

特別  
寄稿

NI Tech  
ADPEC

# 名古屋工業大学 高度防災工学センターの活動



名古屋工業大学 高度防災工学センター

檜尾 正也

## 1.はじめに

東海地方は、日本を代表する工業の集積地であり、東西を結ぶ交通の要衝でもある。また、日本最大の0m地帯である濃尾平野が愛知県西部、三重県北東部、岐阜県南西部にわたって広がっている。このような地勢から、巨大自然災害による被害が多く発生している。明治以降の代表的な自然災害の例を挙げると、地震では1891年(明治24年)の濃尾地震(M8.0)、1944年(昭和19年)の東南海地震(M7.9)、1945年(昭和20年)の三河地震(M6.8)がある。風水害では、1959年(昭和34年)の伊勢湾台風、1972年(昭和47年)の台風6号、1976年(昭和51年)の台風17号、2000年(平成12年)の東海豪雨などが挙げられる。特に近年では南海トラフ巨大地震の発生が懸念されており、政府を挙げての対策が講じられている。

名古屋工業大学においても、今後発生するであろう自然災害からの被害を防ぐ・軽減するための研究を行う場として、高度防災工学センターが設置された。本稿では、高度防災工学センターの設立理念や活動方針ならびに現在の活動状況について報告する。

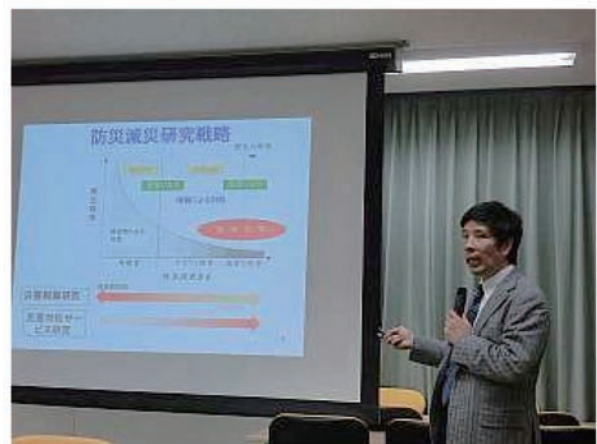
## 2.高度防災工学センターの概要

### 2.1 高度防災工学センターの設立

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震により引き起こされた東日本大震災では、地震や津波による被害は死者・行方不明者は1万8千人を超え、建物の全壊・半壊は合わせて約40万戸となった。このような壊滅的な被害を東日本にもたらした東北地方太平洋沖地震と同程度の地震が南海トラフ沿いで発生すると予測されており、その30年以内の発生確率は70%とされている。内閣府に設置された「南海トラフの巨大地震モデル検討会」により発表された最悪ケースの被害予測では100万棟以上の建物が全壊または焼失し、32万人以上の死者が発生するとなっている。特に東海地方では、自動車産業に代表されるように、多くの産業が集積しているため、人的被害だけでなく経済的被害も甚大で、愛知県の直接的な経済被害だけでも13兆円に上ると試算される。このような巨大地震だけでなく風水害等の激甚災害から東海地方を護るまたは被害を少しでも軽減すべく、高度防災工学センターは2011年11月に設立され(図-1)、翌年の2012年1月18日に高度防災工学センター発足記念シンポジウムを行った(図-2)。設立時のメ



図-1 センター発足時のパンフレット



(a)張センター長(設立時)による説明



(b)パネルディスカッション

図-2 センター発足記念シンポジウム

メンバーは学内の土木と建築を専門にする教員15名(教授7名, 准教授7名, 助教1名)と, 協力研究員として他大学の教員2名(准教授2名)であった。学内の教員は全員がそれぞれの学科・専攻と高度防災工学センターの業務を兼任しており, センターの専任の研究員や事務員はおらず, またセンター独自の予算もほとんどない状態からのスタートであった。十分に整っていない環境ではあったが, 名古屋工業大学がもつ特色

- 高度な工学技術に関する研究開発を行っている。
- 100年以上の歴史があるため東海圏に多くのOB・OGがあり, 独自のネットワークを持つ。
- 工学系単科大学であるため, 組織がコンパクトで協働や連携が行いやすい。

を最大限に活用することで, 東海圏の防災・減災に資する活動を目指していた。そして, 同じ愛知県内の他の国立大学においても防災・減災を研究テーマとするセンターが, 名古屋大学では減災連携研究センター(2010年12月設立), 豊橋技術科学大学では安全安心地域共創リサーチセンター(2011年4月設立)がそれぞれ設立されており, それぞれの大学の特色を活かした活動を行っていた。

## 2.2 東海圏減災研究コンソーシアムの設立

東海圏の6つの国立大学(岐阜大学, 静岡大学, 名古屋大学, 名古屋工業大学, 豊橋技術科学大学, 三重大学)によって, 「東海圏減災研究コンソーシアム」(図-3)が2013年3月3日に設立された。このコンソーシアムは6大学が互いに連携して自然災害を軽減するための研究を強力に推進し, もって安全・安心な地域社会の実現を目指すものである。そのためにはそれぞれの大学の持つ防災・減災に関する資産(ヒト, モノ, コト)を有機的かつ実効性のある形で展開・社会還元することが必要(図-4)となる。ただし, 防災・減災は, 災害のメカニズムや被害予測, ハード・ソフトでの対策技術の開発, 実社会への適用性の検証等の多種多様な研究成果を総合的に活用する必要があり, すべてを1つの大学で行うことができない。したがって, それぞれが得意とする学問分野が異なる大学で連携を行うことで, 互いの得意分野で他の大学をサポートすることができる。また, 大学間の連携だけでなく,



図-3 東海圏減災研究コンソーシアム

それぞれの大学が密接に結びついている地域同士の広域連携も促進することにもなり, 学を中心とした東海圏全域の連携体制を構築すること(図-5)も可能となってくる。コンソーシアムには, 大学間で連携して研究活動を行う6つの専門部会が設置されており(図-6), 高度防災工学センターからはすべての専門部会にメンバーを出して, それぞれが防災・減災に資する活動を行っている。

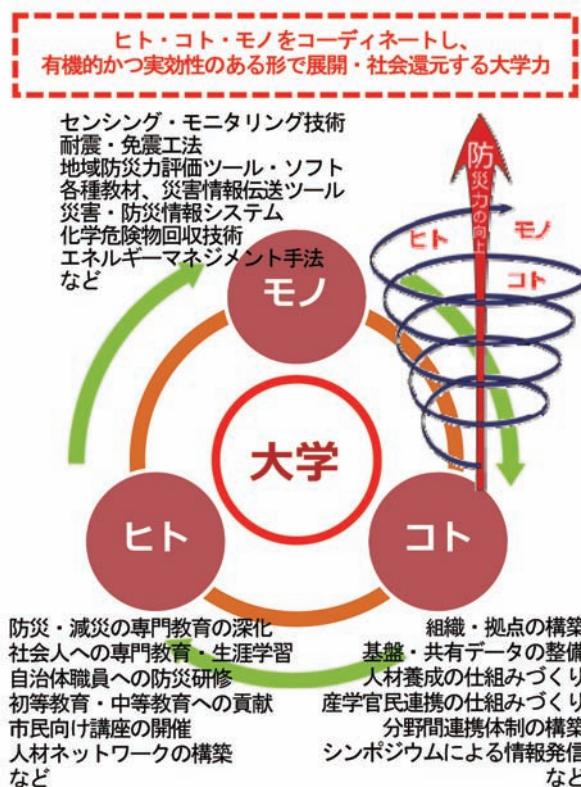


図-4 大学における防災・減災活動の3要素

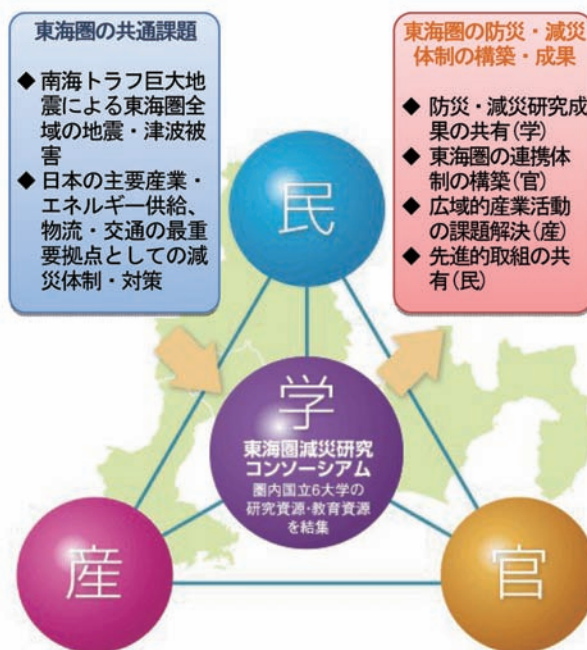


図-5 学を中心とした東海圏全域の連携体制の構築

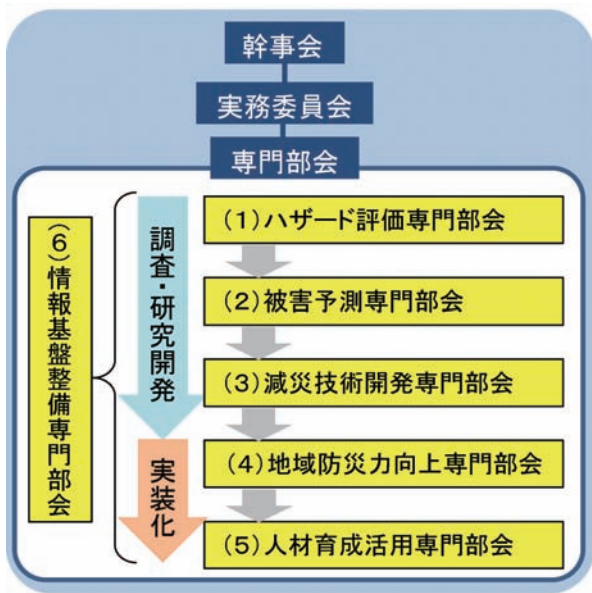


図-6 東海圏減災研究コンソーシアムの体制

### 2.3 高度防災工学センターの現在

設立当初は学外協力員を含め17名のメンバーでの活動であったが、構成員の地道な努力と着実な成果が積み重ねられた結果だけでなく、東海圏減災研究コンソーシアムでの活動も評価されたことで2014年度からの文部科学省の復興関連事業運営費交付金(2年間)を研究プロジェクト「南海トラフ巨大地震克服のための大学力を結集した東海圏減災プロジェクト-高度減災工学技術の融合・体系化と社会還元-」として獲得した。この予算により、メンバーそれぞれの研究だけでなく、センター主催の催しも多く行うことができるようになった。特に技術者を対象とした防災・減災教育には力を入れている。また、センターのパンフレット(図-7)やwebページ(図-8)等も整備し、センター活動の情報を種々のメディアで積極的に発信している(図-9)。さらに、2015年度からは「既存不適格木造住宅の耐震化率を飛躍的に向上させる改修

図-7 現在のセンターのパンフレット



図-8 センターのwebページ



図-9 センター紹介記事(中部経済新聞)

促進のための総合技術の開発」の研究テーマで国土交通省の建設技術研究開発助成制度にも応募し、助成金を獲得した。このような活動によって、現在では、学内の兼任教員21名(教授12名, 准教授5名, 助教4名)と、協力研究員として他大学の教員2名(准教授2名), 客員教授4名, センターの専任の特任准教授と事務員が1名ずつの合計29名を擁するセンターとして成長し現在に至っている。

### 3.高度防災工学センターの活動

#### 3.1 高度防災工学センターの活動方針

工科系単科大学である名古屋工業大学が防災・減災で貢献できる事柄として、各構成員が持つ専門知識を基にした技術開発やネットワークを活かした防災・減災システムの構築等の技術的な研究による貢献が挙げられる。しかしながら、防災・減災の研究成果や活動を地域社会に根付かせるためには、技術的な研究だけではなく、教育機関・地域住民・行政組織等のあらゆる分野の組織との連携と協働が重要となる。したがって、高度防災工学センターでは防災・減災における技術の位置づけを見直し、実効性のある形で技術的な成果を社会に還元できるよう、活動の3本の柱を以下のように立てている。

1. 既存減災技術の集約と社会還元
2. 減災技術の開発と体系化・実用化

#### 3.新技術社会還元のための技術者教育

1つ目の柱は、既存減災技術の集約と社会還元である。大学での研究開発では、研究者が個々に自由な発想で研究を行うため、新たな概念やしくみが生み出される。最終的にはそれが新技術の開発につながるようになるが、開発された新技術がそのまま防災・減災に役立つことはまれである。そこで、本センターでは既存の様々な技術を整理・集約・仕分けし、実効性のある技術を洗い出し、さらに洗い出された技術を実用性・経済性の観点からアップデートし、社会実装・社会還元につながる活動を行っている。

2つ目の柱は、新たな減災技術の開発とその体系化・実用化である。防災・減災の視点から既存技術を見たとき、そこには必ずしも必要な技術がすべて揃っていることはなく、新たな視点から全く今までと違う発想で解決しなければならない技術的課題もたくさんある。そこで、連携する他大学や社会的な要請の中から求められる技術を新たに開発するとともに、それを体系化して一般性・汎用性の高い形で実用化に結びつけていく。

最後の3つ目の柱は、防災・減災のために生み出された技術を広めるための技術者教育である。防災・減災に関わる新技術は従来の価値観とは異なった枠組みの中で開発される場合もある。そして、開発された技術本来の目的に沿ってまっとうな形で運用される必要がある。そのためには、それらの新技術を活用する技術者が目的や活用方法を理解し、正しい運用を行うことが重要となる。こうした観点から、技術者を対象とした防災・減災技術の教育を推進していく。

#### 3.2 高度防災工学センターの構成

高度防災工学センターでは、メンバーの研究活動が円滑に行えるように、それぞれの専門分野や研究内容を考慮して、主に防災・減災に関する技術をハードウェアの側面から研究する「災害制御研究部門」と主にソフトウェアの側面から研究する「災害対応サービス研究部門」の2つの研究部門を設けている。また、これらの2つの研究部門への情報の振り分けや他の組織との連携に関する事柄を取り扱う「プロジェクト推進室」も設けられている。センターはこれらの2つの研究部門と推進室により構成されている(図-10)。

災害制御研究部門では、自然災害の発生過程の研究や災害ポテンシャルの評価法の開発。さらに、被害を防止・軽減するための高度複合技術などのハード的な研究開発を行っている。研究対象としては、

- ◆地震から構造物を護る技術の開発:  
巨大地震に備える耐震設計法  
安価な木造住宅耐震改修工法の開発, など
- ◆インフラを維持管理する技術の開発:

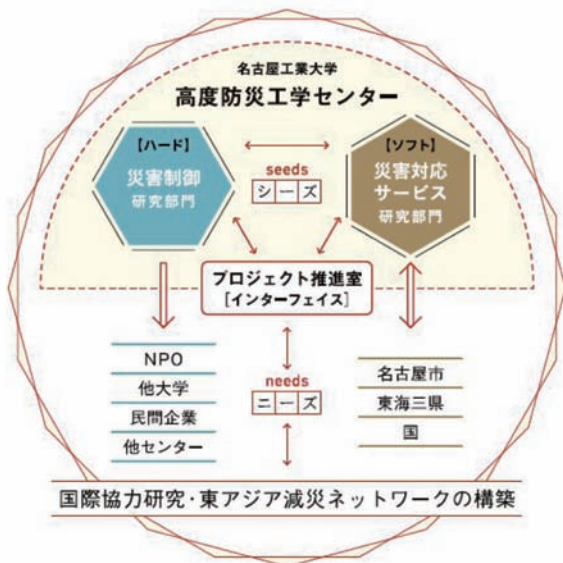


図-10 センターの構成と連携体系

- リサイクル材料を用いた液状化対策
- 非破壊検査を用いた道路盛土の評価, など
- ◆風水害を防止・抑止する技術の開発:
- 都市の雨水排除システムの評価
- 変化を伴う外力のリスク評価, など

が挙げられる。

災害対応サービス研究部門では、人間心理を考慮した災害対応の研究や災害情報の伝達システムの開発。さらに、地域防災力を向上させる人材教育などのソフト的な研究開発を行っている。その研究対象としては、

- ◆災害危機管理サービス確立の技術支援:
- 帰宅困難者・避難者の実態調査と対策
- 地下街水没時の安全な避難経路選定, など
- ◆マルチレイヤ地域防災管理システムの開発:
- 災害復興・避難所の支援
- 災害時の組織間防災機能の連携, など
- ◆災害時高度通信・避難システムの統合開発:
- 局地的豪雨の監視と予測
- 異常気象検知アルゴリズムの提案, など

が挙げられる。

これら2つの部門の研究においては、「災害から生命・財産を護る方法・手法が必要である」というニーズを意識して、「防災・減災に関する先端技術や最新の研究成果」というシーズを創造している。センターの活動方針でも述べたが、センター構成員が開発した防災・減災技術を社会に還元するためには、民・官・他大学・他団体などの学外組織と連携をしていく必要がある。したがって、他組織との連携の開始や強化、または円滑化する必要がある。そのために設置されたのが「プロジェクト推進室」である。ここでは、外部の多様なニーズを集約し、「災害制御研究部門」と「災害対応サービス研究部門」に情報を振り分け、

ハード・ソフトの両面への効果的な支援を行っている。さらに、プロジェクト推進室の役割として、東海地区における都市防災研究の拠点づくりや、防災に関する国際協力ネットワークとの連携も行っている。

### 3.3 高度防災工学センターの活動状況

高度防災工学センターのメンバーはそれぞれの専門分野で自身の研究を遂行しているが、ここでは個々のメンバーの活動をすべて紹介することはできないため、センターが主体として行っている活動であるシンポジウム・フォーラム、講習会・講演会、海外での防災教育に関する取り組み、地域住民やボランティア団体との取り組みの順に紹介を行う。これらの取り組みはセンターが主体となる活動ではあるが、そのほとんどが個々のメンバーの研究成果等が活用された防災・減災に関する技術者教育や啓発活動である。

最初に、センターが主催・共催するシンポジウムやフォーラムについて紹介する。シンポジウムやフォーラムは現在までに9回開催(表-1)しており、おおむね年に2回のペースで開催していることになる。図-11に代表的なシンポジウム・フォーラムのチラシを示す。これらのシンポジウム・フォーラムのほとんどが、防災・減災に関する業務

開催日	シンポジウム・フォーラム
2012年 1月8日	高度防災工学センター発足シンポジウム 「センターの果たすべき使命とは」
2012年 10月28日	平成24年度 防災・日本再生シンポジウム 「巨大自然災害に立ち向かうための 土木工学・建築学の取組」
2013年 2月6日	沿岸域の防災・減災に関するシンポジウム 「ねばり強い沿岸域を目指して、沿岸域の 設計・技術の課題と考えるべきこと」
2013年 10月13日	平成25年度 防災・日本再生シンポジウム 「災害に学ぶ・災害を学ぶ」
2014年 10月2日	土木学会応用力学委員会中部地区フォーラム 「地震・津波災害へ備えるために ～応用力学からのアプローチ、解析現状と精度」
2014年 12月8日	文部科学省委託事業 数学協働プログラム 「甚大災害の外力想定に必要な 極値統計解析法の背景と活用」
2015年 5月30日	高度防災工学センター活動報告会 「巨大自然災害に立ち向かうADPECの挑戦」
2016年 1月13日	土木学会応用力学委員会中部地区フォーラム 「水と土粒子の流れ 最先端の解析技術 ～水工学・地盤工学からのアプローチ～」
2016年 1月28日	高度防災工学センターシンポジウム 「災害からインフラを護り続ける構造工学 の耐震技術 ～2Dから5Dへ～」

表-1 シンポジウム・フォーラムの開催状況

平成24年度 防災・日本再生シンポジウム  
 東海3県国立大学が主催するシンポジウム  
**巨大自然災害に立ち向かうための  
 土木工学・建築学の実践**

参加無料  
 申込・申込書  
 申込書

10/28 13:00~17:30  
 東別院ホール(名古屋市中区中-45 東別院5階3F)

400名

講演スケジュール

セッション1 東海3県自治体防災	13:05~14:30
休憩	14:30~14:40
セッション2 建築学からの実践	14:40~16:05
休憩	16:05~16:15
セッション3 建築学からの実践	16:05~17:20

名古屋工業大学研究推進課  
 Tel:052-735-5197 Fax:052-735-5621

(a)平成 24 年度 防災・日本再生シポジウム

防災・日本再生シンポジウム  
**災害に学ぶ・災害を学ぶ**

10月13日 14:00開演  
 名古屋市中企業連合会(取上ホール)  
 7階 メインホール

入場無料

(b)平成 25 年度 防災・日本再生シポジウム

名古屋工業大学  
 Annual Dinner Presenting Course  
**高度防災工学センター活動報告会**  
 巨大自然災害に立ち向かうADPECの挑戦

2015.5.30 Sat. 13:30~16:45  
 会場:名古屋工業大学4号館1Fホール

報告会進行

井戸田秀樹, 北川啓介, 佐藤竜司, 高橋之, Wisirino Wisit-jiradont, 北野利一, 橋元正也

「パネル」地震被害の状況  
 認定NPO法人名古屋NGOセンター 藤田成仁氏

「災害の経済的影響・視点と論点」  
 講師:奥山基英教授  
 (北九州市立大学大学院社会システム研究科)

活動報告会参加料  
 懇話会参加費3,000円

http://adpec.web.nitech.ac.jp/

(c)高度防災工学センター活動報告会

応用力学委員会 中部地区フォーラム  
**地震・津波災害へ備えるために  
 ~応用力学からのアプローチ, 解析の現状と精度~**

開催日時:2014年10月23日(木)13:20~17:00  
 開催場所:名古屋工業大学(45-1) 東別院5階3F

講演スケジュール

13:20-13:30	開会式
13:30-14:00	講演1 地震・津波災害への備え
14:00-14:30	講演2 地震・津波災害への備え
14:30-15:00	講演3 地震・津波災害への備え
15:00-15:30	講演4 地震・津波災害への備え
15:30-16:00	講演5 地震・津波災害への備え
16:00-16:30	講演6 地震・津波災害への備え
16:30-17:00	講演7 地震・津波災害への備え

名古屋工業大学応用力学委員会  
 名古屋工業大学高度防災工学センター, 名古屋大学防災工学センター

(d)応用力学委員会中部地区フォーラム

文部科学省数研事業 数学協働プログラム(登録機関:統計数理研究所)  
**甚大災害の外力想定に必要な確率統計解析法の背景と活用**

開催日:2014年12月8日(月)10:00~17:00  
 開催場所:富山大学防災研究所(自由ビル3F)または150号  
 (〒931-8501 富山県富山市片町1)

主催:名古屋工業大学高度防災工学センター, 富山大学防災研究所  
 統計数理研究所 リスク解析情報研究センター

名古屋工業大学高度防災工学センター  
 名古屋工業大学高度防災工学センター

(e)文部科学省数学協働プログラム

名古屋工業大学  
 高度防災工学センターシンポジウム  
**災害からインフラを護り続ける  
 構造工学の耐震技術**  
 ~2Dから3Dへ~

2016年1月28日(木) 13:00~17:00  
 名古屋工業大学4号館1Fホール

シンポジウムの趣旨

「網橋の耐震設計の現状と巨大地震での被害軽減に向けた最新技術」  
 後援者 旗プロジェクト教授  
 名古屋工業大学 次世代耐震工学研究所

講師: 藤原 隆彦 教授  
 名古屋工業大学 社会基盤工学部

講師: 宮内 勇 教授  
 NEXCO中日本 建設・橋梁部 専門技師

講師: 田嶋 賢治 氏  
 大日本コンサルタント インフラ技術開発部 部長

講師: 野中 健也 教授  
 名古屋工業大学 工学部 工学研究科 社会工学専攻

シンポジウム参加料  
 懇話会参加費3,000円

(f)高度防災工学センターシンポジウム

図-11 センター主催・共催のシンポジウムやフォーラム

に携わる技術者を対象とし、専門性の高いテーマに絞ったプログラムで行っている。これは本センターの活動方針の3つめの柱である「新技術社会還元のための技術者教育」を実践しているためであり、センター構成員が持つ防災・減災技術はそれらの技術を扱う技術者の知識や能力向上を介して、地域住民の防災力向上につながっていると考えている。そのような考えから、毎回のシンポジウムでは具体的なテーマを掲げて行うことで、多くの技術者に参加いただいている。その結果、参加者の総数は合計で700人以上となった。また多くのシンポジウム・フォーラムはセンター単独でのイベントではなく、隣の大学は言うに及ばず、東海圏の自治体(愛知県、岐阜県、三重県、静岡県、名古屋市)、国土交通省中部地方整備局、港湾空港技術研究所、国立大学協会、統計数理研究所等が

主催・共催・後援となっていることから、センターが幅広く学外組織と連携していることがわかる。このようなイベントを通じて、防災・減災に関わる技術者のニーズを調査し、センターの持つ研究成果や開発技術のシーズを技術者に提供できる環境を作り出している。また、本稿には記載していないが、東海圏減災研究コンソーシアムでも年1回のシンポジウムが開催されており、その中で本センターの取り組みや活動についての紹介や報告も行っている。

次に講習会・講演会について紹介する。センターが地方自治体との協働で行っている講習会が木造住宅耐震改修工法講習会「耐震リフォーム達人塾」である(図-12)。この講習会は大工や木造建築の設計を行う建築士・設計士および地方自治体の行政職員を対象にしたもので、巨大

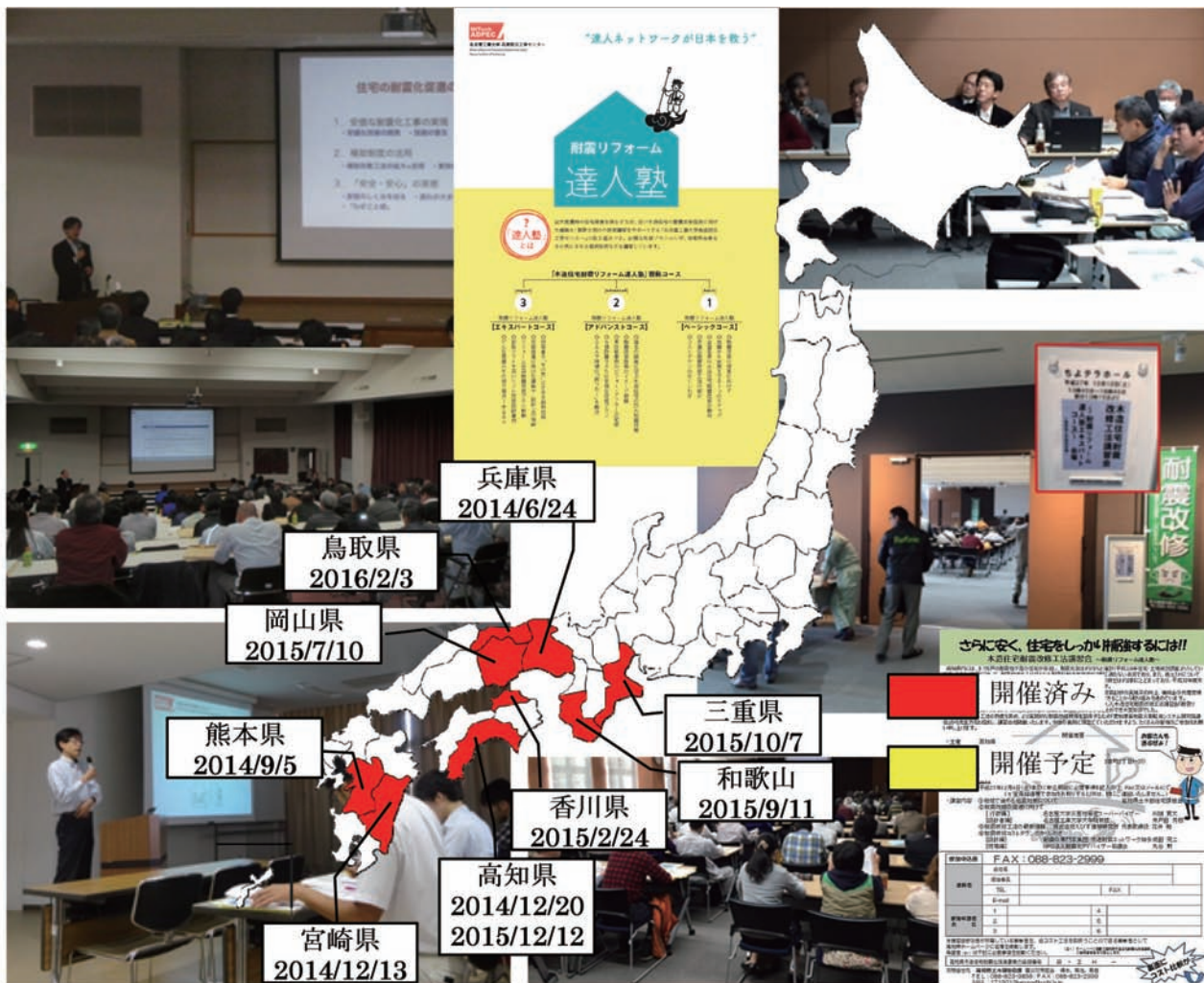


図-12 耐震リフォーム達人塾

地震時の住宅被害を減らすため、古い木造住宅の耐震改修促進に向けた建築士・設計士向けの技術講習をサポート、行政職員向けの実効性のある補助制度を紹介する取り組みとなっている。特に、大工・建築士・設計士が安価な改修プランのワザや住宅所有者をその気にさせる説明技術などが学べるようになってきている。したがって、センターが直接的に行うのはそれぞれの地域性に合わせた安価な耐震改修工法の開発や工法の定量的な評価であり、住宅所有者に対する説明技術である。これらの事柄をそれぞれの地域に根付いた建築士・設計士が学ぶことで地元の住宅所有者が安価に耐震改修することで、地域全体の防災力が底上げされ、さらなる耐震改修の促進につながる。この講習会は国土交通省の建設技術研究開発助成である「既存不適格木造住宅の耐震化率を飛躍的に向上させる改修促進のための総合技術の開発」の研究の一部もあり、センターが掲げる活動方針である3つの柱による活動(安価で合理的な工法の開発と収集、当該工法の効果的な運用方法の体系化・実用化、住宅所有者をその気にさせる説明技術の講習)がすべて詰まった講習会であると言える。この耐震リフォーム達人塾は平成26年から

始まり、現在までに年に5回ずつ、以下のように9都道府県で10回開催されている。

平成26年度(約900人)

- 第1回 兵庫県(神戸市)：ベーシックコース
- 第2回 熊本県(熊本市)：ベーシックコース
- 第3回 宮崎県(宮崎市)：ベーシックコース
- 第4回 高知県(高知市)：ベーシックコース
- 第5回 香川県(高松市)：ベーシックコース

平成27年度(約600人)

- 第1回 岡山県(岡山市)：ベーシックコース
- 第2回 和歌山県(和歌山市)：ベーシックコース
- 第3回 三重県(津市)：ベーシックコース
- 第4回 高知県(高知市)：アドバンスドコース
- 第5回 鳥取県(鳥取市)：ベーシックコース

また、参加者の習熟度に合わせて、3つのコース(ベーシックコース、アドバンスドコース、エキスパートコース)に分けて開催をしている。耐震リフォーム達人塾は平成28年度も同様のペースで行う予定である。

次に、海外での防災教育に関する活動を紹介する。JICAの草の根技術協力事業として2015年1月から





図-13 ボホライゾンプロジェクト(フィリピンでの防災能力向上プロジェクト)の活動

2018年12月までの4年間のプロジェクトとして採択されたフィリピンでの防災能力向上プロジェクトが「フィリピンボホール州トゥビゴン市における予防/準備/対応/復旧に関する防災能力向上プロジェクト」(図-13)である。このプロジェクトは ボホライゾンプロジェクト(ボホールとホライゾン合成した造語)と名付けられ、JICAと連携しながら、フィリピンの現地ではトゥビゴン市の行政とボホール州立大学、日本では名古屋市の協力ののもとで活動を行っている。フィリピンでは、台風や地震が多く発生しており、最近の地震では2012年2月のネグロス島沖地震(M6.9)、2012年8月のフィリピン東方沖(サマール)大地震(M7.6)、2013年10月のボホール大地震(M7.2)があり、台風では2013年11月の台風30号、2015年10月の台風24号、2015年12月の台風27号など、数多くの自然災害が発生している。また、将来的にも自然災害が繰り返し発生すると予想されるにもかかわらず、行政の防災課や住民の防災力は低いままである。このプロジェクトでは現地行政や防災課に対して働きかけ、防災課主導で防災に関する情報を住民全体で共有できるシステムを構築することで、台風と地震に対する住民の防災能力を向上させることが目的となっている。そのための活動として、センターでは、行政の専門家に向けた国内研修の実施、行政の専門家、ボホール州立大を交えたワークショッ

プの実施。専門知識を活用したハザードの作成等を行う。今年度は、ワークショップとボホール州立大学での特別講演を7月13~14日(メンバー2名が講師として訪問)、10月14~16日(ボホール大地震の2周年式典に合わせて、メンバー1名が講師として訪問)、10月24~28日(メンバー2名が講師として訪問)、12月14~16日(メンバー3名が講師として訪問)、1月10~13日、2月8~11日に行っており、本センターや東海圏で培われてきた防災における経験と知見をボホール州知事、トゥビゴン市長をはじめとする行政の方々、ボホール州立大学の研究者や学生、現地の学区と町内のリーダーに対して講義を行った。毎回約70名の参加者があり、活発な質疑応答がなされている。また、9月3~10日はフィリピンのトゥビゴン市長、ボホール州立大学土木建築学部長をはじめ9名を招き、伊勢湾水理環境実験センター、名古屋港、名古屋工業大学の実験設備の視察(国土交通省中部地方整備局2015年9月11日発表分:<http://www.cbr.mlit.go.jp/kisya/2015/09/0930.pdf>)が行われた。さらに、1月18~21日はボホール州立大学との大学間協定を締結するため、ボホール州立大学の関係者4名とJICAの関係者3名を名工大に招いた。トゥビゴン市では1月から2月にかけて、住民が主体となってハザードマップづくりのワークショップや避難所となる病院や小学校に軽量な素

材を用いた防災パビリオンの建設等を行い、住民への防災教育を行っている。このように、JICA等の国際協力ネットワークと連携して海外においても防災・減災に関する活動を行っている。

最後に、地域住民やボランティア団体との共催で行ったイベントを紹介する。1つ目は2014年11月30日に行った「防災フェスタ2014 in 昭和」(図-14)である。このフェスタはなごや災害ボランティア連絡会が主催のイベントであり、2007年の春から市民・企業・大学・行政の共同でスタートした。住民に身近な地域での開催をとの主旨で毎年市内外の各地を回って開催されている。昭和区は名古屋工業大学や当センターの所在地であり、近隣の住民との連携は重要課題の一つである。このイベントは地域住民や子供たちが、防災・減災に関する知識を楽しく学ぶ場として多くのコーナーが企画されている。本センターの活動を紹介するパネルも掲示した。もう一つのイベントは2015年3月29日に行った「お茶っこサロン なごや」(図-15)である。このイベントは東日本大震災被災者支援ボランティアセンターなごや(名古屋市社会福祉協議会を主体として、なごや防災ボランティアネットワークなどが運営協力を行っている組織)が主催で行われており、名古屋工業大学の講堂会議室を提供して開催された。このイベントは東日本大震災によって名古屋に避難されている方同士が自由に集まり、出会い、会話や交流を

楽しむ場として、2011年以降毎月名古屋市内で行われており、今回は15世帯30名の参加者があった。パスタを使った工作や桜を見ながらの花見だんごでのおやつタイムで、楽しいひと時が提供できた。

#### 4.おわりに

未曾有の被害をもたらした東日本大震災の発災から5年、また、本センター発足から4年、東海圏減災研究コンソーシアムの締結から3年が経過した。試行錯誤しながらも高度防災工学センターの活動は広がってきた。また、センターメンバーがそれぞれの専門性を活かしながら、防災・減災に資する活動(学際的活動、社会的・国際的な支援)を行っており、その中で重要な役割を果たしている。今後もこれまでと同様に、高度防災工学センターのメンバーすべてがセンターの「活動の3本の柱」を意識しながら、他の大学だけでなく防災・減災に関する他の組織との協働の中で、開発した減災技術が社会に還元され、被害の低減に結びついていくように研究活動に取り組んでいく。

なお、高度防災工学センターの活動に関する情報はセンターのwebページ(<http://adpec.web.nitech.ac.jp/>)にて発信しているので、ご覧いただきたい。



図-14 防災フェスタ2014 in 昭和



図-15 お茶っこサロンなごや

# 濃尾平野の堆積環境に関する 研究報告

濃尾地盤研究所

内園 立男

## 1.はじめに

日本列島の各地には臨海平野が発達している。この臨海平野は、第四紀における山地の隆起と海岸部の沈降に伴い、大川が供給する土砂の埋積によって形成され、未固結の地層が厚く堆積している。地層の堆積には、第四紀の氷河性海面変動が重要な役割を果たしたことが知られている<sup>1)</sup>。すなわち、氷期には地球全体の気温が低くなり、大陸に氷河が発達することによって海水量が少なくなり、海面の低下すなわち海退がおこる。海退期(海面低下期)には、海岸線が沖側へ退き、臨海平野では河川の影響を強くこうむる礫や粗粒な砂が、下位の地層を浸食しつつ堆積する。一方間氷期には、地球全体の気温が高くなり、大陸の氷河が溶けて海水量が多くなり、海面の上昇すなわち海進がおこる。海進期(海面上昇期)には、細粒の砂や海成のシルト・粘土が堆積する。臨海平野の地下には、こうして氷河性海面変動の影響をこうむった堆積物が累積している。

地盤が形成される過程における堆積環境の変遷は、堆積物中に記録されており、地球科学的な調査・分析によって明らかになる。これまでの平野地下の堆積環境分析は、ポーリング・コア等での貝化石群集の分析、珪藻・有孔虫・花粉・ナンノ化石などの微化石分析<sup>2)</sup>、 $\text{FeS}_2$  (黄鉄鉱)、 $\delta^{13}\text{C}$ 、C/N比などの地球化学的分析<sup>3)</sup>が行われ、古環境・堆積環境の復元がなされている。しかし、これらの手法は、装置が大掛かりであること、分析に熟練を要すること、分析に長い時間を要すること、などから簡便な手法による測定・解析も求められている。

本報告は、このような堆積環境分析の課題に対し、堆積環境解析の一手法である「電気伝導度測定法」<sup>4)</sup>に着目したものである。この手法は、上述の各手法より、装置・熟練度・分析時間などの点でかなり簡便、かつ迅速な方法で

ある。この手法を濃尾平野下の地層群に適用し、各累層の電気伝導度特性を明らかにして、堆積環境の解析を試みた。その結果、電気伝導度測定法が堆積環境解析をする上で有効であることが明らかになったので報告する。

## 2.濃尾平野の地下地質

濃尾平野の地下地質は、地殻ブロック(地塊)が、西に傾きながら沈降し、地層が形成される傾動盆地(濃尾傾動盆地)である。

### 2.1.1 層序

濃尾平野の地下は、領家帯の片麻岩・花崗岩類と美濃帯の中・古生層を基盤岩とし、第一瀬戸内海に堆積した中新統(瀬戸内中新統)、鮮新・更新統の東海層群、および第四系によって構成される。

### 2.1.2 第四系の概説

本研究の対象である地下の第四系を構成する地層について、はさまれる広域テフラや<sup>14</sup>C年代値なども含めて表-2.1に示し、これに基づいて上位の地層から記述する。

#### (1)南陽層

南陽層は、上位から最上部粘土層・上部砂層・下部粘土層からなる。最上部粘土層は腐植物を含む非海成の粘土層、上部砂層は非海成～海成の砂層、下部粘土層は貝化石を含む海成の粘土層からなる。広域テフラは、下部粘土層の中部に鬼界アカホヤテフラ(K-Ah, 7.3ka\*)、基底に鬱陵隠岐テフラ(U-Oki, 10.7ka)が挟まれ、南陽層基底の年代は約11kaと推定されている<sup>5)</sup>。<sup>14</sup>C年代値は、最上部粘土層が約2,300～3,400calBP、上部砂層が約3,900～5,600calBP、下部粘土層で約5,100～

地質時代	地層		広域テフラ	年代 (×千年)		
第四紀	完新世	沖積層	最上部 粘土層			
			上部砂層			
			下部 粘土層	鬼界アカホヤ(K-AA) 霧峰隠岐(U-Oka)	7.3 10.7 11	
	更新世	後期	濃尾層		始良Tn(AT)	26~29 30 35
			熱田層	上部	御岳辰野(On-Tt) 鬼界葛原(K-Tz) 御岳数原(On-Yb) 御岳第1(On-Pm1)	75 92±12 100 110
				下部	BT36 阿蘇3(Aso3)	121 123±6 130
		中期	第二礫層		阿多鳥浜(Ata-Th)	280±36
			海部累層	Am3層 Am2層 Am1層		450
			第三礫層			
		前期	弥富累層	小林笠森(Kb-Ks) 猪牟田アズキ(Ss-Az) 山田Ⅱ火山灰層	520~530 850~890 900	

表-2.1 第四系の地質層序

9,100calBPが得られている<sup>6)</sup>。

(\*ka;1,000年前を単位とする年代表記)

(2)濃尾層

濃尾層は、非海成～海成の粘土層と砂層の互層からなり、砂層は $30 \leq N$ でN値が高い。広域テフラは、中部に始良Tnテフラ(AT, 26～29ka)が挟まれ、地層の年代は約20～30kaと推定されている<sup>5)</sup>。<sup>14</sup>C年代値は、約9,700～10,800calBPが得られている<sup>6)</sup>。

なお、濃尾層の年代については、最近検出された広域テフラからは20～30kaが推定され、従来の沖積層の年代18kaより古くなっている。しかし<sup>14</sup>C年代値では約9,700～10,800calBPが得られていることから、本研究では、濃尾層は沖積層とした。

(3)第一礫層

最終氷期の堆積物と考えられている地層で、非海成の砂礫層からなる。年代は30～35kaと推定されている<sup>5)</sup>。

(4)熱田層

熱田層は上半部の熱田層上部、下半部の熱田層下部に区分される。熱田層上部は主に非海成の砂層、熱田層下部は貝化石を含む海成粘土層からなる。広域テフラは、熱田層上部に、御岳辰野(On-Tt)、鬼界葛原(K-Tz, 92ka)、御岳第1(On-Pm1, 約100ka)、熱田層下部に、琵琶湖湖底のテフラBT36(B75-2, 121ka)、阿蘇3(Aso-3, 123ka)が挟まれ、これらの年代から熱田層上部が70～110ka、熱田層下部は110～130kaと推定されている<sup>5)</sup>。

(5)第二礫層

熱田層と海部累層の間に挟まれる非海成の砂礫層である。

(6)海部累層

海部累層は、砂層・粘土層・礫層の互層からなり、海成の層準が下位からAm1、Am2、Am3の3枚が挟まれる。広域テフラは、Am3に阿多鳥浜(Ata-Th, 280ka)が挟まれ、地層の年代は200～450kaが推定されている<sup>7)</sup>。

(7)第三礫層

海部累層と弥富累層の間に挟まれる非海成の砂礫層

である。

(8)弥富累層

濃尾平野の第四系の基底を構成する地層で、粘土層、砂層、礫層の互層からなる。広域テフラは、下部から小林笠森(Kb-Ks, 520～530ka)、猪牟田アズキ(Ss-Az, 850～890ka)や山田Ⅱ火山灰層が検出され、地層の年代は450～900kaが推定されている<sup>7)</sup>。

3.電気伝導度に基づく堆積環境基準値の検討

電気伝導度測定法による堆積環境の基準値(海水成、汽水成、淡水成の境界値)は、横山・佐藤<sup>8)</sup>が大坂平野のコアで測定を行い、電気伝導度が硫酸イオンの量に依存していることを確かめ、淡水成の環境である琵琶湖のコアの測定結果を含めた電気伝導度とpHの関係から堆積環境の基準値を求めている。そして、その後の環境解析では、この基準値を指標としている。

一方、海況が異なる濃尾平野のコアでの堆積環境解析では、横山・佐藤<sup>8)</sup>の基準値の適用ではなく、この平野における基準値の設定が必要である。

そこで、本研究では、濃尾平野の各地から多数のコアを収集し、それらの測定結果から電気伝導度値について把握した。

基準値の設定にあつては、粘土混濁水の電気伝導度が何に依存しているか確かめるために、水質分析を行い電気伝導度との関係を把握、そして、古生物学的試料による古環境解析結果との対比により、電気伝導度に基づく堆積環境の基準値を設定した。

3.1 電気伝導度の測定とその結果についての検討

電気伝導度の測定に供した粘土質コアは、伊勢湾に面した木曾川デルタで18箇所(図-3.1)、測定試料数は461個である。



図-3.1 コア試料位置

### 3.1.1 測定方法

測定方法は、佐藤・横山<sup>9)</sup>，第四紀学会編<sup>8)</sup>に準拠し、次のような手順で行った。

#### ①試料の調製

ボーリング・コアを砕き、110℃、48時間の条件で恒温乾燥器内にて乾燥させる。乾燥後は32メッシュ以下の粒度に粉碎し、10gを秤量して、これを測定用とした。

#### ②電気伝導度の測定

乾燥後の試料を容量140ccの試料びんに入れ、水を120cc加えて3分間攪拌器で攪拌し、この粘土混濁水を測定試料とする。攪拌後1時間放置して堀場製作所製の電気伝導度計ES-14で電気伝導度を測定する。さらに5

日後にも同様の測定を行い、測定値に大きな変化が見られないことを確認したうえで後者を測定値とした。

#### ③pHの測定

電気伝導度の測定と同様の手順で、同一時に堀場製作所製のpH測定機H-7によりpHを測定した。

### 3.1.2 測定結果

各コアの電気伝導度の測定結果は、分布傾向を把握するために、すべての測定結果と累層別・部層別にヒストグラムに示したものが図-3.2である。

それらのヒストグラムからは、次のような特徴が読み取れる。

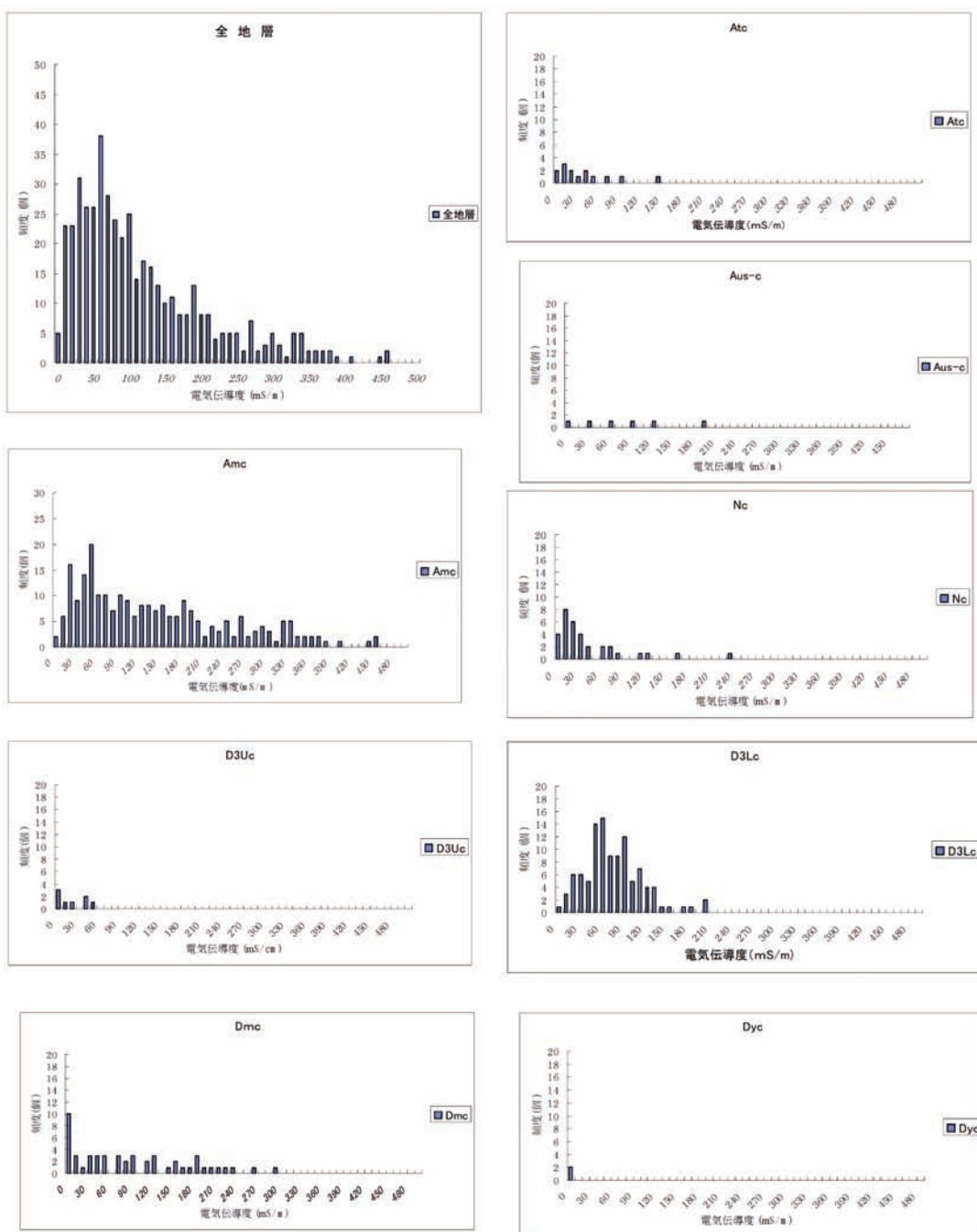


図-3.2 電気伝導度値のヒストグラム

- ①すべての電気伝導度値の分布は、0~460mS/mと幅広い範囲にあるが、その殆どは300mS/m以下である。
- ②累層別・部層別分布は、堆積環境で海成に相当する南陽層の下部粘土層(Amc)と熱田下部粘土層(D3Lc)での分布傾向が異なる。
- ③Amcでは、D3Lcより測定個数が多いこともあるが、高い値から低い値までの幅広い範囲を示す。
- ④D3Lcは、Amcより相対的に値が低く、60~70mS/mを中心とする正規分布を呈する。
- ⑤南陽層最上部粘土層の泥層(Atc)、南陽層上部砂層の泥層(Aus-c)、濃尾層の泥層(Nc)、海部・弥富累層の泥層(Dmc)では頻度は少ないが高い値も示す。

3.1.3 電気伝導度と陰イオンとの関係についての検討

電気伝導度値と陰イオン(塩素イオン・硫酸イオン)との関係を確認するために、イオンクロマトグラフ法による水質分析を行った。水質分析の試料は、電気伝導度を測定した粘土混濁水である。

なお、後述するように、堆積物の離水履歴によって、陰イオンの量に差異があることが推測されるので、離水していない南陽層と氷河性海面変動の影響を受けて離水したことがある更新統とに分けて検討した。

(1)南陽層

南陽層の分析は、尾西コアのAtc、尾西・津島・十四山・弥富3・佐織3コアのAmcで行った。

硫酸イオンの量と電気伝導度の関係(図-3.3 (a))についてみると、津島コアでは両者に相関関係が認められるものの、弥富3コアと十四山コアではそのような傾向は読み取れない。塩素イオンの量と電気伝導度の関係(図-3.3 (b))は、弥富3コアと十四山コアで相関関係が認められる。陰イオン(硫酸イオン+塩素イオン)の量と電気伝導度の関係(図-3.3 (c))は、分布に幅があるものの、相関関係が認められる。

以上のように、横山・佐藤<sup>8)</sup>が示す硫酸イオンと電気伝導度との相関関係は、必ずしも認められないものの、硫酸イオンと塩素イオンとを合わせた陰イオン全量と電気伝導度とは相関関係が認められる。したがって、沖積層の電気伝導度と陰イオンの関係は、硫酸イオンの量だけに依存しているとは言えず、硫酸イオンに依存している場合と、塩素イオンに依存している場合のあることが明らかである。なお、河川成の後背湿地堆積物で海水の影響がほとんど無いと推測される内陸部の尾西コアのAtcでは、陰イオンの量が著しく低い。これらのことから離水履歴のない南陽層については、電気伝導度は陰イオンの量に依存していることが明らかである。

(2)更新統

更新統では、十四山と津島コアで見てみた。電気伝導度と陰イオンの関係(図-3.4)についてみると、両コアとも

硫酸イオンの量が多くなれば電気伝導度が高くなるという関係が認められる(図-3.4 (a))。しかし塩素イオン量は南陽層に比べ量が極端に少なく、電気伝導度との相関関係は両コアとも認められない(図-3.4 (b))。陰イオン(硫酸イオン+塩素イオン)の量と電気伝導度の関係は、硫酸イオンの影響が強いことから、その量が多くなれば電気伝導度が高くなる関係が認められる(図-3.4 (c))。

(3)電気伝導度と陰イオンとの関係

以上みてきたように、陰イオン(硫酸イオン+塩素イオン)の量と電気伝導度との相関関係は、南陽層と更新統ともに認められる。したがって、電気伝導度は陰イオンの量に依存していることが明らかである。

ただし、それぞれのイオン量と電気伝導度との関係は南陽層と更新統で異なる。離水履歴のある更新統で塩素イオンが少ないのは、離水していく過程で塩分が溶脱した結果と考えられる。

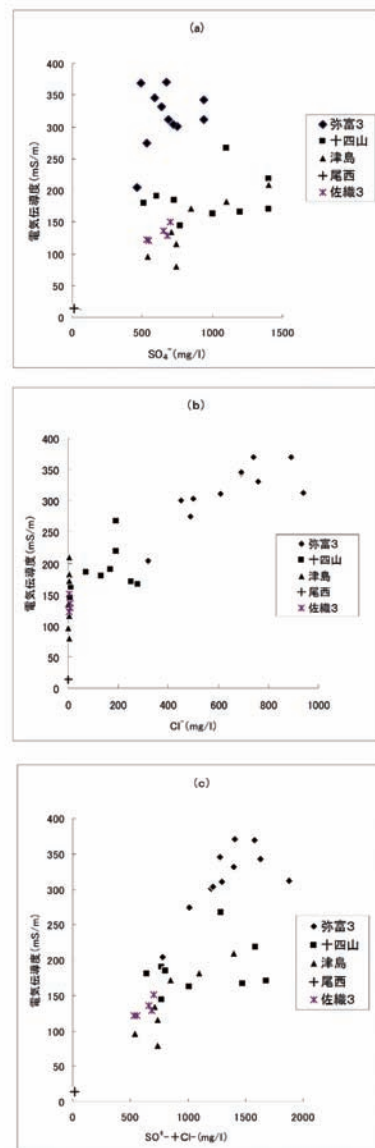


図-3.3 南陽層の電気伝導度と陰イオンの相関図

### 3.1.4 測定結果からの堆積環境基準値の検討

横山・佐藤<sup>8)</sup>は、大阪平野で堆積環境を推定するにあたって、まず淡水湖である琵琶湖のコアでの測定値から淡水成の上限値を求めている。つぎに測定値をヒストグラムおよびpHと電気伝導度の関係図に整理し、pHと電気伝導度の分布状況から3つのゾーンに区分でき、その境界値がヒストグラムの切れ目にも整合することから、それを淡水成( $\leq 40\text{mS/m}$ )、汽水成( $40\sim 120\text{mS/m}$ )、海成( $130\text{mS/m}\leq$ )の境界値として求めている。

そこで濃尾平野の測定値をpHと電気伝導度の関係を図-3.5に整理した。しかし、大阪平野の場合のような淡水域・汽水域・海水域の3つのゾーンに区分できる分布は見られず、それぞれの境界値を求めることはできない。ヒストグラムについても有意なピークや不連続(切れ目)を認めることはできない。したがって、電気伝導度値から堆積環境基準値を設定するには、別の手法による検討が必要である。

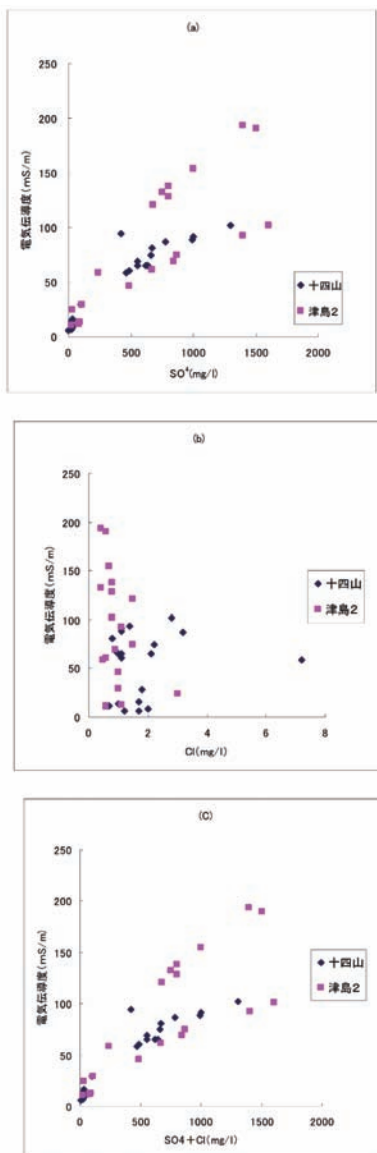


図-3.4 更新統の電気伝導度と陰イオンの相関図

### 3.2 沖積層・更新統の堆積環境基準値の提案

前節で検討したように、測定結果のみから堆積環境を推定する電気伝導度の基準値を求めることができない。

そこで本研究では、珪藻群集による古環境推定と電気伝導度との対比が有効であると考え、珪藻分析が行われているボーリング・コアの電気伝導度を測定した。

また、沖積層(南陽層)は最終氷期以降の海進(縄文海進)後、離水していない。しかし更新統は、堆積後に離水している。したがって、両者は電気伝導度等の物性も異なることが推測されることから、離水履歴のある試料と無い試料とに分けて検討した。

#### 3.2.1 離水履歴の無い沖積層(南陽層)の堆積環境の基準値の検討

濃尾平野の代表的な沖積層は、木曾川デルタに発達している。本研究では、珪藻化石群集から推定される古環境と電気伝導度値を対比するため、珪藻分析が行われているコア(津島・十四山・飛鳥コア)、近辺で珪藻分析が行われているコア(弥富3・清洲コア)を対象にした。

(1)珪藻分析結果に基づく堆積環境と電気伝導度測定値との対応関係

それぞれのコアでの珪藻分析や化学分析による古環境の解析結果と電気伝導度の対応関係は次のようである(図-3.6~3.10)。

1)津島コア(図-3.6)

南陽層下部粘土層(以下、Amc)の珪藻分析結果では、下部から上部まで海水生種が高率を占め、深度21.9~19.9mを海進の高頂期と考えられている<sup>10)</sup>。これに対応する電気伝導度は、80.3~210.0mS/mの範囲にあり、海進が高頂期の層準では高い値を示している。

2)十四山コア(図-3.7)

Amcの珪藻分析結果では、基底から深度27.4m付近までが海水生種が高率に出現する海進の初期で、深度23.4~21.4m付近も海水生種が高率に現れる海進の

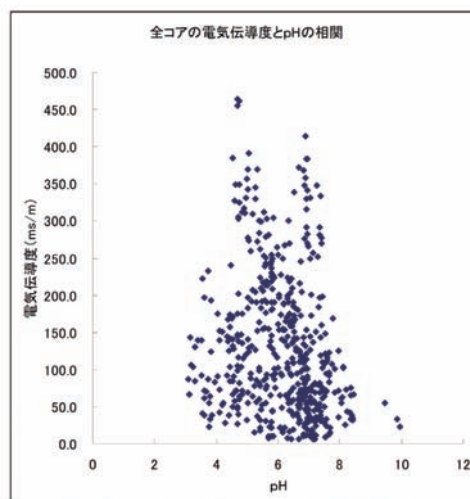


図-3.5 全コアの電気伝導度とpHの相関図

高頂期,そして15.4m付近から淡水生種が増加し海退期と考えられている<sup>10)</sup>。これに対応する電気伝導度は,基底から深度16.9m付近までが144.4~267.1mS/m,深度14.9mから上位が166.4~190.1mS/mで,深度15.4mを境に低くなる。

3) 飛鳥(TB-1)コア(図-3.8)

珪藻分析結果では, Amcが海水生種に汽水生種と淡水生種が混じる汽水成~海水成, 南陽層上部砂層の粘土層(以下, Aus-c)は汽水である<sup>11)</sup>。これに対応する電気伝導度は, Amcが82.3~370.2mS/m, Aus-cが64.1mS/mである。

4) 弥富3コア(図-3.9)

弥富3コアの約0.2km東に位置するボーリングB2コア

のAmcの珪藻分析結果では, 下部から上部まで海水生種が高率を占め, 深度36~32mが低塩分濃度の内湾域, 深度31~19mが縄文海進期の高頂期の温暖な内湾域で, 深度23~19mを海進の最高頂期と考えられている<sup>2)</sup>。有機物の炭素同位体組成 $\delta^{13}C$ からは, 粘土層の下位から $\delta^{13}C$ が上昇し, 深度23~19mが最も高いことから最高海面期と考えられている<sup>3)</sup>。これに対応する電気伝導度は, 204.1~370.1mS/mの範囲にあり, ほぼ上記の海進の高頂期の層準では, 電気伝導度も高い値を示す。

5) 清洲コア(図-3.10)

清洲コア地点の約0.2km北に位置する朝日遺跡89B区のボーリングコアの珪藻分析では, Amcで海水生種が高率に出現する海水成で, 南陽層最上部粘土層(以下, Atc)で淡水生種が100%を占める淡水成である<sup>12)</sup>。これに対応する電気伝導度は, Amcが135.8~174.2mS/m, Atcが45.2mS/mである。

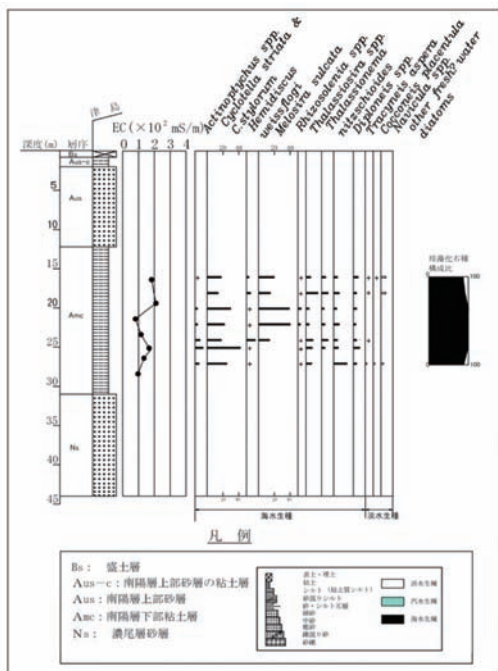


図-3.6 電気伝導度と珪藻群集の対比(津島コア)

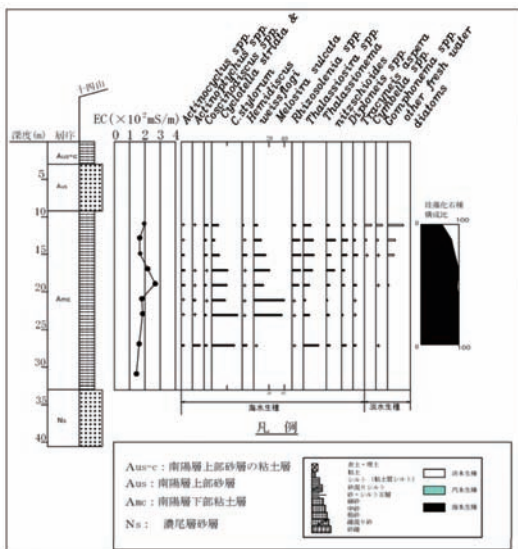


図-3.7 電気伝導度と珪藻群集の対比(十四山コア)

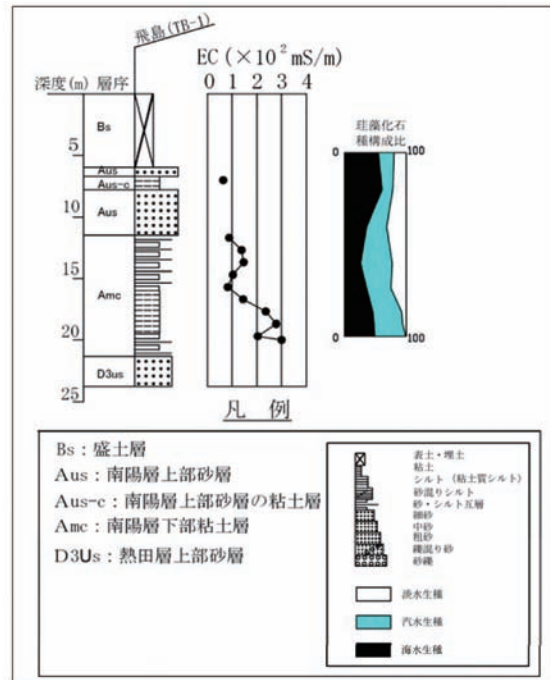


図-3.8 電気伝導度と珪藻群集の対比(飛鳥コア)

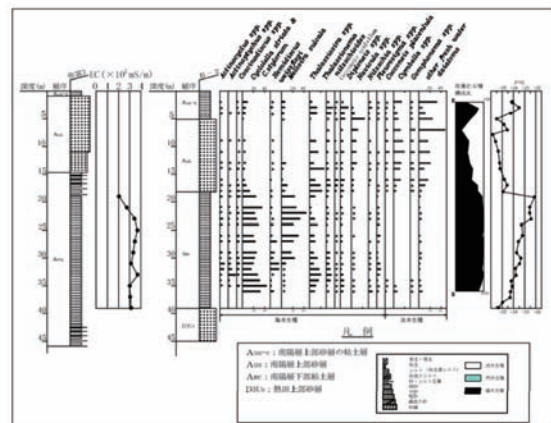


図-3.9 電気伝導度と珪藻群集の対比(弥富3コア)



以上のように各コアの電気伝導度と珪藻分析の結果による古環境との対応関係は、淡水成のAtcで電気伝導度が低く、海水成のAmcが高くなる関係が認められる。また、珪藻分析・化学分析から推定される海進の高頂期の深度と、電気伝導度が最も高くなる深度とに若干のずれはあるが、下位から上昇し、中位で最も高くなり、上位で低下する傾向が認められ、珪藻分析から推定される古環境の変動傾向とがおおむね整合している。

### (2) 電気伝導度の古環境基準の検討

電気伝導度の鉛直分布と珪藻分析から推定される古環境の変動傾向がおおむね一致することが判明したので、珪藻分析結果による古環境推定と電気伝導度を対比してみる。

まず、淡水成と海成(汽水・海水成)の境界値については、珪藻分析結果で淡水成と推定される清洲コアのAtcの電気伝導度(図-3.10)が45.2mS/mである。珪藻分析結果で汽水成と推定される飛鳥(TB-1)コアのAus-c(図-3.8)では、64.1mS/mの電気伝導度を示す。このことから、淡水成と海成の境界値は50~60mS/mの間にある。

つぎに、海成のうち汽水成と海水成の境界値については、珪藻分析結果から汽水成を示すコアの層準として、飛鳥(TB-1)コア(図-3.8)の深度16.7m以浅の層準が該当し、淡水生種・汽水生種・海水生種が混じり、汽水生種の割合が多い(17~51%)。いまひとつ十四山コア(図-3.7)の深度12.0m以浅の汽水生種を含まず淡水生種が20~45%の層準がある。これらの中で代表的な汽水域としては、飛鳥(TB-1)コアの層準が考えられる。この層準の電気伝導度値は、64.1~146.6mS/mの範囲にある。さらに、海水生種が100%を占める十四山コアの深度26.9~16.9mの下限値が162.1mS/mである

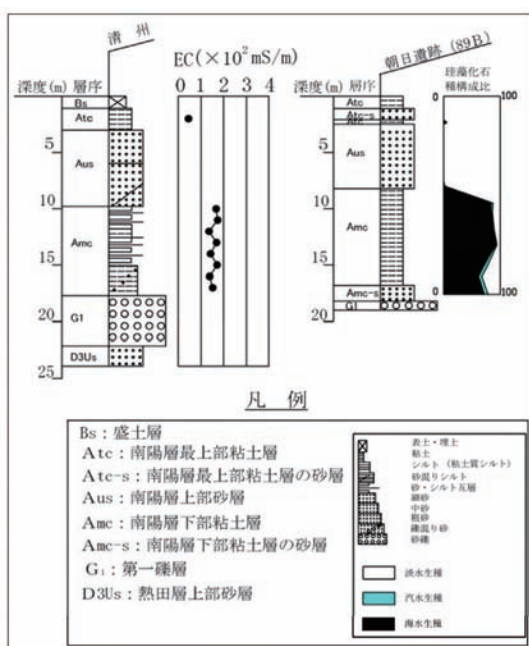


図-3.10 電気伝導度と珪藻群集の対比(清洲コア)

ことから、境界値は150~160mS/mの間にある。

以上のように、珪藻分析との対応関係から、それぞれの境界値に幅があるものの、沖積層(南陽層)の電気伝導度が示す堆積環境を推定すると、60mS/mを淡水成と汽水成の境界、150mS/mを汽水成と海水成の境界と設定する。

### 3.3.2 離水履歴のある更新統の堆積環境の基準値の検討

更新統については、水質分析の結果から離水による塩分の溶脱が推定されたことから、前項の沖積層(南陽層)の基準値とは異なることが予想される。そこで、離水履歴のある更新統のコアで、珪藻分析が行われている飛鳥コア(TB-1)で測定を行った。

(1) 珪藻分析結果に基づく堆積環境と電気伝導度測定値との対応関係

珪藻化石から推定される堆積環境に対応する電気伝導度測定値を、淡水成と海成(海水・汽水成)に区分してプロットしたヒストグラムが図-3.11、電気伝導度と珪藻化石種構成比の深度分布図をまとめたものが図-3.12である。図から明らかなように、海生珪藻種(汽水・海水生種)が多くなれば電気伝導度が高くなり、逆に淡水生種が多くなれば電気伝導度が低くなるという対応関係が認められる。

(2) 電気伝導度の古環境基準の検討

電気伝導度測定値を淡水成と海成に区分したヒストグラム(図-3.11)からは、淡水成の層準では59.9mS/m以下にプロットされることから、淡水成は60.0mS/m未満と考えることができる。

海水成と汽水成の境界については、表-3.1の電気伝導度と珪藻群集割合表によると、淡水生種をまったく含まない層準がある。この層準の堆積環境は、汽水生種が低頻度の海水成の堆積環境を示し、その中の電気伝導度値の最小値が海水成の下限値を示すと考えることができる。この考えから淡水生種をまったく含まない深度53.7m(珪藻分析の深度は53.8m以下同じ)、55.7m(55.8m)、57.7m(55.8m)、59.7m(59.8m)、62.7m(62.5m)、64.7m(64.5m)、91.7m

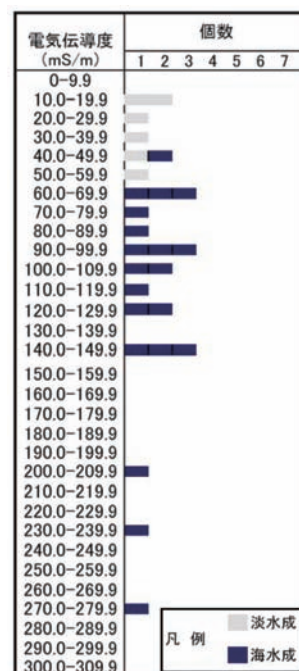


図-3.11 電気伝導度のヒストグラム(飛鳥コア; 沖積層・更新統)

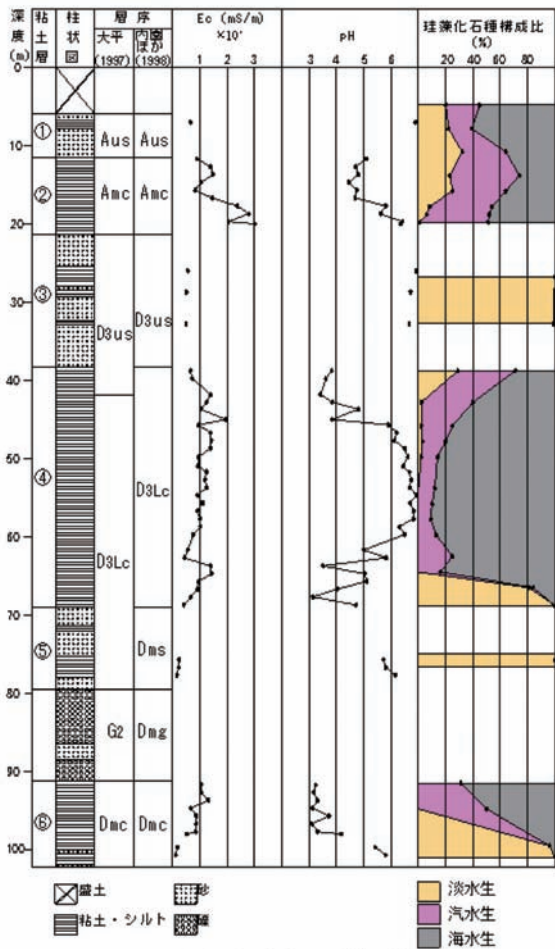


図-3.12 電気伝導度と珪藻群集の対比  
(飛島コア；沖積層・更新統)

(91.5m), 94.7m (94.8m) の層準から海水成の下限値を次のような点を考慮して求めた。

- ①深度94.7m (94.5m) の65.9mS/cmは汽水生種が50%を占め汽水環境と判断されることから、特異値と判断する。
- ②深度59.7m (59.8m) の75.3mS/mと深度62.7m (62.5m) の43.3mS/mは汽水生種の多い深度91.7m (91.5m) の103.3mS/mより低いので、特異値と判断する。

これらの点を考慮すると、海水成の中で最低の値は深度57.7m (57.8m) の100.3mS/mがそれに当たる。

以上の検討に基づき、電気伝導度測定値から推定される更新統の堆積環境は、60mS/m未満であれば淡水成、100mS/m以上であれば海水成、両者の中間の60～100mS/mは汽水成と判定した。この結果は、大阪平野の基準値も含めて表-3.2のようにまとめられる。

濃尾平野では海水成の下限値が沖積層で高く、更新統では低くなっている。これは、同じ海水成でありながら沖積層の塩素イオン濃度が高く、更新統が低いという水質分析結果に見られるように、沖積層には離水履歴がなく、更新統に離水履歴があることとの差異によると考えられる。

なお、海域の異なる大阪平野の基準値と比べると、大

阪平野より淡水成の上限値が高く、海水成の下限値が沖積層で高く、更新統では低くなっている。淡水成の上限値については、佐藤・横山<sup>9)</sup>は淡水成にも40mS/m以上のもが含まれ40～60mS/mの間は淡水成と、汽水成の判別は不可能であるとしている。したがって、淡水成の上限値を60mS/mと考えれば、淡水成の上限値については海域に関係はなく共通の値となる。一方、海水成の下限値の相違は、大阪平野では更新統の測定データの整理(ヒストグラムの不連続、電気伝導度とpHの相関図の分布)から求め<sup>8)</sup>、離水履歴のない沖積層が考慮され

地層	深度(m)		電気伝導度 (mS/m)	堆積環境別の珪藻群集割合(%)		
	電気伝導度	珪藻分析		淡水成	汽水成	海水成
Aus-c	4.8		20	25	55	
	7.0	7.8	64.1	22	17	61
		10.8		32	32	36
Amc	11.7		88.2			
	12.7		138.2			
	13.7	13.8	146.6	23	51	26
	14.7		103.2			
	15.7	15.8	82.3	25	39	36
	16.7		144.4			
	17.7	17.8	236.1	8	46	46
	18.7		278.2	6	46	48
	19.7	19.8	203.8	1	50	49
	20.0		300.2			
D3Lc	26.0	26.8	55.8	100	0	0
	28.7		48.8			
	32.8	32.8	48.3	99	0	1
D3lc	38.8	38.8	63.8	29	42	29
	39.8		72.2			
	41.8		138.9			
	42.8	42.8	123.8	2	38	60
	43.7		103.2			
	45.0		193.1			
	45.7	45.8	94.1	2	23	75
	46.7		138.2			
	47.7	47.8	140.9	3	17	80
	48.7		138.2			
	49.8	49.8	94.5	2	14	84
	51.0		91.8			
	51.7		123.6			
	52.7		117.1			
	53.7	53.8	125.1	0	12	88
	54.7		90.1			
	55.7	55.8	110.1	0	10	90
56.7		88.8				
57.7	57.8	100.3	0	9	91	
58.7		101.4				
59.7	59.8	75.3	0	13	87	
61.7		54.5				
62.7	62.5	43.3	0	25	75	
63.7		138.8				
64.7	64.5	141.1	0	16	84	
65.7		94.1				
66.7	66.5	90.8	81	3	16	
67.7		66.8				
68.7	68.8	39.2	100	0	0	
Dmc	75.7	75.8	23.3	100	0	0
	76.7		22.3			
	77.7		15.1			
	91.7	91.5	103.3	0	31	69
	92.7		105.8			
	93.7		130.4			
	94.7	94.8	65.9	0	50	50
	95.7		86.4			
	96.7		86.5			
	97.7		84.5			
98.0		51.8				
99.7	99.5	17.3	96	0	4	
100.7	101	10.1	100	0	0	

表-3.1 電気伝導度値と珪藻群集割合表  
(飛島コア；沖積層・更新統)

地層	対象平野	淡水成	汽水成	海水成	備考
南陽層 (沖積層)	濃尾平野	≦60	60～150	150≦	内園(2007)
更新統	濃尾平野	<60	60～100	100≦	内園・森 (2004)
完新統・ 更新統	大阪平野	≦40	40～120	130≦	横山・佐藤 (1987)

表-3.2 電気伝導度の堆積環境の基準値(mS/m)

ていないこと、濃尾平野とは海域が異なることなどが要因として考えられる。

#### 4.電気伝導度に基づく堆積環境解析

本章では、設定された堆積環境基準値に基づき、各コアを結んで作成した地質断面図(電気伝導度断面図)による各累層・部層の空間的な堆積環境の解析を行う。地質断面線は図-4.1、沖積層(南陽層・濃尾層)の地質断面図は図-4.2、沖積層(南陽層・濃尾層)と更新統のそれが図-4.5に、それぞれ示される。

縄文海進の堆積物である南陽層下部粘土層(Amc)、熱田海進の堆積物である熱田層下部粘土層(D3Lc)には、電気伝導度に基づく堆積環境の鉛直方向の変化パターンに共通性が認められる。それは下位から淡水成→汽水成→海水成を示し、上位で汽水成→淡水成へと変化する。これは、海進・海退の一連の海面の変化を表していると考えられる。一方、これらの変遷が明瞭でないコア地点も見られる。これは、たとえば湾奥部と縁辺部で堆積環境が異なるように、堆積環境の平面的(地理的)な差異を示していると考えられる。

そこで、海進堆積物とされる南陽層下部粘土層、濃尾層の粘土層、熱田層下部粘土層、海部累層の第3粘土層について、その鉛直方向の変化と平面的(地理的)な分布から見出される堆積環境の相違について検討する。

##### 1)南陽層下部粘土層(Amc)

Amcは縄文海進の堆積物<sup>13)</sup>である。臨海部の長島、弥富1・2、飛鳥コアなどでは、下部から淡水成もしくは汽水成に始まり、中部が海水成、上部が汽水成・淡水成への鉛直変化が見られる。この変化は、縄文海進の海面変動を表していると考えられる(図-4.2のI-I'、III-III'断面)。

一方、内陸部の佐織1コアでは、電気伝導度の値が小刻みに低くなったり高くなったりして、淡水成と汽水成が交互に現れ、臨海部のような鉛直変化は見られない。このような変化は立田や八開コアなどにも見られる。これらのコアは、堆積盆(木曾川デルタ)の中央部に位置することから、海進期の湾中央部が想定されるにもかかわらず、淡水成が挟まれる。

この現象が何を意味するか、ひとつは海面の小規模な昇降、今ひとつは淡水の流入が考えられる。そこで、堆積盆の中央に位置するコア(佐織3)で珪藻分析と水質分析を行ったところ(図-4.3)、電気伝導度の堆積環境が海水成・汽水成であるのに対し、珪藻分析でも下位の層準では海生～汽水生種が主であるが、中位から上位の層準では淡水生種が混じるようになる。また、水質分析からは臨海部の弥富コア3に比べ塩素イオン量が少なくなっている。これらの事実は、堆積盆の中央部といえども海水が希釈された環境が示唆される。水質から湾中央でも陸水の影響下にあったことが推察されることから淡水の流入も考えられる。関連して、沿岸部の松中コアの珪藻分析<sup>10)</sup>



図-4.1 コア地点と地質断面図の位置図

でも淡水生種が多く確認され、員弁川水系からの淡水の影響が考えられている<sup>10)</sup>ことを参考にすると、八開、佐織1、佐織3、立田コア、松中コア<sup>10)</sup>の周辺は河川水の影響域と考えられる(図-4.4)。

##### 2)濃尾層の粘土層(Nc)

Ncは濃尾海進の堆積物<sup>14)</sup>である。電気伝導度から推定される堆積環境は、淡水成・汽水成・海水成である。平面的には、長島、弥富2コアで海水・汽水成が見られ、弥富1では淡水成で(図-4.2)、そのほかのコアでも淡水成である。したがって海進の範囲は長島、弥富2、松中コアを含むエリアである(図-4.1)。鉛直変化については臨海部の弥富2コアで下位から上位に向かい淡水成→汽水成→海水成へと海面の上昇過程を見ることができる(図-4.2のI-I'断面)。

##### 3)熱田層下部粘土層(D3Lc)

D3Lcは熱田海進の堆積物<sup>1)</sup>である。電気伝導度から推定される堆積環境の鉛直変化は、臨海部から内陸部に向かい、下部が淡水成、中部が海水成・汽水成、上部が汽水成へと海進・海退サイクルの変化を示すコア(飛鳥;臨海部)、海水成で下部と上部で値が低くなるコア(長島;臨海部)、汽水成と海水成が入り組むコア(弥富2;臨海部)、下位から淡水成と汽水成が交互に現れるコア(弥富1;やや内陸)、下位から上位に向かい汽水成→海水成を示すコア(西春・清洲;やや内陸)が見られる(図-4.5のII-II', III-III', IV-IV'断面)。平面的な分布では、熱田海進は内陸部(西春・清洲コア)まで及んだことが読み取れるが、湾の中央部で、Amcと同じような淡水の影響を受けたと思われるコア(弥富1)も見出せる。

##### 4)海部累層の第3粘土層(Dmc3)

Dmc3は、十四山コアと大江コアで広域火山灰(Ata-Th)が検出されている<sup>1) 15)</sup>。電気伝導度から推定される堆積環境は、十四山・津島コアが淡水成、大江コアでの鉛直分布は淡水成→海水成で海面上昇を示す(図-4.5のⅢ-Ⅲ', IV-IV'断面)。平面的な分布では、大江コアにのみ海成が認められ、堆積盆の中央部より東縁部に海域が存在していたことが推測される。

以上のように、電気伝導度から推定される堆積環境を

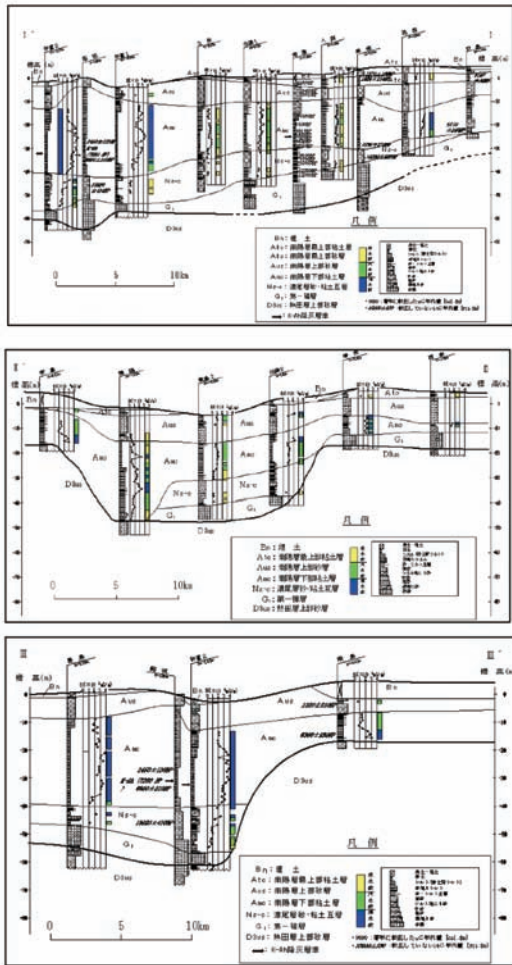


図-4.2 沖積層(南陽層・濃尾層)の地質断面図

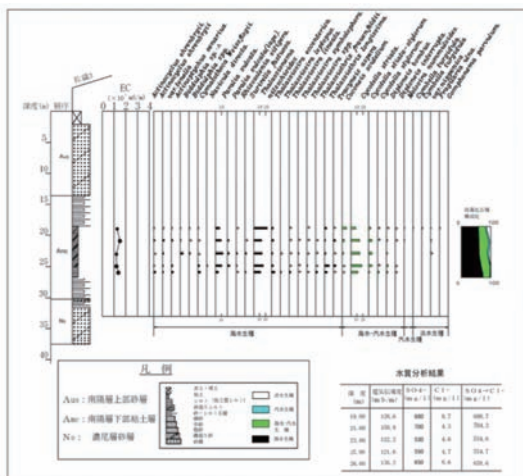


図-4.3 珪藻分析及電気伝導度の深度分布図(佐織3コア)



図-4.4 河川水の影響範囲

空間的に捉えることにより、海進の範囲や、同時期の海進堆積物でも、河川水の影響を受けた堆積環境のあることが明らかになった。広域火山灰の同定により同じ時期に堆積した粘土層(Dmc3)の堆積環境については、西が淡水域で東が海域を示すことは、濃尾平野は濃尾傾動運動により西の方が常に低く、海進による海域も西の方から東に向かい広がるであろうという従来の認識とは異なる堆積環境を見出すことが出来た。

### 5.まとめ

地盤特性の解釈においては、堆積環境の把握は重要であると考えられているが、理学的な堆積環境と工学的な地盤特性を融合して地盤を把握しようとする研究は進んでいるとは言えない。しかし、東北地方太平洋沖地震(M9.0, 2011)のような巨大地震による災害をこうむった現在では、理学と工学が融合した地盤特性の解釈の必要性は高まっている。

このようななか、本研究では、理学と工学が融合した地盤解釈を進めることを目指し、堆積環境分析の一手法である「粘土混濁水による電気伝導度測定法」を濃尾平野の地盤に適用し、電気伝導度に基づく堆積環境基準の提案、堆積環境の解析について検討した。

本研究で数多くの成果を上げることができたが、同時に様々な課題も明らかになった。今後の課題として主要なものは、以下の諸点が指摘できる。

- 1) 簡易で安価な手法である電気伝導度法によって得られるデータの蓄積。
- 2) 同じ内湾でも粘土の供給源の差異に基づくローカ

ルな堆積環境基準値の設定が今後必要かどうかの検討。

3) 地質断面図にN値と電気伝導度値を入れ、理学と工学を融合させた地質断面図の作成。

以上の課題を念頭に、今後さらに研究を進めていく予定である。

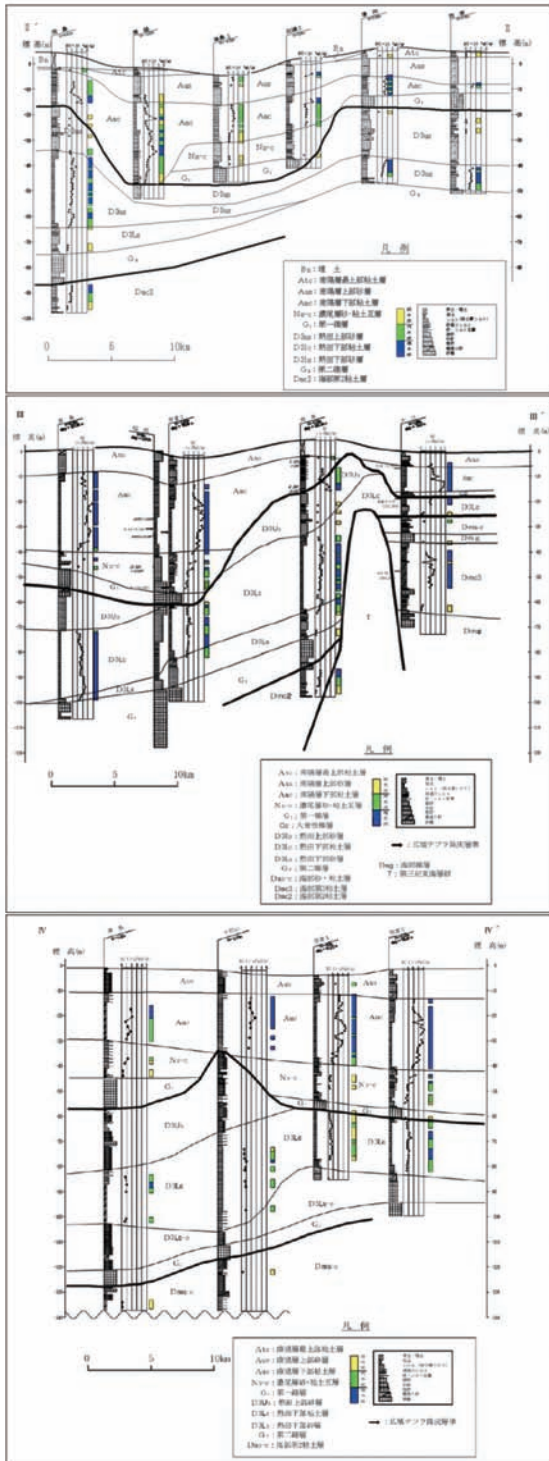


図-4.5 沖積層と更新統の地質断面図

引用文献

- 1) 濃尾平野第四系研究グループ:濃尾平野第四系の層序と微化石分析, 地質学論集, No.14, pp.161-183, 1977.
- 2) 藤 則雄・松島義章・藤井昭二・北里 洋・森 忍:名古屋港とその周辺の完新統の古生物に基づく環境解析, 第四紀研究, Vol.21, No.3, pp.153-167, 1982.
- 3) 中井信之・大田友子・藤澤 寛・吉田正夫:堆積物コアの炭素同位体比, C/N比およびFeS<sub>2</sub>含有量からみた名古屋港周辺の古気候, 古海水準変動, 第四紀研究, Vol.21, No.3, pp.169-177, 1982.
- 4) 第四紀学会編:第四紀試料分析法2(電気伝導度測定法), 東京大学出版会, pp.109-116, 1993.
- 5) 野内 猛・森 忍・檀原 徹・竹村恵二:濃尾地盤研究委員断面WG:濃尾平野における沖積層基底礫層(BG)および熱田層下部海成粘土層の年代-臨海部ボーリング・コアのテフラ分析に基づく成果-, 地質学雑誌, Vol.107, No.4, pp.283-295, 2001.
- 6) 山口正秋・須貝俊彦・藤原 治・大森博雄・鎌滝孝信・杉山雄一:濃尾平野ボーリング・コア解析にもとづく完新統の堆積過程, 第四紀研究, Vol.42, No.5, pp.335-346, 2003.
- 7) 須貝俊彦・杉山雄一:深度600mボーリング(GS-NB-1)の分析に基づく過去90万年前の濃尾平野の地下層序, 地質調査所速報, no.EQ/99/3(平成10年度活断層-古地震研究調査概要報告書), pp.69-87.
- 8) 横山卓雄・佐藤万寿美:粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定-千里山丘陵東端部および琵琶湖湖底におけるボーリング・コアの場合-, 地質学雑誌, Vol.93, No.9, pp.667-679, 1987.
- 9) 佐藤万寿美・横山卓雄:粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定-関西国際空港ボーリング・コアの場合-, 地質学雑誌, Vol.98, No.9, pp.825-839, 1992.
- 10) 森 忍:濃尾平野の沖積層のケイソウ群集, 瑞浪市化石博物館研究報告, 第8号, pp.127-138, 1981.
- 11) 森 勇一:愛知県飛鳥村(TB-1)ボーリング試料より産した珪藻化石群集, 「名古屋港西地区ボーリング・コア分析調査報告」, 名古屋市総務局, pp.9-16, 1996.
- 12) 愛知県埋蔵文化センター:愛知県埋蔵文化センター調査報告書集(第31集), 朝日遺跡Ⅱ(自然科学編), pp.16-20, 1992.
- 13) 海洋正倫:木曾川デルタにおける沖積層の堆積過程, 堆積学会会報, 36号, pp.47-56, 1992.
- 14) 古川博恭:濃尾平野の沖積層-濃尾平野の研究, その1-, 地質学論集, 第7号, pp.39-59, 1972.
- 15) 古澤 明:濃尾平野西南部地下における東海層群および海部累層・弥富累層の火山灰層とその対比, 地質学雑誌, Vol.96, No.11, pp.883-901, 1990.