



# 東京2020に合わせた「東京対策」ストーリーと今後の科学サポート —男子4×100mリレー—

強化委員会委員  
小林 海 KOBAYASHI Kai

## 1 はじめに

Start to TOKYO 2020

近年の男子4×100mリレーにおいて、日本代表リレーチームは優れた成績を継続的に収めている。特に、2016年のリオデジャネイロオリンピック以降はオリンピックや世界選手権、世界リレーといった主要な世界大会で表彰台の常連国として名を連

ねてきた。過去を振り返ると、2000年のシドニーオリンピック大会から多くの世界大会で決勝に進出を果たしており、近年の継続的なメダル獲得は長い年月に培った経験を活かした延長上にあると考えられる。残念ながら、2021年に行われた東京オリンピック（以下、東京2020）では、1走と2走との間のバトンパス失敗により途中棄権となった。しかし、100mや200mといった個人種目では未だに世界大会の決勝に進出できていない日本代表リレーチームが、世界の陸上短距離種目の強豪国と対等に勝負するために、選手だけでなく多くのスタッフが知恵を出し合い、

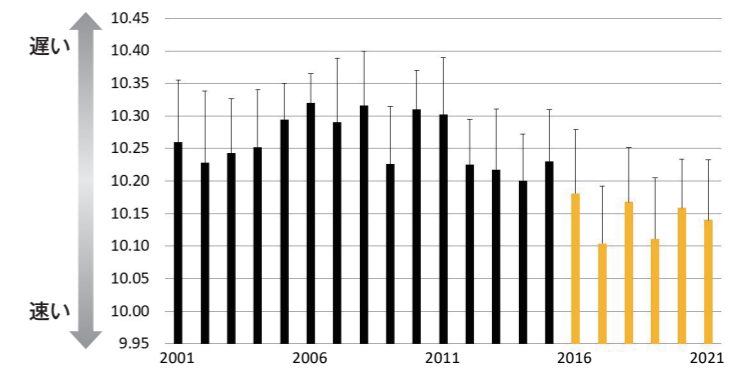
またそれらをデータ化し蓄積することにより、戦略を練って挑んだ結果と言える。

また記録の観点から見ても、日本代表候補となる選手の個々の走力は高まっており（図1）、結果的に2016年のリオデジャネイロオリンピック（37秒60）と2019年のドーハ世界選手権（37秒43）において、それぞれ日本記録を更新するに至った。特に、ドーハ世界選手権における37秒43は2021年時点のアジア記録であり、また国別での記録においても世界歴代3位に位置する好記録であった。ドーハ世界選手権の決勝を走った4人の当時の100mの自己ベストは、それぞれ10秒07（多田修平選手）、10秒19（白石黄良々選手）、9秒98（桐生祥秀選手）、9秒97（サニブラウン・アブデル・ハキーム選手）であり、4人の平均タイムは10秒05であった。このことから、各選手の競技レベルの高さを理解することができ、それに加えて日本代表リレーチームの高いバトンパスの技術が、世界大会で表彰台に上がることができている要因になっていると考える。

2000年以降、日本代表リレーチームはアンダーハンドパスを採用しており、十分な加速が得られた次走者にバトンパスを行うことで、現在は30mと規定されているテイクオーバーゾーン（バトンの受け渡しを行うことができる区間）内での円滑なバトンパスを可能にしている。

円滑なバトンパスの技術を高めるにあたり、コーチや選手の主観的な評価に加えて、科学的なデータを基にした客観的な評価方法を日本代表リレーチームは用いており、このことも日本代表リレーチームの好成績に寄与していると言える。近年における科学的サポートは日本陸上競技連盟科学委員会を中心に国立スポーツ科学センターや日本スポーツ振興センターのハイパフォーマンスサポート事業の協力も得ながら実施されてきた。本項では、それらの取り組みについて、東京2020までの経緯と今後の展望について概説する。

図1 2001年から2021年までの日本男子100m上位10名の記録の変遷



## 2 Scientific support for Men's 4x100m Relay 科学的サポート方法

### 練習時における科学的サポート

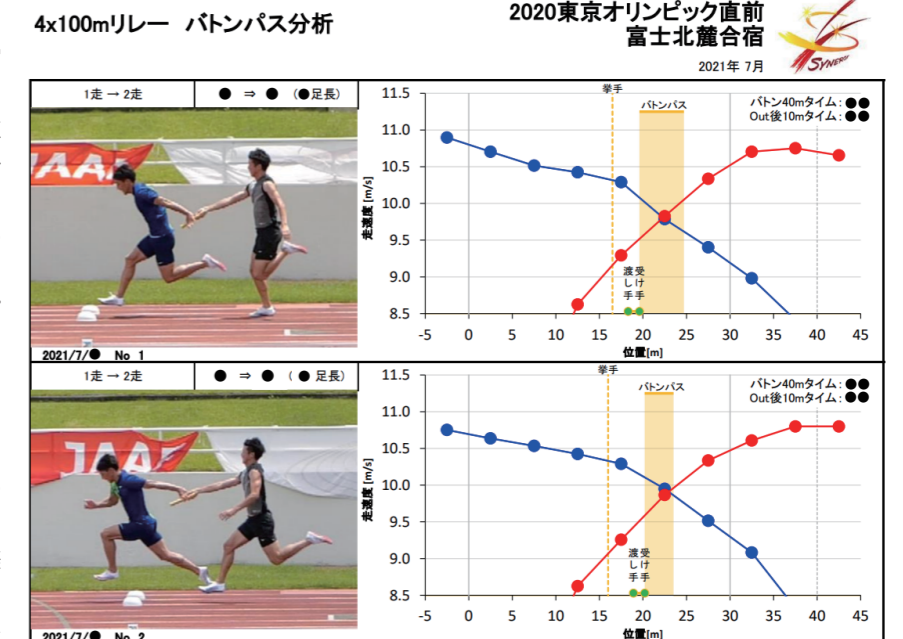
日本代表リレーチームは通常、6月に行われる日本選手権後に代表選手の選考が行われ、選考された選手を対象に世界大会の約2～4週間前に国内での合宿を実施している。合宿期間はおおよそ7～10日間で、合宿期間中に2～3回のバトンパス練習日を設け、バトン練習日には本番を想定したバトンパス練習が行われている。

バトンパスの練習における科学的データの測定はすべてのバトンパス練習を対象とし、フィールド内に設置した主に2台のハイスピードカメラ（渡り手と受け手それぞれを撮影）と1台のデジタルビデオカメラ（全体のバトンパスを俯瞰できる画角で撮影）を用いたパンニング撮影に基づいて実施されてきた。

撮影に際し、あらかじめ走路上には分析のためのリファレンスマークを5～10m間隔で設置し、ハイスピードカメラによる撮影の際は各所に設置したリファレンスマークが映りこむように配慮した。練習時には、デジタル

ビデオカメラで撮影した映像をタブレット端末に転送し、バトンパスを行った選手間およびコーチに対して即時的なフィードバックを実施した。今行われたバトンパスの利点および改善点

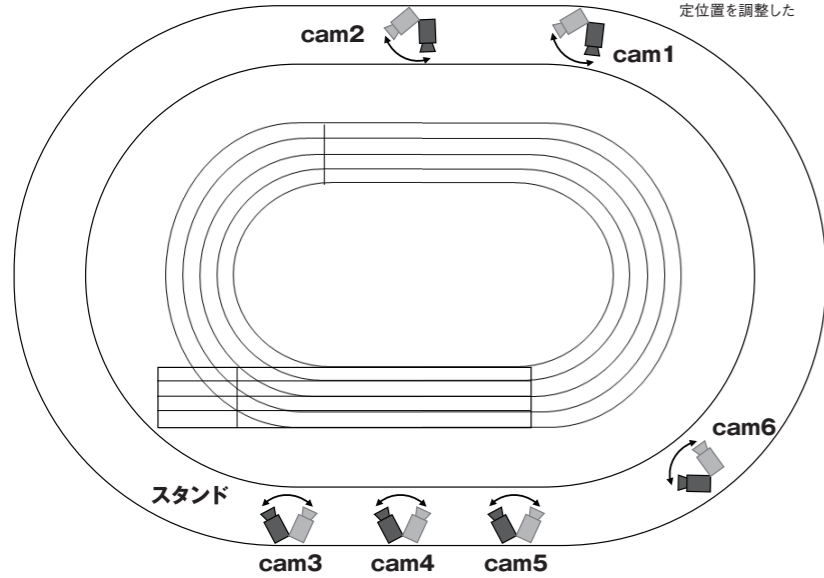
図2 合宿時における日本代表リレーチームのバトン練習結果のフィードバック例



# 3 Analysis from RIO

## 2016年以降の世界大会の分析結果

■図3 4×100mリレーの撮影レイアウト



各世界大会に合わせて測定に用いたカメラの台数および測定位置を調整した

■図4 4×100mリレーの撮影風景



について、その場で話す機会を設けた。

ハイスピードカメラにより撮影した映像は、練習直後から複数の日本陸上競技連盟科学委員会のスタッフおよび国立スポーツ科学センターの研究者が分析を実施した。データの整合性を複数名で確認した後、同日の夕食後のミーティングの際に選手および強化スタッフにフィードバックするように心掛けた。

分析は、まずテイクオーバーゾーンの30m区間に加えて、テイクオーバーゾーン後10m地点までの40mを対象区間とした40m区間の各5mあるいは10m区間について、各走者がリファレンスマークを通過したフレームを求め、その区間に要したフレーム数をフレームレートで除することにより、各区間に要した時間および走速度を算出した。

併せて、バトンパスが開始された地点（渡し手と受け手の両者がバトンに触れた地点）からバトンパスが完了した地点（渡し手がバトンを離れた地点）までに要した時間を算出することで、バトンパスに要した時間を求めた。それに付随して、バトンパス開始時の受け手の位置をリファレンスマークの情報をもとに計算し、バトンパスが行われた位置としてデータを算出した。

両走者の各区間の走速度の変遷については1つの折れ線グラフ内に表示し、バトンパス中の両走者の走速度の変遷を可視化するとともに、その他の分析結果についても選手や強化スタッフが理解しやすいように1つのグラフ内に表示するように工夫した（図2/P41）。これらのデータは次のバトン練習時、あるいは世界大会の直前練習でのバトンパス練習時に活用された。

### 世界大会時における科学的サポート

2016年のリオデジャネイロオリンピック以降、4×100mリレーのレース時には3～6台のハイスピードカメラを用いて分析用の映像を撮影した（図3、図4）。撮影に際し、各カメラをスタンド最上部にそれぞれ配置し、パンニング方式でレース映像を取得した。

国内での大会と異なり、世界大会では撮影が可能なエリアが限られていたため、事前の調査に加えて、大会期間中のスタジアム内の様子を測定員間で情報共有することで、正確な分析が可能な測定ができるように配慮した。すべてのカメラはスター

ターの閃光を撮影し、その閃光により各撮影地点からの映像の時間を同期した。

試合映像の撮影にあたり、すべての試合において事前に各撮影地点から3つすべてのバトンパス区間における各レーンのテイクオーバーゾーンの開始線、終了線を動画および静止画で撮影し、地点分析の際の校正点として用いた。

また、テイクオーバーゾーンの30mに加えて、合宿時と同様に、40mのバトンタイムを算出するために、1～2走と3～4走のテイクオーバーゾーン後+10m地点については、テイクオーバーゾーン出口から10mの距離を計測し、マークを地面に設置。そのマークをあらかじめ定めた撮影位置より撮影することで、校正点とした。また、2～3走のテイクオーバーゾーン後+10m地点については400mハードルの6台目を校正点とした。

映像分析はスターターの閃光をゼロフレームとして、各校正点を分析対象の選手のトルソーが通過したフレームを求めた。その後、通過フレームをフレームレートで除することにより通過時間を求めた。分析はこれまでに4×100mリレーの分析に携わった経験のある者が少なくとも2度の分析を行い、2回の分析間の誤差が1フレーム（0.004秒）以内になるまで分析を繰り返した。

主な分析項目は100mラップタイムと100m毎のスプリットタイム、30mのテイクオーバーゾーンタイム（30mバトンタイム）、テイクオーバーゾーン後+10mを含めた40mバトンタイムをそれぞれ算出した。また、100mの自己ベスト記録からバトン100mラップタイムを引いたタイム（利得タイム）を算出し、4×100mリレーにおける走力の評価対象とした。

当初、東京2020においても、これまでの世界大会と同様の測定を実施する予定であったが、新型コロナウイルスの影響により無観客での大会開催となったため、東京2020については国際映像をもとに分析を試みた。しかしながら、これまでに日本陸上競技連盟が蓄積したデータと比較できるだけの分析精度を担保することができなかつたため、正確にデータを集積するには至らなかつた。

男子4×100mリレーにおける2016年のリオデジャネイロオリンピック決勝、2017年のロンドン世界選手権決勝、2019年のドーハ世界選手権決勝の分析結果について、国別の利得タイム（4選手のシーズンベスト記録 [SB] の合計タイムから4×100mリレーのタイムを減じたタイム）は日本がアジア記録を更新した2016年のリオデジャネイロオリンピック決勝と2019年のドーハ世界選手権決勝の際は、それぞれ-2.90秒と-2.96秒であった（表1）。また、2017年のロンドン世界選手権で優勝したイギリスも利得タイムは-2.94秒であった。

これらの結果から、1シーズンを通して高い短距離走パフォーマンスを発揮し続けるだけでなく、世界大会の4×100mリレー決勝での各走者の走力が重要であると言える。言い換えれば、近年の日本代表リレーチームは4×100mリレーに自信を持って臨んでおり、このことが好成績を支えている要因の1つであると考えられる。

また、今回分析対象とした国のシーズンベスト記録の合計タイムと4×100mリレーのタイムの比から算出した利得率はリオデジャネイロオリンピック決勝が5.0～7.2%、ロンドン世界選手権決勝が5.6～7.3%、ドーハ世界選手権決勝が5.0～7.2%であった。日本がアジア記録を更新したリオデジャネイロオリンピック決勝とドーハ世界選手権決勝の2大会における利得率はそれぞれ7.2%と7.1%であったことを考慮すると、日本代表リレーチームは個々の走力に加えて、バトンパスにおいて他国を上回る利得率を獲得できていたことになる。この結果は、前述の日本代表リレーチームとしての試行錯誤の積み重ねの結果によるものであり、そこには少なからず科学的なデータの蓄積とフィードバックが寄与したものと考える。

4×100mリレーのラップタイムとシーズンベストとの差分およびシーズンベストを基としたラップタイムの短縮率を表2に示した。分析を実施した4×100mリレーのラップタイムはリオデジャネイロオリンピック決勝が0.49～0.72秒、ロンドン世界選手権決勝が0.55～0.74秒、ドーハ世界選手権決勝が0.59～0.74秒をそれぞれシーズンベストから短縮しており、各大会の短縮率はそれぞれ5.0～7.1%、5.6～7.2%、6.0～7.7%であった。日本代表リレーチームがアジア記録を更新したリオデジャネイロオリンピック決勝とドーハ世界選手権決勝時の短縮率はともに7.1%であり、リオデジャネイロオリンピック決勝では他国と比較して最も短縮率は高く、ドーハ世界選手権決勝においてもイギリスに次いで高い短縮率であった。これらの結果は、利得タイムや利得率と同様に、日本代表リレーチームが世界大会決勝で高いパフォーマンスを発揮できていたことを示すものである。

バトンパスのパフォーマンスを判断する1つの指標であり、日本代表リレーチームが重要視してきた指標の1つでもある40mバトンタイムについて、分析対象とした各国の3区間の平均40mバトンタイムはリオデジャネイロオリンピック決勝が3.74～3.82秒、ロンドン世界選手権決勝が3.72～3.84秒、ドーハ世界選手権決勝が3.72～3.85秒であった（表3）。日本代表リ

レーチームの40mバトンタイムはリオデジャネイロオリンピック決勝が3.76秒、ロンドン世界選手権決勝が3.79秒、ドーハ世界選手権決勝が3.72秒であった。バトンバスタイムは個々の選手の走力とバトンパスの技術によって決定されるが、日本は個々の走力の向上に加えて、高いバトンパス技術を有していることが40mバトンタイムの結果からも見て取れる。

他国の40mバトンバスタイムと比較すると、日本は短いバトンバスタイムであることが表3から読み取れるが、例えば2016年のリオデジャネイロオリンピックでは中国の方が日本よりも40mバトンバスタイムは3区間平均で0.02秒短かった。以前から中国はバトンパスの技術に長けており、2014年に韓国の仁川で行われたアジア大会では中国に敗れた経緯もある。また、2019年のドーハ世界選手権決勝の結果を見ると、上位6カ国中、5カ国が3.7秒台でバトンパスを行っており、各国のバトンパス技術の向上が見られた。

可能性の1つとして、日本のバトンパスが諸外国の研究対象

■表1

大会	順位	1	2	3	4	5	6
2019 ドーハ	国名	アメリカ	イギリス	日本	ブラジル	南アフリカ	中国
	記録[秒]	37.10	37.36	37.43	37.72	37.73	38.07
	利得タイム[秒]	-2.36	-2.97	-2.86	-2.65	-2.64	-2.89
	利得率[%]	6.0	7.4	7.1	6.6	6.5	7.1
	SB[秒]	9.87	10.08	10.07	10.09	10.09	10.24
2017 ロンドン	国名	イギリス	アメリカ	日本	中国	フランス	カナダ
	記録[秒]	37.47	37.52	38.04	38.34	38.48	38.59
	利得タイム[秒]	-2.94	-2.22	-2.32	-2.27	-	-
	利得率[%]	7.3	5.6	5.7	5.6	-	-
	SB[秒]	10.10	9.94	10.09	10.15	-	-
2016 リオ	国名	ジャマイカ	日本	カナダ	中国	イギリス	アメリカ*
	記録[秒]	37.27	37.60	37.64	37.90	37.98	DQ(37.62)
	利得タイム[秒]	-2.33	-2.90	-2.73	-2.80	-	-1.96
	利得率[%]	5.9	7.2	6.8	6.9	-	5.0
	SB[秒]	9.90	10.13	10.09	10.18	-	9.90

\*2016年から2019年の世界大会4×100mリレーの決勝において分析を行った各国の記録、バトンパス時の利得タイム、利得率、およびシーズンベストタイム(SB)  
\*各国の利得タイムと利得率はバトンパスが行われた3区間の平均値、SBは決勝で走った4選手の平均値

■表2

大会	順位	1	2	3	4	5	6
2019 ドーハ	国名	アメリカ	イギリス	日本	ブラジル	南アフリカ	中国
	Lap-SB[秒]	-0.59	-0.74	-0.72	-0.66	-0.66	-0.72
	Lap-SB[%]	6.0	7.4	7.1	6.6	6.5	7.0
2017 ロンドン	国名	イギリス	アメリカ	日本	中国	フランス	カナダ
	Lap-SB[秒]	-0.74	-0.55	-0.58	-0.57	-	-
	Lap-SB[%]	7.2	5.6	5.7	5.6	-	-
2016 リオ	国名	ジャマイカ	日本	カナダ	中国	イギリス	アメリカ*
	Lap-SB[秒]	-0.58	-0.72	-0.68	-0.70	-	-0.49
	Lap-SB[%]	5.9	7.1	6.8	6.9	-	5.0

\*2016年から2019年の世界大会4×100mリレーの決勝において分析を行った各国のラップタイムとシーズンベストとの差分およびシーズンベストを基としたラップタイムの短縮率  
\*各国のラップタイムとシーズンベストとの差分およびシーズンベストを基としたラップタイムの短縮率はバトンパスが行われた3区間の平均値

■表3

大会	順位	1	2	3	4	5	6
2019 ドーハ	国名	アメリカ	イギリス	日本	ブラジル	南アフリカ	中国
	記録[秒]	37.10	37.36	37.43	37.72	37.73	38.07
	40mバトンタイム[s]	3.77	3.73	3.72	3.73	3.85	3.79
2017 ロンドン	国名	イギリス	アメリカ	日本	中国	フランス	カナダ
	記録[秒]	37.47	37.52	38.04	38.34	38.48	38.59
	40mバトンタイム[s]	3.72	3.76	3.79	3.84	-	-
2016 リオ	国名	ジャマイカ	日本	カナダ	中国	イギリス	アメリカ*
	記録[秒]	37.27	37.60	37.64	37.90	37.98	DQ(37.62)
	40mバトンタイム[s]	3.80	3.76	3.78	3.74	-	3.82

\*2016年から2019年の世界大会4×100mリレーの決勝において分析を行った各国の40mバトンバスタイム  
\*各国の40mバトンバスタイムはバトンパスが行われた3区間の平均値

となり、日本が培ってきた技術を模倣することで、バトンパス技術の改善がなされているものと推察される。過去数大会では、日本の科学的なサポートスタッフに他国のスタッフが情報収集としてサポート方法に関する質問を持ちかけることもあり、今や日本はバトンパスにおいては他国から追われる立場にあると言える。今後、日本が4×100mリレーで好成績を収めるためには、個々の走者の特徴に合わせた、より正確なバトンパスの方法を検討する必要があるだろう。



## 4 Looking back on TOKYO 2020 東京2020を振り返って

東京2020の男子4×100mリレーでは、残念ながら1～2走でのバトンパス失敗により途中棄権という結果に終わってしまった。出場した選手もリザーブとして準備をしていた選手も、活動が制限される中での調整は非常に難しかったと推察される。

私見にはなるが、2021年のオリンピック直前まで、他国の選手がダイヤモンドリーグ等の世界大会に出場していたことで、適切な調整ができていたと思われる。例えば400mハードルのカールステン・ワーホルム（ノルウェー）は7月1日にオスロで行われたダイヤモンドリーグで46秒70の世界記録を樹立。その勢いそのまま、東京2020決勝でも自身の持つ世界記録を更新して優勝した（45秒94）。

一方、日本の男子短距離選手は新型コロナウイルスの影響による国外渡航制限下で国内での調整を余儀なくされ、東京2020まで海外の選手たちとレースで競う機会を得られなかった。2019年までは7月にヨーロッパを拠点とした海外遠征を実施し、ロンドンで開催されたダイヤモンドリーグにおいて4×100mリレーに出場するなど、世界大会を前に他国の選手とレース

を行う機会があった。東京2020では、男子100mに出場した3選手がそろって準決勝に進出できなかったことも考え合わせると、国内のみの調整から世界大会に出場する難しさを改めて実感させられた大会であった。

新型コロナウイルスの影響は東京2020に出場した選手だけでなく、科学的なデータを収集するための測定員にも及んだ。最終的に東京2020は無観客試合となったため、科学的なデータを収集するための測定員も東京2020の際に国立競技場に入ることができなかった。我々は東京2020開幕直前まで国立競技場内での測定方法を模索したが、結果的にはテレビの国際映像からの分析を強いられることになり、客観性を担保できるだけのデータを算出するに至らなかった。測定データの有無が競技成績を決めるわけではないが、陸上短距離種目の中で技術的な要素を多分に含む4×100mリレーでは、科学的なデータの即時フィードバックの重要度は高いと考えられる。自国開催のオリンピックでここ数年継続的に実施してきた世界大会での科学的なサポートを実施できなかったことには非常に悔いが残る。

## 5 Road to Gold 今後の男子4×100mリレーチームへの期待

2019年のドーハ世界選手権以降、日本代表リレーチームの選手からは世界大会の4×100mリレーで優勝するという言葉が聞かれるようになった。ここ数年の好成績がその言葉の裏付けになっていると考えられる。自国開催の東京2020でその目標を達成してほしいという願いは叶わなかったが、東京2020を含むこれまでの経験が必ず将来の日本代表リレーチームに活かされると信じている。

科学的なデータの観点から、東京2020の詳細な分析を行うことはできなかった。しかし、これまでに実施してきた科学的なサポートを、日本代表選手のさらなるパフォーマンス向上につながるように改良を続けていくことで、世界大会4×100mリレーでの優勝やアジア記録更新を後押しすることが可能になると考える。

陸上短距離種目は短時間で勝負が決してしまうだけでなく、ゴールラインを速く通過するだけのとてもシンプルな種目である。だからこそ、一切の無駄を排除し、日々積み重ねてきた体

力と技術を余すところなく発揮できるかが重要となる。東京2020男子4×100mリレー決勝では、優勝候補筆頭のアメリカが予選で敗退していたこと、国際映像を見る限り、1走の80m通過は日本の多田修平が最も速かったこと、優勝したイタリアの記録が37秒50であったことを考え合わせると、仮定の範疇ではあるが、日本が優勝できる可能性は少なからずあったといえる。すべての条件が整わなければ世界大会で優勝することはできないが、日本代表リレーチームにはその可能性は大いにいると考えている。だからこそ、日本代表リレーチームに少しでも科学的なデータが貢献するための方策を思慮し続ける必要がある。

科学的なデータの収集と迅速なフィードバックがオリンピックや世界選手権をはじめとする世界大会での日本代表リレーチームの活躍に寄与し、「いつの日か」ではなく、2024年のパリオリンピックで日本代表リレーチームが表彰台の頂点に立つことを願っている。