

大地から学ぶ越路町の

おいたち



片貝断層露頭 03.11.2



帝国石油（株）掘削井（十楽寺一3）03.11.23

【主な内容】

- ・ 15 年度地学講座「巨大な資源が眠る越路原」報告
- ・ 片貝断層調査の意義 飯川 健勝
- ・ 講座受講者、会員の声 お知らせ

平成 15 年度 地学講座報告 『巨大な資源が眠る越路原』

講師 帝国石油（株）国内本部開発部主査

国内本部新潟鉱業所長岡鉱場長

技術企画部

長岡鉱場 生産課長

今村 哲己 氏 第1回 9月26日（金）

大西 清文 氏 第2回 10月 9日（金）

飯田 真司 氏 第3回 10月24日（木）

佐々木直人 氏 第4回 11月23日（日）

第1回 越路原から出る天然ガス

～南長岡・片貝ガス田とその石油地質的背景～

講師 今村哲己 氏

（1）越路原の天然ガスはどこに眠っているか

新潟県各地の天然ガスは、第三紀中新世から第四紀更新世に眠っています。



越路原の南長岡ガス田では、地下 4,000m～5,000m の比較的深い、第三紀中新世のグリーンタフがガス層となっているのが特色です。

（2）世界にひけをとらない埋蔵量

南長岡ガス田の埋蔵量は約 300 億 m^3 で、北米を除く世界順位で 400 位以内に入り、世界的にもひけをとらない規模です。

（3）新潟県内の家庭で使い切れない産出量

南長岡ガス田の産出量は年間 7 億 m^3 で、国内天然ガス生産の約 4 分の 1 を占め、国内消費の約 1 % を担っています。これは、約 140 万世帯の 1 年間の消費量に相当します。新潟県の世帯数が約 80 万世帯ですので、県内総世帯数の約 1.75 倍の世帯に供給している計算になります。

（4）天然ガスは一部しか汲み出せない

地下の天然ガスの圧力が高い場合は自噴し、少し圧力が低下し自噴なくなるとポンプで汲み上げます。さらに圧力が低下すると、ポンプを使っても上がる量が減ってきます。そ

して、ついには、地下に天然ガスが存在するにもかかわらず、圧力の低下により汲み上げることができなくなります。このように、実際に汲み上げることのできる天然ガスの量は、地下に眠っている量の一部に過ぎません。

（5）MHFによる生産能力の向上

そこで、少しでも効率よく天然ガスを汲み上げ、坑井の寿命を延ばすために、MHF が行われています。

これは、近くの井戸から圧力を加えることで、坑井に天然ガスを追いやる方法です。これにより、南長岡ガス田北部（親沢）では、生産能力が約 6 倍になりました。

第2回 天然ガスが利用されるまで

～掘削・生産・パイプラインでの輸送～

講師 大西清文 氏

（1）天然ガスの探鉱と発見

有機物（生物）と土砂の堆積により生成された

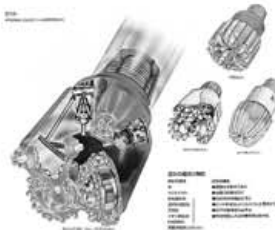


天然ガスは、砂岩や石灰岩・火山岩などのように孔を多く持つ岩石の中に、液体の状態で貯まっています。

しかし、それだけでは天然ガスはやがて地上に逃げてしまいます。そこで、天然ガスを地下にとどめておくため、キャップロック（天然ガスを逃がさない岩）をかぶせた背斜構造が必要となります。背斜とは、地層が横から押され褶曲したときにできる凸型の部分です。

天然ガスが貯まっている可能性が高い背斜構造を探すために、人工的に地震を起こし跳ね返ってくる地震波を受信することで、地下の構造が分かるのです。これを地震探鉱と呼びます

(2) 坑井（ガスの井戸）の掘削



ビット掘削用ドリル

越路原の坑井の深さは約 5,000mあり、掘削には、ビットと呼ばれる岩石掘削用ドリルを使用します。

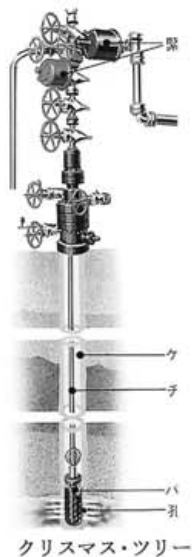
掘削した坑井を地下の圧力から保護するために、ケーシングと呼ばれる管を挿入し、さらにケーシングの外側をセメントで固めます。(セメンチング)

こうした作業を繰り返しながら深い坑井を掘っていきます。そのため、坑井の直径は浅い部分ほど太く、深くなるにつれて段階的に細くなります。

5,000m の坑井を掘削するためには、約 300 日の時間と 20 億円程度の費用がかかります。しかし、掘削した坑井のうち商業化できるのは約 3 % にすぎません。

1 本の坑井から多くの天然ガスを生産するために、あるいは天然ガスが貯まっている地層の真上に障害物が存在するために、傾斜掘が行われます。ビットを 1 度傾けることによって、斜めにも水平にも坑井を掘っていくことができます。

坑井の地表部分には、天然ガスの生産を制御するバルブを主体とした坑口装置が設置されています。坑口装置は、その形状からクリスマス・ツリーと呼ばれています。



クリスマス・ツリー

(3) 天然ガスの生産

坑井から汲み上げた天然ガスは、そのままでは製品（都市ガス）になりません。水や炭

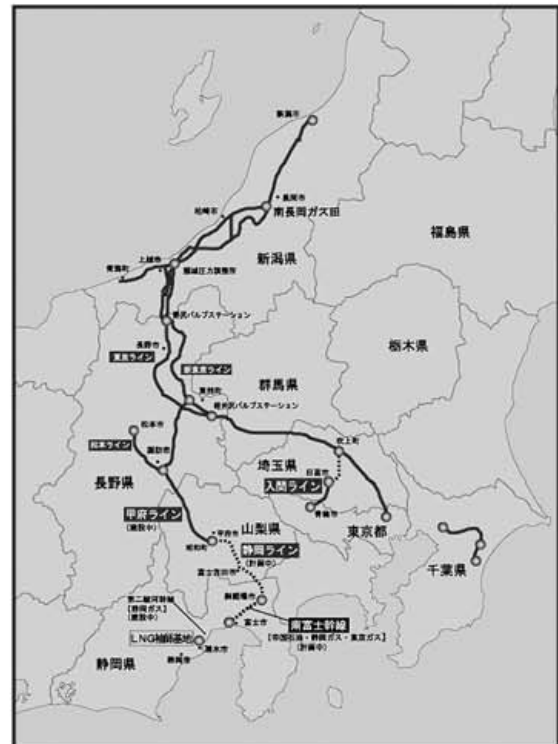
酸ガスなどが混ざっているため、それらを取り除く必要があります。

坑井から出てきた天然ガスは、セパレーター・炭酸ガス除去装置・冷却装置により、製品となります。

越路原の天然ガスは炭酸ガスの含有率が高いために、他のプラントに比べ装置が大掛かりになっています。

(4) パイプラインによるガス輸送

帝国石油の天然ガスパイプラインは



パイプラインネットワーク

1,000km 以上あり、管の直径は主要パイプラインで 300 mm から 500 mm あります。

主要パイプラインとしては、新潟県から長野県を通り東京都へ伸びる「東京ライン」、「新東京ライン」などがあります。

これらのパイプラインにより、東京ガスや北陸ガスなどの都市ガス事業者にガスが供給されています。

パイプラインを 24 時間体制で監視しているのが、柏崎監視センターです。ここでパイプラインの異常がないか監視し、緊急時には即座に弁を閉じるなどの対応がとれる体制になっています。

このほか、都市ガスの需要は1日の中でも変動し、夕方から夜にかけての時間帯が一番多くなります。ガス事業者のみでは需要の変動を吸収できないので、帝国石油からガス事業者への供給量を需要の変動に合わせる必要があります。こうした作業も、監視センターの重要な役割となっています。

第3回 二酸化炭素地下貯留プロジェクト ～地球温暖化対策に利用できる

原油回収技術～

講師 飯田真司 氏

(1) 原油・天然ガスに関する基礎知識

石油・天然ガスは主にC(炭素)とH(水素)



で構成される炭化水素と呼ばれる分子です。都市ガスで主に使われているメタン(CH_4)の分子は、炭素原子1個と水素原子4個で構成され一番軽い分子で、空気よりも軽いため、都市ガスの警報機は天井近くにあります。

さらに、炭化水素分子を構成する炭素原子が2個3個と増えると周りにくっつく水素原子の数も増え、重くなり、プロパン(C_3H_8)は炭素原子3個と水素原子8個で構成されており、空気より重い気体です。さらに構成する原子の数が増えると、ガソリン(C_8H_{18})や重油($\text{C}_{20}\text{H}_{42}$)といった石油となり常温常圧では液体となります。

・原油・天然ガスはあとどのくらいもつか？

石油ショックの頃(1970年代)から『石油はあと30年でなくなる!』といわれ続けていますが、まだなくなっていない。

あと何年もつかという【可採年数】は、油田で見つけた全原油量【原始埋蔵量】のうち、採取可能な【可採埋蔵量】を年間の原油消費量で割った数字なのです。

したがって、新たに油田が発見されること

はもちろん、汲み上げることのできる原油の割合が高くなれば、可採年数は長くなります。省エネルギー化が進み、原油の年間消費量が減少すれば可採年数の値も変わってきます。2001年現在で原油可採年数は約40年、天然ガスは約60年とされています。

(2) 原油回収技術

・1次回収

油田や天然ガス田において地上でどのように回収するかについては、地下の圧力が高い場合は自然の力[自噴]により。生産に伴い地下の貯留層から原油や天然ガスを抜くと地下の圧力が下がり、自噴しなくなると人工的にポンプで汲み上げます。

・2次回収、3次回収

自噴しなくなっても地下には原油が残っています。それを回収するために、別の井戸から水や天然ガスを圧入し人工的に油層内に圧力を加え生産井へ天然ガスを追いやる技術を2次回収(水攻法、ガス圧入法)。2次回収で生産量が低下した場合には、3次回収の手法として、もともと地下に無かったものを、例えば水蒸気や炭酸ガスなどを別の井戸からを圧入し生産井からの原油回収率を上げます(熱攻法・炭酸ガス圧入法)。

(3) 二酸化炭素地下貯留プロジェクト

今、地球は大気中の二酸化炭素濃度が上昇し、その温室効果の影響による地球規模での気温上昇が地球温暖化問題となっています。この大気中の二酸化炭素を少しでも減らすという世界的な努力の中、地中に二酸化炭素を貯留する試みが岩野原基地において行われています。原油の3次回収(炭酸ガス圧入法)の経験と技術を利用したプロジェクトです。



岩野原二酸化炭素圧入基地

(文責：遠藤 幹彦)

第4回 野外観察会

天然ガス開発最前線

ーガス掘削・生産・輸送パイプラインの

最新技術に触れるー

平成15年11月23日(日) 快晴、参加者48人は、ご案内いただく大西清文氏、佐々木直人氏とマイクロバス2台に分かれて9:00にセンターを出発。各施設見学は2班に分かれて行いました。

①十楽寺ガス掘削井



全員ヘルメットを着用。高さ52mの威容を誇る坑井掘削やぐらではこの日も24時間体制で作業が進

み、ロボットが挿入する機材が地下深く5,000mをめざす。8月まで300日の工期。毎日、保守点検のため作業員がやぐらに登る。吹雪の日は、つらいとのことでした。掘削機器を作動するための、発電装置と燃料、掘削時に流入する特別な泥水調合作業現場、泥水と一緒に掘り出された残土を処理する設備掘削残土処理工程などを案内していただいた。大量の掘出された土が産業廃棄物として処理されるのはもったいないと感じました。

②帝国石油越路原プラント



炭酸ガス除去装置



見学者研修室で天然ガスの生産・処理工程の説明

を受け、いよいよ現場へ。プラント中央にひときわ高くそびえる炭酸ガス除去装置を見上げる。越路原にある10本の井戸から採掘された天然ガスはすべてここに集められ精製されて販売ガス送出パイプラインに送り出される。天然ガス精製基地としては国内最大級の規模を誇る。いつも、通りがかりに遠巻きに見ていたプラントの全容が分かり非常に有意義で身近に感じる事ができました。

③岩野原二酸化炭素圧入基地



もみじ園脇の信越線高架橋から西の深沢町の方角を見ますとスマートな白いタンクが見えます。それが、炭酸ガス圧入実験

プロジェクトで使用する炭酸ガスを一旦貯蔵しておくタンクであるとの説明で不思議な建物の実態を知ることが出来ました。平成15年7月から約1年半、地下約1,100mの砂岩層に約20トン/日の二酸化炭素を圧入し地中に貯留する試みが行われています。地中での二酸化炭素の広がり把握するため3箇所の観測井で観測しているとのことでした。

越路町郷土資料館で昼食

地元においても郷土資料館に立ち寄る機会がなかったという方にも見学を兼ねて。寒い時節にもかかわらずご参加頂いた方々に感謝を込めて豚汁を用意しました。



郷土資料館にて昼食

④中通りガス処理プラント



午後からは柏崎へ、前に遺跡巡検で行った与三遺跡の近くにプラントがありました。越路原プラントと比べ小規模に見えるのは、ここ東柏崎ガス田の2,800m地下からくみ上げられる天然ガスには炭酸ガスが含まれないため、炭酸ガス除去装置が不要であるからとのことでした。

⑤柏崎パイプライン監視センター



最適な運転状態の維持、ガスの安定供給のためパイプラインの保守・維持管理に必要なあらゆるデータが最新の設備で集められ24時間監視体制で取り組まれている様子を見学しました。また、どの見学場所も本当に丁寧にご説明いただきましたこと参加者一同深く感謝して帰路に付きしました。

片貝断層調査の意義

長岡大手高校 飯川 健 勝

1. 露頭からわかる地質の概況

図の露頭は、片貝町七曲地内の道路切り割り工事現場。約 160m×10~20m の大露頭が出現しています。地表近くの地層は、右手(東)と左手(西)で背斜構造をなしていて、地表の膨らみと調和しています。そして、連続する地層をよく見ると中央部も少し褶曲しています。すなわち、膨らみに差があり、両サイドが顕著だということになります。この差は地下深部の歪の解放であり、地震・断層を引き起こします。

重要なことは、3箇所ともその最下位に急傾斜の魚沼層が露出していて、深部からの隆起運動が地表にまで影響を及ぼしていることです。それは、越路原の形成過程を雄弁に物語っています。そして礫層・砂層・ローム層等の段丘堆積物は、魚沼層の上に不整合で堆積していて、地形面に並行するように東方へ傾斜しています。

ご承知のとおり、ここは越路原と小栗田原の境界地域にあたる傾斜地であり、片貝断層の分布域です。話の進行上、3 つ背斜構造を A ブロック(東)・B ブロック(中央)・C ブロック(西)と呼ぶことにします。

2. 東から西方へ見ていくと

A ブロック: 図には、段丘堆積物を切る断層が見えます。それを誘発したかのように段丘の基盤をなす魚沼層が 5m 以上突き上げています。右側は3本の正断層、左端は逆断層とともに礫層を引きずって生々しい限りです。そして断層面の傾きは魚沼層の傾斜と平行して、左上へせり上がっています。

表層の黑色土の下位には、貝坂ローム層(9万年前)と米原ローム層(13 万年前)が堆積していて、B・C ブロックへ連続しています。この年代の指標が越路原・小栗田原の形成期および片貝断層の発生期を探る重要な手がかりとなります(後述)。

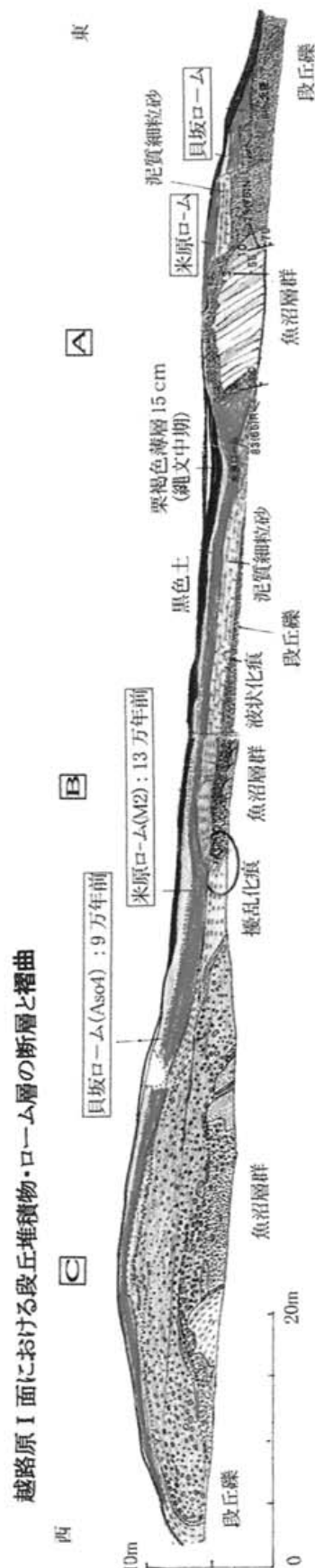
魚沼層が突き上げている部分を見ると、段丘礫があって、その上にあるはずの砂層・ローム層・黑色土が浸食つくされています。それによって、地表が滑らかに

なっていますが、浸食前の様子を復元してみてください。

A・Bブロックの境界部: 右側のブロックが突き上がるたびに断層の境界部に礫層を引きずり上げ、扁平な礫が縦方向に再配列しています。この断層運動(複数回)によって5~6mに及ぶ楔形の溝ができ、そこにローム層・黑色土・栗褐色薄層が堆積したことになります。

表層に近い栗褐色薄層は縄文中期(5000年前)とされており、黑色土とともにそのたわみは、その後の経歴を物語っています。

ここにひとつ、謎が残ります。「溝」と書きました。雨水・地表水が流れ込むは



ずですが、小石が見当たりません。

Bブロック：左端が逆断層です。基本的構造はAブロックの左端と同じくせり上がっていますが、基盤の魚沼層が少し顔をのぞかせているのみです。越路原を形成する基盤(魚沼層)の隆起は、一様ではなく、凸凹のブロック運動であることがわかります。楔形の窪みに砂層が厚く堆積し、ローム層までがたわんでいます。しかし最上部の黒色土はほとんど変形していません。運動の時期が特定できます。

Cブロック：A・Bブロック同様魚沼層が左上方向へ突き上げています。段丘堆積物を切る鮮明な断層は見られませんが、丸ごと地形をも変形させる背斜構造を形成していることがわかります。特にここでは、魚沼層の突き上げによって、段丘礫層が弓なりに褶曲し、そのカーブに沿うように礫の配列を引き起こしています。緩やかに長期にわたる変動であることを物語っています。

3. 断層の連続露頭

片貝断層は、八島から水口まで約 10km、越路原の東縁に連続する一級の『活断層帯』です。これほどまでに全面連続露頭で現れている例は、極めて希なことです。引き続き調査は行われています。

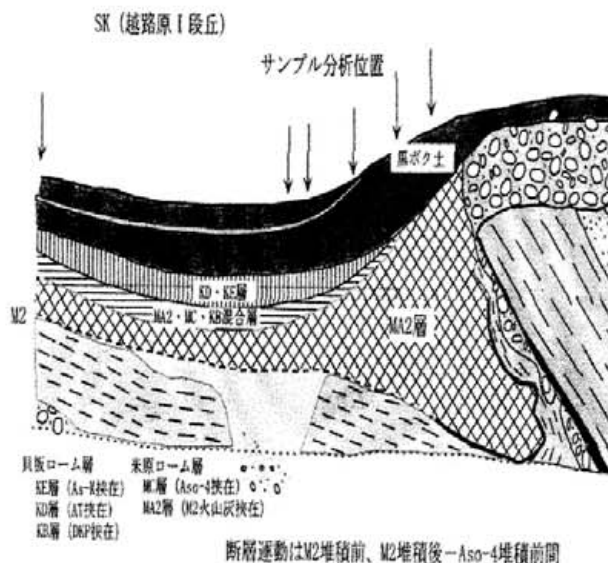
現場の道路工事は、さらに数m掘り下げられる予定です。小千谷市教委は、県土木部に対し保存を含めた検討を働きかけています(3月5日現在)。

4. 断層とローム層から少し推察すると……

次の図は前図のA・Bブロックの境界部です。逆断層の窪みに礫層・シルト層・ローム層・黒ボク土・栗褐色薄層(前図参照)が堆積しています。堆積の様子から、事件の経緯を再現してみましょう。

前述のとおり、礫をポロポロこぼしながら徐々に魚沼層がせり上がり、並行して徐々に窪地にローム層を堆積させていきます。13 万年前(M2)のことでした。信濃川から数mの高さでしょう。まもなくそこは泥水でいっぱいになり、あふれた水は、ローム層・泥質細粒砂を押し流し、礫層の多くも、東方へ押し流しました。

微妙なところでは、泥質細粒砂が浸食され切っしまい、その過程で溝にこぼれ落ちるものがなくなってしまったことです。窪みの右縁を注意深く観察すると、そのことがわかります。



【参考】**米原ローム層** MA2層:13 万年前, MC 層(Aso-4(9 万年前)挟在)

貝原ローム層 KB 層(DKP:5 万年前), KD 層(AT:2 万年前),
KD 層(AS-K:1.3 万年)

5. ここを調査する意義

上述の通り、「徐々に」を繰り返し書き記しました。別のところでは、「液状化痕」「擾乱化痕」の記載の通り、短時間の変動を物語る痕跡もあります。しかし「引きちぎられたり」「押し曲げられたり」は見えても、「切った」「破壊した」の印象が薄いのは、私だけでしょうか。この基盤(魚沼層)の動きは、今小栗田原の精密水準測量で計測実行中であり、成果が出始めています。きっと両者の関係が見えてくることでしょう。

6. そもそも越路・小千谷というところは

「小千谷北部」を全国に先駆け「活褶曲」と言い切った池辺(1942)の慧眼には脱帽の外はありません。当時振り向く人もなかった段丘の変動に視点を当てた人です。以来ここは活褶曲/活断層の概念発祥の地となったのです。油田を探し求めて、限なく褶曲地帯を歩いていた彼は、「変動する大地」を体感していたに違いありません。1956 年、[小千谷地震予知]を意識して精密水準測量に着手した東大地震研も、この指摘をなしとはしないでしょう。越路原・小栗田原の変動すなわち活断層・活褶曲は、最も古くてかつ最も新しいホットなテーマなのです。

平成 15 年度 講座アンケートから

- ・ガスについて本で読んでも分からなかったのが、講義を聴いて分かるようになった。
- ・地下の地質を地震探査で調査しても、地中の地層の様子が良く分からず、掘ってみなければわからないとは、そこにロマンを感じる。
- ・大地の会の受講者の熱意には感心した。
- ・講師の先生がとても一生懸命説明してくださって、その熱意が伝わってきました。
- ・パイプラインの保守、維持管理はよくできていると感じました。特に集中監視センターで遠隔表示、遠隔操作しバルブ遮断できるのは感心しました。
- ・身近にある話なので大変参考になりました。
- ・国内有数のガス田であることが分った。パイプラインによるガス輸送に監視体制の厳しさがあった。
- ・パイプラインの鉄製のパイプが40年も腐食しないで持つことに驚いた。50代
- ・初めての講座で難しかった、地質情報から教わらないとよく分からない。80代
- ・越路に意外な程、数多くの資源があるのだと知って驚きました。天然ガスの話はもちろん、帝国石油さんの仕事の様子など興味深く聞きました。専門用語が多くてやや難しかったです。30代
- ・掘削～パイプラインでの輸送まで詳しく説明があり、今まで余り知らなかったことを知り得た。50代
- ・普段、何気なくガスを使っていますが、そのために莫大な設備と多くの人たちの労力がかかっていることを知りました。それで元はとれるのか少し心配になりました。楽しいお話をありがとうございました。30代
- ・越路原のガスがぐっと身近になった。井戸の中ではものすごい事が繰り広げられていることを知ってビックリだ。30代
- ・印象に残ったことは原油や天然ガスは何年ものかの計算方法。自噴しなくなった井戸からの原油の回収技術と方法など。

・二酸化炭素が増えるとなぜ気温が上昇するかの理由等分りやすく説明いただき、とても良く分かりました。

・資料がとても良く出来ており、講義内容が自分なりに理解できました。60代

・二酸化炭素を地下に入れて環境に影響は無いのですか？ガスや油をくみ上げても地下水のように地盤沈下が起きませんか？20代

・もう少し専門的な話、内容（テクニカルな面を詳しく）でもよかった。地域の地下の様子、取り組みが分って面白かった。40代

・身近にある越路原ガスプラントの話が詳しく聞けて大変よかった。40代

・特にガス採掘の仕組み、地球温暖化の問題など大変ためになりました。50代

・CO2 圧入プロジェクトについての説明が興味深かった。40代

・私どもの町に直接関係した資源の内容をはっきり知ることが出来てありがたく思っています。60代

お知らせ

平成 16 年度 総会・記念講演 開催

期日：6 月 25 日（金）19：00

宜しく願いいたします。

編集後記

会報 42 号をお届けいたします。お蔭様で講座も大勢の方々より受講いただき、また、帝国石油（株）の講師の方々からは熱のこもった講義やご案内を頂きましたこと深く感謝申し上げます。越路原 5,000m 地下から家庭までの『ガスの旅』を自分なりにたどることが出来ました。今後なるべく身近な話題を取り上げていけたらと思っています。

越路町大地の会

問合せ先 〒949-5493 三島郡越路町浦 715

越路町教育委員会 社会教育係

新田 TEL 0258 (92) 5910

代表 小川 TEL 0258 (92) 2597

<http://www10.plala.or.jp/wai2club/daichi/top/top.html>