



「震源を特定せず策定する地震動」 対象地震の解明に挑む

- 2004年 北海道留萌支庁南部の地震による
強震動の要因解明 -

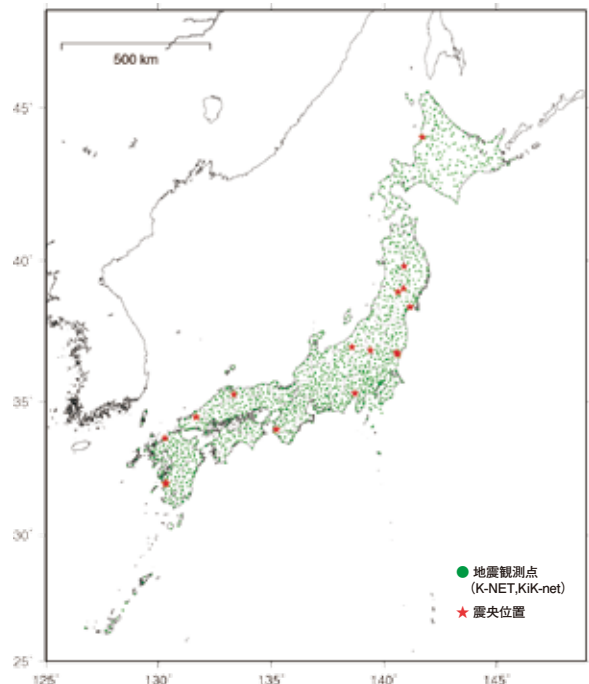


わが国では、甚大な被害を引き起こした1995年兵庫県南部地震(阪神大震災)以降、全国に高密度の地震観測網が整備されました。その結果、これまで観測することが難しかった震源ごく近傍の地震観測記録が得られるようになり、地震規模(マグニチュード)が中規模の地震でも、局所的に大きな揺れをもたらしていることが分かってきました。

このため電力中央研究所では、国内最大の観測網を展開する国立研究開発法人防災科学技術研究所との共同研究により、局所的に大きな揺れが確認された地震観測点の地盤構造を詳細に調査することで、震源ごく近傍で記録された強震動の要因を解明し、予測に役立てる研究を進めています。

中規模でも大きな揺れの地震は過去に断層が認められていない場所で発生することもあり、震源と活断層を関連づけることが困難なものとして、原子力規制委員会による原子力発電所の新規制基準において、基準地震動評価に用いる「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震とされています。

今回対象とした2004年北海道留萌支庁南部の地震もその一つであり、当研究所の詳細な調査・分析に基づく強震動要因の解明、またその結果推計された岩盤レベルでの地震動は、原子力発電所の基準地震動の策定にも活かされています。



防災科学技術研究所により全国展開された地震観測点(K-NET, KiK-net)と「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象地震の震央位置

2004年留萌地震の特徴と観測点の調査

2004年北海道留萌支庁南部地震の特徴

2004年12月14日午後2時56分頃に発生した北海道留萌支庁南部の地震(2004年留萌地震)は、マグニチュード(Mw) 5.7、震源深さ9kmの中規模地震でした。この地震で、震央から約9km離れた地表にある防災科学技術研究所のK-NET港町観測点(HKD020)(図-1)では、最大加速度1,127ガルという非常に大きな加速度の地震動が記録されました。この最大加速度は、過去に観測された地震をもとに、地震規模と断層からの距離から推定する距離減衰式で算出された平均的な最大加速度に照らしても非常に大きく、ほかの観測点に比べても特異な揺れでした(図-2)。このため、当研究所では本観測点のボーリング調査や物理探査、地震動のシミュレーション評価を順次行い、その要因を調べました。



図-1 K-NET港町観測点(HKD020)

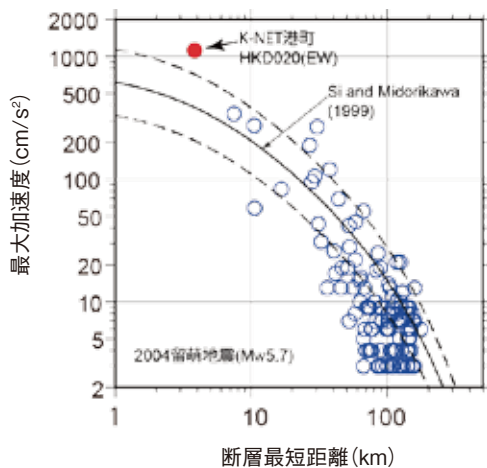


図-2 観測点(HKD020)で記録された最大加速度と既往の距離減衰式の比較
(実線は平均、破線は平均±標準偏差、プロットは観測値)

観測点の詳細な調査

本観測点で大加速度が観測された要因については、以前より、震源域に近いことに加え、地下の断層破壊が観測点の方向に進展した「指向性効果」とよばれる破壊過程による影響であることが指摘されていました。一方で、この地点固有の地盤による影響については情報が十分ではなかったため、わかっていませんでした。

そこで当研究所では、本観測点でボーリングを実施して現地の地盤試料を採取し、地盤の硬さや変形のしやすさを調べました(図-3、4)。その結果、地表から5mの部分に軟弱な地盤が存在し、その下の岩盤層は当初の想定よりも軟らかいことがわかりました。



図-3 観測点(HKD020)でのボーリングの様子

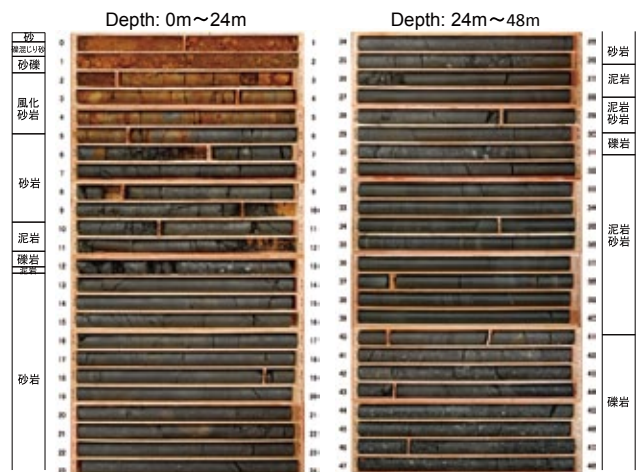


図-4 観測点(HKD020)のボーリングコア

地表から5mの部分(茶褐色)に軟弱な地盤が存在。その下の岩盤層はひび割れが多く軟らかい。

2

地下構造を把握し揺れの増幅メカニズムを解明

地下構造の把握と観測点固有の揺れの評価

観測点固有の局所的な揺れは、多くの場合、基盤層^{※1}より浅い地盤での増幅効果が主要因となります。そのため、基盤層がどの程度の深さに存在するのかが、観測点固有の影響を調べるために重要です。そこで、本観測点における基盤層の深さを詳細に調べるため、先のボーリング孔を用いて物理探査を実施し、地震波が地下を伝播する速度の分布を調べました。

その結果、深さ41m付近でP波速度(Vp)2000m/s以上、S波速度(Vs)700m/s以上になる硬い基盤層に到達することが分かりました(図-5)。この結果は、本観測点で従来想定されていた7mよりかなり深いものでした。

さらに、これらの調査結果に基づき、本観測点の地盤による固有の揺れ(サイト特性)の影響を数値シミュレーションによって評価しました。その結果、基盤層での地震波に対して、基盤層より上層部では約13Hz以下の周期の揺れが増幅され、それが地表の観測記録に作用していることを明らかにしました(図-6)。

※1「基盤層」: 地表からの波が反射されるような堅い地盤で、構造物の設計や地震動設定の基礎となる

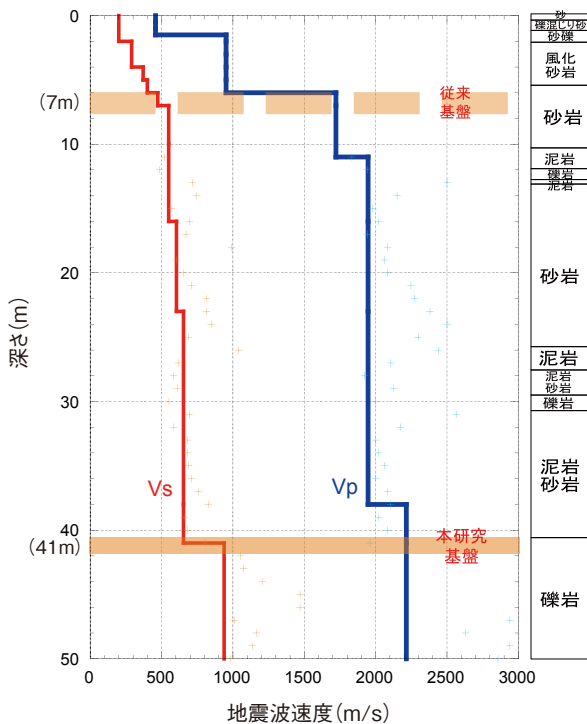


図-5 調査に基づく観測点(HKD020)の地盤モデル(速度構造)

基盤地震動の推計

本観測点では、基盤層より上層が軟弱であるということこの地点固有のサイト特性が大加速度に強く影響していたことから、基盤層より上層部の影響を取り去り、深さ41mの基盤層での地震動を推計しました。その結果、最大加速度は、地表の1,127ガルに対して約1/2の585ガルとなりました。

一方、最大速度は地表の約74cm/sに対して約4/5の62cm/sとなり、これまでの指摘の通り、指向性効果をもたらした震源の破壊過程の影響が大きかったことが示されました(図-7)。

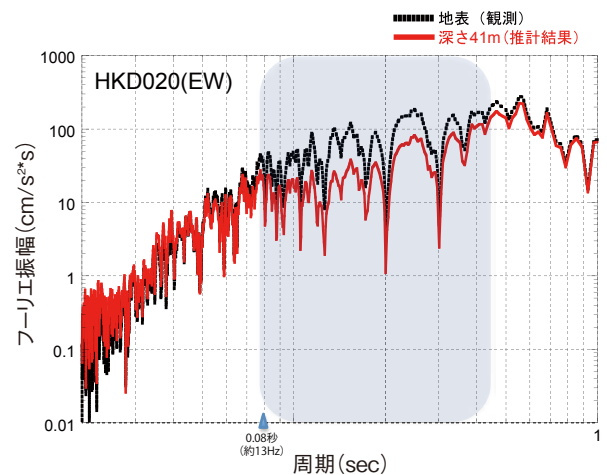


図-6 観測点(HKD020)におけるサイト特性

周期0.08秒以上(約13Hz以下)の地震波の振幅は、地表記録の方が推計された基盤地震動よりも大きくなっている。これは、基盤層より浅い部分の地盤が地表記録に影響したことを意味し、観測点固有の影響(サイト特性)を表している。

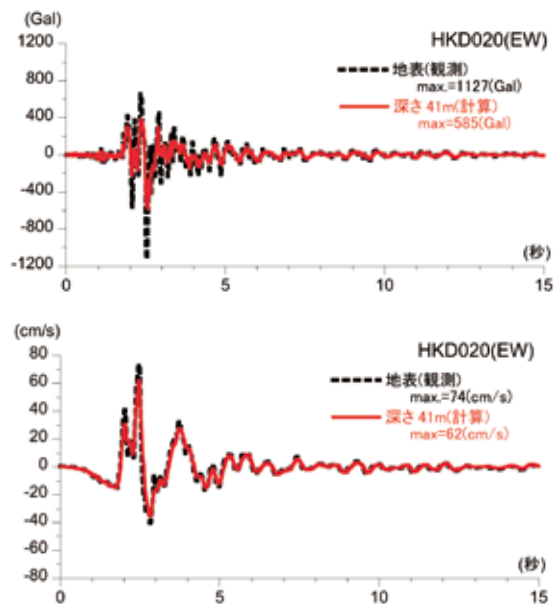


図-7 当所で推計した基盤層での地震動(上:加速度、下:速度)

科学的知見を基に社会に貢献

今後の展開

中規模地震でも震源近傍で局所的に大きな揺れが発生するメカニズムについては、地震や場所ごとに異なる要因が考えられます。また、2004年留萌地震のように、大加速度の地震動が記録されたにもかかわらず、近傍の建築物等に目立った被害が出ていない場合もあります。したがって、揺れの要因だけでなく、地震のどのような特徴が構造物被害に影響を及ぼすのかを明らかにすることも、電力施設をはじめ各種構造物の耐震設計を行うためには重要な課題です。

今後は引き続き、国内において大加速度を記録した地震(表-1)の要因について詳細な調査・分析を行うとともに、実際の構造物被害に及ぼす要因の抽出も視野に入れ、未解明な部分を明らかにしていきます。

表-1 新規制基準で「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象となる地震の例

地震名	発生日時	Mw
2008年岩手・宮城内陸地震	2008/6/14 8:43	6.9
2000年鳥取県西部地震	2000/10/6 13:30	6.6
2011年長野県北部地震	2011/3/12 3:59	6.2
1997年3月鹿児島県北西部地震	1997/3/26 17:31	6.1
2003年宮城県北部地震	2003/7/26 7:13	6.1
1996年宮城県北部(鬼首)地震	1996/8/11 3:12	6
1997年5月鹿児島県北西部地震	1997/5/13 14:38	6
1998年岩手県内陸北部地震	1998/9/3 16:58	5.9
2011年静岡県東部地震	2011/3/15 22:31	5.9
1997年山口県北部地震	1997/6/25 18:50	5.8
2011年茨城県北部地震	2011/3/19 18:56	5.8
2013年栃木県北部地震	2013/02/25 16:23	5.8
2004年北海道留萌支庁南部地震	2004/12/14 14:56	5.7
2005年福岡県西方沖地震の最大余震	2005/4/20 6:11	5.4
2012年茨城県北部地震	2012/3/10 2:25	5.2
2011年和歌山県北部地震	2011/7/5 19:18	5

新規制基準の適合性審査での引用

今回対象とした2004年留萌地震は、原子力発電所の新規制基準において、全国どこでも起こりうる「震源を特定せず策定する地震動」の検討対象の地震の一つに挙げられました(表-1)。対象となったK-NET港町地点(HKD020)については、本研究による詳細な調査・分析による基盤層での推計地震動が引用され、旧指針の「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルとの比較から、旧指針を部分的に超過することが分かりました(図-9)。そのため、新規制基準の適合性審査において「震源を特定せず策定する地震動」として、当所の解析結果が参考にされています。

当研究所では、これからも地震・地震動の科学的探究を継続し、電気事業や社会に役立てていきます。

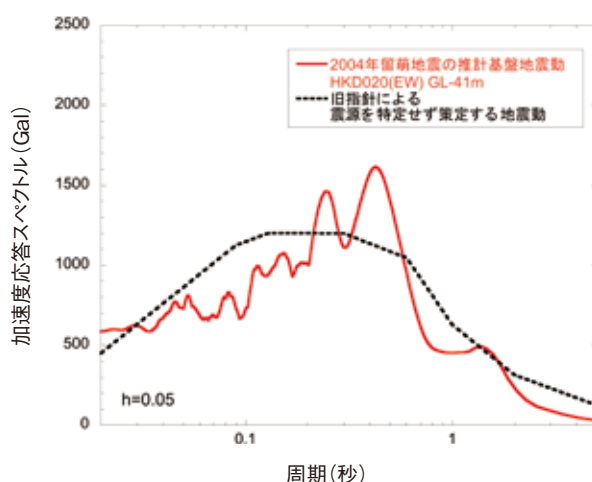


図-9 観測点(HKD020)の推計基盤地震動と旧指針の「震源を特定せず策定する地震動」の加速度応答スペクトルの比較

ひとこと

地震による大きな揺れの要因を個々に明らかにしていくことは、将来の大地震での揺れの予測に大いに役立つと考えています。研究を通して、電気事業や社会に貢献することが当研究所の使命であり、我々の大きなモチベーションにもなっています。今後も引き続き、現地調査や記録の分析などを通して、新たな知見を当研究所から発信していきたいと考えております。

地球工学研究所 上席研究員 佐藤 浩章



| 関連する研究報告書 |

N13007 「物理探査・室内試験に基づく2004年留萌支庁南部の地震によるK-NET港町観測点(HKD020)の基盤地震動とサイト特性評価」

報告書は当所ホームページよりダウンロードできます