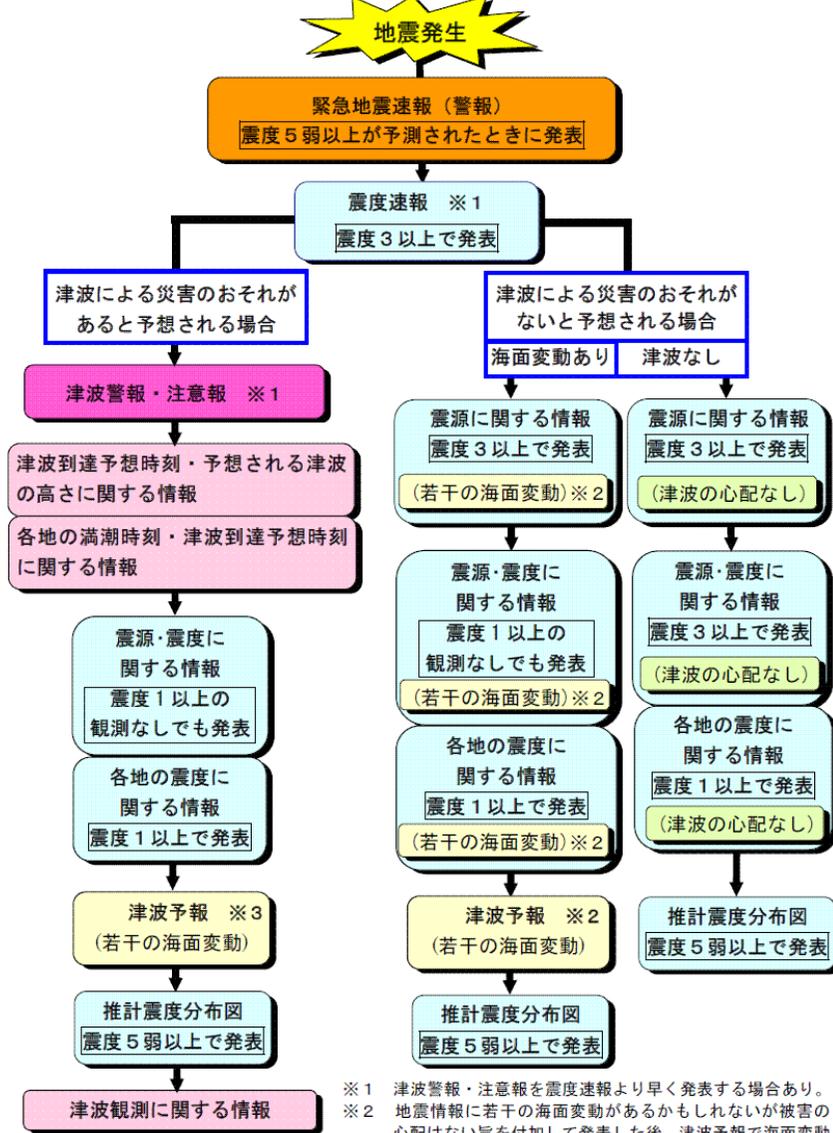


長周期地震動に関する情報 の作成・提供の目的と方向性(案)

平成23年11月14日
気象庁

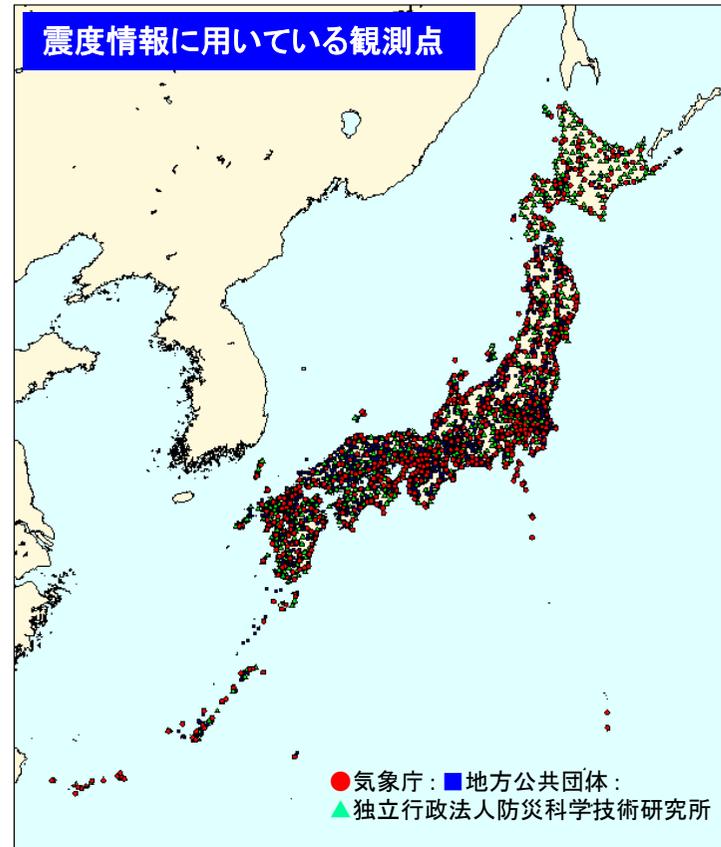
気象庁の地震情報

地震及び津波に関する情報

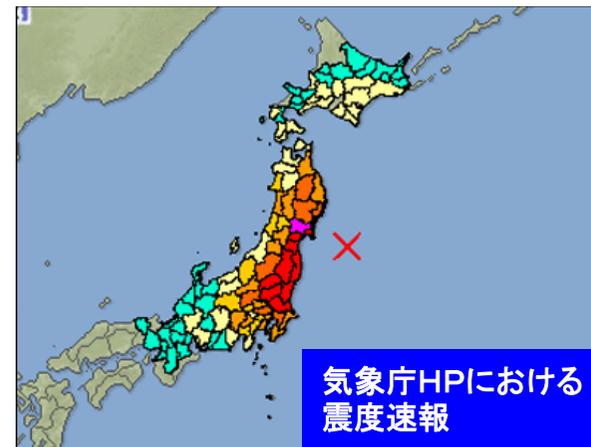


- ※1 津波警報・注意報を震度速報より早く発表する場合あり。
- ※2 地震情報に若干の海面変動があるかもしれないが被害の心配はない旨を付加して発表した後、津波予報で海面変動が予想される津波予報区等を発表する。
- ※3 津波警報・注意報を公表している津波予報区以外で海面変動が予想される津波予報区に発表する。

震度情報に用いている観測点



気象庁HPにおける震度速報



高層ビルでは震度3でも被害を生じることがある

●六本木ヒルズ、新潟中越地震(東京、震度3)でエレベーター損傷。
(2005年8月31日毎日新聞)

昨年の新潟県中越地震で、震源から約200キロ離れた東京都港区の六本木ヒルズ森タワー(54階建て、高さ238メートル)のエレベーター6基が損傷、うち1基は8本ある主ロープの1本(直径約1センチ)が切れていたことがわかった。
※東京で震度5強を記録した先月の地震では、短周期の揺れが強く停止装置が作動し、機器の損傷はなかった。

建物や構造物は大きさなどによって揺れる周期(固有周期)が決まっており、一般的に建物が大きいほど固有周期も長い。地震を感知して停止させる装置が長周期強震動の揺れに反応せず、運転を続けたことが原因と思われる。

●咲洲庁舎 閉じこめ5時間
(2011年3月12日 読売新聞)

11日の東日本巨大地震で、府内でも震度3の揺れを観測。大阪・天保山や岬町には60~20センチの津波が到達した。大きな被害はなかったが、各自治体は被害情報の収集に追われ、消防隊員らが被災地に向けて出発するなど、支援の動きも出始めた。鉄道の駅や空港では、関東方面に戻れず足止めされた人たちが、地震の様子を伝えるテレビ画面に見入った。

大阪市住之江区の府咲洲(さきしま)庁舎(旧WTC、高さ256メートル)では、26基ある全エレベーターが停止し、このうち4基に乗っていた男性5人が、12、13階付近などで閉じ込められた。同市消防局の救助隊員がロープで引き上げるなどし、発生から約5時間余りで全員が助け出された。けがはなかった。

また、51階の消火用スプリンクラーが破損し、50~48階の床面が水浸しになったほか、天井ボードの一部が落下するなどした。

同市北区の大阪駅前第3ビルでは地震発生直後、入居するオフィスや店舗などの従業員らに屋外への避難を呼びかけ、周辺の路上は人だかりができ、騒然となった。エレベーターを一時停止する措置を取り、安全が確認された約20分後に避難解除した。

同ビル30階の事務所から階段で避難した会社員男性(41)は「デスクワークをしていたら、突然、乗り物酔いをするようなゆっくりと大きな揺れが起きた。物が落ちたり、倒れたりすることはなく、みんな冷静に階段で地上まで下りていた」と話した。

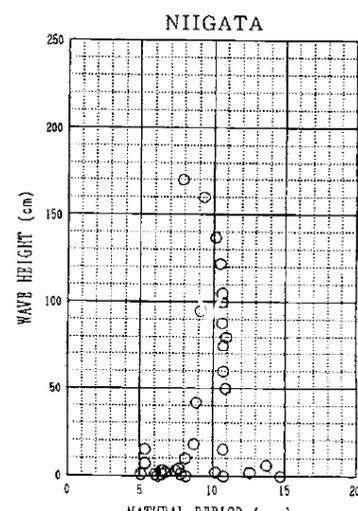
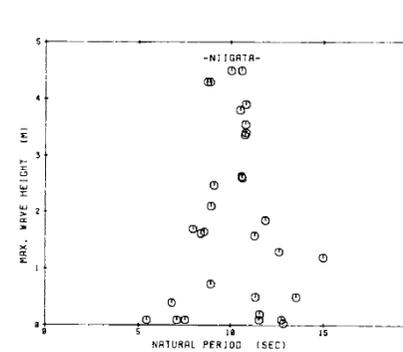
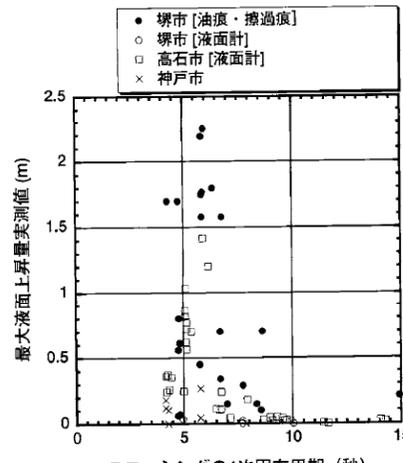
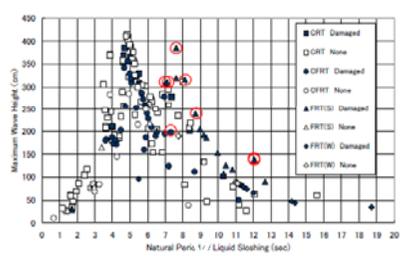
11階で仕事をしていた会社員男性(45)は「うねるような余震が5分間ほど断続的に続き、壁がギンギンと音をたて始めたので危険を感じた。約20年間ここで働いているが、避難騒ぎは初めて」と不安そうな表情を浮かべた。

震度階級関連解説表(抜粋)

震度階級	人の体感・行動	屋内の状況	屋外の状況
3	屋内にいる人のほとんどが、揺れを感じる。歩いている人の中には、揺れを感じる人もいる。眠っている人の大半が、目を覚ます。	棚にある食器類が音を立てることがある。	電線が少し揺れる。

石油タンクでのスロッシングは震度では評価できない

消防研究所によるこれまでの調査で、石油タンクのスロッシングの高さは、近傍で観測された震度とは無関係であることが分かる。震度1でも、大きなスロッシングが発生することがある。

平成5年(1993年)北海道南西沖地震	昭和58年(1983年)日本海中部地震	平成16年(2004年)9月5日の紀伊半島沖の地震	平成15年(2003年)十勝沖地震
<p>新潟におけるスロッシング高さ</p>  <p>座間・井上(1994)1993年北海道南西沖地震による石油タンクのスロッシング, 消防研究所報告, 自治省消防庁消防研究所, 通巻77号, p.2</p>	<p>新潟におけるスロッシング高さ</p>  <p>Fig. 4.4-3 Relation between maximum wave height and natural period of sloshing at Niigata.</p> <p>吉原ほか(1984)1983年日本海中部地震による石油タンクのスロッシングとその被害について, 日本海中部地震による危険物施設の挙動に関する調査報告書, 自治省消防庁消防研究所, p.38より</p>	<p>大阪湾岸エリアにおけるスロッシング高さ</p> <p>(a) 大阪湾岸</p>  <p>畑山・座間(2005)2004年9月5日紀伊半島南東沖の地震による石油タンクのスロッシングと長周期地震動, 消防研究所報告第99号, p.54より</p>	<p>苫小牧におけるスロッシング高さ</p>  <p>図4 苫小牧における全タンクに対する屋根形式を考慮した最大波高予測値の分布と被害程度</p> <p>座間(2006)石油タンクのスロッシングと対策</p>
新潟地方気象台 震度1	新潟地方気象台 震度3	大阪府内最大震度 4	苫小牧市内最大震度 5弱

石油タンクのスロッシングの最大上昇量の簡易評価式

$$Wh = D / 2g \cdot 0.837(2\pi / Ts) \cdot Sv$$

Wh : スロッシングの最大上昇量 Sv : 速度応答スペクトル
 D : タンクの直径 g : 重力加速度
 Ts : スロッシング固有周期

坂井(1980)円筒形液体タンクの耐震設計法に関する2, 3の提案, 圧力技術, no.18, p.16-23

○石油タンクにおけるスロッシングは、固有周期における速度応答スペクトルの大きさに依存する。液体は減衰率が非常に小さいので、周期依存性が大きい。

○浮き屋根式石油タンクの固有周期は5秒程度以上と大きく、震度とは対応しない。

長周期地震動と震度の関係に関する従来からの説明

出典	説明
【平成20年度までの「震度階級関連解説表」の欄外記載】	大規模な地震では長周期の地震波が発生するため、遠方において <u>比較的低い震度であっても、エレベーターの障害、石油タンクのスロッシングなどの長周期の揺れに特有な現象が発生することがあります。</u>
長周期地震動予測地図(2009年試作版)解説	従来の <u>震度と長周期地震動では、影響を受ける建物などが異なるほか、震源から遠く離れた場所における分布の状況などに、しばしば明瞭な違いが現れることがあります。</u>
総務省消防庁消防大学校消防研究センターホームページFAQ	長周期地震動と気象庁から発表される震度の関係について説明します。 <u>結論から言えば、震度は長周期地震動の大きさを測る尺度としては適切ではありません。</u> 即ち、震度が大きければ長周期地震動が大きいかと言えば必ずしもそうではなく、また、震度が小さくても長周期地震動としては大きい場合もあります。例えば、1983年に日本海中部地震(マグニチュード7.7)という地震が発生しましたが、震源から300km近く離れた新潟では、大きな長周期地震動が発生して、石油タンクにスロッシングが起こり、石油がタンクから溢れ出るという危険な事態になりました。その時の新潟の震度は3という小さいものでした。現在の気象庁の震度は、地震動に含まれる周期0.1から2秒の範囲にある短周期の成分の大きさを表すように決められています。そのため、周期数秒から十数秒の長周期の成分の大きさは、震度には表れてきません。震度は身体で受ける揺れの大小感覚とよく合っているとされていますが、 <u>長周期地震動の大小は震度からは判断しにくい</u> というのは以上のような理由からです。

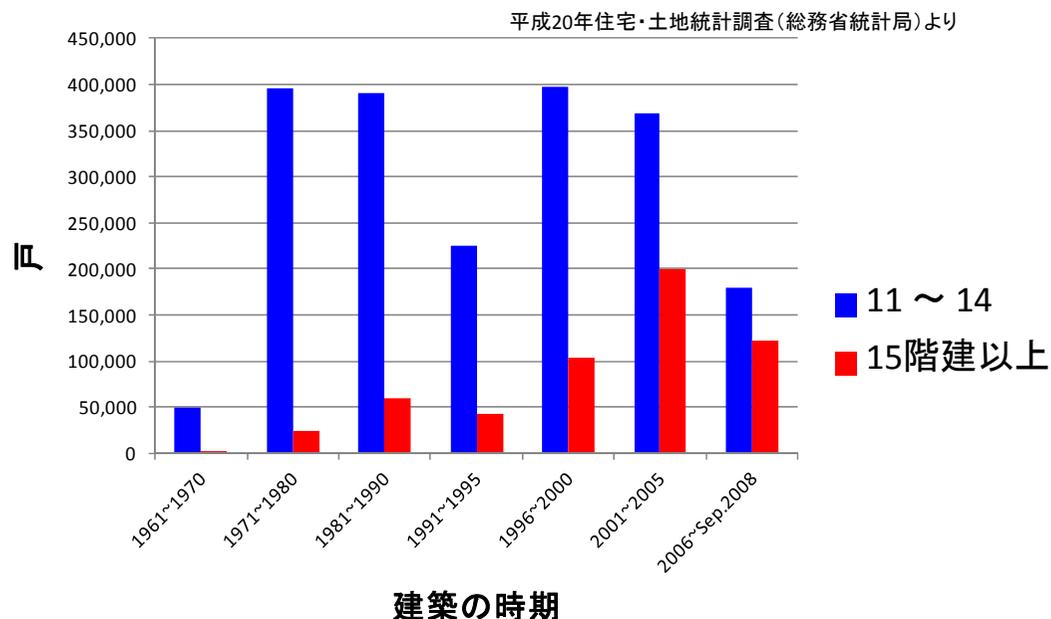
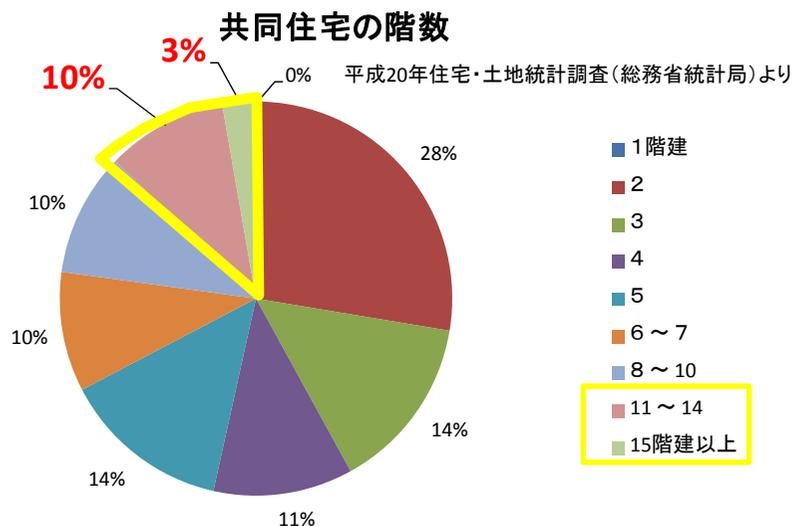
【長周期地震動の特徴】

人の体感や低層建物の揺れに対応した震度では評価しきれない。

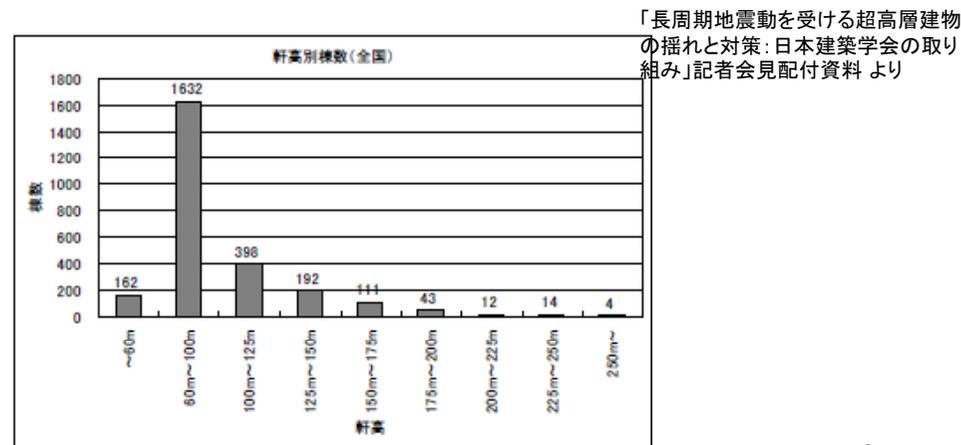
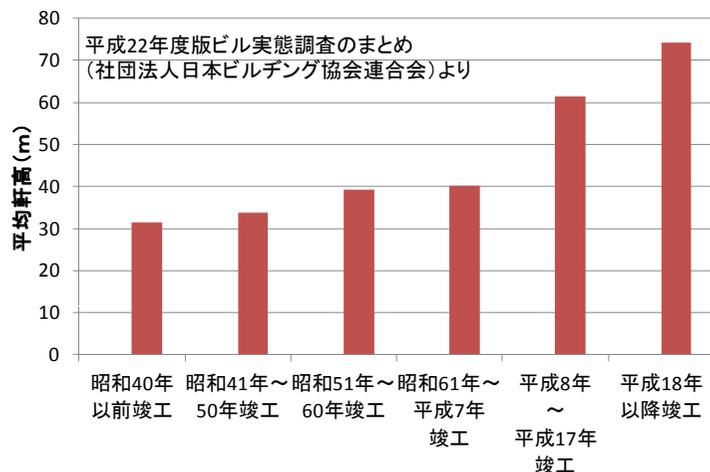
→地表の人はあまり揺れを感じないが、共振する固有周期を有する構造物が大きな揺れを生じるもの。

高層化が進む日本の住宅やオフィス

- 日本の住宅のうち約40%が共同住宅であり、そのうち、13%にあたる約266万戸が11階以上の建物となっている。
- 11階建て以上の共同住宅は、1970年代から増加した。15階建以上のいわゆる超高層住宅は、1996年以降、急速に増加している。
- 東京都内を初めとして、高層のオフィスの棟数が1980年代から増加し、特に1990年代以降、急激に増加している。
- 高層のオフィスの平均軒高は、1996年以降、高層化が進んでいる。



オフィスの平均軒高 竣工年代別分類(全国)



いわゆる「超高層ビル」の全国棟数(推定)

都心部における高層建築物の増加

都心部では、1970年代以降、再開発の進展等によって、高層建築物が集中的に立地するなど、土地利用形態の変化が認められる。

画像は国土地理院電子国土データより

1978年



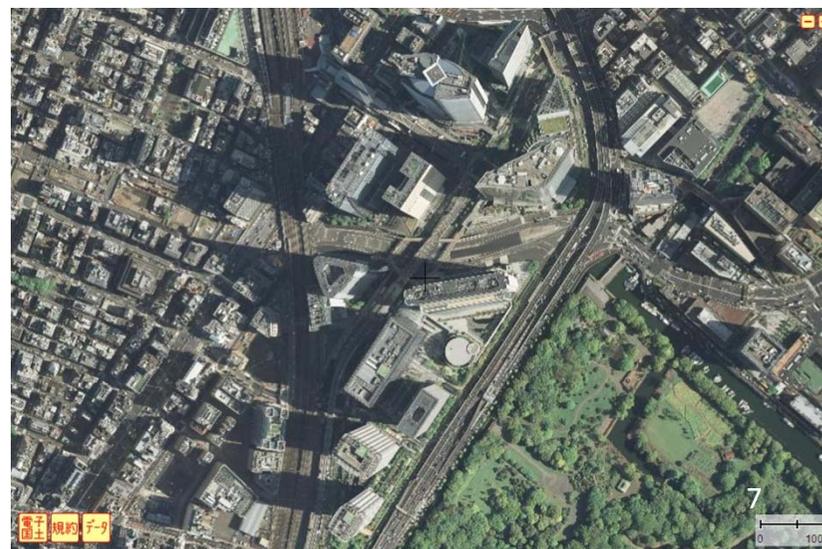
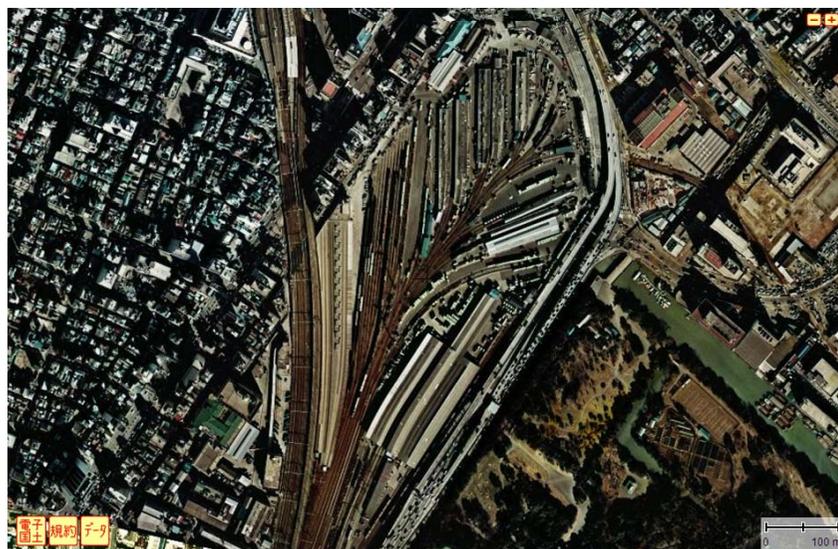
新宿



2009年

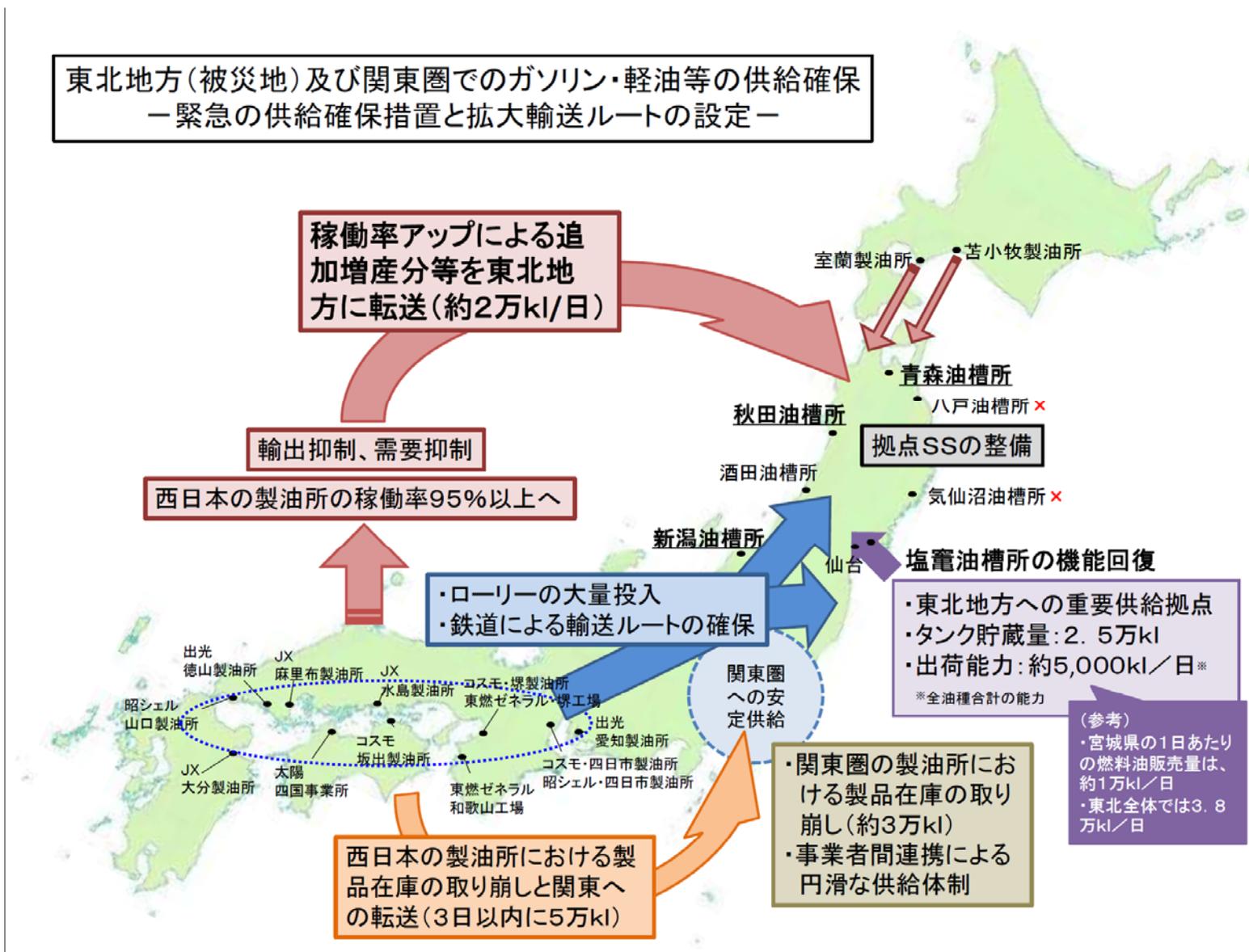


汐留



大規模災害時の燃料供給における製油所・油槽所の重要性

地震発生により、被災地等の油槽所等が大きな被害を受けた場合、広域的に燃料を確保する必要がある。地震動の影響が比較的少ない油槽所、製油所を迅速に把握することで、燃料供給網の再構築に掛かる意志決定を早めることが出来るのではないかと。



気象庁の調査による長周期地震動に対する対象者の特性と情報のニーズ

地震発生時に心配されること

- | | | |
|-------|-----------------|------------------------|
| 高層ビル | → 建物被害、居住者への影響 | → 円滑な避難行動が出来るかどうか、人的被害 |
| 石油タンク | → 構造物被害、火災 | → 備蓄能力低下、火災延焼 |
| 長大橋 | → 構造物被害、交通障害・事故 | → 交通渋滞、物流停滞 |

【気象庁による聞き取り調査において頂いた要望】

<高層ビル管理会社>

- 地震発生後、ビル内に人を留めるべきかどうかを判断するための根拠になる情報が欲しい。
- 重点的な見回りなどに活用するため、上層階の揺れの程度などを評価できる情報が欲しい。

<高層ビルテナント従業員>

- 高層階で自分が受けた揺れの大きさが分かる情報が欲しい。

<石油事業者>

- 震度ではなく、スロッシングに対応する長周期地震動の大きさに関する情報が欲しい。

<消防職員>

- 総合判断の一つとして、長大構造物を含め、災害規模の把握に資する情報が欲しい。

【気象庁による聞き取り調査における地震動の特性の理解度に関する回答】

<高層ビル管理会社>

- ビル内に設置している地震計のデータは見るが、何ガル、といわれても、正直ピンと来ない。
- 地震がビルに影響を与えたかどうかは、素人判断は難しく、設計者や施工者に問い合わせる必要がある。

<高層ビルテナント従業員>

- ビルでは震度3や4でも、もっと揺れのではないかと思うことがあるが、これが震度3なのかな、と考える。
- 防災センターから「このビルは安全です」という放送があったが、何故安全なのか、よく分からなかった。
- 「ビル内に留まって下さい」との放送があったが、不安で、屋外に避難した。

<エレベータメンテナンス会社社員>

- 東京で震度3の震度速報が出ると、長周期地震動が出ているかも、と考えることがある。

<石油タンク事業者>

- 自らの体感で、揺れの周期が長いかどうかを判断しているほか、普段から速度応答スペクトルを見ている。

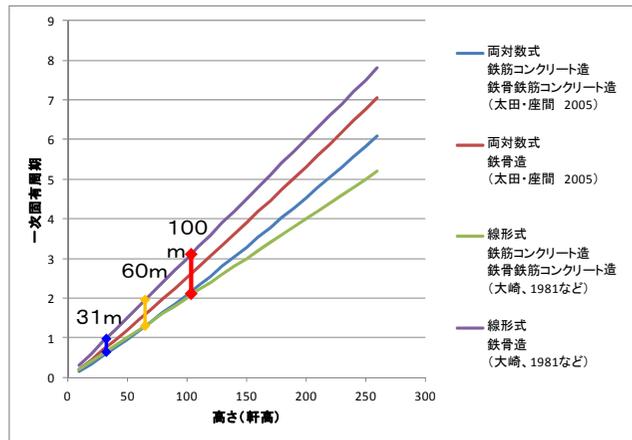
長周期地震動の特性① 建造物の特性、地盤特性

○建造物によって、固有周期や減衰特性が異なり、周期選択性が大きく、また揺れ方も異なる。

【高層建築物の固有周期】

大崎(1981)など $T = 0.02 \times H$ (鉄筋コンクリート造、鉄骨・鉄筋コンクリート造)
 $T = 0.03 \times H$ (鉄骨造)

太田・座間(2007) $T = 0.012 \times 10^{1.12 \times \log H}$ (鉄筋コンクリート造、鉄骨・鉄筋コンクリート造)
 $T = 0.0174 \times 10^{1.08 \times \log H}$ (鉄骨造)



【高層建築物の減衰定数】

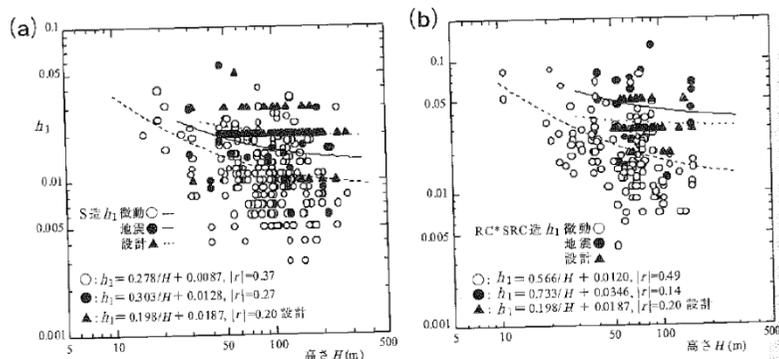


図 8.14 実験観測と設計による1次の減衰定数 h_1 ^{8.14)}

(a) S造
 (b) RC・SRC造

太田・座間(2005)巨大地震と大規模構造物,共立出版社,p158より

○地盤特性により、揺れやすい地域と揺れにくい地域がある。

地盤の一次固有周期の分布

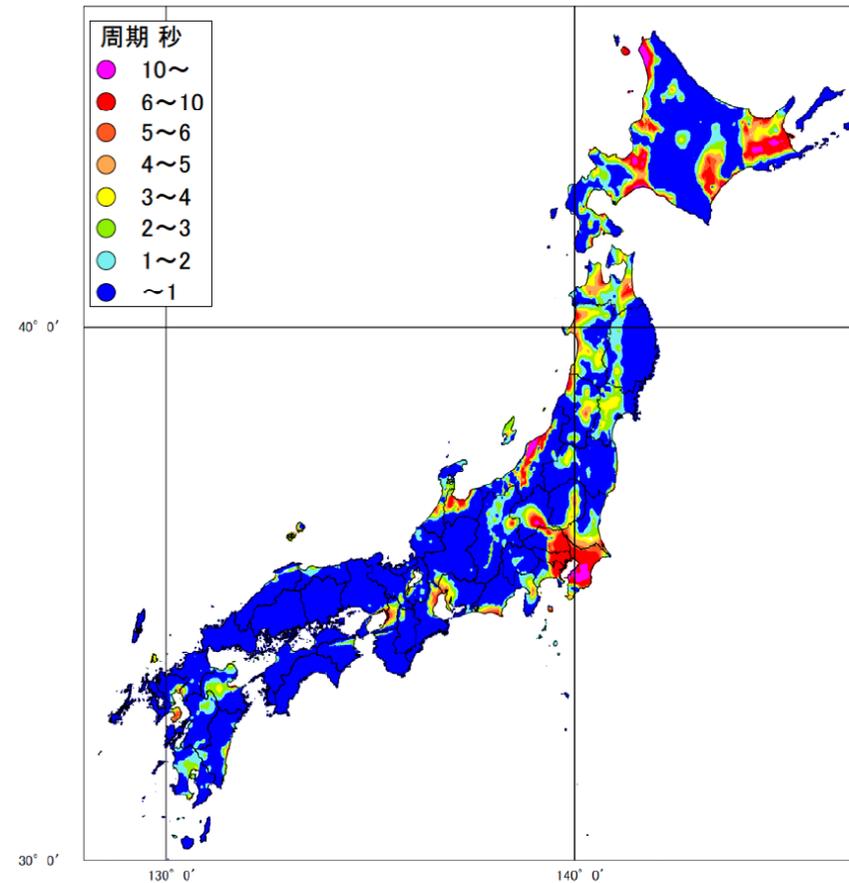


図 4.20 最終の修正後の地盤モデルによる一次固有周期の分布
 (H/V スペクトルの比較による修正+個々の地域における詳細な修正結果)

内閣府「東南海・南海地震等に関する専門調査会」中部圏・近畿圏の内陸地震に関する報告より

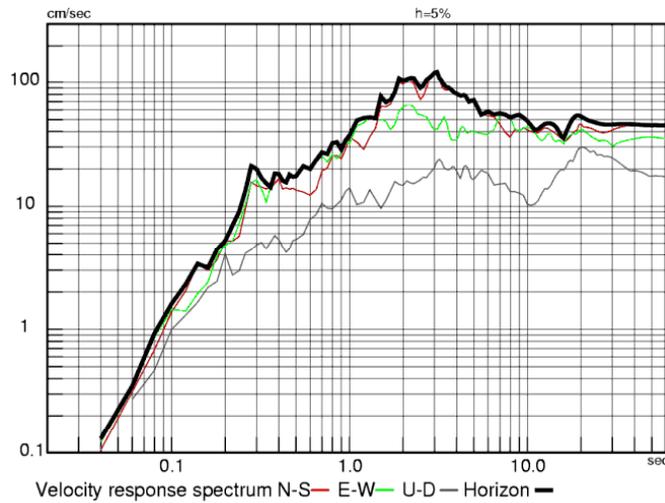
長周期地震動対策は、ここで示した深部地盤の固有周期及びその周辺の周期に加え、それよりも短い周期の地震動にも注意する必要がある

長周期地震動の速度応答スペクトルの地域差

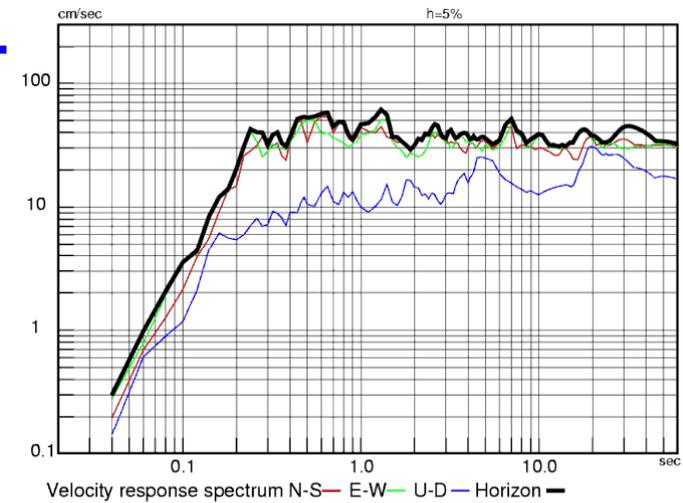
○数キロメートルの違いで、同じ程度の震度であっても、周期によっては応答スペクトルが倍以上異なることがある。

減衰定数5%

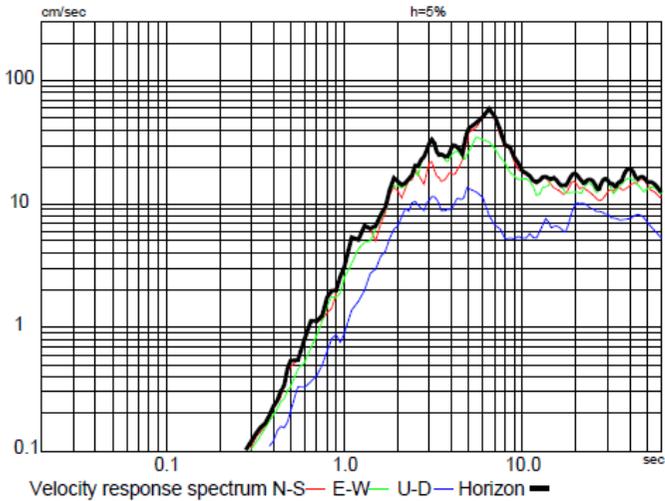
震度5弱 東京国際空港



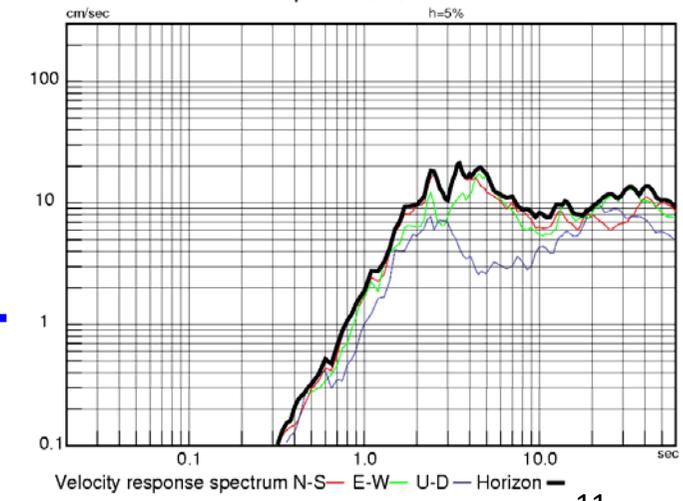
千代田区大手町 震度5強



大阪市此花区※ 震度3※



大阪市中央区 震度3

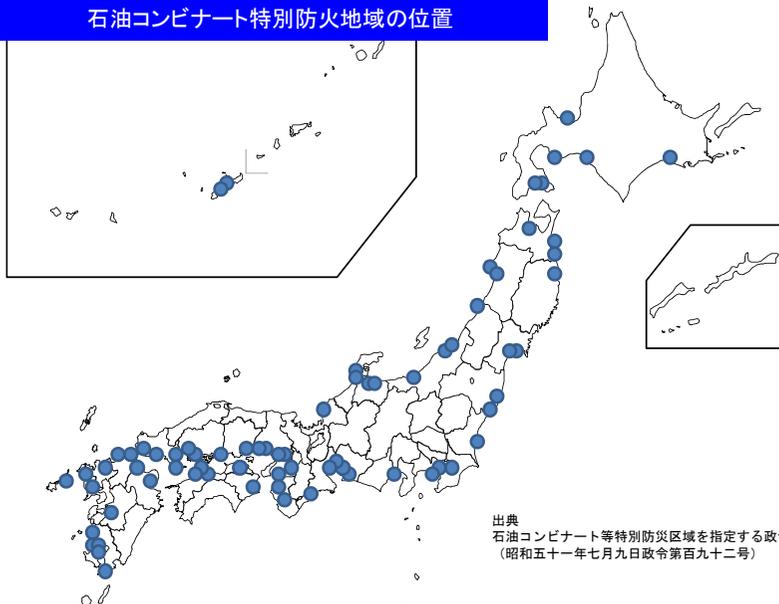


※ 防災科学技術研究所KiK-net OSKH002(此花)の加速度データを使用

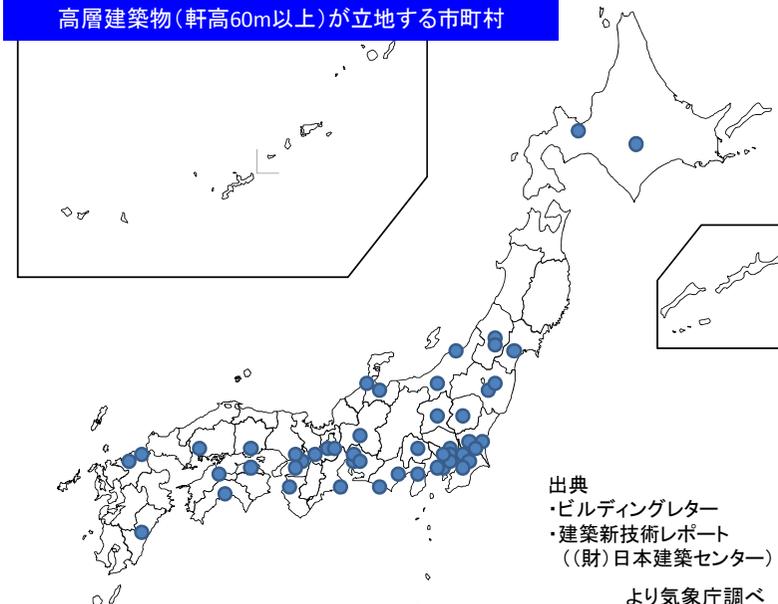
長大構造物の立地状況

○長大構造物は、震度が対象とする低層構造物に比べ、偏在している。特に、東京、名古屋、大阪、福岡といった、太平洋ベルト地帯に多い

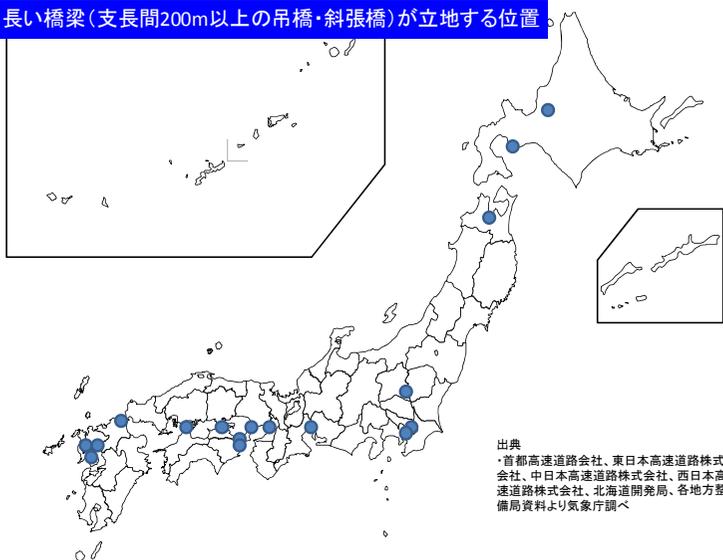
石油コンビナート特別防火地域の位置



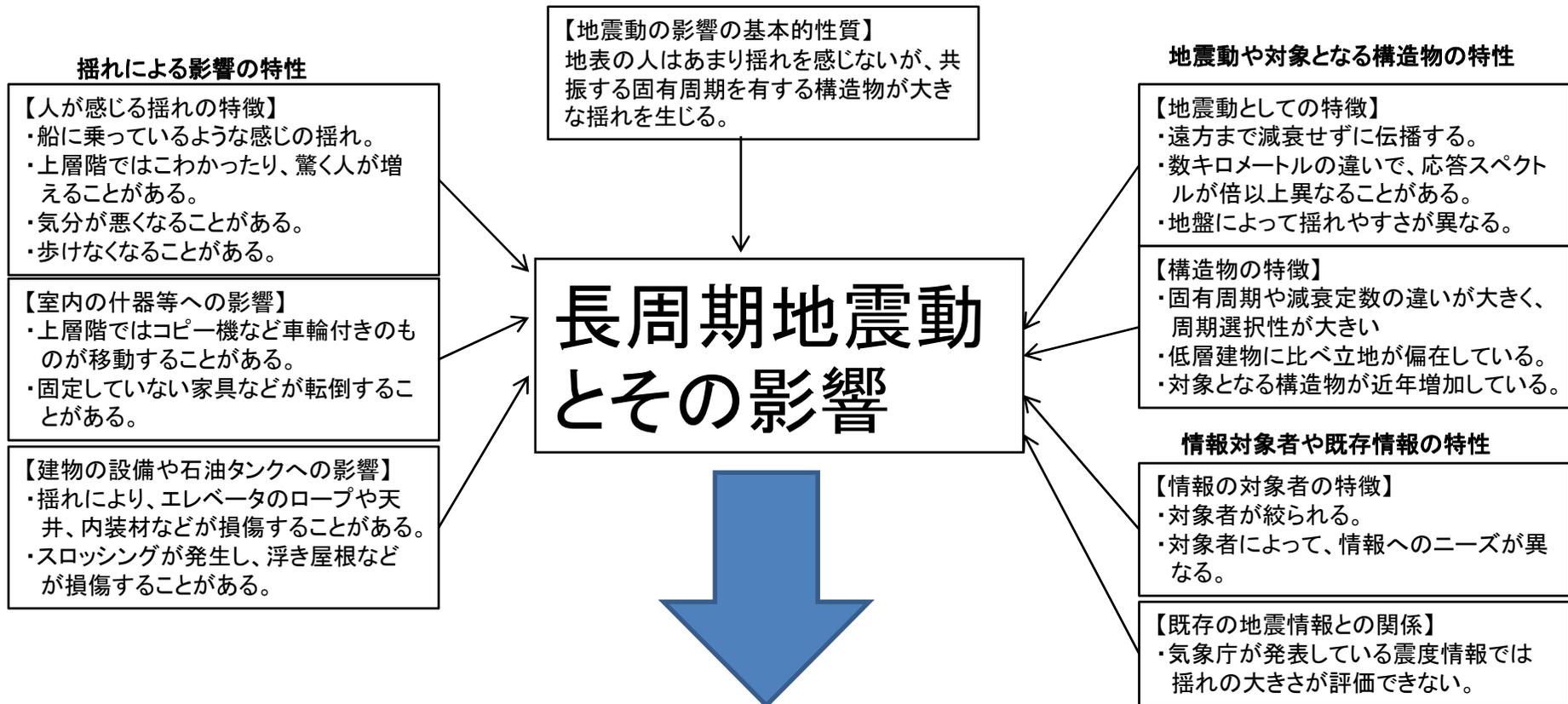
高層建築物(軒高60m以上)が立地する市町村



長い橋梁(支長間200m以上の吊橋・斜張橋)が立地する位置



長周期地震動に対する新たな地震情報のあり方はどうあるべきか



長周期地震動による人的・物的被害の早期把握といった地震直後の初動対応を行うために有効な新たな情報はどうか

論点 1

長周期地震動に対する新たな地震情報の利用者と利用方法をどう想定すべきか

論点 2

対象者が、長周期地震動による人的・物的被害の早期把握といった地震直後の初動対応を行うために有効な、長周期地震動に対する新たな地震情報の内容はどうか

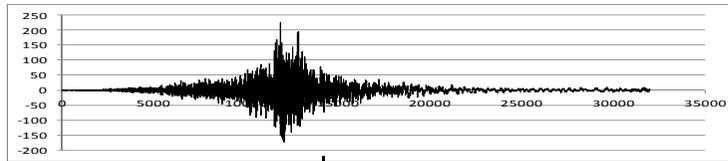
検討用参考資料

(検討用参考資料)長周期地震動に関する情報の対象者と利活用イメージ

対象構造物	対象者	ヒアリングを通じた速度応答スペクトルなどの地震動に関するデータ理解に関するイメージ	新たな地震情報の具体的な利用イメージ
高層建築物	オフィス勤務者	建築や土木、施設管理、危険物管理に専門的知見を有する者以外は、理解していない。	・揺れの大きさに関する認識、オフィスでの業務継続が可能かどうかの判断、ビル防災センターや管理会社との認識共有による適切な避難行動の判断
	来館者		・揺れの大きさに関する認識、ビル防災センターや管理会社との認識共有による適切な避難行動の判断
	住民		・揺れの大きさに関する認識、自宅建物の簡易的な被災度把握と避難行動の必要性の判断、帰宅時における食料や飲料水などの確保、自宅外避難の判断
	防災センター職員・管理会社		・ビル内の揺れの大きさに関する状況認識、建物の簡易的な被災度把握、避難の呼びかけや避難誘導の実施判断、館内在館者の残留か避難かの判断、ビルでの業務継続が可能かどうかの判断、テナント等の被害状況収集判断、館内巡回者の安全確保
	エレベータメンテナンス会社、建設会社、設計会社		・エレベータや構造物点検を行う社員の増員などの実施判断、重点的な対象の選定判断 ・高層ビル管理会社への助言
石油タンク	石油事業者		・従業員の安全確保、浮き屋根式石油タンク等の重点的な点検、自治体消防との連絡強化
長大橋梁	自動車運転者		・揺れの大きさに関する認識、安全な場所への停車、通行予定道路の変更
	道路管理者		・構造物点検を行う社員の増員などの実施判断 ・構造物点検の重点的な対象の選定判断
	自治体職員	・管内の長大構造物の被害確認の実施判断、職員の増員などの実施判断	
	消防・警察	・管内の長大構造物や危険物施設の状況確認 ・避難誘導、警備などの実施判断	

(検討用参考資料) 長周期地震動に関する情報と利活用のイメージ(一般利用者)

地震データ



例) 高層ビルの上層階の揺れに関する情報

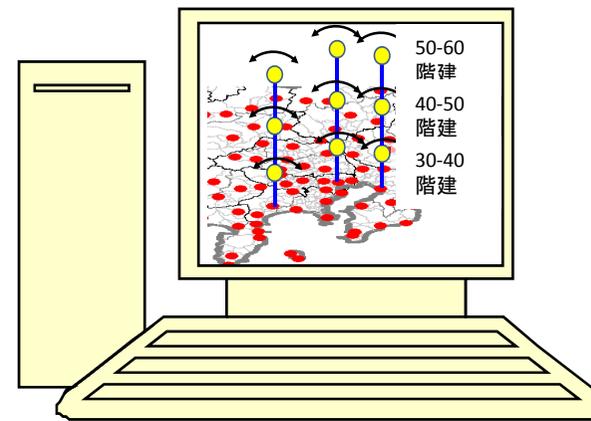
情報ニーズ: 自分が感じた揺れの大きさを知りたい
 地域の高層ビルでの揺れの大きさが知りたい

ビルの高さ	10-20階建	20-30階建	30-40階建	40-50階建	50-60階建
仙台	大揺れ度2	大揺れ度2	大揺れ度2	大揺れ度1	
東京	大揺れ度1	大揺れ度1	大揺れ度1	大揺れ度1	大揺れ度1
.....					
名古屋					
大阪				大揺れ度1	大揺れ度1
.....					

大揺れ度1 ものに掴まりなくなったり、ものに掴まないと歩けないことがある
 固定していない家具が倒れることがある
 コピー機やキャスター付きの家具が動くことがある
 大揺れ度2 立っていることが困難になったり、はわないと動くことが出来なくなる
 固定していない家具の多くが倒れる
 コピー機やキャスター付きの家具の多くが動く

例) 高層ビルをモデル化した動画情報

情報ニーズ: 上層階の揺れの大きさをイメージしたい

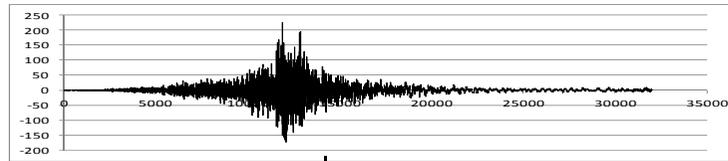


「長周期地震動に関する情報」を活用した初動対応のイメージ(一般利用者)

- ・低層階でも強い揺れを感じたが、「長周期地震動に関する情報」を参考にビルの簡易的な被災度判定を行い、ビルは安全なのでビル内にとどまるよう、館内放送を行った。テナントから根拠は？と聞かれたが、情報を参考に判断している、と答えることが出来た(ビル防災センター職員)。
- ・外出中ゆったりとした揺れを感じ、「長周期地震動に関する情報」で高齢の両親が住むマンション(30階)の揺れが大きいことが分かり、直ぐに駆けつけて、無事を確認した(一般の方)。
- ・高層階でとても大きな揺れに見舞われ、機材が破損した。「長周期地震動に関する情報」で都内の高層ビルではいずれも同じような揺れであったことが分かり、緊急的な業務の代行が都内の他営業所では難しいと判断し、直ぐに揺れの小さな名古屋支社へ依頼した。2時間後、都内の営業所の無事が分かり、名古屋支社の代行を中止した(テナント従業員)。
- ・タ方の地震で、震度は最大で4だったが、「長周期地震動に関する情報」では管内の特に30階以上のビルが大きく揺れたことがわかり、社会福祉協議会と相談して高層マンション在住でデイサービス中の要介護者が施設に宿泊することもできるよう物資の手配を行った。(自治体職員)

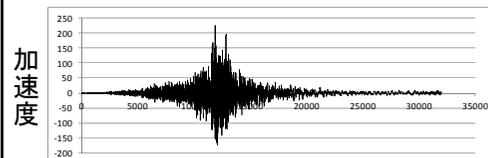
(検討用参考資料)長周期地震動に関するデータと利活用のイメージ(高度利用者)

地震データ

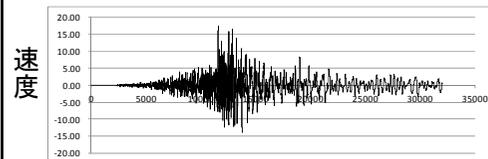


例:地震波形データ

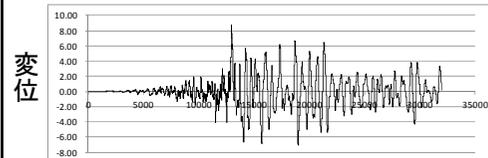
情報ニーズ:自ら分析して評価したい。



201103111446_xxxx_acc.dat



201103111446_xxxx_vel.dat

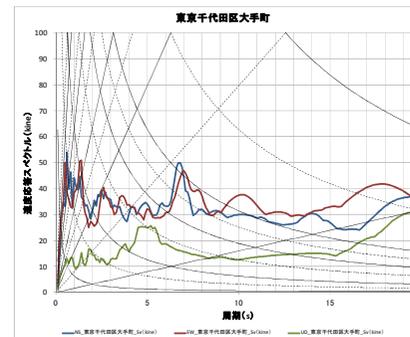


201103111446_xxxx_dsp.dat

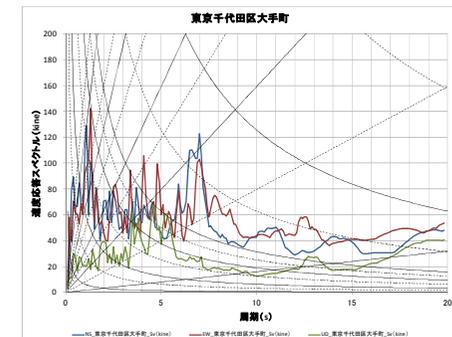
例:スペクトルに関するデータ

情報ニーズ:スロッシングの大きさなどを簡易評価したい

応答スペクトル(減衰率5%)



応答スペクトル(減衰率0.5%)



201103111446_xxxx_resp.dat

「長周期地震動に関するデータ」を活用した初動対応のイメージ(高度利用者)

- ・マグニチュードの大きな地震だったため、各事業所の最寄りの気象庁観測点の速度応答スペクトルデータをダウンロードしてスロッシング高を推計し、スロッシング高の大きそうな事業所からの油送が停止した場合の代替案を検討した(石油事業者)。
- ・ゆったりとした大きな揺れを感じ、自社の地震計は未設置だったため、最寄りの気象庁観測点の波形データをダウンロードして建物モデルの解析を行い、構造躯体には被害が出ていないと考えられる、と担当ビルの管理会社へ連絡した(設計会社)
- ・地震発生時自宅にいたが、直ぐに応答スペクトルデータをWEBでみて、震度の小さい地域でも長周期の波が大きいことがわかり、対象地域の支社に点検要員の増員をするよう指示した(エレベータメンテナンス会社)