

1996 I A S P E I ・ 第30回万国地質学会および
四川省・広東省の地震と地熱活動の日中共同研究現地検討会

大木靖衛*・徐輝竜*・渡部直喜*・佐藤 修*・鈴木幸治*
何熙平**・馮絢敏**・張虎男**

Brief Summary of 1996 Tangshan IASPEI Regional Assembly,
30th IGC, Beijing and Japan-China Cooperative Seismo-
Geothermal Excursion to the Sichuan and
the Guangdong Provinces, China

by

Y. ŌKI, H. XU, N. WATANABE, O. SATO and K. SUZUKI (Niigata Univ.)
X. HE, X. FENG and H. ZHANG (Guangdong Seis. Bureau)

(Abstract)

In the 1996 Tangshan IASPEI regional assembly and the 30th IGC, Beijing, we had read three papers, 1) on a geochemistry of groundwaters in the Matsunoyama landslide, Niigata prefecture, 2) a seismo-geological inspection on the distribution of seismic intensity of the 1995 northern Niigata earthquake of M6.0, which indicates the presence of a buried active fault beneath flat plain, northern Niigata prefecture and 3) the occurrences of historical destructive earthquakes in the Niigata plain are well overlapping with the distribution of temperature anomalies of ground-waters, which are resulted by the upward percolation of geopressed thermal waters through buried active faults. Suggestions and criteria to our presentations are briefly summarized.

Associated with these international meetings, Japan-China cooperative seismo-geothermal excursion to the Sichuan and the Guangdong Provinces were made. The occurrence of large earthquakes in the Sichuan Plateau well coincides with the distribution of large active faults, along which warm to high temperature thermal springs issue. Considerable anomalies require for the prediction of earthquake have been observed at these thermal springs.

The aerial distribution of hot springs in the southern China is considerably large by 1200×400km, which is larger than the area of Honshu Island, Japan. There is possibility the existence of the Quaternary monogenetic volcanoes associated with active faults in the southern China provinces. The volcanic edifice of Xiqiao (344m) standing on the Pearl river delta plain dated as 50 Ma by K-Ar method must be a Quaternary volcano, but not be as such old volcano. Geomorphological impression of this volcano should be at an age of 0.5 Ma. The distri-

* 新潟大学積雪地域災害研究センター班

** 中国広東省地震局班

bution of hot springs and of the Quaternary volcanoes may suggest the presence of tensional stress field in this area. A careful reexamination of future destructive earthquakes might be required in this area.

I は し が き

1996年北京で第30回万国地質学会 (30th International Geological Congress : IGC) が開催された。それに先立ち唐山でIASPEI (International Association of Seismology and Physics of Earth's Interior) 第1回アジア地区国際会議が開かれた。かねてから新潟大学積雪地域災害研究センターと広東省地震局とは地震と熱水についての日中共同研究を続けている。大木ほかは新潟県のジオプレッシャー型熱水系と地震の研究を進めており、馮ほかは広東省沿岸の地震と熱水系との研究を進めている。私達は両地域の地震と地熱活動との関係を比較し、地震と地熱・活断層の関係を明らかにして地震予知に寄与したいと共同研究を進めている。かつて四川省地震局に勤務していた何熙平広東省地震局長は、地震と熱水系・活断層については四川高原や南北山地の活断層と熱水活動を取り上げるべきであると提案した。1995年に北京における第30回万国地質学会およびIASPEI唐山会議が開かれるので、これらの国際会議に合わせて四川省及び広東省にて日中現地検討会を実施することになった。図-1に今回の中国出張の経路を示した。本報告は、IASPEI, IGC両国際会議への参加と私達の日中共同研究の概要について大木のメモを中心にして述べたものである。

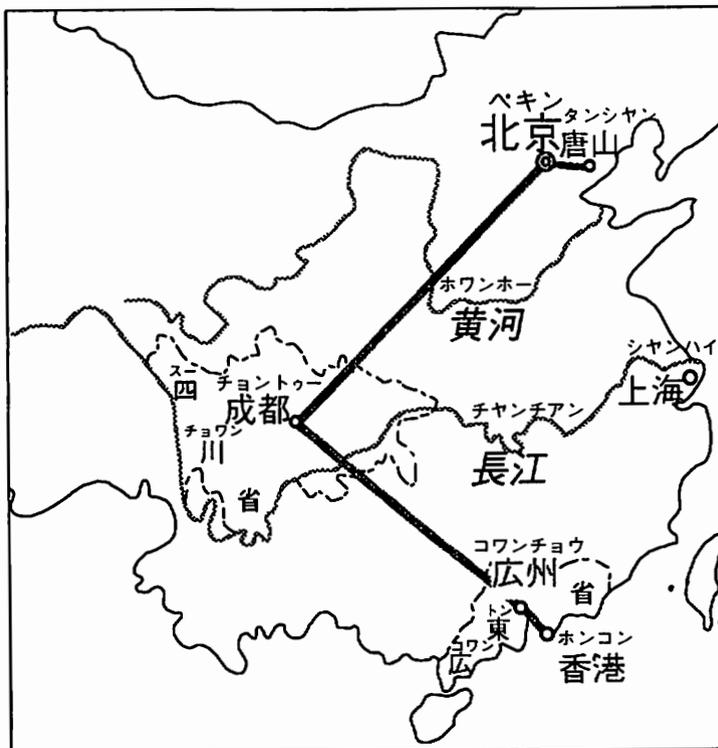


図-1 IASPEI(唐山), IGC(北京)および四川省, 広東省の地震と地熱活動の日中共同研究の旅行経路図

II IASPEI 唐山会議

IASPEI第1回アジア地区国際会議が中国唐山市で1996年8月1より3日まで開催された。この会議の20年前、1976年7月28日M7.8の巨大地震が北京の東方160kmにある人口100万の重工業都市唐山を襲い壊滅させ、24万人の人命を奪った(図-2)。1995年は唐山地震の20周年に当たる。悲惨な大災害を乗り越え、今や唐山市は近代的な工業都市として復興し、更に急成長をとげている(図-3)。唐山地震20周年の復興記念行事の一つとして、唐山市におけるIASPEI国際会議が企画された。この会議の目的は最近の地震学の進歩を総括し、研究者の国際的交流を促進することである。折しも第30回万国地質学会が8月4日から8月14日まで北京で開催されるので、唐山を訪問したいと思っていた海外からの研究者に対して両国際会議に参加できるように、唐山IASPEI会議は第30回万国地質学会直前の8月1~3日に開催された。

世界各地から北京に集まった参加者達は7月31日午後1時発のバス5台にて北京から唐山に向け出発した。午後5時30分IASPEI会議場である唐山賓館に到着した(図-4)。途中は目下建設中の高速道路と広大な平原に広がるトウモロコシ畑と幾つかの市街地を通り抜けた。北京から唐山市方面に向かう高速自動車道路が建設中のため、バスは途中しばしば渋滞した。唐山に近づくに沿道で建設中の建物は鉄筋コンクリートの柱と煉瓦積みの壁で構成されていた。鉄筋コンクリート造りが採り入れられているのは唐山地震の教訓によるものと見た。北京市付近は華北地震帯に属し、大地震が繰り返して発生している。例えば1679年9月北京の東50kmにM8地震が発生し、2,677人の死者が出ている。

唐山地震20周年の記念行事を兼ねたIASPEI国際会議は中国国家地震局が中心となって準備された。中国地震局から多くの研究者・技術者が参加した。参加者の内訳は中国人186名、外国人は87名、内日本からは京都大学の尾池和夫教授夫妻、東北大学の竹政和教授、大阪大学の池谷元治教授を含む16名、アメリカ14名、タイ7名、ベトナム7名、インド6名、ギリシャ5名などの参加があった。参加者300名の中規模国際会議であった。参加者が同一ホテルに宿泊出来、会場も分かり易く、参加者の交流もくつろいだ雰囲気で行われた。中国国家地震局が中心となって関係者の暖かい配慮がなされた国際会議であった。このような学会があればまた参加したいと思っている。

会議の概要

8月1日(木)開会式・基調招待講演後3会場に分かれて口頭発表が行われ、四季ホールでポスターセッションの発表が行われた。

セッション1 地震の前兆・予知・震源域の物理

セッション2 地盤の強震動と地震被害の関係

セッション3 地震波の伝播とトモグラフィー

セッション4 地球熱学と火山学

セッション5 アジアにおける最近の破壊的地震

セッション6 沈み込み過程

セッション7 地震テクトニクスと測地学

セッション8 地震の社会へのインパクト

セッション9 トリガー並びに人工地震について

さらに3グループによるワークショップがあった。



図-2 1976唐山地震(M7.8)の震央地区となった唐山市路南区の
かい滅的な惨状
(銭鋼(1988)唐山大地震, 朝日新聞社より引用)



図-3 唐山地震の被害をのりこえ、近代都市として復興した唐山市



図-4 IASPEI 会場となった唐山賓館
熱烈歓迎国際地震学和地球内部物理学協会アジア地区大会代表光臨

研究発表

多数の優れた論文が若い中国国家地震局研究者たちによって発表された。これまで中国語が難解なため多くの優れた研究がまだ十分に海外に紹介されないでいる。唐山地震の記念国際会議で中国地震局の素晴らしい研究成果を積極的に紹介しようという熱意が溢れていた。

セッション1で池谷教授が発表された Electromagnetic model of a fault and seismic animal anomalous behaviors は地震前兆として動物の異常挙動についての新しい研究である。断層破壊にともなう地殻応力の解放にともなって生ずる地電流の影響をなるべく小さくするために、魚・鳥・ネズミ・豚・亀・蛇・ワニなどは体を電流に直交する方向に並ぶのだという。このことを電磁気学的に解明した異色の独創的研究で大変人気があった。かって中国で地震の前兆として動物の異常行動が報告され、鳥や魚などが平行に並んでいる写真が掲載されていたことを思いだし、「成る程そおゆうことか」と感服した。

私達は8月3日セッション4地球熱学と火山学に特に興味を持った。広東省地震局の張虎男は Basic characteristics of Cenozoic volcanism in coastal area of south China と題して多年に渡る海南島とその対岸雷州半島のアルカリ岩系の火山について報告した。海南島と雷州半島をへだてる東西方向の海峡を作った張力場に地溝が形成され、アルカリ岩の噴出が起きた。多数の単成火山のスライドが投影され、それらの火山地形から数千年以内に噴火した火山が幾つも存在するように見えた。

私達は新潟県での活断層研究 Geopressured hydrothermal anomalies appeared in the Niigata plain indicating buried active faults generated destructive earthquakesの発表をした。地震を発生させる活断層が地下水の温度異常分布から推定出来ることについて述べた。この問題に油田地帯を持つ山東省地震局の研究者が強い関心を寄せてくれた。活断層が見つけれられて、その後地震予知などの研究はどのように行われているかという質問があった。平野の伏在活断層が見つかったというところで、まだ予知研究などは始まっていないと答えると、そうかと言って爆笑となった。地震予知研究が熱心に進められている日本でも、意外と進んでいないのだなと理解したのではないかと思った。

唐山地震遺跡

8月2日 私達ばかりでなく、今回のIASPEI会議に参加した人々の多くは今世紀最大の被害を与えた唐山地震発生地を見学し、出来れば唐山地震の活断層、被害遺跡、そして唐山市の復興状況を見たいと考えていたに違いない。組織委員会はこのような希望に沿えるよう十分な準備をしていた。

午後3時より6時まで唐山地震の抗震記念塔と地震博物館を訪問し、唐山地震で倒壊した河北理工學院の図書館崩壊遺跡(図-5)や唐山南駅の地震遺跡右横ずれ断層(図-6)などの地震遺跡を見学した。地震断層や破壊された建築物の遺跡は、地震の恐ろしさを後世に伝えるためのモニュメントである。唐山市案内の交通図にも赤の三角印で地震遺跡が表示されている。地震博物館には地震時の悲惨な被災状況が多数の写真を用いて詳しく展示されたいた。同時にこの惨状から力強く復興に立ち上がった市民の復旧活動と近年の産業都市化の状況が展示されていた。なお、唐山市は石炭、セメント、電力、製鉄などの工業が活発で知られているが、陶磁器でも世界的に著名である。巡検では最後に陶磁器博物館と製造工場を訪問した。

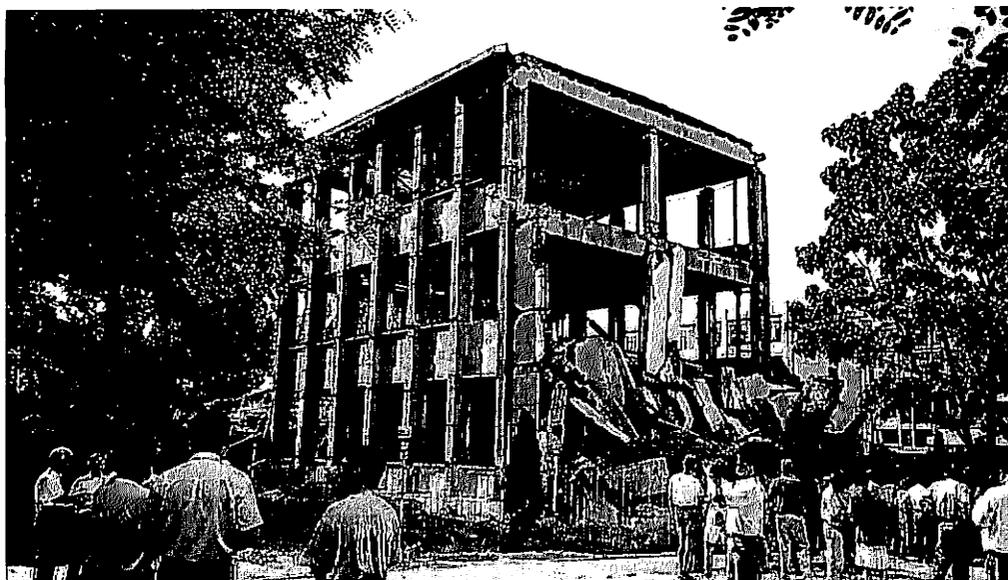


図-5 河北理工学院の倒壊した図書館-1976唐山地震遺跡



図-6 唐山南駅付近の地震遺跡、右横ずれ断層

III 第30回万国地質学会 (IGC)

万国地質学会が8月4日から14日まで北京で開催された。参加国102国参加者総数は5,847名の巨大会であった。災害研からは渡部直喜他4名の地すべりと地下水の研究、徐輝竜他3名の1995年新潟県北部の地震についての研究を発表した。

かなりのセッションで講演取り消しが相次いだ。口頭発表は時間割に従っておこなわれるので、繰り上げ発表が出来ず1時間にも渡るブランクが発生するセッションもあり、会場参加者が激減することが生じた。その間ポスターセッションに出かけられるので、ポスターセッションおよびGEOEXPO '96展示会場が大変盛況であった(図-7)。迫力ある図写真により聴衆に感銘を与え討論も活発で、巨大会ではポスターセッションを選ぶべきであると思った。



図-7 IGC大会のGEOEXPO'96で研究成果をみごとに図・写真で盛大に展示をして注目を浴びた中国地質大学ブース, 写真中央渡部直喜, 右徐輝竜

渡部・大木・佐藤・日下部の共同研究は8月7日(水)午後の17-2セッション Evaluation, prediction, and control of landslides and other down-slope movements (IAEG)で口頭発表された。論文のタイトルは Landslides generated by geopressured hydrothermal systems in the northern Fossa Magna region, Japan (講演番号01937)。時間制限の制約上水質の地球化学的考察に力を注いだため、地すべり地帯の地形地質的イメージの説明が不足となり、どのような地域でどんな地すべりが発生しているのかという質問があった。地すべり地帯の写真をもっと用意すべきであると反省させられた。地すべりでは余り地球化学的な研究をしている人は多くない。中国西部蘭州市付近の黄河沿岸の黄土地帯で発生する大規模な地すべりの原因は地下水による黄土の風化であることをつきとめたフランスのCNR S地理学研究室のA. Billard氏が私達の研究に強い関心を寄せてられた。

徐・大木・渡部・鈴木の共同研究 The seismic intensity distribution of the 1995 northern Niigata Earthquake suggesting a buried earthquake fault (講演番号01936) は8月13日(木)午後のポスターセッション14-1 Earthquakes, palaeoearthquakes, and active tectonicsで行わ

れた。地下水の温度異常、水質異常分布から平野の伏在活断層を推定し、それが被害地震の震度6域と重なっているという私達の研究は地震と地熱の結びつきを明らかにして大変興味深い発見と評価された。

私達はジオプレッシャー熱水系に強い関心を持ってIGCに参加した。セッションH-2 Thermal history and fluid flow of sedimentary basins において Thomas E. Mackenna and Jhon M. Sharp, Jr. (Dept. Geological Sciences, The University of Texas) が発表した Subsurface pressures, temperatures, and heat transfer in the western Gulf of Mexico Basin: implications for modeling はジオプレッシャー熱水系の熱起源を多数のボーリング資料や地球化学的資料により追求していた。多数の分かり易いカラーの図面を準備して迫力ある説明が行われ、大いに感動させられた。

徐輝竜の発表は8月13日(木)午後のポスターセッションとなっている。8月10日よりの四川省の調査日程を変更すると、案内者や宿泊関係を変更しなければならない。変更すればすでに広州より成都に行っている何熙平広東省地震局長や私たちのために準備をされている多くの方々に迷惑を掛けてしまう。そこで、広東省地震局の馮、新馮大学の木本・佐藤・渡部・鈴木は予定通り8月10日に北京から成都に移動し、徐は北京に残り研究発表をすませてから8月14日に成都に行くことにした。

IV 四川省の活断層

8月10日(土)中国新華航空にて北京より四川省に飛んだ。四川省は中国の西南部に位置し、ヒマラヤ山脈の北部に広がるチベット高原の東端部に接している。省都成都是標高500m、四川盆地の西縁にあって、現在は人口160万の文化都市として発展している。西暦3世紀初期三国時代の劉備、関羽、張飛の義兄弟、聡明な軍師諸葛孔明が大活躍をした蜀の首都であった。成都是3000年の歴史を誇る古都である。市内の至る所に由緒ある史跡があり、中国の歴史や古典の知識が深くないのが誠に残念なことであった。四川盆地は480×350kmの盆地で、西の標高3000mの四川高原から急流となって四川盆地に流れ込むMinJian (岷江), TuoJian (沱江), JialingJian (嘉陵江), QuJian (渠江) の4河川が長江(揚子江)に合流する。盆地に流れ込む4主要河川から四川省の名が付いたと言われている。四川省の人口は1億2千万人、丁度日本の人口に等しい。

四川盆地は中生代の陸成層で埋め立てられ、石油・天然ガス・石炭の産出でも知られている。この中生代陸成層からは各種の恐竜化石が発見され、成都の南110kmの自貢市に恐竜博物館がある。四川盆地には米・トウモロコシ・芋・落花生・茶など豊富な農産物がある。注目すべきはマーボー豆腐発祥の地で、唐辛子の効いた四川料理を忘れてはならない。

8月11日(日) 都江堰の治水灌漑施設と歴史、竜門山断層系の巡検。

岷江が盆地西端でつくる扇状地の頭部に都江堰(DujianYan)堰堤で洪水調節と灌漑用水の配水施設があり、四川盆地の水田灌漑用水の管理が行われている。この洪水調節堰堤は現在から2250年前に李冰によって始められ、その子供・孫と引き継がれ現在に至っている。都江堰の大堰堤と配水施設を一望できる左岸の急斜面に李冰を奉った寺院がある。馮綸敏がその寺院の天井を指して、解説された。天井に「深淘灘低作堰堤」の7字が刻み込まれていた。李冰が岷江の急流の治山治水を行った時の理念で、「急流の瀬を深く掘って流れを鎮め、治水の堰堤を築くこと」と述べているのだそうである。

8月12日(月) 四川省地震局訪問と講演。私達の研究活動について講演する時間が用意されていた。日本側が英語で説明し、馮絢敏が中国語に訳した。

渡部直喜はIGCで発表した Landslides generated by geopressured hydrothermal systems in the northern Fossa Magna region, Japanの講演を行った。

大木はIASPEIで発表した Geopressured hydrothermal anomalies appeared in the Niigata plain indicating buried active faults generated destructive earthquakesに日本の地震テクトニクスの解説を加えて講演した。

韓渭資副局長から「何故地温異常地帯が活断層になるのか、そこで地震予知観測をしているか」。

黄聖睦教授から「平常の地下水温は何度程度か、どのくらいの温度から異常と言うのか」などの質問があった。

「新潟平野の地下には厚さ2,000~3,000mの泥岩をキャップロックとして被圧熱水系があり、この被圧熱水が断層亀裂を通して地表に湧出している。平野の歴史被害地震は総て温度異常地帯で発生していることから、それらの亀裂は活断層であると判断している。新潟の平野地下水温度は13℃程度である。15℃以上は異常温度である」。

「四川盆地では20℃程度が地下水温である。新潟では異常温度に相当する」と言ってみんなが笑った。ジオプレッシャー熱水系が沖積平野の堆積物を貫いて温度異常を示すことに大変興味を示し、地震予知との関連について質問があった。

地震予知の問題から阪神淡路大震災に話題が移った。あの地震の前兆は現れたのか、予知が行われたのか、被害の状況や問題点など多くの質問があった。阪神淡路大震災の資料は十分用意して来なかった。しかし、すでに被害状況を中心にした良い報告書が出版されているので、帰国後それらの幾つかを郵送すると約束した。

講演後、私達の調査日程の調整を行った。四川盆地の西方にある四川高原は標高3000mの高地で、7000mを越す高峰もあり、この高原を鋭く切り込んだ急流河川は大活断層に沿って流れている(図-8)。岷江に沿う断層系では、1933DieXi地震M7.5、1976松潘地震M7.2とこの地震と連動して60km東の涪江に沿って1976平武地震M7.2が発生した。これらの地震について詳しい調査が行われている。しかも黄竜寺付近には北米イエローストーンのマンモスホットスプリングと同様な棚田状石灰華シンターのある温泉がある。四川省地震局の2台のジープを利用して頂いて岷江を登り、涪江を下るループ状の経路を選んだ。九寨溝では標高3000mにも達し夏でも冬の支度をすると、防寒具を用意して来た。四川省の地震地質を担当していた黄聖睦教授に現地案内をして頂くことになった。

韓渭資副局長から四川省地震局の構成、研究事業の概要の説明を頂いた。

「日本より力武常次・鈴木次郎・高木章雄・高橋智幸・長谷川昭・尾池和夫の諸先生が四川省地震局を訪問された。現在東北大学と共同研究を進めていて、地震観測のテレメータや解析に多大な貢献をして頂いている」。

「このパソコンは東北大学との共同研究により利用させて頂いている」などと説明された。私達の調査の参考資料として四川省地震局が編集した「四川活断層と地震」と題する200頁の調査報告書、松潘7.2級地震資料図集、1993年崑崙山地震、ほか5冊もの研究資料を頂いた。

宿舎にもどり、「四川活断層と地震」を見ていて驚いた。その239頁の図は四川省西部山地には活断層に沿って高温の温泉が各所に自噴し、この図と75頁にある図2-1四川主要活断層と地震震源分布

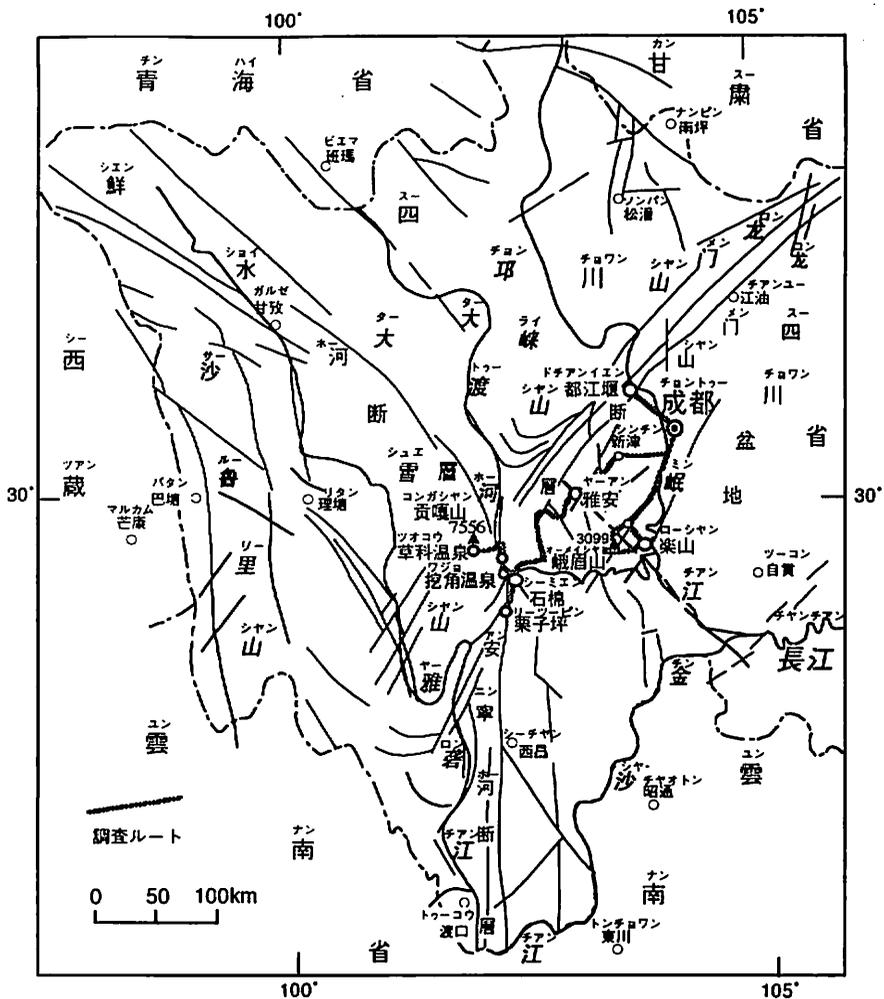


図-8 四川省川西地区の活断層と地熱活動の調査経路図

図とを重ね合わせると、大きな地震分布と温泉分布とみごとに重なり合っている（図-9）。四川省の熱水系はジオプレッシャー型熱水系ではないが、地震と活断層-温泉の関係を見事に示している。明朝、韓淵賓副局長に新潟の温度異常地帯が伏在活断層を示唆し、今後の大地震発生候補地であるという私達の研究結果と同様な研究がすでに四川省の研究報告書に記載されていることを伝えねばと思った。

8月13-14日 成都-楽山-峨眉山

四川省の高峰には仏教の寺院がある。峨眉山寺院の宗教は初め中国古来の道教であった。明朝時代（16世紀）に仏教寺院となった。どうしてこんな険しい峰峰を選んで大寺院を構築したのか不思議である。峨眉山は中国4大名山の一つで、標高3,099mの山頂にも大寺院がある。

徐輝竜が北京から成都到着、私達のジオプレッシャー熱水系に注目した伏在活断層の研究は大変評判が良かったとのことである。

8月15日 岷江調査に早朝出発。岷江に沿うけわしい山路を通り松藩まで200kmはある。ホテルで

の朝食を取らずに出発した。途中、高さ2m以上にも唐辛子を満載し、これから市場に向かうトラック10台が整列しているのに出会った。赤い唐辛子が竹で編んだ荷枠からはみ出していた。「なるほど、成都ではこのように唐辛子の需要があるのだな。四川料理が辛いのが理解出来た。ジープが唐辛子トラック隊を通り越すとき、思わずくしゃみが出た。

8月初旬の大雨で岷江の流域では地すべり・斜面崩壊が発生し、交通止めとなってしまった。上流にはトラックなど自動車は何10kmも数珠繋ぎになって足止めされているらしい。岷江の道路は、覆い被さる岩石がいつ落下するのかと心配される危険地帯の連続で。警察官がいていくらお願いしても「危険だから交通止め」といつていた。

都江堰市の岷江溪谷入口の道路脇にある屋台で朝食をとった。目の前で餃子をつくり熱湯の鍋に落として2分、ドンブリに山盛りすくい上げて「あっち、フーフー」と言いながら、四川省特産の唐辛子醤油で食べる。一人前3元（40円）安くおいしかった。

8月16日 再度岷江遡上に挑戦した。残念ながらすでに警察官がいて、交通規制をしていた。連日の降雨で道路はでこぼこ、各所に崖崩れがあり、復旧の見込みは当分なしとのことであった。岷江峡谷ではこのような事故はしばしば発生し、回復までに10日も要するのは当たり前で、運転者達は我慢強く唯待っているのだそうである。

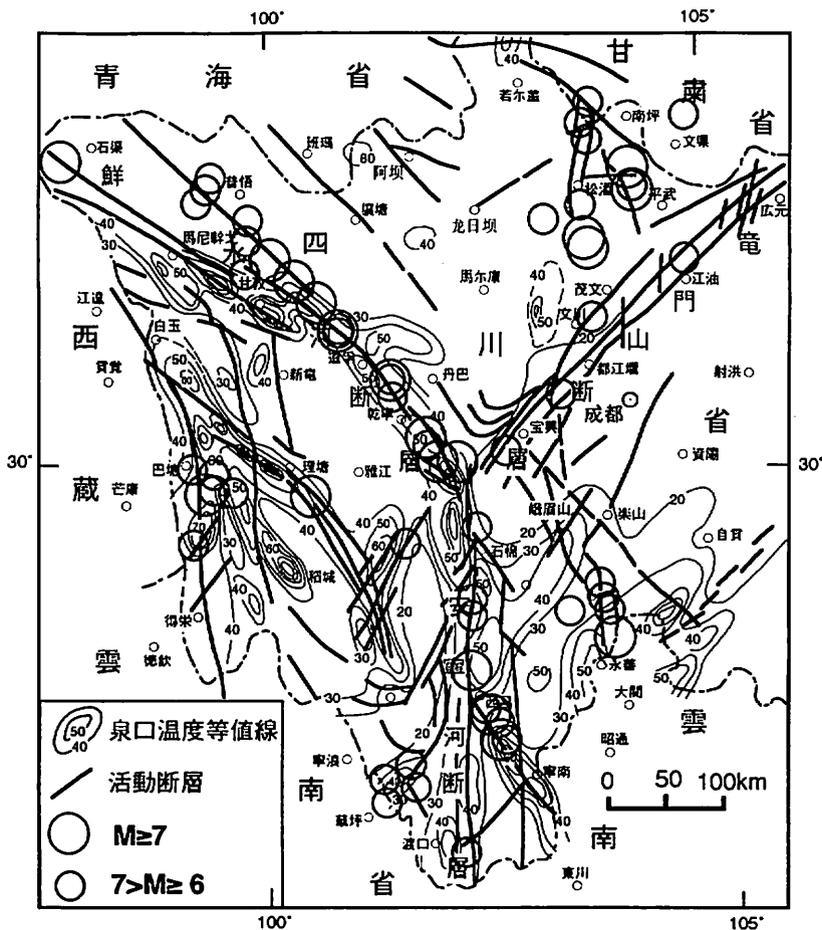


図-9 四川省川西地区地震と地下熱水泉口温度等温線図
(四川省活断層と地震, 239頁と75頁の図を重ねた)

岷江遡上するコースは残念ながら今回は不可能である。そこで目的地を大渡河の鮮水河断層系に変更した(図-8)。鮮水河断層系は岷江の西150kmを南北に流れる大渡河(Dadu-He)に沿って走る。これらの断層に沿って温泉が湧出し、M7~8の大地震が発生している地帯である。大渡河の巡検は岷江上流地域と同様現地検討会には適している。巡検ルートは図-8に示した。

8月16日午後 成都-新津-雅安

大渡河峡谷に入る最短距離は雅安から標高2,300mの峠を乗り越えて石棉に行く道路である。成都からは直線で200km、自動車道路は300kmを越えている。この道路は成都からチベットへの幹線道路であり、目下拡幅舗装工事中であった。舗装のない道路は車内の手掛などにしがみついて、体の飛び上がるのを押さえ続けなければならない。朝起床したとき、腕や背中が痛いような疲れ方をしている、「ほとんど歩かないのに何故だろう」と考えた。その原因はでこぼこ道路の走行中、満身の力を込めて車にしがみついていた疲れであることに気が付いた。

雅安は優雅な古い建物の多い人口20万の都市であった。以前四川省の西部が西康省であった時の省都である。四川省地震局の雅安地殻変動測量隊を訪問した。四川省西部の山岳地帯は標高3,000mを越す山々と、それを鋭く刻み込む峡谷地帯である。水墨画に描かれる人を寄せ付けない峨峨たる連山とはこれを指すのであろう。地質調査はもとより、測量には大変な労力を要する。この山地はパンダの保護地域であるというが、めったにパンダには会えないそうである。

8月17日 雅安-石棉、午後2時宿泊する石棉賓館に到着、荷物を預け、石棉の南20kmの栗子坪付近の左横ずれ断層の観察に向かった。この断層については黄聖陸(1995)が長年研究している。1327年この断層が変位して大地震が発生している。断層破碎帯に挟み込まれていた木片のC14年代から700年前と1300年前の地震活動があったと推定されている。700年前の地震は古文書にある1327年地震である。断層運動の活発化したのが3000年前からであるという。

8月18日 鮮水河断層系の温泉と活断層

石棉から大渡河をさかのぼる。20kmにワジョ温泉、そこからさらに30kmに草科温泉がある。草科温泉はコンガ山7,556mの南山麓に湧出している。標高800mから一気にコンガ山7,556mであるからその険しさが尋常でないと推察された。数年前有名な日本人登山家がこの山の登頂を試みたが、遭難されたとのことである。

草科温泉・ワジョ温泉でも地震予知のための水温・湧出量・水位などの観測が行われている。四川省の大地震の前兆異常がくりかえし観測されているとのことである。石棉地震台の研究者が定期的に資料の収集に訪問する。観測者は地元のアマチュア地震研究者である。ワジョ温泉の泉水を口に含んでみた。甘い水である。私は地下水・温泉調査でしばしば泉水を口に含み、味見をしているが、甘い水は初めてであった。

「不思議な水だ、甘いぞ。ためしてごらん」と皆をさそった。「なんの成分だろう」。

「四川省にきて辛い料理を食べているので、単純温泉は皆な甘い水の味がするのだ」ということが分かった。

8月19日 石棉-雅安-新津-成都

平成8年7月11日集中豪雨により姫川小谷村が土石流に襲われ、鉄道・道路の決壊が各所に発生した。中国でも7月中旬から8月中旬に渡り天候不順で各地に豪雨災害が発生した。私達が岷江上流域に入れなかったのもこの不順な天気によるものであった。岷江も大渡河も逆巻く濁流であった。危険

な道路を無事運転して下さった四川省地震局の運転手竜定乾氏、羅新華氏に感謝したい。

V 広東省の第四紀火山と地震活動

8月20日中国西南航空にて成都より広州に移動した。4年前大木・佐藤が広州を訪問したときと比較して、僅か4年でこれ程まで変化した広州にびっくりした。街は清潔で、道路にごみの散乱はなくなっていた。自動車がクラクションを鳴らしひしめき合っていたが、そのような雑踏は解消していた。そういえば、成都ではまだ4年前の広州と同様に自動車がクラクションを鳴らしひしめき合っていた。高速道路が整備され、数十mの高層ビルが林立し、自転車通勤が次第に自動車通勤に移行しているようであった。図-10は広州市付近における調査経路図である。

8月21日 日本班の研究講演会が開かれた。何熙平地震局長が今回の日中共同研究の経過や意義について説明し、4年前日本訪問の際、静岡県東海大地震対策の詳しい説明と資料を頂き、それを基にして広州市の地震対策を進めているとのことであった。大木が中国語で中国訪問の目的と共同研究に対する四川省地震局および広東省地震局の甚大なる援助に感謝の意を表した。4年前に大木・佐藤で広東省地震局を訪問した際も中国語で挨拶を試みた。今回はそれより大いに進歩した中国語との評価であった。それでも、馮絢敏の中国語訳が必要であった。

佐藤修が阪神淡路大震災の被害について新潟大学調査団が収集した資料をまじえて述べた。

徐輝竜はIGCで発表した1995年新潟県北部地震の地震地質学的研究について述べた。

波部・大木は四川省地震局での講演と同様の講演をした。馮絢敏の翻訳は、私達の簡単な説明がときには詳しく解説されるなど躍動的な翻訳で、しばしば爆笑が起きた。阪神淡路大震災についての質問が多かったのは四川省地震局の時と同様であった。近年大躍進をしている広州市の地震対策を考慮しての質問であった。

東南沿海地震帯の再検討

広東省から福建省にいたる沿岸地帯は東南沿海地震帯と呼ばれ、しばしばM7クラスの地震が発生している。しかし、1976年唐山地震による大規模震災が発生している華北地震帯や四川省西部を横断する南北地震帯などに比較して、東南沿海地震帯の地震活動度は低い地震帯とみなされている。

広東省から福建省にかけての1200×400kmもの広い範囲に、海南島・雷州半島を除き、火山と関係のない高温泉が分布している(図-11)。それは、火山国日本の本州の大きさ1100×300kmより大きな地熱地帯であり、これほど大規模な広がりを持つ地熱地帯の例はない。その地熱の起源は華南地域の重要な謎であろう。広州のある珠江・西江デルタ地帯の小丘陵の幾つかは第四紀単成火山である可能性がある。

広東省・福建省では下記の理由により地殻変動の活発な地帯であり、大きな地震は無いとするこれまでの認識を改め、大きな地震が発生する可能性を再検討する必要がある。1976年唐山大地震や1995年阪神淡路大震災を考慮して、華南沿岸大都市地帯の地震対策をしなければならない状況になっていると思う。

華南の第四紀火山問題

8月22日 1996年唐山市で開かれた国際地震地球内部物理学会(IASPEI)において海南島および広東省の新生代火山活動の発表(張虎男)があり、その時投影された新生代火山のスライドで数十万～数百万年前の火山と報告された多くの火山は、地形的に見て数万年～数千年前の火山であると思わ

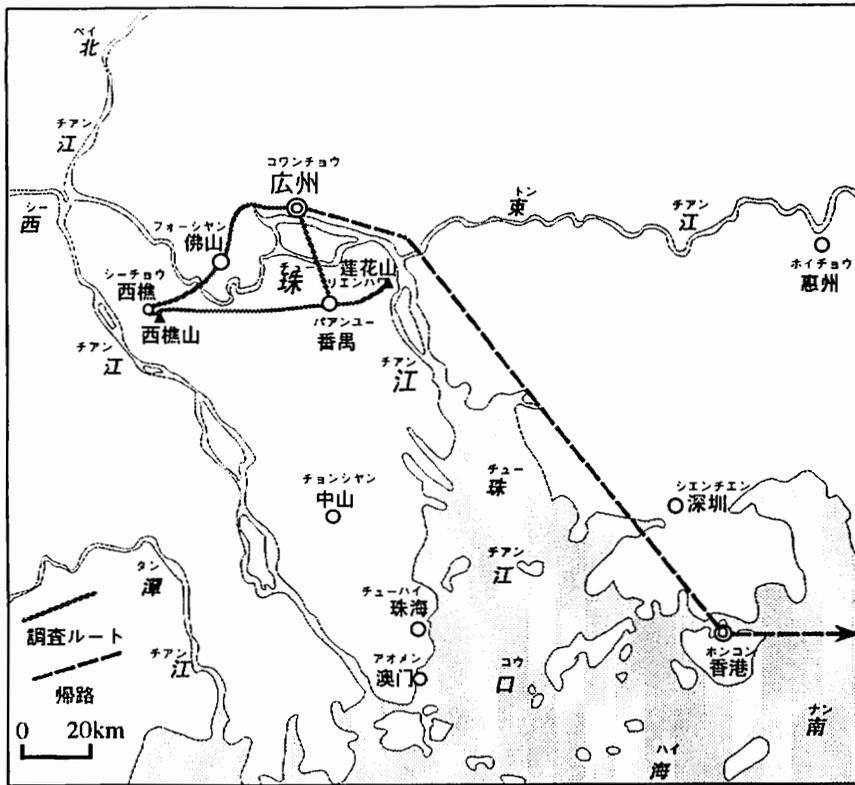


図-10 広東省珠江デルタ地区活断層，火山と地熱活動の調査経路図

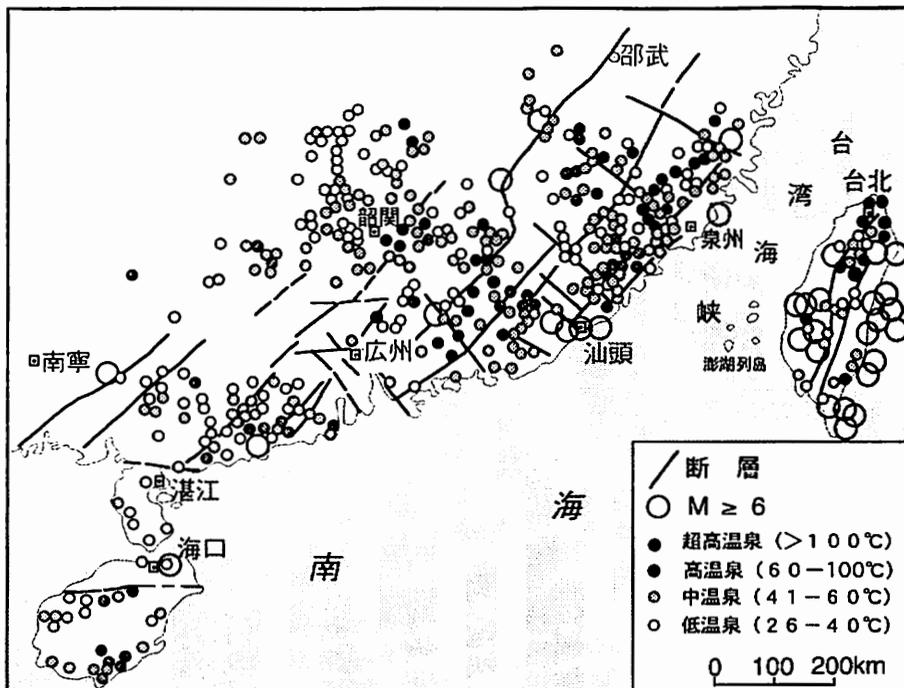


図-11 広東省・福建省の熱水分布図
(張虎男 他 5, (1990) 284頁 華南沿海新構造運動と地質環境)

れた。4年前、広州市の平野を遠望した時、小さなドーム状の地形を見て、第四紀火山ではないかと思った。しかし、これまでの調査では広東省・福建省には雷州半島を除き第四紀火山は確認されていない。火山があるとすると第三紀火山であるという。広州市の西40kmに西樵山と呼ばれる第三紀火山があり、張虎男の案内でその調査を行うことになった。

西樵山 (Xiqiao, 344.4m) はK-Ar法により5千万年前(始新世)とされている。山頂には径4kmのカルデラと中央火口丘がある。しかし、地形的に見て30~50万年の火山であり、中央火口丘は古くても10万年前の火山と思われ、5千万年前の火山とすることは不適切であると判断された。

活断層と火山：西樵山は、広州市の西縁を画し南北に走る西江活断層に沿って噴出した粗面岩(trachyte)質の新生代火山である。西江活断層に沿い粗面岩質玄武岩の単成火山が配列しているとのことである。広州市を東西に横切る柴慶-恵来活断層に沿っても同様な玄武岩~安山岩単成火山の分布が推定される。

海南島と雷州半島には粗面岩質玄武岩~安山岩の新生代火山が多数分布している。これらの火山の成因は広州市周辺の粗面岩質火山と結びつくものと推定される。粗面岩質玄武岩~安山岩類は、例えば東アフリカ地溝帯(rift zone)のような、大断層帯で深部マントルに由来するマグマ活動の産物である可能性がある。

華南リフト帯

華南地区の火成活動は白亜紀末期から第三紀初期に渡りアジア大陸東縁部で発生した広域的酸性火成活動に属し、日本の濃飛流紋岩類で代表される火成活動に対比されている。広域的火成活動は数千万年前に終焉したとする火成活動史とK-Ar法*の測定結果に基づいて、華南地域では地形的に若い火山に対しても古い年代が付けられている可能性がある。

しかし、すでに述べたように広東省から福建省の広範囲に分布する高温泉の分布、活断層に沿って噴出している粗面岩質火山岩類の分布(rift zoneの火山活動)、華南地区の若い地層は白亜系に属し、しばしば北東-南西に延びる地溝帯として分布している。これらの事実は本地域が伸張の場で、極端な表現をすれば、本州がアジア大陸から分離し、日本海の形成が始まったのと類似したテクトニクスの方が生まれようとしているのではないだろうか。

本地域はマントルプルームの上昇によって伸張の場となり、リフト帯、地溝帯、活断層に沿いアルカリ火山岩の噴出が行われているところであり、地震活動を注意深く見守る必要がある。広東省・福建省の火山と関係のない高温泉は本地域の地溝帯の断層に沿って湧出する温泉の可能性が大きい。なお、本地域は琉球・フィリピン島孤系の背弧盆地東縁部と位置づけられる。

巨大都市の地震対策の共同研究

新瀉市は信濃川・阿賀野川デルタに形成された人口50万の県都である。広州市は珠江、西江の形成する珠江三角洲平野に建設された人口400万の省都であり、両市とも急速な都市整備が進められている。阪神や広州の例を見るまでもなく、巨大都市の整備では慎重な災害対策が必要不可欠である。急発展をする巨大都市直下にある伏在活断層の調査は安全都市構築にとって急務である。今回の共同研究で下記の事項について更に共同研究を深めていく計画である。

* K-Ar法では数十万年以前の年代測定は困難であり、 K_2O に富む岩石(粗面岩類)ではカリ長石斑晶を除去し過剰Arの混入を防がないと古い年代が算出される危険が指摘されている。

- 1) 珠江三角州平野・海南島の火山岩の地形学的再検討と化学組成とK-Ar年代測定
- 2) 第四紀火山のテフラ層序（ボーリング調査）と火山活動史の組立
- 3) 活断層と活火山の関係を解明
- 4) 熱水活動と活断層の関係（電気探査・地球化学探査・ γ 線調査）
- 5) 微小地震観測と活断層の関係調査
- 6) 歴史被害地震の古文書による再検討
- 7) 火山活動の時代と地殻変動を探索する古磁気学的調査
- 8) 深部地下水（温泉）のテレメーター観測システム
- 9) 深部地下水の起源を探索する安定同位体地球化学的調査
- 10) 地震被害想定調査
- 11) 構造物の耐震基準の再検討

なお、これまで行われた新潟大学と広東省地震局との共同研究の経過を以下に略記する。

- 1984 広東省地震局馮鈞敏研究員松前財団奨学金により神奈川県地研（大木）にて地震と地下水についての研修（6ヶ月）
- 1992 新潟大学大木・佐藤，広東省地震局訪問，地震と地下水についての共同研究を探索
- 1993 広東省地震局長何熙平局長馮鈞敏研究員北海道南西沖地震被害調査で訪日
- 1994 広東省地震局徐輝竜研究員新潟大学大学院博士課程文部省国費留学生
- 1996 大木・佐藤広東省地震局訪問，第四紀火山活動と活断層の共同研究の検討

謝 辞

四川省の地震地質・熱水活動の調査に際し、ジープ2台の利用を許可され、貴重な研究報告書を供与し、助言を下された四川省地震局韓渭資副局長，野外調査の案内をして下さった黄聖睦教授，野外調査が円滑に進むようご配慮して下さい周興和外事処翻訳，険しい山岳道路での安全運転をして下さった竜定乾・羅新華両運転手に厚くお礼申し上げます。広東省での調査にご協力下さった肖安予地震局党組副書記に深甚なる感謝をいたします。

文 献

- 錢綱(1988)：唐山大地震，朝日新聞社
- Huang, Shengmu (1995)：Discovering of a recent tectonic movement in late Holocene in Sichuan-Yunnan region, Jour. Seismological Res. vol.18, 221-229.
- 唐榮昌・韓渭資編(1993)：四川活動断裂と地震，地震出版社
- 張虎男(1990)：華南沿海新構造運動と地質環境，地震出版社