

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350946

研究課題名(和文) 建築気候を考慮した学校環境の安全性に関する基礎的研究

研究課題名(英文) Fundamental Study on Safety of School Environment based on Architectural Climate

研究代表者

岩下 剛 (Iwashita, Go)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：90253905

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：日本スポーツ振興センターの事故データと、事故発生時の気象データをマッチングさせ研究を行った。冷房普及率の高い東京都区部および冷房普及率の低い東京都市部の学校を調査したところ、夏期、中間期において区部小中学校教室における事故率の経年減少が市部小中学校教室に比べ著しかった。学校における熱中症発生と環境温度との関係を考察したところ、外気温熱指標の上昇に対応する熱中症発生リスクの増大が顕著であった。高温下の体育館における環境温度の熱中症発生への影響は校庭と同等であることを確認した。
東京都のある区の学校空気検査結果行政データを入手し考察したところ、中学校教室で平均CO2濃度が基準を超過していた。

研究成果の概要(英文)：The data of accidents in schools were investigated with considering the meteorological data of relevant areas and the rate of air conditioners being placed in classrooms. While the occurrence rate of accidents in classrooms in the ward areas during summer period was decreased with the years during sample period, that in the urban districts was constant with the years. It was found that the difference in the rate of air conditioners being placed in classrooms might have an effect on the occurrence rate of accidents in the classrooms. Frequencies of heatstroke occurred at schools were investigated. The risk factors of heatstroke had a good correlation with WBGT. The air quality during winter period in schools located in metropolitan district was analyzed by using results of the environmental hygienic audit. The average values of CO2 concentration in classrooms of the secondary schools did not meet the standard of school environmental hygiene.

研究分野：建築保健工学

キーワード：学校安全 熱中症 教室冷房 学校空気環境 学校事故

1. 研究開始当初の背景

学校環境における健康衛生面に対する環境基準は「学校環境衛生の基準」で定められている。また学校における健康性・安全性を脅かすものとして学校事故があり、これは(独)日本スポーツ振興センターによってデータが集積されている。しかし、学校事故データと、事故発生時の環境との関係性を構築する作業はされておらず、事故再発防止のための室内環境設計につながっていないのが現状である。

・シックスクール問題

1990年代に端を発したシックハウス問題は、住宅における揮発性有機化合物(VOC)やホルムアルデヒド濃度が高濃度であること、換気量が十分でないこと等が発生の主要因と考えられ、その後の建築基準法改訂において機械換気設備の設置義務化、建材選定の規準化が進められ対応がなされた。一方、シックスクール問題は、一部マスコミ等で取り上げられることはあるが、教室は建築基準法において居室として扱われないこともあり、その対応は遅れている状況である。空気環境の悪化は化学物質過敏症という観点からだけでなく、集中力の低下や学習効率の低下を招くことが懸念される。

・教室の冷房化

熱中症対策や学習効果を考慮し、公立小中学校の普通教室への冷房設備の設置が進み、東京23区内では90%以上の教室において冷房化がなされているが、冷房設備設置の効果は科学的な調査がされていない。冷房使用により窓の開放時間が減り換気量が減少することは、CO₂だけでなく他の化学物質濃度も上昇する可能性があることを意味する。

・学校における安全対策と事故

学校の管理下において発生した学校の事故データは、(独)日本スポーツ振興センター(以下、JSC)によって、災害共済給付オンライン請求システムを介して収集されて

いる。しかし、気象要素と事故発生との関連を調査したものはない。小学校における事故の原因は建築物の不備によるものもあるが、劣悪な居住環境による注意力の低下が事故の原因となる可能性も指摘されている。

2. 研究の目的

・学校事故データと気象データとの関係性

個々の学校事故データと当該事故発生場所近辺の当該時刻における気象データとのマッチングを行い、学校事故環境データを作成する。事故は1年に120万件を越す発生件数があるため、まずは事故データが公開されている直近の年度のデータについて解析を行う。学校事故環境データの構築により、自然室温環境下における教室内の温熱環境が事故発生率に及ぼす影響を把握することができる。さらに暖房設備導入地域、冷房設備導入地域の学校における学校事故環境データを比較することにより、冷暖房設備設置の効果を科学的に算定できると考えられる。

・気象データ情報と教室内気候との関連性

極端な高温・低温状態や極端な高濃度の化学物質に曝露されなければ、すぐさまに健康状態を脅かすことはないと考えられるが、快適な状態からはずれた室内環境であっても、在室者の注意力の低下をもたらす可能性がある。学校で起きるヒューマンエラーの一形態である学校事故の原因については、環境要因としては気温、湿度などが考えられ、事故が発生した時点における室内温熱環境の推定には屋外気象データを利用することができる。このように室内温熱環境要素と屋外で計測された気象要素とは一定の関連性をもつことは自明であるが、室内CO₂濃度の予測は非常に困難と言える。屋外CO₂濃度は大まかにいえばほぼ一定だったとしても、教室窓の開閉状態、児童の在室状態、空調換気設備の稼働状態などによって大きく変動するからである。現状では、冷房稼働中の教室であ

ればどの程度の CO₂ 濃度分布となるのか、夏期に自然換気状態の学校であればどの程度の CO₂ 濃度範囲となるのかを広く収集した事例は少ない。そこで本研究では、行政の有する学校空気検査データを入手し、複数の学校教室における窓開閉状態・冷暖房使用状況と室内 CO₂ 濃度、温度、湿度の関係を把握することを目的とする。

3. 研究の方法

学校の管理下において発生した学校児童生徒の事故データは、JSC の災害共済給付オンライン請求システムのデータを用いた。しかし、このデータには気象要素が含まれていないため、負傷発生と気象条件との関係は調査されていない。そこで、本研究ではセンターの負傷データに記載されている事故発生場所および日時をもとに、事故発生時の屋外気象条件を検索し、事故データと気象データをマッチングさせることとした。そのためには、事故が発生した地域に最も近い気象台の気象データを用いた。

また、外気気象データと学校教室空気環境との関連の調査のために、自治体の所有する空気検査結果および空気環境測定結果を用いた。空気検査は主に学校薬剤師が学校保健安全法に基づいて全学校にて行う検査であり、空気環境測定は延床面積 8000 m² 以上の特定建築物相当の学校において専門測定者が行う測定である。

4. 研究成果

JSC の災害共済給付オンライン請求システムのデータから、事故発生時の屋外気象状態を発生場所近隣の気象データから推定した。この推定法を用いて、2005～2009 年の東京都、名古屋市、大阪市の小学校における事故と屋外気象条件の関係について調査研究を行った。その結果、図 1 のように外気温 24 以上および 14 以下の階級で教室における事故発生率の上昇が見られた。外気温と教室にお

ける事故発生率との関係について検定を行ったところ、冷房設置率に大きな差がある東京区部と東京市部における教室の高温度域の事故発生率に有意な差があり、冷房設置率の高い東京区部の方が事故発生率が低かった。

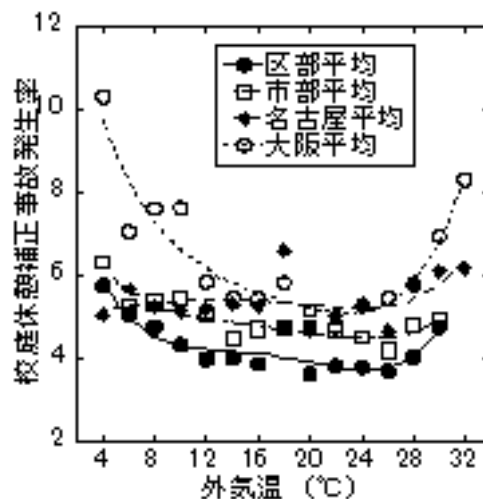


図 1 外気温と教室事故発生率(校庭休憩補正)

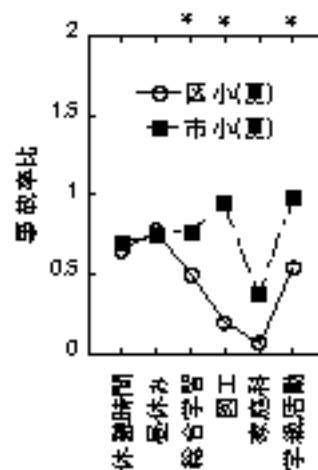


図 2 夏期事故率比(区市部小学教室)

また、2005～2007 年の JSC の事故データを用いて、冷房普及率の高い東京都区部および冷房普及率の低い東京都市部の小中学校における事故と発生時の外気温との関係を調査し、季節ごとの事故率の変化について考察した。図 2 に示すように夏期において区部中学校教室・区部小学校教室における事故率の 2005～2007 年の経年減少が市部中学校教室・市部小学校教室に比べ著しかった。一方、

冬期は区部・市部の小中学校教室で明確な経年増減は無かった。東京区部小学校教室において夏期の「総合学習」、「図工」、「学級活動」の時間帯における経年減少が著しく、その理由の一つとして冷房の普及を考えた。作業を伴い集中力の必要とされるような時間帯に、冷房の効果が表れ、事故率の低下に關与するのではないかと推測した。

JSC の熱中症事故データおよび気象データを用いて調査研究を実施した。対象都市を札幌市、仙台市、東京区市部、名古屋市、大阪市、広島市、福岡市、熊本市、鹿児島市とし、熱中症データおよび気象庁の気象時刻別データを、熱中症発生時刻に基づいてマッチングさせ、小中学校における熱中症発生と環境温度との関係を考察した。外気温、湿球温度、WBGT と熱中症発生オッズ比との関係をそれぞれ求めたところ、これら外気温熱指標の上昇に対応する熱中症発生リスクの増大が、校庭、体育館、校舎のどこにおいても顕著であった。特に WBGT の上昇に対する熱中症発生リスクの増大が著しかった。図3に示すように WBGT の 22 ~ 31 階級範囲において、WBGT と熱中症発生オッズ比との回帰直線の傾きは、体育館と校庭で、ほぼ等しくなっており、高温下の体育館における環境温度の熱中症発生への影響は校庭と同等であることを確認した。

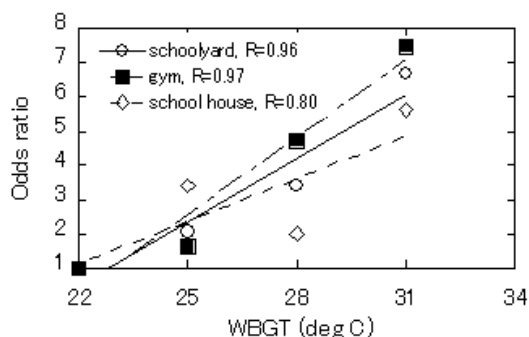


図3 熱中症発生オッズ比と WBGT の関係

情報開示請求により、東京都のある区の2007~2009年における、のべ384回の小中学

校冬期空気検査結果を入手し、CO₂濃度、空気温度、相対湿度に関する考察を行った。その結果、小学校教室においては、表1に示すように室温、相対湿度、CO₂濃度の各平均値はどれも学校環境衛生基準を満たしていた一方、表2に示す中学校教室では室温、相対湿度の平均値は基準を満たしていたがCO₂濃度は基準である1500ppmを超過していた。CO₂濃度が学校環境衛生基準である1500ppmを超過していた教室の割合は、表3に示すように小学校で30.5%、中学校で58.5%であった。

表1 小学校教室における空気検査結果

	外気温(°C)	空気温度(°C)	相対湿度(%)	CO ₂ 濃度(%)	換気回数 ¹ (h ⁻¹)	換気回数 ² (h ⁻¹)
n	266	269	269	269	268	268
平均	10.8	18.9	38.3	0.133	4.3	3.1
SD	3.9	2.6	11.1	0.060	3.5	3.1
min	0.0	11.0	13.0	0.030	0.6	0.7
max	21.0	27.5	78.0	0.360	24.4	24.4
25%タイル	8.0	17.1	31.0	0.090	2.1	1.5
50%タイル	10.0	18.8	37.0	0.120	3.0	2.1
75%タイル	13.6	20.3	45.3	0.180	5.1	3.3

¹ 1~3回のCO₂濃度変化から算定

² 3回目のCO₂濃度を定常濃度として算定

表2 中学校教室における空気検査結果

	外気温(°C)	空気温度(°C)	相対湿度(%)	CO ₂ 濃度(%)	換気回数 ¹ (h ⁻¹)	換気回数 ² (h ⁻¹)
n	145	147	147	147	147	147
平均	9.7	21.0	39.9	0.169	4.4	2.9
SD	3.7	3.0	10.8	0.066	4.0	3.0
min	0.0	13.1	17.0	0.040	1.0	0.6
max	25.4	29.6	73.0	0.400	23.7	23.8
25%タイル	7.0	19.4	33.3	0.120	2.3	1.5
50%タイル	9.3	21.1	39.0	0.160	3.2	2.1
75%タイル	12.0	22.9	45.0	0.200	4.9	2.9

表3 測定結果の基準超過割合(%)

	小学校			中学校		
	室温	相対湿度	CO ₂ 濃度	室温	相対湿度	CO ₂ 濃度
基準1	0.0	21.2	30.5	0.0	13.6	58.5
基準2	35.3	58.7	63.2	13.6	53.1	83.7

基準1)室温:10 未満,相対湿度:30%未満,CO₂:0.15%超

基準2)室温:18 未満,相対湿度:40%未満,CO₂:0.1%超

同じ区の2007~2010年の建築物衛生法空気環境調査の結果を情報開示請求により入手し、CO₂濃度、空気温度、相対湿度に関する

考察を行った。CO₂濃度中央値は小学校においては、夏期、中間期では1000ppmの建築物衛生法基準を満たしていたが、冬期は若干上回っていた。中学校では夏期、中間期、冬期のどの季節においても1000ppmを上回っていた。中学校ではCO₂濃度中央値は冬期が最も高く、次に夏期が高く、中間期が最も低かった。CO₂濃度が建築物衛生法基準である1000ppmを超過していた割合である不適率は、冬期では中学校で58.3%であり、小学校の冬期の不適率は45.5%であった。また、CO₂濃度の基準不適の情報が十分に学校にフィードバックされていない可能性を示した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計7件)

岩下剛:建築物環境衛生検査に基づく首都圏X区における小中学校の温湿度・CO₂濃度に関する研究 エビデンスとして行政情報を用いた学校空気環境に関する研究 その2,日本建築学会環境系論文集,第715号,pp.759-765,2015年9月、DOI) <http://doi.org/10.3130/aije.80.759>、査読有

岩下剛:小中学校事故データを用いた熱中症リスクに関する検討 学校における事故と屋外気象条件の関係に関する研究 その3,日本建築学会環境系論文集,第712号,pp.551-558,2015年6月、DOI) <http://doi.org/10.3130/aije.80.551>、査読有

岩下剛:雨天時の学校校舎内事故の発生に関する基礎的研究 東京都の幼稚園・小学校・中学校に関する考察 -、こども環境学研究、10巻3号、pp.43-49、2014年12月、<http://www.children-env.org/>、査読有

岩下剛:学校環境衛生調査に基づく首都圏X区における小中学校教室の冬期空気環境に関する研究 エビデンスとして行政情報を用いた学校空気環境に関する研究 その1,日本建築学会環境系論文集,第704号,pp.865-870,2014年10月、DOI) <http://doi.org/10.3130/aije.79.865>、査読有

doi.org/10.3130/aije.79.865、査読有

岩下剛:東京都区部・市部小中学校教室の事故データを用いた事故リスクに関する検討 学校における事故と屋外気象条件の関係に関する研究 その2,日本建築学会環境系論文集,第703号,pp.813-819,2014年9月、DOI) <http://doi.org/10.3130/aije.79.813>、査読有

岩下剛:校庭芝生化の実施と学校事故に関する基礎的研究 2005~2009年の東京都小学校を対象にした研究,日本建築学会環境系論文集,第702号,pp.709-714,2014年8月、DOI) <http://doi.org/10.3130/aije.79.709>、査読有

岩下剛,得永尚樹:東京都,名古屋市,大阪市小学校の傷害データを用いた事故リスクに関する基礎的検討 (学校における事故と屋外気象条件の関係に関する研究 その1),日本建築学会環境系論文集,第696号,pp.173-180,2014年2月、DOI) <http://doi.org/10.3130/aije.79.173>、査読有

〔学会発表〕(計14件)

岩下剛,得永尚樹:学校における事故と屋外気象条件との関係に関する研究(その1 2005/2008/2009年の東京市部、名古屋市、大阪市小学校における考察)、日本建築学会大会学術講演梗概集,2013年8月、北海道大学(札幌市)

岩下剛,鹿島駿、井口幸汰、三上永靖:エビデンス・ペースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究(その1 空調された中学・高等学校における空気環境に関する長期連続測定)、日本建築学会大会学術講演梗概集,2014年9月、神戸大学(神戸市)

岩下剛,井口幸汰、三上永靖:エビデンス・ペースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究(その2 学校空気検査測定結果を用いた小中学校教室の空気環境に関する研究)、日本建築学会大会学術講演梗概集,2014年9月、神戸大学(神戸市)

岩下剛、三上永靖、井口幸汰：エビデンス・ベースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究（その3 学校空気環境調査結果を用いた大規模小中学校教室の空気環境に関する研究）日本建築学会大会学術講演梗概集、2014年9月、神戸大学（神戸市）

岩下剛、立川義隆、井口幸汰、中島均：エビデンス・ベースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究（その4 九州地域の公立小中学校における学校空気検査の実施状況）日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年9月、東海大学（平塚市）

岩下剛、井口幸汰：エビデンス・ベースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究（その5 オープンスペースを備えた公立小学校における温湿度・CO2濃度の連続測定）日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年9月、東海大学（平塚市）

岩下剛、東功武、井口幸汰、中島均：エビデンス・ベースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究（その6 空気検査に関する行政情報から考察したオープンスペース教室の空気環境）日本建築学会大会学術講演梗概集、2015年9月、東海大学（平塚市）

岩下剛、中島均：エビデンス・ベースト・アプローチに基づく学校教室の空気環境に関する研究（その8 冷房導入と学力テストとの関係に関する試験研究）2015、東海大学（平塚市）

岩下剛、井口幸汰：公立小中学校におけるシックスクール検査に関する研究（その1 悉皆検査を行う東京都A市における検査結果）空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2015年9月、阪大（大阪市）

岩下剛、中島均：公立小中学校におけるシックスクール検査に関する研究（その2 抽出検査を行う東京都X区における検査結果）空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2015年9月、阪大（大阪市）

岩下剛：建築物環境衛生検査に基づく公立小中学校の空気環境に関する研究 東京都X区における空気環境検査結果に関する研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、2015年9月、阪大（大阪市）

Kota Iguchi and Go Iwashita: CO₂ concentrations measured in 400 classrooms of Elementary/Secondary Schools in Tokyo, Proc. of Healthy Buildings 2015, CDROM, 2015年5月, Eindhoven(The Netherlands)

Hitoshi Nakajima and Go Iwashita: Influence of outdoor temperature on the accidental risk in Elementary considered with saturation level of air conditioners into classrooms in Tokyo, Proc. of Healthy Buildings 2015, CDROM, 2015年5月, Eindhoven(The Netherlands)

Go Iwashita: Basic Study on the Lawn Schoolyard and the School Accidents, Proc. of Healthy Buildings 2015, CDROM, 2015年5月, Eindhoven(The Netherlands)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岩下 剛 (IWASHITA GO)

東京都市大学・工学部・教授

研究者番号：9 0 2 5 3 9 0 5

(2) 研究分担者：なし

(3) 連携研究者：なし