

はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、津波の猛威により、多くの死者・行方不明者が発生し、広域にわたり生活の場、働く場が甚大な被害を受けた。また、原子力発電所の被災に伴い放射能汚染が発生し、多くの方々が永年住んでいた場所を離れることを余儀なくされ、あるいはとどまって生活をしていても、先の見えない生活を強いられていること、電力が逼迫して、戦後の混乱期以来の計画停電、震災後最初の夏に電気の使用制限を経験し、今後のエネルギーのあり方を根本的に見直す必要に迫られていることなど、これまでになく建築環境工学に深く関わる多くの課題が提起されたことが特徴であった。

日本建築学会環境工学委員会（現委員長：田辺新一，前委員長：佐土原聡）では、このような環境工学に関わる多くの課題に組織的に対応するために、震災直後の2011年度当初に本委員会直属の「震災対応 住宅・建築環境 WG」（主査：田辺）、「震災対応 都市環境 WG」（主査：村上公哉）を設置して調査研究活動を開始した。その成果はシンポジウム『東日本大震災に対して環境工学ができることー被災状況と夏の電力需給逼迫への対応』（空気調和・衛生工学会と共催・2011年6月30日）、『東日本大震災に学ぶこれからの環境工学』（2012年3月12日）などで公表した。また、両WGは日本建築学会に震災直後に設けられた東日本大震災調査復興支援本部の「研究・提言部会」、および2012年度に特別調査委員会として立ち上がった「巨大災害の軽減と回復力の強いまちづくり特別調査委員会」（委員長：福和伸夫）でも活動した。これらの成果をふまえて、東日本大震災合同調査報告書（建築編集委員会（委員長：長谷見雄二）が発足したのを受けて、2012年度から環境工学委員会に各運営委員会と東北支部からの委員で構成される東日本大震災合同調査報告書・環境工学WG（主査：佐土原）を設置して取りまとめたのが、本報告書である。

全体は8章から構成されている。第1章では、建築環境工学、都市環境工学の視点から、調査研究に臨む考え方とその概要、課題を総括している。地震や津波による直接の被害を受けた地域だけでなく、間接的な被害を受けた首都圏も対象としている。第2章は建築設備の被害、第3章は都市設備の被害と復旧・復興対策の調査結果である。第4章では被災地域での住宅・非住宅建築物への被害と影響、避難所、応急仮設住宅の環境の実態を把握、分析している。第5章では首都圏での建物内外での照明や空調等の節電の実態とその影響を、第6章では通常の大気汚染物質、放射能、建物解体・撤去・焼却等に伴う大気汚染、および水質汚染などの地域環境への影響を把握、分析している。第7章では震動や節電など、今回の特徴的な被災経験に伴う行動と心理を分析し、第8章では節電行動等の結果として変化した建物のエネルギー消費量を明らかにしている。本報告書が、今後の震災をはじめさまざまなリスクに対応したレジリエントで環境負荷が小さい建築、都市、地域づくりに広く活かされるとともに、新しい研究課題への取り組みにつながることを期待したい。

最後に、本報告書をまとめるにあたり、貴重な資料、情報をご提供いただいた方々、取りまとめにご尽力いただいた方々に、心よりお礼申し上げます。

2015年3月

建築設備・建築環境編集担当幹事

佐土原聡，田辺新一，村上公哉

東日本大震災合同調査報告 建築編 8 建築設備・建築環境
作成関係委員

—五十音順・敬称略—

環境工学委員会

(2011.4～2013.3)

委員長 佐土原 聡
幹事 田辺 新一, 大井 尚行, 田中 貴宏
委員 (省略)

(2013.4～2015.3)

委員長 田辺 新一
幹事 羽山 広文, 村上 公哉, 中野 淳太
委員 (省略)

東日本大震災合同調査報告書・環境工学ワーキンググループ

主査 佐土原 聡 (横浜国立大学)
幹事 田辺 新一 (早稲田大学) 村上 公哉 (芝浦工業大学)
委員 一方井孝治 (鹿島建設) 岩田 利枝 (東海大学)
大嶋 拓也 (新潟大学) 国松 直 (産業技術総合研究所)
長谷川兼一 (秋田県立大学) 福田 展淳 (北九州市立大学)
榎 究 (実践女子大学) 柳 宇 (工学院大学)
結城 晶博 (TOTO) 吉田 聡 (横浜国立大学)
吉野 涼二 (環境調査事務所) 渡邊 浩文 (東北工業大学)
協力委員 赤司 泰義 (東京大学) 大井 尚行 (九州大学)
倉渕 隆 (東京理科大学) 郡 公子 (宇都宮大学)
古賀 靖子 (九州大学) 下田 吉之 (大阪大学)
須藤 諭 (東北文化学園大学) 須永 修通 (首都大学東京)
羽山 広文 (北海道大学) 山中 俊夫 (大阪大学)

執筆担当者

第1章 佐土原 聡 (前掲, 1.1)
田辺 新一 (前掲, 1.2)
村上 公哉 (前掲, 1.3)
第2章 一方井孝治 (前掲, 2.1.1)

- 岡田 誠之 (東北文化学園大学, 2.1.2)
堀尾佐喜夫 (耐震総合安全機構, 2.1.3)
瀬谷 昌男 (耐震総合安全機構, 2.1.3)
水上 邦夫 (耐震総合安全機構, 2.1.3)
内海 康雄 (仙台高等専門学校, 2.2.1, 2.2.2)
赤井 仁志 (ユアテック, 2.3.1, 2.3.2)
草刈 洋行 (ユアテック, 2.3.1, 2.3.2)
須藤 諭 (前掲, 2.4.1, 2.4.2)
井城 依真 (東北文化学園大学, 2.4.1, 2.4.2)
水谷 国男 (東京工芸大学, 2.5.1, 2.5.2)
- 第3章 渡邊 浩文 (前掲, 3.1, 3.2, 3.3)
吉田 聡 (前掲, 3.4, 3.6, 3.8)
根田 徳大 (日本ガス協会, 3.5)
岡井 大八 (日本熱供給事業協会, 3.7)
三輪 正樹 (日本熱供給事業協会, 3.7)
- 第4章 渡邊 浩文 (前掲, 4.1, 4.4.3, 4.4.4)
稲垣 景子 (横浜国立大学, 4.2.1)
南 雄三 (住宅技術評論家, 4.2.2)
大澤 元毅 (国立保健医療科学院, 4.3.1, 4.6.2)
長谷川兼一 (前掲, 4.3.2, 4.3.5, 4.4.3, 4.5.1, 4.6.3, 4.6.4, 4.6.15)
東 賢一 (近畿大学, 4.3.5, 4.6.3)
柳 宇 (前掲, 4.3.3, 4.6.5)
鍵 直樹 (東京工業大学, 4.3.4, 4.6.6)
村上 公哉 (前掲, 4.4.1, 4.4.2 (1))
原瀬 拓也 (当時芝浦工業大学大学院, 4.4.1, 4.4.2(1))
吉野 涼二 (前掲, 4.4.2 (2))
秋月 有紀 (富山大学, 4.5.2)
飯野由香利 (新潟大学, 4.5.3)
吉野 博 (東北大学, 4.6.1)
本間 義規 (岩手県立大学, 4.6.7)
田中 正敏 (環境健康オフィス・福島県立医科大学名誉教授, 4.6.8)
村井 弘道 (福島県, 4.6.8)
佐藤 豊 (宇都宮大学, 4.6.9)
石野 久彌 (首都大学東京名誉教授, 4.6.9)
郡 公子 (前掲, 4.6.9)
篠原 直秀 (産業技術総合研究所, 4.6.10)
田辺 新一 (前掲, 4.6.11)

- 海野 玄陽 (当時早稲田大学大学院, 4.6.11)
橋本 剛 (筑波大学, 4.6.12)
渡辺 茂幸 (東京都立産業技術研究センター, 4.6.13)
田端 康宏 (日建設計, 4.6.14)
若林 可奈 (日建設計, 4.6.14)
片岡 えり (日建設計, 4.6.14)
- 第5章 滝澤 総 (日建設計, 5.1)
望月 悦子 (千葉工業大学, 5.2.1)
吉澤 望 (東京理科大学, 5.2.2)
平岡 雅哉 (鹿島建設, 5.3)
本間 睦朗 (日建設計, 5.4.1)
西川 豊宏 (工学院大学, 5.4.2)
伊藤 大輔 (ものづくり大学, 5.5.1)
中村 芳樹 (東京工業大学, 5.5.2)
岡井 大八 (前掲, 5.6)
三輪 正樹 (前掲, 5.6)
- 第6章 柳 宇 (前掲, 6.1, 6.2, 6.5)
本郷 智大 (山形県立産業技術短期大学校, 6.3.1, 6.3.2)
義江龍一郎 (東京工芸大学, 6.4.1)
関根 嘉香 (東海大学, 6.4.2)
野崎 淳夫 (東北文化学園大学, 6.4.3)
神谷 博 (法政大学, 6.4.4)
- 第7章 榎 究 (前掲, 7.1, 7.3)
金子 美香 (清水建設, 7.2.1)
肥田 剛典 (東京理科大学, 7.2.2)
- 第8章 高口 洋人 (早稲田大学, 8.1, 8.2.1)
原 英嗣 (国士舘大学, 8.2.2)
山崎 政人 (関西ビジネスインフォメーション, 8.2.3)
山口 容平 (大阪大学, 8.2.3)
西名 大作 (広島大学, 8.2.4)
依田 浩敏 (近畿大学, 8.2.5)
渡邊 浩文 (前掲, 8.2.6)
千葉 満輝 (当時東北工業大学大学院, 8.2.6)
依田 浩敏 (近畿大学, 8.2.7)

建築設備・建築環境

目 次

巻 頭

第1章 大震災と環境工学

1.1 環境工学の今後の課題	1
1.2 建築環境工学の調査概要及び今後の課題	2
1.2.1 建築環境	2
1.2.2 建築設備	3
1.3 都市環境工学の調査概要及び今後の課題	4
1.3.1 都市環境	4
1.3.2 都市設備	4

第2章 建築設備の被害

2.1 概要	7
2.1.1 建築設備被害の概要と特徴	7
2.1.2 被災地域の視点から見た建築設備被害	11
2.1.3 津波による建築設備被害	15
2.2 空気調和設備	23
2.2.1 空気調和設備の被害の概要	23
2.2.2 被害事例	25
2.3 給排水衛生設備	33
2.3.1 給排水衛生設備の被害の概要	33
2.3.2 被害事例	33
2.4 電気設備	41
2.4.1 電気設備の被害の概要	41
2.4.2 被害事例	45
2.5 防災設備	51
2.5.1 防災設備の被害の概要	51
2.5.2 被害事例	54
2.6 搬送設備	55

第3章 都市設備の被害と復旧・復興対策

3.1 都市設備被害の概要	57
3.1.1 概要	57

3.1.2	水道	57
3.1.3	下水道	58
3.1.4	電力	59
3.1.5	都市ガス	60
3.1.6	石油供給関連施設	60
3.1.7	情報通信施設	60
3.2	上水道	62
3.2.1	概要	62
3.2.2	仙台市における被害状況	62
3.2.3	仙台市における復旧状況	64
3.2.4	他の水道被害と復旧	66
3.2.5	課題と対策	66
3.3	下水道	68
3.3.1	はじめに	68
3.3.2	被害概要	68
3.3.3	仙台市における被害・復旧状況	70
3.3.4	まとめ	71
3.4	電力施設	72
3.4.1	施設の概要	72
3.4.2	被害状況	72
3.4.3	復旧状況	75
3.4.4	課題と対策	76
3.5	都市ガス設備	78
3.5.1	概要	78
3.5.2	都市ガスインフラの被害および復旧	78
3.5.3	震災直後の建物内ガス設備の稼働状況	82
3.5.4	課題と対策	83
3.6	情報通信施設	84
3.6.1	情報通信施設の概要	84
3.6.2	情報通信設備の被害と復旧の状況	84
3.6.3	課題と対策	85
3.7	地域冷暖房施設	87
3.7.1	施設の概要	87
3.7.2	熱供給事業における被災状況	88
3.7.3	現地調査結果	90
3.7.4	課題と対策	91
3.7.5	まとめ	95
3.8	石油供給施設	96

3.8.1	石油供給施設の概要	96
3.8.2	被害と復旧の状況	96
3.8.3	課題と対策	97
第4章 建物機能・環境への影響（被災地：東北地方）		
4.1	概要	99
4.2	住宅	100
4.2.1	ライフライン途絶時の生活行動への影響	100
4.2.2	ライフラインが断たれた時の暖房と室温低下の実態	102
4.3	住宅（津波浸水後の環境）	105
4.3.1	津波浸水被害住宅の概要	105
4.3.2	熱・湿気環境の実態	107
4.3.3	空気環境（真菌濃度）の実態	111
4.3.4	空気環境（化学物質濃度）の実態	115
4.3.5	居住環境と健康に関するアンケート調査	118
4.4	非住宅建築物	124
4.4.1	庁舎施設	124
4.4.2	病院施設	128
4.4.3	宿泊施設	136
4.4.4	災害時拠点施設の機能障害	138
4.5	避難所	143
4.5.1	仙台市内と石巻市内の学校における避難所環境	143
4.5.2	避難所の照明状態に関する調査	145
4.5.3	被災地外の避難所における生活環境の実態	148
4.6	応急仮設住宅	154
4.6.1	応急仮設住宅の環境的課題	154
4.6.2	宮城県内の仮設住宅を対象としたヒアリング調査	158
4.6.3	宮城県内の仮設住宅を対象とした居住環境に関するアンケート調査	162
4.6.4	仙台市内の仮設住宅の温熱環境の実態	166
4.6.5	仙台市内の仮設住宅の空気環境（真菌濃度）の実態	173
4.6.6	仙台市内の仮設住宅の空気環境（化学物質濃度）の実態	181
4.6.7	岩手県内の仮設住宅の室内環境の実態	184
4.6.8	福島県内の仮設住宅の居住環境の現状と対策	188
4.6.9	宮城県東松島市と栃木県那須烏山市の仮設住宅の 冬季及び夏季室内熱環境の実態	195
4.6.10	南相馬市内の応急仮設住宅の室内環境	201
4.6.11	多層コンテナ仮設住宅とプレハブ仮設住宅の居住環境に関する研究	203
4.6.12	板倉構法による応急仮設住宅の室内熱環境	209

4.6.13	応急仮設住宅の遮音性能	217
4.6.14	仮設住宅の住環境改善に向けた断熱補強実践	221
4.6.15	応急仮設住宅の住まい方と断熱水準等の提案	227

第5章 首都圏の建物機能への影響と節電

5.1	概要	231
5.1.1	計画停電	231
5.1.2	電力使用制限	232
5.1.3	節電対応	233
5.2	建物の照明の対策	237
5.2.1	照明の節電対策	237
5.2.2	節電による光環境影響	241
5.3	建物の空調の対策	247
5.3.1	空調の節電対策	247
5.3.2	節電による熱環境影響	253
5.4	建物のその他の対策	257
5.4.1	コンセント・自販機・輸送設備	257
5.4.2	給排水設備	262
5.5	建物外（公共空間）の対策	267
5.5.1	屋外照明の節電	267
5.5.2	鉄道駅舎の節電	269
5.6	地域冷暖房施設の対策	274
5.6.1	計画停電への対応	274
5.6.2	電力使用制限への対応	275
5.6.3	2012年節電要請への対応	278

第6章 地域環境への影響

6.1	概要	281
6.2	大気汚染	282
6.2.1	アスベスト	282
6.2.2	有害大気汚染物質	283
6.2.3	常時監視対象物質	284
6.3	水質汚染	286
6.3.1	飲料水	286
6.3.2	放射能汚染排水	287
6.4	原発事故による空気汚染	290
6.4.1	震災後放射能分布の推移	290
6.4.2	大気中放射性粒子状物質の実態	294

6.4.3	除染	300
6.4.4	雨水利用施設の放射性物質汚染状況	308
6.5	建物解体・撤去・焼却等に伴う空気汚染	316
6.5.1	建築物被災状況	316
6.5.2	解体・撤去・焼却に関する規制	316

第7章 被災に伴う行動と心理

7.1	概要	319
7.2	地震動に対する揺れ感覚と行動	320
7.2.1	揺れが人間の行動・心理・生理に与える影響	320
7.2.2	揺れに対する不安度と行動難度	324
7.3	東日本大震災後の節電意識・行動	332
7.3.1	エコ行動とエコ意識	332
7.3.2	節電の影響によるライフスタイルの変化に関する調査研究	336
7.3.3	節電環境下における夏季オフィスの快適性・知的生産性・エネルギー消費量	336

第8章 節電対策とエネルギー消費量

8.1	調査概要	339
8.1.1	調査の背景	339
8.1.2	調査の目的	339
8.1.3	調査方法	340
8.1.4	調査内容	340
8.1.5	調査結果	340
8.2	施設別の節電対策とエネルギー消費量	342
8.2.1	官公庁施設	342
8.2.2	事務所施設	347
8.2.3	商業施設	352
8.2.4	福祉施設	359
8.2.5	大学・研究施設	363
8.2.6	文化施設	365
8.2.7	スポーツ施設	369