

## 6 研究活動報告

環境科学国際センターでは様々な調査研究活動を実施している。それらの成果については積極的に発表し、行政、県民、学会等での活用に供している。学術的な価値のあるものについては論文にまとめて学術誌へ投稿することにより発表しているが、それ以外にも比較的まとまった成果は多い。ここではこれらの調査研究成果のうち、論文や種々の報告書に掲載されていないものを紹介する。今号では、当センターで研究活動を実施しているもののうち、令和4年度に取りまとめた成果や情報について報告する。

### 6.1 研究報告

埋立地を駐車場として跡地利用した事例におけるアスファルト舗装の浸出水量低減効果 ……………長谷隆仁

### 6.2 資料

IoT暑さ指数計の開発と観測精度の検証及び観測結果について……………大和広明、武藤洋介、本城慶多

[研究報告]

# 埋立地を駐車場として跡地利用した事例における アスファルト舗装の浸出水量低減効果

長谷隆仁

## 要 旨

浸出水量の削減は管理型最終処分場において重要な課題である。一方で埋立終了後の最終処分場の跡地利用も課題となっているが、たいていは浸出水量の削減と跡地利用は互いに関わりのある課題として考えられておらず、跡地利用による浸出水量への影響を調査されることはほとんどない。しかしながら、埼玉県内の最終処分場において、浸出水量削減目的を兼ねて駐車場のアスファルト舗装を行った事例があり、浸出水量削減への影響について関心を持っていたことから、その処分場について調査する機会を得た。本研究では、アスファルトによる舗装前と舗装後の浸出水量の調査を行った。その結果、浸出係数が0.28から少なくとも0.07まで減少したと推計された。

キーワード： 浸出水量の削減、浸出係数、跡地利用、駐車場、アスファルト舗装

## 1 はじめに

廃棄物最終処分場は2019年度調査で約3200施設、そのうち管理型は産業廃棄物が約900施設<sup>1)</sup>、一般廃棄物が約680施設<sup>2)</sup>と半数を占め、日本における最終処分場の代表的な構造の一つである。図1に示すように、管理型最終処分場(以下、埋立地と示す。)では、雨水の一部が覆土から雨水浸透し、残りが表面流出・蒸発散する。埋立終了後は、表面流出水を雨水溝などから埋立地外に雨水排除される。埋立層に浸透した雨水には、廃棄物に由来する汚濁成分が溶出することで保有水(浸出水)が生成される。遮水シート等により、浸出水の外部漏出が防止されるとともに、保有水集排水管で集水され、排水基準に合致するよう水処理後、外部に放流される。埋立終了後は処分による収入がない状態で、いつ終わるか分からない浸出水質が排水基準を満たすまでの期間において、水処理を継続しなければならないことが課題のひとつとなっている。さらに、豪雨による浸出水量の急激な増加への対応に苦

慮する事例もあり、雨水の浸透抑制が求められている。

他方、埋立地の跡地利用も課題となっている。公園や太陽光発電用地などに利用されているものの、通常は跡地利用と雨水の浸透抑制は個別に考えられており、跡地利用の浸出水量への影響を調査した例はない。しかしながら、埼玉県内の処分場において、跡地利用と雨水の浸透抑制を同時に考え、跡地をアスファルト舗装して駐車場として活用した珍しい事例がある(以下、アスファルト舗装に関しては、舗装と示す。)。その施設では、複数の埋立終了地を抱えつつ、埋立地の増設により増加する処理費の削減を課題としており、舗装による浸出水量の低減効果への関心も高かった。しかし、それぞれの埋立地からの浸出水量が計測されていなかったため、流量計を新たに設置して浸出水量の低減効果を確認することとした。本研究報告では浸出水量の調査結果を中心に報告する。

## 2 方法

対象とした施設は、山間地に建設され、約98haの敷地内に複数の埋立地を有する。1989年に埋立を開始して以来33年が経過し、現在7つ目の埋立地が稼働している。舗装して駐車場として跡地利用を行った埋立地は、1997年に埋立を終了した、面積6100m<sup>2</sup>、容積47000m<sup>3</sup>の埋立地である(以下、当埋立地と示す。)。当埋立地の表面は、2020年2月に半面のみ、2021年3月にもう半面の舗装が行われ、全面舗装された。当該施設には、水処理施設まで延びる管が埋設されており、この管を通じて複数の埋立地から流下した浸出水が処理施設

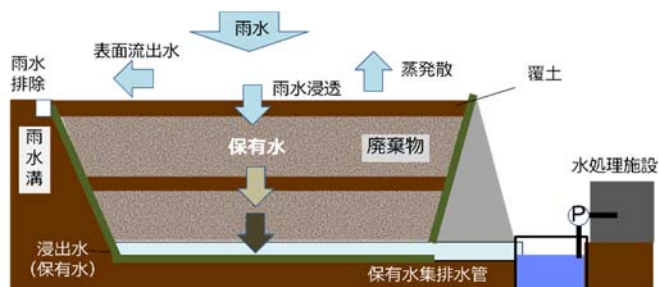


図1 管理型廃棄物最終処分場の構造例

で一括処理されている(図2)。なお、浸出水量の測定は水処理施設で行われているが、埋立地が増設されるたびに新たな浸出水が加わるため、個々の埋立地からの浸出水量はほぼ不明である。そこで、当埋立地における浸出水量を測定するとともに、雨水溝の水位、場内井戸の水位を測定することにより、舗装による雨水浸透への影響を調べた。

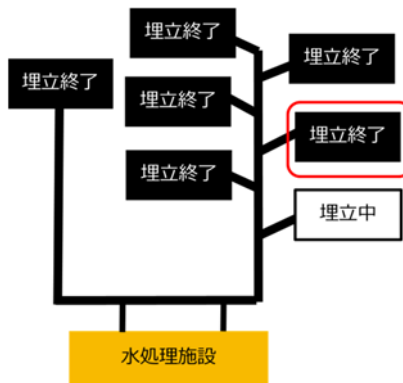


図2 2022年度の集排水処理経路(赤枠:当埋立地)

### 2.1 雨水溝の水位

埋立地に浸透しなかった雨水は、表面の緩い傾斜に沿って周囲の雨水溝に流れこみ、外部に排水される。そこで、舗装による表面流出した雨水の排水状況を観測するため、全面舗装後、雨水溝に簡易水位計を設置した。

### 2.2 浸出水量

当埋立地の浸出水量を測定するため、他の埋立地からの浸出水が合流する手前のピットにパーシャルフリューム式流量計を設置した(図3)。なお、2020年3月に流量計を設置したため、2020年3月から2021年3月までの約1年間が半面舗装、2021年3月以降の約1年半が全面舗装である。

パーシャルフリューム式流量計は、水路の途中を絞り、絞路の前に水位計を設置する構造の流量計である。測定した水位から、水位と水量の関係式を使って流量を求めるが、流量範囲に応じた寸法の流量計を選ぶ必要がある。流量範囲を推定するために、当該施設で利用できる浸出水量の記録は、埋立中と埋立終了後の全埋立地からの浸出水が混合した総量のみであった。ところが、表面流出水は埋立終了後は雨水溝などから埋立地外に排出されるが、埋立中は排出されず、蒸発

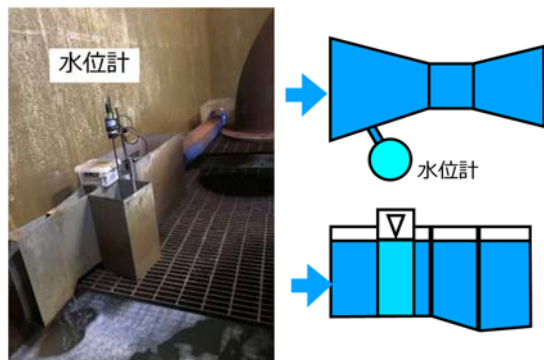


図3 パーシャルフリューム式流量計の設置状況と構造

散分以外がすべて浸出水となるので、埋立終了後と埋立地中の浸出係数(=浸出水量/雨量)が全く異なる。そのため、埋立地中と埋立終了後の埋立地からの浸出水が混合した状態での水量記録からは、埋立終了した当埋立地の流量範囲を推定することは困難であった。

ただし、埋立中埋立地の浸出水が別系統で集水され、埋立終了した埋立地だけの水量が測定できていた時期が過去にあり(図4)、この時期にあたる1999年度の記録を参考に、流量範囲を想定して設置する流量計サイズ(PF-1)を選定した。

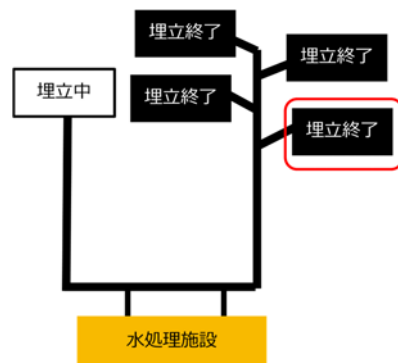


図4 1999年度の集排水処理経路(赤枠:当埋立地)

### 2.3 場内井戸の水位

当埋立地内には、ほぼ中央に深度10mのオールストレーナー構造の井戸が設置されており、全面舗装の時期前後から井戸内に圧力式水位計を設置し、水位変化を観測した。

## 3 結果及び考察

### 3.1 雨水の表面流出

降雨時の雨水溝における水位の観測例を図5に示した。測定開始から10時間経過した16mm/hの強降雨時に、水位が急速に上昇し、その後の13mm/hの降雨時にも短時間に水位が時間変動している。

このように、全面舗装した当埋立地では、雨水はごく短時間で表面流出し、雨水溝へ流入しており、埋立地内にほとんど雨水浸透していないことが示唆される。

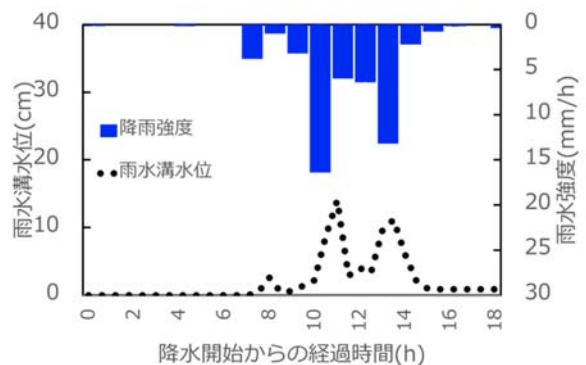


図5 雨水溝における水位の観測例

## 3.2 浸出水量

### 3.2.1 非舗装埋立地の浸出水量の推定

前述のとおり、1999年度は非舗装の埋立終了地のみから排出された浸出水を一系統に集結して水量が測定されていたため、当該施設の埋立終了地における平均的な浸出係数を算出できる。したがって、その時期の浸出水量の記録は、当埋立地の埋立終了後(舗装前)の浸出係数・浸出水量を推定する上で、また、舗装中あるいは舗装後の流量範囲を推定する上で、参考にできる唯一の記録である。その雨量及び浸出水量の分布及び累積について、日量範囲の少ない順に整理したものを図6a)に示した。

1999年度の総浸出水量は445mm、総雨量は1585mmであり、浸出係数0.28であった。従って、その差1140mmが表面流出不いし蒸発散による非浸透量と推測される。同時期における埋立中の埋立地の浸出水量は1204mm、浸出係数は0.76であり、埋立中は雨水排除されないため、総雨量との差381mmは蒸発散量と考えられる。蒸発散量が埋立中と埋立終了で差がないと仮定すれば、1140mmから381mmを引いた759mmが表面流出水と推測される<sup>3)</sup>。

10mm以上の雨量は、日数としては少ないものの、年間総雨量の約9割を占めた。一方、10mm/日以下の浸出水量は、日数が多いため、年間浸出水量の約9割を占めた。雨量が200mm/日を超える時の雨水は、大部分が表面流出して排除されると考えられ、浸出水量では40mm/日を超えることはなかった。

複数埋立終了地の混合した浸出水であるものの、埋立工法や覆土施工方法等管理が似ていると考えられ、当埋立地の舗装前における浸出係数や流量範囲も同程度であったと推測される。そこで、流量計を選定においては、浸出水量の流量範囲の予想上限値として、最大値40mm/日に埋立地面積を掛けた244m<sup>3</sup>/日を採用した。

### 3.2.2 浸出水量の測定結果

半面舗装状態での雨量及び浸出水量の測定結果を図6b)に示した。年間総雨量は1331mmで、10~60mm/日の雨が多く、10mm/日を超える雨は年間総雨量の82%を占めた。年間の総浸出水量は411mmであり、20mm/日を超える日はなかった。浸出水はほぼ10mm/日以下で年間の総浸出水量の96%を占め、特に2mm/日以下での排出がその2/3であった。半面

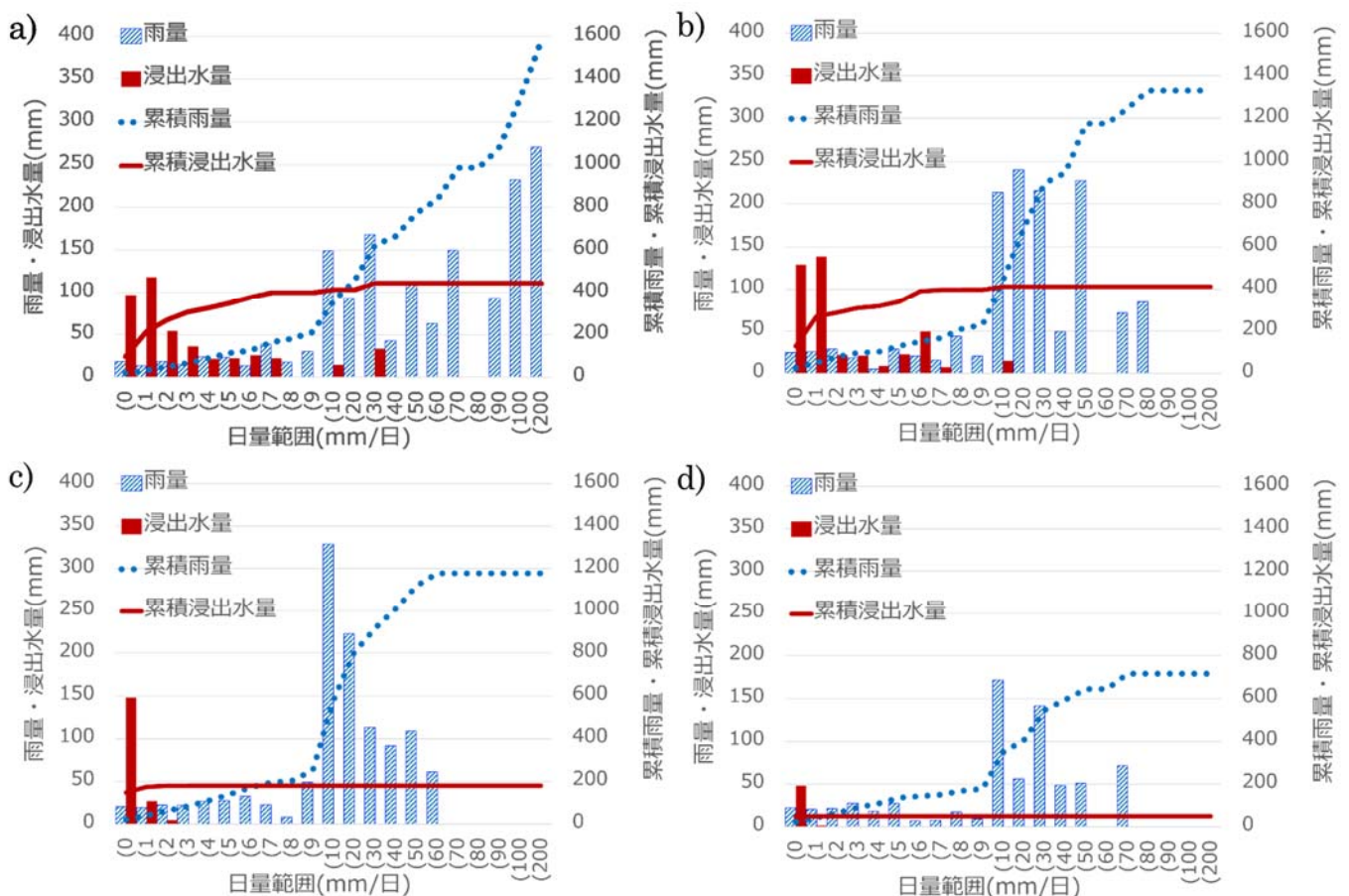


図6 雨量及び浸出水量の分布及び累積

a) 1999年4月～2000年3月(非舗装埋立地)、 b) 2020年3月～2021年2月(当埋立地、半面舗装)

c) 2021年3月～2022年2月(当埋立地、全面舗装)、 d) 2022年3月～2022年9月(当埋立地、全面舗装)

日雨量、日浸出水量をx軸で半開区間(0,1] (0<日水量≤1 mm/日)を「(1)、半開区間(1,2]を「(2)」などと日量範囲を記した。また、各日量範囲の水量の合計値をy軸に記した。なお、浸出水量は、その容積(m<sup>3</sup>)を当埋立地の面積で除して単位mmに変換した。



舗装状態の浸出係数は0.31となったが、非舗装埋立地で推定した浸出係数0.28に比べて、顕著な違いを確認できなかった。

全面舗装状態のうち2021年3月から2022年2月までの測定結果を図6c)に示した。この期間の総雨量は1179mm、総浸出水量は180mm、浸出係数0.15で、前年の半面舗装に比べて浸出係数が大幅に減少した。40mm/日を超える大雨の減少が影響している可能性があるが、浸出水量は1mm/日以下での排出がほとんどであった。

2022年3月から2022年9月までの観測結果を図6d)に示した。この期間の総雨量は716mm、総浸出水量は49mmであった。浸出水量のほとんどは1mm/日以下での排出で、浸出係数は0.07とさらに小さくなった。

図6に示した各期間の累積雨量と累積浸出水量について、それぞれの期間の総雨量、総浸出水量に対する割合を図7に示した。雨量については、各測定年度の日量範囲の傾向は類似しており、1999年度を代表して示した。20mm/日を超える強い雨は回数としては少ないが、量としては総雨量の8割近くを占めた。一方、浸出水は、20mm/日を超える量で排出されることはほぼなく、割合も小さかった。強い雨が降った場合、雨の一部が浸透し、残りは表面流出や蒸発散した事などが理由として考えられる。1999年度の非舗装埋立地と同じく、半面舗装後の1年間の浸出水は20mm/日以下で、2mm/日以下を主としている。全面舗装後の浸出水は、2mm/日を超える排出はほぼなくなった。未舗装の場合は、雨量が増加すると雨水浸透量の増加に伴い浸出水量も増加するが、舗装によって雨水浸透が抑制された結果、降雨の影響を受けにくくなったためと考えられる。2021年3月からの1年間では1mm/日以下が82%、2022年3月からの7か月では1mm/日以下が88%と、より少量での排出が多くなった。

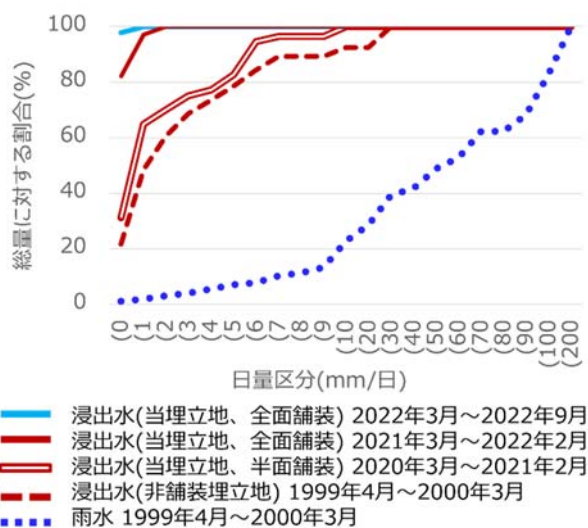


図7 累積雨量及び累積浸出水量の分布

### 3.3 場内井戸の水位

全面舗装後の場内井戸の水位変化、並びに6時間あたりの

雨量を図8に示した。水位変化はほとんどなく、降雨時にも水位上昇は見られなかった。この結果からは、舗装面からの雨水浸透がほとんどなかったことが示唆される。一方、全面舗装後も229mmの浸出水が排出されており、舗装後に雨水浸透がなかったならば、舗装前から埋立地内に存在していた保有水が浸出水として排出されたと考えられる。例えば、埋立層内の間隙率を10%<sup>4)</sup>とすると浸出水229mmは埋立層では2290mmに相当するが、雨水浸透による供給がない状態で保有水が排出されれば、廃棄物層の間隙率<sup>5)</sup>から考えても、相応の水位低下が予想されるが、場内井戸にそれに類した水位低下は認められなかった。

以上のことから、舗装後の浸出水の水源は、測定した場内井戸とは離れた位置にあり、埋立地内の保有水は不連続に分布しており、そのため場内井戸の水位が影響を受けていない可能性も考えられる。場内井戸周辺の保有水が残存していることから、浸出水の排出は長期に及ぶ可能性があるが、宙水として孤立し排出されないならば、水位は低下しない可能性もあり、浸出水の排出停止の時期を予想することは難しい。

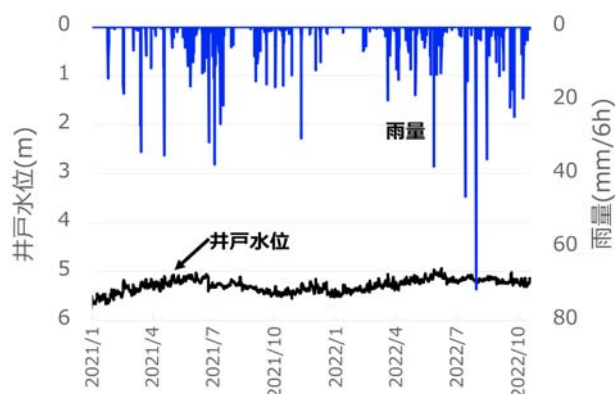


図8 場内井戸の水位変化と雨量\*

\*水位は6時間間隔で測定し、それに併せ雨量は6時間雨量を示した。

## 4 まとめ

埋立地の表面(跡地)利用と雨水排除(浸透抑制)を目的にアスファルト舗装を行った事例において、パーシャルフリューム式流量計を設置して浸出水量を測定し、併せて雨水排水の状況、場内井戸の水位を調査した。表1には、舗装後の埋立地水収支の推計を示した。同時に、舗装前の水収支の推計として、1999年度の埋立終了地の調査で得られた推計値を示した。未舗装埋立地の平均的な浸出係数は0.28と推測されたが、半面舗装された1年間において、浸出係数は舗装前と比べて変化がなかった。しかしながら、全面舗装後は浸出係数は減少していき、舗装後の1年間の浸出係数は0.15、さらにその後の7か月間の浸出係数は0.07となり、全面舗装による雨水排除効果が顕著に認められた。全舗装面で蒸発散する間もなく、すみやかに表面流出するため、蒸発散量は381mmより少なく(0~381mm)、浸透しなかった雨水のほぼ全量が表面流出したと推測される(618~999mm)。舗装により雨水浸透が激減し

たものの、浸出水は舗装後1年7か月以上経過した時点でも確認されており、舗装前の内部に残存した保有水の存在により浸出水の排出が続いていると考えられる。全面舗装後の雨水浸透が0mmとし、浸出水がすべて舗装前内部に残存した保有水が排出されたものとする、1年7か月間で内部貯留量は229mm減少したと推測される。一方で、場内井戸の明確な

水位低下は認められず、場内井戸周辺の保有水が宙水として残存している可能性も考えられるが、まだ内部に保有水が存在しており、浸出水の排出は長期に及ぶ可能性も考えられた。

表1 舗装前後の水収支(単位:mm)

観測期間	雨量	浸出水量	蒸発散量	表面流出量	内部貯留量	浸出係数
1999.4-2000.3	1585	445	(381)	(759)	(0)	0.28
2020.2(半面舗装施工)						
2020.3-2021.2	1331	411	(0-381)	(539-920)	(0)	0.31
2021.3(全面舗装施工)						
2021.3-2022.2	1179	180	(0-381)	(618-999)	(-180)	0.15
2022.3-2022.9	716	49	-	-	(-49)	0.07

( )は観測値を元に水収支関係からの推定値または推定範囲。舗装時の蒸発散量は未舗装の値をもとに推定した。

## 文献

- 1) 産業廃棄物処理施設の設置、産業廃棄物処理業の許可等に関する状況(令和元年度実績), <https://www.env.go.jp/recycle/waste/kyoninka.html>
- 2) 平成元年度一般廃棄物処理実態調査結果, [https://www.env.go.jp/recycle/waste\\_tech/ippan/stats.html](https://www.env.go.jp/recycle/waste_tech/ippan/stats.html)
- 3) 長谷隆仁, 倉田泰人, 渡辺洋一, 飯村行雄(2001)廃棄物最終処分場における浸出水と塩化物イオンの挙動, 全国都市清掃研究発表会講演論文集, 23, 349-351.
- 4) 田中信寿(1999)環境安全な廃棄物埋立処分技術, 廃棄物学会誌, 10, 118-127.
- 5) 浅井正, 小田勝也(2013)持続可能な臨海部における廃棄物埋立処分に関する研究, 国土技術政策総合研究所資料, 741, 201.

## Reduction effect of asphalt pavement on leachate quantity at the completed landfill site used for a parking lot

Takahito HASE

### Abstract

Reduction of leachate quantity is important issue at controlled landfill sites, one of major types of landfills in Japan. On the other hand, land owner such as cities often face to problem of how to use completed landfills. As reduction of leachate quantity and land use of completed landfills are usually considered irrelevant issue, effect on leachate quantity was rarely surveyed at the landfills after new land use. But there was a case that asphalt pavement was carried out for reducing leachate at completed landfill site used for a parking lot in Saitama prefecture. We got the chance to survey leachate quantity before and after the pavement. As the result it was estimated that leachate ratio was reduced to 0.07 from 0.28 at least.

**Key words:** reduction of leachate quantity, leachate ratio, land use of completed landfill site, parking lot, asphalt pavement

[資料]

# IoT暑さ指数計の開発と観測精度の検証及び 観測結果について

大和広明 武藤洋介 本城慶多

## 1 はじめに

熊谷地方気象台で日本最高気温である41.1℃を観測するなど、埼玉県では夏季の暑さが厳しくなっている。この夏季の高温の原因として、地球温暖化の進行に伴う気温上昇に加え、関東平野の都市化の進行に伴うヒートアイランド現象や海から吹く海風、谷から山へ吹く谷風などの風系（以下、局地風系）の変化が挙げられる。局地風系が発達しやすい典型的な夏季の晴天日には、海からの冷気の影響を受ける沿岸部に比べ、関東平野の内陸部に位置する埼玉県の平野部は日最高気温が高くなりやすい傾向にある<sup>1)</sup>。その理由として、南よりの海風に伴う冷気によって関東平野の南部から北部にかけて順に気温上昇の抑制や気温が低下しはじめることが挙げられる<sup>2)</sup>。海からの冷気の影響で気温が低下し始める時間が埼玉県内で異なることから、熱中症発症リスクに地域差があることが想定される。

そこで、県民が身のまわりの熱中症リスクを把握できるように、県内の複数地点で独自に開発した「IoT暑さ指数計」を使用して、暑さ指数の観測を行い、その観測結果をリアルタイムにWebサイトで公開した。暑さ指数とは、熱中症を予防することを目的として提案された指標で、人体と外気との熱のやりとり（熱収支）に着目しているのが特徴である。人体の熱収支に与える影響の大きい①相対湿度、②日射などの放射・熱環境、③気温の3つの要素から算出される指標である。

開発したIoT暑さ指数計は、同等な機能を持つ既製品よりも安価なため、同じ予算でより多くの観測地点を設置し、効率的に情報発信を行うことができることから独自に開発した。

本稿では開発したIoT暑さ指数計の仕様、観測精度及び2022年夏季の観測結果について報告する。

## 2 IoT暑さ指数計の開発

IoT暑さ指数計は、マイコン（Arduino Pro 328 8MHz/3.3V）、温度・湿度センサー、Sigfox通信モジュール（京セラコミュニケーションシステム（株）製 Sigfox Shield for Arduino(V2/V2S)）、18650型のニッケル水素電池、太陽光パネルを組み合わせ、防水ボックスに収納したものである（図1）。

暑さ指数を観測するためには、気温、湿球温度、黒球温度

の3つの要素を観測する必要がある。気温の観測にはサーミスタ（SEMITEC（株）製 103AT-11）を、湿球温度を算出するために必要な相対湿度の観測には静電容量式相対湿度センサー（Sensirion（株）製 SHT35センサーを使用したGrove - I2C High Accuracy Temp&Humi Sensor（SHT35））を使用して、両センサーを自然通風式シェルター（Young製 CYG-41303）に挿入して観測を行った。湿球温度は、相対湿度とサーミスタで観測した気温から算出した。

通常、黒球温度測定に用いられている15cm銅球は大きく設置場所が限られてしまうため、先行研究<sup>3)</sup>で採用された黒色塗装したピンポン球を15cm銅球の代用とし、黒球温度をサーミスタを黒色塗装したピンポン球に挿入して観測を行った。観測した黒球温度は後述する図2の式を用いて15cm黒球で観測した黒球温度に換算し、その換算した黒球温度、気温、湿球温度の3つの値から暑さ指数を算出して、約10分毎にsigfox回線を通して、インターネット上のサーバーへデータを送信した。

2021年の夏にIoT暑さ指数計を野外で試行的な観測を行った。その結果、充電電池と太陽光パネルの組み合わせで電池の交換等を行わずに約3か月間の連続観測に成功した。2022年には、黒球周辺の気流に、他の機器が影響を与えないように黒球を他の機器から離すなどの改良を加え、県内20か所にIoT暑さ指数計を設置し、約4か月の連続観測を行った。



図1 IoT暑さ指数計（左：2021年、右：2022年）

### 3 IoT暑さ指数計の観測精度

#### 3.1 基準測器との精度比較観測(2021年)

IoT暑さ指数計の観測精度を検証するために、埼玉県環境科学国際センターの生態園で比較観測を実施した。芝生上に、基準測器とIoT暑さ指数計を並べて設置して、2021年10月4日10時から16時まで連続観測を行った。当日は快晴で雲の影響がない条件下で観測値の比較を行った。基準測器は、自然通風式シェルター(Young社製 CYG-41003)内におんどり(RTR-503)のセンサーを挿入し気温と相対湿度を観測し、15cm黒球におんどり(RTR-503)のセンサーを挿入して黒球温度を観測した。観測値の比較は、観測値の安定した10時30分から15時30分までの10分間隔で測定して期間平均を算出して比較を行った(表1)。相対湿度の差がやや大きいものの、気温の差は極めて小さく、暑さ指数の差も小さかった。

黒球温度は、15cm黒球とピンポン球黒球の半径が異なり、観測される黒球温度が黒球の半径に依存することから、15cm黒球とピンポン球黒球の観測値の結果を用いて、ピンポン球の黒球温度を15cm黒球で観測した値に換算した。換算方法は、先行研究<sup>3)</sup>にしたがって、黒球温度から気温を引いた値同士で比較を行い、図2の式に基づき、IoT暑さ指数計のピンポン球黒球の観測値を15cm黒球で観測したときの値に換算した。

また、基準測器とIoT暑さ指数計で観測した暑さ指数の時間変化もほぼ同じような変化傾向を示していたが(図3)、14時

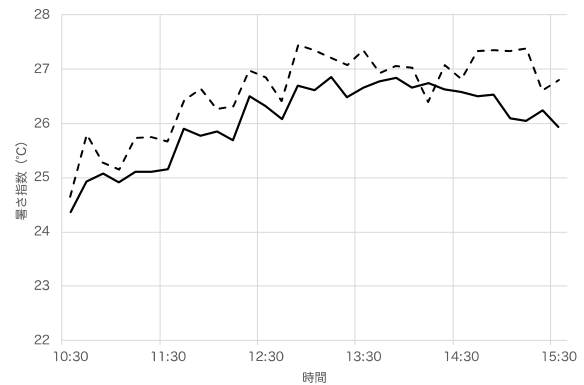


図3 基準測器(実線)とIoT暑さ指数計(点線)の暑さ指数の時間変化

30分以降に、ややIoT暑さ指数計の方が過大評価している傾向があった。しかし、その差は約1℃であるので、両者の差は小さいと言える。

#### 3.2 基準測器との精度比較観測(2022年)

2022年には、IoT暑さ指数計のピンポン球の設置方法に改良を加えたのであらためて、2021年の比較観測と同じ方法で15cm黒球とIoT暑さ指数計のピンポン球黒球の比較実験を行った。2022年9月28日から10月4日の連続して晴天が続いた日を対象に、黒球温度の比較実験を行った結果を図4に示す。図2とほぼ同様の関係が見られ、係数や決定係数もほぼ同じ値であるため、設置方法の変更が観測精度に与える影響はほとんどないと考えられた。

表1 基準測器とIoT暑さ指数計の観測値の比較

測定項目	基準測器	IoT暑さ指数計
気温	28.6℃	28.5℃
相対湿度	51.4%	56.7%
黒球温度	43.2℃	38.4℃
図2の式で換算した黒球温度	-	43.2℃
暑さ指数	26.1℃	26.5℃

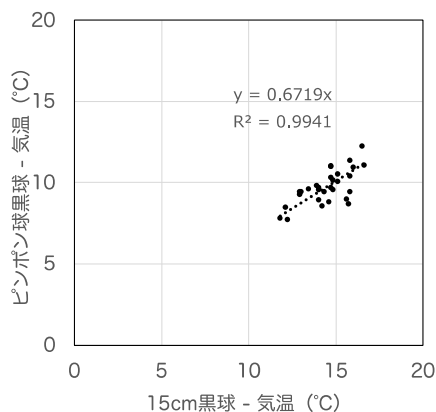


図2 15cm黒球とピンポン球黒球の観測値の比較(2021年)

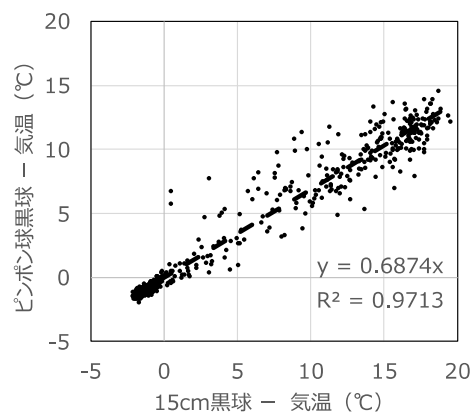


図4 15cm黒球とピンポン球黒球の観測値の比較(2022年)



### 3.3 大気常時監視測定局との温度・湿度の比較

埼玉県内の大気常時監視測定局(以下、常時監視局)の敷地内にIoT暑さ指数計を設置した局の中で、常時監視局で気温と相対湿度を観測している戸田局と富士見局において、IoT暑さ指数計の観測値と常時監視局の観測値を比較した。比較には2021年8月の観測データを用いた。両測定局ともIoT暑さ

表2 基準測器とIoT暑さ指数計の観測値の比較

測定局名	気温差 (°C)	相対湿度差 (%)
戸田局	0.0	1.2
富士見局	0.2	3.3

指数計と常時監視局の観測値(気温と相対湿度)の時系列変化はほぼ一致しており、平均値で比較すると、気温は戸田局、富士見局ともほぼ差が無く、相対湿度は富士見局で3.3%とやや差が大きかった(表2)。気象庁の気象測器の検定における相対湿度の検定公差<sup>4)</sup>は5%以内であり、富士見局の差の3.3%はその基準を満たしており、IoT暑さ指数計で観測した気温と湿度に大きな誤差は含まれていないことを確認できた。

### 4 IoT暑さ指数計の観測結果

2022年7月11日から8月31日までの期間のうち、県内アメダスにおいて日照時間9時間以上かつ降水量0.0mmを快晴日として12日選択し、快晴日の日中(8時~16時)におけるIoT暑さ指数の平均暑さ指数を算出した(図5)。平均暑さ指数は29.8°C~32.1°Cの範囲であり、最も低い観測点が秩父市、最

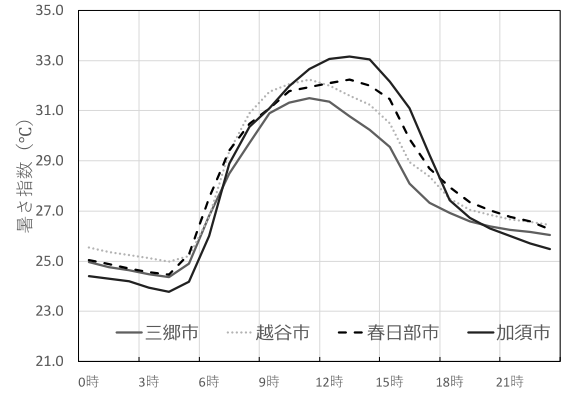


図6 IoT暑さ指数計で観測した2022年夏季の快晴日12日間の暑さ指数の時間変化

も高い観測点が加須市(CESS)であった。平野部に着目すると、県南部の三郷市や川口市、浦和区、新座市の観測点で相対的に低く、県中央部から北西部の観測点で高い傾向であったことから、埼玉県の平野部が局地的に高温になるとの先行研究と整合的であった。

また、快晴日の日中の暑さ指数の時間変化(図6)から、県南部から北部にかけて順に暑さ指数が低下し、暑さ指数の最高値も県北部ほど高い傾向にあることが確認できた。海からの冷氣によって県南部から順に熱中症リスクが低下することがIoT暑さ指数計の観測値から検出できた。

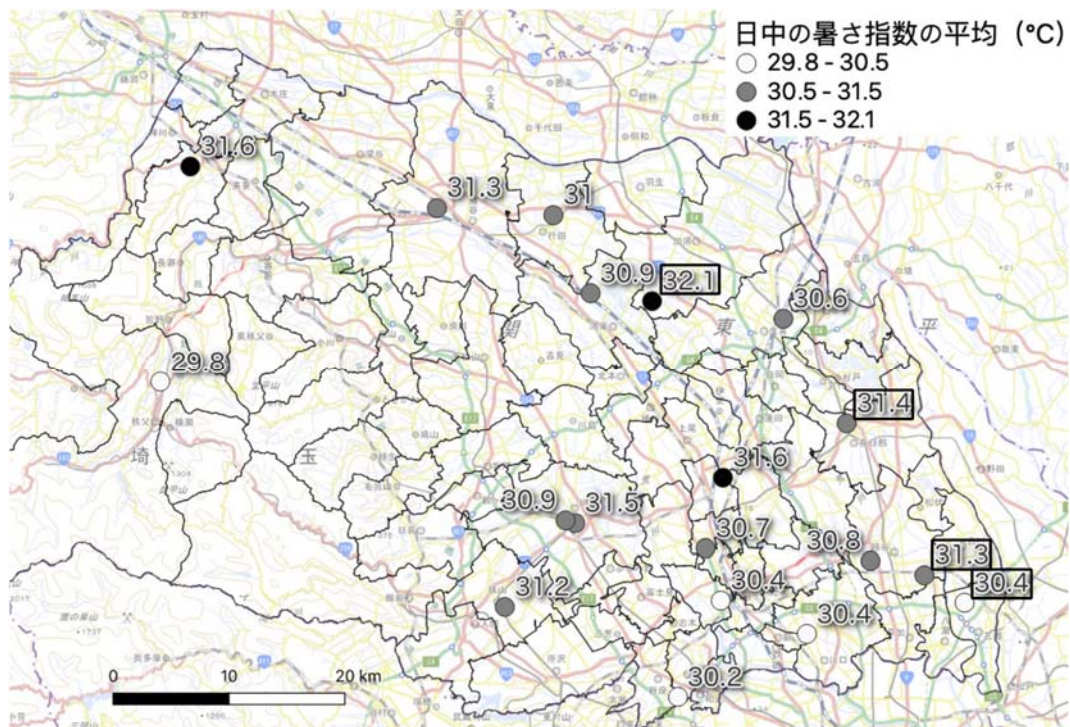


図5 IoT暑さ指数計で観測した2022年夏季の快晴日12日間の日中平均の暑さ指数  
図中の数字は平均の暑さ指数(°C)、四角の枠は図6で使用した観測点である。

## 5 おわりに

暑さ指数が観測可能でかつ、インターネットでデータ回収が出来る装置を市販の部品やセンサーを組み合わせたIoT暑さ指数計を独自に開発し、その観測精度の検証及び2022年夏季の観測結果を示した。結果の概要は次の通りである。

- 開発したIoT暑さ指数計で観測した気温、相対湿度、黒球温度は、基準測器で観測した値との差は小さく、IoT暑さ指数計の観測値に大きな誤差は含まれていないことを確認した。
- IoT暑さ指数計の2022年夏季の観測結果から、大まかな傾向として暑さ指数が、県南部で低く県中央部から北西部にかけて高い傾向であることや県南部から北部にかけて順に暑さ指数が低下することが観測値から検出できた。

本稿に示したIoT暑さ指数計の観測精度や観測結果から、IoT暑さ指数計の観測値は十分な精度をもち、県内の熱中症リスクの地域性を解像できることが確認できた。そのため、IoT暑さ指数計の観測値を元に、Webサイトにて県内の熱中症リスク情報を発信して熱中症対策に活用してもらおうことを目指したい。

---

## 文献

- 1) 藤部文昭(1993)関東平野における春・夏季晴天日の気温分布の日変化, 天気, 40(10), 759-767.
- 2) H. Yamato, T. Mikami, and H. Takahashi (2017) Impact of sea breeze penetration over urban areas on midsummer temperature distributions in the Tokyo Metropolitan area, Int. J. Climatol., 37, 5154-5169.
- 3) 酒井敏, 梅谷和弘, 飯澤功, 伊藤文, 小野耕作, 矢島新, 飴村尚起, 森永修司(2009)都市熱環境観測システムの開発研究, 天気, 56(5), 337-351.
- 4) 気象業務法第九条の検定の対象となる気象測器の検定の合格基準を定める告示(気象庁告示第七号)(2002), <https://www.jma.go.jp/jma/kishou/shinsei/kentei/goukakukijun.pdf> (2023. 3. 9 アクセス).