

# 昭和42年7月豪雨による神戸市背後の 山くずれと表層地質

黒田和男

通商産業省地質調査所応用地質部環境地質課

岡 重文・桂島 茂

通商産業省地質調査所技術部

## Some Surface-Geological Notes on Landslides of the Mountain Area Behind Kobe City Caused by the Heavy Rain of July 1967

By

Kazuo Kuroda, Shigefumi Oka and Shigeru Katsurajima

*Geological Survey of Japan, Tokyo*

### Abstract

Many landslides were caused by the heavy rain of July 1967 in the mountain regions in the north of Kobe City. In the present paper, several papers which were published after the heavy rain are reviewed, and the problems concerning surface-geological conditions of the area of landslides are pointed out.

The authors show a contour map showing the density of landslides (numbers of landslides per unit area are counted from aerial photographs taken after the heavy rain), which is discussed in comparison with geological map, weathering map, etc. Results of investigations are as follows.

1) Bedrocks of the area are the Nunobiki granodiorite, the Rokko granites and other rocks. Numbers of landslides per unit area are larger in the Nunobiki granodiorite. This fact indicates the difference of erosional properties between these rocks.

2) The area of maximum concentration of landslides is found on steep slopes mantled with thin layer of slightly weathered products in the district where the Nunobiki granodiorite is distributed, but which does not coincide with the area of maximum precipitation. On the severely weathered and not at all weathered surfaces, the number of landslides is less than on the slightly weathered slope.

3) The mechanism of landslides in the area of the heavy rain should be considered on the basis of the above-mentioned evidences.

### 目 次

1. 緒 言.....	25	6. 山くずれの発生機構について.....	32
2. 地形および昭和42年7月豪雨の概要.....	26	7. 山くずれの発生機構——人為作用が加 わる場合.....	34
3. 地質の概要.....	27	8. まとめ.....	34
4. 山くずれの分布と地質との関係.....	29		
5. 山くずれの分布と風化帯構造との関係.....	31		

### 1. 緒 言

山くずれの発生を規定する因子には気象・地形

地質・土壌・林相・土地利用など、多くのものがあるが、集中豪雨による山地の崩壊はその誘因が

同一であるとみてもさしつかえないので、山くずれの発生状況やその集中の度合いは、そのまま山くずれ発生危険性の指標となりうるものである。昭和42年7月豪雨では、神戸市背後の山地に多くの山くずれが発生したが、その地域は主として花崗岩質の岩石から構成されており、林相や土地利用の因子を除外すれば、山体の風化帯構造・地形・土壌との相関がそこでは大きな要素として抽出されるとともに、山くずれの形態や分布が風化帯構造に支配されるものとして浮き出されてくる。筆者らの中で、黒田は昭和42年7月豪雨災害直後に神戸市を調査し、その結果はすでに一部紹介したが、\* その後に公表された多くの資料や文献にもとづいて考察した結果をここに報告する。

本研究は、昭和42年7月豪雨に関する総合研究の一環として、特別研究促進調整費により地質特性に関する部分を担当して行なったもので、災害直後に建設省六甲砂防工事事務所および国防防災科学技術センターが撮影した空中写真を利用し、

これに昭和43年3月に若干の現地地点検を加えて実施したものである。

本稿の執筆に当って、災害に関する資料の提供や現地調査に援助を受けた兵庫県土木部砂防課、神戸市土木局防災部、建設省六甲砂防工事事務所関係各位に感謝の意を表す。

なお、昭和42年7月豪雨では、六甲山地南斜面の花崗岩地帯にも、新第三紀～第四紀の堆積岩地帯にも災害が認められるが、新第三紀～第四紀堆積岩地帯のものは稿を改めることとして、ここでは花崗岩地帯に限って考案を行なったことを付記する。

## 2 地形および昭和42年7月豪雨の概要

今回、研究の対象とした地域は、昭和42年7月9日から10日にかけての集中豪雨に見舞われた神戸市街地北方の六甲山地南側斜面一帯で、行政上兵庫県神戸市東灘区から長田区にわたっている(図-1)。

六甲山地は、東は武庫川べり宝塚付近から始ま

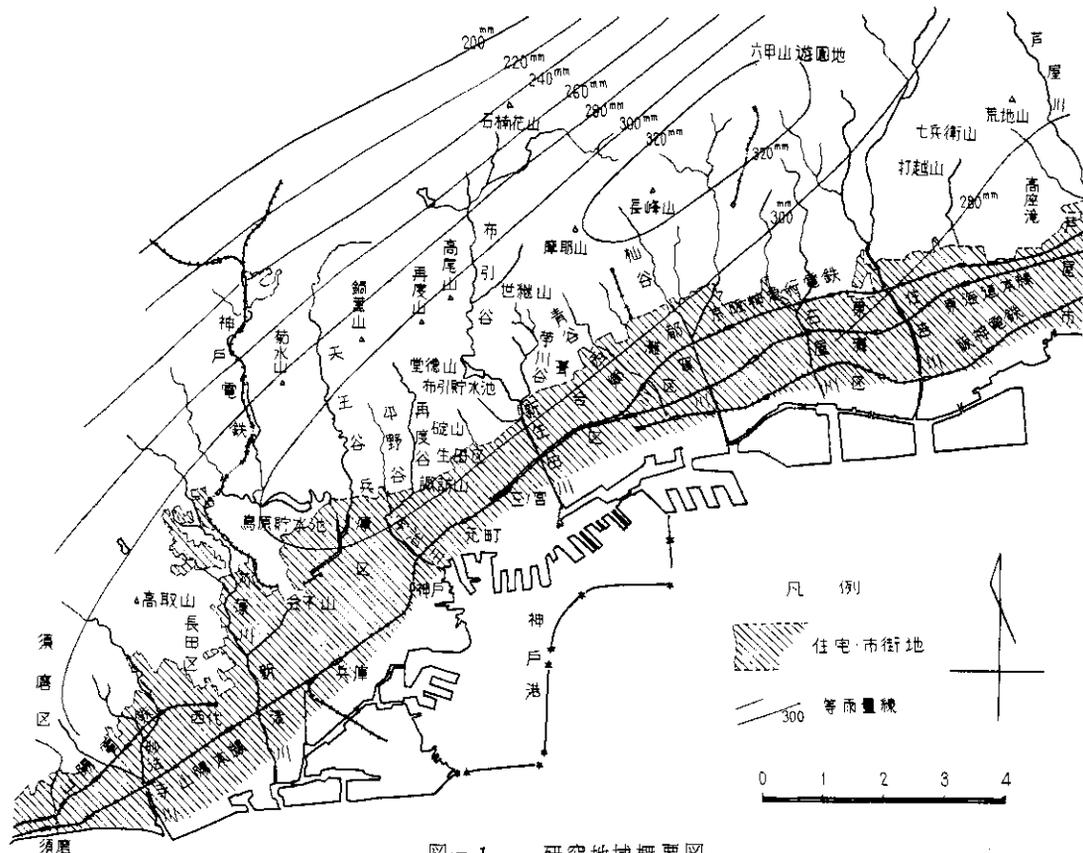


図-1. 研究地域概要図

脚注 \* 昭和42年7月豪雨災害 呉・神戸の災害にみられる共通点, 地質ニュース No. 158

り、標高海拔982mの東六甲山を最高峯として西に順次高度を減じ、西六甲山の平坦地、石楠花山・再度山・菊水山を経て、鶴越付近でいったん山地が途切れるが、高取山から鉄柄山と高さ250m前後の山が須磨浦で明石海峡に没する。さらに、その延長は淡路島へとつながっていく。

その中で今回の研究対象とした地域は、地壘山地の特徴である山頂平坦面の非常にはっきりした場所で、山頂の高度が約850mから西方へしだいにその高さを減じて400mにいたる範囲である。この山頂の高度は南に急に落ちて神戸市街地の高度100mになり、幅2km前後の海岸平野に移る。

地域内の水系は、2、3の例外を除いてこの急斜面を流下しており、海岸平野に移る部分には扇状地が発達している。西六甲山・石楠花山・摩耶山を結ぶ山頂平坦面の水は集まって生田川となり、布引貯水池付近では深い溪谷となっている。また、新湊川の水源も山頂平坦面の水を集めており、六甲山地を横断するところで溪谷を形成している。

あとに述べるように、六甲山地にはその延長方

向に沿って平行に断層が発達し、この断層に付随する破碎帯に規制された地形の特徴が諸所にみられる。地域内の水系はいずれも谷の出口付近に遷急点をもっており、その代表は生田川にみられる布引滝であるが、いずれも諏訪山断層の影響によるものである。研究地域東部では、山麓階状の平坦地がみられるが、これも断層線、さらには断層線を形成するような地塊運動によるものとされている。

昭和42年7月豪雨の気象状況は他の記述にゆずり、ここでは神戸海洋気象台の調査による降雨量分布と雨量強度分布だけを図-1に示しておく。降雨量分布では、主として六甲山地南面に多量の雨が降っているが、六甲山地の北側には及んでいない点に注目する必要がある。

### 3. 地質の概要

六甲山地の地質は古くから調査研究されているが、ここでは笠間(1968)によって記載されたものによってその概要を記述する(図-2参照)。

a) 古生界 研究地域東端の東お多福山・七兵衛山・打越山などに分布し、「お多福山古生層」

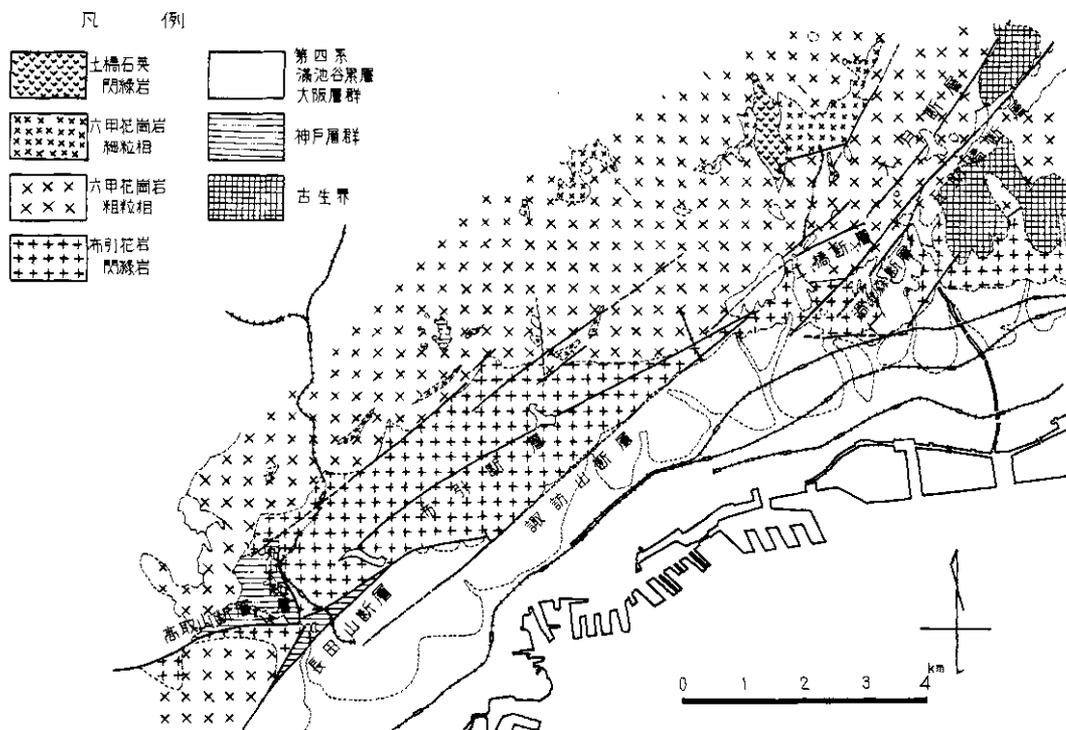


図-2 研究地域地質図(藤田・笠間(1965b)より)

と呼ばれている。この地層は砂岩を主とし、砂質頁岩や頁岩の互層からできているが、頁岩は花崗岩類との接触部で熱のために変質し、ホルンフェルスに変わっている。全体として東西方向の走向で $60^\circ$ 以上の傾斜をもっているという記載がある。

b) 布引花崗閃緑岩 布引・烏原両貯水池付近に露出するものが典型的で、世継山・堂徳山・碓山などの山地を構成している。岩石は、中粒の等粒状組織を示すのが普通で、ときに石英・斜長石の巨晶が斑状結晶をなすことがある。石英・長石などの優白質の鉱物と角閃石・黒雲母などの有色鉱物が白黒かすり状をなしている。岩脈に乏しい。有色鉱物の濃集した径数 $cm \sim 10$ 数 $cm$ 大の黒色団塊状捕獲岩をともなう特徴がある。

c) 六甲花崗岩 六甲山地の大部分を構成している岩石で、東六甲山・西六甲山・摩耶山・荒地山・譲葉山などの山体を構成している。岩石は、優白色の石地に黒雲母が散在し、淡桃色のカリ長石がまじっている。アブライト・ペグマタイト・玢岩などの岩脈をしばしばともなう。岩質的に細粒・中粒・粗粒の三つの型の黒雲母花崗岩で、とくに粗粒部と中粒部とは漸移する。中～粗粒部は主成分鉱物として石英・カリ長石・斜長石・黒雲母をもつ等粒状組織の岩石で、岩体周縁部の岩石の中にまれに角閃石を主成分鉱物とするものがある。また、細粒部は平均粒度 $0.5$  mm程度の等粒状組織を示し、しばしば微文象組織を伴うことがあり、主成分鉱物として石英・カリ長石・斜長石・黒雲母をもつ。

布引花崗閃緑岩との関係は、多くの場合断層接触であるが、芦屋市高座滝付近で布引花崗閃緑岩が六甲花崗岩に捕獲されている露頭や、接触変成をうけて緑泥石化している露頭がたしかめられている。再度山付近においても六甲花崗岩が布引花崗閃緑岩に貫入した露頭があり、両者の接触面はsharpで急傾斜をしているという。

d) 土橋石英閃緑岩 地表部では西六甲山頂付近にわずかに露出するだけであるが、六甲山トンネル工事が行なわれた際、南坑口付近から北へ約 $2$  kmにわたり分布することがわかった。岩石は細粒完晶質で、石英・カリ長石・斜長石・黒雲母・角閃石を主成分鉱物とし、斜長石・黒雲母・

角閃石など早期結晶を石英・カリ長石が包むポイキリティック組織が特徴的である。トンネル内各所で六甲花崗岩の貫入をうけ、しばしば混成岩を作り、また捕獲岩となっている。いまのところ、六甲花崗岩体中の規模の大きな捕獲岩体と考えられている。

e) 神戸層群(中新統)\* 研究地域西縁の神戸市須磨区白川峠付近の地層を含む第三紀層に対し与えられた名称である。この地層は大きくみて、泥岩・砂岩・礫岩からなる碎屑岩部層と白色凝灰岩を多量に含む火山碎屑岩部層とのくりかえしからなっており、下位から有野累層・吉川累層・淡河累層・三津田累層に区分される。本研究地域内では、吉川累層相当層と淡河累層相当層が分布し、花崗岩類を不整合におおい、または断層で接する。研究地域内では主として砂岩からなり、礫岩などが挟まれている。

f) 大阪層群(鮮新-最新統)\*\* 大阪盆地周縁の丘陵地に露出し、沖積平野の地下にも広く伏在する。神戸層群やその他の先新第三紀の岩石を不整合におおい、礫・砂・シルト・粘土からなる地層の中に数枚の凝灰岩薄層がはさまれ、鍵層となっている。研究地域内の長田地区では主として粘土からなり、砂・礫の層をはさむ下部と、下位に粘土が多く上位に砂礫が多い上部に区分されている。

g) 満池谷累層(最新統) 砂・礫を主体とし、淡水型のシルト・粘土層の薄層をはさむ地層で、大阪層群上部と不整合で接する。全般に砂礫質で淘洗は悪く、cobble ~ pebble級の礫を花崗岩質の充填物質で埋めている。シルト・粘土層といっても、しばしばgranule級の小礫を散在する砂質のものである。研究地域内の神戸市長田区、会下山付近の砂礫層はこの累層に相当する。

h) その他の第四系 六甲山地の山麓に沿って、段丘堆積物および崩積堆積物が分布している。研究地域東部には、断層に関連をもつ山麓緩斜面様の平坦面に段丘堆積物あるいは大阪層群が露出しているのが認められる。

これらの諸岩石・地層からなる山地に、その伸びの方向にほぼ一致して多くの断裂系がある。おもなものには、諏訪山断層・布引断層・五助橋断

\* 神戸層群以下の地層は今回の研究対象から除外したが、いちおう記述しておく。

\*\* 岸田(1967)は五位の池の崩壊地をマサとしているが、この場所は大阪層群の砂礫層である。

層・北摩耶断層・長田山断層などであるが、詳細は省略する。いずれも基盤の花崗岩中に圧砕帯を形成し、地形上からも容易に認められる断層線崖や断層線谷を形成している。

#### 4 山くずれ\*の分布と地質との関係

本研究地域において、昭和42年7月豪雨に発生した山くずれを統計的に扱ったものでは渡辺・瀬尾(1968)のものが公表されている。しか

表-1 流域別崩壊数

水系	支川・谷	流域面積	崩壊数	1km <sup>2</sup> 当りの崩壊数	昭和13年の崩壊数	
芦屋川	高橋川	8.05	121	15.0	168	
	天上川	1.20	39	32.5		
	住吉川	2.32	98	22.4	30	
			11.23	567	49.0	449
		黒五谷	1.32	61	62.1	
		本流下	1.16	69	94.8	
		五助谷	0.89	65	73.0	
		五助上谷	0.27	49	81.0	
		水晶谷	1.51	92	60.9	
		本流上	2.40	95	39.5	
		大月地獄谷	1.68	87	51.9	
		大月谷	0.36	15	41.7	
		西谷	1.64	34	20.7	
	石屋川	都賀川	3.31	76	23.0	186
		8.53	376	44.1	313	
		土橋谷	0.63	38	60.3	
		真水谷	1.70	50	29.4	
		六甲川	2.09	95	45.5	
		日柳川	1.78	70	39.3	
		杣谷	1.16	49	42.2	
		摩耶東谷	1.17	74	63.2	
			1.95	122	62.2	95
			11.61	424	36.5	424
西郷川	生田川	1.21	93	76.9		
		10.40	331	31.8		
	草川谷	0.78	68	87.2		
天神川	一追谷	2.87	297	103.5	222	
	字治川	1.95	188	96.4		
		0.92	109	118.4		
天王谷	再度谷	6.80	164	24.1	442	
	平野谷	18.77	38	2.0	236	
妙法寺川		16.97	759	44.8		
		9.02	198	22.0		

渡辺・瀬尾(1968)より

\* 山くずれは、数多くの文献で、崩壊・山くずれ・崖くずれなど異なった用語で記述されているが、その示すそれぞれの内容に違いがあるので、文献中の用語はそのまま用い、筆者は山くずれと統一使用した。

し、これは流域別の統計としてあらわれており、山くずれの集中の度合いを考察するには若干不都合である(表一1)。

筆者は、空中写真の判読から求めた個々の山くずれを地形図上にプロットしたうえで、図上任意の点を対角線の交点とし、4辺の方向が東西方向

と南北方向に位置するような1辺1kmの正方形を想定し、その中に含まれる山くずれの数が集計されるようにして、山くずれ度数分布等値線図を作ってみた。これを図-3に示す。

ここで、山くずれとして集計したものは、空中写真で判読できる程度の位置、大きさをもって

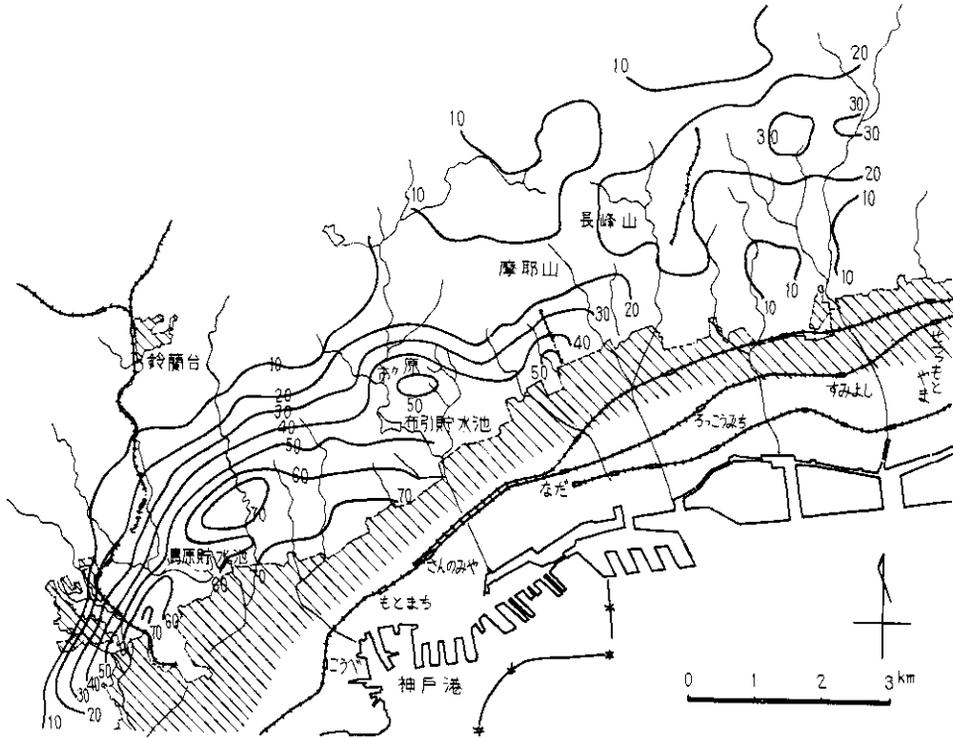


図-3 山くずれ発生度数分布図

るものだけであることなどにより、数値では渡辺・瀬尾(1968)のものよりやや少なめであるが、山くずれの大体の集中度を表現しているとみてよい。

この分布を図-1に掲げた神戸海洋気象台の調べにより雨量分布と比較してみると、7月9日9時から10日9時までの日雨量280mm以上の範囲とはほぼ一致してくるが、山くずれ集中の極大点と雨量の極大点とは完全に一致していない。この点については、気象状況にさらにくわしい吟味が必要であろうが、以下この点は無視して、とにかく今回の豪雨は六甲山地の南側斜面に集中し、北側斜面にはほとんど及んでいないことで次に考察を集めてみる。

なお、岸田(1967)は昭和25年から40

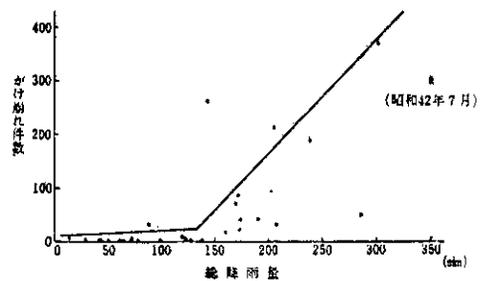


図-4 兵庫県における総降雨量とかけずれ件数(昭和25年~40年)岸田(1967)より。

年の間に兵庫県で発生したがけずれ(擁壁の事故も含む)と総降雨量の関係を図-4のように示

している。この統計では、地質・地形などによる影響を無視しているために確実ではないが、だいたい150mm程度の総降雨量からがけくずれの件数が急に増加することが読みとられる。昭和42年7月豪雨では、空中写真上の定性的な観察で、その限界は200mm前後に読みとってほぼ間違いない。

この山くずれ分布を図-2に掲げた地質図と対応させてみると、圧倒的に布引花崗閃緑岩から構成される部分に山くずれが集中している。しかし、これを単に地質条件だけの素因とするには不足であって、布引花崗閃緑岩からなる部分がたまたま六甲山地南斜面の強い雨を受けた部分と一致していたというみかたも成立する。

奥田ほか(1968)は、布引花崗閃緑岩の地帯が最も崩壊が多く、粗粒六甲花崗岩地帯がこれにつぎ、他の地質地帯には崩壊はあまり発生していないとした。しかも布引花崗岩地帯では崩壊数

はほぼ水系数に比例し、粗粒六甲花崗岩地域では崩壊数は水系数に関係なく、起状量と正の相関があることを認めている。奥田ほか(1968)は、この原因については地質学的な検討が必要であると指摘しているだけで問題点を残している。筆者は、この相関を地質よりはむしろ花崗岩地帯の地形と風化帯構造とからみ合わせた考察がこの場合有効であると判断したので、以下この点を中心として考察を行なうこととする。

### 5 山くずれの分布と風化帯構造との関係

山地を構成する岩石の風化度を指数的に表現する試みは近年各方面でなされている。とくに、花崗岩質岩石については特有の「マサ」化という性質があるために、比較的容易に風化の状況、さらに山地の風化帯構造をとらえることができる。

今回、研究の対象とした地域については、1962

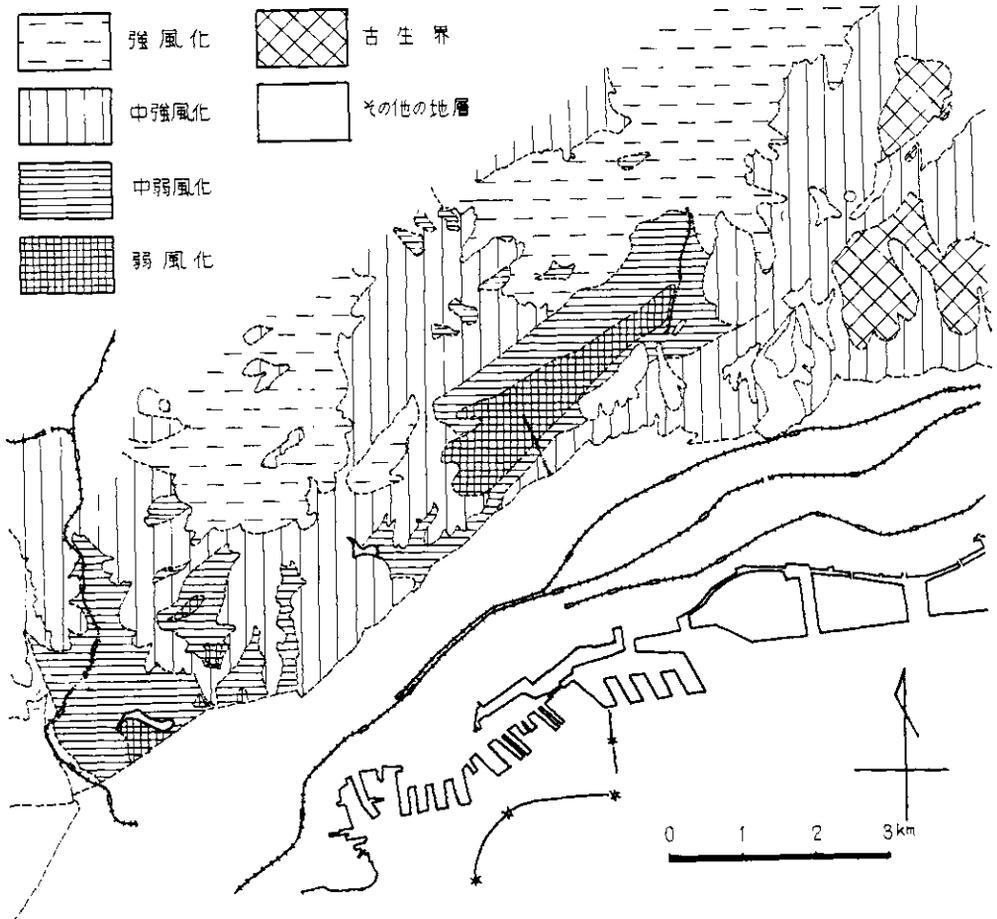


図-5 研究地域の風化図 (神戸市資料より)

年3月に神戸市調査室において風化図が作成されている。その調査および取りまとめの段階については、筆者の手もとに資料がないが、とりあえず公表された風化図についてみると、花崗岩質の岩石の風化の段階を

弱風化----ハンマは強く反発し、鉱物粒を切って割れる。石材に良好である。

中弱風化---ハンマで割ると微小な割理で割れ、二次鉱物はなく石材には不良である。

中強風化---ハンマで容易に割れ、不規則岩塊となり、二次鉱物がみとめられる。

強風化----ハンマは不要、手によって容易に鉱物粒までこわしうる程度、二次的風化鉱物が生成されている。

のように分け、図-5のような分布をもっているとしている。筆者らが現地踏査を若干のルートについて実施した結果もほぼ同じような傾向が認められたので、以後この風化図をもとに、山くずれ分布と対応させた考察を行ないたい。

風化図をみると、六甲山地の山頂平坦面がいちじるしく風化し「マサ」となっているのは当然のことであり、摩耶山から長峰山にかけての“諏訪山断層線崖”に沿う急斜面が弱風化となっていること、宇治川、生田川、天王谷、鳥原川などの谷壁斜面はほとんど中弱風化の状態で、平坦面を残していない稜線に沿って中強風化の部分があることもごく常識的である。

この風化図と図-2の地質図とを比較すると、山頂平坦面の六甲花崗岩類は強風化となっているが、急斜面上の六甲花崗岩類は中弱風化から弱風化の状態を示し、布引花崗閃緑岩類は溪谷に面する急斜面で弱風化から中弱風化、稜線部で中強風化の状態を示している。なお、布引貯水池から再度山までの間が“諏訪山断層線崖”の山腹斜面となっているが、ここでは中強風化である。

さらに、風化図と図-3の山くずれ度数分布図とを比較してみると、山くずれがいちじるしく集中している部分は、弱風化の六甲花崗岩類および弱風化へ中強風化の布引花崗閃緑岩が分布するところであり、山くずれ発生の極大域は、鳥原貯水池西方の中弱風化の布引花崗閃緑岩および天王谷沿いの弱風化から中弱風化の布引花崗閃緑岩の分布するところ、それに市ヶ原のゴルフ場周辺である。たゞ、市ヶ原地区については後に述べる理由によって、別に考察することにする。

以上の結果をまとめてみる限りでは、昭和42年7月豪雨によって山くずれが集中した地域は降雨量の極大域とは別に、あまり風化していない布引花崗閃緑岩および六甲花崗岩類からなる傾斜の急な地域である。

## 6 山くずれの発生機構について

研究地域の山くずれについては渡辺・瀬尾(1968)が昭和36年と42年の崩壊を写真判読と現地踏査から次のように区分している。

1) 風化度の弱い基岩があって、山脚に立木があり、斜面の比較的上方の土砂が豪雨によって滑落するもの。石垣や立木は、滑落に対して抵抗力としてはたらく。

2) 風化度の弱い基岩で、その上にササを主とする植生があり、これが表層なだれのような型で落ちる。

3) 大割れの地域に多くみられるように、斜面上部に礫があり、下部は「マサ」状に風化しており、これが雨に洗われて転がり落ちるもの。

4) 節理や割れ目の発達した山腹にみられ、礫がそのままブロック状に落ちるもの。

5) 山頂が10°内外の比較的平坦な所の土砂が滑落するもの。

6) 道路・宅地・送電線の鉄柱建設による崩壊さらにこの分類とは別に

A) 崩壊跡地には傾斜変換点がみられ、この上部で滑落する。平面的にみると、おたまじゃくし形を呈し、六甲花崗岩地帯に多い。

B) ササを主とする植生が上層をおおって、基岩と風化土層とを分けて、表層の土層が落ちる。平面的には短ざく型バチ型となる。布引花崗閃緑岩地帯に多い。

渡辺・瀬尾(1968)は、この1)~6)の分類のいずれが全体の何%を占めているかを記載していないが、筆者らの観察結果でも1)、2)および6)が多いように見え、またB)の分類が布引花崗閃緑岩地帯に多いことは風化図と山くずれ分布図とを対応させてみた結果と一致している。要するに弱風化~中弱風化の地帯に山くずれが集中していることから、一般的な山くずれ発生機構を考察することができる。

山地斜面の崩壊機構については田中(1963)以下の一連の調査研究の報告がある。田中(1963)は、強雨によって生ずる山腹斜面の崩壊の原因と

して、つぎのようなものを考えている。

- a) 表流水の作用によるもの
- b) 浸透水の影響により斜面を構成している土壌(土砂)の粘着力ならびに内部摩擦角がいちじるしく小さくなることに起因するもの
- c) 浸透水の自由水面が斜面内において上昇して遂に自由水面が斜面に顔を出して、いわゆる「パイピング」現象が発生することに起因するもの
- d) 溪流の水あたりが強い溪岸が水流の作用によって洗掘される結果、斜面が下方の支持を失な

って崩壊するもの。簡単にいうと、斜面の根の溪流による側方侵食に起因するもの。

e) 断層線のような弱い層が溪流に露出しているときは水流の作用によってこのような弱い部分が侵食・洗掘された結果、斜面が安定を失なうもの、また斜面に断層線などの弱い部分が露出しているものが侵食を受けた場合など。

そうして浸透流が主因をなしている斜面崩壊箇所数は住吉川流域で全体の約60%、天上川流域では約75%になるとしている。

表 2

	浸透流によるもの		側方洗掘		表流による洗掘		断層地点		合計	
	個所数	土量(m <sup>3</sup> )	個所数	土量(m <sup>3</sup> )	個所数	土量(m <sup>3</sup> )	個所数	土量(m <sup>3</sup> )	個所数	土量(m <sup>3</sup> )
住吉川	248	105,900	49	7,900	110	27,800	39	15,300	446	156,800
天上川	37	35,600	—	—	10	800	3	100	50	36,500

田中ほか(1967)は、昭和42年7月豪雨による山くずれの特徴として

i) 表流水の侵食に起因する崩壊は斜面に人工を加えた場合、すなわちゴルフ場・宅地・山岳道路などの存在する斜面では、天然のままのそれよりも数と規模において大きい。

ii) 斜面の境界条件と浸透能・表土層の土質条件と地被植物の状態などが今回の降雨の浸透を大きく試したと同時に、花崗岩の上面に到達しさらに貯留された浸透水の水面が上昇して斜面の土被りの薄いところから浸出するという条件が満足された斜面が崩壊した。

iii) 一連の降雨は12~13時間の比較的短時間継続したが、崩落の数はかなり多く、1か所当りの落下土量は比較的小さかった。

iv) 表土層の浸透能・乾燥密度・厚さは、粗粒から細粒になるにしたがってそれぞれ小さく・大きく・厚くなる傾向にあり、したがって細粒になると容易にパイピング現象も起りがたく、土壌侵食も比較的少ない。また、基岩に多くの節理や亀裂があると表土層は崩落しがたいが、他方、切り取りなどをへたに行なうと基岩が崩壊する。この予想と今回の崩壊とはよく合っていた。

の四つをあげている。

これらの見解をもとと風化の進行しやすい布引花崗閃緑岩からなる山地で、弱風化あるいは中

弱風化という見掛け上岩盤からできている急斜面という条件で考えてみると、表土は砂質でうすく、しかも植物が繁茂していないが、その根系が深く岩盤中に侵入しがたい状況では「表層部」と岩盤の間には雨水の浸透能にいちじるしい差があり、それがうすく地表全部をおおっているという田中(1962)のパイピング現象の模式図にまったく一致するものであり、田中(1963)のb)

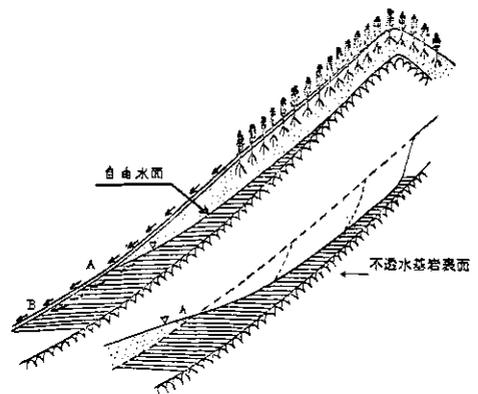


図-6 山くずれの模式図(田中(1962)より)

~d) の崩壊発生機構を支持するものである。天上川流域もかなりの部分は布引花崗閃緑岩が分布しており、ここでは中強風化ではあるが、斜面の

地形条件は、今回の山くずれ集中域と一致しており、昭和36年6月末の累計547.6mmの集中豪雨(ただし6月24日から29日にわたる)による山くずれと、表層地質からみてまったく同じと言ってもよい。

六甲花崗岩類からなる地帯では、雨量の極大域に相当する部分の急傾斜地に僅かではあるが山くずれの極大域がある。この急傾斜地は、五助橋断層およびその副断層群による断層線崖であり、風化度は中強風化であるがいわゆる岩盤の形を呈している。

建設省の住吉川芦屋川砂防調査報告書(第2報)では崩壊を山稜型・平坦面型・ロックガーデン型・黒岩谷型・住吉川型・東お多福山型に分類し、さらにこれらの型の細分を行なっている。これは流域の地質構成が多様なためであるが、とくに断層破碎帯に沿う花崗岩の崩壊は大部分地すべり状崩壊であり、風化花崗岩の崩壊は住吉川右岸の沢の上流部で、厚い表土・風化層におおわれていてほとんど露頭がなく、沢の一部には岩層が厚く堆積しているような状態のところ葉脈状または長い短冊状の崩壊が多発していると記している。田中(1963)の統計には地質による細分類はないが、花崗岩地帯に限れば、個所数はもっと変化することが予想される。

### 7 山くずれの発生機構——人為作用が加わる場合

前項までに、昭和42年7月豪雨による神戸市街地背後の山くずれ多発地帯は、地質的にあまり風化の進んでいない布引花崗閃緑岩および六甲花崗岩類で、しかも急傾斜地帯であることを述べ、要するに表層部と基岩の物理性、ことに透水性に大きな開きがある場合に山くずれ集中発生地区となりやすいことをあわせ示した。花崗岩質岩石からなる急傾斜地での「マサ」と基岩との関係はまったくこの条件に適合している。

花崗岩質岩石のうえに、人為的に土砂を盛り上げた場合にも同じような効果があられており、すでに渡辺・瀬尾(1968)、あるいは田中ほか3名(1968)も、このような状況下で山くずれ(およびがけくずれ)が発生していることをあげている。

筆者らは、山くずれ発生度数分布曲線の極大域すように、盛土の部分には円弧すべり状の崩壊が

に当る布引貯水池北東方、市ヶ原地区を踏査し、とくにゴルフ場における切取・盛土と山くずれとの関係を観察してみた。その結果は、図-7に示

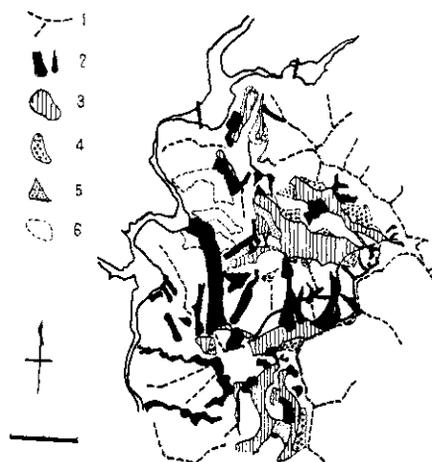


図-7 市ヶ原地区山くずれ分布図

- |               |           |
|---------------|-----------|
| 1. 明瞭な稜線      | 2. 山くずれ地  |
| 3. 人工平坦地      | 4. 人工の切取り |
| 5. 盛土による崖(斜面) | 6. 自然の平坦地 |

あり、切取りの部分はほとんど異常が認められないことがわかった。また、切取り斜面内、あるいは自然の谷からの排水を受けるところの盛土がとくに崩壊の程度がいちじるしかった。

この場合は人為的に地ならしをした個所であるが、盛土の断面をみると、崖錐堆積物とみてもよいので、自然の傾斜地でも、崖錐堆積物が局部的に発達しているような個所は、同じような崩壊が発生する危険をはらんでいる。

三浦(1966~67)は、島根県大原郡地方の風化花崗岩地帯の崩壊の型を節理型・表層滑落型・複合型・脈岩型・断層破碎帯型・崖錐型と分類しているが、その中で意外に崖錐型が多いことに注目している。人為的に地ならしした個所の崩壊は、上記の分類の中の崖錐型に相当するもので、よく注意すれば市街地周辺の「がけくずれ」災害地には大なり小なりこの性質が認められるといっても過言ではない。

### 8 まとめ

神戸市街地背後に位置する六甲山地の地質・地形・山くずれなどについては古くから多くの人々によって異なった分野からの研究がなされており、

ここでは昭和42年7月豪雨によって発生した花崗岩地帯での山くずれ分布に関係したものだけを概括してみたものである。なお、今後の問題点とするものをあげてみると、つぎのようになる。

(1) 山くずれの地域性 黒田(1966)は、山くずれ多発地帯としての花崗岩地帯を二つに分け、一つは深部風化を受けた起伏量の小さい地域と、他は急傾斜地帯で、断層線崖に沿う急斜面の山麓にいちじるしい扇状地が発達している地域であるとした。前者の代表は、たとえば山陰・北陸豪雨の際の高根県大原郡地方であり、神戸市背後の六甲山地斜面は後者の代表例となりうるものである。ここでは、田中(1962)の山くずれ危険個所の推定がそのまま適用できることが一つの特徴であろう。

(2) 山くずれの反復性 たまたま、昭和13年7月の記録がとどっていたこともあって、渡辺・瀬尾(1968)その他で、先の風水害でくずれた同じ個所が約30年を経過した昭和42年7月豪雨で再びくずれたという事実が報告されている。これは中弱風化～弱風化の状態にある花崗岩質岩石の急斜面の表面が露出してから、しだいに岩盤が風化して遂にくずれるような状態に進むまでに約30年が対応しているのか、それとも山くずれによって岩盤がむき出しになってから植物が再び成育して根系が形成されるまでに30年が必要であるか、今後の問題となるであろう。

(3) 山くずれの危険度 田中(1962)は、崩壊の発生機構の考察結果をもとに、崩壊危険地帯を地形図上にプロットしている。また、北野ほか(1967)は、六甲山地内の地表水質(化学成分)に関し、一連の研究を行ない、地表水の化学成分から崩壊危険地帯を抽出する方法に応用しようとしている。しかし、これは $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $SO_4^{2-}$ 、 $Cl^{-}$ の分析が必要であり、さらに布引花崗閃緑岩が分布し、断層破砕帯が交錯するところでは、水の含有化学成分そのものについての再検討が必要であると述べている。

筆者らは、表流水の水比抵抗値を測定し、これに地形・地質条件とを組み合わせて、その結果から山体の風化状況その他を考察する資料としている。とりあえず、図-8に測定値を報告しておき、その解析は後日にゆずりたい。この測定値だけをみても、青谷と平野谷・草川谷とでは、全体のbackgroundにかなりの開きが認められる。平野

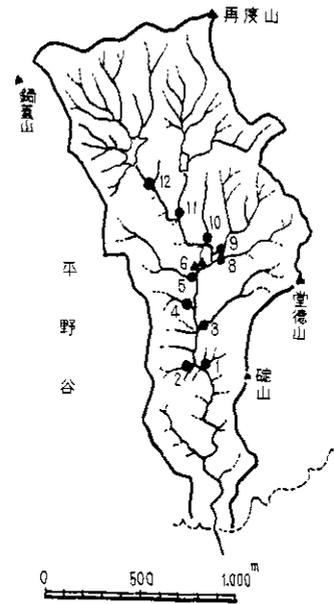


図-8.1 再度谷 水温・比抵抗値測定点

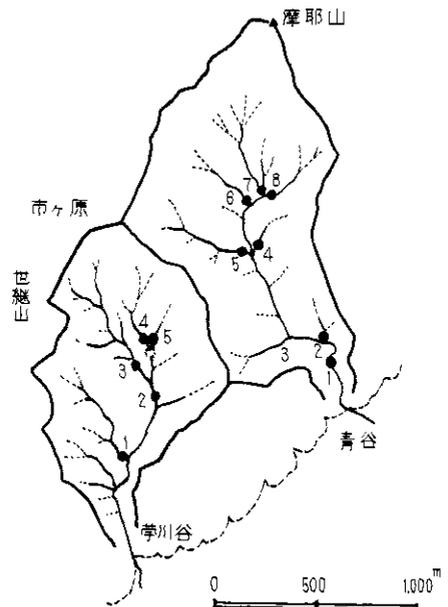


図-8.2 草川谷・青谷 水温・比抵抗値測定点

谷・草川谷は、花崗岩地帯としては水比抵抗値が小さく、したがって含有成分に富んでいることは注意する必要がある。

表一 3.1 再度谷

測点	温度	比抵抗値	摘要
1	4.8 °C	9,600 Ω·cm	割れ目湧水 割れ目湧水 温度測定せず
2	4.5	6,100	
3	5.0	6,800	
4	5.0	7,300	
5	3.8	7,100	
6	10.0	5,700	
7	12.8	5,300	
8	8.0	5,100	
9		7,100	
10	5.8	6,300	
11	5.0	7,600	
12	7.0	7,600	

表一 3.2 草川谷

測点	温度	比抵抗値	摘要
1	8.5 °C	5,500 Ω·cm	本流の水
2	9.5	4,700	
3	11.5	8,300	
4	8.9	6,000	
5	11.0	7,100	

表一 3.3 青谷

測定	温度	比抵抗値	摘要
1	4.8 °C	11,100 Ω·cm	本流の水
2	5.8	8,500	
3	5.8	11,600	
4	4.2	14,500	
5	4.5	17,400	
6	5.0	19,900	
7	4.2	17,800	
8	3.2	13,500	

要 約

昭和42年7月豪雨によって、神戸市背後の六甲山地に多数の山くずれが発生したが、この山くずれと地質との関係を、主として花崗岩質岩石からなる地帯について、山くずれ発生度数分布図をもとに考察してみた。その結果

1. 山くずれ分布の極大域は、布引花崗閃緑岩の分布する地域内であって雨量分布の極大域と異なる。
2. 岩盤風化度分布図と、山くずれ分布とを比較すると、山くずれが多発したところは、中弱風化～弱風化の程度を示す急傾斜地帯に限られる。
3. 以上のことは、いわゆるパイピング学説の裏付けとなるものであるが、崩壊の反復性ないしは免疫性を考える時には、花崗岩が風化し弱められる速さを考えに入れた検討が必要である。
4. 自然斜面の崩壊に限らず、人為的に盛土を施した急斜面も中弱～弱風化の花崗岩と盛土との含水性等の比較のうえで考えることができる。
5. 六甲花崗岩と布引花崗閃緑岩との山くずれ集中度の差は、両者の風化特性の差にもとづくものらしいが、風化特性の定量化が今後の課題となるであろう。

引用文献(主なものみ掲げる)

藤田和夫(1961):六甲山地のスラスト系, 横山教授記念論文集, pp.23-30

藤田和夫・笠間太郎(1965a):六甲山地, 日本地質学会第72年年会見学案内書

藤田和夫・笠間太郎(1965b):神戸市及び隣接地域地質図(1:50,000)

藤田和夫・笠間太郎(1965c):西宮市及び隣接地域地質図(1:25,000)

笠間太郎(1968):六甲山地の花崗岩類, 地質雑, Vol.74 No.3 pp.147~158

建設省六甲砂防工事事務所(1960):住吉川芦屋川流域砂防調査報告書(その2)

岸田英明(1967):昭和42年7月豪雨による神戸市西部のがけくずれ調査, 建築研報告, No.50, pp.31~37

黒田和男(1966):風化花崗岩による山くずれ多発地帯の地質・地形上の特性について, 第3回災害科学総合シンポジウム論文集, pp.70~73

松下 進(1953):日本地方地質誌 近畿地方 朝倉書店

三浦 清(1966~67):島根県加茂町付近の花崗岩類とその崩壊について, 岩叢, Vol.56, No.6, pp.256~283 Vol.57, No.1 pp.1~24

水山高幸ほか9名(1967):阪神とその周辺

- の地形, 地理評, Vol.40, No.11, pp.585  
~600
- 奥田節夫・柳瀬 訓・横山康二(1968):崩  
壊災害の地形的特性(1) 昭和42年7月豪雨,  
羽越豪雨に伴う崩壊 京大防災研年報, No.  
11-A, pp.657~667
- 田中 茂(1962):神戸市背山地域の崩壊個  
所の予想について 付, 神戸市崩壊危険箇所予  
想図
- 田中 茂(1963):山地斜面の崩壊個所の予  
想について建設工学研究所報告, No.4, pp.  
147~161
- 田中 茂・八束正司夫・沖村 孝(1967):  
降雨特性からみた斜面の地入りおよび崩壊の機  
構とその予知の研究, 第4回災害科学総合シン  
ポジウム論文集, pp.112~113
- 田中 茂ほか3名(1967):昭和42年7月  
豪雨並に過去の豪雨による神戸市がけ崩れ災害  
特性, 第4回災害科学総合シンポジウム論文集  
pp.108~111
- 上治寅次郎(1937):六甲山塊の地質と構造,  
地学雑, Vol.49, No.504, pp.481~496
- 渡辺正幸・瀬尾克美(1968):豪雨による山  
崩れ, 一六甲山における昭和36年と42年豪雨  
一, 新砂防, Vol.20, No.4, pp.17~20
- 六甲山系水害対策に関する答申書, 昭和42年8  
月
- 北野 康ほか4名(1967):水質調査による  
六甲山系岩石の風化および崩壊に関する研究,  
六甲山系砂防調査報告書(その4)
- IKEBE N., ICHIKAWA K.& HUZITA K.  
(1968):Geologic Guide for Excursion  
to Several Areas in the Kinki  
Distriet Central Japan. Jour.  
Geoscience Osaka City Univ. Vol.11  
Art.4, pp.83~93