

ヨシによる取付護岸の 浮上り現象に関する調査報告

小林 美千代

関東地方整備局 利根川上流河川事務所 守谷出張所 (〒302-0116 茨城県守谷市大柏355-7)

[現 関東地方整備局 江戸川河川事務所 総務課]

利根川の中流部にある田中調節池内周囲堤の樋管取付護岸の補修作業中に、護岸ブロックが帯工より10cm程度浮き上がっているのが発見された。目地部分からはヨシが生えていたことから、ブロックとその下の砕石および遮水シートを剥がしたところ、ヨシの地下茎が遮水シートの下に密生しているのを確認した。本調査では、現場および机上調査を通じ護岸が浮き上がった原因がヨシの地下茎の密生にあるのかを確認した結果を報告するとともにヨシの育成が護岸を持ち上げるに至るシナリオを推定し、推定シナリオに基づいた護岸浮き上がりの再発防止策(案)を提案する。

キーワード 護岸浮き上がり、ヨシ地下茎、採取土、日常点検、河川構造物

1. 序論

河川の出張所には、管内の河川管理施設がその機能を発揮出来るよう、常時から非常時まで、施設の重要度と状態に応じた点検、修繕、改修を繰り返していくという大事な役割がある。その基本は点検や日常の巡視、観察であり、異変や異常、その手前に発生する変状や兆候を把握し、場合により重点的な監視対象としていくこととなる。

守谷出張所においても日常的な巡視、堤防点検や河川構造物点検、安全利用点検、維持業者による日常的な観察等を確実に実施してきたところではあったが、今回、全ての監視、観察の網をすり抜け、護岸ブロックの浮き上がりを見逃すという事態が発生した。(図-1)

守谷出張所の人員配置状況等は、技官は出張所長と管理第二係長の2名、事務官は管理第一係長である私1名、委託の河川巡視員が1名、委託の現場技術員が1名となっており、維持工事を担当する技術者も初見では無く、河川が初めての担当者による見逃し等が発生した訳では無い。

点検・観察等の当事者らに聞くと、「当該護岸および周辺のヨシ自生は認識していた」「ヨシが護岸浮き上が

りを引き起こすと考えたことは無い」「安全利用点検での指摘で除草はしたことがある」という話が得られた。

河川技術者や巡視経験者にとって「ヨシは護岸ブロック変状の原因とはならない」という認識が一般的であり、かつ「ヨシには護岸ブロックを変状させることがある」という事実が存在するのであれば、本調査箇所以外の河川においても本件のような見逃しは発生しうることであり、問題である。

次章以降では、「ヨシは護岸ブロックを変状させるか」に主眼をおいた調査報告と再発防止策の提案を行う。



図-1 浮き上がった護岸ブロック(隣接区画)

2. 調査計画

護岸の浮き上がりの報告後、変位が明確な護岸のみ剥がしたところ、区画全体へのヨシ地下茎が広がっている可能性があったため、護岸全体を撤去しての本格的な調査を出水期明けの11月に入ってから実施することとした。

護岸補修工事と調整し、作業効率と詳細な調査のバランスを取った結果、全体工期を1ヶ月としそのうち3日間のみを本格的な調査にあてることで、堤防に護岸の無い期間を最小限とした。なお、短期間での調査のため専門的な委託はせず、出張所にある調査器具と現場にある資材と重機を活用した項目の実施のみとし、その後に机上調査を実施することとした。

(1) 机上調査の内容

- a) 完成図調査（護岸構造）
- b) ホームページ調査（ヨシの生態）
- c) 護岸の補修履歴等調査

(2) 現地調査の内容

- a) 調査区画の1mメッシュ区分（定量化・視覚化）
- b) 地下茎等の平面分布（写真観察）
- c) 目視観察（写真併用）
- d) 地下茎断面調査（ノギス）
- e) 地下茎重量の平面分布
- f) 土壌硬度の平面分布（山中式硬度計）

(3) 調査結果のとりまとめ

調査結果をとりまとめ、シナリオを推定する。

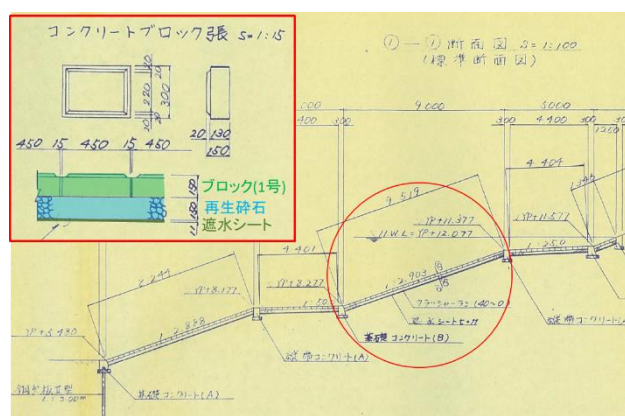


図-2 当該護岸の完成図

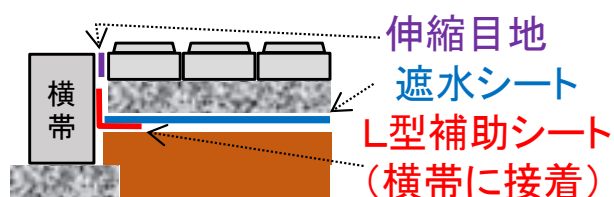


図-3 護岸構造の模式図

3. 調査の実施と結果

(1) 机上調査

a) 完成図調査

当該護岸は樋管改築の際、旧樋管撤去後の1990年に施工された。築堤土（拡幅）は近隣利根川高水敷より採取されており、現況においてもヨシが生えていることから、当該築堤土へのヨシ片の混入の可能性が推察された。また、構造は護岸ブロック（310kg/m²）モルタル目地、150mmの碎石、遮水シートが設置されており（図-2）、帯工と接着されたL型の補助シート上にラップされ、横帯と護岸ブロック間の隙間には伸縮目地が設置されている。（図-3）

b) ホームページ調査

ホームページ検索¹⁾により生態を調査した結果、ヨシには以下特性のあることがわかった。

- ・4月下旬から芽を出しはじめ、6月頃までに急激に成長し、11月頃には地上部は全て枯れる。
- ・地下の茎（地下茎）部分は生きており、夏の間に光合成で得た養分を蓄え、その養分を使って地面と平行に伸び、その先端から新しい芽が出て、次の春に成長する。
- ・地下茎の節からはひげ根がたくさん出ており、その一部は地下深く伸び水分を吸収することから乾燥に強く、茎には多数の通気管があり空気を地下に送ることができる。

c) 護岸補修履歴等調査

資料検索の結果護岸が補修された履歴は無かった。歴代の維持工事の技術者に確認したところ、最近では2020年8月および2018年5月にヨシ除草の記録がありそれ以前は記録が無い。図-4は2020年の除草前6月に撮影されていたヨシの繁茂状況の写真。



図-4 当該護岸上に繁茂するヨシ(2020年6月)

(2) 現地調査

a) 調査区画の1mメッシュ区分

計測結果の分布を定量的に視覚的に表現し、現象を理解し、説明しやすくするため、調査現場の縦帯工と横帯工と基礎ブロックで囲まれた区画を水糸により1mメッシュに分割した。(図-5)

b) 地下茎等の平面分布

地下茎は砕石上面と遮水シート下に存在しており、砕石上面では両側の横帯と上部縦帯沿いに分布していた。

遮水シート下でも同じように分布をしているが、横帯沿いは、上に向かう程増加し、縦帯沿いが最大となる。地下茎は全体的に上に向け、半円状に存在している。また、地下茎分布の下側に水跡のような茶色の染みが分布していた。(図-5)

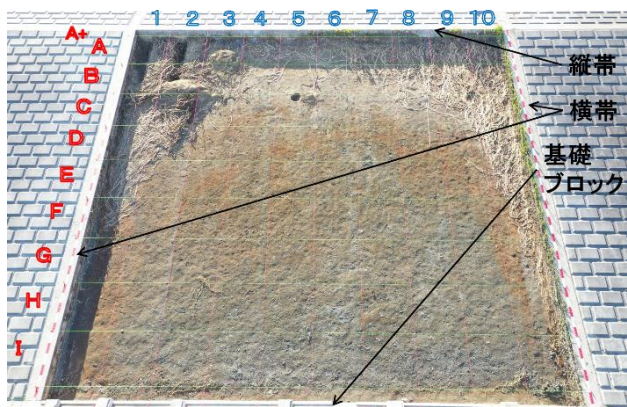


図-5 メッシュ分割と地下茎等の分布(シート下)

c) 目視観察

区画全体の土質は砂分が多めの砂質土が均一に分布している状況だった。また、横帯から伸びた地下茎は密にマット状に絡まりながら上方向、斜め方向に進んでいた(図-6)。縦帯から伸びた地下茎は一度下方向に向かった後半円を描きながら上方向に戻る傾向が見られた。

横帯部では、地下茎は遮水シート下から補助シート下を通り帯工の接着部を突き抜けて地上部へ至るのが多数であった。(図-7)

d) 地下茎断面調査

目視観察において地下茎は全てつぶれた形だったことから(図-8)、任意の21本の断面の縦横サイズをノギスにて計測した(表-1)。その結果、平均縦横比は1:2.4(扁平率0.59)となり、護岸ブロックからの強い圧力を受けながら伸長していったことが推察された。



図-6 シート下の地下茎の状況(A10 メッシュ)



図-7 遮水シートと横帯の接着部(上方向を望む)



図-8 地下茎の断面(楕円形に成長)

表-1 地下茎断面計測表(ノギス)

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
タテ(mm)	6.40	5.90	5.45	5.30	6.25	8.70	4.70	9.30	8.50	6.50	6.50
ヨコ(mm)	18.50	17.80	15.10	13.50	13.45	14.55	13.00	17.85	16.70	16.45	18.05
No.	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	平均
タテ(mm)	7.35	5.05	5.30	5.15	7.35	5.20	7.15	3.35	7.70	7.90	6.43
ヨコ(mm)	17.20	16.30	17.90	16.70	18.30	11.00	11.75	12.90	15.10	14.95	15.57

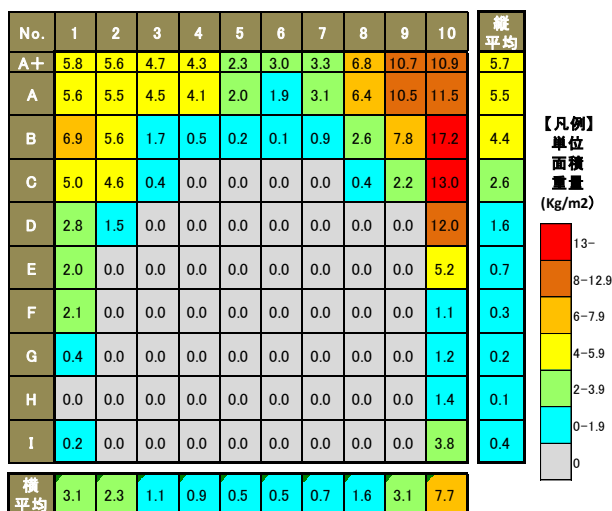


図-9 地下茎重量の平面分布 (赤>灰)

e) 地下茎重量の平面分布

メッシュ毎に地下茎を切り分けビニール袋に入れて、重量を調査した。目視観察と同じく横帯沿いは上に向かうにつれ、縦帯沿いは両側の横帯に向かうにつれ重量が増していることが明確にわかる。最大はB-10ブロックの17kg/m²であった。中央と基礎ブロック沿いには存在しない。(図-9)

f) 土壌硬度の平面分布

メッシュ毎の土壌硬度を山中式硬度計で計測した。地下茎の密生部はその下の土壌にて計測した。メッシュ毎の土壌硬度の分布を地下茎重量分布と比較すると、地下茎の密生箇所で低く、地下茎の存在しない部分で高くなり、地下茎の密生により地盤強度が低下する傾向を確認した。(図-10)

(3) 調査結果のとりまとめ

現地調査の結果より、浮き上がったブロックの下部にはヨシの地下茎がより多く密生し、それら地下茎は楕円形に変形していることがわかった。また、机上調査の結果より、ヨシの繁茂が放置されると地上部の光合成により地下茎が急激に成長することがわかった。これらより「ヨシの繁茂が護岸ブロックの変状につながった可能性」を確認した。併せて、地下茎の密生度が上がるほど地盤強度が低下することを確認した。

4. 対策の必要性の検討

ヨシの繁茂による護岸ブロックの浮き上がり現象が、河川構造物に悪影響を与える可能性について、以下のとおり整理した。河川構造物の機能を維持していくためにも、護岸の浮き上がりを防止する対策が必要である。

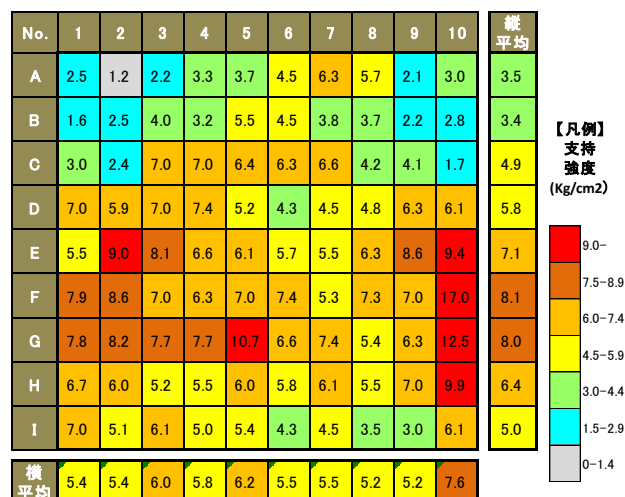


図-10 土壌硬度の平面分布 (赤>灰)

(1) 目地が抜け、ブロックが10cm程度浮き上がる現象

河道内の低水・高水護岸では乱流や堤体材料の吸出を助長する恐れがある。

(2) 鉛直方向に310kg/m²以上の揚圧力が発生する現象

設計計算、安定計算をしている河川構造物では安全度が損なわれる恐れがある。

(3) 地下茎の高密度化により地盤強度が低下する現象

地下茎の成長と枯死、衰弱の繰り返しにより緩んだと推察される地盤は、水みちの発生や構造物の沈下を引き起こす恐れがある。

5. シナリオの推定

調査結果を踏まえ、ヨシの繁茂が護岸を浮き上がらせるまでのシナリオを推定し、以下a)～h)に順番に示す。末尾の星印★は再発防止策に繋がる項目に記した。

a) 築堤土を高水敷から採取し、ヨシ片が混入(図-11)★

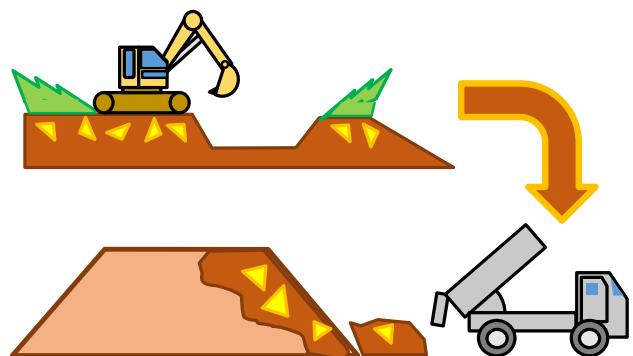


図-11 高水敷採取土から盛土へヨシ根が混入

b) 遮水シートと帯の接着面の経年劣化により、境界部の土壌に雨水が浸透(図-12)

c) 水と酸素が供給された土壌部分のヨシ片が活性化(図-12)

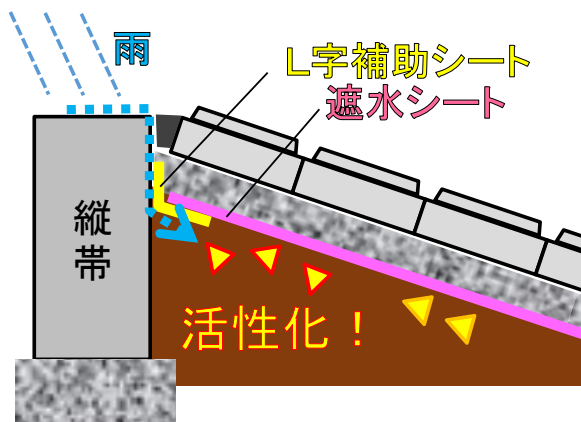


図-12 遮水シート下への雨水の浸入と活性化

f) 遮水シート下の地下茎は水と酸素を求め密度を増しながら扇状に伸長(図-15)



図-15 地下茎が上方向に扇状に伸長

d) 劣化した接着面の隙間をこじ開け、茎を伸ばし地上部が成長(図-13)★

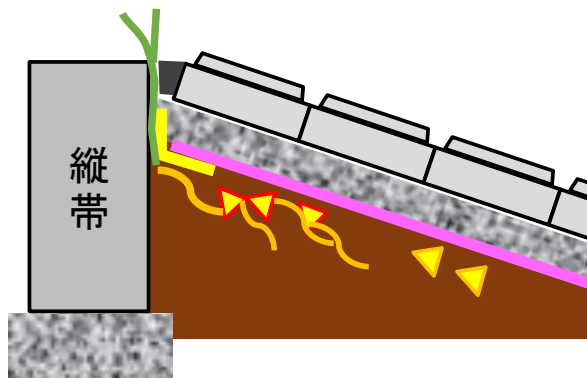


図-13 ヨシの地上部への成長

g) 地上部の成長(5月～6月)が点検時期等の事情で見過ごされ、地下茎が急激に成長(図-16)★

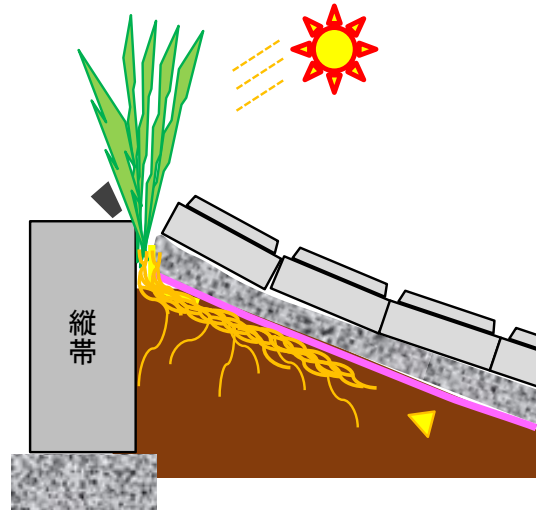


図-16 地下茎の急激な成長

e) 地上部からの光合成の養分等で地下茎が伸長(図-14)

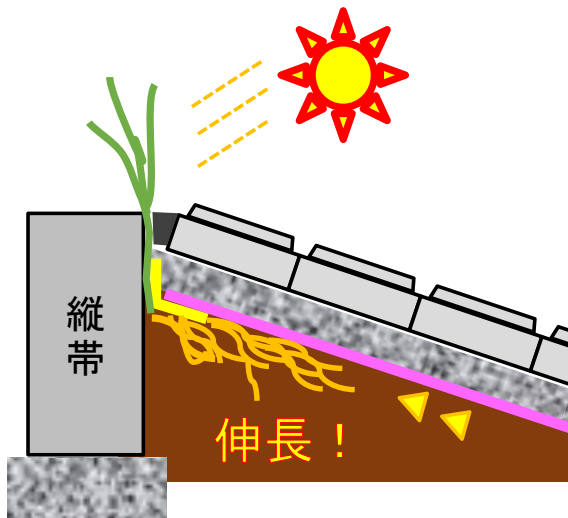


図-14 ヨシの地上部への成長と地下茎の伸長

h) 地下茎の成長は、茎断面が楕円になる程圧力を増し、ブロックが浮き上がる。(図-17)

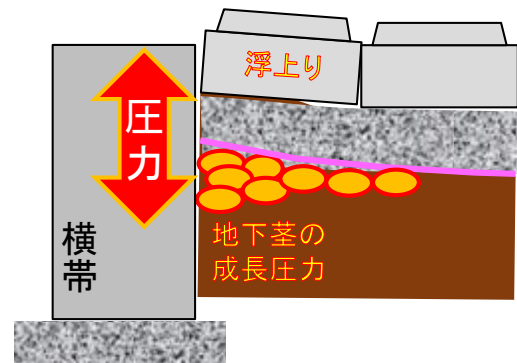


図-17 地下茎圧力によるブロック浮き上がり

6. 対策案の立案

推定したシナリオを踏まえ、護岸の浮き上がりを防ぐための対策手法を整理した。有効な対策としての要件は、第一にヨシを混入させないこと、第二に混入したヨシを成長させないこと、第三にヨシの地下茎を密生化、肥大化させないこととした。それらを満足する対策案として、以下a)～d)の案を提案する。

- a) 構造物の埋戻し、護岸の設置部にはヨシが自生する箇所の土砂を使用しない。（受入土の内容、用土採取箇所を事前に入念に確認し、地下茎による構造物の浮き上がりの原因を除去）
- b) 遮水シートの補助シートとコンクリート面の接着面部分に押え金具を追加（接着面の劣化による水の浸入を防ぎ活性化を防ぐとともに、地上部へのヨシの伸長を防止）（図-18）
- c) 隙間からのヨシ地上部を発見した場合は、コンスタントに除去、目地補修を徹底（光合成による地下茎肥大化の防止）（図-19）
- d) 構造物点検は時期と慣れに注意する。（複数の目によるクロスチェック、問題事例の情報共有、地上部が成長する段階での早期発見を確実なものにする仕組みづくり）

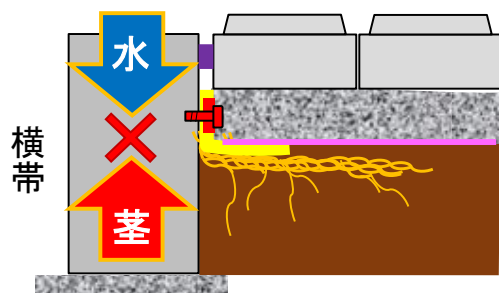


図-18 押え金具による伸長防止

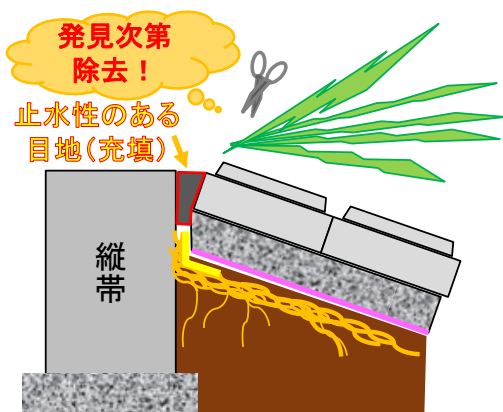


図-19 コンスタントな除去と目地補修

7. 結論

限られた時間の中で簡易な測定器具等を使用し調査を行い、多くの写真撮影や定量的に現状を把握する工夫をすることで、ヨシが護岸ブロックを浮き上がらせる原因となっている可能性を提示した。

調査結果によりヨシの混入や成長、護岸の浮き上がりに至るシナリオを推定し、シナリオに対応する具体的な再発防止策となる対策を立案した。

調査や観察については出来るだけシンプルに実施したので、同じような事象が発生した現場での課題解決に向けた検討材料として、役に立てたと思う。

当時は河川構造物の技術的な知識が無い中、出張所長の強力な指導のもと、未経験の測定も含め突貫で現地調査をこなし報告としてまとめた。一連の作業の中で知ることの出来た河川管理の実情を踏まえ、以下に感想を述べる。

私が本調査を任された理由は、河川管理という仕事が好きだったこともあるが、事務所も含め現場における技術系職員の不足が大きかったのではないかなと思う。

最近の河川管理の現場を巡る動きをみると、順応的で効率的な河川管理を目指した取り組みがなされるとともに、特にIoT技術やAI、ドローン等を活用した状態監視、診断、点検、河川巡視等の現場管理のDXが積極的に進められると聞いている。ただ、現場の事務系職員の立場では、そのような技術革新が数年先に起こる兆候は感じられなかった。

当時、出張所長と「今後の河川管理のDXによりきっと技術系の人手不足は解消される。だがそれまでの間、発生し続ける課題に迫られる現場はどうすれば良いか」と話したことがある。例えば河川管理に興味のある事務系職員が訓練等を受け、現場管理に貢献することも可能なのでは無いだろうか。一つの考え方として提案しておく。

今後また河川管理を担当する際には、今回の経験を活かし、技術的側面も踏まえた効率的できめ細やかな河川管理を実現していきたい。

謝辞：現地調査の実施にあたり、工事監督の合間に多くの作業補助とアドバイスを頂いた工事技術者の渡邊氏、現場技術員の土田氏、資料作成員の石井氏、論文の指導・添削を頂いた作田出張所長に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 京都市青少年科学センター：「ヨシの生態」
<http://www.edu.city.kyoto.jp/science/online/story/22/index.html>（参照2021-03-23）