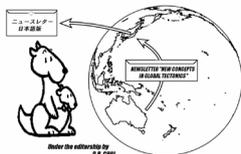




日本語版 Vol. 5, No. 3 (2017年12月) ■ Print edition ISSN 2186-9693

多数のカラー図面は→ ■ Online edition <<http://kei.kj.yamagata-u.ac.jp/ncgt/>>



編集長: Dong CHOI, 編集委員会: Ismail BHAT, India (bhatmi@hotmail.com); John L. CASEY, USA (jcasey@ievpc.org); Giovanni P. GREGORI, Italy (giovanni.gregori@idasc.cnr.it); Louis HISSINK, Australia (louis.hissink@bigpond.com); Yoshihiro KUBOTA, Japan (kubota@env.sc.niigata-u.ac.jp); Leo MASLOV, USA (lev.maslov@cccs.edu); Per MICHAELSEN, Vietnam (per.michaelsen@tdt.edu.vn); Nina PAVLENKOVA, Russia (ninapav@mail.ru); David PRATT, Netherlands (dp@davidpratt.info); Karsten STORETVEDT, Norway (karsten.storetvedt@uib.no)

も く じ

■ 編集者から	Catastrophic earthquakes are predictable	破壊的地震は予知できる	[久保田喜裕 訳]	2
■ 編集者への手紙				
	A new explanation of Earth expansion	Louis Hissink	あらたな地球膨張論の解釈	[久保田喜裕 訳]
■ 原著論文				
	Recent single-episode tectonic activation and oil and gas deposits	Vadim Gordienko		
	造構活動の最近の活性化と油・ガス鉱床		[赤松 陽・岩本広志・矢野孝雄 訳]	3
■ 特集	Catastrophic earthquakes are predictable	破壊的地震は予知できる		
	The great 17 July 2017 offshore Kamchatka earthquake, its link to deep energy source, and geological significance	Dong R. Choi		
	2017年7月17日のカムチャッカ沖巨大地震, その深部エネルギー源との関連と地質学的意義		[小泉 潔 訳]	25
	Seismic signals detected in Italy before the Nikol'skoye (off Kamchatka) earthquake in July 2017	Valentino Straser, Gabriele Cataldi and Daniele Cataldi		
	2017年7月のニコルスコエ(カムチャッカ沖)地震の前にイタリアで検出された地震信号		[村山敬真 訳]	34
	High-frequency electromagnetic emission in the area between Kamchatka Peninsula and Komandorsky Islands detected by frequency-resonance analysis of remote sensing data	Sergei Levashov, Nikolay Yakymchuk, Ignat Korchagin and Dmitry Bozhezha		
	リモートセンシングデータの周波数共鳴解析で検出されたカムチャッカ半島〜コマンドール諸島間の高周波電磁波放射		[矢野孝雄 訳]	39
	Successful short-term prediction of magnitude 6.5 earthquake of 8 August 2017 in China	Arun Bapat		
	2017年8月8日, 中国 M6.5 地震の短期予知の成功		[久保田喜裕 訳]	42
■ 地球気候コーナー				
	The 20th century sea level rise from tidal gauges does not show any recent acceleration	Albert Parker		
	20世紀の海面上昇は潮汐ゲージからどんな最近の加速度も見られない<要旨>		[柴 正博 訳]	44
■ 出版物				
	Sea level manipulation	Nils-Axel Mörner	海水準操作<要旨>	[柴 正博 訳]
	ULF/ELF electromagnetic phenomena for short-term earthquake prediction	Schekotov A. and Hayakawa M.		
	短期地震予知のためのULF/ELF電磁現象		[柴 正博 訳]	44
	Strong local earthquakes. Everybody can predict an earthquake	Masashi Hayakawa		
	局所的な大地震 誰でも地震を予測することができる 生き残るための方法		[小松宏昭 訳]	44
	Is Katla ready to erupt?	Nohn L. Casey	カトラは噴火するのか?	[杉山 明 訳]
■ ニュース				
	Call for papers	論文募集	Michihei Hoshino and Takao Yano	[小松宏昭 訳]
■ 財政的支援について / ニュースレターについて				48

連絡・通信・原稿掲載には、次の方法の中からお選び下さい: NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS 1) Eメール: editor@ncgt.org, ncgt@ozemail.com.au, または, ncgt@hotmail.com (≤10 MB), ncgt@hotmail.com (>10 MB), 2) ファックス (少量の通信原稿): +61-2-6254 4409, 3) 郵便・速達航空便など: 6 Man Place, Higgins, ACT 2615, Australia (ディスクはMS Wordフォーマット, 図面はjpg, bmp, またはtifフォーマット), 4) 電話: +61-2-6254 4409. 免責 [DISCLAIMER] このジャーナルに掲載された意見, 記述およびアイデアは投稿者に責任があり, 編集者と編集部には責任はありません. NCGT Journalは 季刊国際オンライン査読誌で, 3月, 6月, 9月, 12月に発行されます. 電子版 ISSN 2202-0039, 印刷版 ISSN 2202-5685.

New Concepts in Global Tectonics ジャーナル 日本語版発行チーム

連絡先 〒399-8301 安曇野市穂高有明126-9 矢野孝雄 Phone 0263-87-2538 EM yano.azumino@g-mail.com

[翻訳メンバー] 赤松 陽・岩本広志・川辺孝幸・窪田安打・久保田喜裕・小泉 潔・小坂共栄・小松宏昭
佐々木拓郎・柴 正博・杉山 明・角田史雄・宮城晴耕・村山敬真・山内靖喜・矢野孝雄

[事務局メンバー] 赤松 陽・足立久男 (発送)・金井克明 (会計)・川辺孝幸 (HP)・佐瀬和義・宮城晴耕・矢野孝雄 (代表)

編集者から FROM THE EDITOR

(久保田 喜裕 [訳])

破壊的地震は予知できる Catastrophic earthquakes are predictable

現行の NCGT は次の2つのテーマに焦点を当てている；1) 地震, その前兆と成功した予測, 2) 地球規模の気象, とくに不可解な海面上昇の主張. 近年再活動した先カンブリア紀の台地やアルプス地向斜で生成した炭化水素という Gordienko の重要な寄稿 (p. 349-378) も含まれる. 最近の論文は, “大陸漂移終焉国際組織ニューズレター (International Stop Continental Drift Society Newsletter)” (1977-1978 に出版) という画期的な出版物を再燃させている.

カリブ海のハリケーンや今月のメキシコ地震 (2017 年 9 月) など, 近年頻発している破壊的な自然災害を鑑み, 本号では地震とハリケーンを扱うことにする. Leybourne (英語版 p. 340-344) から編者への書簡では, 電気論的観点から, ハリケーン Irma を分析している. 彼はハリケーンや雷, 重力, 地震との間の複雑な関連について力説している. Gregori (英語版 p. 345-348) は Leybourne の主張を支持し, 内成的電磁エネルギー概念 (endogenous electromagnetic energy concept) にもとづいた彼の解釈をさらに詳細なものにしている. Gregori の記述には示唆されるところが多い.

現編者 (Choi 氏, 訳者注) は Leybourne と Gregori の観点を支持する. 彼 (Choi 氏, 訳者注) は, 最近のハリケーンとメキシコ地震は, 中米を横切り太平洋へ広がる, 深部に根を下ろした Cayman 断層を主に通って, 外核から放出されたエネルギーが増大した結果と捉えている: 彼は, 2015 年後半以来, Cayman 断層に沿って増加する地震活動と, エネルギーが全般的にその断層に沿って西方へ移動することを指摘してきた. メキシコ地震はそのふたつのエネルギーが修練した結果と解釈される; ひとつはカリブ海からで, もうひとつは環太平洋変動帯に沿って流れてきたものである.

地球の深部から浅部へのエネルギー流, すなわち確立された Claude Blot のエネルギー遷移 (ET: energy transmigration) 概念は, 2017 年 7 月のカムチャッカ沖地震の予測に適應された (Choi, p. 25-34. この地震のエネルギー源は, 約 4 年前の 2013 年 5 月, オ

ホーツク海で発生した深さ 600km, マグニチュード 8.4 の深発地震に関連していた. この地震の予測は, 国際地震火山予知センター (IEVPC: International Earthquake and Volcano Prediction Center) によって, 2016 年後半から 2017 年 1 月初旬までにカムチャッカ東部とその沖合でさまざまな兆候が検出された後, 本震の 6 ヶ月前に発表された. それは中長期的な予知としては最も成功したもののひとつだった.

Straser ほか (p. 34-39) および Levashov ほか (p. 39-41) による二つの論文は, 2017 年 7 月のカムチャッカ地震に先立って現れた前兆を記している. イタリアの受信機は 4 つの周波数帯域で特徴的な電磁信号を記録した. このようなことは, 通常, 世界のどこかで大地震が発生する 3 ~ 4 日前に現れる. Levashov ほかは, 震源域の高周波放射線異常は本震の 42 日前に続いたことを見出した. 彼らの新しいリモートセンシングの手法は, 大地震を科学的に予測するために信頼できる手法であることが再び証明された.

カムチャッカの 7 月の地震は, ジェット気流異常が震央付近の 2 月と 7 月に 2 回, 2017 年に 2 回現れたという, 別の重要な異常前兆を伴った (Wu, p. 32 図9). 2 回目の異常は本震の 4 日前に現れた.

2017 年 8 月 8 日の中国の M6.5 甘肅省 (Gansu) 地震は, Bapat (p. 42-43) によって紹介されている. それは甘肅省地震の 1 日前に赤外線衛星画像に現れた地表温度の突然の上昇という, 彼の予測に基づいたものだった.

最新のカムチャッカと甘肅省の地震を編集した本 NCGT は, 数か月前から数年前の大地震の予測可能性について, 科学的観点からの有力な証拠が記されている. 太陽が長期にわたる低周期や活動休止期に入るとき, 地球はより壊滅的な自然災害を経験するであろう. 我々, 地球科学者は挑戦的で刺激的な時代に直面している.

編集者への手紙 LETTERS TO THE EDITOR

(久保田 喜裕 [訳])

あらたな地球膨張論の解釈 A new explanation of Earth expansion

Louis Hissink louis.hissink@bigpond.com 2017年8月22日

地球膨張論仮説のさまざまな解釈がインターネット上に公開されている：<http://www.aoi.com.au/EP/EP302.htm/> and <http://www.aoi.com.au/EP/EP303.htm/> 著者 David Noel, the Ben Franklin Centre for Theoretical Research, PO Box 27, Subiaco, WA 6008, Australia (davidn@aoi.com.au) による。

地球膨張論モデルはAとBの2つの部分に著されている。

パートAは、きわめて詳細な画像とビデオ映像とともに、さまざまなグローバル地質構造論の歴史を記している。

パートBはより詳細に説明されており、Concore Implosion という造語に基づいた別の可能なメカニズムを提案している。そこでは、重力の増大が地球のコアのある物質を中性子の中に凝縮することが提案されている。次いで、著者は天体観測のさまざまな解釈に基づいた Concore モデル (COmpressed Neutrons at CORE: 核での中性子の凝縮) を展開している。

著者は以下の要約で結論を述べる。

最初は Concore モデルで、宇宙 (惑星と星) におけるより大きな分離体 (discrete bodies) はすべて、コア内に中性子が凝集される過程における重力の増加によって形成された。原子核内の中性子ではなく、周囲の膨大な圧力によって急激に崩壊する中性子を意味する。

2つめはエレメントキッチン (the Element Kitchen: 訳者注 “元素の調理場” 的な意か) で、惑星の岩石や物質はそれらの外側で形成されたのではなく、コアとマントルの間にある Mesolayer の領域であるエレメントキッチン内で形成される。この激しく動揺する環境で、原子核は内部からの中性子の流れの下で、水素とより単純な元素から作られ、また分解されてきた。この過程で、外核では水素原子が崩壊することによって中性子を失う。そして、それに関連した膨大な膨張が地球や他の大きな惑星の膨張の原因となっている。

地球膨張理論の発想者は、ここで、地球のコアに想定された圧縮状態下での中性子の原子的振る舞いについて、重力の増加を抑制するもっともらしいメカニズムといった克服不可能な障害をもっているように思える。

原著論文 ARTICLES

造構活動の最近の活性化と油・ガス鉱床 Recent single-episode tectonic activation and oil and gas deposits

Vadim Gordienko
Institute of Geophysics, National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine
tectonos@igph.kiev.ua

(赤松 陽・岩本広志・矢野孝雄 [訳])

要旨: この論文は、炭化水素の発生過程と地殻内移動を、主にウクライナのドニエプル-ドネツ盆地を例に分析する。ここで述べられている過程は、移流多相性仮説の点で先行概念と一致する。先カンブリア代の卓状地やアルプス地向斜における最近活性化している構造帯の熱モデルが分析される。地質-地球物理的領域における異常原因の正確な位置を示すダイアグラムが描かれた。それらは、よく知られたオイル・ガス堆積物を胚胎する地域の有効なデータと一致している。

キーワード: 地炭化水素の発生と移動, 最近の活性化, 地球の地殻・上部マントル, 深部過程と地球物理異常

(2017年8月21日受付, 2017年9月10日受理)

はじめに

この論文は、本著者の前論文 (Gordienko, 2015) で修正された地下深部過程とみられている移流多相性仮説 (APH) に関するいくつかの課題をさらに詳述する。したがって、それはいくつかの繰り返しを含んでいる。

著者は、さまざまな地質学的、地球物理学的証拠 (Gordienko et al., 2006, 2008; ほか) によって十分実証されたような、最近の活性化 (RA) を伴うオイルとガスの存在 (炭化水素-HC 堆積物) の間の関連を考察する。そのような関係は、実際には新しいものではない。それは地質学の文献 (断層テクトニクス……, 1989; Lukin, 1997, 2004; 炭化水素に対する見直し……, 1989; ほか) における考察課題であった。今までのところ、そのような考えを越えた者はだれもいない。これらは“炭化水素に対する見直し……”において指摘されており (1989, p.48), たとえば, “…その地域において最近強化された構造運動は、生産性の高い炭化水素発生帯に一致するであろうとの重要な判断基準になる。最近の活性化 (RA) の役割は、つまるところ、堆積岩層や基盤岩に断裂帯をつくり、古期断層を再活動させ、“特に結晶質基盤や堆積岩層の深部では明確で、断層にほぼ平行に近い造構変位を生み出す、という確実な証拠になる。活性化帯の幅は少なくとも 10km に達する” (断層テクトニクス……, 1989, p.101)。関係がメカニズムの分析にまで存在するということは、認定ににかりかかるための時間の問題のようである。それは将来の評価基準として使われるにちがいない物理的な領域や地質学的現象における構造圏の活性化のプロセスや最近の活性化の出現を通じて、炭化水素堆積物の生成には決定的であるからである。前述した地質学的現象は、大部分、主にウクライナのドニエプルロードネツ盆地 (DDB) における堆積物データについての報告書にもとづいて研究された。地殻や上部マントルの岩石中に炭化水素の痕跡が広く出現するという有用な証拠によって、それらが存在していたことが確実にわかったので、私たちは、炭化水素堆積物をとりあげる。

炭化水素の起源に関する最近の研究では、有機と非有機の二者択一の議論に当てられていてひどく不自然に (わざとらしく) 見える。以下では、結晶質地殻岩石に含まれている炭素由来の炭化水素が有利になるような論拠が提示される。信頼できるデータに従えば、グラニュライト相においてさえ、メタ泥質岩 (metapelite) が“有機炭素標識”を示すグラファイトを包含している (Petersilier et al., 1979a, b)。言いかえると、現在は“非有機”的物質と考えられているものが、過去には“有機的”であったに違いないのである。しかしながら、炭化水素の有機的起源を確かめるために利用可能な判断に役立つ技術 (主に炭素同位体に基づいた技術) を、信頼できるだろうか? 大方はそうではないであろう (Galimov, 1973)。そのため、当分の間、最終的な判断を控えることが賢明かも知れない。とくに、有機物と

結合した“石炭メタン”の存在は全く明白なのだから (Azarov et al., 2009)。ウクライナの“一般的な”堆積物中のガス貯留量は、 $1.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ に達し、ドンバス炭田では $0.8 \times 10^{12} \text{m}^3$ を貯留している (Azarov et al., 2009)。炭田境界の外側に貯留している“石炭メタン”は、さらに豊富であり、(また、世界の他の国々におけるように) それらは従来の堆積物中のガス貯留量を上回る 260 兆 m^3 に達することは疑いない。それは、おそらく (たとえまだ証明されてはいないとはいえ) “シェール”ガスとそれに伴うオイルの起源になっている (Lukin, 2011; ほか)。

未固結堆積物に被覆された熱水リフトシステム (グアイマス Guaymas 海盆, ファン・デ・フカ Juan de Fuca リッジ中軸谷の北部, そしてゴードリッジ Gorda Ridge のエスカナーバ Escanaba トラフ) 中の炭化水素-石油 n-アルカン及び同量のメタン同族体の多量生成は、有機物質を含む海洋性堆積物の熱分解過程と関連づけられている (Belyayeva et al., 1992; Bogdanov, 2000; Simoneit et al., 1988; and Welhan et al., 1987)。

現在の研究は、炭化水素堆積物の起源の問題—それらの非生物源概念という側面を分析している。最近の 1 つの出来事としての注目されている移流-多相 (多相) 仮説は、その目的に合致するかもしれない。

最近の活性化の深部過程

著者 (Gordienko, 2016) は、当該のプロセスを詳細に考察した。この課題に取りくむために不可欠なその主な特徴を指摘しよう。

最近の活性化造構圏における熱移動のシナリオは、そのプロセスの不完全さとかつての地向斜あるいはリフトとはまったく異なる年齢をもった地域におけるその出現による不確かさを含んでいる。

最近の活性化期間に、熔融物質が過熱した地殻下領域から地殻中へ移動している (その地殻下領域は、およそ 500 万年前、卓状地の下の媒介物の収束点からの物質の上昇の間に、はっきりとした形をとったか、あるいは、アルプス造山帯における活性化の開始より前にそこにあった)。熔融体は、50 万年前には深度 30 ~ 40km にあり、容量は半分ほどであった。20 万年前には深度 20 ~ 30km へ移動し、容量は 1/4 になった。そこでの平均温度 (T) は $300 \pm 50^\circ\text{C}$ に増加する。塩基性地殻岩石がエクロジヤイト化したブロックは地殻下に沈み、温度は約 120°C まで下がる。地殻加熱はエクロジヤイト化作用の反応の“引き金”となり、熔融マントル物質によって運ばれてくる流体によってさらに加速される。流体自体は、角閃岩相の変成作用による岩石の部分熔融過程で生成された。転移速度は必要な範囲をうまくカバーする、すなわち、鉱物学的組成

変化は 0.05mm の粒子サイズで 10 万年を越えるかもしれない (Korolyuk et al., 2004).

最近の活性化 (RA) 帯での地殻薄化は、たとえそれがありえないとはされないにしても、いずれにしても、プロセスの選択の余地のない要素として見なされるはずはない。利用できる実験データ (今までのところ多くはない) は、そのような可能性に有利な証拠となる。活性化帯 (と表面での地殻の隆起) の下のモホ不連続面の移動の規模は、およそ 5km 以内である。

両方の解釈において、熱と物質の移動モデルは、カンラン石の濃集相への転移に対して十分と見られる上部マントル底での多相変質領域における温度の減少は仮定しない。地殻薄化は、0.6 ~ 0.7km におよぶ地表の下方撓曲をもたらすだろう。さまざまな深さ (異なる熱膨張率) での両者の表示温度変化による地表の推定隆起は、およそ 0.8 ~ 0.9km に達する。その相違は、取るに足らないものであるが、それでいて一方では、地表は 100 ~ 200m まで上昇したということかもしれない。上記の所見は、先カンブリア代の卓状地の RA に当てはまる。つまり、アルプス地向斜における最近の局所的な活性化という話になれば、状況はさらに一層不確かである。

温度の算定の結果は、地域の両方のタイプに対する地熱測定研究のデータと比較された (図1)。これに関連する引用文献は (Gordienko, 2010) に掲載されている。先カンブリア代卓状地における最近の活性化のケースでは、比較はまったく根拠の確かなものではない。たとえば、ゼノリスは若いアルカリ玄武岩によって運ばれたものである。言い換えれば、活性化のプロセスはマグマの成分を含んでおり、それは、多くの RA 帯には欠けている。最大の熱供給をもつ深度範囲にたいする熱モデルは、大部分類似しており、地熱測定のデータとも矛盾しない (図1)。それらは、部分溶融の 2 つのゾーンをはっきりと示している。やや厚いゾーン (深さ 50-60km から 90-100km の範囲の中の地殻下マントルの一部) と、20km よりやや深い深さでの下部地殻における薄いゾーンである。後者のゾーンは、地殻へのマグ

マの貫入が、計算されたプロセスの年代よりかなり先に起こったかどうか、完全に見落としているかもしれない。これらのゾーンはそれ自体、酸性~中性マグマの深度 5 ~ 10km への個別に侵入する地殻内部移流の給源である (Gordienko, 2007)。

部分溶融層が存在していた期間、それは個体物質の流動化領域に被われていた—そこでは、媒質は深部から供給された液体によって充填され、それは容量で数%を占めていた。そこでは (起源物質の必要量が存在しているので) 炭化水素が形成されるはずであり、堆積層の中へあるいは結晶質基盤上部へ浸透帯を通過して上方へ移動し、好都合な条件があれば堆積物中に貯留されるだろう。

炭化水素堆積物 (HC) の起源

上に述べられた深部過程の様式は、マントル (及び、おそらくその過熱された地殻下部) において、結晶質地殻や堆積岩層の中で (構成岩石中に有機物質が存在すれば) 炭化水素が生成されないことはない。

炭化水素生成への有機物質の関与を示すいくつかの生物指標や他の指標に関する有益なデータは、私たちに、それを多数のあるいはただ 1 つのものと思わずに、この源泉を現実のもの (Lukin et al., 2004) として見る手段を与えてくれる。たとえ地下水中の有機炭素の量が、世界のオイルの地下貯留量における炭素の量よりも 12 倍も多いとしても、堆積岩層の中のその総量は 4 桁も大きい (Shvets, 1971)。十分に厚い堆積層 (有機炭素の炭化水素への変換のための PT 条件を与える) が存在する地域においては、炭素は炭化水素堆積物の生成のために十分な量が供給される。しかしながら、(そこには) 主要な有機炭素と関連づけられないオイル・ガス田 (言い換えれば、変質作用で再移動され他のではない有機起源物質由来の炭素) が存在する。

地殻~上部マントルの深部に炭化水素が比較的安定的に存在する可能性は、証明済みとみさなれるだろう。"E.B. Chekalyuk (Chekalyuk, 1986 ; その他) は、

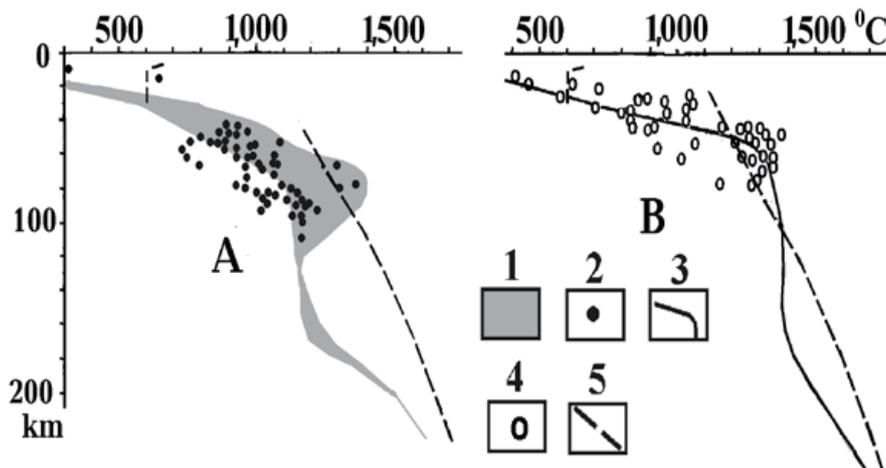


図1 先カンブリア代卓状地の上 (A) とアルプス地向斜内 (B) の RA 帯 (幅 60km) の推定熱モデルと地熱測定データ。1-台地 (中央部と周辺部) の RA 帯における推定温度 (T) の範囲。2- RA 卓状地帯 (アルダン Aldan, ヴィティム Vitim, そしてボヘミア Bohemian の各地塊) の地熱測定データ。3-アルプス地向斜中央部の RA 帯における推定温度 (T)。4-アルプス RA 帯 (カムチャツカ, 千島, そしてアペニン) の地熱測定データ。5-地殻内 (深度範囲 10-30km) における変成作用 (角閃岩相) におけるマントル岩石の固相線温度。

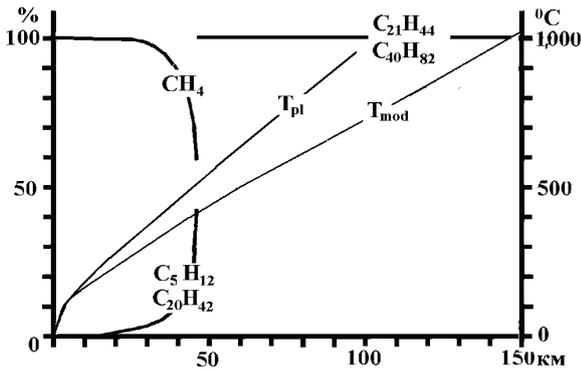


図2 地球の地殻と上部マントル（ダイヤモンドを含む大深度）の石墨と平衡状態にある炭化水素システムの気相組成 (Bychinsky., 2004). T_{pl} は台地に特有の温度分布を表す. T_{mod} は、モデル化の温度分布を示している。

地殻～上部マントルにおいて、平衡状態での炭化水素システムの構成要素や化合物の判定を意図した研究の広範なプログラムを実行した。彼は、重炭化水素の平衡状態が、それらの準安定的な特定領域外に存在する可能性に関する基本的疑問に肯定的に答えた” (Bychinsky, 2004, p.8). やや加熱された地殻～上部マントルについて妥当な証拠が図2に示されている。別の計算手法の結果に基づいた E.B. Chekalyuk の修正モデル (Karpov., 1998) は、他の重炭化水素もまた、上部マントルで広い条件範囲で平衡状態あるということを立てている。両モデルに使われている上部マントルの各深度における温度設定は、実際の温度よりもかなり低い。それにもかかわらず、パターンは本質的には同じであり、たとえそれらの成分あるいは集合状の組成が図2とは異なっていようと、重炭化水素はおそらく安定状態で存在するはずである。

マントルでの炭化水素生成の可能性、そして、対応するいくつかは深度にそれらが存在しているという結果（とそれに伴う現象）を示す証拠は、全てのあるいは多量の炭化水素鉱床がマントル起源であることを保証するわけではない。様々な見解が議論されてきた (Dmitriyevsky ほか., 1997, 2002 ; Dmitriyev ほか, 1994 ; Krayushkin, 2000, 2007 ; Lukin, 1997, 2009 ; Sugisaki ほか, 1994 ; 他). ときに、著者たちは、炭化水素の起源の診断のための炭素同位体に関する情報にしばしば頼っている (Kamensky ほか, 1976; Lukin ほか, 2004; 他). これらの著者は、人を納得させるような推論の道筋を全く考えていない。

E.M. Galimov (Galimov, 1973) によれば、マントルには2つの炭素の種類が存在する。それらは、-0.7%～-0.8%に相当する $\delta^{13}\text{C}$ をもつ動きやすい濃集炭素（ガス、石墨、そしてダイヤモンド）、つまり、炭素質コンドライトと同じ同位体組成（図3）の炭素と、ガス層に含まれず、もっぱら貫入岩をとまなう地殻に移送された分散炭素である。その $\delta^{13}\text{C}$ は -2.2 に対応する。つまり、その同位体はコンドライト的である。

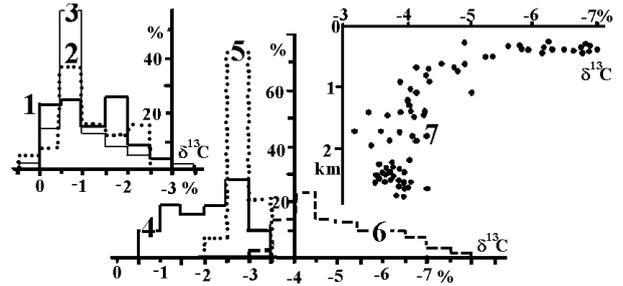


図3 さまざまな層における炭素同位体 (Galimov, 1973). 1-炭素質コンドライト； 2-ダイヤモンド； 3-別の起源の炭酸； 4-貫入岩に存在する地殻の石墨と分散した炭素； 5-オイル； 6-炭化水素ガス； 7-ガス堆積物の深さの機能・作用としての $\delta^{13}\text{C}$ の値。

マントル物質から地殻を形成する過程で $\delta^{13}\text{C}$ が不変であると仮定すれば、それはすべての炭素化合物の形成に関与して、地殻グラファイト同位体はマントル起源の炭素と一致するだろう。石油は地殻グラファイトまたはマントルに分散した炭素と関連している可能性がある。しかし、ガスの同位体（石油鉱床からの天然ガスを含む）は、 $\delta^{13}\text{C}$ 値の急激な変化の可能性を示唆している。このパラメータは、堆積物の深さとともに大きく変化する（図3）。硬質炭に吸着されたガスの $\delta^{13}\text{C}$ は -1.5～-7%の範囲で変動する (Galimov, 1973)。明らかな非生物起源の炭素化合物 - それは中部海嶺 (MOR) の結晶質岩石中に生成する - は、 $\delta^{13}\text{C}$ が -1.4%である (Bogdanov et al., 2000)。E.M. Galimov によれば、「... 炭素同位体の異種分別は、広範囲の地質学的過程を研究するために使用することができる。しかし同時に、等方性組成の測定に基づいてグラファイト起源についての過度の直接的な結論に頼らざるを得ないように、グラファイトの形成過程における微妙で多種の同位体組成の測定に基礎において正確に存在する。」 (Galimov, 1973, p.352-353)。これは炭化水素にも完全に当てはまる。それらの形成の手順および条件（既知の炭素同位体による関連する天然ガスの存在および相対濃度を含む）および起源物質を仮定すると、分別の結果を予測できる可能性がある。逆問題に対するいかなる解決策もないことは明らかである。

したがって、炭化水素鉱床の起源としての結晶質地殻とマントルの間の選択には、他のパラメータを用いることがより有利であろう。微量の炭化水素は両方の深度範囲で岩石中に広範囲に存在し、標準燃料で約 5～10t/m²の埋蔵量（総埋蔵量の 30～40%）が見積もられる。それらだけで、実在する石油・ガス鉱量を賄える。

この観点から、アルカリ苦鉄質岩とマントル起源の閃長岩中に頻りに報告されているメタン鉱床は興味を引かない。詳細な分析によると、それらの岩石は地表近くで二次的变化を受けたと考えられる (Ikorsky, 1977)。M.V. Borisov (2000) は、深部併入した流体中での水素の高い分圧は、組成岩石と熱水との相互作用の過程で生成したもので、別の内因的給源は想定されな

い。得られる流体とグラファイトおよび黄鉄鉱を含む岩石との相互作用により、硫化水素およびメタンを含む鉱石のない還元性流体の流れが形成される。熱水と広い温度 (320–550°C)・圧力 (30–150MPa) 範囲の様々な瀝青質および炭素質岩との相互作用を分析するために、特別な実験研究が実施された。結果は、前記の相互作用が石油、アスファルト、アスファルテンおよびメタンを生成することを示している (Balitsky et al., 2008)。このようなプロセスで生成した炭化水素の量に関する問題は未解明である。

炭化水素源は、それらの中の微量元素 (ME) と地殻の岩石の研究の結果から、様々な深さに存在することがわかっている：“... 石炭と油母頁岩の中の ME 組成は、下部大陸地殻の組成とよりよく相関する。一方、微量元素組成とはるかに密接に関連している石油中の ME 含有量は下部地殻よりも上部地殻に多い。石油および生物学的物質の ME 濃度の相関は、通常、下部大陸地殻中の ME 組成の場合よりも顕著に弱い (Rodkin et al., 2015)。

ウクライナの楯状地の結晶質岩石は、炭化水素に乏しい。地表付近 (Krayushkin, 2007) で得られたデータを地殻全体に外挿すると、結果として得られる資源密度の値は、貯留に必要な値 1/2 ~ 1/3 にすぎない。しかし、地殻の中の炭素量は、かなり多そうである。このパラメータを評価するには、地質電気学データのデータを使用することが理にかなっている。「花崗岩質」(4 km より深い) と遷移地殻 (transitional crustal) の全経線方向の導電率 (S) の積分値を持つ Volyn-Podolsk Plate (VPP) の沈降層の下での 100 ~ 150 Sm (時々、200 ~ 300 Sm) の分布 (Logvinov et al., 2009) は、ウクライナ楯状地の西側ではグラファイト含有領域に限られている (Gordienko et al., 2005 など)。

あるいは、地殻内で検出された導電率異常は、最近の活性化期間に形成され、グラファイトでは形成されない流体に関連する可能性がある。この場合、そのような重要でない S 値は、クラスト中の部分溶融層が結晶化してしまったプロセスの後期段階を指している可能性がある。しかし、問題の導電体の配置は、地質学および地球物理学的特性の観点から特定された最近の活性化領域と一致しない。

グラファイト含有領域において表面下でのグラファイトの存在深度や、地質学的証拠にもとづく正確な濃度を決定するとはできない (Yatsenko, 1998)。S の値を知ることによって、地殻内のグラファイト資源密度として積分特性を導き出すことができる： $Fc = H \cdot C \cdot \sigma$ 、ここで H はグラファイト化層の厚さ (m)、C はグラファイト濃度 (約 0.01)、 σ はグラファイト密度 (約 2.1 ~ 2.3t/m³) である。S = 50–150Sm, Fc = 110–330t/m²。これらは非常に大きな数字である。例えばドンバスの石炭埋蔵量は、Fc = 3–4t/m² にすぎない。検出された炭素は、活性

化期間に深部から輸送された水素 (全母材の 25%) と合計するならば、数十世代の鉱床の生成に十分であろう (Lukin, 1997 など)。それらは、堆積被覆層の関与なしに、連続的に出現・消失する (軽質成分を失い、再生成ビチューメンを保持する, Lukin, 1997)。

入手可能な証拠によると、上部マントル岩石は将来有望であるというかなり広範な最近の意見にもかかわらず、炭化水素の発生は疑わしい。

1. 物質が下部マントルから、および / または下部マントルとコアとの間の界面から供給されるという仮定を岩石学的証拠によって裏付けることは不可能である。それは純粋に理論的な推測 “... 最深レベルから表面に上昇した物質の岩石学的研究は、関連する深さが下部マントルの上部レベル (~ 650–700 km), すなわち最も深い地震の深さに限定されていることを示している。いくつかのダイヤモンドに見られるフェロベリクレースの含有物は、より深いマントルレベルの関与を排除するものではないが、そのような理論の明確に妥当な検証は行われていない。また、火山活動地域の下でマグマ生成過程に下層マントル物質の関与を明確に示す地球化学的データは知られていない。同時に、彼らは上部マントルのプロセスからコアの完全な物質的分離を証明している」 (Ivanov, 2010, p.87)。

2. 地質電気学データは、マントル内のグラファイト濃度を検出するものではなく、統合された地殻に想定されるものにも近い。東ヨーロッパ卓状地では、最近の活性化ゾーンの外では、上部マントルの ρ の値は 100 km まで減少し、 $n \cdot 100 \sim n \cdot 1,000 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$ に達する (Semenov et al., 2008)。明らかに、グラファイト化した地殻帯に関連するパラメータを有する導電体は、深部の地質電気学研究では検出しえない可能性がある。しかし今のところ、より良い情報はない。

3. 超塩基性岩石中の水素および炭化水素の含有量は無視できるほど小さい (Petersilier et al., 1979a など)。マントルゼノリスの組成情報によれば、グラファイトおよびダイヤモンドの濃度は、地殻形成のそれよりも低く、最大値で 10^{-6} – 10^{-7} オーダーである (Altukhova, 2012; Frolov et al., 2005; Shkodzinsky, 2014 など)。

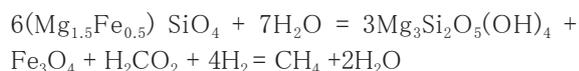
約 50km の厚さの層 (活性領域のアステノスフェアの通常の厚さ) からの炭素の完全な移動を仮定しても、鉱床を構築するのに十分な量の母材を得ることができない。カーボナタイトが炭化水素の形成に関与しているという仮定は、いかなる状況においても有望ではない。さらに、特定の深度範囲、特定の期間 (Gordienko et al., 2005 など)、特定の濃度範囲内での出現を実証するためには、特別な議論が必要である。カーボナタイト中の炭素は同位体的に重く、 $\delta^{13}\text{C} = -0.7\%$ である (Galimov, 1973)。地球マントルの主な構成母材と見られる隕石に関する情報 (Sobotovitch et al., 1982) は、

炭素質コンドライト（隕石総量の約5%）中のC含有量は、2%ほどである。残りのコンドライト中の炭素含有量を考慮すると、初期物質中のCの平均濃度は0.15%であるが、（炭素質コンドライトからの実質的にすべての水が移動すると仮定すると）地殻へ移動した量は数倍まで減少する。

4. 中央海嶺ガスの炭化水素量（これらのガスがマントル起源であると推定される場合、ただし多くの場合真ではない - Bogdanov et al., 2000）は、炭化水素の数10万年にわたる蓄積、大洋中央海嶺で採取された水素は、地殻の炭素がメタンの状態に補充するという条件で、実際の炭化水素堆積物の形成に必要なものとよく一致している。地球が失っている水素の量（惑星脱ガスによって損失が補充される）は、年間 2.5×10^5 トンになる (Belov, 2003)。同程度の量の H_2 が炭化水素を形成する場合、100万～200万年にわたって炭化水素の鉱床が探査済みの埋蔵量であった可能性がある。Galimov は、彼の出版物で「炭素質コンドライトから得られたマントル炭素は、水素が豊富で鉄酸化に富んだ媒体中に濃縮された形で存在するため、特に反応性が高く、気体の形態で地球の地殻に運ばれる CO 、 CH_4 、および CH_2 のような化合物」という (Galimov, 1973, p.337)。上記の状況は、隕石物質の再加工の前に、付加期間中に発生した可能性がある。炭素がグラファイトおよびダイヤモンドの形態で存在する現在のマントルの場合には、ほとんど見られない。地殻内の水素の潜在的なもう一つの源である間隙水の放射性壊変についても言及する価値がある (Lin et al., 2005)。

この仮定は、これまで適切に分析されていないが、そのような供給源の生産性の利用可能な評価は、他の潜在的供給源と「競合する」ことはないことを示している。最近の活性化の期間中に炭化水素鉱床を生成するための統合された地殻ポテンシャルは、塩基性岩石の過程での水素生成に関連している可能性がある。「カンラン岩は、ほとんど変わらない形で発見されている。それらは通常、超塩基性の蛇紋岩であり、しばしば完全に亜硝酸塩 / 蛇紋石に変換される (Zavaritsky, 1961, p.223)。 "... 深部ボーリングによって、我々は、濃縮されたガス-水素を含む孔隙をもつ非蛇紋岩質ダナイト岩体の存在を明らかにした" (Zavaritsky, 1961, p. 226)。

カンラン石と二酸化炭素を含む水流体との反応も可能である (Dmitriyev et al. 1999)。



海底における海水の役割は特に重要であると考えられる。これは、海洋中央海嶺のマグマ溜まりの周囲の過熱岩石に深く浸透する (Dmitriyev et al., 1999)。「噴出」水の過剰な塩分 (Bogdanov et al., 2000) は、この観点と矛盾し、大陸地殻の中部～下部（深度 20-40km）

のマグマ噴出孔は、最近の活性化期間中に地質学的短期間で形成され、塩基性あるいは超塩基性岩から大部分が構成されている。

ウクライナ楕状地中央部のデータによれば、厚さ 0.1-3km の蛇紋岩化した超塩基性岩が現在の削剥作用によって侵食されたことを示している (Ultrabasic ... 1979)。その量は深度と共に増大しなければならない。いくつかのブロックはグラファイトを含む。その結果、炭化水素の地殻起源に関する仮説は真実であるように思われる。活性化された地殻内の実際の状態での水素生成および炭化水素合成プロセスの速度に関する分析は進展していない。Welhanら (1979) が公表したデータによれば、中央海嶺リフトで1年間に $1.3 \times 10^9 m^3$ の CH_2 と $0.16 \times 10^9 m^3$ の CH_4 が生成されたと主張するのは、水素に対する十分な速度である。これらの量を 10^{3-6} 年の間に海洋中弧軸に存在していた比較的小さな熱水場に想定すると (Krayushkin, 2008)、水素生成速度は十分であると考えられる。

深度 5～20km、温度 25～400℃に対応する圧力 (Dmitriyev et al., 1999) に基づいて、塩基性および超塩基性岩の蛇紋岩化作用にともなう水素誘導実験を行った。中部海嶺の地殻内の自然状態 (Rainbow 熱水場) については、同様の最低深度と 350～500℃の温度範囲が確立されている (Barriga et al., 1997)。限られた条件の範囲内で H_2 と CO_2 からメタンが生成される可能性が高い。要するに、ある場合には、別に炭素源がなければ、炭化水素は出現しない。

これは、特に、ドニエプル・ドネツ盆地 (DDB) とドンバスの間のガス移動の違いを説明するだろう。現在のところ、両地域で有効化プロセスが進行中で、水素は地殻下部から移動しているはずである。ドニエプル・ドネツ川流域の北西部には活性化の兆候はなく、駆動するための大規模な炭化水素鉱床も存在しない。地球電気データの観点から、DDB の統合された地殻内に黒鉛の存在を確立することは不可能である (Gordienko et al., 2006 など)。しかし、かなり厚い Riphean 層が流域に存在し、その一部が水素の発生源となる可能性がある (Lukin, 1997)。そこには炭化水素が貯留されていて、商業用石炭層 (Nagolny Range など) の外にある Donbass 州の全層厚 10-20km の顕生代～原生代リーフェイ紀堆積岩層には炭化水素鉱床は存在しない。そのような堆積物には、活性化帯とは違ってグラファイトの存在が仮定され、流域およびアゾフ・マッシュフの周辺部に限って確認されている。「Donbass (Nagolny Range) の中心部では、水素溶存ガスは炭素酸化物と水素が含まれ、炭化水素化合物は存在しない」 (Lukin, 2004, p.54)。

炭化水素の生成に「使用されない」水素が大量に関与している可能性がある。Murich et al. (1975) は、データを分析してガス源に関する結論を得た (図 4)。

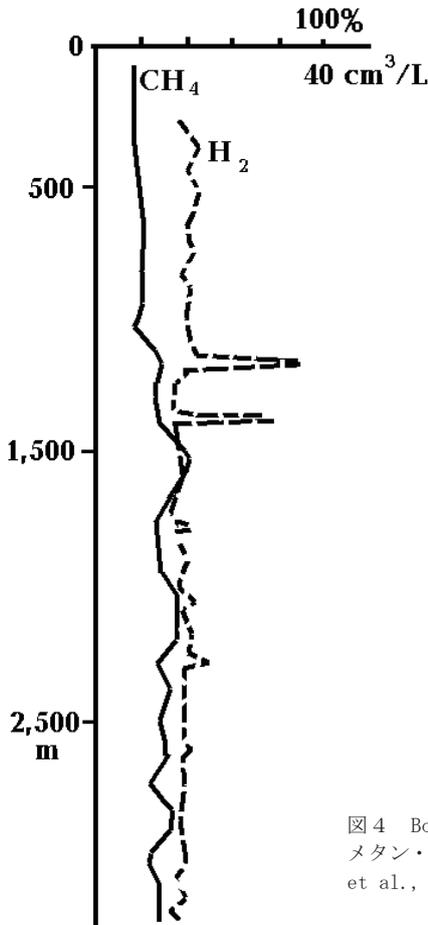


図4 Bobrikovo-1 孔内のメタン・水素分布 (Murich et al., 1975).

メタンの最も可能性の高い供給源は、ボアホールによって貫通された挟炭層（前期石炭紀の低炭素）の層である。水素と二酸化炭素はより深いところから供給される。

大深度からのこのような異常な水素の流れは、東ヨーロッパ卓状地 (Larin et al, 2008) のいくつかの地域で発見されている。明らかに、そこでは珍しいことではない。

一方、ウクライナ楕状地を横断するキロボグラド活性化帯の地殻では、集中的な導電性物体としてグラファイトが存在のみである (Gordienko et al., 2005)。その上の地殻上部では、水素が15%、炭化水素が70%のガス流が検出されている (Voytov, 1974)。濃度は高くはないが、地下水中の深度1kmまでの溶解メタンのバックグラウンド含有量はゼロに近い。

海洋中央海嶺に限定された水素・メタンを含有する熱水の研究は、上記メカニズムが炭化水素鉱床の形成に有効であるだけでなく、複雑なプロセスに制約があることを示している。特に、600°C以上の蛇紋岩化作用よりも高い温度でオリビンを含む岩石の変成作用によって作用が進行するはずである (Bazylev, 2000)。私たちは、awaruite (蛇紋岩オフィオライトによく見られる副成分鉱物であるNi₃Feに近い組成の天然合金) の塵状浸透の促進条件について研究している。中央海嶺下にこのような変成構造が存在することは、十分に予期される (図5)。

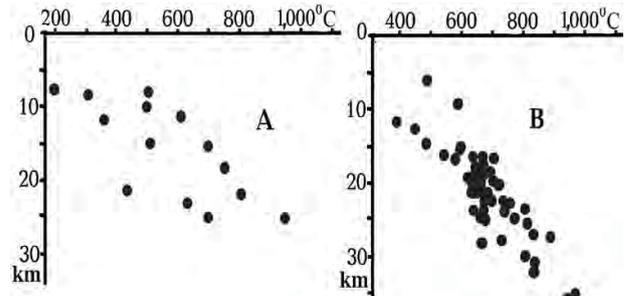


図5 大西洋中央海嶺 (Pogrebitsky et al., 2002) [A] とウクライナ楕状地 (Gordienko et al., 2005) [B] の地下における変成条件。さまざまな著者の報告に基づく。

限定的な変成作用は大陸地殻の岩石にも影響を与えた。ウクライナ楕状地に関するデータは、そのようなプロセスにおける一般的なPT条件の一例として役立つかもしれない。(図5)。

中央海嶺の下部地殻変成岩への加熱流体の影響の中で、蛇紋岩化作用における酸素による腐食は、カルサイトとドロマイトによって緩衝される。結果として、流体はH₂およびCH₄に著しく濃縮される。大陸性の含かんらん石岩石には、(100°C～200°Cの低温流体の影響下で)同様の作用が加わっていると推定される。蛇紋岩の上を上昇する脱酸素化高温流体の流れは、金属・硫化物・炭酸塩の微細粒子を運ぶ。それらは複雑な複合体を構成し、炭化水素鉱床生成岩石とまったく同種の組成をもっている。

炭化水素の輸送と貯留の機序にも言及する必要がある (Galimov, 1973 ; Gordienko et al., 2006 ; Lopatnikov, 1999 ; Lukin, 1997 など)。流体が活性媒体内で非常に速い転位を起こすことができるという事実 (破断帯浸透性の異常な一時的な増加) は、地熱の証拠によって十分に立証されている。特に、そのような活動的エピソードの1つ (「サーマルドーム」モデル) のために構築された熱モデルは、深度数 km までの温度測定データによって裏付けられている (Gordienko, 2007 など)。このモデルは、Donbass, ウクライナ楕状地などにおける最近の活性化帯のモデルとは異なる (図6の温度は同様の深度で低くなる - 図6)。これは表面近くの厚い流体防護層、すなわち Cimmerian 世の Donbass 層によるものである。それは、ヘルシニアン地向斜における諸作用による予熱、および中生代における地表露出時の温度が考慮に入れられている。この特定のモデルは、独立に導出されたデータによって検証することも可能である。

上記のメカニズムによって、鉱床内の炭化水素蓄積を保証する炭化水素輸送の様式を特定することはできない。非石油生成水域における石油酸およびフェノールの含量 (それぞれ 2 mg/L および 1 mg/L) は、油田水域 (3.5 ± 3 および 2 ± 1.5 mg/L) と有意には異なる (Shvets, 1971)。貯留槽は遍在的ではなく、水溶性炭化水素の貯留である可能性を除外する必要がある。

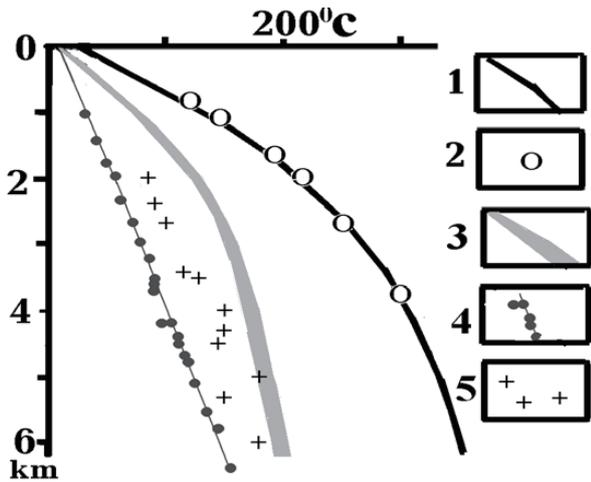


図6 ドンバス主要背斜の Cimmerian 熱ドーム, ならびにウクライナ楕状地とドンバスにおける現在の熱ドームの熱構造モデル
 1 - Cimmerian 熱ドームの推定温度分布. 2 - 地熱観測データに基づく温度. 3 - ウクライナ楕状地とドンバスの既存熱ドーム中心部での推定温度分布. 4 - Dnieper-Donets 盆地で掘削した孔井で測定された平均温度 (背景熱流量は 43mW/m²). 5 - Dnieper-Donets 盆地で掘削した孔井内の最高計測温度.

ある. 実際の PT 条件下での溶解度に基づく計算もこの結論を裏付けている.

図6に示すデータから推測すると, 流体の上昇過程における P・T の減少が, 軽質炭化水素を損失させる原因である可能性がある. 重質炭化水素は, 細かい気孔に「はまり込む」可能性があり, 小さな液滴や粒子

の形で散在した状態で堆積することもある (Galimov, 1973). このような特性の炭化水素は, 鉱床を形成しない. 鉱床形成には, 炭化水素の非常に速い濃縮と, 濃縮状態での貯留岩への輸送が必要である. そして, 媒体の「揺れ動き」も必要条件のように見える. 「地震は必ずしも促進要因ではなく, 炭化水素の移動と集積プロセスの可能性を決定し」, 「輸送においては気体の生成ではなく, 浮遊化機構に貢献している可能性が高い」 (Galimov, 1973, p. 141-142).

地震活動 (主に広範囲にわたる持続的微小動) は, 最近の活性化のゾーンでは一般的に認められる. 多くの場合, 小規模地震は十分に研究されていない. 図7は, ウクライナ周辺の地震震源分布を示す.

地震はウクライナの石油を含むすべての地域で発生するが, 炭化水素が豊富なドニエプル・ドネツ地方では非常に希少である. これは被覆の不十分さに起因する可能性がある. これらの特定事象を目的とした特別研究が行われるまで, 図7に示すボロネジ山地の弱い地震は本質的に無視されていた.

上記の炭化水素の生成パターンと鉱床形成は多少仮説的であるが, その要素は移流多型仮説 (APH) の概念の点で十分に調整されている. さらに, それは, 石油およびガス保有地域に固有の地質的および地球物理学的特徴を識別することを可能にする.

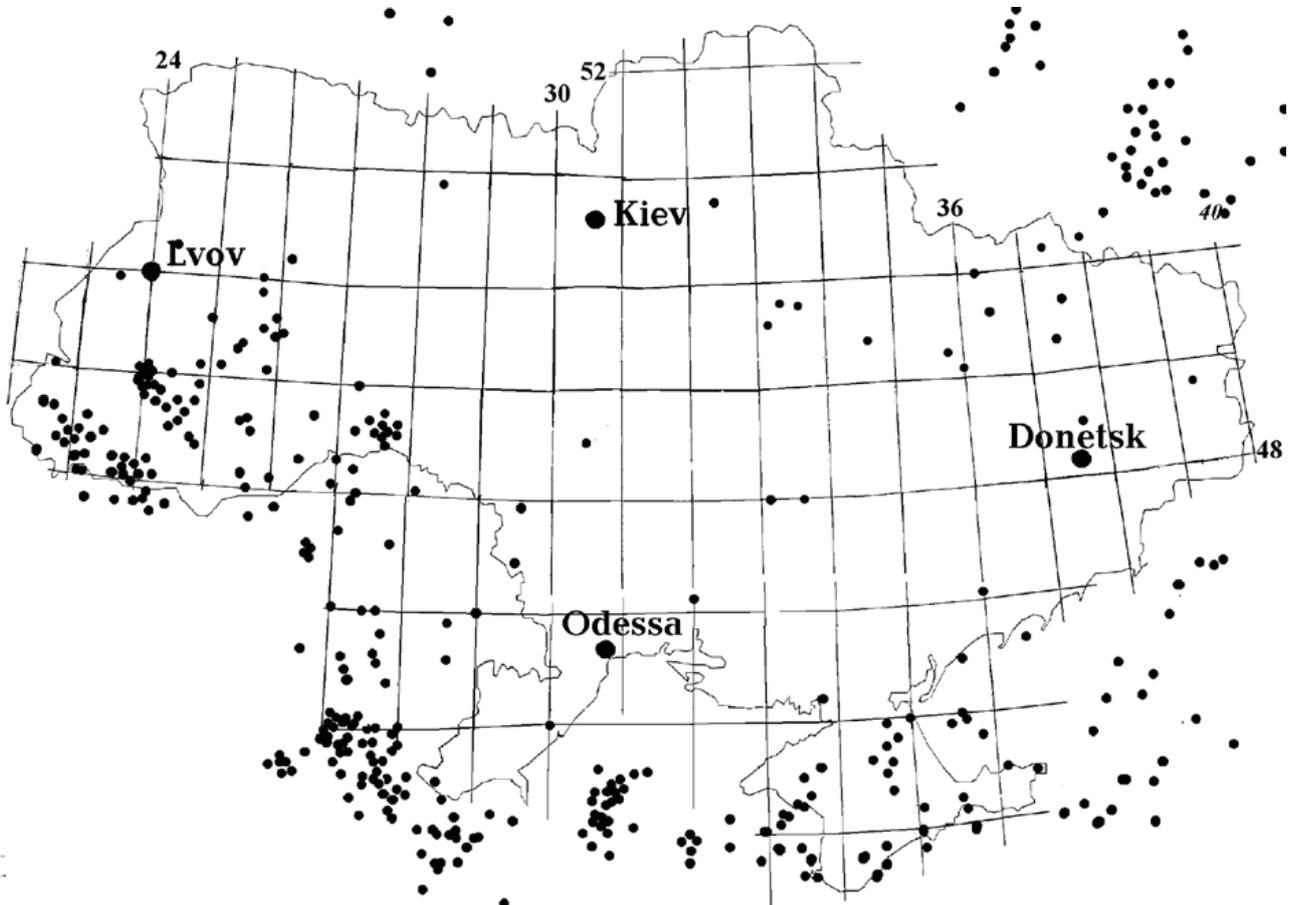


図7 震央分布 (Andrushchenko et al., 2009 ; Savko et al., 2008 ; Safronov, 2005 など).

油・ガス可採埋蔵量の将来的展望

炭化水素生成に必要な最近の活性化は、最近の活性化ゾーンにおける鉱床の存在を直接指し示すものではないことを、まずもって言及しなければならない。上で考察した油・ガス資源の生成メカニズムは、適切な条件が生じない限り、炭化水素が必ずしも深部生成場で形成されず、地表近くのトラップにも蓄積しないことを意味する。したがって、以下の基準は、石油およびガスの存在に関する一般的に使用される探査基準を置き換えるものではなく、それらを補完するものである。

実験的に得られたデータと比較できる特性を分析することは、確かな価値がある。実験結果には、研究中の地域の特性を反映する際に不規則になる傾向がある。それらのいくつかについては、ユーラシア北部の全領土で得られた資料は、ドニエプル・ドネツ川流域の限られた地域でも利用できる。ドニエプル・ドネツ川流域で特定されたすべての基準は、事実上、ウクライナの他の石油地域-カルパチアおよびシティアンプレートにも適用される。しかし、それらの発見は、ノイズの影響によって強く妨げられています。我々は、カルパチアのアルプス期と、スキタイプレートの隣にある黒海の裂け目に関連する物理場の地質学的プロセスや異常について研究している。これらの地域の石油とガスの潜在的可能性に関する将来の指標セットによると、あまり有望な地域ではないことが判明した。そのため、本稿では主にドニエプル・ドネツ流域に関する情報を記述する。他の地域に関する情報は、他の出版物で入手可能である (Gordienko ら, 2011, 2015, 2017; その他)。

1. 上部マントル・地殻の過熱。これは、プロセスの基本的要素であり、最近の活性化 (RA) ゾーンにおける物理場の異常、地表隆起および他の地質現象の原因である。卓状地の温度分布とは異なるマントルの温度異常は、地帯中央で $400 \sim 600^{\circ}\text{C}$ に達し、活性化された体積全体で平均化された温度異常は $1.5 \sim 2$ 倍になります。熔融マントル物質の侵入直後の地殻下部～中部では、中部地殻 (600°C) の岩石の固相線やよりも温度が高く、グラニュライト相岩石の下部地殻固相線 ($900\text{--}1000^{\circ}\text{C}$) よりも $200 \sim 400^{\circ}\text{C}$ ほど高い擾乱を引き起こします。地殻異常は急速に緩和するが、マントル給源のより高い温度は、上部地殻に到達した酸と中間の熔融物の別々の貯留層の周りで上昇する可能性がある。熱スプリングはそれらの上の熱をさらに運搬し、プロセスの段階に応じて、過熱現象は、比較的薄い透過性ゾーン (幅が数百メートルまで; 密接に離間したゾーンの場合には、異常がはるかに広いことがある) の近くに局部的異常として出現し、その後、深部熱源による地殻上部全体が加熱され、より広範に異常が出現する。

2. 熱流量の異常。地球の熱流の乱れは、最近の活性化 (RA) ゾーンと石灰岩領域に頻繁に出現する。しかしながら、原理的には、特別な計算から以下のように、熱流決定の従来の不規則かつ粗いグリッドによって検出できる空間的膨張異常として必ず検出できるとは限らない。マントルの年齢 (数百万年) と地殻 (数十万年) の熱源が比較的若い場合、それらの影響はまだ表面近くには及んでいない。加熱は、深部に定置した流体の上昇を促す透過性ゾーンの近傍にだけ影響する。そのため、 $1 \sim 1.5\text{km}$ を超えない幅の局所的現象として異常熱流量を観測することができる (Gordienko et al. 2006)。

局所的小および広域的の異常の強さは似ており、最大 $20\text{--}25\text{mW}/\text{m}^2$ に達する。卓状地では熱流量の絶対値は $60 \sim 65\text{mW}/\text{m}^2$ に達するが、山岳地帯では場所によって大きく異なる。前山では卓状地の値とほとんど変わらず、奥山のトラフでは HF が $100\text{mW}/\text{m}^2$ を超えることがある。

3. ヘリウム同位体異常。マントル岩石の部分熔融、地殻へのマントル熔融物の輸送、上部地殻への酸性マグマの侵入、深層から輸送された流体の循環の全てに、ヘリウムが関与する (^3He は、活性化された領域の地下水に侵入する地殻ヘリウムよりも 1000 倍高い。このような異常は、マントルでの作用が働いていて、それが若いことを明確に示す。) しかしながら、実際には、この基準は多くの場合に適用できない。なぜなら、異常の大部分は局所的であり、流出導管から短距離で消失しするからである。

4. 最近の数百万年にわたる地表隆起。上記概算は、表面が $100 \sim 200\text{m}$ の振幅で上昇し得ることを示す。隆起の主な原因はマントル上部における過熱であり、それは非常に強力なもので、最近の活性化ゾーンの長さに比例する深さに位置しています。その結果、我々は震源域よりも震央での振幅が小さくなると予測される。

5. 障害の活動化。最近の活性化帯の境界とその内部の障害に沿った変位は避けられない。しかし、ここでも、地表隆起に関する推論を適用することができる。古い断層の一部が「復活」する原因としては、その延長部に沿って地帯を越えて物質が移動している可能性が最も高い。すなわち、活性化に伴うこのような事象には、より広い領域の変動が関わっている。

6. 地震。地殻内で発生する応力源には、地殻と上部マントルにおける最近の活性化作用の様々な要素が関与している可能性がある。この課題に関するより詳細な研究は、次の出版物で報告されている: Gontovaya et al., 2007, 2009. 局所的な地震活動は RA 帯に限定される可能性が高いが、この現象はアルプス期変動帯とより古期の地帯との間で深度がはっきりと異なる。それとは別に、地震活動は多形的的相転換によって密

度が変化する地殻ブロックの変位に関連し、時間的には限られていて、観測期間と一致しない。上で指摘したように、利用可能な観測ネットワークしだいで、微小地震が簡単に見落とされる可能性もある。

7. 異常に高い貯留層圧力 (AHRP) のゾーン. 過熱した高圧流体が炭化水素の堆積物に壊れた場合、それらの出現は避けられません。包囲する岩石の実際の透磁率は、高圧が長続きすることを許さない。私たちは、数百年または数千年のスケールで地質学的なものにはほど遠い時間の伸びについて話しています。結果として、多くの炭化水素堆積物中の AHRP ゾーンの存在は、流体の継続的な供給および堆積物形成プロセスの不完全さを目の当たりにしている。

8. 溶液化学インバージョンと微粒子のゾーン. 地表由来地下水と部分混合している場合であっても、大深度からの流体に溶解した物質の化学組成は、前者の組成とは大きく異なっていなければならない。ウクライナの石灰岩地域の場合、これは主に、ドニエプル・ドネツ盆地、シスカルパス・トランカルパス谷の堆積層、およびスキタイ (Scythian) プレート地域における塩の拡散を担う塩素 - ナトリウム水の置き換えを意味する。炭酸塩水は塩素ナトリウムに取って代わるもので、給源域の流体は方解石と接触して CO₂ を緩衝し、溶解塩の組成に多様で微妙な特性をもたらす。

脱酸素化された流体の形成には、非常に複雑な履歴が痕跡として残っているはずである。中央海嶺の熱水場や大陸の超塩基性岩類の大部分の岩石は、その形成プロセスに関するデータ (オフィオライトのように区別せずに参照されることが多いが) の特徴を遺している。

流体が浸透する蛇紋岩に含まれる鉱物の組成が表 1 に示される。それらのサイズは 3 ~ 20µm の範囲であり、pentlandite や heazlewoodite のサイズは 5µm である。スピネル包有物が含まれることもある (Bazylev, 2000)。蛇紋石の中のいくつかの方解石とドロマイトは微細な相互成長を行う。大陸内の塩基性 - 超塩基性複合岩体では、2 ~ 5µm 未満の粒子として硫化物約が 15% の含まれ、ナノ粒子および微粒子を代表する...」 (Raskayev et al., 2009, p.635)。いくつかの小さな

粒子は、クロム酸塩 (Al と Mg の混合物, Mn, Ti, および V との混合物は少ない), Pt (およびプラチノイド), Au, SnO₂ および TiO を形成する。1 ~ 100µm の大きさの Cassiterite には、Ti, Nb, Ta, Fe, Cr, V, W が含まれる。輝石変成作用 (bastitization) の過程で、クロムとアルミニウムが岩石から除去される。

問題となるのは、それらの流体が、微粒子やナノ粒子をどれだけの範囲へ輸送できるか、そしてそれらが炭化水素堆積物に到達できるかどうかである。ドニエプル・ドネツ盆地の上部古生界に 1 ~ 100µm (Aseyeva, 1976) サイズの先カンブリア紀の微化石を流体が輸送することが証明され、その距離は 5-10km に達する (Lukin, 1997)。したがって、深部流体に溶解した塩の複雑な組成を除くと、周囲の岩石には典型的ではない特異な微粒子に富む鉱床が貯留層 - 流体の上昇流が停止または減速するところ - に蓄積することがある。

9. 地震波速度の異常. このような擾乱は、地殻・マントル岩石組成や鉱物組成の変化にも関連している。地殻の過熱と塩基性化は、負と正の速度異常の複雑なパターンを作り出す。それがこの地域の速度断面に重ね合わせられると、初期の地質学的歴史は、その地域の標準的速度とは大きく異なる可能性がある、そのために、最近の活性化によるのみ引き起こされた外的因子を確実に識別することは困難である (Gordienko et al, 2005, 2006)。

上部マントルにおける負の速度異常は、モホ不連続から 150km (図 1) までに顕著で、その P 波最大値は 0.3-0.4km/s に達する。しかし、上記の深度範囲内でさえ、マントル内に沈み込んだエクロジャイト化した地殻岩石ブロックのために、正の速度偏差が生じる。シベリアのキンバーライトから発見されたゼノリスのデータは、そのような岩石が長い間、その鉱物学組成 (したがって、異常な性質) を保持できることを証明する (Ukhanov et al., 1988)。モホ不連続の下にわずかに下降したエクロジャイトは、卓状地上の最近の活性化帯で最もよく発見される (Gontovaya et al., 2009)。それらの存在は、熱源の負異常を補償するはずである。したがって、最大で約 0.1 ~ 0.2km/sec の負速度異常は、深

表 1 中央海嶺産蛇紋岩の鉱物中の元素組成 (Bazylev, 2000)

Element	Content, %			Element	Content, %
	Awaruite	Pentlandite	Spinel		
S	0.12	33.39		O	19
Ni	74	44.22		Ti	0.3
Fe	24	20.39	29	Al	6
Cu	1	0.07		Mn	1
Co	0.7	1.47		Mg	4.5
Zn	0.04	0.01	0.2	Cr	35
Pb	0.04	0.02		V	0.1

度 50 ~ 100km のマントルに期待される。

10. モホ不連続面の深度減少. 最近の活性化の深部過程パターンに、地殻厚度の減少は必須ではない。そのため、最近の活性化 RA (そこには炭化水素鉱床が期待される) の予測基準として、モホ不連続性の上昇に関する仮定は考慮されていない。なぜなら、実験的に検出された地殻変動帯では、さまざまなイベントが地殻厚度に関与した可能性があるからである。それにもかかわらず、最近の活性化期間における熱-物質移動の多くの特性をより正確に定義するためには、前述の仮定と既知の深部地震探査データとの比較が重要である。すべての関連データを駆使すれば、不完全プロセスの中に信頼できるパターンが見いだされる。

11. 「マントル」重力異常. 最近の活性化過程で、上部マントルが熱的に再構成されることは確実である。計算は、そのような地帯の通常の大さを仮定すると、対応する重力異常値は約 20 ~ 30mGal に達し、ゾーンの縁部では 20mGal へ減少することがわかる。この偏差の値を求めることは容易ではない。計算精度は、地殻速度断面の誤差分と、地震波速度と岩石密度の関係式の妥当性に依存する。異常の予測には、地殻内の圧縮力の解放帯を考慮に入れるべきである。このような地帯は、比較的細い鉛直物体、すなわち透過的な断層帯で構成されているため、地震波速度パターンには必ずしも反映されない。マントル重力異常を評価するための技術は以下の通りである。まず、地殻と通常のマントルの重力効果を決定し、観測された場からそれを減算する。透水性断層帯の影響は、地殻内に源が存在するにもかかわらず、マントル効果に含まれる。計算結果では、断層直上での重力負異常が 5mGal に達することがわかっている。

12. 電気伝導率異常. 最近の活性化帯における地殻・上部マントル岩石の過熱および部分熔融は、上述したように高い電気伝導率特性をもつ地質体として表現される。熔融物質は、電気抵抗率 (ρ) が特に低く、 $0.7 \Omega \cdot m$ のレベルである。マグマ含有量が約 2% の場合 (Gontovaya et al., 2007)、部分熔融した岩石の ρ は 50 オーム m に減少し、厚さ 10 ~ 50km の全縦伝導率は 200 ~ 1,000 Sm となる。熔融物中の流体含有量 (50% に達する可能性がある) は、S 値を数倍に増加させるが、その結果、流体が部分熔融帯の上方の空間に移動するだろう。流体は、おもにマグマと一緒にマントルへ移動し、地殻へ侵入したマグマが岩石の急速なエコロジャイト化を促進します。

黒雲母は、地殻の“花崗岩質”層および遷移層を構成している実際の岩石の中で、加熱および部分熔融期間に流体を放出する最も有力な給源である。花崗岩中での含有量は最大 5%、さまざまなタイプの片麻岩では最大 15% である。黒雲母は、n 体積% の構造水を含み、600 ~ 700°C で水の大部分 (約 60%) を放

出する。この最大値は、含水量が少ないか、または無水鉱物と組み合わせた場合の値である。流体は、岩石に形成された孔隙を満たす。岩石の破断は、明らかな孔隙を生じさせるとは限らない。しかしながら、黒雲母が角閃石をへて輝石へ転移 (角閃石→輝石の変化も脱水反応) する間に密度は最大で 3% 増加し、それを補償する容積の孔隙が生じる。その結果、その媒質には $n \cdot 0.1\%$ の包有物が生じ、それらの電気抵抗が増大する (マグマ流体中の ρ は 0.04 オーム \cdot m と測定された) (Gordienko, 2001. 媒質の ρ は $n \cdot 1-10 \text{ Ohm} \cdot m$ となる。この物体の厚度が 10-15km の場合、S 値 (Sm) は数千になる。明らかに、岩石や鉱石中のグラファイト包有物 (バックグラウンド量) 間の接続性は増加せず、比抵抗は減少しない。

上記で分析された導電層の性質に反して、地殻内の熔融層 (存在する場合) そのものは、地殻の S 値にはほとんど寄与しない。多くの場合、部分的なマントルゾーンを確実に識別することも、中部地殻の流体によって形成される部分熔融層を確実に同定することも困難である。

予測データと実験データの比較

最近の活性化 (RA) 帯に伴う油・ガス生成の予測基準が、入手できる地質学的-地球物理的証拠とどの程度一致しているかを検証しよう。

1. 最近のさまざまな活性化帯のマントルに推定される熱異常は、いくつかの地域の地熱調査データに裏付けられる。この種の情報はアルプス地向斜で広く利用され、楕状地ではまれである。さらに、シベリア卓状地とボヘミア地塊の一部に存在する若い火山には炭化水素鉱床が伴わないのに対して、石油・ガスを産出する卓状地域では、火成岩は全く見られない (先カンブリア紀 ~ Cimmerian 初期)。そのため、地熱観測データに基づいて、油・ガスを産出する卓状地下の浅層マントルの熱モデルとの相関性について検討することは難しい。にもかかわらず、推定モデルをこの情報に最適化することは可能である。偏差はゼノリス鉱物の PT 条件の決定誤差以下である。

図 6 は、透過帯中心部における上昇流体の最大モデルで、地殻上部における推定温度 (T) 分布を示す。その近傍では、この地域のバックグラウンドとなる平均熱流量値に近い温度になる。ドニエプル・ドネツ盆地の場合、それに相当する値は 43 mW/m^2 であり、この温度は堆積盆地全体に共通する。測定された最高温度は推定温度異常に近いが、一致する (図 6)。

ドニエプル・ドネツ川流域で観測された平均地殻熱流量と同等の産油 Ciscarpathian トラフ (卓状地型基盤をもつ) の外側では、一般に熱異常がより顕著である。スキタイプレートも同様な異常が認められる。上記地域

の地殻における熱および物質移動プロセスは、ドニエプル・ドネツ盆地よりもやや早く始まった可能性がある。

アルプス期の産油・ガス領域 (Carpathians, Transcarpathian, Pannonian トラフ, および Kamchatka) の堆積層温度は、別の原因によってかなり高くなっている。

2. 熱流異常は、ウクライナ、パノニア地塊、プレコーカサス地域、カムチャッカ、西シベリアプレート、および他の地域のすべての石油に富んだ地域で検出されている。すべてのアルプス地帯では、前縁凹地を除くと、熱流異常は卓状地で観測される異常をはるかに超えている。違いは予測値にほぼ等しい。異常の測定作業は岩石の局所加熱のみに関連する地域で最も難しく、ドニエプル・ドネツ盆地の熱場はそのような事例である。背景熱流量はあまり高くなく、 43m/Wm^2 である。我々は、3つの平均二乗誤差によってバックグラウンド上の異常を決定して、 55m/Wm^2 の値をえた。このような (またはそれ以上の) 熱流量値が測定された地点分布が図8に示されている。明らかに、異常は凹地全体に認められる。ドニエプル・ドネツ川流域からドンバスへの移行地帯ではその密度が増し、ドンバスでは、その偏移はすでに局所的ではなく、地域のかなりの部分に広がっている。この意味で、Dnieper-Donets Basin と Donbass の最近の活性化作用のパラメータは、まったく異なっている。

油・ガスが見つかっていないドニエプル・ドネツ盆地北西部に熱流異常が広がっていることは、かなり奇妙である (図8)。おそらく、他のメカニズムが熱流異常に関与している可能性が想定される。これは、石

油やガス発生基準として HF の役割を大きく低下させる。この結論は、残留ビチューメンの年代のより詳細な探査によって立証する必要がある (仮説としては、Desna 盆地にかつて存在していた炭化水素鉱床の痕跡: Lukin, 1997)。

ところが、Dnieper-Donets 盆地の炭素を含む Riphean 層の初歩的開発結果によると、低熱流量異常と炭化水素鉱床が一致していないとも考えられる。その岩石層は東経 34° と 37° の子午線の間にもみ存在しているが (Lukin, 1997), その分布を超えて地層が連続分布している可能性を排除できない (炭化水素鉱床は東経 $32^\circ 15'$ まで追跡される ... ; Atlas, 1998)。

地下水中のヘリウムの同位体比 ($^3\text{He}/^4\text{He}$) が、多くの産油地域で測定された Kamchatka (Kamensky et al., 1976), Pre-Caucasus 地域 (Polyak, 1988), ドニエプル・ドネツ盆地, Pripyat (Pripyat) などのトラフ, カルパチア山地, パノニアン地塊, スキタイ (Scythian) プレート (Gordienko et al., 2001) などが挙げられる。全ての地域において、有意な異常が記録された。これは、マントルヘリウムが地表近くの流体へ異常をもたらしていることを示すが、この見解は明確ではない。Dnieper-Donets 盆地での異常はあまり大きくなく、Carpathia 山地とシシリープレートでは著しく顕著である。同時に、大規模な炭化水素埋蔵量が局在しているシスカルパチア (Cisrarpethian) トラフでは、ヘリウム同位体異常は認められない。

ドニエプル・ドネツ盆地でバックグラウンド値よりも高い $^3\text{He}/^4\text{He}$ 比 (約 2×10^{-8}) が観測されているのは盆地南東部 (図8) だけで、およそ東経 $32^\circ 45'$ 付近に限

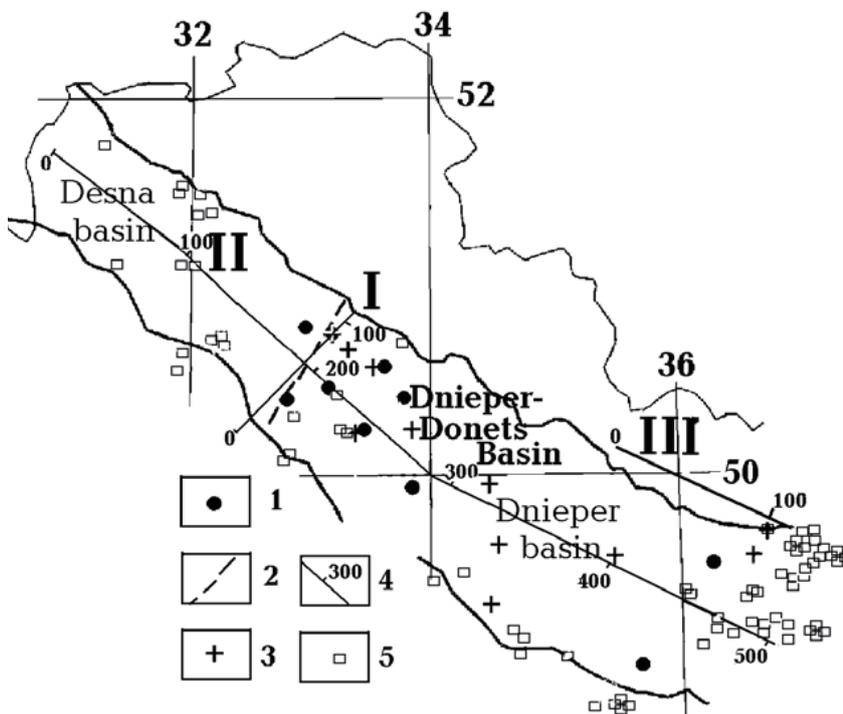


図8. ドニエプル・ドネツ盆地における活性化と石・ガスの存在指標
 1 - $^3\text{He}/^4\text{He}$ 異常 2 - 水文地質学的反転領域の北西境界 (Lukin, 1997). 3 - AHP (異常高圧) ゾーンは鉱床領域で、そのうち100万年未満のものである (Atlas ..., 1998; Lukin, 1997). 4 - 2次元地電位モデル I および II の断面線, および重力モデル断面 III (Gordienko et al., 2006) (下記参照). 5- 55m/Wm^2 よりも高熱流量領域.

られている。北西の Desna 盆地では、異常は認められないが、Pripyat トラフ以北では再び観測されている。これは、盆地やトラフにおける炭化水素鉱床の分布に一致する (Atlas ..., 1998)。

Dnieper-Donets 盆地のヘリウム同位体異常は局所的特徴的なようである。唯一の実測例では、 $^3\text{He}/^4\text{He}$ パターンが距離の関数として調べられたとき、背景値はそれらから 1km 離れたところで測定された。

油・ガス発生に関する予測ヘリウム同位体基準は正しい、と結論される (Valyaev et al., 2014 など)。しかし、その適用はかなり限定されていて、世界中の多くの鉱床で測定された $^3\text{He}/^4\text{He}$ 値は疎らで、グリッドも不規則である。

4. 図 9 は、Verkhovtsev (2006) が公表した結果に基づいて、約 300 万年にわたって発生した沈降盆地の隆起を示している。

図 9 に示す隆起パターンは、予測値に相違しない。凹地の活性化部分の北西境界はほぼ同じ位置にあることは明らかで (図 8)、特に、長期間にわたる表面変位のデータを見た後では強い印象を受ける。いっぽうで、隆起パターンの復元は完全ではなく、ドニエプル・ドネツ盆地の産油領域は依然として別の構造に属している。

また、ドニエプル・ドネツ盆地から東経 34° のボロネジ地塊斜面までの異常隆起も注目し値する。東経 35° 以東には、隆起帯内にドニエプル・ドネツ盆地の外縁断層の北にある地盤岩にガス鉱床が存在する。

5・6. 最近の活動化期間における断層変位は、本質的にウクライナ全土に記録されている (Verkhovtsev, 2006)。そこには多数のゾーンがあり、断層沿いの変位がそれらを越えて広がる可能性があり、著しく特異な地帯である。これらの断層は、ドニエプル・ドネツ盆地に典型的な正断層と衝上断層で、いくつかの変位はかつ

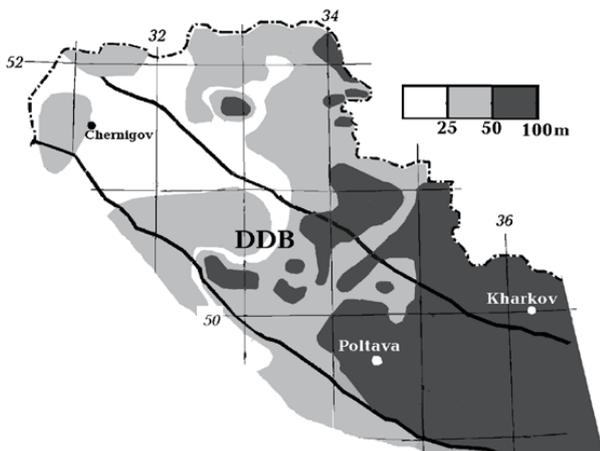


図 9 ドニエプル・ドネツ川流域における最近 300 万年の地帯隆起量分布 (Verkhovtsev, 2006)。

ての大規模変位を継承している。最近の変位のほとんどは古期小規模断層を「再活性化」しているか、または、そのような断層が発見されていない場所を通過する (図 10)。

このように、ドニエプル・ドネツ盆地の断層は再活性化し、深部からの流体輸送を促進するので、予測基準は炭化水素堆積物に有望な領域を示すが、実際の重要性はない。同じことが地震活動にも当てはまる (図 7)。凹地内のより詳細な研究によると、より小規模な地震が起きているとは考えられない。ウクライナの他の産油地域やそれを超えても、地震活動はある程度記録される。それにもかかわらず、炭化水素鉱床がない最近の活性化ゾーンでも地震が発生することがある。

広範囲にわたる深部過程のシナリオを含む最近の活動化帯の震源の深さを予測することは不可能である。浅発地震が凹地内部に広く発生するという仮説が提案される可能性は大きい。個々の場合 (最近の活性化帯の内部ではあるが、明確な産油地帯以外) に深発地震が発生する可能性はなさそうである (Gordienko et al., 2008a, 2008b)。ウクライナで発生するのは浅発地震だけで、地殻内の地震だけが記録されている。

7. Dnieper-Donets 盆地やウクライナの他の産油地帯では、高い異常間隙圧 (AHPP) 域が一般的である (Atlas ..., 1998)。Volyn-Podolsk プレートはそのような異常が知られていない唯一の地域である。この地域に稀に発見されている小さな鉱床は、深部流体の循環帯の上部にのみ貯留されているか、高圧下で液体供給後に長時間を経過している可能性があります。

8. 水化学インバージョン帯の発生域は、AHPP 帯の発生とほぼ同じ地域である (図 8)。それらはウクライナの豊富な産油地域や他の場所で重複している。インバージョン現象は、炭化水素の輸送流体が深部起源

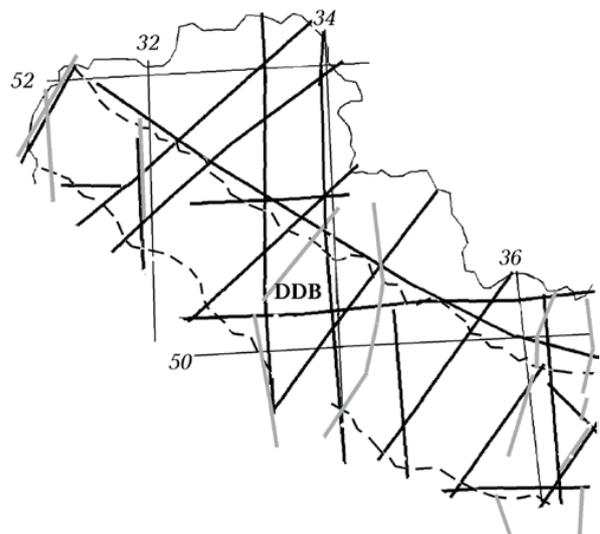


図 10 過去 300 万年に再活性化された断層 (Verkhovtsev, 2006)。灰色線は古期大規模断層 (Map of fractured zones..., 1988)。

であることを明示している (Lukin, 1997, 2004 ; Lukin et al., 2004). 深部起源流体と、断面浅部の流体の化学的差異は、概して予測値に近い。

以前に変成した塩基性 / 超塩基性岩石の蛇紋岩化の過程で流体が脱酸素されて形成された金属、金属微小粒子およびナノ粒子の複雑な複合体、ならびにそれらの酸化物、硫化物および炭酸塩が、近年様々な地域の炭化水素鉱床で発見されている (Lukin, 2009). Dnieper-Donets 盆地において、特に暗泥質物質中での観察であるため、それらの含有率を正確に把握することは不可能である (Lukin, 1997, 2006). それらの評価のためには、初期の含有率 (粒子が流体に捕捉された直後) と、輸送中の変化 (粒子サイズは約 2 桁まで変化する) および堆積時の変化を知るが必要があるが、そのような情報は得られていない。実際の炭化水素鉱床の研究は大陸岩石に一般的な条件の知識を必要とするのに対して、海洋性岩石の変化を自然条件下 (大水深) でより完全に研究するにはさらに困難が伴う。「海洋性かんらん岩とオフィオライト (広義には ... という用語) かんらん岩の変成条件の違いは、オフィオライトかんらん岩に共通する *brucite+serpentine, antigorite+olivine, calcite+serpentine, dolomite+serpentine, and diopside+serpentine* のような岩石 / 水比が小さいいくつかの鉱物組み合わせは、海洋性かんらん岩には知られていないか、ほとんど見られない」 (Bazylev, 2000). 我々は、計算および観測された包含物 (とくに、自然鉄およびニッケル) の組成にみられる一般的な類似性だけしか知らないが、この記述は流体形成に関する仮説を支持する重要な考察であろう。

9. ウクライナの産油地域の地殻の地震波速度分布に関する利用可能な情報は、速度異常を特定するために十分に正確なものでもなく、信頼できるものでもない。多くの場合、地殻岩石の塩基性化に関連する異常が熱的影響を補うという印象を受ける。ちなみに、深度 20 ~ 27km の Transcarpathian トラフ (Lithosphere and Asthenosphere ..., 1980), 20 ~ 30km の Pripyat トラフ (Boborykin et al., 1993), および 20-23 km のバルト海 Syncline における異常が個別に観察された。それらの深度は、現在部分溶解している可能性のある角閃岩相の変成岩を含む遷移地殻層に共通する深さとかなりよく一致している。

マントル上部における V_p 異常の特定に関する状況は、事実上の証拠の大部分が利用可能であるため、若干良好で、仮定された偏移をうまく計算できる可能性が大きい。P 波のより低速度が、多数の花崗岩地帯のマントルで検出されている。マントルの速度断面を北部ユーラシアの石油・ガスの存在と関連させることは興味深いことだろう。このような比較研究を行った Bulin et al. (1999) は、明確な結果に到達しなかった：負の速度異常は、ガスおよびガスコンデンセート鉱床 (V_p

値 7.9-8.2km/s) の下のマントル上部 (厚さ数十 km の層) に低速度異常が見出された。同時に、65% の石油鉱床の下での速度は 8.3-8.7km/sec に達した。深部過程モデルにおける速度分布計算は複雑である (上記参照)。積分効果の評価は、異常の兆候が同じままでなければならず、熱の影響による偏移の総量と比較すると、その速度が 0.1-0.15km/s 減少することが示唆される。この作用が若い時代のできごとであることを示すためには、大量の高速エクロジャイトが地殻の真下に位置することを証明する必要がある。そこでの負異常の保全には問題が山積している。

予測を検証するために、深部地震探査から抽出された事実上の証拠、ならびに産油地域に関連する非爆破性地震探査データが使用された。得られた速度断面は、数 10km ~ 100km の厚さをもつマントルのサブクラスタ層を覆っていた (Boborykin et al., 1993 ; リソスフェアの地球物理学的パラメータ ..., 1996 ; Gontovaya et al., 2007 ; Lithosphere and Asthenosphere ..., 1980 ; Ilchenko, 1999 ; Pavlenkova et al., 2006 など)。図 11 に断面位置を示す。

これらの断面は、バルト川流域、Pripyat トラフ、Pannonian 地塊、Transcarpathian トラフ、スキタイ (Scythian) プレート、東ヨーロッパ卓状地の東部、西シベリアプレート、シベリア卓状地の南部と東縁、およびカムチャッカに位置している。速度断面は、100km 間隔で炭化水素鉱床帯 (産油地域) 外の広大な卓状地に選定された。 V_p 値は 40km ~ 20km の深度区間で平均化された。同じ手法が産油地帯についても行われた。それらの比較結果を図 12 に示す。

卓状地の実験データは推定パターンに一致する。より具体的には、これらの地域では、マントル中のエクロジャイト含有量は、モデルで採用されたエクロジャイト含有量と大きくは変わらない。活性化された産油域内でデータが一致するのは 100km 以深だけである (図 12)。より浅い深度では、予測のとおり、より高速度になる。というのは、過去に支配的であった異なる内因的条件を備えた地域における別の深度へ沈降する十分な時間をかけた地殻エクロジャイトが存在するからである。

10. 非活性化卓状地およびユーラシア北部の活性化された産油域について、モホ不連続面の深度分布ヒストグラムが知られている (図 13 参照)。

地質学的に類似しない前史を持つ領域において広大な範囲から収集された実験データからは、統計的に、地殻薄化の影響がきわめて明確である。モホ不連続面深度の変動は約 5km で、これは最近の隆起運動の振幅評価に採用された値に一致する (上記参照)。

このヒストグラムはドニエプル・ドネツ川流域のデータを使用していない。これは、盆地の地殻が薄くなる時期

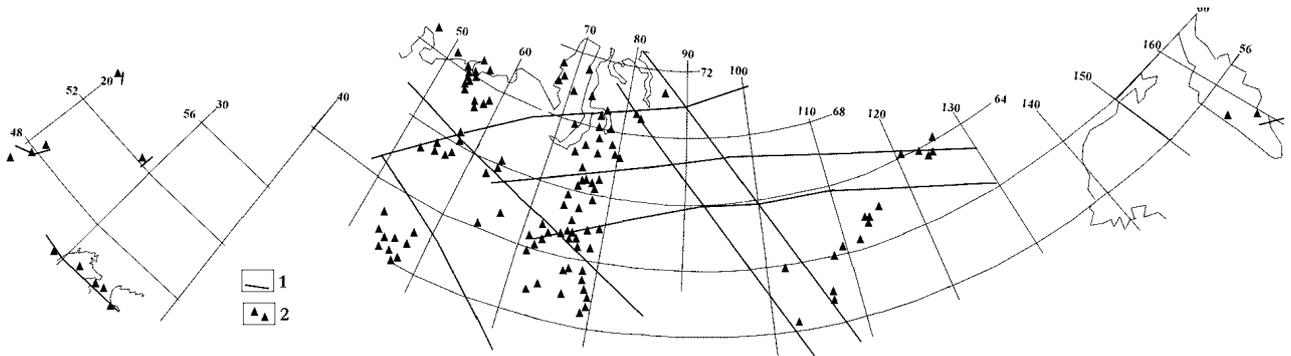


図 11 北部ユーラシアにおける上部マンツルの速度断面 (1) と既知の炭化水素鉱床 (2)

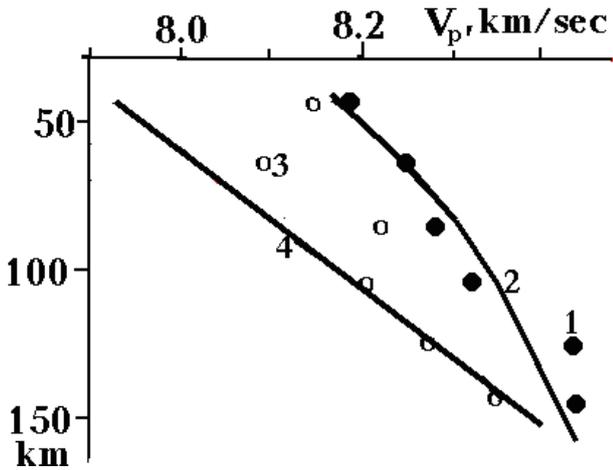


図 12 北部ユーラシアの上部マンツル V_p 分布
 1 - 最近のアクティブ化 (RA) ゾーン外の卓状地の平均値; 2 - 推定された速度分布 (卓状地下マンツルにおける正常および低温 (T) の平均値); 3 - 産油域地下の平均値; 4 - 推定速度分布 (図 1 の熱モデルの平均値)

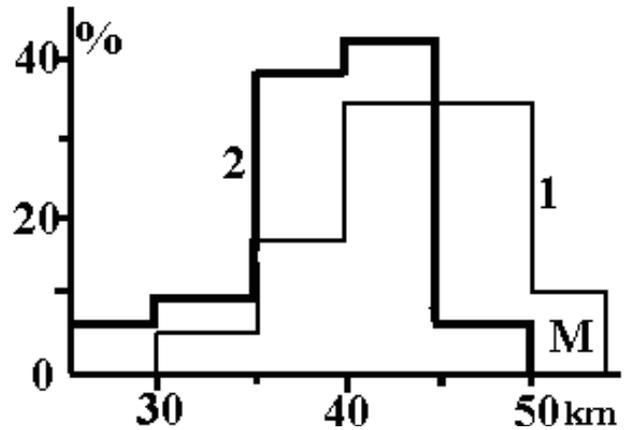


図 13 地殻厚さヒストグラム. (1) 卓状地, (2) ユーラシア北部の産油域.

が不確実であるためである. 沈降が進行中のモホ不連続面の平均深度は約 39km であり, 厚い古生代堆積層とそれに比べると薄い中生代堆積層は, ヘルシニア期のリフト形成と Cimmerian の活性化の間の期間に地殻薄化した可能性を示す. 当該の作用における最近の活性化の貢献度は, 個別に分析する必要がある.

11. ドニエフ・ドネツ盆地の事例では, マンツルに関する重力異常と中部地殻の地球電気モデルを十分な信頼性をもった分析が可能である. ウクライナの他の主要産油域やそれ以外の地域でも, 十分に詳細なモデルはこれまでに得られていない. 異常には, 当該領域における最近の活性化に関連しない強い規制を受けている可能性がある. マンツルの影響による重力異常の同定を妨げているものは, カルパチア地方 (Cisrpathian トラフを含む), カムチャッカ地方 (アルプス期地相向斜の影響), およびスキタイ (Scythian) プレート (黒海の若いリフトの影響) にも認められる. そのような障害はバルト海の Syneclise および Pripyat トラフには存在せず, 影響はごくわずかである. それらがドニエプル・ドネツ川流域で把握されている特徴と差異がないことは重要である.

Dnieper-Donets 盆地では, 7つの横断深部地震探査

断面とそれらの間を通る6つの補助断面に沿って地殻密度モデルが作成されている. 補助断面の場合, 地殻の速度断面は, 隣接する断面の平均速度を表す (Gordienko et al., 2006). 速度断面を密度 1 に変換し, 地殻と通常マンツルの重力効果を与え, 観測された重力場と比較した. この違いは, マンツルの重力異常の影響やマンツル異常密度の影響に加えて, 初期モデルでは考慮されていない地殻に影響されたマンツル由来の重力異常が反映されている. 私たちが調査を行った具体的事例では, これらの異常は, 流体が堆積層の深部から上部へ移動する透過的断層帯であるかもしれない. 計算誤差の評価は, 確実に同定されたマンツル異常が -20mG になることを示す. この異常の位置は図 14 に示され, ドニエプル・ドネツ盆地の既知の炭化水素堆積物に相関する.

観測された異常が, 地殻下にあるマンツル領域の熱的減圧効果として決定された予測値にどの程度一致するかを分析しよう. より深部での熱的減圧効果は強くなく, モデルには反映されない. 沈降盆を横切って (最近の活性化帯も横切って) 推定されたパターンが, 図 15 に示される. それは, 実験的に確立されたマンツル重力異常値に相関する. このような異常は確認済みで, 予測値と実験値の差は数 mG にすぎない. これは, 計算誤差よりも小さいことは明である. それとは別に, 最近の活性化期におそらく「復活」したこと, また Riphean 期の縦断的障害に関連する追加事項も記述されている.

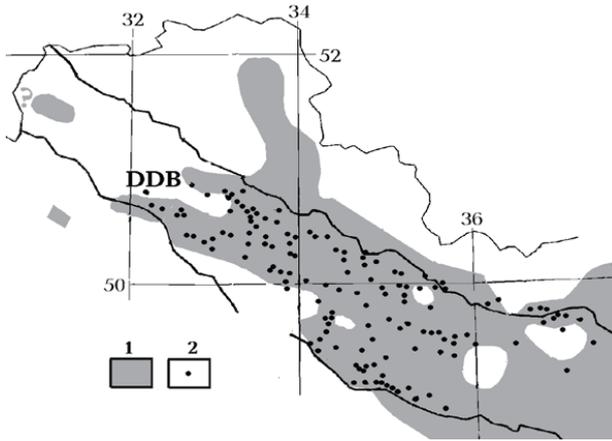


図 14. ドニエプル・ドネツ流域の” マントル” 重力異常
1 - マントル由来の $\geq 20\text{mG}$ / 1 の負重力異常の影響範囲. 2 - 炭化水素鉱床

図 14 のデータは異常が炭化水素鉱床に一致することを示すが、逆に、異常にもとづいて産油域を特定することはできない。異常は、最近の活性化帯の全体を反映していて、より広範な領域にも拡大している。主要範囲の他に、より南西、西、および北西にある小規模な異常は、最近活性化した Kirovograd, Dnieper, (おそらく) 南部 Pripyat 帯の縁に一致する (Gordienko et al., 2005, 2006)。主な偏移の南東側の東経約 34° に沿って、Kirovograd の最近の活動化帯 (地磁気データが示すように、ウクライナを越えて広がっている) の北部に沖合に異常が見られた。その沖合では、継続期間に応じた沖合異常を観測することができる。ドニエプル・ドネツ盆地の北東端 (図 8) に見られる透過的断層に関連する重力異常を、マントルに影響されない「純粋な」状態で解析が試みられた。これらが可能になったのは、掘削で提供される堆積層の厚さおよびその組成に関する多くの情報が得られたからである。Dnieper-Donets 盆地におけるマントルの減圧と堆積層の影響は、観測された場と整合的であった (図 16)。

異常の強度は約 5mG に達する。この地域の断裂帯パラメータを研究し、減圧域の最適な幅を決定することによって、適切な重力効果を計算することができた (Gordienko et al., 2006)。ドニエプル・ドネツ盆地の北東端にある既知のガス鉱床は、選択された区域にほ

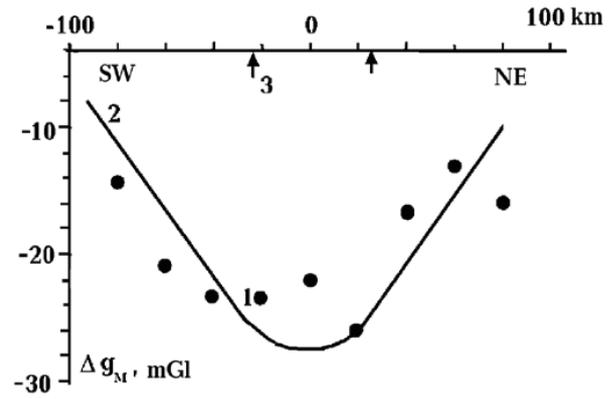


図 15 (1) ドニエプル・ドネツ川流域のマントル由来の重力異常と野外観測結果との比較. (2) 推定温度異常. (3) Dnieper-Donets Riphean 地溝における縁断層の位置.

ぼ完全に収まる。堆積盆地の縁の強い熱流量異常は、盆地内部ほどは大きくない (図 16)。パラメータの増加は、明らかに、堆積物の大部分を制御する透過性ゾーンに関連している。

炭化水素鉱床の形成プロセスに適用されたモデルは、2つの電気伝導異常-地殻内および上部マントル-の予測を可能にする。そのような異常は、いくつかの産油域に知られている。バルト海の Syncline では、深度 $20\text{-}23$ と $50\text{-}80\text{km}$ に認められる (Gordienko, 1993)。カムチャッカ東部では $10\text{-}40\text{km}$ と $70\text{-}100\text{km}$ である (Moroz, 2009)。スキタイ (Scythian) プレーートの西側では、 $10\text{-}30\text{km}$ と $40\text{-}100\text{km}$ 、ウクライナの Scythian プレーート中央部では、 $15\text{-}20\text{km}$ と $80\text{-}100\text{km}$ 、Cisrpathian トラフの一部では $20\text{~}30\text{km}$ と $50\text{~}70\text{km}$ 、あるいは $10\text{~}20\text{km}$ と $50\text{~}100\text{km}$ 、Pripyat 凹地では、 $20\text{-}30\text{km}$ と $50\text{-}80\text{km}$ 、そして Pannonian 地塊では $70\text{~}100\text{km}$ である (Goelectrical model ..., 1998)。折り畳みカルパチア褶曲帯とトランカルパチア・トラフに関しては、マントル導電体のデータが矛盾していて、地殻内導電体は約 $10\text{~}20\text{km}$ の深度範囲にある。そのような情報は一般的に予測とは異なるが、詳細は未解明である。

Dnieper-Donets 盆地 (Gordienko et al., 2006) の深

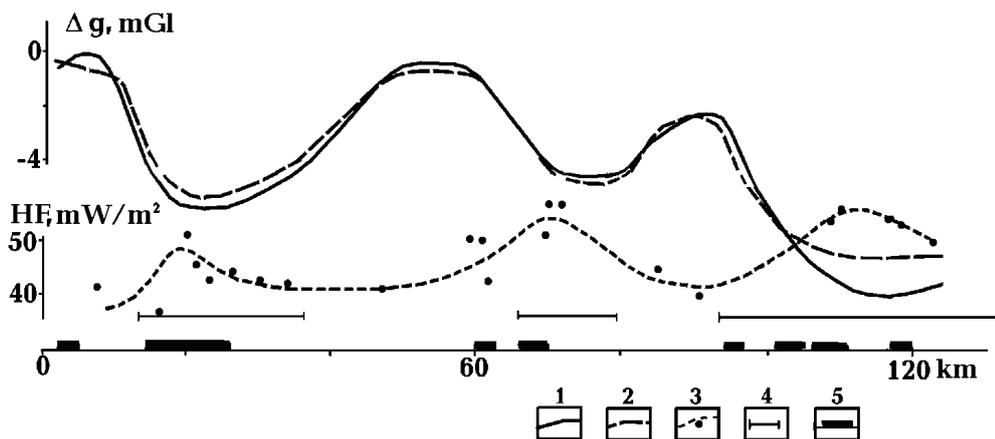


図 16 断面 III (図 8) に沿った平均的の重力異常、推定重力場、深部熱流量分布の相関. 1 - 平均化された重力異常. 2 - 推定重力場. 3 - 測定値および平滑化された熱流分布. 4 - 減圧ゾーンの最適幅. 5 - ガス鉱床の位置.

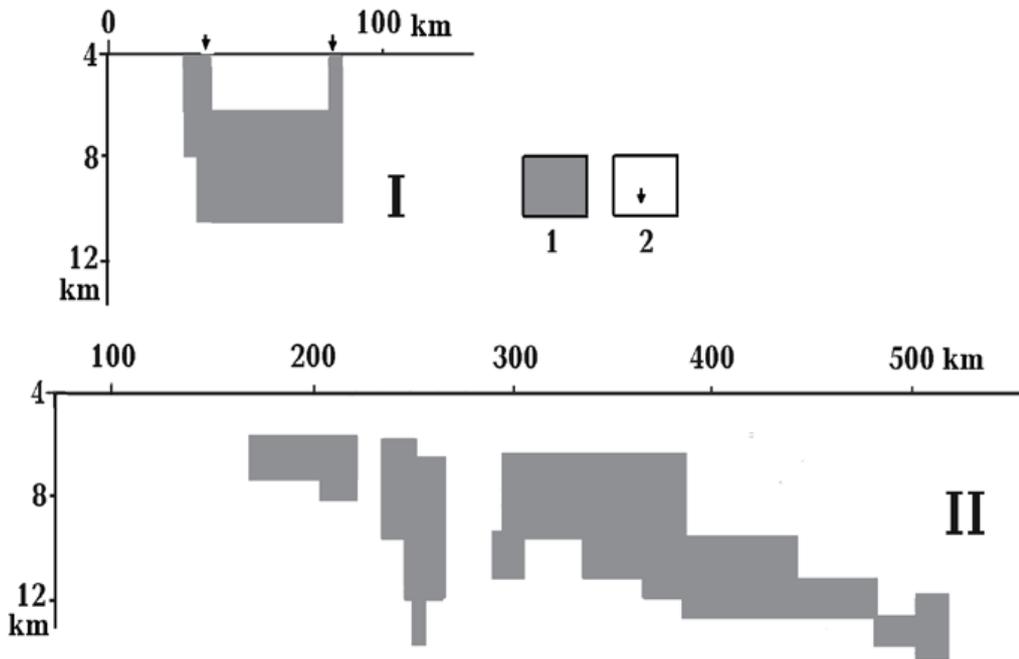


図 17 断面 I・II (図 8) に沿うドニエプル・ドネツ盆地の地殻深部に位置する導電体位置
1 - $\rho = \sim 250 \text{hm.m}$ の導電体外形. 2 - Dnieper-Donets 盆地における Riphean 地溝の境界断層位置.

部地質研究は 2 段階で行われた。第 1 段階は、最も高い導電性上部堆積層における ρ 値分布の研究に焦点をあてた。その全長に弥導電率は 3,000SM に達する。第 2 段階では、この地質体の影響を考慮して、私たちは沈み込み層の底にある不連続な深部導電性体が、凹地内で識別された。図 17 は、横断および縦走方向の断面線 I および II に沿う断面を示す (断面位置は図 8 参照)。

地殻伝導体の S 値は、その成因を部分融解層よりも浅部にある含流体ゾーンとする概念に整合する。このゾーンは、ドニエプル・ドネツ盆地の産油域に正確に合致する。

これまで、ドニエフ・ドネツ盆地の最近の活性化帯の下にあるマントルでは、深さが 40 ~ 70km, ρ が数 10 から数 100 オームの層として識別される (I.M. Logvinov による口頭報告)。

油・ガス産出様式と物理場異常の変化

炭化水素 (HC) 堆積物の形成を示す採用されたモデルは、その埋蔵量の分布にかなりの不規則性をもたらす。プロセスの理解が有効であれば、重力場、電気伝導度、および熱流の異常が透過性断層の領域に限定され、そのパラメータとともに変化するはずである。ドニエプル・ドネツ川流域の例で問題を分析してみましょう。徹底的に調査された地域の既知の HC 鉱床は、油・ガスの存在を「完全に」表していると仮定しよう。より具体的には、まだ発見されていない堆積物中の炭化水素の量は、既に探査された堆積物のように、サイト毎に異なることに留意されたい。油、ガス、または凝縮物を含む既知の鉱床 (Atlas ..., 1998) のカテゴリ A + B + C1 の初期抽出可能な埋蔵量は、標準燃料に変換されている (図 18)。

石油およびガスの存在の変動を特徴付けるために、凹地およびその縁を幅 25 キロの横断方向の帯および縦走方向の可変幅のバンドに分割した (ドニエプル・ドネツ盆地が伸長する北東方向に準拠)。平均して、縦走方向のバンド幅は 12.5km である。各帯と各バンドについて、単位面積 (F) あたりの総埋蔵量を推定し、ドニエプル・ドネツ盆地に沿った、そしてドニエフ・ドネツ盆地全体の変動をグラフ化した (図 19)。

パラメータ F が変化に富むことは明らかである。横断面における高 F 値は、Riphean 地溝の境界断層に限られている。高値分布は、縦走方向の断面図に沿って (北西から南東へ)、西側の Ingulets, Krivoy Rog-Kremenchug, Orekhovo-Pavlograd, 西部の Azov, および中央部の Azov の深部断層の近傍に認められる。Dnieper-Donets 盆地における Riphean 地溝の境界断層近傍の主要炭化水素鉱床の位置は、Dnieper 盆地南東部に胚胎する多くの鉱床のドニエプル・ドネツ盆地境界断層への閉じ込め作用を示す高 F 値を生み出し、Dnieper-Donets 盆地から Donbass への遷移地帯における断層に沿った変位の違いは、凹地が発達したヘルシニア時相でもすでに顕著であった (Gordienko et al., 2006)。

重力異常と電気伝導率の相関性とともに、それらと油・ガス推定埋蔵量との相関も明白である。熱流量異常については、このような相関性は普遍的ではなくなる。一般的に言えば、断層に挟まれた地帯では炭化水素がほとんど形成されないか、移動してしまっているとの印象を受ける。縦走断層と横断断層の両方がこのプロセスに関与しているため、横断断層に挟まれた領域にもある程度の鉱床が存在する。

F 値が物理場異常の強度と関連するとの仮定は本質的

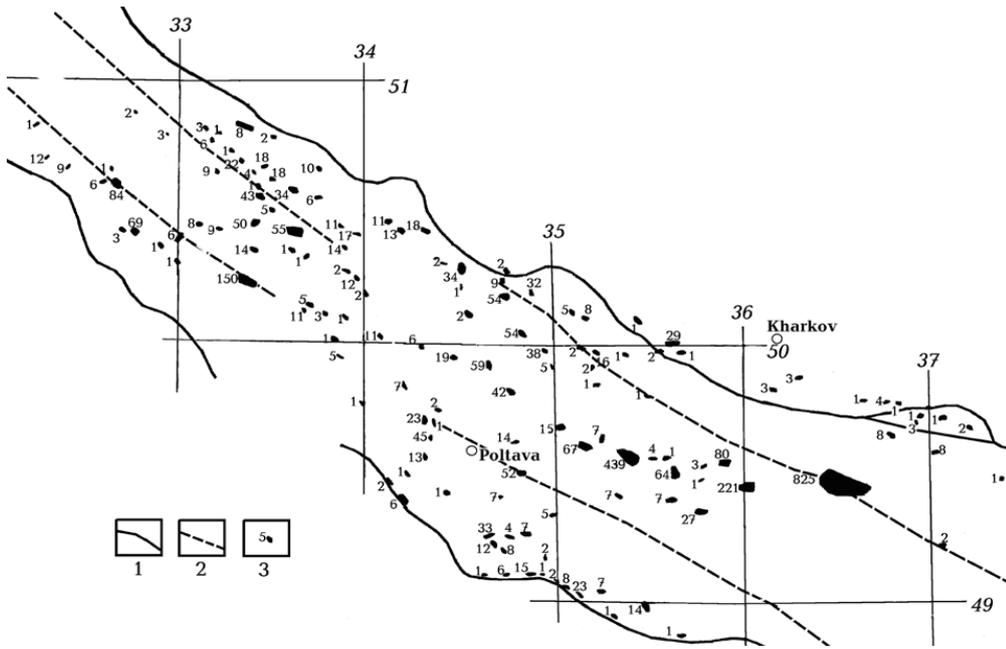


図18 ドニエプル・ドネツ盆地の炭化水素鉱床埋蔵量 (標準燃料換算, 単位: 百万トン)
 1 - 凹地の縁辺断層; 2 - Dnieper-Donets 盆地における Riphean 地溝の縁辺断層.
 3 - 炭化水素鉱床.

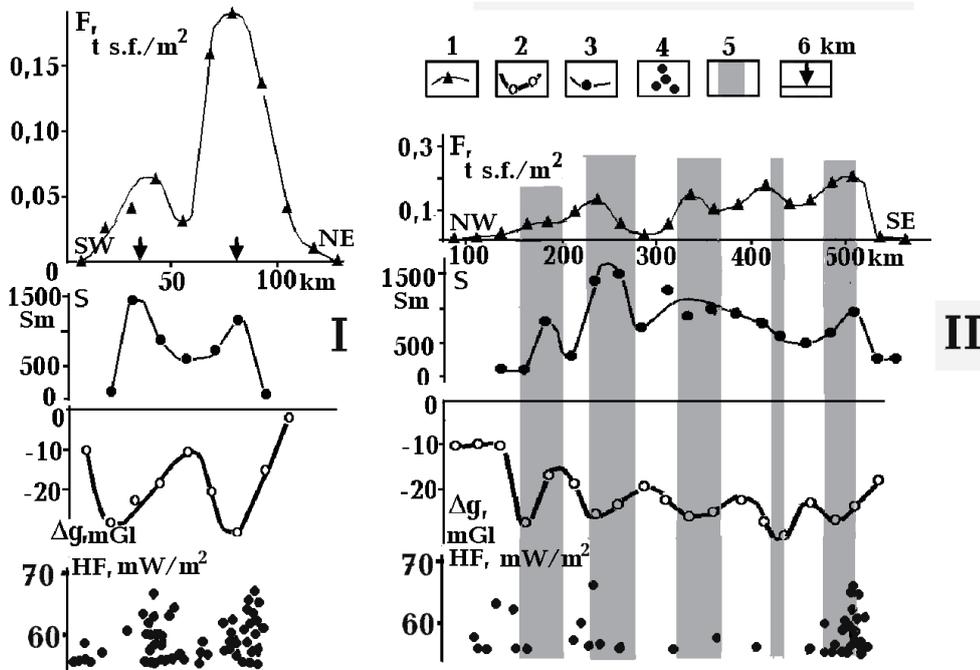


図19 断面IおよびII(図8)に沿った油・ガス可採埋蔵量, 重力異常, 地殻伝導体 S 値, 熱流量の変化.
 1 - F 値の変化. 2 - マントル異常の変化 Δg . 3 - 地殻伝導体の S 値変動. 4 - 熱流量 (HF 値 $> 55 \text{ mW/m}^2$ のみを示す). 5 - 深部断裂.
 6 - Riphean 地溝の境界断層.

に間違っている. 両タイプの異常は透過ゾーンを「指標」となる. しかし, それらの値は進行中の作用の特性および強度, F 値と S 値の間にみられる相異なる関係を生み出すプロセス, などに依存する.

後者の記述は, Kirovograd 導電率異常に伴うパラメータの変化によって明確に認められている (図 20). 異常を示す地殻伝導体 (図 20) は, 破線ではなく, 実線で示されている. これはおそらく間違った画像である (Gordienko et al., 2006). ドニエフ・ドネツ盆地では, F 値が 0 ではないだけで, S 値は両導電体において最小である.

したがって, 同定された地球物理学的基準は, 流体が浸透する浸透断層帯を発見し, 追跡する手段である.

これは, 炭化水素鉱床のなかで, 特に有望な産油地域を正確に突き止めるのに有効であろう. いっぽう, これは, 最近の活性化体の中の当該領域を特定するには不十分である.

結論

炭化水素鉱床と最近の活性化プロセスとの関連性を分析する試みによって, そのような関連性およびその特性を高確度で認識することが可能になった. それらは今のところ, 以下のとおり簡潔に説明される.

最近の活性化作用の主要な出来事—マントルの熱と物質移動—は, 地殻下の過熱部に溶融体発生させる. この溶融体の融解物質は地殻に浸透し, その下部と中

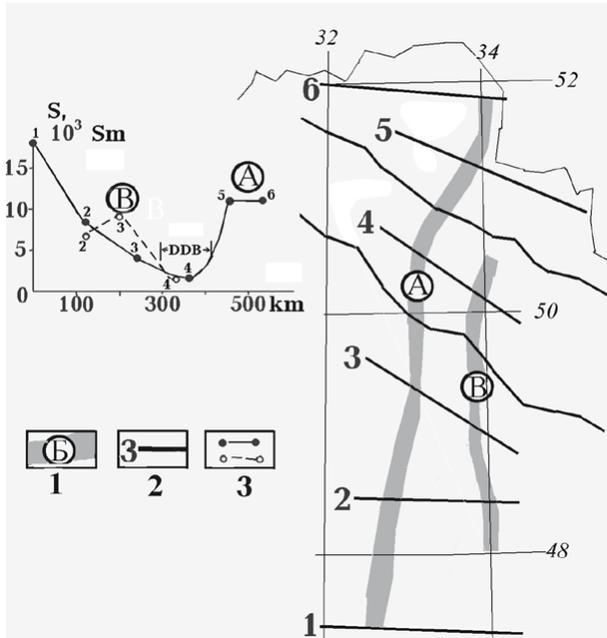


図 20 Kirovograd 電導度異常にともなう S 値変化
1 - 地殻伝導体. 2 - 2 次元モデルの地質断面線. 3 - 断面が導電体を横切る位置での S 近似値.

部を加熱する。その結果、変成作用を受けた塩基性～超塩基性岩石は蛇紋岩化し、水素および炭化水素を放出する。活性化に伴う地震活動は、深部断層の透水性を数桁（約 1,000 倍）増し、様々な性質の炭素含有ゾーンを通過する流体をより迅速に輸送し、炭化水素量が数倍に増加する。微動地震（トレモロ）も、

炭化水素の分離と蓄積に寄与する。

最近の活性化帯は、地質的基準と地球物理的基準の組み合わせによって特定する必要がある。調査域の探査に適した手法を用いると、予測の有効性は高くなる（図 21）。しかし、利用可能な地球電気データによれば、グラファイトを含有する地殻、つまり「花崗岩」層および遷移層での存在はわずかである。堆積層は遍在していないし、特定の深度範囲（PT 条件）内に十分な量の有機炭素は必ずしも含有されていない。

最近の活性化帯内の産油域を特定するために、我々はまだ最適な技術を開発していない。最適技術の開発には、探査済みの産油帯で、より詳細な重力測定、地熱、および地質調査を実施する必要があります。それとは別に、我々は産油域の有無に関わらず、それらの域内の深部における金属組成異常調査が必要である。これらの域内では、炭化水素鉱床の形成に関する仮説にもとづく複雑な基準によって、現在使用されている方法が実質的に補完される。N.A. Kudryavtsev と V.B. のアイデアを実装することが必要である。Porfiriev 深層炭化水素鉱床では、既知の貯留槽の下で水平方向の探索プログラムを適用した。炭層メタン埋蔵量に相当する貯留槽が発見されることは確実であろう。

謝辞：著者は、この論文をロシア語から翻訳してくれた Rita Schneider 夫人に特別な感謝の意を表す。また、査読者の励ましの言葉と編集コメントに感謝する。

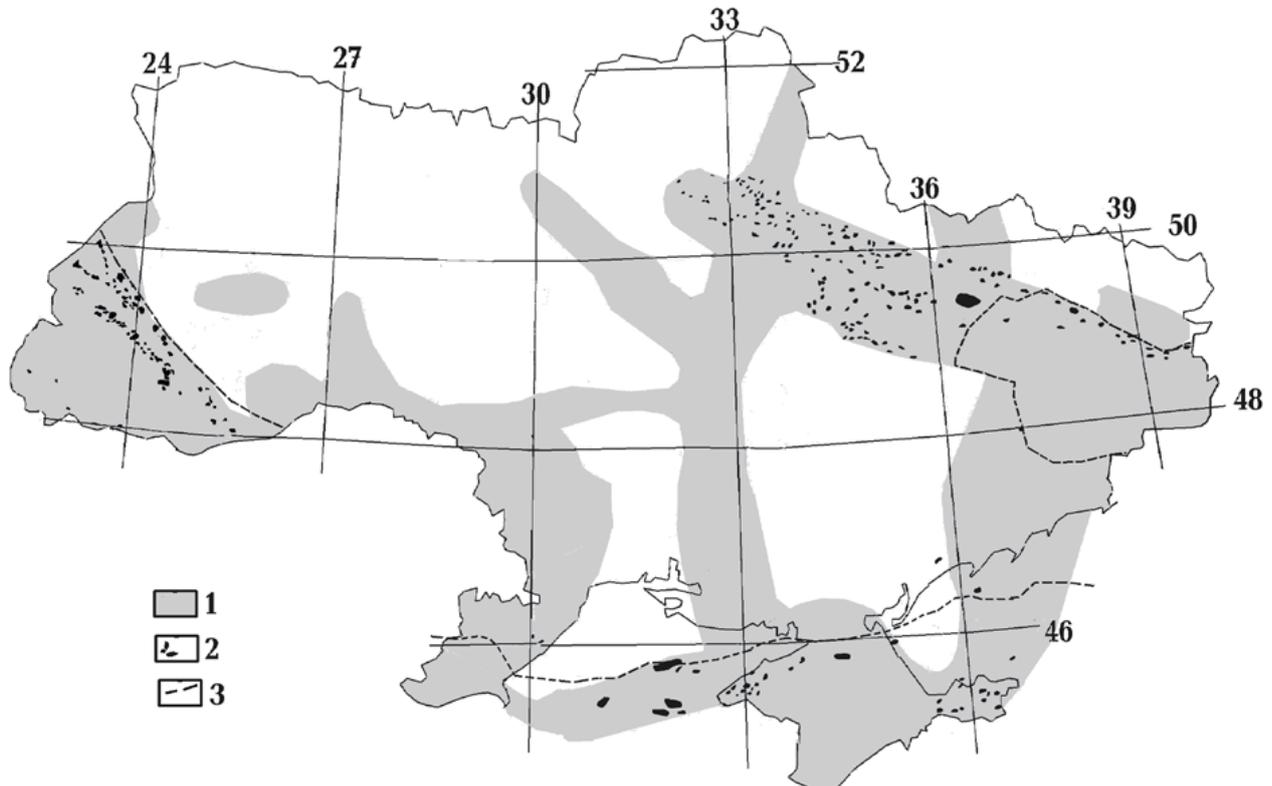


図 21 ウクライナにおける最近の活性化ゾーンと炭化水素鉱床。
1 - 利用可能なデータにもとづくウクライナの最近の活性化ゾーン. 2 - 鉱床の概形. 3 - 先カンブリア紀卓状地の境界.

文 献

- Altukhova, Z.A., 2012. Diamonds in autoliths and kimberlite breccias of the Udachnaya kimberlite pipe. Abstracts of reports from a conference on diamonds. Kiev, TsP Komprint. p. 5-8 (in Russian)
- Andrushchenko, Yu.A. and Gordienko, Yu.A., 2009. Analysis of the potential of applying criteria for identifying explosions and earthquakes in conditions of Ukraine's platform area. *Geophys. Journal*, No. 3. p. 121-129 (in Ukrainian).
- Aseyeva, Ye.A., 1976. Microfossils and algae from Upper Precambrian deposits in the Volyn-Podolia Region. Paleontology and stratigraphy of the Upper Precambrian and Lower Paleozoic in the southwest of the Eastern European Planform. Kiev, Naukova Dumka, p. 40-83 (in Russian).
- Atlas of Ukraine's oil and gas fields. Vols. I-VI, 1998. Lvov: "Center of Europe" Publishers (in Ukrainian and English).
- Azarov, N.Ya., Antsiferov, A.V., Golubev, A.A., et al., 2009. Ukraine's coalbed gas resources and prospects for their extraction at present. *Proceedings of UkrNIDMI*, no. 5 (part I), p. 352-372 (in Russian).
- Balitsky, V.S., Balitskaya, L.V. and Bublikova, T.M., 2008. Formation of oil and other hydrocarbons as a result of interaction between hydrothermal solutions and bituminous and carbonaceous rocks (based on experimental evidence). Theses from the conference on physicochemical and petrophysical studies in the Earth's Science. Moscow: Moscow State University, p.124 (in Russian).
- Barriga, F., Costa, I., Relvas, J., et al., 1997. The Rainbow serpentinites and serpentinite-sulphide stockwork (Mid-Atlantic Ridge, AMAR segment): A preliminary report of the Flores results. *EOS*. Vol. 78. F832.
- Bazylev, B.A. 2000. Evolution of an awarite-bearing mineral association in peridotites from the fault zone at 15°20' (the Atlantic Ocean) as a manifestation of oceanic metamorphism. *Russian Journal of Earth's Sciences*, Vol. 2, No. 3 (in Russian).
- Belyayeva, A.N., Lisitsyn, A.P., Trotsyuk, V.Ya, et al., 1992. Effect of hydrothermal flows on the composition of alkanes and fatty acids in bottom sediments of the Guaymas Basin, *Proceedings of the RAS. Geological series*, No. 12, p.105-114 (in Russian).
- Belov, S. V., 2003. Hydrogen as the clean fuel of the future. *Natural Resource Lists*, Vol. 47, p. 8 (in Russian).
- Boborykin, A.M., Garetsky, R. G. and Yemelyanov, A.P., 1993. Seismological studies in Belarus in 1984-1988. *Seismological and geothermal studies in the west of the USSR*. Minsk: Science and Technology, p. 6-22 (in Russian).
- Bogdanov, Yu. A., Gurvich, Ye.G., Lein, A.Yu., et al., 2000. Hydrothermal mineralization in the Logachev and Rainbow fields (the Mid-Atlantic Ridge) as a new type of hydrothermal deposits in oceanic rifts. *The Russian Journal of Earth's Sciences*, Vol. 2, No. 4 (in Russian).
- Borisov, M.V., 2000. Geochemical and thermodynamic models for veined hydrothermal mineralization. Moscow: Nauchnyy Mir, 360 p. (in Russian).
- Bulin, N. K., Shcheglov, A.D. and Yegorkin, A.V., 1999. New seismic identifiers of the lithosphere in areas of major hydrocarbon clusters. *Reports of RAS*, Vol. 364, No 6, p. 792-795 (in Russian).
- Bychinsky, V.A., Isayev V.P., and Tupitsyn, A.A., 2004. Physicochemical modeling in oil and gas geochemistry. Tutorial, Part 2. Models of heterogeneous systems. Irkutsk: Irkutsk State University. 159 pages (in Russian).
- Chekalyuk, E.B., 1986. On the problem of oil and gas synthesis at large depths. *The Dm. Mendeleev University Journal*, Vol. 31, No. 5, p. 556-562 (in Russian).
- Dmitriyev, L. V., Bazylev, B. A., Borisov, M. V., et al., 2000. Hydrogen and methane formation in the course of serpentinization of oceanic mantle ultrabasites and the origin of oil. *Russian Journal of Earth's Sciences*, Vol. 1, No. 6 (in Russian).
- Dmitriyevsky, A.N., Balanyuk, I.Ye., Sorokhtin, O.G., et al., 2002. Oceanic crust serpentinites as a source for hydrocarbon formation. *Oil and Gas Geology*, No. 3, p. 37-41 (in Russian).
- Dmitriyevsky, A.N., Karakin, A. V., Balanyuk, I. Ye., et al., 1997. Hydrothermal mechanism of hydrocarbon formation in mid-ocean ridges. *Oil and Gas Geology*, No 8, p. 4-16.
- Exploration of the Lithosphere and Asthenosphere Along Extended Deep Seismic Probing Profiles, 1980. Moscow: Nauka, 250 pages (in Russian).
- Fault tectonics and oil-and-gas bearing prospects in Ukraine, 1989. Kiev: Naukova Dumka, 116 pages (in Russian).
- Frolov, F.A., Lapin, A.V., Tolstov, A.V., et al., 2005. Carbonatites and kimberlites (relationships, mineralogy, and prospects). Moscow: Priroda, 540 p. (in Russian).
- Galimov, E.M., 1973. Carbon isotopes in petroleum geology. Moscow: Nedra, 384 pages (in Russian).
- Goelectrical model for the tectonosphere of the Eurasian folded belt and adjacent territories, 1998. Kiev: Znannya, 265 p. (in Russian).
- Geophysical parameters of the lithosphere in the southern sector of the Alpine orogeny, 1996. Edited by B.S. Volvovskiy and V.I. Starostenko. Kiev: Naukova

- Dumka , 216 pages (in Russian).
- Gontovaya, L.I., Gordienko, V.V., Popruzhenko, S.V., et al., 2007. A depth model of the upper mantle beneath Kamchatka. Newsletter of the Kamchatka Research Center, Earth Science . Vol. 1, issue 9, p.78-92 (in Russian).
- Gontovaya, L.I., Gordienko, V.V., Gordienko, L.Ya., 2009. On the nature of median-depth seismicity in transitional Pacific-type zones. Geology and Mineral Resources of the World Ocean , No. 1, p. 38-45 (in Russian).
- Gordienko, V.V., 1993. The tectonosphere of the Baltic Region. Geophysical Journal , No. 5, p.16-24 (in Russian).
- Gordienko, V.V., 2001. The nature of conductive bodies in the crust and mantle. Geophysical Journal , No. 1, p. 29-39 (in Russian).
- Gordienko, V.V., 2007. Advection-polymorphism hypothesis regarding deep-seated processes in the tectonosphere. Kiev: Corwin Press, 172 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V., 2010. On the nature of seismic P-wave velocity anomalies in the upper mantle. Geophysical Journal , p. 43-63 (in Russian).
- Gordienko, V.V., 2015. Essential points of the advection-polymorphism hypothesis. NCGT Journal. № 2, p. 112-134.
- Gordienko, V.V. 2016. Deep-seated processes in the tectonosphere of continental rifts. NCGT Journal. №3, p. 361-388.
- Gordienko, V.V. and Gordienko, I.V., 2008a. On the nature of deep-seated seismicity in transitional zones from continents to oceans. Geology and Mineral Resources of the World Ocean, No. 3, p. 56-64 (in Russian).
- Gordienko, V.V. and Gordienko, I.V., 2008b. On the nature of shallow-focus seismicity in Columbian-type transitional zones. Geology and Mineral Resources of the World Ocean , no. 4. p. 83-92 (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., et al., 2005. Ukrainian Shield (geophysics, deep-seated
New Concepts in Global Tectonics Journal, v. 5, no. 3, September 2017. www.ncgtjournal.com 377 processes). Kiev: Corwin Press . 210 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., et al., 2006. Dnieper-Donets Basin (geophysics, deep-seated processes). Kiev: Corwin Press. 142 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., et al., 2008. Recent activation , physical fields, and oil-and-gas potential. The Earth's Thermal Field and Techniques for Its Exploration. Moscow: Russian State Geological University, p. 64-70 (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., et al., 2011. Ukrainian Carpathians (geophysics and deep-seated processes), Kiev: Logos, 128 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., et al., 2015. Donbass (geophysics and deep-seated processes), Kiev: Logos . 159 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., et al., 2017. Southern Ukrainian Monocline, the Scythian Plate, and the Black Sea (geophysics and deep-seated processes). Kiev: Logos, 130 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V. and Tarasov, V.N., 2001. Recent activation and helium isotopy on the territory of Ukraine. Kiev: Znannya, 102 pages (in Russian).
- Ikorsky, S.I., 1977. On distribution patterns and duration of hydrocarbon gas accumulation in rocks of the Khibiny Alkaline Massif. Geochemistry , No. 11, p. 1625-1634 (in Russian).
- Ilchenko, T.V., 1999. Preliminary model EB 95 between Eurobridge and Trans-European Suture Zone (TESZ). – Warsaw: Institute of Geophysics , p. 44-45.
- Ivanov, A.V., 2010. Deep-seated geodynamics: Boundaries of the process according to geochemical and petrological data. Geodynamics & Tectonophysics , No. 1, p. 87-102 (in Russian).
- Kamensky, I.L., Lobkov, V.A., Prasolov, E.M., et al., 1976. The Earth's upper mantle particles in Kamchatka gases (proceeding from He, Ne, Ar, and C isotopes). Geochemistry , No. 5. p. 682-695 (in Russian).
- Karpov, I.K., Zubkov, V.S., Stepanov, A.N., et al., 1998. A remake of E.B. Chekalyuk's C-H system thermodynamic model. Reports of RAS . Vol. 358, No. 2. p. 85-97 (in Russian).
- Korolyuk, V.N., Lepegin, G.G. and Korsakov, A.B., 2004. Reconstruction of the thermal history of metamorphic rocks based on exchange-diffusion zoning in minerals. Geology and Geophysics, no. 4, p. 501-512 (in Russian).
- Krayushkin, V.A., 2000. Evidence pointing to abyssal and nonbiogenic origin of oil. Geological Journal , no. 3, p. 23-28 (in Russian).
- Krayushkin, V.A., 2007. The oldest geological blocks of the world coastal areas – shields: Their topography, young tectono-magmatism, recent seismicity, and oil-and-gas potential. Geology and Mineral Resources of the World Ocean , no. 3, p. 15-50 (in Russian).
- Krayushkin, V.A., 2008. Nonbiogenic oil- and gas presence in recent centers of the World Ocean floor spreading. Geology and Mineral Resources of the World Ocean, no. 3, p. 19-39 (in Russian).
- Kudryavtsev, N.A., 2013. The state of the issue regarding

- oil genesis as of 1966. Hypogene oil reservoirs, Vol. 1, No.1, p. 79-100 (in Russian).
- Larin, V.N. and Larin, N.V., 2008. Hydrogen degassing on the East European Platform. Degassing of the Earth: Geodynamics, geofluids, oil, gas, and parageneses thereof. Moscow: GEOS, p. 267-269 (in Russian).
- Lin, L., Hall, J., Lippmann-Pirke, J., Ward, J., et al., 2005. Radiolytic H₂ in continental crust: Nuclear power for deep subsurface microbial communities. *Geoch. Geoph. Geosys*, No. 6.
- Logvinov, I.M. and Gordienko, V.V. 2009. Electrical conductivity of the consolidated crust and graphitization. EMS-09. Moscow: Institute of Physics of the Earth, RAS, p. 23-24 (in Russian).
- Lopatnikov, S.L., 1999. Basic equations in the theory of quasi-two-dimensional convection in thin permeable strata. *Physics of the Earth*, no. 1, p. 52-62 (in Russian).
- Lukin, A.Ye., 1997. Lithological and dynamic factors in oil and gas accumulation in aulacogen basins. Kiev: Naukova Dumka, 224 pages (in Russian).
- Lukin, A.Ye., 2004. Deep-seated hydrogeological inversion as a global synergic phenomenon: b0Theoretical and applied aspects. Paper 1: Phenomenology and the nature of deep-seated hydrogeological inversion. *Geological Journal*, no. 4, p. 53-70 (in Russian).
- Lukin, A.Ye., 2009. Native metallic micro- and nano-inclusions in formations of petroliferous basins formations – tracers of super-deep fluids. *Geophysical Journal*, v. 31, no. 2, p. 61-92 (in Russian).
- Lukin, A.Ye. and Pikovsky, Yu.I., 2004. On the role of deep and super-deep fluids in the formation of oil and gas. *Geological Journal*, No. 2, p. 21-33 (in Russian).
- Lukin, A.Ye., 2011. The nature of shale gas in the context of oil and gas lithology problems. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, no. 3, p. 70-85 (in Russian)
- Map of fractured zones and major zones of lineaments in the southwest of the USSR, 1988. Ed. N.A. Krylov. Moscow: Ministry of Geology, USSR (in Russian).
- Moroz, Yu. F., 2009. Deep-seated electrical conductivity in Kamchatka's volcanic zones. *Electromagnetic exploration of the Earth*. Moscow: Institute of Physics of the Earth, RAS, p. 157 (in Russian).
- Murich, A.T., Reznikov, A.I., Abrazhevich, E.V., and others, 1975. Results of deep drilling in the central part of Donbass. *Soviet Geology*, no. 8, p. 125-131 (in Russian).
- Pavlenkova, G.A. and Pavlenkova, N.I., 2006. Upper mantle structure beneath Northern Eurasia proceeding from results of peaceful nuclear explosions. *Tectonophysics*, Vol. 416, p. 33-52.
- Petersilier, I.A. and Pripachkin, V.A., 1979a. Hydrogen, carbon, nitrogen, and helium in gases of igneous rocks. *Geochemistry*, No. 7, p. 1028-1034 (in Russian).
- Petersilier, b0I.A., Fedkova, T. F., and Pavlova, A. Gases and organic matter in rocks of the Kola Peninsula Archean granulitic complex. *Geochemistry*, No. 12, p. 1883-1888 (in Russian).
- Pogrebitsky, Yu.Ye. and Trukhalev, A.P., 2002. On the formation of the Mid-Atlantic Ridge in connection with the composition and age of its metamorphic complex. *Controversial aspects of plate tectonics and possible alternatives*. Moscow: Institute of Physics of the Earth, RAS, p.189-203 (in Russian).
- Polyak, B.G., 1988. Heat and mass flow from the mantle in major structures of the Earth's crust. Moscow: Nauka, 192 pages (in Russian).
- Porfiriyev, V.B., 1987. The nature of oil, gas, and fossil coal. Kiev: Naukova Dumka (in Russian).
- Prospecting for hydrocarbons in crystalline rocks of the basement at the northern edge of the Dnieper-Donets Basin, 1989. Kiev: IGN AN USSR, 52 pages (in Russian).
- Rakayev, A.I., Neradovsky, Yu.N., Chernousenko, Ye.V., et al., 2009. Mineralogical and technological studies of low-grade serpentinite copper-nickel ores in the Pechenga ore field. *Newsletter of the Moscow Technological Geological University*, v. 12, no. 4, p. 632-637 (in Russian).
- Rodkin M.V. and Punanova S.A., 2015. Assessment of the effect of crustal processes on the formation of caustobiolites' microelement composition. *The Kudryavtsev Conference No. 4*. Moscow: CGE (in Russian).
- Safronov, O.N., 2005. Seismic conditions and seismic hazard forecast for Ukraine's platform region – PhD thesis, in *Geol. Science*, Simferopol: Institute of Geophysics, National Academy of Sciences, Ukraine, 135 pages (in Russian).
- Savko, A.D, Nadezhka, L.I. and Shevyrev, L.T., 2008. New data on the fluid and seismic activity in the Voronezh anticline. *Degassing of the Earth: geodynamics, geofluids, oil, gas, and their parageneses*. Moscow: GEOS, p. 439-441 (in Russian).
- Semenov, V.Yu., Pek, J., and Adam, A., 2008. Electrical structure of the upper mantle beneath Central Europe: Results of the CEMES project. *Acta Geophysica*. Vol. 56, No. 4, p. 957-981.
- Shkodzinsky, V.S., 2014. Petrology of the lithosphere and kimberlites (a model of the Earth's hot heterogeneous accretion). Yakutsk: SVFU, 452 pages (in Russian).
- Shvets, V.M., 1971. The content and distribution of organic matter in groundwater. *Dokl. Academy of*

- Sciences of the USSR , Vol. 201, No 3. p. 453-456 (in Russian).
- Simoneit, B., Kawka, O. and Brault, M., 1988. Origin of gases and condensates in the Guaymas Basin hydrothermal system (Gulf of California). *Chemical Geology*, v. 71, nos, (1/3), p. 169-182.
- Sobotovich, E.V., Bartnitsky, Ye.N., Tsyon, O.V. and Kononenko, L.V. 1982., *Handbook on isotope Geochemistry*. Moscow: Energoizdat , 241pages (in Russian).
- Sugisaki, R. and Mimura, K., 1994. Mantle hydrocarbons: abiotic or biotic? *Geochim. et cosmochim. Acta* , no. 11, p. 2527-2542.
- Ukhanov, A.V., Ryabchikov, I.D. and Kharkiv, A.D., 1988. *Lithospheric Mantle Beneath the Yakutian Kimberlite Province*. Moscow: Nauka , 287 pages (in Russian).
- Ultrabasic Formations in the Central Part of the Ukrainian Shield, 1979. Ed. N.P. Semenenko. Kiev: Naukova Dumka, 412 pages (in Russian).
- Valyayev, B.M. and Dremin, I.S., 2014. The nature of the processes of oil and gas formation and accumulation: Hydrocarbon fluids and primary helium. *Oil and Gas Journal* , v. 10 (in Russian).
- Verkhovtsev, V. 2006. Recent vertical movements of the Earth's crust on the territory of Ukraine and their relationship with linear and circular structures. The energy of the Earth, its geological and ecological manifestations, and utilization in science and for practical needs. Kiev: Kiev National University , p.129-137 (in Ukrainian).
- Veselov, O.V., Gordienko, V.V. and Kudelkin, V.V., 2006. Thermodynamic conditions favoring formation of gas hydrates in the Sea of Okhotsk. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, No 3, p. 62-68.
- Voytov, G.I., 1974. On the assessment of the gas exchange intensity on crystalline shields (on an example of the Ukrainian Shield), *Geolog. Journal* , no. 2, p. 68-82 (in Ukrainian).
- Welhan J. and Craig, H., 1979. Methane and hydrogen in hydrothermal fluids of the East Pacific Rise. *Geophys. Res. Letters* , v. 6, no.11, p. 829-831.
- Yatsenko, V.G., 1998. Spatial location patterns of graphite manifestations in the Ukrainian Shield. *Mineragenic Aspects in Ukraine*. - Kiev: Geological Science Center , p. 254-270 (in Russian).
- Zavaritsky, A.N., 1961. *Igneous Rocks*. Moscow: AS USSR , 480 pages (in Russian).

特 集 **SPECIAL PAPERS**

破壊的地震は予知できる **Catastrophic earthquakes are predictable**

2017年7月17日のカムチャッカ沖巨大地震, その深部エネルギー源との関連と地質学的意義 **The great 17 July 2017 offshore Kamchatka earthquake, its link to deep energy source, and geological significance b0**

Dong R. Choi

International Earthquake and Volcano Prediction Center, Canberra, Australia dchoi@ievpc.org

(小泉 潔 [訳])

要旨 : 2017年1月に、国際地震火山予知センター (IEVPC) は、2017年中にカムチャッカ沖で巨大地震の可能性があると警告した。この予測は、Blot のエネルギー移送 (ET) 法則による 2013年5月のオホーツク海北端に発生した巨大な深発地震 (M8.4) の総合的な解析の結果である。予測された地震は予知されたパラメータ通りに 2017年7月17日に発生した。地質学とトモグラフィーデータは広域の地震 - 造構的形態を規制しているマントル構造を明らかにしている。

IEVPC による過去に成功した多くの予知によって明らかにされてきたように、地質学とトモグラフィーデータによって支持された ET 概念が、強力な中長期予知ツールであることをあらためて明らかにした。それはまた、地震発生機構、すなわち地球力学を理解する上で重要な概念である。

キーワード : Blot のエネルギー移送概念, 深発地震, 2017年7月カムチャッカ沖地震, 地震予知

(2017年9月2日受付, 同9月16日受理)

1. はじめに

2017年7月17日に、巨大浅発地震がカムチャッカ沖のコマンドルスキー諸島付近を襲った(図1)。同時に小さな津波が発生した。浅発のカムチャッカ沖地震の主震の詳細なパラメータは次の通り。

USGS* 2017年7月17日, 23時34分13秒, M7.7, 北緯54.47, 東経168.82, 震度11 km

IRIS** 2017年7月17日, 23時34分13秒, M7.7, 北緯54.47, 東経168.81, 震度11 km

ESMC*** 2017年7月17日, 23時34分14秒, M7.7, 北緯54.55, 東経168.84, 震度30 km

* <https://earthquake.usgs.gov/earthquakes/>

** <http://ds.iris.edu/seismon/>

*** <https://www.emsc-csem.org/Earthquake/world/M5/?view=4>

ここで、USGSとIRISはともに深度を11kmにしているが、ESMCでは30km(もともとは15km)にしていることに注意されたい。これは、最終的なエネルギーの解放が地殻の二つのレベル(深さ)のところで発生していることを示している可能性がある。

これは、発生のおぼ6ヶ月前の2017年1月25日に予測を宣言した国際地震火山予知センター(IEVPC, www.ievpc.org)によって、予知された地震である。この地震の可能性についての公式な警報は、3.5年前のオホーツク海北部の2013年5月24日の深発地震の直後に発表された。IEVPCの予知警報には、いろいろな制約のある短期予知を欠いていたが、壊滅的地震が科学的根拠に基づいて数ヶ月、さらに数年前に予知出来たことは意義がある。

本論は、BlotのET法則、すなわち地震-造構運動と地質構造に重点を置いて、この予知の典型的な部分を紹介する。

2. 2017年7月のカムチャッカ沖地震に関連した深発地震

筆者はClaude Blotのエネルギー移送概念あるいはET法則(Blot, 1976; Grover, 1998)を2004年以来多くの壊滅的地震に適用し(Blot・Choi, 2004ほか)、最近では2016年の慶州(韓国)⁺と倉吉(日本)地震⁺⁺に適用し成功した(Choi, 2016)。今日、エネルギー移送概念は合理的疑いのない確固たるものになってきた。

毎回の地震監視を通して、筆者は2013年にオホーツク海北部で発生した巨大(M8.3-USGSによる)深発地震に注目した。この深発地震の詳細は次のようなものである。

+ 訳者注 慶州(韓国)地震 2016年9月12日19時44分(韓国標準時, UTC+9)以降に大韓民国慶尚北道慶州市付近を震源として相次いで発生した地震である。19時44分に気象庁マグ

ニチュード(Mj)5.2, 続いて20時32分に気象庁マグニチュード(Mj)5.8の地震が発生した。これは、大韓民国気象庁(当時は「中央観象台」)が1978年に観測を始めて以来最大規模の地震である。(ウィキペディア)

++ 訳者注 倉吉(日本)地震 鳥取県中部地震のこと。2016年(平成28年)10月21日14時7分ごろに鳥取県の中部を震源として発生した地震である。地震の規模はM6.6(暫定値)、震源の深さは11km(暫定値)。最大震度6弱を鳥取県の倉吉市・湯梨浜町・北栄町で観測した。(ウィキペディア)

USGS 一覧 2013年5月24日, M8.3, 北緯54.89, 東経153.22, 震度591km

IRIS 一覧 2013年5月24日, M8.4, 北緯54.89, 東経153.22, 震度598km

EMSC 一覧 2013年5月24日, M8.3, 北緯54.91, 東経153.34, 震度598km

図1のように、この深発地震は、1970年以来オホーツク海地域で記録された歴史上最深の地震で、筆者の注意を引いた。この地震にET法則を適用し、そのマグニチュード・震源および震度とともにその後の浅部での発生を最初に予測した。研究は、過去のETの適用の結果に基づいて地質学・地球物理学およびトモグラフィーによる断面を補完し、浅発の主震がカムチャッカ沖合地域で2017年以降どこかで起きるはずである。その地域は2013年6月以降、長期監視下におかれてきた。

予想通り、この地域はカムチャッカ東部とカムチャッカ岬からコマンドルスキー諸島地域で、2016年3月(Pulinets, 2016)と2017年1月(〜3月)に地震活動が著しく活発になった。OLR異常が2016年12月後半から2017年1月にかけて現れている(図2の下図参照)。ロシアの科学者はまた、カムチャッカ地域で巨大地震の可能性を報告した(Firstov et al., 2016)。Levashov et al.(2017年1月, 未報告)は、2016年12

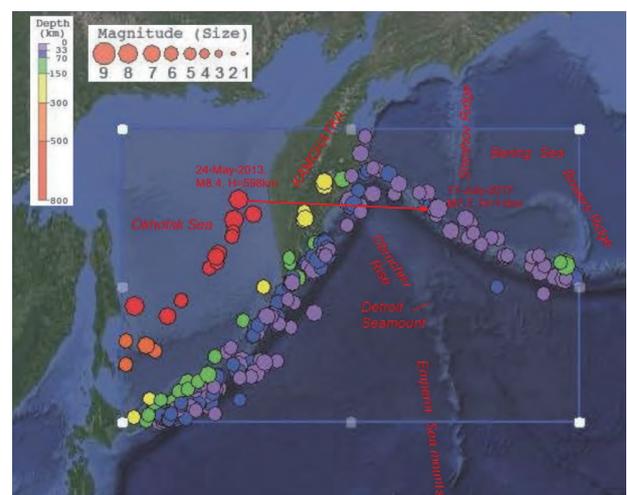


図1 千島-カムチャッカ-アリューシャン地域の1970~2017年(8月)までのM6.0以上の地震。IRISウェブサイト(<http://ds.iris.edu/seismon/>)からダウンロード。2017年7月のコマンドルスキー島付近のM7.7浅発地震と2013年4月のオホーツク海北部のM8.4深発地震とのエネルギー関係が示されている。

月に高周期電磁気放射のやや高い異常を報告した。

ムチャッカ岬とコマンドルスキー諸島の間に位置している。

これらと別な情報をもとに、IEVPC はウェブページ www.ievpc.org で次のようなパラメータを持つ 2017 年 1 月 25 日に壊滅的地球物理的事象が起きる可能性があると、注意報を発した。

テスト ID 番号 : 001-25-01-2017
 発効日時 : 2017 年 1 月 25 日
 懸念期間 : 2017 年中
 場所 : カムチャッカ沖
 マグニチュード : 7 以上
 深度 : 浅発地震 - 深度 40km 以浅

図 2 の下は、上記の予知を支持するいくつかのデータを示している。これは、IEVPC の仲間とそれに関係した科学者に 2017 年 1 月 29 日 (2017 年 7 月の実際の主震発生の約 6 ヶ月前) に閲覧された IEVPC の機密報告書から引用されたものである。この早期予知では、震央がカ

3. エネルギー移送概念の適用

Blot の ET 概念の詳細に関して、読者はフランス語での Blot (1976) の原著論文と英語での Grover (1998) による著書を参考にすることを求められる。次の図 3 は、入力パラメータと深発地震と浅発地震の間との関連を図示している。

ここで、Blot の ET 公式は :

$$\text{日数} (\text{深発から浅発地震までの時間}) = \text{定数} (525) \times \log(\text{深発地震の深さ} / \text{浅発地震の深さ}) \times 1 / \cos \alpha$$

例えば、深度 11km の特別な場合

$$\text{日数} = 525 \times \log(598/11) \times 1 / \cos 60$$

次の表は浅発地震のいろいろな深さに関する ET 計算の結果を示している。

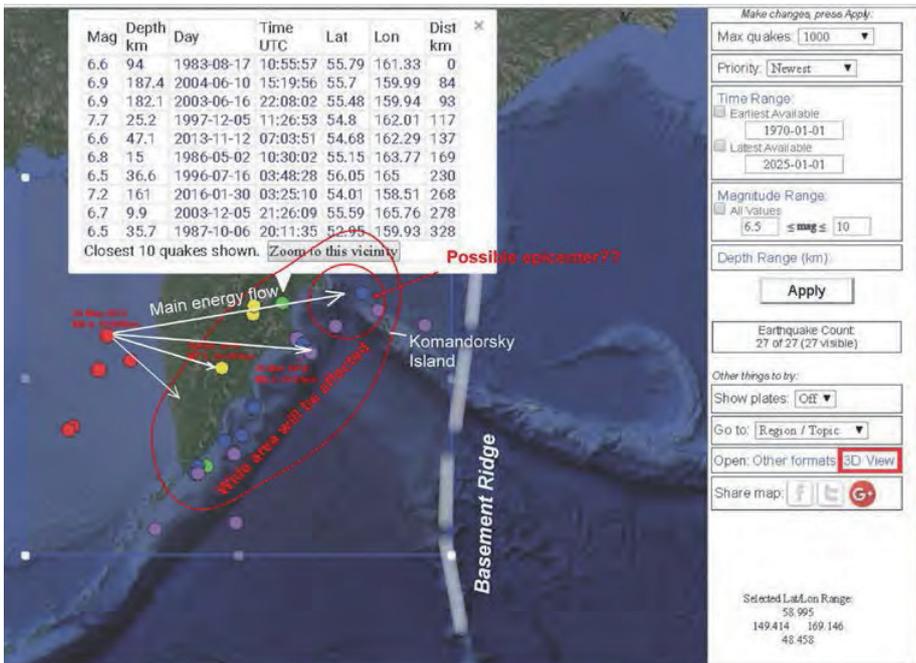


図 2 主震発生 6 ヶ月前、2017 年 1 月 29 日の IEVPC 機密報告書から引用された図。上図は浅発地震の可能のある地域を示すエネルギーと関連する地図で、下図は 2016 年 12 月後半から 2017 年 1 月前半の継続的な長波放射 (OLR) 地図。OLR 地図はカムチャッカ半島とコマンドルスキー諸島との間 (赤い円) に高い異常を示している。上図で天皇海山列から延びている基盤の高まりに注目。

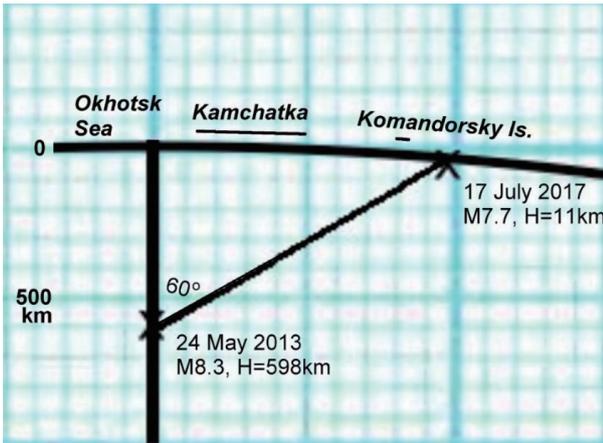


図3 深発地震と浅発地震の関連を示すET計算グラフ

深度	遅れる日数	発生日
35 km	1294 日	2016 年 12 月 8 日
30 km	1365 日	2017 年 2 月 16 日
25 km	1448 日	2017 年 5 月 10 日
20 km	1549 日	2017 年 8 月 20 日
15 km	1668 日	2017 年 12 月 29 日
11 km	1822 日	2018 年 5 月 20 日

この結果は、地震エネルギーが2016年12月に深度35kmにカムチャッカ-コマンドルスキー諸島に到達していたことを示している。これは図3下部に見られるように、同様な地域の高OLR異常の出現に良く一致している。それは2016年12月から2017年1月の1ヶ月平均である。また地震活動が前述したように増加した。これはオホーツク海北部で発生した地震エネルギーが2016年後半にカムチャッカ東部に到達し、それから2017年7月以前にアリューシャン島弧から南東方のコマンドルスキー諸島へ移送したことを意味している。

2017年7月の主震の深度は、USGSとIRISでは11kmとされているが、EMSCではアリューシャン列島におけるマントル-地殻境界(あるいはモホ面)の深さ(Murdock, 1969, 1998; Janiszewski et al., 2013)に近い深度30km(もともと15km)としている。これは最終的なエネルギーの解放が、30~11kmの地殻の広い深度範囲で起きていることを示している。

4. 地震造構運動

多くの大地震の研究を通じて、我々は過去の壊滅的地震が大構造の高まり、2・3の例を挙げれば2011年の東北地方太平洋沖地震⁺⁺⁺(M9.0; Choi, 2011)・千島列島沖⁺⁺⁺⁺地震(M8.2と8.3; Blot et al., 2007)や2015年のチリCoquimbo地震(M8.3; Choi・Casey, 2015)など、を境している大規模な深部断裂帯に沿って発生していることを学んだ。ここで、我々は、カムチ

ャッカ沖またはコマンドルスキー地震を規制している地質的要素が何かを今まさに検証しよう。

+++ 訳者注 原文では東日本大地震(Great East Japan earthquake)となっていたが、日本の気象庁の正式名称になおした。

++++ 訳者注 原文では千島島(Kuril Island)となっていたが、日本の気象庁の正式名称になおした。

1) 先カンブリア紀の構造的な高まり、天皇海山列-シルシヨフ海嶺

ほとんどの研究者がカムチャッカ-アリューシャン地域の地震造構運動を説明するのにプレートのサブダクションモデルを適用している(Zhao et al., 2010; Jiang et al., 2009など)が、真のデータは中生代と新生代以来、現在の海洋地域の沈降によって代表された垂直的な造構運動が優勢であることを示している。明白な証拠がデトロイト海山からドレッジされた先カンブリア紀の大陸性岩石からもたらされている(図4; Vasiliev・Evlanov, 1982; Vasiliev, 1986)。天皇海山列北端を占めるデトロイト海山は二方向に分岐している。すなわち、一つは北方へのシルシヨフ海嶺ともう一つは北西方にオブルテフ海嶺である。両方向とも大陸の構造的な高まりと繋がっている(Jatskevich, 2000)。

これらの先カンブリア紀の高まりは、より新しい(中生代)背斜構造が重ね合わさっている(図4)。それは地質図中に確認されているように、N-S方向のカムチャッカ西部に発達している(Jatkevich, 2000など)。しかし興味深いことに、トモグラフィー画像は、この背斜は深度50km断面の明確な低速度体として表されることを示している(図5; Jiang et al., 2009)。この新しい背斜は大洋底中を南方に伸びている(Choi et al., 2012)。

2) トモグラフィー画像に見られるマントル構造とその深発地震との関係

図5中に、読者はカムチャッカ西部の深度700~300kmの範囲に強い高速度マントルの“煙突”に注目するだろう。この“煙突”は200km以浅で東方に曲がっている。それは大陸棚から海溝に広がり、深度50kmでN-S方向になってカムチャッカ東部にまで及んでいる。この高速度マントルの分布傾向は、プレートのサブダクションモデルと調和させるのは不可能である。オホーツク海における2013年5月の深発地震によって開放されたエネルギーは、スラスト起源の断裂帯あるいは和達-ベニオフ帯に沿って(Choi, 2005)、カムチャッカ東方沖へ移送した(図6)。図2に示されているように、移送は広域に広がっていると考えられる。最短経路に沿ったマントル構造を示すと、トモグラフィー断面は図6のようにまとめられる。

図6に見られるように、厚さ100~150kmの傾いた高速度マントルスラブが発達している。この和達-ベニオ

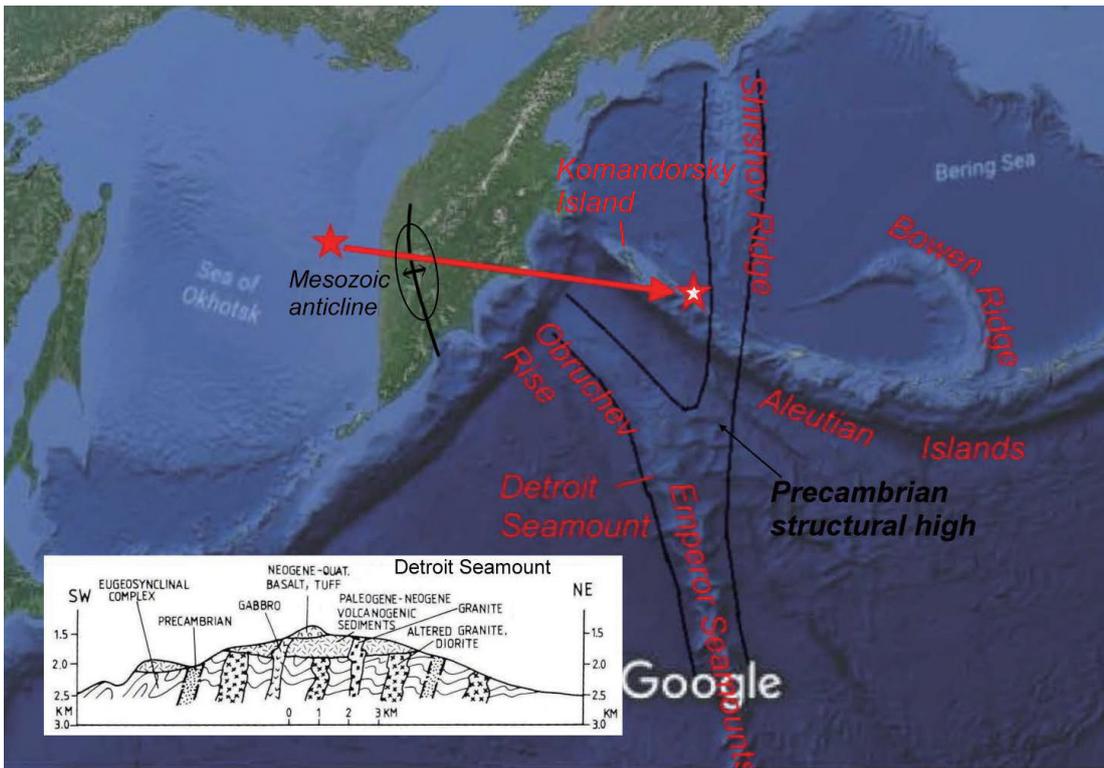


図4 主な先カンブリア紀の構造的高まりと浅発の主震の位置. 天皇海山列は先カンブリア紀の大陸性岩石がドレッジされたデトロイト海山(左下の挿入図)を通して北のシルシヨフ海嶺と繋がっている. カムチャッカ西部でより新しい(中生代)N-S方向の背斜は、図5に示されているように、深度50kmで浅いマンテル方向のN-Sと一致している.

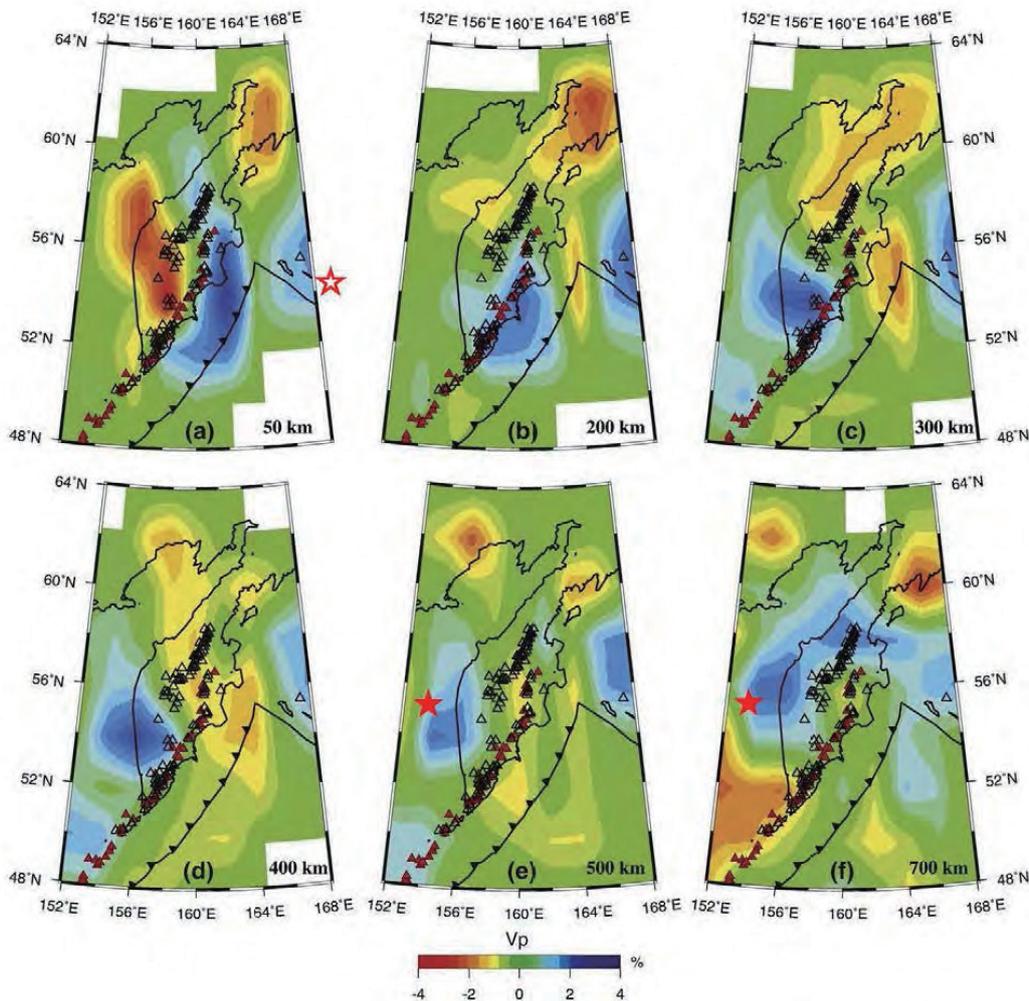


図5 Jiang et al. (2009) による深度毎でスライスしたトモグラフィー画像. 赤色の★: 2013年5月の深発地震; 赤色の☆: 2017年7月の浅発の主震. 深度50kmの強いN-S方向の低速度異常に注目. この傾向は地質図に見られる中生代の背斜と良く一致する. また、カムチャッカ西部とその沖合地域に発達する700~300kmの高速度マンテルの“煙突”に注目. 2013年5月の深発地震は“煙突”の周辺で起きた.

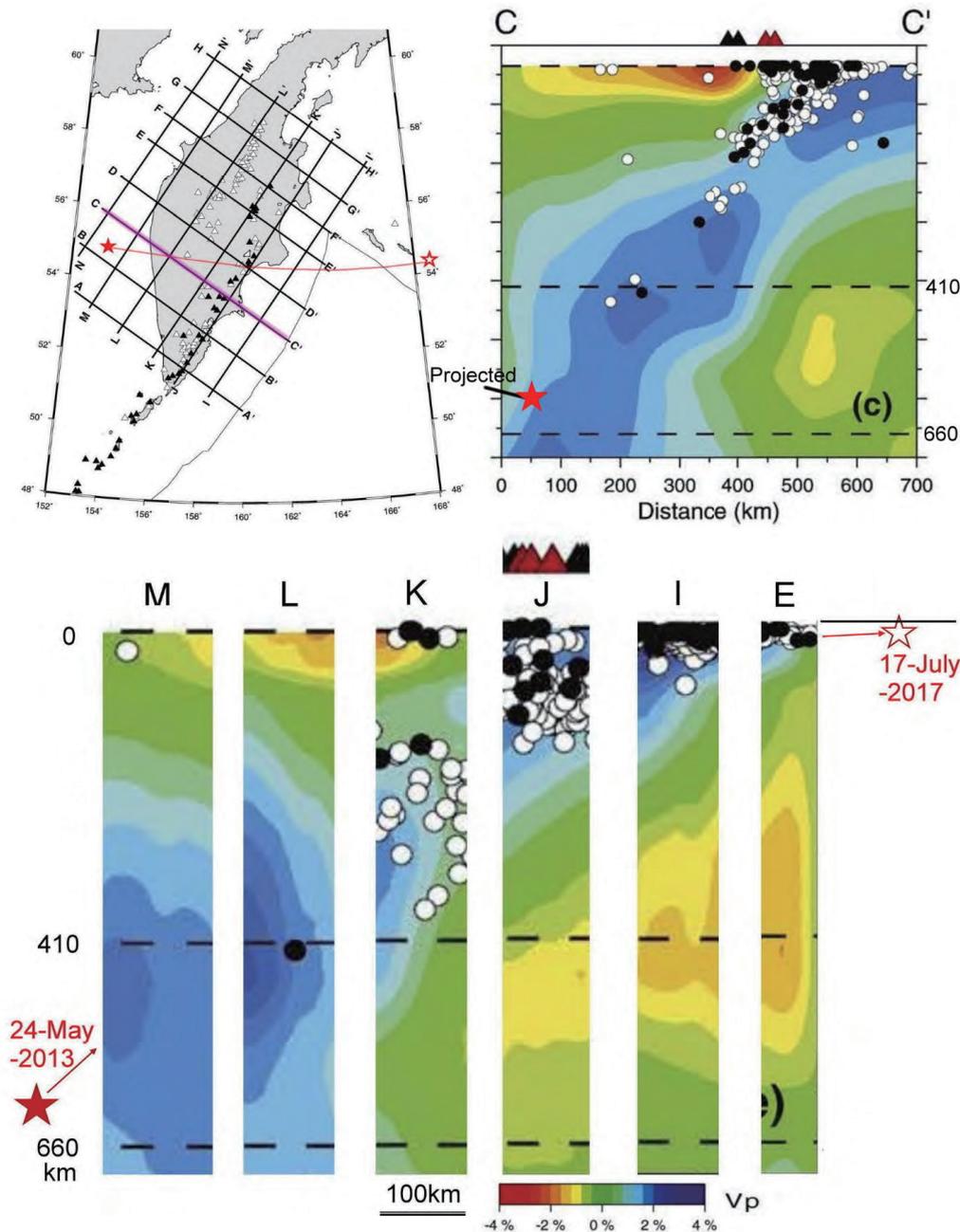


図6 深発から浅発地震への直交ルートに沿った地震トモグラフィ断面, 下図. Jiang et al. (2009) よりコンパイル.

フ帯の区画された性質は、環太平洋地帯のほかのところでも普通に見られる。もう一つの興味深い形態は、地震が高速度帯と区画の上部の壁沿いに集中する傾向があることである。これらの傾向は、トンガ-ニュージーランド地域にもまた見られてきた (Choi, 2017)。

2013年5月の巨大深発地震の影響を与えるマンツルの深部構造を見るために、図7を引用する。この図は Zhao et al.(2010) によって作成された。この地図中には、大陸とオホーツク海を境している深部断裂系が重ねて示している。この造構帯はオホーツク海と日本とロシア極東の海の深発地震が特徴である (図1; Choi, 2005)。これらは中国北部のタンルー断層、さらに中国南部のユンナンへと南方に延びている (Zhang・Wang, 1995; Choi, 2005, 2013)。

トモグラフィの全体像は、上・下部マンツルの境界である660kmで明確な変化を示している。その下には、低速度マンツルレンズ(厚さ約200km)が均一に発達している。

しかし、この層は深発地震帯の下で高速度マンツルによって貫かれている、図7の断面20~22参照。もっとも特筆すべきことは、この高速度マンツルの下にぼんやりした低速度帯があることである。地下600kmの深発地震・高速度/低速度マンツルのぼんやりした帯と深部断裂帯が密接に関連している。この関係はまた、フィジー-トンガ-ニュージーランド地域に見られた (Choi, 2017)。この事実はマンツルの構造・エネルギーの流れおよび地震発生の考察に非常に重要である。

この図でもう一つの顕著な特徴は、深部造構帯を横切っている1200~1600kmの低速度マンツルレンズであ

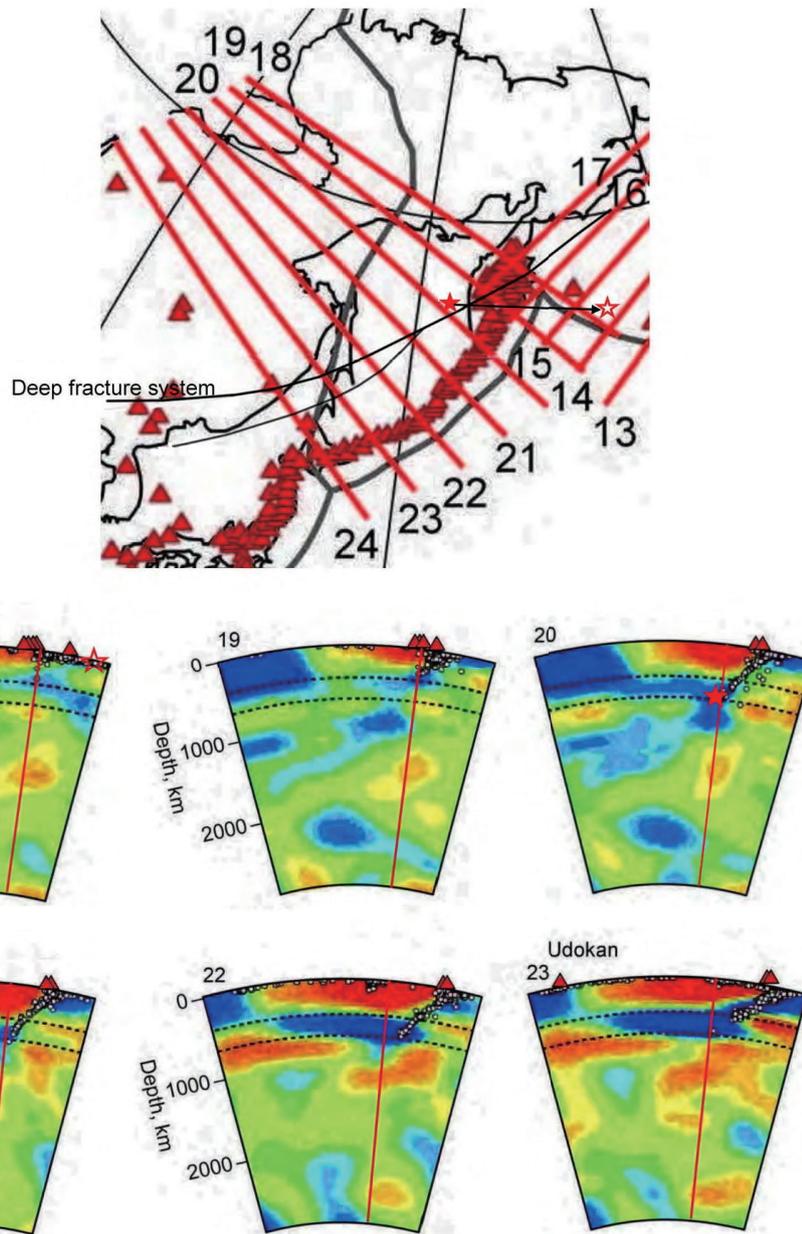


図7 Zhao et al. (2010) によるトモグラフィー断面. 断面18～20は、調査地域内に位置している. 赤色の★; 2013年5月の深発地震. 赤色の☆; 2017年7月17日の浅発の主震. 赤色の垂直線は、中生代以降のオホーツク海と太平洋の形成に関係した深部断裂系を示している.

る. とりわけ海洋側 (断面 23 への方向) の南方へ浅く, 幅広く, 厚くなっている. すなわち, 北側地域 (18 と 19 の断面線) で 1400 ~ 1650km, 中央地域 (20 と 21 の断面線) で 1200 ~ 1350km そして南側地域 (22 と 23⁺⁺⁺⁺ の断面線) で 1000 ~ 1250km である. 深発地震活動におけるこの低速度レンズの役割は, 今の段階で明確にはわからないが, 少なくともオホーツク海における深発地震がこの基本的な深発地震帯と密接に関連し, 外核のエネルギーを上方に移送する導管としての役割を担っている.

++++ 訳者注 原文では 223 となっているが, 23 のミスと思う.

3) 地震断面と 2017 年 7 月のコマンドルスキー大地震
 図 8 は, 1970 ~ 2017 年の M6.0 以上の大地震の経度と深度の関係を示すグラフである. この図はオホーツク海 - カムチャッカ - アリューシャン西部地域の全エネルギー移送パターンを示している. 検討中のコマンドル

スキー地震の場合, 西から移送されてきた地震エネルギーが先カンブリア紀の構造的な高まりによってトラップされている (図 4).

5. いくつかの短期予知信号

震央から遠く離れていて部分的に関連する短期信号の出現が比較的わずかという様々な制約のために, IEVPC は短期警報を発令することができなかった. しかし, 事後の分析がいくつかの顕著な前兆信号を明らかにした. それらのいくつかは, この NCGTJ5-3 号の中の Levashov et al. (p.39-41) と Straser et al. (p.34-39)⁺⁺⁺⁺ に報告されている.

+++++ 訳者注; 英語版では Levashov et al.(p.396-399) と Straser et al.(p.390-395) となっているが, Levashov et al.(p.397-400) と Straser et al.(p.391-396) が正しい.

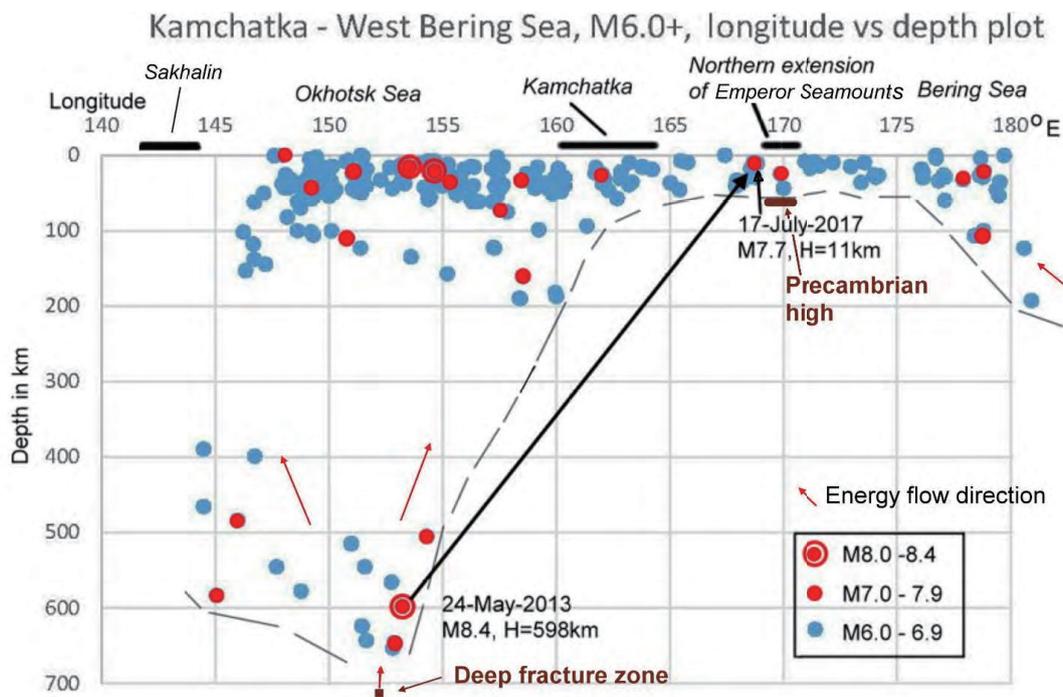


図 8 1970 ~ 2017 年 (8 月) の調査地域における M6.0 以上の地震の深度と経度関係図。2013 年 5 月の深発地震から 2017 年 7 月の浅発地震とエネルギーとの関連が示されている。深発地震帯の下の深部断裂帯と先カンブリア紀の構造的な高まりに注目。

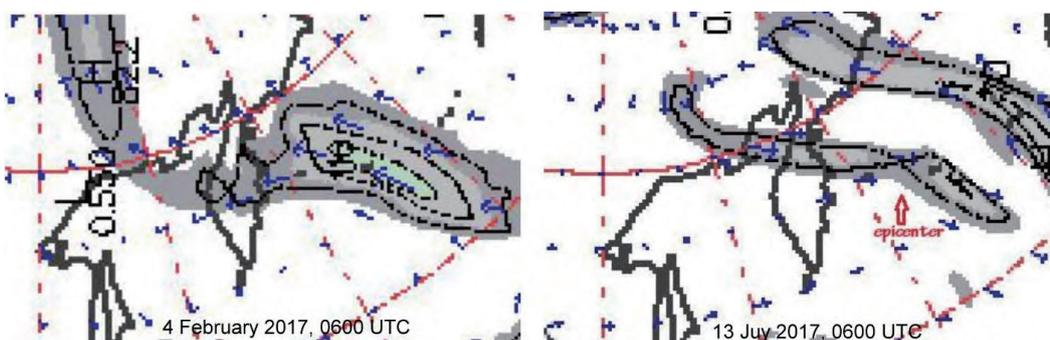


図 9 Hong-Chun Wu より公表された 2 つのジェット気流異常。詳しくは、<https://www.facebook.com/hongchun.wu.90?fref=ufi>

もっとも明確な短期信号は、Hong-Chun Wu により検出されたジェット気流異常である、図 9。ジェット気流異常は 1 月と 7 月の 2 回出現している。すなわち、前者は主震発生の 5.5 ヶ月前で後者は 4 日前である。

第 2 の異常 (2017 年 7 月 13 日) は事後に公表されたものが、ジェット気流異常信号がもっとも信頼できる前兆信号であることを示している。もう一つの前兆信号は、Dundee 衛星画像によるものである (<http://www.sat.dundee.ac.uk/geobrowse/geobrowse.php>)。海洋底からの地震 - 電磁気エネルギー放出は、7 月 11 ~ 12 日、または主震発生前 5 ~ 6 日にもっとも活発だった。

6. 結論

本論は、2017 年 7 月の成功裏に予知されたカムチャッカ沖巨大地震について記述した。地震は、浅発地震発生の 4 年前の 2013 年 4 月に起きた深発地震の直後に予想された。エネルギー移送法則に基づいて発生の 6 ヶ月前の地質学と地震 - 造構運動の解析と共にカムチャッカ東部とコマンドルスキー諸島に多様な前兆の出現の前の 2017 年 1 月に、長~中期予知が IEVPC によって公表された。

深部エネルギーは傾いた多孔質なマントル、和達 - ベニオフ帯 (衝上 / 逆断層帯) に沿って東方へ移送され、2016 年後半から 2017 年前半にカムチャッカ - コマンドルスキー諸島地域に出現した。さらにエネルギーは、アリューシャン弧に沿って南東方に移動し、2017 年 7 月に最終的に開放されコマンドルスキー島の南の N-S 方向の地殻の構造的な高まりによってトラップされた。

2013 年オホーツク海の深発地震はロシア大陸とオホーツク海を境する深部断裂系に密接に関連している。深発地震・高速度 / 低速度マントルのぼんやりとした層および深部断裂系の共存は地震発生、すなわちマントルの力学を読み解くための重要なヒントを与えている。太陽活動の低サイクルや太陽冬眠の深刻化に関連していると考えられる急激に増加する全地球的な壊滅的地震と火山活動の観点から、ほかの短期信号との組み合わせによる地震発生メカニズムの正しい理解が、壊滅的地震を正確に予測するために最も重要である。

謝辞：筆者は、批評と激励に関して John Casey に感謝する。彼への感謝は、カムチャッカ地域の彼のジェット気流異常のデータを送り届けてくれた Hong-Chun Wu に及ぶ。トモグラフィー画像の出展は、Vadim

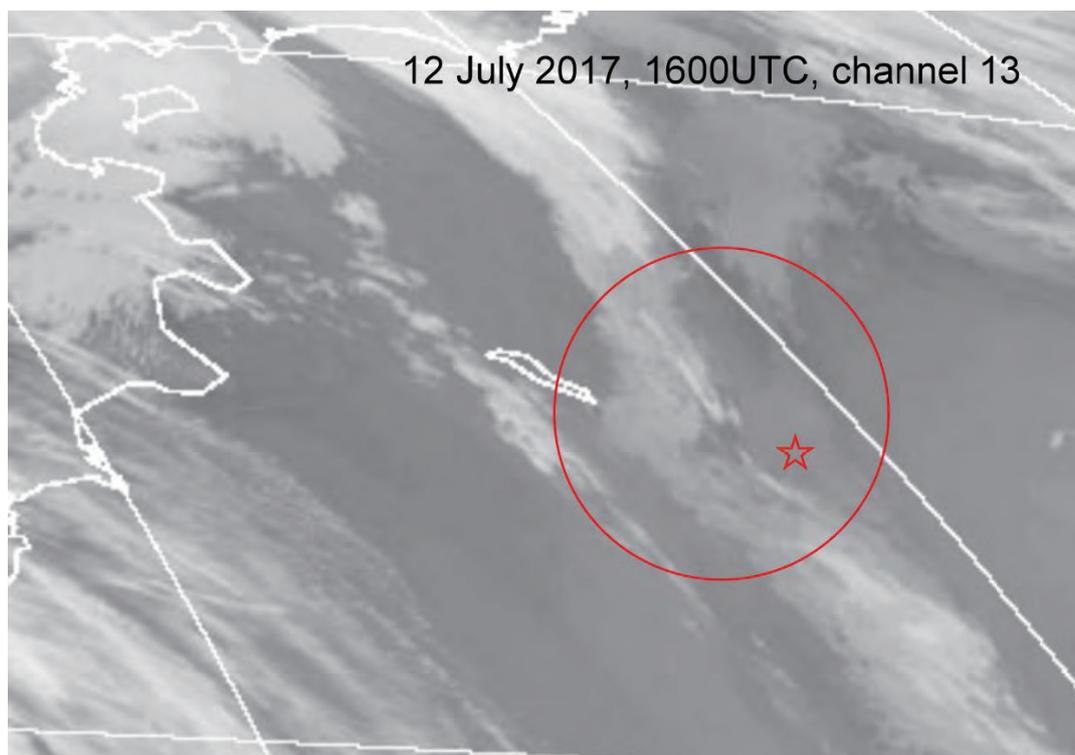


図10 震央付近に電磁気エネルギー爆発を示す主震発生より5日前の2017年7月12日のDundee衛星画像。小地震雲と暗色の爆発雲が見られる。赤色の☆は、この雲の出現の5日後の主震の震央を示している。

Gordienko により与えられた。IEVPC の仲間との継続的で刺激的な議論は、我々の地震研究に思考の糧を与えた。

文献

- Bapat, A., 2017. Successful short-term prediction of magnitude 6.5 earthquake of 8 August 2017 in China. *NCGT Journal*, v. 5, no. 3, p. 400-401.
- Blot, C., 1976. *Volcanisme et séismicité dans les arcs insulaires. Prévision de ces phénomènes. Géophysique*, v. 13, Orstom, Paris, 206p.
- Blot, C. and Choi, D.R., 2004. Recent devastating earthquakes in Japan and Indonesia viewed from the seismic energy transmigration concept. *NCGT Newsletter*, no. 33, p.3-12.
- Blot, C., Choi, D.R. and Vasiliev, B.I., 2007. The Great twin earthquakes in late 2006 to early 2007 in the Kuril Arc: their forerunners and the seismicity-tectonics relationship. *NCGT Newsletter*, no. 43, p. 22-33.
- Blot, C. and Choi, D.R., 2005. Forerunners of the catastrophic Kashmir Earthquake (8 October, 2005) and their geological significance. *NCGT Newsletter*, no. 37, p. 4-16.
- Calvert, A.J. and McGeary, S.E., 2013. Seismic reflection imaging of ultradeep roots beneath the eastern Aleutian island arc. *GSA Bull.*, v. 41, no. 2, DOI: 10.1130/G33683.1
- Casey, J.L., Choi, D.R., Tsunoda, F. and Humlum, O., 2016. Upheaval! Why catastrophic earthquakes will soon strike the United State. Trafford Publishing, 332p.
- Choi, D.R., 2011. Geological analysis of the Great East Japan Earthquake in March 2011. *NCGT Journal*, v. 59, p. 55-68.
- Choi, D. R., 2013. An Archean geanticline stretching from the south Pacific to Siberia. *NCGT Journal*, v. 1, no. 3, p. 45-55.
- Choi, D.R., 2014a. Seismo-electromagnetic energy flow observed in the 16 March 2014 M6.7 earthquake offshore Tarapaca, Chile. *NCGT Journal*, v. 2, no. 1, p. 61-65.
- Choi, D.R., 2016. The September-October 2016 Korea and Southwest Japan earthquakes viewed from the Blot's thermal energy transmigration concept. *NCGT Journal*, v. 4, no. 4, p. 596-600.
- Choi, D.R., 244. Low velocity lenses at the top of lower mantle and a new earthquake model for the Fiji-Tonga-New Zealand region. *NCGT Journal*, v. 5, no. 2, p. 244-254.
- Choi, D.R., Bapat, A. and Pulinets, S., 2012. Planetary fractures systems and recent seismic activities in the northwestern Pacific Ocean. *NCGT Newsletter*, no. 64, p. 24-29.
- Choi, D.R. and Casey, J., 2015. Blot's energy transmigration law and the September 2015 M8.3 Coquimbo Earthquake, Chile. *NCGT Journal*, v. 3, no. 3, p. 387-390.
- Choi, D.R., Vasiliev, B.I. and Bhat, M.I., 1992. Paleoland, crustal structure, and composition under the northwestern Pacific Ocean. Chatterjee, S. and Hotton, N. III., Eds. *New Concepts in Global Tectonics*, Texas Tech Univ. Press, Lubbock, p. 179-191.
- Firstov, P.P., Kopylova, G.N., Solomatina, A.Yu. and

- Serafimova, Yu.K., 2016. Strong earthquake forecast near the Kamchatka Peninsula. Bulletin of Kamchatka Regional Association "Educational-Scientific Center" Earth sciences, v. 32, no. 4, p. 106-114. (In Russian with English abstract)
- Grover, J.C., 1998. Volcanic eruptions and great earthquakes. -Advance warning techniques to master the deadly science-. CopyRight Publishing Company Pty Ltd. Brisbane, Australia. 272p.
- Janiszewski, H.A., Abers, G.A., Shillington, D.J. and Calkins, J.A., 2013. Crustal structure along the Aleutian island arc: New insights from receiver functions constrained by active-source data. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, doi: 10.1002/ggge.20211
- Jatskevich, B.A. [ed.], 2000. Geological Map of the World. 1:15,000,000. Ministry of Natural Resources of Russian Federation, RAS.
- Jiang, G., Zhao, D. and Zhang, G., 2008. Seismic tomography of the Pacific slab edge under Kamchatka. *Tectonophysics*, v. 465, p. 190-203.
- Levashov, S.P., Yakymchuk, N.A., Korchagin, I.N. and Bozhezha, D.N., 2016. Detection of anomalous zones with high frequency radiation of natural pulsed electromagnetic field of the Earth in the Kamchatka Peninsula region by the results of remote sensing data frequency-resonance processing (preliminary results). Unpublished report prepared in 13 January, 2017.
- Levashov, S.P., Yakymchuk, N., Korchagin, I.N. and Bozhezha, D.N., 2017. High-frequency electromagnetic emission in the area between Kamchatka Peninsula and Komandorsky Islands detected by frequency-resonance analysis of remote sensing data. *NCGT Joournal*, v. 5, no. 3, p. 396-399.
- Murdock, J.N., 1969. Crustal-mantle system in the Central Aleutian region – a hypothesis. *Bull. Seismological Society of America*, v. 59, p. 1543-1558.
- Murdock, J.N., 1998. Production of great arcuate troughs and their subsequent deformation; a case study, the Aleutian Island Arc. Part 1. *NCGT Newsletter*, no. 9, p. 23-28.
- Pulinets, S., Ouzounov, D., Vadydenko, D. and Petrukhin, A., 2016. Multiparameter monitoring of short-term earthquake precursors and its physical basis. Implementation in the Kamchatka region. *Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquakes Precursor*, DOI: 10.1051/e3sconf/20151100019.
- Vasiliev, B.I., 1982. Preliminary data on the dredged results of the Obruchev Submarine Rise (the Pacific Ocean). *Tikhookeanskaya Geologiya (Pacific Geology)*, no. 5, p. 96-99.
- Straser, V., Cataldi, G. and Cataldi, D., 2017. Seismic signals detected in Italy before the Nijkol'skoye (off Kamchatka) earthquake in July 2017. *NCGT Journal*, v. 5, no. 3, p. 390-395.
- Vasiliyev, B.I. and Evlanov, Y.B., 1982. Geological structure of submarine mountains in the region near Kuril- Kamchatka and Japan Trenches. *Tikhookeyanskaya Geologiya (Pacific Geology)*, no. 4, p. 37-44.
- Zhang, B. and Wang, Z. (eds.), 1995. Map of China crustal wavy mosaic structure, 1:5,000,000. Geological Publishing House, Beijing.
- Zhao, D., Pirajno, F. and Liu, L., 2010. Mantle structure and dynamics under east Russia and adjacent regions. *Geology and Geophysics*, v. 51, no. 9, p. 1188-1203.

**2017年7月のニコルスコエ（カムチャッカ沖）地震の前に
イタリアで検出された地震信号
Seismic signals detected in Italy before
the Nikol'skoye (off Kamchatka) earthquake in July 2017**

Valentino Straser¹, Gabriele Cataldi², Daniele Cataldi³

¹Department of Science and Environment UPKL Brussels (B). valentino.straser@gmail.com

²Radio Emissions Project, Rome (I). ltpaobserverproject@gmail.com

³Radio Emissions Project, Rome (I). daniele77c@gmail.com

（村山 敬真 [訳]）

要旨：この報告は、2017年7月17日に2回の強い地震（マグニチュード6.4と7.7）が、ロシアのカムチャッカ沖にあるニコルスコエ付近で発生する前に、イタリアで検出された電磁気信号の最新収集データを示している。ローマのラジオ・エミッション・プロジェクトで検出された電磁場背景の変化は、潜在的な地震前兆現象候補に関連している。ローマの観測所は2012年から今日まで分析し、世界規模でM6以上の800以上の地震を比較した。観測所は、4つの周波数帯で特徴的な電磁波信号を示した。第1の周波数は0Hzから0.1Hz、第2は22Hzから30Hz、第3は5.7kHz、第4周波数は16.9kHzである。検出されたデータは、本震の3-4日前に他の強い地震で収集されたものと類似する。

この場合、ラジオ・エミッション・プロジェクトによる電波方向検出システムは、拍車のかかったデータを提供する将来の震源ゾーンを見つけることを可能にする新しい検出方法である。

キーワード：ニコルスコエ，RDF システム，地震前兆現象，陽子密度，太陽風

(2017年8月18日受付．2017年9月4日受理)

序 論

2017年7月17日，ロシアのニコルスコエ島南東198kmで，マグニチュードMw7.7の強い地震が発生した（図1）．地震は，ベーリング海のカムチャッカ半島の前で23:34 UTC（午前1時34分，イタリア時間）にUSGSによって検出された．この強い地震の前には，マグニチュードM6.4の前日の別の地震があった．これらの地球物理的事象は，我々に2017年7月14日からのイタリアの地震予知信号を検出するように促した．この分析は，ラジオ・エミッション計画 (Straser et al., 2015-16; Cataldi et al. 2016-17; Sobolev et al., 2001; Odintsov et al.) によって収集され，すでに類似の定式が (Ota et al., 2013; Kasahara et al., 2008) によって提案された，新しい方法であるRDFと組み合わせられた，太陽風密度と電磁背景データ間の比較に基づいている．イタリアのローマ近郊に設置された観測電波方向検出所 (RDF) は，角度検出システムを装備し，地震の前に将来の震央域と重要な電磁場変動を示す．

データ

本稿で取得し分析したデータは，太陽風のイオン密度の変化 (ACE, Advanced Composition Explorer) および，太陽風密度 (ENLIL Heliosphere Ecliptic Plane)，CMEすなわち太陽コロナ質量放出事象の時間的観測 (ISWA)，太陽風速度，電子流束 (NOAA / SWPC)，Kp-Index (SWPC，宇宙天気予報センター)，地磁気変動（北ヨーロッパおよびロシア共和国観測所，イタリア，ローマのアルバニア・ラジアルエおよびラリアーノ近郊のラジオ・エミッション・プロジェクト），リアルタイムで24時間体制の地球規模での地震活動 (USGS，米国地質調査所) を含む．

RDF システム

統計的要素を用いた決定論的アプローチにより，“電波方向検出 (RDF)” 決定法が提示されている．それは最近，ラジオ・エミッション・プロジェクトの一環としてローマ（イタリア）で開発された．これは，地震の震央に関連する地震前兆現象の潜在的候補と著者らによって考えられていて，応力下の岩石によって生成される可能性がある電波信号を検出するための革新的なシステムである．

この研究プロジェクトは，特に地震前の電波放射の研究に特化しており，ヨーロッパで唯一の種類のものである．しかしながら，近年RDF技術の信頼性は，例えば日本で試されており，2011年3月の地震 (M9.0) では，この被害地震の震央をその5日前に位置づけることができた．

アンテナ

この電磁波観測局のアンテナシステムは，一緒に接続された最小サイズの2つの単ループカーをベースにしている．それらは，第1のものがN-S軸，第2がE-W軸で90°の角度をなすように，それぞれの中心で直交して主要軸に配置される．アンテナの構造はまた，熱変動の影響を通常受けやすい電波信号の「ノイズ」を低減する方法で断熱される．

受信機

受信機はすべて，設計だけでなく実際の組み立ても担当したGabriele Cataldiによって作られた．基本的には，2つのアンテナからのデータを電気信号



図1 ニコルスコエ震央帯の位置図

から2チャンネルステレオ (+ / - + +) に変換するために受信できる, 2つの低ノイズチップの使用を基にしている.

コンピュータ化されたシステム

ステレオ信号は, 専用ソフトウェアであるスペクトラム・ラボ ver. 2.90のおかげで, デコードするPCにサウンドブラスターを通して入力される. このソフトウェアは, フーリエ変換と呼ばれる数学的プロセスによって, 信号をスペクトルに変換する. これは時間の関数を周波数の関数で書くことを可能にし, そうするために, 指数関数の基底関数を内積で分解する. 色の彩度はその強度を示し, 彩度が低いほど信号が少なく, 彩度が高いほど強度が大きくなる.

観測システム

電磁波放射源は, 受信信号の方向を組み合わせた三角測量によって見つけることができる. 識別システムの核心は, 「無線三角測量」すなわち, 点同士の距離を三角形の幾何学的特性を用いて計算する技術に基づいている. このような技術は, 例えば, GPS検出システムまたはGSM傍受システムで現在使用されている. 本質的には, 受信局は無線信号の角度軸を識別し, したがってその発生源の方向を識別することができる.

報告

既に地震の96時間前には, ラジオ・エミッション・プロジェクトが太陽と地磁気の活動を監視してい

た. 太陽風は7月14日の早い時間に陽子と電子の増加を引き起こした(図2). 7月16日まで増加し続け, 7月17日UTC20:00に持ち上げられた後に減速した. ちょうどこの陽子密度減少の初期段階の間に, 既にStraser et al. (2015) によって記述されたメカニズムに従って, ロシアで地震が発生した.

太陽風陽子密度

太陽風陽子密度の変化はM7.7のロシア地震に先行した. 上のグラフは, 地球から150万kmの太陽方向のL1ラグランジュポイントの軌道にある, Advanced Composition Explorer(ACE)によって, 2017年7月12日から21日に記録された太陽風電子密度の変化を示す. 基準として取られた陽子のエネルギー分率は, 761~1220keVおよび1060keV, 310~580keVであった. 太陽風の陽子密度の変動は, 2017年7月14日から21日にかけて発生した世界のM6+地震の時間データと重ね合わされた(垂直の黒い矢印). 陽子の上昇の始まり(大きな紫色の矢印で示される)は, 2017年7月14日00:00UTCに発生した. 7月17日11時45分UTCと, 17時30分UTCに, 陽子密度はさらに2回増加したが, サイズは小さくなり, その後数日で基準レベルに減少した(2017年7月21日). この期間に, 主たる陽子の増加の後で, 4つの強烈な地震が記録された. 1)ロシアのM6.2, 2)ロシアのM7.7, 3)ペルーのM6.4, 4)トルコギリシャのM6.7. 上に挙げた最初の3回の地震には, 先行して数時間前に地磁気じょう乱が発生し, グレード2(NOAAスケール)に達した. このじょう乱は赤線で囲まれた黄色で強調される. 陽子の上昇の始まりは, 2017年7月17

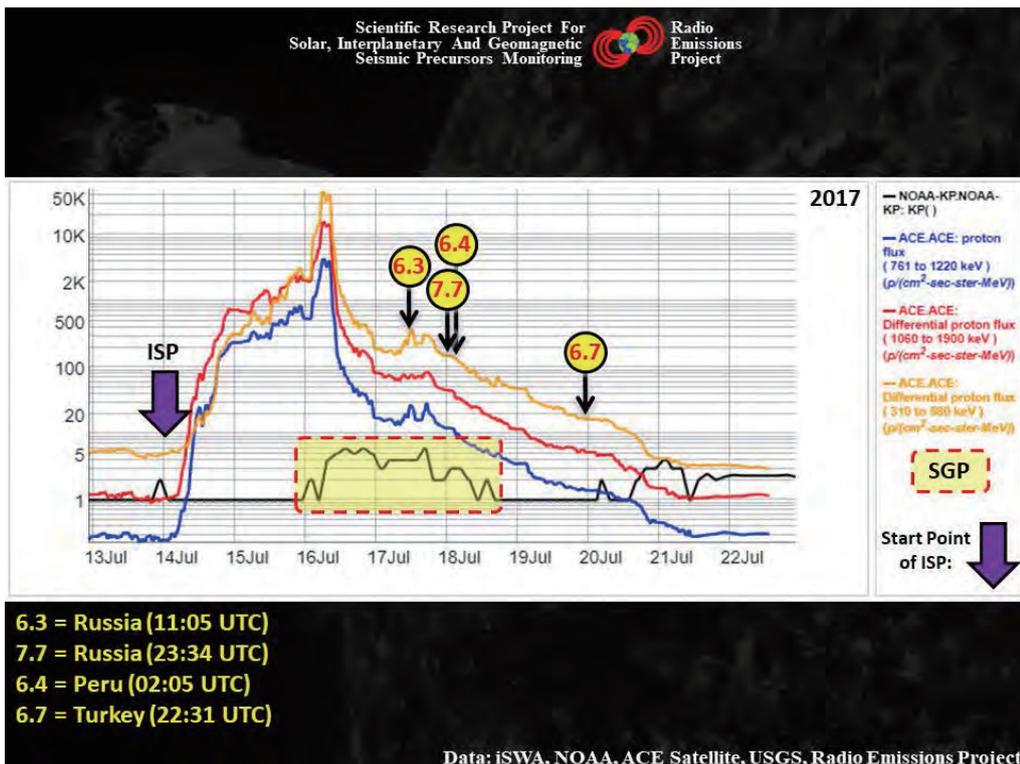


図2. 太陽風の陽子密度は7月14日から7月17日20:00UTCにかけて上昇する. 陽子密度の減少期には, Mw7.7の地震が発生した.

日から 20 日までの 4 つの強い地震に先行していたため、著者らによって「惑星間地磁気前兆現象」として定義されている。これは 2012 年以降の著者らによって観測された現象である。

太陽風速度

上のグラフは、2017 年 7 月 15 日から 18 日の間に、地球から 150 万 km で太陽方向の L1 ラグランジュポイント軌道にある Advanced Composition Explorer (ACE) によって記録された、太陽風速度の変動を示す。著者らは、太陽風速度を分析し、7 月 17 日に発生したロシアの M7.7 地震が、太陽活動と地磁気活動の増加によって先行されたかどうかを確認した。増加の開始は、2017 年 7 月 16 日 05:19 に記録され、陽子密度のピークの始まりに一致した。ロシアの M7.7 の地震の前にも、(2 件の) 770km/s を超える一連(少なくとも 6 つ)の瞬間的な太陽風速の増加(2017 年 7 月 17 日 20:09UTC と 23:34UTC の間に記録された)が、先行した。この種の相関関係は、2012 年以降著者らによって観察されている (Straser et al., 2015)。加えて、アメリカ海洋大気庁 (NOAA) によるデータから、M7.7 の地震に、2 つの中強度磁気嵐 (G2) が先行していたことが、明らかになった。

先地震信号

2017 年 7 月 14 日

RDF システムは、2017 年 7 月 14 日の 18:00 に、強い電磁気の増加の記録を開始した。その時、システムは -70db から -18db の自然地磁気の背景変動を検出した (図 3)。この変動は、地磁気背景から赤色で出現し、非常に強かった。ラジオ・エミッション・

プロジェクトによって作成された RDF システムは、自然地磁気信号の電磁気密度方向を検出することができ、その方向 (方位角) を正確な色と関連づける。この場合、赤色がこれらの信号と関連していた (図 3)。

地磁気信号の 50dB 以上のこの増加は、瞬間的で反復される一方、RDF システムは継続的な赤信号を示し、イタリアに位置する観測所で NS 軸上に位置した (図 4)。「プロット・モニター」でさえ、異なる周波数で観測された地磁気背景の電波コンパス動作を参照して、その信号の出現の特定の変化を示した。その周波数は次のものを含む：

1. 0Hz から 0.1Hz までのノイズ。
2. 22Hz から 30Hz のノイズ。
3. 5.7kHz でのノイズ。
4. 16.9kHz でのノイズ。

このような周波数では、角度の変化度合いが非常に明白であった。しかしながら、RDF システムは、0 ~ 32kHz の可視帯域幅全体にわたって方位角の変化を示しており、すでに述べたように、突発的な信号は地磁気背景から大きく離れている。

2017 年 7 月 14 日に記録されたデータは、RDF システムが設置されている観測所と比較して、N-S 方向 (180° 軸) で地磁気の増加が速い分布をしていたことを示した。N-S 軸信号としての電子・コンピュータシステムによって示される強い地磁気増加は、2017 年 7 月 14 日の 21:25UTC から数時間、すなわち 3.5 時間持続した。同時に、「プロット・モニター」は、RDF システムによって検出された電磁波信号の特性も、その強度とばらつきだけでなく、方位角とその無線コンパス動作も評価され記録した。その後、電磁波放射は消滅し、-75dB から -90dB のより低い強度の通常の地磁気変動に戻った。

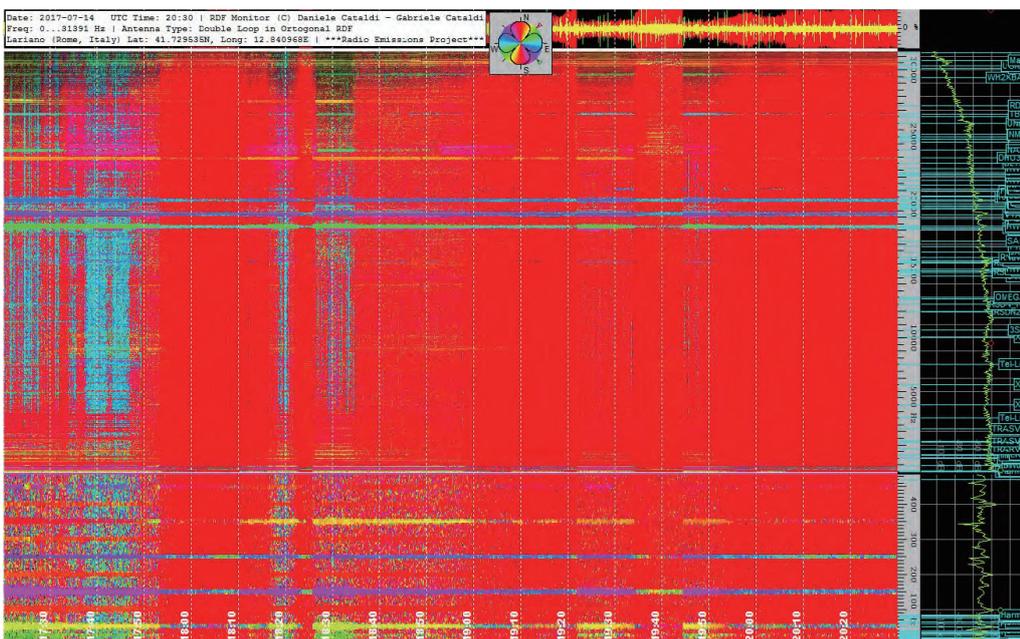


図 3. RDF ラジオダイアグラム-ラジオ・エミッション・プロジェクト。2017 年 7 月 14 日 18:00 からの地磁気背景の増加。

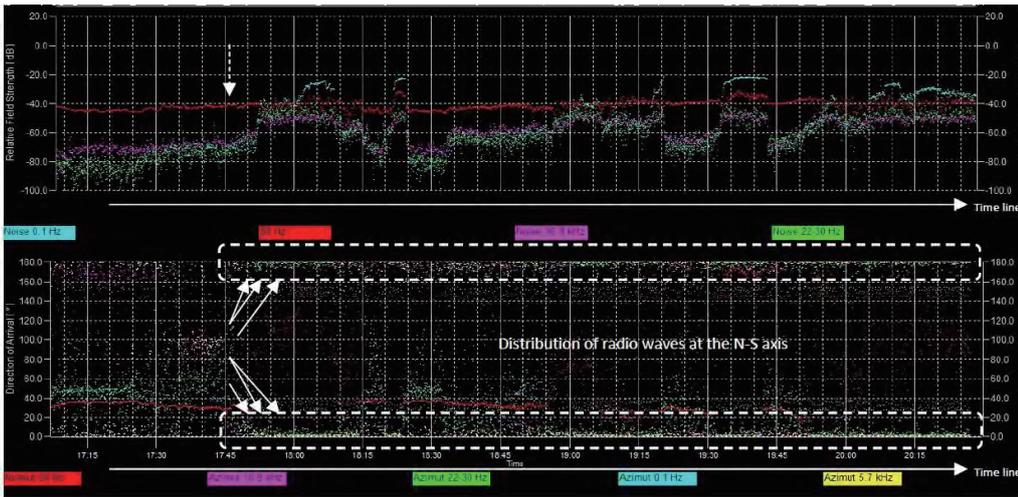


図4. プロットモニター RDF システムーラジオ・エミッション・プロジェクト. 2017年7月14日に受信された電磁波信号と方位角信号の変化は、18:00以降に認められる。

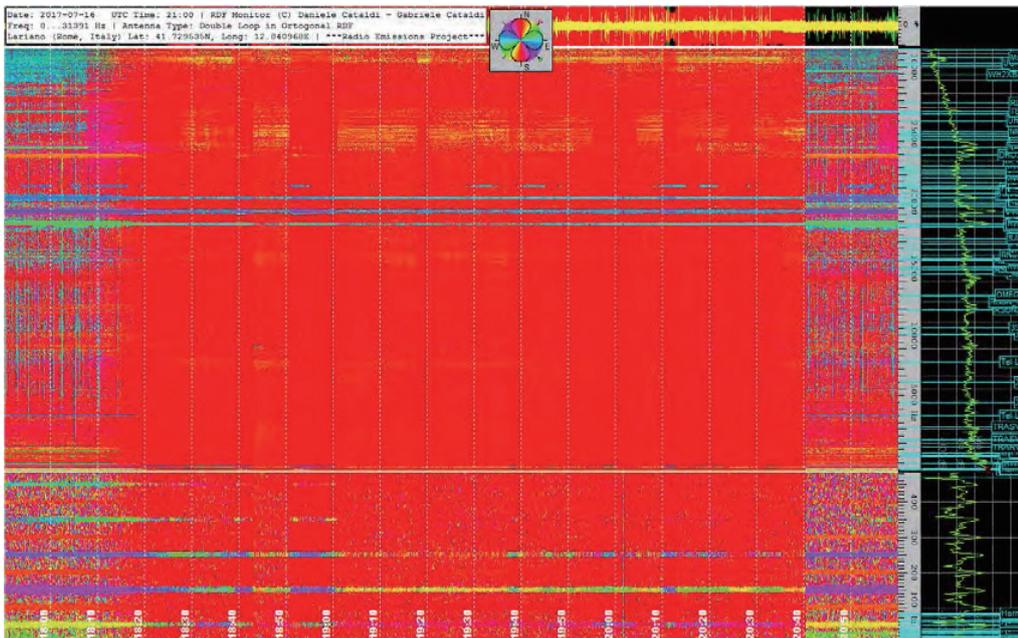


図4. プロットモニター RDF システムーラジオ・エミッション・プロジェクト. 2017年7月14日に受信された電磁波信号と方位角信号の変化は、18:00以降に認められる。

引き続き時間の間には地磁気背景の実質の増加がないことが示され、記述した特徴が強く持続している。従って、RDF システムは電磁波発信源を正確な方向で示した。

2017年7月17日

この信号の出現の3日後に、Mw7.7の強い地震が RDF システムによって示された同じ方向に発生した。観測所は、その間に0～32kHzの全周波数帯域を記録していた(図5)。

結論

地震前兆現象候補についての1つの問題は、将来の震央帯・発生期間・地震のマグニチュードについて、事前に十分な時間をおいて指標を受け取るために、測定するマグニチュードを選択することである。この報告で提示された方法は、3つの条件すべてに加わるが、我々はまだ地震前兆現象の測定の信頼性について話すことができない。

謝辞：著者らは批判的なコメントと提案について匿名の査読者に感謝する。

文献

Cataldi, G., Cataldi, D., Rossi, R. and Valentino Straser, 2017. SELF-ELF Electromagnetic signals correlated to M5+ Italian Earthquakes occurred on August 24, 2016 and January 18, 2017. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, V. 5, No. 1, March 2017, p. 134-143.

Cataldi, G., Cataldi, D. and Straser, V., 2016. VLF electromagnetic signals unrelated to the Central Italy earthquakes occurred between 26 and 30 October 2016. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, v. 4, no. 4, p. 543-552.

Kasahara, Y., Muto, F., Horie, T., Yoshida, M., Hayakawa, M., Ohta, K., Rozhnoi, A., Solovieva, M. and Molchanov, O.A., 2008. On the statistical correlation between the ionospheric perturbations as detected by subionospheric VLF/LF propagation anomalies and earthquakes. *Hazards Earth Syst. Sci.*

vol. 8, p. 653-656.
 Odintsov, S., Boyarchuk, K., Georgieva, K., Kirov, B. and D. Atanasov, 2006. Long-period trends in global seismic and geomagnetic activity and their relation to solar activity. *Physics and Chemistry of the Earth*, vol. 31, p. 88-93.
 Ohta, K., Izutsu, J., Schekotov, A. and Hayakawa, M., 2013. The ULF/ELF electromagnetic radiation before the 11 March 2011 Japanese earthquake, *Radio Sci.*, v. 48, p. 589-596, doi:10.1002/rds.20064.
 Sobolev, G. A., Zakrzhevskaya, N. A. and E. P. Kharin, 2001.

On the relation between seismicity and magnetic storms. *Phys. Solid Earth, Russian Acad. Sc.*, vol. 11, p. 62-72.
 Straser, V., Cataldi, G. and Cataldi, D., 2015. Solar wind ionic variation associated with earthquakes greater than magnitude 6.0. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, vol. 3, no. 2, p. 140-154.
 Straser, V., Cataldi, G. and Cataldi, D., 2016. SELF and VLF electromagnetic signal variations that preceded the Central Italy earthquake on August 24, 2016. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, v. 4, no. 3, p. 473-477.

リモートセンシングデータの周波数共鳴解析で検出された カムチャッカ半島～コマンドール諸島間の高周波電磁波放射 High-frequency electromagnetic emission in the area between Kamchatka Peninsula and Komandorsky Islands detected by frequency-resonance analysis of remote sensing data

Sergey Levashov^{1,2}, Nikolay Yakymchuk^{1,2}, Ignat Korchagin³ and Dmitry Bozhezha²

1 Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kiev, Ukraine. geoprom@ukr.net

2 Management and Marketing Center of Institute of Geological Science NAS Ukraine, Kiev, Ukraine. yakymchuk@gmail.com

3 Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kiev, Ukraine. korchagin.i.n@gmail.com

(矢野孝雄 [訳])

要旨：衛星画像を用いた周波数共鳴処理により、カムチャッカ半島とコマンドルスキー諸島の間の海域における高周波放射の異常ゾーンを検出することができた。調査海域では高周波電磁放射の9つの異常ゾーンが検出され、図化された。検出された異常域内の電磁放射の最大周波数は85～1100MHzの範囲で変化する。最大周波数値を示す局所的異常域では、さまざまな時刻に撮影された衛星画像を処理した：20/01/2015, 10/01/2017, 10/02/2017, 15/06/2017 および5/08/2017。2017年7月17日にコマンドルスキー諸島近郊で発生した大地震の震央にも異常な高周波放射帯が記録された。調査結果は、予測された中～大規模地震の電磁気放射調査が実現可能であることを実証している。

キーワード：カムチャッカ半島, コマンドルスキー諸島, 周波数共鳴法, 衛星データ, モバイル技術, RSデータ処理, 高周波放射帯性

(2017年9月14日受付．2017年9月20日受理)

まえがき

筆者は2016年に、過去の地震震源地域の電磁波特性を、カザフスタン共和国、日本、ウクライナ、イタリア共和国のリモートセンシング (RS) データ (衛星画像) 処理と解析した。調査地点における異常応答の観測は、20-1350MHzの周波数範囲で実施され、時間と共に変化する放射線パラメータ (周波数および領域) の特性が考察された。研究の結果、高周波電磁放射の検出と局所的異常領域の技術が開発された (Levashov et al., 2016)。

2017年には、カムチャッカ半島とコマンドルスキー諸島の間の海域においても、同様な研究が行われた。この地域は地震多発域に位置する。研究の主な目標は地震時の高周波電磁波の局所領域を検出して、図化の可能性を研究するための衛星画像を処理して、周波数共鳴法の信頼度を増すことである (Levashov et al., 2016 and 2017) 世界の脆弱域について、いくつかの調査結果を報告する。

研究方法

調査には、リモートセンシングデータの周波数共鳴処理と解釈 (デコーディング) のモバイル技術を使用した。この技術の特徴は、Levashovら (2016, 2017) をはじめ、多くの出版物に記載されている。

長年にわたり、この技術は、鉱石および可燃性鉱物の探査・開発に広く使用されてきた。論文の1つ (Levashov et al., 2017) は、世界の様々な地域における深部流体 (炭化水素を含む) の移動のための鉛直チャネルの検出と精密な位置決定のための応用技術の結果を示す。

過去の地震の震央でこの方法を用いた2016年の実験研究は、リモートセンシングデータ周波数共鳴処理の移動方法を高周波電磁波領域の検出のために使用できることを示した (Levashov et al., 2016)。この方法はまた、さまざまな時刻 (前回の地震の前

後を含む) に得られた調査地点の衛星画像処理にもとづいて、その領域における発生・変化 (増加・消滅) プロセスを監視することもできる。

使用されるモバイル技術に関する追加情報は、次の Web サイト [http://www.geoprom.com.ua/index.php/] で得られる。そこには、研究のさまざまな段階での結果を示すビデオフィルムと、モバイル直接探査法の実用的アプリケーションの多数の成果を示すプレゼンテーションが掲載されている。

試験 (小規模) 研究の成果

この海域の研究は、数段階に分けて実施された。最初の 2 段階で得られた結果を図 1 に示す。

第 1 段階では、カムチャッカ半島の隣接海域における一部の衛星画像を縮尺 1 : 200,000 の周波数共鳴法で処理した。その結果、120, 150, 85MHz の電磁波の最大周波数を持つ 3 つの異常領域 NPEMFE-4, NPEMFE-3, NPEMFE-5 が調査地域で検出された (図 1)。

さらなる研究のために、2017 年 1 月 10 日にカムチャッカ半島からコマンドルスキー諸島に至る全域の衛星画像を撮影した。比較的小さな領域で得られた画像群が縮尺 1 : 300,000 とより大きい 1 : 600,000 で処理された (図 1)。

これらの画像の周波数共鳴処理の結果、NPEMFE-1, NPEMFE-2 (縮尺 1 : 300,000) および NPEMFE-6, NPEMFE-7 の高周波電磁放射線の異常ゾーンが検出され、NPEMFE-8, NPEMFE-9 (縮尺 1 : 600,000) として画像化された (図 1)。これらの異常帯の輪郭に電磁放射周波数の最大値 850, 850, 1100, 150, 125 および 120MHz が固定された。

図 1 には、周波数 1100MHz の NPEMFE-6 異常帯が優

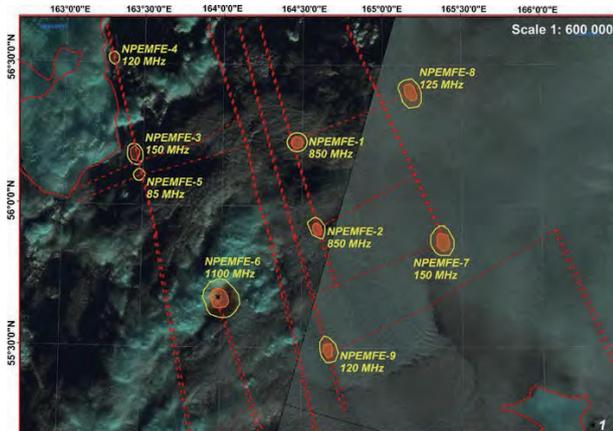


図 1 カムチャッカ半島とコマンドルスキー島の間の海域における高周波異常域のスケッチ地図 (衛星画像の周波数共鳴解析による)。画像処理の縮尺は 1 : 600,000。2017 年 1 月 10 日撮影の衛星画像。

先的に注目されるべきであること、そして、以前の実験的研究の結果 (Levashov et al., 2016) も考慮に入れられている。これに関連して、この異常ゾーンで追加作業が行われた。

NPEMFE-6 異常ゾーン付近の局所的衛星画像 (20/01/2015, 10/01/2017, 10/02/2017, 15/06/2017 および 5/08/2017) を 1 : 100,000 に変換した場合の処理結果を図 2 に示す。

我々は、2011 年 10 月 1 日～2011 年 10 月 2 日の期間、電磁放射周波数の最大値は変化しなかったという事実に注目している。放射線周波数の決定精度が 50MHz であることを考慮すると、電磁放射線周波数の最大値の増加は 50MHz 1 / 月を超えないと仮定できる。

さらに、このサイトの衛星画像処理は、異常ゾーンの面積と電磁波周波数の最大値が大幅に減少したことを示す。これにより、すべての高周波放射異常ゾーンが地震の形でエネルギー放出するわけではないと結論づけられる。

カムチャツカ沖の 2017 年 7 月 17 日地震

2017 年 6 月 5 日 (42 日前) および 2017 年 7 月 23 日 (6 日後) の地震震源地の衛星画像が縮尺 1 : 100,000 で処理された。結果を図 3 に示す。

震央付近では地震前の 42 日にわたって高周波放射の大きな異常ゾーンが検出され、図化された。異常域内では、放射周波数の最大値は 1370MHz である (図 3a)。地震の 6 日後には、この異常の面積は大幅に減少し、放射周波数の最大値は 70MHz に減少した (図 3b)。

Levashov et al. (2016) によって定式化された結論は、過去の地震についてこれまでに調査された地点に有効であると考えられる。

結論

このたびの研究の結果は、中～大規模地震の震源域における電磁放射のをさらなる研究の妥当性を実証した。過去の地震の震央付近では、時間とともに電磁波パラメータ (周波数と面積) が変化するという特徴を詳細に研究する機会となった。これらの調査結果は、“予測された”地震の地域を監視するために今後活用することができる。

地震の多発地域の衛星画像の周波数共鳴処理技術は、高周波放射の異常ゾーンを発見して迅速にマッピングする機会を提供する。検出された異常領域の監視は、地上ベースの測定でも可能である。

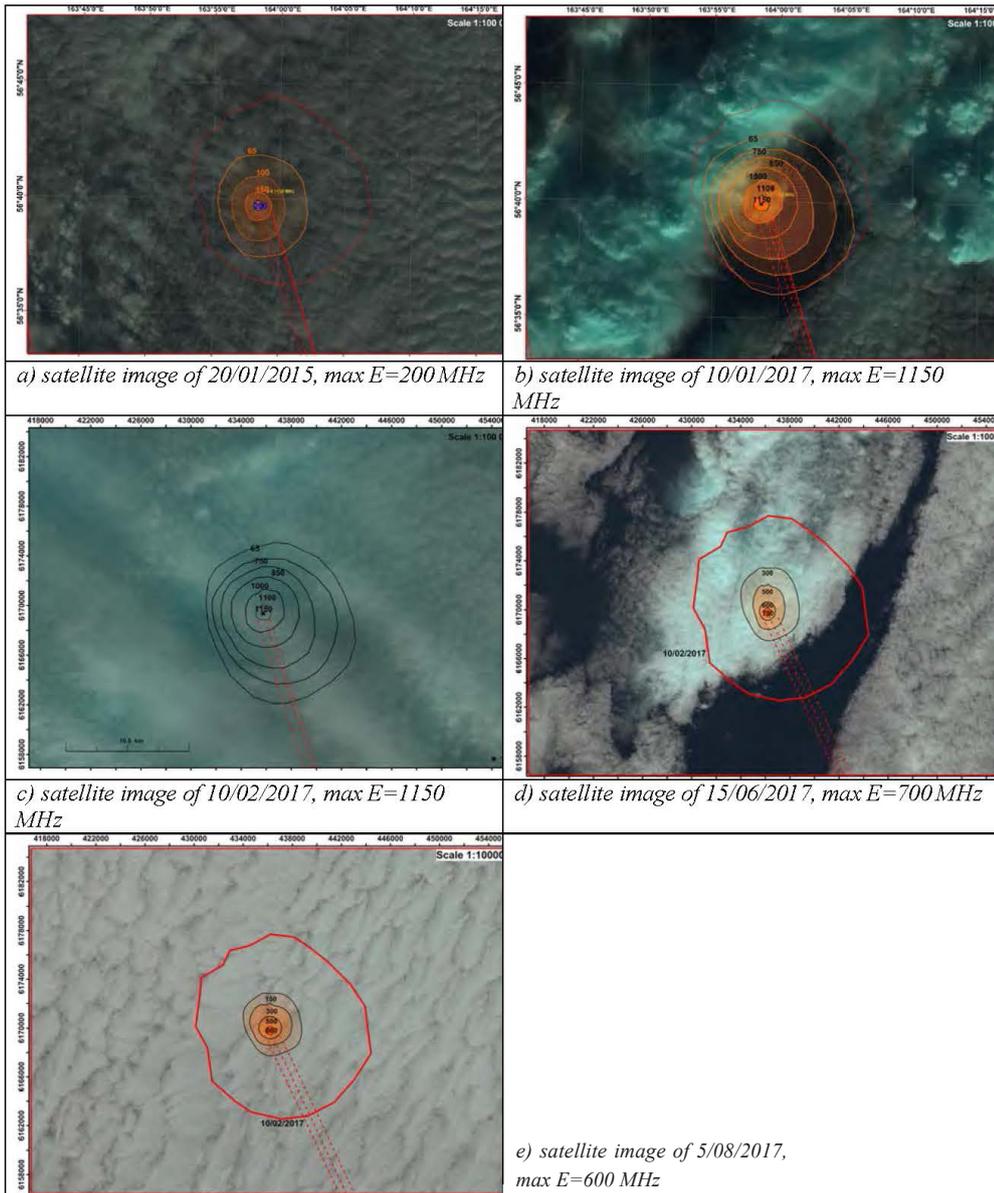


図2 カムチャッカ半島とコマンドルスキー島の間における自然電磁界 (NPEMFE) の高周波異常地帯 (衛星画像の周波数共鳴解析による)。画像処理縮尺 1 : 100,000。

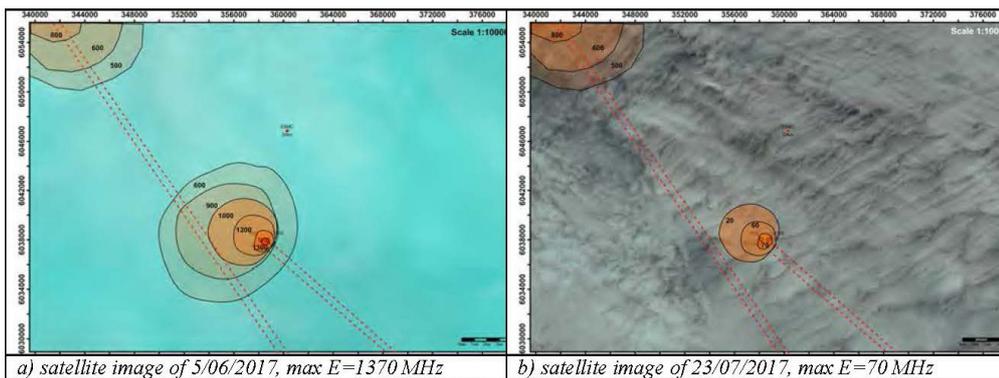


図3 衛星画像周波数共鳴処理による2017年1月10日カムチャッカ地震の自然震動電磁界 (NPEMFE). (a) 地震前と (b) 地震後。

文献

Levashov, S.P., Yakymchuk, N.A., Korchagin, I.N. and Bozhezha, D.N., 2016. High-frequency electromagnetic emission in the earthquake epicentral areas detected by the remote sensing frequency-resonance data processing. NCGT Journal, v. 4, no. 3, December 2016, p. 601-614. www.ncgtjournal.com

Levashov, S.P., Yakymchuk, N.A., Korchagin, I.N. and Bozhezha, D.N., 2017. Application of mobile and direct-prospecting technology of remote sensing data frequency-resonance processing for the vertical channels of deep fluids migration detection. NCGT Journal, v. 5, no. 1, March 2017, p. 48-91. www.ncgtjournal.com

2017年8月8日, 中国 M6.5 地震の短期予知の成功 Successful short-term prediction of magnitude 6.5 earthquake of 8 August 2017 in China b0

Arun Bapat

Research Seismologist, Pune, India arunbapateq@gmail.com

(久保田 喜裕 [訳])

要旨: 適切かつ効果的な地震災害の軽減と管理のためには、地震の数時間前に社会に警告することが非常に必要である。この複雑な問題にはいくつかの方法がある。ひとつは、数秒の警告がでる早期警告システム (EWS: the early warning System) である—この方法は人命救助に役立つ。この目的のために、従来の地震前兆に加えて、エレクトロニクスにもとづく方法がある。それは地震の数時間に警告を発する。この方法では、TEC (総電子量: Total Electron Contents), OLR (長波長放射: Outgoing Longwave Radiation), および赤外線写真に関する衛星搭載データが使用される。2017年8月8日の甘粛 (中国) 地震は予知され、予想通りに発生した。

キーワード: 衛星データ, 地震前兆, 地震予知

(2017年9月20日受付, 2017年9月23日受理)

マグニチュード 6.5 の地震が中国で発生したが、関連する詳細は以下のとおり。

M=6.5, 08082017, 131949(UTC), 33.193N 103.855E,
h=9km, 36km WSW (中国, 甘粛省 Youngu)

ちなみに、それは私によって予測された。それは偶然ではなかった。私は、それが予測の成功にたどり着いた直感的な知見であり、数日間だけの厳密な研究によるものではなかったと考えている。私は毎朝、仕事のためにコンピュータに就くとき、インド気象局 (IMD: India Meteorological Department) のウェブサイト (www.imd.gov.in) でいくつかの地震に関する諸元 (parameters) を読む習慣がある。これらの諸元は、地震活動領域の最大および最小温度、長

波長放射 (OLR) および総電子量 (TEC) である。これらは地震の発生過程と本質的に関連している。これらの諸元を利用して、地震予知についての議論が可能となった。Bapat (2010), Bapat (2015) 参照。

2017年8月7日、深夜頃、私がウェブデータを調べていたときのことだった。私は、図1のような顕著な高温域を示す衛星赤外線 (IR) 写真を見ることができた。私が17時にチェックしたとき、同じ地域にそのような兆候はなかった。しかし、約5時間以内に急激に温度が上昇した。突然の熱的上昇は、地震の発生をもたらすに十分な徴候であった。示された範囲が数100kmだったので、私は地震の規模が6.0か6.5、あるいはそれ以上になると言った。

IR Image 07 Aug 2017 from IMD

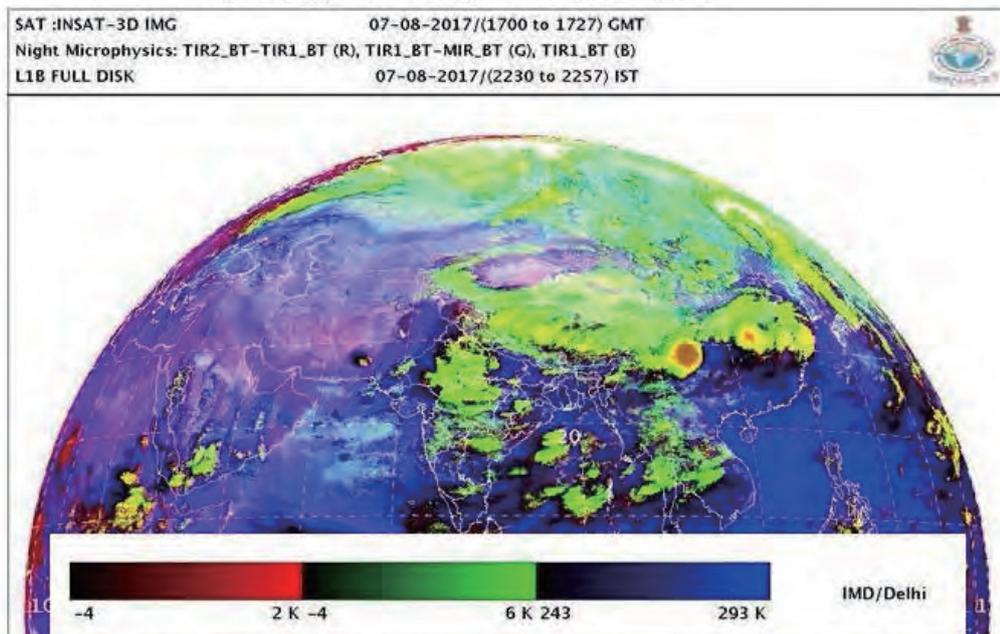


図1 インド気象局の2017年8月7日の赤外線画像、中国の甘粛省での高い熱異常を示している。

私はすぐにこの観察をいく人かの友人に郵送した後、眠った。翌朝 2017 年 8 月 8 日、中国の科学者、Hong-Chun Wu 氏は観測された「予測された中国の地震が起こった」とメールを送った*。このことは私の観測がすぐさま実証されたことであった。翌朝は地震についての裏付けやメールがかなり合った。

* H-C Wu 氏は、2017 年 3 月 12 日と 2017 年 6 月 16 日に、震央付近のジェット流異常を 2 回、甘粛省地震の発生前のそれぞれ約 5 ヶ月と 2 ヶ月前に見出した。それらのひとつ：
<https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1381193145266064&set=a.657516484300404.1073741826.10000>

たとえば 2017 年 4 月 14 日、インドのジャンムー (Jammu) とカシミール州政府の書記官に送られた電子メールでは、地震関連のさまざまな諸元を定期的に確認している間に、Bhaderwah (インドのジャンムーとカシミール州の町) の地殻の地域で、今後数日以内に約 M5.5 の地震に向かうらしいことを見出していた。M5.0 の地震は、予想通り 4 日後に発生した。

これ以前に、諸元にしたがって予測された地震が起こった例がある。ここで、ひとつの例を検証するのが良いであろう。

2 月 23 日、インドの Shillong (アッサム: Assam) の北東部災害管理局に、マニプール (Manipur) 州 (インド) で M 約 5.0 の地震が発生する可能性があるとの連絡が入った。このことは、3 箇所における急激な温度上昇に基づいている。数値の上昇は最高温度で + 7 ~ + 9 の範囲であった。迫りくる日は 2 月 25 日ないしは 26 日が定められた。2 月 24 日、インドのマニプール (Manipur) 州の Churachandpur で、M5.2 の地震が発生した。ここで、

その標的は数時間で消滅し、使用したデータには最低限の熱的な数値の上昇がみられた。

衛星搭載データは、24 時間 365 日 (24 x 7 bases)、さまざまな Web サイトで自由に入手でき、短期または極短期間の地震予知には疑いなく利用できる。中～大規模地震が発生する前に、地震—電磁気効果に関連する地震前兆を効果的に利用することができるほか、震源域の温度が上昇する。結果として、その領域における地磁気場が減少する。このことは、電磁波の伝搬および受信に悪影響を与える。これらの影響で、テレビまたはモバイル (セル) 電話を使用するすべての人が気づくことができる。

地震の約 2 日前に、固定電話やケーブル電話に雑音で乱される。電波の受信は、地震の 30 ~ 40 時間前に途絶える。テレビの受信は、地震の約 10-15 時間前に妨害される。衛星搭載データや他の電子データを使用すれば、結果を指向する地震予知には間違いなく役立つであろうと、十分なレベルの自信をもって言えるだろう。

現在、米国 (カリフォルニア州) やトルコ、インド (ヒマラヤ地域) など、一部の国で潜在的な地震の危険がある。ここで議論したデータを使用することにより、地震災害の軽減に役立つことが期待される。

文 献

- Bapat, Arun (2010) Disaster Management in view of recent earthquakes. *Current Science*, Vol. 98 (10), p. 1287.
Bapat, Arun (2015) Riddle and Ridicule of Earthquake Prediction. *Current Science*, Vol. 102 (4), p. 554.

地球気候コーナー GLOBAL CLIMATE CORNER

20 世紀の海面上昇は潮汐ゲージからどんな最近の加速度も見られない The 20th century sea level rise from tidal gauges does not show any recent acceleration

Albert Parker

Independent Scientist, Formerly James Cook University, Townsville, Australia
albert.parker.2014@gmail.com

(柴 正博 [訳])

要旨：もう 1 つの海水準の論文が、国際 (フランス) のメンバーである Anne Cazenave によって、グローバルな温暖化の経済を支えるための最新の政治運動の第 7 号である米国国立科学アカデミー (PNAS) の議事録に寄稿された。今回は、海水準が 1990 年まで約 1mm/年の割合で上昇し、その後急激に上昇して 3mm/年以上になったと主張している。この声明は、20 世紀と 21 世紀の初めの部分にわたって、1 年あたりのマイクロメータの平均加速度を有する世界で実質的に加速のない潮のゲージによって証明されていない。

キーワード：sea levels, predictions, measurements, models, validation

(2017 年 6 月 15 日受付, 2017 年 9 月 27 日受理)

出版物 PUBLICATIONS

(柴 正博 [訳])

海水準操作 Sea level manipulation

Nils-Axel MÖRNER

International Journal of Engineering Science Invention, v. 6, issue 8, p. 48-51

(柴 正博 [訳])

要旨：地球温暖化のシナリオでは海水準変化が重要な問題である。20世紀後半の温暖化のパルスの関数として海が上昇していることが広く主張されている。地球規模の潮汐データセットは、ステーションの選択に応じて +1.7mm/yr から +0.25mm/年 の間で変化する。多数の個々の地点で、利用可能な潮ゲージは安定したゼロレベルの周りの変動性を示す。沿岸の形態は進行中の海水準変化を定義する際の鋭い道具である。モルディブ、ゴア、バングラデシュ、フィジーなどのサイトでは、一般的な安定性が定義されている。これらの観測結果とは対照的に、衛星高度計は海面水位が世界的に平均で約 3.0mm/年 上昇すると主張している。この論文では、衛星高度測定値が「操作された」と主張されている。このような状況では、我々は観測値に戻って、海水準が ± 0.0mm/年 から +0.0mm まで変化することを推奨するし、それは沿岸保護に問題のない値である。

短期地震予知のための ULF/ELF 電磁現象 ULF/ELF electromagnetic phenomena for short-term earthquake prediction

A. Schekotov and M. Hayakawa

LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017 ISBN:978-3-330-06286-3

(柴 正博 [訳])

1995年の兵庫県南部地震以来、過去20年間の地震との関連で電磁気現象の研究が著しく進展しており、大規模な地震に先立って電磁気現象が現れていることが最近のコンセンサスであり、そしていくつかの現象が統計的に地震と相関することが明らかになっている。1つはULF（超低周波、1Hz未満）降下（ULF水平磁場成分の振幅の減少）であり、もう1つはELF（超低周波、1Hz<f<10Hz）電磁放射である。この2つの効果は、短期間の地震予知の非常に有望な候補であることが非常にはっきりしているが、残念なことに学界ではそれほど人気がない。これが、これらのULF/ELF効果に関する論文を本として収集した理由である。

局所的な大地震 誰でも地震を予測することができる 生き残るための方法 Strong local earthquakes. Everybody can predict an earthquake. Strategy on how to survive

早川 正士

OROCO プラニング, 2017年刊 (あいにく日本語である)

(小松 宏昭 [訳])

この本の主な目的は、電磁気現象を利用して地震の予知を可能することを説いたものであるが、それはまた読者にいくつかの科学論文によって追跡された以前の歴史的な地震、1923年の東京の地震、地震に関連した心理的な問題からの教訓、大災害のリスクマネジメント等々を提供している。

カトラは噴火するのか? Is Katla Ready to Erupt?

John L. Casey

Veritence Inc. mail@veritence.net

(Veritence 出版社で発表した記事の再掲載. 2017年6月31日投稿. <http://veritence.net/>)

(杉山 明 [訳])

アメリカ合衆国から北大西洋を越えたところには、束縛を解かれた地球上の地獄に近い地球物理的脅威が存在する。それは、アイスランドの危険なカトラ火山である。

では、なぜ、現在関心が持たれているのか? その理由はカトラとその妹火山であるエイヤフィラットラヨークトル (“E” と略す) の活動史と、太陽活動が低下し寒冷化する可能性のある次の数 10 年の気候変化の始まりにある。

皆さんがアイスランドで活動的になっているカトラ火山に関心がないなら、私がこの記事で、アメリカ合衆国やこの地球上のどこか別の場所にいる皆さんに、この火山を徹底的に監視すべき 6 つのもっともな理由を挙げよう。

アイスランドを見守る理由は次の諸点にある。

1. カトラは規模と爆発力からみて怪物である。

噴火が起これば、その威力は、地球上にエアゾールと有害なガスを拡散させながら 1991 ~ 1995 年の間に地球全体の気温を低下させたピナトウボ山の 1991 年の噴火に等しいかそれを上回る可能性がある。ピナトウボとカトラは、どちらも、火山爆発指数 (VEI) がレベル 6

の噴火能力を有する。比較すると、1980 年 5 月 18 日に噴火したセントヘレンズ山は VEI が 5 であった。ピナトウボ山の火山灰に覆われた多くのフィリピンの村と地方には、アメリカの広大なクラーク空軍基地とスービック湾の合衆国海軍基地も含まれた。722 人の人々が死亡し、その多くは火山泥流 (ラハール) によるものであった。

約 20 万人の人々が家を失った。地震学者と政府の十分な警告が避難を強制し、はるかに多くの死傷者を出すことを防いだ。

2. ヨーロッパとロシアに対する経済的打撃が甚大なものとなり、それらの地域と貿易関係のある合衆国にも影響を及ぼす可能性がある。

最後の大きな噴火である 1918 年と同等もしくはそれ以上の大きな噴火では、ヨーロッパはカトラの直接の照準になるだろう。ヨーロッパの大部分とロシアのかなりの部分を覆う火山灰プルームを送りこんだ “E” の 2010 年の噴火のように、カトラの噴火ははるかにひどいものとなるだろう。“E” は 2010 年 4 月 15 ~ 20 日の間、ヨーロッパの航空交通を遮断した。国際航空運送協会 (IATA) は “E” による産業上の損失を 1.7×10^9 ドルと見積もった。ずっと大きなカトラが噴火すれば、それは数日にとどまらず、数カ月とまではゆかないにしても数週間、ヨーロッパ内とヨーロッパへの空の旅を遮断する可能性がある。ヨーロッパとの間の旅行と貿易による合衆国の収入は大きな打撃を受けるだろう。

カトラの噴火の最悪のケースは、季節によってはヨーロッパとロシアの農業に対する壊滅的な結果をもたらす可能性がある。

3. この火山の地下における最近の地震活動はマグマ上昇の兆候である可能性がある。

2017 年 7 月 26 日のこの火山の下での M4.5 の地震とその後の小さな地震群は、次の歴史的噴火の前兆として、この厄介な火山の物語のあらゆる要素がまとまってやってくるのではないかと予感させる。M4.5 の規模の揺れはカリフォルニアの地震慣れた住民にはほとんど気付かれないが、事実上、カトラ火山の下 10km という浅い深度で生じているので、極めて重要なものとして位置づけられる。我々すべてが 1980 年 5 月 18 日のセントヘレンズ火山から学んだように、地震は、

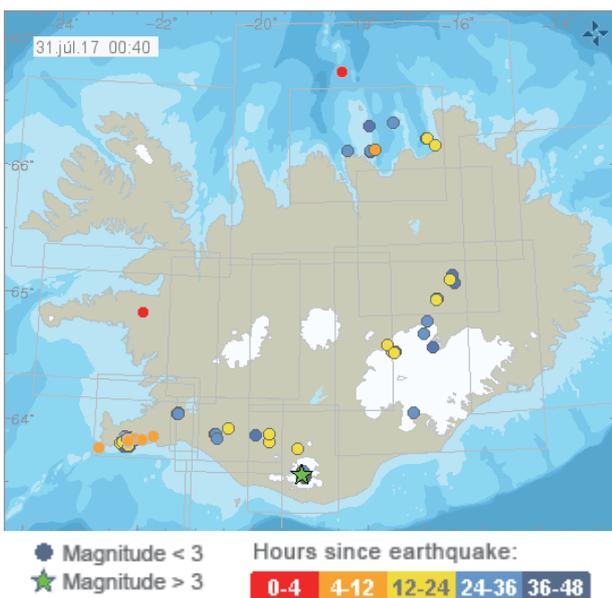


図 1 2017 年 7 月 31 日の地震を示すアイスランドの地図。色のついた小さな円は M3.0 より小さい地震。M3.0 より大きな唯一の地震は緑色の星印で示されていて、ミルダルスヨークトル氷河の下方に位置するカトラ山に当たる。出典：アイスランド気象局

その上で爆発しようとしている火山の重要な前兆となりうる。

重要なことは、これがカトラ火山では稀な地震であるということである。同じような強さの地震が 2016 年 8 月に 2 回発生したが、この火山ではその 3 つが 1977 年の M5.1 以降では最大のものであった。夏の氷河の融解は氷河の下に小さな地震を引き起こすが、これらの稀な M4.5 規模の地震、とくに、この 7 月の地震は暗色で硫黄臭のする融解した氷河水の急激な洪水を発生させたので、眠っていた巨人が再び目を覚ます兆候である可能性がある。突発性の洪水は、少なくともミルダルスヨークトル氷河の下で小規模なカトラ噴火が生じていることを示唆している。

下の図 2 は、アイスランドの“E”火山とカトラ火山を含む地域を示している。カトラは、塊状で厚さが 700 ~ 2,600 フィートのミルダルスヨークトル氷河の下に埋もれている。最近の M4.5 の地震はカトラカルデラのちょうど南東に当たる。

4. カトラの大規模噴火が迫っている。

過去の噴火の間隔には、数年から 95 年という幅がある。1918 年の VEI 5 の噴火は、カトラの最も新しい大規模な噴火であった。このことは、次の壊滅的な噴火の時

期を 4 年も過ぎていていることを意味している。次の壊滅的な噴火の時期を過ぎていているカトラのような怪物火山の近くや風下に生活していることは極めて危険性が高い。

5. カトラの噴火の後にはエイヤフィラットラヨークトル (“E”) も噴火する。

正確に 1 : 1 ではないが、“E”の噴火の後にカトラの噴火が発生するという関係は非常に強い。ここに 2 つの山の噴火史を示す。

表 1. “E”火山とカトラ火山の噴火史

“E”	カトラ
920 AD	930 AD
1612 AD	1612 AD
1821-1823 AD	1823 AD
NA	1918 AD
2010 AD	TBD

2 つの火山の噴火を並べて気づくことは、それが同年か 10 年後ということである。このことは、カトラが、現在と 2020 年の間に、次の VEI 5 (1918), または、より大きな VEI 6 の噴火が発生する可能性を示唆している。カトラの下のマグマ溜りでマグマの増強に長い期間 (約 100 年) が費やされるなら、少なくとも VEI 5 ないし VEI 6 の大規模な噴火に至るということは驚くに値しない。それはセントヘレンズ山とピナトウボ山の間のスケールに匹敵する噴火である。

6. 膨大な研究結果は、最大規模の火山噴火 (と地震) が、太陽エネルギーの放出が長期にわたって低下する期間に発生することを示している。

現在は、次の大規模な太陽活動の低下期もしくは“太陽活動の冬眠期”の早期フェーズが始まったところである。私自身と他の人による研究では、いわゆる“エディー極小期は、(2020 年に始まって) 第 25 と 26 の太陽周期のちょうど間になる。

表 2. カトラの噴火と太陽活動極小期の関係

噴火年	関連する太陽活動極小期
920 AD	マヤン (Mayan) 極小期
1612 AD	マウンダー (Maunder) 極小期
1832 AD	ダルトン (Dalton) 極小期
TBD	エディー (Eddy) 極小期 (2014-2045)

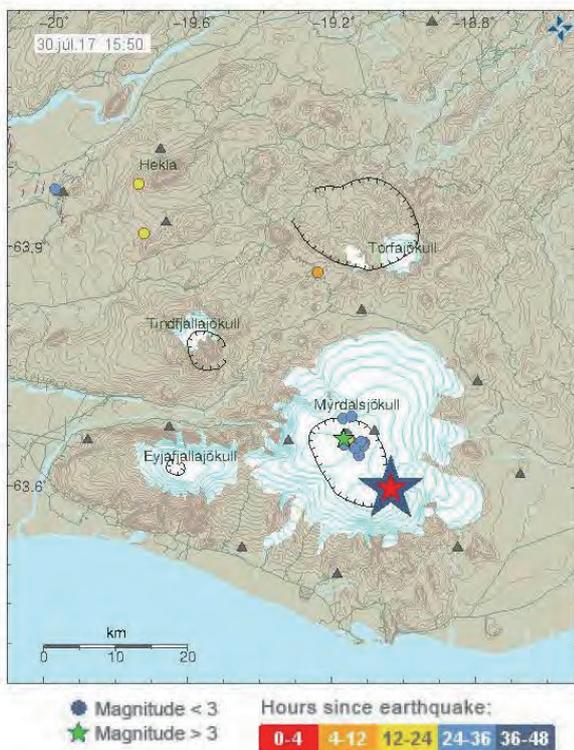


図 2 “E”火山とカトラ火山をそれぞれ覆う 2 つの大規模な氷河であるエイヤフィラットラヨークトルとミルダルスヨークトルを示すアイスランド南東部の地図。緑色の星印は、2017 年 7 月 30 日にカトラの下で発生した 2 度の M3.0+ の地震と、それより小さな地震群 (青と黄色の円) を示している。7 月 29 日の別の小さな地震群 (図には示されていない) は、緑色の星印の左で発生している。地図の出典はアイスランド気象局。M4.5 の位置は USGS による。

現在は次の太陽活動極小期に入りつつあるので、我々はカトラのことを心配する十分な理由がある。大規模な火山噴火と太陽活動極小期を結びつけるメカニズムはまだ解明されていないが、それにもかかわらず、いくつかの研究によると、その相関性は 80%かそれ以上と極めて高い。

太陽と壊滅的な地球物理的イベントの関係は私の著書である“冷たい太陽 (2011)” およびその改定版である“暗い冬 (2014)” で十分検証されている。合衆国における地震と太陽の関係についての最新の研究は、国際的な科学者チームの数年にわたる共同研究にもとづく本に詳細に記された。“大変動 - なぜ壊滅的な地震が間もなく合衆国を襲うのか” というタイトルのこの本は 2016 年 12 月に出版された。

加えて、アイスランドに似た、火山と地震の厳しい歴史を持つもう 1 つの島国に関する最近の研究は、ニュージーランドの地震を扱っている。この新しい研究は、NCGT Journal の 2017 年 6 月号で公表された。これも

同様に、エディー極小期においてはアイスランドまたは他の地震国に対し特別な注意を払うことが必要であると指摘している。

本当のところは、カトラもしくはカトラの真北にあるヘクラ火山、あるいはアイスランドの他のいくつかの危険な火山のいずれかが、エディー極小期の間のどこかで壊滅的な結果を伴う噴火を起こす可能性がある。

この記事で私が主張していることは、これまでに言及されていた以上に、アイスランドの火山、とくにカトラが伝えようとしていることに十分な注意を払い、備えるべき多くの理由があるということである。

ニュース NEWS

論文募集 Call for papers

(小松 宏昭 [訳])

親愛なる友人のみなさまへ

私たちは、NCGT 第 5 巻 4 号の特別号 (仮題: 太平洋の構造とその起源) への論文投稿をお誘いする。この機関紙の編集者 DongR.Choi 博士は、2017 年 12 月下旬に発行予定の第 5 巻 4 号特別号の出版を快く承じていただいた。

この特別号は、もともと 2017 年 6 月 24 日に東京で開催された B.I.Vasiliev 氏の著書「太平洋の地質構造と起源」の日本語版の出版記念シンポジウムに基づいて企画されたものである。しかしながら、われわれの計画を国際的な議論の場に拡大することによって、この特集号が様々な意見を収録できるように思われる。

この冊子に掲載予定の論文は以下の通りである。

- | | |
|---|---------------------|
| 1) 序言 | 久保田喜裕・DongR.CHOI |
| 2) これからの太平洋調査への期待 | 星野通平 |
| 3) B.I.VASILIEV 著「太平洋の地質構造と起源」ーその骨格と本質 | 杉山 明 |
| 4) 太平洋の環状構造とその起源 | Alexander A.GAVRILV |
| 5) 中部地殻の熱力学的特性という観点からみた弧状列島と中央海嶺の構造と起源 | 角田史雄・川辺孝幸 |
| 6) 太平洋北西縁の弧状地域の地質そして弧状地域の大規模上昇と海水準上昇一駿河湾の形成 | 柴 正博 |
| 7) 金鉱床形成場としての島弧会合部とコールドロンの地質学的意義 | 久保田喜裕 |
| 8) 太平洋の内部で産出する古代のそして大陸性物質 | 矢野孝雄 |
| 9) 全世界的な地球変動概念の創成に導く海洋と大陸の地質 | Boris A.Blyuman |
| 10) 太平洋の構造的起源 | Dong R.CHOI |

特別号への寄稿を希望される場合は、

- 論文タイトルを、2017 年 10 月 15 日までに次のメールアドレスへお知らせください。 yano.azumino@gmail.com
- 原稿は 2017 年 11 月中旬までに NCGT Journal の編集者に提出してください。

E-Mail: research@ncgtjournal.com あるいは editor@ncgt.org

論文の形式については、この機関誌の最新号タイトルページの脚注に倣ってください。

2017 年 7 月 28 日

B.I.Vasiliev 著「太平洋の地質構造と起源」日本語版出版委員会委員長 星野通平

連絡先 矢野孝雄 e-mail: yano.azumino@gmail.com.

Tel/Fax: +81-263-87-2538 住所: 日本 399-8301 長野県安曇野市穂高有明 126-9

財政的支援について **FINANCIAL SUPPORT**

NCGT Newsletter は、すべての個人と組織が自由に入手できる公開オンライン雑誌である。これは、この雑誌の増えつづける発行費用を賄うために、私たちは読者からの善意・無償の寄付と広告収入に頼らざるをえないことを意味している。私たちは読者の寛大な財政支援を歓迎する。

ご希望に応じてごく少数の印刷版が作成されている。オーストラリアでは印刷費が高額であるため、個人用の印刷には電子版をダウンロードされることをお勧めする。2014年の印刷版購読費は、オーストラリアの購読者でA\$180、他国の購読者でUS\$200（含：航空便郵送費）である。

自由構成の広告：裏表紙全面広告でUS\$400/号、US\$1500/年（4号分）。他の場所では、US\$300/号、US\$1100/年（4号分）。半ページ広告は、全ページ費用の80%。詳細は editor@ncgt.org へ。

■ 送金方法

もしあなたがPayPal口座をお持ちであれば、下記口座へ送金されたい（PayPalはクレジットカードVisa・MasterCardで支払い可能）。この方法の利用を推奨する。

<http://www.paypal.com/cgi-bin/>

口座名：New Concepts in Global Tectonics

E-mail：ncgt@ozemail.com.au

（editor@ncgt.org ではない）

■ 銀行振替あるいは小切手でお支払いの場合は

宛名：New Concepts in Global Tectonics

送先：6 Mann Place, Higgins, ACT2615, Australia

■ 現金で銀行送金する際の銀行口座の詳細

銀行名：Commonwealth Bank (Swift Code:CTBAAU25),
Belconnen Mall ACT Branch (BSB 06 2913)

口座番号：06 2913 10524718

口座名義：New Concepts in Global Tectonics

NCG ジャーナルについて **ABOUT THE NCGT Journal**

グローバルテクトニクスの新概念ニュースレター（現在のNCGTジャーナルの前身）は、1996年8月に北京で開催された第30回万国地質学会のシンポジウム "Alternative Theories to Plate Tectonics" の後でおこなわれた討論にもとづいて生まれた。その名称は、1989年のワシントンにおける第28回万国地質学会に連携してワシントンのスミソニアンスミソニアン研究所で開催された、それ以前のシンポジウムにちなんでいる。NCTGニュースレターは、2013年にNCGTジャーナルに改称された

目的は次のとおりである：

1. 組織的照準を、プレートテクトニクスの観点に即座には適合しない創造的な考え方にあわせる。
2. そのような研究成果の転載および出版を行う。とくに検閲と差別の行われている領域において。
3. 既存の通信網では疎外されているそのような考え方や研究成果に関する討論のためのフォーラム。それは、地球の自転や惑星・銀河の影響、地球の発達に関する主要学説、リニアメント、地震データの解釈、造構的・生物学的変遷の主要ステージ、などの視点から、たいへん広い分野をカバーするべきものである。
4. シンポジウム、集会、および会議の組織。
5. 検閲、差別および犠牲があった場合の広報と援助。