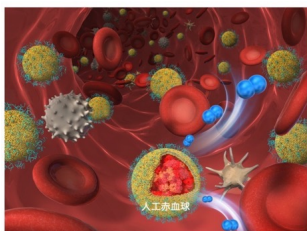


備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の実用化を目指す研究

酒井 宏水

奈良県立医科大学 医学部 化学教室



日本列島



全長：3,500 km

島嶼数：14,125 島

領土の75%が山地

活断層の数：2,000以上

活火山の数：111

地震回数 (1年間の平均)：

M8.0以上 0.1回

M7.0 - 7.9 1回

M6.0 - 6.9 17回

M5.0 - 5.9 134回

人口：1.24億人

近隣諸国：

中国、ロシア、北朝鮮、韓国

献血と輸血

採血人数：5,008,741 人 (2022年度)

赤血球製剤 供給本数：

2単位 (400 mL 献血) 3,192,531 本

1単位 (200 mL 献血) 119,441 本



「献血」は、怪我や病気の治療で「輸血」を必要とする方々の健康を取り戻すために役立てられ、健康の増進に資する。

しかし、課題もある。

1. 感染の可能性 (エイズ、肝炎、新興ウイルス)
2. 血液型の問題 (同一血液型の不足)
3. 保存期間 3週間 → 4週間に延長 (緊急時の大量供給に不安)
4. 離島・へき地医療、産科危機的出血、救急医療など、輸血が間に合わない場合がある。
5. 少子高齢化やCOVID-19感染拡大など、社会情勢の変動による献血者数の減少。

人工血液が完成すれば、現行の献血-輸血システムを「補完」できる？

1. 血液型抗原を含まない
2. 感染源を含まない
3. 長期間備蓄が可能

血液成分の役割分担と代替物



分 画	成分 (役割)	代 替 物
血漿成分 (55 vol%)	血漿 蛋白	アルブミン (循環血液量の維持)
		代用血漿剤 (デキストラン、ヒドロキシエチルスターチ、修正ゼラチン、 遺伝子組換え アルブミン)
		抗生物質 人工免疫グロブリン、抗体医薬品
	フィブリノゲン 凝固因子	フィブリリン接着剤(ボルヒール)代替物 遺伝子組換え凝固因子(rFVIII, rFIX) 第VIII因子代替/バイスベシフィック抗体 ヘムライブラ(emicizumab) トラネキサム酸
血球成分 (45 vol%)	電解質 低分子	Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Cl ⁻ , HCO ₃ ⁻ , HPO ₄ ²⁻ , ビタミン類、アミノ 酸、糖類、脂質など
	血小板	電解質輸液
	白血球	栄養輸液 (アミノ酸、トリグリセリド、糖類、ビタミン類)
	赤血球	人工血小板, iPS細胞由来, 間葉系幹細胞由来 (抗生物質で対処) 人工赤血球, 人工酸素運搬体, iPS細胞由来, 造血 幹/前駆細胞由来、不死化赤血球前駆細胞由来

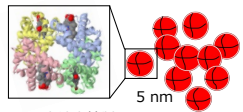
ヘモグロビン ベシクル： ナマモノ から 物質 への変換

献血-輸血システムの課題

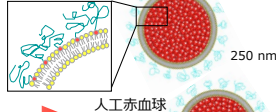
- 1) 感染の可能性(HIV, HCV..)
☞ Window Periodの問題
- 2) 血液型不一致
- 3) 保存期間が僅か 3 週間
- 4) 非常時の供給に不安
- 5) 少子高齢化の影響



NAT検査済み
期限切れ /
ALT検査落ち
赤血球



高純度精製Hb
(加熱処理 / ナノフィルトレーション)



脂質膜で被覆



感染源なし

[Hb] = 42 g



人工赤血球の利点

- 1) 血液型なし
- 2) 感染源なし
- 3) 室温で2年間保存
- 4) 血液適合性
- 5) 高い酸素運搬機能
- 6) 蓄積性なし
- 7) 小粒子径

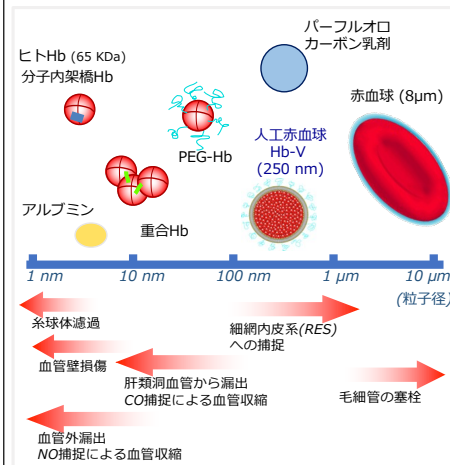
分子集合化学、高分子化学を基盤に 本製剤を開発してきた。Protein Expr. Purif 1993; Biotechnol Progr 1996; J Biochem 2002; Bioconjugate Chem 1997, 2000, 2004, 2009; J Pharm Sci 2004; Biomaterials 2004; J Biol Chem 2008; J Phys Chem B 2009; Biomacromolecules 2009; Langmuir 2007, 2017, 2024; ACS Omega 2024; ACS Biomaterials Sci.&Eng. 2021

特許：配位子置換型輸液製剤（特許第5,020,525号）、安定保存可能な酸素輸液剤（特許第3,466,516号）；小胞体の製造法（特許第6,061,343号，EP2695607B1，CN2149942）；Hbのメト化抑制機能を有する人工赤血球（特許第6,831,589号）、血管を治療標的とするレーザー照射療法用光増感剤（特許第7,593,592）ほか。

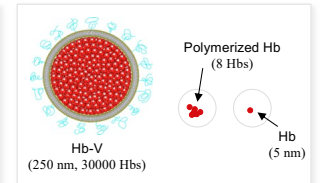
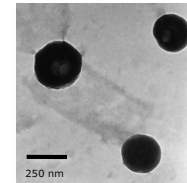
本製剤は輸血の問題点を解決でき、輸血治療を補完する技術となる。

また、輸血では対応の出来ない疾患や、外科的治療、Unmet Medical Needs にも酸素治療薬として応用ができる。

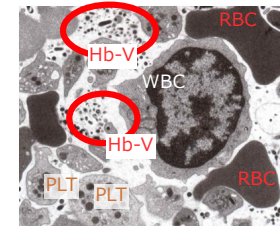
人工赤血球はヘモグロビンの「毒性」を回避できる



Sakai et al., *J. Intern. Med.* 263, 4-15 (2008)



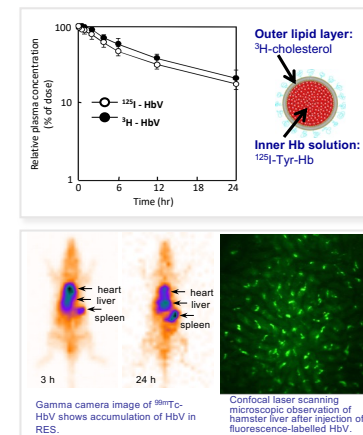
1粒子に約30,000個のHbを内包。



Rat blood buffy coat

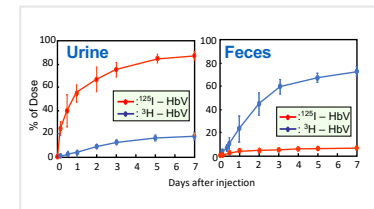
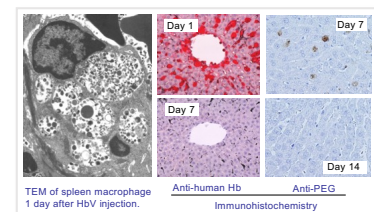
血球より小さく、狭窄血管も通過できる。

人工赤血球の体内動態 (熊大薬, 慶大医, テキサス大 との共同)

Sou et al., *J. Pharmacol. Exp. Ther.* **312**, 702 (2005)

Sakai et al., *J. Intern. Med.* **263**, 4-15 (2008)

Taguchi et al., *Drug Metab. Dispos.* **37**, 1456-1463 (2009)



Sakai et al., *Am. J. Pathol.* **159**, 1079-88 (2001)

Sakai et al., *Shock* **31**, 192-200 (2009)

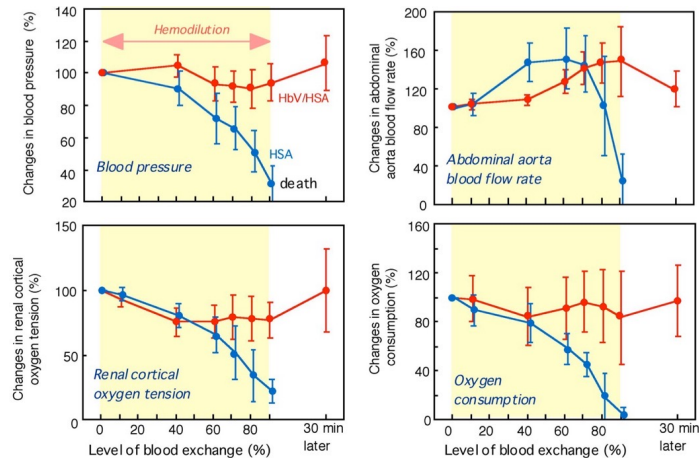
HbV 有効性に関する研究



HbV
安全性に関する研究

- | | | | |
|----|--------------------------------|------------------------------|--|
| 2 | ラット90%交換血腫 | 血腫維持、赤血球と同等の酸素運搬 | ASAI0 1997, Bioconjugate Chem 1997, Shock 2019 |
| 2 | ラット50%出血性ショック新生 | 出血性ショック新生に有効 | Crit Care Med 2004, Shock 2009, Artf Organs 2021, 2022, 2025 |
| 3 | ウザビ40%出血性ショック(反復出血)新生 | サトイカイン過剰産生への抑制 | ASAI0 2004 |
| 4 | ビグル40%出血性ショック新生 | 中腔動物での大量・急速生体 | Art Cell Nanomed Biotechnol 2012 |
| 5 | ラット外傷損傷(人工心臓)充填後 | 高度心臓機能を改善 | Circulation 2003 |
| 6 | ラット制御不能出血性モデル新生 | 生体時間の延長 | Shock 2012 |
| 7 | ラット出血性ショック、15%保存性HVCで新生 | 細胞内酸素消費を低減 | PLoS ONE 2016 |
| 8 | マウス、ラット片肺切除出血モデル新生 | 生命が生存 | PLoS ONE 2017, BMJ Open Respir 2020 |
| 9 | ワザビ小(心)減少・外傷出血モデル | 臓器効果の改善、経路調節 | Shock 2018, Transfusion 2019, Transfusion 2020 |
| 10 | ラット急性呼吸停止モデル | 心室拡張効果を促進 | BMC Anesthesiol 2017 |
| 11 | ラット肺梗塞モデル | 梗塞部の拡大を抑制 | Neurosci Lett 2007 |
| 12 | ラット産科病的出血モデル | 新生効果の改善 | Am J Obstet Gynecol 2021, Sci Rep 2021 |
| 13 | ハムスターによる皮弁出血部位酸化還元 | 創傷経路を經由した酸素輸送を確認 | Crit Care Med 2007 |
| 14 | マウス足指がんモデル | 腫瘍重量の減少 | J Surg Res 2009 |
| 15 | ラット切下股血流モデル | 8時間腫瘍病巣に再接着 | Transplantation 2015 |
| 16 | ブタ肺出血性モデル | 酸素消費量の維持を促進 | Transplant Proc 2018, PLoS ONE 2019, Artf Blood 2021 |
| 17 | ラット経腸中毒モデル(肺動脈出血) | 色素への酸素供給能による生体増 | Sci Rep 2015 |
| 18 | 腎/ウザビモデル(血管性腫瘍) | 血管への一時的な閉鎖 | Plant Reconstr Surg 2017, Laser Med Sci 2018, J Dermatol 2021 |
| 19 | ラット50%出血性ショック新生 | CO2投与による再血管障害の低減 | Shock 2009 |
| 20 | ラット肺線維症モデル | CO2投与による抗炎症効果 | Biomatetals 2014 |
| 21 | マウス胃潰瘍性大腸炎モデル | CO2投与による抗炎症効果 | J Control Release 2016 |
| 22 | マウス腎炎モデル | CO2投与による抗炎症効果 | Int J Nanomedicine 2016, Drug Delivery 2018 |
| 23 | マウスシアン中毒モデル | メトヘモグリンによる解毒効果 | J Control Release 2021, Int J Pharmaceut 2021 |
| 1 | ラット投与、ブタ投与、ヒト血液適合 血液適合性 | 心臓、神経、心臓系不活性化なし | BBA 2008, ACSB 2007, JBRH 2012, ACS Omega 2024 |
| 2 | ラット40%出血性ショック新生 | 血液学的、血生化学的変化、組織損傷に不可逆的変化は無し | Biomatetals 2004, Am J Pathol 2004, J Transfusion 2006 |
| 3 | ラット反復投与試験系 (10 mL/kg/日 x 14日間) | 血液量の減少、肝障害・腎障害大 | J Pharm Exp Therap 2004 |
| 4 | ラット肺出血性モデル | 組織損傷程度低下に影響なし | J Biomed Mater Res 2009 |
| 5 | ラット、マウス、ウザビモデル動態 | 代謝調節の解明、組織活性なし、ヒトでは半減期の3日と予測 | J Pharm Exp Therap 2004, DMD 2009, J Control Release 2009 |
| 6 | ラット肝腫瘍モデル体内動態 | 肝腫瘍活性がある場合もH4小体の成分は支障無し代謝・排泄 | Toxicol Appl Pharmacol 2010, J Pharm Sci 2011 |
| 7 | ラット免疫系に与える影響とその機序の解析 | 肝臓の機能性反応を一時に抑制 | J Pharm Exp Therap 2011 |
| 8 | ラット肺腫瘍モデルに与える影響とその機序の解析 | iNOS、H7-H3(CD276)分子の関与 | Immunopharm Immunotoxicol 2017, 2020 |
| 9 | ラット肺抽出液 微小循環動態 | 冠動血管の収縮なし | J Clin Invest 1998 |
| 10 | ハムスター皮下微小循環動態 | 血管収縮・血圧亢進なし | Am J Physiol Heart 2000, 2002, 2005 |
| 11 | ビグル40%出血性ショック新生長期生存 | 1年間、臓器障害・成長障害なし | 12-1585, 2009 |
| 12 | カウエイグランド回復投与 一般毒性 | 安全性の確認 | J Drug Metab Toxicol 2013 |
| 13 | ラット経腸メトヘモグリン投与 一般毒性 | 安全性の確認、脳動脈の透過は無い | Life Sci 2012 |
| 14 | ラット心臓回復投与 一般毒性 | 心臓機能の回復、代謝調節を支援なし | BMJ Pharm Bull 2015 |
| 15 | ラット肝臓代謝系への影響 | 肝臓代謝系/代謝系/CPICへ適応性の影響あり | Drug Metab Pharmacokin 2020a, 2020b |
| 16 | ラット出血性ショック新生 | 腎臓を調整し、腎臓再生 | Shock 2019, Artf Organs 2021, 2022, Curr Med Sci 2023 |
| 17 | ラットCO-Hb付与後の脳組織への影響 | 組織再生能力に有効なし | Art Cell Nanomed Biotechnol 2022, Curr Res Pharm Drug 2022 |

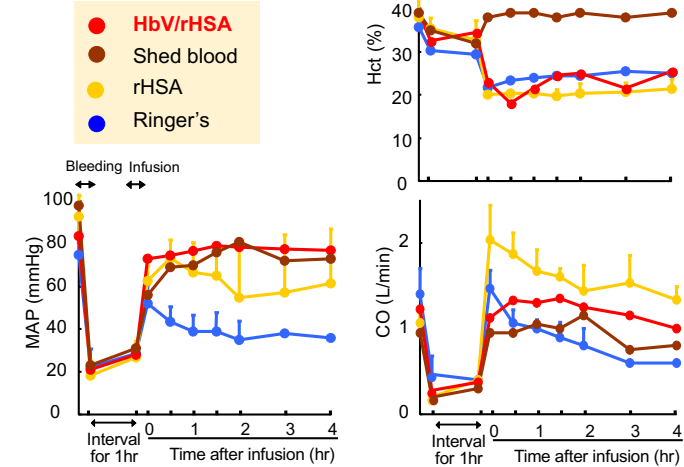
人工赤血球HbVによる90%交換輸血試験 (ラット) 慶大医との共同



Izumi et al., *ASAIO J.* **43**, 289-297 (1997)
Sakai et al., *Bioconjugate Chem.* **8**, 23-30 (1997)



出血性ショック蘇生試験 慶大医との共同(ビーグル、50%脱血)

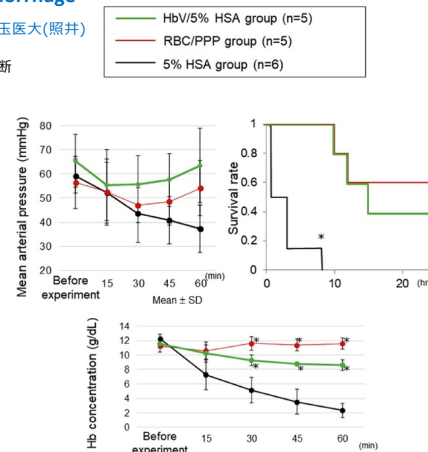
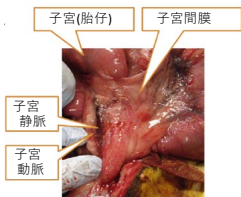


Ikeda, Horinouchi, Kobayashi et al.
In: "Hb-Based Oxygen Carriers as Red Cell Substitutes and Oxygen Therapeutics" Elsevier, (2013)

Efficacy of resuscitative infusion with hemoglobin vesicles in rabbits with massive obstetric hemorrhage

産科危機的出血モデル (ウサギ)・防衛医大(木下)/埼玉医大(照井)

妊娠28日目(通常妊娠期間29-35日)に、子宮動脈を切断して出血させ、出血量と同量の蘇生液を投与した。



Yuki, Hagsawa et al., *Am. J. Obstet. Gynecol.* **224**, 398.e1-10 (2021)



輸血が困難(不可能)な危機的出血を、人工赤血球製剤の投与で克服する。

- 離島・へき地医療、夜間救急、緊急手術、産科危機的出血 ⇨ 輸血用血液の確保が困難な場合に備える。
- プレホスピタルの現場 ⇨ 救急救命士が重度傷病者に対して直ちに投与できれば、救命率が向上する可能性。
- 大規模自然災害(南海トラフ、首都直下型地震)・テロ・有事 ⇨ 多数の負傷者が発生。血液の大量需要に対応。
- 少子高齢化で2035年には 46万人分の血液が不足? ⇨ 廃棄血液を人工赤血球に再生し、有効利用する。

人工赤血球開発・事業化の課題：

- ・特定生物由来製剤であり、開発のハードルが高い。
- ・原料となる非使用赤血球を集めるシステムが無い。
- ・市場性が明確でない。
- ・従来に無い範疇の製剤。大量投与を前提。
- ・平和な日本では本製剤の必要性が認識され難い。
- ・臨床試験のプロトコルを立案しにくい。



AMED 臨床研究・治験推進研究事業

「備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の実用化を目指す研究」(H27 - H29)

研究開発代表者：酒井 宏水 (奈良県立医科大学)

→ 製剤の製造法を確立、健康男性を対象とするPhase 1実施に必要なGLP非臨床試験の実施

AMED 革新的医療シーズ実用化研究事業

「備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の臨床への橋渡し研究」(H30 - R2)

研究開発代表者：東 寛 (旭川医科大学)

→ アカデミア主体による治験薬GMP製造と、健康男性を対象とするPhase 1の実施

人工赤血球 Phase 1臨床試験(First-in-human)

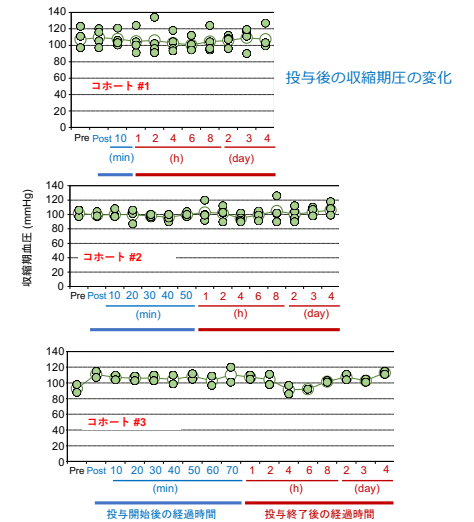
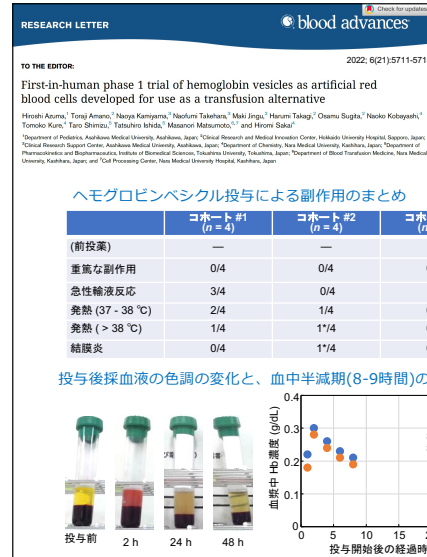
治験題目： 輸血代替として用いるヘモグロビンベシクル製剤NMU-HbVの健康成人男性を対象とした第1相安全性試験
治験実施計画書番号： HbV-101 (JRCT2011200004)
治験目的： 健康成人男性を対象として投与し安全性を評価する、併せて体内動態の測定を行う。
対象年齢： 20歳以上・50歳以下
実施施設： 北海道大学病院 臨床研究開発センター Phase 1ユニット
責任医師： 天野 虎次
治験事務局： 旭川医科大学 臨床研究支援センター、検査/解析委託先：化合物安全性研究所



コホート #	投与量	体重あたりの投与量 (体重50kg)	被験者数	循環血液量に対する比率	投与時間	最大投与速度	推定されるHb値の上昇 (ΔHb)
1	10 mL	0.2 mL/kg	4	0.29%	30 min	1.0 mL/min	-
2	50 mL	1.0 mL/kg	4	1.43%	76 min	2.5 mL/min	0.14 g/dL
3	100 mL	2.0 mL/kg	4	2.86%	96 min	2.5 mL/min	0.29 g/dL

- PMDA RS 対面助言(概P437)などを経て詳細を決定。バイタルサイン/心電図/血液学/血液凝固/血液生化学/補体/尿検査/PK/抗PEG抗体検査を含む。WBC, RBC, MCV, MCH, MCHC, Hb, Hct, PLT, ATPP, Fibrinogen, TP, Alb, Bil, UN, CRE, UA, Na, K, Cl, Ca, Mg, Lipid, T-chol, TG, HDL, LDL, AST, ALT, ALP, gamma-GTP, CPK, C3, C4, CH50, CRP, HBs antigen, TPLA, HCV antigen, HIV antigen, MAP, HR, etc.
- 被験者(健康人)への循環ボリューム負荷を回避するため、投与量は最大で100 mLとした。
- 投与時間は、治験薬投与前後の生理食塩水投与の時間を含む(投与速度 1.0 mL/min→2.5 mL/min)。
- 投与量が100 mL以下の場合、循環負荷も軽度であるが、推定される血中Hb値(正確には血漿中のHb値)の上昇も高々0.3 g/dL(実際には細網内皮系による捕捉もありより低値であると考えられる)である。
- コホート3は、前投薬によりアレルギー性反応/発熱反応を抑制して実施。
- 有害事象：Infusion reactionとみられる反応(発熱など)が散見されたが、いずれも自然軽快している。

Azuma et al., Blood Advances 2022;6(21):5711-5715



AMED支援を受けて研究開発を推進

第1期

AMED 臨床研究・治験推進研究事業

備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の実用化を目指す研究 (H27 - H29)

研究開発代表者：酒井 宏水 (奈良県立医科大学)

→ 製剤の製造法を確立、健康男性を対象とするPhase 1実施に必要なGLP非臨床試験の実施

第2期

AMED 革新的医療シーズ実用化研究事業

備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の臨床への橋渡し研究 (H30 - R2)

研究開発代表者：東 寛 (旭川医科大学)

→ アカデミア主体による治験薬GMP製造と、健康男性を対象とするPhase 1 (FIH)の実施 (100 mL投与)

第3期

AMED 橋渡し研究プログラム シーズB

備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の実用化を目指す研究 (R3 - R5)

研究開発代表者：酒井 宏水 (奈良県立医科大学)

→ 次相に移行するためのGLP非臨床試験と、先見的安全性・有効性試験の実施、製造法検討

第4期

AMED 橋渡し研究プログラム シーズC

備蓄・緊急投与が可能な人工赤血球製剤の医師主導治験 (R6 - R8)

研究開発代表者：松本 雅則 (奈良県立医科大学)

研究目的

- Phase 1b試験 (400 mLまでの投与に対する忍容性の確認)
- Phase 2に向けた動物モデル試験によるプロトコルの妥当性
- 先見的薬効薬理試験 (凝固系、免疫系、薬物代謝系への影響の検討)



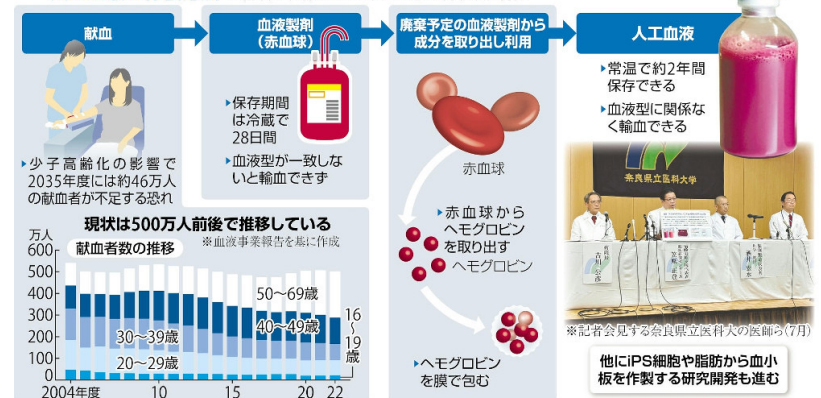
どんな血液型でも大丈夫な「人工血液」、献血者不足を背景に実用化への歩み進む

2024/11/09 読売新聞

実用化へ向け国内で研究が進んでいる

人工血液の作製方法

※奈良県立医科大学のケース。人工血液の写真は同大提供



SCIENCE 5 JULY 2024 • VOL 385 ISSUE 6704

FEATURES

THERE WILL BE BLOOD

Is mimicking the veins that carry hemoglobin the key to a blood substitute?

By Andrew Zarembo
Illustration by Matt Roth

The researchers are developing a blood substitute that could be used in emergencies, especially in rural areas where blood is scarce.

THE TIMES OF INDIA

Japan's 'no-match' artificial blood may end shortages

etimes.in | Jul 16, 2025, 09:54 AM IST

WHAT ARE ITS BENEFITS?

- No need for blood group matching before transfusions
- Free from viruses and contaminants, so zero risk of infection
- Ideal for disasters and 'blood deserts' with no access to a blood bank
- Stays usable for up to two years at room temperature
- No need for cold storage, so it's easier to transport and stockpile

The innovation comes from Professor Hiroo at Nara Medical University, who have created artificial red blood cells now undergoing clinical trials.

점장 줄어드는 헌혈량...인공혈액, 인류에 '새로운 피' 수혈할까

2024.09.10 10:00

infobae

Japón comenzó a probar sangre artificial en humanos

El nuevo compuesto busca suplir la creciente demanda hospitalaria y reducir la dependencia de donantes voluntarios

Newsweek

Nation World Lifestyle Opinion Rankings

News Blood Japan Health And Science Blood Donation Clinical Trials

News Article @

Artificial Blood That Could Work for All Blood Types in Trials

PUBLISHED JUN 02, 2025 AT 08:22 AM EDT

UPDATED JUN 02, 2025 AT 09:24 AM EDT

Press Release

奈良県立医科大学
Nara Medical University

報道担当 各氏
本日の報道内容は、徳島市記者クラブ、大塚科学・大学記者クラブの管轄にお届けいたします。

2025年8月26日

人工赤血球製剤の健康成人を対象とした第Ⅱb 相安全性試験「コホート」を完了し、重要な副作用なしで次段階へ

奈良県立医科大学（附属病院）で、「特定生物由来製品」として開発を目指す製剤を製造し、第一相臨床試験（健康成人を対象とした安全性を評価する試験）を実施する「輸血代替として用いるヘモグロビン製剤（NMJ-HbV）人工赤血球製剤」の健康成人を対象とした第Ⅱb 相安全性試験について、コホート1（4段階中の1段階目）が終了しましたので、情報提供させていただきます。

今回の治験の取り組みは NMJ-HbV（人工赤血球製剤）の実用化に向けた重要な前進です。そして、同時に治験専用施設にわたる Phase 4 コホート2 を開始しない本学の附属病院が、健康成人を対象とした入院型の早期・探索的な臨床研究を推進できる体制を整備したことを示します。

このことは、本学と附属の環境にある他の大学でも画期的な医薬品の開発が可能となることを証明できたという一歩と考えています。

1. 試験概要

研究名称	輸血代替として用いるヘモグロビン製剤 NMJ-HbV の健康成人を対象とした第Ⅱb 相安全性試験			
治験責任医師	奈良県立医科大学附属病院 血液内科 松本 雅典			
治験目的	健康成人を対象として NMJ-HbV を投与した際の安全性を評価する。併せて、NMJ-HbV の体内動態の測定を行う。			
対象	健康な 18 歳以上 50 歳未満の男性・女性			
実施施設	奈良県立医科大学附属病院 臨床研究センター			
治験薬	コホート1	コホート2	コホート3	コホート4
投与量	100mL	100mL	200mL	400mL
投与速度	2.5mL/min	5.0mL/min	5.0mL/min	5.0mL/min

各コホートは順次実施され、安全性評価委員会の承認を経て、次のコホート移行します。

安全性
・試験薬投与後 14 日までの有害事象の有無、及び発現程度
・試験薬投与後 1 日間72 時間までにおける医学的に重要な変化
・自然発生の有無、バイタルサイン、心電図及び臨床検査値を「公開システム(RCT)」と比較して評価する。

---詳細は臨床研究等提出・公開システム(RCT)にて公開中---

2. コホート1で発生した副作用等

コホート1は 5 月 26 日～7 月 1 日までの期間に男性 2 名、女性 2 名を対象に実施いたしました。

	1例目	2例目	3例目	4例目
重篤な副作用	なし	なし	なし	なし
急性輸血反応	なし	なし	なし	なし
発熱(全例)	なし	なし	なし	なし

Press Release

奈良県立医科大学
Nara Medical University

3. 今後の予定

コホート1終了後に行われる治験の継続の可否等を審議する安全性評価委員会に、コホート移行の可否について審議を依頼しました。審議の結果、安全性評価委員会からコホート移行可と承認されたため、8 月 18 日（月）から次のコホートの試験者募集を開始します。

今後とも、お引き立ての程よろしくお願いいたします。

4. 参考

前回のプレスリリース : <https://hospital.naramed-u.ac.jp/news/media/2024052401.html>

AMED 掲載ページ : <https://www.amed.go.jp/koubo/16/01/1601C00053.html>

臨床研究等提出・公開システム(RCT) : <https://jct.nhhg.go.jp/latest-detail/RCT005124049>

取材等、問い合わせ先
奈良県立医科大学附属病院
臨床研究センター 西澤
Mail: info@naramed-u.ac.jp
Tel: 0744-22-3851 内線 5269

人工赤血球製剤 が実用化された後の医療体制

医療現場で発生する、使用期限切れの赤血球を回収するシステムが構築され、そこから精製されたヘモグロビンは全て人工赤血球として再生される。

もしもの時に備えて、必要な場所に備蓄しておき、いつでも何処でも使用できるようにしておく。

- ・ 僻地・離島の医療施設に常備させる。
- ・ 救急車、ドクターヘリなどに載せておく。
- ・ 大規模災害/有事の停電や輸送システムの破綻に備え、基幹病院に製剤を備蓄。

消火器、AEDと同じように、何も起こらなければ使用されず、使用期限が来たら新しいものと取り替える。



畜産業で発生する廃棄血の有効利用

家畜 (ウシ・ブタ)

畜産業で発生する大量の廃棄血 (推定で年間 17 万トン)

産業廃棄物：環境に対する負荷

バイオマスとして有効利用できないか？

廃棄血の主成分：ヘモグロビンの精製

人工赤血球製剤として再生させる
血液型なし、感染源なし
長期保存可能、小粒子径

人工赤血球製剤の様々な用途

- 出血性ショック蘇生液
- 体外循環回路補填液
- 虚血性疾患の酸素治療薬
- 腫瘍酸素化・放射線治療
- 光増感剤としての血管腫治療
- 移植臓器の灌流保存液
- COキャリア(抗炎症治療)
- 解毒剤
- 獣医領域における用途