

# 佐野市葛生地区における降下ばいじん量調査結果 昭和46(1971)～平成29(2017)年度

大気環境部

齋藤 由実子 石原島 栄二

## 1 はじめに

栃木県南西部に位置する葛生町は、平成17(2005)年2月に佐野市と合併したが、全国有数の石灰石の産地であり、鉱床の地質時代は古生代に遡る<sup>1)</sup>。石灰石鉱業は、地場産業として栄えてきたが、昭和40年代に公害問題が注目される中で、石灰石の生産活動に伴って粉じん及びばいじん等が発生し、付近の環境に影響を与えることが問題となった。この状況を受けて、昭和46(1971)年度に12地点において、降下ばいじん量調査を開始したことを皮切りに、現在に至るまで47年間にわたり実施してきた。この間、サンプリング方法や調査地点も様々に変遷してきた。

また、かつて葛生地区の石灰の輸送に大きな役割を担ってきた鉄道が昭和63(1988)年に廃止され、トラック等の貨物車が輸送の中心となった<sup>2)</sup>。降下ばいじんが道路粉じんの影響を大きく受けるようになったことに伴い、平成12(2000)年度からは、道路粉じんの影響を大きく受ける2地点と、あまり影響を受けない市街地の1地点の計3地点においてモニタリングを実施している。

測定開始から半世紀近くが経過していることから、これまでの調査結果を取りまとめたので報告する。

## 2 調査方法

栃木県における佐野市葛生地区の位置を図1に示す。



図1 佐野市葛生地区

## 2.1 調査地点

平成26(2014)年度から、図2に示す3地点において、調査を実施している。なお、調査地点付近の状況は図3(A)～(C)のとおりである。



図2 調査地点

国土地理院の数値地図 25000 (地図画像)『佐野』を掲載



(A) あくとプラザ (佐野市あくと町 3084)



(B) 箱石神社 (佐野市豊代町252)



(C) 青藍泰斗高校 (佐野市葛生東2-8-3)

図3 調査地点写真

調査地点の変遷を表1に示す。調査開始後、社会情勢等の変化によって、調査地点の廃止・移設や地点数の増減を経てきた。現在では、図2に示す3地点でサンプリングを行っているが、あくとプラザは、昭和46(1971)年に測定を開始したR293号線沿いの住宅から、施設老朽化等の問題により平成26(2014)年に移設したものである。箱石神社は、平成8(1996)年から新たに調査を実施している。また、青藍泰斗高校については、昭和46(1971)年に旧葛生町役場で開始したが、その後庁舎の廃止に伴って平成24(2012)年に移設したものである。

2.2 調査期間

平成46(1971)年4月から平成30(2018)年3月までの47年間

2.3 採取方法

表1に示すように、昭和46(1971)年度から昭和63(1988)年度まではデポジットゲージ法、平成元(1989)年からは、ガラス製ダストジャー(口径12.7cm、高さ25.0cm)により試料採取を行った。デポジットゲージは、落下してくる降下ばいじんや雨水を開口した大きな漏斗(上部)で受けて、パイプで接続された、貯水タンク(下部)に貯める方式である。デポジットゲージは乾式のため、風による再飛散の可能性が指摘されていたことから、ダストジャー方式に移行することとした。昭和62(1987)から平成元(1989)年度は比較検討及び移行期のため、両方の方式が混在していた。なお、ダストジャーには、飛散を防止するための蒸留水250mLと、藻の発生を防止するための0.02N-CuSO<sub>4</sub>を10mL入れ(pH4.6程度)、降下ばいじんを1カ月間採取した。

表1 調査地点の変遷

地点名称	所在地	地域区分	デポジットゲージ: ○ ダストジャー: ● 両方使用: ◎																			
			1973	1974	1977	1979	1981	1982	1984	1986	1987	1988	1989	1990	1992	1996	2000	2012	2014	2015	2016	2017
			S	H	1	2	4	8	12	24	26	27	28	29								
1 K宅	会沢町	工業	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2 T宅	会沢町																					
3 N宅 R293号沿い	朝日町(現 築地町)	工業	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	●	●	●	●	●				
4 K宅	中央東	工業	○	○	○																	
5 A宅	中央西	住商	○	○	○																	
6 I宅	豊代町	住商	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
7 T宅	豊代町													●	●	●						
8 箱石神社	豊代町252																●	●	●	●	●	●
9 葛生小学校	中央西1-12-1	住商	○	○	○																	
10 葛生町役場(現 佐野市役所葛生庁舎)	中央東(現 葛生東)	住商	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	●	●	●	●					
11 T店(閉鎖)	山菅町	沿道	○	○	○																	
12 農協倉庫(閉鎖)	富士見町	住商	○	○																		
13 M宅	富士見町		○																			
14 O宅	中町		○																			
15 水源地	鉢の木	住商	○	○	○																	
16 会沢小学校	会沢681	工業	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
17 嘉多山公園	葛生1790	公園	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18 W旅館(閉鎖)	中央西		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○									
19 M宅	中央西					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20 農協支所	仙波町68	工場						○														
21 Sゴルフ場(閉鎖)	牧						○															
22 S木工所(閉鎖)	山菅町	沿道							○		●	●	●	●	●							
23 氷室公民館	水木847																					
24 中仙波公民館	仙波町1814	沿道																●	●			
25 南小学校	中町1104																					
26 栃木県公害研究所	宇都宮市桜2-2-28						○	○	○	○	○	◎	◎	●	●							
27 栃木県保健環境センター	宇都宮市下岡本町2145-13																					
28 青藍泰斗高校	葛生東2-8-3																				●	●
29 あくとプラザ	あくと町3084																				●	●

2.4 調査項目及び分析方法

調査項目は、貯水量、pH、不溶解性成分、溶解性成分及び総降下ばいじん量である。

回収したダストジャーから、ばいじん以外の混入物(昆虫や葉等)を取り除き、貯水量を計量した。その後、アスピレーターを用いて全量を吸引濾過し、ろ紙(ADVANTEC, No. 5C/φ55mm)上の残渣を定温乾燥器で乾燥した後、秤量して不溶解性成分とした。さらに、ろ液はpHを測定し、蒸発乾固した後、秤量して溶解性成分とした。これらの不溶解性成分と溶解性成分の合計を総降下ばいじん量とした。

3 調査結果

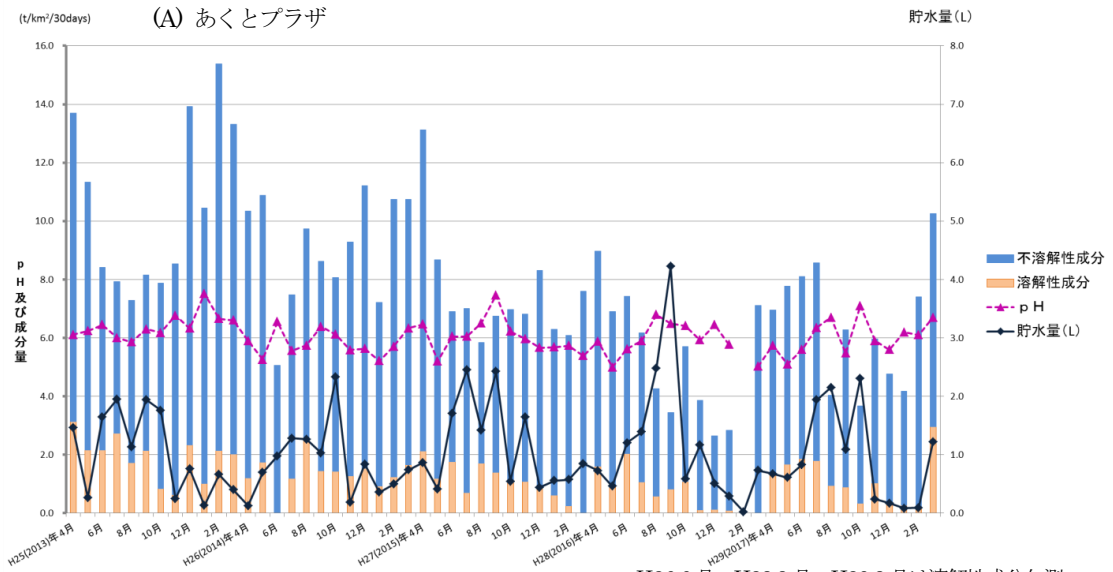
現在の各調査地点における、過去5年間分(平成25(2013)年から平成29(2017)年度まで)の貯水量、pH、溶解性成分及び不溶解性成分の経月変化を図4(A)~(C)に示す。

3.1 貯水量とpH

貯水量は各地点とも、平成29(2017)年2月が最も少なく、0.02~0.05L/月で、最も多かったのが平成28年9月であった。夏季には雨の影響で貯水量が多く、冬季には少ないという傾向がみられた。

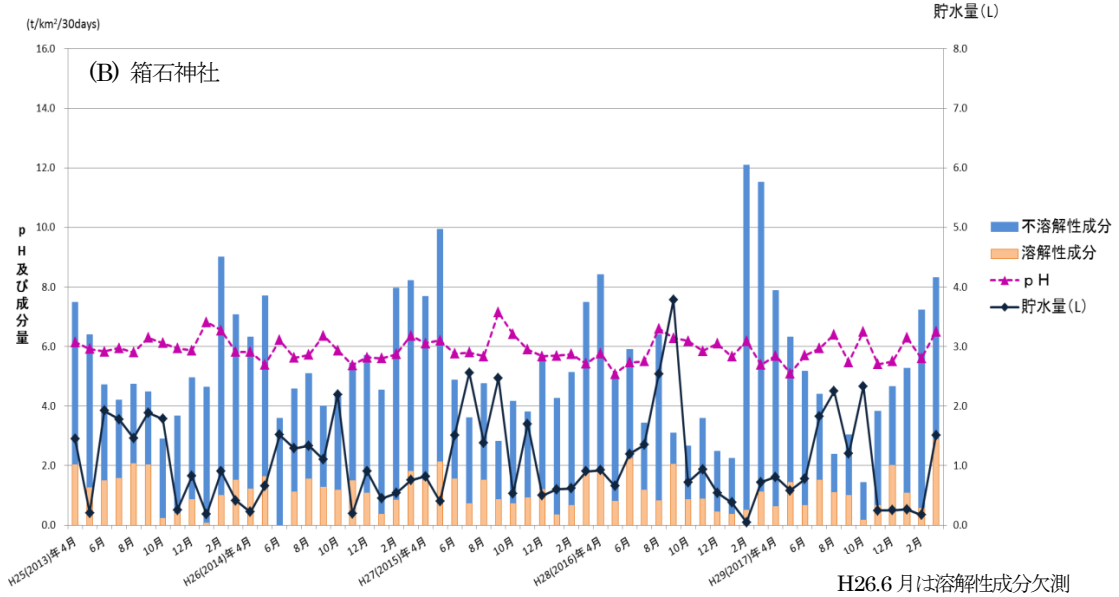
各地点のpHは、あくとプラザが5.1~7.5、箱石神社は5.1~7.1、青藍泰斗高校は4.8~6.8の間を推移し、それぞれ一定の範囲内にあった。pHが最も低かったのは、各地点とも平成28(2016)年5月(箱石神社は平成29(2017)年5月も同値)、最も高かったのは平成27(2015)年9月であった。pHに季節変動はみられず、地点間の差もわずかであった。

また、図5に示すように、貯水量とpHとの間には、貯水量がpH値の下限に関与していることがうかがわれ、これは、2.3に記述したCuSO<sub>4</sub>溶液の影響と思われる。

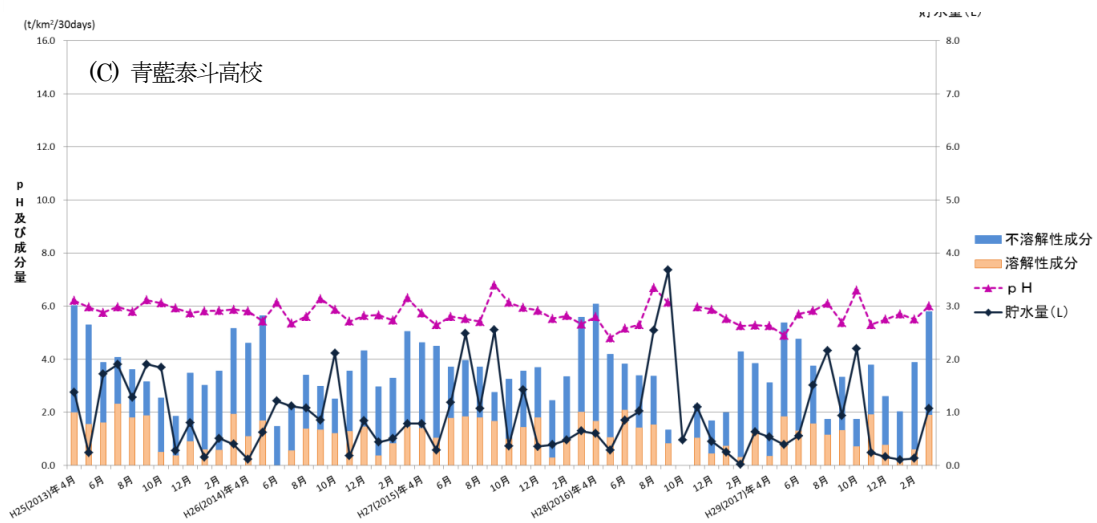


H26.6月、H28.3月、H29.3月は溶解性成分欠測

H29.2月はpH・溶解性・不溶性成分とも欠測



H26.6月は溶解性成分欠測



H26.6月は溶解性成分欠測

図4 調査項目の地点別経月変化

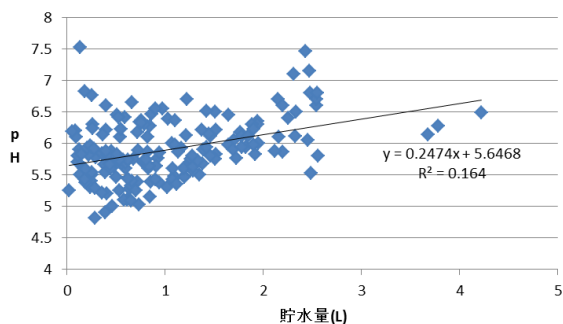


図5 貯水量とPHの相関  
H25(2013)～H29(2017)年度

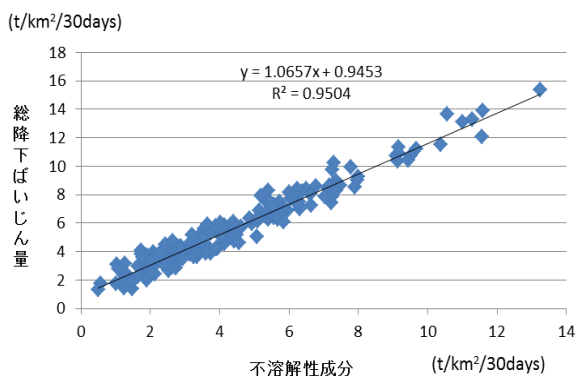


図6 不溶性成分と総降下ばいじん量の相関  
H25(2013)～H29(2017)年度

### 3.2 溶解性成分及び不溶性成分

図4に示すように、あくとプラザは全ての月において、箱石神社は平成28(2016)年9月を除いて、また青藍泰斗高校は平成25(2013)年7月から9月、平成27(2015)年9月及び

平成28(2016)年9月を除いて不溶性成分の方が溶解性成分の量を上回っていた。不溶性成分が総降下ばいじん量の90%以上を占めた頻度は、あくとプラザにおいては平成26(2014)年度を除いて各年2～3か月出現した。箱石神社では各年とも1～2か月ずつ、また青藍泰斗高校では平成29(2017)年度にひと月のみ出現した。

また、季節変動をみると、3地点とも6月～10月の夏季を中心とした時期に不溶性成分がやや減少する傾向がみられた。また、あくとプラザは平成28(2016)年度を除いて12月～4月、箱石神社は2～4月、また青藍泰斗高校は3月～5月の冬から春先にかけて、不溶性成分が増加する傾向がみられた。この時期は貯水量も少なくなることから、乾燥や風による粉じんの舞い上がり等の影響が考えられる。夏季(7～9月)とそれ以外の季節における溶解性成分の含有比率は、夏季の方が有意( $p < 3.1 \times 10^{-7}$ )に高かった。夏季は光化学反応が活発になることから、窒素酸化物( $\text{NO}_x$ )の酸化により生じた硝酸塩が増加し、溶解性成分の比率の上昇につながった可能性が考えられる。

3地点における5年間分(平成25(2013)～H29(2017)年度)のデータについて、不溶性成分と総降下ばいじん量の相関関係を図6に示す。相関係数は0.95と非常に高く、不溶性成分が増加するほど総降下ばいじん量も増加するという正の相関関係がみられる。このことから、溶解性成分と不溶性成分の和である総降下ばいじん量は、不溶性成分の量の大小に依存することがわかる。R293号線沿いに位置するあくとプラザは、3地点の中で最も総降下ばいじん量が多く、不溶性成分が多いことを意味する。一方、市街地に位置する青藍泰斗高校は、総降下ばいじん量が3地点の中で最も少ないことから、前述のように、溶解性成分が不溶性成分を上回るという逆転事例が、他の地点よりも多く発生したと考えられる。

なお、溶解性成分と総降下ばいじん量または不溶性成分との間に相関関係はみられなかった。

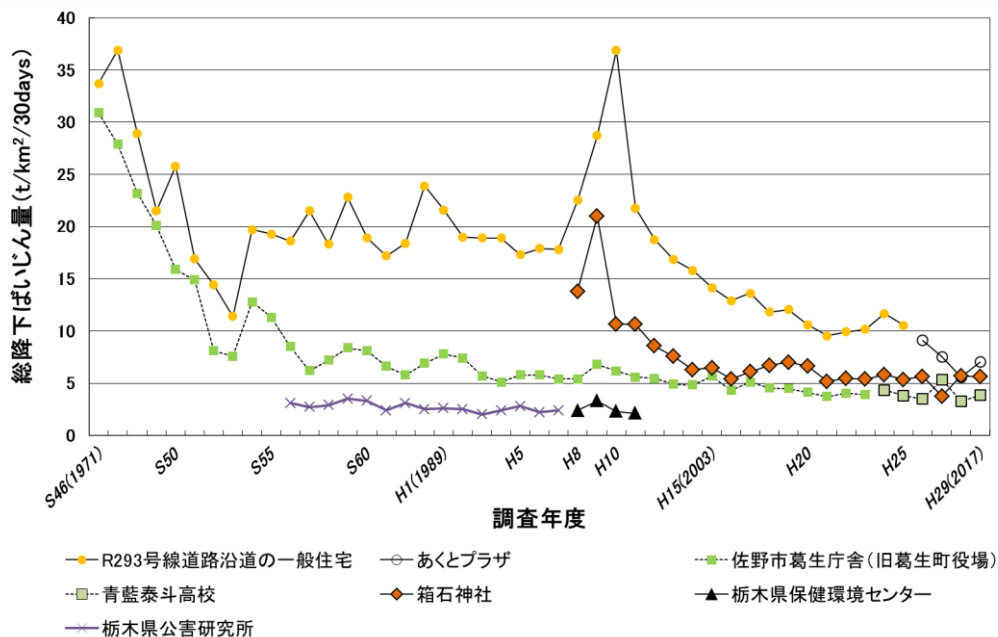


図7 総降下ばいじん量の経年変化

### 3.3 総降下ばいじん量

道路粉じんの影響を受けるR293号線道路沿道の地点である一般住宅と、あくどプラザ及び箱石神社、その影響を受けにくい市街地の地点である佐野市葛生庁舎及び青藍泰斗高校、また過去にバックグラウンド地点として測定していた宇都宮市の栃木県公害研究所と、栃木県保健環境センターの年平均値の推移を図7に示す。

測定地点別にみると、R239号線沿いの総降下ばいじん量は昭和46(1971)と昭和47(1972)年度は $30\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ を超過していたが、その後減少し、 $20\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ を下回るが多くなった。しかし、平成8(1996)年度から再び値が上昇し、平成10(1998)年度には、 $36.87\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ と、それまでの最高値である昭和47(1972)年の $36.91\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ と同程度まで高くなり、その後急激に減少した。これは、この時期に行われたR293号線のバイパス工事の影響が考えられる。その後も総降下ばいじん量は減少傾向を示し、平成26(2014)年度以降は、 $10\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ を下回るレベルで推移している。全国的にも石灰石の生産は、平成8(1996)年度をピークとして減少傾向にある<sup>1)</sup>。

箱石神社は平成8(1996)年度から調査を開始し、平成9(1997)年度に $21\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ と、前述した理由で突出した以外は減少傾向であり、平成21(2009)年度以降は $5\sim 6\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ で横ばいとなっている。

道路粉じんの影響を受けにくい市街地の調査地点については、佐野市葛生庁舎(旧葛生町役場)は、調査を開始した昭和46(1971)年度の $30.7\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ を最大値として、その後急激に減少し、平成3(1991)年度ごろから横ばいとなり平成19(2007)年度から、 $5\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ を下回る値で推移し、この傾向は現在の測定地点である青藍泰斗高校においても同様である。

なお、昭和56(1981)年度から平成11(1999)年度まで、バックグラウンド地点として対照のために測定していた宇都宮市の地点では、 $2\sim 3\text{t}/\text{km}^2/30\text{days}$ とほぼ一定で推移していた。

葛生地区の総降下ばいじん量は、長期的にみると減少傾向にあり、地点間差は小さくなっていることがわかる。

### 4 まとめ

総降下ばいじん量は、不溶解性成分と強い相関があることが分かった。経月変化をみると、総じて、不溶解成分の方が溶解性成分よりも多い結果となった。その他の成分(貯水量、pH、溶解性成分、総降下ばいじん量)の間に相関は認められなかった。

葛生地区の総降下ばいじん量は、昭和46(1971)年から10年程で急速に減少し、半分近くの値になった。その後バイパス工事が行われるまでの約17年間、横ばいで推移した。工事後は減少傾向にあり、調査開始時の約1/7程度まで減少しており、長期的には総降下ばいじん量の減少傾向が継続している。また地点間の差は小さくなってきている。

### 5 参考文献

- 1) 石灰石工業協会ウェブサイト  
(<http://www.limestone.gr.jp/introduction/index.htm>)
- 2) 栃木県公害研究所所報、第1号(昭和45～48年度)～第19号(平成7年9月)
- 3) 栃木県保健環境センター年報、第1号(平成7年度版)～第23号(平成29年度版)、1996～2018
- 4) 大気環境保全技術研修マニュアル「第9章 大気汚染測定法(環境大気) 9.4降下ばいじん測定法」、環境省  
(<https://www.env.go.jp/earth/coop/coop/cocument/02-apctmj1/contents.htm>)