

I 地盤モデル・想定地震について

1. 茨城県の地形・地質について

1.1 茨城県の地形

茨城県は、関東地域の北東部に位置し、総面積は6,097km²（平成28年1月1日現在）で、県の約30%が山地とその周辺丘陵地で、残りの70%は平野で占められている。また、霞ヶ浦をはじめとした湖沼や河川の水域が県土の8%に及ぶ水郷県でもある。図I.1.1-1に茨城県の地形区分を示した。

北部から北西部にかけては、南北に阿武隈山地の南縁部となる久慈山地、多賀山地の山々と八溝山地の山々が連なっており、八溝山地には県内最高峰の八溝山（標高1,022m）がそびえている。八溝山地から南は、久慈川、那珂川に分断される。県の中央部には栃木県との境に加波山が位置し、その南には筑波山が位置している。

阿武隈山地の東側の太平洋岸に囲まれた地域には台地や丘陵地が広がっている。県の中央から南西部には洪積台地が広がり、東から常陸台地に属する那珂、東茨城、鹿島（標高35-55m）、行方（同30-35m）、筑波・稲敷（同20-35m）の各台地が、さらに西部には利根川に沿って猿島台地（同15m程度）などの台地が南西へ台地面高度を下げながら分布している。これらの台地が形成する平坦な地形面は大きくは3つに区分され、形成時代の古いものから順に「下末吉面」、「武蔵野面」、「立川面」と呼ばれている。

県南部を中心に、利根川、鬼怒川、小貝川の流域に沖積低地が発達し、霞ヶ浦や北浦等の湖沼も形成されている。

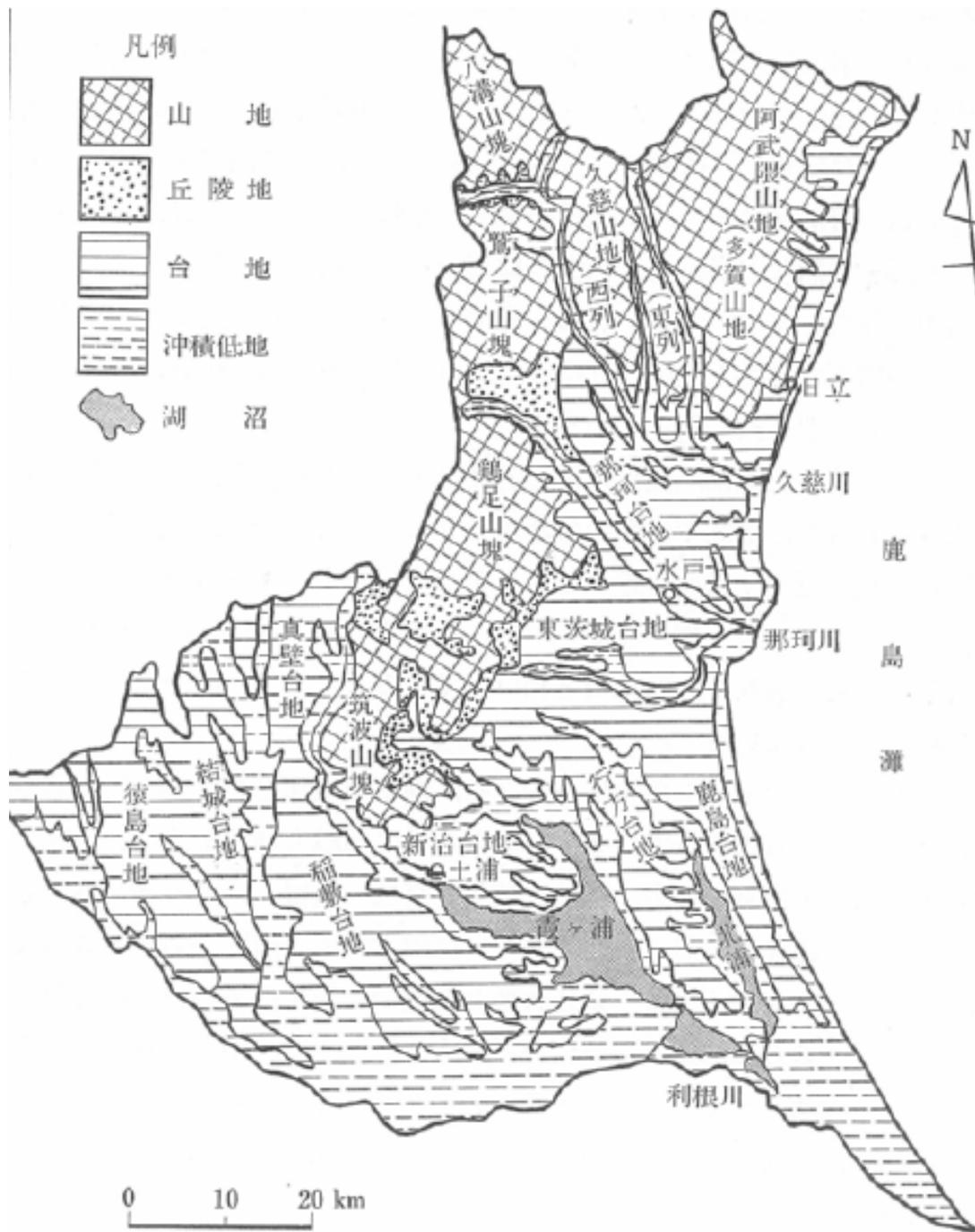


図 I . 1 . 1 - 1 茨城県の地形区分

茨城県 地学ガイド(1977)

1.2 茨城県の地質

関東地方は、西南日本の要素を持つ地質区分とすることができる。中央構造線の延長と考えられる利根川構造線は、高崎西方からほぼ現在の利根川に沿って東南東に走り、鹿島付近に至る。その南側には三波川・秩父帯・三宝山・四万十帯と順次帯状に配列している。その北側には内帯の要素である深成岩類や美濃・丹波帯に対比される足尾・八溝の中古生層などの分布が認められている。図 I.1.2-1 に茨城県の地質図を示した。

北東部の多賀山地には花崗岩の貫入岩体を中心に、主として北に古期変成岩類、南に古生層が分布し、東縁の北茨城から日立にかけての沿岸部には狭炭層を狭在する古代三系が分布する。棚倉構造線（破砕帯）を挟んだ西側の久慈山地から八溝山塊周辺には、新第三系が分布する。

八溝山塊は、主として中古生層で構成され、南の筑波山塊には、花崗岩貫入岩体、さらに南東側には筑波接触変成岩が分布する。

中部から南西部に広がる洪積台地は、半固結の礫・砂・シルト及び粘土の互層で構成され、表層は関東ロームが被覆し、台地は下末吉面に対比される。

沖積低地には、埋没谷があり、礫・砂・粘土・腐植土が堆積している。最も海水準が下がった更新世後期におきたウルム氷期の際に、古鬼怒川が下総層群からなる台地に深い谷を刻み、今の龍ヶ崎市付近において GL-50m の深さに達している。この谷に七号地層に始まる海成の沖積層が堆積した。この時期、古鬼怒川・桜川による河成の堆積物や氾濫原堆積物も同時に堆積し、自然堤防や後背湿地を形成した。

I 地盤モデル・想定地震について
 1. 茨城県の地形・地質について

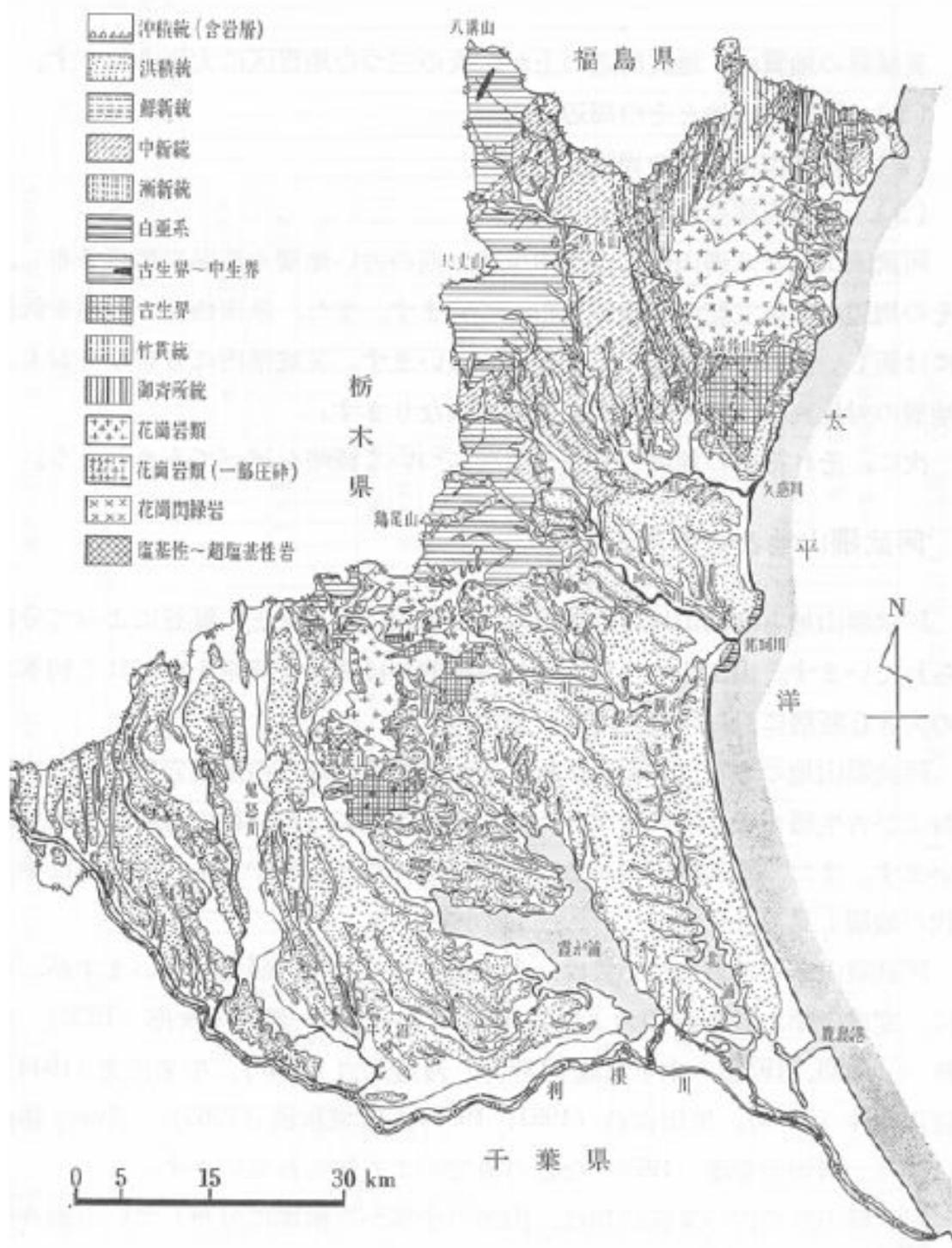


図 I. 1. 1. 2-1 茨城県の地質図

茨城県 地学ガイド(1977)

1.3 地盤のモデル化

1.3.1 地盤モデル作成の概要

地震動分布および液状化の可能性を検討するために、県内の地盤を 250m メッシュごとにモデル化を行った。図 I.1.3-1 に地下構造の模式断面図を示す。構造物の基礎となる工学的基盤を境に、浅部地盤と深部地盤に分けてモデル化を行った。

国立研究開発法人防災科学技術研究所は、地震調査研究推進本部における「地下構造モデル検討分科会」で、千葉県・茨城県の浅部・深部統合地盤モデルを検討している。ここでは、このモデル（バージョン 7.6）を用いて、地震動評価を行った。

浅部・深部統合地盤モデル構築で対象とした周期領域は、図 I.1.3-2 に示すとおりである。

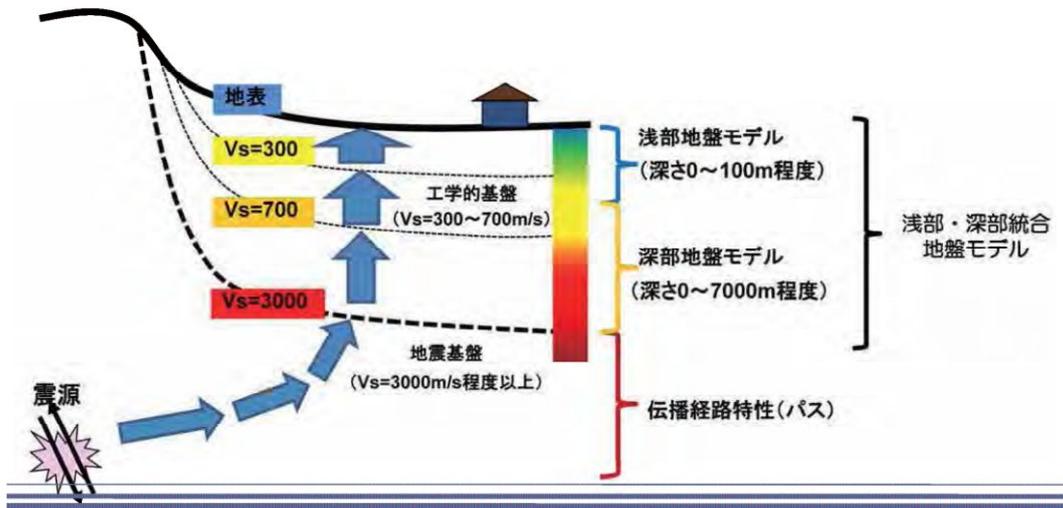


図 I.1.3-1 日本の主に堆積平野における地盤構造の模式断面図
 防災科学技術研究所(2013)

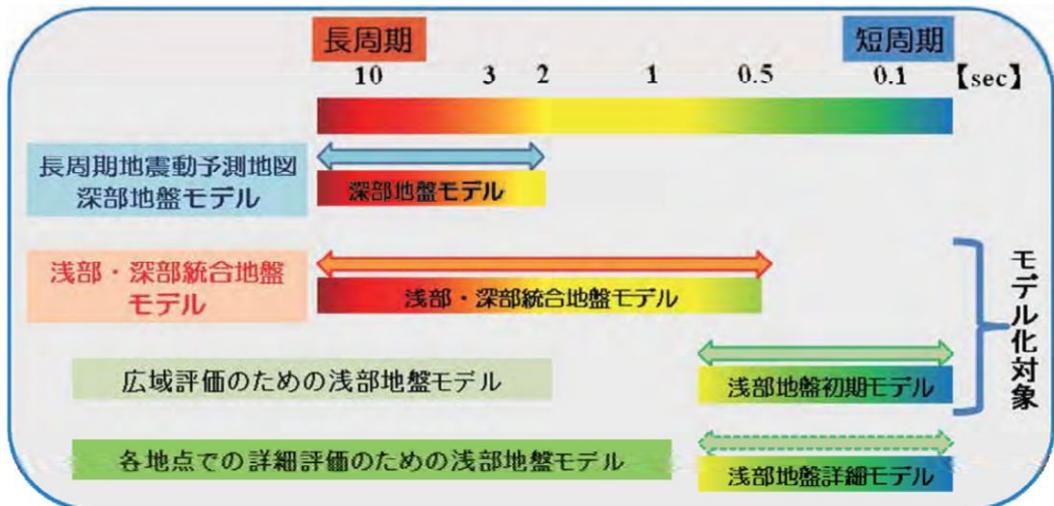


図 I.1.3-2 各地盤モデル作成に関する対象周期との関係概念図
 防災科学技術研究所(2013)

1.3.2 浅部・深部統合地盤モデルの作成方法

浅部・深部統合地盤モデルの作成の流れを図 I.1.3-3 に示し、モデル作成の概念図を図 I.1.3-4 に示す。作成方法の概要は以下のとおりである。

- ① 深部地盤モデルは、物理探査結果や深い井戸資料などをもとに、地震基盤から工学的基盤までの速度層を設定し、同一速度層の上面深度を全国一律に評価・作成された全国地下構造モデル（J-SHIS モデル）を用いる。
- ② 浅部地盤モデルは、県内のボーリングデータ、微地形区分そして地質状況を踏まえ、工学的基盤から地表までの 250m メッシュの地質層序モデルを設定する。
- ③ 深部地盤モデルと浅部地盤モデルを重ね、地震基盤から地表までの浅部・深部統一地盤モデルを設定する。
- ④ 茨城県内で微動アレイ探査を行うとともに県内の地震動観測記録も収集し、それぞれの地点における観測スペクトルと地盤モデルにより計算される理論スペクトルがフィッティングするように地盤モデルの修正を行う。
- ⑤ これらの各地点の修正モデルを空間補間して、最終的な浅部・深部統一地盤モデルを設定する。

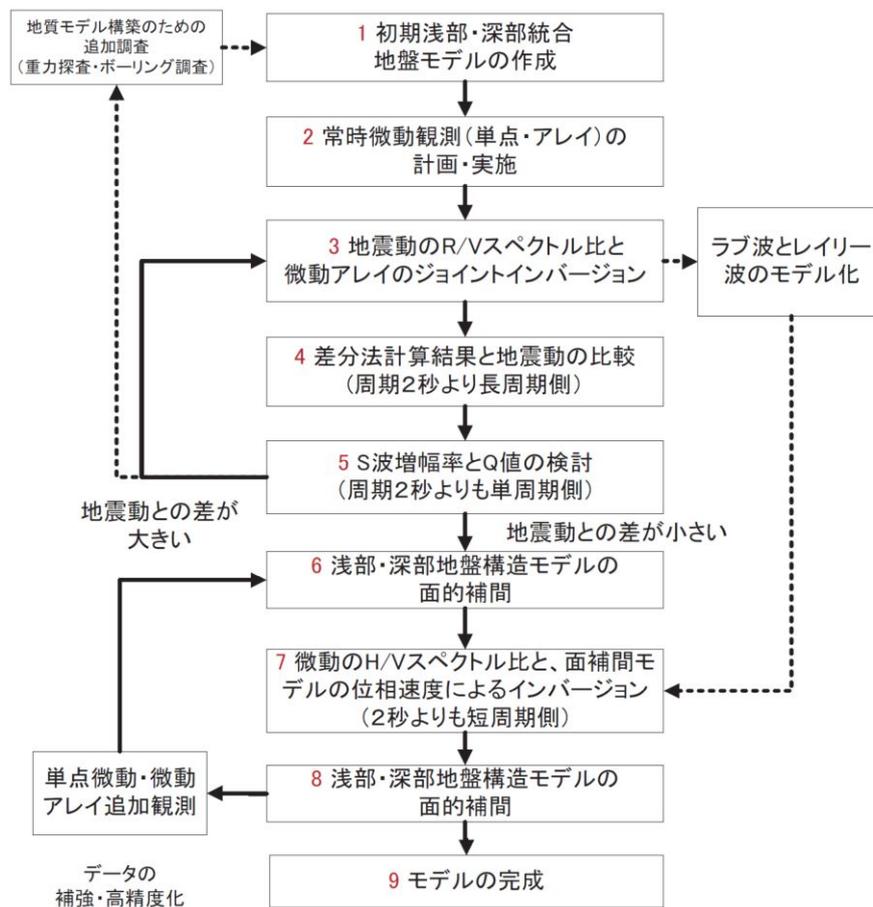


図 I.1.3-3 浅部・深部統合地盤モデル作成の流れ
防災科学技術研究所(2013)

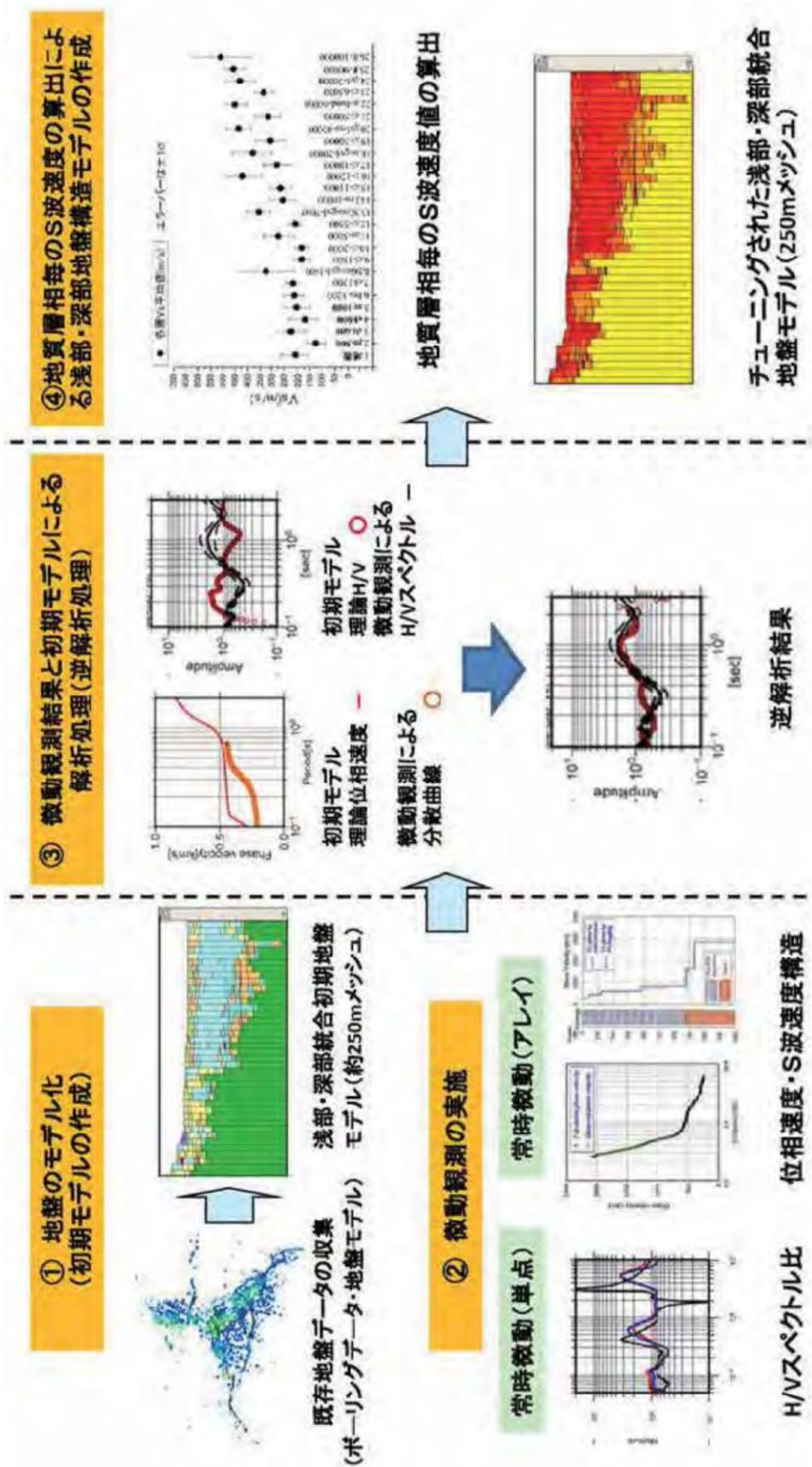


図 I. 1. 3-4 浅部・深部統合地盤モデル作成の概念図
防災科学技術研究所 (2013)

(2) 常時微動観測データの収集と整理

初期モデルの地質層序モデルに対して、常時微動測定結果との整合性を検討するために、常時微動観測データの収集と整理を行っている。図 I.1.3-6 に単点微動及び微動アレイの観測点の位置図を示す。単点微動では H/V スペクトルを求め、微動アレイでは空間自己相関法 (SPAC 法) を用いて分散曲線を求めている。

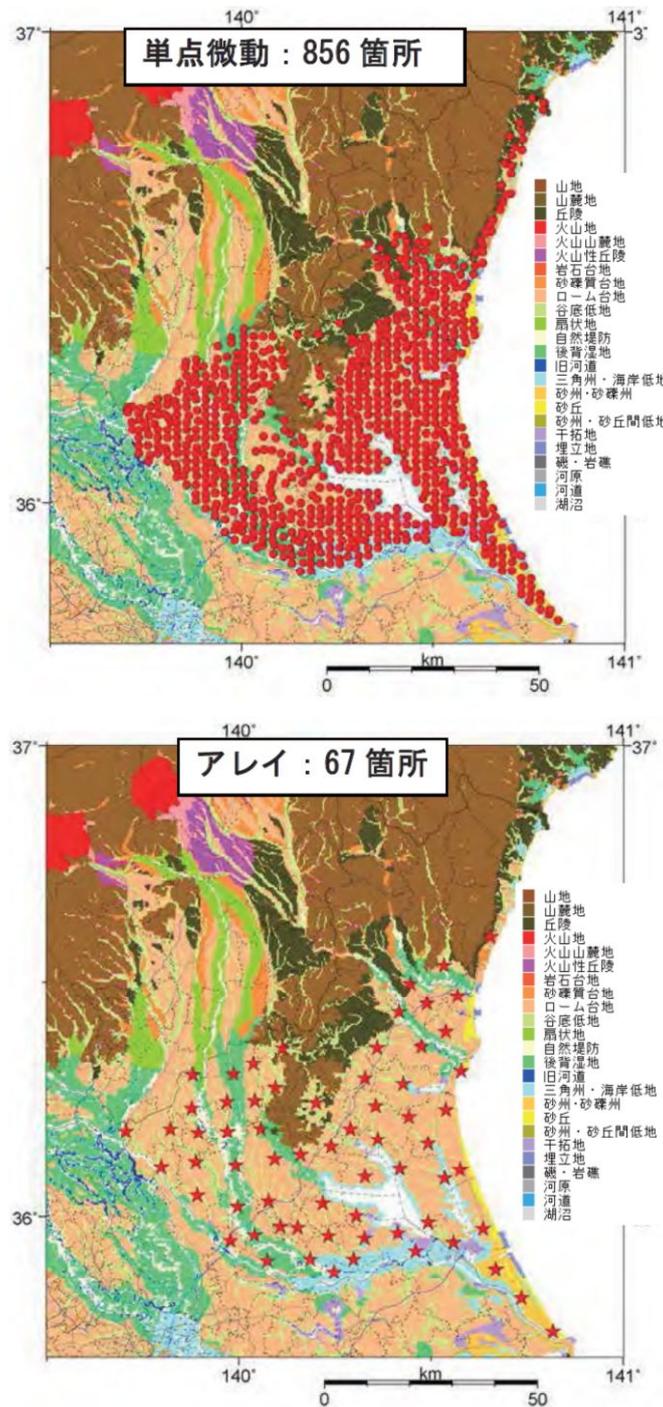


図 I.1.3-6 常時微動観測位置図
 上：単点微動、下：微動アレイ
 防災科学技術研究所 (2013)

(3) 地震観測データの収集と整理

初期モデルの地質層序モデルに対して、地震観測結果との整合性を検討するために、地震観測データの収集と整理を行っている。図 I.1.3-7 に解析に用いた地震の震央位置及び地震観測点の位置図を示す。地震観測データからは R/V スペクトルを求めている。

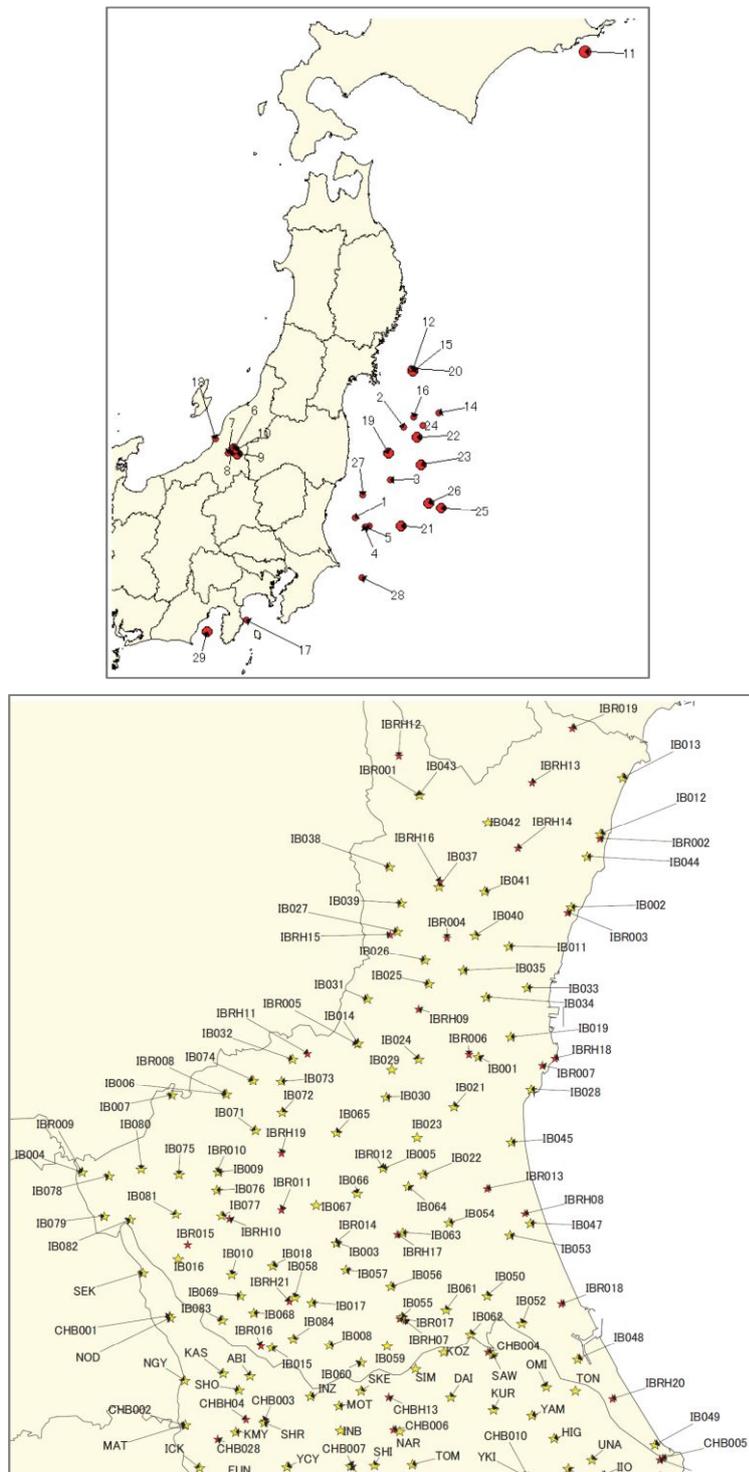


図 I.1.3-7 解析に用いた地震の震央位置及び地震観測点位置図

上図：地震の震央位置、下図：地震観測点

防災科学技術研究所(2013)

(4) H/V スペクトルおよび R/V スペクトルを用いた地盤モデルの修正例

上述した常時微動観測による H/V スペクトルおよび地震観測記録による R/V スペクトルを用いて、初期の地盤モデルより計算されるスペクトルを比較し、H/V スペクトル及び R/V スペクトルを説明できるように地盤モデルの修正を行った。H/V スペクトルと地盤モデルより計算されるスペクトルとの比較例を図 I.1.3-8 に示す。また、R/V スペクトルと地盤モデルより計算されるスペクトルとの比較例を図 I.1.3-9 に示す。

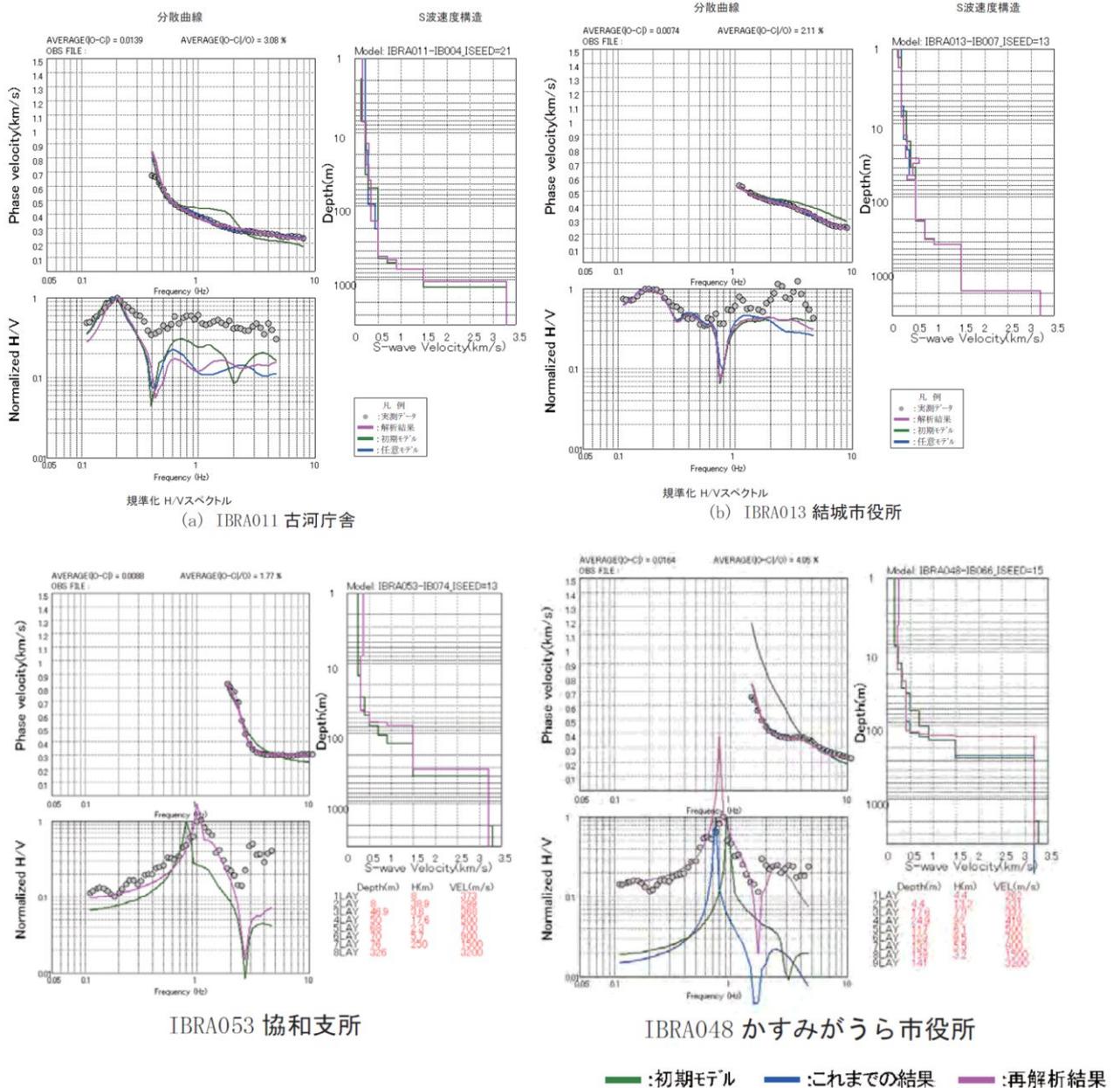


図 I.1.3-8 H/V スペクトルと地盤モデルによるスペクトルの比較の例
防災科学技術研究所(2013)

I 地盤モデル・想定地震について
1. 茨城県の地形・地質について

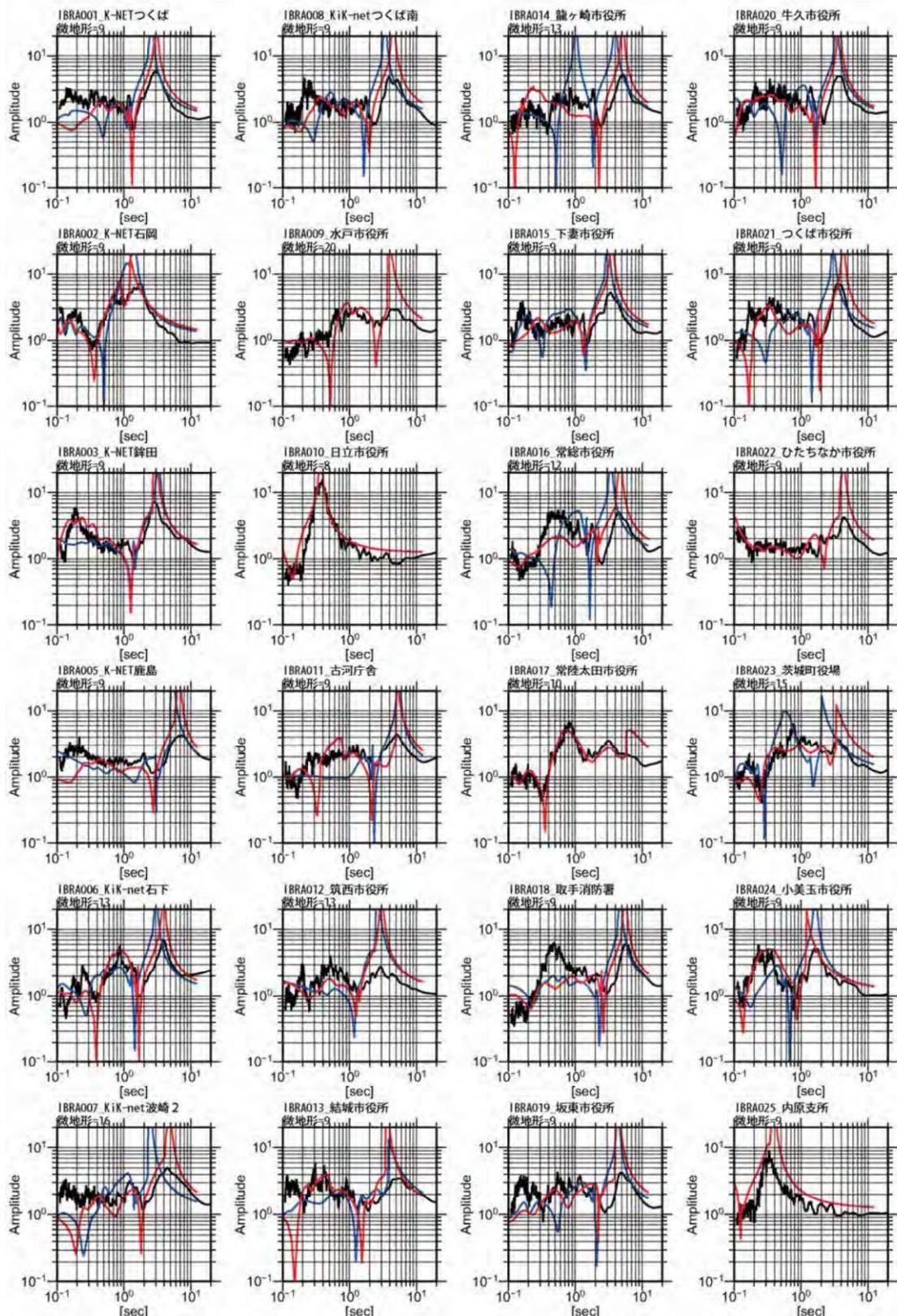


図 18-3 地震動 R/V スペクトルとの比較 (その 3 : 茨城県)

黒線 : 地震記録による H/V スペクトル比 (R/V スペクトル比)

赤線 : 作成した地盤モデルによる理論 H/V スペクトル比 (4 次モード合成 R/L 比=0.58)

青線 : 大々特地盤モデルによる理論 H/V スペクトル比 (4 次モード合成 R/L 比=0.58)

図 I.1.3-9 R/V スペクトルと地盤モデルによるスペクトルの比較の例

防災科学技術研究所(2013)

1.3.3 浅部・深部統合地盤モデルの検討結果

S波速度 350m/s～3200m/s における代表的な上面深度分布図を図 I.1.3-10、図 I.1.3-11 に示した。また、深部地盤モデルの断面図を図 I.1.3-12、図 I.1.3-13 に示した。

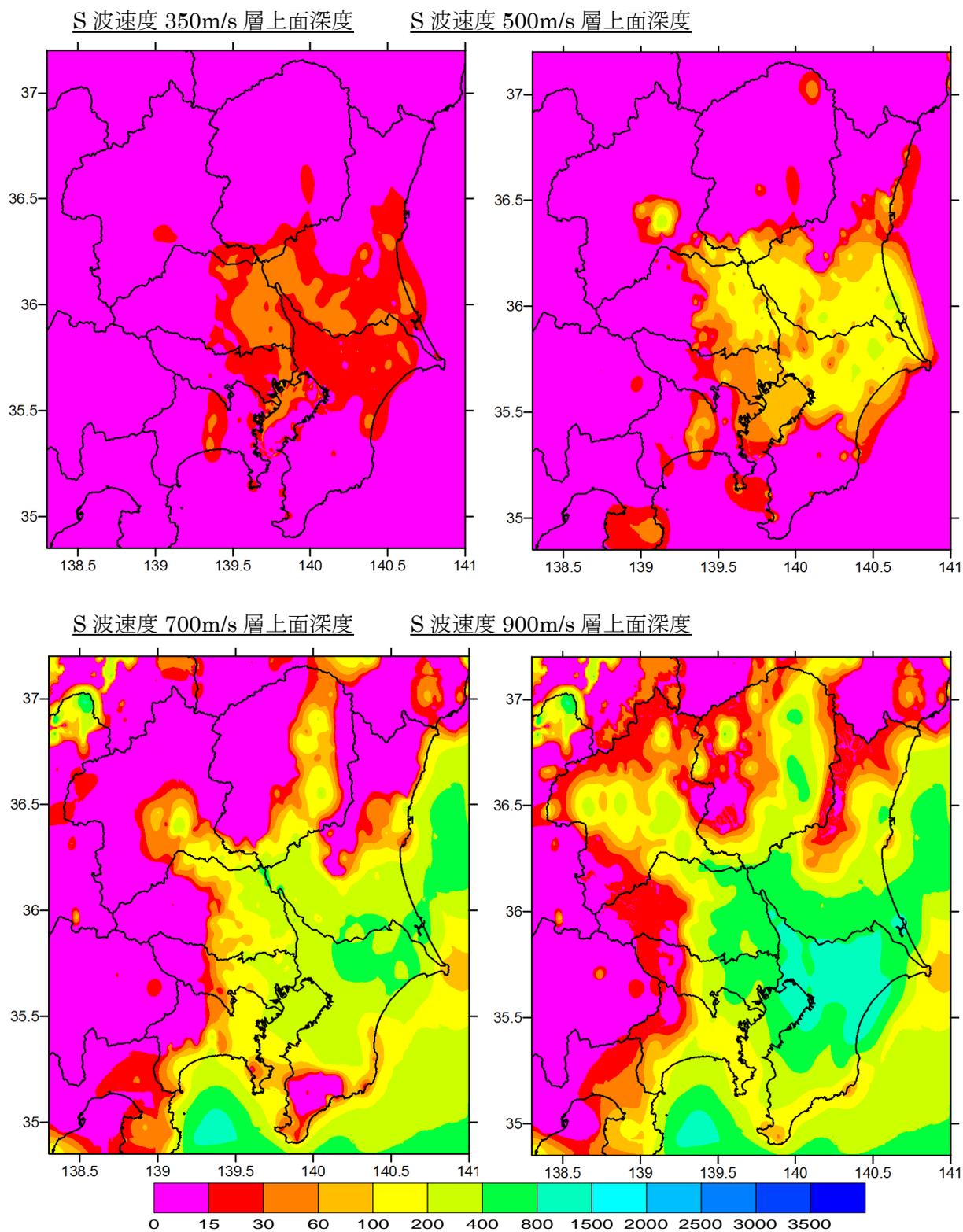


図 I.1.3-10 深部地盤 速度層上面深度分布(1)

S波速度 1500m/s 層上面深度

S波速度 3200m/s 層上面深度

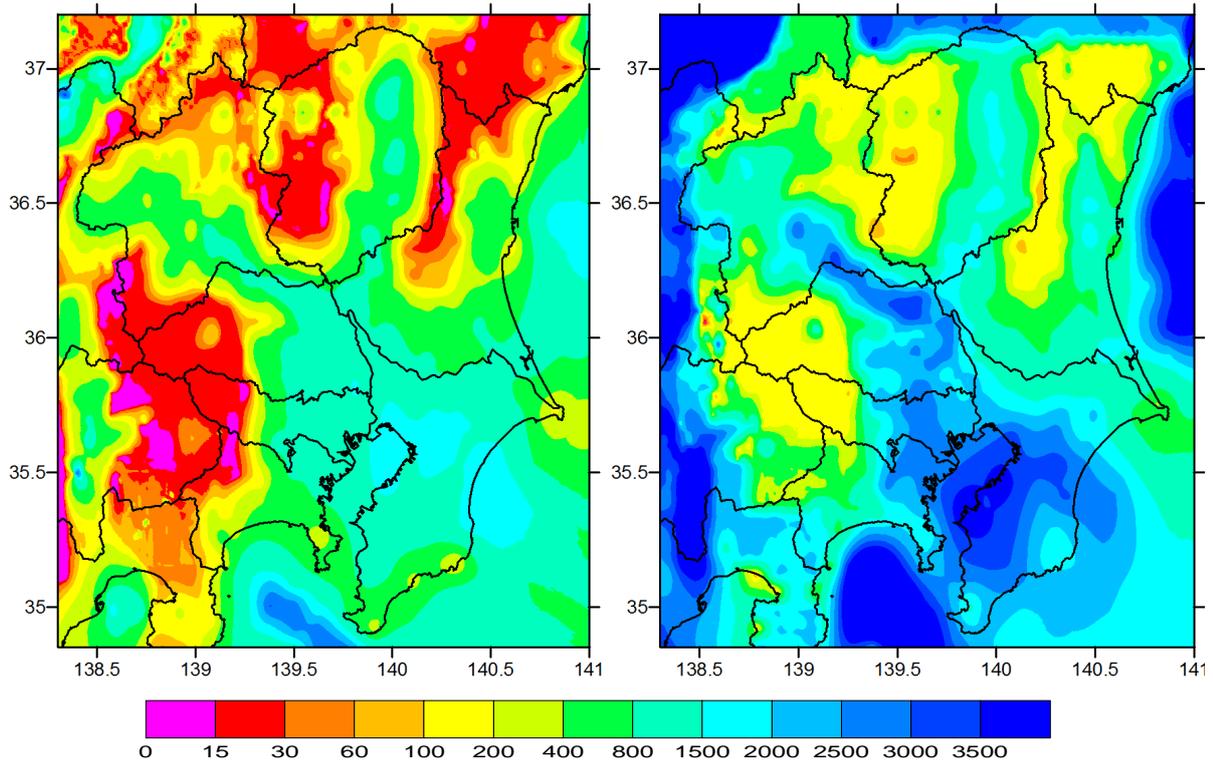


図 I.1.3-11 深部地盤 速度層上面深度分布 (2)

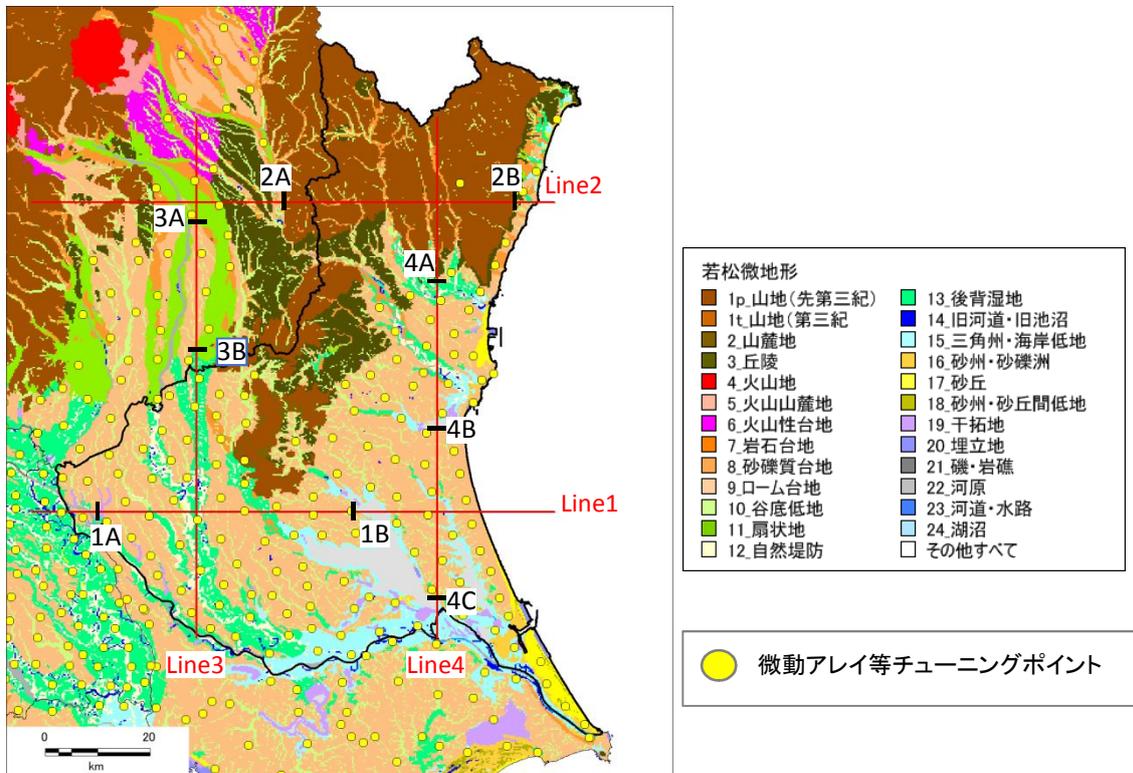


図 I.1.3-12 深部地盤モデル断面位置

I 地盤モデル・想定地震について
 1. 茨城県の地形・地質について

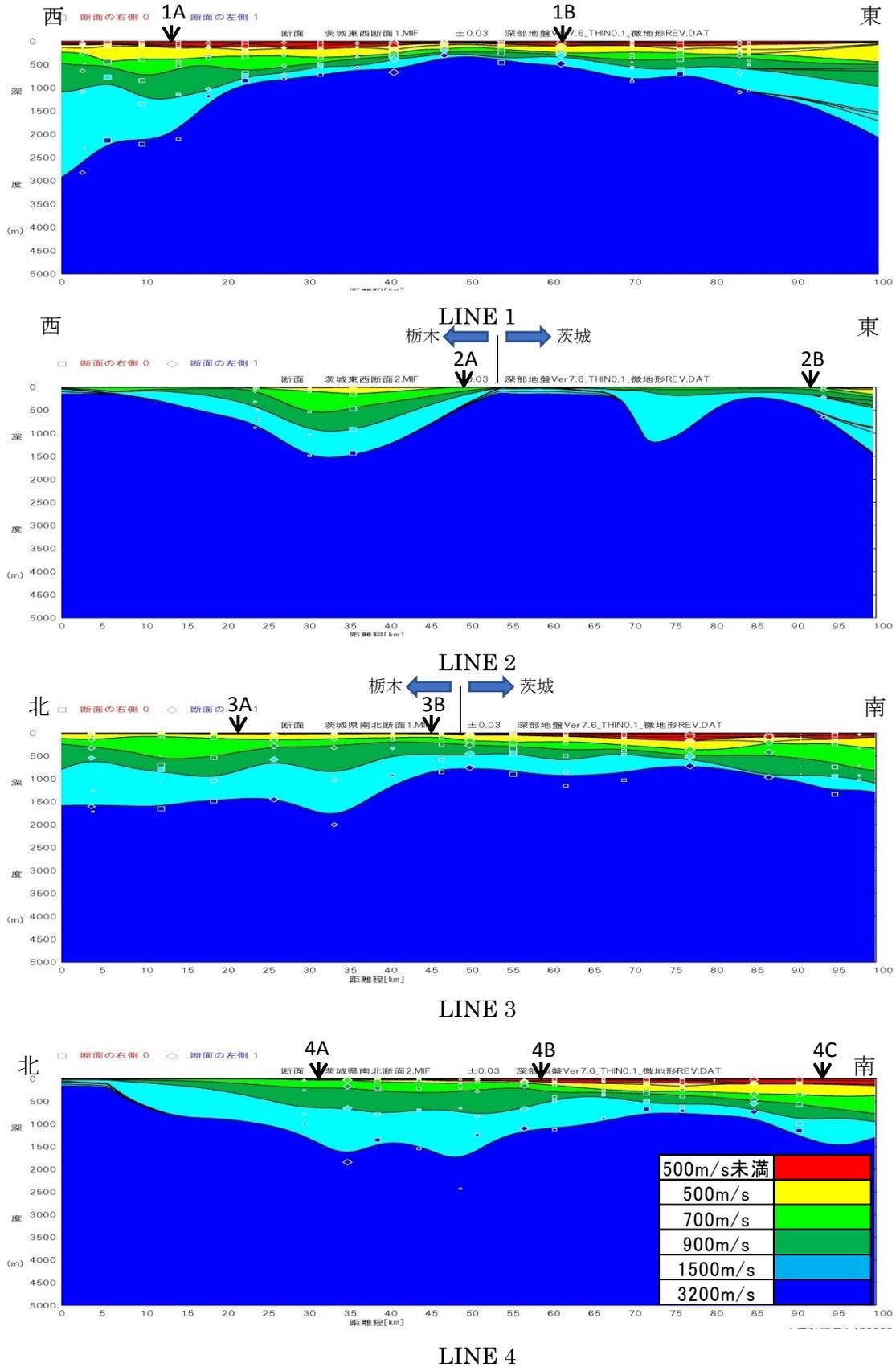


図 I.1.3-13 深部地盤モデル断面図

図 I.1.3-14 は微地形区分を、図 I.1.3-15 は浅部・深部統合地盤モデルに基づく、表層 30m の平均 S 波速度(AVS30)を表し、図 I.1.3-16 に震度増分を示す。

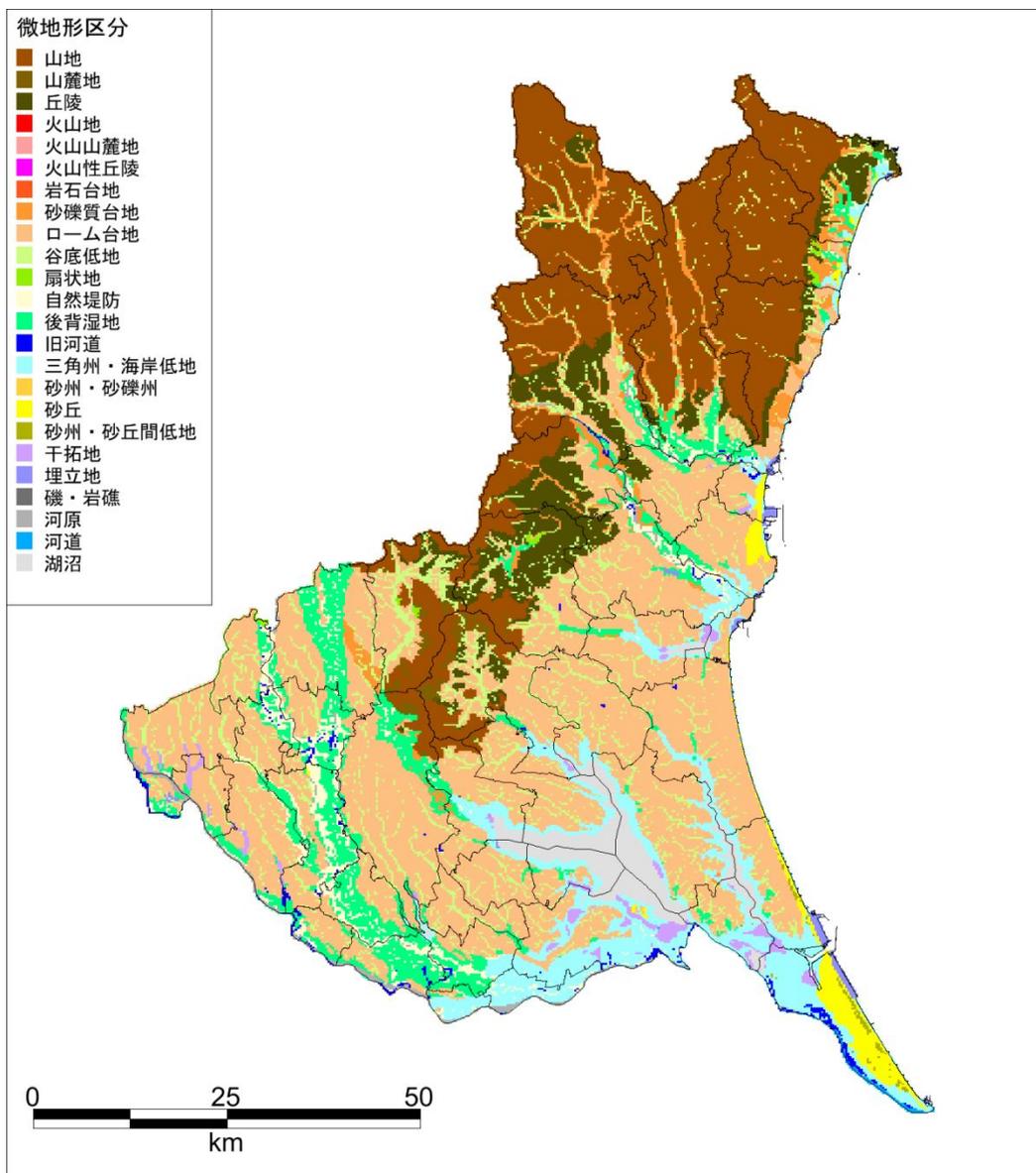


図 I.1.3-14 微地形区分
J-SHIS のデータにより作成

I 地盤モデル・想定地震について
 1. 茨城県の地形・地質について

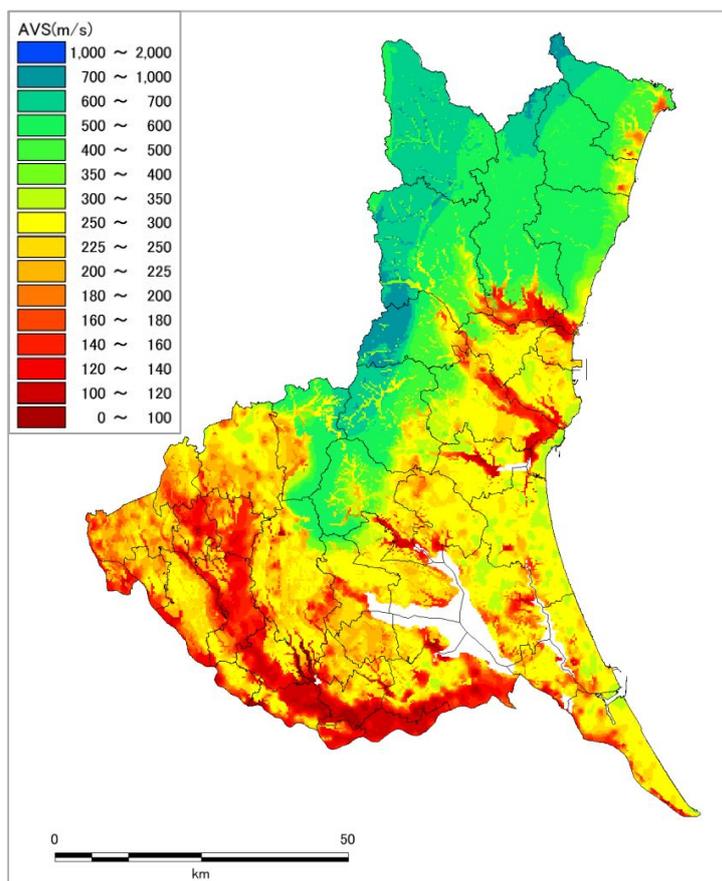


図 I . 1. 3-15 AVS30 (平均 S 波速度)

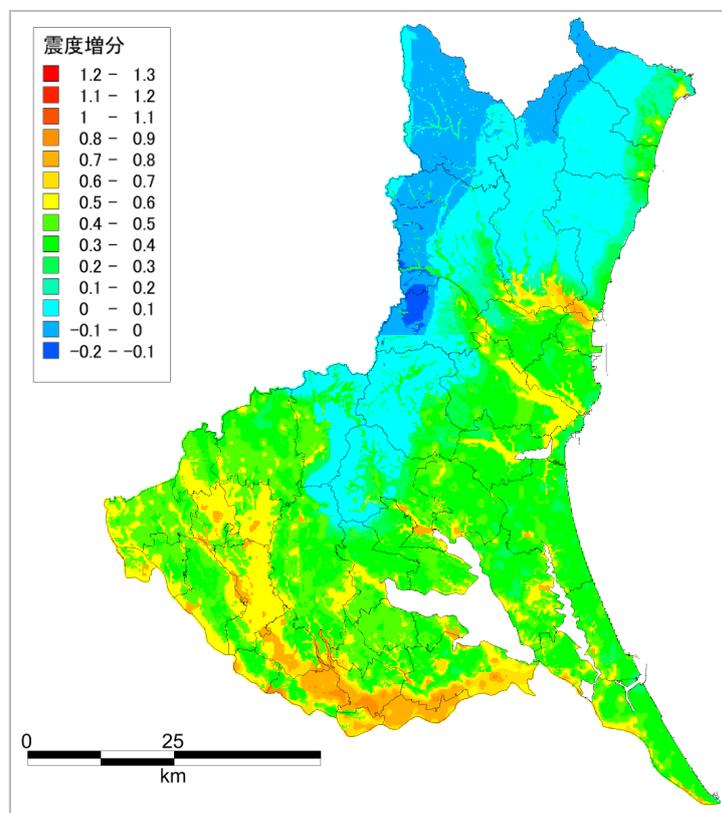


図 I . 1. 3-16 内閣府の手法による震度増分 (基準 S 波速度 600cm/s)

1.4 前回調査と本調査の地盤モデル作成の比較

前回の調査においても深部地盤モデルと浅部地盤モデルの作成を行っている。収集データ量違いや地盤モデル作成の方法の違いなどが大きく異なっている。本調査と前回調査の地盤モデル作成の比較を表 I .1.4-1 に示す。

表 I .1.4-1 前回調査と本調査の地盤モデル作成の比較

	前回調査（平成 8,9 年度）	本調査（平成 28,29 年度）
浅部地盤	<ul style="list-style-type: none"> ① 地形・地質資料の収集・整理 ② ボーリングデータの収集 ③ 地質断面図の作成 ④ 代表柱状図（448 分類） ⑤ 県全域のメッシュに代表柱状図を当てはめる 	<ul style="list-style-type: none"> ① 地形・地質資料の収集・整理 ② ボーリングデータの収集 ③ ボーリングデータのあるメッシュはボーリングデータより地盤のモデル化を行う ④ ボーリングデータのないメッシュは、周辺のボーリングデータを補間して地盤のモデル化を行う
深部地盤	<ul style="list-style-type: none"> ① 物理探査結果の収集 ② 深井戸の資料の収集 ③ 以上の資料をもとに、先新第三系相当層、三浦層群相当層、上総層群相当層の上面深度を 2.5km メッシュごとに設定 	<ul style="list-style-type: none"> ① 物理探査結果の収集 ② 深井戸の資料の収集 ③ 同一速度層の上面深度分布を設定
地盤モデルの修正		<ul style="list-style-type: none"> ① 浅部地盤モデルと深部地盤モデルを合わせ、浅部・深部統一地盤モデルを設定 ② 常時微動測定の実施及び地震観測記録の収集 ③ 統一地盤モデルより計算される伝達特性と常時微動及び地震観測記録観測記録による周期特性を比較し、異なっていれば統一地盤モデルの修正を行う ④ 最終的な浅部・深部統一地盤モデルを設定する
メッシュの大きさ	500mメッシュ	250mメッシュ

2. 想定地震の選定

2.1 茨城県の地震活動

茨城県とその周辺で発生した主な被害地震を図 I.2.1-1、表 I.2.1-1 に示す。

茨城県に被害を及ぼす地震は、主に以下のタイプの地震である。

- ・ 関東地方東方沖合や相模湾から房総半島南東沖にかけてのプレート境界付近で発生する地震
- ・ 陸域の様々な深さの場所で発生する地震

茨城県南西部では、やや深い場所（深さ30～50km）や深い場所（深さ50～70km）で定常的に地震活動が活発である。被害地震としては、1895年霞ヶ浦付近の地震（M7.2）、1921年龍ヶ崎付近の地震（M7.0）、1930年那珂川下流域の地震（M6.5）、1983年茨城県南部の地震（M6.0）、2005年茨城県南部の地震（M5.3）などが知られている。最近数十年間ではM7程度の地震の発生は知られていない。相模湾から房総半島南東沖で発生した地震では、1923年の関東地震（M7.9）があり県内で死者・行方不明者5名などの被害が発生した。関東地方東方沖合から福島県沖で発生した地震では、明治以降で1909年房総半島南東沖の地震（1日にM6.7とM7.5の地震が発生）、1938年茨城県沖の地震（M7.0）、同年の福島東方沖地震（M7.5）などが知られているが、2011年東北地方太平洋沖地震が発生するまでは茨城県内に大きな被害を及ぼした地震はなかった。

2011年3月11日14時46分に三陸沖を震源とした東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）が発生し、茨城県内では日立市、高萩市、常陸大宮市、笠間市、那珂市、小美玉市、鉾田市及び筑西市で震度6強のほか、全ての市町村で震度5弱以上が観測された（図 I.2.1-2、図 I.2.1-3）。茨城県の主な被害は、震災直接死24名、震災関連死41名、行方不明1名（以上、2014年12月31日現在、茨城県公表）、住宅全壊2,629棟、半壊24,376棟、津波による床上浸水1,799棟など（以上、2017年2月28日現在、茨城県公表）であった。東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）発生後に余震が多く発生したが、2016年11月22日福島県沖の地震（M7.4）で津波による被害（図 I.2.1-4）、2016年12月28日茨城県北部の地震（M6.3）で揺れによる被害（図 I.2.1-5）がわずかではあるが発生した。

沈み込む太平洋プレートの内部で発生する地震としては、1985年茨城県南部の地震（M6.0、深さ78km）、1988年東京都東部の地震（M6.0、深さ96km）、1992年東京湾南部（浦賀水道付近）の地震（M5.7、深さ92km）が知られている。また、1894年（明治）東京地震（M7.0）は深さははっきりしないものの関東地方の下に沈み込んだ太平洋プレート内部で発生したと考えられている。このように、沈み込む太平洋プレートの内部で発生する地震は、関東地方の50km～100kmの深さで発生すると考えられる。

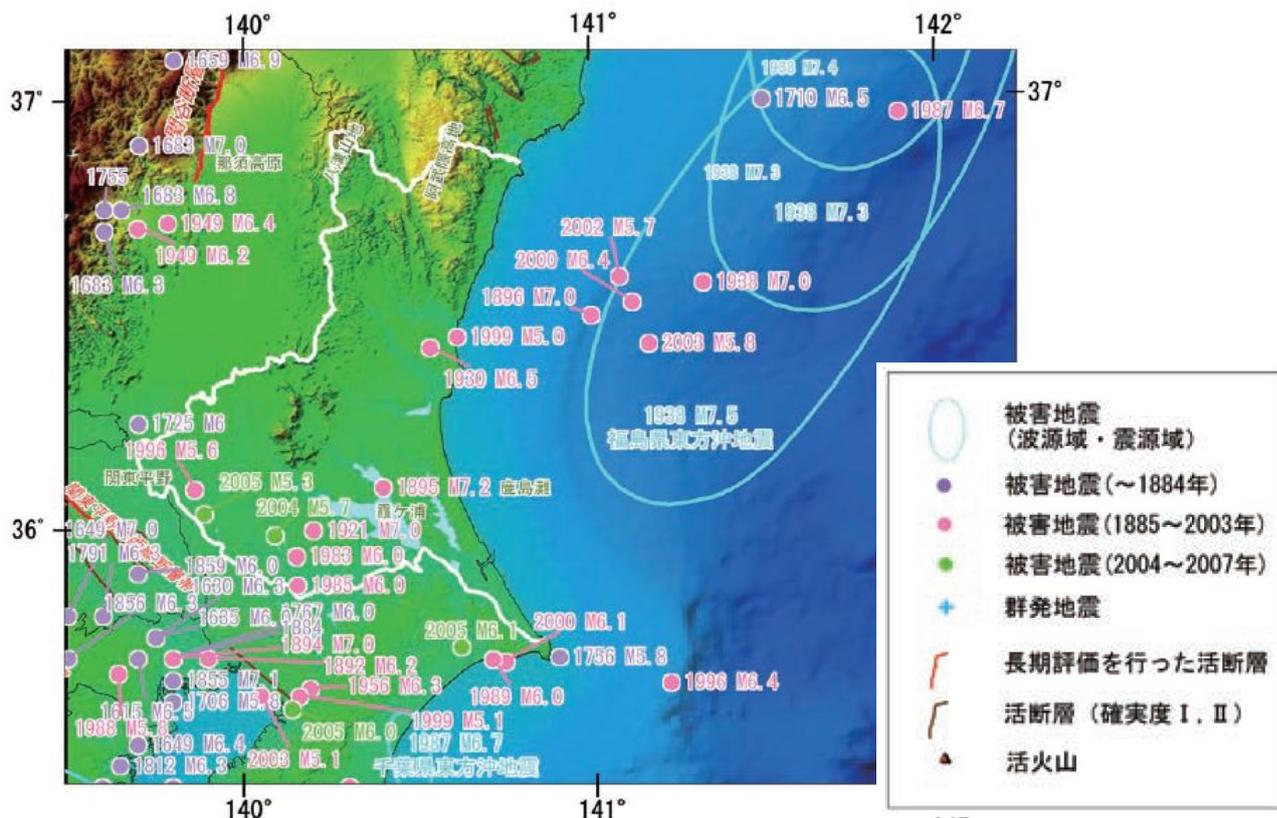


図 I . 2. 1-1 茨城県とその周辺で発生した主な被害地震（～2007年）
地震調査委員会（2009年）

表 I . 2. 1-1 茨城県に被害を及ぼした主な地震（～2007年）
地震調査委員会（2009年）

西暦(和暦)	地域(名称)	M	県内の主な被害(カッコは全国での被害)
818. . (弘仁9)	関東諸国	7.5 以上	(相模、武蔵、下総、常陸、上野、下野などで被害。圧死者多数。)
1677.11.4 (延宝5)	磐城・常陸・安房・上総・下総	8.0	磐城から房総にかけて津波。水戸領内で溺死者36人、家屋全壊189棟。
1855.11.11 (安政2)	((安政)江戸地震)	7.0～7.1	家屋全壊27棟。
1895.1.18 (明治28)	霞ヶ浦付近	7.2	鹿島、水戸、那珂、新治、行方などで被害。圧死者6人、負傷者34人、家屋全壊37棟。
1923.9.1 (大正12)	(関東地震)	7.9	死者・行方不明者5人、住家全壊517棟。
2005.2.16 (平成17)	茨城県南部	5.3	負傷者7人。

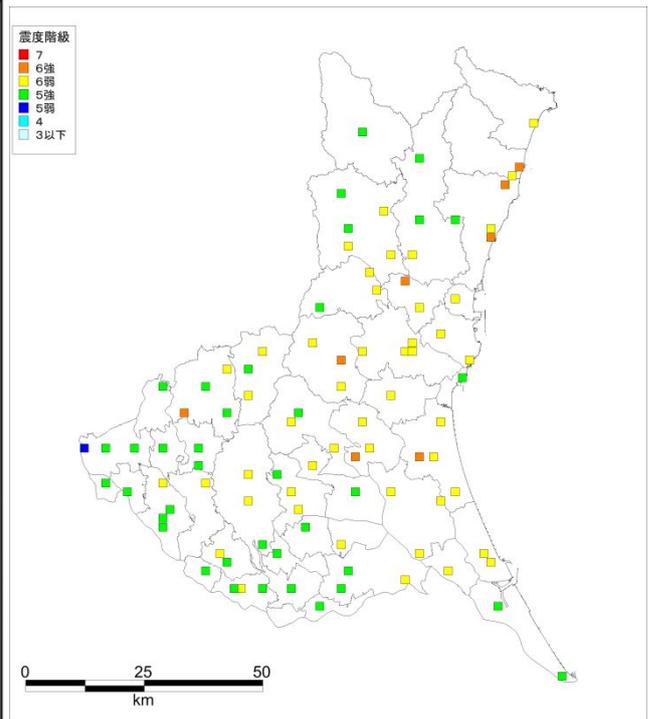
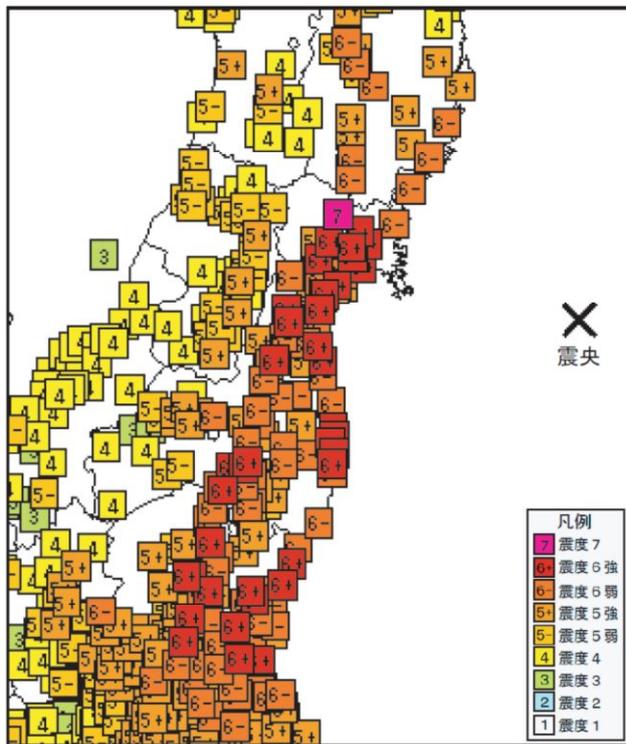


図 I . 2. 1-2 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の本震 (M9.0、最大震度7) の市町村ごとの震度分布

気象庁 (2012年)

図 I . 2. 1-3 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の本震 (M9.0、最大震度7) の茨城県内の市町村ごとの震度分布

気象庁 (2012年)

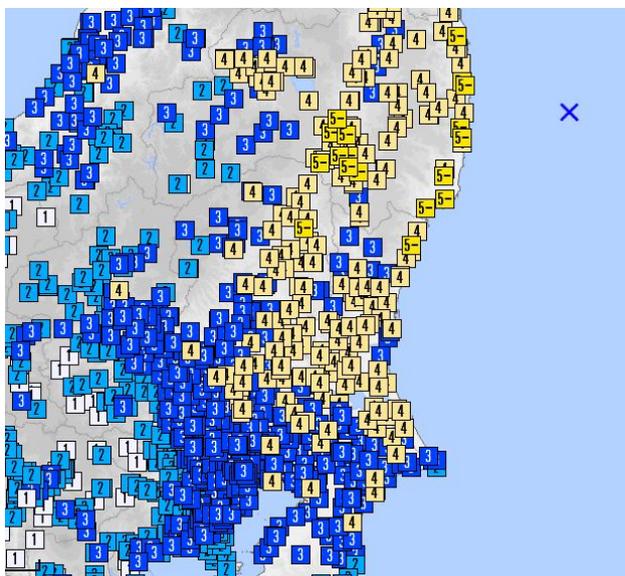


図 I . 2. 1-4 平成28年11月22日福島県沖の地震 (M7.4) の震度分布

気象庁震度データベース検索

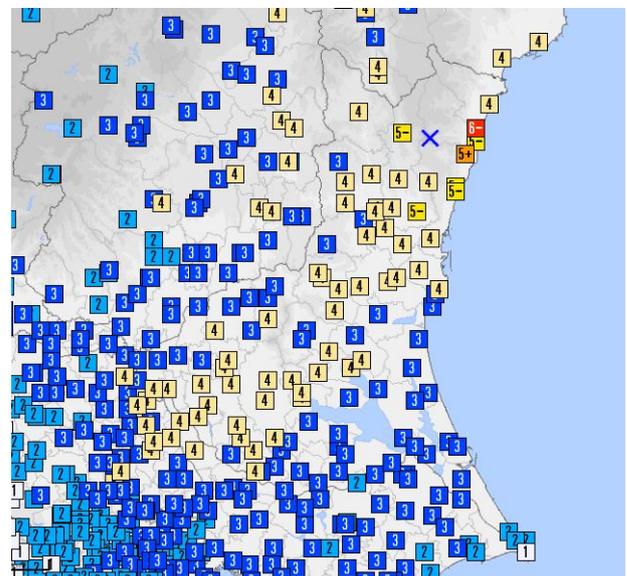


図 I . 2. 1-5 平成28年12月28日茨城県北部の地震 (M6.3) の震度分布

気象庁震度データベース検索

2.2 茨城県およびその周辺で検討されている想定地震

(1) 内閣府による首都直下の M7 クラスの地震

首都及びその周辺地域では、南方から伊豆半島をのせたフィリピン海プレートが伊豆半島の北部で北米プレートに衝突し、それより東の領域では陸の北米プレートの下に、フィリピン海プレートが相模トラフから沈み込み、これらのプレートの下に太平洋プレートが日本海溝・伊豆小笠原海溝から沈み込んでいる特徴的で複雑な構造を成している（図 I.2.2-1）。このため、この地域で発生する地震の様相は極めて多様で、これら地震の発生は概ね次のように分類される（図 I.2.2-2）。

- ① 地殻内（北米プレート又はフィリピン海プレート）の浅い地震
- ② フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震
- ③ フィリピン海プレート内の地震
- ④ フィリピン海プレートと太平洋プレートとの境界の地震
- ⑤ 太平洋プレート内の地震
- ⑥ フィリピン海プレート及び北米プレートと太平洋プレートとの境界の地震



図 I.2.2-1 関東周辺のプレート境界（内閣府（2013））

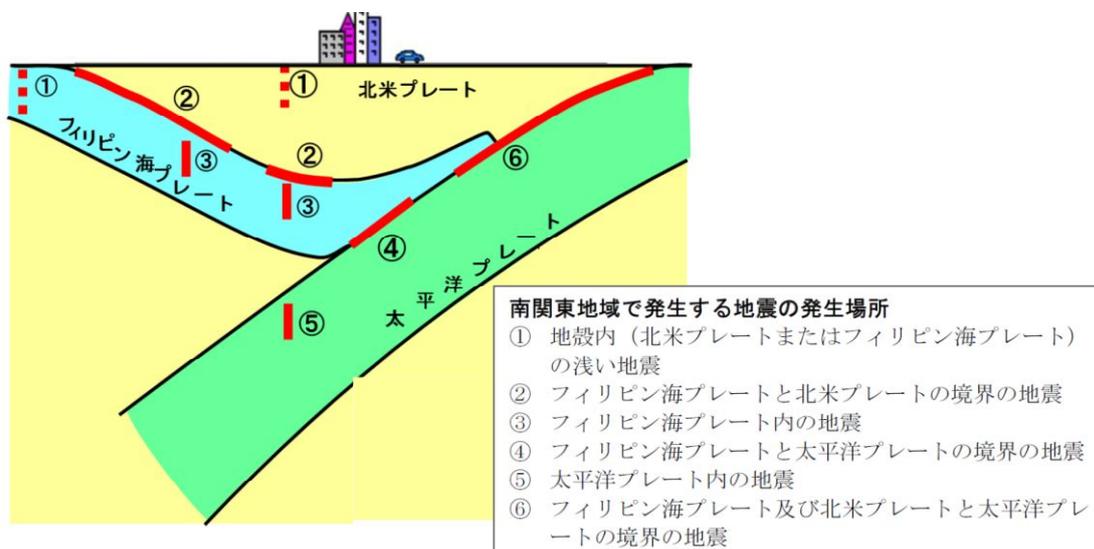


図 I.2.2-2 南関東地域で発生する地震のタイプ（内閣府（2013））

内閣府では、これらの地震について最近の調査・研究の成果を収集し、検討を行った。M7クラスの首都直下地震について、フィリピン海プレート内で発生する地震を主たる検討対象の地震に加え、検討を行うことにした。図I.2.2-3にM7クラスの首都直下地震の断層位置を示す。茨城県では、茨城県南部（Mw7.3）と茨城・埼玉県境（Mw7.3）の北米プレートとフィリピン海プレートの境界地震があげられる。

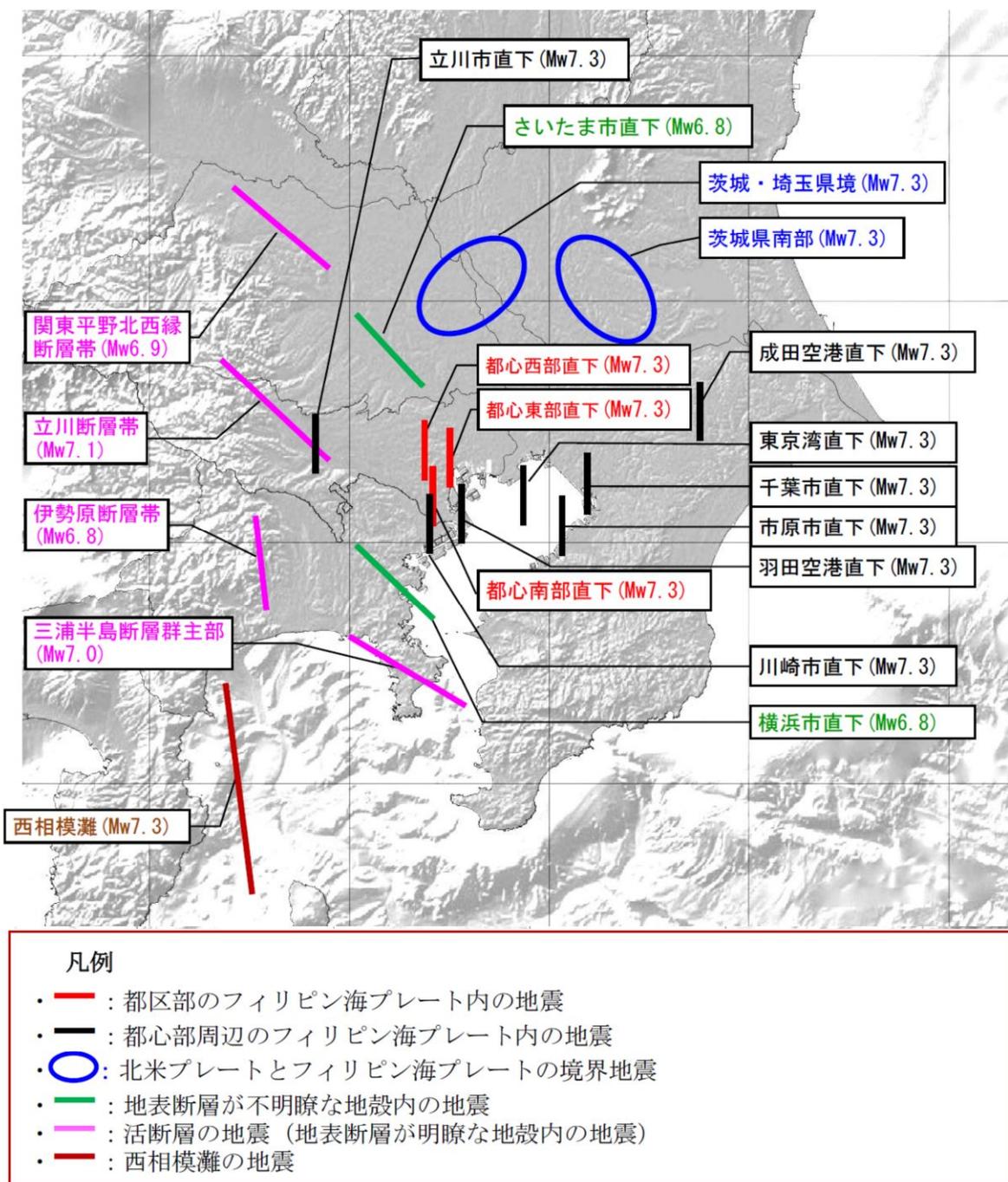


図 I . 2 . 2 - 3 M7クラスの首都直下地震の断層位置
内閣府 (2013)

(2) 原子力規制委員会の新規制基準適合性に係る審査会合における茨城県北部地域での活断層
原子力規制委員会の新規制基準適合性に係る審査会合では、茨城県北部地域での活断層について、東海第二発電所の敷地周辺の地質構造に関する調査の結果、図 I.2.2-4に示す断層を震源として考慮する活断層として評価している。

これらのうち、①の棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動 (M7.5) と⑤F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動 (M7.8) の2つの活断層が東海第二発電所に影響があるとして詳細に検討している。

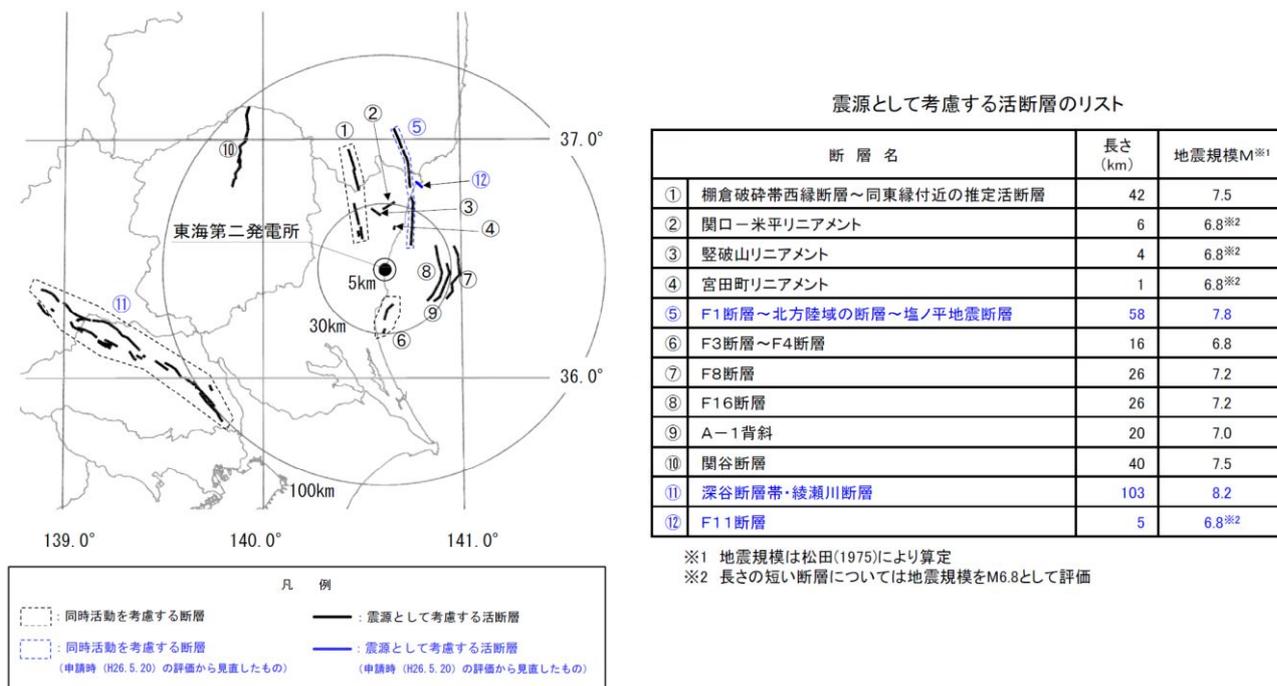


図 I.2.2-4 東海第二発電所周辺の活断層分布
日本原子力発電株式会社 (2018)

(3) 地震調査委員会が検討した茨城県内の活断層

地震調査委員会(2015)では、関東地域の活断層の長期評価(第一版)において、関東地域及びその周辺領域において評価対象とした活断層及び評価対象としなかった構造・活断層の分布を図I.2.2-5のようにまとめている。地震調査委員会では、関東地域の陸域及び沿岸域でM 6.8以上の地震を起こす可能性のある活断層を全て評価することを目指して、活断層の分布に関する既存資料や地質構造、重力異常、空中写真等を精査し、活断層としての証拠が揃っているものを選定して評価している。

茨城県内及びその周辺では、P 1～P 5、L 1、L 2が示されているがいずれも評価対象としなかった構造・活断層となっている。表I.2.2-1にはP 1～P 5の活断層の可能性はあるものの、現時点では活断層としての証拠が揃っていないことから評価から外した構造を示し、表I.2.2-2にはL 1とL 2の活断層研究会編(1991)で活断層と指摘されているもののうち検討の結果、活断層の可能性の低い構造と判断したものを示す。

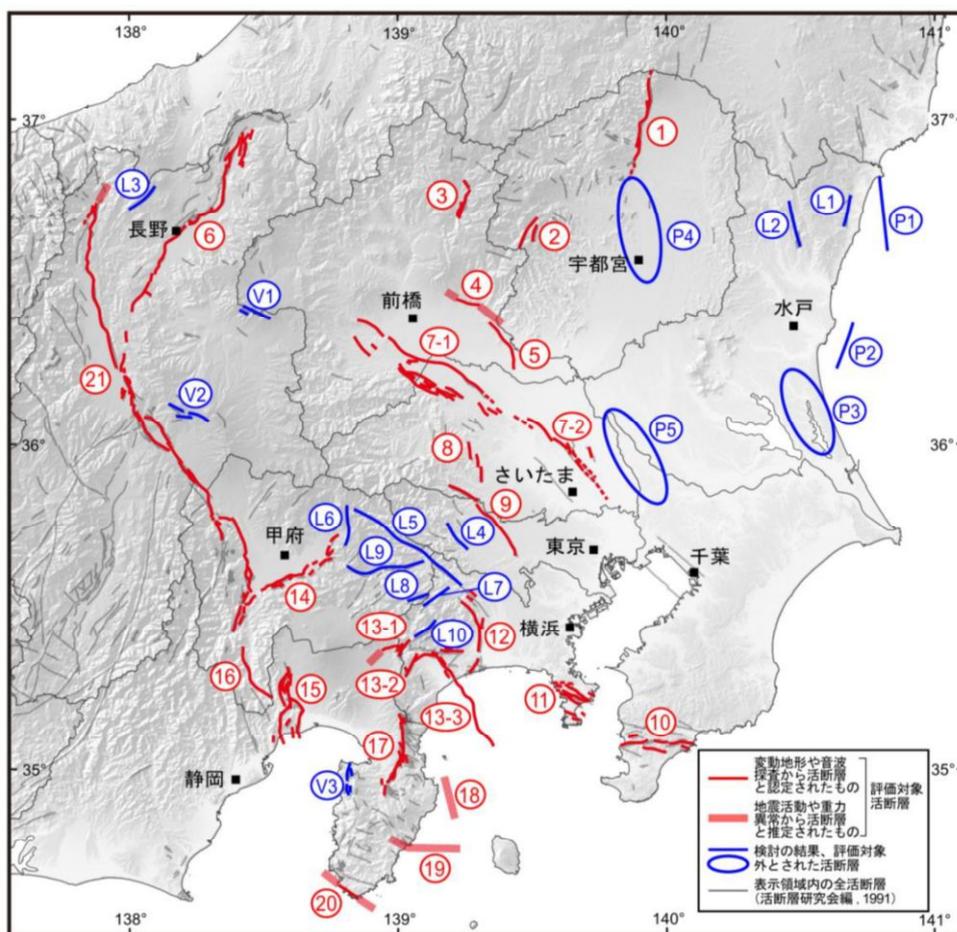


図 I.2.2-5 関東地域及びその周辺領域において評価対象とした活断層及び評価対象としなかった構造・活断層の分布
地震調査委員会(2015)

表 I . 2. 2-1 活断層の可能性の低い構造
地震調査委員会 (2015)

断層名 (確実度, 活動度) (図 I . 2. 2-5 での位置)	説明
関口ー黒磯リニアメント (III , -) (L1)	確実度が III と低く、連続性や活動度も乏しいことから、活断層の可能性は低いと判断した。
棚倉破砕帯西縁断層 (III , -) (L2)	山田川に沿う第三紀集塊岩と砂岩を境する断層であり、岩質の相違によるリニアメントの疑いがある (活断層研究会編, 1991) ことから、活断層の可能性は低いと判断した。

※確実度は活断層であることの確からしさを表す指標。確実度 III は、活断層である可能性はあるが、ずれの向きが不明であったり、河川や海の浸食作用など他の原因で形成された疑いが残るもの。

表 I . 2. 2-2 活断層の可能性のある構造
地震調査委員会 (2015)

地域 (図 I . 2. 2-5 での位置)	内容
日立沖 (P1) ・大洗沖 (P2)	茨城県沖には複数の正断層が分布する。当海域では原子力安全・保安院 (2011a, b) によって海上音波探査が行われており、日立沖の F1 断層において少なくとも前期更新世まで、大洗沖の F3 ・ F4 断層において少なくとも中期更新世までの活動が認められるが、その後の活動については、この海域には新しい堆積層が存在しないため不明である。その他の断層では、少なくとも後期更新世以降の活動は認められない (原子力安全・保安院, 2010)。
鹿島ー行方地域 (P3)	霞ヶ浦から北浦周辺には、南北性の緩やかな波状変動が認められている。重力異常も南北性の急変帯を示す (図 I . 2. 2-6)。本変動の原因は不明だが、直下あるいは東方に活断層が存在する可能性もある。
関谷断層南方域 (P4)	関谷断層南方には、南北走向の重力異常の急変帯が長さ 20km 程度にわたり連続する (図 I . 2. 2-6)。新期の地形面には変形は認められないが、5 万分の 1 地質図幅「宇都宮」には、中期中新統の火山堆積物から成る宇都宮丘陵に緩やかな背斜が示されている。本地域東方は鬼怒川の新时期堆積物に覆われ、伏在断層が存在する可能性もある。
野田地域 (P5)	反射法弾性波探査 (佐藤ほか, 2010b) により、西傾斜の逆断層とその上盤側に上総層群、下総層群を含む地層が緩く傾斜する背斜構造が認められた (Ishiyama et al., 2013)。明瞭な地形的特徴としては現れていないが、重力異常の急変帯でもあり (図 I . 2. 2-6)、野田地域南部の下総台地の隆起 (中澤・田辺, 2011) に関する活断層が存在する可能性もある。

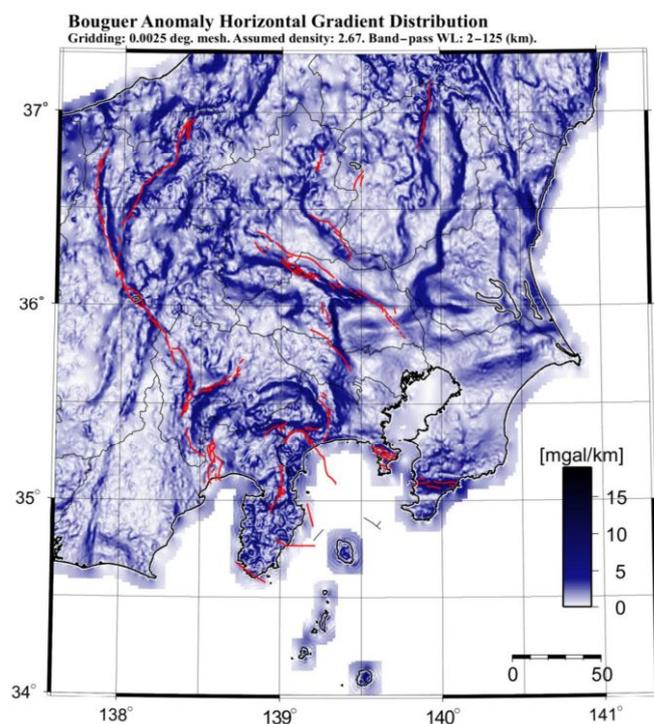


図 I . 2. 2-6 関東地域の短波長重力異常
図 (勾配) に評価対象の活断層を表示
したもの

仮定密度 2.67g/cm³ によるブーゲー異常 (波長帯域 2 - 125km) の空間微分。
(地質調査所編 (2000)、Gravity Research Group in Southwest Japan (2001)、Yamamoto et al. (2011) に基づき、中部大学 工藤 健教授作成)

地震調査委員会 (2015)

(4) 過去に被害をもたらした太平洋プレート内の地震

太平洋プレート内で発生し、被害をもたらした地震としては、図 I.2.2-7 に示すような地震が知られている。1933年昭和三陸地震（M8.1）では、震害は少なかったが甚大な津波による被害があった。1993年釧路沖地震（M7.5）では、震源が約 100km と地下深いプレート内で発生し、規模が大きく建物や道路などの被害が発生した。1994年北海道東方沖地震（M8.2）では比較的浅いところで発生し、津波をともなった。

関東でも、1953年の房総沖の地震（M7.4）が知られており、津波をともなった。また、関東平野直下では、2.1 で述べたように、1985年茨城県南部の地震（M6.0、深さ78km）、1988年東京都東部の地震（M6.0、深さ96km）、1992年東京湾南部（浦賀水道付近）の地震（M5.7、深さ92km）などが知られている。

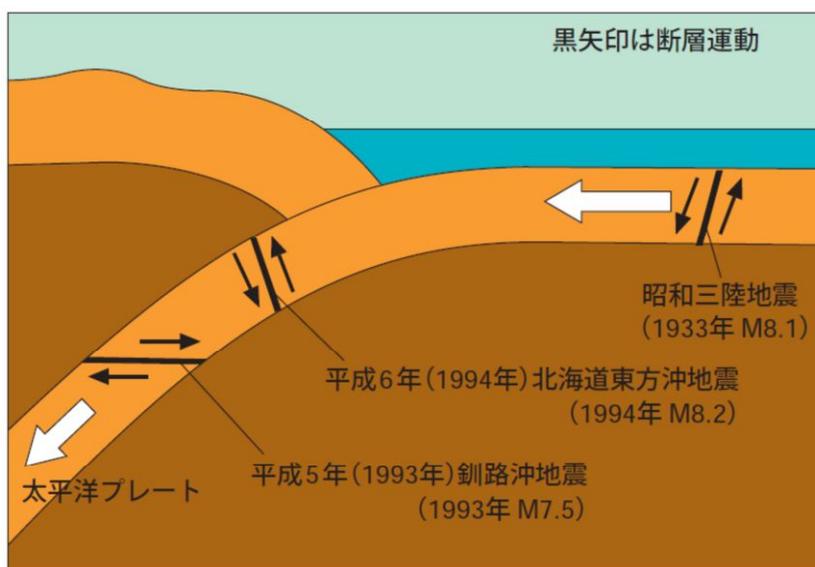


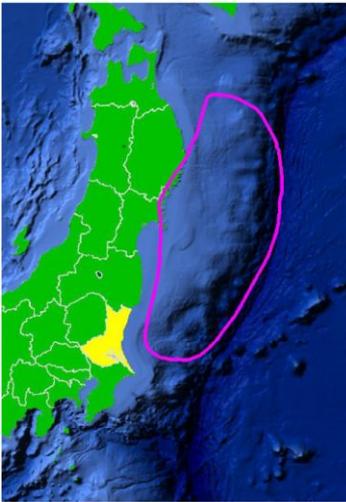
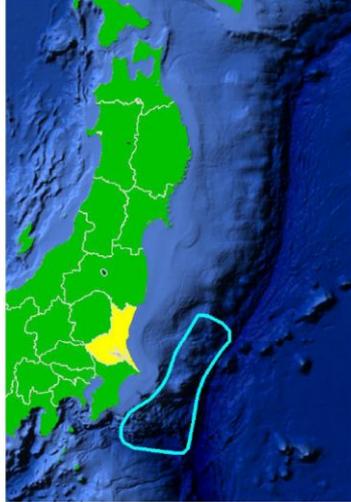
図 I.2.2-7 太平洋プレート内地震の発生のしくみ
文部科学省(2004)

(5) 茨城県津波浸水想定（平成 24 年 8 月公表）

茨城県では平成19年に津波浸水想定図を公表したが、平成23年に制定された津波防災地域づくり法に基づく新たな津波浸水想定区域図を平成24年 8 月に公表した。津波浸水想定に当たっては、図 I. 2. 2-8に示す茨城県沿岸に最大クラスの津波をもたらすと想定される地震を想定した。

東北地方太平洋沖地震津波は、平成23年 3 月11日に発生した東北地方太平洋沖地震の再来を想定した地震である。

H23 想定津波は、地震調査研究推進本部から平成23年11月に公表された「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）について」を基に想定した地震である。

対象津波	東北地方太平洋沖地震津波	H23 想定津波
マグニチュード	Mw = 9.0 Mt = 9.1~9.4	Mw = 8.4 Mt = 8.6~9.0
使用モデル	中央防災会議モデル	茨城県モデル
説 明	平成 23 年 3 月 11 日、三陸沖を震源とした地震により発生した津波。東日本大震災を引き起こし、東北から関東を中心に甚大な被害をもたらした津波の再来を想定。	地震調査研究推進本部から平成 23 年 11 月に公表された「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）について」を基に想定した地震。（平成 19 年に茨城県で想定した津波「延宝房総沖地震津波」の震源域等を参考にした地震。）
概 要 震 源 域		

注 1 : M_w は、モーメントマグニチュード

注 2 : M_t は、津波マグニチュード

図 I. 2. 2-8 茨城県津波浸水想定に用いた最大クラスの津波
茨城県 (2012)

2.3 茨城県で備えるべき想定地震

茨城県及びその周辺における過去の被害地震、断層の分布状況、地震動又は津波の計算に想定された地震をもとに、茨城県で備えるべき想定地震を設定した。表 I.2.3-1 に想定地震を示す。地震動は想定 of 観点に合わせて、シナリオを検討する地震に対しては波形計算を行う詳細法、それ以外の地震に対しては距離減衰式に基づく簡便法を用いて評価した。

また、実際に甚大な被害をもたらした2011年東北地方太平洋沖地震については、県内で発生した液状化分布について液状化可能性の予測手法の検討に用いた。

表 I.2.3-1 茨城県で備えるべき想定地震

No	地震名	地震規模	想定 of 観点	地震動評価法	参考モデル
1	茨城県南部の地震 (茨城県南部)	Mw7.3	首都直下のM7クラスの茨城県南部地域に影響のある地震の被害	詳細法	内閣府 (2013)
2	茨城・埼玉県境の地震 (茨城・埼玉県境)	Mw7.3			内閣府 (2013)
3	F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震 (F1断層)	Mw7.1	県北部の活断層による地震の被害		原子力規制委員会 審査会合 資料など
4	棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動による地震 (棚倉破砕帯)	Mw7.0			
5	太平洋プレート内の地震(北部) (太平洋プレート(北部))	Mw7.5	プレート内で発生する地震の被害		地震調査委員会 会長期評価部 会での議論
6	太平洋プレート内の地震(南部) (太平洋プレート(南部))	Mw7.5			
7	茨城県沖から房総半島沖にかけての地震 (茨城県沖～房総半島沖)	Mw8.4	津波による被害	簡便法	茨城県 (2012)

注1: Mw は、モーメントマグニチュード
注2: 地震名の下段にあるカッコ内の名称は略称

(1) 茨城県南部地域で発生する M7 クラスの地震（茨城県南部の地震（プレート境界））

内閣府（2013）では、最新の知見に基づき、フィリピン海プレート上面における大正関東地震の震源域、スロースリップの領域、地震活動の低い蛇紋岩化の領域についての検討を行い、M7クラスの地震を想定する震源断層域を「茨城県南部」及び「茨城・埼玉県境」に設定している（図 I.2.3-1）。

ここでは、茨城県南部で発生するM7クラスの地震について、内閣府（2013）と同様の断層パラメータを用い、詳細法により工学的基盤最大速度を求め、AVS30 から横田ほか（2005）により計算する方法（内閣府の手法）によって地表震度を求めた。

内閣府（2013）で用いられた断層パラメータを表 I.2.3-2に、断層モデル及び内閣府（2013）による震度分布図を図 I.2.3-2に示す。地震の規模は Mw7.3 として、強震動生成域（以降、「SMGA(Strong Motion Generation Areas)」と呼ぶ）のみを設定した断層モデルとなっている。詳細法により求めた工学的基盤と地表の震度分布を図 I.2.3-3に示す。

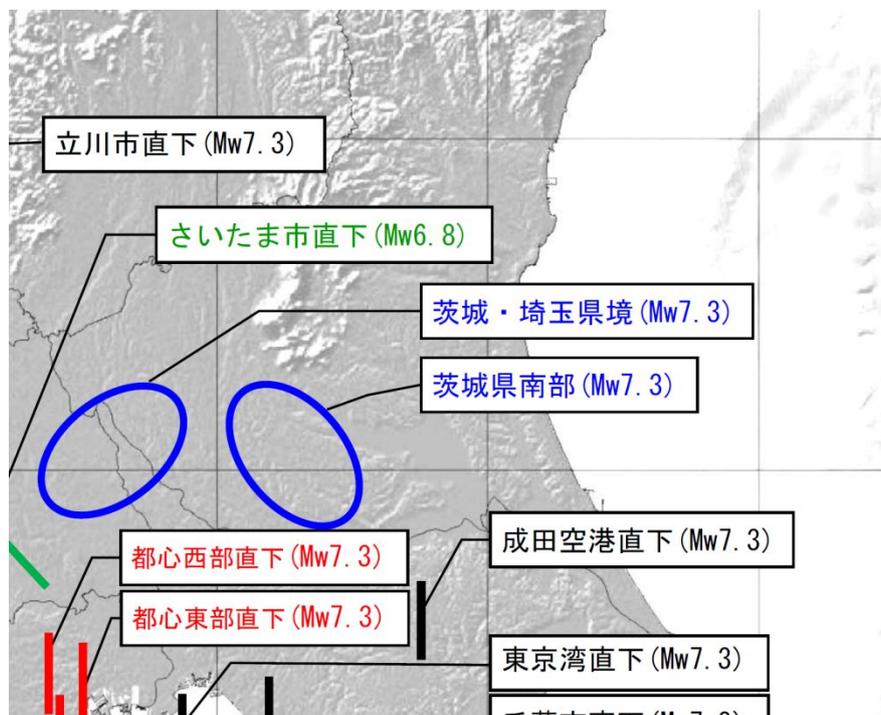


図 I.2.3-1 内閣府(2013)による茨城県南部の地震及び茨城・埼玉県境の地震

表 I. 2. 3-2 内閣府(2013)によるプレート境界地震
(茨城県南部の地震)の断層パラメータ

断層全体	セグメント	茨城県南部	備考
	面積 (km ²)	2,114	
	平均応力降下量 (MPa)	3	プレート間地震の平均的な値
	平均すべり量 (m)	1.4	$M_0 = \mu DS$
	地震モーメント (Nm)	1.2×10^{20}	$0.41 \times \Delta\sigma \times S^{3/2}$
	Mw	7.3	
SMGA	応力パラメータ (MPa)	25.0	
	面積 (km ²)	317	
	面積比 (%)	15	
	平均すべり量 (m)	4.45	$M_0 = \mu DS$
	地震モーメント (Nm)	5.8×10^{19}	$0.41 \times \Delta\sigma \times S^{3/2}$
	Mw	7.1	
そのほか	破壊伝播速度 (km/s)	2.7	
	fmax (Hz)	6	
	剛性率 (GPa)	41	

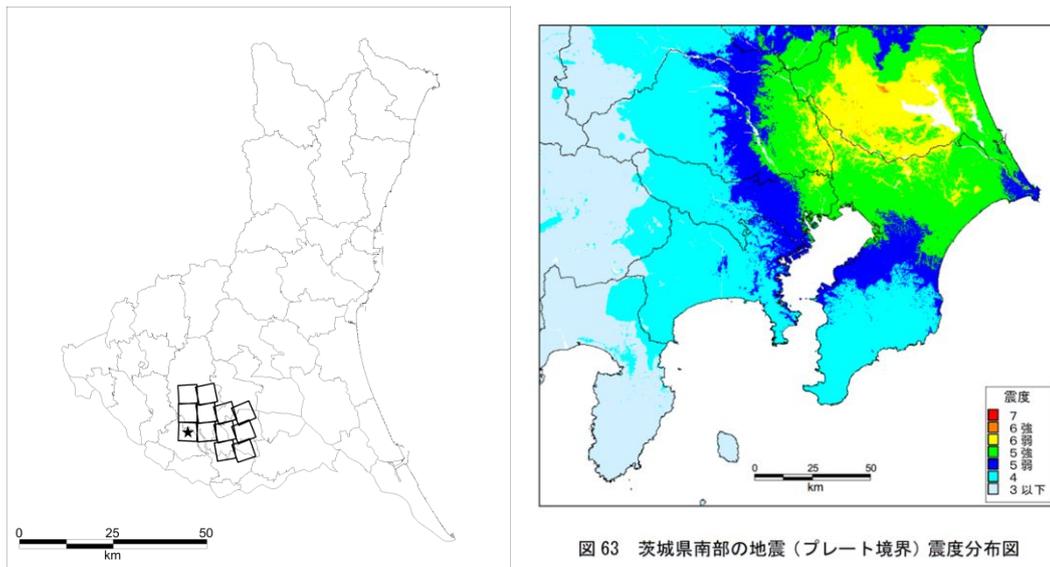
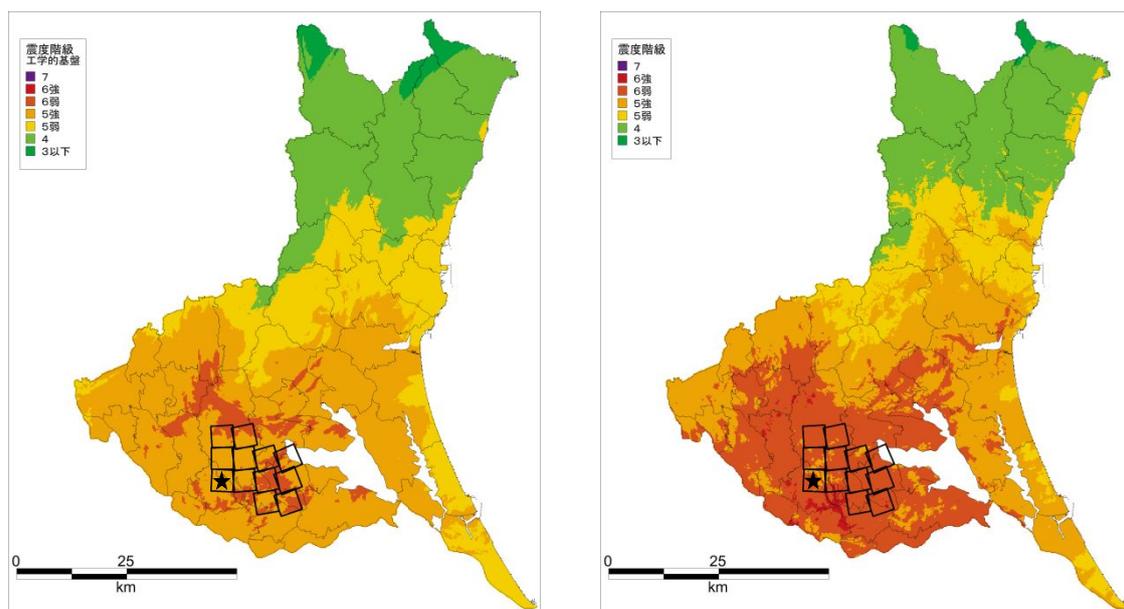


図 63 茨城県南部の地震(プレート境界)震度分布図

図 I. 2. 3-2 茨城県南部地域で発生するM7クラスの地震(茨城県南部の地震)の断層モデル(左図)及び内閣府(2013)による震度分布図(右図)
(□: 強震動生成域、★: 破壊開始点)



(a) 工学的基盤震度

(b) 地表震度

図 I . 2 . 3-3 地震動計算結果

茨城県南部地域で発生するM7クラスの地震（茨城県南部の地震（プレート境界））

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）

(2) 茨城県南部地域で発生する M7 クラスの地震（茨城・埼玉県境の地震（プレート境界））
茨城県南部地域で発生する M7 クラスの地震（茨城県南部の地震（プレート境界））と同様に、茨城・埼玉県境の地震について、内閣府（2013）と同様の断層パラメータを用いて、地表震度を求めた。

内閣府（2013）で用いられた断層パラメータ表 I.2.3-3 に、断層モデル及び内閣府（2013）による震度分布図を図 I.2.3-4 に示す。茨城県南部の地震と同様に、地震の規模は Mw7.3 として、SMGAのみを設定した断層モデルとなっている。詳細法により求めた工学的基盤と地表の震度分布を図 I.2.3-5 に示す。

表 I.2.3-3 内閣府(2013)によるプレート境界地震
(茨城・埼玉県境の地震)の断層パラメータ

断層全体	セグメント	茨城・埼玉県境	備考
	面積 (km ²)	2,151	
	平均応力降下量 (MPa)	3	プレート間地震の平均的な値
	平均すべり量 (m)	1.4	$M_0 = \mu DS$
	地震モーメント (Nm)	1.2×10^{20}	$0.41 \times \Delta \sigma \times S^{3/2}$
	Mw	7.3	
SMGA	応力パラメータ (MPa)	25.0	
	面積 (km ²)	323	
	面積比 (%)	15	
	平均すべり量 (m)	4.45	$M_0 = \mu DS$
	地震モーメント (Nm)	5.9×10^{19}	$0.41 \times \Delta \sigma \times S^{3/2}$
	Mw	7.1	
そのほか	破壊伝播速度 (km/s)	2.7	
	fmax (Hz)	6	
	剛性率 (GPa)	41	

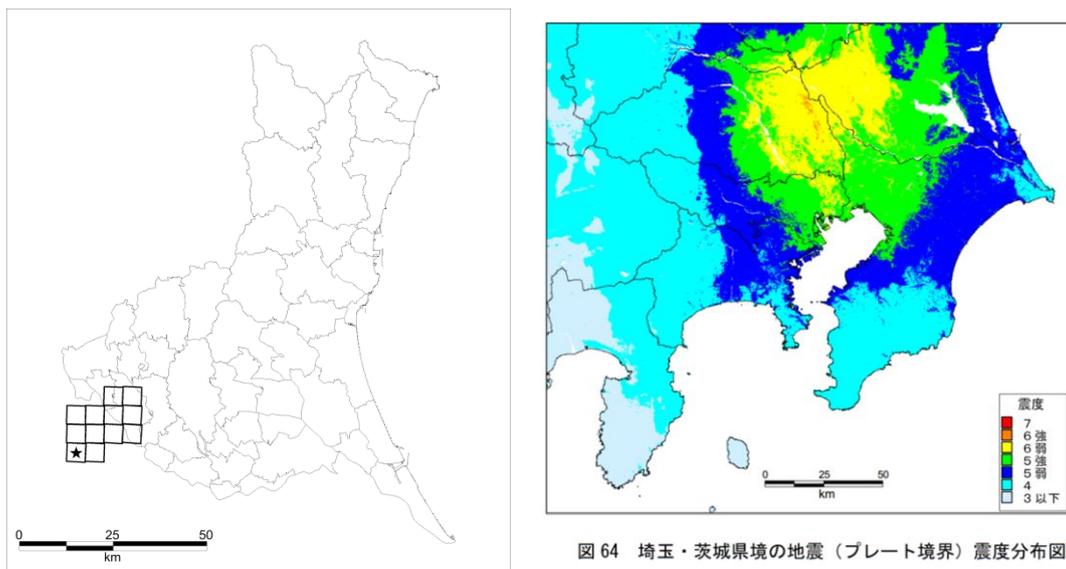
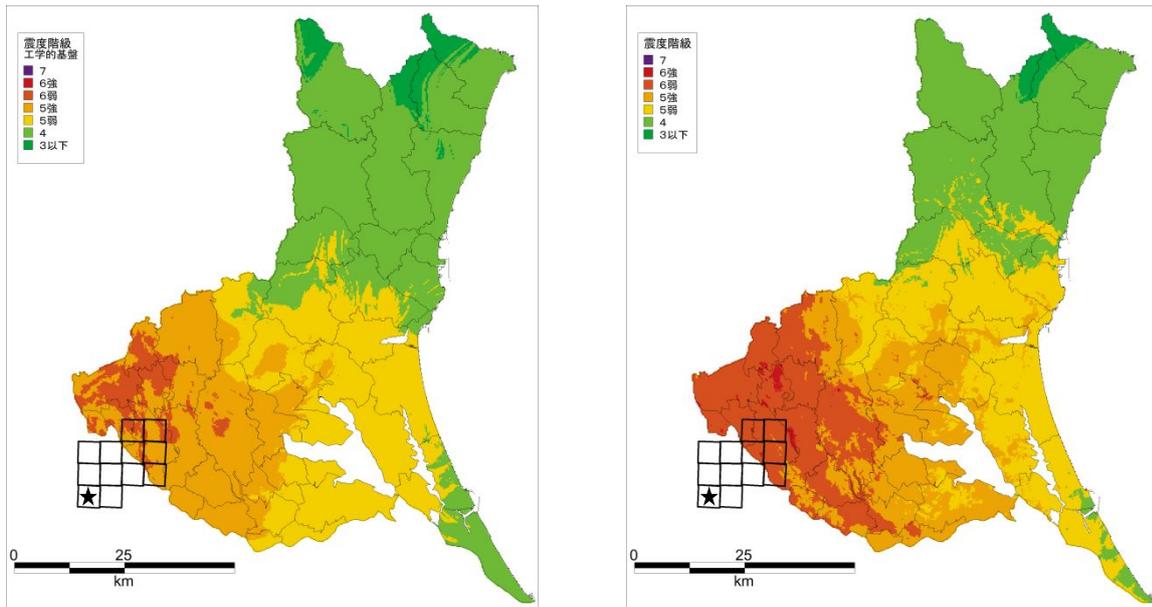


図 64 埼玉・茨城県境の地震（プレート境界）震度分布図

図 I.2.3-4 茨城県南部地域で発生する M7 クラスの地震（茨城・埼玉県境の地震）の断層モデル（左図）及び内閣府（2013）による震度分布図（右図）

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）



(a) 工学的基盤震度

(b) 地表震度

図 I . 2 . 3 - 5 地震動計算結果

茨城県南部地域で発生するM7クラスの地震（茨城県南部の地震（プレート境界））

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）

(3) F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動

原子力規制委員会の新規制基準適合性に係る審査会合では、茨城県北部地域での活断層の地震等を対象地震とした検討が行われている(図I.2.3-6)。これらの活断層のうち、特に影響の大きいと考えられるF1断層と周辺の断層との連動(図I.2.3-6中⑤)を検討した。

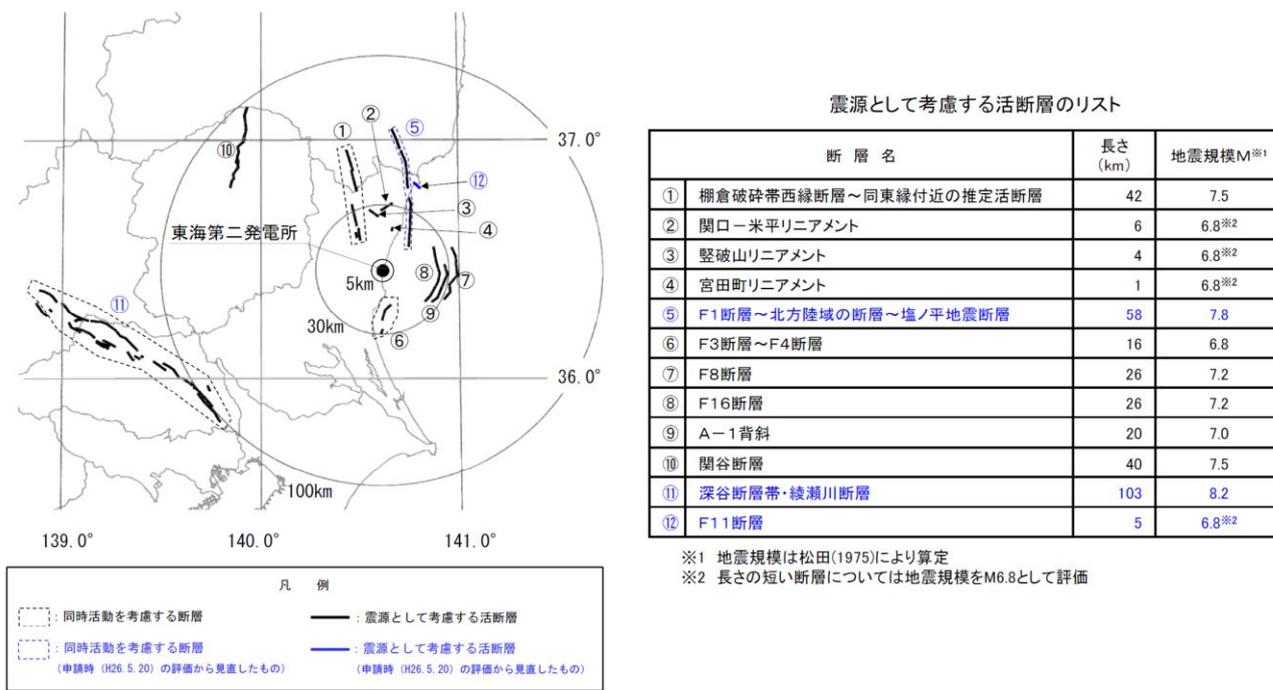


図 I . 2 . 3 - 6 茨城県北部地域の活断層

日本原子力発電株式会社(2018)

新規制基準適合性に係る審査会合資料においては、F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震として、M7.8を想定している。本検討においても、茨城県の北部に影響を及ぼす地震として、F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震(M7.8、断層長さ58km)を検討した。審査会合資料(図I.2.3-7)から、以下の要素を参考に、地震調査委員会による強震動予測レシピ(以下、「レシピ」という)に従って断層モデルを作成した。

- 断層の地表トレース位置
- 断層長さ
- 地震発生層上限及び下限深さ

審査会合資料では、原子力施設への影響が大きくなるよう設定されたアスペリティの位置については、レシピで設定される標準的な位置として断層中央へ配置した。断層の規模がM7.8、断層の長さが58kmと長いことから、断層の破壊様式を

1. 円形破壊面を仮定するケース
2. 円形破壊面を仮定しないケース

の2ケースの断層モデルを作成した。作成した2ケースの断層モデルを図I.2.3-8、図I.2.3-9に、設定した断層パラメータを表I.2.3-4、表I.2.3-5に示す。

詳細法により求めた工学的基盤と地表の震度分布を図I.2.3-10、図I.2.3-11に示す。

レシピによると、震源断層の長さが震源断層の幅に比べて十分に大きい長大な断層に対して、円形破壊面を仮定することは必ずしも適当ではないことが指摘されており、このような場合には Somerville et al. (1999) による震源断層全体の面積に対するアスペリティの総面積の比率、約22%からアスペリティの総面積を推定する方法があることが記されている。円形破壊面を仮定するケースの場合、アスペリティの面積 (367.7km²) は、総面積 (1,011km²) に対して36%となっており、22%に比べると1.6倍とかなり大きくなっている。このようなことから、今回の想定では、円形破壊断面を仮定しないケースを被害想定に用いることにした。

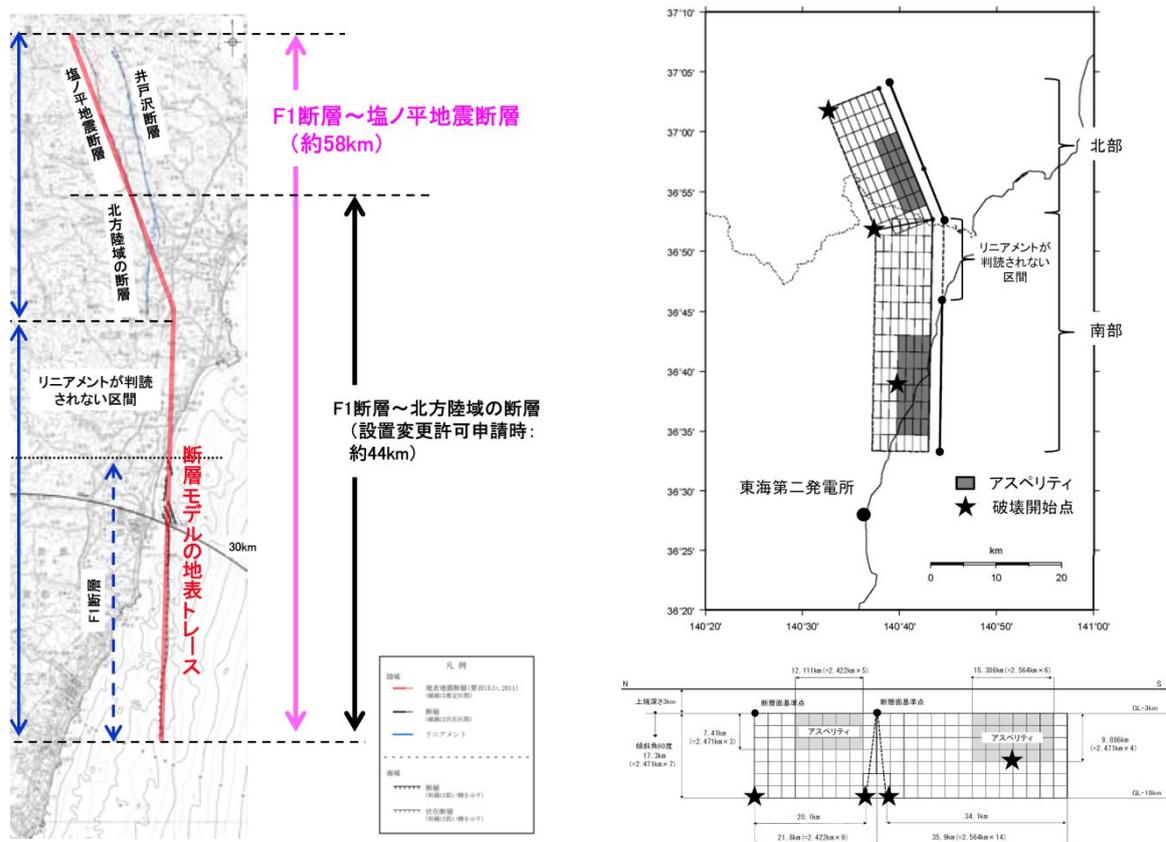


図 I.2.3-7 審査会合資料によるF1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の考え方（左図）及び基本断層モデル図（右図）

日本原子力発電株式会社(2016)

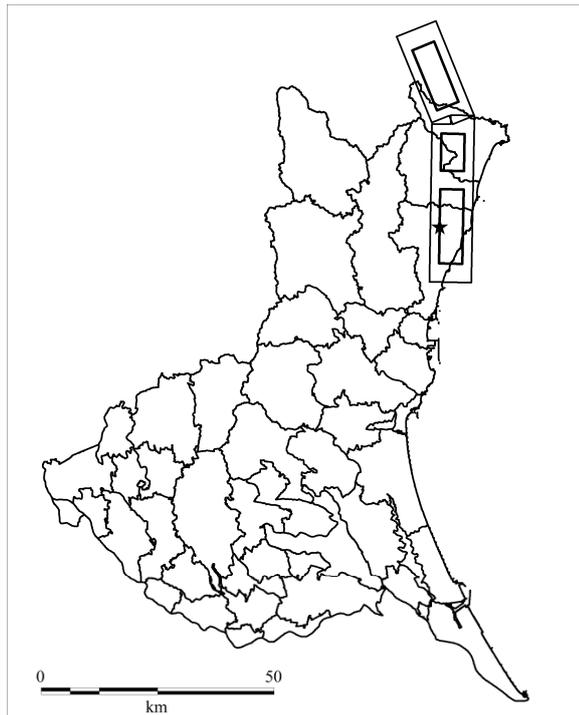


図 I . 2. 3-8 F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動の断層モデル図
(円形破壊面を仮定するケース)
(□ : 強震動生成域、★ : 破壊開始点)

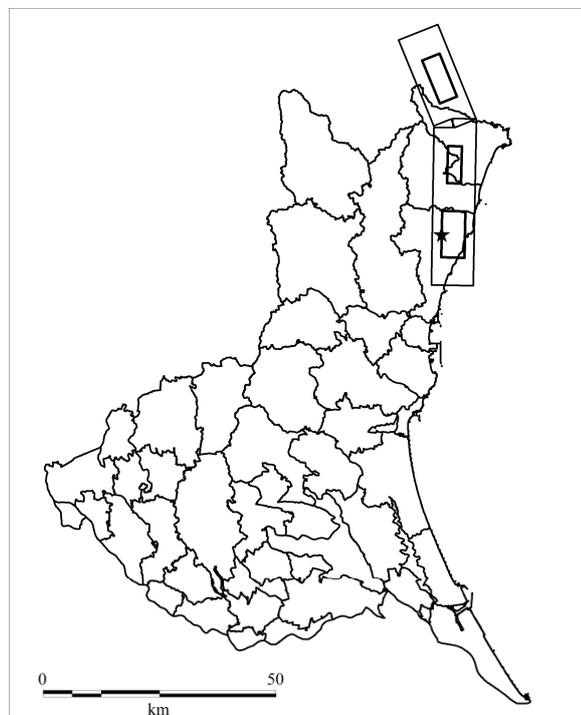


図 I . 2. 3-9 F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動の断層モデル図
(円形破壊面を仮定しないケース)
(□ : 強震動生成域、★ : 破壊開始点)

表 I.2.3-4 断層モデルパラメータ

(F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動：円形破壊面を仮定するケース)

		原電資料	設定値	
活断層長さ L (km)		活断層調査結果による位置を基に設定	57.7 km	
断層モデル上端深さ H _s (km)		微小地震の発生及び地下構造から設定	3.0 km	
地震発生層下端深さ H _d (km)		微小地震の発生及び地下構造から設定	18.0 km	
断層傾斜角 δ (°)		活断層調査結果に基づき設定	60 °	
巨視的震源パラメータ		設定方法	北部	南部
断層モデル原点		地中の上端における屈曲点	北緯 36.878675 ° 東経 140.721689 °	
走向 θ (°)		原電資料より	158 °E	181 °E
傾斜角 δ (°)		原電資料より	60 °	60 °
すべり角 γ (°)		東側隆起の正断層(原電資料より)	-90 °	-90 °
地震発生層の密度 ρ (g/cm ³)		地震本部による「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定	2.7 km	
地震発生層のS波速度 β (km/s)		地震本部による「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定	3.4 km	
地震発生層の剛性率 μ (N/m ²)		μ=ρβ ²	3.1E+10 N/m ²	
断層モデル上端深さ (km)		原電資料より	3 km	3 km
単位区間長さ L _{seg} (km)		原電資料より	22 km	36 km
単位区間幅 W _{seg} (km)		レシビに従い設定	18 km	18 km
単位区間面積 S _{seg} (km ²)		S _{seg} =L _{seg} ×W _{seg}	396 km ²	648 km ²
重複除去の単位区間面積 S _{seg} (km ²)			379.5 km ²	631.5 km ²
断層モデルの総面積 S _{model} (km ²)		S _{model} =Σ S _{seg}	1011 km ²	
マグニチュード M		M=(logL+2.9)/0.6	7.8	
地震モーメント M ₀ (Nm)		logM ₀ =1.17M+10.72	6.51E+19	
モーメントマグニチュード M _w		M _w =(logM ₀ -9.1)/1.5	7.1	
静的応力降下量 Δσ (MPa)		Δσ=7/16·M ₀ /R ³	4.9 MPa	
平均すべり量 D _{model} (m)		D _{model} =M ₀ /(μ·S _{model})	2.1 m	
短周期レベル A (Nm/s ²)		A=2.46·10 ⁻¹⁰ ·(M ₀ ·10 ⁷) ^{1/3}	2.13E+19 Nm/s ²	
微視的震源パラメータ				
全アスペリティ面積 S _a (km ²)		S _a =πr ² , r=7π/4·M ₀ /(A·R)β ²	367.7 km ²	
全アスペリティの実行応力 σ _a (MPa)		σ _a =Δσ _a =7/16·M ₀ /(r ² ·R)	13.6 MPa	
単位区間ごとの微視的震源パラメータ				
単位区間地震モーメント M _{0seg} (Nm)		単位区間面積の1.5乗に比例して分配	2.07E+19 Nm	4.44E+19 Nm
単位区間平均すべり量 D _{seg} (m)		D _{seg} =M _{0seg} /(μ·S _{seg})	1.7 m	2.3 m
全アスペリティ	面積 S _{a,seg} (km ²)	単位区間面積に比例して分配	138.0 km ²	229.7 km ²
	平均すべり量 D _{a,seg} (m)	D _{a,seg} =ξ·D _{seg} , ξ=2.0	3.5 m	4.5 m
	実行応力 σ _{a,seg} (MPa)	σ _{a,seg} =σ _a	13.6 MPa	13.6 MPa
	地震モーメント M _{0a,seg} (Nm)	M _{0a,seg} =μ·D _{a,seg} ·S _{a,seg}	1.51E+19 Nm	3.23E+19 Nm
第1エリア	面積 S _{a1} (km ²)	S _{a1} =S _{a,seg} ·(2/3) or S _{a,seg}	138.0 km ²	153.1 km ²
	平均すべり量 D _{a1} (m)	D _{a1} =(γ ₁ /Σ γ _i ³)·D _{a,seg}	3.5 m	5.0 m
	実行応力 σ _{a1,seg} (MPa)	σ _{a1} =σ _{a,seg}	13.6 MPa	13.6 MPa
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ	140 km ²	160 km ²
第2エリア	面積 S _{a2} (km ²)	S _{a2} =S _{a,seg} ·(1/3) or 0		76.6 km ²
	平均すべり量 D _{a2} (m)	D _{a2} =(γ ₂ /Σ γ _i ³)·D _{a,seg}		3.5 m
	実行応力 σ _{a2,seg} (MPa)	σ _{a2} =σ _{a,seg}		13.6 MPa
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ		80 km ²
背景領域	面積 S _b (km ²)	S _b =S _{seg} -S _{a,seg}	241.5 km ²	401.8 km ²
	平均すべり量 D _b (m)	D _b =M _{0b} /(μ·S _b)	0.7 m	1.0 m
	実行応力 σ _b (MPa)	σ _b =(D _b /W _{b,seg})·(π ^{1/2} /D _{a,seg})·r·Σ γ _i ³ ·σ _{a,seg}	1.8 MPa	1.3 MPa
	地震モーメント M _{0b} (Nm)	M _{0b} =M _{0seg} -M _{0a,seg}	5.64E+18 Nm	1.21E+19 Nm
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ	240 km ²	392 km ²
f _{max}			6 Hz	
平均破壊伝播速度 V _r (km/s)		V _r =0.72β	2.4 km/s	

表 I.2.3-5 断層モデルパラメータ

(F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動：円形破壊面を仮定しないケース)

F1断層～塩ノ平断層の連動		原電資料	設定値	
活断層長さ L (km)		活断層調査結果による位置を基に設定	57.7 km	
断層モデル上端深さ H _s (km)		微小地震の発生及び地下構造から設定	3.0 km	
地震発生層下端深さ H _d (km)		微小地震の発生及び地下構造から設定	18.0 km	
断層傾斜角 δ (°)		活断層調査結果に基づき設定	60 °	
巨視的震源パラメータ		設定方法	北部	南部
断層モデル原点		地中の上端における屈曲点	北緯 36.878675 °	東経 140.721689 °
走向 θ (°)		原電資料より	158 °E	181 °E
傾斜角 δ (°)		原電資料より	60 °	60 °
すべり角 γ (°)		東側隆起の正断層(原電資料より)	-90 °	-90 °
地震発生層の密度 ρ (g/cm ³)		地震本部による「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定	2.7 km	
地震発生層のS波速度 β (km/s)		地震本部による「全国1次地下構造モデル(暫定版)」を参考に設定	3.4 km	
地震発生層の剛性率 μ (N/m ²)		μ=ρβ ²	3.1E+10 N/m ²	
断層モデル上端深さ (km)		原電資料より	3 km	3 km
単位区間長さ L _{seg} (km)		原電資料より	22 km	36 km
単位区間幅 W _{seg} (km)		レシビに依り設定	18 km	18 km
単位区間面積 S _{seg} (km ²)		S _{seg} =L _{seg} ×W _{seg}	396 km ²	648 km ²
重複除去の単位区間面積 S _{seg} (km ²)			379.5 km ²	631.5 km ²
断層モデルの総面積 S _{model} (km ²)		S _{model} =Σ S _{seg}	1011 km ²	
マグニチュード M		M=(logL+2.9)/0.6	7.8	
地震モーメント M ₀ (Nm)		logM ₀ =1.17M+10.72	6.51E+19	
モーメントマグニチュード M _w		M _w =(logM ₀ -9.1)/1.5	7.1	
静的応力降下量 Δσ (MPa)		Fujii and Matsu'ura (2000)による	3.1 MPa	
平均すべり量 D _{model} (m)		D _{model} =M ₀ /(μ·S _{model})	2.1 m	
短周期レベル A (Nm/s ²)		A=2.46·10 ¹⁰ ·(M ₀ /10 ⁷) ^{1/3}	2.13E+19 Nm/s ²	
微視的震源パラメータ				
全アスペリティ面積 S _a (km ²)		S _a =0.22S	222.4 km ²	
全アスペリティの実行応力 σ _a (MPa)		σ _a =Δσ _a =(S/S _a)×Δσ	14.1 Mpa	
単位区間ごとの微視的震源パラメータ				
単位区間地震モーメント M _{0seg} (Nm)		単位区間面積の1.5乗に比例して分配	2.07E+19 Nm	4.44E+19 Nm
単位区間平均すべり量 D _{seg} (m)		D _{seg} =M _{0seg} /(μ·S _{seg})	1.7 m	2.3 m
全アスペリティ	面積 S _{a,seg} (km ²)	単位区間面積に比例して分配	83.5 km ²	138.9 km ²
	平均すべり量 D _{a,seg} (m)	D _{a,seg} =ξ·D _{seg} , ξ=2.0	3.5 m	4.5 m
	実行応力 σ _{a,seg} (MPa)	σ _{a,seg} =σ _a	14.1 MPa	14.1 MPa
	地震モーメント M _{0a,seg} (Nm)	M _{0a,seg} =μ·D _{a,seg} ·S _{a,seg}	9.11E+18 Nm	1.95E+19 Nm
第1アスペリティ	面積 S _{a1} (km ²)	S _{a1} =S _{a,seg} ·(2/3) or S _{a,seg}	83.5 km ²	92.6 km ²
	平均すべり量 D _{a1} (m)	D _{a1} =(γ ₁ /Σ γ _i ³)·D _{a,seg}	3.5 m	5.0 m
	実行応力 σ _{a1,seg} (MPa)	σ _{a1} =σ _{a,seg}	14.1 MPa	14.1 MPa
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ	80 km ²	100 km ²
第2アスペリティ	面積 S _{a2} (km ²)	S _{a2} =S _{a,seg} ·(1/3) or 0		46.3 km ²
	平均すべり量 D _{a2} (m)	D _{a2} =(γ ₂ /Σ γ _i ³)·D _{a,seg}		3.5 m
	実行応力 σ _{a2,seg} (MPa)	σ _{a2} =σ _{a,seg}		14.1 MPa
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ		48 km ²
背景領域	面積 S _b (km ²)	S _b =S _{seg} ·S _{a,seg}	296.0 km ²	492.6 km ²
	平均すべり量 D _b (m)	D _b =M _{0b} /(μ·S _b)	1.3 m	1.6 m
	実行応力 σ _b (MPa)	σ _b =(D _b /W _{b,seg})·(π ^{1/2} /D _{a,seg}) ³ ·Σ γ _i ³ ·σ _{a,seg}	2.4 MPa	1.7 MPa
	地震モーメント M _{0b} (Nm)	M _{0b} =M _{0seg} ·M _{0a,seg}	1.16E+19 Nm	2.49E+19 Nm
計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ	300 km ²	484 km ²	
f _{max}			6 Hz	
平均破壊伝播速度 V _r (km/s)		V _r =0.72·β	2.4 km/s	

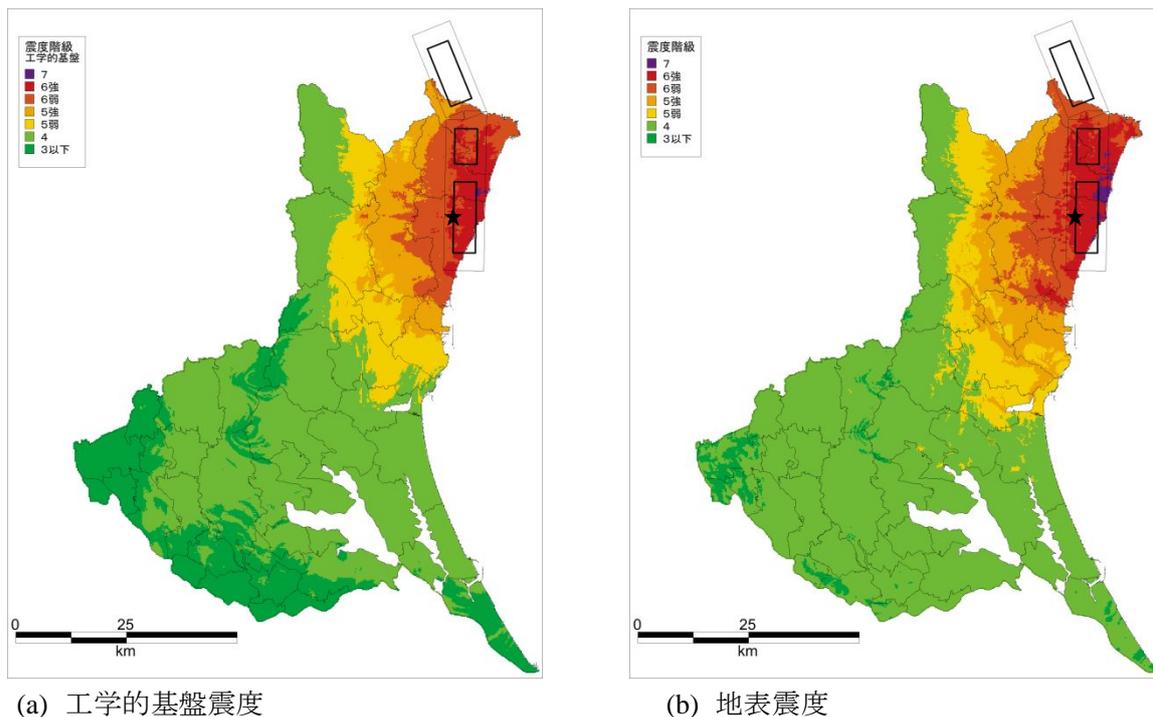


図 I . 2. 3-10 地震動計算結果

F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動（円形破壊面を仮定するケース）

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）

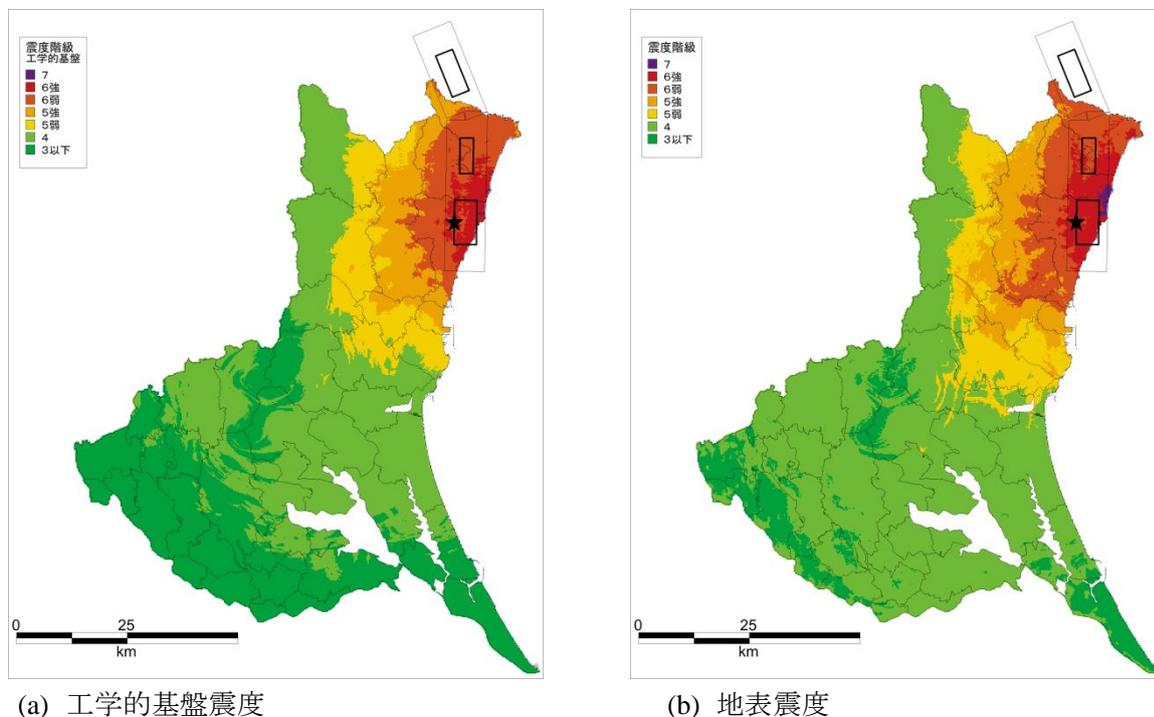


図 I . 2. 3-11 地震動計算結果

F1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動（円形破壊面を仮定しないケース）

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）

(4) 棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動

棚倉破砕帯西縁断層は、地震調査研究推進本部の関東地域の活断層の長期評価において、活断層の可能性の低い構造として長期評価対象外とされたが、原子力規制委員会の新規制基準適合性に係る審査会合においては、棚倉破砕帯東縁断層との連動（M7.5、断層長さ42km）を検討している（図 I .2.3-6）。この棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動の地震が発生した場合、県北部の西部地域で被害が発生することが懸念される。

このようなことから、棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動の地震を想定地震として検討することにした。なお、中田・今泉(2002)においては、東側隆起の逆断層としているが、ここでは、F1断層、北方陸域の断層の連動と震源位置の重複を避けるため、西側隆起の逆断層のモデルを作成し、検討した。

審査会合資料を参考に、強震動予測レシピに従って、断層モデルを作成した。作成した断層モデルを図 I .2.3-12 に、設定した断層パラメータを表 I .2.3-6 に示す。

詳細法により求めた工学的基盤と地表の震度分布を図 I .2.3-13 に示す。

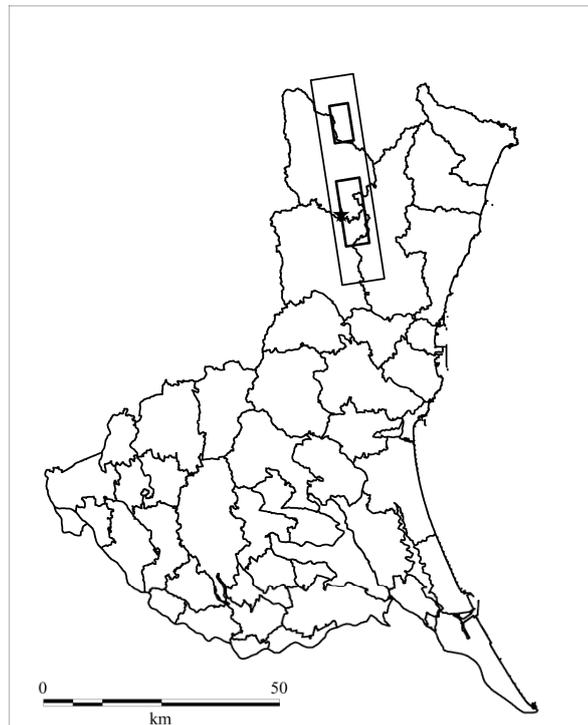


図 I .2.3-12 棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動の断層モデル
(□：強震動生成域、★：破壊開始点)

表 I.2.3-6 断層モデルパラメータ
(棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動)

棚倉破砕帯東縁断層、同西縁断層の連動		原電資料	設定値
活断層長さ L (km)		活断層調査結果による位置を基に設定	42
断層モデル上端深さ H _s (km)		微小地震の発生及び地下構造から設定	3.0
地震発生層下端深さ H _d (km)		微小地震の発生及び地下構造から設定	18.0
断層傾斜角 δ (°)		活断層調査結果に基づき設定	60
巨視的震源パラメータ		設定方法	
活断層長さ L (km)		活断層調査結果による位置を基に設定	42
マグニチュード M		$M=(\log L+2.9)/0.6$	7.5
地震モーメント M ₀ (Nm)		$\log M_0=1.17M+10.72$	3.47E+19
モーメントマグニチュード M _w		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$	7.0
断層モデルの面積 S _{model} (km ²)		$S_{seg}=L_{seg}\times W_{seg}$	792
静的応力降下量 Δσ (MPa)		$\Delta\sigma=7/16\cdot M_0/R^3$	3.8
平均すべり量 D _{model} (m)		$D_{model}=M_0/(\mu\cdot S_{model})$	1.4
断層モデル原点 (地中) (°N)		地中の上端	36.963737
断層モデル原点 (地中) (°E)		地中の上端	140.415443
走向 θ (°)		原電資料より	171
傾斜角 δ (°)		原電資料より	60
すべり角 γ (°)		西側隆起の逆断層	90
地震発生層の密度 ρ (g/cm ³)		地震本部による「全国1次地下構造モデル (暫定版)」を参考に設定	2.7
地震発生層のS波速度 β (km/s)		地震本部による「全国1次地下構造モデル (暫定版)」を参考に設定	3.4
地震発生層の剛性率 μ (N/m ²)		$\mu=\rho\beta^2$	3.1E+10
断層モデル上端深さ H _s (km)		原電資料より	3
断層モデル深さ下限 H _d (km)		原電資料より	18
断層モデル長さ L _{model} (km)		レンピに従い設定	44
断層モデル幅 W _{model} (km)		レンピに従い設定	18
微視的震源パラメータ			
短周期レベル A (Nm/s ²)		$A=2.46\cdot 10^{10}\cdot (M_0\cdot 10^7)^{1/3}$	1.73E+19
全 テ ス ト ペ リ	面積 S _a (km ²)	$S_a=\pi r^2, r=(7\pi/4)\cdot \{M_0/(A\cdot R)\}\beta^2$	202.8
	実行応力 σ _{a_seg} (MPa)	$\sigma_a=\sigma_a=7/16M_0/(r^2R)$	14.8
	平均すべり量 D _a (m)	$D_a=\xi\cdot D, \xi=2.0$	2.8
	地震モーメント M _{0a} (Nm)	$M_{0a}=\mu\cdot D_a\cdot S_a$	1.78E+19
ア ス ペ リ テ イ	面積 S _{a1} (km ²)	$S_{a1}=S_a\cdot(2/3)$ or S _a	135.2
	平均すべり量 D _{a1} (m)	$D_{a1}=(\gamma_1/\sum\gamma_i^3)\cdot D_a$	3.1
	実行応力 σ _{a1_seg} (MPa)	$\sigma_{a1}=\sigma_{a_seg}$	14.8
	地震モーメント M _{0a1} (Nm)	$M_{0a1}=\mu\cdot D_{a1}\cdot S_{a1}$	1.31E+19
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ	140
ア ス ペ リ テ イ	面積 S _{a2} (km ²)	$S_{a2}=S_a\cdot(1/3)$ or 0	67.6
	平均すべり量 D _{a2} (m)	$D_{a2}=(\gamma_2/\sum\gamma_i^3)\cdot D_a$	2.2
	実行応力 σ _{a2_seg} (MPa)	$\sigma_{a2}=\sigma_{a_seg}$	14.8
	地震モーメント M _{0a2} (Nm)	$M_{0a2}=\mu\cdot D_{a2}\cdot S_{a2}$	4.64E+18
	計算用面積 (km ²)	2kmメッシュサイズ	64
背 景 領 域	面積 S _b (km ²)	$S_b=S_{seg}-S_{a_seg}$	589.2
	平均すべり量 D _b (m)	$D_b=M_{0b}/(\mu\cdot S_b)$	0.9
	実行応力 σ _b (MPa)	$\sigma_b=(D_b/W_{b_seg})\cdot(\pi^{1/2}/D_a)\cdot r\cdot \sum\gamma_i^3\cdot \sigma_a$	2.1
	地震モーメント M _{0b} (Nm)	$M_{0b}=M_{0seg}-M_{0a_seg}$	1.69E+19
f _{max}			6
平均破壊伝播速度 V _r (km/s)		$V_r=0.72\beta$	2.4

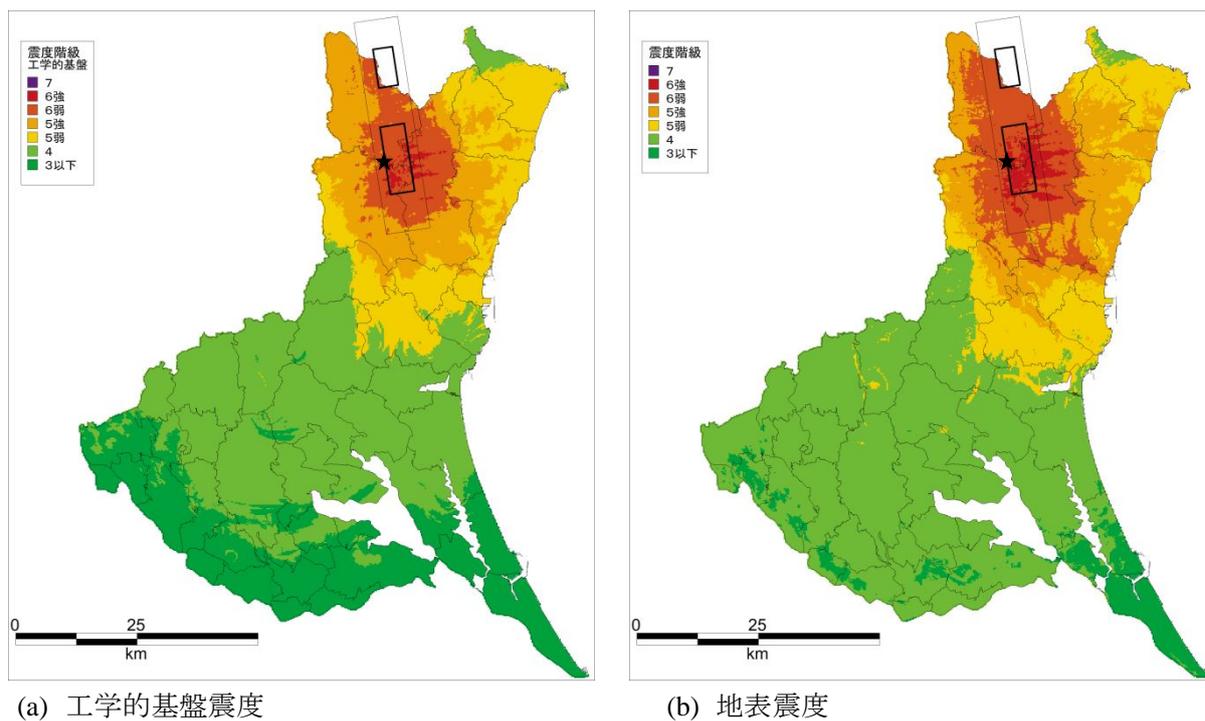


図 I . 2. 3-13 地震動計算結果
棚倉破碎帯東縁断層、同西縁断層の連動
(□ : 強震動生成域、★ : 破壊開始点)

(5) 太平洋プレート内の地震

1993年1月15日に発生した釧路沖地震は、釧路沖の深さ101kmを震源とするマグニチュード7.5の地震で、釧路で震度6を観測した。この地震は、太平洋プレート内部で発生した地震といわれている。図I.2.3-14に関東地域の震央分布図を示し、図I.2.3-15に太平洋プレート上面深さ分布を示す。茨城県沿岸では太平洋プレート上面の深さが50km～60km程度と釧路沖地震の震源の深さの約半分となっていることから、釧路沖地震のような地震が発生した場合、茨城県内に甚大な被害をもたらす可能性がある。

そこで、茨城県沿岸付近に太平洋プレート内に発生するプレート内地震を想定した。茨城県北部沿岸の太平洋プレートの潜り込み深さを勘案して県北部の震源モデルを設定した。さらに、県北部の震源モデルを南部に延長し、霞ヶ浦付近に太平洋プレート内に震源が位置するように県南部の震源モデルを設定した。

断層パラメータは下記の通り設定した。

- 断層パラメータは、レシピに準拠する。
- 県北部のケース：断層位置は、県北部の海岸沿いに設定し、不確実性を考え、図I.2.3-16の左図のように3つの位置を想定する。
- 県南部のケース：県北部で設定した際のプレート上面深度に沿って南方へ移動し、県南部の霞ヶ浦付近に断層位置を設定し、不確実性を考え、図I.2.3-16の右図のように3つの位置を想定する。
- 図I.2.3-17のように、深さはプレート上面（図I.2.3-14、図I.2.3-15参照）より20km下方に設定し、傾斜は鉛直および水平を想定する。

設定した太平洋プレート内の地震の断層パラメータを表I.2.3-7に、作成した断層モデルの地表投影図を図I.2.3-18、図I.2.3-19にそれぞれ示す。

詳細法により求めた工学的基盤と地表の震度分布をケースごとに図I.2.3-20、図I.2.3-21に示す。

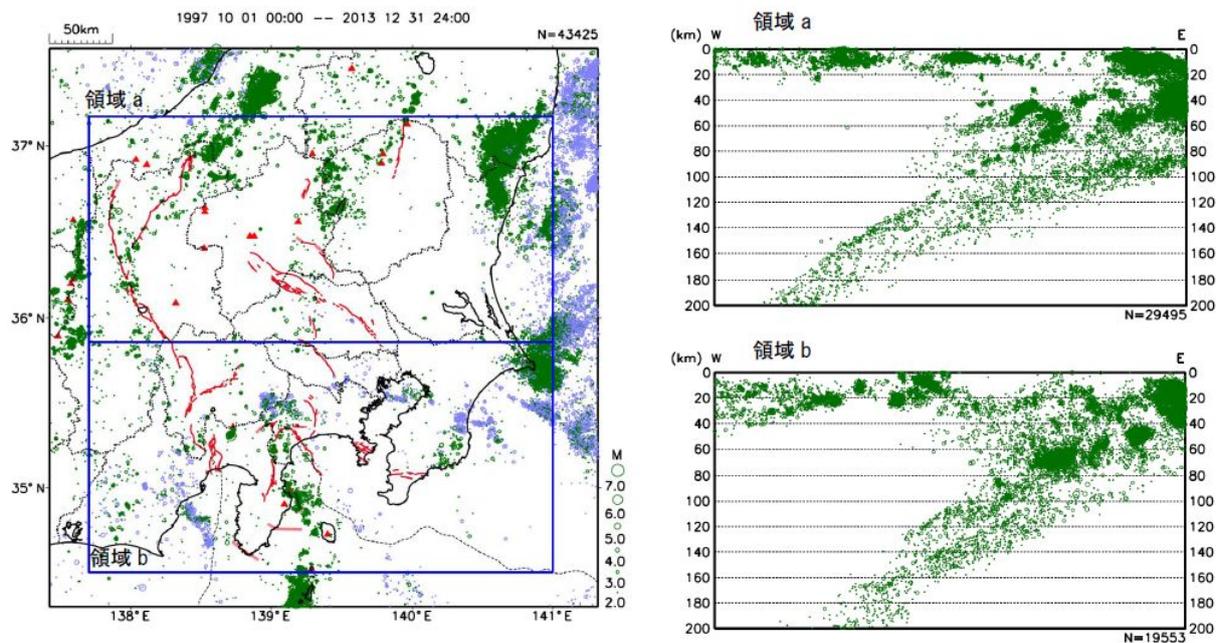
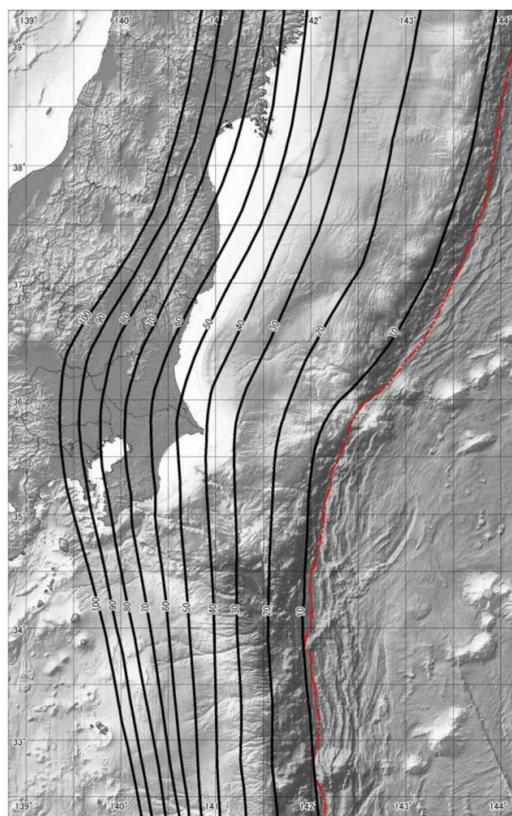


図 8-1 関東地域の地震活動の震央分布図及び領域 a、領域 b 内の断面図 (1997 年 10 月 1 日—2013 年 12 月 31 日、 $M \geq 2.0$ 、気象庁作成)
 (左) 震央分布図 (深さ 0—30km) 0—20km の地震を緑色、20km 以深の地震を青色で表示。赤三角は活火山。
 (右) 領域 a、領域 b 内の断面図 (深さ 0—200km、東西投影)

図 I . 2. 3-14 関東地域の震央分布図

関東地域の活断層の長期評価 (第一版) より



- ・北緯 37° 以北は地震本部を参考
- ・北緯 33° 以南は弘瀬を参考
- ・深度 10km 等深線は主として音波探査結果を採用

図 I . 2. 3-15 太平洋プレート上面の等深図

内閣府 (2013)

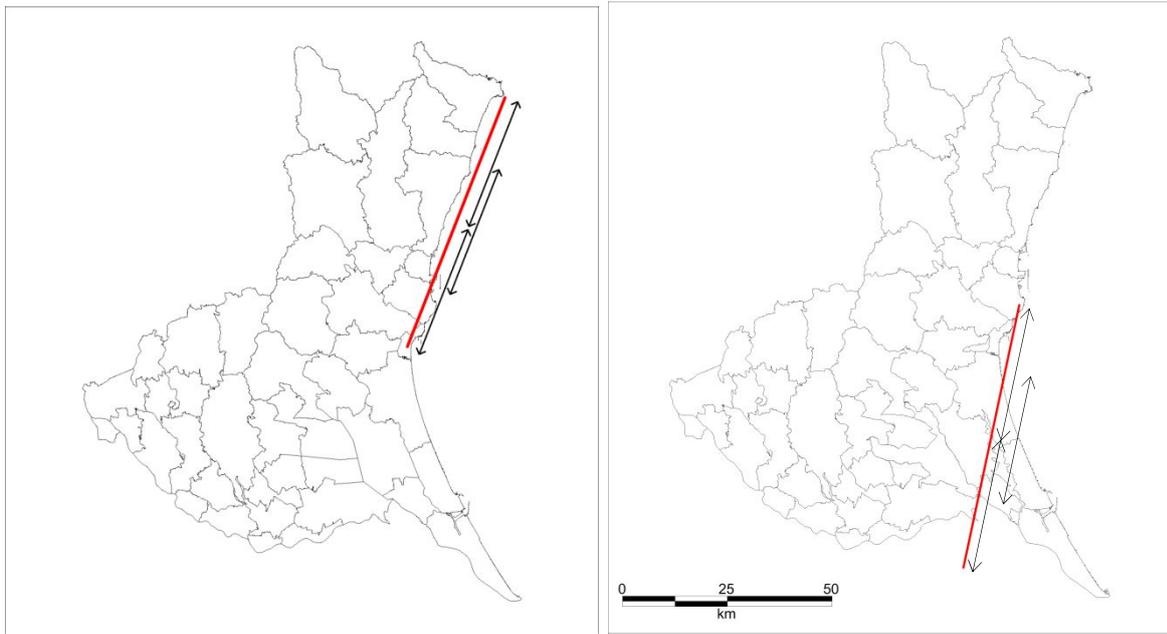


図 I . 2. 3-16 太平洋プレート内地震の断層位置の考え方
(左) 県北部、(右) 県南部

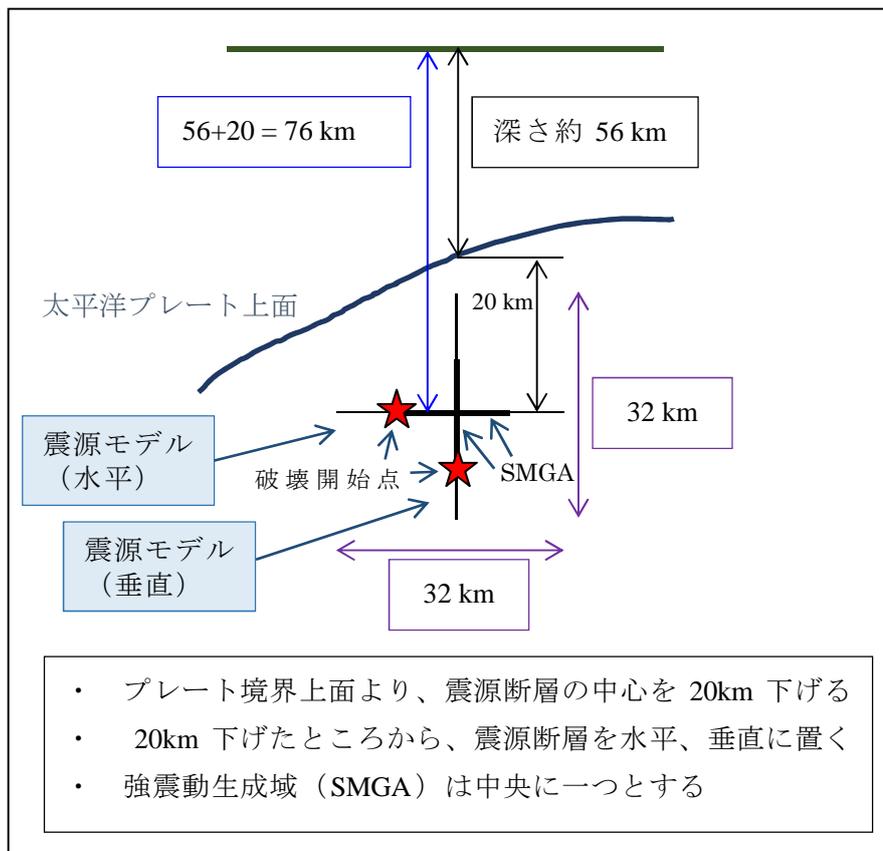
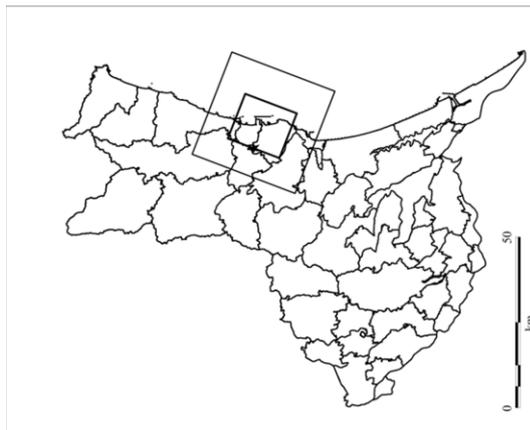
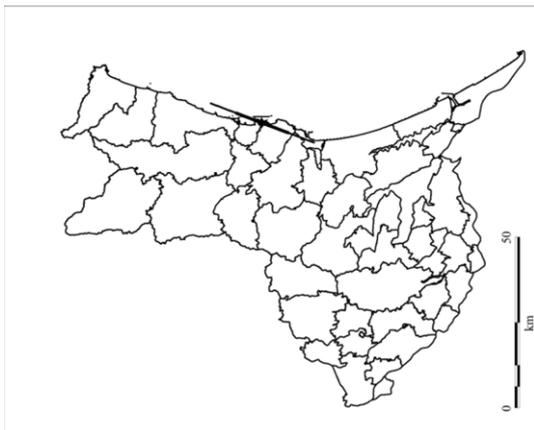


図 I . 2. 3-17 太平洋プレート内地震の傾斜と深さの考え方

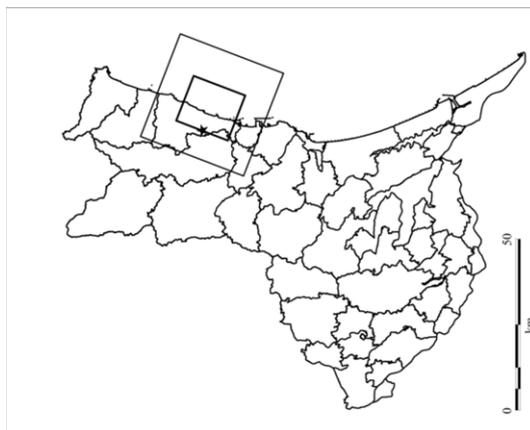
表 I. 2. 3-7 スラブ内地震の断層パラメータ

		設定方法	
巨視的震源パラメータ			
モーメントマグニチュード M_w			7.5
地震モーメント M_0	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$		2.24E+20 Nm
断層モデル原点	プレート形状から設定		
走向 θ	プレート形状から設定		201 °
傾斜角 δ			90 or 0 °
すべり角 λ			90 °
S波速度 β	佐藤・巽(2002)		4.0 km/s
密度 ρ	佐藤・巽(2002)		3.00E+03 kg/m ³
剛性率 μ			4.80E+10 N/m ²
断層モデル面積 S	$S=7\pi^2\beta^2M_0/(4A\gamma_{SMGA}^{0.5})$		1079.8 km ²
断層モデル上端深さ	プレート形状から設定		60 or 76 km
断層モデル長さ L_{model}			32 km
断層モデル幅 W_{model}			32 km
断層モデル面積 S_{model}	$S_{model}=L_{model}\times W_{model}$		1024 km ²
静的応力降下量 $\Delta\sigma$	$\Delta\sigma=7/16\cdot M_0/(S/\pi)^{1.5}$		15.4 MPa
平均すべり量 D	$D=M_0/(\mu\cdot S)$		4.3 m
微視的震源パラメータ			
短周期レベル A	$A=2.46\cdot 10^{17}\times M_0^{1/3}$		1.29E+20 Nm/s ²
全アスペリティ面積 S_a	$S_a=1.25\times 10^{-16}\times (M_0\times 10^7)^{2/3}$		213.9 km ²
SMGA面積比 γ_{SMGA}	$\gamma_{SMGA}=16A^2S_a^2/(49\pi^4\beta^4M_0^2)$		19.8 %
全アスペリティ実効応力 σ_a	$\sigma_a=(S/S_a)\cdot \Delta\sigma$		77.6 MPa
全SMGA	平均すべり量 D_a	$D_a=\xi\cdot D, \xi=2.0$	8.6 m
	地震モーメント M_{0a}	$M_{0a}=\mu\cdot D_a\cdot S_a$	8.87E+19 Nm
	計算用面積	2 kmメッシュサイズ	224 km ²
背景領域	面積 S_b	$S_b=S-S_a$	865.9 km ²
	平均すべり量 D_b	$D_b=M_{0b}/(\mu\cdot S_b)$	3.3 m
	実効応力 σ_b	$\sigma_b=(D_b/W_b)\cdot (\pi^{1/2}/D_a)\cdot r\cdot \Sigma\gamma_i^3\cdot \sigma_a$	10.3 MPa
	地震モーメント M_b	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	1.35E+20 Nm
	計算用面積	2 kmメッシュサイズ	800 km ²

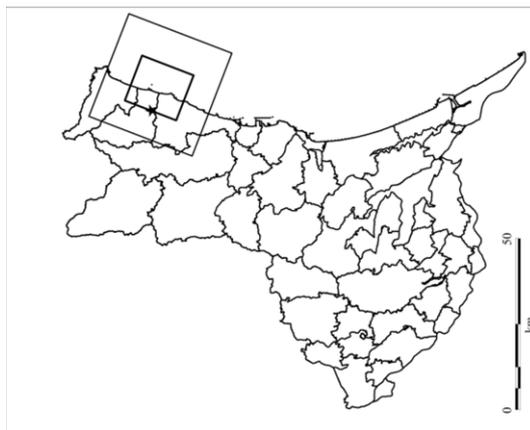
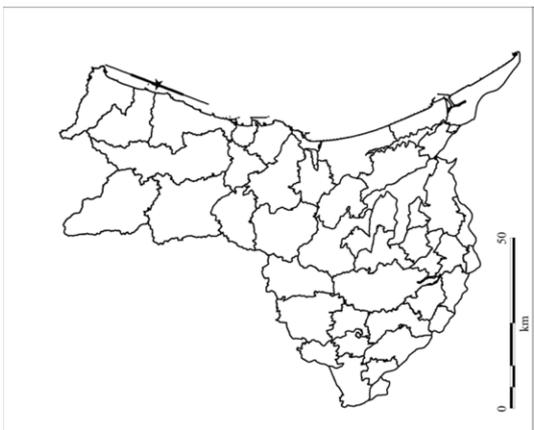
県北部（南部）



県北部（中部）



県北部（北部）



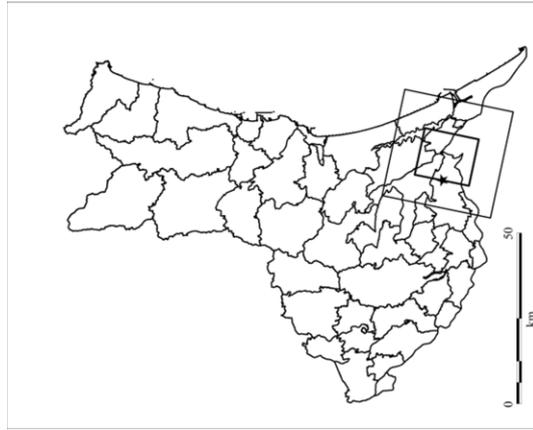
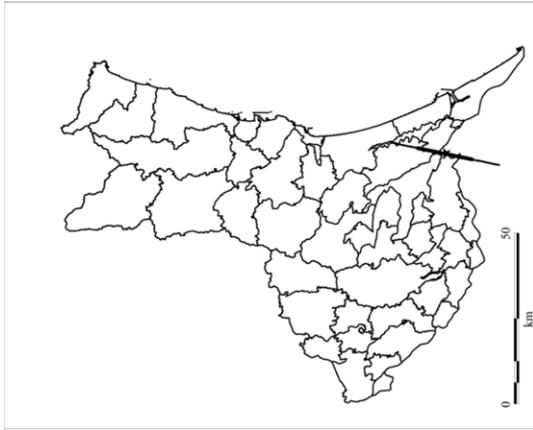
鉛直傾斜

水平傾斜

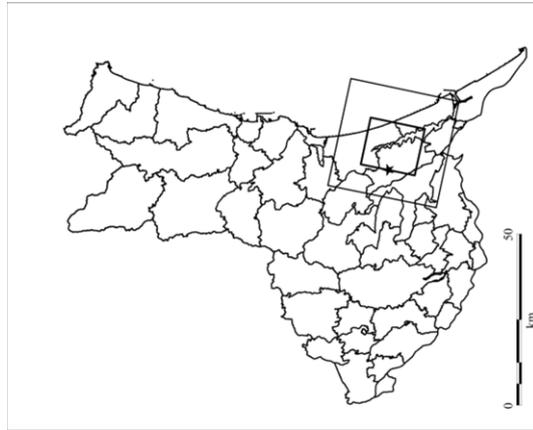
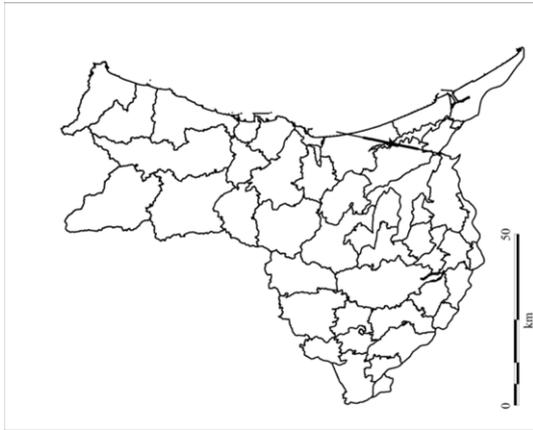
図 I . 2. 2-18 太平洋プレート内の地震の断層モデル（県北部）

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）

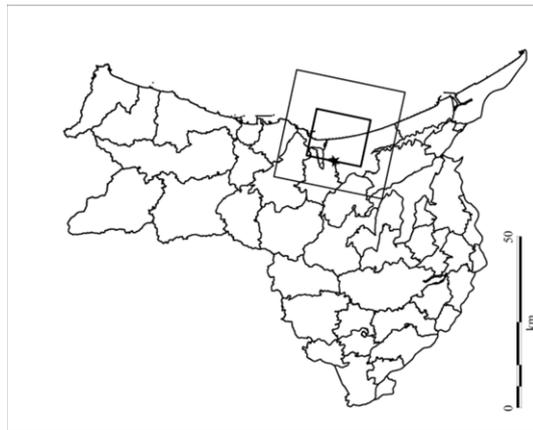
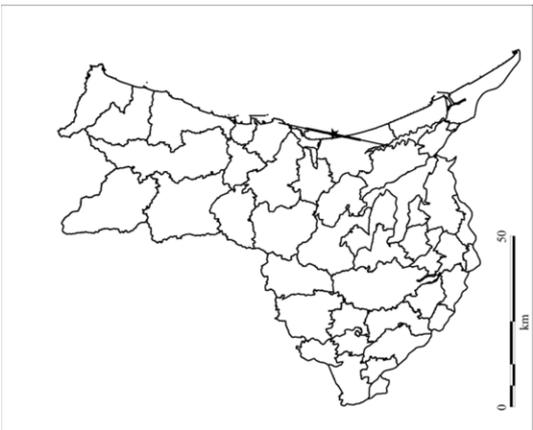
県南部（南部）



県南部（中部）



県南部（北部）



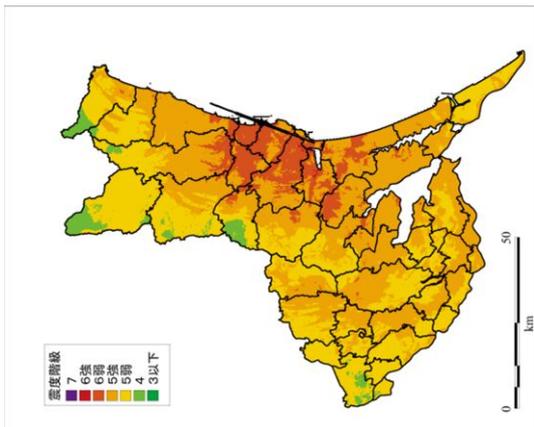
鉛直傾斜

水平傾斜

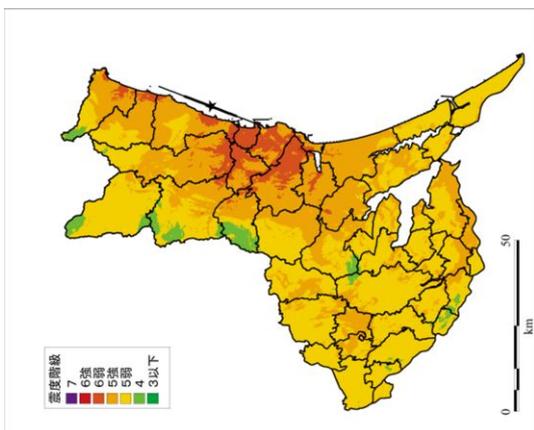
図 I . 2. 2-19 太平洋プレート内の地震の断層モデル（県南部）

（□：強震動生成域、★：破壊開始点）

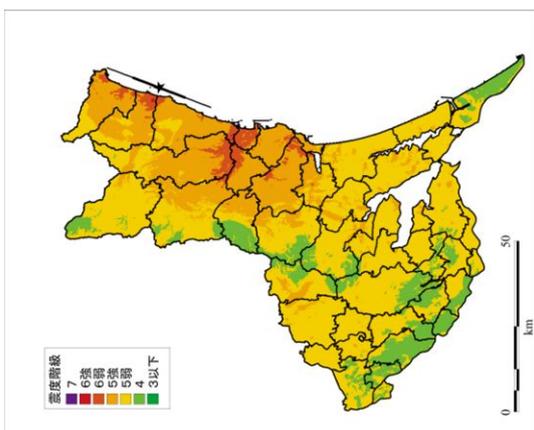
県北部鉛直傾斜ケース3 (南部)



県北部鉛直傾斜ケース2 (中部)

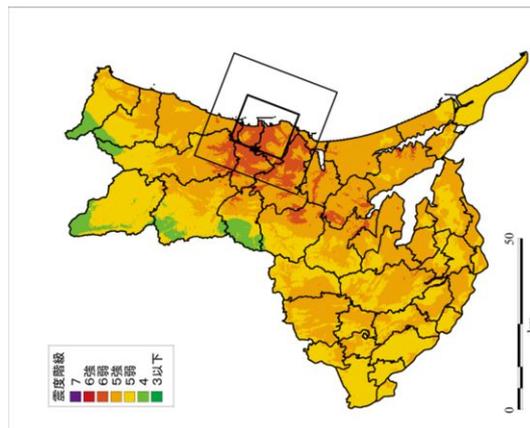


県北部鉛直傾斜ケース1 (北部)

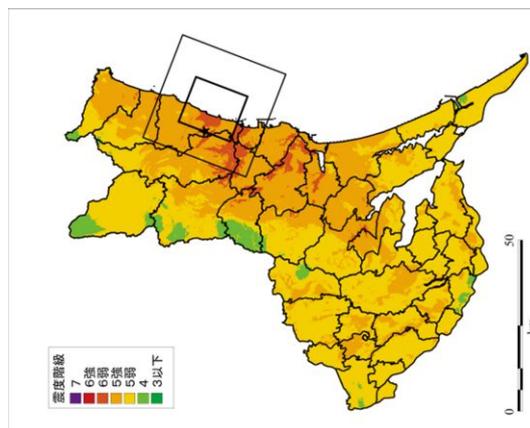


地表震度

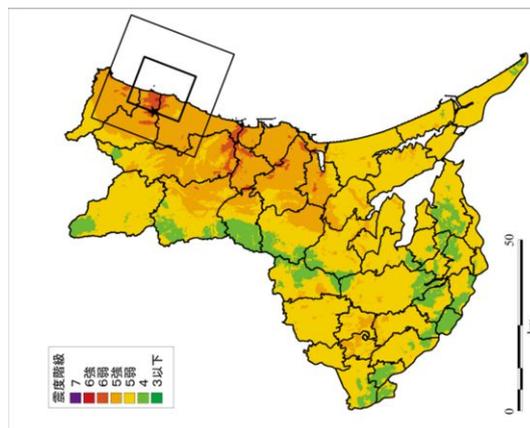
県北部水平傾斜ケース3 (南部)



県北部水平傾斜ケース2 (中部)



県北部水平傾斜ケース1 (北部)

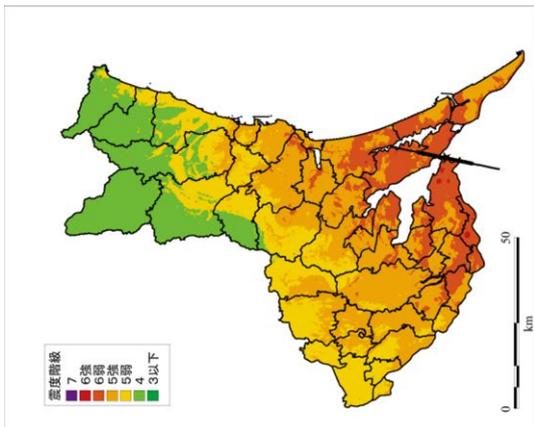


地表震度

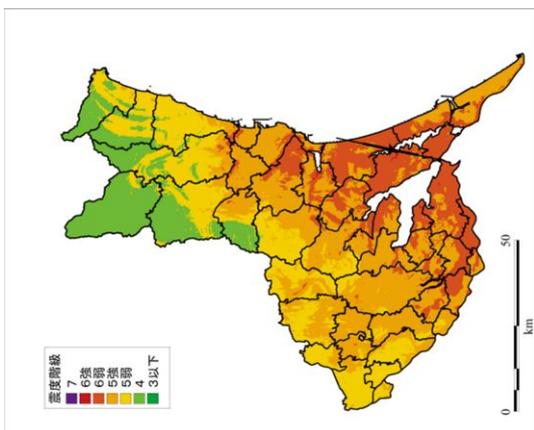
図 I . 2. 3-20 県北部鉛直傾斜及び水平傾斜モデルの地表震度

(□：強震動生成域、★：破壊開始点)

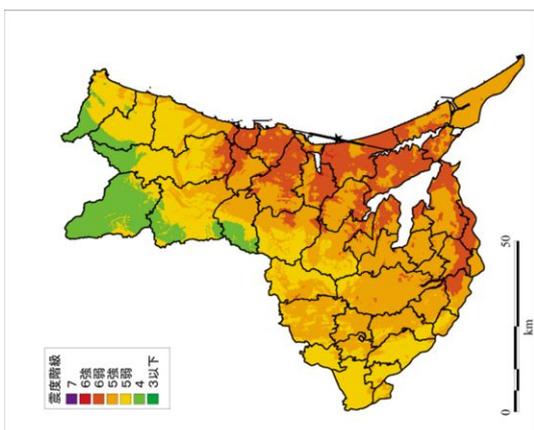
県南部鉛直傾斜ケース3 (南部)



県南部鉛直傾斜ケース2 (中部)

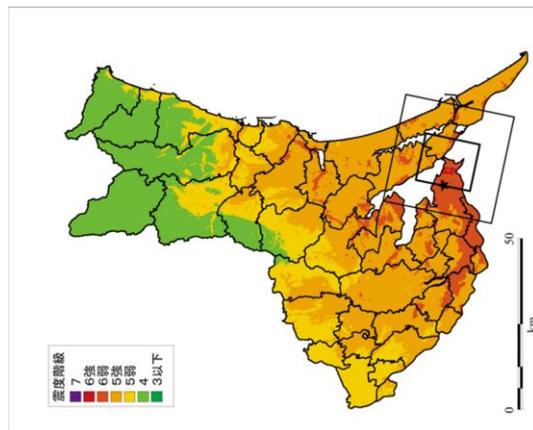


県南部鉛直傾斜ケース1 (北部)

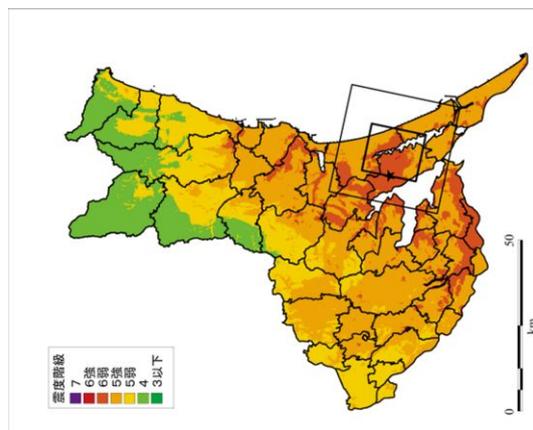


地表震度

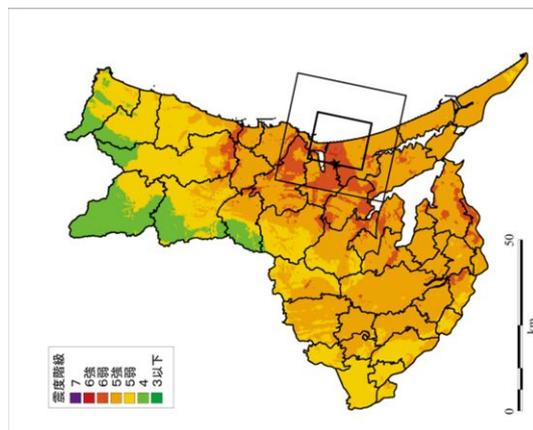
県南部水平傾斜ケース3 (南部)



県南部水平傾斜ケース2 (中部)



県南部水平傾斜ケース1 (北部)



地表震度

図 I . 2. 3-21 県南部鉛直傾斜及び水平傾斜モデルの地表震度

(□ : 強震動生成域、★ : 破壊開始点)

太平洋プレート内の地震では、県北部で鉛直の北部、中部、南部、水平の北部、中部、南部の6パターン、県南部でも同様に6パターンの震源を想定した。被害想定に用いる地震については、曝露人口を求めて県北部と県南部で一つずつに絞ることとした。図 I .2.3-22 ～図

I .2.3-33 に曝露人口分布を示し、表 I .2.3-8に震度ごとの曝露人口を示す。

鉛直モデルと水平モデルを比較すると、鉛直モデルの方が曝露人口が多くなっている。

県北部では、南部の鉛直で震度6強以上の曝露人口が北部、鉛直より若干少ないが、震度6弱以上の曝露人口が3倍多くなっている。県南部では、南部、鉛直で震度6強以上が最も多くなっている。

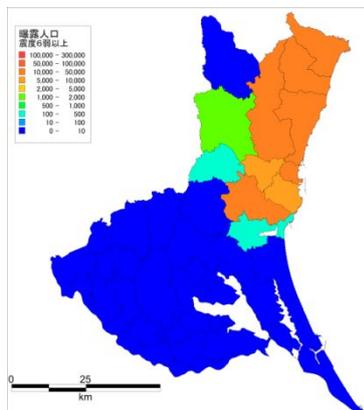
以上より、県北部と県南部で以下のパターンを選んだ。

- ・県北部：鉛直、南部
- ・県南部：鉛直、南部

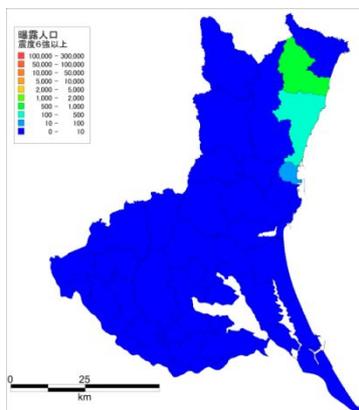
表 I .2.3-8 太平洋プレート内の地震の曝露人口

地震名				茨城県人口	曝露人口			曝露人口割合(人口に対する)		
					震度6弱以上	震度6強以上	震度7	震度6弱以上 (%)	震度6強以上 (%)	震度7 (%)
太平洋プレート内の地震	県北部	北部	鉛直	2,975,457	149,360	1,329	0	5.02	0.04	0.00
	県北部	中部	鉛直	2,975,457	442,489	421	0	14.87	0.01	0.00
	県北部	南部	鉛直	2,975,457	516,177	1,294	0	17.35	0.04	0.00
	県南部	北部	鉛直	2,975,457	685,022	911	0	23.02	0.03	0.00
	県南部	中部	鉛直	2,975,457	572,188	917	0	19.23	0.03	0.00
	県南部	南部	鉛直	2,975,457	411,075	3,341	0	13.82	0.11	0.00
	県北部	北部	水平	2,975,457	83,283	970	0	2.80	0.03	0.00
	県北部	中部	水平	2,975,457	184,395	0	0	6.20	0.00	0.00
	県北部	南部	水平	2,975,457	381,391	0	0	12.82	0.00	0.00
	県南部	北部	水平	2,975,457	329,106	534	0	11.06	0.02	0.00
	県南部	中部	水平	2,975,457	334,965	232	0	11.26	0.01	0.00
	県南部	南部	水平	2,975,457	237,384	989	0	7.98	0.03	0.00

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

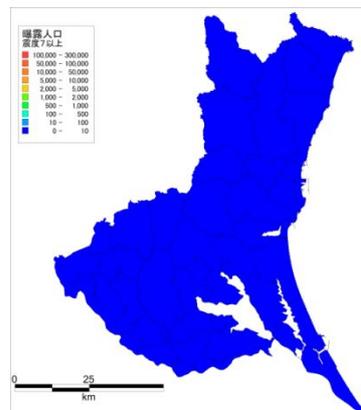
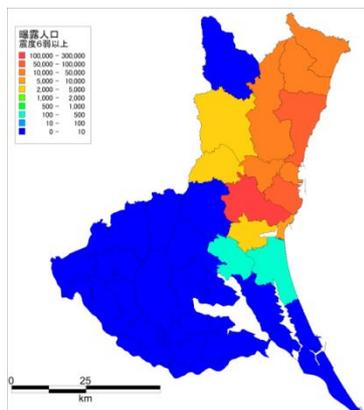
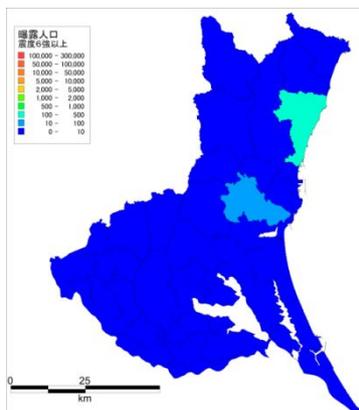


図 I . 2. 3-22 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県北部（北部）鉛直）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

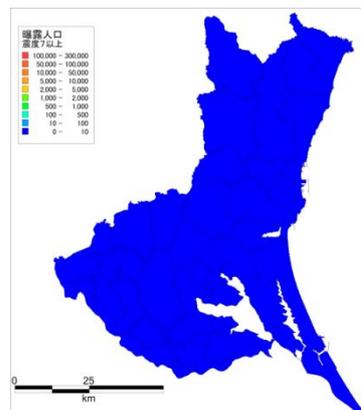
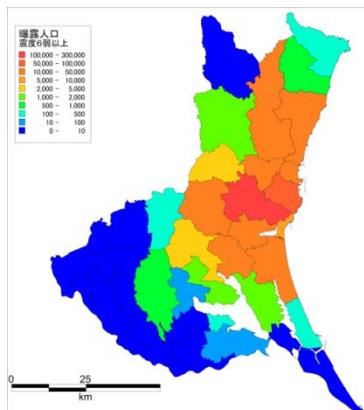
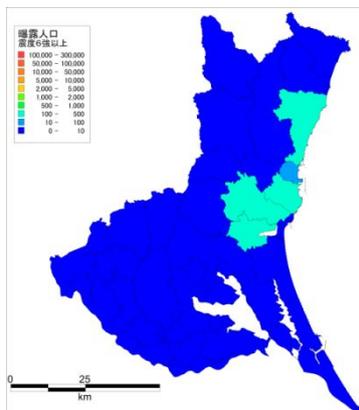


図 I . 2. 3-23 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県北部（中部）鉛直）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

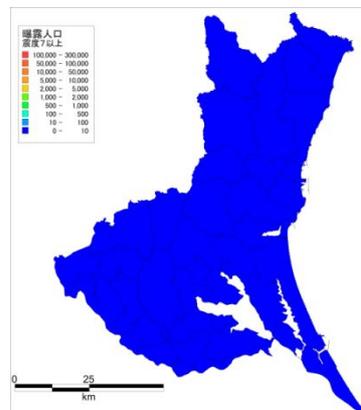
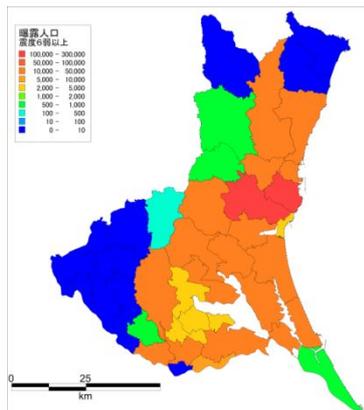
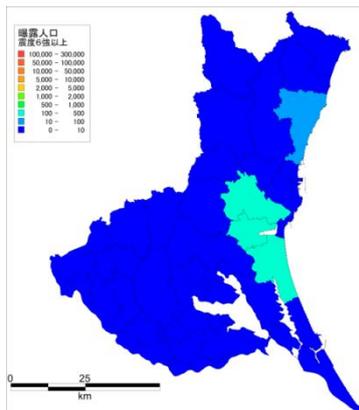


図 I . 2. 3-24 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県北部（南部）鉛直）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

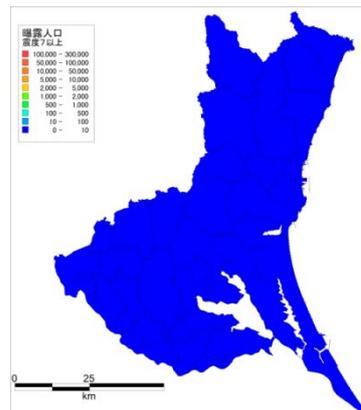
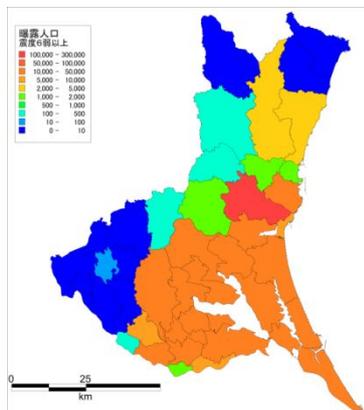
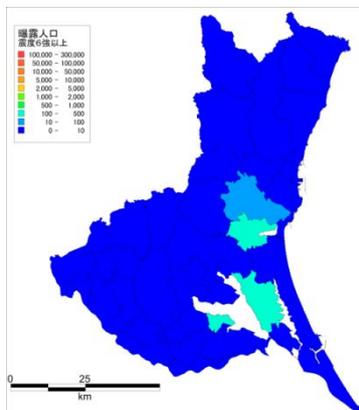


図 I . 2. 3-25 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県南部（北部）鉛直）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

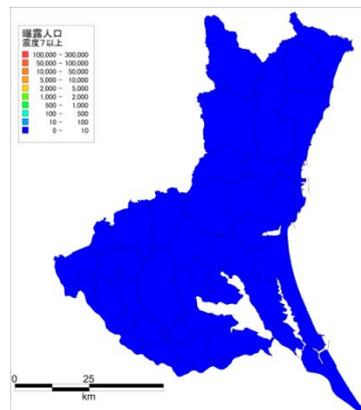
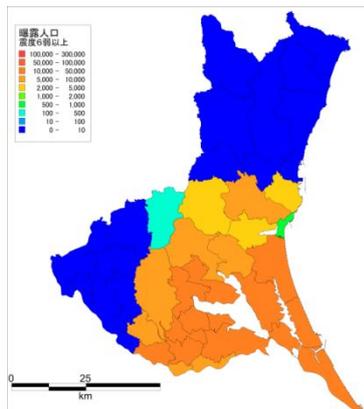
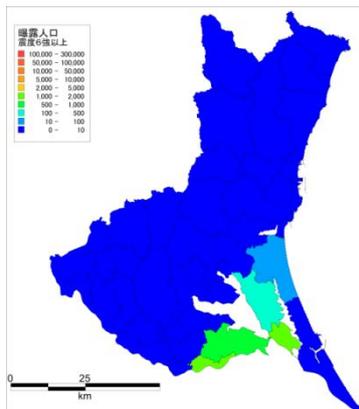


図 I . 2. 3-26 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県南部（中部）鉛直）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

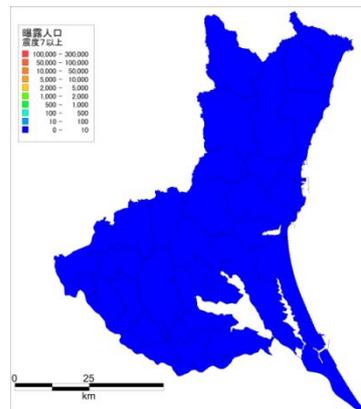
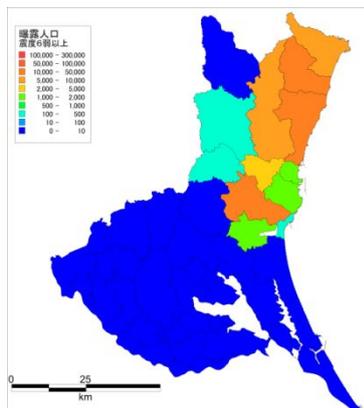
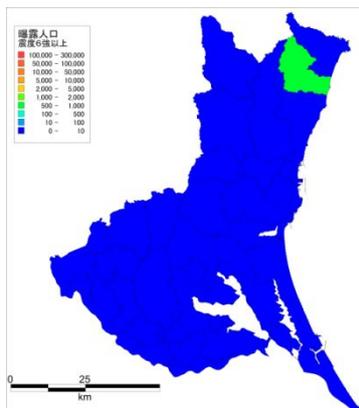


図 I . 2. 3-27 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県南部（南部）鉛直）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

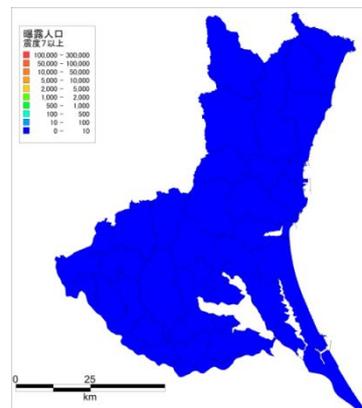
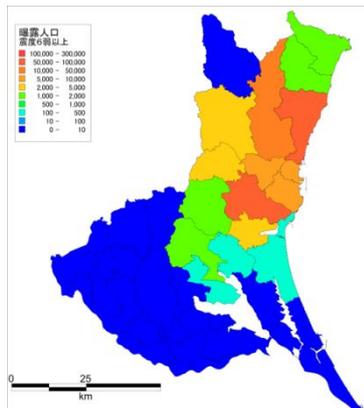
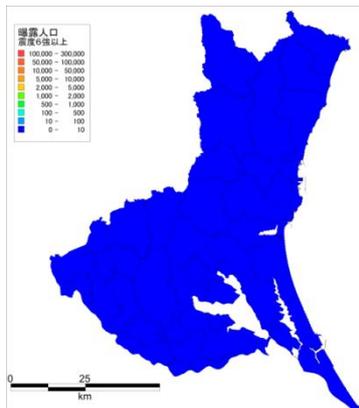


図 I . 2. 3-28 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県北部（北部）水平）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

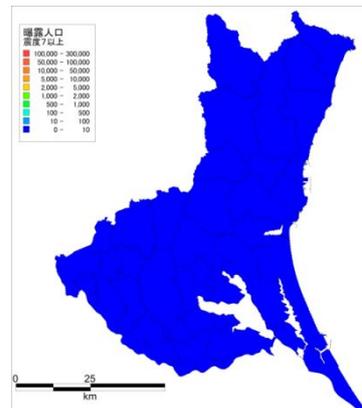
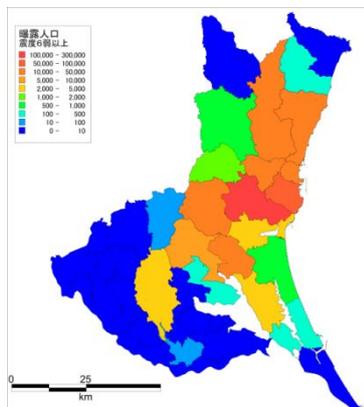
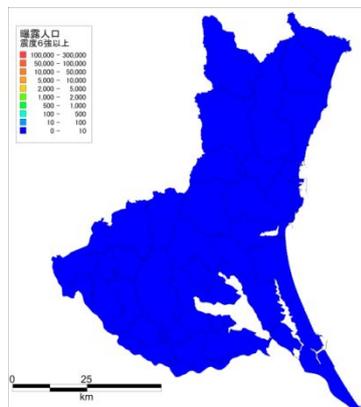


図 I . 2. 3-29 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県北部（中部）水平）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

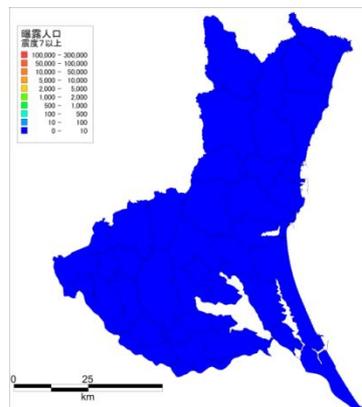
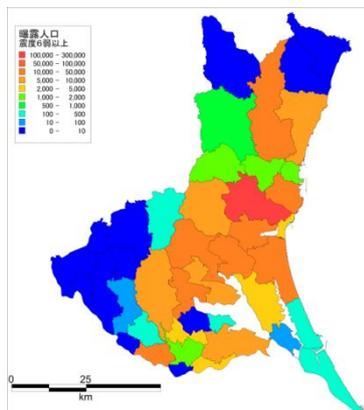
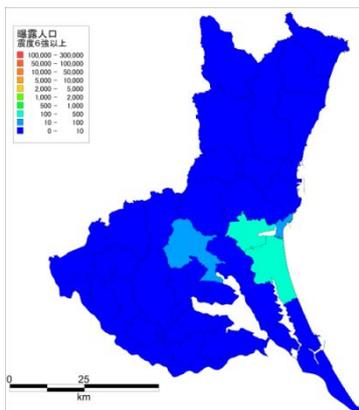


図 I . 2. 3-30 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県北部（南部）水平）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

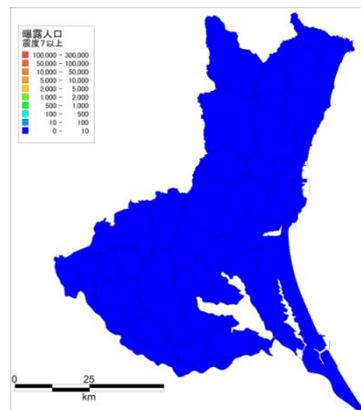
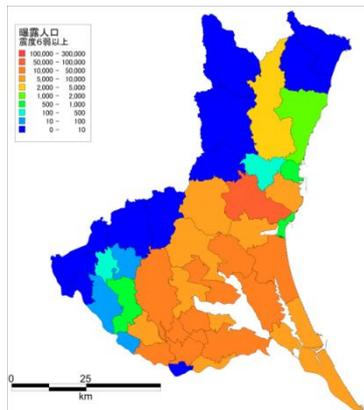
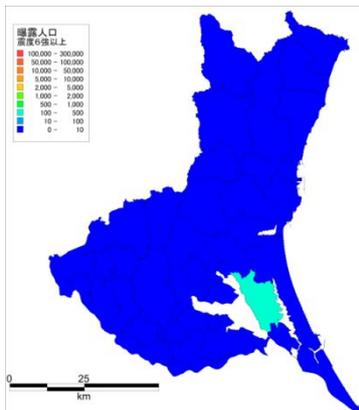


図 I . 2. 3-31 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県南部（北部）水平）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

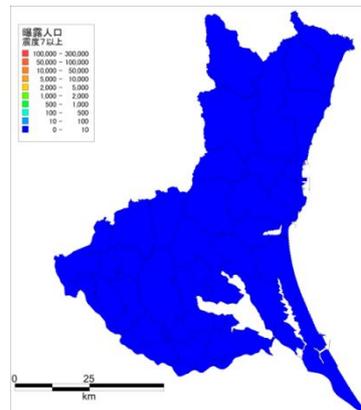
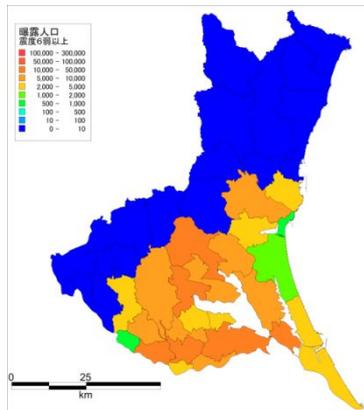
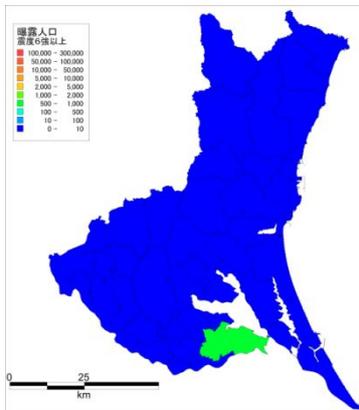


図 I . 2. 3-32 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県南部（中部）水平）

震度 6 弱以上



震度 6 強以上



震度 7

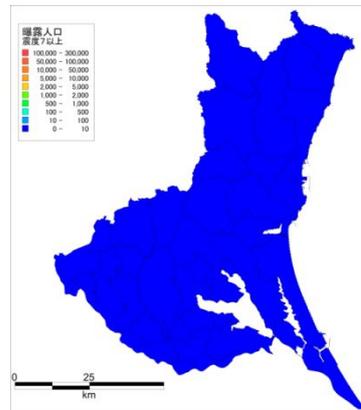


図 I . 2. 3-33 曝露人口（太平洋プレート内の地震：県南部（南部）水平）

(6) 茨城県沖から房総半島沖にかけての地震（茨城県(2012)）

地震調査研究推進本部の「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）について（平成23年11月25日付け）」によれば、三陸沖北部から房総沖の海溝寄りのプレート間地震（津波地震）は、M8以上の地震が約400年に4回発生しているとすると103年に1回程度同じ場所で繰り返し地震が発生したとされる。

また、当該領域の歪は、東北地方太平洋沖地震により、三陸沖中部から三陸沖南部海溝寄りの歪は解放され、福島県沖～茨城県沖の領域は、数mのすべりがあったと推定されるが、これまでの歪が全て解放されたかどうかは不明である。

一方、房総沖は、1677年の延宝房総沖地震以降300年以上の空白期間がある。今後の起こりうる地震は、過去に発生した地震を参考にして、具体的な地域は特定できないが、日本海溝に沿って断層長200km程度の長さの波源域で発生する、Mt（津波マグニチュード）8.6～9.0の津波地震であることが想定されている。

以上より、茨城県沿岸に津波被害を想定する地震として、茨城県津波浸水想定調査で設定されたH23想定津波を発生させる地震を設定する。

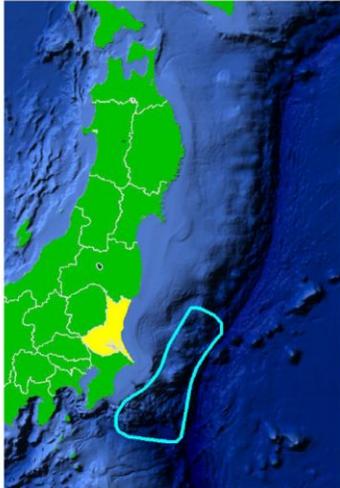
対象津波		H23 想定津波
マグニチュード		Mw = 8.4 Mt = 8.6～9.0
使用モデル		茨城県モデル
概要	説明	地震調査研究推進本部から平成23年11月に公表された「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価（第二版）について」を基に想定した地震。 （平成19年に茨城県で想定した津波「延宝房総沖地震津波」の震源域等を参考にした地震。）
	震源域	

図 I . 2. 3-34 茨城県沖から房総半島沖にかけての津波を発生させる地震
茨城県(2012)