

地震地盤工学者、防災科学技術研究所 客員研究員

# 若松加寿江 氏

## 男社会の壁に ぶつかるも 怯まず研究を続けた

聞き手…井出 建

つい東日本大震災までは、同じ場所で液状化は起きない、と多くの専門家は考えていた。

若松先生が同じ場所で液状化が繰り返し起きると実証。『日本の液状化履歴マップ 745-2008』で、過去に液状化が起きた場所を奈良時代にまで遡って概観できるようにした。

もう1つ、全国津々浦々の液状化発生を予測するため、地表の様相を表す地形分類を地盤工学に導入、「地形・地盤分類」の分類基準を提案。

どんな条件で液状化が起きるか判れば、簡便に予測可能なはず。液状化の関係を調べていくなかで新たな発見があり興味と意欲がかき立てられた。

気づけば半世紀この道一筋、

地震地盤工学者、若松先生の話をついた。

「男は仕事、女は家庭」が社会常識になっていた時代に大学院を出て、地盤工学の道を目指しました。幾多の困難に遭遇したが、「男社会の壁にぶつかって、おめおめと引き下がってなるものか(笑)」との思いで研究を続けてきました。今日は私が開拓、導入した2つの仕事について、まずお話しします。

### 2つの仕事

私の仕事は、1つは液状化発生の予測に関して、液状化履歴を研究として確立したことです。かつて液状化履歴調査は、単なる調べごとで「研究」ではない、といわれてきました。

なぜ液状化履歴が重要かといえば、過去に液状化が起きた場所やその近辺で、将来、液状化が発生する危険性、再帰性が高いからです。しかし、つい10年前の東日本大震災までは、同じ場所では液状化は起きない、と多くの専門家は信じていました。一度液状化した地盤は、地盤が沈下した分だけ締め固められ、液状化が起きにくくなる、と考えられていたのです。

履歴を調べていた私は、2011年の東日本大震災のときに、東北・関東地方各地に50回以上足を運び、過去に液状化が起きた場所が再び液状化している光景を目の当たりに

しました。このような「再液状化地点」を100カ所以上見つけ、昔の被害写真と同じアングルで写真を撮影しました。これが「液状化繰返し発生説」の動かぬ証拠となりました。

### 地盤液状化履歴図

液状化履歴に関する研究を始めて20年、積み上げてきた研究成果の集大成が『日本の地盤液状化履歴図』(東海大学出版会、1991)です。これは紙の本で、352ページ、B4変判の大部です。西暦863~1987年の間に発生した液状化発生地点の分布図(5万分の1地形図284葉)と発生地点のリストを作成、いわば、日本列島の液状化カルテというべきものです。



図1 表紙の絵は、1854年安政東海地震「甲寅の十一月駿河の国大地震により泥水をふき出し図」(安政見聞録巻之中)

『日本の地盤液状化履歴図』を上梓してやれやれと肩の荷を下ろす間もなく、わが国には大地震が続発するようになりました。1993年の釧路沖地震に始まって、毎年1回、2回、液状化が日本各地で発生しました。そこで増補版の編集を思い立ったのが2005年、編集作業の最中にも次々と地震が起こり、現地調査に飛んで行き、その成果をデータとして追加。こうやって苦勞の末まとめたのが『日本の液状化履歴マップ 745-2008』(東海大学出版会、2011)です(図1)。発行日は2011年3月18日、東日本大震災の1週間後でした。書名の「745-2008」とは、最初に液状化と思われる記録が見つかった745年から2008年までの地震による液状化地点を収録しているという意味です。データ量が膨大で紙製本では収録しきれないため、解説本+DVDという形式の本になりました。出版から10年余り、この本は、建設・防災・土地の安全性診断など多方面で活用されています。

### 地形・地盤分類

私のもう1つの仕事は、地理学の手法である「地形分類」を地盤工学に導入したことです。地形分類を少しモディファイすれば、地



わかまつ・かずえ

1970年日本女子大学家政学部住居学科卒業、72年早稲田大学大学院修士課程修了。早稲田大学理工学研究所特別研究員、東京大学生産技術研究所研究員、防災科学技術研究所研究員などを経て2008～2018年関東学院大学理工学部土木学系教授。現在、(国研) 防災科学技術研究所客員研究員。著書に『日本の地形・地盤デジタルマップ』(2005)、『日本の液状化履歴マップ 745-2008』(2011)、『そこで液状化が起きる理由(わけ)』(2018)などがある。「宅地地盤の液状化被害と軽減策についての国民への普及啓発」の功績によって平成30年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞受賞



図4a(上) 地形区分に基づく液状化の発生傾向図(2020年12月17日国土交通省公表)

図4b(左) 東京都南部の地形区分に基づく液状化の発生傾向図

分にに基づく液状化発生傾向図」(2020年12月国交省公表)です【図4a・図4b】。特定の地震を仮定せず、地盤自体が液状化に対して、弱いか強いかを表した図です。

デザイナー志望からの転向

なぜ「地震地盤工学者」になったか、とよく聞かれます。私は、絵を描くのが好きな子で、母曰く、幼い頃、大泣きしていてもクレヨンを持たせればピタッと泣き止んだそうです。デザインに関わる仕事がしたいと思い続け、日本女子大学附属高校から大学に進学するときは、迷うことなく住居学科を選びました。

でも学部3年のとき、竹山謙三郎先生の講義を聴き、「地盤」への興味に突然目覚めます。先生は、木構造の研究(1951年建築学会賞)をはじめとして、終戦直後に現在の国立研究開発法人建築研究所の前身を設立、同所長時代に日本初の地盤図『東京地盤図』(1959)を編纂(1959年建築学会賞)、その後、数々の要職を歴任された方です。

私が教わったのは、その後で、脳卒中の後遺症で左半身がご不自由で、着座のまま講義をされていました。講義では、キャスター付き椅子で体を移動させながら、何も見ずに黒板いっぱい東京の下町の断面図を描かれました。そして、国会議事堂や東京駅などの基礎は東京層、東京タワーや霞ヶ関ビルの基礎は東京礫層に支持されて

盤分類になると考え、「地形・地盤分類」の分類基準を提案、この概念を1kmメッシュのデータベースとして日本全土に展開、若松加寿江ほか著『日本の地形・地盤デジタルマップ』(東京大学出版会、2005)として公開しました。

1kmで日本全土約38万メッシュでしたが、もう少し細かいほうがいいという要望があり、ついに、1km四方を250m四方で16分割、250mメッシュで改訂版をつくりました。250mメッシュだと、日本全国約600万メッシュになります。「地形・地盤分類250mメッシュマップ」として防災科学技術研究所の地震ハザードステーションJ-SHISで公開さ



図2 地形・地盤分類250mメッシュマップ

れています【図2】。

250mメッシュ版は、震度6強以上の地震が発生する確率などを示す「全国地震動予測地図」【図3】の作成に利用されています。深い岩盤を伝わってくるまでの揺れの強さが同じでも、表層の地盤が固いか柔らかいかで、地表での揺れの強さは大きく異なってきます。この表層地盤増幅率の推定に250mメッシュの地形・地盤データが使われています。

もう1つの全国的な利用例が、「地形区

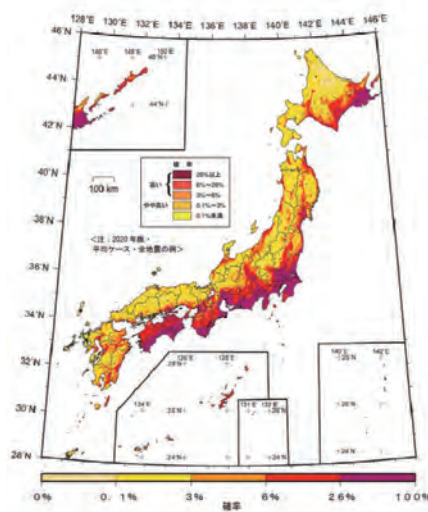


図3 今後30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率(地震調査研究推進本部「全国地震動予測地図」2020年版)

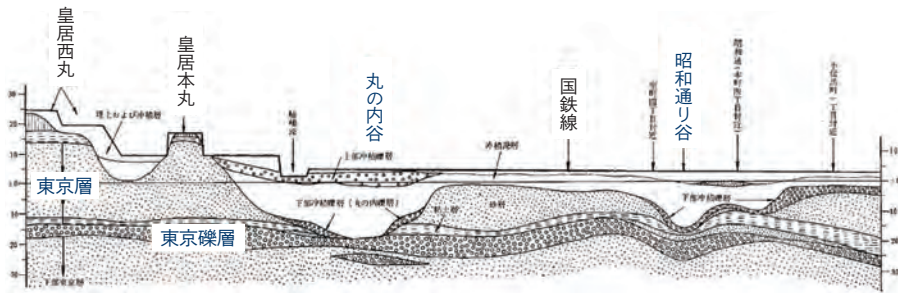


図5 東京の皇居から日本橋付近の地層断面図(『東京地盤図』1959)

いること、神田川河口近くには丸の内谷という沖積層の厚い谷があることなどを話されました。深く広い知識に根ざしたとても楽しい授業でした。ずっと後になってあの断面図は、『東京地盤図』の中の図だと気づきました(図5)。20歳の私はこの授業に惹き付けられ、一転、地盤の勉強をしてみたくまりました。

## 大学院という社会

女子大から工学系大学院への進学は、当時は皆無といってもよい時代でした。でもエンジニアの父は応援してくれました。建築の基礎構造を勉強できる大学院で、自宅通学可能なのは、東京工業大学と早稲田大学だけでした。前者は秋入試で、卒論作成の傍ら試験勉強をするのは無理でした。その頃の大学院入試は落とす入試で、試験科目が8科目ありましたから大学入試並みの勉強が必要でした。3月入試の早稲田大学を目指すことにして、卒論を提出してからガリ勉をして運よく合格しました。

1970年代、今では想像できませんが、大学院での私の指導教授は、表向きはフェミニストでしたが、「女性はきれいで、かわいければいい」というタイプで、ことあるごとに女性に教育は有害無益と諭されました。それまでは、平塚らいてうのような卒業生を輩出した女子大で「女性よ、輝け、自立せよ」と教育されてきました。大学院では一人の学生として扱ってもらったための苦闘が始まりました。ずっと後になって早稲田大学建築構造系大学院初の女子学生と知りました。

ハラスメントという言葉もない時代で、真っ向から抵抗はできませんでしたが、それでも何とか修士論文を書き上げ、地盤の好きな私は地盤調査会社に就職したいと考えていました。どんなに小さな会社でも、お給

料が安くてもいいから、技術系正社員として迎えてくれる会社を探しましたが、当時、大学院卒の女性を採用してくれる会社は皆無でした。研究室の男子学生は全員スーパーゼネコンの研究所に行くのに、私は面接を受けることもかなわない。結局、大学の正規の助手ではなく、指導教授の個人助手として勤め始めました。1年ほどして結婚し、やがて子供が生まれると個人助手の職も解雇されました。このとき私は31歳、それでも食いが下がり、「肩書、給料、研究費、机なし」の研究室の居候となり、研究を続けました(机はずっと後になっていただきました)。

## 研究者への道へ

このような経緯で、はからずも研究者の道を歩むことになりました。研究テーマを選ぶにあたり、解析は頭が良くないとダメ、実験はお金が掛かるから無理、個人助手時代に指導教授に命じられて調べた1923年の関東大震災の液状化発生に関する文献調査で液状化に対する興味が昂まり、文献コピー一代だけで研究を続けられる、と私は液状化の文献調査をすることにしました。

長女が1979年に生まれ、第二子は息子で1982年生まれ。私は研究室の居候、向こうが拒んでいるのに行くのか、と夫も大反対。でも、ここで辞めたら大学院入試以来の努力は水の泡、非常勤講師などをして子供を育てながら細々と研究を続けました。

当時、知られていた液状化事例は1964年新潟地震と1968年の十勝沖地震ぐらいでした。新潟の液状化地区の地盤は、地表から地下20mまで全部砂で、当時はこれが液状化被害を起こす地盤の典型とされていました。新潟以外の事例は、液状化の記録探しから始めないと研究ができませんでした。

## 液状化発生地点の探索

最初は、液状化がどんなところで起きるのか、その地盤条件が知りたくて調べ始めました。東京大学地震研究所に通い詰めて、地震被害記録を読み込みました。「地に裂罅(亀裂)を生じ、地下水を湧出」といった記述があると、その場所を地図上で捜して印をつける。といっても、多くは地名が変わっているの、場所を特定するのが大変でした。今度は国会図書館に通って地名辞典を調べまくりました。次にその地盤を調べるのですが、当時は地盤の公開データなんてありませんから、あちこちの地盤調査会社に恩師のついで頼み込み、なんとかボーリング柱状図を入手しました。

それでわかったのは、首都圏は粘性土層の上に砂が2~3m堆積している軟弱地盤で、地表から20m以上も砂層が続く新潟の地盤とは大違い。しかし、こんな地盤でも1923年の関東大震災で液状化は起きている。首都圏と同じような地盤は全国各地にあるはず。ならば全国のいたるところで過去に液状化は起きているだろうと考えました。そこで関東平野に次いで大きい濃尾平野を調べ、その後、全国へと広げていきました。一方、時間軸も気になりました。首都圏で起きた大地震は関東大震災だけでなく、それ以前にも安政2年の江戸地震など周期的に大地震が起きています。そのときはどうだったのだろうか？

そうやって地域を広げたり、歴史を遡ったりしているうちに、研究対象は「日本全国」「有史以来」になっていき、前出の『日本の地盤液状化履歴図』の出版に繋がりました。

## 地形分類と液状化

図6は、全国の主な平野と盆地ごとの液状化発生回数を示しています(図6)。液状化発生の地点数や分布に関係なく、ある地震で1カ所でもその平野や盆地に液状化が起きた記録があれば1回とカウントしています。液状化が10回前後発生した平野はいくつもあります。このような液状化発生の全国的な俯瞰を通して到達した結論は、液状化はボーリングデータのないエリアで起きる、で



図6 平野・盆地ごとの液状化発生回数(若松『そこで液状化が起きる理由』2018)



図7 『そこで液状化が起きる理由』

す。ビルが建つ市街地でなく、新しく開発された地域で多発しています。

ボーリングデータ以外に液状化の発生を予測できる指標はないか、地質図や種々の計測データと見比べてみましたが、しっくりせず、最後に辿り着いたのが地形分類でした。『東京湾周辺地帯の地盤』(1969)の付図に、著名な地理学者、貝塚爽平先生が編集された地形分類図があり、この分類図と液状化発生地点を重ねて見ると、強い関連が見つかりました。

内陸部の液状化発生地点は自然堤防や旧河道と重なっていました。そこで全国の地形分類図を多数収集して液状化発生地点を重ねあわせると、確かに液状化との関連性は認められましたが、釈然としない点も多々ありました。

たとえば、1964年の新潟地震の液状化発生地点と分類図を重ねあわせると、液状化が発生した旧河道と発生しない旧河道があり、その地盤特性の違いがわかりません。必ず違いがあるはずと思い、既存の地形分類図に頼るのでなく、空中写真判読により自分で地形分類を試みようと思立ちました。幸い早稲田大学教育学部に地形分類の大家、大矢雅彦先生がおられ、先生の地形分類の演習を学生に混じって受講させていただきました。第二子が生まれて間もない頃でした。

1年間の演習でしたが次第に地表のわずかな傾斜、凹凸を判別し、さらに地形図では一面の水田で「後背湿地」と区分されるような地域でも、空中写真の色調・肌理・パターン・陰影から、地盤条件の違いが見え

てきました。旧河道も古いものと新しい旧河道があることがわかり、旧河道を充填する堆積物や地下水位の違いなど、地盤に関する詳しい情報が読みとれるようになりました。

このような地形分類と、ボーリング柱状図と液状化発生地点を照合するという全国的な作業が、冒頭で述べた「地形・地盤分類」の概念に繋がり、前出の1kmメッシュと250mメッシュの「地形・地盤分類メッシュマップ」の構築へと発展していきました。

### 研究者としての第一歩

液状化履歴図は、重要で、土木で役立つ、と当時東海大学におられた濱田政則先生が後押しくださり、44歳の時に前出の『日本の地盤液状化履歴図』を上梓することができました。前後して、女性に対しては大変封建的だった恩師が亡くなり、お金はなかったけど研究上の拘束も減りました。上記の著書出版の翌年、土木学会出版文化賞をいただくことができ、実務の世界では液状化履歴の重要性が認識されるようになってきました。

表1 国土庁『液状化マップ作成マニュアル』(1992)

地盤表層の液状化可能性の程度	微地形区分
大	自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防、蛇行州、旧河道、旧池沼、砂泥質の河原、砂丘末端緩斜面、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、埋立地、湧水地点(帯)、盛土地※
中	デルタ型谷底平野、緩扇状地、自然堤防、後背湿地、湿地、三角州、砂州、干拓地
小	扇状地型谷底平野、扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜

※崖、斜面に隣接した盛土地、低湿地、干拓地・谷底平野の上の盛土地を指す。これ以外の盛土地は、盛土地前の地形区分と同等に扱う。

出版で一区切りつけ、2年後の1993年に「わが国における地盤の液状化履歴と微地形に基づく液状化危険度に関する研究」と題する論文を早稲田大学に提出、博士(工学)の学位がとれました。博士論文で提案した「微地形からみた液状化判定基準」は、国土庁の『液状化マップ作成マニュアル』(1992)に採用していただきました[表1]。

### 50年の遍歴 —— 終わりよければすべてよし

個人助手から始まり、今までに履歴書はたくさん書きましたが、歳を追ったのは今回、初めてです。29歳、40歳、49歳と肩書きは代わりりましたが、結局、無給です。現在でもテニユアを目指して日々奮闘されているポストクの方は多数おられます。私が女性だから57歳まで月給をいただける職が得られなかったとは言いたくありません。研究を辞めて家庭に入ることを迫られたことが何度もありましたが、それまでの人生の積み重ねを捨てられませんでした。途中、転職も考えましたが、その時代に二人の子持ちの主婦を正規に受け入れてくれる組織はありませんでした。

60歳で関東学院大学理工学部の専任教授になれたのはラッキーでした。2014年には、「全国统一基準による地形・地盤分類250mメッシュマップの構築と提供に関する貢献」で日本地震工学会から功績賞をいただきました。2018年3月に70歳で定年退職しましたが、翌4月には、「宅地地盤の液状化被害と軽減策についての国民への普及啓発」の功績で文部科学大臣表彰科学技術賞をいただくことができました。退職時に上梓した著書『そこで液状化が起きる理由』(図7)は、平成30年度土木学会出版文化賞を受賞しました。「研究ではない」「工学ではない」と、さんざん陰口を言われた私のライフワークは最終的にはすべて社会的に評価していただくことができました。

大学院入学時からの孤軍奮闘、八方塞がりの人生を振り返ると、よくここまで来られた、というのが率直な感想です。終わりよければすべてよし、と思うことにしましょう。でも、若い頃、心の余裕がなかったことで、子育てに関しては少なからず後悔があります。