

地震動・地盤震動

港湾空港技術研究所 野津厚

謝辞: 防災科学技術研究所、熊本県、気象庁、大阪大学秦先生による強震記録を利用しています。記して謝意を表します。

1

地震動に関する基本情報

4/14 前震 (M6.5) 震度7は1箇所 (益城町宮園)
4/16 本震 (M7.3) 震度7は2箇所 (益城町宮園, 西原村小森)

震度6弱以上の地震は7回発生

余震が多い (震度1以上を観測する地震は2047回発生 (8/31 21:00現在))
(気象庁報道発表資料
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1608/31a/kaisetsu201608312145.pdf>)

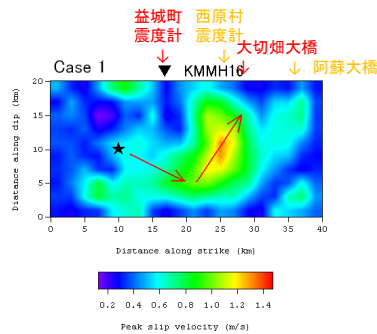
基本的には右横ずれ断層でそれに正断層成分が混じっている
(地震調査研究推進本部 地震調査委員会
http://www.static.jishin.go.jp/resource/monthly/2016/2016_kumamoto_3.pdf)

地表地震断層が表れた

前震 (M6.5) は益城町付近の断層が局所的に壊れた
本震 (M7.3) は北東方向に大きく破壊が進展した

2

本日: 主に震源近傍で観測された地震動について
・益城町
・西原村



波形インバージョン結果 (野津, 2016)
http://www.pari.go.jp/bsh/jbn-kzo/jbn-bst/taisin/research_jpn/research_jpn_2016/jr_47.html

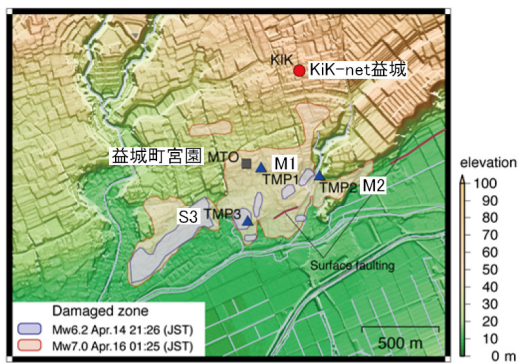
3

益城町の記録

—主に周期1sの成分の成因について—

4

観測点位置 (Hata et al, 2016, Seismological Research Letters) に加筆

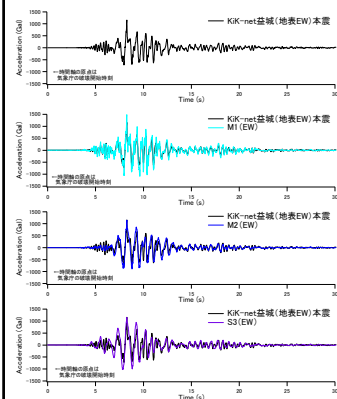


益城町宮園: 益城町役場の観測点 (自治体震度計)
M1, M2, S3: 大阪大学秦先生の観測点

→被害集中域での本震観測記録であり極めて重要性が高い

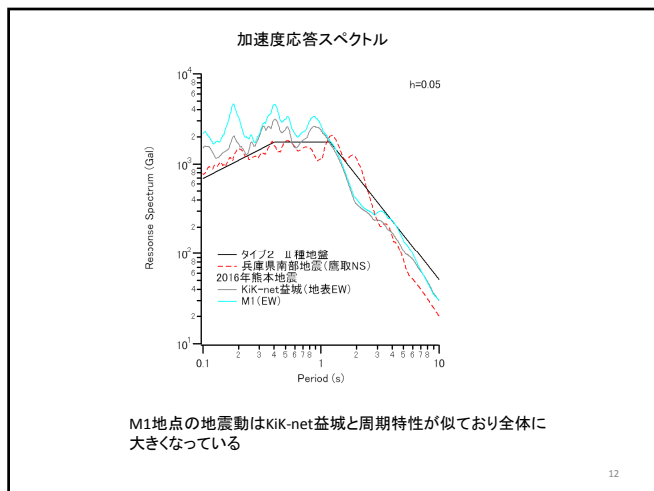
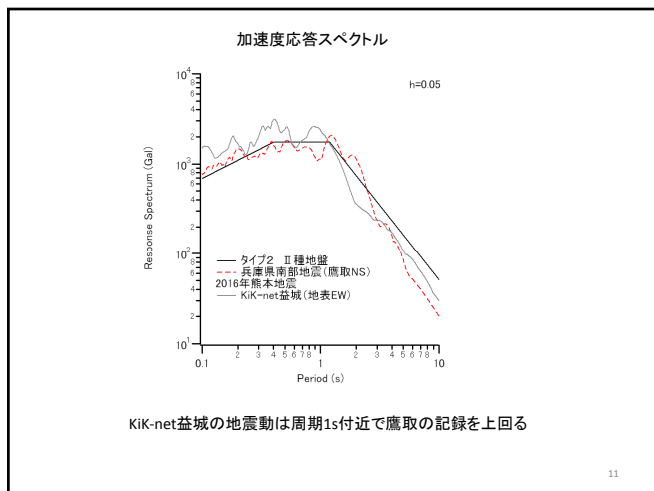
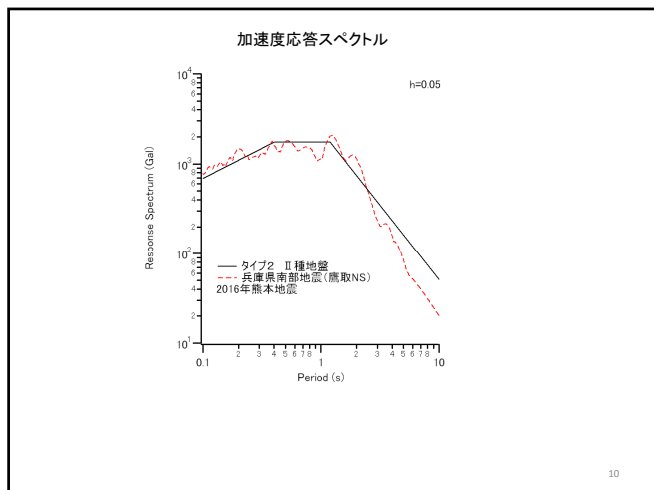
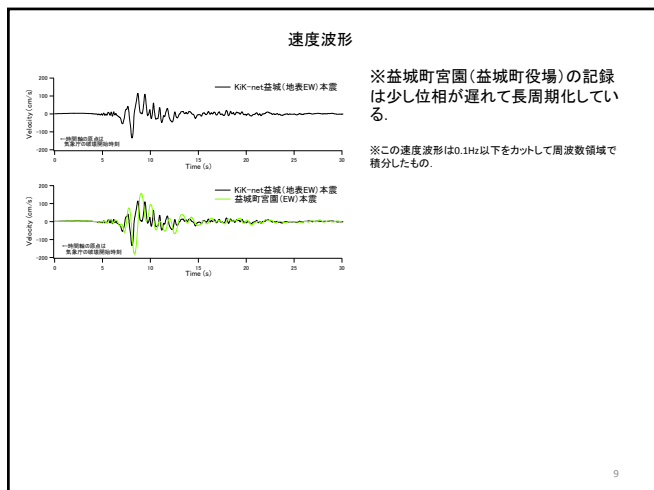
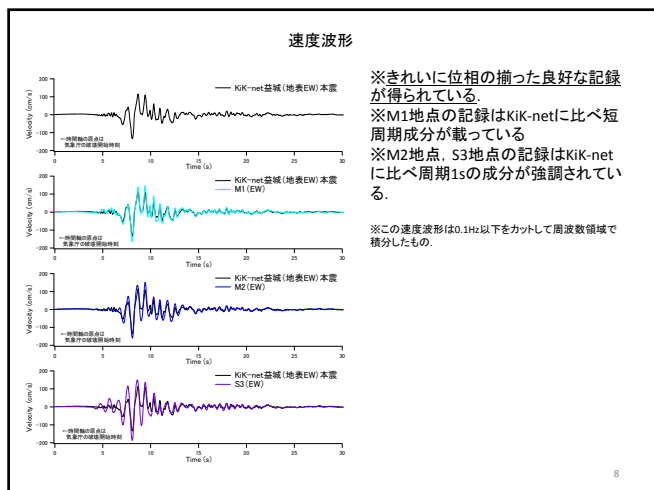
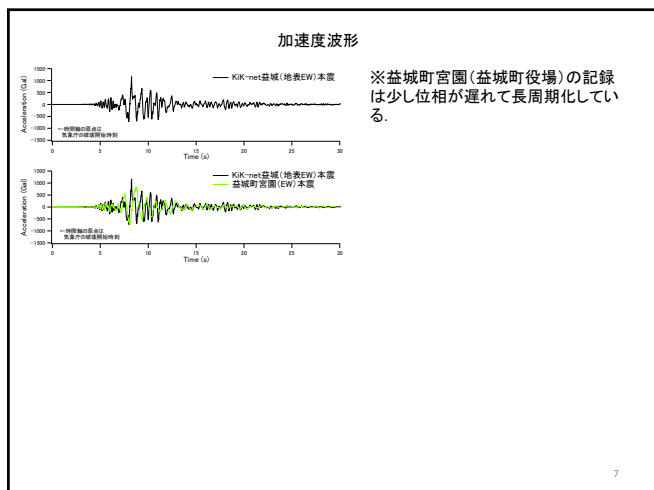
5

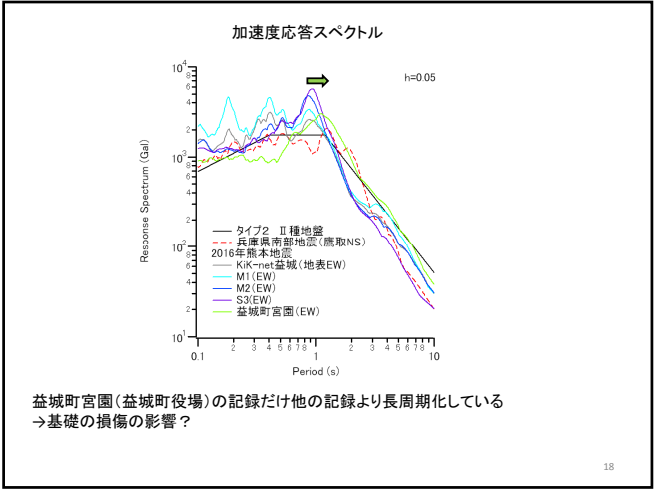
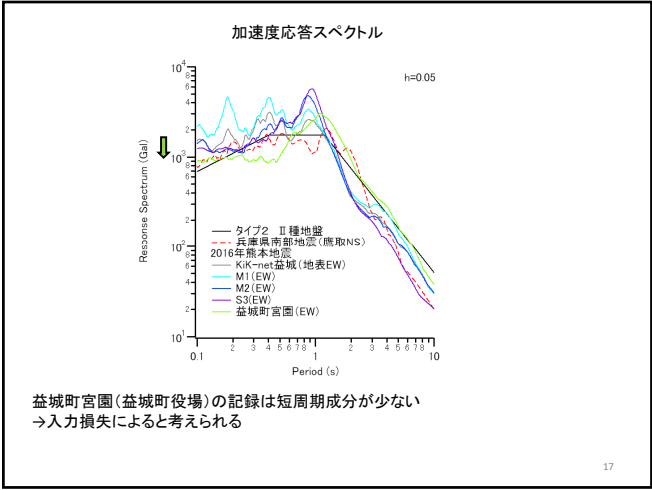
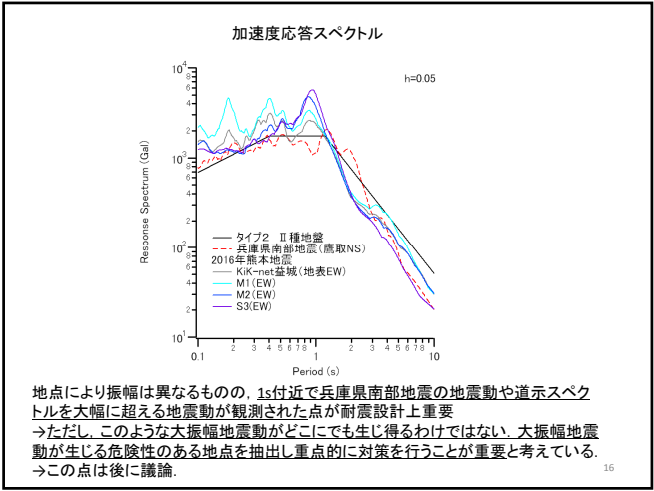
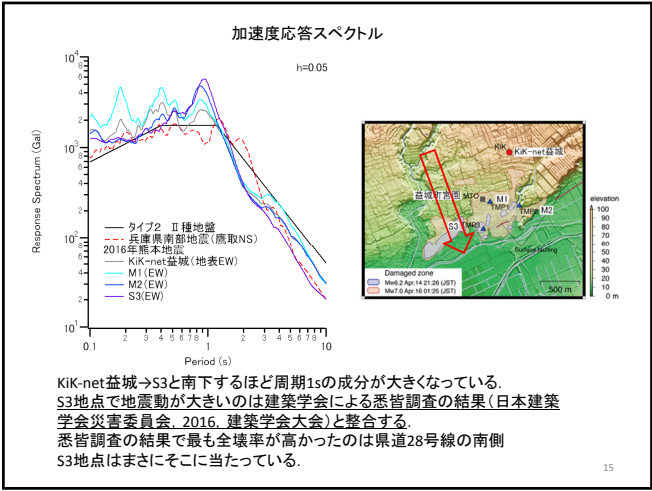
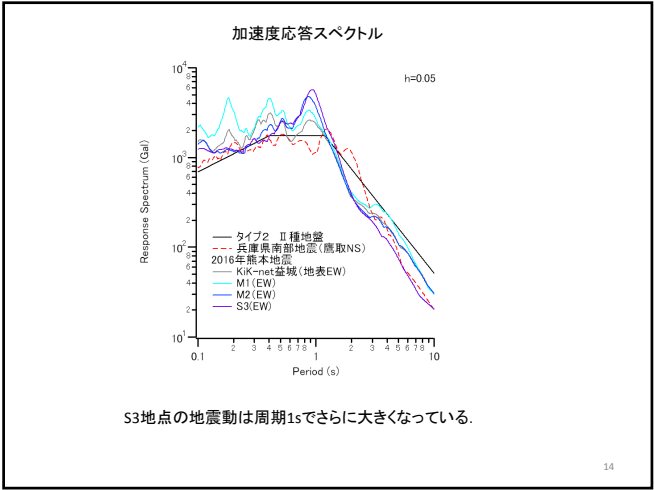
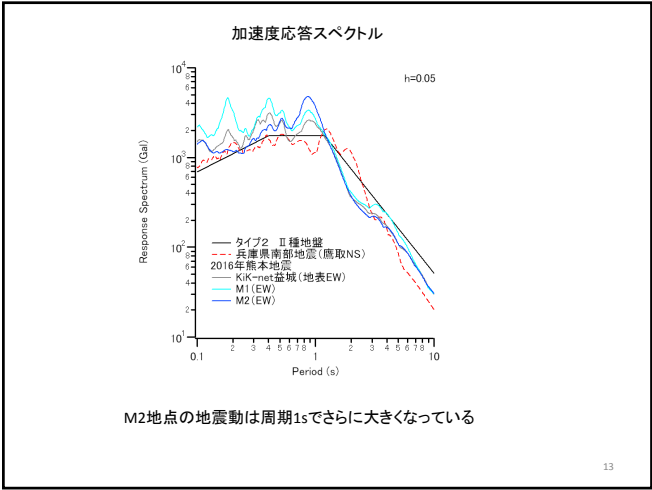
加速度波形



※きれいに位相の揃った良好な記録が得られている。
※M1地点の記録はKIK-netに比べ短周期成分が載っている
※M2地点, S3地点の記録はKIK-netに比べ周期1sの成分が強調されている。

6

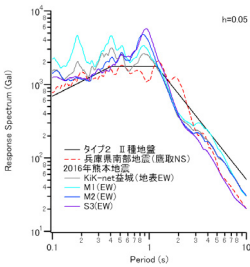




益城町での周期1秒の成因

19

益城町での周期1秒の成因



	震源特性	サイト特性
KiK-net益城	○	×
S3地点	○	○

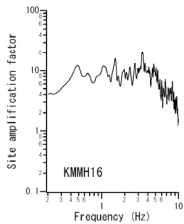
20

益城町での周期1秒の成因

	震源特性	サイト特性
KiK-net益城	○	×
S3地点	○	○

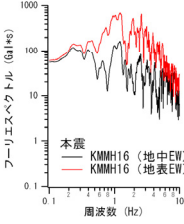
KiK-net益城での周期1秒の成因がサイト特性でない理由

(理由1)



KMMH16での経験的サイト増幅特性には周期1sにピークはない

(理由2)



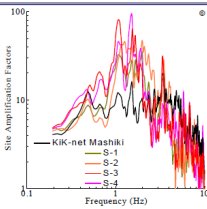
本震時に周期1sの成分は地中でも観測されている

21

益城町での周期1秒の成因

	震源特性	サイト特性
KiK-net益城	○	×
S3地点	○	○

サイト増幅特性の比較【南側4地点】



(秦, 2016, 土木学会速報会)
<http://committees.jsce.or.jp/eec2/node/76>

一方、S3地点では周期1s付近にサイト増幅特性のピークがあったことが明らかにされている。

S3地点では震源特性とサイト特性の双方に周期1sを大きくする要因があり、それにより周期1sの大振幅地震動が生じたと考えられる。

22

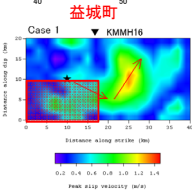
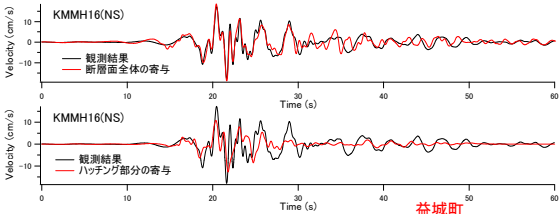
周期1秒の成分がどこから来たか

→いくつかの理由があり断層面の深部から来たと考えられる。

23

周期1秒の成分は断層面の深部から来た

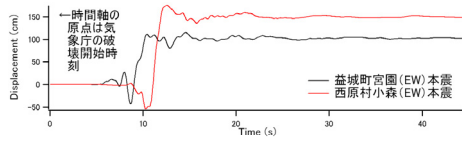
(理由1) インバージョン結果によると図のハッチング部分の寄与でほぼ益城の波形(ただし周期5秒以下の成分)が説明できている



24

周期1秒の成分は断層面の深部から来た

(理由2) 周期1秒の成分は益城町の極近傍のローカルな断層運動が始まるより前に到来している

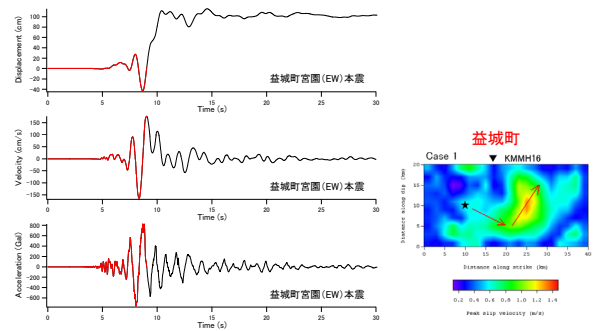


※西原村よりも益城町の方が2秒ほど早く残留変位が始まっている
→断層が西から東へ向かって壊れたことを反映している
→すべり量は益城町の直下よりも西原村の直下の方が大きかったが、西原村直下のすべりの影響で益城町の残留変位が出ているのでは無さそう。
→残留変位は、アスペリティではなく、対象地点極近傍でのすべりに支配されているようだ。
→これは、近地項・中間項が r^2 に反比例して急速に減衰するためと考えられる。
(Aki and Richards, 2002)
(実は中間項だけでなく近地項も $\propto 1/r^2$)

25

周期1秒の成分は断層面の深部から来た

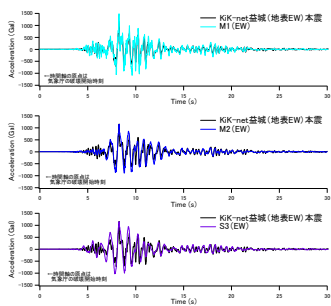
(理由2) 周期1秒の成分は益城町の極近傍のローカルな断層運動が始まるより前に到来している



26

周期1秒の成分は断層面の深部から来た

(理由3) M1, M2, S3とKiK-net位相が揃っている



※M1, M2, S3とKiK-netでは地表地震断層からの距離は異なるにも関わらず、位相が揃っている。益城町に大振幅地震動をもたらした地震波は基本的には断層面の深部から来ていると考えられる。

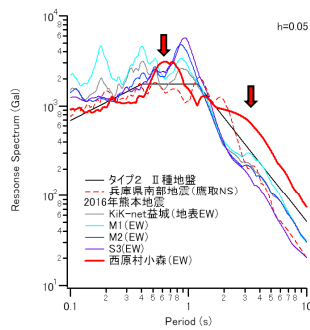
27

西原村小森の記録

→主にローカルな断層運動の影響(Fling Step)について→

28

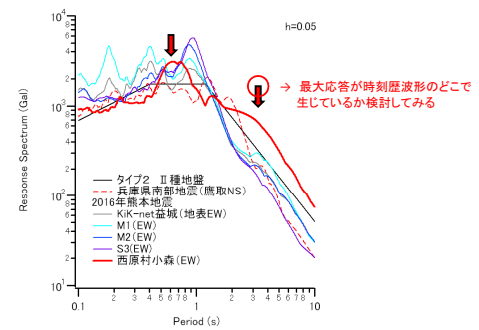
加速度応答スペクトル



西原村小森の記録は周期0.5-0.8s付近と周期2s以上で鹿取の記録を上回っている。
→周期の長い建造物の耐震設計を考える上で重要な記録
→ローカルな断層運動の影響あり

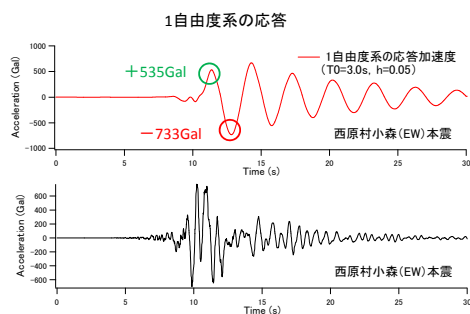
29

加速度応答スペクトル



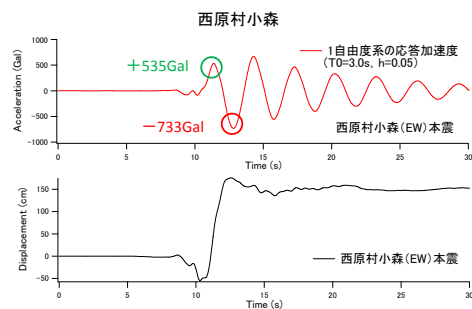
西原村小森の記録は周期0.5-0.8s付近と周期2s以上で鹿取の記録を上回っている。
→周期の長い建造物の耐震設計を考える上で重要な記録
→ローカルな断層運動の影響あり

30



※図の○のところで固有周期3.0sの1自由度系の応答が最大となっている
(加速度波形で振幅の大きい部分には対応していない)

31



※図の○は観測点極近傍のローカルな断層運動の開始に、○は停止に対応している。固有周期の長い構造物にとって、断層運動の停止が最も厳しいようである。
※多くの場合、断層面上のすべり速度時間関数は、中村・宮武など、すべりはじめが急激で停止がゆるやかなものが用いられているが、それにより上記の結果を十分に説明できるか検討を要する。

32

議論とまとめ

33

議論

今回益城町のS3地点などで観測された地震動は既往の設計地震動を大きく上回るものである。しかし全国どこでもS3地点のような大きな地震動が生じるわけではない。全国どこでもS3地点のような大きな地震動で設計することは不合理である。

S3地点では震源特性とサイト特性の双方に周期1sを大きくする要因があり、それにより周期1sの大振幅地震動が生じたと考えられる。

このうち震源特性は不明確であり予測が難しい。しかし、サイト特性は基本的にはきちんとした調査をすればわかるものである。

サイト特性の大きい危険箇所を抽出し重点的に対策を行うことが最も効果的な地震対策である。

	現状認識	ではどうすれば...	筆者の見解	理由
jpGU熊本地震セッションで出た意見	全国どこでも同じような対策をすることは不合理である。だから...	活断層の近くで重点的に対策をすべき	×	活断層の無いところでもこれまで大地震は起こってきている 今回の前震のようにM6.5でも震度7になりうる
野津	同上	サイト特性の大きいところで重点的に対策をすべき	○	

34

まとめ

◎益城町では1s付近で兵庫県南部地震の地震動や道央スペクトルを大幅に超える地震動が観測された。ただし、このような大振幅地震動がどこにでも生じ得るわけではない。大振幅地震動が生じる危険性のある地点を抽出し重点的に対策を行うことが重要と考えます。

◎西原村小森の記録は周期2s以上で鷹取の記録を上回っている。断層運動の停止に関連していると考えられる。

◎大切畑大橋や阿蘇大橋はアスベリティのフォワード側に位置しており、その影響で大振幅地震動を受けた可能性がある。

35