

## 献血の需要と供給の将来推計

研究代表者 田中 純子<sup>1,2)</sup>

研究分担者 鹿野 千治<sup>3)</sup>、秋田 智之<sup>1,2)</sup>

研究協力者 杉山 文<sup>1,2)</sup>、栗栖あけみ<sup>1,2)</sup>、今田寛人<sup>1,2)</sup>

1) 広島大学 大学院医系科学研究科 疫学・疾病制御学

2) 広島大学 疫学&データ解析新領域プロジェクト研究センター

3) 日本赤十字社 血液事業本部

### 研究要旨

少子高齢化が進む我が国では、献血可能年齢人口（16-69歳）の減少による献血者数の減少および高齢者人口の増加に伴う血液製剤需要の増加が見込まれている。

本研究班では、2020年度研究において、1) NDB データを用いた免疫グロブリン製剤の需要予測と必要血漿分画製剤用原料血漿量の算出、2) 日赤の血液製剤供給実績（血漿分画製剤除く）と将来推計人口に基づく、血液製剤の需要予測、3) マルコフモデルと Age-Cohort モデルによる献血者数の将来予測を行った。

このとき、いずれの資料も 2018 年までの実績であった。

その結果、2025 年における予測献血者数は 440~444 万人、予測血液製剤需要は献血者換算 477~505 万人分であり、33~65 万人不足することを示し、この結果は「献血推進 2025」の目標献血率策定時の参照資料となった。

しかし、2019 年 12 月からのコロナ禍により、献血者の行動や血液製剤の需要に影響があったと考えられるため、2020 年度と同様の方法を用いて、資料と数理モデルを更新し、献血本数の需要と供給の再予測を試みた。

以下の手順で解析を行った。なお、需要予測は 2020 年度研究と同じ手法で行い、供給予測はコロナ禍による献血行動への影響を考慮するため、献血率の数理モデルを Age-Cohort モデル（2020 年度研究）から Age-Period-Cohort モデルに変更して解析を行った。

1) (需要予測) 血液製剤の需要予測：日本赤十字社の「血液製剤供給単位数」（2008-2020 年）を年齢群で按分し、「人口千人あたりの年齢群別血液製剤供給単位数」を算出し、一般化線形モデルによる当てはめを行い、2021 年以降の「血液製剤推定需要単位数」および「血液製剤の需要に必要な献血本数」を算出した。

（ただし、NDB データ提供元のデータ ID 誤付と問題のため、血漿分画製剤用の原料血漿については、R4 年度に算出ができなかったため、R2 年度の算出値を用いた）

2) (供給予測) 年齢・時代・コホート (APC)モデルによる解析：献血者の献血行動、特に年齢・出生コホート効果に加え、時代効果（その年の献血推進施策の効果やコロナ禍による行動制限を反映）を考慮した解析を行うために APC モデルを採用し、2006-2020 年の各年の性・年齢別の全ての献血者数（各年 450~530 万人）を用いて、献血率の年齢効果、出生コホート効果を APC モデルにより推定し、2021 年以降の献血率、献血者数を算出した。

3) 1) と 2) を比較し、献血の不足分を算出する。

以下のことが明らかになった。

1. 2025 年に必要な推定血液製剤需要単位数について将来推計人口を用いて算出すると赤血球製剤+全血製剤 620 万単位、血小板製剤 870 万単位、血漿製剤 205 万単位、原料血漿転用分は 943,259~1,075,315L となる。これを血液製剤の需要に必要な献血本数を献血者数に換算すると 479~508 万人分（全血献血 321 万人、血小板成分献血 83 万人。血漿成分献血（血漿製剤製品用）18 万人、血漿成分献血（原料血漿転用分）57~86 万人）となる。
2. Age-Period-Cohort モデルによる献血率、献血者数を算出すると 2025 年には献血率 5.8%、献血者数 4,490,460 人と 2020 年度研究による予測値よりも 0.1%(9 万人)高い値となった。しかし、年齢階級別にみると 16~19 歳は 4.8%（2020 年度研究による予測値比-0.4%）、20~29 歳は 5.3%（同-0.2%）と低下した。一方、30~39 歳は 5.0%（同+0.1%）40~49 歳は 6.1%（同+0.1%）50~59 歳は 7.9%（同+0.4%）60~69 歳は 4.2%（同+0.3%）と 2020 年度研究による予測値よりも高い値となった。また、献血率、献血者数は、2030 年には 5.2%、3,896,224 人、2035 年には 4.5%、3,281,699 人と減少傾向になると予測された。
3. 血液製剤供給実績と将来推計人口から推定した必要献血者数 4,793,374~5,075,384 人との差 302,914~584,924 人がそれぞれ不足と算出した。

2020 年度研究で行った需給予測を、解析期間を延長したコロナ禍の 2020 年を含む資料を用いて解析方法の一部を変更し（需給予測の方法を Age-Cohort モデルから Age-Period-Cohort モデルに変更）、再解析を行ったが、血液製剤の需要（今年度研究 479~508 万人分、2020 年度研究 477~505 万人分）、予測献血者数（今年度研究 449 万人、2020 年度研究 440~444 万人）ともに 2020 年度研究の結果と大きくは変わらなかった。

その理由として、2020 年に予定されている手術等が一時延期となったが、年内には行われたために年間血液製剤使用量が大きくは減少しなかったこと、また 2020 年頭の献血者数の落ち込みから、献血者への広報活動を強化し、複数回献血者などへの強い働きかけにより年間献血者数についても維持することができたことが要因と考えられた。

しかしながら、年齢別にみた予測献血者を 2020 年度研究と比較すると 10 歳代・20 歳代では 2025 年予測献血率が 0.2~0.4%低下、一方 30~60 歳代は 0.1~0.4%上昇していることから、年代によりコロナ禍の献血行動に対する影響に違いがあることが明らかになった。

during/after コロナに向けた献血者数の確保においては、それぞれの年齢層に応じた献血促進のアプローチが重要と考えられた。

## A. 研究目的

少子高齢化が進む我が国では、献血可能年齢人口（16-69 歳）の減少による献血者数の減少および高齢者人口の増加に伴う血液製剤需要の増加が見込まれている。

日本赤十字社は 2010 年、2014 年に「輸血用血液製剤の供給本数と献血者数のシミュレーション」を行い、現状の血液製剤の使用状況が続くと、血液製剤の需要は年々増加し、2027 年に献血者 549 万人分、545 万人分となると推定し、2027 年に 85 万人分の献血が不足すると報告した。しかし、輸血用血液製剤の供給数（実測値）は高齢者人口の増加にもかかわらず、近年横ばい傾向にある。これは治療内容の変化や侵襲的治療技術の向上など様々な要因が考えられている。

一方、年齢別に献血者数の推移をみると、若年層の献血

者（延べ献血者数）が減少し、中高年齢層による献血者が微増する傾向みられていることから、年齢や出生コホート効果による違いが献血率に大きく影響を与えられられる。

本研究班では、2020 年度研究において、1) NDB データを用いた免疫グロブリン製剤の需要予測と必要血漿分画製剤用原料血漿量の算出、2) 日赤の血液製剤供給実績（血漿分画製剤除く）と将来推計人口に基づく、血液製剤の需要予測、3) マルコフモデルと Age-Cohort モデルによる献血者数の将来予測を行った。このとき、いずれの資料も 2018 年までの実績であった。その結果、2025 年における予測献血者数は 440~444 万人、予測血液製剤需要は献血者換算 477~505 万人分であり、33~65 万人不足することを示し、この結果は「献血推進 2025」の目標献血率策

定時の参照資料となった。

しかし、2019年12月からのコロナ禍により、献血者の行動や血液製剤の需要に影響があったと考えられるため、令和2年度と同様の方法を用いて、資料と数理モデルを更新し、献血本数の需要と供給の再予測を行った。

## B. 研究方法

### 1) 血液製剤の需要に必要な献血本数

血液製剤の需要に必要な献血本数を算出するために、以下の資料を解析に用いた：

- ① 日本赤十字社「血液事業の現状」(2008-20年)各血液製剤(赤血球製剤、血小板製剤、血漿製剤)の供給単位数
- ② 東京都福祉保健局「東京都輸血状況調査結果」(2008-20年)年齢別血液製剤使用状況
- ③ 総務省統計局「国勢調査人口(2010,15年)」推計人口(2010,15年以外の年)」
- ④ 国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(2017年推計)」

以下の手順で推計を行った：

- ① 2008-20年の日本赤十字社「血液事業の現状」の血液製剤供給単位数を、東京都の年齢群別血液製剤使用状況をもとに按分し、さらに国勢調査人口から「年齢群別人口1,000人当たりの血液製剤供給単位数」を算出する。
- ② 2008-20年の「人口1,000人当たりの血液製剤供給単位数」を一般化線形モデルに当てはめ、2021年以降の「人口1,000人当たりの血液製剤需要単位数」を推定し、将来推計人口を用いて2021年以降の「血液製剤需要単位数」の推定値を算出する。
- ③ 2021年以降の「血液製剤需要単位数」を、現状の献血者数と血液製剤供給単位数をもとにした血液製剤供給単位数と献血者数の換算比により、献血者数に換算し「血液製剤の需要に必要な献血本数」を算出する。
- ④ 免疫グロブリンの需要予測から算出した「原料血漿需要量」(2020年度 本研究班報告書)から、赤血球製剤・血小板製剤精製時に分離し、原料血漿に転用された量を引いたもの※を「血漿成分献血からの原料血漿転用分」と仮定して、必要な血漿成分献血本数に追加する

※「赤血球製剤・血小板製剤精製時に分離し、原料血漿に転用された量」について

平成29年度の200mL全血献血、400mL全血献血、血小板献血者数はそれぞれ14万、326万、66万人であった。

一方、原料血漿に転用された量(L)は、200mL全血献血から1.1万L、400mL全血献血から57.1万L、血小板献血から11.2万Lであり、これをもとに、献血者1人当たりの原料血漿転用量を算出すると、200mL全血献血0.076L/人、400mL全血献血0.175L/人、血小板献血0.171L/人である。

これと③の2025年の必要な全血献血者数、血小板献血者数に乗じて、推定原料血漿転用分を算出した。

### 2) 献血者数と献血率の予測

2025年までの献血者数と献血率の予測はAge-Period-Cohortモデルで導出した。

- ① 解析に用いた資料：2006～2020年の全献血者のデータ(年あたりのべ450～530万人 図1)を用いて、年・性・年齢(1歳刻み)別献血率を算出する。
- ② 年齢効果・時代効果・出生コホート効果の算出：男女別に、以下のAge-Period-Cohortモデルを用いて献血率の年齢・時代・出生コホートの各要因を算出する：

$$y_{ij} \sim \text{Poisson}(\mu_{ij}), \log(\mu_{ij}) = \log(P_{ij}) + \mu + A_i + P_j + C_k$$

$A_i$ ：年齢*i*の年齢効果(年齢の違いが献血率に与える影響)

$P_j$ ：時代*j*の時代効果(時代の違いが献血率に与える影響)

$C_k$ ：出生年*k*の出生コホート効果(出生年の違いが献血率に与える影響)

$\mu_{ij}, y_{ij}, N_{ij}$ ：年齢*i*、西暦年*j*の期待献血者数、実献血者数、人口

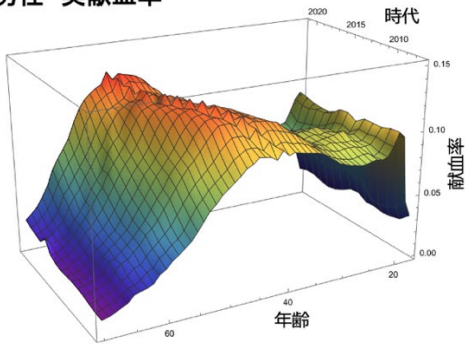
- ③ 献血者数の推計方法：算出された年齢効果、時代効果、出生コホート効果を用いて、令和17年/2035年までの推定献血率を推計し、延べ献血者数を算出する。

### 3) 献血不足分を算出

2025年の必要献血者数と推計献血者数との差分から不足献血者数を算出した。

なお、本研究は広島大学疫学倫理審査委員会の承認を得て実施している(E2022-0147)。

男性 実献血率



女性 実献血率

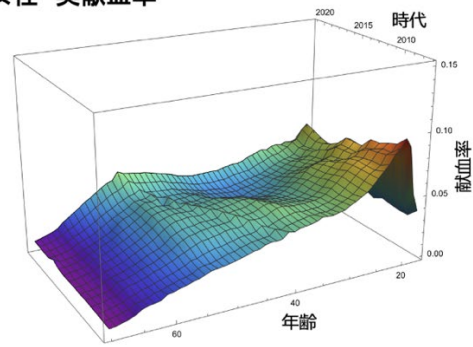


図 1. 献血率 2006-2020 年度実測

### C. 研究結果

#### 1) 献血製剤の需要に必要な献血本数

2008～2020 年の日本赤十字社「血液事業の現状」の血液製剤供給単位数 (図 2) を東京都の年齢群別血液製剤使用状況 (図 3) をもとに按分し、国勢調査人口から「年齢別人口 1,000 人当たりの血液製剤供給単位数」を割り、これに将来推計人口を用いて 2021 年以降以降の「推定血液製剤需要単位数」を算出した結果を図 4 に示した。この「推定血液製剤需要単位数」を血液製剤供給単位数と献血者数の換算比により「献血製剤の需要に必要な献血本数を算出した。

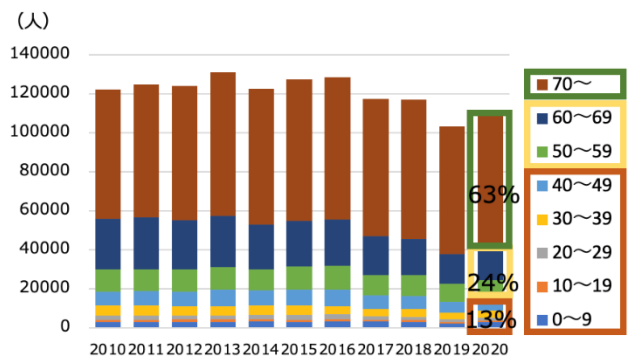


図 3. 東京都輸血状況調査結果年齢別血液製剤使用状況

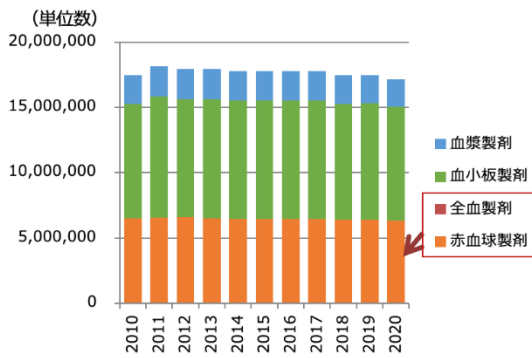
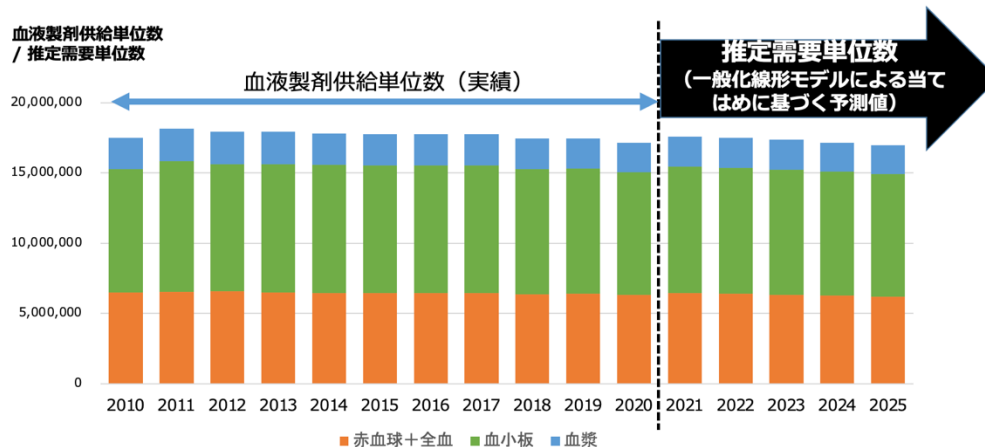


図 2. 日赤 血液製剤供給単位数



血液製剤推定供給単位数（推定値の抜粋を示す）

	2015	2020	・・・	2022	2025
赤血球製剤+全血製剤	6,442,910	6,333,404	・・・	6,391,004	<b>6,202,705</b>
血小板製剤	9,091,787	8,729,224	・・・	8,950,428	<b>8,700,549</b>
血漿製剤	2,240,529	2,092,341	・・・	2,144,061	<b>2,054,819</b>

図 4. 推定血液製剤需要単位数

その結果、2025年に必要な推定血液製剤需要単位数は1,695万単位（赤血球製剤+全血製剤 620万単位、血漿成分 870万単位、血漿製剤 205万単位）、これを2020年の献血者数・血液製剤供給単位数の比をもとに、献血者数に換算すると、全血献血321万人（200mL12万、400mL309万）、血小板献血83万人、血漿献血（原料血漿転用分を除いた血漿製剤用）18万人となった。

一方、本研究班の「NDBを使用した免疫グロブリン製剤の使用実態解析から原料血漿必要量の予測」から、免疫グロブリン製剤の需要推計値から必要な原料血漿

転用分は943,259~1,075,315Lであった。このうち、赤血球製剤・血小板製剤精製時に分離し、原料血漿に転用された量を減じて、「血漿成分献血から原料血漿に転用する量」を算出する。それを480mL（血漿成分献血1本分）で除して、「原料血漿転用のために必要な血漿成分献血者数」を算出すると57~86万人となった。

以上より、血液製剤と血漿分画製剤の原料血漿の需要に必要な献血本数を献血者数に換算すると479~508万人分と推計された。（表1）

表 1. 血液製剤の需要に必要な血液本数

需要推計結果	赤血球製剤+全血製剤 (単位)		血漿製剤 (単位)		血小板製剤 (単位)	
2022年	6,391,004		2,144,061		8,950,428	
2025年	<b>6,202,705</b>		<b>2,054,819</b>		<b>8,700,549</b>	
必要献血者数 ※	全血献血		血漿献血		血小板献血 (人)	合計(人)
	200ml献血 (人)	400ml献血 (人)	製品用 (人)	原料用 (人)		
2022年 Low	122,699	3,182,085	190,097	530,669	853,696	4,879,246
High				812,679		5,161,256
2025年 Low	<b>119,084</b>	<b>3,088,331</b>	<b>182,184</b>	<b>573,913</b>	<b>829,862</b>	<b>4,793,374</b>
High				<b>855,923</b>		<b>5,075,384</b>

2) 献血者数と献血率の将来推計 Age-Period-Cohort モデルにより予測した推定献血者数

① 献血率の年齢効果・時代効果・出生コホート効果

Age-Period-Cohort モデルにより推定した献

血率の年齢効果、時代効果と出生コホート効果を示す(図5)。男女とも20歳前後の年齢効果、1960-74年の出生コホート効果が高い傾向があった。時代効果は男女ともに大きくは変化していなかったが、コロナ禍の2020年には前年よ

り上昇が見られた。

② 献血者数の将来推計

Age-Period-Cohort モデルを用いて献血率、献血者数を算出すると 2025 年には献血率 5.8%、

献血者数 449 万人、2030 年には 5.2%、390 万人、2035 年は 4.5%、328 万人と減少傾向になると予測される。(図 6, 7)

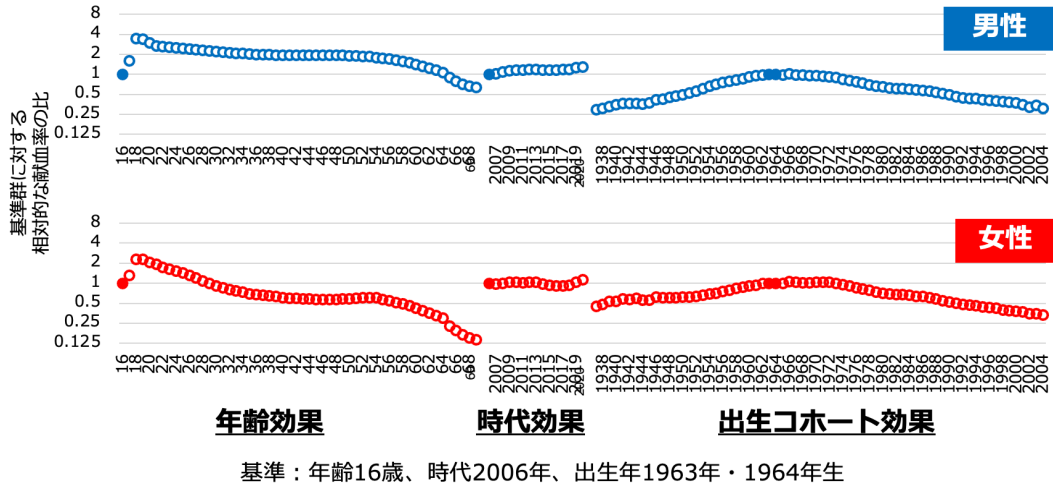


図 5. 献血率の年齢・時代・出生コホートの各要因 (Age-Period-Cohort モデルによる解析推定)

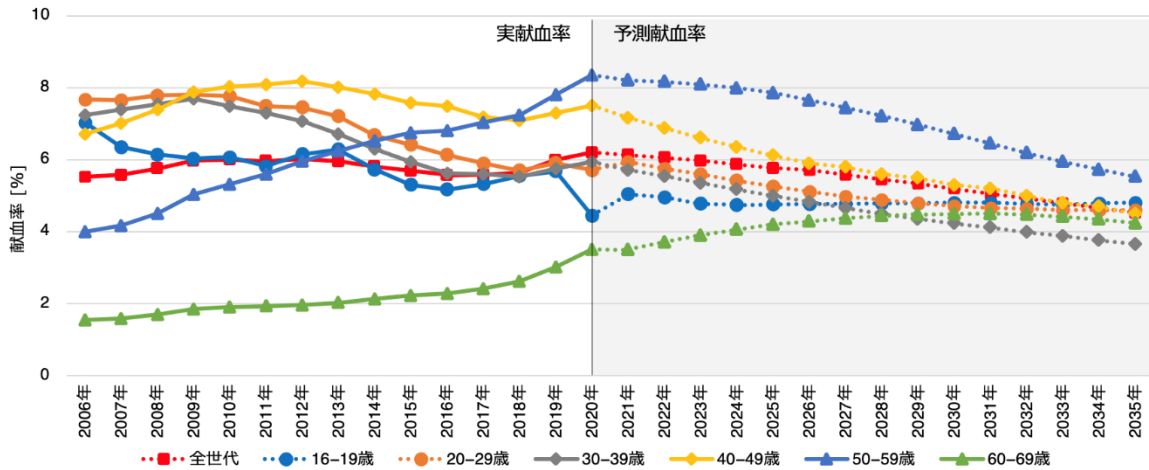


図 6. 献血率の推移 (2021 年以降は Age-Period-Cohort モデルによる予測献血率)

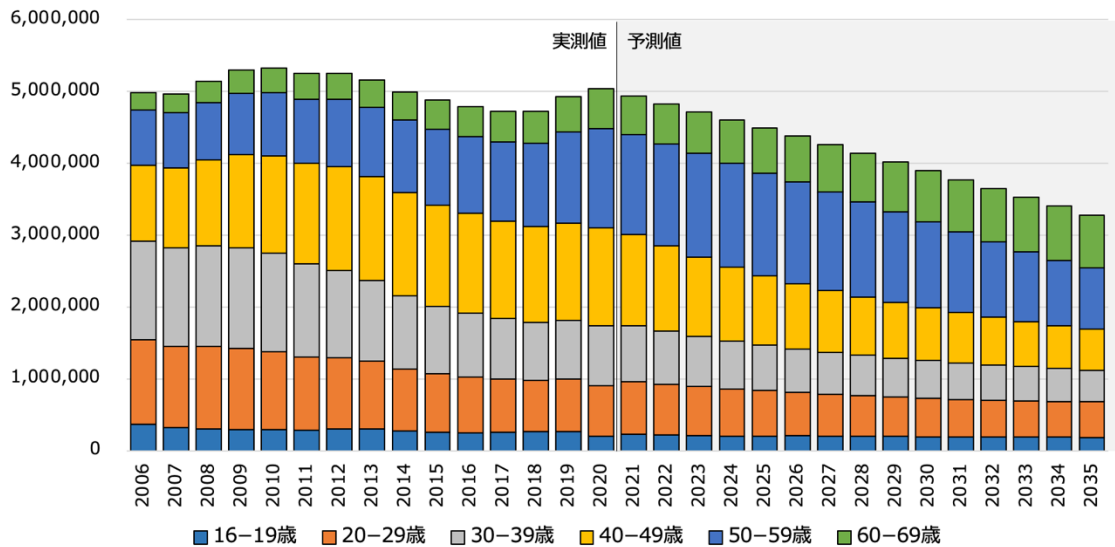


図7. 推定献血者数 (Age-Period-Cohort モデルによる解析)

3) 目標値となる献血率参考値 2025 算出

2025 年の献血者数予測値は、Age-Period-Cohort モデルでは 4,490,460 人となり、血液製剤

供給実績と将来推計人口から推定した必要献血者数 4,793,374 ~ 5,075,384 人との差 302,914 ~ 584,924 人が不足と算出した。(図 8)

需要Low予測を用いた場合

需要High予測を用いた場合

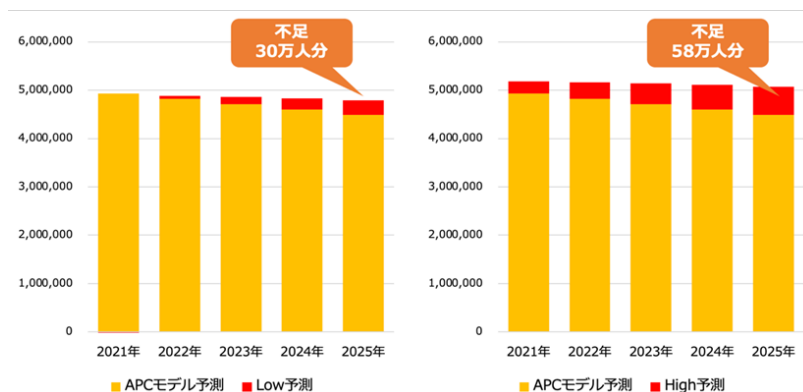


図8. Age-Period-Cohort モデルによる推定献血者数と献血不足分

D. 考察

2019 年 12 月からのコロナ禍により、献血者の行動や血液製剤の需要に影響があったと考えられるため、2020 年度と同様の方法を用いて、資料と数理モデルを更新し、献血本数の需要と供給の再予測を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

1. 2025 年に必要な推定血液製剤需要単位数について将来推計人口を用いて算出すると 1,743 万単位、原料血漿転用分は 943,259~1,075,315L となる。こ

れを血液製剤の需要に必要な献血本数を献血者数に換算すると 479~508 万人分となる

2. Age-Period-Cohort モデルによる献血率、献血者数を算出すると 2025 年には献血率 5.8%、献血者数 4,490,460 人と 2020 年度研究による予測値よりも 0.1%(9 万人)高い値となった。しかし、年齢階級別にみると 16~19 歳は 4.8% (2020 年度研究による予測値比-0.4%)、20~29 歳は 5.3% (同-0.2%) と低下した。一方、30~39 歳は 5.0% (同+0.1%) 40~49 歳は 6.1% (同+0.1%) 50~59 歳は 7.9%

(同+0.4%) 60~69歳は4.2% (同+0.3%)と2020年度研究による予測値よりも高い値となった。また、献血率、献血者数は、2030年には5.2%、3,896,224人、2035年には4.5%、3,281,699人と減少傾向になると予測された。

3. 血液製剤供給実績と将来推計人口から推定した必要献血者数は4,793,374~5,075,384人とその差302,914~584,924人は不足分となる。

以上のことから、2020年度研究で行った需給予測を、解析期間を延長したコロナ禍の2020年を含む資料を用いて、解析方法の一部を変更し（供給予測の方法をAge-CohortモデルからAge-Period-Cohortモデルに変更）、再解析を行ったが、血液製剤の需要（今年度研究479~508万人分、2020年度研究477~505万人分）、予測献血者数（今年度研究449万人、2020年度研究440~444万人）ともに2020年度研究の結果と大きくは変わらなかった。その理由として、2020年に予定されている手術等が一時延期となったが、年内には行われたために年間血液製剤使用量が大きくは減少しなかったこと、また2020年頭の献血者数の落ち込みから、献血者への広報活動を強化し、複数回献血者などへの強い働きかけにより年間献血者数についても維持することができたことが要因と考えられた。しかしながら、年齢別にみた予測献血者を2020年度研究と比較すると10歳代・20歳代では2025年予測献血率が0.2~0.4%低下、一方30~60歳代は0.1~0.4%上昇していることから、年代によりコロナ禍の献血行動に対する影響に違いがあることが明らかになった。during/after コロナに向けた献血者数の確保においては、それぞれの年齢層に応じた献血促進のアプローチが重要と考えられた。

なお、本研究の一部（献血者数の将来推計）については、Transfusion に学術論文として投稿し受理された。

## F. 発表

### 1) 論文

1. Imada H, Akita T, Sugiyama A, Tanaka J: Trend of blood donors entering the coronavirus pandemic era and challenges: Age-Period-Cohort analysis using 75.5 million all blood donations data during 2006-2020 in Japan, Transfusion, in press

2. 田中 純子ほか:将来人口推計とレセプトデータから見る献血者確保の試み, 「血液事業」45(1):91-94, 2022
3. 井手畑大海、田中 純子ほか:医療系大学における献血教育実施状況に関する全国調査結果, 「血液事業」45(1) :55-60, 2022
4. Imada H, Akita T, Sugiyama A, Tanaka J.: Impact of robot-assisted surgery appearance on reduction of annual blood transfusion cases in Japan: application of meta-analysis and NDB open data. J Robot Surg, 16(5):1229-1232. 2022

### 2) 学会発表

1. 今田寛人、田中純子ほか：COVID-19による行動制限を考慮した年齢・時代・出生コホートモデルを用いた献血者数の将来推計, 第33回日本疫学会学術総会、静岡, 2023.2.
2. 井手畑 大海、田中 純子ほか：全国の大学医学部における献血に関連する教育的取組の実態 全国調査の結果から,第46回日本血液事業学会総会, 神戸, 2022.10