

- 【将来の献血本数の不足分の推定】上記2つの（供給）および（需要）献血本数推計値より、将来の献血本数の不足分を推定した。献血本数の不足分は2013年以後、毎年増加し、2013年17万本、2020年53万本、2023年までには75万本が不足すると推定された。その後も、2027年101万本、2030年115万本、2040年151万本、2050年167万本と献血本数不足分は増加推定されることが明らかとなった。マルコフモデルによる献血本数の推計による「今回推計」と比較すると、「審議会推計」では2020年時点61万本であったのに対し、「今回推計」では53万本と、両者ほぼ同等の値を示し、また、2027年時点「審議会推計」では、101万本あるいは109万本の不足に対し、「今回推計」では101万本と、ほぼ同じ値が推計された。
- 少子高齢化による献血可能年齢人口の減少、血液製剤使用患者の増加等による輸血用血液製剤の不足に対応するためには、献血行動推移確率から20・30歳代の献血行動が習慣化していないことも大きな要因であると考えられ、プラスの献血行動が習慣化するような施策が、安定供給に必要・急務であると考えられた。
- 需要献血本数の推定については、「今回推計」は「審議会推計」と同様、50歳以上・50歳未満別にみた患者一人当たりの使用率が同一であると仮定したときの推定方法であり、50歳以上患者の年齢分布や疾患別人数については考慮していない。年齢別にみた疾病保有状況や疾患別血液製剤使用量などを調査することにより、より詳細な将来推計が行える可能性はあるが、しかし、その推定に用いる調査の多様性と正確性、病医院・地域特性を含むデータの煩雑さ、本推計の目的等から総合的に考えると、50歳以上・未満に分類した患者一人当たりの血液製剤使用量を目安とした「今回推計」および「審議会推計」の推定値は、実測値と比較してもある程度妥当であると考えられた。
- 今後も、同様の方法により最新の資料を用いた更新を行い、経年的な比較及びそれに基づく将来推計や献血目標の設定を行い、輸血用血液の確保に関する基礎資料とすることが望ましいのではないかと考えられた。

## 研究目的

血液事業を取り巻く環境は常に変化しており、少子化により献血可能人口が減少している。一方、東京都保健福祉局が平成19（2007）年にまとめた輸血状況調査によると、輸血用血液製剤の84.7%は50歳以上の患者に使用されており、高齢化の中さらに需要が見込まれている。

この状況下で輸血用血液製剤の需要と供給のバランスを検討し、今後の献血者数の推移予測や目標献血本数の設定、献血推進のための広報活動や学校教育、または輸血用血液製剤の適正使用がますます重要になってきている。

平成6年からの総献血本数の推移（図1）では、平成19年度に減少に歯止めがかかり、平成20年度から増加に転じていた。しかしながら平成23年度は前年よりも献血本数が減少していた。

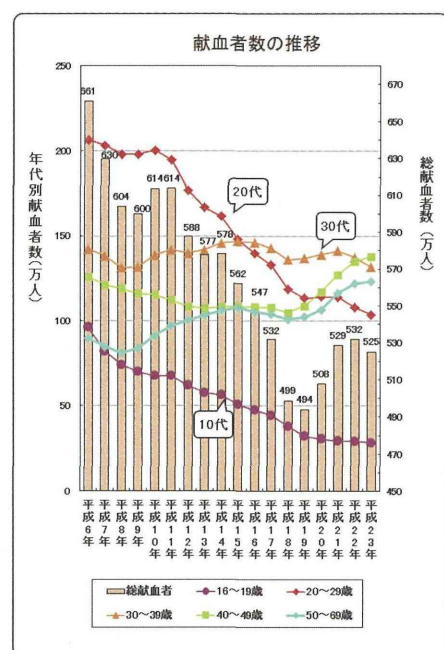


図1 総献血本数（延べ献血者数）の推移  
（厚生労働省 HP より転載）

一方、平成13年から23年までの輸血用血液製剤の供給量の推移を(図2)に示した。赤血球製剤、血小板製剤の供給量は緩やかに増加し、また血漿製剤においても平成18年に減少から増加に転じていた。

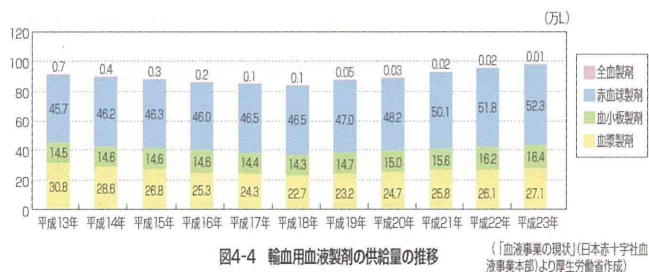


図2 輸血用血液製剤の供給量の推移  
(厚生労働省医薬食品局血液対策課  
「血液事業報告」より転載)

以上の現状を踏まえ、本研究班では、数理モデル(マルコフモデル)を用いた献血本数の推移の予測、将来推計人口に基づく輸血用血液製剤供給のために必要な献血本数について推計を行い、献血推進運動や必要献血本数確保のための基礎資料となることを目的に研究を行った。

## 研究方法

### I. (供給) マルコフモデルによる献血本数の将来推計の試み

#### 1. 献血行動推移確率の算出

2008年度から2009年度の献血回数(0回、1回、2回以上)の変化を性・年齢(1歳刻み)別に集計し、献血行動推移確率を算出した。

#### 2. 推定献血者数の算出

性・年齢別に2008年度の献血者数と1.の献血行動推移確率から2009-23年度の推定献血者数を順次算出した(図3)。なお、18歳の献血回数は2008年における18歳の献血回数(0回、1回、2回以上)の割合と2005年国勢調査人口から推定した。

また、献血回数0回の人口は、2005年国勢調査人口から実献血者数を減じて算出した。



図3 献血者数の推計方法  
(2010年度20歳の集団の場合)

### 3. 推定献血本数の算出

回数別にみた推定献血者数と献血回数から推定献血本数を算出した。ただし「献血2回以上」献血者の平均回数は2008年度の「献血2回以上」献血者の年齢別平均献血回数とした。

なお、「今回推計」は「各年度の献血回数は前年の献血回数のみに影響を受け、それ以前の年度に何回献血したかは関係なく次年度の献血回数が決まり(マルコフ性)、初年度から10年間は推移確率が変わらない。」という仮定のもとに算出した。

### II. (需要) 将来推計人口に基づく輸血用血液製剤の供給に必要な献血本数の推計

以下の資料:「1. 推計に用いた資料」と、仮定:「2. 仮定および必要な数値の設定」を用いて、「推計方法1」により、「将来必要とされる血液製剤別にみた推定必要本数」を、また「推計方法2」により、「将来必要とされる血液製剤別にみた推定献血本数」を算出した。

#### 1. 推計に用いた資料

解析に用いた資料は次の資料1~6である。

[資料1] 薬事・食品衛生審議会 平成22年度第1回血液事業部会献血推進調査会、平成22年9月30日資料「わが国における将来推計人口に基づく血液製剤の供給数と献血者数のシミュレーション」

[資料2] 2008-12(平成20-24)年血液事業の現状(日本赤十字社)実測値の1) 献血状況、2) 製造状況、3) 供給状況

[資料 3] 2008-12 年における総人口

①国勢調査による確定人口（2010 年、総務省統計局）、②人口推計（2008-09 および 2011-12 年、国立社会保障・人口問題研究所）

[資料 4] 2013-23 年における日本の将来推計人口（国立社会保障・人口問題研究所）

[資料 5] 2011 年輸血状況調査（東京都健康福祉局）

[資料 6]平成 20 年度の血液製剤の安定供給に関する計画、厚生労働省告示第 134 号

## 2. 仮定および必要な数値の設定

以下の通り、[資料 1]（薬事・食品衛生審議会、以下「審議会推計」）の試算と同じ仮定のもとで得られる最新の資料を用いて推計を行った。

- 1) 輸血用血液製剤のうち、50 歳以上の患者および 50 歳未満の患者に使用した割合  
東京都における 2011 年の実績値 85%、15% とした（[資料 5]）。（「審議会推計」では 2007 年 84.7%、15.3%であった。）
- 2) 全血献血に占める 200mL 全血献血と 400mL 全血献血の比率  
2012 年の実績値 11 : 89 とした（[資料 2]）。（「審議会推計」では 2010 年 12 : 88、2011 年 11 : 89、2012 年以降 10 : 90 と仮定していた。）
- 3) 成分献血由来の血小板製剤の平均単位数  
2012 年の実績値 11.00 単位数とした（[資料 2]）。（「審議会推計」では 2009 年 11.11 単位であった。）
- 4) 今回の推計以外の分画製剤用原料血漿の必要量及び献血者数についての加算分  
2008 年度と同確保目標量 100 万 L（[資料 6]より）確保達成のために必要な血漿成分献血数 63 万人を加算した（「審議会推計」と同じ）。

なお、「今回推計」において用いた「換算本数」を「審議会推計」と同じく以下のように定義した。

- ① 200mL 献血由来の血液製剤 = 1 換算本数
- ② 400mL 献血由来の血液製剤 = 2 換算本数
- ③ 血漿成分献血由来の FFP5 = 5 換算本数
- ④ 血小板成分献血由来の血小板製剤 : 血液製剤の単位数そのものを換算本数とした。

## 3. 推計方法 1 : 将来推計人口を元にした将来必要とされる血液製剤別にみた推定必要本数

- 1) 輸血用血液製剤のうち、50 歳以上の患者と 50 歳未満の患者に使用した割合（85:15）を元に、血液製剤（全血製剤・赤血球製剤、血漿製剤、血小板製剤）の 2008-12 年の実績供給本数（単位：換算本数）を按分した。
- 2) 年齢別人口を用いて按分した 50 歳以上の患者と 50 歳未満の患者の血液製剤使用本数を人口千人当たりの本数に換算した。
- 3) 上記算出した、人口千人当たりの 50 歳以上と 50 歳未満の血液製剤推定使用本数を日本の将来推計人口（2013-23 年）に乗じて、将来必要とされる血液製剤別本数（換算本数）とした。

## 4. 推計方法 2 : 将来推計人口を元に推定した将来必要とされる推定必要献血本数

- 1) 供給本数に対する検査不合格などを見込んだ献血本数（換算本数）の割合を算出
  - ① 全血献血の場合 = 全血献血本数（本数） / 全血製剤・赤血球製剤供給本数（換算本数）
  - ② 血漿成分献血の場合 = 血漿成分献血本数（製造本数） / 血漿製剤供給本数（換算本数）
  - ③ 血小板成分献血の場合 = 血小板成分献血本数（製造本数） / 血小板製剤供給本数（換算本数）
- 2) 推計方法 1 で算出した血液製剤別推定必要本数に、上記 1) の割合を乗じ、血液製剤別推定必要献血本数（換算本数）を推定した。
- 3) 上記 2) で推定した、血液製剤別推定必要



献血本数（換算本数）を、以下の計算式で献血本数（本）に換算した。

- ① 全血献血本数（本）＝全血献血の必要献血本数（換算本数）/1.89
- ② 血漿成分献血本数（本）＝{血漿成分献血の必要献血本数（換算本数）/5}＋63 万人
- ③ 血小板成分献血本数（本）＝血小板成分献血の必要献血本数（換算本数）/11.00

研究結果

I.（供給）マルコフモデルによる献血本数の将来推計の試み

1. 性・年齢別にみた献血行動推移確率

2008 年度の性・年齢・初年度献血回数別にみた 2009 年度献血回数への献血行動推移確率を示した(図 4)。グラフは横軸が年齢（1 歳刻み）であり、2008 年度の各献血回数の集団について 2009 年度献血回数が 0 回、1 回、2 回以上になる献血行動推移確率を示している。献血行動推移確率はおおむね年齢とともに滑らかに変化していた。

初年度献血回数 0 回の群、すなわち献血をしなかった群が次年度も献血をしない確率は年齢とともに増加していた。一方で初年度献血回数が 1 回または 2 回以上の群では次年度に献血をする確率は若年層が低く、中高年の方が高かった。

また、献血回数 1 回の群と比較して、献血回数 2 回以上の群の方が次年度献血をする（1 回または 2 回以上になる）確率が高かった。

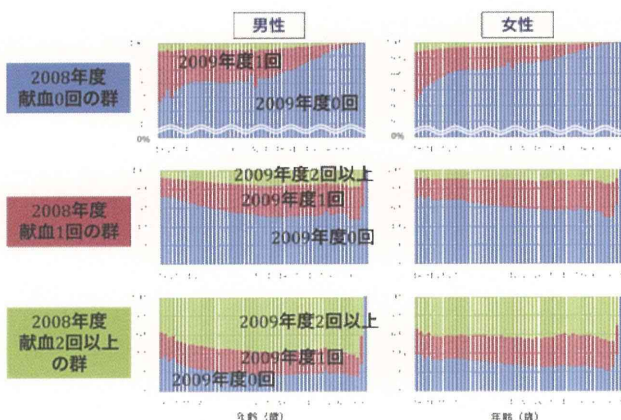


図 4 性、年齢、2008 年度献血回数別にみた 2009 年度献血行動推移確率

2. 献血本数の推計

今回の解析では 2008-09 年度(全体の献血本数が増加していた年)の推移確率を用いて、2010 年以後 15 年間の献血本数と献血者数を推計した。

2010 年度を例に、推定献血者数を(図 5)に、同推定献血本数を(図 6)に実測値と共に示す。

献血者数、献血本数ともにおおむね推計値と実測値にほぼ同等の結果となった。

中高年齢層を中心に実測値が推計値を上回る結果となっている。

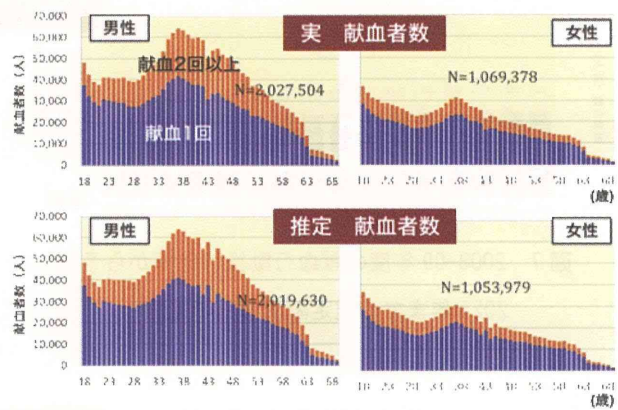


図 5 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した 2010 年度の推定献血者数と実献血者数

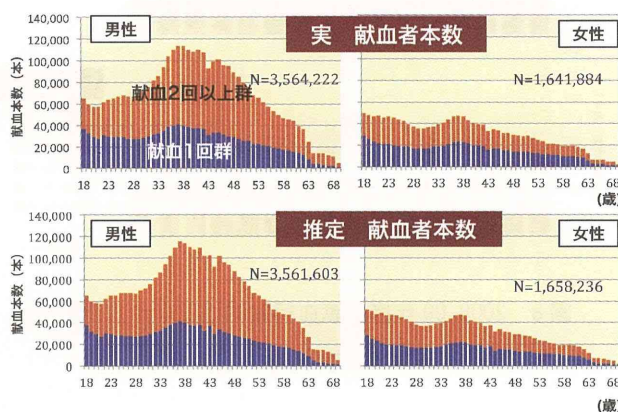


図 6 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した 2010 年度の推定献血本数と実献血本数

次に、15 年間の推定献血者数および推定献血本数の推移を示す(図 7、8)。

2008-09 年度の推移確率による推定献血者数では、男性 2012 年度に、女性 2010 年度に増加のピークがみられ、次年度から減少に転じている。

推定献血本数では、男性では 2013 年度に、女性では 2010 年度にピークがみられ、減少に転じている。

次に、2006-07 年度の献血行動推移確率による予測、2008-09 年度の同推移確率による予測、および実測値を性・年齢階級別に（図 9）に示す。

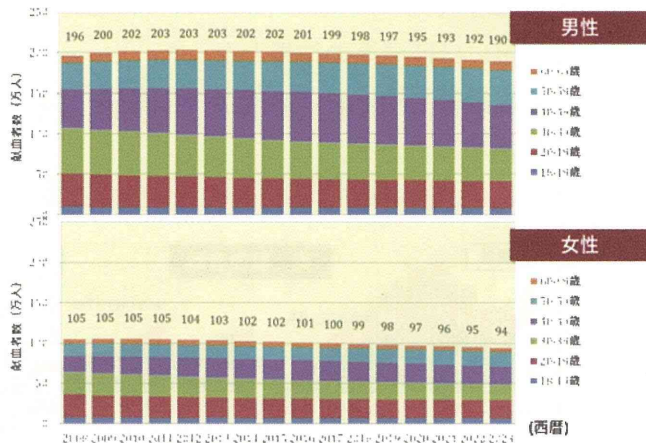


図 7 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した 2023 年までの推定献血者数の推移

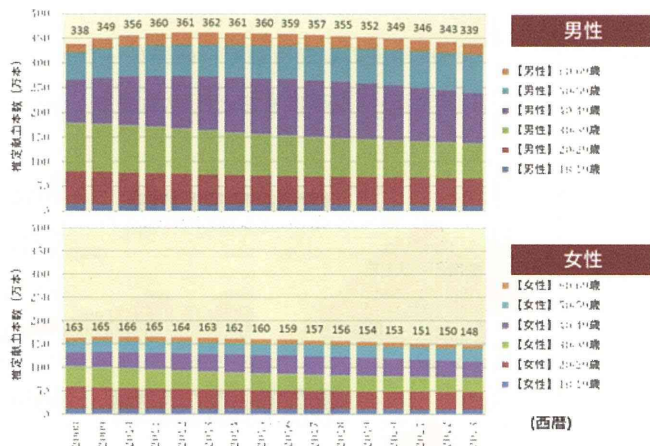


図 8 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した 2023 年までの推定献血本数の推移

いずれの推移確率による推計によっても、40・50 歳代の推定献血本数は増加し、20・30 歳代の推定献血本数は減少していた。

また、2008-09 年度の推移確率による推定献血本数を 2006-07 年度の推移確率による予測と比較すると、40・50 歳代では両者に違いがみられたが、20・30 歳代ではほとんど違いがみられなかった。

2008-09 年度の推移確率による推定献血本

数は、実測値によく当てはまっていることがわかる。

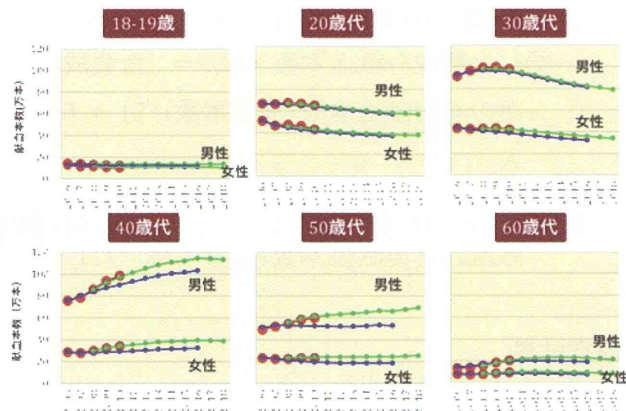


図 9 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した献血本数の推移と実献血本数（赤：実献血本数、緑：2008-09 年度の献血行動推移確率による予測、なお、2006-07 年度の献血行動推移確率による予測を青で示した）



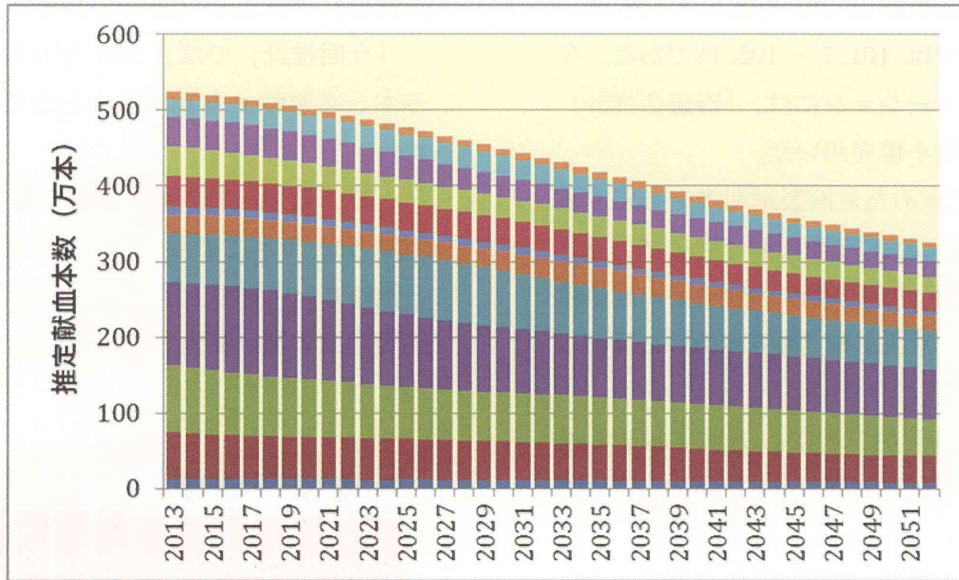


図 10. 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した 2052 年までの推定献血本数の推移

そこで、2008-09 年度の推移確率をもとに 2023 年以降以降の献血本数を推定して（図 10）に示す。

2027 年には 466 万本、2030 年に 450 万本、2040 年に 387 万本、2050 年に 335 万本と推定され、献血本数は単調に減少することが予測される。

この予測は、後述、（図 16）、（図 17）に示す「審議会推計」による推計献血本数（延べ献血者数）とほぼ同様の傾向を示した。

## II.（需要）将来推計人口に基づく輸血用血液製剤の供給に必要な献血本数の推計（推定方法 1 および推定方法 2 に従って算出）

1. 将来推計人口を元にした将来必要とされる血液製剤別推定必要本数（推定方法 1 による）

50 歳以上および 50 歳未満に対する人口千人当たりの供給単位数の推定値はほぼ経年とともに増加しており、2012 年における人口千人当たりの供給単位数はそれぞれ全血製剤・赤血球製剤が 98.8 本/千人、14.0 本/千人、血漿製剤が 14.0 本/千人、2.0 本/千人、血小板製剤が 135.5 本/千人、19.1 本/千人と算出された。この値を、次のシミュレ

ーションに用いた。

将来の推計人口に、血液製剤別 50 歳以上及び未満別の人口千人当たりの供給単位数を乗じて算出した、血液製剤別推定必要本数を（図 11）に示す。

2013-23 年の間に、推定必要本数は全血・赤血球製剤は 662 万本から 692 万本に、血漿製剤は 94 万本から 98 万本に、血小板製剤は 908 万本から 948 万本に、いずれも増加すると推定された。

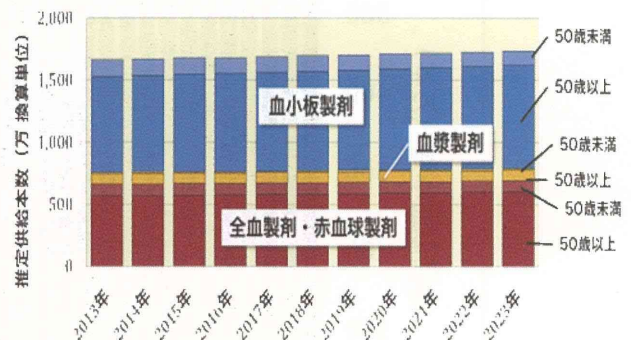


図 11 将来必要とされる血液製剤別に見た推定必要本数

2. 将来推計人口を元に推定した将来必要とされる推定必要献血本数（推定方法 2）

「供給本数に対する検査不合格などを見込んだ献血本数（換算本数）の割合」は、

2008-12年の5年間では、全血献血では107.2 - 108.6%、血漿献血では102.4 - 110.8%、血小板献血では101.7 - 102.7%である。今回のシミュレーションには、「審議会推計」と同様に、最小値を用いた。

前項1. で求めた血液製剤別推定必要本数に「供給本数に対する検査不合格などを見込んだ献血本数（換算本数）の割合」の最小値を乗じ、必要献血本数（換算本数）を算出した。

さらに血液製剤ごとに、方法に示した換算式に従って献血本数（本）を算出した（図12）。

必要献血本数は、2013-23年の間に、全血献血が375万本から392万本に、血漿成分献血は82万本から83万本に、血小板成分献血は84万本から88万本に増加し、合計した献血本数は542万本から563万本に毎年増加することが推定された。

また、2020年時点の「審議会推計」と「今回推計」を比較すると、前者では537万に対し、後者「今回推計」では556万と推定された。

さらに、2052年までの必要献血本数を「今回推計」で算出し（図13）に示す。

「今回推計」では、2027年において567万本と必要献血本数が最大となると推定された。

一方、「審議会推計」による結果でも、2027年に549万本で必要献血本数が最大となると推定されており、異なる方法によっても、必要献血本数が最大となる年度は一致した。

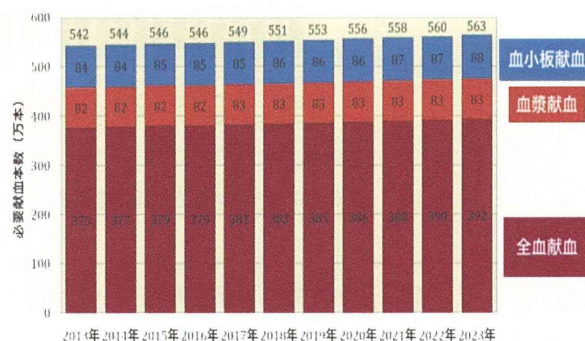


図12 将来推計人口を元に推定した将来必要とされる推定必要献血本数（2013-2023年）

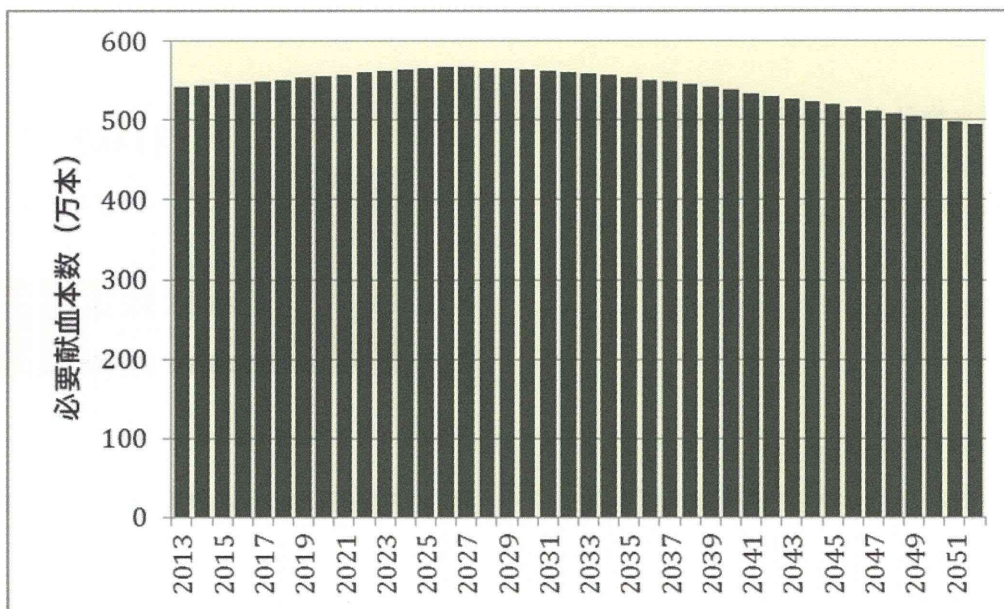


図13 将来推計人口を元に推定した将来必要とされる推定必要献血本数（2013-2052年）



### Ⅲ. 推定される（需要）献血本数と（供給）献血本数の比較【献血本数の不足分】

「Ⅰ（供給）マルコフモデルによる献血本数の推計」と、「Ⅱ（需要）将来推計人口に基づく輸血用血液製剤の供給に必要な献血本数の推計」を比較し、献血本数の不足分を2023年まで推定し、（図14）に示す。さらに、2023年以降の献血不足分を推計し、（図15）に示す。

（のべ）献血本数の不足分は毎年増加し、2013年に17万本、2020年に53万本、2023年までに、75万本が不足すると推定された。

その後も、献血本数不足分は、2027年101万本、2030年115万本、2040年151万本、2050年167万本と増加すると推定されることが明らかとなった。

一方、「審議会推計」（図16、17）においては2通りの方法により推定献血本数を算出・推定している。すなわち、（図16）の献血可能年齢人口に献血率5.9%をかけて算出する方法、（図17）の年齢階級別人口にそれぞれの献血率をかけて算出する方法である。

マルコフモデルによる献血本数の推計による「今回推計」と、比較すると、2020年時点において、「審議会推計」では献血本数不足分61万本であったのに対し、「今回推計」では53万本と、両者ほぼ同等の値を示していることがわかる。また、2027年における献血本数の不足分についても「審議会推計」では、101万本あるいは109万本の不足に対し、「今回推計」では101万本と、ほぼ同じ値であった。

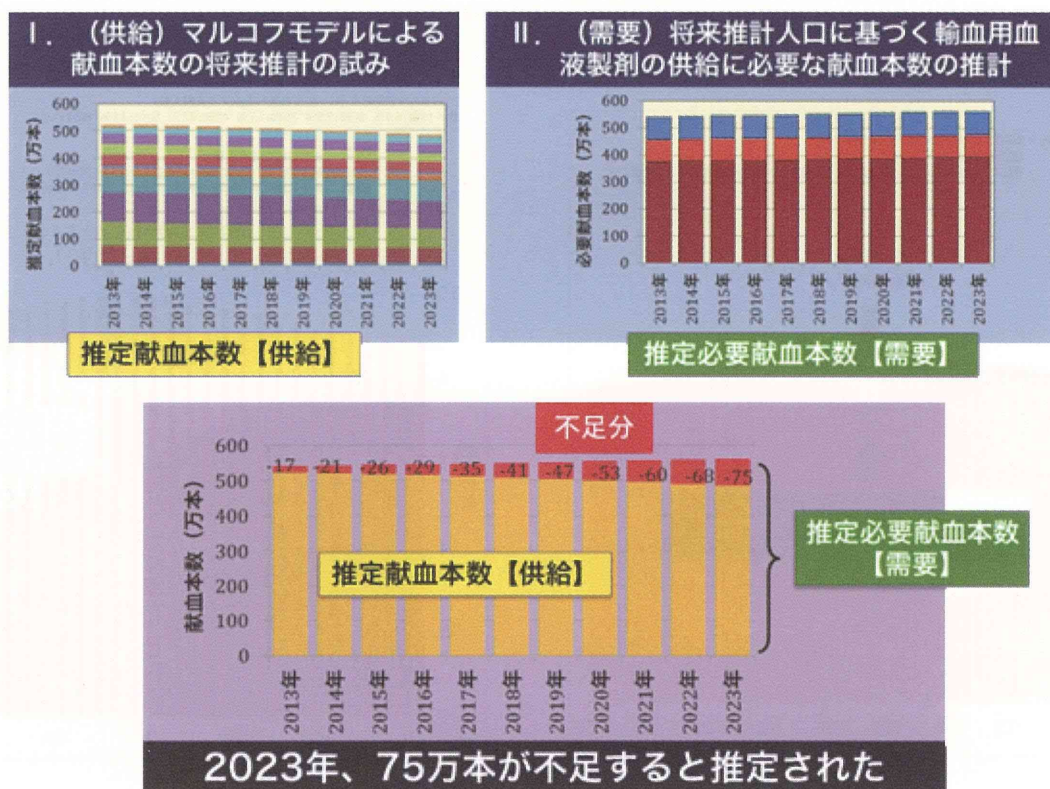


図14 推定献血本数と輸血用血液製剤の供給に必要な献血本数から算出した献血不足分



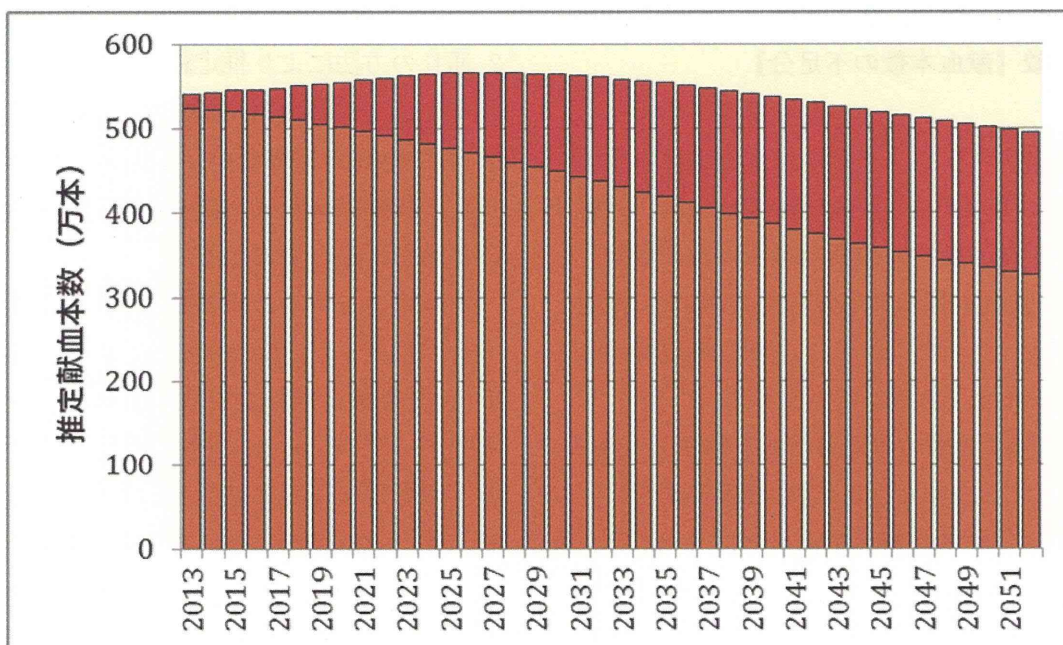


図 15 推定献血本数と輸血用血液製剤の供給に必要な献血本数から算出した献血不足分

必要献血者延べ人数のシミュレーション(I)

グラフ 4

出生率中位(死亡率中位)の場合

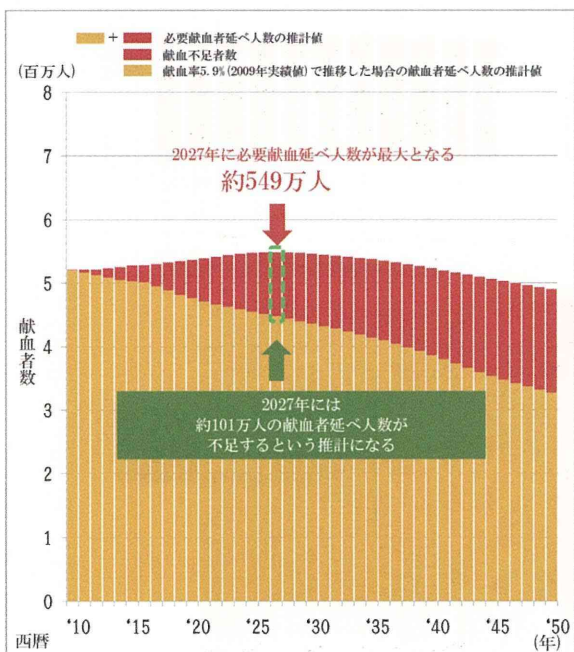


図 16 「審議会推計」の献血不足分(献血可能年齢人口と献血率 5.9%から算出)(資料 1 より転載)

必要献血者延べ人数のシミュレーション(II)

グラフ 6

※ 2009年の年代別献血率(=献血者延べ人数/年代別人口) 出生率中位(死亡率中位)の場合  
16歳~19歳:6.0% 20代:7.9% 30代:7.7% 40代:7.7% 50代:4.9% 60代:1.8%

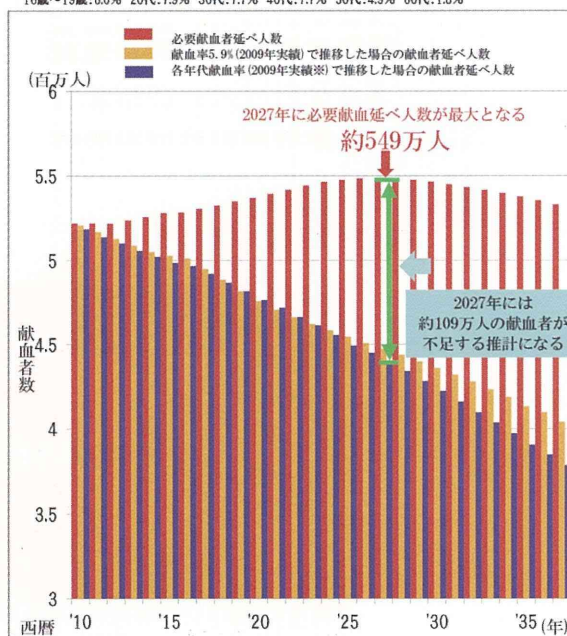


図 17 「審議会推計」の献血不足分(年齢階級別の人口と献血率から算出)(資料 1 より転載)

## 結論及びまとめ

わが国では少子高齢化に伴い、献血可能年齢人口が減少している一方で、がん治療などのための血液製剤の需要増加が見込まれ、将来の輸血用血液の不足が危惧されている。

今回我々は、献血行動の変化を考慮した総献血本数（供給）の推移予測、将来推計人口に基づく血液製剤に必要な献血本数（需要）を明らかにすることを目的に推計を行った。すなわち、「薬事・食品衛生審議会 平成 22 年度第 1 回血液事業部会 献血推進調査会における資料と同様の方法により、将来推計人口に基づく血液製剤の供給数のシミュレーションの推計を行い、我々がこれまで 2008-09 年度の献血行動推移確率をもとに行ってきたマルコフモデルにより推計した将来必要とされる必要献血本数との比較を行った。

その結果、

1. 【献血本数の推定（供給）】では、2008-09 年の全献血本数をもとにマルコフモデルによる献血行動推移確率を算出し、2008-23 年の 18-69 歳の推定献血者数および推定献血本数を算出し、初年度に献血を行っていない集団では若年層の方が献血をする確率が高く、また初年度に献血を 1 回または 2 回以上行った集団では中高年齢層の方が献血をする確率が高かったことが明らかになった。また 2008-09 年度の献血行動推移確率から予測した推定献血本数は 2008 年度 502 万本から増加し 2012 年度 526 万を境に減少に転じ 2023 年度には 488 万本と算出された。さらに 2023 年以降の推定献血本数を算出すると、2027 年に 466 万本、2030 年に 450 万本、2040 年に 387 万本、2050 年に 335 万本となり、「審議会推計」と同様に、推定献血本数は単調に減少することが明らかとなった。
2. 【輸血用血液製剤に必要な献血本数（需要）】では、50 歳以上、50 歳未満別に、将来推計人口と輸血用血液製剤使用率を元に、将来必要とされる血液製剤別推定必要本数を推計した。さらに、検査不合格などを見込んだ献血本数に換算し、推計必要献血本数を算出した。その結果、推定必要献血本数は 2013 年 542 万本から毎年増加し、2023 年には 563 万本と算出された。さらに、2023 年以降の必要献血本数を算出すると、2027 年において 567 万本で最大となった。一方、「審議会推計」では 2027 年に 549 万本で最大となっており、推計必要献血本数の最大年度は一致した。
3. 【将来の献血本数の不足分の推定】上記 2 つの（供給）および（需要）献血本数推計値より、将来の献血本数の不足分を推定した。献血本数の不足分は 2013 年以後、毎年増加し、2013 年 17 万本、2020 年 53 万本、2023 年までには 75 万本が不足すると推定された。その後も、2027 年 101 万本、2030 年 115 万本、2040 年 151 万本、2050 年 167 万本と献血本数不足分は増加推定されることが明らかとなった。マルコフモデルによる献血本数の推計による「今回推計」と比較すると、「審議会推計」では 2020 年時点 61 万本であったのに対し、「今回推計」では 53 万本と、両者ほぼ同等の値を示し、また、2027 年時点「審議会推計」では、101 万本あるいは 109 万本の不足に対し、「今回推計」では 101 万本と、ほぼ同じ値が推計された。
4. 少子高齢化による献血可能年齢人口の減少、血液製剤使用患者の増加等による輸血用血液製剤の不足に対応するためには、献血行動推移確率から 20・30 歳代の献血行動が習慣化していないことも大きな要因であると考えられ、プラスの献血行動が習慣化するような施策が、安定供給に必要・急務であると考えられた。
5. 需要献血本数の推定については、「今回推計」は「審議会推計」と同様、50 歳以上・50 歳未満別にみた患者一人当たりの使用率が同一であると仮定したときの推定方法であり、50 歳以上患者の年齢分布や疾患別人数については考慮していない。年齢別にみた疾病保有状況や疾患別血液製剤使用量などを調査することにより、より詳細な将来推計が行える可能性はあるが、しかし、その推定に用いる調査の多様性と正確性、病医院・地域特性を含むデータの煩雑さ、本推計の目的等から総合的に考えると、50 歳以上・未満に分類した患者一人当たりの血液製剤使用量を目安とした「今回推計」