

SR 바탕보정법과 D₂ 바탕보정법에 의한 혈액 중 Pb 분석

이석기 · 김풍작

동일교역(주) 부설연구소

(1994. 9. 2. 접수)

Analysis of Lead in Blood using SR(self-reversal) and D₂ Arc Background Correction Methods

Seokki Lee and Poongzag Kim

R & D Center, Dong-il Commerce & Co., Ltd., 58-6 Nonhyun-dong, Kangnam-gu, Seoul, 135-010, Korea

(Received Sept. 2, 1994)

요약 : GFAAS(graphite furnace atomic absorption spectrophotometer)를 이용하여 혈액 중 납을 분석할 때, 납은 비교적 휘발성 원소인 관계로 바탕선이 높아지므로 회화 온도를 일정 온도 이상으로 높일 수 없었다. 그래서 종래에는 매트릭스 변형제를 사용하여 회화 온도를 700℃까지 올려서 회화시켜야 바탕선이 안정되었다.

본 연구에서는 광온도 및 전류 제어 장치가 부착된 기기(Shimadzu, AA-6501S)를 사용하여 온도조절을 단시간에 정확히 함으로써 매트릭스 변형제를 사용하지 않고 Triton X-100으로만 희석하여 분석해도 회화 온도 550℃ 부근에서 바탕선이 안정됨을 알았다. 또한 자동 바탕 보정 장치인 D₂ arc형과 SR(self reversal)법을 비교해 본 결과, 같은 농도에서의 흡광도는 D₂ arc형이 높았으나 BGC(background correction)값은 SR법이 높음을 알았다.

Abstract : For the analysis of the relatively volatile lead in blood by GFAAS(graphite furnace atomic absorption spectrophotometer), one can not raise the ashing temperature beyond certain degree due to the elevation of the baseline. Previous investigations showed that background is stabilized when the ashing temperature is raised to 700℃ using a matrix modifier.

In this study, same result was obtained at the ashing temperature of around 550℃ even when the matrix modifier is not used and only Triton X-100 is used as a diluent, on an instrument which is equipped with both temperature and current controller(Shimadzu, AA-6501S) and thus the temperature control is fast and accurate. Background correction methods of D₂ arc and SR(self reversal) were reviewed. The results show that the absorbance is higher for the D₂ arc method, but the background correction is higher for the SR method.

Key words : Lead, blood, self reversal, graphite furnace AAS

1. 서론

납은 인간이 가장 오래 전부터 사용했던 금속 중의 하나로 원자 번호 82번, 원자량 207.21, 비중 11.34의 청색 또는 은회색의 연한 금속(soft metal)이다.

B. C. 370년경 히포크라테스는 금속 추출 작업자들에게 심한 복부 산통의 증상 발현을 기술하였고, 기원전 2세기에 니칸더는 연창백, 변비, 연산통, 연마비를 기술한 바 있다.¹

오늘날 연간 300만톤 이상의 납이 여러 산업에서 사용되는 바 할로젠과는 잘 반응하며 가열하면 유황, 셀렌, 주석 등과 잘 화합하며, 산화 형태의 납 등으로 많이 사용된다. 납은 납축전지의 제조에 가장 많이 사용되며 이외에도 자동차 연료의 첨가제, 플라스틱과 고무의 안정제, 페인트의 안료 등에서도 광범위하게 사용되고 있다.²

20세기 초에 자동차의 등장과 더불어 납의 사용량이 증가하면서 납 과다 폭로로 인한 중증의 환자가 발생, 사망이나 영구 장애를 일으켜 사회적 문제를 야기시켰고, 오늘날에 이르러서는 일반 환경 중의 납의 농도가 급격히 증가하고 있어 직접적인 납 작업 뿐만 아니라 일상 생활을 통해서도 납에 의한 건강 장애가 초래될 가능성이 있어 많은 사람들이 우려하는 유해 요인이 되었다.³

따라서 납 작업장에 대한 작업 환경 권리 및 근로자의 건강관리 제도가 도입되어 납 중독을 예방하려는 노력을 해 왔다. 이런 관계로 혈액 중의 납의 측정은 많은 측정 기관에서 수십 년 동안 다양한 분석 방법으로 분석하여 왔다. 그러나 분석방법에 따라 다량의 시료가 필요하고, 검출한계 및 불충분한 회수율 등의 문제점으로 인하여 최근에는 국내의 대부분의 분석 기관에서는 시료의 전처리 과정을 단순화시켜서 분석 과정에서 발생될 수 있는 오차를 줄일 수 있고, 또한 검출한계가 $1\mu\text{g/L}$ 이하인 흑연을 이용한 원자 흡수 분광법(GFAAS)이 많이 이용되고 있는 실정이다.⁴

GFAAS를 이용한 전혈(whole blood)의 분석에는 계면활성제인 Triton X-100(Sigma, Co.)으로 희석하여 간편하게 분석하는 방법이 1975년 Fernandez⁵에 의해 시도된 이래 많은 연구자들이 혈액 분석시 발생하는 문제점들을 제거하고자 수많은 노력을 해왔으며, 현재도 흑연을 이용하는 분석 방법의 연구는 계속되고 있다. 비교적 휘발성인 납을 GFAAS로 이용하여 분

석할 때, 시료에 함유된 유기 성분의 제거가 불완전하면 원자화 단계까지도 이들 성분이 잔존해서 넓고 높은 바탕선이 나타나게 된다. 이와 같은 분광학적인 방해의 경우에는 기기 자체에 부착된 자동 바탕 보정 장치(D_2 arc, SR background correction, Zeeman background correction)나 피크 높이 측정 방법으로 대부분 보정시킬 수 있다.^{6,7} 또한 화학적인 방해의 제거는 회화 과정에서의 목적 성분의 손실을 최소화시키기 위한 특별한 방법이 사용되고 있다.

첫째로는 다량의 방해 물질로부터 분석 성분만을 분리하는 경우(APDC법, DDT법, 킬레이션-추출, 산분해에 의한 유기물의 제거)와 둘째로는 납의 휘발을 최소화하면서 회화 온도를 높여 방해 성분을 효율적으로 제거시킬 수 있는 매트릭스 변형제(matrix modifier) 첨가 기법이 추천되고 있다.⁸ 주로 $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$, Pt, Pd 등을 사용하는데, 인산 암모늄을 가하면 공존하는 염화물이 암모니아성 염화물 등의 휘발되기 쉬운 물질로 변환됨으로써 분석 성분과 공존 물질간의 휘발을 선택적으로 조절해 주기 때문에 많이 사용되는 변형제 중의 하나이다.⁹⁻¹¹

그러나 현재 대다수의 국내 분석 기관들이 매트릭스 변형제를 사용하지 않고 있다. 매트릭스 변형제를 사용하면 실험 단계가 증가하며, 흑연로의 수명이 짧아 지므로 분석 단가가 올라가는 단점이 발생한다. 이런 이유로 국내 대다수의 정도 권리 분석 기관들은 혈액을 단지 TX-100으로만 희석하여 분석하는 방법을 사용하고 있으나, 이들 방법으로는 바탕선 흡수가 비교적 높아 재현성이 떨어져 정확한 결과 산출에 어려움이 있고, 국내 검사 기관간에도 동일 시료의 결과가 서로 상당한 차이를 보일 때도 있다. 또 납에 과다하게 폭로된 피검자, 즉 혈액 중 납의 농도가 높은 피검자의 경우 대부분의 분석 기관들이 분석에서 별다른 어려움 없이 어느 정도 분석 결과가 접근되고 있으나, 직업적인 납폭로 경험이 없는 정상인의 혈액 중 납 농도에서는 연구자들에 따라 많은 차이를 나타내고 있다.

이런 결과는 분석상 기기의 검출한계와 재현성의 문제 때문이므로, 많은 학자들이 기기의 성능을 개선함으로써 이런 문제점을 극복하려는 노력을 경주해 왔다. 그 결과로 GFAAS의 장치들이 소형화되었고, 또한 온도 조절 장치를 개선하여 현재에 이르렀다.

현재 대부분 사용되고 있는 GFAAS는 바탕선 동시 보정이 가능한 장치로, 1975년경부터 발매된 GFAAS

는 미국 Perkin-Elmer사의 HGA-2100형과 유사한 전류 제어 방식을 채택하고 있으며, 1980년 이후에는 GFAAS에 광온도 제어 장치를 부착한 제품이 나오기 시작했다. 초기의 GFAAS는 전압 제어 방식으로 흑연로의 온도 상승이 대단히 완만하며 감도도 현재의 장치에 비해 상당히 낮았다. 개량형인 전류 제어 방식의 GFAAS도 감도는 그다지 향상되지 않았으나, 그 후 많은 기기 제작자들이 흑연로의 구조를 개선함으로써 감도를 비약적으로 향상시켰다.

본 연구는 현재 전혈 중의 납 분석에 가장 보편적으로 사용하는 흑연로를 사용할 때, 가장 진보된 광온도 제어 장치와 전류 제어 방식이 동시에 부착된 GFAAS를 이용하여 건조시에는 자동 온도 보정 및 전류 제어를 이용하고, 회화시와 원자화시는 온도 제어를 이용하는 장치를 사용하여 회화 온도(300~700℃)를 조절할 때, 자동 바탕 보정 장치간의 흡광도 및 바탕 보정에 차이점이 있는가를 확인하기 위해 시도하였다.

2. 실험

2.1. 기기

분석에 사용한 기기는 흑연로 원자 흡수 분광 광도계(GFAAS) (Shimadzu, AA-6501S model)이며 내부에 D₂ 및 SR 바탕 보정장치가 장착되어 있다. GFA-6500(graphite furnace atomizer)와 ASC-6000 자동 시료 주입 장치(auto sampler)가 부착된 기기로 혈액 중의 납을 Table 1, 2의 조건에서 표준 첨가(standard addition)법으로 분석하였다.

Table 2. Conditions of the Analysis of Lead in Blood

Step	Temp/℃	Ramp/Step	Time(sec)	Gas(l/min)
1. Dry	120	0	15	0.5
2. ASH 1	250	0	10	1.0
3. ASH 2	300 to 700	0	10	1.0
4. ASH 3	300 to 700	0	7	1.0
5. ASH 4	300 to 700	0	3	* 0.0 H
6. Atomize	1800	0	2	* 0.0 H
7. Clean	2000	0	2	1.5

※ 0.0 H : High sensitivity

Table 1. Instrument Setting for the GFAAS

Wavelength	283.3nm
Slit width	1.0nm
Replicates	5
Background correction	D ₂ / SR
Lamp current	14 / 8(L) 300(H)mA
Signal processing	Peak height

2.2. 시약

표준용액은 Pb stock solution (Hayashi, Japan)를 희석하여 사용하였으며, Triton X-100은 Sigma(U. S. A.) 제품을 사용하였다.

2.3. 분석방법

분석에 필요한 모든 유리 기구는 다른 중금속으로부터 오염을 방지하기 위해서 20% 묽은 질산에 24시간 담근 후 탈이온수로 여러 번 세척한 것을 완전히 건조하여 사용하였으며, 혈액은 항응고제인 Heparin[®]이 들어 있는 vacutainer를 이용하여 채혈하였다. 채혈된 혈액 시료 0.5ml를 1% TX-100으로 5배 희석하여 이 시료 10 μ l를 자동 시료 주입 장치로 주입하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 저농도(200 $\mu\text{g/L}$) 시료의 경우

주입량을 10 μl 로 사용하여 Table 2의 조건으로 회화 온도 변화에 따른 납의 흡광도와 D₂ 및 SR 바탕 보정 장치의 바탕 흡광도를 비교하면 Fig. 1과 같다. 300 $^{\circ}\text{C}$ 에서 400 $^{\circ}\text{C}$ 까지는 방해 성분의 제거가 불충분하며 D₂ lamp를 이용하는 보정 방식의 경우 낮은 온도에서 회화할 때 시료 중의 유기물이 원자화되는 과정에서 연기가 발생하기 때문에 비원자화 흡광도(non-atomic absorption)를 보정기로 보정하여야 한다.¹⁰ 그러나 이 보정 방식에서 오차 요인을 줄이기 위해 회화 온도를 높일 경우 유기물의 회화는 완전히 되나 회화 온도가 납의 용점보다 높아서 납이 휘발하게 되므로 역시 분석의 오차가 발생하게 된다.² 이 경우 휘발을 막기 위하여 매트릭스 변형제를 사용하여 분석하는 방법을 제시하였다.^{10~12}

400 $^{\circ}\text{C}$ 에서 700 $^{\circ}\text{C}$ 까지 회화 온도를 변화시켰을 때, 600 $^{\circ}\text{C}$ 까지는 D₂법에 의한 흡광도(약 0.2)가 SR법에

의한 흡광도(약 0.1)보다 0.1 정도 높게 나타났으나, 두 경우 모두 거의 일정한 값을 유지하였다. 그 이후에는 두 경우 모두 흡광도가 감소하였는데, D₂법에 의한 흡광도가 SR법에 의한 흡광도에 비해 급격히 감소하여 700 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 거의 같은 값을 나타냈다.

또한 바탕 흡광도는 SR법에 의한 바탕 흡광도가 D₂법에 의한 바탕 흡광도보다 실험한 온도의 전 영역에서 높게 나타났으며, 온도가 증가함에 따라 모두 감소하는 추세를 보였는데, 550 $^{\circ}\text{C}$ 까지는 흡광도 0.2~0.3으로 급격히 떨어지다가 550 $^{\circ}\text{C}$ ~600 $^{\circ}\text{C}$ 부분에서는 거의 일정한 값을 나타냈고, 600 $^{\circ}\text{C}$ 이상에서는 다시 감소하여 700 $^{\circ}\text{C}$ 에서는 흡광도가 0.2 이하로 떨어지는 것을 볼 수 있었다.

Fernandez와 Hilligoss¹²는 D₂ lamp 보정 방식으로 회화 온도 600 $^{\circ}\text{C}$ 에서 매트릭스 변형제로 0.2% 수소인 산암모늄을 사용하여 0~80 $\mu\text{g/dl}$ 농도에서 직선성을, 17~68 $\mu\text{g/dl}$ 의 시료에서는 상대 표준 편차 2.1~2.

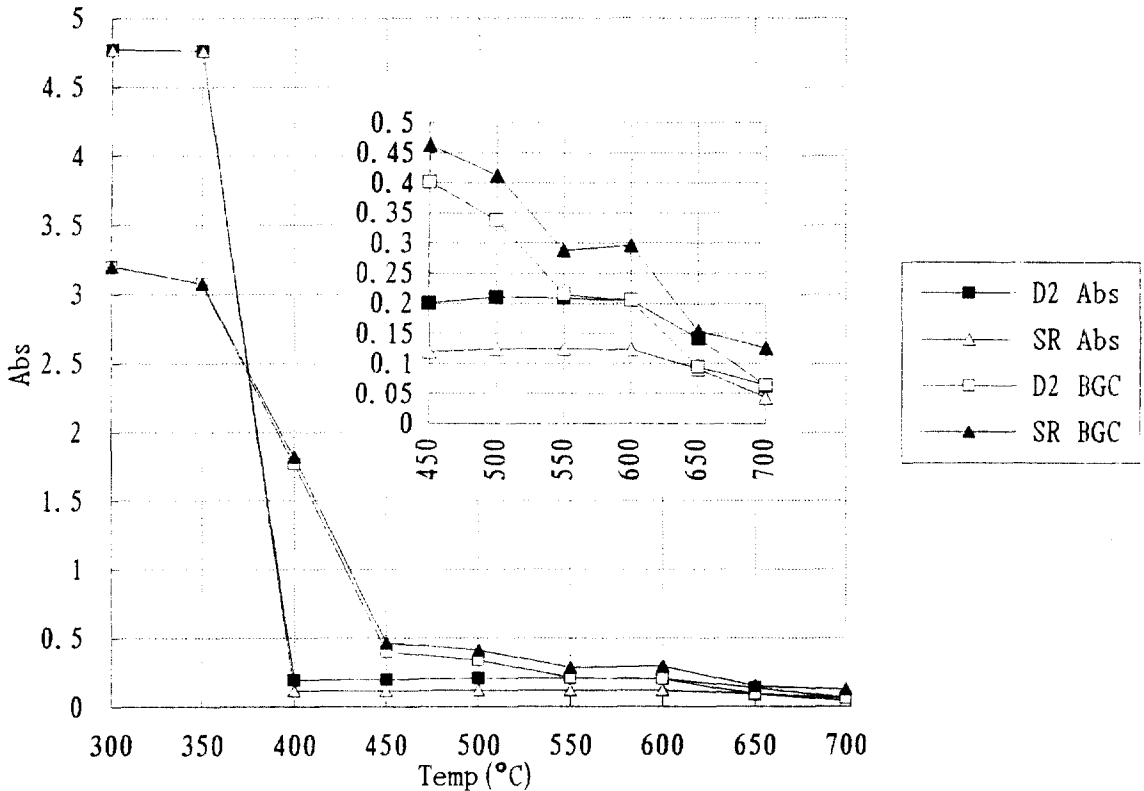


Fig. 1. Relationships between Ashing Temperature and Adsorbance(Abs) & Background Correction(BGC) of Lead in the Bovine Blood by SR & D₂ Arc Methods(200 $\mu\text{g/L}$).

■ : D₂ Abs △ : SR Abs □ : D₂ BGC ▲ : SR BGC

7%의 결과를 얻었다. 또한 Bruhn 등¹⁾은 회화 온도 550℃에서 0.005mol 수소인산암모늄을 매트릭스 변형제로 사용했을 때 0~60μg/d의 농도에서 직선성을, 66μg/d에서는 상대 표준 편차 5.8%를 확인하였다.

3.2. 중간 농도(400μg/L) 시료의 경우

전체적으로 저농도의 경우와 비슷한 양상을 나타냈다(Fig. 2). 즉 D₂와 SR법에 의한 흡광도는 흡광도 약 0.15 차이로 D₂의 경우(약 0.4)가 높았고, 500℃까지는 거의 일정하다가 550℃ 이후부터 서서히 감소하며, 700℃에서 약 0.15 이하로 거의 근접하였다. 그러나 안정한 온도 범위가 600℃에서 500℃로 줄어든 것이 저농도의 경우와 다른 점이라 하겠다.

바탕 흡광도도 저농도의 경우와 거의 유사한 경향으로 나타났다. 즉 SR법에 의한 바탕 흡광도가 D₂법에 의한 바탕 흡광도보다 온도의 전 영역에서 높게 나타났다. 550℃까지는 0.2~0.3 사이로 급격히 감소하다

가, 그 이후는 서서히 감소하여 0.2 이하로 내려가는 추세를 보였다. 다만 550℃~600℃에서 일정한 바탕 흡광도를 보이지 않고 계속 감소하였다.

3.3. 고농도(600μg/L) 시료의 경우

Fig. 3에 결과를 도시하였다. D₂법에 의한 흡광도(400℃에서 약 0.5)가 SR법에 의한 흡광도(400℃에서 약 0.3)보다 실험한 전 영역에서 약 0.2 정도 높으나, 400℃부터 서서히 감소하여 700℃에서는 각각 약 0.4, 0.3에 도달하는 경향을 나타냈다. 즉 저농도와 중간 농도에서 보였던 일정한 온도 범위가 없어진 반면, 높은 회화 온도에서도 비교적 완만하게 흡광도가 감소하였으며, 남의 농도가 커짐에 따라 흡광도의 차이가 점점 커지는 것을 알 수 있다.

바탕 흡광도는 전체적으로 저농도의 경우와 비슷한 양상을 나타냈다. 즉 SR법에 의한 바탕 흡광도가 D₂법에 의한 바탕 흡광도보다 온도의 전 영역에서 높게 나

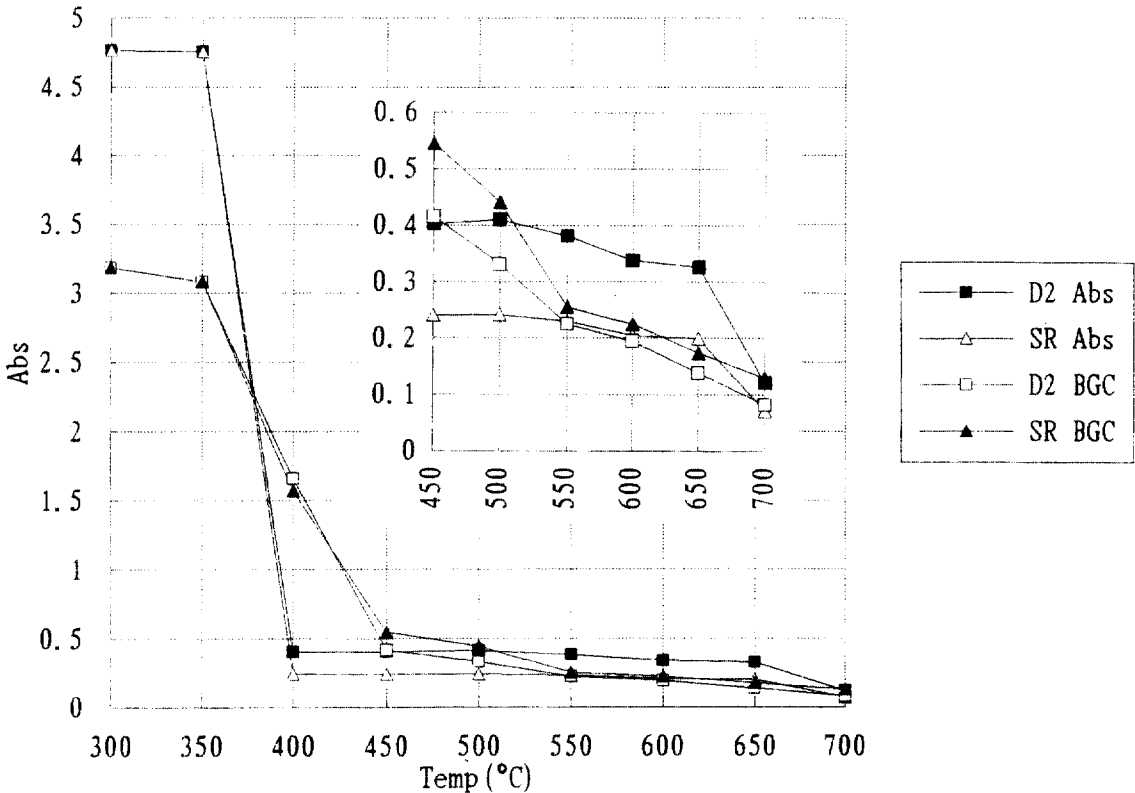


Fig. 2. Relationships between Ashing Temperature and Adsorbance(Abs) & Background Correction(BGC) of Lead in the Bovine Blood by SR & D₂ Arc Methods(400μg/L).

■ : D₂ Abs △ : SR Abs □ : D₂ BGC ▲ : SR BGC

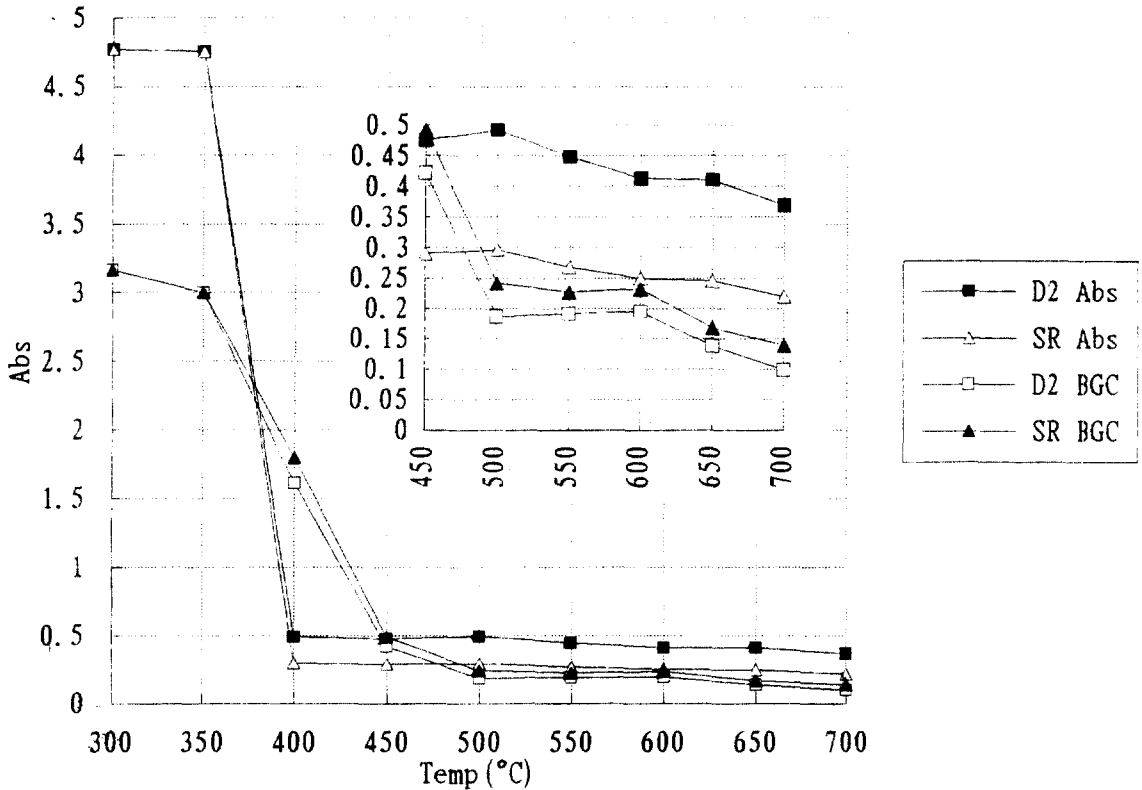


Fig. 3. Relationships between Ashing Temperature and Adsorbance(Abs) & Background Correction(BGC) of Lead in the Bovine Blood by SR & D₂ Arc Methods(600 μ g/L).

■ : D₂ Abs △ : SR Abs □ : D₂ BGC ▲ : SR BGC

타났으며, 550 $^{\circ}$ C까지 약 0.2 정도로 급격히 감소한 다음, 500 $^{\circ}$ C에서 600 $^{\circ}$ C까지는 일정한 값을 나타내었고 다시 700 $^{\circ}$ C로 회화 온도가 높아짐에 따라 0.1~0.15로 감소하는 양상을 나타내었다. 다만 D₂와 SR법에 의한 바탕 흡광도의 차이는 납의 농도가 높아질수록 작은 것을 알 수 있다.

본 연구에서는 동일한 바탕 보정 방식의 기기로 회화 온도 450 $^{\circ}$ C~600 $^{\circ}$ C에서 매트릭스 변형제를 사용하지 않은 조건으로 바탕 흡광도 보정 장치의 한계치인 0.6Abs 이하의 결과를 얻을 수 있었으며, 이러한 결과는 앞의 연구자들처럼 D₂ lamp 보정 방식에 매트릭스 변형제의 사용이 크게 요구된다고 생각되지는 않는다.

Pruszkowska⁹은 Zeeman 방법으로 회화 온도 650 $^{\circ}$ C에서 10 μ g 수소인산암모늄과 2.5 μ g 질산마그네슘을 매트릭스 변형제로 사용하여 0~80 μ g/dl의 농도에서 직선성을 확인하였으며, 20 μ g/dl에서 상대 표준 편차 2.5%, 그리고 72 μ g/dl에서는 1.7%의 값을 얻어, 매트릭스 변형제를 사용하지 않은 본 연구의 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

릭스 변형제를 사용하지 않은 본 연구의 결과와 유사한 결과를 나타내었다. 또한 Shuttler와 Delves^{14, 15}는 Zeeman 방식으로 최고 회화 온도 950 $^{\circ}$ C에서 1% 암모니아, 0.34% 수소인산암모늄, 0.11%의 NH₄H₂EDTA를 첨가하여 100ml당 0.08 μ g의 분석 한계값을 얻었으며, 4~31 μ g/dl에서 3~10%의 상대 표준 편차를 확인하였는 바, 분석의 숙련도를 고려한다면 고온의 회화 온도와 과다한 매트릭스 변형제의 사용은 Zeeman 방식에서 불필요한 것으로 생각된다.

이러한 결과는 H. T. Delves¹⁵의 흡광도 및 회화 온도의 조건과 일치하며, T. Maeda^{16, 17}의 GFAAS로 전혈 중 납의 정량은 GFAAS로 납 화합물의 원자화 과정에서 본 연구 결과와 일치함을 알 수 있었다.

3.4. 전혈 시료(Whole blood)의 분석

S 대학교 산업의학 연구소의 협조로 납에 폭로된 사람과 비폭로된 사람의 전형을 제공받아 저농도, 중간

농도 및 고농도로 구분하여 바탕 흡광도 및 흡광도가 일정한 값을 나타낸 회화 온도 550℃와 원자화 온도 1800℃에서 분석하여 이 결과를 Table 3에 수록하였다.

D₂ arc법에서의 회수율은 95~102%였으며, SR법에서 회수율은 96~99%로 비교적 정확한 값이 얻어졌다. D₂형 바탕 보정 장치에서는 SR형 바탕 보정 장치보다 저농도 및 중간 농도 이하의 경우에는 낮은 값을

나타내었으며, 400~600µg/L 구간에서는 D₂법이 약간 높았다. 이런 결과는 D. A. Skoog¹⁸의 SR법과 일치하며, 또한 이석기¹⁹의 편광 Zeeman effect 바탕 보정법과 D₂ 바탕 보정법에 의한 혈중 연 농도 비교에서도 확인하였다.

4. 결론

현재 국내에서 혈액 중 납의 분석은 분석선 283.3nm의 D₂ 보정 방식을 이용한 흑연로 원자 흡광법이 주로 이용되고 있으며, 이들 방식을 측정 결과에 영향을 주는 바탕 보정에 문제가 있다. 따라서 본 연구는 국내 대부분의 혈액 중 납 분석 기관들이 보유하고 있는 D₂ 보정 방식의 혈액 중 납 측정 결과를 SR(self reversal) 보정 방식의 측정 결과와 비교함으로써 현재 사용 중인 기기들의 측정 결과의 타당성을 검토하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. SR법에서는 D₂형 바탕 보정 장치의 기기를 사용할 때보다 바탕 흡광도값은 높았으며, 실제 샘플을 분석했을 때는 저농도의 경우에서는 SR법이 D₂형 바탕 보정 기기보다 높은 분석값을 얻었다. 그리고 전체적으로 D₂법이 SR법에 비해 약간 낮은 값을 나타냈으나, 일부 범위인 400~600µg/L에서는 D₂가 약간 높은 결과를 나타내었다. 따라서 저농도 분석에서는 D₂ 보정 방법보다 분자 간섭과 분광 간섭 효과적으로 제거할 수 있는 SR법을 사용하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.
2. 혈액 중 납의 분석시에는 최소한 회화 온도를 400℃ 이상으로 해야 한다. 또한 D₂형 바탕 보정 장치의 기기를 사용할 때는 회화 온도를 500℃로 사용하여야 바탕 흡광도가 보정 한계치인 0.6Abs 이하가 된다.

현재 대부분 사용되고 있는 전류 제어형인 GFAAS에서는 회화 온도를 높여 바탕 흡광도를 낮추고 있는데 비해서, 광 온도 제어 장치와 전류 제어 장치가 부착되어진 기기에서는 낮은 회화 온도(450~600℃)에서 만족할만한 바탕 흡광도를 얻을 수 있었다. 왜냐하면 전류 제어형 GFAAS에서는 회화 온도 600℃ 이하에서는 바탕 흡광도값이 0.6Abs 이상인 반면, 광 온도 제어 장치와 전류 제어 장치가 부착되어진 기기에서는 바탕 흡광도값이 0.3Abs 이

Table 3. Mean values of the Pb concentration(µg/L) in the whole blood determined by two different background correction methods.

Sample No.	Methods	
	SR	D ₂
1	123.6	117.9
2	131.8	119.9
3	198.4	180.7
4	177.6	175.8
5	208.5	205.8
6	227.5	218.0
7	294.8	280.7
8	307.2	289.2
9	319.7	287.2
10	384.5	365.5
11	430.4	432.1
12	441.1	456.5
13	488.2	496.7
14	497.4	495.0
15	570.2	580.0
16	646.0	641.2
17	682.5	676.5
18	723.5	698.5
19	804.5	797.4
20	851.0	834.3

하로 충분한 바탕 보정을 할 수 있기 때문이다.

참고문헌

1. C. Zenz : Occupational Medicine, Principles and Practical Applications, 2nd Ed, 547-582, Year Book Medical Publishers, Inc., Chicago(1988).
2. D. L. Taslev and Z. K. Zaprianov., Atomic Absorption in Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice Vol. 1, 125-212, CRC Press, Boca Ranton, Florida, (1983).
3. P. B. Hammond : Human Health Implication. In. W. R. Bogges, B. G. Wixon, Eds. Lead in Environment. Tunbridge Wells, Kent : Castle House Publications Ltd., 195-198(1979).
4. J. D. Osterloh and D. S. Sharp, *J. of Anal. Toxicology*, **14**, 8(1990).
5. F. J. Fernandez, *Clin. Chem.*, **21**, 555-561(1975).
6. S. B. Smith and G. M. Hieftje : *Anal. Spectrosc.*, **37**, 419(1983).
7. Steven D. Brown, Zeeman effect-Based Background Correction in Atomic Absorption Spectrometry, *Anal. Chem.*, **49**(14), 1269A(1977).
8. K. S. Subramanaan and J. C. Meranger, *Clin. Chem.*, **27**, 1866(1981).
9. E. C. Pruszkowska, g. R. Carnrick and W. Slavin, *Atomic Spectrosc.*, **4**, 59(1983).
10. C. L. Charkrabarti, *Progress in Analytical Atomic Spectroscopy*, **4**, 49-79(1982).
11. S. K. Girl and C. K. Shields, *Analyst*, **108**, 244 (1983).
12. F. J. Fernandez and D. Hilligoss, *Atom. Spectrosc.*, **3**, 130(1982).
13. C. G. Bruhn, J. M. Piworka and M. A. Jerarddion, G. M. Navarrete and P. C. Maturana, *Anal. Chem. Acta.*, **113**, 198(1987).
14. I. L. Shuttler and H. T. Delves, *J. Anal. Atom. Spectrosc.*, **2**, 171(1987).
15. H. T. Delves, *Prong. Analyt. Atom. Spectrosc.*, **4**, 1-44(1981).
16. T. Maeda and Y. Tanimoto, *Reprinted from SHIMADZU REVIEW*, Vol. **40**(4), (1983).
17. T. Maeda, M. Kawakatsu and Y. Tanimoto, *Reprinted from SHIMADZU REVIEW*, Vol. **40**(2, 3), (1983).
18. D. A. Skoog and J. J. Ceary : Principles of Instrumental Analysis 4th Ed, 226-227, Saunders HBJ(1992).
19. 이석기 : 편광 Zeeman effect 바탕 보정법과 D₂법 바탕 보정법에 의한 혈중 연 농도 비교 석사 학위 논문. 순천향대학교, 지역사회개발대학원. (1993).