

深地層研究施設整備促進補助事業
(岐阜県瑞浪市の深地層研究施設を活用する試験研究等に係る事業)

第3章 評価コメント

本中間評価は、「経済産業省技術評価指針」を参考に自主的に外部評価を行ったものであり、調査研究成果を中心に評価いただいた。研究所にとって今後の参考になる多くの重要な意見が委員から述べられている。

1. 事業に関する総合評価

【肯定的意見】

A: 構成人員が非常に限られていながら、多くの課題に取組み、それぞれの課題で想定以上の成果が得られており、目標とする水準には達している。

その成果の一つとして、ボアホール総合観測システムはすでに実用化され、気象庁、産総研、大学等との連携のもと各地で実践に供され他の観測では得られない貴重なデータが蓄積されている。これは特殊な環境を意識して研究テーマを設定し挑戦してきた結果であり、事業として高く評価できる。

研究成果は随時地元住民にも公表・説明しており、地域の理解を得るための努力がなされていて、地域の地震防災にも貢献している。

C: 東濃地震科学研究所 (TRIES) の石井 紘所長らが開発したデジタル式地殻活動総合観測システムや最近新たな改良が進んだ応力計は、地下深部空間を活用して、地震前後の地殻変動をこれまでに例のない高い精度で地下深部に向けて微細に明らかにできると期待される。

F: 限られた空間スペースで観測可能な歪計、応力計を開発し、それらを深地層に設置して、例えば、大規模地震によって生じた変動を高ダイナミックレンジで記録できることを示したり、鉱山再冠水に伴う地下水変化に関連した歪変化を観測したりするなど、興味深い新たな知見が得られている。地下水、地殻変動、重力変化、地震防災に関するアウトリーチ活動など、多岐にわたる調査研究課題を少ない人員でよく遂行している。

B: 日本において他に類を見ない深層立坑を十分に活用して意義の深い成果を挙げており、高く評価できる。とりわけ、少ない研究者数で活発に研究活動が行われていることは賞賛に値する。また、アウトリーチ活動も大変活発に実施されていることは特筆に値する。

E: 地下深部空間等を活用する技術開発、観測研究などの目標に対しての取り組みが、適切に示され、実施されている。また、その成果が、広く報告され、新たな研究にもつながっている。

【問題点・改善すべき点】

A: 研究者の数が少ないので、研究会や委員会をとおして、各研究機関や大学と連携して研究協力体制を築いているところであるが、観測体制を維持することが難しくなっていることは否めない。

特に、若い研究者が専属で従事する環境を整えることは逼迫した課題である。そのためにはユニークな研究の成果を示すことで研究所の魅力をアピールしていくこと、および将来性のある研究計画を示し続けることが必然となる。

C: 地震に関連した地殻変動と地下水変動の相互作用に関する研究は、地球物理学の第一級の研究テーマであるが、TRIES はそれらの研究にとって絶好のフィールドであると言える。TRIES の研究者を中心として、過去 3 年間に地殻変動と地下水変動に関する多くの研究成果が公表されているが、それらの相互作用を深く論じた論文はまだ少ないように思われる。

F: いろいろなイベント時における地下水位変動は興味深いものがあるが、地下水流動に関して、統一した明確な解釈は、まだなされていないように見受けられる。それが難しい問題であることはわかるが、地下水が面的にどのような形態で分布し、地下水の流れはどうなっているかについて、現時点での観測結果を総合的な視点で整理されてみられたらどうだろうか。どのような知見が、まだ欠けているか、どのような観測をしたら、必要で重要な知見が得られる可能性があるか、みえてくるかもしれない。

- D: 本研究の目的の一つである「地域の地震防災に資する」には、地域特有のハード、ソフト両面の防災力を明確に分析する必要がある。限られた研究者に加えて、外部の有識者等の活用・協力を得る努力も必要かと思われる。
- B: 研究者数に比して実施している研究課題がやや多すぎるように思われる。常勤研究員6名＋非常勤12名の計18名で研究実施数が54項目数えられる。一人平均3項目で、それほど多くはないようにも見えるが、非常勤研究員は多くの研究課題はこなせないであろうから、常勤研究員の負担は多いと考えられる。その結果として研究成果を深く追求していくという姿勢にやや欠けるように見受けられる。課題を特に重要かつ興味深いテーマに絞って、深く追求していく姿勢をより強く打ち出すほうがよいように思われる。
- E: 研究の性質上、また、予算の都合上、数値目標やスケジュール目標が立てにくいものと思うが、そのような目標設定も必要ではないか。

2. 今後の研究開発の方向等に関する提言

- A: 各種観測の手法や技術的な面ではほぼ確立してきていると言えるが、連続観測によるデータの蓄積に不可欠な観測機器の保守では人的、予算的に厳しい面があるので、各観測点を見直して有効性を再評価して重点化を図る必要があろう。
- 各サブテーマの最終的なアウトカムをどこに設定して収束していくかということは、研究の性質上非常に難しいかもしれないが、3年程度の比較的短期の目標設定をより明確に示し、その都度評価して次のステップに活かすという意識をより強く持って研究を進展させていきたい。
- 地域住民の防災への関心は年々高まっている。これまでの広報活動に寄るところが大きいですが、より質の高い情報をいかに分かりやすく発信していくかをさらに追及して欲しい。
- C: 前半のサブテーマの1～3については、活発な研究活動が行われていることが理解できた。TRIESが開発した高精度のボアホール型地殻活動総合観測装置をMIUが提供している広範な地下空間に配置することにより、地殻変動と地下水変動の相互作用に関して更なる研究成果が期待できる。
- それに比べると、後半のサブテーマの4～6は、やや勢いが弱いように感じられた。内陸地震に関して、濃尾地震の被害を知っている生存者はいないであろうし、プレート境界地震は、地表からの深さが30～60kmもあることから、地域の人々は地震被害についてあまり身近に感じていないということもあるのかも知れない。しかし、そう遠くない将来に、東海地震・東南海地震の同時発生も無視できないことから、地元住民に地震の怖さについて、もっと知ってもらう必要があると思う。
- 地域の地震防災に貢献するために、東濃地域のハザードマップの作成と過去の被害地震資料の拡充に引き続き取り組む必要があるであろう。
- F: アウトプットは少ない陣容で良く努力された成果がでていると思うが、それに比べるとアウトカムはまだ不十分であるように見受けられる。開発された歪計、応力計は南アフリカの金鉱山でも観測に使われているようだが、更に広く東濃地震研究所以外で活用されるよう、それに向けての積極的な取り組みがあっても良いように思う。そのためには、可能な範囲でデータを公開して、関心を持つ多くの研究者がアクセスできるようにするとともに、開発した観測装置に対する大学や他研究機関の研究者の期待、要望を取り込んでいく工夫もあっていいのではなかろうか。
- 個別の観測成果は興味深いものが多々あるが、まだ、論文にまとめられる程度に、よく解明されているとはいえないように感じた。他の研究機関の研究者と共同研究しながらノウハウの供与を受けて、研究内容の高度化を図っていくことを考えてもいいのではないかと思う。
- D: 東濃における地域地震防災の研究においては、岐阜県で実施されつつある詳細な検討事業の成果を是非活用されると良い。
- B: 本研究所は日本、あるいは世界的に見ても稀な、深層立坑を活用して、他では困難な地中の深い場所での各種の地球科学的な研究が実施されており、現在の研究体制を保持しつつ、長

年にわたって研究を続けていくことが重要である。ただ、やるべきことがあまりにも多すぎるように思われるので、周囲の環境変動に伴う地下水の挙動や、それに伴う地殻変動・地殻ひずみ・傾斜などへの影響など特に基礎的で重要な課題を選定し、他では決して得られないような貴重な成果を出していけるように体制をよく吟味する必要があると感じられる。

E： 揺れやすさマップの公表や地域住民への説明会、報告会を開催されている。研究施設の地域貢献を広くPRするためにも、地域の地震防災に資する研究の継続を希望する。

3. 個々のテーマに関するコメント

(研究開発内容及び事業アウトプットに対する評価)

1) サブテーマ: 1 地下深部空間を活用する技術の開発研究及び立坑における観測研究

[目標の達成度に対する評価]

A： 地下深部空間での観測・研究は、各ステージでの条件を十分踏まえて、目的設定から技術的課題の解決に至るまで独自の工夫で対応してきた。測定器のコンパクト化や老朽化に対処しながらフレキシブルに観測・調査に努めており、現時点での目標はほぼ達成されていると言えよう。更なる変革、進展を目指した次の段階に期待したい。

C： 我が国の地震前後の地殻変動の研究は、1965年の地震予知研究の発足後、主に大学によって水平地殻変動観測室内に傾斜計や伸縮計を設置して行われてきた。しかし、このような地表面に近い水平坑道内の地殻変動精密観測は、1995年1月17日の兵庫県南部地震(M7.3)の際に震源断層の真上に近いところにあった京都大学・六甲高雄観測室のレーザー伸縮計記録に地震前後の異常歪変化がまったく観測されなかったことから行き詰った。この点、東濃地震科学研究所(TRIES)の石井 紘所長らが開発したデジタル式地殻活動総合観測システムや最近新たな改良が進んだ応力計は、地下深部空間を活用して、地震前後の地殻変動の深さ方向の微細な変化までが明らかにできると期待される。

F： 地震に伴う水圧、地下水位変化、再冠水試験前後の水圧、応力計の変化、制御震源の開発とそれを用いた観測、多量の湧水排出に伴う地盤の上下変動の観測とその解釈、気圧変動と上下変動との関連性、重力観測データに対する大気擾乱や陸水の影響評価など、多岐にわたる興味深い観測・調査が実施されている。ただ、研究目標として、変化を生じさせている各種要因及び変化のメカニズムの解明、観測精度向上のためのデータ補正法の開発等までをかかげるとするならば、今のところ、それらの多くの調査は、まだ、最終的な目標に達しているとはいえないように思われる。

B： 観測は順調に行われているとの印象があり、問題はないと考えられる。

E： 様々な観測、研究が実施され、その達成度は予定どおり進行しているとのことである。私自身はコメントできる能力を有していないが、その成果に期待する。

[成果に対する評価]

A： 制御震源による熊本地震時のP波のステップ状走時遅延の観測、ボアホール総合観測による間隙弾性体モデルの構築、応力計の広ダイナミックレンジの検証等、ユニークな成果が着々と得られている。成果はその都度学会等で発表されているようだが、よりアピールするためには国内のみならず海外での同様な研究とのコミュニケーションをより密にしていくことが必要であろう。

岩盤の不均質性の研究や、地震動の地域差研究はデータの蓄積と共により明らかになってきており、当地域のモデルを構築しつつある。

C： TRIESで開発された地殻活動総合観測装置は、南海トラフの海溝型大地震前後の地殻応力や地殻ひずみ変化の空間的変動を精度よく検出するために、沿岸地域にある政府機関の観測点の20か所以上に配置されており、今後の観測成果が待たれている。また、南アフリカの金鉱山(地下3km)においても石井式ボアホール装置は20台以上が設置され、「やまハネ」の観測的研究に役立っている。

F: 例えば、地震に伴う水圧、地下水位変化について言うなら、評価委員会で紹介されたのは、2016年1年間の記録だった。これまでに多くの観測事例が集められているのではなかろうか。それらをいろいろな視点から統計的に考察されたら、地震波の到来に伴う水圧、地下水位変化の一般的な特徴を、ある程度、抽出できるのではないかと思う。最大振幅の到達時に地下水位変化が始まり、最大の変化に至るまでの時定数はイベントによって変わらないということだったが、最大の変化は最大振幅の大きさと関係していないか？地震波がやってくる方位の影響はあるのか。真下から来る深い地震の波についてはどうか？

再冠水試験前後の水圧、応力計の観測では、間隙水圧変化に伴う岩盤中の応力変化が見られなかったとのことで、それについての説明も試みられていたが、どういうイベントに対してどのような変化が生じ、あるいは生じなかったかについて、観測事例を総合的に考察して、地震波速度構造も考慮にいれながら、地下の状況についてこれまでに得られた知見を全体的にとりまとめられたら、今後の調査にも役立つのではないかと思われる。

2002年からの多量の湧水・排水に伴う地盤の沈降は、水位の低下がいったん止まったのに沈下は継続しているとのことだった。水準網の拡大による面的な調査では、網内の南西側での沈降が目立つとのこと、基盤岩までの堆積層の厚さと沈降量との関係が議論されていたが、必ずしも、その解釈ですべて説明できるようには思えない。地下水位変化に関する他の観測データと合わせながら、地下水を含んだ層の深さや厚さ、その分布と地下水の流れについてのモデルをつくってみられてはどうだろうか。

東北地方太平洋沖地震に伴った気圧変動と上下変動が微積分の関係で結ばれていて相互に転換できるという興味深い観測データが紹介された。他にも同様な観測事例は、例えば遠方のチリの巨大地震の際などにおいて、認められたのだろうか。

STS地震計と比較して、応力計は東北地方太平洋沖地震の波形をも完全に記録できたとのこと、これは応力計の優位性を示すもので、広範囲に活用されることを目指してもっと宣伝してもいいのではなかろうか。

重力観測は、深地層・地下空間における地下水流動の実態解明に役立てる意図で実施されているようであるが、まだ十分な成果が挙げられたとは言えないように思われる。絶対重力計観測に関しては、大学や国土地理院、産総研、あるいは極地研などで、これまでにいろいろとノウハウが蓄えられていると思うので、研究交流をもっと行った方が良いのではなかろうか。

制御震源の開発では、いくつかの興味深い事象が観測されており、今後も観測を継続して確認作業を続けられると良いと思う。

D: 27年度のみ研究発表資料リストのみ示されており、3年間の成果の一部ではあるが、論文発表が若干少ないと感じられる。

B: 大変多くの取り組みがなされていて、制御震源による速度変化や湧水排水に伴う地殻変動など地球物理学的に大変興味深い成果が得られている。ただ、数多くの取り組みがあるため、個々の現象分析が深く行われていないような印象がある。結果として、論文による印刷公表が多くないように思われる。少し研究課題を絞り込み、重要な課題について深く検討し、論文執筆を推進する必要があると思われる。

2) サブテーマ：2 ボアホール総合観測システムの研究開発

[目標の達成度に対する評価]

A: 応力計としては最高精度の観測ができるようになり、デジタル式地殻活動総合観測装置として観測点に適応した装置の改良も行われてきた。蓄積されているデータを基に、他の地球物理的諸観測値と比較することでその威力がより発揮される。懸念される南海地震域での観測や、アフリカ金鉱山での観測も実用化されてアウトカムも適宜なされている。今後、本システムを設置できる場所をいかに見出していかも次の課題として残る。

C: ボアホール地殻活動総合観測システムは、当初19インチ・ラックに収まるように設計されていたが、この装置をMIUの坑道内や瑞穂観測坑道の限られた設置スペースに設置できるように、精度を損なわずに省スペース化を図り、かつ、周辺機器等からの外来ノイズに対する遮

断性を高め、安定した動作が行われるように機器の改良が行われた。天井高 3.5m 以内という制限のある MIU の深度 500m ステージ坑道内での埋設・設置作業を想定し、従来長さ 3.617m あった応力計を「光モジュール・モーター制御部 (1.742m)」と「方位計・磁力計・応力計・温度計部 (2.655m)」の 2 つのユニットに分割し、その間を電源・TTL 信号ケーブルで結ぶ構成の「分離型光デジタル式石井式応力計」を開発した。このような作業も精密計器の設計・開発から観測作業までを一貫して行っている TRIES だからこそ可能なことであり、他の機関では真似ができないのではないかと考えられる。

- F: 限られたスペース (空間) での超深地層観測に適用できる形態への改良など、目標に向けての成果が積み重ねられている。ただ、紹介されたのは平成 26 年度に実施されたものであり、その後の進展はどうだったのだろうか。
- B: ボアホール総合観測システムはすでに極めて高い評価を得て、多くの研究組織に採用されており、完成度が高いと考えられる。さらに改良を進めてよいものにしていく努力は大変すばらしい。
- E: 観測システムの改良により、省スペース化、ノイズ遮断性の向上が図られたとのことであり、評価できる。

[成果に対する評価]

- A: 長年の研究の積み重ねにより、応力計として他の追随を許さない計測が可能となった。その一つが、東日本大震災の応力地震動をフルスケールで捉えたことで、強震観測等の分野にも大きな影響を与えた。このような成果を世界に向けて発信することを最優先事項として考えるべきである。AGU や EGU にもボアホール観測研究に掲げているグループがあるので連携していくことで更なる進展が期待できる。

深さ数百メートルのボアホール観測で培われてきた、観測システムの構築、設置のノウハウ、データ伝送システムと解析法などは他の観測・研究の見本となるものなので、その成果を積極的にアピールして先導していただきたい。

- C: このように TRIES が開発した応力計を一般の STS 地震計と比較観測を行った結果、STS 地震計では例えば 2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の地震波動がスケール・アウトしてしまったのに対して、TRIES の応力計は全波形がスケール・アウトすることなしに記録することができた。このように TRIES のボアホール型応力・歪観測システムは、高感度で高ダイナミック・レンジであることが計器の特徴である。
- F: 開発した計器を大学や他の研究機関に広く活用してもらうためには、更にどのような改良を加えていく必要があると考えているのだろうか。アウトカムの成果を上げるには、そうした視点での検討も望まれるように思う。
- D: サブテーマ 2 に関する論文発表が少ないが、3 年間の集大成的な論文発表があれば良いと思われる。
- B: 本システムの実用化は日本の誇るべき成果と言える。今後は、多くの場所に設置できるよう、設置の手法やノウハウについて極力マニュアル化するなどして、東濃の研究者が出向いて指導をせずに済むよう、製品化を進めることが望まれる。さらには、日本だけでなく諸外国の地震多発地帯などにも設置が進むよう、様々な機会を利用していく必要があるだろう。

3) サブテーマ : 3 地下水流動と応力・歪・傾斜・地下水・重力などとの関連研究

[目標の達成度に対する評価]

- A: 地下水観測の結果を地震動や地殻変動との関係で議論するには、応力/歪、重力、測量データなどとの対比が重要になる。その意味では、まだこれからの解析によるところが大であるが、目標を具体的に設定した上でモデル化に取り組んでいただきたい。
- C: MIU では、2014 年 8 月 21 日~22 日に深度 300m ボーリング横坑 (換気立坑側) の既存水圧観測孔でのモニタリング装置の撤去作業が行われた。この作業によって深度 300m 周辺の間隙

水圧が変化し、そこより 100m 上にある観測点の水圧計 (STG200) には振幅約 60~80Pa) の水圧変動が観測された。さらに MIU の南約 500m に位置する戸狩観測点 (TGR350) でも若干の水圧変動が観測されたが、MIU から北東に約 1km 離れた観測点の SBS105 では変化が見られなかったという。また、東濃鉦山では 2012 年 3 月に地下坑道の充填作業 (埋め戻し) が開始され、2014 年 12 月に排水ポンプが停止されたが、ポンプ停止直後には同鉦山内に設置されていた BH-1 歪計各成分に変化が見られなかったものの、2014 年 12 月 27 日 19 時頃から急激な縮み変化が始まり、坑道の充填作業が終了した 2015 年 3 月から 1 カ月後くらいまで大きな縮み変化が続き、その量は最大主歪 -1.075×10^{-6} 、最小主歪 -5.448×10^{-5} が観測されたという。そのメカニズムの考察としては、歪計が破碎帯 (NW-SE 走向) に挟まれた位置にあるため、埋め戻しにより、縮み変化の場となると説明しているが、それ以外に考えられるメカニズムも検討していただきたい。

- F: 立抗掘削や水理試験、鉦山冠水等、個別のイベントに伴う地下水流動の影響が、超深地層研究所周辺に設置されている水位計や歪計・応力計にどのような変化として現れたか、あるいは変化が現れなかったかについての事例は蓄積されてきている。
- B: 東濃地科研としてはとりわけ重要なテーマと言える。多くの研究がなされており、目標の達成度も高いといえる。大量湧水に伴うひずみ変化や鉦山の閉鎖に伴う水位変化と周囲の地殻変動の時間変化など地球科学的に興味の深い現象がよく観察されており、優れているといえよう。
- E: 各種観測等が予定通り実施され、その結果から新しいモデルが構築されつつあるとのこと、また、当該研究所の観測機器はその能力がたいへん優れているとのことであり、すばらしいと感じた。

[成果に対する評価]

- A: 観測点が増え、観測機器のメンテナンスが大変になっている中で、良好なデータを蓄積していることは安定したシステムの開発に努力してきた成果の一つとして評価できる。
東濃鉦山再冠水に伴う間隙水圧と歪変化を説明するクラックモデルなど、新しいモデルも構築されつつあるが、さらなる解析と議論が求められる。
地域特有の現象と普遍的な現象を見極めるために、地下水位/間隙水圧変動と、応力/歪変化の関係をシミュレーション解析などで検証することも必要である。
- C: 地震に伴う地下水の変化として、2016 年に起こった 3 つの地震 (4 月 1 日の三重県南東沖 (Mj6.5)、4 月 16 日の熊本地震 (Mj7.3) 及び 10 月 21 日の鳥取県中部地震 (Mj6.6)) の際に MIU 観測点の STG200N、STG200、及び南方約 500m に位置する戸狩観測点 TGR350 で間隙水圧/地下水位変化が観測されたが、そのときに MIU から北東に約 1km 離れた観測点 SBS105 には変化が見られないというのも観測事実としては非常に興味がある。地下水流動にはローカルな地域性も影響しているのかも知れない。東濃鉦山の埋め戻しや MIU 観測坑道の再冠水試験の観測データだけでなく、遠地地震の際の地下水変化の観測データも示したことは、地下水流動と地殻歪変化のメカニズムを考えるうえで、世界的に貴重なデータとなりうることは間違いない。
- F: 個別のイベントに伴う地下水流動の影響の現れ方の機構についても説明が試みられているものもあるが、これまでの調査結果ではどのような地下水流動が生じているか、その全体像がつかみにくい。理解を一步進めるには、地下水分布のモデルづくりを検討されると良いと思われる。
- D: サブテーマ 1、2 と同様、論文発表が少ない。
- B: 数多くの観測が行われているが、そのためか、各観測項目に対する考察があまり深まっておらず、単なる観測結果の提示にとどまっている項目が多いように感じられる。観測を継続すると同時にその現象のメカニズムについて考察を深め、できるだけ論文の形で世に問う努力をすすめてほしい。

4) サブテーマ：4 内陸地震とプレート境界地震の発生及び関連性に関する研究

[目標の達成度に対する評価]

- A: プレート内スラブ地震の観測、阿寺断層系地震観測、御嶽山における重力、GPS 観測など、当研究所の立地と観測の特徴を最大限に活かした研究に取り組んでおり、内陸地震発生のメカニズム解明に資するものとして評価できる。
- C: TRIES を含む東濃地方直下におけるフィリピン海プレートの沈み込むスラブ内の地震発生メカニズムの解明は、TRIES に属する研究者にとって重要である。解析の結果、地表から 20km 程度の地殻浅部では収縮場であり、一方、地表から 30~60km の深さのプレートスラブ内では伸長場にあることを示唆する結果が得られている。TRIES で設置しているボアホール型の高感度歪計の記録では、2014 年の長野県北部地震の P 波と S 波の間にも長周期なフェーズが観測されており、このような長周期なフェーズの成因について研究をすすめている。この観測事実は、歪記録による長周期地震動の早期検出が可能なことを示唆している。プレート境界地震と内陸地震それぞれについて、被害の発生が予測される M7 以上の地震の切迫度(場所と時間)を人的災害の軽減につながるような高精度で予測する技術の実現時期は 2021 年、社会的適用時期は 2030 年と考えられているが、妥当な数値であろう。
- F: 活断層地域における内陸地震の発生機構に関する研究として、御嶽山の重力モニタリングが実施されているが、明確な結果が得られているとは言えないようである。また、何故、この研究課題で御嶽山の重力モニタリングが実施されたのか判然としない。根尾谷断層や阿寺断層、恵那山猿投山断層などでの調査は考えなかったのだろうか。
ボアホール観測点で、北朝鮮の核実験による地震波の観測波形が明瞭に捉えられていること、また、今年 9 月の地震波の振幅が過去 3 回のケースと比較してけた違いに大きかったことに感銘を受けた。スペクトル解析をして比較されてみたらどうだろうか。今年 9 月のケースでは過去の 3 回と比べて長周期成分が卓越しているように見える。
フィリピン海プレート内の地震に関しては、報告された成果は、やや通り一遍の感じを受けた。スラブの形状とメカニズム解の分布の関係や、サイズシティについての詳細な調査結果を見たかった。
P 波と S 波の間の超周期地震動が歪計で明瞭に捉えられているのは興味深い。卓越周期は地震の規模に依らずに 0.029Hz というのだが、この波の実態は解明されているのだろうか。
- B: 東濃地科研における観測に影響を与えるような地震等について、よく観測が行われ、また御嶽山のように、こちらから出かけて行って観測を行うなど、積極的に観測が行われえており、目標の達成度は高いといえる。
- E: 観測網設置、観測等は予定どおり進行していること、観測から興味ある結果も得られていることから、今後の研究に期待したい。

[成果に対する評価]

- A: 東北地方太平洋沖地震の断層モデル、フィリピン海プレート内スラブ地震のメカニズム解などこれまでの研究から一歩進めた解析の成果が得られている。さらに、巨大表面波による余震活動の再活性化に関する研究などは、応力記録の幅広いダイナミックレンジの賜物であり、当研究所のユニークな成果としてもっと内外にアピールすべきである。
深部低周波地震、長周期地震動の研究など、当研究所の立地を活かした研究としてユニークな成果が期待される。
- C: 2015 年 5 月に宮城県沖で発生した Mw6.8 のイベントでも、歪計や応力計に P 波と S 波の間に長周期なフェーズが観測されていた。S 波よりも先に到達していることから、観測点までの構造に起因する P 波由来の波であると想定されている。現在、このような長周期の波が観測されるイベントのマッピングが進められているということで、今後のデータ蓄積を待ちたい。また、北朝鮮の核実験(2013 年 2 月: M5.2 相当、2016 年 1 月: M5.0 相当、2016 年 9 月: M5.3 相当、2017 年 9 月: M6.1 相当)による地震波形が観測点 TGR350m (深さ 350m のボアホール観測点) で細かい波形まで精度よく観測されていることは大きな成果である。地下 350m というノ

イズレベルの低い環境で得られた貴重な記録であると今後の解析から、核実験と自然地震の場合にどのような観測波形の差があるかが明らかにすることを期待したい。

F: 御嶽山の重力モニタリングについては、根尾谷断層や阿寺断層、恵那山猿投山断層などの活断層近辺での調査を試みても良いのではなかろうか。年間を通した調査を実施することによって、断層周辺の地下水流動についての知見が、もしかして得られるかもしれない。

北朝鮮の核実験による地震波の観測波形については、スペクトル解析を試みられたらどうだろうか。過去3回の観測波形と今年9月の波形では、振幅だけでなく、周期特性も随分違っているように見える。結果を見てみたい。

フィリピン海プレート内の地震に関しては、東海におけるサイスミックスラブの最深部が岐阜県南部にあり、そこでは震源がロート状に急になる特異な分布形状をしているので、それに着目した解析をされると良いのではないかと思う。例えば、地震のメカニズム解の分布が、そうしたスラブの形状と関係した様相を示すのかどうかなど。また、資料の2014年1月から2015年4月の震央分布を見ると、ちょうど瑞浪市付近直下でサイスミシティが落ちているように見える。更に長期間のデータでも同様なパターンが見られるのかどうか、調べてみられてはどうか。

PL波の卓越周期はM7~8クラスの地震についても変わらないのだろうか? どのような振動特性を持っているのか、分散はあるのか、深発地震でも観測されるのかなど、いろいろな観測点から調べて実態を解明していただきたい。

D: 学会等への積極的な成果の公表が必要。

B: いくつかの項目、例えば、北朝鮮の核実験による地震波の観測やフィリピン海プレート内の地震のメカニズム解の推定など、必ずしも東濃でやらなければならない研究とは言えないようなものがある。これらは、“あえて”取り組まないという決断も必要ではないだろうか。

5) サブテーマ: 5 地震動の地域差に関する調査研究

[目標の達成度に対する評価]

A: 「ゆれやすさマップ」など地震動の地域差がある程度明らかになってきた。今後、できれば他地域にも適用して研究を進展させて欲しい。

C: TRIES の高密度地震観測網を活用した地域地盤構造とその地動特性の解析を行っているが、より効率化を図るために東濃地域の地震観測点の統廃合を進めている。これとMIUの立坑内その他で行われているボアホール地殻活動総合観測システムの観測データを合わせて、サイト特性の深さ依存性も明らかにされると期待できる。

F: 観測サイトの地震波の深さ依存性の調査を昨年度に再開したとのこと、いろいろな規模、いろいろな方位、いろいろな震源の深さの地震についてのデータを蓄積して特性を抽出してほしい。

B: サブテーマ5と6は、地震動特性の研究など、重複しているような項目もあるようであり(評者の誤解かもしれないが)、次期計画があるとすれば、それらの違いを明確にするか、統合するなどの工夫を考えるべきであろう。

研究環境が厳しさを増す現状においては地震観測点の統廃合などはやむを得ないことであろう。あえてこのようリストラに取り組むということに対してよい評価を与えたいと考える。

E: ゆれの地域差に関する研究は、着実に進んでいるものと評価する。

[成果に対する評価]

A: 地震による地域ごとの「ゆれやすさ分布」の推定や、地震動の表層地盤の変化による増幅特性の研究は、地域の地震動特性を知る有効な方法であるとともに、住民がより身近に地震防災を理解するための拠り所となるものなので、今後の進展に期待したい。

C: ボアホール型超高密度地震観測により、地盤の差による地震動の違いも明らかになってきているので、懸念されている東海地震・東南海地震の同時発生に備えて、家屋の耐震性調査や

中山間地域における総合的な地震防災に向けた地震動の地域差の研究も進捗すると期待できる。

- F: 再開ということなので過去にも同様な調査を行っていたと思われるが、その調査結果については、何かまとめたものがあるのだろうか。それを受けての、焦点を絞った調査を行うと良いと思う。観測点の深さが異なった場合に、地震波形の振幅やスペクトルがどう変わるか、地震の規模、震源の方位に関わる特性の違いなど。
- D: 関連学会等への論文発表が少ない。
- B: 印象のみであるが、研究成果としてめぼしいものがないように思われた。関連研究者の退任などの原因があると思うが、一層の頑張りを期待したい。
- E: 「ゆれやすさマップ」は、一般市民にもわかりやすい成果であり、地域の地震防災にも大いに参考になるものと評価できる。

6) サブテーマ：6 地域の地震防災に関する調査研究

[目標の達成度に対する評価]

- A: 非常に精力的に地域防災に取り組んでおり、講演やマスコミ発表なども数多く地域への発信がなされている。当研究所のアウトプットの一つとして高く評価される。
各地域における歴史地震データや被害資料を発掘し、これを公表することにより地域住民への啓発、理解が進むので大変有意義である。
- C: 岐阜県を襲った最近の大震災として1891年の濃尾地震(M8.0)がある。この震災で、死者は5千人を超え、全潰家屋は95%という壊滅的被害になった村も多いが、東濃地方は比較的被害が軽微であった。これについて、TRIESでは揺れやすさ係数を求めているが、東濃地方の係数を1としたとき、濃尾地震震災で全潰率が95%となった地域の係数は2以上となった。これは、この地域の表層地質が柔らかいためと考えられている。
- F: 濃尾地震で被害の大きかった地域が断層沿いの他に濃尾平野にもあったという詳細な調査結果は興味深い。
講演会や小冊子等による防災普及活動については、少人数の中で工夫してよく行っていると思う。
- B: サブテーマ5の評価と同じ。
- E: 地域の地震防災に関する調査研究は、市行政にとっても、市民にとっても、たいへん重要であり、関心が高い。研究の順調な進展に期待する。

[成果に対する評価]

- A: 「地域地震防災基準に関する基本問題研究委員会」の取り組みは実践的な防災活動のひとつとして評価される。このような委員会で議論し多方面からの研究を集約することにより、効果的な講演や実習を企画していただきたい。
地震防災に関連する地域からの要望も種々にわたり、かつ深いものとなってくると思われるが、ハザードマップ、リスクマップといった形で、各研究段階でもまとめて公開することは意義のあることであろう。
- C: 今後さらに地域の地震防災に貢献するために、東濃地域のハザードマップの作成と過去の被害地震資料の拡充に引き続き取り組む必要があるであろう。
- F: 濃尾地震による濃尾平野での被害が、図上で大垣、岐阜と記された間で特に大きかったように見えるが、何故、この地域で被害が大きかったかについて、調べられたのであろうか。
防災研究の目標を見ると、地盤震動特性の調査の他に、人的地震災害・行政対応調査がうたわれている。防災講演会で一般住民の防災に対する知識や意識を高めることは、たいへん有意義ではあるが、地域の減災を講ずるには、地元行政との共同作業が有効なように思う。瑞浪市の防災対策課等と協力して、いざという時（例えば、南海トラフ地震発生時）の対応策を、東北地方太平洋沖地震の時の各地の救援活動や物資の補給状況の問題点をおさらいしながら、それを参考にいっしょに考えていくというような作業を進めても良いのではなかろうか。

- D： 関連学会への論文発表が多く有り、成果の公表に努力されている。
- B： 濃尾地震による被害状況の検討は、昨今の、巨大地震に関する古記録や史料解析の重要性と相まって、重要な研究と思われる。また、東濃地科研の地元としてもこのような研究は地道に進めていくべき課題であろう。
- E： 瑞浪市のハザードマップ及びリスクマップの作成は、たいへん有用な情報となる。その成果に期待したい。

