

新潟県平野部の地盤データベースの構築と 新潟県中越地震の地震動特性の面的評価

福島康宏¹・石田栄介²・細倉摂央³・磯山龍二⁴・中山渉⁵・山崎文雄⁶

¹日本技術開発株式会社 パブリックマネジメント事業部 構造耐震・保全部
(〒164- 8601東京都中野区本町5-33-11)

E-mail: fukusimaya@jecc.co.jp

²日本技術開発株式会社 パブリックマネジメント事業部 ライフライン耐震・保全部
(〒164- 8601東京都中野区本町5-33-11)

E-mail: ishidae@jecc.co.jp

³日本技術開発株式会社 パブリックマネジメント事業部 地盤防災部
(〒164- 8601東京都中野区本町5-33-11)

E-mail: hosokurase@jecc.co.jp

⁴日本技術開発株式会社 執行役員 (〒164- 8601東京都中野区本町5-33-11)

E-mail: isoyama@jecc.co.jp

⁵東京ガス株式会社 首都圏西導管事業部 計画推進部 (〒160-0023 東京都新宿区西新宿3-7-30)

E-mail: wataru@tokyo-gas.co.jp

⁶千葉大学工学部 教授 (〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33工学系総合研究棟4F)

E-mail: yamazaki@tu.chiba-u.ac.jp

2004年新潟県中越地震における被災地域の地盤情報、地形情報を収集し、地盤データベースを構築した。ボーリング地点について表層地盤の地震動増幅特性の評価を行い、これを補間することにより増幅特性の面的な評価を行った。この面的な増幅特性分布を考慮して中越地震の観測地点地震動を補間することにより、面的な地表面地震動分布を作成した。また、地形情報と地盤情報を基に地層断面図を作成し、地震動分布と地層断面図の両面から、地域の揺れの激しさの違いや被害程度の違いについて考察を行った。

Key Words : The Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004, Amplification factor of shallow soil deposits, Mean shear wave velocity, Spectral Intensity

1. はじめに

2004年(平成16年)新潟県中越地震において、震源域では大きな地震動が観測され、都市ガスでは、見附市、北陸ガス長岡(Dブロック)、旧越路町、小千谷市、川口町、旧堀之内町の6事業者で供給停止となった¹⁾。この地震では、ガス事業者以外にも、震源近傍で多数の強震記録が各機関によって得られている^{2)~6)}。

本検討では、地震動と導管被害との関係の分析に資する目的で、被災地域における地盤データベースを構築し、これに基づき表層地盤の地震動増幅特性の面的評価を行う。また、この地震動増幅特性を考慮して強震観測記録を補間することにより、地表面での面的な地震動分布を作成する。さらに、地盤断面図を作成し、推定された地震動分布と比較、考察を行う。

2. 地盤データベースの構築

表層地盤での地震動の増幅特性を評価するため、被災地域周辺でのボーリング資料を収集し、紙資料のものはデジタル整備を行った。収集・整備したボーリングデータは以下の通りで、全部で746本である。

- ・「新潟県平野部の地盤図集」⁷⁾記載のボーリング柱状図 : 726本
- ・震源域周辺の都市ガス事業者から提供を受けたボーリング柱状図 : 14本
- ・防災科研K-NET²⁾強震観測点のボーリング柱状図 : 6本

これらのボーリングデータ地点の分布を図1に示す。「新潟県平野部の地盤図集」記載のボーリングは上越新幹線や関越自動車道建設時に実施されたものが多い。また、これらのボーリングデータから個々の地点の特性を評価し、色分け表示等による

地点分布図を作成することにより、地域の面的な特性を把握することが可能となる。一例として、図2に孔内水位分布図を示す。図2より、被災地域が全体的に地下水位の浅い地域であることが分かり、液状化しやすい地域である可能性を示唆している。

3. 表層地盤の地震動増幅特性と面的地震動分布の作成

新潟県中越地震本震での面的地震動分布の推定は、丸山ら⁸⁾によってなされているが、これは、観測地震動と国土数値情報(1kmメッシュ)の地形・地質分類からKriging法により補間するものである。

本検討では、さらに詳細な地震動分布を把握するため、収集・整備したボーリングデータを用いてボーリング地点の地盤増幅度(SI値増幅度)を計算し、50mメッシュ増幅度への補間を行った上で、この増幅度と観測地震動(SI値)とを組み合わせ、50mメッシュ地表面地震動分布(SI値分布)を作成する。

ボーリング地点のSI値増幅度は、田村ら⁹⁾による下式を用いる。

$$\log(\alpha_{SI}) = -0.785 \cdot \log(AVS(20)) + 2.18 \quad (1)$$

ここで、 α_{SI} はS波速度600(m/s)相当の工学基盤に対するSI値増幅度、 $AVS(20)$ は表層20mの平均S波速度(m/s)を示す。平均値計算には走時(総層厚20mを波動伝達所要総時間で除す方法)を用いている。

$$AVS(20) = \frac{\sum_j H_j}{\sum_j \frac{H_j}{V_{sj}}} = \frac{20}{\sum_j \frac{H_j}{V_{sj}}} \quad (2)$$

(j はボーリングの層番号)

なお、大半のボーリングデータは、標準貫入試験結果のみであるため、各層のS波速度 V_{sj} (m/s)は、各層の平均N値 N_j と土質種別とから道路橋示方書¹⁰⁾の方法により計算している。

$$V_{sj} = 100 \cdot N_j^{1/3} \quad (\text{粘性土}) \quad (3)$$

$$V_{sj} = 80 \cdot N_j^{1/3} \quad (\text{砂質土}) \quad (4)$$

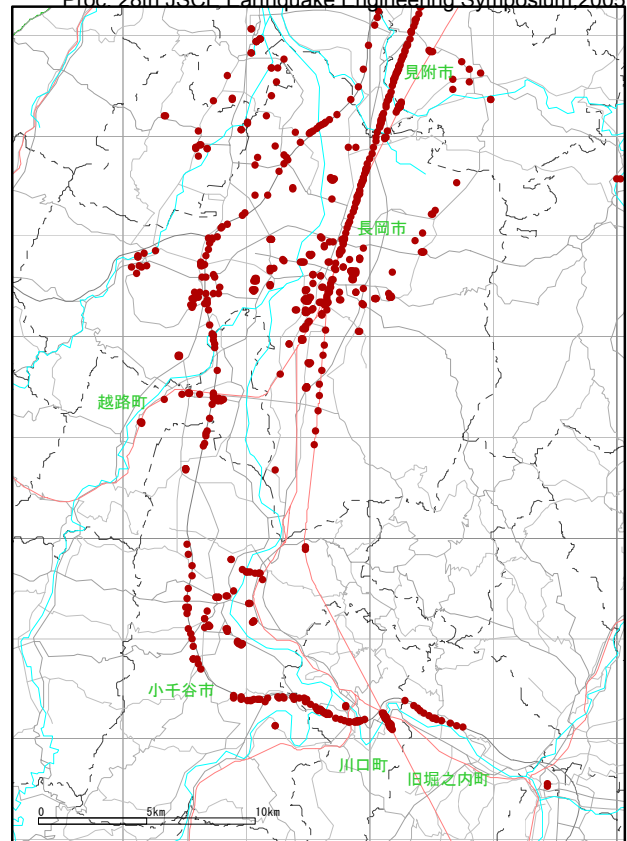


図1 ガス供給停止地区周辺のボーリング位置

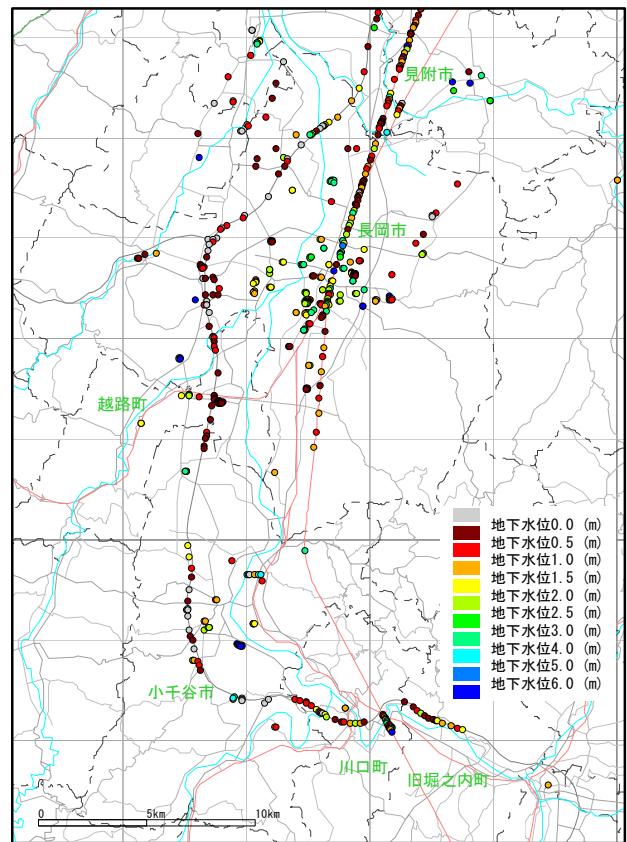


図2 ガス供給停止地区周辺のボーリングの孔内水位

50mメッシュSI値増幅度分布は、式(1)により計算された各ボーリング地点のSI値増幅度を用いて、補間計算を行うことにより作成している。補間計算には、距離の2乗分の1の重み付き平均を用いた。地表面SI値分布は、各強震観測点の地表面SI値を上記のSI値増幅度分布の該当地点におけるSI値増幅度で割戻して基盤SI値を計算し、この基盤SI値を補間して50mメッシュ基盤SI値分布を作成し、これとSI値増幅度分布を乗ずることにより作成した(図3)。

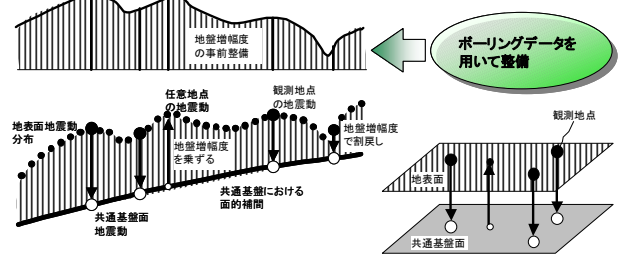


図3 地震動の補間推定のイメージ

表1 補間推定に用いた強震観測点での観測値一覧

観測点 [観測機関]	経度 [deg]	緯度 [deg]	PGA [gal]	SI [kine]	計測 震度
倭久町[北陸ガス]	138.8830	37.4340	1142	87	—
長岡支社[北陸ガス]	138.8549	37.4561	409	47	—
蔵王工場[北陸ガス]	138.8557	37.4737	433	42	—
西長岡工場[北陸ガス]	138.8245	37.4451	321	44	—
青葉台[北陸ガス]	138.7558	37.4399	680	39	—
見附市ガス上下水道局	138.9174	37.5192	522	79	—
越路町管ガス	138.7887	37.3927	552	77	—
小千谷市管ガス	138.8062	37.3127	682	80	—
堀之内町管ガス	138.9362	37.2409	—	52	—
小出町管ガス	138.9652	37.2316	475	39	—
三島供給所[三島町・与板町管ガス]	138.7883	37.4916	329	31	—
与板供給所[三島町・与板町管ガス]	138.8315	37.5315	248	34	—
藤井供給所[柏崎市管ガス]	138.5983	37.3693	—	43	—
鏡町供給所[柏崎市管ガス]	138.5610	37.3631	—	23	—
栄町ガス	138.9335	37.5703	211	33	—
柳屋市管ガス	139.0000	37.4822	—	30.8	—
岩谷口[k-net]	138.4369	38.2555	51.3	2.8	3.33
南津[k-net]	138.4430	38.0716	42.3	3.9	3.42
佐和田[k-net]	138.3258	37.9947	88.9	5.1	3.85
松ヶ崎[k-net]	138.5013	37.9175	35.7	1.9	3.05
寒川[k-net]	139.4994	38.4472	71.0	4.3	3.80
村上[k-net]	139.4897	38.2272	41.8	2.2	3.16
中条[k-net]	139.4088	38.0500	60.0	2.7	3.34
新発田[k-net]	139.3408	37.9477	34.0	2.9	3.22
新潟[k-net]	139.0140	37.9116	104.1	7.9	4.11
新津[k-net]	139.1475	37.7983	62.5	6.5	3.87
鹿瀬[k-net]	139.4805	37.6833	315.3	18.9	4.93
巻[k-net]	138.8866	37.7608	135.7	15.2	4.54
三条[k-net]	138.9591	37.6380	122.2	20.1	4.83
村松[k-net]	139.1919	37.6905	83.0	4.8	3.74
寺泊[k-net]	138.7708	37.6391	104.6	8.6	4.19
長岡[k-net]	138.8463	37.4386	543.9	42.7	5.51
柏崎[k-net]	138.5611	37.3694	149.0	31.8	4.93
小千谷[k-net]	138.7930	37.3027	1501.9	166.0	6.73
小出[k-net]	138.9652	37.2302	639.5	47.8	5.55
十日町[k-net]	138.7500	37.1250	1750.2	76.0	6.20
塩沢[k-net]	138.8494	37.0333	363.6	27.0	5.12
津南[k-net]	138.6561	37.0116	427.9	40.3	5.03
安塚[k-net]	138.4472	37.1238	274.6	16.8	4.96
直江津[k-net]	138.2266	37.1577	220.2	24.5	5.22
新井[k-net]	138.2538	37.0197	80.8	5.2	3.98
糸魚川[k-net]	137.8655	37.0205	67.6	2.8	3.57
長岡支所[k-net]	138.8894	37.4231	920.9	90.7	6.11
長岡[kik-net]	138.8908	37.4242	840.7	94.2	6.14
朝日[kik-net]	139.5519	38.2769	41.2	3.7	3.55
荒川[kik-net]	139.4322	38.1297	35.5	2.6	3.18
関川[kik-net]	139.5461	38.1283	64.0	3.3	3.53
聖羅[kik-net]	139.2819	37.9731	122.4	6.3	3.97
加茂[kik-net]	139.0708	37.6497	460.1	39.1	5.65
村松[kik-net]	139.2642	37.6628	132.9	3.9	3.80
津川[kik-net]	139.4681	37.6678	158.2	10.8	4.32
下田[kik-net]	139.1311	37.5356	434.1	19.0	5.16
川西[kik-net]	138.7472	37.1697	616.0	55.0	5.67
牧[kik-net]	138.3997	37.0514	88.1	7.1	3.96
糸魚川[kik-net]	137.8511	36.9347	33.1	1.5	2.89
妙高高原[kik-net]	138.0997	36.8539	67.3	8.1	4.16
妙高[kik-net]	138.2625	36.9394	121.6	10.9	4.41
湯沢[kik-net]	138.7881	36.8083	76.7	4.6	3.68
長岡市幸町(気象庁)	138.8417	37.4333	438.7	38.1	5.49
小千谷市城内(気象庁)	138.7950	37.3100	1008.3	109.7	6.34
春町巻(気象庁)	138.8917	37.6917	99.7	15.3	4.50
六日町伊勢町(気象庁)	138.8783	37.0617	199.8	38.0	5.22
佐神村米沢(気象庁)	139.0167	37.2483	341.1	13.6	4.70
佐渡市相川三町目(気象庁)	138.2433	38.0267	66.0	3.9	3.82
新潟市幸西(気象庁)	139.0517	37.9100	98.9	7.5	4.19
上越市大手町(気象庁)	138.2500	37.1050	139.9	11.2	4.52
川口町川口*(新潟県)	138.8644	37.2675	1722.0	155.3	6.52
山古志村竹沢*(新潟県)	138.8931	37.3236	1131.9	125.3	6.36
新潟小国町法坂*(新潟県)	138.7122	37.3022	698.4	80.1	6.03
十日町市千歳町*(新潟県)	138.7586	37.1240	1337.9	60.8	5.93
柳屋市大町*(新潟県)	138.9953	37.4734	1063.9	39.6	5.51
新潟三島町上岩井*(新潟県)	138.7859	37.4910	367.9	37.4	5.54
堀之内町堀之内*(新潟県)	138.9274	37.2412	488.8	61.1	5.88
広神村今泉*(新潟県)	138.9799	37.2529	947.1	37.4	5.56
守門村須原*(新潟県)	139.1834	37.3145	845.7	45.0	5.72
入込瀬村六沢*(新潟県)	139.0747	37.3544	1246.3	30.4	5.50
新潟川西町水口沢*(新潟県)	138.7483	37.1711	824.0	55.0	5.70
新潟中里村田沢*(新潟県)	138.7022	37.0502	774.0	83.4	5.97
安塚町安塚*(新潟県)	138.4494	37.1248	321.0	22.9	5.30
松之山町松之山*(新潟県)	138.6106	37.0845	218.1	28.1	5.02
見附市昭和町*(新潟県)	138.9166	37.5284	232.4	40.2	5.35
中之島町中之島*(新潟県)	138.8807	37.5447	245.9	44.0	5.42
与板町与板*(新潟県)	138.8128	37.5380	404.8	28.3	5.33
和島村小島谷*(新潟県)	138.7753	37.5724	271.0	37.3	5.26
小出町小出谷*(新潟県)	138.9646	37.2276	377.9	35.5	5.21
塩沢町塩沢*(新潟県)	138.8508	37.0364	432.1	28.5	5.22
新潟大和町浦佐*(新潟県)	138.9288	37.1583	467.5	25.2	5.23
津南町下船渡*(新潟県)	138.6558	37.0112	492.3	44.2	5.17
上越市木田*(新潟県)	138.2393	37.1449	155.2	12.3	4.55
蒲川原村釜淵*(新潟県)	138.4314	37.1564	216.0	8.8	4.58
牧村柳島*(新潟県)	138.3862	37.0759	148.7	10.0	4.50
柿崎町柿崎*(新潟県)	138.3943	37.2736	136.8	14.2	4.58
頸城村百間町新田*(新潟県)	138.3335	37.1842	120.8	17.3	4.52
新潟吉川町原之町*(新潟県)	138.4081	37.2200	145.2	16.0	4.69
三和村井ノ口*(新潟県)	138.3491	37.1219	98.9	20.4	4.65
三条市西裏町*(新潟県)	138.9588	37.6382	191.7	21.3	4.91
加茂市幸町*(新潟県)	139.0431	37.6630	171.1	18.6	4.64
新潟栄町新堀*(新潟県)	138.9256	37.5852	154.0	24.2	4.95
出雲崎町川西*(新潟県)	138.7126	37.5277	200.0	15.2	4.78
湯之谷村大沢*(新潟県)	139.0117	37.2235	265.9	14.4	4.67
高柳町蘭野町*(新潟県)	138.6420	37.2211	222.4	14.0	4.71
西山町池浦*(新潟県)	138.6698	37.4539	230.4	20.7	4.93
燕市秋葉町*(新潟県)	138.9232	37.6556	148.6	19.7	4.74
弥彦村矢作*(新潟県)	138.8584	37.6880	212.6	24.0	4.82
分水町地蔵堂*(新潟県)	138.8429	37.6236	169.7	21.9	4.75
新潟吉田町日之出町*(新潟県)	138.8831	37.6830	138.0	16.9	4.49
月潟村月潟*(新潟県)	138.9949	37.7253	121.5	15.9	4.67
中之島村中之島*(新潟県)	138.9715	37.7144	77.8	22.4	4.70
湯沢IC[道路公社]	138.8295	36.9290	92.6	6.6	3.97
六日町IC[道路公社]	138.8793	37.0780	387.7	29.2	5.32
小出IC[道路公社]	138.9752	37.2132	512.9	51.8	5.84
越後川口IC[道路公社]	138.8400	37.2650	858.3	123.9	6.40
長岡IC[道路公社]	138.7939	37.4426	446.0	52.0	5.69
上越IC[道路公社]	138.2663	37.1455	72.0	11.9	4.21
柿崎IC[道路公社]	138.3945	37.2673	107.5	17.2	4.55
西山IC[道路公社]	138.6599	37.4396	404.8	20.8	5.18
中之島見附IC[道路公社]	138.8765	37.5269	459.7	61.4	5.82
三条IC[道路公社]	138.9452	37.6484	153.6	18.6	4.73
新潟IC[東日本]	138.8206	36.9222	163.3	9.1	4.40
新六日町[東日本]	138.8628	37.9444	328.2	21.0	4.96
新川口[東日本]	138.8819	37.2586	875.6	169.6	6.48
新長岡[東日本]	138.8481	37.4192	469.6	58.3	5.69
新押切[東日本]	138.8797	37.5147	247.5	35.5	5.20
新中之口[東日本]	138.9672	37.6972	129.9	19.7	4.70
直江津[東日本]	138.2417	37.1703	140.3	13.2	4.53
柏崎[東日本]	138.5564	37.3633	147.6	34.7	4.99
長岡[東日本]	138.8539	37.4472	587.3	40.0	5.42
十日町[東日本]	138.7569	37.1553	662	66.1	5.86
中ノ口川水門蒲原[国交省]	138.9219	37.6292	174	22	—
荒谷トンネル[国交省]	139.6386	38.0742	31	1	—
羽越工事事務所[国交省]	139.4533	38.1150	8	0	—
府屋第一トンネル[国交省]	139.5247	38.4975	30	2	—
糸魚川出張所[国交省]	137.8544	37.0417	39	2	—
十日町出張所[国交省]	138.7625	37.1383	873	135	—
高田工事事務所[国交省]	138.2481	37.0950	119	10	—
新潟国道工事事務所[国交省]	139.0722	37.9067	32	5	—
やすらぎ堤[国交省]	139.0433	37.9092	120	9	—
信濃川水門[国交省]	139.0167	37.8936	90	7	—
瀧瀬寺出張所[国交省]	139.1561	37.8208	9	0	—
新発田維持出張所[国交省]	139.3547	37.9561	42	4	—
大河津出張所[国交省]	138.8453	37.6069	149	58	—
飯高築橋[国交省]	137.7472	37.0053	15	1	—
妙高地先[国交省]	138.2100	36.9000	194	20	—
長岡[国交省]	138.8750	37.4400	693	78	—
妙見塚[国交省]	138.8311	37.3419	1715	107	—
津川出張所[国交省]	139.4739	37.6644	107	8	—
湯沢砂防工事事務所[国交省]	138.8150	36.9381	94	7	—
二居[国交省]	138.7819	36.8403	106	4	—
三河川ダム管理所[国交省]	139.0033	37.0511	80	3	—
米山[国交省]	138.4947	37.3467	78	7	—
坂間川出張所[国交省]	138.9717	37.2300	411	36	—
小出[国交省]	138.9708	37.2272	357	35	—

注) 表中の見附市ガス上下水道局の観測値(PGA52kine, SI79kine)は余震のものであり、本震では余震より小さかった(PGA42kine, SI70kine)ことが分かっているが、当初79kineという値が本震でのものか余震でのものかが不明であったこともあり、SI値の補間推定には大きい方(79kine)を用いている。

補間対象エリアの総面積は約670km²であり、密度としては、1km²に1地点程度あることになる。ただし、ボーリングは多くが新幹線沿い、高速道路沿いに分布し、大多数が平野部のデータである等、データの空間分布にかなり偏りがある。補間精度を上げるためには、ボーリングデータをさらに充実させていく必要がある。

なお、補間に用いた観測値は表1の通りである。本検討ではSI値のみ補間を行っているが、表1には併せて最大加速度、計測震度も示している。また、対象地域周辺における強震観測地点、及び、本震での観測値を図4に示す。

SI値増幅度の補間結果は図5の通りである。図5には、ボーリング地点でのSI値増幅度の計算結果も重ねて示している。北に向かうに従ってSI値増幅度が大きくなっており、山岳地域から海に向かう平野の地層構造が反映されている。地表面でのSI値分布の推定結果は図6に示す。比較のために、増幅度を考慮しない場合の地表面SI値の単純補間結果を図7に示す。図6の方がメリハリのついた図となっているが、増幅度を考慮した効果を数量的に評価するには、被害分布との関連等を見ていく必要がある。

4. 考察

図6に示した、SI値増幅度を考慮した地表面SI値分布のバラツキをガス事業者の供給エリアごとに累積面積率(%)で表現したものを図8に示す。

長岡市では北陸ガスA～Dの4つのブロックに分かれているが、国道17号線より東側のDブロックだけが60kine超のエリアが支配的であり、A～Cブロックは60kine未満の面積がほとんどである。これは被害イメージと調和的な結果となっている。供給停止判断を行う場合、供給エリアが広過ぎると地震動の大きい場所と小さい場所が同一ブロック内に混在する可能性が高くなり、余分なところまで供給停止しなくてはならなくなるため判断が難しくなるが、北陸ガスでは長岡地区の供給エリアを4つの緊急ブロックに分割してそれぞれに地震計を設置していたため、揺れの大きいブロックと小さいブロックがあるのを確認でき、揺れの大きいDブロックだけを供給停止することができた。

小千谷市や川口町は、供給エリア全体に渡って大きな地震動となっている。旧堀之内町は、供給エリアはそれほど広くないものの、補間の際、激震地である川口町の観測値の影響もあり、地震動の変化が激しくなっている。あくまでも補間結果であるため、断層の上盤/下盤など、地盤増幅特性以外の影響で地震動の急激な空間変化のある地域については、高密度な観測情報がないと、推定結果と実際の地震動分布のイメージがずれることになる。

旧越路町は北陸ガス長岡Dブロックと同じような

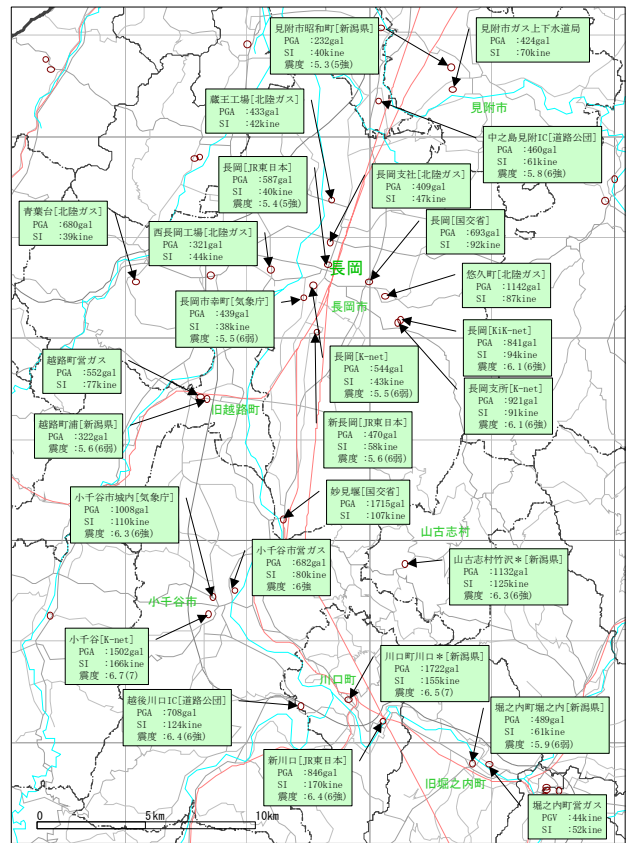


図4 震源域での観測点分布

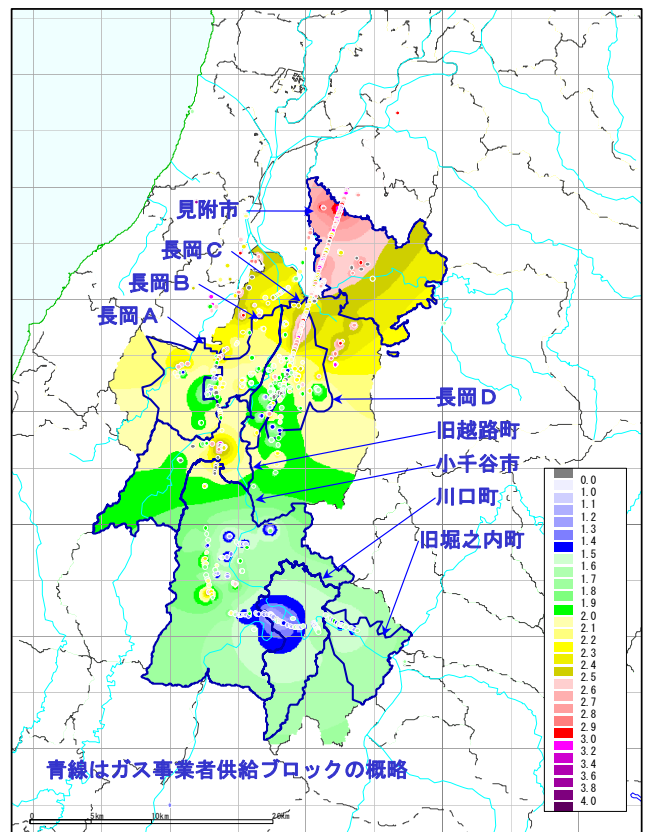


図5 SI値増幅度の補間結果

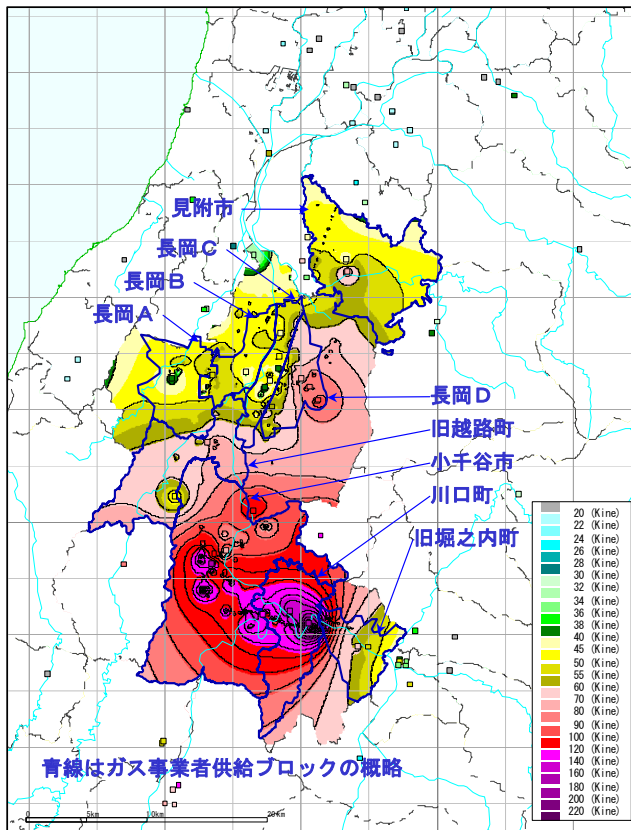


図6 地表面SI値の補間結果(増幅度を考慮する場合)

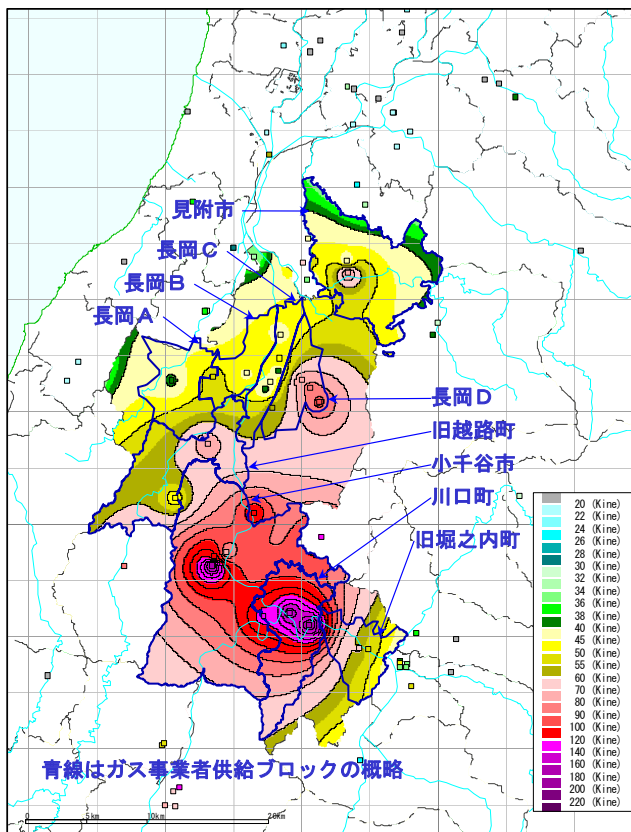


図7 地表面SI値の補間結果(増幅度を考慮しない場合)

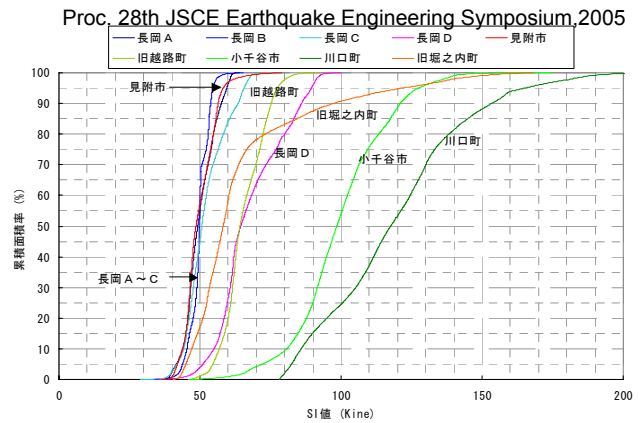


図8 ガス事業者の供給エリアごとのSI値面積率

見附市では、見附市ガス上下水道局において本震で70kine、余震では本震を上回る79kineなど大きなSI値が観測されているが、補間結果のSI値分布によれば、60kineを超えるような地域は局所的であり、60kine未満の領域が支配的であることを示唆している。

5. 地質断面図の作成

図6に示したSI値分布推定結果や、図8に示した各エリアごとのSI値面積率は、概ね被害イメージと調和的な結果となっているが、震源距離の違いが無視できるほど近傍の2地点で揺れが大きく異なるような場所もあり、これらの地質的な理由を考察するために、既存地質資料を収集した。既存資料としては、図9の赤色、青色の線の位置で「新潟県平野部の地盤図集」⁷⁾および「新潟県地盤図」¹¹⁾の断面図が作成されている。しかし、見附市ガス上下水道局の観測点(本震SI値70kine)と見附市昭和町の観測点(本震SI値40kine)のように、さほど離れていない地点同士での揺れの違いを地質的観点から説明する上でちょうど良い地盤図などの地質資料がないケースがある。そこで、収集したボーリングデータや、旧地質調査所1/50000地質図¹²⁾¹³⁾、さらに土地分類基本調査による1/50000地形分類図¹⁴⁾¹⁵⁾なども参考に、見附市街、長岡市街、小千谷市街の地質断面図を新たに作成した。断面図位置は、各々、図9のa-a'断面、b-b'断面、c-c'断面である。

作成した地質断面図を図10～図12に示す。各図とも、平面図(土地分類基本調査による地形分類図)には、強震観測点と新潟県中越地震本震で観測されたSI値を示している。

図10は見附市街の断面図作成結果である。見附市ガス上下水道局、見附市昭和町観測点ともに、信濃川の三角州内に位置しているが、見附市ガス上下水道局観測点では、支流河川沿いに旧河道が認められる。ボーリングデータからも、見附市ガス上下水道局観測点を含む旧河道の分布範囲では、地下深部まで粘性土が卓越して分布しており、局

所的に揺れやすい場所である可能性があることを示唆している。

図11は、長岡市街の断面図作成結果である。国道17号より西側(北陸ガスA～Cブロックに対応)の表層地盤は、信濃川の谷底堆積物に相当する砂礫層が主体の堆積物であるのに対し、国道17号より東側(北陸ガスDブロックに対応)では、信濃川の支流河川により運搬された細粒分の多い堆積物で構成されており、A～CブロックとDブロックでの揺れの違いを説明できると考えられる。しかし、Dブロック内に位置する観測点(国交省長岡、北陸ガス悠久町、KiK-net長岡、K-NET長岡支所)の付近一帯は煩雑な堆積環境に対応するだけの十分なボーリングデータが得られていないため、各観測点の詳細な地盤構成を把握することはできなかった。

図12は、小千谷市街の断面図作成結果である。各観測点とも信濃川的作用による谷底平野内に位置している。K-NET小千谷及びJMA小千谷(小千谷市内)地点は、河岸段丘上に位置し、地質は段丘化した谷底堆積物(Ag3層)に相当する砂礫層からなる。小千谷市営ガス地点は、信濃川の流路の直近に位置し、現河床堆積物(Ag1層)に相当する砂礫層からなる。しかしながら、K-NET小千谷での観測SI値(166kine)が小千谷市営ガスでの観測SI値(80kine)の2倍以上となっているような地点間の揺れの違いを説明するには至らなかった。本検討で用いた田村ら⁹⁾によるSI値増幅度は、末富ら¹⁶⁾が指摘しているように、弱震時増幅度と解釈でき、新潟県中越地震で地盤が非線形化したと指摘されているK-NET小千谷については適用範囲外である可能性があると考えられる。

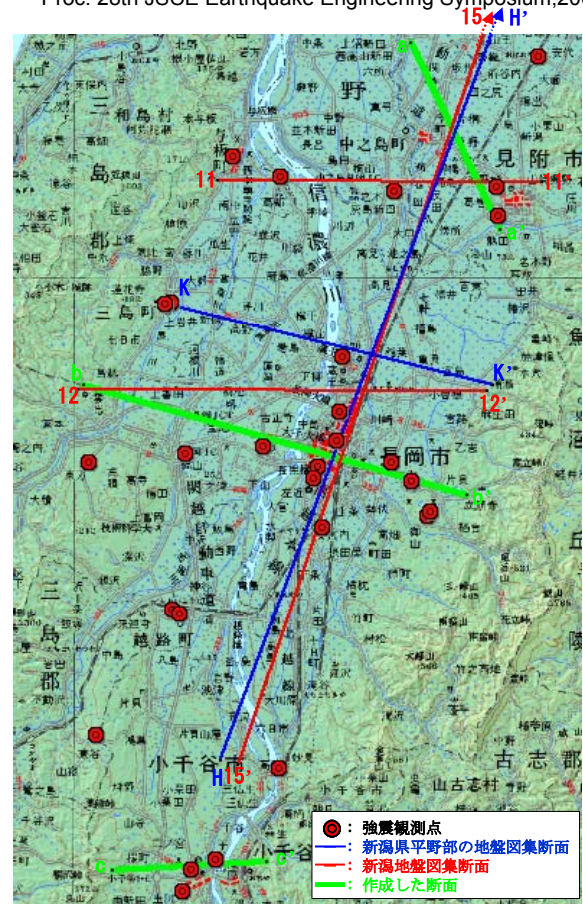


図9 既存断面図資料の断面位置と新たに作成した断面図の断面位置

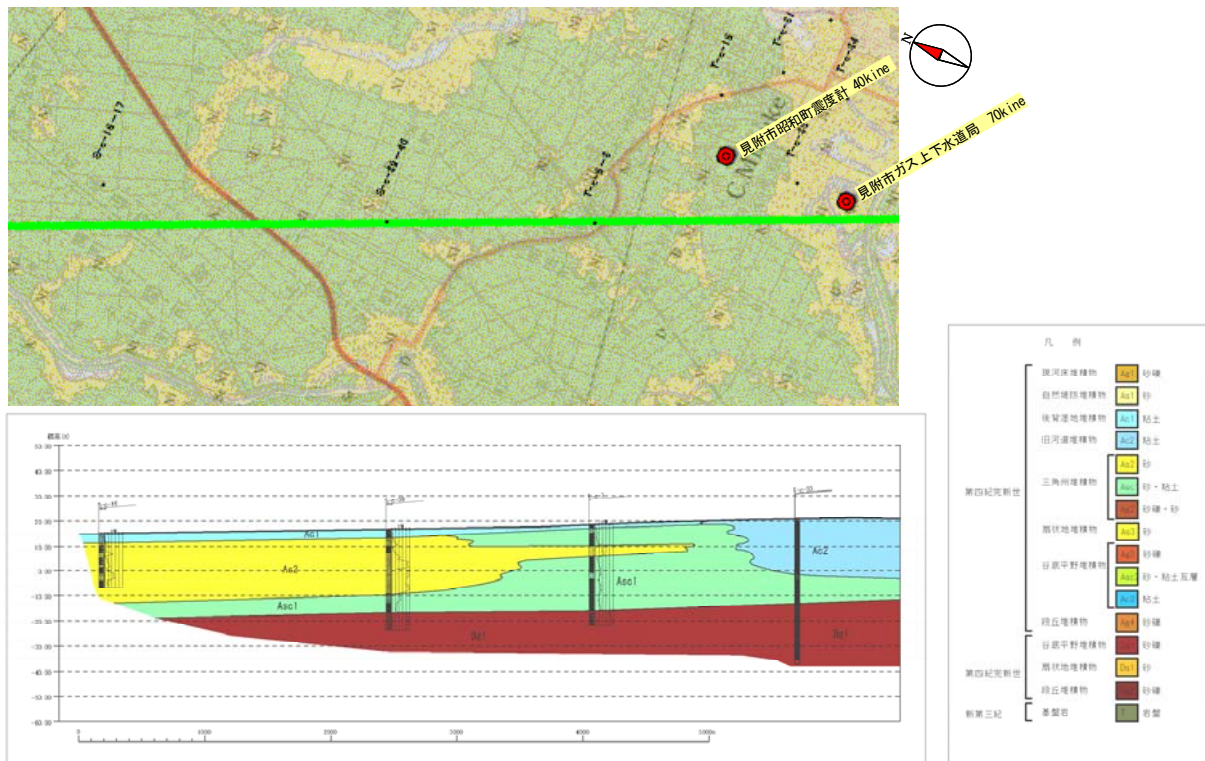


図10 見附市街の地盤断面図作成結果

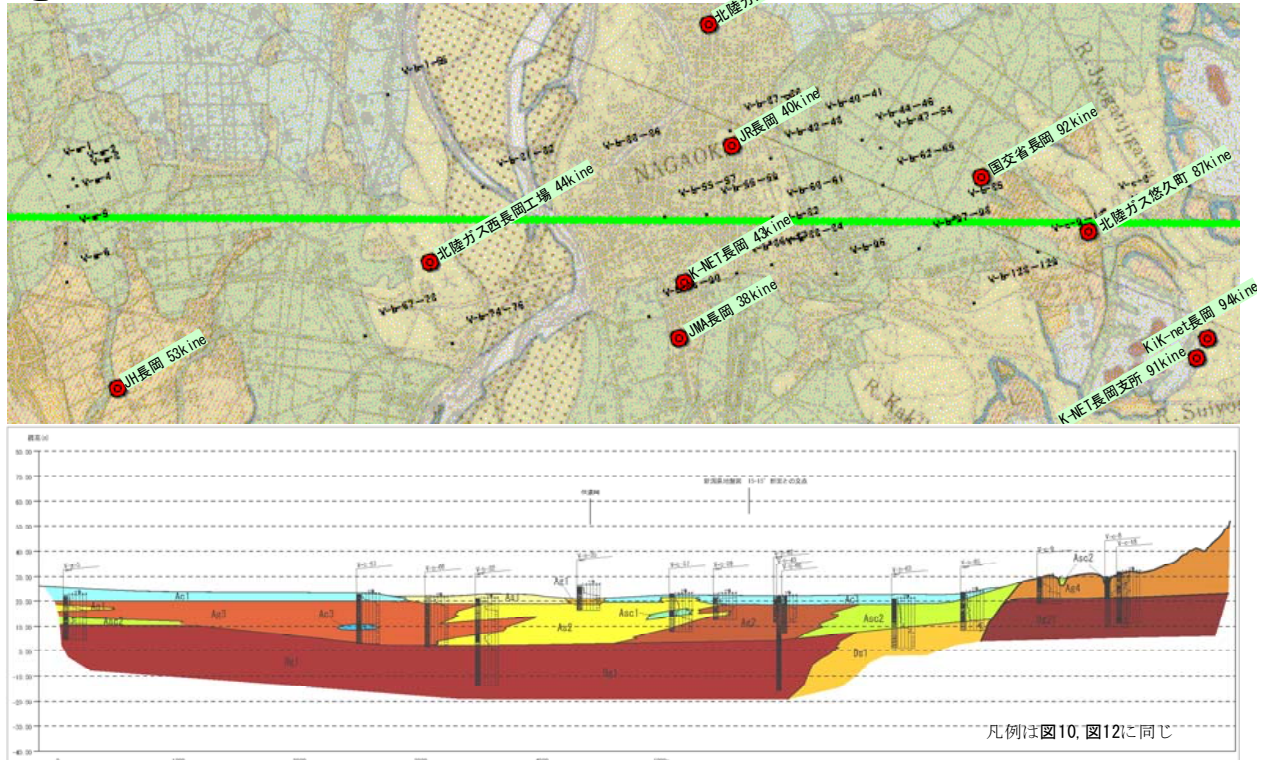
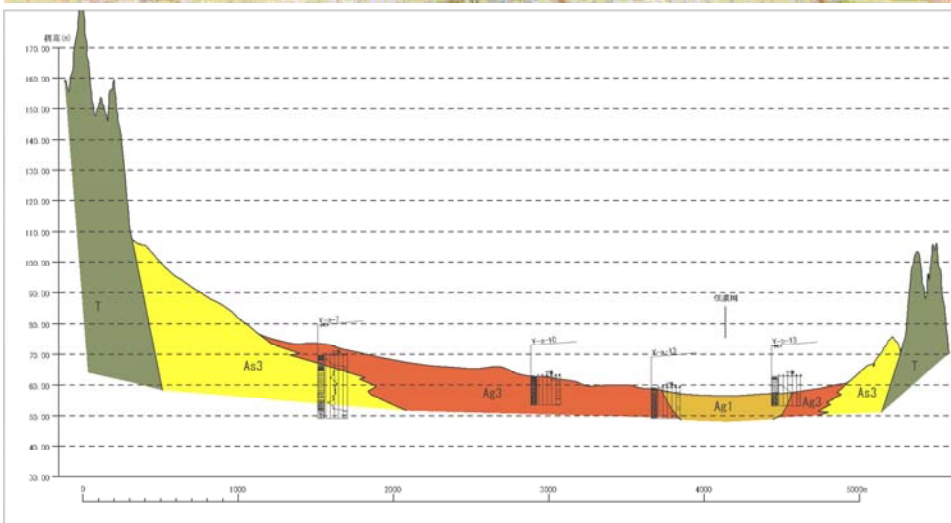
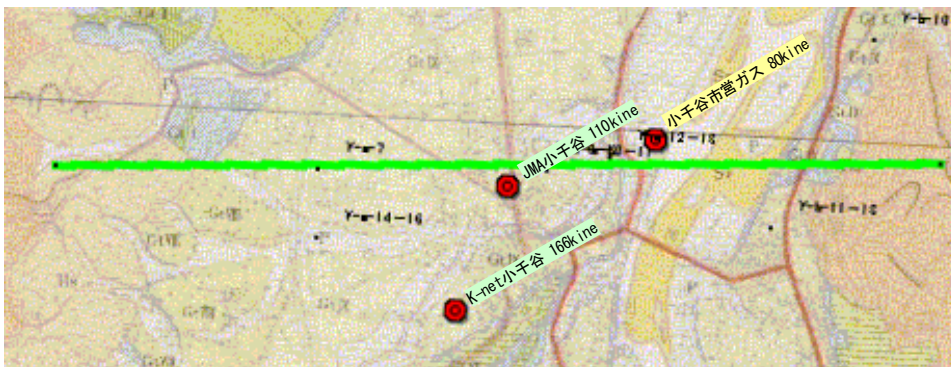


図11 長岡市街の地盤断面図作成結果



凡 例	
第四紀更新世	- 河川堆積物 As1 砂礫 - 自然堤防堆積物 As2 砂 - 後背地堆積物 As3 粘土 - 旧河床堆積物 As4 粘土 - 三角州堆積物 As5 砂・粘土 - 扇状地堆積物 As6 砂・砂 - 谷底平野堆積物 As7 砂礫 - 谷底平野堆積物 As8 砂・粘土互層 - 粘土 As9 粘土
第四紀更新世	- 段丘堆積物 As10 砂礫 - 谷底平野堆積物 As11 砂礫 - 扇状地堆積物 As12 砂 - 段丘堆積物 As13 砂礫
新第三紀	基盤岩 As14 岩盤

図12 小千谷市街の地盤断面図作成結果

以上，見附市街，長岡市街，小千谷市街のあらたな断面図を作成したが，全体として，参照できるボーリングデータが不足している．今後，より精度の高い地形区分やボーリングデータを基に，詳細な堆積環境の分布を明らかにすることが必要である．

5．おわりに

新潟県中越地震で都市ガスが供給停止となった震源域での地表面SI値分布を，ボーリングに基づく増幅度を評価して推定した．今後，さらにボーリングデータ等の収集を行い，さらに高精度な地表面地震動分布を作成していく予定である．

謝辞：各ガス事業者の他，防災科研K-NET，KiK-net，気象庁，新潟県，国交省，道路公団，JR東日本の各機関の強震記録を使用しました．記して謝意を表します．

参考文献

- 1) 中山涉，菜花健一，中根宏行：2004年新潟県中越地震における都市ガスの被害，平成16年新潟県中越地震被害調査報告会梗概集，pp.123-126，<http://www.jaee.gr.jp/news/disaster/chuetsueq.pdf>，2004．
- 2) 防災科学技術研究所：強震ネットワークK-NET，<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/k-net/>
- 3) 防災科学技術研究所：基盤強震観測網KiK-net，<http://www.kik.bosai.go.jp/kik/>
- 4) 気象庁：95型震度計波形データ 2004年1月～12月，気象業務支援センター，CD-R，2005
- 5) 国土技術政策総合研究所：国土交通省河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報，<http://www.nilim>

- Proc. 28th JSCE Earthquake Engineering Symposium, 2005
go.jp/japanese/database/nwdb/index.htm
- 6) 土木学会地震工学委員会：2004年新潟県中越地震観測地震記録ダウンロードサイト，<http://download.jsce.or.jp/>
 - 7) 建設省北陸地方建設局北陸技術事務所：新潟県平野部の地盤図集（新潟平野編）[4]ボーリング柱状図（Q～Z）（5の4），北陸建設弘済会，1981．
 - 8) 丸山喜久・山崎文雄・用害比呂之・檜作正登・岡本拓：新潟県中越地震における高速道路被害状況と航空写真を用いた被害早期把握に向けた基礎的検討，土木学会地震工学論文集，Vol.28，2005．（掲載予定）
 - 9) 田村勇，山崎文雄，K.T.Shabestari：K-NET地震記録を用いた平均S波速度による地盤増幅度の推定，第55回土木学会年次学術講演会講演概要集，I-B，pp.714-715，2000．
 - 10) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V耐震設計編，2002．
 - 11) 新潟県地質調査業協会：新潟地盤図 1/3, 2/3，2002．
 - 12) 小林巖雄，立石雅昭，吉岡敏和，島津光夫：5万分の1地質図幅「長岡」，地質調査所，1991．
 - 13) 柳沢幸夫，小林巖雄，竹内圭史，立石雅昭，茅原一也，加藤碩一：5万分の1地質図幅「小千谷」，地質調査所，1986．
 - 14) 経済企画庁：5万分の1土地分類基本調査（地形分類図）「長岡」，1968．
 - 15) 新潟県：5万分の1土地分類基本調査（地形分布図）「小千谷」，1976．
 - 16) 末富岩雄，石田栄介，磯山龍二，後藤洋三：地盤の平均S波速度による地震動強度指標の非線形増幅度評価法について，土木学会地震工学論文集，Vol.27，論文No.122，2003．

(2005.6.16受付)

EVALUATION OF SURFACE STRONG MOTION OF 2004 NIIGATA-KEN CHUETSU EARTHQUAKE USING SOIL DATABASE OF NIIGATA PLAIN

Yasuhiro FUKUSHIMA, Eisuke ISHIDA, Setsuo HOSOKURA, Ryoji ISOYAMA, Wataru NAKAYAMA and Fumio YAMAZAKI

A soil database of the damaged area by The Mid Niigata prefecture Earthquake in 2004 was established based on collected 746 boring data.

The distribution of amplification factor was computed by using soil properties of the boring data.

In order to investigate the relationship of the strong ground motion and the pipeline damage, the distribution of surface strong motion was evaluated from the observation records taking account of amplification factors of shallow soil deposits.