

부산시내 해수탕 수질 실태 연구

전대영* · 이승민 · 유숙진 · 김현실

수질보전과

Study on Water of Public Seawater Bath in Busan

Dae-Young Jeon †, Sung-Min Lee, Sook-Jin You and Hyun-Sil Kim

Water Conservation Division

Abstract

This study was performed to investigate the characteristic of the water of public seawater bath in Busan. Also we evaluated comparative analysis with coastal seawaters and spawaters. According to the investigation, seawater bath mostly used groundwater estimated seawater intrusion except 2 sites. In considering that the average value of pH was 7.5 in 30 sampling sites, the pH value of the standards for seawater bath must be adjusted to that of standards for general public bath or water for living. Total coliforms in the water of seawater bath using original seawater appeared high value, so they are require a sufficient pretreatment facility. Because the average electrical conductivity(EC) was over 2,000 μ S/cm and the concentration of EC, Cl⁻, SO₄²⁻, Na⁺, Mg²⁺ and K⁺ were highly correlated in the water of seawater bath, that could be estimated seawater intrusion and was also similar to composition of seawater. The water of seawater bath contains abundant ion substances, so it will be good for health.

Key Words: seawater bath, electrical conductivity(EC), ion substances

서 론

바쁜 현대인들의 지친 심신을 풀어주기 위한 가장 손쉬운 방법의 하나는 목욕이 아닐까 한다. 따뜻한 물에 몸을 담그면 지근지근 쌓인 스트레스가 어느새 사라지기 마련이다. 또한 목욕은 건강에도 좋다. 혈액순환도 촉진되고 몸속 노폐물이 배출되는 효과도 볼 수 있다. 우리가 목욕을 하는 이유는 단순히 몸을 깨끗하게 한다는 것만 아니라 몸의 건강을 위하여 생활화해 온 것이라고 할 수 있겠다.

우리나라는 신라시대에 목욕재계를 계율로 삼는 불교가 전해지면서 목욕이 습관화되었으며, 유교사상이 중시되었던 조선시대에는 내면의 아름다움과 외면의 아름다움을 동일시하는 이념으로 청결을 중시하였으므로 목욕 문화가 발달하였다. 근대적 개항 이후에는 목욕의 문화 차이로 불편을 느끼는 서양인을 위하여 서양식 호텔과 여관이 생겼으며 모든 숙박업소에서는 목욕탕을 구비하였다. 또한 1900년 부산에서 온천이 개발되면서 공중 목욕시설이 생겨 오늘날 대중 목욕탕의 시초가 되었다. 요즘 같이 집안에 목욕탕이 생겨난 것은 1970년대 아파트가 대량으로 건설된 이후부터 라고 한다.

요즘은 웰빙의 영향으로 다양한 목욕 방법이 이용되고 있는데, 가장 대중적으로 알려져 있고 우리 주위에서 흔히 볼 수

있는 것이 해수 목욕탕이다. 해수 사우나는 프랑스에서는 탈라소 세라피(Thalasso therapy)라 하여 2,000년전부터 전해 내려온 지중해 바닷물을 이용한 건강목욕법이 연구 개발되어 왔으며, 우리나라에서도 세종실록에 실린 도자기 가마 한증법을 계승한 전남 함평군 함평읍 손불면 일대에서 1,800년부터 전해 내려오는 민간요법으로 여러 가지 질병을 예방하고 건강을 되찾았던 데서 유래되고 있다.

부산에도 많은 해수탕업소들이 영업을 하고 있는데, 이용하는 시민들이 한번쯤 바닷물을 사용하는지 아니면 수도물에 소금을 탄 것은 아닌지 하는 의심을 가지기도 한다. 따라서 이들 업소에서 욕수로 이용하는 해수에 대하여 조사해 볼 필요가 있다.

본 연구에서는 부산시내 해수탕의 원수를 채취하여 수질특성 및 일반 해수, 온천수 등과의 비교 평가를 통한 해수탕의 수질 실태를 파악하여 목욕장수 기준 설정에 대한 기초자료 및 이용하는 시민에게 홍보자료로써 제공하고자 한다.

재료 및 방법

해수탕 업소 현황

해수탕은 인천, 안산, 제주, 포항 등 바다와 인접한 도시에

† Corresponding author. E-Mail: jeon-2nd@hanmail.net
Phone: 051-757-7504, Fax: 051-757-2879

Table 1. Sampling sites of public seawater bath in Busan

| Sample No. | Location | Description | Sample No. | Location | Description |
|------------|-------------|-------------|------------|-------------|-------------|
| 1 | Seo-gu | Seo-1 | 16 | Nam-gu | Nam-7 |
| 2 | | Seo-2 | 17 | Haeundae-gu | Haeundae-1 |
| 3 | Dong-gu | Dong-1 | 18 | | Haeundae-2 |
| 4 | | Dong-2 | 19 | | Haeundae-3 |
| 5 | | Dong-3 | 20 | Saha-gu | Saha-1 |
| 6 | Youngdo-gu | Youngdo-1 | 21 | | Saha-2 |
| 7 | Busanjin-gu | Busanjin-1 | 22 | | Saha-3 |
| 8 | | Busanjin-2 | 23 | | Saha-4 |
| 9 | | Busanjin-3 | 24 | | Saha-5 |
| 10 | Nam-gu | Nam-1 | 25 | | Saha-6 |
| 11 | | Nam-2 | 26 | | Saha-7 |
| 12 | | Nam-3 | 27 | Suyoung-gu | Suyoung-1 |
| 13 | | Nam-4 | 28 | | Suyoung-2 |
| 14 | | Nam-5 | 29 | | Suyoung-3 |
| 15 | | Nam-6 | 30 | Sasang-gu | Sasang-1 |

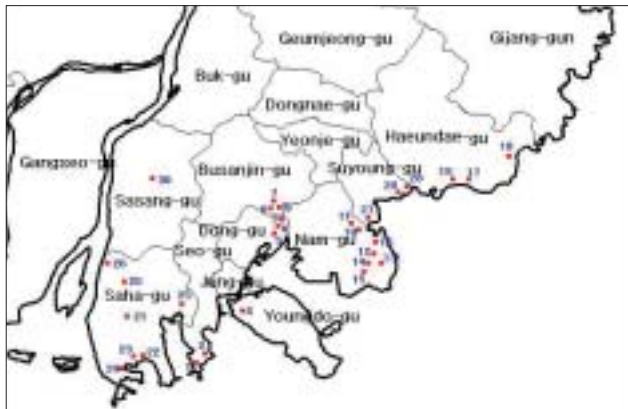


Fig. 1. Location of public seawater bath in Busan.

서 많이 운영되고 있다. 부산의 경우 2005년 10월 현재 총 30여개의 해수탕이 운영되는 것으로 조사되었으며, 조사대상 부산시내 해수탕은 Table 1에 나타내었으며, 지역별 분포는 Fig. 1에 나타내었다.

Fig. 1에 나타난 바와 같이 대체로 바다와 인접한 지역에 해수탕이 분포되어 있음을 알 수 있다. 특히 사하구와 남구에서 7곳으로 가장 많은 해수탕이 운영되고 있으며, 바다와 인접하지 않은 부산진구와 사상구에서도 각각 3곳과 2곳(현재 1개 업소는 리모델링 공사중)이 운영중이다. 이곳들은 과거에 트랩(trap)되었던 해수성분이 지하로 유입된 것으로 보여진다. 업소 방문 조사결과 펌프를 이용해서 직접 해수를 이용하는 곳은 1개소이며, 차량으로 해수를 운반하고 있는 업소가 1개소이며,

Table 2. Analytical condition of ICP/MS

| o MODEL : Agilent 7500a ICP-MS | |
|--------------------------------|------------------------------|
| ITEM | VALUE |
| Sensitivity | m/z : 7 89 205 |
| | Range : 20,000 50,000 20,000 |
| | Count : 13,057 24,592 15,953 |
| | Mean : 13,021 24,569 15,975 |
| | RSD% : 1.10 1.15 1.16 |
| Plasma Condition | RF Power : 1100 W |
| | Carrier Gas : 1.17 L/min |
| | Make up Gas : 0 L/min |
| | Peri Pump : 0.1 rps |
| | S/C Temp : 2 degC |
| Ion Lenses | Extract 1 : -160.7 V |
| | Extract 2 : -32 V |
| | Einzel 1,3 : -130 V |
| | Einzel 2 : 10 V |
| | QP Focus : 4.3 V |
| Q-pole Parameter | AMU Gain : 140 |
| | AMU offset : 123 |
| | Axis Gain : 1.0013 |
| | Axis offset : -0.07 |
| | QP Bias : 1.5V |
| Detector Parameter | Discriminator : 8 mV |
| | Analog HV : 1620 V |
| | Pulse HV : 1150 V |

대부분의 해수탕에서는 해수가 침입된 것으로 추정되는 지하수를 해수탕의 욕수로 이용하고 있는 실정이다.

대부분의 업소에서는 지하 200m 전후의 깊이에서 - 최대 1,050m인 업소도 있음 - 지하수를 취수하는 것으로 조사되었다. 이처럼 바다에 인접한 지역에는 해수가 지하수에 침투하는 현상이 나타나는 경우가 많다. 인해지역에서 광역적인 지하수의 흐름은 수리경사를 따라 해수영역으로 배출되는데 해안 인접지역에서 지하수를 취수하거나 굴착하게 되면 수리경사가 역전되는 조건이 형성되어 지하수의 배출량이 감소되고 동시에 해수가 내륙부의 대수층으로 침투하게 된다. 또한 인해지역에서의 지하수 분포에 가장 크게 영향을 주는 또 다른 요인은 압맥, 단열대, 피압층 등 지질구조적 특성이다⁹⁾.

시료채취 및 분석방법

시료채취

시료채취는 2L 폴리에틸렌 무균 채수병을 사용하였으며, 배관내 정체된 물의 영향을 배제하기 위하여 충분히 방류한 후 채수하였다. 채수 즉시 냉장용기에 담아 실험실로 운반하여 분석하였다. 조사기간은 상·하반기 각각 1회씩 조사하였다.

분석방법

pH, 전기전도도는 현장측정기(YSI-556MPS)를 이용하여 현장에서 측정하였으며, COD, 총대장균군은 수질오염공정시험방법¹⁰⁾에 의거하여 분석하였다. Cl⁻은 먹는물공정시험방법¹¹⁾, SO₄²⁻는 상수시험방법¹²⁾에 의거하여 분석하였으며, Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺는 ICP/MS(Agilent 7500a)를 이용하여 분석하였다. ICP/MS의 분석조건은 Table 2와 같다.

결과 및 고찰

해수탕 수질관리 실태

해수탕은 일반 목욕장과 마찬가지로 공중위생관리법에 의해 보건복지부령이 정하는 수질기준을 유지하여야 한다. 부산시의 경우 시, 구·군에서 목욕장 욕수에 대하여 년 1회 이상 정기검사와 수시검사를 실시하고 있으며, 해수탕에 이용되고 있는 해수 지하수는 지하수법을 적용하여 3년마다 1회 수질검사를 실시하고 있다. 또한 해수를 유입하여 여과장치를 거쳐 해수탕 욕수로 사용하는 곳도 있다. 그러나 2003년 2월에 개정

된 공중위생관리법에는 목욕탕 개설을 기존 통보제에서 신고제로 전환했을 뿐 수질에 대해서는 검사횟수, 검사기간 등이 명시되어 있지 않아 업주 스스로 수질기준을 유지하도록 하여 수질이 악화될 개연성이 많다.

최근의 경기침체와 여름철의 경우 목욕장 이용객이 적어 업소에서 용수와 연료 등을 아끼기 위해 매일 정기적인 욕조수 교체가 이루어지지 않는 경우도 있으며, 휴장 시간 없이 24시간 영업을 하는 목욕장의 경우 욕실의 습기가 높아 대장균의 증식이 쉽다. 특히 해수탕의 경우 24시간 영업을 하는 곳이 많아 철저한 영업장 관리가 필요하다고 생각된다.

또한 일반 목욕장의 경우 욕수의 수질기준이 원수는 색도, 탁도, 수소이온농도(pH), 과망간산칼륨 소비량, 총대장균군 등 5개 항목이며, 욕조수는 탁도, 과망간산칼륨 소비량, 대장균군 등 3개 항목인 반면 해수를 욕수로 하는 경우 환경정책기본법 규정에 의하여 수소이온농도, 화학적 산소요구량(COD), 대장균군수 등 3개 항목이다. 이번 실태조사 결과 조사대상 해수탕 업소 중 실제 해수를 이용하는 곳은 두 곳 뿐이었으며, 대부분의 해수탕에서는 해수가 침입된 것으로 추정되는 지하수를 해수탕의 욕수로 이용하고 있었다. 한편 해수탕 이용 시민들이 우려하는 수돗물에 소금을 타서 만드는 해수를 사용하는 곳은 한곳도 없는 것으로 조사되었다.

따라서 대부분의 해수탕 해수는 해수가 침입된 지하수로, 일반적인 목욕장 욕수와도 다르고, 또한 일반 해수와도 달라 기존의 환경정책기본법 규정에 의한 수질기준을 적용하기에는 곤란할 것으로 생각된다. 또한 해수탕업소에서는 해수만을 욕수로 사용하는 것이 아니라 상수도나 지하수도 함께 욕수로 사용하고 있는 경우가 많은데 이러한 경우 일반 목욕장 욕수의 수질기준을 적용하여야 할지, 아니면 해수 목욕장 욕수의 수질기준을 적용하여야 할지 불분명하다. 일반 목욕장 욕수 및 해수 목욕장 욕수의 수질기준은 Table 3과 Table 4와 같다.

해수탕의 수질특성

수소이온농도(pH)

물속에는 여러 가지 염류나 유리탄산 또는 유기산 등이 다양한 비율로 포함되어 있어 그 비율에 따라 중성, 산성, 알칼리성을 나타낸다. 수소이온농도(pH)는 물속에 전해되어 있는 수소이온의 상대적인 농도를 나타내며 지하수의 pH는 지하수가 지질 매체를 통하여 이동하는 동안에 주변 암석의 광물들과 화

Table 3. Standards for public bath water in Korea

| Description | Color | Turbidity | pH | KMnO ₄ Consumption | Total Coliforms |
|-------------|------------|---------------------------|-----------|-------------------------------|-------------------------|
| Raw water | 5 do below | 1 NTU ¹⁾ below | 5.8 ~ 8.6 | 10 mg/L below | ND ²⁾ /100mL |
| Bath water | 5 do below | 1.6 NTU below | 5.8 ~ 8.6 | 25 mg/L below | - 1 below/1 mL |

¹⁾ Nephelometric Turbidity units ²⁾ Not detectable

Table 4. Standards for public seawater-bath water in Korea

| Description | pH | COD | Total Coliforms |
|-------------|-----------|--------------|------------------|
| Raw water | 7.8 ~ 8.3 | 2 mg/L below | 1000 below/100mL |
| Bath water | 7.8 ~ 8.3 | 4 mg/L below | 1000 below/100mL |

학적으로 반응하여 평형을 이루면서 나타난다. 지표수의 급격한 유입이 없는 지하수의 pH는 주변 매질의 화학적 조성에 영향을 받는데, 특히 지하수의 pH를 좌우하는 주요 화학성분은

탄산가스와 탄산염이다. 일반적으로 자연수에서는 수소이온농도값이 다른 영향을 받지 않는 한 안정한 상태이지만, 강우, 지질에 영향을 민감하게 받으며, 오염물질의 혼입 및 플라크톤의 발생 등에도 영향을 받는다. 대부분의 지하수의 pH는 4에서 9 사이에 있으며, 습지지역의 하천수에서는 5 ~ 6.5, 건조지역에서는 7 ~ 8 정도이다. 산성토양수는 pH가 4보다 적고 해수의 pH는 보통 8.1 ~ 8.3에 속한다⁹⁾.

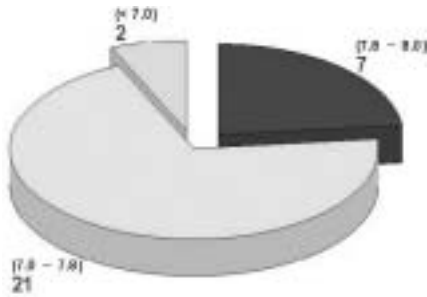


Fig. 2. Distribution of pH values at water of 30 seawater bath.

조사대상 해수탕 원수의 pH를 Table 5, 6에 나타내었다. Table 5, 6에 나타난 바와 같이 pH는 몇몇 업소를 제외하고는 대부분 해수를 욕수로 하는 경우의 기준보다 낮은 것으로 조사되었다. 해수를 원수로 사용하는 해수탕은 일반 해수의 pH와 유사한 7.8 ~ 8.0 범위로 나타났으나, 지하수를 사용하는 대부분의 해수탕에서 pH가 7.8 이하로 나타났는데, 특히

Table 5. Analytical results of water samples of public seawater bath

(EC : $\mu S/cm$, COD, Anion, Cation : mg/L)

| Description | Term | pH | COD | EC | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Na ⁺ | Mg ^{1,2} | Ca ^{1,2} | K ¹ | Total Coliforms |
|--------------|----------|-----|-----|--------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| 1 Seo-1 | 1st half | 8.0 | 0.8 | 2,025 | 968 | 110 | 400 | 94 | 132 | 6 | 15 |
| | 2nd half | 8.1 | 1.2 | 1,779 | 808 | 70 | 263 | 52 | 87 | 7 | 22 |
| 2 Seo-2 | 1st half | 7.5 | 1.2 | 33,530 | 15,247 | 1,800 | 8,320 | 696 | 2,680 | 16 | 0 |
| | 2nd half | 7.4 | 1.2 | 29,810 | 11,621 | 1,650 | 5,971 | 534 | 1,857 | 14 | 0 |
| 3 Dong-1 | 1st half | 7.4 | 1.2 | 21,510 | 9,585 | 1,190 | 5,674 | 459 | 191 | 84 | 0 |
| | 2nd half | 7.4 | 1.2 | 19,340 | 7,756 | 1,000 | 4,915 | 367 | 169 | 65 | 0 |
| 4 Dong-2 | 1st half | 7.4 | 0.8 | 23,460 | 10,472 | 1,150 | 5,714 | 476 | 200 | 80 | 0 |
| | 2nd half | 7.3 | 1.2 | 25,820 | 10,018 | 1,300 | 6,834 | 558 | 276 | 148 | 8 |
| 5 Dong-3 | 1st half | 7.3 | 1.6 | 7,847 | 2,911 | 410 | 2,481 | 126 | 51 | 62 | 0 |
| | 2nd half | 7.3 | 1.6 | 7,501 | 4,488 | 400 | 2,013 | 92 | 54 | 59 | 0 |
| 6 Youngdo-1 | 1st half | 7.3 | 1.2 | 24,160 | 9,886 | 1,270 | 2,120 | 596 | 1,960 | 132 | 0 |
| | 2nd half | 7.2 | 0.8 | 23,03 | 10,316 | 1,300 | 1,710 | 480 | 1,715 | 80 | 0 |
| 7 Busanjin-1 | 1st half | 7.6 | 1.2 | 16,640 | 5,680 | 1,150 | 4,070 | 340 | 89 | 159 | 0 |
| | 2nd half | 7.5 | 1.2 | 15,520 | 5,658 | 1,250 | 3,345 | 183 | 37 | 81 | 0 |
| 8 Busanjin-2 | 1st half | 7.5 | 1.2 | 18,530 | 7,632 | 1,130 | 4,191 | 352 | 130 | 188 | 0 |
| | 2nd half | 7.4 | 1.6 | 15,380 | 5,771 | 850 | 3,236 | 163 | 44 | 135 | 0 |
| 9 Busanjin-3 | 1st half | 7.5 | 1.2 | 23,690 | 8,875 | 1,320 | 5,696 | 373 | 82 | 116 | 0 |
| | 2nd half | 7.5 | 1.6 | 22,360 | 8,643 | 1,150 | 4,541 | 217 | 57 | 103 | 0 |
| 10 Nam-1 | 1st half | 7.4 | 1.2 | 29,150 | 12,641 | 2,200 | 7,406 | 730 | 684 | 75 | 0 |
| | 2nd half | 7.4 | 1.2 | 26,920 | 10,252 | 2,100 | 6,585 | 627 | 633 | 68 | 0 |
| 11 Nam-2 | 1st half | 7.8 | 1.6 | 4,318 | 2,236 | 210 | 814 | 53 | 51 | 15 | 0 |
| | 2nd half | 7.6 | 1.6 | 4,012 | 1,879 | 180 | 693 | 48 | 48 | 10 | 23 |
| 12 Nam-3 | 1st half | 7.0 | 1.6 | 38,510 | 16,755 | 2,400 | 8,522 | 1,308 | 1,217 | 139 | 0 |
| | 2nd half | 6.8 | 2.0 | 34,860 | 14,676 | 2,250 | 7,115 | 1,227 | 1,018 | 114 | 0 |
| 13 Nam-4 | 1st half | 7.4 | 1.2 | 13,290 | 5,548 | 950 | 2,836 | 239 | 69 | 81 | 0 |
| | 2nd half | 7.2 | 1.2 | 15,060 | 6,112 | 1,100 | 2,920 | 267 | 84 | 87 | 9 |
| 14 Nam-5 | 1st half | 7.8 | 1.2 | 15,470 | 6,340 | 1,150 | 3,140 | 254 | 88 | 91 | 0 |
| | 2nd half | 7.8 | 1.2 | 13,645 | 5,225 | 980 | 2,855 | 288 | 74 | 93 | 0 |
| 15 Nam-6 | 1st half | 7.5 | 1.2 | 26,950 | 9,866 | 2,100 | 6,209 | 984 | 460 | 78 | 0 |
| | 2nd half | 7.5 | 1.2 | 28,830 | 11,429 | 2,250 | 6,761 | 1,120 | 495 | 113 | 25 |
| 16 Nam-7 | 1st half | 7.0 | 1.2 | 32,550 | 14,583 | 1,750 | 6,235 | 695 | 515 | 84 | 0 |
| | 2nd half | 7.1 | 1.2 | 28,910 | 12,166 | 1,500 | 5,416 | 676 | 452 | 59 | 0 |

Table 6. Analytical results of water samples of public seawater bath

(EC : $\mu\text{S/cm}$, COD, Anion, Cation : mg/L)

| Description | Term | pH | COD | EC | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Na ⁺ | Mg ¹² | Ca ¹² | K ⁺ | Total Coliforms |
|---------------|----------|-----|-----|--------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|
| 17 Haeundae-1 | 1st half | 6.9 | 1.2 | 27,230 | 11,362 | 1,700 | 6,925 | 974 | 701 | 217 | 0 |
| | 2nd half | 6.7 | 1.6 | 22,580 | 9,054 | 1,550 | 5,544 | 822 | 549 | 149 | 0 |
| 18 Haeundae-2 | 1st half | 7.7 | 1.2 | 43,550 | 18,815 | 2,500 | 10,226 | 1,134 | 948 | 361 | 0 |
| | 2nd half | 7.5 | 1.2 | 42,760 | 18,647 | 2,400 | 9,667 | 1,356 | 1,153 | 215 | 0 |
| 19 Haeundae-3 | 1st half | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2nd half | 7.8 | 1.6 | 43,910 | 18,576 | 2,500 | 10,253 | 1,013 | 155 | 309 | 980 |
| 20 Saha-1 | 1st half | 7.3 | 0.8 | 31,330 | 13,277 | 1,510 | 7,696 | 1,000 | 1,168 | 67 | 0 |
| | 2nd half | 7.2 | 0.4 | 27,670 | 11,720 | 1,400 | 5,351 | 800 | 959 | 84 | 0 |
| 21 Saha-2 | 1st half | 7.7 | 1.2 | 12,140 | 3,911 | 530 | 1,763 | 272 | 782 | 23 | 0 |
| | 2nd half | 7.7 | 1.2 | 12,970 | 5,041 | 600 | 1,871 | 374 | 661 | 28 | 0 |
| 22 Saha-3 | 1st half | 7.2 | 0.8 | 35,230 | 15,904 | 2,030 | 5,756 | 960 | 2,788 | 16 | 0 |
| | 2nd half | 7.3 | 0.4 | 30,790 | 13,783 | 1,900 | 4,689 | 833 | 1,882 | 38 | 0 |
| 23 Saha-4 | 1st half | 7.8 | 0.8 | 12,560 | 4,062 | 620 | 1,750 | 168 | 204 | 20 | 26 |
| | 2nd half | 7.8 | 0.8 | 14,260 | 5,247 | 1,000 | 2,636 | 307 | 315 | 43 | 43 |
| 24 Saha-5 | 1st half | 8.0 | 1.2 | 45,220 | 18,755 | 2,540 | 10,510 | 844 | 215 | 393 | 385 |
| | 2nd half | 7.9 | 1.2 | 44,430 | 18,845 | 2,500 | 8,880 | 853 | 150 | 300 | 460 |
| 25 Saha-6 | 1st half | 7.2 | 1.2 | 44,150 | 18,602 | 2,300 | 10,120 | 1,384 | 500 | 232 | 0 |
| | 2nd half | 7.1 | 0.8 | 41,380 | 17,583 | 2,100 | 8,656 | 1,025 | 452 | 235 | 0 |
| 26 Saha-7 | 1st half | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2nd half | 7.2 | 0.8 | 17,900 | 7,118 | 310 | 2,463 | 371 | 877 | 44 | 0 |
| 27 Suyoung-1 | 1st half | 7.7 | 1.6 | 8,125 | 2,307 | 620 | 2,346 | 250 | 115 | 79 | 0 |
| | 2nd half | 7.6 | 1.6 | 7,271 | 2,205 | 550 | 1,623 | 142 | 77 | 38 | 0 |
| 28 Suyoung-2 | 1st half | 7.8 | 1.2 | 38,560 | 18,880 | 2,150 | 10,420 | 1,082 | 332 | 283 | 0 |
| | 2nd half | 7.8 | 0.8 | 26,750 | 12,054 | 1,650 | 6,783 | 702 | 463 | 87 | 0 |
| 29 Suyoung-3 | 1st half | 7.8 | 1.2 | 42,740 | 19,300 | 2,540 | 10,050 | 1,078 | 313 | 517 | 0 |
| | 2nd half | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 30 Sasang-1 | 1st half | 7.7 | 0.8 | 20,550 | 8,515 | 1,300 | 2,834 | 381 | 890 | 41 | 0 |
| | 2nd half | 7.6 | 0.8 | 18,950 | 7,501 | 1,150 | 2,625 | 356 | 823 | 24 | 0 |
| average | | 7.5 | 1.2 | 23,292 | 9,949 | 1,396 | 5,095 | 582 | 582 | 114 | 35 |

Nam-3과 Haeundae-1은 pH가 7 이하로 나타났다. 이는 일반적으로 지하수에는 탄산가스가 용해되어 유리탄산을 많이 함유하므로 일반 해수보다 pH가 낮게 나타난 것으로 생각된다. 2003년 부산광역시 지하수 관리계획 보고서에 따르면 총 160개의 관측공중 63.8%인 102개의 관측공에서 pH 범위가 6.5 ~ 7.5로 중성을 나타낸 결과와 유사하였다⁶⁾.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 조사대상 30개 업소중「해수를 육수로 하는 경우의 기준」중 pH 기준을 충족하는 곳은 7개소로 23.3%를, 이 기준을 벗어난 곳은 23개소로 76.7%를 차지하였으며 이중 2개소는 pH 7 이하였다. 이렇게 지하수를 사용하는 대부분의 해수탕은「해수를 육수로 하는 경우의 기준」중 pH 기준(일반 해수의 pH 범위)을 만족할 수 없는 것으로 나타난바, 이 기준을 적용하기에는 곤란할 것으로 판단된다. 따라서 지하수를 사용하는 해수탕에 대하여는 일반목욕장 또는 생활용수의 pH 기준(5.8 ~ 8.5)으로 완화해야 한다고 사료된다.

pH가 인체에 미치는 직접적인 영향을 밝힌다는 것은 사실

상 불가능하다. 그러나 pH는 여러 가지 화학물질의 영향에 의해 평형상태를 나타내며 이러한 pH 값은 수환경의 변화상태를 나타냄과 동시에 화학적인 안정상태 등을 나타내고 있어 환경지표로서 중요하다.

화학적 산소요구량(Cheical Oxygen Demand : COD)

화학적 산소요구량은 수중의 유기물이 산화제에 의하여 분해되면서 소비되는 산소량을 mg/L로 나타내는 것을 말하며, 측정 목적은 수중의 유기물 양을 파악하는데 있다. 화학적 산소요구량은 산화제의 종류, 농도, 반응온도, 시간 등에 따라서 크게 영향을 받게 되므로 측정치에는 시험법을 표시하여야 한다. 해수의 경우 염소이온농도가 높아 염소이온의 영향을 받지 않는 일칼리성 과망간산칼륨에 의한 정량법이 적합하다.

Table 5, 6에 나타난 바와 같이 조사업소 모두 화학적 산소요구량은 기준 이내로 나타나 유기물질에 의한 오염은 거의 없는 것으로 판단된다.

총대장균군(Total Cbliforms)

대장균군이라 함은 그람음성·무아포성의 간균으로서 유당을 분해하여 가스 또는 산을 발생하는 모든 호기성 또는 통성 혐기성균을 말한다. 시험방법은 최적확수시험법을 적용하였는데 환경정책기본법 제10조의 규정된 대장균군수 시험방법이다. 이 방법의 측정 원리는 시료를 유당이 포함된 배지에 배양할 때 대장균군이 증식하면서 가스를 생성하는데, 이 때의 양성 시험관 수를 확실적인 수치인 최적확수로 표시하는 방법이며, 그 결과는 총대장균군수/100 mL 단위로 표시한다.

Table 5, 6에 나타난 바와 같이 전 업소에서 기준 이내로 나타났다. 대부분의 업소에서 불검출로 나타나 위생적으로 양호하다고 할 수 있겠으나 기준에 근접한 대장균군수를 보인 업소도 있었다. 본 조사결과 차량으로 해수를 운반하고 있는 업소와 펌프를 이용하여 해수를 직접 유입하여 사용하는 업소에서 총대장균군의 오염도가 높게 나타나는 경향을 나타내었다. 해수를 직접 유입하여 사용하는 업소에서는 해수를 여과하여 사용하고 있으나 총대장균군의 오염도가 높게 나타나 여과 등 충분한 전처리가 필요할 것으로 판단된다.

전기전도도(Electrical Conductivity ; EC)

지하수의 염수화는 해수 침투에 의한 이온교환반응과 바닷물과의 혼합이라는 과정을 통해 진행하며, 그 지역의 해수 침투를 밝힐 수 있는 적절한 지구화학인자로는 전기전도도, 염소이온과 같은 음이온과 나트륨 등의 양이온들이 있다²⁾. 이중 전기전도도는 오염물질의 이온강도를 나타내는 수질인자로서 물에 용해되어 있는 용질의 총량(Total Dissolved Solids ; TDS)과 밀접한 상관관계를 가지므로 여타 특성보다 해수침투에 대한 좋은 지시자 역할을 한다³⁾.

일반적으로 전기전도도는 염류의 함량에 따라 증가하기 때문에 온도와 마찬가지로 현장에서 측정되어지는 인자이다. 비오염지하수는 전기전도도가 매우 낮으나 오염된 지하수는 다량의 용존물질과 염류를 함유하고 있어 비오염 지하수에 비해 전기전도도가 매우 높으며 오염정도가 클수록 전기전도도 값은 증가한다. 전기전도도의 단위는 ohms/cm(Ω /cm)로 표현하는데, 지하수의 전기전도도는 그 양이 매우 작기 때문에 보통 microsiemens(μ S/cm)로 표시한다.

물의 전기적 성질인 전기전도도의 측정은 수질오염 실태와

그 변화 특성을 파악하고 이에 따른 오염지하수의 유동 및 분포를 추정할 수 있다. 전기전도도는 지하수내에 용존물질의 양에 따라 그 값이 변하며 지하수가 지질매체를 통하여 유동하는 과정에서 증가하기도 한다. 그리고 전기전도도는 온도가 1°C 증가함에 따라 약 2%씩 증가한다고 알려져 있다. 물의 종류에 따른 전기전도도를 Table 7에 나타내었다²⁾.

Table 5, 6에 나타난 전기전도도 결과를 보면 그 범위가 2,000 ~ 45,000 μ S/cm 이다. 최⁴⁾는 전기전도도가 600 μ S/cm 이상일 경우에 해수 침입에 의한 염분화의 가능성을 추정하였는데 조사대상 해수탕 원수의 전기전도도가 2,000 μ S/cm을 초과하는 것으로 나타나 해수의 침입에 의한 염수화의 가능성을 추정하는 것은 타당한 것으로 판단된다. 2003년 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 지하수 관리계획 보고서에 따르면 부산지역 지하수 총 160개의 관측공중 68.8%인 110개의 관측공에서 전기전도도 범위가 50 ~ 500 μ S/cm로 일반수의 성격을 나타내어 해수탕 원수와는 차이가 있음을 알 수 있다⁵⁾.

해수탕 원수의 전기전도도 평균값은 23,292 μ S/cm으로 나타났다. 최고값은 45,220 μ S/cm로 나타났다. Table 7의 분류에 따르면 조사대상 중 해수인 경우가 5개소, 나머지는 미네랄수 보다 높은 전기전도도를 나타내었는데 이는 해수의 침입에 의한 다량의 용존물질과 염류가 지하로 침입되어 나타난 결과라고 볼 수 있다.

음이온(Anion)

염소(Chloride, Cl⁻)

염소는 전체 해수에 녹아 있는 성분의 반 이상을 차지하고 있으며, 염소량이란 해수 1kg 중에 있는 할로젠 원소(염소, 브롬, 요오드 등)의 총량을 말한다. 해안에 근접한 지역에서는 해수의 영향을 받아서 염소이온의 농도가 상당히 높게 된다.

인체에 미치는 영향으로 염소이온은 인간체내 가장 풍부한 음이온으로 양이온과 결합하여 세포외액의 삼투작용을 하며 위액의 성분으로써 소화를 돕는 작용을 한다. 위액 중에는 HCl로 존재하는데 위액의 산도를 유지하고 세균의 발효를 방지하는 작용을 한다. 부족하게 되면 소화불량, 식욕부진, 위내 세균억제력을 감소시키고 과잉되면 위산과다증을 유발시킨다. 먹는물 수질기준은 염소이온농도를 250 mg/L이하로 규정하

Table 7. Comparison of electrical conductivity(EC) with the kinds of water

| Kinds of water | Hem(1995) | Cleary(1990) |
|-----------------------------|-----------|--------------|
| | EC(S/cm) | |
| Pure water(distilled water) | 0.05 | 0.5 ~ 2 |
| Snow melt | 2 ~ 42 | |
| Fresh water | | 50 ~ 500 |
| Mineralizing water | | 500 ~ 1,000 |
| Industrial waste water | | 10,000 > |
| Seawater | 41,500 > | |
| Brine225,000 | | |

고 있다⁵⁾.

Table 5, 6에 나타난 해수탕 원수의 염소이온 농도 범위는 800 ~ 18,000 mg/L 으로 넓은 농도분포를 나타내었으며 평균 농도는 9,949 mg/L으로 나타났다. 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 부산지역 지하수의 평균 함량은 242.7 mg/L로 상당히 높은 편이나 해수탕 원수에 비하면 많이 낮음을 알 수 있다⁶⁾. Fig. 4에서 보는 바와 같이 염소이온은 황산이온에 비해 상당히 높은 분포를 나타내고 있음을 알 수 있으며, 염소이온과 전기전도도와는 정의 관계를 나타내고 있음을 알 수 있다. 염소이온은 나트륨, 칼륨 그리고 칼슘염의 형태로 자연에 널리 분포되어 있으며 지각성분의 0.05%를 구성하고 있다. 지하수층의 염소이온의 기원은 화성암의 관입, 지층내의 압입, 연화물층에 순환수의 유동으로 인한 재용해, 해수의 혼입, 지표수의 유입 등을 원인으로 볼 수 있다. 이렇게 지하수는 대수층의 기반암 조성에 따라 다양한 농도로 존재한다¹⁰⁾. 해수를 원수로 사용하는 업소를 제외하고는 일반 해수의 염소이온 농도인 18,980 mg/L 보다는 낮으나 다량의 염소이온의 존재는 해수의 침입에 의한 영향을 받은 것으로 추정된다.

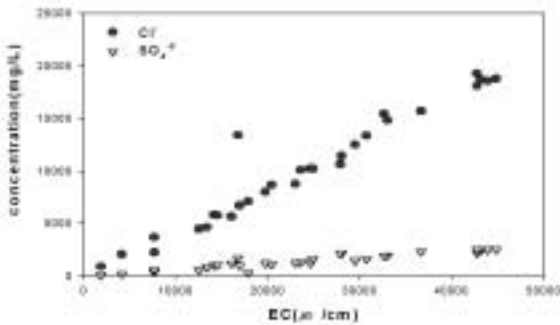


Fig. 4. Distribution of anion concentration vs EC at water of 30 seawater-baths.

황산염(Sulfate, SO_4^{2-})

해수층의 황(Sulfur)은 대부분 황산염(SO_4^{2-})으로 나타난다. 해수에 용해된 가장 풍부한 성분들 중에서 세 번째이지만 연화물이나 나트륨보다는 상당히 적다. 어떤 화학적 상태에서는 황화수소(H_2S) 중에 존재하는데 그러한 상태는 피요르드나 흑해와 같이 유기물이 존재하면서 해수의 순환이 거의 없거나 전혀 일어나지 않는 산소가 부족한 지역에서 흔히 볼 수 있다.

황산염은 인체의 장을 통해서 잘 흡수되지 않지만 피부와 접촉하게 되면 피부에 탄력성을 주는 역할을 한다. 지하수내 황산마그네슘이나 황산나트륨이 상당량 함유되어 있으면 쓰는 맛을 내며, 이러한 물을 장기간 마시는 경우 설사를 일으키는 것으로 알려져 있다. 먹는물 수질기준은 황산이온을 200 mg/L 이하로 규정하고 있다⁵⁾.

Fig. 4와 Table 5, 6에 나타난 해수탕 원수의 황산이온 농도 범위는 70 ~ 2,500 mg/L 으로 염소이온과 마찬가지로 넓은 농도분포를 나타내었으며 평균 농도는 1,396 mg/L 으로 나타났다. 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 부산지역

지하수의 평균 함량은 40.5 mg/L 이나 해수탕 원수에 비하면 많이 낮음을 알 수 있다⁶⁾. 황산이온은 모든 지하수에 함유되어 있으며 그 기원은 유화광체의 존재, 온천수 및 해수의 유입 등 다양하다. 황산이온은 그 자체만으로는 유황의 성격을 나타내지는 못하며 신선한 물에 포함되어 있는 황산염 농도는 매우 낮으나 지열대에 있는 지역에서는 상당히 높은 농도를 보인다⁹⁾. 해수를 원수로 사용하는 업소를 제외하고는 일반 해수의 황산이온 농도인 2,560 mg/L 보다는 낮으나 염소이온과 유사한 비율로 분포되어 있어 염소이온과 함께 거동하는 것으로 추정된다. 자연수 중에서 황산이온은 지질 의 영향을 많이 받으나 해수탕 원수의 황산이온 분포를 볼 때 지질보다는 해수의 영향을 많이 받은 것으로 판단된다.

양이온(Cation)

나트륨(Sodium, Na^+)

해수에서 가장 풍부한 양이온인 나트륨은 주로 나트륨이온이 풍부한 장석류의 풍화로부터 생기고 약간은 진토광물에서 공급된다. 이외에 해수와 근접한 지역에서는 지하로 침투한 해수의 영향을 받거나 해수로 비산된 염성분이 강하여 지표수 및 지하수에서 높은 나트륨이온의 함량이 나타날 수 있다. 현재 해수중에 있는 나트륨의 총량과 1년 동안 유출량에 의해 바다에 유입되는 나트륨의 양을 비교함으로써 해양의 연대를 추정하는데 이용된다.

나트륨은 인체에 좋은 무기 미네랄로서 체내 산·알칼리 평형에 기인하며 성인의 1일 섭취량이 2 ~ 4g 이며, 우리나라 먹는물 수질기준으로는 설정되어 있지 않으나 WHO, 일본 등 대부분의 나라에서 허용기준치는 150 ~ 200 mg/L 이하로 정하고 있다. 나트륨이 결핍되면 당뇨, 설사, 요산증, 에디슨병이 유발되며, 과잉섭취하면 뇌의 손상이나 쿠싱병 등이 유발된다⁵⁾.

Table 5, 6에 나타난 해수탕 원수의 나트륨이온 농도 범위는 263 ~ 10,510 mg/L 으로 넓은 농도분포를 나타내었으며, 평균 농도는 5,095 mg/L으로 나타났다. 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 부산지역 지하수의 평균 함량은 52.5 mg/L으로 해수탕 원수에 비하면 매우 낮음을 알 수 있다⁶⁾.

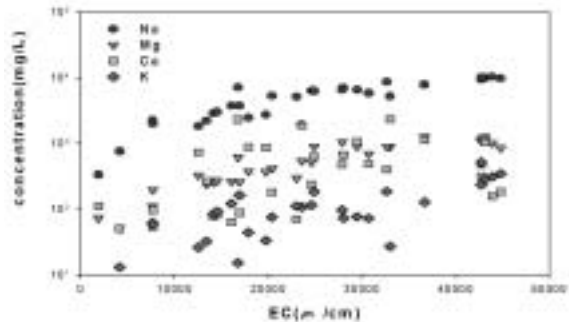


Fig. 5. Distribution of cation concentration vs EC at water of 30 seawater-baths.

Fig. 5에서 보는 바와 같이 나트륨이온은 다른 양이온에 비해 상당히 높은 분포를 나타내고 있음을 알 수 있으며, 전기전도도에 대해 일정한 농도 분포를 보여주고 있다. 나트륨이온 농도 역시 해수를 원수로 사용하는 업소를 제외하고는 일반 해수의 나트륨이온 농도인 10,560 mg/L 의 절반 수준으로 염소이온과 마찬가지로 해수의 침입에 의한 영향을 받은 것으로 추정된다.

마그네슘(Magnesium, Mg²⁺)

해수에서 두 번째로 풍부한 양이온인 마그네슘의 중요한 자연적 기원으로는 백운석 또는 마그네슘을 포함한 방해석 등의 용해 및 마그네슘-산화광물이나 규산염 광물의 용해에 의한 것이 일반적으로 여겨진다.

마그네슘은 골격을 구성하는 성분으로서의 기능을 지니고 있으며, 근육의 수축에 관하여 신경의 흥분을 억제하고 효소의 작용을 촉진시킴으로써 뇌와 신경을 정상으로 유지하는 역할을 한다. 마그네슘은 천연식품에 널리 존재함으로써 결핍되는 경우가 없지만 결핍시 tetany병, 지각과민, 흥분, 섬망 등의 증상이 나타난다. 우리나라 먹는물 수질기준으로는 설정되어 있지 않으나 영국, 프랑스, 독일 등의 수질기준에는 50 mg/L 이하로 정하고 있다⁶⁾.

Table 5, 6에 나타난 해수탕 원수의 마그네슘이온 농도 범위는 48 ~ 1,356 mg/L 으로 넓은 농도분포를 나타내었으며 평균 농도는 582 mg/L으로 나타났다. 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 부산지역 지하수의 평균 함량은 5.2 mg/L으로 해수탕 원수에 비하면 매우 낮음을 알 수 있다⁶⁾. Fig. 5에서 보는 바와 같이 마그네슘이온은 나트륨이온 보다는 다소 낮은 분포를 나타내고 있으나, 전기전도도에 대해서는 일정한 농도 분포를 보여주고 있다. 마그네슘이온 농도 역시 해수를 원수로 사용하는 업소를 제외하고는 일반 해수의 마그네슘이온 농도 1,272 mg/L 의 절반 수준으로 염소이온과 마찬가지로 해수의 침입에 의한 영향을 받은 것으로 추정된다.

칼슘(Calcium, Ca²⁺)

칼슘은 방해석, 백운석, 석고 등의 조화용해(congruent solution) 또는 칼슘을 포함하는 규산염광물의 비조화용해(incngruent solution)에 의해 물속으로 공급된다. 칼슘은 해수중의 다른 어떤 성분보다도 많이 연구되어져 왔는데 이는 패류나 유기물의 유해로서의 중요성과 광물성분의 침전에 있어서 아주 중요하기 때문이다. 침전된 칼슘은 탄산칼슘이나 황산칼슘의 형태로 나타나며, 또 그것은 유기물의 작용 또는 무기물의 침전으로 인해서 생긴 것으로 생각된다.

칼슘은 인체에 흡수되어 뼈와 소화를 돕고 치아를 생성케 하며 근육 및 신경활동의 항상성을 유지하는 작용과 출혈시 혈액 응고 작용을 한다. 물속에 용존된 칼슘은 진정, 고정, 지혈, 청혈, 제산, 소염 등의 작용을 한다. 칼슘이 부족하면 뼈와 치아의 부전증, 골연화증, 골다공증, 경직증 등의 원인이 된다. 칼

슘을 먹는물 수질기준으로 정하여 관리하는 나라는 거의 없으며, 독일에서는 400 mg/L 이하로 규제하고 있으며, 일본에서는 맛있는 물의 수질기준에 경도로서 10 ~ 100 mg/L 이하로 규정하고 있다. 우리나라는 먹는물 수질기준에 경도로서 300 mg/L 이하로 규정하고 있다. 칼슘과 마그네슘과 같은 금속염은 독특한 물맛을 갖게 하며 비누의 세척력을 감소시키고 또한 스케일의 원인물질로 작용한다⁶⁾.

Table 6, 7에 나타난 해수탕 원수의 칼슘이온 농도 범위는 37 ~ 2,788 mg/L 으로 매우 넓은 농도분포를 나타내었으며 평균 농도는 582 mg/L 으로 나타났다. 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 부산지역 지하수의 평균 함량은 63.3 mg/L 으로 해수탕 원수에 비해 10배 정도 낮음을 알 수 있다⁶⁾. Fig. 5에서 보는 바와 같이 칼슘이온은 다른 양이온과는 달리 전기전도도에 대한 농도 분포가 퍼져있음을 보여주고 있다. 이는 전기전도도에 대한 칼슘이온의 낮은 상관관계에 기인한다.

칼슘이온 농도는 다른 양이온 물질과는 달리 일반 해수의 칼슘이온 농도인 400 mg/L 보다 높게 나타났는데 칼슘은 지각내 매우 풍부한 원소로 그 기원은 암석에 있으며 석회암지대의 경우 그 양이 상당히 높게 나타나기 때문이다. 조사지점중 Seo-2, Youngdo-1, Saha-3에서 높은 농도를 나타내었는데, 특히 Saha-3은 지하 1,050 m 에서 취수한 심층수로 칼슘 농도는 지하수의 유동에 의하여 그 함량이 증가하여 일반적으로 심부 지하수에서 그 함량이 높게 나타나기 때문에⁶⁾ 높은 분포를 나타낸 것으로 사료된다. 칼슘이온의 넓은 농도분포는 해수의 영향 뿐 만 아니라 지하 암석의 구성성분이 수질에 영향을 미친 것으로 추정된다. 물의 순환운동에 따라 보충되고 고갈되는 지하수는 암석의 영향을 많이 받으며 지하로 침투한 빗물은 암석과 토양을 화학적으로 변환시키거나 반응함으로써 지하수는 많은 용존 이온을 함유하게 된다.

칼륨(Potassium, K⁺)

칼륨은 해수 중에서 가장 활발한 원소들 중의 하나이다. 용액상태의 칼륨은 전도나 다른 파편입자에 의해서 흡수되며 또 해수 중에 들어가자마자 해록석이 형성되면서 용액상태로부터 많은 칼륨의 소실이 일어나게 된다. 물속으로 공급되는 칼륨이온의 자연적 기원으로는 조암광물 중의 칼리장석 또는 운모류 등의 용해를 들 수 있다. 이 외에 칼륨이온은 비료의 주 구성요소이므로 농업활동에 의해 인공적으로 유입될 수 있다.

칼륨은 세포 중에서 세포액의 삼투압을 조절하고 근육 및 신경의 작용을 조절하는 이외에 나트륨과 함께 혈압을 조절한다. 체액의 조절작용으로서 칼륨과 나트륨의 비율이 2 : 1이 가장 적절하다. 칼륨이 결핍되면 설사, 구토, 요산증 등이 유발되며, 과잉섭취하게 되면 조직의 손상이나 신부전증 등의 증상이 나타난다. 칼륨은 마그네슘, 칼슘과 마찬가지로 먹는물 수질기준으로 설정되어 있지는 않다⁶⁾.

Table 5, 6에 나타난 해수탕 원수의 칼륨이온 농도 범위는 6 ~ 517 mg/L 의 농도분포를 나타내었으며 평균 농도는 114

mg/L 으로 나타났다. 부산광역시와 한국수자원공사에서 수행한 부산지역 지하수의 평균 함량은 3.3 mg/L 으로 해수탕 원수에 비하면 매우 낮음을 알 수 있다.6) 지하수에서의 칼륨이온 농도는 일반적으로 5 mg/L 이하이나 심부지하수에서 그 함량이 높게 나타난다고 한다.9) Fig. 5에서 보는 바와 같이 칼륨이온 농도는 일반 해수의 칼륨이온 농도 380 mg/L 보다 는 낮게 나타나 다른 양이온 물질에 비해 낮은 분포를 나타내었다.

전기전도도와 음이온, 양이온과의 상관분석(Correlation analysis among EC, Anion and Cation)

전기전도도는 ASTM(American society for testing and materials)의 기준에 의하면 단위 체적(cm³)을 갖는 25℃의 수용성 용액의 두 대응면에서 측정된 전기저항의 역수로 정의된다. 따라서 용액내 이온농도가 많을수록 전기저항은 감소되고 전기전도도는 증가한다. 즉 용액내 이온농도가 증가할수록 용액의 전기전도도는 증가하기 때문에 이온농도의 지시인자가 된다.

해수탕 원수 수질에 영향을 미치는 요인을 알아보기 위하여 전기전도도와 용존 이온과의 상관분석을 수행하여 그 결과를 Table 8에 나타내었다. 전기전도도는 염소이온, 황산이온, 나트륨이온과 마그네슘 이온과 각각 0.9480, 0.9048, 0.8983, 0.8829의 높은 상관관계를 나타내었는데 이는 이들이 해수침투에 대한 영향을 파악할 수 있는 인자로 사용될 수 있는 물리화학적 특성을 갖는 것들이라 할 수 있다. 칼슘이온은 0.2947의 낮은 상관관계를 나타내었는데 다른 이온들과 상관성이 거

의 없는 것으로 보아 독자적인 거동을 하는 것으로 보인다. 이러한 결과는 이⁹⁾가 연구한 제주도 지하수의 수질특성과 유사하였다.

해수탕 원수와 일반 해수와의 비교

해수탕에서 이용하는 원수와 일반해수와의 수질은 어떻게 다른지 그 특성을 비교하여 보았다. 현재 부산의 연안해수 수질은 II등급(COD 기준 2 mg/L 이하)을 유지하고 있다. 본 연구에서는 해수탕 업소가 남구, 사하구, 해운대구, 수영구 순으로 많아 연안해수 지점중 오륙도, 다대포, 해운대 등 3곳의 연안해수와 비교하였다. 조사한 3곳의 해수에 대한 수질은 Table 9에 나타내었는데 3지점의 연안해수 pH는 평균값이 8.0으로 일반 해수의 pH 범위 7.8 ~ 8.4 범위 이내임을 알 수 있다¹⁰⁾.

Fig. 6에 해수탕 원수와 해수의 pH와 COD 분포를 비교하여 나타내었다. 해수탕 원수의 평균 pH 7.5에 비해 해수에서는 pH 8.1로 높게 나타났으며 COD는 해수의 평균 COD와 유사하게 나타났다. 그러나 해수탕 원수의 총대장균수는 Table 10에 나타난 연안해수의 총대장균수는 보다 낮게 나타나 해수탕 원수는 연안해수보다 오염이 낮음을 알 수 있다.

Fig. 7은 음이온과 양이온 농도를 비교한 것으로 해수탕 원수가 해수의 35.6 ~ 56.8 % 범위의 이온 성분들을 함유하고 있는 것으로 나타나 해수의 영향을 받았음을 알 수 있는 지시인자가 될 수 있다. 그러나 칼슘의 경우 해수탕 원수에서 해수보다 높은 칼슘함량을 나타내었는데 이는 앞서 설명한 바와 같이 칼슘이 풍부한 지하 암석의 구성성분에 의한 것으로 추정된다.

Table 8. Matrix of correlation coefficients among EC and ion substances for the water of seawater bath

| | EC | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻² | Na ⁺ | Mg ⁺² | Ca ⁺² | K ⁺ |
|-------------------------------|--------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|
| EC | 1.000 | | | | | | |
| Cl ⁻ | 0.9480 | 1.000 | | | | | |
| SO ₄ ⁻² | 0.9048 | 0.9314 | 1.000 | | | | |
| Na ⁺ | 0.8983 | 0.9329 | 0.9130 | 1.000 | | | |
| Mg ⁺² | 0.8829 | 0.9006 | 0.8978 | 0.8702 | 1.000 | | |
| Ca ⁺² | 0.2947 | 0.4065 | 0.3388 | 0.1947 | 0.4164 | 1.000 | |
| K ⁺ | 0.7043 | 0.6803 | 0.6560 | 0.7281 | 0.5761 | -0.1632 | 1.000 |

Table 9. Analytical results of water samples at coastal seawater in Busan

(EC : μS/cm, COD, Anion, Cation : mg/L)

| Description | Term | pH | COD | EC | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻² | Na ⁺ | Mg ⁺² | Ca ⁺² | K ⁺ | Total Coliforms |
|--------------------------|----------|-----|-----|--------|-----------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|
| Seawater-1 (Oryuk do) | 1st half | 8.0 | 1.2 | 48,230 | 19,683 | 2,400 | 10,645 | 1,126 | 356 | 312 | 30 |
| | 2nd half | 8.2 | 2.0 | 49,710 | 20,419 | 2,500 | 10,870 | 1,058 | 388 | 348 | 14 |
| Seawater-2 (Dadaepo) | 1st half | 8.0 | 2.0 | 47,350 | 18,125 | 2,500 | 10,710 | 1,283 | 350 | 287 | 900 |
| | 2nd half | 8.0 | 1.6 | 46,710 | 17,817 | 2,450 | 10,624 | 1,247 | 389 | 302 | 170 |
| Seawater-3 (Haundae) | 1st half | 8.1 | 0.8 | 48,150 | 19,320 | 2,400 | 10,748 | 1,210 | 330 | 326 | 130 |
| | 2nd half | 8.2 | 0.8 | 49,500 | 20,263 | 2,500 | 11,260 | 1,127 | 302 | 342 | 34 |
| average | | 8.1 | 1.4 | 48,275 | 19,271 | 2,458 | 10,810 | 1,175 | 353 | 320 | 213 |

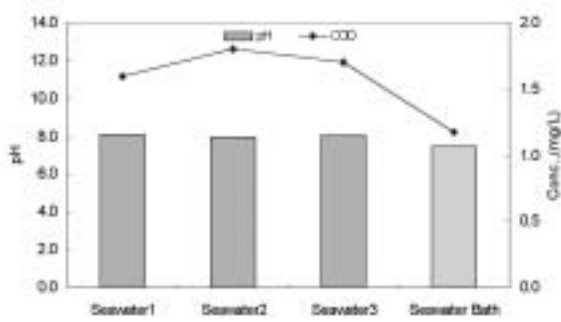


Fig. 6. Comparison of pH and COD between water of seawater bath and coastal seawater.

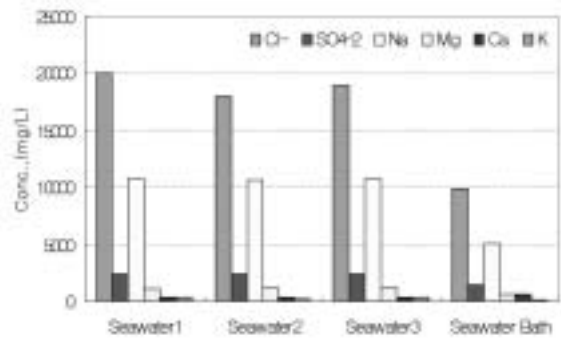


Fig. 7. Comparison of ion concentration between water of seawater bath and coastal seawater.

해수탕 원수와 온천수와의 비교

온천이란 땅속에서 솟아오르는 물의 온도가 그 지방의 연평균 기온보다 높은 것을 말하며, 우리나라의 온천법에는 온천수를 25 이상으로 정하고 있다. 땅속에서 솟아오르는 광천수는 무균성이며 각종 치료에 도움을 준다. 온천의 형성은 땅속 깊은 곳에 있는 마그마라고 하는 1,000 이상의 온도가 매우 높은 액체상태의 바윗물이 괴어있는 곳이 있는데, 지하수가 이 마그마 근처에 이르르면 그 열을 받아 데워지고, 데워진 물이 땅 위로 솟아나와 형성된 것이 바로 온천이다.

부산은 항구의 역사만큼 온천의 역사도 길다. 어릴 적 천연 두를 앓았던 신라 진성여왕이 해운대에서 온천욕으로 완치되

었다는 것이 해운대 온천의 시초이며, 동래 온천도 신라시대부터 유래한다. 부산의 온천 가운데 해운대와 동래온천지구가 대규모 온천지대인데 두 곳 모두 약알칼리성 식염천으로 분류되고 있으며, 영도구 동삼동에 위치한 태종대 온천수 또한 알칼리성 식염천이다¹⁰⁾. 지하수는 지하의 지층 또는 암석사이의 빈틈을 채우고 있거나 흐르는 물로서 온천수, 먹는샘물 등을 포함하여 땅속에 있는 모든 물을 의미하며, 온천수는 지표수가 지하 심부 수 km까지 순환하는 물로서 특수한 지질환경에서만 산출된다. 즉, 지하에 열원이 존재하여야 하고, 열을 전달할 수 있는 매체인 물이 다량으로 지하 심부까지 들어갈 수 있는 특별한 지질구조가 발달하고 있어야 하며, 열이 지표로 발산하지 않도록 지표가 불투수층으로 덮여 있어야 한다. 고온의 온천수는 지하 심부에서 거의 수직으로 상승하며, 따라서 온천공의 심도가 200 ~ 300m 라 하더라도 실제로 그 온천수는 지하 수 km에서 유래하는 것이다. 우리나라의 고온의 온천들은 모두 이와 같은 특수한 지질환경에서 산출되고 있으며 해운대와 동래온천지구의 온천수는 고온의 온천수라고 할 수 있다¹¹⁾. 온천수와 해수탕 원수의 수질을 비교하여 Table 10에 나타내었다.

Fig. 8에 해수탕 원수와 온천수의 pH와 COD 분포를 비교하여 나타내었다. 해수탕 원수의 평균 pH 7.5는 해운대 온천수(Spawater-1) 보다는 다소 높으나 동래(Spawater-2, Spawater-3)와 태종대 온천수(Spawater-4) 보다는 다소 낮게 나타났다. 해수탕 원수의 평균 COD는 해운대 온천수와는 유사하였으나 동래와 태종대 온천수 보다는 다소 높게 나타났다.

Fig. 9는 해수탕 원수와 온천수의 음이온과 양이온 평균 농도를 비교한 것으로 해수탕 원수가 온천수에 비해 염소이온 6.8배, 황산이온 2.5배, 나트륨 이온 24.4배, 마그네슘이온 16.2배, 칼슘이온 2.8배, 칼륨이온 4.4배 등 다량의 이온 성분들을 함유하고 있음을 알 수 있다. 온천수는 알려진 대로 미량 광물질의 피부 침투 효과로 혈액순환 향진 작용과 피로회복, 소염 및 진정작용, 피부 미용 작용 등 여러 가지 효과를 나타낸다. 해수탕 원수도 풍부한 이온물질들로 인하여 건강에 좋은 효과를 기대할 수 있을 것으로 예상된다.

Table 10. Analytical results of water samples at spawater in Busan

(EC : $\mu\text{S}/\text{cm}$, COD, Anion, Cation : mg/L)

| Description | Term | pH | COD | EC | Cl ⁻ | SO ₄ ⁻² | Na ⁺ | Mg ^{1,2} | Ca ^{1,2} | K ¹ | Total Coliforms |
|----------------------------|----------|-----|-----|-------|-----------------|-------------------------------|-----------------|-------------------|-------------------|----------------|-----------------|
| Spawater-1 (Haerundae) | 1st half | 7.3 | 1.2 | 6,536 | 2,144 | 132 | 650 | 45 | 341 | 42 | 0 |
| | 2nd half | 7.4 | 1.2 | 6,292 | 2,130 | 120 | 616 | 34 | 329 | 40 | 0 |
| Spawater-2 (Dongrae) | 1st half | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 2nd half | 8.1 | 0.8 | 2,140 | 394 | 90 | 303 | 46 | 37 | 13 | 0 |
| Spawater-3 (Nokcheon) | 1st half | 7.8 | 0.8 | 2,065 | 342 | 91 | 250 | 13 | 23 | 10 | 0 |
| | 2nd half | 7.8 | 1.2 | 2,157 | 348 | 100 | 259 | 14 | 25 | 11 | 0 |
| Spawater-4 (Taejongdae) | 1st half | 7.7 | 0.8 | 7,325 | 2,514 | 478 | 916 | 53 | 353 | 39 | 0 |
| | 2nd half | 7.7 | 0.4 | 7,006 | 2,432 | 450 | 842 | 50 | 327 | 28 | 0 |
| average | | 7.7 | 0.9 | 4,789 | 1,472 | 548 | 209 | 36 | 205 | 26 | 0 |

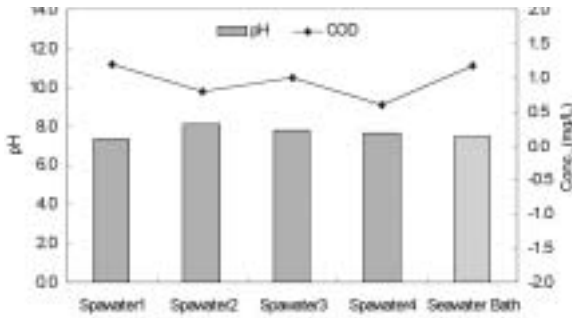


Fig. 8. Comparison of pH and COD between water of seawater bath and spawater.

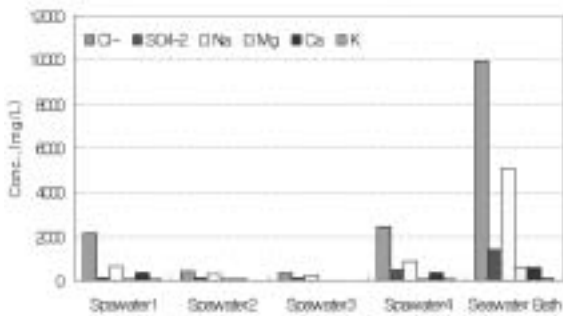


Fig. 9. Comparison of ion concentration between water of seawater bath and spawater.

결론

본 연구에서는 부산시민들이 많이 이용하는 30개소의 해수탕을 대상으로 원수의 수질을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 해수탕 이용 시민들이 우려하는 수돗물에 소금을 타서 만드는데 해수를 사용하는 곳은 한곳도 없는 것으로 조사되었으며, 조사대상 해수탕에서는 해수를 사용하는 2곳을 제외하고는 해수가 침투된 것으로 추정되는 지하수를 사용하고 있는 것으로 조사되었다.

2. 부산시내 해수탕 30개 업소중 76.7%인 23개소는「해수를 욕수로 하는 경우의 기준」중 pH 기준을 벗어난 것으로 조사되어, 지하수를 사용하는 해수탕의 대부분은「해수를 욕수로 하는 경우의 기준」중 pH기준(일반 해수의 pH 범위)을 만족할 수 없는 것으로 나타난 바, 이 기준을 적용하기에는 곤란할 것으로 판단된다. 따라서 지하수를 사용하는 해수탕에 대하여는 일

반목욕장 또는 생활용수의 pH 기준(5.8 ~ 8.5)으로 완화해야 한다고 사료된다.

3. 해수를 사용하는 업소에서 총대장균군의 오염도가 높게 나타나 이들 업소의 경우 사용 해수에 대한 충분한 전처리가 필요할 것으로 판단된다.

4. 해수탕 원수의 전기전도도가 2,000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 을 초과하며, 전기전도도에 대한 염소이온, 황산이온, 나트륨이온, 마그네슘이온과 칼륨이온의 상관관계가 높게 나타나 해수의 침투에 의한 염수화로 추정되며, 이는 해수의 조성 성분과 유사한 경향을 보이고 있다.

5. 해수탕 원수는 해수의 35.6 ~ 56.8 % 범위의 이온 성분들을 함유하고 있는 것으로 나타났으며, 온천수에 비해 다량의 이온 성분들을 함유하고 있는 것으로 나타나 건강에 좋은 효과가 있을 것으로 예상된다.

참고 문헌

1. 김천수 등, “입해지역 주변에서의 해수 침투특성.” 한국지하수토양환경학회지, Vol. 4, No. 2, pp.61~72, 1997
2. 최규철 등, 수질오염공정시험방법, pp. 204~219, 447~462, 2002
3. 환경부, 먹는물공정시험방법, pp. 55~57, 2002
4. 일본수도협회, 상수시험방법, pp. 346~350, 1985
5. 이용두, “제주도 지하수의 수질특성.” 해안지역 지하수의 관리기술 심포지엄, pp. 193~202, 1997
6. 부산광역시, 한국수자원공사, “부산광역시 지하수관리 계획 보고서.” pp. 8~18, 8~69, 2003
7. 김옥배, “해수 침투에 의한 지하수 수질오염 판별을 위한 환경지구화학적 연구.” 한국자원공학회지, Vol. 34, No. 5, pp. 548~558, 1997
8. 최윤영 등, “제주도 동부지역에서 해수 침투에 의한 지하수 염분화에 관한 연구.” 한국수처리기술연구회, Vol. 6, No. 4, pp.15~26, 1998
9. 하나엔지니어링, “온천자원조사(동래·해운대 온천지구).” pp. 42~149, 2003
10. 부산광역시 영도구, “태종대 온천공 보호구역 지정 승인 신청서.” pp. 29~35, 2001
11. 이근광, “수계환경오염개론.” 동화기술, pp. 20~48, 2004