

豊浜トンネル西側（古平側）坑口岩盤崩落

Gigantic rock - fall at the western (Furubira town side) entrance of Toyohama Tunnel

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻

渡辺暉夫・箕浦名知男

Department of Earth and Planetary Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University

Kita 10, Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, 060, Japan

Abstract

Summarized is a relation between geological structure and a gigantic rock - fall, which occurred on 10th of February, 1996, at the western entrance of Toyohama Tunnel. Paths of ground water developed along the unit-boundaries of hyaloclastite and distinct outlets of ground-water formed hollows which occurred in every interval of ca.20m on the sea-cliff. The development of hollows is considered to have closely related to the peeling-off of rock-mass from the sea-cliff.

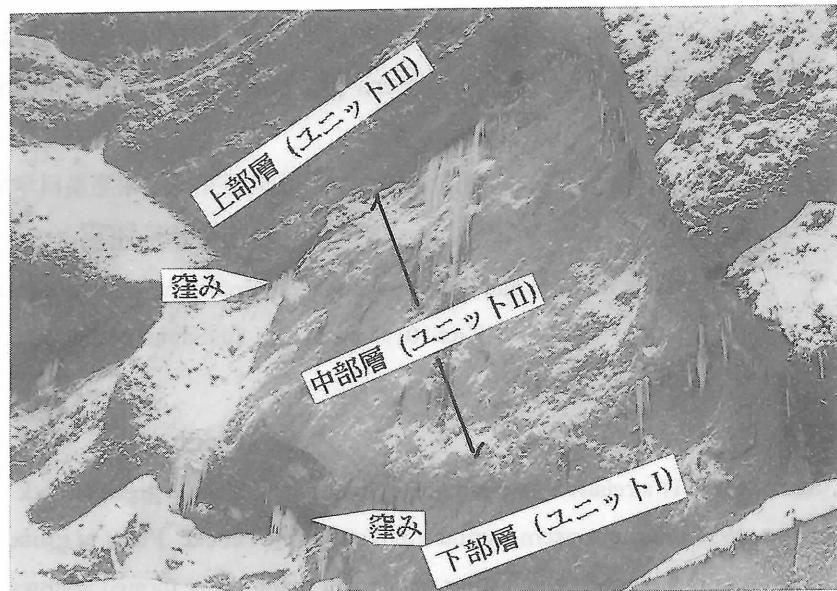
1. はじめに

1996年2月10日の朝発生した豊浜トンネル古平側（西側）坑口の岩盤（11,000m³）崩落は20名の痛ましい犠牲者を出した。前年の兵庫県南部地震に続く地盤災害は、技術大国を標榜する日本の脆さを、国民が犠牲になるという形で、我々に見せつけた。事故後の救出作業は困難を究めた。安全であるはずのトンネルが崩壊したという事実は、単に土木関係者だけではなく、私達地質学を学ぶものにとっても信じられないことであった。事故と地質の関係に関する報告でもっとも早いものは一般向けに週間誌に記述したもので（渡辺、週間金曜日、1996年3月29日号）で、十分調査が進んでいない段階で書かれているが、凡その状況は記述されている。原因（素因と誘因）を究明することが課せられたと自覚した私達は直ちに調査を開始し、昨年7月に北海道地区自然災害科学資料センター報告11号で研究結果を報告した。月刊地球（1996年9月号：巨大岩盤崩落特集）には岩盤崩落に関する事例をまとめて報告した。9月14日には豊浜トンネル岩盤崩落事故調査委員会の報告書も提出された。その後、渡辺・箕浦（1997）や川村（1997；本報告集）では新しい成果をいれた地質の記述がされている。したがって、ここでは地質の詳しいことは省略し、ごく簡単に、地質を紹介し、引き続き、崩落崖とその周辺の構造を取り上げて検討を加え、今後の防災に役立てたい。

2. 地質

この海蝕崖は海側（NE）に10-20°傾いた新第三紀中新世尾根内層（Yamagishi, 1981）のハイアロクラスタイト／水冷火碎岩（あるいは水冷破碎岩）より構成されており、岩相によって、3つの層に分けられる（図1）。下部層（ユニットI）は輝石安山岩質の火山角礫を主体とし、平行葉理の発達したReworked hyaloclastite（再堆積した水冷火碎岩）である。中層部（ユニットII）はテイサイト質水冷破碎（溶）岩でproximalなdepositsである。崩落崖西方80mの急崖中部にはlava-lobeタイプのフィ

図1
古平側旧道より見た崩落面
1996年2月20日 撮影



ーダーダイク (feeder dike) も見られる。根本ほか (1955) や Yamagishi (1981) では付近に岩脈が記録されている (図2: チャラセナイ岬に南で、湯内岬南にある記号Aahの部分)。上部層 (ユニットIII) は層理の発達した Reworked hyalo-clastite である。今回の崩落岩塊の頂部は、薄く剥がれた最上部を除けば、ちょうど中部層と上部層との境界にあたる。崩落崖の周辺部には、方向・間隔の不規則な亀裂10数本が、植生の付着によって推定されるが、剥離亀裂はあまり発達していないことから、一見均質である。

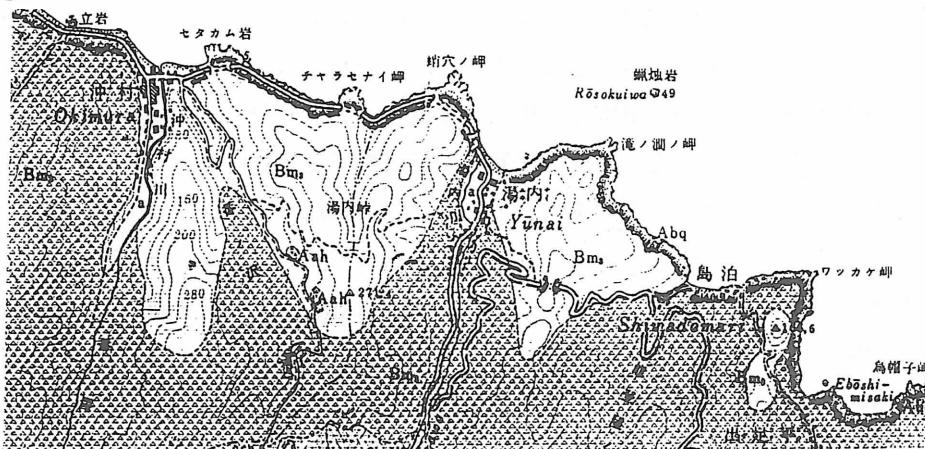


図2 豊浜トンネル周辺の地質 (根本ほか, 1955 より)

上部・中部・中部・下部の地層境界は、崩落後に大きな氷柱が発達したことからわかるように、「水みち」であった。豊浜トンネル崩落事故調査委員会の報告では上中部境界と中下部境界付近の水圧はそれぞれ最大 1.37 kgf/cm^2 , 1.16 kgf/cm^2 であった (5~6月測定)。渡辺ほか (1997, 本報告集) は豊浜周辺が新しい隆起地域であると考えている。

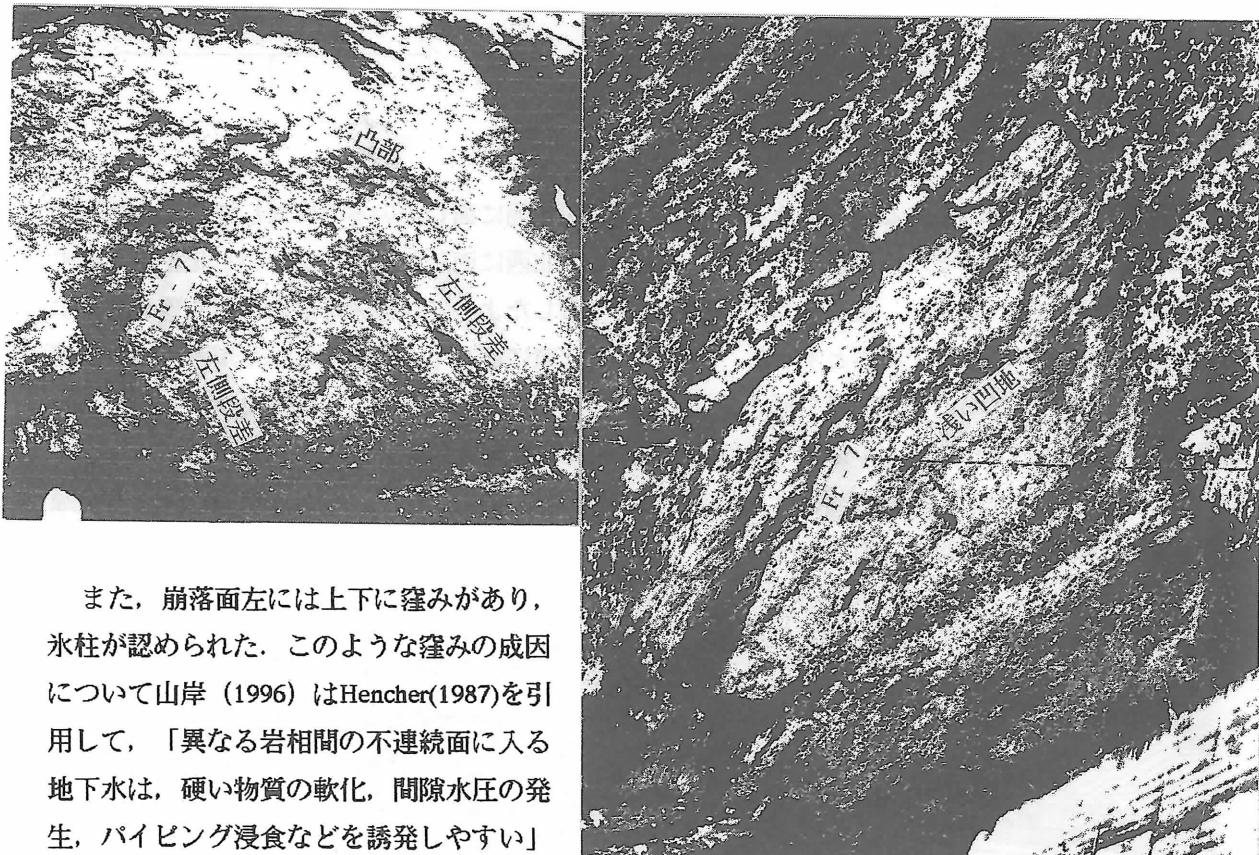
3. 崩落崖の構造、とくに窪み地形の発達

図1に示すように崩落壁面上部にはFr-7と事故調査委員会が呼んだ割れ目があり、その右側はい起伏が認められる。崩落面の記述は別に箕浦ほか (1996), 渡辺・箕浦 (1997), Watanabe et al. (1997) で行なったが、さらに、段差や起伏に基づいて面を分類すると図3のようになる。Fr-7上端の

右上からは長い氷柱が生成されたが、この地下水の出口には植性があった。この部分は右側と上部に新鮮な破断面が認められるので、左側に開口した溝ないし空洞を作り、前面は岩盤が覆っていたと判断される。また、この下には弱い左右に伸びた隆起部があり、さらに下方に横に広がった浅い凹地が認められる。この他、崩落壁面は段差や割れ目によって幾つかの部分に分かれる。これは崩落面が幾つもの不連続な割れ目で剥離していたこと、それがやがて連続して、崩落面を形成したことを示唆する。Fr-7と呼ばれるもっとも顕著な割れ目でさえ、少なくとも二つの割れ目が合体したものと思われる。

図3 崩落面の分類（コンピューター画像処理で壁面起伏を強調、AdobePhotoshop使用）

左側は壁面をやや左から見た場合、右はやや右下から見た場合



また、崩落面左には上下に窪みがあり、氷柱が認められた。このような窪みの成因について山岸（1996）はHencher(1987)を引用して、「異なる岩相間の不連続面に入る地下水は、硬い物質の軟化、間隙水圧の発生、バイピング浸食などを誘発しやすい」

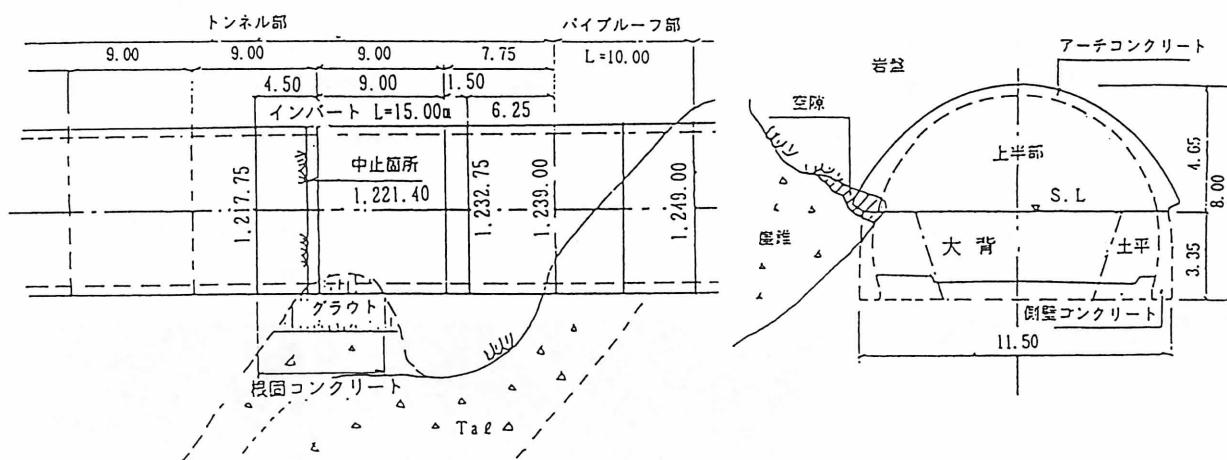
と述べた。こうして、生成された窪みが崩落面のすぐ左にあり、また、崩落面中央には上述のように左に開いたパイプないし割れ目に沿った空洞があった。氷柱は崩落壁面右上端からも垂れていたから、崩落していない右側（内陸側）のユニット境界にも地下水の流れるパイプが形成されているはずである。今回の岩盤崩落には崩落岩盤の背後に深い割れ目が形成されたことがもっとも重要であったと事故調査委員会は指摘したが、これは崩落面中央の空洞の存在とその下位の剥離（もともと不連続であったと考えられる）の存在が崩落に深く関与したと理解したからである。

図1の崩落面左側にある窪みは過去の落石と関係していたと渡辺・箕浦（1997）は考察している。このような窪みは別にトンネル工事の折に出現している（図4）。

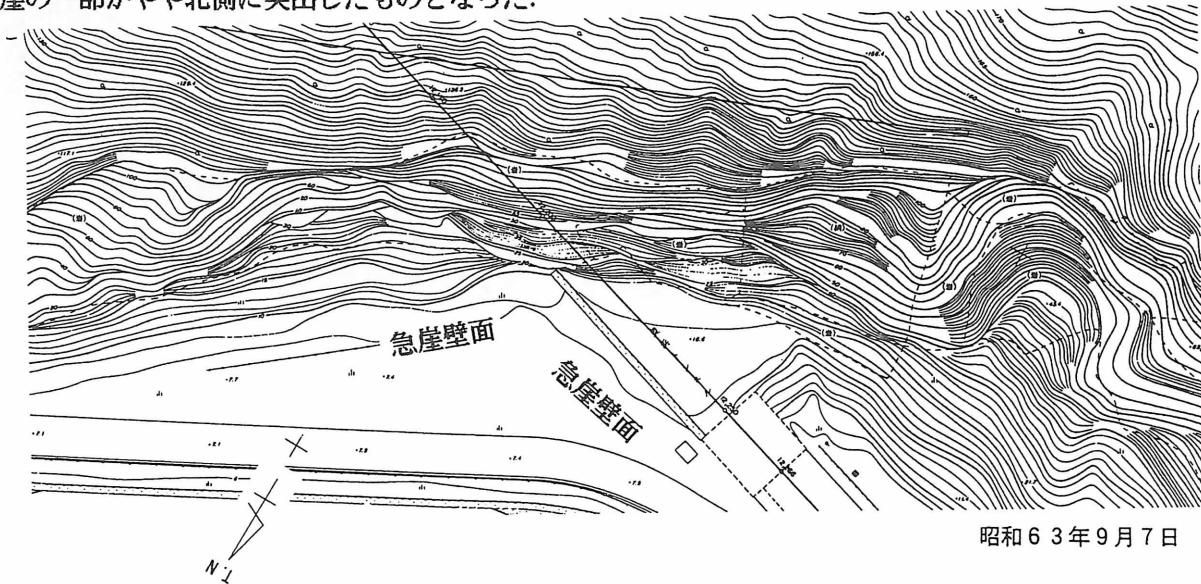
この部分は地山と考えられていた部分に崖錐が現われ、さらに奥で、トンネル掘削時に突然空間生じた。形状は窪みであって、グラウディングによって補強され、巻出し部としての強度を持つこと

を確認の上、工事は進められた（事項調査委員会、資料）。この窪みは海蝕によるノッチともとれる

図4（下）事故調査委員会資料



が、平面的にも分布が限られる窪みである。図1の窪みが北西に面しているのに対して、この窪み北ないし北北東に面している。海蝕崖も豊浜トンネル出口で北西に面した崖から北ないし北北東に面する崖に方向が変わる（図5）。渡辺・箕浦（1997）が考察したように、窪み形成が岩盤崩落を誘発する岩盤剥離を促しうるものであるとすると、北ないし北北東に面していた豊浜トンネル西坑口の海側急崖もまた、過去にあった岩盤崩落で形成されたものであったと考えることが出来よう。勿論、この崩落は記録には残っていないし、崖錐の堆積量からすれば1000年を越える過去の出来事であったかもしれない。豊浜トンネルの海側の支えは上述の二方向の窪み形成によって、北東一南東に連なる海蝕崖の一部がやや北側に突出したものとなった。



4. まとめに代えて

ユニットIIの岩石は割れ目が少ないこともあって、露出した岩盤の外側には崖錐は少なかった。結果を見れば、その露岩に誘われるようにして、トンネルが掘削されてしまった。多少陸側に寄った部分には明瞭な割れ目があったし、陸側に寄ると崖錐の「脚」を切ることにもなった。それは、崖上部

の崩落を誘発したり、岩塊が頻繁に路上に崩落することを予測させるものである。

トンネル工事に先立つ地質調査（1970年代はじめ）では断層破碎帯や明瞭な構造的弱線の存在に注意を払った調査が行なわれているが、窪み地形の示す意味については深い検討は加えられていない。勿論、図1に示すようなユニット区分も行なわれていない。また、巨大岩盤崩落も考えはいらない。今回の悲惨な結果は、市民生活に密着する地質学的研究レベル（全国的な）の向上を厳しく要求している。我々は今回の調査によって初めて、豊浜トンネル周辺の岩石・地質構造と岩盤崩落の関係が解りはじめた。

最後に開発局の点検と今後の防災についてふれる。1993年の定期点検、1995年の震災の緊急点検も、判定には誤りとすべき点は認められない。1995年の点検では湧水の判定がないが、仮に「湧水あり」とした場合でも評価はBランクである。巻出し部があれば評価はプラスになるが、これを「0」としても、評価は61点となり、辛うじてAランク（60点以上）で、到底、緊急対策を要する特aにはならない。つまり、点検基準自体が訂正されなければ、再発は防げない。事故後、道路保全技術センターは、建設省道路局の監修の下、平成8年度に道路防災総点検要領を新しいものにしている。

今回の調査からは、植生の多少によって明瞭な湧水や割れ目は推定出来ること、微地形の変換点では割れ目が発達しやすいこと、地下水の水路は地質構造に支配されていること、寒冷地では何らかに意味で氷結作用が岩盤の脆弱化を招くこと、そして新しい時期の隆起地域の応力変遷を念頭において点検基準の見直しが不可欠であることを指摘できるであろう。

文献

Hench, R.S., 1987 : The implication of joints and structure for slope stability . In: Anderson, M.G. and Richards, K.S.(eds), Slope stability - geotechnical engineering and geomorphology - . John Wiley & Sons. 145 - 186.

川村信人 1997 (本報告) 豊浜トンネル崩落事故の地質学的背景。

箕浦名知男・藤原嘉樹・渡辺暉夫 1996：豊浜トンネル崩壊に関する地質・地形的特徴について
北海道地区自然災害科学資料センター報告, 11, 31 - 47.

根本忠寛・対馬塙六・上島宏 1955 5万分の1 地質図幅説明書 古平および幌武意 北海道開発庁
渡辺暉夫・箕浦名知男 (1997;印刷中) 豊浜トンネル西側坑口岩盤崩落:壁面観察と落石から何
を学ぶか? 北海道地区自然災害科学資料センター報告, 12.

Watanabe, T., Minoura, N., Ui,T., Kawamura, M., Fujiwara, Y. and Matsueda, H., 1997, in press Geology
on a collapse of the sea-cliff at the western entrance of Totohama Tunnel, Japan. *Jour. Natl. Dias.
Sci.*, vol. 18, No.2.

Yamagishi , H., 1981 : Geology of the Shakotan Peninsula, Hokkaido, Japan. *Rept. Geol. Surv. Hokkaido*,
No.52, 1-29.

山岸宏光 1996:ハイアロクラスタイルと岩盤崩落 北海道地区自然災害科学資料センター報告,
11, 9 - 24.

