

献血者数の推移と将来推計—血液事業の進歩と合理化の観点から—

佐藤 研 高橋 雅彦 古谷 克己 高梨美乃子 小松 博久
中島 一格

近年、若者の献血者数が減少していることから、高齢化が進む今後の血液の安定供給を危ぶむ声が聞かれる。今回、今後とも血液の安定供給を確保する対策を講じるために、統計資料に基づいて過去の献血者数の推移を解析した。その結果、献血者数の減少は、血液事業の進歩とともに採血効率を向上させ、合理的に献血者を募集し血液を確保してきたことが大きく影響していることが分かった。しかしその一方で、献血者から得られた血液を有効的に活用するために、厳密な血液型別の在庫管理が求められている。また、将来推計の結果、高齢化が進むことにより輸血用血液製剤の供給量は増加傾向を示すが、原料血漿確保計画量如何によっては高齢化による増加分をはるかに上回る献血者の確保が必要となる。献血者を確実に確保するためには、中、長期的な原料血漿確保計画が不可欠である。

キーワード：献血者確保、血液製剤の供給、将来推計人口

はじめに

昭和 54 (1979) 年にガラス瓶採血から塩化ビニール製の採血バッグに切り替わり、輸血用血液製剤の需要量が増加したことに伴って献血者数も増加した。昭和 60 (1985) 年の総献血者数は約 870 万人となったが、昭和 61 (1986) 年に減少に転じてからは減少傾向が続き、平成 18 (2006) 年には 500 万人を割り込んで約 499 万人となった。また、平成 18 (2006) 年 3 月に行った厚生労働省の調査¹⁾では献血未経験者の 4 人に 1 人が献血を知らないと回答しており、少子高齢化が進む中で若年齢層の献血者が減少していることもあって、将来の血液の安定的な確保を危惧する声も上がっている。しかし、血漿製剤以外の血液製剤の供給量が大きく減少している訳ではなく、医療機関への供給も滞りなく行われている。

今後とも安全な血液製剤を安定供給するためには、現状を十分に把握し適切な対策を講じる必要があることから、過去から現在までの血液事業の統計資料を解析した。

また、現在までの状況を踏まえ、将来の献血者数の推移についても推計し、若干の考察を加えたので報告する。

対象と方法

1. 統計資料の解析

解析の範囲は、昭和 54 (1979) 年から平成 18 (2006) 年までとし、日本赤十字社が発行している統計資料「血液事業の現状」²⁾を基に、献血者数、供給単位数、検査不合格率、返品および期限切れ率(以下期限切れ率)を比較した。

2. 原料血漿確保量

原料血漿確保量は、昭和 58 (1983) 年度から平成 18 (2006) 年度の実績を比較した。

3. 将来推計献血者数

過去 10 年の供給状況から推計した全血を含む赤血球製剤(以下赤血球製剤)の供給本数(Y_1)、成分採血由来血小板製剤の供給本数(Y_2)、成分採血由来血漿製剤の供給本数(Y_3)、成分採血由来分画原料の送付本数(Y_4)、検査落ち本数(Y_5)、期限切れ本数(Y_6)の和を献血者数(Y)とした。さらに、将来推計人口から輸血用血液使用本数の年齢構成補正係数を算出し、各製剤の将来推計供給本数に乗じて補正した結果を年齢構成補正後の将来推計献血者数とした。

関係式を以下に示した。

(1) 献血者数 (Y)

$$Y = Y_1 + Y_2 + Y_3 + Y_4 + Y_5 + Y_6$$

(2) 全血採血由来赤血球製剤および成分採血由来血小板供給本数

Table 1 Actual amount of transfusions by age group in Tokyo in 2005.

Age group (years)	Number of transfusions		Population ($\times 10^3$)	Transfusion rate
	($\times 10^3$)	(%)		
0 ~ 4	14	2.2%	475	2.9%
5 ~ 9	3	0.4%	502	0.6%
10 ~ 19	10	1.5%	1,046	1.0%
20 ~ 29	14	2.1%	1,768	0.8%
30 ~ 39	29	4.5%	2,122	1.4%
40 ~ 49	37	5.7%	1,608	2.3%
50 ~ 59	88	13.5%	1,714	5.1%
60 ~ 69	146	22.3%	1,593	9.2%
70 ~	313	47.9%	1,692	18.5%
Total	654	100%	12,520	5.2%

過去 10 年の供給状況を基に回帰直線を求め、得られた近似式より、以降 10 年間の将来推計供給本数を算出した。

(3) 成分採血由来血漿製剤供給本数

$$Y_3 = y_1 \times 0.4 \times 0.31 \div 5$$

$$y_1 = Y_1 \times (1 + y_2)$$

y_1 : RCC 供給単位数

y_2 : RCC-2 供給比率 (RCC-2 供給本数 \div RCC 供給本数)

血漿製剤の対赤血球製剤供給比率は、輸血用量を考慮し、0.4 と仮定した。また、5 単位血漿製剤供給割合は、平成 18 (2006) 年実績の 0.31 とした。

(4) 成分採血由来分画原料の送付本数

$$Y_4 = [y_3 - \{y_1 \times 0.12 - (y_1 \times 0.4 - Y_3 \times 5) \times 0.08 + Y_2 \times 0.20\}] \div 0.45$$

y_3 : 原料血漿確保目標量

原料血漿確保目標量は、平成 9 (1997) 年 12 月に「血液行政の在り方に関する懇談会報告書」で示された 10 年後の国内自給 100% 達成の想定量 150 万 l と仮定し、確保期限については、状況を考慮し平成 15 (2003) 年に「血液製剤の安全性の向上及び安定供給の確保を図るための基本的な方針」で見直されていることもあり、10 年後の平成 28 年に設定した。また、200ml 採血由来血漿量は 0.12l、血小板採血由来原料血漿量を 0.20l、1 単位凍結血漿量を 0.08l、成分採血由来原料血漿量は 0.45l、血漿製剤の対赤血球製剤供給比率は 0.4 とした。

(5) 検査不合格、期限切れの将来推計本数

$$Y_5 = \{Y_1 \div (1 - 0.048) + Y_2 \div (1 - 0.054) + Y_3\} \div (1 - 0.04) \times 0.04$$

$$Y_6 = Y_1 \div (1 - 0.048) \times 0.048 + Y_2 \div (1 - 0.054) \times 0.054$$

供給本数から献血者数を求める過程の係数として、平成 18 (2006) 年の検査不合格率 (4.0%)、期限切れ率

(全血採血 4.8%、成分採血 5.4%) を用いた。

(6) 将来推計人口による輸血用血液使用本数の年齢構成補正值

平成 17 (2005) 年の東京都における供給本数に年齢区分別血液使用率³⁾を乗じて得た年齢区分別輸血本数を東京都の年齢区分別人口⁴⁾で除し各年齢区分の輸血率とした (Table 1)。次に、東京都の各年齢区分の輸血率が全国でも同様であると仮定し、各年齢区分の輸血率を日本の将来推計人口の年齢区分別推計値⁵⁾に乗じて各年齢区分の輸血本数とした。さらに、各年齢区分の輸血本数の和を各年次の総輸血本数とし、平成 18 (2006) 年の総輸血本数で除して得た比を各年次の輸血用血液使用本数の年齢構成補正值とした (Table 2)。

結 果

1. 献血者数と供給単位数の推移

昭和 54 (1979) 年に 539 万人であった年間総献血者数は、昭和 60 (1985) 年の 870 万人を最高に減少に転じ、平成 18 (2006) 年には 499 万人となった。一方供給単位数は、昭和 54 (1979) 年の 701 万単位から増加し平成 8 (1996) 年には 1,878 万単位に達したが、その後は減少に転じ、平成 18 (2006) 年には 1,618 万単位となった。昭和 61 (1986) 年から平成 8 (1996) 年までの間は、献血者数が減少しているにもかかわらず供給単位数は逆に増加している (Fig. 1)。

2. 赤血球製剤の製品規格別供給単位数の推移

赤血球製剤の供給単位数は、昭和 54 (1979) 年の 408 万単位から増加してきたが、昭和 60 (1985) 年に 600 万単位を超えてからは、若干の減少傾向を示しているもののほぼ横ばいが続いている。昭和 61 (1986) 年に 400ml 採血を導入してからは、400ml 採血由来赤血球製剤 (2 単位製剤) の供給比率が急激に上昇し、平成 18 (2006) 年には 86.6% (400ml 採血率は 76.4%) に達

Table 2 Projected number of transfusions by age group in Japan.

Age group (years)	2006		2016		2026	
	population (×10 ³)	transfusions (×10 ³)	population (×10 ³)	transfusions (×10 ³)	population (×10 ³)	transfusions (×10 ³)
0 ~ 4	5,719	173	4,962	150	4,331	131
5 ~ 9	5,890	31	5,304	28	4,606	24
10 ~ 19	12,423	117	11,635	109	10,302	97
20 ~ 29	15,671	122	12,731	99	11,991	93
30 ~ 39	19,018	264	15,893	220	13,016	181
40 ~ 49	15,649	363	18,849	437	15,776	366
50 ~ 59	19,147	983	15,194	780	18,337	941
60 ~ 69	15,581	1,424	17,951	1,640	14,335	1,310
70 ~	18,643	3,449	23,389	4,327	27,771	5,138
Total	127,741	6,924	125,909	7,791	120,466	8,280
Fold-increase in transfusions	1.00		1.13		1.20	

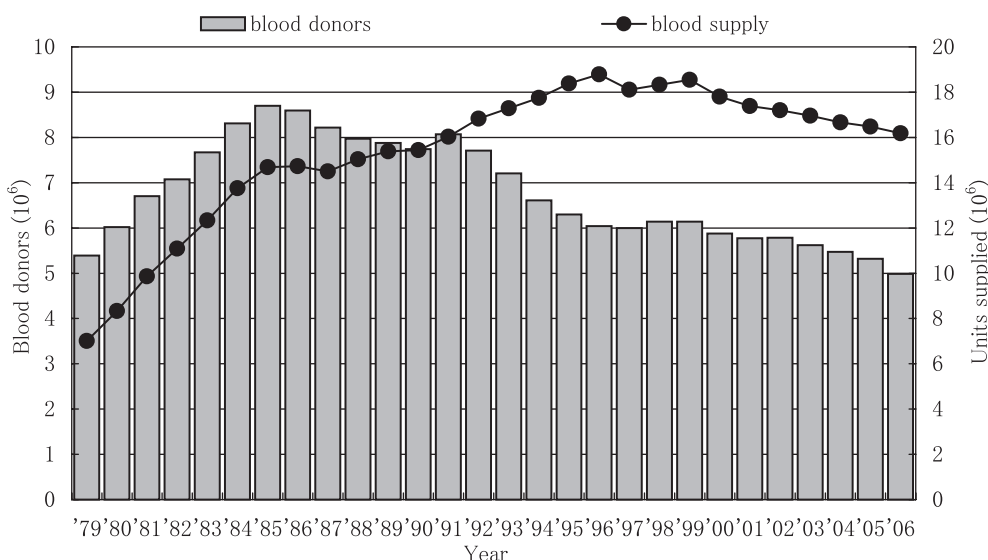


Fig. 1 Number of blood donors and units supplied.

している (Fig. 2).

3. 血小板製剤の製品規格別供給単位数の推移

血小板製剤の供給単位数は、昭和 54 (1979) 年の 73 万単位から増加を続け、平成 12 (2000) 年には 798 万単位となった。その後は若干の減少傾向を示しているもののほぼ横ばいが続いている。昭和 61 (1986) 年の成分採血導入当初は 5 単位の血小板製剤が多かったが、徐々に 10 単位以上の高単位製剤が中心となり、平成 10 (1998) 年以降の成分由来血小板製剤の平均供給単位数は約 11 単位となっている (Fig. 3).

4. 血漿製剤の製品規格別供給単位数の推移

血漿製剤の供給単位数は、昭和 54 年の 220 万単位から増加し、昭和 60 (1985) 年に 600 万単位を超えた後は若干減少したが、昭和 62 (1987) 年以降 10 年間は、

ほぼ横ばい状態であった。しかし、平成 9 (1997) 年以降は、適正使用の推進により急激に減少し、供給量が最高の昭和 60 (1985) 年には 1.3 であった血漿製剤の対赤血球製剤使用比率も急激に減少して、平成 18 (2006) 年には 0.47 となっている (Fig. 4).

5. 原料血漿確保量の推移

Fig. 5 に原料血漿確保目標量と確保量 (年度実績) を示した。平成 2 (1990) 年に血液製剤の国内自給達成を目的とした体制整備が始まり、その翌年から平成 14 (2002) 年度までは計画的に確保量が増加している。平成 15 (2003) 年度は目標量に対して確保量が少なくなっており、それ以降目標量が減少しているが、これは血漿製剤の貯留保管、原料血漿確保量の調整が行われたためである。

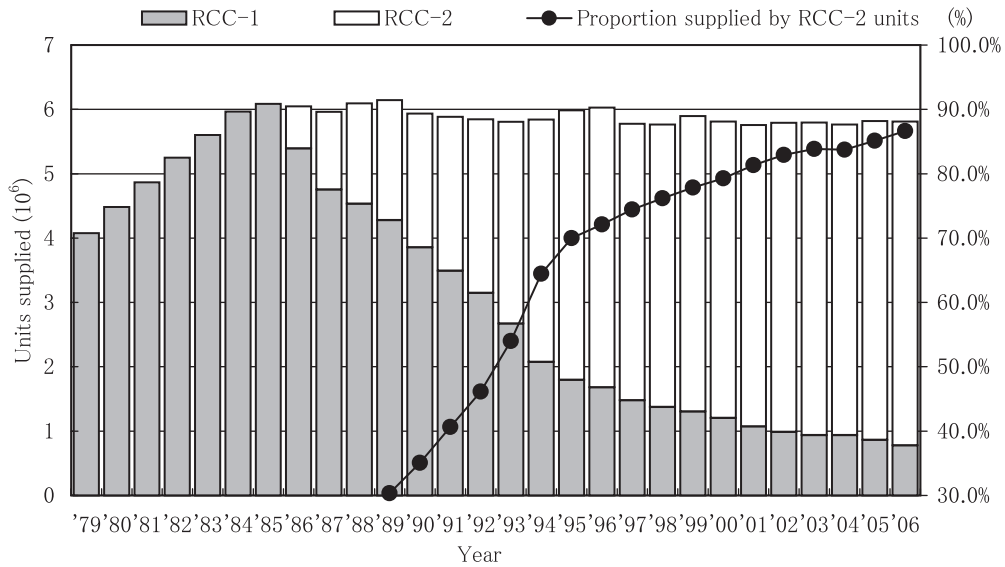


Fig. 2 Number of RCC units supplied.

RCC-1 is a one-unit bag of red cell concentrate derived from a 200 ml donation.
 RCC-2 is a two-unit bag of red cell concentrate derived from a 400 ml donation.

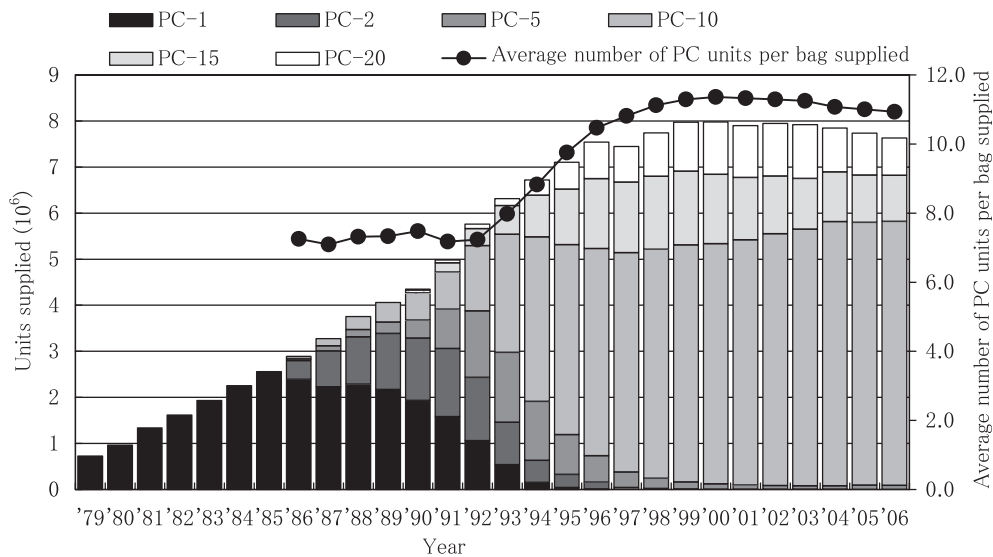


Fig. 3 Number of PC units supplied.

A PC unit contains 0.2×10^{11} platelets.
 PC-1 is a one-unit bag of platelet concentrate separated from a 200 ml donation.
 PC-2 is a two-unit bag from a 400 ml donation.
 PC-5, -10, -15 and -20 are 5-, 10-, 15- and 20-unit bags from apheresis donations.

6. 検査不合格率と期限切れ率

昭和 54(1979)年の検査不合格率は 5.8% であり、その後 6% 前後を推移しているが、昭和 61 (1986) 年から上昇傾向を示し、昭和 62 (1987) 年には 7.9%、平成 4 (1992) 年には 8.9% に達した。それ以降は減少傾向を示し、平成 18(2006)年は 4.0% である。また、昭和 54 (1979) 年に 18.5% であった赤血球製剤の期限切れ率は、昭和 61 (1986) 年には 25% 以上となり、平成 3(1991)年の 26.5% を最高に、その後減少し、平成 18

(2006) 年は 4.8% である。一方成分採血 (血小板) の期限切れ率は、昭和 61(1986)年に 14.5% であったが、その後は減少傾向を示し、平成 18(2006)年は 5.4% である (Fig. 6)。

7. 将来推計献血者数の推移

過去 10 年の赤血球供給本数と血小板供給本数の和、赤血球供給本数、400ml 供給比率の回帰式を求めたところ良好な相関関係が得られた。

$$(Y_1 + Y_2) = -36,755x + 4,348,587 : R^2 = 0.9159 \quad p <$$

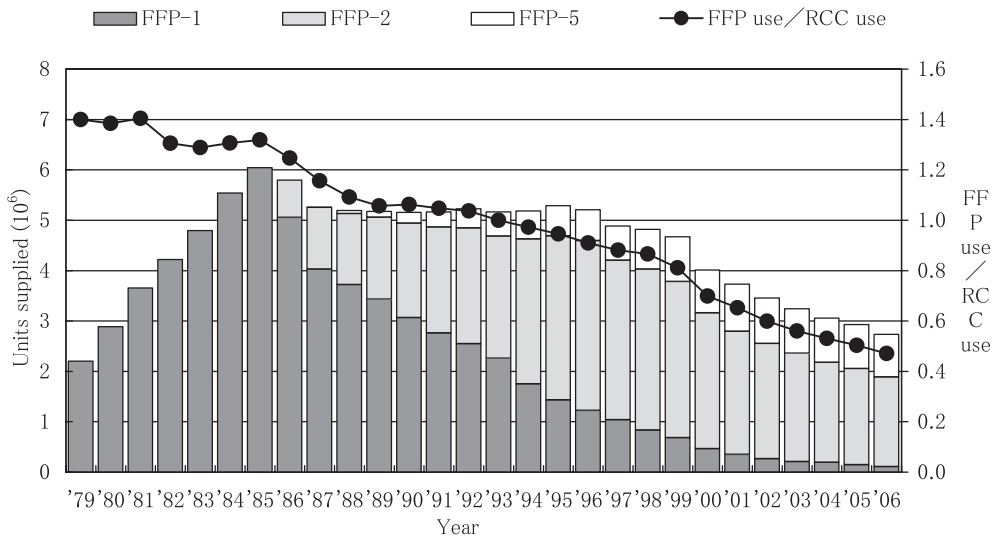


Fig. 4 Number of FFP units supplied.

A FFP unit is 80 ml of plasma.

FFP-1 is a one-unit bag of fresh frozen plasma separated from a 200 ml donation.

FFP-2 is a two-unit bag from a 400 ml donation.

FFP-5 is a five-unit bag from an apheresis donation.

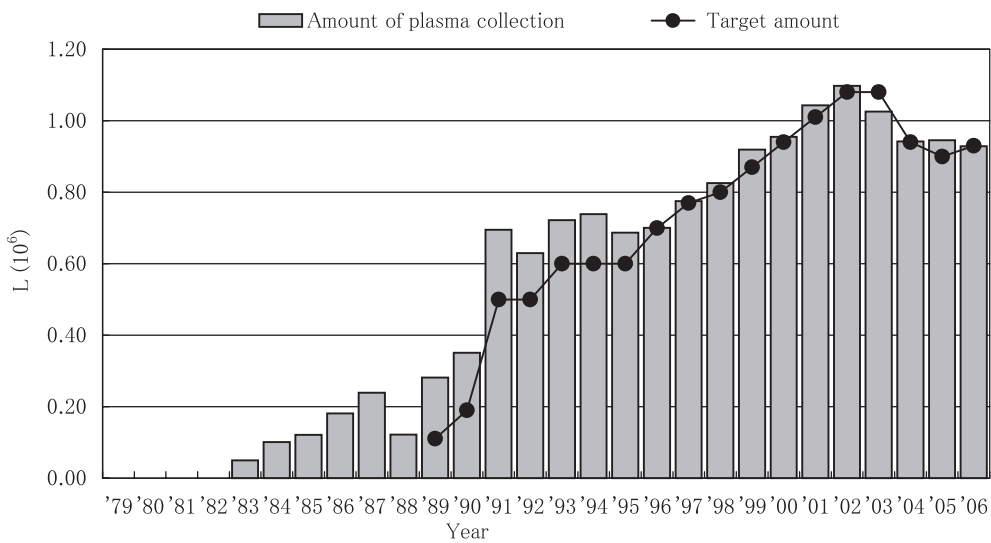


Fig. 5 Amount of plasma collected.

0.001

$$Y_1 = -38,033x + 3,655,702 : R^2 = 0.9262 \quad p < 0.001$$

$$y_2 = 0.0185x + 0.5825 : R^2 = 0.9759 \quad p < 0.001$$

x = 1 ~ 20 : 平成 8 年を 0 としたときの経過年数

関係式を基に算出した将来推計本数を Table 3 に示した。

過去 10 年の供給状況から単純に推測すると、平成 18 年に約 416 万本であった製品供給本数は減少傾向を示し、平成 28 年には約 375 万本となる。しかし、輸血用血液使用本数の年齢構成補正係数で補正すると増加傾向を示し、平成 28 年には約 422 万本となる。献血者数

に換算すると約 5.6 万人 (1.2%) の増加である (Table 3)。仮に平成 28 (2016) 年の原料血漿確保目標量を 150 万 l と想定し、原料血漿確保量を段階的に増加させた場合は、原料血漿用の PPP 送付本数が約 159 万本増加し、必要な献血者数は約 628 万人となり約 129 万人 (25.8%) 増加する (Table 4)。

考 察

献血者数が減少した理由として、400ml 採血および成分採血導入以降、輸血副作用軽減を目的に高単位製剤確保を推進することにより、献血者数を減らしなが

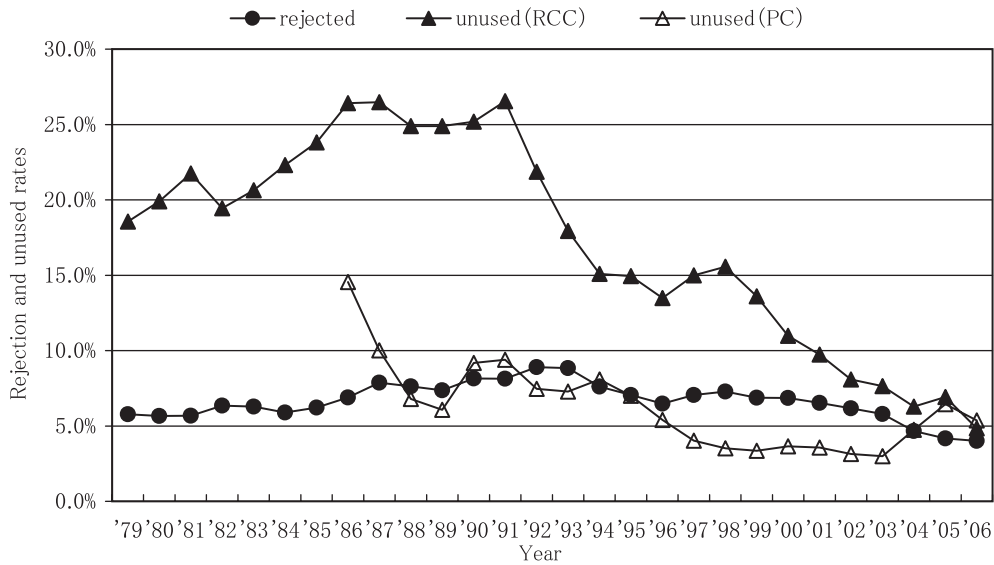


Fig. 6 Screening test rejection and unused rates in blood donations.

Table 3 Estimated future needs for blood supplies.

Year	RCC-2 supply (%)	Before correcting for age composition				After correcting for age composition				
		RCC supply ($\times 10^3$)	PC supply ($\times 10^3$)	FFP-5 supply ($\times 10^3$)	total supply ($\times 10^3$)	increase rate*	total supply ($\times 10^3$)	rejected	unused ($\times 10^3$)	blood donors ($\times 10^3$)
'06	76.4%	3,295	698	170	4,163	1.00	4,163	183	216	4,562
'07	78.6%	3,237	707	143	4,088	1.02	4,158	182	207	4,547
'08	80.5%	3,199	708	143	4,051	1.03	4,187	183	209	4,578
'09	82.3%	3,161	709	143	4,014	1.05	4,206	184	209	4,599
'10	84.2%	3,123	711	143	3,977	1.06	4,226	185	210	4,621
'11	86.0%	3,085	712	142	3,940	1.08	4,245	186	211	4,642
'12	87.9%	3,047	713	142	3,902	1.09	4,260	186	212	4,658
'13	89.7%	3,009	715	142	3,865	1.10	4,266	187	212	4,666
'14	91.6%	2,971	716	141	3,828	1.12	4,269	187	213	4,668
'15	93.4%	2,933	717	141	3,791	1.12	4,254	186	212	4,651
'16	95.3%	2,895	718	140	3,754	1.13	4,223	185	210	4,618

* calculated in Tables 1 & 2

らも供給に必要な血液量を効率的に確保してきたことがあげられる。

具体的には、平成 18(2006)年の 400ml 採血率は 76.4%、全血献血者数は約 361 万人であったが、仮にこれがすべて 200ml 採血の場合は、約 637 万人の献血者を確保する必要があった。効率化の効果は、400ml 採血を導入したことだけでも、その差の約 276 万人である。

また、検査不合格率については、昭和 54 (1979) 年当時 5.8% であった検査不合格率が、HIV 抗体、HTLV-I 抗体、HCV 抗体、HBc 抗体検査などの検査項目の追加により、平成 4 (1992) 年には 8.9% まで上昇した。しかし、輸血に使用できない献血者に通知するなどの対策を講じた結果、平成 18 (2006) 年には 4.0%

まで減少した。差の 4.9% は平成 18(2006)年の献血者で換算すると約 22 万人に相当する。様々な安全対策のひとつの方策として輸血に使用できない血液の採血を極力抑制してきた結果、献血者確保の効率性も向上してきたと思われる。

さらに、期限切れ率の減少もひとつの要因である。全血採血では、昭和 61 (1986) 年の 26.4% から平成 18 (2006) 年の 4.8% まで 21.6% 減少している。また、成分採血 (血小板) では、成分採血導入当初の 14.5% から平成 18 (2006) 年の 5.4% まで 9.1% 減少した。差は平成 18 (2006) 年の献血者で換算すると全血採血で約 78 万人、血小板採血で約 7 万人に相当する。期限切れ率が減少してきた理由として、成分採血装置の導入に

Table 4 Estimated future needs for blood donors.

Year	Amount of plasma collected (L)	Plasma (PPP) donors ($\times 10^3$)	Blood donors ($\times 10^3$)
'06	930,000		4,988
'07	970,000	556	5,126
'08	1,030,000	665	5,271
'09	1,090,000	778	5,410
'10	1,150,000	890	5,548
'11	1,210,000	1,002	5,686
'12	1,270,000	1,116	5,821
'13	1,330,000	1,234	5,951
'14	1,390,000	1,353	6,078
'15	1,450,000	1,480	6,193
'16	1,500,000	1,590	6,275

よる高単位血小板製剤の確保や全国レベルでの在庫調整が合理的に行われてきた結果であると考えられる。欧米諸国では各製剤の有効期限が我が国より長いにもかかわらず、赤血球製剤で2.4%から9.9%、血小板製剤で8.2%から31%の期限切れがあると報告されている⁵⁾⁶⁾。

以前、渡辺らは平成7(1995)年当時(献血者630万人)の状況で将来人口推計値を基に血液の需要を予測し、献血者を毎年2%から2.5%ずつ増やさなければならぬと報告している⁷⁾。しかし実際の献血者数は499万人まで減少している。これは、適正使用による輸血量の減少、無輸血手術の普及、自己血輸血の増加³⁾など、輸血医療の技術向上により輸血量の増加が予想を下回ったことと、高単位製剤の確保、安全な血液製剤確保の様々な対策、情報の一元化など、血液事業において合理的に事業を推進してきた複合的な効果が、少ない献血者でも血液製剤の安定的な供給を可能にしていると言える。

次に将来の製品供給本数についてであるが、増減の要因として血小板製剤の供給における10単位製剤の割合や血漿製剤の供給における成分由来製剤(FFP-5)の割合の変化も考えられる。しかし、これを一定と仮定し、過去10年の供給状況から直近の10年を推測した結果では、400ml供給比率が向上することで、製品供給本数は減少傾向を示した。また、将来推計では、検査不合格率および期限切れ率を平成18(2006)年と同じと仮定しているが、実際は、さらに1~2%程度減少する可能性もある。

平成18(2006)年の輸血用血液使用本数を1.00とした場合、輸血用血液使用本数の年齢構成補正係数は毎年1~2%程度増加し、平成28年には1.13となる。これは、高齢化が進み、特に団塊の世代が輸血頻度の高

い60代(血液使用率22.3%)から70代(血液使用率47.9%)へと移行していくためである。年齢構成補正前は、平成28(2016)年の製品供給本数が375万本となり減少するが、年齢構成補正後は422万本となり逆に増加する。年齢構成補正係数のピークは平成37~38(2025~2026)年頃で、年齢構成補正係数は1.20となる見込みである(Table 2)。製品の高単位化など、血液製剤確保の合理化、効率化はそろそろ限界に近いと思われることから、将来の製品供給本数については高齢化による影響が表面化すると推測される(Table 3)。

ところが、現状で献血者数の増減を大きく左右している要因は、輸血製剤用の供給本数の推移ではなく分画用原料血漿確保目標量の推移である。昭和60(1985)年をピークに減少傾向にあった献血者数が平成3(1991)年に若干増加したのは、原料血漿確保量の増加にともないPPP採血本数が急激に増加したことが原因である(Fig. 5)。以降5年間は、原料血漿確保目標量を大きく上回る確保量であったことから、この当時は、全国的に成分採血による原料血漿確保に力を入れていたことが伺える。その後は高単位製剤確保等による効率化や血液製剤の適正使用推進による削減分が分画原料確保目標量の増加分を上回り、献血者数としては減少傾向を示してきた。そして、平成15(2003)年以降は血漿製剤の貯留保管、原料血漿確保量の調整が行われたため献血者数はさらに減少した(Fig. 1)。しかし、今後の原料血漿確保計画如何では、必要な献血者数は大幅に増加すると推測される(Table 4)。原料血漿の確保計画は、原料血漿確保量の変動が採血体制に与える影響が非常に大きいため、長期的な確保計画を立てることが必要である。

まとめ

今回の解析により、献血者数の減少は、血液事業の進歩が大きく影響していることが明らかになった。採血効率の向上とともに血液の有効活用が図られ、適切に在庫管理が行われ無駄が排除されてきた結果が反映されている。その一方で、通常の供給量に比べて大量に出庫が続いた場合には、在庫を安定的に維持することが困難になっている。今後数年間は、400ml採血率向上、期限切れ率削減などの効率化がさらに進むと推測されることから、今以上に厳密な血液型別の在庫管理と臨機応変に献血者を確保する体制が求められる。将来にわたり血液を安定的に供給するためには、採血から供給までを管理する広域的な需給管理体制の早期構築が必要である。また、高齢化にともなう供給本数の増加、原料血漿確保量の増加が予想されることから、中、長期的展望に立った献血者確保計画が不可欠であろう。

文 献

- 1) 厚生労働省医薬食品局血液対策課：「若年層献血意識に関する調査結果報告書」平成 18 年 3 月.
- 2) 日本赤十字社：「血液事業の現状」昭和 63 年～平成 18 年統計表.
- 3) 東京都福祉保健局保健政策部：「輸血状況調査結果」平成 13 年～平成 17 年.
- 4) 厚生労働省人口問題研究所：「日本の将来推計人口」平成 17 年.
- 5) Maniatis A: Criteria for clinical transfusion practice. In: Pouger P, Hossenlopp C, eds, Blood Transfusion in Europe, The white book 2005, EuroNet-TMS, Paris, 2005, 209—211.
- 6) Whitaker BI, Sullivan M: Blood transfused in the United States, The 2005 nationwide blood collection and utilization survey report, AABB, Bethesda, MD, 2006, 19—23.
- 7) 渡辺嘉久, 高橋孝喜, 掛川裕通, 他：世代別献血率と日本の将来推計人口をもとにした今後 30 年間の輸血用血液の需給予測. 日本輸血学会雑誌, 44 (3) : 328—335, 1998.

PROJECTED CHANGE IN FUTURE REQUIREMENTS FOR BLOOD DONOR NUMBERS—FROM THE VIEWPOINT OF ADVANCEMENT AND RATIONALIZATION OF BLOOD SERVICES—

Ken Sato, Masahiko Takahashi, Katsumi Furuya, Minoko Takanashi, Hirohisa Komatsu and Kazunori Nakajima
Japanese Red Cross Tokyo Metropolitan Blood Center

Abstract:

Given recent reports that the number of blood donations by younger people has decreased, concerns have been expressed about future shortages in the blood supply with the aging of the population. We analyzed past donor numbers in statistical reports to make appropriate plans for the future. The analysis showed that the change in donation numbers is largely due to the increased efficiency in blood collection and increased selectivity for donors able to provide higher volumes of blood.

At the same time, a real-time, comprehensive blood supply system is required, while stocks of each blood type must be managed on a daily basis. When future blood supply needs are estimated based on population projections, results indicate that the aging population will require a slight increase in the blood supply, but the target amount of plasma collection will have a greater impact on donor recruitment. Blood services should undertake systematic preparations to secure donor recruitment based on long-term planning.

Keywords:

donor recruitment, blood supply, population projections