

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 7 月 3 日現在

機関番号：31503

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22500755

研究課題名（和文） 日中韓地域住民のケイ素摂取量と栄養に関する研究

研究課題名（英文） Dietary intake of silicon and nutritional situation of the peoples investigated by the food duplicate method in Japan, China and Korea

研究代表者

渡邊 孝男（TAKAO WATANABE）

東北文教大学・人間科学部・教授

研究者番号：20004608

研究成果の概要（和文）：

日中韓の成人、園児等地域住民を対象に陰膳法の食事調査で採取した検体によりケイ素摂取量の測定を実施した。(1)日本国内の飲料水中のケイ素は九州と東北地方に20 mg/Lを越す高濃度地域が認められた。食事中ケイ素摂取量は数十mgと推定されるが、飲料水のSi高濃度地域は食事摂取量の50%を越すことが示唆される。日本のケイ素濃度は中国よりも全体的に高い。(2)園児の爪中のケイ素等各種元素の測定を実施した。元素濃度は個人、園間での変動幅が大きい。

研究成果の概要（英文）：

Dietary intake of silicon and other elements were investigated for the adult and children inhabitants in Japan, China and Korea. For this purpose, 24-hour food duplicate samples were collected. The minerals in each sample were instrumentally measured by use of ICP-AES, AAS and ICP-MS. (1) There was a wide variation of silicon concentrations of the drinking water by home and region respectively among Japan, China and Korea. Its findings would be considered to be large effects on the dietary silicon intake. (2) Silicon and other element concentration of finger nail for children show a wide variation by each and the kindergarten in China and Korea.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：陰膳食事調査、栄養摂取量、ケイ素、多元素、飲料水、爪、地域住民、日中韓

## 1. 研究開始当初の背景

ケイ素 (Si) はケイ酸等の化学形態で地殻中に存在し、酸素について2番目に多い元素

(約 28.2%) であり、動植物に共通して分布し、必須栄養素の一つである。ケイ素は海洋にあっては食物連鎖の基点となる光合成を

担うプランクトンのケイ藻類と直結して重要な役割を担っている。人での Si の栄養機能については 1900 年代初期から関心が持たれていたが、具体的な研究は 1970 年代以降になってからで、動物実験や疫学的研究から結合組織の発達、特に皮膚や骨形成に重要な役割を持ち、食事からの Si 摂取量と相関することも明らかにされた。また、加齢と共に血管壁の Si 濃度の減少や Si 摂取量の不足による骨粗鬆症等の慢性健康影響も報告されている。一方、窒素、リンと共にその物質循環の有様が海洋の生態系に大きく影響し、特に水質の富栄養化が水中ケイ素を減少させ、赤潮発生のリスク要因として、その関連性が国際的に注目されている。

Si の物理、化学的特性は半導体や各種の有機化合物原料として生産量およびその作業従事者の増大と市民生活の中での利用機会が拡大し、人との接点も増加しているが、環境および生体における動態については不明が多い。なお、Si は古くから職業性粉塵（遊離ケイ酸高濃度）暴露作業に従事する人々での珪肺症が知られている。

報告者らは食事からのミネラルや微量元素摂取量の慢性健康影響に注目し、1970 年代後半から陰膳実測法による個人別食事調査と血液検査を主とする健康調査を地域住民の協力を得て国内およびアジア地域で実施して来た。Ca、Mg、P 等のミネラルおよび Fe、Zn、Cu の必須微量元素、Cd や Pb の汚染微量元素の食事からの摂取量や血中濃度の測定を実施し、その実態について研究発表を行って来た。これまでの測定当該元素はいずれも食物、血液中の有機物質を硝酸、過塩素酸で加熱酸化分解する前処理後に測定する方法によっており、この前処理法では Si が消失する割合が多いことから研究対象から外して来た。近年、Cl 測定に調整した食

事検体を使用し、トリメチルアンモニウム溶液によるアルカリ溶解および抽出による Si 測定が期待できる状況になった。

## 2. 研究の目的

第一は、高齢化社会での QOL に深く関る骨粗鬆症の予防に寄与すると指摘される必須栄養の Si 摂取量の実態を明らかにし、Ca、Mg、P と共に骨代謝への相互作用について検証する。同時に、Si の結合組織の発達作用に注目し、アジア地域の小児の発育・発達と Si 摂取量との関係を明らかにする。とくに生体濃度(Body burden の評価)および栄養状況を食事からの摂取量と照合しながら小児に負担のかからない毛髪や爪で観察する方法（非侵襲的方法）の意義を検証し、確立すること。第二は、地殻依存性の高い元素であることを踏まえ、地理的条件の異なる日中韓の各地域での Si 摂取量の地理的偏差と飲料水由来 Si 摂取量の相違について明らかにすること。第三は、Si は最も身近な元素であり、可溶性成分は簡便な水抽出法等の前処理やろ過処理だけで測定が可能であることからライフサイエンス教育や環境科学教育の教材化を検討すること。

## 3. 研究の方法

1. 1990 年代以降に調査している日中韓地域住民成人女性の食事、尿中の Si の測定：(1) 国内の調査対象は北海道から沖縄にいたる冬季の全国 22 地区、約 750 の陰膳実測法による丸一日分の食事検体と飲料水および尿検体中 Si の測定。(2) 中国の北京、上海、済南、西安、湖南、南寧、長春の各 1 地区 50 名、全体約 550 名の地域住民成人女性の食事、尿中 Si の測定。(3) 韓国済州地区地域住民成人女性の 70 名の食事、尿中 Si の測定
2. 2000～2005 年調査の園児の食事、尿、

毛髪、つめおよび飲料水中 Si 測定：対象者は日中韓各地区の幼稚園の協力で参加された就学前4歳から6歳の幼稚園男女児。(1)宮城県内：14 幼稚園男女園児 296 名。(2)中国、韓国：①中国は北京市3幼稚園の80名、山東省済南地区2幼稚園の78名、湖南省長沙地区2幼稚園79名、吉林省長春地区2幼稚園80名、陝西省西安市2幼稚園40名。②韓国ソウル市1幼稚園、済州道3幼稚園の合計4幼稚園の113名、

3. Si の測定方法：(1)飲料水：1%硝酸・1%塩酸濃度に調整して測定する。(2)食事検体：超精製水で2倍希釈した食事検体を5%トリメチルアンモニウム溶液 (TMA) を加え、超音波ホモジナイザーで再微細化後に恒温槽で加熱浸透し、Si を水溶液中に抽出する。(3)毛髪、爪検体：5%TMA でアルカリ・加熱溶解処理をする。(4)尿検体：尿を5%TMA でアルカリ・加熱分解する。(5)Si 測定は前処理後の試料により原子発光分光分析法 (ICP-AES) を用い、簡便標準添加検量線法で定量する。

#### 4. 研究成果

##### I 食事調査による飲料水中の Si, Ca, Mg 濃度

【結果】1.国内の飲料水中 Si, Ca, Mg : 90年代の北海道～沖縄の20都道府県29地域678検体の Si, Ca, Mg 濃度の平均値 (mg/L)は各 11.0、15.1、3.80 であり、地域別の最小と最大値の各々は、1.3 と 28.7、2.0 と 38.2、0.7 と 12.5 である。2.中国の飲料水中 Si, Ca, Mg : 90年代10地域345検体の Si, Ca, Mg 濃度の平均値 (mg/L)は各 6.2、45.6、11.6、地域別の最小と最大値は各々、3.0 と 11.1、20.4 と 97.8、2.7 と 19.9 である。3.韓国の飲料水中 Si, Ca, Mg : 90年代の1地域53検体の Si, Ca, Mg 濃度の平均値 (mg/L)は 15.8、7.3、6.1 である。4.日中韓幼稚園児の飲料水中 Si, Ca, M

g : 2003～5年の10幼稚園220検体の Si, Ca, Mg 濃度の平均値 (mg/L)は 6.0、36.0、9.8 で、園別の最小と最大値は各々 2.8 と 18.1、2.0 と 38.2、1.3 と 24.0 である。【考察】飲料水中の Si は九州と東北地方に 20 mg/L を越す高濃度地域が認められた。Si 摂取量は Ca や Mg に比較し 10 分の 1 程度と考えられ、飲料水による摂取割合が相対的に大きく、Si 濃度の高い地域は 50% を越す割合が示唆される。日本の Si 濃度は中国よりも全体的に高く、Ca と Mg は中国が日本、韓国よりも高値である。

(I の図表は別途添付)

##### II 非侵襲的方法による小児の微量元素の摂取と栄養に関する研究 爪中元素濃度

###### 【結果と考察】

爪中元素濃度；(1)性差：男女間での明らかな相違はなく、毛髪で観察されたような例は無い。(2)栄養元素濃度：各元素濃度とも個体間変動が大である。高濃度順に Ca、Na、K、P、Mg、Zn、Fe となり、数百から百 ppm を示す。次が Cu、Mn、B、I、Cr、Se の順で 10 から 1ppm 前後と続く。Co、Mo、Ge、Li はいずれも ppb レベルである。

(3)環境汚染元素濃度：環境汚染元素の Cd, Pb, As, Se, Cr, Li, Mo, Ni 濃度は Al、Pb、Br、Ni が ppm、Hg、As、Cd は数百から百 ppb レベルを示し、いずれも個体間変動が非常に大きい。(4)日中韓の園別元素濃度：Cd と Pb は韓国と中国の各園児で高い。As は中国が高い。V と Ni は韓国、とくに済州地区園児が高値を示す。Hg は日本園児が高値を示す。Br は韓国、日本が高い。I は日本が最小で韓国、中国が高い。Cu は韓国が高値。Fe、Zn、Mn は韓国、中国は等しく高値で日本が最小

(II の図表は別途添付)

##### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者に

は下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

1. H. Nakatsuka, S. Shimbo, T. Watanabe,  
K. Yaginuma-Sakurai and M. Ikeda(2013),  
Applicability of food composition tabl  
es as a tool to estimate mineral and tr  
ace element intake of pre-school childr  
en in Japan: A validation study, Journa  
l of Trace Elements in Medicine and Bio  
logy, (査読あり) <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtemb.2013.02.002>

〔学会発表〕(計3件)

1. 渡辺 孝男、小児の毛髪多元素分析による  
環境と栄養についての検討、第50回東北公  
衆衛生学会、2010年7月、山形市

2. 渡辺 孝男、猿渡 英之、中塚 晴夫、  
新保 慎一郎、池田 正之、日中韓地域住民  
の微量元素摂取量 - 飲料水中のS i、C a、  
M g濃度について、第82回日本衛生学会、  
2012年3月、京都大学

3. 渡辺 孝男、中塚 晴夫、王 培玉、猿  
渡 英之、非侵襲的方法による小児の微量元  
素の摂取と栄養に関する研究 - 爪中元素濃  
度、第83回日本衛生学会、2013年3月、金  
沢大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

渡邊 孝男 (TAKAO WATANABE)  
東北文教大学・人間科学部・教授  
研究者番号：20004608

### (2) 研究分担者

猿渡 英之 (HIDEYUKI SAWATARI)  
宮城教育大学・教育学部・教授  
研究者番号：30221287