-1500を使用した。

5. 参考文献

- 1) 板倉忠興、加賀屋誠一、山本博、花岡正光、割石徹；都市災害の実態と対策の研究、昭和56年北海道豪雨災害に関する調査研究、昭和56年度科学研究費補助金（自然災害特別研究（1））研究成果報告書、pp133-173、1982年 3月。
- 2) 小橋澄治；土砂災害の予測とその対応に関する諸問題、地すべり・崩壊・土石流予測と対策、鹿島出版会、pp321-334、1983年 4月。
- 3) 片寄俊秀；都市災害と住宅問題－82年長崎水害をめぐって－、都市問題研究、pp34-46、第35巻第 8号、1983年 8月。
- 4) 建設省計画局宅地開発課監修；最新宅地開発法令要覧、大成出版社、1983年。
- 5) 札幌市編；札幌市宅地開発要綱、第16条、第19条および第26条、1973年 3月。
- 6) 山崎慶一；宅地防災、宅地開発便覧、鹿島出版会、pp298-311、1973年12月。
- 7) 田村俊和；宅地開発と自然災害、環境情報科学、9-3、1980年。
- 8) 恒松制治；土地政策と受益者負担、ジュリスト臨時増刊、No. 476、pp329-334、1971年 4月。
- 9) 大久保昌一編；地価と都市計画－開発利益の実態とその社会還元、学芸出版社、pp205-221、1983年 9月。
- 10) 田中啓一；受益者負担論の系譜－その概念の混沌－、都市問題、第72巻第 6号、pp3-15、1981年 5月。
- 11) 佐藤進；受益者負担と地方財政、都市問題、第73巻第11号、pp56-67、1982年11月。
- 12) L.D.James, R.R.Lee; Economics of Water Resources Planning, Mc Graw-Hill, pp198-228, 1971.
- 13) 加賀屋誠一、山村悦夫；都市河川流域における土地利用高度化に関する研究－札幌市東北部小河川を事例として－、第17回日本都市計画学会学術研究発表会論文集、pp49-54、1982年10月。
- 14) M.R.Greenberg ; Applied Linear Programming, For the Socioeconomic and Environmental Sciences , Academic Press, pp284-321 , 1978.

表 4 新規累積宅地開発量構成比率

地区	Case A	Case B
R-1 北の沢	0.180	0.240
R-2 川 沿	0.142	0.162
R-3 南の沢	0.079	0.205
R-4 石 山	0.206	0.031
R-5 藤 野	0.393	0.362

（各Case 総量 = 1とする）