



# 第6回 科学の甲子園 全国大会

## 実技競技③ 「ばんえい競走 in つくば」

### 事前公開資料



ばんえい十勝

本競技は、次のとおり競技の概要を事前に公開し、製作材料を配付するので、全国大会までに試作や試行をすることができます。全国大会で納得のいく結果が得られるように、しっかり準備してください。

1. 競技人数 1チーム 4名

2. 競技時間 150分，うち製作時間 60分

### 3. 競技内容

用意されている材料と工具類を用いて、規定に則った電源車と4足歩行ロボットを60分間で製作する。電源車に搭載したペルチェ素子の熱電発電（温度差発電）で得た電気で4足歩行ロボットのモーターを駆動して電源車を牽引させ、レースを行う。

### 4. ペルチェ素子と熱電発電について

熱電発電モジュールの一つであるペルチェ素子（図1）は、サーモモジュールとして、ペルチェ効果により電気で温度を制御（冷却）する用途が主だが、この逆反応であるゼーベック効果を利用すれば、熱（温度差）を利用して電気を作ることができる（図2）。

熱電発電（温度差発電）技術は、次世代の再生可能エネルギーとして近年注目を集めており、工場、発電所、焼却炉や自動車などの排熱、地熱や温泉の熱などの未利用熱エネルギーを電気エネルギーとして利用するための手段として研究開発が進められている。また、熱電発電モジュールは可動部分が存在しないため、寿命が長く、長期にわたって保守作業を必要としないという利点もある。

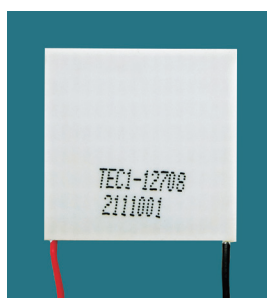


図1 ペルチェ素子

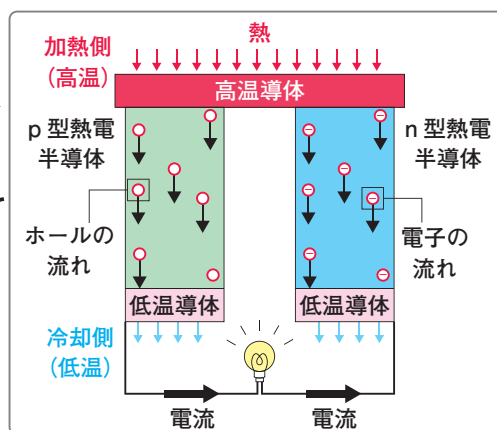
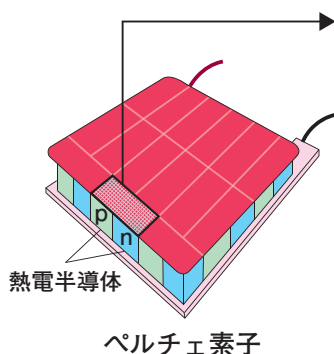


図2 熱電発電の原理

参考 サーモモジュールとして使用したときのペルチェ素子の主な仕様

- ・最大電流 8 A
- ・最大使用電圧 15.4 V
- ・最大吸熱量 76 W
- ・最大温度差 68 °C
- ・サイズ 40 mm × 40 mm 厚さ 3.5 mm
- ・重量 23 g

熱電発電モジュールとして使用する場合は使用温度は 120°C以下とすること。

## 5. 4足歩行ロボットのクランク機構について

モーター、ギヤボックス、ユニバーサルアーム等を利用して、4足歩行ロボットを製作するときに、クランク機構を工夫することが歩行性能を向上させることになる。

基本的に、4足歩行をさせるには、モーターを組み込んだギヤボックスの出力シャフトにクランクアームなどを取り付けて2本の足に往復運動をさせ、他の2本の足には、このクランク機構（図3左）やスライダクランク機構（図3右）などにより、リンクロッド（ユニバーサルアームやゼムクリップを伸ばした鉄線など）で動力を伝えればよい。

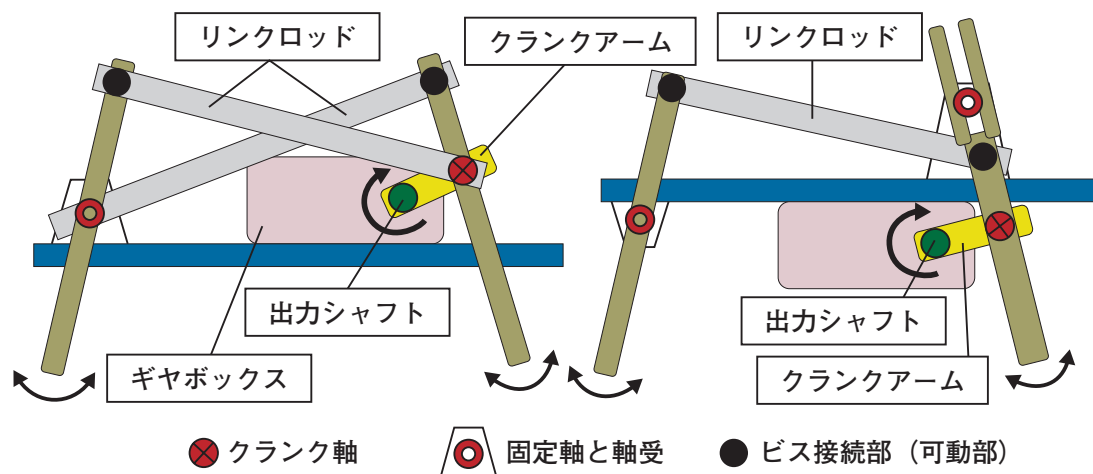


図3 てこクランク機構（左）とスライダクランク機構（右）

## 6. 製作についての規定

- ① 電源車及び4足歩行ロボットは用意されている材料と工具類だけで製作する。ただし、材料及び工具類は、必要なものを選択して使用することができる。
- ② 電源車はプラスチックプーリーを車輪とした4輪車で、4足歩行ロボットが牽引して動くように製作する。
- ③ 高熱源はプラスチック容器に収納し、電源車に搭載する。
- ④ 4足歩行ロボットは4本の足だけが接地するものとする。足の駆動には用意されているモーターとギヤボックスを使用する。なお、4種類のギヤ比の選択は自由とする。
- ⑤ モーターは電源車に搭載したペルチェ素子による熱電発電で駆動させる。ただし、発熱剤に水を注いだものを高熱源とし、保冷剤を低熱源とする。
- ⑥ 4足歩行ロボットの先端部にスチレンボード製の頭部を動かさないように固定する。
- ⑦ 電源車及び4足歩行ロボットの大きさは、両者を連結したとき、全長40 cm以内、全幅15 cm以内とする。なお、高さの制限はない。
- ⑧ ペルチェ素子、モーター、ギヤボックス（出力シャフト、ギヤケースは除く）を分解・加工したり、熱源の内容物を出して使用することは禁止する。なお、他の材料は加工をしてもよいが、プラスチック容器は水漏れなどのないようすること。

## 7. 全国大会競技当日に用意される材料と工具類

※競技会場には、事前に作成した設計図（型紙）やメモ類、筆記具及び事前に作成したロボット先端部に固定するスチレンボード製頭部以外は持ち込めない。

※詳細は補足資料1を参照のこと。

### ■主に電源車の製作に使用できる材料

材料		数量	使用方法など	
①	ペルチェ素子	2枚	8Aタイプ。使用温度範囲（-20℃～+120℃）。使用枚数や接続方法は自由。加工・分解不可。	
②	アルミ板 （厚さ0.5mm, 0.3mm）	各1枚	ヒートシンク（放熱板や吸熱板）の製作など、効率的な熱伝導のために使用できる。	
③	放熱用シリコン	1本	ペルチェ素子とアルミ板やアルミ板同士の接合に使用できる。	
④	熱源	2個	1個（10g）につき水を2～3倍量加える。	レース直前に配付する。1回のレースにそれぞれ2個まで使用できる。内容物の取り出し不可。
		大、小各2個	冷凍したものをそのまま使用する。	
⑤	プラスチック容器	2個	容量250mLと300mLの2種類。どちらか一方の容器のみ使用する。水漏れ注意。	
⑥	車体製作材料	〈ボディ〉プラダン（はがき大）1枚 〈車輪〉プラスチックプーリー4個、〈車軸〉竹串2本		

### ■主に4足歩行ロボットの製作に使用できる材料

材料		数量	使用方法など
⑦	シングルギヤボックス （マブチFA-130RAモーター、クランクアーム付）	1組	ギヤボックスの組み立ては各チームで行う。4通りのギヤ比の選択は自由。出力シャフトは適当な長さに切断して使用できる。
⑧	ユニバーサルプレートセット	1組	4足歩行ロボット本体や足などに、適当なサイズに加工したり削ったりして使用できる。
⑨	ロングユニバーサルアーム	1組	
⑩	3mmシャフトセット （クランクアーム付）	1組	適当な長さに切断して使用できる。
⑪	ゴムバンド	1本	短く切断して、4足歩行ロボット脚部の接地面などに接着し、滑り止めに使用できる。
⑫	あぶら粘土	270g	重量やバランスの調整に使用できる。
⑬	頭部製作用スチレンボード （10cm×10cm）	1枚	自由にデザイン・彩色して、全国大会競技当日に持参し、競技会場で製作した4足歩行ロボットの先端部に固定する。



■電源車や4足歩行ロボットの製作に使用できる材料

材料	数量	使用方法など
⑭ ゼムクリップ	10 個	まっすぐに伸ばして鉄線としても使用できる。
⑮ 虫ゴム (5 cm)	1 本	ナットの代用, ゆるみ止めに使用できる。
⑯ みの虫クリップ付コード	1 本	ペルチェ素子とモーターに接続して, スイッチとして使用できる。
⑰ ストロウ	1 本	スパーサーや電源車の車軸受けに使用できる。
⑱ その他	輪ゴム 5 本, ワッシャー 5 個, 瞬間接着剤, 両面テープ, マスキングテープ (和紙製), ⑦~⑩に付属しているネジ類など。	

■工具類 注意：製作材料への転用は禁止する。

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> ペンチ               | <input type="checkbox"/> ラジオペンチ                      |
| <input type="checkbox"/> カッターナイフ 大, 小      | <input type="checkbox"/> A3 カuttingマット 2 枚           |
| <input type="checkbox"/> ニッパー              | <input type="checkbox"/> はさみ                         |
| <input type="checkbox"/> ドライバーセット          | <input type="checkbox"/> ピンセット 2 本                   |
| <input type="checkbox"/> 30 cm 直定規 2 本     | <input type="checkbox"/> 紙ヤスリ (120 番, 6 cm 角), 両刃ヤスリ |
| <input type="checkbox"/> 六角レンチ (材料⑦, ⑩に付属) | <input type="checkbox"/> 動作試験用単 3 乾電池 (コード付電池ボックス入り) |

(以上写真参照)

- その他 キムワイプ, 軍手, 保護めがね, 油性ペン



工具類の色や形, 大きさは異なることがあります。

<各チームで共用する器具類等>

- クーラーボックス (保冷剤保管用), 取手付 1L ビーカー (水道水入り), 100 mL プラスチックビーカー, トング (発熱剤をつかむ), 使用済み熱源回収バケツ

8. 事前配付する材料

マスキングテープ, 両面テープを除いた, 全国大会と同じ製作材料一式及び単 3 乾電池 (コード付電池ボックス入り)を配付する。なお, 発熱剤と保冷剤はそれぞれ 10 個を配付する。

9. 競技の流れ（製作タイム以外の時間は予定）

**製作タイム**（60分）  
 ・電源車と4足歩行ロボットの製作  
 ・調整，試走（予選レーン）

**検査**（15分）  
 重量の計測  
 合格シールの貼付

**予選レース**（60分）  
 A，Bフィールドで  
 各1ラウンド  
 レース制限時間120秒

**決勝出場チーム紹介**  
**検査**（10分）

**決勝レース**（5分）  
 8チーム×1ラウンド  
 レース制限時間120秒

- ① 事前に製作した頭部以外の材料，工具類の持ち込みはできない。ただし，筆記具，設計図等の書面の持ち込みは可とする。
- ② 4足歩行ロボットの先端部に頭部を取り付け，動かないように固定させる。
- ③ 調整，試走は4足歩行ロボットの歩行，牽引等を含む。また，調整，試走に熱源は使えないが，単3乾電池を使つての調整や試走を行つてもよい。なお，試走は予選レース第1ラウンドで使用するレーンで行うことができる。
- ④ 検査では，規定に則つた電源車，4足歩行ロボットであることの確認を受ける。規定違反があつた場合には直ちに修正する。修正できないときには失格になる。
- ⑤ 検査に合格したら重量を計測して電源車に「合格シール」を貼り，出場するレースの呼び出しがあるまでは，電源車を4足歩行ロボットと連結したまま，パーキングに置いておく。
- ⑥ 予選レースはA，B2ヶ所のフィールド（各8レーン）で，フィールドを替えて第1ラウンドと第2ラウンドの2回のレースを，それぞれ制限時間120秒で行う。
- ⑦ 出場するレースの呼び出しがあつたら，電源車と4足歩行ロボットを持って準備・調整テーブルに移動し，120秒間で準備・最終調整・スタートの準備を行う。
- ⑧ スタートは各フィールドごとに8チーム同時に行う。
- ⑨ 第1ラウンドのレースが終了したら，使用済み熱源を廃棄し，電源車と4足歩行ロボットはパーキングに戻す。
- ⑩ フィールドを替えて第2ラウンドのレースを行う。
- ⑪ 予選2ラウンドのレース結果（記録）の上位8チームが決勝レースに出場する。
- ⑫ 決勝出場8チームの代表生徒へインタビューを行う。
- ⑬ インタビューに並行して，規定に則っているか，再度検査を行う。
- ⑭ 決勝レースは1ラウンドのみ行う。スタートの方法等は予選レース同様とする。
- ⑮ レース終了後に上位チームへのインタビューを行う。

## 10. レースの方法

### 【準備・調整テーブルへの移動】

- ① 予選レースは第1ラウンドと第2ラウンドの2回、フィールド(A, B各8レーン)を替えて行う。なお、各チームのレース順とレーンは前もって抽選によって決定しておく。
- ② 出場するレースの呼び出しがあったら、パーキングの電源車と4足歩行ロボットをトレイに載せて準備・調整テーブルに移動する。

### 【準備・最終調整とスタート位置への移動】

- ③ 準備・調整テーブルで、スターターの合図から120秒以内に熱源(発熱剤, 保冷剤)の準備・最終調整・スタート位置への移動を行う。

### 【予選レース】

- ④ 各レースの制限時間は120秒とし、各レースはスターターの合図で同時にスタートする。
- ⑤ レース中は、再スタートさせる場合を除き、ゴールするまでに電源車や4足歩行ロボットに触れた場合や、4足歩行ロボットなどの一部が隣のレーンにはみ出た場合には失格になる。
- ⑥ スタートしてから4足歩行ロボット先端部に取り付けた頭部がゴールラインを通過するまでの時間を、各レーンごとに2名の審判員がストップウォッチで計測する。
- ⑦ 制限時間内にゴールできなかった場合は、歩行距離がレースの結果(記録)となる。
- ⑧ 歩行距離はスタートから120秒が経過した時点で、4足歩行ロボットの頭部が越えていた位置を、路面の目盛により0.2m単位で判定し、次表の区分でレースの記録とする。

歩行距離 (m)	記録 (m)	歩行距離 (m)	記録 (m)
0 (スタートできず)	0	略	略
0.2 未満	0.1	3.6 以上～3.8 未満	3.6
0.2 以上～0.4 未満	0.2	3.8 以上～4.0 未満	3.8
0.4 以上～0.6 未満	0.4	4.0 (ゴール) はタイムを記録	

- ⑨ 第1ラウンド終了後は電源車の熱源を処理(廃棄)し、電源車と4足歩行ロボットをトレイに載せて元のパーキングに戻しておく。このとき、電源車や4足歩行ロボットの構造の修正や調整を行うと失格となる。修理などが必要な場合は、第2ラウンドの準備・最終調整の時間に行う。
- ⑩ 第2ラウンドも第1ラウンド同様(上記②～⑨)に行う。

### 【予選レースの結果】

- ⑪ 2回の各レースの記録に順位をつけ、2つの順位の和が予選レースの結果となる。
- ⑫ 予選レースの結果の上位8チームが決勝レースに出場する。

### 【決勝レース】

- ⑬ 決勝レース前の準備は予選レースと同様とする。
- ⑭ 決勝レースは1回のみ行う。

## 11. スタートの方法 ※補足資料2を参照のこと。

チームの2名は準備・調整テーブルでスターターの合図により、熱源(発熱剤, 保冷剤)の準備と最終調整を始める。準備・調整終了後, 1名は準備・調整テーブル付近で待機し, スタートは他の1名が行う。チームの他の2名はゴール側で待機する。

### 【準備・最終調整とスタート位置への移動】

- ① スターターの「準備と調整を始めてください」の合図があったら, 120秒以内に準備・調整・スタート位置への電源車と4足歩行ロボットの移動を行う。
- ② 準備の際には, 発熱剤に水を注ぐとともに保冷剤をセットして, ペルチェ素子による発電を開始し, モーターを駆動させる用意をする。
- ③ 調整では, ネジを締め直したり結線をやり直すなどの軽微な修理や調整であれば行うことができるが, 120秒後にはスタートが合図されるので, 修理や調整に手間取るとスタートが遅れ, タイムをロスすることになる。

### 【スタート位置につく】

- ④ スタート5秒前のスターターによる「位置について」の合図で, 電源車と連結した4足歩行ロボットの頭部先端をスタートラインに合わせる。

### 【スタート】

- ⑤ スターターの「スタート」の合図で手を離し, スタートさせる。なお, フライングをしたときは, 当該レースの記録は「なし」となる。
- ⑥ スタートで動かなかったり, コース途中で止まってしまった場合には再スタートができるが, 計測時間はリセットされない。また, 再スタートさせる場合には, スタート担当者1名が, 電源車と4足歩行ロボットを回収してスタート位置に戻り, 4足歩行ロボットの頭部先端をスタートラインに合わせてから行う。

## 12. コース仕様

- ① 予選レースのレーンの仕様は, AフィールドとBフィールドで異なる(図4)。
- ② 決勝レースのレーンの仕様は, 平坦路と登坂路からなる(図5)。
- ③ 予選レースのA, Bフィールドは, ともに8レーンで全長4mである(図6)。
- ④ 決勝レースは8レーンで全長は予選レースと同じ4mである。
- ⑤ 予選レース, 決勝レースともに, レーンの幅は約20cmで両側に路面からの高さが約5cmのガイドフェンスがある。路面には, 歩行距離を測定するための目盛が0.2m間隔でしるしてある。
- ⑥ 予選レース, 決勝レースともに, レーンの走路は, 平坦路は4mm厚のシナ合板の路面であり, 坂路は3mm厚の発泡塩ビ板の上にフェルトの布が貼られている。また, ガイドフェンスはすべて4mm厚のシナ合板で作られている。



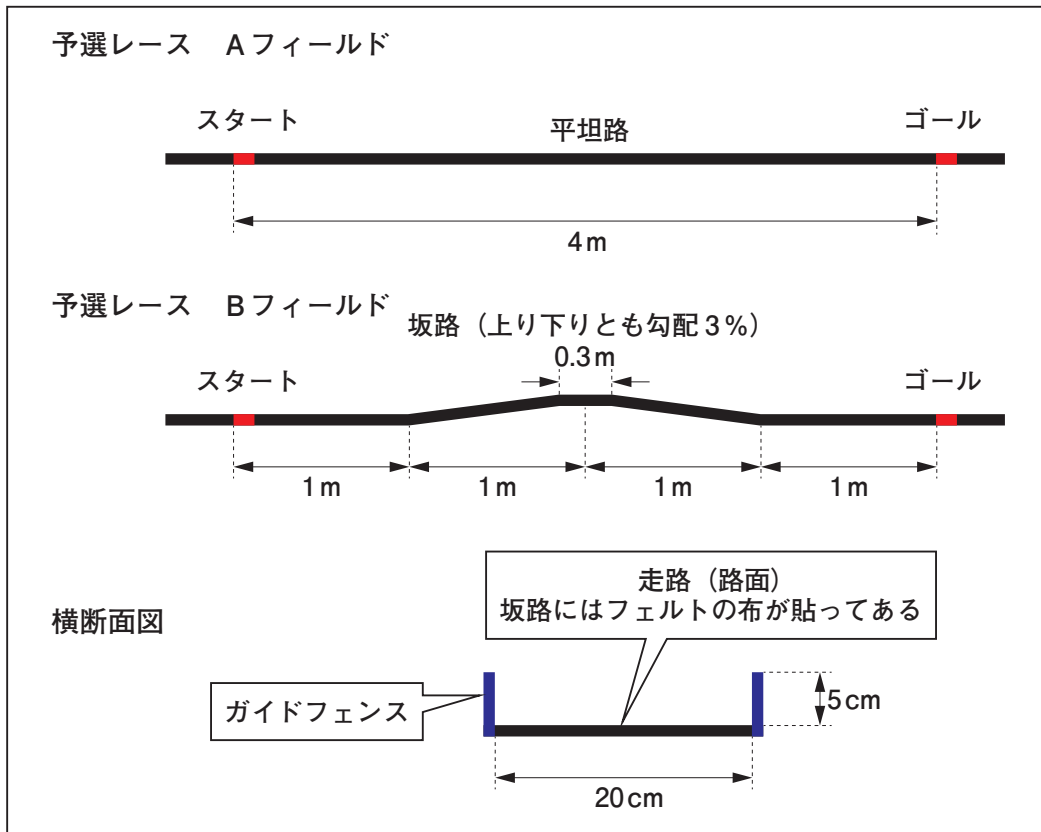


図4 予選レースのレーン (側面図と横断面図)

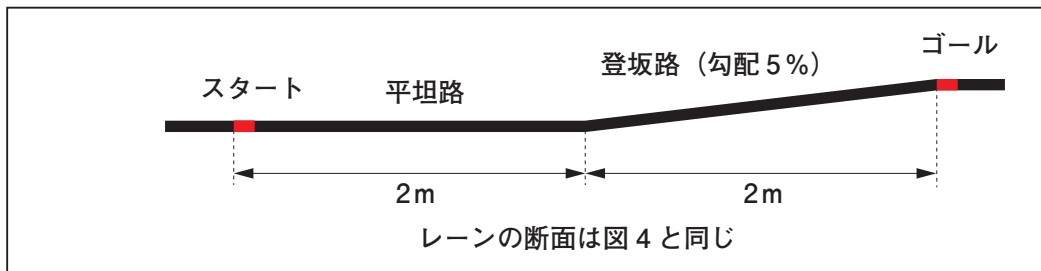


図5 決勝レースのレーン (側面図)

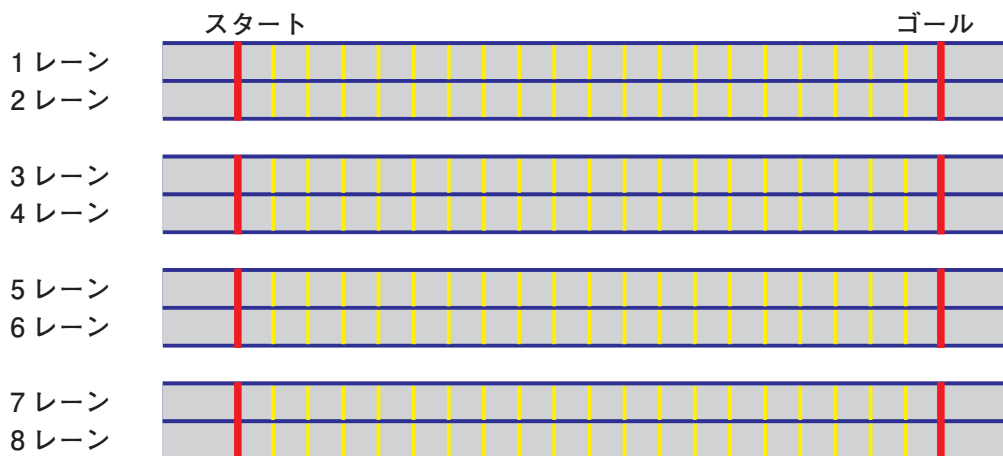


図6 Aフィールド (平面図)

### 13. 得点

各チームの予選レースと決勝レースの順位を、次の(1)、(2)の順に評価・決定し、240点満点で得点（順位点）を与える。

- (1) ゴールできた場合は、ゴールするまでの所要時間の長さ
- (2) ゴールできなかった場合は、歩行距離の長さ

### 14. その他

- ・ 試作、試走などの事前の準備は、学校の先生の指導のもとに行うこと。
- ・ 製作においては、怪我等のないように工具類の取り扱いに注意すること。
- ・ 熱源、特に高熱源の取り扱いには、やけど等をしないように十分注意すること。
- ・ 熱源は使用後に回収し、保冷剤の袋（不燃ゴミ）以外は通常の家ごみとして廃棄してよい。使用済み発熱剤の中身は土壌改良（酸性を塩基性に変える）にも利用できる。

#### お問い合わせについて

本競技についてのお問い合わせ先は下記のとおりです。

なお、お問い合わせは出場校の科学の甲子園全国大会ご担当の先生により、平成29年2月28日（火）までに、電子メールによってお願いします。

科学の甲子園事務局 [koushien@jst.go.jp](mailto:koushien@jst.go.jp) 担当 かとうの上遠野、高橋、落合

※お問い合わせの内容と回答は、すべての出場校に3月10日（金）までに  
随時電子メールでお知らせします。