

2001年4月3日に発生した静岡県中部の地震(M 5.3)に伴う発光現象について

野田 洋一¹⁾・鴨川 仁²⁾・長尾年恭³⁾

Luminous Phenomena Associated with
2001 Shizuoka Earthquake (M 5.3) in central Japan

Yoichi Noda¹⁾, Masashi Kamogawa²⁾ and Toshiyasu Nagao³⁾

Abstract

M 5.3 earthquake occurred at 23:57 (LT) on April 3 of 2001 in Shizuoka prefecture, middle of Japan. The epicenter was located in 35.0°N and 135.1°E. The luminous phenomena related with this shock were recorded by the video camera which is routinely operated by a local broadcasting station of NHK. During the earthquake, luminous phenomena, white-blue flash with 0.1 second duration, was observed at a distance of 26 km from the epicenter. In this study, we investigate whether the luminous phenomena was natural or not, because the color looked like man-made electrical discharge. The luminous phenomena appeared undoubtedly after the seismic waves arrived. According to a number of eyewitness reports near the emission of light, there was no specific explosion sound such as cloud-to-ground lightning. Factories near the area, electric power company, and train companies reported that there was no anomaly such as electric leakage. Furthermore, the luminous area could be estimated by the eyewitness reports. On the other hand, it is well-known that the surface layer only near this area is strongly shaken by a large earthquake such as the 1935 Shizuoka earthquake (M 6.4). Therefore, the underground structure might be related to the mechanism of the luminous phenomena.

1) 有限会社テラテクニカ 〒208-0022 東京都武蔵村山市榎 3-25-1

Tierra Tecnica Ltd., 3-25-1 Enoki, MusashiMurayama, Tokyo 208-0022, Japan

2) 東京学芸大学教育学部物理科学分野 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1

Department of Physics, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikitamachi, Koganei, Tokyo 184-8501, Japan

3) 東海大学海洋研究所地震予知研究センター 〒424-8610 静岡県静岡市清水区折戸3-20-1

Earthquake Prediction Research Center, Tokai University, 3-20-1 Orido, Shimizu, Shizuoka 424-8610, Japan

緒 言

地震発光現象に関する記録は、古今東西を問わず古くから残されている。しかし、その存在自体はたとえば松代群発地震時などの写真記録のように確実視されているが(安井, 1968), その発光メカニズムは、科学的に解明されていない。地震発光の発生頻度は松代群発地震の場合でも非常に低かったとされている(石川・伊藤, 2008)。現代では世界中のあらゆる場所で定常記録を目的としたビデオカメラの設置が増え、地震に関連する発光現象がしばしば動画として捉えられるようになり、客観的な記録が得られる機会が増えている。本稿では、NHK 静岡放送局の屋上ビデオカメラが撮影した、2001年4月3日の静岡県中部の地震(M 5.3)に伴う静岡市内での「青白い閃光」についての調査結果を報告する。ビデオカメラは揺れの直後に強烈な青白い閃光を記録した(Fig. 1)。画像分析や聞き込み調査などによって発光地点を絞り込み、発光原因を探る。

発 光 映 像

2001年4月3日23時57分頃、静岡県中部の川根(北緯35度1分24秒, 東経138度5分36秒, 深さ30 km)においてM 5.3の地震が発生し(Fig. 2)、静岡地方気象台では震度5強を記録した。定期的に静岡市街を撮影していたNHK 静岡放送局(静岡市葵区西草深町, 駿府公園西側, 北緯34度58分46秒, 東経138度22分44秒)の屋上ビデオカメラに、揺れの最中に青白い閃光が記録された(Fig. 1)。この閃光を含む映像は、地震発生時の様子を伝えるため全国に放映され広く知れわたった。そしてこの閃光は、いわゆる地震発光現象ではないかと指摘された(静岡新聞, 2001年4月30日, 朝刊)。映像によれば、谷津山(標高108 m)の丘陵の麓付近(北緯34度58分46秒, 東経138度23分48秒)で発光したことが確認できる(Fig. 3)。拡大画像からは谷津山の丘陵部によって閃光が一部遮られており、ビルAの手前で発光していることが確認できることから(Fig. 3(c)), ビデオカメラと推定発光地点までは約2 kmと考えられる。また震央からビデオカメラまでの距離は約26 kmである。揺れがビデオに記録された数秒後、青白い閃光が生じた。発光現象が収められた画像は動画の3フレーム分(1秒30フレーム)であったことから発光の継続時間は0.1秒であった。発

光輝度はほぼ同心円状である(Fig. 4)。以上まとめると、地震の揺れとともに発光し、推定発光地点は谷津山の丘陵先端部とビルAの間となる。

現 地 調 査

ビデオカメラからみて、谷津山の丘陵先端部後方に位置するのは、静岡市葵区春日および楠木地区である。具体的には丘陵と国道1号との間の約250 mに位置する住宅街である。国道1号に並んで静岡鉄道、近接して東海道新幹線と在来線の合計3本の鉄道が存在することから、高電圧線が複数ある。鉄道、電力、ガスを供給している中部電力、静岡ガス、JR 東海、静

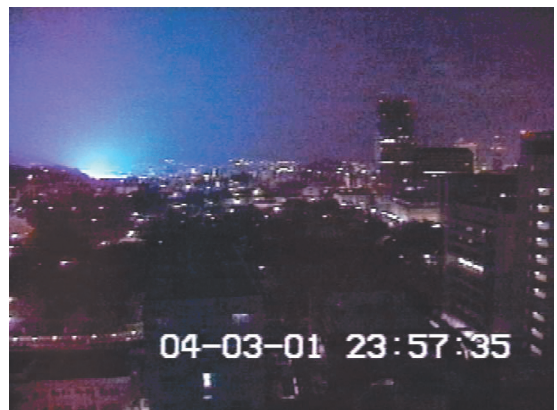


Fig. 1 Video image of luminous phenomena (Courtesy of NHK).

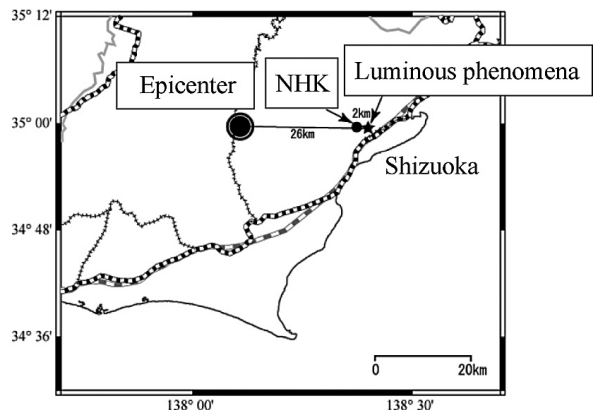


Fig. 2 Location of the epicenter of 2001 Shizuoka Earthquake, the video camera installed by NHK, and a plausible luminous phenomena area.

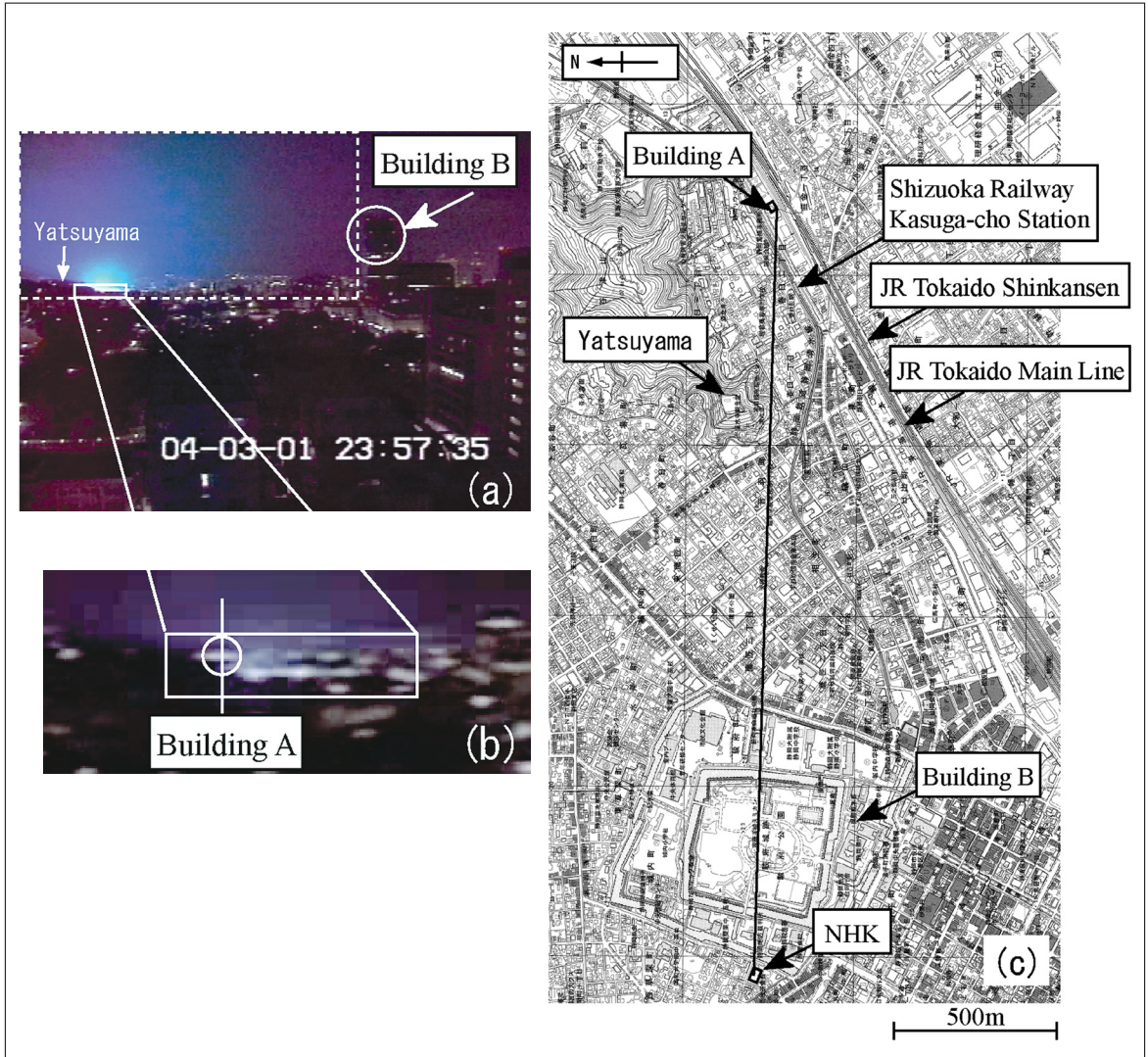


Fig. 3 (a) Video image of luminous phenomena, (b) an enlarged view of the luminosity, (c) locations of NHK, buildings A and B, Yatsuyama mountain, Kasuga-cho station of Shizuoka Railway, JR Tokaido Shinkansen Line, and JR Tokaido Main Line.

岡鉄道に地震中の事故や異常の有無について尋ねたところ、トラブルや異常は一切なかったという回答を得た。

次に、春日と柚木地区を中心として、民家、マンション、商店、工場、ガソリンスタンドなどへ聞き込み調査などを実施して目撃証言の収集を行った。さらに伝馬町小学校と西豊田小学校の協力を得て、保護者を対象とした青白い閃光に関するアンケート調査を実施した (Table 1)。伝馬町小学校と西豊田小学校は推



Fig. 4 Brightness distribution in the dotted rectangle shown in Fig. 3 (a).

Table 1 Eyewitness reports. Open circle, open square, and open rhombus denote field interview around the plausible luminous area, questionnaire result at Tenmacho elementary school, and questionnaire result at Nishitoyoda elementary school, respectively.

番号	グループ	証言内容
1	○	東側の窓から強い光が差し込んだ。窓は東側の1つのみである。
2	○	国道方向の窓と西方向の窓があるが、地震時に西側の窓から強い光が差し込んだ。谷津山の尾根部の先端部付近が光ったような気がする。
3	○	窓は国道方向きと西向き路地側の2箇所あり、国道側から光が差し込んだ。国道方向で発光した可能性が強い印象である。
4	○	南側の窓から光が入ってきた。電線が断線したような感じであった。
5	○	1階、2階にいた家族のほとんどが気づいた。窓は国道側と西側にあり、カーテンのない西側が強く光った。息子さんが庭で光を目撃した証言を次にまとめる。①空の低いところが全体的に光った。②音のない雷のようだった。③方向は国道から谷津山付近まで？④避雷針が光ったようには感じなかった。⑤全体的に光った様に見たので方向は不確定。
6	□	マンションの4階に住んでいる。大きな揺れを感じたあと青い光を見て、バケツが落ちたような音を聞いた。
7	□	部屋にある一箇所の西側の窓が地震直後にパッと明るくなった。稲光のような感じであった。
8	□	始めにつきあげる様な揺れで目がさめ、直後に外が光った。
9	□	清水山の方向、雷なのかと思った。
10	□	春日マンション西側の窓から見て、北西方向、谷津山よりは手前、理美容師学校付近。青白く光り、落雷かと思ったが音はしなかった。
11	□	部屋が一瞬明るくなった。その後、横に大きくしばらく揺れ日本平に近い海の方で丸く大きな光を感じ全体が一瞬明るくなった。南向きの大きな窓なので光の明るさは確かで、光の間は揺れていなかった。
12	□	揺れが一番大きく感じられた瞬間、南向きの窓が一瞬光った。方向や状態は特定できない。
13	□	地震がおさまりかけの時、北東に青い光を見た。
14	◇	揺れを感じている時に南東？の空が青白く光った。カミナリかと思った。
15	◇	地震が来て、空が青白く光った
16	◇	窓の外が光るのを見た。
17	◇	西の方向が光った。
18	◇	地震の揺れの直後、北西方向で稲妻のような閃光を見た。
19	◇	NTTの建物の上のあたりで一瞬でしたが青い光を室内から見た。
20	◇	西南の方向でした。カミナリの様で下から光がわき上がる様に見えた。

定発光地点周辺に居住する児童の学区にある。生徒数はそれぞれ、303人および982人であり、256名(回収率84%)および882名(回収率90%)から回答が得られ、それらのうち9名および7名の回答が有効と判断した。これらの証言から、発光源の方向をプロットしたのがFig. 5である。この図に示した証言の方向は完全に一点の方向には向いていないものの、おおむね静岡市葵区春日付近の1点に向かっている。目撃証言から発光現象の特徴をまとめると、「地震の揺れに伴って空全体に発光が生じ、光の強さや時間は落雷に似ているが雷鳴のような音はなかった」であった。

発光地点および原因

画像解析および聞き取りアンケート調査から推定された発光地点をFig. 6に示す。発光地点は聞き込み調査とアンケート調査によって領域Aに絞込み、画像解析によれば発光はビルAより南側において生じていたため、これらを組み合わせると発光地点は領域Bまで絞り込まれる。

これらの周辺地域において、地震動による人工建造物からの発光を想定すると、次のような施設が浮上した。領域Aには、静岡県理容美容専門学校があり、地震直後に屋上のネオン看板が破損していたことが確認

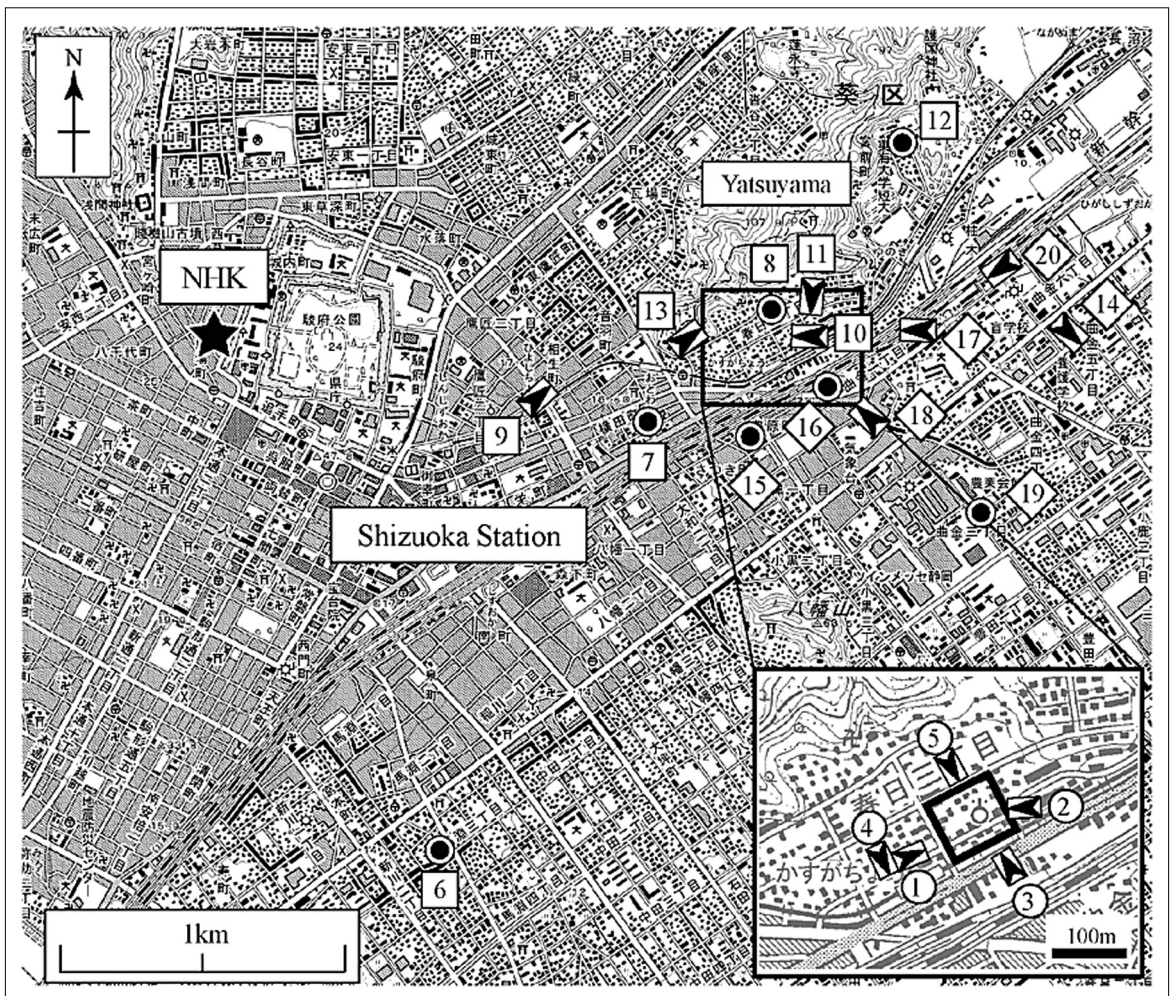


Fig. 5 Distribution of eyewitness reports shown in Table 1 (after Geospatial Information Authority of Japan). Arrows denote the arrival directions of luminous phenomena reported by the eyewitness.

された。看板の大きさは高さ4 m×幅14 mで、3階建ての校舎屋上に南南東方向を向いて設置されている。ネオン看板は、「静岡県理容美容学園」と書かれた文字部と、上位に4本からなる直線状の照明部とに分かれている。照明部のネオン管が直線状に4本で構成され、中心部分で左右に2本ずつ電源供給が分かれている。その中心部分のネオン管の破損が確認された。破損時期については、地震前であるか地震の揺れによって破損したかは不明である。我々は、ほぼ同一のネオン管とトランス(交流15 kV)で同一回路を組み、破壊再現実験(Fig. 7)を行ったが、発光を引き起こすことはできなかった。このネオン管が領域Bから若干北に位置すること、ネオン管破壊では発光は困難と考えられるため、ネオン管が発光原因ではないと結論づけられる。

領域Bには、直流600 Vの送電線で営業している静岡鉄道が存在するが、前述のように異常は発生していないという回答を得ている。したがって現時点では、人工建造物からの発光の影響は見いだせていない。

発光地点の北西側に位置する谷津山の丘陵は、砂

岩と泥岩との有津互層からなる上部中新統静岡層群が分布する(杉山ほか, 1982)。それらの南東側に有度丘陵が北西に傾斜して存在する。有度丘陵周囲の円弧状の低地と谷津山・八幡山の境界には草薙断層が存在すると推定されている(新妻・中野, 1991)。推定発光地点周辺の地盤は沖積平野に属して、深さ約40 m～80 mには谷津山に連続する埋没谷が存在する(静岡県地震対策課, 1984)。そのため地盤増幅率(せん断波速度 $V_s = 400$ m/s)が0.5～0.6である谷津山丘陵とは対照的に1.2～1.4である推定発光地点周辺(松岡・若松, 2008)は、地震動が増幅されやすい地域である。しかし、このことが発光とどのように結びついたかは現時点では不明である。

ま と め

2001年4月3日23時57分頃に発生した静岡県中部(M 5.3)の地震に伴い、震央から約26 km離れた静岡市葵区春日付近において、地震動が到達した後に青白い閃光が発生したことは、ビデオ記録および証言で確

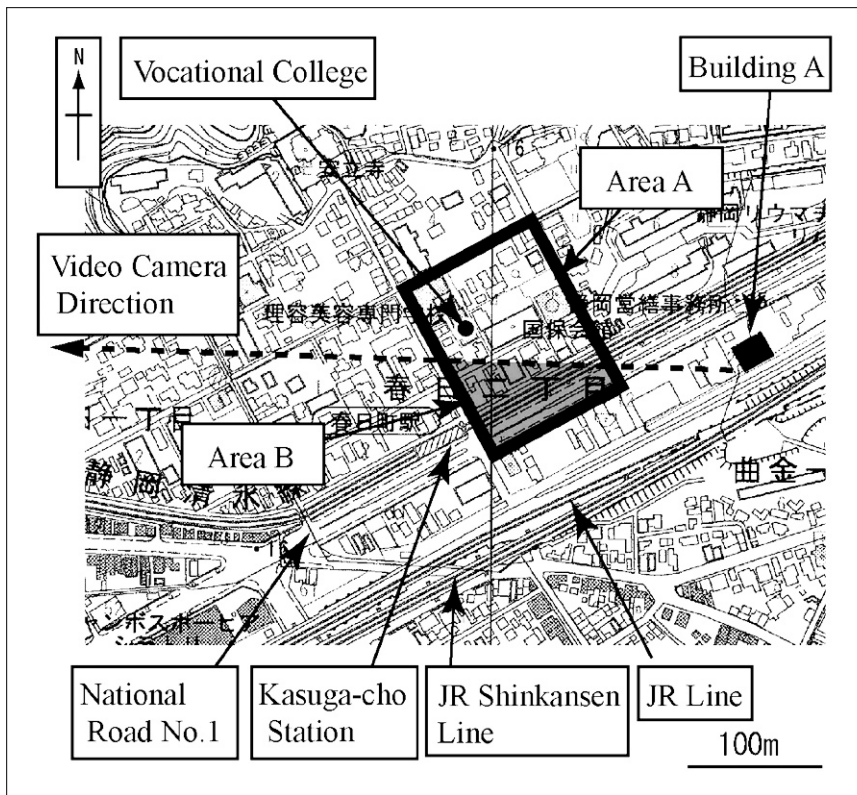


Fig. 6 Plausible luminous source area.

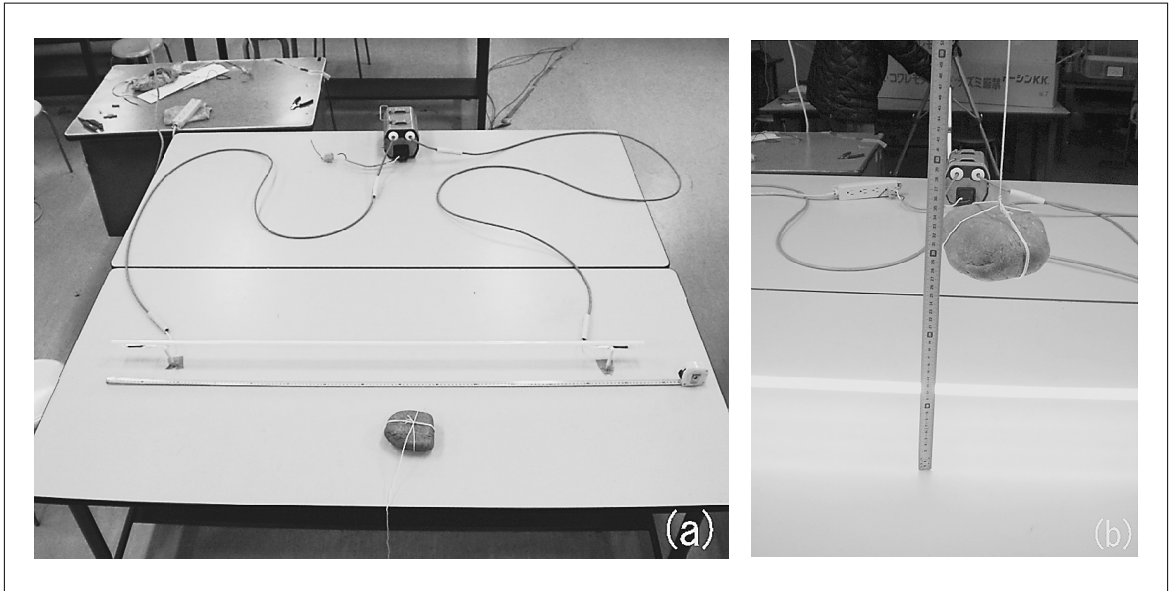


Fig. 7 Laboratory experiment of luminous phenomena by using a neon bulb: (a) electrical circuit, (b) a stone used to broke the neon bulb.

認された。画像解析および聞き込み・アンケート調査から、推定発光地点を100 m四方までに絞り込んだ。人工的な発光原因として、静岡鉄道の送電線、静岡県理容美容専門学校屋上のネオン看板の破損が考えられたが、いずれも本発光とは無関係であった。

発光地点周辺は地震動が増幅されやすい地盤特性であり、それらの地質環境や水文環境が地震動の到来によって何らかの発光条件を生成した可能性は考えられるが、現状では物理化学的モデルを構築するための資料を得るまでには至らなかった。

以上のように、発光原因の特定までには至らなかったものの、発光場所が約100 m四方の領域まで特定できており、今後の地震発光現象研究のための資料のひとつとして価値あるものと考えられる。

謝 辞

本研究に際して、東京大学名誉教授上田誠也先生には、有益なご指導とご助言を賜り深く感謝します。NHK静岡放送局には、放映画像を使用させていただきました。静岡市立伝馬町小学校、西豊田小学校の教職員および保護者の方々には、アンケート調査にご協力いただきました。応用地質株式会社静岡支店の江本満支店長には、詳細な地質情報とご助言いただきました。静岡県理容美容専門学校の提坂直事務局長、アオ

イネオン株式会社の方々、東京学芸大学教育学部F類自然環境科学専攻田中章裕氏にはネオン看板に関する調査と破損実験において多大なる協力をいただきました。以上の関係者の方々に深く感謝致します。

引用文献

- 石川有三・伊藤 優 (2008)：松代群発地震と発光現象の再検討，気象庁精密地震観測室技術報告，25，55-59。
- 松岡昌志・若松加寿江 (2008)：地形・地盤分類250 mメッシュマップ全国版に基づく地盤のゆれやすさデータ，産業技術総合研究所，知的財産管理番号H20PRO-936。
- 新妻信明・中野 進 (1991)：有度丘陵における地震動振幅と地質構造。静岡大学地球科学研究報告，17，131-147。
- 静岡県地震対策課 (1984)：静岡県地質断面図 (静岡・清水地域)。
- 杉山雄一・下川浩一・坂本亨・秦光男 (1982)：静岡地域の地質，地域地質研究報告 5万分の1地質図幅，地質調査所，82pp。
- 安井豊 (1968)：地震に伴う発光現象に関する調査報告 (第1報)，地磁気観測所要報，13，25-62。

