

# 大 谷 石

## ～ 採 掘 と 災 害 ～

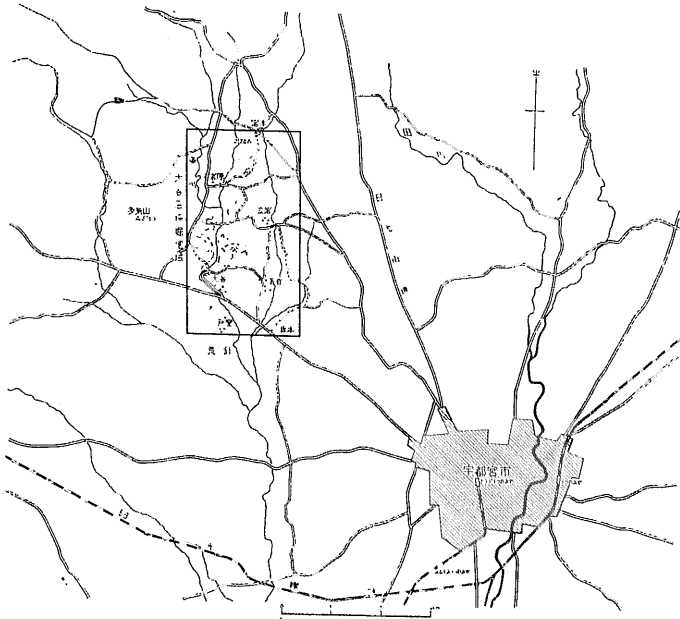
岡 重 文

### 1 はじめに

岩石事典の大谷石の項には「栃木県宇都宮市産 新第三紀の石英粗面岩質凝灰岩 凝灰角礫岩 建築 土木用加工品 軟石として わが国最大の産地」と記されている。凝灰岩という名前は知らなくとも 大谷石という石はよく知られている。たまたま筆者は この大谷石について どこで どのようにして掘られているのかなどについて 現地のように見える機会があったので ここで「石の里」といわれる大谷町の姿と 地質 採掘方法それに今回（昭和39年から40年にかけて）行なった大谷石に見られる断裂系の実測と 観察の結果をもとに採掘にともなう陥没と落盤について 筆者の見解もあわせて紹介してゆくことにする。

### 2 大谷の位置

上野から東北本線の列車で約1時間半 宇都宮駅で下車 駅前からバスに乗り15分で大谷町に着く 町に入つてまず目につくのは 大谷石置場と石倉（第2図） 消防署 事務所まで石造り 石倉は瓦まで大谷石でできている。第3図のごとく大谷石をくりぬいて 事務所になっている石屋さんもある。これらの家や石倉は 周囲の松の木と調和して 美しい景色を作りだしている。



第1図 大谷石の採掘地域

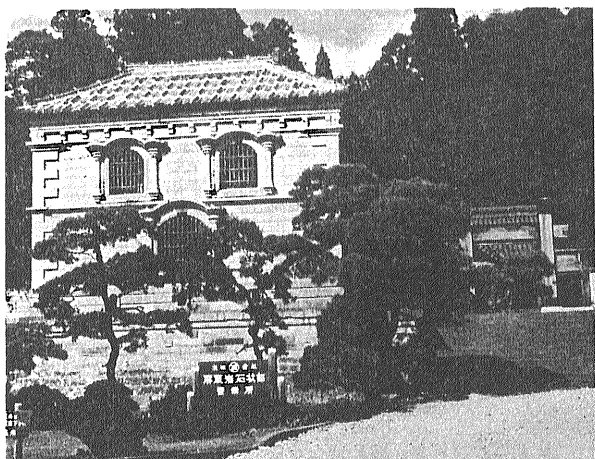
バスを降りて丘陵地に入ると 大谷寺があり 大谷石の露岩が切り立った斜面を作り 南画に描かれた 中国の景色の再現を思わせ 急崖と松の木で 一幅の絵になっている。大谷の多くの人たちは 大谷石と観光で生活している。

### 3 大谷の歴史と地質

大谷石は第三紀の緑色凝灰岩で 無層理塊状の岩体をなしている。この岩石は 今から1500万年以前 新第三紀中新世に海底火山が 激しく活動した時期があったこの時期の火山噴出物（火山灰と岩片）が海底に堆積し 繰り返し繰り返し 激しく起こった噴火によって 噴出物も海底に厚く堆積されていった。それから長い年月を経て 陸地になる頃には 火山灰と岩片は 大谷石と呼ばれる緑色凝灰岩になっていた。

今から約1万年前（縄文の草創期）から2千年前の弥生式までの 8千年の間にわたって 人間の住居でもあり 時には墓になったこともあり 半洞窟状の天然斜面は 風雨をしのぐのに最良の場所であった（半洞窟状の斜面の脚部から 日本最古といわれた土器が発見され またそれより上部層からは 次々と新しくなっていく たくさんの土器もあり 埋葬された人骨も発見された）。

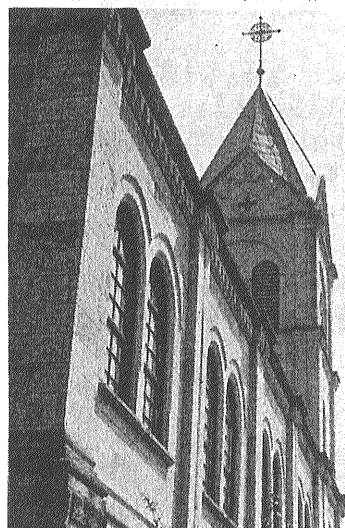
弥生式時代になると 農耕に適した台地へと去って行ったが 古墳時代になると 大谷石を採掘して 古墳の石棺や 石室を作り始めた。平安から鎌倉初期にかけては 現在大谷寺境内にあるオーバーハングした半洞窟状の天然斜面に 多くの仏像が彫られて山岳仏教の霊場となった（第5図）。この大谷磨崖仏は特別史跡 重要文化財になっている。約1150年前には 栃木県内の国分寺建設のために 土台や石垣用に大谷石が採石され その後 900年前頃には 宇都宮に城を築城した時とか 徳川中期頃には鬼怒川を利用して 石を江戸に送ったなどの記録がある。大正11年に 現在の帝国ホテルの旧館（第7図）に大谷石が使用され 関東大地震に耐えたので全国的に大谷石が有名になった（帝国ホテルに使用した「白目の大谷石」は 現在ほとんど無くなり採石されていない）。昭和20年



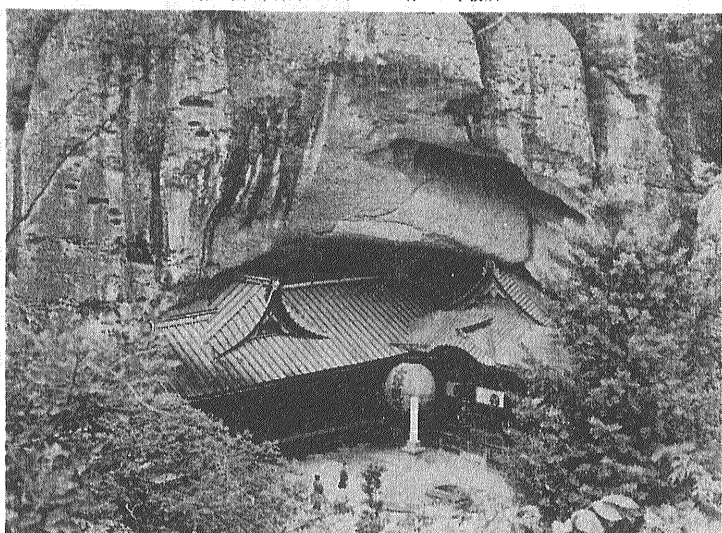
第2図 屋根ガワラまで大谷石で作られている



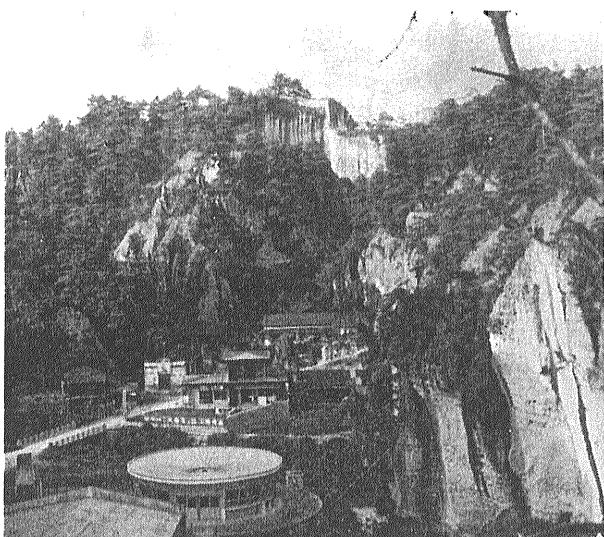
第3図 大谷石をくりぬいて作った事務所



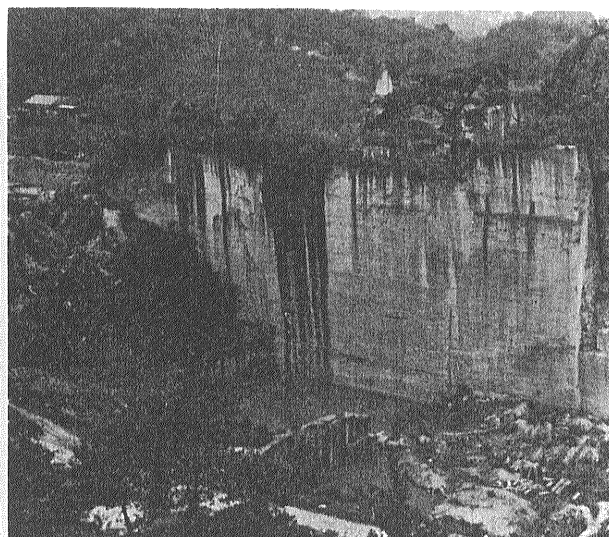
第4図 宇都宮市内にある大谷石で作った教会  
(大谷石材組合提供)



第5図 建物の中の大谷石の斜面に磨崖仏がある 裏山は御止山といって 採掘禁止区域  
になっている (大谷石材組合提供)



第6図 A. 大谷付近 手前の丸い家はヘルスセンター 一部に廃坑が見られるが  
大部分は自然の地形で斜面は急崖をなしている



B. 大谷石採掘の跡 (大谷石材組合提供)

第1表

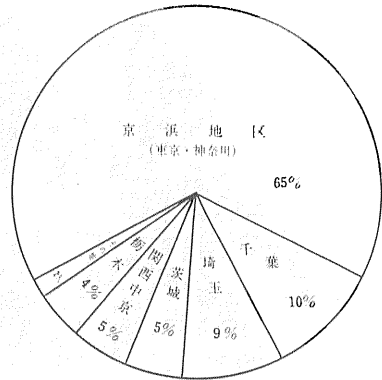
| 年 別     | 年 生 産 量   | 業 者 数 | 従 業 員 数 |
|---------|-----------|-------|---------|
| 明治 31 年 | 6,000 t   |       |         |
| 大正 5 年  | 158,000 " |       |         |
| 昭和 元 年  | 245,000 " |       |         |
| " 12 年  | 191,000 " |       |         |
| " 20 年  | 17,000 "  |       |         |
| " 30 年  | 246,000 " | 95 名  | 2,050 人 |
| " 36 年  | 500,000 " | 104 " | 1,550 " |
| " 40 年  | 650,000 " | 105 " | 1,540 " |
| " 41 年  | 700,000 " | 104 " | 1,530 " |

頃は採石場が 地下工場になったので 採掘はほとんど中止されていたが 終戦後再び採掘を始め 昭和30年には採掘の機械化に成功し 昭和34年には全採石場が機械化され 生産量も第1表のごとく 従業員の数は毎年減少しているのに 昭和30年の25万トンから 36年に50万トン 41年には70万トンにも達した。

昭和26年に 丘陵の大谷石を削って 高さ26.9mの平和観音像を作り またヘルスセンターなども作って 石と観光の町大谷に衣がえをした(観光地として県立公園に指定されている)。

凝灰岩の分布は大谷付近を西南端として南北約 10 km 東西約 12 kmの範囲にあることは 確認されているが 土木建築用材として採石されているのは 大谷町を中心とした 南北約 3.8 km 東西約 1.8 km の地域(第8図)で 石材の性質によって 大谷町付近を区分した地質図が第9図と第2表である。

大谷層は全層にわたって「ミソ」と呼ばれる 暗緑色～暗黒色の部分があり 空気中にさらされると 赤褐色になって脱落しやすい。「ミソ」の成因については 火山弾などの岩片が 変質を受けたのではないかという考えもあるが まだ明らかではない。大きな「ミソ」

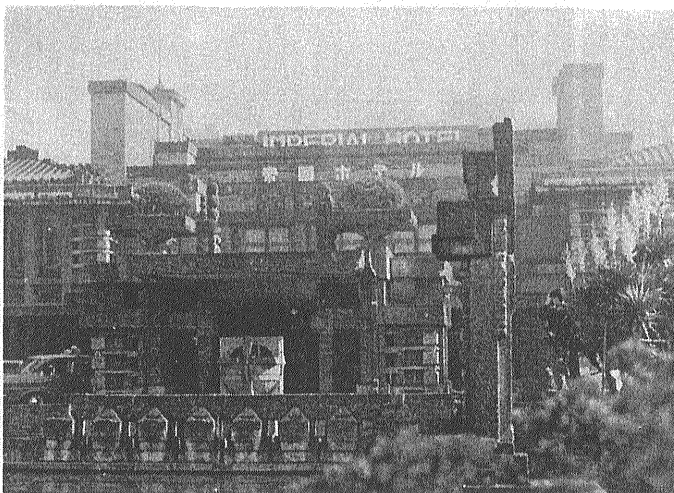


大谷石のおもな需要地

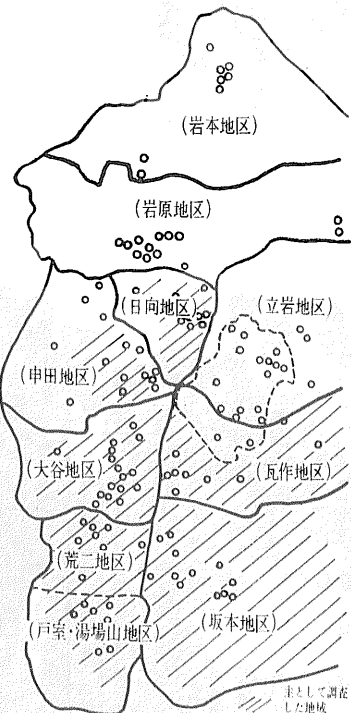
は 24cm×13cm 位あり この「ミソ」の密集している部分を「通り」といい 石材としては無価値の部分である。

「ミソ」の状態によって 石材としての価値が決まり 細目(最も良質の石材で「ミソ」が小さくて 少ない) 荒目一級 荒目二級などと呼ばれる。大谷層の走向 傾斜は「ミソ」の流れで測定するが 断層の東部でN30°~50°E 4°~6°E 断層の西部でN18°~23°E 10°~8°Eである。

大谷上部層は 地質図では分けていないが 上部と下部に分けられる。傾斜のゆるい断層で中部層に接し 上部層の下部は「通り」が無く最も良質な石材で 現在



第7図 帝国ホテルの正面玄関 現在すでに取壊されてしまった。(大谷石の代表的建築物)

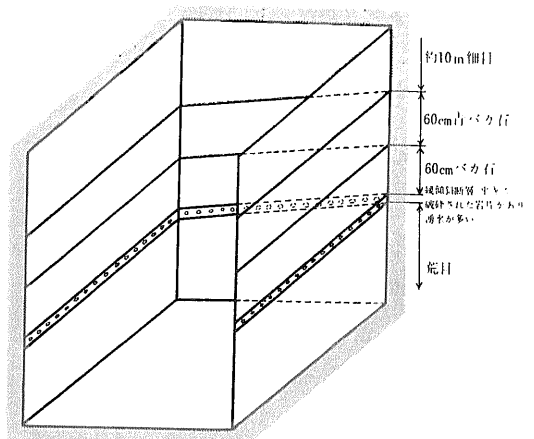


第8図 大谷石の事業場および地区割 (.....内35年調査済)

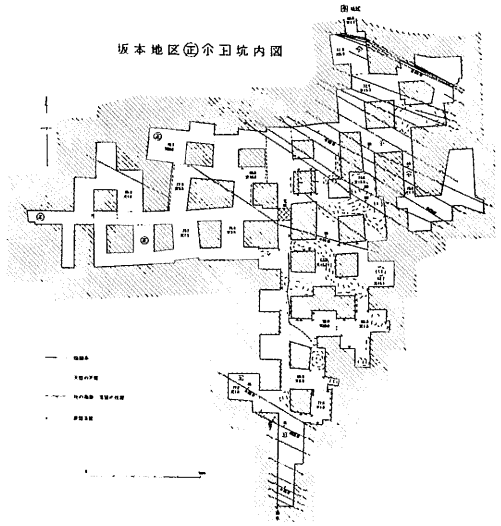
立岩 坂本 瓦作地区で採掘しているが 地表から30m～60mまでは 上部に当り 直径20cm～30cmの「ミノ」の密集したところで 石材としては無価値の部分である。細目の下方は厚さ3m前後の「通り」で 軟質荒目に接するが この「通り」の中に 緩傾斜な断層があり 一部の坑内で確認できる(第10図) 細目の採石場(または丁場)では 落盤 石ハネ 底盤落盤(採掘ともなつて 下盤が隆起して石割れを起こす)が発生し 一般に危

第2表 大谷町付近の層序

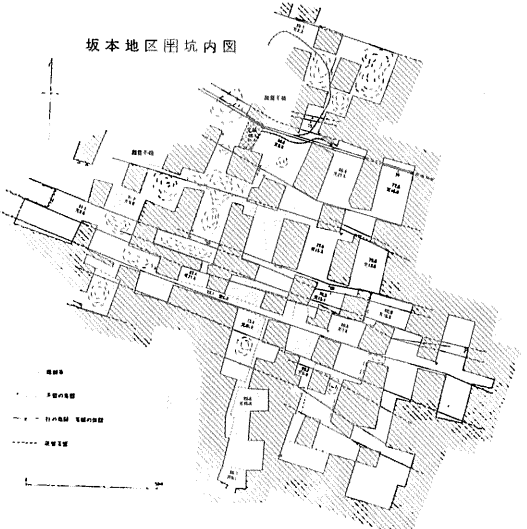
|               |                     |                                      |                           |          |
|---------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------------|----------|
| 洪積層           | 上部ローム層              |                                      |                           |          |
|               | 軽石層                 |                                      |                           |          |
| 大谷層           | 下部ローム層              |                                      |                           |          |
|               | 礫層                  |                                      |                           |          |
| .....不整合..... |                     |                                      |                           |          |
| 大谷層           | 大谷上部層               | 上部(C <sub>2</sub> )                  | 「ミノ」多く石材としては無価値 約70m      |          |
|               |                     | 下部(C <sub>1</sub> )                  | 最も良質な石材となる                |          |
|               | 大谷中部層               | 上部(b <sub>3</sub> )                  | 最も多量に採石されている              | 軟質荒目     |
|               |                     |                                      | 約80m                      |          |
|               |                     | 中部(b <sub>2</sub> )                  | 流紋岩・波瑠質岩・珪質岩・石英・長石等の小粒が多い | 硬質荒目(砂目) |
|               |                     |                                      | 厚さ約75m                    |          |
| 大谷下部層(a)      | 下部(b <sub>1</sub> ) | 珪化した流紋岩・波瑠質岩・珪質岩の塊を含む 採石の機械化により採石される | 硬質荒目                      |          |
|               |                     | 厚さ約30m                               |                           |          |
|               | 砂岩・頁岩互層(S)          | 厚さ2mで上部砂岩から二枚貝巻貝の貝化石を産する             |                           |          |



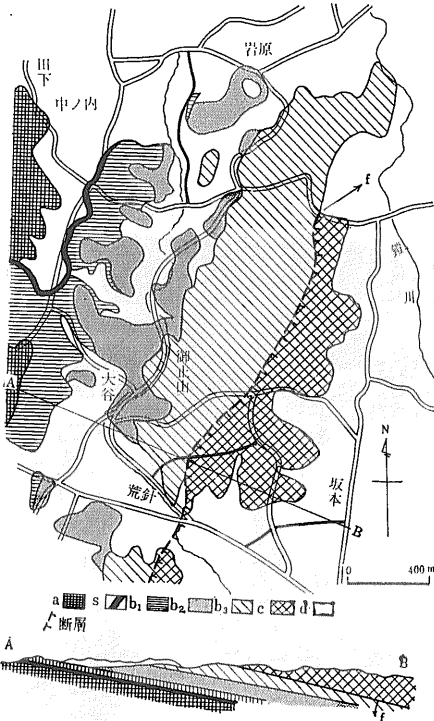
第10図 坑内「平キズ」の模式図



第11図 細目の丁場で典型的な割れ目と落盤



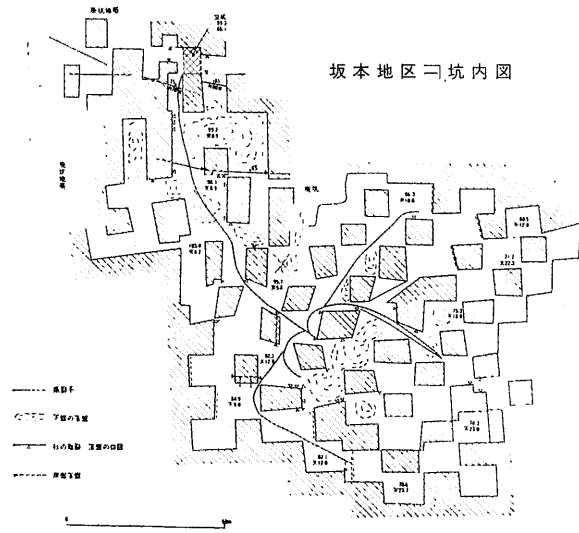
第12図 細目の丁場で割れ目をたくみに利用して採掘している例 一部に落盤が見られる



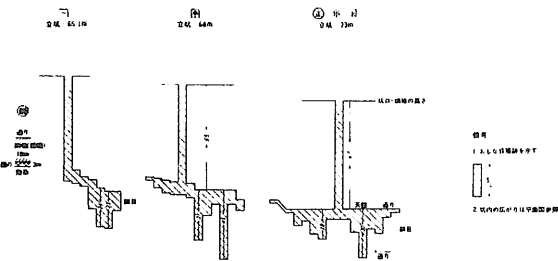
第9図 大谷付近地質図(大谷荘司 大谷石の研究より)

険の多い坑内である(第11・12・13図)。細目に比べて荒目の採掘場はほとんど落盤が無く「無キズ」な坑内が多い(第15図)

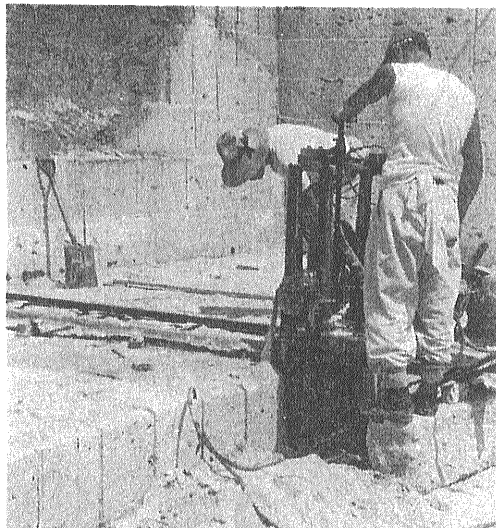
#### 4 大谷石の採掘方法



第13図 細目の丁場 割れ目は余りないが 落盤個所が非常に多い



第14図 坑内断面図

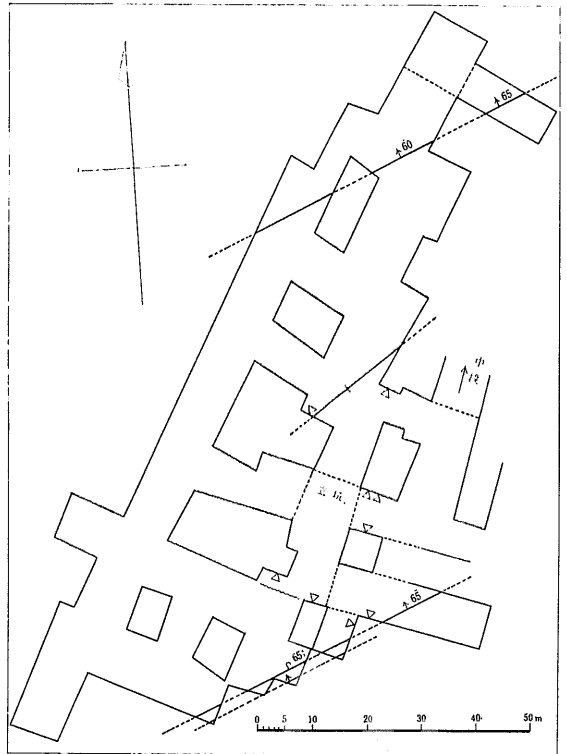


第16図 チェーン式で平場掘りをしている チェーンは2本で一定の幅に切ってゆく 送りは自動式でレールの上を自動で進む

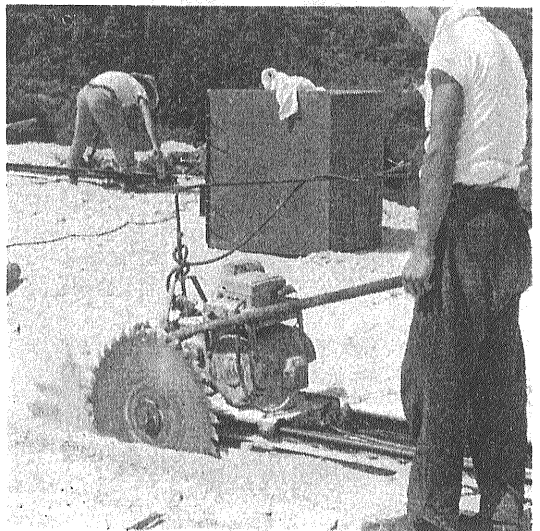
採掘には露天掘りと 坑内掘りがあり 露天掘りでは荒目を 坑内掘りでは細目と荒目の石材を掘っている。

露天掘りは 大谷町の北部で掘っているだけで 大部分は南部の丘陵地の周辺と 低地の地下を坑内で掘っている。

坑内採掘に当っては まず地表に一边が10m~12m前後で 正方形に近い形の立坑を掘る。深さ30m~100



第15図 荒目の丁場で一部に割れ目があるが落盤は全然ない



第17図 丸のこ式採掘機(大谷石材組合提供)

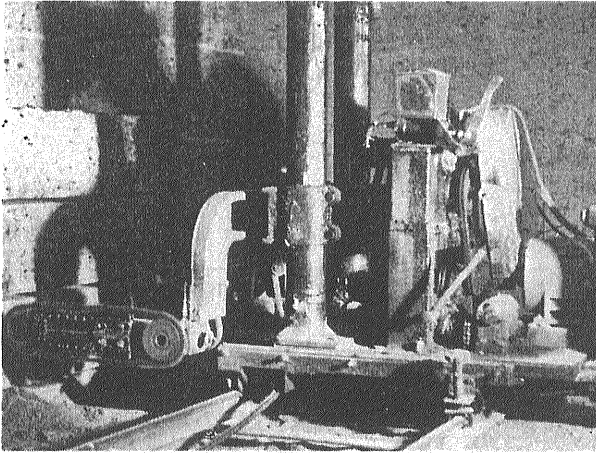
m以上掘り下げながら 石質を調べ「通り」を天盤として良質な部分を 横に掘り進みながら採石をする。高さ1.8mで長さ12m 幅10m位の広さまで掘ると また掘り下げながら採石をする。掘り下げは20m～30m 時には40mに達することもある。採掘機には チェーン式(第16図)と丸ノコ式(第17図)があり 坑内ではチェーン式が使われている。掘り下げを 平場掘り横に掘るのを 垣根掘りといい 掘る時には2本のレールの上を機械が移動しながら 一定の幅1尺×3尺の矩形で 深さ1.2尺～1.5尺などに切り込み 楔とハンマーで石を起こす。運搬は一度に2本～4本位を ロープで地上に巻き上げ 地表では半分の1尺×3尺×6寸などに裁断(第19図)する。

細目の石は化粧板などにするので 厚さ数cmの薄い板に裁断している事業所もある。丁場へ行くのには 第20図のごとく 木製の梯子で数10m昇降しなければな

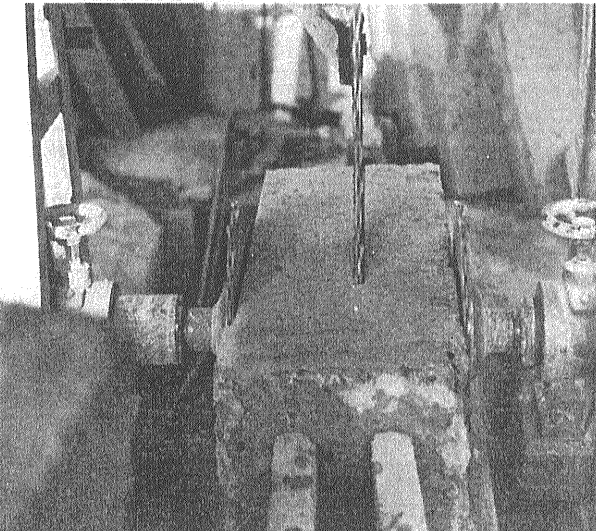
らず 初めての人には非常な危険と恐怖感を与える。丁場の人達でも 他所の坑内には恐怖感を持つ人がいる。昔は石を背負って運搬したので 重量で梯子と一緒に数10m落下するという 事故があったが 最近の立坑は L型鋼を使用した梯子になってきたので 安全にはなってきたが 石の運搬による巻き上げと 人道の梯子が同一立坑なので 運搬中の石の落下によって 梯子の落ちた例が 時には見られる。採掘後は 高さ20m～30mの四角な石柱が林立し 巨大な石造りの建物の中にあるような錯覚を起こすことさえある。

## 5 坑内 割れ目

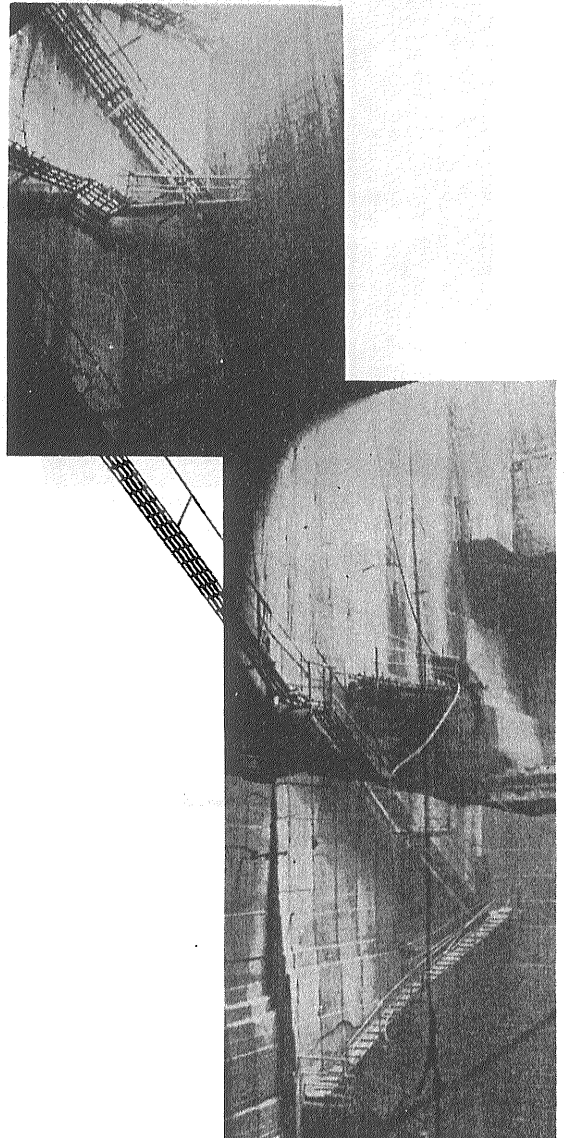
地表ではほとんど見ることでできない割れ目が 坑内



第18図 チェーン式で垣根入れ(自動式で上下に動く)



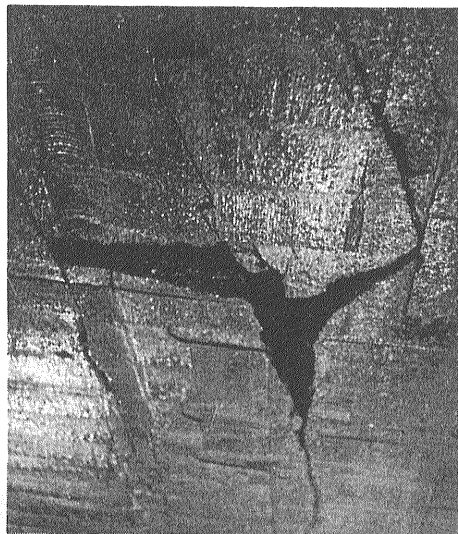
第19図 地表で大谷石を切断して 商品として仕上げる



第20図 丁場の内部 木製のハシゴが数10mにわたってかけられ作業員は毎日昇降して作業をしている

では完全に見ることができる。 坑内割れ目には 採掘以前からの割れ目と 採掘にもなって発生した割れ目とがあり 前者を断裂系または「本キズ」 後者をひび割れとして区別した。 東京通産局で実測した坑内図によって 筆者らが 昭和39年～40年にかけて 62ヵ所の坑内で断裂系の測定を行なった。 この断裂系をシュミットネット(第21図)で見ると 坂本地区では  $N65^{\circ}W$   $70^{\circ}\sim 90^{\circ}N$ とS傾斜 瓦作地区では  $N50^{\circ}W$   $70^{\circ}\sim 90^{\circ}N$ とS落ちで 瓦作の一部に 交差する割れ目が見られるほかは 大部分平行状に走り 傾斜も  $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ に近く立った割れ目である。

第11・12図は代表的な例ではあるが 直線状にほぼ平

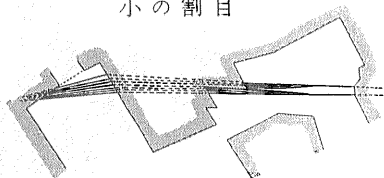


第22図 坑内で天盤に走る断裂系の割れ目の一部が落石によりぬけている割目が開いている左上の半円状の模様はチェーン式の歯のアト

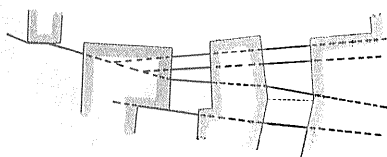
平の割目



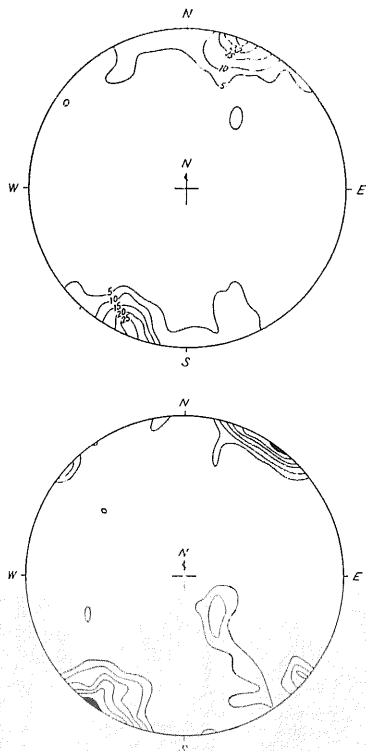
小の割目



(木)の割目



第23図 割れ目の種類



第21図 左図は断裂系の走向・傾斜を示す投影図Ⅰ(坂本地区で走向傾斜を測定した断裂系163本について5~25%) 下図は断裂系の走向・傾斜を示す投影図Ⅱ(瓦作~大谷地区の断裂系96本について12-10-8-6-42%)

第3表 1. 構造的断裂

| 力の種類 | 断裂以前の普通の転位                       | 断裂の型      | 力学の種類    | 断裂の地質学的種類                                   |
|------|----------------------------------|-----------|----------|---|
| 伸張   | より可塑性にとむ地層中の地層の伸張<br>ドーム 陸背斜 復背斜 | れっか       | 破断<br>剪断 | 開離(または引きちぎれ断裂の)<br>れっか 彎曲れっか                |
|      |                                  | 断裂型<br>転位 | 破断<br>剪断 | 開離(または引きちぎれ断裂)<br>正断層<br>水平ずり 的正断層 正断層の水平ずり |
| 圧縮   | 圧縮の方向に直角にのびている褶曲                 | れっか       | 破断<br>剪断 | 「断裂」れっか<br>断裂型転位の発達初期の段階                    |
|      |                                  | 断裂型<br>転位 | 剪断       | 押しかぶせ断層 水平ずり 水平ずりの押しかぶせ断層 押しかぶせ断層の水平ずり      |
| ずれ   | 水平および垂直の撓曲                       | れっか       | 破断<br>剪断 | 羽毛状あるいは切り傷状れっか<br>断裂型転位の発達初期の段階             |
|      |                                  | 断裂型<br>転位 | 剪断       | 逆断層 水平ずり 逆断層の水平ずり 水平ずりの逆断層                  |

2. 非構造的断裂

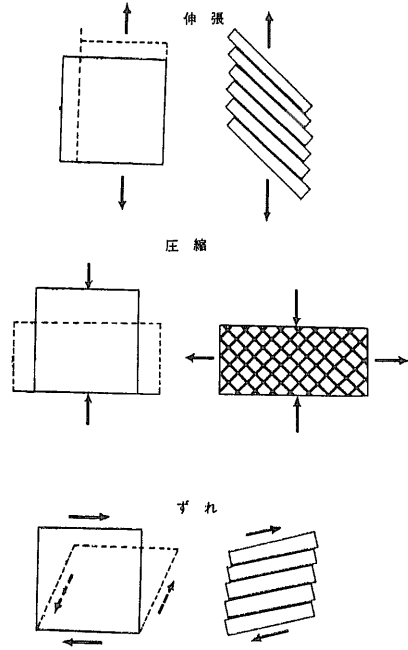
| 過程                             | 力学の力           | 力学の種類            | 断裂の型      | 力学の種類                | 断裂の地質学的種類 |
|--------------------------------|----------------|------------------|-----------|----------------------|-----------|
| 岩石の容積の減少(冷却結晶作用 水分の消失などの過程のさい) | 伸張             | れっか              | 破断        | 普通れっか                |           |
|                                |                | 断裂型<br>転位        | 剪断        | 普通れっか(まれ)            |           |
|                                |                | 剪断               | 普通れっか(まれ) |                      |           |
| 風化と力のとりのけ                      | 伸張             | れっか              | 破断        | 風化および力がとりのけられたときのれっか |           |
| 山くずれと地すべり                      | 伸張<br>圧縮<br>ずれ | れっか<br>断裂型<br>転位 | 破断<br>剪断  | 各種のれっかと断裂型転位         |           |
| 外部からの過程(爆発 衝撃 隕石の落下など)         | 伸張<br>圧縮<br>ずれ | れっか<br>断裂型<br>転位 | 破断<br>剪断  | 各種のれっかと転位            |           |

(構造地質学……VVペロウソフ著より)

行に走っていることがわかる。

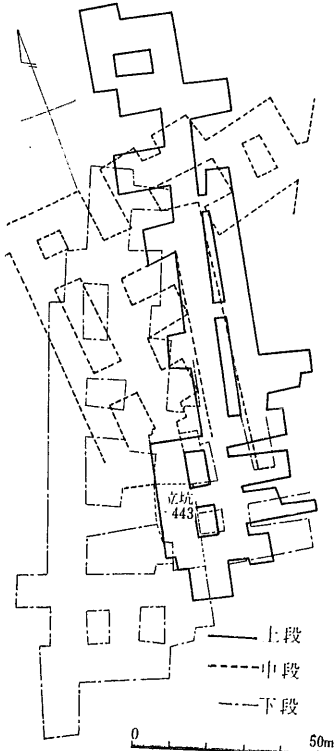
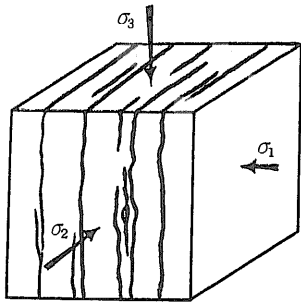
割れ目の状態は 一部の割れ目に湧水がある程度で 大部分の割れ目には湧水が無い。 また割れ目には粘土が夾まれていたり 「パカ石」と呼ぶ変質岩（白色または黄色で 幅は cm~m まで 割れ目に沿って平行にできる）をとまっていたり 割れ目に数 cm の空隙があったりする（第22図）。 とくに変わった割れ目は第23図のごとくである。

断裂系の成因については 第3表のごとく造構的断裂と 非造構的断裂とに分けられるが 非造構的断裂の場合は 岩石の容積の減少などの 内力による節理系の割れ目が考えられるが 平行状の割れ目に交差がほとんど無いことから 節理系ではなく 地質の構造的な外力による断裂系と考えている。 すなわち外力の場合は第24図

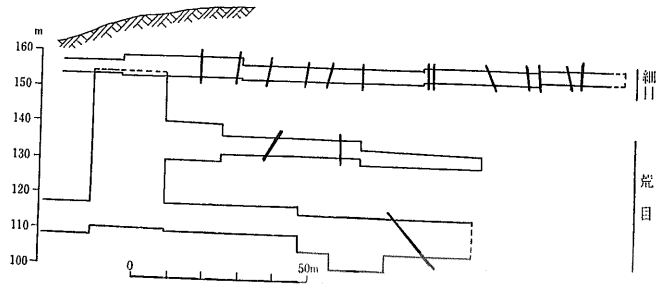


第24図 A  
三軸応力を受けて生じた破砕面（J. タロプルー 岩盤力学より）

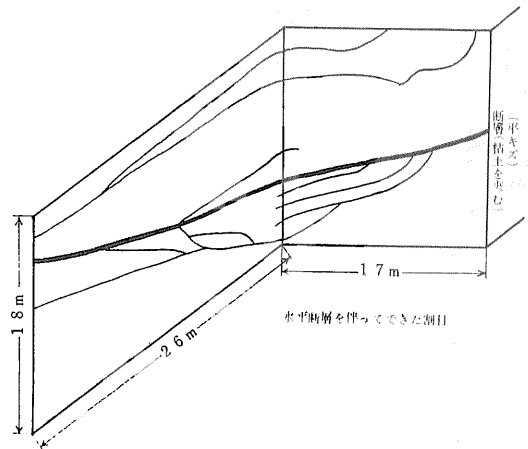
第24図 B 外力を受けた場合に物体が変形する模式図（V. V. ベロウゾフ 構造地質学から）



第25図  
坑内図



第25図  
A-1  
坑道断面図



第26図 坑内側面図 A



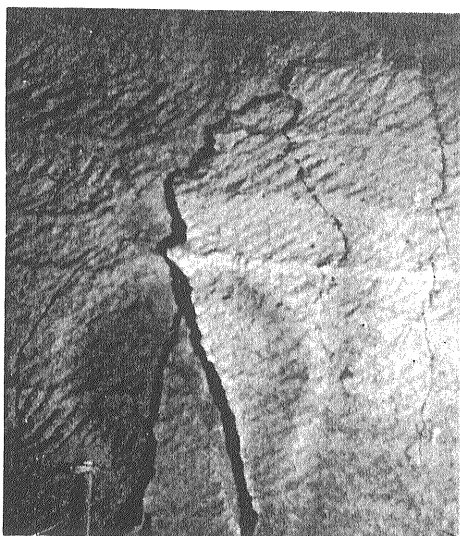
のごとく引伸 ずれ 三軸圧等が いずれも平行状に碎断面をつくるが 第23図の割れ目は 引伸 ずれでは全部は説明できず 三軸圧の場合にのみ説明できる。また緩傾斜断層の傾斜方向と 割れ目の走行は大体一致していることから 断層発生前後に 第24図の  $\sigma_3$  の応力が N60°W の方向から  $\sigma_2$  が上下方向から加わり 細目 (岩質的に弱い部分) が脆性破砕を起こしたとも考えられる。

割れ目の傾斜45°以上を「立キズ」 以下を「平キズ」と呼び 「立キズ」の集中度を見ると 断裂系の大部分は70°~90°に集中し 「平キズ」は30°以下で一部に見られる程度である。「平キズ」は地質図にある断層が坑内では第10図のごとく「平キズ」となって見られ 破砕された岩片と湧水があり この断層で「立キズ」が止まっているか または切られているのか 明らかではないが 第25図の断面図から考えると 止まっているように見える。またこの「平キズ」で 細目から荒目に岩質が変化しているが 第26図のごとく 断層にともなって「平キズ」が発生し 採石を困難にしている場合もある。

ひび割れは 採掘時か 採掘後に発生するが 細目地帯で多く 荒目地帯では少ない。第27・28図に見られるごとく 天盤 柱の他に下盤の石割れ 柱の「石ハネ」などもあり これは天盤や柱が 岩盤圧に耐えられずに発生するので 柱の太さと高さが問題である。「石ハネ」は地下深部で採掘の場合に 岩質とも関係して発生する 必然的な現象である。

## 5 災 害

大谷石の採掘にともなって 発生する災害を大別する



第27図 採掘後残柱にできたひび割れ 割れ目に「ひらき」「ずれ」がおきている

と 地表の陥没と 坑内における落盤 崩壊 落石などに分けられる。陥没は第29図のごとく 丘陵地帯で多く見られるが 最近の災害は第4表のごとく 昭和37年までは毎年のごとく 陥没事故が発生していたが 昭和37年以降 現在まで発生していない。落盤などは 毎年平均3件近く発生し 坑内では常に落盤事故に悩まされている。

### A 陥 没 事 故

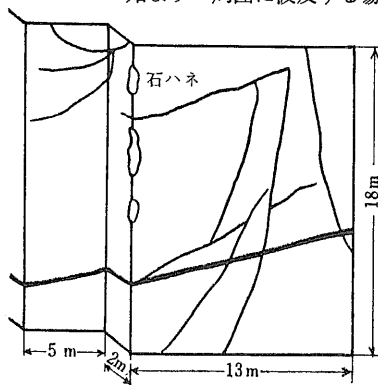
陥没は坑内採掘場真上の地表が 円錐形に陥没することで 旧廃坑などで多く発生するようである。原因としては

- (1) 表土が厚く天盤の厚みが薄い (坑内で地表の土が天盤から落ちていくところもある)
- (2) 残柱面積が少なくなく 隣接する丁場の境界壁が無かったり 残柱を切った場合
- (3) 二段以上に垣根掘りをして 残柱が無計画である

などが考えられるが 第25図の断面 平面図のごとく 上部 中部 下部の採石場の残柱が無計画 不規則に配置してあれば 将来崩壊や陥没を起こす可能性があると考えられる。昭和38年に採掘基準 (第5表) が作られ この基準に従って 現在 採掘が行なわれているので 新たな採掘地域での陥没事故は 無くなるものと考えられる。しかしながら廃坑が 丘陵地や道路 田畑の下に大きな空洞を作っているの で この対策を考えなければ「今後も事故が発生する可能性はある」と考えなければならない。

### B 落 盤 事 故

落盤は細目の丁場に多く 荒目の丁場では少ない。割れ目の項で述べたごとく 細目は岩質的に荒目より弱く 落盤は天盤と柱や壁の接する部分から帯状に始まり 順次天盤の中央部に波及する場合と 天盤の中央部から始まり 周囲に波及する場合とがある。一度に落下す



第28図 ヤマ大の坑内残柱側面図

る量は 厚さは 1m×3m 位で面積は 10m<sup>2</sup>~300m<sup>2</sup> におよぶものもある。第11図は図の中央部の立坑より 3方向に採掘した結果 立坑の西側の丁場では落盤が無く 南北方向の丁場では 垣根入れを始めたばかりの 天盤の低い(高さ1.5m) 丁場も含めて 大部分の丁場で落盤が発生してい

る。また落盤の多い丁場は「石ハネ」や「柱キズ」が多く見られるが 断裂系と落盤との関連性はあまり見られない。第12図は 割れ目をたくみに利用した丁場であるが 西側に落盤が集中し 東側では少ない。この細目の丁場は いずれも地表から60m～70m近く 細目としては一番深い方である。しかしながら地表から30mの深さにある細目の丁場でも 落盤が見られる。

落盤の形態や発生状況を調べてみると 落盤の原因としては つぎのことが考えられる。

- (1) 細目の一部に落盤しやすい部分がある（外力によって岩盤内に「ひずみ」があって 探掘によって集中応力が働く）
- (2) 細目のうちとくに弱い層があって その部分を天盤にすると 落盤する。
- (3) 細目の岩盤強度が弱く（とくに剪断強度） 地下深部の探掘では 不可抗力的に発生する

（以下27頁へつづく）

第4表

|         | 件数       | 面積                   | 人身事故 | 死亡  | 負傷  |
|---------|----------|----------------------|------|-----|-----|
| 昭和27年から | 陥没 13    | 36,610m <sup>2</sup> | 2回   | 4人  | 3人  |
| 昭和38年まで | 落盤・崩壊 30 |                      | 17 " | 17人 | 22人 |
| // 40年  | 落盤 1     |                      | 0    | 0   | 0   |
| // 41年  | 落盤 3     |                      | 3    | 1   | 3   |

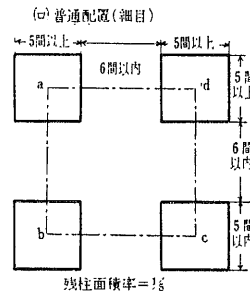
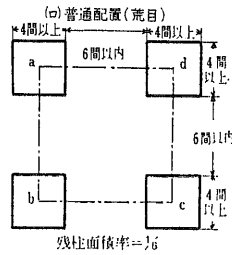
昭和37年までは 陥没事故は毎年のように発生していたが 昭和37年以降現在（昭和42年12月）まで陥没事故はない



第29図 宇都宮市大谷町大谷石採石場付近地形図  
（地形測量および製図 藤本辨蔵・佐藤優・宇野沢 昭）  
（昭35.12測量）

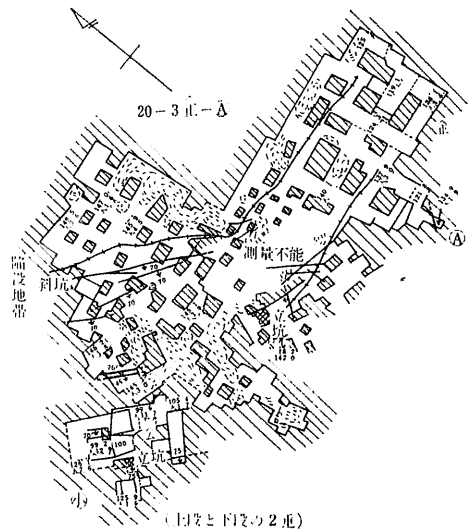
第5表

| 天盤厚さ      | 坑の最大幅  |        |
|-----------|--------|--------|
|           | 荒目の坑   | 細目の坑   |
| 10メートルのとき | 50メートル |        |
| 15 "      | 65 "   | 56メートル |
| 20 "      | 77 "   | 65 "   |
| 25 "      | 84 "   | 72 "   |
| 30 "      | 91 "   | 77 "   |
| 35 "      | 96 "   | 78 "   |
| 40 "      | 98 "   | 79 "   |
| 45 "      | 99 "   | 79 "   |
| 50 "      | 100 "  | 79 "   |



採掘基準の一部

〔注〕  
残柱面積率とは 単位区域 (a b c d) 内面積に対する 同区域内の柱の面積の割合である (東京通産局・大谷採石地域地質測定調査報告より)



第30図 瓦作地区坑内図