

横手盆地の地下水のマンガンについて (第5報) —環境因子としての地形, 地質, 土壌からの考察—

松尾 無子* 小林 淑子* 池田 清 一**

キーワード: マンガン濃度分布図, 環境因子, 地下水

I はじめに

秋田県横手盆地の一部の地下水に高濃度のマンガン(Mn)が検出される問題について, 著者らはその溶出原因について検討し前報^{1)~4)}に報告してきた。

今回は横手盆地および周辺地域に拡大し, 当所に依頼検査として搬入された原水のマンガンの分析値を用い, コンピュータによるマンガン濃度分布図の作成を試みた。

また, 原水を表流水, 伏流水, 湧水, 浅井戸および深井戸の形態別に分類し, マンガン溶出との関連について検討し, 更に, マンガンの溶出には, 地形, 地質および土壌等の環境因子も影響すると考えられるので, マンガンの分析値にこれらの因子を組み入れた解析を行い, 高濃度をもたらすマンガン溶出現象の理由について総合的に考察したので報告する。

II 調査概要

A. 調査地域

調査地域は横手盆地および周辺地域の22市町村(雄勝町, 皆瀬村, 東成瀬村, 稲川町, 湯沢市, 羽後町, 増田町, 山内村, 十文字町, 雄物川町, 平鹿町, 横手市, 大雄村, 大森町, 六郷町, 仙南村, 大曲市, 仙北町, 千畑町, 太田町, 中仙町および角館町)である。

B. 調査方法

統計解析に用いたマンガンの分析値は, 当所で昭和47年度から昭和57年度にわたって分析した飲料水の値である。マンガンの分析は上水試験法⁵⁾に準じた。

取水地の場所確認については, 県環境衛生課作成の秋田県水道地図により照合した。取水地と地形, 地質および土壌については, 土地分類基本調査(秋田県5万分の1)の各地図を使用した。地図は, 湯沢⁶⁾, 稲庭・焼石岳⁷⁾, 浅舞⁸⁾, 横手⁹⁾, 大曲¹⁰⁾, 六郷¹¹⁾, 刈和野¹²⁾, 角館・鶯宿¹³⁾の各地形図, 表層地質図および土壌図を用いた。

統計解析および地図化に使用した機種は, 富士通 FACOM M730 コンピュータおよび富士通グラフィック

6A(図形端末処理装置)である。統計処理には, FACOM OSIV/ESP, DSSIII/ANALYST および地図区画表現には MANAGER の標準メッシュ法・第三次地域区画¹⁴⁾を使用した。1メッシュは約1km四方に相当する。各メッシュ(地域コード)には取水地マンガンの分析値のほかに, 地形, 地質および土壌の種類をそれぞれ地図から読み取り入力した。

C. 調査内容

1. マンガン濃度分布図の作成

横手盆地および周辺地域の表流水および地下水に含まれるマンガン濃度を全体的に把握するため, メッシュ内の取水地の平均値をもって濃度分布図の作成を試みた。

2. 形態別による分類とマンガン濃度

原水を地表水として表流水(河川水), 地下水として伏流水, 湧水そして井水(浅井戸, 深井戸)に分類し, それらの形態とマンガン濃度との関連について調べた。

3. 環境因子とマンガン濃度

取水地の背景となる環境因子として地形, 地質および土壌を取り入れて, それらの因子が原水のマンガン濃度に及ぼす影響を調べた。

III 結果

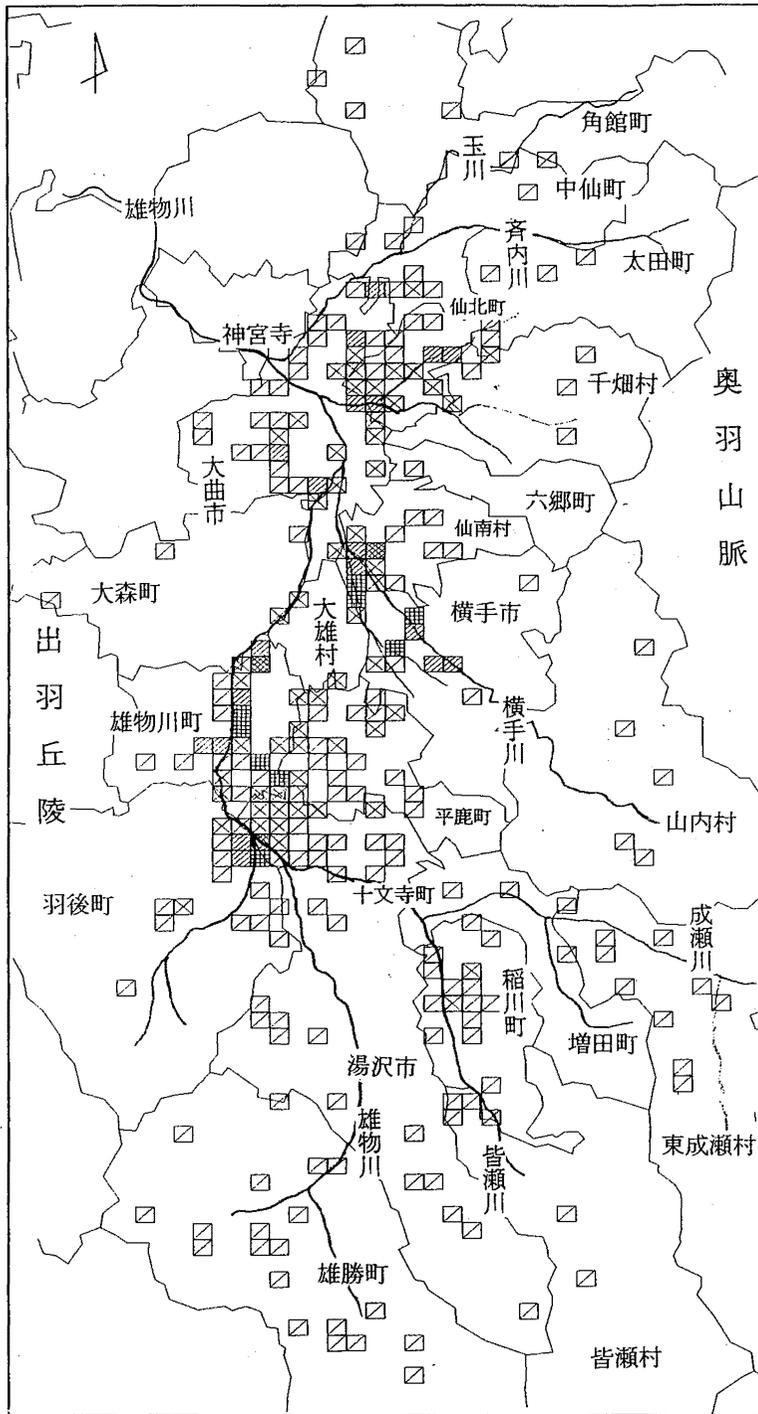
A. マンガン濃度分布図

横手盆地および周辺地域における地表水および地下水に含まれるマンガン濃度の値を算術平均値と第三次メッシュ法を用いてコンピュータ処理し, マンガン濃度分布図を作成し, 図1に示した。この濃度分布図からみられるようにマンガン濃度は十文字町, 羽後町, 平鹿町, 雄物川町, 横手市西部, 大曲市, 仙北町, 仙南村西部に高く検出された。この地域は盆地平野部の西半分に相当する地域にあり, 小西の停滞性地下水域¹⁵⁾とほぼ一致した。

また, 盆地南側の雄勝町, 皆瀬村, 湯沢市および東成瀬村から角館にかけては盆地東側山麓地のいわゆる流動性地下水域¹⁶⁾に位置し, マンガン濃度は極めて低い値で

*秋田県衛生科学研究所

**秋田県大館保健所



凡例 (単位: mg/l)

| | |
|--|--------------|
| | < 0.03 |
| | 0.03 0.30 |
| | 0.30 1.00 |
| | 1.00 2.00 |
| | 2.00 3.00 |

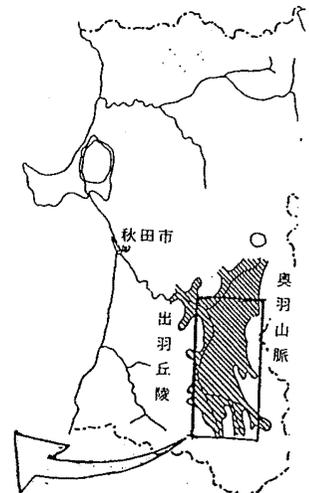


図1 横手盆地および周辺地域におけるマンガン濃度分布図

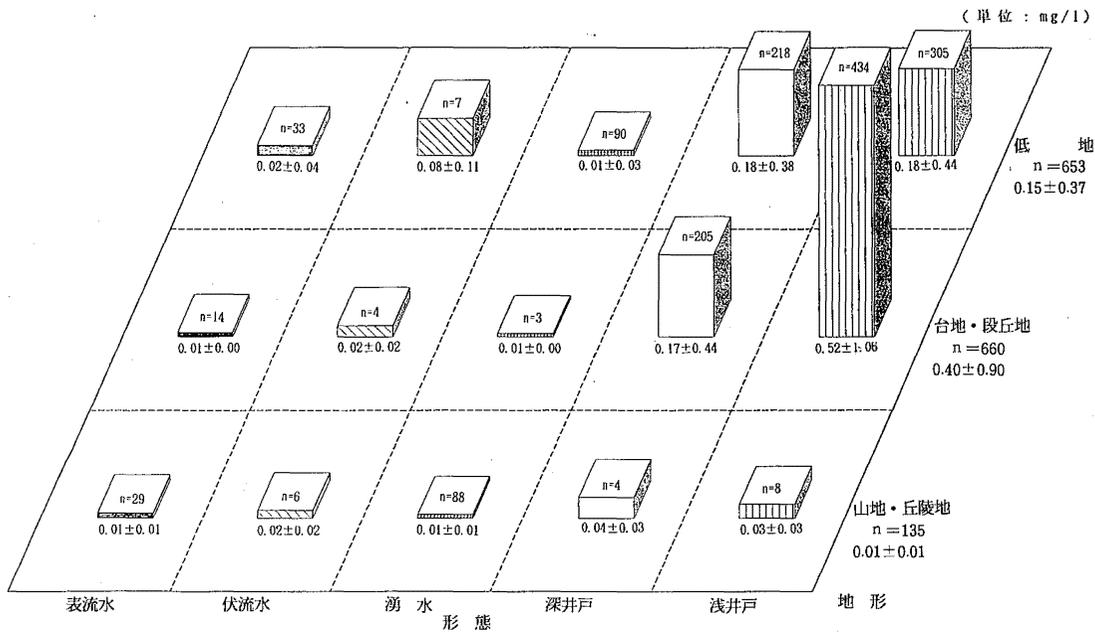


図2 原水の形態別、地形とマンガン濃度

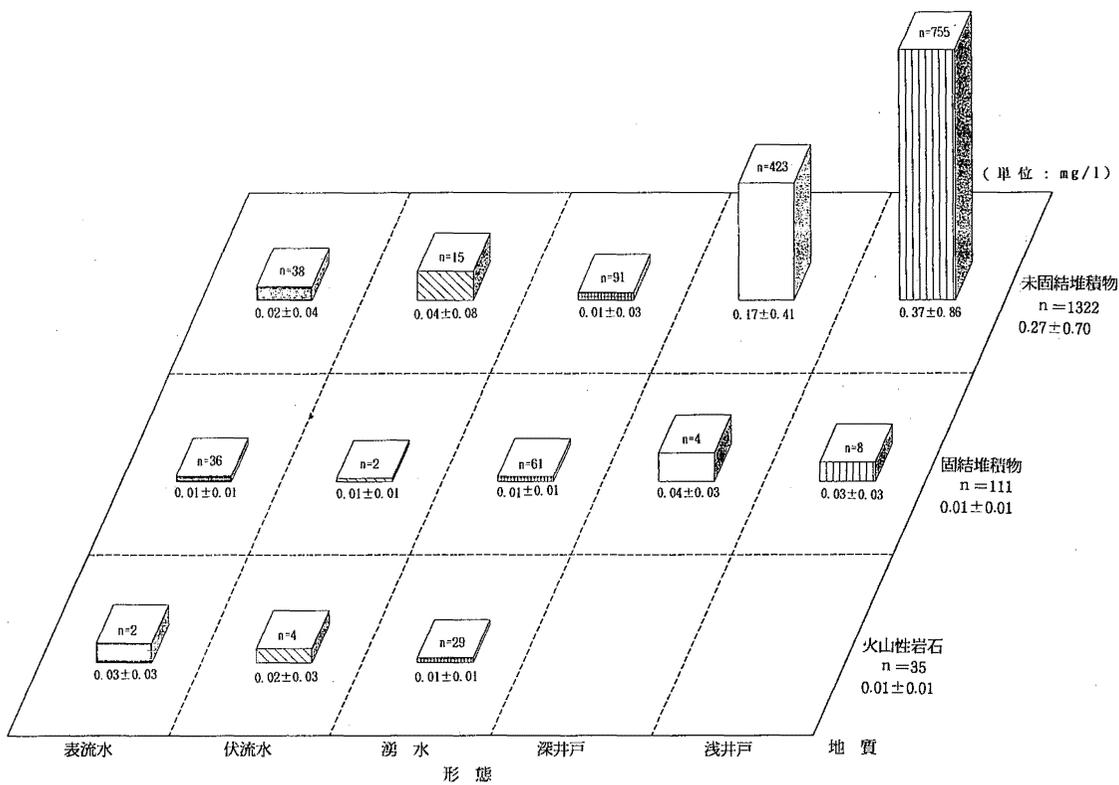


図3 原水の形態別、地質とマンガン濃度

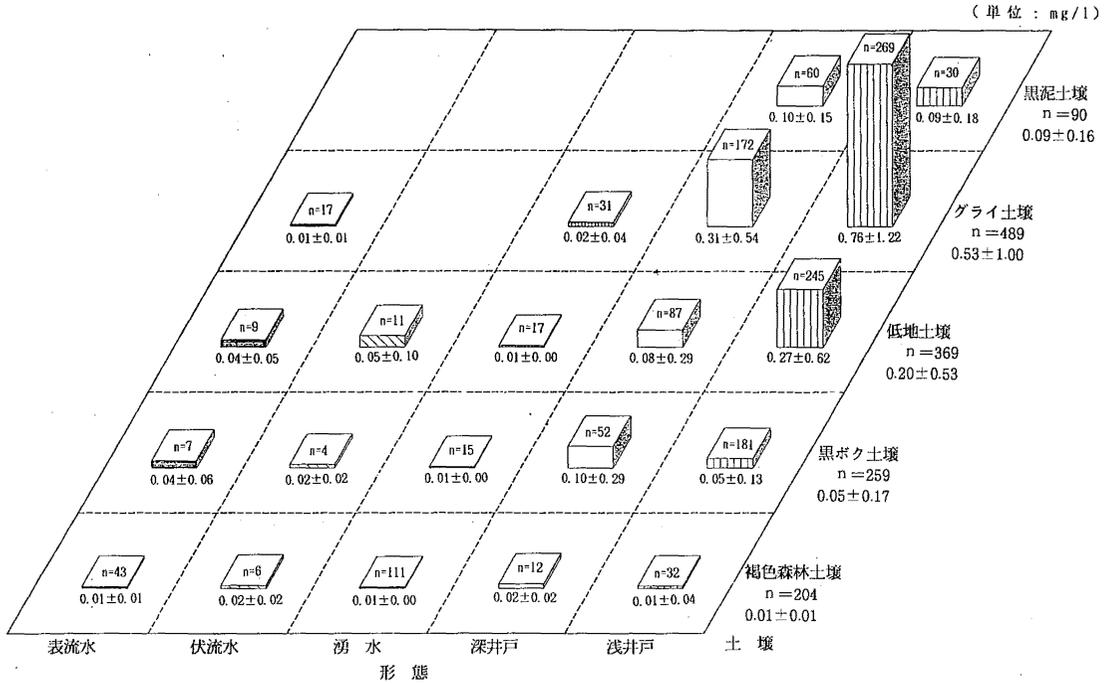


図4 原水の形態別, 土壤とマンガン濃度

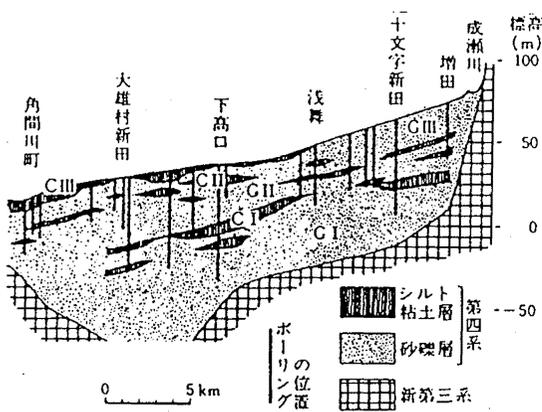


図5 横手盆地の水文地質断面図 (東北農政局計画部, 1988にもとづく)

あった。

B. 原水の形態とマンガン濃度

同一地域の地表水と各形態別地下水のマンガン濃度との関係を平均値で示したのが表1である。表1から明らかのように浅井戸のマンガン濃度が $0.37 \pm 0.86 \text{ mg/l}$ と最も高く、次いで深井戸が高く、表流水、伏流水および湧水は低い濃度であった。形態別に特徴的であったことは、浅井戸のマンガン濃度は深井戸の2.2倍、湧水に

対しては37倍であった。

表1 形態別マンガン濃度

| 形態別 | N | M ± S D | 最大値～最小値 |
|-----|-----|-----------------|-----------|
| 表流水 | 84 | 0.02 ± 0.03 | 0.17～0.01 |
| 伏流水 | 27 | 0.03 ± 0.06 | 0.29～0.01 |
| 湧水 | 221 | 0.01 ± 0.02 | 0.19～0.01 |
| 浅井戸 | 763 | 0.37 ± 0.86 | 8.74～0.01 |
| 深井戸 | 430 | 0.17 ± 0.04 | 2.64～0.01 |

(単位 : mg/l)

C. 環境要因とマンガン濃度

1. 地形とマンガン濃度

本地域の飲料水原水の取水地を地形分類図^{(9)~(13)}に照合したところ76種類に分類された。凡例の大区分から従うと、①山地・丘陵地、②台地・段丘地(砂礫段丘Ⅲ～Ⅴ)、③低地(谷底平野、扇状地、扇状地前延構造低地および氾濫平野)の3つに区分された。地形と原水の形態およびマンガン濃度との関連を図2に示した。図2から明らかのようにマンガン濃度は台地・段丘地の原水に高く、逆に低地、山地・段丘地の順に低かった。そして、台地・段丘地の浅井戸で、マンガン濃度が $0.52 \pm 1.06 \text{ mg/l}$ と最も高く、低地の浅井戸の約2.9倍、山地・丘陵地の17倍、また、深井戸の約3倍、表流水や湧水の2倍であった。低地におけるマンガン濃度は、浅井戸、深井

戸ともにほぼ $0.18\text{mg}/\ell$ であったが、山地・丘陵地では形態別の差はほとんどみられなかった。

2. 表層地質とマンガン濃度

地質についても地形と同様に表層地質図と照合したところ 40 種類に分類されたが、凡例区分により①火山性岩石岩および深成岩、②固結堆積物（泥岩および砂岩・凝灰岩互層等）、③未固結堆積物（段丘堆積物、扇状地堆積物、扇状地前延扇状構造堆積物および沖積低地堆積物）の 3 大区分に分類し検討した。表層地質と原水の形態およびマンガン濃度の関連を図 3 に示した。図 3 から明らかなように、マンガン濃度が高く検出されたところは未固結堆積物における原水で、その濃度は $0.27 \pm 0.70\text{mg}/\ell$ と固結堆積物や火山性岩石の約 27 倍であった。未固結堆積物におけるマンガン濃度を形態別にみると、浅井戸が $0.37 \pm 0.86\text{mg}/\ell$ で最も高く検出され、深井戸の約 2.2 倍、湧水の 37 倍であった。固結堆積物や火山性岩石においては、原水の形態によってマンガン濃度に差はほとんどみられなかった。

3. 土壌とマンガン濃度

土壌の場合も同様に土壌図^{9)~13)}の凡例に従って照合したところ 65 種類に分類された。これを国土調査の土地分類作業規定に従うと①褐色森林土壌、②黒ボク土壌、③低地土壌（灰色、褐色）、④グライ土壌、⑤黒泥土壌の 5 つに区分された。土壌と原水の形態およびマンガン濃度との関連を図 4 に示した。図 4 からグライ土壌におけるマンガン濃度は $0.35 \pm 1.00\text{mg}/\ell$ と最も高く、次いで $0.20 \pm 0.53\text{mg}/\ell$ の低地土壌、そして、黒泥土壌、黒ボク土壌、褐色森林土壌の順に低い値を示した。グライ土壌においてマンガン濃度が最も高かったのは浅井戸の $0.76 \pm 1.22\text{mg}/\ell$ で、次いで深井戸であった。また、低地土壌でも浅井戸が高く、深井戸がこれに次ぎグライ土壌と同様の傾向を示した。

IV 考 察

横手盆地の平野部の地形は、成瀬川上流方向に高く、雄物川が盆地から流出する神宮寺狭窄部に向かって高度を漸減している。参考として横手盆地の水文地質断面図⁶⁾を図 5 に掲げた。本盆地の場合、流出口である神宮寺狭窄部が唯一の流路であるために、複雑な地形、地質、土壌および標高等が関与しあって、盆地特有な水質である流動性地下水および停滞性地下水域が形成されてきた。停滞性地下水の地層は一般に有機物が多く、還元性雰囲気環境にあり、有機物の分解に伴って還元状態が進むという報告¹⁴⁾がある。今回の調査結果から、マンガン濃度が高く検出された箇所はほぼ平野部西半分の停滞性地下水域であり、浅井戸および深井戸の地下水に

ほぼ一致した。また、湧水、表流水にはわずかしか検出されなかったが、これは酸性性雰囲気にあたるため溶存マンガンが低いとと考えられた。

環境因子の影響を総合して考察すると、地下水中のマンガン濃度は、山地・丘陵地においては極めて低く、台地・段丘地および低地の地下水中に高く検出された。これらの低地帯は、河川の氾濫、山岳地からの破砕物、有機物、泥、砂および粘土等の懸濁物質が長時間かつ重層的に積み重なって出来た未固結堆積物である。この堆積物は比較的粘土鉱物を多く含む土壌からなる無機、有機コロイド物質を豊富に含んでいる^{17)~18)}。そして、この土壌中に含まれるマンガンは無機、有機コロイドとの吸着¹⁹⁾、イオン交換またはキレート生成等を通じて比較的弱い結合で存在している^{20)~21)}とされている。このような粘土や有機物を含む堆積物に雨水等が浸透すると、弱い結合状態にあるマンガンを容易に溶解させるものと考えられる。また、地下水が停滞性地下水域にあって岩石および土壌構成物質と長時間接触する際にも、マンガンは徐々に地下水中に溶け込んでいくものと推定される。さらに、土中の有機物の分解に伴う還元の程度や塩化物イオン等の溶解に伴う酸性度の変化が、吸着物質からマンガンを地下水中に放出させ、溶存させる理由の一つとも考えられる。

上述の堆積物を含む平野や扇状地そして三角州が隆起して出来た地形が台地である。一般に台地の地下水は、季節的な水量の変動や段丘面で水の流れに不連続な箇所にも停滞する地域が生じ易い²²⁾、という観点から考慮すれば本地域において高いマンガン濃度がみられたことは理解できる。

また、土壌の分類からみれば、水はけの悪い水田地帯の麓、谷底地等の凹地に分布しているグライ土壌や低地土壌に接している地下水中にマンガン濃度が高かったことは、土層が水で飽和され、常時還元状態に置かれているため、マンガンが還元されて溶解し易くなると考えられる。一方、山地や丘陵地に多い褐色森林土壌の地下水にマンガン濃度の低い傾向がみられるのは、上記とは異なり土壌の養分や水分が少なく酸化的雰囲気にあり土層が硬いなどの性質から、他と比べ溶出成分が少なかったものと考えられる。

以上、本地域は、地形や標高、地質や土壌等が関与しあって水の流動方向や流速に影響を及ぼし、停滞性および流動性地下水域が生じている所である。この停滞性地下水域にあり、低地と接近している台地の浅井戸に高いマンガン濃度が検出されたことは、地質が泥や粘土、有機物等を多量に含んでいる未固結堆積物、また排水の極めて悪い還元性のグライ土壌や低地土壌等にそれぞれの環境因子が相互に重なりあった結果生じたことによるも

のと考察された。

V ま と め

横手盆地およびその周辺地域内の地下水に含まれるマンガン濃度について、水の形態別および環境因子別にコンピュータにより総合的な考察を行った。その結果、マンガン濃度が高く検出されたのは、水の形態では、浅井戸次いで深井戸、地形では台地・段丘地次いで低地、表層地質の面では細粒質の粘土や泥、腐植質を含んでいる未固結堆積物、しかも周年還元的地下環境にあるグライ土壌、低地土壌分布地域の地下水中に特徴的にみられた。

文 献

- 1) 芳賀義昭たち：横手盆地の地下水のマンガンについて（第1報）秋田県衛生科学研究所報，23，141—147（1979）
- 2) 芳賀義昭たち：横手盆地の地下水のマンガンについて（第2報）—横手盆地土壌の分析結果—秋田県衛生科学研究所報，24，167—171（1980）
- 3) 芳賀義昭たち：横手盆地の地下水のマンガンについて（第3報）—横手盆地泥炭の分析結果—秋田県衛生科学研究所報 24，173—176（1980）
- 4) 芳賀義昭たち：横手盆地の地下水のマンガンについて（第4報）—理論的考察—秋田県衛生科学研究所報 30，96—97（1986）
- 5) 厚生省環境衛生局水道環境部監修：上水試験方法，日本水道協会（1970），（1978）
- 8) 秋田県：土地分類基本調査〔浅舞〕（1978）
- 9) 秋田県：土地分類基本調査〔横手〕（1976）
- 10) 秋田県：土地分類基本調査〔大曲〕（1977）
- 11) 秋田県：土地分類基本調査〔六郷〕（1988）
- 12) 秋田県：土地分類基本調査〔刈和野〕（1979）
- 13) 秋田県：土地分類基本調査〔角館・鶯宿〕（1989）
- 14) 地図編：FACOM DSSⅢ/MANAGER
- 15) 小西泰次朗：秋田県横手盆地の水理地質学研究地質調査報告，18—30（1966）
- 16) 生出慶司たち：日本の地質 2 東北地方共立出版 220（1986）
- 17) 稲葉裕，和田攻訳 マンガン，アスベスト東京化学同人，2—11（1977）
- 18) 半谷高久，菅原健共著，地球化学入門，丸善 82—98（1975）
- 19) 前田正雄たち：土壌の基礎知識，農山漁村文化協会，58—76（1985）
- 20) 安倍善也・半谷高久訳，一般水質化学下 共立出版，357—518（1976）
- 21) 岩田進午たち，土壌の化学，学会出版センター，57—98（1980）
- 22) 山本莊毅，新版地下水調査法，古今書院，70—75（1986）