特集 教授定年退職
記念講演

順天堂医学 45 (2)
p. 195~203 (1999)

外科から輸血医学へ**

—わが歩みを変えたもの—

From Surgery to Transfusion Medicine
— Encounter which changed my way —

湯 浅 晋 治*
SHINJI YUASA

毎年この時期には順天堂学術集会在開催され、お教えいただいた教授の先生方が退職記念講演をされ、住み慣れた順天堂を去って行くのを感謝の気持ちと、一種の淋しさと拝聴させていただいてまいりましたが、今、自分がその立場にいるのだとは、正直いって信じ難い気持ちが致します。

私は卒業以来、アメリカ留学の3年間を除いて、実に37年間、ここ本郷の順天堂で育ちお世話させていただいてまいりました。当時はこの講堂は勿論のこと、9号館もなく、ここには水泳プールとテニスコートがありました。1号館と3号館の所にはご存知の旧本館があり、今日まで順天堂のめざましい発展をみとどけて来しました。

私も今ここで、自分自身の順天堂における歩みをふり返ってみたいと思います。

わが歩みを変えたもの……わが人生の邂逅

1. 恩師 C.E. Huggins と MGH における輸血療法との邂逅
2. 順天堂の寛容性、非「自集団中心主義」

主な歩み

1. 輸血療法の転換へ向けて

*順天堂大学医学部輸血学研究室教授

Department of Transfusion Medicine, Juntendo University School of Medicine, Tokyo, Japan

**第288回順天堂医学会学術集会〔Mar. 31, 1999 開催〕
〔July 13, 1999 原稿受領〕

- 1) 全血輸血から成分輸血への推進
- 2) 血液製剤の適正使用の推進
- 3) 血漿交換療法 (apheresis) の黎明
- 4) 同種血輸血から自己血輸血への推進

2. 低温医学

- 1) リンパ球の凍結保存
- 2) 赤血球の凍結保存・長期 (20年間以上) 凍結保存赤血球
- 3) 末梢血造血幹細胞の凍結保存
- 4) フィブリングルー (組織接着剤)

これからの輸血医療のあり方……医療機関の役割

1. 新法……血液事業法 (仮称) の成立へ向けて
2. 血液製剤の特性
3. 院内体制の確立

おわりに……Zero から ISBT (国際輸血学会) 開催へ

高校時代に Brief Encounter という題のアメリカ映画がありました。日本語の題名は《邂逅》という題です。難しい漢字ですが私は英語の Encounter という語句と共にこの言葉が気に入っています。それは、出合い・めぐり会いとでも言うものです。人生においては、いろいろのくちよつとくした、あるいは偶然の出合いがあるものです。結婚ということも実はそうかも知れませんが、人との出合い、学問や芸術との出合いがその人の人生や歩みを大きく変えてしまうということは、め

ったにあるものではないと思います。

私の本日の講演のタイトル『外科から輸血医学へ——わが歩みを変えたもの』は正に《邂逅》の結果であります。

私は昭和36年に大学を卒業し、外科医を志望し、外科の大学院へ進みました。修了の前年『第13回日本輸血学会（昭和40年）』の総会長をされた外科の林 周一先生が招聘したハーバード大学外科助教授Dr.Charles E.Hugginsとの邂逅が私の医師としての歩みを変えることになりました（写真-1）。翌年の昭和41年Dr.Hugginsの招きでHarvard大学のSurgical FellowとしてボストンのMassachusetts General Hospital（MGH）へ行きました。話は変わりますが、私が行ったその年にDr.Hugginsの厳父は『前立腺癌に対するホルモン療法』でノーベル賞医学賞を授賞しました。

Dr.Hugginsは外科医であると共にMGHの輸血部の副部長（後に部長）をしていました。私がそこで見たのは輸血と言え、日本では200mlのガラス瓶での全血輸血が全盛であったのに対し、MGHではすでにプラスチックバッグ（450ml）で採血、それを赤血球・血小板・血漿の各成分に分離して輸血する成分輸血が行われていたのです。更に1人の人から十数人分の血小板や血漿だけを採血して、赤血球はその場で返血する成分採血による輸血も行われていました。また赤血球の凍結保存や新鮮凍結血漿から凝固第Ⅷ因子を主成分とするCryoprecipitateを作り血友病患者に

投与することも行っていました。このような成分輸血が日本で導入されたのは実に昭和53年のことです。

私は日本では想像もしなかった輸血医学・輸血療法の進歩を目前にして大きな輸血ショックを受けました。ガラス瓶では遠心分離もできず、外科に入局しても血小板輸血を見たことがなければ、凝固因子補充目的で新鮮凍結血漿を使うなど聞いたこともありませんでした。Dr.Hugginsの下で3年間外科と共に輸血医学・低温医学（Cryobiology）を学び、昭和44年（1969年）に帰国致しました。

しかし、日本ではまだ相も変わらずガラス瓶の全血輸血が行われていました。旧本館2階にあった小さな輸血室に出入りして何とか大学病院としての輸血体制作りをしたいと考えていました。おりしも現2号館の新病棟計画が進行中でした。大学病院として高度先端医療を行うには、これら診療各科を支える輸血部門を充実させることが大事であると病院や大学当局に強く訴えました。その結果、現在の2号館3階の病室の所に新しい輸血室ができました。昭和47年のことであります。

病院では、成分輸血に必要な超大型の冷却付き遠心機を、また、幸い申請した科研費で冷凍血液処置装置や、 -85°C 超低温保冷庫などが購入できました。これらの機器は、当時日本ではまだ製造されていませんでした。小生は本館輸血室主任となる一方、外科で手術や外来を担当していましたが、2号館オープンと共に外科より輸血室出向となり、本格的に輸血業務に携わることになりました。そして更に平成元年、2号館3階の輸血室は1号館の建設に伴い病棟となり9号館4階に移転、スペースも 270m^2 となり自己血採血室、超低温槽6台、末梢血造血幹細胞の採取・分離、凍結保存に至るまで輸血室としての体制も完備することができました。

Dr.Hugginsとの出会い、そして輸血医療の大きなギャップを目のあたりにして、これこそ順天堂で、そして日本の輸血医療の中で生かさなければならぬと若き日の感性で、ルールも敷かれて

写真-1 Dr.Charles E.Hugginsと小生

いない、輸血医学へ飛び込みました。それから30年、ここまでこられたのは単に私のchallenging & pioneer spiritだけでは不可能でした。そこには講座制度の枠を超え、既存の概念にとらわれず、今までにない新しい研究や学問を志す者を、物心両面から支援し発展させてやろうという順天堂大学の寛容な精神があったからにほかなりません。石井理事長は昨年の『順天堂だより』の偶感の中で、大学の中には排他的なく自集団中心主義を堅持している所があるが、異文化や異なった考えも受け入れ、切磋琢磨して自己啓発すべきであると述べていましたが、長い歴史と固定観念にしばられた古い大学では、当時の私のような若輩に耳を傾けてくれることはできなかったと思います。「あの若者に一つやらしてみよう」という寛大な順天堂に学び育ったことを本当にしみじみと感謝致しているところです。

以上、いかにして小生が外科から輸血へ歩みを変えたかにつき述べましたが、次にどんな歩みを、何を果たしてきたかについて簡単に述べてみたいと思います。

私がボストンから帰国した1969年(昭和44年)当時は、まだガラス瓶による全血輸血、それも一部は民間血液銀行からの売血を使用していた時代

でした。しかも血液不足を補う目的で、病院は必要な血液を自分で確保せよという時代でしたから院内採血も多くありました。そして輸血をすれば50%以上の患者が輸血後肝炎を発症しました。それが現在では当時のB型肝炎は0%、C型肝炎もほとんどなくなりました。代わってAIDSが登場しましたが、現在ではウイルス不活性化・ウイルス除去・輸血後GVHD(移植片対宿主病)予防のため、全ての輸血用製剤に放射線照射が行われ、同種血輸血に変わって自己血輸血・末梢血や臍帯血の造血幹細胞移植へと大きく進歩発展してきました。

ふり返ると、私が輸血にふみこんだ当時は売血や全血輸血全盛時代ですから、私の歩みは正に日本の輸血の歩みそのもの、少し大げさに言わせていただければ、それらの原動力として貢献してきたと言えるかも知れません。

時間がありませんので、私が果たしてきた幾つかをご紹介しますと思います。

1. 先ずは全血輸血から、患者が真に必要とする成分だけを輸血し、他の成分はそれを必要とする患者へ輸血する成分輸血の普及でありました。新館(2号館)の新輸血室にアメリカ製の冷却付大型遠心機が設置されたので、テルモ株式会社

表-1 全血製剤および赤血球製剤の推移(順大)

プラスチックの血液バッグの試作を頼み、血液の成分分離を試みましたが、遠心力でバッグの底部が破れるなど苦心もありました。当時は、多い時で月間300人も院内採血がありましたので、それらから赤血球・血小板・新鮮凍結血漿などを作り院内で供給を開始しました。昭和48年のことです(表-1)。日赤血液センターが赤血球など成分製剤を供給し始めたのは昭和53年頃ですから早くから実施していたのがおわかりいただけたと思います。一般の臨床の現場では古くからの輸血迷信、すなわち、手術時の輸血は出れば出ただけ入れる。しかも失われたものは全血であるから全血輸血ということで成分輸血の普及は遅々たるものでした。そのため日本輸血学会と日本医師会では共同で全血輸血から成分輸血への推進を強く提言しました。

2. 私は輸血室の窓口で血液を注文に来る医師に直接に、また輸血室情報で成分輸血適正使用を院内に知らせました。現在一般病院では院内の輸血血液の注文はFAXやコンピューターで来ますが、それでは主治医に使用目的を質問したり、適正使用の説明ができないので、順天堂では今だに直接主治医が輸血室に来て注文するシステムを取っています。ここで主治医に輸血情報を提供したり、コミュニケーションを図ることができます。

さて成分製剤が供給されるようになって問題となったのは、全血の志向に加え、成分製剤使用のアンバランスでした。本来、凝固因子の補充に使用すべき新鮮凍結血漿や、膠質浸透圧の是正のために使用されるべきアルブミンが栄養補給などに大量に使用されたことです。しかも血漿製剤は国内自給確保をせず、世界の使用量の1/3を輸入するなど、国際的にも非難の目的となりました。

厚生省は輸血のアンバランスな使用を是正するためのガイドラインを作成しました。1985年のことです。小生も委員でしたが、術中出血1200mlまでは赤血球濃厚液と輸液で行うという指針は順天堂の輸血データが基になりました。次に血漿交換療法について述べます。

3. <Japan Society for Apheresis>という学会

があり、本年は『第19回学術集会』が開かれます。その事務局は順天堂の血漿交換室の津田先生が務めていますが、初代会長は膠原病内科の塩川優一先生でした。これらの経緯からもわかりますように、本邦の血漿交換療法の黎明期にわが輸血室は大きな貢献を果たしました。重症筋無力症・関節リウマチ・類天疱瘡に対する血漿交換療法はいずれも順天堂で初めて行われました。いずれも薬物療法では期待できない画期的な効果を上げました。昭和51年、(図-1)当時の脳神経内科の植林博太郎教授が英国に於いて重症筋無力症に対し、Plasma Exchangeというのが行われ有効であったのを見聞してきたが、順天堂で行えるか訪ねてまいりました。小生は即座に、成分輸血では全血から血漿分離しているので簡単にできると答え、教授も少々驚き、ぜひ実施してほしいと要望されました。当時は輸血用血液の採血は200mlバッグで行っていたので血液処理量3000ml以上行うには小さすぎ、テルモから輸出用の400mlのダブルバッグを入手し、これを用い1回の静脈穿刺で3000ml以上の血液処置が行えるように工夫しました。荒畑先生と共に昭和53年に重症筋

図-1 重症筋無力症に対する血漿交換

無力症の本邦第1例を行い、成功を納めました。

その後、インドネシアの石油王の息子が重症筋無力症で危機的状態となり米国での治療を受けに行く途中、日本に立ち寄り、日本でも治療可能と聞かされ、すぐ順天堂に入院し血漿交換を行いました。その結果、自発呼吸も可能となり、食事もとれ体重も増加、歩行も可能となり、無事帰国した例もありました。これに続き、昭和54年には塩川優一教授・山形寿太郎先生と共同で関節リウマチ(図-2)に対し、また皮膚科の小川秀興教授、浦安病院の高森建二教授らと行った類天疱瘡(図-3)も著効を示しました。これらはいずれも本邦初症例です。以後、内科の浪久利彦教授らと共に劇症肝炎に対する血漿交換など、昭和59年に血漿交換室が設置されるまで、各科の多数の血漿交換を支援しました。

血漿交換室ができてからは血漿分離、更にその中から病因物質を除去する Double Filtration Plasmapheresis の機器が導入され活躍しています。血漿交換療法室の設置は全国でも初めてで、津田裕士室長の下で大きな成果を上げています。

4. 次に私が輸血の大きな流れを変えようと努めたものに自己血輸血があります。輸血と言え

ば長い間、同種血輸血と決まっていた。しかし、輸血によるHBV・HCV・HIVなどウイルス感染症や同種免疫、更に輸血後GVHD(移植片対宿主病)や輸血による免疫抑制作用などのリスクを防ぐ目的で、自己血輸血が登場しました。また昨年、輸血におけるInformed Consentが義務づけられたこともあって、多くの病院で実施されるようになりましたが、順天堂での第一例は第一外科

図-3 天疱瘡の血漿交換療法

図-2 関節リウマチに対する血漿交換

の横田広夫君が胃癌の手術患者に対して行ったもので実に25年前の1972年です。次いで1974年に整形外科の佐々木和義先生が開始しました。順天堂の整形外科は開始年度、症例数から言ってトップであります。現在では、胸部外科・第一外科・泌尿器科・脳外科・産婦人科など多くの科で行われており、ほとんど毎日5～6名への患者の貯血を行っています。自己血輸血で順天堂の特長的なのは自己血の凍結保存です。手術前に採血して液状で保存しておく貯血式自己血輸血では採血後3週間で期限切れとなって廃棄されてしまうので、採血開始と同時に手術日を決定しなければなりません。また、貯血式自己血輸血では通常2～3単位、すなわち3週間に800～1200mlの採血をしますが、健康な献血者でも400ml献血では3～4ヵ月献血できないのに、患者が一週間に400

ml貯血するのは大変です。そのため、急激な貧血を防ぐために高価な赤血球造血因子（Epo）を投与しなければなりません。しかし、順天堂では採血した自己血を血漿成分と赤血球成分に分離して、それぞれ凍結保存しています。凍結血漿の有効期間は1年、赤血球に至っては10年間もありますので十分な採血間隔をとることができ、必要量が貯血された段階で手術を行うことができますのでEpoの投与も必要ありません。側弯症の10歳前後の児でも数ヵ月かければ1600mlも貯血が可能です。表-2は凍結保存による自己血輸血の症例です。この凍結保存自己血輸血は順天堂が最も最先端を行っています。今、順天堂には6台の大型の超低温槽があり、463単位の血液が保存されています（図-4）。日本で最も大きな規模です。

厚生省では自己血輸血の普及の推進を図るためマニュアル（自己血輸血：採血および保管管理マニュアル）を作成しましたが、これは小生が委員長として作成したものです。

これからは外科手術では自己血輸血を第一の選択肢としなければなりません。

さて自己血の凍結保存について述べましたが、赤血球を凍結すれば全部溶血して輸血には使用できません。溶血を防ぐにはグリセリンを添加します。グリセリンの濃度が5.3molの時に溶血は最低になり、それ以上では蛋白変性を起こします（図-5）。したがって、最終濃度が5.3molになるよう

表-2 凍結自己血輸血症例

整形外科		胸部外科	
症例数	凍結	症例数	凍結
変形性股関節症	634	虚血性心疾患	441
特発性側弯症	116	心房中隔欠損症	86
変形性膝関節症	31	大動脈弁閉鎖不全症	72
大腿骨頭無菌性壊死	29	僧帽弁閉鎖不全症	47
大腿骨骨折	4	僧帽弁狭窄症	31
慢性関節リウマチ	6	肺 癌	3
その他	13	縦隔腫瘍	9
		腹部大動脈瘤	12
		胸部大動脈瘤	10
		解離性大動脈瘤	8
		その他	29
合 計	833	合 計	748

貯 血 中 の も の			
198 症例	440 単位	11 症例	23 単位
(順天堂大学 平成11年2月28日現在)			

図-4 当院における自己血輸血の症例

図-5 グリセリン濃度と溶血

に赤血球に8.6mol (79%)のグリセリンを等量添加します(写真-2)。添加後は赤血球をバッグに薄く広げ-85℃の超低温槽で凍結します(写真-3)。解凍後はそのままグリセリン濃度が高く、輸血すると浸透圧ショックで溶血するのでグリセリンを除去します。その方法は連続遠心洗浄装置を使用する方法もありますが、ここではHuggins法すなわち糖液の中で赤血球が可逆的凝集反応で沈降する原理を用い、脱グリセリンを行い、最終回は生理的食塩液に再浮遊させます。この方法では遠心操作を要せず、何単位も同時に処理できるので効果的です。

凍結赤血球の保存有効期間は10年ですが、今回私共は20年間の長期にわたって保存した赤血球を解凍して、生化学的および形態面から機能を検討しました(表-3)。ATP・2, 3-DPG・溶血率・メトヘモグロビン化率・P₅₀など、ほとんど新鮮血のそれと変わらず、また形態的にも円板状を呈するDiscoidが98%以上ありました。写真は電顕像です(写真-4)。これらのデーターから稀な血液の保存では凍結保存期間を更に10年延長し20年でも有効性があることを示しています。

今年5月の『第47回日本輸血学会』では、日本にも数名というめずらしい血液型Rh=== (Rh抗

写真-2 赤血球にグリセリンを添加

写真-3 -85℃超低温槽

表-3 20年間凍結保存赤血球の性状

Comparison of the quality of deglycerolized red blood cells between frozen group and control group.

		Frozen group (n=15)	Control group (n=10)	t test p value
Recovery	(%)	----	90.2±1.3	----
Free-Hb	(mg/dL)	85.7±42.3	58.4±16.0	NS
Supernatant K ⁺	(mEq/L)	5.9±1.7	5.3±1.5	NS
MCV	(μm ³)	90.3±2.4	91.9±1.3	NS
ATP	(μmol/gHb)	3.2±0.5	3.4±0.4	NS
2, 3-DPG	(μmol/gHb)	11.4±2.7	14.1±0.9	<0.05
Morphology Score		295±3	296±1	NS
Discoid	(%)	95.6±2.2	95.7±2.5	NS
CPC HSP	(mOsm)	107±5	104±7	NS
HMP	(mOsm)	85±3	83±6	NS
HEP	(mOsm)	61±3	61±4	NS
Hemolysis	(%)	1.7±0.5	1.5±0.5	NS
Met-Hb	(%)	0.56±0.13	0.48±0.08	NS
P ₅₀	(mmHg)	18.0±3.9	17.9±2.2	NS
Protein	(mg/10 ⁹ cells)	3.91±0.59	3.89±0.78	NS
Phospholipid	(μmol/10 ⁹ cells)	3.61±0.56	3.71±0.58	NS

NS = not significant

写真-4 20年間凍結保存赤血球の電顕像

原のない赤血球)型の赤血球を順天堂で15年間凍結保存したものを解冻し、6施設で専門的に検査した結果を発表しましたが、ほとんど新鮮血と同様でありました。このRh===の人は溶血などで貧血を起こしやすく、また、それゆえ凍結保存などは溶血しやすいので不可能と言われ、国際的にも稀な血液の凍結保存のリストから除外されていましたが、われわれは凍結保存が可能なことを証明したわけです。このように15~20年もの長期の凍結保存が可能であるのは、われわれは8.6 molという高濃度グリセリンを用いて凍結していることによることがわかりました。

日本赤十字社の方法ではわれわれより低濃度グリセリンを使用しています。輸血研究室にNTTから来た協力研究員の飯島哲生さんは、先月、本学で医学博士の学位を授与されましたが、この研究テーマが凍結時の熱解析で、長期保存には高濃度グリセリンが有効であることを計らずも証明してくれました。

私はMGHに留学中、リンパ球の凍結保存に成功し脳死からの腎移植の際のDonorおよびRecipientのリンパ球の凍結保存を一手に引き受けていました。

その後、防衛庁の委託研究で血小板の凍結保存の研究も行いました。その他、現在輸血室では血液内科・小児科・泌尿器科等の患者の末梢血の造血幹細胞採取・分離調製および凍結保存も行っ

ています。

このように私は輸血学と共に血液成分の凍結保存・Cryobiology(低温生物学)を主な仕事としてやって来ました。その関係で現在、北海道大学低温研究所が母体となって作られ、40年の歴史を持つ『低温生物工学会』の会長も務めています。

では時間もありませんが3番目として、これからの輸血医療のあり方——医療機関の役割につき簡単に述べてみたいと思います。輸血医療は大きな進歩をとげ、転換期にきていますが、一方、法的な制度改革も行われようとしています。エイズ薬害反省に立ち、厚生省は『血液行政の在り方に関する懇談会』を発足させ、その報告書に基づき今、血液事業法(仮称)という新法律をまとめ、近く今の通常国会に提出の予定であります。ここでは国・地方公共団体・日本赤十字社・血液製剤製造業者の役割と責務を明確化すると共に、血液製剤の特性として、血液製剤の自給確保・安全性確保・適正使用・有効利用を基本原則とし、特に医師に対しては、人の血液を原料とする限り常にリスクを伴うことから真に必要な患者に最小限に使用すべきとし、医師による適正使用の責務が法的に明記される予定です。輸血用製剤は人間の臓器の一部である血液から作られ、しかも加熱滅菌処理を施すことができません。そして現在の科学技術の水準の下でも排除できないウイルス等の混入や免疫学的反応による副作用を承知の上で使用しているのです。しかも代替製剤はない。したがって輸血は生命の危機に際して使用されるべきものであって、不適切な輸血は禁忌ということを強調したいと思います。

このようなことから医療機関の今後の役割は、血液製剤の有効且つ適正使用、輸血安全情報や副作用の提供およびその収集を第一線の医師にまで徹底させるため院内に輸血療法委員会を設置し、また血液製剤の保管・管理、輸血検査等、輸血の安全性確保のため、輸血部門の拡充を計ることです。そして輸血療法は医師の裁量権で行うのではなく、患者の人権・知る権利・自己決定権などを尊

重し、Informed Consentを得て行わなければなりません。

最後になりましたが、医学部を卒業し、希望に燃えて外科に入局した私が、輸血医学へと歩みを変えました。ここに至る経緯は正に人間邂逅のドラマであると共に、講座の枠を超え、若いアメリカ帰りの彼にやらせて見ようという順天堂の寛容の精神があったからだと思います。もう一つ、MGHで日本とアメリカの輸血療法の大きな差に強いショックを受けたのは、単なる外科医の感性だけではなかったということです。

入局した外科には福田 保教授が輸血に力を入れて、福田先生が『日本輸血学会』の総会長、会長を務められ、また『国際輸血学会』の名誉会員であったこと、林 周一先生が『日本輸血学会』の総会長をされ、小出来一博先生が輸血の研究班を指導されていた等、外科医局には輸血を一つの大きな教室の柱にしていたことがあげられると思います。

外科から輸血医学へ飛び込んだ時、それは深く生い繁った葦の中に飛び込んだも同然、方向も分からず、ただ一人で手に豆を作りながらfrontier spiritとchallenge spiritで、その葦を切り開き進みました。〈輸血学研究室〉を設置していただき、『日本輸血学会』の総会長・会長、福田先生以来36年ぶり本邦で2回目の『第24回国際輸血学会』の会長、『国際輸血学会』の副会長を歴任できたこと、厚生省の一委員として、これからの日本の血液事業・輸血医療を方向づける立法へ向けての前述の報告書作成にも携わることができたこ

となど、順天堂の輸血のみならず、日本の輸血医学の歩みの中でも微力ながらその発展に寄与することができました。

福田 保先生、有山 登先生、真島英信先生、小酒井望先生、菊池正一先生、山下辰久先生をはじめ、私を支援して下さった諸先生方、そして教授の発議をして下さった石井理事長の期待に報いることができたと自負しています。

当時、輸血学教授は本邦では3人でしたが、今や10大学に及んでいます。順天堂の皆様、ここまで育てていただいたことに敬意と感謝をこめて終わります。

文 献

- 1) 高森建二, 渡辺修一, 小川秀興, 湯浅晋治: 皮膚科領域, 特に尋常性天疱瘡における血漿交換療法. 臨床血液, 1981; **22**: 1611~1615.
- 2) 荒畑喜一, 今井寿正, 横井幸男, 石井秀夫, 湯浅晋治, 榎林博太郎: 重症筋無力症の血漿交換療法. 神経内科, 1978; **9**: 477~484.
- 3) 山形寿太郎: 膠原病の血漿交換療法. 順天堂医学, 1979; **25**: 412~420.
- 4) Iijima T: Thermal analysis of cryoprotective solutions for red blood cells. Cryobiology, 1998; **36**: 165~173.
- 5) 潘 偉軍, 柴 雅之, 高良真一, 平沼隆明, 湯浅晋治: 高濃度グリセリンを用い20年間凍結保存した赤血球の検討. 低温生物工学会誌, 1981; **44**: 1~13.