

厚生労働科学研究費補助金（循環器疾患・糖尿病等生活習慣病対策総合研究事業）  
栄養政策等の社会保障費抑制効果の評価に向けた医療経済学的な基礎研究  
分担研究報告書（令和3年度）

栄養政策の医療経済的評価方法の検討  
減塩目標を達成した場合の循環器疾患関連医療費抑制効果

研究分担者 池田 奈由 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター  
研究代表者 西 信雄 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター  
研究分担者 由田 克士 大阪市立大学大学院 生活科学研究科 食・健康科学講座  
研究協力者 服部 準 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター  
研究協力者 美野輪 和子 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター  
研究協力者 山下 瞳 医薬基盤・健康・栄養研究所国際栄養情報センター

#### 研究要旨

日本の減塩政策として、健康日本 21（第二次）と日本高血圧学会による減塩目標を達成した場合の循環器疾患関連医療費抑制効果について、世界保健機関の目標と合わせて検討した。

減塩目標とする1日食塩摂取量は、健康日本 21（第二次）の 8g、日本高血圧学会の 6g 未満、世界保健機関の 5g 未満である。マルコフモデルによるコホートシミュレーションを採用し、健全な人口集団が食塩摂取量に関連した収縮期血圧の変化に伴い虚血性心疾患または脳血管疾患に罹患し死亡する状態遷移をモデル化した。データには、既存の公的統計調査報告書と先行研究による公表値を用いた。入院医療費を急性期の医療費、入院外医療費と薬局外薬剤費の総額を慢性期の医療費とした。40～79 歳の総人口について、2019 年から 2029 年までの 10 年間のシミュレーションを性・10 歳階級別に行い、各減塩目標量を達成した場合に生じる循環器疾患関連医療費の削減額を便益として推計した。

10 年間の循環器疾患関連医療費の削減額は、1 日食塩摂取量の目標値 8g で約 36.2 億円、6g 未満で約 65.7 億円、5g 未満で約 97.2 億円と推計された。性・疾病別の内訳は、男性の脳血管疾患が最も大きく、次いで男性の虚血性心疾患、女性の脳血管疾患、女性の虚血性心疾患であった。性・年齢階級別の削減額は、一貫して男性の方が女性よりも大きく、年齢とともに増加した。

今後の研究では、減塩政策の費用や患者の生活の質に関するデータを整備・活用し、費用対効果の検討が可能なモデルに発展させる必要がある。また、全粒穀物や果物・野菜といった日本人の健康への影響が大きく、持続可能で健康的な食事(Sustainable Healthy Diets)や地球にとって健康的な食事(Planetary Health Diet)において国際的に摂取が推奨されている食品群についても、栄養政策による社会保障費抑制効果を検討していく必要がある。

#### A. 目的

英国の 4 つの減塩政策を日本で実施した場合における循環器疾患 (cardiovascular disease, CVD) 関連医療費の抑制効果について試験的な費用便益分析を行ったところ、10 年間の純便益が最も大きかったのは強制的な加工食品の減塩であった。本稿では、日本の減塩政策として、健康日本 21 (第二次) と日本高血圧学会により推奨される減塩目標を達成した場合の CVD 関連医療費抑制効果について、世界保健機関 (World Health Organization, WHO) の減塩目標と合わせて検討した。

#### B. 研究方法

##### 1. 分析対象

1 日食塩摂取量の目標値として、健康日本 21 (第二次) の 8g<sup>1)</sup>、日本高血圧学会の 6g 未満<sup>2)</sup>、WHO の 5g 未満<sup>3)</sup> を達成した場合について検討した。

分析対象は、2019 年の 40～79 歳の総人口とした。40～79 歳を採用した理由として、特定健診・特定保健指導の対象が 40 歳以上であることや、40 歳未満での CVD 発症が少ないことが挙げられる。

CVD の定義は、ICD-10 (2013 年版)<sup>4)</sup> に準拠し、虚血性心疾患 (I20～I25、以下 IHD) と脳血管疾患 (I60～I67. 1、I67. 3～I68、I69) とした。

## 2. 減塩目標量を達成した場合の CVD 関連医療費抑制効果に関するシミュレーション

### 1) シミュレーションの概要

本研究では、10年間で1日食塩摂取量の目標値を達成した場合のCVD関連医療費の削減額を評価した。マルコフモデルによる性・10歳階級別のクロズドコホートのシミュレーションを作成した。分析期間は、最新の医療費データが得られた2019年を起点に、2029年までの10年間とした。医療システムの立場から分析を行うこととし、シミュレーションモデルの作成にはTreeAge Pro Healthcare 2021 (TreeAge Software, Williamstown, MA, USA)<sup>5)</sup>を用いた。医療経済評価研究における分析手法に関するガイドラインに基づき、割引率を年率2%とした<sup>6)</sup>。

### 2) マルコフモデル

マルコフモデルでは、減塩目標の下で、日本の人口集団が健常な状態から食塩摂取量に関連した収縮期血圧 (systolic blood pressure, SBP) の変化に伴いCVDに罹患し死亡していく状態遷移をモデル化した (図1)。6つの健康状態として、CVDの既往がない健常 (Well)、CVDを発症して入院治療を受ける急性期IHD (Acute IHD) と急性期脳血管疾患 (Acute stroke)、退院して外来治療を受ける慢性期IHD (Chronic IHD) と慢性期脳血管疾患 (Chronic stroke)、死亡した最終的な吸収状態である死亡 (Dead) を設定した。

人口集団は、1年を1サイクルとして11の移行確率に従い健康状態間を遷移すると想定した (図1)。Wellの集団は、CVD以外の死因により死亡すればDead ( $P_{w,d}$ )、初発のCVDを発症すれば入院してAcute IHD ( $P_{w,ai}$ ) またはAcute stroke ( $P_{w,as}$ ) に移行し、いずれも該当しなければ健常なままで滞留する ( $1-P_{w,d}-P_{w,ai}-P_{w,as}$ )。なお、一度でもCVDを発症してWellを離れると、二度とWellに戻ることはない。Acute IHDからは、退院時に存命であればChronic IHDに移行し ( $P_{ai,ci}$ )、死亡であればDeadに移行する ( $P_{ai,d}$ )。Acute strokeも同様に、退院時に存命であればChronic strokeに移行し ( $P_{as,cs}$ )、死亡であればDeadに移行する ( $P_{as,d}$ )。急性期は発症から4週間以内であり、1年サイクルでAcute IHDとAcute strokeに滞留することはない。Chronic IHDの集団は、再発すれば再入院してAcute IHD ( $P_{ci,ai}$ )、CVD以外の死因により死亡すれば

Dead ( $P_{ci,d}$ ) に移行し、いずれも該当しなければ滞留する ( $1-P_{ci,ai}-P_{ci,d}$ )。Chronic strokeも同様に、再発すれば再入院してAcute stroke ( $P_{cs,as}$ )、CVD以外の死因により死亡すればDead ( $P_{cs,d}$ ) に移行し、いずれも該当しなければ滞留する ( $1-P_{cs,as}-P_{cs,d}$ )。

### 3) データと初期値

公的統計調査報告書とGlobal Burden of Disease Study (GBD) 等の先行研究による既存の公表値 (表1、表2) を用いて、モデルに投入する各種パラメータの初期値を下記のように準備した。

#### ①医療費

入院医療費を急性期の医療費、入院外医療費と薬局外薬剤費の総額を慢性期の医療費とした。入院医療費と入院外医療費には、令和元 (2019) 年度医療給付実態調査<sup>7)</sup>から得られた性・年齢階級・疾病分類別医療費を使用した (表1、表2)。薬局薬剤費には、調剤医療費の動向調査による「最近の調剤医療費 (電算処理分) の動向 令和元年度3月号」<sup>8)</sup>から、薬剤料総額 (薬効分類別) (全年齢) 循環器用薬の令和元年度4~3月分の値 (約8580億円) を用いた。この全年齢の値について、GBDのIHDと脳血管疾患の有病者数で案分し、性・年齢階級別の値を算出した (表1、表2)。

#### ②初期コホート分布

2019年人口推計の総人口<sup>9)</sup>、GBD<sup>10)</sup>によるIHDと脳血管疾患の罹患率と有病率、死亡率を用いて (表1、表2)、初期コホート分布としてシミュレーション開始時点における各健康状態の人口分布割合を計算した (表3)。

#### ③移行確率の初期値

表4の式から移行確率の初期値を算出した。Wellから急性期への移行確率 ( $P_{w,ai}$  と  $P_{w,as}$ ) については、登録研究<sup>11,12)</sup>の登録者数に占める再発数の割合 (表1、表2) から、初発の値を算出した。CVD以外の死因による死亡への3つの移行確率 ( $P_{w,d}$ 、 $P_{ci,d}$ 、 $P_{cs,d}$ ) は互いに等しいと仮定し、分子をCVD死亡数と全死亡数の差、分母をWellとChronic IHD、Chronic strokeの人数の合計とした。発症後28日未満死亡率<sup>13)</sup> (表1、表2) を急性期からDeadへの移行確率 ( $P_{ai,d}$  と  $P_{as,d}$ ) とし、これらを1から引いた値を急性期から慢性期への移行確率 ( $P_{ai,ci}$  と  $P_{as,cs}$ ) とした。慢性期から急性期への移行確率 ( $P_{ci,ai}$  と

$P_{cs,as}$ )については、分子を再発数の割合から算出した再発数とし、分母を慢性期患者数として算出した。

#### ④減塩率

各減塩目標による毎年の減塩率を、10年間一定として計算した。令和元年国民健康・栄養調査<sup>14)</sup>の食塩摂取量(表1、表2)を初期値(0年目)として用いた。最終年の食塩摂取量の年齢調整値が目標値と等しくなるように計算したため、性・年齢階級別の最終年の食塩摂取量は目標値と一致しない。年齢調整には、令和元年国民健康・栄養調査を参考に、平成22年国勢調査の基準人口を用いた。毎年の減塩率は8gで2.1%、6g未満で4.9%、5g未満で6.7%と算出された。

#### ⑤減塩効果

減塩は、SBPの低下を介してCVDの発症と死亡に関する6つの移行確率( $P_{w,ai}$ 、 $P_{w,as}$ 、 $P_{ci,ai}$ 、 $P_{cs,as}$ 、 $P_{ai,d}$ 、 $P_{as,d}$ )に影響すると仮定した。減塩によるSBPの低下と、SBPの低下によるCVDの罹患率と死亡率の低下という2段階の構造をモデルに設定するため、ロジスティック関数による線形回帰分析を行い、それぞれの関連を示す回帰係数を得た。

減塩によるSBPへの影響については、令和元年国民健康・栄養調査<sup>14)</sup>のSBP(表1、表2)を減塩前の値として、先行研究<sup>15)</sup>から1日ナトリウム摂取量100mmolの増加に伴うSBP上昇分の推定値(表1、表2)を用いて、1日5.844gの食塩摂取量(ナトリウム100mmolに相当)の減少に伴うSBPを求めた(図2-1)。回帰分析の便宜上、性別と年齢階級、減塩前後の1日食塩摂取量とSBPを0~1の連続値に変換した。変換されたSBPの逆数から1を引いて自然対数を取り、回帰式の被説明変数とした。性別と年齢階級、食塩摂取量を説明変数とし、減塩前後の時間を示すダミー変数によりパネル設定(階層化)した。

SBP低下の罹患率・死亡率への影響については、減塩によるSBPへの影響とほぼ同様の手順でデータを準備した(例:図2-2)。相違点として、罹患率と死亡率をGBD<sup>10)</sup>から得られた相対危険度(表1、表2)で割ることにより、SBPが10mmHg低下した後の罹患率と死亡率を算出した。

推定された回帰式(表5)から、減塩前と減塩後の被説明変数(SBP、罹患率、死亡率)を推定した。推定した罹患率と死亡率について、減塩後の値の減塩前の値に対する比

率を求め、それを1から引いた値を減塩により罹患または死亡しなかった割合とし、入院医療費と入院外医療費にかけて医療費削減額を算出した。

(倫理面への配慮)

本研究はすでに公開されている研究論文及び政府統計の公表値を用いてシミュレーションを行ったものであり、「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」の適用範囲外である。

#### C. 研究結果

シミュレーションの結果、10年間のCVD関連医療費削減額(40~79歳男女計)は、1日食塩摂取量の目標値8gでは約36.2億円、6g未満では約65.7億円、5g未満では約97.2億円であった(表6)。性・疾病別の内訳をみると、男性の脳血管疾患が最も大きく、次いで男性のIHD、女性の脳血管疾患、女性のIHDであった(表6、図3)。

性・10歳階級別のCVD関連医療費削減額は、いずれの減塩目標においても男性のほうが女性よりも大きく、年齢とともに増加した(表6、図4)。また、IHDの占める割合は、40~49歳では男性で27~28%、女性で14%であったが、年齢とともに上昇し、70~79歳では男性で48~49%、女性で49~53%であった(図4)。

#### D. 考察

日本の減塩政策の医療経済評価として、健康日本21(第二次)と日本高血圧学会、WHOにより推奨された減塩目標を10年間で達成した場合のCVD関連医療費抑制額について、シミュレーションによる推計を行った。英国政策に基づくマルコフモデルを発展させて、性・年齢階級別にIHDと脳血管疾患の分類および血圧の介在を考慮したモデルを作成した。その結果、10年間で約36億円から約97億円のCVD関連医療費が削減される可能性が示された。

本研究班では他の分析で英国政策を日本で実施した場合の試験的なシミュレーションを行い、10年間のCVD関連医療費抑制額を推計したところ、メディアによる健康的な食生活と身体活動の促進キャンペーンならびに信号機システムを用いた加工食品のラベリングでそれぞれ約240億円、食品関連事業者の自主的な加工食品の減塩で約1600億円、食品関連事業者への法規制による強制的な加工食品の減塩で約1800億円で

あった。これらに比べて、減塩目標の達成による CVD 関連医療費抑制額はかなり小さい。この差に現実性があるかどうかについては検討の余地があるが、方法的な背景として、減塩率や減塩効果の算出方法が異なること、性・年齢階級別に推計したこと、CVD を IHD と脳血管疾患に分類したこと等が挙げられる。

本研究の制約として、以下の 2 点が挙げられる。1 点目として、減塩目標を達成するための諸活動にかかる費用を考慮していない。栄養政策の費用データの整備は、依然として医療経済評価の推進において最も重要な課題の一つであると考えられる。2 点目として、食塩摂取量と SBP の間の回帰と、SBP と罹患率・死亡率との間の回帰を互いに独立した形で行ったが、本来、食塩摂取量と罹患率・死亡率との間に血圧が入っていることを何らかの方法で調整する必要がある。

今後、減塩政策を含む栄養政策の社会保障費抑制効果の医療経済評価を推進するうえで、政策の実施にかかる費用に関する情報の整備が必要である。

## E. 結論

日本の栄養政策の医療経済評価として、健康日本 21（第二次）と日本高血圧学会、WHO が推奨する 1 日食塩摂取量の目標値を達成した場合の CVD 関連医療費抑制効果に関するシミュレーションを行った。減塩目標の達成により国民の血圧が低下し、CVD 罹患率と死亡率が低下して削減される医療費の額を推計した。今後の研究では、減塩のための種々の活動にかかる費用や患者の生活の質に関するデータを整備・活用し、費用対効果の検討が可能なモデルに発展させる必要がある。また、食塩摂取だけではなく、全粒穀物や果物・野菜といった日本人の健康への影響が大きく<sup>16)</sup>、持続可能で健康的な食事(Sustainable Healthy Diets)<sup>17)</sup>や地球にとって健康的な食事(Planetary Health Diet)<sup>18)</sup>において国際的に摂取が推奨されている食品群についても、栄養政策による社会保障費抑制効果を検討していく必要がある。

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

なし

## G. 知的財産権の出願・登録状況

なし

## 引用文献

- 1) 厚生労働省. 国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針. [https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21\\_01.pdf](https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf) (2022 年 4 月 25 日アクセス可能) .
- 2) 日本高血圧学会高血圧治療ガイドライン作成委員会編. 高血圧治療ガイドライン 2019. 東京: 日本高血圧学会. 2019.
- 3) World Health Organization. Guideline: Sodium intake for adults and children. Geneva: World Health Organization, 2012.
- 4) 厚生労働省. ICD-10 (2013 年版) 準拠 疾病分類表. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/sippe/i/> (2022 年 4 月 18 日アクセス可能) .
- 5) TreeAge Pro 2021. TreeAge Software, Williamstown, MA; software available at <http://www.treeage.com>.
- 6) 福田敬, 白岩健, 池田俊也, 五十嵐中, 赤沢学, 石田博, 能登真一, 齋藤信也, 坂巻弘之, 下妻晃二郎, 田倉智之, 福田治久, 森脇健介, 富田奈穂子, 小林慎. 医療経済評価研究における分析手法に関するガイドライン. 保健医療科学 2013; 62(6): 625-640.
- 7) 厚生労働省. 令和元年度医療給付実態調査報告書. <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&toukei=00450389&tstat=000001044924>(2022 年 4 月 25 日アクセス可能) .
- 8) 厚生労働省. 最近の調剤医療費(電算処理分)の動向 令和元年度 3 月号. <https://www.mhlw.go.jp/topics/medias/c-med/2020/03/> (2022 年 4 月 25 日アクセス可能) .
- 9) 総務省統計局. 人口推計. <https://www.stat.go.jp/data/jinsui/2019np/index.html> (2022 年 4 月 6 日アクセス可能) .
- 10) Global Burden of Disease Collaborative Network. Global Burden of Disease Study 2019 (GBD

- 2019) Results. Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2020. Available from <http://ghdx.healthdata.org/gbd-results-tool> (2022年4月6日アクセス可能) .
- 11) Uchiyama S, Shibata Y, Hirabayashi T, Mihara B, Hamashige N, Kitagawa K, Goto S, Origasa H, Shimada K, Kobayashi H, Isozaki M, Ikeda Y, for the J-TRACE Investigators. Risk factor profiles of stroke, myocardial infarction, and atrial fibrillation: a Japanese Multicenter Cooperative Registry. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2010;19:190-7.
- 12) Takashima N, Arima H, Kita Y, Fujii T, Miyamatsu N, Komori M, Sugimoto Y, Nagata S, Miura K, Nozaki K. Incidence, Management and Short-Term Outcome of Stroke in a General Population of 1.4 Million Japanese — Shiga Stroke Registry —. *Circ J* 2017;81:1636-46.
- 13) Rumana N, Kita Y, Turin TC, Nakamura Y, Takashima N, Ichikawa M, Sugihara H, Morita Y, Hirose K, Kawakami K, Okayama A, Miura K, Ueshima H. Acute case-fatality rates of stroke and acute myocardial infarction in a Japanese population: Takashima stroke and AMI registry, 1989-2005. *Int J Stroke* 2014;9:69-75.
- 14) 厚生労働省. 令和元年国民健康・栄養調査. 2020. [https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryou/kenkou/eyou/r1-houkoku\\_00002.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryou/kenkou/eyou/r1-houkoku_00002.html) (2022年4月6日アクセス可能) .
- 15) Law MR, Frost CD, Wald NJ. By how much does dietary salt reduction lower blood pressure? I--Analysis of observational data among populations. *BMJ* 1991;302:811-5.
- 16) GBD 2019 Risk Factors Collaborators. Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990-2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet* 2020;396:1223-49.
- 17) FAO and WHO. Sustainable healthy diets - Guiding principles. Rome. 2019.
- 18) Willet W, Rockström J, Loken B, et al. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 2019;393:447-92.

表 1. シミュレーションに用いた既存データの出典

項目	出典
入院医療費、入院外医療費	令和元年度医療給付実態調査 <sup>7)</sup> 、性・年齢階級・疾病分類別医療費
薬局薬剤費	最近の調剤医療費（電算処理分）の動向 令和元年度 3 月号 <sup>8)</sup> 、薬剤料総額（薬効分類別）（全年齢）循環器用薬、令和元年度 4～3 月分 全年齢の値を Global Burden of Disease Study の虚血性心疾患と脳血管疾患の有病者数で案分し、性・年齢階級別の値を算出
総人口	総務省人口推計、2019 年 10 月 1 日現在 <sup>9)</sup>
罹患率（虚血性心疾患、脳血管疾患）	Global Burden of Disease Study、日本、2019 年（性・5 歳階級別） <sup>10)</sup> 5 歳階級別の値から、各 10 歳階級に該当する 2 つの 5 歳階級を平均した値を 10 歳階級の値として使用
有病率（虚血性心疾患、脳血管疾患）	Global Burden of Disease Study、日本、2019 年（性・5 歳階級別） <sup>10)</sup> 5 歳階級別の値から、各 10 歳階級に該当する 2 つの 5 歳階級を平均した値を 10 歳階級の値として使用
死亡率（虚血性心疾患、脳血管疾患、全死因）	Global Burden of Disease Study、日本、2019 年（性・5 歳階級別） <sup>10)</sup> 5 歳階級別の値から、各 10 歳階級に該当する 2 つの 5 歳階級を平均した値を 10 歳階級の値として使用
罹患者に占める再発の割合	
虚血性心疾患	Uchiyama ら (2010) <sup>11)</sup>
脳血管疾患	Takashima ら (2017) <sup>12)</sup>
発症後 28 日未満死亡率（虚血性心疾患、脳血管疾患）	Rumana ら (2014) <sup>13)</sup>
一日平均食塩摂取量	令和元年国民健康・栄養調査（性・10 歳階級別） <sup>14)</sup>
平均収縮期血圧	令和元年国民健康・栄養調査（性・10 歳階級別） <sup>14)</sup>
1 日 Na 摂取量 100 mmol 増加に伴う収縮期血圧上昇、mmHg	Law, Frost, Wald (1991) <sup>15)</sup> 60 歳代の値を 70 歳代に使用
収縮期血圧 10 mmHg 上昇に伴う相対危険度（虚血性心疾患、脳血管疾患）	Global Burden of Disease Study（性・5 歳階級別） <sup>10)</sup> 脳血管疾患は虚血性脳卒中の値を使用

表 2. シミュレーションに用いた既存データ (性・10 歳階級別)

項目	男性				女性			
	40-49 歳	50-59 歳	60-69 歳	70-79 歳	40-49 歳	50-59 歳	60-69 歳	70-79 歳
入院医療費、円 <sup>7)</sup>								
虚血性心疾患	15,447,221,610	38,909,124,960	80,866,412,790	123,907,590,730	1,907,187,200	5,267,347,440	17,259,475,700	44,154,588,710
脳血管疾患	30,668,842,720	61,617,284,470	125,219,909,420	225,068,605,950	20,406,511,120	37,023,134,340	72,530,600,390	171,852,758,340
入院外医療費、円 <sup>7)</sup>								
虚血性心疾患	3,855,075,820	9,574,562,630	22,776,509,710	42,028,442,770	1,458,799,070	3,290,281,720	8,242,410,470	20,223,546,420
脳血管疾患	4,295,543,310	9,392,028,480	22,194,982,030	44,310,380,760	3,297,835,960	6,347,723,600	14,151,584,610	33,789,597,970
薬局薬剤費、円 <sup>8)</sup>								
虚血性心疾患	9,304,881,439	23,112,674,763	54,193,448,629	88,835,122,486	4,993,506,652	8,779,830,999	21,790,475,053	49,438,482,853
脳血管疾患	14,695,452,799	27,830,946,938	42,927,470,226	58,635,118,757	13,852,068,259	28,415,770,978	49,290,941,337	69,683,906,546
総人口、千人 <sup>9)</sup>	9,373	8,160	7,930	7,332	9,147	8,118	8,302	8,593
罹患率、人口 10 万人対 <sup>10)</sup> *								
虚血性心疾患	134.7 (96.2-180.3)	346.5 (247.5-458.7)	609.3 (441.1-791.2)	1065.4 (781.2-1426.5)	27.8 (17.6-41.4)	82.4 (56-114.2)	227.4 (162.6-301.2)	607.4 (445.4-809)
脳血管疾患	201.9 (161.5-250.0)	363.0 (294.5-439.8)	486.3 (386.7-597.2)	607.9 (481.2-758.3)	175.9 (136.7-220.1)	353.1 (279.6-438.4)	555.8 (437.3-687.1)	745.6 (593.7-913.8)
有病率、人口 10 万人対 <sup>10)</sup> *								
虚血性心疾患	862.1 (732.8-1017.7)	2552.7 (2191.9-2961.1)	6008.3 (5134.4-7022.8)	10933.6 (9402.7-12584.7)	478.4 (408-568)	971.4 (834.9-1136.1)	2300.7 (1968.9-2715.7)	5229.1 (4436.4-6051.9)
脳血管疾患	1363.8 (1139.2-1609.8)	3055.7 (2590.4-3593.4)	4789.8 (4152.9-5523.5)	7190.4 (6109.9-8328.9)	1319.8 (1112.4-1559.3)	3141.2 (2607.7-3734.0)	5270.6 (4476.6-6225.4)	7320.6 (6322.7-8492.5)
死亡率、人口 10 万人対 <sup>10)</sup> *								
虚血性心疾患	16.6 (15.9-17.2)	44.2 (42.6-46.0)	98.9 (94.8-102.8)	240.1 (221.8-252.3)	3.5 (3.3-3.7)	9.0 (8.4-9.5)	27.1 (25-28.7)	102.7 (85.8-112.6)
脳血管疾患	15.1 (14.2-15.9)	35.2 (33.4-37.1)	75.1 (71.2-78.9)	212.0 (194.8-224.9)	6.9 (6.4-7.4)	14.8 (13.8-15.7)	29.5 (27.2-31.4)	98.6 (83.4-107.8)
全死因	150.6 (147.9, 153.4)	390.6 (383.1, 398.5)	996.9 (979.4, 1,015.4)	2,579.2 (2,538.1, 2,622.3)	88.2 (86.6, 90.0)	201.1 (197.4, 205.1)	439.3 (432.3, 446.8)	1,205.0 (1,187.4, 1,223.8)
罹患者に占める再発の割合、%								
虚血性心疾患 <sup>11)</sup>	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6
脳血管疾患 <sup>12)</sup>	28.2	28.2	28.2	28.2	24.8	24.8	24.8	24.8
発症後 28 日未満死亡率、% <sup>13)</sup>								
虚血性心疾患	34.3 (27.5-41.1)	34.3 (27.5-41.1)	34.3 (27.5-41.1)	34.3 (27.5-41.1)	43.3 (32.8-53.9)	43.3 (32.8-53.9)	43.3 (32.8-53.9)	43.3 (32.8-53.9)
脳血管疾患	14.9 (12.70-17.04)	14.9 (12.70-17.04)	14.9 (12.70-17.04)	14.9 (12.70-17.04)	15.7 (13.3-18.1)	15.7 (13.3-18.1)	15.7 (13.3-18.1)	15.7 (13.3-18.1)
一日平均食塩摂取量 (標準偏差)、g <sup>14)</sup>	10.60 (4.00)	10.62 (4.40)	11.48 (4.17)	11.52 (4.12)	8.89 (3.24)	9.15 (3.37)	9.99 (3.71)	9.77 (3.91)
平均 SBP (標準偏差)、mmHg <sup>14)</sup>	125.8 (16.0)	131.7 (18.4)	135.8 (18.1)	135.8 (16.1)	114.3 (15.9)	123.7 (17.6)	131.0 (16.0)	136.1 (16.9)
1 日 Na 摂取量 100 mmol 増加に伴う SBP 上昇、mmHg <sup>15)</sup>	6.6	9.2	10.3	10.3	6.6	9.2	10.3	10.3
SBP10 mmHg 上昇に伴う相対危険度 <sup>10)</sup>								
虚血性心疾患	1.568 (1.398-1.799)	1.487 (1.385-1.619)	1.405 (1.332-1.488)	1.330 (1.224-1.424)	1.568 (1.398-1.799)	1.487 (1.385-1.619)	1.405 (1.332-1.488)	1.330 (1.224-1.424)
脳血管疾患	1.628 (1.354-1.950)	1.521 (1.361-1.698)	1.414 (1.302-1.524)	1.318 (1.168-1.451)	1.628 (1.354-1.950)	1.521 (1.361-1.698)	1.414 (1.302-1.524)	1.318 (1.168-1.451)

SBP：収縮期血圧

括弧内の値は特に記載がなければ 95%信頼区間

表 3. シミュレーション開始時点における各健康状態の人口分布割合（初期コホート分布）

健康状態	人口分布割合
健常 (Well)	$1 - A - B - C - D$
急性期 IHD (Acute IHD)	IHD 罹患率/100,000 (A)
急性期脳血管疾患 (Acute stroke)	脳血管疾患罹患率/100,000 (B)
慢性期 IHD (Chronic IHD)	IHD 有病率/100,000 (C)
慢性期脳血管疾患 (Chronic stroke)	脳血管疾患有病率/100,000 (D)
死亡 (Dead)	0

IHD：虚血性心疾患

表 4. 移行確率の初期値の計算式

計算式	
$P_{w,d}$	$(\text{全死亡} - \text{総人口} \times (\text{IHD 死亡率} + \text{STR 死亡率}) / 100,000) / (\text{総人口} \times (1 - (\text{IHD 罹患率} + \text{STR 罹患率}) / 100,000))$
$P_{w,ai}$	$(\text{総人口} \times \text{IHD 罹患率} / 100,000 \times (1 - \text{IHD 再発率} / 100)) / (\text{総人口} \times (1 - (\text{IHD 罹患率} + \text{IHD 有病率} + \text{STR 罹患率} + \text{STR 有病率}) / 100,000))$
$P_{ai,ci}$	$1 - P_{ai,d}$
$P_{ai,d}$	急性期 IHD 死亡率/100
$P_{ci,ai}$	$(\text{総人口} \times \text{IHD 罹患率} / 100,000 \times \text{IHD 再発率} / 100) / (\text{総人口} \times \text{IHD 有病率} / 100,000)$
$P_{ci,d}$	$P_{w,d}$
$P_{w,as}$	$(\text{総人口} \times \text{STR 罹患率} / 100,000 \times (1 - \text{STR 再発率} / 100)) / (\text{総人口} \times (1 - (\text{IHD 罹患率} + \text{IHD 有病率} + \text{STR 罹患率} + \text{STR 有病率}) / 100,000))$
$P_{as,cs}$	$1 - P_{as,d}$
$P_{as,d}$	急性期 STR 死亡率/100
$P_{cs,as}$	$(\text{総人口} \times \text{STR 罹患率} / 100,000 \times \text{STR 再発率} / 100) / (\text{総人口} \times \text{STR 有病率} / 100,000)$
$P_{cs,d}$	$P_{w,d}$

IHD：虚血性心疾患、STR：脳血管疾患



表 5. ロジスティック関数による線形回帰分析から推定された回帰係数 (95%信頼区間)

説明変数	被説明変数	虚血性心疾患罹患率	虚血性心疾患死亡率	脳血管疾患罹患率	脳血管疾患死亡率
	収縮期血圧				
性別	-0.056 (-0.128, 0.015)	-1.282 (-1.570, -0.995)**	-1.502 (-1.980, -1.024)**	0.768 (0.487, 1.049)**	-0.995 (-1.624, -0.366)*
年齢	-0.335 (-0.495, -0.176)**	-4.878 (-5.628, -4.129)**	-5.684 (-6.890, -4.477)**	-2.654 (-3.394, -1.913)**	-5.145 (-6.708, -3.582)**
食塩摂取量	-0.500 (-0.558, -0.441)**				
収縮期血圧		-11.294 (-15.989, -6.599)**	-9.946 (-16.892, -3.000)*	-19.542 (-24.305, -14.779)**	-9.719 (-18.304, -1.134)*
定数項	0.383 (0.288, 0.479)**	10.202 (8.135, 12.270)**	10.659 (7.587, 13.731)**	10.776 (8.681, 12.872)**	9.847 (6.040, 13.654)**

\* P<0.05, \*\* P<0.001

説明変数は 0~1 の連続値に変換した値

表 6. シミュレーションによる 10 年間の循環器疾患関連医療費削減額 (円、性・10 歳階級別)

	8g			6g 未満			5g 未満		
	虚血性心疾患	脳血管疾患	計	虚血性心疾患	脳血管疾患	計	虚血性心疾患	脳血管疾患	計
男性									
40～49 歳	29,997,626	80,122,631	110,120,257	51,236,005	135,170,564	186,406,569	71,378,038	185,465,209	256,843,247
50～59 歳	143,894,994	240,832,738	384,727,732	249,664,613	419,241,030	668,905,643	353,111,686	592,459,308	945,570,993
60～69 歳	365,854,463	399,552,142	765,406,605	654,483,339	729,011,477	1,383,494,815	954,254,877	1,079,407,968	2,033,662,846
70～79 歳	432,224,031	447,921,400	880,145,430	799,598,462	851,484,357	1,651,082,819	1,208,675,562	1,319,518,461	2,528,194,023
計	971,971,114	1,168,428,911	2,140,400,025	1,754,982,420	2,134,907,427	3,889,889,846	2,587,420,162	3,176,850,946	5,764,271,108
女性									
40～49 歳	8,501,557	50,964,040	59,465,597	14,535,827	87,451,974	101,987,801	20,283,611	122,122,109	142,405,721
50～59 歳	36,873,367	165,709,158	202,582,525	63,223,584	293,281,469	356,505,053	88,452,460	422,018,898	510,471,358
60～69 歳	155,552,227	310,086,619	465,638,846	269,001,111	572,460,172	841,461,283	379,337,180	860,236,545	1,239,573,725
70～79 歳	396,172,606	354,596,427	750,769,032	701,842,043	673,937,928	1,375,779,971	1,013,892,004	1,046,939,444	2,060,831,448
計	597,099,756	881,356,245	1,478,456,000	1,048,602,564	1,627,131,542	2,675,734,107	1,501,965,256	2,451,316,996	3,953,282,252
男女計									
40～49 歳	38,499,183	131,086,671	169,585,854	65,771,832	222,622,538	288,394,370	91,661,649	307,587,318	399,248,967
50～59 歳	180,768,361	406,541,897	587,310,258	312,888,197	712,522,498	1,025,410,696	441,564,146	1,014,478,205	1,456,042,351
60～69 歳	521,406,689	709,638,761	1,231,045,450	923,484,450	1,301,471,649	2,224,956,098	1,333,592,058	1,939,644,513	3,273,236,571
70～79 歳	828,396,636	802,517,827	1,630,914,463	1,501,440,505	1,525,422,284	3,026,862,790	2,222,567,566	2,366,457,905	4,589,025,471
計	1,569,070,870	2,049,785,155	3,618,856,025	2,803,584,984	3,762,038,969	6,565,623,953	4,089,385,418	5,628,167,942	9,717,553,360

健康日本 21 (第二次) : 1 日食塩摂取量 8g

日本高血圧学会 : 1 日食塩摂取量 6g 未満

世界保健機関 : 1 日食塩摂取量 5g 未満

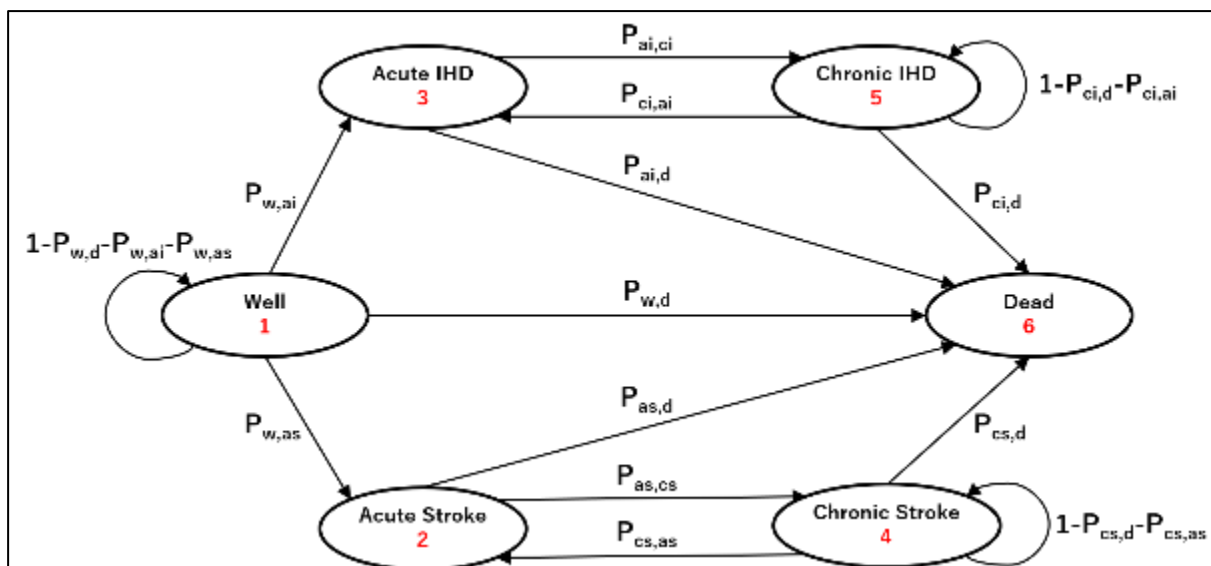


図 1. マルコフ状態遷移モデルの構造  
楕円は健康状態、矢印は遷移、P は移行確率を示す。

1. 減塩後の食塩摂取量と収縮期血圧を計算

性・年齢階級	食塩摂取量 (A)	収縮期血圧 (B)	1日Na摂取量		減塩後の収縮 期血圧(B-C)
			100 mmol低 下に伴う血 圧低下 (C)	減塩後の食 塩摂取量(A- 5.844)	
男性40-49	10.60	125.80	6.60	4.76	119.20
男性50-59	10.62	131.70	9.20	4.78	122.50
男性60-69	11.48	135.80	10.30	5.64	125.50
男性70-79	11.52	135.80	10.30	5.68	125.50
女性40-49	8.89	114.30	6.60	3.05	107.70
女性50-59	9.15	123.70	9.20	3.31	114.50
女性60-69	9.99	131.00	10.30	4.15	120.70
女性70-79	9.77	136.10	10.30	3.93	125.80

2. 各変数の値を0~1に標準化

性・年齢階級	性別	年齢	食塩摂取量 (A/20)	収縮期血圧 (B/250)	減塩後の食塩 摂取量((A- 5.844)/20)	減塩後の収 縮期血圧((B- C)/250)
男性40-49	1	0.2	0.5300	0.5032	0.2378	0.4768
男性50-59	1	0.4	0.5310	0.5268	0.2388	0.4900
男性60-69	1	0.6	0.5740	0.5432	0.2818	0.5020
男性70-79	1	0.8	0.5760	0.5432	0.2838	0.5020
女性40-49	0	0.2	0.4445	0.4572	0.1523	0.4308
女性50-59	0	0.4	0.4575	0.4948	0.1653	0.4580
女性60-69	0	0.6	0.4995	0.5240	0.2073	0.4828
女性70-79	0	0.8	0.4885	0.5444	0.1963	0.5032

3. 減塩前後のデータに組み替え

性・年齢階級	性別	年齢	減塩前後(0= 減塩前、1= 減塩後)	食塩摂取量 (A/20)	収縮期血圧 (B/250)	ln(1/収縮期 血圧-1)
男性40-49	1	0.2	0	0.5300	0.5032	-0.0128
	1	0.2	1	0.2378	0.4768	0.0929
男性50-59	1	0.4	0	0.5310	0.5268	-0.1073
	1	0.4	1	0.2388	0.4900	0.0400
男性60-69	1	0.6	0	0.5740	0.5432	-0.1732
	1	0.6	1	0.2818	0.5020	-0.0080
男性70-79	1	0.8	0	0.5760	0.5432	-0.1732
	1	0.8	1	0.2838	0.5020	-0.0080
女性40-49	0	0.2	0	0.4445	0.4572	0.1716
	0	0.2	1	0.1523	0.4308	0.2786
女性50-59	0	0.4	0	0.4575	0.4948	0.0208
	0	0.4	1	0.1653	0.4580	0.1684
女性60-69	0	0.6	0	0.4995	0.5240	-0.0961
	0	0.6	1	0.2073	0.4828	0.0688
女性70-79	0	0.8	0	0.4885	0.5444	-0.1781
	0	0.8	1	0.1963	0.5032	-0.0128

図2-1. 食塩摂取量と収縮期血圧に関するロジスティック関数による線形回帰分析に用いるデータの作成手順

1. 収縮期血圧低下後のIHD罹患率を計算

性・年齢階級	収縮期血圧10 mmHg低下後		収縮期血圧10 mmHg上昇によるIHDのRR (人口10万対)	
	IHD罹患率 (A)	IHD罹患率 (人口10万対) (B)	収縮期血圧10 mmHg低下後のIHD罹患率 (人口10万対) (C)	収縮期血圧10 mmHg低下後のIHD罹患率 (人口10万対) (B/C)
男性40-44	125.8	97.42362816	1.568	62.13241592
男性45-49	125.8	172.0381982	1.527	112.664177
男性50-54	131.7	277.8798499	1.487	186.8727975
男性55-59	131.7	415.0971096	1.446	287.0657743
男性60-64	135.8	546.4233037	1.405	388.9133834
男性65-69	135.8	672.1665653	1.364	492.790737
男性70-74	135.8	900.3716133	1.33	676.9711378
男性75-79	135.8	1230.444793	1.303	944.3168024
女性40-44	114.3	22.4526638	1.568	14.31930089
女性45-49	114.3	33.19793151	1.527	21.74062312
女性50-54	123.7	60.47864449	1.487	40.67158338
女性55-59	123.7	104.3060837	1.446	72.1342211
女性60-64	131.0	176.7283145	1.405	125.7852772
女性65-69	131.0	278.0634376	1.364	203.8588252
女性70-74	136.1	468.2583264	1.33	352.0739296
女性75-79	136.1	746.5018204	1.303	572.9100694

2. 各変数の値を0~1に標準化

性・年齢階級	性別	年齢	収縮期血圧 (A/250)	10mmHg低下後の収縮期血圧 ((A-10)/250)		IHD罹患率 (B/1300)	収縮期血圧10mmHg低下後のIHD罹患率 (B/C/1300)
				10mmHg低下後の収縮期血圧 ((A-10)/250)	IHD罹患率 (B/1300)		
男性40-44	1	0.15	0.5032	0.4632	0.074941252	0.047794166	
男性45-49	1	0.25	0.5032	0.4632	0.132337076	0.086664752	
男性50-54	1	0.35	0.5268	0.4868	0.213753731	0.143748306	
男性55-59	1	0.45	0.5268	0.4868	0.319305469	0.220819826	
男性60-64	1	0.55	0.5432	0.5032	0.420325618	0.299164141	
男性65-69	1	0.65	0.5432	0.5032	0.517051204	0.379069798	
男性70-74	1	0.75	0.5432	0.5032	0.692593549	0.520747029	
男性75-79	1	0.85	0.5432	0.5032	0.946495995	0.72639754	
女性40-44	0	0.15	0.4572	0.4172	0.01727128	0.011014847	
女性45-49	0	0.25	0.4572	0.4172	0.02553687	0.016723556	
女性50-54	0	0.35	0.4948	0.4548	0.046522034	0.031285833	
女性55-59	0	0.45	0.4948	0.4548	0.080235449	0.055487862	
女性60-64	0	0.55	0.5240	0.4840	0.135944857	0.096757906	
女性65-69	0	0.65	0.5240	0.4840	0.213894952	0.156814481	
女性70-74	0	0.75	0.5444	0.5044	0.360198713	0.2708261	
女性75-79	0	0.85	0.5444	0.5044	0.57423217	0.440700053	

3. 減塩前後のデータに組み替え

性・年齢階級	性別	年齢	減塩前後(0=減塩前、1=減塩後)	10mmHg低下後の収縮期血圧 ((A-10)/250)		IHD罹患率 (B/1300)	ln(1/IHD罹患率 -1)
				10mmHg低下後の収縮期血圧 ((A-10)/250)	IHD罹患率 (B/1300)		
男性40-44	1	0.15	0	0.5032	0.074941252	2.5132	
男性45-49	1	0.25	0	0.5032	0.132337076	2.9919	
男性50-54	1	0.35	0	0.5268	0.213753731	1.8805	
男性55-59	1	0.45	0	0.5268	0.319305469	2.3551	
男性60-64	1	0.55	0	0.5432	0.420325618	1.3024	
男性65-69	1	0.65	0	0.5432	0.517051204	1.7845	
男性70-74	1	0.75	0	0.5432	0.692593549	0.7570	
男性75-79	1	0.85	0	0.5432	0.946495995	1.2609	
女性40-44	0	0.15	0	0.4572	0.01727128	0.3214	
女性45-49	0	0.25	0	0.4572	0.02553687	0.8513	
女性50-54	0	0.35	0	0.4948	0.046522034	-0.0682	
女性55-59	0	0.45	0	0.4948	0.080235449	0.4935	
女性60-64	0	0.55	0	0.5240	0.135944857	-0.8123	
女性65-69	0	0.65	0	0.5240	0.213894952	-0.0830	
女性70-74	0	0.75	0	0.5444	0.360198713	-2.8730	
女性75-79	0	0.85	0	0.5444	0.57423217	-0.9764	
男性40-44	1	0.15	1	0.4632	0.047794166	4.0413	
男性45-49	1	0.25	1	0.4632	0.132337076	4.4974	
男性50-54	1	0.35	1	0.4868	0.213753731	3.6418	
男性55-59	1	0.45	1	0.4868	0.319305469	4.0741	
男性60-64	1	0.55	1	0.5032	0.420325618	3.0202	
男性65-69	1	0.65	1	0.5032	0.517051204	3.4328	
男性70-74	1	0.75	1	0.5432	0.692593549	2.4392	
男性75-79	1	0.85	1	0.5432	0.946495995	2.8345	
女性40-44	0	0.15	1	0.4172	0.011014847	1.8494	
女性45-49	0	0.25	1	0.4172	0.02553687	2.2338	
女性50-54	0	0.35	1	0.4548	0.046522034	1.3016	
女性55-59	0	0.45	1	0.4548	0.080235449	1.6821	
女性60-64	0	0.55	1	0.4840	0.135944857	0.5745	
女性65-69	0	0.65	1	0.4840	0.213894952	0.9904	
女性70-74	0	0.75	1	0.5044	0.360198713	-0.2991	
女性75-79	0	0.85	1	0.5044	0.57423217	0.2383	

図 2-2. 収縮期血圧と虚血性疾患 (IHD) 罹患率に関するロジスティック関数による線形回帰分析に用いるデータの作成手順

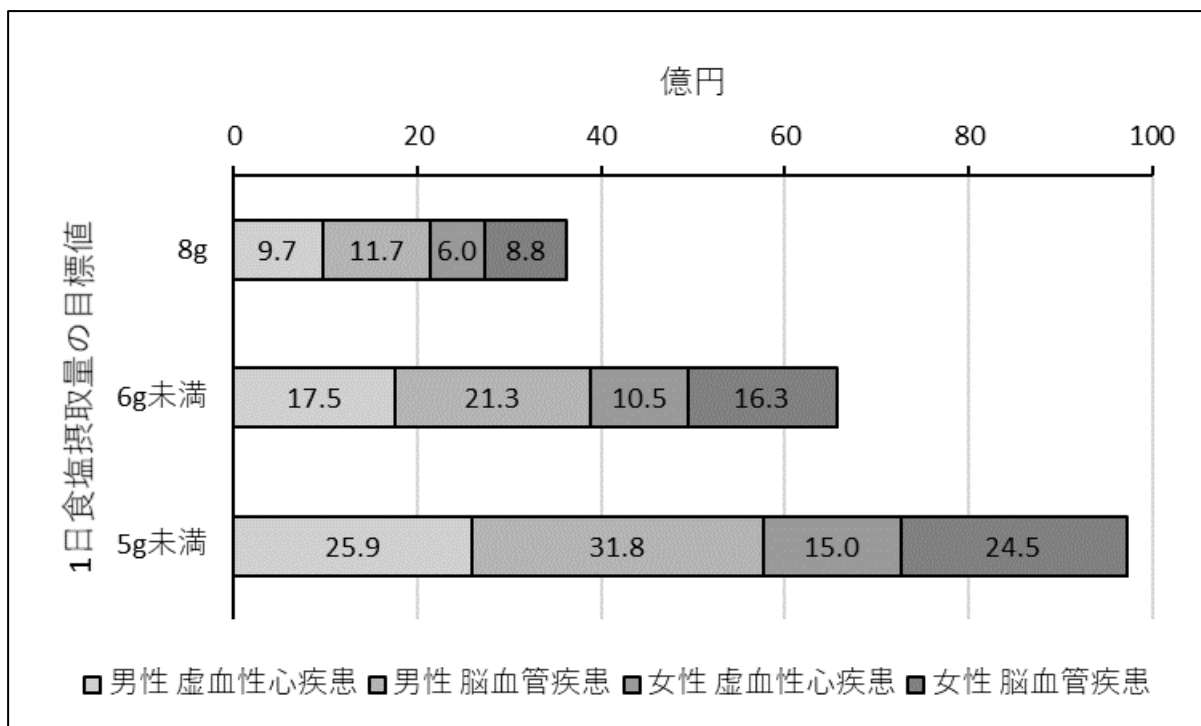


図3. シミュレーションによる10年間の循環器疾患関連医療費削減額(40~79歳)の性・疾病別内訳

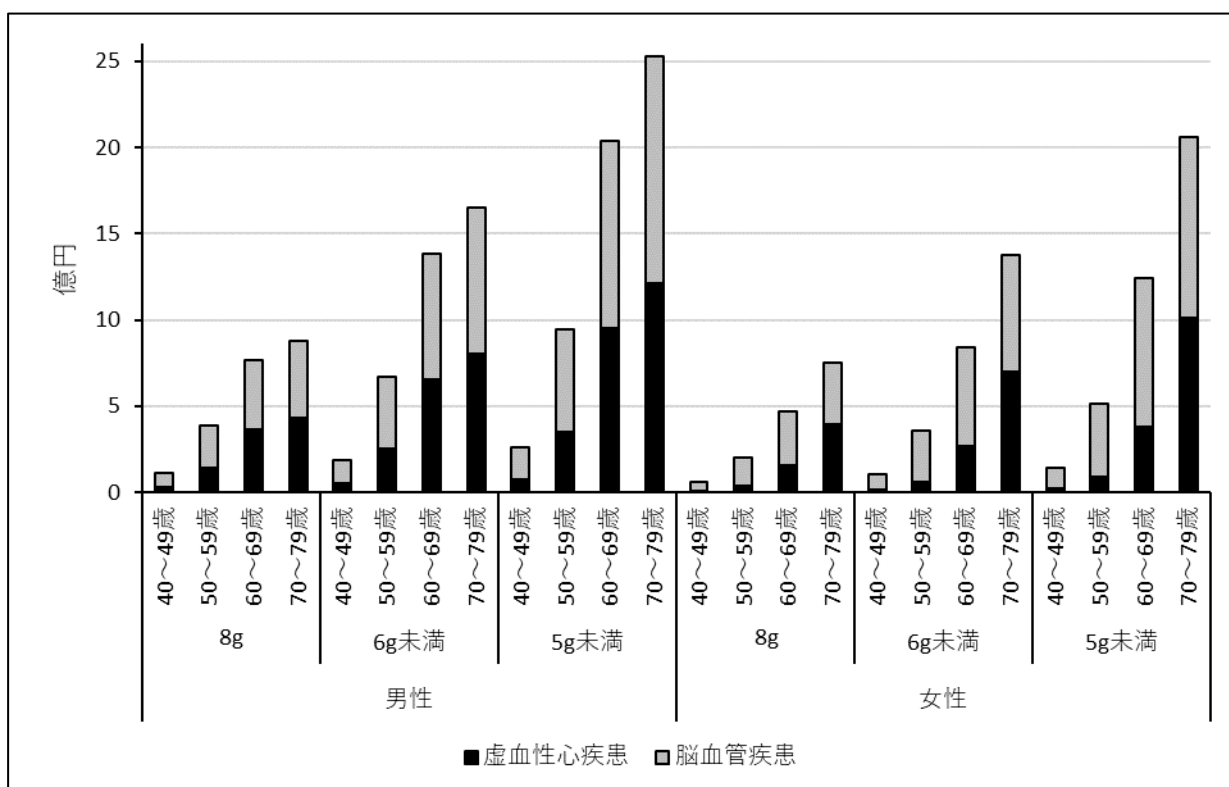


図4. シミュレーションによる10年間の循環器疾患関連医療費削減額(性・10歳階級別)