

さらに土地造成の標準的工程（図－3 参照）によれば、過渡的にせよ土工機械がアクティブな裸地状態をつくりだすので、自然地形や既成の市街地などの安定した土地からの土砂流出との相違も興味が持たれるところである。

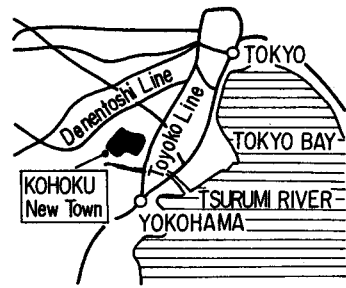
ここでは、第四紀丘陵地における典型的な土地造成である「港北ニュータウン」（日本住宅公団施行、面積 1,300 ha、計画人口 22 万人）を対象に造成工程による土砂流出量を観測したので、浮流砂量や堆積砂量について二、三の検討を加えるものである。

2. 港北ニュータウンと調査観測の概要

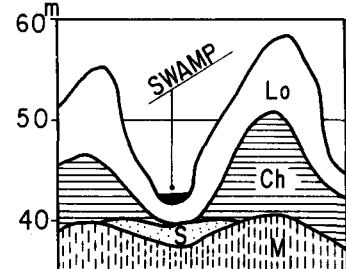
港北ニュータウンは東京都心から約 25 km、横浜市北部にあり、区域の殆んどが鶴見川の支川、早瀬川の流域にふくまれる（図－4 参照）。区域の西側は多摩丘陵、東側は下末吉台地の一部を形成する丘陵地である。造成前の土地利用は、山林・原野・畑が全体の約 80 % であり、残りは田・用悪水路と宅地・道路が各 10 % となっている。

丘陵の地質構造は図－5 に示す通り、三浦層群を基盤として上部をローム層がおおい、開析谷は谷地田等湿地を形成する。土地造成の単位面積当りの土工量は $3\text{m}^3/\text{m}^2$ で相対的に大きい、切土工の主たる対象はローム層である。

鶴見川では流域の宅地開発が本格化した昭和 30 年代後半以来、比堆砂量 $850\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ に相当する年間約 20 万 m^3 の土砂が河口部河道に堆積している。港北ニュータウンの区域は鶴見川の流域面積の凡そ 5 % を占めることから、下流の河川に対する十分な配慮が必要であった。そこで土砂流出の基礎データを得るために試験流域を区域内外に設けて造成工事の進捗と土砂流出

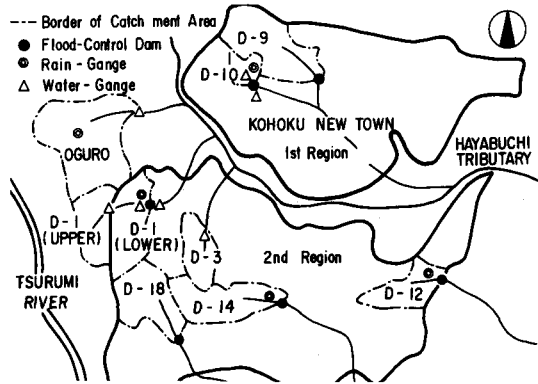


図－4 港北ニュータウン位置図



Lo : Loam (Volcanic Ash Fall)
Ch : Tuffaceous Clay
S : Sand
M : Mudstone

図－5 港北ニュータウン地質断面標準図



図－6 試験流域と観測施設の配置概要図

AREA	Catchment Area	Area Developed	*1 Area(max) Developed	Length of Stream	Length of Slope	Gradient	*3
D-1-U	47.4 ha	46.3 ha	25 %	410 m	280 m	14.8 %	
D-1-L	98.0	89.3	19	900	930	21.1	
D-3	31.3	9.0	27	800	220	21.1	
D-9	75.3	55.7	74	1,360	430	24.8	
D-10	15.7	15.7	85	415	300	24.5	
D-12	28.5	20.5	32	855	940	16.4	
D-14	56.5	56.5	26	1,150	600	21.3	
D-18	71.2	60.8	44	1,050	450	16.1	
OGURO	105.4	91.5	39	1,260	366	15.5	

*1: Area Developed in the Catchment Area
*2: Maximum Area Developed (Graded) in the Survey Period
*3: Average Gradient Calculated by Horton Method

表－1 試験流域の諸元

量の関連を把握することとした。
調査期間は昭和 51 年 9 月から 54 年 12 月まで 3 年間余である。
試験流域は図－6 に示す 9 ケ所であり、いづれも集水面積が数十 ha 内外の小流域である（表－1 参照）。

なお、造成前の土地利用は各試験流域ともほぼ類似しており、ニュータウン全域のそれと顕著な差はない。

主たる調査観測内容は、洪水時における試験流域からの流量および浮流砂(SS)の濃度ならびに防災調整池内の堆砂量である。前者は5ヶ所の試験流域(D-1・U, 1・L, 3, 10, OGURO)、また後者は6ヶ所の防災調整池(D-9, 10, 12, 14, 18)で観測した。

造成の進捗は各試験地でこととなり、造成前、一次造成中、一次造成後(二次造成前)および二次造成中の四段階に分類した。各試験地における工程の構成を時系列で表示し図-7に示す。ここで一次造成とは切・盛土工を主体とする造成を指し、のり面防護工までをふくむ。また二次造成とは一次造成に引続き擁壁など土工の細部や、地下埋設物、道路、公園などのインフラストラクチャーの整備工事を行うことをいう(図-3参照)。

3. 港北ニュータウンにおける水文特性

第三紀、もしくは第四紀丘陵地では、ローム層など極めて透水性の高い地層²⁾とシルトや泥岩層などの難透水層が互層をなすという共通の特徴があり、これらの地層構成と河道の位置関係が流出率などの水文特性を規定するといわれている。³⁾

港北ニュータウンと類似の地質条件をもつ多摩ニュータウンでの調査によれば、造成前の流出率は凡そ20%、開発後のそれは凡そ40%である。フィジカルにみると、前者は開析谷にある湿地等の非浸透域面積率、後者は道路や屋根等の非浸透面積率にほぼ近似した数値となっている。²⁾とくに造成前の流出率の性質に関しては、火山灰ロームにおおわれた台地等で育まれてきた風土からも定性的に理解できる。つまり、台地面では一般に降雨が浸透しやすく農業用水を得ることも困難であったが、開析谷には浸透水の函養する地下水が湧きだし、湿田(谷地田ともいう)や集落の形成をみたのである。¹⁾

一方、造成途上の流出率について本調査の結果から、有効雨量 r_e (mm) と総雨量 R (mm) との間に次式の関係がほぼ成立した。ただし、 $150\text{mm} > R > 20\text{mm}$ の範囲である。

$$r_e = 0.55 R - 10 \quad (1)$$

流出率でみると前述の値よりやや大きい傾向にある。機械土工で乱されたロームの透水性の低下にその原因があるように思われるが、現在では明らかではない。

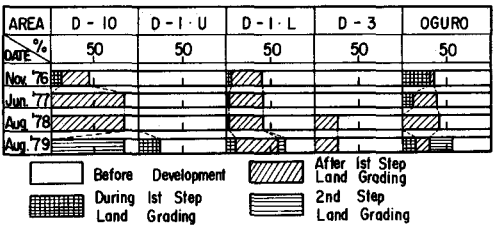


図-7 調査期間内の土地造成進捗度

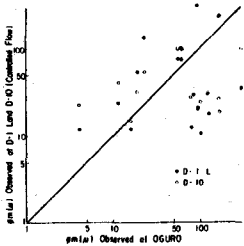


図-8 浮流砂平均粒径の比較

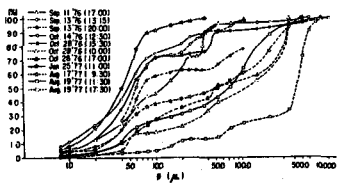


図-9 浮流砂粒度分布・D-10

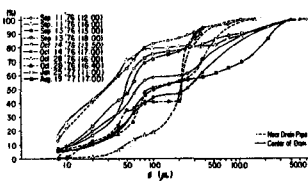


図-10 同左・OGURO

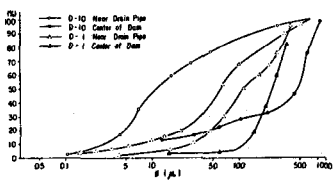


図-11 防災調整池堆砂の粒度分布
D-1・L, D-10

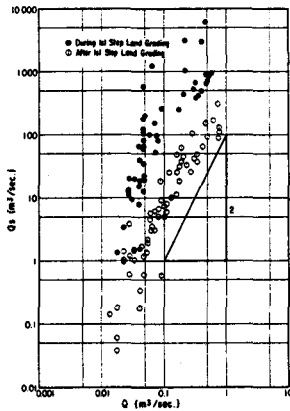
4. 浮流砂と堆積砂の関係について

浮流砂には第2節で述べた通り、防災調整池にいったん滞水後、底部オリフィスの調整作用を受けた出水中のものと、直接出水したものとがある。これらの調整池の有効容量は凡そ30~130千m³、堤高は凡そ8~13mで小規模なダムといえる。

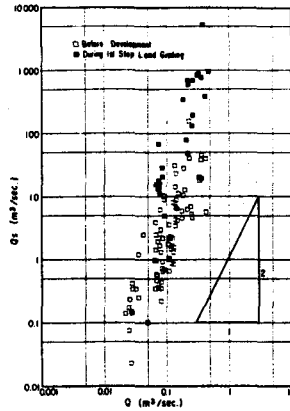
前者のタイプの浮流砂(採水点: D-1・L, 10)と、後者のタイプの浮流砂(採水点: OGURO)とを平均粒径 ϕ_m で比較したものが図-8であるが、両者に顕著な差がないと見なしうるだろう。

堆積砂と二つのタイプの浮流砂の粒度分布を図-9～11に例示した。これらから、堆積砂と浮流砂の粒度分布に明確な相違を認めることができる。

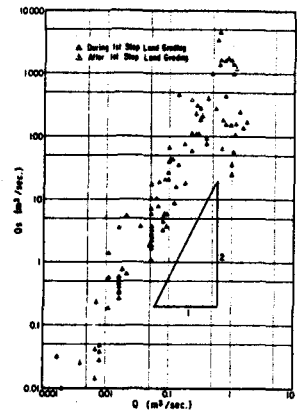
以上のことから本調査では、浮遊砂は防災調節池に滞水中に沈殿することなくそのまま流出するものと仮定し、流出土砂量を浮流砂量と防災調節池の堆砂量とに分けて検討する。



(a) D - 1 · U



(b) D - 1 · L



(c) D - 3

5. 土地造成工程と浮流砂量

洪水時の浮流砂量を観測した5試験流域について、浮流砂量 Q_s ($\text{m}^3/\text{sec.}$) と流量 Q ($\text{m}^3/\text{sec.}$) の関係をプロットしたものが図-12(a)～(e)である。これらは土地造成工事の進捗状況に応じて、第一段階；造成前、第二段階；一次造成中、および第三段階；一次造成後（二次造成前）の三つに分類できる。本調査期間内に二次造成の実施された流域も存在したが、ごく部分的な工事であったためその影響は無視するものとした。

各洪水ごとに時系列で Q_s と Q をプロットしてみると、加藤や海老瀬の報告⁴⁾⁵⁾にも示されている通り右ま

わりのループを描く。これは河道等に堆積した濁質ポテンシャルの存在を意味するが、土地造成工程ごとのプロット点の分布傾向に注目すると、ループ特性による偏差をはるかに卓越している。したがって、工程ごとに Q_s と Q の関係を次式で近似することも可能である。

$$Q_s = a \cdot Q^n \quad (2)$$

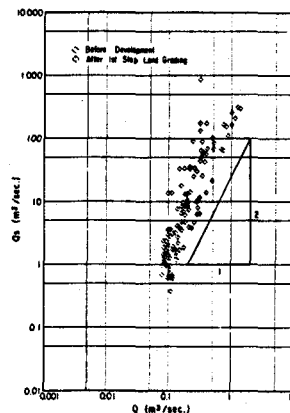
指数 n の値は流域によって、また同一流域でも工程に応じ若干の差が認められるが、凡そ1.8～2.2の範囲にある。また、本調査区域と条件は異なるが、多くの調査で $n = 2$ との報告をみる。⁶⁾そこで $n = 2$ とした場合、 a の値は工程により次の通りである。

第二段階；一次造成中 1,050～2,100

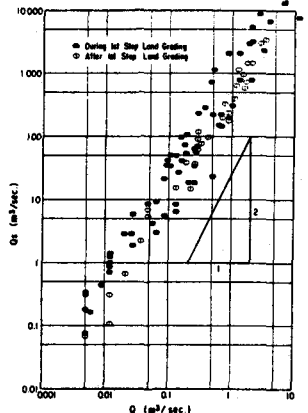
第一段階；造成前

240～280

第三段階；一次造成後（二次造成前）200～280



(d) D - 10



(e) OGURO

図-12 浮流砂量 Q_s と流量 Q の関係

造成活動を土地に加えられたアクティブな裸地とみて、造成面積率を裸地率とし定数 a との関係プロットしたものが図-13である。全国主要河川、砂防河川、および都市雨水排水渠を対象とした報告⁶⁾⁷⁾⁴⁾⁵⁾から計算した a についても、比較のため同図上にプロットした。

以上にもとづき、まず造成前の浮流砂量については、主要河川や砂防河川のそれと比較し、凡そ $10^2 \sim 10^4$ 倍と推定される。調査地の流域面積が本調査ではかなり小さいこと、第四紀火山灰ロームという表層地質の特異性によるものであろう。

つぎに、造成の進捗に応じた浮流砂量をみると、一次造成中に極大となり造成前の凡そ $10 \sim 10^2$ 倍と推定

される。この数値は造成面積率に対し鋭敏に支配されている。また一次造成後に放置されると、造成中と比べ凡そ $1/10$ に低減することを認める。さらに裸地の状態に着目してみると、アクティブな造成裸地と砂防河川の静的裸地とでは浮流砂量に凡そ 50 倍の差が認められる。ただしこの数値は裸地率の影響を殆んど受けない。

なお、(2)式の定数 a は裸地率以外に流域の平均勾配、流域面積と指数関係にあり、図-14、15に示した。

6. 総浮流砂量の推定

総雨量 20mm 以上の出水について得られたハイドログラフを用い、(2)式から調査期間内の比浮流砂量 $Y_s (\text{m}^3/\text{ha}/\text{年})$ を推定した。その結果は次に示す通りである。これらの値は降雨の多寡に影響される性質のものであるが、造成工程による Y_s の相対的な大きさを把握する上で有用であると思われる。

第一段階；造成前	$0.2 \sim 1.0 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$
第二段階；一次造成中	$4 \sim 30 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$
第三段階；一次造成後（二次造成前）	$2 \sim 3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$

また洪水ごとの浮流砂量 Q_s 観測値の時系列を積分して求めた総浮流砂量 $V_s (\text{m}^3/\text{ha})$ と雨量との相関を求めたところ、総雨量 R との相関が比較的大きく、次式により表わせることがわかった。ただし、 $150\text{mm} > R > 20\text{mm}$ である。

$$V_s = b \cdot R^m \quad (3)$$

ここで定数 b 、 m は

第一段階；造成前	$b: 1.6 \times 10^{-4}$	$m: 0.82$
第二段階；一次造成中	$b: 4.4 \times 10^{-6}$	$m: 2.8$
第三段階；一次造成後（二次造成前）	$b: 2.2 \times 10^{-6}$	$m: 2.8$

7. 防災調整池の堆砂量

本調査で得た 6ヶ所の防災調整地の堆砂量以外に、丘陵地の土地造成区域に設けられた防災調整池 27ヶ所での観測資料を加えた。

これらの堆砂量を大別し、一次造成中に観測されたものと一次造成後の放置期間中に観測されたものについて、比堆砂量 q_s

の累積生起頻度を図-16に示す。両者は同一の分布傾向にあり、図-16 比堆砂量 q_s の累積生起頻度

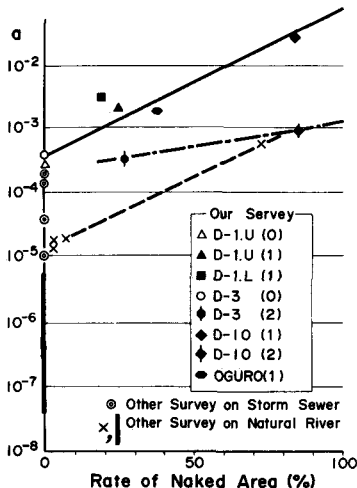


図-13 定数 a と裸地率の関係

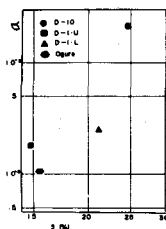


図-14 定数 a と勾配の関係

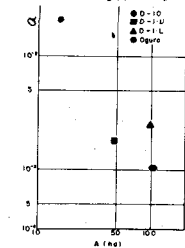
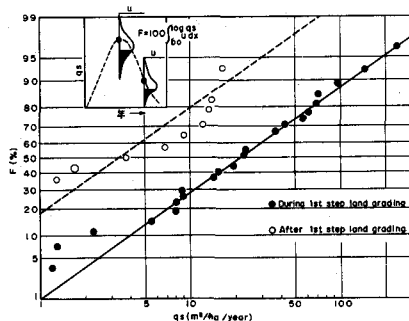


図-15 定数 a と流域面積との関係



一次造成後は一次造成中と比べ凡そ1/6に減少している。ちなみに中央値で、前者は約 $20 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$ 、後者は約 $3 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{年}$ であり、比浮流砂量にほぼ等しくなっている。

砂防ダムや発電用ダムで得られている比堆砂量と流域面積との関係図に、本結果を重ねてプロットしたものが図-17であるが、両者の面積による低減傾向は類似している。

8. ま と め

鶴見川流域の第四紀丘陵地に立地する港北ニュータウンの試験流域において、土砂流出量を調査した結果、第四紀丘陵地の特異性と土地造成工程とのダイナミックな関係が明らかにされた。主要な事項は次の通りである。

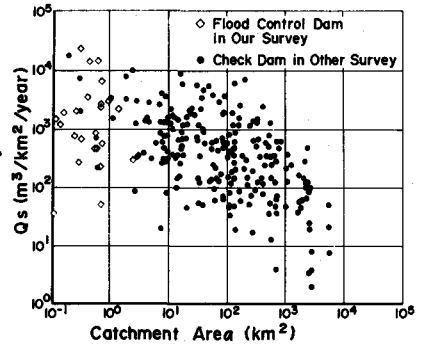


図-17 比堆砂量 q_s と流域面積

- 1) 流出土砂量は、浮流砂量と防災調整池の推砂量とに分けて把握できる。
- 2) 浮流砂量 $Q_s (\text{m}^3/\text{sec.})$ を流量 Q を用い $Q_s = a Q^2$ と表わすことができる。
- 3) 定数 a の値は
 - イ. 造成前でも主要河川等での既存調査と比べ凡そ $10^2 \sim 10^4$ 倍をとる。
 - ロ. 造成工程により変化し、造成前を1とすれば、一次造成中は $10 \sim 10^2$ で極大となり、一次造成後に $1 \sim 10$ に低減する。
 - ハ. 一次造成中は造成面積率にかなり敏感に影響を受けており、その傾向は砂防河川における静的裸地率と類似する。
- 4) 総浮流砂量 $V_s (\text{m}^3/\text{ha})$ は総雨量 (R) を用い $V_s = b R^n$ と表わすことができる。
- 5) 比浮流砂量 $Y_s (\text{m}^3/\text{ha}/\text{年})$ は造成工程により変化し、本調査期間内においては造成前 $0.2 \sim 1$ 、一次造成中 $4 \sim 30$ 、一次造成後 $2 \sim 3$ であることが推定された。
- 6) 防災調整池の比堆砂量 $q_s (\text{m}^3/\text{ha}/\text{年})$ は
 - イ. 一次造成中は20、一次造成後は3に減少した。(いずれも中央値)
 - ロ. 砂防ダム等における既存調査と比べるとかなり大きい数値であるが、流域面積による低減傾向については顕著な差がみられない。

謝 辞

本調査の実施にあたり、現地港北ニュータウンに調査委員会(委員長 建設省土木研究所石崎勝義室長)をもうけご指導を仰ぎました。委員の諸先生には謝意を表します。また本調査の企画、推進は日本住宅公団港北開発局 土木施設課小林克呂、山森秀夫各氏および建設技術研究所に負うところが大きい。そのほか土木研究所の中村栄一氏、公害研究所の海老瀬潜一氏には貴重な資料を提供して頂きました。誌上を借り重ねてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小出 博; 日本の国土(上)、東京大学出版会 1973年8月
- 2) 日本住宅公団; 南多摩地区流出機構調査報告書 昭54年9月
- 3) 虫明 功臣; 丘陵地の大規模宅地開発における地下水流出の保全・強化、地下水と井戸とポンプ 1980年11月号
- 4) 加藤 ほか; 都市域からの雨天時汚濁流出(第2報) — 分流式下水道雨水渠の場合 — 第4回水質汚濁年講 1980年
- 5) 海老瀬 ほか; 小河川における総流出負荷量の観測と評価、第24回水理講演会論文集 1980年
- 6) たとえば
佐藤 ほか; 河川の土砂流送に関する研究、土木研究所報告第101号 1957年
建設省治水課; 河床変動に関する研究、第21回建設省技術研究会報告 1968年
- 7) 建設省砂防課、土木研究所; 砂防河川の土砂動態に関する研究、第34回建設省技術研究会資料 1980年