

## 静岡地域の石油地質

著者	加藤 進
雑誌名	静岡地学
巻	94
ページ	1-7
発行年	2006-11-22
出版者	静岡県地学会
URL	<a href="http://doi.org/10.14945/00024809">http://doi.org/10.14945/00024809</a>

# 静岡地域の石油地質

加藤 進

## 1. はじめに

石油は、生物の遺骸である有機物に富んだ根源岩 (source rock) が深く埋没され、十分な時間加熱されることによって生成されると考えられている (田口, 1998)。生成された石油はトラップ (trap) と呼ばれる貯留岩 (reservoir rock) とそれらを覆うシール (seal) からなる背斜などの地質構造に移動・集積し、油層やガス層などのプール (pool) を形成する。油・ガス層が形成されるために必要な地質的な要素 (根源岩, 貯留岩, シール, 積載岩) とプロセス (石油の生成・移動・集積, トラップの形成) をすべて含んでいるものが石油システム (petroleum system) である (図1)。

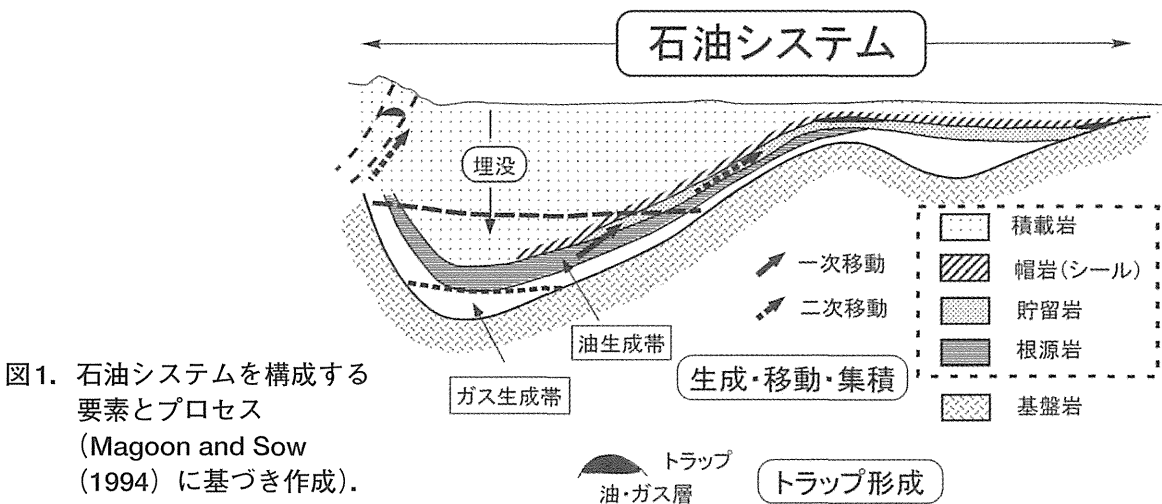


図1. 石油システムを構成する要素とプロセス (Magoon and Sow (1994) に基づき作成)。

石油探鉱では、地表地質調査や物理探査 (主に地震探鉱) などによって石油が集積している可能性のあるトラップを探し、そこに試掘井と呼ばれる坑井を掘削して、実際に石油が集積しているかどうかを確認する。試掘井で油・ガス層を発見する確率は2~3割程度であるが、油田・ガス田として稼行 (開発) される確率は数%程度とずっと低くなっている。これは石油が流体であるため、生成される場所と集積している場所が通常異なっていることが主な原因である。

静岡地域には、太平洋側で唯一の油田である相良油田 (千谷, 1930) が位置しており、特に相良・掛川地域およびその沖合海域には第三紀以降の堆積物が厚く発達していることから、石油探鉱対象地域のひとつとして取り上げられ、これまでかなりの探鉱作業が行われている (例えば, 加藤, 1992)。また、最近では水深約500 m以深の海域に分布するメタンハイドレートを対象に調査・研究も行われている (中水ほか, 2004; 辻ほか, 2005)。

本稿では、これまでの石油探鉱で得られた成果を紹介するとともに、相良原油の地球化学的な特徴やその起源などにも言及したいと思う。

## 2. 探鉱作業の概要と成果

(1) 探鉱作業の概要：相良・掛川地域では、昭和20年代から30年代初めにかけて、石油探鉱に主眼を置いた地表地質調査が行われ、層序試錐も掘削された（菊池・堤, 1961）。国の第6次国内石油及び天然ガス資源開発5ヶ年計画<sup>\*1</sup>（以下5ヶ年計画）の一環として基礎物理探査（地震探鉱，測線長：約80 km）が実施され、昭和63年（1988）度には基礎試錐「相良」（掘止深度：3,320 m）が掘削された（加藤, 1992）。

沖合海域での本格的な探鉱は第4次5ヶ年計画の一環として昭和46年（1971）度実施された基礎物理探査「東海沖」に始まり、測線長が3,000 kmを超える基礎物理探査や企業による地震探鉱が実施され、第5次5ヶ年計画の中で昭和58年（1983）度基礎試錐「御前崎沖」（水深：467 m，掘止深度：3,505.5 m）が掘削された（加藤, 1992）。

第8次5ヶ年計画では、メタンハイドレートも探鉱対象として取り上げられ、平成8年（1996）度基礎物理探査「南海トラフ」（測線長：約1,500 km）が実施され、平成11年（1999）度掘削された基礎試錐「南海トラフ」（水深：945 m，掘止深度：3,300 m）ではメタンハイドレートの存在を確認した（石田・加藤, 2001；中水ほか, 2004）。

経済産業省は「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」を策定し、平成13年（2001）度から南海トラフ海域で「東海沖～熊野灘」の基礎物理探査や基礎試錐を実施している（辻ほか, 2005）。

(2) 地質学的な成果：基礎試錐「相良」，「御前崎沖」および「南海トラフ」の掘削位置を図2に示す。これらの試錐で掘削された地層の岩相・層序の概略は加藤（1992）や石田・加藤（2001）を参照されたい。坑井対比図（図3）を基に、陸域の地層と対比しながら新知見を説明する。

基礎試錐「相良」では、相良層群に対比されるD層直下には岩相および微化石上女神層に対比される地層は確認されず、大井川層群に対比されるA～C層が不整合で出現し、A層の下位に微化石上女神層に類似するC'層が断層で出現した。また、A層には漸新世を示唆する浮遊性有孔虫化石が産出するが、B層やC層にも再堆積と解釈される古第三紀を示す底生有孔虫化石や石灰質ナンノ化石が含まれており、A層の年代は前期中新世である可能性が高いと考えられている（加藤ほか, 1992）。

基礎試錐「御前崎沖」では、掛川層群上部に対

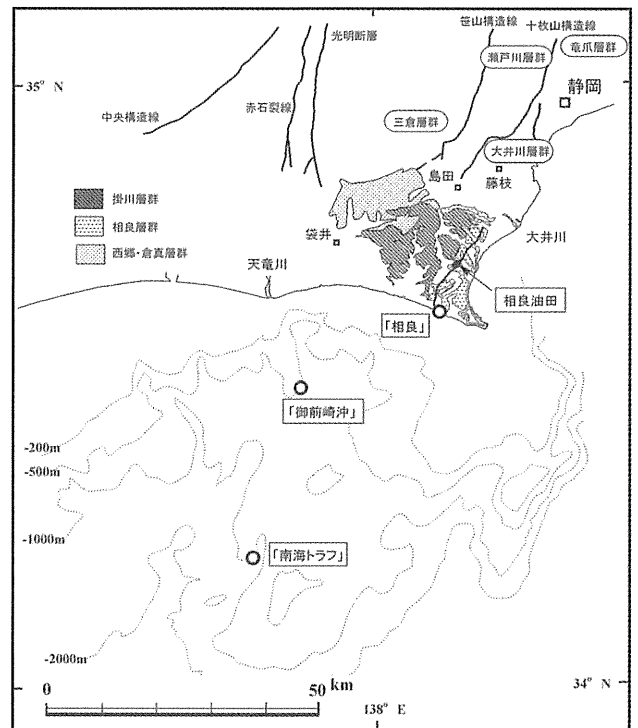


図2. 地質概略図と基礎試錐の坑井位置。

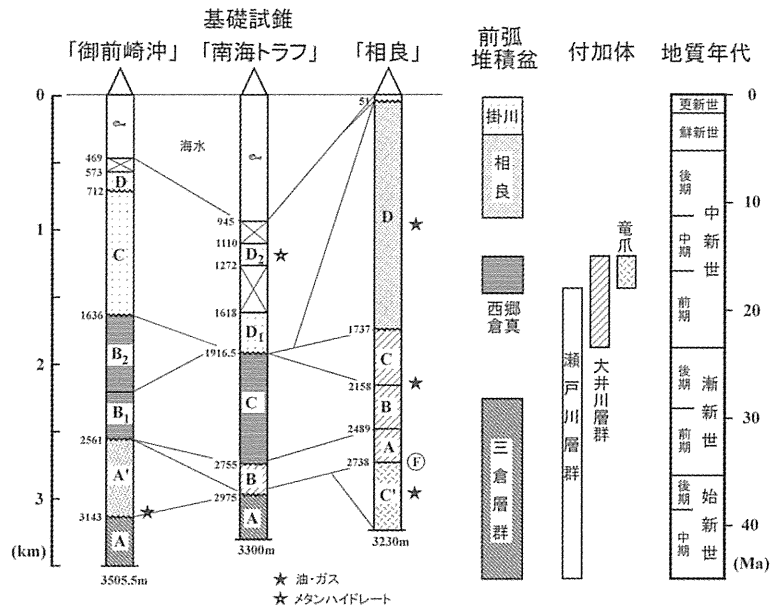


図3. 基礎試錐の坑井対比図.

比されるC層の下位に西郷・倉真層群に対比されるB<sub>2</sub>・B<sub>1</sub>層, 浅海堆積物である漸新統のA'層, 三倉層群に対比されるA層がそれぞれ不整合で出現した(加藤ほか, 1998). A'層に相当する地層は地表では確認されていない.

基礎試錐「南海トラフ」では, 掛川層群に対比されるD層の下位に不整合で倉真層群に対比されるC層が出現した. B層は微化石から最下部中新統と推定されている. その下位には不整合で始新統のA層が出現し, 三倉層群に対比されている.

海域では, 地震探査記録断面において顕著な不整合(基礎試錐「御前崎沖」および「南海トラフ」のそれぞれC層およびD層基底に相当する)が追跡できる. その下位に認められる反射波のパターンは次の3つのグループに分けることができる(図4; 加藤・瀬能, 1999).

- Aグループ: 南東傾斜で, ほとんど強い反射波が認められない.
- Bグループ: 北西に傾斜する強い反射波が認められ, 断層を伴う.
- Cグループ: 深部に比較的連続する強い反射波が認められる.

これらのグループの大まかな分布を図4に示す. 基礎試錐「御前崎沖」はCグループの分布地域内

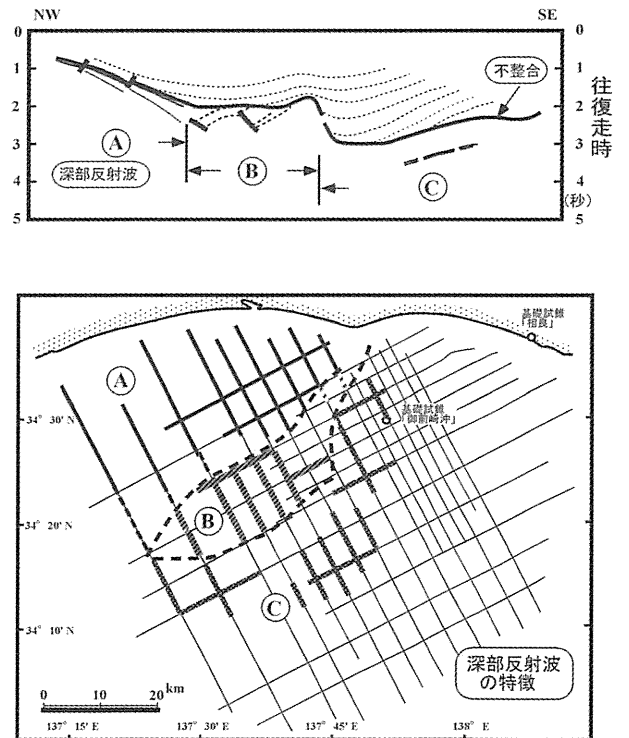


図4. 深部反射波のパターン(上)とそれらの分布(下).

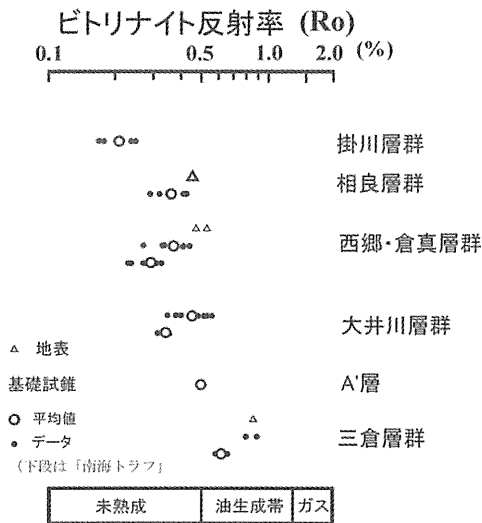


図5. 地層毎のビトリナイト反射率の平均値。

熟成度が低く、特に基礎試錐「南海トラフ」で顕著である。熟成度が低いことは埋没深度が浅いことを示唆している。一般に石油はRo=0.5%で生成し始め、1.0%前後で生成ピークとなる（田口, 1998）。

基礎試錐「相良」では3回のDSTが実施され、No.1（C'層）とNo.2（C層）は低浸透性の水層だったが、ガスが採取された。No.3（D層）は産ガスに成功したが、圧力解析などから低浸透性ガス層と判断された。

基礎試錐「御前崎沖」ではA'層基底の砂岩でDSTを実施し、ボトムホールサンプラーで若干の原油とガスを回収した。

基礎試錐「南海トラフ」ではメタンハイドレートの存在がD<sub>2</sub>層でコアや物理検層によって確認された。

### 3. 相良油田

(1) 地質概説：女神背斜の軸部には地表油徴が散在しており、それを頼りに明治8年頃から手掘が行われ、明治末期の全盛期には年生産量が400 kl（出油井は手掘136坑，機械掘7坑）に及んだが、累計生産量は約4,600 klである（地質調査所, 1957）。背斜北西翼部の断層トラップに集油していると推定され、大知ヶ谷から西山寺にかけての長さ約1,200 m，幅約150 mが集油範囲である（千谷, 1930）。油層は相良層群菅ヶ谷層の砂岩・礫岩であり、深度約25～500 m間に5～6層ある（千谷, 1930）。深度約200 mまで掘削された「相良油田学術ボーリング」（以下「学術ボーリング」）でも何ヶ所かでガスの噴出や原油の流出が確認されている（和田, 2002）。

に位置しており、強い反射波はB<sub>1</sub>層とA'層、A'層とA層それぞれの境界の不整合にはほぼ一致している。

(3) 石油地質学的な成果：各々の基礎試錐で採取されたコアやカッティングス試料の分析により、貯留岩性状や根源岩性状がある程度把握されている（加藤, 1992；石田・加藤, 2001）。地層温度も物理検層時やドリルステムテスト（Drill Stem Test: DST）時に測定されており、それらから推定した地温勾配は2℃/100 m未満と日本海側に比べ1/2程度である。根源岩の熟成は主に温度と被熱時間に依存している。熟成度の指標として広く用いられているビトリナイト反射率（Ro）を整理したものが図5である。同層準で比較すると、地表試料に比べ基礎試錐の試料は

### API比重

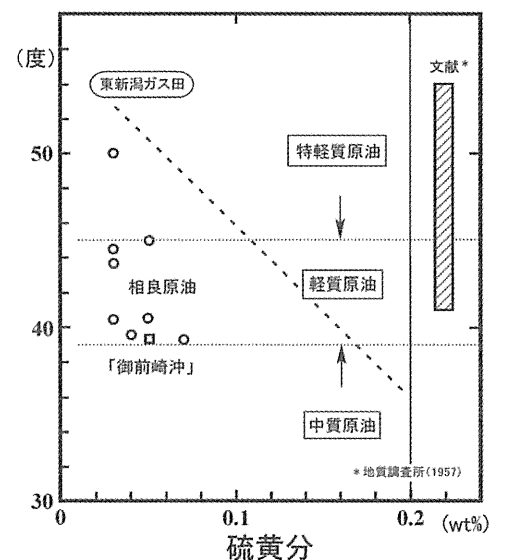


図6. 相良原油のAPI比重と硫黄分の関係。

(2) 相良原油：相良原油はAPI比重<sup>\*2</sup> (ポーム) が41°~54° の軽質~特軽質原油であり，ガソリン分が大部分を占めている (地質調査所, 1957)．図6は「学術ボーリング」で採取された原油などのAPI比重と硫黄分の関係を示している．一般に，API比重が小さく (重く) になると硫黄分は増える．国内産の原油は中東産の原油とは異なり，硫黄分が1wt%未満の低硫黄原油である．その中でも相良原油は硫黄分が0.05wt%以下であり，同程度のAPI比重の新潟原油 (例えば東新潟原油) と比較しても少ないのが特徴である．

外観は茶色~橙色透明でサラサラした感じであり，黒褐色で粘性のある油層の原油とは異なっているが，ガス層から産出するコンデンセート<sup>\*3</sup>に類似している (図7)．



図7. 相良原油と新潟原油の外観.

(3) 相良原油の起源と移動・集積：新潟原油と比較すると，相良原油の地球化学的特徴は以下のように纏めることができる (Kato et al., 2006)．

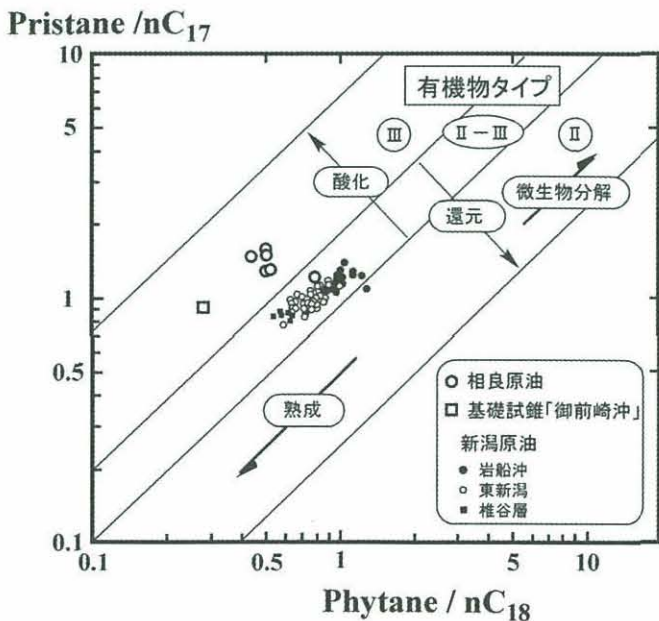


図8. Pristane/nC<sub>17</sub>とphytane/nC<sub>18</sub>のプロット.

1) C<sub>29</sub>ステランや後期白亜紀以降の高等植物起源と考えられているオレアナンがやや多く，根源有機物は陸源有機物にやや富み，より酸化的環境で堆積したと推定される (図8)．

2) 熟成度は新潟原油とほぼ同程度 (R<sub>0</sub>換算で0.9~1.0%程度) と推定されるが，「御前崎沖」の原油は熟成度がより高いと推定される (図8)．

3) 炭素同位体組成は-25‰程度であり，新潟原油 (約-23‰) よりも軽く，有機物の炭素同位体組成の違い (おそらく根源岩の地質年代の違い) を反映していると推定される．

4) 軽質炭化水素組成において，進化度指数 (ノルマルヘプタン/1トランス3ジメチルシクロペンタン) と環境指数 (トルエン/メチルシ

## 進化度指数

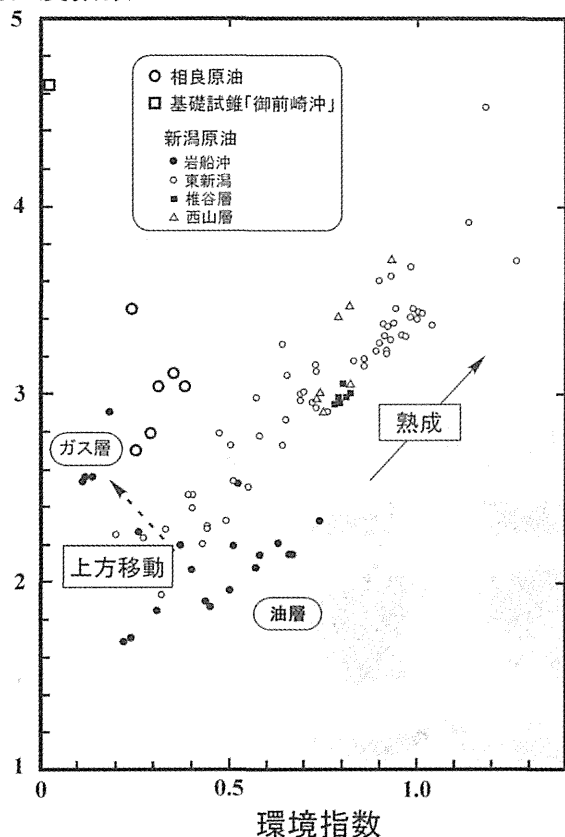


図9. 軽質炭化水素組成における進化度指数と環境指数のプロット。

クロヘキサン) の関係から垂直移動による軽質分の分別が推定され (図9), 深部からの長距離移動が示唆される。

相良油田周辺の地表や旧坑井には数多くのガス徴が報告されている (井尻ほか, 1944)。ガスの炭素同位体組成からガスの起源や熟成度を推定することができる。「学術ボーリング」 (土岐ほか, 2003) や富田坑井, 海老江など相良油田周辺で採取されたガスは有機物の熱分解起源と考えられ, その熟成度は原油の熟成度と同程度と推定される。

基礎試錐における根源岩の熟成度などの分析データや相良原油の地球化学的な特徴などを総合的に検討すると, 相良原油は深部の大井川層群あるいは三倉層群の根源岩で生成され, 上方に長距離移動する過程で軽質分に富むようになり, ガスと共に相良層群に集積したと推定される。

- \*1 国内石油・天然ガス資源の探鉱開発の促進を目的として, 昭和30年 (1955) 度から第1次5ヶ年計画が開始され, 第8次 (平成11年 (1999) 度で終了) まで実施された。基礎調査は現在も継続中である。
- \*2 アメリカ石油協会 (American Petroleum Institute : API) が規定した原油の比重の尺度であり, 次式で表される。  
° API = 141.5/G - 131.5。G : 60/60° Fにおける比重。
- \*3 地下ではガス相なので, 地表条件では凝縮して液体となる。詳しくは加藤 (1996) を参照のこと。

## 引用文献

- 千谷好之助 (1930) : 静岡県相良油田の地質に就きて。地質学雑誌, 38, 937-798.
- 井尻正二・小川賢之輔・山崎純夫・武藤 勇 (1944) : 相良焼津間の天然ガス-特に天然ガスと地質構造との関係-。石油技術協会誌, 12, 93-105.
- 石田 聖・加藤 進 (2001) : 前弧堆積盆地の有機物相-基礎試錐からみた小笠・掛川堆積盆地-。月刊地球号外, 32, 136-143.

- 加藤 進 (1992) : 御前崎地域の石油地質－フォアアークベースンでの炭化水素ポテンシャル－. 石油技術協会誌, 57, 45-52.
- 加藤 進 (1996) : コンデンセートとは何か? 天然ガス, 1996.11, 2-8.
- 加藤 進・井上洋子・田澤孝一・中野孝教 (1998) : 基礎試錐「御前崎沖」における新生代ストロンチウム同位体層序. 地質学雑誌, 104, 550-557.
- 加藤 進・井上洋子・鶴飼光男 (1992) : 大井川層群の有孔虫化石. 瑞浪市化石博物館研究報告, 19, 379-391.
- 加藤 進・瀬能 修 (1999) : 東海沖堆積盆の地質構造. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 35.
- Kato, S., Waseda, A. and Nishita, H. (2006) : Geochemical characteristics of crude oils from the Sagara oil field, Shizuoka Prefecture. *Island Arc*, 15, 304-312.
- Magoon, L. B. and Sow, W. G. (1994) : The petroleum system. *AAPG Memoir*, 60, 3-24.
- 中水 勝・並川貴俊・落合浩志・辻 喜弘 (2004) : 資源化を目指すメタンハイドレート探査－基礎試錐「南海トラフ」. 石油技術協会誌, 69, 214-221.
- 田口一雄 (1998) : 石油の成因－起源・移動・集積. 地学ワンポイント6, 共立出版, 140p.
- 土岐 知弘・蒲生 俊敬・角皆 潤・和田 秀樹・平野 聡・相良掘削計画研究者一同 (2003) : 相良油田に分布する炭化水素ガス分析に基づく相良原油の成因. 日本地質学会大110年学術大会講演要旨, 7.
- 辻 喜弘・中水 勝・並川貴俊 (2005) : 南海トラフ海域のメタンハイドレートに関する最近の話題. 日本地質学会第112年学術大会講演要旨, 23.
- 和田秀樹 (2002) : 相良油田学術ボーリング. 静岡地学, 85, i-iii.