# ◎◎◎ 国際オンラインジャーナル グローバルテクトニクスの新概念

An international journal for New Concepts in Global Tectonics <a href="http://www.ncgt.org">http://www.ncgt.org</a>

## 日本語版 Vol. 4, No. 4 (2017 年 4 月) ■ Print edition ISSN 2186-9693

=1-2V9-

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



\_\_\_\_\_

もくじ

■ 編集者から		[小松宏昭 訳]	2
■ 編集者への手紙		[山内靖喜 訳]	3
Charles Warren Hunt/ Peter M. James/ Keith H. James/ Karst	en M. Storetvedt		
■ 原著論文			
VLF electromagnetic signals unrelated to the Central Italy earthquakes occ	urred between 26 and 30 October 2016		
Gabriele	Cataldi, Daniele Cataldi and Valentin	o Straser	
2016 年 10 月 26 と 30 日の間に発生した中部イタリア地震に無関	系な VLF 電磁気信号	[小泉 潔 訳]	10
Deep-seated processes in the tectonosphere of oceans Vadim Gc	rdienko		
海洋のテクトノスフェアにおける深部過程<要旨>		[小泉 潔 訳]	16
Great deep earthquakes and solar cycles	Dong Choi and John Casey		
巨大深発地震と太陽サイクル		[村山敬真 訳]	16
The September - October 2016 Korea and Southwest Japan earthquakes vi	ewed from		
the Blot's thermal energy transmigration concept	Dong R. Choi		
Blot の熱エネルギー移送論の視点から見た 2016 年 9 月の韓国と,「	司 10 月の西南日本の地震[角田史雄	·宮城晴耕 訳]	27
High-frequency electromagnetic emission in the earthquake epicentral areas detected	ed by		
the remote sensing frequency-resonance data processing	S.P. Levashov		
リモートセンシング周波数共鳴データ処理により検出された震源	域における高周波電磁波放射く要旨注	>[矢野孝雄 訳]	31
Late Permian coal formation under Boreal conditions along the shores of the	e Mongol-Transbaikalian seaway Per	Mich	
モンゴル - トランスバリカル水道沿岸における後期二畳紀寒冷環	境下での石炭形成〈要旨〉	[矢野孝雄 訳]	31
The seismic sequence in Central Italy (August-November 2016) Acoustic Emission	(AE) monitoring and analysis G. P. Gre	egori et al.	
中部イタリアにおける群発地震 (2916.8-11) アコースティック・	エミッション観測と解析 < 要旨 > []	久保田喜裕 訳]	32
A History of the Earth's Seawater: Transgressions and Regressions	Karsten	M. Storetvedt	
地球の海洋史 -海進と海退-	[久保田喜裕・宮城晴耕・矢野孝雄	•柴 正博 ]	33
■ 地球気候コーナー The August 2016 M6.2 Central Italian Earthqua	ake 2016 年 8 月 M6.2 イタリア中	中央部の地震	
The claim of a high rate of sea-level rise for Diego Garcia is based on non	existing data Albert Parkeri		
実存しないデータにもとづくディエゴガルシアにおける海水準上	昇の主張 〈要旨〉	[岩本広志 訳]	50
Australian temperature measurements disprove engineered products	Albert Parkerr		
オーストラリアの気温測定結果は技術的トラブルによるものでは	ない 〈要旨〉	[柴 正博 訳]	51
■ 新刊			
UPHEAVAL! Why catastrophic earthquakes will soon strike the United St	ate J.L. Casey, D, Choi, F. Tsunoda	a & O. Humlum	
大激変! なぜ壊滅的地震が米国をすぐにも襲うのか		[岩本広志 訳]	51
■ 財政的支援について / ニュースレターについて		••••••	52

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 TCTONICS 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

(小松 宏昭 [訳])

本号には地質学と地震学に関する8つの論文と、地球 規模の気候に関する2つの論文が含まれている.われ われは、これまでほとんど知られていなかったモンゴル における石炭層の形成にかんする Per Michaelsen の 洗練された論文を歓迎する.編集者はおよそ半世紀 前に大学院で北日本のペルム紀の地質と古生物学を 研究していたので、懐かしいテーマである.読者は、 Storetvedt の論文にも興味を惹かれるだろう.この論文 は、しだいに脱ガスする地球の状態から海水の起源を 論じたものである.Gordienkoは、生涯にわたる研究と して水平対流 - 変成作用仮説を発表してきた.今回は、 この仮説を海洋構造圏に適応している.

パーカーの気候に関する論文を除くと、他のすべて の論文は地震についてのものである.今日、NCGT Journal は世界中の地震研究者たちからからますます 注目を集めている.これは、地球ダイナミックスに関す る問題の解決するために、われわれがすべての研究 者に門戸を開いていることに由来する.それはまた、 NCGT グループから派生した国際地震・火山予知セン ター(IEVPE)によって調整された様々な前兆シグナ ルにもとづいて行われた予測の多くが成功したからでも あろう.

われわれの研究は、地震エネルギー(または熱電磁 エネルギー)が外核に由来することを明らかにした.こ のエネルギー放出は惑星相互作用、特に太陽の活動 や活動周期に深く関わっていることを推測させる有力な 根拠がある. エネルギーは、深発地震として現れた後、 地球浅部に上昇し、造構変動帯下のチャンネルに沿っ て上部マントル中を側方移動する. 移動の途中で貯 留構造があると、熱エネルギーはそこに蓄積し、周囲 の岩石を加熱し、最終的には激しい地殻変動をともな う地震や火山噴火をもたらし、当然のことながら、それ らのエネルギーは大気中へ漏れて放出される.現在, 熱の最終的な放出は惑星間力に複雑に影響されてお り、さらに太陽が主導的な役割を果たしていることをわ れわれは認識している. 重要な概念は、外核由来の 熱エネルギー、エネルギーの移動、貯留、そして惑星 間力を伴う電磁相互作用である.

上記のモデルは、世界の主要な組織が依然として採 用しているプレートテクトニクスに基づく地震モデルと は根本的に異なっている.プレートテクトニクスと沈 み込みモデルは、地震学や地質学における現在の 混乱をもたらした元凶であり、プレート論者はプレートテクトニクスでは地震予測が不可能なことを正式に 宣言すべきであった(http://www2.usgs.gov/faq/ categories/9830/3278). 研究ジャーナリスト Mark Harris は米国の地震予知科学の現状と批判的に検証 した.彼は「一握りの資金にしがみついている研究者 は未だに科学は確率を無視できると信じている」と述べた(http://nautil.us/issue/38/noise/the-last-of-theearthquake-predictors).

われわれの地震研究は、勢いを増している.本号に は、2つの有望な地震予知方法を示した論文が含ま れている.1つは、アコースティックエミッション-物質 が変形・破壊するときに蓄えていた弾性エネルギーを 高い周波数の音波として放出する現象ーについて述 べたもの (Giovanni et al., p.637-663), もう1つは高周 波電磁放射線について述べたもの (Levashov et al., p.601-614) である. 後者は、 ウクライナを拠点とする 鉱床探査グループによって開発された. それは, リモー トセンシングデータ(衛星画像)における特殊な共振 周波数帯を活用したものである.彼らは様々な鉱物-石油, ガス, ウラニウム, 金, 亜鉛, 水など-を見つ けるのにこの共鳴振動処理技術を利用してきた. という のは、それぞれの鉱物が固有の振動数を持っているか らである.水素とヘリウムの高周波電磁共鳴周波数を 利用することにより、地球深部で流体移動が行われて いる鉛直チャネルを特定することができる.彼らは、最 近の4回の地震の前後に、それらの震央域における水 素とヘリウムの異常集中域を地図上に示した。彼らのリ モートセンシング手法を、われわれがすでに所有して いる地質データやその他の前兆現象と組み合わせると、 最も強力な地震予知方法の1つになる.

さらに、太陽活動・地震・地球の変異や気候を研究 している惑星研究の科学者チームは、惑星間の磁場と 「Blot echo」と新称されるエネルギー移動概念を組み 合わせて、新しい短期予測法を開発している.彼らの 新しい手法は、NCGT後続号にその全貌が掲載される だろう.かれらのブログや最近のブログ付き youtube は 本号 p. 700 に紹介されている.

われわれは、地震や地球力学をよりよく理解するうえで、 独善的な旧モデルから解放されて新しい時代に入った といえよう.われわれの成果は、将来多くの命を救うこ とになるだろう.

## 編集者への手紙 LETTERS TO THE EDITOR

(山内 靖喜[訳])

## 私が調べてきた地球、その3 The Earth as I have found it, part 3 Charles Warren Hunt archeanc@gmail.com

本誌第4卷2号の私から編集長への手紙で,カナ ディアンロッキー山脈内のBanff市街地南方のPalliser 川渓谷で掘削した試掘孔から採集した1000フィート (305m)のコアについて私は議論した.そのコアはブ リティッシュコロンビア州政府のコア保管施設で検査に 利用できるようにすべきと述べることを止めた.その後, 私はよりはっきりした方向性を読者に示すべきと考えた ので,コアを探すために問い合わせたが,まったく見 つけられなかった.従って,コアは失われたと推測され る.それがないことを埋め合わせるため,インジェクタ イト (injectite) 岩石<sup>\*1</sup>の大きな露出が調べられる野外 の資料をここに示す.

\*1 本誌第4卷2号日本語版3-4頁に掲載の本論著者による「地球の地質学的理解の大幅な見直しの時期が到来した」では, injectite rocksとinjectiteを注入岩と訳されているが,本論では 前者をインジェクタイト岩石,後者をインジェクタイトと訳す.

カナディアンロッキー山脈の北へ低くなるところにイン ジェクタイト岩石が露出する. そこはブリティッシュコロ ンビアの Pine 川と Peace 川の間である. この地域の石 油採掘権は有名な地質学者で私の友人でもある John Frey の会社がもっている. 彼が採掘権を取得した 1974 年には公表された情報は全くなかったので,私は野外 での地質調査に従事し,調査地に行くのに駄馬をつ かったが,それは 40 年以上前のことである.

山地の地形的頂点はミシシッピ紀の古生界中にあ り、古生界は北方で若い地層の下に沈み込んでいる. Pine 川とCarbondale 川 (Peace 川の支流) の間で は、成層したミシシッピ系は山地の沈み込みの突出部 でアーチ状をしている. これらの成層した石灰岩の下 位の岩石は組織的には塊状の炭酸塩のように見え、ひ どくぼんやりした層理をもつだけであった. デボン系と の境界面は欠如している. 明瞭な層理面が欠如してい るので、そのときの私はこの欠如に悩んだ.けれども、 別の可能な解釈をもたない私は、塊状のミシシッピ系 炭酸塩で,ぼんやりと成層し,層序間隙の形跡は無い とその岩石を記載した.私の失われたコアの代わりにこ の地域を研究することを勧める. これらの露頭は疑いも なくインジェクタイト岩石である. 岩石物理的研究が必 要であり、それはインジェクタイト岩石の性質への洞察 をもたらすに違いない.

マントルからの金属水素化合物注入による山脈形成の一般事例

本誌第4卷2号の編集者への手紙で、マントルからのガス が割れ目を通って地殻中に漏れ出し、それにつづいて水素 が抜けだし、直ちに造岩鉱物が堆積するように、金属水素化 合物すなわち水素に飽和した液体金属が活動することを始点 とした、岩石の新しい形成がこのようにして創造されたと主張 し、私はそれを岩石形成の新しい概念である"インジェクタイ ト"と呼んだ。

本誌第4卷3号の2通目の編集者への手紙では、そのよう な"地殻中の割れ目"が存在する可能性への懐疑論を鎮め る主張を行った.広く知られており多くの研究がなされている 事例として近くの Alberta 草原内のデボン系の複合礁を記述 した.そのような割れ目とそれを通ったマントル物質の漏出が デボン紀に実際に起きたことを主張した.その痕跡は残され ており、石油生産との関連に関して多くの研究がなされた. デボン紀に起きた"インジェクタイト"岩石の形成という出来 事とそれがデボン系に限られることは、本論の著者と同様に、 読者にインジェクタイト現象への明瞭な緒を提供している.

カナディアンロッキー山脈は本質的に堆積性であると長い間 考えられてきたけれど、それらの地層の年代はカンブリア紀 から第三紀にわたっている。今日では、2つの形式のインジェ クタイトが認められており、それぞれは山地部と草原部を構成 している。それらは、1.私のコアにみられたような苦灰岩、2. Brusellof 山鉱山の基底に金属酸化物包有物をもつ純粋のマ グネサイト(本誌第4卷2号と3号ではインジェクタイトと記 述されている)であり、私の試掘孔の苦灰岩とBrusellof 山マ グネサイト(鉱山の鉱石の両者は山脈が隆起した第三紀に持ち 上げられた。ところが、Alberta 草原の下位のインジェクタイト は山脈形成の係わっていない。このインジェクタイト岩石は、 その後に山脈を形成しないで定置している。

草原環境と山地環境において同じように、地殻中の割れ目を 通って液体金属水素化合物が力学的に注入した後に、圧力 が低下し、水素が脱ガスし、そして瞬時にインジェクタイト岩 石が堆積したことはこれらの出来事を十分に説明し、私にとっ ては必然的に思える.瞬時に堆積した岩石はまず山脈の縦 走方向に"竜骨"の形をとったであろう.竜骨はインジェクタ イトがさらに上方に堆積すること妨げたであろう.発展が妨げ られたり、止められて、新しいインジェクタイトガスは必然的に シルのように側方に流れるか、または新しい上方への経路を 開かざるをえない.側方への選択はガス状のインジェクタイト を拡げて薄い層、すなわちこの過程における堆積作用の空 間の下板を作ることができた.繰り返された下板形成は、こ の地域を隆起させた. \*\*\*\*\*

この洞察から上部地殻への無制限の付加が想像できるであろう.連続的な注入作用において新しく入ってくる流体はとても容易に側方に拡がり、それぞれは以前の注入を妨げた.連続的な注入という出来事はインジェクタイトの定置とそれに続く成層した下板形成による山脈の成長という反復性過程のくり返しを意味している.この現象は、高い台地、とりわけチベットの台地や中央アンデスの台地の形成を同じように説明できる.後者は海洋の入り海をそのまま、海水準から2マイル以上持ち上げて、海生動植生をもつチチカカ湖を形成した.これらの事例において、注入はまさに液体であって、急な脱ガスと固体岩石への転化の前にシルのように拡がったに違いなく、もともとの地域を隆起させ、中央が凹んだ状態のままで残した.

親愛なる編集者へ,

#### Charles Warren Hunt archeanc@gmail.com

私にとってあなたは大変寛大で親切にも私のばらばらな 原稿を印刷してくれた.明日は92才の誕生日を迎えま すが、あなたの名声ある雑誌にとても素速く受理された 栄誉を受け取って私は非常に喜んでいます.

プレートテクトニクスは未だもってすべてで教えられていることはぞっとさせられることと私は考える. すなわち, 上手に偽装された地球物理学がすべての地質学の基礎 として教えられており,そして逆に現存する謎を多くもつ 地球それ自身は新しい発見と思いもよらない一連の事実 インジェクタイト岩石の起源と本質的な創造,および世界中の すべての山地と台地の形成へのその本質的な寄与を理解す ることなしには,造山運動の解析は無益な課題となる.これら の洞察による救援が歓迎されるであろう.

2016年10月10日

追伸:私が"インジェクタイト岩石"になったコアとそれの卑金属鉱山との関わりを見たとき、現在の慣習に従えば場違いで、その両者が新しい基本的な地質学上の理解へと導くことができるとは決して思い浮かばなかった.しかし、それはそうするのだ!

を沢山与えてくれている. 私たちの惑星の花崗岩質地 殻中に掘削されたたった3本の深層ボーリングがあるこ とを知らされて驚いたかもしれない. すなわち, ロシアの コラ井, ドイツの KTB 井および Athabaska タールサンド 上での私の比較的浅い AOC 井である. 私の井戸は役 に立たないが, 裕福で知ったかぶりをする人たちの懐疑 心のために融資を受けていて22年かかった. そして, 今では, ついに適切になったが, 今でも融資を受けて いる. その深度2.2kmでさえその井戸は重要で予期さ れていなかった新しい化学的情報をもたらしている.

科学の世界には未だ隠されているものがある.

2016年12月15日

\*\*\*\*\*\*

## 可動性プレートテクトニクス:対立 Mobile plate tectonics: a confrontation

Peter M. James petermjames35@gmail.com

過去 40 ないし 50 年間にわたって可動性プレートテクト ニクスの批判は、あったとしてもモビリズム論者のモデ ルの発展と成長する覇権にほとんど影響をおよぼさな かった. その理由は、その機構が今もって未知の大き さであり、未知の深度でしばしば活動するという事実に 疑いもなく関連している. その基本的な仮説はしばしば 未だに変化の過程にあることをモビリズムは認めている という事実もある. 動いている標的に当てることはより難 しく、とくに長い間にわたって確立された地質学的観察 過程が除外されたときはそうである. あるいは、彼等の 本"大陸漂移"(ペンギン社)中の Tarling 家が言っ ているように、"可動性プレートテクトニクス仮説のすべ てが正しいことを将来の研究が証明するであろう".将 来の研究について好都合な結果の予言を含まないよう にするのが科学の役割であるとの勇ましい声明である. すなわち、それは信仰に属する.

今では典型として参照される本質的な未知にもかかわ らず、モビリズム論者の機構のいくつかを批判的にみ ることは依然として教育的である-それにもかかわらず、 それらは合理的に測られることができる-そして測ること ができない仮説/機構についてなんらかの評価を行う こともまた教育的である. さあ一始めよう.

**リソスフェアープレート**. これらは可動性プレートテクト ニクスのいろいろな役割に関するブロックを積んだもの で、地球の上部の硬い層の部分であり、それらは互い に相対的に動くいろいろな単元に壊されている. プレー トの深さは今もって明確にされていない. さらに重要な ことは、上のレベルにおいてモホ面の存在は典型的に 無視されている-地球科学分野での驚くべき省略であ る. モホ面は脆性で不均質な地球の地殻を下位のより 塑性的なリソスフェアー / アセノスフェアーから隔ててい る不連続を示している. モホ面の上と下では応力に対 して異なる反応が起きるであろう.しかし,リソスフェアー プレートは地球の表面からプレートのはっきり判らない 深さまでに不滅の相似をもっているという疑わしい特別 な仮説によって,可動性プレートテクトニクスはこのこと を避けている.

リソスフェアープレートの水平に永続することに関して、 インペリアルカレッジでのNick Ambraseys による歴史地 震の研究が参照されるべきである.聖書の時代におけ る中東での大地震が一列になることは今日並んでいる 場所ではないことをその研究は明らかにした.(位置の 変化は漂移によって説明できない.2000年間の漂移 はたったの40ないし50mの移動とみなすことができ、 それはあまりにも短いため歴史地震研究によって示され た場所にはならない.)このように、もし、可動性プレー トテクトニクスが聖書の時代においても役に立つならば、 少なくとも一つの(破壊することのできない)プレートとは異な る位置において壊されたと私たちは疑いもなく明らかに したであろう.

リソスフェアープレートのいくつかの機能に進もう.

沈み込み. 沈み込み, それは可動性プレートテクト ニクスモデルの欠くことのできない要素であり, 以下に 述べる力の結果である.

- ・中央海嶺の端では熱的に上昇した海嶺が押している.海嶺の押しについてはおよそ1×10<sup>4</sup>kPaの値が提案されている.これはモホ面で生じるであろう押しへの摩擦抵抗より小さなおおよその大きさのものである.このように、海嶺の押しはどこでも地球の地殻を押そうとしていない.
- 沈込み帯の前縁では海溝の引っ張りが当然のよう に考えられている.海嶺の押しと似たような値が 提案されているが、しかしここで海溝の引っ張りは 別の問題に出会うことになる.地球の地殻は厚い 鉄の板ではなく、それどころか鉄筋コンクリートで もなく、脆く、断層や大きな節理に切られている. もし、なんらかの著しい吸い込みや引っ張りが前面 の突出部に作用したならば、そのような不連続性 はまず第一に機能不全を受けるであろう.海溝の 引っ張りはその握りを失うと言うこととそれは等しい.
- ・まず第一に、軽い地殻物質がより重いリソスフェアー 物質やアセノスフェアー物質中に沈んだときに必 然的に発達する隆起の効果を沈み込みが飾り付 けているのである.隆起の要因がもっぱら言われ ている海溝の引っ張りに打ち勝つのは間もなくであ ろうことを単純な計算が示している.すなわち、も し地殻がそこなわれないで残されていればである.
- その上、そのような現象が存在していることの堅実な証拠はなにもないけれど、後に残されたものはもっぱら言われている下に向かう対流の力のみである。もし、対流の引きずりがあるとした場合でも、

沈み込みの位置にそれに対する抵抗があること は最も確かであり,沈み込まされている地殻上面 上に働く摩擦の形態の抵抗である.結局,沈み 込み地点で上にある大陸地殻がその口を開けて, 近づきつつある海洋地殻をどんな海山や深海堆 積物などと一緒にのみこむことを期待することはで きないのである.沈み込みに対するこの摩擦抵抗 は地殻の基底上の摩擦による引きずりとして働く なんらかの下方への対流の力と同じ値であろう.

 ・残されたものは中央海嶺と沈み込み地点との間で 水平距離に働く仮説の対流による引きである。も しこの引きがプレートの運動を起こすだけ十分な 力であったとすれば、なんらかの表面の障害物 の場所に衝上断層を起こすことがありそうなものだ が、なんらかのそのような衝上断層の証拠はまっ たくない。

まだ先がある. 1972 年にメイヤーホフ達は沈み込みモ デルにおける多くの矛盾を表にしたが、その一つはケ ルマディックートンガ海溝は実質的にはニュージランド を二分しているが、地向斜堆積物はこのゾーンを直角 に横切っていることである. また, インドは常にアジア の一部であったことをメイヤーホフ達は指摘した. 筆者 はこの点について論評することはできないが、最初の 大陸移動論者の一人であるタスマニアの Warren Carey はかつて入門で次の事実に注目した. それは、大型 は虫類は常にインドからアジアに歩いて行くことができ た(たとえ途切れていても)-もし数1000kmの海が この2つの大陸を隔てていたならば,不可能な仕事 である. Kasfli (1992) はイランを境するザーグロス圧 砕帯 Zagros Crush Zone の詳細なマッピングを引用し て、"アラビアと南方のアフリカとの間および北方の中 央ユーラシアとの間での以前の切り離しを示唆すること は地質学的記録にはなにもない."と結論している. 終 わりに、一海洋底拡大に関する証拠に関わらずー、ア フリカの中のホットスポットの移動跡はアフリカ大陸が マントルに対しておそらく3億年間動いていないことを Lowman(1985) は示した.

ミンダナオ島と北東スラウェシ Sulawesi の間のモルッカ 海 Molucca Sea には、興味あるパターンがある. それ は浅発地震の南北の線で、その東側ではより深い出来 事のパターンは反対方向に傾斜している. すなわち、 可動論者の基盤に立てば、このことは1点の源から2 つの方向への沈み込みとしてみられるであろう! たと え最も弁解的な可動論者でさえこのような状況は説明 できない.

そして, 沈み込みのアイディアが最初の場所でどのよう にして生じたのであろう? その概念に導いた最初の誘 惑は主に太平洋に見られるような地震のパターンから来 ている. 地震の発生は海溝近くで最も浅く, そして深く なって急傾斜の和達-ベニオフ帯となり, 最後には深 さ500 - 700 kmの上部マントル中で垂直な方位で終わ

る. 一見したところでは、下方に前進するパターンは確 かに納得させるように見える、しかし、玉にきずがある、 1960年代初めに、南西太平洋のフランス人地球物理 学者である Claude Blot は、上記のパターン中での地 震エネルギーの移動は下方に前進する-沈み込みの 場合のように一のではなく、マントルから地殻に向かっ て上方に前進することを発見した.彼は地震エネルギー の上方への前進に整合性のある速度を計算することが でき、それによって浅発地震と火山噴火についていく つかの注目すべき予測することができた. したがって、 新たに育った可動論に対して Blot の研究によって提起 された問題は、大変深刻である.しかしながら、これは すぐに克服された. Blot はフランス政府によって西アフ リカの地震のない地域に移され、彼の研究が再び現れ るまでに 30 年以上たち, それは小さなクイーンズランド プレス社から出版された Grover (1998) の大著である. Blot の最初の予測はその後取り上げられ、中でも本誌 の編集者によってくり返し確認された.

海洋底拡大. 地球内での海洋底の拡大は地磁気 の逆転を受けているので,海洋底上のパターンは初期 の説得力のある方法で説明されていた.この見解は多 数の調和しないおよび相いれない現象あるいはその一 方を見落としている.

- ・深海掘削計画 DSDP によって得られた証拠は、深海には深海堆積物扇状地が形成されており、それらは混濁流によってではなく、陸上又は浅水域での河川堆積物と同じ方法で造られている。すなわち、それらは水平な成層をもち、乱されていない。もし、海洋の基盤が動いていたかあるいはかって動いたならば、それは深海扇状地の下で滑ることはできないが、堆積物中に連続したしわや褶曲や衝上断層を形成したであろう。なにもない。
- ・カルフォルニア沖の北東大西洋には、長さ3,000 kmの東西性の断裂帯が多数ある. それらはメンド シノ、マレー、モロカイである. 年代がつけられ た磁気異常をもつこれらの断裂帯は北米大陸下 の沈込み帯といわれているものに向かっての海洋 底 (ファンデフカプレート Juan de Fuca Plate) の 移動を示すものと考えられている. この沈込み帯 といわれているものは地震活動によって実際に支 持されてない. このことは Smoot et al. (2001)を 参照されたし. プレート内移動-可動論者の秘密 結社の一部ではないーが必要であることが磁気異 常の縞模様は示している. マレーとモロカイ両断 裂帯の間の細長い部分はこれら2つの断裂帯そ れぞれのどちらの側の速度より年2㎝早い.この 差はサンアンドレアス断層の数カ所で測られた速 度とほぼ同じだが、マレーとモロカイ両断裂帯の 全長にわたって無地震である. 同じ状況がオース トラリア以南の南極海で見つかっている.そこでは, 長い断裂帯で分離された近接する単元がいろい ろな速度で拡がっていると考えることができる.し

かし、再び、相当する地震活動はまったくない. 他の年代がつけられている異常パターンの解釈に 疑いをもたらす効果をこのことはもっている.

ついでに言うが、最近刊行された James (2016) におい て、大西洋の今日の海底パターンを説明するために仮 説的であるがもっともらしい提案が出されており、それ は地球が双極子として挙動すると仮定し、現在の大き さの海洋と磁気の逆転の結果とに基づいている.

最初の海洋の神話. 最初の海洋の形成におけるこの 役割の神話は,海洋底拡大に関する上記の美文と関 連している. いくつかの事例をここに示そう.

- ・可動論の文献では、日本海とラブラドール海は典型的な初期の海として引用されている。両者とも深い海で、年代測定ができる磁気の縞模様として説明されてきたものを示す海洋地殻が下にあると一般に仮定されている。Choi(1984)は日本海における磁気異常パターンといわれるものは実際には周辺の大陸に追跡できる大きな断層帯に一致する特徴であることを証明している。地震解釈による基盤は古生代の海成堆積物をもつ大陸地殻を含んでいる。
- ・ラブラドール海の場合,カナダの海岸線とグリーン ランドの海岸線が平行なことは、ウエゲナー以来 常に可動論者達によって述べられてきた.400 km 以上におよぶ2つの陸塊間の走向移動変位が提 案された.再び,海洋底上の年代決定ができる磁 気の縞模様が受け入れられた.ネアズ海峡 Nares Strait 地域の最近の野外調査が Lowman (1985) と Grant (1980) に引用されているが、それは先カン ブリア紀とシルル紀の鍵層が海峡を横切って追跡 できることを明らかにしている.
- 東アフリカリフト系もまた発達初期の海洋として引用 されてきた.けれども、このリフトの基盤は大陸地 殻であり、わき上がる海洋地殻ではない.そして、 リフト系はおそらく10億年間著しく拡がらなかった 先カンブリア紀の断層系に沿って線状に並んでい る.
- ・紅海は白亜紀に大西洋や太平洋で仮定されている 速度より大変遅い速度で拡がり始めたと年代が決められている。ここでの問題は次のことである。すなわち、紅海内には先カンブリア紀の島々、ブラザース諸島がある。拡大の状況においてこれはどのように正当化することができるのかはこれまでまったく説明されなかった。同じことが大西洋の赤道地域に当てはまる。そこのサンペドロ・サンパウロ群島 The St Peter and Paul Rocksの年代は大西洋中央海嶺からの距離によって求めたその地域の年代より数億年古い。
- ・最後の事例はアイスランドによって示される.そこでは、大西洋中央海嶺が陸上に現れている. Sigurdson (1968)によれば、アイスランド上での溶

岩噴出は-おそらくマントルから湧出している-砂 岩とドロマイトの破片を含んでいる.

#### まとめ

地質学はこれまでは観察に基づく学問分野であったし, この考えは地球の年代についてのチャールス・ダーウィ ンとロード・ケルビンとの討論によって大事にされた. 匹敵するものがいない観察者であるダーウィンは,彼 の見積もりを進化の適当な速度とともに地球の表面を覆 う堆積物の順序に基づいておこなった.彼は現在の値 に非常に近い解答に達した.ロード・ケルビンは彼の 計算を標準的な熱力学の原理に基づいて行ったが,し かし地球は溶けた状態から冷えてきたという当時の仮説 にも基づいていた.このように,閣下はこの論争であわ れな二番になった.

不幸なことに、観察優先はこの半世紀の間にすたれた. 可動性プレートテクトニクスの主義との論争においては、 今では野外での証拠は典型的にすてさられており、そ の結果、明白な古気候指示物に優先して採用された 統計的に導かれた古磁気データで造られた疑わしい結 論にしばしば出会っている. 観察に基づく観点から研 究できない機構についての知識の貧しさ、あるいは完 全に知らないことにさえ私たちは翻弄されている. 可動 論モデルに関する安易すぎるその場しのぎの解釈は実 際には地球科学を100年ぐらい後戻りさせていることが 次第に明らかになっている.

面白いことには、観察データに答えることは NCGT 刊 行の初期の目的の一つであり、その本誌がこの路線を 維持していることを喜ぶべきである. そして、なぜ、今 もって私たちは可動論者の路線に服さず,移動する大陸の神話を受け入れないことによる拒絶にガマンしているのだ?

#### 文 献

- Ambraseys, N.N., 1975. Studies in historical seismicity and tectonics. Geodynamics, Roy. Soc. (Lond.), p. 7-18.
- Choi, D.R., 1984. The Japan basin a tectonic trough. Jnl Pet. Geol., v. 7, no. 4, p. 437-450.
- Choi, D.R., 2006. Where is the subduction under the Indonesian arc? NCGT Newsletter, no. 39, p. 2-11.
- Grant, A.C., 1980. Problems with plate tectonics: the Labrador Sea. Bull. Can. Pet. Geol.. v. 28, p. 252-278.
- Grover, J.C., 1998. Volcanic Eruptions and Great Earthquakes. Copyright Publ., Bris.
- James, P.M., 2016. Deformation of the Earth's Crust Cause & Effects. Copyright Publ., Bris. Kasfli, M., 1972. Zagros Crush Zone. New Concepts in Global Tectonics. Texas Univ. Press
- Lowman, P.D.Jr., 1985. Plate tectonics with fixed continents: a testable hypothesis. Jnl Pet. Geol., v. 8, no. 4, p. 373-388 & v. 9, no. 1, p.71-88.
- Meyerhoff, H.W. Meyerhoff, A.A., 1973. Major inconsistencies in global tectonics. Bull. Amer. Soc. Pet. Geol., v. 56, no. 2, p. 296-336.
- Sigurdson, H (1968). Petrology and acid xenoliths from Surtsey. Geol. Mag., v. 105, p. 440-453.
- Smoot, N.C., Choi, D.R. and Bhat, M.I., 2001. Active Margin Geomorphology. Xlibris Corp. USA.
- Tarling, D.H. and Tarling, M.P., 1977. Continental Drift. Penguin.

AAPG Explorer 11 月号の歴史的ハイライト中の論文 "石油産業におけるテクトニクスの衝撃"はプレートテク トニクスの歴史のレビューを始めている。新しいことはな にもなく、地質学の学生のすべてが地質学の教科書で それを読んでいる。プレートテクトニクスは石油探鉱の本 質であるとそれは主張し続けている。このことは真実か。

プレートテクトニクスはしっかりと確立されている.し かしながら,データは大きな流れを暴露している(良 く引用される討論に関して Pratt, D., 2000,の Plate Tectonics: A Paradigm Under Threat を参照). プレー トテクトニクスの擁護者はまれにそれらを扱っている.科 学はガマンしている.代わりとなるアイデアがある.それ らはプレートテクトニクスの歴史の一部と地質学である.

私の経験では,産業は探鉱をプレートテクトニクスに集 中させない. それはデータ,類似,探鉱地域,改善 された地震探査図または解析図および掘削または生産の科学技術,想像と経験,未知への掘削,出会う危険, 変化する政治と経済に集中する.

引用された Neftex モデルはシークエンス層序と大規模 なデータベース (web ページはプレートテクトニクスに ついて述べていない)の広範囲での統合に大きく頼っ ている.疑いもなく大変役に立つが,なにが新しいの か?私は2つの石油の大手企業で働いていたが,そ こでは地球規模のデータベースを使って見逃された堆 積盆地と類似点を探した.それらはプレートテクトニクス を前提としていない.

マントル対流,異成分からなり,一様でないマントルプ リュームの部分溶融,ホットスポットの進路,スラブの引 きと押し,沈み込み帯および堆積物がマントル中に下 りていきそして玄武岩が安山岩として上がってくる工場,

\*\*\*\*\*\*

マントルウェッジの謎,磁気の縞模様あるいはパンゲア の運命についての議論に私たちは時間を費やさなかっ た.私たちは盆地の環境と進化に集中した.

私の最初の文章に戻ると,教科書は多様な作業仮説 を考慮していないことは確かに悲しい.毎年多数の学 生がプレートテクトニクスの教義だけを身につけて世の 中に送り出されている.彼等に少なくともデータを差し 出すべきであり、その結果彼等自身で決断することが できる. AAPG は助けることができるだろうと私は考えて いる.

Keith H. James khj@aber.ac.uk

## オーストラリア反時計回り回転の再論 Mobile plate tectonics: a confrontation

\*\*\*\*\*

Karsten M. Storetvedt Karsten.storetvedt@uib.no Institute of Geophysics, University of Bergen, Norway

本誌2編の短い記述において、ジェームス博士 (James, 2015 & 2016) はテクトニクスにおける惑星の慣性の役割に 疑いを掛けている. それでも、これは地球の変動する回転に よって生じる弱い力にもかかわらず、横ずれテクトニクス過程 wrench tectonic processes に関して方向性を決める応力にな ることが判っている(Storetvedt, 1997, 2003 and 2011). "オー ストラリアのような大陸単元をねじるのに必要とされる巨大な 力"についてジェームス博士が述べているとき、彼は古くか ら根深くあるが実証されていない主張をまさに繰り返している. さらに、"オーストラリア単元を取り巻く境界になんらかのせん 断を生じさせるのに必要な回転モーメントは推定された地殻 せん断強度を用いて第一級の正確さで決定することができる" と彼は提案している. そして, この基礎に基づいて彼は地殻 の慣性を要求された課題にとって絶望的に不適当であるとみ なしている. けれども, 実際のせん断強度は地表の岩石中で 測ることができるだけであり、この岩石について得られた値は 大陸の横ずれ変形の研究にはまったく不適切である. このよ うに、大陸での深層ボーリング(コラと南ドイツ)は地殻(か なり浅い深度で)の物理的および地質学的状態について知っ ていると考えていたすべてが容易ならぬ間違いであったことを 示した.従って、ジェームス博士の批評がどのような影響を 与えるのか知ることは難しい.

本誌の最近の論文(Storetvedt & Longhinos, 2014a & b; Storetvedt, 2015a)において,新第三紀におけるオーストラ リアの慣性による回転の地球物理学的根拠について私たち は議論している-これには隣接する南西太平洋地域を含む. 見つかった一般的に大きな回転(70°の反時計回り)は構 造の複雑さとオーストラレーシア<sup>\*1</sup>境界帯に沿っての非常に 激しいテクトニックな活動と調和している.さらに,世界で最 も明瞭な生物学的不連続線の一つであるウォレス線の重宝な 解釈を与えてくれる.全球的な見方において,オーストラリア の回転は慣性支配の横ずれテクトニックの体系と良く合って いる-全体的に大きくないリソスフェアーのねじれからなる緯 度依存の体系であり,それは白亜紀/第三紀境界付近と新 第三紀中にそれぞれ最盛期を迎えた(Storetvedt, 1997 and 2003).このリソスフェアーのねじれは後期白亜紀に加速した 地殻の大洋化作用が引き金になった可能性が最も大きい-それまでに存在したリソスフェアーを激しく変化させ、地球の 歴史上で初めて深海盆を形成した.この過程において、惑 星の大部分の改造が慣性による地球の運動に変化をもたらし た-回転速度での'挿話的'な変化と真の極移動とによって 表された.

\*1: オーストラレーシア Australasia とはオーストラリア・ニュージランドとその付近の諸島(訳者注,新英和中辞典,研究社より)

本誌の最近の論文 (Storetvedt, 2015b) において、私は全 球的テクトニクスに影響を与えた慣性力のまとめをし、とくに 転向させるコリオリ加速度の重要性を強調した. 古典的な物 理学の文献を参考にして、"最も重要な転向させるコリオリの 大きさは南方向の力を生じる惑星の東回転と西方向の力を生 じる脆い表層の垂直に上方への速度変化とに関連している" と私は結論した.従って、その結果生じた応力は赤道方向と 西方に向いていたのであろう. この予報はオーストラレーシア の状況によってまったく支持されている. すなわち, 現在の 赤道の北側に位置している東南アジア(およびユーラシアの 一部)は時計回りの横ずれ変形を受けており、他方、オース トラリア(赤道の南側位置する)は南のリソスフェアーの覆い に期待される反時計回りのねじれを受けさせられている. オー ストラリアの異常に強いテクトニクスの不安定性は2つの重要 な要素の産物のようである. すなわち, 1)この大陸の大きさ は相対的に小さいこと、そして2)それが赤道に近いことであ る. そして西方へのコリオリの力は緯度のコサインに比例する.

今日,地殻中において深度毎のせん断強度の実際の値を知 るなにかを与えられる人はだれもいない.このように,地表で の地質工学研究で用いられる通常のせん断試験は地殻また はリソスフェアーのテクトニクスの分野に明らかに適用できな い.弱い慣性力がリソスフェアーにかなりの横ずれ効果を持っ ていたかというこの問題をうまく避ける唯一の方法は,予測さ れたテクトニクスの結果を探すことである.事実,オーストラリ アブロックの反時計回りの回転は横ずれテクトニクス説によっ て予報され,関連した広域的な地球物理学的および構造的 ないろいろな観察によってより強められているが,これは広域 的な地質学的現象の漸進的な予測 - 確認のくり返しの積み 重ねである. すなわち, この過程において, モデルのその 場しのぎの修正を求める必要はない. 事実, これは機能的 な包括的理論は具合良く行くであろうと言うことである.

大陸での深層ボーリングの結果は深度と伴に多量の含水液 体を伴う割れ目容積の急激な増加を示しており、それは比較 的平らに横たわり低いせん断抵抗のすべり'面'を容易に作 れるであろう(特に数kmの深さより下位で).そして、地表の 露頭においてさえ、どこにでもある垂直で直角な割れ目系が 下位にある水平な破断面に切られている.言いかえれば、テ クトニクスの横ずれ系では、多くのやや水平な分離面からなる ような地殻またはリソスフェアーと私たちは向き合うことが大い にありそうである.すなわち、テクトニクスのねじれを受けてい る大陸ブロック(オーストラリアのように)の頂部について求 められた回転の見積もりは、予想されるように無数の'水平な' 分離'面'に沿ってのすべり効果の累積したものを表してい ることをこれは意味している.

見た限りでは、ジェームス博士 (James, 2016) は大陸での ボーリングによる次の根拠を受け入れている. それは、横ず れ単元の下部での著しく減少したせん断抵抗と増加した '粘 弾性'挙動へ導くであろうという根拠であり、おそらく、彼の 回転モーメントの必要条件を大きく減少した. 他方, これは 周辺のせん断抵抗を伴う事例ではないことを彼は主張し、そ して惑星の慣性の効果を一彼があいまいな現象として記載し たー回転モーメントの必要条件には不充分であるとみなして いる. それにもかかわらず、地殻の変形と '粘弾性' 挙動は 大陸単元の境界領域に向かって自然に増加するであろう. た とえば、文末のさし絵は、東部オーストラリアからタスマン海 に向かってリソスフェアーがしだいに、そして段階的に薄くなっ ていることを示している. 大陸地殻の一般的な減少は地殻の 割れ目密度はもちろんマントルからの水も入手可能なことに厳 しく依存しているようであるので (Storetvedt, 2003の引用文 献と討論を参照)、オーストラリアの境界領域は大陸ブロック 本体下位より力学的に非常に弱いようである. 極移動の出来 事は加圧された含水流体をマントルから地殻の拡大している 割れ目系に押し込む一種の水圧ポンプとして役立つことがで きる.オーストラリアのような大陸ブロックは薄い地殻の海盆に 囲まれており、周りを取り巻く境界に沿ってせん断強度は著し く減少しているようである.

オーストラリアブロックの横ずれのための必要とされる回転 モーメントの必要条件は満たされていることは、この大陸の 東部と北部の境界領域中の島の基準点から得られた一貫し ての反時計回りの GPS 速度ベクトルによって実に証明されて いる.しかし、真の極移動に続く地殻せん断強度の減少に 加えて、全球的リソスフェアーは緯度依存の西向きのテクト ニクスの応力を受けてきたことを古地磁気データの臨界評価 (Storetvedt, 1990 and 1997) は示している.この期間中北 方の(古)リソスフェアーは時計回りの横ずれを受けており、 他方反時計回りのねじれが南半球で起きていた.このことは テクトニクスの移動性の全球的システムを考慮すると慣性効果 は規則的な力として必要になることを示している.

ジェームス博士の最も最近の締めくくりのコメントでは、彼は 系統的な GPS 速度研究を受け入れているがそれらを説明す るために慣性力が重要であることについては懐疑的であって、 次のように書いている.しかし、これらの記録 [GPS データ] は現代において認められている地理極の小さいが測定可能 な移動の結果であるはずがないのではないか? 理解するに は非常に難しいことを私は判っているこのためらいがちな文章 を彼ははっきりと説明していない.けれども、私の考えでは、 リソスフェアーの慣性の協力なくして全球的なテクトニクスのシ ステムを説明することは不可能に思える.オーストラリアブロッ クの上部の地殻に関して、新第三紀の横ずれは'水平な' すべり面に沿っての多数の小さな付加的運動を確かに意味し ている-上部の大陸部分に関してこの運動は反時計回りに全 体で 70°であったようである.

#### (訳者注:以下の文章は下図の説明文です.)

東部オーストラリアからタスマン海に向かってリソスフェアーの 段階的薄化を示す模式図.周囲を取り巻く境界帯に沿って 明らかに大きく減少しているせん断抵抗.図はFishwick et



al. (2008)を簡略にした. 推定される大陸の反時計回りの回転(赤い曲線の矢印で示す)は東縁に沿っての後期白亜紀 -現在の火成活動の中心(四角印)の曲線状の分布と良く -致していることに注目. 当然,オーストラリアの段階的反時 計回りの期間中の断層の再活動が火山活動の引き金になっ ている.

#### 文 献

Fishwick, S. et al., 2008. Steps in lithosphere thickness within eastern Australia, evidence from surface wave tomography. Tectonics, v. 27, doi: 10. 1029/2007TC002116, 17p.

James, P.M., 2015. NCGT Journal, v. 3, p. 104-105.

- James, P.M., 2016. NCGT Journal, v. 4, p. 3-4 and p. 354.
- Storetvedt, K.M., 1990. The Tethys Sea and the Alpine-Himalayan orogenic belt. Phys. Earth Planet. Inter., v. 62, p. 141-184.
- Storetvedt, K.M., 1997. Our Evolving Planet. Bergen, Alma Mater (Fagbokforlaget), 456p.

- Storetvedt, K.M., 2003. Global Wrench Tectonics. Bergen, Fagbokforlaget, 397p.
- Storetvedt, K.M., 2011. Aspects of planetary formation and the Precambrian Earth. NCGT Newsletter, no. 59, p. 113-136.
- Storetvedt, K.M., 2015a. The Australia-Antarctica dynamo-tectonic relationship: Meso-Cenozoic wrench tectonic events, and palaeoclimate. NCGT Journal, v. 3, no. 1, p.44-62.
- Storetvedt, K.M., 2015b. Inertial forces on the lithosphere. NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 259-262.
- Storetvedt, K.M., 2016. Inertia-triggered global stresses and polar wander. NCGT Journal, v. 4, no. 3, p. 353-354.
- Storetvedt, K.M. and Longhinos, B., 2014a. Australasia within the setting of Global Wrench Tectonics. NCGT Journal, v. 2, p. 66-98.
- Storetvedt, K.M. and Longhinos, B., 2014b. The wrench tectonic history of Greater Australia: Further substantiation of evidence. NCGT Journal, v. 2, p. 61-69.



ARTICLES

#### 2016 年 10 月 26 と 30 日の間に発生した中部イタリア地震に無関係な VLF 電磁気信号

VLF electromagnetic signals unrelated to

#### the Central Italy earthquakes occurred between 26 and 30 October 2016

## Gabriele Cataldi<sup>1</sup>, Daniele Cataldi<sup>2</sup> and Valentino Straser<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Radio Emissions Project, Rome. ltpaobserverproject@gmail.com <sup>2</sup>Radio Emissions Project, Rome. ltpaobserverproject@gmail.com <sup>3</sup>Independent Researcher. valentino.straser@gmail.com

#### (小泉 潔 [訳])

要旨:2013年以来,本研究の著者は,大地震(M6+)に関連する電波を探すために地球の電磁気的背景を監視してきている.この調査方法により,2016年8月24日世界標準時1時36分32秒に起きたイタリアのM6.2地震の142時間以上前に存在した電磁気異常を我々は確認することができた.同様な監視方法で,2016年10月に発生した別な2つのイタリアの大地震に関連する自然電波放射を検出することはできなかった.

キーワード:地震電磁気前兆, VLF 電波異常, 地震予知, 中部イタリア地震, 地震の前兆, VLF モニタリング.

(受付:2016年11月6日,受理:2016年11月19日)

#### はじめに

2016年8月24日から2016年10月30日の間に、中 部イタリアで次の3回の大地震が記録された.1)2016 年8月24日の世界標準時1時36分32秒に発生した M6.2の地震:2)2016年10月26日の世界標準時 19時18分08秒に発生したM6.1の地震:3)2016 年10月30日の世界標準時6時40分19秒に発生した M6.6の地震. 電磁気環境モニタリングは、短期的地震活動電磁気学 的前兆(SEPs)があることを科学的に検証することの できる科学的調査法であり(Hayakawa, 2015)、壊滅 的な被害をもたらす地震の震源を特定することができる ようになった(Ohta et al., 2013).残念なことに、今ま で、世界の一部の国だけが SEPs の研究に特化した科 学研究事業を立ち上げたのみで、世界的に共有され た SEPs 監視事業は未だにない.イタリアは、ギリシャ に次ぐ地震リスクの高いヨーロッパ第二の国だが、残念





図 1 2016 年 8 ~ 10 月 のイタリア M6+ 地震の震 源. 2016年8月24日と 2016年10月31日の間 に記録された三つのM6+ 地震の震源(三つの黄色 の星印) (USGS-アメリ カ地質調査所のデータ) と(中部イタリア地域に 関連した) イタリアの地 図.緑色の円は、イタリ アの Albano Laziale (RM) にある電波放射事業 VLF 監視局の位置. 北緯 41°42'7.52"; 東 経 12°49'17.34": グーグル アースより.

図2 M6.2 中部イタリア地震 VLF モニ ターと地震電磁気前兆. 図は、イタリア の Albano Laziale (RM) にある電波放 射事業の電磁気環境監視局による 2016 年8月18日世界標準時00:00と07:30 に記録された地球の電磁場の動スペクト ル図である.スペクトル図の中央の赤い 破線の内側は, 2016 年 8 月 24 日世界標 準時01:36 に発生した M6.2 イタリア地 震に先だって記録された電波放射異常を 示している. 放射は世界標準時 02:47 に 出現し、06:21 に消えている.スペクト ル図上部の(水色の)ラベルは、人為的 な既知のラジオ局を示している.スペク トル図のY軸は,世界標準時を示してい る. これは上から下に1分ごとに1水平 線分すすむ.X軸は電波信号の放射頻度 (右に進むと頻度が増える)である.そ の強度に従って色を変えてある.

ながら SEPs の研究に関わる検出装置の公式なネット ワークは導入されてこなかった. SEPs に専念して1日 24時間,週7日監視するイタリアの電磁気監視事業だ けが,Gabriele Cataldi博士とDanielle Cataldi博士に より管理され完全に資金の調達がされている電波放射 事業の代表的なものである.電波放射事業は、2009 年以来 SEPs の監視を扱い,SEPs 専用のほとんどの民 間電磁波監視事業に技術的および科学的助言を提供 し,国レベルでの重要な評価基準となっている.また, 大学に支援された電磁波監視事業の立ち上げに関わ る技術的および科学的コンサルタントでもある\*.

\* ローマ大学 "Tor Vergata" の "高度データ通信と航行衛 星システム"における修士号についての成層圏気球を打ち上 げるための事業. 宇宙船の観測機器には,筆者が作成した 地球の磁場を監視する磁気誘導磁力計が装備されていた.

#### VLF 異常

電波放射事業の監視局には,SELF-ELF帯とVLF帯 をモニターできる2つの電波受信機を備えている.2016 年8月24日のM6.2地震発生の数日前に,電波放射 事業のVLF監視局がこれまで見たことのない電磁気放 射(電波異常)(図2)を検出し,翌月には観測され なかった(Straser et al., 2016).

2016 年 8 月 18 日の世界標準時 2 時 47 分と6 時 21 分の間に記録されたこの電磁気異常は,9.63kHz と 20.5kHz の間に最大強度があり,142 時間 49 分(ほ とんど6 日間)後の 2016 年 8 月 24 日のイタリア M6.2 の地震に先立って,9.63kHz と23kHz の間の約 3 時 間 34 分間,観測されていた.18kHz と26kHz の間の スペクトルに広く見られる人為的電波放射(スペクトル 中の上部の水色のラベルで示されている)は,電波異 常が 13.37kHz に達する非常に広い帯域を持っている. これは,この観測事業(2013 年)以来の事業に関す る電波放射事業の VLF 監視局で記録されてきたこれ らの特徴を持つ最初の電波異常であり、それは恐らく 2013 年から 2016 年 8 月 24 日まで、イタリアで大地震 (M6 +) が記録されてこなかったためである.

2016 年 8 月 18 日に記録された電波異常は, 人為的 放射の典型的なスペクトルの特徴を持っている. 反対 に, 同じようなスペクトルのより強い人為的放送(ラジ オ局)は,異常とはまったく異なった特徴を持っている. 1)低帯域であること; 2)常に見えているか,まれに 欠如する; 3)急に出現したり,急に消滅したりする; 4) 既知の周波数である; 5)電離圏の状態に比べて強度 が変動する. 人為的な放送局間で,スペクトル中によ り明確な放射が見られる(図3):

- ICV-20.27kHz ータボララ島、イタリア 緯度:北緯40°55'23.26"(+40.923127°) 経度:東経009°43'51.64"(+009.731011°)
- HWU-21.75kHz ーロスネー, フランス 緯度:北緯 46°42'47.26" (+46.713129°) 経度:東経 001°14'42.89" (+001.245248°)
- DHO38-23.4kHz ーラウデルフェン、ドイツ 緯度:北緯 53°04'44.04" (+53.078900°) 経度:東経 007°36'54.00" (+007.615000°)
- NAA-24kHz ーカトラー,アメリカ北東部 緯度:北緯44°38'41.77"(+44.644936°) 経度:西経067°16'53.90"(-067.281639°)

- JXN-16.4kHz ノビク、ノルウェー 緯度:北緯66°58'27.67"(+66.974353°) 経度:東経013°52'25.02"(+013.873617°)
- TBB-26.7kHz ーバファ、トルコ 緯度:北緯 37°24'45.81"(+37.412725°) 経度:東経 027°19'24.03"(+027.323342°)

スペクトルを注意深く分析すると、スペクトル中に見られ るVLFラジオ局の一部に異常が妨害しているように見 えることを, 我々は観測した (図2): 周波数 18.1kHz で放送している "RDL" ラジオ局 (ロシアのクラスノダー ル・ニズニーノブゴロドおよびアルカンゲルスクにある) (図4)では、数時間でほぼ 15dB 弱くなった. それが 最大強度(-37dB)に達したとき、異常電波が消滅し た後でもさらに数時間の異常が残っていた. 2016 年 8 月 18 日に記録された電波異常とRDL ラジ オ放送に関わる影響を説明できる原因を発見する目的 で, 我々は 2016 年 8 月 18 日の地磁気パラメーターの 解析を行った:Kp指数は、1と2の値にほぼ一日留 まり、最大値3に達した:それらの変動は記録された 電波異常とRDL 局の減衰レベルさえ正当化するもので はない. また,我々は VLF 監視局の無線装置の誤動 作を除外した.

3つの RDL ラジオ局が、海面に隣接する高度(海面







図4 18.1kHz のロシアの RDL 局. 地図 はイタリア半島の位置と 2016 年 8 月 24 日と 10 月 30 日の間に中部イタリアで発 生した三つの M6+ の地震の震源(黄色の 星印)に関連した周波数 18.1kHz で送ら れた 3 つのロシア RDL 局の位置(シアン 色の円)を示している.赤い線は,電波 放射事業の VLF 監視局(淡緑色の円)関 連する 18.1kHz の RDL 信号の電波方向を 示している. グーグルアースより.

上数 10m) に位置しているが、電波放射事業の VLF 監視局は海面上 173m の高度にある。3つの RDL ラジ オ局 (クラスノダール=2093km・ニズニーノブゴロド= 2764km およびアルカンゲルスク= 3126km) 付近の VLF 監視局間の長大な直線距離を考えると、18.1kHz の電波信号の最初の伝播モードは、適度な電子密度 の電離層での電磁波の反射に起因している: 昼間は 大気圏下層からの生理的吸収があるため、これは夜 間に発生する. そしてそのため, RDL 信号は地上波 (図9参照)だけが次第に強度の大部分を失って伝播 していく: 筆者は世界標準時 05:00 と17:00 の間で約 20dBの強度を失ったと計算した. 観測された VLF 異 常に関して、これは VLF 伝播の減衰段階を通じて正 確に生じており、筆者は RDL 伝播キャリアの減衰は、 我々が異常を観測した時間内の VLF 伝播の生理的吸 収に原因があると考えている. 異常の存在に関して, この出来事に関連したデータだけは、ほぼ6日後の 2016年8月24日世界標準時1時36分32秒に発生 したイタリア M6.2 地震である.

2016年10月26日と30日の間に、中部イタリアで二 つの大地震が記録された:M6.1の地震が2016年10 月26日世界標準時19時18分8秒に発生し、M6.6 が2016年10月30日世界標準時6時40分19秒に 発生した.2016年10月21日から2016年11月まで、 電波放射事業のVLF監視局が、過去に見られなかっ たVLF帯域(図5~10)における未知の電波放射を 検出し始めた.実質的にすべての VLF 帯で見える次の一連の電波信号よりなっていた:

1) おおよそ 23kHz で出現し、その周波数が約 20 分間で増加し 30kHz に達した水平信号. この信号の解 析では、放射周波数が 30kHz 超えないことを突き止め ることがさらに必要である. たとえ VLF 監視局が人口 密度が低い地域や建築現場や工場から離れている地 域に位置しているとしても、人為的なもの(例えば、電 気モーターあるいはそのようなものによる障害)である 可能性があると筆者が示唆した、非常に小さな帯域を 持つ中~低強度の信号である.

2) 5.5kHz と 22kHz との間は,通例,議論されてきた 最初の信号とは正反対の時間的進展のあった自然な 背景(背景強度が-31dBに相当する)のものより強度 がわずかに高い一連の弱い放射(4と6の放射の間) が明確である.それらの信号は放射周波数が約90分 間で10kHz(スペクトル図の左側の目立つ信号に注意, 5図)減少している.実際の性質についての説明は難 しいとしても,明らかなこれらの信号のスペクトル特性 は、それらが未だに互いにほぼ平行であるという事実 にあり,筆者はそれらは帯域が小さいので,自然放射 のものではないと考えている.もう一つの仮説は、VLF 帯では最終的には直接的には明らかではない人為的 起源の共鳴高調波\*である可能性である.図7・8では, 電磁気異常が主信号の共鳴高調波を持つスペクトル図 の左側に示されている.



図5 2016年10月21日に観測された電波異常.図は、 イタリアのAlbano Laziale (RM)(北緯41°42'7.52";東 経12°49'17.34")にある電波放射事業の電磁気環境監視局 による、2016年10月21日世界標準時17:00と10月21日 世界標準時00:00の間に記録された地球電磁場のVLF(3~ 30kHz)動スペクトルを示している.スペクトル図上部の(水 色の)ラベルは、主に人為的な既知のラジオ局を示してい る.スペクトル図のY軸は、世界標準時を示している.こ れは上から下に1分ごとに1水平線分すすむ.X軸は、そ れに対し電波信号の放射周波数(右側に行くほど周波数が 増加する)を示している.その強度によって色を変えてあ る.赤い点線で囲まれた領域は監視局で記録された電磁気 異常である.



Radio Emissions Project VLF Monitor - Unknown anthropic broadcaster of October 22, 2016

図6 2016年10月21日に観測された電波異常.図は、イ タリアのAlbano Laziale (RM)(北緯41°42'7.52";東経 12°49'17.34")にある電波放射事業の電磁気環境監視局に よる、2016年10月21日世界標準時21:00と23:30の間に 記録された地球電磁場のVLF(3~30kHz)動スペクトルを 示している.スペクトル図上部の(水色の)ラベルは、主 に人為的な既知のラジオ局を示している.スペクトル図の Y軸は、世界標準時を示している.これは上から下に1分 ごとに1水平線分すすむ.X軸は、それに対し電波信号の 放射周波数(右側に行くほど周波数が増加する)を示して いる.それらの強度によって色を変えてある.赤い点線で 囲まれた領域は監視局で記録された電磁気異常である.

id anthropic radio emissions monitoring. 🧰 Albano Laziale, Rome, Italy. 👘 = Radio-anomaly

The second harmonic between the second between the

Radio Emissions Project VLF Monitor - Unknown anthropic broadcaster of October 23, 2016

図7 2016年10月21日に観測された電波異常.図は、イ タリアのAlbano Laziale (RM)(北緯41°42'7.52";東経 12°49'17.34")にある電波放射事業の電磁気環境監視局に よる、2016年10月21日世界標準時20:00と22:30の間に 記録された地球電磁場のVLF(3~30kHz)動スペクトルを 示している.スペクトル図上部の(水色の)ラベルは、主 に人為的な既知のラジオ局を示している.スペクトル図の Y軸は、世界標準時を示している.これは上から下に1分 ごとに1水平線分すすむ.X軸は、それに対し電波信号の 放射周波数(右側に行くほど周波数が増加する)を示して いる.それらの強度によって色を変えてある.赤い点線で 囲まれた領域は監視局で記録された電磁気異常である.

Natural and anthropic radio emissions monitoring. (C) Albano Laziale, Rome, Italy.

Radio Emissions Project VLF Monitor - Unknown anthropic broadcaster of October 24, 2016



図8 2016年10月21日に観測された電波異常.図は、 イタリアのAlbano Laziale (RM)(北緯41°427.52";東 経12°49'17.34")にある電波放射事業の電磁気環境監視局 による、2016年10月21日世界標準時22:30と22:30の 間に記録された地球電磁場のVLF(3~30kHz)動スペク トルを示している.スペクトル図上部の(水色の)ラベル は、主に人為的な既知のラジオ局を示している.スペクト ル図のY軸は、世界標準時を示している.これは上から下 に1分ごとに1水平線分すすむ.X軸は、それに対し電波 信号の放射周波数(右側に行くほど周波数が増加する)を 示している.それらの強度によって色を変えてある.赤い 点線で囲まれた領域は監視局で記録された電磁気異常であ る.白い矢印は、スペクトル図の左側の異常の背後にある 2つの高調波共振の存在を示している.

Radio Emissions Project VLF Monitor - Unknown anthropic broadcaster of October 24, 2016



Natural and anthropic radio emissions monitoring. 🚺 Albano Laziale, Rome, Italy. 📃 = Radio-anor



図 9 2016 年 10 月 21 日に観測された電波異常. 図は, イ タリアの Albano Laziale (RM) (北緯 41°42'7.52"; 東経 12°49'17.34") にある電波放射事業の電磁気環境監視局に よる, 2016 年 10 月 26 日世界標準時 06:00 と 08:30 の間に 記録された地球電磁場の VLF (3 ~ 30kHz) 動スペクトルを 示している. スペクトル図上部の(水色の)ラベルは, 主 に人為的な既知のラジオ局を示している. スペクトル図の Y 軸は, 世界標準時を示している. これは上から下に 1 分 ごとに 1 水平線分すすむ. X 軸は, それに対し電波信号の 放射周波数(右側に行くほど周波数が増加する)を示して いる. それらの強度によって色を変えてある. 赤い点線で 囲まれた領域は監視局で記録された電磁気異常である.

図10 2016 年 10 月 21 日に観測された電波異常.図は、 イタリアの Albano Laziale (RM) (北緯 41°42'7.52"; 東 経 12°49'17.34")にある電波放射事業の電磁気環境監視局 による、2016 年 10 月 28 日世界標準時 20:10 と 22:30 の 間に記録された地球電磁場の VLF (3 ~ 30kHz)動スペク トルを示している.スペクトル図上部の(水色の)ラベルは、 主に人為的な既知のラジオ局を示している.スペクトル図 の Y 軸は、世界標準時を示している.これは上から下に 1 分ごとに 1 水平線分すすむ.X 軸は、それに対し電波信号 の放射周波数(右側に行くほど周波数が増加する)を示し ている.それらの強度によって色を変えてある.赤い点線 で囲まれた領域は監視局で記録された電磁気異常である. 図の右側に見える黄色のラベルは、2016 年 10 月 28 日世 界標準時 20:02 に発生した M5.8 イタリア地震の発生時刻 を表している. \* 訳者注 高調波とは、ある周波数成分をもつ波動に対して、 その整数倍の高次の周波数成分のこと。音楽および音響工 学分野では倍音と呼ぶ.元々の周波数を基本波、2倍の周 波数(2分の1の波長)を持つものを第2高調波、さらに n 倍の周波数(n分の1の波長)を持つものを第 n 高調波と 呼ぶ.(ウィキペディアより)

(より強い) 主電波信号に近い共鳴高調波の存在は, 性質が特別な場合、たとえ知られていなくても人為的 な電波信号と関連した従来からよく知られていた現象で ある. 筆者のねらいは、それらの信号が M6+ の地震 活動に関連し、これが2016年10月28日世界標準時 20時02分に発生したM5.8のイタリア地震(図10)後 にのみ起こりえたものかどうかを調べることである. 2016 年10月28日の世界標準時16時と23時30分の間に, 電波放射事業の VLF 電磁気モニタリングが、すべての 疑問を解明したスペクトル図(図10)を記録した:そ れらが局地的なイタリアの地震活動と明らかに無関係な マーカーが, M5.8 地震時の後に現れている. というのは, 地震の震源域で作られた放射なら、それらは M5.8 地震 の後に停止しているはずだが、むしろ 2016 年 10 月 30 日世界標準時6時40分19秒に発生したM6.6のイタリ ア地震後にも継続していた.

#### 猛烈な非難

データに関わる電磁気モニタリングの客観性を確かめ るため, 筆者は VLF 監視局の近くに嵐が 2016 年 8 月 18日に起きて胃なかったかどうか検証した. つまり, 雷 で作られた電波信号が、広帯域の周波数に同調した 電波受信機によって検出されうるのである.従って、電 波放射事業の VLF 監視局によって検出された電磁気 異常が、実は嵐によって放射されたものであるという仮 説を退けることが絶対に必要である. このチェックのた めに, 天気データが利用された; それらはイタリア空軍 (AMI) によって提供されたものである. 我々は, 2016 年8月18日にVLF監視局付近に激しい雷雨はなかっ たが、小雨がイタリア北部で記録されていることを発見 した. 加えて, 2016年10月21日~10月30日に, 電波放射事業の VLF 監視局付近の激しい雷雨は、そ れぞれ 5mm と 25mm を記録した 10 月 26 日と10 月 27 日を除いて,起きていなかった.2016年10月27日 の嵐は、VLF 監視局の南東方向へ 509km のシシリー 島のカタリナ市で記録された. さらに、スペクトル図の 観点から、VLFスペクトル図上に、いわゆる"電子気 象学"("空電障害"の略称、また"空電"として知ら れている)の雷放電に関連した典型的な信号は見つか らなかった. 空電障害の持続時間はほんのわずかで, 加えて、周波数変動を受けて何時間も見えていたわけ ではない。

#### 結 論

SEPs は大地震に先立つ自然電波放射であり、次の地

震が発生を良好な精度で推測するために使うことがで きる (Ohta et al., 2013). SEPs に関する最近の研究 には、1880年に発見された自然電波放射のこの新分 野の研究(Milne, 1990\*\*)に取り組んでいる国際的共 同研究事業がないことが影響している.環境電磁気場 のモニタリングは SEPs の研究のために基本的に重要 な研究法であり、またこれからは特に地震の震源を理 解するために行われる予定である. 筆者は SEPs のモ ニタリングに専念するための特別組織の創設を国際的 な場で何度も提案してきたが、今日まで結果は期待は ずれであった.しかし、SEPs に関する最近 10 年間に 実施された研究は非常に心強いものがあり、太陽活動 のモニタリング(太陽系物理学を含めて)と組み合わ された電磁気モニタリングは、単なる統計的データでは なく前兆現象に基づいた地震予知法を構築するための 新しい科学的基盤であることを示している. これはこれ からの課題である.

\*\* 訳者注 原文は (Milne, 1990) となっているが, (Milne, 1890) の間違い. なお, 文献欄では間違っていない.

環境電磁気モニタリングは、単に SEPs をモニターす るだけでなく、自然放射とは言えない特徴をすべて の電波異常を除外している.世界中(特に断層近傍 に) に設置された広帯域の電磁波受信機 (SELF~ VLF帯)と"RDF"(無線方位測定器)技術で実施 されているネットワークの創設は、国際的な科学界で 最近100年の野外調査で獲得したすべてのデータより 優れた SEPs に関するたくさんのデータをもたらすだろ う. このタイプのモニタリングネットワークを創設すること は、研究者たちと政府機関との間で国際協力が強く求 められている. 多くの研究者が一般的に SEPs や地震 災害について持っている古い間違った科学的信念の放 棄によって、より大きな努力が確実に表されており、そ れは潜在的で破壊的な地震を予見できないということで ある.筆者は、地震予知研究を妨げている今日の主 な問題は文化であり、技術や組織ではなく、この制約 を取り除くために、モニタリングと、SEPs と地磁気の性 質(地磁気地震前兆あるいは SGPs)を含むすべての 電磁気的地震前兆の研究に専門分化した研究グルー プを創設する必要があると、確信している (Cataldi et al., 2013).

謝辞:筆者は、本論の作成を可能にする思考のため の助言と興味深い心の糧をいただいた、早川正士博 士に感謝したい.

#### 文 献

- Cataldi G. and Cataldi. D., 2013. Reception of Natural Radio Emissions in the ELF Band. The INSPIRE Journal, vol. 20, Spring/Summer 2013.
- Cataldi, G., Cataldi, D. and Straser, V., 2013. Variations of Terrestrial Geomagnetic Activity Correlated To M6+ Global Seismic Activity. EGU (European

Geosciences Union) 2013, General Assembly, Geophysical Research Abstracts, Vol. 15. Vienna, Austria. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, High Energy Astrophysics Division, SAO/NASA Astrophysics Data System.

- Cataldi, G., Cataldi, D. and Straser, V., 2014. Earth's magnetic field anomalies that precede the M6+ global seismic activity.
- European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2014, Geophysical Research Abstract, Vol. 16, Natural Hazard Section (NH4.3), Electro-magnetic phenomena and connections with seismo-tectonic activity, Vienna, Austria. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, High Energy Astrophysics Division, SAO/NASA Astrophysics Data System.
- Cataldi, G., Cataldi, D. and Straser, V., 2016. Tsunami related to solar and geomagnetic activity. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2016, Natural Hazard Section (NH5.6), Complex modeling of earthquake, landslide, and volcano tsunami sources. Geophysical Research Abstract, vol. 18, Vienna, Austria. Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, High Energy Astrophysics Division, SAO/NASA Astrophysics Data System.

Duma, G. and Ruzhin, Y., 2003. Diurnal changes of

earthquake activity and geomagnetic Sq-variations. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., vol. 3, p. 171-177.

- Hayakawa, M., 2015. Earthquake Prediction with Radio Techniques, John Wiley and Sons, Singapore, 294p.
- Milne, J., 1890. Earthquakes in connection with electric and magnetic phenomena. Trans. Seismol. Soc. Japan, vol. 15, 135-163.
- Ohta, K., Izutsu, J., Schekotov, A. and Hayakawa, M., 2013. The ULF/ELF electromagnetic radiation before the 11 March 2011 Japanese earthquake. Radio Sci., vol. 48, p. 589–596, doi:10.1002/rds.20064
- Straser, V. and Cataldi, G., 2015. Solar wind ionic variation associated with earthquakes greater than magnitude M6.0. New Concepts in Global Tectonics Journal, vol. 3, no. 2, 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, vol. 4, no. 3, p. 473-477.
- Straser, V. and Cataldi, G., 2014. Solar wind proton density increase and geomagnetic background anomalies before strong M6+ earthquakes. Space Research Institute of Moscow, Russian Academy of Sciences, MSS-14. 2014. Moscow, Russia.

## 海洋のテクトノスフェアにおける深部過程 Deep-seated processes in the tectonosphere of oceans

#### Vadim Gordienko

Institute of Geophysics, National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine tectonos@igph.kiev.ua or vgord@inbox.ru

(小泉 潔 [訳])

要旨:海洋のテクトノスフェアにおける深部過程が,移流-多型仮説の観点から分析されている.この仮説は,数値的な調整などなしに,熱流量・地震波速度・重力場・電気伝導度の異常と同様に,前述の仮説が地史における主な出来事(堆積層の形成・火成活動・深部で支配的な温度)を説明することができることが示されている.

キーワード:地殻と上部マントル,熱と物質移動,海洋の深部過程

(受付; 2016年12月9日, 受理; 2016年12月18日)

## 巨大深発地震と太陽サイクル Great deep earthquakes and solar cycles

## Dong Choi<sup>1</sup> and John Casey<sup>2</sup>

International Earthquake and Volcano Prediction Center <sup>1</sup>dchoi@ievpc.org, Canberra, Australia <sup>2</sup>jcasey@ievpc.org, Orlando, Florida, USA

(村山 敬真 [訳])

要旨:巨大深発地震(深度 300km 以上,マグニチュード7.0以上)は、地球の外核に由来する熱エネルギーの最初の明 白な出現であると見なされ、それは後に一連の浅発地震を起こす.したがって、浅部での破滅的な地震を予測する上で、巨 大深発地震の正しい理解は重要である.また、地球力学作用や太陽などの他の惑星との相互作用を理解することも重要で ある.歴史的に、1970年以来太平洋とその周辺地域の一部の限られた地域でのみ、巨大深発地震が年に0~4回散発的 に発生している.それらは1984年より前にはほとんど存在しなかったが、Schwabe (11年)の太陽周期22がピークに達した 1990年以降、突然増加した.その後は、太陽活動が衰え続けていて、ダルトン極小期(1790-1830)やマウンダー極小期 (1645-1715)に匹敵する長く続く低太陽活動周期、または冬眠期の到来を暗示する.その両者は歴史的な大災害地震と火 山噴火を伴っていた.巨大深発地震の変動は、主に11年のSchwabe周期と、より長い22年の日間期の2つの複合周 期によって制御されるが、100年周期や206年周期などの長期的な太陽周期も明らかに影響がある.さらなる研究が必要で ある.1990年以来、地球の核は活発な段階に入ったと考えられ、強力な熱エネルギーをマントルに放出している。最近の異 常に強い地震の世界的な激発は、この主張を支持する.私たちはこの傾向が今後20~30年にわたって継続し強化されると 見込んでいる.

キーワード:地震-太陽周期負の相関,11年太陽活動周期,22年太陽活動周期,巨大深発地震,エディー極小期, 熱エネルギー移動

(2016年10月7日受付. 2016年12月26日受理)

#### 1. 序論

地震・火山噴火と太陽周期に基づいた太陽 - 地球相 互作用に関する我々の研究は、太陽と地球の間の多く の興味深い関係を明らかにしている. Choi and Maslov (2010) は、公開された文献のレビューと広範なデータ 分析の後、太陽活動と地震の間に負の相関関係を確 立した(図1). Casey (2010) は、過去300~350 年の間に、アメリカ大陸で最も強力な火山活動と地震 活動が、主な太陽極小期に発生したと指摘した.シン プソン(1967年)のようないくつかの初期の研究はまた、 太陽活動縮小期の地震活動の増加を指摘した.太陽 と地震・火山活動との間の負の相関関係は、本著者 および他の研究者による多くの最近の研究によって裏 付けられている(Choi and Tsunoda, 2011; Choi et al., 2014; Casey et al., 2016).

この太陽と地球の相互作用の根本的な物理的メカニズ ムは、さらなる研究が必要である. Gregori (2002) は、 地球の核が漏れやすいコンデンサーまたはバッテリー の性質があるとする. すなわち,太陽活動が高いとき は地球の核が充電され,太陽の活動が低いときに今度 は核がエネルギーを放出する.

一方,2015年9月のM8.3 チリ地震の多くの論文で示されているように、地震メカニズムと前兆信号の理解が深まったことが、国際地震火山予知センターのチームなどによる多くの地震予知を近年成功に導いた(Césped, Choi and Casey, Davidson, Straser et al., Venkatanathan et al., U-Yen, and Wu, - all in NCGT Journal, v. 3, no. 4, p. 383-408, 2015). 2016年4月の日本の熊本地震は、2010年のフィリピンセレベス海での深い群発地震と連動していた(Tsunoda and Choi, 2016). この地震はまた、いくつかの重要な前兆を明らかにし、うまく予知された(Cataldi et al., 2016; Hayakawa and Asano, 2016; Wu, 2016).

これらの成功した予知と地震発生メカニズムの理解の向上は、1)浅い巨大地震を発生させ、Blot(1976)による熱移送概念(Grover, 1998も参照)を確認する深



## SOLAR AND EARTHQUAKE CYCLES Anti-correlation



図1. 強く浅い地震の場合の,太陽活動周期(左)および,地震 - 太陽活動周期の負の相関(右).

さ 300km 以上マグニチュード 7.0 以上の深発地震の重 要な役割と 2) 惑星と地球,特に太陽と地球とそれら の浅い地震を引き起こす周期の相互作用(Kolvankar, 2011; Gregori, 2015; など)を我々に知らせる.

深発(300km以上)巨大地震(マグニチュード7.0以上) は、地球の外核が放出する熱エネルギーの最初の目 に見える外観であると考えられているため、太陽活動と そのサイクルに複雑に相互作用をしている外核の活動 を直接反映していると考えられる. 特に南太平洋の南 フィジー - ラウ海盆の巨大深発地震は、マントル・トモ グラフィー(Kawakami et al., 1996)によれば熱プルー ムが直接的に外核から上昇する地点であるため、外核 活動に最も敏感に反応すると考えられる.

我々は、ダルトン極小期(1790-1830)やマウンダー 極小期(1645-1715)に匹敵する大きな太陽低活動サ イクル、あるいは太陽の冬眠(Casey, 2010 and 2014; Casey et al., 2016)に入っており、それは最も強い地 震と火山噴火を伴っていたので、太陽サイクルと巨大 深発地震の解明は今日いっそう重要である.

この研究で使用されたすべての地震記録は, IRIS アー カイブ(http://ds.iris.edu/seismon/)から入手し、検 証のために USGS アーカイブを参照した. それらの間 には、特にマグニチュードの見積もりに、若干の不一 致がある.

#### 2. 西太平洋地域と南米の巨大深発地震

深発地震と巨大地震は, 主に西太平洋地域と東南ア ジアに分布している. それらは南米でも発生してい る(図2). 最も頻繁に発生するのは南太平洋の南 フィジー海盆-ラウ海盆であり、そこではスーパープ ルームが地球の外側コアから上昇する(Kawakai et al., 1994). すべての地域において、深発地震は直線的 に分布しており、深部断裂系による支配を示唆してい る (Choi, 2005).

#### 1) 南西太平洋南フィジー海盆とラウ海盆

以下の表(表1)に、本研究に用いた巨大地震の一 覧を示す. それらの深度-年ダイヤグラムは図3の上 段に示されている. この記録は、1970年から1984年 の間に、この地方でM7.0+の深発地震が発生してい ないことを示す. この休止は1985-86年に中断された が、1991年まで再び静かになった. その後、この地 域は今日の2016年まで地震活動が非常に活発になっ ている.

それらの深度 - 年プロットは図3に示されている.集中 は500 ~ 600 kmの深度範囲で見られる.1992 年から 増加した M7.0 + の地震に注意せよ.それらは1985 年 を除いて1992 年以前はほとんど存在しなかった.

#### 2) ソロモンーパプアニューギニア

次の表(表2)は、この地域のM6.5+の深発地震の 一覧である(図2).386~500kmの深さの地震が5 つしか登録されていない. そのうち3つは2010年から2016年にかけてである。サンプル数が少なく、分離 された狭い発生のため、この領域は図3および図6で は除外されている.



図 2. 西太平洋・東南アジア (左) と南米(右)の大地震 (M6.5+). IRISのウェブサイ ト(http://ds.iris.edu/seismon/) から生成された.より明確に するため,300km以深の地震 だけが左側の図に表示され る.右の図はすべての深度を 含む.上部マントルに到達す る深部断裂系の関与を示唆す る,直線的に配置された分布 に注目せよ.

#### 国際オンラインジャーナル グローバルテクトニクスの新概念 [日本語版] Vol.4, No.4

		1				, , ,		
Year	Month	Day	Time UTC	Mag	Lat	Lon	Depth km	Region
1985	8	28	20:50:49	6.6	-21	-178.99	628.8	FIJI ISLANDS REGION
1986	5	26	18:40:45	6.8	-21.78	-179.1	590.2	FIJI ISLANDS REGION
1986	6	16	10:48:27	7.1	-21.93	-178.96	557.1	FIJI ISLANDS REGION
1987	2	10	0:59:30	6.5	-19.36	-177.52	409.7	FIJI ISLANDS REGION
1991	9	30	0:21:47	6.9	-20.9	-178.57	579.5	FIJI ISLANDS REGION
1992	7	11	10:44:20	7.2	-22.5	-178.39	381.6	SOUTH OF FIJI ISLANDS
1993	4	16	14:08:38	6.9	-17.76	-178.85	563.6	FIJI ISLANDS REGION
1994	3	9	23:28:04	7.5	-17.95	-178.43	533.9	FIJI ISLANDS REGION
1994	3	31	22:40:51	6.5	-21.99	-179.52	570. 5	FIJI ISLANDS REGION
1994	10	27	22:20:27	6.6	-25.81	179.35	506.3	SOUTH OF FIJI ISLANDS
1996	8	5	22:38:20	7.3	-20.72	-178.29	531.2	FIJI ISLANDS REGION
1996	10	19	14:53:47	6.9	-20.41	-178.44	572.6	FIJI ISLANDS REGION
1997	9	4	4:23:35	6.8	-26.5	178.32	608	SOUTH OF FIJI ISLANDS
1998	1	27	21:05:42	6.5	-22.46	179.12	588.1	SOUTH OF FIJI ISLANDS
1998	3	29	19:48:12	7.1	-17.66	-178.99	499.6	FIJI ISLANDS REGION
1998	5	16	2:22:02	6.8	-22.21	-179.5	570.5	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2000	12	18	1:19:21	6.5	-21.15	-179.12	617.7	FIJI ISLANDS REGION
2001	4	28	4:49:51	6.9	-18.06	-176.94	340.6	FIJI ISLANDS REGION
2002	6	30	21:29:36	6.5	-22.24	179.24	626.5	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2002	8	19	11:01:02	7.6	-21.7	-179.46	587.7	FIJI ISLANDS REGION
2002	8	19	11:08:22	7.7	-23.87	178.45	649.9	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2003	1	4	5:15:05	6.5	-20.65	-177.63	390. 4	FIJI ISLANDS REGION
2004	7	15	4:27:13	7	-17.7	-178.77	560	FIJI ISLANDS REGION
2004	11	17	21:09:09	6.6	-20.05	-178.72	592.2	FIJI ISLANDS REGION
2006	1	2	22:13:40	7.1	-19.97	-178.11	584.1	FIJI ISLANDS REGION
2006	2	2	12:48:43	6.7	-17.83	-178.28	599.6	FIJI ISLANDS REGION
2007	5	6	21:11:53	6.5	-19.47	-179.33	678.6	FIJI ISLANDS REGION
2007	10	5	7:17:54	6.5	-25.2	179.45	521.3	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2007	10	16	21:05:43	6.6	-25.74	179.5	501.2	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2008	1	15	17:52:16	6.5	-21.99	-179.58	597	FIJI ISLANDS REGION
2009	11	9	10:44:54	7.3	-17.27	178.45	591.3	FIJI ISLANDS
2011	2	21	10:57:52	6.5	-26.14	178.39	558.1	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2011	7	29	7:42:23	6.7	-23.8	179.75	532	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2011	9	15	19:31:04	7.3	-21.61	-179.53	644.6	FIJI ISLANDS REGION
2013	11	23	7:48:32	6.5	-17.1	-176.56	377	FIJI ISLANDS REGION
2014	3	26	3:29:36	6.5	-26.09	179.28	493.1	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2014	5	4	9:15:52	6.6	-24.61	179.09	527	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2014	7	21	14:54:41	6.9	-19.83	-178.46	616.4	FIJI ISLANDS REGION
2014	11	1	18:57:22	7.1	-19.7	-177.79	434.4	FIJI ISLANDS REGION
2016	5	28	5:38:51	6.6	-22.02	-178.16	416.8	SOUTH OF FIJI ISLANDS
2016	9	24	21:28:42	6.8	-19.84	-178.27	594.5	FIJI ISLANDS REGION
	-							

表 1. 南西太	k 平洋フィジー	−地域の深く	非常に強い	い地震のリスト.	マグニチュー	ド 6.5 以上	で深さが 350km レ	人上の地震が抽出された
----------	----------	--------	-------	----------	--------	----------	--------------	-------------

表 2. ブーゲンビル - ニューアイルランド地域における非常に強い深発地震のリスト.

Year	Month	Day	Time UTC	Mag	Lat	Lon	Depth km	Region
1989	8	21	18:25:40	6.5	-4.1	154.49	482.7	SOLOMON ISLANDS
1995	6	24	6:58:08	6.8	-3.96	153.91	403.8	NEW IRELAND REGION, P. N. G.
2010	3	20	14:00:50	6.6	-3.38	152.28	418.9	NEW IRELAND REGION, P. N. G.
2013	7	7	18:35:30	7.3	-3.92	153.92	386.3	NEW IRELAND REGION, P. N. G.
2016	8	31	3:11:36	6.7	-3.69	152.79	499.1	NEW IRELAND REGION, P.N.G.



図 3. 1970 年以降の M6.5+ 深発地震の 深度-時間(年)ダイアグラム.1984 年以前のサンプルの欠如または希薄,お よび 1990 年からの全体的な増加に注目.



図4. 東南アジアの巨大深発地震.

注目されるのは、1) 490 kmより深いものがなく、2) 1988 年以前は地震がなく2010 年以降は頻繁に発生し、それは他の深発地震で観測された傾向に従うことである.

#### 3) 東南アジア

研究対象範囲の多くの地震が東南アジアに登録されている. フロレス海,ジャワ海,バンダ海,セレベス-ミンダナオ島(図 4). それらは表3にリストされている.

この領域は他の領域と同じ傾向に従う. 1990年以前の巨 大深発地震が,希薄であるか完全に欠如すること,および 2009年から2011年の活動ピークなどである(図3).

#### 4) 南日本沖合と日本海,オホーツク海

これらの領域には、マグニチュード 6.5 以上の深い地震が数 多く記録されている(図 5).他の地域と同様に、この範囲の 地震は 1984 年以降連発した.それとは逆に、1984 年以前 は地震がまれにしか発生しなかった.

前述したように、このカテゴリーの地震は、先カンブリア時代、 地球形成の初期段階で形成された、直交深部破壊パターン (Choi, 2005))を直接反映している.

注意すべきは、1970年以来最も強い深発地震(M8.4)が、 2013年にオホーツク海の最北部で発生したことである(図3 および表1、黄色のハイライト). このエネルギーは、2017 年から2018年にカムチャッカ沖の浅いところで、巨大地震と して再発することが予想される.

#### 5) 南アメリカ

下表(表5)および深度-年ダイヤグラム(図8)に見られるように、(訳者注:図8は見当たらない)南米の300~ 500kmの深さにはM6.5+地震はない.それらは深さ約 600kmに集中している.他の地域と同様に、地震は1983 年以前は散発的であり、その後は定常的な出現が見られる.

#### 3. 巨大深発地震と太陽活動サイクル

#### 1) 深発地震発生の一般的な傾向

この節では、これまでのページで見てきた太陽周期と深発地 震を比較する. 深度-年ダイヤグラムの要約図が図3に、 頻発年のそれが図6に示される.

各地域には独特な傾向もあるが、全体として以下の傾向が認 識される.

- 1984年以前の地球全体での巨大深発地震の完全な欠如 または希薄.

- 1984年のピーク. 1985年から1989年にかけての相対 的な静穏化が後に続く.ここで,IRISアーカイブ(図6)の 1984年のM7.0+地震ピークがUSGSアーカイブ(図7参 照)で見られない点に注意せよ. -後者ではそれらはマグニ チュード7.0以下に格下げされた.

表 3. IRIS のウェブサイトから抽出された,1970 年から 2016 年までの東南アジア(インドネシア,フィリピン)の深 く (350+ km),非常に強い (M 6.5+) 地震.

Year	Month	Day	Time UTC	Mag	Lat	Lon	Depth km	Region
1972	4	4	22:43:06	6.6	-7.47	125.56	-375.5	BANDA SEA
1984	3	5	3:33:51	7.3	8.17	123.77	-656.1	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
1991	6	7	11:51:24	6.9	-7.11	122.76	-505.4	FLORES SEA
1992	8	2	12:03:20	6.6	-7.12	121.76	-484.4	FLORES SEA
1994	9	28	16:39:53	6.6	-5.76	110.42	-660.5	JAVA SEA
1994	11	15	20:18:11	6.5	-5.62	110.26	-567.7	JAVA SEA
1996	6	17	11:22:18	7.7	-7.11	122.61	-589.5	FLORES SEA
2000	8	7	14:33:56	6.5	-6.98	123.43	-666.1	BANDA SEA
2003	5	26	23:13:31	6.8	6.77	123.81	-586.9	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2004	7	25	14:35:17	7.3	-2.49	103.97	-581.9	SOUTHERN SUMATERA, INDONESIA
2005	2	5	12:23:18	7	5.29	123.44	-540.4	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2006	1	27	16:58:54	7.5	-5.45	128.19	-403.6	BANDA SEA
2009	8	28	1:51:19	6.9	-7.2	123.46	-640.1	BANDA SEA
2009	10	4	10:58:00	6.6	6.67	123.51	-635	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2009	10	7	21:41:14	6.8	4.09	122.54	-586.8	CELEBES SEA
2010	7	23	23:15:09	7.5	6.74	123.33	-633.7	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2010	7	23	22:51:13	7.7	6.42	123.58	-584.7	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2010	7	23	22:08:11	7.3	6.71	123.49	-610.2	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2010	7	24	5:35:01	6.6	6.17	123.56	-564.7	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2010	7	29	7:31:56	6.6	6.56	123.36	-615.8	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2011	2	10	14:41:58	6.5	4.08	123.04	-525	CELEBES SEA
2011	2	10	14:39:27	6.5	4.2	122.97	-523.2	CELEBES SEA
2011	3	10	17:08:36	6.6	-6.87	116.72	-510.6	BALI SEA
2011	8	30	6:57:41	6.9	-6.36	126.75	-469.8	BANDA SEA
2014	12	2	5:11:31	6.6	6.09	123.13	-614	MINDANAO, PHILIPPINE ISLANDS
2015	2	27	13:45:05	7	-7.29	122.53	-552.3	FLORES SEA
2016	10	19	0:26:01	6.6	-4.86	108.16	-614	JAVA SEA

ーすべての研究地域に見られる 1994 年のもう一つの顕著な ピーク. その後に 1998 年までの全体的な活動期が続いてい る. それは南フィジーーラウ海盆で特によく観察される. 続い て 1999 年から 2001 年まで静かな期間が発生した.

- 2010 年までの比較的活動的な時期が後に続く, 2002 年

の突然の湧き起こり.

ー東南アジア,日本海,南米でよく見られるが,フィジーでは見られない 2015 年のピーク.

震源の深さに関しては、ほとんどの地域(フィジー、東南ア



図5. 日本とオホーツク海周辺の非常 に強い(M6.5+)地震.深部断層帯に沿っ た地震の発生を反映する,深発地震の 直線状で直交する分布に注目.

#### 表4. この調査の分析に含まれる地震のリスト.

Year	Month	Day	Time UTC	Mag	Lat	Lon	Depth km	Region
1970	8	30	17:46:08	6.5	52.36	151.64	-643	SEA OF OKHOTSK
1973	9	29	0:44:00	6.5	41.93	130.99	-567.4	NORTH KOREA
1978	3	7	2:48:47	6.9	31.99	137.61	-440.6	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
1984	1	1	9:03:40	7.2	33.62	136.8	-386.4	NEAR S. COAST OF WESTERN HONSHU
1984	3	6	2:17:20	7.4	29.35	138.92	-454.2	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
1985	4	3	20:21:36	6.5	28.27	139.55	-475.4	BONIN ISLANDS REGION
1986	2	3	20:47:36	6.5	27.87	139.51	-526.8	BONIN ISLANDS REGION
1987	5	7	3:05:48	6.8	46.75	139.22	-417.1	NEAR SOUTHEAST COAST OF RUSSIA
1987	5	18	3:07:34	6.8	49.24	147.69	-545.6	SEA OF OKHOTSK
1988	9	7	11:53:25	6.7	30.31	137.5	-501.8	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
1990	5	12	4:50:08	7.2	49.05	141.88	-602.5	SAKHALIN ISLAND
1991	5	3	2:14:18	6.7	28.09	139.67	-471.4	BONIN ISLANDS REGION
1992	1	20	13:37:04	6.7	27.93	139.47	-521.3	BONIN ISLANDS REGION
1992	10	30	2:49:50	6.5	29.95	139.1	-418.5	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
1993	1	19	14:39:26	6.6	38.68	133.56	-446.6	SEA OF JAPAN
1993	10	11	15:54:22	6.8	32.05	137.97	-366.7	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
1994	7	21	18:36:30	7.3	42.37	132.91	-458.8	NEAR SOUTHEAST COAST OF RUSSIA
1996	3	16	22:04:06	6.7	28.97	138.98	-481.5	BONIN ISLANDS REGION
1998	8	20	6:40:56	7.1	28.93	139.36	-442.8	BONIN ISLANDS REGION
1999	4	8	13:10:34	7.1	43.61	130.41	-564.1	E. RUSSIA-N.E. CHINA BORDER REG.
2000	8	6	7:27:14	7.3	28.8	139.6	-416.9	BONIN ISLANDS REGION
2002	6	28	17:19:30	7.3	43.76	130.67	-568	E. RUSSIA-N.E. CHINA BORDER REG.
2002	11	17	4:53:55	7.3	47.77	145.99	-483.9	SEA OF OKHOTSK
2003	7	27	6:25:31	6.8	47.1	139.21	-467.5	NEAR SOUTHEAST COAST OF RUSSIA
2007	7	16	14:17:37	6.8	36.86	134.82	-349	SEA OF JAPAN
2008	7	5	2:12:06	7.7	53.95	152.86	-646.1	SEA OF OKHOTSK
2008	11	24	9:03:00	7.3	54.22	154.29	-505.3	SEA OF OKHOTSK
2009	8	9	10:55:56	7.1	33.15	138.06	-302.2	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
2010	2	18	1:13:18	6.9	42.6	130.7	-573.7	E. RUSSIA-N.E. CHINA BORDER REG.
2010	11	30	3:24:41	6.8	28.39	139.24	-485	BONIN ISLANDS REGION
2011	1	12	21:32:53	6.5	26.97	139.88	-512	BONIN ISLANDS REGION
2012	1	1	5:27:55	6.8	31.46	138.07	-365.3	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
2012	8	14	2:59:38	7.7	49.8	145.06	-583.2	SEA OF OKHOTSK
2013	0	24	D.44.48	ŏ. 4	59.04	153.22	-598.1	SEA OF OKHOTSK
2013	5	24	14:56:31	6.7	52.24	151.44	-624	SEA OF OKHOISK
2013	9	4	0:18:24	6.5	30.01	138.79	-407	SOUTH OF HONSHU, JAPAN
2015	5	30	11:23:02	7.8	27.83	140.49	-677.6	BONIN ISLANDS REGION

Year	Month	Day	Time UTC	Mag	Lat	Lon	Depth km	Region
1970	7	31	17:08:05	6.5	-1.46	-72.56	-653	COLOMBIA
1983	12	21	12:05:06	7	-28.13	-63.15	-591.9	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
1985	5	1	13:27:57	6.6	-9.21	-71.22	-612.6	PERU-BRAZIL BORDER REGION
1985	10	31	21:49:19	6.5	-28.69	-63.14	-588.9	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
1989	5	5	18:28:40	7	-8.28	-71.39	-605.9	WESTERN BRAZIL
1990	10	17	14:30:15	7	-11.01	-70.77	-625.9	PERU-BRAZIL BORDER REGION
1991	6	23	21:22:29	7.1	-26.75	-63.3	-558.4	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
1994	1	10	15:53:50	6.9	-13.34	-69.41	-604.9	PERU-BOLIVIA BORDER REGION
1994	4	29	7:11:29	6.9	-28.25	-63.22	-554.4	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
1994	5	10	6:36:28	6.9	-28.51	-63.02	-604.2	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
1994	6	9	0:33:16	8.2	-13.87	-67.51	-640	NORTHERN BOLIVIA
1994	8	19	10:02:51	6.5	-26.6	-63.38	-558.3	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
1997	11	28	22:53:42	6.6	-13.77	-68.8	-599.8	PERU-BOLIVIA BORDER REGION
2000	4	23	9:27:23	7	-28.29	-62.94	-603.6	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
2002	10	12	20:09:09	6.9	-8.32	-71.67	-516.4	WESTERN BRAZIL
2003	6	20	6:19:40	7	-7.63	-71.71	-572	WESTERN BRAZIL
2005	3	21	12:23:53	6.9	-24.94	-63.46	-576.6	SALTA PROVINCE, ARGENTINA
2006	11	13	1:26:36	6.8	-26.16	-63.29	-581.9	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
2010	5	24	16:18:28	6.5	-8.12	-71.64	-582.1	WESTERN BRAZIL
2011	1	1	9:56:58	7	-26.8	-63.14	-576.8	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
2011	9	2	13:47:09	6.7	-28.4	-63.03	-578.9	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
2011	11	22	18:48:16	6.6	-15.36	-65.09	-549.9	CENTRAL BOLIVIA
2012	5	28	5:07:23	6.7	-28.04	-63.09	-586.9	SANTIAGO DEL ESTERO PROV., ARG.
2015	11	24	22:45:38	7.6	-10.55	-70.9	-600.6	PERU-BRAZIL BORDER REGION
2015	11	24	22:50:53	7.6	-10.05	-71.02	-611.7	PERU-BRAZIL BORDER REGION
2015	11	26	5:45:18	6.7	-9.19	-71.29	-599.4	PERU-BRAZIL BORDER REGION

表 5. 本調査で分析された深く非常に強い地震のリスト.地理的分布と深度-年分布についてはそれぞれ図2と図3を参照.

ジア,南米) が 550 ~ 620km に集中しているが,南日本, 日本海,オホーツク海の地域は 400 ~ 600km と若干浅い. 先に述べたように,狭い震源範囲(約 600km)と,南米の 300km ~ 500km の深発地震の完全な欠如に注意する価値 がある.

#### 2) 巨大深発地震の傾向と太陽活動周期の比較

太陽活動周期と地震頻度を図6に比較した.上から2番目の図でマグニチュード7+の地震が年に3回以上発生したピークを見るなら、そのスパイクは1984と、1994、2002、2010、2015である.これらはすべて低下周期の始めまたは低下周期の間および、その谷の後の段階に位置している.

南西太平洋の記録は最も注目すべきである. M6.5 + 地震で 表される高活動期間はすべて,太陽活動極小期や谷にほぼ 完全に相関している.しかし,他の地域ではこの傾向に従う 必要はないが,全体的な傾向は同じままで,谷の間に活動 が高まった.ここでは2010年の東南アジア最大の活動が最 も顕著である.ここで,周期23と24との間で乱れた太陽活 動周期の傾向に注目せよ.異常に長いサイクルの低下であ る.南米では,2015年が最も活動的な年であり,2012年の 第24周期がピークに達した後の低下期間早期に相当する.

1970 年から 2016 年までの M7.0 + 地震の変動(図 6,上から 2 番目の図)に示されているように、巨大深発地震の全体的な頻度は、1990 年の小さな先行ピークを伴い、1994 年の後により活発になった.

この事実は、サイクル 22 のピーク 1990 年(図6の上図)から開始され、現在も継続し20年から30年続くと予期される太陽活動の低下 - Casey (2014)による太陽冬眠と一致する. 最近、太陽物理学界は、太陽活動周期 24,25,26 をカ

バーする太陽活動極小期をEddy 極小期と名付けた(https:// wattsupwiththat.com/2013/01/07/the-potential-impact-ofvolcanic-overprinting-of-the-eddy-minimum/).

Choi and Maslov (2010) は, 1990 年以来の核の活動 の増加(「地球核活動期」)に起因する地震活動の高 まりを発見した. それはまた,世界的な地震と火山噴 火の記録に基づいて, Choi et al. (2014) に要約され ている. これは図7に最もよく示されており,そこでは「地 球核活動期」と1990 年からの地震活動の突然の増加 との間に明確な相関が見られる.

#### 4. 議論

巨大深発地震は、1) 11 年の Schwabe 周期と、2) 11 年周 期 23 のピークと一致する 22 年 Hale 周期の複合周期との相 関関係を示す.後者は最も顕著である- IRIS アーカイブに 示された 1984 年のピーク(注:このピークは USGS アーカイ ブにはない)を除いて、1990 年以前は巨大深発地震はほと んどない.

この分析は1970年から2016年の期間をカバーしているため, 11年および22年のサイクルよりも長周期の太陽サイクルの影 響が,深発地震の頻度および程度に及ぶ可能性がある.さらなる分析が必要である.例えば,Casey (2010年,2013 年および2014年)の以前の研究は,太陽活動における100 年と206年のサイクルを示している.

#### 5. 結論

1. 1990年以降に巨大深発地震が突然出現することに見られるように、地球の核の活動は1990年より活動期に入った.



図 6. M6.5+ 地震と M7.0+ 地震を強調したヒストグラムと太陽活動周期曲線との比較. この図のリストは,図7に示 すように USGS データベースとは多少異なる IRIS 登録地震にのみ基づいている. Choi and Masunv (2010) の「地球核 活動期」と Choi (2010) と Tsunoda らの「地震-火山静穏期」(2013). 青い影は太陽活動周期の低下と谷を示す.



図 7. 地震と太陽活動サイクル. Choi et al. (2014) より引用. この図は USGS NEIC のアーカイブにのみ基づく. Choi and Maslov (2010) の「地球核活動期」と一致して,1990 年から浅発・深発両方の地震活動が急激に増加したことに注目. カリフォルニア州の M7.0 + 地震は 1991 年以降にのみ発生している. 1) 主要な火山噴火は低下周期の初期または第2ピーク時に発生. 2) 2011 年の日本の M9.0 地震の先行深発地震が,周期 23 の下降期に属する 2005 年から 2007 年に発生した (Choi, 2011) ことに注目.

2. この 1990 年は、太陽活動の異常の開始年である - 11 年 周期(周期番号 23,24 および 25 の間)の低下期間が長引 いており、サイクルのピークは減少している.

3. 我々は、外核からの熱エネルギーのより強力な放出が今後20~30年間続くと予期しており、これは世界中の破局的地震と火山噴火を引き起こす.

4. 地震の発生時期,強度,深さの地域的な違いは,深発 地震と太陽活動についての他の要因の存在を示している.

#### 文 献

Blot, C., 1976. Volcanisme et séismicité dans les arcs insulaires. Prévision de ces phénomènes. Géophysique, v. 13, Orstom, Paris, 206p.

- Casey, J.L., 2010. Correlation of solar activity minimums and large magnitude geophysical evens. Space and Science Research Center, Research Report 1–2010 (Preliminary), p. 1-5. ISBN
- Casey, J.L., 2013. Cold Sun. Trafford Publishing, 167p., ISBN 978-1-4269-6793-1. Casey, J.L., 2014. Dark winter. Humanix Books, 164p., ISBN 978-1-63006-023-7.
- Casey, J.L., Choi, D.R., Tsunoda, F. and Humlum, O., 2016. Upheaval! Why catastrophic earthquakes will soon strike the United States. Trafford Publishing, 323p., ISBN 978-1-4907-7903-4.
- Cataldi, G., Cataldi, D. and Straser, V., 2016. Solar activity correlated to the M7.0 Japan earthquake occurred on April 5, 2016. NCGT Journal, v. 4, no. 2, p. 279-285.
- Césped, AR., 2015. Analysis of psychrometric parameters associated with seismic precursors in Central Chile: A new earthquake or the Great 2010 Maule M8.8 aftershock? NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 383-386.
- Choi, D.R., 2005. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones: A new interpretation of the Wadati-Benioff Zone. Boll. Soc. Geol. It., Vol. Speciale, no. 5, p. 79-118.
- Choi, D.R., 2010. Global seismic synchronicity. NCGT Newsletter, no. 55, p. 66-73.
- Choi, D.R., 2011. Geological analysis of the Great East Japan Earthquake in March 2011. NCGT Newsletter, no. 59, p. 55-68.
- Choi, D.R. and Casey, J., 2015. Blot's energy transmigration law and the September 2015 M8.3 Chile Earthquake.NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 387-390.
- Choi, D.R., Casey, J.L., Maslov, L. and Tsunoda, F., 2014. Earthquakes and solar cycles: increased Earth core activity since 1990. Space and Science Research Corporation, Global Climate Status Report, March 2014.
- Choi, D.R. and Maslov, L., 2010. Earthquakes and solar activity cycles. NCGT Newsletter, v. 1, no. 2, p. 65-80.
- Choi, D.R. and Tsunoda, F., 2011. Volcanic and seismic activities during the solar hibernation periods. NCGT Newsletter, no. 61, p. 78-87.
- Davidson, B., 2015. A surge and short-term peak I northern solar polar field magnetism prior to the M8.3 Earthquake near Chile on September 16, 2015. NCGT Journal, v. 3, n. 3, p. 391-393.

- Gregory, G., 2002. Galaxy-Sun-Earth relations. BeiträgezurGeoschichte der Geophysik und KosmischenPhysik, Band 3, Heft 4, 471p.
- Gregori, G., 2015. Earthquakes occur very close to either 06:00 or 18:00 lunar local time. NCGT Journal, v. 3, no. 1, p. 21-28.
- Grover, J.C., 1998. Volcanic eruptions and Great Earthquakes. Advance warning techniques to master the deadly science. CopyRight Publishing Company Pty Ltd., Brisbane. 272p., ISBN 1 875401 70 9.
- Hayakawa, M. and Asano, T., 2016. Subionospheric VLF propagation anomaly prior to the Kumamoto earthquake in April, 2016. NCGT Journal, v. 4, no. 2, p.
- Kawakami, S., Fujii, N. and Fukao, Y., 1994. Frontiers of the earth and planetary sciences: a gallery of the planetary world. Jour. Geol. Soc. Japan, v. 100, p. I-VIII.
- Kolvankar, V.G., 2011. Sun, Moon and earthquakes. NCGT Newsletter, no. 60, p. 50-66.
- Simpson, J.F., 1967. Solar activity as a triggering mechanism for earthquakes. Earth and Planetary Science Letters, v. 3, p. 417-425.
- Straser, V., Cataldi, G. and Cataldi, D., 2015. Solar wind ionic and geomagnetic variations preceding the md8.3 Chile Earthquake. NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 394-399.
- Tsunoda, F., Choi, D.R. and Kawabe, T., 2013. Thermal energy transmigration and fluctuation. NCGT Journal, v. 1, no. 2, p. 65-80.
- Tsunoda, F. and Choi, D.R., 2016. The 15 April 2016 Kumamoto Earthquake swarm: Geology, thermal energy transmigration, and precursors. NCGT Journal, v. 4, no. 2, p. 286-294.
- U-Yen, K., 2015. Space weather conditions prior to the M8.3 Chile earthquake. NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 405-406.
- Venkatanathan, N., Philipoff, P. and Madhumitha, S., 2015. Outgoing longwave radiation anomaly prior to the big earthquakes: a study on the September 2015 Chile earthquake. NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 400-404.
- Wu, H.-C., 2015. Anomalies in jet streams that appeared prior to the 16 September 2015 M8.3 Chile earthquake. NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 407-408.
- Wu, H.-C., 2016. Anomalies in jet-streams prior to the M6.6 Taiwan earthquakes on 5 February 2016 and the M7.0 Kumamoto earthquake on 15 April 2016. NCGT Journal, v. 4, no. 2, p. 276-278

## Blot の熱エネルギー移送論の視点から見た 2016 年 9 月の韓国と,同 10 月の西南日本の地震 The September – October 2016 Korea and Southwest Japan earthquakes viewed from the Blot's thermal energy transmigration concept

Dong R. Choi International Earthquake and Volcano Prediction Center (IEVPC) Canberra, Australia dchoi@ievpc.org

#### (角田 史雄・宮城 晴耕 [訳])

要旨:2016年の9月と10月に韓国と日本で相次いで2つの強い地震が起こったが、これを、Cloud Blot が1976年に提唱 した熱エネルギー移送(ET)論(ET 論)で解析してみよう。それらの結果は以下に示すように、これらの地震の熱エネルギー 源が、2年半前の2013年4月に極東のロシアで起こったM5.8とM6.3の大きな深発地震であることは確かである。これは議 論の余地のない次のような証拠からいえることで、1)深発地震のエネルギーが浅発地震を起こしたことは、浅発地震の発生 時系列に基づけば明白なことであり、2)ET法は長期から中期の地震予知には欠かせない解析法で、3)太平洋の縁辺域 におけるプレートの沈み込み論では異論が多すぎて支持されていない、太陽の活動が沈滞期から活発期に急激に移り変わり つつある今日、地球の核の活動が活発化してきて、世界中の地震活動が盛んになってきていることから、事態は切迫してい るのである。

キーワード: 2016 年韓国慶州地震, 2016 年 10 月倉吉地震, 熱エネルギー移送説, 先駆的な深発地震, 活発化する 地球の内核の活動

(2016年12月20日受付. 2016年12月29日受理)

#### 1. 概説

2016年の後半の9月と10月に韓国南部の慶州と日本の倉吉が強い地震に襲われた(図1). それらの地震のパラメーター(記象)は表1に示される.



図1 韓国と日本のM5.0を超える地震と2012年から2016年ま で極東ロシアで発生した地震.本論では、これらの地震に焦点を あてて述べる. 表1 本論文で検討する 2016 年の韓国と日本の強い地震

Date	Latitude	Longitude	Depth (km)	Magnitude
Korea quake 2016-09-12	35.7808	129.2162	13	5.4
Japan quake 2016-10-21	35.3579	133.8013	10	6.2

これらの地震は、筆者が前から注目していたもので あるが、その理由は、これらの地震がBlotによっ て確立された熱エネルギー移送説(ET 説)に良く 当てはまるものだったからである(Blot, 1976; Grover, 1998).この論文の要点はすでに2016年 の地震の数日後には研究仲間と情報交換していて、 IEVPCで公表してある.これらの地震のエネルギー 源が極東ロシアの地下で起こった深発地震に由来す るものであることは明白で、西太平洋における地震 と島弧の造構変動過程を解くためには重要な意味を もっている.本論では、こうした広い視点から見出 した事実を詳しく述べる.

#### 2. 2016年後半における韓国と西南日本の地震

#### 1) 韓国

9月の韓国の地震は初報ではM5.9と報道された が、後でM5.4と訂正された.この地震の45分前 にはM5.1の地震が起こっている.この地震は、朝 鮮半島において最初に記録された1978年の地震以 後でもっとも強力な地震だった.死者はでなかった が、慶州ではいくつかのビルや、1000 年以上も前 に建てられた歴史的な建造物に被害が出た. 韓国の 地震学者は、この地震がここ6 年間の日本の地震と 関係をもっていると考える研究者もいるが、プレー トの潜り込みが原因とする学者もいる. (慶州の地 震被害については、http://thejakartapost.comlife/2016/09/19/artisacts-damaged-in-recordbreaking-earthquake-in-gyeongju.html; http:// www.telegraph.co.uk/news/2016/09/13/warningthat-korean-peninsula-could-become-new-quakezone-after/; その他を参照).

#### 2) 西南日本

韓国の地震より規模の大きい M6.2 の地震が 39 日後 に、日本海沿岸の倉吉市で発生した(図1).

日本の気象庁はM6.6 で震源の深さは11kmと発表 したが、アメリカのGSUS はM6.2 で震源の深さは 10kmと発表した.(http://www.usnews.com/news/ news/articles/2016-10-21/powerfull-earthquakein-western-japan-no-danger-of-tsunami). 主な被 害は停電と何人かの負傷者である.

台湾の Hong-Chun Wu によると,地震の1日前の 2016年9月20日の UTC 時間の0600時に,ある種 のジェット流が発生したという.彼はこのことを地 震の発生した2016年10月21日に,メール(https:// www.facebook.com/photo.php?fbid=12327730644140 7&set=a.657516484300404.10737418741826.10000126 1760990&type3&theater)で連絡してきた.

#### 3. エネルギー移送(ET)解析

Claude Blot は 40 年前(1976) に熱移送説を確立

してフランスのジャーナルで発表し, Grover (1998) がそれを英訳した.このET 説あるいはET 理論は, 深発地震が浅発地震や火山の噴火に関連しているこ とを論理づけたものである.筆者は,Blot との共 同研究で深発地震と浅発地震との関連性について多 くの共著に著した (Blot and Choi, 2004, 2005 な ど).今日では,この熱移送説は地球科学界でしっ かりと根付いてきた.この説によって,ここ数年の 破壊的な浅発地震の予知は大きく前進した.つぎに 述べるように,この理論は次世代で定着すると思わ れるが,今の段階では,残念ながら地震学の主流派 からは無視されている.

筆者は、2016年の韓国、日本の浅発地震に先行し て発生した深発地震をできる限り検索してみた. 韓 国、日本、極東ロシアで発生したM5.0より大きな 深発地震をUSGSの所管データから検索した結果が 表2と図1である. そして、ET解析に見合った地 震のパラメータを示したのが図2である.

この公式では、浅発地震の発生深度は計算結果あるいは推測される日付に大きな影響与える;たとえそれが1~2kmの差であっても数ヶ月の違いを引き起こす.

#### 1)朝鮮

朝鮮の地震に対して用いられるパラメータ:log (563/13) × 1/cos45. 深発地震の日付,5 Apr 2013.

計算結果:日付, 1215 days = 2 August 2016. 実際の発生日12 September, これは計算された結果 より 41 日遅れである.

#### 2) 日本

表 2 USGS NEIC にリストされていて,2010 年初めから2012 年の地震発生以前に起きた M5.0 より大きくて強い深発地震.オレンジ色に塗色して目立たせた深発地震が韓国と日本 の地震に関連するもの.

time	latitude	longitude	depth	mag	mag Type
2016-10-21T05:07:23.620Z	35.3579	133.8013	10	6.2	mww
2016-09-12T11:32:55.770Z	35.7808	129.2162	13	5.4	mww
2016-09-09T00:30:01.440Z	41.2869	129.0783	0	5.3	mb
2016-04-18T11:42:00.220Z	33.0143	131.0991	10.46	5.5	mww
2016-04-15T22:11:40.270Z	33.2528	131.3738	10	5.1	mwr
2016-04-15T18:55:53.500Z	33.0051	131.1569	13.22	5.5	mwr
2016-04-01T02:39:08.050Z	33.3807	136.3901	14	5.9	mww
2016-01-06T01:30:01.480Z	41.2996	129.0467	0	5.1	mb
2015-07-12T17:52:06.170Z	33.0229	131.7493	53	5.5	mww
2015-05-25T06:37:40.890Z	41.8504	135.3922	385.81	5.1	mb
2014-12-05T16:01:56.830Z	35.5141	135.7189	355.12	5	mb
2014-03-13T17:06:50.770Z	33.6842	131.8249	79	6.3	mww
2013-10-29T20:17:50.710Z	43.2375	130.8797	554.28	5.1	mb
2013-09-02T02:51:13.230Z	42.1989	133.6656	445	5.7	mww
2013-04-12T20:33:17.540Z	34.369	134.828	14	5.8	mww
2013-04-06T00:29:55.090Z	42.726	130.976	562.8	5.8	mww
2013-04-05T13:00:02.130Z	42.736	131.003	563.3	6.3	mww
2013-02-12T02:57:51.490Z	41.299	129.004	0	5.1	mb



図2 ET解析グラフ. 地表面はわずかに撓んでいるが、その 値は非常に小さく、角度αに影響をほとんど与えない.また、先 に発生した深発地震と、浅発地震からの距離は IRIS のウェッブ 頁の図から読み取れる (hhp://ds.iris.edu/seimon/).

ET 公式にパラメータをいれる: log(563/10)x1/ cos46. 深発地震の日付, 5 April 2013.

結果:日付,1323 days = 17 November 2016,これ は実際の発生日の27日後である.もし深さとして 11kmを使えば,これは気象庁が決定した深さであ るが,そうすると日付は17 October 2016日となり, それは偏差値として4日早くなっている.

以上のことをまとめると表3のようになる:

#### 4. 考察

先に述べたように、両方の地震に対する ET 公式に よる予測日はほとんど完全に現実の発生と合ってい た.この事実は 2013 年における極東ロシアの深部 地震および 2016 年における日本と朝鮮で発生した 浅い地震とエネルギーの間の関連性を証明するもの である.日付の遅れは約3年半である.

一方,現在の練習問題は深部エネルギーの浅部地 震への重要な役割を示している.われわれは繰り 返しこの事実を多くの大地震の研究を通じて述べ てきた;たとえば2004年の新潟中越地震(Blot and Choi, 2004),2005年のカシミール地震(Blot and Choi, 2005),2011年の東日本大地震(Choi, 2011), Coquimbo チリ地震(Choi and Casey, 2015),および2016年の熊本地震(Tunoda and Choi, 2016),いくつかのものに限って名前をあげ てみた.

地震や火山噴火を含む造構過程の主な原因としての 地球深部から浅部への熱エネルギーの流れは,過去 50年間にわたって主流の地震研究者達によって信 じられてきたプレートサブダクションをきっぱりと 否定している.前者の考えは地球における動力学過 程とりわけ西太平洋縁辺部で発生しているものにつ いての理解にとって重要な意味を持っており,最も 大事なのは,それが大地震の正確な予知についての 道を開いたことである.IEVPCに代表されるグルー プやそのほかの共同研究者達によるマルチパラメー タによる手法に基づく最近の連続する地震予知の 成功は,このことを雄弁に検証している(1995年 Coquimbo 地震,NCGT Journal, V. 3, no. 3;熊本 地震,NCGT Journal, v 4, no. 2; その他).

IEVPC が関心をもたれている2つの地震の予知を 様々な理由から告げられなかったにも関わらず,も しわれわれが初期の先行する予兆を検知するための 組織を立ち上げたり,ジェットストリームと組み合 わせた効果的なET 解析をしていたならば,朝鮮や 日本で起こった地震の予知を成功裡に終えていたで あろう.

一般的にいって,地球深部から浅部へのスラスト 帯(和達・ベニオフ帯)にそったエネルギーの流れ は西太平洋縁辺地域で大きく発達している. いくつ かの場合において、エネルギー流が和達・ベニオフ 帯に沿った流れにさらに加えて大きな深部断層帯に そって発生している、たとえば2011年の東日本大 地震で見られたように.しかし多くの場合,エネル ギー流の経路は複雑なパターンを示す,それは主に, 多くの場合にある直交するパターンをとるような深 部断層帯によって支配されている. そのようなわけ で、強い深部断層の震源付近の深部構造の充分な知 識がエネルギー移送方向を正しく推測するための基 本である. 主要な構造方向の重要性はここでより強 く強調しておきたい、なぜなら地球の浅部にエネル ギー流が達したあと、エネルギーは、最後のエネル ギー解放が生じる場所, すなわち深部断層によって境 界を囲まれた構造的に高い位置に留まるからである.

ET 仮説は和達・ベニオフ帯で発生する地震に対し ては適用でき,朝鮮と日本の地震は2つの例であ る.遠く隔たった水平方向に対しては,造構的変動 帯(サージテクトニクスによって元々提案された仮 説,Meyerhoffet al., 1996)の下でのエネルギー 移送における ET 仮説は適用できない.造構帯での 浅いエネルギー移動は強い地震(普通 M6.5 かそれ 以上)や火山活動の発生場所を追うことで検出でき

表	3	ま	لح	め	

Locality	ET calculation (prediction)	Actual day of	Deviation
		event	
Korea quake	2 August 2016 (depth 13 km)	12 September 2016	41 days earlier
Japan quake	17 November 2016 (depth 10 km)	21 October 2016	27 days later
	17 October 2016 (depth 11 km)		4 days earlier

る, それは Tsunoda (2009) によって VE 過程と呼 ばれている. この長い水平方向のエネルギー移動の よい例が 2016 年の熊本地震で見られる (Tsunoda and Choi, 2016). 著者は北米および南米の太平洋 側の海岸線における大地震を追跡することで地震エ ネルギー移動を解析した (Choi, 2014a, 2014b).

#### 5.結論

1) この研究は極東ロシアにおける深部地震が2016 年に発生した朝鮮と日本における強い地震に対する 先駆けであることを同定する研究である.

2) 先駆けとなる地震は 2013 年に4月に、を3年半前に同じようなマグニチュードで起こっている?
 3) この論文 ET 仮説に対する付帯的支持を提供している.この仮説は長期~中期の間隔の地震予知の手法として強力である.

4) ET 仮説は地球の動力学過程を考察する上で、と りわけ西太平洋における島弧形成を論じる上で特に 重要である.

謝辞: 著者は,2016年の日本における地震の前に 現れたジェットストリーム異常の情報を提供してく れた Hong-Chun Wu 氏に感謝する.またこの論文製 作に際しての Peter James 氏によるコメントにも謝 意を表する.

#### 文 献

- 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. 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.
- Casey, J.L., Choi, D.R., Tsunoda, F. and Humlum, O., 2016. Upheaval! Whey 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., 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., 2014b. Seismo-volcanic energy propagation trends in Central America and their relationship to solar cycles. NCGT Journal, v. 2, no. 3, p. 19-28.
- 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., Casey, J., Maslov, L. and Tsunoda, F., 2014. Earthquakes and solar cycles; increased Earth core activity since 1990. Space and Science Research Corporation, Global Climate Status Report, March edition.
- Choi, D.R. and Maslov, L., 2010. Earthquakes and solar activity cycles. NCGT Newsletter, no. 57, p. 85-97.
- Choi, D.R., Tsunoda, F. and Maslov, L., 2014. Seismovolcanic energy propagation trends in the Aleutian Islands and North America. NCGT Journal, v. 2, no. 2, p. 13-22.
- 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.
- Meyheroff, A.A., Taner, I., Morris, A.E.L., Agocs, W.B., Kamen-Kaye, M., Bhat, M.I., Smoot, N.C. and Choi, D.R., (ed. Meyerhoff-Hull, D.), 1996. Surge tectonics: a new hypothesis of global geodynamics. Kluwer Academic Publishers, 323p.
- Tsunoda, F., 2009. Habits of earthquakes. Part 1. Mechanism of earthquakes and lateral seismic energy transmigration. NCGT Newsletter, no. 53, p. 38-46.
- Tsunoda, F. and Choi, D.R., 2016. The 15 April 2016 Kumamoto Earthquake swarm: Geology, thermal energy transmigration, and precursors. NCGT Journal, v. 4, no. 2, p. 286-294

## リモートセンシング周波数共鳴データ処理により検出された 震源域における高周波電磁波放射

# High-frequency electromagnetic emission in the earthquake epicentral areas detected by the remote sensing frequency-resonance data processing

# Sergey Petrovich Levashov<sup>1-2</sup>, Nikolay Andreyevich Yakymchuk<sup>1-2</sup>, Ignat Nikolayevich Korchagin<sup>3</sup> and Dmitry Nikolayevich Bozhezha<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kiev, Ukraine. slevashov@mail.ru <sup>2</sup>Management and Marketing Center of Institute of Geological Science NAS Ukraine, Kiev, Ukraine. admin@karbon.com.ua <sup>3</sup>Institute of Geophysics of Ukraine National Academy of Science, Kiev, Ukraine. korchagin@karbon.com.ua tectonos@igph.kiev.ua or vgord@inbox.ru

#### (矢野孝雄[訳])

要旨:カザフスタン共和国,日本,ウクライナ,イタリアなど,世界各地の地震の震源域における電磁放射の特徴が,リモートセンシングデータ(衛星画像)の処理・解読によって研究されてきた.これらの調査地における20~1350MHzの周波数帯における異常応答が解析され,放射パラメータ(周波数および周波数帯)の時間変化特性が研究された.高周波電磁放射が検出される異常領域とその局在化に関わる方法論的原理が解明される.

2011年11月3日の東北沖地震の震央域における大陸棚における高周波異常帯の発生・増大・消失といった変化が、地震の「24ヶ月前」から「5年後」までとらえられた.地震の112日前と6日前には、水素とヘリウムの共鳴周波数の異常応答が異常域の中央部に固定的に出現した.深部流体移動の鉛直チャネルがこの領域に位置していた可能性がある.

この研究分野におけるさらなる実験は、高周波放射の異常ゾーンの起源、時間的増大、消失の時間的特徴を追跡し研究 するために、地震の震源域を十分詳細に把握することを可能にする.これらの詳細な作業の結果は、将来の地震地帯を監 視するために利用することができる.地震の発生しやすい地域の衛星画像を処理することにより、高周波放射を伴う異常帯を 特定し、マッピングする機会が提供される.地表データの測定結果を整理することによって、異常を監視することが可能になる. キーワード:造構圏、深部作用、上部マントルにおける熱と物質の移送、活性化の周期性

(2016年12月20日受理, 2016年12月26日受理)

## モンゴル - トランスバリカル水道沿岸における後期二畳紀寒冷環境下での石炭形成 Late Permian coal formation under Boreal conditions along the shores of the Mongol-Transbaikalian seaway

#### Per Michaelsen

Department for Management of Science and Technology Development, Ton Duc Thang University, Ho Chi Minh City, Vietnam per.michaelsen@tdt.edu.vn

#### (矢野孝雄[訳])

要旨:内陸海水道 [epicontinental seaway] は今日の地球上にはほとんど存在しないが、中 - 古生代に石炭と炭化水素 などの重要な資源堆積物を集積させるダイナミクスを生じさせる点で重要な役割を果たした.本研究では、石炭を中心とし た c.の中間部分に焦点を当てている.モンゴル - トランスバイカル寒冷水道の南岸に沿って形成された層厚約 2,600mの 二畳 - 三畳系中部層準の夾炭層に焦点をあてる.この水道の堆積層は、中央〜北東モンゴルの 900 × 150km の範囲に 露出している.

汎地球的な二畳紀夾炭層は地球進化の中では特異で,前後のいかなる時期にも見られない.モンゴルでは二畳系が広 く分布し,異なる気候環境に置かれた2つの別々の海盆が存在するために,世界的に重要な意義をもつ.

研究地域はモンゴル中部の Bayanjargalant 地区に位置し,そこでは,38 の坑井(総井長2.600m),総延長3km に達 する浅いトレンチ調査,広範囲のフィールド調査,砂岩試料の岩石学的分析,82 試料の石炭品位分析結果を含む新しい 総合データベースが整備されている.

堆積物記録によると、頻繁な海水準変動下での比較的浅い寒冷水道の沿岸部に、層厚約420mのペルム紀後期夾炭 層が堆積した.層序データには、半鹹半淡~浅海相と沖積夾炭相が指交する特徴的な8つの海進 - 海退サイクルが認め られる.これらのサイクルは、二畳紀における40.5万年のミランコビッチ偏心サイクルを示すものだろう.

二畳系の大きな層厚とともに、河成および浅海成砂岩の枠組み粒子の未成熟性は、比較的速い堆積速度を示唆している. 夾炭層基底部には厚さ8~12cmの貝殻化石層が保存されている.この貝殻層には、耐寒性の比較的堅牢な古腹足 類 [archaeogastropods] および多歯二枚貝群衆が優占し、少量の腕足類と希少な蝶形類 [connulariids] 破片が伴う. 最も厚い石炭層(最大 12.8m)は、おそらくは大規模な海退期にこの貝殻層の上位に堆積したのであろう.そのためには、 干上がった水道堆積物の上に泥炭形成植物が侵入して、厚い泥炭層(場所によっては厚さ100mを超える)が集積する 十分な時間が経過したであろう.

この研究には古気候指標として、1) グレンドン石 [glendonites 訳者注:フィヨルドなどの氷温水の中で準安定状態で のみ存在する炭酸塩鉱物の一種 CaCO3・6H2O (炭酸カルシウム 6 水和物). イカ石 ikaite とも.],(2) 石化樹幹の断 片に見られる顕著な年輪,そして、まれに(3) 氷山運搬砕屑物(ドロップストーン)が含まれる. これら古気候指標は、 後期二畳紀の石炭層が寒冷地で形成されたことを意味する. 日照の少ない寒冷な冬期には水道が凍結していた可能性 が高い. 夏季には、水道に沿った湿った気流のおかげで、耐寒性の泥炭形成植物(Taeniopteris sp., Rufloria および Koretrophylites を含む)が長い夜の時間に安定して成長しただろう.

石炭層の鉱物含有量が安定的に大きいこと(82の石炭コアサンプルにおいて乾質量で平均46.95%)は、モンゴルの 二畳紀石炭では異常な高値である.それは、細かい粒子を泥炭湿地に供給する風が強く吹く海岸線近くであったことに起 因するのかもしれない.石炭層の急速な層厚変化および不安定性は、それらへ変動期造構作用(すなわち、活断層作用) が影響したことを示唆する.全体的に、後期二畳紀の泥炭湿地生態系は、造構期成長断層、頻繁な海水準変動、および、 気候制御の動的相互作用の影響を受けていた.

**キーワード**:後期二畳紀,二畳 / 三畳紀境界,多灰分石炭(訳者注:石炭灰が多くでる低品位石炭),モンゴル - トラ ンスバイカル水道 (2016 年 12 月 16 日受理, 2016 年 12 月 31 日受理)

## 中部イタリアにおける群発地震(2016 年 8 ~ 11 月) アコースティック・エミッション\*(AE) 観測と解析

訳者注:岩盤破壊時の音波放出

## The seismic sequence in Central Italy (August-November 2016) Acoustic Emission (AE) monitoring and analysis

# Giovanni P. Gregori<sup>(a)(b)(c)</sup>, Gabriele Paparo<sup>(a)</sup>, Maurizio Poscolieri<sup>(a)</sup>, Claudio Rafanelli<sup>(a)</sup>, Giuliano Ventrice<sup>(d)</sup>, Gianpaolo Garilli<sup>(a)</sup>, Luca Imperatori<sup>(a)</sup>, Fabio Lo Castro<sup>(a)</sup>, and Giovanna Zimatore<sup>(a)</sup>

(a) IDASC - Istituto di Acustica e Sensoristica Orso Mario Corbino (CNR), Roma (Italy)

(b) IEVPC (International Earthquake and Volcano Prediction Center), Orlando (Florida)

(c) IASCC (Institute for Advanced Studies in Climate Change), Aurora (Colorado)

(d) PME srl, Roma (Italy)

Corresponding author; giovanni.gregori@idasc.cnr.it

#### (久保田 喜裕 [訳])

要旨:2016年8月~11月の中部イタリアの群発地震は、地震に先行する地殻の状態を診断するための AE 観測の有効 性を検証するのにふさわしい自然の実験所における有用な実験といえる. その違いは、(i) "ときどき起こる"地震、それは 1回の強い地震、ないしは余震を伴う比較的短い時間の遅れ(数時間または数日以内)で起こるせいぜい2回の地震か らなる大きな地変、および(ii) 潜在エネルギーが時間差で放出されることを意味する連続な破壊的規模の地変、によって 特徴づけられる. 中央イタリア群発地震は後者の類いで、すなわち、非破壊的ないわゆる "スロー"または "サイレント"地 震などの極端な事変と比較すれば、それは中間事例といえる.

そのため、一連の破壊的事象の場合、蓄積された可能性のあるエネルギーの総量が完全に放出されたかどうかについて は、合理的な事由が必要である。厳密に論理的にその問題にアプローチするためには、地質学者、地震学者、統計学 者、応用数学者、地球物理学者の間で、非常に異なる役割と責任を明確に区別しなければならない。地震学者は、一 統計的手法(パターン認識)と複雑な関連アルゴリズムを使用して一、その地域に事前に関わるための具体的な計画を立 てるのに適した客観的かつ信頼できる情報を提供できる状況にある。さらに、地球物理学者の視点からは、地震災害は4 段階の取り組み方で効果的に管理できると考えられてきた。本研究はレベル2と3に焦点をあて扱う。しかしながら、正確 な予測は不可能であり、この方法か他の方法のいずれかによって維持される。しかし、堅実で控えめな取り組みは、死者、 被害、苦痛を軽減することができる。究極の目的は、危険要因と危険度の現実的な評価に見合う信頼性の高い診断情報と、 時間・空間の両方での展開にも焦点を絞ることである。

しかしながら,地球力学的解釈も考慮されるべきである.この項目は,客観的で,自由で,物理的で非パラダイム的な アプローチの観点から,後の論文(「論文II」)で議論される.さらに,その後の "論文III"は,地震(および火山)の "移 動 "に関する物理的意味と役立つという観点に関係して,ある兆候の原因,時には重要な "予感"のようにみなされている. キーワード:造構圏,深部作用,上部マントルにおける熱と物質の移送,活性化の周期性

(2016年12月16日受理, 2016年12月31日受理)

## 地球の海洋史 一海進と海退一 A History of the Earth's Seawater: Transgressions and Regressions

#### Karsten M. Storetvedt

Institute of Geophysics, University of Bergen, Bergen, Norway karsten.storetvedt@uib.no

#### (久保田 喜裕・宮城 晴耕・矢野 孝雄・柴 正博[訳])

"私たちは単純な事象 A と単純な事象 B とに因果関係を持たせていないが、ある事象が発生するシステムの背景全体はその概念に含まれており、その重要な部分である"
 P.W. Bridgman, in: The Logic of Modern Physics, p. 83

概要:海洋の起源は、徐々に脱ガスする地球のモデルー熱化学平衡を獲得してきたこととはほど遠い地球モデルー の中にみいだされる.地球という惑星質量の内的再配置は、慣性モーメントの変化をもたらし、そのことが回転特 性を変化させてきたー質量の空間的な再配置だけでなく、自転速度の変動を生じながら(実際の極移動の動力学的 現象を引き起こしながら).これらの動力学的脈動は、主要な全地球的地質現象の断続的挙動をひきおこしている 駆動力と見なされる.地球内部の継続的な再編過程では、水が絶え間なく(しかし間欠的に)地表に添加されるが、 含水流体はもともと厚い汎地球的な地殻を破壊する中心的役割も果たし、それまでよりも深い海域を漸進的に形成 した.発達をつづける深海地殻の鉛直隆起と沈降は、大陸の海進・海退の周期に関連して、徐々に脱ガスする地球 の当然の結果である.このように、珪長質地殻の絶え間ない変化は、海水の歴史に密接に関連していて、きわめて 多数の最も重要な地質学的、地球物理学的、環境的、生物学的現象をもたらした.

キーワード:海洋の起源,海水準変動,動力学的駆動力,地史 (2016年12月6日受付, 2016年12月31日受理)

#### 問題の概要

地球の力学 - 構造発達史は、そのほとんどにおいて、 海洋水塊の起源とその表面振動に関連していて、大 陸間海洋の前進と後退に特徴づけられる. 先カンブ リア紀のほとんどの間、現在の地表は浅い海に広く 覆われていたが、今日の大陸は過去5億7000万年 間 (Phanerozoic) のどの年代よりも乾燥していた. 後期中生代の間、大陸の洪水は前期 – 中期古生代と ほぼ同様に拡がっていたが、最高海水面は現在の海 岸線より 200~400m 以上は高くないかもしれない (cf. Miller et al., 2005). "今日, 同様の上昇に よって海が陸上へ氾濫のは, 白亜紀に浸水した面積 の半分以下だろう.なぜなら、今日の大陸は海面上 の高位に位置しているのに対し、中生代の陸地は低 く平坦であったからである" (van Andel, 1985). 同様の低平な大陸は、先カンブリア紀だけでなく、 古生代を通じても、普通のことであった. 今日の大 陸と大陸山脈の高度は、中央海嶺だけでなく、きわ めて新期にその起源があるように思われる - 基本 的には地球史の最近 500 万年間に生じてきた (cf. Storetvedt, 2015 の引用文献と事実の編集).

地球の海面変動は、惑星の表面起伏や深海の海水量 の変化に起因する.今日,主要な大陸氷床の成長と 崩壊は、海水準変動の原因となる可能性が最も高い と考えられているが、海洋底拡大の速度に起因する 深海地殻の鉛直振動も仮説として提案されている-しかし、真の説明とはなっていない.ごく最近、海 面変化を気候制御に関連づけようとする試みがなさ れている(Miller et al., 2005; Zhang, 2005). しかし、これらの考えのどれも、膨大な数の海面変 化の記録を満足に説明するようには思われない-そこには、数百万年を超える長大なスーパーサイクルから、数万年ないしはそれ以下の急激な変化に至るまでさまざまな時間スケールを伴っている.顕生代の海水準の趨勢は、多くの著者によって提案されてきたが(Haq et al., 1987; Hardenbol et al., 1998; Haq and Shutter, 2008),全般的な海水準変動様式の記載は、Sloss(1963)とVail et al. (1977)の初期の研究以来、大きな変化はない.

海水が地球内部の化学的再配置と脱ガス作用に密接 に関連していると考えることが普通であるが,地表 水の大部分はいつ蓄積したのだろうか? 先カンブ リア紀の間,深海盆の存在を示す事実に基づく証拠 はなく,地表水の量は多くはないように思えるーし かし,グリーンストーン帯(図1)の浅海堆積物には, 洪水作用を示す豊富な証拠がある(Windley, 1977 参照).おそらく,後期先カンブリア紀の表層状態 にふさわしい説明は,Dunbar(1949, p. 93-94)によっ て記載されグランドキャニオン堆積システムが解き 明かしてくれるだろう.

「グランドキャニオン系はほとんど未変成であり, そのため,下位の片岩の状態とはきわめて対照的で ある.この系は Vishnu 片岩で覆われた準平原面上 に基底礫岩を持って始まっている.さらに,石灰岩 の後,石灰質頁岩と砂質頁岩,珪岩が続く.石灰岩 とおそらく頁岩と珪岩の大部分は浅海で堆積した が,砂質頁岩と砂岩の一部は明赤色であり,広い氾 濫原に堆積したことを示唆するほど,亀裂の多いき わめて一般的な泥である.この地域はおそらく,海 成層と陸成層が互層する大きなデルタ平野の一部で



図1 始生代後期のグ リーンストーン帯のブ ロックを横断面図一既 存の直交断裂系に沿っ て発達しているリフト 沈降盆地,火山活動と 浅海 堆積物を伴う. 図は Cloos (1939)に もとづく.

あった.これらの地層が海面付近で形成された後, この地帯は堆積期間にわたってゆっくりと沈降した […]ことは明らかである.

始生累代、それは相対的に大量のコマチアイト噴出 岩と少量の赤色岩層と炭酸塩岩によって特徴づけら れるが、原生代のはるかに多様な地質学的記録に よって引き継がれてきた一大きな堆積盆地表層の炭 酸塩岩に豊富に記録された原始的な生命形態によっ て次第に区分されてきた.原生代の状況とはかなり 対照的に、カンブリア紀は一般的な"クラトンへの 海進, それは先カンブリア界に不整合に重なり, 炭 酸塩岩に覆われる典型的な正珪岩 - 頁岩シークエン スを伴う"(Hallam 1992) を経験した. そして突 然, 三葉虫と腕足類が優占する多様な生命形態が, カンブリア界の基底に豊富に現れる;この顕著な生 物爆発は、おそらく急速に増加する表面水の直接的 な結果によってもたらされたのであろう. このよう に,海洋生物の急速な発展とともに,低平な大陸塊 の沈水がおそらく主に前期~中期古生代に始まった のであろう. Dunbar (1949, p.155) によれば、「カ ンブリア紀初期の海洋は幾分広くつながっていたと みられることから、内部での移動は容易で、 生物の 主要な類型は世界各地で類似している」. したがっ て、カンブリア紀のユースタティックな海進は、地 表への水の最初で主要な供給源と思われるーおそら く地球内部から脱ガスされた;その結果,当時の海 洋動物相の爆発的な拡大が生じたのであろう.

先カンブリア紀以降-5.7億年~現在の間,地表の かなりの部分は概して繰り返し浅海で覆われてき た,という事実が層序学的記録に残されている.浅 海堆積物の分布が描かれている地質図によれば,時 間を追って海水準の変化を見積もることができる. しかし,より新期の地質年代と比較すれば,カンブ リア紀の層序はあまり分かっていないので,カンブ リア紀初期にはユースタティックな海水準との関係 はほとんどない(Hallam, 1992).現在の海洋表層 水の量はかつてより増加しているようにみえるにも かかわらず,19世紀後半以降,現在の大陸のかなり 広い範囲が先カンブリア紀以降の長期にわたって浅 海に覆われてきたことを示唆するような説得力のあ る図が描かれてきた(Storetvedt, 2003を参照).

慣習的に,地球の海水の大部分は,かなり早い段階 で,現在よりかなり熱いにもかかわらず,内部分化 と脱ガス作用によってもたらされたと信じられてき たー先カンブリア紀の地球のありふれた花崗岩地殻 は、多かれ少なかれほぼ全球が海洋によって覆われ ていた (Süss, 1893). しかし, Rubey (1951) は, 地表水の大部分は初源的分別作用によって排出され てきたもので、それは火山活動を通じて、ゆっくり ではあるが累進的な脱ガス作用によって集積されて きたようにみえる、と述べた、過去の拡がった浅海 と海水量という側面を混同すべきではない、"なぜ なら, 増加する海水量という事実のためには, もし 海洋盆が大陸地塊より沈降してきたとすれば、大陸 よりも海洋底(の沈降量:訳者注)を大きく見積も らなければならないから"、と彼は主張した. 言い 換えれば, Rubey は明らかに Barrell (1927) の地 殻の海洋化モデルを支持していた.

Rubey の推論によれば、内的作用による世界の海洋 盆地の形成は、早期の水の大量放出に関連している. 地球がある範囲で火山活動を続けているという事実 は、海水がマントルに再循環するメカニズムがなけ れば -そのような証拠はほとんどないが -現在の 大陸地塊は顕生代の初期よりかなり乾燥していると いう事実にもかかわらず、地表水の現在の量は、か つてないほどである.

しかし、この大陸の長期的な乾燥はそう長くは続か なかった.このように、前期~中期古生代の大規模 な汎世界的洪水は、後期二畳紀の海水準の急激な低 下をもたらし、その後、中生代を通じて再び始まっ た大規模洪水をもたらし、白亜紀後期にピークを迎 えた.この長大な規模の海面変化の傾向に加えて、 多くの海岸線のより短期的変動がより長期的変化に 重なった、ということが早くから認識された.この ような地球の脈動-地表水の歴史と海面変動の規則 的変化の記録との密接な関連性をもたらした-がこ の論文のテーマである.

北半球の第四紀氷河期のように,相当量の地表水が 大規模な氷原に蓄積されると,海水準が低下する. しかし,先カンブリア紀以降は,このような全球的 な寒冷期はまれで,継続期間も短く,氷原も限られ た広さだったため,全球的な海水準の長期的傾向に 大きな影響を与えることはなかった.

このような背景のもと, van Andel (1985, p.155) は次のように記した:"氷河の形成と消滅の海水準 変動速度はm/1000 年で測定されるが、きわめて速 く [顕生代の海水準変動の多様性を説明するため には],中生代には氷期がなかったことは確実であ る.明らかに,非氷期のユースタティックな変化は, 海水量の変化では説明できない". 記録された海洋 の氾濫(海進)は、海水量の増加や地表面の沈下、 海面下の後退(海退)とその逆のいずれかと同等と 見なすことができよう.しかし、海水の歴史やユー スタティックな海水準変動の脈動的な考え方は、地 球の展開様式の休止に関連しているようにみえる 一地質学的および環境的現象の多様性に関連した一 過性で主要な全球的造構事変を含んでいる.換言す れば,海水や海面振動の説得力のある説明は,地球 史の現実的なシステムを理解することにある.

#### 歴史的概略(Historical snapshot, 研究史的背景: 訳者注)

19世紀中頃には、一般に、地球は元の流体のマグ マ状態から冷却し, 化学的に分化してきた, また, 海水は惑星の初生的脱ガス作用による天然の産物で ある、と考えられていた.オーストリアの地質学 者 Eduard Süss [1831-1914] の見解では、放出さ れた水はもともと起伏の少ない地殻表層に拡がって いた.しかし、漸進的な冷却と惑星の収縮は、地 殻の歪みや断裂作用を引き起こし, 地表水を再配 置するに至った. この見解と同様に, Süss (1893) は, 汎全球的に浅海に覆われた先カンブリア紀初期 の地球というアルフレッド・ウェゲナー (Wegener, 1912・1924) が後に認めたアイデアを想起した. Süss の考えでは、大陸と海洋の地殻は組成的には 類似しており、入れ替えられるものであった;彼は、 推定された惑星収縮の間,排水された大陸地殻内に もともとある水塊の中に、地表の広大な地域が陥没 して深海盆になると考えた. 地表水の量は一定であ ると考えられていたが、大陸に関連した海水準はリ ズミカルに変化してきたことはよく知られていた. そして、低地を超える海面上昇-海進、海面後退-海退は, Eduard Süss がユースタティックという用 語をつくるに至った脈動的に変化する海岸線を形成 した.彼のいう力学的駆動力は,地球の冷却と収縮 であった.

Süss 流の造構系では、海洋は隆起した大陸を消費 (expense) して、長期にわたって拡大し続けてきた (すなわち、地殻の増加分は熱収縮の力によって曲 降されてきた). それによって、大陸地塊-かつて の海成堆積物に広く覆われている-は、先カンブリ ア紀以降、全般的で累進的な乾燥の影響下にさらさ れてきた、という地質学的事実を説明することがで きる.しかし、一般的な脈動的海進は、発展する海 洋盆の貯留量の正味の減少によって説明されたーそ れは地殻の周辺地域から運搬された陸源物質の蓄積 に起因する.一方で,海退は引き続く収縮の結果と して形成された深海盆の容量が増加したことによる ものであった、このように、海進と海退は、異なった、 そして一見独立した原因に由来すると考えられた一 そのため、それはその場しのぎの感があった. さら に,かなり急速な海退と比較して,一般に海進期の ゆっくりした進行は、Süss 流の仮説にとってさら に大きな問題であった.

Eduard Süss による古生代後期の大陸に置ける海陸 の分布を図2に示した. Süss は、ゴンドワナ古陸 -古生代に南方の大陸塊がすべて合体された,古代 の超大陸を想定していた. ゴンドワナの大部分が続 いて沈降した時(惑星の収縮に起因すると推定され る力によって), それまでの生物の移動経路は閉ざ されてしまった. このように, Süss 流の仮説は-地殻の鉛直方向の収縮により起こる振動を代表とす る一現在、海洋の障壁によって広く分断されている 大陸間の生物学的類似性を説明することができた. それに対して、対立するアメリカ人の James Dana (1873, 1881) の収縮仮説は、何の解決策も示さな かった. Dana の収縮説は, Eduard Süssのそれと は大きく異なっていた. Dana によると、地球全体 の物理的状態は、その歴史の大部分で大きく変化し てこなかった:その内的状態と表面構造は、大陸と 深海盆の配置も含めて,静的であると仮定された.

収縮説のアメリカ版の究極の産物は、それらの縁辺 に沿う大陸のきわめて遅い~中程度の一時的成長で あった. Dana のモデルの中心的テーマは、褶曲帯 の一時的な変形であった;彼の見解では、絶え間な い地殻の収縮は繰り返す曲降、堆積物の集積、圧 縮、その後の隆起をもたらしてきた. しかし、な ゼロッキー山脈はかなりの内陸に位置したのだろ うか? さらに、大陸棚のアルプス・ヒマラヤ造構 帯はどのように形成されたのだろうか? 大陸を広 く覆う海成堆積物の長年変わらない問題に関して、 Dana は原始海洋があまりにも浅かったため、放出 された原始水塊を蓄えることができなかったこと を示唆した. 現在の陸地は、その初期段階で内海 (epeiric sea) として沈水してきたが、それは後に



形成された深海盆に流出した.しかし,この主張 は、中 - 下部古生界の海洋堆積物が北米の主要な部 分を覆ったという地質学的事実に、すぐには一致し なかった.広大で長期にわたるテチス海は、先カン ブリア紀以降ほとんど、南ユーラシアを横断すると いう特徴的な形態をとってきた.そして、後期白亜 紀('Cenomanian')の海進は、明らかにその大陸の かなりの部分を覆っていた(後述).そのため、発 展的体系に基づく-北米の収縮説は、最も顕著な地 質学的特徴さえも説明できなかった.

収縮仮説は、さまざまな構造帯の不均一な分布と全 球造構作用の内的関係について、満足のいく説明を 提供しなかったことは明らかである.このように、 一世紀以上も前に、基本的な概念を再考すべき時が 来ていた.造構帯の形成-機能的な全球地質学説の ような他の顕著な地質現象を伴う自然界の因果関係 に加え、海洋の水塊やユースタティックな海水準変 動の起源などの基本的な観点も、これまでは上手く 説明できていなかった.地質学は、実際的で機能的 な全球メカニズムに頼らずとも、多くの方法によっ て、事実を収集する大事業であったし、今も基本的 にはそうである.19世紀末の最先端技術に関して、 当時の地質学的事実の満足のゆく解釈が不十分で あったことを説明するには、以下の主要な問題の短 いリストで十分であろう(Storetvedt、2003):

# 浅カンブリア時代以降の広範な周期的氾濫と それに引き続く長期間の土砂排出は、それらが浅海 堆積物の薄層を後に残すことになるが、満足できる 説明となっていない.

# 周期的であるが、変異に富む、海面変動は充分に確立されている、しかしこれらの海進-海退サイクルを引き起こした本質的過程の起源およびこれらの海水準のパルスがどのようにして現在の大陸の全域にわたる排水とむすびついているのかといったことについては依然としてわかっていない.

# 海進の期間は、比較的短くはっきりとした海 退期間と較べてはるかに長い.この不一致の理由は 何であろうか?

# 海洋の沈降と大陸の隆起の間の成因関係はあ

図2 後期古生代の陸(白地)・海(水色)分布 のスケッチー Eduard Süss の古地理モデルによ る;この総合図では、ゴンドワナは後期古生代の 南方陸塊であったが、引き続く収縮と地殻の鉛直 曲降作用の間に、現在の海 - 陸配列に変化した. Süss (1893) がテチス (Tethys) と名付けた、南 ユーラシアと北アフリカを東西に横断して走る大 規模な内陸水路にも留意.

りそうであるが,このつながりを理解したり説明で きるであろうか?

# 地球誕生以来,地球の海洋は地球初期の時代 にすでに形成されたものなのか,それとも地球内部 の脱ガスや火山作用によって漸次形成されてきたも のかのどちらかであろう.しかし,もし地球が赤熱 の溶融体として始まったとしたら,一般的にはそれ が当然と思われるが,脱ガスした軽い水素や熱い水 蒸気はほとんど宇宙空間に逃げていったと考えるこ とは妥当ではないのではないか?

# 古生物学的な問題は、概して、今日の大陸の 形状という背景の中では説明できなかった.いかな る地球規模の学説も、深い海洋という障壁によって 分離されている大陸間の動物や植物相の類似性を説 明しなければならなかった.さらに風土性について もである.

主な山脈などが大変最近の地質時代において形成 されたという考えは次第に明らかになっている,基 盤の構造的変動の時代に関わらず.先に存在してい た堆積トラフ(地向斜)およびそれらの最近の地形 上昇は,かって一般的に思われていたように,本当 に密接に関連した現象なのであろうか?

# 先カンブリア時代以降の時代において,気候帯は今日のものとは全く異なったものであった.極端な場合,現在の極地方はかつては熱帯であったし, その逆もあった.いったいどのような力学機構が地 球規模の気候システムの重大な変化を引き起こした のであろうか?

# もし気候帯の移動が地球規模の広がりで あったとすると、地球体と太陽との相対的変化に ついての古い推測(今日では、真の極の変遷と呼 ばれているもの)は、もともとはドイツの有名な 哲学者ヨハン・ゴットフリート・ヘルダー(1785: Schwarzbach 1963を参考にせよ)によって議論さ れていたものであるが、推測にとっての強力な証拠 を得たことになるのかもしれない.更に、もし地球 質量の空間的変化が実際あるとすると、その楕円体 の形は地球規模にわたる海水準の上下変動にどのよ うに影響を及ぼしたのであろうか?

# ユーラシア大陸を走るカレドニア, ヘルシニ ア, アルプス構造帯は年代が若くなるにつれて南向 きの前進移動をおこなっている,おそらく地球をと りまく大きな環状構造を形成するものである.この ような動力学的な構造移動の原因は何なのであろう か,それはまた残りの地球史,すなわち(1)主要 な地質年代の境界をもたらした比較的短寿命の地殻 変動や(2)短い期間の海進-海退サイクルを重ねた より大きな規模の海水準スーパーサイクルなどを含 むものと,どう結びついているのだろうか?

多数の未解決の問題の結論を受けて、中央ヨーロッ パの地球物理学者たちは地球規模の構造運動にお いて新しい方向性を探し始めた. 古気候学と物理 学との総合化によって真の極の移動についての古 い考えは実証され、とりわけ Kreichgauer (1902) によって大陸移動の詳細な議論と結びつけられた. このようにして Damian Kreichgauer は、大陸の相 対的な位置を壊すことのない全地殻の西向きの回 転を論じた,そしてWettstein (1880) は,深い 海盆は以前に存在した陸地が沈んだものであると 主張することでEduard Sussの説にしたがった. Kreichbauger は明らかに、造構-火成帯と地球の 回転との関連性を述べた最初の人物である、後に Wegener (1912, 1915 and 1929) はKreichbaugerに 対して pole-fleeting force (後に Eotovos force と呼ばれる力)を発見した人物として評価した.ウェ ゲナーは太陽と月の潮汐力(トルク)によるテクト ニック効果-pole-fleeting force (Pohlflucht) お よびコリオリ効果を可能な動力であると述べること で Kreichbauger の考えにしたがっている. この動 力というのは実際上, 西あるいは当時の赤道方向を むいている.しかし、古生代の大部分と中生代初期 に再び広大な地球規模の広がりをもった大陸棚海が 形成されたことは、ウェゲナーにとっても他の中央 ヨーロッパの物理学者達にとっても頭を悩ます出来 事として残っている.

極移動およびその海水準変化についての彼の議論の 中で、ウェゲナー(1929, p.159)は「沢山の研究 者達[...]はすでに地軸の移動は系統的な海進サ イクルと結びついていることを議論していることを 書いている;これは地球が楕円体であることや軸の 新しい位置に対して調整するまでのタイムラグがあ るからである,海水はすぐに対応するにも関わらず、 大洋は赤道のふくらみの再配置に迅速に従うが、地 球はそうでなく移動する極の前の四分円は海退を増 加させ、乾燥した土地の増加を引き起こす;一方そ の背後の四分円では海進もしくは浸水の増加をもた らす[というのが結論である]」と書いている.

ウェゲナーはこのようにして海水準変動を赤道方向 のふくらみのリセッティングと深く結びついたもの とみていた;しかし彼の図式において,海進と海退 はすべての大陸に同時に影響を与えてはいなかった -それは四分円に依存していたのであった.この見 解は Eduard Suss や後の研究者達がその現象をユー スタティック(汎世界的)海水準変化とみなしてい たことと著しく矛盾している.

次の20年間に、多数の有名な地質学者達は様々 のスケールでの長期間の海水準変動のおこった 時代分布に関心をよせた(たとえばBarrell, 1917; Stille, 1924; Joly, 1925; Bucher, 1933; Umgrove, 1939). その様なわけで, Umgrove (1942) は「たくさんの大きな海進が大陸の広域的な出現[原 文]によって分かれて発生している」としている. そのようなわけで、われわれは大陸での海進と海退 は、世界的にからみあった原因に結びつけて説明で きることを結論とする.シュティレは大きな海進と 海退は彼の造陸運動の同時性と同期していると表明 している、それについて Bucher は次のように述べ ている, すなわち浜辺の位置の移動は大まかにみる と, それが正であれ負の向きであれ, すべての大陸 で同時期に同じようなセンスで影響を及ぼしている ものであるとしている.

Umgrove は、ユースタティック変動が先カンブリア 時代以降における主要なリズム性をもつ現象である と述べているにも関わらず、これらのくりかえし運 動の原因は、まだ特定できないマントル中での鉛 直脈動作用に起因するのではないかとしている. 更 に地球規模の周期性と同時性に付け加えて, Eduard Suess の時代以来,先カンブリア時代以降の第1次の ユースタティック変動に重ね合わせた広域規模の海 岸線移動があったことが分かっている.これまで見 てきたように、Ruby (1951) は、この問題について 伝統に従わない見解をとっており次のように述べて いる,大陸地殻の下部地殻の薄化と結びついた気ま ぐれな内部作用によって海水は発散し大洋化したと している,これはBarrell (1927)の大洋化作用モデ ルと密接な関係がある.しかしながら大洋底におけ る堆積作用は連続していない;無数の深海掘削 (DSDP) コアは堆積作用や浸食作用は典型的な間欠的現象で あることを示している. Rona (1973) は中生代から 第三紀中期において全ての主要大洋の層序記録に数 千万年にわたる欠如があることを述べている-それは 非堆積や浸食の間かくに現れている、そこで彼は試 験的に浅い大陸地殻上での海進−海退の周期性と結び つけてみたのである. それにも関わらず, 究極的疑 問が残っている:それはユースタティックな海水準 変動とそれにともなう多数の地表での地質現象のど ちらが動力学的造構運動の機構なのであろうか?

#### 断続する地球脱ガス作用

初期の地球が熱く溶融した状態であるとした 19世 紀の支配的な見解に対抗するかたちで,解放され た色々な内部ガスが出現することに関する地表で のおびただしい証拠が存在している-それは Reyer

(1877), Guenter (1897) および Chamberlin (1897) などによるものである.19世紀の大量のガス放出-たとえば1815年のタンボラ山,1883年のクラカト ワのそれはこの件で記憶されるべきものである. Chamberlin (1897) は、地球規模の地質学の未解決 問題とくろうして取り組んだ人であるが、地球が岩 石質の粒子の集合作用によって形成されたとするそ れまでとはまったく別の新しい出発点となる見解を 提示した.彼は初期の地球は冷たい惑星(温度は約 10°K)として始まることを主張した、その後内部に トラップされている放射性物質の影響で次第に温度 が上昇すると考えた.この考えに基づいて、初期の 地球の冷たい物質は少なくとも部分的な初生の不均 質をもっていた筈であり, それゆえ脱ガス作用と一 緒に内部の分化状態を依然保持していたものと考 えた.このような非伝統的な見解に加えて, Hoxon (1920) は造構過程として、内部ガスの解放による ダイアピル状の現象を主張した,そして Ampferer (1944) は地下のガス圧力が垂直の造構運動を引き 起こす可能性を議論した.更に地球の脈動(たとえ ば Strille, 1924; Bucher, 1933 など) と密接に結 びつくような考えは、長い期間の静寂と交代する著 しい地球規模の同時性をもった造構イベントの考え を含んでいて、その考えは Umgrove (1942 と 1947) によっても繰り返し主張されている.

宇宙化学で惑星科学者のHarold Urey (Urey, 1952) - 1934年に重水素の発見でノーベル化学賞を 受賞-はPierre-Simon LaplaceやImmanuel Kant (1700年代後期)などによる古い考え方を,惑星系 は大洋を取り巻く薄い円盤状の星雲、それらは主に 冷たい水素ガスと粒状物質からなるものであるが, これらの集積によって形成されたとする考え方を新 しく提案した.これに基づいて、ユーリーは、地球 を中心部の金属核と珪酸質の殻に分ける分化作用 は未だに不十分であり,依然として進行中である とした.この考え方と一致する考えにしたがって Turekian (1977) は現在の地球表面の水の量は、全 ての水がかつての熱く溶融状態の地球からでてきた ものとして期待される水の量に較べてはるかに少な いことを論じている. カール・ツレキアンは、もし 初生のマントル化学組成が一般的に信じられている ように炭素質コンドライトの平均値(もしくは溶融 状態の初期の地球)と似たものであるとするならば, 地球表面に現存する量の20倍の水がある筈である と指摘している.

地球の連続した脱ガス作用やそれと関係した地球内 部物質の最配置は、始生代初期以来、地球内部の内 側と外側の両方を修正していった.もともと厚かっ た原始地殻を変形させるのと同様に地球表面の水を 連続してあるいは断続的に増やしていった(たとえ ばStoretvedt, 2003, 2011).流体やガスの上部マ ントルや下部地殻への蓄積はこれらの深度における 封圧を著しく増大させていった筈である. それぞれ の深さレベルにおいて, 岩石や流体は共通する圧力 に従っていったであろう-場所によっては高圧の容 器のような状態に-また表面に近く岩石に割れ目が 発生しているところでは、低圧になっただろう(Gold の孔隙理論については Hoyle, 1955; Gold, 1999 な どを見よ). この原理は、コラ半島や KTB (南ドイ ツ)などの大陸深部掘削孔(それらはそれぞれ深 さ12km および9kmに達している) での水流体で充 填された割れ目が掘削された全ての断面で見つかっ ていて (たとえば Moller et al., 1997; Smithson et al., 2000), 海水は地殻岩石と共存しているわ けである. そして KTB サイトでは,水の塩分濃度は 現在の正常な海水の塩分濃度と較べて約2倍の値と なっている.両掘削孔において、色々な溶解したガ スや流体が見つかっている:初生のヘリウムが色々 の深さで観察されており、流体は地球深部起源であ ることを示している (Smithson et al., 2000). 中 生代中~後期以前に存在していた深部大洋陥没の存 在を示す証拠は観察されていないので,現在の地球 表層部の全体の水量は地球の歴史の後期に地球の深 部から散逸したのに違いない.それにもかかわらず, 大部分の地球の水は依然として残っていると信じる に足る理由もある.

地球浅部の岩石の物理的状態についての極端に限ら れた情報によって、地球内部の構成についての現代 的研究は,基本的に地震学や測地学的観察や鉱物の 高温・高圧の物理および化学的実験によって得られ た情報などに基づく物理的相転移の技術に頼ってい る. それにも関わらず、相転移の技術はただ一つの 解を示すわけではない.従って地球内部の状態や化 学組成などについての推測は原初的集積作用や温度 変化、質量エネルギー交換プロセスについての仮説 にもとづくシナリオモデルに強く依存している. そ のようなわけで、地球内部の描像については特定の 理論が表面の地質現象を説明するためにどのように 援用されるかという必用性によって描像が大きく変 化する.残念なことに、推測にのみもとづいた考え が時間を追うにつれて汚れのない事実となっていく ことが全ての科学分野で見られる、それは地球内部 についても言えることである.たとえば,最近20 年間における大陸の深部掘削(Kola半島 や西ドイ ツ KTB) は浅部の物理 - 化学的構成や構造状態の長 く維持されてきた伝統的なイメージと著しく異なっ ていることを示している-現在獲得されているそし て人気のある見方に対して注目するような影響を与 えていることなどないにも関わらず (Storetvedt, 2013と比較せよ). Wilfred Trotter (Trotter, 1941)は、「一つの小さな自己検証はわれわれに対 して、きわめて簡単に新しいことへの恐れが心の深 くに根ざしていることを語っている」と述べている.

もし地球が冷たいガスや岩石粒子の集積によって形

成されたことを受け入れるとすると、初期の惑星は 相対的に未分化の状態のままであったはずである. そして化学元素は、物体を低エネルギー状態に向 かって発達させる分化作用を経験したはずである. ガスで満たされた原始地球は鉄マグネシウム質の微 惑星の合体・付加を繰り返し、重い凝固体が遠心力 効果でさらに重くなることを示している. そのよう なわけで,より重い鉄に富む物質は比較的低密度 の(おそらく)ガス状物質を通過して内側に定着し 次第に高密度の中心核を作り上げていったであろう (Tuny et al., 2001を見よ). イオウや炭素, ケイ 素,水素および酸素などの軽い元素は高圧の金属 混合物へ容易に溶解していったので (Stephenson, 1981; Hunt;, et al., 1992; Okuchi, 1997を参照), そのような軽い構成物質が鉄合金を中心核に運んで いき、中央物体部分の密度不足を作りあげたことが 予測される. Gottfried (1990) によると、中心核 は膨大な量の水素化金属の化合物の供給源であるに 違いない.一方現在の珪酸塩に富む下部マントルは かなりの体積のケイ化物-特に炭化ケイ素などを含 むとしている. Stevenson (1981) および他の多く の研究者達によると、中心核はマントルとは非平衡 であり、核/マントル境界 (CMB) 帯の不規則な起 伏の存在 (Morelli & Dziewonski, 1987 を参照)は, そこが熱化学的に活発であることや不均質な層であ ることを示すさらなる証拠になっている.

相対的に冷たい(ゆっくりと温度が上昇しつある) 深部にもともと含まれている軽元素は,地球初期 移行,上方へ移動しつづけてきた-途中で沢山の相 変化を引き起こしながら.沢山の軽元素も,深部 地球の構成物でありうる(Storetvedt, 2003,議 論や参考文献のための資料として参照のこと).浮 力をもった揮発性物体の地質運動学的および地質 学的結末について考えることはもっとも重要であ る.というのは,それは炭化水素化合物が地球内部 の質量移動における最も重要なメカニズム(Gold, 1979 and 1999)を提供するかもしれないからであ る.(時空的に)不規則に発生する脱ガス作用が進 行している惑星では、温度変化よって生じた水平方 向の密度変異、不規則な割れ目分布、組成不均質性 などが予想される.海洋下および大陸下のマントル 領域が比較的明瞭な地震波速度の相違を示すことは 重要である-とりわけ外側数百 km において(たとえ ば Dziewonski, 1984; Dziewonski and Woodhouse, 1987; Forte et al., 1995).

この点で重要なのは、CMB の隆起域を地球表面に 投影すると、深海部に相当することである. 図 3 は、このような CMB と惑星表面の関係を示してい て,外核での作用がエネルギーと軽元素を放出し, それらが地球表面に深海盆を形成したことを実証す る (Morelli and Dziewonski, 1987 参照). そして 同様に、それらが、主要な地質力学的現象と地表地 質現象のすべてをもたらしたことも明らかである (Storetvedt, 2003). 大西洋, インド洋および太平 洋における 400 以上の深海掘削孔で発見された浅海 堆積物の分布を研究した Ruditch (1990) は, ジュ ラ紀以降に、厚い初生的大陸地殻の大規模な化学変 換と沈降の結果,海洋凹地が形成されたという仮説 を提唱した.彼は、現在の大陸にみられるような孤 立した個々の盆地から世界大洋が進化してきたと主 張した.

深海凹地が中生代後期よりも前には存在しなかった こと、そして、海水の大半が顕生代後期に集積したで あろうことは、惑星脱ガスと内部物質の鉛直移送が ともに極端にゆっくりとした現象であることを示唆 している. Morelli and Dziewonskiの概説のように、 不規則な CMB 起伏は、コア - マントル境界帯が化学 活性を示す不均質領域であることを示唆している.

どのような浮揚相が CMB 領域で発生するいっぽう, 広大なダイアピル湧昇域では,炭化水素と含水流体 が促進してエクロジャイトが形成される.それにと もなって,重力に駆動された地殻の薄化が,地殻基 底から上方へ進行する.その結果,アイソスタシー 沈降と地表凹地が発生するのは確実であろう.エ



図3 この図は,Morelli & Dziewonski (1987) を簡略化したものである. PcP と PKP 残差を組 み合わせて得られたコア - マントル境界領域 の推定起伏を示す. 地球表面に投影した場合, コア - マントル境界の隆起領域(色縮尺を参 照)が深海凹地に相当することに注意.

クロジャイト化作用は一般に断裂や剪断帯に沿って 進行し、交代作用の前線 [metasomatic front] で は断裂に沿うエクロジャイト帯が形成されることが 多い.そこでは、グラニュライト相からエクロジャ イト相へ急激な相転移が起きる.含水流体が十分に 供給され、圧力条件が満たされる場合には、エク ロジャイト化反応が、予想通り、迅速に進行する (Austrheim et al., 1996).

含水流体が存在しない場合には、グラニュライト →エクロジャイト相転移が強く妨げられることが 実証されている(例えば Austrheim, 1987, 1990; Walther, 1994; Leech, 2001; Austrheim et al., 1997). Austrheim (1998) は温度や圧力よりも含水 流体が重要であると主張し, Leech (2001) は重力 に駆動された地殻下部のエクロジャイト化によるデ ラミネーション(剥離)が水の存否に強く依存する と結論づけた. Austrheim et al. (1997)によると, エクロジャイト化作用は物質強度を低下させ、それ らの原岩よりもエクロジャイトは容易に変形し、変 形度は水が存在するとさらに大きくなる. このよう に,エクロジャイト化に伴う大きな密度増加は,下 部地殻を不安定化させ、上述のとおり、あまり影響 を受けていない上位の地殻からひき剥がす (Leech, 2001). 図4は、このような地殻下部の薄化プロセ スを示していて、その影響は上向きに進行して、最 終的に深海底を形成する.

地球は、その歴史を通じて熱化学的平衡を欠いてい て、内部が安定化していく過程で、浮揚性揮発性物 質によって促進された大規模な再配置を経験した. それにともなって、しだいに地殻が薄化し、断続的 な地質活動によって現在の海水量がしだいに蓄積さ れてきた(Storetvedt, 2003 参照). 白亜紀~第 三紀には初生水の供給速度が著しく大きくなったよ うである. 先カンブリア紀には浅い海が存在してい ただろうが, Truswell and Eriksson (1975) は, 潮位変化の振幅はわずかであったと主張している.

地球の脱ガスと, それに関連する内部物質の再配置 が起きると、慣性モーメントが変化することは当然 の帰結であり、それによって、地球の自転速度(1 日の長さ=LOD)の変化、そして、挿話的ではある が漸進的な空間的方位の変化(極移動)が起きる. 地球の自転速度を地質学的過去に遡って調べる方法 は、Wells (1963, 1970) によって導入された.現 生と化石サンゴの推定成長線を数えることによっ て,前期古生代に遡る1年間の日数を見積もった. この研究のよく知られた結果は次のとおりである. 中期デボン紀のサンゴは1年間に400本の日輪を 持っていて,過去3億8000万年の間に地球の自転 速度が著しく減少したことを示す. オルドビス紀に 遡る海生化石の骨格増分の研究は、前期古生代の自 転速度も今よりも大きかったことに (Pannella et al., 1968) ほぼ一致する. Creer (1975) と Whyte (1977)は、1970年代半ばまでの古生物学的なデー タをとりまとめた.図5は,Creerによる先カンブ リア紀以降の1年の日数を推定したグラフである. その後の Willliams (1989) による LOD の総括的研 究でも、中生代の化石時計データを加えて同様の結 果が得られた.より最近の Rosenberg (1997) の絵 w研究によると,約9億年前のグレンヴィル時相(約 9億年前)の頃には1年が440日であったとされる.

図5に示される確立されたL.O.D. のジグザグ形状 の屈折点(1-4の番号がつけられている)は自転の 加速/減速の転換点を示していて,それらが 地殻 変動イベントに極めて密接に関連していることが注 目される. これらの造構革命は次のとおりである: 1 = 白亜紀~第三紀境界付近のアルプス変動の極大



図4 ビスケー湾の北ピレネー断層帯における N-S 方向の地震探査断面の地質学的解釈.重力に駆動されてエクロジャイト化した底部地 殻は下部地殻から剥離し,上部マントルに沈み込み, Parentis 盆地が形成された.この図解は Pinet et al. (1987)を簡略化したもの である.地球の歴史の中では,想定される厚い原始殻が徐々に薄くなり,化学的にも変化して,現在の Moho 面境界が徐々に埋められた ことが示唆される.

期,2 = 二畳紀/三畳紀境界頃のアパラチア - パ ラチアン変動,3 = デボン紀後期のアカディアン変 動,4 = オルドビス紀後期のタコニアン変動. 後 述するように,地球自転の変化と全地球テクトニク スとの間に推定される密接な関係は,主要な海退イ ベントと生命の大量絶滅に密接に関連している.

#### 顕生代の海面変化

先カンブリア紀後半の海水量は推測の域を出ず,カ



図5 化石殻の成長線から求められた顕生代における1ヶ月の日 数データの集計. Creer (1975)を簡略化. ①~④の数字は屈折 点を示し,主要な地質時代境界に対応する顕著な造構イベントを 表す.

ンブリア紀初期の海域層序と汎世界的回水準変動は ほとんど未解明である. それにもかかわらず,剛 塊をしだいに水没させたカンブリア紀の全般的海進 (Matthews and Cowie, 1979)は,古典的なオルソコー ツァイトから頁岩へ,さらに炭酸塩へ続くよく知ら れた層序をもたらす (Hallam, 1992 および,その 参考文献参照). カンブリア紀初期の穏やかな海水 侵入時に比べて,北米のカンブリア紀後期の海面被 覆率は約75%増加したが,オルドビス紀後半から 中期のシルル紀では,浅海が約90%以上に拡大し た (Dott and Batten, 1976; Dott and Prothero, 1994). その後,二畳紀/三畳紀境界頃に海面は現 水準を下回ってしだいに低下した. 図6は,後期 シルル紀の内陸海の全地球的分布を示している.

カンブリア紀の層序はあまり知られておらず、し たがって,この紀の海面変動もまた然りである (Hallam, 1992 参照) が, Exxon の海水準曲線(以 下および図7を参照)は広く認められている. 北 米での先見性のある研究 (Bond et al., 1988) に よると、特定の地域で一連の海面変動が認められた. すなわち,北米ではカンブリア紀~前期オルドビス 紀の全般的な汎世界的海水準上昇に続いて、オルド ビス紀~シルル紀には海水準は顕著に低下した.カ ンブリア紀における剛塊の漸進的水没は地表への最 初の主要な海進(地球内部の脱ガスの結果)を示し, 当時の海棲生物の爆発的進化の主要因になったと考 えられる. さらに、浅海域の最大氾濫範囲を示した 世界地図 (Strakhov, 1948; Termier and Termier, 1952)は、前期~中期古生代における同様の高海面 水準を実証している.



北米陸域データにもとづいた Exxon グループのより 詳細な海面曲線(Vail et al., 1977)は,5つの

> 図6 現陸域での前期シル ル紀内陸海の分布 (青). 乾陸(緑色)の分布が比較 的限られていることに注 意. 全地球的にかなり低平 であったために, 全般に浅 海性の世界共通動物群がひ ろがっていた. Boucot and Tohnson (1973) を簡略化。 今日の海洋域は,その当時 は厚い大陸地殻を有してい た可能性が高いので,これ らの領域も浅い内陸海に覆 われていた可能性が大きい (Storetvedt, 2003と比較 せよ).

Simplified after Boucot and Johnson (1973)

Pariode	Relative changes of sea level				
renous	← Rising	Falling →			
Permian	Present sea level	<b>_</b>			
Pennsylvanian					
Mississipian					
Devonian					
Silurian	$\sim$				
Ordovician					
Cambrian					
Precambrian					

図7 Exxon海水準曲線の古生代の部分(Vail et al., 1977に よる). 先行するゆっくりとした海進に比べて急激な海退,およ びシルル紀後にしだいに進行した全般的な大陸域の離水に注意.



図8 顕生代の一般化された汎世界的海水準変化 (Hallam, 1992 による). 星印は海生生物の6大絶滅事件. これらの生命危機が 海水準極小期に一致することに注意.

非対称な海水準サイクルを提示した -それぞれのサ イクルは比較的ゆっくりとした海進, それに続く顕 著な海盆の深化,さらなる海退. 図7は,北米のシー ケンス層序学にもとづく古生代のExxon海水準曲線 であり,シルル紀以降の斜めの鋸歯状海面変動を示 し,二畳紀の全般的な海退が顕著な低海水準をもた らした. Hallam (1992)は,地域的な地殻変動を除 外して,一般化された地球規模の海面水準曲線を提 案した(図8).問題の古生代について見ると,2つ の曲線は著しく類似している.

地球の漸進的脱ガス説にもとづいて推測された内部 質量の再配置は力学的にも影響し,惑星の慣性モーメ ントを周期的に変化させ,極移動や自転速度の変化を もたらす (Storetvedt, 1997, 2003,および 2011).

これらの惑星力学の間欠的変化は、当然のことなが ら、地球の外層に蓄積されたガスおよび揮発性物質 のすべてに影響し、地殻の転換と海水量の変化を含 むさまざまな造構 - 火成活動や地表環境作用をひき おこす.地球の発達,変化,おおび間歇的な歴史に 影響を与えるこれらの地質現象の相互作用は、私の 全地球ねじれテクトニクス学説の基礎である. 原始 地球を比較的冷たく、それゆえに未分化の惑星体と 仮定することによって (Storetvedt, 2011 参照), ゆるやかな揮発作用を通じて初期地球の歴史が展開 し、上部マントルの諸作用にガスと流体をもたらさ れ、地殻や大気、そして水圏と大気圏に影響を与え たことが予測される.このようにして、地質進化と 海水の歴史が、惑星自転の断続的変化に密接に関連 し、地表では、それらが地質時代の主要境界に見ら れる層序的不連続として記録された.

揮発性物質は高い蒸気圧をもち、それらが外側へ輸 送される際に固体や液体中に組み込まれると、それ らはホスト化合物から原子単位で脱出しがちで、そ の結果,ガス圧が局所的に増加する.このような圧 力増加に寄与するガスには、メタンおよび他のアル カン,二酸化炭素,一酸化炭素,硫化水素,水素, 窒素、ヘリウムおよび蒸気としての水が含まれるだ ろう (Gold, 1987 および 1999 の総説を参照). こ のようにして揮発性物質由来の圧力が地球外層に継 続的に蓄積されると、エクロジャイト化とそれに関 連する地殻下部における重力的沈降が起き、アイソ スタシー沈降と海盆の形成をもたらしたと予測され る.この作用は、必然的に大陸性沈降盆地を形成 し、下部地殻の漸進的な剥離(顕生代に加速)と脱 ガスに由来する火成活動が、最終的には玄武岩層に 覆われた薄い深海地殻と表面水の蓄積をもたらした (Storetvedt, 1997 および 2003). こうして, 深海 下における静岩圧のゆっくりした蓄積は、薄化して 力学的に弱体化した海洋地殻を隆起させる力を供給 するのは当然のことだろう.その結果,大陸の低地 部がしだいに海水に覆われ、海水が集積した. その 後,それに関与した地殻下部のエクロジャイト化と剥 離が,内部からの初生水を新らたに供給し,盆地の沈 降と汎世界的海水準上昇をもたらすであろう.図7と 図8に示すように,進化して徐々に薄くなった海洋地 殻の鉛直運動による長期的海水準変化は,カンブリア 紀以降になってすすんだ.今後の重要課題は,古生代 に表面水が比較的急速に増大した力学機構である.

上部マントルや下部地殻に流体およびガスが長期間に わたって蓄積されると、これらの深度における封圧が 大きく増え,関連する力学,造構運動および環境にか かわる諸作用の連鎖をこわすだろう. 大量の脱ガス揮 発性物質が供給された上部マントル領域(海洋地域) は,長期間にわたって隆起し,残りの大陸ブロックは 大規模な海進サイクルに影響され、これに高周期海水 準変動に重なった.これに応答して、地殻下部におけ るエクロジャイト化作用とそれにともなう剥離作用が 広大な地域に長期間にわたって全般的沈降をもたら し、それらに対応する海退が薄化の少ない(より高い 位置にある) 地殻ブロックにも影響を与えた. 力学的 には、エクロジャイト化してより重たい下部地殻が周 期的に地球内部へ沈降し、逆に、断面の広汎な内在的 損失は周期的な惑星加速をもたらし、その結果、脆性 地殻はしだいに破断し、 慣性力に駆動されたねじれ変 形事件が生じた. この時点で、ねじれテクトニクスが 作用しはじめた.

今日の地質学的・古地磁気的証拠によれば、原生代後 期~カンブリア紀前期の赤道は2つの大陸に記録があ り、(1) 中央オーストラリアのアデレード地向斜と Warburton-Georgina-Bonaparte 盆地 (Brown et al., 1969) - 白亜紀前期 / 第三紀前期以前の方位で示す (Storetvedt and Longhinos, 2014a, b; Storetvedt, 2015b 参照) -および(2) 北極圏カナダ-バフィン 湾-デイビス海峡-ラブラドル海領域を通過してい た. 先カンブリア紀の最新期の古赤道が残存している 領域は、現在の海洋地域を横断している(考察内容に ついては Storetvedt, 2003 を参照). この古赤道方位 に調和して、ニューファンドランド北部とラブラドル の前期カンブリア紀 Bradore 砂岩の残留伏角はほぼ水 平で、古赤道の位置を示唆する (Rao and Deutsch, 1976). より広範な古地磁気および地質データベース にもとづいて、北米剛塊は後期原生代を通じて低緯度 地帯にあったと推定されている(たとえば, Link et al., 1992; Storetvedt, 2003). さらに, 古地磁気 データは、先カンブリア紀後期にオーストラリアが古 赤道地帯に位置していたことを示す (Embleton and Williams, 1986). アデレード地向斜の多くの層準に 見られる赤色層や、ストロマトライト礁堆積物を含む 炭酸塩岩相の広範な分布は, 先カンブリア紀後期~古 生代後期の大部分の期間にわたってオーストラリアが 熱帯~亜熱帯環境にあったことを示す.

古地磁気データは、前-中期古生代に、北部アパラチ

ア山脈がニューファンドランドを NE-SW 方向に通過 し、古赤道帯に沿っていたことを示している.この ように、ラブラドル海域では、2つの古赤道帯(そ れぞれ先カンブリア紀後期と古生代後期)がかなり 大きな角度で交差していて、前期古生代に地球の空 間的方位が大きく変化したことを示す. ねじれ造構 系では、それに相当する対蹠的古赤道交差は、オー ストラリアのタスマン-アデレード会合点に位置し ていた.後期白亜紀以前の諸大陸の配置は地球上 の大円ガードルを形成し、それに沿ってタスマン・ ニューイングランド造構帯やカレドニア・アパラチ ア褶曲帯が配置されていた (Storetvedt, 2003 参 照). 推論すると, 前期~中期カンブリア紀の大規 模な極移動事件ー古赤道方向の膨らみとそれに対応 する極方向の扁平化を再配置したーは、気体および 流体に富む上部マントルに影響して、静岩圧を著し く上昇させたにちがいない. それによって、次のよ うな多数の地質作用が働いた:①上部マントルへ の下部地殻のエクロジャイト化とそれに伴う地殻 の上部マントルへの重力的沈降, ②海盆のアイソ スタシー沈降の"始まり",および,③高圧の揮発 性物質(メタン,水素,ヘリウム,硫化水素,水素 などの大量の地球内部起源の水溶液を含む)による 地表火山活動 (Gold, 1999; McLaughlin-West ら, 1999; Lupton ら, 1999 など).

図8に示すように,顕著な汎世界的海退は,地質時 代の主要境界の特徴になっている-それらは地殻薄 化と盆地のアイソスタシー沈降の時期に対応し、各 事象は地球の慣性モーメント変化による造構 - 火成 活動に伴う顕著な隆起運動と自転特性の変化をもた らす (Storetvedt, 1997 および 2003). カンブリア 紀後期の海進 - 海退事件の後に古生代の海水準上昇 がくりかえして起こり,オルドビス紀-シルル紀, シルル紀 - デボン紀, デボン紀 - 石炭紀, 二畳紀 -三畳紀境界での海退前にそれぞれ極大期を迎えた. このように古生代には、カンブリア紀後期の初生海 盆が深くなり側方へ拡大した.地球内部からの初生 水はくりかえし表面 に供給されたが、全般的な海 水準低下は二畳 / 三畳紀境界の頃で終わった. この ように、古生代には、力学的造構作用のために、相 当量の海水が供給され、同時に拡大をつづける海洋 盆地の容積も大きくなり、沈降の影響をあまり受け ていなかった大陸ブロックは広く離水した.事実, 二畳 / 三畳紀境界での大規模海退の際には、カンブリ ア紀の大規模海進以前に比べてより広い乾陸が形成 された.こうして,今日の大陸の原型ができあがった.

多くの研究によると、顕生代には、顕著な海退事件 と大量絶滅-とくに海生動物の大量絶滅-の間に強 い相関が認められる(たとえば, Bayer & McGhee, 1985; Jablonski, 1986; Raup and Sepkoski, 1982; Hallam, 1989; Hallam and Wignall, 1999). そのため, Hallam and Wignall (1999)は、「大量絶滅時にもっ とも頻繁に観察される変化はで大振幅の海進 - 海退 事件であり、無酸素底層水が広範囲に広がった海進 パルス期間に大量絶滅が起きる」と結論づけた.

地質時代の主要境界における著しい海退にともなって発 生した6回の海生生物の大量絶滅が図8に示されてい る.後期オルドビス紀~シルル紀に極大に達した古生代 の大半の期間にわたる高海水準状態は、多くの海退事件 が挟まれていたため、間欠的であった. 最も顕著な海水 準低下は地質時代の主要境界に発生し、上部マントルへ の地殻の剥離・落下、漸進的なアイソスタシー沈降、海 盆の累進的沈降,および様々な環境事象に対応する.こ のように, 汎世界的海水準変動は, 地球史の第1級の事 件に密接に結びついている. 上部マントルに蓄積されて いた揮発性物質の高い圧力は、ペルム紀の終わりまでに は、最終的に ″枯渇″した. 古生代を通じて、沈水した 地塊は、深海盆の発達段階に応じて何回かの海退を経験 したが,二畳紀後期の大海退は,先カンブリア紀以来もっ とも広い乾陸を生じさせた. 今日までで, 海洋盆の発達 は白亜紀に頂点に達しており(図9), K/T境界頃に急激 な海退がおこり、最終的に今日の深海底が形成された. 予測された長期にわたる地殻の海洋化の期間に、かつて 存在した地球規模の厚い大陸地殻は、しだいに、現在み られるモザイク状の陸地と深海へ変えた. 地表水の量は 指数関数的に増加したはずであるが、今日では、カンブ リア紀初期以降で乾陸がもっとも広くなったことが広く 知られている.

Hallam and Wignall (1999) によって議論された無酸素状態は,海洋動物相の大量絶滅を含む火山-造構性隆起運動の主要期に,容易に海水柱に侵入する可能性がある.例えば,いくつかの著者は,大規模なガス駆動の火山活動,関連する海洋無酸素事象,およびメタン大放出の組み合わせが3つの主要な生

物学的惨事-250, 200, 65 Ma の原因である可能性 を示唆している. また, Max et al. (1999) は, K/ T境界の煤層に記録された地球規模の爆発の実際の 燃料源としてのメタンガスの噴出を考慮した.ペル ム紀末の大量絶滅には、深い海退と地球上の全種の 95%もの絶滅があり, Erwin (1994) と Benton and Twitchett (2003) は、その原因が広範囲にわたる火 山活動が最も可能性が高いと考えた.彼らは次のよ うに結論づけた:絶滅モデルは6℃の地球温暖化と、 噴出物からの海洋 - 大気システムへの軽い炭素の莫 大な供給を含み、とくにガスハイドレートからの恒 常的な環境悪化をまねく正帰還ループ,すなわち「暴 走する温室」を形成した.ペルム紀 / 三畳紀境界に おける陸生植生の壊滅的な消失の背後にある地球規 模の炭素同位体回遊が注目され, Ward らによって議 論された.Ward et al. (2000)と Michaelsen (2002) は-オーストラリアの Bowin Basin 北部を通じた泥 炭を形成する植物の研究で-その時点で約95%の植 物が急速に消失したと結論づけた.

Hesselbo et al. (2000) は,ジュラ紀初期に,軽い同位体の炭素が海洋,生物圏および大気の上層の すべての炭素貯留層を支配していたという証拠を示 した.彼らは,観測されたパターンが,地球内部の 自然な脱気であろうガスハイドレートの海洋堆積物 からのメタンの大量放出によって生じたことを示唆 した(Gold, 1999; Storetvedt, 2003).海洋性メ タンハイドレートの同様の解離は,曉新世/始新世 境界における同位体の上下について示唆されている (Dickins et al., 1995; Katz et al., 1999).し たがって,少なくとも先カンブリア時代以降では, マントル由来メタンの大量放出の主要なは,特に急 速な海水準の上下変動の時に,地球の気温を上昇さ せる傾向があった.K/T境界と絶滅帯の真上での煤



図 9 後期白亜紀における 現在の大陸の浅海の分布を 描い世界地図の一部.図は Umbgrove (1942) に基づく. の発生については, Gilmour and Guenther (1988) が「メタンの不完全燃焼」と呼んだ世界的爆発 (Wohlbach et al., 1988) と関連しているとしてい て, これらは Max et al. (1999) も同意した結論 である.

上部白亜系の海進のピークは数多くの短期的な海水 準変動によって中断された.あるいは累進的な地殻 薄化,惑星自転速度の変化,世界の多くの地域でガ ス駆動の火山活動と連動していると思われる. L かしその後、海は徐々に大陸から後退した、海洋地 域では、しばしばアルプス変動とも呼ばれる「多岐 にわたる」地球規模の脈動は、浸食または非堆積の 地形(発展する海洋地殻の隆起段階によって形成 される) あるいは火山活動のイベン (Storetvedt. 1985 参照)として地質記録によく刻印されている. 白亜系上部では、地球史上初めて薄い深海堆積層が 広範に分布した. 中期中生代の前期の間に存在した 深海盆は,地殻薄化の影響を受けにくく,大気にさ らされていない大陸塊のモザイクで囲まれた円形か ら楕円形のくぼみで構成されている閉鎖海域であっ た. 深海においては、以前の大陸の多くの断片が、 異常に厚い地殻をもって沈んでしまった多数の非地 震性海嶺・海台に認められることがある.このように, 中生代の大部分では,残っていた大陸ブロック間に 大陸の連結が存在し、比較的自由な生物相の交流が されていた. にもかかわらず, 白亜紀の終わりまで にエクロジャイト化した地殻(から上部マントルへ) の薄化が加速し,発達した「アセノスフェア」は「熟成」 段階に達した:不均質に脆弱化した地殻は、力学的 に弱くなっただけでなく、開の柔らかいアセノスフェ アを通じてより容易に剥落するようになった.

エクロジャイト化した重たい地殻が変形可能な上部 マントルに沈むことの力学的帰結として,この惑星 の自転速度が増加し,不均一な地殻の緯度依存型ね じれ変形による極移動現象のきっかけをつくった (Storetvedt, 2003).したがって,初めて,現在の 大陸塊は薄くて変形可能な海洋地殻によって分離さ れ,惑星の回転が増加するため,大陸塊はその場で 相対運動をするようになった.大きな大陸ブロック については,これらの慣性回転は軽微であった.図 10は,上部白亜系の地球全体の古地理を示したス ケッチで,主要な大陸の方位角方向を適度に変化さ せた K/T 境界付近の地球的なねじれ構造革命の発動 直前のものである.

下部第三系の間,全体的に海退の傾向が広がった が、中新世の始まりによってこの傾向は逆転した. 三畳紀初期から始まった顕生代の第二オーダーの海 水準変動のスーパーサイクルは後期漸新世に終結し た(図8参照). それは約2億2,000万年続いてお り、テクトニクスーマグマティックパルスと組み合 わせて多くの小さな海水準上昇と下降を含み、それ らのいくつかは生物学的および環境的結果を伴っ ていた.このように、始新世/漸新世境界頃(約 3,500万年前)には、赤道の膨らみが35°の角移動 する極座標のはっきりしたイベントが発生し、地球 を現在の空間的な方位に近づけた. その結果, 顕生 代史上初めて, 北磁極が現北極海盆に位置するよう になり, 南磁極は南大西洋の第三紀初期の位置から 南極大陸に移動した.この極移動イベントは,現在 の南極大陸に氷床が十分に形成された始まりを示し ている. ヨーロッパでは、急激な冷却(例えば、 Buchardt, 1978) に関連した古生物学的および古気 候学的証拠(Pomerol, 1982参照)によって, 緯度 の大きな変化がよく示されている.

大陸の環境では、始新世/漸新世の動的遷移がエチ オピアの洪水玄武岩(36.9±0.9 My)の噴火を引き 起こし、その時に多数の火山ガス噴出が起こった. 例えば、カナダの Mistastin and Wanapitei Lake



図10 以前にあった海洋 間の陸橋を破壊したねじれ 構造による大陸の回転に先 立つ,提案された白亜紀末 までの地球の古地理のス ケッチ図.現在の地理のス ケッチ図.現在の地理と比 較して,大西洋大陸のねじ れらの方位角の向き)はで れらの方位角の向き)は に たい.濃い青色は深海底を 示し,薄い青色は「セノマ ニアン階」の海域を示す. 図 は Storetvedt (2003) に基づいている. クレーター, ロシアの Popigai クレーター. 直径 100kmの Popigai 構造の Ar40/Ar39 年代学によると, は,得られた年齢(36.9±0.2 My)と,米国東海 岸の 85kmのチェサピーク湾噴火口と関連する 35.3 ±0.2 Maの北アメリカのテクタイトの成熟度(Poag et al., 1994; Poag and Aubry, 1995)に密接な一 致が見られる(Bottomley et al., 1997).この時点 で発生している地球的地質現象の多様性に加えて, 衝撃石英と関連して明確なイリジウムのピークをも つ 35±0.4 Ma のイタリア Massignano 層序断面の火 山灰からも推論される(Montanari et al., 1993).

約3,500万年前の地球の重要な空間的方位変化は,揮 発性が高く不規則な大気圏での静水圧のかなりの上 昇をもたらしたに違いない.継続的な地殻の剥離イベ ントに加えて,最上部マントルの過剰圧が地表に火口 を形成し,高圧噴火を生じさせる圧力弁の一種として 役立ち,造構作用によって地殻「煙突」を作り出す だろう.多くの意味で,始新世/漸新世境界付近の赤 道の膨らみの主な移動は、アルプス構造の革命の終 末痙攣と見なすことができ,その時の広範囲の地殻-マグマ活動に関連する可能性がある.エクソンの海水 準曲線では,始新世/漸新世境界を特徴付ける海退と, 漸新世下部の海進が,漸新世中期の深い海退で終結す る-Rupelian 階/Chattian 階の境界マーカーとして 機能する(Haq et al., 1987).

海底の記録における古第三紀後期の層序間隙(ハイア タス)が全球的に分布するという研究で, Keller et al. (1987) は、始新世 / 漸新世と漸新世 / 中新世境 界で起こった浸食イベントを発見した. このことは, 地質学的時間境界に関連してテクトニクスと海退 / 海 進組み合わせの間に密接な関連が一般的に観察でき ることと一致する. しかし, Keller らは南大西洋の 横断的深海掘削(下を参照)によってよく実証されて いるエクソン曲線における比較的はっきりした漸新 世中期の海水準変化に対応する浸食層準を発見でき なかった.他方で、彼らは漸新世の初期および後期 の両方において「対応する」浸食不連続面を見出した. この文脈では、赤道の膨らみと極の平坦化(約3,500 万年前に起こったことなど)の大きな変化は、特に アセノスフェアの揮発性圧力とそれに関連する地殻 変動の広域変化を引き起こしがちであることを覚え ておく必要がある.というのは、それにより低緯度~ 中緯度の古緯度の一部の地域では,真の海水準変動が 覆い隠されることがあるからである.

全体として、漸新世に進行したマントルへの地殻逸 失と、深海底の発達に関連する海退傾向が示され る.この後期の地殻の再構成は必然的に、地球の慣 性モーメントの変化をもたらし、溶融ポケットの高 レベルと同様にリソスフェアレンズ内の封圧を高 め、より強力な構造 - マグマ活動の新しいサイクル が始まった.こうして、漸新世 / 中新世境界頃、す なわち約2,200万年前に,海はもう一度大陸に侵入 し,中新世中期~後期が全体的な高海水準期となっ た.漸新世以後(新第三紀)の海水準変動(Haq et al., 1987)のエクソンの提案を図11に示す.この スキームによれば,中新世前期~中期の約15Myの 期間に地球規模の海岸線が約150メートル上昇し た.この長年にわたる海進は,2つの短い海退イベ ントによって低下している.それは15 Myと8 My の大規模な海水準降下であり,後者は中新世の最低 海水準を規定している.中新世は,5 My(メッシニ アンの終わり)のはっきりした海退相によって終結 した.これらの海水準低下は,惑星自転の加速のイ ベントと関連している可能性が最も高く,広範囲に 電子化された下部地殻セグメントの下方への逸失に 対応した動的応答と考えられる.

大西洋地域では、中新世中期の振動する海退は、関 連する高圧の揮発性アセノスフェアと関連し、コロ ンビア川玄武岩(16.2±1 My)の溢流やドイツの Steinheim and Ries クレーター(約15 My)と同期 している(図11参照).中新世とそれより若い深海 地殻の隆起は,大陸の海進を引き起こし,世界の海 洋の広い地殻領域に影響を与えた. 例えば、中部大 西洋(カーボベルデ諸島、アセンション島、マデイ ラ島、アゾレス諸島)の島々では、中新統下部~中 部とより若い海底堆積層が現在の海抜 400 ~ 500 m の高さで見られる (Mitchell- Thomé, 1976) 一方 で、大西洋のこの部分では中新世以降の火山活動が 広範囲に発生した (Storetvedt, 1985 参照). 海退の 新第三系の相は、海洋化作用の最も若い相とほぼ相 関すると推測されていて、それは大陸地殻の特定の 領域を海洋型構造に変化させた. 例えば、地中海で はメッシニアン期に数多くの孤立した円形~楕円形 凹地が形成され,マントルから脱ガスした一連の非



図11 漸新世以後(新第三紀)のExxon海水準曲線(Haq et al., 1987))



図 12 図 (a) は,南西大 西洋の 30°S を横断する深 海掘削プロジェクトのLeg 3 (Maxwell et al., 1970 を簡略化)における「中期」 中新世堆積中断を示す.こ の海洋を横断する堆積ハイ アタスはここでは,下部-中部中新世の海水準上昇を 生み出した広範囲の深海底 地殻の隆起の一部とみなさ れている.図 (b) は,南 アメリカの中期中新世の海 水準の結果(淡青色)を例 示している(Webb, 1995).

常に厚い化学的岩塩と関連している.例えば,Wezel (1985)は、中新世後期にテチス地域がアルプス内大 陸地殻の直上の場所であったことを主張した.そし てそれは鮮新世-第四紀に、上部マントル作用によっ て地下薄化と活性化によって鉛直崩壊をもたらした.

我々が上で議論したように, 海底の周期的な鉛直運 動は、上層マントル揮発性圧力の蓄積とそれに続く 放出を反映しており, 堆積不連続やマグマ活動と関 連ししていて,持続的な地球規模の特徴であり海水 準変動の主要なイベントの究極の原因であると思 われる.したがって、図12aは南西大西洋を横切 る 30°S の重要な中新世ハイエタスを描写しており, 図11に示す中新世中期の海進相に対応している. 南米の低平域への洪水は図 12b に概説されている. 北ブラジルの大陸縁辺での深海掘削サイト 355 を延 長した堆積物断面で、堆積ハイエタスは白亜系最上 部(マーストリヒチアン階),始新世/漸新世境界 付近,および中新世中期に記録されている.したがっ て、大陸の低平域での海水準上昇に対応したイベン トに対応する海洋地殻の隆起の主要な段階と浸食と の間の密接な関係を示す理論が支持される. 中部大 西洋の西側と東側の大陸縁辺のサイトで得られた中 生代堆積物のコア記録が編集された結果 (Arthur, 1979; Storetvedt, 1985), 重要な層序ハイエタス が中生代後期の主要なユースタティックな海進と一 致することが追証された.

#### 結論的要旨

本論文では、地殻の形成が継続することによる地球 の表層の水の起源と海水準変動の原因について焦点 をあてた.出し抜けではあるが、大陸物質からマン トルへのエクロジャイト化の重力による損失が、結 局現在の薄い海洋地殻と深海盆を形成することを導 いた.地球モデルの実際の脱ガスの結果、今日の大 陸は,顕生代の間に,繰り返し徐々に上昇した海に よって浸水され,高海水準の後にはっきりとした海退 があり低海水準を形成した.多くの著者が長い間指摘 してきたように,地殻変動,マグマ活動,生物学的 事象,環境事象の観点から,最も顕著な海退イベン トは主な地質時代境界(地球史上の革命的なエピソー ドを表す)に起きている.このようにして,海水準変 化がこの惑星の第一次の地質学的兆候の残りの部分 と密接に関連していることが明らかになった.

この議論の中心は、低海水準の再現が繰り返される と結局それまでに形成された深海底を隆起させ、海 進と海退の組み合わせがマントルから常に新鮮な表 層水を加えたことになる. 最初の海進のスーパーサ イクルは、古生代前期に始まった-それはその時代 の海洋生物学の繁栄と密接に関連し、古生代後期ま で続いた.しかし、ペルム紀 / 三畳紀境界の海水準 の大規模低下は、海と大気に有毒なガスや液体を加 え,大量絶滅と生命史上最も深刻な危機を招いた (Raup, 1979). その時, 深海底はかなりの量にまで 進化し、大陸からは海退し、先カンブリア時代以降 の歴史においてこれまで以上に多くの乾陸を生じさ せた. ところが、内部のガスと流体は上部マントル に蓄積され、それに伴う圧力の上昇を続け、海底基 盤を中生代には隆起させ、上部白亜系には海水準上 昇が最高に達した. その後の海退と上部マントルの ガス枯渇は、K/T境界付近の別の主要な生物-環境的 危機につながった. こうして世界の海洋は現在の状 態に近づいたが、海水準変動サイクルは継続し、層 序を制御しながら深海底はまだ発達をつづけている. また、海水量が今日まで継続的に増加している可能 性が非常に高く、この惑星がもっている水の大部分 はおそらくまだ内部に存在しているのであろう.

謝辞:初期の原稿における数多くの言語修正と構文の 改善に貢献してくれた私の友人 Chris Argent (ロン ドン)の貴重な編集上の援助をいただいた. 私はこの 論文を出版可能な形にすることに彼が力を注いでくれた ことに非常に感謝している.いつものように、イラスト は私の長年の友人であり協力者である Frank Cleveland によって作成された.査読者の Dr. Per Michaelsen は, いくつかの貴重なコメントを提案してくれた.

#### 文 献

- Ampferer, O., 1944. Über die Möglichkeit einer Gasdruck-Tektonik. Akad. Wissensch. Wien, Math. Naturw. Klasse, Abt. Ia, Heft 1944/45, p. 45-60.
- Arthur, M.A., 1979. North Atlantic Cretaceous black shales: the record at site 398 and a brief comparison with other occurrences. In: Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Leg 47, p. 719-752.
- Austrheim, H., 1987. Eclogitization of lower crustal granulites by fluid migration through shear zones. Earth Planet. Sci. Lett., v. 81, p. 221-232.
- Austrheim, H., 1990. The granulite-eclogite facies transition: A comparison of experimental work and a natural occurrence in the Bergen Arcs, western Norway. Lithos, v. 25, p. 163-1169.
- Austrheim, H., 1998. Influence of fluid and deformation on metamorphism of deep crust crust and consequences for the geodynamics of collision zones. In: Geodynamics and Geochemistry of Ultrahigh-Pressure Rocks. Dordrecht, Kluwer Academic, p. 297-323.
- Austrheim, H., Erambert, M. and Boundy, T.M., 1996. Garnets recording deep crustal earthquakes. Earth Planet. Sci. Lett., v. 139, p. 223-238.
- Austrheim, H., Erambert, M. and Engvik, A.K., 1997. Processing of crust in the root of the Caledonian continental collision zone: the role of eclogitization. Tectonophysics, v. 273, p. 129-153.
- Barrell, J., 1917. Rhythms and the measurement of geologic time. Bull. Geol. Soc. Am., v. 28, p. 745-904.
- Barrell, J., 1927. On continental fragmentation and the geologic bearing of the Moon's surface features. Am. J. Sci., v. 213, p. 283-314.
- Bayer, U. & McGhee, G.R., 1985. Evolution of marginal epicontinental basins: the role of phylogenetic and ecological factors (ammonite replacements in German Lower and Middle Jurassic). In: Sedimentary and Evolutionary Cycles. Berlin, Springer-Verlag, p. 163-220.
- Buchardt, B., 1978. Oxygen isotope palaeotemperatures from the Tertiary period in the North Sea area. Nature (Lond.), v. 275, p. 121-123.
- Bond, G.C., Kominz, M.A. and Grotzinger, J.P., 1988. Cambro-Ordovician eustasy: Evidence from geophysical modelling of subsidence in cordilleran and Appalachian passive margins. In: New Perspectives in Basin Analysis. Berlin, Springer, p. 129-160.
- Bottomley, R. et al., 1997. The age of the Popigai impact event and its relation to its relation to events at the Eocene/Oligocene boundary. Nature (Lond.), v. 388, p. 365-368.
- Boucot, A.J. and Johnson, J.G., 1973. Silurian Brachiopods. In: Atlas of Palaeogeography. Amsterdam, Elsevier, 426p. Bucher, W.H., 1933.
   The Deformation of the Earth's Crust. New York, Princeton Univ. Press, 518p.
- Bridgman, P.W., 1927. The Logic of Modern Physics. New York, MacMillan, 242p.
- Brown, D.A., Campbel, K.S.W. and Crook, K.A.W., 1969. The Geological Evolution of Australia and New Zealand. London,

Pergamon Press,

- Bucher, W.H., 1933. The deformation of the Earth's Crust. New York, Hafner, 518p.
- Chamberlin, T.C., 1897. A group of hypotheses bearing on climatic changes. J. Geol., v. 5, p. 653-683. Cloos, H., 1939. Hebung-Spaltung-Vulkanismus. Geol. Rundschau, v. 30, p. 405-427.
- Creer, K.M., 1975. On a tentative correlation between changes in the geomagnetic polarity bias and reversal frequency and the Earth's rotation through Phanerozoic time. In: Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation. London, John Wiley, 559p.
- Dana, J.D., 1873. On some results of the earth's contraction from cooling, including a discussion of the origin of mountains and the nature of the earth's interior. Am. J. Sci., 3rd series, v. 5, p. 423-443.
- Dott, R.H. Jr. and Batten, R.L., 1976. Evolution of the Earth. New York, McGraw-Hill, 504p.
- Dott, R.H. and Prothero, D.R., 1994. Evolution of the Earth. New York, McGraw-Hill, 567p. Dana, J.D., 1881. The continents always continents. Nature, v. 23, p. 410
- Dickins, G.R., 1995. Dissociation of oceanic methane as a cause of the carbon isotope excursion at the end of the Paleocene. Paleoceanography, v. 10, p. 965-971.
- Dziewonski, A.M., 1984. Mapping the lower mantle: determination of lateral heterogeneity in P velocity up to degree and order 6. J. Geophys. Res., v. 89, p. 5929-5952.
- Dziewonski, A.M. and Woodhouse, J.H., 1987. Global images of the Earth's interior. Science, v. 236, p. 37-48.
- Embleton, B.J.J. and Williams, G.E., 1986. Low palaeolatitude of deposition for late Precambrian periglacial varvites in South Australia: implications for palaeoclimatology. Earth Planet. Sci. Lett., v. 79, p. 419-430.
- Erwin, H.E., 1994. The Permo-Triassic extinction. Nature (Lond.), v. 367, p. 231-236.
- Forte, A.M., Dziewonski, A.M. and O'Connell, R.J., 1995. Continentocean chemical heterogeneity in the mantle based on seismic tomography. Science, v. 268, p. 386-388.
- Gilmour, I. & Guenther, F., 1988. The global Cretaceous-Tertiary fire: biomass or fossil carbon? Abstract at Snowbird II: Global Catastrophes in Earth History.
- Gold, T., 1979. Terrestrial sources of carbon and earthquake outgassing. J. Petrol. Geol., v. 1, p. 3-19.
- Gold, T., 1987. Power from the Earth: Deep Earth Gas Energy for the Future. London, Dent & Sons, 208p. Gold, T., 1999. The Deep Hot Biosphere. New York, Springer, 235.
- Gottfried, R., 1990. Origin and Evolution of the Earth Chemical and Physical Verifications. In: Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory II. Athens (Greece), Theophrastus Publ., p. 115-140.
- Hallam, A., 1977. Secular changes in marine inundation of USSR and North America through the Phanerozoic. Nature, v. 269, p. 769-772.
- Hallam, A., 1989. The case for sea-level change as a dominant causal factor in mass extinction of marine invertebrates. Phil. Trans. Roy. Soc. Lond., B 325, p. 437-455.
- Hallam, A., 1992. Phanerozoic Sea-Level Changes. New York, Columbia Univ. Press, 266p.
- Hallam, A. and Wignall, P.G., 1999. Mass extinctions and sea-level

changes. Earth-Science Reviews, v. 48, p. 217-250.

- Hardenbol, J. et al., 1998. Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins. In: SEPM Special Publication No. 60, p. 3-13.
- Haq, B.U. and Shutter, S.R., 2008. A chronology of Palaeozoic sealevel changes. Science, v. 322, October 2008, p. 64-68.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. & Vail, P.R., 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. Science, v. 235, p. 1156-1167.
- Hixon, H.W., 1920. Is the Earth expanding or contracting? Popular Astronomy, v. 28, p. 1-11.
- Hoyle, F., 1955. Frontiers in Astronomy. Melbourne, Heinemann, 360p.
- Hunt, C.W. et al., 1992. Expanding Geospheres. Energy and Mass Transfers from Earth's Interior. Calgary, Polar Publishing, 421p.
- Jablonski, D., 1986. Causes and consequences of mass extinctions. In: Dynamics of Extinction. New York, John Wiley, p. 183-229.
- Joly, J., 1925. The surface history of the Earth. Oxford, Oxford, Clarendon Press, 192p.
- Katz, E.K, et al., 1999. The source and fate of massive carbon input during the latest Palaeocene thermal maximum. Science, v. 286, p. 1531-1533.
- Keller, G. et al., 1987. Global distribution of late Palaeogene hiatuses. Geology, v. 15, p. 199-203.
- Kreichgauer, D., 1902. Die Äquatorfrage in der Geologie. Steyl, Missionsdruckerei, 442p.
- Leech, M.I., 2001. Arrested orogenic development: eclogitization, delamination, and tectonic collapse. Earth Planet Sci. Lett., v. 185, p. 149-159.
- Link, P.K. et al., 1992. Middle and Late Proterozoic stratified rocks of western U.S. Cordillera, Colorado Plateau, and the Basin and Range Province. In: The Geology of North America, The Cordilleran Orogen. Boulder, The Geol. Soc. Am.
- Matthews, S.C. and Cowie, J.W., 1979. Early Cambrian transgression. J. Geol. Soc. London, v. 136, p. 133-135.
- Max, M.D. et al., 1999. Sea-floor methane blow-out and global firestorm at the K-T boundary. Geo-Marine Lett., v. 18, p. 285-291.
- Maxwell, A.E. et al., 1970. Initial Reports of the DSDP Leg 3. Washington D.C., US Govt. Print. Office.
- Michaelsen, P., 2002. Mass extinction of peat-forming plants and the effect of fluvial styles across the Permian-Triassic boundary, northern Bowen Basin, Australia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, v. 179, p. 173-188.
- Miller, K.G. et al., 2005. The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change. Science, v. 310, p. 1293-1298. Mitchell-Thomé, R.C., 1976. Geology of the Middle Atlantic Islands. Berlin, Gebrüder Bornträger, 382p.
- Montanari, A. et al., 1993. Iridium anomalies of Late Eocene age at Massignano (Italy), and ODP Site 689B (Maud Rise, Antarctica). Palaios, v. 8, p. 420-437.
- Morelli, A. and Dziewonski, A.M., 1987. Topography of the coremantle boundary and lateral homogeneity of the liquid core. Nature (London), v. 325, p. 678-683.
- Möller, P. et al., 1997. Paleofluids and Recent fluids in the upper continental crust: Results from German Continental Deep Drilling Program (KTB). J. Geophys. Res., v. 102, p. 18233-18254.

Möller, P. et al., 2005. Main and trace elements in KTB-VB fluid:

compositions and hints of its origin. Geofluids, v. 5, p. 28-41.

- Okuchi, T., 1997. Hydrogen partitioning into molten iron at high pressure: implications for Earth's core. Science, v. 278, p. 1781-1784.
- Pannella, G., MacClintock, C. and Thompson, M.N., 1968. Palaeontological evidence of variations in the length of the month since the Late Cambrian. Science, v. 162, p. 792-796.
- Pinet, B.L. et al., 1987. Crustal thinning on the Aquitaine shelf, Bay of Biscay, from deep seismic data. Nature (Lond.), v. 325, p. 513-516.
- Poag, C.W. and Aubry, M.-P., 1995. Upper Miocene impactites of the U.S. East Coast: Depositional origins, biostratigraphic framework, and correlations. Palaios, v. 10, p. 16-43.
- Poag, C.W. et al., 1994. Meteoroid mayhem in Ole Virginny: Source of the North American tectite strewn field. Geology, v. 22, p. 691-694.
- Pomerol, C., 1982. The Cenozoic Era. Chichester, Ellis Horwood Ltd., 272p.
- Rao, K.V. and Deutsch, E.R., 1976. Palaeomagnetism of the Lower Cambrian Bradore Sandstones, and the rotation of Newfoundland. Tectonophysics, v. 33, p. 337-357.
- Raup, D.M., 1979. Size of the Permo-Triassic bottleneck and its evolutionary implications. Science, v. 206, p. 217-218. Raup, D.M. and Sepkoski, J.J., 1982. Mass extinctions in the marine fossil record. Science, v. 215, p. 1501-1503.
- Rona, P.A., 1973. Worldwide unconformities in marine sediments related to eustatic changes of sea level. Nature (Lond.), v. 244, p. 25-26.
- Rosenberg, G.D., 1997. How long was the day of the dinosaur? And why does it matter? In: Dinofest International:Proceedings of a Symposium Sponsored by Arizona State University. Philadelphia, The Academy of Sciences.
- Rubey, W.W., 1951. Geologic history of sea water. Bull. Geol. Soc. Am., v. 62, p. 1111-1148.
- Ruditch, E.M., 1990. World ocean without spreading. In: Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory, vol. II. Athens, Greece, Theophrastus Publications, p. 343- 395.
- Schwarzbach, M., 1963. Climates of the Past. London, Van Nostrand, 340p.
- Sloss, L.L., 1963. Sequences in the cratonic interior of North America. Bull. Geol. Soc. Am., v. 74, p. 93-114.
- Smithson, S.B. et al., 2000. Seismic results at Kola and KTB deep scientific boreholes: velocities, reflections, fluids, and crustal composition. Tectonophysics, v. 329, p. 301-317.
- Stevenson, D.J., 1981. Models of the Earth's core. Science, v. 214, p. 611-619.
- Stille, H., 1924. Grundfragen der Vergleichenden Tektonik. Berlin, Bornträger, 443p.
- Storetvedt, K.M., 1985. The pre-drift Central Atlantic; a model based on tectono-magmatic and sedimentological evidence. J. Geodyn., v. 2, p. 275-290.
- Storetvedt, K.M., 1997. Our Evolving Planet. Bergen, Alma Mater (Fagbokforlaget), 456p. Storetvedt, K.M., 2003. Global Wrench Tectonics. Bergen, Fagbokforlaget, 397p.
- Storetvedt, K.M., 2011. Aspects of Planetary Formation and the Precambrian Earth. NCGT, no. 59, p. 60-83.
- Storetvedt, K.M., 2013. Global Theories and Standard of Judgment: Knowledge versus Groundless Speculation. NCGT Journal, v. 1, p. 56-102. Storetvedt, K.M., 2015a. Mountain Ranges – A Newcomer in Earth

History. NCGT Journal, v. 3, no. 3, p. 334-356.

- Storetvedt, K.M., 2015b. The Australia-Antarctica dynamo-tectonic relationship: Meso-Cenozoic tectonic events, and palaeoclimate. NCGT Journal, v. 3, no. 1, p. 43-62.
- Storetvedt, K.M. and Longhinos, B., 2014a. Australia within the setting of Global Wrench Tectonics. NCGT Journal, v. 2, no. 1, p. 66-96.
- Storetvedt, K.M. and Longhinos, B., 2014b. The wrench tectonic history of Greater Australia: Further substantiation of evidence. NCGT Journal, v. 2, no. 3, p. 61-69.
- Strakhov, N.M., 1948. Outlines of Historical Geology. Moscow, Govt. Print. Office.
- Süss, E., 1885-1901. Das Antlitz der Erde. 3 vols. (1885, 1888, 1901).
   Vienna, F. Temsky. Süss, E., 1893. Are Great Ocean Depths Permanent? Natural Sci., v. 2, p. 180-187.
- Trotter, W., 1941. Collected Papers of Wilfred Trotter. Oxford, Oxford Univ. Press, 194p.
- Truswell, J.F. and Eriksson, K.A., 1975. Facies and laminations in the lower Proterozoic Transwaal Dolomite, South Africa. In: Growth Rhythms and the History of the Earth's Rotation. London, John Wiley, p. 57-73.
- Tunyi, M. et al., 2001. Shock magnetic field and origin of the Earth and planets (extended abstract). Int. Workshop on Global Wrench Tectonics, Oslo 9-11 May, 2001.
- Turekian, K.K., 1977. Oceans (2nd ed.). Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 149p.
- Umbgrove, J.H.F., 1939. On rhythms in the history of the Earth. Geol. Mag., v. 76, 116-129. Umbgrove, J.H.F., 1942. The Pulse of the Earth, 1st ed. The Hague, Martinus Nijhoff, 179p.
- Umbgrove, J.H.F., 1947. The Pulse of the Earth, 2nd ed. The Hague, Martinus Nijhof, 358p. Urey, H., 1952. The Origin of the Earth and the Planets. Oxford, Oxford Univ. Press,

Vail, P.R. et al., 1977. Seismic stratigraphy and global changes of sea

level. Mem. Am. Ass. Petrol. Geol., v. 26, p. 49-212.

- Van Andel, T.H., 1985. New Views on an old Planet. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 324.
- Walther, J.V., 1994. Fluid-rock reactions during metamorphism at mid-crustal conditions. J. Geol., v. 102, 559-570.
- Ward, P.D., Montgomery, D.R. & Smith, R., 2000. Altered river morphology in South Africa related to the Permian-Triassic extinction. Science, v. 289, p. 1740-1743.
- Webb, S.D., 1995. Biological implications of the Middle Miocene Amazon Seaway. Science, v. 269, p. 361-362.
- Wegener, A., 1912. Die Entstehung der Kontinente. Geol. Rundsch., v. 3, p. 276-292.
- Wegener, A, 1915. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane. Braunschweig, Vieweg & Sohn, 99p.
- Wegener, A., 1924. The Origin of Continents and Oceans. London, Methuen, 212p.
- Wegener, A., 1929. The Origin of Continents and Oceans (translated and reprinted 1966). London, Methuen, 246p.
- Wells, J.W., 1963. Coral growth and geochronometry. Nature, v. 197, p. 948-950.
- Wells, J.W., 1970. Problems of annual and daily growth rings in corals. In: Palaeogeophysics. London, Academic Press, p. 3-9.
- Wettstein, H., 1880. Die Strömungen der Festen, Flüssigen uns Gasförmigen und ihre Bedeutung für Geologie, Astronomie, Klimatologie und Meteorologie. Zürich, Wurster & Cie, 406p.
- Whyte, M.A., 1977. Turning points in Phanerozoic history. Nature (Lond.), v. 267, p. 679-682.
- Williams, G.E., 1989. Tidal rhythmites: geochronometres for the ancient Earth-Moon system. Episodes, No. 12, p. 162-171.
- Windley, B.F., 1977. The Evolving Continents. London, John Wiley, 385p.

Wohlbach, W.S. et al., 1988. Global fire at the Cretaceous-Tertiary boundary. Nature (Lond.), v. 334, p. 665-669.

## *地球気候コーナー* GLOBAL CLIMATE CORNER

## 実存しないデータにもとづくディエゴガルシアにおける海水準上昇の主張 The claim of a high rate of sea-level rise for Diego Garcia is based on non existing data

#### Albert Parker

School of Engineering and Physical Science, James Cook University, Townsville QLD 4811, Australia. albert.parker.2014@gmail.com

#### (岩本 広志[訳])

要旨:ディエゴガルシアにおける最近の研究では、この30年間以上の海水準上昇量は5mm/年を超える、と主張されている. 筆者の解析によれば利用可能な海水準データの時系列が散発的で、2つの別の検潮器が相互に調整されことなく取得した不 完全なデータにもとづくものであり、わずか10年間ほどをカバーしたものにすぎない.著者はKo Taphao Noi (タイ南部プーケッ ト地区のマレー半島西海岸の島) でのより長期間にわたる検潮記録の類似データを提示する.この記録は良質で、観測期間 も十分に長い.それは5mm/年の海水準上昇速度に比べるとはるかに小さい値を示す.このデータは良質で十分な長時間 にわたるものであり、私たちに真実を告げるだろう.

キーワード:気候変動,海水準,数十年間の振動的変化

(2016年9月13日受付, 2016年11月21日受理)

## オーストラリアの気温測定結果は技術的トラブルによるものではない Australian temperature measurements disprove engineered products

Albert Parker

School of Engineering and Physical Science, James Cook University, Townsville QLD 4811, Australia. albert.parker.2014@gmail.com

## (岩本 広志[訳])

要旨: Gergis, Neukom, Gallant and Karoly (2016) は、2012年の撤回論文の改訂版で、オーストラリアにおける1950年 以降の測定気温に基づいて、過去1000年間のいかなる時期よりも暖かかったと主張している.彼らの主要な改訂箇所は、 1000年以降、気温は950年の間に気温はわずかに減少するトレンドを示している.それゆえ、地球温暖化をもたらした気 温上昇が1950年に開始したという.この疑惑は著者らがオーストラリアでの温暖化を劇的にするために彼らは観測結果を 人為的に逆転させたという疑義の根拠は、オーストラリアの都市ヒートアイランドの影響を受けない数多くの地方局における 生データや、1800年代末以降の他の偏りのないデータが1800年代末から現在まで期間には実に安定的であることにある. キーワード:気候変動、オーストラリア、気温測定、気温復元 (2016年10月10日受付、2016年11月21日受理)

# 新刊 NEW BOOK

### 大激変! なぜ壊滅的地震が米国をすぐにも襲うのか UPHEAVAL! Why catastrophic earthquakes will soon strike the United State

Written by John L. Casey. Co-authored by Dong Choi, Fumio Tsunoda and Ole Humlum 出版社: Trafford Publishing, USA. 出版日: 13 December 2016. 頁: 332. 判: 21.59 x 2.29 x 21.59 cm (8.5 x 0.9 x 8.5 inches). ISBN: 978-49077-903-4



(岩本広志[訳])

本書は、国際的な科学者チームによって著述された.第一著者はジョン・L・ カセイで、ベストセラーの著者で、指導的気象研究者である.共著者3名 は地質学博士で、ドン・チョイ博士(オーストラリア),角田史雄博士(日本), オーレ・ヒュムル博士(ノルウェー)である.

"大激変"は、気候変動が太陽活動の劇的な衰弱や最悪な地震に直接関わっているのか、そして、2世紀に渡る長期間の地震と気候サイクルがなぜ再発したのか、を説明する.著者らは"太陽活動の極小期"あるいは"太陽 の冬眠"と呼ばれる太陽エネルギー輻射の減少がまさに始まっていて、すでに激変的地震の新しいラウンドが始まっていて、それは1.49億人の米国 市民に影響を与えるリスクとして米国政府によって認定された地震である と結論している.

この調査チームが発見した驚くべき事実のいくつが、この 332 頁の本に解説されていて、今このペーパーバックによって広く読むことができるようになった.その結論は:

- 1. なぜ巨大地震が近い将来に莫大な人命と財産の損失を持って事実上カリフォルニアを襲うのか.
- 2. なぜカスケード沈み込み帯が破断しそうなのか、それは、いつ・どこで起きるのか.
- 3. なぜ,別のM7.0~M8.0の壊滅的地震が中央ミシシッピ渓谷におこり、すぐに人命と財産に悲劇的な損失をもたし、 米国経済に甚大な影響を与えるか.
- 4. なぜ米国北東部が数ヶ月にわたって暗黒(停電)と寒冷に陥るのか.冬季間であれば,現在使用しているミシシッピ川中流渓谷から供給されている天然ガスと石油がほぼすべて失われるのか. 合衆国連邦緊急事態管理庁(FEMA)はこの地域の地震によって国家の主要エネルギーパイプラインが45万ヶ箇所で破壊されると推定している.
- 5. なぜ最初の地震の発生が、早ければ、2017年になるのか!
- 6. この新しい危険な地球物理学時代にどのような人命救助・ビジネス救助が準備されうるのか.

- 7. なぜに、数週間や数ヶ月に渡って必要な水や食料の配給に州や地方が権限を持たず、合衆国政府は援助の見通 しをもっていないのか.
- 8. なぜ、この地球物理学的動乱の結果が、幾つかの州が倒産するほどの米国経済の長期間ダメージになり得るのか.
- 9. なぜ、予期される地震のダメージが数万人のアメリカ人犠牲者をもたらし、被害額が最大 6000 億ドルになるの か.
- 10. 短期間の間に米国全体にわたって複数の巨大地震が襲うのか. そのときには, 直近の2世紀前の出来事が繰り 返えされるのか.

この本は、トラフォード出版社のホームページ http://bookstore.trafford.com/Products/SKU-001120017/Upheaval. aspx. で閲覧し購入することができる.この本は同様に amazon.com. (https://www.amazon.com/dp/1490779035?\_encoding=UTF8&psc=1) でも購入可能である.

## 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部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薦めす 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)
   □座番号:06 2913 10524718
   □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 と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.