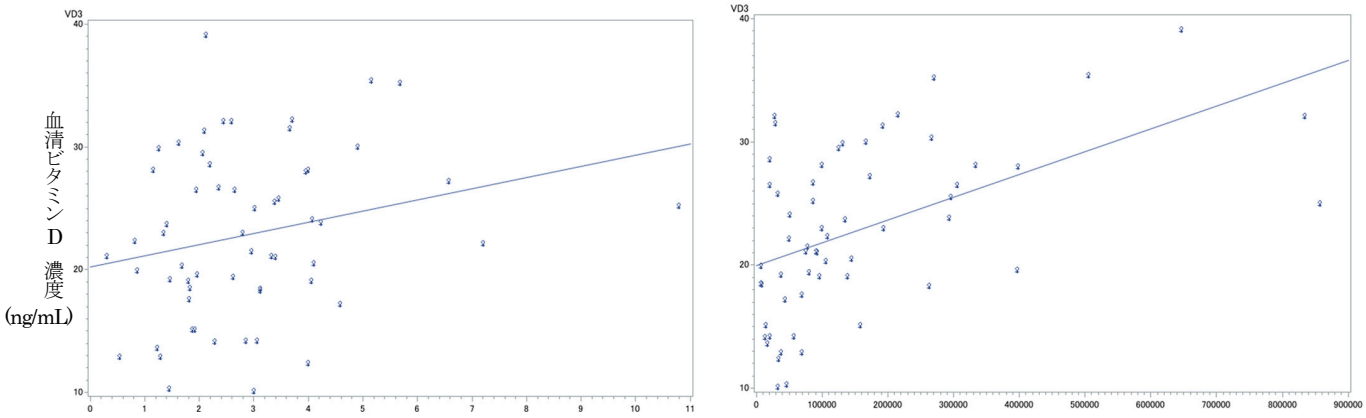
| 14　血清ビタミンDへの日光曝露・食事の寄与割合の検討 | 西脇　祐司 |
|---|---|

**【目的】**ビタミンDは健康維持に不可欠な栄養素であり、適切な健康状態を保つためには一定の血清中ビタミンD濃度を維持する必要があるとされている。ビタミンDの摂取源は魚介類を主とする食品と紫外線曝露による皮膚での合成であるが、どちらがどの程度血清ビタミンD濃度の維持に寄与しているのかは明らかではない。そこで本研究では日光曝露量と経口ビタミンD摂取量のそれぞれが血清ビタミンD濃度とどのように関連するかを定量的に検討した。
**【方法】**北海道積丹町在住・在勤の20〜60代の健康な成人男女59人を研究対象者とした。2017年8月末〜9月中旬に紫外線曝露量、経口ビタミンD摂取量、血清ビタミンD濃度を定量的に測定し、それぞれの値の関連を検討した。紫外線曝露量はUV dosimeter badgeで測定した。経口ビタミンD摂取量は自記式食事歴法質問票を用いて習慣的摂取量を推定した。血清ビタミンD濃度はLSIメディエンス社に検査を依頼し、LC-MS/MS法で測定した。
**【結果】**経口ビタミンD摂取量・紫外線実曝露量と血清ビタミンD濃度との関連を散布図に示した。図中（a）のx軸は経口ビタミンD摂取量、y軸は血清ビタミンD濃度、（b）のx軸は紫外線実曝露量、y軸は血清ビタミンD濃度である。Spearmanの相関係数を算出すると、男性では経口ビタミンD摂取量、紫外線実曝露量の両方が血清ビタミンD濃度と有意に相関していた。女性では紫外線実曝露量が血清ビタミンD濃度と有意に相関しており、経口ビタミンD摂取量は有意には相関していなかった。今後、紫外線実曝露量の算出にあたり、天気や曝露部位、日焼け止めの有無なども考慮し、適切な血清ビタミンD濃度の維持に必要な紫外線曝露時間、露出体表面積などを検討予定である。

経口ビタミンD摂取量・紫外線曝露量と血清ビタミンD濃度の関連（散布図、男女統合データ）



# 14. 血清ビタミンDへの日光曝露・食事の寄与割合の検討

西脇　祐司

東邦大学 医学部 社会医学講座 衛生学分野

Key words：ビタミンD，日光曝露，食事，推定式

## 緒　言

ビタミン D は骨の形成と成長に不可欠な栄養素であり、近年ではその欠乏がさまざまな疾患の発生と関連していると報告されている［1］。適切な健康状態を保つためには一定の血清中ビタミン D 濃度を維持する必要があるとされており［2］、わが国でも厚生労働省の定める食事摂取基準において目安量が示され、一定量以上の経口摂取が推奨されている［3］。一方、ビタミンDは紫外線の作用により皮膚で合成される。血清中ビタミンD濃度に対する紫外線の影響は大きいとされているが、個人の紫外線曝露量を測定することは難しく、妥当性を持って定量化する方法はなかった。本研究では血清ビタミンD濃度への日光曝露量と経口ビタミンD摂取量の寄与割合を定量的に検討することを最終目標に、日光曝露量と経口ビタミンD摂取量のそれぞれが血清ビタミンD濃度とどのように関連するかを定量的に検討することを目的とした。

## 方　法

### 1. 研究対象者

北海道積丹町在住・在勤の 20～60 代の健康な成人男女 60 人を研究対象者としてリクルートした。積丹町役場の協力を得て地域住民にボランティアとしての研究参加を呼びかけた。20～60 代の各年代から 12 人（男性 6 人、女性 6 人）の参加を募り、合計で 60 人となるようにした。2017 年 8 月末～9 月中旬に以下に示す各種測定を実施した。

### 2. 紫外線曝露量測定

ニュージーランド・Scienterra Limited 社製の UV dosimeter badge（図 1）を使用し、紫外線曝露量の定量を実施した。Dosimeter はバンドをつけ、利き手ではない側の上腕外側に、起床時～日没まで装着するように指示した。Dosimeter は 2017 年 8 月 28 日～30 日に配布し、9 月 11 日～15 日に回収した。

また、装着期間中は行動日記をつけるよう指示した。行動日記にはその日の服装や日焼け止めの使用有無、屋外で日を浴びた時間、天気などを毎日記入していただいた。さらに、質問票で夏季の行動全般に関してや、日光を浴びた時間、運動習慣に関し情報を収集した。

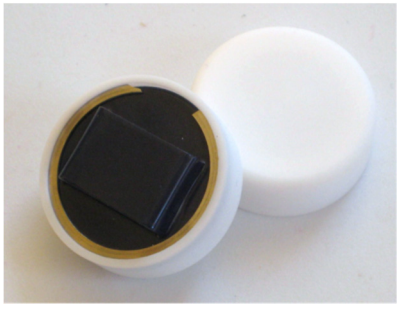


図 1. UV dosimeter badge
直径 3.6 cm、重さ 26 g

### 3. 食事調査

自記式食事歴法質問票（Diet History Questionnaire：DHQ）［4］を用いて食事調査を実施した。DHQ は調査日より前の 1 ヶ月間の食品摂取量を尋ねる質問票であり、栄養素や食品の習慣的摂取量を定量的に評価できる。

### 4. 血液検査およびその他の測定

2017 年 9 月 11 日～15 日の間のいずれかの日に、血清ビタミン D 濃度の指標として 25-OH ビタミン D を測定した。LSI メディエンス社に検査を依頼した。検査項目名は 25（OH）ビタミン D 分画であり、LC-MS/MS 法で測定した。血清カルシウム・無機リン濃度、副甲状腺ホルモンである PTH-intact も測定した。さらに、身長と体重、血圧の測定を行った。

### 5. データ解析

紫外線曝露量、経口ビタミン D 摂取量、血清中ビタミン D 濃度をそれぞれ記述し、値の関連を相関係数で検討した。

## 結　果

### 1. 調査実施状況

1 人不参加であり、59 人（男性 30 人、女性 29 人、20～60 代の各年代 12 人ずつだが 30 代のみ 11 人）からデータを取得した。身体測定の結果を表 1 に示す。年齢が高いほど血圧は高かった。

表 1. 研究対象者特性（59 人）

| | 身長 (cm) | | 体重 (kg) | | BMI ($kg/m^2$) | | 収縮期血圧 (mmHg) | | 拡張期血圧 (mmHg) | | 心拍数 (回/分) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均値 | SD | 平均値 | SD | 平均値 | SD | 平均値 | SD | 平均値 | SD | 平均値 | SD |
| 全員 | 163.0 | 7.6 | 61.6 | 11.9 | 23.1 | 3.8 | 128.3 | 16.7 | 78.2 | 12.0 | 74.3 | 11.5 |
| 男性 | 168.2 | 5.6 | 66.4 | 10.7 | 23.5 | 3.6 | 130.5 | 13.1 | 80.0 | 12.4 | 73.8 | 11.2 |
| 女性 | 157.5 | 5.2 | 56.5 | 11.0 | 22.7 | 4.0 | 126.0 | 19.7 | 76.4 | 11.5 | 74.8 | 11.9 |
| 20 代 | 164.4 | 8.7 | 63.0 | 13.1 | 23.2 | 4.2 | 123.2 | 10.8 | 72.9 | 6.6 | 78.3 | 12.1 |
| 30 代 | 165.2 | 5.6 | 62.6 | 11.0 | 23.0 | 3.8 | 114.3 | 8.5 | 70.9 | 8.1 | 69.1 | 9.7 |
| 40 代 | 164.7 | 6.9 | 62.0 | 13.1 | 22.7 | 3.9 | 124.0 | 11.1 | 74.5 | 10.2 | 72.6 | 10.5 |
| 50 代 | 162.9 | 7.1 | 60.4 | 10.1 | 22.8 | 4.0 | 138.3 | 18.6 | 85.3 | 13.8 | 76.9 | 12.6 |
| 60 代 | 157.8 | 8.1 | 59.9 | 13.4 | 23.8 | 3.5 | 140.3 | 17.5 | 86.8 | 11.4 | 74.1 | 11.6 |

身体測定、血圧測定の結果を示す。全員、男女別、年代別で平均値と標準偏差（SD）を示した。

### 2. 測定値の記述

（1）紫外線曝露

Dosimeter で測定された 1 日あたりの紫外線曝露エネルギー量と行動日記の結果を勘案し、dosimeter を装着していて、測定ができているかどうかを判断した。平均測定日数は男性で 11.4 日、女性で 12.4 日となった。測定値は表 2 に示す。Dosimeter で得られた上腕部単位面積当たりの紫外線曝露エネルギー量を全曝露エネルギー量に換算する方法（曝露部位（服装）、日焼け止めの使用有無、天気などを考慮予定）は検討中であり、示した値は暫定値である。実暴露時間には男女差はなかったが、若年層（調査対象者のうち、若い方から 3 分の 1 を含む）で実曝露時間が短かった。実曝露量は全累積曝露エネルギー量を測定日数で除した値である。こちらは女性で低く、若年層で低かった。

表 2. 紫外線曝露状況（59 人）

| 変数 | | 平均 | 標準偏差 |
|---|---|---|---|
| 実曝露時間（分/日）<br>（UV カウントの出ていた全累積時間/測定日数） | 男性 | 141.0 | 135.7 |
| | 女性 | 142.6 | 158.5 |
| | 若年層 | 59.6 | 76.8 |
| | 中年層 | 187.5 | 133.1 |
| | 高年層 | 174.2 | 178.1 |
| 実曝露エネルギー量（μJ/cm2、1 日あたり）<br>（全累積曝露エネルギー量/測定日数） | 男性 | 183550.0 | 231821.0 |
| | 女性 | 130090.7 | 116171.8 |
| | 若年層 | 66835.1 | 53904.3 |
| | 中年層 | 214049.8 | 267182.4 |
| | 高年層 | 186413.3 | 132389.8 |

(2) 食事からのビタミン D 摂取量

エネルギーおよびビタミン D 摂取量の平均値を表 3 に示す。食事調査では多くの場合過少申告がなされることが知られている。本研究でも推定エネルギー必要量に対し算出されたエネルギー摂取量粗値は小さく、過少申告の可能性が示唆された。主なビタミン D 摂取源は魚介類、次いで卵類であった。

表 3. 食事調査結果（摂取量平均値、計 59 人）

| 性別 | 栄養素 | 単位 | 粗値<br>1 日あたり | EER*<br>1 日あたり | 1000kcal<br>あたり | 食事摂取基準<br>(30～49 歳) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 男性<br>30 人 | エネルギー | kcal | 2098 | | | |
| | 推定エネルギー必要量 | kcal | | 2470 | | 2650 |
| | ビタミン D | μg | 5.5 | 6.4 | 2.6 | (5.5)** |
| 女性<br>29 人 | エネルギー | kcal | 1620 | | | |
| | 推定エネルギー必要量 | kcal | | 1851 | | 2000 |
| | ビタミン D | μg | 5.3 | 5.8 | 3.2 | (5.5)** |

＊EER：推定エネルギー必要量。EER1日あたりの摂取量は、調査対象者がEERに当たるエネルギーを摂取していると仮定して計算した。1000 kcalあたり摂取量は、調査対象者が1000 kcal摂取したときのビタミンD摂取量。

＊＊ビタミンDに対する食事摂取基準の指標値は目安量である。

(3) 血清ビタミン D 濃度ほか、血液検査

血液検査の結果を表 4 に示す。血清ビタミン D 濃度は男性で高く、高齢者で高かった。

表 4. 血液検査結果（計 59 人）

| | ビタミン D<br>(ng/mL) | | カルシウム<br>(mg/dL) | | リン<br>(mg/dL) | | 副甲状腺ホルモン<br>(pg/mL) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 平均値 | SD | 平均値 | SD | 平均値 | SD | 平均値 | SD |
| 全員 | 22.9 | 6.8 | 9.4 | 0.3 | 3.3 | 0.6 | 45.2 | 15.0 |
| 男性 | 25.7 | 6.6 | 9.5 | 0.4 | 3.1 | 0.5 | 42.7 | 11.8 |
| 女性 | 20.0 | 5.8 | 9.3 | 0.3 | 3.5 | 0.6 | 47.8 | 17.6 |
| 20 代 | 19.1 | 6.3 | 9.4 | 0.4 | 3.5 | 0.4 | 45.4 | 16.7 |
| 30 代 | 22.0 | 6.0 | 9.5 | 0.3 | 3.1 | 0.3 | 39.6 | 14.9 |
| 40 代 | 22.6 | 8.0 | 9.4 | 0.3 | 3.1 | 0.7 | 43.7 | 16.5 |
| 50 代 | 22.3 | 5.2 | 9.4 | 0.3 | 3.4 | 0.8 | 46.0 | 10.9 |
| 60 代 | 28.2 | 5.5 | 9.3 | 0.4 | 3.4 | 0.6 | 50.7 | 15.7 |

### 3. 紫外線曝露量・経口ビタミンD摂取量および血清ビタミンD濃度の関連

血清ビタミンD濃度、経口ビタミンD摂取量、魚介類摂取量、年齢、紫外線実曝露時間、紫外線実曝露量について、Spearmanの相関係数を算出し、男性について表5、女性について表6にまとめた。p値は帰無仮説：相関係数=1についての検定結果を示す。男性では経口ビタミンD摂取量、紫外線実曝露量の両方が血清ビタミンD濃度と相関していた。女性では紫外線実曝露量が血清ビタミンD濃度と相関しており、経口ビタミンD摂取量は有意には相関していないという結果であった。一方で、魚介類摂取量と血清ビタミン D 濃度の相関が認められ、また年齢と魚介類、ビタミンD摂取量との相関も認められた。今回の調査対象者59人全員を含む散布図を図2に示す。図2（a）のx軸は経口ビタミンD摂取量、y軸は血清ビタミンD濃度、(b) のx軸は紫外線実曝露量、y軸は血清ビタミンD濃度である。

表5. 測定値間のSpearman相関係数（男性30人）

| | | 経口VD摂取量 | 魚介類摂取量 | 年齢 | 紫外線実曝露時間 | 紫外線実曝露量 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 血清VD | 相関係数 | 0.40 | 0.22 | 0.28 | 0.36 | 0.58 |
| | p値 | 0.03 | 0.24 | 0.14 | 0.05 | 0.00 |
| 経口VD摂取量 | 相関係数 | 1 | 0.87 | 0.10 | 0.14 | 0.30 |
| | p値 | | <.0001 | 0.59 | 0.48 | 0.11 |
| 魚介類摂取量 | 相関係数 | | 1 | 0.23 | 0.11 | 0.18 |
| | p値 | | | 0.22 | 0.57 | 0.33 |
| 年齢 | 相関係数 | | | 1 | 0.30 | 0.39 |
| | p値 | | | | 0.11 | 0.03 |
| 紫外線実曝露時間 | 相関係数 | | | | 1 | 0.76 |
| | p値 | | | | | <.0001 |

各測定値間のSpearman相関係数を示す。

表6. 測定値間のSpearman相関係数（女性29人）

| | | 経口VD摂取量 | 魚介類摂取量 | 年齢 | 紫外線実曝露時間 | 紫外線実曝露量 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 血清VD | 相関係数 | 0.36 | 0.47 | 0.70 | 0.43 | 0.64 |
| | p値 | 0.06 | 0.01 | <.0001 | 0.02 | 0.00 |
| 経口VD摂取量 | 相関係数 | 1 | 0.88 | 0.37 | 0.46 | 0.07 |
| | p値 | | <.0001 | 0.05 | 0.01 | 0.72 |
| 魚介類摂取量 | 相関係数 | | 1 | 0.40 | 0.51 | 0.20 |
| | p値 | | | 0.03 | 0.00 | 0.31 |
| 年齢 | 相関係数 | | | 1 | 0.55 | 0.48 |
| | p値 | | | | 0.00 | 0.01 |
| 紫外線実曝露時間 | 相関係数 | | | | 1 | 0.49 |
| | p値 | | | | | 0.01 |

各測定値間のSpearman相関係数を示す。

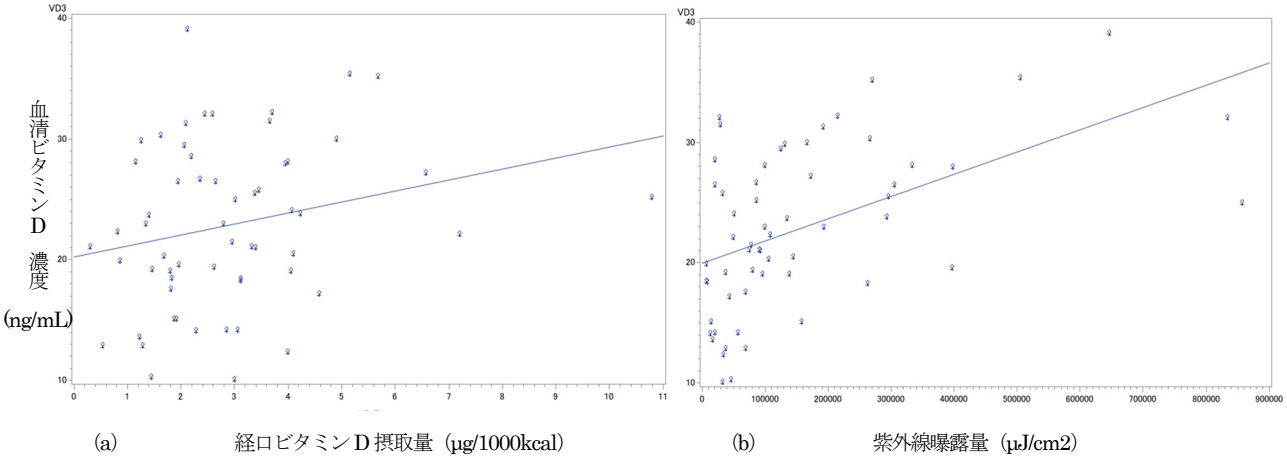



図 2. 経口ビタミン D 摂取量・紫外線曝露量と血清ビタミン D 濃度の関連（散布図）
(a) 経口 VD 摂取量と血清 VD の関連　(b) 紫外線曝露量と血清 VD の関連　を示す。

## 考　察

血清ビタミン D 濃度と紫外線曝露量、また血清ビタミン D 濃度と経口ビタミン D 摂取量の間には関連があった。相関係数の大きさは血清ビタミン D 濃度と紫外線曝露量のほうが大きかった。紫外線曝露量については、日やけ止めの使用や天気などさらに考慮すべき要素があり、検討を続ける予定である。また、特に女性で年齢と紫外線曝露量、年齢とビタミン D 摂取量の間に関連があり、交絡因子の影響を考慮した解析方法を検討する必要がある。今後、異なる季節や緯度の異なる土地での測定も実施し、至適紫外線曝露量、経口ビタミン D 摂取量についての検討を継続する予定である。

## 共同研究者・謝辞

本研究の共同研究者は、東邦大学医学部社会医学講座衛生学分野の朝倉敬子と東海大学工学部医用生体工学科の衛藤憲人である。研究実施にあたり、多大なるご協力をいただいた積丹町役場の皆様、および積丹町在住・在勤で研究参加を頂いた皆様に心から感謝いたします。

## 文　献

1) Wintermeyer E, Ihle C, Ehnert S, Stöckle U, Ochs G, de Zwart P, Flesch I, Bahrs C, Nussler AK. Crucial Role of Vitamin D in the Musculoskeletal System. Nutrients. 2016 Jun 1;8(6). pii: E319. doi: 10.3390/nu8060319.
2) Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Dietary reference intakes for calcium and vitamin D. National Academy Press. Washington D.C. 2011.
3) 菱田明、佐々木敏　監修．日本人の食事摂取基準（2015 年版）．第一出版株式会社．東京．2014.
4) Kobayashi S, Honda S, Murakami K, Sasaki S, Okubo H, Hirota N, Notsu A, Fukui M, Date C. Both comprehensive and brief self-administered diet history questionnaires satisfactorily rank nutrient intakes in Japanese adults. J Epidemiol. 2012;22(2):151-9. Epub 2012 Feb 18. PMID:22343326.